

明 細 書

発明の名称： 運行管理システム

技術分野

[0001] 本発明は、軌道を走行する列車の運行を管理する運行管理システムに関する。

背景技術

[0002] 従来、所定の軌道に沿って走行する列車による輸送サービスを提供する交通システムでは、予め規定されたダイヤ（時刻表）に基づいて各列車の運行が管理される。具体的には、いわゆる地上設備である運行管理装置が、列車ごとに定められた到着時刻、出発時刻等に基づいて各列車に走行の指示を出し、指示を受けた各列車はその指示に従って運行される。

ダイヤを使用せずに一定の時間間隔で列車を運行する列車交通システムも存在する。この列車交通システムにおいても地上に運行管理装置が設置される。この運行管理装置は、列車交通システムを構成する多数の列車を所定の時間間隔と経路で運行させるものであり、非保安系である。

[0003] 以上の列車交通システムは、運行管理装置に加えて、連動装置と称される保安装置を地上設備として備えている。連動装置は、地上の保安設備である信号機と転てつ器（分岐における列車の進路を切り替える装置）とを連動して制御する。連動装置は、ATC（Automatic Train Control：自動列車制御装置）などとともに、列車が衝突・脱線しないように列車の運行を制御する。

[0004] 運行管理装置と連動装置はいずれも位置が固定された地上設備である点で共通するが、求められる安全性が異なる。したがって、運行管理装置と連動装置は個別のシステムとして構築される。例えば、特許文献1は、運行管理装置としての進路設定装置（5）と連動装置（1）が個別のシステムとして開示している。

[0005] 一定の時間間隔で列車を運行するシステムにおける運行方法は、ピンチド

ループ・モードとダブルシャトル・モードなどが知られている。

ピンチドループ・モードは、図 2（a）に示すように、ループ経路で構成される軌道を例えば三つの列車が等時間間隔で走行する。

ダブルシャトル・モードは、図 2（b）に示すように、上り線と下り線の各々を一つの列車がシャトル運転する。

なお、ピンチドループ・モード及びダブルシャトル・モードについて詳しくは実施形態の欄で説明する。

[0006] 運行管理システムは、地上の保安系の装置（連動装置と A T C 装置）から、列車の閉そく区間単位の列車位置を取得することで、常時、各列車の位置を把握している。列車の位置と予め設定された列車の運行計画とに基づいて、適切なタイミングで地上の保安設備に対して進路要求を行う。ここで、進路要求とは、列車がこれから走行する進路を占有し、他の列車が進入できないようにロック（鎖錠）することを保安設備に対して要求することをいう。保安設備は、すでにロックされている進路について、他の列車から進路要求を受けたとしても先行して行われたロックを解除できないため要求を拒否する。なお、進路とは経路の最小単位をいい、経路は進路の集合体である。

[0007] 図 4（a）を参照して進路要求について説明する。

例えば、列車 3 A を矢印で示される経路で走行させるものとする。この場合、運行管理装置は、保安装置に対して I、II、III、IV の順で進路要求する。連動装置は、この進路の設定に対して、保安設備の条件を確認し、当該列車がこの進路を進んでも安全であると判断した場合には、進路 I、II、III、I V にロックをかけ、各進路の入口の信号機を進行現示、つまり緑にする。

[0008] 安全性は保安系の装置により担保されているため、運行管理装置に障害が起こって停止しても、安全性には影響を与えない。しかし、運行管理装置が停止すると列車が停止し、運行の継続ができなくなるため、可能な限り運行を継続できるように、つまり可用性を維持するために、運行管理装置には冗長構成が採用される。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特許第5 2 7 5 9 6 2 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] ダイヤを持たずに経路と列車の運転間隔のみを動的に設定する方式の交通システムでは、運行管理装置の機能はシンプルであるにも関わらず、運行管理装置として独立したハードウェアを地上に設置し、かつ、冗長化構成を取る必要がある。このため、当該方式の交通システムは高価である。

また、地上の運行管理装置では、列車の正確な位置、速度、その他異常状態などの詳細な状態を知ることが困難である。このため、列車の状態に応じたきめ細かな制御ができない。

[0011] 以上より、本発明は、経路と運転間隔みを動的に設定する方式の交通システムにおいて、低コストでありながら、列車の運行状態に応じたきめ細かに列車の運転を制御できる運行システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明の運行管理システムは、走行する列車に設けられる車上制御部と、地上に設けられる地上制御部と、を備える。

本発明における車上制御部は、運行管理システムにより運行が管理される複数の列車のそれぞれに設けられ、伝達された運転モードに基づいて進路要求を行い、かつ、地上制御部に進路要求に関する情報を伝達する。

本発明における地上制御部は、伝達された進路要求に基づいて、列車の進路を制御する。

ここで、背景技術の欄で説明した従来の運行管理システムは連動装置などの保安装置とは分離されているが、本発明における運行管理システムは地上制御部が従来の保安装置の機能を兼ねている。ただし、保安装置における保安機能自体は従来の保安装置と同等のため、以降では運行管理機能にのみ注目して説明を行うことにする。

[0013] 本発明における車上制御部は、好ましくは、自身が設けられる列車で検知された走行位置及び走行速度に基づいて、列車の運転を制御する。

本発明における車上制御部は、好ましくは、指示された運転モードが地上制御部を経由して伝達される。

本発明における車上制御部は、好ましくは、地上制御部から伝達される、先行する他の列車の出発時刻と行先に基づいて、自身が設けられる列車の運転経路を設定する。

本発明における車上制御部は、好ましくは、伝達された行先に基づいて、自身が設けられる列車の運転経路を設定する。

[0014] 本発明における車上制御部は、好ましくは、自身が設けられる列車が折り返し運転を行う運転経路が設定されているときに、折り返しを行う進路について進路要求を行い、当該進路要求ができた場合に、折り返しを行う進路に繋がる分岐進路について進路要求する。

この車上制御部は、好ましくは、自身が設けられる列車が通過すると当該進路の進路要求を解除するが、分岐進路については、自身が設けられる列車が通過しても、所定の期間だけ進路要求を維持してから当該進路要求を解除する。

発明の効果

[0015] 本発明の運行管理システムによれば、車上制御部が複数の列車のそれぞれに設けられ、伝達された運転モードに基づいて進路要求を行い、かつ、地上制御部に進路要求に関する情報を伝達する。つまり、本発明は、進路要求する機能を車両自体が備えており、進路要求する際に自身が備えられた現時点における車両の位置及び車両の速度を高い精度で得ることができるので、列車の運行状態に応じてきめ細かに列車の運転を制御できる。

しかも、進路要求する機能をもともと車上に備えられた制御部に例えばソフトウェアとして組み込むことで、それまで地上に設けられていたハードウェアとしての運行管理装置を排することができる。これにより、本発明の運行管理システムは、低コスト化に寄与する。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の全ての実施形態に共通する交通システムの要素を示すブロック図である。

[図2]図1の交通システムにおける運転モードを説明する図である。

[図3]本発明の第1実施形態に係る運行管理システムを示す機能ブロック図である。

[図4]第1実施形態に係る運行管理システムにおける列車の走行例を示す図である。

[図5]第1実施形態に係る運行管理システムにおける列車の他の走行例を示す図である。

[図6]本発明の第2実施形態に係る運行管理システムを示す機能ブロック図である。

[図7]第2実施形態に係る運行管理システムにおける列車の走行例を示す図である。

[図8]本発明の第3実施形態に係る運行管理システムを示す機能ブロック図である。

[図9]第3実施形態に係る運行管理システムにおいて行先の変更を行う手順を示す図である。

[図10]第3実施形態に係る運行管理システムにおいて行先の取り消しを行う手順を示す図である。

[図11]デッドロックを説明する図である。

[図12]本発明の第4実施形態に係る運行管理システムがデッドロックを回避する手順を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、添付図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。

ここでは、四つの実施形態に言及するが、はじめに四つの実施形態に共通する事項、つまり交通システム1の全体について説明し、その後に四つの実施形態を順に説明する。

[0018] [共通事項]

本実施形態に係る交通システム 1 は、図 1 に示すように、軌道 5 を走行する複数の列車 3 の運行を制御する。軌道 5 には複数の乗降駅 9 が所定の間隔を隔てて設けられており、交通システム 1 は複数の列車 3 を所定の時間間隔と経路で自動運行する。

[0019] 交通システム 1 は、地上制御部 20 と車上制御部 30 を有する運行管理システム 10 を備え、運行管理システム 10 の地上制御部 20 と車上制御部 30 が適切な連携を図ることで、交通システム 1 の安全かつ確実な運行を実現できる。地上制御部 20 は交通システム 1 において共通の設備であるが、車上制御部 30 は複数の列車 3 のそれぞれに供えられている。地上制御部 20 と車上制御部 30 について、詳しくは後述するが、地上制御部 20 は安全な運行を担保する保安を役割とし、車上制御部 30 は進路要求を行うことを主たる役割としている。

[0020] [運行モード]

交通システム 1 は、同じ軌道 5 を用いて複数の運行モードを切り替えながら列車 3 が運行される。

運行モードの代表例はピンチドループ・モード (pinched loop mode) や、ダブルシャトル・モード (double shuttle mode) である。ピンチドループ・モードは乗降客が多い場合に選択され、ダブルシャトル・モードは乗降客が少ない場合に選択される。ピンチドループ・モードとダブルシャトル・モードの選択は、地上制御部 20 を構成するコンソール 21 を介してオペレータが指示し、この指示が伝達された地上保安装置 25 を介して車上制御部 30 に伝達される。

[0021] [ピンチドループ・モード]

ピンチドループ・モードは、図 2 (a) に示すように、軌道 5 をループ経路として、一例として 3 編成の列車 3 が等時間間隔で走行する。図 2 (a) に矢印 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\alpha 3$ が付された運転経路 α と、矢印 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 、 $\beta 3$ が付された運転経路 β と、を有する。

[0022] いま、列車 3 A、3 B、3 C が図 2 (a) の上段に示す位置を走行している。

これから時間が経過すると、それぞれ、図 2 (a) の中段に示すように、列車 3 A は経路 α 1 から経路 α 3 まで進んで乗降駅 9 A に達し、列車 3 B は従前の経路 β 1 を進んで乗降駅 9 B に達し、列車 3 C は経路 β 1 から経路 β 3 まで進んで乗降駅 9 C に達する。

さらに時間が経過すると、それぞれ、図 2 (a) の下段に示すように、列車 3 A は経路 α 3 で折り返して経路 β 1 を乗降駅 9 B に向けて走行し、列車 3 B は経路 β 1 を走行して乗降駅 9 B を通過し、列車 3 C は経路 β 3 を折り返して経路 α 1 を走行して乗降駅 9 B を通過する。

[0023] 以上の通りであり、ピンチドループ・モードは、一例として列車 3 A、3 B、3 C がループ状の経路を周回走行する。なお、ピンチドループ・モードで使用される列車 3 は 3 編成に限らず、乗降客の数に応じて 4 編成以上の列車 3 を投入することもある。

[0024] [ダブルシャトル・モード]

次に、ダブルシャトル・モードは、軌道 5 A と軌道 5 B の各々を 1 編成の列車 3 A、3 B が往復運転する。

例えば、図 2 (b) の上段に示すように、列車 3 A が軌道 5 A において乗降駅 9 B に停車しており、列車 3 B が軌道 5 B において乗降駅 9 B に停車している。

これから時間が経過すると、図 2 (b) の中段に示すように、列車 3 A が軌道 5 A において乗降駅 9 A に達し、列車 3 B が軌道 5 B において乗降駅 9 C に達する。

さらに時間が経過すると、図 2 (b) の下段に示すように、列車 3 A が軌道 5 A において乗降駅 9 A に達し、列車 3 B が軌道 5 B において乗降駅 9 B に達する。ただし、図 2 (b) の上段とは列車 3 A と列車 3 B の向きが逆である。

[0025] ダブルシャトル・モードはピンチドループ・モードに比べて乗降客が少な

いときに選択されるが、さらに乗降客が少なければ軌道 5 A 又は軌道 5 B だけを使うシングルシャトル・モードに切り替えることもある。

[0026] [第 1 実施形態]

次に、図 3 ～ 図 5 を参照して、第 1 実施形態に係る運行管理システム 10 A を説明する。

運行管理システム 10 A は、図 3 に示すように、地上制御部 20 A と車上制御部 30 A を備える。なお、共通事項の説明では、地上制御部 20、車上制御部 30 と称したが、第 1 実施形態～第 4 実施形態では、各々を区別するために、地上制御部 20 A、車上制御部 30 A などとアルファベットを追加する。

以下、地上制御部 20 A、車上制御部 30 A の順にその内容を説明する。

[0027] [地上制御部 20 A]

地上制御部 20 A は、図 3 に示すように、コンソール 21 A と、地上保安装置 25 A と、を備えている。

コンソール 21 A と地上保安装置 25 A は、近隣、例えば同じ建屋に設けられていてもよいし、距離をおいて設けられてもよい。

コンソール 21 A と地上保安装置 25 A は、有線通信である LAN (Local Area Network)、USB (Universal Serial Bus) などで接続されてもよいし、無線通信である Wifi などで接続されていてもよい。

[0028] [コンソール 21 A]

コンソール 21 A は、オペレータが交通システム 1 の運行状況を視覚的に確認したり、交通システム 1 に対して種々の指示を与えたりする、例えば PC (パーソナルコンピュータ) からなる端末である。

本実施形態において、コンソール 21 A は、オペレータが上述した運転モードのいずれかを選択するとともに、選択された運転モードを地上保安装置 25 A に上述した通信手段を介して伝達する。運転モードは、全ての列車に確実に伝達するため、冗長化された地上保安装置 25 A を介して伝達される。

オペレータは、典型的には乗降客の数に応じて、ピンチドループ・モード、ダブルシャトル・モードなどを選択する。

[0029] [地上保安装置 25A]

地上保安装置 25A は、保安設備の制御を行うことで各列車 3 の安全な運行を確保する。ここでいう保安設備は、信号機と転てつ器である。

地上保安装置 25A は、図 3 に示すように、車上制御部 30A の車上運行管理装置 31 との間で相互に情報の伝達を行うとともに、車上制御部 30A の車上保安装置 35A との間で相互に情報の伝達を行う。

[0030] 地上保安装置 25A は、コンソール 21A から伝達された運転モードを車上制御部 30A の車上運行管理装置 31A に伝達する。車上運行管理装置 31A は、伝達された運転モードに基づいて進路要求を行う。

そして地上保安装置 25A は、車上運行管理装置 31A から進路要求に関する情報を受信すると、列車 3 の進路を制御する一連の手順の始めとして、安全性の面から列車 3 の出発可否を判断する。ここで地上保安装置 25A が出発を許可すると、地上保安装置 25A はその進路に対応する信号機を進行現示、つまり緑にし、列車 3 の出発を可能にすることができる。この信号機が赤のままであれば、列車 3 は停止を維持することになる。

[0031] 地上保安装置 25A は、車上保安装置 35A に進行許可情報を伝達する。

進行許可情報とは、例えば「A 地点から B 地点が開通している」といった情報であり、列車 3 は進行許可情報を受け取ると、それ以降の走行が可能になる。

[0032] 次に、地上保安装置 25A は、車上保安装置 35A から列車 3 の在線位置を取得することで、列車 3 の位置を継続的に把握できる。

地上保安装置 25A は、伝達されたこの情報と進路要求とに基づいて進行許可可否かの判断を行い、車上保安装置 35A に向けて伝達する。

[0033] [車上制御部 30A]

次に、車上制御部 30A について説明する。

車上制御部 30A は、複数の列車 3 のそれぞれに設けられており、地上保

装置 25 A と相互に通信を行って情報の伝達を行う。

車上制御部 30 A は、車上運行管理装置 31 A と、自動運転装置 33 A と、車上保安装置 35 A と、を備える。車上運行管理装置 31 A、自動運転装置 33 A 及び車上保安装置 35 A は、それぞれの機能を区別するために図 3 には個別に記載されているが、一体をなすハードウェアにそれぞれの機能を果たすソフトウェアが組み込まれていてもよいし、ハードウェアとしてそれぞれが別体をなすこともできる。もっとも、現在のコンピュータ装置の性能からすれば、前者の形態を採用してもそれぞれの機能を十分に発揮し、かつコストを抑えることもできる。

車上運行管理装置 31 A、自動運転装置 33 A 及び車上保安装置 35 A は、冗長性を有している。

[0034] [車上運行管理装置 31 A]

車上運行管理装置 31 は、それぞれの運転モードにおいて列車 3 が走行すべき経路に関する情報、乗降駅 9 における停止時間に関する情報、経路を走行するために必要な進路の順列に関する情報などが予め記憶されている。これらの情報を運行管理情報と総称する。

車上運行管理装置 31 A は、地上保安装置 25 A から運転モードが伝達されると、運行管理情報を参照して、列車 3 がこれから走行する進路要求に関する情報を生成する。ここで、進路要求とは、列車 3 がこれから走行する進路を確保し、他の列車 3 が進入できないようにロックすることを地上保安装置 25 A に対して要求することである。車上運行管理装置 31 A は、生成した進路要求に関する情報を地上保安装置 25 A に伝達する。

[0035] また、車上運行管理装置 31 A は、運転モードの伝達を受けると運行管理情報を参照した上で、自動運転装置 33 A に出発指令を発する。また、車上運行管理装置 31 A は、自動運転装置 33 A に次に停止する乗降駅 9 に関する情報、その他の運行に必要な情報を自動運転装置 33 A に伝達する。

[0036] [車上保安装置 35 A]

車上保安装置 35 A は、列車 3 が備えるブレーキを制御する機能を備えて

いる。また、車上保安装置 3 5 A は、列車 3 の現在位置を検出する機能と、列車 3 の現在の走行速度を検出する機能を備えている。この列車位置及び走行速度に関する情報は、実際に走行している列車 3 について取得されるものである。

車上保安装置 3 5 A は、地上保安装置 2 5 A からの進行許可情報を自動運転装置 3 3 A に伝達するとともに、列車 3 の位置と速度を常時監視して、進行許可された範囲を超える可能性があると判断した場合には非常ブレーキを出力する。

また、車上保安装置 3 5 A は、自身の列車 3 が走行している位置を、地上保安装置 2 5 A へ伝達する。

[0037] [自動運転装置 3 3 A]

自動運転装置 3 3 A は、車上運行管理装置 3 1 A からの乗降駅 9 に停車する時間の情報、及び、地上保安装置 2 5 A からの進行許可情報の伝達を受ける。自動運転装置 3 3 A は、これらの情報に基づいて、自身の列車 3 が備える動力源の動作を制御することを介して列車 3 の自動運転を制御する。

[0038] [効 果]

次に、第 1 実施形態による運行管理システム 1 0 A が奏する効果を説明する。

[きめ細かな運行制御]

はじめに、運行管理システム 1 0 A は、実際に走行する列車 3 に備えられた車上運行管理装置 3 1 A が自身の走行位置及び走行速度を正確に検知できる。したがって、進路要求を必要以上に早く行わなくてもよいので、きめ細かな列車 3 の運行制御を実現できる。以下、図 4 を参照してこの効果について説明する。

[0039] いま、図 4 (a) に示すように、列車 3 A が軌道 5 A を走行している一方、列車 3 B が軌道 5 B を走行しているものとする。なお、列車 3 A と列車 3 B は図中、同じ方向に走行している。例えば、図 4 (a) の時点から、列車 3 A が実線の矢印で示される経路を進み、列車 3 B が破線の矢印で示される

経路を進むものとする。つまり、列車 3 A は軌道 5 A から軌道 5 C の両端の分岐 D 1 及び分岐 D 2 を通って軌道 5 B に進み、列車 3 B は軌道 5 B をそのまま進む。

[0040] 列車 3 A、3 B が以上の経路を走行する前には前述したようにそれぞれの進路要求がなされている。列車 3 A について、進路 I、II、III、IV にはロックがかかっていれば、列車 3 B は進路 IV に進むことができない。

[0041] ここで、列車 3 A について進路要求を早くする必要があるとすれば、図 4 (a) に示すように、列車 3 A が進路 IV からより遠い位置にいる時点で進路要求、つまり進路 I、II、III、IV をロックすることになる。そうすると、同図に示すように、列車 3 B はもはや進路 IV に進むことができなくなるので、列車 3 B の運行が停止する。

[0042] 以上に対して、列車 3 A について進路要求が遅くてもよいものとするれば、図 4 (c) に示すように、列車 3 A が進路 IV に近づいてから進路要求、つまり進路 IV をロックすることになる。そうすると、同図に示すように、列車 3 B は先行して進路 IV に進むことができるし、列車 3 A はその後に列車 3 B の後続として進路 IV に進むことができる。つまり、進路要求が遅くてもよければ、列車 3 A、3 B の双方の運行に悪影響を与えにくい。

[0043] 例えば、運行管理装置が地上に設けられているとすると、この運行管理装置は列車 3 の正確な走行位置、走行速度を検知することができない。したがって、運行管理装置が地上に設けられているとすれば、できるだけ早く進路要求を行う必要があるので、図 4 (a) で示したように運行停止を招く恐れが大きい。

[0044] 以上に対して、運行管理システム 10 A によれば、車上運行管理装置 31 A が自車の現在位置、走行速度を正確に検知できる。したがって、運行管理システム 10 A によれば、進路要求を遅らせることができるので、図 4 (c) に示すように列車 3 A、3 B の運行に影響を与えにくい。

[0045] 進路要求を遅らせることができると、例えば、列車 3 を走行させている途中で走行を停止させて、経路を変更する場合にも効果を奏する。以下、図 5

を参照してこの効果を説明する。

[0046] 図5 (a) に示すように、軌道5 Aを走行している列車3 Aが当初は進路I、II、III、IVの順に進路要求されていたが、進路I、II、III、IVからなる経路を変更しなければならないものとする。

経路を変更するのに先立って、進路要求のロックを解除する必要がある。図5 (a) を例にすると、進路I、II、III、IVのロックを解除する必要がある。なお、図5 (a) ~ (c) は、ロックされている進路I、II、III、IVを実線で示し、ロックが解除された進路I、II、III、IVを破線で示している。

[0047] ロックの解除にあたっては、走行している列車3の走行位置、走行速度から予測される停止位置を基準にする。つまり、予測される停止位置よりも先の進路のロックは解除されるが、予測される停止位置だと通り過ぎてしまう進路のロックは解除される。

[0048] ここで、列車3の正確な走行位置、走行速度を把握することができないと、列車3の正確な停止位置を予測することができない。そこで、実際には列車3から近い進路の前で停止できるとしても、そこで停止できることを予測できないので、確実に停止できる列車3からより遠方の進路のロックだけを解除する。

[0049] 図5 に示す例において、列車3の正確な走行位置、走行速度を把握できなければ、図5 (b) に示すように、列車3から最も遠い進路IVのロックだけを解除する。一方、列車3の正確な走行位置、走行速度を把握することにより、列車3が進路IIの手前で停止できることを予測できるので、図5 (c) に示すように、進路II、III、IVのロックを解除できる。

ロックが解除された進路は他の列車3の進路要求に開放される。図5 (b) の場合には進路IVしか開放されないのに対して、図5 (c) の場合には進路IVに加えて進路II、IIIも開放される。

[0050] 以上のように、列車3が車上運行管理装置31 Aを備えることにより、列車3の正確な走行位置、走行速度が把握されるので、設定された進路を保持する範囲を最小限に抑えることができる。これにより、他の列車3の進路要

求の選択範囲が多くなり、交通システム１のきめ細かな運転制御を実現できる。

[0051] [運行の継続性]

また、運行管理システム１０は、コンソール２１Ａが故障しても、各列車３が指示された運転モードに従って車上運行管理装置３１Ａの制御によって自律的に進路要求しながら運行を継続することができる。これにより、例えば手動運転時にオペレータによる操作なしに安全を担保した自由な走行ができる。また、自動運転時においても継続的な操作なしに安全を担保した自律走行ができる。

[0052] [コスト低減]

また、運行管理システム１０Ａは、列車３に車上運行管理装置３１Ａを設ける必要がある。ところが、近年は計算機の能力が向上しているため、もともと車上に設けられていた自動運転装置３３Ａ及び車上保安装置３５Ａを構成するハードウェアに、車上運行管理装置３１Ａとしての機能をソフトウェアとして追加することで、車上運行管理装置３１Ａを実現できる。したがって、車上運行管理装置３１Ａのために新たなハードウェアを追加するコストは発生しない。

さらに、上述したように運行管理システム１０Ａは自律走行が可能であることから、コンソール２１Ａを冗長化する必要がなく、また、コンソール２１Ａの機能だけであれば情報の処理量も少なくてすむ。したがって、コンソール２１Ａに要するハードウェアは低コストなもので足りる。

[0053] [第２実施形態]

次に、本発明の第２実施形態に係る運行管理システム１０Ｂについて、図６及び図７を参照して説明する。

運行管理システム１０Ｂは、図６に示すように、地上制御部２０Ｂがコンソール２１Ｂ及び地上保安装置２５Ｂを備える点と、車上制御部３０Ｂが車上運行管理装置３１Ｂ、自動運転装置３３Ｂ及び車上保安装置３５Ｂを備える点で、運行管理システム１０Ａの地上制御部２０Ａ、車上制御部３０Ａと

共通する。以下では、運行管理システム 10B について、運行管理システム 10A と相違する部分を中心に説明する。

[0054] [地上制御部 20B]

地上制御部 20B を構成するコンソール 21B において、現在設定されている運転モードと運行している列車 3 の数に基づいて、軌道 5 を走行する複数の列車 3 の運転の時間間隔を設定する。設定された運転間隔は、地上保安装置 25B に伝達される。ここで、運転間隔とは、先行する列車 3 と後続の列車 3 の運転間隔をいう。

[0055] 地上保安装置 25B は、運転モードに加えて、コンソール 21B から伝達された運転間隔を車上制御部 30B の車上運行管理装置 31B に伝達する。

また、地上保安装置 25B は、車上運行管理装置 31B から通知される列車 3 の出発時刻と行先を出発した乗降駅 9 に対応して記憶している。例えば、先行する列車 3 が乗降駅 9 を出発した時刻と列車 3 の行先を、出発した乗降駅 9 と列車 3 に対応付けて地上保安装置 25B が記憶している。

[0056] 車上運行管理装置 31B は、乗降駅 9 を出発するときに、地上保安装置 25B に対して出発時刻と行先を伝達する。伝達された出発時刻と行先は、地上保安装置 25B が記憶する。

車上運行管理装置 31B は、乗降駅 9 に到着した時に、地上保安装置 25B に対して先行して走行する列車 3 の運転モード、出発時刻、行先、および、走行時間間隔を問い合わせる。車上運行管理装置 31B は、これに基づいて、自身の列車 3 の出発時刻を決定する。

[0057] [効果]

次に、第 2 実施形態に係る運行管理システム 10B が奏する効果について説明する。ここでは、第 2 実施形態（運行管理システム 10B）に固有な効果を説明する。

[0058] 運行管理システム 10B は、後続の列車 3 が先行して走行する列車 3 の出発時刻と行先を取得できる。したがって、先行する列車 3 に遅延が生じたとしても、先行する列車と行先が同じ後続の列車 3 は、車上運行管理装置 31

Bは、先行する列車3の当該駅における出発時刻が遅れたとしても考慮して自身の列車3の当該駅における出発時刻を遅く調整できる。したがって、運行管理システム10Bによれば、いずれかの列車3で遅延が生じた場合でも、全体の運転間隔を一定に収めることができる。

[0059] 次に、運行管理システム10Bによれば、先行する列車と後続の列車が同じ乗降駅9のプラットフォームを相前後して使用する進路要求が生成されている場合に有利な効果を奏する。以下、図7を参照してこの効果を説明する。

[0060] いま、図7(a)に示すように、所定の間隔をあけて同じ軌道5Aを相前後して走行する列車3Aと列車3Bが乗降駅9のプラットフォームPF1又はプラットフォームPF2を経由して軌道5Bに移り、軌道5Aのときとは逆向きに走行するという運転モードが設定されているものとする。なお、プラットフォームPF1は先行する列車3Aの行先の一つであり、プラットフォームPF2は列車3Bの行先の一つである。

[0061] このとき、列車3Bの車上運行管理装置31Bは、当該乗降駅9を先行して出発した列車3Aが通過したプラットフォームPF1とは異なるプラットフォームPF2を通過するように進路要求を行う。図7(b)は、先行する列車3AがプラットフォームPF1を通過し、その後に、後続の列車3BがプラットフォームPF2に進入しようとする様を示している。

このようにプラットフォームを交互に使用することで、プラットフォームでの乗降客数が多い、つまり列車3の停止時間が長い場合でも列車の走行間隔を短くすることができ、高い輸送量を確保することができる。

[0062] [第3実施形態]

次に、本発明の第3実施形態について図8～図10を参照して説明する。

交通システム1を運用している間に、予め定められた運転モードに従った経路とは異なる経路で列車3を走行させたいこともある。第3実施形態に係る運行管理システム10Cは、この要請に応える仕組みを備えている。

[0063] 運行管理システム10Cは、図8に示すように、オペレータが手動でコン

ソール 2 1 C を介して、変更後の行先である乗降駅 9 に関する情報を車上運行管理装置 3 1 C にコマンドとして伝達する。なお、ここではコンソール 2 1 C を介して指示できる例として行先（乗降駅 9）としたが、指示できる事項は任意であり、乗降駅 9 以外の行先を指示できるし、後述するように行先を取り消すだけの指示をすることもできる。

[0064] 車上運行管理装置 3 1 C は、現在位置から指定された行先までの経路を探索し、探索結果に従って新たな進路要求を行う。経路の探索には、例えば、距離・時間などのコストが最小となる経路をダイクストラ法 (Dijkstra's algorithm) を適用することができる。図 9 を参照して、この行先変更の手順を説明する。

[0065] [行先変更]

図 9 (a) に示すように、列車 3 が軌道 5 A を走行しており、変更前の行先 X が軌道 5 A の図中の左端よりも遠いところにあるものとする。そして、オペレータがコンソール 2 1 C を介してこの行先 X を図 9 (b) に示すように行先 Y に変更するように車上運行管理装置 3 1 C に指示したとする。

指示を受けた車上運行管理装置 3 1 C は、従前の行先 X に繋がる進路 I、II、III、IV についての進路要求を維持したままで、新たな行先 Y までの経路を探索する。進路要求が維持されていることを、図 9 (b) に破線で示している。進路要求を維持したままで探索された経路の候補 1 を図 9 (c) に示し、候補 2 を図 9 (d) に示す。この候補は、行先 Y まで辿りつける経路を抽出した結果であり、この二つの候補を比較することでコストの少ない候補 1 又は候補 2 が新たな経路として選択される。

[0066] 車上運行管理装置 3 1 C は、行先 Y までの新たな経路が選択されると、従前の行先 X までの進路要求を解除してから、新たな行先 Y までの進路要求を行う。図 9 (c)、(d) のそれぞれに新たに進路要求された行先 Y までの進路 I、II、III、IV を太い実線で示している。なお、従前の経路と新たな経路で重複している進路については、設定を解除することなく保持してもよい。

[0067] 次に、すでに設定されている行先を取り消す指示だけを行う例について図 10 を参照して説明する。

オペレータがコンソール 21C を介してすでに設定されている行先 X を取り消す指示を車上運行管理装置 31C に伝達したとする。列車 3 は、図 10 (a) に示すように、軌道 5A を走行しており、取消前の行先 X が軌道 5A の図中の左端よりも遠いところにあるものとする。

[0068] 行先 X の取り消しの伝達を受けた車上運行管理装置 31C は、自身（列車 3）の現在位置と走行速度から停止可能な軌道 5 上の位置を算出して予測する。算出された結果は、図 10 (b) に停止予定位置 SP として示されている。

[0069] [行先取消]

次いで、車上運行管理装置 31C は、停止予定位置 SP までの進路 I の設定を保持しながら残りの進路 II、III、IV の設定を解除する。図 10 (c) はこの状態を示しており、保持されている進路 I は実線で示し、解除された II、III、IV は破線で示されている。

例えば、列車 3 の走行位置、走行速度が明確に把握できない場合には、停止予定位置 SP をより遠くに予測しなければならないので、列車 3 からより遠方の進路まで設定を保持する必要がある。例えば図 10 において進路 I ~ III まで進路要求を保持するとすれば、進路 II ~ III は不必要に設定が保持されることになる。

[0070] 以上の通りであり、第 3 実施形態によれば、行先を取り消す際に、不必要に保持しておく進路を最小限に抑えることができる。これにより、第 3 実施形態によれば、他の列車 3 の走行を阻害する可能性を下げることができるので、交通システム 1 における柔軟な運行ができる。

[0071] [第 4 実施形態]

第 1 実施形態 ~ 第 3 実施形態のように列車 3 が自律的に進路要求を行うと、デッドロックが発生して、それ以降の運行継続が困難になるおそれがある。第 4 実施形態は、このデッドロックの発生を防ぐ手順を提案する。この手

順は、車上運行管理装置 31 により実行される。

以下、はじめに図 11 を参照してデッドロックについて説明した後に、図 12 を参照してデッドロックの発生を防ぐ手順を説明する。

[0072] デッドロックは、図 11 (a) に示す折り返し部で異なる編成の列車 3 が相前後して走行する場合、又は、図 11 (b) に示す折り返し部で異なる編成の列車 3 が合流する場合に生じうる。

[0073] はじめに、図 11 (a) の a-1 に示すように、二編成の列車 3 A、3 B が軌道 5 A を相前後して走行しているが、先行する列車 3 A が分岐進路 B P を通過した後に折返進路 T P で折り返して逆向きになり、分岐進路 B P から軌道 5 B に進入することを前提とする。

図 11 において、列車 3 A、3 B に施されているハッチングと同じハッチングが施されている軌道 5 A、5 B が当該列車 3 A、3 B により進路要求されていることを示している。また、白抜きの軌道 5 A、5 B は列車 3 A、3 B の何れからも進路要求されていないことを示している。図 12 についても同様である。

[0074] 図 11 (a) の a-1、a-2 に示すように列車 3 A、列車 3 B は走行を続けると、図 11 (a) の a-3、a-4 に示すように、列車 3 A は向きを変えて折り返す。ところが、列車 3 A が図中の右向きに進もうとしても、分岐進路 B P が後続の列車 3 B により進路要求されているために、列車 3 A は分岐進路 B P を通って軌道 5 B に進むことができない。一方、列車 3 B は列車 3 A が進路要求している折返進路 T P に進むことができない。こうして、列車 3 A と列車 3 B の両方がこれ以上の走行を続けることができないデッドロックが発生する。

[0075] 次に、図 11 (b) の b-1 に示すように、列車 3 A が軌道 5 A を図中の右向きに走行する一方、列車 3 B が軌道 5 B を図中の左向き走行し、かつ、分岐進路 B P を通過してから折返進路 T P で折り返してから、軌道 5 A を図中の右向きに走行することを前提とする。

[0076] ところが、列車 3 A と列車 3 B がそれぞれ進路要求を行うと、図 11 (b)

) の b-2、b-3 に示すように、列車 3 A と列車 3 B の走行方向の前方の進路に相手方がすでに設定している進路が存在する。そうすると、列車 3 A と列車 3 B の両方がこれ以上の走行を続けることができないデッドロックが生じる。

[0077] そこで、車上運行管理装置 31 は、以下の第 1 条件と第 2 条件からなる規則に従って進設定を行うことでデッドロックを回避する。

第 1 条件：

第 1 A 条件；例えば、図 12 (a) に示すように、折り返し運転を行う際は、折返進路 TP を自身が占有できるよう、分岐進路 BP よりも先にある折返進路 TP を進路要求する。この時点では、折返進路 TP よりも近い分岐進路 BP の進路要求は行われていないので、折返進路 TP の進路要求を分岐進路 BP の進路要求よりも先行して行うことになる。

第 1 B 条件；第 1 A 条件の進路要求ができた場合に限り、例えば、図 12 (b) に示すように、折返進路 TP に繋がる分岐進路 BP についても進路要求する。これで、列車 3 A が折返進路 TP で折り返して軌道 5 A を右向きに走行する経路が確保される。

[0078] 第 2 条件：

第 2 A 条件；例えば、図 12 (c)、(d)、(e) に示すように、折返進路 TP に繋がる分岐進路 BP については、列車 3 A が分岐進路 BP を継続して使用できるようにロック状態が保持される。このロック状態は、列車 3 A が再度通過し終わると解除される。

第 2 A 条件；折返進路 TP に繋がる進路が分岐進路 BP でなければ、列車 3 A が通過した進路のロックは直ちに解除される。

[0079] 以上の規則を遵守することにより、列車 3 C により列車 3 A は予定されていた軌道 5 A への走行が阻害されることがない (図 12 (e))。

また、折返進路 TP に繋がる進路が分岐進路 BP でなければ、列車 3 A が通過した進路のロックは直ちに解除されるので、後続の列車 3 C の走行の妨げが最小限に抑えられる。

[0080] 以上、本発明の好ましい実施形態を説明したが、本発明の主旨を逸脱しない限り、上記実施形態で挙げた構成を取捨選択したり、他の構成に適宜変更したりすることが可能である。

例えば、以上の説明では、車上運行管理装置 31 が、地上装置と直接通信することになっているが、必ずしもそれぞれ独自の通信経路を持つ必要は無く、地上保安装置と車上保安装置の間の通信電文の中に含めても良い。

[0081] また、車上制御部 30 は、車上運行管理装置 31、自動運転装置 33 及び車上保安装置 35 を備えるが、これはあくまで機能で区分しているためであり、ハードウェアとして一体であるか別体であるかを区別しているものでない。

符号の説明

[0082] 1 交通システム

3, 3A, 3B, 3C 列車

5, 5A, 5B, 5C 軌道

9, 9A, 9B, 9C 乗降駅

10, 10A, 10B, 10C 運行管理システム

20, 20A, 20B, 20C 地上制御部

21, 21A, 21B, 21C コンソール

25, 25A, 25B, 25C 地上保安装置

30, 30A, 30B, 30C 車上制御部

31, 31A, 31B, 31C 車上運行管理装置

33, 33A, 33B, 33C 自動運転装置

35, 35A, 35B, 35C 車上保安装置

PF1 プラットフォーム

PF2 プラットフォーム

BP 分岐進路

TP 折返進路

SP 停止予定位置