

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4247259号
(P4247259)

(45) 発行日 平成21年4月2日(2009.4.2)

(24) 登録日 平成21年1月16日(2009.1.16)

(51) Int.Cl.	F I		
HO4W 40/34	(2009.01)	HO4L 12/56	IOD
HO4W 24/00	(2009.01)	HO4B 7/26	K
HO4W 16/26	(2009.01)	HO4B 7/26	A

請求項の数 10 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2006-262579 (P2006-262579)	(73) 特許権者	000232254
(22) 出願日	平成18年9月27日(2006.9.27)		日本電気通信システム株式会社
(65) 公開番号	特開2008-85583 (P2008-85583A)		東京都港区三田1丁目4番28号
(43) 公開日	平成20年4月10日(2008.4.10)	(73) 特許権者	393031586
審査請求日	平成20年3月5日(2008.3.5)		株式会社国際電気通信基礎技術研究所
	(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「高レスポンスマルチホップ自律無線通信システムの研究開発」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	100112715
			弁理士 松山 隆夫
		(74) 代理人	100085213
			弁理士 鳥居 洋
		(72) 発明者	板谷 聡子
			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

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

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

n (n は正の整数)個の無線装置から受信した複数の受信電波に基づいて、安定な電波環境において送受信される電波の最小強度以上の強度を検出するための閾値を決定する閾値決定手段と、

前記決定された閾値以上の受信信号強度を有する経路の経路情報に基づいて、前記送信元と前記送信先との間の経路情報を示すルーティングテーブルを作成するテーブル作成手段と、

当該無線装置と前記 n 個の無線装置との間の無線通信空間において電波的な偏りがある場合、前記閾値決定手段によって決定された閾値を導入せずに、前記ルーティングテーブルに格納された前記経路情報を維持し、または前記経路情報を前記ルーティングテーブルに登録する経路確保手段とを備え、

前記電波的な偏りがある場合は、当該無線装置に隣接する第1の隣接無線装置から受信した電波の当該無線装置における第1の受信信号強度が前記閾値よりも大きく、かつ、当該無線装置に隣接する第2の隣接無線装置から受信した電波の当該無線装置における第2の受信信号強度が前記閾値よりも小さい場合、当該無線装置に隣接する隣接無線装置の個数が第1の基準値よりも少ない場合、他の無線装置が検出した隣接無線装置の個数が第2の基準値よりも少ない場合、当該無線装置が検出した隣接無線装置の個数と他の無線装置

が検出した隣接無線装置の個数との相違数が第3の基準値以上である場合、およびパケットエラー率がしきい値よりも低い場合のいずれかからなる、無線装置。

【請求項2】

前記閾値決定手段は、

前記複数の受信電波に基づいて、 m (m は所定数以上の整数)個の最大受信信号強度と前記 m 個の最大受信信号強度に対応する m 個の最小受信信号強度とからなる第1の m 個の信号強度ペアを検出する信号強度検出処理を実行する信号強度検出手段と、

前記 m 個の最大受信信号強度が大きい順または小さい順になるように前記検出された第1の m 個の信号強度ペアを並べ替えて第2の m 個の信号強度ペアを作成する並替処理を実行する並替手段と、

前記第2の m 個の信号強度ペアを構成する m 個の最大受信信号強度において隣接する2つの最大受信信号強度の差が最大になるときの前記2つの最大受信信号強度に対応する2つの最小受信信号強度を検出し、その検出した2つの最小受信信号強度を両端とする範囲に前記閾値を設定する設定手段とを含む、請求項1に記載の無線装置。

【請求項3】

前記経路確保手段は、前記閾値を導入した場合に当該無線装置に隣接する隣接無線装置の個数が基準値よりも少ないとき、前記閾値を導入せずに前記ルーティングテーブルに格納された経路情報を維持する、請求項1または請求項2に記載の無線装置。

【請求項4】

前記経路確保手段は、前記 n 個の無線装置のいずれかから受信した隣接無線装置リストに含まれる無線装置の個数が基準値よりも少ないとき、前記ルーティングテーブルに格納された経路情報を無条件に維持する、請求項1または請求項2に記載の無線装置。

【請求項5】

前記経路確保手段は、受信信号強度が前記閾値よりも低く、かつ、パケットエラー率がしきい値よりも低いとき、前記閾値を導入せずに前記ルーティングテーブルに格納された経路情報を維持する、請求項1または請求項2に記載の無線装置。

【請求項6】

前記経路確保手段は、当該無線装置における第1の隣接無線装置リストに登録された無線装置と、当該無線装置に隣接する隣接無線装置から受信した第2の隣接無線装置リストに登録された無線装置との相違数が基準値以上であるとき、前記第2の隣接無線装置リストを送信した隣接無線装置を経由する経路の経路情報を前記ルーティングテーブルに無条件に登録する、請求項1または請求項2に記載の無線装置。

【請求項7】

前記基準値は、前記 n 個の無線装置の個数に応じて決定される、請求項6に記載の無線装置。

【請求項8】

前記経路確保手段が前記閾値を導入せずに前記経路情報を維持または登録したとき、前記閾値を決定できないことを示す緊急フラグをパケットに含めて送信する送信手段を更に備える、請求項3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】

前記経路確保手段は、前記緊急フラグを含むパケットを他の無線装置から受信すると、前記緊急フラグを含むパケットを送信した無線装置を経由する経路の経路情報を前記ルーティングテーブルにおいて維持し、または前記ルーティングテーブルに登録する、請求項8に記載の無線装置。

【請求項10】

前記閾値決定手段は、前記無線ネットワークにおけるトポロジーが変更されたとき、前記閾値を再決定する、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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

この発明は、無線装置に関し、特に、複数の無線装置によって、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を構成する無線装置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。

【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、FSR(Fish-eye State Routing)、OLSR(Optimized Link State Routing)およびTBRPF(Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding)等が知られている。

【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。

【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通信経路が決定される(非特許文献2)。

【0007】

しかし、無線環境は不安定であるため、ホップ数が少ない経路が必ずしも品質の良い経路であるとは限らない。そのため、何らかの方法によって安定な経路のみを選択する方が良く、その主な方法として信号強度閾値を導入する方法と、パケットロス率を観測する方法とが知られている。

【0008】

パケットロス率を観測する方法は、パケットロスが連続的に発生している場合に効果的である。

【0009】

また、信号強度閾値を導入する方法として、信号強度の平均値を用いて安定な経路を抽出する方法が知られている(非特許文献3)。

【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，pp18-23，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.

【非特許文献3】Robit Dube, Cynthia D. Rais, Kuang-Yeh Wang, and Satish K. Tripathi, “Signal Stability based Adaptive Routing (SSA) for Ad-Hoc Mobile Networks”, IEEE Personal Communications, February 1997, pp.36-45.

【発明の開示】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかし、信号強度を用いて安定な経路を選択する方法を採用した場合、ネットワークにおける無線装置の配置に偏りがあるために他の無線装置から受信した受信信号の信号強度が低くなるとネットワークから排除される無線装置が発生するという問題がある。

【0011】

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、ネットワークにおいて孤立した無線装置が発生するのを抑制可能な無線装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

この発明によれば、無線装置は、自律的に確立され、かつ、送信元と送信先との間で無線通信が行なわれる無線ネットワークを構成する無線装置であって、閾値決定手段と、テーブル作成手段と、経路確保手段とを備える。閾値決定手段は、 n (n は正の整数)個の無線装置から受信した複数の受信電波に基づいて、安定な電波環境において送受信される電波の最小強度以上の強度を検出するための閾値を決定する。テーブル作成手段は、閾値決定手段によって決定された閾値以上の受信信号強度を有する経路の経路情報に基づいて、送信元と送信先との間の経路情報を示すルーティングテーブルを作成する。経路確保手段は、当該無線装置と n 個の無線装置との間の無線通信空間において電波的な偏りがある場合、閾値決定手段によって決定された閾値を導入せずに、ルーティングテーブルに格納された経路情報を維持し、または経路情報をルーティングテーブルに登録する。

【0013】

好ましくは、閾値決定手段は、信号強度検出手段と、並替手段と、設定手段とを含む。信号強度検出手段は、複数の受信電波に基づいて、 m (m は所定数以上の整数)個の最大受信信号強度と m 個の最大受信信号強度に対応する m 個の最小受信信号強度とからなる第1の m 個の信号強度ペアを検出する信号強度検出処理を実行する。並替手段は、 m 個の最大受信信号強度が大きい順または小さい順になるように検出された第1の m 個の信号強度ペアを並べ替えて第2の m 個の信号強度ペアを作成する並替処理を実行する。設定手段は、第2の m 個の信号強度ペアを構成する m 個の最大受信信号強度において隣接する2つの最大受信信号強度の差が最大になるときの2つの最大受信信号強度に対応する2つの最小受信信号強度を検出し、その検出した2つの最小受信信号強度を両端とする範囲に閾値を設定する。

【0014】

好ましくは、経路確保手段は、閾値を導入した場合に当該無線装置に隣接する隣接無線装置の個数が基準値よりも少ないとき、閾値を導入せずにルーティングテーブルに格納された経路情報を維持する。

【0015】

好ましくは、経路確保手段は、 n 個の無線装置のいずれかから受信した隣接無線装置リストに含まれる無線装置の個数が基準値よりも少ないとき、ルーティングテーブルに格納された経路情報を無条件に維持する。

【0016】

好ましくは、経路確保手段は、受信信号強度が閾値よりも低く、かつ、パケットエラー率がしきい値よりも低いとき、閾値を導入せずにルーティングテーブルに格納された経路情報を維持する。

【0017】

好ましくは、経路確保手段は、当該無線装置における第1の隣接無線装置リストに登録された無線装置と、当該無線装置に隣接する隣接無線装置から受信した第2の隣接無線装置リストに登録された無線装置との相違数が基準値以上であるとき、第2の隣接無線装置リストを送信した隣接無線装置を経由する経路の経路情報をルーティングテーブルに無条件に登録する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

好ましくは、基準値は、n個の無線装置の個数に応じて決定される。

【 0 0 1 9 】

好ましくは、無線装置は、送信手段を更に備える。送信手段は、経路確保手段が閾値を導入せずに経路情報を維持または登録したとき、閾値を決定できないことを示す緊急フラグをパケットに含めて送信する。

【 0 0 2 0 】

好ましくは、経路確保手段は、緊急フラグを含むパケットを他の無線装置から受信すると、緊急フラグを含むパケットを送信した無線装置を経由する経路の経路情報をルーティングテーブルにおいて維持し、またはルーティングテーブルに登録する。

10

【 0 0 2 1 】

好ましくは、無線装置は、選択手段を更に備える。選択手段は、閾値を導入せずに維持または登録された経路情報によって示される経路上の無線装置を中継無線装置から除外する。

【 0 0 2 2 】

好ましくは、閾値決定手段は、無線ネットワークにおけるトポロジジーが変更されたとき、閾値を再決定する。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 3 】

この発明による無線装置においては、無線通信空間において電波的な偏りがある場合、閾値を導入せずに、経路情報がルーティングテーブルにおいて維持され、または経路情報がルーティングテーブルに登録される。即ち、本来、受信信号強度が閾値よりも低くて、ルーティングテーブルにおいて維持または登録されない経路であっても、閾値を導入せずに、受信信号強度が閾値よりも低い無線装置との間の経路がルーティングテーブルにおいて維持または登録される。つまり、受信信号強度が閾値よりも低い無線装置との間でも経路が確保される。

20

【 0 0 2 4 】

したがって、この発明によれば、ネットワークにおいて孤立した無線装置が発生するのを抑制できる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

30

【 0 0 2 5 】

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。

【 0 0 2 6 】

図1は、この発明の実施の形態による無線装置を用いた無線ネットワークシステムの概略図である。無線ネットワークシステム100は、無線装置31~43を備える。無線装置31~43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。アンテナ51~63は、それぞれ、無線装置31~43に装着される。

【 0 0 2 7 】

例えば、無線装置31から無線装置42へデータを送信する場合、無線装置32, 35~41は、無線装置31からのデータを中継して無線装置42へ届ける。

40

【 0 0 2 8 】

この場合、無線装置31は、各種の経路を介して無線装置42との間で無線通信を行なうことができる。即ち、無線装置31は、無線装置37, 41を介して無線装置42との間で無線通信を行なうことができ、無線装置32, 36, 39を介して無線装置42との間で無線通信を行なうこともでき、無線装置32, 35, 38, 40を介して無線装置42との間で無線通信を行なうこともできる。

【 0 0 2 9 】

無線装置37, 41を介して無線通信を行なう場合、ホップ数が"3"と最も少なく、無線装置32, 36, 39を介して無線通信を行なう場合、ホップ数が"4"であり、無

50

線装置 32, 35, 38, 40 を介して無線通信を行なう場合、ホップ数が " 5 " と最も多い。

【 0 0 3 0 】

従って、無線装置 37, 41 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 " 3 " と最も少なくなる。

【 0 0 3 1 】

しかし、無線装置 31 - 無線装置 37 - 無線装置 41 - 無線装置 42 の経路によって無線装置 31 と無線装置 42 との間で無線通信を行なうことが無線装置 31, 42 間の安定した無線通信を保証するわけではない。

【 0 0 3 2 】

そこで、以下においては、無線ネットワークシステム 100 において、安定した経路からなるルーティングテーブルを作成し、その作成したルーティングテーブルに基づいて送信元と送信先との間で無線通信を行なう方法について説明する。

【 0 0 3 3 】

なお、送信元と送信先との間で通信経路を確立するプロトコルの例として OLSR プロトコルを用いる。この OLSR プロトコルは、テーブル駆動型のルーティングプロトコルであり、Hello メッセージおよび TC (Topology Control) メッセージを用いて経路情報を交換し、ルーティングテーブルを作成するプロトコルである。

【 0 0 3 4 】

図 2 は、図 1 に示す無線装置 31 の構成を示す概略ブロック図である。無線装置 31 は、アンテナ 11 と、入力部 12 と、出力部 13 と、ユーザアプリケーション 14 と、通信制御部 15 とを含む。

【 0 0 3 5 】

アンテナ 11 は、図 1 に示すアンテナ 51 ~ 63 の各々を構成する。そして、アンテナ 11 は、無線通信空間を介して他の無線装置からデータを受信し、その受信したデータを通信制御部 15 へ出力するとともに、通信制御部 15 からのデータを無線通信空間を介して他の無線装置へ送信する。

【 0 0 3 6 】

入力部 12 は、無線装置 1 の操作者が入力したメッセージおよびデータの宛先を受け、その受付けたメッセージおよび宛先をユーザアプリケーション 14 へ出力する。出力部 13 は、ユーザアプリケーション 14 からの制御に従ってメッセージを表示する。

【 0 0 3 7 】

ユーザアプリケーション 14 は、入力部 12 からのメッセージおよび宛先に基づいてデータを生成して通信制御部 15 へ出力する。

【 0 0 3 8 】

通信制御部 15 は、ARPA (Advanced Research Projects Agency) インターネット階層構造に従って、通信制御を行なう複数のモジュールからなる。即ち、通信制御部 15 は、無線インターフェースモジュール 16 と、MAC (Media Access Control) モジュール 17 と、バッファ 18 と、LLC (Logical Link Control) モジュール 19 と、IP (Internet Protocol) モジュール 20 と、ルーティングテーブル 21 と、TCP モジュール 22 と、UDP モジュール 23 と、ルーティングデーモン 24 とからなる。

【 0 0 3 9 】

無線インターフェースモジュール 16 は、物理層に属し、所定の規定に従って送信信号または受信信号の変復調を行なうとともに、アンテナ 11 を介して信号を送受信する。そして、無線インターフェースモジュール 16 は、アンテナ 11 が他の無線装置から受信した Hello パケットの受信信号強度を検出し、その検出した受信信号強度をルーティングデーモン 24 へ出力する。

【 0 0 4 0 】

MAC モジュール 17 は、MAC 層に属し、MAC プロトコルを実行して、以下に述べ

10

20

30

40

50

る各種の機能を実行する。

【0041】

即ち、MACモジュール17は、ルーティングデーモン24から受けたHelloパケットを無線インターフェースモジュール16を介してブロードキャストする。

【0042】

また、MACモジュール17は、データ(パケット)の再送制御等を行なう。

【0043】

バッファ18は、データリンク層に属し、パケットを一時的に格納する。

【0044】

LLCモジュール19は、データリンク層に属し、LLCプロトコルを実行して隣接する無線装置との間でリンクの接続および解放を行なう。

10

【0045】

IPモジュール20は、インターネット層に属し、IPパケットを生成する。IPパケットは、IPヘッダと、上位のプロトコルのパケットを格納するためのIPデータ部とからなる。そして、IPモジュール20は、TCPモジュール22からデータを受けると、その受けたデータをIPデータ部に格納してIPパケットを生成する。

【0046】

そうすると、IPモジュール20は、テーブル駆動型のルーティングプロトコルであるOLSRプロトコルに従ってルーティングテーブル21を検索し、生成したIPパケットを送信するための経路を決定する。そして、IPモジュール20は、IPパケットをLLCモジュール19へ送信し、決定した経路に沿ってIPパケットを送信先へ送信する。

20

【0047】

ルーティングテーブル21は、インターネット層に属し、後述するように、各送信先に対応付けて経路情報を格納する。

【0048】

TCPモジュール22は、トランスポート層に属し、TCPパケットを生成する。TCPパケットは、TCPヘッダと、上位のプロトコルのデータを格納するためのTCPデータ部とからなる。そして、TCPモジュール22は、生成したTCPパケットをIPモジュール20へ送信する。

【0049】

UDPモジュール23は、トランスポート層に属し、ルーティングデーモン24によって作成されたUpdateパケットをブロードキャストし、他の無線装置からブロードキャストされたUpdateパケットを受信してルーティングデーモン24へ出力する。

30

【0050】

ルーティングデーモン24は、プロセス/アプリケーション層に属し、他の通信制御モジュールの実行状態を監視するとともに、他の通信制御モジュールからのリクエストを処理する。

【0051】

また、ルーティングデーモン24は、後述する方法によって、安定な電波環境において送受信される電波の最小強度以上の受信信号強度を決定するための閾値を決定し、その決定した閾値以上の受信信号強度を有するHelloパケットの経路情報に基づいて、最適な経路を算出してルーティングテーブル21をインターネット層に動的に作成する。

40

【0052】

更に、ルーティングデーモン24は、無線ネットワークシステム100における経路情報を他の無線装置へ送信するとき、隣接する無線装置に関する情報等の各種のメッセージを含むHelloパケットを作成し、その作成したHelloパケットをMACモジュール17へ出力する。

【0053】

更に、ルーティングデーモン24は、後述する方法によって、無線装置31の周囲の無線通信空間において電波的な偏りがあるか否かを判定し、電波的な偏りがある場合、閾値

50

を導入せずにルーティングテーブル 2 1 に登録された経路情報を維持する。

【 0 0 5 4 】

なお、図 1 に示す無線装置 3 2 ~ 4 3 の各々も、図 2 に示す無線装置 3 1 の構成と同じ構成からなる。

【 0 0 5 5 】

図 3 は、IP ヘッダの構成図である。IP ヘッダは、バージョン、ヘッダ長、サービスタイプ、パケット長、識別番号、フラグ、フラグメントオフセット、生存時間、プロトコル、ヘッダチェックサム、送信元 IP アドレス、送信先 IP アドレス、およびオプションからなる。

【 0 0 5 6 】

図 4 は、TCP ヘッダの構成図である。TCP ヘッダは、送信元ポート番号、送信先ポート番号、シーケンス番号、確認応答 (ACK) 番号、データオフセット、予約、フラグ、ウィンドサイズ、ヘッダチェックサムおよびエージェントポインタからなる。

【 0 0 5 7 】

送信元ポート番号は、送信元の無線装置で複数のアプリケーションが動作しているときに、TCP パケットを出力したアプリケーションを特定する番号である。また、送信先ポート番号は、送信先の無線装置で複数のアプリケーションが動作しているときに、TCP パケットを届けるアプリケーションを特定する番号である。

【 0 0 5 8 】

TCP 通信は、エンド・ツー・エンドの接続型通信プロトコルである。TCP 通信の接続接続を要求する無線装置 (以下、「TCP 通信接続要求装置」という。) の TCP モジュール 2 2 は、接続の確立時に、TCP ヘッダ内の Code Bit に SYN (S y n c h r o n i z e F l a g) を設定した接続の接続要求を示す第 1 パケットを TCP 通信の接続接続を受理する端末 (以下、「TCP 通信接続受理装置」という。) の TCP モジュール 2 2 へ送信する。これを受けて、TCP 通信接続受理装置の TCP モジュール 2 2 は、TCP ヘッダ内の Code Bit に SYN および ACK (確認応答) を設定した接続の接続要求受理および接続完了を示す第 2 パケットを TCP 通信接続要求装置の TCP モジュール 2 2 へ送信する。更に、これを受けて、TCP 通信接続要求装置の TCP モジュール 2 2 は、TCP ヘッダ内の Code Bit を ACK (確認応答) に設定した接続の接続完了を示す第 3 パケットを TCP 通信接続受理装置の TCP モジュール 2 2 へ送信する。

【 0 0 5 9 】

接続の切断要求は、TCP 通信要求装置および TCP 通信受理装置のいずれの側からでも行なうことができる。TCP 通信の接続切断を要求する無線装置 (以下、「TCP 通信切断要求装置」という。) の TCP モジュール 2 2 は、接続の切断時に、TCP ヘッダ内の Code Bit を FIN (F i n i s h F l a g) に設定した接続の切断要求を示す第 1 パケットを TCP 通信の接続切断を受理する無線装置 (以下、「TCP 通信切断受理装置」という。) へ送信する。これを受けて、TCP 通信切断受理装置の TCP モジュール 2 2 は、TCP ヘッダ内の Code Bit を ACK (確認応答) に設定した接続の切断要求受理を示す第 2 パケットと、TCP ヘッダ内の Code Bit を FIN に設定した接続の切断完了を示す第 3 パケットを TCP 通信切断要求装置の TCP モジュール 2 2 へ送信する。更に、これを受けて、TCP 通信切断要求装置の TCP モジュール 2 2 は、TCP ヘッダ内の Code Bit を ACK (確認応答) に設定した接続の切断完了を示す第 4 パケットを TCP 通信切断受理装置の TCP モジュール 2 2 へ送信する。

【 0 0 6 0 】

図 5 は、OLSR プロトコルにおけるパケット PKT の構成図である。パケット PKT は、パケットヘッダ PHD と、メッセージヘッダ MHD 1, MHD 2, ... とからなる。なお、パケット PKT は、UDP モジュール 2 3 のポート番号 698 番を使用して送受信される。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

パケットヘッダ P H D は、パケット長と、パケットシーケンス番号とからなる。パケット長は、16ビットのデータからなり、パケットのバイト数を表す。また、パケットシーケンス番号は、16ビットのデータからなり、どのパケットが新しいかを区別するために用いられる。そして、パケットシーケンス番号は、新しいパケットが生成される度に“1”ずつ増加される。従って、パケットシーケンス番号が大きい程、そのパケット P K T が新しいことを示す。

【 0 0 6 2 】

メッセージヘッダ M H D 1 , M H D 2 , . . . の各々は、メッセージタイプと、有効時間と、メッセージサイズと、発信元アドレスと、T T L と、ホップ数と、メッセージシーケンス番号と、メッセージと、フラグとからなる。

10

【 0 0 6 3 】

メッセージタイプは、8ビットのデータからなり、メッセージ本体に書かれたメッセージの種類を表し、0 ~ 127 は、予約済みである。有効時間は、8ビットのデータからなり、受信後に、このメッセージを管理しなければならない時間を表す。そして、有効時間は、仮数部と、指数部とからなる。

【 0 0 6 4 】

メッセージサイズは、16ビットのデータからなり、メッセージの長さを表す。発信元アドレスは、32ビットのデータからなり、メッセージを生成した無線装置を表す。T T L は、8ビットのデータからなり、メッセージが転送される最大ホップ数を指定する。そして、T T L は、メッセージが転送される時に“1”ずつ減少される。そして、T T L が“0”か“1”である場合、メッセージは、転送されない。ホップ数は、8ビットのデータからなり、メッセージの生成元からのホップ数を表す。そして、ホップ数は、最初、“0”に設定され、転送される毎に“1”ずつ増加される。メッセージシーケンス番号は、16ビットのデータからなり、各メッセージに割り当てられる識別番号を表す。そして、メッセージシーケンス番号は、メッセージが作成される毎に、“1”ずつ増加される。メッセージは、送信対象のメッセージである。フラグは、閾値を決定できたか否かを示し、閾値を決定できなかったとき、“1”が格納され、閾値を決定できたとき、“0”が格納される。

20

【 0 0 6 5 】

O L S R プロトコルにおいては、各種のメッセージが図5に示す構成のパケット P K T を用いて送受信される。

30

【 0 0 6 6 】

図6は、図2に示すルーティングテーブル21の構成図である。ルーティングテーブル21は、送信先、次の無線装置、ホップ数およびフラグからなる。送信先、次の無線装置、ホップ数およびフラグは、相互に対応付けられている。“送信先”は、送信先の無線装置のIPアドレスを表す。“次の無線装置”は、送信先にパケット P K T を送信するときに、次に送信すべき無線装置のIPアドレスを表す。“ホップ数”は、送信先までのホップ数を表す。例えば、図1において、無線装置31 - 無線装置32 - 無線装置36 - 無線装置39 - 無線装置42の経路によって無線装置31と無線装置42との間で無線通信が行なわれる場合、無線装置32のルーティングテーブル21のホップ数には、“3”が格納される。フラグは、閾値を導入せずに経路を維持したか否かを示し、閾値を導入せずに経路を維持した場合、“1”が格納され、閾値を導入して経路を維持した場合、“0”が格納される。

40

【 0 0 6 7 】

図7は、図2に示すルーティングデーモン24の機能ブロック図である。ルーティングデーモン24は、信号強度測定モジュール241と、閾値導入モジュール242と、テーブル作成モジュール243とを含む。

【 0 0 6 8 】

信号強度測定モジュール241は、アンテナ11が受信した H e l l o パケットの複数

50

の受信信号強度 $Receive[n]$ を無線インターフェースモジュール 16 から受信し、その受信した複数の受信信号強度 $Receive[n]$ に基づいて m (m は所定数 (例えば、5 以上の整数)) 個の最大値 $MAX[n]$ と m 個の最大値 $MAX[n]$ に対応する m 個の最小値 $MIN[n]$ とからなる m 組の最大値 / 最小値 $MAX[n]$, $MIN[n]$ を検出し、その検出した m 組の最大値 / 最小値 $MAX[n]$, $MIN[n]$ を閾値導入モジュール 242 へ出力する。

【0069】

なお、 m が所定数 (= 例えば、5 以上の整数) に設定されるのは、後述する図 10 に示すように、5 組以上の最大値 / 最小値 $MAX[1]$, $MIN[1]$ ~ $MAX[m]$, $MIN[m]$ を検出できれば、その 5 組以上の最大値 / 最小値 $MAX[1]$, $MIN[1]$ ~ $MAX[m]$, $MIN[m]$ に基づいて、安定な電波環境において送受信される電波の全ての受信信号強度を検出するための閾値 $With$ を信頼性良く決定できるからである。

10

【0070】

閾値導入モジュール 242 は、信号強度測定モジュール 241 からの m 組の最大値 / 最小値 $MAX[n]$, $MIN[n]$ に基づいて、後述する方法によって、閾値 $With$ を決定し、その決定した閾値 $With$ をテーブル作成モジュール 243 へ出力する。

【0071】

テーブル作成モジュール 243 は、閾値導入モジュール 242 から閾値 $With$ を受けると、無線インターフェースモジュール 16 から受けた Hello パケットの受信信号強度 $Receive[n]$ を閾値 $With$ と比較し、閾値 $With$ 以上の受信信号強度 $Receive[n]$ を有する Hello パケットを抽出し、その抽出した Hello パケットに基づいて、図 6 に示すルーティングテーブル 21 を動的に作成する。

20

【0072】

また、テーブル作成モジュール 243 は、自己が搭載された無線装置におけるネイバリストに基づいて、自己が搭載された無線装置に隣接する隣接無線装置の個数が基準値 (例えば、5 個) よりも少ないか否かを判定する。より具体的には、テーブル作成モジュール 243 は、閾値 $With$ を導入した場合に、ネイバリストに残る隣接無線装置の個数が基準値よりも少ないか否かを判定する。

【0073】

そして、テーブル作成モジュール 243 は、隣接無線装置の個数が基準値よりも少ないとき、閾値 $With$ を導入せずにルーティングテーブル 21 に登録された経路情報を維持する。また、テーブル作成モジュール 243 は、隣接無線装置の個数が基準値以上であるとき、閾値 $With$ を導入してルーティングテーブル 21 に登録された経路情報を維持または削除する。

30

【0074】

更に、テーブル作成モジュール 243 は、閾値 $With$ を導入せずに経路情報を維持した場合、閾値 $With$ を決定できなかったことを示すフラグ Fnd を含む Hello パケットを作成して他の無線装置へ送信する。

【0075】

更に、テーブル作成モジュール 243 は、フラグ Fnd を含む Hello パケットを他の無線装置から受信すると、その Hello パケットを送信した無線装置を無条件にネイバリストに登録する。

40

【0076】

OLSR プロトコルに従ったルーティングテーブル 21 の作成について詳細に説明する。無線装置 31 ~ 43 は、ルーティングテーブル 21 を作成する場合、Hello メッセージおよび TC メッセージを送受信する。

【0077】

Hello メッセージは、各無線装置 31 ~ 43 が有する情報の配信を目的として、定期的に送信される。この Hello メッセージを受信することによって、各無線装置 31 ~ 43 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

50

存在するのかを認識する。

【0078】

OLSRプロトコルにおいては、各無線装置31～43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 (Multipoint Relay) 集合」、および「MPRセクタ集合」を含む。

【0079】

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。

10

【0080】

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 (Willingness) 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。

【0081】

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を無線ネットワークシステム100の全ての無線装置31～43へ送信する場合、各無線装置31～43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PKTを全ての無線装置31～43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。

20

【0082】

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31～43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31～43の全てが行ない、各無線装置31～43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。

30

【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31～43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31～43へ告知される。各無線装置31～43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31～43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。

40

【0086】

Helloメッセージの送受信により各無線装置31～43において、ローカルリンク集合が構築されると、無線ネットワークシステム100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31～43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、無線ネットワ

50

ークシステム100の全ての無線装置31~43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、無線ネットワークシステム100全体のトポロジーを知ることができる。各無線装置31~43は、無線ネットワークシステム100全体のトポロジーを用いて最短路を計算し、それに基づいて経路表を作成する。

【0087】

なお、各無線装置31~43は、Helloメッセージとは別に、TCメッセージを頻繁に交換する。そして、TCメッセージの交換にも、MPRが利用される。

【0088】

各無線装置31~43のUDPモジュール23は、上述したHelloメッセージおよびTCメッセージを送受信し、ルーティングデーモン24のテーブル作成モジュール243は、UDPモジュール23が受信したHelloメッセージおよびTCメッセージのうち、閾値With以上の受信信号強度を有するHelloメッセージおよびTCメッセージに基づいて無線ネットワークシステム100全体のトポロジーを認識し、その無線ネットワークシステム100全体のトポロジーに基づいて、最短路を計算し、それに基づいて、図6に示すルーティングテーブル21を動的に作成する。

【0089】

以下、閾値Withを決定する方法について説明する。なお、図1に示す無線装置36が閾値Withを決定する場合を例にして説明する。

【0090】

無線装置36が閾値Withを決定する場合、無線装置36は、1ホップ内の無線装置32, 35, 37~39, 41から一定時間内に受信する複数のHelloパケットの受信強度である複数の受信信号強度を検出し、その検出した複数の受信信号強度から受信信号強度の最大値MAX[n]および最小値MIN[n]を抽出する。

【0091】

より具体的には、無線装置36において、ルーティングデーモン24の信号強度測定モジュール241は、無線装置32から一定時間内に順次受信したm個のHelloパケットのm個の受信信号強度Receive[32]1~Receive[32]mを無線インターフェースモジュール16から順次受ける。そして、信号強度測定モジュール241は、順次受けるm個の受信信号強度Receive[32]1~Receive[32]mに基づいて、m個の受信信号強度Receive[32]1~Receive[32]mの最大値/最小値の組MAX[32], MIN[32]を検出する。

【0092】

この場合、信号強度測定モジュール241は、最初の受信信号強度Receive[32]1を最大値MAX[32]および最小値MIN[32]に設定し、2番目以降に受信した受信信号強度Receive[32]2~Receive[32]mを最大値MAX[32]および最小値MIN[32]と比較する。そして、信号強度測定モジュール241は、Receive[32]2~Receive[32]mが最大値MAX[32]よりも大きければ、受信信号強度Receive[32]2~Receive[32]mによって最大値MAX[32]を更新し、Receive[32]2~Receive[32]mが最小値MIN[32]よりも小さければ、受信信号強度Receive[32]2~Receive[32]mによって最小値MIN[32]を更新して最終的に最大値/最小値の組MAX[32], MIN[32]を検出する。

【0093】

また、信号強度測定モジュール241は、無線装置35, 37, 38, 39, 41から一定時間内に順次受信したm個の受信信号強度Receive[35]1~Receive[35]m, Receive[37]1~Receive[37]m, Receive[38]1~Receive[38]m, Receive[39]1~Receive[39]m, Receive[41]1~Receive[41]mを無線インターフェースモジュール16から順次受け、その受けたm個の受信信号強度Receive[35]

10

20

30

40

50

1 ~ Receive [3 5] m , Receive [3 7] 1 ~ Receive [3 7] m , Receive [3 8] 1 ~ Receive [3 8] m , Receive [3 9] 1 ~ Receive [3 9] m , Receive [4 1] 1 ~ Receive [4 1] m に基づいて、同様にして、最大値 / 最小値の組 MAX [3 5] , MIN [3 5] ; MAX [3 7] , MIN [3 7] ; MAX [3 8] , MIN [3 8] ; MAX [3 9] , MIN [3 9] ; MAX [4 1] , MIN [4 1] を検出する。

【 0 0 9 4 】

そして、信号強度測定モジュール 2 4 1 は、その検出した 6 組の最大値 / 最小値の組 MAX [3 2] , MIN [3 2] ; MAX [3 5] , MIN [3 5] ; MAX [3 7] , MIN [3 7] ; MAX [3 8] , MIN [3 8] ; MAX [3 9] , MIN [3 9] ; MAX [4 1] , MIN [4 1] を 6 組の最大値 / 最小値の組 MAX [0] , MIN [0] ; MAX [1] , MIN [1] ; MAX [2] , MIN [2] ; MAX [3] , MIN [3] ; MAX [4] , MIN [4] ; MAX [5] , MIN [5] として閾値導入モジュール 2 4 2 へ出力する。

【 0 0 9 5 】

図 8 は、並べ替えの概念図である。閾値導入モジュール 2 4 2 は、信号強度測定モジュール 2 4 1 から 6 組の最大値 / 最小値の組 MAX [0] , MIN [0] ; MAX [1] , MIN [1] ; MAX [2] , MIN [2] ; MAX [3] , MIN [3] ; MAX [4] , MIN [4] ; MAX [5] , MIN [5] を受けると、6 個の最大値 MAX [0] , MAX [1] , MAX [2] , MAX [3] , MAX [4] , MAX [5] が大きい順になるように 6 組の最大値 / 最小値の組 MAX [0] , MIN [0] ; MAX [1] , MIN [1] ; MAX [2] , MIN [2] ; MAX [3] , MIN [3] ; MAX [4] , MIN [4] ; MAX [5] , MIN [5] を並べ替える。

【 0 0 9 6 】

より具体的には、閾値導入モジュール 2 4 2 は、最大値 / 最小値の組 MAX [3] , MIN [3] 、最大値 / 最小値の組 MAX [4] , MIN [4] 、最大値 / 最小値の組 MAX [0] , MIN [0] 、最大値 / 最小値の組 MAX [5] , MIN [5] 、最大値 / 最小値の組 MAX [1] , MIN [1] 、最大値 / 最小値の組 MAX [2] , MIN [2] の順に並べ替え、最大値 / 最小値の組 MAX [3] , MIN [3] 、最大値 / 最小値の組 MAX [4] , MIN [4] 、最大値 / 最小値の組 MAX [0] , MIN [0] 、最大値 / 最小値の組 MAX [5] , MIN [5] 、最大値 / 最小値の組 MAX [1] , MIN [1] 、最大値 / 最小値の組 MAX [2] , MIN [2] をそれぞれ最大値 / 最小値の組 { D _ MAX [0] , D _ MIN [0] } 、最大値 / 最小値の組 { D _ MAX [1] , D _ MIN [1] } 、最大値 / 最小値の組 { D _ MAX [2] , D _ MIN [2] } 、最大値 / 最小値の組 { D _ MAX [3] , D _ MIN [3] } 、最大値 / 最小値の組 { D _ MAX [4] , D _ MIN [4] } 、最大値 / 最小値の組 { D _ MAX [5] , D _ MIN [5] } として設定する。

【 0 0 9 7 】

そうすると、閾値導入モジュール 2 4 2 は、6 個の最大値 D _ MAX [0] ~ D _ MAX [5] のうち、隣接する 2 つの最大値の差が最大になるときの 2 組の最大値 / 最小値 { D _ MAX [i] , D _ MIN [i] } ; { D _ MAX [i + 1] , D _ MIN [i + 1] } を検出し、その検出した 2 組の最大値 / 最小値 { D _ MAX [i] , D _ MIN [i] } ; { D _ MAX [i + 1] , D _ MIN [i + 1] } に含まれる 2 個の最小値 D _ MIN [i] , D _ MIN [i + 1] の平均値を閾値 W I t h として決定する。

【 0 0 9 8 】

閾値 W I t h を決定するための実験結果について説明する。図 9 は、受信信号強度およびパケットエラー率と、無線装置の数との関係を示す図である。図 9 において、縦軸は、受信信号強度およびパケットエラー率を表し、横軸は、無線装置の数を表す。

【 0 0 9 9 】

1 ホップ内の複数の無線装置から一定時間内に受信した H e l l o パケットの受信信号

10

20

30

40

50

強度の最大値 / 最小値の組 $MAX[n]$, $MIN[n]$ をプロットすると、図 9 に示すようになる。この場合、 \square は、受信信号強度の最大値 $MAX[n]$ を示し、 \times は、受信信号強度の最小値 $MIN[n]$ を示し、 \triangle は、パケットエラー率を示す。

【 0 1 0 0 】

また、図 10 は、複数の最大値が大きい順に並べ換えられたときの受信信号強度およびパケットエラー率と、無線装置の数との関係を示す図である。図 10 において、縦軸は、受信信号強度およびパケットエラー率を表し、横軸は、無線装置の数を表す。また、 \square は、受信信号強度の最大値 $MAX[n]$ を示し、 \times は、受信信号強度の最小値 $MIN[n]$ を示し、 \triangle は、パケットエラー率を示す。

【 0 1 0 1 】

図 9 から明らかなように、最大値は、無線装置の数が多くなるに従って上下しており、大きい順に並べられていない。そこで、図 10 に示すように、最大値が大きい順になるように複数の最大値 / 最小値の組を並べ替える。

【 0 1 0 2 】

そして、隣接する 2 つの最大値の差が最大となるときの 2 組の最大値 / 最小値 $\{ D_MAX(14) , D_MIN(14) \}$, $\{ D_MAX(15) , D_MIN(15) \}$ が検出され、2 個の最小値 $D_MIN(14)$, $D_MIN(15)$ の平均値が閾値 $With$ として決定される。

【 0 1 0 3 】

図 10 において、最大値 / 最小値の組 $MAX[14]$, $MIN[14]$ よりも右側の領域においては、受信信号強度の最大値は、大きく低下し、パケットエラー率は、ばらついている。

【 0 1 0 4 】

一方、最大値 / 最小値の組 $MAX[15]$, $MIN[15]$ よりも左側の領域においては、受信信号強度の最大値は、大きく、パケットエラー率は、無線装置の数が増加しても略 0 % である。従って、最大値 / 最小値の組 $MAX[15]$, $MIN[15]$ よりも左側の領域は、安定な電波環境において送受信される電波の全ての受信信号強度が分布する領域であり、最大値 / 最小値の組 $MAX[14]$, $MIN[14]$ よりも右側の領域は、不安定な電波環境において送受信される電波の全ての受信信号強度が分布する領域である。

【 0 1 0 5 】

その結果、閾値 $With$ 以上の受信信号強度を検出することは、安定な電波環境において送受信される電波を全て検出することになる。

【 0 1 0 6 】

従って、上述した方法によって閾値 $With$ を決定することにより、安定な電波環境で送受信される電波を全て検出し、不安定な電波環境で送受信される電波を全て排除できる。

【 0 1 0 7 】

閾値導入モジュール 242 は、閾値 $With$ を決定すると、その決定した閾値 $With$ をテーブル作成モジュール 243 へ出力する。

【 0 1 0 8 】

ルーティングテーブル 21 の作成方法について説明する。図 11 は、隣の無線装置に関する情報からなるネイバリストを示す図である。また、図 12 は、他のネイバリストを示す図である。更に、図 13 は、ネイバリストおよびルーティングテーブルを示す図である。

【 0 1 0 9 】

図 11 においては、図 1 に示す無線装置 36 が保持するネイバリストが示され、図 12 においては、図 1 に示す無線装置 32 , 35 , 37 , 38 が保持するネイバリストが示され、図 13 においては、図 1 に示す無線装置 39 , 41 が保持するネイバリストおよび無線装置 36 が保持するルーティングテーブルが示されている。

【 0 1 1 0 】

10

20

30

40

50

無線装置 36 においては、閾値導入モジュール 242 は、上述した方法によって閾値 $W I t h$ を決定し、その決定した閾値 $W I t h$ をテーブル作成モジュール 243 へ出力する。

【0111】

無線装置 36 のテーブル作成モジュール 243 は、無線装置 32, 35, 38, 37, 39, 41 からそれぞれ受信した $H e l l o$ パケット $P K T 1 \sim P K T 6$ を $U D P$ モジュール 23 から受け、その受けた $H e l l o$ パケット $P K T 1 \sim P K T 6$ からそれぞれネイバリスト 10B, 10C, 10D, 10E, 10F, 10G を読み出す。

【0112】

そして、テーブル作成モジュール 243 は、その読み出したネイバリスト 10B, 10C, 10D, 10E, 10F, 10G に基づいて、無線装置 32, 35, 37, 38, 39, 41 が無線装置 36 に隣接することを検知し、ネオバリスト 10 を作成する。

10

【0113】

また、テーブル作成モジュール 243 は、 $H e l l o$ パケット $P K T 1 \sim P K T 6$ を受信したときの受信信号強度 $R e c e i v e [3 2]$, $R e c e i v e [3 5]$, $R e c e i v e [3 8]$, $R e c e i v e [3 7]$, $R e c e i v e [3 9]$, $R e c e i v e [4 1]$ を無線インターフェースモジュール 16 から受ける。

【0114】

そうすると、テーブル作成モジュール 243 は、受信信号強度 $R e c e i v e [3 2]$, $R e c e i v e [3 5]$, $R e c e i v e [3 8]$, $R e c e i v e [3 7]$, $R e c e i v e [3 9]$, $R e c e i v e [4 1]$ の各々を閾値 $W I t h$ と比較し、受信信号強度 $R e c e i v e [3 2]$, $R e c e i v e [3 5]$, $R e c e i v e [3 8]$, $R e c e i v e [3 7]$, $R e c e i v e [3 9]$, $R e c e i v e [4 1]$ の中から閾値 $W I t h$ 以上の受信信号強度を抽出する。

20

【0115】

例えば、受信信号強度 $R e c e i v e [3 7]$ のみが閾値 $W I t h$ よりも小さいとすると、テーブル作成モジュール 243 は、無線装置 37 をネイバリスト 10 から削除し、ネイバリスト 10A を作成する。即ち、テーブル作成モジュール 243 は、無線装置 36 に隣接する無線装置 32, 35, 37, 38, 39, 41 のうち、無線装置 36 との間
の受信信号強度が閾値 $W I t h$ 以上になる無線装置 32, 35, 38, 39, 41 を無線
装置 36 に隣接する無線装置として選択する。

30

【0116】

その後、テーブル作成モジュール 243 は、ネイバリスト 10B, 10C, 10D, 10F, 10G と、トポロジーに関する情報を含む $T C$ メッセージとに基づいて、ルーティングテーブル 21A を作成する（図 13 の (c) 参照）。

【0117】

テーブル作成モジュール 243 は、ネイバリスト 10D を見れば、無線装置 38 が無線装置 36、無線装置 39 および無線装置 40 に隣接していることを検知でき、ネイバリスト 10F を見れば、無線装置 39 が無線装置 36 および無線装置 40 に隣接していることを検知できる。その結果、テーブル作成モジュール 243 は、無線装置 40 が無線装置 36 からのホップ数が “2 ホップ” である位置に存在することを検知し、ルーティング
テーブル 21A の第 1 行目の経路を作成する。

40

【0118】

また、テーブル作成モジュール 243 は、ネイバリスト 10F を見れば、無線装置 39 が無線装置 36 および無線装置 42 に隣接していることを検知でき、ネイバリスト 10G を見れば、無線装置 41 が無線装置 36、無線装置 39 および無線装置 42 に隣接していることを検知できる。その結果、テーブル作成モジュール 243 は、無線装置 42 が無線装置 36 からのホップ数が “2 ホップ” である位置に存在することを検知し、ルーティング
テーブル 21A の第 2 行目の経路を作成する。

【0119】

50

更に、テーブル作成モジュール243は、ネイバースト10Gを見れば、無線装置41が無線装置36、無線装置39および無線装置43に隣接していることを検知できる。その結果、テーブル作成モジュール243は、無線装置43が無線装置36からのホップ数が“2ホップ”である位置に存在することを検知し、ルーティングテーブル21Aの第3行目の経路を作成する。この場合、テーブル作成モジュール243は、閾値Withを導入してルーティングテーブル21Aを作成したので、ルーティングテーブル21Aのフラグに“0”を格納する。

【0120】

上述したように、閾値Withを決定することにより、安定な電波環境において送受信されるHelloパケットに基づいてルーティングテーブル21を作成できる。

10

【0121】

その結果、各無線装置に隣接する無線装置の情報が頻繁に変更されず、安定したルーティングテーブル21を作成でき、安定したルーティングが可能である。

【0122】

図14は、ルーティングテーブルを作成する動作を説明するためのフローチャートである。

【0123】

一連の動作が開始されると、各無線装置31～43において、ルーティングデーモン24の信号強度測定モジュール241は、周りのn個の無線装置から受信した複数のHelloパケットの複数の受信信号強度に基づいて、m個の最大値/最小値の組を検出し（ステップS1）、その検出したm個の最大値/最小値の組を閾値導入モジュール242へ出力する。

20

【0124】

そして、閾値導入モジュール242は、信号強度測定モジュール241から受けたm個の最大値/最小値の組に基づいて、安定な電波環境において送受信される電波の最小強度以上の受信信号強度を検出するための閾値Withを設定する（ステップS2）。

【0125】

そして、テーブル作成モジュール243は、閾値Withを閾値導入モジュール242から受け、その受けた閾値With以上の受信信号強度を有するHelloパケットを受信し、上述した方法によってルーティングテーブル21を作成する（ステップS3）。これによって、一連の動作が終了する。

30

【0126】

図15は、図14に示すステップS1の詳細な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、信号強度測定モジュール241は、k=1を設定し（ステップS10）、m=1を設定し（ステップS11）、HelloパケットをUDPモジュール23から受信する（ステップS12）。

【0127】

そして、無線インターフェースモジュール16は、無線装置k（kは、無線装置を識別する情報である）からHelloパケットを受信すると、そのHelloパケットを受信したときの受信信号強度Receive[k]mを検出してルーティングデーモン24の信号強度測定モジュール241へ出力する。

40

【0128】

信号強度測定モジュール241は、無線インターフェースモジュール16から受信信号強度Receive[k]mを受け、無線装置kから受信したHelloパケットの受信信号強度Receive[k]mを検出する（ステップS13）。

【0129】

そして、信号強度測定モジュール241は、その検出した受信信号強度Receive[k]mを受信信号強度の最大値MAX[k]および最小値MIN[k]として設定する（ステップS14）。つまり、信号強度測定モジュール241は、最大値MAX[k]および最小値[k]を初期化する。

50

【0130】

その後、信号強度測定モジュール241は、 $m = m + 1$ を設定し(ステップS15)、Helloパケットを受信する(ステップS16)。そして、信号強度測定モジュール241は、ステップS13における動作と同じ動作によってステップS16において受信したHelloパケットの受信信号強度Receive[k] $m + 1$ を検出する(ステップS17)。

【0131】

そうすると、信号強度測定モジュール241は、受信信号強度Receive[k] $m + 1$ が最大値MAX[k]よりも大きいかなかを判定し(ステップS18)、受信信号強度Receive[k] $m + 1$ が最大値MAX[k]よりも大きいとき、受信信号強度Receive[k] $m + 1$ を最大値MAX[k]として設定する(ステップS19)。

10

【0132】

一方、ステップS18において、受信信号強度Receive[k] $m + 1$ が最大値MAX[k]以下であると判定されたとき、信号強度測定モジュール241は、受信信号強度Receive[k] $m + 1$ が最小値MIN[k]よりも小さいかなかを更に判定し(ステップS20)、受信信号強度Receive[k] $m + 1$ が最小値MIN[k]よりも小さいとき、受信信号強度Receive[k] $m + 1$ を最小値MIN[k]として設定する(ステップS21)。

【0133】

ステップS20において、受信信号強度Receive[k] $m + 1$ が最小値MIN[k]以上であると判定されたとき、またはステップS19の後、またはステップS21の後、信号強度測定モジュール241は、 m がmax_numよりも小さいかなかを判定し(ステップS22)、 m がmax_numよりも小さいとき、一連の動作は、ステップS15へ移行する。そして、ステップS22において、 m がmax_numに到達するまで、上述したステップS15～ステップS22が繰返し実行される。

20

【0134】

max_numは、1つの無線装置からHelloパケットを一定時間内に受信する最大受信回数を表し、例えば、max_num = 30回に設定される。この30回は、1分間に受信するHelloパケットの個数に基づく。

【0135】

従って、ステップS22において、1分間にHelloパケットを30回受信したと判定されるまで、ステップS15～ステップS22が繰返し実行される。

30

【0136】

そして、ステップS22において、Helloパケットの受信回数 m がmax_num (= 30)に到達したと判定されると、信号強度測定モジュール241は、 $k = n$ であるかなかを判定し(ステップS23)、 $k = n$ でないとき、 $k = k + 1$ を設定し(ステップS24)、その後、一連の動作は、ステップS11へ移行する。そして、ステップS23において、 $k = n$ であると判定されるまで、上述したステップS11～ステップS24が繰返し実行される。

【0137】

n は、各無線装置から1ホップ内に存在する無線装置の個数を表し、より具体的には、上述した閾値Withを決定するための無線装置の個数を表す。そして、 n は、例えば、“5”に設定される。1つの無線装置の1ホップ内に5個の無線装置が存在し、5個の無線装置が1つの無線装置へHelloパケットを定期的送信すれば、その1つの無線装置は、図10に示すような受信信号強度と無線装置の数との関係を取得でき、閾値Withを信頼性良く決定できるからである。

40

【0138】

そして、ステップS23において、 $k = n$ であると判定されると、一連の動作は、図14のステップS2へ移行する。

【0139】

50

このように、図15に示すフローチャートに従えば、1つの無線装置の信号強度測定モジュール241は、自己の1ホップ内に存在するn個の無線装置の各々からm個のHelloパケットを順次受け、その受けたm個のHelloパケットのm個の受信信号強度に基づいて、n個の無線装置の各々ごとに最大値/最小値の組MAX[k], MIN[k]を検出し、その検出したn組の最大値/最小値MAX[1], MIN[1]~MAX[n], MIN[n]を閾値導入モジュール242へ出力する。

【0140】

図16は、図14に示すステップS2の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

【0141】

一連の動作が開始されると、閾値導入モジュール242は、信号強度測定モジュール241からn組の最大値/最小値MAX[1], MIN[1]~MAX[n], MIN[n]を受け、n個の最大値MAX[1]~MAX[n]が大きい順序になるようにn組の最大値/最小値MAX[1], MIN[1]~MAX[n], MIN[n]を並べ替え(図8参照)、その並べ替えたn組の最大値/最小値をn組の最大値/最小値D_MAX[1], D_MIN[1]~D_MAX[n], D_MIN[n]として設定する(ステップS31)。

【0142】

そして、閾値導入モジュール242は、隣接する2つの最大値の差D_MAX[j] - D_MAX[j+1]を順次演算し、差D_MAX[j] - D_MAX[j+1]が最大となる2組の最大値/最小値{D_MAX[i], MIN[i]}, {D_MAX[i+1], MIN[i+1]}を検出する(ステップS32)。

【0143】

その後、閾値導入モジュール242は、最小値MIN[i]と最小値MIN[i+1]との平均(=(MIN[i]+MIN[i+1])/2)を演算し、その演算結果を閾値Withとして決定する(ステップS33)。

【0144】

そして、一連の動作は、図14のステップS3へ移行する。

【0145】

このように、各無線装置は、自己の1ホップ内に存在するn(nは5以上の整数)個の無線装置の各々から所定数(=30個)のHelloパケットを受信し、n個の無線装置の各々について受信信号強度の最大値/最小値の組MAX[k], MIN[k]を検出する。そして、各無線装置は、その検出したn組の最大値/最小値MAX[1], MIN[1]~MAX[n], MIN[n]をn個の最大値MAX[1]~MAX[n]が大きい順に配列されるように並べ替え、その並べ替えたn組の最大値/最小値D_MAX[1], D_MIN[1]~D_MAX[n], D_MIN[n]において、隣接する2つの最大値の差が最大になる2つの最大値D_MAX[i], D_MAX[i+1]を検出し、その検出した2つの最大値D_MAX[i], D_MAX[i+1]に対応する2つの最小値D_MIN[i], D_MIN[i+1]の平均値を閾値Withとして決定する。

【0146】

各無線装置に隣接する無線装置が5個以上存在するときは、上述した方法によって閾値Withを安定して決定できるが、各無線装置に隣接する無線装置が5個よりも少ないとき、上述した方法によって閾値Withを安定して決定することが困難である。

【0147】

そこで、各無線装置に隣接する無線装置が5個よりも少ないときは、次の方法によって閾値Withを決定する。無線装置36に隣接する無線装置が無線装置39のみである場合を例にして説明する。

【0148】

無線装置39は、送信パワーをP(Pは5以上の整数)個の送信パワーに順次切換え、各送信パワーにおいて一定時間(1分)内に一定個数(m=30個)のHelloパケッ

10

20

30

40

50

トを無線装置 36 へ送信する。

【0149】

そして、無線装置 36 の信号強度測定モジュール 241 は、各送信パワーにおいて受信した m 個の Hello パケットの m 個の受信信号強度に基づいて各送信パワーにおける受信信号強度の最大値 / 最小値の組 $MAX [p]$, $MIN [p]$ を検出し、その検出した P 組の最大値 / 最小値 $MAX [1]$, $MIN [1] \sim MAX [P]$, $MIN [P]$ を閾値導入モジュール 242 へ出力する。

【0150】

閾値導入モジュール 242 は、 P 組の最大値 / 最小値 $MAX [1]$, $MIN [1] \sim MAX [P]$, $MIN [P]$ を P 個の最大値 $MAX [1] \sim MAX [P]$ が大きい順に配列されるように並べ替え、その並べ替えた P 組の最大値 / 最小値 $D_MAX [1]$, $D_MIN [1] \sim D_MAX [P]$, $D_MIN [P]$ において、隣接する 2 つの最大値の差が最大になる 2 つの最大値 $D_MAX [i]$, $MAX [i + 1]$ を検出し、その検出した 2 つの最大値 $D_MAX [i]$, $MAX [i + 1]$ に対応する 2 つの最小値 $D_MIN [i]$, $MIN [i + 1]$ の平均値を閾値 $With$ と決定する。

10

【0151】

図 17 は、図 14 に示すステップ S1 の詳細な動作を説明するための他のフローチャートである。図 17 に示すフローチャートは、図 15 に示すフローチャートのステップ S10, S12, S16, S23, S24 をそれぞれステップ S10A, S12A, S16A, S23A, S24A に代えたものであり、その他は、図 15 に示すフローチャートと同じである。

20

【0152】

一連の動作が開始されると、信号強度測定モジュール 241 は、 $p = 1$ を設定する (ステップ S10A)。そして、上述したステップ S11 が実行された後、信号強度測定モジュール 241 は、送信パワー PW_p で送信された Hello パケットを受信する (ステップ S12A)。その後、上述したステップ S13 ~ S15 が実行される。この場合、図 15 のステップ S13, S14 に示される $Receive [k]_m$ は、 $Receive [p]_m$ に読み替えられ、図 15 のステップ S14 に示される $MAX [k]$, $MIN [k]$ は、それぞれ、 $MAX [p]$, $MIN [p]$ に読み替えられる。

30

【0153】

ステップ S15 の後、信号強度測定モジュール 241 は、送信パワー PW_p で送信された Hello パケットを受信する (ステップ S16A)。そして、上述したステップ S17 ~ ステップ S22 が実行される。この場合、 $Receive [k]_{m+1}$, $MAX [k]$, $MIN [k]$ は、それぞれ、 $Receive [p]_{m+1}$, $MAX [p]$, $MIN [p]$ に読み替えられる。

【0154】

ステップ S22 において、 m が max_num に到達したと判定されると、信号強度測定モジュール 241 は、 $p = P$ であるか否かを判定し (ステップ S23A)、 $p = P$ でないとき、 $p = p + 1$ を設定し (ステップ S24A)、その後、一連の動作は、ステップ S11 へ移行する。

40

【0155】

そして、ステップ S23A において、 $p = P$ であると判定されるまで、上述したステップ S11, S12A, S13 ~ S15, S16A, S17 ~ S22, S23A, S24A が繰返し実行される。つまり、送信パワー PW_p が P 個の送信パワーの全てに変えられるまで、上述したステップ S11, S12A, S13 ~ S15, S16A, S17 ~ S22, S23A, S24A が繰返し実行される。

【0156】

これにより、 P 組の最大値 / 最小値 $MAX [1]$, $MIN [1] \sim MAX [P]$, $MIN [P]$ が検出される。

【0157】

50

そして、ステップ S 2 3 Aにおいて、 $p = P$ であると判定されると、一連の動作は、図 1 4 に示すステップ S 2 へ移行し、図 1 6 に示すフローチャートに従って、P 組の最大値 / 最小値 $MAX [1]$, $MIN [1] \sim MAX [P]$, $MIN [P]$ に基づいて閾値 $W I t h$ が決定される。

【 0 1 5 8 】

このように、各無線装置は、自己の 1 ホップ内に存在する 1 個の無線装置から送信パワー $P W$ を P 個に変えながら、各送信パワー $P W$ において所定数 ($m = 30$ 個) の $H e l l o$ パケットを受信し、P 個の送信パワー $P W$ の各々について受信信号強度の最大値 / 最小値の組 $MAX [p]$, $MIN [p]$ を検出する。そして、各無線装置は、その検出した P 組の最大値 / 最小値 $MAX [1]$, $MIN [1] \sim MAX [P]$, $MIN [P]$ を P 個の最大値 $MAX [1] \sim MAX [P]$ が大きい順に配列されるように並べ替え、その並べ替えた P 組の最大値 / 最小値 $D_MAX [1]$, $D_MIN [1] \sim D_MAX [P]$, $D_MIN [P]$ において、隣接する 2 つの最大値の差が最大になる 2 つの最大値 $D_MAX [i]$, $D_MAX [i + 1]$ を検出し、その検出した 2 つの最大値 $D_MAX [i]$, $D_MAX [i + 1]$ に対応する 2 つの最小値 $D_MIN [i]$, $D_MIN [i + 1]$ の平均値を閾値 $W I t h$ として決定する。

10

【 0 1 5 9 】

上述したように、この発明によれば、無線ネットワークシステム 1 0 0 を構成する無線装置 3 1 ~ 4 3 が定期的にブロードキャストする $H e l l o$ パケットを利用して、各無線装置から受信した $H e l l o$ パケットの最大受信信号強度 / 最小受信信号強度 $MAX [k]$, $MIN [k]$ (または $MAX [p]$, $MIN [p]$) を検出できる。

20

【 0 1 6 0 】

従って、各無線装置は、アドホックネットワークにおける通常の動作を利用して安定な電波環境において送受信される $H e l l o$ パケットのみを受信し、その受信した $H e l l o$ パケットに基づいて、安定なルーティングテーブル 2 1 を作成できる。その結果、安定なルーティングが可能である。

【 0 1 6 1 】

上述したように、各無線装置に隣接する無線装置の個数が 5 個以上であれば、1 個の無線装置から受信した $H e l l o$ パケットの受信信号強度の最大値 / 最小値の組 $MAX [k]$, $MIN [k]$ を 5 個以上の無線装置の各々について検出し、その検出した 5 組以上の最大値 / 最小値 $MAX [k]$, $MIN [k]$ に基づいて閾値 $W I t h$ を決定し、各無線装置に隣接する無線装置の個数が 5 個よりも少なければ、1 個の無線装置から受信した $H e l l o$ パケットの受信信号強度の最大値 / 最小値の組 $MAX [p]$, $MIN [p]$ を 5 個以上の送信パワーの各々について検出し、その検出した 5 組以上の最大値 / 最小値 $MAX [p]$, $MIN [p]$ に基づいて閾値 $W I t h$ を決定する。

30

【 0 1 6 2 】

従って、この発明においては、 $H e l l o$ パケットを送信する無線装置の個数をカウントし、そのカウント結果に応じて、上述した 2 つの方法のいずれかによって閾値 $W I t h$ を決定してもよい。

【 0 1 6 3 】

図 1 8 は、ルーティングテーブルを作成する動作を説明するための他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 3 1 ~ 4 3 の信号強度測定モジュール 2 4 1 は、ブロードキャストされた $H e l l o$ パケットの発信元アドレスに基づいて、隣の無線装置の個数 N (N は正の整数) をカウントし (ステップ S 4 1) 、そのカウントした個数 N が基準値 $N s t d$ (例えば、5 個) 以上であるか否かを判定する (ステップ S 4 2) 。

40

【 0 1 6 4 】

そして、隣の無線装置の個数 N が基準値 $N s t d$ 以上であるとき、信号強度測定モジュール 2 4 1 は、図 1 5 に示すフローチャートに従って n 組の最大値 / 最小値 $MAX [k]$, $MIN [k]$ を検出し、その検出した n 組の最大値 / 最小値 $MAX [k]$, $MIN [k]$

50

]を閾値導入モジュール242へ出力する。

【0165】

閾値導入モジュール242は、信号強度測定モジュール241から受けたn組の最大値/最小値MAX[k], MIN[k]に基づいて、図16に示すフローチャートに従って閾値Withを決定し、その決定した閾値Withをテーブル作成モジュール243へ出力する(ステップS43)。

【0166】

一方、ステップS42において、隣の無線装置の個数Nが基準値Nstdよりも小さいと判定されたとき、信号強度測定モジュール241は、図17に示すフローチャートに従ってP組の最大値/最小値MAX[p], MIN[p]を検出し、その検出したP組の最大値/最小値MAX[p], MIN[p]を閾値導入モジュール242へ出力する。

10

【0167】

閾値導入モジュール242は、信号強度測定モジュール241から受けたP組の最大値/最小値MAX[p], MIN[p]に基づいて、図16に示すフローチャートに従って閾値Withを決定し、その決定した閾値Withをテーブル作成モジュール243へ出力する(ステップS44)。

【0168】

そして、ステップS43またはステップS44の後、テーブル作成モジュール243は、閾値導入モジュール242から受けた閾値With以上の受信信号強度を有するHelloパケットを受信し、上述した方法によってルーティングテーブル21を作成する(ステップS45)。これによって、一連の動作は終了する。

20

【0169】

このように、図18に示すフローチャートに従えば、隣接する無線装置の個数に拘わらず、閾値Withを決定でき、その決定した閾値Withに基づいて、安定したルーティングテーブル21を作成できる。その結果、安定したルーティングが可能である。

【0170】

図19は、ルーティングテーブルを作成する動作を説明するための更に他のフローチャートである。この発明においては、図19に示すフローチャートに従ってルーティングテーブル21が作成されてもよい。

【0171】

図19に示すフローチャートは、図18に示すフローチャートのステップS45を削除し、ステップS46~ステップS52を追加したものであり、その他は、図18に示すフローチャートと同じである。なお、図19に示すフローチャートにおいては、ステップS43において閾値With1が決定され、ステップS44において閾値With2が決定される。

30

【0172】

ステップS43の後、各無線装置31~43のテーブル作成モジュール243は、閾値With1以上の受信信号強度を有するHelloパケットを受信してルーティングテーブル21を作成する(ステップS46)。

【0173】

また、ステップS44の後、各無線装置31~43のテーブル作成モジュール243は、閾値With2以上の受信信号強度を有するHelloパケットを受信してルーティングテーブル21を作成する(ステップS47)。そして、各無線装置31~43の信号強度測定モジュール241は、隣接する無線装置の個数Nが基準値Nstd以上に増加したか否かを判定し(ステップS48)、個数Nが基準値Nstd以上に増加したとき、図15に示すフローチャートに従ってn組の最大値/最小値MAX[k], MIN[k]を検出し、閾値導入モジュール242は、n組の最大値/最小値MAX[k], MIN[k]に基づいて、図16に示すフローチャートに従って閾値With3を決定する(ステップS49)。

40

【0174】

50

その後、テーブル作成モジュール243は、閾値W I t h 3以上の受信信号強度を有するH e l l oパケットを受信してルーティングテーブル21を作成する(ステップS 5 0)。

【0175】

一方、ステップS 4 8において、個数Nが基準値N s t d以上に増加していないと判定されたとき、テーブル作成モジュール243は、閾値W I t h 2を維持してルーティングテーブル21を作成する(ステップS 5 1)。その後、一連の動作は、ステップS 4 8へ移行する。

【0176】

そして、ステップS 4 6またはステップS 5 0の後、各無線装置31~43のテーブル作成モジュール243は、隣の無線装置の個数Nが変化(増加または減少)しても、閾値W I t h 1(またはW I t h 3)を維持してルーティングテーブル21を作成する(ステップS 5 2)。

10

【0177】

これにより、一連の動作が終了する。

【0178】

図19に示すフローチャートは、隣の無線装置の個数Nが基準値N s t d以上であれば、その後、個数Nが変化しても、最初に決定した閾値W I t h 1を維持してルーティングテーブル21を作成し(ステップS 4 2の“Y e s”, ステップS 4 3, S 4 6, S 5 2参照)、最初、隣の無線装置の個数Nが基準値N s t dに達しないとき、送信パワーを変化させて閾値W I t h 2を決定し(ステップS 4 2の“N o”およびステップS 4 4参照)、隣の無線装置の個数Nが基準値N s t d以上に増加すると、再度、閾値W I t h 3を決定し、その決定した閾値W i t h 3によって閾値W I t h 1を更新し、その後、閾値W I t h 3を維持してルーティングテーブル21を作成する(S 4 7~S 5 2参照)。

20

【0179】

即ち、この発明においては、隣の無線装置の個数Nが基準値N s t d以上に増加した場合に、閾値W I t hが更新され、それ以外の場合には、閾値W I t hは更新されない。

【0180】

なお、図19に示すフローチャートにおいては、隣接する無線装置の個数Nが一定数増加した場合に、閾値W I t hを更新するようにしてもよい。この場合、図19に示すステップS 4 8においては、無線装置の個数Nが一定数増加したか否かが判定される。それ以外は、図19に示すフローチャートと同じである。

30

【0181】

図20は、ルーティングテーブルを作成する動作を説明するための更に他のフローチャートである。この発明においては、図20に示すフローチャートに従ってルーティングテーブル21が作成されてもよい。

【0182】

図20に示すフローチャートは、図19に示すフローチャートのステップS 4 8~ステップS 5 2をステップS 4 8 A~ステップS 5 2 Aに代えたものであり、その他は、図19に示すフローチャートと同じである。

40

【0183】

ステップS 4 6またはステップS 4 7の後、信号強度測定モジュール241は、パケットロスを検出する(ステップS 4 8 A)。より具体的には、信号強度測定モジュール241は、一定時間内に規定数のパケットを受信しなかったことによりパケットロスを検出する。

【0184】

そして、信号強度測定モジュール241は、その検出したパケットロスが所定数以上であるか否かを判定する(ステップS 4 9 A)。パケットロスが所定数以上でないとき、テーブル作成モジュール243は、閾値W I t h 1またはW I t h 2を維持してルーティングテーブル21を作成する(ステップS 5 0 A)。その後、一連の動作は、ステップS 4

50

8 Aへ移行する。

【0185】

一方、ステップS49Aにおいて、パケットロスが所定数以上であると判定されたとき、信号強度測定モジュール241および閾値導入モジュール242は、図15および図16に示すフローチャートに従って、または図17および図16に示すフローチャートに従って閾値With4を決定し、その決定した閾値With4によって閾値With1またはWith2を更新する(ステップS51A)。

【0186】

その後、テーブル作成モジュール243は、閾値With4以上の受信信号強度を有するHelloパケットを受信してルーティングテーブル21を作成する(ステップS52A)。これによって、一連の動作が終了する。

【0187】

図20に示すフローチャートは、パケットロスが所定数以上になると、閾値Withを更新し、それ以外の場合、閾値Withを更新しない。パケットロスが所定数以上になると、電波環境が不安定になっている可能性が高いので、閾値Withを更新することにしたものである。

【0188】

図21は、パケットエラー率と実験回数との関係を示す図である。図21において、縦軸は、パケットエラー率を表し、横軸は、実験回数を表す。また、閾値With_H, With_L, With_Jは、それぞれ、図10に示すWith_H, With_L, With_Jであり、閾値With_Hは、高過ぎる閾値を表し、閾値With_Lは、低過ぎる閾値を表し、閾値With_Jは、この発明による閾値を表す。更に、With_NOは、閾値を設定しなかった場合を表す。

【0189】

図21から明らかなように、この発明によって決定した閾値With_Jを用いた場合、パケットエラー率は、10回の実験回数まで零である。しかし、閾値Withが高過ぎる場合、閾値Withが低過ぎる場合、および閾値Withを設定しなかった場合は、パケットエラー率が実験回数とともに大きく変化する。即ち、閾値Withが高過ぎる場合、閾値Withが低過ぎる場合、および閾値Withを設定しなかった場合は、ルーティングテーブル21が頻繁に書き換えられ、無線ネットワークシステム100内にループが発生し、パケットの到着順序が大幅に入れ替わり、パケットエラー率が増加する。

【0190】

従って、この発明による方法によって閾値Withを決定することによって、安定したルーティングテーブル21を作成でき、安定してルーティングを行なえることが実験的にも証明できた。

【0191】

閾値Withを導入することによって、安定したルーティングテーブル21を作成することができるが、無線ネットワークシステム100において、無線装置31~43の配置に偏りがある場合、偏った位置に配置された無線装置が無線ネットワークシステム100から排除されてしまう。

【0192】

図22は、無線装置の配置に偏りがあるネットワーク構成の概念図である。無線装置32, 35は、無線装置36~43の配置位置から偏った位置に配置されている。このような状況において、無線装置32は、無線装置35~38から受信した複数のHelloパケットの複数の受信信号強度に基づいて、上述した方法によって閾値With(32)を決定する。この場合、無線装置32と無線装置35との距離は、無線装置32と無線装置36, 37, 38との距離よりも短いため、閾値With(32)は、無線装置35から受信したHelloパケットの受信信号強度Receive[35]が大きく反映されて決定される。即ち、閾値With(32)は、受信信号強度Receive[35]に近い値に決定される。

10

20

30

40

50

【 0 1 9 3 】

そうすると、無線装置 3 2 が無線装置 3 6 ~ 3 8 から受信した H e l l o パケットの受信信号強度 R e c e i v e [3 6] ~ R e c e i v e [3 8] は、閾値 W I t h (3 2) よりも低くなり、無線装置 3 2 のテーブル作成モジュール 2 4 3 は、無線装置 3 6 ~ 3 8 をネイバーストから削除し、無線装置 3 6 ~ 3 8 を経由する経路の経路情報をルーティングテーブル 2 1 から削除する。

【 0 1 9 4 】

その結果、無線装置 3 2 , 3 5 と無線装置 3 6 ~ 4 3 との間で無線通信が行なわれず、無線装置 3 2 , 3 5 は、無線ネットワークシステム 1 0 0 において孤立する。

【 0 1 9 5 】

そこで、以下においては、上述したような無線装置の孤立が発生するのを防止する方法について説明する。

【 0 1 9 6 】

図 2 3 は、ネイバースト、ルーティングテーブルおよび H e l l o パケットを示す図である。無線装置 3 2 のテーブル作成モジュール 2 4 3 は、閾値 W I t h (3 2) を導入しない場合、ネイバースト 1 0 H を作成して保持する。そして、無線装置 3 2 のテーブル作成モジュール 2 4 3 は、ネイバースト 1 0 H に基づいて、閾値 W I t h (3 2) を導入した場合の無線装置 3 2 に隣接する隣接無線装置の個数が基準値（例えば、5 個）よりも少ないか否かを判定する。

【 0 1 9 7 】

この場合、無線装置 3 2 が無線装置 3 6 ~ 3 8 から受信した H e l l o パケットの受信信号強度 R e c e i v e [3 6] ~ R e c e i v e [3 8] は、閾値 W I t h (3 2) よりも低く、無線装置 3 2 が無線装置 3 5 から受信した H e l l o パケットの受信信号強度 R e c e i v e [3 5] は、閾値 W I t h (3 2) よりも高いので、無線装置 3 2 のテーブル作成モジュール 2 4 3 は、閾値 W I t h (3 2) を導入した場合の隣接無線装置の個数を “ 1 ” とカウントし、隣接無線装置の個数が基準値よりも少ないと判定する（図 2 3 の (a) 参照）。

【 0 1 9 8 】

そうすると、無線装置 3 2 のテーブル作成モジュール 2 4 3 は、閾値 W I t h (3 2) を導入せずにネイバースト 1 0 H を作成し、その作成したネイバースト 1 0 H に基づいて、ルーティングテーブル 2 1 B において無線装置 3 6 ~ 3 8 を経由する経路の経路情報を維持し、無線装置 3 6 ~ 3 8 を経由する経路の経路情報のフラグに “ 1 ” を格納する（図 2 3 の (b) 参照）。

【 0 1 9 9 】

そして、無線装置 3 2 のテーブル作成モジュール 2 4 3 は、閾値 W I t h (3 2) を導入せずに経路情報を維持した場合、無線装置 3 2 において閾値 W I t h (3 2) を決定できなかったため、閾値 W I t h (3 2) を決定できなかったことを示すフラグを含む H e l l o パケット H L P 1 を作成して無線装置 3 5 ~ 3 8 へ送信する。この場合、H e l l o パケット H L P 1 は、無線装置 3 2 の IP アドレス I P a d d r e s s 3 2 および閾値 W I t h (3 2) を決定できなかったことを示すフラグ “ 1 ” を含む（図 2 3 の (c) 参照）。

【 0 2 0 0 】

無線装置 3 6 のテーブル作成モジュール 2 4 3 は、無線装置 3 2 から H e l l o パケット H L P 1 を受信し、H e l l o パケット H L P 1 の送信元である無線装置 3 2 の IP アドレス I P a d d r e s s 3 2 と、フラグ “ 1 ” とを H e l l o パケット H L P 1 から検出する。そして、無線装置 3 6 のテーブル作成モジュール 2 4 3 は、無線装置 3 2 において閾値 W I t h (3 2) を決定できなかったことを検知し、無線装置 3 2 を無条件にネイバーストに登録し、ネイバースト 1 0 J を作成する（図 2 3 の (d) 参照）。そうすると、無線装置 3 6 のテーブル作成モジュール 2 4 3 は、ネイバースト 1 0 J に基づいて、無線装置 3 2 を経由する経路の経路情報をルーティングテーブル 2 1 において維持す

10

20

30

40

50

る。無線装置 37, 38 のテーブル作成モジュール 243 も、無線装置 36 のテーブル作成モジュール 243 と同様にして無線装置 32 を経由する経路の経路情報をルーティングテーブル 21 において維持する。

【0201】

このように、無線装置 32 のテーブル作成モジュール 243 は、閾値 $W I t h (3 2)$ を導入せずに、無線装置 36 ~ 38 をネイバースト 10H に登録するとともに、無線装置 36 ~ 38 を経由する経路の経路情報をルーティングテーブル 21 において維持し、無線装置 36 ~ 38 のテーブル作成モジュール 243 は、無線装置 32 を無条件にネイバースト 10J に登録するとともに、無線装置 32 を経由する経路の経路情報をルーティングテーブル 21 において維持する。

10

【0202】

従って、この発明によれば、無線ネットワークシステム 100 において、無線装置 32, 35 が孤立するのを防止できる。

【0203】

図 24 は、更に他のネイバーストを示す図である。図 22 に示すトポロジにおいて、無線装置 32 の隣接無線装置は、無線装置 35, 36 であるとする。この場合、無線装置 32 のテーブル作成モジュール 243 は、ネイバースト 10K を作成し、その作成したネイバースト 10K を含む $H e l l o$ パケットを作成して無線装置 35, 36 へ送信する。

【0204】

20

無線装置 36 のテーブル作成モジュール 243 は、無線装置 32 からネイバースト 10K を含む $H e l l o$ パケットを受信し、ネイバースト 10K を読み出す。そして、無線装置 36 のテーブル作成モジュール 243 は、ネイバースト 10K に登録されている隣接無線装置の個数が基準値（例えば、3 個）よりも少ないか否かを判定する。無線装置 36 のテーブル作成モジュール 243 は、隣接無線装置の個数が基準値よりも少ないとき、無線装置 32 を自己のネイバーストに無条件に登録し、隣接無線装置の個数が基準値以上であるとき、閾値 $W I t h$ を導入して無線装置 32 を自己のネイバーストに登録するか否かを決定する。

【0205】

この場合、ネイバースト 10K は、2 個の隣接無線装置を含むので（図 24 の (a) 参照）、無線装置 36 のテーブル作成モジュール 243 は、隣接無線装置の個数が基準値よりも少ないと判定し、無線装置 32 を自己のネイバーストに無条件に登録し、ネイバースト 10L を作成する（図 24 の (b) 参照）。そして、無線装置 36 のテーブル作成モジュール 243 は、ネイバースト 10L に基づいて、無線装置 32 を経由する経路の経路情報をルーティングテーブル 21 において維持する。

30

【0206】

このように、この発明においては、他の無線装置から受信したネイバーストに登録されている隣接無線装置の個数が基準値よりも少ないとき、そのネイバーストを送信した無線装置をネイバーストに無条件に登録し、そのネイバーストを送信した無線装置を経由する経路の経路情報をルーティングテーブル 21 において維持するようにしてもよい。

40

【0207】

また、この発明においては、パケットエラー率 $P E R$ の観測も行ない、受信信号強度が閾値 $W I t h$ よりも低くても、パケットエラー率がしきい値 $P E R _ t h$ よりも低い場合、経路を維持するようにしてもよい。

【0208】

例えば、図 22 に示すトポロジにおいて、無線装置 36 の IP モジュール 20 は、無線装置 32 から受信したパケットのパケットエラー率 $P E R$ を演算し、その演算したパケットエラー率 $P E R [3 2]$ をルーティングデーモン 24 のテーブル作成モジュール 243 へ出力する。そして、無線装置 36 のテーブル作成モジュール 243 は、無線装置 32

50

から受信したHelloパケットの受信信号強度Receive [3 2] が閾値With [3 6] よりも低くても、パケットエラー率PER [3 2] がしきい値PER__thよりも低い場合、無線装置32を自己のネイバーリストに登録し、無線装置32を経由する経路の経路情報を維持する。

【 0 2 0 9 】

次に、図22に示す偏りと異なる偏りがある場合について説明する。図25は、無線装置の配置に偏りがある他のネットワーク構成の概念図である。無線装置31～35は、無線装置36～43から偏った位置に配置されている。

【 0 2 1 0 】

このような状況において、無線装置35は、無線装置31～34, 36～38から受信した複数のHelloパケットの複数の受信信号強度に基づいて、上述した方法によって閾値With (3 5) を決定する。この場合、無線装置35と無線装置31～34との距離は、無線装置35と無線装置36～38との距離よりも短いため、閾値With (3 5) は、無線装置31～34から受信したHelloパケットの受信信号強度Receive [3 1] , Receive [3 2] , Receive [3 3] , Receive [3 4] が大きく反映されて決定される。即ち、閾値With (3 5) は、受信信号強度Receive [3 1] , Receive [3 2] , Receive [3 3] , Receive [3 4] に近い値に決定される。

10

【 0 2 1 1 】

そうすると、無線装置35が無線装置36～38から受信したHelloパケットの受信信号強度Receive [3 6] ~ Receive [3 8] は、閾値With (3 5) よりも低くなり、無線装置35のテーブル作成モジュール243は、無線装置36～38をネイバーリストに登録せず、無線装置36～38を経由する経路の経路情報をルーティングテーブル21に格納しない。

20

【 0 2 1 2 】

その結果、無線装置31～35と無線装置36～43との間で無線通信が行なわれず、無線装置31～35は、無線ネットワークシステム100において孤立する。

【 0 2 1 3 】

無線装置31～35が無線ネットワークシステム100において孤立するのを防止するためには、無線装置35が自己のネイバーリストを他の無線装置から受信したネイバーリストと比較し、登録されている無線装置の相違数が基準値 (= 8 0 ~ 9 0 %) 以上であるとき、閾値Withを導入せずにネイバーリストを作成し、その作成したネイバーリストに基づいて、経路情報をルーティングテーブル21に格納する。

30

【 0 2 1 4 】

具体的に説明する。図26は、ネイバーリストおよびルーティングテーブルを示す他の図である。無線装置35のテーブル作成モジュール243は、無線装置35におけるネイバーリスト10M (図26の (a) 参照) を作成し、無線装置36からネイバーリスト10N (図26の (b) 参照) を含むHelloパケットを受信する。そして、無線装置35のテーブル作成モジュール243は、受信したHelloパケットからネイバーリスト10Nを読み出し、ネイバーリスト10Mに登録されている無線装置とネイバーリスト10Nに登録されている無線装置との相違数をカウントする。図26に示す場合、ネイバーリスト10Mに登録されている4個の無線装置31～34の全てがネイバーリスト10Nに登録されている無線装置37～39, 41と異なる。従って、無線装置35のテーブル作成モジュール243は、ネイバーリスト10Mに登録されている4個の無線装置31～34のうち、100% (= 4 / 4 × 100) がネイバーリスト10Nに登録されている無線装置37～39, 41と異なると判定し、閾値With (3 5) を導入せずに無線装置36をネイバーリスト10Mに登録する。そして、無線装置35のテーブル作成モジュール243は、ネイバーリスト10Mをネイバーリスト10P (図26の (c) 参照) に更新するとともに、その更新したネイバーリスト10Pに基づいて、ルーティングテーブル21C (図26の (d) 参照) を作成する。この場合、無線装置35のテーブル作成モジ

40

50

ユーザ 243 は、無線装置 36 を経由する経路が閾値 `W I t h (3 5)` を導入せずに登録した経路であることを示す “ 1 ” をフラグに格納する。

【 0 2 1 5 】

また、無線装置 35 のテーブル作成モジュール 243 は、無線装置 35 において閾値 `W I t h (3 5)` を決定できなかったことを他の無線装置に知らせるために、図 23 の (c) に示す `H e l l o` パケット `H L P 1` と同じ形式の `H e l l o` パケット `H L P 2 = [I P a d d r e s s 3 5 / 1]` を作成して他の無線装置へ送信する。

【 0 2 1 6 】

無線装置 36 のテーブル作成モジュール 243 は、無線装置 35 から `H e l l o` パケット `H L P 2` を受信し、その受信した `H e l l o` パケット `H L P 2` から無線装置 35 において閾値 `W I t h (3 5)` を決定できなかったことを示すフラグ “ 1 ” を検知する。そして、無線装置 36 のテーブル作成モジュール 243 は、無線装置 35 を自己のネイバリストに登録し、無線装置 35 を登録したネイバリストに基づいて、無線装置 35 を経由する経路の経路情報をルーティングテーブル 21 に登録する。

10

【 0 2 1 7 】

これによって、無線装置 35 と無線装置 36 との間で経路が確保され、無線ネットワークシステム 100 において、無線装置 31 ~ 35 が孤立するのを防止できる。

【 0 2 1 8 】

なお、相違数の基準値 (= 80 ~ 90 %) は、固定的でなくてもよく、例えば、隣接無線装置の個数に応じて変えられてもよい。即ち、隣接無線装置の個数が相対的に多くなれば、相違数の基準値 (= 80 ~ 90 %) は、相対的に低く設定され、隣接無線装置の個数が相対的に少なくなれば、相違数の基準値 (= 80 ~ 90 %) は、相対的に高く設定される。

20

【 0 2 1 9 】

図 22 および図 25 に示すトポロジーにおいて、各無線装置 31 ~ 43 の閾値導入モジュール 242 は、隣接無線装置の個数が一定数以上増減したとき、またはネイバリストに登録されている無線装置が一定数以上変更されたとき、または各無線装置からのパケットエラー率の変化率がしきい値以上であるとき、トポロジーに変化があったと判定し、閾値を再決定する。

【 0 2 2 0 】

上述したように、各無線装置 31 ~ 43 のテーブル作成モジュール 243 は、各種の方法によって閾値 `W I t h` を導入せずにネイバリストに各無線装置を登録し、その各無線装置を登録したネイバリストに基づいて、各経路の経路情報をルーティングテーブル 21 において維持し、または各経路の経路情報をルーティングテーブル 21 に登録する。そして、各無線装置 31 ~ 43 のテーブル作成モジュール 243 は、閾値 `W I t h` を導入せずに経路情報を維持または登録したとき、閾値 `W I t h` を導入せずに経路情報を維持または登録したことを示すフラグ “ 1 ” をルーティングテーブル 21 に立てるので、各無線装置 31 ~ 43 の IP モジュール 20 は、フラグ “ 1 ” が立っている経路を除外して各送信先との間で無線通信を行なう。

30

【 0 2 2 1 】

閾値 `W I t h` を導入せずに経路情報を維持または登録するのは、無線ネットワークシステム 100 において、孤立した無線装置の発生を防止するためであり、閾値 `W I t h` を導入せずに維持または登録された経路情報は、本来、通信品質が低い経路である。そこで、制御データ (例えば、`H e l l o` パケット) の送受信を継続して接続性を維持するが、閾値 `W I t h` を導入せずに維持または登録された経路情報を無線通信経路としては選択しないことにしたものである。

40

【 0 2 2 2 】

上記においては、図 22 および図 25 に示すように無線装置の配置に偏りがある場合、閾値 `W I t h` を導入せずに経路情報をルーティングテーブル 21 において維持し、または閾値 `W I t h` を導入せずに経路情報をルーティングテーブル 21 に登録すると説明したが

50

、図 2 2 および図 2 5 に示すように無線装置の配置に偏りがある場合、無線通信空間において電波的な偏りがあるので、この発明は、一般的には、無線通信空間において電波的な偏りがある場合、閾値 $W I t h$ を導入せずに経路情報をルーティングテーブル 2 1 において維持し、または閾値 $W I t h$ を導入せずに経路情報をルーティングテーブル 2 1 に登録するものであればよい。

【 0 2 2 3 】

図 2 7 は、無線ネットワークシステム 1 0 0 において無線装置の孤立が発生するのを抑制する動作を説明するためのフローチャートである。なお、図 2 7 に示すフローチャートを無線装置 3 2 - 無線装置 3 6 間の経路を維持または登録する場合を例にして説明する。

【 0 2 2 4 】

一連の動作が開始されると、無線装置 3 2 のテーブル作成モジュール 2 4 3 は、上述した動作によって閾値 $W I t h$ を決定し (ステップ S 6 1)、上述した各種の方法によって、無線通信空間において電波的な偏りが有るか否かを判定する (ステップ S 6 2)。

【 0 2 2 5 】

そして、無線装置 3 2 のテーブル作成モジュール 2 4 3 は、電波的な偏りがあると判定した場合 (例えば、無線装置 3 6 から受信した $H e l l o$ パケットの受信信号強度が閾値 $W I t h$ よりも低く、無線装置 3 2 の隣接無線装置の個数が基準値よりも少ない場合)、ステップ S 6 1 において決定した閾値 $W I t h$ を導入せずに無線装置 3 6 を経由する経路の経路情報をルーティングテーブル 2 1 において維持し、または閾値 $W I t h$ を導入せずに無線装置 3 6 を経由する経路の経路情報をルーティングテーブル 2 1 に登録する (ステップ S 6 3)。

【 0 2 2 6 】

そして、無線装置 3 2 のテーブル作成モジュール 2 4 3 は、閾値 $W I t h$ を決定できなかったことを示す緊急フラグを含む $H e l l o$ パケットを生成して他の無線装置へ送信する (ステップ S 6 4)。

【 0 2 2 7 】

緊急フラグを含む $H e l l o$ パケットを受信した無線装置 3 6 は、緊急フラグを含む $H e l l o$ パケットを送信した無線装置 3 2 を経由する経路を、ルーティングテーブル 2 1 において維持し、またはルーティングテーブル 2 1 に登録する (ステップ S 6 5)。

【 0 2 2 8 】

その後、無線装置 3 2 , 3 6 の IP モジュール 2 0 は、閾値 $W I t h$ を導入せずにルーティングテーブル 2 1 において維持した経路、または閾値 $W I t h$ を導入せずにルーティングテーブル 2 1 に登録した経路を除外して無線通信を行なう (ステップ S 6 6)。

【 0 2 2 9 】

一方、ステップ S 6 2 において、電波的な偏りがないと判定されたとき、無線装置 3 2 のテーブル作成モジュール 2 4 3 は、閾値 $W I t h$ を導入してルーティングテーブル 2 1 において経路情報を維持し、または閾値 $W I t h$ を導入してルーティングテーブル 2 1 に経路情報を登録する (ステップ S 6 7)。

【 0 2 3 0 】

そして、ステップ S 6 6 またはステップ S 6 7 の後、一連の動作は終了する。

【 0 2 3 1 】

上記においては、 n 組の最大値 / 最小値 $M A X [1] , M I N [1] \sim M A X [n] , M I N [n]$ (または P 組の最大値 / 最小値 $M A X [1] , M I N [1] \sim M A X [P] , M I N [P]$) を n 個の最大値 $M A X [1] \sim M A X [n]$ (または P 個の最大値 $M A X [1] \sim M A X [P]$) が大きい順に配列されるように並べ替えると説明したが、この発明においては、これに限らず、 n 個の最大値 $M A X [1] \sim M A X [n]$ (または P 個の最大値 $M A X [1] \sim M A X [P]$) が小さい順に配列されるように n 組の最大値 / 最小値 $M A X [1] , M I N [1] \sim M A X [n] , M I N [n]$ (または P 組の最大値 / 最小値 $M A X [1] , M I N [1] \sim M A X [P] , M I N [P]$) を並べ替え、その並べ替えた n 組の最大値 / 最小値 $D _ M A X [1] , D _ M I N [1] \sim D _ M A X [n]$

10

20

30

40

50

、 $D_MIN[n]$ において、隣接する2つの最大値の差が最大となる2組の最大値/最小値 $D_MAX[i]$ 、 $D_MIN[i]$ ； $D_MAX[i+1]$ 、 $D_MIN[i+1]$ を検出し、その検出した2組の最大値/最小値 $D_MAX[i]$ 、 $D_MIN[i]$ ； $D_MAX[i+1]$ 、 $D_MIN[i+1]$ に含まれる2つの最小値 $D_MIN[i]$ 、 $D_MIN[i+1]$ の平均 $((D_MIN[i] + D_MIN[i+1]) / 2)$ を閾値 $W I t h$ として決定してもよい。

【0232】

また、上記においては、2つの最小値 $D_MIN[i]$ 、 $D_MIN[i+1]$ の平均 $((D_MIN[i] + D_MIN[i+1]) / 2)$ を閾値 $W I t h$ とすると説明したが、この発明においては、これに限らず、2つの最小値 $D_MIN[i]$ 、 $D_MIN[i+1]$ の重み付け平均を閾値 $W I t h$ としてもよい。

10

【0233】

この場合、重み付け平均は、次式により演算される。

【0234】

$$\left(\alpha \times (D_MIN[i]) + (1 - \alpha) \times (D_MIN[i+1]) \right) / 2$$

・・・(1)

式(1)において、 α は、 $0 < \alpha < 1$ の範囲の実数である。

【0235】

そして、 α は、 n 個の最大値 $D_MAX[1] \sim D_MAX[n]$ または P 個の最大値 $D_MAX[1] \sim D_MAX[P]$ が大きい順に並べられたときは、 $D_MIN[i]$ と $D_MIN[i+1]$ との差 $(= D_MIN[i] - D_MIN[i+1])$ が相対的に大きくなると、相対的に大きく設定され、差 $(= D_MIN[i] - D_MIN[i+1])$ が相対的に小さくなると、相対的に小さく設定される。

20

【0236】

差 $(= D_MIN[i] - D_MIN[i+1])$ が相対的に大きくなると、最小値 $D_MAX[i+1]$ が不安定な電波環境における受信信号強度の最小値(図10の $MIN[15]$ よりも右側に存在する最小値)よりも小さくなる可能性があり、平均 $((D_MIN[i] + D_MIN[i+1]) / 2)$ を閾値 $W I t h$ としたのでは、不安定な電波環境において送受信されたHelloパケットを用いてルーティングテーブル21が作成される可能性があるので、安定な電波環境における受信信号強度のみを検出するために最小値 $D_MIN[i]$ により近い受信信号強度を閾値 $W I t h$ として設定するために上記のように重み付け平均を演算することにしたものである。

30

【0237】

また、 α は、 n 個の最大値 $D_MAX[1] \sim D_MAX[n]$ または P 個の最大値 $D_MAX[1] \sim D_MAX[P]$ が小さい順に並べられたときは、 $D_MIN[i+1]$ と $D_MIN[i]$ との差 $(= D_MIN[i+1] - D_MIN[i])$ が相対的に大きくなると、相対的に大きく設定され、差 $(= D_MIN[i+1] - D_MIN[i])$ が相対的に小さくなると、相対的に小さく設定される。

【0238】

このようにして重み付け平均を演算する理由は、上記と同じである。

40

【0239】

更に、上記においては、2つの最小値 $D_MIN[i]$ 、 $D_MIN[i+1]$ の平均 $(= (D_MIN[i] + D_MIN[i+1]) / 2)$ 、または2つの最小値 $D_MIN[i]$ 、 $D_MIN[i+1]$ の重み付け平均(式(1)参照)によって閾値 $W I t h$ を決定すると説明したが、この発明においては、これに限らず、2つの最小値 $D_MIN[i]$ 、 $D_MIN[i+1]$ を両端とする範囲に含まれるように閾値 $W I t h$ を決定してもよい。

【0240】

更に、上記においては、信頼性を高くして閾値 $W I t h$ を決定するための隣接無線装置の数を5個として説明したが、この発明においては、これに限らず、信頼性を高くして閾

50

値 `With` を決定するための隣接無線装置の数は、5 個以外であってもよく、周辺の電波環境に応じて決定されてもよい。

【0241】

なお、この発明においては、信号強度測定モジュール 241 および閾値導入モジュール 242 は、「閾値決定手段」を構成する。

【0242】

また、テーブル作成モジュール 243 は、「テーブル作成手段」を構成する。

【0243】

更に、信号強度測定モジュール 241 は、「信号強度検出手段」を構成する。

【0244】

更に、 n 組の最大値 / 最小値 $MAX[1]$, $MIN[1] \sim MAX[n]$, $MIN[n]$ を n 組の最大値 / 最小値 $D_MAX[1]$, $D_MIN[1] \sim D_MAX[n]$, $D_MIN[n]$ に並べ替える閾値導入モジュール 242、または P 組の最大値 / 最小値 $MAX[1]$, $MIN[1] \sim MAX[P]$, $MIN[P]$ を P 組の最大値 / 最小値 $D_MAX[1]$, $D_MIN[1] \sim D_MAX[P]$, $D_MIN[P]$ に並べ替える閾値導入モジュール 242 は、「並替手段」を構成する。

【0245】

更に、 n 組の最大値 / 最小値 $D_MAX[1]$, $D_MIN[1] \sim D_MAX[n]$, $D_MIN[n]$ または P 組の最大値 / 最小値 $D_MAX[1]$, $D_MIN[1] \sim D_MAX[P]$, $D_MIN[P]$ に基づいて閾値 `With` を決定する閾値導入モジュール 253 は、「設定手段」を構成する。

【0246】

更に、閾値を導入せずに経路情報をルーティングテーブル 21 において維持し、または閾値を導入せずに経路情報をルーティングテーブル 21 に登録するテーブル作成モジュール 243 は、「経路確保手段」を構成する。

【0247】

更に、“1” からなるフラグは、「緊急フラグ」を構成し、緊急フラグを含む `Hello` パケット `HL P 1` を送信するテーブル作成モジュール 243 は、「送信手段」を構成する。

【0248】

更に、フラグに“1”が格納された経路を除外して送信元と送信先との間で無線通信を行なう `IP` モジュール 20 は、「選択手段」を構成する。

【0249】

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】

【0250】

この発明は、ネットワークにおいて孤立した無線装置が発生するのを抑制可能な無線装置に適用される。

【図面の簡単な説明】

【0251】

【図1】この発明の実施の形態による無線装置を用いた無線ネットワークシステムの概略図である。

【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】`IP` ヘッダの構成図である。

【図4】`TCP` ヘッダの構成図である。

【図5】`OLSR` プロトコルにおけるパケット `PKT` の構成図である。

【図6】図2に示すルーティングテーブルの構成図である。

10

20

30

40

50

【図 7】図 2 に示すルーティングデーモンの機能ブロック図である。

【図 8】並べ替えの概念図である。

【図 9】受信信号強度と、無線装置の数との関係を示す図である。

【図 10】複数の最大値が大きい順に並べ換えられたときの受信信号強度およびパケットエラー率と、無線装置の数との関係を示す図である。

【図 11】隣の無線装置に関する情報からなるネイバリストを示す図である。

【図 12】他のネイバリストを示す図である。

【図 13】ネイバリストおよびルーティングテーブルを示す図である。

【図 14】ルーティングテーブルを作成する動作を説明するためのフローチャートである。

10

【図 15】図 14 に示すステップ S 1 の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

【図 16】図 14 に示すステップ S 2 の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

【図 17】図 14 に示すステップ S 1 の詳細な動作を説明するための他のフローチャートである。

【図 18】ルーティングテーブルを作成する動作を説明するための他のフローチャートである。

【図 19】ルーティングテーブルを作成する動作を説明するための更に他のフローチャートである。

20

【図 20】ルーティングテーブルを作成する動作を説明するための更に他のフローチャートである。

【図 21】パケットエラー率と実験回数との関係を示す図である。

【図 22】無線装置の配置に偏りがあるネットワーク構成の概念図である。

【図 23】ネイバリスト、ルーティングテーブルおよび Hello パケットを示す図である。

【図 24】更に他のネイバリストを示す図である。

【図 25】無線装置の配置に偏りがある他のネットワーク構成の概念図である。

【図 26】ネイバリストおよびルーティングテーブルを示す他の図である。

【図 27】無線ネットワークシステムにおいて無線装置の孤立が発生するのを抑制する動作を説明するためのフローチャートである。

30

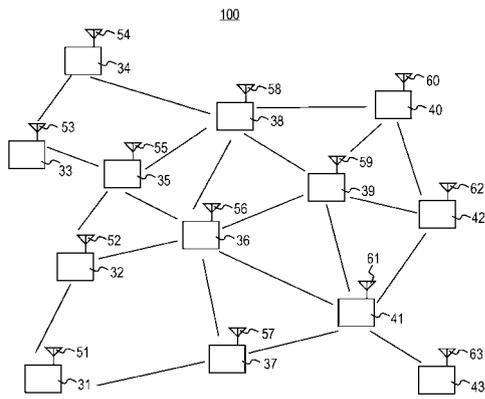
【符号の説明】

【 0 2 5 2 】

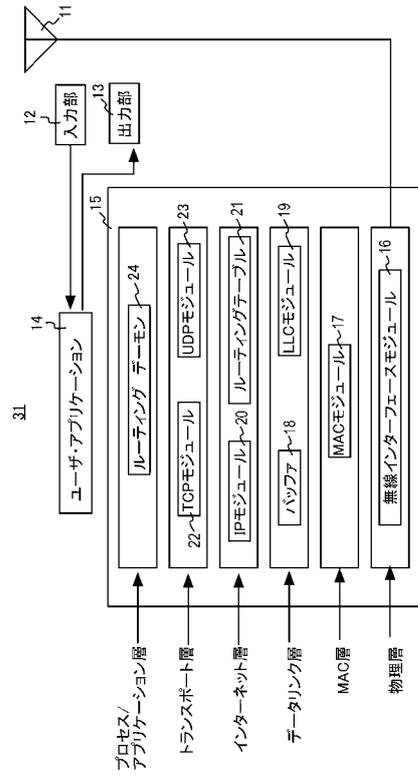
1 0 , 1 0 A , 1 0 B , 1 0 C , 1 0 D , 1 0 E , 1 0 F , 1 0 G , 1 0 H , 1 0 J ,
1 0 K , 1 0 L , 1 0 M , 1 0 N , 1 0 P ネイバリスト、1 1 アンテナ、1 2 入力部、1 3 出力部、1 4 ユーザアプリケーション、1 5 通信制御部、1 6 無線インターフェースモジュール、1 7 MACモジュール、1 8 バッファ、1 9 LLCモジュール、2 0 IPモジュール、2 1 , 2 1 A , 2 1 B , 2 1 C ルーティングテーブル、2 2 TCPモジュール、2 3 UDPモジュール、2 4 ルーティングデーモン、
3 1 ~ 4 3 無線装置、5 1 ~ 6 3 アンテナ、1 0 0 無線ネットワークシステム、2
4 1 信号強度測定モジュール、2 4 2 閾値導入モジュール、2 4 3 テーブル作成モジュール。

40

【図1】



【図2】



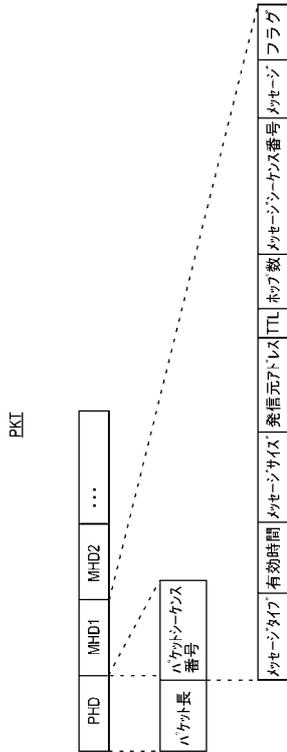
【図3】

ビット0 Version (バージョン)	ビット8 IHL (ヘッダ長)	ビット16 Type of Service (サービスタイプ)	ビット24 Total Length (パケット長)	ビット31 Fragment Offset (フラグメントオフセット)
Identification (識別番号)		Flags (フラグ)	Header Checksum (ヘッダチェックサム)	
Time to Live (生存時間)		Protocol (プロトコル)		
Source Address (送信元IPアドレス)				
Destination Address (送信先IPアドレス)				
Options (オプション)				

【図4】

ビット0 Data Offset (データオフセット)	ビット8 Reserved (予約)	ビット16 Sequence Number (シーケンス番号)	ビット24 Destination Port (送信先ポート番号)	ビット31 Window (ウィンドウサイズ)
Code Bit (フラグ)		Urgent Pointer (アージェントポインタ)		
Header Checksum (ヘッダチェックサム)				
Acknowledgement Number (ACK番号)				

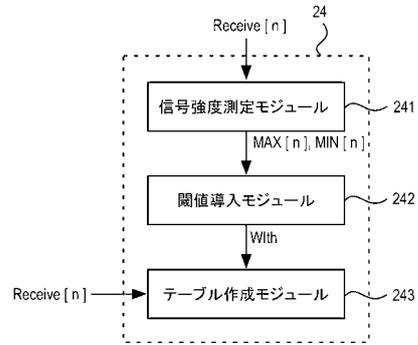
【 図 5 】



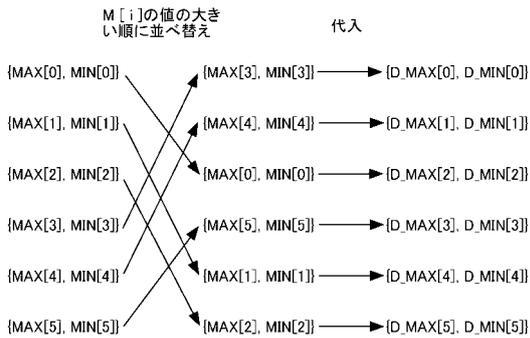
【 図 6 】

送信先	次の無線装置	ホップ数	フラグ
.....
.....
⋮	⋮	⋮	⋮

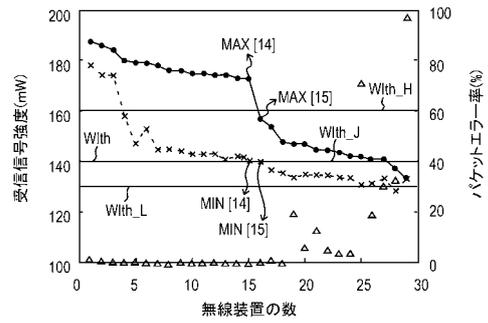
【 図 7 】



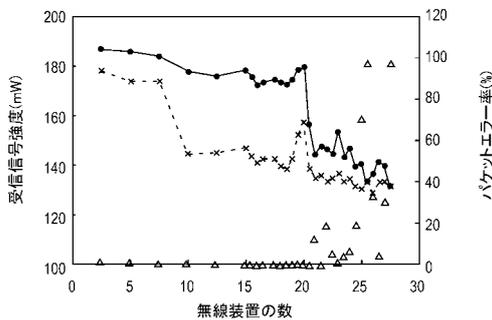
【 図 8 】



【 図 10 】



【 図 9 】



【 図 11 】

無線装置36のネイバリスト 10

index	隣の無線装置
1	32
2	35
3	37
4	38
5	39
6	41

無線装置36のネイバリスト 10A

index	隣の無線装置
1	32
2	35
4	38
5	39
6	41

【図12】

無線装置32のネイバリスト 10B

index	隣の無線装置
1	31
2	35
3	36

(a)

無線装置35のネイバリスト 10C

index	隣の無線装置
1	32
2	33
3	38
4	36

(b)

無線装置38のネイバリスト 10D

index	隣の無線装置
1	35
2	34
3	40
4	39
5	36

(c)

無線装置37のネイバリスト 10E

index	隣の無線装置
1	31
2	36
3	41

(d)

【図13】

無線装置39のネイバリスト 10F

index	隣の無線装置
1	36
2	38
3	40
4	42
5	41

(a)

無線装置41のネイバリスト 10G

index	隣の無線装置
1	37
2	36
3	39
4	42
5	43

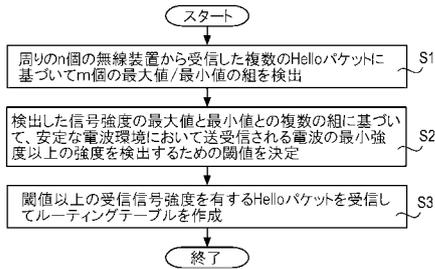
(b)

21A

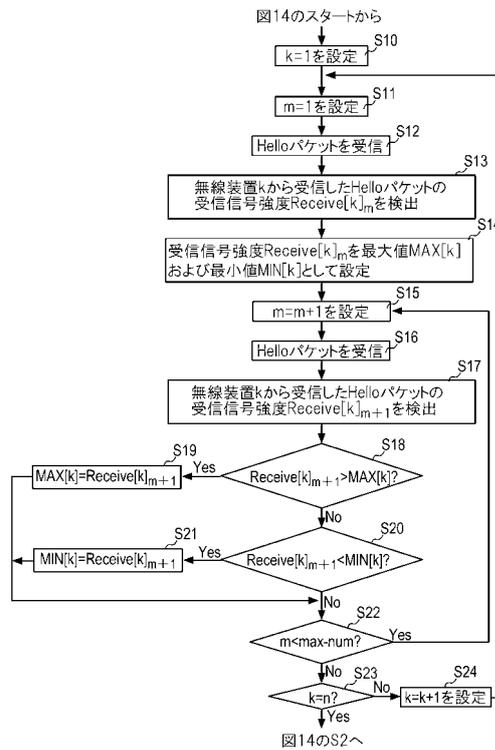
送信先	次の無線装置	ホップ数	フラグ
40	39	2	0
42	39	2	0
43	41	2	0

(c)

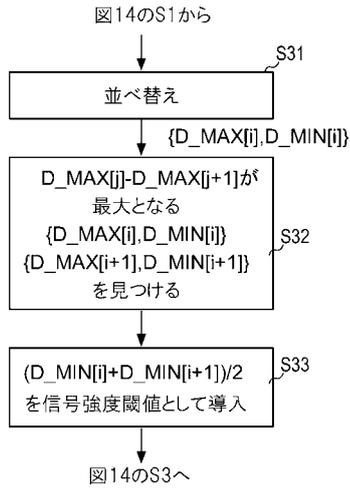
【図14】



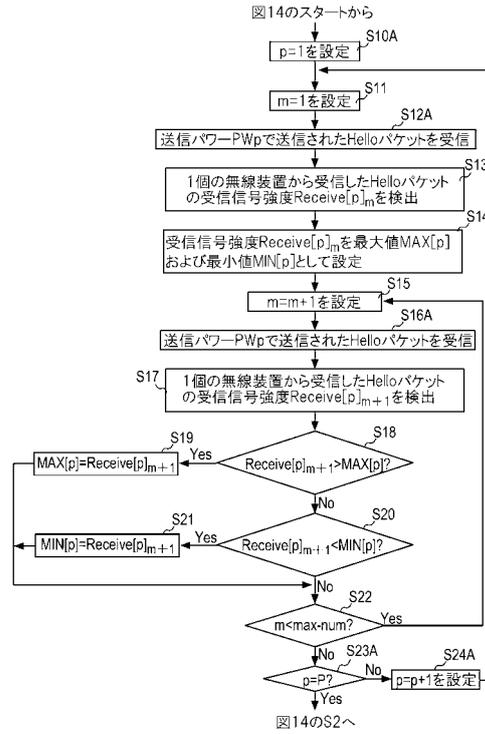
【図15】



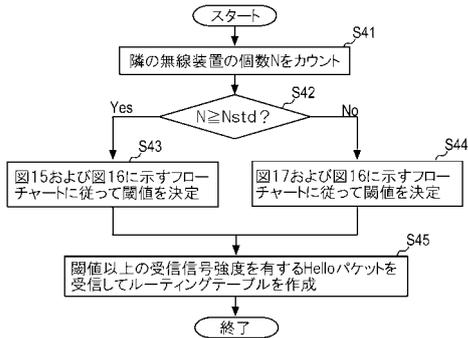
【 図 1 6 】



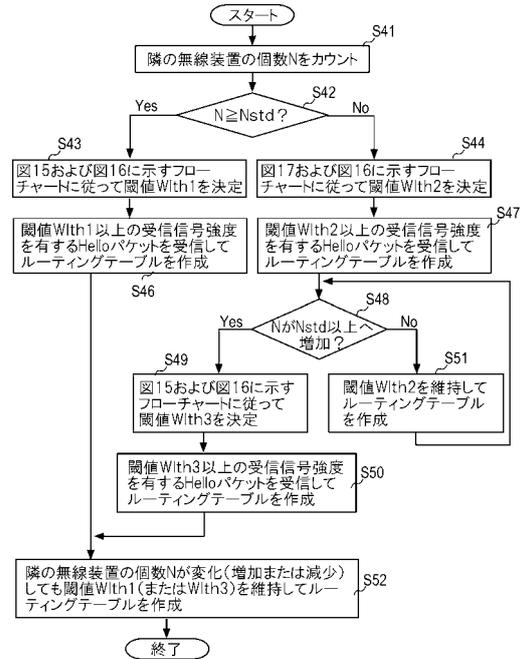
【 図 1 7 】



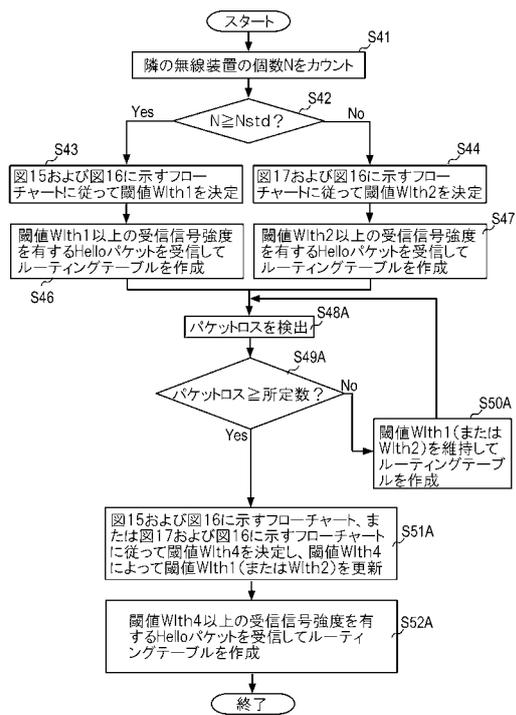
【 図 1 8 】



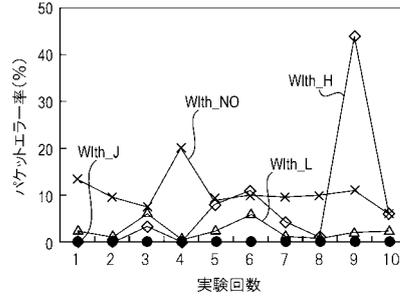
【 図 1 9 】



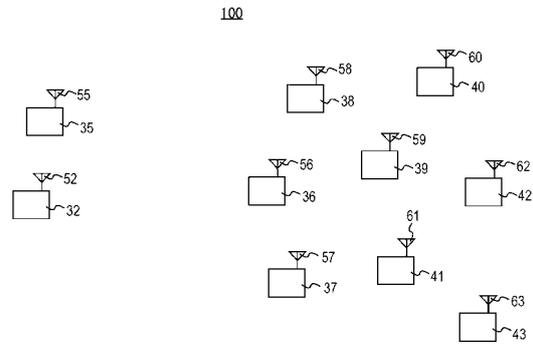
【図20】



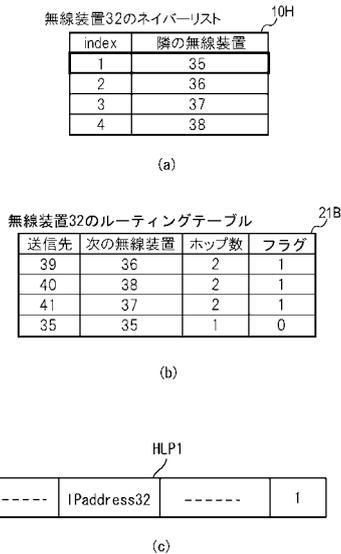
【図21】



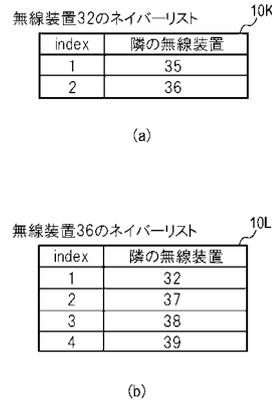
【図22】



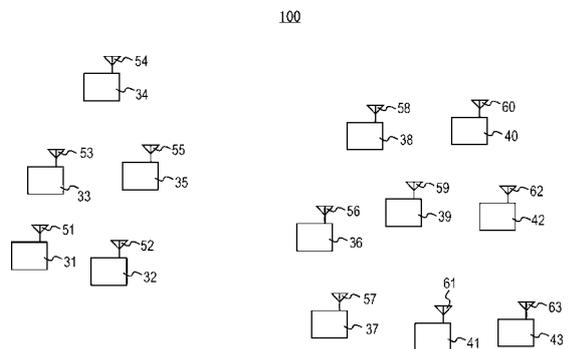
【図23】



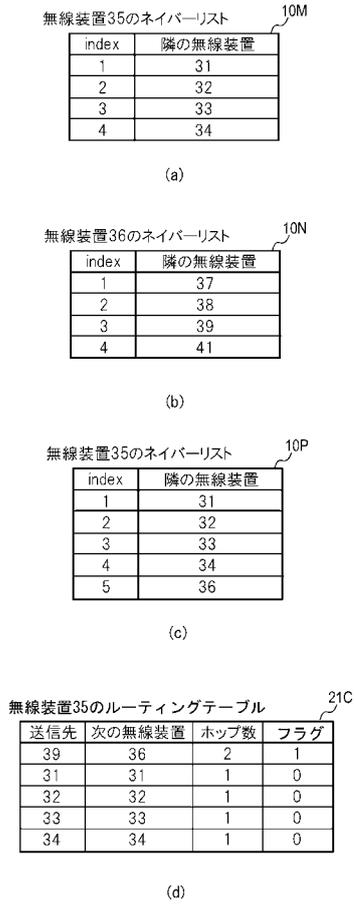
【図24】



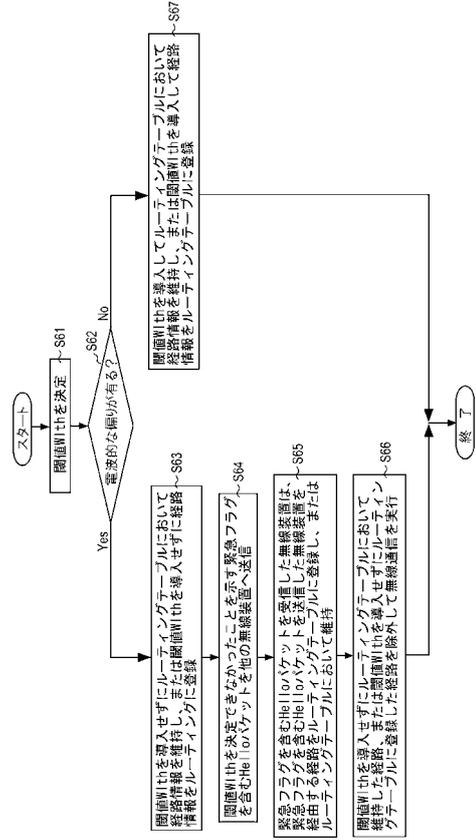
【図25】



【図26】



【図27】



フロントページの続き

- (72)発明者 長谷川 淳
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 長谷川 晃朗
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 ピーター デイビス
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 伊藤 哲也
東京都港区三田1丁目4番28号 日本電気通信システム株式会社内
- (72)発明者 松本 晃
東京都港区三田1丁目4番28号 日本電気通信システム株式会社内
- (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
- (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 吉田 隆之

- (56)参考文献 特開2006-086782(JP,A)
特開2006-505186(JP,A)
特開2005-252781(JP,A)
特開2003-115858(JP,A)
特開2005-236632(JP,A)
板谷 聡子, 大規模アドホックネットワークにおける通信の安定化手法の提案と実証, 情報処理学会研究報告, 社団法人情報処理学会, 2005年11月18日, 第2005巻 第113号, p.17~p.22
長谷川 淳, 屋内環境におけるアドホックルーティングの性能評価, 情報処理学会研究報告, 社団法人情報処理学会, 2004年 5月14日, 第2004巻 第44号, p.71~p.74
大羽 誠, アドホックネットワークにおけるリンク品質を考慮したルーティングプロトコル, 電子情報通信学会技術研究報告, 社団法人電子情報通信学会, 2005年 4月14日, 第105巻 第16号, p.7~p.12

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 12/56