

明 細 書

発明の名称：無線通信装置および無線通信方法

技術分野

[0001] 本発明は、無線通信技術に関し、特に、周辺状況とアプリケーションの要件をともに考慮して適切な通信方法を決定する無線通信技術に関する。

背景技術

[0002] 周波数の利用効率を高めるために、周囲の電波環境を認識・認知して、無線通信に利用する周波数や無線方式などを無線通信装置が適応的に変更するコグニティブ無線の研究が進められている。コグニティブ無線では、無線通信装置が自律的かつ能動的に空き周波数を検出して用いる形態が考えられている（特許文献1）。

[0003] しかし、検出された空き周波数（ホワイトスペース）のどの部分を利用するかについての既存研究は存在しない。

[0004] また、車両無線ネットワークなどのように無線通信装置が高速で移動する場合は、電波環境が大きく変化する。したがって、同一の周波数および無線方式を利用する場合であっても、通信性能を維持するためには通信パラメータ等を適応的に変化させることが必要である。無線通信性能が周辺状況（コンテキスト）に大きく依存することは知られているが、既存の研究は、周辺状況に関する限られた情報に基づいて、少数の通信パラメータを適応的に変化させるというもののしか存在しない。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2010-136291号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 車両に搭載されるセンサの数が増えるにつれて、より多くの周辺状況に関する情報が得られるようになる。しかしながら、上記のような先行技術では

限られた通信パラメータを最適化することができるだけであり、より多くの通信パラメータを最適化するためのスケーラビリティに欠ける。

[0007] 本発明の目的は、無線通信装置の周辺状況に応じて適切な通信パラメータを選択する技術を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の無線通信装置は、以下の構成によって、利用する通信パラメータを周辺状況に応じて変更する。すなわち、本発明の無線通信装置は、第1および第2の無線通信装置の間で所定の通信パラメータを用いて通信を行う場合、第1の無線通信装置の周辺状況と、前記通信パラメータと、当該通信における通信性能とを関連づけて記憶する学習データベースと、複数のセンサと、前記複数のセンサから得られる情報から、自装置の周辺状況を決定する周辺状況決定手段と、前記学習データベースを参照して、自装置の周辺状況において適切な通信パラメータの候補を決定する通信パラメータ決定手段と、前記通信パラメータ決定手段によって決定された通信パラメータを用いて通信を行う無線通信手段と、を備える。

[0009] 学習データベースには、送信元の無線通信装置（第1の無線通信装置）の周辺状況と、通信に用いる通信パラメータと、その際の通信性能が記憶される。学習データベースに格納される学習データは、自装置が実際に行った通信に基づいて生成されるものであっても構わないし、他の無線通信装置同士が行った通信に基づいて生成されるものであっても構わない。また、学習データは、実際に行った通信ではなく、シミュレーションの結果から生成されても構わない。

[0010] このような学習データベースを採用することで、送信元の周辺状況と、通信パラメータとから、通信性能を導くことができる。すなわち、送信元の周辺状況が分かれば、通信性能を最も良くできる通信パラメータを決定することができる。

[0011] どのような通信パラメータを採用すべきであるかは、最終的には通信を行うアプリケーションの要求によって決定することが好ましいといえる。した

がって、本発明では、通信パラメータ決定手段が、自装置の周辺状況において適切な通信パラメータの候補を決定し、通信に求められる要件に基づいて、これらの候補の中から通信に用いる通信パラメータを決定することが好ましい。

[0012] 本発明において、通信パラメータは、トランスポート層、ネットワーク層、データリンク層および物理層のそれぞれに関する1つまたは複数のパラメータとすることができる。そして、通信パラメータ決定手段は、これらの各パラメータについて周辺状況に応じた適切な候補を決定する。通信パラメータの一例として、トランスポート層においては、プロトコルの選択（コネクション指向）や輻輳ウィンドウ値（congestion window）を挙げられる。ネットワーク層においては、通信接続形態、ルーティング方式、ルーティングメトリックなどが挙げられる。データリンク層においては、コンテンション・ウィンドウ値、MAC方式（CSMA、TDMA、FDMAなど）の選択などが挙げられる。物理層においては、変調符号化方式、MIMO方式、帯域幅、利用周波数、伝送レート、送信電力などが挙げられる。ただし、本発明において調整の対象となる通信パラメータは任意のものであって良く、上記以外の通信パラメータを周辺状況に応じて変更してもかまわない。また、トランスポート層、ネットワーク層、データリンク層および物理層の全レイヤーに関する通信パラメータを変更せずに、一部のレイヤーに関する通信パラメータを変更するようにしてもかまわない。

[0013] 本発明に係る無線通信装置は、車両に搭載された車載無線通信装置であることができる。ここで、車載無線通信装置とは、車両に備え付けられた無線通信装置を意味するだけでなく、車両内に持ち運び可能な無線通信装置であって周辺状況を決定するための上記複数のセンサから情報を取得可能な無線通信装置をも含むものである。たとえば、有線接続または無線接続によって車内ネットワークと接続して、車両が有する各種のセンサから情報を取得可能な無線通信装置を含む。

[0014] また、本発明において、周辺状況を決定するためのセンサ情報として、車

両の位置・速度・加速度、および周辺の車両台数の少なくともいずれかを用いることが好ましい。車両の位置はGPS装置から得ることができる。また、ジャイロや車速センサから得られる情報と地図情報とをマッチングさせてGPS装置から得られる位置情報を補正しても良い。なお、位置情報とは、緯度・経度情報を指すだけでなく、都市部、郊外部、地方部のいずれであるかや、高速道路、国道、一般道のいずれであるかなどを表すものであっても良い。これらの情報は、GPS情報と地図情報とを組み合わせることによって得ることができる。車両の速度や加速度は、速度センサや加速度センサから得ることができる。周囲の車両台数は、無線通信手段や車載カメラによって得ることができる。例えば、各車両が定期的に通信を行う場合にはその通信を受信することで周囲の車両台数が把握できる。また、自車両が有する車載カメラから得られる画像に画像処理を施して周囲の車両台数を取得しても良い。さらに、路側機がカメラなどによって車両台数を把握し、無線通信によって通知している場合には、その通知を受信することでも周囲の車両台数を把握できる。なお、センサ情報として、上記の情報以外にも、周囲の車両や障害物との距離、降雨の有無、明るさ、燃料またはバッテリーの残量など種々の情報を、周辺状況を決定するために用いることができる。

[0015] また、本発明において、前記無線通信手段によって行われた通信の通信パラメータおよび通信性能と、現在の自装置の周辺状況とを関連づけて履歴情報として記憶する履歴情報記憶手段と、前記履歴情報記憶手段に記憶された履歴情報をサーバ装置に送信する履歴情報送信手段とを更に備えることが好ましい。

[0016] また、本発明において、前記無線通信手段によって行われた通信の通信パラメータおよび通信性能と、現在の自装置の周辺状況とを関連づけて履歴情報として記憶する履歴情報記憶手段と、前記履歴情報記憶手段に記憶された履歴情報をサーバ装置に送信する履歴情報送信手段と、前記サーバ装置に蓄積された履歴情報を受信する履歴情報通信手段を更に備える、ことが好ましい。

- [0017] このように、無線通信装置が実際に利用した通信パラメータとそのときの通信性能を関連づけて記憶し、サーバ装置に蓄積し、他の無線通信装置にも配布することで、履歴情報を収集および蓄積して適切な通信パラメータを精度良く決定することができる。
- [0018] 本発明において、自装置の周辺状況だけでなく、通信相手の無線通信装置の周辺状況も考慮して、通信パラメータを決定するようにすることも好ましい。この場合、本発明にかかる無線通信装置は、通信相手の無線通信装置から周辺状況を取得する通信相手周辺状況取得手段をさらに有し、前記学習データベースは、さらに、前記第2の無線通信装置の周辺状況を、前記通信における通信性能と関連づけて記憶し、前記通信パラメータ決定手段は、前記学習データベースを参照して、自装置および通信相手の周辺状況において適切な通信パラメータを決定する、ことが好ましい。
- [0019] なお、周辺状況を取得すべき「通信相手」の無線通信装置とは、必ずしも1台の無線通信装置とは限らない。例えば、複数の無線通信装置に対してブロードキャストあるいはマルチキャストによる通信を行う場合には、「通信相手」の無線通信装置は複数となる。ただし、このような場合であっても、全ての通信相手の周辺状況を取得しなくてもよく、一部の通信相手の周辺状況だけから通信パラメータを決定するようにしてもよい。
- [0020] このように、通信を行う両端の無線通信装置の周辺状況を考慮して適切な通信パラメータを決定しているので、いずれか一方の無線通信装置の周辺状況だけを考慮する場合よりも、より適切な通信パラメータを決定することができる。
- [0021] なお、本発明は、上記手段の少なくとも一部を有する無線通信装置として捉えることができる。また、本発明は上記処理を実行する無線通信方法、またはこの方法を実現するためのプログラムとして捉えることもできる。上記手段および処理の各々は可能な限り互いに組み合わせて本発明を構成することができる。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、無線通信装置の周辺状況に応じて適切な通信パラメータを選択することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]第1の実施形態にかかる無線通信装置の機能構成を示すブロック図である。

[図2]第1の実施形態における履歴データの取得方法を説明する図である。

[図3]第1の実施形態における通信パラメータ候補の選択を説明する図である。

[図4]第1の実施形態における通信パラメータ候補の選択を説明する図である。

[図5]第1の実施形態における履歴データベースの作成処理を示すフローチャートである。

[図6]第1の実施形態における通信パラメータの決定処理を示すフローチャートである。

[図7]第2の実施形態にかかる無線通信装置の機能構成を示すブロック図である。

[図8]第2の実施形態における履歴データベースの作成処理を示すフローチャートである。

[図9]第2の実施形態における通信パラメータの決定処理を示すフローチャートである。

[図10]第3の実施形態における分類器の作成処理を示すフローチャートである。

[図11]第3の実施形態において作成される分類器（決定木）の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下に図面を参照して、この発明の好適な実施の形態を例示的に詳しく説明する。

[0025] （第1の実施形態）

本実施形態にかかる無線通信装置は、センサ情報から周辺状況（コンテキスト）を決定し、コンテキストに応じた適切な通信パラメータを選択して通信を行う。なお、本実施形態では、車両に搭載された車載無線通信装置を例として説明する。ただし、本発明は車載無線通信装置に限定されず、任意の移動体に搭載される無線通信装置や、人間が持ち運び可能な無線通信装置や、あるいは固定された無線通信装置として実装されてもかまわない。

[0026] 〈構成〉

図1は、本実施形態にかかる無線通信装置の機能構成を示す概略図である。無線通信装置1は、複数のセンサ2、センサ情報収集部3、地図情報記憶部4、履歴データベース5、コンテキスト決定部6、通信パラメータ候補決定部7、アプリケーションプログラム8、通信制御部9、無線通信部10、履歴データ送受信部11、他車両情報収集部12を含む。なお、センサ情報収集部3、コンテキスト決定部6、通信パラメータ候補決定部7、通信制御部9などの各機能部は、例えば、FPGA（Field Programmable Gate Array）として実装することができるが、ASIC（Application Specified Integrated Circuit）あるいはMPU（Micro Processor Unit）として実装しても良い。このように、ハードウェアのみによって各機能部を実現しても良いし、非一時的な記憶装置に格納されたコンピュータ読み取り可能プログラムを、プロセッサ（コンピュータ）が実行することによって各機能部を実現しても良い。

[0027] センサ2は、無線通信装置1が搭載される車両自体および車両が置かれる環境に関する情報を収集するためのセンサである。センサ2には、例示として、GPS（Global Positioning System）装置、速度センサ、加速度センサ、操舵角センサ、ブレーキセンサ、ミリ波レーダ、レーザレーダ、超音波センサ、外部カメラ、赤外線カメラ、降雨検知センサ、明度センサ、燃料／バッテリーレベルセンサなどが含まれる。GPS装置によって車両の現在位置（緯度、経度、高度）が分かるとともに、地図情報と組み合わせることで現在地の性質（都市部・郊外部・地方部の別や、高速道路・国道・一般道の別

など）を把握できる。ミリ波レーダ、レーザレーダ、超音波センサは、他の車両やその他の物体までの距離を把握可能とする。外部カメラによっても他の車両やその他の物体までの距離を把握可能であり、さらに周囲の車両台数を取得することもできる。赤外線センサは、夜間などに周囲の物体を検知するために用いられる。降雨検知センサは、いわゆるレインセンサーでも良いし、ワイパーのオンオフを検知するものであっても良い。また、明度センサも、受光素子を備えたセンサであっても良いが、ライトのオンオフを検知するものであっても良い。

[0028] また、センサ２として無線通信手段を含むことができる。例えば、路側機などから送信される各種の情報、例えば、渋滞情報や天気に関する情報などを受信しても良い。また、路側機が、カメラや車速センサなどによって交通量（車両台数）や平均移動速度などを取得して、無線によって車両に通知することが考えられる。また、各車両（車載無線通信装置）が定期的に情報を送信する場合には、無線通信装置１の無線通信手段がこの通信を受信することで、周囲に存在する車両台数を把握することもできる。

[0029] センサ情報収集部３は、これら複数のセンサ２からセンサ情報を収集して、コンテキスト決定部６へ伝達する。

[0030] また、センサ情報収集部３によって収集されたセンサ情報は、車車間通信によって周囲の車両に対してブロードキャストされる。このブロードキャストは定期的（例えば１００ミリ秒に１回）に行うことができる。

[0031] 他車両情報収集部１２は、他の車両から送信されるセンサ情報を受信して、コンテキスト決定部６へ伝達する。このように、各車両が収集したセンサ情報をブロードキャストし、周囲の車両が受信することで、それぞれの車両は周囲の車両が計測したセンサ情報を取得可能である。

[0032] なお、本明細書中では、記載を簡略化するために「複数のセンサ情報の組合せ」という意味で「センサ情報」という用語を用いる。ただし、個々のセンサ情報を表すことが明示されている場合や、文脈から個々のセンサ情報を表すことが明らかである場合にはこの限りではない。また、「センサ情報」

には、自車両のセンサによって計測された情報だけでなく、他車両のセンサによって計測された情報も含むものとする。

[0033] 地図情報記憶部4には、道路や建物などの情報を含む地図情報が格納される。地図情報には場所ごとの性質、たとえば、交通量の多さ、平均移動速度、無線通信量、周波数の利用状況などの情報が格納されても良い。また、都市部・郊外部・地方部などいくつかのカテゴリを適宜設定して、場所ごとにいずれのカテゴリに該当するかという情報が格納されても良い。

[0034] 履歴データベース5には、コンテキストと通信パラメータと通信性能とが関連づけて記憶される。具体的には、あるコンテキストにおいて、ある通信パラメータを用いて通信を行った時の通信性能が格納される。なお、「履歴」データベースという名前付けを行っているが、実際に行った通信の通信性能が格納される必要はない。例えば、実際に行った通信の通信性能に対して統計処理を施した値を格納しても良い。また、実際の通信を行わずにシミュレーションなどにより得られる通信性能を格納しても良い。

[0035] 履歴データベース5を作成するためのデータ（以下、履歴データと呼ぶ）の取得方法については、いくつかの方法がある。第1の方法は、図2Aに示すように、自らが行った通信に基づいて履歴データを生成し、履歴データベース5に記憶する方法である。無線通信装置100は、自装置のセンサ2から自装置周辺の周辺状況を得られる。通信相手の無線通信装置200周辺の周辺状況は、通信相手200のセンサが取得し、通信によって無線通信装置100が取得できる。また、通信パラメータおよび通信性能は無線通信装置100において取得できる。したがって、無線通信装置100が履歴データ101を生成して、履歴データベース5に格納することができる。

[0036] 第2の方法は、図2Bの左下に示すように、他の無線通信装置210、220同士が行った通信に基づいて生成されたデータを、無線通信を介して無線通信装置210または220から直接あるいは、サーバ装置230を経由して取得する方法である。上述と同様に、無線通信装置210、220間の通信に関する周辺状況、通信パラメータ、および通信性能に関するデータ2

15は、無線通信装置210および220で作成可能である。無線通信装置210または220は、この履歴データ215を無線通信により無線通信装置100に送信し、無線通信装置100はこの履歴データを履歴データベース5に格納する。無線通信装置210または220から、サーバ装置230に送信し、サーバ装置230で複数の無線通信装置からの履歴データを蓄積して、それを無線通信装置100に配信するようにしても良い。

[0037] 第3の方法は、図2Bの右下に示すように、コンピュータ300を用いて任意の周辺状況に置かれた車両同士で、任意の通信パラメータを用いて通信を行った場合のシミュレーションを実施して、その通信性能を算出する。したがって、コンピュータ300は、無線通信を実行した場合の、周辺状況と通信パラメータと通信性能との関係を取得することができる。コンピュータ300はこれらのデータを、無線通信あるいはその他の方法により無線通信装置100へ送信し、無線通信装置100はこの履歴データを履歴データベース5に格納する。図示はしていないが、上記と同様にサーバ装置を経由して無線通信装置100へ履歴データを配信するようにしても良い。

[0038] なお、コンテキストに応じた通信パラメータを決定するという目的を達成するためであれば、コンテキストごとに、特定の通信パラメータで通信を行った時の通信性能が格納されていれば良く、必ずしも履歴情報そのものが格納される必要がない。すなわち、履歴情報に基づいた学習結果が格納されていれば十分であるといえる。ただし、本実施形態では、運用中にも無線通信の通信性能を測定してさらなる学習を行うことを目的としているので、履歴情報を履歴データベース5に格納することとしている。このように、本実施形態における履歴データベース5は、本発明における学習データベースと履歴情報記憶手段の双方を兼ねるものである。

[0039] ここで、通信性能としては、通信の性能を表す指標であれば任意のものが採用可能である。例として、スループット、往復遅延時間（RTT: Round Trip Time）、信号雑音比（SNR: Signal to Noise Ratio）、ビットエラーレート（BER: Bit Error Rate）、パケットエラーレート（PER: Packet Error Rate

）などを採用することができる。

[0040] なお、「コンテキスト」をどのように定義するかについては、種々の方法が考えられる。

[0041] 一つの方法として、取得されるセンサ情報の組合せを一つのコンテキストとする方法がある。すなわち、送受信車両のそれぞれにセンサが N 個ある場合に、 $2N$ 個の値の組合せで一つのコンテキストが定義されるとする方法である。この方法では、コンテキストとセンサ情報とが同一視され、実装が簡単である。また、素のデータを加工せずに用いるので履歴情報を有効活用できる。しかし、多くの履歴データを保持しなければならないので、多くの記憶容量が必要となる。

[0042] 別の方法として、いくつかのセンサ情報に基づいて、設計者がコンテキストを定義する方法がある。簡単な例として、周囲の車両台数（多い・少ない）と車両の移動速度（速い・遅い）を基準として、送受信車両のそれぞれに4通りの状況を想定し、合計でこれらの組合せである16通りのコンテキストを定義することが考えられる。もちろん2つのセンサ情報だけでなくより多くのセンサ情報を利用しても良いし、各センサ情報をより多くの段階に区分しても良い。この方法はコンテキストの種類を適当な数に設定できる点で有利である。ただし、コンテキストの定義が適切でなかった場合に、最適な通信パラメータを選択できないことがあり得る。

[0043] さらに別の方法として、収集されるセンサ情報と通信性能に基づいて、コンテキストの定義を自動的に設定する方法が考えられる。センサ情報（複数のセンサ情報の組合せ）に関して適当な距離測度を導入することで、センサ情報間の距離（類似度）が定義できる。同様に、通信性能に関して適当な距離測度を導入することで、通信性能間の距離（類似度）が定義できる。この方法では、同じ通信パラメータを用いて通信したときに類似の通信性能が得られるような類似のセンサ情報を、同一のコンテキストであるとみなす。同一のコンテキストと判断するためにどの程度の類似度を要求するかは、必要とされる精度に応じて適宜設計すればよい。なお、同一の環境（センサ情

報) 下で同一の通信パラメータを使って通信しても、通信性能にはばらつきが生じる。したがって、履歴の収集が進むにつれて、同一と判断されていたコンテキストが異なるコンテキストと判断されたり、またはその逆の判断がされることが起こりうる。この処理方法は、演算量が増えるが、より適切にコンテキストを定義できるといえる。

[0044] なお、コンテキストは排他的である必要はない。つまり、1つの状況が複数のコンテキストに属するようにコンテキストを定義してもかまわない。したがって、周辺車両台数(多い・少ない)、位置(都市部・郊外部・地方部)、道路形状(直線・カーブ、多車線・狭隘)、渋滞状況(スムーズ・渋滞)、車両走行状況(高速・低速、加速・減速)、日時(時間帯、日付、曜日、季節)などをそれぞれ1つのコンテキストとして定義することもできる。

[0045] 履歴データベース5には、無線通信装置1が行った通信に関して、そのコンテキストと通信パラメータおよび通信性能が格納される。履歴データベース5に格納された履歴データは、無線通信環境が良好な時にセンターサーバへ送信することも好ましい。反対に、センターサーバから履歴データを取得することも好ましい。特に、あるコンテキストについての情報が履歴データベース5に格納されていない場合には、センターサーバに問い合わせ、そのコンテキストについての通信パラメータと通信性能の情報を取得することが好ましい。

[0046] コンテキスト決定部6は、センサ情報収集部2を介して取得されたセンサ情報に基づいて、自装置および通信相手の装置が現在置かれている周辺状況(コンテキスト)を決定する。上述したコンテキストの定義方法を参照すれば、センサ情報からコンテキストを決定する方法は明らかであろう。

[0047] 通信パラメータ候補決定部7は、図3に示すように、自装置が置かれている周辺状況(コンテキスト)と通信相手の装置が置かれている周辺状況(コンテキスト)を用いて、履歴データベース5を参照して、現在のコンテキストにおいて好ましい通信パラメータの候補をいくつか列挙する。なお、複数のプロトコル層(トランスポート層・ネットワーク層・データリンク層・物

理層)のそれぞれについて1つまたは複数の通信パラメータを適応的に選択することが好ましい。ここで、通信パラメータ候補決定部7は、現在のコンテキストにおいて最適な通信パラメータを決定するというよりは、むしろ現在のコンテキストにおいて好ましくない通信パラメータを除外することで、最善の選択が含まれるように通信パラメータの候補を決定する。なお、1つの通信パラメータについていくつの値を候補として選択するかは適宜設計すればよい。

[0048] 好ましくない通信パラメータの例としては、都市部における高い伝送レート(高い変調多値数)を挙げることができる。都市部においてはマルチパスの影響が大きくなるため、変調多値数を大きくしすぎると通信ができなくなるためである。したがって、都市部というコンテキストにおいては、通信パラメータ候補決定部7は、変調多値数(伝送レート)の通信パラメータについては最高次のもの(例えば、64QAM)を除外したものを候補として選択する。

[0049] また、周辺車両台数が多いコンテキストにおいては、強い送信電力は干渉を引き起こすため好ましくなく、逆に周辺車両台数が少ないコンテキストにおいては、弱い送信電力は通信が成立しない可能性が高くなるため好ましくない。

[0050] なお、このような判断は自車両および通信相手の両方の状況を考慮して行うことが好ましい。例えば、自車両の周囲の車両台数が少ないが、通信相手車両周辺の車両台数が多い場合が考えられる。この場合は、自車両の周辺状況だけでは通信容量(あるいは通信頻度)を上げることができるが、通信相手車両の置かれている状況を考慮すると通信容量を抑制することが好ましい。したがって、自装置および通信相手装置のいずれかで周辺車両台数が多い場合には、通信容量を抑制することが考えられる。このように、いずれか一方の装置がある状況であれば、特定の通信パラメータを採用するということが考えられる。また、自装置および通信相手双方が特定の状況に置かれている場合に、特定の通信パラメータを採用するという判断も可能である。

[0051] 通信パラメータ候補決定部 7 は、プロトコルスタックのそれぞれについて 1 つまたは複数のパラメータについて、好ましくない選択を除外する。図 4 に示すように、各プロトコルスタックについて好ましくない通信パラメータを除去した通信パラメータの組合せを決定して、通信制御部 9 へ通知する。

[0052] アプリケーションプログラム 8 は、無線通信に関する Q o S (Quality of Service) を通信制御部 9 へ通知する。例えば、車両安全に関するアプリケーションであれば、スループットが低くても、低遅延で信頼性のある通信を行う必要がある。逆に、エンターテインメント情報を送るアプリケーションであれば、信頼性が低くても、スループットの高い通信を行うことが好ましい。アプリケーションプログラム 8 は、このようなアプリケーションの要求を通信制御部 9 へ通知する。

[0053] 通信制御部 9 は、通信パラメータ候補決定部 7 から送られた通信パラメータの候補の中から、アプリケーションプログラム 8 の要求に応じて適切な通信パラメータを決定する。この選択は、従来の適応プロトコルの技術を用いることで実装できる。この際、明らかに好ましくない通信パラメータが候補から除かれているため、決定された通信パラメータを用いて通信することで、通信性能が向上する。

[0054] なお、通信制御部 9 は、決定された通信パラメータを用いて通信を行った結果の通信性能を測定する。そして、通信に利用した通信パラメータおよびその際のコンテキストを、履歴データベース 5 に格納する。

[0055] 〈処理〉

[履歴データ収集処理]

まず、履歴データベース 5 の作成方法（学習処理）について説明する。図 5 A、図 5 B は、それぞれ、履歴データベース 5 の作成方法の例を示すフローチャートである。

[0056] 図 5 A は、コンテキストの定義があらかじめ与えられている場合の履歴データベース 5 の作成方法を示す。まず、複数のセンサ 2 から自車両の現在のセンサ情報を取得し、他車両情報収集部 1 2 から他車両の現在のセンサ情報

を取得する (S 3 0 1)。また、無線通信に用いる通信パラメータと、その通信パラメータで通信を行った場合の通信性能を取得する (S 3 0 2)。なお、センサ情報、通信パラメータおよび通信性能は無線通信装置 1 が実際に運用されている場合の情報を利用することが好ましいが、コンピュータシミュレーションによって、これらの情報を取得するようにしても良い。

[0057] このようにして取得された自車両および他車両のセンサ情報から、あらかじめ定められた定義にしたがって現在のコンテキストアを決定する (S 3 0 3)。このようにセンサ情報から現在のコンテキストアが決定されたら、コンテキストと、通信パラメータと、通信性能とを履歴データベースに関連づけて記憶する (S 3 0 4)。このようにして、種々のコンテキストアおよび種々の通信パラメータについて通信性能を蓄積することで、任意のコンテキストアにおいて任意の通信パラメータを使用した場合の通信性能を把握できるようになる。

[0058] 図 5 B は、コンテキストアの定義自体も測定結果に応じて変更する場合の、履歴データベース 5 の作成方法を示す。まず、複数のセンサ 2 から自車両の現在のセンサ情報を取得し、他車両情報収集部 1 2 から他車両の現在のセンサ情報を取得する (S 3 1 1)。また、無線通信に用いるパラメータと、その通信パラメータで通信を行った場合の通信性能を取得する (S 3 1 2)。そして、取得したセンサ情報と通信パラメータと通信性能とを関連づけて、履歴データベース 5 に格納する (S 3 1 3)。

[0059] 次に、センサ情報の類似度と通信性能の類似度に基づいて、同じ通信パラメータを用いて通信した時に類似の通信性能が得られるような類似のセンサ情報を、同一のコンテキストアであると決定する (S 3 1 4)。センサ情報や通信性能の類似度は、これらの情報に適当な距離測度を導入することによって定義可能である。コンテキストアの決定は、具体的には、ニューラルネットワークやサポート・ベクター・マシン (SVM)、ベイジアンフィルタなどの機械学習により識別器の識別パラメータを決定することによって行うことができる。また、機械学習によって決定木を得て、得られた決定木を用いて

コンテキストを決定することもできる。

[0060] コンテキストの定義が決定されたら、コンテキスト毎に、通信パラメータと通信性能の対応関係を記憶する（S 3 1 5）。ここで、通信性能は、実際の通信によって得られた値をそのまま用いても良いが、平均や分散などの統計処理をして得られる値を用いることも好ましい。

[0061] [通信パラメータ決定処理]

次に、通信パラメータの決定処理について図 6 のフローチャートを参照して説明する。まず、センサ情報収集部 3 が複数のセンサ 2 からセンサ情報を取得し（S 4 0 1）、コンテキスト決定部 6 が取得されたセンサ情報に基づいて現在のコンテキストを決定する（S 4 0 2）。通信パラメータ候補決定部 7 は、履歴データベース 5 を参照して、現在のコンテキストにおいて適切な通信パラメータの候補を決定する（S 4 0 3）。この処理は、通信パラメータのうち通信性能が劣るものを除外して、通信性能に優れる候補を残すことによって行われる。

[0062] なお、現在のコンテキストにおける通信パラメータごとの通信性能が、履歴データベース 5 に格納されていない場合には、履歴データ送受信部 1 1 を介してセンタサーバから現在のコンテキストにおける通信性能を取得するようにしても良い。

[0063] 通信制御部 9 は、アプリケーションプログラム 8 から通信に要求される性能を取得し（S 4 0 4）、ステップ S 4 0 3 で選択された候補の中から、アプリケーション要求に適合した通信パラメータの組合せを決定する（S 4 0 5）。通信制御部 9 は、決定された通信パラメータを用いて無線通信を実行する（S 4 0 6）。

[0064] 実際に行われた通信に基づいて、履歴データベース 5 を更新するために、通信制御部 9 は通信の性能を測定し、現在のコンテキストおよび通信に用いられた通信パラメータとともに履歴データベース 5 に格納する（S 4 0 7）。この処理の詳細は、図 5 A、図 5 B における処理と同等とすることができるので、ここでは詳しい説明は省略する。

[0065] 〈動作例〉

コンテキストに基づいて通信パラメータを適応的に変更する処理の具体例について、以下で説明する。なお、本実施形態においては、既存のプロトコルスタックを置き換えることなく、通信パラメータの選択に関与する。

[0066] まず、S N R測定値に基づく物理層およびデータリンク層の通信パラメータ選択について説明する。S N R測定値に基づいて、伝送レート、変調方式、符号化方式などを適応させる技術が知られている。本実施形態においては、現在のコンテキストに応じて、選択可能な変調方式および符号化方式を限定し、適応プロトコルは限定された組合せの中からS N R測定値に基づいて適切な変調方式および符号化方式を選択する。例えば、都市部においては、S N R測定値が高い場合であっても、高次の変調・符号化方式を採用した場合には高い通信性能が得られないことが知られている。したがって、自装置または通信相手装置の少なくともいずれかが都市部に位置するというコンテキストにおいては、高次の変調・符号化方式を除く通信パラメータを候補として通信制御部に渡し、通信制御部は受け取った候補の中から変調・符号化方式を選択する。こうすることで、都市部において高次の変調・符号化方式を避けることが可能となり、都市部というコンテキストにおける通信性能を向上させることができる。

[0067] 次に、周辺の無線通信装置の数に応じてC S M A / C A (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) におけるコンテンション・ウィンドウ値を適応させる処理について説明する。C S M A / C AはM A C層のプロトコルであり、各無線通信装置はパケットの送信を行う前に、キャリアの使用状況をセンシングして、一定時間未使用であれば送信を開始する方式である。ここで、各無線通信装置ごとに乱数を利用してセンシング時間を決定し、端末間のパケット衝突を回避している。この乱数の取り得る範囲がコンテンション・ウィンドウである。コンテンション・ウィンドウ (CW) は、パケット送信時の再送回数に依存し、 $CW = (CW_{min} + 1) * 2^n - 1$ と決定される。ただし、 n は再送回数であり、 CW_{min} はCWの初期値である。

[0068] このような方式では、キャリア上の端末数が増加するのに伴い全体の総スループットが低下するという問題がある。パケットの衝突が繰り返されると、衝突がない場合と比べてパケット送信に最大約80倍の時間がかかる（端末数40の時）という報告がされている。

[0069] 上記の問題は、無線通信装置の数（存在密度）に関わらずにコンテンション・ウィンドウ値の初期値が無線システムで一意に決定されているためであると考えられる。つまり、端末数の増加に伴い、乱数の重複確率が増加し、不要な再送が行われると考えられる。

[0070] したがって、無線通信装置の数に応じてコンテンション・ウィンドウ値の初期値を適切に設定することで、パケットの衝突を回避でき、データ再送に伴う待ち時間を軽減できるので、全体的なスループット低下を抑制することができる。

[0071] 本実施形態では、履歴データベースに、周辺の無線通信装置の数が多いほど通信性能が高くなるコンテンション・ウィンドウ値が大きくなるという情報が蓄積される。したがって、本実施形態の通信パラメータ候補決定部は、周辺の無線通信装置数というコンテキスト情報に応じて、明らかに通信性能に劣る範囲を除外したコンテンション・ウィンドウ値の範囲を候補として決定する。通信制御部は、アプリケーション要求などに応じて、この候補の中から適当と思われるコンテンション・ウィンドウ値を決定して、無線通信に利用する。これにより、パケットの衝突を回避でき、全体的なスループット低下を抑制することができる。

[0072] なお、類似の動作例として、履歴データを用いてホワイトスペースのうちのどの周波数帯を利用するかを決定することもできる。履歴データベースには、場所ごと（さらには、時間ごとなどに分類されても良い）に、どの周波数帯での通信性能が格納される。なお、通信性能には、周波数帯が利用可能であるか否かという情報も含まれる。したがって、本実施形態の通信パラメータ候補決定部は、現在のコンテキストに応じて適切な周波数帯の候補を絞り込むことができる。

[0073] なお、上記の説明では、コンテキストアクトに応じて通信パラメータの1つを適応的に選択する例を示したが、上記の手法の組合せあるいはその他の手法によって、コンテキストアクトに応じて複数の通信パラメータを適応的に変更させることができることは、当業者であれば容易に理解できるであろう。

[0074] 〈実施形態の作用・効果〉

本実施形態によれば、種々のセンサ情報から得られるコンテキストアクトに基づいて、通信パラメータを適応的に変更し、通信の性能および信頼性を向上させることができる。また、本実施形態によれば、特定の通信プロトコルにおける特定の通信パラメータを変更させるだけでなく、任意の通信パラメータの変更が可能である。変更の対象となる通信パラメータの数や、コンテキストアクトを決定する基礎となるセンサ情報の数にも限定が無いため、スケーラビリティに優れている。また、通信プロトコル自体には変更を加えていないので、既存の技術との組合せが容易であるという利点もある。

[0075] (第2の実施形態)

第1の実施形態では、自装置および通信相手の装置が現在置かれている状況を考慮して、その状況において適切な通信パラメータを決定するようにしている。しかしながら、本実施形態においては、自装置のみの状況に基づいて、通信パラメータを決定する。すなわち、本実施形態にかかる無線通信装置は、複数のセンサから得られる情報から、当該無線通信装置の周辺状況を決定し、決定された周辺状況において適切な通信パラメータの候補を、学習データベースを参照して決定する。

[0076] 図7は、本実施形態にかかる無線通信装置の機能構成を示す図である。第1の実施形態(図1)と比較すると、他車両情報収集部12が省略されている点異なるのみであり、その他の構成は同じである。

[0077] また、本実施形態にかかる処理内容も基本的に第1の実施形態と同様である。図8Aおよび図8Bは本実施形態における履歴データベース5の作成方法(学習処理)の例を示すフローチャートである。いずれも、第1の実施形態における処理(図5Aおよび図5B)と同様であるが、ステップS601

およびステップS 6 1 1において取得するセンサ情報が自車両のセンサ情報のみである点で異なる。そして、コンテキストの決定において、自装置と通信相手装置の周辺状況に基づくのではなく、自装置の周辺状況のみに基づく点で異なる。したがって、コンテキストの定義も自装置の周辺状況のみに基づく点で第1の実施形態と異なるが、当業者であれば上記の説明から自装置の周辺状況のみに基づいてコンテキストを定義する方法を理解できるであろう。

[0078] 図9は、本実施形態における通信パラメータの決定処理の例を示すフローチャートである。第1の実施形態における処理（図6）と同様であるが、ステップS 7 0 1において取得するセンサ情報が自車両のセンサ情報のみである点で異なる。そして、ステップS 7 0 2では、自装置のセンサ情報（周辺状況）のみに基づいてコンテキストを決定する。これ以降の処理は、第1の実施形態と同様である。

[0079] 上記で説明した以外の構成および処理内容は、第1の実施形態と同様である。

[0080] 本実施形態によれば、第1の実施形態よりは精度は落ちるものの、より簡便な処理によって周辺状況に応じた適切な通信パラメータを決定することができる。

[0081] （第3の実施形態）

上記第1および第2の実施形態では、コンテキストごとに通信パラメータと通信性能とを関連づけて記憶し、各コンテキストにおいて通信性能がよくなる通信パラメータを選択していた。本実施形態では、通信性能に着目して、コンテキストを定義する。すなわち、1つのコンテキストの中では、最も良い通信性能を発揮できる通信パラメータは同一であるようにコンテキストを定義する。

[0082] 以下、具体的な例に基づいて説明する。ここでは簡略化のために通信パラメータとして、変調方式とパケット長の2つのみを考慮する。変調方式はBPSK, QPSK, 16QAMの3通り、パケット長は100バイト, 10

00バイトの2通りとして、これら全体を組み合わせる6通りの組合せを想定する。

[0083] 車両のセンサ情報としては、受信電力、移動速度、チャネルモードの3種類を利用する。チャネルモードとは、例えば、都市部、郊外部、地方部のいずれかであるかや、高速道路、国道、一般道のいずれかであるかなどを表すものである。また、ここでは1対1の通信を考慮するので、送受信側の両方についてこれらのセンサ情報を利用する。

[0084] 次に、このようなセンサ情報と通信パラメータに基づいて履歴データベース5を作成する処理（学習処理）について、図10を参照しながら説明する。ここでは、実測ではなくシミュレーションを利用する例を説明するが、実測によっても同様な処理は可能である。

[0085] まず、任意の状況を想定する（S501）。すなわち、通信を行う車両の両方について、受信電力、移動速度、チャネルモードを決定する。そして、この状況の下で、採用可能な通信パラメータ（上記の6通り）を採用した場合の、通信性能を通信シミュレータによって計算する（S502）。なお、通信性能は第1の実施形態で示したものと同様のものを採用可能である。また、通信シミュレータは任意の既存のものを使用可能である。そして、ステップS501に想定した状況において、最も良い通信性能を与える通信パラメータを決定する（S503）。上記ステップS501からS503の処理は、想定する状況の数だけ繰り返される。

[0086] 次に、任意の状況が与えられた場合にどの通信パラメータが最適であるかを判断する分類器を、上記の処理で得られたデータを教師データとして機械学習処理により作成する（S504）。すなわち、通信パラメータの組合せを1つのクラスとして、最も良い通信性能を与える通信パラメータに着目して、状況を6個のクラスに分類するマルチクラス分類器を作成する。このような分類器の作成自体は既存の記述で可能であり、例えば、ニューラルネットワーク、SVM（サポート・ベクター・マシン）、ベイジアンフィルタ、決定木などの手法を採用すればよい。

- [0087] 図 11 は、機械学習によって作成された決定木の例を示す図である。図中、実線の四角で囲んだものは自車両の状況を表し、点線の四角で囲んだものは通信相手車両の状況を表す。
- [0088] 本実施形態のようにしても、自車両および通信相手車両の状況に応じて適切な通信パラメータを決定することができる。
- [0089] なお、ここで説明した例では、自車両および通信相手車両の状況に応じて最適な通信パラメータが 1 つ選択される。この点で、状況に応じて適切な通信パラメータの候補を求めて、その中からアプリケーションの要求に応じて 1 つの通信パラメータを決定する第 1 の実施形態とは異なる。しかしながら、本実施形態を変形することで、第 1 の実施形態と同様の構成とすることも可能である。すなわち、好ましい複数（1 つでも可）の通信パラメータの組合せを 1 つのクラスとして、上記と同様にマルチクラス分類器を作成することで、第 1 の実施形態と同様に、状況に応じて通信パラメータの候補を決定して、アプリケーションの要求に応じてその中から実際に用いるものを選択するようにできる。
- [0090] ここでは、通信シミュレータを用いて各状況において各通信パラメータを用いて通信した時の通信性能を求めたが、実際の環境において種々の通信パラメータを用いて通信性能を測定して同様の分類器を作成できることは明らかであろう。
- [0091] また、ここで説明した例では、自装置の周辺状況と通信相手の周辺状況に基づいてコンテキストを決定しているが、本実施形態においても自装置の周辺状況のみに基づいてコンテキストを決定するようにしても構わない。

符号の説明

- [0092]
- 1 無線通信装置
 - 2 センサ
 - 3 センサ情報収集部
 - 4 地図情報記憶部
 - 5 履歴データベース

- 6 コンテキスト決定部
- 7 通信パラメータ候補決定部
- 8 アプリケーションプログラム
- 9 通信制御部
- 10 無線通信部
- 11 履歴データ送受信部
- 12 他車両情報収集部

請求の範囲

- [請求項1] 利用する通信パラメータを周辺状況に応じて変更可能な無線通信装置であって、
- 第1および第2の無線通信装置の間で所定の通信パラメータを用いて通信を行う場合の、第1の無線通信装置の周辺状況と、前記通信パラメータと、当該通信における通信性能とを関連づけて記憶する学習データベースと、
- 複数のセンサと、
- 前記複数のセンサから得られる情報から、自装置の周辺状況を決定する周辺状況決定手段と、
- 前記学習データベースを参照して、自装置の周辺状況において適切な通信パラメータを決定する通信パラメータ決定手段と、
- 前記通信パラメータ決定手段によって決定された通信パラメータを用いて通信を行う無線通信手段と、
- を備える無線通信装置。
- [請求項2] 前記通信パラメータ決定手段は、
- 前記学習データベースを参照して、自装置の周辺状況において適切な通信パラメータの候補を決定し、
- 通信に求められる要件に基づいて、前記候補の中から通信に用いる通信パラメータを決定する、
- 請求項1に記載の無線通信装置。
- [請求項3] 前記通信パラメータ候補決定手段は、トランスポート層、ネットワーク層、データリンク層および物理層のそれぞれについて、1つまたは複数の通信パラメータに関する候補を決定する、
- 請求項1または2に記載の無線通信装置。
- [請求項4] 前記無線通信装置は車両に搭載されている、
- 請求項1～3のいずれかに記載の無線通信装置。
- [請求項5] 前記複数のセンサから得られる情報は、前記車両の位置、速度また

は加速度、周辺の車両台数の少なくともいずれかを含む、

請求項 4 に記載の無線通信装置。

[請求項6] 前記無線通信手段によって行われた通信の通信パラメータおよび通信性能と、現在の自装置の周辺状況とを関連づけて履歴情報として記憶する履歴情報記憶手段と、

前記履歴情報記憶手段に記憶された履歴情報をサーバ装置に送信する履歴情報送信手段と、前記サーバ装置に蓄積された履歴情報を受信する履歴情報通信手段を更に備える、

請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の無線通信装置。

[請求項7] 通信相手の無線通信装置から周辺状況を取得する通信相手周辺状況取得手段をさらに有し、

前記学習データベースは、さらに、前記第 2 の無線通信装置の周辺状況を、前記通信における通信性能と関連づけて記憶し、

前記通信パラメータ決定手段は、前記学習データベースを参照して、自装置および通信相手の周辺状況において適切な通信パラメータを決定する、

請求項 1 に記載の無線通信装置。

[請求項8] 前記通信パラメータ決定手段は、

前記学習データベースを参照して、自装置および通信相手の周辺状況において適切な通信パラメータの候補を決定し、

通信に求められる要件に基づいて、前記候補の中から通信に用いる通信パラメータを決定する、

請求項 7 に記載の無線通信装置。

[請求項9] 前記通信パラメータ候補決定手段は、トランスポート層、ネットワーク層、データリンク層および物理層のそれぞれについて、1 つまたは複数の通信パラメータに関する候補を決定する、

請求項 7 または 8 に記載の無線通信装置。

[請求項10] 前記無線通信装置は車両に搭載されている、

請求項 7 ～ 9 のいずれかに記載の無線通信装置。

[請求項11] 前記複数のセンサから得られる情報は、前記車両の位置、速度または加速度、周辺の車両台数の少なくともいずれかを含む、

請求項 10 に記載の無線通信装置。

[請求項12] 前記無線通信手段によって行われた通信の通信パラメータおよび通信性能と、現在の自装置および通信相手の周辺状況とを関連づけて履歴情報として記憶する履歴情報記憶手段と、

前記履歴情報記憶手段に記憶された履歴情報をサーバ装置に送信する履歴情報送信手段と、前記サーバ装置に蓄積された履歴情報を受信する履歴情報通信手段を更に備える、

請求項 7 ～ 11 のいずれかに記載の無線通信装置。

[請求項13] 利用する通信パラメータを周辺状況に応じて変更可能な無線通信方法であって、

複数のセンサから得られる情報から、自装置の周辺状況を決定する周辺状況決定ステップと、

第 1 および第 2 の無線通信装置の間で所定の通信パラメータを用いて通信を行う場合の、第 1 の無線通信装置の周辺状況と、前記通信パラメータと、当該通信における通信性能とを関連づけて記憶する学習データベースを参照して、自装置の周辺状況において適切な通信パラメータを決定する通信パラメータ決定ステップと、

前記通信パラメータ決定ステップにおいて決定された通信パラメータを用いて通信を行う無線通信ステップと、

を含む無線通信方法。

[請求項14] 通信相手の無線通信装置から周辺状況を取得する通信相手周辺状況取得ステップを、さらに含み、

前記学習データベースには、さらに、前記第 2 の無線通信装置の周辺状況が、前記通信における通信性能と関連づけて記憶されており、

前記通信パラメータ決定するステップでは、前記学習データベース

を参照して、自装置および通信相手の周辺状況において適切な通信パラメータを決定する、

請求項 13 に記載の無線通信方法。