

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4853869号
(P4853869)

(45) 発行日 平成24年1月11日(2012.1.11)

(24) 登録日 平成23年11月4日(2011.11.4)

(51) Int.Cl. F I
HO4W 74/08 (2009.01) HO4L 12/28 307
HO4W 84/12 (2009.01) HO4L 12/28 300M
HO4W 24/00 (2009.01)

請求項の数 10 (全 38 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-266154 (P2006-266154)</p> <p>(22) 出願日 平成18年9月29日 (2006.9.29)</p> <p>(65) 公開番号 特開2008-85924 (P2008-85924A)</p> <p>(43) 公開日 平成20年4月10日 (2008.4.10)</p> <p>審査請求日 平成21年7月23日 (2009.7.23)</p> <p>(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</p>	<p>(73) 特許権者 393031586 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 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 弁理士 松山 隆夫</p> <p>(74) 代理人 100085213 弁理士 鳥居 洋</p> <p>(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</p> <p>(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</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	---

(54) 【発明の名称】 無線装置、それにおける隠れ端末の検出方法および通信制御方法

(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、

当該無線装置が前記ルーティングテーブルに従って前記送信元と前記送信先との間で無線通信を中継している場合において、当該無線装置における受信品質が基準値よりも低いとき、当該無線装置の送信元側および送信先側のいずれか一方で当該無線装置に隣接する隣接無線装置を隠れ端末として検出する検出手段とを備える無線装置。

【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】

前記検出手段は、当該無線装置が受信するパケットのパケットロス率がしきい値よりも大きいとき、前記隣接無線装置を隠れ端末として検出する、請求項 1 または請求項 2 に記載の無線装置。

10

【請求項 4】

相互に異なるチャネルを有する複数の無線インターフェースを用いて前記ルーティングテーブルに従って無線通信を行う通信手段と、

前記検出手段が前記隠れ端末として検出した隣接無線装置に対して、無線通信に用いる無線インターフェースを変えるように要求する要求手段とを更に備える、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 5】

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における隠れ端末の検出方法であって、

送信元と送信先との間で無線通信を中継する中継無線装置が、 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第 1 のステップと、

20

前記中継無線装置が、前記決定し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第 2 のステップと、

前記中継無線装置が、前記ルーティングテーブルに従って前記送信元と前記送信先との間で無線通信を中継している場合において、前記中継無線装置における受信品質が基準値よりも低いとき、前記中継無線装置の送信元側および送信先側のいずれか一方で前記中継無線装置に隣接する隣接無線装置を隠れ端末として検出する第 3 のステップとを備える隠れ端末の検出方法。

30

【請求項 6】

前記第 1 のステップは、

前記中継無線装置が、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第 1 のサブステップと、

前記中継無線装置が、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第 2 のサブステップと、

前記中継無線装置が、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第 3 のサブステップとを含む、請求項 5 に記載の隠れ端末の検出方法。

40

【請求項 7】

前記第 3 のステップにおいて、前記中継無線装置は、前記中継無線装置が受信するパケットのパケットロス率がしきい値よりも大きいとき、前記隣接無線装置を隠れ端末として検出する、請求項 5 または請求項 6 に記載の隠れ端末の検出方法。

【請求項 8】

相互に異なるチャネルを有する複数の無線インターフェースを備える無線装置が自律的

50

に確立する無線ネットワークにおける通信制御方法であって、

送信元と送信先との間で無線通信を中継する中継無線装置が、 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第1のステップと、

前記中継無線装置が、前記決定し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第2のステップと、

前記中継無線装置が、前記ルーティングテーブルに従って前記送信元と前記送信先との間で無線通信を中継している場合において、前記中継無線装置における受信品質が基準値よりも低いとき、前記中継無線装置の送信元側および送信先側のいずれか一方で前記中継無線装置に隣接する隣接無線装置を隠れ端末として検出する第3のステップと、

前記中継無線装置が、前記隠れ端末として検出された隣接無線装置に対して、無線通信に用いる無線インターフェースを変えるように要求する第4のステップとを備える通信制御方法。

【請求項9】

前記第1のステップは、

前記中継無線装置が、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第1のサブステップと、

前記中継無線装置が、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第2のサブステップと、

前記中継無線装置が、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第3のサブステップとを含む、請求項8に記載の通信制御方法。

【請求項10】

前記第3のステップにおいて、前記中継無線装置は、前記中継無線装置が受信するパケットの packet loss 率がしきい値よりも大きいとき、前記隣接無線装置を隠れ端末として検出する、請求項8または請求項9に記載の通信制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、無線装置、それにおける隠れ端末の検出方法および通信制御方法に関し、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、それにおける隠れ端末の検出方法および通信制御方法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) 。

10

20

30

40

50

【 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。

10

【 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。

20

【 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.

30

【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】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

しかし、無線ネットワークにおいては、IEEE 802.11 プロトコルが一般的に用いられており、IEEE 802.11 プロトコルを用いた無線ネットワークでは、同一電波範囲内にある無線装置は、同時にパケットを送信することができない。そのため、隠れ端末の影響によってパケットロスが発生するという問題がある。

40

【 0 0 1 1 】

一般的に、アドホックネットワークを構築するために使用される制御情報のやり取りは、MAC (Media Access Control) レベルでの再送がないブロードキャストにより行なわれる。そのため、トラフィックが増加した際の制御情報の損失により、ネットワークを構成できなくなるという問題がある。

【 0 0 1 2 】

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、

50

ネットワークにおける隠れ端末を検出可能な無線装置を提供することである。

【0013】

また、この発明の別の目的は、ネットワークにおける隠れ端末の発生を抑制してネットワークを構築可能な無線装置を提供することである。

【0014】

更に、この発明の別の目的は、ネットワークにおける隠れ端末を検出可能な隠れ端末の検出方法を提供することである。

【0015】

更に、この発明の別の目的は、ネットワークにおける隠れ端末の発生を抑制してネットワークを構築可能な通信制御方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0016】

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、検出手段とを備える。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。検出手段は、当該無線装置がルーティングテーブルに従って送信元と送信先との間で無線通信を中継している場合において、当該無線装置における受信品質が基準値よりも低いとき、当該無線装置の送信元側および送信先側のいずれか一方で当該無線装置に隣接する隣接無線装置を隠れ端末として検出する。

【0017】

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。

【0018】

好ましくは、検出手段は、当該無線装置が受信するパケットのパケットロス率がしきい値よりも大きいとき、隣接無線装置を隠れ端末として検出する。

【0019】

好ましくは、無線装置は、通信手段と、要求手段とを更に備える。通信手段は、相互に異なるチャネルを有する複数の無線インターフェースを用いてルーティングテーブルに従って無線通信を行う。要求手段は、検出手段が隠れ端末として検出した隣接無線装置に対して、無線通信に用いる無線インターフェースを変えるように要求する。

【0020】

また、この発明によれば、隠れ端末の検出方法は、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における隠れ端末の検出方法であって、送信元と送信先との間で無線通信を中継する中継無線装置が、 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第1のステップと、中継無線装置が、決定し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第2のステップと、

10

20

30

40

50

中継無線装置が、ルーティングテーブルに従って送信元と送信先との間で無線通信を中継している場合において、中継無線装置における受信品質が基準値よりも低いとき、中継無線装置の送信元側および送信先側のいずれか一方で中継無線装置に隣接する隣接無線装置を隠れ端末として検出する第3のステップとを備える。

【0021】

好ましくは、第1のステップは、中継無線装置が、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第1のサブステップと、中継無線装置が、 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第2のサブステップと、中継無線装置が、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第3のサブステップとを含む。

10

【0022】

好ましくは、第3のステップにおいて、中継無線装置は、中継無線装置が受信するパケットのパケットロス率がしきい値よりも大きいとき、隣接無線装置を隠れ端末として検出する。

【0023】

更に、この発明によれば、通信制御方法は、相互に異なるチャネルを有する複数の無線インターフェースを備える無線装置が自律的に確立する無線ネットワークにおける通信制御方法であって、送信元と送信先との間で無線通信を中継する中継無線装置が、 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第1のステップと、中継無線装置が、決定し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第2のステップと、中継無線装置が、ルーティングテーブルに従って送信元と送信先との間で無線通信を中継している場合において、中継無線装置における受信品質が基準値よりも低いとき、中継無線装置の送信元側および送信先側のいずれか一方で中継無線装置に隣接する隣接無線装置を隠れ端末として検出する第3のステップと、中継無線装置が、隠れ端末として検出された隣接無線装置に対して、無線通信に用いる無線インターフェースを変えるように要求する第4のステップとを備える。

20

30

【0024】

好ましくは、第1のステップは、中継無線装置が、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第1のサブステップと、中継無線装置が、 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第2のサブステップと、中継無線装置が、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第3のサブステップとを含む。

40

【0025】

好ましくは、第3のステップにおいて、中継無線装置は、中継無線装置が受信するパケットのパケットロス率がしきい値よりも大きいとき、隣接無線装置を隠れ端末として検出する。

【発明の効果】

【0026】

50

この発明においては、中継無線装置が安定した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有する経路を介して送信元と送信先との間で無線通信を中継している場合において、中継無線装置における受信品質が基準値よりも低くなると、隠れ端末が存在することが検出される。つまり、本来、受信品質が基準値以上になる無線通信環境において行なわれている無線通信の受信品質が基準値よりも低くなることを検出して隠れ端末の存在が検出される。

【0027】

従って、この発明によれば、無線ネットワークにおいて隠れ端末を検出できる。

【0028】

また、この発明によれば、無線通信を中継している中継無線装置は、隠れ端末を検出すると、隠れ端末に対して、チャンネルを変更するように要求し、隠れ端末は、チャンネルを変更する。

【0029】

従って、この発明によれば、無線ネットワークにおける隠れ端末の発生を抑制してネットワークを構築できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

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。

【0031】

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。

【0032】

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。

【0033】

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。

【0034】

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。

【0035】

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。

【0036】

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。

【0037】

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。

【0038】

10

20

30

40

50

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。

【0039】

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。

【0040】

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。

10

【0041】

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。

【0042】

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。

20

【0043】

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。

【0044】

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、複数のチャネルから選択したチャネルを用いてアンテナ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。

30

【0045】

また、無線インターフェースモジュール16は、自己が搭載された無線装置が無線通信を中継する中継無線装置である場合、IPモジュール20が隠れ端末を検出すると、隠れ端末として検出された無線装置に対してチャネルの変更を要求するためのチャネル変更要求をアンテナ11を介して送信する。

【0046】

40

更に、無線インターフェースモジュール16は、チャネル変更要求を他の無線装置から受信すると、その受信したチャネル変更要求に応じて、無線通信を行なうためのチャネルを変更する。

【0047】

MACモジュール17は、MAC層に属し、MACプロトコルを実行して、以下に述べる各種の機能を実行する。

【0048】

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。

【0049】

50

また、M A Cモジュール17は、データ(パケット)の再送制御等を行なう。

【0050】

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。

【0051】

L L Cモジュール19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。

【0052】

I Pモジュール20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20は、T C P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I Pデータ部に格納してI Pパケットを生成する。

10

【0053】

そうすると、I P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O L S R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20は、I PパケットをL L Cモジュール19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。

【0054】

また、I Pモジュール20は、他の無線装置から受信したH e l l oパケットのパケットロス率P E R _ Rを演算し、その演算したパケットロス率P E R _ Rをしきい値P E R _ t hと比較する。そして、I Pモジュール20は、パケットロス率P E R _ Rがしきい値P E R _ t hよりも大きいと判定したとき、自己が搭載された無線装置の送信元側および送信先側のいずれか一方側において自己が搭載された無線装置に隣接する無線装置を隠れ端末として検出する。I Pモジュール20は、隠れ端末を検出すると、隠れ端末を検出したことを示す信号D h i dを生成して無線インターフェースモジュール16へ出力する。

20

【0055】

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。

【0056】

T C Pモジュール22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22は、生成したT C PパケットをI Pモジュール20へ送信する。

30

【0057】

U D P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24へ出力する。

【0058】

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。

40

【0059】

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21をインターネット層に動的に作成する。

【0060】

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

50

ル 17 へ出力する。

【 0061 】

なお、図 1 に示す無線装置 32 ~ 43 の各々も、図 2 に示す無線装置 31 の構成と同じ構成からなる。

【 0062 】

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。

【 0063 】

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。

【 0064 】

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。

【 0065 】

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 22 は、コネクションの確立時に、TCP ヘッダ内の Code Bit に SYN (Synchronize Flag) 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 22 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 22 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 22 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 22 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 22 へ送信する。

【 0066 】

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 22 は、コネクションの切断時に、TCP ヘッダ内の Code Bit を FIN (Finish Flag) 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 22 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 22 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 22 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 22 へ送信する。

【 0067 】

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 MHD1, MHD2, ... とからなる。なお、パケット PKT は、UDP モジュール 23 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 8 】

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 9 】

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、メッセージとからなる。

10

【 0 0 7 0 】

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 7 1 】

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。

20

【 0 0 7 2 】

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 7 3 】

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 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。

40

【 0 0 7 4 】

図7は、図2に示す無線インターフェースモジュール16の機能ブロック図である。無線インターフェースモジュール16は、無線インターフェース1611 ~ 161j (j は2以上の整数) と、変復調手段162とを含む。なお、図7においては、受信信号強度を検出する無線インターフェースモジュール16の機能は、省略されている。

【 0 0 7 5 】

無線インターフェース1611 ~ 161j は、相互に異なる周波数 (= チャンネル) を有する。そして、無線インターフェース1611 ~ 161j の各々は、変復調手段162によって変調されたパケットを自己が有するチャンネルによってアンテナ11を介して送信するとともに、自己が有するチャンネルによってアンテナ11を介してパケットを受信して変復調手段162へ出力する。

50

【 0 0 7 6 】

変復調手段 1 6 2 は、上位層から受けたパケットを所定の方式によって変調するとともに、その変調したパケットを無線インターフェース 1 6 1 1 ~ 1 6 1 j のいずれかへ出力する。また、変復調手段 1 6 2 は、無線インターフェース 1 6 1 1 ~ 1 6 1 j のいずれかから受けたパケットを復調し、その復調したパケットを上位層へ出力する。更に、変復調手段 1 6 2 は、IP モジュール 2 0 から信号 D h i d を受けると、信号 D h i d に応じて、チャンネル変更要求 D c c h g を生成して無線インターフェース 1 6 1 1 ~ 1 6 1 j のいずれかへ出力する。

【 0 0 7 7 】

図 8 は、図 2 に示すルーティングデーモン 2 4 の機能ブロック図である。ルーティングデーモン 2 4 は、信号強度測定モジュール 2 4 1 と、閾値導入モジュール 2 4 2 と、テーブル作成モジュール 2 4 3 とを含む。

【 0 0 7 8 】

信号強度測定モジュール 2 4 1 は、アンテナ 1 1 が受信した H e l l o パケットの複数の受信信号強度 R e c e i v e [n] を無線インターフェースモジュール 1 6 から受信し、その受信した複数の受信信号強度 R e c e i v e [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 M A X [n] と m 個の最大値 M A X [n] に対応する m 個の最小値 M I N [n] とからなる m 組の最大値 / 最小値 M A X [n] , M I N [n] を検出し、その検出した m 組の最大値 / 最小値 M A X [n] , M I N [n] を閾値導入モジュール 2 4 2 へ出力する。

【 0 0 7 9 】

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 1 1 に示すように、5 組以上の最大値 / 最小値 M A X [1] , M I N [1] ~ M A X [m] , M I N [m] を検出できれば、その 5 組以上の最大値 / 最小値 M A X [1] , M I N [1] ~ M A X [m] , M I N [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 W I t h を信頼性良く決定できるからである。

【 0 0 8 0 】

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 からの m 組の最大値 / 最小値 M A X [n] , M I N [n] に基づいて、後述する方法によって、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 0 8 1 】

テーブル作成モジュール 2 4 3 は、閾値導入モジュール 2 4 2 から閾値 W I t h を受けると、無線インターフェースモジュール 1 6 から受けた H e l l o パケットの受信信号強度 R e c e i v e [n] を閾値 W I t h と比較し、閾値 W I t h 以上の受信信号強度 R e c e i v e [n] を有する H e l l o パケットを抽出し、その抽出した H e l l o パケットに基づいて、図 6 に示すルーティングテーブル 2 1 を動的に作成する。

【 0 0 8 2 】

O L S R プロトコルに従ったルーティングテーブル 2 1 の作成について詳細に説明する。無線装置 3 1 ~ 4 3 は、ルーティングテーブル 2 1 を作成する場合、H e l l o メッセージおよび T C メッセージを送受信する。

【 0 0 8 3 】

H e l l o メッセージは、各無線装置 3 1 ~ 4 3 が有する情報の配信を目的として、定期的送信される。この H e l l o メッセージを受信することによって、各無線装置 3 1 ~ 4 3 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。

【 0 0 8 4 】

O L S R プロトコルにおいては、各無線装置 3 1 ~ 4 3 は、ローカルリンク情報を管理する。そして、H e l l o 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」、「M P R (

10

20

30

40

50

Multipoint Relay) 集合」、および「MPRセクタ集合」を含む。

【0085】

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。

【0086】

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。

【0087】

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。

【0088】

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。

【0089】

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。

【0090】

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。

【0091】

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。

【0092】

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経路を計算し、それに基づいて経路表を作成する。

【0093】

10

20

30

40

50

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。

【0094】

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。

10

【0095】

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。

【0096】

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。

【0097】

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。

20

【0098】

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。

30

【0099】

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]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。

40

50

【 0 1 0 0 】

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 1 0 1 】

図 9 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 1 0 2 】

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 1 0 3 】

そうすると、閾値導入モジュール 2 4 2 は、6 個の最大値 $D_MAX [0] \sim D_MAX [5]$ 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 1 0 4 】

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 1 0 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 1 0 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 1 0 5 】

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強度の最大値 / 最小値の組 $MAX [n]$, $MIN [n]$ をプロットすると、図 1 0 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 6 】

また、図 1 1 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 1 1 において、縦軸は、

10

20

30

40

50

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。

【0107】

図10から明らかなように、最大値は、無線装置の数が増え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11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。

【0108】

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組の最小値 $D_MIN(14)$ 、 $D_MIN(15)$ の平均値が閾値 $With$ として決定される。

【0109】

図11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。

【0110】

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。

【0111】

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。

【0112】

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。

【0113】

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。

【0114】

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12は、隣の無線装置に関する情報からなるネイバーリストを示す図である。また、図13は、他のネイバーリストを示す図である。更に、図14は、ネイバーリストおよびルーティングテーブルを示す図である。

【0115】

図12においては、図1に示す無線装置36が保持するネイバーリストが示され、図13においては、図1に示す無線装置32、35、37、38が保持するネイバーリストが示され、図14においては、図1に示す無線装置39、41が保持するネイバー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。

【0116】

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 $With$ 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。

【0117】

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 $Hello$ パケット $PKT1 \sim PKT6$ を UDP モジ

10

20

30

40

50

ール23から受け、その受けたHelloパケットPKT1~PKT6からそれぞれネイバリスト10B, 10C, 10D, 10E, 10F, 10Gを読み出す。

【0118】

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。

【0119】

また、テーブル作成モジュール243は、HelloパケットPKT1~PKT6を受信したときの受信信号強度Receive[32], Receive[35], Receive[38], Receive[37], Receive[39], Receive[41]を無線インターフェースモジュール16から受ける。

10

【0120】

そうすると、テーブル作成モジュール243は、受信信号強度Receive[32], Receive[35], Receive[38], Receive[37], Receive[39], Receive[41]の各々を閾値Withと比較し、受信信号強度Receive[32], Receive[35], Receive[38], Receive[37], Receive[39], Receive[41]の中から閾値With以上の受信信号強度を抽出する。

【0121】

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。

20

【0122】

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TC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14の(c)参照)。

【0123】

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。

30

【0124】

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。

40

【0125】

更に、テーブル作成モジュール243は、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。

【0126】

50

上述したように、閾値 $W I t h$ 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 $H e l l o$ 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。

【0127】

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。

【0128】

図 15 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。

【0129】

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 $H e l l o$ 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。

10

【0130】

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 $W I t h$ を決定する (ステップ S2)。

【0131】

そして、テーブル作成モジュール 243 は、閾値 $W I t h$ を閾値導入モジュール 242 から受け、その受けた閾値 $W I t h$ 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 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。

20

【0132】

図 16 は、図 15 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)、 $H e l l o$ パケットを UDP モジュール 23 から受信する (ステップ S12)。

【0133】

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 $H e l l o$ パケットを受信すると、その $H e l l o$ パケットを受信したときの受信信号強度 $R e c e i v e [k]_m$ 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。

30

【0134】

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 $R e c e i v e [k]_m$ を受け、無線装置 k から受信した $H e l l o$ パケットの受信信号強度 $R e c e i v e [k]_m$ を検出する (ステップ S13)。

【0135】

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 $R e c e i v e [k]_m$ を受信信号強度の最大値 $M A X [k]$ および最小値 $M I N [k]$ 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 $M A X [k]$ および最小値 $[k]$ を初期化する。

40

【0136】

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)、 $H e l l o$ 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 $H e l l o$ パケットの受信信号強度 $R e c e i v e [k]_{m+1}$ を検出する (ステップ S17)。

【0137】

そうすると、信号強度測定モジュール 241 は、受信信号強度 $R e c e i v e [k]_m$

50

$+_1$ が最大値 $MAX[k]$ よりも大きいかなかを判定し (ステップ S 1 8)、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 S 1 9)。

【0138】

一方、ステップ S 1 8 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 2 4 1 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 S 2 0)、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 S 2 1)。

10

【0139】

ステップ S 2 0 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 S 1 9 の後、またはステップ S 2 1 の後、信号強度測定モジュール 2 4 1 は、 m が max_num よりも小さいかなかを判定し (ステップ S 2 2)、 m が max_num よりも小さいとき、一連の動作は、ステップ S 1 5 へ移行する。そして、ステップ S 2 2 において、 m が max_num に到達するまで、上述したステップ S 1 5 ~ ステップ S 2 2 が繰り返し実行される。

【0140】

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。

20

【0141】

従って、ステップ S 2 2 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 S 1 5 ~ ステップ S 2 2 が繰り返し実行される。

【0142】

そして、ステップ S 2 2 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 2 4 1 は、 $k = n$ であるかなかを判定し (ステップ S 2 3)、 $k = n$ でないとき、 $k = k + 1$ を設定し (ステップ S 2 4)、その後、一連の動作は、ステップ S 1 1 へ移行する。そして、ステップ S 2 3 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 S 1 1 ~ ステップ S 2 4 が

30

【0143】

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 1 1 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。

【0144】

そして、ステップ S 2 3 において、 $k = n$ であると判定されると、一連の動作は、図 1 5 のステップ S 2 へ移行する。

40

【0145】

このように、図 1 6 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 2 4 1 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 $MAX[1]$, $MIN[1] \sim MAX[n]$, $MIN[n]$ を閾値導入モジュール 2 4 2 へ出力する。

【0146】

図 1 7 は、図 1 5 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

50

ある。

【0147】

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 $MAX[1]$, $MIN[1] \sim MAX[n]$, $MIN[n]$ を受け、n個の最大値 $MAX[1] \sim MAX[n]$ が大きい順序になるようにn組の最大値/最小値 $MAX[1]$, $MIN[1] \sim MAX[n]$, $MIN[n]$ を並べ替え(図9参照)、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 $D_MAX[1]$, $D_MIN[1] \sim D_MAX[n]$, $D_MIN[n]$ として設定する(ステップS31)。

【0148】

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)。

【0149】

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)。

【0150】

そして、一連の動作は、図15のステップS3へ移行する。

【0151】

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。

【0152】

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。

【0153】

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。

【0154】

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。

【0155】

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。

【0156】

10

20

30

40

50

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。

【0157】

図18は、図15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18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16に示すフローチャートと同じである。

10

【0158】

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16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16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。

20

【0159】

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。

【0160】

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。

30

【0161】

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_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が繰り返し実行される。

【0162】

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。

40

【0163】

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15に示すステップS2へ移行し、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 $MAX[1]$ 、 $MIN[1] \sim MAX[P]$ 、 $MIN[P]$ に基づいて閾値 $With$ が決定される。

【0164】

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

50

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。

【 0 1 6 5 】

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。

【 0 1 6 6 】

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。

【 0 1 6 7 】

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 $W I t h$ 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 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 $W I t h$ を決定する。

【 0 1 6 8 】

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 $W I t h$ を決定してもよい。

【 0 1 6 9 】

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 S 41)、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 42)。

【 0 1 7 0 】

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 241 は、図 16 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。

【 0 1 7 1 】

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 17 に示すフローチャートに従って閾値 $W I t h$ 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 (ステップ S 43)。

【 0 1 7 2 】

一方、ステップ S 42 において、隣の無線装置の個数 N が基準値 $N s t d$ よりも小さい

10

20

30

40

50

と判定されたとき、信号強度測定モジュール241は、図18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。

【0173】

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17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)。

【0174】

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。

10

【0175】

このように、図19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。

【0176】

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。

20

【0177】

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19に示すフローチャートと同じである。なお、図20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。

【0178】

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)。

30

【0179】

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16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17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

【0180】

その後、テーブル作成モジュール243は、閾値With3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S50)。

【0181】

一方、ステップS48において、個数Nが基準値Nstd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With2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S51)。その後、一連の動作は、ステップS48へ移行する。

50

【 0 1 8 2 】

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 3 1 ~ 4 3 のテーブル作成モジュール 2 4 3 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 2 1 を作成する（ステップ S 5 2）。

【 0 1 8 3 】

これにより、一連の動作が終了する。

【 0 1 8 4 】

図 2 0 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
10
テーブル 2 1 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 2 1 を作成する（ S 4 7 ~ S 5 2 参照）。

【 0 1 8 5 】

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。

【 0 1 8 6 】

なお、図 2 0 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 2 0 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 2 0 に示すフローチャートと同じである。

【 0 1 8 7 】

図 2 1 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 2 1 に示すフローチャートに従ってルーティングテーブル 2 1 が作成されてもよい。

【 0 1 8 8 】

図 2 1 に示すフローチャートは、図 2 0 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 2 0 に示すフローチャートと同じである。

【 0 1 8 9 】

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 2 4 1 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 2 4 1 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。

【 0 1 9 0 】

そして、信号強度測定モジュール 2 4 1 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、
40
テーブル作成モジュール 2 4 3 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 2 1 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 8 A へ移行する。

【 0 1 9 1 】

一方、ステップ S 4 9 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 2 4 1 および閾値導入モジュール 2 4 2 は、図 1 6 および図 1 7 に示すフローチャートに従って、または図 1 8 および図 1 7 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 5 1 A）。

【 0 1 9 2 】

10

20

30

40

50

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S52A)。これによって、一連の動作が終了する。

【0193】

図21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。

【0194】

図22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22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11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。

【0195】

図22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。

【0196】

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。

【0197】

閾値W I t hを導入することによって、安定した電波環境(パケットエラー率が殆ど0%である電波環境、図11参照)で無線通信が行なわれる。従って、各無線装置が異なるチャンネルで無線通信を行なえば、パケットエラー率が増加することはない。

【0198】

しかし、アドホックネットワークを構築するために使用される制御情報(=H e l l oパケット)のやり取りは、M A Cレベルで再送がないブロードキャストで行なわれる。そして、例えば、図1に示す無線装置36が無線装置32と無線装置39との間でパケットを中継する場合、無線装置32および無線装置39は、相互に相手を認識しないため、無線装置32および無線装置39が同じチャンネルで無線装置36へ同時にパケットを送信すると、無線装置32からのパケットと無線装置39からのパケットとが無線装置36において衝突し、無線装置36においてパケットロスが発生する。このような場合、無線装置32および無線装置39は、相互に隠れ端末の関係になる。

【0199】

隠れ端末の存在による制御情報(=H e l l oパケット)の損失具合についての実験結果について説明する。図23は、制御情報(=H e l l oパケット)の損失具合についての実験に用いた無線装置の配置図である。

【0200】

無線装置1~5は、無線装置1'~5'と、直接、無線通信を行なうことはできず、中継無線装置Rを介して無線装置1'~5'と無線通信を行なうことができる。そして、無線装置1~5が中継無線装置Rを経由して無線装置1'~5'と無線通信を行なうときのルーティングプロトコルとしてF S Rが用いられ、無線装置1~5, 1'~5'および中継無線装置Rは、5秒間隔で制御情報をブロードキャストで配信するものとする。また、

10

20

30

40

50

トラフィックは、VoIP (Voice over Internet Protocol) による双方向通信を想定し、1パケット当たり、400バイトの音声データを含み、50 msec 間隔で送信されるものとする。そして、このトラフィックを0セッションから5セッションまで増加させたときのFSRの制御パケットのロス率を計測した。

【0201】

表1は、トラフィックのパケットロス率、最大バースト長、送受信端末 (= 無線装置1~5, 1'~5') から中継無線装置Rへの制御パケットのロス率および中継無線装置Rから送受信端末 (= 無線装置1~5, 1'~5') への制御パケットのロス率を示す。

【0202】

【表1】

10

セッション数	平均PER	最大バースト長	Helloパケットの平均ロス率 (中継→送受信)	Helloパケットの平均ロス率 (送受信→中継)
0	---	---	0.6	6.7
1	0.7	100	0.0	16.5
2	0.6	101	1.4	17.5
3	2.3	900	0.4	19.1
4	3.1	1194	1.4	19.8
5	5.9	1500	1.5	26.9

20

【0203】

表1に示す結果から、送受信端末である無線装置1~5, 1'~5' から中継無線装置RへのHelloパケットのロス率が中継無線装置Rから無線装置1~5, 1'~5' へのHelloパケットのロス率よりも高くなっており、セッション数が増加するにつれて、Helloパケットのロス率も増加している。これは、隠れ端末の状態になっている無線装置1~5, 1'~5' からのパケットが中継無線装置Rにおいて衝突することによって発生していることを表す。

【0204】

30

また、VoIPのトラフィックのロス率は、Helloパケットのロス率に比べて小さくなっている。これは、VoIPのトラフィックは、MACレベルで再送のあるユニキャストで送信されるからである。

【0205】

更に、VoIPのトラフィックは、セッション数が増加するに従って、ロス率および最大バースト長が大きくなっている。これは、トラフィックの増加によって、ルーティングの制御情報のロスが増加し、経路構築が困難になっているためである。

【0206】

このように、隠れ端末が存在することによって、無線装置1~5, 1'~5' から中継無線装置RへのHelloパケットのロス率が大きくなる。また、セッション数の増加に伴って最大バースト長が大きくなる。

40

【0207】

従って、上述した方法によって閾値Withを決定し、その決定した閾値With以上の受信信号強度を有するHelloパケットに基づいてルーティングテーブル21を作成し、その作成したルーティングテーブル21に基づいてパケットの送受信を行なっている場合に、パケットを中継する中継無線装置Rが受信するパケットのパケットロス率がしきい値よりも大きくなると、隠れ端末が存在することになる。即ち、中継無線装置Rは、自己が受信するパケットのパケットロス率がしきい値よりも大きくなったことを検出することによって隠れ端末を検出できる。

【0208】

50

そこで、この発明においては、送信元と送信先との間でパケットを中継する中継無線装置は、自己が受信するパケットのパケットロス率がしきい値よりも大きくなると、送信元側および送信先側のいずれか一方で自己に隣接する無線装置を隠れ端末として検出する。そして、中継無線装置は、その検出した隠れ端末に対して、チャンネル変更要求 D c c h g を送信してチャンネルを変更するように要求する。そして、チャンネル変更要求 D c c h g を受信した隠れ端末は、自己がパケットの送受信に用いるチャンネルを変更する。

【0209】

これによって、送信元側および送信先側において中継無線装置に隣接する2つの無線装置が相互に隠れ端末の関係になるのが解消される。その結果、制御パケットのロス率が低減され、アドホックネットワークを構築可能である。

10

【0210】

図24は、この発明の実施の形態における通信制御方法を示すフローチャートである。なお、図24においては、無線装置36が無線装置32と無線装置39との間でパケットを中継する場合を例にして通信制御方法を説明する。

【0211】

一連の動作が開始されると、無線装置36の閾値導入モジュール242は、図16および図17に示すフローチャートに従って閾値 W I t h を決定し(ステップS61)、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。

【0212】

そして、無線装置36のテーブル作成モジュール243は、閾値 W I t h 以上の受信信号強度を有する H e l l o パケットを受信してルーティングテーブル21を作成する(ステップS62)。

20

【0213】

そうすると、無線装置36のIPモジュール20は、作成されたルーティングテーブル21に従って無線装置32と無線装置39との間でパケット(無線通信)を中継する(ステップS63)。

【0214】

そして、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 H e l l o パケットまたは無線装置39から受信した H e l l o パケットのパケットロス率 P E R _ R を検出する(ステップS64)。

30

【0215】

そうすると、無線装置36のIPモジュール20は、パケットロス率 P E R _ R がしきい値 P E R _ t h よりも大きいかな否かを判定する(ステップS65)。そして、パケットロス率 P E R _ R がしきい値 P E R _ t h 以下であるとき、隠れ端末が存在しないものとして、一連の動作は終了する。

【0216】

一方、パケットロス率 P E R _ R がしきい値 P E R _ t h よりも大きいとき、無線装置36(=中継無線装置)のIPモジュール20は、無線装置36(=中継無線装置)の送信元側および送信先側のいずれか一方において、無線装置36(=中継無線装置)に隣接する無線装置32(または無線装置39)を隠れ端末として検出する(ステップS66)。

40

【0217】

その後、無線装置36(=中継無線装置)のIPモジュール20は、信号 D h i d を生成し、その生成した信号 D h i d を無線インターフェースモジュール16の変復調手段162へ出力する。そして、無線装置36(=中継無線装置)の変復調手段162は、IPモジュール20から信号 D h i d を受けると、チャンネル変更要求 D c c h g を生成し、その生成したチャンネル変更要求 D c c h g を無線インターフェース1611~161kのいずれかおよびアンテナ11を介して無線装置32(または無線装置39)へ送信する。これによって、無線装置36(=中継無線装置)は、隠れ端末に対して、無線インターフェースを変えるように要求する(ステップS67)。

50

【 0 2 1 8 】

無線装置 3 2 (または無線装置 3 9) の変復調手段 1 6 2 は、チャンネル変更要求 D c c h g を受信し、その受信したチャンネル変更要求 D c c h g に応じて、無線インターフェースを変更してパケットを無線装置 3 6 へ送信する。より具体的には、無線装置 3 2 が無線装置 3 9 と同じ無線インターフェース 1 6 1 1 を使用している場合、無線装置 3 2 の変復調手段 1 6 2 は、チャンネル変更要求 D c c h g に応じて、例えば、無線インターフェースを無線インターフェース 1 6 1 1 から無線インターフェース 1 6 1 2 へ変更する。

【 0 2 1 9 】

これによって、無線装置 3 2 , 3 9 が H e l l o パケットを同時に無線装置 3 6 へ送信しても、H e l l o パケットのパケットロスが無線装置 3 6 において発生することはない。つまり、無線装置 3 2 , 3 9 が隠れ端末である状態が解消される。そして、一連の動作は終了する。

10

【 0 2 2 0 】

なお、図 2 4 に示すフローチャートのステップ S 6 1 においては、図 1 6 および図 1 7 に示すフローチャートに代えて図 1 8 および図 1 7 に示すフローチャートに従って閾値を決定するようにしてもよい。

【 0 2 2 1 】

図 2 4 に示すフローチャートにおいては、中継無線装置が受信するパケットのパケットロス率 P E R _ R がしきい値 P E R _ t h よりも大きいことを検出することによって隠れ端末の存在を検出することを説明したが、この発明においては、これに限らず、中継無線装置における受信品質が基準値よりも低いことを検出することによって、隠れ端末の存在を検出するようにしてもよい。

20

【 0 2 2 2 】

この場合、ステップ S 6 4 において、中継無線装置における受信品質が検出され、ステップ S 6 5 において、受信品質が基準値よりも低いかが判定される。

【 0 2 2 3 】

上述したように、この発明においては、安定した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有する経路を用いて無線通信を行なっている場合に、中継無線装置における受信品質が基準値よりも低いことを検出することによって隠れ端末が存在することを検出する。

30

【 0 2 2 4 】

従って、この発明によれば、無線ネットワークシステム 1 0 0 において隠れ端末を検出できる。

【 0 2 2 5 】

また、この発明においては、中継無線装置は、隠れ端末を検出すると、その検出した隠れ端末に対して、チャンネルを変えるように要求し、隠れ端末は、チャンネル変更要求に応じてチャンネルを変える。

【 0 2 2 6 】

従って、この発明によれば、ネットワークにおける隠れ端末の発生を抑制してネットワークを構築できる。

40

【 0 2 2 7 】

上記においては、n 組の最大値 / 最小値 M A X [1] , M I N [1] ~ 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] ~ M A X [P] , M I N [P]) を n 個の最大値 M A X [1] ~ M A X [n] (または P 個の最大値 M A X [1] ~ 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] ~ M A X [n] (または P 個の最大値 M A X [1] ~ 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] ~ 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] ~ 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] ~ D _ M A X [n]

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 $With$ として決定してもよい。

【0228】

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 $With$ 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 $With$ としてもよい。

10

【0229】

この場合、重み付け平均は、次式により演算される。

【0230】

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

・・・(1)

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

【0231】

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

【0232】

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 $With$ 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 $With$ 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

【0233】

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。

【0234】

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

【0235】

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 $With$ 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 $D_MIN[i]$ 、 $D_MIN[i+1]$ を両端とする範囲に含まれるように閾値 $With$ を決定してもよい。

【0236】

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

50

値 $W I t h$ 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。

【0237】

更に、上記においては、隠れ端末は、1個であると説明したが、この発明においては、隠れ端末は、複数であってもよい。この場合、中継無線装置は、複数の隠れ端末に対してチャンネル変更要求 $D c c h g$ を送信する。

【0238】

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。

【0239】

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。

【0240】

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。

【0241】

更に、 n 組の最大値/最小値 $M A X [1] , M I N [1] \sim M A X [n] , M I N [n]$ を n 組の最大値/最小値 $D _ M A X [1] , D _ M I N [1] \sim D _ M A X [n] , D _ M I N [n]$ に並べ替える閾値導入モジュール242、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 P 組の最大値/最小値 $D _ M A X [1] , D _ M I N [1] \sim D _ M A X [P] , D _ M I N [P]$ 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。

【0242】

更に、 n 組の最大値/最小値 $D _ M A X [1] , D _ M I N [1] \sim D _ M A X [n] , D _ M I N [n]$ または P 組の最大値/最小値 $D _ M A X [1] , D _ M I N [1] \sim D _ M A X [P] , D _ M I N [P]$ に基づいて閾値 $W I t h$ 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。

【0243】

更に、パケットロス率 $P E R _ R$ がしきい値 $P E R _ t h$ よりも大きいことを検出して隠れ端末を検出する $I P$ モジュール20または制御パケットの到着時間間隔 $T i n t$ が一定時間 $T c o n s t$ よりも長いことを検出して隠れ端末を検出する $U D P$ モジュール23は、「検出手段」を構成する。

【0244】

更に、無線インターフェース $1611 \sim 161j$ を用いてルーティングテーブル21に従って無線通信を行なう $I P$ モジュール20は、「通信手段」を構成する。

【0245】

更に、チャンネル変更要求 $D c c h g$ を送信する変復調手段162は、「要求手段」を構成する。

【0246】

更に、図24に示すステップ $S61 \sim$ ステップ $S66$ は、この発明による「隠れ端末の検出方法」を構成する。

【0247】

更に、図24に示すフローチャートは、この発明による「通信制御方法」を構成する。

【0248】

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】

【0249】

この発明は、ネットワークにおける隠れ端末を検出可能な無線装置に適用される。また、この発明は、ネットワークにおける隠れ端末の発生を抑制してネットワークを構築可能

10

20

30

40

50

な無線装置に適用される。更に、この発明は、ネットワークにおける隠れ端末を検出可能な隠れ端末の検出方法に適用される。更に、この発明は、ネットワークにおける隠れ端末の発生を抑制してネットワークを構築可能な通信制御方法に適用される。

【図面の簡単な説明】

【0250】

【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。

【図7】図2に示す無線インターフェースモジュールの機能ブロック図である。

【図8】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9】並べ替えの概念図である。

【図10】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11】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12】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13】他のネイバリストを示す図である。

【図14】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15】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。

【図16】図15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。

【図17】図15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。

【図18】図15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他のフローチャートである。

【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】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22】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23】制御情報(=Helloパケット)の損失具合についての実験に用いた無線装置の配置図である。

【図24】この発明の実施の形態における通信制御方法を示すフローチャートである。

【符号の説明】

【0251】

10, 10A, 10B, 10C, 10D, 10E, 10F, 10G, 10H, 10J, 10K, 10L, 10M, 10N, 10P ネイバリスト、11 アンテナ、12 入力部、13 出力部、14 ユーザアプリケーション、15 通信制御部、16 無線インターフェースモジュール、17 MACモジュール、18 パッファ、19 LLCモジュール、20 IPモジュール、21, 21A, 21B, 21C ルーティングテーブル、22 TCPモジュール、23 UDPモジュール、24 ルーティングデーモン、31~43 無線装置、51~63 アンテナ、100 無線ネットワークシステム、162 変復調手段、241 信号強度測定モジュール、242 閾値導入モジュール、243 テーブル作成モジュール、1611~161k 無線インターフェース。

10

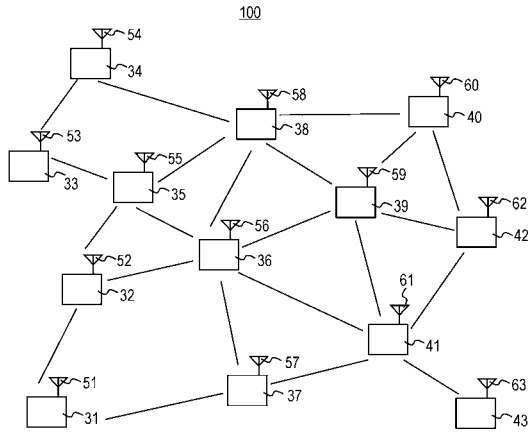
20

30

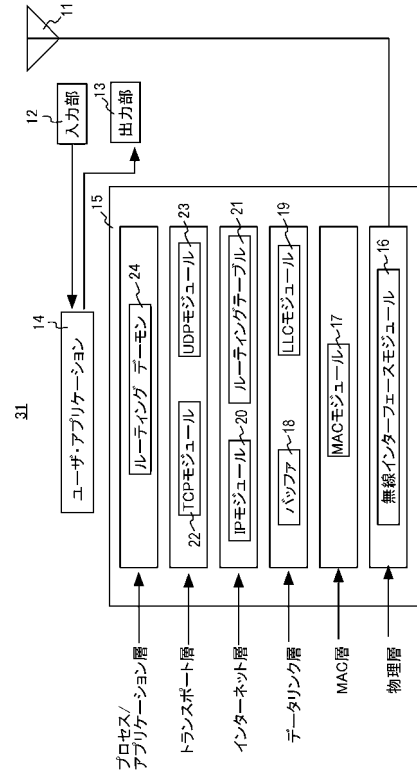
40

50

【図1】



【図2】



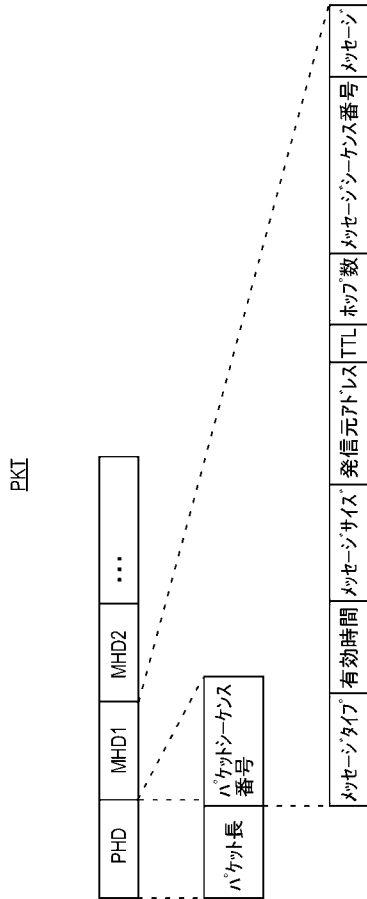
【図3】

バージョン (バージョン)	IHL (ヘッダ長)	Type of Service (サービスタイプ)	Total Length (パケット長)
Identification (識別番号)		Flags (フラグ)	Fragment Offset (フラグメントオフセット)
Time to Live (生存時間)	Protocol (プロトコル)	Header Checksum (ヘッダチェックサム)	
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)			

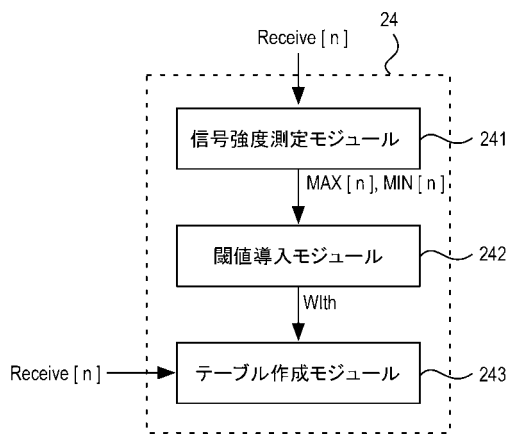
【図4】

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

【図5】



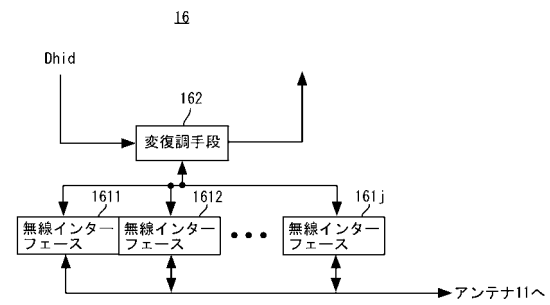
【図8】



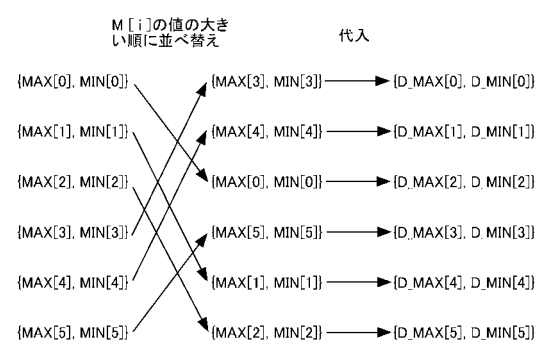
【図6】

送信先	次の無線装置	ホップ数
.....
.....
⋮	⋮	⋮

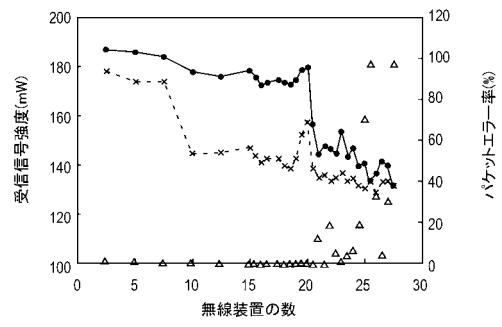
【図7】



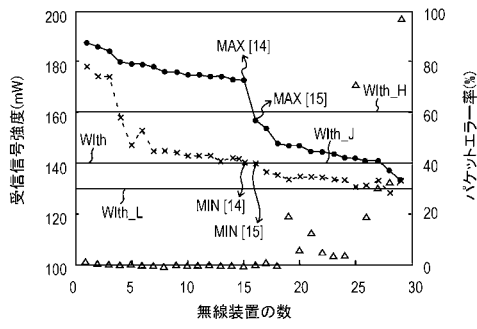
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

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13】

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14】

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

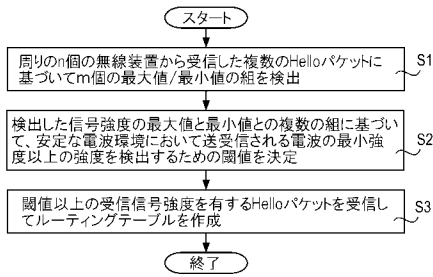
(b)

無線装置41のネイバリスト ^{21A}

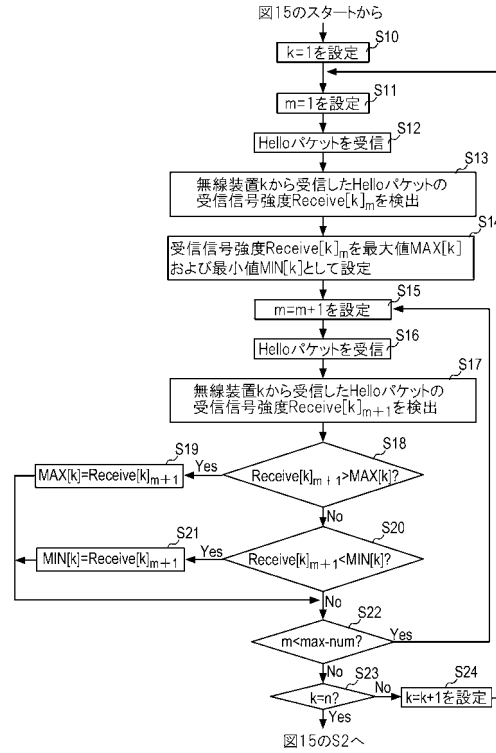
送信先	次の無線装置	ホップ数
40	39	2
42	39	2
43	41	2

(c)

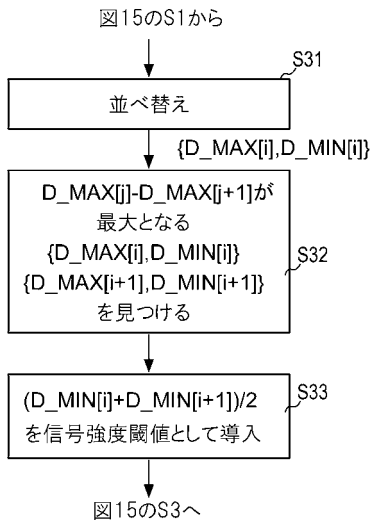
【図15】



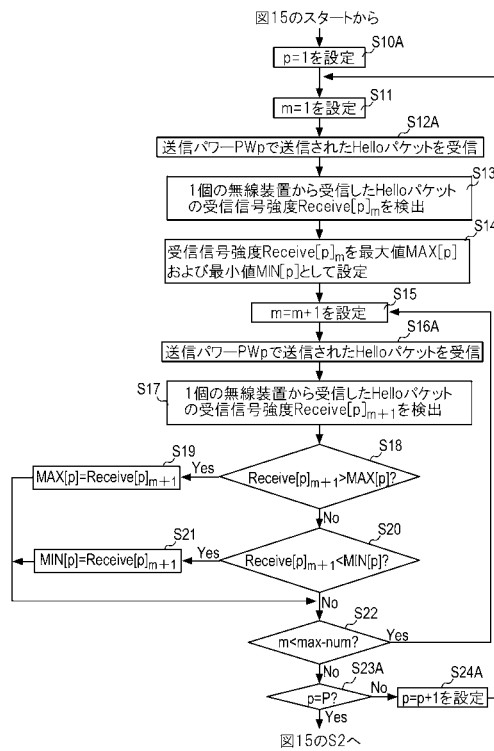
【図16】



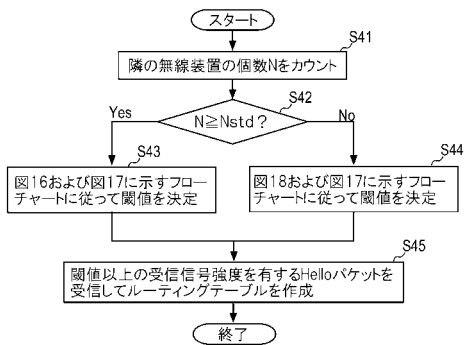
【図17】



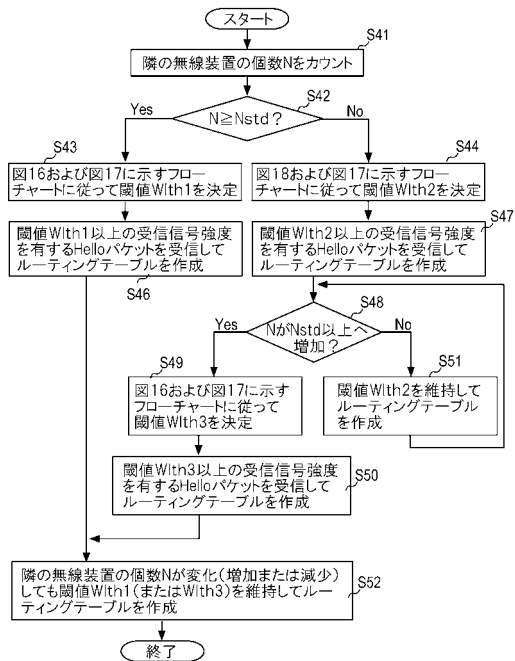
【図18】



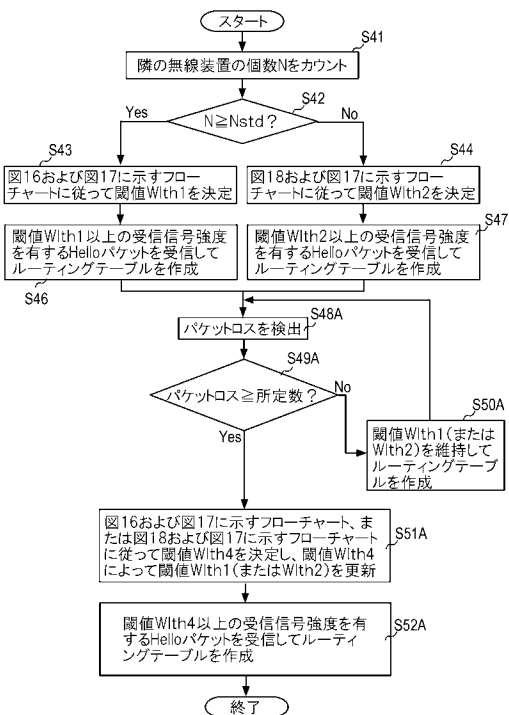
【図19】



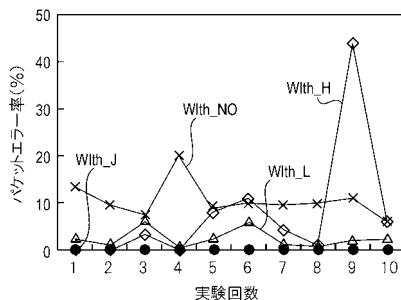
【図20】



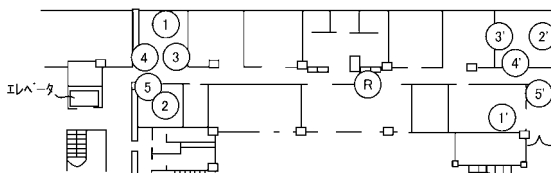
【図21】



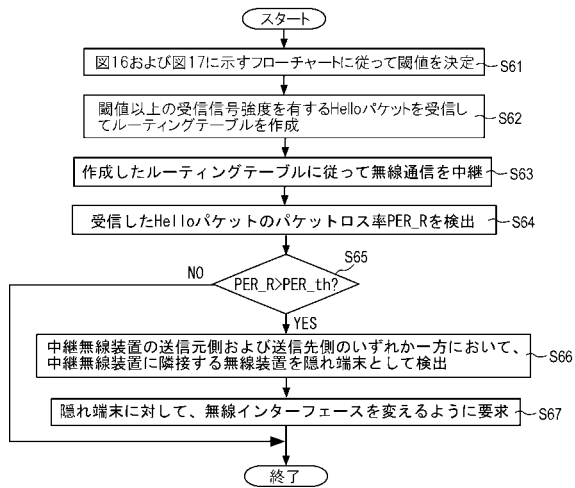
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

- (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 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 岩田 玲彦

- (56)参考文献 特開2006-005812(JP,A)
特開2005-252858(JP,A)
特開2004-200841(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H04W | 74/08 |
| H04W | 24/00 |
| H04W | 84/12 |