

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4877778号
(P4877778)

(45) 発行日 平成24年2月15日(2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月9日(2011.12.9)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4W	40/20	(2009.01)	HO4Q	7/00	353
HO4B	7/15	(2006.01)	HO4B	7/15	Z
HO4B	7/10	(2006.01)	HO4B	7/10	A
HO4W	40/34	(2009.01)	HO4L	12/56	100D

請求項の数 9 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2006-301024 (P2006-301024)	(73) 特許権者	393031586
(22) 出願日	平成18年11月7日(2006.11.7)		株式会社国際電気通信基礎技術研究所
(65) 公開番号	特開2008-118484 (P2008-118484A)		京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
(43) 公開日	平成20年5月22日(2008.5.22)	(74) 代理人	100112715
審査請求日	平成21年9月9日(2009.9.9)		弁理士 松山 隆夫
(出願人による申告)平成18年度独立行政法人情報通信研究機構、研究テーマ「ユビキタスITSの研究開発」に関する委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出願		(74) 代理人	100085213
			弁理士 鳥居 洋
		(72) 発明者	湯 素華
			京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
			株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
		(72) 発明者	門脇 直人
			京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
			株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】無線装置およびそれを備えた無線通信ネットワーク

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

自律的に確立され、送信元と送信先との間で無線通信が行なわれる無線通信ネットワークを構成する無線装置であって、

当該無線装置の位置および移動速度を示す第1の位置情報を検出する位置検出手段と、
当該無線装置に隣接するn(nは正の整数)個の隣接無線装置の位置および移動速度を示すn個の第2の位置情報を前記n個の隣接無線装置から受信する受信手段と、

前記第1の位置情報に基づいて当該無線装置の現在の予測位置を示す第3の位置情報を演算し、前記n個の第2の位置情報に基づいて前記n個の隣接無線装置の現在の予測位置を示すn個の第4の位置情報を演算する予測位置演算手段と、

前記第3の位置情報および前記n個の第4の位置情報に基づいて、当該無線装置と前記n個の隣接無線装置との間の距離であるn個の距離を演算する距離演算手段と、

前記距離演算手段によって演算された距離が反映され、かつ、当該無線装置と前記隣接無線装置との間の最適な無線通信経路を示すルートメトリックを各送信先に対して演算し、その演算したルートメトリックを含み、かつ、各送信先までの経路からなるルーティングテーブルを作成するテーブル作成手段と、

前記ルーティングテーブルから前記各送信先までの前記最適な無線通信経路を選択して無線通信を行なう通信手段とを備え、

前記距離演算手段は、前記通信手段が前記送信先との間で無線通信を直接行う場合、当該無線装置と前記送信先との間の距離である第1の距離を演算し、前記通信手段が中継端

末を介して前記送信先との間で無線通信を行う場合、当該無線装置から前記送信先までの直線に前記中継端末から下ろした垂線が前記直線と交差する交点と当該無線装置との間の距離である第2の距離を演算し、

前記ルートメトリックは、前記通信手段が前記送信先との間で無線通信を直接行う場合、前記距離演算手段によって演算された前記第1の距離に反比例するように決定され、前記通信手段が中継端末を介して前記送信先との間で無線通信を行う場合、前記距離演算手段によって演算された前記第2の距離に反比例するように決定される、無線装置。

【請求項2】

前記テーブル作成手段は、前記n個の距離に基づいて、当該無線装置との間で通信範囲を超える距離を有する隣接無線装置を除外し、当該無線装置との間で前記通信範囲内の距離を有する隣接無線装置を含めて前記ルーティングテーブルを作成する、請求項1に記載の無線装置。

10

【請求項3】

前記位置検出手段によって検出された当該無線装置の現在の位置、現在の移動速度および現在の移動方向を示す第5の位置情報と、前記受信手段によって受信された前記n個の隣接無線装置の現在の位置、現在の移動速度および現在の移動方向を示すn個の第6の位置情報とに基づいて、当該無線装置と各隣接無線装置との間で無線通信が可能な残り時間を示すリンク寿命を演算する寿命演算手段をさらに備え、

前記テーブル作成手段は、前記ルーティングテーブルの更新時に前記リンク寿命を超えた経路を有する隣接無線装置を除外して前記ルーティングテーブルを更新する、請求項1

20

【請求項4】

前記テーブル作成手段は、当該無線装置と前記隣接無線装置との間の瞬時の受信信号強度に基づいて、パケットの再送回数であるリンクコストを演算し、その演算したリンクコストと前記距離演算手段によって演算された距離とに基づいて、当該無線装置と前記隣接無線装置との間の無線通信品質が基準値以上である場合には前記リンクコストを前記距離演算手段によって演算された距離で除算して前記ルートメトリックを演算し、前記無線通信品質が前記基準値よりも低い場合には前記隣接無線装置から受信した前記隣接無線装置の負荷に定数を乗算した乗算結果と前記リンクコストとの和を、前記距離演算手段によって演算された距離で除算して前記ルートメトリックを演算する、請求項1に記載の無線装置。

30

【請求項5】

前記テーブル作成手段は、前記距離演算手段によって演算された距離に基づいて、当該無線装置と前記隣接無線装置との間の距離に応じて決定される第1の受信信号強度を演算し、各隣接無線装置が現在の位置から所定の範囲内に存在するときの当該無線装置と各隣接無線装置との間の受信信号強度の平均である第2の受信信号強度を演算し、その演算した第1および第2の受信信号強度に基づいて、前記瞬時の受信信号強度である第3の受信信号強度を演算し、その演算した第3の受信信号強度に基づいて、前記リンクコストを演算する、請求項4に記載の無線装置。

【請求項6】

40

前記テーブル作成手段は、距離と前記第1の受信信号強度との関係を示す第1のテーブルと、前記第3の受信信号強度と前記リンクコストとの関係を示す第2のテーブルとを保持し、前記第1のテーブルを参照して、前記距離演算手段によって演算された距離に対応する第1の受信信号強度を抽出することによって前記第1の受信信号強度を演算し、前記第2のテーブルを参照して、前記演算した第3の受信信号強度に対応するリンクコストを抽出することによって前記リンクコストを演算する、請求項5に記載の無線装置。

【請求項7】

前記テーブル作成手段は、前記第1の受信信号強度と前記第2の受信信号強度との重み付け平均を演算して前記第3の受信信号強度を演算する、請求項5または請求項6に記載の無線装置。

50

【請求項 8】

前記最適な無線通信経路を構成する無線装置が当該無線装置に対して存在する方向を演算する方向演算手段と、

指向性のビームを放射する指向性アンテナとを更に備え、

前記通信手段は、前記方向演算手段によって演算された方向にビームを放射するように前記指向性アンテナを制御して前記無線通信を行なう、請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の無線装置。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の無線装置を備える無線通信ネットワーク。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、無線装置およびそれを備えた無線通信ネットワークに関し、特に、自律的、かつ、即時的に構築されるアドホックネットワークシステムを構成する無線装置およびそれを備えた無線通信ネットワークに関するものである。

【背景技術】

【0002】

アドホックネットワークは、複数の無線装置が相互に通信を行なうことによって自律的、かつ、即時的に構築されるネットワークである。アドホックネットワークでは、通信する 2 つの無線装置が互いの通信エリアに存在しない場合、2 つの無線装置の中間に位置する無線装置がルータとして機能し、データパケットを中継するので、広範囲のマルチホップネットワークを形成することができる。

20

【0003】

このようなアドホックネットワークは、被災地での無線通信網や ITS (Intelligent Transport Systems) 車車間通信でのストリーミングなど、様々な方面に応用されようとしている (非特許文献 1) 。

【0004】

マルチホップ通信をサポートする動的なルーティングプロトコルとしては、テーブル駆動型プロトコルとオンデマンド型プロトコルとがある。テーブル駆動型プロトコルは、定期的に経路に関する制御情報の交換を行ない、予め経路表を構築しておくものであり、GSR (Global State Routing)、FSR (Fish-eye State Routing)、OLSR (Optimized Link State Routing) および DSDV (Destination Sequenced Distance Vector) 等が知られている。

30

【0005】

また、オンデマンド型プロトコルは、データ送信の要求が発生した時点で、初めて宛先までの経路を構築するものであり、DSR (Dynamic Source Routing) および AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing) 等が知られている。

40

【0006】

そして、従来のアドホックネットワークにおいては、送信元から送信先へデータ通信を行なう場合、送信元から送信先までのホップ数ができる限り少なくなるように経路が決定される (非特許文献 2) 。

【非特許文献 1】渡辺正浩 “無線アドホックネットワーク”，自動車技術会春季大会ヒューマトロニクスフォーラム，pp 18 - 23，横浜，5月2003年。

【非特許文献 2】Guangyu Pei, et al, “Fish-eye state routing: a routing scheme for ad hoc wireless networks”, ICC2000. Commun., Volume 1, pp70-74, L.A., June 2000.

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、アドホックネットワークを構成する無線装置が移動可能な無線装置である場合、アドホックネットワークを構成する無線装置のトポロジーが変化し、パケットの到達率が低下するという問題がある。即ち、各無線装置が、一度、作成したルーティングテーブルに基づいて無線通信を行なうとすると、実際に無線通信を行なうときの各無線装置のトポロジーがルーティングテーブルを作成したときの各無線装置のトポロジーと異なってしまう、隣接無線装置が通信可能な範囲よりも遠い位置へ移動してしまっていることが想定され、そのような場合、パケットは隣接無線装置へ到達できず、パケットの到達率が低下する。

10

【0008】

そこで、この発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、無線装置が移動する通信環境においてパケットの到達率を向上可能な無線装置を提供することである。

【0009】

また、この発明の別の目的は、無線装置が移動する通信環境においてパケットの到達率を向上可能な無線装置を備える無線通信ネットワークを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

この発明によれば、無線装置は、自律的に確立され、送信元と送信先との間で無線通信が行なわれる無線通信ネットワークを構成する無線装置であって、位置検出手段と、受信手段と、予測位置演算手段と、距離演算手段と、テーブル作成手段と、通信手段とを備える。位置検出手段は、当該無線装置の位置および移動速度を示す第1の位置情報を検出する。受信手段は、当該無線装置に隣接する n (n は正の整数)個の隣接無線装置の位置および移動速度を示す n 個の第2の位置情報を n 個の隣接無線装置から受信する。予測位置演算手段は、第1の位置情報に基づいて当該無線装置の現在の予測位置を示す第3の位置情報を演算し、 n 個の第2の位置情報に基づいて n 個の隣接無線装置の現在の予測位置を示す n 個の第4の位置情報を演算する。距離演算手段は、第3の位置情報および n 個の第4の位置情報に基づいて、当該無線装置と n 個の隣接無線装置との間の距離である n 個の距離を演算する。テーブル作成手段は、距離演算手段によって演算された距離が反映され、かつ、当該無線装置と隣接無線装置との間の最適な無線通信経路を示すルートメトリックを各送信先に対して演算し、その演算したルートメトリックを含み、かつ、各送信先までの経路からなるルーティングテーブルを作成する。通信手段は、ルーティングテーブルから各送信先までの最適な無線通信経路を選択して無線通信を行なう。

20

30

【0011】

好ましくは、テーブル作成手段は、 n 個の距離に基づいて、当該無線装置との間で通信範囲を超える距離を有する隣接無線装置を除外し、当該無線装置との間で通信範囲内の距離を有する隣接無線装置を含めてルーティングテーブルを作成する。

【0012】

好ましくは、無線装置は、寿命演算手段を更に備える。寿命演算手段は、位置検出手段によって検出された当該無線装置の現在の位置、現在の移動速度および現在の移動方向を示す第5の位置情報と、受信手段によって受信された n 個の隣接無線装置の現在の位置、現在の移動速度および現在の移動方向を示す n 個の第6の位置情報とに基づいて、当該無線装置と各隣接無線装置との間で無線通信が可能な残り時間を示すリンク寿命を演算する。そして、テーブル作成手段は、ルーティングテーブルの更新時にリンク寿命を超えた経路を有する隣接無線装置を除外してルーティングテーブルを更新する。

40

【0013】

好ましくは、テーブル作成手段は、当該無線装置と隣接無線装置との間の瞬時の受信信号強度に基づいて、パケットの再送回数であるリンクコストを演算し、その演算したリンクコストと距離演算手段によって演算された距離とに基づいて、当該無線装置と隣接無線

50

装置との間の無線通信品質が基準値以上である場合にはリンクコストよりも距離演算手段によって演算された距離を反映してルートメトリックを演算し、無線通信品質が基準値よりも低い場合にはリンクコスト、距離演算手段によって演算された距離および中継器の負荷を反映してパケットの輻輳を下げるようにルートメトリックを演算する。

【0014】

好ましくは、テーブル作成手段は、無線通信品質が基準値以上である場合には距離演算手段によって演算された距離が長くなるに従って小さくなるようにルートメトリックを演算する。

【0015】

好ましくは、テーブル作成手段は、距離演算手段によって演算された距離に基づいて、当該無線装置と隣接無線装置との間の距離に応じて決定される第1の受信信号強度を演算し、各隣接無線装置が現在の位置から所定の範囲内に存在するときの当該無線装置と各隣接無線装置との間の受信信号強度の平均である第2の受信信号強度を演算し、その演算した第1および第2の受信信号強度に基づいて、瞬時の受信信号強度である第3の受信信号強度を演算し、その演算した第3の受信信号強度に基づいて、リンクコストを演算する。

10

【0016】

好ましくは、テーブル作成手段は、距離と第1の受信信号強度との関係を示す第1のテーブルと、第3の受信信号強度とリンクコストとの関係を示す第2のテーブルとを保持し、第1のテーブルを参照して、距離演算手段によって演算された距離に対応する第1の受信信号強度を抽出することによって第1の受信信号強度を演算し、第2のテーブルを参照して、演算した第3の受信信号強度に対応するリンクコストを抽出することによってリンクコストを演算する。

20

【0017】

好ましくは、テーブル作成手段は、第1の受信信号強度と第2の受信信号強度との重み付け平均を演算して第3の受信信号強度を演算する。

【0018】

好ましくは、無線装置は、方向演算手段と、指向性アンテナとを更に備える。方向演算手段は、最適な無線通信経路を構成する無線装置が当該無線装置に対して存在する方向を演算する。指向性アンテナは、指向性のビームを放射する。通信手段は、方向演算手段によって演算された方向にビームを放射するように指向性アンテナを制御して無線通信を行なう。

30

【0019】

また、この発明によれば、無線通信ネットワークは、請求項1から請求項9のいずれか1項に記載の無線装置を備える無線通信ネットワークである。

【発明の効果】

【0020】

この発明においては、無線通信ネットワークを構成する各無線装置は、自己の位置情報を検出してブロードキャストする。そして、各無線装置は、自己および他の無線装置の位置情報に基づいて、各無線装置の現在の位置を予測し、その予測した現在の位置に基づいて、最適な経路を有するルーティングテーブルを作成して無線通信を行なう。つまり、各無線装置は、各無線装置の移動先を予測して最適な経路を選択し、その選択した最適な経路を用いて無線通信を行なう。

40

【0021】

従って、この発明によれば、無線装置が移動する通信環境においてパケットの到達率を向上できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

【0023】

50

図1は、この発明の実施の形態による無線通信ネットワークの概略図である。無線通信ネットワーク10は、無線装置1～8を備える。無線装置1～8は、無線通信空間に配置され、自律的にネットワークを構成している。そして、無線装置1から無線装置3へデータを送信する場合、無線装置2, 4～8は、無線装置1からのデータを中継して無線装置3へ届ける。

【0024】

この場合、無線装置1は、異なる4個の経路を介して無線装置3との間で無線通信を行なうことができる。即ち、無線装置1は、無線装置4, 7を介して無線装置3との間で無線通信を行なうことができ、無線装置2, 7を介して無線装置3との間で無線通信を行なうこともでき、無線装置5, 6を介して無線装置3との間で無線通信を行なうことができ、無線装置8を介して無線装置3との間で無線通信を行なうこともできる。

10

【0025】

無線装置8を介して無線通信を行なう場合、ホップ数が“2”と相対的に少なく、無線装置4, 7、無線装置2, 7および無線装置5, 6を介して無線通信を行なう場合、ホップ数が“3”と相対的に多い。

【0026】

従って、無線装置8を介して無線通信を行なう経路を選択すると、ホップ数が“2”と相対的に少なくなるので、一般的には、無線装置1から無線装置3への無線通信のスループットが高くなる。

【0027】

しかし、無線装置1～8が移動する無線装置である場合において、無線装置1が無線装置3へ実際にパケットを送信するとき、無線装置1と無線装置8との距離が通信可能範囲を超えてしまっているために、無線装置1が無線装置8へパケットを送信できないことが想定される。

20

【0028】

そこで、以下においては、各無線装置1～8が自己に隣接する隣接無線装置の瞬時の位置を予測してパケットの到達率を向上可能な方法について説明する。

【0029】

図2は、図1に示す無線装置1の構成を示す概略ブロック図である。無線装置1は、アレーアンテナ11と、GPS(Global Positioning System)アンテナ12と、無線LAN(Local Area Network)カード13と、GPS受信機15と、無線LANドライバ14と、GPSモジュール16と、キュー17と、ルーティングテーブル18と、TCP/IPモジュール19と、ルーティングモジュール20と、アプリケーション21と、表示部22とを備える。

30

【0030】

アレーアンテナ11は、無指向性または指向性のビームによって無線LANカード13から受けたパケットを送信するとともに、無指向性または指向性のビームによってパケットを受信して無線LANカード13へ出力する。

【0031】

GPSアンテナ12は、衛星(図示せず)から送信された経緯度、速度および角度を受信してGPS受信機15へ出力する。

40

【0032】

無線LANカード13は、アレーアンテナ11の指向性を後述する方法によって制御する。また、無線LANカード13は、無線LANドライバ14からパケットを受け、その受けたパケットのヘッダを参照してパケットの中継先(=隣接無線装置)を検知する。そして、無線LANカード13は、アレーアンテナ11の指向性を所定の指向性に設定し、その所定の指向性に設定されたアレーアンテナ11を介してパケットを中継先(=隣接無線装置)へ送信する。この場合、無線LANカード13は、中継先(=隣接無線装置)から受信した隣接無線装置の位置と、GPSモジュール16から受けた無線装置1の位置とに基づいて、パケットの中継先(=隣接無線装置)が無線装置1に対して存在する方向を

50

演算し、その演算した方向をアレーアンテナ 11 に設定する所定の指向性とする。更に、無線 LAN カード 13 は、アレーアンテナ 11 から受けたパケットを無線 LAN ドライバ 14 へ出力する。更に、無線 LAN カード 13 は、アレーアンテナ 11 がパケットを受信したときの受信信号強度 RSSI を検出し、その検出した受信信号強度 RSSI を無線 LAN ドライバ 14 へ出力する。

【 0033 】

無線 LAN ドライバ 14 は、キュー 17 からパケットを取り出す。そして、無線 LAN ドライバ 14 は、ルーティングテーブル 18 を参照して、パケットを送信先へ送信するときの最適経路を選択し、その選択した最適経路を介してパケットを送信先へ送信するときの隣接無線装置の IP アドレスをパケットに含めて無線 LAN カード 13 へ出力する。また、無線 LAN ドライバ 14 は、無線 LAN カード 13 から受けたパケットを TCP/IP モジュール 19 へ出力する。更に、無線 LAN ドライバ 14 は、無線 LAN カード 13 から受けた受信信号強度 RSSI を TCP/IP モジュール 19 へ出力する。

10

【 0034 】

GPS 受信機 15 は、GPS アンテナ 12 を介して無線装置 1 の経緯度、速度および角度を計測し、その計測した経緯度、速度および角度を GPS モジュール 16 へ出力する。

【 0035 】

GPS モジュール 16 は、GPS 受信機 15 から経緯度、速度および角度を受け、その受けた経緯度に基づいて、後述する方法によって、無線装置 1 の位置を演算する。そして、GPS モジュール 16 は、無線装置 1 の位置、速度および角度を無線 LAN カード 13

20

【 0036 】

キュー 17 は、TCP/IP モジュール 19 からパケットを受け、その受けたパケットを保持する。そして、キュー 17 は、無線 LAN ドライバ 14 からの要求に応じて、保持しているパケットを無線 LAN ドライバ 14 へ出力する。ルーティングテーブル 18 は、各送信先へ対する最適通信経路を格納する。

【 0037 】

TCP/IP モジュール 19 は、アプリケーション 21 からデータを受け、その受けたデータを TCP データ部に格納して TCP パケットを作成する。そして、TCP/IP モジュール 19 は、その作成した TCP パケットを IP データ部に含め、送信先をヘッダに含めて IP パケットを作成し、その作成したパケットをキュー 17 へ格納する。

30

【 0038 】

また、TCP/IP モジュール 19 は、GPS モジュール 16 から無線装置 1 の位置、速度および角度を受けるとともに、キュー 17 のキュー長を検出する。そして、TCP/IP モジュール 19 は、隣接無線装置の位置、速度、角度、移動方向および負荷 (= 隣接無線装置のキュー長) と、隣接無線装置に隣接する無線装置の位置、速度、角度、移動方向および負荷とを含む専用パケットを隣接無線装置から受けるとともに、その受けた専用パケットをルーティングモジュール 20 へ出力する。そうすると、TCP/IP モジュール 19 は、キュー長からなる無線装置 1 の負荷と、無線装置 1 の位置、速度および角度と、隣接無線装置の位置、速度、角度、移動方向および負荷とからなる専用パケットを、例えば、2 秒ごとに作成し、その作成した専用パケットをキュー 17 へ格納してブロードキャストする。また、TCP/IP モジュール 19 は、キュー長からなる無線装置 1 の負荷と、無線装置 1 の位置、速度および角度と、隣接無線装置の位置、速度、角度、移動方向および負荷と、隣接無線装置に隣接する無線装置の位置、速度、角度、移動方向および負荷とからなる専用パケットを、例えば、6 秒ごとに作成し、その作成した専用パケットをキュー 17 へ格納してブロードキャストする。

40

【 0039 】

更に、TCP/IP モジュール 19 は、無線 LAN カード 14 からパケットを受け、その受けたパケットからデータを取り出してアプリケーション 21 へ出力する。更に、TCP/IP モジュール 19 は、無線 LAN ドライバ 14 から受けた受信信号強度 RSSI を

50

ルーティングモジュール 20 へ出力する。

【0040】

ルーティングモジュール 20 は、GPS モジュール 16 から無線装置 1 の位置、速度および角度を受け、TCP/IP モジュール 19 から専用パケットを受ける。そして、ルーティングモジュール 20 は、その受けた専用パケットと、無線装置 1 の位置、速度および角度とに基づいて、後述する方法によって、位置テーブルを作成する。なお、ルーティングモジュール 20 は、位置テーブルを作成した後に無線装置 1 の位置、速度および角度と、専用パケットとを受けると、位置テーブルを更新する。

【0041】

また、ルーティングモジュール 20 は、専用パケットに基づいて、後述する方法によって、ネイバーテーブルを作成する。なお、ルーティングモジュール 20 は、ネイバーテーブルを作成した後に専用パケットを受けると、ネイバーテーブルを更新する。

10

【0042】

そうすると、ルーティングモジュール 20 は、位置テーブルに基づいて、各無線装置 1 ~ 8 の現在の位置を後述する方法によって予測し、その予測した位置と、無線装置 1 ~ 8 のトポロジと、ネイバーテーブルとに基づいて、後述する方法によってルーティングテーブル 18 を作成する。そして、ルーティングモジュール 20 は、ルーティングテーブル 18 を一定時間ごとに更新するとともに、ルーティングテーブル 18 を表示部 22 へ出力する。

【0043】

アプリケーション 21 は、送信先へ送信するデータを生成し、その生成したデータを TCP/IP モジュール 19 へ出力する。また、アプリケーション 21 は、TCP/IP モジュール 19 から自己宛てのデータを受ける。

20

【0044】

表示部 22 は、ルーティングモジュール 20 から受けたルーティングテーブル 18 を視覚情報としてユーザに与える。

【0045】

なお、図 1 に示す無線装置 2 ~ 8 の各々は、図 2 に示す無線装置 1 と同じ構成からなる。

【0046】

図 3 は、図 2 に示すアレーアンテナ 11 の制御方法を説明するための図である。アレーアンテナ 11 は、アンテナ素子 111 ~ 117 と、バラクタダイオード 121 ~ 126 とからなる。アンテナ素子 111 ~ 116 は、無給電素子であり、アンテナ素子 117 は、給電素子である。そして、アンテナ素子 111 ~ 117 は、 $x-y-z$ 直交座標の $x-y$ 平面に略垂直に、即ち、 z 軸に略平行に配置される。

30

【0047】

バラクタダイオード 121 ~ 126 は、それぞれ、アンテナ素子 111 ~ 116 と接地ノードとの間に接続される。これにより、可変容量素子であるバラクタダイオード 121 ~ 126 がそれぞれ無給電素子であるアンテナ素子 111 ~ 116 に装荷される。

【0048】

このように、アレーアンテナ 11 は、1 本の給電素子 (アンテナ素子 117) と 6 本の無給電素子 (アンテナ素子 111 ~ 116) とからなる。

40

【0049】

無線 LAN カード 13 は、アレーアンテナ 11 のバラクタダイオード 121 ~ 126 に制御電圧セット $CLV0 \sim CLV12$ を供給してアレーアンテナ 11 のビームパターンを無指向性のビームパターンまたは指向性のビームパターンに切替える。

【0050】

図 4 は、図 2 に示すアレーアンテナ 11 の $x-y$ 平面における平面図である。アンテナ素子 111 ~ 116 は、アンテナ素子 117 の周囲に略円形に配置される。そして、アレーアンテナ 11 が送受信する電波の波長を λ とすると、アンテナ素子 111 ~ 116 とア

50

ンテナ素子 117 との間隔は、略 / 4 である。

【 0 0 5 1 】

このように、アレーアンテナ 11 は、給電素子であるアンテナ素子 117 の周囲に無給電素子であるアンテナ素子 111 ~ 116 を略円形配置した構造からなる。

【 0 0 5 2 】

無線 LAN カード 13 は、制御電圧セット CLV0 ~ CLV12 をバラクタダイオード 121 ~ 126 へ供給してアレーアンテナ 11 が放射するビームパターンを制御する場合、バラクタダイオード 121 ~ 126 のリアクタンスセット $x_m = x_{m1} \sim x_{m6}$ が表 1 に示すリアクタンスセットに従って変化するように制御電圧セット CLV0 ~ CLV12 をバラクタダイオード 121 ~ 126 へ供給する。

10

【 0 0 5 3 】

【表 1】

m	ビームパターン	X_{m1}	X_{m2}	X_{m3}	X_{m4}	X_{m5}	X_{m6}
0	オムニパターン	hi	hi	hi	hi	hi	hi
1	0度の方向	hi	lo	lo	lo	lo	lo
2	30度の方向	hi	hi	lo	lo	lo	lo
3	60度の方向	lo	hi	lo	lo	lo	lo
4	90度の方向	lo	hi	hi	lo	lo	lo
5	120度の方向	lo	lo	hi	lo	lo	lo
6	150度の方向	lo	lo	hi	hi	lo	lo
7	180度の方向	lo	lo	lo	hi	lo	lo
8	210度の方向	lo	lo	lo	hi	hi	lo
9	240度の方向	lo	lo	lo	lo	hi	lo
10	270度の方向	lo	lo	lo	lo	hi	hi
11	300度の方向	lo	lo	lo	lo	lo	hi
12	330度の方向	hi	lo	lo	lo	lo	hi

20

30

【 0 0 5 4 】

制御電圧セット CLV0 ~ CLV12 の各々は、6 個のバラクタダイオード 121 ~ 126 に対応して 6 個の電圧 V1 ~ V6 からなる。無線 LAN カード 13 は、例えば、- 20 V からなる電圧 V1 ~ V6 をそれぞれバラクタダイオード 121 ~ 126 へ供給してバラクタダイオード 121 ~ 126 のリアクタンス $x_{m1} \sim x_{m6}$ を “ hi ” に設定し、0 V からなる電圧 V1 ~ V6 をそれぞれバラクタダイオード 121 ~ 126 へ供給してバラクタダイオード 121 ~ 126 のリアクタンス $x_{m1} \sim x_{m6}$ を “ lo ” に設定する。

【 0 0 5 5 】

40

バラクタダイオード 121 ~ 126 のリアクタンス $x_{m1} \sim x_{m6}$ が全て “ hi ” である場合 ($m = 0$)、アレーアンテナ 11 は、オムニパターンに近いビームパターン BPM0 を放射する。また、バラクタダイオード 121 のリアクタンス x_{m1} が “ hi ” であり、バラクタダイオード 122 ~ 126 のリアクタンス $x_{m2} \sim x_{m6}$ が “ lo ” である場合 ($m = 1$)、アレーアンテナ 11 は、0 度の方向に指向性を有するビームパターン BPM1 を放射する。なお、x 軸の正の方向を 0 度の方向とする。

【 0 0 5 6 】

更に、バラクタダイオード 121, 122 のリアクタンス x_{m1}, x_{m2} が “ hi ” であり、バラクタダイオード 123 ~ 126 のリアクタンス $x_{m3} \sim x_{m6}$ が “ lo ” である場合 ($m = 2$)、アレーアンテナ 11 は、30 度の方向に指向性を有するビームパター

50

ンBPM2を放射する。

【0057】

更に、バラクタダイオード122のリアクタンス x_{m2} が“hi”であり、バラクタダイオード121, 123~126のリアクタンス x_{m1} , x_{m3} ~ x_{m6} が“lo”である場合($m=3$)、アレーアンテナ11は、60度の方向に指向性を有するビームパターンBPM3を放射する。

【0058】

以下、同様にして、バラクタダイオード121~126のうち、リアクタンス x_m を“hi”に設定するバラクタダイオードをバラクタダイオード122, 123、バラクタダイオード123、バラクタダイオード123, 124、バラクタダイオード124、バラクタダイオード124, 125、バラクタダイオード125、バラクタダイオード125, 126、バラクタダイオード126およびバラクタダイオード126, 121に順次切替えることによって、アレーアンテナ11は、それぞれ、90度の方向、120度の方向、150度の方向、180度の方向、210度の方向、240度の方向、270度の方向、300度の方向および330度の方向に指向性を有するビームパターンBPM4~BPM12を放射する。

【0059】

このように、アレーアンテナ11は、無線LANカード13からの制御に従って、オムニビームパターン(ビームパターンBPM0)および指向性を有するビームパターン(ビームパターンBPM1~BPM12)を選択的に放射可能である。

【0060】

図5は、専用パケットの構成を示す概念図である。専用パケットPKT_Dは、パケットヘッダと、自己の負荷と、自己の位置情報と、位置情報1, 2とからなる。パケットヘッダは、専用パケットPKT_Dをブロードキャストするためのアドレスと、専用パケットPKT_Dを生成した無線装置のIPアドレスとを含む。自己の負荷は、専用パケットPKT_Dを生成する無線装置におけるキュー17のキュー長からなる。自己の位置情報は、専用パケットPKT_Dを生成する無線装置の位置、速度および角度からなる。位置情報1は、専用パケットPKT_Dを生成する無線装置に隣接する隣接無線装置の位置、速度および角度からなる。位置情報2は、専用パケットPKT_Dを生成する無線装置から一定距離以上の位置に存在する無線装置の位置、速度および角度からなる。そして、パケットヘッダ、自己の負荷、自己の位置情報および位置情報1からなる専用パケットPKT_Dは、例えば、2秒ごとに生成されてブロードキャストされる。また、パケットヘッダ、自己の負荷、自己の位置情報、位置情報1および位置情報2からなる専用パケットPKT_Dは、例えば、6秒ごとに生成されてブロードキャストされる。

【0061】

図6は、位置テーブルの構成を示す図である。位置テーブルPSTは、インデックスと、IPアドレスと、位置と、速度と、角度と、時刻と、受信方向とからなる。そして、インデックス、IPアドレス、位置、速度、角度、時刻および受信方向は、相互に対応付けられる。

【0062】

インデックスは、1, 2, 3, ...等の数字からなる。IPアドレスは、各無線装置1~8のIPアドレスからなる。位置は、各無線装置1~8の位置 $\langle x_i, y_i \rangle$ ($i=1\sim 8$)からなる。速度は、各無線装置1~8の速度 V_i からなる。角度は、各無線装置1~8の速度 V_i が $x-y$ 座標において x 軸の正方向となす角度 θ_i からなる。時刻は、各無線装置1~8の位置 $\langle x_i, y_i \rangle$ 、速度 V_i および角度 θ_i が計測された時刻からなる。そして、時刻は、YYYY/MMMM/DDDD/HHHH/MMMM/SSSS(年/月/日/時間/分/秒)によって表される。受信方向は、各無線装置1~8の角度 θ_i からなる。

【0063】

図7は、ネイバーテーブルの構成を示す図である。ネイバーテーブルNBTは、隣接無

10

20

30

40

50

線装置と、RSSIと、寿命と、負荷と、フラグと、インデックスとからなる。

【0064】

隣接無線装置、RSSI、寿命、負荷、フラグおよびインデックスは、相互に対応付けられる。隣接無線装置は、各無線装置に隣接する無線装置の装置名からなる。RSSIは、受信信号強度からなる。寿命は、隣接する2つの無線装置間における経路を介して無線通信が可能な残りの時間からなる。負荷は、各無線装置におけるキュー17のキュー長からなる。フラグは、無線通信におけるフェージングが生じていることを示すFD_ON、または無線通信におけるフェージングが生じていないことを示すFD_OFFからなる。そして、この発明においては、受信信号強度が最大値に対して15dB以上低下したときにフェージングが生じていると判定する。インデックスは、図6において説明したインデックスと同じである。

10

【0065】

図8は、図2に示すルーティングテーブル18の構成を示す図である。ルーティングテーブル18は、送信先アドレス、NextHopアドレスおよびルートメトリックからなる。そして、送信先アドレス、NextHopアドレスおよびルートメトリックは、相互に対応付けられる。

【0066】

送信先アドレスは、送信先の無線装置のIPアドレスからなる。NextHopアドレスは、パケットを送信先へ送信するときにパケットを次に送信すべき無線装置のIPアドレスからなる。ルートメトリックは、隣接する2つの無線装置間の経路の指標を示し、隣接する2つの無線装置間の距離、リンク品質および各無線装置における負荷によって決定される値からなる。ルートメトリックの求め方については後述する。

20

【0067】

次に、GPS受信機15が計測した経緯度 E_X , E_X に基づいて、位置 $\langle x_i, y_i \rangle$ を求める方法について説明する。GPSモジュール16は、GPS受信機15から受けた経緯度 E_X , E_X をそれぞれ次式の l , b に代入して無線装置の位置 $\langle x_i, y_i \rangle$ を求める。

【0068】

【数 1】

$$\begin{aligned}
 x/m_0 &= (S_\phi - S_0) - \Delta \lambda^2 N \sin \phi \cos \phi / 2 \\
 &\quad + \Delta \lambda^4 N \sin \phi \cos^3 \phi (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) / 24 \\
 &\quad + \Delta \lambda^6 N \sin \phi \cos^5 \phi (61 - 58t^2 + t^4) / 720 \\
 y/m_0 &= \Delta \lambda N \cos \phi + \lambda^3 N \cos^3 \phi (1 - t^2 + \eta^2) / 6 \\
 &\quad + \Delta \lambda^5 N \cos^5 \phi (5 - 18t^2 + t^4) / 120
 \end{aligned}$$

但し、

m_0 : 座標原点を通過する子午線の距離 S と平面へ
投影した距離 s との縮率 s/S

S_ϕ : 原点の緯度 ϕ に対応する子午線弧長

S_0 : 原点の緯度 ϕ_0 に対応する子午線弧長

$\Delta \lambda$: 経度差 ($= \lambda_2 - \lambda_1$)

N = 卯酉線曲率半径

$t = \tan \phi$

$\eta^2 = e'^2 \cos^2 \phi$

$e' = \{(a^2 + b^2) / b^2\}^{1/2}$ a : 長半径 b : 短半径

... (1)

10

20

【0069】

引き続き、隣接する2つの無線装置間における経路を介して無線通信が可能な残りの時間からなるリンク寿命を求める方法について説明する。隣接する2つの無線装置は、2つの無線装置間の距離が最大通信距離を越えない限り、無線通信を行なうことができ、2つの無線装置間の距離が最大通信距離を越えると、リンクが切断される。そして、2つの無線装置の位置、速度および角度を用いて、各リンクを無線通信に使用可能な残りの時間が予測される。この予測された残りの時間をリンク寿命とする。

30

【0070】

無線装置 A, B 間のリンクのリンク寿命を無線装置 A において求める方法を具体的に説明する。無線装置 A のルーティングモジュール 20 は、GPS モジュール 16 から無線装置 A の時刻 t_1 (現在の時刻) における位置 $\langle x_A^{t_1}, y_A^{t_1} \rangle$ 、速度 $V_A^{t_1}$ および角度 $\theta_A^{t_1}$ を受ける。また、無線装置 A のルーティングモジュール 20 は、無線装置 B から受信した無線装置 B の時刻 t_1 における位置 $\langle x_B^{t_1}, y_B^{t_1} \rangle$ 、速度 $V_B^{t_1}$ および角度 $\theta_B^{t_1}$ を TCP/IP モジュール 19 から受ける。そして、無線装置 A のルーティングモジュール 20 は、無線装置 A の位置 $\langle x_A^{t_1}, y_A^{t_1} \rangle$ 、速度 $V_A^{t_1}$ および角度 $\theta_A^{t_1}$ と、無線装置 B の位置 $\langle x_B^{t_1}, y_B^{t_1} \rangle$ 、速度 $V_B^{t_1}$ および角度 $\theta_B^{t_1}$ とを次式に代入してリンク寿命 t を演算する。

40

【0071】

【数 2】

$$\left. \begin{aligned}
 b &= x_A^{t1} - x_B^{t1}, \quad a = V_A^{t1} \cdot \cos(\alpha_A^{t1}) - V_B^{t1} \cdot \cos(\alpha_B^{t1}) \\
 d &= y_A^{t1} - y_B^{t1}, \quad c = V_A^{t1} \cdot \sin(\alpha_A^{t1}) - V_B^{t1} \cdot \sin(\alpha_B^{t1}) \\
 r &= \text{comm_dist} \\
 t &= \frac{-(ab+cd) + \sqrt{r^2(a^2+c^2) - (ad-bc)^2}}{a^2+c^2}
 \end{aligned} \right\} \dots(2)$$

10

【0072】

式(2)において、 r は、最大通信距離 comm_dist である。式(2)によって求めたリンク寿命 t は、次式によって表されるように、時刻 $t1 + t$ における無線装置 A、B 間の距離が最大通信距離 comm_dist 以上になることを意味する。

【0073】

【数 3】

$$\sqrt{(x_A^{t1+t} - x_B^{t1+t})^2 + (y_A^{t1+t} - y_B^{t1+t})^2} \geq \text{comm_dist} \dots(3)$$

20

【0074】

なお、この発明においては、ルーティングモジュール 20 は、無線装置 A の位置 $\langle x_A^{t1}, y_A^{t1} \rangle$ 、速度 V_A^{t1} および角度 α_A^{t1} と、無線装置 B の位置 $\langle x_B^{t1}, y_B^{t1} \rangle$ 、速度 V_B^{t1} および角度 α_B^{t1} とを次式に代入してリンク寿命 t を近似的に演算してもよい。

30

【0075】

【数4】

$$\begin{aligned}
 V_x &= V_A^{t1} \cdot \cos(\alpha_A^{t1}) - V_B^{t1} \cdot \cos(\alpha_B^{t1}) \\
 V_y &= V_A^{t1} \cdot \sin(\alpha_A^{t1}) - V_B^{t1} \cdot \sin(\alpha_B^{t1}) \\
 V &= \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \\
 d &= \sqrt{(x_A^{t1} - x_B^{t1})^2 + (y_A^{t1} - y_B^{t1})^2} \\
 t &= (\text{comm_dist} - d) / V
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} V_x \\ V_y \\ V \\ d \\ t \end{aligned}} \right\} \dots (4)$$

10

20

【0076】

このように、ルーティングモジュール20は、隣接する無線装置A、Bの位置、速度および角度を用いて無線装置A、B間のリンク寿命を演算する。

【0077】

次に、OLSRプロトコルに従って無線通信ネットワーク10を構成する無線装置1～8のトポロジーを検知する方法について説明する。

【0078】

無線装置1～8は、トポロジーを検知する場合、HelloメッセージおよびTCメッセージを送受信する。Helloメッセージは、各無線装置1～8が有する情報の配信を目的として、定期的送信される。このHelloメッセージを受信することによって、各無線装置1～8は、周辺の無線装置に関する情報を収集でき、自己の周辺にどのような無線装置が存在するのかを認識する。

30

【0079】

OLSRプロトコルにおいては、各無線装置1～8は、ローカルリンク情報を管理する。そして、Helloメッセージは、このローカルリンク情報の構築および送信を行なうためのメッセージである。ローカルリンク情報は、「リンク集合」、「隣接無線装置集合」、「2ホップ隣接無線装置集合とそれらの無線装置へのリンク集合」、「MPR (Multi point Relay) 集合」、および「MPRセクタ集合」を含む。

【0080】

リンク集合は、直接的に電波が届く無線装置（隣接無線装置）の集合へのリンクのことであり、各リンクは2つの無線装置間のアドレスの組の有効時間によって表現される。なお、有効時間は、そのリンクが単方向なのか双方向なのかを表すためにも利用される。

40

【0081】

隣接無線装置集合は、各隣接無線装置のアドレス、およびその無線装置の再送信の積極度 (Williness) 等によって構成される。2ホップ隣接無線装置集合は、隣接無線装置に隣接する無線装置の集合を表す。

【0082】

MPR集合は、MPRとして選択された無線装置の集合である。なお、MPRとは、各パケットPKTを無線通信ネットワーク10の全ての無線装置1～8へ送信する場合、各無線装置1～8が1つのパケットPKTを1回だけ送受信することによってパケットPK

50

Tを全ての無線装置1～8へ送信できるように中継無線装置を選択することである。MPRセクタ集合は、自己をMPRとして選択した無線装置の集合を表す。

【0083】

ローカルリンク情報が確立される過程は、概ね、次のようになる。Helloメッセージは、初期の段階では、各無線装置1～8が自己の存在を知らせるために、自己のアドレスが入ったHelloメッセージを隣接する無線装置へ送信する。これを、無線装置1～8の全てが行ない、各無線装置1～8は、自己の周りにどのようなアドレスを持った無線装置が存在するのかを把握する。このようにして、リンク集合および隣接無線装置集合が構築される。

【0084】

そして、構築されたローカルリンク情報は、再び、Helloメッセージによって定期的に送り返される。これを繰り返すことによって、各リンクが双方向であるのか、隣接無線装置の先にどのような無線装置が存在するのかが徐々に明らかになって行く。各無線装置1～8は、このように徐々に構築されたローカルリンク情報を蓄える。

【0085】

更に、MPRに関する情報も、Helloメッセージによって定期的に送信され、各無線装置1～8へ告知される。各無線装置1～8は、自己が送信するパケットPKTの再送信を依頼する無線装置として、いくつかの無線装置をMPR集合として隣接無線装置の中から選択している。そして、このMPR集合に関する情報は、Helloメッセージによって隣接する無線装置へ送信されるので、このHelloメッセージを受信した無線装置は、自己がMPRとして選択してきた無線装置の集合を「MPRセクタ集合」として管理する。このようにすることにより、各無線装置1～8は、どの無線装置から受信したパケットPKTを再送信すればよいのかを即座に認識できる。

【0086】

Helloメッセージの送受信により各無線装置1～8において、ローカルリンク集合が構築されると、無線通信ネットワーク10全体のトポロジーを知らせるためのTCメッセージが無線装置1～8へ送信される。このTCメッセージは、MPRとして選択されている全ての無線装置によって定期的に送信される。そして、TCメッセージは、各無線装置とMPRセクタ集合との間のリンクを含んでいるため、無線通信ネットワーク10の全ての無線装置1～8は、全てのMPR集合および全てのMPRセクタ集合を知ることができ、全てのMPR集合および全てのMPRセクタ集合に基づいて、無線通信ネットワーク10全体のトポロジーを知ることができる。

【0087】

なお、各無線装置1～8は、Helloメッセージとは別に、TCメッセージを頻りに交換する。そして、TCメッセージの交換にも、MPRが利用される。

【0088】

引き続き、位置テーブルPSTおよびネイバーテーブルNBTの作成方法について説明する。図9は、専用パケットPKT_Dの例を示す図である。また、図10は、位置テーブルPSTの例を示す図である。更に、図11は、ネイバーテーブルNBTの例を示す図である。

【0089】

無線装置1のTCP/IPモジュール19は、GPSモジュール16から無線装置1の位置 $\langle x_1, y_1 \rangle$ 、速度 V_1 、角度 θ_1 および時刻 t_1 を受け、キュー17のキュー長 L_{1_QUE} を検出する。そして、無線装置1のTCP/IPモジュール19は、無線装置1のIPアドレス IP_{add1} とブロードキャストアドレス add_BC とをパケットヘッダに格納し、その検出したキュー長 L_{1_QUE} を自己の負荷に格納し、位置 $\langle x_1, y_1 \rangle$ 、速度 V_1 、角度 θ_1 および時刻 t_1 を自己の位置情報に格納して専用パケットPKT_{1_D1}を作成する(図9の(a)参照)。そして、無線装置1のTCP/IPモジュール19は、その作成した専用パケットPKT_{1_D1}をブロードキャストする。

【0090】

10

20

30

40

50

無線装置 2 の TCP / IP モジュール 19 は、同様にして専用パケット P K T 2 _ D 2 (図 9 の (b) 参照) を作成してブロードキャストし、無線装置 7 の TCP / IP モジュール 19 は、同様にして専用パケット P K T 7 _ D 3 (図 9 の (c) 参照) を作成してブロードキャストする。他の無線装置 3 ~ 6 , 8 も、同様にして専用パケット P K T _ D を作成してブロードキャストする。

【 0 0 9 1 】

無線装置 1 の TCP / IP モジュール 19 は、無線装置 1 に隣接する無線装置 2 から専用パケット P K T 2 _ D 2 を受信し、その受信した専用パケット P K T 2 _ D 2 をルーティングモジュール 20 へ出力する。また、無線装置 1 の TCP / IP モジュール 19 は、無線装置 1 に隣接する無線装置 4 , 5 , 8 から無線装置 4 , 5 , 8 の位置、速度および角度を含む専用パケットを受信し、その受信した専用パケットをルーティングモジュール 20 へ出力する。

10

【 0 0 9 2 】

そして、無線装置 1 の TCP / IP モジュール 19 は、無線装置 1 の IP アドレス I P a d d 1 と、ブロードキャストアドレス a d d _ B C とをパケットヘッダに格納し、無線装置 1 のキュー長 L 1 _ Q _ U _ E を自己の負荷に格納し、無線装置 1 の位置 $\langle x_1, y_1 \rangle$, 速度 V_1 、角度 θ_1 および時刻 t_1 を自己の位置情報に格納し、無線装置 2 , 4 , 5 , 8 の位置、速度、角度および時刻を位置情報 1 に格納して専用パケット P K T 1 _ D 4 (図 9 の (d) 参照) を作成してブロードキャストする。

【 0 0 9 3 】

また、無線装置 2 の TCP / IP モジュール 19 は、無線装置 2 に隣接する無線装置 7 から専用パケット P K T 7 _ D 3 を受信し、その受信した専用パケット P K T 7 _ D 3 をルーティングモジュール 20 へ出力する。また、無線装置 2 の TCP / IP モジュール 19 は、無線装置 2 に隣接する無線装置 1 , 4 , 5 から無線装置 1 , 4 , 5 の位置、速度、角度および時刻を含む専用パケットを受信し、その受信した専用パケットをルーティングモジュール 20 へ出力する。

20

【 0 0 9 4 】

そして、無線装置 2 の TCP / IP モジュール 19 は、無線装置 2 の IP アドレス I P a d d 2 と、ブロードキャストアドレス a d d _ B C とをパケットヘッダに格納し、無線装置 2 のキュー長 L 2 _ Q _ U _ E を自己の負荷に格納し、無線装置 2 の位置 $\langle x_2, y_2 \rangle$, 速度 V_2 、角度 θ_2 および時刻 t_1 を自己の位置情報に格納し、無線装置 1 , 4 , 5 , 7 の位置、速度、角度および時刻を位置情報 1 に格納して専用パケット P K T 2 _ D 5 (図 9 の (e) 参照) を作成してブロードキャストする。

30

【 0 0 9 5 】

無線装置 1 の TCP / IP モジュール 19 は、専用パケット P K T 2 _ D 5 を無線装置 2 から受信し、その受信した専用パケット P K T 2 _ D 5 をルーティングモジュール 20 へ出力する。これによって、無線装置 1 のルーティングモジュール 20 は、無線装置 1 に隣接する無線装置 2 , 4 , 5 , 8 の位置、速度、角度および時刻のみならず、無線装置 1 から 2 ホップの位置に存在する無線装置 7 の位置、速度、角度および時刻を取得する。

【 0 0 9 6 】

上述した動作を繰り返すことによって、無線通信ネットワーク 10 を構成する無線装置 1 ~ 8 の各々は、無線装置 1 ~ 8 の時刻 t_1 における位置、速度および角度を取得する。

40

【 0 0 9 7 】

無線装置 1 のルーティングモジュール 20 は、時刻 t_1 における無線装置 1 ~ 8 の位置、速度および角度を取得すると、その取得した位置、速度および角度に基づいて、位置テーブル P S T 1 (図 10 参照) を作成する。

【 0 0 9 8 】

このように、各無線装置 1 ~ 8 が GPS 受信機 15 を用いて時刻 t_1 における自己の位置、速度および角度を計測し、その計測した位置、速度および角度をブロードキャストすることによって、各無線装置 1 ~ 8 は、同期して位置テーブル P S T 1 を作成できる。

50

【 0 0 9 9 】

無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、上述した方法によって、無線通信ネットワーク 1 0 を構成する無線装置 1 ~ 8 のトポロジーを検知し、その検知したトポロジーに基づいて、無線装置 2 , 4 , 5 , 8 が無線装置 1 に隣接する隣接無線装置であることを認識する。

【 0 1 0 0 】

そうすると、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、無線装置 2 , 4 , 5 , 8 の名称 N_2 , N_4 , N_5 , N_8 を隣接無線装置の欄に格納する。そして、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、無線装置 2 , 4 , 5 , 8 からそれぞれ専用パケット PKT_2_D , PKT_4_D , PKT_5_D , PKT_8_D を受信したときの受信信号強度 $RSSI_2$, $RSSI_4$, $RSSI_5$, $RSSI_8$ を TCP / IP モジュール 1 9 から受け、その受けた受信信号強度 $RSSI_2$, $RSSI_4$, $RSSI_5$, $RSSI_8$ をそれぞれ無線装置 2 , 4 , 5 , 8 の名称 N_2 , N_4 , N_5 , N_8 に対応付けて $RSSI$ の欄に格納する。

10

【 0 1 0 1 】

その後、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、位置テーブル PST から無線装置 1 の位置 $\langle x_1, y_1 \rangle$ 、速度 V_1 および角度 θ_1 と、無線装置 2 の位置 $\langle x_2, y_2 \rangle$ 、速度 V_2 および角度 θ_2 とを取出し、その取り出した位置 $\langle x_1, y_1 \rangle$, $\langle x_2, y_2 \rangle$ 、速度 V_1 , V_2 および角度 θ_1 , θ_2 に基づいて、上述した方法によって (式 (2) または式 (4) を用いて)、無線装置 1 - 無線装置 2 間のリンクのリンク寿命 $Lif e_2$ を演算する。また、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、位置テーブル PST から無線装置 1 の位置 $\langle x_1, y_1 \rangle$ 、速度 V_1 および角度 θ_1 と、無線装置 4 , 5 , 8 の位置 $\langle x_4, y_4 \rangle$, $\langle x_5, y_5 \rangle$, $\langle x_8, y_8 \rangle$ 、速度 V_4 , V_5 , V_8 および角度 θ_4 , θ_5 , θ_8 とに基づいて、上述した方法によって (式 (2) または式 (4) を用いて)、それぞれ、無線装置 1 - 無線装置 4 間、無線装置 1 - 無線装置 5 間および無線装置 1 - 無線装置 8 間のリンクのリンク寿命 $Lif e_4$, $Lif e_5$, $Lif e_8$ を演算する。そうすると、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、演算したリンク寿命 $Lif e_2$, $Lif e_4$, $Lif e_5$, $Lif e_8$ をそれぞれ無線装置 2 , 4 , 5 , 8 の名称 N_2 , N_4 , N_5 , N_8 に対応付けて寿命の欄に格納する。

20

【 0 1 0 2 】

また、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、隣接無線装置 2 , 4 , 5 , 8 から専用パケット PKT_D によって送信されたキュー長 L_{2_QUE} , L_{4_QUE} , L_{5_QUE} , L_{8_QUE} をそれぞれ無線装置 2 , 4 , 5 , 8 の名称 N_2 , N_4 , N_5 , N_8 に対応付けて負荷の欄に格納する。

30

【 0 1 0 3 】

更に、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、無線装置 2 , 4 , 5 , 8 との間の無線通信においてフェージングが生じているか否かを判定し、その判定結果を示すフラグ F_2 , F_4 , F_5 , F_8 をそれぞれ無線装置 2 , 4 , 5 , 8 の名称 N_2 , N_4 , N_5 , N_8 に対応付けてフラグの欄に格納する。更に、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、位置テーブル PST の IP アドレス $IPadd_2$, $IPadd_4$, $IPadd_5$, $IPadd_8$ を介して無線装置 2 , 4 , 5 , 8 の位置を示すインデックス 2 , 4 , 5 , 8 を抽出し、その抽出したインデックス 2 , 4 , 5 , 8 を無線装置 2 , 4 , 5 , 8 の名称 N_2 , N_4 , N_5 , N_8 に対応付けてインデックスの欄に格納する。これによって、無線装置 1 におけるネイバーテーブル NBT_1 が完成する (図 1 1 参照)。

40

【 0 1 0 4 】

無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、上述した方法によって、位置テーブル PST_1 およびネイバーテーブル NBT_1 を作成した後、無線装置 1 ~ 8 の位置情報を新たに受けると、その受けた新たな位置情報に基づいて位置テーブル PST_1 およびネイバーリスト NBT_1 を更新する。

【 0 1 0 5 】

50

ネイバースト N B T 1 が更新される場合、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、隣接無線装置 2 , 4 , 5 , 8 が無線装置 1 から離れて行って、新たに演算した隣接無線装置 2 , 4 , 5 , 8 との間の距離が通信範囲を超えている場合、通信範囲を超えている隣接無線装置を除外してネイバースト N B T 1 を更新し、新たな無線装置が無線装置 1 に近づいて来て、新たな無線装置との間の距離が通信範囲内である場合、その新たな無線装置を含めてネイバースト N B T 1 を更新する。

【 0 1 0 6 】

なお、無線装置 2 ~ 8 のルーティングモジュール 2 0 も、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 と同じ方法によって位置テーブル P S T およびネイバースト N B T を作成および更新する。

【 0 1 0 7 】

無線装置 1 におけるルーティングテーブル 1 8 の作成について説明する。無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、ルーティングテーブル 1 8 を作成する場合、位置テーブル P S T 1 に基づいて、無線装置 1 ~ 8 の現在の位置を予測する。例えば、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、次式によって無線装置 1 の現在の位置 $\langle x_1^t, y_1^t \rangle$ を予測する。

【 0 1 0 8 】

【 数 5 】

$$\left. \begin{aligned} x_1^t &= x_1^{t1} + V_1^{t1} \cdot \cos(\alpha_1^{t1})(t-t1) \\ y_1^t &= y_1^{t1} + V_1^{t1} \cdot \sin(\alpha_1^{t1})(t-t1) \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

【 0 1 0 9 】

なお、式 (5) において、 $t 1$ は、位置を計測したときの時刻であり、 t は、現在時刻である。

【 0 1 1 0 】

また、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、位置テーブル P S T 1 に基づいて、式 (5) を用いて無線装置 2 ~ 8 の現在の位置を予測する。

【 0 1 1 1 】

その後、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、ルートメトリック R T M を演算する。そして、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、ルートメトリック R T M を演算するために、無線装置 1 に隣接する隣接無線装置が現在の位置から一定距離内に存在するときの受信信号強度の平均値である受信信号強度 $R S S I _ m v a v$ (移動平均強度) を演算する。

【 0 1 1 2 】

図 1 2 は、移動平均強度の概念図である。また、図 1 3 は、受信信号強度と距離との関係の履歴を示す図である。無線装置 2 は、位置 P 1 1 位置 P 1 0 位置 P 9 … 位置 P 1 の順序で現在の位置 P 1 へ移動する。そして、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、無線装置 2 が各位置 P 1 1 ~ P 1 に存在するときに無線装置 2 からパケットを受信したときの受信信号強度 $R S S I_{1,1} \sim R S S I_1$ を T C P / I P モジュール 1 9 から受け、受信信号強度 $R S S I_{1,1} \sim R S S I_1$ を保持する。

【 0 1 1 3 】

また、無線装置 1 のルーティングモジュール 2 0 は、それぞれ、受信信号強度 $R S S I_{1,1} \sim R S S I_1$ を受信したときに、無線装置 1 の位置 $\langle x_1, y_1 \rangle$ と無線装置 2 の位置 $\langle x_2, y_2 \rangle$ とに基づいて、無線装置 1 - 無線装置 2 間の距離 $d_{1,1} \sim d_1$ (無線装置 2 がそれぞれ位置 P 1 1 ~ P 1 に存在するときの無線装置 1 , 2 間の距離) を演算する

10

20

30

40

50

【0114】

そうすると、無線装置1のルーティングモジュール20は、受信信号強度RSSI₁₁と距離d₁₁とを対応付けて履歴テーブルHISTに格納する。そして、無線装置1のルーティングモジュール20は、以下、順次、受信信号強度RSSI₁₀と距離d₁₀、受信信号強度RSSI₉と距離d₉、・・・、受信信号強度RSSI₁と距離d₁とを対応付けて履歴テーブルHISTに格納する。

【0115】

無線装置1のルーティングモジュール20は、無線装置2が現在の位置P1に到達すると、履歴テーブルHISTに格納された受信信号強度RSSI₁～RSSI₁₁のうち、無線装置2が現在の位置P1から一定の距離r内に存在するときの受信信号強度RSSI₁～RSSI₈を検出し、その検出した8個の受信信号強度RSSI₁～RSSI₈の平均値を受信信号強度RSSI_{mva}として演算する。

10

【0116】

この一定の距離rは、「移動平均区間」と呼ばれるものであり、無線装置1 - 無線装置2間の距離に応じて変わるものである。

【0117】

無線装置1のルーティングモジュール20は、受信信号強度RSSI_{mva}を演算すると、次に、隣接する2つの無線装置間の距離から受信信号強度RSSI_{cal}を算出する。

20

【0118】

図14は、受信信号強度と距離との関係を示す図である。図14において、縦軸は、受信信号強度RSSIを表し、横軸は、距離を表す。また、曲線k1は、地上から1.8mの位置にアンテナを設置した場合における受信信号強度RSSIと距離との関係を示す。

【0119】

図14に示すように、受信信号強度RSSIは、距離に対して、曲線k1に従って周期的に変化する。

【0120】

無線装置1のルーティングモジュール20は、曲線k1によって示される受信信号強度RSSIと距離との関係をテーブルとして保持している。無線装置1のルーティングモジュール20は、上述した方法(式(5))によって無線装置1,2の現在の位置を予測すると、その予測した無線装置1,2の現在の位置に基づいて、無線装置1 - 無線装置2間の距離を演算し、その演算した距離に対応する受信信号強度RSSIを曲線k1を参照して求める。そして、無線装置1のルーティングモジュール20は、その求めた受信信号強度RSSIを受信信号強度RSSI_{cal}(移動平均強度)とする。

30

【0121】

無線装置1のルーティングモジュール20は、受信信号強度RSSI_{cal}および受信信号強度RSSI_{mva}を演算すると、その演算した受信信号強度RSSI_{cal}および受信信号強度RSSI_{mva}を次式に代入して瞬時の受信信号強度RSSI_{inst}を演算する。

40

【0122】

【数6】

$$RSSI_{inst} = \beta \times RSSI_{cal} + (1 - \beta) \times RSSI_{mva} \quad \dots (6)$$

【0123】

式(6)において、 β は、定数であり、例えば、 $\beta = 0.3$ に設定される。このように、無線装置1のルーティングモジュール20は、受信信号強度RSSI_{cal}と受信信号強度RSSI_{mva}との重み付け平均を演算することによって、瞬時の受信信号強

50

度 $RSSI_inst$ を演算する。

【0124】

図15は、リンクコストと瞬時の受信信号強度 $RSSI_inst$ との関係を示す図である。図15において、縦軸は、リンクコストを表し、横軸は、瞬時の受信信号強度 $RSSI_inst$ を表す。また、曲線 $k2$ は、リンクコストと瞬時の受信信号強度 $RSSI_inst$ との関係を示す。なお、リンクコストは、パケットの再送回数からなる。

【0125】

リンクコストは、瞬時の受信信号強度 $RSSI_inst$ が -95 dBm から -75 dBm へと大きくなると、急激に低下し、瞬時の受信信号強度 $RSSI_inst$ が -75 dBm 以上になると、ほぼ一定値（最低値）を保持する。そして、リンク品質は、瞬時の受信信号強度 $RSSI_inst$ が -75 dBm 以上の範囲においては、基準値以上の品質を保持し、瞬時の受信信号強度 $RSSI_inst$ が -95 dBm から -75 dBm の範囲においては、基準値よりも低い品質を有する。

【0126】

無線装置1のルーティングモジュール20は、リンクコストと瞬時の受信信号強度 $RSSI_inst$ との関係を示す曲線 $k2$ をテーブルとして保持している。そして、無線装置1のルーティングモジュール20は、瞬時の受信信号強度 $RSSI_inst$ を算出すると、その算出した瞬時の受信信号強度 $RSSI_inst$ に対応するリンクコストを曲線 $k2$ を参照して求める。

【0127】

無線装置1のルーティングモジュール20は、リンクコストを求めると、次の方法によってルートメトリック RTM を求める。

【0128】

図16は、ルートメトリック RTM を求める方法を説明するための図である。無線装置1のルーティングモジュール20は、無線装置2が送信先である場合、無線装置1から無線装置2までの直線距離を $Progress_{12}$ として求め（図16の(a)参照）、その求めた $Progress_{12}$ と、上述した方法によって求めた無線装置1 - 無線装置2間のリンクコスト $Cost_{12}$ とを次式に代入して無線装置1 - 無線装置2間のルートメトリック RTM を求める。

【0129】

【数7】

$$RTM = \frac{Cost_{12}}{Progress_{12}} \quad \dots (7)$$

【0130】

なお、 $Progress_{12}$ は、無線装置1の位置 $\langle x_1, y_1 \rangle$ (= 予測した無線装置1の位置) と、無線装置2の位置 $\langle x_2, y_2 \rangle$ (= 予測した無線装置2の位置) とを用いて演算される。

【0131】

また、無線装置1のルーティングモジュール20は、無線装置3が送信先である場合、無線装置1から無線装置3までの直線 L へ無線装置2から垂線 $H1$ を下ろしたときの直線 L と垂線 $H1$ との交点 $X1$ と無線装置1との距離を $Progress_{12}$ として求める。そして、無線装置1のルーティングモジュール20は、無線装置1から無線装置3までの直線 L へ無線装置5から垂線 $H2$ を下ろしたときの直線 L と垂線 $H2$ との交点 $X2$ と無線

10

20

30

40

50

装置 5 との距離を $Progress_{15}$ として求める。

【0132】

その後、無線装置 1 のルーティングモジュール 20 は、無線装置 1 - 無線装置 2 間のリンクコスト $Cost_{12}$ を上述した方法によって求め、無線装置 1 - 無線装置 5 間のリンクコスト $Cost_{15}$ を上述した方法によって求める。また、無線装置 1 のルーティングモジュール 20 は、無線装置 2, 5 の負荷 L_{2QUE} , L_{5QUE} をネイバートーブル NBT から検出する。

【0133】

そうすると、無線装置 1 のルーティングモジュール 20 は、その求めた $Progress_{12}$, $Progress_{15}$ 、リンクコスト $Cost_{12}$, $Cost_{15}$ および負荷 L_{2QUE} , L_{5QUE} を次式に代入してルートメトリック RTM を求める。

【0134】

【数 8】

$$RTM = \frac{Cost_{1i} + \beta \times Li_{QUE}}{Progress_{1i}} \quad (i=2,5) \cdots (8)$$

【0135】

そして、無線装置 1 のルーティングモジュール 20 は、求めたルートメトリック RTM_1 , RTM_2 を次式に代入してパケットの中継端末を決定する。

【0136】

【数 9】

$$i = \arg \min_{i=2,5} \frac{Cost_{1i} + \beta \times Li_{QUE}}{Progress_{1i}} \cdots (9)$$

【0137】

式 (9) は、無線装置 2 を介する経路において計算した $(Cost_{12} + \beta \times L_{12QUE}) / Progress_{12}$ の値と、無線装置 5 を介する経路において計算した $(Cost_{15} + \beta \times L_{15QUE}) / Progress_{15}$ の値とのうち、最も小さいルートメトリック RTM を有する無線装置 (無線装置 2, 5 のいずれか) をパケットの中継端末として選択する。

【0138】

なお、無線装置 1 - 無線装置 3 間の無線通信において、パケットを中継する無線装置 2, 5, 6, 7 のルーティングモジュール 20 も、上述した隣接無線装置が送信先であるときのルートメトリックを決定する式 (7)、または隣接無線装置が中継器であるときのルートメトリックを決定する式 (8) によって、最も小さいルートメトリック RTM を演算して中継端末を選択する。

【0139】

式 (7) または式 (8) によってルートメトリック RTM を演算した場合、リンクコストは、瞬時の受信信号強度 $RSSI_{inst}$ が -75 dBm 以上の領域において略一定であるので (図 15 の曲線 k_2 参照)、ルートメトリック RTM は、 $Progress$ (= 無線装置間の距離) に反比例して決定される。つまり、ルートメトリック RTM は、 $Progress$ が大きい程 (= 無線装置間の距離が長い程)、小さくなる。その結果、瞬時の受信信号強度 $RSSI_{inst}$ が -75 dBm 以上の領域においては、各無線装置 1 ~ 8 は、無線装置間の距離が相対的に長い無線通信経路を選択して無線通信を行なう。これは、ホップ数のより少ない無線通信経路を選択して無線通信を行なうことを意味する。

【0140】

10

20

30

40

50

また、リンクコストは、瞬時の受信信号強度 $RSSI_{inst}$ が -75 dBm 以上の領域において最低値を保持するので、この領域では、無線通信品質は、基準値よりも高い。

【0141】

従って、瞬時の受信信号強度 $RSSI_{inst}$ が -75 dBm 以上の領域においては、ルーティングモジュール 20 は、リンクコストよりも無線装置間の距離を反映してルートメトリック RTM を演算する。

【0142】

一方、瞬時の受信信号強度 $RSSI_{inst}$ が -75 dBm よりも低い領域では、リンクコストは、瞬時の受信信号強度 $RSSI_{inst}$ の低下とともに大きくなる。即ち、この領域では、無線通信品質は、基準値よりも低い。従って、無線通信品質が基準値よりも低い場合には、ルーティングモジュール 20 は、リンクコスト、中継器の負荷および無線装置間の距離を反映してパケットの輻輳を下げるようにルートメトリック RTM を演算する。

10

【0143】

図 17 は、ルーティングテーブル 18 の例を示す図である。なお、ルーティングテーブル 18 A は、無線装置 1 におけるルーティングテーブル 18 の例である。

【0144】

無線装置 1 のルーティングモジュール 20 は、上述した方法によって、各無線装置 2 ~ 8 を送信先とする場合の最も小さいルートメトリックを演算し、その演算した最も小さいルートメトリックを有する経路上の無線装置を $NextHop$ (= 中継端末) として選択する。そして、無線装置 1 のルーティングモジュール 20 は、無線装置 2 ~ 8 の IP アドレス $IPadd2 \sim IPadd8$ を送信先アドレスの欄に格納し、最も小さいルートメトリックを有する経路上の無線装置 2, 5, 4, 5, 5, 2, 8 の IP アドレス $IPadd2, IPadd5, IPadd4, IPadd5, IPadd5, IPadd2, IPadd8$ をそれぞれ IP アドレス $IPadd2 \sim IPadd8$ に対応付けて $NextHop$ アドレスの欄に格納し、最も小さいルートメトリック $RTM1 \sim RTM8$ をそれぞれ IP アドレス $IPadd2 \sim IPadd8$ に対応付けてルートメトリックの欄に格納してルーティングテーブル 18 A を作成する。

20

【0145】

そして、無線装置 1 のルーティングモジュール 20 は、ルーティングテーブル 18 A を作成した後、位置テーブル PST およびネイバーテーブル NBT を更新すると、その更新した位置テーブル PST およびネイバーテーブル NBT を用いてルーティングテーブル 18 A を更新する。

30

【0146】

上述したように、無線装置 1 のルーティングモジュール 20 は、隣接無線装置 2, 4, 5, 8 との間の距離が通信範囲を超えている場合、通信範囲を超えている隣接無線装置を除外してネイバーテーブル $NBT1$ を更新し、新たな無線装置との間の距離が通信範囲内である場合、その新たな無線装置を含めてネイバーテーブル $NBT1$ を更新するので、無線装置 1 との距離が通信範囲を超えている隣接無線装置を除外してルーティングテーブル 18 A を更新 (作成) し、無線装置 1 との距離が通信範囲内にある無線装置を含めてルーティングテーブル 18 A を更新 (作成) する。

40

【0147】

また、無線装置 1 のルーティングモジュール 20 は、ルーティングテーブル 18 A の更新時にリンク寿命を超えた隣接無線装置を除外してルーティングテーブル 18 A を更新する。

【0148】

なお、無線装置 2 ~ 8 のルーティングモジュール 20 は、無線装置 1 のルーティングモジュール 20 と同じ方法によってルーティングテーブル 18 を作成および更新する。

【0149】

50

図18は、無線LANカード13における指向性の決定方法を説明するための図である。無線装置1は、時刻 t_1 において位置 $\langle x_1^{t_1}, y_1^{t_1} \rangle$ に存在し、時刻 t において位置 $\langle x_1^t, y_1^t \rangle$ へ移動する。また、無線装置2は、時刻 t_1 において位置 $\langle x_2^{t_1}, y_2^{t_1} \rangle$ に存在し、時刻 t において位置 $\langle x_2^t, y_2^t \rangle$ へ移動する。

【0150】

この場合、無線装置1の移動方向は、 x 軸と角度 $\alpha_1^{t_1}$ を成す方向であり、無線装置2の移動方向は、 x 軸と角度 $\alpha_2^{t_1}$ を成す方向である。

【0151】

そして、無線装置1の無線LANカード13は、無線装置1の時刻 t_1 における位置 $\langle x_1^{t_1}, y_1^{t_1} \rangle$ と、時刻 t_1 における角度 $\alpha_1^{t_1}$ とを次式に代入して、無線装置1の時刻 t における位置 $\langle x_1^t, y_1^t \rangle$ を求めるとともに、無線装置2の時刻 t_1 における位置 $\langle x_2^{t_1}, y_2^{t_1} \rangle$ と、時刻 t_1 における角度 $\alpha_2^{t_1}$ とを次式に代入して、無線装置2の時刻 t における位置 $\langle x_2^t, y_2^t \rangle$ を求める。

【0152】

【数10】

$$\left. \begin{aligned} x_1^t &= x_1^{t_1} + V_1^{t_1} \cdot \cos(\alpha_1^{t_1})(t-t_1) \\ y_1^t &= y_1^{t_1} + V_1^{t_1} \cdot \sin(\alpha_1^{t_1})(t-t_1) \\ x_2^t &= x_2^{t_1} + V_2^{t_1} \cdot \cos(\alpha_2^{t_1})(t-t_1) \\ y_2^t &= y_2^{t_1} + V_2^{t_1} \cdot \sin(\alpha_2^{t_1})(t-t_1) \end{aligned} \right\} \dots (10)$$

【0153】

そうすると、無線装置1の無線LANカード13は、その求めた位置 $\langle x_1^t, y_1^t \rangle$ 、 $\langle x_2^t, y_2^t \rangle$ を次式に代入して、時刻 t における無線装置1に対する無線装置2の方向 θ_{12}^t を演算する。

【0154】

【数11】

$$\theta_{12}^t = \tan^{-1} \frac{y_1^t - y_2^t}{x_1^t - x_2^t} \dots (11)$$

【0155】

そして、無線装置1の無線LANカード13は、その演算した方向 θ_{12}^t をアンテナ11へ設定すべき指向性とする。

【0156】

方向 θ_{12}^t が x 軸の正方向に対して -60 度(= 300 度)である場合、無線LANカード13は、表1に従って、リアクタンス $x_{m1} \sim x_{m5}$ が“10”となり、リアクタ

ンス x_{m6} が“hi”となる制御電圧セット号CLV11をバラクタダイオード121～126へ出力する。これによって、アレーアンテナ11は、ビームパターンBPM11を放射し、無線装置1は、無線装置2が存在する方向へパケットを送信するとともに、無線装置2が存在する方向からパケットを受信する。

【0157】

図19は、各無線装置1～8における動作を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、各無線装置1～8は、GPS受信機15を用いて自己の位置情報を計測する(ステップS1)。そして、各無線装置1～8は、その計測した自己の位置情報を含む専用パケットPKT_Dを作成してブロードキャストする(ステップS2)。

【0158】

その後、各無線装置1～8は、他の無線装置の位置情報を受信するとともに、その受信した他の無線装置の位置情報と、自己の位置情報とを含む専用パケットPKT_Dを作成してブロードキャストする(ステップS3)。

【0159】

そして、各無線装置1～8は、上述した方法によって、専用パケットを送受信して無線通信ネットワーク10のトポロジーを検知する(ステップS4)。引き続き、各無線装置1～8は、自己の位置情報および他の無線装置の位置情報を取得し、その取得した自己の位置情報および他の無線装置の位置情報に基づいて、上述した方法によって位置テーブルPSTを作成するとともに(ステップS5)、上述した方法によって、ネイバーテーブルNBTを作成する(ステップS6)。

【0160】

そうすると、各無線装置1～8は、位置テーブルPSTに基づいて、各無線装置の現在の位置を予測し、その予測した現在の位置を用いて隣接無線装置との間の距離を演算し、その演算した距離を用いてルートメトリックRTMを演算する(ステップS7)。より具体的には、各無線装置1～8は、演算した距離を用いて上述した方法によって受信信号強度RSSI_calを求め、受信信号強度RSSI_mvavを求め、その求めた受信信号強度RSSI_calおよび受信信号強度RSSI_mvavの重み付き平均を演算して瞬時の受信信号強度RSSI_instを求める。そして、各無線装置1～8は、瞬時の受信信号強度RSSI_instに対応するリンクコストを求め、その求めたリンクコストとProgressとを用いて(またはリンクコスト、Progressおよび負荷L_QUEを用いて)、上述した方法によってルートメトリックRTMを求める。

【0161】

その後、各無線装置1～8は、最小のルートメトリックを選択し、その選択した最小のルートメトリックを有する経路上の無線装置を中継端末とし、ルーティングテーブル18を作成する(ステップS8)。そして、各無線装置1～8は、その作成したルーティングテーブル18に従って無線通信を実行する(ステップS9)。これによって、一連の動作が終了する。

【0162】

上述したように、この発明においては、各無線装置1～8は、自己の位置情報を計測してブロードキャストするとともに、他の無線装置から受信した他の無線装置の位置情報もブロードキャストし、無線通信ネットワーク10を構成する無線装置1～8の位置情報を取得する。また、各無線装置1～8は、無線通信ネットワーク10を構成する無線装置1～8のトポロジーを取得する。そして、各無線装置1～8は、取得した位置情報に基づいて位置テーブルPSTを作成するとともに、トポロジーおよび位置情報に基づいてネイバーテーブルNBTを作成する。そして、各無線装置1～8は、位置テーブルPSTおよびネイバーテーブルNBTに基づいて、隣接無線装置の現在の位置を予測し、その予測した現在の位置を用いて最小のルートメトリックRTMを求め、最小のルートメトリックRTMを有する経路(=最適通信経路)からなるルーティングテーブル18を作成する。

【0163】

つまり、各無線装置1～8は、パケットを送信するときの各無線装置1～8の位置を予

10

20

30

40

50

測し、その予測した位置を用いて最小のルートメトリック R T M を求め、その求めた最小のルートメトリック R T M を有する最適通信経路からなるルーティングテーブル 1 8 を作成して無線通信を行なう。その結果、各無線装置 1 ~ 8 が移動しても、送信元の無線装置は、中継端末の移動後の位置を予測してパケットを送信する。

【 0 1 6 4 】

従って、この発明によれば、無線装置が移動する通信環境においてパケットの到達率を向上できる。

【 0 1 6 5 】

なお、上記においては、無線装置 1 ~ 8 は、指向性のビームを用いてパケットを送受信すると説明したが、この発明においては、これに限らず、無線装置 1 ~ 8 は、無指向性のビームを用いてパケットを送受信してもよい。

10

【 0 1 6 6 】

また、この発明においては、GPS アンテナ 1 2、GPS 受信機 1 5 および GPS モジュール 1 6 は、「位置検出手段」を構成し、アレーアンテナ 1 1 および無線 LAN カード 1 3 は、「受信手段」を構成する。

【 0 1 6 7 】

更に、位置テーブル P S T (位置情報) に基づいて各無線装置 1 ~ 8 の現在の位置を予測するルーティングモジュール 2 0 は、「予測位置演算手段」を構成する。

【 0 1 6 8 】

更に、予測された各無線装置 1 ~ 8 の現在の位置に基づいて無線装置間の距離を演算するルーティングモジュール 2 0 は、ルーティングモジュール 2 0 は、「距離演算手段」を構成する。

20

【 0 1 6 9 】

更に、ルーティングテーブル 1 8 を作成および更新するルーティングモジュール 2 0 は、「テーブル作成手段」を構成し、ルーティングテーブル 1 8 を参照してパケットを送信する無線 LAN ドライバ 1 4 は、「通信手段」を構成する。

【 0 1 7 0 】

更に、リンク寿命を演算するルーティングモジュール 2 0 は、「寿命演算手段」を構成する。

【 0 1 7 1 】

更に、無線装置 1 に対する無線装置 2 の存在方向を演算する無線 LAN カード 1 3 は、「方向演算手段」を構成し、アレーアンテナ 1 1 は、「指向性アンテナ」を構成する。

30

【 0 1 7 2 】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 7 3 】

この発明は、無線装置が移動する通信環境においてパケットの到達率を向上可能な無線装置に適用される。また、この発明は、無線装置が移動する通信環境においてパケットの到達率を向上可能な無線装置を備える無線通信ネットワークに適用される。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 1 7 4 】

【図 1】この発明の実施の形態による無線通信ネットワークの概略図である。

【図 2】図 1 に示す無線装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図 3】図 2 に示すアレーアンテナの制御方法を説明するための図である。

【図 4】図 2 に示すアレーアンテナの x - y 平面における平面図である。

【図 5】専用パケットの構成を示す概念図である。

【図 6】位置テーブルの構成を示す図である。

50

- 【図7】ネイバートーブルの構成を示す図である。
- 【図8】図2に示すルーティングテーブルの構成を示す図である。
- 【図9】専用パケットの例を示す図である。
- 【図10】位置テーブルの例を示す図である。
- 【図11】ネイバートーブルの例を示す図である。
- 【図12】移動平均強度の概念図である。
- 【図13】受信信号強度と距離との関係の履歴を示す図である。
- 【図14】受信信号強度と距離との関係を示す図である。
- 【図15】リンクコストと瞬時の受信信号強度との関係を示す図である。
- 【図16】ルートメトリックを求める方法を説明するための図である。
- 【図17】ルーティングテーブルの例を示す図である。
- 【図18】無線LANカードにおける指向性の決定方法を説明するための図である。
- 【図19】各無線装置における動作を説明するためのフローチャートである。
- 【符号の説明】

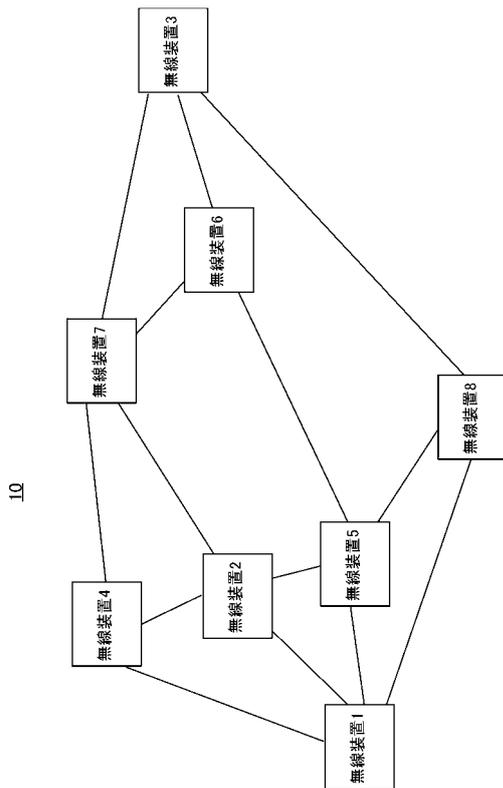
10

【0175】

1～8 無線装置、10 無線通信ネットワーク、11 アレーアンテナ、12 GPSアンテナ、13 無線LANカード、14 無線LANドライバ、15 GPS受信機、16 GPSモジュール、17 キュー、18 ルーティングテーブル、19 TCP/IPモジュール、20 ルーティングモジュール、21 アプリケーション、22 表示部、111～117 アンテナ素子、121～126 バラクタダイオード。

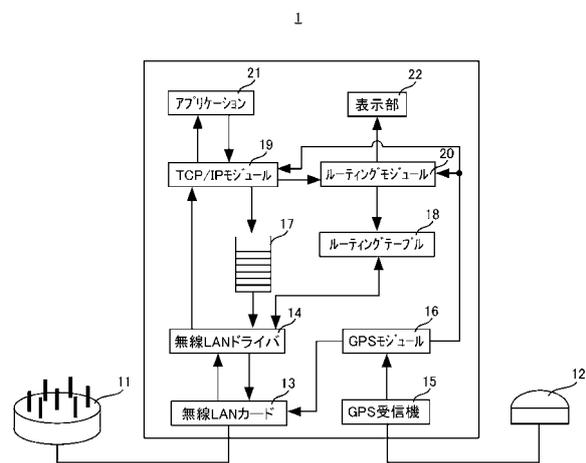
20

【図1】



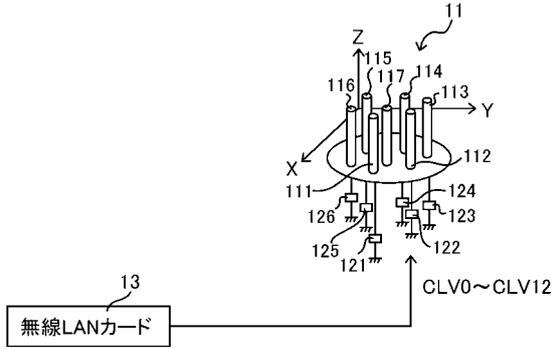
10

【図2】

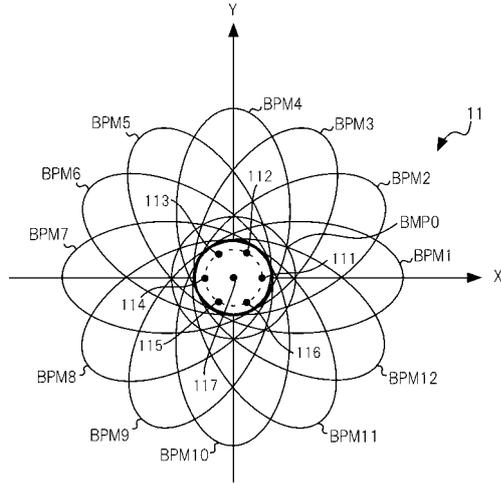


1

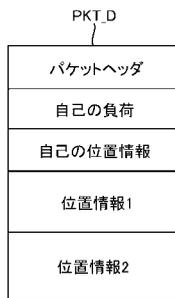
【図3】



【図4】



【図5】



【図8】

送信先アドレス	NextHopアドレス	ルートメトリック
-----	-----	-----
-----	-----	-----
⋮	⋮	⋮

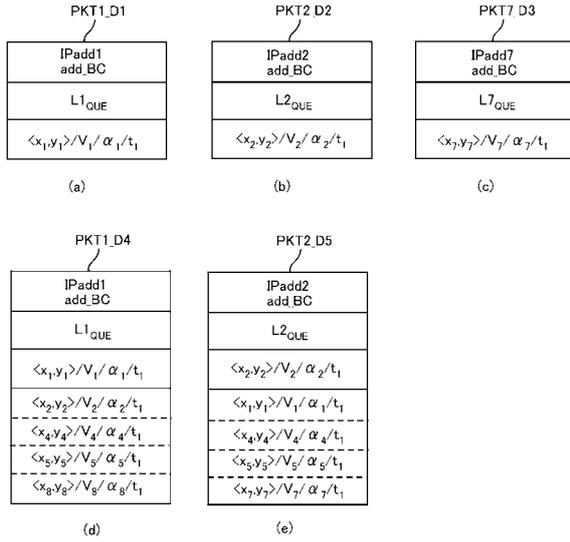
【図6】

インデックス	IPアドレス	位置	速度	角度	時刻	受信方向
----	----	----	----	----	----	----
----	----	----	----	----	----	----
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

【図7】

隣接無線装置	RSSI	寿命	負荷	フラグ	インデックス
----	----	----	----	----	----
----	----	----	----	----	----
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

【図9】

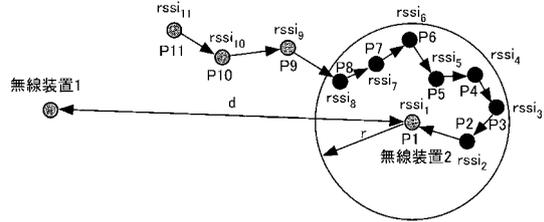


【図11】

NBT1

隣接無線装置	RSSI	寿命	負荷	フラグ	インデックス
N2	RSSI ₂	Life ₂	L ₂ QUE	F ₂	2
N4	RSSI ₄	Life ₄	L ₄ QUE	F ₄	4
N5	RSSI ₅	Life ₅	L ₅ QUE	F ₅	5
N8	RSSI ₈	Life ₈	L ₈ QUE	F ₈	8

【図12】



【図10】

PST1

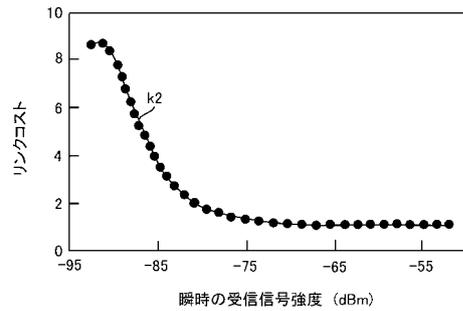
インデックス	IPアドレス	位置	速度	角度	時刻
1	IPadd1	$\langle x_1, y_1 \rangle$	V_1	α_1	t1
2	IPadd2	$\langle x_2, y_2 \rangle$	V_2	α_2	t1
3	IPadd3	$\langle x_3, y_3 \rangle$	V_3	α_3	t1
4	IPadd4	$\langle x_4, y_4 \rangle$	V_4	α_4	t1
5	IPadd5	$\langle x_5, y_5 \rangle$	V_5	α_5	t1
6	IPadd6	$\langle x_6, y_6 \rangle$	V_6	α_6	t1
7	IPadd7	$\langle x_7, y_7 \rangle$	V_7	α_7	t1
8	IPadd8	$\langle x_8, y_8 \rangle$	V_8	α_8	t1

【図13】

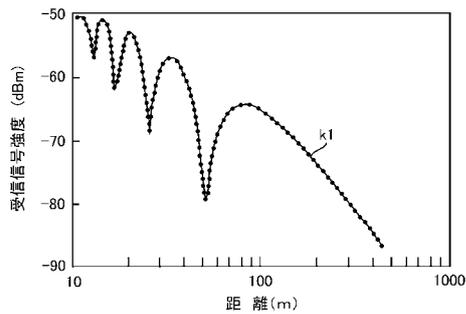
HIST

RSSI	距離
-78.5dBm	160.5m
-76.5dBm	153.5m
-75.6dBm	147.3m
-74.4dBm	142.5m
⋮	⋮

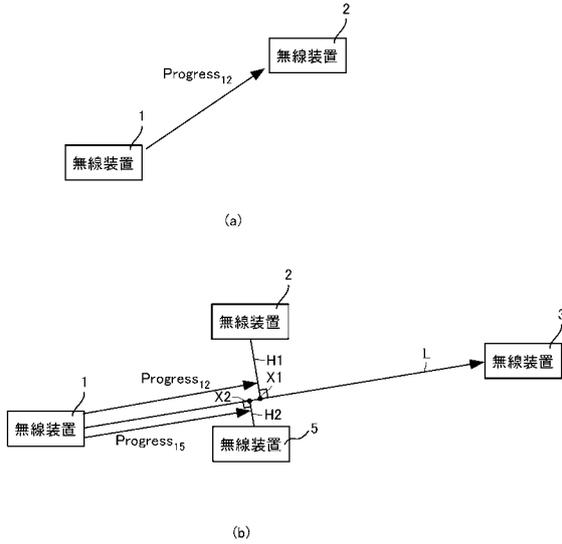
【図15】



【図14】



【図16】

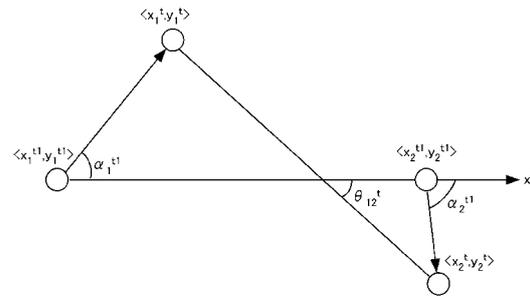


【図17】

18A

送信先アドレス	NextHopアドレス	ルートホップ
IPadd2	IPadd2	RTM1
IPadd3	IPadd5	RTM2
IPadd4	IPadd4	RTM3
IPadd5	IPadd5	RTM4
IPadd6	IPadd5	RTM5
IPadd7	IPadd2	RTM6
IPadd8	IPadd8	RTM7

【図18】



【図19】

```

    graph TD
        Start([スタート]) --> S1[各無線装置1~8が自己の位置情報を計測]
        S1 --> S2[各無線装置1~8が自己の位置情報をブロードキャスト]
        S2 --> S3[各無線装置1~8が自己の位置情報および他の無線装置の位置情報をブロードキャスト]
        S3 --> S4[各無線装置1~8が無線通信ネットワークのトポロジーを検知]
        S4 --> S5[各無線装置1~8が位置テーブルを作成]
        S5 --> S6[各無線装置1~8がネイバテーブルを作成]
        S6 --> S7[各無線装置1~8が各無線装置の現在の位置を予測し、その予測した現在の位置を用いて隣接無線装置との間の距離を演算し、その演算した距離を用いてルートメトリックを演算]
        S7 --> S8[各無線装置1~8が最小のルートメトリックを選択し、その選択した最小のルートメトリックを有する無線装置を中継端末とし、ルーティングテーブルを作成]
        S8 --> S9[各無線装置1~8がルーティングテーブルに従って無線通信を実行]
        S9 --> End([終了])
    
```

フロントページの続き

(72)発明者 小花 貞夫

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

審査官 川口 貴裕

(56)参考文献 特開2006-186583(JP,A)

特開2004-032559(JP,A)

特開2003-332971(JP,A)

特開2006-217184(JP,A)

特開2006-186565(JP,A)

特表2007-518326(JP,A)

特表2006-522546(JP,A)

C-K. Toh, 5.10 LAR, アドホックモバイルワイヤレスネットワーク, 構造計画研究所,
2003年 5月31日, 第1版, p. 66 - 67

古庄 伸一、北須賀 輝明、中西 恒夫、福田 晃, 移動性によって端末をグルーピングした無線経路制御手法, 情報処理学会研究報告 Vol. 2003 No. 21, 社団法人情報処理学会, 2003年 3月 7日, p. 13 - 19

Young-Bae Ko and Nitin H. Vaidya, Location-Aided Routing (LAR) in mobile ad hoc networks, Wireless Networks, 2000年 7月, 第6巻, 第4号, p. 307 - 321

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 7/24 - 7/26

H04W 4/00 - 99/00

H04B 7/10

H04B 7/15