

발명의 설명

발명의 명칭: 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법 및 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 컴퓨터로 실행 가능한 소프트웨어를 저장하는 저장 매체

기술분야

- [1] 이하의 개시는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법 및 디지털 생산 계획을 제공하는, 컴퓨터로 실행 가능한 소프트웨어를 저장하는 저장 매체를 제공하는 것이다.

배경기술

- [2] 제품을 생산하는 제조시스템에는 여러 가지 작업 단계들이 포함되고 여러 가지 자원들이 포함된다. 제품에 따라 여러 가지 복잡한 단계들이 포함될 수 있고, 제품에 따라 고가의 자원이 필요할 수 있으며, 각 단계마다 최적의 작업들이 요구된다.
- [3] 예를 들면, 반도체, 디스플레이, 이차전지, 자동차, 철강, 가전, 바이오 등의 첨단 분야에서는 매우 고가의 자원이 투입되기 때문에 공정의 실패를 줄이고 효율성을 높이는 것이 제품의 경쟁력을 가지도록 하는 요소가 된다. 공정을 담당하는 장비의 가격이 매우 높거나 제조 시스템의 물리적 공간 제약으로 장비를 추가로 투입할 수 없는 경우가 많았다. 장비의 증설 없이 복잡한 제조 공정에서 좋은 의사결정을 내리면 생산 효율을 높일 수 있다.
- [4] 이러한 작업 단계들을 최적화하고 자원의 사용 효율성을 높이고 생산성을 증가시키기 위해 여러 가지 방안들이 개발되고 있다.
- [5] 그 중 제조시스템을 디지털 모델링을 통해 구현하고 제조시스템 상의 문제점을 해결하는 방식이 늘어나고 있다. 현실에서 의사결정은 비가역적이기 때문에 이러한 디지털 모델링을 통해 의사결정과 생산 효율을 높이는 문제를 해결하는 방안이 제안되고 있다.
- [6] 최근에는 인공지능 기술의 발달로 다양한 의사결정 문제에서 학습을 통해 더 나은 결정을 내릴 수 있는 방법론들이 개발되고 있다.

발명의 내용

기술적 과제

- [7] 이하 본 개시의 목적은 제조 또는 생산 시스템에 대한 재사용성 및 확장성을 제공할 수 있는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법, 및 디지털 생산 계획을 제공하는, 컴퓨터로 실행 가능한 소프트웨어를 저장하는 저장 매체를 제공하는 것이다.
- [8] 본 개시의 다른 목적은 제조 또는 생산 시스템의 실시간 변화를 예측하거나 효율적으로 생산 계획을 제공할 수 있는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치,

디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법 및 디지털 생산 계획을 제공하는, 컴퓨터로 실행 가능한 소프트웨어를 저장하는 저장 매체를 제공하는 것이다.

[9] 본 개시의 또 다른 목적은, 디지털 모델링을 통해 의사결정을 가상 환경에서 재현하여 시간과 비용을 크게 줄일 수 있는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법 및 디지털 생산 계획을 제공하는, 컴퓨터로 실행 가능한 소프트웨어를 저장하는 저장 매체를 제공하는 것이다.

[10] 본 개시의 또 다른 목적은, 다양한 의사결정 문제를, 인공지능의 학습을 통해 해결할 수 있는 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법 및 디지털 생산 계획을 제공하는, 컴퓨터로 실행 가능한 소프트웨어를 저장하는 저장 매체를 제공하는 것이다.

[11]

과제 해결 수단

[12] 개시하는 일 실시예는, 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하는 단계; 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하는 단계; 및 상기 제1 입력 데이터 및 상기 제2 입력 데이터를 기반으로, 적어도 하나의 정책을 학습, 평가, 운영, 배포 및 관리 중 적어도 하나를 수행하여 상기 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 제공하는 단계;를 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법을 제공한다.

[13] 상기 생산 계획 데이터를 제공하는 단계는 정책 운용을 위하여, 정책 함수 및 가치 함수 중 적어도 하나에 의사결정 요소 및 액션 목록을 반영하여, 최종 의사결정을 내리는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[14] 상기 생산 계획 데이터를 제공하는 단계는 정책 학습을 위하여, 학습 데이터를 전처리하고 학습하여 학습된 정책 함수 및 학습된 가치 함수 중 적어도 하나를 산출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[15] 상기 학습 데이터는 의사결정 요소, 액션 목록, 성능지표 정보, 보상 정보, 의사결정 시점 및 최종 의사결정 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[16] 상기 생산 계획 데이터를 제공하는 단계는 강화학습을 활용한 동적 운영을 위하여, 정책 함수 및 가치 함수 중 적어도 하나에 대하여 정책 평가를 수행하고, 최적 정책 시나리오를 산출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[17] 상기 적어도 하나에 대하여 정책 평가를 수행하여 재학습 명령을 전달하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[18] 상기 생산 계획 데이터를 제공하는 단계는 상기 제2 입력 데이터를 수신하여 의사결정에 관련된 매개변수를 설정하고 시스템을 초기화하는 단계; 의사결정 시점에서 상기 시스템의 상태 피쳐 및 액션 피쳐에 기초하여 의사결정 요소 및 액션 목록을 추출하는 단계; 및 추출된 사이 의사결정 요소 및 상기 액션 목록에 기

반하여, 액션 확률 및 상태 가치 함수 중 적어도 하나를 계산하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [19] 상기 생산 계획 데이터를 제공하는 단계는 학습 데이터를 생성하는 단계; 및 상기 생성된 학습 데이터를 정책 학습하여, 학습된 정책 함수 및 학습된 가치 함수 중 적어도 하나를 제공하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [20] 상기 학습 데이터를 생성하는 단계는 적어도 하나의 시뮬레이션을 수행하여 의사결정 요소 값, 액션 목록, 보상 값 및 성능지표 값 중 적어도 하나를 획득하여 학습 데이터를 축적하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [21] 제1 사용자 지정 조건 도달 여부를 판단하는 단계; 및 상기 제1 사용자 지정 조건에 도달하지 않은 경우, 상기 적어도 하나의 시뮬레이션을 수행하여 의사결정 요소 값, 액션 목록, 보상 값 및 성능지표 값 중 적어도 하나를 획득하여 학습 데이터를 축적하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [22] 학습된 정책 함수 및 학습된 가치 함수 중 적어도 하나를 제공하는 단계는 상기 제1 사용자 지정 조건에 도달한 경우, 상기 생성된 학습 데이터를 활용하여 정책 함수를 학습 및 저장하는 단계; 제2 사용자 지정 조건 도달 여부를 판단하는 단계; 및 상기 제2 사용자 지정 조건에 도달하는 경우, 학습 종료 후 정책을 저장하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [23] 상기 생산 계획 데이터를 제공하는 단계는 상기 적어도 하나의 정책을 평가하기 위한 적어도 하나의 모델을 획득하는 단계; 획득한 상기 적어도 하나의 정책과 상기 적어도 하나의 모델을 평가하는 단계; 및 평가 완료된 정책 및 평가 완료된 모델에 대하여 운영 시나리오와 정책을 배포하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [24] 상기 평가 완료된 정책 및 평가 완료된 모델에 대하여 재학습 여부를 검토하는 단계; 및 검토 결과, 제3 사용자 지정 조건에 도달한 경우, 다시 적어도 하나의 정책을 학습시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [25] 개시하는 일 실시 예는, 데이터를 저장하는 저장장치; 소프트웨어와 관련된 라이브러리 엔진셋을 저장하는 인메모리; 및 상기 소프트웨어를 실행하는 프로세서;를 포함하고, 상기 프로세서는, 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 셋을 제공하고, 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하고, 상기 제1 입력 데이터 및 상기 제2 입력 데이터를 기반으로, 적어도 하나의 정책을 학습, 평가, 운영, 배포 및 관리 중 적어도 하나를 수행하여 상기 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 제공하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치를 제공한다.
- [26] 개시하는 일 실시 예는, 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 셋을 제공하고, 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하고, 상기 제1 입력 데이터 및 상기 제2 입력 데이터를 기반으로, 적어도 하

나의 정책을 학습, 평가, 운영, 배포 및 관리 중 적어도 하나를 수행하여 상기 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 제공하는 단계를 수행하는 컴퓨터로 실행 가능한 소프트웨어를 저장하는 저장매체를 제공한다.

발명의 효과

- [27] 이하의 개시에 따르면 제조 또는 생산 시스템에 대한 디지털 모델의 재사용성 및 확장성을 제공할 수 있다.
- [28] 이하의 개시에 따르면 제조 또는 생산 시스템의 실시간 변화를 예측하거나 효율적으로 생산 계획을 제공할 수 있다.
- [29] 이하의 개시에 따르면, 제조 또는 생산 시스템의 디지털 모델링을 통해 의사결정을 가상 환경에서 재현하여 시간과 비용을 크게 줄일 수 있고, 제조 또는 생산 시스템에서 다양한 의사결정 문제를 인공지능의 학습을 통해 해결할 수 있다.
- [30] 이하의 개시에 따르면, 다양한 세밀도의 생산계획을 요구하는 제조생산시스템에서 일련의 과정을 자동으로 수행할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [31] 도 1은 디지털 생산 계획을 제공하는 방법의 일 실시 예를 개시한 도면
- [32] 도 2는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 컴퓨팅 시스템의 일 실시 예를 개시한 도면
- [33] 도 3은 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 컴퓨팅 시스템의 다른 일 실시 예를 개시한 도면
- [34] 도 4는 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직이 수행하는 절차들을 예시한 도면
- [35] 도 5는 실시 예에 따른 라이브러리 엔진 세트 내의 백워드 플래닝 로직의 수행 단계를 예시한 도면
- [36] 도 6은 실시 예에 따른 백워드 플래닝을 수행하는 일 예를 나타낸 도면
- [37] 도 7은 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 이용하여 생산 계획을 생성하는 흐름도
- [38] 도 8은 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 개시한 도면
- [39] 도 9는 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직이 수행하는 절차들을 예시한 도면
- [40] 도 10은 실시 예에 따른 라이브러리 엔진 세트 내의 포워드 플래닝 로직의 수행 단계를 예시한 도면
- [41] 도 11은 실시 예에 따른 포워드 플래닝의 상태 변수의 일 예를 나타내는 도면
- [42] 도 12는 실시 예에 따른 포워드 플래닝을 수행하는 사건 대기열의 이벤트의 일 예를 나타낸 도면
- [43] 도 13은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직을 이용하여 생산 계획을 생성하는 흐름도
- [44] 도 14는 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직이 수행하는 사건 대기열의 이벤트의 다른 일 예를 나타낸 도면

- [45] 도 15는 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직이 수행하는 투입의사결정 수행 단계를 예시한 도면
- [46] 도 16은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직이 수행하는 디스패칭의 일 예를 나타낸 도면
- [47] 도 17은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직이 수행하는 디스패칭의 다른 일 예를 나타낸 도면
- [48] 도 18은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직을 이용하여 생산 계획을 생성하는 흐름도
- [49] 도 19는 실시 예에 따른 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트에 기반하여 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성하는 예를 개시하는 도면
- [50] 도 20은 실시 예에 따른 패키징 로직 및 시뮬레이션 로직을 포함하는 로직 세트를 생성하는 예를 개시하는 도면
- [51] 도 21은 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법이 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 생성하는 예를 개시하는 도면
- [52] 도 22는 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법이 생산 계획을 생성하는 예를 개시하는 흐름도
- [53] 도 23은 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 운영 작업을 생성하는 예를 개시하는 도면
- [54] 도 24는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 운영 작업을 실행하는 예를 개시하는 도면
- [55] 도 25는 실시 예에 따른 시스템운영부에서 운영 작업을 설정하는 예를 개시한 도면
- [56] 도 26은 실시 예에 따른 온프레미스 컴퓨팅시스템에서 운영작업을 생성하고 실행하는 예를 개시하는 흐름도
- [57] 도 27은 실시 예에 따른 클라우드 컴퓨팅시스템에서 운영작업을 생성하고 수행하는 예를 개시하는 흐름도
- [58] 도 28은 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법을 개시하는 흐름도
- [59] 도 29는 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 개시한 도면
- [60] 도 30은 실시 예에 따른 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하는 예를 개시하는 도면
- [61] 도 31은 실시 예에 따른 데이터 조회 화면의 예를 개시하는 도면
- [62] 도 32는 실시 예에 따른 피벗 그리드 조회 화면의 예를 개시하는 도면
- [63] 도 33은 실시 예에 따른 데이터 편집 화면의 예를 개시하는 도면
- [64] 도 34는 실시 예에 따른 실험 설정 및 실행 화면의 예를 개시하는 도면
- [65] 도 35는 실시 예에 따른 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하는 예를 개시하는 흐름도

- [66] 도 36은 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 컴퓨팅 시스템의 일 실시예를 개시하는 도면
- [67] 도 37는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브의 기본구조의 예를 개시하는 도면
- [68] 도 38는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브 파일을 생성하는 예를 개시하는 도면
- [69] 도 39는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브 파일을 생성하는 예를 개시하는 도면이다.
- [70] 도 40는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브 파일에서 정제 로직을 생성하는 예를 개시하는 도면
- [71] 도 41는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브 파일을 생성하는 예를 개시하는 도면
- [72] 도 42는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브 파일을 생성하는 예를 개시하는 도면
- [73] 도 43는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 실험을 실행하는 예를 개시하는 도면
- [74] 도 44는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브 파일에 대한 정보를 출력하는 예를 개시하는 도면
- [75] 도 45은 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 실험허브부에서 실험을 수행하고 실행하는 예를 개시하는 도면
- [76] 도 46은 실시 예에 따른 실험 허브를 생성하고 수행하는 예를 개시하는 흐름도
- [77] 도 47는 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법을 개시하는 흐름도
- [78] 도 48은 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직세트에 기반한 반복 실험 설계의 구성을 나타내는 도면
- [79] 도 49은 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 반복 실험 설계를 수행하는 예를 개시하는 도면
- [80] 도 50은 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 반복 실험 설계를 수행하는 예를 개시하는 도면
- [81] 도 51은 실시 예에 따른 시스템운영부에서 운영 작업을 설정하는 예를 개시하는 도면
- [82] 도 52는 실시 예에 따른 운영 환경에서 고정크기 실험 설계를 활용한 운영 작업이 수행되는 예를 개시하는 도면
- [83] 도 53는 실시 예에 따른 실험허브의 운영작업을 설정하고 수행하는 예를 개시하는 흐름도
- [84] 도 54는 실시 예에 따른 디지털 생산계획 정보를 제공하는 방법을 개시하는 흐름도
- [85] 도 55은 실시 예에 따른 실험허브 화면의 예를 개시하는 도면

- [86] 도 56은 실시 예에 따른 실험허브 화면의 파일 생성 및 변인 등록의 예를 개시하는 도면
- [87] 도 57은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 데이터 테이블 상에서 데이터타입 변인 및 주요성능지표를 생성하는 예를 개시하는 도면
- [88] 도 58은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 모델 데이터 변인을 생성하는 예를 개시하는 도면이다.
- [89] 도 59은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 데이터타입 변인을 생성하는 예를 개시하는 도면
- [90] 도 60은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 데이터타입 변인을 생성하는 예를 개시하는 도면
- [91] 도 61은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 데이터타입 변인을 생성하는 예를 개시하는 도면
- [92] 도 62은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 모델 타입 변인을 등록하는 예를 개시하는 도면
- [93] 도 63은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 로직 타입 변인을 등록하는 예를 개시하는 도면
- [94] 도 64은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 주요성능지표를 등록하는 예를 개시하는 도면
- [95] 도 65은 실시 예에 따른 실험허브를 편집하는 방법의 다른 일 예를 개시하는 도면
- [96] 도 66은 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 흐름도
- [97] 도 67은 실시 예에 따른 실험허브에 포함된 시나리오 정제의 예를 개시하는 도면
- [98] 도 68은 실시 예에 따른 실험허브에 포함된 시나리오 정제의 예를 개시하는 도면
- [99] 도 69은 실시 예에 따른 실험허브에 포함된 실험 정제의 예를 개시하는 도면
- [100] 도 70은 실시 예에 따른 실험허브에 포함된 실험 정제의 예를 개시하는 도면
- [101] 도 71은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험설계 편집 예를 개시하는 도면
- [102] 도 72은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험설계 편집 예를 개시하는 도면
- [103] 도 73은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험설계 편집 예를 개시하는 도면
- [104] 도 74은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험수행 편집 예를 개시하는 도면
- [105] 도 75은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험수행 편집 예를 개시하는 도면
- [106] 도 76은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험수행 편집 예를 개시하는 도면
- [107] 도 77은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험수행 편집 예를 개시하는 도면
- [108] 도 78은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험수행 결과확인 예를 개시하는 도면

- [109] 도 79은 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 흐름도
- [110] 도 80는 실시 예에 따른 수리최적화 모형 기반 모델에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 도면
- [111] 도 81은 실시 예에 따른 가변 타임 버킷 사용의 예를 개시하는 도면
- [112] 도 82은 실시 예에 따른 수리최적화 모형 기반 모델 실행의 예를 개시하는 흐름도
- [113] 도 83은 실시 예에 따른 수리최적화 모형 기반 모델 실행의 예를 개시하는 도면
- [114] 도 84는 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 흐름도
- [115] 도 85은 실시 예에 따른 시스템운영부에서 동적 정책 운용을 위한 운영 작업을 설정하는 예를 개시하는 도면
- [116] 도 86은 실시 예에 따른 운영 환경에서 동적 정책 운용을 위한 운영 작업이 수행되는 예를 개시하는 도면
- [117] 도 87은 실시 예에 따른 시스템운영부에서 동적 정책 운용을 위한 운영 작업을 설정하는 예를 개시하는 도면
- [118] 도 88은 실시 예에 따른 운영 환경에서 동적 정책 운용을 위한 운영 작업이 수행되는 예를 개시하는 도면
- [119] 도 89은 실시 예에 따른 운영 환경에서 동적 정책 운용을 위한 운영 작업을 설정하고 수행하는 예를 개시하는 흐름도
- [120] 도 90은 실시 예에 따른 디지털 생산계획 정보를 제공하는 방법을 개시하는 흐름도
- [121] 도 91은 실시 예에 따른 도메인 특화 엔진을 이용하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 도면을 개시하는 도면
- [122] 도 92는 실시 예에 따른 균형 생산 로직의 예를 개시하는 도면
- [123] 도 93은 실시 예에 따른 균형 생산 로직의 과정의 예를 개시하는 도면
- [124] 도 94는 실시 예에 따른 균형 생산 로직의 예를 설명하는 흐름도
- [125] 도 95는 실시 예에 따른 대기시간 컨트롤 로직의 예를 개시하는 도면
- [126] 도 96은 실시 예에 따른 대기열 대기시간 컨트롤 로직의 과정의 예를 개시하는 도면
- [127] 도 97은 실시 예에 따른 대기열 대기시간 컨트롤 로직의 예를 설명하는 흐름도
- [128] 도 98은 실시 예에 따른 배치 컨트롤 로직의 예를 개시하는 도면
- [129] 도 99는 실시 예에 따른 배치 컨트롤 로직의 과정의 예를 개시하는 도면
- [130] 도 100은 실시 예에 따른 배치 컨트롤 로직의 예를 설명하는 흐름도
- [131] 도 101은 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 흐름도
- [132] 도 102은 디지털 생산 계획을 제공하는 방법의 일 실시 예를 개시한 도면

- [133] 도 103는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 컴퓨팅 시스템의 일 실시 예를 개시하는 도면
- [134] 도 104는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 장치의 일 예를 개시하는 도면
- [135] 도 105는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 컴퓨팅 시스템의 일 실시예를 개시하는 도면
- [136] 도 106는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 아이템(item)을 나타내는 도면
- [137] 도 107는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 사이트(site)을 나타내는 도면
- [138] 도 108는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 버퍼(buffer)을 나타내는 도면
- [139] 도 109는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 BOM 정보를 나타내는 도면
- [140] 도 110는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 대체 BOM 정보를 나타내는 도면
- [141] 도 111는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 라우팅(routing)을 나타내는 도면
- [142] 도 112는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 공정(operation)을 나타내는 도면
- [143] 도 113는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 자원(resource)을 나타내는 도면
- [144] 도 114는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 재공(WIP)을 나타내는 도면
- [145] 도 115는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 작업물(Lot)을 나타내는 도면
- [146] 도 116는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 표준 모델에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 흐름도
- [147] 도 117은 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 도면
- [148] 도 118은 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하는 얼라인 과정의 예를 개시하는 도면
- [149] 도 119는 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하는 ISB 폐깅 과정의 예를 개시하는 도면
- [150] 도 120은 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하는 ISB 라우팅 과정의 예를 개시하는 도면
- [151] 도 121은 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하는 공정 폐깅 및 공정 라우팅 과정의 예를 개시하는 도면

- [152] 도 122는 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 흐름도
- [153] 도 123은 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 다른 흐름도
- [154] 도 124는 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 도면
- [155] 도 125는 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 LFS 방식의 작업물 그룹 선택 과정의 예를 개시하는 도면
- [156] 도 126은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 LFS 방식의 작업물 선택 과정의 예를 개시하는 도면
- [157] 도 127은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 LFS 방식의 투입 의사결정의 예를 개시하는 도면
- [158] 도 128은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 RFS 방식의 버킷 선택 과정의 예를 개시하는 도면
- [159] 도 129는 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 RFS 방식의 작업물 그룹 선택 과정의 예를 개시하는 도면
- [160] 도 130은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 RFS 방식의 작업물 선택 과정의 예를 개시하는 도면
- [161] 도 131은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 처리 과정의 예를 개시하는 도면
- [162] 도 132는 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 흐름도
- [163] 도 133은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 다른 흐름도
- [164] 도 134는 실시 예에 따른 비교의사결정 에이전트에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 도면
- [165] 도 135는 실시 예에 따른 의사결정 방식에 기반한 의사결정 수행 과정의 예를 설명하는 흐름도
- [166] 도 136은 실시 예에 따른 가중합 방식에 기반한 의사결정 수행 과정의 예를 설명하는 흐름도
- [167] 도 137은 실시 예에 따른 가중치 정렬 방식에 기반한 의사결정 수행 과정의 예를 설명하는 흐름도
- [168] 도 138은 실시 예에 따른 비교의사결정 에이전트에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 다른 흐름도
- [169] 도 139는 실시 예에 따른 정책을 위한 시스템의 도구를 나타내는 도면
- [170] 도 140는 실시 예에 따른 액션 선택기의 구성을 나타내는 도면
- [171] 도 141는 실시 예에 따른 피쳐 추출기의 구성을 나타내는 도면
- [172] 도 142는 실시 예에 따른 평가기의 구성을 나타내는 도면

- [173] 도 143는 실시 예에 따른 정책 관리기의 구성을 나타내는 도면
- [174] 도 144는 실시 예에 따른 강화학습 운영관리기의 구성을 나타내는 도면
- [175] 도 145는 실시 예에 따른 동적 도구를 통해 생산 계획을 생성하는 흐름도
- [176] 도 146은 실시 예에 따른 정책 운용 시스템의 도구를 나타내는 도면
- [177] 도 147는 실시 예에 따른 정책 운용 시스템의 수행주체를 나타내는 도면
- [178] 도 148은 실시 예에 따른 정책 운용 시스템을 통해 생산 계획을 생성하는 일 예를 나타내는 도면
- [179] 도 149는 실시 예에 따른 정책 운용 시스템을 통해 생산 계획을 생성하는 다른 일 예를 나타내는 도면
- [180] 도 150는 실시 예에 따른 정책 운용 시스템을 통해 시뮬레이션을 수행하고 성능지표를 산출하는 일 예를 나타내는 흐름도
- [181] 도 151는 실시 예에 따른 정책 운용 시스템을 초기화하는 단계를 나타내는 흐름도
- [182] 도 152는 실시 예에 따른 정책 운용 시스템을 통한 생산 계획 데이터를 생성하는 흐름도
- [183] 도 153은 실시 예에 따른 정책 학습 시스템의 도구를 나타내는 도면
- [184] 도 154는 실시 예에 따른 정책 학습 시스템의 수행주체를 나타내는 도면
- [185] 도 155은 실시 예에 따른 정책 학습 시스템을 통해 정책 학습을 수행하는 일 예를 나타내는 도면
- [186] 도 156는 실시 예에 따른 정책 학습 시스템을 통해 정책 학습을 수행하는 다른 일 예를 나타내는 도면
- [187] 도 157는 실시 예에 따른 정책 학습 시스템을 통해 학습을 수행하는 일 예를 나타내는 흐름도
- [188] 도 158은 실시 예에 따른 정책 학습 시스템을 초기화하는 단계를 나타내는 흐름도
- [189] 도 159은 실시 예에 따른 정책 학습을 수행할 때 보상 또는 성능지표를 획득하는 것을 나타내는 흐름도
- [190] 도 160은 실시 예에 따른 정책 학습 시스템을 통해 정책을 생성하는 흐름도
- [191] 도 161은 실시 예에 따른 동적 정책 운용 및 학습 시스템의 도구를 나타내는 도면
- [192] 도 162는 실시 예에 따른 동적 정책 운용 및 학습 시스템의 수행주체를 나타내는 도면
- [193] 도 163은 실시 예에 따른 동적 정책 운용 및 정책 학습 시스템을 통해 시뮬레이션을 실행하는 일 예를 나타내는 도면
- [194] 도 164는 실시 예에 따른 동적 정책 운용 및 학습 시스템을 통해 동적 정책 운용을 수행하는 흐름도
- [195] 도 165은 실시 예에 따른 동적 정책 운용 및 학습을 통해 생산 계획을 생성하는 흐름도

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [196] 이하에서는 위와 같은 문제점을 해결하고 거래를 위해 기술적인 불편함을 해결할 수 있는 실시 예들을 개시한다. 이하에서 실시 예들의 구성요소를 언급하는 경우, 특별히 물리장치로 제한하지 않는 한 최적화된 하드웨어 또는 소프트웨어로 모두 구현이 가능하다.
- [197] 도 1은 디지털 생산 계획을 제공하는 방법의 일 실시 예를 개시한 도면이다.
- [198] 생산 계획을 실행하는 클라이언트로부터 생산 실행을 위한 기준 정보를 포함하는 입력데이터의 데이터 스키마를 수신한다(S10).
- [199] 여기서, 생산 실행을 위한 기준 정보는 생산을 실행하는 장소, 예를 들어 제조(생산)시스템(Manufacturing System) 내의 여러 가지 기준 정보를 지칭하는데 제조생산시스템 내의 다양한 기준 정보는 이하에서 상세히 후술한다.
- [200] 생산 실행을 위한 기준 정보를 포함하는 데이터 스키마는, 디지털 생산 계획을 생성하는데 필요한 널리 사용되는 공정의 일반적인 데이터 스키마 이외에 해당 제품이나 공정에만 적용되는 커스텀화된 데이터 스키마를 포함할 수 있다.
- [201] 클라이언트가 제공하는 기준 정보와 관련된 데이터의 구조나 종류 등을 미리 알고 있거나, 또는 클라이언트가, 미리 정해진 데이터 스키마에 따라 생산 운영 데이터를 준비하였다면, 이 단계는 생략될 수 있다.
- [202] 생산 실행을 위한 기준 정보를 포함하는 입력데이터는 일정한 형식과 내용을 포함한 특정 시점, 예를 들어 현재 시점의 데이터를 포함할 수 있고, 제조생산시스템의 상태를 나타내는 데이터를 포함한다.
- [203] 상기 클라이언트로부터 수신한 데이터 스키마를 기반으로 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성한다(S20).
- [204] 이 단계에서 클라이언트로 수신한 데이터 스키마를 기반으로 관련된 생산 계획 정보를 생성할 수 있는 소프트웨어(SW)모델 또는 로직(logic)세트 중 적어도 하나를 생성할 수 있다.
- [205] 여기서 소프트웨어 모델은 수신된 데이터를 사용하여 결과를 생성하는 컴퓨팅 소프트웨어의 일부로서 구현하고자 하는 현실의 시스템을 컴퓨터에서 수행되도록 설계한 프로그램을 지칭한다.
- [206] 한편 여기서 로직(logic)은 컴퓨팅 모델 또는 프로그램이, 데이터 생성, 저장, 수정 등을 수행하는 규칙을 포함한 파일로서, SW모델이 실행될 경우 위 SW모델이 어떻게 동작해야 하는지를 결정하는 절차를 포함하는 데이터 세트를 의미하고, 컴퓨팅 SW모델의 핵심 기능을 구현하는 데 필요한 데이터를 지칭한다. 따라서 로직 세트는 입력데이터를 어떤 작업으로 처리할지 정의한 구조화된 규칙의 집합으로서 파일 형태로 제공될 수 있다.
- [207] 이러한 소프트웨어(SW)모델 또는 모델로직 중 적어도 하나는 시스템 내에 적어도 일부분이 미리 준비될 수도 있다. 또한 관련된 생산 계획 정보를 생성하기

위해 필요한 일부의 소프트웨어(SW)모델과 일부의 로직(logic)을 이 단계에서 생성할 수도 있다.

[208]

[209] 예를 들어 클라이언트로부터 기준 정보를 포함하는 입력데이터를 기반으로 생산 계획을 제공하는 클라우드 시스템인 경우 이 단계에서 사용자의 커스텀화된 일부 로직 세트를 생성하거나, 또는 이 단계에서 생략될 수 있다.

[210] 상기 데이터 스키마에 따라 상기 클라이언트로부터 입력데이터를 수신한다(S30).

[211] 클라이언트의 시스템으로부터 수신한 데이터 스키마에 따라 미리 입력데이터를 준비하거나 또는 클라이언트로부터 데이터 스키마를 얻은 경우에 그 데이터 스키마에 따라 클라이언트로부터 생산 계획정보를 생성할 수 있는 입력데이터를 수신할 수 있다.

[212] 클라이언트의 데이터베이스에 입력데이터가 저장된 경우 이 데이터베이스로부터 그 입력데이터를 쿼리하거나 정해진 방식 또는 자동으로 수신하도록 설정될 수 있다.

[213] 상기 생성한 소프트웨어모델 및 로직 세트에 대한 테스트를 수행할 수 있다(S40).

[214] 클라이언트로부터 데이터 스키마에 따른 데이터를 수신한 경우 이를 기반으로 위에서 생성한 소프트웨어 모델 또는 로직을 테스트할 수 있다.

[215] 소프트웨어 모델이나 로직에 따른 생산 계획 시스템 모델링의 일종인 시뮬레이션을 실행하고 그 결과를 조회할 수 있다.

[216] 여기서, 생산 계획에 영향을 미치는 여러 가지 설정 변수 등을 수정하거나 모델 수행에 필요한 여러 가지 옵션들을 설정할 수 있다. 변수나 설정의 변경에 따라 SW모델이 여러 가지 환경에서 최적화된 생산 계획 데이터를 생성하는지 테스트할 수 있다.

[217] 예를 들면, 일종의 소프트웨어(SW) 모델 또는 로직을 이용해 생산 계획에 영향을 미치는 여러 변수들의 조합과 성능 지표를 설계한 실험을 수행할 수 있다. 하나의 실험은 특정 변수나 특정 성능 지표를 선택하여 수행되는 하나 이상의 실행 시나리오들 포함할 수 있다.

[218] 여러 소프트웨어 모델들 또는 로직들이 사용될 경우 다수의 실험을 포함하는 실험허브(Experiment Hub)를 생성할 수도 있다.

[219] 그리고, 수신한 입력데이터를 소프트웨어(SW) 모델 또는 로직의 핵심 부분인 엔진을 활용하여 생산 계획 정보를 포함하는 출력데이터를 생성할 수 있다. 이 단계는 입력데이터, 엔진, 출력데이터 등의 구성요소를 변경한 여러 가지 시나리오로서 컴퓨터로 구현한 모델들을 테스트할 수 있다.

[220] 만약 이러한 테스트가 필요없이 기 설정된 변수를 사용하는 경우, 예를 들어 특정 산업 분야에 적용되는 생산 계획의 유형이 기 설정되는 등의 경우에 이 단계는 생략될 수 있다.

- [221] 상기 수신된 입력데이터를 기반으로 상기 소프트웨어모델 및 로직 세트를 제공하거나 또는 상기 소프트웨어모델 및 로직 세트를 수행하여 생성한 생산 계획 데이터를 제공한다(S50).
- [222] 실시 예의 이 단계는 상기 생성된 생산 계획 데이터를 기반으로 소프트웨어 모델 및 모델 로직을 클라이언트에 제공할 수 있다. 또는 상기 생성된 생산 계획 데이터를 기반으로 소프트웨어 모델 및 모델 로직을 수행하고 수행된 결과에 따른 생산 계획 데이터를 클라이언트에 제공할 수도 있다.
- [223] 생성된 생산 계획 데이터는 클라이언트 시스템의 데이터베이스 등에 업로드(upload)될 수 있다.
- [224] 이러한 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 방법의 일 실시 예는 온프레미스(on-premise) 컴퓨팅 시스템이나 클라우드 컴퓨팅 시스템 등의 플랫폼을 통해 구현될 수 있다. 실시 예가 클라우드 컴퓨팅 시스템으로 구현될 경우 클라이언트는 SaaS (Software-as-a-Service) 방식으로 이 실시 예를 구현하는 소프트웨어 패키지를 통해 생산 계획을 얻을 수 있다.
- [225] 또한 상기 생성된 소프트웨어 모델 및 모델 로직을 실행할 경우, 의사결정을 위한 여러 확장 기능이 사용될 수 있다. 이 경우 확장 기능은 시나리오들이나 시뮬레이션들에 필요한 매개변수를 수정하거나 기계학습을 진행하여 생산계획 데이터를 생성하는데 사용될 있다. 이에 대한 상세한 실시 예는 이하에서 후술한다.
- [226] 이하에서는, 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 방법의 일 실시 예를 구현하는 컴퓨팅 시스템의 실시 예들을 개시한다.
- [227]
- [228] 도 2는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 컴퓨팅 시스템의 일 실시 예를 개시한다.
- [229] 이 도면은 디지털 생산 운영 데이터를 제공하는 온프레미스(on-premise) 컴퓨팅 시스템의 일 실시 예를 개시한다.
- [230] 일 실시 예에서 제조생산시스템 등에서 생산 계획을 실행하는 클라이언트 측의 제조생산시스템(100)은 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)에 생산 실행을 위한 기준 정보를 포함하는 입력데이터를 제공하고, 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)으로부터 그에 따라 생성된 디지털 생산 계획 데이터를 제공받는다.
- [231] 이 실시 예에서 제조생산시스템(100)은, 제조 공정을 전반적으로 운영 및 관리하는 시스템운영부(110), 시스템운영부(110)의 실행 요청에 따라 생산 계획 데이터를 생성하는 모델실행부(130) 및 모델실행부(130)의 실행한 결과인 생산 계획 데이터를 저장하는 데이터베이스(150)를 포함한다.
- [232] 이 실시 예에서 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)은 클라이언트 측에 위치할 수도 있고, 클라이언트 외부의 서비스 제공자로부터 제공될 수도 있다.
- [233] 실시 예에 따른 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)은 클라이언트의 제조생산시스템(100)으로부터 수신한 입력데이터 또는 입력데이터의 스키마를 기반으로 생산 계획에 관련된 모델을 개발하는 모델개발부(1100) 및 개발된 모델을 클라이언

트에 제공하고 실행하도록 클라이언트 운영서버를 관리하는 서버관리부(1200)를 포함한다.

- [234] 실시 예에 따른 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)은 모델개발부(1100)가 개발한 소프트웨어(SW)모델 또는 로직 세트의 설정 등을 변경하고 분석하는 모델분석부(1300)를 더 포함할 수 있다.
- [235] 또한 실시 예에 따른 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)은 모델분석부(1300)가 분석한 소프트웨어(SW)모델 또는 로직을 사전에 실행하여 결과를 얻을 수 있는 모델실행부(1400)를 더 포함할 수도 있다. 이와 같은 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)의 실시 예가 모델분석부(1300)와 모델실행부(1400)를 포함할 경우 클라이언트의 제조생산시스템(100)에서 수행될 모델의 결과를 사전에 분석하고 변경할 수 있어 최적의 생산 운영 계획을 생성할 수 있다.
- [236] 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)은 제조생산시스템(100)으로부터 생산 계획에 관련된 데이터 스키마를 수신한다. 생산 실행을 위한 기준 정보를 포함하는 입력데이터의 데이터 스키마는 소프트웨어(SW)모델 또는 로직을 수행하는데 필요한 데이터의 기본 형식을 포함한다. 이러한 데이터 스키마는, 제조생산시스템(100)에 따라 여러 가지 정보와 타입을 가진 데이터가 일정한 형식과 내용으로 수신될 수 있도록 할 수 있다.
- [237] 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)의 모델개발부(1100)는, 수신된 데이터 스키마와 라이브러리 엔진세트(1150)에 기반하여 생산 계획 데이터를 생성하는 소프트웨어 모델 또는 로직 세트를 생성할 수 있다. 라이브러리 엔진세트(1150)는 코어 라이브러리, 생산계획엔진, 생산도메인특화엔진 등을 포함할 수 있다.
- [238] 이하에 엔진 또는 엔진세트라 함은 소프트웨어 엔진을 지칭하는 것으로 여러 가지 캡슐화된 기능 블록을 포함하는 라이브러리나 객체 등을 포함한 소프트웨어 구성 모듈을 의미한다. 소프트웨어를 실행할 경우 엔진을 이용하면 그 소프트웨어와 연결된 소프트웨어 모델이나 로직들이 공동적이고 본질적인 기능을 수행할 수 있다.
- [239] 라이브러리 엔진세트(1150)의 코어라이브러리는 생산계획엔진과 함께 생산 계획을 구현하는 자료 구조를 포함하는 집합이다.
- [240] 그리고 라이브러리 엔진세트(1150)의 생산도메인특화엔진은 생산계획엔진의 일부 기능을 상속받아서 특정 생산 도메인에서 사용하는 로직을 구현한 데이터 세트로서 산업이나 제조생산시스템에 따라 다르게 정의될 수 있다.
- [241] 라이브러리 엔진세트(1150)의 생산계획엔진은 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록세트로 정의한다.
- [242] 라이브러리 엔진세트(1150)의 코어라이브러리는 실시 예에 따라 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직을 생성하는 전반적인 라이브러리를 포함한다.
- [243] 즉, 모델개발부(1100)는 사전에 정의한 바에 따라 클라이언트로부터 입력데이터의 데이터 스키마를 수신한다. 모델개발부(1100)는 클라이언트로부터 수신하

는 데이터 스키마가 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직의 실행에 필요한 데이터 형식이 되도록 사전에 데이터 스키마를 정의할 수도 있다.

- [244] 모델개발부(1100)는 데이터 스키마에 제조생산시스템의 기준 정보를 수집하기 위한 순서의 설정이나 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직이 실행되기 위해 필요한 정보를 설정을 할 수도 있다. 예를 들어 모델개발부(1100)는 데이터베이스(150)로부터 데이터를 가져오는 방식, 그 데이터의 형식 등을 설정할 수 있다. 예를 들어 데이터의 크기 다운로드 순서, 수신 조건 등을 설정할 수 있다.
- [245] 모델개발부(1100)는 수신된 데이터 스키마와 라이브러리 엔진 세트(1150)를 기반으로 적절한 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직을 생성하도록 여러 가지 개발 도구를 제공할 수 있다.
- [246] 모델개발부(1100)가 생성하는 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직은 다양한 모듈들, 예를 들면 이후에 개시할 폐경단계나 다양한 시뮬레이션들을 포함할 수 있다. 모델개발부(1100)는 소프트웨어 모델을 정의하고 사용할 데이터 정의하고 생성되는 데이터를 저장할 수 있다.
- [247] 모델개발부(1100)에 의해 개발된 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직과 시나리오들이나 시뮬레이션들에 관련된 모듈들의 여러 변수들이나 로직들을 설정하도록 할 수도 있다. 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직은, 예를 들면 생산 계획을 위한 의사 결정의 최적화, 기계학습, 다양한 분야의 실험 설계 등을 위해 사용될 수 있다.
- [248] 모델개발부(1100)은 클라이언트가 원하는 생산 계획의 형태에 따라 다양한 모듈을 조합하여 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직을 정의할 수 있다. 예를 들어 공장에 제품을 투입하는 계획만 얻고 싶을 경우 이후에 설명할 백워드 플래닝의 폐경(Pegging) 모듈을 사용하여 투입 계획을 얻을 수 있다.
- [249] 다른 예로서, 주간 생산 계획을 수립하는데 있어 월간 제품 투입계획을 고려한 생산 계획을 얻고 싶다면, 제 1 모듈인 폐경(Pegging) 모듈에서 얻은 투입 계획을 제 2 모듈인 시뮬레이션(Simulation) 모듈의 입력값으로 하여 순차적으로 생산계획을 생성하는 모델을 만들 수 있다.
- [250] 모델개발부(1100)은 소프트웨어 모델에 포함된 개별 모듈의 구성요소를 정의할 수 있도록 할 수 있다. 예를 들어 시뮬레이션(Simulation)의 공장, 작업물, 투입할당, 제약조건 등의 로직을 클라이언트의 제조 시스템에서 재현할 수 있도록 수정할 수 있다.
- [251] 그리고 모델개발부(1100)는 소프트웨어 모델 및 로직에 추가된 여러 모듈들의 실행 관리 등에 대한 설정이나 실행을 관리하도록 할 수도 있다.
- [252] 서버관리부(1200)는 모델개발부(1100)가 생성한 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직을 클라이언트에 전달하고, 클라이언트의 제조생산시스템(100)이 생산 계획 데이터를 생성하게 하여 생산 운영이 진행되도록 할 수 있다.
- [253] 서버관리부(1200)는 클라이언트의 시스템운영부(110)에 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직을 전달하고, 그 소프트웨어(SW)모델의 실행에 관련된 작업을 정

- 의, 예약 및 등록할 수 있다. 클라이언트의 시스템운영부(110)은 서버관리부(1200) 또는 그 사용자의 지정한 바에 따라 모델 실행 작업을 수행할 수 있다.
- [254] 서버관리부(1200)는, 클라이언트의 제조생산시스템(100)의 시스템운영부(110)의 관리 뿐만 아니라 프로젝트나 작업 관리, 계획에 따라 프로젝트 또는 작업을 운영하기 위한 트리거의 관리, 및 그 모니터링과 성능을 변경하고 설정할 수 있다.
- [255] 한편, 실시 예에서 모델분석부(1300)는 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직의 여러 가지 설정 정보 등을 변화시켜 모델실행부(1400)에서 생산 계획 데이터를 생성하여 테스트하고 분석할 수 있다.
- [256] 모델분석부(1300)는 모델개발부(1100)가 생성한 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직 및 수신된 데이터 스키마에 따라 입력데이터 모델실행부(1400)에 전달하여 실행하게 하고 그 결과를 분석하는 도구를 제공할 수 있다.
- [257] 모델분석부(1300)에서 그 결과에 따라 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직의 변경이 필요한 경우 라이브러리 엔진 세트(1150)를 변경할 수도 있다.
- [258] 예를 들어 모델분석부(1300)는 쿼리 등을 통해 클라이언트의 데이터베이스(150)로부터 제조생산시스템의 기준 정보 데이터 세트를 포함한 입력데이터를 파일 등의 형태로 수신할 수 있다.
- [259] 모델분석부(1300)는 모델개발부(1100)가 개발한 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직을, 라이브러리 엔진 세트(1150)와 입력데이터의 기준 정보 등을 변경하면서 실험 분석하는 도구를 제공한다.
- [260] 예를 들어 모델분석부(1300)는 수신된 입력데이터 내의 기준 정보를 포함한 데이터 세트를 이용하여 모델실행부(1400)를 통해 생산 계획 데이터를 생성할 수 있다.
- [261] 모델분석부(1300)는 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직의 정보, 그 실행 결과를 조회할 수 있는 사용자 인터페이스를 제공할 수 있다.
- [262] 모델분석부(1300)는 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직의 입력데이터, 여러 가지 설정 정보, 모델링 결과에 따른 결과 분석을 사용자에게 제공할 수 있다.
- [263] 모델분석부(1300)는 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직이 수행되는 경우 여러 가지 시나리오 정보를 설정할 수 있다.
- [264] 예를 들어 여러 가지 시나리오 정보로 제조 시스템 기준 정보 입력값, 라이브러리 엔진 세트(1150)의 버전 등을 수정 할 수 있다.
- [265]
- [266] 모델실행부(1400)는 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직을 실행하고 생산 계획 데이터를 생성하여 모델분석부(1300)가 분석할 수 있는 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다.
- [267] 클라이언트의 제조생산시스템(100)의 시스템운영부(110)는, 모델개발부(1100)가 개발한 소프트웨어(SW)모델 및 모델 로직을 서버관리부(1200)를 통해 수신한 경우, 데이터베이스(150)로부터 기준 정보 데이터가 포함된 입력데이터를 제

공받고, 이를 이용하여 수신한 소프트웨어모델 및 로직세트직세트를 실행하여 생산 계획 데이터를 생성할 수 있다.

- [268] 생성된 생산 계획 데이터는 데이터베이스(150)에 다시 업로드되어 저장될 수 있다.
- [269] 실시 예에 따르면 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)은 클라이언트로부터 제조 생산시스템의 기준 정보를 포함하는 입력데이터를 수신하여 개발한 소프트웨어 (SW)모델 및 모델 로직을 실행하여 생산 계획 데이터를 생성할 수 있다. 또는 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)이 제공한 소프트웨어모델 및 로직세트를 이용하여 클라이언트의 제조생산시스템(100)은 생산 계획 데이터를 생성할 수도 있다.
- [270] 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)의 각 구성요소의 상세한 실시 예들은 이하에서 후술한다.
- [271]
- [272] 도 3은 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 컴퓨팅 시스템의 다른 일 실시 예를 개시한다.
- [273] 이 도면은 디지털 생산 운영 데이터를 제공하는 클라우드 컴퓨팅 시스템의 일 실시 예를 개시한다. 실시 예에 따른 클라우드 컴퓨팅 시스템은 디지털 생산 계획 데이터를 SaaS (Software-as-a-Service)로 제공할 수 있다.
- [274] 개시하는 실시 예는 데이터베이스(150)를 포함하는 클라이언트 제조생산시스템(100)은, 클라우드 컴퓨팅 시스템(2000)에 제조생산시스템의 기준 정보가 포함된 입력데이터를 제공하고 그 결과로서 생산 계획 데이터를 제공받을 수 있다.
- [275] 클라이언트 시스템의 상황에 최적화된 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 컴퓨팅 시스템(2000)은, 운영관리부(2100), 정의된 소프트웨어모델 및 로직세트를 실행하는 모델실행부(2400) 및 클라우드 데이터베이스(2500)을 포함할 수 있다.
- [276] 클라우드 컴퓨팅 시스템(2000)의 라이브러리 엔진 세트(2210)는 소프트웨어 모델을 생성하는 주요 데이터를 포함하는 코어라이브러리와 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록세트인 생산 계획 엔진을 포함한다.
- [277] 클라우드 컴퓨팅 시스템(2000)은 온프레미스 컴퓨팅 시스템에서 별도로 개발한 것과 다르게 제품이나 시나리오에 일반화되어 이미 정의된 소프트웨어모델 및 로직세트(2230)을 포함한다. 하지만 클라이언트의 커스텀화된 생산 운영 계획을 생성하기 위한 커스텀 라이브러리 엔진 세트(2250)을 더 포함할 수 있다.
- [278] 클라이언트 제조생산시스템(100)은 제조생산시스템의 기준 정보를 포함하는 생산 운영에 관련된 입력데이터를 저장한 데이터베이스(150)를 포함한다.
- [279] 클라이언트 제조생산시스템(100)은 데이터베이스(150)에 저장된 입력데이터의 스키마를 변환하는 인바운드로직(170)을 실행하고 변환된 입력데이터를 클라우드 데이터베이스(2500)에 업로드할 수 있다.

- [280] 클라이언트 제조생산시스템(100)의 인바운드로직(170)의 실행에 따라 클라이언트의 기준 정보 데이터를 포함하는 입력데이터가 클라우드 데이터베이스(2500)에 저장될 수 있다.
- [281] 운영관리부(2100)는 클라이언트나 클라우드 시스템 관리자의 설정에 따라 라이브러리 엔진 세트(2210), 소프트웨어모델 및 로직세트(2230) 및 커스텀 라이브러리 엔진 세트(2250)를 기반으로 클라우드 데이터베이스(2500)에 저장된 입력 데이터를 이용하여 생산 계획 데이터를 생성한다.
- [282] 생성된 생산 계획 데이터는 다시 클라우드 데이터베이스(2500)에 저장될 수 있다.
- [283] 클라우드 컴퓨팅 시스템(2000)은 클라우드 데이터베이스(2500)에 저장된 생산 계획 데이터를 일정한 사용자 인터페이스로 제공하는 아웃바운드 API(2710)를 통해 클라이언트에 제공한다.
- [284] 클라이언트는 클라우드 컴퓨팅 시스템(2000)에서 모델을 실행을 위한 설정하거나, 커스텀 라이브러리 엔진 세트(2250)를 수정하거나 또는 최종 생산 계획 데이터를 얻을 수 있는 인터페이스를 가질 수 있다.
- [285] 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)과 다른 기능을 가지는 클라우드 컴퓨팅 시스템(2000)의 각 구성요소들의 상세한 실시 예들은 이하에서 후술한다.
- [286]
- [287] 이하의 실시 예에서는 설치된 라이브러리 엔진 세트를 기반으로 생성된 소프트웨어모델 및 로직 세트를 이용하여 생산 계획 데이터를 제공하는 일 예를 상세히 개시한다.
- [288] 설명한 바와 같이 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)의 모델개발부(110)은, 라이브러리 엔진 세트(1150)를 기반으로 생산 계획을 생성할 수 있는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 개발할 수 있는 프레임を提供한다.
- [289] 다른 예로서, 클라우드 컴퓨팅 시스템(2000)은, 라이브러리 엔진 세트를 기반으로 생산 계획을 생성할 수 있는 정형화된 다수의 소프트웨어모델 및 로직 세트들을 제공할 수 있다.
- [290] 개시하는 실시 예에서 생산 계획을 생성할 수 있는 소프트웨어모델 및 로직 세트는 시간 역산 방식으로 생산 계획을 스케줄링하여 공정목표(Step Target)을 산출할 수 있다. 공정목표(Step Target)는 공정의 목표생산수량(Quantity) 정보와 시점(Date) 정보를 포함할 수 있다. 여기서 시간 역산 방식으로 생산 계획을 스케줄링하는 방식을 백워드 플래닝(backward planning)으로 호칭할 수 있다.
- [291] 라이브러리 엔진 세트(1150)은 시간 역산 방식으로 백워드 플래닝(backward planning) 로직을 생성할 수 있는 코어 라이브러리를 제공할 수 있다.
- [292] 모델개발부(110)는 라이브러리 엔진 세트(1150)를 기반으로 백워드 플래닝(backward planning) 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성하도록 할 수 있다. 여기서, 백워드 플래닝(backward planning) 방식은, 수요(demand) 정보의

납기일과 목표생산수량(Quantity) 정보로부터 시간과 수량을 역산하여 작업물을 할당하는 방식이다.

- [293] 즉, 수요 정보에 포함된 완제품의 납기일까지 생산되기 위해 공정별 투입대기 시간(Wait TAT), 공정별 작업시간(Run TAT) 및 공정별 수율(Yield)을 기반으로, 생산 프로세스의 공정의 투입목표(In Target)의 수량(Qunatity)과 시점(Date), 공정의 완료목표(Out Target)의 수량(Quantity)과 시점(Date)을 산출할 수 있다.
- [294]
- [295] 예를 들어 수요 정보, 즉 완제품의 납기시점과 수량 정보는, 완제품의 납기시점을 맞추기 위한 제N 공정의 완료목표(Out Target)의 수량(Quantity)과 시점정보(Date)를 기반으로 작업시간(RUN TAT)과 수율 정보(YIELD)로 역산하여 제 N 공정의 투입목표(In Target)의 수량(Qunatity)과 시점(Date) 정보를 산출한다.
- [296] 그리고, 완제품의 납기시점을 맞추기 위한 제 N 공정의 투입목표(In Target)의 수량(Qunatity)과 시점(Date) 정보를 기반으로 투입대기시간(Wait TAT) 등을 고려하면 제 (N-1) 공정의 완료목표(Out Target)의 수량(Qunatity)과 시점(Date)정보를 역산할 수 있다.
- [297] 이와 같이 1, 2, 3,...N 개의 공정별 작업시간(Run TAT) 및 수율정보(Yield)와, 그 공정의 투입대기시간(Wait TAT)을 역산하면 생산 계획을 산출할 수 있다.
- [298] 결과적으로 백워드 플래닝(backward planning) 방식은 수요 정보에 대해 납기일과 수량을 만족하기 위한 공정목표(Step Target) 정보를 산출할 수 있다.
- [299] 여기서 공정목표(Step Target) 정보는, 공정의 투입계획시점정보(Inplan Date), 투입계획시점의 수량정보(Inplan Quantity), 공정의 완료정보(Outplan Date), 및 완료시점의 수량정보(Outplan Quantity)를 포함할 수 있다.
- [300] 다른 예로서 공정목표(Step Target) 정보는, 공정의 투입목표시점정보(In Target Date), 투입목표시점의 수량정보(In Target Quantity), 공정의 완료목표시점정보(Out Target Date), 및 완료목표시점의 수량정보(Out Target Quantity)를 포함할 수도 있다.
- [301] 위와 같이 경우에 따라 공정목표(Step Target) 정보는 공정의 투입계획(Inplan) 정보와 완료정보 (Outplan)를 사용할 수도 있고, 투입목표(In Target)정보와 완료목표(Out Target)정보를 사용할 수도 있다.
- [302]
- [303] 도 4는 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직이 수행하는 절차들을 예시한 도면이다. 이 도면을 참조하여 백워드 플래닝 로직이 수행하는 절차들의 실시 예를 개념적으로 설명하면 다음과 같다.
- [304] 백워드 플래닝 로직은, 공정 별 작업의 대기 상태(Wait) 또는 작업 상태(Run)의 시작 또는 완료시점에서 프로세스의 마지막 공정부터 시간 역산 방향으로 전개하면서 생산 계획에 필요한 정보를 얻을 수 있다.
- [305] 이 도면에서 생산을 위한 작업이 제1공정(step 1),...제 (i-1) 공정(step i-1) 및 제 I 공정 (step i)의 순으로 진행된다고 가정한다.

- [306] 백워드 플래닝을 이용해 생산 계획을 생성하면 각 공정은 각 작업에 작업물이 투입되는 투입목표정보(In Target)(시점과 수량 포함)와 완료목표정보(Out Target)(시점과 수량 포함)을 가진다.
- [307] 여기서, 제1공정(step 1)의 투입목표정보(In target 1), 제 (i-1) 공정의 투입목표정보(In target i-1), 및 제 I 공정의 투입목표정보(In target i)의 시점정보를 각각 화살표로 표시하였다. 그리고, 제 (i-1) 공정의 완료목표정보(Out target i-1), 및 제 I 공정의 완료목표정보(Out target i)의 시점정보를 나타내었다.
- [308] 백워드 플래닝 로직에서 각 공정의 투입목표시점과 완료목표시점은, 생산 계획을 산출하는 시간 처리 포인트가 될 수 있다.
- [309] 각 공정은 작업시간(Run TAT) 동안 작업이 진행되며, 제 (i-1) 공정의 완료목표시점(Out target i-1)으로부터 제 I 공정의 투입시점(In target i)까지 작업물은 투입 대기시간(Wait TAT)동안 대기할 수 있으며 각 공정은 수율정보(Yield)를 가질 수 있다.
- [310] 백워드 플래닝 시에, 제 I 공정에서 그 공정의 작업 분량에 대한 페깅(Run lot pegging), 작업시간(Run TAT) 및 수율정보(Yield)가 반영된다. 그리고, 제 I 공정과 제 (i-1) 공정 사이에서는 작업 대기 분량에 대한 페깅(Wait lot pegging)과, 투입대기시간(Wait TAT)이 반영된다.
- [311] 이와 같이 백워드 플래닝 로직은, 공정들의 순서인 프로세스의 마지막 공정으로부터 첫 공정까지 시간의 역방향으로 전개하면서 생산 계획에 필요한 정보를 얻을 수 있다.
- [312]
- [313] 도 5는 실시 예에 따른 라이브러리 엔진 세트 내의 백워드 플래닝 로직의 수행 단계를 예시한 도면이다.
- [314] 라이브러리 엔진 세트가 백워드 플래닝 로직을 포함하는 경우, 클라이언트의 데이터 스키마를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 백워드 플래닝 로직에 따라 생산 계획을 생성할 수 있다.
- [315] 이하에서는 라이브러리 엔진 세트 내의 백워드 플래닝 로직의 실시 예를 용이하게 설명하기 위해, 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트가 백워드 플래닝 방식에 따라 생산 계획 데이터를 생성하는 예를 개시한다.
- [316] 백워드 플래닝(backward planning) 방식은 수요정보전처리단계(Demand Manipulation)(210), 페깅초기화단계(Pegging Initialization)(220), 시설분배단계(Site allocation)(230), 페깅단계(Pegging)(240) 및 투입계획산출단계(make inplan)(250)을 포함할 수 있다.
- [317] 생성된 소프트웨어모델 및 로직 세트는, 백워드 플래닝(backward planning)을 수행하기 위해 제조생산시스템 기준 정보로부터 수요 정보(demand), 기 생산기록 정보(ACT), 현재 작업중인 작업물 수량정보(Wip, work in process), 공정흐름정보(BOP, Bill of process), 수율정보(Yield), 및 공정별 시간정보(TAT)(투입대기시간(Wait TAT) 또는 공정별 작업시간(Run TAT))를 얻을 수 있다.

- [318] 수요정보전처리단계(S210)은 제조생산시스템으로 수신된 데이터 중 수요정보(demand), 제조생산시스템의 실제 기 생산기록정보(act), 잔여 수요 수량, 및 생산 일정에 기반하여 수요정보(demand)를 전처리할 수 있다.
- [319] 예를 들어, 수요정보(demand)로부터 실제 기 생산기록(act)을 차감한 잔여 수요 수량(demand quality)을 작업 일정에 따라 나누어 산출할 수 있다.
- [320] 수요 정보(demand)가 주간 계획에 따라 납기일이 작성되었다면 잔여 수요 수량(demand quality)과 납기를 일별로 분배하는 전처리된 일별 계획으로 변경하는 전처리 작업(Preprocess)을 할 수 있다.
- [321] 폐깁초기화단계(S220)는 전처리된 수요 정보를 백워드 플래닝하는 데이터로 초기화하는 단계로서, 해당 데이터를 초기화 후 검증하여 이후 단계에 문제가 없는지 확인할 수 있다. 예를 들면 전처리되어 초기화된 수요정보 중 동일 제품, 제품 그룹, 공정 등의 단위로 그룹화하여 백워드 플래닝의 대상이 되는 작업객체 정보(PegPart)를 초기화할 수 있다.
- [322] 백워드 플래닝 방식에서 각 공정별로 작업시간, 공정, 수량, 납기 등의 정보가 변하는데 각 공정에 따라 변하는 작업객체 정보(PegPart)를 초기화하여 생성할 수 있다. 이에 대해서는 후술한다.
- [323] 시설분배단계(S230)는 초기화된 작업객체 정보(PegPart)를 입력받는다. 시설분배단계(S230)은 하나의 제조생산시스템에 여러 개의 생산 시설(Site)가 존재할 경우, 수요정보를 분배 규칙(Rule)에 따라 생산 시설별로 분배하는 단계를 수행할 수 있다. 시설분배단계(S230)의 수행은 클라이언트의 제조생산시스템 혹은 별도의 외부 솔루션에서 도출된 결과물로부터 사전에 시설분배정보를 얻는 경우 시설분배단계(S230)의 수행은 생략될 수 있다.
- [324] 폐깁단계(S240)는 초기화된 작업객체 정보(PegPart)와 전단계인 시설분배단계(S230)의 분배정보를 입력받는다.
- [325] 폐깁단계(S240)는 초기화된 수요 정보를 기준으로 각 공정의 완료목표시점정보(Out Target Date), 및 완료목표시점의 수량정보(Out Target Quantity), 각 공정의 투입목표(In Target)정보와 완료목표(Out Target)정보 등을 계산하여 최종적으로 폐깁 히스토리(Peghistory)를 포함하는 로그 기록 정보와 공정목표(Step Target) 정보를 출력할 수 있다.
- [326] 그리고 폐깁단계(S240)는 다음 단계의 공정에 대한 투입계획(Inplan)정보(수량 및 시점포함)를 포함하는 여러 가지 객체 정보를 산출할 수 있다.
- [327] 폐깁단계(S240)는 각 공정의 산출 객체 정보로서 각 공정의 작업 중인 작업물 수량정보(Wip)에 포함되는 정보들을 각각 산출할 수 있다. 예를 들어 산출 객체 정보로서 작업물 수량정보(Wip)는 공정들에 따른 우선 순위 정렬, 공정의 선택, 공정의 작업 수량, 공정의 납기 정보, 공정 시간 갱신, 공정의 수율 적용, 공정의 로그 기록 정보 등을 포함할 수 있다.

- [328] 공장투입계획산출단계(S250)는 전단계인 폐깅단계(S240)의 출력한 정보를 수신하고, 최종 공정 단계의 수요 정보로부터 최초 공정의 공장투입계획정보(Release Plan)(수량 및 시점포함)를 산출할 수 있다.
- [329] 투입계획(Inplan)정보(수량 및 시점포함)를 이용하면 시간 순으로 생산 계획을 생성하는 포워드 플래닝(Forward planning)의 가이드 정보를 얻을 수 있으며, 실시 예에서 투입계획산출단계(250)의 수행은 생략될 수도 있다.
- [330] 따라서, 실시 예에 따라 소프트웨어 모듈 및 모듈 로직이 백워드 플래닝 로직을 수행하면 공정 목표(Step Target) 및 공정의 투입계획(Inplan)정보를 산출할 수 있다.
- [331]
- [332] 도 6은 실시 예에 따른 백워드 플래닝을 수행하는 일 예를 나타낸 도면이다
- [333] 백워드 플래닝은 수요 정보로부터 역산하여 공정의 투입목표(In Target)정보와 공정의 완료목표정보(Out Target)에서 생산 계획을 산출할 수 있다.
- [334] 이 예에서 실제 공정 프로세스는, 제 1 공정(step S1), 제 2 공정(step S2), 제 3 공정(step S3) 순으로 진행된다고 가정한다. 백워드 플래닝 방식은, 이 3개의 공정들을 포함하는 프로세스의 목표 수요(demand) 정보를 고려하여 제 3 공정(step S3), 제 2 공정(step S2), 제 1 공정(step 200)순으로 공정들의 순서를 역으로 하여 생산 계획을 산출한다.
- [335] 기준 정보의 수요 (demand) 정보는, 표(261)같이, 그 수요 정보로부터 실제 기 생산기록(act)을 차감한 잔여 수요 수량(demand quality)에 대해 일정(D0, D1, D2, D3, D4)에 따라 나누어 장비(A 또는 B)에 배치된다.
- [336] 백워드 플래닝은, 표(261)에 대해 제 3 공정(step S3)의 공정 작업시간(Run TAT)과 수율(Yield) 100%를 반영하여 제 3 공정(step S3)의 도달시점(In target)의 중간 생산 계획인 표(263)을 산출할 수 있다. 표(263)은 공정 작업시간(Run TAT)이 0 day(일)이고 수율(Yield) 100%이므로 표(261)와 동일한 값을 갖는다.
- [337] 그리고 백워드 플래닝은, 표(263)의 중간 생산 계획에 대해 제 3 공정(step S3)의 투입대기시간(Wait TAT) (1 일)과 작업 대기 분량에 대한 폐깅(Wait lot pegging)을 반영하여, 제 2 공정(step S2)의 완료목표시점(out target)의 중간 생산 계획인 표(265)을 산출할 수 있다. 표(265)는 제 2 공정(step S2)의 투입대기시간(Wait TAT) (1 일)을 반영하여 표(263)의 일정들(D0, D1, D2, D3, D4) 내의 데이터가 1일씩 쉬프트된 값을 가진다.
- [338] 백워드 플래닝은, 표(265)의 중간 생산 계획에 대해, 제 2 공정(step S2)의 수율(50%), 작업 분량에 대한 폐깅(Run lot pegging), 및 공정 작업시간(Run TAT)을 반영하여, 제 2 공정(step S2)의 투입목표(In Target) 시점의 중간 생산 계획인 표(267)을 산출할 수 있다. 표(267)의 각 일정 내의 값은 제 2 공정(step S2)의 수율(50%)과 공정 작업시간(Run TAT)(1 day)을 역산하여, 표(265)의 각 일정이 쉬프트되고 표(265)의 값보다 두배의 값을 가질 수 있다.

- [339] 이 예에서 마지막으로 백워드 플래닝은, 표(267)의 중간 생산 계획에 대해, 제 1 공정(step S1)의 완료목표(Out Target) 시점에서 제 2 공정(step S2)의 작업 대기 분량에 대한 페깅(Wait lot pegging)과 투입대기시간(Wait TAT) (1일)을 역산하여 표(269)의 생산 계획을 산출할 수 있다. 표(269)는 제 2 공정(step S2)의 투입대기시간(Wait TAT) (1일)을 역산하여 표(267)의 각 일정이 쉬프트된 값을 가질 수 있다.
- [340] 이와 같이 백워드 플래닝은 수요 정보에 대해, 투입목표(In Target)의 시점과 수량, 그리고 완료목표(Out Target)의 시점과 수량을 산출하기 위해 작업 분량, 대기 분량, 및 수율 등을 고려하여 생산 계획 정보를 역산하여 산출할 수 있다.
- [341] 이와 같은 백워드 플래닝은 목표 납기일과 생산량인 정보를 위와 같은 방식으로 역산하여 공정의 투입목표(In Target)정보와 완료목표(Out Target)정보를 생성할 수 있다. 그리고 투입목표(In Target)정보와 완료목표(Out Target)정보를 활용하여 시간 순방향에 따라 생산 계획을 스케줄링하는 포워드 플래닝 방식으로 계산하면 생산 계획을 산출할 수 있다.
- [342]
- [343] 도 7은 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 이용하여 생산 계획을 생성하는 흐름도이다.
- [344] 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마를 기반으로 백워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성하거나 제공한다(S22).
- [345] 생산 계획을 실행하는 클라이언트의 데이터 스키마는 그 클라이언트가 제공하는 기준 정보와 관련된 데이터의 구조나 종류 등을 미리 알고 있을 경우 미리 준비할 수 있다. 또는 상기 클라이언트로부터 생산 실행을 위한 기준 정보를 포함하는 입력데이터의 데이터 스키마를 수신할 수도 있다.
- [346] 온프레미스 컴퓨팅 시스템에서 라이브러리 엔진 세트가 백워드 플래닝 로직을 포함하는 경우, 클라이언트의 데이터 스키마를 기반으로 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성할 수 있다.
- [347] 클라우드 컴퓨팅 시스템의 경우 백워드 플래닝 로직을 포함하는 라이브러리 엔진 세트를 기반으로 백워드 플래닝 로직을 실행하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 제공할 수 있다.
- [348] 소프트웨어모델 및 로직 세트는 위에서 개시한 백워드 플래닝 로직을 포함할 수 있다. 백워드 플래닝 로직에 대한 상세한 실시 예는 도 4 내지 도 6에서 개시하였다.
- [349] 상기 데이터 스키마에 따라 상기 클라이언트로부터 입력데이터를 수신한다(S30).
- [350] 온프레미스 컴퓨팅 시스템을 이용하여 생산 계획을 생성하고 제공할 경우 수신된 백워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트에 대해 여러 가지 조건들을 추가하여 소프트웨어모델 및 로직 세트에 대한 테스트를 수행할 수 있다.

- [351] 입력데이터는 클라이언트 제조생산시스템의 기준정보를 포함할 수 있다. 여기서 기준 정보는 각 공정의 수요 정보(demand), 기 생산기록 정보 또는 실적정보(Act), 현재 작업중인 작업물 수량정보(Wip, work in process), 공정흐름정보(BOP, Bill of process), 수율정보(Yield), 및 공정시간정보(TAT)로서 투입대기시간(Wait TAT) 또는 공정작업시간(Run TAT))를 포함할 수 있다.
- [352] 수신된 입력데이터를 기반으로 상기 백워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 수행하여 생성한 생산 계획 정보를 제공할 수 있다(S55).
- [353] 백워드 플래닝 로직은, 입력데이터에 포함된 목표 생산량인 수요 정보를 포함하는 기준 정보로부터 시간 역산 방식으로 공정목표(step target) 정보(수량 및 목표)를 생성할 수 있다.
- [354] 또한 백워드 플래닝 로직은, 예시한 기준 정보에 대해 각 공정의 수요 역산(Lot-Demand pegging) 정보와 각 공정에서 시간 역산 후 최종 처리되지 않은 작업의 정보를 포함하는 히스토리 정보(Peghistory)를 생성할 수 있다.
- [355] 만약 위 소프트웨어모델 및 로직 세트가 포워드 플래닝 로직을 포함할 경우, 백워드 플래닝 로직으로부터 얻은 공정목표정보(Step Target) 및 공장투입계획정보(Release Plan)를 이용하여, 시간 순방향에 따라 생산 계획 정보를 생성할 수 있다.
- [356] 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직의 상세한 절차는 도 5에 예시하였다.
- [357] 위에서 개시한 실시 예들의 소프트웨어모델 및 로직 세트는 위와 같은 백워드 플래닝 로직 또는 백워드 플래닝 로직을 수행한 후 그 결과물에 따라 수행되는 포워드 플래닝 로직을 포함할 수 있다.
- [358] 도 8은 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 개시한 도면이다.
- [359] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(310), 저장장치(320), 인메모리(330), 프로세서(340), 출력부(350), 및 사용자인터페이스(360)를 포함할 수 있다.
- [360] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(360)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [361] 입력부(310)는 클라이언트 제조생산시스템으로부터 그 제조생산시스템의 데이터 스키마를 수신할 수 있다.
- [362] 저장장치(320)는 입력부(310)가 수신한 데이터 스키마를 저장하거나 또는 정형화된 데이터 스키마가 미리 준비된 경우는 정형화된 데이터 스키마를 저장장치(320)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(320)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [363] 인메모리(330)는 위에서 개시한 라이브러리 엔진세트를 저장할 수 있다.
- [364] 라이브러리 엔진세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다. 생산 계획 엔진은 위에서 개시하는 백워드 플래닝 로직에 대한 파일을 포함할 수 있다.

- [365] 추가적으로 라이브러리 엔진세트는, 생산계획엔진과 함께 생산 계획을 구현하는 자료 구조가 포함된 파일인 코어라이브러리, 및 생산계획엔진의 일부 기능을 상속받아서 특정 생산 도메인에서 사용하는 로직을 구현하는 생산도메인특화엔진을 더 포함할 수 있다.
- [366] 실시 예의 프로세서(340)는 저장장치(320)에 저장된 데이터 스키마를 입력받을 수 있다. 그리고, 프로세서(340)는 상기 데이터 스키마 및 인메모리(330)에 저장된 엔진 또는 라이브러리에 기초하여 소프트웨어모델 및 로직세트를 생성할 수 있다. 생성된 소프트웨어모델 및 로직세트는 백워드 플래닝 로직에 따라 시간 역산 방식으로 생산 계획 데이터를 생성하도록 할 수 있다. 백워드 플래닝 로직에 따라 시간 역산 방식으로 생산 계획 데이터를 생성하는 실시 예들은 도 4 내지 6에서 개시하였다.
- [367] 프로세서(340)는 사용자인터페이스(360)의 사용자의 요청에 따라 상기 생성된 소프트웨어모델 및 로직세트를 테스트하거나 사전 실행하여 생산 계획 데이터를 얻을 수 있다. 그리고 프로세서(340)는 사용자의 요청에 따라 생산 계획 데이터를 생성하는 소프트웨어모델 및 로직을 분석하거나 테스트한 결과를 사용자 인터페이스(360)를 통해 사용자에게 제공할 수 있다.
- [368] 프로세서(340)는 입력부(310)로부터 수신된 데이터 스키마에 따라 상기 제조생산시스템의 기준정보를 포함하는 입력데이터를 수신할 수 있다. 프로세서(340)는 백워드 플래닝 로직에 따라 시간 역산 방식이 포함된 소프트웨어모델 및 로직세트를 실행하여 생산 계획 데이터를 생성할 수 있다. 백워드 플래닝 로직에 따라 생산 계획 데이터를 생성하는 상세한 예시는 도 4 내지 도 6에 개시하였다.
- [369] 출력부(350)는 백워드 플래닝 로직을 포함한 소프트웨어모델 및 로직세트의 실행 결과에 따른 생산 계획 데이터를 클라이언트 제조생산시스템에 제공하여 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [370]
- [371] 실시 예에 따르면, 클라이언트 제조생산시스템으로부터 수신되는 기준 정보에 기초하여 시간 역산 방식의 스케줄링에 따라 생산 계획 정보를 얻을 수 있다. 시간 역산 방식에 따라 각 공정의 공정목표(Step Target)정보 및 투입계획정보(Inplan)를 얻을 수 있고, 시간 역산에 따른 최후 공정의 수요 정보에 기반하여 최초 공정의 공장투입계획정보(Release Plan)를 산출할 수 있다. 이러한 시간 역산 방식을 이용하여 효율적인 생산 계획 정보를 생성하여 제공할 수 있다.
- [372] 클라이언트는 시간 역산 방식으로 생성된 생산 계획에 따라 생산을 수행하거나 또는 이를 시간 순서에 따른 생산 계획에 연결하여 조금 더 상세하고 효율적인 생산 계획을 얻을 수 있다.
- [373]
- [374] 이하의 실시 예에서는 설치된 라이브러리 엔진 세트를 기반으로 생성된 소프트웨어모델 및 로직 세트를 이용하여 생산 계획 데이터를 제공하는 일 예를 상세히 개시한다.

- [375] 설명한 바와 같이 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)의 모델개발부(1100)는 라이브러리 엔진 세트(1150)를 기반으로 생산 계획을 생성할 수 있는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 개발할 수 있는 프레임を提供한다.
- [376] 다른 예로서, 클라우드 컴퓨팅 시스템(2000)은 라이브러리 엔진 세트(2210)를 기반으로 생산 계획을 생성할 수 있는 정형화된 다수의 소프트웨어 모델 및 로직 세트들을 제공할 수 있다.
- [377] 개시하는 실시 예에서 생산 계획을 생성할 수 있는 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 시간 순행 방식으로 실제 공장의 생산 시스템에서 이루어지는 이벤트를 가상으로 실행하여 생산 계획을 수립하는 절차들을 수행한다. 여기서 시간 순행 방식으로 생산 계획을 스케줄링하는 방식을 포워드 플래닝(forward planning)으로 호칭할 수 있다.
- [378]
- [379] 모델개발부(1100)는 라이브러리 엔진 세트(1150)를 기반으로 포워드 플래닝(forward planning) 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 생성하도록 할 수 있다. 포워드 플래닝(forward planning) 방식은, 상술한 백워드 플래닝의 결과로 출력된 공장투입계획(release plan)정보, 투입계획(Inplan)정보(수량 및 시점포함), 공정 목표(Step Target)정보 및 패킹 히스토리(Peghistory)정보 중 적어도 하나에 기초하여 작업물의 최초 투입시점부터 시간 순서대로 공장 내에 발생할 수 있는 이벤트를 실행시켜 실제 생산계획의 시물레이션을 수행하는 방식이다.
- [380] 예를 들어, 포워드 플래닝(forward planning) 방식은 이산 사건 시물레이션(discrete event simulation) 방식으로 실제 작업물이 공장 내에 투입되어 생산 종료(혹은 완료)까지 어떤 시점에 어떤 경로를 통해 어떤 작업을 처리할지를 시간 순서대로 산출하여 생산 계획의 시물레이션을 수행할 수 있다.
- [381] 즉, 포워드 플래닝(forward planning) 방식은 백워드 플래닝(backward planning)의 결과로 산출한 공정 목표를 기초로 하여 실제 공장에서 작업물(lot) 또는 장비(equipment)와 관련하여, 작업물 배치(route), 작업물 필터링(filter), 작업물 이동(transfer), 투입 의사결정(dispatching), 작업물 투입(in), 작업물 소멸(out) 등의 이벤트 실행을 통해 세부적인 생산 계획을 산출할 수 있다.
- [382]
- [383] 도 9는 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직이 수행하는 절차들을 예시한 도면이다. 이 도면을 참조하여 포워드 플래닝 로직이 수행하는 절차들의 실시 예를 개념적으로 설명하면 다음과 같다.
- [384] 포워드 플래닝 로직은, 작업물이 처음 공장에 투입되는 시점부터 완료되는 시점까지 장비 또는 작업물을 시간순서대로 실제 공장을 시물레이션 하여 생산 계획 및 생산 스케줄을 산출하는 방식에 해당한다.
- [385] 포워드 플래닝 로직을 통해, 실제 공장의 시물레이션 모델을 만들어 구동해 볼 수 있으며, 작업물 투입(in), 대기열 진입(Buffer), 작업물 이동(transfer), 작업물 배치(route), 공정 처리(processing), 장비 교체(tool change), 투입 의사결정(dispatchin

g), 작업물 필터링(filtering), 작업물 소멸(out) 등의 이벤트를 통해 현실의 공장의 역학(dynamic)을 재현하는 생산계획을 만들 수 있다.

- [386] 작업물 투입(in)은 언제 몇 개의 작업물이 공장에 투입될 지 계획하는 이벤트에 해당하고, 작업물 소멸(out)은 작업물에 대한 마지막 공정이 끝나서 작업이 완료되는 이벤트에 해당한다. 작업물 이동(transfer)은 현재 작업이 끝난 이후 작업물이 다음 공정으로 이동하는 이벤트에 해당하고, 작업물 배치(route)는 작업물이 어떤 공정으로 이동할지 결정하는 이벤트에 해당한다. 또한, 공정 처리(processing)은 장비에 투입된 작업물에 일정시간동안 할당된 작업이 처리되는 이벤트에 해당하고, 장비 교체(tool change)는 장비에 작업물이 투입되지 전에 도구 교체가 필요한 경우, 도구 교체를 진행하는 이벤트에 해당한다. 투입 의사결정(dispatching)은 대기 중인 작업물 중 어떤 작업물을 우선 작업할 것인지 결정하는 이벤트에 해당하고, 작업물 필터링(filtering)은 투입 의사결정(dispatching) 전에 작업물 또는 장비에 관련된 필터링을 결정하는 이벤트에 해당한다.
- [387] 예를 들어, 어떤 공정에 대기 중이던 작업물이 투입의사 결정(dispatching)에 의해 선택되어 장비에 투입된다면, 일정 작업(시간 이후에 어떤 공정으로 이동할지 작업물 배치(route)가 이루어질 수 있다. 또는, 작업물이 일정 작업 시간 이후에 작업물 배치(route)를 통해 작업이 완료(out)되는 것으로 결정될 수 있다. 또는, 작업물의 투입 의사결정(dispatching)이 이루어지기 전에 작업물 필터링(filtering)이 이루어지도록 계획을 만들 수 있다.
- [388]
- [389] 도 10은 실시 예에 따른 라이브러리 엔진 세트 내의 포워드 플래닝 로직의 수행 단계를 예시한 도면이다.
- [390] 라이브러리 엔진 세트가 포워드 플래닝 로직을 포함하는 경우, 클라이언트의 데이터 스키마를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 포워드 플래닝 로직에 따라 생산 계획을 생성할 수 있다. 일 예로서, 클라이언트의 데이터 스키마를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 상술한 백워드 플래닝 로직의 결과물을 입력으로 사용하여 포워드 플래닝 로직에 따라 생산 계획을 생성할 수 있다.
- [391] 이하에서는 라이브러리 엔진 세트 내의 포워드 플래닝 로직의 실시 예를 용이하게 설명하기 위해, 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트가 포워드 플래닝 방식에 따라 이산사건 시뮬레이션 방식의 생산계획 모델링을 수행하는 예를 개시한다.
- [392] 이러한 포워드 플래닝 로직이 구현되기 위하여 이산사건 시뮬레이션(discrete event simulation) 방식의 모델링이 수행될 수 있다. 이산사건 시뮬레이션 방식은 연속사건과 달리 시간의 정방향 흐름에 따른 이벤트 순서로 모델링하되, 각 이벤트는 특정 시점에 발생하여 시스템의 상태를 변화시키게 된다.
- [393] 이산사건 시뮬레이션(discrete event simulation) 방식의 모델링은 이벤트(event)와 관련된 전역 시계(global clock), 상태 변수(state variable), 사건 대기열(event queue)

cue)을 통해 구현될 수 있다. 이벤트(event)는 제조 생산 시스템에서 상태의 전이를 발생시키는 단위에 해당한다. 또한, 본 실시예는 적어도 하나의 장비 또는 작업물을 포함하는 모델에서 생산계획을 산출하기 위해 포워드 플래닝이 수행되는 경우를 나타낸다. 예를 들어, 모델은 제조 시스템에서 플래닝을 위한 모형을 의미하며, 장비, 작업물, 또는 이들의 역학관계 등을 표현한 것에 해당할 수 있다.

[394] 전역 시계(global clock)는 이벤트가 수행되는 동안 시뮬레이션의 시간을 나타낼 수 있다. 상태 변수(state variable)는 공장 내의 제조 생산 시스템에서 시뮬레이션의 상태(예. 공정, 장비, 작업물, 대기열 등)에 대한 변수를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 각각의 상태변수(state variable)은 대응되는 적어도 하나의 이벤트를 포함할 수 있다. 사건 대기열(event queue)는 적어도 하나의 이벤트(event)가 정렬되어 있는 이벤트의 집합을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 사건 대기열(event queue)은 시뮬레이션 시간 상 빠른 순서로 적어도 하나의 이벤트가 정렬되어 있어, 시간 순에 따라 FIFO(first-in-first-out)으로 이벤트가 수행될 수 있다.

[395] 먼저, 사건 대기열(event queue)이 초기화될 수 있다(S110). 또한, 사건 대기열(event queue)가 초기화되는 경우, 상태 변수(state variable) 및 전역 시계(global clock)도 초기화될 수 있다. 이때, 전역 시계(global clock)의 시간은 0에 해당할 수 있다. 즉, 포워드 플래닝 로직에서는 사건 대기열(event queue), 상태 변수(state variable), 전역 시계(global clock)가 초기화된 상태에서 제조생산시스템의 시뮬레이션이 시작될 수 있다.

[396] 다음으로, 사건 대기열(event queue) 중 하나의 이벤트가 선택될 수 있다(S120). 일 예로서, 사건 대기열(event queue)에 있는 적어도 하나의 이벤트 중 시간 순서상 가장 앞에 있는 이벤트가 선택될 수 있다. 다른 일 예로서, 시간 순서가 동일한 복수의 이벤트가 있는 경우, 어떤 이벤트가 먼저 수행되어야 할 지에 대한 우선순위(priority)가 부여될 수 있으며, 우선순위에 따라 이벤트가 선택될 수 있다.

[397] 예를 들어, 작업물이 다음 경로를 탐색하는 이벤트와 장비가 다음 작업물을 탐색하는 이벤트가 동시에 발생할 수 있다. 이 경우, 작업물을 다음 경로를 탐색하는 이벤트가 먼저 수행되고, 장비가 다음 작업물을 탐색하는 이벤트를 이후에 수행하는 것으로 우선순위가 부여될 수 있다.

[398] 하나의 이벤트가 선택되는 경우, 선택된 이벤트가 실행되고 전역 시계(global clock)가 업데이트될 수 있다(S130). 또한, 선택된 이벤트가 실행되는 경우, 이벤트에 대응되는 상태 변수(state variable)도 함께 업데이트될 수 있다.

[399] 예를 들어, 작업물 투입(in) 이벤트가 발생하는 경우, 이에 대응되는 상태 변수인 작업물 정보(WIP)가 업데이트될 수 있다. 또한, 전역 시계(global clock)은 이전에 마지막으로 실행했던 이벤트와 현재 실행된 이벤트의 시간 간격만큼 업데이트될 수 있다.

[400] 다음으로 이벤트가 실행된 후 종료 조건(terminal condition) 해당하는지 판단할 수 있다(S140). 예를 들어, 종료 조건(terminal condition)은 공장 내에서 작업물에

할당된 모든 작업이 완료된 경우에 해당할 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다. 이 경우, 작업물에 대하여 이벤트가 종료될 수 있다.

- [401] 한편, 이벤트가 실행된 작업물이 종료 조건(**terminal condition**)에 해당하지 않는 경우, 사건 대기열(**event queue**) 중 다음 이벤트가 선택될 수 있다(S150). 이 경우, S130 단계가 진행되어, 다음 이벤트가 실행되고 전역 시계(**global clock**)가 업데이트될 수 있다.
- [402] 적어도 하나의 장비 또는 작업물을 포함하는 모델에 대한 이벤트가 종료되는 경우, 실행된 이벤트 및 이와 관련된 전역 시계 및 상태 변수의 정보를 포함하여 생산계획의 모델링이 구현될 수 있다(S160).
- [403] 따라서, 실시 예에 따라 소프트웨어 및 모델 로직이 포워드 플래닝을 수행하면, 공장에 투입된 작업물에 대한 시간 순서에 따라 생산 계획이 산출될 수 있다.
- [404]
- [405] 도 11은 실시 예에 따른 포워드 플래닝의 상태 변수의 일 예를 나타내는 도면이다.
- [406] 상술한 바와 같이, 포워드 플래닝은 공장 내에 작업물의 투입시점부터 시간 순서대로 이벤트를 실행하면서 생산 계획을 산출하게 된다. 이때, 상술한 이벤트의 실행에 따라, 이벤트에 대응되는 상태 변수(**state variable**)(3300)에 변화가 발생한다.
- [407] 상태 변수(**state variable**)(3300)은 생산제조시스템을 시뮬레이션하는데 사용되는 다양한 변수의 집합에 해당하며, 물리적 변수(**physical variable**)(3100)와 논리적 변수(**logical variable**)(3200)를 포함한다. 상태 변수(**state variable**)의 물리적 변수(3100)는 시뮬레이션의 구성 요소 중 제품, 공정, 장비, 도구와 같은 물리적인 요소를 나타내고 물리적 변수(3100)는 종류에 따라 복수 개로 포함될 수 있으며, 논리적 변수(3200)는 시뮬레이션 모델링에서의 역학적인 부분 또는 투입 의사결정과 관련된 요소를 나타내고 논리적 변수(3200)는 종류별로 적어도 한 개가 포함될 수 있다.
- [408] 예를 들어, 물리적 변수(**Physical variable**)(3100)는 공장(**factory**)(미도시), 작업물 대기열(**buffer**)(3110), 작업물 현황(**WIPs**)(3120), 장비(**equipment**)(3130), 도구(**tool**)(3140) 등을 포함하며 이에 한정되지 아니한다. 또한, 예를 들어, 논리적 변수(**logical variable**)(3200)는 작업물 배치(**route**)(3210), 필터링(**filter**)(3220), 물류이동(**transfer**)(3230), 투입 의사결정(**dispatching agent**)(3240), 작업물 관리(**WIP manager**)(3250), 작업물 투입/소멸(**in/out agent**)(3260) 등을 포함하며 이에 한정되지 아니한다.
- [409] 작업물 대기열(**buffer**)(3110)는 대기 중에 있는 작업물을 나타내고, 작업물 정보(**WIPs, work in progress**)(3120)는 공장 내에 있는 작업물의 정보를 나타내고, 장비(**equipment**)(3130)는 작업물이 처리되는 대상을 나타내고, 공장(**factory**)은 작업물의 공정이 수행되는 위치를 나타내고, 도구(**tool**)(3140)은 장비에서 공정이 진행되기 위해 필요한 도구를 나타낼 수 있다.

- [410] 또한, 작업물 현황관리(WIP manager)(3250)는 공장 내의 모든 작업물의 위치 및 정보 관리를 나타내고, 작업물 투입/소멸(in/out agent)(3260)는 공장 내의 작업물 투입 및 반출에 대한 관리를 나타낼 수 있다.
- [411] 일 예로서, 포워드 플래닝 로직에서, 모델 내의 적어도 하나의 장비 또는 작업물에 대한 이벤트가 선택되고 실행되는 시뮬레이션이 진행됨에 따라 이벤트에 대응되는 상태 변수에 변화가 발생하게 된다. 예를 들어, 장비의 상태는 유휴(IDLE), 작업중(RUN), 도구교체(SETUP), 정비(PM), 고장(DOWN), 가용(UP) 등을 포함할 수 있고, 작업물의 상태는 대기(WAIT), 이동중(TRANSFER), 작업중(PROCESSING) 등을 포함할 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다.
- [412] 예를 들어, 공정 처리(process) 시작 이벤트가 실행되는 경우 이에 대응되는 상태변수인 장비(equipment) 또는 작업물(Job or Lot)에 변화가 발생하게 된다. 장비의 경우 유휴 상태(IDLE)에서 가동중(RUN)으로 변화하고 작업물 또한 대기 상태(WAIT)에서 작업중 상태(RUN or Processing) 상태로 변화한다. 또한, 예를 들어, 도구 교체(tool change) 이벤트가 실행되는 경우 이에 대응되는 상태변수인 도구(tool)와 장비(equipment)에 변화가 발생하게 된다. 도구의 경우 가용 수량 차감, 장비의 경우 사용 중인 도구가 변한다.
- [413] 이 경우, 변화된 상태 변수에 대응되는 또는 연계된 이벤트(event)가 사건 대기열(event queue)(3400)에 신규 진입될 수 있다. 또한, 연계된 이벤트는 사건 대기열(3400)에 진입되어, 지정된 순서 또는 시간에 실행될 수 있다. 예를 들어, 작업물 이동(transfer) 이벤트가 실행되는 경우, 작업물 이동(transfer)에 대응하는 상태 변수에 변화가 발생하게 된다. 작업물 이동이 시작 될 경우 대상 작업물의 상태가 이동중(TRANSFERRING)으로 변경되고, 이동이 종료되었을 경우 대기상태(WAIT)로 변경되며, 대기열(BUFFER) 진입 이벤트를 발생 시킨다. 이 경우, 작업물 이동(transfer)에 대응하는 상태 변수의 변화에 따라, 작업물 이동(transfer) 외의 다른 이벤트를 사건 대기열에 진입시킬 수 있다.
- [414] 즉, 이벤트의 실행에 따라, 이벤트에 대응되는 상태 변수(state variable)(3300)에 변화가 발생하게 되며, 공장 내에서 사용되는 물리적 변수와 논리적 변수는 이 도면에 도시된 변수에 한정되지 아니하고, 작업물 또는 장비에 관련된 다른 변수를 포함할 수도 있다.
- [415]
- [416] 도 12는 실시 예에 따른 포워드 플래닝을 수행하는 사건 대기열의 이벤트의 일 예를 나타낸 도면이다.
- [417] 포워드 플래닝은 공장에 작업물이 첫 공정에 투입되어 공정이 완료되는 순간까지의 로직을 시간 순서대로 실행시켜 생산 계획을 산출하는 것이다.
- [418] 도시된 각각의 이벤트는 공장에 투입된 작업물 기준으로 사건 대기열(event queue)에 기 설정된 기준에 따라 정렬되어 있는 이벤트를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 기 설정된 기준은 시간 순서에 따르거나, 우선순위에 따를 수 있고, 이에 한정

되지 아니한다. 본 실시예의 경우, 도시된 각각의 이벤트가 시간 순서대로 정렬되어 있는 경우로 가정한다.

- [419] 또한, 이 도면에 도시된 각각의 이벤트는 작업물, 공정 또는 장비와 관련된 상태의 변이를 포함하는 시스템 역학(dynamics)을 나타낼 수 있다. 이하에서는 이를 통칭하여 이벤트로 명칭하도록 한다. 또한, 도시된 각각의 이벤트는 적어도 하나의 장비 또는 작업물을 포함하는 모델 내에서 발생하는 이벤트에 해당할 수 있다.
- [420] 일 예로서, 사건 대기열에서는 작업물 생성(release)(3510) 이후 먼저 작업물 투입(in)(3520)이 이루어진 후 다음으로 작업물 배치(routing)(3530), 작업물 이동(transfer)(3540), 투입 의사결정(dispatching)(3560), 공정처리(processing)(3580), 작업물 배치(routing)(3530), 작업물 반출(out)(3590)의 순서로 설정될 수 있다.
- [421] 선택적으로, 작업물 이동(transfer)(3540) 이벤트가 실행된 후, 작업물 필터링(filtering)(3550) 이벤트가 실행되거나, 투입 의사결정(dispatching)(3560) 이벤트가 실행된 후, 장비 교체(tool change)(3570) 이벤트가 실행될 수 있다. 사건 대기열(event queue)에 정렬되어 있는 이벤트 및 이벤트 순서는 일 예로서, 이에 한정되지 아니한다.
- [422] 상술한 바와 같이, 백워드 플래닝의 결과로 출력된 공장투입계획(release plan) 정보(3640), 투입계획(Inplan)정보(3620), 공정목표(Step Target)정보(3630) 및 페깅히스토리(peghistory)정보(3610) 중 적어도 하나에 기초하여 작업물의 최초 투입시점부터 시간 순서대로 실제 생산계획의 시뮬레이션을 수행할 수 있다.
- [423] 예를 들어, 작업물 생성(release)(3510) 이벤트는 백워드 플래닝 결과로 스케줄링된 공장투입계획(release plan)정보(3640)에 기초하여 실행될 수 있고, 작업물 투입(in)(3520) 이벤트는 백워드 플래닝 결과로 스케줄링된 투입계획(Inplan)정보(3610)에 기초하여 실행될 수 있고, 작업물 배치(route)(3530) 이벤트는 백워드 플래닝 결과로 스케줄링된 페깅히스토리(peg history)정보(3620)에 기초하여 실행될 수 있고, 투입 의사결정(dispatching)(3560)) 이벤트는 백워드 플래닝 결과로 스케줄링된 공정 목표(Step Target)정보(3630)에 기초하여 실행될 수 있다. 또한, 예를 들어, 작업물 필터링(filtering)(3550) 이벤트는 공정 목표(Step Target)정보(3630)에 기초하여 실행될 수 있다.
- [424] 한편, 상태 변수 중 도구(tool) 변수에 상태 변화가 발생할 수 있다. 이 경우, 도구(tool) 변수에 대응되는 이벤트인 장비 교체(tool change)(3570)가 사건 대기열(event queue)에 신규 진입할 수 있다. 따라서, 투입 의사결정(dispatching)(3560)과 공정처리(processing)(3580) 사이에 도구 변경(tool change)(3570)이 추가되어 이벤트가 실행될 수 있다.
- [425] 또한, 이벤트가 순서대로 실행되는 중에 작업물 배치(routing)(3530)에서 작업물의 공정이 모두 끝난 종료 조건(terminal condition)에 해당되는 것으로 판단된 경우, 작업물 반출(out)(3590)이 이루어질 수 있다. 예를 들어, 종료 조건(terminal co

ndition)은 전역 시계(global clock)에서 기 설정된 시간이 지난 경우, 이벤트 실행 시에 오류가 발생한 경우 등을 포함할 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다.

[426]

[427] 도 13은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직을 이용하여 생산 계획을 생성하는 흐름도이다.

[428] 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마를 기반으로 포워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성하거나 제공할 수 있다.(S24).

[429] 또한, 상술한 백워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여, 포워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성하거나 제공할 수 있다.

[430] 즉, 소프트웨어모델 및 로직 세트는 위에서 개시한 포워드 플래닝 로직을 포함할 수 있으며, 백워드 플래닝 로직의 출력인 공장투입계획(release plan)정보, 투입 계획(Inplan)정보, 공정 목표(Step Target)정보 및 페깅히스토리(peghistory) 정보 중 적어도 하나를 입력데이터로 사용할 수 있다.

[431] 온프레미스 컴퓨팅 시스템에서 라이브러리 엔진 세트가 포워드 플래닝 로직을 포함하는 경우, 클라이언트의 데이터 스키마를 기반으로 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성할 수 있다.

[432] 클라이언트로부터 기준 정보를 포함하는 입력데이터를 기반으로 생산 계획을 제공하는 클라우드 시스템인 경우, 본 단계에서 사용자의 커스텀화된 일부 로직 세트를 생성하거나, 또는 이 단계는 생략될 수 있다.

[433] 생성된 소프트웨어모델 및 로직세트는 포워드 플래닝 로직에 따라 시간 순서에 따른 생산 계획 데이터를 생성하도록 할 수 있다. 포워드 플래닝 로직에 대한 상세한 실시 예는 도 9 내지 도12에서 개시하였다.

[434] 상기 데이터 스키마에 따라 상기 클라이언트로부터 입력데이터를 수신한다(S30).

[435] 온프레미스 시스템을 이용하여 생산 계획을 생성하고 제공할 경우 수신된 포워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트에 대해 여러 가지 조건들을 추가하여 소프트웨어모델 및 로직 세트에 대한 테스트를 수행할 수 있다.

[436] 수신된 입력데이터를 기반으로 포워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 수행하여 생성한 생산 계획 정보를 제공할 수 있다(S57).

[437] 포워드 플래닝 로직은, 작업물이 처음 공장에 투입되는 시점부터 완료되는 시점까지 장비 또는 작업물을 시간순서대로 실제 공장을 시뮬레이션 하여 생산 계획 및 생산 스케줄을 산출하는 방식에 해당한다.

[438] 입력데이터는 상술한 백워드 플래닝 로직의 결과물을 포함한다. 여기서, 입력데이터는 공장투입계획(release plan)정보, 투입계획(Inplan)정보, 공정 목표(Step Target)정보 및 페깅히스토리(peghistory)정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[439] 실시 예에 따르면, 클라이언트 제조생산시스템으로부터 수신되는 기준 정보에 기초하여 시간의 순방향 흐름에 따라 생산 계획을 설립할 수 있다. 시간 순행 방

식에 따라 공장 내에서 작업물 또는 장비의 실제 생산계획을 시뮬레이션할 수 있다. 이러한 포워드 플래닝 방식을 이용하여 효율적인 생산 계획 정보를 생성하여 제공할 수 있다.

[440] 클라이언트는 시간 순행 방식으로 실제 공장상황을 시뮬레이션하여 생성된 생산 계획에 따라 보다 더 효율적인 생산 계획을 얻을 수 있다.

[441]

[442] 도 8을 참조하여 포워드 플래닝 로직을 포함하는 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.

[443] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(310), 저장장치(320), 인메모리(330), 프로세서(340), 출력부(350), 및 사용자인터페이스(360)를 포함할 수 있다.

[444] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(360)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.

[445] 입력부(310)는 클라이언트 제조생산시스템으로부터 그 제조생산시스템의 데이터 스키마를 수신할 수 있다.

[446] 저장장치(320)는 입력부(310)가 수신한 데이터 스키마를 저장하거나 또는 정형화된 데이터 스키마가 미리 준비된 경우는 정형화된 데이터 스키마를 저장장치(320)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(320)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.

[447] 인메모리(330)는 위에서 개시한 라이브러리 엔진세트를 저장할 수 있다.

[448] 라이브러리 엔진세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다. 생산 계획 엔진은 위에서 개시하는 포워드 플래닝 로직에 대한 파일을 포함할 수 있다.

[449] 추가적으로 라이브러리 엔진세트는, 생산계획엔진과 함께 생산 계획을 구현하는 자료 구조가 포함된 파일인 코어라이브러리, 및 생산계획엔진의 일부 기능을 상속받아서 특정 생산 도메인에서 사용하는 로직을 구현하는 생산도메인특화엔진을 더 포함할 수 있다.

[450] 실시 예의 프로세서(340)는 저장장치(320)에 저장된 데이터 스키마를 입력받을 수 있다. 그리고, 프로세서(340)는 상기 데이터 스키마 및 인메모리(330)에 저장된 엔진 또는 라이브러리에 기초하여 소프트웨어모델 및 로직세트를 생성할 수 있다. 생성된 소프트웨어모델 및 로직세트는 백워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여, 포워드 플래닝 로직에 따라 시간 순행 방식으로 생산 계획 데이터를 생성하도록 할 수 있다. 포워드 플래닝 로직에 따라 시간 순행 방식으로 생산 계획 데이터를 생성하는 실시 예들은 도 9 내지 12에서 개시하였다.

[451] 프로세서(340)는 사용자인터페이스(360)의 사용자의 요청에 따라 상기 생성된 소프트웨어모델 및 로직세트를 테스트하거나 사전 실행하여 생산 계획 데이터를 얻을 수 있다. 그리고 프로세서(340)는 사용자의 요청에 따라 생산 계획 데이

터를 생성하는 소프트웨어모델 및 로직을 분석하거나 테스트한 결과를 사용자 인터페이스(360)를 통해 사용자에게 제공할 수 있다.

- [452] 프로세서(340)는 입력부(310)로부터 수신된 데이터 스키마에 따라 상기 제조생산시스템의 기준정보를 포함하는 입력데이터를 수신할 수 있다. 프로세서(340)는 포워드 플래닝 로직에 따라 시간 순행 방식이 포함된 소프트웨어모델 및 로직 세트를 실행하여 생산 계획 데이터를 생성할 수 있다. 포워드 플래닝 로직에 따라 생산 계획 데이터를 생성하는 상세한 예시는 도 9 내지 도 12에 개시하였다.
- [453] 출력부(350)는 포워드 플래닝 로직을 포함한 소프트웨어모델 및 로직세트의 실행 결과에 따른 생산 계획 데이터를 클라이언트 제조생산시스템에 제공하여 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [454]
- [455] 이하의 실시 예에서는 설치된 라이브러리 엔진 세트를 기반으로 생성된 소프트웨어모델 및 로직 세트를 이용하여 생산 계획 데이터를 제공하는 일 예를 상세히 개시한다.
- [456] 설명한 바와 같이 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)의 모델개발부(1100)는 라이브러리 엔진 세트(1150)를 기반으로 생산 계획을 생성할 수 있는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 개발할 수 있는 프레임워크를 제공한다.
- [457] 다른 예로서, 클라우드 컴퓨팅 시스템(2000)은 라이브러리 엔진 세트(2210)를 기반으로 생산 계획을 생성할 수 있는 정형화된 다수의 소프트웨어 모델 및 로직 세트들을 제공할 수 있다.
- [458] 개시하는 실시 예에서 생산 계획을 생성할 수 있는 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 시간 순행 방식으로 실제 공장의 생산 시스템에서 이루어지는 이벤트를 가상으로 실행하여 생산 계획을 수립하는 절차들을 수행한다. 여기서 시간 순행 방식으로 생산 계획을 스케줄링하는 방식을 포워드 플래닝(forward planning)으로 호칭할 수 있다.
- [459] 모델개발부(1100)는 라이브러리 엔진 세트(1150)를 기반으로 포워드 플래닝(forward planning) 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성하도록 할 수 있다. 포워드 플래닝(forward planning) 방식은, 상술한 백워드 플래닝의 결과로 출력된 공장투입계획(release plan) 정보, 투입계획(Inplan)정보(수량 및 시점포함), 공정 목표(Step Target)정보및 폐깅 히스토리(Peghistory)정보 중 적어도 하나에 기초하여 작업물의 최초 투입시점부터 시간 순서대로 공장 내에 발생할 수 있는 이벤트를 실행시켜 실제 생산계획의 시뮬레이션을 수행하는 방식이다.
- [460] 예를 들어, 포워드 플래닝(forward planning) 방식은 이산 사건 시뮬레이션(discrete event simulation) 방식으로 실제 작업물이 공장 내에 투입되어 작업 종료까지 어떤 시점에 어떤 경로를 통해 어떤 작업을 처리할지를 시간 순서대로 산출하여 생산 계획의 시뮬레이션을 수행할 수 있다.
- [461] 즉, 포워드 플래닝(forward planning) 방식은 백워드 플래닝(backward planning) 방식을 통해 산출한 공정 목표를 기초로 하여 실제 공장에서 작업물(lot) 또는 장

비(equipment)와 관련하여, 작업물 배치(route), 작업물 필터링(filter), 작업물 이동(transfer), 투입 의사결정(dispatching), 더미 공정처리(dummy processing), 작업물 투입(in), 작업물 소멸(out) 등의 이벤트 실행을 통해 세부적인 생산 계획을 산출할 수 있다.

[462]

[463] 도 14는 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직이 수행하는 사건 대기열의 이벤트의 다른 일 예를 나타낸 도면이다.

[464] 포워드 플래닝은 공장에 작업물이 생성되어 공정에 투입된 후 공정이 완료되는 순간까지의 로직을 시간 순서대로 실행시켜 생산 계획을 산출하는 것이다.

[465] 상술한 바와 같이, 포워드 플래닝 로직을 통해, 실제 공장의 시뮬레이션 모델을 만들어 구동해 볼 수 있으며, 작업물 생성(release), 작업물 투입(in), 대기열 진입(queue), 작업물 이동(transfer), 작업물 배치(route), 공정 처리(processing), 장비 교체(tool change), 투입 의사결정(dispatching), 작업물 필터링(filtering), 작업물 소멸(out) 등의 이벤트를 통해 현실의 공장의 역학(dynamic)을 재현하는 생산계획을 만들 수 있다. 일 예로서, 투입 의사결정(dispatching) 이벤트는 필터링(filter) 이벤트를 포함할 수 있다.

[466] 또한, 상술한 바와 같이, 백워드 플래닝의 결과로 출력된 공장투입계획(release plan) 정보, 투입계획(Inplan)정보(수량 및 시점포함), 공정 목표(Step Target)정보 및 폐깁 히스토리(Peghistory)정보 중 적어도 하나를 포워드 플래닝의 입력값으로 사용하여, 포워드 플래닝 이벤트가 실행될 수 있다.

[467] 일 예로서, 사건 대기열에서는 작업물 생성(release)(3701) 및 작업물 투입(in)(3702)이 이루어진 후 다음으로 작업물 배치(route)(3703), 작업물 이동(transfer)(3704), 작업물 대기(buffer)(3705), 투입의사결정(dispatching)(3706), 공정처리(processing)(3708)의 순서로 이벤트가 실행될 수 있다. 또한, 상술한 사건 대기열에 정렬된 이벤트 중 일부 이벤트는 제외되고 실행될 수 있다. 다른 일 예로서, 작업물 배치(route)(3703) 이벤트가 실행된 후 작업물 완료(out)(3709) 이벤트가 실행될 수 있다.

[468] 선택적으로, 투입의사결정(dispatching)(3706) 이벤트가 실행된 후, 장비교체(tool change)(3707) 이벤트가 실행될 수 있고, 작업물 이동(transfer)(3704) 이벤트가 실행된 후 더미 공정처리(dummy processing)(3710) 이벤트가 실행될 수 있다. 사건 대기열에 정렬되어 있는 이벤트 및 이벤트 순서는 일 예로서, 이에 한정되지 아니한다.

[469] 또한, 투입 의사결정(dispatching)(3706)은 투입의사결정 에이전트에 의해 관리되며, 투입의사결정 에이전트는 앞서 상술한 상태 변수 중 논리적 변수에 해당한다. 또한, 투입 의사결정은 생산 계획에서 성능을 좌우하는 가장 중요한 요소 중 하나에 해당한다.

[470] 투입 의사결정(dispatching)(3706)은 이벤트가 실행되는 대상의 종류에 따라 수행되는 시점이 상이할 수 있다. 일 예로서, 작업물이 작업물 대기(buffer)(3705) 상

태에 있는 경우, 장비가 공정처리(processing)(3708) 이후 유티 상태가 되는 경우, 또는 일정 시간주기마다 주기적으로 이루어질 수 있다. 투입의사결정(dispatching)(3706)과 관련하여, 이하에서 다시 설명하도록 한다.

- [471] 한편, 포워드 플래닝 로직에 있어서, 물리적인 제조환경에서는 장비 또는 작업물과 관련하여, 이동 경로를 설정하고, 설정된 경로를 이동하여 장비에 선택되는 과정에서 높은 세밀도로 인해 많은 양의 연산이 요구될 수 있다. 특히 작업물 필터링(filtering)(미도시) 또는 투입 의사결정(dispatching)(3706) 과정에서 많은 양의 연산이 요구될 수 있다. 다만, 병목장비가 아니거나, 처리속도가 빠른 공정, 공장 내에 장비 수가 충분히 많은 경우에는 많은 양의 연산이 필요하지 않을 수 있어, 이러한 불필요한 세밀도를 줄이기 위한 공정처리가 필요하다.
- [472] 더미 공정처리(dummy processing)(3710)은 포워드 플래닝 로직에 있어서 작업물 이동(transfer) 이후 일정 시간이 지나면 다음 공정을 위한 작업물 배치(route)(3704)가 이루어지게 하는 이벤트에 해당한다. 즉, 더미 공정처리(dummy processing)(3710)는 작업물 필터링(filtering)(미도시) 또는 투입 의사결정(dispatching)(3706)과 같은 복잡한 연산을 생략하고 수행시간을 단축하기 위한 방식이다. 본 실시예에서는 작업물 이동(transfer) 이후에 더미 공정처리(dummy processing)(3710)가 진행되는 것으로 기재하였으나, 작업물 대기(buffer) 이벤트 이후에 더미 공정처리(3710)가 진행되는 것도 가능하다.
- [473] 더미 공정처리(dummy processing)(3710)의 경우, 작업물 생성(release)(3701) 시점 또는 작업물 투입(in)(3702) 시점, 즉 입력 값에서 더미 공정처리(dummy processing)(3710) 대상 공정(step)으로 설정되게 된다. 따라서, 더미 공정처리(dummy processing)(3710) 대상 공정(step) 또는 장비로 설정되는 경우, 작업물 필터링(filtering)(미도시) 또는 투입의사결정(dispatching)(3706)을 거치지 않고 작업물 배치(route)(3703)로 진행된다.
- [474] 또한, 더미 공정처리(dummy processing)(3710)은 입력 값에서 설정되더라도 공정 또는 장비의 생산 역량(production capacity)를 매개 변수로 받아, 이를 초과하여 실행되지 않도록 설정될 수 있다.
- [475]
- [476] 도 15는 실시예에 따른 포워드 플래닝 로직이 수행하는 투입의사결정 수행 단계를 예시한 도면이다.
- [477] 이하에서는 라이브러리 엔진 세트 내의 포워드 플래닝 로직의 실시예를 용이하게 설명하기 위해, 시스템 역학(dynamics)의 일종인 투입의사결정 에이전트(dispatching agent)에 의해 투입 의사결정을 수행하는 예를 개시한다.
- [478] 상술한 바와 같이, 디스패칭(dispatching)은 포워드 플래닝 로직에서 생산 계획의 성능에 영향을 미치는 요소에 해당한다. 작업물 또는 장비인지에 따라 디스패칭 이벤트가 실행되는 시점은 상이할 수 있다.
- [479] 투입 의사결정이 실행되는 시점에서, 먼저, 투입 의사결정 대상이 결정될 수 있다(S310). 상술한 바와 같이, 투입 의사결정 이벤트는 필터링 이벤트를 포함할

수 있다. 즉, 투입 의사결정에 대한 방식을 결정하기 이전에 투입 의사결정 대상을 결정하는 필터링을 수행할 수 있다.

- [480] 예를 들어, 유휴 상태가 된 장비 1대가 작업물 후보들 n 개 중 하나를 고르기 위한 투입 의사결정의 대상이 될 수 있고, 이전 공정을 마친 후 대기열에 추가된 작업물 1개가 장비 후보들 m 개 중 하나를 고르기 위한 투입 의사결정의 대상이 될 수 있다. 또한, 예를 들어, 일정 시간 마다 공장 전체에서 발생 가능한 작업물과 장비 1쌍이 투입 의사결정의 대상이 될 수 있다.
- [481] 다음으로, 투입 의사결정의 방식이 결정될 수 있다(S320). 본 개시에서, 투입 의사결정 방식은 가중합(weight sum) 방식, 가중치 정렬(weight sort) 방식 및 가중합과 가중치 정렬의 혼합 방식을 포함할 수 있다. 투입 의사결정 방식은 공장 내의 작업물 또는 장비의 종류 또는 수량에 기초하여 결정되거나, 사용자의 설정에 의해 결정될 수 있다.
- [482] 여기에서, 가중합 방식은 투입 대상 후보들(복수의 작업물들 또는 복수의 장비들)에 대하여 모든 특성값(dispatching feature) 및 가중치의 곱을 다 계산해서 가중합이 가장 큰 후보(작업물 또는 장비)를 선택하는 방식에 해당한다. 또한, 가중치 정렬 방식은 투입 대상 후보들(복수의 작업물들 또는 복수의 장비들)에 대하여 우선도(priority)가 높은 특성값(dispatching feature)부터 평가하여 하나의 후보(작업물 또는 장비)를 선택하는 방식에 해당한다.
- [483] 만약, 투입 의사결정의 방식이 가중합 방식으로 결정되는 경우, 투입 대상 후보들에 대한 투입 의사결정의 특성(dispatching feature)의 종류 및 가중치(feature weight)을 식별할 수 있다(S330). 여기에서, 투입 의사결정의 특성은 투입 의사결정에서 발생될 수 있는 대안의 특징(혹은 특성)을 수치화한 것에 해당할 수 있고, 특성 가중치(feature weight)는 각각의 특성의 가중치에 해당할 수 있다. 또한, 가중합 방식으로 투입 의사결정이 이루어지는 동안 특성의 종류와 가중치의 값이 변경될 수 있다. 다음으로, 후보들에 대한 가중합을 평가할 수 있다(S340). 보다 상세하게는 복수의 후보들 각각에 대하여 특성 및 가중치를 곱하여 가중합을 계산할 수 있다.
- [484] 여기에서, 가중합 평가는 선형 가중합 또는 신경망과 같은 비선형구조를 활용한 비선형 가중합을 포함할 수 있다. 비선형구조를 활용한 비선형 가중합 방식은 비선형 활성화 함수(Activation Function)를 사용하는 적어도 하나 이상의 신경망 층으로 구성된 신경망을 통해 작업물 별 점수를 산출할 수 있고, 해당 점수에 기반해 의사결정하는 방식이다. 예를 들어, 최대 점수를 지니는 작업물을 선택하거나 점수를 기반으로 SoftMax 함수를 이용하여 선택할 수 있다.
- [485] 마지막으로, 가중합에 기초하여, 복수의 후보들 중에서 최종 후보를 선택할 수 있다(S350). 일 예로서, 복수의 후보들에 대하여 각각의 가중합을 계산하여, 가장 높은 가중합을 갖는 최종 후보가 선택될 수 있다. 다른 일 예로서, 복수의 후보들에 대하여 각각의 가중합을 계산하여, 가장 낮은 가중합을 갖는 최종 후보가

선택될 수 있다. 가중합 방식의 투입 의사결정과 관련하여, 이하에서 다시 설명하도록 한다.

- [486] 한편, 투입 의사결정의 방식이 가중치 정렬로 결정되는 경우, 투입 의사결정의 특성값의 종류 및 우선도(priority)를 식별할 수 있다(S360). 여기에서, 우선도는 공장의 특성, 장비 또는 작업물의 특성에 따라 특성값을 비교하는 순서에 해당할 수 있다. 다음으로, 복수의 특성값 종류 중 우선도가 가장 높은 특성값을 결정할 수 있다(S465). 본 실시예에서는 우선도가 가장 높은 특성값을 결정하는 것을 예시하였으나, 우선도가 가장 낮은 특성값으로 결정하는 것으로 설정될 수 있다.
- [487] 다음으로, 후보들에 대하여 해당 우선도를 갖는 특성값의 점수를 평가할 수 있다(S370). 예를 들어, 복수의 후보들에 대하여 첫번째 우선도를 갖는 특성값의 점수를 비교할 수 있다. 이후, 복수이 후보들 중 특성값에 대한 동일한 점수를 갖는 후보들이 있는지 여부를 판단할 수 있다(S375). 예를 들어, 5개의 후보가 있는 경우, 적어도 2개 이상의 후보가 동일한 높은 점수를 갖는지 판단할 수 있다. 여기에서, 높은 점수는 복수의 후보들이 갖는 각각의 점수들 중 가장 높은 점수에 해당할 수 있다.
- [488] 특성값에 대한 동일한 높은 점수를 갖는 후보들이 없는 경우, 해당 특성값에서 높은 점수를 갖는 후보를 최종 후보로 선택할 수 있다(S380). 본 실시예에서는 높은 점수를 갖는 후보가 최종 후보로 선택되는 것을 예시하였으나, 낮은 점수를 갖는 후보가 최종 후보로 선택되는 것으로 설정될 수 있다.
- [489] 특성값에 대한 동일한 높은 점수를 갖는 후보들이 있는 경우, 다음 우선도를 갖는 특성값을 결정할 수 있다(S385). 보다 상세하게는, 동일한 높은 점수를 갖는 후보들이 아닌 나머지 후보는 제외하고, 동일한 높은 점수를 갖는 후보들에 대해서만 다음 우선도를 갖는 특성값을 결정할 수 있다. 예를 들어, 5개의 후보들 중에서 첫번째 우선도를 갖는 특성값에서 동일한 높은 점수를 갖는 후보가 2개 있는 경우, 2개의 후보에 대해서만 두번째 우선도를 갖는 특성값을 결정할 수 있다.
- [490] 다음으로, 후보들에 대하여 해당 우선도를 갖는 특성값의 점수를 평가하고, 동일 높은 점수를 갖는 후보들이 없는 경우 S380 단계로 진행된다. 또한, 동일 높은 점수를 갖는 후보들이 있는 경우 다시 S385 단계를 반복하게 된다.
- [491] 즉, 가중치 정렬 방식은 복수의 후보들에 대하여 동일 특성값에 기초하여 정렬하였을 때, 동일한 점수 없이 1개의 후보가 남을때까지 반복하는 의사결정 방식에 해당한다. 이러한 가중치 정렬 방식은 의사결정 나무와 같은 비선형 구조의 의사결정 방식을 포함할 수 있다. 예를 들어, 비선형 구조는 의사결정 나무를 포함하며, 이에 한정되지 않는다.
- [492] 한편, 본 실시예에서는 도시되지 않았으나, 투입 의사결정에 있어서, 가중합 방식 및 가중치 정렬 방식을 복합적으로 수행할 수도 있다. 예를 들어, 투입 의사결정의 대상이 되는 10개의 작업물들 중 가중합이 가장 높은 5개를 선택하고, 선택된 5개에 대하여 다시 가중치 정렬 방식으로 하나의 후보를 최종 선택할 수 있다. 또한, 예를 들어, 투입 의사결정의 대상이 되는 10개의 작업물들 중 가중치 정

렬 먼저하여 마지막 우선도까지 점수가 같은 5개가 남은 경우, 5개에 대해서 가중합 방식으로 하나의 후보를 최종 선택할 수 있다. 이때, 연산 낭비를 방지하기 위하여, 가중치 정렬에서 켜던 특성과 가중합 방식에서 켜던 특성은 다른 특성에 해당할 수 있다.

[493]

[494] 도 16은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직이 수행하는 디스패칭의 일 예를 나타낸 도면이다.

[495] 보다 상세하게는, 이 도면의 예는 장비 1대에 대하여 작업물이 3개인 경우를 가정하여, 가중합(weight sum) 방식의 투입 의사결정의 일 예를 나타내는 도면이다.

[496] 먼저, 본 실시예에서, 투입 의사결정의 대상은 작업물(3720)로서, 복수의 후보들(Lot1, Lot2, Lot3)을 포함할 수 있다. 다음으로, 투입 의사결정의 특성 및 가중치를 결정할 수 있다. 본 실시예에서, 투입 의사결정의 특성의 종류(3725) FIFO, SETUP, DELAY, PROCESS TIME으로 결정되고, 각각의 작업물들은 작업물의 특성에 따라 서로 다른 특성값(3730)을 가질 수 있다.

[497] FIFO(First In First Out) 특성은 다른 작업물보다 빨리 진입한 작업을 먼저 처리할 수 있는 특성을 나타내고, SETUP 특성은 작업이 셋업 변화를 야기하는 특성을 나타내고, DELAY는 작업이 지연되는 특성을 나타내고, PROCESS TIME은 작업이 진행되는 시간과 관련된 특성을 나타낼 수 있다. 본 실시예에서는 4가지 특성에 대하여 기재되었으나, 특성의 종류는 이에 한정되지 아니한다. 이밖에도, 투입 의사결정의 특성은 공장 내에서 수치화할 수 있는 다양한 종류의 특성을 포함할 수 있다.

[498] 예를 들어, 후보1(Lot1)의 경우, FIFO 특성값은 0.5, SETUP 특성값은 1.0, DELAY 특성값은 0.1, PROCESS TIME 특성값은 0.2에 해당하고, 후보 2(Lot2)의 경우, FIFO 특성값은 0.4, SETUP 특성값은 0.5, DELAY 특성값은 0.3, PROCESS TIME 특성값은 0.2에 해당하고, 후보 3(Lot3)의 경우, FIFO 특성값은 0.3, SETUP 특성값은 1.0, DELAY 특성값은 1.0, PROCESS TIME 특성값은 0.4에 해당한다.

[499] 일 예로서, 투입 의사결정을 위한 가중치(3735)는 투입 의사결정의 기준이 되는 장비에 따라 결정될 수 있다. 본 실시예에서, 장비를 기준으로 FIFO 특성값의 가중치는 50, SETUP 특성값의 가중치는 200, DELAY 특성값의 가중치는 300, PROCESS TIME 특성값의 가중치는 100에 해당한다.

[500] 다음으로, 각 후보들에 대하여 특성값 및 가중치를 곱한 합인 가중합을 계산할 수 있다. 본 실시예에서, 후보1(Lot1)의 가중합은 275, 후보2(Lot2)의 가중합은 230, 후보3(Lot3)의 가중합은 555에 해당한다. 따라서, 본 실시예의 투입 의사결정의 대상은 가중합이 가장 높은 후보인 후보3(Lot3)에 해당한다.

[501] 본 실시예의 경우, 장비 1대에 대하여 작업물이 복수인 경우를 가정하여 설명하였으나, 이와 반대로 작업물 1개에 대하여 장비가 복수인 경우에도 동일한 방식으로 가중합 방식을 수행하여, 투입 의사결정이 이루어질 수 있다. 가중합 방식

은 의사결정이 모든 특성값을 고려하기 때문에 높은 성능의 생산 계획을 산출할 수 있는 장점이 있다.

[502]

[503] 도 17은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직이 수행하는 디스패칭의 다른 일 예를 나타낸 도면이다.

[504] 보다 상세하게는, 이 도면의 예는 장비 1대에 대하여 작업물이 3개인 경우를 가정하여, 가중치 정렬(Weight Sort) 방식의 투입 의사결정의 일 예를 나타내는 도면이다.

[505] 먼저, 본 실시예에서, 투입 의사결정의 대상은 작업물(3740)로서, 복수의 후보들(Lot1, Lot2, Lot3)을 포함할 수 있다. 다음으로, 의사결정 특성값 및 우선도(priority)를 결정할 수 있다. 본 실시예에서, 투입 의사결정의 특성값의 종류(3725) FIFO, SETUP, DELAY, PROCESS TIME으로 결정되고, 특성값의 우선도(3750)은 특성값 종류별로 가장 중요한 요소별로 순위가 결정되게 된다. 본 실시예에서, S ETUP 특성값은 우선도가 첫번째이고, DELAY 특성값은 우선도가 두번째이고, P ROCESS TIME 특성값은 우선도가 세번째이고, FIFO 특성값은 우선도가 네번째에 해당한다.

[506] 다음으로, 우선도가 가장 높은 순서부터 후보들 간의 점수를 평가할 수 있다. 본 실시예에서, 우선도가 가장 높은 SETUP 특성값에 대하여 첫번째 평가(3755)가 이루어질 경우, 후보 3(Lot3)을 제외하고, 후보 1(Lot1) 및 후보 2(Lot2)의 점수가 동일한 경우로 평가된다. 이 경우, 우선도 2번째인 DELAY 특성값에 대하여 두번째 평가(3760)가 이루어지고, 후보 1(Lot1)의 점수가 후보 2(Lot2)의 점수에 비해 낮은 것으로 평가된다. 따라서, 본 실시예의 투입 의사결정의 대상은 가중치 정렬에서 마지막으로 남은 후보인 후보 2(Lot2)에 해당한다.

[507] 본 실시예에 도시되지 않았으나, 만약, 두번째 평가(3760)에서도 후보 1(Lot1) 및 후보 2(Lot2)의 점수가 동일할 경우, 우선도 3번째인 PROCESS TIME 특성값에 대하여 추가 평가가 이루어질 수도 있다. 또한, 본 실시예에 도시되지 않았으나, 첫번째 평가(3755)에서 모든 후보가 SETUP 특성값이 모두 상이한 경우, 후보들 중 가장 높은 점수를 갖는 후보가 첫번째 평가에서 투입 의사결정의 대상으로 최종 선택될 수 있다.

[508] 본 실시예의 경우, 장비 1대에 대하여 작업물이 복수인 경우를 가정하여 설명하였으나, 이와 반대로 작업물 1개에 대하여 장비가 복수인 경우에도 동일한 방식으로 가중치 정렬 방식을 수행하여, 투입 의사결정이 이루어질 수 있다. 가중치 정렬 방식은 의사결정이 진행됨에 따라 경우의 수가 줄어들고, 모든 특성값을 계산하지 않아도 되므로, 연산량이 적은 장점이 있다. 또한, 연산량이 적어짐에 따라 빠른 의사결정을 내릴 수 있어, 복잡한 공장에서 시뮬레이션하는 것이 어려운 경우(너무 복잡해서 너무 많은 시간이 걸리는 경우), 빠르게 의사결정을 할 수 있어, 효율적으로 생산계획을 산출할 수 있다.

[509]

- [510] 도 18은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직을 이용하여 생산 계획을 생성하는 흐름도이다.
- [511] 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마를 기반으로 배포 의사결정 또는 더미 공정처리를 포함하는 포워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성하거나 제공할 수 있다.(S25).
- [512] 또한, 상술한 백워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여, 포워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성하거나 제공할 수 있다.
- [513] 즉, 소프트웨어모델 및 로직 세트는 위에서 개시한 포워드 플래닝 로직을 포함할 수 있으며, 백워드 플래닝 로직의 출력인 공장투입계획(release plan)정보, 투입 계획(Inplan)정보, 공정 목표(Step Target)정보 및 페깅히스토리(peghistory) 정보 중 적어도 하나를 입력데이터로 사용할 수 있다.
- [514] 상술한 바와 같이, 포워드 플래닝 로직은 투입 의사결정 또는 더미 공정처리 이벤트를 포함할 수 있다. 투입 의사결정은 방식에 따라 가중합 방식 및 가중치 정렬 방식을 포함할 수 있다.
- [515] 한편, 배포 의사결정은 백워드 플래닝 로직에서도 적용될 수 있다. 일 예로서, 백워드 플래닝 로직의 수요정보전처리단계 및/또는 시설분배단계에서 적용될 수 있다. 투입 의사결정에 대한 방식은 상술한 가중합(weight sum) 방식, 가중치 정렬(weight sort) 방식 및 가중합과 가중치 정렬의 혼합 방식을 포함할 수 있다. 예를 들어, 수요정보전처리단계에서, 투입 의사결정 대상은 수요정보(demand)가 실적 n 개 중 하나를 고르기 위한 투입 의사결정의 대상이 될 수 있고, 실적이 수요정보(demand) n 개 중 하나를 고르기 위한 투입 의사결정의 대상이 될 수 있고, 수요정보와 실적 1 쌍이 투입 의사결정의 대상이 될 수 있다. 또한, 예를 들어, 시설분배단계에서, 투입 의사결정 대상은 시설(site)가 수요정보(demand) n 개 중 하나를 고르기 위한 투입 의사결정의 대상이 될 수 있고, 수요정보가 시설 n 개 중 하나를 고르기 위한 투입 의사결정의 대상이 될 수 있고, 시설과 수요정보 1 쌍이 투입 의사결정의 대상이 될 수 있다.
- [516] 온프레미스 컴퓨팅 시스템에서 라이브러리 엔진 세트가 포워드 플래닝 로직을 포함하는 경우, 클라이언트의 데이터 스키마를 기반으로 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성할 수 있다.
- [517] 클라이언트로부터 기준 정보를 포함하는 입력데이터를 기반으로 생산 계획을 제공하는 클라우드 시스템인 경우, 본 단계에서 사용자의 커스텀화된 일부 로직 세트를 생성하거나, 또는 이 단계는 생략될 수 있다.
- [518] 생성된 소프트웨어모델 및 로직세트는 포워드 플래닝 로직에 따라 시간 순서에 따른 생산 계획 데이터를 생성하도록 할 수 있다. 포워드 플래닝 로직에 대한 상세한 실시 예는 도 13 내지 도 17에서 개시하였다.
- [519] 상기 데이터 스키마에 따라 상기 클라이언트로부터 입력데이터를 수신한다(S30).

- [520] 온프레미스 시스템을 이용하여 생산 계획을 생성하고 제공할 경우 수신된 포워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트에 대해 여러 가지 조건들을 추가하여 소프트웨어모델 및 로직 세트에 대한 테스트를 수행할 수 있다.
- [521] 수신된 입력데이터를 기반으로 포워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 수행하여 생성한 생산 계획 정보를 제공할 수 있다(S57).
- [522] 포워드 플래닝 로직은, 작업물이 처음 공장에 투입되는 시점부터 완료되는 시점까지 장비 또는 작업물을 시간순서대로 실제 공장을 시뮬레이션 하여 생산 계획 및 생산 스케줄을 산출하는 방식에 해당한다.
- [523] 입력데이터는 상세한 백워드 플래닝 로직의 결과물을 포함한다. 여기서, 입력데이터는 공장투입계획(release plan)정보, 투입계획(Inplan)정보, 공정 목표(Step Target)정보 및 폐강히스토리(peghistory)정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [524]
- [525] 실시 예에 따르면, 클라이언트 제조생산시스템으로부터 수신되는 기준 정보에 기초하여 시간의 순방향 흐름에 따라 생산 계획을 설립할 수 있다. 시간 순행 방식에 따라 공장 내에서 작업물 또는 장비의 실제 생산계획을 시뮬레이션할 수 있다. 이러한 포워드 플래닝 방식을 이용하여 효율적인 생산 계획 정보를 생성하여 제공할 수 있다.
- [526] 클라이언트는 시간 순행 방식으로 실제 공장상황을 시뮬레이션하여 생성된 생산 계획에 따라 보다 더 효율적인 생산 계획을 얻을 수 있다.
- [527]
- [528] 도 8을 참조하여 포워드 플래닝 로직을 포함하는 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [529] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(310), 저장장치(320), 인메모리(330), 프로세서(340), 출력부(350), 및 사용자인터페이스(360)를 포함할 수 있다.
- [530] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(360)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [531] 입력부(310)는 클라이언트 제조생산시스템으로부터 그 제조생산시스템의 데이터 스키마를 수신할 수 있다.
- [532] 저장장치(320)는 입력부(310)가 수신한 데이터 스키마를 저장하거나 또는 정형화된 데이터 스키마가 미리 준비된 경우는 정형화된 데이터 스키마를 저장장치(320)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(320)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [533] 인메모리(330)는 위에서 개시한 라이브러리 엔진세트를 저장할 수 있다.
- [534] 라이브러리 엔진세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다. 생산 계획 엔진은 위에서 개시하는 포워드 플래닝 로직에 대한 파일을 포함할 수 있다.

- [535] 추가적으로 라이브러리 엔진세트는, 생산계획엔진과 함께 생산 계획을 구현하는 자료 구조가 포함된 파일인 코어라이브러리, 및 생산계획엔진의 일부 기능을 상속받아서 특정 생산 도메인에서 사용하는 로직을 구현하는 생산도메인특화엔진을 더 포함할 수 있다.
- [536] 실시 예의 프로세서(340)는 저장장치(320)에 저장된 데이터 스키마를 입력받을 수 있다. 그리고, 프로세서(340)는 상기 데이터 스키마 및 인메모리(330)에 저장된 엔진 또는 라이브러리에 기초하여 소프트웨어모델 및 로직세트를 생성할 수 있다. 생성된 소프트웨어모델 및 로직세트는 백워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여, 포워드 플래닝 로직에 따라 시간 순행 방식으로 생산 계획 데이터를 생성하도록 할 수 있다. 상술한 바와 같이, 포워드 플래닝 로직은 투입 의사결정 또는 더미 공정처리 이벤트를 포함할 수 있다. 포워드 플래닝 로직에 따라 시간 순행 방식으로 생산 계획 데이터를 생성하는 실시 예들은 도 14 내지 도 17에서 개시하였다.
- [537] 프로세서(340)는 사용자인터페이스(360)의 사용자의 요청에 따라 상기 생성된 소프트웨어모델 및 로직세트를 테스트하거나 사전 실행하여 생산 계획 데이터를 얻을 수 있다. 그리고 프로세서(340)는 사용자의 요청에 따라 생산 계획 데이터를 생성하는 소프트웨어모델 및 로직을 분석하거나 테스트한 결과를 사용자 인터페이스(360)를 통해 사용자에게 제공할 수 있다.
- [538] 프로세서(340)는 입력부(310)로부터 수신된 데이터 스키마에 따라 상기 제조생산시스템의 기준정보를 포함하는 입력데이터를 수신할 수 있다. 프로세서(340)는 포워드 플래닝 로직에 따라 시간 순행 방식이 포함된 소프트웨어모델 및 로직세트를 실행하여 생산 계획 데이터를 생성할 수 있다. 포워드 플래닝 로직에 따라 생산 계획 데이터를 생성하는 상세한 예시는 도 14 내지 도 17에 개시하였다.
- [539] 출력부(350)는 포워드 플래닝 로직을 포함한 소프트웨어모델 및 로직세트의 실행 결과에 따른 생산 계획 데이터를 클라이언트 제조생산시스템에 제공하여 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [540]
- [541] 도 19는 실시 예에 따른 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트에 기반하여 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성하는 예를 개시하는 도면
- [542] 도시한 예에서 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)의 모델개발부(1100)는 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트(1150)를 기반으로 생산 계획을 생성할 수 있는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 개발할 수 있는 프레임워크를 제공한다.
- [543] 일 실시 예에서, 모델개발부(1100)는 모델 생성 모듈(401), 데이터 정의 모듈(402), 메인 모듈(403) 및 실행 모듈(404)을 포함할 수 있다.
- [544] 모델 생성 모듈(401)은 클라이언트 제조생산시스템에 대한 소프트웨어 모델을 생성할 수 있다. 일 실시 예에서, 클라이언트 제조생산시스템에 대한 소프트웨어 모델 관련 매개변수를 수정하여 소프트웨어 모델을 편집할 수 있다. 일 실시

예에서, 소프트웨어 모델은 클라이언트 제조생산시스템에 대한 데이터 스키마, 데이터 소스, 쿼리(query) 및 전역 변수 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

- [545] 여기서, 데이터 스키마는 소프트웨어(SW)모델 또는 로직을 수행하는데 필요한 데이터 구조 및 형식을 나타낼 수 있다. 일 실시 예에서, 데이터 스키마는 입력 데이터 스키마 및 출력 데이터 스키마를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 입력 데이터 스키마는 클라이언트 제조생산시스템으로부터 수신될 수 있다. 또한, 출력 데이터 스키마는 입력 데이터 스키마에 대응하여 결정되거나, 개발자에 의해 지정될 수 있다.
- [546] 또한, 데이터 소스는 데이터를 불러오기 위한 데이터베이스 연결을 구축할 수 있다. 또한, 데이터 소스는 입력 데이터 및 출력 데이터를 정의하고 데이터 액션(Data Action)을 생성하는 데이터 소스를 포함할 수 있다. 또한, 쿼리는 데이터 소스에 대해 데이터를 요청하는 것을 의미하며, 적어도 하나의 쿼리로 구성될 수 있는 쿼리 관리 단위는 데이터 액션으로 지칭될 수 있다. 전역 변수는 실행 시 사용되는 로직 실행의 옵션 및 설정값을 정의하는 변수를 포함할 수 있다. 예를 들어, 전역 변수는 로직 실행 시작 시간, 로직 실행 종료 시간, 모델 파일 명 등을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않고 다양한 변수가 포함될 수 있다.
- [547] 일 실시 예에서, 모델 생성 모듈(401)은 입력 데이터 및 출력데이터에 대한 퍼시스트 구성 정보를 생성할 수 있다. 여기서, 퍼시스트 구성 정보는 데이터 스키마에 대응하는 입력데이터를 메모리 상에 로딩하는 입력 퍼시스트 구성(input persist configuration) 정보 및 메모리 상의 데이터 스키마에 대응하는 출력데이터를 저장하는 출력 퍼시스트 구성(output persist configuration) 정보를 포함할 수 있다.
- [548] 데이터 정의 모듈(402)은 로직 처리를 수행하는 메인 모듈(403) 및 실행 모듈(404)의 실행 시 사용되는 데이터 클래스를 정의할 수 있다. 일 실시 예에서, 데이터 정의 모듈(402)은 라이브러리 엔진세트(1150)에서 제공하는 데이터 클래스를 재정의할 수 있다. 일 실시 예에서, 데이터 정의 모듈(402)은 입력 데이터 스토리지(input data storage)와 출력 데이터 스토리지(output data storage)에 대한 데이터 저장 설정을 정의할 수 있다.
- [549] 일 실시 예에서, 입력 데이터 스토리지와 출력 데이터 스토리지는 해당 데이터의 데이터 클래스에 따라 정의된 데이터 컬렉션(collection)과 입력 데이터, 중간 데이터 및 출력 데이터를 저장하는 저장소를 의미할 수 있다. 여기서 데이터 컬렉션은 해당 데이터가 데이터 클래스에 따라 테이블 형태로 정의된 데이터 테이블을 의미할 수 있다. 일 실시 예에서, 데이터 스토리지는 소프트웨어 모델 및 로직 세트가 실행되는 경우 참조될 수 있다.
- [550] 메인 모듈(403)은 실행 모듈(404)의 실행을 제어할 수 있다. 일 실시 예에서, 메인 모듈(403)은 소프트웨어 모델에 대한 속성 및 실행 옵션을 설정할 수 있다. 일 실시 예에서, 메인 모듈(403)은 생산 계획 데이터를 제공하기 위한 전체 실행을 제어할 수 있다. 예를 들어, 메인 모듈(403)은 초기 입력 데이터를 로딩하고 실행 모듈(404)을 실행한 후 출력 데이터를 저장하는 과정을 제어할 수 있다.

- [551] 실행 모듈(404)은 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진세트(1150)에 기반하여 클라이언트 제조생산시스템에 대한 페깅 로직(pegging logic) 및 시뮬레이션 로직(simulation logic) 중 적어도 하나를 포함하는 로직 세트를 생성하고 실행할 수 있다. 실행 모듈(404)은 페깅 로직을 생성하는 페깅 모듈과 시뮬레이션 로직을 생성하는 시뮬레이션 모듈 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 여기서, 페깅 로직은 백워드 플래닝 로직에 따라 수요(demand) 정보에 기반하여 재공(work in process)을 페깅하고 잔량에 대한 공정별 공정의 투입목표(In Target) 및 공정의 완료목표(Out Target)를 생성하는 로직을 포함할 수 있다. 또한, 시뮬레이션 로직은 포워드 플래닝 로직에 따라 백워드 플래닝 로직의 결과물에 기반하여 작업물의 최초 투입 시점부터 시간 순서대로 공장 내에 발생할 수 있는 이벤트를 실행시켜 실제 생산 계획의 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 이에 대한 자세한 내용은 상술한 내용을 참고한다.
- [552]
- [553] 도 20은 실시 예에 따른 페깅 로직 및 시뮬레이션 로직을 포함하는 로직 세트를 생성하는 예를 개시하는 도면
- [554] 도시한 예에서 라이브러리 엔진세트(1150)의 코어 레이어(core layer)(405) 및 컨트롤 레이어(control layer)(406)와 사용자와의 상호작용을 위한 사용자 인터페이스에 대한 개발자 인터랙션 레이어(developer interaction layer)(407)를 통해 페깅 로직 및 시뮬레이션 로직을 포함하는 로직 세트가 생성될 수 있다.
- [555] 코어 레이어(405)는 페깅 로직에 대응하는 백워드 플래닝 로직과 시뮬레이션 로직에 대응하는 포워드 플래닝 로직의 기능 단위 및 이러한 기능 단위들의 연계 관계 및 상호 작용 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 기능 단위는 시뮬레이션 로직의 경우 공장(factory), 물류이동(transfer), 투입 의사결정(dispatching) 및 장비(equipment)를 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [556] 컨트롤 레이어(406)는 코어 레이어(405)에 포함된 기능 단위를 제어하는 이벤트 및 이벤트 내부 함수를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 각 기능 단위에 대응하는 적어도 하나의 이벤트 및 이벤트 내부 함수가 구성될 수 있다. 예를 들어, 투입 의사결정에 대한 대안 특성의 값을 평가하는 이벤트가 포함될 수 있다.
- [557] 개발자 인터랙션 레이어(407)는 이벤트 및 이벤트 내부 함수 중 적어도 하나에 대응하는 로직 함수 코드를 포함할 수 있다. 여기서, 로직 함수 코드는 페깅 로직 및 시뮬레이션 로직을 구현하기 위한 함수 코드를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 컨트롤 레이어(406)의 이벤트 및 이벤트 내부 함수와 로직 함수 코드를 바인딩(binding)하는 바인딩 코드와 로직 함수 코드를 구현함으로써 페깅 로직 및 시뮬레이션 로직이 생성될 수 있다. 일 실시 예에서, 개발자 인터랙션 레이어(407)의 로직 함수 코드는 사전 구현되어 미리 저장되어 있을 수 있다.
- [558] 이 경우, 이벤트 및 이벤트 내부 함수에 대응하는 로직 포인트에 해당하는 바인딩 코드는 로직 함수 코드와 1:N의 관계를 가질 수 있다. 즉, 하나의 로직 포인트에 복수의 로직 함수 코드가 설정될 수 있다. 예를 들어, 투입 의사결정에 대한 대

안 특성의 값을 평가하는 로직 포인트에서는 평가 조건의 수만큼 로직 함수 코드가 설정될 수 있다. 이와 같이, 바인딩 코드에 대한 로직 함수 코드가 다수 개인 경우, 로직 함수 코드 간 실행 순서가 지정될 수 있다.

- [559] 일 실시 예에서, 코어 레이어(405), 컨트롤 레이어(406) 및 개발자 인터랙션 레이어(407)를 포함하는 로직 개발 레이어 세트는 페깅 로직 및 시뮬레이션 로직 각각에 대하여 구성될 수 있다. 일 실시 예에서, 로직 개발 레이어 세트에 기반하여 로직 세트를 생성하는 과정은 메인 모듈(403)에 의해 제어될 수 있다.
- [560] 일 실시 예에서, 메인 모듈(403)에 의해 관리되는 로직 세트는 페깅 로직과 시뮬레이션 로직에 제한되지 않으며, 기능에 따라 다양한 로직이 추가될 수 있다.
- [561]
- [562] 도 21은 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법이 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 생성하는 예를 개시하는 도면
- [563] 클라이언트 제조생산시스템에 대한 생산도메인특화엔진을 결정한다(S411). 일 실시 예에서, 클라이언트 별로 생산 분야가 다르고 해당 분야마다 특징적인 요소가 있기 때문에 어떤 분야, 즉, 특정 생산 도메인의 클라이언트 제조생산시스템에 대한 모델링을 수행할 것인지 선택하여 생산도메인특화엔진을 결정할 수 있다. 일 실시 예에서, 미리 생성된 생산도메인특화엔진 중 클라이언트 제조생산시스템에 기반하여 어떤 생산도메인특화엔진을 사용할 지 결정할 수 있다.
- [564] 일 실시 예에서, 라이브러리 엔진세트(1150)의 생산도메인특화엔진은 생산계획엔진의 일부 기능을 상속받아서 특정 생산 도메인에서 사용하는 로직을 구현한 데이터 세트로서 산업이나 제조생산시스템에 따라 다르게 정의될 수 있다.
- [565] 일 실시 예에서, 특정 생산 도메인에 대한 생산도메인특화엔진은 일반(general) 도메인에 대한 로직이 그대로 상속되어 있으며, 추가적으로 해당 특정 생산 도메인 관련 로직을 포함할 수 있다. 예를 들어, 특정 생산 도메인은 LCD 도메인을 포함할 수 있다. 이 경우, LCD 도메인에 해당하는 생산도메인특화엔진은 일반(general) 도메인에 대한 백워드 플래닝 로직과 포워드 플래닝 로직이 그대로 상속되어 있으며, 추가적으로 LCD 도메인에 대한 TFT(Thin Film Transistor) 공정, CF(Color Filter) 공정 및 LC(Liquid Crystal) 공정 관련 로직을 포함할 수 있다.
- [566] 클라이언트 제조생산시스템에 대한 소프트웨어 모델을 생성한다(S412). 일 실시 예에서, 클라이언트 제조생산시스템에 대한 데이터 스키마, 데이터 소스, 쿼리 및 전역 변수 중 적어도 하나를 포함하는 소프트웨어 모델을 생성할 수 있다. 일 실시 예에서, 소프트웨어 모델은 사용자 인터페이스를 통한 사용자 입력에 따라 편집될 수 있다. 이에 대한 자세한 내용은 상술한 설명을 참조한다.
- [567] 입력 데이터 및 출력데이터에 대한 퍼시스트 구성 정보를 생성한다(S413). 일 실시 예에서, 퍼시스트 구성 정보는 입력 퍼시스트 구성 정보 및 출력 퍼시스트 구성 정보를 포함할 수 있다. 이 경우, 입력 퍼시스트 구성 정보는 입력 데이터를 메모리 상의 데이터로 로딩하는 절차와 방식을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 입력 퍼시스트 구성 정보는 DB에서 쿼리 실행 순서, DB에서 쿼리 수행 스레드 개수

및 DB 네트워크 연결 해제 시 재시도 횟수를 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

- [568] 또한, 출력 퍼시스트 구성 정보는 메모리 상의 출력 데이터를 파일이나 데이터 베이스(DB)에 저장하는 절차와 방식을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 출력 퍼시스트 구성 정보는 데이터 저장 여부 설정 및 데이터 저장 시간 기록 여부 설정을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [569] 일 실시 예에서, 퍼시스트 구성 정보는 데이터 스키마, 데이터 소스, 쿼리(query) 및 전역 변수 중 적어도 하나에 기반하여 사용자 입력에 따라 생성될 수 있다.
- [570] 입력 데이터 불러오기 동작 및 데이터 구조를 결정한다(S414). 일 실시 예에서, 입력 데이터 불러오기 동작은 입력 데이터를 DB에서 읽어올 때의 동작을 의미할 수 있다. 예를 들어, 데이터를 불러오는 동작은 데이터를 1줄 읽어 올 때마다 실행되는 이벤트 및 모든 데이터를 다 읽어온 후 실행되는 이벤트를 포함할 수 있다.
- [571] 일 실시 예에서, 데이터를 읽어오는 과정에서 모델 내부 로직에서 사용할 데이터 구조를 전처리할 수 있다. 예를 들어, Product/Process/Step 테이블이 각각 존재하는 경우, Product, Process 및 Step 각각을 서로 종속적으로 연결해주는 로직을 구현할 수 있다.
- [572] 일 실시 예에서, 데이터 구조는 데이터 스키마에 정의된 구조가 자동으로 생성되어 저장되는 자료 구조 및 사용자 입력에 의해 생성되는 자료 구조를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 입력 값에 관여하고 모델 내부 로직에서 지속적으로 사용될 항목은 입력 데이터 메모리 공간에 저장하고, 출력 값에 관여하고 모델 내부 로직의 중간/최종 산출물은 출력 데이터 메모리 공간에 저장할 수 있다. 여기서, 해당 데이터 메모리 공간은 메모리 상 프로그램이 동작할 때 임시로 존재하는 가상 메모리 공간을 포함할 수 있다.
- [573] 패키징 로직 및 시뮬레이션 로직을 생성한다(S415). 일 실시 예에서, 라이브러리 엔진 세트의 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 관련 기능 단위에 대한 이벤트 및 이벤트 내부 함수에 대한 세부 로직 함수 코드를 작성하여 패키징 로직 및 시뮬레이션 로직을 생성할 수 있다. 이에 대한 자세한 설명은 상술한 내용을 참고한다.
- [574] 일 실시 예에서, 로직 함수를 구현하기 위한 사용자 인터페이스에 대한 사용자의 클릭 입력이 획득되는 경우, 해당 함수에 대한 로직 함수 코드와 그 함수를 엔진 세트에 연결하는 바인딩 코드가 자동 생성될 수 있다.
- [575] 일 실시 예에서, 구현 대상 함수 중에 구현된 부분은 특정 파일 형식(예: xml 등)으로 저장될 수 있으며, 모델 개발부(1100)가 다시 실행되는 경우에도 편집 내용을 이어서 확인할 수 있다.
- [576] 소프트웨어 모델 파일 및 로직 파일을 획득한다(S416). 일 실시 예에서, 패키징 로직 및 시뮬레이션 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 파일 및 로직 파일을 획득

할 수 있다. 일 실시 예에서, 저장 및 빌드를 통해 해당 모델 파일 및 로직 파일을 획득할 수 있다.

[577] 일 실시 예에서, S414 내지 S416 단계는 순서에 관계없이 수행될 수 있으며, 동시에 또는 별도로 수행될 수 있다. 또한, 해당 정보가 미리 결정되어 있는 경우 적어도 하나의 단계가 생략될 수 있다.

[578]

[579] 도 22는 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법이 생산 계획을 생성하는 예를 개시하는 흐름도

[580] 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진세트 중 적어도 하나에 기반하여 상기 클라이언트 제조생산시스템에 대한 페깅 로직(pegging logic) 및 시뮬레이션 로직(simulation logic) 중 적어도 하나를 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성하거나 제공한다(S417). 일 실시 예에서, 상기 데이터 스키마, 상기 입력데이터에 대한 데이터 소스(data source), 상기 데이터 스키마에 대한 쿼리(query) 및 전역 변수(argument) 중 적어도 하나에 기반하여 소프트웨어 모델을 생성할 수 있다.

[581] 일 실시 예에서, 라이브러리 엔진세트에 포함된 적어도 하나의 기능 단위에 포함된 작업물 또는 장비에 대한 이벤트 및 이벤트 내부 함수 중 적어도 하나를 구성하고, 이벤트 및 이벤트 내부 함수 중 적어도 하나에 대응하는 로직 함수 코드를 바인딩(binding)하여 페깅 로직 및 시뮬레이션 로직 중 적어도 하나를 생성할 수 있다.

[582] 일 실시 예에서, 라이브러리 엔진세트는, 시간 역행 방식의 백워드 플래닝(backward planning) 로직 및 시간 순행 방식인 포워드 플래닝(forward planning) 로직 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 이에 대하여는 도 19 내지 21에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.

[583] 데이터 스키마에 따라 상기 클라이언트로부터 기준정보를 포함하는 입력데이터를 수신한다(S418). 일 실시 예에서, 입력데이터는 제품 정보, 생산흐름 정보, 공정 정보, 장비 정보, 이동시간 정보, 공장내부 작업물 정보 및 기생산물량 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 입력데이터는 상술한 백워드 플래닝 로직의 결과물을 포함할 수 있다. 이에 대하여는 도 19 내지 21에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.

[584] 수신된 입력데이터를 기반으로 상기 소프트웨어모델 및 로직 세트를 수행하여 생산 계획 데이터를 제공한다(S419). 일 실시 예에서, 소프트웨어모델 및 로직 세트가 포워드 플래닝 로직을 포함할 경우, 백워드 플래닝 로직으로부터 얻은 공정 목표정보(Step Target) 및 공장 투입계획정보(Release Plan)를 이용하여, 시간 순방향에 따라 생산 계획 정보를 생성할 수 있다. 이에 대하여는 도 19 내지 21에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.

[585]

- [586] 도 8을 참조하여 페깅 로직 및 시뮬레이션 로직 중 적어도 하나를 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [587] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(310), 저장장치(320), 인메모리(330), 프로세서(340), 출력부(350), 및 사용자인터페이스(360)를 포함할 수 있다.
- [588] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(360)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [589] 입력부(310)는 클라이언트 제조생산시스템으로부터 그 제조생산시스템의 데이터 스키마를 수신할 수 있다.
- [590] 저장장치(320)는 입력부(310)가 수신한 데이터 스키마를 저장하거나 또는 정형화된 데이터 스키마가 미리 준비된 경우는 정형화된 데이터 스키마를 저장장치(320)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(320)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [591] 인메모리(330)는 위에서 개시한 라이브러리 엔진세트를 저장할 수 있다. 라이브러리 엔진세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다. 생산 계획 엔진은 위에서 개시하는 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나에 대한 파일을 포함할 수 있다.
- [592] 추가적으로 라이브러리 엔진세트는, 생산계획엔진과 함께 생산 계획을 구현하는 자료 구조가 포함된 파일인 코어라이브러리, 및 생산계획엔진의 일부 기능을 상속받아서 특정 생산 도메인에서 사용하는 로직을 구현하는 생산도메인특화엔진을 더 포함할 수 있다.
- [593] 실시 예의 프로세서(340)는 저장장치(320)에 저장된 데이터 스키마를 입력받을 수 있다. 그리고, 프로세서(340)는 상기 데이터 스키마 및 인메모리(330)에 저장된 엔진 또는 라이브러리에 기초하여 소프트웨어모델 및 로직세트를 생성할 수 있다. 일 실시 예에서, 프로세서(340)는 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진세트 중 적어도 하나에 기반하여 클라이언트 제조생산시스템에 대한 페깅 로직(pegging logic) 및 시뮬레이션 로직(simulation logic) 중 적어도 하나를 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성하거나 제공할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 상술한 설명을 참조한다.
- [594] 프로세서(340)는 사용자인터페이스(360)의 사용자의 요청에 따라 상기 생성된 소프트웨어모델 및 로직세트를 테스트하거나 사전 실행하여 생산 계획 데이터를 얻을 수 있다. 그리고 프로세서(340)는 사용자의 요청에 따라 생산 계획 데이터를 생성하는 소프트웨어모델 및 로직을 분석하거나 테스트한 결과를 사용자 인터페이스(360)를 통해 사용자에게 제공할 수 있다.
- [595] 프로세서(340)는 입력부(310)로부터 수신된 데이터 스키마에 따라 상기 제조생산시스템의 기준정보를 포함하는 입력데이터를 수신할 수 있다. 프로세서(340)는 입력데이터를 기반으로 페깅 로직 및 시뮬레이션 로직에 따라 소프트웨어모

텔 및 로직세트를 실행하여 생산 계획 데이터를 생성할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 상술한 설명을 참조한다.

- [596] 출력부(350)는 포워드 플래닝 로직을 포함한 소프트웨어모델 및 로직세트의 실행 결과에 따른 생산 계획 데이터를 클라이언트 제조생산시스템에 제공하여 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [597] 이하의 실시 예에서는 설치된 라이브러리 엔진 세트를 기반으로 생성된 소프트웨어모델 및 로직 세트를 이용하여 생산 계획 데이터를 제공하는 일 예를 상세히 개시한다.
- [598] 설명한 바와 같이 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)의 모델개발부(1100)는 라이브러리 엔진 세트(1150)를 기반으로 생산 계획을 생성할 수 있는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 개발할 수 있는 프레임워크를 제공한다.
- [599] 다른 예로서, 클라우드 컴퓨팅 시스템(2000)은 라이브러리 엔진 세트(2210)를 기반으로 생산 계획을 생성할 수 있는 정형화된 다수의 소프트웨어 모델 및 로직 세트들을 제공할 수 있다.
- [600] 일 실시 예에서, 소프트웨어 모델은 클라이언트 제조생산시스템에 대한 데이터 스키마, 데이터 소스, 쿼리(query) 및 전역 변수 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 로직 세트는 클라이언트 제조생산시스템에 대한 페깅 로직(pegging logic) 또는 시뮬레이션 로직(simulation logic)뿐만 아니라 제조생산시스템을 정의하는 다른 로직을 포함 할 수 있다.
- [601] 개시하는 실시 예에서는 시스템운영부(110)를 통해 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 실행에 필요한 작업들을 생성하고 실행 주기 및 의존성을 설정하는 절차를 수행하는 예를 설명한다.
- [602] 상술한 바와 같이, 시스템운영부(110)는 모델개발부(1100)가 생성한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 클라이언트에 전달하고, 클라이언트의 제조생산시스템(100)이 생산 계획 데이터를 생성하게 하여 생산 운영이 진행되도록 할 수 있다.
- [603] 시스템운영부(110)는, 클라이언트의 제조생산시스템(100)의 프로젝트나 작업 관리, 계획에 따라 프로젝트 또는 작업을 운영하기 위한 트리거(실행조건)의 관리, 및 그 모니터링과 성능을 변경하고 설정할 수 있다.
- [604] 예를 들어, 시스템운영부(110)는 작업을 운영하기 위한 트리거 관리, 모니터링과 성능 변경을 위한 사용자 인터페이스인 서버 관리부(1200)를 제공하여, 시스템운영부(110)를 통해 작업을 생성 및 관리할 수 있도록 할 수 있다. 즉, 작업을 생성하고 관리를 수행하는 것은 시스템운영부(110) 또는 서버관리부를 통해서 이루어진 것으로 설명될 수 있다.
- [605] 예를 들어, 시스템운영부(110)는 작업물 생성 및 관리에 대하여 사용자에게 시각적으로 보여지는 사용자 인터페이스(UI) 및 작업 생성 및 관리에 대한 백엔드(backend) 시스템을 포함할 수 있다.
- [606]

- [607] 도 23은 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 운영 작업을 생성하는 예를 개시하는 도면이다.
- [608] 시스템운영부(110)는 업로드된 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 운영 작업을 생성하고 운영 작업을 수행하기 위한 조건들을 설정할 수 있다.
- [609] 상술한 바와 같이, 모델 개발부(1100)는 패키징 로직 및 시뮬레이션 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 획득(개발)할 수 있다. 예를 들어, 소프트웨어 모델은 데이터 스키마, 데이터 소스, 쿼리(query) 및 전역 변수 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [610] 또한, 모델 개발부(1100)에서 획득된 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 시스템운영부(110)에 업로드될 수 있다. 상술한 바와 같이, 시스템운영부(110)는 사용자에게 제공되는 사용자 인터페이스를 포함하여, 시스템운영부(110)의 동작을 사용자가 확인하고 제어할 수 있도록 한다.
- [611] 시스템운영부(110)는 다양한 서비스를 포함하는 서비스부(1260), 이력관리 저장부(1270)를 포함할 수 있다.
- [612] 서비스부(1260)는 라이선스서비스부(license service)(1205), 작업서비스부(job service)(1210), 배포관리서비스부(deploy management service)(1215), 외부파일서비스부(outfile service)(1220), 작업스케줄러서비스부(job scheduler service)(1230) 등을 포함할 수 있다.
- [613] 라이선스서비스부(license service)(1205)는 사용자별로 할당된 서비스가 적법하게 구매된 것인지 관리하는 파트로서, 예를 들어, 사용자가 구매한 라이선스가 만료되었는지 점검하는 방식으로 동작될 수 있다.
- [614] 작업서비스부(job service)(1210)는 운영작업(task), 운영작업의 주기 등을 생성하는 파트이고, 배포관리서비스부(deploy management service)(1215)는 모델개발부(1100)로부터 수신된 파일을 이력관리 저장부(1270)로 업로드하는 파트로서, 사용자의 입력에 따라 사용 버전을 관리하도록 설정될 수 있다.
- [615] 외부파일서비스부(outfile service)(1220)는 운영작업을 통한 결과물을 외부에서 다운로드할 수 있게 해주는 파트이고, 작업스케줄러 서비스(job scheduler service)(1230)는 작업서비스부(1210)에서 편집된 운영작업을 실행조건에 따라 실행시키는 파트에 해당할 수 있다.
- [616] 또한, 이력관리 저장부(1270)는 시스템운영부(110)에서 운영작업을 생성 및 설정하기 위해 필요한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 일시적으로 저장할 수 있고, 운영작업과 관련된 파일을 저장할 수 있다. 또한, 시스템운영부(110)에서 사용되는 각종 설정값(프로젝트별 데이터 소스, 운영작업 목록, 실행주기, 의존성 조건 등)은 이력관리 저장부(1270) 또는 별도의 저장부에 저장될 수 있다.
- [617] 예를 들어, 배포관리서비스부(1215)에서 제공하는 배포관리서비스는 배포(업로드)가 발생할 때 이력관리 저장부(1270)에 배포 대상이 속한 프로젝트별 경로에 파일을 저장할 수 있다. 이때, 배포관리서비스부(1215)는 파일을 저장 시 배포 시점 별로 소프트웨어 모델 및 로직세트의 이력관리를 제공할 수 있다.

- [618] 여기에서, 이력관리는 현재 운영작업에 적용하는 버전과 과거 운영작업에 적용하는 버전을 별도로 관리하고 있어, 필요에 따라 과거 또는 현재 버전을 사용할 수 있게 하는 것이다. 예를 들어, 1월1일 시점에 주간계획 프로젝트의 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 업로드하여 운영작업을 실행해 온것으로 가정할 수 있다. 이 경우, 2월2일에 고객 요청으로 신규 제품에 대한 로직이 추가되어 신규 소프트웨어 모델 및 로직 세트가 업로드되어 운영작업을 실행할 수 있다. 이때, 2월2일 버전은 추가 연산을 요구하는 로직에 해당할 수 있다. 3월3일에 고객 사정으로 신규제품에 대한 생산계획이 취소되어 추가 연산이 요구되는 2월2일 로직대신 1월1일 로직을 사용하기로 결정되는 경우, 배포관리서비스부(1215)는 1월1일 배포 버전으로 변경하여 실행할 수 있다.
- [619] 또한, 시스템운영부(110)의 작업서비스부(1210)를 통해 운영작업이 생성될 수 있다. 이때, 운영 작업은 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 실행(운영)하는데 필요한 작업에 해당한다. 운영 작업(job type)은 전자메일 보내기, 프로그램 실행, 모델 실행의 3가지를 포함할 수 있고, 이외에도 사용자의 설정 또는 시스템 설정에 따라 실험허브(experiment hub) 실행, 동적운전을 위한 작업 등 다양한 실행작업이 추가될 수 있다. 또한, 운영작업은 작업스케줄러 서비스부(1205)가 실행하는 작업의 단위에 해당할 수 있다.
- [620] 전자메일 보내기 작업유형(job type)은 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 실행과 관련되어 전자메일을 보내는 작업을 포함한다. 예를 들어, 전역 변수(argument)로 보낸사람, 받는사람, 제목, 본문 및 첨부파일을 지정될 수 있고, 보내는 메일 서버(SMTP)가 설정될 수 있다. 여기에서, 전역 변수는 로직 실행의 옵션 및 설정값을 정의하는 변수에 해당할 수 있다. 또한, 설정된 전자메일 보내기가 실행되면 미리 설정된 바에 따라 전자 메일이 발송될 수 있다. 전자메일 보내기 작업유형(job type)은 시스템운영부(110)에 의해 관리목적으로 실행되는 특정 운영작업이 실패하는 경우 등에 메일을 발송하도록 설정될 수 있다.
- [621] 프로그램 실행 작업유형(job type)은 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 실행과 관련되어 프로그램이나 스크립트를 실행하게 할 수 있다. 예를 들어, 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 운영이 실패하는 경우, 이에 대한 검증 스크립트를 실행할 수 있다.
- [622] 모델 실행(model task) 작업유형은 모델개발부(1100)를 통해 개발된 소프트웨어 모델을 실행하기 위한 작업 유형에 해당한다. 모델실행 작업유형은 모델의 구동방식을 설정하기 위한 기본 전역변수를 포함하고 있다. 일 예로서, 이력관리 저장부(1270)에 저장된 소프트웨어 모델의 전역변수는 모델실행 작업유형의 기본 전역변수로 사용될 수 있다.
- [623] 또한, 작업서비스부(1210)는 운영작업에 대한 실행조건(trigger)를 설정할 수 있다. 여기에서, 실행조건(trigger)는 실행주기, 운영작업 간 의존성 등에 해당한다. 즉, 운영작업은 실행을 위한 작업단위를 의미하고, 실행조건은 운영작업의 실행주기 및 의존성과 같은 세부 조건을 의미할 수 있다. 운영작업에 대하여 적어도

하나이상의 실행조건이 생성될 수 있고, 제1 실행조건에 대하여 적어도 하나 이상의 제2실행조건이 생성되는 것도 가능하다. 설정된 실행조건은 시스템운영부에 저장될 수 있다.

[624]

[625] 도 24는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 운영 작업을 실행하는 예를 개시하는 도면이다.

[626] 모델실행부(130)는 작업스케줄러 서비스부(1230)의 실행 지시에 따라 운영작업을 실행할 수 있다.

[627] 예를 들어, 작업스케줄러 서비스부(1230)는 운영작업에 대하여 설정된 실행 조건이 만족되었을 때, 모델실행부(130)를 실행하고, 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 매개변수로 전달할 수 있다. 이때, 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 데이터베이스(150)에서 추출 대상이 되는 데이터의 연결 정보와 데이터 테이블 매핑(mapping) 정보를 포함할 수 있다.

[628] 이 경우, 모델실행부(130)는 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기초하여 클라이언트 데이터베이스(150)로부터 실제 입력 데이터를 수신할 수 있다. 즉, 모델실행부(130)는 매개변수에 기초하여 쿼리하여 클라이언트 시스템의 데이터베이스(150)에 포함된 데이터를 가져올 수 있다.

[629] 실시 예로서, 모델 실행부(130)는 로직 세트에 따라 모델 실행이 수행되는 경우, 출력파일(1280)로서 아웃풋 파일(1286)을 생성할 수 있다. 일 예로서, 아웃풋 파일(1286)의 형식은 소프트웨어 모델의 설정값(예, 작업서비스부(1210)를 통한 작업 생성시 매개변수로 추가)에 따라 결정될 수 있고, 압축파일 형태 등을 포함할 수 있다.

[630] 이때, 아웃풋 파일(1286)은 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다. 여기에서, 생산 계획 데이터는 클라이언트의 데이터베이스로부터 수신한 입력 데이터를 개발된 소프트웨어 모델 및 로직 세트에서 실행시켜 도출한 생산 계획에 해당한다. 또한, 운영작업이 실행된 결과에 대한 로그파일(1283)도 함께 생성될 수 있다. 이때, 로그파일(1283)에는 운영작업이 언제 어떻게 실행되었는지, 실행이 실패하였는지, 실행이 성공하였는지 등에 대한 정보를 포함될 수 있다.

[631] 한편, 실험허브 작업이 운영작업으로 생성되는 경우, 실험허브 실행기가 추가되어 하나 이상의 모델실행부(130)가 병렬 실행될 수 있다.

[632] 생성된 아웃풋 파일(1286) 및 로그파일(1283)은 클라이언트의 제조공정시스템(100)의 데이터베이스(150)에 업로드될 수 있다. 업로드시에 모델 압축 파일(1286) 형태로 업로드하거나 모델 압축 파일(1286)에 포함된 내용물 자체를 압축시키지 않고 업로드하는 것도 가능하다.

[633] 한편, 저장된 아웃풋 파일(1286) 및 로그파일(1283)은 클라이언트의 제조공정시스템(100)에 포함된 조회 인터페이스 또는 외부파일서비스부(1220)를 통해 결과물을 제공하여 모델분석부(1300)에서 조회할 수 있게 된다.

[634]

- [635] 도 25는 실시 예에 따른 시스템운영부에서 운영 작업을 설정하는 예를 개시한 도면이다.
- [636] 작업서비스부(1210)를 통해 생성된 운영작업은 작업서비스부(1210)를 통해 운영작업에 대한 실행조건(trigger)를 설정할 수 있다. 이는, 개발된 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 실행과 관련된 운영작업들이 실행되기 위한 조건을 설정하는 것에 해당한다.
- [637] 실행조건서비스부(1225)를 통해 설정된 실행조건은 시스템운영부(110)에 저장될 수 있다.
- [638] 또한, 1개의 운영작업에 대하여 적어도 하나의 실행조건이 설정될 수 있다. 예를 들어, 실행조건은 주기조건, 의존성조건 등을 포함할 수 있다. 또한, 복수의 실행조건들 사이에서도 주기조건 또는 의존성 조건이 설정될 수 있다. 예를 들어, 제 1 실행조건에 대하여 적어도 하나의 제 2 실행조건이 설정될 수 있다. 한편, 제 1 실행조건에 대하여 제 2 실행조건이 설정되지 않고, 제 1 실행조건에서 종료되는 것으로 설정되는 것도 가능하다.
- [639] 또한, 실행조건이 설정되어 있더라도, 실제로 실행조건을 실행할지 여부가 매 개변수로 포함되어 있다. 일 예로서, 실행조건 설정뿐만 아니라 실행조건 of 활성화/비활성화 여부를 설정하는 절차를 추가로 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 운영작업(510)에 주기 조건(520) 또는 의존성 조건(530)이 설정되어 있더라도, 각각의 실행조건 of 활성화/비활성화여부를 먼저 결정한 후에 실행이 이루어지게 할 수 있다.
- [640] 실시 예에서, 제1 운영작업(510)은 두 개의 주기조건(520)이 설정될 수 있다. 제 1 주기조건(521)은 매주 월요일 모델을 운영(operation)해보는 조건에 해당한다. 제2 주기조건(522)은 매주 화요일에 모델을 테스트(test)해보는 조건에 해당할 수 있다. 주기 조건은 이외에도 시스템 또는 사용자에게 의해 다양하게 생성될 수 있다.
- [641] 또한, 주기조건(520) 중 적어도 일부에 대하여 의존성 조건(530)이 생성될 수 있다. 제1 의존성 조건(531)은 성공 메일을 보내는 조건이고, 제2 의존성 조건(532)은 검증(validation)을 수행하는 조건이고, 제3 의존성 조건(533)은 실패 메일을 보내는 조건에 해당할 수 있다. 의존성 조건은 이외에도 시스템 또는 사용자에게 의해 다양하게 생성될 수 있다.
- [642] 실시 예에서, 제1 주기 조건(521)의 성공/실패에 의존하는 의존성 조건(530)이 설정될 수 있다. 제1 주기 조건(521)의 수행이 성공적인 경우, 제1의존성 조건(531)이 설정될 수 있다. 즉, 매주 월요일에 실제 운영을 해보는 경우, 성공 메일을 보내는 것으로 조건이 설정되고, 이에 따라 실제로 성공 전자메일 보내기 작업(534)이 수행될 수 있다. 성공 전자메일 보내기 작업(534)은 상술한 작업 타입 중 전자 메일 보내기에 해당할 수 있다.
- [643] 또한, 제1 주기 조건(521)의 수행이 실패인 경우, 제2 의존성 조건(532) 및 제3 의존성 조건(533)이 설정될 수 있다. 즉, 매주 월요일에 실제 운영이 이루어지지

않는 경우, 실패한 이유에 대하여 검증이 수행되도록 설정되고, 이에 따라 검증 작업(535)이 수행될 수 있다. 검증 작업(535)은 상술한 작업 타입 중 프로그램 실행에 해당할 수 있다.

- [644] 또한, 검증이 이루어지는 경우, 검증의 성공/실패에 대한 별도 조건없이 실패 메일을 보내는 것으로 조건이 설정되고, 이에 따라 실패 전자메일 보내기 작업(536)이 수행될 수 있다. 실패 전자메일 보내기(536)은 상술한 작업 타입 중 전자메일 보내기에 해당할 수 있다.
- [645] 본 실시 예에서, 제2 주기 조건(522)에는 다른 의존성 조건(530)이 생성되지 않는 것으로 도시되어 있으나, 다른 의존성 실행조건(530)이 생성되는 것으로 설정되는 것도 가능하다. 또한, 제1 운영작업(510)에 도시된 주기조건(520) 및 의존성 조건(530) 외에 추가적인 조건이 설정되는 것도 가능하다.
- [646]
- [647] 도 26은 실시 예에 따른 온프레미스 컴퓨팅시스템에서 운영작업을 생성하고 실행하는 예를 개시하는 흐름도이다.
- [648] 도시되지 않았으나, 운영작업의 생성이 이루어지기 전에, 라이선스서비스부(1205)를 통해 사용자의 라이선스 적합유무가 점검될 수 있다.
- [649] 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 시스템운영부에 업로드할 수 있다(S500). 시스템운영부는 개발된 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 실제 실행과 관련된 운영작업을 생성하고 설정할 수 있다. 상술한 바와 같이, 모델 개발부(1100)에서 획득된 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 시스템운영부(110)에 업로드될 수 있다. 또한, 시스템운영부(110)의 배포관리서비스부(1215)는 파일을 저장 시 프로젝트별 경로에 파일을 저장할 수 있다.
- [650] 업로드된 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기초하여 적어도 하나의 운영작업을 생성할 수 있다(S505). 상술한 바와 같이, 적어도 하나의 운영작업은 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 실행에 관련된 전자메일 보내기, 프로그램 실행, 모델 작업 등을 포함할 수 있다. 또한, 운영작업의 종류에 실험허브 실행 등 다양한 작업이 추가될 수 있다.
- [651] 다음으로, 생성된 적어도 하나의 운영작업에 대하여 실행 주기 및 작업간 의존성을 설정할 수 있다(S510). 상술한 바와 같이, 1개의 운영작업에 대하여 적어도 하나의 실행조건이 설정될 수 있다. 또한, 다른 종류에 해당하는 복수의 실행조건들이 존재하는 경우, 실행조건들 사이에서도 조건이 설정될 수 있다. 일 예로서, 실행조건 설정뿐만 아니라 실행조건의 활성화/비활성화 여부를 설정하는 절차를 추가로 포함할 수 있다.
- [652] 또한, 설정된 실행 주기 및 작업간 의존성에 따라 운영작업을 수행할 수 있다(S515). 예를 들어, 작업스케줄러 서비스부(1230)의 실행 지시가 있는 경우, 모델실행부(130)는 입력데이터를 기반으로, 운영작업을 실행할 수 있다. 이때, 모델실행부(130)는 이력관리 저장부(1270)에 저장되어 있는 소프트웨어 모델 및 모델 파일을 매개변수로 전달받을 수 있다. 또한, 모델실행부(130)는 매개변수 및 로직

(연결정보, 스키마, 매핑정보 등)에 기초하여 클라이언트 데이터베이스(150)로부터 실제 데이터를 추출할 수 있고, 로직 세트에 따라 운영작업을 실행하여, 아웃풋 파일을 생성할 수 있다. 뿐만 아니라, 운영작업의 실행 상황에 대한 로그 파일도 함께 생성될 수 있다.

[653] 수행된 운영작업의 결과물을 데이터베이스에 업로드할 수 있다(S520). 예를 들어, 생성된 아웃풋 파일 및 로그 파일은 클라이언트의 제조공정시스템의 데이터베이스(150)에 업로드될 수 있다. 또한, 예를 들어, 운영작업의 결과물은 생산 계획, 운영 시스템 로그 등을 포함할 수 있다.

[654] 도시되지 않았으나, 업로드된 결과물은 모델분석부 또는 조회 인터페이스에서 결과물을 조회할 수 있다. 예를 들어, 아웃풋 파일 및 로그파일은 클라이언트의 제조공정시스템에 포함된 조회인터페이스 또는 외부파일서비스부(1220)를 통해 모델분석부(1300)에서 조회할 수 있다.

[655]

[656] 도 27은 실시 예에 따른 클라우드 컴퓨팅시스템에서 운영작업을 생성하고 수행하는 예를 개시하는 흐름도이다.

[657] 상술한 온프레미스 컴퓨팅시스템과는 달리, 클라우드 컴퓨팅시스템에서는 적어도 하나의 운영작업이 이미 생성된 상태에 해당하여, 작업운영부에 소프트웨어 모델 파일 및 로직 세트 파일을 업로드하거나, 운영작업을 생성하는 절차가 생략될 수 있다.

[658] 클라이언트 제조생산시스템(100)은 데이터베이스(150)에 저장된 입력데이터의 스키마를 변환하는 인바운드 로직을 실행하고 변환된 입력데이터를 클라우드 데이터베이스(2500)에 업로드할 수 있다. 또한, 클라이언트 제조생산시스템(100)의 인바운드 로직의 실행에 따라 클라이언트의 기준 정보 데이터를 포함하는 입력데이터가 클라우드 데이터베이스(2500)에 저장될 수 있다.

[659] 클라우드 컴퓨팅 시스템의 운영관리부(2100)는 온프레미스 컴퓨팅시스템의 시스템운영부(110)와 동일한 역할을 수행할 수 있고, 구성요소가 동일하게 포함되어 있을 수 있다.

[660] 먼저, 적어도 하나의 운영작업에 대응하는 모델 설정값이 편집될 수 있다(S525). 실시 예로서, 클라우드 컴퓨팅시스템에서 적어도 하나의 운영작업에 관련된 적어도 하나의 매개변수가 설정될 수 있으며, 예를 들어, 포워드플래닝에서 투입 의사결정 에이전트 사용여부, 투입 의사결정 에이전트를 사용할 때 가중합 방식 또는 가중치정렬 방식의 사용여부 등을 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 클라우드 컴퓨팅시스템(2000)의 운영관리부(2100)를 통해 모델 설정값이 편집될 수 있다.

[661] 다음으로, 적어도 하나의 운영작업의 실행주기 및 작업 간 의존성을 설정할 수 있다(S530). 상술한 바와 같이, 운영 관리부(2100)에서 실행주기 및 작업 간 의존성일 설정할 수 있다. 이와 관련하여, 온프레미스 컴퓨팅 시스템의 S510 단계를 참조하도록 한다.

- [662] 또한, 설정된 실행 주기 및 작업간 의존성에 따라 운영작업을 수행할 수 있다(S 535). 예를 들어, 클라우드 컴퓨팅시스템(2000)의 모델 실행기(2400)는 운영관리부(2100)의 작업스케줄러 서비스부의 실행지시가 있는 경우, 입력데이터에 기초하여, 운영작업을 실행할 수 있다. 이와 관련하여, 온프레미스 컴퓨팅 시스템의 S 515 단계를 참조하도록 한다.
- [663] 수행된 운영작업의 결과물을 데이터베이스에 업로드할 수 있다(S540). 예를 들어, 생성된 아웃풋 파일 및 로그 파일은 클라우드 컴퓨팅시스템의 클라우드 데이터베이스(2500)에 업로드될 수 있다.
- [664] 또한, 클라우드 데이터베이스(2500)에 저장된 아웃풋 파일 및 로그 파일은 사용자 인터페이스로 제공하는 아웃바운드 API(2710)를 통해 클라이언트 시스템에서 조회될 수 있다.
- [665]
- [666] 도 28은 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법을 개시하는 흐름도이다.
- [667] 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 온프레미스 컴퓨팅 시스템으로부터 수신할 수 있다(S550).
- [668] 도 23 내지 25에서 상술한 바와 같이, 모델개발부에서 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 서버관리부를 통해 시스템운영부에 업로드될 수 있다.
- [669] 업로드된 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기초하여 적어도 하나의 운영작업을 생성할 수 있다(S560).
- [670] 시스템운영부는 적어도 하나의 운영작업을 생성하고, 운영작업에 대한 실행조건을 설정할 수 있다. 운영작업은 전자메일 보내기, 프로그램 실행, 모델 실행 등을 포함할 수 있다. 또한, 실행조건은 주기 조건, 의존성 조건 등을 포함할 수 있다.
- [671] 클라우드 컴퓨팅시스템의 경우, 본 단계가 생략될 수 있고 대신 운영 작업에 대응하는 모델 설정값 및 기 설정된 운영 작업, 실행 조건의 매개변수가 편집될 수 있다.
- [672] 도 23 내지 도 27에서 상술한 바와 같이, 시스템 운영부는 서버관리부를 통해 전달된 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 모델실행부를 실행시킬 수 있다.
- [673] 생성된 적어도 하나의 운영작업에 따라, 입력데이터를 기반으로 상기 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 수행하여 생산 계획 정보를 제공할 수 있다(S580)
- [674] 도 23 내지 도 27에서 상술한 바와 같이, 모델실행부는 입력데이터를 기반으로 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 수행하여 생산계획 정보, 운영 시스템 로그 등을 포함하는 결과물을 생성하여, 클라이언트 시스템의 데이터베이스에 업로드할 수 있다.
- [675]

- [676] 도 29는 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 개시한 도면이다.
- [677] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(410), 저장장치(420), 인메모리(430), 프로세서(440), 출력부(450), 및 사용자인터페이스(460)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치는 클라이언트의 제조생산시스템에 해당할 수 있다.
- [678] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(450)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [679] 입력부(410)는 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 온프레미스 컴퓨팅 시스템으로부터 수신할 수 있다.
- [680] 저장장치(420)는 미리 준비된 기준정보를 저장하거나 수신된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 저장할 수 있다. 저장장치(420)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [681] 인메모리(430)는 위에서 개시한 라이브러리 엔진 세트를 저장할 수 있다.
- [682] 실시예의 프로세서(440)는 사용자의 요청에 따라 상기 소프트웨어 모델 및 상기 로직 세트에 기초하여 적어도 하나의 운영작업을 생성할 수 있다. 또한, 프로세서(440)는 적어도 하나의 운영작업의 실행 주기 및 작업 간 의존성을 설정할 수 있으며, 상세한 예시는 도 23 내지 도 28에 개시하였다. 그리고 실시예의 프로세서(440)는 사용자 인터페이스(460)의 사용자의 요청에 따라 상기 수신된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 실행하여 생산 계획 데이터를 얻을 수 있다.
- [683] 실시예의 프로세서(440)는 로직 세트에 따라 입력데이터에 기반하여, 운영작업을 실행하고, 아웃풋 파일 및 운영작업의 실행 상황에 대한 로그 파일을 생성할 수 있다.
- [684] 출력부(450)는 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 실행 결과에 따른 생산 계획 데이터를 제공하여 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [685] 본 실시예를 통하여, 다양한 세밀도의 생산계획을 요구하는 제조생산시스템에서 일련의 과정을 자동으로 수행할 수 있게 된다.
- [686]
- [687] 도 30은 실시예에 따른 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하는 예를 개시하는 도면
- [688] 도시한 예에서 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)의 모델분석부(1300)는 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석할 수 있는 프레임を提供한다.
- [689] 일 실시예에서, 모델분석부(1300)는 모델 획득부(601), 모델 실행부(602) 및 결과 분석부(603)를 포함할 수 있다.

- [690] 모델 획득부(601)는 클라이언트 제조생산시스템에 대한 소프트웨어모델 및 로직 세트를 획득할 수 있다. 일 실시 예에서, 모델 획득부(601)는 운영 서버 또는 서버 관리부로부터 생산 계획 산출 후 입력 데이터 및 출력 데이터를 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 획득할 수 있다.
- [691] 일 실시 예에서, 모델 획득부(601)는 모델분석부(1300)의 소프트웨어 자동 업데이트 정보, 로그 파일 저장 정보, 운영 서버 또는 서버 관리부에 대한 연결 정보 및 모델 다운로드 서비스 경로 정보 중 적어도 하나를 포함하는 모델분석부 구성 정보(예: `exc.config`)에 기반하여 소프트웨어모델 및 로직 세트를 획득할 수 있다.
- [692] 일 실시 예에서, 모델 획득부(601)는 미리 저장된 모델 정보 파일(예: `xxx.vinfo`)에 기반하여 소프트웨어모델(예: `xxx.vmodel`)을 획득할 수 있다. 이 경우, 모델 정보 파일은 시뮬레이션 로직 파일(DLL)의 어셈블리(assembly) 정보, 시뮬레이션 로직 파일의 구성 파일 경로, 사용자 인터페이스(user interface, UI) 로직 파일의 어셈블리 정보 및 사용자 인터페이스 로직 파일의 구성 파일 경로 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 모델 정보 파일은 소프트웨어 모델과 별개의 파일로 구성되거나, 소프트웨어 모델에 포함되어 하나의 파일로 구성될 수 있다.
- [693] 일 실시 예에서, 모델 획득부(601)는 모델 개발부에 의해 생성된 소프트웨어모델 및 로직 세트를 획득할 수 있다. 이 경우, 소프트웨어모델 및 로직은 생산 계획 산출 전 입력 데이터를 포함할 수 있다.
- [694] 모델 실행부(602)는 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획 관련 데이터를 산출할 수 있다. 일 실시 예에서, 생산 계획 관련 데이터는 모델 정보, 실험 계획 정보 및 실험 결과 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 이에 대한 자세한 내용은 아래에서 설명된다.
- [695] 일 실시 예에서, 모델 실행부(602)는 시뮬레이션 로직 파일의 구성 파일(예: `Sim.config`)에 기반하여 소프트웨어 모델에 대한 로직 세트를 실행할 수 있다. 여기서, 시뮬레이션 로직 파일의 구성 파일은 실험 수행에 따른 시뮬레이션 로그를 기록하는 폴더 및 해당 로그 파일의 포맷 및 시뮬레이션에서 사용되는 메모리 캐싱 설정 중 적어도 하나를 나타낼 수 있다.
- [696] 결과 분석부(603)는 생산 계획 관련 데이터를 제공할 수 있다. 일 실시 예에서, 결과 분석부(603)는 사용자 인터페이스를 통한 다양한 화면을 통해 생산 계획 관련 데이터를 제공할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 아래에서 설명된다.
- [697] 일 실시 예에서, 일 실시 예에서, 결과 분석부(603)는 사용자 인터페이스 로직 파일의 구성 파일(예: `App_GeneralUI.config`)에 기반하는 분석 사용자 인터페이스를 통해 분석 결과인 생산 계획 관련 데이터를 제공할 수 있다. 여기서, 사용자 인터페이스 로직 파일의 구성 파일은 분석 사용자 인터페이스의 메뉴 구성 정보, 메뉴와 실행파일의 어셈블리 연결 정보 및 입출력 데이터의 화면 설정 정보 중 적어도 하나를 나타낼 수 있다.
- [698]

- [699] 도 31은 실시 예에 따른 데이터 조회 화면의 예를 개시하는 도면
- [700] 도시한 예에서, 본 개시에 따른 모델 분석부(1300)의 사용자 인터페이스를 통해 데이터 조회 화면(604)이 제공될 수 있다. 여기서, 데이터 조회 화면(604)은 클라이언트 제조생산시스템의 생산 계획 관련 데이터를 표시할 수 있다. 예를 들어, 생산 계획 관련 데이터는 클라이언트 제조생산시스템의 생산 계획에 대한 입력 데이터 및 출력 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [701] 일 실시 예에서, 생산 계획 관련 데이터에 포함된 입력 데이터 및 출력 데이터의 데이터 아이템(즉, 필드)은 데이터 조회 화면(604)에서 그리드(grid) 형태로 표시될 수 있다. 이 경우, 그리드는 행(row)과 열(column)의 격자 형태로 구성될 수 있다. 예를 들어, 그리드의 열은 장비 ID(EQP_ID), 로트 ID(LOT_ID), 제품 ID(PRODUCT_ID) 및 작업 ID(PROCESS_ID)를 포함할 수 있으며, 이에 제한되지 않고 다양한 항목들이 포함될 수 있다.
- [702] 일 실시 예에서, 데이터 조회 화면(604)에 대한 사용자 입력에 따라 그리드에 포함된 데이터에 대한 데이터 검색, 데이터 복사, 데이터 필터링, 데이터 정렬 및 그룹핑 기능이 수행될 수 있다. 예를 들어, 열에 대한 드래그(drag) 입력을 통해 해당 드래그 영역을 그룹핑하고, 그룹핑된 열에 대한 그룹핑 요약 편집기(group summary editor)를 통해 그룹핑된 열에 대한 표시 설정이 수행될 수 있다. 일 실시 예에서, 표시 설정은 해당 그룹에 대한 설정 요약 값을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 표시 설정은 해당 그룹에 해당하는 행의 수, 그룹핑된 열 이외의 숫자 열에 대한 평균, 최대, 최소 및 합 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [703] 또한, 일 실시 예에서, 데이터 조회 화면(604)에서 특정 열에 대한 사용자 입력에 따라 그리드 내에서 해당 열의 위치를 변경할 수 있다. 예를 들어, 작업 ID 열에 대한 클릭 앤 드래그 입력으로 작업 ID 열(PROCESS_ID)의 위치를 제품 ID(PRODUCT_ID)의 우측에서 좌측으로 이동시킬 수 있다. 따라서, 본 개시에 따르면, 해당 열의 위치를 변경함으로써 열 간의 상관성을 관측하는데 가시성을 높일 수 있다. 즉, 열의 수가 많을 경우 데이터 조회 화면(604)을 초과하는 데이터가 발생하는 경우 열의 위치를 변경함으로써 사용자에게 데이터 분석 편의성을 제공할 수 있다.
- [704] 일 실시 예에서, 그리드 형태의 여러 데이터 테이블을 결합(join)하여 해당 데이터가 조회될 수 있다. 일 실시 예에서, 해당 소프트웨어 모델에 다양한 형태의 데이터를 불러오거나(import), 내보낼 수 있다(export). 예를 들어, 엑셀(excel) 파일이나 텍스트(text) 파일 형태의 데이터를 불러오거나, 데이터를 엑셀 파일, 텍스트 파일, HTML, XML, Rtf, Pdf, MHT 파일 형태로 추출할 수 있다.
- [705]
- [706] 도 32는 실시 예에 따른 피벗 그리드 조회 화면의 예를 개시하는 도면
- [707] 도시한 예에서, 본 개시에 따른 모델 분석부(1300)의 사용자 인터페이스를 통해 피벗 그리드 조회 화면(605)이 제공될 수 있다. 여기서, 피벗 그리드 조회 화면

(605)은 클라이언트 제조생산시스템의 생산 계획 관련 데이터를 피벗 그리드(pivot grid) 형태로 표시할 수 있다.

- [708] 일 실시 예에서, 피벗 그리드 조회 화면(605)을 통해 필터 영역(filter area), 열 영역(column area), 행 영역(row area) 및 데이터 영역(data area)을 설정하여 분석이 필요한 데이터 아이템에 대한 데이터 값을 선택적으로 확인할 수 있다.
- [709] 예를 들어, 열 영역을 생산 계획 일자(PLAN_DATE), 행 영역을 공정 ID(STEP_ID) 및 데이터 영역을 생산 수량(OUT_QTY)으로 설정한 경우, 생산 계획 일자별 공정별 생산량을 수치로 확인할 수 있다.
- [710] 일 실시 예에서, 데이터 분석 차트 화면(606)이 제공될 수 있다. 여기서, 데이터 분석 차트 화면(606)은 피벗 그리드로 만든 데이터를 차트 형태로 표시할 수 있다. 예를 들어, 차트 형태는 라인 차트(line chart), 바 차트(bar chart), 포인트 차트(point chart) 및 영역 차트(area chart)를 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않고 다양한 형태의 차트가 사용될 수 있다.
- [711]
- [712] 도 33은 실시 예에 따른 데이터 편집 화면의 예를 개시하는 도면
- [713] 도시한 예에서, 본 개시에 따른 모델 분석부(1300)의 사용자 인터페이스를 통해 데이터 편집 화면(607)이 제공될 수 있다. 여기에서, 데이터 편집 화면(607)을 통해 생산 계획 관련 데이터의 편집이 수행될 수 있다.
- [714] 일 실시 예에서, 사용자 입력에 의해 데이터 편집 화면(607)에 그리드 형태로 표시된 생산 계획 관련 데이터의 각 데이터 아이템이 편집될 수 있다. 일 실시 예에서, 데이터 편집 화면(607)에서 필터링을 수행하고, 필터링된 데이터에 대한 일괄 수정이 수행될 수 있다. 예를 들어, 필터링된 데이터의 적어도 하나의 열(column)을 선택하고 값을 입력하는 경우, 해당 열의 데이터 아이템이 해당 값으로 일괄 수정될 수 있다.
- [715] 예를 들어, LINE_ID 열을 선택하고 해당 열의 값(value)을 LINE01로 입력하는 경우, LINE_ID 열의 각 열의 값이 LINE01로 일괄 수정될 수 있다. 또한, 다른 예를 들어, EQP 테이블의 LINE_ID는 LINE01로 필터링되고, STATUS는 UP으로 일괄 수정될 수 있다.
- [716]
- [717] 도 34는 실시 예에 따른 실험 설정 및 실행 화면의 예를 개시하는 도면
- [718] 도시한 예에서, 본 개시에 따른 모델 분석부(1300)의 사용자 인터페이스를 통해 실험 설정 및 실행 화면(608)이 제공될 수 있다. 여기에서, 실험 설정 및 실행 화면(608)은 실험 계획 정보 및 실험 실행에 따른 실험 결과 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [719] 일 실시 예에서, 적어도 하나의 시나리오를 포함하는 실험을 생성하고, 해당 실험에 대한 실험 계획 정보를 설정할 수 있다. 일 실시 예에서, 실험 계획 정보는 실험에 포함된 적어도 하나의 시나리오 중 실험 설정 및 실행 화면(608)을 통해 조회 가능한 입력 데이터 테이블에 해당하는 하나의 시나리오에 대한 실험 계획

을 나타낼 수 있다. 이 경우, 실험 계획은 해당 하나의 시나리오에 대응하여 하나씩 존재하며, 실험이 실행됨에 따라 시나리오에 대한 실험 결과가 실험에 하나씩 추가될 수 있다. 일 실시 예에서, 실험 계획 정보는 전역변수 설정 정보, 입력 데이터, 입력 설정 정보 및 출력 설정 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

- [720] 일 실시 예에서, 전역변수 설정 정보는 소프트웨어 모델의 버전, 실험 시작 시간, 백워드 플래닝 엔진, 포워드 플래닝 엔진, 디버그 및 작업 변경 에이전트 등의 매개변수 중 적어도 하나에 대한 전역변수를 포함할 수 있다. 또한, 출력 설정 정보는 실험을 수행함에 따라 생성되는 결과물에 대한 저장 방식을 나타낼 수 있다.
- [721] 일 실시 예에서, 입력 설정 정보는 입력 데이터 스키마에 따른 데이터 수집 순서를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 입력 설정 정보는 입력 퍼시스트 구성(input persist configuration) 정보 중 데이터 수집 순서 편집 기능을 포함할 수 있다.
- [722] 일 실시 예에서, 설정된 실험 계획 정보에 기반하여 로컬(local) 환경에서 실험을 실행하여 실험 결과 정보를 생성할 수 있다. 일 실시 예에서, 생성된 실험 결과 정보는 출력 저장 옵션에 따라 저장될 수 있다. 일 실시 예에서, 전역변수 설정 정보는 현재 획득된 소프트웨어 모델에 기반하여 이전에 수행한 실험의 결과 또는 다른 버전의 소프트웨어 모델에 대응하는 전역변수 설정 정보를 포함할 수 있다.
- [723]
- [724] 도 35는 실시 예에 따른 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하는 예를 개시하는 흐름도
- [725] 클라이언트 제조생산시스템에 대한 소프트웨어모델 및 로직 세트를 획득한다(S611). 일 실시 예에서, 클라이언트 제조생산시스템의 생산 계획에 대한 입력 데이터 및 출력 데이터 중 적어도 하나를 포함하는 상기 소프트웨어모델 및 로직 세트를 획득할 수 있다. 이에 대하여는 상술한 내용을 참고하도록 한다.
- [726] 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 모델 정보, 실험 계획 정보 및 실험 결과 정보 중 적어도 하나를 포함하는 생산 계획 관련 데이터를 산출한다(S612). 일 실시 예에서, 모델 정보는, 상기 소프트웨어모델에 대한 데이터 스키마, 입력 데이터에 대한 데이터 소스(data source), 상기 데이터 스키마에 대한 쿼리(query) 및 전역 변수(argument) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [727] 일 실시 예에서, 실험 계획 정보는, 상기 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 실험(experiment)을 수행하기 전 입력 데이터 및 출력 데이터에 대한 실험 설정 정보 및 실험 전역 변수 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [728] 일 실시 예에서, 실험 결과 정보는, 상기 소프트웨어모델 및 로직 세트를 이용하여 상기 실험 계획 정보에 기반하는 실험(experiment)을 수행함에 따른 입력 데이터 및 출력 데이터를 포함할 수 있다. 이에 대하여는 도 30 내지 34에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.

- [729] 생산 계획 관련 데이터를 제공한다(S613). 일 실시 예에서, 생산 계획 관련 데이터는 소프트웨어 모델의 입력 데이터를 변경함에 따라 설정된 적어도 하나의 시나리오를 포함하는 실험을 수행하여 생성된 결과물을 포함할 수 있다. 이에 대하여는 도 30 내지 34에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.
- [730]
- [731] 도 8을 참조하여 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [732] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(310), 저장장치(320), 인메모리(330), 프로세서(340), 출력부(350), 및 사용자인터페이스(360)를 포함할 수 있다.
- [733] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(360)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [734] 입력부(310)는 클라이언트 제조생산시스템에 대한 소프트웨어모델 및 로직 세트를 획득할 수 있다. 저장장치(320)는 입력부(310)가 수신한 소프트웨어모델 및 로직 세트를 저장하거나 또는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 저장장치(320)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(320)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 인메모리(330)는 위에서 개시한 라이브러리 엔진세트를 저장할 수 있다. 라이브러리 엔진세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다.
- [735] 실시 예의 프로세서(340)는 클라이언트 제조생산시스템에 대한 소프트웨어모델 및 로직 세트를 획득하고, 상기 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 모델 정보, 실험 계획 정보 및 실험 결과 정보 중 적어도 하나를 포함하는 생산 계획 관련 데이터를 산출하며, 상기 생산 계획 관련 데이터를 제공할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 상술한 설명을 참조한다.
- [736] 프로세서(340)는 사용자인터페이스(360)의 사용자의 요청에 따라 소프트웨어모델 및 로직세트를 테스트하거나 사전 실행하여 생산 계획 데이터를 얻을 수 있다. 그리고 프로세서(340)는 사용자의 요청에 따라 생산 계획 데이터를 생성하는 소프트웨어모델 및 로직을 분석하거나 테스트한 결과를 사용자인터페이스(360)를 통해 사용자에게 제공할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 상술한 설명을 참조한다.
- [737] 출력부(350)는 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 분석 결과 데이터 및 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 실험을 수행한 결과 데이터를 제공하여 로컬 환경 및 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [738]
- [739] 이하의 실시 예에서는 설치된 라이브러리 엔진 세트를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 이용하여 실험 허브를 통해 생산 계획 데이터를 제공하는 일 예를 상세히 개시한다.

- [740] 상술한 바와 같이, 클라이언트의 제조생산시스템(100)의 시스템운영부(110)는, 모델개발부(1100)가 개발한 소프트웨어(SW) 모델 및 모델 로직을 서버관리부(1200)를 통해 수신하는 경우, 데이터베이스(150)로부터 기준정보 데이터가 포함된 입력데이터를 제공받고, 이를 이용하여 수신한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 실행하여 생산계획 데이터를 생성할 수 있다.
- [741] 단일 소프트웨어 모델 및 단일 로직을 사용하여 생산 계획 데이터를 생성하는 경우, 모델실행부(130)를 통해 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다. 이 경우, 모델실행부(130)는 소프트웨어 모델 및 모델 로직을 실행하고 생산 계획 데이터를 생성하여 모델분석부(1300)가 분석할 수 있는 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다.
- [742] 한편, 단일 소프트웨어 모델의 실행만으로 작업이 충분하지 않은 경우가 발생할 수 있다. 이 경우에는 복수의 소프트웨어 모델 및 외부 로직의 도입을 통해 복수의 작업을 자동으로 실행할 필요가 있다. 예를 들어, 복수의 소프트웨어 모델들 또는 로직들이 사용될 경우, 다수의 실험을 포함하는 실험허브부(140)를 통해 수행될 수 있다.
- [743] 실험허브는 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 이용하여 다양한 실험을 하기 위해 필요한 정보 및 실험 결과물을 저장하는 자료의 집합체에 해당한다. 또한, 실험허브부(140)는 상술한 실험허브를 조회, 편집, 실행, 분석하기 위한 구성에 해당한다.
- [744] 개시하는 실시예에서는 실험허브부(140)를 기초로 복잡한 작업을 수행하는 예를 설명한다.
- [745]
- [746] 도 36은 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 컴퓨팅 시스템의 일 실시예를 개시한다.
- [747] 본 도면은 디지털 생산 운영 데이터를 제공하는 온프레미스(on-premise) 컴퓨팅 시스템의 일 실시 예를 개시한다. 이 실시 예에서, 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000) 및 제조생산시스템(100)은 상술한 도 2의 실시 예에서 실험허브부를 더 포함할 수 있다.
- [748] 일 실시 예에서 제조생산시스템 등에서 생산 계획을 실행하는 클라이언트 측의 제조생산시스템(100)은 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)에 생산 실행을 위한 기준 정보를 포함하는 입력데이터를 제공하고, 모델개발부(1100)는 소프트웨어 모델 및 모델 로직을 생성할 수 있다.
- [749] 서버관리부(1200)는 모델개발부(1100)가 생성한 소프트웨어 모델 및 모델 로직을 클라이언트에 전달하고, 클라이언트(100)의 시스템운영부(110)는 소프트웨어 모델 및 모델 로직의 실행에 관련된 작업을 정의, 예약, 등록 및 실행할 수 있다.
- [750] 일 실시 예에서 제조생산시스템(100)은, 제조 공정을 전반적으로 운영 및 관리하는 시스템운영부(110), 시스템운영부(110)의 실행 요청에 따라 생산 계획 데이터를 생성하는 모델실행부(130) 및 모델 실행부(130)에 다양한 실험을 수행하도

록 요청하는 실험허브부(140), 모델실행부(130)의 실행한 결과인 생산 계획 데이터를 저장하는 데이터베이스(150)를 포함한다.

- [751] 상술한 바와 같이, 실험허브는 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 이용해 다양한 실험을 해보기 위해 필요한 정보 및 실험 결과물을 저장하는 자료의 집합체에 해당한다. 온프레미스컴퓨팅 시스템(1000) 및/또는 클라이언트 제조공정시스템(100)은 실험허브부(140, 1500)를 포함할 수 있다. 또한, 실험허브부(140, 1500)는 실험허브를 조회, 편집, 실행하기 위하여 실험허브 편집부, 실험허브 실행부, 실험허브 분석부를 포함하여, 이와 관련하여 이하에서 설명한다.
- [752] 실험허브부(140, 1500)는 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직에 기초하여 다양한 시나리오를 포함하는 실험을 설계하고, 데이터베이스(150)에 미리 준비된 입력 데이터에 기초하여, 실험을 수행하여 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다. 생산 계획 데이터는 실험 요약 및 시나리오 결과를 포함하는 실험 결과에 해당할 수 있다.
- [753]
- [754] 도 37는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브의 기본구조의 예를 개시하는 도면이다.
- [755] 도시된 바와 같이, 실험허브는 변인(722), 주요성능지표(723), 실험설계(724), 실험수행(725) 및 DB(database) 연결정보(726) 등을 포함하는 정보의 집합체에 해당한다.
- [756] 변인(factor)(722)는 실험에서 사용될 변경 가능한 요소를 특정하는 정보의 종류에 해당한다. 변인 값(factor value)는 특정된 변인이 실험에서 사용되기 위하여 나타내는 정보의 값에 해당한다.
- [757] 변인은 적어도 하나의 모델 타입 변인 및 적어도 하나의 로직 타입 변인을 포함할 수 있고, 각각의 모델 타입 변인 또는 로직 타입 변인은 그 자체의 변인 값을 가질 수 있고, 또한, 하위 레벨의 변인을 포함하여, 하위 레벨의 변인 값을 가질 수 있다.
- [758] 주요성능지표(KPI, Key Performance Indicator)(723)는 개별 시나리오 결과물을 가공하여 수치화하기 위한 함수에 해당한다. 주요성능지표는 그 자체의 값인 주요성능지표 값을 가질 수 있다. 주요성능지표 값(KPI value)는 주요성능지표에 적용된 수식을 실험 수행을 통한 시나리오 결과물에 적용하여 얻은 실제 값에 해당한다.
- [759] 한편, 시나리오(scenario)는 결정된 변인 값을 입력으로 하여 결정된 로직을 사용하여 실행할 준비가 된 소프트웨어 모델 1개 세트를 나타낸다. 시나리오 결과(scenario result)는 시나리오를 실행하여 얻은 결과물로, 테이블 형태로 나타낼 수 있다. 실험(experiment)은 복수의 시나리오들을 포함하는 단위에 해당한다. 예를 들어, 도시된 바를 참조하면, 실험 설계1을 통해 설계된 실험은 2개의 시나리오를 포함하는 실험에 해당한다.

- [760] 실험 설계(experiment design)(724)는 변인과 주요성능지표를 이용하여 수행될 시나리오 조합 정보를 포함하는 구조에 해당한다. 예를 들어, 본 실시예의 실험 설계1은 고정크기 실험 설계로 모델 변인1_1의 변인값 1_1_2, 변인값 1_1_3를 포함하는 2개의 시나리오 조합에 해당할 수 있다. 또한, 본 실시예의 실험 설계2는 반복 실험 설계로 모델 변인 1_1의 변인값 1_1_1, 모델 변인 1_2의 변인 값 1_2_1, 변인 값 1_2_2, 로직 변인 2의 변인 값 2_2, 주요성능지표 KPI_3 및 반복단계 로직을 포함하여 6개 이상의 시나리오 조합에 해당할 수 있으나, 이에 국한되지 않고 증가하거나 감소할 수 있다. 고정크기 실험 설계 및 반복실험 설계와 관련하여 후술하도록 한다.
- [761] 또한, 실험 수행(experiment execution)(725)은 실험 설계에 기초하여 개별 시나리오가 만들어지고 변인 값을 변경하고 실행한 다음 결과물에서 주요성능지표를 계산하여 저장하고 있는 구조로서, 수행 결과물로서 실험 결과를 포함할 수 있다. 예를 들어, 실험요약은 변인 값 및 주요성능지표 값이 포함된 테이블에 해당할 수 있다. 또한, 실험 결과는 실험 요약 및 시나리오 결과를 포함할 수 있다. 여기에서, 시나리오 결과는 단일 모델을 실행한 결과 데이터, 로그 데이터 등을 포함하는 출력 데이터를 포함할 수 있다.
- [762] 예를 들어, 본 실시예의 실험 수행 1은 상술한 실험 설계 1에 따라 2개의 시나리오에 대하여, 변인 값을 변경하여 실험을 실행한 결과물로서 적어도 하나의 변인 값과 적어도 하나의 주요성능지표 값의 집합인 실험 요약을 포함할 수 있다. 또한, 실험 수행을 통해 얻게 된 결과물은 DB 연결정보에 따라 데이터베이스에 업로드할 수 있게 된다. 상술한 실험허브를 이용하는 경우, 모델실행부를 통해 단일 모델 로직의 변인 값을 여러 번 변경하여 수행하는 것에 비하여 복수의 모델 로직을 한번의 실험으로 수행할 수 있으므로 복잡한 작업을 보다 효율적으로 실행할 수 있게된다.
- [763]
- [764] 도 38는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브 파일을 생성하는 예를 개시하는 도면이다.
- [765] 먼저, 실험허브부(140)는 실험허브 파일을 생성할 수 있다. 이때, 실험허브 파일은 이후에 모델 및 로직과 관련된 변인을 등록하고 생성하게 될 대상 파일에 해당한다. 또한, 실험허브 파일 생성에는 저장 경로(저장 위치)가 매개변수로 주어질 수 있다. 이때, 경로는 소프트웨어 운영 시스템(OS) 상의 절대경로 또는 상대경로가 사용될 수 있다. 예를 들어, 실험허브 파일이 생성된 이후 편집된 정보의 저장 위치는 기본적으로 실험허브 파일의 상대경로를 사용하여 관리하지만, 절대 경로가 지정될 수도 있다.
- [766] 실험허브 파일은 편집된 정보와 실행 결과를 모두 저장할 수 있고, 별도 파일로 분할하여 관리될 수도 있다. 예를 들어, 변인 정보와 변인 값 정보를 실행 결과와 별도의 파일로 저장하여 다른 실험 허브 파일에서도 변인 정보와 변인 값 정보

를 불러와 재사용할 수 있다. 또한, 실험 단위 별 결과 파일만을 출력하여 편집된 정보를 포함하는 실험허브 파일과 별개로 조회할 수 있다.

- [767] 실험허브 파일이 생성된 후, 생성된 실험 허브 파일에 적어도 하나의 모델타입 변인과 적어도 하나의 로직타입 변인이 등록될 수 있다. 예를 들어, 각 모델과 로직은 변인으로 등록될 수 있다. 이 경우, 모델타입 변인의 변인 값은 등록될 당시의 모델 그 자체로서, 입력데이터, 출력데이터, 로직 등을 모두 포함하는 정보 집합체에 해당한다. 또한, 로직타입 변인의 변인 값은 모델실행부(130)에서 모델과 함께 사용되기 위한 로직 파일들이 위치하는 절대/상대 경로 또는 절대/상대 경로가 포함된 압축 파일에 해당할 수 있다.
- [768] 예를 들어, 도 38를 참조하면, 특정 로직에서 디스패칭 로직을 개선한 로직이 3가지 버전으로 제안된 상황을 가정해볼 수 있다. 로직_0는 원본 로직을 나타내고, 로직_1 내지 로직_3은 개선된 로직에 해당한다. 사용자는 제조생산시스템의 과거 10개의 모델들에서 로직의 수행시간, 생산 계획 수량을 확인하여 성능이 좋았던 로직 버전 3가지를 반영하고자 할 수 있다. 이를 반영한 실험 설계가 도 38의 실험 설계 1에 해당한다.
- [769] 이 경우, 향후 주요성능지표에 대한 등록이 완료된 후, 로직 버전 4가지(원본 로직 및 3가지 개선된 로직)과 과거 10개의 모델로 총 40개의 시나리오를 포함하는 실험을 수행한 결과를 검토하여 의사결정을 내릴 수 있을 것이다. 예를 들어, 실험 수행의 결과, 시나리오 1의 경우 구동시간이 짧아지고 생산량이 증가하는 결과가 도출된다면, 사용자는 시나리오 1에 대응되는 로직 버전을 사용하는 방식으로 의사결정을 내릴 수 있다.
- [770]
- [771] 도 39는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브 파일을 생성하는 예를 개시하는 도면이다.
- [772] 보다 상세하게는, 도 39는 실험허브 파일에 데이터 타입 변인, 변인 값과 주요 성능지표를 등록하는 예를 개시하는 도면이다. 데이터 타입 변인은 모델타입 변인의 하위 개념으로서, 모델타입 변인에 정의된 데이터에 따라 종속적으로 정의될 수 있다. 또한, 변인 값은 모델타입 변인의 값 및 데이터 타입 변인의 값을 포함할 수 있다. 도 37의 모델 변인 1의 변인 값은 모델타입 변인의 값으로서 모델에 해당한다.
- [773] 일 예로서, 데이터 타입 변인은 소프트웨어 모델의 입력 데이터에 존재하는 모든 개별데이터가 대상이 될 수 있다. 예를 들어, 개별 데이터는 모델 전역변수(model argument)의 이름으로 특정될 수 있다. 또한, 데이터 테이블에서 데이터 스키마에 존재하는 키(key)와 대상(target) 열(column)을 통해 단일 칸(cell)이 특정될 수 있다. 이 경우, 변인 값은 개별 데이터의 타입에 따라 정해질 수 있다. 데이터 타입은 수치 데이터뿐만 아니라, 문자 데이터, 날짜 데이터 등도 포함될 수 있다.
- [774] 예를 들어, 모델 1의 Demand 테이블에 Demand_ID/Quantity가 수량으로 주어지고, Demand_ID가 Key이고, 대상 열(Target column)이 수량(quantity) 일때, 데이터

가 Demand_1/100, Demand_2/200, Demand_3/100으로 주어져 있다면, Demand_ID == "Demand_1"인 조건을 만족하는 수량은 한 칸으로 특정될 수 있다.

[775] 다른 일 예로서, 데이터 타입 변인은 모델의 모든 입력 데이터 테이블이 대상이 될 수 있다. 이 경우, 변인 값은 데이터 테이블에 해당할 수 있고, 데이터 테이블의 스키마는 원본 데이터 스키마에 따라 결정될 수 있다. 예를 들어, 데이터 테이블은 원본 데이터 테이블로부터 적어도 하나 이상의 데이터 칸 값이 수정될 수 있다. 또한, 데이터 테이블은 외부 파일 불러오기, 키(key) 조건에 해당하는 모든 데이터 일괄 변경 등의 방식으로 편집이 가능하다.

[776] 예를 들어, 도 39, 모델 변인 1의 데이터 타입 변인은 수량(quantity)(711), 시물레이션 기간(simulation horizon)(713), 프로세싱 타임 테이블(process time table)(715)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 수량(711)은 단일 칸 변인으로서, 3가지 변인 값인 50, 100, 150이 생성될 수 있다. 예를 들어, 시물레이션 기간(713)은 전역 변수 변인으로서, 2가지 변인 값인 30일, 60일이 생성될 수 있다. 또한, 예를 들어, 프로세싱 타임 테이블(715)은 테이블 변인으로서, 2가지 변인 값인 테이블1, 테이블2이 생성될 수 있다.

[777] 주요성능지표(KPI)는 시나리오 입력데이터와 결과물에 포함된 정보를 가공하는 함수 정보를 포함할 수 있다. 또한, 각종 함수에서 등록된 모델타입 변인과 데이터 타입 변인, 모델에 포함된 모든 형태의 데이터(전역변수, 입/출력 데이터) 그리고 다른 주요성능지표를 매개변수로 사용할 수 있다. 주요성능지표의 값은 수치 데이터로서 단일 수치 값(scalar) 및 벡터 값을 포함할 수 있다..

[778] 예를 들어, 주요성능지표는 값이 높을수록 좋은지, 낮을수록 좋은지를 매개변수로 특정할 수 있고, 이는 추후 실험허브부의 실험허브 분석부 또는 별도의 결과 조회 사용자 인터페이스를 통해 개선점을 표시하는 경우, 색상 구분, 화살표 방향 등을 정할 때 사용될 수 있다.

[779] 하나 이상의 주요성능지표가 포함되는 경우, 서로 다른 주요성능지표는 매개변수로 사용될 수 있기 때문에, 주요성능지표 사이의 계산 순서가 존재하며, 이를 편집할 수도 있다. 예를 들어, 생산 계획평가에서 단 1개의 지표인 종합 점수로 나타나기 위하여 생산량, 장비교체 횟수, 납기지연 수량의 3가지 수치의 가중합을 도출하는 경우를 가정한다. 이 경우, 주요성능지표로 상술한 생산량, 장비교체 횟수, 납기지연 수량의 3가지를 먼저 등록해야 하며, 종합 점수도 주요성능지표에 해당할 수 있다. 이때, 독립적인 주요성능지표인 생산량, 장비교체 횟수, 납기지연 수량을 먼저 계산한 후 이에 종속적인 지표인 종합 점수를 계산할 수 있다.

[780] 한편, 주별 생산량, 월별 생산량, 분기별 생산량이 주요성능지표인 경우, 독립적인 지표부터 계산하고, 종속적인 지표를 계산할 수 있다. 본 실시예에서, 주별 생산량이 먼저 계산된 후, 주별 생산량에 영향을 받는 월별 생산량이 계산될 수 있고, 또한, 월별 생산량이 계산된 후, 분기별 생산량이 계산될 수 있다. 이전에 계

산된 주요생산지표 값을 다음 주요생산지표의 산술식에 매개변수로 사용할 수 있어, 중복 계산을 피할 수 있다.

- [781] 또한, 주요성능지표에서 제공되는 함수는 테이블 요약/산술식/데이터 타입 전환 등을 지원할 수 있다. 예를 들어, 요약 함수는 Sum, Count, Avg, Min, Max, Std를 포함하며, 이에 한정되지 아니한다. 또한, 예를 들어, 수학은 더하기, 빼기, 곱하기, 나누기, 올림, 내림, 반올림, 루트, 제곱, 로그 등을 포함하며, 이에 한정되지 아니한다. 예를 들어, 데이터 타입 전환은 날짜형식을 정수형식으로 전환하는 경우 등을 포함할 수 있다.
- [782] 예를 들어, 도 39를 참조하면, 주요성능지표는 평균제품생산시간(product_1 Avg, CT)(717), 총 제품 수량(Total Product qty)(719), 러닝 타임(Run Time)(721)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 평균제품생산시간(717)은 Product 01 제품이 공장에 들어와서 나가기까지의 평균 사이클 타임을 구하는 것으로, Average (Model_1.Output.InOutPlan, PRODUCT_ID == "Product_01",Cycle_Time)와 같은 함수 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 총 제품 수량(719)은 모든 제품의 생산 기록을 보고 생산량의 총합을 구하는 것으로, Sum(Model_1.Output.InOutPlan,None,Quantity)와 같은 함수 정보를 포함할 수 있다. 또한, 예를 들어, 러닝 타임(721)은 종료시각에서 시작시각을 차감하여 수행 시간을 구한 후 수치데이터로 변환하는 것으로, ConvertFromTimeSpanToDouble (Model_1.End_Time - Model_1.StartTime)와 같은 함수 정보를 포함할 수 있다.
- [783]
- [784] 도 40는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브 파일에서 정제 로직을 생성하는 예를 개시하는 도면이다.
- [785] 사용자가 원하는 모델을 사용하기 위해서는 일반적으로 모델 개발부(1100)에서 소프트웨어 모델 및 모델 로직이 개발이 완료되어 있음이 보통이다. 다만, 예외적으로 실험허브를 수행하는 다른 엔지니어가 모델을 검토하는 중에 모델개발부(1100)를 통해 모델 및 로직을 편집할 수 없음에도 어떤 정보를 추가로 확인하고자 할 수 있다. 이 경우, 정제 로직을 활용할 수 있으며, 본 실시예는 시나리오가 시나리오별 또는 실험별 결과 정제 로직을 설정하는 예를 설명한다.
- [786] 정제 로직은 시나리오 별 결과 정제 로직 및 실험 별 결과 정제 로직을 포함할 수 있다. 정제 로직은 필수적으로 이루어져야 하는 구성은 아니며, 기존에 모델 파일에 정의된 스키마로 원하는 형태의 결과를 얻을 수 없는 경우에 사용될 수 있다.
- [787] 일 예로서, 시나리오 별 결과 정제 로직은 시나리오가 끝날 때마다, 시나리오 결과를 정제하여 새로운 테이블을 생성할 수 있다. 이 경우, 별도의 스키마에 데이터를 저장할 수 있도록 하여, 모델개발부(1100)를 거치지 않고, 외부에서 스키마를 생성하고 데이터를 입력할 수 있게 된다. 이때, 사용되는 데이터는 시나리오 별 결과에 포함된 데이터에 한정된다. 예를 들어, 도 40를 참조하면, 모델개발부(1100)에 의해 모델 출력물 스키마에 개별 작업물의 공정 별 투입시각과 종료

시각(InOutPlan)(739)이 존재하지만, 작업물이 공장에 들어와서 나갈 때까지 걸리는 시간(CycleTime(CT))이 기록되어 있지 않은 경우인 것으로 가정한다. 이 경우, 시나리오 별 결과 정제 로직을 이용하여 CycleTime(CT) 테이블을 생성하고 스키마로 작업물 ID, 작업물 종류, cycle time을 생성한다. 예를 들어, 이 중 Lot_1의 CycleTime(743)은 Lot_1의 첫 공정 시간(741)과 마지막 공정 시간(742)의 차이이고, Lot_2의 CycleTime(747)은 Lot_2의 첫 공정 시간(745)과 마지막 공정 시간(746)의 차이에 해당한다.

[788]

[789] 또한, 시나리오 별 결과 정제 로직으로 생성된 테이블은 주요 성능 지표의 매개 변수로 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 40를 참조하면, 개별 시나리오의 InOutPlan을 참조하여 Lot별 최초 공정의 시작시간과 최종 공정의 종료 시각의 차이 시간으로 작업물 별 Cycle Time을 출력하는 커스텀 스키마를 만들고 데이터를 입력할 수 있다. 또한, 이를 주요성능지표에 활용하여 최대 Cycle Time이 얼마였는지 평균 Cycle Time이 얼마였는지를 시나리오 별로 수치화할 수 있다.

[790] 또한, 각각의 시나리오 실행 종료시마다 작업물 별 첫 공정의 투입시각과 마지막 공정의 종료시각의 시간차를 계산하여 새로운 cycle time 스키마에 테이블을 넣어 시나리오 결과물에 새로운 테이블을 제공할 수 있다. 도 40에 도시된 바와 같이, 시나리오 1에 대하여 시나리오 정제 로직(740)을 실행하는 경우, CycleTime 테이블(750)을 생성하여, 각각의 CycleTime 데이터(743, 747)를 추가할 수 있다. 시나리오 1뿐만 아니라 모든 시나리오에 대하여 시나리오 정제 로직(740)을 각각 실행된 경우, 획득된 CycleTime 데이터는 시나리오 별 결과(736)에 추가될 수 있다.

[791] 다른 일 예로서, 실험 별 결과 정제 로직은 기본 제공되는 변인 및 주요성능지표의 조합 이외의 결과물을 생성할 수 있다.

[792] 예를 들어, 도 40를 참조하면, 모든 시나리오가 수행되고, 모든 시나리오에 cycle time 테이블이 정제 로직을 통해 생성된 것으로 가정하도록 한다. 이 경우, 실험 별 결과 정제 로직을 통해 평균 cycle time 테이블을 생성하고 스키마로 작업물 종류, 평균 cycle time을 입력할 수 있다. 또한, 모든 시나리오의 cycle time 테이블을 읽어 작업물 종류마다 cycle time의 평균을 구한 후 평균 cycle time 테이블을 제공할 수 있다.

[793] 실험 정제 로직(760)을 실행하는 경우, 평균 CycleTime 테이블(765)을 생성하여, 제품별 평균 CycleTime 데이터(759)를 추가할 수 있다. 예를 들어, 평균 CycleTime은 제품별 Lot 전체의 Cycle Time(751, 753, 755)의 평균에 해당할 수 있다. 실험 정제 로직(760)이 실행된 경우, 획득된 평균Cycle Time 데이터는 실험 결과(733)에 추가될 수 있다.

[794] 시나리오 별 또는 실험 정제 로직을 통해 유지는 모델개발부에 의해 모델과일에 정의된 스키마에 포함되어 있지 않은 결과물을 추가로 얻을 수 있다.

[795]

- [796] 도 41는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브 파일을 생성하는 예를 개시하는 도면이다.
- [797] 적어도 하나의 모델타입 변인과 적어도 하나의 로직타입 변인이 등록되고, 이와 관련된 모델의 변인, 변인 값과 주요 성능지표가 등록되고 나면, 실험을 설계하고 설계된 실험을 수행할 수 있다.
- [798] 상술한 바와 같이, 실험 설계(Experiment Design)는 실험허브 파일에 등록된 변인 및 주요성능지표 정보를 통해 설계될 수 있다. 예를 들어, 실험 설계는 변인 값 및 주요 성능 지표의 조합을 설정하는 것을 나타낸다. 또한, 실험 설계는 고정 크기 실험 설계 및 반복 실험 설계를 포함할 수 있다. 고정 크기 실험 설계(Fixed-size Experiment Design)은 미리 등록된 변인과 변인 값의 조합으로 실험을 설계하는 것으로, 실험이 수행되기 전에 발생할 수 있는 모든 시나리오의 경우의 수를 알고 있는 실험 설계에 해당한다.
- [799] 실험 수행(Experiment Execution)은 실험 설계에 포함된 정보에 기초하여 시나리오를 생성하여 실험 허브 파일을 실행한 후 결과물을 출력하는 것을 나타낸다. 예를 들어, 실험허브부(140)의 실험허브 실행부는 생성된 실험허브 파일에 입력된 정보를 기반으로 복수의 시나리오를 생성하고 각 시나리오에 대응되는 파일을 모델 실행부(150)에 매개변수로 전달하여 실행될 수 있도록 한다. 모델 실행부(150)가 복수의 시나리오를 수행한 후 실험허브 실행부에서 각 시나리오 별 주요성능지표를 계산하여 실험 요약으로 수집할 수 있다.
- [800] 결과물은 시나리오의 시작 및 종료 시간의 변인과 변인 값, 주요 성능 지표 및 주요 성능 지표의 값 정보 등을 포함할 수 있다. 또한, 실험 수행은 병렬 실행 수를 매개변수로 포함할 수 있다. 병렬 실행 수는 실험 수행 시 동시에 수행할 수 있는 시나리오 수를 의미한다. 고정 크기 실험 설계의 경우, 시나리오 수를 N 개, 병렬 실행 수를 M 으로 하는 경우, 총 실행 횟수는 $\text{Ceiling}(N/M)$ 로서, N 을 M 으로 나눠서 올림한 수에 해당한다. 여기에서, 병렬 실행 수는 CPU의 물리 코어의 개수로 설정될 수 있고, 사용자에게 의해 설정될 수도 있다.
- [801] 예를 들어, 도 41를 참조하면, 실험 설계 1(770)는 고정 실험 설계로서, 변인 값 및 주요 성능 지표의 조합으로 구성될 수 있다. 실험 설계 1(770)에서 변인 값 및 주요성능지표의 조합에 기초하여, 발생할 수 있는 모든 시나리오 개수는 XY 개임을 확인할 수 있다. 이 경우, 모든 시나리오 XY 개에 대하여 미리보기를 보여준 뒤 사용자가 선택적으로 삭제/수정하여 실험을 확정하는 사용자 인터페이스가 제공될 수 있다. 예를 들어, 인터페이스를 통해 실험 순서를 변경할 수 있다. 또한, 실험 수행 1(775)은 실험 설계1(770)에 포함된 정보에 기초하여 시나리오를 X Y 개 생성하고, 병렬 횟수 4(776)로 나눠서 올림한 수인 $\text{Ceiling}(XY/4)$ 횟수만큼 실행될 수 있다.
- [802] 한편, 고정 크기 실험 설계는 변인과 변인 값이 모두 정해져 있는 상태를 포함할 수 있다. 고객으로부터 수주 받을 때 현재까지 수주받은 물량을 고려하여 예상 생산 시나리오를 제공해주는 경우를 가정하도록 한다. 예를 들어, 현재 A,B,C 3

가지 제품의 수주를 1월 30일까지 각각 100, 100, 100씩 받은 상태에서, 기존 고객이 A 제품을 기존 수주물량 이외에 추가로 가능한 많이 생산해달라고 요청할 수 있다. 생산 계획을 만드는 입장에서는 고객에게 A 제품을 얼마만큼 언제까지 추가로 만들어 줄 수 있는지 설명해줄 수 있어야 한다. 이 경우, A,B,C 제품의 1월 30일까지 수주 물량의 수량 중 A 제품의 수량을 변인으로 설정하고, 100 부터 300까지 10씩 증가시켜가면서 21번의 시나리오를 생성 및 실행하여 각 제품별 납기불만족 생산 수량, 전체 생산 수량 등을 도출할 수 있다. 이러한 정보가 고객에게 제공하게 되면, 전체 생산 수량이 더 이상 증가하지 않으면서 각 제품별 납기불만족 생산 수량이 일정 수치 이하인 경우, 고객에게 A 제품은 1월 30일까지 X 개 추가 생산 가능하다는 판단을 내릴 수 있게 된다. 이와 비슷한 방식으로 A 제품의 납기일을 변인으로 추가하여 정보를 제공하면 고객은 Y일까지 X개 추가 생산 가능하다는 판단을 내릴 수 있게 된다.

[803] 또한, 고정크기 실험 설계는 변인은 정해져 있으나, 변인 값이 미정인 상태를 포함할 수 있다. 디스패칭 에이전트에서 N개의 특성을 사용하여 가중합(Weight Sum), 가중치 정렬(WeightSort)를 수행할 경우, 특성 우선순위/특성 가중치를 변경하는 실험을 하는 경우를 가정하도록 한다. 예를 들어, FIFO/SETUP/DELAY 3 가지 특형으로 가중치 정렬을 하고, 우선순위가 작을수록 우선시되는 상황에 있을 수 있다. 만들어질 수 있는 우선순위의 경우의 수는 $1,2,3/1,3,2/2,1,3/3,1,2/3,2,1$ 로 6가지에 해당할 수 있다(3개이므로 3!). 이 경우, 변인으로 3가지 특성의 우선순위 칸을 선택하고, 아직 정해지지 않은 특성 값은 순열에서 만들어지는 값을 입력할 수 있다. 이를 통해, 실험을 수행한 후 고객은 장비 교체 횟수가 가장 작았던 우선순위 조합을 최종 시나리오로 채택할 수 있다.

[804] 또한, 실험 수행이 완료된 경우, 실험 요약 및 시나리오 결과가 획득될 수 있다.. 이때, 실험 요약은 변인 및 주요성능지표와 관련된 정보에 해당한다. 예를 들어, 실험 요약은 시나리오별 변인 값, 시나리오 실행을 통해 도출된 주요성능지표 값, 실행/종료된 시각, 실행 성공여부, 실행 순번 등을 포함할 수 있다. 적어도 하나의 주요성능지표가 실험에 등록된 경우, 기 설정된 계산 순서에 기초하여 주요성능지표 값이 도출될 수 있다. 상술한 바와 같이, 시나리오 결과는 단일 모델을 실행한 결과물로서 정제 로직에 의해 생성된 데이터, 생산 계획 데이터를 포함하는 출력 데이터를 포함할 수 있다.

[805] 한편, 실험 수행의 경우, 시나리오의 실행 후 입/출력물의 적어도 일부에 대한 삭제여부가 매개변수로 사용될 수 있다. 이는, 모든 시나리오에 대해 모든 정보를 갖는 경우, 저장공간이 부족할 수 있기 때문이다. 또한, 실험 수행 후 실험 결과물을 데이터베이스(150)에 업로드 여부가 매개변수에 해당할 수 있다. 즉, 필요에 따라, 모든 실험 허브 정보를 압축한 파일, 실험 결과물 등을 데이터베이스(150)에 업로드할 수 있다.

[806]

- [807] 도 42는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브 파일을 생성하는 예를 개시하는 도면이다.
- [808] 상술한 바와 같이, 실험 설계는 고정 실험 설계 및 반복 실험 설계를 포함할 수 있다. 반복 실험 설계(Iterative Experiment Design)은 미리 등록된 변인을 대상으로 변인 값을 반복 단계 로직에 의해 결정하여 실험을 설계하는 것에 해당한다. 따라서, 매 실험 단계마다 실행되어야 할 시나리오 수와 변인 값은 대응되는 반복 단계 로직에 기초하여 결정될 수 있다. 반복 실험 설계는 반복 단계 로직의 형태에 따라 적응형 실험 설계(Adaptive Experiment Design)를 구성할 수도 있다. 예를 들어, 적응형 실험 설계는 매 반복에 포함된 시나리오 결과에 기초하여 특정 주요성능지표가 개선되는 방향으로 다음 반복의 시나리오를 설계하는 경우에 해당한다. 이때, 방향은 특정 성능지표가 개선되기 위한 변인 값의 변화 방향을 의미하며 반복 단계 로직에서 사용되는 알고리즘에 기초하여 상이하게 적용될 수 있다.
- [809] 또한, 반복 실험 설계는 매개 변수로 실험 종료 조건과 반복 단계 로직을 포함할 수 있다. 예를 들어, 실험 종료 조건은 반복 횟수, 목표 시간, 목표 성능치, 구동 시간 등을 포함할 수 있다.
- [810] 또한, 반복 실험 설계에 포함된 적어도 하나의 반복 단계 로직의 입력값 및 출력값은 사용자가 생성 방식을 지정한 임의의 값, 사용자가 입력한 초기 변인 값, 사용자가 입력한 로직 그 자체, 또는 로직에서 가정한 특정 분포에서 추출된 표본 등에 기초하여 결정될 수 있다.
- [811] 반복 실험 설계의 실험 수행은 고정 실험 설계와 같이, 병렬 실행 수를 매개변수로 포함할 수 있다. 반복 실험 설계의 경우, 반복 단계에서 수행될 시나리오 수(L)이 병렬 실행 수(M)를 초과한다면, 병렬 실행 횟수는 $\text{Ceiling}(L/M)$ 로서, L을 M으로 나눠서 올림한 수만큼 병렬 실행을 발생시키고, 반복 단계 로직을 수행한 후 다음 반복 단계로 이동할 수 있다.
- [812] 도 42를 참조하면, 실험 설계2(780)는 반복 실험 설계로서, 변인 및 주요 성능지표의 조합으로 구성될 수 있다. 이 경우, 변인에 대한 변인 값은 초기 값이 임의로 지정되거나 이전에 반복 단계 로직에서 도출된 변인 값을 사용할 수 있으며, 이는 이전에 설정된 변인에 종속되지 않는 값으로서 반복 단계 로직에 영향을 받는 값에 해당한다. 또한, 실험 수행 2(785)는 실험 설계2(780)에 포함된 정보에 기초하여 최초 반복 단계에서 복수의 시나리오에 대하여 병렬 실행(787)을 수행하고, 병렬 실행의 결과를 매개변수로 전달받아 반복 단계 로직(789)을 수행한 후 다음 반복 단계로 이동할 수 있다. 이때, 반복 단계 로직(789)에서는 다음 반복에서 수행되어야 할 시나리오 수 및 변인 값이 결정될 수 있다. 반복 단계 로직(789)에서 결정된 값에 따라, 다음 반복 단계에서도 병렬 실행을 수행하고, 반복 단계 로직을 수행한 후 다음 반복 단계로 이동하는 순서가 반복될 수 있다.
- [813]

- [814] 도 43는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 실험을 실행하는 예를 개시하는 도면이다.
- [815] 실험허브부는 실험허브 편집부, 실험허브 분석부 및 실험허브 실행부를 포함할 수 있다. 이는 클라이언트 제조공정시스템의 실험허브부(140) 및 온프레미스 컴퓨팅 시스템의 실험허브부(1500)에서 동일하게 구성될 수 있다.
- [816] 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)의 경우, 실험허브부(1500)의 실험허브분석부에서 실험허브 파일을 매개변수로 실험허브 실행부에 전달할 수 있다. 또한, 클라이언트 제조공정시스템(100)의 경우, 실험허브 편집부를 통해 편집된 실험허브 파일이 시스템운영부(110)의 작업스케줄러서비스부(1230)를 통해 실험허브 파일을 매개변수로 실험허브 실행부(143)에 전달할 수 있다. 또한 실험허브 파일에 포함된 적어도 하나의 실험 중 어떤 실험을 실행할 지 여부에 대해서도 매개변수로 전달될 수 있다. 즉, 이 경우, 실험허브 실행부도 동시에 여러 개가 호출될 수 있다. 예를 들어, 실험허브 실행부가 하나의 실험허브 파일에 포함된 복수의 실험을 병렬로 처리하도록 하거나, 복수의 실험들 간의 순서를 매개변수로 전달할 수 있다.
- [817] 이하의 실험허브 실행부에서 수행되는 동작들은 클라이언트 제조공정시스템 및 온프레미스 컴퓨팅 시스템에서 동일하게 수행되는 것에 해당한다. 먼저, 시나리오 파일이 생성되고 변인 값이 적용될 수 있다(S610). 예를 들어, 생성되는 시나리오 파일은 기초가 되는 모델타입 변수의 모델을 복사하고 변인 값을 일부 변경하여 생성될 수 있다. 한편, 반복 실험 설계의 경우, 반복 실험 로직이 먼저 수행된 이후에 S610 단계가 수행될 수 있다.
- [818] 상술한 바와 같이 변인 값의 개수에 따라 시나리오 파일이 생성되고, 생성된 적어도 하나의 시나리오 파일은 시나리오 저장소(771)에 저장될 수 있다. 또한, 시나리오 저장소(771)에 저장된 적어도 하나의 시나리오 파일은 아직 실행되지 않은 상태에 해당한다.
- [819] 다음으로, 적어도 하나의 시나리오 파일에 대하여 모델 실행부에 시나리오 수행 명령이 전달될 수 있다(S615). 도 43에 도시된 바와 같이, 예를 들어, 적어도 하나의 시나리오 파일은 하나의 모델 실행부에서 모두 실행될 수 있다. 또한, 예를 들어, 적어도 하나의 시나리오 파일 각각은 대응되는 모델 실행부가 지정되어 병렬로 실행될 수 있다.
- [820] 또한, 모델 실행부의 시나리오 수행 명령에 따라, 적어도 하나의 시나리오가 수행될 수 있다(S620). 이때, 상술한 바와 같이, 선택에 따라 시나리오 수행 뿐만 아니라 실험 정제 로직이 수행될 수 있다. 예를 들어, 실험 정제 로직에 시나리오 결과를 매개변수로 사용하게 되면, 실험 정제 로직에 따라 시나리오를 정제하고 실험을 정제할 수 있다. 또한, 도 43에 도시된 바와 같이, 시나리오 결과, 시나리오 정제 결과, 실험 정제 결과는 결과물 저장소(772)에 저장될 수 있다. 이때, 결과물 저장소(772)에 저장되는 데이터는 결과 데이터(1266)에 해당할 수 있다. 예를 들

어, 시나리오 결과는 단일 모델을 실행한 결과 데이터, 로그 데이터 등을 포함할 수 있다.

- [821] 다음으로, 시나리오 결과에 기초하여, 주요성능지표가 계산되어 주요성능지표 값이 도출될 수 있다(S625). 예를 들어, 주요성능지표 값은 스칼라 또는 벡터로 표시될 수 있다. 주요성능지표 값은 실험 요약(774)에 포함될 수 있고, 시나리오 별 변인 값, 실행/종료된 시각, 실행 성공여부, 실행 순번 등이 함께 포함될 수 있다.
- [822] 온프레미스 컴퓨팅시스템(1000)의 실험허브(1500)의 경우, 실험 요약(774)은 실험허브 파일(773)에 저장될 수 있으며, 경우에 따라, 실험허브 파일(773)의 원본 파일이 수정될 수 있다. 또한, 클라이언트 제조공정시스템(100)의 실험허브(140)의 경우, 실험 요약(774)은 결과 데이터(1266)으로 전송될 수 있다.
- [823] 결과물 저장소(772)에 저장된 파일은 대용량에 해당되므로, 설정에 따라, 저장소의 파일이 삭제 수 있다(S630). 다만, 저장소의 파일 삭제는 필수사항이 아니며, 저장소의 파일이 삭제되지 않고 그대로 남아있는 경우도 가능하다.
- [824] 다음으로, 실험 결과가 데이터베이스에 업로드 될수 있다(S635). 또한, 수행된 실험이 반복 실험 설계에 의한 경우, 반복 실험 로직을 따르게 될 수 있고, 다시 S 610 단계부터 반복될 수 있다.
- [825]
- [826] 도 44는 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하는 실험허브 파일에 대한 정보를 출력하는 예를 개시하는 도면이다.
- [827] 실험허브 파일이 생성된 이후, 실험을 설계하고 설계된 실험을 수행하게 되는 경우, 실험 결과에 대하여 확인할 수 있는 사용자 인터페이스가 제공될 수 있다. 예를 들어, 결과 확인은 별도의 사용자 인터페이스를 제공하거나 웹상에서 아웃바운드API를 통해 제공될 수 있다. 이밖에도, 실험이 수행되는 경우, 결과물은 데이터베이스(150)에 자동으로 업로드하는 것이 가능하다.
- [828] 실험요약 파일은 실험허브의 요약을 포함하는 별개의 파일로 존재할 수 있고, 다양한 종류의 정보로서, 변인, 주요 성능 지표, 실험 설계, 실험 수행과 관련된 정보를 포함할 수 있다. 뿐만 아니라, 주요 성능 지표의 결과물, 변인/변인 값 및 주요 성능 지표의 조합, 실험 수행 결과물 등을 포함할 수 있다.
- [829] 또한, 실험 허브에 포함된 변인, 주요성능지표, 실험 설계, 실험 수행에 대한 정보는 다른 실험 허브에서 불러오기를 통해 활용될 수 있다. 예를 들어, A 고객에 대하여 실험허브1(790)를 생성하면서, 변인, 주요 성능 지표, 실험 설계, 실험 수행에 대한 시나리오 파일이 생성된 상태에서, A 고객에 대하여 새로운 실험허브인 실험허브2(795)를 생성하게 될 수 있다. 이 경우, A 고객에 대하여 변인, 주요 성능 지표 등을 새롭게 생성하지 않고, 실험허브 1(790)에서 생성 및 사용되었던 변인/변인 값 정보 파일, 성능지표 함수 정보 파일, 실험 설계 파일, 실험 수행 결과물 파일 등을 내보내기 절차를 수행하거나 실험허브 2(795)에서 불러오기 절차

를 수행하여, 실험허브 2(795)에서 실험허브 1(790)의 자료를 사용하여, 재사용성을 확보할 수 있다.

[830]

[831] 도 45은 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 실험허브부에서 실험을 수행하고 실행하는 예를 개시하는 도면이다.

[832] 상술한 바와 같이 실험허브부(140)는 실험허브 편집부(141), 실험허브 실행부(142) 및 실험허브 분석부(143)를 포함할 수 있다. 실험허브 편집부는 실험허브 파일(1250)을 생성하고 변인 및 주요성능지표 등을 편집하여, 실험허브 저장부(1250)에 포함된 실험허브 파일을 시스템운영부(110)에 업로드할 수 있고, 실험허브 실행부는 시스템운영부(110)에 업로드된 실험허브 파일을 실행시킬 수 있고, 실험허브 분석부는 실험허브 결과 파일(1266)을 분석할 수 있다.

[833] 모델실행부의 출력 파일(1280) 중 로그파일(1283)은 운영시스템의 로그이고, 작업스케줄러 서비스부(job scheduler service)(1230)이 기록하는 로그에 해당한다. 출력 파일 (1280) 중 결과 데이터(1286)은 모델실행부(130)가 단일 모델을 수행한 결과에 대한 모델 로그 및 단일 모델에 대한 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다. 실험허브 실행부의 출력파일(1260) 중 로그파일(1263)은 운영시스템의 로그이고, 작업스케줄러 서비스부(job scheduler service)(1230)이 기록하는 실험허브에 대한 로그에 해당한다. 출력 파일(1260) 중 결과 데이터(1266)은 복수의 모델 실행부가 수행한 결과에 대한 로그 및 복수의 모델에 대한 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 실험허브부(140)는 실험 허브를 생성하고, 적어도 하나의 모델타입 변인과 적어도 하나의 로직타입 변인을 등록하고, 모델의 변인, 변인 값 및 주요 성능 지표를 생성한 후, 이를 바탕으로 실험 설계를 생성할 수 있다.

[834] 실험허브부(140)는 생성된 실험 설계를 시스템운영부(110)의 배포관리서비스부(deploy management service)(1215)를 통해 실험허브 저장부(1250)에 실험 허브 파일을 업로드할 수 있다.

[835] 시스템 운영부(110)의 작업서비스부(1210)는 운영작업, 운영작업의 주기 등을 생성하는 파트에 해당하고, 작업스케줄러 서비스부(job scheduler service)(1230)는 작업서비스부(1201)에서 편집된 운영작업을 실행조건에 따라 실행시키는 파트에 해당한다.

[836] 또한, 실험허브 저장부(1250)는 모델개발부(1100)로부터 수신된 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 로직 세트를 저장할 수 있다. 또한, 배포관리서비스부(1215)에서 제공하는 배포관리서비스는 배포(업로드)가 발생할 때 실험허브 저장부(1250)에 배포 대상이 속한 프로젝트별 경로에 파일을 저장할 수 있다. 이때, 배포관리서비스부(1215)는 파일을 저장 시 배포 시점 별로 소프트웨어 모델 및 로직세트의 이력 관리를 제공할 수 있다.

[837] 실험허브 저장부(1250)에 저장된 실험 허브 파일은 실험허브부(140)의 실행 명령에 따라, 모델 실행부(130)에서 실험 수행이 이루어질 수 있다. 즉, 모델 실행부

(130)는 시스템운영부(110)에 업로드된 단일 모델을 실행할 수 있고, 실험허브부(140)의 실험허브 실행부는 실험허브에 기록된 정보에 기초하여 복수의 모델 실행부(130)를 순차적으로 또는 동시에 호출하게 할 수 있다..

- [838] 모델실행부(130)는 작업스케줄러서비스부(1230)의 실행 지시에 따라, 운영작업을 실행하여 출력 파일(1280)을 생성할 수 있다. 이때, 출력 파일(1280)은 생산 계획 데이터를 아웃풋 파일(1286)로서 포함할 수 있고, 운영작업이 실행된 결과에 대한 로그파일(1283)을 포함할 수 있다.
- [839] 모델 실행부(130)에서 실행된 실험허브 파일은 그 결과물이 실험허브부(140)로 전달하고, 실험허브부(140)는 출력파일(1260)로서 실험허브 아웃풋 파일(1266)을 생성할 수 있다. 또한, 실험 허브 수행에 대한 로그파일(1263)도 함께 생성될 수 있다.
- [840] 출력 파일(1280)은 클라이언트의 제조공정시스템(100)의 데이터베이스(150)에 업로드될 수 있다. 또한, 실험허브 수행 결과물인 출력파일(1260)은 클라이언트 제조공정시스템의 데이터베이스(150)에 업로드될 수 있다. 업로드시에 모델 압축 파일(1286) 형태 또는 실험허브 압축 파일(1266) 형태로 업로드하거나 결과 자체를 압축시키지않고 업로드하는 것도 가능하다.
- [841] 한편, 출력파일(1260,1280)은 클라이언트 제조공정시스템(100)에 포함된 조회 인터페이스 또는 외부파일서비스부(1220)를 통해 결과물을 제공하여 모델분석부(1300) 또는 실험허브부(140)의 실험허브 분석부에서 조회할 수 있게 된다.
- [842]
- [843] 도 46은 실시 예에 따른 실험 허브를 생성하고 수행하는 예를 개시하는 흐름도이다.
- [844] 상술한 바와 같이, 실험허브부(140)는 실험허브 파일을 생성할 수 있다(S720). 보다 상세하게는, 실험허브부(140)의 구성 중 실험허브편집부에서 실험허브 파일이 생성될 수 있다. 실험허브 파일은 실험을 편집 또는 실행하기 위한 대상에 해당하며, 저장 경로가 매개변수로 설정될 수 있다.
- [845] 다음으로, 실험허브부(140)는 생성된 실험허브 파일에 적어도 하나의 모델타입 변인과 적어도 하나의 로직타입 변인을 등록할 수 있다(S730). 도 37에 도시된 바와 같이, 실험 허브를 통한 실험이 진행되기 위해서는 적어도 하나의 모델과 적어도 하나의 로직이 실험허브 파일에 등록되는 것이 필요하다. 또한, 등록된 적어도 하나의 모델 및 적어도 하나의 로직은 변인에 해당할 수 있다.
- [846] 또한, 실험허브부(140)는 실험허브 파일에 데이터 타입 변인, 변인 값과 주요성능지표를 생성할 수 있다(S740). 예를 들어, 데이터 타입 변인은 단일 칸(cell)에 해당할 수 있다. 단일 칸은 모델 전역변수 및 데이터 스키마에 존재하는 키(key)를 통해 특정될 수 있다. 또한, 변인 값은 개별 데이터의 타입에 따라 결정된다. 또한, 예를 들어, 데이터 타입 변인은 모델의 모든 입력 데이터 테이블에 해당할 수 있다. 예를 들어, 입력데이터 테이블 변인이 등록되면 변인 값의 타입은 해당 입력데이터 테이블과 동일한 스키마를 갖는 테이블 타입이 될 수 있다. 이 경우,

사용자는 내부 데이터를 모델타입 변인의 원본 데이터 테이블에서 불러오거나 외부 파일로부터 불러올 수 있다. 또한, 입력한 데이터 테이블에서 적어도 1개 이상의 수정 사항을 반영한 테이블을 변인 값으로 활용할 수 있다.

- [847] 주요성능지표는 실험에 포함된 시나리오의 입력 데이터와 결과 데이터에 포함된 정보를 가공하는 함수 정보에 해당한다. 주요성능지표의 값은 실험 결과에 따라 나타나는 수치 데이터에 해당한다.
- [848] 한편, 선택에 따라, 시나리오 별 또는 실험 별 결과 정제 로직을 설정할 수 있다(S745). 도 40에 도시된 바와 같이, 모델 개발부에 정의된 스키마로 원하는 결과를 얻기 어려운 경우, 결과 정제 로직을 활용하여 스키마를 별도로 만들어 결과를 도출할 수 있다.
- [849] 또한, 실험허브 파일에 등록된 변인 및 주요성능지표 정보에 기초하여 실험을 설계할 수 있다(S750). 예를 들어, 등록된 변인 정보는 상술한 모델타입 변인, 로직타입 변인, 데이터 타입 변인, 변인 값을 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 실험 설계는 고정 실험 설계 및 반복 실험 설계를 포함할 수 있다. 고정 실험 설계 및 반복 실험 설계에서 동시에 실행할 수 있는 시나리오 수에 해당하는 병렬 실행 수는 설정될 수 있다.
- [850] 다음으로, 설계된 실험을 수행할 수 있다(S760). 도 44를 참조하면, 실험허브부의 실험허브 편집부는 설계된 실험허브 파일을 생성하여 시스템 운영부에 업로드하고, 실험허브 실행부는 생성된 실험허브 파일에 입력된 정보를 기반으로 시나리오를 생성하고 각 시나리오에 대응하는 파일을 모델 실행부(130)에 매개변수로 전달하여 실행될 수 있도록 한다. 또한, 모델 실행부는 결과 데이터를 실험허브 실행부에 전송하고, 클라이언트 제조공정시스템의 경우, 실험허브 실행부는 결과 데이터를 시스템운영부에 전송할 수 있다. 또한, 시스템 운영부는 실험 수행 결과를 데이터베이스에 업로드 하거나 모델분석부 또는 실험허브부의 분석부를 통해 결과를 출력할 수 있다.
- [851] 실험 허브를 활용하는 경우, 단일 모델에 대한 실행을 수행하는 것에 비해 복잡한 작업을 용이하게 수행할 수 있다. 또한, 실험 허브를 통해, 주요성능지표를 통해 결과물이 자동으로 요약되고, 병렬 실행을 통한 시간 절약 등이 가능하다.
- [852]
- [853] 도 47는 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법을 개시하는 흐름도이다.
- [854] 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 온프레미스 컴퓨팅시스템으로부터 수신할 수 있다(S770). 상술한 바와 같이, 모델개발부에서 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 서버관리부를 통해 시스템운영부에 업로드될 수 있다.
- [855] 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 포함하는 실험을 생성할 수 있다(S780). 상술한 바와 같이, 실험을 생성하는 것은, 실험허브 파

일을 생성하고, 변인 및 주요성능지표를 등록하고, 실험을 설계하는 것을 포함할 수 있다.

- [856] 입력데이터를 기반으로, 생성된 실험을 수행하여 적어도 하나의 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다(S790). 보다 상세하게는, 적어도 하나의 생산 계획 데이터는 수행된 실험의 결과인 실험 요약 및 시나리오 결과를 포함할 수 있다. 예를 들어, 입력데이터는 클라이언트 제조생산시스템의 상태를 나타내는 데이터로서, 일정한 형식과 내용을 포함한 특정 시점의 데이터를 포함할 수 있다. 또한, 예를 들어, 실험허브에서 입력데이터는 모델실행부(130)에 입력되는 입력데이터 중 적어도 일부가 변인으로 지정되어 실험 설계에 따라 일부 변경된 입력데이터에 해당할 수 있다. 상술한 바와 같이, 설계된 적어도 하나의 실험을 수행하여 적어도 하나의 실험 요약 및 적어도 하나의 시나리오 결과를 포함하는 적어도 하나의 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다. 또한, 정제 로직을 통해 추가로 획득된 정제 결과가 실험 요약에 포함되어 제공될 수 있다. 이와 관련하여, 상술한 도 36 내지 도 45를 참고하도록 한다.
- [857] 시나리오 결과는 단일 모델을 실행한 결과 데이터, 로그 데이터 등을 포함하는 출력 데이터를 포함한다. 또한, 실험 요약은 시나리오별 변인 값, 시나리오 실행을 통해 도출된 주요성능지표 값, 실행/종료된 시각, 실행 성공여부, 실행 순번 등을 포함할 수 있다. 또한, 상술한 실험 요약 및 시나리오 결과는 데이터베이스에 업로드 되거나 모델분석부 또는 실험허브부의 분석부로 전송될 수 있다.
- [858]
- [859] 도 29을 참조하여 실험 허브를 포함하는 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [860] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(410), 저장장치(420), 인메모리(430), 프로세서(440), 출력부(450), 및 사용자인터페이스(460)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치는 클라이언트의 제조생산시스템에 해당할 수 있다.
- [861] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(460)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [862] 입력부(410)는 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 온프레미스 컴퓨팅 시스템으로부터 수신할 수 있다.
- [863] 저장장치(420)는 미리 준비된 기준정보를 저장하거나 수신된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 저장할 수 있다. 저장장치(420)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [864] 인메모리(430)는 위에서 개시한 소프트웨어 모델, 입력데이터, 라이브러리 엔진 세트 및 라이브러리 엔진, 모델 실행부 및 실험허브부를 통해 수행하는 과정에서 얻어진 산물을 저장할 수 있다. 라이브러리 엔진 세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다.

- [865] 실시예의 프로세서(440)는 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 포함하는 실험허브를 생성할 수 있다. 프로세서(440)는 실험허브 파일을 생성하고, 생성된 실험파일에 적어도 하나의 모델타입 변인과 적어도 하나의 로직타입 변인을 실험허브 파일에 등록할 수 있다. 또한, 프로세서(440)는 실험허브 파일에 데이터 타입 변인, 변인 값 및 주요성능지표를 생성할 수 있다. 프로세서(440)는 변인 정보 및 주요성능지표 정보에 기초하여 실험을 설계할 수 있다. 이때, 설계된 실험은 고정 실험 설계 또는 반복 실험 설계로 구성될 수 있다. 상세한 예시는 도 38 내지 도 42에 개시하였다. 그리고 실시예의 프로세서(440)는 입력데이터를 기반으로, 생성된 실험을 수행하여 실험 결과에 해당하는 생산 계획 데이터를 얻을 수 있다. 이와 관련하여, 상술한 도 36 내지 도 45를 참고하도록 한다.
- [866] 실시예의 프로세서(440)는 설계된 실험을 실행하여, 아웃풋 파일 및 실험허브 작업의 실행 상황에 대한 로그 파일을 생성할 수 있다.
- [867] 출력부(450)는 설계된 실험의 실행 결과에 따른 생산 계획 데이터를 제공하여 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [868]
- [869] 이하의 실시예에서는 설치된 라이브러리 엔진 세트를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 이용하여 실험 허브를 통해 생산 계획 데이터를 제공하는 일 예를 상세히 개시한다.
- [870] 상술한 바와 같이, 실험허브는 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 이용해 다양한 실험을 하기 위해 필요한 정보 및 실험 결과물을 저장하는 자료의 집합체에 해당한다. 또한, 실험허브 파일이 생성되고 생성된 실험허브 파일에 적어도 하나의 모델타입 변인과 적어도 하나의 로직타입 변인이 등록되고, 이와 관련된 데이터 타입 변인, 변인 값, 주요성능지표가 등록되고 나면, 실험을 설계하고 실험을 수행할 수 있다.
- [871] 이때, 실험 설계(Experiment Design)는 실험허브 파일에 등록된 변인 및 주요성능지표 정보를 통해 설계될 수 있다. 또한, 실험 설계는 미리 등록된 변인과 변인 값의 조합으로 실험을 설계하는 고정크기 실험 설계(Fixed-size Experiment Design) 및 미리 등록된 변인을 대상으로 변인 값을 반복 단계 로직에 의해 결정하여 실험을 설계하는 반복 실험 설계(Iterative Experiment Design)를 포함할 수 있다. 고정크기 실험 설계의 경우 미리 모든 경우의 수가 확인된 상태에서 진행되는 실험 설계에 해당하고, 반복 실험 설계는 미리 등록된 변인을 대상으로 하되 매 단계마다 실행되는 시나리오 수와 변인 값이 계속 변화되는 경우에 진행되는 실험 설계에 해당한다.
- [872] 개시하는 실시예는 실험허브부(140, 1500)를 통해 반복 실험을 설계하는 예를 설명한다.
- [873]

- [874] 도 48은 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직세트에 기반한 반복 실험 설계의 구성을 나타내는 도면이다.
- [875] 반복 실험 설계는 적어도 하나의 반복 단계 로직 및 적어도 하나의 반복 단계를 포함할 수 있다. 반복 단계 로직은 사전에 미리 정의될 수 있다. 반복 실험 설계는 다중 목적 함수 또는 단일 목적 함수로 설정될 수 있다. 반복 단계는 적어도 하나의 시나리오가 포함된 시나리오 조합이 수행되는 단계에 해당한다. 반복 실험 설계의 경우, 반복 단계 로직과 반복 단계가 교차로 계속 수행되어, 종료 조건에 해당되는 때까지 수행되도록 설계될 수 있다.
- [876] 단일 목적 최적화를 위한 반복 단계 로직은 단일 목적 알고리즘 및 다음 시나리오를 생성하는 로직을 포함할 수 있다. 단일 목적 알고리즘은 하나의 목표를 최대화하거나 최소화하기 위한 알고리즘에 해당한다. 예를 들어, 단일 목적 알고리즘은 Stochastic Gradient Descent Method(SGD), Genetic Algorithm(GA), Simulated Annealing(SA), Particle Swarm Optimization(PSO), Bayesian Optimization(BO), Cross Entropy Method(CEM), Policy Exploration with Parameter-based Exploration Gradient(PEPG), 제네틱(genetic) 알고리즘 등을 포함할 수 있다. 이외에도 단일 목적 알고리즘은 사용자 지정 로직 또는 사용자 작성 로직을 포함할 수 있다. 다중 목적 알고리즘은 여러 목표를 동시에 최적화하기 위한 알고리즘으로서, 여러 목표 중 일부가 서로 상충되는 목표에 해당할 수 있고, 파레토 프론트(pareto front)를 찾는 것을 목표로 할 수 있다. 예를 들어, 다중 목적 알고리즘은 NSGA(Non-dominated Sorting Genetic Algorithms), NSGA-II(Non-dominated Sorting Genetic Algorithms II), SPEA(Strength Pareto Evolutionary Algorithm), SPEA-II(Strength Pareto Evolutionary Algorithm II) 등을 포함할 수 있다. 이외에도 다중 목적 알고리즘은 사용자 지정 로직 또는 사용자 작성 로직을 포함할 수 있다.
- [877] 도시된 바와 같이 반복 실험 설계는 실험 매개변수(1650), 변인 및 주요성능지표(1660), 반복단계 로직(1670) 및 실험 종료 조건(1690)을 포함하며, 이는 반복 실험 설계의 입력값에 해당할 수 있다.
- [878] 실험 매개변수(1650)는 실험 자체에 대한 매개변수로서 실험 수행에 대한 옵션이 이에 해당할 수 있다. 예를 들어, 반복 횟수, 병렬 실험 수, DB 기록여부 등을 포함할 수 있다. 변인 및 주요성능지표(1660)는 실험에서 사용될 대상 변인 및 대상 주요성능지표를 포함할 수 있다. 예를 들어, 변인은 소프트웨어 모델에 속하는 모든 입력/출력 데이터, 전역 변수 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 변인은 수요정보 테이블의 투입 간격, 디스패칭 에이전트에서 사용하는 피쳐 가중치, 수량, 구동시간 등을 포함할 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다. 또한, 예를 들어, 주요성능지표는 생산 결과물을 가공하여 생산계획의 총 생산량, 납기 지연 작업물 수, 장비교체 횟수, 평균 구동시간 등을 포함할 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다.

- [879] 반복단계 로직(1670)은 도시된 바와 같이 로직에서 사용될 매개변수, 함수를 설정하는 방식으로 제공될 수 있고 또는 상술한 단일/다중 목적 알고리즘 등을 사용하여 사전에 로직이 구현된 플러그인(plugin) 형태로 제공되는 것도 가능하다.
- [880] 반복단계 로직(1670)은 로직 매개변수(1673), 초기화 함수(1676), 업데이트 함수(1679) 및 다음 시나리오 조합 생성 함수(1682)를 포함할 수 있다. 또한, 선택적으로, 로직 로그 기록/저장 함수(1685)도 포함될 수 있다. 반복단계 로직(1670)에 포함되는 함수는 이에 한정되지 아니하며, 사용자 설정에 따라 함수가 추가되거나 제거될 수 있다.
- [881] 반복단계 로직(1670)에 포함된 함수들 중 가장 먼저 초기화 함수(1676)가 호출되고, 다음 시나리오 조합 생성 함수(1682)가 호출되고, 그 다음으로 업데이트 함수(1679)가 호출될 수 있다. 다만, 함수들의 호출 순서는 이에 한정되지 아니하고, 업데이트 함수(1679)가 호출된 후 다음 시나리오 조합 생성 함수(1682)가 호출되는 등 함수들 간에 호출 순서가 변경될 수 있다.
- [882] 또한, 로직 매개변수(1673), 각종 함수 및 함수의 내용물, 변인 및 성능지표는 반복단계 로직(1670)의 입력값에 해당할 수 있다. 반복단계 로직(1670)에서 생성된 다음 시나리오 조합 및 로그 기록/저장 함수를 실행한 결과는 반복단계 로직(1670)의 중간 출력값 또는 최종 출력값에 해당할 수 있다. 또한, 복수의 반복단계 로직이 수행되는 경우, 전 단계 반복단계 로직의 출력값이 후 단계 반복단계 로직의 입력값으로 사용될 수 있다.
- [883] 단일 목적 알고리즘 또는 다중 목적 알고리즘에서 공통적인 로직 매개변수(1673)은 랜덤 시드(random seed) 및 랜덤 스트림(random stream)을 포함하며, 이외에도 다중 목적 알고리즘 또는 단일 목적 알고리즘의 종류에 따른 매개변수가 다양하게 존재할 수 있다. 예를 들어, PEPG의 경우, 분포의 형태, 변인에 대한 분포 매개변수 값, 매개변수 별 학습률(learning rate) 등을 포함할 수 있다. 또한, 예를 들어, 제네틱 알고리즘은 한 세대의 인구 크기(population size), 크로스오버 비율(crossover rate) 및 돌연변이 비율(mutation rate) 등을 포함할 수 있다.
- [884] 초기화 함수(1676)는 입력되어 있는 로직 매개변수를 초기화할 수 있다. 예를 들어, PEPG 로직을 사용하는 경우, 초기화 함수(1676)는 입력받은 분포 매개변수 값과 랜덤 스트림을 이용하여 반복 단계 전반에 걸쳐 사용할 분포를 생성하는 작업을 수행할 수 있다. 업데이트 함수(1676)는 로직 매개변수를 업데이트할 수 있다. 예를 들어, PEPG 로직을 사용하는 경우, 업데이트 함수(1676)는 전 반복 단계에서 수행된 결과물(이전 단계의 시나리오 변인 값 및 주요성능지표 값)을 활용하여 상술한 변인 분포를 갱신함으로써 더 높은 성능지표 값이 나올 확률이 높은 분포로 만드는 과정을 포함할 수 있다. 다음 시나리오 조합 생성 함수(1682)는 업데이트된 로직 매개변수에 기초하여 다음 시나리오 조합을 생성할 수 있다. 예를 들어, PEPG 로직을 사용하는 경우, 다음 시나리오 조합 생성 함수(1682)는 상술한 갱신된 분포에서 변인 값을 대칭 추출하여 다음 반복 단계에서 수행될 시나리오의 변인 값으로 지정하는 로직을 포함할 수 있다. 로직 로그 기록/저장

함수(1685)는 반복 단계 로직이 구동되면서 만들어내는 중간 과정의 산출물, 최종 산출물 등에 대한 기록을 생성할 수 있다. 예를 들어, 로직 매개변수의 초기화 로그를 기록하거나, 로직 매개변수의 업데이트 로그를 기록하거나 다음 시나리오 조합이 생성된 로그를 기록할 수 있다. 일 예로서, PEPG 로직의 경우, 최종 분포를 로그로 기록하고, 제네틱 알고리즘의 경우, 각 단계별 인구 유전자 변화 추이를 로그로 기록할 수 있다.

- [885] 실험 종료 조건(1690)은 반복 실험 설계의 실험이 종료되기 위한 조건으로서, 미리 설정될 수 있다. 예를 들어, 실험 종료 조건(1690)은 정해진(목표) 반복 횟수가 수행된 경우, 정해진 수행 시간에 도달한 경우, 목표 주요성능지표 수치에 도달한 경우 등을 포함할 수 있다.
- [886]
- [887] 도 49은 실시 예에 따른 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 반복 실험 설계를 수행하는 예를 개시하는 도면이다.
- [888] 반복 실험 설계로 실험 설계가 결정된 경우, 반복 단계 로직, 변인 및 초기 매개변수가 설정될 수 있다(S805). 예를 들어, 초기 매개변수가 설정되는 것은 상술한 초기화 함수(1676)가 실행되는 것에 해당한다.
- [889] 또한, S805 단계에서 설정되는 변인은 상술한 모델타입 변인, 로직타입 변인 및 모델 데이터 변인 중 적어도 하나에 해당될 수 있다.
- [890] 한편, 설정된 반복 단계 로직은 제1 시나리오 조합 정보를 포함할 수 있다. 여기에서, 제1 시나리오 조합 정보는 향후 생성될 시나리오 파일에 필요한 정보의 조합을 의미할 수 있다. 예를 들어, 단일 목적 알고리즘 중 PEPG 알고리즘을 적용하는 로직으로 결정된 경우, 대상, 변인의 분포의 매개변수(평균, 분산)의 초기값과 평균, 분산의 학습률(Learning Rate), 대응되는 모델타입 변인, 로직타입 변인 및 주요성능지표에 대한 정보가 포함되어, 이후에 이를 바탕으로 제1 시나리오 조합이 생성될 수 있다.
- [891] 다음으로, 제1 반복 단계 로직이 수행될 수 있다(S810). 여기에서, 제1 반복 단계 로직이 수행되는 것은 상술한 업데이트 함수(1679) 또는 다음 시나리오 조합 생성 함수(1682)가 실행되는 것에 해당한다. 또한, 제1 반복 단계 로직이 수행되는 경우, 제1 반복 단계 로직의 결과는 다음 제1 반복 단계에서 사용될 시나리오 파일의 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 시나리오 파일의 정보는 변인 값, 주요성능지표 등의 조합을 포함할 수 있다.
- [892] 제1 반복 단계 로직이 수행된 이후, 실험 종료 조건에 해당하는지 여부를 결정할 수 있다(S815). 상술한 바와 같이, 실험 종료 조건은 정해진 반복 횟수 수행, 실험 수행 시간, 주요성능지표 목표값 달성 등을 포함하며, 이에 한정되지 아니한다.
- [893] 만약, 실험 종료 조건에 해당하는 경우, 실험은 종료(S835)되고, 시나리오 결과 및 실험 요약을 포함하는 실험 결과가 도출될 수 있다. 예를 들어, 시나리오 결과는 실험에 포함된 복수의 시나리오들 중 단일 시나리오 각각을 실행한 결과 데이

터, 로그 데이터를 포함할 수 있다. 또한, 실험 요약은 시나리오별 변인 값, 시나리오 실행을 통해 도출된 주요성능지표 값, 실행/종료된 시각, 실행 성공여부, 실행 순번 등을 포함할 수 있다.

- [894] 실험 종료 조건에 해당하지 않는 경우, 제1 반복 단계 로직의 결과에 기초하여, 제1 반복 단계의 시나리오 파일이 생성될 수 있다(S820). 제1 반복 단계의 시나리오 파일이 생성되는 것은 S810 단계에서의 시나리오 조합 정보를 기초로 실제 반복 단계에서 수행될 적어도 하나의 시나리오 파일을 생성하는 것을 의미한다. 여기에서, 제1 반복 단계는 제1 반복 단계 로직이 수행된 다음, 제1 반복 단계 로직의 결과에 기초하여 생성된 시나리오 파일들을 수행하는 단계에 해당할 수 있다. 또한, 제1 반복 단계를 수행하여 얻은 결과인 변인 값, 주요성능지표 등은 제2 반복 단계 로직의 매개변수로 전달되어 로직을 수행하게 할 수 있다.
- [895] 또한, 반복 실험 설계의 반복 단계에서 사용되는 변인은 미리 설정되어 있으나, 변인 값은 반복 단계 직전에 수행된 반복 단계 로직에 기초하여 결정될 수 있다. 즉, 반복 실험 설계에 포함된 적어도 하나의 반복 단계에 사용되는 변인은 미리 설정되어 있으나, 변인 값은 반복 단계 로직의 수행 결과에 기초하여 결정되므로, 변동 값에 해당한다. 또한, 적어도 하나의 반복 단계에 사용되는 변인 및 변인 값은 직전에 수행된 반복 단계 로직에서 설정될 수도 있다.
- [896] 다음으로, 제1 반복 단계 내에 있는 모든 시나리오가 수행될 수 있다(S825). 이와 관련하여, 실험허브 실행부는 모델 실행부에 시나리오 파일을 수행하도록 명령할 수 있다. 예를 들어, 실험허브 실행부는 모델 실행부 하나에서 전체 시나리오 파일이 수행하도록 명령할 수 있다. 또한, 예를 들어, 실험허브 실행부는 전체 시나리오 파일 각각을 모델 실행부 하나에 각각 대응시켜, 복수의 모델 실행부를 통해 수행하도록 명령할 수 있다. 또한, 제1 반복 단계 내에 있는 모든 시나리오에 설정된 병렬 실행 수에 따라, n 번의 병렬 실행이 수행될 수 있다.
- [897] 시나리오가 수행되면, 주요성능지표 값을 산출하고, 데이터베이스에 저장하고, 산출된 주요성능지표 값을 제2 반복 단계 로직에 전달할 수 있다(S830). 이때, 제2 반복 단계 로직은 제1 반복 단계에서 수행된 시나리오 결과에 기초하여 결정될 수 있다. 또는 제2 반복 단계 로직은 제1 반복 단계에서 수행된 시나리오 결과와 독립적 또는 종속적으로 설정될 수 있다. 또한, 각각의 반복 단계에서의 시나리오 수는 반복 단계 로직에 따라 변경될 수 있다.
- [898] 다음으로, 제2 반복 단계 로직이 수행된 이후, 종료 조건에 해당하지 않는 경우, 제2 반복 단계가 수행되고, 이후에 제3 반복 단계 로직이 반복되어 수행될 수 있다. 즉, 상술한 S810 단계부터 S830 단계가 반복해서 실행될 수 있고, 종료 조건에 해당하는 경우에는 실험이 종료될 수 있다. 이 경우, S810 단계가 수행되면 상술한 반복 단계 로직의 업데이트 함수(1679)가 실행될 수 있다.
- [899] 또한, 상술한 도 48의 로직 로그 기록/저장 함수는 본 실시예의 모든 단계에서 호출될 수 있고, 각각의 단계에서 호출될 때는 서로 다른 정보에 대한 로그를 기록/저장할 수 있다. 예를 들어, 각각의 단계에서 로직 로그 기록/저장 함수가 호출

되는 경우, 각 단계에서의 중간산출물, 최종 산출물에 대한 로그를 기록/저장할 수 있다.

[900]

[901] 도 50는 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법을 개시하는 흐름도이다.

[902] 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 온프레미스 컴퓨팅시스템으로부터 수신할 수 있다(S850). 상술한 바와 같이, 모델개발부에서 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 서버관리부를 통해 시스템운영부에 업로드될 수 있다.

[903] 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 포함하는 실험을 설계하는 실험허브 파일을 생성할 수 있다(S860). 실험을 생성하는 것은, 실험허브 파일을 생성하고, 변인 및 주요성능지표를 등록하고, 변인 값 등을 설정하여, 복수의 시나리오로 구성되는 실험을 설계하는 것에 해당한다. 이때, 도 48 및 도 49에서 상술한 바와 같이, 반복 실험 설계를 생성하는 경우, 적어도 하나의 반복 단계 로직을 수행하고, 적어도 하나의 반복 단계가 반복적으로 수행되는 것으로 구성될 수 있다. 적어도 하나의 반복 단계에는 복수의 시나리오가 포함될 수 있다. 하나의 반복 단계에서의 시나리오 결과는 다음 반복 단계 로직의 입력으로 이용될 수 있다.

[904] 입력데이터를 기반으로, 반복실험 로직 및 적어도 하나의 시나리오가 포함된 실험을 수행하여 적어도 하나의 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다(S870). 보다 상세하게는, 도 48 및 도 49에서 상술한 바와 같이, 반복 실험 설계를 수행하여, 적어도 하나의 반복 단계 및 적어도 하나의 반복실험 로직을 수행하여, 종료 조건에 해당하는 경우, 실험이 종료될 수 있다. 실험이 종료되는 경우, 적어도 하나의 생산 계획 데이터가 생성되고, 데이터베이스에 저장되거나 일부 파일에 대해서는 삭제가 수행될 수 있다. 적어도 하나의 생산 계획 데이터는 실험 결과로서 실험 요약 및 시나리오 결과를 포함할 수 있다.

[905]

[906] 도 29을 참조하여 실험 허브를 포함하는 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.

[907] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(410), 저장장치(420), 인메모리(430), 프로세서(440), 출력부(450), 및 사용자인터페이스(460)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치는 클라이언트의 제조생산시스템에 해당할 수 있다.

[908] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(460)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.

- [909] 입력부(410)는 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 온프레미스 컴퓨팅 시스템으로부터 수신할 수 있다.
- [910] 저장장치(420)는 미리 준비된 기준정보를 저장하거나 수신된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 저장할 수 있다. 저장장치(420)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [911] 인메모리(430)는 위에서 개시한 소프트웨어 모델, 입력데이터, 라이브러리 엔진 세트 및 라이브러리 엔진, 모델 실행부 및 실험허브부를 통해 수행하는 과정에서 얻어진 산물을 저장할 수 있다. 라이브러리 엔진 세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다. 실시예의 인메모리(430)는 반복단계 로직에 관련된 중간 산출물 및/또는 최종 산출물 및 이에 대한 로그를 저장할 수 있다.
- [912] 실시예의 프로세서(440)는 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 포함하는 실험허브 파일을 생성할 수 있다. 프로세서(440)는 실험허브 파일을 생성하고, 생성된 실험파일에 적어도 하나의 모델타입 변인과 적어도 하나의 로직타입 변인을 실험허브 파일에 등록할 수 있다. 또한, 프로세서(440)는 실험허브 파일에 데이터 타입 변인, 변인 값 및 주요성능지표를 생성할 수 있다. 프로세서(440)는 변인 정보 및 주요성능지표 정보에 기초하여 실험을 설계할 수 있다.
- [913] 이때, 설계된 실험은 고정 실험 설계 또는 반복 실험 설계로 구성될 수 있다. 반복 실험 설계는 반복 단계 로직 및 반복 단계를 포함할 수 있다. 도 48 및 도 49에서 상술한 바와 같이, 프로세서(440)는 반복 단계 로직에 대하여 다중 목적 함수 또는 단일 목적 함수로 설정하고, 설정된 알고리즘에 따라 변인 값을 설정할 수 있다.
- [914] 그리고 실시예의 프로세서(440)는 입력데이터를 기반으로, 생성된 실험을 수행하여 생산 계획 데이터를 얻을 수 있다. 프로세서(440)는 반복 단계 로직이 수행되는 경우, 이후에 수행될 반복 단계의 시나리오 조합 정보를 생성하고 시나리오 파일을 생성할 수 있다. 또한, 프로세서(440)는 생성된 시나리오 파일을 수행하여, 시나리오 결과에 기초하여, 다음 반복 단계 로직을 수행할 수 있다.
- [915] 실시예의 프로세서(440)는 설계된 실험을 실행하여, 아웃풋 파일 및 실험허브 작업의 실행 상황에 대한 로그 파일을 생성할 수 있다. 반복 단계 로직이 수행된 이후, 종료 조건에 해당하는 경우, 프로세서(440)는 실험을 종료시키고 실험 결과를 도출할 수 있다. 실험 결과는 생산 계획 데이터로서, 실험 요약 및 시나리오 결과를 포함할 수 있다.
- [916] 출력부(450)는 설계된 실험의 실행 결과에 따른 생산 계획 데이터를 제공하여 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [917]

- [918] 상술한 바와 같이, 모델 개발부(1100)에서 획득(개발)된 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 시스템 운영부(110)에 업로드될 수 있다. 시스템운영부(110)는 업로드된 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 운영 작업을 생성하고, 운영 작업을 수행하기 위한 조건들을 설정할 수 있다. 이때, 운영 작업은 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 실행(운영)하는데 필요한 작업으로서, 시스템운영부(110)가 실행하는 작업의 단위에 해당할 수 있다.
- [919] 단일 소프트웨어 모델의 실행만으로 작업이 충분하지 않은 경우에는, 복수의 소프트웨어 모델 및 외부 로직의 도입을 통해 복수의 작업을 자동으로 실행할 필요가 있다. 복수의 소프트웨어 모델들 또는 로직들이 사용될 경우, 다수의 실험을 포함하는 실험허브부(140)를 통해 수행될 수 있다. 이와 관련하여, 시스템운영부(110)는 실험허브에 대한 운영 작업을 생성하고, 운영 작업을 수행하기 위한 조건들을 설정할 수 있다.
- [920] 상술한 바와 같이, 시스템운영부(110)는 다양한 서비스를 포함하는 서비스부를 포함하고, 서비스부는 라이선스서비스부(license service)(1205), 작업서비스부(job service)(1210), 배포관리서비스부(deploy management service)(1215), 외부파일서비스부(outfile service)(1220), 작업스케줄러서비스부(job scheduler service)(1230) 등을 포함할 수 있다.
- [921] 시스템운영부(110)의 작업서비스부(1210)를 통해 운영작업이 생성될 수 있다. 이때, 운영 작업은 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 실행(운영)하는데 필요한 작업에 해당한다. 운영 작업(job type)은 전자메일 보내기, 프로그램 실행, 모델 실행의 3가지를 포함할 수 있고, 이외에도 실험허브(experiment hub) 실행, 동적운영로직 실행 등 사용자의 설정 또는 시스템 설정에 따라 다양한 실행작업이 추가될 수 있다. 또한, 운영작업은 작업스케줄러 서비스부(1230)가 실행하는 작업의 단위에 해당할 수 있다.
- [922] 또한, 작업서비스부(1210)는 운영작업에 대한 실행조건(trigger)를 설정할 수 있다. 여기에서, 실행조건(trigger)는 실행주기, 운영작업 간 의존성 등에 해당한다. 즉, 운영작업은 실행을 위한 작업단위를 의미하고, 실행조건은 운영작업의 실행주기 및 의존성과 같은 세부 조건을 의미할 수 있다. 운영작업에 대하여 적어도 하나이상의 실행조건이 생성될 수 있고, 제1 실행조건에 대하여 적어도 하나 이상의 제2실행조건이 생성되는 것도 가능하다. 설정된 실행조건은 시스템운영부에 저장될 수 있다.
- [923] 이하에서는 시스템 운영부(110)에서 실험 허브와 관련된 운영작업을 생성하고 수행하는 경우에 대하여 설명하도록 한다.
- [924]
- [925] 도 51은 실시 예에 따른 시스템운영부에서 운영 작업을 설정하는 예를 개시하는 도면이다.
- [926] 보다 상세하게는, 도 51은 실험허브를 활용하여 배포로직 모니터링 운영작업을 생성하고 이에 대한 실행조건(trigger)를 설정하는 일 예에 해당한다. 본 도면

은 실험허브와 관련된 운영작업의 일 예에 해당하며, 이외에도 실험허브와 관련된 다양한 운영작업이 생성될 수 있음은 물론이다.

- [927] 본 실시예는 실험허브 운영작업 중 배포로직 모니터링 실험허브에 대한 운영작업의 예를 도시하고 있으나, 이외에도 데이터 수집 실험 허브에 대한 운영 작업, 데이터 평가 실험 허브에 대한 운영 작업과 같이 주어진 목표에 맞춰 작성된 실험허브를 기초로 하는 운영작업이 포함될 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다.
- [928] 도시된 바와 같이, 배포로직 모니터링 운영작업(2010)이 작업서비스부(1210)에 의해 생성될 수 있다. 여기에서, 배포로직 모니터링 운영작업(2010)은 로직 배포시 생산 계획 결과, 실행 시간 등의 변화가 있는지 모니터링을 하는 운영작업에 해당하며, 모니터링 결과는 배포 의사결정에 사용될 수 있다. 예를 들어, 로직을 신규 배포한 경우, 결과는 동일하지만 실행 시간이 급격하게 늘어나서 사용이 어려운 경우, 이전 버전의 로직으로 롤백(rollback) 해야 하는 경우가 발생할 수 있다. 또한, 예를 들어, 로직을 신규 배포한 경우, 개선된 결과를 도출하면서 실행 시간이 줄어든 경우에는 신규 버전의 로직을 적극 사용하도록 설정될 필요가 있다.
- [929] 또한, 배포로직 모니터링 운영작업(2010)과 관련하여 고정크기 실험 설계로 이루어진 실험허브가 설정될 수 있다. 예를 들어, 고정크기 실험은 모델 변인 값으로 운영서버의 최신 모델 또는 사용자 지정 모델 N개와 로직 변인 값으로 최신 로직 M개를 선정 후 모든 조합을 수행할 수 있도록 설계될 수 있다. 또한, 예를 들어, 고정크기 실험 설계의 주요성능지표는 실행시간, 결과 테이블의 행(row) 수, 특정 열(column)의 합 등과 같은 결과를 판독할 수 있는 지표, 개선된 생산계획지표 등을 선정할 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다.
- [930] 운영작업에 대하여 적어도 하나의 실행조건이 설정될 수 있다. 예를 들어, 실행조건은 주기조건, 의존성 조건 등을 포함할 수 있다. 또한, 복수의 실행조건들 사이에서도 주기 조건 또는 의존성 조건이 설정될 수 있다. 또한, 실행조건이 설정되더라도, 실제 활성화/비활성화 여부를 설정하는 절차를 추가로 포함할 수 있다.
- [931] 도시된 바와 같이, 배포로직 모니터링 운영작업(2010)은 주기 조건(2020)으로서, 기 설정된 주기에 따라 모니터링을 수행하는 조건(2025)에 해당한다. 예를 들어, 기 설정된 주기는 로직 배포 후 즉시, 로직 배포 후 5분 후, 공식 배포 일정으로부터 1시간 후 등 다양하게 설정될 수 있다.
- [932] 또한, 주기 조건(2020)에 대하여 의존성 조건(2030)이 생성(설정)될 수 있다. 실시예에서, 주기조건(2020)이 성공적인 경우, 제1 의존성 조건(2032)이 수행되는 것으로 설정될 수 있다. 본 실시예에서, 제1 의존성 조건(2032)은 기 설정된 주기조건에 따라 모니터링이 성공적으로 수행된 경우, 판독 수행되는 것으로 설정될 수 있다. 제1 의존성 조건(2032)이 수행되는 경우, 판독 스크립트 작업(2042)이 수행될 수 있다. 여기에서, 판독 스크립트 작업은 배포된 로직에 대하여 이상 발생 여부를 판독하는 작업에 해당한다.

- [933] 또한, 제1 의존성 조건(2032)이 대하여 적어도 하나의 의존성 조건이 설정될 수 있다. 실시 예에서, 제1 의존성 조건(2032)이 성공적인 경우, 제2 의존성 조건(2034)이 수행되는 것으로 설정될 수 있다. 본 실시예에서, 제2 의존성 조건(2034)은 판독이 성공적인 경우, 성공 이메일을 송부하는 것으로 설정될 수 있다. 제2 의존성 조건이(2034)이 수행되는 경우, 성공 메일 송부 작업(2044)이 수행될 수 있다. 여기에서, 성공 메일 송부 작업은 배포로직에 이상이 발생하지 않음을 나타내는 이메일을 송부하는 작업에 해당한다.
- [934] 또한, 실시 예에서, 제1 의존성 조건(2032)이 실패인 경우, 제3 의존성 조건(2036)이 수행되는 것으로 설정될 수 있다. 본 실시예에서, 제3 의존성 조건(2036)은 판독이 실패인 경우, 실패 이메일을 송부하는 것으로 설정될 수 있다. 제3 의존성 조건(2036)이 수행됨에 따라, 배포 취소 스크립트 작업(2046)이 수행될 수 있다. 여기에서, 배포 취소 스크립트 작업은 배포된 로직에 대하여 추가적으로 배포가 이루어지지 않도록 취소하는 작업에 해당하며, 나아가서 이전 버전의 로직으로 롤백(rollback)하는 작업도 추가적으로 설정될 수 있다. 또한, 배포 취소 조건(2036)이 수행되는 경우, 실패 메일 송부 조건(2038)이 수행되는 것으로 설정될 수 있다. 이 경우, 실패 메일 송부 조건(2038)이 수행됨에 따라, 실패 메일 송부 작업(2048)이 수행될 수 있다.
- [935] 배포로직 모니터링 운영작업(2010)과 관련하여, 도시되지 않았으나, 추가적으로 주기조건 및 의존성 조건이 설정될 수 있다. 또한, 각각의 주기조건 및 의존성 조건은 설정되더라도, 활성화/비활성화 여부에 대한 판단이 이루어진 후, 운영작업이 수행될 수 있다. 또한, 실험허브와 관련하여, 배포로직 모니터링 운영작업(2010)뿐만 아니라 실험허브 수행과 관련된 다양한 운영작업이 설정될 수 있음은 물론이다.
- [936]
- [937] 도 52는 실시 예에 따른 운영 환경에서 고정크기 실험 설계를 활용한 운영 작업이 수행되는 예를 개시하는 도면이다.
- [938] 보다 상세하게는, 도 52는 시스템 운영부(110)에서 상술한 도 51에서 배포로직 모니터링 운영작업(2010) 실시예를 설명한다. 먼저, 작업서비스부에 의해 실험허브 운영작업(2110), 스크립트 실행 운영작업(2140) 및 메일전송 운영작업(2160)이 생성(설정)될 수 있다. 본 실시예에서, 실험허브 운영작업(2110)은 도 51의 배포로직 모니터링 운영작업(2010)에 대응될 수 있고, 스크립트 실행 운영작업(2140)은 도 51의 판독 스크립트 작업(2042) 또는 배포 취소 스크립트 작업(2046)에 대응될 수 있고, 메일전송 운영작업(2160)은 도 51의 성공 메일 송부 작업(2044) 또는 실패 메일 송부 작업(2048)에 대응될 수 있다.
- [939] 본 실시예에서, 배포 대상 로직(2100)이 결정된 경우, 시스템 운영부(110)의 배포 서비스(1215)를 통해 시스템운영부의 이력관리 저장부(1270)에 업로드될 수 있다. 여기에서, 이력관리 저장부(1270)는 시스템운영부에서 운영작업을 생성 또는 설정하기 위해 필요한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 저장할 수 있고, 운영

작업과 관련된 파일을 저장할 수 있다. 이때, 배포 대상 로직(2100)은 사용자에게 의해 결정되거나, 기 설정된 규칙에 따라 결정될 수 있다. 예를 들어, 배포대상 로직(2100)은 모델개발부를 통해 결정될 수 있다. 또한, 예를 들어, 클라우드 컴퓨팅 시스템에서 배포대상 로직은 사전 구현되어 업로드될 수 있다. 데이터베이스(150)는 클라이언트 시스템의 데이터베이스로서, 운영 모델 저장소 및 로직 저장소를 포함할 수 있다. 또한, 운영 모델 저장소는 복수의 소프트웨어 모델들을 포함하고, 로직 저장소는 복수의 로직 세트들을 저장할 수 있다.

- [940] 데이터베이스(150)에 포함된 최신 소프트웨어 모델 N 개, 최신 로직 세트 M 개 및 배포 대상 로직(2100)은 배포 로직 모니터링 작업 데이터(2105)로 추출될 수 있다. 예를 들어, 모델 변인 값으로 데이터베이스(150)의 최신 소프트웨어 모델 N 개, 로직 변인 값으로 최신 로직 세트 M 개 및 배포대상 로직(2100) 1개를 선정하여, 모든 시나리오 조합이 수행될 수 있도록, 실험허브 편집부에 의해 고정크기 실험 설계가 이루어질 수 있다.
- [941] 실험허브 운영작업(2110)에 배포로직 모니터링 실험허브(2115), 실험허브 실행부(2120), 배포로직 모니터링 실험요약(2130)이 포함될 수 있다. 이와 관련하여, 실험허브 편집부에 의해 생성된 배포로직 모니터링 실험허브(2115)를 시스템 운영부가 실험허브의 운영작업으로 설정할 수 있다. 배포로직 모니터링 실험허브(2115)는 실험허브 실행부(2120)의 명령을 통해 실행되기 위한 배포로직 모니터링 실험(2125)에 $N*(M+1)$ 개 시나리오 조합이 생성되어 있는 상태에 해당될 수 있다. 본 실시예에서, 배포로직 모니터링 실험(2125)의 고정크기 실험 설계의 주요성능지표는 실행시간, 결과 테이블의 행(row) 수, 특정 열(column)의 합 등과 같은 결과를 판독할 수 있는 지표, 개선된 생산계획지표 등을 선정할 수 있다.
- [942] 스크립트 실행 운영작업(2140)은 실험허브 운영작업(2110)에 대하여 (2115)주기 조건 또는 의존성 조건에 의해 설정된 것으로서, 배포로직 판독 스크립트(2145), 배포 취소 스크립트(2155) 등이 설정될 수 있다. 또한, 메일 전송 운영 작업(2160)은 실험허브 운영작업(2110)에 대하여 주기 조건 또는 의존성 조건에 의해 설정된 것으로서, 평가결과 메일 전송(2165) 등이 설정될 수 있다.
- [943] 운영작업이 실행되기 전에, 설정된 주기 조건 또는 의존성 조건의 활성화/비활성화 여부를 결정하는 절차가 선행될 수 있다. 본 실시예에서는, 실험허브 운영작업(2110)과 관련된 조건들이 모두 활성화되는 것으로 설정된 것으로 가정한다.
- [944] 작업스케줄러서비스부(1230)에 의해 실험허브 운영작업(2110)이 실행되는 경우, 상술한 바와 같이 배포로직 모니터링 실험허브(2115)에 설정된 배포로직 모니터링 실험(2125)이 고정크기 실험으로 실행되고, 배포로직 모니터링 실험 요약(2130)이 출력될 수 있다. 여기에서, 배포로직 모니터링 실험요약(2130)은 시나리오별 변인 값, 시나리오 실행을 통해 도출된 배포로직 모니터링 실험허브의 설계 목적에 따른 주요성능지표 값, 예를 들어, 상술한 실행시간, 결과 테이블의 행(row) 수, 특정 열(column)의 합 등과 같은 결과를 포함할 수 있다.

- [945] 이와 관련하여, 실험허브 실행부(2120)는 상술한 실험허브부(140)의 실험허브 실행부(143)이 범주에 포함될 수 있다. 또한, 실험허브 실행부(143)의 실행 명령에 따라, 모델 실행부(130)는 배포로직 모니터링 실험(2125)에 포함된 복수의 시나리오를 실행하고, 실험허브 실행부(143)는 배포로직 모니터링 실험 요약(2130)을 생성할 수 있다.
- [946] 작업스케줄링서비스부(1230)는 배포로직 모니터링 실험 요약(2130)에 기초하여, 스크립트 실행 운영작업(2140) 중 배포로직 판독 스크립트(2145)를 수행할 수 있다. 또한, 배포로직 판독이 이루어지는 경우, 배포로직 평가 결과(2150)가 산출될 수 있다. 도시되지 않았으나, 배포로직 실험허브(2110)가 실행되는 경우, 배포로직 모니터링 실험 요약(2130) 외에 각각의 시나리오 결과도 출력될 수 있다. 예를 들어, 최신 소프트웨어 모델 N개 중 1개와 배포대상 로직에 대한 시나리오 결과가 출력되어, 배포로직에 대한 판독이 이루어질 수 있다. 또한, 예를 들어, 배포로직 판독 스크립트는 배포로직 모니터링 실험 요약(2130) 및 상기 시나리오 결과 중 테이블의 행(row) 수가 이전 운영 로직 버전의 수와 같고, 실행시간이 $\pm 10\%$ 이내라면 배포를 승인하고 그렇지 않은 경우 배포를 취소한다는 판정을 내릴 수 있다.
- [947] 배포 로직 평가 결과가 성공적인 경우, 메일 전송 운영 작업(2160) 중 평가결과 메일 전송(2165)이 수행될 수 있다. 예를 들어, 배포로직 평가결과가 성공적인 경우, 상술한 바와 같이, 성공메일 송부가 수행될 수 있다.
- [948] 배포로직 평가 결과가 실패인 경우, 스크립트 실행 운영작업(2140) 중 배포취소 스크립트(2155)가 수행될 수 있고, 메일 전송 운영 작업(2160) 중 평가결과 메일 전송(2175)이 수행될 수 있다. 배포취소 스크립트(2155)가 수행되는 경우, 배포로직 제거(2170)가 수행되어 배포 대상 로직(2100)이 제거될 수 있다. 또한, 배포로직 평가결과가 실패인 경우, 배포취소 스크립트(2155)가 수행된 후, 상술한 도 51의 실패메일 송부(2048)가 수행될 수 있다.
- [949] 본 실시예와 달리, 평가결과 메일 전송(2165)은 판독 결과 이상이 발생하는 경우에만 메일을 전송하는 것으로 조건을 설정하는 것도 가능하다. 또한, 본 실시예와 달리, 배포취소 스크립트(2155)가 수행되는 경우, 배포로직을 제거(2170)하는 것 외에 이전 버전의 로직으로 롤백(rollback)하는 것도 가능하다. 또한, 배포취소 스크립트(2155)가 수행되는 경우, 배포로직 모니터링 실험요약(2130) 및/또는 배포로직 평가 결과(250)에 기초하여 주요성능지표의 값이 가장 우수한 버전의 로직으로 롤백하는 것도 가능하다.
- [950]
- [951] 도 53는 실시예에 따른 실험허브의 운영작업을 설정하고 수행하는 예를 개시하는 흐름도이다.
- [952] 상술한 바와 같이, 생성된 실험허브 파일을 업로드할 수 있다(S910). 보다 상세하게는, 실험허브 편집부를 통해 생성된 실험허브 파일이 시스템 운영부에 업로드될 수 있다. 실험허브 파일은 적어도 하나의 모델 타입 변인, 적어도 하나의 로

직타입 변인, 데이터 타입 변인, 변인 값, 주요성능지표 등이 등록된 파일에 해당한다. 도시되지 않았으나, 운영작업의 생성이 이루어지기 전에, 라이선스서비스부(1205)를 통해 사용자의 라이선스 적합유무가 점검될 수 있다.

- [953] 실험허브 운영작업이 생성될 수 있다(S920). 보다 상세하게는, 실험허브에서 사용될 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 데이터 소스가 연결된 후 운영작업이 생성될 수 있다. 예를 들어, 데이터 소스가 연결되는 것은 상술한 배포 로직 모니터링 운영작업의 경우, 최신 소프트웨어 모델과 로직 세트를 가져올 저장소를 특정할 수 있는 정보를 입력하는 것에 해당한다. 여기에서, 저장소를 특정할 수 있는 정보는 실험허브의 변인 값으로 사용될 소프트웨어 모델과 로직 세트를 저장하고 있는 시스템의 접속 정보, 이력관리 저장소의 경로 등을 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 복수의 소프트웨어 모델 및 복수의 로직 세트에 대한 시나리오 조합을 포함하는 실험허브에 대하여 실험 허브 운영작업이 설정될 수 있다.
- [954] 다음으로, 생성된 운영작업의 실행주기 및 작업 간 의존성이 설정될 수 있다(S930). 상술한 바와 같이, 1개의 운영작업에 대하여 적어도 하나의 실행조건이 설정될 수 있다. 실행조건은 주기 조건 및 의존성 조건을 포함할 수 있다. 또한, 운영작업의 실행 전에, 실행 조건의 활성화/비활성화 여부를 설정하는 절차를 추가로 포함할 수 있다. 예를 들어, 실험허브 운영작업은 스크립트 실행 운영작업 또는 메일전송 운영작업이 연계되어 설정될 수 있다.
- [955] 또한, 설정된 실행주기 및 의존성에 따라 운영작업이 수행될 수 있다(S940). 예를 들어, 작업스케줄러 서비스부의 실행지시가 있는 경우, 실험허브 실행부는 실험허브 실행명령을 모델 실행부에 전송할 수 있고, 모델실행부는 실험허브 운영작업에 포함된 시나리오 조합을 실행할 수 있다. 또한, 모델실행부가 종료되는 경우, 시나리오 결과물을 실험허브 실행부가 분석하여 주요성능지표 값을 계산하고, 결과를 정제할 수 있다. 도 52에 도시된 바와 같이, 실험허브 운영작업이 수행되는 경우, 이와 관련된 스크립트 실행 운영작업 및 메일 전송 운영작업이 조건에 따라 수행될 수 있다.
- [956] 운영 작업을 통해 얻은 결과물을 데이터베이스에 업로드할 수 있다(S950). 예를 들어, 생성된 결과물은 생산 계획, 운영 시스템 로그 등을 포함할 수 있다. 또한, 실험허브 운영 작업을 통해 얻은 결과물은 클라이언트 시스템의 사용자 인터페이스 또는 실험허브 분석부를 통해 조회될 수 있다.
- [957]
- [958] 도 45를 참조하여 실험허브 운영작업을 설정하고 수행하는 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [959] 상술한 바와 같이, 실험허브부(140)의 실험허브 편집부(141)는 실험허브 파일을 생성할 수 있다. 상술한 바와 같이, 실험허브는 변인, 주요성능지표, 실험설계, 실험수행 및 데이터베이스 연결정보, 결과 정제 데이터 스키마 및 로직 등을 포함하는 정보의 집합체에 해당한다. 여기에서, 실험 설계는 고정크기 실험 설계 및 반복 실험 설계를 포함할 수 있다. 실험 수행은 실험 설계에 포함된 정보에

기초하여 시나리오를 생성하여 실험허브 파일을 실행한 후 결과물을 출력하는 것에 해당한다.

- [960] 생성된 실험허브 파일은 시스템 운영부(110)의 배포관리서비스부(1215)를 통해 업로드되어 실험허브 저장부(1250)에 저장할 수 있다.
- [961] 작업서비스부(1210)는 실험허브 파일에 기초하여, 실험허브 운영작업을 생성할 수 있다. 또한, 작업서비스부(1210)는 실험허브 운영작업의 실행주기, 실행의 존성과 같은 실행조건을 생성(설정)할 수 있다. 작업스케줄러 서비스부(1230)는 작업서비스부(1210)에서 설정된 실행조건에 따라, 운영작업을 실행시킬 수 있다.
- [962] 작업스케줄러 서비스부(1230)의 명령에 따라, 실험허브 실행부(143)는 실험을 수행할 수 있다. 즉, 실험허브 실행부(143)는 모델 실행부(130)를 통해, 실험허브 파일에 포함된 복수의 시나리오 조합을 실행시킬 수 있다.
- [963] 모델 실행부(130)에서 실행된 실험허브 파일의 결과물은 실험허브부(140)에 전달되고, 실험허브부(140)는 출력파일(1260)로서 실험허브 아웃풋 파일(1266) 및 실험허브 수행에 대한 로그파일(1263)도 함께 생성될 수 있다. 실험허브 아웃풋 파일(1266)은 실험허브 파일이 수행된 결과에 대한 로그 및 복수의 모델에 대한 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다.
- [964] 출력 파일(1260)은 클라이언트 제조공정시스템(100)의 데이터베이스(150)에 업로드될 수 있다. 업로드시에 실험허브 압축 파일(1266) 형태로 업로드하거나, 압축 파일 형태가 아닌 결과 자체를 업로드하는 것도 가능하다. 또한, 출력 파일(1260)은 클라이언트 제조공정시스템(100)에 포함된 조회 인터페이스를 통해 조회하거나, 외부파일서비스부(1220)을 통해 결과물을 제공하여 모델 분석부(1300) 또는 실험허브부(140)의 실험허브 분석부에서 조회할 수 있게 된다.
- [965] 상술한 실험허브 운영작업을 통해, 복수의 시나리오들의 결과물을 조합/가공해서 얻을 수 있는 정보를 쉽게 얻을 수 있다. 이는, 변인 값에 따른 시나리오를 자동으로 생성하고, 병렬 수행하고, 주요성능지표를 산출/병합하는 등 일련의 과정이 자동화되어 있기 때문이다.
- [966]
- [967] 도 54는 실시 예에 따른 디지털 생산계획 정보를 제공하는 방법을 개시하는 흐름도이다.
- [968] 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 수신할 수 있다(S960). 상술한 바와 같이, 모델개발부에서 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 서버관리부를 통해 시스템 운영부에 업로드될 수 있다.
- [969] 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 포함하는 실험허브의 운영작업을 생성할 수 있다(S970). 도 51 및 도 52에서 상술한 바와 같이, 시스템 운영부는 업로드된 실험허브 파일에 기반하여 실험허브 운영작업을 생성할 수 있다. 뿐만 아니라, 실험허브 운영작업의 실행 조건을 생성할 수 있다. 또

한, 운영작업의 수행에 앞서, 설정된 실행 조건의 활성화 또는 비활성화여부를 설정할 수 있다.

- [970] 생성된 운영작업에 따라, 입력데이터를 기반으로, 실험을 수행하여 적어도 하나의 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다(S980). 적어도 하나의 생산 계획 데이터는 수행된 실험의 결과인 실험 요약 및 시나리오 결과를 포함할 수 있다. 또한, 정제 로직이 설정된 경우, 정제 결과가 실험 요약에 포함되어 제공될 수 있다. 실험 요약은 시나리오별 변인 값, 시나리오 실행을 통해 도출된 주요성능지표 값, 실행/종료된 시각, 실행 성공여부, 실행 순번 등을 포함할 수 있다. 또한, 시나리오 결과는 단일 모델을 실행한 결과 데이터, 로그 데이터 등을 포함하는 출력 데이터에 해당할 수 있다.
- [971] 또한, 입력데이터는 클라이언트 제조생산시스템의 상태를 나타내는 데이터로서, 일정한 형식과 내용을 포함한 특정 시점의 데이터에 해당할 수 있다. 상술한 바와 같이, 실험허브부는 모델실행부의 실행 결과를 바탕으로 생산계획 정보, 운영시스템 로그 등을 포함하는 결과물을 생성하여, 클라이언트 시스템의 데이터베이스에 업로드할 수 있다.
- [972]
- [973] 도 29를 참조하여 실험 허브를 포함하는 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [974] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(410), 저장장치(420), 인메모리(430), 프로세서(440), 출력부(450), 및 사용자 인터페이스(460)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치는 클라이언트의 제조생산시스템에 해당할 수 있다.
- [975] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(460)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [976] 입력부(410)는 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 온프레미스 컴퓨팅 시스템으로부터 수신할 수 있다.
- [977] 저장장치(420)는 미리 준비된 기준정보를 저장하거나 수신된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 저장할 수 있다. 저장장치(420)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [978] 인메모리(430)는 위에서 개시한 소프트웨어 모델, 입력데이터, 라이브러리 엔진 세트 및 라이브러리 엔진, 모델 실행부 및 실험허브부를 통해 수행하는 과정에서 얻어진 산물을 저장할 수 있다. 라이브러리 엔진세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다. 실시예의 인메모리(430)는 실험허브 운영작업에 관련된 중간 산출물 및/또는 최종 산출물을 저장할 수 있다.
- [979] 실시예의 프로세서(440)는 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 포함하는 실험허브의 운영작업을 생성할 수 있다. 프로세서(440)는

생성된 운영작업의 실행주기 및 작업간 의존성을 설정할 수 있다. 상술한 바와 같이, 작업서비스부는 실험허브의 운영작업과 관련하여, 스크립트 실행 운영작업 및 메일전송 운영작업 중 적어도 하나를 생성(설정)할 수 있다. 또한, 프로세서(440)는 생성된 운영작업에 따라, 입력데이터를 기반으로, 실험을 수행하여 적어도 하나의 생산 계획 데이터를 얻을 수 있다. 스크립트 실행 운영작업 및 메일전송 운영작업 중 적어도 하나는 실험허브 운영작업의 수행 결과인 실험 요약에 기초하여 수행될 수 있다. 또한, 프로세서(440)는 운영작업을 통해 얻은 결과물을 데이터베이스에 업로드할 수 있다. 이와 관련하여, 상술한 도 51 내지 도 53를 참고하도록 한다.

- [980] 출력부(450)는 설계된 실험의 실행 결과에 따른 생산 계획 데이터를 제공하여 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [981]
- [982] 상술한 바와 같이, 실험허브는 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 로직 세트를 이용해 다양한 실험을 하 위한 필요한 정보 및 실험 결과물을 저장하는 자료의 집합체에 해당한다.
- [983] 실험허브와 관련된 편집, 실행, 분석은 실험허브 사용자 인터페이스를 통해 이루어질 수 있으며, 개시하는 실시예에서는 실험허브 사용자 인터페이스를 통해 실험허브와 관련된 작업을 수행하는 예를 설명한다. 또한, 실험허브 사용자 인터페이스와 관련하여 “버튼”은 소프트웨어 버튼을 의미하며, 사용자 입력을 수신할 수 있는 아이콘을 포함할 수 있다.
- [984]
- [985] 도 55은 실시 예에 따른 실험허브 화면의 예를 개시하는 도면이다.
- [986] 도시된 예에서, 실험허브를 편집 및 실행하기 위한 실험허브 사용자 인터페이스(3110)가 제공될 수 있다. 실험허브 사용자 인터페이스(3110)는 메뉴 영역(3112), 구성요소 영역(3114), 데이터조회 영역(3116), 로그출력 영역(3118) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 도시된 예에서, 실험허브 사용자 인터페이스(3110)는 일 실시예로서, 메뉴 영역은 상단부, 출력영역은 하단부, 구성요소 영역은 좌측부, 데이터 조회 영역은 우측부로 도시되어 있으나, 각각의 영역의 위치는 이에 한정되지 아니한다. 실험허브 사용자 인터페이스(3110)를 통해, 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반한 실험허브 파일 생성, 데이터 조회, 수정 및 편집이 수행될 수 있다.
- [987] 일 실시 예로서, 메뉴 영역(3112)의 메뉴바는 파일(file), 데이터(data), 뷰(view), 플러그인(plugin), 툴(tool) 등을 포함할 수 있으며, 툴바에는 불러오기, 새로 만들기, 저장하기, 단일 실험 실행, 복수 실행 실행 등의 메뉴를 빠른 실행 메뉴로서 표시할 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다.
- [988] 일 실시 예로서, 구성요소 영역(3114)은 실험허브 파일의 설계 및 실행과 관련된 구성요소를 포함할 수 있으며, 실험 설계(design) 및 실험 실행(execution)으로 구분되어 표시될 수 있다. 예를 들어, 실험 설계는 하위 메뉴로 모델(Model), 변인

(Factors), 런아웃풋(RunOutputs), 주요성능지표(KPIs), 실행아웃풋(ExecutionOutputs)을 포함하며, 이에 한정되지 아니한다. 본 실시 예에서는 모델이 변인과 동일한 레벨의 메뉴로 표시되어 있으나, 변인의 하위 메뉴로 모델이 표시되는 것도 가능하다.

[989] 일 실시 예로서, 데이터 조회 영역(3116)은 실험과 관련된 데이터를 표시할 수 있다. 예를 들어, 데이터 조회 영역(3116)은 구성요소 영역에서 선택된 적어도 하나의 항목에 대응되는 데이터(예: 입력 데이터, 출력 데이터)를 표시할 수 있다. 데이터 조회 영역(3116)은 그리드 형태로 표현된 데이터 테이블로 표시될 수 있고, 그래프 형태로 표시되는 것도 가능하다.

[990] 일 실시 예로서, 로그출력 영역(3118)은 실험허브부(140)를 통해 실험이 수행되는 경우, 실험에 포함된 소프트웨어 모델에 기반한 시나리오가 수행되는 경우, 해당 시나리오 또는 모델에 대한 로그를 표시할 수 있다. 예를 들어, 로그출력 영역(3118)은 사용자 설정에 의해, 단일 소프트웨어 모델에 대한 로그를 표시하거나, 복수의 소프트웨어 모델에 대한 로그를 표시할 수 있고, 또는 시나리오에 포함된 일부 변인 및 주요성능지표에 대한 로그만을 표시할 수도 있다. 실험허브 사용자 인터페이스(3110)를 통해 모델타입 변인, 로직타입 변인을 등록하고, 데이터 타입 변인, 변인 값 및 주요성능지표 등을 포함하는 실험의 구성요소 정보를 생성하고, 편집하고 설계하고 수행하는 것을 보다 용이하게 수행할 수 있다.

[991]

[992] 도 56은 실시 예에 따른 실험허브 화면의 파일 생성 및 변인 등록의 예를 개시하는 도면이다.

[993] 도 56의 실시 예는 새로운 실험허브 등록 화면(3120)으로서, 상술한 실험허브 사용자 인터페이스에서 새로 만들기 메뉴에 대한 입력이 수신되는 경우, 제공되는 화면에 해당한다. 또한, 새로운 실험허브 등록 화면(3120)은 상술한 실험허브 사용자 인터페이스(3110)에 오버레이되어 팝업(pop-up)형태로 디스플레이될 수 있다.

[994] 새로운 실험허브 등록 화면(3120)을 통해 새로운 실험허브 파일을 생성하고, 새로운 실험허브 파일에 대한 적어도 하나의 모델타입 및 적어도 하나의 로직타입 변인이 등록될 수 있다. 실험허브 이름(ExpHub Name)에는 새로운 실험허브 파일의 이름을 사용자 입력으로 표시될 수 있고, 실험허브 경로(ExpHub Directory)는 새로운 실험허브 파일이 최초로 생성될 때 실험허브 파일이 저장되는 경로에 해당한다. 본 실시예에서 실험허브 경로는 ".../ExpHub_Dir"의 상대 경로로 지정되어 있으나, 절대 경로로 지정하는 것도 가능하다. 베이스 모델(Base Model)은 모델타입 변인을 등록하는 것으로, 새로운 실험허브 파일에서 사용될 적어도 하나 이상의 소프트웨어 모델이 등록될 수 있다. 모델 프라이빗 경로(Model Private Path)는 로직타입 변인을 등록하는 것으로, 소프트웨어 모델을 실행하기 위한 적어도 1개의 로직 세트가 등록될 수 있다. 모델 UI 어셈블리(Model UI Assembly) 및 모델 UI 구성(Model UI Config)는 소프트웨어 모델에서 사용될 UI를 등록하는 것

으로서, 모델 분석부와 연동할 수 있는 맞춤형(custom) UI를 등록하는 것이 가능하다. 새로운 실험허브 등록 화면(3120)에 포함된 실험허브 이름 및 실험허브 경로는 필수적인 입력요소이며, 이를 제외한 나머지 부분은 사용자 선택에 따라 등록하는 선택적인 입력요소에 해당한다.

[995]

[996] 도 57은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 데이터 테이블 상에서 데이터타입 변인 및 주요성능지표를 생성하는 예를 개시하는 도면이다.

[997] 도 57의 실시 예는 상술한 실험허브 사용자 인터페이스(3110)의 데이터 조회 영역(3116)에서 데이터 타입 변인 및 주요성능지표를 추가하는 예를 나타낸다. 후술하는 신규 변인 등록 및 주요성능지표 등록의 실시예와 달리, 본 실시 예의 경우 데이터 조회 영역(3116)이 활성화된 상태에서 입력 신호가 수신되는 경우, 변인 등록 또는 주요성능지표 등록을 위한 추가 팝업(3132)이 출력될 수 있다. 예를 들어, 데이터 조회 영역(3130)이 활성화된 상태는 데이터 조회 영역(3116)에 마우스 포인트가 위치하는 경우, 데이터 조회 영역(3116) 내에서 마우스 클릭이 있는 경우 등을 포함할 수 있다. 또한, 예를 들어, 입력 신호는 마우스 우클릭, 마우스 더블클릭, 마우스 휠 클릭 등을 포함할 수 있다.

[998] 추가 팝업(3132)은 변인 추가 항목, 주요성능지표 추가 항목 등 실험허브 파일에 사용되는 변인과 관련된 항목을 추가하기 위한 메뉴를 표시할 수 있다. 변인 추가 항목에 대한 입력 신호가 수신되는 경우, 변인 추가 팝업(3134)이 출력될 수 있다. 변인 추가 팝업(3134)은 데이터 조회 영역(3116) 또는 추가 팝업(3132)에 오버레이되어 출력될 수 있다. 변인 추가 팝업(3134)에는 등록 가능한 변인이 표시되고, 변인에 대한 입력 신호가 수신되는 경우, 데이터 조회 영역(3130) 상에 현재 필터 조건에 적합한 열(column)을 타겟 열(target column)으로 하여 변인이 등록되어 출력될 수 있다.

[999] 주요성능지표 추가 항목에 대한 입력 신호가 수신되는 경우, 주요성능지표 추가 팝업(3136)이 출력될 수 있다. 주요성능지표 추가 팝업(3136)은 데이터 조회 영역(3116) 또는 추가 팝업(3132)에 오버레이되어 출력될 수 있다. 주요성능지표 추가 팝업(3136)에는 등록 가능한 주요성능지표가 표시되고, 주요성능지표에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 데이터 조회 영역(3116) 상에 선택된 주요성능지표가 출력될 수 있다. 예를 들어 TotalProductQty의 경우 모델의 출력데이터 중 생산량과 관련된 테이블을 열람 한 후 그리드 하단의 Column 별 합산 값을 주요성능지표로 등록 할 수 있다. 또한, 예를 들어 제품별 평균 사이클타임(Avg.CT)를 기록해둔 정제테이블이 있을 경우 해당 테이블의 필터 조건(KPI_NAME = ""과 타겟 열(Target Column KPI_VALUE)를 특정함으로서 주요성능지표로 등록 할 수 있다.

[1000]

[1001] 도 58은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 모델 데이터 변인을 생성하는 예를 개시하는 도면이다.

- [1002] 도 58의 실시 예는 상술한 실험허브 사용자 인터페이스(3110)에서 신규 변인을 생성하는 예를 나타낸다. 실험허브 사용자 인터페이스(3110)에 포함된 변인 생성 메뉴(미도시)에 대한 입력 신호가 수신되는 경우, 신규 변인 생성 팝업(3140)이 출력될 수 있다. 예를 들어, 상술한 실험허브 사용자 인터페이스(3110)의 구성요소 영역(3114)에 포함된 Factors에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 신규 변인 생성 팝업(3140)이 출력될 수 있다. 예를 들어, Factors에 대한 입력신호는 우클릭, 더블클릭, 호버링 등 다양한 형태의 입력을 포함할 수 있다. 신규 변인 생성 팝업(3140)은 신규 변인에 대하여 이름 기재 영역과, 변인타입 선택 영역을 포함할 수 있다.
- [1003] 변인타입 선택 영역에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 선택가능한 변인타입의 옵션이 출력될 수 있다. 본 실시예에서, 변인타입은 단일 데이터 칸 변인을 나타내는 데이터(Data), 테이블 변인을 나타내는 데이터집합(DataSet), 전역변수(Argument), 전역변수집합(ArgumentSet), 모델(Model), 로직 세트(Dlls)를 포함할 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다. 변인타입 옵션에 포함된 여러 개의 옵션 중 하나를 선택하는 신호가 수신되는 경우, 해당 옵션에 대한 변인이 새롭게 생성될 수 있다.
- [1004]
- [1005] 도 59은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 데이터타입 변인을 생성하는 예를 개시하는 도면이다.
- [1006] 도 59의 실시 예는 상술한 실험허브 사용자 인터페이스(3110)의 데이터 조회 영역(3116)에서 변인 값 편집 화면(3150)에서 단일 데이터를 편집하는 예를 나타낸다. 변인 값 편집 화면(3150)은 타겟 정보 영역(3151), 변인 수준 영역(3153), 수준 표시 영역(3155)을 포함할 수 있다. 도시된 예는 규칙 변인(RULE_FACTOR) 데이터 테이블에서 단일 데이터를 데이터타입 변인으로 등록하는 예에 해당한다.
- [1007] 변인 값 편집 화면(3150)의 일측에 위치한 타겟 편집 아이콘이 선택되는 경우, 타겟 편집 화면(3157)이 변인 값 편집 화면(3150)에 오버레이되어 출력될 수 있다. 타겟 편집 화면(3157)은 데이터 테이블의 종류를 나타내는 메뉴 영역 및 편집 영역을 포함할 수 있다. 본 실시예에서, RULE의 하위 데이터 테이블인 RULE_FACTOR가 선택된 상태에서, RULE_FACTOR 데이터 테이블에 대한 정보가 표시될 수 있다.
- [1008] RULE_FACTOR 데이터 테이블 중 특정 칸(key)에 대하여 선택된 후, select 버튼에 대한 입력이 수신되는 경우, 선택된 칸의 정보가 출력될 수 있다. 본 실시예에서, 테이블 스키마에서 RULE_FACTOR 테이블에 FACTOR_WEIGHT 열(Column)을 타겟으로 하고, 변수 타입은 Double이고, 초기 값은 100인 경우에 단일 데이터인 Key에 대한 정보인 Rule ID는 LotGroupSumOnRFS이고, FACTOR_ID는 LessPrecededLotGrpFst인 정보가 타겟 정보 영역(3151) 상에 출력될 수 있다. 이를 통해, 데이터 테이블 중 단일 칸에 대한 변인 값 입력이 가능하게 된다. 본 실시예

에 도시된 바와 같이 하나의 변인에 대하여 복수의 변인 값이 입력되는 것이 가능하다.

- [1009] 한편, 타겟 정보 영역(3151) 상에서 규칙 변인(RULE_FACTOR) 데이터 테이블에서 변인 가중치(FACTOR_WEIGHT)가 변인 값의 편집 대상이 되어, 변인 수준 영역(3153)에서 선택가능한 복수의 옵션들 중에서 List가 선택된 상태이다. List가 선택된 경우, 사용자 직접 입력에 따라 변인 수준을 지정할 수 있다. 본 실시예에서, “1,2,3,4”로 입력된 바에 따라, 수준 표시 영역(3155)에는 해당 변인 수준이 출력될 수 있다. 이외에도 변인 수준 영역(3153)은 List 외에 Range, Distribution을 선택하는 것도 가능하다. Range는 최소값(min), 최대값(max) 및 증가폭을 설정할 수 있는 유형이고, Distribution은 지정된 분포에서 무작위로 수준 값을 추출하는 유형에 해당한다. 또한, 수준 표시 영역(3155)에 등록된 변인 수준(값)은 추후 실험 설계에서 변인 값으로 사용될 수 있다.

[1010]

- [1011] 도 60은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 데이터타입 변인을 생성하는 예를 개시하는 도면이다.

- [1012] 도 60의 실시 예는 상술한 실험허브 사용자 인터페이스(3110)의 데이터 조회 영역(3116)에서 데이터 테이블 편집 화면(3160)에서 복수의 데이터를 편집하는 예를 나타낸다. 데이터 테이블 편집 화면(3160)은 데이터세트 메뉴 영역(3161), 변경 대상 테이블 영역(3163), 편집 영역(3165)를 포함할 수 있다. 도시된 예는 규칙 변인(RULE_FACTOR) 데이터 테이블의 테이블 자체의 변인 값을 편집하는 예에 해당한다.

- [1013] 데이터세트 메뉴 영역(3161)은 현재 편집 중인 데이터 세트로서 변인 값을 나타내며, 본 실시예에서는 DataSet_1을 편집 중인 경우에 해당한다. 변경 대상 테이블 영역(3163)은 편집 대상이 되는 테이블 변인 값을 나타내는 영역에 해당한다. 변경 대상 테이블 영역(3163)에서 테이블을 추가(add)하기 위한 입력이 수신되는 경우, 테이블 추가 팝업(3167)이 표시될 수 있다. 테이블 추가 팝업(3167)은 편집 대상이 되는 테이블 변인 내역을 포함할 수 있다. 테이블 변인 내역 중 하나에 대한 선택 및 OK 버튼에 대한 입력이 수신되는 경우, 편집 영역(3165)에 테이블 변인 값이 표시될 수 있다.

- [1014] 또한, 테이블 변인 값에서 각각의 행(row)를 기준으로 편집 사항이 있는 경우, 그래픽 효과를 통하여 나타낼 수 있다. 예를 들어, 그래픽 효과는 색상 구분에 해당할 수 있고, 행에 포함된 데이터에 대하여 편집 사항이 있는 경우 노란색으로 표시하고, 행 자체에 대한 삭제가 있는 경우 빨간색으로 표시하고, 행이 추가된 경우에는 초록색으로 표시할 수 있으나, 이는 일 예시일 뿐이며 이러한 예시에 한정되지 아니한다. 이를 통해, 테이블 변인 값 중 편집된 사항에 대하여, 사용자가 빠르게 인식할 수 있게 된다.

[1015]

- [1016] 도 61은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 데이터타입 변인을 생성하는 예를 개시하는 도면이다.
- [1017] 도 61의 실시 예는 상술한 실험허브 사용자 인터페이스(3110)의 데이터 조회 영역(3116)에서 데이터 타입 변인을 등록하는 예를 나타내며, 좌측의 예는 단일 전역변수 등록하는 경우이고 우측의 예는 복수의 전역변수들을 등록하는 경우에 해당한다.
- [1018] 단일 전역변수 편집 화면(3170)은 전역변수 리스트 영역(3172), 타겟 전역변수(3174), 변인 수준 영역(3176), 수준 테이블 영역(3178)을 포함할 수 있다. 도시된 예는 전역변수에 대한 이름을 특정하는 경우에 해당 전역변수에 대한 정보를 등록하게 되는 것으로서, period 전역변수에 대한 정보를 편집하는 예에 해당한다. 예를 들어, 전역변수 리스트(3172)에 포함된 적어도 하나의 전역변수 중 period 전역변수가 선택되는 경우, 타겟 전역변수(3174)에 선택된 period 전역변수가 표시되고 전역변수 타입에 Int가 표시될 수 있다. 또한, 예를 들어, 전역변수 리스트(3174)에 포함된 PlanVer 전역변수가 선택되는 경우, 타겟 전역변수(3174)에 PlanVer가 표시되고, 전역변수 타입에 String이 표시될 수 있다. Period 전역변수는 공정이 이루어지는 기간 또는 생산 계획 구간을 나타낼 수 있다. 또한 상술한 바와 같이, 변인 수준 영역(3176)에서 변인 수준을 조정하기 위한 타입을 결정하여, 변인 수준을 다양하게 설정하는 것이 가능하다. List가 선택된 경우, 사용자 직접 입력에 따라 변인 수준을 지정할 수 있다. 본 실시예에서, 변인 수준 영역(3176)에서 “10,20,30,40”로 입력된 바에 따라, 수준 테이블 영역(3178)에는 해당 변인 수준이 테이블 형태로 출력될 수 있다.
- [1019] 복수 전역변수 편집 화면(3180)은 전역변수 세트 영역(3182), 전역변수 집합 영역(3184)을 포함할 수 있다. 전역변수 세트 영역(3182) 내의 add에 대한 선택을 통해, 전역변수 세트를 추가할 수 있고, 각각의 전역변수 세트에 대하여 선택이 수신되는 경우, 해당 전역변수 세트의 내용이 전역변수 집합 영역(3184)에 출력될 수 있다. 출력된 전역변수 세트에서 각각의 항목에 대한 값은 모델변인이 초기에 등록될 당시의 모델에 설정된 전역변수가 기재될 수 있다. 출력된 복수의 전역변수들 각각에 대하여 변인 값을 수정하는 것이 가능하다. 한편, 전역변수 값에 대한 편집 사항이 있는 경우, 색상 변경과 같은 그래픽 효과를 통하여 수정되었음을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 전역변수 값이 수정되는 경우 노란색으로 하이라이트되고, 전역변수 값이 삭제되는 경우 빨간색으로 하이라이트될 수 있다. 또한, 전역변수 수정사항을 초기화하고자 하는 경우, 전역변수 집합 영역(3184)에 포함된 리셋 버튼(3186)이 선택될 수 있다. 리셋 버튼(3186)이 선택되는 경우, 전체 또는 일부를 선택하는 옵션이 출력될 수 있다. 전체가 선택되는 경우 전체 전역변수의 값이 초기화되고, 일부가 선택되는 경우 전역변수 값들 중 수정사항이 있었던 전역변수(그래픽 효과가 있는 부분)에 대한 값을 초기화하는 것이 가능하다.
- [1020]

- [1021] 도 62은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 모델 타입 변인을 등록하는 예를 개시하는 도면이다.
- [1022] 모델타입 변인 등록 화면(3190)은 등록된 모델 리스트를 출력하는 모델 리스트 영역(3192)을 포함할 수 있다. 도시된 예에서, 등록된 모델 리스트는 **BaseModel**, **Model_02**를 포함할 수 있다. 모델 리스트 영역(3192)은 모델을 추가하기 위한 **Add** 버튼, 모델을 편집하기 위한 **Edit** 버튼, 모델을 제거하기 위한 **Remove** 버튼이 표시될 수 있다. **Add** 버튼에 대한 선택이 수신되는 경우, 모델타입 변인 등록 화면(3190) 상에 추가 옵션(3194)이 오버레이되어 출력될 수 있다. 추가 옵션(3194)은 단일 모델 파일을 지정하여 등록하는 모델 추가, 폴더 안에 포함된 복수의 모델을 등록하는 폴더 추가, 단일(복수)의 압축파일 포함된 모델을 등록하는 압축 파일 추가, 시스템운영부에 동작된 후 압축파일 형태로 저장된 파일로부터 모델을 등록하는 서버 압축파일 추가를 포함할 수 있다.
- [1023] 추가 옵션(3194) 중 모델 추가가 선택되는 경우, 모델타입 변인 등록 화면(3190) 상에 모델 추가 화면(3197)이 오버레이되어 출력될 수 있다. 모델 추가 화면(3197)은 모델을 특정하기 위한 이름을 기재하는 이름 영역, 모델 경로 영역, 모델에 대한 설명을 기재하는 설명 영역을 포함할 수 있다. 또한, 모델 경로는 상대 경로 또는 절대 경로로 설정될 수 있다. 본 실시예에서, 각각의 영역에 대한 데이터가 입력되고 **Ok** 버튼에 대한 선택이 수신되는 경우, 모델 리스트 영역(3192) 상에 추가된 모델인 **Model_03**이 표시될 수 있다. 모델 자체가 변인 값에 해당되어, 모델 추가가 가능하므로 실험허브 내에 포함된 각각의 시나리오에 단일 모델을 적용하는 것이 아닌 다양한 모델을 적용하여 실험을 설계하는 것이 가능해질 수 있다.
- [1024]
- [1025] 도 63은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 로직 타입 변인을 등록하는 예를 개시하는 도면이다.
- [1026] 로직타입 변인 등록 화면(3200)은 등록된 로직 세트를 출력하는 로직 리스트 영역(3202)을 포함할 수 있다. 도시된 예에서, 등록된 로직 세트는 **Dlls_01**을 포함할 수 있다. 로직 리스트 영역(3202)은 로직 세트를 추가하기 위한 **Add** 버튼, 로직 세트를 편집하기 위한 **Edit** 버튼, 로직 세트를 제거하기 위한 **Remove** 버튼이 표시될 수 있다. **Add** 버튼에 대한 선택이 수신되는 경우, 로직타입 변인 등록 화면(3200) 상에 추가 옵션(3204)이 오버레이되어 출력될 수 있다. 추가 옵션(3204)은 로직 파일이 포함된 단일 경로를 입력하는 폴더 추가, 로직 파일이 포함된 복수의 경로를 추가하는 복수 폴더 추가, 로직 파일이 포함된 압축 파일을 단일(복수)로 추가하는 압축파일 추가 등을 포함할 수 있다.
- [1027] 추가 옵션(3204) 중 폴더 추가가 선택되는 경우, 로직타입 변인 등록 화면(3200) 상에 로직 추가 화면(3206)이 오버레이되어 출력될 수 있다. 로직 추가 화면(3206)은 로직을 특정하는 이름을 기재하는 이름 영역, 로직 경로 영역, 로직에 대한 설명을 기재하는 설명 영역을 포함할 수 있다. 또한, 로직 경로는 상대 경로 또

는 절대 경로로 설정될 수 있다. 본 실시예에서, 각각의 영역에 대한 데이터가 입력되고 Ok 버튼에 대한 선택이 수신되는 경우, 조직 리스트 영역(3203) 상에 추가된 로직인 Dlls_02이 표시될 수 있다. 로직 세트의 추가를 통해, 실험허브 내에 포함된 각각의 시나리오의 실행에 있어서 각각의 모델에 로직을 달리하여 실험을 설계하는 것이 가능하다.

[1028]

[1029] 도 64은 실시예에 따른 실험허브 파일의 주요성능지표를 등록하는 예를 개시하는 도면이다.

[1030] 주요성능지표 등록 화면(3210)은 주요성능지표 계산 영역(3212), 주요성능지표 리스트 영역(3214), 주요성능지표 편집 영역(3216) 및 주요성능지표 구성요소 영역(3218)을 포함할 수 있다. 주요성능지표 리스트 영역(3214)에서는 사전에 설정된 함수가 표시될 수 있고, 예를 들어, Math, Data and Time, Text, Conversion, Logical, Logical Date and Time, Table Aggregation, Table, Script 등을 포함할 수 있고, 이에 한정되지 아니한다. 각각의 함수가 선택되는 경우, 하위 레벨의 함수가 추가적으로 표시될 수 있다. 본 실시예의 경우, Table Aggregation가 선택되고, Table Aggregation의 하위 레벨인 Sum이 표시된 경우에 해당한다.

[1031] 주요성능지표 리스트 영역(3214) 상의 함수가 선택되는 경우, 주요성능지표 편집 영역(3216) 상에 함수에 관련하여 입력되어야 하는 사항들이 출력될 수 있다. 본 실시예의 경우, sum이 선택되는 경우, 주요성능지표 편집 영역(3216)에 “Target Table(a) : [] Filter : [] Value Column : []”이 출력될 수 있다. 또한, 입력되어야 할 사항은 구성요소로서 주요성능지표 구성요소 영역(3218)에 출력될 수 있고, 구성요소는 드래그 앤 드롭을 통해 주요성능지표 구성요소 영역(3218)에서 주요성능지표 편집 영역(3216)으로 이동하여 표시될 수 있다. 예를 들어, 구성요소는 RunIndex, LoopIndex, StartTime, EndTime, Inputs, Factors, Outputs, CustomRunOutputs, KPIs, Default, BaseRun, PrevRun 등을 포함할 수 있고 이에 한정되지 아니한다. 각각의 구성요소는 구성요소의 특성에 따라 하위 구성요소가 복수개로 존재할 수 있다. 예를 들어, 본 실시예에 도시된 Outputs.PlanIndex의 경우, Outputs의 하위 레벨에 있는 구성요소에 해당한다.

[1032] 본 실시예의 경우, 구성요소 영역(3218)에 표시된 구성요소를 활용하여 주요성능지표 편집 영역(3216)에 “Target Table(a) : [Outputs.PlanIndex]”는 Target Table을 a로 지칭하고, 출력물에 PLAN_INDEX의 테이블을 이용할 예정이라는 의미에 해당할 수 있다. “Filter : [a.INDEX NAME == ”TOTAL_PROD_QTY” && a.MODULE ID == ”MODULE_PBF”]”는 PLAN_INDEX 테이블에서 INDEX NAME이 TOTAL_PROD_QTY이고 MODULE ID가 MODULE_PBF인 데이터만 적용한다는 의미에 해당할 수 있다. “Value Column : [”PLAN_INDEX”]”는 PLAN_INDEX에 해당하는 column의 값을 더한다는 의미에 해당할 수 있다.

[1033] 기제가 완료된 후 OK 버튼이 선택되면, 편집된 주요성능지표가 주요성능지표 계산 영역(3212) 상에 출력될 수 있다. 예를 들어, 주요성능지표 계산 영역(3212)

에 표시된 내용의 숫자 단위가 클 경우에는, 추가 사용자 입력을 통해 *0.0000001을 추가하여, 숫자를 간소화하는 것이 가능하다. 또한, 주요성능지표 편집은 주요성능지표 리스트 영역(3214)에 포함된 함수 및 주요성능지표 구성요소 영역(3218)에 포함된 구성요소에 대한 선택을 통해 수행되는 것뿐만 아니라, 주요성능지표 편집 영역(3216) 상에 직접 함수 및 구성요소를 입력하여 편집하는 것도 가능하다.

[1034]

[1035] 도 65은 실시 예에 따른 실험허브를 편집하는 방법의 다른 일 예를 개시하는 도면이다.

[1036] 상술한 바와 같이 실험허브는 실험허브 사용자 인터페이스(3110)를 통해 편집될 수 있다. 이 경우, 다운로드된 프로그램 또는 Web UI 상에서 실험허브에 포함된 정보를 편집하는 것이 가능하다. 또한, 실험허브 사용자 인터페이스(3110)를 이용하는 경우, 실험허브 실행부와 연계를 통해 실행 명령을 수행하고 실험이 진행되는 로그데이터를 실시간 출력하는 것도 가능하다.

[1037] 이외에도 실험허브는 명령어 인터페이스(3220)를 통해 편집하는 것이 가능하다. 명령어 인터페이스(3220)를 이용하는 경우에도, 실험허브 실행부와 연계를 통해 실행 명령을 수행하고 실험이 진행되는 로그데이터를 실시간 출력하는 것도 가능하다.

[1038] 일 예로서, 명령어 인터페이스(3220) 상에서, 실험허브 생성을 위한 명령어는 “CreateHub-Path: userpath/HubFolderPath”로 기재할 수 있고, 모델 변인 추가를 위한 명령어는 “AddModelFactor -Name : Model01 -ModelPath : userpath/ModelFolderPath/Model_01.vmodelv”로 기재할 수 있고, 로직 변인 추가를 위한 명령어는 “AddLogicFactor -Name : Logic01 -LogicPath: userpath/LogicFolderPath/ or userpath/LogicFolderPath/Logic_01.zip”로 기재할 수 있다.

[1039] 일 예로서, 실험설계 추가를 위한 명령어는 “AddExpDesign -Name : ExpDesign01 -Type : Fixed or Iterative(Adaptive)”로 기재할 수 있고, 실험 수행을 추가하기 위한 명령어는 “AddExecution -Name : Execution01 -TargetDesign : ExpDesign01”으로 기재할 수 있고, 실험 수행을 수정하기 위한 명령어는 “AddExecution -Name : Execution01 -TargetDesign : ExpDesign01”로 기재할 수 있다.

[1040] 이와 같이, 실험허브 편집은 사용자 인터페이스(3110)를 이용하는 것 외에 직접 명령어를 입력하여 수행하는 것도 가능하다.

[1041]

[1042] 도 66은 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 흐름도이다.

[1043] 클라이언트 제조생산시스템의 실험허브 사용자 인터페이스를 표시할 수 있다 (S1010). 도 1에서 상술한 바와 같이, 실험허브 편집 사용자 인터페이스는 메뉴 영역(3112), 구성요소 영역(3114), 데이터조회 영역(3116), 로그출력 영역(3118) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 도 65에서 상술한 바와 같이, 실험허브에 대한

편집 및 조회는 실험허브 사용자 인터페이스뿐만 아니라 명령어 인터페이스를 통해서도 가능하다.

- [1044] 실험허브 사용자 인터페이스에 대한 제1 사용자 입력에 기반하여 실험허브 파일의 모델타입 변인, 로직타입 변인을 등록할 수 있다(S1020). 제1 사용자 입력은 단일 입력뿐만 아니라 복수의 입력들에 해당할 수 있다. 데이터 타입 변인 및 주요성능지표 중 적어도 하나를 포함하는 구성요소 정보를 생성할 수 있다(S1020). 이와 관련하여, 도 56에서 예시하였다. 실험허브 파일의 모델타입 변인은 새로운 실험허브 파일의 등록 화면에서 등록되는 것이 가능하다. 또한, 도 62에서 상술한 바와 같이, 실험허브 파일의 모델타입 변인은 별도의 모델타입 변인 등록 화면을 통해서 등록되는 것이 가능하다.
- [1045] 실험허브 사용자 인터페이스에 대한 제2 사용자 입력에 기반하여 실험허브 파일의 데이터타입 변인, 변인 값 및 주요성능지표 중 적어도 하나를 포함하는 구성요소 정보를 생성할 수 있다(S1030). 제2 사용자 입력은 단일 입력뿐만 아니라 복수의 입력들에 해당할 수 있다. 보다 상세하게는, 구성요소 정보를 생성하는 것은 단일 데이터 변인, 테이블 변인, 단일 전역변수 변인, 전역변수 집합 변인 및 주요성능지표를 생성하는 것을 포함할 수 있다. 일 예로서, 단일 데이터 변인은 데이터 특정 정보, 변인 타입, 변인 타입의 수준 표시를 통해서 설정될 수 있다. 일 예로서, 단일 전역변수 변인은 타겟 전역변수, 전역변수 타입 및 전역변수 타입의 수준 표시를 통해서 특정될 수 있다. 이와 관련하여, 도 57 내지 77에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.
- [1046] 생성된 등록 정보에 기반하여 편집된 실험허브 파일을 클라이언트 제조생산시스템에 제공할 수 있다(S1040). 편집된 실험허브 파일은 추후 실험 설계 및 실험 수행을 위해 제공될 수 있다.
- [1047]
- [1048] 도 29를 참조하여 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [1049] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(410), 저장장치(420), 인메모리(430), 프로세서(440), 출력부(450), 및 사용자 인터페이스(460)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치는 클라이언트의 제조생산시스템에 해당할 수 있다.
- [1050] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(460)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [1051] 입력부(410)는 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 온프레미스 컴퓨팅 시스템으로부터 수신할 수 있다.

- [1052] 저장장치(420)는 미리 준비된 기준정보를 저장하거나 수신된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 저장할 수 있다. 저장장치(420)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [1053] 인메모리(430)는 위에서 개시한 소프트웨어 모델, 입력데이터, 라이브러리 엔진 세트 및 라이브러리 엔진, 모델 실행부 및 실험허브부를 통해 수행하는 과정에서 얻어진 산물을 저장할 수 있다. 라이브러리 엔진세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다. 실시예의 인메모리(430)는 실험허브 운영작업에 관련된 중간 산출물 및/또는 최종 산출물을 저장할 수 있다.
- [1054] 실시예의 프로세서(440)는 클라이언트 제조생산시스템의 실험허브 사용자 인터페이스를 표시할 수 있다. 도 55에서 상술한 바와 같이, 실험허브 사용자 인터페이스는 메뉴 영역(3112), 구성요소 영역(3114), 데이터조회 영역(3116), 로그출력 영역(3118) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 실시예의 프로세서(440)는 실험허브 편집 사용자 인터페이스에 대한 제1 사용자 입력에 기반하여 실험허브 파일의 모델타입 변인, 로직타입 변인을 등록할 수 있다. 이와 관련하여 상술한 도 56를 참고하도록 한다. 또한, 실시예의 프로세서(440)는 실험허브 사용자 인터페이스에 대한 제2 사용자 입력에 기반하여 데이터 타입 변인, 변인 값 및 주요성능지표 중 적어도 하나를 포함하는 구성요소 정보를 생성할 수 있다. 이와 관련하여, 상술한 70 내지 77을 참고하도록 한다. 또한, 프로세서(440)는 등록된 모델변인 및 로직변인, 생성된 구성요소 정보에 기반하여 편집된 실험허브 파일을 클라이언트 제조생산시스템에 제공할 수 있다.
- [1055] 출력부(450)는 편집된 실험허브 파일을 제공하여 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [1056]
- [1057] 상술한 바와 같이, 실험허브는 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 로직 세트를 이용해 다양한 실험을 하기 위한 필요한 정보 및 실험 결과물을 저장하는 자료의 집합체에 해당한다.
- [1058] 실험허브와 관련된 편집, 실행, 분석은 실험허브 사용자 인터페이스를 통해 이루어질 수 있으며, 개시하는 실시예에서는 실험허브 사용자 인터페이스를 통해 실험허브와 관련된 작업을 수행하는 예를 설명한다. 또한, 실험허브 사용자 인터페이스와 관련하여 “버튼”은 소프트웨어 버튼을 의미하며, 사용자 입력을 수신할 수 있는 아이콘을 포함할 수 있다. 도 55(WISE 편집 UI 기준)에서 상술한 바와 같이, 실험허브 사용자 인터페이스(3110)는 메뉴 영역(3112), 구성요소 영역(3114), 데이터조회 영역(3116), 로그출력 영역(3118) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1059]
- [1060] 도 67은 실시 예에 따른 실험허브에 포함된 시나리오 정제의 예를 개시하는 측면이다.

- [1061] 상술한 바와 같이, 모델개발부(1100)에서 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 개발하지만, 예외적으로 실험허브를 통해 모델 및 로직을 편집할 수 있는 경우에, 정제 로직을 설정할 수 있다. 예를 들어, 예외적인 경우는 모델 개발부를 통해 모델 및 로직에 반영이 어려웠던 구성을 실험 허브 수정을 통해 수정하여 시나리오 데이터를 정제한 결과물을 얻는 경우를 포함한다. 정제 로직은 시나리오별 또는 실험별 설정 가능하며, 본 실시예에서는 시나리오별 정제 로직을 설정하는 예를 설명한다.
- [1062] 도 67은 상술한 실험허브 사용자 인터페이스(3110)의 구성요소 영역(3114)에서 RunOutputs 구성요소 중 하위 메뉴에 RunCustomOutput 그룹이 생성되고, RunCustomOutput 그룹 내에 시나리오 정제 로직의 대상이 되는 RunCustom_01이 생성된 상태에 해당한다. 시나리오 정제 로직의 대상이 되는 RunCustom_01에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 데이터조회 영역(3116)에 시나리오 정제 화면(3230)이 출력될 수 있다.
- [1063] 시나리오 정제 화면(3230)의 일 측에 시나리오 정제에 필요한 메뉴가 출력될 수 있고, schema(3232), OnEndRun(3234) 등이 포함될 수 있다. Schema(3232)는 개별 시나리오에 대한 정제 결과물의 데이터 스키마를 정의하는 사용자 인터페이스에 해당하고, OnEndRun(3234)는 앞서 정의된 데이터 스키마를 따르는 데이터를 만들어서 데이터 컬렉션에 수집하기 위한 형식, 로직 등을 정의하는 사용자 인터페이스에 해당한다. 여기에서, 데이터 스키마는 데이터 컬렉션의 구조 정보에 해당하고, 실제로 데이터가 저장되는 곳은 데이터 컬렉션에 해당한다.
- [1064] Schema 메뉴(3232)에 대한 입력신호가 수신되는 경우, Schema 설정화면(3235)이 출력된다. 본 실시예는 시나리오가 끝날 때마다 시나리오 결과를 정제하여 Lot별 CycleTime을 구한 후 저장하기 위한 데이터 스키마를 편집하는 예에 해당한다. Schema 설정화면(3235)에 데이터 스키마로 LOT_ID, PRODUCT_ID, CYCLE_TIME이 설정될 수 있다. LOT_ID는 작업물 ID로, 키(Key)로 지정될 수 있고, PRODUCT_ID는 제품 ID에 해당하고, CYCLE_TIME은 첫 공정의 시작시각과 마지막 공정의 종료시각의 차이에 해당한다. 데이터 스키마에 대한 속성으로는 DataType, Default Value, Allow Nulls, IsPrimaryKey 등을 포함할 수 있다. DataType은 데이터 스키마의 종류를 나타내고, Default Value는 값이 입력되지 않을 경우 기본적으로 입력되는 값을 나타내고, Allow Nulls는 값을 입력하지 않는 경우에 허용할지 여부를 나타내고, IsPrimaryKey는 데이터 스키마의 키(key)로 사용할지 여부를 나타낸다.
- [1065]
- [1066] 도 68은 실시 예에 따른 실험허브에 포함된 시나리오 정제의 예를 개시하는 화면이다.
- [1067] 본 실시예는 상술한 도 67에 이어서 시나리오별 정제 로직에서 Schema가 설정된 이후, OnEndRun을 설정하는 예를 설명한다. OnEndRun은 시나리오 결과를 정제할 때 앞서 정의한 데이터 스키마를 따르는 데이터를 만들어서 데이터 컬렉션

에 수집하기 위한 형식, 로직, 프로그래밍, 코딩 등을 수행할 수 있는 사용자 인터페이스에 해당한다.

- [1068] OnEndRun 메뉴(3232)에 대한 입력신호가 수신되는 경우, OnEndRun 설정화면(3240)이 출력된다. OnEndRun 설정화면(3240)은 Expression(3248), Functions(3243), Components(3246) 등이 포함될 수 있다. Functions(3243)은 데이터 스키마를 채우기 위하여 제공되는 함수 리스트를 나타내고, Components(3246)은 함수에서 사용될 수 있는 매개변수 목록을 나타내며, 검색창을 통한 매개변수 검색이 가능하다. 또한, Expression(3248)은 데이터 스키마에 따르는 데이터 테이블을 생성하기 위하여 작성되는 코드를 나타내고, LinQPad를 통한 스크립트 실행, Expression(3248) 화면에 직접 C#코딩 수행 등 다양한 방식으로 데이터 생성/출력이 가능하다.
- [1069] 본 실시예에서, Expression(3248) 기재된 'var lot_ids = GetDistinct(Outputs.EqpPlan, "LOT_ID");'는 출력 테이블 "EqpPlan"에서 중복되지 않은 "Lot_ID" 열(column)의 값 목록을 가져오는 것을 의미한다. 'var newData = new List<RunCustom_01>()'는 생성한 스키마 RunCustom_01을 항목으로 하는 Collection(List) 생성을 의미한다. 'foreach(var id in lot_ids) var current_view = GetViewByLotID(Outputs.EqpPlan, id);'는 중복되지 않는 ID 목록을 순차적으로 조회하면서, EqpPlan에서 Lot ID를 키(key)로 하는 View를 생성하는 것을 의미한다. 'var span = Convert.ToSingle(current_view.END_TIME.max() - current_view.START_TIME.min());'은 현재 Lot ID로 특정된 view에서 최대 종료 시각과 최소 시작 시각의 차이를 구하는 것을 의미한다. 'var current_data = new RunCustom_01(){LOT_ID = id, CYCLE_TIME = span, PRODUCT_ID = current_view.PRODUCT_ID};'는 현재 스키마(RunCustom_01)를 따르는 데이터를 생성하고, 생성시 각 변수 값(LOT_ID, CYCLE_TIME, PRODUCT_ID)에 대응되도록 입력하는 것을 의미한다. 'newData.Add(current_data);'는 생성한 Collection(list)에 투입하는 것을 의미한다. 상술한 과정은 foreach 로직에서 lot_ids에 포함된 모든 id에 대하여 반복된다. 또한, 'return newData;'는 모든 foreach 과정이 끝난 후 데이터 컬렉션을 반환/출력하는 과정을 의미한다.
- [1070]
- [1071] 도 69은 실시예에 따른 실험허브에 포함된 실험 정제의 예를 개시하는 도면이다.
- [1072] 본 실시예는, 실험이 수행된 이후 실험 정제를 통해 평균 cycle time을 제공하는 예를 설명한다. 실험허브 사용자 인터페이스(3110)의 구성요소 영역(3114)에서 ExecutionOutputs 구성요소 중 하위 메뉴에 CYCLE_TIME 그룹이 생성되고, CYCLE_TIME 그룹 내에 실험 정제 로직의 대상이 되는 ExecutionCustom_01이 생성된 상태에 해당한다. 실험 정제 로직의 대상이 되는 ExecutionCustom_01에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 데이터조회 영역(3116)에 실험 정제 화면(3250)이 출력될 수 있다.

- [1073] 실험 정제 화면(3250)의 일측에 실험 정제에 필요한 메뉴가 출력될 수 있고, Schema 메뉴(3253), OnEndRun 메뉴(3256), OnEndExecution 메뉴(3259) 등이 포함될 수 있다. Schema(3253)은 실험에 대한 데이터 스키마를 정의하는 사용자 인터페이스에 해당하고, OnEndRun(3256)은 단일 시나리오 종료시마다 정의된 데이터 스키마를 따르는 데이터를 정제하기 위한 코드, 로직, 프로그램 등을 정의하는 사용자 인터페이스에 해당하고, OnEndExecution(3259)는 실험 종료시 실험에 포함된 복수의 시나리오 데이터를 사용하여 데이터를 정제하는 코드를 편집할 수 있는 사용자 인터페이스에 해당한다.
- [1074] Schema 메뉴(3253)에 대한 입력신호가 수신되는 경우, Schema 설정화면(3260)이 출력된다. 본 실시예는 실험 수행 종료마다 사용자지정(Custom) 실험 요약기능을 이용하여 제품 종류별 평균 Cycle time을 구하는 예에 해당한다. Schema 설정화면(3260)에 데이터 스키마로 PRODUCT_ID, AVG_CT가 설정될 수 있다. PRODUCT_ID는 제품 ID로, 키(Key)로 지정될 수 있고, AVG_CT는 제품 종류 별 평균 cycle time에 해당한다. 데이터 스키마에 대한 속성으로는 상술한 시나리오별 정제에서와 동일하게 Data Type, Default Value, Allow Nulls, IsPrimaryKey 등을 포함할 수 있다.
- [1075]
- [1076] 도 70은 실시 예에 따른 실험허브에 포함된 실험 정제의 예를 개시하는 도면이다.
- [1077] 상술한 도 69에서 실험 정제 로직에서 데이터 스키마가 설정된 이후,, 시나리오 정제 기능에서 RunCustom_01을 활용할 수 있도록 OnEndExecution을 설정하는 예를 설명한다. OnEndExecution은 실험이 종료된 이후 실험에 포함된 복수의 시나리오 데이터를 활용하여 정제하는 코드를 편집할 수 있는 사용자 인터페이스에 해당한다.
- [1078] OnEndExecution 메뉴(3259)에 대한 입력 신호가 수신되는 경우, OnEndExecution 설정화면(3270)이 출력된다. OnEndExecution 설정화면(3270)은 Expression(3273), Functions(3276), Components(3279) 등이 포함될 수 있다. Functions(3276)은 코드 편집에 사용되는 함수 리스트를 나타내고, Components(3279)는 함수에서 사용될 수 있는 매개변수 목록을 나타낸다. 또한, Expression(3273)은 코드를 직접 편집할 수 있는 화면을 제공할 수 있다.
- [1079] 본 실시예에서, Expression(3273) 기재된 'var prod_ids = GetDistinct(Outputs.RunCustom_01, "")'는 도 67, 68 예시의 RunCustom_01 정제 출력 테이블에서 중복되지 않은 ""열(column)의 값 목록을 가져오는 것을 의미한다. 'var newData = new List<ExecutionCustom_01>()'는 생성한 스키마 ExecutionCustom_01을 항목으로 하는 Collection(List) 생성을 의미한다. 'foreach(var id in prod_ids) var current_view = GetViewByPRODUCT_ID(Outputs.RunCustom_01, id);'는 중복되지 않는 ID 목록을 순차적으로 조회하면서, RunCustom_01에서 PRODUCT_ID를 키(key)로 하는 View를 생성하는 것을 의미한다. 'var avg_ct = current_view.CYCLE_TIME.averag

e()은 현재 PRODUCT_ID로 특정된 view에서 CYCLE_TIME Column의 평균값을 구하는 것을 의미한다. 'var current_data = new ExecutionCustom_01(){PRODUCT_ID = id, AVG_CT = avg_ct};'는 현재 스키마(ExecutionCustom_01)를 따르는 데이터를 생성하고, 생성시 각 변수 값(PRODUCT_ID, AVG_CT)이 대응되도록 입력하는 것을 의미한다. newData.Add(current_data); 는 생성한 Collection(list)에 투입하는 것을 의미한다. 상기 서술된 과정은 foreach의 로직에서 prod_ids에 포함된 모든 id에 대하여 반복된다. 'return newData;' 는 모든 foreach 과정이 끝난 후 데이터 컬렉션을 반환/출력하는 과정이다.

[1080]

[1081] 도 71은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험설계 편집 예를 개시하는 도면이다.

[1082] 상술한 바와 같이, 실험 설계(Experiment Design)는 실험허브 파일에 등록된 변인 및 주요성능지표 정보를 통해 설계될 수 있다. 실험 설계는 변인 값 및 주요성능지표의 조합을 설정하는 것을 나타내고, 실험 설계는 고정크기 실험 설계 및 반복 실험 설계를 포함할 수 있다. 본 실시예에는 고정크기 실험 설계를 편집하는 예를 설명한다. 도시되지 않았으나, 반복실험 설계를 편집하는 경우에는, 고정크기 실험 설계의 편집 사용자 인터페이스와 별도의 사용자 인터페이스를 통해 수행될 수 있다.

[1083] 본 실시예에는 실험허브 사용자 인터페이스(3110)의 구성요소 영역(3114)에서 Experiment Designs의 구성요소 중 실험 설계 대상이 되는 ExpDesign_01이 생성된 상태에 해당한다. 실험설계 대상이 되는 ExpDesign_01에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 데이터조회 영역(3116)에 실험 설계 화면(3280)이 출력될 수 있다.

[1084] 실험 설계 화면(3280)은 변인설계 영역(3282), 주요성능지표 영역(3284), 설명 영역(3286) 및 설계결과 영역(3288)을 포함할 수 있다. 변인설계 영역(3282)은 해당 실험에서 정의된 변인 목록을 출력하는 영역으로, 변인 이름, 변인 종류, 변인 초기값, 변인값 수, 실험에서 사용할지 여부(select)에 대한 정보를 포함할 수 있다. 주요성능지표 영역(3284)은 실험허브에 정의된 주요성능지표 목록을 포함할 수 있고, 출력된 주요성능지표 목록 중 선택된 주요성능지표에 대하여 실험에서 계산될 수 있다. 설명 영역(3286)은 변인설계 영역(3282)에서 설계되는 실험에 대한 설명을 나타낼 수 있다. 설계결과 영역(3288)은 실험에서 수행될 변인 값의 조합으로 만들어진 시나리오 목록을 출력할 수 있다.

[1085] 변인설계 영역(3282)에서 실험에 포함될 변인에 대한 선택이 완료된 후, 변인설계 영역(3282)의 일측에 위치한 적용(apply) 버튼에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 실험 가능한 모든 조합이 설계결과 영역(3288)에 출력될 수 있다. 본 실시예에서, Factor_05는 모델타입 변인으로서 변인값 수가 2이며, Factor_06은 로직타입 변인으로서 변인값 수가 3이므로, 설계결과 영역(3288)에 6개의 설계 결과가 출력된다. 예를 들어, 설계결과 영역(3288)의 1행인 Factor_05 열(column)에 기재된 BaseModel 및 Factor_06 열(column)에 기재된 BaseDlls은 하나의 시나리오 조합에

해당한다. 또한, 설계결과 영역(3288)에 기재된 복수의 시나리오 조합에 대하여 선택적으로 삭제가 가능하다.

[1086]

[1087] 도 72은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험설계 편집 예를 개시하는 도면이다.

[1088] 본 실시예는 실험 설계 화면(3280)에서 실험 설계에서 사용할 변인을 편집하거나, 실험 설계에 포함된 로직타입 변인을 편집하는 예를 설명한다. 변인설계 영역(3282)은 일측에 설계편집 버튼(3292), 변인편집 버튼(3294), 리셋 버튼(3296)을 포함할 수 있다. 설계편집 버튼(3292)은 특정된 변인에 대한 편집을 수행하기 위한 버튼이고, 변인편집 버튼(3294)는 변인설계 영역(3282)에 나타난 변인 목록에 대한 편집을 수행하기 위한 버튼이고, 리셋 버튼(3296)은 실험허브에 포함된 초기 변인 값으로 초기화하기 위한 버튼에 해당한다.

[1089] 설계편집 버튼(3292)에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 실험설계 화면(3280) 상에 제1 설계편집 팝업(3300)이 출력될 수 있다. 본 실시예에서, 설계편집 버튼(3292)에 대한 입력신호는, 변인설계 영역(3282)의 Factor_06 변인에 대한 데이터 테이블이 특정된 상태에서 수신된 입력에 해당한다. 이때, Factor_06의 변인은 로직타입 변인으로, 출력된 제1 설계편집 팝업(3300)은 로직타입 변인을 편집하기 위한 사용자 인터페이스에 해당한다. 제1 설계편집 팝업(3300)을 통해 Factor_06 변인에 포함된 로직타입 변인 목록을 확인하고, 적용할 로직을 선택하는 것이 가능하다.

[1090] 변인편집 버튼(3296)에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 실험설계 화면(3280) 상에 변인편집 팝업(3305)이 출력될 수 있다. 변인편집 버튼(3296)에 대한 입력신호에 대응하여 출력된 변인편집 팝업(3305)은 선택된 변인(3307) 및 추가가능한 변인(3309)을 포함할 수 있다. 선택된 변인(3307)에는 현재 변인설계 영역(3282)에 출력된 변인 목록이 나타나고, 추가가능한 변인(3309)에는 현재 변인설계 영역(3282)에는 출력되지 않았으나, 추가하여 변인설계 영역(3282)에 출력될 수 있는 변인 목록이 기재될 수 있다. 사용자 선택에 의해, 선택된 변인(3307) 중 일부가 추가가능한 변인(3309)으로 이동되어, 현재 변인설계 영역(3282)에서 출력된 목록에서 제외하는 것이 가능하다. 또한, 사용자 선택에 의해, 추가가능한 변인(3309)에서 일부가 선택된 변인(3307)으로 이동되어, 현재 변인설계 영역(3282)에서 출력된 목록에 추가하는 것이 가능하다.

[1091]

[1092] 도 73은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험설계 편집 예를 개시하는 도면이다.

[1093] 본 실시예는 실험 설계 화면(3280)에서 실험 설계에 포함된 데이터타입 변인을 편집하는 예를 설명한다. 설계편집 버튼(3292)에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 실험설계 화면(3280) 상에 제2 설계편집 팝업(3310)이 출력될 수 있다. 본 실시예에서, 설계편집 버튼(3292)에 대한 입력신호는, 변인설계 영역(3282)의 단일

데이터인 FACTOR_WEIGHT_1이 특정된 상태에서 수신된 입력에 해당한다. 이때, 단일 데이터인 FACTOR_WEIGHT_1은 데이터 타입 변인으로, 출력된 제2 설계편집 팝업(3310)은 데이터타입 변인을 편집하기 위한 사용자 인터페이스에 해당한다. 제2 설계편집 팝업(3310)을 통해, FACTOR_WEIGHT_1 변인에 포함된 데이터 타입 변의 정보를 확인하고 변인 수준, 수준 표시 등을 편집하는 것이 가능하다.

[1094]

[1095] 도 74은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험수행 편집 예를 개시하는 도면이다.

[1096] 본 실시예는 상술한 실시예에서 설정된 실험 설계에 따라 실험을 수행하는 예를 설명한다. 실험허브 사용자 인터페이스(3110)의 구성요소 영역(3114)에서 Executions 구성요소 중 하위 메뉴에 Execution 0, Execution 1, Execution 2, Execution 3 그룹이 생성되고, 복수의 그룹 중 하나의 그룹 내에 실험 수행의 대상이 되는 ExpDesign_01이 생성된 상태에 해당한다. 실험 수행의 대상이 되는 ExpDesign_01에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 데이터조회 영역(3116)에 실험 수행 화면(3320)이 출력될 수 있다.

[1097] 실험 수행 화면(3320)의 일측에 실험 수행에 필요한 메뉴가 출력될 수 있고, 일반 메뉴(3323), 입/출력 메뉴(3326), 데이터베이스 메뉴(3329) 등이 포함될 수 있다. 일반 메뉴(3323)은 실험 수행에 필요한 일반적인 사항을 설정하는 사용자 인터페이스에 해당하고, 입/출력 메뉴(3326)는 실험 수행에 관련된 입력 옵션과 출력 옵션을 설정하는 사용자 인터페이스에 해당하고, 데이터베이스 메뉴(3329)는 실험에서 사용할 데이터를 다운로드하거나, 실험 데이터를 업로드하는 옵션을 설정하는 사용자 인터페이스에 해당한다.

[1098] 일반 메뉴(3323)에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 일반 메뉴 설정화면(3355)이 출력된다. 일반 메뉴 설정화면(3355)은 수행된 실험에 대한 전반적인 내용을 설정하는 화면으로, 설계 옵션(3323), 실행 옵션(3340), 로그 옵션(3350), 수행버튼(3335)을 포함할 수 있다. 설계 옵션(3323)은 수행하게 될 실험 설계를 설정할 수 있다. 본 실시예에서, 도 71에서 상술한 ExpDesign_01 실험 설계가 설정되고, 이에 대한 설명이 설계 설명에 기재될 수 있다. 실행 옵션(3340)은 실험수행에 대한 옵션을 설정하는 것으로, 종료 조건(3343), 병렬 실행 수(3346), 실행기(Executor) 등을 포함할 수 있다. 종료 조건(3343)을 설정하기 위한 버튼에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 실험 수행 화면(3320) 상에 종료조건 설정 팝업(3349)이 출력될 수 있다.

[1099] 종료조건 설정 팝업(3349)은 Expression, Functions, Components 등이 포함될 수 있다. Functions은 제공되는 함수 리스트를 나타내고, Components은 함수에서 사용될 수 있는 매개변수 목록을 나타내며, 검색창을 통한 매개변수 검색이 가능하다. Expression은 종료 조건을 기재하는 영역으로, 본 실시예에서는 Run 수가 50을 넘거나 실행 시각으로부터 1시간이 지나면 종료하는 예시가 기재되어 있다.

병렬 실행 수(3343)는 실험 설계에서 동시에 수행되는 시나리오 개수를 설정할 수 있다.

- [1100] 로그 옵션(3350)은 실험 수행에 따라 표시 또는 기록될 로그를 결정하는 것으로, 모델 로그(Model Log), 변인 로그(Factor Log), 주요성능지표 로그(KPI Log), 수행 로그(Run Log) 등을 포함할 수 있다. 모델 로그는 개별 시나리오 모델의 내부 로그를 표시(기록)하는 것이고, 변인 로그는 변인 값이 적용된 로그를 표시(기록)하는 것이고, 주요성능지표 로그는 주요성능지표가 계산되는 로그를 표시(기록)하는 것이고, 수행 로그는 개별 시나리오를 수행하는 로그(Run ID, 시작/종료 시각)를 표시(기록)하는 것에 해당한다.
- [1101] 상술한 일반 메뉴(3323)에 대한 설정뿐만 아니라, 입/출력 메뉴(3326), 데이터베이스 메뉴(3329)에 대한 설정이 완료된 후, 수행버튼(3335)에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 실험허브 실행부에 실험수행 명령이 전달될 수 있다.
- [1102]
- [1103] 도 75은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험수행 편집 예를 개시하는 도면이다.
- [1104] 본 실시예는 상술한 실험 수행 화면(3320)에서 입/출력 메뉴(3326)를 설정하는 예를 설명한다. 입/출력 메뉴(3326)에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 입/출력 메뉴 설정화면(3360)이 출력된다. 입/출력 메뉴 설정화면(3360)은 실험 수행에 관련된 입력 옵션(3363)과 출력 옵션(3366)을 설정하는 화면에 해당한다.
- [1105] 입력 옵션(3363)은 입력물에 대한 개별 시나리오 수행 후 관련 파일의 삭제 여부가 설정될 수 있다. 데이터 저장 유형은 전체 파일 남김(ALL), 변인에 의해 수정된 테이블 제외 삭제(MODIFIED), 전체 파일 삭제(NONE), 선택 항목 제외 삭제(CUSTOM)을 포함할 수 있다. 또한, 입력 옵션(3363)에 나열된 항목들에 대하여 선택 여부를 결정하고, 데이터 저장 유형이 결정될 수 있다.
- [1106] 출력 옵션(3366)은 출력물에 대한 개별 시나리오 수행 후 관련 파일의 삭제 여부가 설정될 수 있다. 데이터 저장 유형은 전체 파일 남김(ALL), 전체 파일 삭제(NONE), 선택 항목 제외 삭제(CUSTOM)을 포함할 수 있다. 출력 옵션(3366)에 나열된 항목들에 대하여 선택 여부를 결정하고, 데이터 저장 유형이 결정될 수 있다.
- [1107]
- [1108] 도 76은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험수행 편집 예를 개시하는 도면이다.
- [1109] 본 실시예는 상술한 실험 수행 화면(3320)에서 데이터베이스 메뉴(3329)를 설정하는 예를 설명한다. 데이터베이스 메뉴(3329)에 대한 입력 신호가 수신되는 경우, 데이터베이스 설정화면(3370)이 출력된다. 데이터베이스 설정화면(3370)은 실험 수행 시작 전 실험에서 사용할 모델의 입력 데이터를 데이터베이스로부터 가져올지 여부가 설정될 수 있다. 또한, 데이터베이스 설정화면(3370)은 실험

수행 종료 후 실험 데이터 중 어떤 것을 데이터베이스에 업로드할지 여부가 설정될 수 있다.

- [1110] 상술한 일반 메뉴(3323)에 대한 설정 뿐만 아니라, 입/출력 메뉴(3326), 데이터베이스 메뉴(3329)에 대한 설정이 완료된 후, 일반 메뉴 설정화면(3350)에 포함된 수행버튼(3335)에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 실험허브 실행부에 실험수행 명령이 전달될 수 있다. 실험을 병렬로 동시에 수행하기 위해서는 성능이 우수한 프로세서 및/또는 메모리가 요구될 수 있다.
- [1111]
- [1112] 도 77은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험수행 편집 예를 개시하는 도면이다.
- [1113] 본 실시예는 실험허브 사용자 인터페이스(3110)의 메뉴 영역(3112)에 빠른 메뉴로 포함된 동시 병렬 실험을 설정하는 예를 설명한다. 메뉴 영역(3112)에 동시 병렬실험 아이콘(3380)에 대한 입력 신호가 수신되는 경우, 동시 병렬실험 설정 팝업(3385)이 출력될 수 있다.
- [1114] 동시 병렬실험 설정 팝업(3385)는 실험 목록(3391), 병렬 실험 수행 수(3393), 우선순위 조정 메뉴(3395), 실행 버튼(3397) 등의 옵션을 포함할 수 있다. 실험 목록(3391)에는 실험 수행의 대상이 되는 목록이 나열되고, 선택된 실험만 수행되게 설정될 수 있다. 병렬 실험 수행 수(3393)는 동시에 수행된 병렬실험 수가 설정될 수 있다. 우선 순위 조정 메뉴(3395)는 실험 목록에 나열된 목록에 대하여 상단 또는 하단으로 이동을 통해 우선순위가 설정될 수 있다. 또한, 실험 목록(3391), 병렬 실험 수행 수(3393), 우선순위 조정 메뉴(3395)에 대한 설정이 완료된 후, 실행 버튼(3397)에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 동시 병렬실험이 수행될 수 있다. 상술한 도 74에서의 병렬실행 수(3343)는 동시에 실행되는 시나리오 수를 나타내는 반면, 도 77의 병렬실험 수행 수(3393)는 동시에 실행되는 실험 수를 나타내는 차이가 있다.
- [1115]
- [1116] 도 78은 실시 예에 따른 실험허브 파일의 실험수행 결과확인 예를 개시하는 도면이다.
- [1117] 실험수행이 완료된 경우, 실험허브 사용자 인터페이스(3110)의 구성요소 영역(3114)에서 Execution_0그룹의 하위 메뉴에 리포트(Report)가 생성될 수 있다. 실험 결과를 포함하는 리포트에 대한 입력신호가 수신되는 경우, 데이터조회 영역(3116)에 실험분석 리포트 화면(3400)이 출력될 수 있다.
- [1118] 실험분석 리포트 화면(3400)은 자동 갱신 주기 메뉴(3403), 실험 요약 정보(3406), 데이터 조회 메뉴(3409) 등이 포함될 수 있다. 자동 갱신 주기 메뉴(3403)는 실험 결과에 대한 자동 갱신 주기를 설정하기 위한 메뉴로서, 실험이 완료되지 않더라도 실험 진행 도중에 실험 결과를 조회할 수 있으며, 수동 갱신도 가능하다. 실험 요약 정보(3406)는 실험 자체에 대한 요약 정보로서, 실험 수행 시작/종료 시각, 수행 시간, 총 시나리오 수 등을 포함할 수 있다. 데이터 조회 메뉴(3409)는

실험과 관련된 데이터를 제공하며, 수행 순서, 시장/종료 시각, 시나리오 수행 시간, 상태, 주요성능지표 값, 변인 값 등을 포함할 수 있다. 또한, 데이터 조회 메뉴(3409)에 포함된 데이터는 모델 분석부의 그리드(grid) 데이터를 조회하는 기능과 동일하게 제공할 수 있다.

- [1119] 또한, 도시되지 않았으나, 실험허브 사용자 인터페이스(3110)의 메뉴 영역(3112)은 불러오기(Import) 메뉴 및 내보내기(Export) 메뉴를 포함한다. 불러오기(Import) 및 내보내기(Export) 메뉴를 통해 실험허브와 관련된 다양한 형태의 데이터를 선택된 파일 형식(예: 엑셀, 텍스트 파일 등)으로 불러오거나, 선택된 파일 형식으로 추출되어 내보낼 수 있다.
- [1120]
- [1121] 도 79은 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 흐름도이다.
- [1122] 클라이언트 제조생산시스템의 실험허브 사용자 인터페이스를 표시할 수 있다(S1110). 상술한 바와 같이, 실험허브 사용자 인터페이스는 메뉴 영역(3112), 구성요소 영역(3114), 데이터조회 영역(3116), 로그출력 영역(3118) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1123] 실험허브 사용자 인터페이스에 대한 사용자 입력에 기반하여, 실험 정제, 실험 설계 및 실험 수행 중 적어도 하나를 실행할 수 있다(S1120). 도 67 내지 도 70에서 상술한 바와 같이, 사용자 입력을 통해, 시나리오별 또는 실험별 정제가 수행될 수 있으며, 이는 필수적인 절차에 해당하는 것은 아니다. 도 71 내지 도 73에서 상술한 바와 같이, 고정크기 실험 설계에서 사용되는 변인을 추가 및 삭제, 로직타입 변인, 데이터타입 변인에 대한 편집이 가능하다. 도시되지 않았으나, 반복 실험 설계에 대하여 고정크기 실험 설계와 동일하게 편집이 수행될 수 있다. 도 74 내지 도 76에서 상술한 바와 같이, 실험 수행과 관련하여 일반 메뉴(3323), 입/출력 메뉴(3326), 데이터베이스 메뉴(3329)를 통해 실험 수행과 관련된 옵션을 편집할 수 있다. 또한, 도 77에서 상술한 바와 같이, 동시 병렬 실험 수행이 수행될 수 있다.
- [1124] 수행된 실험 정제, 실험 설계 및 실험 수행 중 적어도 하나의 결과를 실험허브 사용자 인터페이스를 통해 클라이언트 제조생산시스템에 제공할 수 있다(S1130). 도 78에서 상술한 바와 같이, 실험 수행이 완료된 경우, 실험 결과가 리포트로 제공될 수 있다.
- [1125] 도 29를 참조하여 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [1126] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(410), 저장장치(420), 인메모리(430), 프로세서(440), 출력부(450), 및 사용자 인터페이스(460)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치는 클라이언트의 제조생산시스템에 해당할 수 있다.

- [1127] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(460)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [1128] 입력부(410)는 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 온프레미스 컴퓨팅 시스템으로부터 수신할 수 있다.
- [1129] 저장장치(420)는 미리 준비된 기준정보를 저장하거나 수신된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 저장할 수 있다. 저장장치(420)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [1130] 인메모리(430)는 위에서 개시한 소프트웨어 모델, 입력데이터, 라이브러리 엔진 세트 및 라이브러리 엔진, 모델 실행부 및 실험허브부를 통해 수행하는 과정에서 얻어진 산물을 저장할 수 있다. 라이브러리 엔진세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다. 실시예의 인메모리(430)는 실험허브 운영작업에 관련된 중간 산출물 및/또는 최종 산출물을 저장할 수 있다.
- [1131] 실시예의 프로세서(440)는 클라이언트 제조생산시스템의 실험허브 사용자 인터페이스를 표시할 수 있다. 상술한 바와 같이, 실험허브 편집 사용자 인터페이스는 메뉴 영역(3112), 구성요소 영역(3114), 데이터조회 영역(3116), 로그출력 영역(3118) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 실시예의 프로세서(440)는 실험허브 사용자 인터페이스에 대한 사용자 입력에 기반하여, 실험 정제, 실험 설계 및 실험 수행 중 적어도 하나를 실행할 수 있다. 시나리오별 또는 실험별 정제에 대한 예시는 상술한 도 67 내지 도 70에서, 실험 설계에 대한 예시는 도 71 내지 도 73에서, 실험 수행에 대한 예시는 상술한 도 74 내지 도 77에서 각각 예시하였다. 또한, 프로세서(440)는 수행된 실험 정제, 실험 설계 및 실험 수행 중 적어도 하나의 결과를 실험허브 사용자 인터페이스를 통해 클라이언트 제조생산시스템에 제공할 수 있다. 실험 결과 리포트와 관련하여 상술한 도 78에서 예시하였다.
- [1132]
- [1133] 도 80는 실시예에 따른 수리최적화 모형 기반 모델에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 도면이다.
- [1134] 도시한 예에서 온프레미스 컴퓨팅 시스템(1000)의 모델 개발부(1100)와 모델 실행부(1400)는 수리최적화 모델에 기반한 제조생산시스템의 생산계획 수립을 위한 프레임워크를 제공한다. 일 실시예에서, 제조생산시스템의 생산계획은 세밀도에 따라 플래닝(Planning)과 스케줄링(Scheduling) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1135] 이 경우, 플래닝은 넓은 범위의 생산 계획으로, 예를 들어, 공장 단위의 생산 계획 범위로 구성될 수 있다. 또한, 플래닝은 제조생산시스템 내부에서 자재의 흐름, 원자재의 투입, 조립, 재고 관리 및 설비의 수행 능력 중 적어도 하나를 고려하여, 생산 계획의 달성 가능 여부, 사이트(site) 자원 분배 및 공장 투입 계획 중 적어도 하나를 산출할 수 있다. 또한, 스케줄링은 좁은 범위의 생산 계획으로, 설

비 라인(line) 단위의 생산 계획 범위로 구성될 수 있다. 또한, 스케줄링은 제조생산시스템 내부의 자재의 흐름, 원자재의 투입, 조립, 재고 관리 및 설비의 수행 능력, 설비의 작업 순서 및 설비의 동작 특성 중 적어도 하나를 고려하여, 설비 단위의 작업 계획을 산출할 수 있다. 본 개시에 따르면, 수리최적화를 이용하여 플래닝 및 스케줄링 중 적어도 하나의 과정에서 목표를 가장 잘 달성하는 생산 계획을 획득할 수 있다.

- [1136] 일 실시 예에서, 모델 개발부(1100)는 수리모형 및 솔버 설정부(4001) 및 데이터 입력 로직 설정부(4002) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1137] 수리모형 및 솔버 설정부(4001)는 사용자 입력에 따른 수리모형 설계 정보 및 솔버(solver) 정보 중 적어도 하나를 획득할 수 있다. 일 실시 예에서, 수리모형 설계 정보는 제조생산시스템에 대한 문제 타입, 목적 함수, 제약식 및 사용자 정의(user defined) 수리모형 설계 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 여기서, 문제 타입은 제조생산시스템에 대해 해결하고자 하는 문제의 유형을 나타낼 수 있다. 즉, 문제 타입에 따라 수리최적화 모형 기반 모델의 출력값의 형태가 결정될 수 있다. 또한, 문제 타입은 사용자에게 의해 선택될 수 있는 문제 구조의 자유도를 낮추는 대신 추가적인 결과 정보를 제공하기 위해 사용될 수 있다. 일 실시 예에서, 문제 타입에 따라 추가 정보가 입력될 수 있다.
- [1138] 예를 들어, 문제 타입이 사이트 분배(site allocation)인 경우, 각 수요(demand) 별 각 사이트의 가중치 또는 우선순위 정보와 마지막 버퍼(buffer) 정보가 입력될 수 있다. 이 때, 마지막 페이스(phase)의 목적 함수가 BOM에 들어가는 흐름량 최대화로 고정될 수 있다. 또한, 각 수요의 각 생산 사이트별 생산 계획이 추가적으로 제공될 수 있다. 여기서, BOM은 버퍼와 버퍼 사이의 연결 관계를 나타낼 수 있다.
- [1139] 또한, 다른 예를 들어, 문제 타입이 바틀넥(bottleneck) 감지인 경우, 대상이 되는 기계가 입력될 수 있다. 이 때, 마지막 페이스의 목적 함수가 추가되는 기계 용량 및 생산능력(capacity) 최대화, 제거되는 기계 용량 최소화로 제한될 수 있다. 또한, 수요의 쇼트(short)량을 0으로 하는 제약식이 추가될 수 있다. 또한, 기계의 수요를 모두 만들기 위한 최소 추가 용량 또는 수요를 모두 만들기 위한 최대 차감 용량 정보가 추가적으로 제공될 수 있다.
- [1140] 일 실시 예에서, 목적 함수는 최적화하고자 하는 함수를 나타낼 수 있다. 일 실시 예에서, 각 페이스마다 사용되는 목적 함수의 종류와 관련 정보(페이스(phase), 가중치(weight), 슬랙(slack), 필터(filter))가 입력될 수 있다. 예를 들어, 목적 함수의 종류는 납기 기한(due date)까지의 수요 충족 양 최대화, 최대 후행생산 가능일(max lateness date)까지의 수요 충족 양 최대화, 납기 기한까지의 생산량 최대화, 최대 후행생산 가능일까지의 생산량 최대화, 추가되는 기계 생산능력(capa) 최대화, 제거되는 기계 생산능력 최소화, BOM에 들어가는 흐름량 최대화 및 WIP 최소화 등 다양한 종류를 포함할 수 있다.

- [1141] 또한, 페이스는 목적 함수가 사용되는 페이스 값을 나타낼 수 있다. 일 실시 예에서, 페이스는 수리최적화 모형에 포함된 목적 함수를 이용하여 최적화를 수행하는 회차를 나타낼 수 있다. 가중치는 입력된 목적 함수가 가중합 목적 함수로 사용될 때 해당 가중치 값을 나타낼 수 있다. 슬랙은 목적 함수가 사용된 페이스 이후부터 목적함수 수준유지 제약을 적용할 때 목적함수 수준에 허용되는 여유 비율을 나타낼 수 있다. 필터는 변수 필터와 목적함수 필터를 포함할 수 있다. 이 경우, 특정 목적 함수는 목적 함수를 구현하기 위해 추가 변수 도입이 필요할 수 있다. 이 때, 변수 필터의 경우, 도입될 변수는 이미 정해져 있지만 사용자에게 의해 변수 필터가 사용되어 도입될 변수 중 일부 변수가 제거될 수 있다. 목적함수 필터의 경우, 목적 함수의 구성 변수 중 어떤 변수를 남기고 어떤 변수를 제거할 지를 나타낼 수 있다.
- [1142] 일 실시 예에서, 제약식은 문제에 존재하는 제약(조건)을 나타낼 수 있다. 일 실시 예에서, 사용할 제약식의 종류와 관련 정보(예: 우변 상수, 필터)가 입력될 수 있다. 예를 들어, 제약식의 종류는 시간 구간 별 최대 셋업(setup) 횟수 제한, 최대 버퍼 레벨(buffer level) 제한, 최대 버퍼 투입량 제한 등 다양한 제약식을 포함할 수 있다. 우변 상수의 경우, 제약식의 우변상수 값이 지정될 수 있다. 필터는 변수 필터와 제약식 필터를 포함할 수 있다. 변수 필터의 경우, 특정 제약식은 제약식을 구현하기 위해 추가 변수 도입이 필요할 수 있다. 이 때, 도입될 변수는 이미 정해져 있지만 사용자에게 의해 변수 필터가 사용되어 도입될 변수 중 일부 변수가 제거될 수 있다. 제약식 필터의 경우, 제약식 집합 중 어떤 제약식을 남기고 어떤 제약식을 제거할지 나타낼 수 있다.
- [1143] 일 실시 예에서, 사용자 정의 수리모형 설계 정보는 사용자에게 의해 설정되는 결정 변수, 제약식 및 목적함수를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 사용자 정의 수리모형 설계 정보는 사용자에게 의해 코딩될 수 있다. 일 실시 예에서, 사용자 정의 결정변수의 경우, 변수 이름, 변수 값의 범위, 정수 변수 여부, 이진 변수 여부 및 값을 저장할지 여부가 설정될 수 있다. 또한, 사용자 정의 제약식의 경우, 좌변 변수 이름과 해당하는 변수의 계수, 제약식 타입, 우변상수 값이 지정될 수 있다. 또한, 사용자 정의 목적함수의 경우, 목적 함수에 사용되는 변수 이름과 해당하는 변수 계수, 최대화 또는 최소화 여부, 페이스, 가중치, 슬랙이 지정될 수 있다. 이 때, 사용자 정의 변수뿐만 아니라, 기본 변수 및 목적 함수와 제약식 추가 시 생기는 변수도 사용될 수 있다.
- [1144] 또한, 솔버 정보는 솔버 및 지정된 솔버에 대한 솔버 파라미터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 솔버는 수리최적화 모형을 푸는 소프트웨어를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 솔버는 수리최적화 모형에 대한 문제에 따라 사용자에게 의해 지정될 수 있다. 예를 들어, 주어진 문제가 선형계획 모형인 경우와 혼합정수계획 모형인 경우 각각에 대하여 솔버가 따로 지정될 수 있다. 또한, 솔버 파라미터는 솔버가 수리최적화 모형을 풀 때 사용하는 솔버의 파라미터를 포함할 수 있다. 예를 들어, 솔버 파라미터는 솔버가 수리최적화 모형을 풀 때 사

용하는 알고리즘, 수치 오류 허용범위, 혼합정수계획 모형의 해의 요구되는 최적성을 나타내는 MIP 갭(gap) 등 다양한 파라미터를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 사용자에게 의해 선택된 솔버별 파라미터 기본값이 설정될 수 있다.

- [1145] 데이터 입력 로직 설정부(4002)는 제조생산시스템의 기준 정보를 수리최적화 모형 기반 모델에서 사용하는 데이터 형태로 변환하는 데이터 입력 로직을 생성할 수 있다. 이 경우, 해당 수리최적화 모형 기반 모델에서 사용되는 데이터 형태는 미리 지정될 수 있다.
- [1146] 일 실시 예에서, 모델 개발부(1100)의 수리모형 및 솔버 설정부(4001)에 의해 설정된 수리모형 설계 정보 및 솔버(solver) 정보, 데이터 입력 로직 생성부(4002)에 의해 설정된 데이터 입력 로직 중 하나는 모델 실행부(1400)로 전달될 수 있다.
- [1147] 일 실시 예에서, 모델 개발부(1100)에 의해 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트가 모델 실행부(1400)로 전달될 수 있다. 일 실시 예에서, 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 수리최적화 모형을 생성하는 로직, 수리최적화 모형의 결과값을 산출하는 로직, 수리최적화 모형 기반 모델을 생성하는 로직 및 수리최적화 모형 기반 모델을 이용하여 생산 계획 데이터를 산출하는 로직 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1148] 일 실시 예에서, 모델 실행부(1400)는 수리모형 설계 정보, 솔버 정보 및 데이터 입력 로직 중 적어도 하나를 이용하여, 제조생산시스템의 기준 정보를 포함하는 입력 데이터에 기반한 생산계획 최적해를 산출할 수 있다.
- [1149] 일 실시 예에서, 모델 실행부(1400)는 데이터 획득부(4003), 최적화 엔진 실행부(4004) 및 최적화 결과 생성부(4005) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1150] 데이터 획득부(4003)는 클라이언트 제조생산시스템(100)으로부터 제조생산시스템의 기준 정보를 포함하는 입력 데이터를 획득할 수 있다. 일 실시 예에서, 기준 정보를 포함하는 입력 데이터는, 공정 흐름 정보(BOP, Bill of Process), 공정 단계(step) 정보, 기계 정보, 수요 정보(demand), 시간 이산화 정보, 작업 중인 작업물 수량정보(WIP), 시간에 따라 변하는 정보, 기 수립된 계획 정보 및 문제 타입별 추가적인 입력 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1151] 예를 들어, 공정 단계 정보는, 더미 공정처리 여부, 해당 공정 단계를 처리할 수 있는 기계, 단위 작업물 기계 처리시간, 수율 정보(Yield) 및 공정 시간 정보(TAT) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 수요 정보는 수요 양, 수요 납기 기한, 최대 후행 생산일 및 최대 선행 생산일 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1152] 시간 이산화 정보는 시간의 흐름을 이산적인 시점의 변화로 모형화하는 과정에서 사용되는 이산적인 시점에 대한 정보를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 시간 이산화 정보는 특정 기간 동안의 계획 구간에 포함된 적어도 하나의 타임 버킷(Time Bucket, TB)을 포함할 수 있다. 이 경우, 본 개시에 따르면 수리최적화 모형에서는 시간 간격을 일정하지 않게 모형화할 수 있다.
- [1153] 작업 중인 작업물 수량정보는 작업물이 언제 어느 버퍼에 얼마나 투입되는지에 대한 정보를 나타낼 수 있다.

- [1154] 시간에 따라 변하는 정보는 생산 능력(capacity), BOM 가용성(availability) 및 어레인지 가용성(arrange availability) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 여기서, 생산 능력은 기계의 생산능력 최대 소진율의 시간에 따른 변화를 나타낼 수 있다. 일 실시 예에서, 생산 능력은 적어도 하나의 타임 버킷(time bucket) 길이에 따라 결정될 수 있다. 이 경우, 적어도 하나의 타임 버킷은 서로 다른 길이를 가진 가변 타임 버킷을 포함할 수 있다. 예를 들어, 생산능력 최대 소진율이 0.9이고, 타임 버킷(time bucket) 길이가 1,000초인 경우, 기계의 용량은 900초일 수 있다. BOM 가용성은 특정 공정에 작업물을 투입할 수 있는지 여부의 시간에 따른 변화를 나타낼 수 있다. 어레인지 가용성은 특정 기계에서 특정 공정이 가능한지 여부의 시간에 따른 변화를 나타낼 수 있다. 기 수립된 계획정보는 작업물이 어느 기간동안 어떤 기계에서 최소 얼마만큼 처리되어야 하는지에 대한 정보를 반영할 수 있다.
- [1155] 최적화 엔진 실행부(4004)는 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 기준 정보를 포함하는 입력 데이터, 수리모형 설계 정보 및 사용자 정의 수리모형 설계 정보 중 적어도 하나를 이용하여 수리 모형화를 수행하여 수리최적화 모형을 생성할 수 있다. 일 실시 예에서, 수리최적화 모형은 입력 데이터에 기반한 결정 변수, 목적 함수 및 제약식 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 결정 변수는 문제에서 아직 모르는 것, 즉, 결과적으로 산출하고자 하는 변수를 나타낼 수 있다.
- [1156] 또한, 최적화 엔진 실행부(4004)는 솔버(solver)를 이용하여 입력 데이터에 기반하여 수리최적화 모형의 해를 구하여 생산계획 최적해를 산출할 수 있다. 즉, 최적화 엔진 실행부(4004)는 솔버를 실행시켜 수리최적화 모형을 풀어 생산계획 최적해를 산출할 수 있다. 일 실시 예에서, 생산계획 최적해는 수리최적화 모형의 결과값을 포함할 수 있다. 이에 대한 자세한 내용은 아래에서 설명된다.
- [1157] 최적화 결과 생성부(4005)는 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 수리최적화 모형 기반 모델을 생성할 수 있다. 또한, 최적화 결과 생성부(4005)는 수리최적화 모형 기반 모델에 기반하여 수리최적화 모형의 결과값을 이용하여 제조생산시스템의 생산 계획 데이터를 생성할 수 있다. 일 실시 예에서, 최적화 결과 생성부(4005)는 제조생산시스템의 생산 계획 데이터 및 수리최적화 모형의 결과값 중 적어도 하나를 포함하는 수리최적화 모형 기반 모델의 출력값을 저장할 수 있다. 일 실시 예에서, 생산 계획 데이터는 기간별 투입 및 산출 계획, 수요 생산량 정보, 기계 사용 정보 및 문제 타입 별 추가 결과 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 기간별 투입 및 산출 계획은 타임 버킷(TB)별 각 버퍼의 입력(in)/출력(out)량 및 타임 버킷별 각 아이템의 단계(step)별 투입량을 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 생산 계획 데이터는 시간 이산화 정보에 포함된 적어도 하나의 각 타임 버킷별 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다.
- [1158] 수요 생산량 정보는 각 수요의 납기 기한까지의 생산량 및 각 수요의 최대 후행 생산 가능일까지의 생산량을 포함할 수 있다. 기계 사용 정보는 타임 버킷별 각

기계의 가용 생산 능력 및 어떤 단계에 얼마만큼의 생산 능력을 사용했는지를 나타내는 타임 버킷별 각 기계의 생산능력 사용 이력을 포함할 수 있다. 문제 타임별 추가 결과는 수요의 각 생산 사이트별 생산 계획을 나타내는 사이트 분배, 기계의 수요를 모두 만들기 위한 최소 추가 생산 능력과 수요를 모두 만들기 위한 최대 차감 생산 능력 및 생산 능력이 가장 적게 남은 기계 또는 공정을 나타내는 바틀넥을 포함할 수 있다.

[1159] 일 실시 예에서, 수리최적화 모형의 결과값은 수리모형 쌍대 값 및 사용자 정의 변수 값 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 수리모형 쌍대 값(dual value)은 제약식의 쌍대 값을 나타낼 수 있다. 사용자 정의 변수 값은 사용자 정의 변수 중 값을 저장하기로 정한 변수의 이름과 그 값을 포함할 수 있다.

[1160] 또한, 본 개시에 따르면, 수리최적화 모형에 대한 모형화 방식을 이용하여, 가중합 목적 함수 및 계층적 최적화의 두 가지 다목적 함수 최적화 방식을 제공하고, 가변 타임 버킷(Time bucket)을 지원하며, 필터, 사용자 정의(user defined) 변수, 사용자 정의 제약식, 사용자 정의 목적 함수의 기능을 지원하여 모형화의 자유도를 확보할 수 있다. 또한, 본 개시에 따르면, 수리최적화 모형의 모형화 과정과 풀이 과정을 분리하여 풀이 과정에서 적합한 솔버(solver)를 선택할 수 있다.

[1161] 일 실시 예에서, 생산 계획 데이터는 기준 정보에 따라 클라이언트 제조생산시스템에 제공될 수 있다. 또한, 일 실시 예에서, 생산 계획 데이터는 클라이언트 제조생산시스템에 생산 계획 데이터를 제공하기 위한 기초 정보로 사용될 수 있다.

[1162]

[1163] 도 81은 실시 예에 따른 가변 타임 버킷 사용의 예를 개시하는 도면이다.

[1164] 도시한 예에서, 수리최적화 모형의 제약식은 서로 다른 길이를 갖는 적어도 하나의 가변 타임 버킷에 기반하여 설정될 수 있다. 즉, 본 개시에 따른 수리최적화 모형은 제조생산시스템에서의 시간의 흐름을 이산적인 시점의 변화로 모형화할 수 있다.

[1165] 일 실시 예에서, 수리최적화 모형의 제약식은 각 시점에서의 제조생산시스템 상태를 나타내는 제약식 및 서로 다른 시점들 간 제조생산시스템 상태의 관계를 나타내는 제약식 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 여기서, 각 시점에서의 제조생산시스템 상태는 각 시점에 버퍼에 존재하는 작업물의 양, 각 시점에 버퍼를 떠나 공정에 투입되는 작업물의 양 및 각 시점에 공정에서 산출되어 버퍼에 진입하는 작업물의 양 중 적어도 하나를 나타낼 수 있다. 또한, 서로 다른 시점들 간 제조생산시스템 상태의 관계는 특정 시점 T에 대상 공정에 투입된 작업물이 사전 정의된 공정 시간 정보(TAT)를 바탕으로 연속된 적어도 하나의 타임 버킷(TB)을 지나거나 지나지 않고 특정 시점 T 이후의 어떤 시점(T')에 대상 공정에서 산출되는 것을 나타낼 수 있다. 일 실시 예에서, 공정 시간 정보의 값이 0인 경우, 타임 버킷을 지나지 않고 해당 시점에 대상 공정에서 산출될 수 있다.

[1166] 예를 들어, 수리최적화 모형의 제약식은 (시점 1의 제조생산시스템 상태를 나타내는 제약식) + (시점 2의 제조생산시스템 상태를 나타내는 제약식) + ... + (시

점 1의 제조생산시스템 상태와 시점 2의 제조생산시스템 상태의 관계를 나타내는 제약식) + (시점 1의 제조생산시스템 상태와 시점 3의 제조생산시스템 상태의 관계를 나타내는 제약식) + ... + (시점 i의 제조생산시스템 상태와 시점 j의 제조생산시스템 상태의 관계를 나타내는 제약식)으로 산출될 수 있다.

- [1167] 이 경우, 각 시간 간격을 타임 버킷(TB)이라 하며, 동일한 타임 버킷에서 발생하는 이벤트는 모두 동시에 발생하는 이벤트로 간주될 수 있다. 이에 따라, 타임 버킷 길이가 짧아질수록 수리최적화 모형의 세밀도가 높아지고, 복잡도가 높아질 수 있다. 따라서, 제1 시점과 제2 시점 간 간격에 해당하는 타임 버킷의 길이를 제3 시점과 제4 시점 간 간격에 해당하는 타임 버킷의 길이보다 짧게 설정함으로써 필요한 부분의 세밀도만 높일 수 있다. 예를 들어, 시점 2와 시점 1 간 타임 버킷(TB1)은 시점 5와 시점 4 간 타임 버킷(TB4)보다 짧게 설정될 수 있다. 일 실시 예에서, 하나의 페이스에서 모든 타임 버킷에 대한 최적화가 동시에 수행될 수 있다.
- [1168] 일 실시 예에서, 계획 시점에서 가까운 시점의 타임 버킷 길이를 임계값보다 짧게 설정하여 계획의 세밀도를 높일 수 있다. 또한, 계획 시점에서 먼 시점의 타임 버킷 길이를 임계값보다 길게 설정하여 문제의 복잡도를 낮출 수 있다. 일 실시 예에서, 계획 시점에 따른 세밀도를 조정하여 해당 계획 시점에 따른 타임 버킷의 개수가 조정될 수 있다. 예를 들어, 시간의 흐름에 따라 1월(Jan)에 해당하는 31개의 타임 버킷(TB1 내지 TB31)이 일(Day) 단위로 설정되고, 2월(Feb)에 해당하는 4개의 타임 버킷(TB32 내지 TB35)이 주(Week) 단위로 설정되며, 3월(Mar)에 해당하는 1개의 타임 버킷(TB36)이 월(Month) 단위로 설정될 수 있다.
- [1169] 이후, 각 모델 실행에서 선행 시점부터 각 가변 타임 버킷에 대한 최적화를 순차적으로 수행하면, 가장 짧은 길이로 각 타임 버킷에 대한 최적화 결과값(예: 생산 계획)을 산출할 수 있다.
- [1170] 예를 들어, 첫번째 모델 실행에서, 순차적으로 선행 시점에 대응하는 가장 짧은 길이(Day)를 갖는 적어도 하나의 타임 버킷(예: TB1 내지 TB15)에 대한 최적화를 수행하여 해당 타임 버킷(즉, TB1 내지 TB15)에 대한 생산 계획(F1)을 고정시킬 수 있다. 즉, 첫번째 모델 실행 시 1월 1일부터 3월 말까지의 계획 구간을 나눈 타임 버킷들(TB1 내지 TB36)에 대하여, 시간 이산화 정보에 따라 각 타임 버킷별 생산 계획 데이터를 산출하고, 1월 1일부터 1월 15일까지(TB1 내지 TB15)의 생산 계획(F1)을 고정하여 따로 저장할 수 있다. 일 실시 예에서, 타임 버킷의 번호는 모델 실행 시마다 변경되거나 재할당될 수 있다. 즉, 도면에서 개시된 타임 버킷의 번호, 예를 들어, TB 1 내지 TB 36은 첫번째 모델 실행에 사용되는 타임 버킷 번호를 나타낼 수 있다.
- [1171] 이후, 두번째 모델 실행에서, 고정된 생산 계획(F1) 이후의 시점부터 다시 할당된 각 가변 타임 버킷 중 가장 짧은 길이(Day)를 갖는 적어도 하나의 타임 버킷에 대한 최적화를 수행하여 해당 타임 버킷에 대한 생산 계획(F2)을 고정시킬 수 있다. 예를 들어, 1월 16일부터 3월 말까지의 계획 구간을 나눈 타임 버킷들에 대해

- 여, 시간 이산화 정보에 따라 각 타임 버킷별 생산 계획 데이터를 산출하고, 1월 16일부터 1월 31일까지의 생산 계획을 고정하여 따로 저장할 수 있다.
- [1172] 이후, 세번째 모델 실행에서, 고정된 생산 계획(F2) 이후의 시점부터 다시 할당된 각 가변 타임 버킷 중 가장 짧은 길이(Day)를 갖는 적어도 하나의 타임 버킷에 대한 최적화를 수행하여 해당 타임 버킷에 대한 생산 계획(미도시)을 고정시킬 수 있다. 예를 들어, 2월 1일부터 3월 말까지의 계획 구간을 나눈 타임 버킷들에 대하여, 시간 이산화 정보에 따라 각 타임 버킷별 생산 계획 데이터를 산출하고, 다음 계획 고정 구간까지 생산 계획을 고정하여 따로 저장할 수 있다.
- [1173] 이와 같은 과정을 반복함으로써, 각 타임 버킷에 대하여 가장 짧은 길이를 가진 상태에서의 최적화를 수행하여 결과값을 산출할 수 있다. 즉, 최적화가 수행되는 타임 버킷의 길이를 가장 짧게 설정하여 세밀도가 높아지고, 나머지 타임 버킷의 길이를 상대적으로 길게 설정함으로써 복잡도를 낮출 수 있다.
- [1174]
- [1175] 도 82은 실시 예에 따른 수리최적화 모형 기반 모델 실행의 예를 개시하는 흐름도이다.
- [1176] 제조생산시스템의 입력 데이터, 수리모형 설계 정보, 솔버 정보 및 실행 설정 정보 중 적어도 하나를 획득한다(S4101). 각 정보에 대한 상세한 예시는 상술한 내용을 참고한다.
- [1177] 수리최적화 모형의 제약식 및 결정 변수를 설정한다(S4102). 일 실시 예에서, 수리최적화 모형의 기본 제약식, 추가 제약식 및 사용자 정의 제약식 중 적어도 하나를 설정하고, 기본 결정 변수, 추가 결정 변수 및 사용자 정의 결정 변수 중 적어도 하나를 설정할 수 있다.
- [1178] 수리최적화 모형의 목적함수 수준유지 제약을 설정한다(S4103). 일 실시 예에서, 목적함수 수준유지 제약은 이후 페이스의 최적화에서 목적 함수의 수준을 최적화 근방에서 유지하기 위한 제약을 포함할 수 있다.
- [1179] 수리 최적화 모형의 목적 함수를 설정한다(S4104). 일 실시 예에서, 입력 데이터, 제약식, 결정 변수 및 목적함수 수준유지 제약 중 적어도 하나에 기반하여 목적 함수를 설정할 수 있다.
- [1180] 솔버를 실행하여 설정된 목적 함수, 제약식 및 결정 변수를 포함하는 수리최적화 모형의 해를 산출한다(S4105). 일 실시 예에서, 솔버는 솔버 정보에 포함된 솔버 종류 및 솔버 파라미터에 기반하여 설정될 수 있다. 일 실시 예에서, 수리최적화 모형의 해를 산출하는 것은 솔버를 이용하여 수리최적화 모형을 푸는 과정을 포함할 수 있다.
- [1181] 솔버 실행 로그를 출력한다(S4106). 일 실시 예에서, 솔버 실행 로그는 솔버 실행 시간, 최적성 상태 등 솔버 실행과 관련된 다양한 로그를 포함할 수 있다.
- [1182] 수리최적화 모형 기반 모델의 실행에 대한 남은 페이스가 존재하는지 여부를 판단한다(S4107). 일 실시 예에서, 남은 페이스가 존재하는 경우, S4108 단계로

진행할 수 있다. 일 실시 예에서, 남은 페이스가 존재하지 않는 경우, S4109 단계로 진행할 수 있다.

- [1183] 남은 페이스가 존재하는 경우, 해당 페이스에 대한 목적함수 수준유지 정보를 저장한다(S4108). 일 실시 예에서, 저장 후 다음 페이스에서 S4103 단계의 목적함수 수준유지 제약을 설정하거나 S4104 단계의 목적 함수를 설정할 수 있다. 일 실시 예에서, 목적함수 수준유지 정보는 해당 페이스까지의 목적함수 수준유지 제약에 대한 정보를 포함할 수 있다.
- [1184] 남은 페이스가 존재하지 않는 경우, 해당 페이스에 대한 수리최적화 모형의 결과값을 출력한다(S4109). 일 실시 예에서, 출력된 수리최적화 모형으로부터 솔버가 구한 변수의 값을 제조생산시스템의 입력 데이터에 기반한 의미에 맞는 형태로 저장할 수 있다.
- [1185] 일 실시 예에서, 본 개시에 따른 단계들 중 일부는 생략될 수 있고, 적어도 하나의 단계는 순차적으로, 역순으로 또는 병렬적으로 수행될 수 있다. 예를 들어, S4103, S4106 단계는 생략될 수 있다.
- [1186]
- [1187] 도 83은 실시 예에 따른 수리최적화 모형 기반 모델 실행의 예를 개시하는 도면이다.
- [1188] 도시한 예에서, 수리최적화 모형 기반 모델을 이용하여 계층적 최적화를 수행할 수 있다. 일 실시 예에서, 목표로 하는 최적해에 포함된 수요(demand)는 오더(order) 타입과 포캐스트(forecast) 타입의 두 종류로 구성될 수 있다. 이 경우, 오더 타입의 수요는 이미 들어온 주문 기록을 나타내며, 포캐스트 타입의 수요는 예상되는 가상 주문 기록을 나타낼 수 있다.
- [1189] 일 실시 예에서, 오더 타입의 수요의 중요도가 포캐스트 타입의 수요의 중요도보다 큰 경우, 오더 타입의 수요의 오더 수요 쇼트(demand short)량을 최대한 감소시키고, 오더 수요 쇼트량을 최대한 감소시킨 상태에서 포캐스트 타입의 수요의 포캐스트 수요 쇼트량을 감소시킬 수 있다.
- [1190] 일 실시 예에서, 수요에 대한 납기일은 납기 기한(due date)과 최대 후행생산 가능일(max lateness date)의 두 종류로 구성될 수 있다. 이 경우, 최대 후행생산 가능일은 제품이 생산되어야 하는 납기 기한을 기준으로, 최대 허용 지연 날짜를 나타낼 수 있다. 즉, 최대 후행생산 가능일은 제품이 제때 제공되지 않을 경우의 최대 허용 지연 날짜를 나타낼 수 있다. 따라서, 수요 타입에 따라 4가지, 즉, 오더 타입의 납기 기한과 최대 후행생산 가능일 및 포캐스트 타입의 납기 기한과 최대 후행생산 가능일의 수요에 대한 결정 변수가 설정될 수 있다.
- [1191] 일 실시 예에서, 최대 후행생산 가능일 이후에는 납기를 할 수 없기 때문에, 각 수요의 최대 후행생산 가능일까지의 생산량을 최대한 증가시키고, 최대 후행생산 가능일까지의 생산량을 최대한 증가시킨 상태에서 납기 기한까지의 생산량을 최대한 증가시킬 수 있다.

- [1192] 일 실시 예에서, 수리최적화 모형에 기반하여 오더 수요 쇼트량을 최소화하고, 오더 수요 납기기한 생산량을 최대화하고, 포캐스트 수요 쇼트량을 최소화하고, 포캐스트 수요 납기기한 생산량을 최대화할 수 있다.
- [1193] 이 경우, 수리최적화 모형 기반 모델을 이용한 계층적 최적화가 수행될 수 있다. 일 실시 예에서, 수요에 대한 계층적 최적화는 오더 수요 쇼트량을 최소화하고, 오더 수요 온듀데이트(on due date) 생산량을 최대화하고, 포캐스트 수요 쇼트량을 최소화하고, 포캐스트 수요 온듀데이트 생산량을 최대화할 수 있다.
- [1194] 여기서, 쇼트량은 수요량(demand quantity(qty))과 최대 후행생산 가능일에 대한 생산량의 차이를 나타내고, 온듀데이트 생산량은 납기 기한에 대한 생산량과 최대 선행생산 가능일(max earliness date)에 대한 생산량의 차이를 나타낼 수 있다. 이 때, 최대 선행생산 가능일은 제품을 고객에게 제공할 수 있는 가장 이른 날짜를 나타낼 수 있다. 즉, 최대 선행생산 가능일은 제품을 고객이 필요로 하는 날짜보다 지나치게 일찍 제공하지 않도록 하는 기준일을 나타낼 수 있다.
- [1195] 일 실시 예에서, 제 1 페이스에서, 제약식 및 결정 변수를 추가하고, 수요에 대한 오더 쇼트 생산량을 최소화하기 위한 제 1 목적 함수를 설정할 수 있다. 이후, 제 1 목적 함수에 기반한 수리최적화 모형에 대한 최적화를 수행하여 오더 쇼트 생산량의 최적해를 산출할 수 있다. 또한, 제 1 목적 함수에 대한 목적함수 수준 유지 제약을 추가할 수 있다. 이 경우, 가능한 다수의 최적화 후보해 집합에서 목적함수 수준유지 제약에 위반되는 적어도 하나의 제 1 후보해가 제외될 수 있다. 예를 들어, 오더 쇼트 생산량의 최소화에 대한 최적해가 12,000인 경우, “오더 쇼트 생산량이 13,000 이하”라는 목적함수 수준유지 제약이 추가될 수 있다. 이에 따라, 다수의 최적화 후보해 집합에서 오더 쇼트 생산량이 14,000인 후보해들은 제외될 수 있다.
- [1196] 또한, 제 2 페이스에서, 수요에 대한 오더 수요 온듀데이트 생산량을 최대화하기 위한 제 2 목적 함수를 설정할 수 있다. 이후, 제 2 목적 함수에 기반한 수리최적화 모형에 대한 최적화를 수행하여 오더 수요 온듀데이트 생산량의 최적해를 산출할 수 있다. 또한, 제 2 목적함수에 대한 목적함수 수준유지 제약을 추가할 수 있다. 이 경우, 제 1 후보해가 제외된 다수의 최적화 후보해 집합에서 목적함수 수준유지 제약에 위반되는 적어도 하나의 제 2 후보해가 제외될 수 있다. 예를 들어, 오더 수요 온듀데이트 생산량의 최대화에 대한 최적해가 10,000인 경우, “오더 수요 온듀데이트 생산량이 11,000 이하”라는 제약이 추가될 수 있다. 이에 따라, 제 1 후보해가 제외된 다수의 최적화 후보해 집합에서 오더 수요 온듀데이트 생산량이 12,000인 후보해들은 제외될 수 있다.
- [1197] 또한, 제 3 페이스에서, 수요에 대한 포캐스트 쇼트 생산량을 최소화하기 위한 제 3 목적 함수를 설정할 수 있다. 이후, 제 3 목적 함수에 기반한 수리최적화 모형에 대한 최적화를 수행하여 포캐스트 쇼트 생산량의 최적해를 산출할 수 있다. 또한, 제 3 목적 함수에 대한 목적함수 수준유지 제약을 추가할 수 있다. 이 경우, 제 1 후보해와 제 2 후보해가 제외된 다수의 최적화 후보해 집합에서 목적

함수 수준유지 제약에 위반되는 적어도 하나의 제 3 후보해가 제외될 수 있다. 예를 들어, 포캐스트 쇼트 생산량의 최소화에 대한 최적해가 70,000인 경우, “포캐스트 쇼트 생산량이 75,000 이하”라는 목적함수 수준유지 제약이 추가될 수 있다. 이에 따라, 다수의 최적화 후보해 집합에서 포캐스트 쇼트 생산량이 80,000인 후보해들은 제외될 수 있다.

[1198] 또한, 제 4 페이스에서, 수요에 대한 포캐스트 수요 온듀데이트 생산량을 최대화하기 위한 제 4 목적 함수를 설정할 수 있다. 이후, 제 4 목적 함수에 기반한 수리최적화 모형에 대한 최적화를 수행하여 포캐스트 수요 온듀데이트 생산량의 최적해를 산출할 수 있다. 예를 들어, 포캐스트 수요 온듀데이트 생산량의 최대화에 대한 최적해가 68,000인 경우, 제 1 후보해 내지 제 3 후보해가 제외된 다수의 최적화 후보해 집합에서 포캐스트 수요 온듀데이트 생산량이 68,000인 후보해가 제 4 목적 함수에 기반한 수리최적화 모형의 최종적인 최적해로 산출되며, 최적해에 기반하여 수리최적화 모형 기반 모델의 출력값이 산출될 수 있다.

[1199]

[1200] 도 84는 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 흐름도이다.

[1201] 클라이언트 제조생산시스템의 기준 정보를 포함하는 입력 데이터를 획득한다(S4110). 일 실시 예에서, 미리 설정된 데이터 입력 로직에 기반하여, 상기 입력 데이터를 상기 수리최적화 모형 기반 모델에서 사용되는 데이터 형태로 변환할 수 있다. 이에 대하여는 도 80에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.

[1202] 미리 설정된 솔버(solver)를 이용하여 상기 입력 데이터에 기반한 수리최적화 모형 기반 모델을 실행한다(S4111). 일 실시 예에서, 수리최적화 모형 기반 모델은, 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 입력 데이터에 기반한 결정 변수, 목적 함수 및 제약식 중 적어도 하나를 포함하는 수리최적화 모형을 이용하여 생성될 수 있다. 일 실시 예에서, 입력 데이터에 기반하여, 제약식에 따라 목적 함수를 최대화 또는 최소화하는 결정 변수 값을 산출하는 수리최적화 모형 기반 모델을 실행할 수 있다. 일 실시 예에서, S4111 단계 이전에, 수리최적화 모형 기반 모델의 종류에 대응하는 솔버 및 솔버에 대한 솔버 파라미터를 설정할 수 있다. 이에 대하여는 도 80 내지 83에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.

[1203] 실행된 수리최적화 모형 기반 모델의 출력값에 포함되는 생산 계획 데이터를 제공한다(S4112). 일 실시 예에서, 수리최적화 모형 기반 모델의 출력값에 포함되는 제조생산시스템의 생산 계획 데이터 및 수리최적화 모형의 결과값 중 적어도 하나를 제공할 수 있다. 이에 대하여는 도 80 내지 83에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.

[1204]

[1205] 도 8을 참조하여 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.

- [1206] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(310), 저장장치(320), 인메모리(330), 프로세서(340), 출력부(350), 및 사용자인터페이스(360)를 포함할 수 있다.
- [1207] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(360)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [1208] 입력부(310)는 제조생산시스템의 입력 데이터, 수리모형 설계 정보, 솔버 정보 및 데이터 입력 로직 중 적어도 하나를 획득할 수 있다. 저장장치(320)는 입력부(310)가 수신한 입력 데이터, 수리모형 설계 정보, 솔버 정보 및 데이터 입력 로직 중 적어도 하나를 저장장치(320)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(320)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 인메모리(330)는 위에서 개시한 수리최적화 모델에 대한 최적화를 수행한 결과값을 저장할 수 있다. 일 실시예에서, 인메모리(330)는 제조생산시스템의 생산 계획 데이터 및 수리최적화 모형의 결과값 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1209] 실시예의 프로세서(340)는 클라이언트 제조생산시스템의 기준 정보를 포함하는 입력 데이터를 획득하고, 미리 설정된 솔버(solver)를 이용하여 입력 데이터에 기반한 수리최적화 모형 기반 모델을 실행하고, 실행된 수리최적화 모형 기반 모델의 출력값에 포함되는 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 상술한 설명을 참조한다.
- [1210] 프로세서(340)는 사용자인터페이스(360)의 사용자의 요청에 따라 소프트웨어 모델 및 로직세트를 개발할 수 있다. 또한, 프로세서(340)는 개발된 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 테스트 및 사전 실행하여 생산 계획 데이터를 얻을 수 있다. 그리고 프로세서(340)는 사용자의 요청에 따라 생산 계획 데이터를 생성하는 소프트웨어모델 및 로직을 분석하거나 테스트한 결과를 사용자인터페이스(360)를 통해 사용자에게 제공할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 상술한 설명을 참조한다.
- [1211] 출력부(350)는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 분석 결과 데이터 및 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 실험을 수행한 결과 데이터를 제공하여 로컬 환경 및 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [1212]
- [1213]
- [1214] 상술한 바와 같이, 시스템운영부(110)는 업로드된 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 운영 작업을 생성하고 운영 작업을 수행하기 위한 조건들을 설정할 수 있다. 시스템운영부(110)는 다양한 서비스를 포함하는 서비스부(1260), 이력관리 저장부(1270)을 포함할 수 있다.
- [1215] 서비스부(1260)는 라이선스서비스부(license service)(1205), 작업서비스부(job service)(1210), 배포관리서비스부(deploy management service)(1215), 외부파일서비스부(outfile service)(1220), 작업스케줄러서비스부(job scheduler service)(1230) 등

을 포함할 수 있다. 작업스케줄러 서비스(job scheduler service)(1230)는 작업서비스부(1210)에서 편집된 운영작업을 실행조건에 따라 실행시키는 파트에 해당할 수 있다.

- [1216] 또한, 시스템운영부(110)의 작업서비스부(1210)를 통해 운영작업이 생성될 수 있다. 이때, 운영 작업은 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 실행(운영)하는데 필요한 작업에 해당한다. 운영 작업(job type)은 전자메일 보내기, 프로그램 실행, 모델 실행의 3가지를 포함할 수 있고, 이외에도 사용자의 설정 또는 시스템 설정에 따라 실험허브(experiment hub) 실행, 동적운동을 위한 작업 등 다양한 실행작업이 추가될 수 있다. 또한, 운영작업은 작업스케줄러 서비스부(1205)가 실행하는 작업의 단위에 해당할 수 있다.
- [1217] 또한, 작업서비스부(1210)는 운영작업에 대한 실행조건(trigger)를 설정할 수 있다. 여기에서, 실행조건(trigger)는 실행주기, 운영작업 간 의존성 등에 해당한다. 즉, 운영작업은 실행을 위한 작업단위를 의미하고, 실행조건은 운영작업의 실행주기 및 의존성과 같은 세부 조건을 의미할 수 있다. 운영작업에 대하여 적어도 하나이상의 실행조건이 생성될 수 있고, 제1 실행조건에 대하여 적어도 하나 이상의 제2실행조건이 생성되는 것도 가능하다. 설정된 실행조건은 시스템운영부에 저장될 수 있다.
- [1218] 한편, 제조생산시스템에서 보다 좋은 품질의 생산계획 결과를 도출하기 위해서는 동적 정책 운용(Dynamic Policy Management)가 수행될 수 있다. 여기에서, 정책(Policy)는 제조생산시스템의 시뮬레이션을 통해 얻어지는 생산 계획 결과에 영향을 줄 수 있는 제조생산시스템에서의 의사결정 방식을 나타내고, 의사결정 방식을 결정하기 위한 매개변수(값, 수치) 및 의사결정 구조(가중합, 가중치 정렬)가 포함될 수 있다. 예를 들어, 정책은 디스패칭 에이전트, 컴패어 에이전트(Compare agent) 등을 포함할 수 있다. 컴패어 에이전트는 다양한 상황(PegPart 선택, BOM 선택, WIP 선택, 설비교체 그룹 선택, 생산 역량 bucket 선택, 배치 선택, 경로 선택, BOP 선택, 투입 설비 선택 등)에서의 대안 정책을 선택하는 방식에 해당한다. 정책에 포함되는 데이터의 종류는 정책을 결정하는 매개변수 및 의사결정 구조에 해당한다. 제조생산시스템에서 좋은 생산계획 및 일정을 수립하는 것은 가상 시뮬레이션을 통해 좋은 정책을 찾아내는 것에 해당한다. 또한, 좋은 정책을 찾아내기 위해서는 반복 시행착오가 필요하며, 이를 통해 성능지표가 개선되는 방향으로 정책이 변경/학습될 수 있다. 이하에서는 복수의 시나리오를 통해 반복 시행착오를 겪고 그 시행착오로부터 피드백 루프를 만들어 의사결정에 관여하는 정책을 개선하는 예시를 실험허브 운영작업을 통해 설명하도록 한다.
- [1219]
- [1220] 도 85은 실시 예에 따른 시스템운영부에서 동적 정책 운용을 위한 운영 작업을 설정하는 예를 개시하는 도면이다.
- [1221] 보다 상세하게는, 도 85은 동적 정책 운용을 위한 실험허브를 기반으로 운영작업 및 운영작업의 실행조건(trigger)을 설정하는 일 예를 도시한 도면이다.

- [1222] 상술한 바와 같이, 작업서비스부(1210)를 통해 운영작업 및 운영작업에 대한 실행조건이 설정될 수 있다. 운영작업의 실행조건은 개발된 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 실행과 관련된 운영작업들이 실행되기 위한 조건에 해당한다.
- [1223] 도시된 바와 같이, 실험허브의 실행과 관련하여, 정책 최적화 실험허브 운영작업(3420) 및 정책 평가 실험허브 운영작업(3430)이 작업서비스부(1210)에 의해 생성될 수 있다. 정책 최적화 실험허브 운영작업(3420)은 주기적 실행조건인 최적화 트리거(3422)에 의해 주기적으로 정책을 학습할 수 있다. 이때, 최적화 트리거(3422)의 의존성 조건인 학습 정책 선택 트리거(3425)가 복수의 소프트웨어 모델들에서 최적의 정책을 선택하는 학습 정책 선택 스크립트(Learning Policy Selection script) 작업(3427)을 수행할 수 있다. 정책 평가 실험허브 운영작업(3430)은 정책 평가 트리거(3432)에 의해 학습된 정책들에 대하여 여러가지 소프트웨어 모델로 평가한 결과를 주기적으로 제공한다. 이때, 정책 평가 트리거(3432)는 학습 정책 트리거(3425)에 의존성 조건으로 연결되어 학습 정책 선택 스크립트 작업이 완료된 후 정책 평가 실험허브 운영작업(3430)을 실행할 수 있다.
- [1224] 일 예로서, 정책 최적화 실험허브 운영작업(3420)은 반복 실험 설계를 통한 실험 허브에 해당하고, 정책 평가 실험허브 운영작업(3430)은 고정크기 실험 설계를 통한 실험 허브에 해당한다.
- [1225] 상술한 바와 같이, 운영작업에 대하여 적어도 하나의 실행조건이 설정될 수 있다. 예를 들어, 실행조건은 주기조건, 의존성조건 등을 포함할 수 있다. 또한, 복수의 실행조건들 사이에서도 주기조건 또는 의존성 조건이 설정될 수 있다. 예를 들어, 제1 실행조건에 대하여 적어도 하나의 제2 실행조건이 설정될 수 있다. 한편, 제1 실행조건에 대하여 제2 실행조건이 설정되지 않고, 제1 실행조건에서 종료되는 것으로 설정되는 것도 가능하다. 또한, 실행조건이 설정되어 있더라도, 실제로 실행조건을 실행할지 여부가 매개변수로 포함되어 있다. 일 예로서, 실행조건 설정뿐만 아니라 실행조건이 활성화/비활성화 여부를 설정하는 절차를 추가로 포함할 수 있다.
- [1226] 예를 들어, 정책 최적화 실험허브 운영작업(3420)에 주기 조건 또는 의존성 조건이 설정되어 있더라도, 각각의 실행조건의 활성화/비활성화여부를 먼저 결정한 후에 실행이 이루어지게 할 수 있다. 본 실시예에서 각각의 주기 조건 및 의존성 조건에 대하여 활성화/비활성화여부가 먼저 결정된 후 실행될 수 있다.
- [1227] 실시 예에서, 정책 최적화 실험허브 운영작업(3420)은 최적화/학습 트리거(3422)가 1주일마다 실행되는 주기조건이 작업서비스부(1210)(도 45 참조)에 의해 설정될 수 있다. 최적화/학습 트리거(3422)는 정책 매개변수를 최적화하기 위하여 시나리오 산출물을 최적화하고 학습하기 위한 실행 조건에 해당하고, 최적화 작업 및 학습 작업을 실행하게 하는 역할을 한다. 또한, 최적화/학습 트리거(3422)가 성공적인 경우, 의존성 조건으로 학습 정책 선택 트리거(3425)가 동작하도록 설정될 수 있다. 학습 정책 선택 트리거(3425)는 복수의 정책들 중 하나의 정책을 선택하기 위한 실행 조건에 해당한다. 또한, 학습 정책 선택 트리거(3425)에 의

해, 학습 정책 선택 스크립트(learning policy selection script) 작업(3427)이 수행될 수 있다.

[1228] 다른 실시예에서, 정책 평가 실험허브 운영작업(3430)이 매일 실행되는 주기 조건인 평가 트리거(3432)가 작업서비스부(1210)에 의해 동작하도록 설정될 수 있다. 평가 트리거(3432)는 최적화/학습 트리거(3422) 및 선택 필터 트리거(3425)의 결과물인 정책과 사용자에게 의해 선정된 적어도 하나의 정책을 평가하기 위한 실행 조건에 해당하고, 각각의 트리거에 대응하는 작업을 실행하게 하는 역할을 한다. 또한, 정책 평가 실험허브 작업(3430)이 성공적인 경우, 의존성 조건으로 평가 정책 선택 트리거(3435)가 설정될 수 있다. 평가 정책 선택 트리거(3435)는 평가 트리거(3432)의 결과물 중 하나의 정책을 선택하는 작업에 해당한다. 이 경우, 평가 정책 선택 트리거(3435)에 의해, 평가 정책 선택 스크립트 작업(3437)이 수행될 수 있다. 또한, 평가 정책 선택 스크립트 작업(3437)이 성공적인 경우, 의존성 조건으로 업데이트 트리거(3440)가 설정될 수 있다. 이 경우, 업데이트 트리거(3440)에 의해, 업데이트 스크립트 작업(3442)이 수행될 수 있다. 또한, 업데이트 트리거(3440)는 평가 정책 선택 트리거(3435)에 의해 선택된 정책을 업데이트하기 위한 실행 조건으로, 정책을 업데이트하는 작업을 실행하게 하는 역할을 하고, 필요에 따라 생산 운영 관리자에게 의해 선택적으로 이루어질 수 있다.

[1229] 한편, 정책 최적화 실험허브 운영작업(3420) 및 정책 평가 실험허브 운영작업(3430) 간에 의존성 조건이 설정될 수 있다. 본 실시예에서, 정책 최적화 실험허브 운영작업(3420)이 성공적으로 수행된 경우 학습 정책 선택 트리거(3425)가 학습 정책 선택 스크립트 작업(3427)을 수행하도록 할 수 있다. 또한, 학습 정책 선택 스크립트 작업(3427)이 수행된 경우, 정책 평가 트리거(3432)를 실행하여 정책 평가 실험허브 운영작업(3430)이 수행하도록 의존성 조건이 설정될 수 있다. 이때, 정책 평가 실험허브 운영작업(3430)이 선택적으로 수행되도록 설정될 수 있다. 즉, 정책 최적화 실험허브 운영작업(3420)이 수행된 이후 필요에 따라, 정책 평가 실험허브 운영작업(3430)이 수행되거나, 정책 평가 실험허브 운영작업(3430)의 수행없이 종료될 수 있다. 또한, 정책 최적화 실험허브 운영작업(3420)의 선행 여부와 무관하게 정책 평가 실험허브 운영작업(3430)이 독립적으로 수행될 수 있다.

[1230]

[1231] 도 86은 실시예에 따른 운영 환경에서 동적 정책 운용을 위한 운영 작업이 수행되는 예를 개시하는 도면이다.

[1232] 보다 상세하게는, 도 86는 상술한 도 85에서 동적 정책 운용을 위한 실험허브에 기반한 운영작업이 작업서비스부(1210)에서 설정되고, 작업스케줄러 서비스부(1230)에 의해 운영작업이 수행되는 일 예를 나타낸다. 본 실시예는 반복 실험 설계를 통해 정책 최적화를 위한 설계를 수행하고 가장 좋았던 시나리오를 고정크기 실험 설계를 통해 정책 비교 평가를 수행하여 하나의 정책을 선정하는 운영작업에 해당할 수 있다. 또한, 본 실시예는 실험허브 운영작업을 통해 제조시스템

의 정책을 주기적으로 학습하고, 매 운영시점마다 최적의 운영정책을 반영하는 과정에 해당한다.

- [1233] 본 실시예에서 제1 실험허브 운영작업(3450)은 도 85의 정책 최적화 실험허브 운영작업(3420)에 대응되고, 제1 스크립트 실행 운영작업(3460)은 도 85의 학습 정책 선택 스크립트 작업(3427)에 대응될 수 있다. 또한, 본 실시예에서, 제2 실험허브 운영작업(3470)은 도 85의 정책 평가 실험허브 운영작업(3430)에 대응되고, 제2 스크립트 실행 운영작업(3480)은 도 85의 평가 정책 선택 스크립트 작업(3437)에 대응될 수 있다.
- [1234] 시스템 운영부의 저장소(1270)는 운영 모델 저장소 및 정책 저장소를 포함할 수 있다. 운영 모델 저장소는 복수의 소프트웨어 모델들을 포함하고, 정책 저장소는 복수의 정책들을 포함할 수 있다. 또한, 운영 모델 저장소는 정책 저장소와 별개로 운영정책을 포함할 수 있다. 도시되지 않았으나, 시스템 운영부의 저장소(1270)는 복수의 로직 세트들을 포함하는 로직 저장소를 포함하는 것으로 가정한다.
- [1235] 시스템 운영부의 저장소(1270)로부터 정책 학습을 위하여 모델 N 개가 정책 학습용 데이터(3490)로 추출될 수 있다. 이때 추출되는 모델 N 개에는 사용자의 선택에 의해, 실제 운영에 사용될 모델이 포함될 수도 있고, 포함되지 않을 수도 있다. 도시되지 않았으나, 설정된 로직 세트도 함께 추출될 수 있다. 모델 N 개에 대하여 정책 최적화 실험 허브(3452)가 생성되고, 반복 실험 설계를 통해 정책 최적화 실험(3456)이 생성될 수 있다. 본 실시예에서, 정책 최적화 실험(3456)은 반복 실험으로서, Q 회 반복하며, 1회 실험실행 시 시나리오 0에서 시나리오 $K_i(N)$ 까지를 포함하는 실험이 설계될 수 있다. 설계된 정책 최적화 실험(3456)은 작업스케줄러 서비스부(1230)의 명령에 의해 설정된 주기에 따라 운영작업(3450)이 수행될 수 있다. 이 경우, 실험 허브 실행부(143)는 정책 최적화 실험(3456)의 실행 명령을 모델 실행부(130)(도 45 참조)에 전달하여 실험이 수행될 수 있다.
- [1236] 실험이 수행되는 경우, 각각의 시나리오의 산출물이 반복 단계 로직(3454)에 전달될 수 있다. 예를 들어, 반복 1회차의 복수의 시나리오 결과물들의 산출물이 반복 단계 로직(3454)에 전달되고, 반복 단계 로직(3454)이 수행되고, 실험의 종료 조건에 해당 여부를 판단한다. 실험의 종료 조건에 해당하는 경우에는, 추가 실험의 수행없이 종료되고, 실험의 종료 조건에 해당하지 않는 경우에는, 정책 최적화 실험 허브(3452)는 반복 2회차를 위한 복수의 시나리오들을 생성할 수 있다. 또한, 반복 2회차의 복수의 시나리오 결과물들의 산출물이 반복 단계 로직(3454)에 전달되는 경우, 반복 단계 로직(3454)이 수행되어, 다시 실험의 종료 조건에 해당 여부를 판단한다. 즉, 실험의 종료 조건이 반복 Q 회차인 경우, 1회차에서 Q 회차까지 시나리오 설계 및 실험 수행이 반복되어, 결과물로서 정책 목록(3458)이 출력될 수 있다. 이외에도 실험 종료조건은 실행시간 제한 도달, 실험 내 총 시나리오 수 제한 도달, 목표 성능치 도달 등에 해당할 수 있다.

- [1237] 정책 목록(3458)은 반복 단계 로직(3454)을 수차례 수행하면서 변화된 정책이 학습된 기록으로서, 정책 목록의 데이터의 종류는 로그 데이터에 해당할 수 있다. 정책은 정책 매개변수의 집합에 해당하고, 정책 목록은 정책의 집합에 해당한다. 예를 들어, 반복 단계 로직 1회가 끝났을 때의 정책을 정책 1, 반복 단계 로직 2회가 끝났을 때의 정책 2라고 가정하는 경우, 정책목록(3458)은 정책 1에서 정책 Q까지를 포함한다.
- [1238] 반복 단계 로직과 관련하여 도 48을 참조하여 보다 상세히 설명하면, 반복 단계 로직의 로직 매개변수(1673)는 사전에 설정된 상태로서, 초기화 함수(1676)로 이미 호출된 것으로 가정한다. 다른 시나리오 조합 생성 함수(1682)가 수행되고, 이 경우 시나리오 0에서 시나리오 $K_i(N)$ 까지를 포함하는 시나리오 조합이 생성될 수 있다. 생성된 시나리오 조합은 실험허브 실행부(143)에 의해 수행되고, 시나리오 산출물은 업데이트 함수(1679)를 통해 정책 매개변수가 업데이트될 수 있다. 즉, 시나리오 산출물은 업데이트 함수를 통해 반복 단계 로직에서 학습될 수 있다. 또한, 업데이트된 정책 매개변수는 로직 로그기록/저장함수(1685)를 통해서 기록될 수 있다. 다음으로, 다른 시나리오 조합 생성 함수(1682)에 의해 다음 시나리오 0에서 시나리오 K까지 $K_i(N)$ 개의 시나리오 조합이 생성되고, 상술한 과정이 종료 조건이 만족될 때까지, 반복되어 수행될 수 있다.
- [1239] 또한, 데이터 학습은 정책 매개변수를 업데이트 하는 과정으로서, 설정된 알고리즘에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 단일 목적 알고리즘인 Stochastic Gradient Descent Method(SGD), Genetic Algorithm(GA), Simulated Annealing(SA), Particle Swarm Optimization(PSO), Bayesian Optimization(BO), Cross Entropy Method(CEM), Policy Exploration with Parameter-based Exploration Gradient(PEPG), 유전 알고리즘 및 다중 목적 알고리즘인 NSGA(Non-dominated Sorting Genetic Algorithms), NSGA-II(Non-dominated Sorting Genetic Algorithms II), SPEA(Strength Pareto Evolutionary Algorithm), SPEA-II(Strength Pareto Evolutionary Algorithm II) 등을 포함할 수 있으며, 이외에도 데이터 학습에 사용될 수 있는 다양한 알고리즘을 포함할 수 있고, 이에 한정되지 아니한다. 본 실시예의 경우, PEPG 알고리즘을 통해 데이터 학습이 수행되는 예시에 해당한다.
- [1240] 제1 실험 허브 운영작업(3450)이 성공적으로 완료된 경우, 작업스케줄러 서비스부(1230)는 제1 스크립트 실행 운영작업(3460)을 실행시킬 수 있다. 제1 스크립트 실행 운영작업(3460)이 실행되는 경우, 정책 선택 및 저장 스크립트(3463)가 수행될 수 있다. 제1 실험 허브 운영작업(3450)의 결과물인 정책 목록(3458)에는 복수의 정책들이 포함될 수 있으며, 이들 중 설정된 조건에 따라 하나의 정책이 선택될 수 있다. 예를 들어, 설정된 조건은 복수의 주요성능지표(KPI)들의 가중합이 가장 높은 조건, 주요성능지표(KPI) 중 특정 항목이 가장 높은 조건 등을 포함할 수 있다. 정책 선택을 위한 조건 설정은, 실험허브 운영작업이 설계되는 때에 사용자에게 의해 설정될 수 있다.

- [1241] 정책 선택 스크립트는 최적화 또는 학습 과정에서 도출된 모든 정책 중 가장 좋은 성능을 갖는 정책을 특정하기 위한 과정에 해당한다. 여기서, 가장 좋은 성능을 갖는 정책은 운영 정책 선택 스크립트(3483) 내부 로직에 의해 결정될 수 있다. 예를 들어, 생산량, 장비교체횟수, 납기지연물량이 가장 많거나 적은 정책이 적어도 하나 이상 선택되는 경우, 이들 중 가중합이 가장 높은 정책이 선택 정책으로 결정될 수 있다.
- [1242] 또한, 정책 선택 및 저장 스크립트(3463)이 수행되는 경우, 제1 선택 정책(3466)은 시스템 운영부의 저장소(1270)의 정책 저장소에 저장될 수 있다. 선택적으로, 제1 스크립트 실행 운영작업(3460) 이후 의존성 실행조건으로 제2 실행허브 운영작업(3470)이 실행되는 경우, 제1 선택 정책(3466)은 트리거 실행에 의해 제2 실행 허브 운영작업(3470)에서 정책 평가용 데이터로 활용될 수 있다.
- [1243] 정책 평가를 위하여, 시스템 운영부의 저장소(1270)로부터 운영 모델 1개 및 정책 M개가 정책 평가용 데이터(3495)로 추출될 수 있다. 정책 평가 운영작업(3470)은 변화되는 공장의 상황에 따라 최적화 또는 학습해놓은 정책 중 현 운영 상황에서 가장 좋은 성능을 보여주는 정책을 찾아내기 위한 작업에 해당한다. 이때, 제1 스크립트 실행 운영작업(3460) 이후 트리거 실행이 이루어지는 경우, 정책 M개에는 제1 실행허브 운영작업(3450) 및 제1 스크립트 실행 운영작업(3460)이 결과물인 제1 선택 정책(3466)이 포함될 수 있다.
- [1244] 다만, 제1 선택 정책(3466)의 포함여부는 설정에 의해 결정될 수 있으며, 반드시 정책 M개에 포함되어야 하는 것은 아니다. 예를 들어, 제1 실행 허브 운영작업(3450)과 독립적으로 작업스케줄러 서비스부(130)의 설정에 의해 임의로 제2 실행 허브 운영작업(3470)이 수행되는 경우에는, 정책 M개에 제1 선택 정책(3466)이 포함되지 않는다. 또한, 도시되지 않았으나, 정책 평가용 데이터(3495)는 로직 세트 1개도 함께 포함할 수 있다. 운영 모델 1개 및 정책 M개에 대하여 정책 평가 실행허브(3472)가 생성되고, 고정크기 실행 설계를 통해 정책 평가 실행(3476)이 생성될 수 있다.
- [1245] 본 실시예에서, 정책 평가 실행(3476)은 고정크기 실행으로 시나리오 M개를 포함하는 실험이 설계될 수 있다. 정책 M개에는 기저정책과 지난 운영주기에서 사용되었던 정책 중 적어도 하나가 포함될 수 있다. 기저정책은 정책 평가 실행(3476)에 수행되기 이전에 이미 사용 중이었던 정책에 해당한다. 정책 M개에 기저정책 및 지난 운영주기에서 사용되었던 정책 중 적어도 하나를 포함하는 경우, 제2 스크립트 실행 운영작업(3480)을 통해서 상술한 기저정책 및 지난 운영주기에서 사용된 정책에 대하여 적어도 같거나 보다 더 우수한 정책을 선택하게 하기 위함이다.
- [1246] 예를 들어, 정책 평가 실행(3476)은 운영 모델 및 로직 세트는 동일하되, 정책을 상이하게 포함하여 설계될 수 있다. 설계된 정책 평가 실행(3476)은 작업스케줄러 서비스부(1230)의 명령에 의해 설정된 주기에 따라 운영작업(3470)이 수행될 수 있다. 이 경우, 실행허브 실행부(143)는 정책 평가 실행(3476)의 실행 명령을

모델 실행부(130)에 전달하여 실험이 수행될 수 있다. 실험이 수행되는 경우, 복수의 시나리오들에 대한 정책 평가 결과(3478)가 도출될 수 있다. 정책 평가 결과(3478)은 복수의 시나리오의 수행 결과로서, 각각의 정책에 대한 수행 결과에 해당할 수 있다. 또한, 정책 평가 결과(3478)는 시나리오 M개에 대한 주요 성능지표의 집합에 해당할 수 있다. 예를 들어, 시나리오 1(정책1)은 생산 100, 지연 10, 교체 20에 해당하고, 시나리오 2(정책2)는 생산 90, 지연 0, 교체 0에 해당하고, 시나리오 3(정책3)은 생산 150, 지연 30, 교체 10에 해당할 수 있다.

- [1247] 일 예로서, 제2 실험 허브 운영작업(3470)이 성공적으로 수행된 경우, 작업스케줄러 서비스부(1230)는 제2 스크립트 실행 운영작업(3480)을 실행시킬 수 있다. 제2 스크립트 실행 운영작업(3480)이 실행되는 경우, 정책 평가 결과(3478)에 대하여 운영 정책 선택 스크립트(3483)가 수행될 수 있다. 운영 정책 선택 스크립트(3483)가 수행되는 경우, 정책 M개 중 하나의 정책에 대하여 제2 선택 정책(3486)으로 결정될 수 있다.
- [1248] 다른 일 예로서, 선택적으로, 정책 평가 결과(3478)는 운영 정책 선택 스크립트(3483)로 전달되지 않고, 제2 실험허브 운영작업(3470)에 포함된 정책 선정 로직(3474)에 전달되어, 정책 평가 결과(3478)에 포함된 복수의 시나리오들에 대한 평가 결과 중 제2 선택 정책(3486)이 선택될 수도 있다. 여기에서, 제2 선택 정책(3486)이 선택되는 방식은 상술한 정책 선택 및 저장 스크립트(3463)에서 제1 선택 정책(3486)이 선택되는 것과 같이 사전에 입력한 로직에 의해 선택될 수 있다.
- [1249] 제2 선택 정책(3486)은 시스템 운영부의 저장소(1270)의 운영 모델 저장소 내에 운영에 사용하기 위한 운영 정책(3497)로서 저장될 수 있다. 본 실시예에서 선택 정책(3466)은 적절한 정책을 선택하는 평가과정을 통해서 정해진 정책이고, 운영 정책(3497)은 실제 운영에 사용될 하나의 정책에 해당할 수 있다. 또한, 운영 정책 선정 방식에 따라, 제2 선택 정책(3486)은 생산 운영 관리자에 의해 수동으로 선택되어 운영 모델 저장소에 업로드되는 것도 가능하다.
- [1250] 공장 상황이 변하는 상황에서 고정된 정책을 계속 사용한다면 변화하는 상황에 적합한 생산계획을 도출하기 어려울 수 있다. 이 경우, 본 실시예를 통해, 변화하는 제조시스템 상황에 가장 적합한 정책을 사용하여 생산 계획 및 일정을 수립할 수 있게 된다.
- [1251]
- [1252] 도 87은 실시 예에 따른 시스템운영부에서 동적 정책 운용을 위한 운영 작업을 설정하는 예를 개시하는 도면이다.
- [1253] 보다 상세하게는, 도 87은 동적 정책 운용을 위한 실험허브를 기반으로 운영작업 및 운영작업의 실행조건을 설정하되, 상술한 도 85와 상이하게 정책 최적화 실험허브 운영작업에서 학습데이터를 수집만 하고, 학습하는 로직은 외부의 스크립트에서 실행하는 차이점이 있다. 도 85과 중복되는 구성에 대해서는 설명을 간단히하거나 생략하도록 한다.

- [1254] 본 실시예에서 정책 최적화는 데이터 수집/추출, 학습 및 학습 정책 선택을 포함할 수 있다. 정책 최적화가 이루어지기 위해서는 평가대상이 되는 데이터를 수집 및 추출하고, 수집 및 추출된 데이터를 학습시킨 후, 학습된 정책 중 우수한 정책을 선택하여, 최적의 정책을 도출하게 된다.
- [1255] 실험허브 실행과 관련하여, 데이터 수집/추출 실험허브 운영작업(3500) 및 정책 평가 실험허브 운영작업(3515)은 작업서비스부(1210)에 의해 설정될 수 있다. 본 실시예에서, 데이터 추출실험허브 운영작업(3500)은 반복 실험 설계를 통한 실험허브에 해당하고, 정책 평가 실험허브 운영작업(3515)은 고정크기 실험 설계를 통한 실험허브에 해당한다.
- [1256] 데이터 수집/추출 실험허브 운영작업(3500)은 수집/추출 트리거(3502)가 1주일마다 실행되는 것으로 작업서비스부(1210)(도 45 참조)에 의해 설정될 수 있다. 수집/추출 트리거(3502)는 정책 매개변수를 최적화하기 위하여 시나리오 산출물들을 수집/추출하기 위한 실행 조건에 해당하고, 수집/추출 실험허브 운영작업(3500)을 실행하게 하는 역할을 한다. 또한, 수집/추출 트리거(3502)의 의존성 조건으로 학습 트리거(3505)가 설정될 수 있다. 학습 트리거(3505)는 학습 스크립트 작업(3508)을 실행하게 하는 역할로서, 학습 스크립트 작업(3508)이 수행되는 경우, 이에 수반되는 학습 정책 선택 스크립트 작업(3512)이 수행될 수 있다. 학습 트리거(3505)의 의존성 조건으로 학습 정책 선택 트리거(3510)가 설정될 수 있다. 학습 정책 선택 트리거(3510)에 의해, 이에 수반되는 학습 정책 선택 스크립트 작업(3512)이 수행될 수 있다.
- [1257] 또한, 정책 평가 실험허브 운영작업(3515)은 정책 평가 트리거(3517)가 매일 실행되는 것으로 작업서비스부(1210)에 의해 설정될 수 있다. 또한, 정책 평가 트리거(3517)의 의존성 조건으로 평가 정책 선택 트리거(3520)가 설정될 수 있다. 평가 정책 선택 트리거(3520)에 의해, 이에 수반되는 평가 정책 선택 스크립트 작업(3522)이 수행될 수 있다. 평가 정책 선택 트리거(3520)의 의존성 조건으로 업데이트 트리거(3525)가 설정될 수 있다. 업데이트 트리거(3525)는 선택된 정책을 업데이트 하는 실행조건으로, 업데이트 스크립트 작업(3527)을 실행하게 하는 역할을 하고, 이는 필요에 따라 생산 운영 관리자에 의해 선택적으로 이루어질 수 있다. 업데이트 트리거에 의해, 이에 수반되는 업데이트 스크립트 작업(3527)이 수행될 수 있다.
- [1258] 한편, 학습 정책 선택 스크립트 작업(3512) 및 정책 평가 실험허브 운영작업(3515) 간에 의존성 조건이 설정될 수 있다. 본 실시예에서, 학습 스크립트 작업(3508)이 성공적으로 수행된 경우, 학습 정책 선택 트리거(3510)가 학습 정책 선택 스크립트 작업(3512)을 수행하도록 설정할 수 있다. 또한, 학습 정책 선택 스크립트 작업(3508)이 수행되는 경우, 선택적으로 정책 평가 트리거(3517)를 실행하여 정책 평가 실험허브 운영작업(3515)이 수행되도록 설정될 수 있다. 즉, 정책 최적화 실험허브 운영작업(3500) 및 정책 평가 실험허브 운영작업(3515)은 독립적으로 또는 종속적으로 수행될 수 있다.

[1259]

[1260] 도 88은 실시 예에 따른 운영 환경에서 동적 정책 운용을 위한 운영 작업이 수행되는 예를 개시하는 도면이다.

[1261] 보다 상세하게는, 도 88는 상술한 도 87에서 정책 최적화를 위한 실험허브에 기반한 운영작업이 설정되고, 작업스케줄러 서비스부(1230)에 의해 운영작업이 수행되는 예를 나타낸다. 상술한 도 86와 상이하게 제1 실험허브 운영작업에서 학습데이터를 수집만 하고, 학습하는 로직은 외부의 스크립트에서 실행하는 차이점이 있다. 도 86과 중복되는 구성에 대해서는 설명을 간단히 하거나 생략하도록 한다.

[1262] 본 실시예에서 제1 실험허브 운영작업(3540)은 도 87의 데이터 수집/추출 실험허브 운영작업(3500)에 대응되고, 제1 스크립트 실행 운영작업(3550) 및 제2 스크립트 실행 운영작업(3560)은 각각 도 87의 학습 스크립트 작업(3508) 및 학습 정책 선택 스크립트 작업(3512)에 대응된다. 또한, 본 실시예에서, 제2 실험허브 운영작업(3570)은 도 87의 정책 평가 실험허브 운영작업(3515)에 대응되고, 제3 스크립트 실행 운영작업(3580)은 도 87의 평가 정책 선택 스크립트 작업(3520)에 대응된다.

[1263] 먼저, 시스템 운영부의 저장소(1270)로부터 정책 학습을 위하여 운영 모델 N개가 정책 학습용 데이터(3530)로 추출될 수 있다. 이때, 추출되는 모델 N개에는 사용자의 선택에 실제 운영에 사용될 모델이 포함되거나 포함되지 않을 수 있다.

[1264] 모델 N개에 대한 데이터 추출 실험허브(3542)가 생성되고, 반복 실험 설계를 통해 데이터 추출 실험(3546)이 생성될 수 있다. 데이터 추출 실험(3546)은 학습의 대상이 되는 적어도 하나의 정책을 학습하기 위한 데이터를 추출하는 실험에 해당한다. 본 실시예에서, 데이터 추출 실험(3546)은 반복 실험으로서, 시나리오 0에서 시나리오 K까지 시나리오 $K_i(N)$ 개를 포함하는 실험을 종료 조건에 도달할 때까지 Q회 반복하도록 설계될 수 있다. 설계된 데이터 추출 실험(3546)은 작업스케줄러 서비스부(1230)의 명령에 의해 설정된 주기에 따라 운영작업(3540)이 수행될 수 있다. 이 경우, 실험허브 실행부(143)는 데이터 추출 실험(3546)의 실행 명령을 모델 실행부(130)에 전달하여 실험이 수행될 수 있다.

[1265] 실험이 수행되는 경우, 각각의 시나리오 산출물이 반복 단계 로직(3544)에 전달될 수 있다. 예를 들어, 반복 1회차의 시나리오 결과물이 반복 단계 로직(3544)에 전달되는 경우, 현재 실험의 종료 조건에 해당 여부를 판단하게 된다. 실험의 종료 조건에 해당하는 경우인 Q회차까지 시나리오 설계 및 실험 수행이 반복되어, 결과물로서 학습용 데이터(3548)이 출력될 수 있다.

[1266] 학습용 데이터(3548)는 반복 단계 로직(3544)이 수차례 수행되면서 생성된 시나리오 산출물에 해당한다. 예를 들어, 반복 단계 로직 1회가 끝났을 때의 각 반복 단계에 대응되는 모든 시나리오에서 발생한 의사결정의 상태변수와 보상함수 값 등이 학습용 데이터에 해당한다. 또한, 학습용 데이터(3548)는 정책 목록(3556)의 데이터와 상이한 데이터에 해당한다. 정책 목록(3556)은 반복 단계로직

을 통해 직접 얻어진 정책이거나 학습용 데이터(3548)을 사용하여 정책 학습 스크립트를 통해 얻은 정책 목록을 포함할 수 있다.

- [1267] 제1 실험허브 운영작업(3540)이 성공적으로 수행된 경우, 작업 스케줄러 서비스부(1230)는 제1 스크립트 실행 운영작업(3550)을 실행시킬 수 있다. 제1 스크립트 실행 운영작업(3550)이 실행되는 경우, 정책 학습 스크립트(3553)이 수행될 수 있다. 정책 학습 스크립트(3553)의 수행결과로 정책 목록(3556)이 산출될 수 있다. 제1 스크립트 실행 운영작업(3550)이 성공적으로 수행되는 경우, 작업 스케줄러 서비스부(1230)는 제2 스크립트 실행 운영작업(3560)을 실행시킬 수 있다. 제2 스크립트 실행 운영작업(3560)이 실행되는 경우, 정책 선택 및 저장 스크립트(3563)가 수행될 수 있다.
- [1268] 정책 선택 및 저장 스크립트(3563)은 학습 과정에서 도출된 모든 정책 중 가장 높은 성능을 갖는 정책을 특정하고 운영 모델 저장소에 저장하는 과정에 해당한다. 여기서, 가장 높은 성능을 갖는 정책은 정책 선택 및 저장 스크립트(3563) 내부 로직에 의해 결정될 수 있다.
- [1269] 또한, 정책 선택 및 저장 스크립트(3563)이 수행되는 경우, 도출된 제1 선택 정책(3566)은 시스템 운영부의 저장소(1270)의 정책 저장소에 저장될 수 있다. 선택적으로, 제2 스크립트 실행 운영작업(3560) 이후 의존성 실행조건인 제2 실험허브 운영작업(3570)이 실행되는 경우, 제1 선택 정책(3566)은 트리거 실행에 의해 제2 실험허브 운영작업(3570)에서 정책 평가용 데이터로 활용될 수 있다.
- [1270] 정책 평가를 위하여, 시스템 운영부의 저장소(1270)로부터 운영모델 1개 및 정책 M개가 정책 평가용 데이터(3535)로 추출될 수 있다. 이때, 제2 스크립트 실행 운영작업(3560) 이후 트리거 실행이 이루어지는 경우, 정책 M개에는 제1 선택 정책(3566)이 포함될 수 있다.
- [1271] 운영 모델 1개 및 정책 M개에 대하여 정책 평가 실험허브(3572)가 생성되고, 고정크기 실험 설계를 통해 정책 평가 실험(3576)이 생성될 수 있다. 본 실시예에서, 정책 평가 실험(3576)은 고정크기 실험으로 시나리오 M개를 포함하는 실험으로 설계될 수 있다. 설계된 정책 평가 실험(3576)은 작업스케줄러 서비스부(1230)의 명령에 의해 설정된 주기에 따라 운영작업(3570)이 수행될 수 있다. 실험이 수행되는 경우, 복수의 시나리오들에 대한 정책 평가 결과(3578)이 도출될 수 있다.
- [1272] 한편, 정책 평가 결과(3578)이 도출된 경우, 실제 운영에 이용될 정책이 선정되는 것은 다양한 방식에 의해 가능하다. 일 예로서, 제2 실험허브 운영작업(3570)이 성공적으로 수행된 경우, 작업스케줄러 서비스부(1230)는 제3 스크립트 실행 운영작업(3580)을 실행시킬 수 있다. 제3 스크립트 실행 운영작업(3580)이 실행되는 경우, 운영 정책 선택 스크립트(3583)가 수행될 수 있다. 운영 정책 선택 스크립트(3583)가 수행되는 경우, 정책 M개 중 하나의 정책에 대하여 제2 선택 정책(3586)으로 결정될 수 있다. 다른 일 예로서, 선택적으로, 정책 평가 결과(3578)는 제2 실험허브 운영작업(3570)에 포함된 정책 선정 로직(3574)에 전달되어, 이

를 통해 제2 선택 정책(3586)을 선택할 수도 있다. 제2 선택 정책(3586)을 선택하는 것과 관련하여, 상술한 도 85에서 설명된 제2 선택 정책(3486)과 동일하게 수행될 수 있다.

- [1273] 제2 선택 정책(3586)은 시스템 운영부의 저장소(1270)의 운영모델 저장소 내에 실제 운영에 사용하기 위한 운영 정책(3538)으로서 저장될 수 있다. 본 실시예에서 제2 선택 정책(3586)은 정책 평가를 통해 정해진 정책으로서, 실제 운영에 사용될 정책인 운영 정책(3538)과 동일한 정책에 해당할 수 있다. 또한, 운영정책 선정 방식에 따라, 제2 선택 정책(3586)은 생산 운영 관리자에 의해 수동으로 선택되어 운영 모델 저장소에 운영 정책으로서 업로드되는 것도 가능하다.
- [1274] 이 밖에도 별도 운영작업을 통해 학습용 데이터(3548)를 저장해두는 경우, 작업 스케줄러 서비스부(1230)는 추후 데이터 추출과정을 생략하고 정책 학습 스크립트 작업(3553)만 서로 다른 방법으로 진행시켜 볼 수 있다. 본 실시예를 통해, 변화하는 제조시스템 상황에 가장 적합한 정책을 만들어내는 학습방법을 선택하여, 우수한 생산 계획 및 일정을 수립할 수 있게 된다.
- [1275]
- [1276] 도 89은 실시 예에 따른 운영 환경에서 동적 정책 운용을 위한 운영 작업을 설정하고 수행하는 예를 개시하는 흐름도이다.
- [1277] 먼저, 동적 정책 운용을 위하여, 정책 최적화 및 정책 평가를 위한 실험허브 운영작업이 각각 생성될 수 있다. 즉, 정책최적화를 위한 적어도 하나의 운영작업 및 정책평가를 위한 적어도 하나의 운영작업이 생성될 수 있다(S1210). 또한, 각각의 운영작업의 생성은 운영작업의 실행 주기 및 작업간 의존성을 설정하는 것을 포함할 수 있다. 도 85에서 상술한 바와 같이, 정책 최적화를 위한 적어도 하나의 운영작업은 정책 최적화/학습 실험허브 운영작업 및 학습 정책 선택 스트림트 작업을 포함할 수 있다. 또는, 도 87에서 상술한 바와 같이, 정책 최적화 실험허브 운영작업은 데이터 수집/추출 실험허브 운영작업, 학습 스크립트 작업 및 학습 정책 선택 스크립트 작업을 포함할 수 있다.
- [1278] 다음으로, 정책 최적화를 위한 적어도 하나의 운영작업 중 실험허브 운영작업을 수행하고 정책 목록을 도출할 수 있다(S1220). 일 예로서, 도 86에서 상술한 바와 같이, 정책 최적화를 위한 적어도 하나의 운영작업은 최적화 및 학습을 포함하는 제1 실험허브 운영작업 및 정책 선택을 위한 제1 스크립트 실행 운영작업에 해당할 수 있다. 최적화 및 학습을 포함하는 제1 실험허브 운영작업은 반복 실험 설계를 포함하는 실험에 해당한다. 도 86의 실시예에서 정책 목록은 정책 최적화 실험에 포함된 적어도 하나의 반복 단계 로직을 여러 차례 수행하면서 변화된 정책이 학습된 기록으로서, 로그 데이터에 해당할 수 있다. 다른 일 예로서, 도 88에서 상술한 바와 같이, 정책 최적화를 위한 적어도 하나의 운영작업 중 실험허브 운영작업 및 제1 스크립트 실행 운영 작업을 수행하고 정책 목록을 도출할 수 있다. 본 실시예에서, 정책 최적화를 위한 적어도 하나의 운영작업은 데이터 추출을 위한 제1 실험허브 운영작업, 정책 학습을 위한 제1스�크립트 실행 운

영작업 및 정책 선택을 위한 제2 스크립트 실행 운영작업에 해당할 수 있다. 데이터 추출을 위한 제1 실험허브 운영작업은 반복 실험 설계를 포함하는 실험에 해당한다. 도 88의 실시예에서, 정책 목록은 제1 실험허브 운영작업 및 제1 스크립트 실행 운영 작업의 수행 결과로 변화된 정책이 학습된 기록으로서, 로그 데이터에 해당할 수 있다.

[1279] 도출된 정책 목록에 대하여, 제1 정책 선택 운영작업이 수행되어 제1 선택 정책을 도출할 수 있다(S1230). 여기에서, 제1 정책 선택 운영작업은 도 86의 제1 스크립트 실행 운영작업 또는 도 88의 제2 스크립트 실행 운영작업에 대응될 수 있다. 제1 정책 선택 운영작업은 최적화 또는 학습 과정에서 도출된 모든 정책 중 가장 좋은 성능을 갖는 정책을 특정하기 위한 작업에 해당한다.

[1280] 제1 선택 정책이 도출되는 경우, 이어서 정책 평가를 수행하는 것에 대한 필요성을 판단할 수 있다(S1240). 이어서 정책 평가를 수행할 필요가 없는 경우, 도출된 제1 선택 정책을 정책 저장소에 저장한 후 정책 최적화 과정은 종료될 수 있다(S1270). 이때, 정책 저장소에 저장된 정책은 추후 정책 평가를 위한 실험허브 운영작업이 독립적으로 수행되는 경우에, 정책 평가용 데이터에 포함되어 활용될 수 있다.

[1281] 정책 평가에 대한 필요가 있는 경우, 정책 평가를 위한 적어도 하나의 운영작업 중 실험허브 운영작업 수행 및 정책 평가결과를 도출할 수 있다(S1250). 여기에서, 정책 평가 운영작업은 도 86 및 도 88에서 상술한 제2 실험허브 운영작업에 대응될 수 있다. 정책 평가 운영작업은 고정크기 실험 설계를 포함하는 실험에 해당한다. 정책 평가결과는 정책 평가 실험을 통한 복수의 시나리오의 수행 결과로서, 동일한 운영 모델에 대하여 상이한 정책들에 대한 수행 결과에 해당할 수 있다.

[1282] 다음으로, 도출된 정책 평가결과에 대하여, 제2 정책 선택 운영작업이 수행되어 제2 선택 정책을 도출할 수 있다(S1260). 여기에서, 제2 정책 선택 운영작업은 복수의 정책들 중 하나의 정책을 선택하는 작업에 해당한다. 일 예로서, 도출된 제2 선택 정책은 운영 모델 저장소에 운영 정책으로 저장될 수 있다.

[1283]

[1284] 도 90은 실시예에 따른 디지털 생산계획 정보를 제공하는 방법을 개시하는 흐름도이다.

[1285] 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 수신할 수 있다(S1310). 상술한 바와 같이, 모델개발부에서 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 서버관리부를 통해 시스템 운영부에 업로드될 수 있다. 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 생성하는 것은 상술한 백워드 플래닝 엔진, 포워드 플래닝 엔진, 디스패칭 에이전트, 모델 개발부 등과 관련될 수 있다. 백워드 플래닝 엔진(backward planning engine)에 대한 상세한 예는 도 4 내지 8에, 포워드 플래닝 엔진(forward planning engine)에 대

한 상세한 예는 도 9 내지 도 13에, 디스패칭 에이전트(dispatching agent)에 대한 상세한 예는 도 14 내지 도 18에 각각 예시하였다. 또한, 모델 개발부에 대한 상세한 예는 도 19 내지 도 22에 상세히 개시하였다.

- [1286] 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 포함하는 정책 최적화를 위한 적어도 하나의 운영작업 및 정책 평가를 위한 적어도 하나의 운영작업을 생성할 수 있다(S1320). 여기에서, 정책 최적화를 위한 적어도 하나의 운영작업 및 정책 평가를 위한 적어도 하나의 운영작업은 제조생산시스템에서의 동적 정책 운용에 사용될 수 있다. 또한, 정책 평가 실험은 적어도 하나의 정책을 포함할 수 있다. 도 85 및 도 87에서 상술한 바와 같이, 실험허브 운영작업을 생성하는 것 외에 운영작업에 대하여 적어도 하나의 의존성 조건이 설정될 수 있다. 실험허브 파일을 생성하고 운영작업을 생성하는 것과 관련하여, 시스템 운영부에 대한 상세한 예는 도 23 내지 도 29에, 실험허브에 대한 상세한 예는 도 36 내지 도 47에, 반복실험 설계에 대한 상세한 예는 도 48 내지 도 50에, 실험허브 운영작업에 대한 상세한 예는 도 51 내지 도 54에 각각 예시하였다.
- [1287] 입력데이터를 기반으로, 정책 최적화를 위한 적어도 하나의 운영작업 및 정책 평가를 위한 적어도 하나의 운영작업 중 적어도 하나를 수행하여 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다(S1330). 도 86 및 도 88에서 상술한 바와 같이, 생산 계획 데이터는 운영 정책을 포함할 수 있다. 수리최적화 모듈에 대한 상세한 예는 도 80 내지 도 84에서 상세히 개시하였다.
- [1288] 도 29를 참조하여 실험 허브를 포함하는 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [1289] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(410), 저장장치(420), 인메모리(430), 프로세서(440), 출력부(450), 및 사용자 인터페이스(460)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치는 클라이언트의 제조생산시스템에 해당할 수 있다.
- [1290] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(460)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [1291] 입력부(410)는 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 온프레미스 컴퓨팅 시스템으로부터 수신할 수 있다.
- [1292] 저장장치(420)는 미리 준비된 기준정보를 저장하거나 수신된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 저장할 수 있다. 저장장치(420)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [1293] 인메모리(430)는 위에서 개시한 소프트웨어 모델, 입력데이터, 라이브러리 엔진 세트 및 라이브러리 엔진, 모델 실행부 및 실험허브부를 통해 수행하는 과정에서 얻어진 산물을 저장할 수 있다. 라이브러리 엔진 세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다. 실시예의

인메모리(430)는 실험허브 운영작업에 관련된 중간 산출물 및/또는 최종 산출물을 저장할 수 있다.

- [1294] 실시예의 프로세서(440)는 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 수신할 수 있다. 또한, 프로세서(440)는 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 적어도 하나의 모델 로직을 포함하는 정책 최적화를 위한 적어도 하나의 운영작업 및 정책 평가를 위한 적어도 하나의 운영작업을 생성할 수 있다. 이와 관련하여, 도 85 및 도 87에서 실험허브 운영작업의 생성 및 의존성 조건 설정에 대하여 개시하였다. 또한, 프로세서(440)는 입력데이터를 기반으로, 정책 최적화를 위한 적어도 하나의 운영 작업 및 정책 평가를 위한 적어도 하나의 운영작업 중 적어도 하나를 수행하여 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다. 이와 관련하여, 도 86 및 도 88에서 정책 최적화 실험 허브 운영작업 및 정책 평가 실험허브 운영작업의 수행에 대하여 개시하였다.
- [1295]
- [1296] 도 91은 실시 예에 따른 도메인 특화 엔진을 이용하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 도면을 개시한다.
- [1297] 일 실시 예에서, 사건 대기열에서는 작업물 생성(release)(3701) 및 작업물 투입(in)(3702)이 이루어진 후 다음으로 작업물 배치(route)(3703), 작업물 이동(transfer)(3704), 작업물 대기(buffer)(3705), 투입의사결정(dispatching)(3706), 공정처리(processing)(3708)의 순서로 이벤트가 실행될 수 있다. 또한, 상술한 사건 대기열에 정렬된 이벤트 중 일부 이벤트는 제외되고 실행될 수 있다. 다른 일 예로서, 작업물 배치(route)(3703) 이벤트가 실행된 후 작업물 완료(out)(3709) 이벤트가 실행될 수 있다.
- [1298] 선택적으로, 투입의사결정(dispatching)(3706) 이벤트가 실행된 후, 장비교체(tool change)(3707) 이벤트가 실행될 수 있고, 작업물 이동(transfer)(3704) 이벤트가 실행된 후 더미 공정처리(dummy processing)(3710) 이벤트가 실행될 수 있다. 사건 대기열에 정렬되어 있는 이벤트 및 이벤트 순서는 일 예로서, 이에 한정되지 아니한다. 이에 대한 상세한 내용은 상술한 내용을 참고한다.
- [1299] 일 실시 예에서, 선택적으로, 작업물 완료(out)(3709) 이벤트가 실행된 후 균형 생산 컨트롤(Balanced Production Control)(4201)과 관련된 이벤트가 실행될 수 있다.
- [1300] 여기서, 균형 생산 컨트롤(4201)은 생산 속도가 상이한 병렬 생산 시설(예: 생산 라인)이 있을 때, 두 생산 시설의 생산 속도를 균형 있게 맞추는 과정을 포함할 수 있다. 또한, 균형 생산 컨트롤(4201)은 도메인 특화 엔진에 포함된 균형 생산을 위한 로직 및 이벤트에 기반하여 수행될 수 있다. 상기 로직 및 이벤트는 균형 생산을 위하여 상대적으로 생산 속도가 느린 시설을 대상으로 백워드 로직 및 포워드 로직을 수행한 후 작업물의 마지막 공정의 완료 시점을 수집할 수 있다. 또한, 수집된 마지막 공정의 완료 시점은 상대적으로 생산 속도가 빠른 시설

의 수요 정보로 변환되고, 해당 수요 정보에 기반한 백워드 로직 및 포워드 로직이 수행될 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 아래에서 설명된다.

- [1301] 일 실시 예에서, 선택적으로, 작업물 대기(buffer)(3705) 이벤트가 실행된 후 대기열 대기시간 컨트롤(QT-Control)(4202)과 관련된 이벤트가 실행될 수 있다. 여기서, 대기열 대기시간 컨트롤(4202)과 관련된 이벤트는 도메인 특화 엔진에 포함된 대기시간 컨트롤 로직에 기반하여 대상 작업물 또는 배치(형태) 작업물 전체에 대하여 현 시점 투입 시 목표 공정에서의 예상 대기시간을 산출하고, 산출된 예상 대기시간에 기반하여 대기시간 제약을 만족하는지 여부를 판별할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 아래에서 설명된다.
- [1302] 일 실시 예에서, 선택적으로, 작업물 대기(buffer)(3705) 이벤트가 실행된 후 배치 컨트롤(Batch Control)(4203)과 관련된 이벤트가 실행될 수 있다. 여기서, 배치 컨트롤(4203)과 관련된 이벤트는 도메인 특화 엔진에 포함된 배치 컨트롤 로직에 기반하여 배치 생산 공정의 작업물에 대한 배치 규격 만족 여부를 판단하여 배치 구성을 결정할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 아래에서 설명된다.
- [1303] 일 실시 예에서, 대기열 대기시간 컨트롤(QT-Control)(4202)과 관련된 이벤트가 실행된 후 배치 컨트롤(Batch Control)(4203)과 관련된 이벤트가 실행될 수 있으며, 이와 반대로, 배치 컨트롤(Batch Control)(4203)과 관련된 이벤트가 실행된 후 대기열 대기시간 컨트롤(QT-Control)(4202)과 관련된 이벤트가 실행될 수 있다.
- [1304] 일 실시 예에서, 대기열 대기시간 컨트롤(QT-Control)(4202)과 관련된 이벤트 및 배치 컨트롤(Batch Control)(4203)과 관련된 이벤트가 실행된 후 투입의사결정(dispatching)(3706) 이벤트가 실행될 수 있다.
- [1305]
- [1306] 도 92는 실시 예에 따른 균형 생산 로직의 예를 개시한다.
- [1307] 일 실시 예에서, LCD의 경우 TFT, CF, 셀(Cell), 모듈(Module)과 같은 4개의 시설(Shop)로 구성될 수 있다. 이 경우, TFT와 CF가 병렬 생산 시설(Shop)이고, 두 생산 시설에서 짝을 지을 제품(예: 조립될 제품)이 셀 시설(Cell Shop)에서 동시에 필요할 수 있다. 이때, TFT 생산 시설의 공정이 CF 생산 시설의 공정에 비해 공정 속도가 느려서 생산량에 차이가 생길 수 있다. 이에, CF 생산 시설의 공정을 생산 역량만큼 구동하여 제품을 만들면 재고가 남아 불필요한 부품이 발생하고 보관비용(Inventory holding cost)이 커질 수 있다. 이를 해결하기 위해 시설(Shop) 간 생산 속도를 맞춰줄 기능이 도메인 특화 엔진에 추가될 수 있다. 일 실시 예에서, 본 개시에 따른 생산 시설은 해당 공정을 수행하는 생산 라인을 포함할 수 있다.
- [1308] 일 실시 예에서, 도메인 특화 엔진이 디스플레이 도메인에 특화된 경우, 균형 생산 로직이 수행될 수 있다. 일 실시 예에서, 일 실시 예에서, 공정 속도가 상대적으로 더 느린 쪽 제 1 생산 라인에 대해 먼저 백워드 플래닝 로직의 페깅(Pegging)을 수행할 수 있다. 예를 들어, 공정 속도가 더 느린 TFT 생산 라인에 대해 수요

정보(Demand 01)를 기반으로 백워드 플래닝 로직의 폐경을 수행하여 공정목표 정보(T_Lot_01 In, T_Lot_02 In, T_Lot_03 In)를 산출할 수 있다.

- [1309] 여기서, 공정목표 정보는 투입 목표 및 공정 목표 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 공정목표 정보는, 공정의 투입계획시점정보(Inplan Date), 투입 계획시점의 수량정보(Inplan Quantity), 공정의 완료정보(Outplan Date), 및 완료시점의 수량정보(Outplan Quantity) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 공정목표 정보는, 공정의 투입목표시점정보(In Target Date), 투입목표시점의 수량정보(In Target Quantity), 공정의 완료목표시점정보(Out Target Date), 및 완료목표시점의 수량정보(Out Target Quantity) 중 적어도 하나를 포함할 수도 있다. 위와 같이 경우에 따라, 공정목표 정보는 공정의 투입계획(Inplan)정보와 완료정보(Outplan)를 사용할 수도 있고, 투입목표(In Target)정보와 완료목표(Out Target)정보를 사용할 수도 있다.
- [1310] 일 실시 예에서, 느린 공정 속도의 TFT 생산 라인에 대한 백워드 플래닝의 결과인 공정목표 정보를 기준으로 느린 공정 속도의 TFT 생산 라인에 대한 포워드 플래닝을 수행하고, 느린 공정 속도의 TFT 생산 라인에 대한 포워드 플래닝의 결과로 산출된 작업물의 완료 시각을 획득할 수 있다. 예를 들어, 공정 속도가 더 느린 TFT 생산 라인에 대해 공정목표 정보(T_Lot_01 In, T_Lot_02 In, T_Lot_03 In)을 기반으로 포워드 플래닝 로직의 시뮬레이션(Simulation)을 수행하여 TFT 생산 라인에 포함된 적어도 하나의 공정 중 마지막 공정에 대한 작업물 완료 정보(T_Lot_01 Out, T_Lot_02 Out, T_Lot_03 Out)와 TFT 생산 라인에 포함된 적어도 하나의 공정 모두에 대한 생산 계획 데이터(미도시) 중 적어도 하나를 산출할 수 있다. 이 경우, 각 공정목표 정보에 대응하는 각 작업물 완료 정보는 서로 다른 시점으로 산출될 수 있다.
- [1311] 완료된 작업물의 완료시각을 기준으로 공정 속도가 더 빠른 쪽 제 2 생산 라인에 백워드 플래닝을 수행하여 공정목표 정보를 생성하여 공정 속도가 더 빠른 쪽 제 2 생산 라인에 대해 투입할 수 있다. 예를 들어, TFT 생산 라인은 공정 속도가 상대적으로 느린 쪽 제 1 생산 라인에 해당할 수 있고, CF 생산 라인은 공정 속도가 상대적으로 빠른 쪽 제 2 생산 라인에 해당할 수 있다. 이 경우, TFT 생산 라인의 작업물 완료 정보(T_Lot_01 Out, T_Lot_02 Out, T_Lot_03 Out)를 기반으로 백워드 플래닝 로직의 폐경을 수행하여 CF 생산 라인의 공정목표 정보(C_Lot_01 In, C_Lot_02 In, C_Lot_03 In)를 산출할 수 있다. 이 때, CF 생산 라인에 대한 C_Lot_01 In, C_Lot_02 In, C_Lot_03 In 각각은 TFT 생산 라인에 대해 수요 정보(Demand 01)를 만족하기 위해 TFT 생산 라인에 대한 T_Lot_01 Out, T_Lot_02 Out, T_Lot_03 Out과 쌍(pair)을 이루는 작업물을 의미할 수 있다.
- [1312] 이후, 빠른 공정 속도의 제 2 생산 라인에 대한 백워드 플래닝의 결과인 공정목표 정보를 기준으로 빠른 공정 속도의 제 2 생산 라인에 대한 포워드 플래닝을 수행하고, 빠른 공정 속도의 제 2 생산 라인에 대한 포워드 플래닝의 결과로 산출된 제 2 생산 라인에 포함된 적어도 하나의 공정 모두에 대한 생산 계획 데이터

(미도시)를 획득할 수 있다. 따라서, TFT 생산 라인의 작업물 완료 시점과 비슷한 시간에 대응되는 CF 작업물이 나와서 비슷한 시간에 셀 시설(Cell Shop)로 전달될 수 있다.

[1313]

[1314] 도 93은 실시 예에 따른 균형 생산 로직의 과정의 예를 개시한다.

[1315] 클라이언트 제조생산시스템의 상대적으로 느린 생산 속도로 수행되는 제 1 생산 라인의 제 1 공정의 제 1 수요 정보에 대해 백워드 플래닝을 수행하여 제 1 공정목표 정보를 산출한다(S4204). 여기서, 제 1 공정목표 정보는 제 1 생산 라인의 제 1 공정에 대한 투입 목표 및 공정 목표 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제 1 공정은 디스플레이 도메인의 TFT 생산 라인의 공정 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[1316] 제 1 공정의 제 1 공정목표 정보를 이용하여 제 1 생산 라인에 대한 포워드 플래닝을 수행하여 제 1 공정의 제 1 작업물 완료 정보 및 제 1 생산 계획 데이터를 산출한다(S4205). 여기서, 제 1 작업물 완료 정보는 제 1 공정에 포함되는 적어도 하나의 공정 중 마지막 공정에 있는 작업물 완료 정보를 포함할 수 있다. 또한, 제 1 생산 계획 데이터는 제 1 생산 라인의 제 1 공정에 포함되는 적어도 하나의 공정 모두에 대한 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다.

[1317] 제 1 공정의 제 1 작업물 완료 정보에 기반하여 균형 생산 컨트롤을 수행할 수 있다. 구체적으로, 포워드 플래닝을 수행하여 산출된 제 1 작업물 완료 정보에 포함된 각 작업물을 획득한다(S4206). 일 실시 예에서, 각 작업물의 완료 시각은 서로 상이할 수 있으며, 제 1 공정목표 정보에 포함된 각 작업물이 언제, 얼마만큼 투입되어야 하는지에 대한 각 작업물 정보에 대응하는 각 작업물의 완료 시각이 산출될 수 있다.

[1318] 각 작업물에 대한 작업물 스무딩(smoothing)을 수행한다(S4207). 일 실시 예에서, 각 작업물에 대응하는 제 1 작업물 완료 정보에 대해 작업물 스무딩을 수행할 수 있다. 즉, 제 1 작업물 완료 정보 각각에 대한 완료 시간이 적어도 일부 중첩되는 경우, 중첩되는 제 1 작업물 완료 정보에 대한 작업물 스무딩을 수행하여 통합된 하나의 제 1 작업물 완료 정보가 생성될 수 있다. 예를 들어, 작업물 스무딩은 각 작업물의 작업 시간을 특정 시간으로 동일하게 결정하고, 각 작업물에 포함된 수량이 동일한 경우 해당 작업물의 수량을 합쳐 해당 특정 시간에 하나의 작업물을 생성하는 과정을 포함할 수 있다. 이 경우, 각 작업물에 대해 동일하게 결정되는 특정 시간은 각 작업물의 공정 종료 시점 또는 공정 시작 시점의 마지막 또는 평균으로 설정될 수 있다.

[1319] 제 1 공정의 제 1 작업물 완료 정보에 기반하여, 상대적으로 빠른 생산 속도로 수행되는 제 2 생산 라인의 제 2 공정의 제 2 수요 정보를 산출한다(S4208). 일 실시 예에서, 제 1 작업물 완료 정보에 포함된 제 1 공정의 제 1 작업물의 완료 시간과 완료 시간에서의 작업물 수량에 대응하는 제 2 공정의 제 2 작업물의 작업물 수량에 기반하여 제 2 수요 정보를 산출할 수 있다. 이 경우, 제 1 공정의 제 1 작

업물 완료 정보와 제 2 공정의 제 2 수요 정보는 미리 정의된 매칭 정보에 의해 결정될 수 있다. 즉, 하나의 수요 정보(즉, 제 2 수요 정보)가 병렬 생산 라인인 제 1 생산 라인(예: TFT 생산 라인)과 제 2 생산 라인(예: CF 생산 라인)의 두 생산 라인 모두의 작업물로 전환될 수 있고, 작업물 간 상호 연결관계는 미리 정의된 매칭 정보로 설정될 수 있다. 예를 들어, TFT 생산 라인의 공정의 해당 완료 시점에 TFT 작업물이 2개 생산되는 경우, TFT 작업물 2개에 포함되는 CF 작업물 수량이 10개로 산출되어 CF 생산 라인의 공정의 제 2 수요 정보가 CF 작업물 10개로 산출될 수 있다.

- [1320] 제 2 수요 정보에 대한 수요정보 스무딩을 수행한다(S4209). 일 실시 예에서, 일 실시 예에서, 각 작업물에 대응하는 제 2 수요 정보에 대해 작업물 스무딩을 수행할 수 있다. 즉, 제 2 수요 정보 각각에 대응하는 완료 시간이 적어도 일부 중첩되는 경우, 중첩되는 제 2 수요 정보에 대한 수요정보 스무딩을 수행하여 통합된 하나의 제 2 수요 정보가 생성될 수 있다. 예를 들어, 수요정보 스무딩은 각 수요 정보에 대한 작업 시간을 특정 시간으로 동일하게 결정하고, 각 수요 정보에 포함된 수량이 동일한 경우 해당 수요 정보의 수량을 합쳐 해당 특정 시간에 하나의 수요 정보를 생성하는 과정을 포함할 수 있다. 이 경우, 각 수요 정보에 대해 동일하게 결정되는 특정 시간은 각 수요 정보의 공정 종료 시점 또는 공정 시작 시점의 마지막 또는 평균으로 설정될 수 있다.
- [1321] 제 1 작업물 완료 정보에 기반한 제 2 공정의 제 2 수요 정보에 대해 시간 역산 방식인 백워드 플래닝을 수행하여 제 2 공정목표 정보를 산출한다(S4210). 여기서, 제 2 공정목표 정보는 제 2 공정에 대한 투입 목표 및 공정 목표 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제 2 공정은 디스플레이 도메인의 CF 생산 라인의 공정을 포함할 수 있다. 여기서, 백워드 플래닝에 대한 상세 단계는 상술한 내용을 참고한다.
- [1322] 제 2 공정의 제 2 공정목표 정보에 대한 시간 순행 방식인 포워드 플래닝을 수행하여 제 2 공정의 제 2 생산 계획 데이터를 산출한다(S4211). 일 실시 예에서, 제 2 생산 계획 데이터는 제 2 생산 라인의 제 2 공정에 포함되는 적어도 하나의 공정 모두에 대한 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 상대적으로 느린 생산 속도로 수행되는 제 1 생산 라인의 제 1 공정의 제 1 생산 계획 데이터와 상대적으로 빠른 생산 속도로 수행되는 제 2 생산 라인의 제 2 공정의 제 2 생산 계획 데이터를 포함하는 생산 계획 데이터가 사용자에게 제공될 수 있다. 즉, 본 개시에 따르면, 서로 다른 생산 속도를 가지는 생산 라인에 대한 균형적으로 생산하기 위한 컨트롤이 수행될 수 있다.
- [1323] 이와 같이, 본 개시에 따르면, 균형 생산 컨트롤을 통해 생산 속도가 상이한 병렬 생산 라인의 생산 속도를 균형 있게 맞추어, 두 생산 라인에서 생산된 작업물을 조립하는 생산 라인(예: Cell)으로 작업물들이 균일하게 투입될 수 있다.
- [1324] 일 실시 예에서, 본 도면의 각 단계 중 적어도 일부는 생략될 수 있다. 예를 들어, S4207 단계 및 S4209 단계 중 적어도 하나는 생략될 수 있다.

- [1325]
- [1326] 도 94는 실시 예에 따른 균형 생산 로직의 예를 설명하는 흐름도를 개시한다.
- [1327] 클라이언트 제조생산시스템의 제 1 생산 속도로 수행되는 제 1 생산 라인의 제 1 공정의 제 1 수요 정보에 대해 시간 역산 방식인 백워드 플래닝을 수행하여 제 1 공정목표 정보를 산출한다(S4212). 일 실시 예에서, 제 1 수요 정보는 제 1 작업물의 완료 시각까지 생산되기 위해 제 1 공정별 투입대기시간(Wait TAT), 공정별 작업시간(Run TAT), 공정별 수율(Yield), BOM(Bill of Material) 및 BOP(Bill of Process) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1328] 일 실시 예에서, 제 1 수요 정보, 즉 완제품의 납기시점과 수량 정보는, 제 1 작업물의 납기 시점을 맞추기 위한 제 1 공정의 완료목표(Out Target)의 수량(Quantity)과 시점정보(Date)를 기반으로 작업시간(RUN TAT)과 수율 정보(YIELD)로 역산하여 제 1 공정의 투입목표(In Target)의 수량(Quantity)과 시점(Date) 정보를 산출하기 위해 사용될 수 있다.
- [1329] 그리고, 제 1 작업물의 납기시점을 맞추기 위한 제 1 공정의 투입목표(In Target)의 수량(Quantity)과 시점(Date) 정보를 기반으로 투입대기시간(Wait TAT) 등을 고려하면 제 1 공정의 완료목표(Out Target)의 수량(Quantity)과 시점(Date)정보를 역산할 수 있다.
- [1330] 제 1 공정의 제 1 공정목표 정보에 대한 시간 순행 방식인 포워드 플래닝을 수행하여 제 1 공정의 제 1 작업물 완료 정보 및 제 1 생산 계획 데이터를 산출한다(S4213). 일 실시 예에서, 백워드 플래닝의 결과로 산출한 제 1 공정목표 정보에 기반하여 제 1 공정과 관련된 작업물(lot) 또는 장비(equipment)에 대한 작업물 배치(route), 작업물 필터링(filter), 작업물 이동(transfer), 투입 의사결정(dispatching), 작업물 투입(in), 작업물 소멸(out) 등의 이벤트 실행을 통해 세부적인 제 1 생산 계획을 산출할 수 있다.
- [1331] 제 1 작업물 완료 정보에 기반하여 제 2 공정의 제 2 수요 정보를 산출한다(S4214). 일 실시 예에서, 포워드 플래닝으로 로딩 시뮬레이션을 수행하여 획득한 제 1 공정의 마지막 공정의 산출물, 즉, 제 1 작업물 완료 정보에 기반하여 제 2 공정의 제 2 수요 정보를 산출할 수 있다. 여기서, 제 2 수요 정보는 제 2 공정에 대한 백워드 플래닝을 수행하기 위한 백워드 플래닝 엔진의 입력 데이터로 사용될 수 있다.
- [1332] 제 1 생산 속도보다 빠른 제 2 생산 속도로 수행되는 제 2 생산 라인의 제 2 공정의 제 2 수요 정보에 대해 시간 역산 방식인 백워드 플래닝을 수행하여 제 2 공정목표 정보를 산출한다(S4215). 일 실시 예에서, 제 2 수요 정보는 제 2 작업물의 완료 시각까지 생산되기 위해 제 2 공정별 투입대기시간(Wait TAT), 공정별 작업시간(Run TAT), 공정별 수율(Yield), BOM(Bill of Material) 및 BOP(Bill of Process) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1333] 일 실시 예에서, 제 2 수요 정보, 즉 완제품의 납기시점과 수량 정보는, 제 2 작업물의 납기 시점을 맞추기 위한 제 2 공정의 완료목표(Out Target)의 수량(Quantity)

과 시점정보(Date)를 기반으로 작업시간(RUN TAT)과 수율 정보(YIELD)로 역산하여 제 2 공정의 투입목표(In Target)의 수량(Quantity)과 시점(Date) 정보를 산출하기 위해 사용될 수 있다.

- [1334] 그리고, 제 2 작업물의 납기시점을 맞추기 위한 제 2 공정의 투입목표(In Target)의 수량(Quantity)과 시점(Date) 정보를 기반으로 투입대기시간(Wait TAT) 등을 고려하면 제 2 공정의 완료목표(Out Target)의 수량(Quantity)과 시점(Date)정보를 역산할 수 있다.
- [1335] 제 2 공정의 제 2 공정목표 정보에 대한 시간 순행 방식인 포워드 플래닝을 수행하여 제 2 공정의 제 2 생산 계획 데이터를 산출한다(S4216). 일 실시 예에서, 백워드 플래닝의 결과로 산출한 제 2 공정목표 정보에 기반하여 제 2 공정과 관련된 작업물(lot) 또는 장비(equipment)에 대한 작업물 배치(route), 작업물 필터링(filter), 작업물 이동(transfer), 투입 의사결정(dispatching), 작업물 투입(in), 작업물 소멸(out) 등의 이벤트 실행을 통해 세부적인 제 2 생산 계획을 산출할 수 있다.
- [1336]
- [1337] 도 95는 실시 예에 따른 대기시간 컨트롤 로직의 예를 개시한다.
- [1338] 일 실시 예에서, 반도체 팹(Fab) 도메인의 경우, 포토(Photo) 공정을 포함하여 웨이퍼(Wafer)에 칩(Chip)을 그려 생산하는 공장을 대상으로 할 수 있다.
- [1339] 반도체 팹 공정의 경우, 대기열 대기시간(QueueTime) 제약이 설정될 수 있으며, 여기서, 대기열 대기시간 제약은 이전 공정에서 생산되어 다음 공정을 시작하기까지의 시간, 즉, 대기열 대기 시간이 특정 시간 이내에 포함되어야 한다는 제약 조건을 포함할 수 있다. 이러한 대기열 대기시간 제약 조건이 만족되지 않은 경우, 불량품이 되거나 수율이 좋지 못하게 되어버릴 수 있다.
- [1340] 일 실시 예에서, 클라이언트 제조생산시스템의 생산 라인은 시작 공정(StartStep)과 종료 공정(EndStep)을 포함하는 다수의 공정을 수행할 수 있다. 일 실시 예에서, 다수의 공정에 포함된 적어도 하나의 공정 구간 각각에 대해 대기열 대기시간 제약이 적용될 수 있다. 이 때, 각 공정 구간에 대하여 시작 공정(StartStep)과 종료 공정(EndStep)이 결정될 수 있다. 이 경우, 시작 공정(StartStep)과 종료 공정(EndStep) 사이에 적어도 하나의 공정이 추가될 수 있다. 예를 들어, 제품 A를 만들기 위해 1 내지 100번의 공정들을 거쳐야 하는데, 2 내지 4번 공정 구간, 58 내지 70 공정 구간 및 90 내지 92 공정 구간에 대기열 대기시간 제약이 적용될 수 있다. 이 때, 해당 제약을 산정하는 시점은 각 공정 구간의 시작 공정(즉, 2, 58 및 90번 공정)의 종료 시점(TrackOut)에서부터 종료 공정(즉, 4, 70, 92번 공정)의 투입 시점(TrackIn)까지일 수 있다.
- [1341] 일 실시 예에서, 대기열 대기시간 제약은 상술한 대기열 대기 시간(X hours)이 제 1 임계값보다 크고 제 2 임계값보다 작아야 하는 제약 조건을 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 해당 생산 라인의 대기열 대기 시간은 작업물이 시작 공정(StartStep)을 통해 출력되는 시점(TrackOut)부터 워크로드를 거쳐 종료 공정(EndStep)에 투입되는 시점(TrackIn) 사이의 시간을 포함할 수 있다.

- [1342] 예를 들어, 제 1 임계값은 최소 대기열 대기 시간(MinQtime)을 포함할 수 있으며, 최소 대기열 대기 시간(MinQtime)은 시작 공정(StartStep)을 출발하여 종료 공정(EndStep)을 진행할 때까지 적어도 특정(X) 시간 경과해야 하는 것을 의미할 수 있다. 이 경우, 종료 공정(EndStep)에서 잔여시간만큼 홀드(Hold) 처리할 수 있다.
- [1343] 또한, 제 2 임계값은 최대 대기열 대기 시간(MaxQtime)을 포함할 수 있으며, 최대 대기열 대기 시간(MaxQtime)은 시작 공정(StartStep)을 출발하여 종료 공정(EndStep)을 진행할 때 까지 특정(X) 시간을 초과하면 안되는 것을 의미할 수 있다. 이 경우, 시작 공정(StartStep)에서 투입 제어가 수행될 수 있다.
- [1344] 일 실시 예에서, 대기열 대기시간 컨트롤(QueueTime Control)을 통해 대기 중인 작업물 중 투입 제어를 수행할 수 있다. 또한, 시작 공정(StartStep) 투입 전에 지금 투입하면 목표 공정에서 대기열 대기시간(QueueTime) 제약 조건이 만족되지 않다는 것은 현재 공정 또는 공정 구간에 걸려있는 작업 부하에 기반하여 판단될 수 있다. 여기서, 각 공정에 작업물이 투입되는 시점(TrackIn)과 각 공정에서 작업물이 공정을 거쳐 출력되는 시점(TrackOut)이 모니터링될 수 있다. 이 경우, 종료 공정(EndStep)의 작업 부하는 시작 공정(StartStep)을 거쳐 출력(TrackOut)되기 직전의 작업 부하, 시작 공정(StartStep)에서 출력되어 워크로드, 즉, 공정 구간에 대기 중인 작업 부하 및 종료 공정(EndStep)에 투입(TrackIn)되기 직전의 작업 부하 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1345]
- [1346] 도 96은 실시 예에 따른 대기열 대기시간 컨트롤 로직의 과정의 예를 개시한다.
- [1347] 작업물 대기열로부터 대상 작업물을 결정한다(S4217). 일 실시 예에서, 작업물 대기열은 버퍼(Buffer) 또는 이와 동등한 기술적 의미를 갖는 용어로 지칭될 수 있다. 일 실시 예에서, 대상 작업물은 생산이 이루어지는 단위 수량 단위로 로트(Lot)가 부여될 수 있다.
- [1348] 배치 컨트롤을 통해 대상 배치를 결정한다(S4218). 일 실시 예에서, 작업물 대기열로부터 결정된 대상 작업물을 포함하는 대상 배치를 결정할 수 있다. 즉, 대기 중인 작업물의 묶음을 대상 배치로 결정할 수 있다.
- [1349] 일 실시 예에서, 대상 작업물, 대상 배치, 장비 및 대기시간 제약 조건 중 적어도 하나에 대한 초기화를 수행할 수 있다. 이 경우, 초기화는 시뮬레이션 상 시간의 흐름에 영향을 받으며 정보가 변하는 활성화 객체(Active Object)를 초기 상태로 되돌리는 것을 의미할 수 있다. 즉, 초기화는 현재 대기열에서 대기 중인 대상 작업물, 대상 배치, 장비 및 대기시간 제약 조건 중 적어도 하나에 기반한 예상 대기열 대기시간을 산출하는 과정에서 발생한 변화에 영향을 받지 않도록 하기 위한 일 수 있다. 예를 들어, 예상 대기열 대기시간을 산출하는 로직에서 가상 간츠 방식의 경우, 초기화를 통해 현시점으로부터 일정 시간 동안 가상의 시뮬레이션을 진행하여 대기열 대기 시간을 산출하게 되는데, 이때 발생하는 가상의 의사결정이 실제로 반영되지 않게 할 수 있다.

- [1350] 일 실시 예에서, 대상 작업물 또는 대상 배치에 대한 대기열 대기시간 컨트롤이 수행될 수 있다. 구체적으로, 대상 작업물 또는 대상 배치에 대한 초기화를 수행한다(S4219). 일 실시 예에서, 대상 작업물 또는 대상 배치를 초기화하는 것은 특정 생산 배치나 공정을 시작하기 위해 기존의 작업물 또는 배치의 상태, 속성, 특성 등의 설정값을 초기 단계로 되돌리는 과정을 포함할 수 있다.
- [1351] 대상 작업물 또는 대상 배치와 관련된 장비에 대한 초기화를 수행한다(S4220). 일 실시 예에서, 장비를 초기화하는 것은 해당 장비를 대상 작업물 또는 대상 배치에 따라 공정에 맞게 설정하거나, 장비의 상태, 기능 등의 설정값을 초기 상태로 되돌리는 과정을 포함할 수 있다.
- [1352] 대상 작업물 또는 대상 배치와 관련된 대기열 대기시간 제약 조건에 대한 초기화를 수행한다(S4221). 일 실시 예에서, 대기열 대기시간 제약 조건을 초기화하는 것은 대상 작업물 또는 대상 배치에 따라 생산 과정에서 적용되는 공정에 기반한 대기열 대기시간의 하한값과 상한값 중 적어도 하나를 초기 상태로 되돌리는 과정을 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 하나의 공정에서 여러 제품 별로 제약 조건이 상이할 수 있기 때문에, 초기화 시 여러 대기열 대기시간 제약 조건이 초기화되거나 퍼시스트 단계에서 수행된 후 불러와 사용될 수 있다.
- [1353] 대상 작업물 또는 대상 배치 및 장비 중 적어도 하나에 기반하여 공정에 대한 예상 대기열 대기 시간을 산출한다(S4222). 일 실시 예에서, 가상 간츠 시뮬레이션(Virtual Gantt Simulation), 작업부하 기반 산출기(WorkLoad based Estimator) 및 머신러닝 기반 예측기(Machine Learning(M/L) based Predictor) 중 적어도 하나를 이용하여 공정에 대한 예상 대기열 대기 시간을 산출할 수 있다.
- [1354] 일 실시 예에서, 가상 간츠 시뮬레이션은 예상 대기열 대기시간 산출을 위한 시뮬레이션 내부에 별도의 가상 시뮬레이션을 만들어서 작업물의 시작 공정에 대한 투입을 주어진 시간 동안 수행하고, 종료 공정에 도착할 때까지의 대기열 대기시간 제약 조건이 만족하는지 여부를 확인할 수 있다. 즉, 작업물이 언제 도착할 지가 연속된 가상의 의사결정들을 통해 예상 대기열 대기 시간이 산출될 수 있다.
- [1355] 일 실시 예에서, 작업부하 기반 산출기는 작업물이 이미 워크로드(Startstep에서 Endstep까지)에 몇 개가 들어가 있거나 대기 중에 있을 때, 신규 작업물이 워크로드에 투입되었을 때 우선순위가 어떻게 되며, 이미 들어가 있거나 대기 중에 있는 애들을 처리를 거쳐 공정에 다 들어갔을 때 얼마나 걸렸을지 산출할 수 있다.
- [1356] 일 실시 예에서, 머신러닝 기반 예측기는 시작 공정(start step)에서의 속성값에 기반하여, 작업물이 언제 투입되어야 하는지 예측할 수 있다. 여기서, 예를 들어, 속성값은 작업물이 몇 개가 공정에 들어가 있거나 대기 중에 있는지, 유사한 작업물 몇 개 존재하는지, 장비는 얼마만큼 진행했고, 다음 공정의 작업시간은 얼마인지 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

- [1357] 예상 대기열 대기 시간에 기반하여 대기열 대기시간 제약 조건의 만족 여부를 판별한다(S4223). 일 실시 예에서, 예상 대기열 대기 시간이 대기열 대기시간 제약 조건의 제 1 임계값보다 크고 제 2 임계값보다 작은지 여부를 확인할 수 있다. 즉, 예상 대기열 대기 시간이 시작 공정(StartStep)을 출발하여 종료 공정(EndStep)을 진행할 때까지의 최소 시간을 경과하고, 최대 시간을 초과하지 않는지 확인할 수 있다. 일 실시 예에서, 대기열 대기시간 제약 조건이 만족되지 못한 경우라도, 해당 제약 조건을 만족한 것으로 판단하는 별도의 예외 기준의 만족 여부를 판별할 수 있다. 또한, 일 실시 예에서, 대기열 대기시간 제약 조건이 만족되는 경우라도, 해당 제약 조건을 만족하지 않은 것으로 판단하는 별도의 예외 기준의 만족 여부를 판단할 수 있다. 예를 들어, 작업물이 대기열 대기시간 제약 조건을 만족하지 못한 경우라도, 해당 작업물이 테스트 라벨이 붙은 작업물, 즉, 테스트 작업물인 경우는 예외 기준에 따라 해당 제약 조건을 만족한 것으로 판별하여 제약 조건의 불만족이 어떤 영향을 가져오는지 확인할 수 있다.
- [1358] 이와 같은 판별에 기반하여 종료 공정(EndStep)에서 잔여시간만큼 홀드(Hold) 처리되거나 시작 공정(StartStep)에서 투입 제어가 수행되는 투입 가능 작업물 또는 투입 가능 배치가 산출될 수 있다. 예를 들어, 대상 작업물이 10개인 경우, 대기열 대기시간 제약 조건을 위반하지 않고 대기열 대기 시간 내에 공정에서 처리될 수 있는 작업물이 7개인 경우, 7개의 작업물이 투입 가능 작업물로 결정될 수 있다. 일 실시 예에서, 산출된 투입 가능 작업물 또는 투입 가능 배치는 배치 컨트롤(S4218)에 적용될 수 있다.
- [1359] 대기열 대기시간 제약 조건의 만족 여부에 기반하여 투입 가능 작업물에 대한 투입 의사결정을 수행한다(S4224). 투입 의사결정에 대한 상세한 내용은 상술한 설명을 참고한다. 일 실시 예에서, 본 도면의 적어도 하나의 단계는 생략되거나 동시에 수행될 수 있다. 예를 들어, S4218 단계는 생략될 수 있다. 또한, S4219 내지 S4221 단계 중 적어도 하나는 동시에 수행될 수 있다.
- [1360]
- [1361] 도 97은 실시 예에 따른 대기열 대기시간 컨트롤 로직의 예를 설명하는 흐름도를 개시한다.
- [1362] 공정에 대한 작업물, 배치, 장비 및 대기열 대기시간 제약 조건 중 적어도 하나를 초기화한다(S4225). 일 실시 예에서, 해당 공정에 대한 작업물 대기열로부터 결정된 대상 작업물 또는 배치 컨트롤에 의해 결정된 대상 배치와 해당 작업물, 장비 및 대기열 대기시간 제약 조건 중 적어도 하나를 초기화할 수 있다.
- [1363] 클라이언트 제조생산시스템의 공정에 대한 대상 작업물 및 배치 중 적어도 하나의 대기열 대기 시간을 산출한다(S4226). 일 실시 예에서, 대상 작업물 및 배치 중 적어도 하나에 대한 시작 공정과 종료 공정 사이의 대기열 대기 시간을 산출할 수 있다. 일 실시 예에서, 대기열 대기 시간은 시작 공정에서 출력되는(Track Out) 작업 부하, 시작 공정과 종료 공정 사이의 워크로드 상에 포함된 작업 부하 및 종료 공정에 투입되는(TrackIn) 작업 부하 중 적어도 하나에 기반하여 산출될

수 있다. 여기서, 작업 부하는 대상 작업물 및 배치 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[1364] 대기열 대기 시간에 기반하여 대기열 대기시간 제약 조건 만족 여부에 따라 공정의 투입 가능 작업물 및 배치 중 적어도 하나를 결정하여 투입 의사결정 또는 배치 컨트롤을 수행한다(S4227). 일 실시 예에서, 초기화된 대상 작업물 및 대상 배치 중 대기열 대기 시간 제약 조건을 만족하는 대기열 대기 시간에 기반하는 투입 가능 작업물 및 배치가 추출될 수 있다.

[1365]

[1366] 도 98은 실시 예에 따른 배치 컨트롤 로직의 예를 개시한다.

[1367] 일 실시 예에서, 반도체 팹(Fab)의 경우, 포토(Photo) 공정을 포함하여 웨이퍼(Wafer)에 칩(Chip)을 그려 생산하는 공장, 즉, 클라이언트 제조생산시스템에 대한 공정이 수행될 수 있다.

[1368] 반도체 팹은 동일한 형태의 작업물을 로트(Lot) 단위로 한데 묶어 처리하는 배치(Batch) 장비를 포함 할 수 있다. 여기서, 로트(Lot)는 작업물의 기본 단위를 나타낼 수 있고, 배치(Batch)는 이러한 로트의 묶음을 나타낼 수 있다. 이 경우, 대기 중인 작업물의 묶음인 배치를 만드는 배치 컨트롤(BatchControl)이 수행될 수 있다.

[1369] 일 실시 예에서, 배치 대상이 되는 다수의 후보 작업물(CandidateLots)을 결정할 수 있다. 이러한, 다수의 후보 작업물을 동일한 키(Key)를 갖는 작업물끼리 적어도 하나의 배치들로 그룹핑할 수 있다(BatchingGroups). 일 실시 예에서, 키는 작업물의 식별, 속성, 및 특징과 관련된 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 키는 작업물의 Lot 번호, 생산일자, 작업물 종류, 공정 조건 등 다양한 정보를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 키는 연속 생산 시 장비 교체(Setup)이 발생하지 않는 제품들을 지정하는 문자열을 포함할 수 있다. 예를 들어, Product 1, 2, 3, 4, 5, 6의 6종류의 제품일 있을 때, 장비 교체가 발생하지 않는 문자열을 Group이라고 설정되는 경우, Product 1, 2, 3이 Group1로서 Key1으로 설정되고, Product 4, 5가 Group2로서 Key2로 설정되며, Product 6이 Group3로서 Key3으로 설정될 수 있다. 일 실시 예에서, 키는 장비 교체(Setup) 여부에 한정되지 않고, 수요고객사, 납기시점, 우선도 또는 이들의 복합 정보로 설정될 수 있다.

[1370] 일 실시 예에서, 그룹핑된 각 배치에 포함된 작업물의 작업물 구성 점수를 산출하고, 작업물 구성 점수에 기반하여 미리 설정된 구성 순서 규칙에 따라 해당 장비에 대한 각 배치에 포함되는 작업물의 순서(Order)를 결정하고 작업물을 정렬할 수 있다. 이 경우, 순서는 배치 내의 로트에 해당하는 작업물이 위치하는 자리를 의미할 수 있다. 일 실시 예에서, 작업물 구성 점수는 납기일, 대기시간, 우선 순위, 작업시간 및 작업물의 크기 중 적어도 하나에 기반하여 산출될 수 있으며, 작업물 구성 점수를 산출하는 방식은 다양하게 결정될 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.

- [1371] 일 실시 예에서, 구성 순서 규칙은 작업물 구성 점수가 큰 작업물부터 배치의 자리에 순서대로 위치하는 규칙을 포함할 수 있다. 다만, 구성 순서 규칙은 설정에 따라 다양하게 결정될 수 있으며, 이에 제한되지 않는다. 일 실시 예에서, 구성 순서 규칙은 가중합(Weight Sum) 또는 가중치 정렬(Weight Sort) 방식에 기반할 수 있다. 예를 들어, 구성 순서 규칙은 작업물 구성 점수를 가중합하여 정렬한 후 높은 것부터 취하는 방식이나, 가중치 정렬 방식으로 동률(Tie)이 발생하지 않을 때까지 비교해가며 하나씩 넣는 방식을 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 작업물의 순서는 구성 순서 규칙에 따라 다양하게 결정되어 정렬될 수 있다.
- [1372] 예를 들어, 해당 배치 장비에 대하여 제 1 키(Key1)에 대한 배치에 3개의 자리가 존재하는 경우 1번 로트부터 작업물이 로트 1, 2, 3의 순서로 정렬될 수 있다. 또한, 해당 배치 장비에 대하여 제 2 키(Key2)에 대한 배치에 4개의 자리가 존재하는 경우, 1번 로트부터 순서대로 4개의 자리에 작업물이 로트 1, 2, 3, 4의 순서로 정렬될 수 있다.
- [1373] 또한, 해당 배치 장비에 대하여 제 3 키(Key3)에 대한 배치에 5개의 자리가 존재하는 경우, 1번 로트가 가장 먼저 첫번째 자리에 위치한 후, 구성 순서 규칙에 따라 해당 장비 관련 제약(예: 존(Zone) 제약)으로 인해 2번 로트가 그 다음에 위치하지 못하는 경우 3번 로트가 두번째 자리에 위치하고, 다음 자리에서 추가 가능 여부를 확인하여 2번 로트가 세번째 자리에 위치하고, 이후에 네번째 자리에 4번 로트가 위치하고, 다섯번째 자리에 5번 로트가 위치할 수 있다. 이에 따라, 제 3 키에 대한 배치에 작업물이 로트 1, 3, 2, 4, 5의 순서로 정렬될 수 있다.
- [1374] 일 실시 예에서, 배치 빌딩(BatchBuilding)을 통해 배치 규격(Spec)에 기반하여 작업물의 순서가 정렬된 배치의 배치 구성을 결정할 수 있다. 일 실시 예에서, 배치 규격은 처리될 공정의 종류 및 배치에 들어갈 수 있는 최대 작업물의 수를 나타내는 배치 사이즈(Batch Size) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 배치 규격의 배치 사이즈에 따라 배치의 배치 구성이 결정될 수 있다. 여기서, 배치 구성은 배치 내 순서가 결정된 작업물들을 배치 사이즈에 따라 최종적으로 결정된 작업물의 구성을 나타낼 수 있다.
- [1375] 일 실시 예에서, 배치 규격의 배치 사이즈를 만족하지 못하는 배치 구성은 필터링되어 제거될 수 있다. 예를 들어, 제 1 키에 대한 배치의 배치 사이즈에 따라 4번째 자리에 추가(add)될 작업물이 존재하지 않아 제 1 키에 대한 배치는 필터링되어 제거될 수 있다.
- [1376] 일 실시 예에서, 배치 규격의 배치 사이즈에 따라 배치 내 순서가 결정되어 정렬된 작업물 중 적어도 하나의 작업물이 필터링되어 제거될 수 있다. 예를 들어, 제 2 키(Key2)에 대한 배치 내 순서가 결정된 1, 2, 3, 4의 작업물 중 4번 로트의 작업물은 배치 사이즈(3)에 따라 배치에서 필터링되어 제거될 수 있다. 또한, 예를 들어, 제 3 키(Key3)에 대한 배치 내 순서가 결정된 1, 2, 3, 4, 5의 작업물 중 5번 로트의 작업물은 배치 사이즈(4)에 따라 배치에서 필터링되어 제거될 수 있다.

- [1377] 일 실시 예에서, 배치 선택(BatchSelection)을 통해 최소 배치 사이즈를 만족하는 유효한 배치들 중 최종적으로 하나의 배치가 선택될 수 있다. 여기서, 배치의 선택은 상술한 투입 의사결정에 의해 수행될 수 있다.
- [1378]
- [1379] 도 99는 실시 예에 따른 배치 컨트롤 로직의 과정의 예를 개시한다.
- [1380] 작업물 대기열로부터 대상 작업물을 결정한다(S4228). 일 실시 예에서, 작업물 대기열은 버퍼(Buffer) 또는 이와 동등한 기술적 의미를 갖는 용어로 지칭될 수 있다. 일 실시 예에서, 대상 작업물은 각각 로트(Lot)에 해당할 수 있다.
- [1381] 대기열 대기시간 컨트롤을 통해 대상 작업물을 결정한다(S4229). 일 실시 예에서, 대기열 대기시간 컨트롤을 통해 결정된 투입 가능 작업물을 대상 작업물로 결정할 수 있다. 투입 가능 작업물에 대한 상세한 설명은 상술한 내용을 참조한다.
- [1382] 대상 작업물에 대한 초기화를 수행한다(S4230). 일 실시 예에서, 대상 작업물을 초기화하는 것은 특정 생산 배치나 공정을 시작하기 위해 기존의 작업물의 상태, 속성, 특성 등의 설정값을 초기 단계로 되돌리는 과정을 포함할 수 있다.
- [1383] 배치 규격에 대한 초기화를 수행한다(S4231). 일 실시 예에서, 배치 규격을 초기화하는 것은 특정 생산 배치나 공정을 시작하기 위해 해당 장비, 작업물에 대한 배치 규격에 포함된 설정값을 초기 단계로 되돌리는 과정을 포함할 수 있다.
- [1384] 작업물의 키(Key)에 기반하여 작업물들을 적어도 하나의 배치로 그룹핑한다(S4232). 일 실시 예에서, 다수의 작업물을 동일한 키(Key)를 갖는 작업물끼리 적어도 하나의 배치로 그룹핑할 수 있다.
- [1385] 그룹핑된 각 배치에 포함된 작업물의 작업물 구성 점수를 산출한다(S4233). 일 실시 예에서, 작업물 구성 점수는 해당 작업물이 이러한 배치에 얼마나 적절히 어울리는지를 산술적으로 계산한 점수를 포함할 수 있다. 예를 들어, 작업물 구성 점수는 해당 작업물의 특성(예: 크기, 무게, 재질 등)을 고려한 적합도 점수, 배치 내 작업물 처리 속도나 효율성을 기준으로 산출된 생산성 점수, 배치에서 처리된 후의 작업물의 품질 점수 등 다양한 방식의 점수로 결정될 수 있다.
- [1386] 작업물 구성 점수에 기반하여 미리 설정된 구성 순서 규칙에 따라 해당 장비에 대한 각 배치에 포함되는 작업물의 순서를 결정한다(S4234). 일 실시 예에서, 해당 배치 내 작업물의 순서는 구성 순서 규칙에 따라 다수의 순서 세트로 결정될 수 있다. 이 경우, 각 순서 세트에 대하여 아래와 같이 배치 성립 여부를 판단하여 배치 구성이 결정될 수 있다.
- [1387] 배치 규격에 기반하여 작업물의 순서가 정렬된 배치의 배치 구성을 결정한다(S4235). 일 실시 예에서, 순서가 결정된 배치에 순서에 따라 작업물을 하나씩 투입했을 때 배치 규격에 따라 해당 배치가 성립하는지 여부를 판단하여 최종적인 배치 구성을 결정할 수 있다. 여기서, 배치가 성립하지 않는 경우 해당 배치 또는 배치 내 작업물은 필터링되어 제거될 수 있다.

- [1388] 배치 성립 여부 판단에 따라 결정된 배치 구성을 포함하는 배치 목록에 대한 투입 의사결정을 수행한다(S4236). 일 실시 예에서, 투입 의사결정을 통해 배치 목록 중 배치 사이즈에 따라 유효한 배치 구성 중 하나를 선택하는 배치 선택(BatchingSelection)이 수행될 수 있다. 투입 의사결정에 대한 상세한 내용은 상술한 설명을 참고한다. 일 실시 예에서, 본 도면의 적어도 하나의 단계는 생략되거나 동시에 수행될 수 있다. 예를 들어, S4229 단계는 생략될 수 있다. 또한, S4230 및 S4231 단계 중 적어도 하나는 동시에 수행될 수 있다.
- [1389]
- [1390] 도 100은 실시 예에 따른 배치 컨트롤 로직의 예를 설명하는 흐름도를 개시한다.
- [1391] 클라이언트 제조생산시스템의 공정에 대한 대상 작업물 및 배치 규격 중 적어도 하나를 초기화한다(S4237). 일 실시 예에서, 대상 작업물을 초기화하는 것은 특정 장비의 생산 배치나 공정을 시작하기 위해 기존의 작업물의 상태, 속성, 특성 등의 설정값을 초기 단계로 되돌리는 과정을 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 배치 규격을 초기화하는 것은 특정 장치의 생산 배치나 공정을 시작하기 위해 배치 규격에 포함된 배치 사이즈 등의 설정값을 초기 단계로 되돌리는 과정을 포함할 수 있다.
- [1392] 공정의 다수의 대상 작업물에 대한 키(Key)에 따라 다수의 대상 작업물을 적어도 하나의 배치로 그룹핑한다(S4238). 일 실시 예에서, 각 배치에 그룹핑되어 포함되는 작업물의 개수는 키에 따라 다를 수 있으며, 하나의 배치에 포함된 다수의 대상 작업물은 서로 다른 제품으로 생산될 수 있다. 예를 들어, 배치 내 작업물 1 및 2는 제품 1로 생산될 수 있고, 작업물 3은 제품 2로 생산될 수 있다.
- [1393] 적어도 하나의 배치에 포함된 적어도 하나의 작업물 각각에 대한 작업물 구성 점수에 기반하여 미리 설정된 구성 순서 규칙에 따라 적어도 하나의 배치 내 적어도 하나의 작업물에 대한 구성 순서를 결정한다(S4239). 일 실시 예에서, 적어도 하나의 배치를 가상 배치라고 설정할 때 해당 가상 배치 내의 작업물 자리를 구성 순서 규칙에 따라 작업물 구성 점수에 대응하는 작업물을 정렬하여 구성 순서를 결정할 수 있다.
- [1394] 구성 순서에 따른 적어도 하나의 배치로부터 미리 설정된 배치 규격에 기반한 배치 구성을 결정한다(S4240). 일 실시 예에서, 배치 규격에 기반한 배치의 배치 사이즈에 따라 배치를 필터링하거나 배치 내 작업물을 필터링하여 배치 구성을 결정할 수 있다.
- [1395] 배치 구성에 기반한 적어도 하나의 배치에 대한 투입 의사결정 또는 대기열 대기시간 컨트롤을 수행한다(S4241). 일 실시 예에서, 투입 의사결정 및 대기열 대기시간 컨트롤은 상술한 내용을 참조한다.
- [1396]
- [1397] 도 101은 실시 예에 따른 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 흐름도를 개시한다.

- [1398] 클라이언트 제조생산시스템의 제조생산 도메인에 대응하는 생산 공정에 대한 도메인 특화 엔진을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성하거나 제공한다(S4242). 일 실시 예에서, 도메인 특화 엔진은, 균형 생산 컨트롤, 대기열 대기시간 컨트롤 및 배치 컨트롤 중 적어도 하나를 수행할 수 있다. 일 실시 예에서, 도메인 특화 엔진은, 상기 클라이언트 제조생산시스템의 제 1 생산 속도로 수행되는 제 1 생산 라인의 제 1 공정의 제 1 수요 정보에 대해 시간 역산 방식인 백워드 플래닝(backward planning)을 수행하여 제 1 공정목표 정보를 산출하고, 제 1 공정의 제 1 공정목표 정보를 이용하여 상기 제 1 생산 라인에 대한 시간 순행 방식인 포워드 플래닝(forward planning)을 수행하여 상기 제 1 공정의 제 1 작업물 완료 정보 및 제 1 생산 계획 데이터를 산출하고, 제 1 작업물 완료 정보에 기반한 제 1 생산 속도보다 빠른 제 2 생산 속도로 수행되는 제 2 생산 라인의 제 2 공정의 제 2 수요 정보에 대해 상기 시간 역산 방식인 백워드 플래닝을 수행하여 제 2 공정목표 정보를 산출하고, 상기 제 2 공정의 제 2 공정목표 정보를 이용하여 상기 제 2 생산 라인에 대한 상기 시간 순행 방식인 포워드 플래닝을 수행하여 상기 제 2 공정의 제 2 생산 계획 데이터를 산출할 수 있다. 이와 같이, 본 개시에 따르면, 균형 생산 컨트롤을 통해 생산 속도가 상이한 병렬 생산 라인의 생산 속도를 균형 있게 맞추어, 두 생산 라인에서 생산된 작업물을 조립하는 생산 라인(예: Cell)으로 작업물들이 균일하게 투입될 수 있다.
- [1399] 일 실시 예에서, 도메인 특화 엔진은, 클라이언트 제조생산시스템의 공정에 대한 대상 작업물 및 배치 중 적어도 하나의 대기열 대기 시간을 산출하고, 대기열 대기 시간에 기반하여 공정의 대기열 대기시간 제약 조건 만족 여부를 판단하고, 대기열 대기시간 제약 조건 만족 여부에 따라 상기 공정의 투입 가능 작업물 및 배치 중 적어도 하나를 결정하여 투입 의사결정 또는 배치 컨트롤을 수행할 수 있다. 일 실시 예에서, 대상 작업물 및 대상 배치 중 대기열 대기시간 제약 조건을 만족하지 못하는 작업물 및 배치를 제거하는 필터링을 통해 투입 가능 작업물 및 배치 중 적어도 하나를 결정할 수 있다. 이와 같이, 본 개시에 따르면, 대기열 대기시간 컨트롤을 통해 각 공정에서 대기하는 작업물을 최소화함으로써, 전체 생산 흐름이 원활해져 생산 효율성이 높아지고 병목 현상을 완화할 수 있다.
- [1400] 일 실시 예에서, 도메인 특화 엔진은, 상기 클라이언트 제조생산시스템의 공정의 다수의 대상 작업물에 대한 키(Key)에 따라 다수의 대상 작업물을 적어도 하나의 배치로 그룹핑하고, 적어도 하나의 배치에 포함된 적어도 하나의 작업물 각각에 대한 작업물 구성 점수에 기반하여 미리 설정된 구성 순서 규칙에 따라 적어도 하나의 배치 내 적어도 하나의 작업물에 대한 구성 순서를 결정하고, 구성 순서에 따른 적어도 하나의 배치로부터 미리 설정된 배치 규격에 기반한 배치 구성을 결정하고, 배치 구성에 기반한 적어도 하나의 배치에 대한 투입 의사결정 또는 대기열 대기시간 컨트롤을 수행할 수 있다. 이와 같이, 본 개시에 따르면, 배치 컨트롤을 통해 묶음 생산 장비에서 효율적인 의사결정을 내려 전체 생산 흐름을 원활하게 할 수 있다. 또한, 효율적인 의사결정은 묶음 생산 설비 교체 횟수

감소, 생산 라인의 작업물 밸런스 맞춤, 납기 지연 예방 등의 효과를 가져올 수 있다. 이에 대하여는 도 91 내지 100에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.

- [1401] 클라이언트 제조생산시스템으로부터 기준정보를 포함하는 입력데이터를 수신한다(S4243). 일 실시 예에서, 입력데이터는 제품 정보, 생산흐름 정보, 공정 정보, 장비 정보, 이동시간 정보, 공장내부 작업물 정보 및 기생산물량 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 이에 대하여는 도 91 내지 100에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.
- [1402] 수신된 입력데이터를 기반으로 도메인 특화 엔진을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 수행하여 생산 계획 데이터를 제공한다(S4244). 일 실시 예에서, 소프트웨어모델 및 로직 세트는 도메인 특화 엔진과 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직을 포함할 수 있다. 이에 대하여는 도 91 내지 100에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.
- [1403]
- [1404] 도 8을 참조하여 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [1405] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(310), 저장장치(320), 인메모리(330), 프로세서(340), 출력부(350), 및 사용자인터페이스(360)를 포함할 수 있다.
- [1406] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(360)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [1407] 입력부(310)는 제조생산시스템의 입력 데이터를 획득할 수 있다. 저장장치(320)는 입력부(310)가 수신한 입력 데이터, 도메인 특화 엔진, 소프트웨어 모델 및 로직 세트 중 적어도 하나를 저장장치(320)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(320)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 인메모리(330)는 제조생산시스템의 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다. 예를 들어, 인메모리(330)는 생산 밸런스, 대기제약(가상 간츠의 가상 의사결정 정보, 작업부하 정보, 머신 러닝 기반 예측기의 입력값 등), 배치구성 등 다양한 중간 정보들을 저장할 수 있다.
- [1408] 실시 예의 프로세서(340)는 클라이언트 제조생산시스템의 제조생산 도메인에 대응하는 생산 공정에 대한 도메인 특화 엔진을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 생성하거나 제공하고, 클라이언트 제조생산시스템으로부터 기준정보를 포함하는 입력데이터를 수신하고, 입력데이터를 기반으로 도메인 특화 엔진을 포함하는 소프트웨어모델 및 로직 세트를 수행하여 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 상술한 설명을 참조한다.
- [1409] 프로세서(340)는 사용자인터페이스(360)의 사용자의 요청에 따라 소프트웨어모델 및 로직세트를 개발할 수 있다. 또한, 프로세서(340)는 개발된 소프트웨어모델 및 로직 세트의 테스트 및 사전 실행하여 생산 계획 데이터를 얻을 수 있다. 그

리고 프로세서(340)는 사용자의 요청에 따라 생산 계획 데이터를 생성하는 소프트웨어모델 및 로직을 분석하거나 테스트한 결과를 사용자인터페이스(360)를 통해 사용자에게 제공할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 상술한 설명을 참조한다.

[1410] 출력부(350)는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 분석 결과 데이터 및 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 기반하여 실험을 수행한 결과 데이터를 제공하여 로컬 환경 및 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.

[1411]

[1412] 도 102은 디지털 생산 계획을 제공하는 방법의 일 실시 예를 개시한 도면이다.

[1413] 실시 예에 따르면 클라우드 컴퓨팅 시스템을 기반으로 다른 생산 시스템을 가진 다수의 클라이언트에게 생산 운영 데이터를 제공할 수 있다(S60).

[1414] 각각의 클라이언트들은 클라우드 컴퓨팅 시스템에서 가상화되 격리된 클라우드 작업 영역을 가질 수 있다. 격리된 클라우드 작업 영역은 클라우드 시스템 중 할당받은 일부 영역에 해당한다. 클라우드 컴퓨팅 시스템은 고객의 요청에 따라 리소스 확장이 가능하다. 또한 생산 운영 데이터를 생성하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트에 포함되는 소프트웨어 패키지들도 클라이언트의 요청사항에 따라 확장되거나 커스텀마이징될 수 있다.

[1415] 클라우드 컴퓨팅 시스템은 클라이언트로부터 상기 생산 운영 데이터와 관련된 기준 정보가 포함된 입력데이터를 수신할 수 있다(S70).

[1416] 클라우드 컴퓨팅 시스템은 생산 운영 데이터와 관련된 기준 정보와 제조 시스템의 상태 데이터를 포함하는 입력 데이터를 수신할 수 있고, 클라우드 컴퓨팅 시스템 상의 제공 서비스의 요구 사항에 따라 일정한 데이터 스키마로 변환되어 클라우드 컴퓨팅 시스템로 입력될 수 있다. 또한, 클라우드 컴퓨팅 시스템은 클라이언트로부터 생산 운영 데이터를 획득하기 위한 기준 정보가 포함된 입력데이터를 수신할 수 있다.

[1417] 기준 정보는 제품이 만들어지기 위해 거쳐야 할 공정들이 포함된 BOM, BOP 정보, 자원 스펙 정보(어떤 종류의 작업물을 처리하는데 얼마만큼의 시간이 소요되는지), 장비 설정/교체 시간 등을 포함한다. 상태 데이터는 공장의 특정 시점의 장비 가동 상태, 작업 중인 작업물 종류/수량/진행도, 작업물 대기열에 포함되는 작업물의 종류/수량/대기시간 등을 포함한다.

[1418] 수신된 입력데이터를 이용하여 상기 소프트웨어 모델 및 로직세트를 수행하고 상기 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 제공한다(S80).

[1419] 클라우드 컴퓨팅 시스템은 기준정보가 포함된 입력데이터를 수신하고, 이를 기반으로 저장된 소프트웨어 모델 및 로직세트를 수행하여 클라이언트가 요청하는 상기 제조 시스템(manufacturing system)에 관련된 생산 계획 데이터를 생성한다.

- [1420] 클라우드 컴퓨팅 시스템이 제공하는 소프트웨어 모델 및 로직세트에 대한 구체적인 실시 예에는 이하에서 후술한다. 클라우드 컴퓨팅 시스템은 특정의 클라이언트를 대상으로 커스텀화된 소프트웨어를 제공할 수 있다.
- [1421] 커스텀화된 소프트웨어 패키지는, 특정 클라이언트나 특정 산업 분야에서 사용되는 생산 운영 데이터를 생성할 수 있는 로직 세트를 포함한다.
- [1422] 이러한 로직 세트는 생산 계획 및 생산 일정에 영향을 미치는 여러 가지 설정 변수, 다양한 소프트웨어 모델 수행에 필요한 여러 가지 옵션들, 또는 여러 가지 시나리오들에 따라 수행되는 소프트웨어 패키지가 될 수 있다.
- [1423] 그리고, 클라우드 컴퓨팅 시스템은 생성한 생산 계획 데이터를 클라이언트에 게 정의된 인터페이스를 이용하여 제공할 수 있다. 정의된 인터페이스는 API 일 수도 있고, 정의된 특정 타입의 유저인터페이스이거나 또는 통신 프로토콜 등 다른 전송 프로토콜에 따른 인터페이스일 수 있다.
- [1424]
- [1425] 도 103는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 컴퓨팅 시스템의 일 실시 예를 개시한다.
- [1426] 개시하는 클라우드 컴퓨팅 시스템의 일 예는 소프트웨어(SW) 제공 모듈(2211), 소프트웨어 실행 모듈(2401), 및 데이터베이스(2600)를 포함한다.
- [1427] 다수의 클라이언트(101, 102, 103)는 API(application programming interface) 등과 같은 인터페이스를 이용해 클라우드 컴퓨팅 시스템에는 자신이 원하는 공장의 공정과 관련된 기준 정보를 제공한다. 각각의 클라이언트(101, 102, 103)는 동일 또는 상이한 API 가 제공될 수 있다. 또한 각각의 클라이언트(101,102,103)는 동일 또는 상이한 유저 인터페이스가 제공될 수 있다.
- [1428] 각각 클라이언트(101, 102, 103)는 클라우드 컴퓨팅 시스템의 서비스의 요구 사항에 따라 표준화된 스키마로 변환된 기준 정보를 클라우드 컴퓨팅 시스템에 전송할 수 있다. 여기서, 스키마는 데이터를 포함하지 않지만 데이터를 받기 위한 구조에 해당한다. 스키마가 정의된 후 고객 시스템으로부터 데이터를 다양한 인터페이스를 통해 수용하는 것이 가능하다.
- [1429] 또한, 표준화된 스키마란 제조 시스템을 모델링, 플래닝, 스케줄링 하기 위해 필요한 정보/데이터의 사전 정의된 양식/형태를 의미한다. 예를 들어, 제조 시스템에서 생산할 제품(Product)을 표현하기 위한 정보의 집합은 제품명(Product ID), 대응 공정 흐름 정보(BOM, BOP), 고객사명(Customer ID), 단가, 제품 우선 순위 등의 속성의 집합으로 양식이 사전 정의될 수 있다. 이처럼, 제조 시스템을 구성하는 모든 유/무형 객체/개념을 정의하기에 필수적인 속성과 각 요소별 연결 관계를 표현하는 모든 정보는 표준화된 스키마에 포함될 수 있다.
- [1430] 클라우드 컴퓨팅 시스템의 데이터베이스(2600)는 각각 클라이언트(101, 102, 103)가 전송하는 기준 정보를 저장한다. 또한, 데이터베이스(2600)는 생성된 생산 계획 데이터 및 생산 일정 데이터를 저장한다.

- [1431] 예를 들어 제 1 클라이언트(101)가 제공한 공장의 상태 정보를 포함하는 기준 정보는 데이터베이스(2600)에 저장된다. 생산 계획 및 일정 생성을 위한 기준 정보는 모델을 수행하는데 필요한 데이터의 기본 형식을 포함한다.
- [1432] 제 1 클라이언트(101)는 데이터베이스(2600)에 저장된 기준 정보를 기반으로 클라우드 컴퓨팅 시스템에 생산 계획 데이터 생성을 요청할 수 있다.
- [1433] 클라우드 컴퓨팅 시스템의 SW제공모듈(2211)은 소프트웨어 모델을 생성하는 데이터세트인 라이브러리 엔진 세트, 여러 타입의 생산 계획 데이터를 생성하는 소프트웨어 모델과 모델 로직, 및 클라이언트에 커스텀화된 소프트웨어 로직 세트를 제공하는 부분 커스텀 로직 세트를 포함할 수 있다.
- [1434] 부분 커스텀 로직 세트는 산업별 따라, 클라이언트들에 따라 별도로 요구되는 소프트웨어 패키지를 생성할 수 있는 로직 세트를 포함할 수 있다.
- [1435] 따라서 부분 커스텀 로직 세트는 클라이언트들에 따라 액세스(access) 허용 레벨이 다를 수 있다.
- [1436] SW제공모듈(2211)은 클라이언트가 제공하는 기준 정보에 따라 생산 계획 데이터를 생성하는데 필요한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공할 수 있다.
- [1437] SW실행모듈(2401)은 SW제공모듈(2211)이 제공하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트와, 데이터베이스(2600)에 저장된 상기 제 1 클라이언트(101)의 기준정보를 기반으로 생산 계획 데이터를 생성할 수 있다.
- [1438] SW실행모듈(2401)이 생성한 생산 계획 데이터는 다시 데이터베이스(2600)에 저장될 수 있고, 인터페이스(API, UI 등)를 통해 상기 제 1 클라이언트(101)에게 제공될 수 있다.
- [1439] 유사하게 다른 클라이언트들도 관련된 제조 시스템이나 상태 정보가 포함된 기준 정보를 클라우드 컴퓨팅 시스템에 제공하고, 그와 관련된 소프트웨어 모델 및 로직을 선택하여 자신이 원하는 생산 계획 데이터를 생성하고 이를 제공받을 수 있다.
- [1440] 만약 제 2 클라이언트(102)가 별도의 기능이 포함된 소프트웨어 패키지를 사용하고자 하면 SW제공모듈(2211)의 부분 커스텀 로직 세트를 이용하여 추가적인 기능을 포함하는 소프트웨어 모델과 모델 로직을 생성할 수 있다.
- [1441] 이러한 별도 기능이 포함된 소프트웨어 패키지를 추가한 소프트웨어 모델과 모델 로직을 생성하여, 제 2 클라이언트와 관련된 공장에 대해 특화된 또는 적합한 생산 계획 데이터를 생성할 수 있다.
- [1442] 클라이언트들(101, 102, 103)은 클라우드 컴퓨팅 시스템이 생성한 생산 계획 데이터를 여러 가지 타입의 인터페이스로 수신할 수 있다. 일반적으로 클라이언트들은 API를 통해 원하는 생산 계획 데이터를 수신할 수 있지만, 클라이언트 별로 특화된 UX/UI 사용자 인터페이스나 별도의 데이터를 전송하는 프로토콜에 따라 다를 수 있다.
- [1443] 이와 같이 클라우드 컴퓨팅 시스템은 클라이언트에 따라 또는 클라이언트의 요청사항에 따라 다른 인터페이스를 제공할 수 있다.

- [1444] 클라우드 컴퓨팅 시스템은 퍼블릭 클라우드, 프라이빗 클라우드 또는 하이브리드 클라우드 타입의 여러 가지 클라우드 컴퓨팅 시스템이 될 수 있다. 퍼블릭 클라우드는 제3자 클라우드 서비스 제공자가 운영하며, 여러 사용자가 논리적으로 격리된 리소스를 할당 받아 사용하는 멀티 테넌트 환경에 해당한다. 퍼블릭 클라우드는 할당받아 사용하는 비용 효율과 확장성이 좋은 멀티 테넌트 환경을 가질 수 있다. 프라이빗 클라우드는 특정 조직이 전용으로 사용하는 클라우드 환경에 해당한다. 특정 조직에서만 사용하는 민감한 데이터를 폐쇄망에서 관리함으로써 우수한 보안성을 유지할 수 있다. 이 때 리소스는 반드시 멀티 테넌시가 필수적으로 요구되지는 않는다. 또한 하이브리드 클라우드는 민감한 데이터를 프라이빗에 저장하고, 그렇지 않은 데이터 및 연산은 퍼블릭 영역의 리소스를 할당 받아 사용하는 방식에 해당한다. 멀티 테넌트 환경은 하이브리드 클라우드에서 선택적으로 구현 가능하다. 클라우드 컴퓨팅 시스템의 타입에 따라 위에서 개시한 부분 커스텀 로직 세트, 데이터베이스(2600), 인터페이스 등의 기능들도 달라질 수 있다.
- [1445]
- [1446] 도 104는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 장치의 일 예를 개시한다.
- [1447] 개시하는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 장치의 일 예는 데이터를 저장하는 저장장치(2630), 적어도 하나의 버퍼를 포함하는 인메모리(2620), 데이터를 처리하는 프로세서(2610) 및 인터페이스(2640)를 포함한다.
- [1448] 인터페이스(2640)는 클라이언트로부터 공장의 상태 정보를 포함하는 기준 정보를 수신한다. 기준 정보는 프로세서(2610)가 처리하는 데이터 스키마 형식을 가질 수 있다.
- [1449] 저장장치(2630)는 인터페이스(2640)가 수신한 클라이언트의 기준 정보를 포함한 입력데이터를 저장할 수 있다.
- [1450] 인메모리(2620)는 소프트웨어 모델을 생성하는 데이터세트인 라이브러리 엔진 세트, 여러 타입의 생산 계획 데이터를 생성하는 소프트웨어 모델과 모델 로직, 및 클라이언트의 커스텀화된 소프트웨어 로직 세트를 제공하는 부분 커스텀 로직 세트를 저장할 수 있다.
- [1451] 인메모리(2620)는 프로세서(2610)가 동작하여 관련 소프트웨어 모델과 로직세트를 호출할 경우 저장된 소프트웨어 모델과 로직세트 중 호출된 소프트웨어 모델과 로직세트를 프로세서(2610)에 제공되도록 할 수 있는 구조인 버퍼들을 포함한다.
- [1452] 프로세서(2610)는 저장장치(2630)에 저장된 클라이언트의 기준 정보와 인메모리(2620)에 저장된 클라이언트가 요청하는 소프트웨어 모델과 로직세트를 호출하여 클라이언트가 요청하는 생산 계획 데이터를 생성할 수 있다.
- [1453] 프로세서(2610)는 생성한 생산 계획 데이터를 인터페이스(2640)를 통해 클라이언트에 제공한다.
- [1454]

- [1455] 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 컴퓨팅 시스템은 클라우드 표준 모델에 의해 구현될 수 있으며, 표준화된 모델은 백워드 모듈, 포워드 모듈, 백워드 및 포워드를 포함하는 모듈의 플래닝/스케줄링을 구현하기 위한 모델이다. 표준화된 모델을 이용하게 되는 경우, 데이터 스키마가 동일하기 때문에 생산 계획 및 일정을 산출하기 위한 서로 다른 로직 세트(모델)에서 동시에 사용가능하게 된다. 또한, 데이터의 형태를 파악할 수 있어 각 로직 세트(모델)에서 결과물을 연계하기에 용이할 수 있다. 따라서, 표준화된 모델을 이용하게 되는 경우, 하나의 데이터 세트로 백워드 모듈, 포워드 모듈, 백워드 및 포워드를 포함하는 모듈을 모두 구동가능하게 된다. 이하에서는 클라우드 컴퓨팅 시스템을 구현하기 위한 클라우드 표준 모델의 구성에 대하여 설명하도록 한다.
- [1456] 도 105는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 컴퓨팅 시스템의 일 실시예를 개시한다.
- [1457] 본 실시예는 표준 모델의 구성요소 간의 관계를 도식화한 것으로서, 표준 모델의 구성요소는 ISB(Item/Site/Buffer) 정보, BOM(Bill of material) 정보, 라우팅(Routing) 정보, 공정(Operation) 정보, 자원(resource) 정보, 수요(demand) 정보, 재공(WIP) 정보, 작업물(Lot) 정보, 제약조건(constraint) 정보, 캘린더(calendar) 정보, 특성(property) 정보 등을 포함할 수 있다. ISB 정보는 아이템(item), 사이트(site), 버퍼(buffer)의 3가지 정보를 통해 재공(WIP) 정보 또는 작업물(Lot) 정보의 위치를 특정할 수 있는 객체로서, 생산 계획 또는 생산 관리에서 제품 또는 작업물을 추적/관리하기 위한 개념에 해당한다. 생산관리정보는 삼각형 형태로 표현될 수 있으며, 형태는 이에 한정되지 않는다. 또한, 생산관리정보는 백워드 방식 또는 포워드 방식의 엔진 구동시 재공(WIP) 또는 작업물(lot)가 위치할 수 있다.
- [1458] 예를 들어, LOT124는 1월 24일 5시에 중형차 창문/울산/버퍼3에 위치하고, 백워드/포워드 로직에 따라 7시에 중형차창문/포항/버퍼1로 이동하는 상황을 가정한다. 이때, 이동의 의미는 물리적 이동 또는 개념적 이동의 의미를 포함할 수 있으며, 본 예시에서는 물리적인 위치의 변경에 해당한다. 또한, 예를 들어, LOT124는 1월 24일 5시에 중형차창문/울산/버퍼3에 위치했다가 버퍼4로 이동하는 상황을 가정한다. 여기서, 버퍼3은 창문 세척 공정 전이고 버퍼4는 창문 건조 공정 전이라면, 물리적 위치는 동일하지만, 개념적 위치가 변경된 상황에 해당한다.
- [1459] 아이템(item)은 원자재, 구매품, 반제품, 완제품과 같이 생산 관리 대상이 되는 제품을 구분하기 위한 개념이고, 사이트(site)는 제품이 위치하는 물리적 장소를 나타내는 개념이고, 버퍼(buffer)는 제품이 위치하는 물리적 및 개념적 장소를 나타낸다. 아이템과 사이트는 특정되기 위한 정보이고, 버퍼는 실질적인 정보에 해당한다. 버퍼는 표준 모델의 필수 요소에 해당하고, 표준 모델을 구동하기 위해서는 적어도 1개 이상의 버퍼가 모델링되어야 한다.
- [1460] 버퍼 모델링에는 순서(sequence) 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 버퍼 1, 2, 3, 4, 5의 순서는 1, 2, 3, 4, 5 또는 100, 200, 300, 400, 600의 오름 차순 수치로 결정할 수 있다. 버퍼와 백워드/포워드 로직을 통해 생산판매재고 관리(PSI, Productio

n Sales Inventory)의 정보를 획득할 수 있다. 즉, 해당 위치의 각 시점별 입/출력 제품 수량을 산정하여 생산판매재고 관리 정보를 제공할 수 있다.

- [1461] BOM정보는 프로세스 정보를 나타낸다. 라우팅(Routing) 정보는 복수의 공정 정보를 포함하는 정보로서, BOM 정보와 1:1로 존재할 수 있고, 공정(operation)의 순서 정보를 포함한다. BOM 정보는 적어도 하나의 공정(operation)을 포함할 수 있다. 공정은 앞서 상술한 스텝(step)에 해당한다. 자원(resource) 정보는 공정을 수행하기 위해 필요한 실제 장비 또는 인력에 해당하고, 이를 보조할 수 있는 보조 자원(secondary resource) 정보가 선택적으로 될 수 있다. 캘린더(calendar) 정보는 자원이 실제 가용하는 시간으로서, 자원에 대응하는 필수 요소에 해당한다. 캘린더 정보는 시간에 따라 변화하는 공장 내의 모형화 정보에 대한 기록을 나타내고, 자원의 가용 시간 정보들을 기본 구성으로 한다. 또한, 캘린더 정보는 시간에 따라 달라지는 자원의 처리 능력, 장비 교체(setup)/점검(PM), 주말 일정 등 미리 예정된 일정에 대한 정보를 나타낸다. 예를 들어, 겨울철에 단위 시간당 생산량이 10%하락하는 점, 격주로 투입 작업자의 숙련도가 달라서 생산 속도가 상이해지는 점 등이 있다. 특성 정보는 표준 모델에 의해 사전 정의된 공장 및 관련 정보 외에 확장성을 위해 추가적으로 정의할 수 있는 정보를 나타낸다.
- [1462] 제약조건 정보는 자원의 처리량에 대한 제약 정보를 포함하는 것뿐만 아니라 표준 모델의 제약 정보도 포함한다.
- [1463] 표준 모델에 따르면, 제조생산시스템에서 생산 제품의 흐름은 전(from) ISB 정보(5010)에서 후(to) ISB 정보(5020)로 이동하는 것으로 나타낼 수 있다. 전 ISB 정보(5010)는 대기중인 재공 정보(5040)를 포함하고 있으며, 전 ISB 정보(5010) 및 후 ISB 정보(5020)는 프로세스를 나타내는 BOM 정보(5030)를 통해 연결된다. BOM 정보(5030)는 라우팅(routing) 정보(5050)에 연결되고, 라우팅 정보는 적어도 하나의 공정을 포함할 수 있다. 본 실시예에서는 라우팅 정보내에 2개의 공정이 포함된 경우로서, 이 중 선행되는 공정에서는 재공을 포함할 수 있다. 또한, 공정은 자원(5060)정보와 연결되고, 선택적으로 보조 자원(secondary resource) 정보와도 연결될 수 있다. 자원 정보는 제약조건(constraint), 캘린더(calendar), 특성(property)과도 연결될 수 있다. 수요(demand)(5025) 정보는 최종적으로 만들어지는 완제품에 대한 수요 정보를 나타내고 마지막에 있는 ISB 정보(ISB)에 대응된다.
- [1464] 본 실시예에서 실선의 구성요소는 필수적으로 구현되는 요소이고, 점선의 요소는 선택적으로 구현할 수 있는 요소이다. 본 실시예에서 도시된 각각의 구성요소에 대하여 이하에서 상세히 설명하도록 한다.
- [1465]
- [1466] 도 106는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 아이템(item)을 나타내는 도면이다.
- [1467] 아이템(item)은 원자재, 구매품, 반제품, 완제품 등 생산 관리 대상이 되는 제품을 구분하는데 사용되는 것으로, 아이템 종류(item type)은 구매품(material type) 및 생산품(product type)을 포함한다. 구매품(material type)은 외부에서 투입되는

제품으로 버퍼 시퀀스 상 가장 앞에만 위치할 수 있고, 공정의 대상에 해당하지 않을 수 있고, 원자재, 완제품, 반제품을 포함한다. 생산품(product type)은 공정의 대상 또는 생산 관리의 대상이 될 제품으로, 버퍼 시퀀스 상 가장 앞까지 연결되어 있어야 하며, 생산공정 상 반제품 및 완제품을 포함한다.

- [1468] 본 실시예의 좌측을 참조하면, 강철, 고무는 원자재에 해당하고, 차문, 바퀴, 핸들은 반제품에 해당한다. 도색 안된 자동차 및 도색 완료된 자동차는 완제품에 해당한다. 우측 실시예는 좌측 실시예의 아이템 모델링에 해당하며, 강철, 고무, 차문, 바퀴, 핸들, 자동차에 대하여 ISB 정보 형태로 도식화하였다. 각각의 ISB 정보 간에는 BOM 정보를 통해 연결되고, 아이템 1, 아이템 2, 아이템 3, 아이템 4, 아이템 6 및 아이템 7은 생산품에 해당하고, 아이템 5는 구매품에 해당한다.
- [1469] 아이템 모델링을 구성하는 때에, 실제 사용되는 구매품 및 생산품을 반드시 모두 포함해야 하는 것은 아니다. 예를 들어, 좌측의 실시예에서 강철의 수급이 원활하여 무한대 공급을 가정할 수 있는 경우, 모델링에서 강철을 제외하고 고무만 모델링하여 바퀴 생산 계획을 모델링할 수 있다. 또한, 예를 들어, 강철, 고무 모두 무한대의 공급을 가정할 수 있는 경우, 바퀴 생산 공정들만 모델링하는 것이 가능하다.
- [1470]
- [1471] 도 107는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 사이트(site)를 나타내는 도면이다.
- [1472] 사이트(site)는 제품이 위치하는 물리적 장소를 나타내고, 제품의 생산 관리상 위치 구분이 필요한 공간 단위로 나눌 수 있다. 예를 들어, 국가, 지역, 사업장, 공장, 라인 등 생산 계획 대상 문제 상황에 따라 달라질 수 있다. 이를 통해, 하나의 모델에서 복수의 사이트를 모델링할 수 있게 된다.
- [1473] 본 실시예의 좌측을 참조하면, 제품의 생산 관리를 위하여 국가 단위로 사이트를 구분한 것으로서, 한국과 중국 단위로 사이트를 구분할 수 있다. 본 실시예의 우측을 참조하면, 도 X의 우측에 도시된 아이템 모델링을 사이트(site)1 및 사이트2로 구분한 경우에 해당한다. 사이트1은 3가지 종류의 반제품 또는 완제품을 만들어 사이트2로 제공하기 위한 생산 장소에 해당하고, 사이트2는 사이트1에서 제공받은 반제품 또는 완제품을 조립하는 장소에 해당한다.
- [1474]
- [1475] 도 108는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 버퍼(buffer)를 나타내는 도면이다.
- [1476] 버퍼(buffer)는 제품이 위치하는 물리적 및 개념적 장소에 해당하며, 본 실시예의 상단에는 자동차 제조시스템을 생산 관리를 나타내고 있고, 본 실시예의 하단에는 자동차 제조시스템을 표준화된 모델을 통해 아이템 모델링한 것을 나타낸다.

- [1477] 본 실시예의 하단을 참조하면, 생산 공정은 강철, 고무, 차문, 바퀴, 핸들, 자동차 등 각각의 아이টে을 ISB 정보로 표현하고 각각의 ISB 정보는 BOM 정보로 연결하는 것으로 모델링될 수 있다.
- [1478] 적어도 하나의 아이টে들은 물리적 또는 개념적 장소 단위인 버퍼 단위로 나뉠 수 있다. 본 실시예에서 버퍼 단위로 B01, B02, B03, B04, B05, B06 아이টে을 구분할 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이 제품의 생산 관리상 위치 구분이 필요한 경우, 공간 단위인 사이트(site)로 구분할 수 있다. 본 실시예에서, B01, B02 버퍼는 S01 사이트에 포함되고, B03, B04, B05, B06 버퍼는 S02 사이트에 포함될 수 있다. 예를 들어, S01 사이트는 강철, 고무를 통해 반제품인 차문, 바퀴를 생산하고 생산된 차문, 바퀴는 S02 사이트로 전달될 수 있다. 또한, S02 사이트는 차문, 바퀴, 핸들로부터 완제품(자동차)를 조립하고, 도색 후 출하하는 것을 포함한다.
- [1479] 본 실시예에서, S01 사이트 내에서 B02 버퍼에 포함된 차문, 바퀴와 S02 사이트 내에서 B03 버퍼에 포함된 차문, 바퀴는 물리적 위치가 변경된 경우에 해당한다. 또한, S02 사이트 내에 B04 버퍼, B05 버퍼, B06 버퍼는 물리적인 위치는 동일하지만 각각 세척, 건조, 도색의 다른 공정이 이루어져 개념적인 위치(공정 진행률)가 상이할 수 있다.
- [1480]
- [1481] 도 109는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 BOM 정보를 나타내는 도면이다.
- [1482] BOM(Bill of Material) 정보는 버퍼와 버퍼사이의 연결을 모델링(표현)하는 개념으로서, 버퍼에서 버퍼로 넘어가는 중간 과정에서 물품이 생산되기 위한 공정 정보들을 포함한다. 또한, BOM 정보는 공장 내에서 물품(item) 간의 연결 관계를 나타내는 정보이다. 1개의 BOM 정보는 적어도 하나의 선 ISB 정보(ISB) 및 후 ISB 정보(ISB)의 연결을 포함한다.
- [1483] BOM 정보는 노멀(normal) BOM 정보, 조립(assembly) BOM 정보, 부산물(Split By/Co) BOM 정보를 포함할 수 있다. 도 109의 좌측 실시예는 노멀 BOM 정보를 나타내고, 노멀 BOM 정보는 선 ISB 정보와 후 ISB 정보를 1:1로 포함한다. 도 109의 가운데 실시예는 조립 BOM 정보를 나타내고, 조립 BOM 정보는 조립 공정을 모델링하는 유형으로 선 ISB 정보와 후 ISB 정보를 N:1($N \geq 2$)로 포함한다. 도 109의 우측 실시예는 부산물 BOM 정보를 나타내고, 부산물 BOM 정보는 부산물 또는 연산품을 만들어내는 공정을 모델링하는 유형으로 선 ISB 정보와 후 ISB 정보를 1:M($M \geq 2$)으로 포함한다. 연산품은 같은 재료를 통해 다른 산출물을 만들어내는 경우로서, 예를 들어, 원유를 통해 경유와 휘발유의 다른 산출물이 나오는 것에 해당한다.
- [1484] 상술한 바와 같이, 1개의 BOM 정보 내에는 적어도 1개의 라우팅 정보가 포함될 수 있고, 라우팅 정보는 공정과 순서 정보를 포함할 수 있다. 또한, 선 ISB 정보와 후 ISB 정보 사이에는 복수개의 BOM 정보 또는 복수개의 라우팅 정보를 포함하는 단일 BOM 정보 등으로 정의될 수 있다. 예를 들어, 선 ISB 정보와 후 ISB 정

보가 동일하게 설정된 상태에서 그 사이에 BOM 정보가 병렬적으로 추가될 수 있다.

[1485]

[1486] 도 110는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 대체 BOM 정보를 나타내는 도면이다.

[1487] 대체 BOM 정보는 선(from) ISB 정보의 대체 ISB 정보를 설정하기 위해 사용되고, 선 ISB 정보와 대체 ISB 정보 간에는 점선으로 표시될 수 있다. 예를 들어, 선 ISB 정보에서 정해진 양이 다 소진된 경우, 대체 ISB 정보에서 BOM 정보를 통해 후 ISB 정보로 이동할 수 있다.

[1488] 대체 ISB 정보는 단일 또는 복수로 설정될 수 있다. 좌측 실시예는 대체 ISB 정보가 1개 설정된 경우를 나타내고, 우측 실시예는 대체 ISB 정보가 2개 설정된 경우를 나타낸다. 복수의 대체 ISB 정보들 간에는 우선순위 설정이 가능하다. 예를 들어, A 제품에 대한 대체 제품이 B, C이고, A, B, 간의 우선순위가 각각 1, 2, 3으로 설정될 수 있다(낮을수록 우선순위 높음). 이 경우, A 제품이 모자라면 B 제품의 제공(WIP)을 사용하여 생산 계획을 수립할 수 있다. 또한, B 제품이 부족한 경우, C 제품의 제공을 사용하여 생산 계획을 수립할 수 있다.

[1489]

[1490] 도 111는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 라우팅(routing)을 나타내는 도면이다.

[1491] 라우팅(routing) 정보는 선 ISB 정보 및 후 ISB 정보 사이의 BOM 정보에 존재하는 공정(operation) 집합을 나타낸다. 또한, 라우팅 정보는 물품 간의 연결 관계를 따라 수행되는 공정 순서를 나타내는 정보이다. 라우팅(routing)정보는 적어도 하나의 공정(operation)을 포함한다. 1개의 BOM 정보에 단일 또는 복수의 라우팅(routing)정보가 포함될 수 있다. 본 실시예에선, 라우팅은 사각형으로 표현하고, 공정은 원형으로 표현하였으나, 형태는 이에 한정되지 않는다.

[1492] 좌측 실시예는 BOM 정보와 라우팅 정보가 1:1로 구성된 경우로서, 전 ISB 정보와 후 ISB 정보 간에 1개의 BOM 정보와 1개의 라우팅 정보가 존재한다. 가운데 실시예는 BOM 정보와 라우팅 정보가 N:1인 경우로서, 2개의 BOM 정보 사이에 1개의 라우팅 정보가 존재한다. 우측 실시예는 BOM 정보와 라우팅 정보가 1:N인 경우로서, 1개의 BOM 정보에 2개의 라우팅정보가 존재한다.

[1493]

[1494] 도 112는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 공정(operation)을 나타내는 도면이다.

[1495] 공정(operation) 정보는 시간/수량을 소요하는 공정을 모델링하기 위한 개념으로, 공정을 수행할 자원 정보를 포함한다. 또한, 공정 정보는 주어진 물품에 대한 처리 및 자원 사용에 대한 정보이다. 공정의 유형은 실제 공정 및 더미 공정을 포함한다. 실제 공정(operation) 정보는 실제 생산 설비를 이용한 공정 모델링 방식으로 의사결정의 대상이 될 수 있고, 더미 공정(dummy) 정보는 공정을 진행하기

위한 설비가 불필요한 공정 모델링 방식에 해당한다. 더미 공정은 모델링 상 중요도가 낮아 연산을 할당하지 않고 일정 시간을 경과시키는 방식으로 모델링하는 것이 필요한 경우로서, 의사결정의 대상이 되지 않는다. 예를 들어, 더미 공정은 가만히 놔두는 공정으로 건조, 흡착, 발효 등을 포함할 수 있다. 좌측 실시예에서, 라우팅은 더미 공정 및 실제 공정을 모두 포함하고 있으며, 실제 공정은 자원(resource) 정보를 포함하고 있다.

[1496] 우측 실시예를 참조하면, 공정은 수율 정보를 포함할 수 있다. 수율은 공정에서 발생하는 손실이나 불량품 등의 영향을 고려하여 최종적으로 생산된 제품의 비율을 나타내는 지표이다. 백워드 로직의 경우 투입목표(InTarget)을 구하는 과정에서 수율을 고려할 수 있다. 예를 들어, 공정 수율이 0.5인 경우, 100개의 산출물을 얻기 위해서는 200개를 투입해야 하므로, 투입목표(InTarget)은 200으로 구할 수 있다.

[1497]

[1498] 도 113는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 자원(resource)을 나타내는 도면이다.

[1499] 자원(resource) 정보는 공정이 실제 공정인 경우, 실제 공정을 진행하기 위한 주요 자원(예. 테스트 설비, 조립 설비, , 생산 설비, 검수 인력, 생산 인력 등)를 모델링하는 개념이다. 자원(resource) 정보는 생산 역량(capacity) 정보를 포함한다. 생산 역량 정보는 시간(time) 정보와 수량(quantity) 정보 중 하나를 사용하게 된다.

[1500] 시간 정보는 시간 형태의 역량을 사용하는 자원에 해당한다. 좌측 실시예를 참조하면, ResGroup1 및 ResGroup02 자원의 생산 역량 정보는 시간 정보에 해당할 수 있다. 예를 들어, Res01 설비는 하루 86400 초 중 절반인 43200초 동안만 가동되는 상황을 가정하는 경우, 생산 역량은 43200에 해당한다. 또한, 예를 들어, Res01에서 공정 처리 시간이 100초인 작업물 100개를 처리한 경우, 하루 중 잔여 생산 역량은 43200에서 100*100을 제외한 33200에 해당한다.

[1501] 수량 정보는 수량 형태의 역량을 사용하는 자원에 해당한다. 예를 들어, Res02 설비는 하루동안 P01 종류의 제품을 1000개 생산할 수 있는 상황을 가정할 경우 생산 역량은 1000에 해당한다. Res02에서 하루동안 500개의 P01 제품을 처리했다면 하루 중 잔여 생산 역량은 100에서 500을 제외한 500에 해당한다.

[1502] 또한, 자원의 생산 역량 정보는 캘린더(Calendar)에 정의할 수 있다. 예를 들어, 좌측 실시예에 도시된 바 같이, 생산 역량 정보는 TimeCapaCal01에 정의되고, 우측 실시예에 도시된 바와 같이, TimeCapaCal01 캘린더에 날짜별 생산 역량 정보로서 9시부터 6시까지 생산 가능한 정보 또는 휴일 정보를 정의할 수 있다. 또한, 하나의 캘린더 정보는 여러 자원에서 동시에 사용하는 것이 가능하다. 예를 들어, TimeCapaCal01 캘린더는 같은 공장 내 모든 자원에서 사용되거나 특정 공정 자원에서 사용하는 것이 가능하다.

[1503]

- [1504] 도 114는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 재공(WIP)을 나타내는 도면이다.
- [1505] 재공(WIP, work in progress) 정보는 생산 과정에서 대기 중인 제품(작업물)을 모델링하는 개념이다. 또한, 재공 정보는 공장 내에서 버퍼, 공정 혹은 자원 앞에 대기중이거나 작업이 진행 중인, 특정 상태를 갖는 물품들의 묶음을 나타낸다. 재공 정보는 원기둥 형태로 표시하며, 이에 한정되지 아니한다.
- [1506] 재공 유형은 재공의 위치에 따라 구분되고, 재고(Inventory) 유형과 공정(Operation) 유형을 포함한다. 재고 유형은 공정 진행을 하지 않고 대기중이어서 버퍼에 위치하는 경우에 해당한다. 상단 실시예에 도시된 재공은 버퍼에 위치하여 재고 유형에 해당한다. 공정 유형은 공정 진행 중 또는 예정(예약)인 경우에 해당한다. 하단 실시예에 도시된 재공은 라우팅에 속한 공정 진행 중인 경우로 공정 유형인 경우에 해당한다.
- [1507] 생산 계획 수립 도중 공정 유형의 재공 정보가 포함될 ISB 정보를 결정하는 로직이 포함될 수 있다. 또한, 생산 계획 로직 상 재공의 취급은 BOM 정보 종류에 따라 결정될 수 있다. 일 예로서, 조립BOM 정보의 경우, 후 ISB 정보에 재공을 할당한다.
- [1508] 하단 실시예는 BOM 정보의 종류에 따라 포함될 ISB 정보를 결정하는 예에 해당한다. 예를 들어, 선/후 ISB 정보 사이에 위치한 BOM 정보 중 화살표가 적은 쪽의 ISB 정보에 재공 정보를 할당하는 것으로 결정하고, 화살표의 수가 같은 경우 선 ISB 정보에 위치하도록 결정할 수 있다.
- [1509] 하단 실시예에서, buffer01과 buffer02 사이의 BOM 정보는 조립(assembly) BOM 정보에 해당하고, 이 경우 routing01의 재공(WIP)은 buffer02에 할당될 수 있다. 또한, 노멀 BOM 정보의 경우, 전 ISB 정보에 재공을 할당한다. 하단 실시예에서 buffer02와 buffer03 사이의 BOM 정보는 노멀(normal) BOM 정보로서, 이 경우 routing02의 재공은 buffer02에 할당된다. 또한, 부속품 BOM 정보의 경우, 전 ISB 정보에 재공을 할당한다. 하단 실시예에서 buffer03과 buffer04 사이의 BOM 정보는 부속품 BOM으로서, 이 경우 routing03의 재공품은 buffer03에 할당된다.
- [1510]
- [1511] 도 115는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 작업물(Lot)을 나타내는 도면이다.
- [1512] 작업물(Lot) 정보는 수요와 재공품을 통해 백워드 로직(PBB, PBO의 일부)를 수행한 후 얻은 투입목표(InTarget) 정보를 지닌 작업물을 모델링하기 위한 개념으로 포워드(forward)/백워드(backward) 로직에서 사용될 수 있다. 또한, 작업물 정보는 공장 내에서 공정 및 설비를 따라 움직이는 물품들의 묶음에 해당한다. 물품은 자재 및 제품을 포함하는 의미에 해당한다. 또한, 제품은 반제품과 완제품을 포함한다.
- [1513] 본 실시예를 참조하면, 백워드(backward) 로직이 수행된 후 포워드 로직이 수행되는 것으로 가정하도록 한다. 백워드 로직에서 페깅(pegging)이 수행되고 나면

재공(WIP)에 수요(demand) 및 BOM 정보가 특정되어 입력될 수 있다. 수요에 대해 모든 재공을 차감하고 남은 잔여 수요는 첫 공정의 투입 목표(intarget) 정보가 될 수 있다. 백워드 로직이 수행된 후 포워드 로직이 수행되는 때에, 첫 공정의 투입 목표 정보로 생성한 포워드 로직 상 작업물은 작업물(lot) 정보로 모델링될 수 있다. 또한, 중간 공정에 위치한 재공에 백워드 로직에서 도출한 수요 정보 및 BOM 정보를 기초로 작업물 정보로 변환할 수 있다.

[1514]

[1515] 도 116는 디지털 생산 계획 데이터를 제공하는 클라우드 시스템의 표준 모델에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 흐름도를 개시한다.

[1516] 생산 운영 데이터를 생성하는 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나를 포함하는 확장가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공한다(S1510). 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나는 도 105 내지 도 115에서 상술한 표준 모델에 기반하여 모델링/플래닝/스케줄링 가능하다. 표준 모델의 구성요소는 ISB 정보, BOM 정보, 라우팅 정보, 공정 정보, 자원 정보, 수요 정보, 재공 정보, 작업물 정보, 제약조건 정보 등을 포함할 수 있다. 여기에서, 모델링은 표준 모델의 구성요소를 가지고 목표로 하는 시스템을 가상으로 묘사/표현하는 과정을 나타낼 수 있다. 또한, 플래닝은 기간별 대략적인 수량 산출(예. 투입 시점과 수량을 나타내는 InTarget 구하기)을 나타낼 수 있고, 스케줄링은 어떤 장비에서 언제 어떤 작업을 처리했는지에 대한 세세한 일정(예. 작업물 A가 XX시 YY분에 장비 E에 투입되었음)을 나타낼 수 있다.

[1517] 클라이언트로부터 생산 운영 데이터와 관련된 기준 정보가 포함된 입력데이터를 수신한다(S1520).

[1518] 클라우드 컴퓨팅 시스템은 생산 운영 데이터(제조 시스템)와 관련된 기준 정보와 제조 시스템의 상태 데이터를 포함하는 입력 데이터를 수신할 수 있고, 클라우드 컴퓨팅 시스템 상의 제공 서비스의 요구 사항에 따라 일정한 데이터 스키마로 변환되어 클라우드 컴퓨팅 시스템로 입력될 수 있다.

[1519] 수신된 입력데이터를 이용하여 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나를 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직세트를 수행하고 클라이언트에 생산 계획 데이터를 제공한다(S1530). 클라우드 컴퓨팅 시스템은 상술한 표준 모델에 기반하여 백워드 플래닝 로직, 포워드 플래닝 로직, 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직이 모두 포함된 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직세트를 수행하여 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다.

[1520] 도 104을 참조하여, 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.

[1521] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 프로세서(2610), 인메모리(2620), 저장장치(2630) 및 인터페이스(2640)를 포함할 수 있다.

- [1522] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 인터페이스(2640)를 통한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다. 인터페이스(2640)는 클라이언트로부터 제조생산시스템의 입력 데이터를 획득할 수 있다. 저장장치(2630)는 인터페이스(2640)가 수신한 입력 데이터, 소프트웨어 모델 및 로직 세트 중 적어도 하나를 저장장치(2630)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(2630)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 인메모리(2620)는 제조생산시스템의 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다.
- [1523] 실시 예의 프로세서(2610)는 생산 운영 데이터를 생성하는 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나를 포함하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 클라이언트로부터 생산 운영 데이터와 관련된 기준 정보가 포함된 입력데이터를 수신하고, 수신된 입력데이터를 이용하여 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나를 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직세트를 수행하고 상기 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다. 또한, 산출된 생산 계획 데이터는 저장장치(2630)에 저장될 수 있다.
- [1524]
- [1525] 도 117은 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 도면을 개시한다.
- [1526] 일 실시 예에서, 클라이언트로부터 제조생산시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 입력 데이터를 수신할 수 있다. 일 실시 예에서, 기준 정보를 포함하는 입력 데이터는 백워드 플래닝 로직에 입력될 수 있다. 이 경우, 입력 데이터는 각 공정의 수요 정보(demand), 현재 작업중인 재공(Wip, work in process) 정보, ISB(Item Site Buffer) 정보, BOM 정보, 라우팅(Routing) 정보, 공정(Operation) 정보, 수율(Yield) 정보, 및 공정시간(TAT) 정보로서 투입 대기시간(Wait TAT) 또는 공정 작업시간(Run TAT)) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1527] 또한, 일 실시 예에서, 클라이언트의 제조생산시스템에 대한 백워드 플래닝 로직의 의사결정 지점 별 규칙 정보를 획득할 수 있다. 일 실시 예에서, 의사결정 지점 별 규칙 정보는 미리 정의되어 있거나, 사용자 입력에 의해 선택되거나, 사용자 입력에 의해 제조생산시스템에 따라 커스터마이징될 수 있다. 일 실시 예에서, 미리 저장된 표준 모델에 기반하여 입력 데이터를 적용하여 백워드 플래닝 로직이 결정되고, 결정된 백워드 플래닝 로직의 의사결정 지점은 의사결정 지점 별 규칙 정보가 적용될 수 있다. 예를 들어, 미리 저장된 표준 모델에 기반하여 입력 데이터를 적용하여 백워드 플래닝 로직이 모델링되거나, 미리 저장된 표준 모델에 기반하여 모델링된 백워드 플래닝 로직에 입력 데이터가 적용될 수 있다. 이 경우, 이러한 결정과 규칙 정보가 적용된 백워드 플래닝 로직은 PBB(Plan By Backward) 로직 또는 이와 동등한 기술적 의미를 갖는 용어로 지칭될 수 있다. 일 실시 예에서, 표준 모델은 상술한 클라우드 표준 모델을 포함할 수 있다. 즉, PBB 로직은 백워드 플래닝 엔진의 절차에 의사결정 지점을 구현한 것을 의미할 수 있다. 이 경우 의사결정 지점을 구현하기 위해 표준 모델이 사용될 수 있다. 일 실

시 예에서, 의사결정 지점 별 규칙 정보에 포함된 다양한 생성 기준 및 선택 기준 중 적어도 하나는 아래에서 설명되는 비교의사결정 에이전트에 의한 의사결정 지점 별 의사결정 기준에 기반하여 결정될 수 있다. 이에 대한 자세한 내용은 후술된다.

- [1528] 표준 모델을 기반으로 수요 정보에 대한 평탄화를 수행한다(S6001). 일 실시 예에서, 제조생산시스템으로 수신된 데이터 중 수요정보(demand), 제조생산시스템의 실제 기 생산기록정보(act), 잔여 수요 수량, 및 생산 일정 중 적어도 하나에 기반하여 수요정보(demand)를 평탄화할 수 있다. 일 실시 예에서, 표준 모델에 기반하여 입력 데이터가 데이터 스키마에 따라 입력되는 경우, 입력 데이터에 포함된 수요 정보에 대한 평탄화가 수행될 수 있다.
- [1529] 평탄화가 수행된 작업 객체에 대한 초기화를 수행한다(S6003). 일 실시 예에서, 각 공정별로 작업시간, 공정, 수량, 납기 등의 정보가 변하는데 각 공정에 따라 변하는 작업객체 정보(PegPart)를 초기화하여 생성할 수 있다. 일 실시 예에서, 표준 모델에 기반하여 입력 데이터가 데이터 스키마에 따라 입력되는 경우, 입력 데이터에 기반하여 평탄화가 수행된 작업 객체에 대한 초기화가 수행될 수 있다.
- [1530] 초기화가 수행된 다수의 작업 객체(PegPart)를 대상 작업 객체로 선택한다(S6005). 일 실시 예에서, 대상 작업 객체는 수요 정보를 역추산하기 위한 객체를 나타낼 수 있다. 일 실시 예에서, 대상 작업 객체는 수요 정보로부터 평탄화 과정과 초기화 과정을 거쳐 도출될 수 있다.
- [1531] 규칙 정보에 따라 선택된 다수의 작업 객체들 중 적어도 하나의 작업 객체를 포함하는 페깅 그룹을 결정하는 얼라인(Align) 과정을 수행한다(S6007). 일 실시 예에서, 다수의 작업 객체들을 그룹핑하고, 적어도 하나의 페깅 그룹 중 하나의 페깅 그룹을 결정할 수 있다. 이에 대한 자세한 내용을 아래에서 설명된다.
- [1532] 규칙 정보에 따라 ISB 정보에 대한 페깅 그룹에 포함된 적어도 하나의 작업 객체 중 타겟 작업 객체에 대하여 제공 페깅을 수행하는 ISB 페깅(ISB Pegging) 과정을 수행한다(S6009). 일 실시 예에서, 해당 ISB 정보에 대한 적어도 하나의 작업 객체 중 타겟 작업 객체를 선택하고, 해당 ISB 정보에 대한 적어도 하나의 제공 중 하나의 타겟 제공을 선택할 수 있다. 일 실시 예에서, 제공 페깅은 타겟 작업 객체의 수량에서 타겟 제공의 수량을 차감하는 과정을 포함할 수 있다. 이에 대한 자세한 내용을 아래에서 설명된다.
- [1533] 제공 페깅이 수행된 타겟 작업 객체의 잔여 수량이 존재하는지 판단한다(S6011). 일 실시 예에서, 제공 페깅을 추가적으로 수행할 수 있는 타겟 작업 객체의 수량이 남아 있는지 여부를 판단할 수 있다. 일 실시 예에서, 잔여 수량이 존재하는 경우 S6013 단계로 진행하고, 잔여 수량이 존재하지 않는 경우 S6025 단계로 진행할 수 있다.
- [1534] 규칙 정보에 따라 제공 페깅이 수행된 타겟 작업 객체에 대한 적어도 하나의 BOM 중 타겟 BOM을 결정하는 ISB 라우팅(ISB Routing) 과정을 수행한다(S6013). 일 실시 예에서, 적어도 하나의 BOM 각각은 현재 ISB 정보와 서로 다른 적어도

하나의 ISB 정보 간 적어도 하나의 공정을 포함할 수 있다. 이에 대한 자세한 내용을 아래에서 설명된다.

- [1535] ISB 라우팅이 수행된 타겟 BOM에 대한 잔여 공정이 존재하는지 판단한다(S6015). 일 실시 예에서, 공정 폐깁과 공정 라우팅을 추가적으로 수행할 수 있는 타겟 BOM의 공정이 남아 있는지 여부를 판단할 수 있다. 일 실시 예에서, 잔여 공정이 존재하는 경우 S6017 단계로 진행하고, 잔여 공정이 존재하지 않는 경우 S6023 단계로 진행할 수 있다.
- [1536] 타겟 BOM의 공정에 대한 상기 타겟 작업 객체에 대하여 재공 폐깁을 수행하는 공정 폐깁(Operation Pegging) 과정 및 재공 폐깁이 수행된 타겟 작업 객체에 대해 상기 공정에 대한 시간 정보를 적용하는 공정 라우팅(Operation Routing) 과정을 수행한다(S6017). 일 실시 예에서, 공정에 대한 시간 정보는 공정별 작업시간(Run TAT) 및 투입 대기시간(Wait TAT) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 여기서, 공정에 대한 시간 정보를 적용하는 것은 해당 공정의 공정 시간에서 시간 정보만큼 이전 공정으로 되돌리는 과정을 포함할 수 있다. 이에 대한 자세한 내용을 아래에서 설명된다.
- [1537] 공정 폐깁과 공정 라우팅을 수행함에 따라 산출된 해당 공정의 공정 목표를 저장한다(S6019). 일 실시 예에서, 공정 목표는 해당 공정의 목표생산수량(Quantity) 정보와 시점(Date) 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1538] 공정 폐깁 및 공정 라우팅이 수행된 타겟 작업 객체의 잔여 수량이 존재하는지 판단한다(S6021). 일 실시 예에서, 공정 폐깁 및 공정 라우팅을 추가적으로 수행할 수 있는 타겟 작업 객체의 수량이 남아 있는지 여부를 판단할 수 있다. 일 실시 예에서, 잔여 수량이 존재하는 경우 S6015 단계로 진행하고, 잔여 수량이 존재하지 않는 경우 S6025 단계로 진행할 수 있다.
- [1539] 타겟 BOM에 대한 잔여 공정이 존재하지 않는 경우, 현재 ISB 정보로부터 이전 ISB 정보로 타겟 작업 객체를 이동시킨다(S6023). 즉, 해당 타겟 BOM에 대한 공정 폐깁과 공정 라우팅의 수행이 완료되어 잔여 공정이 존재하지 않음에 따라 현재 ISB 정보로부터 이전 ISB 정보로 타겟 작업 객체를 이동시킬 수 있다.
- [1540] 현재 ISB 정보에 대한 잔여 작업 객체가 존재하는지 판단한다(S6025). 일 실시 예에서, 대상 작업 객체에 해당하는 다수의 작업 객체들 또는 얼라인 과정을 통해 선택된 폐깁 그룹에 포함된 적어도 하나의 작업 객체 중 수량이 존재하는 잔여 작업 객체가 존재하는지 판단할 수 있다. 일 실시 예에서, 잔여 작업 객체가 존재하는 경우 S6009 단계로 진행하고, 잔여 작업 객체가 존재하지 않는 경우 S6027 단계로 진행할 수 있다.
- [1541] 현재 ISB 정보가 표준 모델 기반 백워드 플래닝 로직의 첫번째 ISB 정보인지 판단한다(S6027). 일 실시 예에서, 얼라인 과정, ISB 폐깁 과정, ISB 라우팅 과정, 공정 폐깁 과정 및 라우팅 과정 중 적어도 하나를 거치면서 시간 역방향으로 현재 ISB 정보를 이전 ISB 정보로 이동시키며, 이러한 이동에 따라 현재 ISB 정보가 백워드 플래닝 로직의 첫번째 ISB 정보에 해당하는지 여부를 판단할 수 있다. 일 실

시 예에서, 현재 ISB 정보가 첫번째 ISB 정보인 경우 S6029 단계로 진행하고, 현재 ISB 정보가 첫번째 ISB 정보가 아닌 경우 S6007 단계로 진행할 수 있다.

[1542] ISB 정보의 이동에 따라 산출된 첫번째 ISB 정보에 대한 공장투입계획정보를 저장한다(S6029). 일 실시 예에서, 공장투입계획정보는 최초 공정의 수요 정보로부터 산출될 수 있으며, 수량 및 시점 정보를 포함할 수 있다.

[1543] 해당 백워드 플래닝 로직의 수행 횟수가 미리 설정된 마지막 페이스(phase)에 해당하는지 판단한다(S6031). 여기서, 페이스는 사용자에게 의해 미리 설정될 수 있으며, 백워드 플래닝 로직을 반복 수행하는 횟수를 나타낼 수 있다. 일 실시 예에서, 해당 백워드 플래닝 로직의 수행 횟수가 마지막 페이스에 해당하지 않는 경우 S6005 단계로 진입할 수 있다. 해당 백워드 플래닝 로직의 수행 횟수가 마지막 페이스에 해당하는 경우 백워드 플래닝 로직의 결과값이 최종적으로 산출될 수 있다. 일 실시 예에서, 백워드 플래닝 로직으로부터 산출된 결과값은 공정의 공정 목표, 공장투입계획정보 및 페깅 히스토리 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[1544] 일 실시 예에서, 본 개시에 따른 S6001 단계는 백워드 플래닝 방식의 수요정보 전처리단계(Demand Manipulation)(S210)에 대응하고, S6003 및 S6005 단계는 페깅초기화단계(Pegging Initialization)(S220)에 대응하고, S6007 내지 S6027 단계는 페깅단계(Pegging)(S240)에 대응하고, S6029 단계는 투입계획산출단계(make inplan)(S250)에 대응할 수 있다.

[1545]

[1546] 도 118은 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하는 얼라인 과정의 예를 개시하는 도면을 개시한다.

[1547] 일 실시 예에서, 규칙 정보에 따라 입력 데이터에 기반하는 다수의 작업 객체들 중 적어도 하나의 작업 객체를 포함하는 페깅 그룹을 결정하는 얼라인(Align) 과정이 수행될 수 있다.

[1548] 규칙 정보에 포함된 페깅그룹 생성 기준에 따라 현재 생성관리 정보에 대한 다수의 작업 객체들을 그룹핑하여 적어도 하나의 작업 객체를 포함하는 다수의 페깅 그룹을 생성할 수 있다(S6101). 예를 들어, 페깅그룹 생성 기준에 따라 현재 생성관리 정보 ISB2에 대한 다수의 작업 객체들 PegPart A, PegPart B, PegPart C, PegPart D, PegPart E를 그룹핑하여 PegPart A, PegPart B, PegPart D, PegPart E를 포함하는 페깅 그룹(PeggingGroup) A와 PegPart C를 포함하는 페깅 그룹B를 생성할 수 있다.

[1549] 여기서, 페깅그룹 생성 기준은 작업 객체들을 ISB 정보에 모았을 때 페깅 그룹으로 그룹핑하는 기준을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 페깅그룹 생성 기준은 개별 작업 객체를 페깅 그룹으로 설정하는 기준(즉, 작업 객체와 페깅 그룹이 1:1로 매칭), 현재 ISB 정보의 모든 작업 객체를 하나의 페깅 그룹으로 설정하는 기준, 제품 등급과 타겟 월(month)이 동일한 작업 객체들을 페깅 그룹으로 설정하는 기

준, 제품 등급과 타겟 주차(week)가 동일한 작업 객체들을 페깅 그룹으로 설정하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[1550] 규칙 정보에 포함된 페깅그룹 선택 기준에 따라 다수의 페깅 그룹 중 하나의 페깅 그룹을 선택할 수 있다(S6103). 예를 들어, 페깅그룹 선택 기준에 따라 페깅 그룹 A와 페깅 그룹 B 중 페깅 그룹 A를 선택할 수 있다.

[1551] 여기서, 페깅그룹 선택 기준은 생성된 다수의 페깅 그룹들 간 우선순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 페깅그룹 선택 기준은 대표 타겟의 타겟 일자가 빠른 페깅 그룹을 우선으로 선택하는 기준, 대표 타겟의 등급이 높은 페깅 그룹을 우선으로 선택하는 기준, 대표 타겟의 타겟 주차가 빠른 페깅 그룹을 우선으로 선택하는 기준, 수요정보 타입에 대한 우선순위에 따라 선택하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[1552]

[1553] 도 119는 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하는 ISB 페깅 과정의 예를 개시하는 도면을 개시한다.

[1554] 일 실시 예에서, 현재 ISB 정보에 대한 적어도 하나의 작업 객체 중 타겟 작업 객체에 대하여 제공 페깅을 수행하는 ISB 페깅(ISB Pegging) 과정이 수행될 수 있다.

[1555] 규칙 정보에 포함된 타겟그룹 생성 기준에 따라 현재 ISB 정보에 대한 선택된 페깅 그룹에 포함된 적어도 하나의 작업 객체를 그룹핑하여 다수의 타겟 그룹을 생성할 수 있다(S6201). 예를 들어, 현재 ISB 정보인 ISB2에 대하여 페깅 그룹 A에 포함된 작업 객체들 PegPart A, PegPart B, PegPart D, PegPart E를 그룹핑하여 PegPart A와 PegPart B를 포함하는 타겟 그룹(Target Group) A, PegPart D를 포함하는 타겟 그룹 B, PegPart E를 포함하는 타겟 그룹 C를 생성할 수 있다. 이 경우, 현재 ISB 정보인 ISB2에 대한 다수의 제공(WIP) 1, 2, 3, 4가 결정될 수 있다.

[1556] 여기서, 타겟그룹 생성 기준은 같은 조건으로 제공 페깅을 수행할 수 있는 현재 ISB 정보에 대한 작업 객체를 그룹핑하는 기준을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 타겟그룹 생성 기준은 ISB 정보에 포함된 아이템 ID, 사이트 ID, 버퍼 ID, 타겟 주차 및 사용자 지정 속성(Custom Property) 중 적어도 하나가 동일한 작업 객체를 그룹핑하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 여기서, 사용자 지정 속성은 표준 모델에 사용자 입력에 따라 추가된 속성값을 포함할 수 있다.

[1557] 현재 ISB 정보에 대한 다수의 제공에 따라 다수의 타겟 그룹 중 일부 타겟 그룹을 필터링할 수 있다(S6203). 일 실시 예에서, 다수의 타겟 그룹 각각에 포함된 작업 객체에 대응하는 제공이 존재하지 않는 일부 타겟 그룹을 제외하는 필터링을 수행할 수 있다. 예를 들어, 타겟 그룹 A에 포함된 PegPart A에 대응하는 제공 WIP 1과 WIP 2가 존재하고, PegPart B에 대응하는 제공 WIP 3이 존재하고, 타겟 그룹 B에 포함된 PegPart D에 대응하는 제공 WIP 4는 존재하지만, 타겟 그룹 C에

포함되는 PegPart E에 대응하는 재공이 존재하지 않기 때문에, 타겟 그룹 C는 필터링되어 제외될 수 있다.

- [1558] 규칙 정보에 포함된 타겟그룹 선택 기준에 따라 필터링된 타겟 그룹 중 하나의 타겟 그룹을 선택할 수 있다(S6205). 예를 들어, 타겟그룹 선택 기준에 따라 타겟 그룹 A와 타겟 그룹 B 중 타겟 그룹 A를 선택할 수 있다. 일 실시 예에서, 다음 사이클의 폐깅 과정에서 타겟그룹 선택 기준에 따라 나머지 타겟 그룹(예: 타겟 그룹 B)을 선택할 수 있다.
- [1559] 여기서, 타겟그룹 선택 기준은 다수의 타겟 그룹들 간 우선순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 타겟그룹 선택 기준은 타겟 날짜(납기)가 빠른 타겟 그룹을 우선으로 선택하는 기준, 수요정보 우선순위 값이 낮은 타겟 그룹을 우선으로 선택하는 기준, 전체 타겟 수량(Quantity, Qty) 값이 큰 타겟 그룹을 우선으로 선택하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [1560] 규칙 정보에 포함된 대상재공 선택 기준에 따라 현재 ISB 정보에 대한 다수의 재공 중 적어도 하나의 재공을 선택할 수 있다(S6207). 예를 들어, 대상재공 선택 기준에 따라 현재 ISB 정보인 ISB2에 대한 다수의 재공 WIP 1, WIP 2, WIP 3 및 WIP4 중 WIP 1, WIP 2 및 WIP 3을 선택할 수 있다. 일 실시 예에서, 다음 사이클의 폐깅 과정에서 대상재공 선택 기준에 따라 나머지 재공(예: WIP4)을 선택할 수 있다.
- [1561] 여기서, 대상재공 선택 기준은 작업 객체에 폐깅 가능한 재공의 조건을 설정하는 기준을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 대상재공 선택 기준은 타겟 그룹 내 작업 객체의 ISB ID가 동일하면 폐깅 가능한 재공으로 선택하는 기준, 타겟 그룹 내 작업 객체의 수요정보 ID가 동일하면 폐깅 가능한 재공으로 선택하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [1562] 규칙 정보에 포함된 타겟객체 선택 기준에 따라 현재 ISB 정보에 대한 타겟 그룹에 포함된 적어도 하나의 작업 객체 중 하나의 타겟 작업 객체를 선택할 수 있다(S6209). 예를 들어, 타겟객체 선택 기준에 따라 타겟 그룹 A에 포함된 작업 객체 PegPart A와 PegPart B 중 PegPart A를 타겟 작업 객체로 선택할 수 있다.
- [1563] 여기서, 타겟객체 선택 기준은 타겟 그룹 내 작업 객체 간 우선순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 타겟객체 선택 기준은 타겟 날짜(납기)가 빠른 작업 객체를 우선으로 선택하는 기준, 수요정보 우선순위가 높은 작업 객체를 우선으로 선택하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [1564] 규칙 정보에 포함된 재공 필터 기준 및 재공 폐깅 기준 중 적어도 하나에 따라 현재 ISB 정보에 대한 적어도 하나의 재공 중 타겟 재공을 선택하고, 타겟 재공에 기반하여 타겟 작업 객체에 대한 재공 폐깅을 수행할 수 있다(S6211). 예를 들어, 재공 필터 기준에 따라 재공 WIP 1, WIP 2 및 WIP3 중 WIP 1과 WIP 2를 타겟 재공으로 선택할 수 있다. 여기서, 재공 필터 기준은 타겟 작업 객체에 대한 폐깅 대상이 되지 않는 재공을 제외하는 기준을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 재공 필터

기준은 타겟 작업 객체에 대응하지 않는 재공을 제외하는 필터링을 수행하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[1565] 또한, 재공 폐깅 기준에 따라 필터링된 타겟 재공 중 하나의 타겟 재공을 선택하고, 선택된 타겟 재공에 기반하여 타겟 작업 객체에 대한 재공 폐깅을 수행할 수 있다. 예를 들어, 재공 폐깅 기준에 따라 타겟 재공 WIP 1과 WIP 2 중 WIP 2를 선택하고, 재공 폐깅을 수행하여 타겟 작업 객체의 수량(Qty) 100에서 WIP 2의 수량 10을 차감하여 타겟 작업 객체의 수량을 90으로 산출할 수 있다. 여기서, 재공 폐깅 기준은 폐깅 가능한 타겟 재공들 간 우선순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 재공 폐깅 기준은 수량이 큰 재공을 우선으로 선택하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[1566]

[1567] 도 120은 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하는 ISB 라우팅 과정의 예를 개시하는 도면을 개시한다.

[1568] 일 실시 예에서, 재공 폐깅이 수행된 타겟 작업 객체에 대한 적어도 하나의 BOM 중 타겟 BOM을 결정하는 ISB 라우팅(ISB Routing) 과정이 수행될 수 있다. 일 실시 예에서, ISB 폐깅 과정을 통해 타겟 작업 객체의 수량에서 재공의 수량을 차감하고도 타겟 작업 객체의 수량이 남는 경우, ISB 라우팅 과정이 수행될 수 있다. 이 경우, ISB 라우팅 과정을 통해 타겟 BOM이 선택되어 타겟 작업 객체를 현재 ISB로부터 이전 ISB로 이동시킬 수 있다.

[1569] 규칙 정보에 포함된 BOM 필터 기준에 따라 현재 ISB 정보의 타겟 작업 객체에 대한 다수의 BOM 중 일부 BOM을 필터링할 수 있다(S6301). 예를 들어, BOM 필터 기준에 따라 현재 ISB 정보인 ISB2의 타겟 작업 객체 PegPart A에 대한 다수의 BOM인 BOM 1, BOM 2 및 BOM 3 중 BOM 3을 제외시키는 필터링을 수행할 수 있다. 여기서, BOM 필터 기준은 타겟 작업 객체에 대한 라우팅 대상이 되지 않는 BOM을 제외하는 기준을 나타낼 수 있다.

[1570] 규칙 정보에 포함된 BOM 선택 기준에 따라 필터링된 적어도 하나의 BOM 중 타겟 BOM을 선택할 수 있다(S6303). 예를 들어, BOM 선택 기준에 따라 필터링된 BOM 1과 BOM 2 중 BOM 1을 타겟 BOM으로 선택할 수 있다. 여기서, BOM 선택 기준은 라우팅 가능한 BOM들 간 우선순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, BOM 선택 기준은 누적 TAT가 짧은 BOM을 우선으로 선택하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[1571]

[1572] 도 121은 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하는 공정 폐깅 및 공정 라우팅 과정의 예를 개시하는 도면을 개시한다.

[1573] 일 실시 예에서, 타겟 BOM의 공정에 대한 타겟 작업 객체에 대하여 재공 폐깅을 수행하는 공정 폐깅(Operation Pegging) 과정이 수행될 수 있다. 일 실시 예에서, 재공 폐깅이 수행된 타겟 작업 객체에 대해 공정에 대한 시간 정보를 적용하는 공정 라우팅(Operation Routing) 과정이 수행될 수 있다.

- [1574] 대상재공 선택 기준에 따라 적어도 하나의 작업 중 재공(Run WIP) 및 적어도 하나의 대기 중 재공(Wait WIP) 중 타겟 BOM의 공정에 대해 공정 폐깅을 수행하기 위한 대상 재공을 선택할 수 있다(S6401). 예를 들어, 작업 중 재공 Run WIP 1 및 Run WIP 2와 대기 중 대기 중 재공 Wait WIP 1 및 Wait WIP 2 중 타겟 BOM인 BOM 1의 공정에 대해 공정 폐깅을 수행하기 위한 대상 재공을 선택할 수 있다. 일 실시 예에서, 대상재공 선택 기준에 따라, 이전 공정이 종료된지 오래되거나 얼마 안된 순서, 재공의 수량이 적거나 많은 순서, 작업시간이 짧거나 긴 순서, 처리 가능 장비가 많거나 적은 순서 중 적어도 하나를 적용하여 대기 중 재공(Wait WIP)을 대상 재공으로 선택할 수 있다. 일 실시 예에서, 대상재공 선택 기준에 따라, 재공의 수량이 적거나 많은 순서, 작업시간이 짧거나 긴 순서 및 처리 가능 장비가 많거나 적은 순서 중 적어도 하나를 적용하여 작업 중 재공(Run WIP)을 대상 재공으로 선택할 수 있다.
- [1575] 작업 중 재공(Run WIP)을 대상 재공으로 선택한 경우, 타겟 BOM의 현재 공정에서 산출된 타겟 작업 객체에 대하여 작업 중 재공을 이용하여 타겟 작업 객체에 대한 재공 폐깅을 수행할 수 있다(S6403). 일 실시 예에서, 대상 재공으로 다수의 작업 중 재공이 선택된 경우, 타겟재공 선택 기준에 따라 재공 폐깅을 수행하기 위한 하나의 타겟 작업 중 재공이 선택될 수 있다. 여기서, 타겟재공 선택 기준은 다수의 작업 중 재공들 간 우선순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 타겟재공 선택 기준은 다수의 작업 중 재공들 중 수량이 많은 재공을 우선으로 선택하기 위한 기준을 포함할 수 있다.
- [1576] 예를 들어, 작업 중 재공 Run WIP 1 및 Run WIP 2를 대상 재공으로 선택한 경우, BOM 1의 현재 공정 i에서 산출된 타겟 작업 객체 PegPart A에 대하여 작업 중 재공 Run WIP 2를 이용하여 PegPart A에 대한 재공 폐깅을 수행할 수 있다. 즉, 현재 공정 i에서 산출된 타겟 작업 객체 PegPart A의 수량 90에서 Run WIP 2의 수량 10을 차감하여 PegPart A의 수량을 80으로 산출할 수 있다.
- [1577] 재공 폐깅이 수행된 타겟 작업 객체에 대하여 공정에 대한 공정별 작업시간(Run TAT)을 적용할 수 있다(S6405). 예를 들어, 현재 공정 i에서 산출된 타겟 작업 객체 PegPart A의 시간 정보 2024.12.01 12:00:00을 공정별 작업시간(Run TAT)의 시간 정보 12시간(hr)만큼 되돌려 타겟 작업 객체 PegPart A가 현재 공정 i에 투입된 시간 정보 2024.12.01 00:00:00을 산출할 수 있다.
- [1578] 일 실시 예에서, 공정별 작업시간(Run TAT)가 적용된 해당 공정에 대한 타겟 작업 객체에 대하여 아래의 S6407 단계가 수행될 수 있다.
- [1579] 대기 중 재공(Wait WIP)을 대상 재공으로 선택한 경우, 타겟 BOM의 현재 공정에 투입된 타겟 작업 객체에 대하여 대기 중 재공을 이용하여 타겟 작업 객체에 대한 재공 폐깅을 수행할 수 있다(S6407). 일 실시 예에서, 대상 재공으로 다수의 대기 중 재공이 선택된 경우, 타겟재공 선택 기준에 따라 재공 폐깅을 수행하기 위한 하나의 타겟 대기 중 재공이 선택될 수 있다. 여기서, 타겟재공 선택 기준은 다수의 대기 중 재공들 간 우선순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 타겟재공 선택

기준은 다수의 대기 중 재공들 중 수량이 많은 재공을 우선으로 선택하기 위한 기준을 포함할 수 있다.

- [1580] 예를 들어, 대기 중 재공 Wait WIP 1 및 Wait WIP 2를 대상 재공으로 선택한 경우, BOM 1의 현재 공정 i에 투입된 타겟 작업 객체 PegPart A에 대하여 대기 중 재공 Wait WIP 2를 이용하여 PegPart A에 대한 재공 폐깅을 수행할 수 있다. 즉, 현재 공정 i에 투입된 타겟 작업 객체 PegPart A의 수량 80에서 Wait WIP 2의 수량 10을 차감하여 PegPart A의 수량을 70으로 산출할 수 있다.
- [1581] 재공 폐깅이 수행된 타겟 작업 객체에 대하여 공정에 대한 투입 대기시간(Wait TAT)를 적용할 수 있다(S6409). 예를 들어, 현재 공정 i에 투입된 타겟 작업 객체 PegPart A의 시간 정보 2024.12.01 00:00:00을 투입 대기시간(Wait TAT)의 시간 정보 6시간(hr)만큼 되돌려 타겟 작업 객체 PegPart A가 이전 공정 i-1에서 산출된 시간 정보 2024.11.30 18:00:00을 산출할 수 있다.
- [1582] 일 실시 예에서, 해당 타겟 BOM에 대한 공정 폐깅(Operation Pegging) 과정과 공정 라우팅(Operation Routing) 과정이 수행 완료된 경우, 공정목표가 산출될 수 있으며, 타겟 작업 객체가 현재 ISB 정보(예: ISB2)로부터 이전 ISB 정보(예: ISB1)로 이동될 수 있다. 일 실시 예에서, 해당 BOM 내부의 모든 재공을 모든 공정에 대해 전부 재공 폐깅을 수행한 후 타겟 작업 객체의 수량이 남는 경우, 타겟 작업 객체를 이전 ISB 정보로 이동시킬 수 있다. 일 실시 예에서, 해당 BOM 내부의 모든 재공을 모든 공정에 대해 전부 재공 폐깅을 수행한 후 타겟 작업 객체에 기반한 공정목표가 산출될 수 있다.
- [1583]
- [1584] 도 122는 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 흐름도를 개시한다.
- [1585] 클라이언트로부터 제조생산시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 입력 데이터를 수신한다(S6501). 일 실시 예에서, 입력 데이터에 포함된 기준 정보는 클라우드 컴퓨팅 시스템에 대한 데이터 스키마로 변환되어 클라우드 컴퓨팅 시스템에 입력될 수 있다.
- [1586] 표준 모델을 기반으로 입력 데이터에 포함된 수요 정보에 대한 평탄화 및 작업 객체에 대한 초기화를 수행한다(S6503). 일 실시 예에서, 수요정보(demand)로부터 실제 기 생산기록(act)을 차감한 잔여 수요 수량(demand quality)을 작업 일정 에 따라 나누어 산출할 수 있다. 수요 정보(demand)가 주간 계획에 따라 납기일이 작성되었다면 잔여 수요 수량(demand quality)과 납기를 일별로 분배하는 전처리된 일별 계획으로 변경하는 전처리 작업(Preprocess)을 할 수 있다. 일 실시 예에서, 전처리된 수요 정보를 백워드 플래닝하는 데이터로 초기화할 수 있다. 전처리되어 초기화된 수요정보 중 동일 제품, 제품 그룹, 공정 등의 단위로 그룹화하여 백워드 플래닝의 대상이 되는 작업 객체(PegPart)를 초기화할 수 있다.

- [1587] 초기화된 다수의 작업 객체를 그룹핑하여 폐깅 그룹을 선택한다(S6505). 일 실시 예에서, 규칙 정보에 따라 입력 데이터에 기반하는 다수의 작업 객체들 중 적어도 하나의 작업 객체를 포함하는 폐깅 그룹을 결정할 수 있다.
- [1588] 현재 ISB 정보의 폐깅 그룹에 대한 재공 폐깅 및 이전 ISB 정보로의 BOM을 선택한다(S6507). 일 실시 예에서, ISB 정보에 대한 적어도 하나의 작업 객체 중 타겟 작업 객체에 대하여 재공 폐깅을 수행할 수 있다. 일 실시 예에서, 재공 폐깅이 수행된 타겟 작업 객체에 대한 적어도 하나의 BOM 중 타겟 BOM을 결정할 수 있다.
- [1589] 선택된 BOM에 존재하는 공정에 대한 재공 폐깅 및 시간 정보를 적용한다(S6509). 일 실시 예에서, 타겟 BOM의 공정에 대한 타겟 작업 객체에 대하여 재공 폐깅을 수행하고, 재공 폐깅이 수행된 타겟 작업 객체에 대해 공정에 대한 시간 정보를 적용할 수 있다.
- [1590] 반복 수행된 백워드 플래닝 로직으로부터 산출된 결과값에 기반한 생산 계획 데이터를 제공한다(S6511). 일 실시 예에서, 상술한 얼라인 과정, ISB 폐깅 과정, ISB 라우팅 과정, 공정 폐깅 과정 및 공정 라우팅 과정 중 적어도 하나를 반복 수행하여 산출된 결과값에 기반하여 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다. 일 실시 예에서, 백워드 플래닝 로직으로부터 산출된 결과값은 공정의 공정 목표, 공장투입계획정보 및 폐깅 히스토리 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1591]
- [1592] 도 123은 실시 예에 따른 백워드 플래닝 로직에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 다른 흐름도를 개시한다.
- [1593] 클라이언트의 제조생산시스템에 대한 미리 저장된 백워드 플래닝(backward planning) 로직의 의사결정 지점 별 규칙 정보를 획득한다(S46601). 일 실시 예에서, 의사결정 지점 별 규칙 정보는 클라이언트의 사용자 입력에 의해 설정될 수 있으며, 의사결정 지점별 규칙 정보에 대한 사용자 입력이 클라이언트로부터 획득될 수 있다. 이에 대하여는 도 117 내지 121에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.
- [1594] 클라이언트로부터 상기 제조생산시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 입력 데이터를 수신한다(S46603). 일 실시 예에서, 기준 정보는 각 공정의 수요 정보(demand), 현재 작업중인 재공(Wip, work in process) 정보, ISB(Item Site Buffer) 정보, BOM 정보, 라우팅(Routing) 정보, 공정(Operation) 정보, 수율(Yield) 정보, 및 공정 시간(TAT) 정보로서 투입 대기시간(Wait TAT) 또는 공정 작업시간(Run TAT)) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 이에 대하여는 도 117에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.
- [1595] 입력 데이터에 기반하여 규칙 정보에 따른 백워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 수행하여 생산 계획 데이터를 클라이언트에게 제공한다(S46605). 일 실시 예에서, 백워드 플래닝 로직은, 미리 저장된 표준 모델에 기반하여 입력 데이터를 적용하여 상기 백워드 플래닝 로직을 결정하는 단계

및 결정된 백워드 플래닝 로직의 의사결정 지점에 의사결정 지점 별 규칙 정보를 적용하는 단계를 수행할 수 있다.

- [1596] 일 실시 예에서, 백워드 플래닝 로직은, 규칙 정보에 따라 입력 데이터에 기반하는 다수의 작업 객체들 중 적어도 하나의 작업 객체를 포함하는 페깅 그룹을 결정하는 얼라인(Align) 단계, 규칙 정보에 따라 현재 ISB 정보에 대한 적어도 하나의 작업 객체 중 타겟 작업 객체에 대하여 제공 페깅을 수행하는 ISB 페깅(ISB Pegging) 단계, 규칙 정보에 따라 제공 페깅이 수행된 타겟 작업 객체에 대한 적어도 하나의 BOM 중 타겟 BOM을 결정하는 ISB 라우팅(ISB Routing) 단계, 규칙 정보에 따라 타겟 BOM의 공정에 대한 타겟 작업 객체에 대하여 제공 페깅을 수행하는 공정 페깅(Operation Pegging) 단계 및 규칙 정보에 따라 제공 페깅이 수행된 타겟 작업 객체에 대해 공정에 대한 시간 정보를 적용하는 공정 라우팅(Operation Routing) 단계를 수행할 수 있다.
- [1597] 일 실시 예에서, 백워드 플래닝 로직은, 규칙 정보에 따라 공정에 대한 시간 정보가 적용된 타겟 작업 객체에 기반하여 공정의 공정 목표, 공장투입계획정보 및 페깅 히스토리 중 적어도 하나를 산출하는 단계를 수행할 수 있다. 이에 대하여는 도 117 내지 122에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.
- [1598]
- [1599] 도 104를 참조하여 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [1600] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 프로세서(2610), 인메모리(2620), 저장장치(2630) 및 인터페이스(2640)를 포함할 수 있다.
- [1601] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 인터페이스(2640)를 통한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다. 인터페이스(2640)는 클라이언트로부터 제조생산시스템의 입력 데이터를 획득할 수 있다. 일 실시 예에서, 인터페이스(2640)는 클라이언트로부터 백워드 플래닝 로직의 의사결정 지점 별 규칙 정보를 획득할 수 있다.
- [1602] 실시 예의 프로세서(2610)는 클라이언트의 제조생산시스템에 대한 미리 저장된 백워드 플래닝(backward planning) 로직의 의사결정 지점 별 규칙 정보를 획득하고, 클라이언트로부터 제조생산시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 입력 데이터를 수신하고, 입력 데이터에 기반하여 규칙 정보에 따른 백워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 수행하여 생산 계획 데이터를 클라이언트에게 제공할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 상술한 설명을 참조한다.
- [1603] 저장장치(2630)는 인터페이스(2640)가 수신한 입력 데이터, 소프트웨어 모델 및 로직 세트 중 적어도 하나를 저장장치(2630)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(2630)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 인메모리(2620)는 백워드 플래닝 로직의 의사결정 지점 별 규칙 정보 및 제조생산시스템의 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다.

- [1604] 일 실시 예에서, 인터페이스(2640)는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 분석 결과 데이터를 제공하여 클라우드 환경 및 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [1605]
- [1606] 도 124는 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 도면을 개시한다.
- [1607] 일 실시 예에서, 클라이언트로부터 제조생산시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 입력 데이터를 수신할 수 있다. 일 실시 예에서, 기준 정보를 포함하는 입력 데이터는 포워드 플래닝 로직에 입력될 수 있다. 일 실시 예에서, 입력 데이터는 공정의 공정 목표, 공장투입계획정보 및 폐깅 히스토리 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 입력 데이터는 백워드 플래닝 로직 및 수리최적화 로직 중 적어도 하나로부터 산출된 결과값을 포함할 수 있다.
- [1608] 또한, 일 실시 예에서, 클라이언트의 제조생산시스템에 대한 포워드 플래닝 로직의 의사결정 지점 별 규칙 정보를 획득할 수 있다. 일 실시 예에서, 의사결정 지점 별 규칙 정보는 미리 정의되어 있거나, 사용자 입력에 의해 선택되거나, 사용자 입력에 의해 제조생산시스템에 따라 커스터마이징될 수 있다. 일 실시 예에서, 미리 저장된 표준 모델에 기반하여 입력 데이터를 적용하여 포워드 플래닝 로직이 결정되고, 결정된 포워드 플래닝 로직의 의사결정 지점은 의사결정 지점 별 규칙 정보가 적용될 수 있다. 예를 들어, 미리 저장된 표준 모델에 기반하여 입력 데이터를 적용하여 포워드 플래닝 로직이 모델링되거나, 미리 저장된 표준 모델에 기반하여 모델링된 포워드 플래닝 로직에 입력 데이터가 적용될 수 있다. 이 경우, 이러한 결정과 규칙 정보가 적용된 포워드 플래닝 로직은 PBF(Plan By Forward) 로직 또는 이와 동등한 기술적 의미를 갖는 용어로 지칭될 수 있다. 일 실시 예에서, 표준 모델은 상술한 클라우드 표준 모델을 포함할 수 있다. 즉, PBF 로직은 포워드 플래닝 엔진의 절차에 의사결정 지점을 구현한 것을 의미할 수 있다. 이 경우 의사결정 지점을 구현하기 위해 표준 모델이 사용될 수 있다. 일 실시 예에서, 의사결정 지점 별 규칙 정보에 포함된 다양한 생성 기준 및 선택 기준 중 적어도 하나는 아래에서 설명되는 비교의사결정 에이전트에 의한 의사결정 지점 별 의사결정 기준에 기반하여 결정될 수 있다. 이에 대한 자세한 내용은 후술된다.
- [1609] 입력 데이터와 표준 모델을 기반으로 포워드 플래닝 객체에 대한 초기화를 수행한다(S7001). 일 실시 예에서, 포워드 플래닝 객체는 제조생산시스템의 공장 정보, 작업물 상태 정보, 자원(resource) 상태 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 공장 정보는 표준모델 데이터를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 공장 정보는 제조생산시스템에 대한 실적 정보(즉, 실제 생산한 이력), 제품 정보, 공정 정보 등을 포함할 수 있다. 또한, 작업물 상태 정보는 재공 정보와 해당 작업물이 어디서 대기 중인지, 어느 설비에서 작업되고 있는지, 얼마나 작업됐는지에 대한 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 자원 정보는 어떤 작업물

을 생산할 수 있는지, 공정을 처리하는데 얼마만큼의 시간이 소요되는지, 예정된 다운 타임(Down Time)(예: 휴일, PM 등)에 대한 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

- [1610] 또한, 작업물 상태 정보는 아이템 종류, 백워드 플래닝 로직의 결과물, 수량, 사용 가능한 시간 및 타겟 수요 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 여기서, 백워드 플래닝 로직의 결과물은 라우팅 정보(즉, 각 ISB 정보에서 다음 BOM으로의 정보)를 포함하는 페깅 히스토리, 투입 수량, 목표 투입 시각과 목표 공정을 포함하는 공정 목표 및 초기 생성시 작업물 수량, 사용 가능 시각과 발생 ISB 정보를 포함하는 공장투입계획 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 사용 가능 시각은 해당 공정에 대해 사용 가능한 특정 시간 구간에 해당하는 버킷(bucket)을 나타낼 수 있다. 또한, 타겟 수요 정보는 목표 시각, 목표 공정, 목표 수량 및 우선 순위 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1611] 또한, 자원 상태 정보는 특정 시간 구간에 해당하는 버킷(Bucket)의 상태 정보를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 자원 상태 정보는 사용 가능한 생산 역량(capacity), 사용한 생산 역량 및 사용 가능한 다음 시각 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1612] 사용 가능한 생산 역량은 사용 가능한 시간 윈도우(time window)에 해당하는 시간 정보 및 시간 구간별 남은 작업물 개수에 해당하는 수량 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1613] 사용한 생산 역량은 각 작업별로 사용한 시간 윈도우에 해당하는 시간 정보 및 시간 구간별 각 작업별로 사용한 작업물 개수에 해당하는 수량 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1614] 초기화된 포워드 플래닝 객체에 기반한 포워드 플래닝 로직의 작업물 배치를 수행한다(S7003). 일 실시 예에서, 작업물 배치 시 자원(즉, 버킷)의 생산 역량 차감 기록을 남기며, 자원의 용량(즉, 생산 역량) 정의 방식에 따라 남기는 기록이 달라질 수 있다. 여기서, 용량 정의 방식은 시간(Time) 방식과 수량(Quantity) 방식을 포함할 수 있다. 시간 방식은 작업물이 bucket의 용량을 사용한 시간 구간 기록을 저장하는 방식을 나타낼 수 있다. 또한, 수량 방식은 작업물이 사용한 만큼 버킷의 생산 역량 개수 차감 후 기록을 저장하는 방식을 나타낼 수 있다.
- [1615] 일 실시 예에서, 작업물 배치 시 작업물의 경우, 작업물을 ISB 정보로 이동시키고, 다음 공정을 선택하여 작업물을 배치할 수 있다. 이 경우, 작업물이 가지고 있는 페깅히스토리에 기반하여 다음 공정을 선택할 수 있다.
- [1616] ISB 정보에 대한 공정에 입력 데이터에 포함된 공정 목표에 기반한 작업물을 이동시킨다(S7005). 일 실시 예에서, 작업물의 공정이 모두 끝난 종료 조건(terminal condition)에 해당되지 않는 경우, 작업물을 이동시킬 수 있다.
- [1617] 이동된 작업물을 대기시킨다(S7007). 일 실시 예에서, 공정이 더미 공정이 아닌 경우, 이동된 작업물을 작업물 큐(queue)에 등록하고 대기시킬 수 있다. 일 실시 예에서, 해당 작업물에 대한 작업물 그룹을 업데이트할 수 있다.

- [1618] 일 실시 예에서, 작업물과 자원에 대한 투입의사결정 방식을 결정할 수 있으며, 이 경우, 투입의사결정 방식은 작업물을 결정한 후 작업물을 처리할 가장 적절한 자원을 결정하는 제 1 방식(예: LFS 방식)과 자원을 결정한 후 자원에서 처리할 가장 적절한 작업물을 결정하는 제 2 방식(예: RFS 방식) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1619] 일 실시 예에서, 미리 설정된 제약 조건에 따라 LFS 방식과 RFS 방식 중 더 적절한 투입의사결정 방식을 선택할 수 있다.
- [1620] 예를 들어, 설비-작업물 배정 시 작업물의 상태를 고려하는 경우, LFS 방식을 사용할 수 있다. 예를 들어, 제약 조건은 각 작업물의 종류 별로 설비를 최대 특정 개수(예: 2개) 까지만 사용할 수 있는 조건을 포함할 수 있다.
- [1621] 또한, 예를 들어, 설비-작업물 배정 시 설비의 상태를 고려하는 경우, RFS 방식을 사용할 수 있다. 예를 들어, 제약 조건은 각 설비가 하루에 최대 특정 종류(예: 2 종류)의 작업물을 처리할 수 있는 조건을 포함할 수 있다.
- [1622] 투입 의사결정 과정에서 모든 범위의 작업물 및 자원에 대한 우선순위를 결정할 수 있다. 일 실시 예에서, 연산량을 줄이기 위해 작업물들과 자원들을 각각 그룹화하여 그룹들 간의 우선순위를 설정하고, 이후 그룹 내부에서 작업물들과 자원들 간 우선순위를 설정할 수 있다.
- [1623] 자원 그룹의 경우 자원 그룹에 속하는 자원의 종류 및 자원 그룹 사이의 우선순위는 버킷(bucket)과 무관하게 일정하게 유지될 수 있다. 즉, 자원 그룹화 및 그룹 사이에 우선순위 결정은 초기화 시 수행될 수 있다. 여기서, 버킷은 시간 단위에 따른 자원 및 생산 역량 중 적어도 하나에 기반하여 설정될 수 있다. 예를 들어, 버킷은 시간 단위에 자원에 대한 생산 역량을 적용하여 설정될 수 있다.
- [1624] 일 실시 예에서, 작업물은 투입 의사결정시 마다 상태가 바뀌므로 투입 의사결정시마다 그룹화가 수행될 수 있다.
- [1625] 일 실시 예에서, 투입 의사결정 방식은 한 버킷 안에서는 유지되어야 하며, 버킷이 바뀌에 따라 바뀔 수 있다.
- [1626] 일 실시 예에서, 한 버킷 안에서 모든 작업물-자원 쌍을 여러 번 고려하며 투입 의사결정을 수행할 수 있다.
- [1627] 특정 작업물-자원 쌍은 한 레벨(level) 마다 최대 1번의 투입 의사결정이 수행될 수 있다. 일 실시 예에서, 레벨 마다 다른 규칙이 사용될 수 있다. 여기서, 레벨은 의사결정 지점을 포함하는 포워드 플래닝 로직의 사이클 중 한 단계를 의미할 수 있다. 예를 들어, 하나의 투입 의사결정을 내린 후 그 한번의 투입 의사결정안에서는 1개의 결정만 나오고 다음 투입 의사결정을 할 때 해당 투입 의사결정을 제외하고 나머지에서 투입 의사결정이 수행될 수 있다.
- [1628] 작업물을 결정한 후 작업물을 처리할 자원을 결정하는 LFS 방식의 투입 의사결정을 수행한다(S7009). 일 실시 예에서, LFS 방식의 규칙 정보는 작업물 그룹에 대한 생성 기준과 작업물 그룹, 작업물, 버킷의 자원에 대한 우선순위 설정 기준에 다양한 옵션을 포함할 수 있다. 작업물그룹 생성 기준은 지정된 속성이 같은

작업물들끼리 같은 작업물 그룹으로 생성하는 기준을 포함할 수 있다. 작업물 그룹 우선순위는 미리 지정된 규칙 정보에 대해 가중치 정렬 방식 및 가중합 방식 중 적어도 하나로 계산된 작업물 그룹 간 우선순위를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 가중합 방식은 선형 가중합 방식 및 인공지능 신경망에 의한 비선형 구조 기반 점수 계산 방식 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[1629] 작업물 우선순위는 미리 지정된 규칙 정보에 대해 가중치 정렬 방식 및 가중합 방식 중 적어도 하나로 계산된 작업물 간 우선순위를 포함할 수 있다. 자원 우선순위는 미리 지정된 규칙 정보에 대해 가중치 정렬 방식 및 가중합 방식 적어도 하나로 계산된 자원 간 우선순위를 포함할 수 있다.

[1630] 자원을 결정한 후 자원에서 처리할 가장 적절한 작업물을 결정하는 RFS 방식의 투입 의사결정을 수행한다(S7011). 일 실시 예에서, RFS 방식의 규칙 정보는 작업물 그룹에 대한 생성 기준과 작업물 그룹, 작업물, 자원에 대한 선택, 필터링 및 우선순위 설정 방식에 다양한 옵션을 포함할 수 있다. 예를 들어, 자원의 선택과 관련된 본 도면의 버킷 선택 과정은 해당 자원에 할당된 해당 시간 단위의 생산 역량 구간을 선택하는 과정을 포함할 수 있다. 각 과정에 대한 자세한 내용은 아래에서 설명된다. 작업물그룹 생성 기준은 지정된 속성이 같은 작업물들끼리 같은 작업물 그룹으로 생성하는 기준을 포함할 수 있다. 작업물 그룹 우선순위는 미리 지정된 규칙 정보에 대해 가중치 정렬 방식 및 가중합 방식 중 적어도 하나로 계산된 작업물 그룹 간 우선순위를 포함할 수 있다. 작업물 우선순위는 미리 지정된 규칙 정보에 대해 가중치 정렬 방식 및 가중합 방식 중 적어도 하나로 계산된 작업물 간 우선순위를 포함할 수 있다. 자원 우선순위는 미리 지정된 규칙 정보에 대해 가중치 정렬 방식 및 가중합 방식 중 적어도 하나로 계산된 자원 간 우선순위를 포함할 수 있다.

[1631] 선택된 작업물 및 자원에 대한 공정 처리를 수행한다(S7013). 일 실시 예에서, 공정 후 작업물의 속성을 변경하는 공정 처리를 수행할 수 있다. 예를 들어, 다음 ISB 정보에 맞게 작업물의 속성(종류)을 변경할 수 있다. 예를 들어, BOM 유형(type)이 스플릿(split)인 경우, 스플릿 비율에 맞추어 작업물을 분할할 수 있다. 예를 들어, 공정의 수율을 반영하여 작업물의 개수를 변경할 수 있다.

[1632] 예를 들어, 작업물의 사용 가능 시각의 속성을 업데이트할 수 있다. 이 때, 자원의 용량 정의 방식이 수량 방식인 경우, 작업물의 사용 가능 시각은 처리 시작 시각을 포함할 수 있다. 또한, 자원의 용량 정의 방식이 시간 방식인 경우, 작업물의 사용 가능 시각은 처리 시작 시각, 작업물이 자원의 용량을 사용한 시간 및 공정의 체류 시간의 합(sum)을 나타낼 수 있다. 여기서, 처리 시작 시각은 max(자원의 작업 가능 시각, 작업물 사용 가능 시각)로 표현될 수 있다.

[1633] 작업물의 공정이 모두 끝난 종료 조건(*terminal condition*)에 해당되는 경우, 작업물 반출을 수행한다(S7015). 일 실시 예에서, 작업물 반출을 통해 해당 과정이 종료될 수 있다.

- [1634] 공정이 더미 공정인 경우, 작업물에 대한 더미 공정 처리를 수행한다(S7017). 일 실시 예에서, 공정 후 작업물의 속성을 변경하는 더미 공정 처리를 수행할 수 있다. 예를 들어, 다음 ISB 정보에 맞게 작업물의 속성(종류)을 변경할 수 있다. 예를 들어, BOM 유형(type)이 스플릿(split)인 경우, 스플릿 비율에 맞추어 작업물을 분할할 수 있다. 예를 들어, 공정의 수율을 반영하여 작업물의 개수를 변경할 수 있다. 예를 들어, 작업물의 사용 가능 시각의 속성을 업데이트할 수 있다. 여기서, 작업물의 사용 가능 시각은 사용 가능 시각과 공정의 체류 시간의 합을 나타낼 수 있다.
- [1635] 일 실시 예에서, 작업물은 재공 또는 로트(Lot)에 해당할 수 있다. 일 실시 예에서, 자원은 특정 시간 구간에 해당하는 버킷에서 실행되는 설비 또는 설비의 생산역량(capacity)을 나타낼 수 있다.
- [1636] 일 실시 예에서, 현재 ISB 정보와 다음 ISB 정보 사이의 적어도 하나의 공정(Operation) 각각에 대해 적어도 하나의 자원이 할당될 수 있다. 이 경우, 자원은 특정 시간 단위의 버킷(Bucket)으로 할당될 수 있다.
- [1637] 일 실시 예에서, 본 개시에 따른 S7001 단계는 포워드 플래닝 방식의 작업물 생성(release)(S3701) 및 작업물 투입(in)(S3702) 단계에 대응하고, S7003 단계는 작업물 배치(route)(S3703) 단계에 대응하고, S7005 단계는 작업물 이동(transfer)(S3704) 단계에 대응하고, S7007 단계는 작업물 대기(buffer)(S3705) 단계에 대응하고, S7009 단계 및 S7011 단계는 투입의사결정(dispatching)(S3706) 단계에 대응하고, S7013 단계는 공정처리(processing)(S3708) 단계에 대응하고, S7015 단계는 작업물 반출(out)(S3709) 단계에 대응하고, S7017 단계는 더미 공정처리(dummy processing)(S3710) 단계에 대응할 수 있다.
- [1638]
- [1639] 도 125는 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 LFS 방식의 작업물 그룹 선택 과정의 예를 개시하는 도면을 개시한다.
- [1640] 규칙 정보에 포함된 자원그룹 선택 기준에 따라 상기 클라이언트의 제조생산시스템의 공정에 대한 적어도 하나의 자원을 포함하는 자원 그룹을 선택한다(S7101). 예를 들어, 자원그룹 선택 기준에 따라 공정에 대한 자원 Res1 및 Res2를 포함하는 대상 자원 그룹 1을 선택할 수 있다. 여기서, 자원 그룹은 자원 그룹(Bucket Group) 또는 이와 동등한 기술적 의미를 갖는 용어로 지칭될 수 있다.
- [1641] 여기서, 자원그룹 선택 기준은 자원들을 공정에 대해 자원 그룹으로 그룹핑하는 기준을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 자원그룹 선택 기준은 다수의 자원 그룹들 간 우선순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 자원그룹 선택 기준은 자원 그룹 내 자원의 모든 생산 역량이 많거나 적게 남은 순서대로 선택하는 기준, 자원 수가 많거나 적은 순서대로 선택하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [1642] 공정의 자원 그룹에 대한 다수의 작업물 중 일부 작업물을 필터링한다(S7103). 일 실시 예에서, 다수의 작업물 중 공정의 자원 그룹에서 처리되지 못하는 일부

작업물을 제외시키는 필터링을 수행할 수 있다. 예를 들어, 자원 그룹 1에 대한 작업물 w1, w2, w3 및 w4에 대한 작업물 필터링을 수행하여 자원 그룹 1에서 처리하지 못하는 작업물 w4를 필터링하여 제외시킬 수 있다.

- [1643] 규칙 정보에 포함된 작업물그룹 생성 기준에 따라 필터링된 다수의 작업물을 그룹핑하여 적어도 하나의 작업물 그룹을 생성한다(S7105). 예를 들어, 작업물그룹 생성 기준에 따라 자원 그룹 1에 대한 작업물 w1 및 w2를 작업물 그룹 1로 그룹핑하고, 작업물 w3을 작업물 그룹 2로 그룹핑할 수 있다.
- [1644] 여기서, 작업물그룹 생성 기준은 작업물들을 자원에 대해 작업물 그룹으로 그룹핑하는 기준을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 작업물그룹 생성 기준은 동일한 ISB 정보(예: 현재 ISB 정보, 다음 ISB 정보)에 대한 작업물(예: 로트(Lot)들)을 그룹으로 설정하는 기준, 타겟 시기(예: 일(date), 주(week), 월(month))가 같은 작업물들을 그룹으로 설정하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [1645] 규칙 정보에 포함된 작업물그룹 선택 기준에 따라 적어도 하나의 작업물 그룹 중 자원 그룹에 대한 적어도 하나의 작업물을 포함하는 작업물 그룹을 선택한다(S7107). 예를 들어, 타겟 수요정보의 우선순위 및 타겟 수요정보의 마감 주(due week)에 기반하여, 타겟 수요정보의 우선순위 다음에 마감 주가 급한 순서대로 작업물 그룹을 선택할 수 있다. 또한, 예를 들어, 작업물그룹 선택 기준에 따라 작업물 그룹 1과 작업물 그룹 2 중 자원 그룹 1에 대한 작업물 그룹 1을 선택할 수 있다.
- [1646] 여기서, 작업물그룹 선택 기준은 생성된 다수의 작업물 그룹들 간 우선순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 작업물그룹 선택 기준은 이미 도착한 작업물 그룹을 우선으로 선택하는 기준, 타겟 시기가 빠른 작업물 그룹을 우선으로 선택하는 기준, 먼저 도착한 작업물 그룹을 우선으로 선택하는 기준, 수량이 많은 작업물 그룹을 우선으로 선택하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [1647]
- [1648] 도 126은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 LFS 방식의 작업물 선택 과정의 예를 개시하는 도면을 개시한다.
- [1649] 규칙 정보에 포함된 자원 선택 기준에 따라 자원 그룹에 포함된 적어도 하나의 자원 중 상기 선택된 작업물 그룹에 대한 자원을 선택한다(S7201). 예를 들어, 자원 선택 기준에 따라 자원 그룹 1에 포함된 자원 Res 1과 Res 2 중 작업 그룹 1에 대한 자원 Res 1을 선택할 수 있다. 예를 들어, 자원 Res 1과 Res 2 중 잔여 생산 역량이 큰 자원인 Res 1을 선택할 수 있다.
- [1650] 여기서, 자원 선택 기준은 사용 가능한 자원(즉, 설비)의 우선순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 자원 선택 기준은 잔여 생산 역량(capacity)이 많은 설비를 우선으로 선택하는 기준, 할당 가능한 제품이 적은 설비를 우선으로 선택하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

- [1651] 규칙 정보에 포함된 작업물 선택 기준에 따라 작업물 그룹에 포함된 적어도 하나의 작업물 중 자원에 대한 작업물을 선택한다(S7203). 예를 들어, 작업물 선택 기준에 따라 작업물 그룹 1에 포함된 작업물 w1과 w2 중 자원 Res 1에 대한 작업물 w1을 선택할 수 있다. 예를 들어, 작업물 선택 규칙에 따라 위쪽에 위치한 작업물인 w1을 선택할 수 있다.
- [1652] 이후, 작업물의 상태 변화 및 자원의 상태 변화를 업데이트할 수 있다. 일 실시 예에서, 선택된 자원과 작업물은 아래에서 설명되는 공정 처리 및 이동 과정이 수행될 수 있다.
- [1653] 여기서, 작업물 선택 기준은 작업물 그룹 내 작업물들 간 우선 순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 작업물 선택 기준은 작업물 도착 시간이 현재 시각보다 과거나 현재이면 우선순위를 0으로 설정하고 그렇지 않으면 1로 설정하는 기준, 타겟 시기가 빠른 작업물을 우선으로 선택하는 기준, 작업물의 수요정보 우선순위의 값이 작은 작업물을 우선으로 선택하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [1654]
- [1655] 도 127은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 LFS 방식의 투입 의사결정의 예를 개시하는 도면을 개시한다.
- [1656] 일 실시 예에서, LFS 방식의 투입 의사결정 방식에 따른 작업물의 배치가 시간 순서대로 수행되거나 시산 순서대로 수행되지 않을 수 있다.
- [1657] 일 실시 예에서, LFS 방식의 투입 의사결정 방식은 각 시간 구간(즉, 버킷) 내에서는 작업물 우선 순위에 따라 작업물의 배치가 발생할 수 있다. 예를 들어, 제 1 버킷에서 제 1 공정에 대한 제 2 설비의 생산 역량을 작업물 A만큼 차감시킬 수 있다. 또한, 제 1 버킷에서 제 2 공정에 대한 제 3 설비의 생산 역량을 작업물 A만큼 차감시킬 수 있다. 또한, 제 1 버킷에서 제 3 공정에 대한 제 1 설비의 생산 역량을 작업물 B만큼 차감시킬 수 있다. 또한, 제 1 버킷에서 제 4 공정에 대한 제 2 설비의 생산 역량을 작업물 B만큼 차감시킬 수 있다. 이후 의사결정이 모두 끝난 후 다음 제 2 버킷으로 넘어갈 수 있다. 즉, 작업물 A에 대한 배치 이후에 작업물 B에 대한 배치가 시간 순서대로 수행되지 않을 수 있다.
- [1658] 작업물 A에 대한 배치 이후에 작업물 B에 대한 배치가 시간 순서대로 수행될 수 있다.
- [1659] 즉, 본 개시에 따르면, 하나의 버킷에 대해서 중요한 작업물 혹은 중요한 설비에 대한 계획을 우선적으로 작성할 수 있다.
- [1660]
- [1661] 도 128은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 RFS 방식의 버킷 선택 과정의 예를 개시하는 도면을 개시한다.
- [1662] 규칙 정보에 포함된 자원 선택 기준에 따라 클라이언트의 제조생산시스템의 공정에 대한 자원을 선택한다(S7301). 예를 들어, 자원 선택 기준에 따라 자원 Res

1, Res 2, Res 3 및 Res 4 중 공정에 대한 자원 Res 1을 선택할 수 있다. 즉, 자원 선택 기준에 따라 우선순위가 가장 높은 자원을 선택할 수 있다.

[1663] 여기서, 자원 선택 기준은 사용 가능한 자원(즉, 설비)의 우선순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 자원 선택 기준은 잔여 생산 역량(capacity)이 많은 설비를 우선으로 선택하는 기준, 할당 가능한 제품이 적은 설비를 우선으로 선택하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[1664]

[1665] 도 129는 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 RFS 방식의 작업물 그룹 선택 과정의 예를 개시하는 도면을 개시한다.

[1666] 자원에 대응하는 공정에 대한 다수의 작업물 중 일부 작업물을 필터링한다(S7401). 일 실시 예에서, 다수의 작업물 중 공정에서 처리되지 못하는 일부 작업물을 제외시키는 필터링을 수행할 수 있다. 예를 들어, 자원 Res 1에 대한 작업물 w1, w2, w3 및 w4에 대한 작업물 필터링을 수행하여 자원 Res 1에서 처리하지 못하는 작업물 w4를 필터링하여 제외시킬 수 있다.

[1667] 규칙 정보에 포함된 작업물그룹 생성 기준에 따라 필터링된 다수의 작업물을 그룹핑하여 적어도 하나의 작업물 그룹을 생성한다(S7403). 예를 들어, 작업물그룹 생성 기준에 따라 자원 1에 대한 작업물 w1 및 w2를 작업물 그룹 1로 그룹핑하고, 작업물 w3을 작업물 그룹 2로 그룹핑할 수 있다.

[1668] 여기서, 작업물그룹 생성 기준은 작업물들을 자원에 대해 작업물 그룹으로 그룹핑하는 기준을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 작업물그룹 생성 기준은 동일한 ISB 정보(예: 현재 ISB 정보, 다음 ISB 정보)에 대한 작업물(예: 로트(Lot)들)을 그룹으로 설정하는 기준, 타겟 시기(예: 일(date), 주(week), 월(month))가 같은 작업물들을 그룹으로 설정하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[1669] 규칙 정보에 포함된 작업물그룹 선택 기준에 따라 적어도 하나의 작업물 그룹 중 자원에 대한 적어도 하나의 작업물을 포함하는 작업물 그룹을 선택한다(S7405). 예를 들어, 타겟 수요정보의 우선순위 및 타겟 수요정보의 마감 주(due week)에 기반하여, 타겟 수요정보의 우선순위 다음에 마감 주가 급한 순서대로 작업물 그룹을 선택할 수 있다. 또한, 예를 들어, 작업물그룹 선택 기준에 따라 작업물 그룹 1과 작업물 그룹 2 중 자원 Res 1에 대한 작업물 그룹 1을 선택할 수 있다.

[1670] 여기서, 작업물그룹 선택 기준은 생성된 다수의 작업물 그룹들 간 우선순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 작업물그룹 선택 기준은 이미 도착한 작업물 그룹을 우선으로 선택하는 기준, 타겟 시기가 빠른 작업물 그룹을 우선으로 선택하는 기준, 먼저 도착한 작업물 그룹을 우선으로 선택하는 기준, 수량이 많은 작업물 그룹을 우선으로 선택하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[1671]

- [1672] 도 130은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 RFS 방식의 작업물 선택 과정의 예를 개시하는 도면을 개시한다.
- [1673] 규칙 정보에 포함된 작업물 선택 기준에 따라 작업물 그룹에 포함된 적어도 하나의 작업물 중 자원에 대한 작업물을 선택한다(S7501). 예를 들어, 작업물 선택 기준에 따라 작업물 그룹 1에 포함된 작업물 w1과 w2 중 자원 Res 1에 대한 작업물 w1을 선택할 수 있다. 예를 들어, 작업물 선택 규칙에 따라 위쪽에 위치한 작업물인 w1을 선택할 수 있다.
- [1674] 이후, 작업물의 상태 변화 및 자원의 상태 변화를 업데이트할 수 있다. 일 실시 예에서, 선택된 자원과 작업물은 아래에서 설명되는 공정 처리 및 이동 과정이 수행될 수 있다.
- [1675] 여기서, 작업물 선택 기준은 작업물 그룹 내 작업물들 간 우선 순위를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 작업물 선택 기준은 작업물 도착 시간이 현재 시각보다 과거나 현재이면 우선순위를 0으로 설정하고 그렇지 않으면 1로 설정하는 기준, 타겟 시기가 빠른 작업물을 우선으로 선택하는 기준, 작업물의 수요정보 우선순위의 값이 작은 작업물을 우선으로 선택하는 기준 등 다양한 기준을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [1676]
- [1677] 도 131은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하는 처리 과정의 예를 개시하는 도면을 개시한다.
- [1678] 선택된 작업물 및 자원에 대한 공정 처리를 수행한다(S7601). 일 실시 예에서, 공정의 수율에 따른 작업물의 수량을 변경하고 자원의 생산 역량을 차감할 수 있다. 일 실시 예에서, 공정의 스플릿(split)에 따른 작업물을 분리할 수 있다. 또한, 자원과 작업물의 다음 사용 가능 시각을 업데이트할 수 있다. 예를 들어, 공정의 수율에 따른 작업물 w1의 수량을 변경하고 자원 Res 1의 생산 역량을 차감할 수 있다.
- [1679] 입력 데이터에 포함된 페깅 히스토리에 기반한 작업물을 ISB 정보의 다음 공정에 배치한다(S7603). 일 실시 예에서, 작업물에 대한 페깅 히스토리에 기반하여 다음 공정을 선택할 수 있다. 예를 들어, 페깅 히스토리 및 수리최적화 모형의 실행 결과 중 적어도 하나에 기반하여 작업물 w1에 대한 BOM 1의 공정을 선택할 수 있다.
- [1680] 해당 공정이 더미 공정인지 판단한다(S7605). 일 실시 예에서, 해당 공정이 더미 공정이 아닌 경우 S7607 단계로 진행하고, 해당 공정이 더미 공정인 경우 S7609 단계로 진행할 수 있다.
- [1681] 공정이 더미 공정이 아닌 경우, ISB 정보에 대한 공정에 상기 입력 데이터에 포함된 공정 목표에 기반한 작업물을 이동시키고, 이동된 작업물을 대기시킨다(S7607). 예를 들어, 선택된 다음 공정의 어셈블리(assembly) 여부에 따라 작업물의 조립 여부를 확인할 수 있다. 또한, 다음 공정의 대기열에 작업물을 등록할 수 있다.

- [1682] 공정인 경우, ISB 정보에 대한 공정에 상기 입력 데이터에 포함된 공정 목표에 기반한 작업물을 이동시키고, 이동된 작업물에 대한 더미 공정 처리를 수행한다(S7609). 더미 공정 처리에 대한 자세한 내용은 상술한 내용을 참고한다.
- [1683] 일 실시 예에서, 현재 선택된 작업물에 대한 공정 처리 후, 현재 선택된 자원의 잔여 생산 역량이 없는 경우, 동일한 자원 그룹의 다른 자원을 선택한 후 현재 선택된 작업물 그룹의 나머지 작업물을 처리할 수 있다.
- [1684]
- [1685] 도 132는 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 흐름도를 개시한다.
- [1686] 제조생산시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 입력 데이터를 획득한다(S7701). 일 실시 예에서, 입력 데이터는 백워드 플래닝 로직 및 수리최적화 로직 중 적어도 하나로부터 산출된 결과값을 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 제조생산시스템에 대한 포워드 플래닝 로직의 의사결정 지점 별 규칙 정보를 획득
- [1687] 입력 데이터와 표준 모델을 기반으로 포워드 플래닝 객체에 대한 초기화를 수행한다(S7703). 일 실시 예에서, 포워드 플래닝 객체는 제조생산시스템의 공장 정보, 작업물 상태 정보, 자원 상태 정보 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1688] 미리 설정된 투입의사결정 방식과 표준 모델을 기반으로 작업물과 설비를 선택한다(S7705). 일 실시 예에서, 투입의사결정 방식은 작업물을 결정한 후 작업물을 처리할 가장 적절한 자원을 결정하는 제 1 방식(예: LFS 방식)과 자원을 결정한 후 자원에서 처리할 가장 적절한 작업물을 결정하는 제 2 방식(예: RFS 방식) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1689] 입력 데이터와 표준 모델을 기반으로 작업물을 배치 및 이동시킨다(S7707). 일 실시 예에서, 입력 데이터에 포함된 작업물에 대한 폐경 히스토리 및 공정 목표에 기반하여 작업물을 배치 및 이동시킬 수 있다.
- [1690] 반복 수행된 포워드 플래닝 로직에 의한 결과값에 기반한 생산 계획 데이터를 제공한다(S7709). 일 실시 예에서, 포워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직세트를 수행하여 시간 순서에 따른 생산 계획 데이터를 생성할 수 있다. 일 실시 예에서, 생산 계획 데이터를 클라우드 기반 SaaS (Software-as-a-Service)로 제공할 수 있다.
- [1691]
- [1692] 도 133은 실시 예에 따른 포워드 플래닝 로직에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 다른 흐름도를 개시한다.
- [1693] 클라이언트의 제조생산시스템에 대한 미리 저장된 포워드 플래닝(forward planning) 로직의 의사결정 지점 별 규칙 정보를 획득한다(S7801). 일 실시 예에서, 의사결정 지점 별 규칙 정보는 클라이언트의 사용자 입력에 의해 설정될 수 있으며, 의사결정 지점 별 규칙 정보에 대한 사용자 입력이 클라이언트로부터 획득될 수 있다. 이에 대하여는 도 124 내지 131에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.

- [1694] 제조생산시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 입력 데이터를 획득한다(S7803). 일 실시 예에서, 입력 데이터는 공정의 공정 목표, 공장투입계획정보 및 폐깅 히스토리 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 이에 대하여는 도 124에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.
- [1695] 입력 데이터에 기반하여 상기 규칙 정보에 따른 포워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 수행하여 생산 계획 데이터를 상기 클라이언트에게 제공한다(S7805). 일 실시 예에서, 포워드 플래닝 로직은, 미리 저장된 표준 모델에 기반하여 입력 데이터를 적용하여 상기 포워드 플래닝 로직을 결정하고, 결정된 포워드 플래닝 로직의 의사결정 지점에 상기 의사결정 지점 별 규칙 정보를 적용할 수 있다.
- [1696] 일 실시 예에서, 포워드 플래닝 로직은, 규칙 정보에 따라 상기 클라이언트의 제조생산시스템의 공정에 대한 적어도 하나의 자원을 포함하는 자원 그룹을 선택하고, 상기 자원 그룹에 대한 적어도 하나의 작업물을 포함하는 작업물 그룹을 선택하고, 상기 자원 그룹에 포함된 적어도 하나의 자원 중 상기 선택된 작업물 그룹에 대한 자원을 선택하고, 상기 작업물 그룹에 포함된 적어도 하나의 작업물 중 상기 자원에 대한 작업물을 선택할 수 있다.
- [1697] 일 실시 예에서, 포워드 플래닝 로직은, 상기 규칙 정보에 따라 상기 클라이언트의 제조생산시스템의 공정에 대한 자원을 선택하고, 상기 자원에 대한 적어도 하나의 작업물을 포함하는 작업물 그룹을 선택하고, 상기 작업물 그룹에 포함된 적어도 하나의 작업물 중 상기 자원에 대한 작업물을 선택할 수 있다.
- [1698] 일 실시 예에서, 포워드 플래닝 로직은, 선택된 작업물 및 자원에 대한 공정 처리를 수행하고, 입력 데이터에 포함된 폐깅 히스토리에 기반한 작업물을 ISB 정보에 배치하고, ISB 정보에 대한 공정에 상기 입력 데이터에 포함된 공정 목표에 기반한 작업물을 이동시키고, 공정이 더미 공정이 아닌 경우, 상기 이동된 작업물을 대기시키고, 공정이 더미 공정인 경우, 상기 이동된 작업물에 대한 더미 공정 처리를 수행할 수 있다. 이에 대하여는 도 124 내지 132에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.
- [1699]
- [1700] 도 104를 참조하여 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [1701] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 프로세서(2610), 인메모리(2620), 저장장치(2630) 및 인터페이스(2640)를 포함할 수 있다.
- [1702] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 인터페이스(2640)를 통한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다. 인터페이스(2640)는 클라이언트로부터 제조생산시스템의 입력 데이터를 획득할 수 있다. 일 실시 예에서, 인터페이스(2640)는 클라이언트로부터 포워드 플래닝 로직의 의사결정 지점 별 규칙 정보를 획득할 수 있다.

- [1703] 실시 예의 프로세서(2610)는 클라이언트의 제조생산시스템에 대한 미리 저장된 포워드 플래닝(Forward planning) 로직의 의사결정 지점 별 규칙 정보를 획득하고, 클라이언트로부터 제조생산시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 입력 데이터를 수신하고, 입력 데이터에 기반하여 규칙 정보에 따른 포워드 플래닝 로직을 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 수행하여 생산 계획 데이터를 클라이언트에게 제공할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 상술한 설명을 참조한다.
- [1704] 저장장치(2630)는 인터페이스(2640)가 수신한 입력 데이터, 소프트웨어 모델 및 로직 세트 중 적어도 하나를 저장장치(2630)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(2630)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 인메모리(2620)는 포워드 플래닝 로직의 의사결정 지점 별 규칙 정보 및 제조생산시스템의 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다.
- [1705] 일 실시 예에서, 인터페이스(2640)는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 분석 결과 데이터를 제공하여 클라우드 환경 및 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [1706]
- [1707] 도 134는 실시 예에 따른 비교의사결정 에이전트에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 개시하는 도면을 개시한다.
- [1708] 일 실시 예에서, 라이브러리 엔진 세트 내의 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나의 실시 예를 용이하게 설명하기 위해, 시스템 역학(dynamics)의 일종인 비교의사결정 에이전트(compare agent for decision making)에 의해 의사결정을 수행하는 예를 개시한다.
- [1709] 일 실시 예에서, 비교의사결정 에이전트는 의사결정 지점별 규칙 정보에 포함된 비교 대상 후보 및 비교 대상 특성에 기반한 의사결정 기준에 따라 의사결정을 수행할 수 있다. 일 실시 예에서, 비교의사결정 에이전트는 의사결정 지점에서 의사결정 대안, 즉, 비교 대상 후보(Candidate)의 특성값(feature)을 산출하고, 최종적인 의사결정 대상을 결정을 하는 에이전트를 포함할 수 있다. 예를 들어, 이러한 의사결정을 위해 산출된 특성값을 이용하여 가중합(WeightSum) 또는 가중치 정렬(WeightSort) 방식이 수행될 수 있다. 각 의사결정 방식에 대한 상세한 내용은 아래에서 설명된다.
- [1710] 여기서, 의사결정 지점은 사용자가 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나를 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 수행할 의사결정 규칙을 지정할 수 있도록 개방된 주요 의사결정 지점을 의미할 수 있다.
- [1711] 일 실시 예에서, 의사결정 지점은 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나의 지점에 대응하는 1개 이상의 사전 정의된 특성 및 해당 특성에 대한 특성값을 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 의사결정 지점에 사용자에게 의해 추가로 특성 및 해당 특성에 대한 특성값이 설정될 수 있다. 일 실시 예에서, 의사결정 지점에 설정된 특성 및 특성값의 우선순위 혹은 가중치를 변경하여 의사결정 방식 및 정책이 변경될 수 있다.

- [1712] 또한, 이와 같은 의사결정은 비교의사결정 에이전트에 의해 관리되며, 비교의사결정 에이전트는 앞서 상술한 상태 변수 중 논리적 변수에 해당할 수 있다. 또한, 비교 의사결정은 생산 계획에서 성능을 좌우하는 가장 중요한 요소 중 하나에 해당할 수 있다. 일 실시 예에서, 비교 의사결정은 이벤트가 실행되는 대상의 종류 또는 의사결정 지점에 따라 수행되는 시점이 상이할 수 있다.
- [1713] 일 실시 예에서, 백워드 플래닝 로직의 경우, 페깅그룹 비교의사결정 에이전트(8011)를 통해 얼라인(Align) 과정에서 페깅그룹 선택 기준에 따라 다수의 페깅그룹 중 하나의 페깅 그룹이 선택될 수 있다. 여기서, 페깅그룹 선택 기준은 생성된 다수의 페깅 그룹들 간 우선순위를 나타낼 수 있다.
- [1714] 또한, 타겟그룹 비교의사결정 에이전트(8013)를 통해 ISB 페깅(ISB Pegging) 과정에서 타겟그룹 선택 기준에 따라 필터링된 타겟 그룹 중 하나의 타겟 그룹이 선택될 수 있다. 여기서, 타겟그룹 선택 기준은 다수의 타겟 그룹들 간 우선순위를 나타낼 수 있다.
- [1715] 또한, 타겟객체 비교의사결정 에이전트(8015)를 통해 ISB 페깅 과정에서 타겟 객체 선택 기준에 따라 현재 ISB 정보에 대한 타겟 그룹에 포함된 적어도 하나의 작업 객체 중 하나의 타겟 작업 객체가 선택될 수 있다. 여기서, 타겟객체 선택 기준은 타겟 그룹 내 작업 객체 간 우선순위를 나타낼 수 있다.
- [1716] 또한, 제공페깅 비교의사결정 에이전트(8017)를 통해 ISB 페깅 과정에서 제공 페깅 기준에 따라 현재 ISB 정보에 대한 타겟 제공에 기반하여 타겟 작업 객체에 대한 제공 페깅이 수행될 수 있다. 여기서, 제공 페깅 기준은 페깅 가능한 타겟 제공들 간 우선순위를 나타낼 수 있다.
- [1717] 또한, BOM 비교의사결정 에이전트(8019)를 통해 ISB 라우팅(ISB Routing) 과정에서 BOM 선택 기준에 따라 필터링된 적어도 하나의 BOM 중 타겟 BOM이 선택될 수 있다. 여기서, BOM 선택 기준은 라우팅 가능한 BOM들 간 우선순위를 나타낼 수 있다.
- [1718] 또한, 타겟제공 비교의사결정 에이전트(8021)를 통해 공정 페깅(Operation Pegging) 과정에서 타겟제공 선택 기준에 따라 타겟 BOM의 공정에 대한 타겟 작업 객체에 대하여 제공 페깅이 수행되고, 공정 라우팅(Operation Routing) 과정에서 제공 페깅이 수행된 타겟 작업 객체에 대해 공정에 대한 시간 정보가 적용될 수 있다. 여기서, 타겟제공 선택 기준은 다수의 작업 중 제공들 또는 대기 중 제공들 간 우선순위를 나타낼 수 있다.
- [1719] 일 실시 예에서, 포워드 플래닝 로직의 LFB 방식의 경우, 버킷의 자원에 대한 자원그룹 비교의사결정 에이전트(8023)를 통해 자원그룹 선택 기준에 따라 클라이언트의 제조생산시스템의 공정에 대한 적어도 하나의 자원을 포함하는 자원 그룹이 선택될 수 있다. 여기서, 자원그룹 선택 기준은 자원들을 공정에 대해 자원 그룹으로 그룹핑하는 기준을 나타낼 수 있다.
- [1720] 또한, 작업물그룹 비교의사결정 에이전트(8025)를 통해 작업물그룹 선택 기준에 따라 적어도 하나의 작업물 그룹 중 자원 그룹에 대한 적어도 하나의 작업물

을 포함하는 작업물 그룹이 선택될 수 있다. 여기서, 작업물그룹 선택 기준은 생성된 다수의 작업물 그룹들 간 우선순위를 나타낼 수 있다.

- [1721] 또한, 자원 비교의사결정 에이전트(8027)를 통해 자원 선택 기준에 따라 자원 그룹에 포함된 적어도 하나의 자원 중 상기 선택된 작업물 그룹에 대한 자원이 선택될 수 있다. 여기서, 자원 선택 기준은 사용 가능한 자원(즉, 설비)의 우선순위를 나타낼 수 있다.
- [1722] 또한, 작업물 비교의사결정 에이전트(8029)를 통해 작업물 선택 기준에 따라 작업물 그룹에 포함된 적어도 하나의 작업물 중 자원에 대한 작업물이 선택될 수 있다. 여기서, 작업물 선택 기준은 작업물 그룹 내 작업물들 간 우선 순위를 나타낼 수 있다.
- [1723] 일 실시 예에서, 포워드 플래닝 로직의 RFB 방식의 경우, 버킷의 자원에 대한 자원 비교의사결정 에이전트(8031)를 통해 자원 선택 기준에 따라 클라이언트의 제조생산시스템의 공정에 대한 자원이 선택될 수 있다. 여기서, 자원 선택 기준은 사용 가능한 자원(즉, 설비)의 우선순위를 나타낼 수 있다. 일 실시 예에서, 버킷은 시간 단위에 따른 자원 및 생산 역량 중 적어도 하나에 기반하여 설정될 수 있다. 예를 들어, 버킷은 시간 단위에 자원에 대한 생산 역량을 적용하여 설정될 수 있다.
- [1724] 또한, 작업물그룹 비교의사결정 에이전트(8033)를 통해 작업물그룹 선택 기준에 따라 적어도 하나의 작업물 그룹 중 자원에 대한 적어도 하나의 작업물을 포함하는 작업물 그룹이 선택될 수 있다. 여기서, 작업물그룹 선택 기준은 생성된 다수의 작업물 그룹들 간 우선순위를 나타낼 수 있다.
- [1725] 또한, 작업물 비교의사결정 에이전트(8035)를 통해 작업물 선택 기준에 따라 작업물 그룹에 포함된 적어도 하나의 작업물 중 자원에 대한 작업물이 선택될 수 있다. 여기서, 작업물 선택 기준은 작업물 그룹 내 작업물들 간 우선 순위를 나타낼 수 있다.
- [1726] 일 실시 예에서, 비교의사결정 에이전트는 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나의 의사결정 지점별로 각각 존재하거나, 하나의 비교의사결정 에이전트로 통합되어 구성되어 각 의사결정 지점별로 기능을 수행할 수 있다. 이와 같은 비교의사결정 에이전트에 의한 의사결정 수행 과정에 대한 상세한 내용은 아래에서 설명된다.
- [1727]
- [1728] 도 135는 실시 예에 따른 의사결정 방식에 기반한 의사결정 수행 과정의 예를 설명하는 흐름도를 개시한다.
- [1729] 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나의 의사결정 지점을 식별한다(S8101). 일 실시 예에서, 의사결정 이벤트는 필터링 이벤트를 포함할 수 있다. 즉, 의사결정에 대한 방식을 결정하기 이전에 의사결정 대상을 결정하는 필터링을 수행할 수 있다.

- [1730] 의사결정 지점에 대한 비교 대상 후보를 결정한다(S8103). 일 실시 예에서, 의사결정 지점에 대한 의사결정이 실행되는 시점에서, 해당 의사결정 지점에 대한 규칙 정보에 기반하여 의사결정 대상인 비교 대상 후보가 결정될 수 있다. 예를 들어, 비교 대상 후보는 백워드 플래닝 로직의 패킹 그룹, 타겟 그룹, 대상 제공, 타겟 작업 객체, 타겟 제공 및 타겟 BOM 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 비교 대상 후보는 포워드 플래닝 로직의 작업물 그룹, 작업물, 자원 그룹 및 자원 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1731] 의사결정 지점에 대한 비교 대상 특성을 결정한다(S8105). 일 실시 예에서, 의사결정 지점에 대한 의사결정이 실행되는 시점에서, 해당 의사결정 지점에 대한 규칙 정보에 기반하여 의사결정을 위한 비교 대상 특성이 결정될 수 있다.
- [1732] 비교 대상 후보 및 비교 대상 특성에 기반한 의사결정 지점에 대한 의사결정 방식을 결정한다(S8107). 일 실시 예에서, 의사결정 방식은, 가중합(weight sum) 방식 및 가중치 정렬(weight sort) 방식 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 의사결정 방식은 제조생산시스템에 대한 클라우드 모델의 구성요소 중 적어도 하나에 기초하여 결정되거나, 사용자의 설정에 의해 결정될 수 있다. 예를 들어, 클라우드 모델의 구성요소는 ISB(Item Site Buffer) 정보, BOM(Bill of material) 정보, 라우팅(Routing) 정보, 공정(Operation) 정보, 자원(resource) 정보, 수요(demand) 정보, 제공(WIP) 정보, 작업물(Lot) 정보, 제약조건(constraint) 정보, 캘린더(calendar) 정보, 특성(property) 정보 등을 포함할 수 있다.
- [1733] 여기에서, 가중합 방식은 비교 대상 후보들에 대하여 모든 특성값 및 가중치의 곱의 합을 다 계산해서 가중합이 가장 큰 후보를 의사결정 대상으로 선택하는 방식에 해당한다.
- [1734] 또한, 가중치 정렬 방식은 비교 대상 후보들에 대하여 우선도가 높은 특성부터 평가하여 하나의 후보를 의사결정 대상으로 선택하는 방식에 해당한다.
- [1735] 의사결정 방식이 가중합 방식으로 결정된 경우, 상기 의사결정 지점의 비교 대상 후보들에 대한 비교 대상 특성의 종류, 특성값 및 특성 가중치를 결정한다(S8109). 일 실시 예에서, 의사결정의 특성은 의사결정에서 발생될 수 있는 비교 대상 후보의 특징(혹은 특성)에 해당할 수 있고, 특성 가중치는 각각의 특성의 가중치에 해당할 수 있다. 일 실시 예에서, 가중합 방식의 가중치 및 특성의 종류는 미리 설정될 수 있다. 또한, 가중합 방식으로 의사결정이 이루어지는 동안 특성의 종류와 가중치의 값이 변경될 수 있다.
- [1736] 비교 대상 특성의 종류, 특성값 및 특성 가중치에 기반하여 상기 비교 대상 후보들 각각에 대한 가중합을 산출한다(S8111). 일 실시 예에서, 복수의 비교 대상 후보들 각각에 대하여 특성 및 가중치를 곱하여 가중합을 계산할 수 있다. 여기에서, 가중합 평가는 선형 가중합 또는 신경망과 같은 비선형구조를 활용한 비선형 가중합을 포함할 수 있다.
- [1737] 가중합에 기반하여 상기 비교 대상 후보들 중 의사결정 대상을 결정한다(S8113). 일 실시 예에서, 복수의 비교 대상 후보들에 대하여 각각의 가중합을 계산

하여, 가장 높은 가중합을 갖는 최종 후보가 의사결정 대상으로 선택될 수 있다. 즉, 기계 학습 중 강화 학습을 통한 의사결정 정책 개선 시 확률적으로 의사결정을 선택할 경우 학습 과정에서 정책이 특정 방향으로 설정되는 현상을 방지할 수 있다.

- [1738] 다른 일 예로서, 복수의 후보들에 대하여 각각의 가중합을 계산하여, 가장 낮은 가중합을 갖는 최종 후보가 의사결정 대상으로 선택될 수 있다. 또 다른 예를 들어, 복수의 후보들에 대하여 각각의 가중합을 계산하여, 가중합이 높거나 낮은 순서대로 확률을 부여한 후 해당 확률에 따라 최종 후보가 의사결정 대상으로 선택될 수 있다.
- [1739] 의사결정 방식이 가중치 정렬 방식으로 결정된 경우, 상기 의사결정 지점의 비교 대상 후보들에 대한 비교 대상 특성의 종류 및 우선도를 결정한다(S8115). 일 실시 예에서, 우선도는 제조생산시스템의 특성, 설비 또는 작업물의 특성에 따라 특성값을 비교하는 순서에 해당할 수 있다.
- [1740] 비교 대상 특성의 종류 중 상기 우선도가 가장 높은 비교 대상 특성을 결정한다(S8117). 본 실시예에서는 우선도가 가장 높은 특성값을 결정하는 것을 예시하였으나, 우선도가 가장 낮은 특성값으로 결정하는 것으로 설정될 수 있다.
- [1741] 비교 대상 후보들 각각에 대하여 상기 가장 높은 우선도를 갖는 비교 대상 특성에 대한 특성값을 산출한다(S8119). 일 실시 예에서, 복수의 비교 대상 후보들에 대하여 첫번째 우선도를 갖는 특성의 특성값을 비교할 수 있다.
- [1742] 가장 높은 동일한 특성값을 갖는 비교 대상 후보들이 존재하는지 여부를 판단한다(S8121). 예를 들어, 복수의 비교 대상 후보가 있는 경우, 적어도 2개 이상의 비교 대상 후보가 동일한 높거나 낮은 점수를 갖는지 판단할 수 있다. 여기에서, 높거나 낮은 점수는 복수의 비교 대상 후보들이 갖는 각각의 점수들 중 가장 높거나 낮은 점수에 해당할 수 있다.
- [1743] 가장 높은 동일한 특성값을 갖는 비교 대상 후보들이 존재하는 경우, 다음 우선도를 갖는 비교 대상 특성을 결정한다(S8123). 일 실시 예에서, 동일한 높거나 낮은 점수를 갖는 비교 대상 후보들이 아닌 나머지 후보는 제외하고, 동일한 높거나 낮은 점수를 갖는 비교 대상 후보들에 대해서만 다음 우선도를 갖는 특성값을 결정할 수 있다. 예를 들어, 복수개의 후보들 중에서 첫번째 우선도를 갖는 특성값에서 동일한 높거나 낮은 점수를 갖는 비교 대상 후보가 2개 있는 경우, 2개의 비교 대상 후보에 대해서만 두번째 우선도를 갖는 특성값을 결정할 수 있다. 이후 S8119 단계로 진행하여, 다음 우선도를 갖는 비교 대상 특성에 대한 특성값을 산출할 수 있다.
- [1744] 가장 높거나 낮은 동일한 특성값을 갖는 비교 대상 후보들이 존재하지 않는 경우, 가장 높거나 낮은 특성값을 갖는 비교 대상 후보를 의사결정 대상으로 결정한다(S8125). 일 실시 예에서, 높은 점수를 갖는 비교 대상 후보가 최종 후보로 선택되는 것을 예시하였으나, 낮은 점수를 갖는 후보가 최종 후보로 선택되는 것으로 설정될 수 있다.

- [1745] 즉, 가중치 정렬 방식은 복수의 비교 대상 후보들에 대하여 동일 특성값에 기초하여 정렬하였을 때, 동일한 점수 없이 1개의 후보가 남을 때까지 반복하는 의사결정 방식에 해당한다.
- [1746] 한편, 본 실시예에서는 도시되지 않았으나, 투입 의사결정에 있어서, 가중합 방식 및 가중치 정렬 방식을 복합적으로 수행할 수도 있다. 예를 들어, 의사결정의 대상이 되는 10개의 비교 대상 후보들 중 가중합이 가장 높은 5개를 선택하고, 선택된 5개에 대하여 다시 가중치 정렬 방식으로 하나의 후보를 최종 선택할 수 있다. 또한, 예를 들어, 의사결정의 대상이 되는 10개의 비교 대상 후보들 중 가중치 정렬 먼저 하여 마지막 우선도까지 점수가 같은 5개가 남은 경우, 5개에 대해서 가중합 방식으로 하나의 비교 대상 후보를 최종 선택할 수 있다. 이때, 연산 낭비를 방지하기 위하여, 가중치 정렬에서 썼던 특성과 가중합 방식에서 썼던 특성은 다른 특성에 해당할 수 있다.
- [1747] 일 실시 예에서, 모든 우선도의 비교 대상 특성에 대하여 가중치 정렬 방식에 따른 비교 대상 특성을 결정하였음에도 비교 대상 후보들이 있는 경우, 해당 비교 대상 후보들에 대한 가중합 방식이 적용될 수 있다.
- [1748] 예를 들어, S8121 단계에서 특성값에 대한 동일한 높거나 낮은 점수를 갖는 후보들이 있는 경우, 다음 우선도에 해당하는 비교 대상 특성이 존재하는지 여부를 판단할 수 있다. 이 경우, 다음 우선도에 해당하는 비교 대상 특성이 존재하는 경우, S8123 단계로 진행하여 다음 우선도를 갖는 비교 대상 특성을 결정할 수 있다. 반면, 다음 우선도에 해당하는 비교 대상 특성이 존재하지 않는 경우, S8109 단계로 진행하여 해당 비교 대상 후보들에 대하여 가중합 방식을 적용할 수 있다.
- [1749]
- [1750] 도 136은 실시 예에 따른 가중합 방식에 기반한 의사결정 수행 과정의 예를 설명하는 흐름도를 개시한다.
- [1751] 일 실시 예에서, 페킹그룹 비교의사결정 에이전트를 이용한 가중합 방식 기반 의사결정 수행 과정을 통해 얼라인 과정에서 비교 대상 후보 중 의사결정 대상인 하나의 페킹 그룹이 선택될 수 있다.
- [1752] 예를 들어, 비교 대상 후보는 페킹 그룹(8210)으로서, 페킹 그룹 A와 페킹 그룹 B를 포함할 수 있다. 다음으로, 의사결정을 위한 비교 대상 특성(feature)(8220), 특성값(8230) 및 특성 가중치(feature weight)(8240)를 결정할 수 있다.
- [1753] 예를 들어, 비교 대상 특성(8220)의 종류는 PART_COUNT, EARLY_TARGET_DATE/WEEK, DEMAND_PRIORITY, 및 HIGHER_GRADE를 포함할 수 있다. 예를 들어, PART_COUNT는 페킹 그룹 내 작업 객체 또는 재공의 수량의 총합을 특성값으로 하여 많거나 적은 순서로 의사결정하기 위한 특성을 나타낼 수 있다. EARLY_TARGET_DATE/WEEK는 페킹 그룹 내 작업 객체 또는 재공 중 납기 일자가 가장 빠른 시점(예: 일/주)을 우선으로 의사결정하기 위한 특성을 나타낼 수 있다. DEMAND_PRIORITY는 수요 종류 별 우선으로 의사결정하기 위한 특

성을 나타낼 수 있다. 예를 들어, DEMAND_PRIORITY는 특정 고객사와 다른 고객사가 있을 때 특정 고객사의 작업물을 최우선순위로 진행하기 위한 특성을 나타낼 수 있다. HIGHER_GRADE는 대표 타겟의 등급이 높은 페킹 그룹을 우선으로 의사결정 하기 위한 특성을 나타낼 수 있다.

- [1754] 본 실시예에서는 4가지 특성에 대하여 기재되었으나, 특성의 종류는 이에 한정되지 아니한다. 이 밖에도, 의사결정의 비교 대상 특성은 클라이언트 제조생산시스템 내에서 수치화할 수 있는 다양한 종류의 특성을 포함할 수 있다.
- [1755] 예를 들어, 페킹 그룹 A의 경우, PART_COUNT의 특성값은 0.5, EARLY_TARGET_DATE/WEEK의 특성값은 1.0, DEMAND_PRIORITY의 특성값은 0.4, HIGHER_GRADE의 특성값은 0.2에 해당할 수 있다. 또한, 페킹 그룹 B의 경우, PART_COUNT의 특성값은 0.4, EARLY_TARGET_DATE/WEEK의 특성값은 0.5, DEMAND_PRIORITY의 특성값은 0.3, HIGHER_GRADE의 특성값은 0.2에 해당할 수 있다.
- [1756] 일 실시 예에서, 의사결정을 위한 가중치(8240)는 의사결정의 기준이 되는 가중치 결정 기준에 따라 결정될 수 있다. 일 실시 예에서, 가중치 결정 기준은 관리자 또는 생산 계획을 수립하는 운영자에 의해 미리 설정될 수 있다. 또한, 가중치 결정 기준은 피드백 루프를 포함한 인공지능 기반 학습을 통해 성능지표가 높게 나오는 가중치를 사용하는 기준을 포함할 수 있다. 예를 들어, 페킹 그룹에 대한 PART_COUNT의 특성값에 대한 가중치는 50, EARLY_TARGET_DATE/WEEK의 특성값에 대한 가중치는 200, DEMAND_PRIORITY의 특성값에 대한 가중치는 300, HIGHER_GRADE의 특성값에 대한 가중치는 100에 해당할 수 있다.
- [1757] 일 실시 예에서, 각 비교 대상 후보에 대하여 특성값 및 가중치를 곱하여 합한 가중합(8250)을 산출할 수 있다. 예를 들어, 페킹 그룹 A에 대한 가중합은 275 (즉, $0.5 \times 50 + 1.0 \times 200 + 0.4 \times 300 + 0.2 \times 100$), 페킹 그룹 B에 대한 가중합은 300 (즉, $0.4 \times 50 + 0.5 \times 200 + 0.3 \times 300 + 0.2 \times 100$)에 해당할 수 있다. 따라서, 페킹 그룹에 대한 의사결정의 의사결정 대상은 가중합이 가장 높은 후보인 페킹 그룹 A에 해당할 수 있다.
- [1758] 본 실시 예의 경우, 얼라인 과정에서 페킹 그룹에 대한 의사결정의 경우를 가정하여 설명하였으나, 앞서 설명한 백워드 플래닝 로직의 생산관리정보 라우팅, 생산관리정보 페킹, 공정 페킹 및 공정 라우팅 과정과 포워드 플래닝 로직의 LFB 방식 및 RFB 방식의 경우에도 동일한 방식으로 가중합 방식을 수행하여 의사결정이 이루어질 수 있다. 가중합 방식은 의사결정이 모든 특성값을 고려하기 때문에 높은 성능의 생산 계획을 산출할 수 있는 장점이 있다.
- [1759]
- [1760] 도 137은 실시 예에 따른 가중치 정렬 방식에 기반한 의사결정 수행 과정의 예를 설명하는 흐름도를 개시한다.

- [1761] 일 실시 예에서, 폐깅그룹 비교의사결정 에이전트를 이용한 가중치 정렬 방식 기반 의사결정 수행 과정을 통해 얼라인 과정에서 비교 대상 후보 중 의사결정 대상인 하나의 폐깅 그룹이 선택될 수 있다.
- [1762] 예를 들어, 비교 대상 후보는 폐깅 그룹(8310)으로서, 폐깅 그룹 A와 폐깅 그룹 B를 포함할 수 있다. 다음으로, 의사결정을 위한 비교 대상 특성(feature)(8320), 우선도(8330) 및 특성값(8340, 8350)을 결정할 수 있다. 예를 들어, 비교 대상 특성(8320)의 종류는 PART_COUNT, EARLY_TARGET_DATE/WEEK, DEMAND_PRIORITY, 및 HIGHER_GRADE를 포함할 수 있다.
- [1763] 일 실시 예에서, 우선도(8330)는 비교 대상 특성(8320)의 종류별로 가장 중요한 요소별로 순위가 결정될 수 있다. 예를 들어, EARLY_TARGET_DATE/WEEK는 우선도가 첫번째(1st)이고, DEMAND_PRIORITY는 우선도가 두번째(2nd)이고, HIGHER_GRADE는 우선도가 세번째(3rd)이고, PART_COUNT는 우선도가 네번째(4th)에 해당할 수 있다.
- [1764] 일 실시 예에서, 우선도가 가장 높은 순서부터 비교 대상 후보들 간 비교 대상 특성(8320)에 대한 특성값(8340, 8350)을 평가할 수 있다. 예를 들어, 우선도가 가장 높은 EARLY_TARGET_DATE/WEEK에 대하여 첫번째 평가(1st Round)가 수행되며, 폐깅 그룹 A와 폐깅 그룹 B의 특성값(8340)이 0.5로 동일하게 평가될 수 있다.
- [1765] 이 경우, 우선도가 두번째로 높은 DEMAND_PRIORITY에 대하여 두번째 평가(2nd Round)가 수행되며, 폐깅 그룹 A의 특성값(8350)이 1, 폐깅 그룹 B의 특성값(8350)이 0.5로 평가될 수 있다. 즉, 폐깅 그룹 A의 특성값이 폐깅 그룹 B의 특성값에 비해 높은 것으로 평가될 수 있다. 따라서, 본 실시 예의 의사결정의 의사결정 대상은 가중치 정렬에서 마지막으로 남은 후보인 폐깅 그룹 A에 해당할 수 있다.
- [1766] 본 실시 예에서 도시되지 않았으나, 만약 두번째 평가에서도 폐깅 그룹 A와 폐깅 그룹 B의 특성값이 동일한 경우, 우선도가 세번째로 높은 HIGHER_GRADE에 대하여 추가 평가가 수행될 수 있다.
- [1767] 또한, 본 실시 예에 도시되지 않았으나, 첫번째 평가에서 모든 비교 대상 후보에 대한 EARLY_TARGET_DATE/WEEK의 특성값이 상이한 경우, 비교 대상 후보들 중 가장 높은 특성값을 갖는 비교 대상 후보가 첫번째 평가에서 의사결정의 의사결정 대상으로 최종 선택될 수 있다.
- [1768] 본 실시 예에서는 4가지 특성에 대하여 기재되었으나, 특성의 종류는 이에 한정되지 아니한다. 이 밖에도, 의사결정의 비교 대상 특성은 클라이언트 제조생산시스템 내에서 수치화할 수 있는 다양한 종류의 특성을 포함할 수 있다.
- [1769] 가중치 정렬 방식은 의사결정이 진행됨에 따라 경우의 수가 줄어들고, 모든 특성값을 계산하지 않아도 되므로, 연산량이 적은 장점이 있다. 또한, 연산량이 적어짐에 따라 빠른 의사결정을 내릴 수 있어, 복잡한 제조공정시스템에서 시뮬레

이전하는 것이 어려운 경우(너무 복잡해서 너무 많은 시간이 걸리는 경우), 빠르게 의사결정을 할 수 있어, 효율적으로 생산계획을 산출할 수 있다.

[1770]

[1771] 도 138은 실시 예에 따른 비교의사결정 에이전트에 기반하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 예를 설명하는 다른 흐름도를 개시한다.

[1772] 클라이언트의 제조생산시스템에 대한 백워드 플래닝(backward planning) 로직 및 포워드 플래닝(forward planning) 로직 중 적어도 하나의 의사결정 지점 별 규칙 정보를 획득한다(S8401). 일 실시 예에서, 의사결정 지점 별 규칙 정보는, 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나의 의사결정 지점에 대한 비교 대상 후보 및 비교 대상 특성 중 적어도 하나에 대한 의사결정 지점 별 의사결정 기준(예: 생성, 선택, 필터링, 그룹핑하기 위한 기준, 조건, 규칙, 방식, 정책 및 로직 등)를 포함할 수 있다. 이에 대하여는 도 134 및 135에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.

[1773] 제조생산시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 입력 데이터를 획득한다(S8403). 일 실시 예에서, 이에 대하여는 도 134에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.

[1774] 입력 데이터에 기반하여 규칙 정보의 의사결정 지점 별 의사결정 기준에 따른 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나를 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 수행하여 생산 계획 데이터를 클라이언트에게 제공한다(S8405). 일 실시 예에서, 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나는, 의사결정 지점에 대한 의사결정 방식을 결정할 수 있다. 이 경우, 의사결정 방식은, 가중합(weight sum) 방식 및 가중치 정렬(weight sort) 방식 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일 실시 예에서, 백워드 플래닝 엔진 및 포워드 플래닝 엔진의 상술한 다양한 생성 및 선택 기준에 대한 우선순위는 가중치 정렬 방식 및 가중합 방식 중 적어도 하나에 의해 계산된 우선순위를 포함할 수 있다. 이에 대한 자세한 내용은 상술한 내용을 참조한다.

[1775] 일 실시 예에서, 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나는, 의사결정 방식이 가중합 방식으로 결정된 경우, 의사결정 지점의 비교 대상 후보들에 대한 비교 대상 특성의 종류, 특성값 및 특성 가중치를 결정하고, 비교 대상 특성의 종류, 특성값 및 특성 가중치에 기반하여 비교 대상 후보들 각각에 대한 가중합을 산출하며, 가중합에 기반하여 비교 대상 후보들 중 의사결정 대상을 결정할 수 있다.

[1776] 일 실시 예에서, 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나는, 의사결정 방식이 가중치 정렬 방식으로 결정된 경우, 의사결정 지점의 비교 대상 후보들에 대한 비교 대상 특성의 종류 및 우선도를 결정하고, 비교 대상 특성의 종류 중 우선도가 가장 높은 비교 대상 특성을 결정하고, 비교 대상 후보들 각각에 대하여 가장 높은 우선도를 갖는 비교 대상 특성에 대한 특성값을 산출하고, 특성값에 기반하여 비교 대상 후보들 중 의사결정 대상을 결정할 수 있다.

- [1777] 일 실시 예에서, 의사결정 지점 별 규칙 정보에 기반하여 가중합 방식 및 가중치 정렬 방식 중 적어도 하나에 따른 의사결정 대상을 결정하는 과정은, 비교 대상 특성의 특성값이 높거나 낮은 순서대로 의사결정 대상을 결정하는 과정, 특성값에 기반하여 해당 특성값의 선형 및 비선형 구조 중 적어도 하나에 따라 의사결정 대상을 결정하는 과정을 포함할 수 있다. 예를 들어, 특성값을 산출한 후 임계값보다 크거나 작은 경우를 제외하고 가장 높은 점수, 두번째로 높은 점수 또는 점수에 비례하거나 반비례하도록 확률을 부여하고 해당 확률에 따라 의사결정 대상을 결정할 수 있다.
- [1778] 이에 대하여는 도 134 내지 137에서 상술한 내용을 참고하도록 한다.
- [1779]
- [1780] 도 104를 참조하여 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [1781] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 프로세서(2610), 인메모리(2620), 저장장치(2630) 및 인터페이스(2640)를 포함할 수 있다.
- [1782] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 인터페이스(2640)를 통한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다. 인터페이스(2640)는 클라이언트로부터 제조생산시스템의 입력 데이터를 획득할 수 있다. 일 실시 예에서, 인터페이스(2640)는 클라이언트로부터 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나의 의사결정 지점 별 규칙 정보를 획득할 수 있다.
- [1783] 실시 예의 프로세서(2610)는 클라이언트의 제조생산시스템에 대한 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나의 의사결정 지점 별 규칙 정보를 획득하고, 제조생산시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 입력 데이터를 획득하고, 입력 데이터에 기반하여 규칙 정보의 의사결정 지점 별 의사결정 기준에 따른 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나를 포함하는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 수행하여 생산 계획 데이터를 클라이언트에게 제공할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 상술한 설명을 참조한다.
- [1784] 저장장치(2630)는 인터페이스(2640)가 수신한 입력 데이터, 소프트웨어 모델 및 로직 세트 중 적어도 하나를 저장장치(2630)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(2630)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 인메모리(2620)는 백워드 플래닝 로직 및 포워드 플래닝 로직 중 적어도 하나의 의사결정 지점 별 규칙 정보 및 제조생산시스템의 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다.
- [1785] 일 실시 예에서, 인터페이스(2640)는 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 소프트웨어 모델 및 로직 세트의 분석 결과 데이터를 제공하여 클라우드 환경 및 클라이언트 시스템에서 생산 또는 공정을 관리할 수 있도록 할 수 있다.
- [1786]
- [1787] 제조 생산 시스템에서 의사결정에 관여하는 정책은 지속적으로 학습되고 운용될 수 있다. 앞서 설명된 디스패칭(dispatching) 에이전트, 컴패어(compare) 에이

전트는 의사결정을 수행하는 에이전트의 일 예에 해당한다. 정책을 반영하여 의사결정을 내리는 것은 가상의 제조 시스템을 구동하고 학습을 통해 정책을 개선하기 위해 필요할 수 있다. 이 과정에서 정책의 형태를 구체화하고, 요소 추출, 정책 대안의 가치 산출, 대안 선택을 명시할 수 있다. 정책을 구체화하고 명시함으로써 학습을 통해 개선될 대상을 명확히 하고, 이를 평가와 학습을 통해 사용할 수 있다. 정책을 학습하고 운용하는 것은 복잡한 의사결정을 자동화하고 제조 생산 시스템의 성능을 극대화하기 위함이다. 이하에서는 정책을 반영하여 의사결정을 내리고, 시뮬레이션, 학습, 운용하는 방법에 대하여 구체적으로 설명하도록 한다.

- [1788] 도 139는 실시 예에 따른 정책을 위한 시스템의 도구를 나타내는 도면이다.
- [1789] 도 139를 참조하면, 의사결정에 관여하는 정책을 수립(establish)하고 운용하는 시스템(9000)은 액션 선택기(Action selector)(9100), 피쳐 추출기(feature extractor)(9200), 평가기(evaluator)(9300), 정책 관리기(policy manager)(9400) 및 강화학습 운영관리기(RLOps manager)(9500)와 같은 도구를 통해 수행될 수 있다. 선택적으로 정책 학습 및 운용을 위해서는 데이터 저장소(9600)가 요구될 수 있다.
- [1790] 액션 선택기(9100)는 의사결정 지점마다 의사 결정을 내릴 수 있다. 피쳐 추출기(9200)는 의사결정에 관련된 요소를 추출하고 집계할 수 있다. 평가기(9300)는 의사결정에 의해 발생하는 리워드(reward), 패널티(penalty) 등의 값을 평가하고 저장할 수 있다. 또한, 평가기(9300)는 산출된 성능지표, 리워드(보상), 패널티를 저장할 수 있다.
- [1791] 정책 관리기(9400)는 피쳐 추출기를 통해 수신된 성능지표, 보상 정보, 의사결정 요소, 의사결정 대안 목록, 시점, 대상 공정/설비/작업물 등을 통해 정책을 학습하고 학습된 정책을 액션 선택기(9100)에 전달하는 역할을 수행한다. 강화학습 운영관리기(9500)는 학습된 정책을 평가하고 최적의 정책 함수/최적의 운영 시나리오 등을 배포하고, 정책 성능 저하를 변화하는 제조 시스템의 상황에 맞는 최적의 정책 또는 시나리오를 제공할 수 있다. 데이터 저장소(9600)는 클라이언트 시스템의 데이터베이스에 해당할 수 있고, 운영 모델 저장소, 로직 저장소, 정책 저장소를 포함할 수 있다.
- [1792] 본 실시예에서, 정책 관리기(9400), 강화학습 운영관리기(9500), 데이터 저장소(9600)는 시스템 운영부(110)에 포함될 수 있고, 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(920) 및 평가기(9300)는 모델 실행부의 엔진 또는 실험허브 실행부에 포함될 수 있다.
- [1793] 한편, 상술한 도구들은 매개변수 설정 또는 입력을 위한 사용자 입력에 의해 운영될 수 있다. 예를 들어, 매개변수는 정책 운용에 관련된 매개변수, 정책 관리를 위한 매개변수, 강화학습 운영을 위한 매개변수, 학습에 관련된 매개변수를 포함할 수 있다.
- [1794] 또한, 본 시스템에 포함된 도구는 목적에 따라 일부 도구만 사용될 수 있다. 정책 운용 시스템의 경우, 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(9200), 평가기(9300)가

사용될 수 있다. 정책 학습 시스템의 경우, 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(9200), 평가기(9300) 및 정책 관리기(9400)가 사용될 수 있다. 동적 정책 운용 및 학습 시스템의 경우, 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(9200), 평가기(9300), 정책 관리기(9400) 및 강화학습 운영관리기(9500)가 사용될 수 있다.

[1795]

[1796] 도 140는 실시 예에 따른 액션 선택기의 구성을 나타내는 도면이다.

[1797] 액션 선택기(9100)는 정책과 관련한 의사결정을 내리는 역할을 수행하며, 계산기(9110) 및 선택기(9120)를 포함할 수 있다. 계산기(9110)는 정책 함수 또는 가치 함수 중 적어도 하나에 의사결정 요소와 액션 목록을 입력하여 액션 확률 또는 상태가치를 계산할 수 있다. 정책 함수는 주어진 상태에서 어떤 행동을 선택할지를 결정하는 함수이고, 가치 함수는 특정 상태가 얼마나 좋은지에 대하여 평가하는 함수이다. 정책 함수 또는 가치 함수는 선택적으로 계산될 수 있다. 이때, 정책 함수는 정책 관리기(9400)로부터 수신된 학습된 정책 함수에 해당하고, 가치 함수는 정책 관리기(9400)로부터 수신된 학습된 가치 함수에 해당할 수 있다. 도시되지 않았으나, 정책 함수는 데이터 저장소로부터 전달될 수도 있다.

[1798] 계산기(9110)는 정책 함수에 의사결정 요소와 액션 목록을 입력해서 액션 확률을 계산할 수 있다. 액션 확률은 각 액션이 선택될 확률을 나타낸 정보에 해당한다.

[1799] 또한, 계산기(9110)는 가치 함수에 의사결정 요소와 액션 목록을 입력해서 상태가치를 계산할 수 있다. 이때, 상태가치는 특정 상태가 얼마나 좋은 상태인지를 평가한 것에 해당한다.

[1800] 의사결정 요소 및 액션 목록은 피쳐 추출기(9200)로부터 수신된 정보에 해당한다. 의사결정 요소는 시스템이 어떤 행동을 선택할지 판단하는데 필요한 입력 정보에 해당하고, 액션 목록은 주어진 시점에서 선택 가능한 행동의 집합을 나타낸다. 계산기(9110)에서 산출된 액션 확률 및 상태가치 중 적어도 하나는 선택기(9120)로 전송된다.

[1801] 선택기(9120)는 액션 확률 및 상태가치 중 적어도 하나에 근거하여 적어도 하나의 최종 의사결정을 내리게 된다. 최종 의사결정은 의사 결정을 내리는 방식은 다양한 알고리즘에 의해 결정될 수 있다. 예를 들어, 현재 시점에서 가장 높은 점수 또는 확률을 지닌 액션을 선택하는 그리디(greedy) 방식, 점수 또는 확률에 비례하는 소프트맥스(SoftMax) 방식, 정책 함수에 기반하여 미래의 상황을 탐색한 후 의사결정을 내리는 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 방식을 포함하며, 이에 한정되지 아니한다. 또한, 최종 의사결정은 액션 목록 중 사용자 입력으로 정해진 선택방식에 따라 출력될 수 있다.

[1802] 선택기(9120)에 의하여 최종 의사결정 데이터가 산출되면, 시뮬레이터(9650)로 전송될 수 있으며, 선택적으로 디스패칭(dispatching) 에이전트 또는 컴페어(compare) 에이전트로 전송될 수 있다. 시뮬레이터(9650)는 모델 실행부, 실험허브 실행부를 포함할 수 있다. 또한, 선택기(9120)에 의하여 산출된 최종 의사결정 데

이터는 피쳐 추출기(9200)로 전송될 수도 있다. 이는, 정책 학습 시에, 어떤 의사결정이 이루어졌는지에 대한 피쳐 추출기(9200)의 확인이 필요하기 때문에, 피쳐 추출기(9200)로 전송될 수 있다.

[1803] 액션 선택기(9100)를 통하여 액션에 대한 제약조건을 고려한 합리적인 의사결정을 수행하게 되어, 제조 시스템의 운영에 있어서 유연성을 확보할 수 있다. 또한, 액션 선택기(9100)를 통해 정책/가치와 선택(의사결정)을 분리하여 관리할 수 있고, 정책을 명시함으로써 같은 시스템 또는 다른 시스템 내의 비슷한 설비, 제품, 라인, 사이트 또는 공정에서 재사용이 가능해진다. 또한, 의사결정 방식을 바꾸는 것으로 평가 또는 학습의 사용 시나리오에 모두 대응할 수 있는 구조로 만들 수 있게 된다.

[1804]

[1805] 도 141는 실시 예에 따른 피쳐 추출기의 구성을 나타내는 도면이다.

[1806] 피쳐 추출기(9200)는 시뮬레이터로(9650)부터 정보를 받아서 의사결정에 필요한 정보를 추출하고 집계하는 역할을 수행하며, 상태 피쳐 값 계산기(9210), 액션 피쳐 값 계산기(9220) 및 집계기(9230)를 포함할 수 있다. 여기에서, 시뮬레이터(9650)는 모델 실행부, 실험허브 실행부를 포함할 수 있다. 상태 피쳐 값 계산기(9210)는 시뮬레이터로부터 수신된 객체 정보 중 상태 피쳐 값을 추출할 수 있다. 또한, 액션 피쳐 값 계산기(9220)는 시뮬레이터로부터 수신된 객체 정보 중 액션 피쳐 값을 추출할 수 있다.

[1807] 의사결정을 내릴 때, 어떤 상황(상태)에 있는지 및 각 액션이 어떤 특성(피쳐)을 지니는지에 대해서 검토가 필요하게 된다. 지금 어떤 상황에 있는지에 따라 모든 액션이 동일한 값을 지닐 수 있고, 각 액션이 어떤 특성을 지니는 지에 따라 각 액션마다 다른 값을 지닐 수도 있게 된다. 상황에 따라 집중해야 할 액션의 특성이 달라질 수 있기 때문에, 상황과 특성에 대한 검토가 동시에 필요하게 된다. 또한, 특정한 특성이 되었을 때 특정된 상황에 집중해야 하는 경우가 발생할 수도 있다. 기계학습 분야의 어텐션(attention) 구조가 발달함에 따라 상황 및 특성을 모두 이용하여 의사결정에 있어 보다 세밀한 정보를 고려할 수 있게 된다.

[1808] 상태 피쳐는 액션과 무관하게 주어진 상황에서 추출할 수 있는 특성 또는 속성으로서, 상태 피쳐 값은 특정 시점에서의 상태 값을 나타낸다. 상태 피쳐 값 계산기(9210)를 통해 계산된 상태 피쳐 값은 사이트 피쳐 값, 라인(공장) 피쳐 값, 간트(gantt) 이미지를 포함할 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다. 예를 들어, 사이트 피쳐 값은 특정 사이트의 월간 생산/구매/판매 역량, 구성 라인 수, 잔여 수요량, 초과 생산량 등을 포함할 수 있다. 예를 들어, 라인 피쳐 값은 특정 라인의 주간 생산/구매/판매 역량, 구성 설비 수, 활성 제품 수 등을 포함할 수 있다. 간트 이미지는 공장 상황을 반영하는 공장 상태의 기하학적 정보를 포함하는 이미지 정보에 해당한다. 또한, 간트 이미지는 미래 시점의 가상의 간트 이미지도 포함할 수 있다. 예를 들어, 간트 이미지는 설비의 시점별 작업물 할당 상태, 확정 할당 또는 가상 할당, 필터 적용 후 이미지 등을 포함할 수 있다.

- [1809] 액션 피쳐는 의사결정을 내릴 수 있는 액션에 대한 속성 또는 특성으로서, 액션 피쳐 값은 특정 액션에 대한 속성 값을 나타낸다. 액션 피쳐 값 계산기(9220)를 통해 계산된 액션 피쳐 값은 공정 피쳐 값, 설비 피쳐 값, 작업물(배치) 피쳐 값을 포함할 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다. 예를 들어, 공정 피쳐 값은 액션에 연관된 가용 공정 수, 잔여 공정 수, 공정 대기열 지연 비율, 구성 설비 가용율, 미래에 흘러 들어올 작업물 양 등을 포함할 수 있다. 예를 들어, 설비 피쳐 값은 대기 중인 작업물 수, 처리 가능 활성 공정 수, 처리 가능 제품 종류 수, 액션 별 설정 교체 시간, 설비 자체의 대기/작업/교체 여부 등을 포함할 수 있다. 예를 들어, 작업물(배치) 피쳐 값은 해당 작업물을 처리할 수 있는 적정 설비 수, 도착 시간 점수, 납기 지연 점수, 제품 자체 우선순위, 잔여 공정 수, 처리 가능 설비 수, 공정 시간, 대기열 대기시간, 미래 유입량 등 시뮬레이터에 입력된 데이터로 획득 가능한 정보를 가공하여 얻을 수 있는 데이터에 해당한다.. 상술한 상태 피쳐 또는 액션 피쳐 중 비수치 데이터는 임베딩하여 수치 벡터로 변환되어 상태 피쳐 값 또는 액션 피쳐 값에 포함될 수 있다. 상태 피쳐 값 계산기(9210) 및 액션 피쳐 값 계산기(9220) 중 적어도 하나를 통해, 의사결정 요소뿐만 아니라 액션 목록 및 시점이 추출된다. 이때, 추출되는 시점은 의사결정 시점 및 사용자 지정에 의한 임의의 시점 중 적어도 하나를 포함하게 된다. 예를 들어, 임의의 시점은 일정 간격, 특정 사건 발생 시점 등을 포함할 수 있다. 이외에도 선택적으로 대상 공정 및 대상 설비가 추출될 수 있다.,
- [1810] 집계기(9230)는 의사결정 요소, 액션 목록, 시점에 대하여 학습 데이터(9235)로 가공할 수 있다. 또한, 평가기(9100)로부터 수신된 성능지표(KPI), 보상(reward)와 액션 선택기(9300)로부터 수신된 최종 의사결정을 고려하여, 집계기(9230)는 의사결정 요소가 계산될 당시의 시점에 매칭하여 학습 데이터(9235)로 가공할 수 있다. 본 실시예에서 피쳐 추출기(9200)의 집계기(9230)는 특정 시점에서의 의사결정이 어떤 보상 또는 성능을 발생시켰는지 집계할 수 있다.
- [1811] 학습 데이터(9235)는 정책 학습의 대상이 되는 데이터로서, 의사결정 요소, 액션 목록, 최종 의사결정, 시점, 성능지표(KPI), 보상(reward), 대상 공정 및 대상 설비 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 도시되지 않았으나, 학습 데이터(9235)는 대상 대기열(버퍼), 대상 제품, 대상 라인, 대상 사이트를 포함할 수도 있다. 예를 들어, 의사결정 요소, 액션 목록, 최종 의사결정 및 시점은 학습 데이터(9235)의 필수 데이터에 해당하며, 나머지는 선택적인 데이터에 해당한다. 또한, 학습 데이터(9235)에 포함된 각각의 요소는 하나 이상의 값을 포함할 수 있다. 여기에서, 대상 공정은 의사결정에 관련 있는 공정을 나타내고, 대상 설비는 의사결정에 관련 있는 설비를 나타낸다. 예를 들어, 의사결정이 설비 1에서 발생했고, 공정 2번을 처리하고 있는 경우, 정책을 보다 세밀하게 특정할 수 있게 된다.
- [1812] 한편, 상태 피쳐 값 계산기(9210) 및 액션 피쳐 값 계산기(9220) 중 적어도 하나를 통해 추출된 시점, 대상 공정 및 대상 설비는 평가기(9100)로 전송되어, 평가기(9300)에서 집계시에 사용될 수 있다. 한편, 상태 피쳐 값은 사용자 입력에 따라

계산 목록에 없으면 계산되지 않을 수 있고, 액션 피쳐 값은 적어도 하나 이상의 값이 있어야 동작될 수 있다. 또한, 의사결정 요소 및 액션 목록은 액션 선택기(9300)로 전달되어, 액션 선택기(9300)의 의사결정에 이용될 수 있다.

[1813] 학습 데이터는 정책 관리기(9400) 또는 데이터 저장소(9600)로 전달될 수 있다. 학습 데이터는 정책 관리기(9400)에 전달되어, 정책 학습이 수행될 수 있다.

[1814] 피쳐 추출기(9200)를 통하여 불필요한 정보를 제외하고 유효한 정보만을 정제할 수 있다. 또한, 피쳐 추출기(9200)는 의사결정 요소를 명확히 하여 추출 및 정제하여 정책을 활용한 일정 및 계획 수립과 학습을 수행할 수 있도록 한다. 피쳐 추출기(9200)가 정의됨에 따라, 강화학습 운영관리기에서의 데이터 수집 과정이 명확하게 규격화되어 관리될 수 있게 된다.

[1815]

[1816] 도 142는 실시 예에 따른 평가기의 구성을 나타내는 도면이다.

[1817] 평가기(9300)는 성능지표(KPI), 보상(reward), 패널티(penalty) 등을 계산하여 저장하는 역할을 수행하며, 계산기(9310), 집계기(9320) 및 분석기(9330)를 포함할 수 있다. 여기에서, 집계기(9320)는 필수 구성요소에 해당하고, 계산기(9310) 및 분석기(9330)는 선택적 구성요소에 해당한다.

[1818] 평가기(9300)는 성능 구조 정보 및 보상 구조 정보 중 적어도 하나를 포함하고 있다. 성능 구조 정보는 성능을 집계하는 방식 또는 로직으로, 매개변수(로직 매개변수, 성능 간 우선순위, 가중치 등), 호출되는 시점 또는 발생 조건 등을 나타내는 정보이고, 보상 구조 정보는 보상 또는 패널티를 집계하는 방식 또는 로직으로, 매개변수(로직 매개변수, 성능 간 우선순위, 가중치 등), 호출되는 시점 또는 발생조건 등을 나타내는 정보이다. 성능 구조 정보 또는 보상 구조 정보는 사용자 설정에 의하거나 시스템에 의한 자동 설정이 가능하다. 예를 들어, 작업물 A를 선택시 납기 지연이 발생하게 되면 -10, 작업 교체가 발생하지 않으면 +15와 같이 수치와 조건이 정의될 수 있다.

[1819] 평가기(9300)는 성능 구조 정보 및 보상 구조 정보 중 적어도 하나에 기초하여 값(보상 값, 패널티 값)을 계산하고, 시점을 전달할 수 있다. 일 예로서, 시뮬레이터(9650)는 평가기(9300)로부터 수신된 성능 구조 정보 및 보상 구조 정보를 계산하여 값, 시점을 산출하여 평가기(9300)에 전송할 수 있다. 다른 일 예로서, 평가기(9300)의 계산기(9310)는 시뮬레이터(9650)로부터 수신된 로그 정보, 객체 정보, 시점 정보에 기초하여 평가기(9300)가 보유한 성능 구조 정보 및 보상 구조 정보를 계산하여 값, 시점을 산출할 수 있다. 예를 들어, 집계기(9320)는 추출된 보상, 패널티, 성능지표의 종류, 추출된 시점에 대상 설비, 작업물, 공정, 세팅 등을 매칭하여 집계 정보를 산출할 수 있다. 이때, 계산기로부터 전달되는 시점은 계산이 이루어지는 시점으로 시뮬레이터로(9650)부터 얻는 시점에 해당하고, 집계기로 전달되는 시점은 의사결정이 이루어졌던 시점으로, 피쳐 추출기(9200)로부터 얻는 시점에 해당한다. 본 실시예에서 평가기(9300)의 집계기(9320)는 피쳐

추출기의 집계기(9230)와 달리, 다양한 형태의 보상과 성능지표를 합산하는 역할을 수행할 수 있다.

- [1820] 계산기에서 산출된 값은 집계기(agggregator)(9320), 분석기(9330) 또는 데이터 저장소(9600)에 전송될 수 있다. 계산기에서 산출된 값이 집계기(9320)로 전송되는 경우, 집계기(9320)는 집계 정보를 산출할 수 있다. 이때, 집계기(9320)는 피처 추출기(9200)로부터 수신한 시점, 대상 공정, 대상 설비에 기초하여, 집계 정보(9325)를 산출할 수 있다. 대상 공정 및 대상 설비는 필수적인 정보에 해당하지 않는다. 도시되지 않았으나, 피처 추출기(9200)로부터 대상 제품, 대상 라인, 대상 사이트 등을 수신할 수도 있다.
- [1821] 여기에서, 집계정보(9325)는 성능지표, 보상 패널티 및 성능지표 및 보상 패널티를 조합한 가공 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 성능지표, 보상, 패널티는 선형 또는 비선형 가중합을 통해 계산된 수치에 해당한다. 또한, 예를 들어, 다중 목적 정책 최적화를 수행하는 경우, 가중합 과정은 생략될 수 있다.
- [1822] 예를 들어, 가공 정보는 성능지표 A,B,C 세가지로 주어진 경우, 종합성능지표를 A,B,C의 가중합으로 가공한 정보에 해당할 수 있다.
- [1823] 성능지표는 피처 추출기(9200)로부터 수신된 대상 공정, 대상 설비 및 시점과 매칭되어 저장될 수 있다. 또한, 성능지표는 추출된 성능지표 종류, 추출된 시점을 필수 정보로 포함하여 대상 설비, 대상 작업물, 대상 공정, 대상 세팅 등을 매칭하여 저장될 수 있다. 의사결정 대상 설비, 대상 작업물, 대상 공정, 대상 세팅이 특정되는 경우, 특정된 요소의 계층 구조에 따라 저장될 수도 있다. 예를 들어, 설비 1,2,3이 설비그룹 1에 포함되는 경우, 성능지표가 각각 5,6,4로 집계된다면, 설비그룹1의 성능지표는 이들의 합인 15로 자동집계될 수 있다. 여기서 자동 집계 방식은 합, 평균, 분산, 빈도, 최대, 최소 값 등을 포함할 수 있고, 이에 한정되지 아니한다.
- [1824] 성능지표는 일정 구간의 계획 및 일정이 수립된 이후에 계산이 가능하다. 예를 들어, 피처 추출기(9200)가 각각 T1, T2, T2,,,TN 시점의 의사결정으로부터 의사결정 요소를 추출하고, 시뮬레이션 종료 시점이 TM인 것으로 가정한다. 이 경우, 집계기(9320)는 T1($\pm a$) 내지 TM($\pm b$) 구간의 성능 지표 K1_1, K2_1, K3_1...KL_1을 계산하고, TN($\pm a$) 내지 TM($\pm b$) 구간의 성능지표 K1_N, K2_N, K3_N...KL_N을 계산할 수 있다. L은 집계하는 성능의 종류 수를 나타내고, T1 내지 TN은 의사결정 시점을 나타낸다. a는 의사결정 시점으로부터 어느 시점에 성능 집계를 시작할 것인지 나타내고, b는 TM(종료 시점)으로부터 얼마나 떨어진 시점까지 성능을 집계할 지를 나타낸다. 여기서, a와 b는 사용자에게 의해 정의되거나 자동설정될 수 있다. 또한, b를 제외하고 집계 기간(c)을 사용하여 T1($\pm a$) 내지 T1($\pm a$)+c 구간의 성능을 집계하는 것으로 기재될 수 있다. 성능지표가 계산되는 경우, 값을 그대로 사용하거나, KPI 평가 구간의 길이에 비례한 감가상각을 하거나, 단위 시간당 성능지표로 환산할 수도 있다.

- [1825] 성능지표 계산을 위하여 생산 계획 및 일정 수립과정에서 발생하는 중간 산출물 또는 최종 결과물과 보상 구조 정보에 포함된 정보가 사용될 수 있다.
- [1826] 집계기(9320)에서 산출된 집계 정보(9325)는 분석기(9330), 데이터 저장소(9600), 피쳐 추출기(9200) 또는 강화학습 운영관리기(9500)로 전송될 수 있다. 즉, 집계 정보는 데이터 저장소(9600)에 바로 저장되거나, 분석기(9330)를 통해 분석을 수행 후, 분석 결과를 포함하여 데이터 저장소(9600)에 저장될 수 있다. 분석기(9330)는 시뮬레이션을 통해 산출되는 여러가지 성능지표를 수집하여, 공장의 상태(바쁜지 또는 한가한지)를 분석하거나, 시점별 공장의 성능변화 추이를 검토하여 변동성 수준(큰지 또는 작은지), 이상현상 유무 등 정성적 또는 정량적인 기록을 저장하게 된다.
- [1827] 또한, 집계 정보는 피쳐 추출기(9200)로 전송되어, 학습 데이터 산출에 이용될 수 있다.
- [1828] 평가기(9300)를 통해 정책 학습을 위해 필수적인 시뮬레이션 진행 도중의 중간 산출물 혹은 결과물로부터 보상/성능 정보를 추출하여 학습 데이터로 사용될 수 있게 한다 있다.
- [1829]
- [1830] 도 143는 실시 예에 따른 정책 관리기의 구성을 나타내는 도면이다.
- [1831] 정책 관리기(9400)는 학습 데이터를 수집 또는 정제하여 의사결정 정책을 학습하고 학습된 정책을 관리(업데이트, 저장)하는 역할을 수행하며, 데이터 전처리기(9410), 신경망 초기화기(9420), 학습기(9430), 하이퍼 파라미터 자동 조정기(9440)를 포함할 수 있다. 데이터 전처리기(9410)는 피쳐 추출기(9200) 또는 데이터 저장소(9600)로부터 학습 데이터를 수신하여 데이터 전처리를 수행할 수 있다. 상술한 바와 같이, 학습 데이터는 정책 학습의 대상이 되는 데이터로서, 의사결정 요소, 액션 목록, 최종 의사결정, 시점, 성능지표(KPI), 보상(reward), 패널티(penalty), 대상 공정 및 대상 설비 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1832] 데이터 전처리기(9410)는 정책 학습에 사용되는 알고리즘 형태에 맞게 데이터를 가공하여 정제 학습 데이터를 산출 또는 생성할 수 있다. 예를 들어, 데이터 전처리기(9410)는 비정형/비수치 데이터를 정형화하거나 수치화할 수 있고, 형태를 재배열할 수 있다. 일 예로서, SARSA 학습 알고리즘을 이용하는 경우, 현재 시점의 의사결정과 다음 시점의 의사결정에 대한 정보(시점, 요소), 성능지표 정보가 요구될 수 있다. 이 경우, 데이터 전처리기(9410)를 통해 두 시점의 데이터를 하나의 시점의 데이터로 통합시키는 작업이 수행될 수 있다. 예를 들어, 학습 데이터에 설비 1,2,3,4,5에서 의사결정을 내린 데이터가 수집되어있는 상황을 가정하도록 한다. 이 중 설비 1,2,3이 같은 설비 그룹이어서 같은 정책 함수를 사용/학습한다고 했을 때 데이터 전처리 과정에서 이를 대상 설비/대상 공정/대상 그룹 등의 정보를 활용하여 분류한 뒤 데이터를 정제할 수 있다.
- [1833] 정책함수 구조는 정책 함수 네트워크 모델을 나타내며, 사용자에게 의해 지정되거나 자동 설정될 수 있다. 예를 들어, 정책 함수 네트워크 모델은 MLP(Multi-Lay

er Perceptron), CNN(Convolutional Neural Network), GNN(Graph Neural Network), 트랜스포머(Transformer) 등을 포함하며, 이에 한정되지 아니한다.

- [1834] 학습기(9430)는 선택된 학습 알고리즘으로 정제 학습 데이터를 학습시킬 수 있다. 이때, 선택된 학습 알고리즘은 알고리즘 수행에 필요한 하이퍼 파라미터를 포함하게 되고, 이는 사용자 입력 또는 자동 튜닝 장치를 통해 획득될 수 있다. 여기서, 하이퍼 파라미터는 학습 알고리즘이 동작하기 위해 획득되어야 하는 매개 변수의 집합에 해당한다. 예를 들어, 학습 알고리즘은 REINFORCE(Reward Increment Nonnegative Factor Offset Reinforcement Characteristic Eligibility), SARSA(State Action Reward State Action), DQN(Deep Q-Network), A3C(Asynchronous Advantage Actor-Critic), GRPO(Group Relative Policy Optimization), GAT(Graph Attention Network) 등을 포함할 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다.
- [1835] 한편, 최초 정책 학습인 경우, 정제 학습 데이터 외에 정책 함수, 가치 함수가 학습에 사용될 수 있다. 예를 들어, 정책 함수, 가치 함수는 신경망 초기화기(9420)에 의해 초기화된 정책 함수, 가치 함수에 해당할 수 있다. 또한, 예를 들어, 정책 함수, 가치 함수는 데이터 저장소(9600)로부터 전달받은 정보에 해당할 수 있다.
- [1836] 일 예로서, 최초 정책 학습이 여러 사이클을 수행 중에 최초의 학습을 의미하는 경우, 신경망 초기화기(9420)는 주어진 정책 함수 또는 가치 함수 구조의 매개 변수를 임의의 방법으로 생성할 수 있다. 임의의 방법은 평균과 분산이 정해진 정규분포로부터 무작위로 추출되어 입력되거나, 모든 값이 특정 상수 값을 지니도록 입력될 수 있다. 또는 학습에 유리한 초기화 지점을 설정하는 각종 기계학습 알고리즘을 통해 초기 값이 입력될 수 있다. 이 경우, 액션 선택기(9100)에 입력된 정책이 없을 경우에도 동작할 수 있어, 액션 선택기(9100)로 임의 생성된 정책 함수 또는 가치 함수가 전달되어 시뮬레이션이 구동될 수 있다.
- [1837] 다른 일 예로서, 최초 정책 학습이 한 사이클 내에서 최초의 학습을 의미하는 경우, 이전에 학습된 같은 구조의 정책 함수를 데이터 저장소(9600)로부터 불러오는 동작을 신경망 초기화기(9240)가 수행할 수 있다. 상술한 예시와 비교하여, 임의의 방법을 이용하지 않고 이전 학습 결과에 이어서 학습을 진행할 수 있게 된다.
- [1838] 학습기(9430)는 학습된 정책 함수 및 학습된 가치 함수 중 적어도 하나와 학습과 관련된 로그를 제공할 수 있다. 학습 로그, 학습된 정책 함수, 학습된 가치 함수는 데이터 저장소(9600)에 저장될 수 있다. 학습된 정책 함수 및 학습된 가치 함수는 강화학습 운영관리기(9500)에 전송되어, 운영에 사용될 수 있다. 본 실시예를 참조하면, 강화학습 운영관리기(9500)는 정책 관리기(9400)에 재학습을 명령하는 것도 가능하다. 재학습 명령이 수신되면, 정책 관리기(9400)는 선택적으로 신경망을 초기화한 후 데이터 전처리부터 다시 수행할 수 있다. 또한, 학습된 정책 함수 및 학습된 가치 함수는 액션 선택기(9100)에 전송되어, 의사결정에 사용되어 달라진 정책에 의한 학습 데이터를 추출할 수 있게 된다.

- [1839] 정책 관리기(9400)는 학습을 통해 성능지표를 개선할 수 있는 정책을 획득하기 위한 핵심기능 또는 핵심 기술에 해당한다. 개선된 정책을 획득하고 업데이트 하는 과정은 피드백 루프를 포함하는 학습 워크 플로우(파이프라인)에 포함되어 있다. 학습을 위한 독립적인 도구인 정책 관리기(9400)를 통해, 개선된 정책을 획득하는 목적 이외에도 동적(제조)시스템 운영시 상황 또는 상태에 강건한 정책을 확보하는 과정에서 상시적인 구동을 제한하여 자원 낭비를 막을 수 있게 된다. 또한, 수동으로 구동되는 시스템을 자동화하여 자원 낭비를 예방하고, 동적 시스템의 너무 짧은 시간간격이나 비슷한 상황/상태에서 발생하는 중복 데이터에 의한 정책 학습 과부하를 막을 수 있다. 즉, 정책 관리기(9400)를 통해 정책을 학습하여 의사결정을 최적화하고 개선하여 제조 시스템을 보다 자동화된 시스템으로 발전될 수 있다.
- [1840]
- [1841] 도 144는 실시 예에 따른 강화학습 운영관리기의 구성을 나타내는 도면이다.
- [1842] 강화학습 운영관리기(9500)는 학습된 정책을 평가하여 제조 시스템에 최적의 정책 또는 최적의 시나리오를 제시하는 역할을 하며, 정책 합성기(9510), 상태 생성기(9520), 정책 평가기(9530), 정책 드리프트 탐지기(9540), 주기적 학습 명령기(9550)를 포함할 수 있다. 여기에서, 정책 평가기(9530) 및 정책 드리프트 탐지기(9540)는 필수적인 구성에 해당한다.
- [1843] 먼저, 평가에 앞서 강화학습 운영관리기(9500)는 평가대상 정책 함수와 평가대상 가치 함수를 준비하게 된다. 일 예로서, 평가대상 정책 함수와 평가대상 가치 함수는 정책 관리기(9400) 또는 데이터 저장소(9600)로부터 전달된 정책 함수 및 가치 함수 중 적어도 하나에 해당할 수 있다. 획득된 정책함수는 적어도 하나의 알고리즘에 의해 학습되어 정책관리기(9400)로부터 전달될 수 있다. 예를 들어, 알고리즘으로 REINFORCE(Reward Increment Nonnegative Factor Offset Reinforcement Characteristic Eligibility), SARSA(State Action Reward State Action), DQN(Deep Q-Network), DQL(Deep Q-Learning), TD learning(Temporal Difference Learning), A3C(Asynchronous Advantage Actor-Critic), PPO(Proximal Policy Optimization), GRPO(Group Relative Policy Optimization), GAT(Graph Attention Network), 랜덤 포레스트(Random Forest), AdaBoost(Adaptive Boosting), XGBoost(Extreme Gradient Boosting)을 포함하며, 이에 한정되지 아니한다.
- [1844] 다른 일 예로서, 정책 합성기(9510)는 정책 관리기(9400)로부터 수신된 정책 함수, 가치 함수에 기초하여 합성 정책 함수, 합성 가치 함수를 생성할 수 있다. 정책 합성기(9510)를 통해 정책을 합성(ensemble)하는 것은 다양한 상황에 잘 적응하여(adaptive), 상황 변화에 강건한(robust) 정책을 얻기 위해서이다. 예를 들어, 서로 다른 시점에 획득한 같은 구조와 같은 피처를 지닌 복수의 정책함수에 대하여 설정된 가중치를 부여하고 평균을 내는 평균 앙상블(average ensemble) 방식으로 합성 정책을 획득할 수 있다. 또한, 예를 들어, 다른 구조이지만 같은 입력 피처를 지니는 복수의 정책 함수의 결과에 대한 투표를 통해 대안을 선택하는 정책

을 만들어내는 보팅 앙상블(voting ensemble) 방식으로 합성 정책을 획득할 수 있다. 이외에도 스택킹 앙상블(stack ensemble), 배깅(bagging), 부스팅(boosting) 방식이 있으며, 이에 한정되지 아니한다. 합성된 정책은 다시 평가 정책으로 활용될 수 있고, 사용자 설정에 따라 데이터 저장소(9600)에 저장되어 재사용될 수 있다.

- [1845] 정책 평가기(9530)는 평가대상 정책 함수, 평가대상 가치 함수를 평가하여 평가 결과를 산출할 수 있다. 평가 결과는 최적 정책 시나리오, 최적 정책 함수, 최적 가치함수를 포함하는 전체 결과를 의미한다. 이때, 평가를 위해서는 운영 모델이 필요하게 된다. 일 예로서, 운영 모델은 데이터 저장소 내부의 모델 저장소에서 수신할 수 있다. 다른 일 예로서, 운영 모델은 상태 생성기(9520)로부터 생성된 상태 데이터가 반영된 운영 모델이 제공될 수 있다. 여기에서, 상태 생성기(9520)는 정책을 평가하기 위하여 상태를 추가 생성하는 것으로 관측 또는 수집하지 않은 상황에 대한 상태를 생성할 수 있다. 또한, 단일 운영 모델을 확보하는 경우, 최신 모델 1개만 가져와서 평가할 수 있다. 복수 운영 모델을 확보하는 경우, 운영에도 사용될 수 있고, 정책 드리프트 관독에 사용될 수 있다.
- [1846] 또한, 평가 결과는 평가용 운영 모델과 상태 생성기(9520)를 통해 생성된 새로운 모델로 만들어지는 모델 세트와 학습된 평가 대상 정책/가치 함수와 합성 정책/가치 함수로 만들어지는 정책 세트로 만들 수 있는 모든 시나리오의 수행결과를 의미할 수 있다. 수행 결과는 시나리오에 포함된 결과와 실험 허브의 실험 요약 결과와 같이 모델, 정책, 성능지표의 형태 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1847] 평가 결과가 정책 드리프트 탐지기(9540)로 전송되는 경우, 정책 드리프트 탐지기(9540)는 현재의 정책이 적절한지 판단하여, 재학습을 명령할 수 있다. 현재의 정책이 적절성은 정책이 강건하거나, 정책의 성능이 우수하거나, 정책이 Pareto Front 상에 위치한 것을 의미할 수 있다. 정책이 강건하다는 것은 상황에 영향을 적게 받거나, 상황의 변화에 따른 성능의 편차가 적거나, 성능의 편차가 특정 임계값 이하인 것을 의미한다. 또한, 정책의 성능이 우수한 것은 성능지표의 절대값이 우수하거나, 성능지표의 값이 높거나 낮고 성능의 편차가 임계값 이상 또는 이하를 나타낸다. 또한, 정책이 Pareto Front 상에 위치한 것은 다중목적 관점에서 다른 정책의 성능에 의해 지배되지 않는 것을 나타낸다.
- [1848] 예를 들어, 정책 평가 결과 장비 가동률이 임계값 미만인 것으로 평가된 경우, 정책 드리프트 탐지기(9540)는 정책 관리자(9400)에 재학습하도록 명령을 내릴 수 있다. 이외에도, 평가 결과에 포함된 현재의 정책이 적절한지와 무관하게, 주기적 학습 명령기(9550)는 주기적으로 학습 명령을 전송할 수 있다. 예를 들어, 주기적 학습 명령기(9550)는 1주일마다 학습하도록 명령할 수 있다. 이는 동적 시스템이 변화되는 상황에 적응할 수 있는 정책 관리를 자동으로 해주기 위하여, 모델을 지속적으로 관리하기 위함이다.
- [1849] 한편, 정책 평가기(9530)는 최적 정책 시나리오, 최적 정책 함수, 최적 가치 함수를 산출할 수 있다. 산출된 최적 정책 시나리오는 데이터 저장소(9600) 내부의 모

텔 저장소에 저장될 수 있다. 산출된 최적 정책 함수, 최적 가치 함수는 데이터 저장소에 저장될 수 있다. 데이터 저장소에 최적 정책 함수, 최적 가치 함수가 저장되는 것은 정책이 배포되는 과정에 해당할 수 있다.

[1850] 강화학습 운영관리기(9500)를 통해 동적 시스템 환경에서 강건하게 운영될 수 있고, 강화학습을 포함한 제조 시스템에 동적 운영이 가능하게 할 수 있다. 또한, 강화학습 기반 정책을 실제 제조 시스템 환경에서 안정적으로 적용하고 우수한 방향으로 개선될 수 있도록 할 수 있다.

[1851]

[1852] 도 145는 실시 예에 따른 동적 도구를 통해 생산 계획을 생성하는 흐름도이다

[1853] 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공한다(S9010). 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 온프레미스 시스템 및 클라우드 시스템에 모두 적용될 수 있고, 상술한 백워드 플래닝 엔진, 포워드 플래닝 엔진, 디스패칭 에이전트, 컴페어 에이전트 등이 관련될 수 있다. 또한, 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 상술한 정책 운용, 학습, 평가, 배포 및 관리를 위한 기능 등이 관련될 수 있다 백워드 플래닝 엔진(backward planning engine)에 대한 상세한 예는 도 4 내지 8에, 포워드 플래닝 엔진(forward planning engine)에 대한 상세한 예는 도 9 내지 도 13에, 디스패칭 에이전트(dispatching agent)에 대한 상세한 예는 도 14 내지 도 18에 각각 예시하였다. 온프레미스 시스템의 경우, 모델 개발부에 대한 상세한 예는 도 19 내지 도 22에 각각 예시하였다. 클라우드 시스템의 경우, 컴페어 에이전트에 대한 상세한 예는 도 134 내지 도 138에 각각 예시하였고, PBB에 대한 상세한 예는 도 117 내지 도 123에 각각 예시하였고, PBF에 대한 상세한 예는 도 124 내지 도 133에 예시하였다.

[1854] 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신한다(S9020). 생산 운영 데이터(제조 시스템)와 관련된 기준 정보와 제조 시스템의 상태 데이터를 포함하는 제1 입력 데이터를 수신할 수 있고, 시스템 상의 제공 서비스의 요구 사항에 따라 일정한 데이터 스키마로 변환되어 시스템으로 입력될 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이, 제2 입력 데이터는 액션 선택 방식, 의사결정 요소 목록, 의사결정 요소 산출 로직, 의사결정 지점마다 정책 함수와 연결하는 정보, 보상 및 성능 구조 목록, 보상 및 성능 구조 산출 로직, 보상 및 성능 집계 방식, 보상 및 성능 발생 조건, 의사결정을 위한 정책 함수 구조 및 초기 값 및 정책 함수 및 가치 함수 저장 규칙 중 적어도 하나를 결정하기 위한 입력에 해당한다.

[1855] 제1 입력 데이터 및 제2 입력 데이터를 기반으로, 적어도 하나의 정책을 학습, 평가, 운영, 배포 및 관리 중 적어도 하나를 수행하여 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 제공한다(S9030). 상술한 바와 같이, 액션 선택기, 피쳐 추출기, 평가기, 정책 관리기 및 강화학습 운영관리기와 같은 도구를 통해 정책을 학습, 평가, 운영, 배포 및 관리 중 적어도 하나를 수행할 수 있다. 또한, 이를 통해 생성된 시

나리오를 수행하여 생산 계획 데이터를 제공한다. 여기에서, 생산 계획 데이터는 모델 수행의 중간 산출물 혹은 최종 결과물, 의사결정 요소, 성능 지표, 정책 함수, 정책 평가/학습/운용을 위한 도구들의 객체 정보에 해당할 수 있다.

- [1856] 도 29를 참조하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [1857] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(410), 저장장치(420), 인메모리(430), 프로세서(440), 출력부(450), 및 사용자 인터페이스(460)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치는 클라이언트의 제조생산시스템에 해당할 수 있다.
- [1858] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(460)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [1859] 입력부(410)는 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 온프레미스 컴퓨팅 시스템으로부터 수신할 수 있다.
- [1860] 저장장치(420)는 미리 준비된 기준정보를 저장하거나 수신된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 저장할 수 있다. 저장장치(420)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [1861] 인메모리(430)는 위에서 개시한 소프트웨어 모델, 입력데이터, 라이브러리 엔진 세트 및 라이브러리 엔진, 모델 실행부 및 실험허브부를 통해 수행하는 과정에서 얻어진 산물을 저장할 수 있다. 라이브러리 엔진세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다. 실시예의 인메모리(430)는 운영작업에 관련된 중간 산출물 및/또는 최종 산출물을 저장할 수 있다. 또한, 저장장치(420) 또는 인메모리(430)는 동적 정책 운영을 관리하는 기능에 관련된 서비스, 파일, 데이터 등을 저장할 수 있고, 상술한 동적 정책 운영을 위해 정책 운용과 학습을 담당하는 관련 기능이 추가될 수 있으며, 재학습 판단, 상태/상황 생성, 정책 평가 등의 기능과 연관된 평가 결과, 데이터 드리프트 탐지 로그, 상황/상태 생성 데이터, 합성 정책/가치 함수 등이 서비스, 파일, 데이터 형태로 역시 저장될 수 있다. 상술한 정책 운용에 연관된 기능은 피처 추출, 액션 선택, 평가 등의 세부 기능이 포함될 수 있으며, 이들의 동작으로 파생되는 의사결정 요소 값, 액션 목록, 최종 의사결정, 정책확률, 상태가치, 성능, 보상 등을 포함하여 저장될 수 있다. 상술한 정책 학습에 연관된 기능은 상술한 정책 운용에 연관된 기능과 정책 관리 등의 기능을 포함할 수 있으며, 이들의 동작으로 파생되는 학습 데이터, 정제 데이터, 초기화된 정책/가치 함수, 학습된 정책/가치 함수, 학습 로그 등을 포함하여 저장될 수 있다.
- [1862] 실시예의 프로세서(440)는 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하고, 1 입력 데이터 및 제2 입력 데이터를 기반으로, 적어도 하나의 정책

을 학습, 평가, 운영, 배포 및 관리 중 적어도 하나를 수행하여 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 제공한다.

- [1863] 도 104을 참조하여, 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [1864] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 프로세서(2610), 인메모리(2620), 저장장치(2630) 및 인터페이스(2640)를 포함할 수 있다.
- [1865] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 인터페이스(2640)를 통한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다. 인터페이스(2640)는 클라이언트로부터 제조생산시스템의 입력 데이터를 획득할 수 있다. 저장장치(2630)는 인터페이스(2640)가 수신한 입력 데이터, 소프트웨어 모델 및 로직 세트 중 적어도 하나를 저장장치(2630)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(2630)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 인메모리(2620)는 제조생산시스템의 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다. 클라우드 시스템의 인메모리(2620) 또는 저장장치(2630)는 온프레미스 시스템의 인메모리(430) 또는 저장장치(420)와 동일한 데이터를 저장할 수 있다.
- [1866] 실시예의 프로세서(2610)는 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하고, 1 입력 데이터 및 제2 입력 데이터를 기반으로, 적어도 하나의 정책을 학습, 평가, 운영, 배포 및 관리 중 적어도 하나를 수행하여 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 제공한다.
- [1867]
- [1868] 도 146은 실시예에 따른 정책 운용 시스템의 도구를 나타내는 도면이다.
- [1869] 의사결정의 시점과 형태를 고려하여 정책 운용 시스템을 통한 생산 계획 데이터를 제공하기 위하여 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(9200), 평가기(9300)가 사용될 수 있다.
- [1870] 본 실시예를 참조하면, 정책 함수 및 가치 함수 중 적어도 하나에 기초하여 의사결정을 내려 생산 계획을 산출하는 경우, 시간의 흐름에 따라 시뮬레이션 종료 지점까지 적어도 하나의 의사결정 지점(9010), 적어도 하나의 보상 발생 지점(9020), 적어도 하나의 KPI 평가 구간(9030)을 포함하게 된다.
- [1871] 의사결정 지점은 특정 주체에 의해 의사결정을 내리는 특정 시점을 의미한다. 보상 발생 지점은 사용자가 입력한 보상 발생 조건인 매개변수를 기준으로, 시뮬레이션 중에 보상 발생의 조건에 해당하는 지점을 의미한다.
- [1872] 의사결정 지점과 보상 발생 지점은 시점이 중복되거나 상이한 시점에 발생할 수 있다. KPI 평가 구간은 의사결정 지점부터 시작되어 보상 발생 시점까지의 구간, 의사결정 지점부터 시뮬레이션 종료 시점까지의 구간, 의사결정 지점부터 다음 의사결정 지점까지의 구간, 의사결정 지점부터 임의의 시간 이후의 구간에 해

당할 수 있다. 의사결정 지점, 보상 발생 지점, KPI 평가 구간은 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(9200), 평가기(9300)의 수행과 직접 또는 간접으로 관련될 수 있다.

- [1873] 의사결정 시점은 시뮬레이션 종료 시점까지 시뮬레이션 진행 도중 여러 번 발생할 수 있다. 여기에서, 시뮬레이션은 단독 시나리오 수행, 엔진 구동, 모델 실행 등을 포함할 수 있다. 시뮬레이션 종료 시 의사결정으로 생성된 생산 계획 또는 시뮬레이션 중간 또는 최종 결과물에 기반하여 평가기(9300)는 성능 지표를 산출할 수 있다. 한편, 동일한 의사결정 사건(시점)에 대해 복수의 정책 함수가 동시에 적용될 수 있다. 이 경우, 사용자 입력으로 획득한 정책 우선순위에 의해 순차적으로 적용될 수 있다.
- [1874] 피쳐 추출기(9200)는 적어도 하나의 의사결정 지점(9010)으로부터 객체 정보를 추출하고 피쳐 값을 액션 선택기(9100)에 전달할 수 있다. 또한, 피쳐 추출기(9200)는 의사결정 시점을 추출하여 평가기(9300)에 전달할 수 있다. 또한, 피쳐 추출기(9200)는 시뮬레이션 도중에 의사결정 요소를 추출할 수 있다. 피쳐 추출기(9200)에서 입력 값으로서 객체 정보를 받는 의사결정 지점과 액션 선택기(9100)에서 최종 의사결정을 시뮬레이션에 전달하는 의사결정 지점은 동일할 수 있다.
- [1875] 액션 선택기(9100)는 최종 의사결정을 시뮬레이션의 적어도 하나의 의사결정 지점(9010)으로 전달할 수 있다. 평가기(9300)는 시뮬레이터로부터 객체 정보 또는 시뮬레이션 로그 정보를 전달받는다. 또한, 평가기(9300)는 적어도 하나의 보상 발생 지점(9300) 및 KPI 평가 구간(9030)에 대한 평가를 내리고, 성능지표, 리워드, 패널티를 계산하고 정리하고 저장할 수 있다. 본 시스템에서 평가는 선택적으로 이루어지게 되며, 평가기(9300)는 선택적으로 구비될 수 있다.
- [1876] 즉, 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(9200) 및 평가기(9300)를 이용하여 정책 함수 또는 가치 함수를 사용하고, 의사결정을 내려서 생산 계획 데이터를 생성할 수 있게 된다.
- [1877]
- [1878] 도 147는 실시 예에 따른 정책 운용 시스템의 수행주체를 나타내는 도면이다.
- [1879] 피쳐를 추출하여 의사결정 요소를 산출하고 시나리오를 실행하는 경우, 각각의 수행 주체는 다음과 같이 시스템 내에 위치할 수 있다. 본 실시예의 좌측을 참조하면, 의사결정을 통해 생산 계획을 생성하는 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(9200), 평가기(9300)는 엔진에 위치하며, 엔진은 모델 실행부(130)에 포함될 수 있다. 즉, 모델 실행부(130)는 수신된 모델에 대하여 엔진 내부의 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(9200) 및 평가기(9300)를 통해 시뮬레이션을 수행할 수 있다.
- [1880] 본 실시예의 우측을 참조하면, 의사결정을 통해 생산 계획을 생성하는 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(9200), 평가기(9300)는 실험허브 실행부(142)에 위치한다. 실험허브 실행부(142)로부터의 실행 명령에 의해 모델 실행부(130)는 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 또한, 모델 실행부(130)로부터 피쳐 값 계산, 성능지표, 보

상 및 패널리티 계산을 위하여 객체 정보를 전달받을 수 있고, 선택된 의사결정을 실험허브 실행부(142)에서 모델 실행부(130)로 전달하게 된다.

[1881]

[1882] 도 148은 실시 예에 따른 정책 운용 시스템을 통해 생산 계획을 생성하는 일 예를 나타내는 도면이다.

[1883] 본 실시예의 경우, 단일 소프트웨어 모델 또는 복수의 소프트웨어 모델들을 실행하는 경우 모두에 해당될 수 있다. 단일 모델의 경우, 시스템 운영부(110)에 포함된 작업 스케줄러 서비스부(1230)가 모델 실행 운영 작업을 실행 조건에 따라 실행시키게 된다. 또한, 사용자 입력에 의해 매개 변수가 입력되고, 모델 실행부(130)에 실행 명령이 전달되어, 정책을 이용하여 의사결정을 내리고 생산 계획 생성이 가능하다. 이때, 모델 실행부(130)는 사용자 입력에서 설정된 하나의 모델을 모델 저장소로부터 전달받아 동작을 수행한다. 또한, 모델 실행부(130)는 사용자 입력에서 설정된 적어도 하나의 정책 함수를 정책 저장소로부터 전달받아 액션 선택기(9100)에서 동작을 수행할 수 있다.

[1884] 복수 모델인 경우, 작업 스케줄러 서비스부(1230)는 실험허브 실행 운영 작업을 실행 조건에 따라 실행시키게 된다. 이 경우, 실험허브 실행부(142)는 모델 실행부(130)에 실행 명령을 전달하게 되고, 복수 모델 실행을 위한 매개 변수는 사용자 입력에 의해 입력된다. 이때, 모델 실행부(130)는 사용자 입력에서 설정된 복수의 모델을 모델 저장소로부터 전달받아 동작을 수행한다.

[1885] 또한, 사용자 인터페이스를 제공하는 모델 분석부(1300) 또는 실험허브부(140)를 통해, 모델 실행부(130)에 실행 명령이 전달되어, 모델 실행부(130)에서 시나리오를 실행하게 된다.

[1886] 본 실시예에서 모델 저장소는 모델 1 내지 모델 N개를 보유한 상태이고, 정책 저장소는 정책 1 내지 정책 N개를 이미 보유한 상태로 가정한다. 본 실시예에 도시되지 않았으나, 가치함수 저장소가 구비될 수 있으며, 가치함수를 함수 1 부터 함수 N까지 이미 보유한 상태에 해당한다. 어떤 가치함수를 사용할지 여부는 액션 선택기(9100)에 따라 결정될 수 있고, 가치함수에 대한 설정은 사용자 입력에 의해 결정될 수 있다. 또한, 가치함수 저장소는 데이터 저장소(9600)에 구비될 수 있다.

[1887] 매개 변수를 설정하기 위하여 사용자 입력이 수반되며, 사용자 입력은 모델 분석부(1300), 실험허브부(140), 모델 실행 운영작업 또는 실험허브 실행 운영작업의 사용자 인터페이스, 시스템 운영부의 편집 인터페이스를 통해 제공받을 수 있다.

[1888] 매개변수 설정을 위한 사용자 입력은 액션 선택 방식, 의사결정 요소 목록, 의사결정 요소 산출 로직, 의사결정 지점마다 정책 함수와 연결하는 정보, 보상 및 성능 구조 목록, 보상 및 성능 구조 산출 로직, 보상 및 성능 집계 방식, 보상 및 성능 발생 조건, 의사결정을 위한 정책 함수 구조 및 초기 값 및 정책 함수 및 가치 함수 저장 규칙 중 적어도 하나를 결정하기 위한 입력에 해당한다. 상술한 입

력은 모델 분석부, 실험허브부의 사용자 인터페이스, 시스템 운영부의 운영작업 편집 인터페이스를 통해 제공될 수 있다.

- [1889] 액션 선택 방식을 결정하는 사용자 입력과 관련하여, 예를 들어, 가장 확률/가치가 높은 액션을 선택하는 그리디(greedy) 방식이 결정될 수 있다. 또한, 확률 또는 가치에 비례한 소프트맥스(SoftMax) 방식을 입력하고, 소프트맥스 방식의 온도 매개변수를 알파로 입력하고, 알파는 추출 횟수에 비례 또는 반비례하도록 규칙을 입력할 수 있다. 또한, 하나의 의사결정 지점에 여러 정책 함수를 사용하는 경우 앙상블(ensemble) 하여 최종 의사결정을 내리는 방법을 입력할 수 있다.
- [1890] 의사결정 요소 목록, 의사결정 요소 산출 로직을 결정하는 사용자 입력과 관련하여, 예를 들어, 의사결정을 내리는데 현재 제1 공정에서 대기중인 작업물의 수를 의사결정 요소로 하고 싶을 경우 해당 값을 출력하는 산출 로직을 사용자 입력으로 작성할 수 있다.
- [1891] 의사결정 지점마다 사용할 정책 함수(또는 가치함수)를 연결하는 정보(또는 연결 관계)에 대한 사용자 입력과 관련하여, 예를 들어, 모델 내부에서 제1, 2, 3, 4, 5 의사결정 지점이 포함되어 있을 때, 제1, 2, 3 의사결정 지점은 같은 제1 정책 함수를 사용하여 의사결정을 생성하고, 제4, 5 의사결정 지점은 각각의 제2, 3 정책함수를 사용하여 제1,2,3 의사결정 지점과는 다른 방식으로 의사결정을 생성할 수 있다. 또한, 예를 들어, 설비가 유휴 상태가 되었을 때, 투입 의사결정을 발생시키는 사건이 있는 것으로 가정한다. 이 경우, 공장에 포함된 A 공정 설비 3 대과 B 공정 설비 5대가 존재한다면, A 공정 설비 전체는 정책함수 1번을 사용하고, B 공정 설비 전체는 정책함수 2번을 사용하도록 입력될 수 있다. 또한, 예를 들어, 일정 시간마다 공장 전체에서 실행 가능한 설비와 작업물의 모든 조합을 액션으로 하는 하나의 정책함수를 구성하도록 입력될 수 있다. 또한, 예를 들어, 작업물이 설비에서 작업을 마치고 다음 공정의 대기열로 이동하기 전에 의사결정이 발생하는 상황을 가정한다. 이 경우, C 제품 그룹의 작업물은 정책함수 3번에 의해, D 제품 그룹의 작업물은 정책함수 4번에 의해 최종 의사 결정을 만들어 낼 수 있다. 여기서, 의사결정 지점은 특정 주체에 의해 의사결정을 내리는 임의의 지점을 나타낸다.
- [1892] 한편, 동일한 의사결정 사건(지점)에 대해 복수의 정책 함수가 동시에 적용될 수 있다. 이 경우, 사용자 입력으로 획득한 정책 우선순위에 의해 순차적으로 적용될 수 있다.
- [1893] 보상 및 성능 구조 목록, 보상 및 성능 구조 산출 로직을 결정하는 사용자 입력과 관련하여, 예를 들어, 작업물 A 선택시 납기 지연이 발생하면 -10, 작업 교체가 발생하지 않으면 +15 등 보상의 수치와 발생 조건 등이 작성될 수 있다. 또한, 피쳐 추출기 내부에 사전 구현된 제1, 2, 3 보상구조 산출 로직이 포함되어 있는 경우, 학습에서 제2, 3 보상을 사용할 경우, 제1 보상구조를 제외한 제2, 3 보상구조 목록이 입력될 수 있다. 또한, 의사결정이 발생한 시점으로부터 n 기간만큼 제1 공정그룹에 포함된 모든 설비의 평균 가동률을 산출하는 로직과 n 값이 입력

될 수 있다. 뿐만 아니라, 각 보상 및 성능을 구분하기 위한 종류, 의사결정이 발생한 지점의 대상 정보의 추출여부가 입력될 수 있다. 여기에서, 대상 정보는 대상 공정, 대상 설비, 대상 제품, 대상 작업물 대기열, 대상 라인, 대상 사이트 정보 등을 포함할 수 있다.

- [1894] 보상 또는 성능을 집계하는 방식에 대한 사용자 입력과 관련하여, 예를 들어, 제 1, 2, 3 성능지표(생산량, 납기 미준수, 설비가동률 등)에 각 0.3, -0.2, 1.5의 가중치를 입력하여 가중합 또는 비선형 함수를 통한 단일 값이 입력될 수 있다. 또한, 비선형 구조를 사용할 경우 사용될 매개변수 값이 입력될 수 있으며, 예를 들어, 생산량이 50을 초과하면 1점 고정, 생산량이 50미만이라면 생산량 나누기 50이 점수이고, 생산량이 50이면 1점으로 입력될 수 있다
- [1895] 의사결정을 위한 정책함수 또는 가치함수 구조와 초기 값의 사용자 입력과 관련하여, 예를 들어, 의사결정 지점 제1, 2, 3, 4, 5에 포함된 제1, 2, 3 정책 함수 중 제1 정책 함수는 MLP, 제2 정책 함수는 GNN, 제3 정책 함수는 decision tree 인 것으로 입력될 수 있다. 또한, 각 정책함수를 구성하는 초기 매개변수 값을 임의의 평균, 분산을 매개변수로 하는 정규분포로부터 무작위 추출하여 설정하거나 기존 학습된 정책 함수를 불러오기 위해 시점, 버전 정보, 정책함수 ID 등 학습된 정책 함수를 특정하기 위한 정보 중 하나 이상이 입력될 수 있다. 또한, 정책함수를 불러올 때 학습된 정책함수와 현재 설정한 정책함수가 일치하는지 여부 또는 호환가능한지 여부를 검증하는 입력이 추가될 수 있다. 정책 함수 또는 가치 함수의 형태는 사용자 입력에 의해 결정되며 다양한 구조의 신경망(MLP, CNN, GNN, Transformer 등), 의사결정 나무 또는 그들의 합성 구조(Ensemble, Boosting, Voting)이 포함될 수 있다.
- [1896] 시뮬레이션에서 어떤 모델을 실행할지 여부는 사용자 입력에 의해 결정될 수 있고, 어떤 정책을 사용할지 여부는 사용자 입력에 따라 결정될 수 있다. 또한, 모델 저장소 및 정책 저장소는 데이터 저장소(9600)에 해당될 수 있다.
- [1897] 피쳐 추출기(9200)는 의사결정 요소 및 액션 목록을 추출하여 액션 선택기(9100)로 전달한다. 이때, 피쳐 추출기(9200)가 추출하는 의사결정 요소는 액션과는 무관한 환경 상태 요소인 상태 피쳐 값과 액션에 직접적으로 연관이 있는 액션 피쳐 값을 포함한다. 또한, 액션 목록은 주어진 시점에 선택 가능한 행동의 집합을 나타낸다.
- [1898] 액션 선택기(9100)는 정책 저장소로부터 수신된 정책 함수 및 피쳐 추출기(9200)로부터 수신된 의사결정 요소, 액션 목록에 기초하여 액션 확률 및 상태가치 중 적어도 하나를 산출하여 최종 의사결정을 내릴 수 있다. 도시되지 않았으나, 액션 선택기(9100)는 가치함수 저장소로부터 수신된 가치 함수 및 피쳐 추출기(9200)로부터 수신된 의사결정 요소, 액션 목록에 기초하여 상태가치를 산출하여 최종 의사결정을 산출할 수 있다. 또한, 최종 의사결정은 액션 목록 중 사용자 입력으로 정해진 선택방식에 따라 출력될 수 있다. 또한, 평가기(9300)는 로그 정보, 객체 정보, 시점 정보를 받아와서 계산하며, 이를 통해 평가 결과가 산출된다.

- [1899] 피쳐 추출기(9200)에 있어서 객체 정보는 사이트, 라인, 설비, 제품, 공정 등 시뮬레이션 내부에서 객체화된 모든 요소 및 그 세부 특성 값을 포함할 수 있다. 또한, 평가기(9300)에 있어서 객체 정보는 의사결정으로 생성된 각종 시뮬레이션 중간/최종결과/로그 등을 포함할 수 있다. 평가 결과는 값, 시점 정보, 계층 정보, 성능지표의 종류 정보, 보상의 종류 정보, 집계 정보 등을 포함할 수 있다. 또한, 평가 결과는 시뮬레이션 중간 결과, 시뮬레이션 최종 결과, 이를 가공한 성능지표/보상 계산 결과, 사용된 정책 등을 포함하는 전체 결과에 해당할 수 있다. 모델 실행부(130)는 최종 의사결정을 고려하여 시뮬레이션을 수행하여 최종 의사결정이 여러 개 모인 모델 실행 결과를 생성한다. 액션 선택기(9100)로부터 산출된 모델 실행 결과와 평가기(9300)로부터 산출된 집계 결과는 모델 분석부(1300), 데이터 저장소(9600), 실험허브부(140)로 전달될 수 있다.
- [1900] 또한, 본 실시예에서, 복수의 시나리오를 실행하는 경우에는, 실험허브 실행부(142)는 하나 이상의 모델 실행부(130)에 대하여 시뮬레이션을 동시에 병렬 실행시킬 수 있다.
- [1901]
- [1902] 도 149는 실시예에 따른 정책 운용 시스템을 통해 생산 계획을 생성하는 다른 일 예를 나타내는 도면이다.
- [1903] 본 실시예의 경우, 복수의 소프트웨어 모델들을 실행하는 경우에 해당할 수 있다. 또한, 본 실시예에서 상술한 도 148와 동일한 내용은 설명을 생략하도록 한다. 본 실시예에서 모델 저장소는 모델 1 내지 모델 N개를 보유한 상태이고, 정책 저장소는 정책 1 내지 정책 N개를 이미 보유한 상태로 가정한다. 또한, 도시되지 않았으나, 가치함수 저장소가 구비될 수 있다.
- [1904] 본 실시예를 참조하면, 시스템 운영부(110)에 포함된 작업 스케줄러 서비스부(1230)는 실험허브 실행 운영 작업을 실행 조건에 따라 실행시키는 실행 명령이 전달될 수 있다. 또한, 사용자 인터페이스를 제공하는 실험허브부(140)를 통해 실험허브 실행부(142)에 실행 명령이 전달될 수 있다. 이때, 실험허브 실행부(142)는 실행에 필요한 매개 변수를 사용자 입력을 통해 수신하게 된다.
- [1905] 매개변수 설정을 위한 사용자 입력은 액션 선택 방식, 의사결정 요소 목록, 의사결정 요소 산출 로직, 의사결정 지점마다 정책 함수 연결하는 정보, 보상 및 성능 구조 목록, 보상 및 성능 구조 산출 로직, 보상 및 성능 집계 방식, 보상 및 성능 발생 조건, 의사결정을 위한 정책 함수 구조 및 초기 값, 정책 함수 및 가치 함수 저장 규칙 중 적어도 하나를 결정하기 위한 입력에 해당한다.
- [1906] 본 실시예에서 의사결정을 통해 생산 계획을 생성하기 위한 피쳐 추출기(9200), 액션 선택기(9100) 및 평가기(9300)는 실험 허브 실행부(142)에 구비될 수 있다.
- [1907] 피쳐 추출기(9200)는 모델 실행부(130)로부터 수신된 객체 정보에 기초하여, 의사결정 요소 및 액션 목록을 추출할 수 있다. 추출된 의사결정 요소 및 액션 목록은 액션 선택기(9100)로 전달한다. 액션 선택기(9100)는 정책 함수 및 가치 함수

중 적어도 하나에 대하여 의사결정 요소 및 액션 목록을 적용하여 최종 의사결정을 내릴 수 있다. 최종 의사결정은 액션 선택기(9100)에서 계산된 액션 확률 및 상태가치 중 적어도 하나를 기초로 결정될 수 있다.

- [1908] 또한, 평가기(9300)는 모델 실행부(130)로부터 객체 정보를 전달받아 계산하며, 이를 통해 평가 결과가 산출된다. 평가 결과는 값, 시점 정보, 계층 정보 등을 포함할 수 있다.
- [1909] 실험허브 실행부(142)는 액션 선택기(9100)를 구비하여 최종 의사결정을 내리게 되며, 실험허브 실행부(142)는 모델 실행부(130)에 대하여 최종 의사결정 및 평가 결과를 고려하여 시뮬레이션을 수행하도록 할 수 있다. 모델 실행부(130)는 실험허브 실행부(142)로부터 전달받은 최종 의사결정에 기초하여 시나리오에 대한 시뮬레이션을 수행하여 모델 실행 결과 및 평가 결과를 생성하여, 데이터 저장소(9600) 및 실험허브부(140)로 전달한다.
- [1910] 또한, 본 실시예의 경우, 복수의 시나리오를 실행하는 경우로서, 실험허브 실행부(142)는 하나 이상의 모델 실행부(130)에 대하여 시뮬레이션을 동시에 병렬 실행시킬 수 있다.
- [1911]
- [1912] 도 150는 실시예에 따른 정책 운용 시스템을 통해 시뮬레이션을 수행하고 성능지표를 산출하는 일 예를 나타내는 흐름도이다.
- [1913] 먼저, 사용자 입력을 수신하여 의사결정에 대한 매개변수가 설정되고 시스템이 초기화될 수 있다(S10010). 시스템 초기화는 피쳐 추출기(9200), 액션 선택기(9100), 평가기(9300)를 포함하는 모델 실행부 또는 실험허브 실행부에서 이루어질 수 있다. 매개변수 설정을 위한 사용자 입력은 모델 분석부(1300), 실험허브부(140), 시스템 운영부의 운영작업 편집 인터페이스를 통해 수신될 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이, 매개변수 설정을 위한 사용자 입력은 액션 선택 방식, 의사결정 요소 목록, 의사결정 요소 산출 로직, 의사결정 지점마다 정책 함수 연결하는 정보, 보상 및 성능 구조 목록, 보상 및 성능 구조 산출 로직, 보상 및 성능 집계 방식, 보상 및 성능 발생 조건, 의사결정을 위한 정책 함수 구조 및 초기 값, 정책 함수 및 가치 함수 저장 규칙 중 적어도 하나를 결정하기 위한 입력에 해당한다.
- [1914] 다음으로, 의사결정 시점에 시스템의 상태 및 액션을 고려하여 의사결정 요소 값 및 액션 목록을 추출할 수 있다(S10020). 의사결정 요소 값 및 액션 목록은 피쳐 추출기에서 추출될 수 있다. 한편, 산출된 의사결정 요소, 피쳐 값 정보, 액션 목록 등은 시뮬레이션 동작 도중 추출될 수 있다.
- [1915] 또한, 추출된 의사결정 요소 값 및 액션 목록에 기반하여, 액션 확률 및 상태가치 함수 중 적어도 하나를 계산할 수 있다(S10030). 피쳐 추출기로부터 정책 함수의 입력 형태에 맞는 의사결정 요소가 추출되어 액션 선택기에 전달된 경우, 정책 함수 값 및 상태가치 값 중 적어도 하나는 액션 선택기에서 계산될 수 있다. 이는 정책 함수가 신경망으로 표현될 경우, 신경망을 한 번 통과하는 것으로 구현되는 피드 포워드(feed forward) 과정과 동일할 수 있다.

- [1916] 최종 의사 결정을 내리고, 시뮬레이션을 수행할 수 있다(S10040). 또한, 선택적으로 시뮬레이션 도중 성능지표 값을 산출할 수 있다. 또한, 계산된 정책 함수 및 상태가치 값 중 적어도 하나에 기초하여 최종 의사결정을 내리고, 시뮬레이션을 수행한다. 최종 의사결정은 액션 목록에 포함된 적어도 하나의 액션을 포함할 수 있다. 또한, 최종 의사결정은 액션 선택기에서 내릴 수 있다. 예를 들어, 설비가 작업물 또는 배치를 선택하는 의사결정의 경우, 선택방법에 따라 적어도 1개의 작업물 또는 배치가 최종 의사결정이 될 수 있다. 또한, 예를 들어, 작업물이 설비 또는 설비 그룹을 선택하는 경우, 적어도 1개의 설비 또는 설비 그룹이 최종 의사결정이 될 수 있다. 또한, 예를 들어, 설비-작업물 또는 배치-작업물 페어링 선택하는 의사결정의 경우 적어도 하나 이상의 페어가 최종 의사결정이 될 수 있다.
- [1917] 시뮬레이션이 종료 조건에 해당하는지 판단할 수 있다(S10050). 시나리오는 시뮬레이터에 의해 실행되며, 시뮬레이터는 엔진, 모델 실행부, 실험허브 실행부를 포함할 수 있다.
- [1918] 종료 조건에 해당하는 경우, 시뮬레이션 종료 시점에서 성능 지표 값을 산출할 수 있다(S10060). 평가기에 의해 성능 지표 값이 산출될 수 있다. 여기에서, 종료 조건은 목표 시간(연산 시간), 계획 구간(계획 수립 기간), 목표 사건 발생, 목표 수요 충족, 목표 성능치 만족 등을 포함할 수 있다. 또한, S10060 단계는 선택적으로 수행될 수 있다. 즉, 시뮬레이션이 종료되는 경우에 선택적으로 종료 시점에서의 성능지표 값이 산출될 수 있다. 또한, 시뮬레이션이 종료되는 경우, 생산 계획 데이터가 제공될 수 있다.
- [1919] 종료 조건에 해당하지 않는 경우, S10020 단계로 돌아가서 다시 의사결정 요소 값 및 액션 목록을 추출하고 다음 단계가 순차적으로 수행될 수 있다. 즉, 종료 조건에 도달할 때까지 S10020 단계부터 S10040 단계가 반복적으로 수행될 수 있다.
- [1920]
- [1921] 도 151는 실시 예에 따른 정책 운용 시스템을 초기화하는 단계를 나타내는 흐름도이다.
- [1922] 본 실시예는 상술한 S10010 초기화 단계를 보다 상세하게 설명하는 흐름도이다.
- [1923] 먼저, 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 로직을 수신하고, 입력 데이터를 획득하고, 획득한 모델 및 로직을 초기화할 수 있다(S10012). 또한, 적어도 하나의 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 클라이언트에게 제공될 수 있다. 예를 들어, 모델 실행부 또는 실험허브 실행부가 적어도 하나의 소프트웨어 모델을 획득할 수 있다. 획득한 모델 및 로직을 초기화하는 것은 모델 실행에 대한 시나리오 또는 시뮬레이션을 초기화하는 것에 해당한다.
- [1924] 다음으로, 정책을 운용하기 위하여 사용자 입력으로 매개변수를 획득할 수 있다(S10014). 추가적으로, 사용자 입력을 통해 액션 선택 방식, 의사결정 요소 목록, 의사결정 지점마다 정책 함수를 연결하는 정보, 보상 및 성능 구조 목록, 보

상 및 성능 구조 산출 로직, 보상 및 성능 집계 방식, 보상 및 및 성능 발생 조건, 의사결정을 위한 정책 함수 구조 및 초기 값, 정책 함수 및 가치 함수 저장 규칙 중 적어도 하나가 설정될 수 있다.

- [1925] 정책 운용 시스템을 초기화할 수 있다(S10016). 모델 및 로직의 초기화는 모델 실행부에서 진행되고, 피쳐 추출기(9200), 액션 선택기(9100), 평가기(9300)의 초기화는 모델 실행부 또는 실험허브 실행부에서 이루어질 수 있다.
- [1926]
- [1927] 도 152는 실시 예에 따른 정책 운용 시스템을 통한 생산 계획 데이터를 생성하는 흐름도이다.
- [1928] 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공한다(S10070). 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 온프레미스 시스템 및 클라우드 시스템에 모두 적용될 수 있고, 상술한 백워드 플래닝 엔진, 포워드 플래닝 엔진, 디스패칭 에이전트, 컴페어 에이전트 등이 관련될 수 있다. 또한, 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 상술한 정책 운용, 학습, 평가, 배포, 관리를 위한 기능 등이 관련될 수 있다 백워드 플래닝 엔진(backward planning engine)에 대한 상세한 예는 도 4 내지 8에, 포워드 플래닝 엔진(forward planning engine)에 대한 상세한 예는 도 9 내지 도 13에, 디스패칭 에이전트(dispatching agent)에 대한 상세한 예는 도 14 내지 도 18에 각각 예시하였다. 온프레미스 시스템의 경우, 모델 개발부에 대한 상세한 예는 도 19 내지 도 22에 각각 예시하였다. 클라우드 시스템의 경우, 컴페어 에이전트에 대한 상세한 예는 도 134 내지 도 138에 각각 예시하였고, PBB에 대한 상세한 예는 도 117 내지 도 123에 각각 예시하였고, PBF에 대한 상세한 예는 도 124 내지 도 133에 예시하였다.
- [1929] 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신한다(S10080). 생산 운영 데이터(제조 시스템)와 관련된 기준 정보와 제조 시스템의 상태 데이터를 포함하는 제1 입력 데이터를 수신할 수 있고, 시스템 상의 제공 서비스의 요구 사항에 따라 일정한 데이터 스키마로 변환되어 시스템으로 입력될 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이, 제2 입력 데이터는 액션 선택 방식, 의사결정 요소 목록, 의사결정 요소 산출 로직, 의사결정 지점마다 정책 함수와 연결하는 정보, 보상 및 성능 구조 목록, 보상 및 성능 구조 산출 로직, 보상 및 성능 집계 방식, 보상 및 및 성능 발생 조건, 의사결정을 위한 정책 함수 구조 및 초기 값 및 정책 함수 및 가치 함수 저장 규칙 중 적어도 하나를 결정하기 위한 입력에 해당한다.
- [1930] 제1 입력 데이터 및 제2 입력 데이터를 기반으로, 의사결정 요소 및 액션 목록을 추출할 수 있다(S10090). 상술한 바와 같이, 의사결정 요소는 상태 피쳐 값 및 액션 피쳐 값 중 적어도 하나를 포함하고, 액션 목록은 선택 가능한 행동의 집합 또는 리스트를 나타낸다.

- [1931] 의사결정 요소 및 액션 목록에 대하여 정책 함수를 반영하여, 최종 의사결정이 포함된 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다(S10100). 상술한 바와 같이, 정책 함수 및 가치 함수 중 적어도 하나에 대하여 의사결정 요소 및 액션 목록을 적용하여 최종 의사결정을 내릴 수 있다. 또한, 최종 의사결정 이 반영된 모델 실행을 통해 성능지표 값을 산출할 수 있고, 모델 실행 결과 및 평가 결과는 저장될 수 있다. 여기에서, 생산 계획 데이터는 모델 수행의 중간 산출물 혹은 최종 결과물, 의사결정 요소, 성능 지표, 정책 함수, 정책 평가/학습/운용을 위한 도구 들의 객체 정보에 해당할 수 있다.
- [1932] 도 29를 참조하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [1933] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(410), 저장장치(420), 인메모리(430), 프로세서(440), 출력부(450), 및 사용자 인터페이스(460)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치는 클라이언트의 제조생산시스템에 해당할 수 있다.
- [1934] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(460)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [1935] 입력부(410)는 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 온프레미스 컴퓨팅 시스템으로부터 수신할 수 있다.
- [1936] 저장장치(420)는 미리 준비된 기준정보를 저장하거나 수신된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 저장할 수 있다. 저장장치(420)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [1937] 인메모리(430)는 위에서 개시한 소프트웨어 모델, 입력데이터, 라이브러리 엔진 세트 및 라이브러리 엔진, 모델 실행부 및 실험허브부를 통해 수행하는 과정에서 얻어진 산물을 저장할 수 있다. 라이브러리 엔진세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다. 실시예의 인메모리(430)는 운영작업에 관련된 중간 산출물 및/또는 최종 산출물을 저장할 수 있다. 또한, 저장장치(420) 또는 인메모리(430)는 동적 정책 운영을 관리하는 기능에 관련된 서비스, 파일, 데이터 등을 저장할 수 있고, 상술한 동적 정책 운영을 위해 정책 운용과 학습을 담당하는 관련 기능이 추가될 수 있으며, 재학습 판단, 상태/상황 생성, 정책 평가 등의 기능과 연관된 평가 결과, 데이터 드리프트 탐지 로그, 상황/상태 생성 데이터, 합성 정책/가치 함수 등이 서비스, 파일, 데이터 형태로 역시 저장될 수 있다. 상술한 정책 운용에 연관된 기능은 피쳐 추출, 액션 선택, 평가 등의 세부 기능이 포함될 수 있으며, 이들의 동작으로 파생되는 의사결정 요소 값, 액션 목록, 최종 의사결정, 정책확률, 상태가치, 성능, 보상 등을 포함하여 저장될 수 있다. 상술한 정책 학습에 연관된 기능은 상술한 정책 운용에 연관된 기능과 정책 관리 등의 기능을 포함할 수 있으며, 이들의 동작으로 파

생되는 학습 데이터, 정제 데이터, 초기화 된 정책/가치 함수, 학습된 정책/가치 함수, 학습 로그 등을 포함하여 저장될 수 있다.

- [1938] 실시예의 프로세서(440)는 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하고, 제1 입력 데이터 및 제2 입력 데이터를 기반으로, 적어도 하나의 정책을 학습, 평가, 운영, 배포 및 관리 중 적어도 하나를 수행하여 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 제공한다.
- [1939] 도 104을 참조하여, 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [1940] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 프로세서(2610), 인메모리(2620), 저장장치(2630) 및 인터페이스(2640)를 포함할 수 있다.
- [1941] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 인터페이스(2640)를 통한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다. 인터페이스(2640)는 클라이언트로부터 제조생산시스템의 입력 데이터를 획득할 수 있다. 저장장치(2630)는 인터페이스(2640)가 수신한 입력 데이터, 소프트웨어 모델 및 로직 세트 중 적어도 하나를 저장장치(2630)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(2630)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 인메모리(2620)는 제조생산시스템의 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다. 클라우드 시스템의 인메모리(2620) 또는 저장장치(2630)는 온프레미스 시스템의 인메모리(430) 또는 저장장치(420)와 동일한 데이터를 저장할 수 있다.
- [1942] 실시예의 프로세서(2610)는 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하고, 제1 입력 데이터 및 제2 입력 데이터를 기반으로, 의사결정 요소 및 액션 목록을 추출하고, 의사결정 요소 및 액션 목록에 대하여 정책 함수를 반영하여, 최종 의사결정이 포함된 생산 계획 데이터를 제공한다.
- [1943]
- [1944] 도 153은 실시예에 따른 정책 학습 시스템의 도구를 나타내는 도면이다.
- [1945] 데이터 수집을 통한 정책 학습을 수행하기 위하여 액션 선택기(9100), 피처 추출기(9200), 평가기(9300), 정책 관리기(9400)가 사용될 수 있다.
- [1946] 본 실시예를 참조하면, 정책 학습을 위하여 데이터를 축적하여 학습을 수행하는 경우, 시뮬레이션 종료 지점까지 적어도 하나의 의사결정 지점(9010), 적어도 하나의 보상 발생 지점(9020), 적어도 하나의 KPI 평가 구간(9030)을 포함하게 된다.

- [1947] 의사결정 지점은 특정 주체에 의해 의사결정을 내리는 특정 시점을 의미한다. 보상 발생 지점은 사용자가 입력한 보상 발생 조건인 매개변수를 기준으로, 시뮬레이션 중에 보상 발생의 조건에 해당하는 지점을 의미한다.
- [1948] 의사결정 시점은 시뮬레이션 종료 시점까지 시뮬레이션 진행 도중 여러 번 발생할 수 있다. 여기에서, 시뮬레이션은 단독 시나리오 수행, 엔진 구동, 모델 실행, 실험 수행 등을 포함할 수 있다. 시뮬레이션 종료 시 의사결정으로 생성된 생산 계획 또는 시뮬레이션 중간 또는 최종 결과물에 기반하여 평가기(9300)는 성능 지표를 산출할 수 있다. 한편, 동일한 의사결정 사건(시점)에 대해 복수의 정책 함수가 동시에 적용될 수 있다. 이 경우, 사용자 입력으로 획득한 정책 우선순위에 의해 순차적으로 적용될 수 있다.
- [1949] 피처 추출기(9200)는 적어도 하나의 의사결정 지점(9010)에 대하여 의사결정 요소 값 및 액션 목록을 추출하고 액션 선택기(9100)에 전달할 수 있다. 또한, 피처 추출기(9200)는 의사결정 시점을 추출하여 평가기(9300)에 전달할 수 있다. 또한, 피처 추출기(9200)는 시뮬레이션 종료 시점이 아닌 시뮬레이션 도중에도 의사결정 요소를 추출할 수 있다. 피처 추출기(9200)는 학습 데이터를 산출하여 정책 관리기(9400) 또는 데이터 저장소(9600)에 전달할 수 있다.
- [1950] 액션 선택기(9100)는 피처 추출기(9200)로부터 의사결정 요소 값과 액션 목록을 받아 최종 의사결정을 만들어 낼 수 있다. 출력된 최종 의사결정은 시뮬레이션 상의 적어도 하나의 의사결정 지점에 전달되어 시뮬레이션이 구동되도록 할 수 있다. 또한 최종 의사결정은 피처 추출기(9200)로 다시 수집되어 학습데이터로서 정제되는데 사용될 수 있다.. 또한, 평가기(9300)는 적어도 하나의 보상발생 지점(9300) 및 KPI 평가 구간(9030)에 대한 평가를 내리고, 성능지표, 리워드, 패널티 값을 계산하여 피처 추출기(9200)로 전달하거나, 선택적으로 데이터 저장소에 저장할 수 있다.
- [1951] 정책 관리기(9400)는 피처 추출기(9200)로부터 수신된 학습 데이터를 통해 정책을 학습시켜 학습 로그, 학습된 정책 함수, 학습된 가치 함수를 산출하여 액션 선택기(9100)에 전달하거나 데이터 저장소에 저장할 수 있다.
- [1952] 즉, 액션 선택기(9100), 피처 추출기(9200), 평가기(9300) 및 정책 관리기(9400)를 이용하여 정책 학습을 수행하여 주어진 자원과 상황에서 의사결정을 내리는 정책을 개선하는 것만으로도 생산성 및 효율성을 높일 수 있게 된다.
- [1953]
- [1954] 도 154는 실시 예에 따른 정책 학습 시스템의 수행주체를 나타내는 도면이다.
- [1955] 정책 함수를 학습하는 각각의 수행 주체는 다음과 같이 시스템 내에 위치할 수 있다. 본 실시예를 참조하면, 시스템 운영부(110)는 시뮬레이션을 실행하여 정책 학습을 수행하는데 필요한 액션 선택기(9100), 피처 추출기(9200), 평가기(9300), 정책 관리기(9400)를 포함할 수 있다. 또한, 시스템 운영부(110)는 작업 스케줄러 서비스부(1230), 데이터 저장소(9600)를 포함할 수 있다. 데이터 저장소(9600)는 모델 저장소, 정책 저장소를 포함할 수 있다.

- [1956] 또한, 모델 실행부(130) 및 실험허브 실행부(142)는 시스템 운영부(110)와 별도로 위치하여, 실행 명령을 내릴 수 있다. 이 경우, 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(9200), 평가기(9300), 정책 관리기(9400)는 모델 실행부(130) 또는 실험허브 실행부(142) 내부에 구비될 수 있다. 본 실시예에는 도시되지 않았으나, 모델 실행부(130) 및 실험허브 실행부(142)가 시스템 운영부(110) 내부에 위치하는 것도 가능하다.
- [1957]
- [1958] 도 155은 실시예에 따른 정책 학습 시스템을 통해 정책 학습을 수행하는 일 예를 나타내는 도면이다.
- [1959] 본 실시예는, 실험허브 실행부(142)에 피쳐 추출기, 액션 선택기, 평가기 및 정책 관리기가 포함된 경우의 정책 관리기의 동작 예시에 해당한다.
- [1960] 먼저, 사용자 입력에 의해 제1 매개 변수가 설정 또는 입력될 수 있다. 제1 매개 변수는 액션 선택 방식, 의사결정 요소 목록, 의사결정 요소 산출 로직, 의사결정 지점마다 정책 함수와 연결하는 정보, 보상 및 성능 구조 목록, 보상 및 성능 구조 산출 로직, 보상 및 성능 집계 방식, 보상 및 성능 발생 조건, 의사결정을 위한 정책 함수 구조, 의사결정을 위한 정책 초기 값, 정책 함수 및 가치 함수 저장 규칙, 정책 함수, 실행될 모델의 종류 및 모델을 특정할 수 있는 정보 중 적어도 하나를 포함한다. 또한, 제1 매개 변수는 학습에 관련된 매개 변수를 포함할 수 있다. 학습 관련 매개 변수는 학습 데이터 누적 개수, 학습 데이터 누적 방식, 학습 데이터 관리 방식, 학습 시작 조건, 학습 알고리즘의 종류, 학습 알고리즘의 매개 변수, 초기화 방식, 초기화 로직, 초기화 알고리즘, 하이퍼 파라미터 자동 조정 방식, 하이퍼 파라미터 자동 조정 로직, 하이퍼 파라미터 자동 조정 알고리즘 및 학습 종료 규칙 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [1961] 의사결정 지점마다 사용할 정책 함수(또는 가치함수)를 연결하는 정보(또는 연결 관계)에 대한 사용자 입력과 관련하여, 예를 들어, 모델 내부에서 제1, 2, 3, 4, 5 의사결정 지점이 포함되어 있을 때, 제1, 2, 3 의사결정 지점은 같은 제1 정책 함수를 사용하여 학습 데이터를 공유하고, 제4, 5 의사결정 지점은 각각의 제 2, 3 정책함수를 사용하여 데이터를 따로 모으도록 입력할 수 있다.
- [1962] 정책 함수 또는 가치 함수 저장 규칙의 사용자 입력과 관련하여, 예를 들어, 하나의 데이터 추출 및 학습 과정에 포함된 적어도 하나의 정책 함수 또는 가치 함수를 N 시간마다 추출하여 데이터베이스에 저장하거나, M 에폭(Epoch) 학습했을 때 저장하거나, 성능 지표의 변화가 e 이하일 때 저장하는 것으로 입력될 수 있다. 또한, 파일에 저장하거나, 데이터 베이스에 저장하는 경우, 데이터베이스 접속 규칙 및 저장을 위한 입력이 설정될 수 있다.
- [1963] 예를 들어, 학습 관련 매개 변수 중 학습 데이터 누적 개수, 학습 데이터 누적 방식의 경우, 학습 데이터를 50만개 누적하고 이를 초과하면 누적된 시점이 빠른 순서대로 덮어쓰기를 진행하도록 설정될 수 있다. 또한, 학습 시작 조건의 경우, 예를 들어, 학습 데이터가 30만개 이상 누적에 해당할 수 있다. 학습 데이터 관리

방식과 관련하여, 학습이 끝나는 시점에 기존 데이터를 유지하거나 누적된 시점이 빠른 순서로 60%를 학습 데이터에서 제외하도록 설정될 수 있다.

- [1964] 학습 알고리즘은 강화학습 알고리즘에 해당하고, 강화학습 알고리즘에서 사용하는 학습 알고리즘은 REINFORCE, TD(SARSA), DQN, A3C, PPO, GRPO, GAT 등을 설정할 수 있다. 또한, 강화학습에서 사용하는 탐색 알고리즘으로 Adam, AdamW, RMSProp, Lion 등을 설정할 수 있다. 예를 들어, 학습 알고리즘 구조가 GNN인 제2 정책 함수를 학습할 때 사용할 경사하강법(SGD method) 기반의 최적화 알고리즘(탐색 방법) 중 Adam을 사용할 수 있다. Adam을 사용할 때 매개 변수로서 러닝레이트(learning rate)를 0.001, 제1 모멘텀을 0.9, 제2 모멘텀을 0.999, 입실론(epsilon)을 10^{-8} 등을 입력하여 사용할 수 있다. 또한, 예를 들어, 매개 변수 자동 튜닝기가 포함되어 있을 경우, 매개 변수 자동 튜닝기의 하이퍼 파라미터만 입력될 수 있다. 이 경우, 상술한 Adam 알고리즘의 4개의 매개 변수가 학습 상황에 맞게 자동으로 조절될 수 있다. 또한, 입력된 학습 알고리즘에 따라 피쳐 추출기의 추출방식과 전처리 방식이 달라질 수 있다. 예를 들어, TD(SARSA) 방식으로 학습하게 될 경우 연속된 두 의사결정 지점의 상태와 의사결정 선택 정보가 필요하지만, PPO, GAT 같은 경우 의사결정 당시 시점의 정보만으로 학습이 가능하다.
- [1965] 학습 종료 규칙은 학습 종료 조건을 나타내며, 예를 들어, T 시간 학습 후 종료, K번 Epoch 수행 후 종료, 성능 지표 변화 ϵ 이하 종료, Loss 함수 값 등으로 설정될 수 있다. 또한, 예를 들어, 다중 목적의 경우 Pareto Front의 갱신이 학습 Epoch 이내에 이루어지지 않을 경우 등 역치 값에만 의존하는 것이 아닌 로직이나 규칙에 따라 복잡한 조건이 설정될 수도 있다.
- [1966] 제1 매개 변수가 설정된 상태에서, 작업 스케줄러 서비스부(1230)는 운영 작업에 설정된 실행 조건에 따라 정책 관리기(9400)에 실행 명령을 전달하거나, 추가 사용자 입력을 통해 정책 관리기(9400)에 실행 명령이 전달될 수 있다.
- [1967] 정책 관리기(9400)는 실험허브 실행부에 데이터 수집 명령을 전달할 수 있다. 이때, 정책 관리기(9400)는 제2 매개 변수를 전달하면서 데이터 수집 명령을 전달할 수 있다. 제2 매개 변수는 제1 매개 변수의 일부에 해당하며, 데이터 수집을 위하여에 해당한다.
- [1968] 한편, 데이터 수집 명령을 전달하기 전에 사용자 입력으로부터 학습에 필요한 매개 변수를 받아 각종 도구들을 초기화할 수 있다. 이 경우, 매개 변수가 대상 모델에 적합하지 않을 수 있어, 사전에 모델 실행 후 필요한 기록을 확인하여 적정 매개 변수 값을 결정하는 단계를 선택적으로 진행할 수 있다. 즉, 학습에 의한 우수한 성과물을 만들기 위해 사용자 입력에 의한 매개 변수 설정을 수동 또는 자동으로 튜닝하기 위해 사전 모델 파악이 필요하다. 이는 상술한 정책 관리기(9400)의 하이퍼 파라미터 자동 조정기에 의해 수행될 수 있다. 모델을 사전 수행하는 명령도 하이퍼 파라미터 자동 조정기가 수행하거나 시스템 운영부의 운영작업에 실행 명령을 전달하여 모델을 실행하게 할 수 있다.

- [1969] 예를 들어, 모델 학습이 발생하는 시점을 데이터 100만개가 모였을 때 시작하는 것으로 매개 변수를 지정해 둔 것으로 가정한다. 이때, 대상 모델을 실행한 결과 의사결정 지점이 1회 실행당 100번 정도 밖에 없어 1만번 시뮬레이션 구동 후 첫 학습이 일어나는 상황이 발생하게 될 수 있다. 이 경우, 학습 발생 시점을 1만 개 수준으로 조정하여 100번 시뮬레이션을 구동 후 학습이 시작되도록 할 수 있다.
- [1970] 또한, 예를 들어, 비슷한 역할을 하는 설비 A, B, C, D, E 중 A, B, C가 정책 1, 설비 D, E가 정책 2를 사용하는 것으로 사용자 입력을 통한 매개 변수가 설정된 것으로 가정한다. 이때, 설비 A, B, C 에서는 데이터가 100개씩 모이고, 설비 D, E 에서는 5개씩 모이는 상황이 발생할 수 있다. 이 경우, 정책 1은 학습이 원활하게 일어나는 데 비해 정책 2는 학습이 아예 일어나지 않을 수도 있다. 따라서, 설비 A, B, C, D, E 5대의 설비가 같은 정책을 활용할 수 있게 재 설정하여 데이터 수집하게 할 수 있다
- [1971] 또한, 제2 매개 변수에 따라, 피쳐 추출기(9200), 액션 선택기(9100), 평가기(9300)는 초기화 될 수 있다. 초기화를 위하여 정책 함수가 필요할 수 있으며, 정책 함수는 정책 저장소에 저장되어 있던 정책 함수에 해당한다. 이때, 제공되는 정책 함수는 제2 매개 변수에서 설정된 정책 함수에 해당한다. 한편, 도시되지 않았으나, 정책 함수가 정책 저장소에서 제공되는 것 외에 정책 관리자(9400)가 신경망 초기화 장치(initiator) 등을 통해 임의 생성되어 제2 매개변수 또는 학습된 정책으로 전달되는 것도 가능하다.
- [1972] 초기화가 이루어진 후, 실험허브 실행부(140)는 모델을 실행할 수 있다. 이때 실행되는 모델은 모델 저장소에 저장된 모델에 해당한다. 예를 들어, 현 시점으로 부터 수행 시각이 가까운 모델 M개를 가져오거나, 현 시점으로부터 N 시간 이내에 있는 모든 모델을 가져올 수 있다. 모델 실행부(130)는 실험허브 실행부(140)의 명령에 따라 모델을 실행하고, 모델 실행에 따라 생성된 객체 정보를 피쳐 추출기(9200)에 전달할 수 있다.
- [1973] 상술한 바와 같이, 피쳐 추출기(9200)는 객체 정보로부터 의사결정 요소 값 및 액션 목록을 산출하여 액션 선택기(9100)에 전달할 수 있다. 액션 선택기(9100)는 최종 의사결정을 산출하여 피쳐 추출기(9200)에 전달할 수 있다. 또한, 액션 선택기(9100) 및 평가기(9300)의 수행 결과인 최종 의사결정 및 평가 결과는 모델 실행부(130)로 전달될 수 있다.
- [1974] 모델이 계속 실행되는 경우 액션 선택기(9100)로부터 나온 최종 의사결정 및 평가기(9300)로부터 나온 평가 결과에 의해 피쳐 추출기(9200)로부터 학습 데이터가 산출될 수 있다. 산출된 학습 데이터는 데이터 저장소(9600)에 저장되거나 정책 관리자(9400)에 전달되어 학습의 대상이 될 수 있다.
- [1975] 정책 관리자(9400)는 학습 데이터를 통해 학습을 진행하게 된다. 학습된 정책은 액션 선택기(9100)의 정책에 갱신되어 새로운 정책으로 의사결정을 내리고 데이터를 추출하는데 사용된다. 또한, 학습된 정책은 기록을 위해 정책 저장소에

저장될 수 있다. 학습된 정책은 정책 함수, 가치 함수, 학습 로그를 포함할 수 있다.

- [1976] 한편, 제1 매개 변수가 설정된 상태에서, 정책 관리기(9400)가 실행 명령을 수신하는 경우, 정책 관리기(9400)는 학습된 정책을 액션 선택기(9100) 또는 정책 저장소에 전달할 수 있다. 이때, 전달되는 학습된 정책은 신경망 초기화기(initiator)를 통해 만들어진 초기 정책 함수에 해당할 수 있다. 또한, 실행 명령을 수신하는 경우, 이미 학습된 상황이라면 학습된 정책을 이용하여 다시 학습을 시작하게 된다.
- [1977] 정책 관리기를 통한 정책 학습을 통하여, 주어진 자원과 상황에서 의사결정 정책의 개선만으로 성능을 향상시킬 수 있다. 또한, 정책이 없는 상황에서 정책을 확보하여 운영을 가능하게 하고, 학습된 정책을 관리하여 연속하여 학습할 수 있게 된다.
- [1978]
- [1979] 도 156는 실시 예에 따른 정책 학습 시스템을 통해 정책 학습을 수행하는 다른 일 예를 나타내는 도면이다.
- [1980] 본 실시예는, 모델 실행부에 포함된 엔진에 피쳐 추출기, 액션 선택기, 평가기가 포함된 경우의 정책 관리기의 동작 예시에 해당한다. 또한, 본 실시예에서 상술한 도 155와 동일한 내용은 설명을 생략하도록 한다.
- [1981] 먼저, 사용자 입력에 의해 제1 매개 변수가 설정 또는 입력될 수 있다. 제1 매개 변수가 설정된 상태에서, 작업 스케줄러 서비스부(1230)는 운영 작업에 설정된 실행 조건에 따라 정책 관리기(9400)에 실행 명령을 전달하거나, 추가 사용자 입력을 통해 정책 관리기(9400)에 실행 명령이 전달될 수 있다.
- [1982] 정책 관리기(9400)는 실험허브 실행부에 데이터 수집 명령을 전달할 수 있다. 이때, 정책 관리기(9400)는 제2 매개 변수를 전달하면서 데이터 수집 명령을 전달할 수 있다. 제2 매개 변수는 제1 매개 변수의 일부에 해당하며, 데이터 추출을 위한 매개변수에 해당한다.
- [1983] 또한, 제2 매개 변수에 따라, 피쳐 추출기(9200), 액션 선택기(9100), 평가기(9300)는 초기화 될 수 있다. 초기화를 위하여 정책 함수가 필요할 수 있으며, 정책 함수는 정책 저장소에 저장되어 있던 정책 함수에 해당한다. 이때, 제공되는 정책 함수는 제2 매개 변수에서 설정된 정책 함수에 해당한다.
- [1984] 초기화된 후, 모델이 실행되며, 엔진은 시뮬레이션을 구동할 수 있다. 시뮬레이션을 구동할 때 의사결정 시점이 되면, 피쳐추출기(9200)는 의사결정 요소를 산출할 수 있다.
- [1985] 상술한 바와 같이, 피쳐 추출기(9200)는 객체 정보로부터 의사결정 요소 및 액션 목록을 산출하여 액션 선택기(9100)에 전달할 수 있다. 액션 선택기(9100)는 최종 의사결정을 산출하여 피쳐 추출기(9200)에 전달할 수 있다. 또한, 액션 선택기(9100) 및 평가기(9300)의 수행 결과인 최종 의사결정 및 평가 결과는 모델 실행부(130)로 전달될 수 있다.

- [1986] 모델이 계속 실행되는 경우 액션 선택기(9100)로부터 나온 최종 의사결정 및 평가기(9300)로부터 나온 평가 결과에 의해 피쳐 추출기(9200)로부터 학습 데이터가 산출될 수 있다. 보다 상세하게는, 피쳐 추출기(9200)의 집계기를 통해 데이터가 정제되어 학습 데이터가 산출될 수 있다. 상술한 바와 같이, 학습 데이터는 의사결정 요소, 액션 목록, 최종 의사결정, 의사결정 시점, 성능지표, 보상 정보 등을 포함할 수 있다. 학습 데이터는 데이터 저장소(9600)로 전달되어 저장되거나, 정책 관리기(9400)로 전달되어 학습의 대상이 될 수 있다.
- [1987] 정책 관리기(9400)는 학습 데이터를 통해 학습을 진행하게 된다. 학습된 정책은 액션 선택기(9100)의 정책에 갱신되어 새로운 정책으로 의사결정을 내리고 데이터를 추출하는데 사용된다 이는 학습된 정책을 통해 새로운 학습 데이터를 얻어내기 위해 업데이트 하는 과정에 해당한다. 또한, 학습된 정책은 기록을 위해 정책 저장소에 저장될 수 있다.
- [1988]
- [1989] 도 157는 실시 예에 따른 정책 학습 시스템을 통해 학습을 수행하는 일 예를 나타내는 흐름도이다.
- [1990] 먼저, 사용자 입력을 수신하여 의사결정에 관련된 매개 변수를 설정하고, 시스템을 초기화할 수 있다(S10110). 상술한 바와 같이, 사용자 입력을 수신하는 경우 의사결정에 관련된 매개 변수로서 학습에 대한 매개 변수를 설정할 수 있다. 또한, 데이터 수집 명령에 따라, 피쳐 추출기, 액션 선택기 및 평가기를 포함하는 시스템은 초기화될 수 있다. 또한, 정책 관리기도 초기화될 수 있다.
- [1991] 다음으로, 적어도 하나의 시뮬레이션을 수행하여 의사결정 요소 값, 보상 값 또는 성능지표 값을 획득하여 학습 데이터를 축적할 수 있다(S10120). 또한, 의사결정 시점과 보상 값을 매칭시켜 정리할 수도 있다. 상술한 바와 같이, 시뮬레이터로부터 전달받은 객체 정보에 기초하여, 피쳐 추출기는 의사결정 요소, 액션 목록을 액션 선택기에 전달하고, 의사결정 시점 등을 평가기에 전달할 수 있다. 또한, 데이터 전처리를 통해 정책 학습에 사용되는 알고리즘 형태에 맞게 데이터를 가공하여 정제 학습 데이터를 생성한다. 또한, 선택된 학습 알고리즘으로 정제 학습 데이터를 학습시킬 수 있다. 선택된 학습 알고리즘은 알고리즘 수행에 필요한 하이퍼 파라미터를 포함하게 되고, 이는 사용자 입력 또는 자동 튜닝 장치를 통해 획득될 수 있다. 여기서, 하이퍼 파라미터는 학습 알고리즘이 동작하기 위해 획득되어야 하는 매개변수의 집합에 해당한다.
- [1992] 제1 사용자 지정 조건에 도달되었는지 판단할 수 있다(S10130). 제1 사용자 지정 조건은 학습을 시작하기 위한 조건에 해당한다. 예를 들어, 제1 사용자 지정 조건은 데이터가 적어도 30만개 쌓여야 학습을 시작해볼 수 있는 조건이 해당될 수 있다. 이러한 제1 사용자 지정 조건은 운영 시스템의 운영 작업 간 종속 관계에 입력될 수 있다. 예를 들어, 데이터 추출 운영 작업이 1회 수행된 이후 데이터가 30만개 미만이면 다시 데이터 추출 운영작업을 실행하는 의존성 실행 조건이 실행되고 30만개 이상이면 학습 운영작업이 수행되도록 할 수 있다. 또한, 예를

들어, 실험허브부의 반복 실험에서 데이터를 수집하는 경우, 반복 실험 설계에서 데이터를 추출하는 복수의 시나리오 1 반복이 끝난 후 반복 로직에서 데이터가 30만개 이상 또는 미만인지 검사하여 다음 반복 단계를 수행할지 또는 학습 알고리즘을 수행할지를 결정할 수 있다.

- [1993] 제1 사용자 지정 조건에 도달된 경우, 축적된 학습 데이터를 활용하여 정책 함수를 학습 및 저장할 수 있다(S10140). 또한, 축적된 학습 데이터를 활용하여 정책 함수를 갱신할 수 있다. 학습을 진행 중간 과정에서의 정책, 학습 로그 등은 사전에 입력된 설정에 의해 저장될 수 있다. 한편, 도시되지 않았으나, 축적된 학습 데이터를 활용하여 정책 함수를 학습, 갱신 또는 저장하는 동안, 학습 데이터에 대한 정리 또는 축적은 계속 진행될 수 있다. 즉, 학습을 진행하는 과정은 데이터를 수집하는 과정과 별개(비동기적)로 진행될 수 있다. 예를 들어, 데이터가 30만개 수집된 이후부터는 학습 알고리즘이 데이터 수집과는 무관하게 정책 함수를 지속적으로 만들어 낼 수 있다. 학습하는 동안 새로운 데이터가 추가되어 40만개가 될 수도 있고, 학습이 진행되는 동안 30만개만 가지고 학습을 진행할 수도 있다. 또한, 제1 사용자 지정 조건에 도달되지 않은 경우, 다시 S10120 단계부터 수행될 수 있다.
- [1994] 다음으로, 제2 사용자 지정 조건에 도달되었는지 판단할 수 있다(S10150). 제2 사용자 지정 학습을 종료하기 위한 조건에 해당한다. 예를 들어, 제2 사용자 지정 조건은 학습은 계속하여 진행하고 있으나 성능에 대한 개선이 없는 경우가 이에 해당할 수 있다. 또한, 예를 들어, 성능 개선은 되고 있으나 목표 값에 도달하는 경우에 해당될 수 있다. 제2 사용자 지정 조건은 여러 사용자 입력에 따라 주어지는 조건들이 적어도 하나 이상 입력될 수 있는 경우에 해당할 수 있다.
- [1995] 제2 사용자 지정 조건에 도달된 경우, 학습이 종료될 수 있다(S10160). 학습이 종료된 경우, 학습된 정책을 제공할 수 있다.
- [1996] 제2 사용자 지정 조건에 도달되지 않은 경우, 다시 S10120 단계부터 수행될 수 있다. 즉, 제1 사용자 지정 조건 및 제2 사용자 지정 조건에 도달할 때까지, S10120 단계부터 S10150 단계가 반복해서 수행될 수 있다.
- [1997]
- [1998] 도 158은 실시 예에 따른 정책 학습 시스템을 초기화하는 단계를 나타내는 흐름도이다.
- [1999] 보다 상세하게는, 도 157의 S10110 단계를 상세하게 설명하는 흐름도에 해당한다.
- [2000] 먼저, 학습에 사용될 데이터를 추출하기 위한 적어도 하나의 모델을 획득할 수 있다(S10210). 즉, 데이터 추출을 위한 대상 모델을 획득할 때, 같은 의사결정 요소를 공유하는 서로 다른 제조 시스템 모델들에서 동시에 데이터를 추출하여 학습을 진행할 수 있다. 또한, 같은 의사결정 요소를 사용하는 하나의 모델에 대해서도 다른 상태 또는 상황의 입력 데이터를 사용하여 학습을 진행할 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이, 모델을 획득하는 주체는 모델 실행부 또는 실험허브 실

행부에 해당하며, 모델 실행부 또는 실험허브 실행부에 명령을 내리는 것은 시스템 운영부 또는 정책 관리기에 해당한다. 예를 들어, 운영 시스템에 데이터 추출 운영 작업이 추가되어 입력 값으로 추출 대상 모델 및 입력 데이터 버전을 직접 지정할 수 있다. 또한, 예를 들어, 현 시점으로부터 가장 빠른 입력데이터 버전을 제외하고, 5개의 버전에 해당하는 모델을 지정하는 규칙을 입력으로 받을 수 있다.

- [2001] 다음으로, 학습 대상 의사결정 요소의 로직, 정책 함수의 구조, 학습 알고리즘 및 설정 값을 사용자 입력으로부터 획득할 수 있다(S10220). 여기에서, 학습대상 의사결정 요소의 로직, 정책 함수의 구조, 학습 알고리즘 및 설정 값은 사용자 입력에 의해 설정되는 매개 변수에 해당한다.
- [2002] 또한, 학습 대상 모델을 사전 수행하여 학습에 관련된 매개 변수의 적정 값을 탐색할 수 있다(S10230). S10230 단계를 선택적인 단계로서, 학습에 사용되는 하이퍼 파라미터를 조정하는 역할을 수행한다.
- [2003] 또한, 획득한 모델과 학습 관련 정보를 토대로 시뮬레이션 및 정책 학습을 위한 도구를 초기화할 수 있다(S10240). 하이퍼 파라미터가 제공되는 경우, 탐색된 하이퍼 파라미터에 기초하여 정책 학습 시스템을 초기화할 수 있다. 본 실시예에서, 시뮬레이션 및 정책 학습을 위한 도구는 피처 추출기, 액션 선택기, 평가기 및 정책 관리기를 포함할 수 있다.
- [2004]
- [2005] 도 159은 실시 예에 따른 정책 학습을 수행할 때 보상 또는 성능지표를 획득하는 것을 나타내는 흐름도이다.
- [2006] 보다 상세하게는, 도 157의 S10120 단계를 상세하게 설명하는 흐름도에 해당한다.
- [2007] 먼저, 의사결정 시점(사건)에 시스템의 상태 및 액션의 속성을 활용하여 의사결정 요소 및 액션 목록을 추출할 수 있다(S10310). 상술한 바와 같이, 피처 추출기는 시뮬레이터로부터 수신된 객체 정보에 기초하여 상태 피처 값 및 액션 피처 값을 추출하고, 이를 반영하여 의사결정 요소 및 액션 목록을 추출할 수 있다.
- [2008] 다음으로, 추출된 의사결정 요소에 기반하여 액션 별 정책 함수 값 및 가치 함수 값 중 적어도 하나를 계산할 수 있다(S10320). 상술한 바와 같이, 액션 선택기는 정책 함수 및 가치 함수 중 적어도 하나에 대하여 의사결정 요소 및 액션 목록을 반영하여, 액션 확률 및 상태가치(State Value) 중 적어도 하나를 계산할 수 있다.
- [2009] 또한, 정책 함수 및 가치 함수 중 적어도 하나에 기반하여 액션을 선택한다(S10330). 예를 들어, 계산된 정책 함수 값 및 가치 함수 중 적어도 하나에 기반하여 액션이 선택될 수 있다. 상술한 바와 같이, 액션 선택기는 액션 확률 및 상태가치 중 적어도 하나에 기반하여 최종 의사결정을 내릴 수 있다.
- [2010] 시뮬레이션을 수행하고, 시뮬레이션 도중에 성능지표를 산출할 수 있다(S10340). 상술한 바와 같이, 실행 명령에 의해 모델을 실행하는 경우, 시뮬레이션을 수

행하는 도중에 성능지표를 산출할 수 있다. 시뮬레이션 도중에 성능지표를 산출하는 것은 선택적으로 수행될 수도 있다.

- [2011] 또한, 데이터를 정제하여 정제 학습 데이터를 생성하고 저장할 수 있다(S10350). 상술한 바와 같이, 정책 학습에 사용되는 알고리즘 형태에 맞게 데이터를 가공하여 정제 학습 데이터를 산출 또는 생성할 수 있다. 또한, 데이터 정제 과정은 선택적으로 수행될 수 있다.
- [2012] 의사결정 요소 값 및 성능지표 값을 기초로 학습 데이터를 학습시키고 저장할 수 있다(S10360). 상술한 바와 같이, 학습데이터를 학습시킨 후 학습된 정책 함수, 학습된 가치 함수, 학습과 관련된 로그를 제공할 수 있다.
- [2013] 시뮬레이션이 종료 조건에 해당하는지 판단하고(S10380), 종료 조건에 해당하는 경우, 시뮬레이션의 종료 시점에서의 성능지표를 산출할 수 있다(S10380). 이때, 종료 조건은 의사결정 횟수, 목표 시간, 목표 성능치, 구동 시간 등을 포함할 수 있다. 여기에서, 목표 시간은 시나리오의 일정 및 계획 수립 구간을 나타낸다.
- [2014] 다만, 종료 조건에 해당하지 않는 경우, 다시 S10310 단계부터 의사결정 요소, 성능지표, 최종 의사결정 및 액션 목록을 추출할 수 있다. 즉, 종료 조건에 해당하지 않는 경우, 종료 조건에 도달할 때까지 S10310 단계 내지 S10370 단계를 반복적으로 수행할 수 있다.
- [2015]
- [2016] 도 160은 실시 예에 따른 정책 학습 시스템을 통해 정책을 생성하는 흐름도이다.
- [2017] 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공한다(S10070). 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트에는 온프레미스 시스템 및 클라우드 시스템에 모두 적용될 수 있고, 상술한 백워드 플래닝 엔진, 포워드 플래닝 엔진, 디스패칭 에이전트, 컴페어 에이전트 등이 관련될 수 있다. 또한, 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 상술한 정책 운용, 학습, 평가, 배포를 위한 기능 등이 관련될 수 있다 백워드 플래닝 엔진(backward planning engine)에 대한 상세한 예는 도 4 내지 8에, 포워드 플래닝 엔진(forward planning engine)에 대한 상세한 예는 도 9 내지 도 13에, 디스패칭 에이전트(dispatching agent)에 대한 상세한 예는 도 14 내지 도 18에 각각 예시하였다. 온프레미스 시스템의 경우, 모델 개발부에 대한 상세한 예는 도 19 내지 도 22에 각각 예시하였다. 클라우드 시스템의 경우, 컴페어 에이전트에 대한 상세한 예는 도 134 내지 도 138에 각각 예시하였고, PBB에 대한 상세한 예는 도 117 내지 도 123에 각각 예시하였고, PBF에 대한 상세한 예는 도 124 내지 도 133에 예시하였다.
- [2018] 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신한다(S10420). 생산 운영 데이터(제조 시스템)와 관련된 기준 정보와 제조 시스템의 상태 데이터를 포함하는 제1 입력 데이터를 수신할 수 있고, 시스템 상의 제공 서비스의 요구 사항에 따라 일정한 데이터 스키마로 변환되어 시스템으로 입력될 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이, 제2

입력 데이터는 액션 선택 방식, 의사결정 요소 목록, 의사결정 요소 산출 로직, 의사결정 지점마다 정책 함수와 연결하는 정보, 보상 및 성능 구조 목록, 보상 및 성능 구조 산출 로직, 보상 및 성능 집계 방식, 보상 및 성능 발생 조건, 의사결정을 위한 정책 함수 구조 및 초기 값 및 정책 함수 및 가치 함수 저장 규칙 중 적어도 하나를 결정하기 위한 입력에 해당한다.

- [2019] 제1 입력 데이터 및 제2 입력 데이터를 기반으로, 학습 데이터를 생성한다(S10430). 상술한 바와 같이, 학습 데이터는 성능지표, 의사결정 요소, 액션 목록, 시점, 대상 공정, 대상 설비, 보상 및 패널티 중 적어도 하나를 포함한다. 또한, 데이터 전처리를 통해 정책 학습에 사용되는 알고리즘 형태에 맞게 데이터를 가공하여 정책 학습 데이터를 생성한다.
- [2020] 생성된 학습 데이터를 정책 학습하여, 학습된 정책 함수 및 학습된 가치 함수 중 적어도 하나를 제공한다(S10440). 상술한 바와 같이, 학습 데이터를 통해 정책을 학습시켜, 학습 로그, 학습된 정책 함수, 학습된 가치 함수를 산출할 수 있다. 여기에서, 생산 계획 데이터는 모델 수행의 중간 산출물 혹은 최종 결과물, 의사결정 요소, 성능 지표, 정책 함수, 정책 평가/학습/운용을 위한 도구들의 객체 정보에 해당할 수 있다.
- [2021] 도 29를 참조하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [2022] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(410), 저장장치(420), 인메모리(430), 프로세서(440), 출력부(450), 및 사용자 인터페이스(460)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치는 클라이언트의 제조생산시스템에 해당할 수 있다.
- [2023] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(460)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [2024] 입력부(410)는 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 온프레미스 컴퓨팅 시스템으로부터 수신할 수 있다.
- [2025] 저장장치(420)는 미리 준비된 기준정보를 저장하거나 수신된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 저장할 수 있다. 저장장치(420)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [2026] 인메모리(430)는 위에서 개시한 소프트웨어 모델, 입력데이터, 라이브러리 엔진 세트 및 라이브러리 엔진, 모델 실행부 및 실험허브부를 통해 수행하는 과정에서 얻어진 산물을 저장할 수 있다. 라이브러리 엔진세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다. 실시예의 인메모리(430)는 운영작업에 관련된 중간 산출물 및/또는 최종 산출물을 저장할 수 있다. 또한, 인메모리(430) 또는 저장장치(420)는 동적 정책 운영을 관리하는 기능에 관련된 서비스, 파일, 데이터 등을 저장할 수 있고, 상술한 동적 정책 운영을 위해 정책 운용과 학습을 담당하는 관련 기능이 추가될 수 있으며, 재학습 판

단, 상태/상황 생성, 정책 평가 등의 기능과 연관된 평가 결과, 데이터 드리프트 탐지 로그, 상황/상태 생성 데이터, 합성 정책/가치 함수 등이 서비스, 파일, 데이터 형태로 역시 저장될 수 있다. 상술한 정책 운용에 연관된 기능은 피쳐 추출, 액션 선택, 평가 등의 세부 기능이 포함될 수 있으며, 이들의 동작으로 파생되는 의사결정 요소 값, 액션 목록, 최종 의사결정, 정책확률, 상태가치, 성능, 보상 등을 포함하여 저장될 수 있다. 상술한 정책 학습에 연관된 기능은 상술한 정책 운용에 연관된 기능과 정책 관리 등의 기능을 포함할 수 있으며, 이들의 동작으로 파생되는 학습 데이터, 정제 데이터, 초기화 된 정책/가치 함수, 학습된 정책/가치 함수, 학습 로그 등을 포함하여 저장될 수 있다.

- [2027] 실시예의 프로세서(440)는 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하고, 제1 입력 데이터 및 제2 입력 데이터를 기반으로, 학습 데이터를 생성하고, 생성된 학습 데이터를 정책 학습하여, 학습된 정책 함수 및 학습된 가치 함수 중 적어도 하나를 제공한다.
- [2028] 도 104을 참조하여, 클라우드 시스템에서 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [2029] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 프로세서(2610), 인메모리(2620), 저장장치(2630) 및 인터페이스(2640)를 포함할 수 있다.
- [2030] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 인터페이스(2640)를 통한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다. 인터페이스(2640)는 클라이언트로부터 제조생산시스템의 입력 데이터를 획득할 수 있다. 저장장치(2630)는 인터페이스(2640)가 수신한 입력 데이터, 소프트웨어 모델 및 로직 세트 중 적어도 하나를 저장장치(2630)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(2630)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 인메모리(2620)는 제조생산시스템의 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다. 클라우드 시스템의 인메모리(2620) 또는 저장장치(2630)는 온프레미스 시스템의 인메모리(430) 또는 저장장치(420)와 동일한 데이터를 저장할 수 있다.
- [2031] 실시예의 프로세서(2610)는 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하고, 제1 입력 데이터 및 제2 입력 데이터를 기반으로, 학습 데이터를 생성하고, 생성된 학습 데이터를 정책 학습하여, 학습된 정책 함수 및 학습된 가치 함수 중 적어도 하나를 제공한다.
- [2032]
- [2033] 도 161은 실시 예에 따른 동적 정책 운용 및 학습 시스템의 도구를 나타내는 도면이다.

- [2034] 본 실시예는 정책을 학습하고, 학습된 정책을 평가하여 변화하는 제조 시스템의 상황에 맞는 최적의 정책 혹은 시나리오를 제시하는 동적 정책 운용 및 학습 시스템에 관한 것으로서, 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(9200), 평가기(9300), 정책 관리기(9400) 및 강화학습 운영관리기(9500)가 사용될 수 있다.
- [2035] 정책 학습은 제조 시스템의 운영을 위해 정책을 확보하는 일련의 과정을 의미한다. 정책 평가는 제조 시스템에서 정책상 최선의 대안을 선택하여 가상의 시나리오를 수행해보는 것으로서, 주로 학습을 마친 정책을 제조 시스템 운영에 반영하는 것을 나타낸다.
- [2036] 본 실시예를 참조하면, 정책 학습 및 정책 운용을 수행하는 경우, 시뮬레이션 종료 지점까지 적어도 하나의 의사결정 지점(9010), 적어도 하나의 보상 발생 지점(9020), 적어도 하나의 KPI 평가 구간(9030)을 포함하게 된다.
- [2037] 의사결정 시점은 시뮬레이션 종료 시점까지 시뮬레이션 진행 도중 여러 번 발생할 수 있다. 여기에서, 시뮬레이션은 단독 시나리오 수행, 엔진 구동, 모델 실행, 실험 수행 등을 포함할 수 있다. 시뮬레이션 진행도중 및 종료 시 의사결정으로 생성된 생산 계획 또는 시뮬레이션 중간 결과물에 기반하여 평가기(9300)는 성능 지표를 산출할 수 있다. 한편, 동일한 의사결정 사건(시점)에 대해 복수의 정책 함수가 동시에 적용될 수 있다. 이 경우, 사용자 입력으로 획득한 정책 우선순위에 의해 순차적으로 적용될 수 있다.
- [2038] 피쳐 추출기(9200)는 적어도 하나의 의사결정 지점(9010)에 대하여 의사결정 요소 및 액션 목록을 추출하고 액션 선택기(9100)에 전달할 수 있다. 피쳐 추출기(9200)는 학습 데이터를 산출하여 정책 관리기(9400)에 전달할 수 있다.
- [2039] 액션 선택기(9100)는 의사결정 요소를 기초로 적어도 하나의 의사결정 지점(9010)에 대하여 정책 함수 및 가치 함수 중 적어도 하나를 이용하여 최종 의사결정을 내리고, 최종 의사결정을 시뮬레이션의 적어도 하나의 의사결정 지점(9010)으로 전달하게 된다. 또한, 피쳐 추출기(9200)는 적어도 하나의 의사결정 지점(9010)에서 전달된 최종 의사결정을 추출할 수 있다. 또한, 평가기(9300)는 적어도 하나의 보상발생 지점(9020) 및 KPI 평가 구간(9030)에 대한 평가를 내리고, 성능지표, 리워드, 패널티 값을 계산하고 정제하여 피쳐 추출기(9200)로 전달하거나, 선택적으로 데이터 저장소에 저장할 수 있다.
- [2040] 정책 관리기(9400)는 피쳐 추출기(9200)로부터 수신된 학습 데이터를 통해 정책을 학습시켜 학습 로그, 학습된 정책 함수, 학습된 가치 함수를 산출하여 데이터 저장소에 저장하거나 강화학습 운영관리기(9500)로 전달할 수 있다.
- [2041] 강화학습 운영관리기(9500)는 정책 관리기(9400) 또는 데이터 저장소(9600)로부터 정책 함수 및 가치 함수를 전달받고, 평가기(9300)로부터 성능지표를 포함하는 집계정보를 전달받게 된다. 강화학습 운영관리기(9500)는 정책을 지속적으로 평가하여, 정책 관리기(9400)에 재학습 명령을 전달할 수 있다.

- [2042] 즉, 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(9200), 평가기(9300), 정책 관리기(9400) 및 강화학습 운영관리기(9500)를 이용하여 정책을 학습하여 동적으로 정책을 운용할 수 있는 시스템을 제공하게 된다.
- [2043]
- [2044] 도 162는 실시 예에 따른 동적 정책 운용 및 학습 시스템의 수행주체를 나타내는 도면이다.
- [2045] 정책을 학습하여 동적으로 정책을 운용하는 각각의 수행 주체는 다음과 같이 시스템 내에 위치할 수 있다. 본 실시예를 참조하면, 시스템 운영부(110)는 시뮬레이션을 실행하여 정책 학습을 수행하는데 필요한 액션 선택기(9100), 피쳐 추출기(9200), 평가기(9300), 정책 관리기(9400), 강화학습 운영관리기(9500)를 포함할 수 있다. 또한, 시스템 운영부(110)는 작업 스케줄러 서비스부(1230), 데이터 저장소(9600)를 포함할 수 있다. 데이터 저장소(9600)는 모델 저장소, 정책 저장소를 포함할 수 있다.
- [2046] 도시되지 않았으나, 액션 선택기(9100), 평가기(9300), 피쳐 추출기(9200)는 모델 실행부(130)의 엔진에 구비되거나 실험허브 실행부(142)에 구비될 수 있다.
- [2047] 또한, 모델 실행부(130) 및 실험허브 실행부(142)는 시스템 운영부(110)와 별도로 위치하여, 실행 명령을 내릴 수 있다. 본 실시예에는 도시되지 않았으나, 모델 실행부(130) 및 실험허브 실행부(142)가 시스템 운영부(110) 내부에 위치하는 것도 가능하다.
- [2048]
- [2049] 도 163은 실시 예에 따른 동적 정책 운용 및 정책 학습 시스템을 통해 시뮬레이션을 실행하는 일 예를 나타내는 도면이다.
- [2050] 본 실시예는, 학습된 정책을 주기적으로 평가하여 최적의 정책 또는 시나리오를 제시하는 방법을 설명하도록 한다. 강화학습 운영관리기(9500)는 시스템 운영부에 위치하거나, 시스템 운영부 외부에 위치하여 별도의 강화학습 운영관리부로 구비될 수도 있다. 또한, 본 실시예에서 피쳐 추출기, 액션 선택기, 평가기는 도시되지 않았으나, 도 162에서 상술한 바와 같이, 시스템 운영부(110), 모델 실행부(130) 또는 실험허브 실행부(142)에 포함되어 있는 것으로 가정한다.
- [2051] 먼저, 사용자 입력에 의해 제1 매개 변수가 설정 또는 입력될 수 있다. 제1 매개 변수는 정책 운용에 관련된 매개 변수, 학습에 관련된 매개 변수, 정책 관리를 위한 매개 변수, 강화학습 운영을 위한 매개 변수를 포함할 수 있다. 본 실시예의 강화학습 운영관리기(9500) 또는 정책 관리기(9400)는 시스템 운영부의 작업 스케줄러 서비스부의 기능을 수행할 수 있다. 따라서, 강화학습 운영관리기(9500)는 운영작업을 수행할 수 있다. 강화학습 운영관리기(9500)가 수행되기 위해 필요한 매개 변수는 드리프트 탐지 방식, 정책 함수 또는 가치함수의 합성 로직, 정책 함수 또는 가치 함수의 합성 방식, 최적 운영 정책 선정 로직, 최적 운영 정책 선정 방식, 데이터 저장 방식 등을 포함할 수 있다.

- [2052] 또한, 강화학습 운영관리기(9500), 정책 관리기(9400), 피쳐 추출기(미도시), 액션 선택기(미도시), 평가기(미도시)는 초기화되어 실행될 수 있다.
- [2053] 강화학습 운영관리기(9500)가 최초로 실행되는 경우, 데이터 저장소(9600)로부터 정책을 받아올 수 있다. 또는 평가 대상이 되는 정책이 없는 경우, 학습 명령을 정책 관리기(9400)에 전달할 수 있다. 이 경우, 정책 관리기(9400)는 제2 매개 변수를 실험허브 실행부(142)에 전달하면서 데이터 수집 명령을 내릴 수 있다. 여기에서, 제2 매개 변수는 데이터 수집 관련 매개 변수에 해당한다.
- [2054] 또한, 강화학습 운영관리기(9500)로부터 학습 명령이 없는 경우에도, 제1 매개 변수가 설정되는 경우, 정책 관리기(9400)는 실험허브 실행부(142) 또는 모델 실행부(130)에 데이터 수집 명령을 전달할 수 있다.
- [2055] 이 경우, 실험허브 실행부(142)는 모델을 실행할 수 있다. 이때 실행되는 모델은 모델 저장소에 저장된 모델에 해당한다. 모델 실행부(130)는 실험허브 실행부(142)의 명령에 따라 모델을 실행하고, 모델 실행에 따라 생성된 객체 정보를 피쳐 추출기(미도시)에 전달할 수 있다.
- [2056] 상술한 바와 같이, 피쳐 추출기(미도시)는 객체 정보로부터 의사결정 요소 및 액션 목록을 산출하여 액션 선택기(미도시)에 전달할 수 있다. 액션 선택기(미도시)는 최종 의사결정을 산출하여 피쳐 추출기(미도시)에 전달할 수 있다. 또한, 액션 선택기(미도시) 및 평가기(미도시)의 수행 결과인 최종 의사결정 및 평가 결과는 모델 실행부(미도시)로 전달될 수 있다.
- [2057] 모델이 계속 실행되는 경우 액션 선택기(미도시)로부터 나온 최종 의사결정 및 평가기(미도시)로부터 나온 평가 결과에 의해 피쳐 추출기(미도시)로부터 학습 데이터가 산출될 수 있다. 산출된 학습 데이터는 데이터 저장소(미도시)에 저장되거나 정책 관리기(9400)에 전달되어 학습의 대상이 될 수 있다. 도시되지 않았으나, 피쳐 추출기, 액션 선택기 및 평가기는 모델 실행부(130) 또는 실험허브 실행부(142)에 위치할 수 있다.
- [2058] 정책 관리기(9400)는 제1 사용자 조건 및 제2 사용자 조건이 만족할 때까지 학습 데이터를 학습시킬 수 있다. 도시되지 않았으나, 학습이 종료된 경우, 최종 정책은 정책 저장소 또는 데이터 저장소에 저장될 수 있다. 또한, 학습 도중에 생성된 정책에 대해서도 정책 저장소 또는 데이터 저장소에 저장될 수 있다.
- [2059] 평가 대상 모델은 모델 저장소로부터 강화학습 운영관리기(9500)로 전달되고, 강화학습 운영관리기(9500)는 상태 생성기를 통해 상태 데이터를 생성하여 모델 저장소에 저장할 수 있다. 예를 들어, 상태 데이터는 모델 저장소에서 새로운 평가 대상 모델이 되어 산출될 수 있다. 또한, 도시되지 않았으나, 강화학습 운영관리기(9500)는 데이터 저장소(9600), 정책 저장소 또는 정책 관리기(9400)로부터 정책 함수를 가져올 수 있다.
- [2060] 강화학습 운영관리기(9500)는 운영 배포를 위한 정책 평가 및 데이터 드리프트 관측 중 적어도 하나를 위한 정책 평가를 수행할 수 있다. 이때, 획득된 정책과 모델을 모든 조합으로 평가하여 성능 지표의 값을 산출할 수 있다. 성능지표는 모

텔 실행부 또는 실험허브 실행부에 포함된 평가기에 의해 산출되거나, 시스템은 영부의 평가 스크립트를 통해 산출될 수 있다.

- [2061] 일 예로서, 강화학습 운영관리기(9500)는 최적의 운영 모델을 배포하기 위하여 정책을 평가할 수 있다. 이때 평가 대상이 되는 운영 모델은 단수 또는 복수의 모델이 해당될 수 있다. 예를 들어, 3일 동안의 모델을 평가하게 되는 경우, 복수의 모델들에 대하여 평가하여 최적의 성능을 내는 최적의 정책 및 시나리오를 배포하게 된다. 이때, 최적의 성능에 해당하는지 판단을 위해 추가적인 사용자 입력을 수신하거나, 성능 판단 로직이 구비될 수 있다. 만약 최적의 정책 시나리오가 산출된 경우, 모델 저장소에 전달할 수 있다. 또한, 최적의 시나리오가 산출된 때의 최적의 정책은 정책 저장소로 전달할 수 있다. 이때, 배포되는 정책 및 시나리오는 최적에 해당하는 하나의 정책 및 시나리오에 해당하거나, 상위 N개와 같이 복수의 정책 및 시나리오들에 해당할 수 있다.
- [2062] 다른 일 예로서, 강화학습 운영관리기(9500)는 드리프트 탐지용으로 정책을 평가할 수 있다. 다양한 환경에서 정책들이 얼마나 잘 수행되는지 또는 동적 운영 환경에서 정책의 성능이 잘 유지되고 있는지 판단하기 위함으로 다양한 평가대상 모델을 불러올 수 있다. 이때, 드리프트 분석 기록은 데이터 저장용으로서, 데이터 저장소에 전달하게 된다.
- [2063] 한편, 강화학습 운영관리기(9500)에서 내리게 되는 학습 명령은 정책 드리프트 탐지기를 통한 명령 및 주기적 학습 명령을 포함할 수 있다. 정책 드리프트 탐지기를 통한 판독 결과, 제3 사용자 지정 조건에 해당하는 경우, 다시 학습을 진행하도록 정책 관리기(9500)에 학습 명령을 전달할 수 있다. 또한, 정책 드리프트 탐지기를 통한 판독 결과, 제3 사용자 지정 조건에 해당하지 않는 경우, 정책 함수를 지속적으로 평가하는 동적 운용을 진행할 수 있다.
- [2064] 상술한 과정을 통해, 동적 정책 운용 및 학습 시스템은 다양한 제조 환경 및 상황에서 강건한(robust) 정책을 학습하고 제공하여, 최적의 운영 시나리오를 확보할 수 있게 된다.
- [2065]
- [2066] 도 164는 실시 예에 따른 동적 정책 운영 및 학습 시스템을 통해 동적 정책 운용을 수행하는 흐름도이다.
- [2067] 먼저, 정책 함수 및 가치 함수 중 적어도 하나를 학습을 통해 획득할 수 있다(S10310). 상술한 정책 학습 시스템에서 수행된 바와 같이, 피쳐 추출기, 액션 선택기, 평가기, 정책 관리기를 통해 제1 종료 조건 및 제2 종료 조건이 만족될 때까지 학습이 수행될 수 있다.
- [2068] 학습된 정책 중 입력 피쳐 구조가 같은 하나 이상의 다른 정책을 합성하여 합성된 정책을 생성할 수 있다(S10320). 강화학습 운영관리기의 정책 합성기에서 정책 관리기로부터 수신된 정책 함수 및 가치 함수 중 적어도 하나를 대상으로 수행되며, 결과물로 합성된 정책 함수 및 가치 함수 중 적어도 하나를 산출하게 된다. 본 단계는 필수 단계는 아니며, 합성된 정책이 필요한 경우에 수행될 수 있다.

- [2069] 정책 평가를 위하여 적어도 하나의 모델을 획득할 수 있다(S10330). 적어도 하나의 모델은 모델 저장소, 데이터 저장소 등을 통해 획득될 수 있다.
- [2070] 또한, 획득된 적어도 하나의 모델의 상태 데이터를 생성할 수 있다(S10340). 본 단계는 필수 단계가 아니며, 강화학습 운영관리기의 상태 생성기를 통해 수행될 수 있다. 상태 데이터는 운영 모델을 평가하기에 앞서, 운영 모델의 상태를 생성한 데이터에 해당한다. 실제 모델의 운영상황 만이 아닌 다양한 상황에서의 강건성(robustness)을 추가 확인하기 위해 모델의 상황 또는 상태를 생성하게 된다. 주로 제조시스템의 생산 역량에 관련있는 설비, 제품군, 공정에 대한 기준 정보 외에 수주물량, 대기열 작업물, 수량, 부하 등의 상황을 변형하여 상태 데이터를 생성한다. 생성된 상태 데이터(모델)은 데이터 저장소에 저장될 수 있고, 재사용될 수 있다. 재사용되는 것은 강화학습 운영관리기 뿐만 아니라 정책 관리기가 학습에서 데이터 추출시에도 가능하다.
- [2071] 획득된 적어도 하나의 정책과 적어도 하나의 모델을 평가할 수 있다(S10350). 보다 상세하게는, 정책과 모델의 조합을 평가하여, 그 조합에 대한 성능지표의 값을 평가 결과로서 산출할 수 있다. 또한, 성능지표의 값을 산출하는 것은 모델 실행부 또는 실험허브 실행부에 의해 산출될 수 있다. 예를 들어, 모델 실행부가 복수의 시나리오를 수행한 후 실험허브 실행부에서 각 시나리오별 성능지표 값을 계산하여 수집할 수 있다. 또한, 시스템운영부의 평가 스크립트를 통해 산출될 수도 있다. 상술한 바와 같이, 강화학습 운영관리기(9500)는 운영 배포를 위한 정책 평가 및 데이터 드리프트 판독 중 적어도 하나를 위한 정책 평가를 수행할 수 있다.
- [2072] 운영 배포를 위한 정책 평가인 경우, 평가가 완료된 모델 및 정책에 대하여 운영 시나리오와 정책을 배포할 수 있다(S10360). 이때 평가 대상이 되는 모델 및 정책은 단수 또는 복수에 해당할 수 있다. 또한, 평가 결과로서 최적의 정책 시나리오와 최적의 정책이 배포될 수 있다. 또한, 평가 결과에 따라, 상위 N개의 정책 시나리오와 상위 N개의 정책이 배포될 수도 있다. 정책 시나리오와 정책 함수는 시스템 운영부에 배포될 수 있고, 그 기록을 데이터 저장소에 저장할 수 있다.
- [2073] 데이터 드리프트 판독을 위한 정책 평가인 경우, 평가 결과를 검토하여 재학습이 필요한지 검토할 수 있다(S10370). 성능지표 값은 강화학습 운영관리기의 정책 드리프트 탐지기로 전달되어, 정책 함수들이 현재 운영 상황을 반영하는 모델에서 적합한 성능을 내는지 판단하는데 사용될 수 있다.
- [2074] 검토 결과, 제3 사용자 지정 조건에 해당하는지 판단할 수 있다(S10380). 제3 사용자 지정 조건은 시스템의 자동 설정 또는 사용자 입력에 의해 설정될 수 있다. 또한, 제3 사용자 지정 조건은 정책 함수가 적합한 성능을 내는지 판단하는 조건에 해당한다. 예를 들어, 모든 정책이 모든 평가 대상 모델들을 대상으로 장비 가동률의 평균이 80% 미만의 성능을 보이는 경우, 재학습을 진행할 수 있다. 또한, 특정 정책이 이전 정책 드리프트 탐지 평가에서 5회이상 최적 운영 정책으로 선택되지 못한 경우, 재학습을 진행할 수 있다.

- [2075] 제3 사용자 지정 조건에 도달하는 경우, 다시 학습을 진행하는 S10310 단계로 돌아가게 된다. 또한, 제3 사용자 지정 조건에 도달하지 않은 경우, 다시 운영 시나리오를 평가하기 위해, 모델 획득을 위한 S10330 단계로 돌아가게 된다. 즉, 제조시스템이 운영되는 동안은 동적 정책 운용 및 학습이 계속 진행되게 된다.
- [2076] 데이터 드리프트 관독을 위한 정책 평가 후 다시 학습을 진행하거나, 운영 시나리오를 다시 평가하는 과정을 반복적으로 수행하면서 동적 정책 운용 및 학습 시스템이 다양한 상황에서 강진한 정책을 학습하고 제공하여, 최적의 운영 시나리오를 확보하게 될 수 있다.
- [2077]
- [2078] 도 165은 실시 예에 따른 동적 정책 운용 및 학습을 통해 생산 계획을 생성하는 흐름도이다.
- [2079] 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공한다(S10410). 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 온프레미스 시스템 및 클라우드 시스템에 모두 적용될 수 있고, 상술한 백워드 플래닝 엔진, 포워드 플래닝 엔진, 디스패칭 에이전트, 컴페어 에이전트 등이 관련될 수 있다. 또한, 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트는 상술한 정책 운용, 학습, 평가, 배포를 위한 기능 등이 관련될 수 있다 백워드 플래닝 엔진(backward planning engine)에 대한 상세한 예는 도 4 내지 8에, 포워드 플래닝 엔진(forward planning engine)에 대한 상세한 예는 도 9 내지 도 13에, 디스패칭 에이전트(dispatching agent)에 대한 상세한 예는 도 14 내지 도 18에 각각 예시하였다. 온프레미스 시스템의 경우, 모델 개발부에 대한 상세한 예는 도 19 내지 도 22에 각각 예시하였다. 클라우드 시스템의 경우, 컴페어 에이전트에 대한 상세한 예는 도 134 내지 도 138에 각각 예시하였고, PBB에 대한 상세한 예는 도 117 내지 도 123에 각각 예시하였고, PBF에 대한 상세한 예는 도 124 내지 도 133에 예시하였다.
- [2080] 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신한다(S10420). 생산 운영 데이터(제조 시스템)와 관련된 기준 정보와 제조 시스템의 상태 데이터를 포함하는 제1 입력 데이터를 수신할 수 있고, 시스템 상의 제공 서비스의 요구 사항에 따라 일정한 데이터 스키마로 변환되어 시스템으로 입력될 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이, 제2 입력 데이터는 액션 선택 방식, 의사결정 요소 목록, 의사결정 요소 산출 로직, 의사결정 지점마다 정책 함수와 연결하는 정보, 보상 및 성능 구조 목록, 보상 및 성능 구조 산출 로직, 보상 및 성능 집계 방식, 보상 및 성능 발생 조건, 의사결정을 위한 정책 함수 구조 및 초기 값 및 정책 함수 및 가치 함수 저장 규칙 중 적어도 하나를 결정하기 위한 입력에 해당한다.
- [2081] 다음으로, 제1 입력 데이터 및 제2 입력 데이터를 기반으로, 적어도 하나의 정책을 학습시킬 수 있다(S10430). 상술한 바와 같이, 평가를 위하여 평가 대상 정책 함수 및 평가대상 가치 함수 중 적어도 하나를 수신할 수 있다. 정책 평가를 위하

여 적어도 하나의 모델을 획득할 수 있고, 운영 모델의 상태를 생성한 상태 데이터를 생성할 수 있다.

- [2082] 적어도 하나의 학습된 정책 및 적어도 하나의 소프트웨어 모델을 평가하여, 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다(S10440). 상술한 바와 같이, 운영 배포를 위한 정책 평가인 경우, 평가 완료된 모델 및 정책에 대하여 운영 시나리오와 정책을 배포할 수 있다. 또한, 데이터 드리프트 판독을 위한 정책 평가인 경우, 평가 결과를 검토하여 재학습 여부를 결정할 수 있다. 여기에서, 생산 계획 데이터는 모델 수행의 중간 산출물 혹은 최종 결과물, 의사결정 요소, 성능 지표, 정책 함수, 정책 평가/학습/운용을 위한 도구 등의 객체 정보에 해당할 수 있다.
- [2083] 도 29를 참조하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [2084] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 입력부(410), 저장장치(420), 인메모리(430), 프로세서(440), 출력부(450), 및 사용자 인터페이스(460)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치는 클라이언트의 제조생산시스템에 해당할 수 있다.
- [2085] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 사용자인터페이스(460)에 의한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다.
- [2086] 입력부(410)는 클라이언트 제조생산시스템의 데이터 스키마 및 라이브러리 엔진 세트 중 적어도 하나를 기반으로 생성된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 온프레미스 컴퓨팅 시스템으로부터 수신할 수 있다.
- [2087] 저장장치(420)는 미리 준비된 기준정보를 저장하거나 수신된 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 저장할 수 있다. 저장장치(420)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.
- [2088] 인메모리(430)는 위에서 개시한 소프트웨어 모델, 입력데이터, 라이브러리 엔진 세트 및 라이브러리 엔진, 모델 실행부 및 실험허브부를 통해 수행하는 과정에서 얻어진 산물을 저장할 수 있다. 라이브러리 엔진 세트는 생산 계획을 생성하는 여러 캡슐화된 기능블록 파일인 생산 계획 엔진을 포함할 수 있다. 실시예의 인메모리(430)는 운영작업에 관련된 중간 산출물 및/또는 최종 산출물을 저장할 수 있다. 또한, 인메모리(430) 또는 저장장치(420)는 동적 정책 운영을 관리하는 기능에 관련된 서비스, 파일, 데이터 등을 저장할 수 있고, 상술한 동적 정책 운영을 위해 정책 운용과 학습을 담당하는 관련 기능이 추가될 수 있으며, 이에 연관된 서비스, 파일, 데이터 등 역시 저장될 수 있다. 상술한 정책 운용에 연관된 기능은 피처 추출, 액션 선택, 평가 등의 세부 기능이 포함될 수 있으며, 이들의 동작으로 파생되는 의사결정 요소 값, 액션 목록, 최종 의사결정, 정책확률, 상태 가치, 성능, 보상 등을 포함하여 저장될 수 있다. 상술한 정책 학습에 연관된 기능은 상술한 정책 운용에 연관된 기능과 정책 관리 등의 기능을 포함할 수 있으며, 이들의 동작으로 파생되는 학습 데이터, 정제 데이터, 초기화 된 정책/가치 함수, 학습된 정책/가치 함수, 학습 로그 등을 포함하여 저장될 수 있다.

- [2089] 실시예의 프로세서(440)는 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하고, 제1 입력 데이터 및 제2 입력 데이터를 기반으로, 적어도 하나의 정책을 학습시키고, 적어도 하나의 학습된 정책 및 적어도 하나의 소프트웨어 모델을 평가하여, 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다.
- [2090] 도 104을 참조하여, 클라우드 시스템에서 소프트웨어모델 및 로직 세트에 기반하여 생산 계획을 분석하여 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [2091] 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 프로세서(2610), 인메모리(2620), 저장장치(2630) 및 인터페이스(2640)를 포함할 수 있다.
- [2092] 이하에서 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 장치의 일 실시예는 인터페이스(2640)를 통한 사용자 제어 및 관리에 따라 제어될 수 있다. 인터페이스(2640)는 클라이언트로부터 제조생산시스템의 입력 데이터를 획득할 수 있다. 저장장치(2630)는 인터페이스(2640)가 수신한 입력 데이터, 소프트웨어 모델 및 로직 세트 중 적어도 하나를 저장장치(2630)에 저장에 저장할 수 있다. 저장장치(2630)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 인메모리(2620)는 제조생산시스템의 생산 계획 데이터를 포함할 수 있다. 클라우드 시스템의 인메모리(2620) 또는 저장장치(2630)는 온프레미스 시스템의 인메모리(430) 또는 저장장치(420)와 동일한 데이터를 저장할 수 있다.
- [2093] 실시예의 프로세서(2610)는 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하고, 제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하고, 제1 입력 데이터 및 제2 입력 데이터를 기반으로, 적어도 하나의 정책을 학습시키고, 적어도 하나의 학습된 정책 및 적어도 하나의 소프트웨어 모델을 평가하여, 생산 계획 데이터를 제공할 수 있다.

청구범위

- [청구항 1] 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어 모델 및 로직 세트를 제공하는 단계;
제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개 변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하는 단계; 및
상기 제1 입력 데이터 및 상기 제2 입력 데이터를 기반으로, 적어도 하나의 정책을 학습, 평가, 운영, 배포 및 관리 중 적어도 하나를 수행하여 상기 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 제공하는 단계;를 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서,
상기 생산 계획 데이터를 제공하는 단계는
정책 운용을 위하여, 정책 함수 및 가치 함수 중 적어도 하나에 의사결정 요소 및 액션 목록을 반영하여, 최종 의사결정을 내리는 단계;를 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법.
- [청구항 3] 제1 항에 있어서,
상기 생산 계획 데이터를 제공하는 단계는
정책 학습을 위하여, 학습 데이터를 전처리하고 학습하여 학습된 정책 함수 및 학습된 가치 함수 중 적어도 하나를 산출하는 단계;를 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법.
- [청구항 4] 제3 항에 있어서,
상기 학습 데이터는 의사결정 요소, 액션 목록, 성능지표 정보, 보상 정보, 의사결정 시점 및 최종 의사결정 중 적어도 하나를 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법.
- [청구항 5] 제1 항에 있어서,
상기 생산 계획 데이터를 제공하는 단계는
강화학습을 활용한 동적 운영을 위하여, 정책 함수 및 가치 함수 중 적어도 하나에 대하여 정책 평가를 수행하고, 최적 정책 시나리오를 산출하는 단계;를 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법.
- [청구항 6] 제5 항에 있어서,
상기 적어도 하나에 대하여 정책 평가를 수행하여 재학습 명령을 전달하는 단계;를 더 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법.
- [청구항 7] 제1 항에 있어서,
상기 생산 계획 데이터를 제공하는 단계는
상기 제2 입력 데이터를 수신하여 의사결정에 관련된 매개변수를 설정하고 시스템을 초기화하는 단계;
의사결정 시점에서 상기 시스템의 상태 피쳐 및 액션 피쳐에 기초하여 의사결정 요소 및 액션 목록을 추출하는 단계; 및

추출된 사이 의사결정 요소 및 상기 액션 목록에 기반하여, 액션 확률 및 상태 가치 함수 중 적어도 하나를 계산하는 단계;를 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법.

- [청구항 8] 제1 항에 있어서,
상기 생산 계획 데이터를 제공하는 단계는
학습 데이터를 생성하는 단계; 및
상기 생성된 학습 데이터를 정책 학습하여, 학습된 정책 함수 및 학습된 가치 함수 중 적어도 하나를 제공하는 단계;를 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법.
- [청구항 9] 제8 항에 있어서,
상기 학습 데이터를 생성하는 단계는
적어도 하나의 시뮬레이션을 수행하여 의사결정 요소 값, 액션 목록, 보상 값 및 성능지표 값 중 적어도 하나를 획득하여 학습 데이터를 축적하는 단계;를 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법.
- [청구항 10] 제9 항에 있어서,
제1 사용자 지정 조건 도달 여부를 판단하는 단계; 및
상기 제1 사용자 지정 조건에 도달하지 않은 경우, 상기 적어도 하나의 시뮬레이션을 수행하여 의사결정 요소 값, 액션 목록, 보상 값 및 성능지표 값 중 적어도 하나를 획득하여 학습 데이터를 축적하는 단계;를 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법.
- [청구항 11] 제10 항에 있어서,
학습된 정책 함수 및 학습된 가치 함수 중 적어도 하나를 제공하는 단계는
상기 제1 사용자 지정 조건에 도달한 경우, 상기 생성된 학습 데이터를 활용하여 정책 함수를 학습 및 저장하는 단계;
제2 사용자 지정 조건 도달 여부를 판단하는 단계; 및
상기 제2 사용자 지정 조건에 도달하는 경우, 학습 종료 후 정책을 저장하는 단계;를 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법.
- [청구항 12] 제1 항에 있어서,
상기 생산 계획 데이터를 제공하는 단계는
상기 적어도 하나의 정책을 평가하기 위한 적어도 하나의 모델을 획득하는 단계;
획득한 상기 적어도 하나의 정책과 상기 적어도 하나의 모델을 평가하는 단계; 및
평가 완료된 정책 및 평가 완료된 모델에 대하여 운영 시나리오와 정책을 배포하는 단계;를 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법.
- [청구항 13] 제12 항에 있어서,
상기 평가 완료된 정책 및 평가 완료된 모델에 대하여 재학습 여부를 검토하는 단계; 및

검토 결과, 제3 사용자 지정 조건에 도달한 경우, 다시 적어도 하나의 정책을 학습시키는 단계;를 포함하는, 디지털 생산 계획 정보를 제공하는 방법.

[청구항 14] 데이터를 저장하는 저장장치;
소프트웨어와 관련된 라이브러리 엔진세트를 저장하는 인메모리; 및
상기 소프트웨어를 실행하는 프로세서;를 포함하고,
상기 프로세서는,
클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어
모델 및 로직 세트를 제공하고,
제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개
변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하고,
상기 제1 입력 데이터 및 상기 제2 입력 데이터를 기반으로, 적어도 하나
의 정책을 학습, 평가, 운영, 배포 및 관리 중 적어도 하나를 수행하여 상
기 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 제공하는, 디지털 생산 계획 정보
를 제공하는 장치.

[청구항 15] 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 생성하는 확장 가능한 소프트웨어
모델 및 로직 세트를 제공하고,
제조 생산 시스템에 대한 기준 정보를 포함하는 제1 입력 데이터 및 매개
변수 설정을 위한 제2 입력 데이터를 수신하고,
상기 제1 입력 데이터 및 상기 제2 입력 데이터를 기반으로, 적어도 하나
의 정책을 학습, 평가, 운영, 배포 및 관리 중 적어도 하나를 수행하여 상
기 클라이언트에게 생산 계획 데이터를 제공하는 단계를 수행하는 컴퓨
터로 실행 가능한 소프트웨어를 저장하는 저장매체.