

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4423510号  
(P4423510)

(45) 発行日 平成22年3月3日(2010.3.3)

(24) 登録日 平成21年12月18日(2009.12.18)

(51) Int. Cl. F I  
 HO4W 84/12 (2009.01) HO4L 12/28 300Z  
 HO4W 74/08 (2009.01) HO4L 12/28 307

請求項の数 10 (全 41 頁)

|   |  |
|---|--|
| <p>(21) 出願番号 特願2007-510555 (P2007-510555)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成18年3月29日 (2006.3.29)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/JP2006/306419</p> <p>(87) 国際公開番号 W02006/104185</p> <p>(87) 国際公開日 平成18年10月5日 (2006.10.5)</p> <p>審査請求日 平成19年5月15日 (2007.5.15)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2005-100356 (P2005-100356)</p> <p>(32) 優先日 平成17年3月31日 (2005.3.31)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本国(JP)</p> <p>(出願人による申告) 平成17年度独立行政法人情報通信研究機構、研究テーマ「自律分散型無線ネットワークの研究開発」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</p> <p>特許権者において、実施許諾の用意がある。</p> | <p>(73) 特許権者 393031586<br/>株式会社国際電気通信基礎技術研究所<br/>京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2</p> <p>(74) 代理人 100112715<br/>弁理士 松山 隆夫</p> <p>(72) 発明者 デイビス ピーター<br/>京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2<br/>株式会社国際電気通信基礎技術研究所内</p> <p>(72) 発明者 板谷 聡子<br/>京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2<br/>株式会社国際電気通信基礎技術研究所内</p> <p>(72) 発明者 長谷川 淳<br/>京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2<br/>株式会社国際電気通信基礎技術研究所内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p> |
|---|--|

(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を備え、

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第1および第2の最大受信信号強度に対応する第1および第2の最小受信信号強度を検出し、その検出した第1および第2の最小受

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、無線装置。

【請求項 2】

前記  $n$  は、 $n = m$  であり、

前記信号強度検出手段は、1つの無線装置から複数の電波を順次受信し、その受信した複数の電波から1組の最大受信信号強度および最小受信信号強度を検出する信号強度検出処理を前記  $n$  個の無線装置について実行し、前記第1の  $m$  個の信号強度ペアを検出する、請求項 1 に記載の無線装置。

【請求項 3】

前記  $n$  は、前記所定数よりも小さい整数であり、

前記信号強度検出手段は、送受信の電波強度を変えながら前記  $n$  個の無線装置から送信された複数の電波に基づいて、前記第1の  $m$  個の信号強度ペアを検出する、請求項 1 に記載の無線装置。

10

【請求項 4】

パケットエラーが所定値以上であるとき、

前記信号強度検出手段は、前記信号強度検出処理を再度実行して新たな第1の  $m$  個の信号強度ペアを検出し、

前記並替手段は、前記新たな第1の  $m$  個の信号強度ペアに基づいて前記並替処理を実行して新たな第2の  $m$  個の信号強度ペアを作成し、

前記設定手段は、前記新たな第2の  $m$  個の信号強度ペアに基づいて、新たな第1および第2の最小受信信号強度を検出し、その検出した新たな第1および第2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して前記閾値を更新する、請求項 1 から請求項 3 のいずれか1項に記載の無線装置。

20

【請求項 5】

前記所定数は、前記閾値を安定して決定可能な無線装置の数を示し、

前記  $n$  個の無線装置が前記所定数以上に増加したとき、

前記信号強度検出手段は、前記信号強度検出処理を再度実行して新たな第1の  $m$  個の信号強度ペアを検出し、

前記並替手段は、前記新たな第1の  $m$  個の信号強度ペアに基づいて前記並替処理を実行して新たな第2の  $m$  個の信号強度ペアを作成し、

前記設定手段は、前記新たな第2の  $m$  個の信号強度ペアに基づいて、新たな第1および第2の最小受信信号強度を検出し、その検出した新たな第1および第2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して前記閾値を更新する、請求項 1 から請求項 3 のいずれか1項に記載の無線装置。

30

【請求項 6】

一定個数の無線装置が前記  $n$  個の無線装置に追加されたとき、

前記信号強度検出手段は、前記一定個数の無線装置および前記  $n$  個の無線装置から受信した複数の受信電波に基づいて、前記信号強度検出処理を再度実行して新たな第1の  $m$  個の信号強度ペアを検出し、

前記並替手段は、前記新たな第1の  $m$  個の信号強度ペアに基づいて前記並替処理を実行して新たな第2の  $m$  個の信号強度ペアを作成し、

40

前記設定手段は、前記新たな第2の  $m$  個の信号強度ペアに基づいて、新たな第1および第2の最小受信信号強度を検出し、その検出した新たな第1および第2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して前記閾値を更新する、請求項 1 から請求項 3 のいずれか1項に記載の無線装置。

【請求項 7】

前記信号強度検出手段は、前記  $n$  個の無線装置から送信され、かつ、各々が経路情報を含む複数のパケットを受信して前記第1の  $m$  個の信号強度ペアを検出する、請求項 1 に記載の無線装置。

【請求項 8】

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

50

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低電波特性以上の電波特性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電波特性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を備え、

前記閾値決定手段は、前記電波を送信した無線装置を当該無線装置に隣接する隣接無線装置として隣接装置リストに登録するための第1の閾値と、前記第1の閾値と所定の差を有し、かつ、前記電波を送信した無線装置を前記隣接装置リストから削除するための第2の閾値とを前記第1および第2の閾値が相互に対応する前記電波特性の最大値および最小値からなるように決定し、

前記テーブル作成手段は、前記決定された第1の閾値以上の電波特性を有する電波を送信した無線装置を前記隣接装置リストに登録して前記ルーティングテーブルを作成し、前記決定された第2の閾値よりも低い電波特性を有する電波を送信した無線装置を前記隣接装置リストから削除して前記ルーティングテーブルを更新する、無線装置。

【請求項9】

前記電波特性は、前記電波の受信強度であり、

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第1および第2の最大受信信号強度と、前記第1および第2の最大受信信号強度に対応する第1および第2の最小受信信号強度とを検出し、前記検出した第1および第2の最大受信信号強度に基づいて前記第1の閾値を決定し、前記検出した第1および第2の最小受信信号強度に基づいて前記第2の閾値を決定する決定手段とを含む、請求項8に記載の無線装置。

【請求項10】

前記電波特性は、前記電波の受信強度であり、

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、

パケットエラーのしきい値と所定の差を有する受信信号強度を前記第2の閾値と決定するとともに、前記第2の閾値が前記第2の $m$ 個の信号強度ペアを構成する $m$ 個の最小受信信号強度を繋いだ曲線と交差するときの最小受信信号強度に対応する最大受信信号を前記第1の閾値と決定する決定手段とを含む、請求項8に記載の無線装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

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】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 2 】

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。

## 【 0 0 0 3 】

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 ) 。

10

## 【 0 0 0 4 】

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。

## 【 0 0 0 5 】

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。

20

## 【 0 0 0 6 】

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 ) 。

## 【 0 0 0 7 】

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。

30

## 【 0 0 0 8 】

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。

## 【 0 0 0 9 】

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，pp 18 - 23，横浜，5月2003年。

40

【非特許文献 2】 Guangyu Pei, et al, “Fisheye 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 】

## 【 0 0 1 0 】

しかし、パケットロス率を用いる方法においては、ある地点では、パケットロスが殆どないが、電波強度が非常に弱く、その地点の周りでは、通信状態が不安定になっている場

50

合もある。また、通信可能範囲ぎりぎりの電波環境におけるパケットロスの発生の仕方は、複雑であり、予測困難である。

【 0 0 1 1 】

図 3 2 A および図 3 2 B は、それぞれ、パケット到着間隔と、受信パケット数との関係を示す第 1 および第 2 の図である。図 3 2 A は、無線装置間のリンクが安定である場合を示し、図 3 2 B は、無線装置間のリンクが不安定である場合を示す。

【 0 0 1 2 】

また、図 3 2 A および図 3 2 B において、縦軸は、パケット到着間隔を表し、横軸は、受信パケット数を表す。無線装置間のリンクが安定である場合、殆どのパケットは、一定の間隔で到着する（図 3 2 A 参照）。一方、無線装置間のリンクが不安定である場合、パケット到着間隔は、複雑に変化する（図 3 2 B 参照）。従って、無線装置間のリンクが不安定である電波環境において、パケットロスの発生の仕方を予測するのは困難である。

【 0 0 1 3 】

一方、平均値を閾値として導入する方法では、実際の信号強度は、距離にのみ依存せず、無線装置が固定されている場合でも大きく揺らいでいる。図 3 3 は、受信信号強度のタイミングチャートである。図 3 3 において、縦軸は、受信信号強度を表し、横軸は、時間を表す。そして、図 3 3 に示された受信信号強度における“ 0 . 0 5 ” の変化幅は、1 0 d B m の変化幅に相当する。受信信号強度は、図 3 3 に示すように、時間の経過とともに大きく揺らぎ、その揺らぎ幅は、最大で約 3 5 d B m である。このように、受信信号強度は、無線装置が固定されている場合であっても、大きく揺らく。

【 0 0 1 4 】

従って、信号強度閾値を高く設定し過ぎると、実際には、安定なリンクを持つ無線装置における受信信号強度が閾値を何度も横切り、ルーティングテーブルの書き換えが頻繁に生じ、ネットワーク内においてルーティングテーブルの不整合が発生し易くなるという問題がある。その結果、ネットワーク内にループが発生する場合があります、パケットの到着順序が大幅に入れ替わったり、パケットロスが増加したりするという問題がある。

【 0 0 1 5 】

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、安定したルーティングが可能な無線装置を提供することである。

【 0 0 1 6 】

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低電波特性以上の電波特性を検出するための閾値を決定する。テーブル作成手段は、決定された閾値以上の電波特性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。

【 0 0 1 7 】

好ましくは、閾値決定手段は、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、決定された閾値以上の強度を有する経路の経路情報に基づいて、ルーティングテーブルを作成する。

【 0 0 1 8 】

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第 1 および第 2 の最大受信信号強度に対応する

10

20

30

40

50

第1および第2の最小受信信号強度を検出し、その検出した第1および第2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。

【0019】

好ましくは、 $n$ は、 $n = m$ である。信号強度検出手段は、1つの無線装置から複数の電波を順次受信し、その受信した複数の電波から1組の最大受信信号強度および最小受信信号強度を検出する信号強度検出処理を $n$ 個の無線装置について実行し、第1の $m$ 個の信号強度ペアを検出する。

【0020】

好ましくは、 $n$ は、所定数よりも小さい整数である。信号強度検出手段は、送受信の電波強度を変えながら $n$ 個の無線装置から送信された複数の電波に基づいて、第1の $m$ 個の信号強度ペアを検出する。

10

【0021】

好ましくは、パケットエラーが所定値以上であるとき、信号強度検出手段は、信号強度検出処理を再度実行して新たな第1の $m$ 個の信号強度ペアを検出し、並替手段は、新たな第1の $m$ 個の信号強度ペアに基づいて並替処理を実行して新たな第2の $m$ 個の信号強度ペアを作成し、設定手段は、新たな第2の $m$ 個の信号強度ペアに基づいて、新たな第1および第2の最小受信信号強度を検出し、その検出した新たな第1および第2の最小受信信号強度を両端とする範囲に閾値を設定して閾値を更新する。

【0022】

好ましくは、所定数は、閾値を安定して決定可能な無線装置の数を示す。 $n$ 個の無線装置が所定数以上に増加したとき、信号強度検出手段は、信号強度検出処理を再度実行して新たな第1の $m$ 個の信号強度ペアを検出し、並替手段は、新たな第1の $m$ 個の信号強度ペアに基づいて並替処理を実行して新たな第2の $m$ 個の信号強度ペアを作成し、設定手段は、新たな第2の $m$ 個の信号強度ペアに基づいて、新たな第1および第2の最小受信信号強度を検出し、その検出した新たな第1および第2の最小受信信号強度を両端とする範囲に閾値を設定して閾値を更新する。

20

【0023】

好ましくは、一定個数の無線装置が前記 $n$ 個の無線装置に追加されたとき、信号強度検出手段は、一定個数の無線装置および $n$ 個の無線装置から受信した複数の受信電波に基づいて、信号強度検出処理を再度実行して新たな第1の $m$ 個の信号強度ペアを検出し、並替手段は、新たな第1の $m$ 個の信号強度ペアに基づいて並替処理を実行して新たな第2の $m$ 個の信号強度ペアを作成し、設定手段は、新たな第2の $m$ 個の信号強度ペアに基づいて、新たな第1および第2の最小受信信号強度を検出し、その検出した新たな第1および第2の最小受信信号強度を両端とする範囲に閾値を設定して閾値を更新する。

30

【0024】

好ましくは、信号強度検出手段は、 $n$ 個の無線装置から送信され、かつ、各々が経路情報を含む複数のパケットを受信して第1の $m$ 個の信号強度ペアを検出する。

【0025】

好ましくは、閾値決定手段は、電波を送信した無線装置を当該無線装置に隣接する隣接無線装置として隣接装置リストに登録するための第1の閾値と、第1の閾値と所定の差を有し、かつ、電波を送信した無線装置を隣接装置リストから削除するための第2の閾値とを第1および第2の閾値が相互に対応する電波特性の最大値および最小値からなるように決定し、テーブル作成手段は、決定された第1の閾値以上の電波特性を有する電波を送信した無線装置を隣接装置リストに登録してルーティングテーブルを作成し、決定された第2の閾値よりも低い電波特性を有する電波を送信した無線装置を隣接装置リストから削除してルーティングテーブルを更新する。

40

【0026】

好ましくは、電波特性は、電波の受信強度であり、閾値決定手段は、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

50

強度検出処理を実行する信号強度検出手段と、 $m$ 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並替手段と、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第1および第2の最大受信信号強度と、第1および第2の最大受信信号強度に対応する第1および第2の最小受信信号強度とを検出し、検出した第1および第2の最大受信信号強度に基づいて第1の閾値を決定し、検出した第1および第2の最小受信信号強度に基づいて第2の閾値を決定する決定手段とを含む。

【0027】

好ましくは、電波特性は、電波の受信強度である。閾値決定手段は、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信号強度検出手段と、 $m$ 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並替手段と、パケットエラーのしきい値と所定の差を有する受信信号強度を第2の閾値と決定するとともに、第2の閾値が第2の $m$ 個の信号強度ペアを構成する $m$ 個の最小受信信号強度を繋いだ曲線と交差するときの最小受信信号強度に対応する最大受信信号を第1の閾値と決定する決定手段とを含む。

【0028】

この発明による無線装置においては、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を検出するための閾値が決定され、その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、ルーティングテーブルが作成される。その結果、ルーティングテーブルが頻繁に書き換えられることが抑制される。

【0029】

従って、この発明によれば、安定したルーティングを行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【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に示す無線装置の実施の形態1における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。

【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12A】他のネイバリストを示す第1の図である。

【図12B】他のネイバリストを示す第2の図である。

【図12C】他のネイバリストを示す第3の図である。

【図12D】他のネイバリストを示す第4の図である。

【図13A】他のネイバリストを示す第5の図である。

【図13B】他のネイバリストを示す第6の図である。

【図13C】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実施の形態1におけるフローチャートである。

【図15】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

10

20

30

40

50

る。

【図 1 6】図 1 4 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 1 7】図 1 4 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 1 8】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 1 9】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 2 0】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 2 1】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 2 2】図 1 に示す無線装置の実施の形態 2 における構成を示す概略ブロック図である。

【図 2 3】図 2 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 2 4】実施の形態 2 における閾値の決定方法を説明するための図である。

【図 2 5】2 つの閾値を用いたネイバリストの更新を示す図である。

【図 2 6】2 つの閾値を用いたルーティングテーブルの更新を示す図である。

【図 2 7】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実施の形態 2 におけるフローチャートである。

【図 2 8】図 2 7 に示すステップ S 2 A 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 2 9】実施の形態 2 における閾値の決定方法を説明するための他の図である。

【図 3 0】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実施の形態 2 における他のフローチャートである。

【図 3 1】図 3 0 に示すステップ S 2 B 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 3 2 A】パケット到着間隔と、受信パケット数との関係を示す第 1 の図である。

【図 3 2 B】パケット到着間隔と、受信パケット数との関係を示す第 2 の図である。

【図 3 3】受信信号強度のタイミングチャートである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

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。

【0032】

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。

【0033】

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。

【0034】

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。

【0035】

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、

10

20

30

40

50



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。

【 0036 】

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。

【 0037 】

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。

10

【 0038 】

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。

【 0039 】

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。

【 0040 】

20

[ 実施の形態 1 ]

図 2 は、図 1 に示す無線装置 31 の実施の形態 1 における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。

【 0041 】

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。

【 0042 】

30

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。

【 0043 】

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。

【 0044 】

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。

40

【 0045 】

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。

50

## 【 0 0 4 6 】

M A C モジュール 1 7 は、M A C 層に属し、M A C プロトコルを実行して、以下に述べる各種の機能を実行する。

## 【 0 0 4 7 】

即ち、M A C モジュール 1 7 は、ルーティングデーモン 2 4 から受けた H e l l o パケットを無線インターフェースモジュール 1 6 を介してブロードキャストする。

## 【 0 0 4 8 】

また、M A C モジュール 1 7 は、データ（パケット）の再送制御等を行なう。

## 【 0 0 4 9 】

バッファ 1 8 は、データリンク層に属し、パケットを一時的に格納する。

10

## 【 0 0 5 0 】

L L C モジュール 1 9 は、データリンク層に属し、L L C 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。

## 【 0 0 5 1 】

I P モジュール 2 0 は、インターネット層に属し、I P パケットを生成する。I P パケットは、I P 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 I P データ部とからなる。そして、I P モジュール 2 0 は、T C P モジュール 2 2 からデータを受けると、その受けたデータを I P データ部に格納して I P パケットを生成する。

## 【 0 0 5 2 】

そうすると、I P モジュール 2 0 は、テーブル駆動型のルーティングプロトコルである O L S R プロトコルに従ってルーティングテーブル 2 1 を検索し、生成した I P パケットを送信するための経路を決定する。そして、I P モジュール 2 0 は、I P パケットを L L C モジュール 1 9 へ送信し、決定した経路に沿って I P パケットを送信先へ送信する。

20

## 【 0 0 5 3 】

ルーティングテーブル 2 1 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。

## 【 0 0 5 4 】

T C P モジュール 2 2 は、トランスポート層に属し、T C P パケットを生成する。T C P パケットは、T C P ヘッダと、上位のプロトコルのデータを格納するための T C P データ部とからなる。そして、T C P モジュール 2 2 は、生成した T C P パケットを I P モジュール 2 0 へ送信する。

30

## 【 0 0 5 5 】

U D P モジュール 2 3 は、トランスポート層に属し、ルーティングデーモン 2 4 によって作成された U p d a t e 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 U p d a t e パケットを受信してルーティングデーモン 2 4 へ出力する。

## 【 0 0 5 6 】

ルーティングデーモン 2 4 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。

## 【 0 0 5 7 】

40

また、ルーティングデーモン 2 4 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 H e l l o 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 2 1 をインターネット層に動的に作成する。

## 【 0 0 5 8 】

更に、ルーティングデーモン 2 4 は、無線ネットワークシステム 1 0 0 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 H e l l o パケットを作成し、その作成した H e l l o パケットを M A C モジュール 1 7 へ出力する。

## 【 0 0 5 9 】

50

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 6 0 】

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 6 1 】

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アージェントポインタからなる。

10

【 0 0 6 2 】

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 6 3 】

TCP 通信は、エンド・ツー・エンドのコネクション型通信プロトコルである。TCP 通信のコネクション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、コネクションの確立時に、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) を設定したコネクションの接続要求を示す第 1 パケットを TCP 通信のコネクション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) を設定したコネクション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) に設定したコネクション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。

20

【 0 0 6 4 】

コネクションの切断要求は、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 通信のコネクション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、コネクションの切断時に、TCP ヘッダ内の Code Bit を FIN (F i n i s h F l a g) に設定したコネクションの切断要求を示す第 1 パケットを TCP 通信のコネクション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) に設定したコネクション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 に設定したコネクション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) に設定したコネクション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。

30

40

【 0 0 6 5 】

図 5 は、OLSR プロトコルにおけるパケット P K T の構成図である。パケット P K T は、パケットヘッダ P H D と、メッセージヘッダ M H D 1 , M H D 2 , . . . とからなる。なお、パケット P K T は、UDP モジュール 2 3 のポート番号 6 9 8 番を使用して送受信される。

【 0 0 6 6 】

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

50

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PKTが新しいことを示す。

【0067】

メッセージヘッダMHD1, MHD2, …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、TTLと、ホップ数と、メッセージシーケンス番号と、メッセージとからなる。

【0068】

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。

【0069】

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。TTL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、TTL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、TTLが“0”が“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。

【0070】

OLSR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PKTを用いて送受信される。

【0071】

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、次の無線装置およびホップ数からなる。送信先、次の無線装置およびホップ数は、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PKTを送信するとき、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。

【0072】

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。

【0073】

信号強度測定モジュール241は、アンテナ11が受信したHelloパケットの複数の受信信号強度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。

【0074】

10

20

30

40

50

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 $MAX[1]$ 、 $MIN[1] \sim MAX[m]$ 、 $MIN[m]$ を検出できれば、その5組以上の最大値/最小値 $MAX[1]$ 、 $MIN[1] \sim MAX[m]$ 、 $MIN[m]$ 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。

【0075】

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。

【0076】

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。

【0077】

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。

【0078】

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存在するのかを認識する。

【0079】

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。

【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。

【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。

【0083】

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。

【0084】

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

10

20

30

40

50

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。

【0085】

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。

【0086】

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。

【0087】

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。

【0088】

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。

【0089】

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。

【0090】

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。

【0091】

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。

【0092】

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

10

20

30

40

50

トのm個の受信信号強度  $Receive[32]1 \sim Receive[32]m$  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  $Receive[32]1 \sim Receive[32]m$  に基づいて、m個の受信信号強度  $Receive[32]1 \sim Receive[32]m$  の最大値/最小値の組  $MAX[32]$  ,  $MIN[32]$  を検出する。

【0093】

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  $Receive[32]2 \sim Receive[32]m$  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、 $Receive[32]2 \sim Receive[32]m$  が最大値  $MAX[32]$  よりも大きければ、受信信号強度  $Receive[32]2 \sim Receive[32]m$  によって最大値  $MAX[32]$  を更新し、 $Receive[32]2 \sim Receive[32]m$  が最小値  $MIN[32]$  よりも小さければ、受信信号強度  $Receive[32]2 \sim Receive[32]m$  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。

【0094】

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  $Receive[35]1 \sim Receive[35]m$  ,  $Receive[37]1 \sim Receive[37]m$  ,  $Receive[38]1 \sim Receive[38]m$  ,  $Receive[39]1 \sim Receive[39]m$  ,  $Receive[41]1 \sim Receive[41]m$  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  $Receive[35]1 \sim Receive[35]m$  ,  $Receive[37]1 \sim Receive[37]m$  ,  $Receive[38]1 \sim Receive[38]m$  ,  $Receive[39]1 \sim Receive[39]m$  ,  $Receive[41]1 \sim Receive[41]m$  に基づいて、同様に、最大値/最小値の組  $MAX[35]$  ,  $MIN[35]$  ;  $MAX[37]$  ,  $MIN[37]$  ;  $MAX[38]$  ,  $MIN[38]$  ;  $MAX[39]$  ,  $MIN[39]$  ;  $MAX[41]$  ,  $MIN[41]$  を検出する。

【0095】

そして、信号強度測定モジュール241は、その検出した6組の最大値/最小値の組  $MAX[32]$  ,  $MIN[32]$  ;  $MAX[35]$  ,  $MIN[35]$  ;  $MAX[37]$  ,  $MIN[37]$  ;  $MAX[38]$  ,  $MIN[38]$  ;  $MAX[39]$  ,  $MIN[39]$  ;  $MAX[41]$  ,  $MIN[41]$  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242へ出力する。

【0096】

図8は、並べ替えの概念図である。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。

【0097】

より具体的には、閾値導入モジュール242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

10

20

30

40

50

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。

10

## 【0098】

そうすると、閾値導入モジュール242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  $With$  として決定する。

## 【0099】

閾値  $With$  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。

20

## 【0100】

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Helloパケットの受信信号強度の最大値/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。

## 【0101】

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。

30

## 【0102】

図9から明らかのように、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。

## 【0103】

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。

40

## 【0104】

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。

## 【0105】

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約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

50



域であり、最大値 / 最小値の組 `MAX [ 1 4 ]` , `MIN [ 1 4 ]` 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 6 】

その結果、閾値 `W I t h` 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 7 】

従って、上述した方法によって閾値 `W I t h` 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 8 】

閾値導入モジュール 2 4 2 は、閾値 `W I t h` を決定すると、その決定した閾値 `W I t h` をテーブル作成モジュール 2 4 3 へ出力する。

【 0 1 0 9 】

ルーティングテーブル 2 1 の作成方法について説明する。図 1 1 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 1 2 A から図 1 2 D は、それぞれ、他のネイバリストを示す第 1 から第 4 の図である。更に、図 1 3 A および図 1 3 B は、それぞれ、他のネイバリストを示す第 5 および第 6 の図である。更に、図 1 3 C は、ルーティングテーブルを示す図である。

【 0 1 1 0 】

図 1 1 においては、図 1 に示す無線装置 3 6 が保持するネイバリストが示され、図 1 2 A から図 1 2 D においては、図 1 に示す無線装置 3 2 , 3 5 , 3 7 , 3 8 が保持するネイバリストが示され、図 1 3 A から図 1 3 C においては、図 1 に示す無線装置 3 9 , 4 1 が保持するネイバリストおよび無線装置 3 6 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 1 】

無線装置 3 6 においては、閾値導入モジュール 2 4 2 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 2 4 3 へ出力する。

【 0 1 1 2 】

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 , 3 5 , 3 8 , 3 7 , 3 9 , 4 1 からそれぞれ受信した `H e l l o` パケット `P K T 1 ~ P K T 6` を `U D P` モジュール 2 3 から受け、その受けた `H e l l o` パケット `P K T 1 ~ P K T 6` からそれぞれネイバリスト 1 0 B , 1 0 C , 1 0 D , 1 0 E , 1 0 F , 1 0 G を読み出す。

【 0 1 1 3 】

そして、テーブル作成モジュール 2 4 3 は、その読み出したネイバリスト 1 0 B , 1 0 C , 1 0 D , 1 0 E , 1 0 F , 1 0 G に基づいて、無線装置 3 2 , 3 5 , 3 7 , 3 8 , 3 9 , 4 1 が無線装置 3 6 に隣接することを検知し、ネイバリスト 1 0 を作成する。

【 0 1 1 4 】

また、テーブル作成モジュール 2 4 3 は、`H e l l o` パケット `P K T 1 ~ 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 1 6 から受ける。

【 0 1 1 5 】

そうすると、テーブル作成モジュール 2 4 3 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。

【 0 1 1 6 】

10

20

30

40

50

例えば、受信信号強度 `Receive [ 37 ]` のみが閾値 `With` 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 をネイバースト 10 から削除し、ネイバースト 10 A 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 `With` 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。

【 0 1 1 7 】

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

10

【 0 1 1 8 】

テーブル作成モジュール 243 は、ネイバースト 10 D 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、ネイバースト 10 F 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 21 A の第 1 行目の経路を作成する。

【 0 1 1 9 】

また、テーブル作成モジュール 243 は、ネイバースト 10 F 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、ネイバースト 10 G 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 21 A の第 2 行目の経路を作成する。

20

【 0 1 2 0 】

更に、テーブル作成モジュール 243 は、ネイバースト 10 G 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 21 A の第 3 行目の経路を作成する。

30

【 0 1 2 1 】

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。

【 0 1 2 2 】

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。

【 0 1 2 3 】

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実施の形態 1 におけるフローチャートである。

【 0 1 2 4 】

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。

40

【 0 1 2 5 】

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 )。

【 0 1 2 6 】

50

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。

【0127】

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)。

【0128】

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。

【0129】

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)。

【0130】

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MIN[ $k$ ]を初期化する。

【0131】

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)。

【0132】

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[ $k$ ]よりも大きいか否かを判定し(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)。

【0133】

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[ $k$ ]よりも小さいか否かを更に判定し(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)。

【0134】

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よりも小さいか否かを判定し(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。

【0135】

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

10

20

30

40

50

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。

【0136】

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が繰り返し実行される。

【0137】

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、 $k = n$ であるか否かを判定し(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が繰り返し実行される。

10

【0138】

$n$ 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パケットを定期的に送信すれば、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。

【0139】

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。

20

【0140】

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。

【0141】

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。

30

【0142】

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、 $n$ 組の最大値 $MAX[1]$ ～ $MAX[n]$ 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)。

40

【0143】

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)。

【0144】

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)。

【0145】

50

そして、一連の動作は、図14のステップS3へ移行する。

【0146】

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 $MAX[1]$ ,  $MIN[1] \sim MAX[n]$ ,  $MIN[n]$ を $n$ 個の最大値 $MAX[1] \sim MAX[n]$ 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 $D\_MAX[1]$ ,  $D\_MIN[1] \sim D\_MAX[n]$ ,  $D\_MIN[n]$ 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。

10

【0147】

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。

【0148】

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。

20

【0149】

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)内に一定回数 ( $m = 30$ 個)のHelloパケットを無線装置36へ送信する。

【0150】

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。

30

【0151】

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。

【0152】

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。

40

【0153】

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、 $Receive[p$

50

] 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。

【0154】

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<sub>p</sub>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]<sub>m+1</sub>, MAX[k], MIN[k]は、それぞれ、Receive[p]<sub>m+1</sub>, MAX[p], MIN[p]に読み替えられる。

【0155】

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。

【0156】

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が繰り返し実行される。つまり、送信パワーPW<sub>p</sub>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が繰り返し実行される。

【0157】

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

【0158】

そして、ステップS23Aにおいて、p=Pであると判定されると、一連の動作は、図14に示すステップS2へ移行し、図16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]~MAX[P], MIN[P]に基づいて閾値Withが決定される。

【0159】

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PWをP個に変えながら、各送信パワーPWにおいて所定数(m=30個)のHelloパケットを受信し、P個の送信パワーPW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]~MAX[P], MIN[P]をP個の最大値MAX[1]~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]~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Withとして決定する。

【0160】

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100を構成する無線装置31~43が定期的にブロードキャストするHelloパケットを利用して、各無線装置から受信したHello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。

【0161】

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Helloパケットのみを受信し、その受信したHelloパケットに基づいて、安定なルーティングテーブル21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。

【0162】

10

20

30

40

50

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Hello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With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Hello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Withを決定する。

【0163】

従って、この発明においては、Hello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Withを決定してもよい。

10

【0164】

図18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31~43の信号強度測定モジュール241は、ブロードキャストされたHello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S41)、そのカウントした個数Nが基準値Nstd(例えば、5個)以上であるか否かを判定する(ステップS42)。

【0165】

20

そして、隣の無線装置の個数Nが基準値Nstd以上であるとき、信号強度測定モジュール241は、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、その検出したn組の最大値/最小値MAX[k], MIN[k]を閾値導入モジュール242へ出力する。

【0166】

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)。

【0167】

30

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。

【0168】

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)。

【0169】

40

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。

【0170】

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。

【0171】

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

50

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。

【0172】

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 S 45 を削除し、ステップ S 46 ~ ステップ S 52 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 S 43 において閾値  $W I t h 1$  が決定され、ステップ S 44 において閾値  $W I t h 2$  が決定される。

【0173】

ステップ S 43 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  $W I t h 1$  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 46)。

10

【0174】

また、ステップ S 44 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  $W I t h 2$  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 47)。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  $N s t d$  以上に増加したか否かを判定し (ステップ S 48)、個数  $N$  が基準値  $N s t d$  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  $M A X [ k ]$ ,  $M I N [ k ]$  を検出し、閾値導入モジュール 242 は、 $n$  組の最大値 / 最小値  $M A X [ k ]$ ,  $M I N [ k ]$  に基づいて、図 16 に示すフローチャートに従って閾値  $W I t h 3$  を決定する (ステップ S 49)。

20

【0175】

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 50)。

【0176】

一方、ステップ S 48 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 51)。その後、一連の動作は、ステップ S 48 へ移行する。

30

【0177】

そして、ステップ S 46 またはステップ S 50 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 52)。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 42 の “ $Y e s$ ”, ステップ S 43, S 46, S 52 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 42 の “ $N o$ ” およびステップ S 44 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 47 ~ S 52 参照)。

40

【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

50



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 48 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。

【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 48 ~ ステップ S 52 をステップ S 48 A ~ ステップ S 52 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。

10

【0183】

ステップ S 46 またはステップ S 47 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 48 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 49 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 50 A)。その後、一連の動作は、ステップ S 48 A へ移行する。

20

【0185】

一方、ステップ S 49 A 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  $W I t h 4$  を決定し、その決定した閾値  $W I t h 4$  によって閾値  $W I t h 1$  または  $W I t h 2$  を更新する (ステップ S 51 A)。

【0186】

その後、テーブル作成モジュール 243 は、閾値  $W I t h 4$  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 S 52 A)。これによって、一連の動作が終了する。

30

【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  $W I t h$  を更新し、それ以外の場合、閾値  $W I t h$  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  $W I t h$  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  $W I t h \_ H$  ,  $W I t h \_ L$  ,  $W I t h \_ J$  は、それぞれ、図 10 に示す  $W I t h \_ H$  ,  $W I t h \_ L$  ,  $W I t h \_ J$  であり、閾値  $W I t h \_ H$  は、高過ぎる閾値を表し、閾値  $W I t h \_ L$  は、低過ぎる閾値を表し、閾値  $W I t h \_ J$  は、この発明による閾値を表す。更に、 $W I t h \_ N O$  は、閾値を設定しなかった場合を表す。

40

【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  $W I t h \_ J$  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  $W I t h$  が高過ぎる場合、閾値  $W I t h$  が低過ぎる場合、および閾値  $W I t h$  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  $W I t h$  が高過ぎる場合、閾値  $W I t h$  が低過ぎる場合、および閾値  $W I t h$  を設定しなかった場合は、ルーティ

50

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  $W I t h$  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】

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  $D \_ M A X [ 1 ] , D \_ M I N [ 1 ] \sim D \_ M A X [ n ] , D \_ M I N [ n ]$  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  $D \_ M A X [ i ] , D \_ M I N [ i ] ; D \_ M A X [ i + 1 ] , D \_ M I N [ i + 1 ]$  を検出し、その検出した 2 組の最大値 / 最小値  $D \_ M A X [ i ] , D \_ M I N [ i ] ; D \_ M A X [ i + 1 ] , D \_ M I N [ i + 1 ]$  に含まれる 2 つの最小値  $D \_ M I N [ i ] , D \_ M I N [ i + 1 ]$  の平均  $( ( D \_ M I N [ i ] + D \_ M I N [ i + 1 ] ) / 2 )$  を閾値  $W I t h$  として決定してもよい。

10

20

【0192】

また、上記においては、2 つの最小値  $D \_ M I N [ i ] , D \_ M I N [ i + 1 ]$  の平均  $( ( D \_ M I N [ i ] + D \_ M I N [ i + 1 ] ) / 2 )$  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  $D \_ M I N [ i ] , D \_ M I N [ i + 1 ]$  の重み付け平均を閾値  $W I t h$  としてもよい。

【0193】

この場合、重み付け平均は、次式により演算される。

【0194】

$$( \alpha \times ( D \_ M I N [ i ] ) + ( 1 - \alpha ) \times ( D \_ M I N [ i + 1 ] ) ) / 2 \dots ( 1 )$$

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

【0195】

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

【0196】

差  $( = D \_ M I N [ i ] - D \_ M I N [ i + 1 ] )$  が相対的に大きくなると、最小値  $D \_ M A X [ i + 1 ]$  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  $M I N [ 15 ]$  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  $( ( D \_ M I N [ i ] + D \_ M I N [ i + 1 ] ) / 2 )$  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  $H e l l o$  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ため、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  $D \_ M I N [ i ]$  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。

40

【0197】

また、 $\alpha$  は、 $n$  個の最大値  $D \_ M A X [ 1 ] \sim D \_ M A X [ n ]$  または  $P$  個の最大値  $D$

50

$\_MAX[1] \sim \_MAX[P]$  が小さい順に並べられたときは、 $\_MIN[i+1]$  と  $\_MIN[i]$  との差 ( $= \_MIN[i+1] - \_MIN[i]$ ) が相対的に大きくなると、相対的に大きく設定され、差 ( $= \_MIN[i+1] - \_MIN[i]$ ) が相対的に小さくなると、相対的に小さく設定される。

【0198】

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。

【0199】

更に、上記においては、2つの最小値  $\_MIN[i]$  ,  $\_MIN[i+1]$  の平均 ( $= (\_MIN[i] + \_MIN[i+1]) / 2$ )、または2つの最小値  $\_MIN[i]$  ,  $\_MIN[i+1]$  の重み付け平均(式(1)参照)によって閾値  $With$  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  $\_MIN[i]$  ,  $\_MIN[i+1]$  を両端とする範囲に含まれるように閾値  $With$  を決定してもよい。

10

【0200】

更に、上記においては、信頼性を高くして閾値  $With$  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。

【0201】

なお、この発明の実施の形態1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。

20

【0202】

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。

【0203】

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。

【0204】

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  $\_MAX[1]$  ,  $\_MIN[1] \sim \_MAX[n]$  ,  $\_MIN[n]$  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  $\_MAX[1]$  ,  $\_MIN[1] \sim \_MAX[P]$  ,  $\_MIN[P]$  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。

30

【0205】

更に、 $n$ 組の最大値/最小値  $\_MAX[1]$  ,  $\_MIN[1] \sim \_MAX[n]$  ,  $\_MIN[n]$  または  $P$ 組の最大値/最小値  $\_MAX[1]$  ,  $\_MIN[1] \sim \_MAX[P]$  ,  $\_MIN[P]$  に基づいて閾値  $With$  を決定する閾値導入モジュール242は、「設定手段」を構成する。

【0206】

[実施の形態2]

図22は、図1に示す無線装置31の実施の形態2における構成を示す概略ブロック図である。無線装置31Aは、図2に示す無線装置31の通信制御部15を通信制御部15Aに代えたものであり、その他は、無線装置31と同じである。

40

【0207】

通信制御部15Aは、図2に示す通信制御部15のルーティングデーモン24をルーティングデーモン24Aに代えたものであり、その他は、通信制御部15と同じである。

【0208】

ルーティングデーモン24Aは、後述する方法によって、Helloパケットを送信した無線装置を隣接無線装置としてネイバリストに登録するための閾値  $With\_HH$  と、Helloパケットを送信した無線装置をネイバリストから削除するための閾値  $With\_LL$  とを決定する。そして、ルーティングデーモン24Aは、その決定した閾値  $With$

50

With\_HH, With\_LLに基づいて、受信信号強度が閾値With\_HH以上であるHelloパケットを送信した無線装置をネイバリストに登録し、受信信号強度が閾値With\_LLよりも低いHelloパケットを送信した無線装置をネイバリストから削除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。ルーティングデーモン24Aは、その他、ルーティングデーモン24と同じ機能を果たす。

【0209】

図23は、図22に示すルーティングデーモン24Aの機能ブロック図である。ルーティングデーモン24Aは、図7に示すルーティングデーモン24の閾値導入モジュール242およびテーブル作成モジュール243をそれぞれ閾値導入モジュール242Aおよびテーブル作成モジュール243Aに代えたものであり、その他は、ルーティングデーモン24と同じである。

10

【0210】

閾値導入モジュール242Aは、信号強度測定モジュール241から受けた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\_HH, With\_LLを決定し、その決定した閾値With\_HH, With\_LLをテーブル作成モジュール243Aへ出力する。

【0211】

テーブル作成モジュール243Aは、閾値導入モジュール242Aから閾値With\_HH, With\_LL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\_HHと比較し、閾値With\_HH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ルーティングテーブル21を作成する。

20

【0212】

また、テーブル作成モジュール243Aは、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\_LLと比較し、閾値With\_LLよりも低い受信信号強度Receive[n]を有するHelloパケットを送信した無線装置をネイバリストから削除し、ルーティングテーブル21を更新する。

【0213】

図24は、実施の形態2における閾値With\_HH, With\_LLの決定方法を説明するための図である。そして、図24は、受信信号強度およびパケットエラー率の無線装置数依存性を示し、図10と同じである。

30

【0214】

閾値導入モジュール242Aは、信号強度測定モジュール241からm組の最大値/最小値MAX[n], MIN[n]を受けると、閾値導入モジュール242における並べ替えの方法と同じ方法によって、m個の最大値MAX[n]が大きい順または小さい順になるようにm組の最大値/最小値MAX[n], MIN[n]をm組の最大値/最小値D\_MAX[n], D\_MIN[n]に並べ替える。

【0215】

並べ替えられたm組の最大値/最小値D\_MAX[n], D\_MIN[n]を無線装置の数に対してプロットすると、図24に示すおおよびxになる。

40

【0216】

そうすると、閾値導入モジュール242Aは、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つの最大値D\_MAX[i], D\_MAX[i+1]の平均値D\_ave1(=(D\_MAX[i]+D\_MAX[i+1])/2)を閾値With\_HHと決定し、2組の最大値/最小値{D\_MAX[i], D\_MIN[i]}; {D\_MAX[i+1]

50

],  $D\_MIN[i+1]$  }に含まれる2つの最小値  $D\_MIN[i]$ ,  $D\_MIN[i+1]$  の平均値  $Dave2 = (D\_MIN[i] + D\_MIN[i+1]) / 2$  ) を閾値  $With\_LL$  と決定する。

【0217】

この場合、平均値  $Dave1 = (D\_MAX[i] + D\_MAX[i+1]) / 2$  ) および平均値  $Dave2 = (D\_MIN[i] + D\_MIN[i+1]) / 2$  ) は、同じ無線装置の数に対して得られる。即ち、受信信号強度の最大値が平均値  $Dave1 = (D\_MAX[i] + D\_MAX[i+1]) / 2$  ) になるときの無線装置の数は、受信信号強度の最小値が平均値  $Dave2 = (D\_MIN[i] + D\_MIN[i+1]) / 2$  ) になるときの無線装置の数と同じである。

10

【0218】

その結果、平均値  $Dave1 = (D\_MAX[i] + D\_MAX[i+1]) / 2$  ) は、平均値  $Dave2 = (D\_MIN[i] + D\_MIN[i+1]) / 2$  ) に対応した値になる。

【0219】

従って、閾値導入モジュール242Aは、閾値  $With\_LL$ ,  $With\_HH$  を決定する場合、上述した方法によって閾値  $With\_HH$  を決定し、その決定した閾値  $With\_HH$  から図24において垂直下方へ線を引き、その線が受信信号強度の最小値を無線装置の数に対してプロットした線と交差する受信信号強度の最小値を閾値  $With\_LL$  と決定してもよい。

20

【0220】

また、閾値導入モジュール242Aは、閾値  $With\_LL$ ,  $With\_HH$  を決定する場合、上述した方法によって閾値  $With\_LL$  を決定し、その決定した閾値  $With\_LL$  から図24において垂直上方へ線を引き、その線が受信信号強度の最大値を無線装置の数に対してプロットした線と交差する受信信号強度の最大値を閾値  $With\_HH$  と決定してもよい。

【0221】

図25は、2つの閾値  $With\_HH$ ,  $With\_LL$  を用いたネイバーストの更新を示す図である。また、図26は、2つの閾値  $With\_HH$ ,  $With\_LL$  を用いたルーティングテーブル21の更新を示す図である。

30

【0222】

図1に示すように、無線装置36に隣接する無線装置は、無線装置32, 35, 37, 38, 39, 41であるが、無線装置32, 35, 38, 39, 41から受信したHelloパケットの受信信号強度が  $With\_HH$  以上であり、無線装置37から受信したHelloパケットの受信信号強度が閾値  $With\_HH$  よりも低かったので、無線装置36においてルーティングデーモン24Aのテーブル作成モジュール243Aは、無線装置32, 35, 38, 39, 41からのHelloパケットに基づいて、ネイバースト10Aを作成する(図25参照)。

【0223】

そして、無線装置36において、ルーティングデーモン24Aのテーブル作成モジュール243Aは、実施の形態1において説明した方法によってルーティングテーブル21Aを作成する(図26参照)。

40

【0224】

その後、無線装置36において、ルーティングデーモン24Aのテーブル作成モジュール243Aは、無線装置32, 35, 38, 39, 41から受信したHelloパケットの受信信号強度が閾値  $With\_HH$  よりも低くなっても閾値  $With\_LL$  以上であれば、ネイバースト10Aを維持する(図25参照)。

【0225】

そして、無線装置36のテーブル作成モジュール243Aは、無線装置39から受信したHelloパケットの受信信号強度が閾値  $With\_LL$  よりも低くなると、無線装置

50

39を削除してネイバースト10Aをネイバースト10Hへ更新するとともに(図25参照)、その更新したネイバースト10Hと、ネイバースト10Gとに基づいて、ルーティングテーブル21Aをルーティングテーブル21Bへ更新する(図26参照)。

【0226】

この場合、無線装置36のテーブル作成モジュール243Aは、ネイバースト10Hを見れば、無線装置38が無線装置36に隣接することを検知でき、ネイバースト10Gを見れば、無線装置41が無線装置38に隣接することを検知できる。従って、無線装置36のテーブル作成モジュール243Aは、送信先である無線装置40に対する経路における次の無線装置を無線装置39から無線装置38に変える。

【0227】

また、無線装置36のテーブル作成モジュール243Aは、ネイバースト10Hを見れば、無線装置41が無線装置36に隣接することを検知でき、ネイバースト10Gを見れば、無線装置42が無線装置41に隣接することを検知できる。従って、無線装置36のテーブル作成モジュール243Aは、送信先である無線装置42に対する経路における次の無線装置を無線装置39から無線装置41に変える。これにより、無線装置36のテーブル作成モジュール243Aは、ルーティングテーブル21Aをルーティングテーブル21Bに更新する。

【0228】

上述したように、ネイバースト10に登録するための閾値With\_HHと、ネイバースト10から削除するための閾値With\_LLとを導入することにより、受信信号強度が閾値With\_HH以上になってネイバースト10に登録された無線装置は、受信信号強度が閾値With\_LLを下回るまでネイバースト10から削除されず、ルーティングテーブル21における頻繁な経路切替を抑制できる。

【0229】

図24において、受信信号強度が閾値With\_HH以上である無線装置は、線LN1よりも左側に存在し、受信信号強度が閾値With\_LLよりも低い無線装置は、線LN1よりも右側に存在する。即ち、2つの閾値With\_HH, With\_LLを導入することにより、隣接無線装置をネイバースト10に登録されている無線装置とネイバースト10に登録されていない無線装置とに区別できる。

【0230】

そして、閾値With\_HH以上の受信信号強度を有するHelloパケットを送信した無線装置がネイバースト10に登録されている期間および閾値With\_LLよりも低い受信信号強度を有するHelloパケットを送信した無線装置がネイバースト10から削除されている期間は、金属板からなる遮蔽物が2つの無線装置間に配置される等の電波環境の変化が生じない期間である。

【0231】

従って、2つの閾値With\_HH, With\_LLを導入することにより、一定期間、隣接無線装置をネイバースト10に登録されている無線装置とネイバースト10に登録されていない無線装置とに区別できる。

【0232】

その結果、一旦、ネイバースト10に登録されれば、一定期間、ネイバースト10から削除されることはなく、ルーティングテーブル21における頻繁な経路切替の抑制をより確実なものにできる。

【0233】

図27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実施の形態2におけるフローチャートである。図27に示すフローチャートは、図14に示すフローチャートのステップS2, S3をそれぞれステップS2A, S3Aに代えたものであり、その他は、図14に示すフローチャートと同じである。

【0234】

上述したステップS1が終了すると、閾値導入モジュール242Aは、信号強度測定モ

10

20

30

40

50

ジュール 2 4 1 から受けた  $m$  個の最大値 / 最小値の組に基づいて、上述した方法によって、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検出するための 2 つの閾値  $W I t h\_H H$  ,  $W I t h\_L L$  を決定する (ステップ S 2 A)。

【 0 2 3 5 】

そして、閾値導入モジュール 2 4 2 A は、その決定した閾値  $W I t h\_H H$  ,  $W I t h\_L L$  をテーブル作成モジュール 2 4 3 A へ出力する。

【 0 2 3 6 】

その後、テーブル作成モジュール 2 4 3 A は、2 つの閾値  $W I t h\_H H$  ,  $W I t h\_L L$  を閾値導入モジュール 2 4 2 A から受け、その受けた閾値  $W I t h\_H H$  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、上述した方法によってルーティングテーブル 2 1 を作成する (ステップ S 3 A)。これによって、一連の動作が終了する。

10

【 0 2 3 7 】

図 2 8 は、図 2 7 に示すステップ S 2 A 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、閾値導入モジュール 2 4 2 A は、実施の形態 1 における閾値導入モジュール 2 4 2 と同じ方法によって、 $n$  組の最大値 / 最小値  $M A X [ 1 ]$  ,  $M I N [ 1 ] \sim M A X [ n ]$  ,  $M I N [ n ]$  を  $n$  組の最大値 / 最小値  $D\_M A X [ 1 ]$  ,  $D\_M I N [ 1 ] \sim D\_M A X [ n ]$  ,  $D\_M I N [ n ]$  に並べ替える (ステップ S 3 1)。

【 0 2 3 8 】

そして、閾値導入モジュール 2 4 2 A は、隣接する 2 つの最大値の差  $D\_M A X [ j ] - D\_M A X [ j + 1 ]$  を順次演算し、差  $D\_M A X [ j ] - D\_M A X [ j + 1 ]$  が最大となる 2 組の最大値 / 最小値  $\{ D\_M A X [ i ] , M I N [ i ] \}$  ,  $\{ D\_M A X [ i + 1 ] , M I N [ i + 1 ] \}$  を検出する (ステップ S 3 2)。

20

【 0 2 3 9 】

その後、閾値導入モジュール 2 4 2 A は、最小値  $M I N [ i ]$  と最小値  $M I N [ i + 1 ]$  との平均  $( = ( M I N [ i ] + M I N [ i + 1 ] ) / 2 )$  を演算し、その演算結果を閾値  $W I t h\_L L$  として決定する (ステップ S 3 3 A)。また、閾値導入モジュール 2 4 2 A は、最大値  $M A X [ i ]$  と最大値  $M A X [ i + 1 ]$  との平均  $( = ( M A X [ i ] + M A X [ i + 1 ] ) / 2 )$  を演算し、その演算結果を閾値  $W I t h\_H H$  として決定する (ステップ S 3 3 B)。

30

【 0 2 4 0 】

そして、一連の動作は、図 2 7 のステップ S 3 A へ移行する。

【 0 2 4 1 】

なお、実施の形態 2 においては、閾値導入モジュール 2 4 2 A は、次の方法によって 2 つの閾値  $W I t h\_H H$  ,  $W I t h\_L L$  を決定してもよい。

【 0 2 4 2 】

図 2 9 は、実施の形態 2 における閾値の決定方法を説明するための他の図である。そして、図 2 9 は、受信信号強度およびパケットエラー率の無線装置数依存性を示し、図 1 0 と同じである。

【 0 2 4 3 】

閾値導入モジュール 2 4 2 A は、信号強度測定モジュール 2 4 1 から  $m$  組の最大値 / 最小値  $M A X [ n ]$  ,  $M I N [ n ]$  を受けると、閾値導入モジュール 2 4 2 における並べ替えの方法と同じ方法によって、 $m$  個の最大値  $M A X [ n ]$  が大きい順または小さい順になるように  $m$  組の最大値 / 最小値  $M A X [ n ]$  ,  $M I N [ n ]$  を  $m$  組の最大値 / 最小値  $D\_M A X [ n ]$  ,  $D\_M I N [ n ]$  に並べ替える。

40

【 0 2 4 4 】

並べ替えられた  $m$  組の最大値 / 最小値  $D\_M A X [ n ]$  ,  $D\_M I N [ n ]$  を無線装置の数に対してプロットすると、図 2 9 に示す および  $x$  になる。また、パケットエラー率を無線装置の数に対してプロットすると、図 2 9 に示す になる。

【 0 2 4 5 】

50

そうすると、閾値導入モジュール242Aは、パケットエラー率のしきい値 $PER_{th}$ を決定し、その決定したしきい値 $PER_{th}$ よりも所定値(=例えば、5dB)だけ高いレベルの受信信号強度の最小値を閾値 $W_{Ith\_LL1}$ と決定する。そして、閾値導入モジュール242Aは、その決定した閾値 $W_{Ith\_LL1}$ から垂直上方向へ線LN2を引き、その線LN2が受信信号強度の最大値を無線装置の数に対してプロットした線と交差する点における受信信号強度の最大値を閾値 $W_{Ith\_HH1}$ と決定する、

上述した方法によって決定された閾値 $W_{Ith\_HH1}$ 、 $W_{Ith\_LL1}$ は、同じ無線装置の数に対して得られる。即ち、受信信号強度の最大値が閾値 $W_{Ith\_HH1}$ になるときの無線装置の数は、受信信号強度の最小値が閾値 $W_{Ith\_LL1}$ になるときの無線装置の数と同じである。

10

【0246】

その結果、閾値 $W_{Ith\_HH1}$ は、閾値 $W_{Ith\_LL1}$ に対応した値になる。

【0247】

テーブル作成モジュール243Aは、閾値 $W_{Ith\_HH1}$ 以上の受信信号強度を有するHelloパケットを送信した無線装置をネイバリスト10に登録し、閾値 $W_{Ith\_LL1}$ よりも低い受信信号強度を有するHelloパケットを送信した無線装置をネイバリスト10から削除することによって、一定期間の間、隣接無線装置をネイバリスト10に登録される無線装置(図29の線LN2よりも左側に存在する無線装置)とネイバリスト10から削除されている無線装置(図29の線LN2よりも右側に存在する無線装置)とに区別できる。その結果、一旦、ネイバリスト10に登録されれば、一定期間、ネイバリスト10から削除されることはなく、ルーティングテーブル21における頻繁な経路切換の抑制をより確実なものにできる。

20

【0248】

図30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実施の形態2における他のフローチャートである。図30に示すフローチャートは、図27に示すフローチャートのステップS2AをステップS2Bに代えたものであり、その他は、図27に示すフローチャートと同じである。

【0249】

上述したステップS1が終了すると、閾値導入モジュール242Aは、検出した信号強度の最大値と最小値との複数の組およびパケットエラー率に基づいて、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2つの閾値 $W_{Ith\_HH1}$ 、 $W_{Ith\_LL1}$ を決定する(ステップS2B)。その後、上述したステップS3Aが実行され、一連の動作は終了する。

30

【0250】

図31は、図30に示すステップS2B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31に示すフローチャートは、図16に示すフローチャートのステップS32、S33をステップS34、S35に代えたものであり、その他は、図16に示すフローチャートと同じである。

【0251】

上述したステップS31が終了すると、閾値導入モジュール242Aは、パケットエラー率のしきい値 $PER_{th}$ と所定差を有する最小値 $D_{MIN}[i]$ を検出し、その検出した最小値 $D_{MIN}[i]$ を閾値 $W_{Ith\_LL1}$ として導入する(ステップS34)。

40

【0252】

その後、閾値導入モジュール242Aは、最小値 $D_{MIN}[i]$ に対応する最大値 $D_{MAX}[i]$ を検出し、その検出した最大値 $D_{MAX}[i]$ を閾値 $W_{Ith\_HH1}$ として導入する(ステップS35)。そして、一連の動作は、図30に示すステップS3Aへ移行する。

【0253】

このように、実施の形態2においては、閾値 $W_{Ith\_HH1}$ 、 $W_{Ith\_LL1}$ は、

50



複数組の最大値 / 最小値 {  $D\_MAX[n]$  /  $D\_MIN[n]$  } およびパケットエラー率に基づいて決定される。

【0254】

なお、この発明の実施の形態2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242Aは、「閾値決定手段」を構成する。

【0255】

また、テーブル作成モジュール243Aは、「テーブル作成手段」を構成する。

【0256】

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242A、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242Aは、「並替手段」を構成する。

10

【0257】

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  $With\_HH$ ,  $With\_LL$ ;  $With\_HH1$ ,  $With\_LL1$  を決定する閾値導入モジュール242Aは、「決定手段」を構成する。

20

【0258】

その他は、実施の形態1と同じである。

【0259】

上述した実施の形態1, 2においては、閾値  $With$ ;  $With\_HH$ ,  $With\_LL$ ;  $With\_HH1$ ,  $With\_LL1$  は、受信信号強度の最大値 / 最小値に基づいて決定されたが、この発明においては、これに限らず、閾値  $With$ ;  $With\_HH$ ,  $With\_LL$ ;  $With\_HH1$ ,  $With\_LL1$  は、伝搬遅延に基づいて決定されてもよい。

【0260】

上述したように、この発明においては、伝搬遅延に基づいて閾値  $With$ ;  $With\_HH$ ,  $With\_LL$ ;  $With\_HH1$ ,  $With\_LL1$  を決定してもよく、一般的には、所定の幅を揺らぐ電波特性の最大値 / 最小値と無線装置の数との関係に基づいて閾値  $With$ ;  $With\_HH$ ,  $With\_LL$ ;  $With\_HH1$ ,  $With\_LL1$  を決定してもよい。

30

【0261】

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】

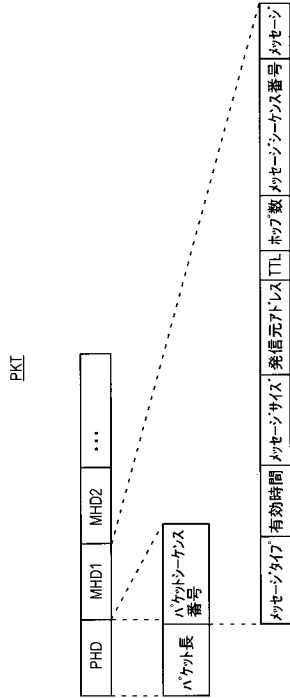
40

【0262】

この発明は、安定したルーティングが可能な無線装置に適用される。



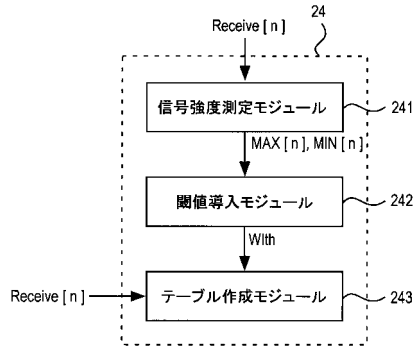
【図5】



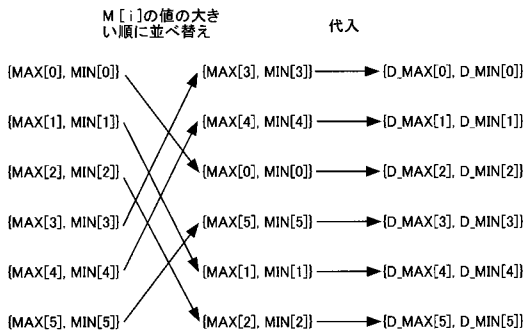
【図6】

|       |        |       |
|-------|--------|-------|
| 送信先   | 次の無線装置 | ホップ数  |
| ..... | .....  | ..... |
| ..... | .....  | ..... |
| ..... | .....  | ..... |

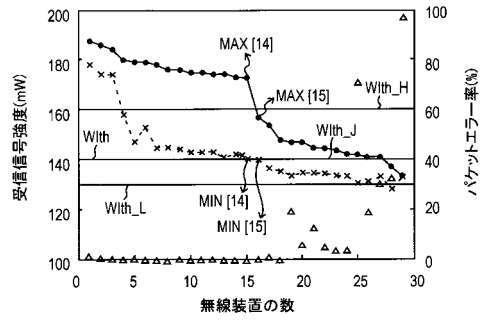
【図7】



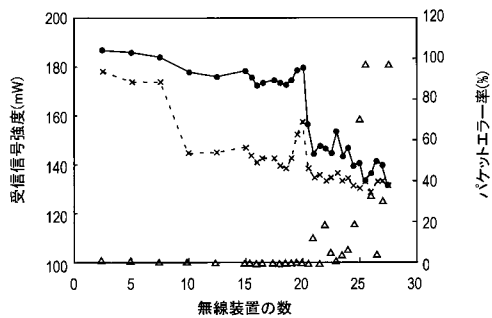
【図8】



【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12A】

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     |

【図12B】

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     |

【図12C】

無線装置38のネイバリスト 10D

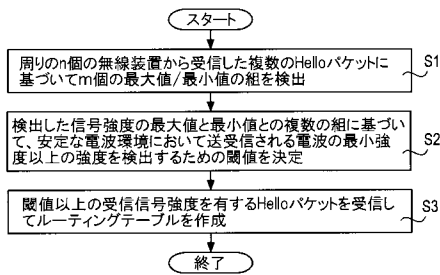
| index | 隣の無線装置 |
|-------|--------|
| 1     | 35     |
| 2     | 34     |
| 3     | 40     |
| 4     | 39     |
| 5     | 36     |

【図12D】

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     |

【図14】



【図13A】

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     |

【図13B】

無線装置41のネイバリスト 10G

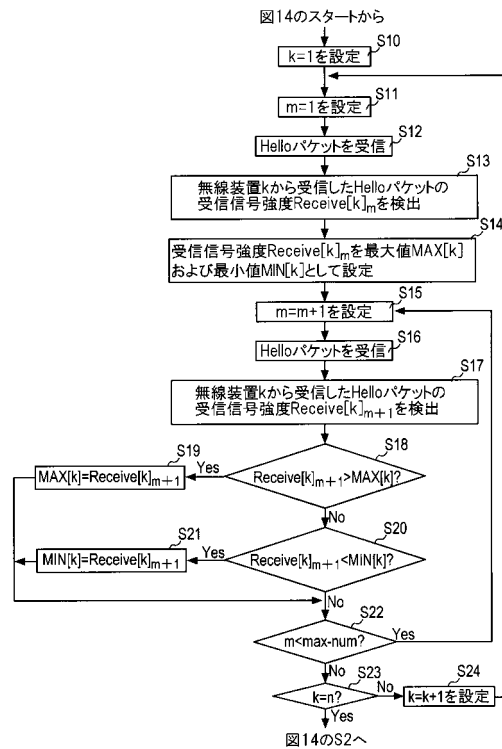
| index | 隣の無線装置 |
|-------|--------|
| 1     | 37     |
| 2     | 36     |
| 3     | 39     |
| 4     | 42     |
| 5     | 43     |

【図13C】

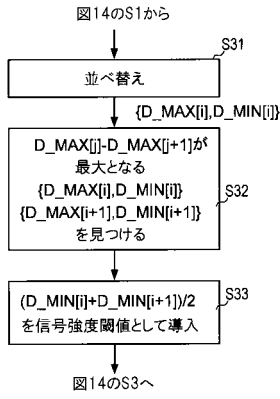
21A

| 送信先 | 次の無線装置 | ホップ数 |
|-----|--------|------|
| 40  | 39     | 2    |
| 42  | 39     | 2    |
| 43  | 41     | 2    |

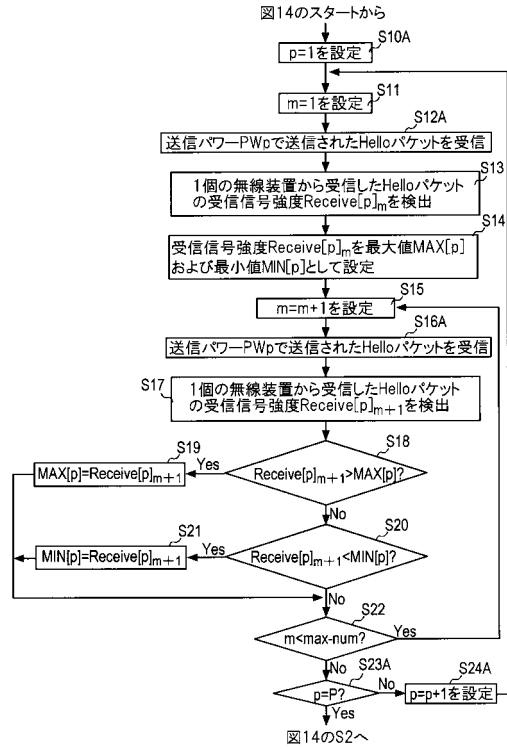
【図15】



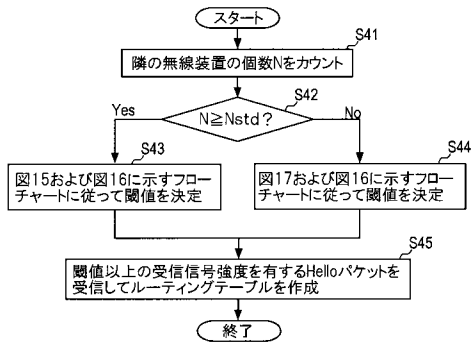
【図16】



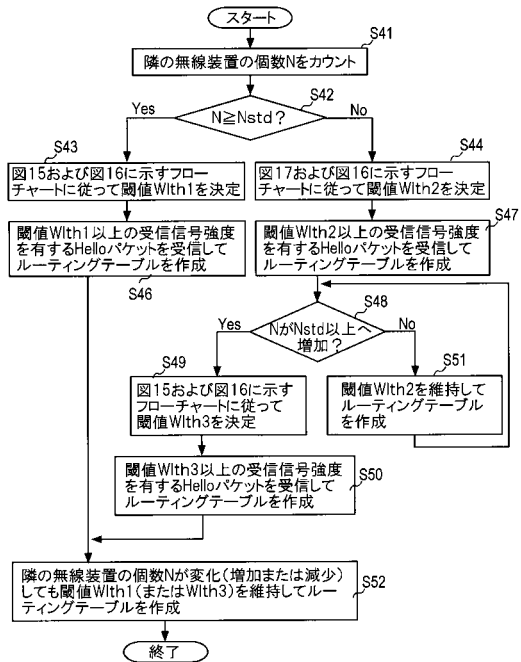
【図17】



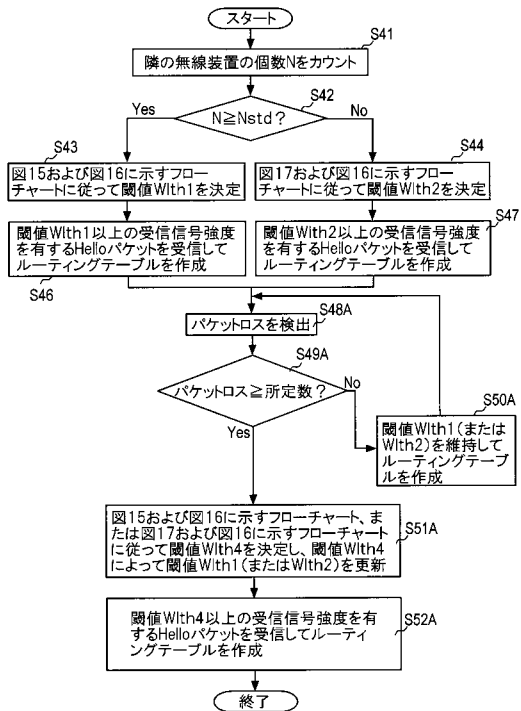
【図18】



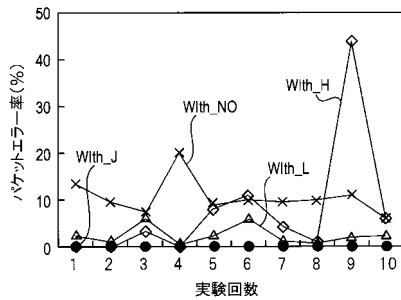
【図19】



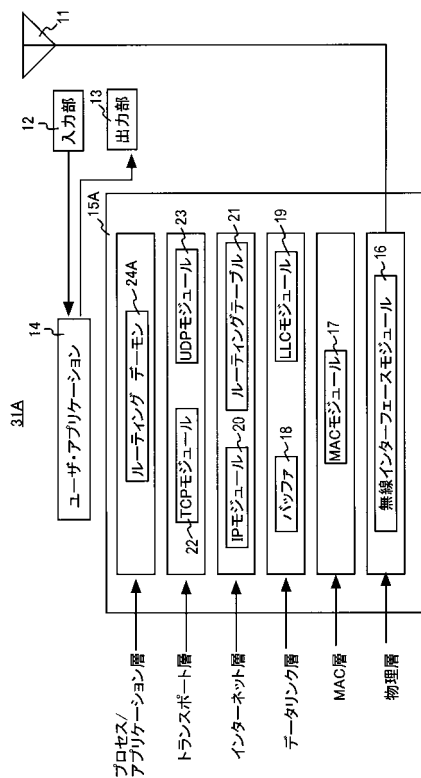
【図20】



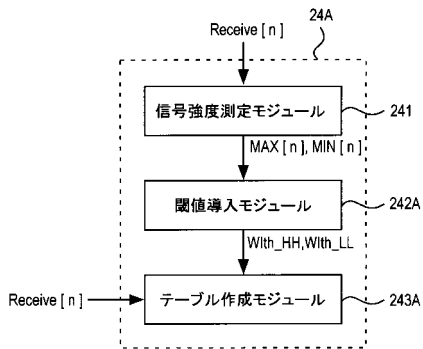
【図21】



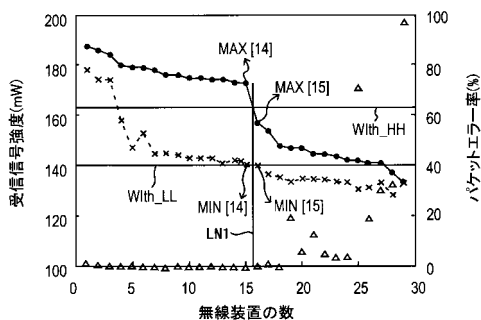
【図22】



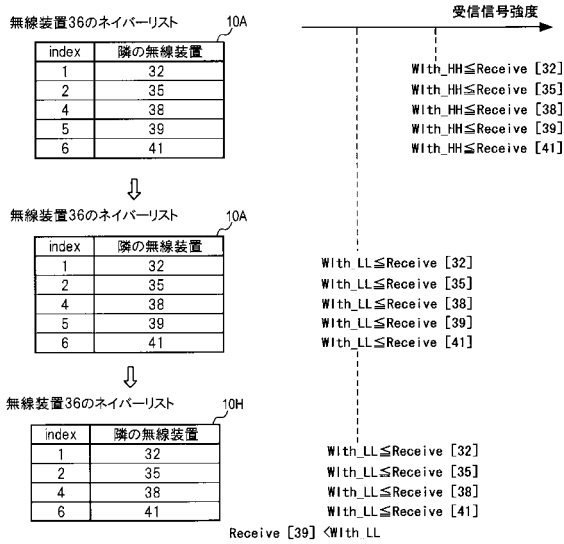
【図23】



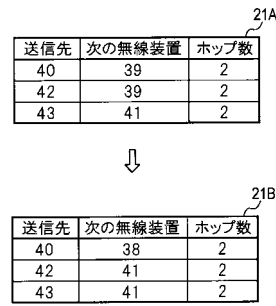
【図24】



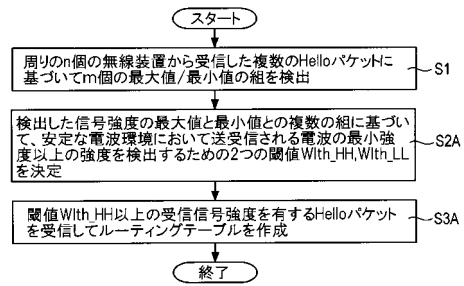
【図 25】



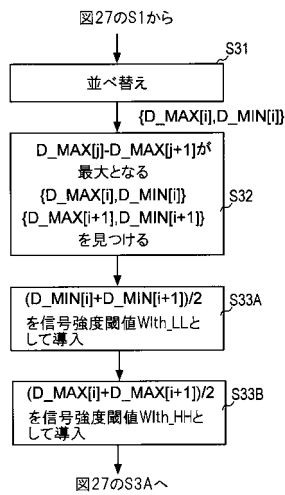
【図 26】



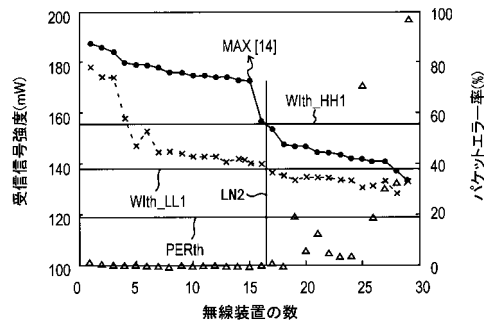
【図 27】



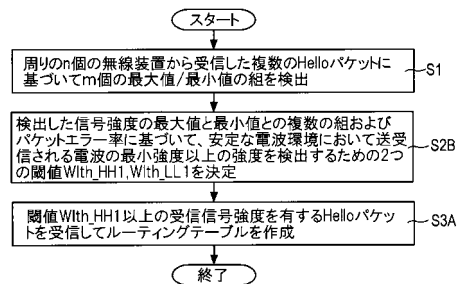
【図 28】



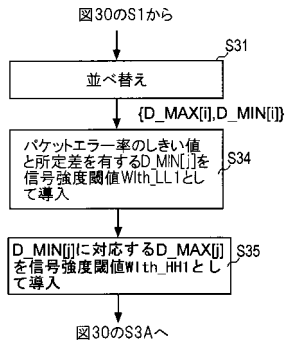
【図 29】



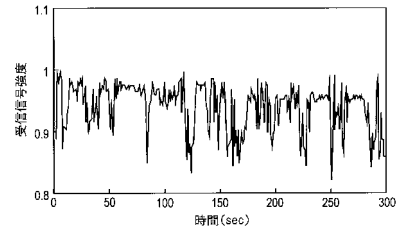
【図 30】



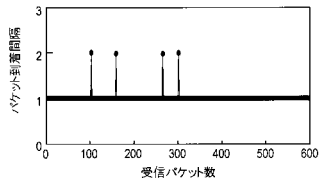
【図 3 1】



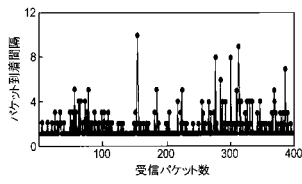
【図 3 3】



【図 3 2 A】



【図 3 2 B】





---

フロントページの続き

- (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 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 矢頭 尚之

(56)参考文献 特開2005-252781(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04W 84/12

H04W 74/08