

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4874939号  
(P4874939)

(45) 発行日 平成24年2月15日 (2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月2日 (2011.12.2)

(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 11 (全 61 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-301926 (P2007-301926)                  (22) 出願日 平成19年11月21日 (2007.11.21)                  (65) 公開番号 特開2009-130517 (P2009-130517A)                  (43) 公開日 平成21年6月11日 (2009.6.11)                  審査請求日 平成20年12月18日 (2008.12.18)</p> <p>(出願人による申告) 平成19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、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願</p>	<p>(73) 特許権者 000232254                  日本電気通信システム株式会社                  東京都港区三田1丁目4番28号                  (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                  (74) 代理人 100112715                  弁理士 松山 隆夫                  (74) 復代理人 100174285                  弁理士 小宮山 聡                  (72) 発明者 伊藤 哲也                  東京都港区三田1丁目4番28号 日本電気通信システム株式会社内</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線装置およびそれを備えた無線ネットワーク

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

当該無線装置と当該無線装置に隣接する隣接無線装置との間に形成される無線リンクの経路評価を示すメトリックを決定する決定手段と、

送信先までの経路を決定するためのルーティングテーブルを更新する更新手段と、  
 前記ルーティングテーブルの更新時である第1のタイミングにおいて決定されたメトリックと、前記第1のタイミングよりも以前のルーティングテーブルの更新時である第2のタイミングにおいて決定されたメトリックとを平滑化する平滑手段と、

前記平滑手段によって平滑化されたメトリックを広告する通信手段と、  
 前記更新手段によって更新されたルーティングテーブルを用いて送信先までの経路を探索する経路探索手段とを備え、

前記更新手段は、前記平滑手段によって平滑化されたメトリックを用いてルーティングテーブルを更新する、無線装置。

【請求項2】

前記平滑手段は、実測されたn(nは2以上の整数)個のメトリックの平均を演算して前記メトリックを平滑化する、請求項1に記載の無線装置。

【請求項3】

前記平滑手段は、前記メトリックの変化幅がしきい値以下になるように前記メトリックを平滑化する、請求項1に記載の無線装置。

【請求項4】

10

20

前記決定手段は、当該無線装置から前記隣接無線装置へパケットを送信するときの第1の無線リンクにおける第1のメトリックと、前記隣接無線装置から当該無線装置へパケットを送信するときの第2の無線リンクにおける第2のメトリックとに基づいて、当該無線装置と前記隣接無線装置との間の無線リンクにおける双方向のメトリックを決定し、

前記平滑手段は、前記決定手段によって決定された前記双方向のメトリックを平滑化する、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5】

前記決定手段は、

前記第1の無線リンクにおける通信品質を決定する通信品質決定手段と、

前記通信品質決定手段による前記通信品質の決定に応じて前記第1のメトリックを決定するとともに、その決定した第1のメトリックと前記隣接無線装置から送信された前記第2のメトリックとに基づいて前記双方向のメトリックを決定するメトリック決定手段とを含む、請求項4に記載の無線装置。

10

【請求項6】

前記決定手段によって決定された前記双方向のメトリックを含む第1の制御パケットの送信間隔が経路情報の交換に用いる第2の制御パケットの送信周期以上になるように前記第1の制御パケットを広告する送信タイミングを調整する送信タイミング調整手段を更に備え、

前記通信手段は、前記送信タイミング調整手段によって調整された前記送信タイミングで前記双方向のメトリックを広告する、請求項4または請求項5に記載の無線装置。

20

【請求項7】

前記送信タイミング調整手段は、前記送信タイミングを前記双方向のメトリックの変動がしきい値以下になるタイミングに調整する、請求項6に記載の無線装置。

【請求項8】

前記平滑化されたメトリックを含む第1の制御パケットの送信間隔が経路情報の交換に用いる第2の制御パケットの送信周期以上になるように前記第1の制御パケットを広告する送信タイミングを調整する送信タイミング調整手段を更に備え、

前記通信手段は、前記送信タイミング調整手段によって調整されたタイミングで前記平滑化されたメトリックを広告する、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9】

前記送信タイミング調整手段は、前記送信タイミングを前記メトリックの変動がしきい値以下になるタイミングに調整する、請求項8に記載の無線装置。

【請求項10】

複数の無線装置間で更新タイミングの同期を取る更新タイミング同期手段をさらに備え、

前記更新手段は、前記更新タイミング同期手段によって同期された前記更新タイミングで前記ルーティングテーブルを更新する、請求項1から請求項9のいずれか1項に記載の無線装置。

【請求項11】

請求項1から請求項10のいずれか1項に記載の無線装置を備えた無線ネットワーク。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、無線装置およびそれを備えた無線ネットワークに関し、特に、自律的に構築される無線ネットワークに用いられる無線装置およびそれを備えた無線ネットワークに関するものである。

【背景技術】

【0002】

50

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】

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 (Optimize Link State Routing) および TBRPF (Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding) 等が知られている。

10

【0004】

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。

【0005】

そして、従来のアドホックネットワークにおいては、無線ネットワークのトポロジーを決定するメトリックは、伝送レートおよびパケットロス率等の通信品質によって決定されていた (非特許文献1, 2)。

20

【非特許文献1】Y. Yang, J. Wang, and R. Kravets, "Designing routing metrics for mesh networks," Proc. WiMesh '05, 2005.

【非特許文献2】"Joint SEE-Mesh/Wi-Mesh Proposal to 802.11 TGs", IEEE802.11-06/0328r0.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、IEEE 802.11 に代表される無線システムでは、マルチレート送信がサポートされており、レート制御のアルゴリズムによって伝送レートが動的に変化する上、無線リンクの通信品質は、無線通信環境に応じて刻々と変化する。

30

【0007】

そして、これらの変化するパラメータを即座に反映したメトリックを無線ネットワーク内で広告するように無線ルーティングプロトコルを構成すると、無線通信経路が安定せず、結果として良好な無線通信を行なうことができないという課題がある。つまり、無線ネットワークがメトリックの動的な変動によって不安定になるという課題がある。

【0008】

また、メトリックが動的に変化すると、無線リンクを形成する無線装置間でメトリックを矛盾なく広告することが困難であるという課題がある。更に、メトリックが動的に変化すると、無線リンクを形成する無線装置間で情報を伝達する時間差が発生し、メトリックを矛盾なく共有することが困難であるという課題がある。

40

【0009】

また、パケットロス率は、伝送レートによって異なるため、レート制御の結果、どのレートが採用されるかによってメトリックが変化する。つまり、無線装置Aと無線装置Bとによって構成される無線リンクA-Bにおいて、A-B方向の送信レートとB-A方向の送信レートとは、同じレートになるとは限らない。また、パケットロス率も、A-B方向とB-A方向とは異なる。

【0010】

従って、伝送レートおよびパケットロス率が動的に変化すると、隣接する無線装置間で

50

一意にメトリックを決定することが困難であるという問題がある。

【0011】

より具体的には、OLSRのようなホップバイホップのプロアクティブ型のルーティングプロトコルでは、無線装置からの最短経路を検索するため、最短経路長を求めるアルゴリズムとして、ダイクストラ法等が使用されている。

【0012】

更に、ホップバイホップのルーティングプロトコルでは、経路の重みであるメトリックは、等張性(Isotony)を満たさなければ、パケットを送信するための経路がループフリーになること、および経路の最適解が保証されないことが指摘されている(非特許文献2)。

10

【0013】

計算量、メモリの削減およびトラフィック量の削減の観点から、方向性を持った有効グラフではなく、方向性を意識しない無向グラフで最短経路を探索することが好ましい。

【0014】

しかし、非特許文献2に記載されたRA-OLSRのHelloメッセージおよびTC(Topology Control)メッセージは、1つの無線リンクに対して1つのメトリックのみしか広告できず、有向な(双方向の)情報を広告することができない。

【0015】

これらの制約から、双方向のうち、一方の片方向で評価した通信品質をメトリックとして広告し、無向グラフの最短経路長を求めるようにルーティングプロトコルを構成すると、等張性(Isotony)が満たされず、無線リンクのループが発生するという問題がある。

20

【0016】

更に、OLSRでは、MPR(Multi Point Relay)という独自の仕組みを使用して、フラディングの効率化を図っており、2ホップ以上にあたるリンク情報は、MPRとなった無線装置からトポロジセットとして広告される。

【0017】

しかし、MPRの決定アルゴリズムには、リンクのメトリックが対称であるという仮定が入っており、メトリックが非対称な無線リンクが存在する場合、最適なMPRとなることが保証されない上に、MPRとなった無線装置が広告するメトリックが必ずしも最良のメトリックとはならない。

30

【0018】

その結果、等張性(Isotony)が保証されず、ループフリーであること、および最小コストの経路を選択することを保証できないという問題がある。

【0019】

このように、従来のアドホックネットワークにおいては、上述した各種の問題によって、無線ネットワークが不安定になるという問題がある。

【0020】

そこで、この発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、無線ネットワークの安定化が可能な無線装置を提供することである。

40

【0021】

また、この発明の別の目的は、無線ネットワークの安定化が可能な無線装置を備えた無線ネットワークを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0022】

この発明によれば、無線装置は、平滑手段と、通信手段と、経路探索手段とを備える。平滑手段は、当該無線装置と当該無線装置に隣接する隣接無線装置との間に形成される無線リンクの経路評価を示すメトリックを平滑化する。通信手段は、平滑手段によって平滑化されたメトリックを広告する。経路探索手段は、平滑化されたメトリックを用いて送信先までの経路を探索する。

50

## 【 0 0 2 3 】

好ましくは、平滑手段は、実測された  $n$  ( $n$  は 2 以上の整数) 個のメトリックの平均を演算してメトリックを平滑化する。

## 【 0 0 2 4 】

好ましくは、平滑手段は、メトリックの変化幅がしきい値以下になるようにメトリックを平滑化する。

## 【 0 0 2 5 】

好ましくは、無線装置は、決定手段を更に備える。決定手段は、当該無線装置から隣接無線装置へパケットを送信するときの第 1 の無線リンクにおける第 1 のメトリックと、隣接無線装置から当該無線装置へパケットを送信するときの第 2 の無線リンクにおける第 2 のメトリックとに基づいて、当該無線装置と隣接無線装置との間の無線リンクにおける双方向のメトリックを決定する。そして、平滑手段は、決定手段によって決定された双方向のメトリックを平滑化する。

10

## 【 0 0 2 6 】

好ましくは、決定手段は、通信品質決定手段と、メトリック決定手段とを含む。通信品質決定手段は、第 1 の無線リンクにおける通信品質を決定する。メトリック決定手段は、通信品質決定手段による通信品質の決定に応じて第 1 のメトリックを決定するとともに、その決定した第 1 のメトリックと隣接無線装置から送信された第 2 のメトリックとに基づいて双方向のメトリックを決定する。

## 【 0 0 2 7 】

好ましくは、無線装置は、送信タイミング調整手段を更に備える。送信タイミング調整手段は、決定手段によって決定された双方向のメトリックを含む第 1 の制御パケットの送信間隔が経路情報の交換に用いる第 2 の制御パケットの送信周期以上になるように第 1 の制御パケットを広告する送信タイミングを調整する。そして、通信手段は、送信タイミング調整手段によって調整された送信タイミングで双方向のメトリックを広告する。

20

## 【 0 0 2 8 】

好ましくは、送信タイミング調整手段は、送信タイミングを双方向のメトリックの変動がしきい値以下になるタイミングに調整する。

## 【 0 0 2 9 】

好ましくは、無線装置は、更新タイミング同期手段と、更新手段とを更に備える。更新タイミング同期手段は、送信先までの経路を決定するためのルーティングテーブルを双方向のメトリックによって更新する更新タイミングの同期を複数の無線装置間で取る。更新手段は、更新タイミング同期手段によって同期された更新タイミングでルーティングテーブルを双方向のメトリックを用いて更新する。そして、経路探索手段は、更新手段によって更新されたルーティングテーブルを用いて送信先までの経路を決定する。

30

## 【 0 0 3 0 】

また、この発明によれば、無線装置は、決定手段と、送信タイミング調整手段と、通信手段と、経路探索手段とを備える。決定手段は、当該無線装置と当該無線装置に隣接する隣接無線装置との間に形成される無線リンクの経路評価を示すメトリックを決定する。送信タイミング調整手段は、決定手段によって決定された双方向のメトリックを含む第 1 の制御パケットの送信間隔が経路情報の交換に用いる第 2 の制御パケットの送信周期以上になるように第 1 の制御パケットを広告する送信タイミングを調整する。通信手段は、送信タイミング調整手段によって調整された送信タイミングでメトリックを広告する。経路探索手段は、メトリックを用いて送信先までの経路を探索する。

40

## 【 0 0 3 1 】

好ましくは、送信タイミング調整手段は、送信タイミングをメトリックの変動がしきい値以下になるタイミングに調整する。

## 【 0 0 3 2 】

好ましくは、決定手段は、当該無線装置から隣接無線装置へパケットを送信するときの第 1 の無線リンクにおける第 1 のメトリックと、隣接無線装置から当該無線装置へパケッ

50

トを送信するときの第2の無線リンクにおける第2のメトリックとに基づいて、当該無線装置と隣接無線装置との間の無線リンクにおける双方向のメトリックを決定する。通信手段は、送信タイミング調整手段によって調整された送信タイミングで双方向のメトリックを広告する。経路探索手段は、双方向のメトリックを用いて送信先までの経路を探索する。

【0033】

好ましくは、決定手段は、通信品質決定手段と、メトリック決定手段とを含む。通信品質決定手段は、第1の無線リンクにおける通信品質を決定する。メトリック決定手段は、通信品質決定手段による通信品質の決定に応じて第1のメトリックを決定するとともに、その決定した第1のメトリックと隣接無線装置から送信された第2のメトリックとに基づいて双方向のメトリックを決定する。

10

【0034】

好ましくは、無線装置は、平滑手段を更に備える。平滑手段は、双方向のメトリックを平滑化する。そして、通信手段は、平滑手段によって平滑化された双方向のメトリックを送信タイミングで広告する。また、経路探索手段は、平滑化された双方向のメトリックを用いて送信先までの経路を探索する。

【0035】

好ましくは、無線装置は、更新タイミング同期手段と、更新手段とを更に備える。更新タイミング同期手段は、送信先までの経路を決定するためのルーティングテーブルを決定手段によって決定された双方向のメトリックによって更新する更新タイミングの同期を複数の無線装置間で取る。更新手段は、更新タイミング同期手段によって同期された更新タイミングでルーティングテーブルを双方向のメトリックを用いて更新する。そして、経路探索手段は、更新手段によって更新されたルーティングテーブルを用いて送信先までの経路を探索する。

20

【0036】

更に、この発明によれば、無線装置は、決定手段と、更新タイミング同期手段と、更新手段と、経路探索手段とを備える。決定手段は、当該無線装置と当該無線装置に隣接する隣接無線装置との間に形成される無線リンクの経路評価を示すメトリックを決定する。更新タイミング同期手段は、送信先までの経路を決定するためのルーティングテーブルを決定手段によって決定されたメトリックによって更新する更新タイミングの同期を複数の無線装置間で取る。更新手段は、更新タイミング同期手段によって同期された更新タイミングでルーティングテーブルを決定手段によって決定されたメトリックを用いて更新する。経路探索手段は、更新手段によって更新されたルーティングテーブルを用いて送信先までの経路を探索する。

30

【0037】

好ましくは、無線装置は、送信タイミング調整手段と、通信手段とを更に備える。送信タイミング調整手段は、決定手段によって決定された双方向のメトリックを含む第1の制御パケットの送信間隔が経路情報の交換に用いる第2の制御パケットの送信周期以上になるように第1の制御パケットを広告する送信タイミングを調整する。通信手段は、送信タイミング調整手段によって調整された送信タイミングでメトリックを広告する。

40

【0038】

好ましくは、決定手段は、当該無線装置から隣接無線装置へパケットを送信するときの第1の無線リンクにおける第1のメトリックと、隣接無線装置から当該無線装置へパケットを送信するときの第2の無線リンクにおける第2のメトリックとに基づいて、当該無線装置と隣接無線装置との間の無線リンクにおける双方向のメトリックを決定する。更新手段は、更新タイミング同期手段によって同期された更新タイミングでルーティングテーブルを決定手段によって決定された双方向のメトリックを用いて更新する。

【0039】

好ましくは、決定手段は、通信品質決定手段と、メトリック決定手段とを含む。通信品質決定手段は、第1の無線リンクにおける通信品質を決定する。メトリック決定手段は、

50

通信品質決定手段による通信品質の決定に応じて第1のメトリックを決定するとともに、その決定した第1のメトリックと隣接無線装置から送信された第2のメトリックとに基づいて双方向のメトリックを決定する。

【0040】

好ましくは、無線装置は、平滑手段を更に備える。平滑手段は、双方向のメトリックを平滑化する。そして、通信手段は、平滑手段によって平滑化された双方向のメトリックを送信タイミング調整手段によって調整された送信タイミングで広告する。更新手段は、平滑手段によって平滑化された双方向のメトリックを用いてルーティングテーブルを更新する。

【0041】

更に、この発明によれば、無線ネットワークは、請求項1から請求項19のいずれか1項に記載の無線装置を備えた無線ネットワークである。

【発明の効果】

【0042】

この発明においては、隣接する2つの無線装置間で形成される無線リンクの経路評価を示すメトリックの変動幅を小さくし、その変動幅を小さくしたメトリックが無線ネットワーク内で広告されるとともに、その変動幅を小さくしたメトリックに基づいて送信先までの経路が探索される。その結果、無線ネットワーク全体において隣接する2つの無線装置間で形成される無線リンクのメトリックの変動幅が小さくなり、経路切替の回数が少なくなる。

【0043】

従って、この発明によれば、無線ネットワークを安定化できる。

【0044】

また、この発明においては、経路情報を含むメッセージを送信する際に格納するメトリック値の更新周期を、メッセージを送信する周期以上とする。その結果、無線ネットワーク内におけるメトリックの更新回数が減少し、ルーティングテーブル21の更新回数も減少し、経路切替も減少する。

【0045】

従って、この発明によれば、無線ネットワークを安定化できる。

【0046】

更に、この発明においては、隣接する2つの無線装置間で形成される無線リンクの経路評価を示すメトリックを用いて作成されたルーティングテーブルの更新タイミングが複数の無線装置間で同期され、その同期して更新されたルーティングテーブルを用いて送信先までの経路が探索される。その結果、等張性が保証され、パケットを送信先へ送信する経路がループフリーになり、送信先までの最適経路が保証される。

【0047】

従って、この発明によれば、無線ネットワークを安定化できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0048】

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。

【0049】

図1は、この発明の実施の形態による無線装置を備えた無線ネットワークの概略図である。無線ネットワーク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、無線ネットワークを自律的に構成している。アンテナ51~63は、それぞれ、無線装置31~43に装着される。

【0050】

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からのデータの中継して無線装置42へ届ける。

【0051】

10

20

30

40

50

この場合、無線装置 3 1 は、各種の経路を介して無線装置 4 2 との間で無線通信を行なうことができる。即ち、無線装置 3 1 は、無線装置 3 7 , 4 1 を介して無線装置 4 2 との間で無線通信を行なうことができ、無線装置 3 2 , 3 6 , 3 9 を介して無線装置 4 2 との間で無線通信を行なうこともでき、無線装置 3 2 , 3 5 , 3 8 , 4 0 を介して無線装置 4 2 との間で無線通信を行なうこともできる。

【 0 0 5 2 】

無線装置 3 7 , 4 1 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 3 2 , 3 6 , 3 9 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 3 2 , 3 5 , 3 8 , 4 0 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。

10

【 0 0 5 3 】

従って、無線装置 3 7 , 4 1 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 " と最も少なくなるので、無線装置 3 1 は、ホップ数が最も少ない無線装置 3 1 - 無線装置 3 7 無線装置 4 1 - 無線装置 4 2 からなる経路を介して無線装置 4 2 との間でマルチホップ無線通信を行なう。

【 0 0 5 4 】

しかし、このようなマルチホップ無線通信を行なう場合、無線通信環境の変化等によって、隣接する 2 つの無線装置間に形成される無線リンクの経路評価を示すメトリックが動的に変化し、結果として、マルチホップ無線通信の安定性が低下する。

【 0 0 5 5 】

そこで、以下においては、無線ネットワーク 1 0 0 において、無線通信経路が自律的に確立された場合に、その確立された無線通信経路を用いて安定したマルチホップ無線通信を行なう方法について説明する。

20

【 0 0 5 6 】

なお、以下においては、送信元と送信先との間で無線通信経路を確立するプロトコルとして O L S R プロトコルを用いる。この O L S R 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、H e l l o メッセージおよび T C メッセージを用いて経路情報を交換し、ルーティングテーブルを作成するプロトコルである。

【 0 0 5 7 】

[ 実施の形態 1 ]

図 2 は、図 1 に示す無線装置 3 1 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 3 1 は、アンテナ 1 1 と、入力部 1 2 と、出力部 1 3 と、ユーザアプリケーション 1 4 と、通信制御部 1 5 とを含む。

30

【 0 0 5 8 】

アンテナ 1 1 は、図 1 に示すアンテナ 5 1 ~ 6 3 の各々を構成する。そして、アンテナ 1 1 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 1 5 へ出力するとともに、通信制御部 1 5 からのデータを無線通信空間を介して他の無線装置へ送信する。

【 0 0 5 9 】

入力部 1 2 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 1 4 へ出力する。出力部 1 3 は、ユーザアプリケーション 1 4 からの制御に従ってメッセージを表示する。

40

【 0 0 6 0 】

ユーザアプリケーション 1 4 は、入力部 1 2 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 1 5 へ出力する。

【 0 0 6 1 】

通信制御部 1 5 は、A R P A ( A d v a n c e d R e s e a r c h P r o j e c t s A g e n c y ) 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 1 5 は、無線インターフェースモジュール 1 6 と、M A C ( M e d i a A c c e s s C o n t r o l ) モジュール 1 7 と、バッファ 1 8 と、L

50



LC (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。

【0062】

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 RSSI を検出し、その検出した受信信号強度 RSSI をルーティングデーモン 24 へ出力する。

【0063】

また、無線インターフェースモジュール 16 は、無線ネットワーク 100 全体のトポロジを示すトポロジ情報 TPIF をルーティングデーモン 24 から受ける。更に、無線インターフェースモジュール 16 は、各無線装置 31 ~ 43 が隣接する無線装置から Hello パケットを受信したときの平均受信信号強度 RSSI\_AVE をルーティングデーモン 24 から受ける。更に、無線インターフェースモジュール 16 は、MAC モジュール 17 からパケットロス率 PKT\_LOSS を受ける。そして、無線インターフェースモジュール 16 は、その受けたトポロジ情報 TPIF、平均受信信号強度 RSSI\_AVE、およびパケットロス率 PKT\_LOSS に基づいて、後述する方法によって、各無線区間における送信レート txRate を決定し、その決定した送信レート txRate を IP モジュール 20 へ出力する。そして、無線インターフェースモジュール 16 は、上位層からパケットを受けると、その受けたパケットを、その決定した送信レートで送信する。

【0064】

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。

【0065】

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 を介して広告する。また、MAC モジュール 17 は、バッファ 18 からパケットを取り出し、その取り出したパケットを IP モジュール 20 から受けた送信レートで送信する。更に、MAC モジュール 17 は、データ (パケット) の再送制御等を行なう。そして、MAC モジュール 17 は、ユニキャストによる再送率をパケットロス率 PKT\_LOSS として検出し、その検出したパケットロス率 PKT\_LOSS を無線インターフェースモジュール 16 およびルーティングデーモン 24 へ出力する。

【0066】

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

【0067】

IP モジュール 20 は、インターネット層に属し、ルーティングデーモン 24 からパケットロス率 PKT\_LOSS を受ける。そして、IP モジュール 20 は、その受けたパケットロス率 PKT\_LOSS に基づいて、無線装置 31 と無線装置 31 に隣接する無線装置 32, 37 との間に形成される無線リンクのメトリックを後述する方法によって決定する。

【0068】

また、IP モジュール 20 は、無線装置 31 と無線装置 31 に隣接する無線装置 32, 37 との間に形成される無線リンクに設定されたメトリックの過去の値を後述する方法によって平滑化し、その平滑化したメトリックをルーティングデーモン 24 へ出力する。

【0069】

更に、IP モジュール 20 は、マルチレートでパケットを送信するときの送信レートを MAC モジュール 17 へ送信する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 0 】

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

## 【 0 0 7 1 】

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

10

## 【 0 0 7 2 】

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。

## 【 0 0 7 3 】

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

## 【 0 0 7 4 】

UDPモジュール23は、トランスポート層に属し、ルーティングデーモン24によって作成された制御パケットを広告し、他の無線装置から広告された制御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。

20

## 【 0 0 7 5 】

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。

## 【 0 0 7 6 】

また、ルーティングデーモン24は、他の無線装置から受信したHelloパケットの経路情報に基づいて、最適な経路を算出してルーティングテーブル21をインターネット層に動的に作成する。

30

## 【 0 0 7 7 】

更に、ルーティングデーモン24は、平滑化したメトリックをIPモジュール20から受けると、その受けたメトリックによってルーティングテーブル21を更新する。

## 【 0 0 7 8 】

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。

## 【 0 0 7 9 】

図3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。

40

## 【 0 0 8 0 】

パケットヘッダPHD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PKTが新しいことを示す。

## 【 0 0 8 1 】

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

50

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。

【 0 0 8 2 】

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 ~ 1 2 7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 8 3 】

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

【 0 0 8 4 】

O L S Rプロトコルにおいては、各種のメッセージが図3に示す構成のパケットP K Tを用いて送受信される。

【 0 0 8 5 】

図4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I P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、次に送信すべき無線装置のI P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。

【 0 0 8 6 】

図5は、ネイバーリストN T B Lの構成を示す概略図である。ネイバーリストN T B Lは、自己のアドレスと、隣接無線装置のアドレスとを含む。自己のアドレスおよび隣接無線装置のアドレスは、相互に対応付けられる。“自己のアドレス”は、ネイバーリストN T B Lを作成する無線装置のI Pアドレスからなる。“隣接無線装置のアドレス”は、ネイバーリストN T B Lを作成する無線装置に隣接する無線装置のI Pアドレスからなる。

【 0 0 8 7 】

この発明においては、各無線装置31 ~ 43は、O L S Rプロトコルに従ってルーティングテーブル21を作成する。O L S R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、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 8 】

H e l l o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。

【 0 0 8 9 】

O L S R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、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

10

20

30

40

50

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集合」、および「MPRセクタ集合」を含む。

【0090】

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。

【0091】

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。

10

【0092】

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。

【0093】

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。

【0094】

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。

20

【0095】

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。

30

【0096】

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、自己を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。

【0097】

40

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100全体のトポロジーを用いて最短路を計算し、それに基づいて経路表を作成する。

50

## 【 0 0 9 8 】

なお、各無線装置 3 1 ~ 4 3 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。

## 【 0 0 9 9 】

各無線装置 3 1 ~ 4 3 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、無線ネットワーク 1 0 0 全体のトポロジを認識し、その認識した無線ネットワーク 1 0 0 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 4 に示すルーティングテーブル 2 1 を動的に作成する。

## 【 0 1 0 0 】

図 6 は、ネイバリストの例を示す図である。無線装置 3 2 , 3 7 は、自己のIPアドレスを含むHelloメッセージ = [ IP address 3 2 ] , [ IP address 3 7 ] を作成して送信し、無線装置 3 1 のルーティングデーモン 2 4 は、Helloメッセージ = [ IP address 3 2 ] およびHelloメッセージ = [ IP address 3 7 ] をそれぞれ無線装置 3 2 , 3 7 から直接受信する。

10

## 【 0 1 0 1 】

そして、無線装置 3 1 のルーティングデーモン 2 4 は、Helloメッセージ = [ IP address 3 2 ] およびHelloメッセージ = [ IP address 3 7 ] に基づいて、無線装置 3 1 におけるネイバリストNTBL\_3 1 を作成する(図 6 の ( a ) 参照)。

## 【 0 1 0 2 】

そうすると、無線装置 3 1 のルーティングデーモン 2 4 は、ネイバリストNTBL\_3 1 を含むHelloメッセージを作成して送信する。そして、無線装置 3 1 のルーティングデーモン 2 4 は、無線装置 3 1 にとってのMPRである無線装置のIPアドレスを含むTCメッセージを作成して無線ネットワーク 1 0 0 内でフラッディングする。

20

## 【 0 1 0 3 】

また、無線装置 3 2 は、上述した動作によって、ネイバリストNTBL\_3 2 (図 6 の ( b ) 参照)を作成し、その作成したネイバリストNTBL\_3 2 を含むHelloメッセージを作成して送信する。これにより、ネイバリストNTBL\_3 2 を含むHelloメッセージを受信した無線装置 3 1 のルーティングデーモン 2 4 は、無線装置 3 1 から 2 ホップの領域内にどのような無線装置が存在するかを知ることができる。そして、無線装置 3 2 は、無線装置 3 2 にとってのMPRである無線装置のIPアドレスを含むTCメッセージを作成して無線ネットワーク 1 0 0 内でフラッディングする。

30

## 【 0 1 0 4 】

更に、無線装置 3 6 は、上述した動作によって、ネイバリストNTBL\_3 6 (図 6 の ( c ) を参照)を作成し、その作成したネイバリストNTBL\_3 6 を含むHelloメッセージを作成して送信する。これにより、ネイバリストNTBL\_3 6 を含むHelloメッセージを受信した無線装置 3 2 のルーティングデーモン 2 4 は、無線装置 3 2 から 2 ホップの領域内にどのような無線装置が存在するかを知ることができる。そして、無線装置 3 6 は、無線装置 3 6 にとってのMPRである無線装置のIPアドレスを含むTCメッセージを作成して無線ネットワーク 1 0 0 内でフラッディングする。

40

## 【 0 1 0 5 】

さらに、他の無線装置 3 3 ~ 3 5 , 3 7 ~ 4 3 も、上述した動作によって、自己のネイバリストNTBL\_3 3 ~ NTBL\_3 5 , NTBL 3 7 ~ NTBL\_4 3 を作成し、その作成したネイバリストNTBL\_3 3 ~ NTBL\_3 5 , NTBL 3 7 ~ NTBL\_4 3 を含むHelloメッセージを作成して送信するとともに、自己にとってのMPRである無線装置のIPアドレスを含むTCメッセージを作成して無線ネットワーク 1 0 0 内でフラッディングする。

## 【 0 1 0 6 】

上述した動作によって、無線装置 3 1 は、自己から 2 ホップの領域内に存在する無線装置 3 5 , 3 6 , 4 1 を知るとともに、無線装置 3 2 ~ 4 3 にとってのMPRである無線装

50

置を知ることができる。

【0107】

図7は、トポロジー情報の概念図である。なお、図7に示すトポロジー情報TPIFは、無線ネットワーク100を構成する無線装置31～43の完全なトポロジーを示すものではなく、一部のトポロジーが欠けている。

【0108】

無線装置31において、ルーティングデーモン24は、無線装置31から2ホップの領域内に存在する無線装置35, 36, 41を知るとともに、無線装置32～43にとってのMPRである無線装置を知ることによって、無線ネットワーク100を構成する無線装置31～43のトポロジーを示すトポロジー情報TPIFを作成する。

10

【0109】

以下、各無線区間における送信レートtxRateを決定する方法について説明する。各無線区間における送信レートtxRateは、各無線区間を構成する無線装置へのデータ到達状況を用いて決定される。そして、この発明においては、データ到達状況は、平均受信信号強度RSSI\_AVEおよびパケットロス率PKT\_LOSSからなる。

【0110】

[送信レートの決定]

図8は、各無線区間におけるデータ到達状況を検出する方法を説明するための図である。

。

(1) データ到達状況の検出

20

無線装置32, 35, 37, 38, 39, 41は、自己から無線装置36へHelloパケットを送信するときのデータ到達状況(平均受信信号強度RSSI\_AVEおよびパケットロス率PKT\_LOSSからなる)を取得する場合、送信レートを複数の送信レートに切換えてHelloパケットを無線装置36へ送信する。より具体的には、無線装置32, 35, 37, 38, 39, 41のIPモジュール20は、Helloパケットを送信するときの送信レートとして複数の送信レートをMACモジュール17へ、順次、出力する。そして、無線装置32, 35, 37, 38, 39, 41のMACモジュール17は、IPモジュール20から受けた送信レートでHelloパケットを送信する。

【0111】

この場合、無線装置32, 35, 37, 38, 39, 41のIPモジュール20は、送信レートを次の3つの方式によって複数の送信レートに順次切換える。

30

【0112】

(MTH1)

方式MTH1は、送信レートを周期的に切換える方式である。即ち、方式MTH1では、送信レートは、・・・, 54Mbps, 6Mbps, 48Mbps, 9Mbps, 36Mbps, 12Mbps, 24Mbps, 18Mbps, 54Mbps, 6Mbps, 48Mbps, 9Mbps, 36Mbps, 12Mbps, 24Mbps, 18Mbps, ...の順で切換えられる。つまり、方式MTH1では、送信レートは、[54Mbps, 6Mbps, 48Mbps, 9Mbps, 36Mbps, 12Mbps, 24Mbps, 18Mbps]の周期で複数の送信レートに順次切換えられる。

40

【0113】

この方式MTH1を用いることによって、全送信レートにおけるパケットロス率PKT\_LOSSを比較的早く測定できるという利点がある。

【0114】

(MTH2)

方式MTH2は、ベースレートでの送信を定期的に混ぜる方式である。そして、ベースレートとしては、例えば、6Mbpsが用いられる。即ち、方式MTH2では、送信レートは、・・・, 54Mbps, 6Mbps, 48Mbps, 6Mbps, 36Mbps, 6Mbps, 24Mbps, 6Mbps, 18Mbps, 6Mbps, 12Mbps, 6Mbps, 9Mbps, 6Mbps, ...の順、または・・・, 54Mbps, 9Mbps

50

ps, 6Mbps, 48Mbps, 12Mbps, 6Mbps, 36Mbps, 18Mbps, 6Mbps, 24Mbps, 6Mbps, ... の順で切換えられる。つまり、方式MTH2では、送信レートは、ベースレート (= 6Mbps) よりも高い1個以上の送信レートでHelloパケットを送信した後、必ず、ベースレート (= 6Mbps) でHelloパケットが送信されるように複数の送信レートに順次切換えられる。

**【0115】**

この方式MTH2を用いることによって、ベースレート (= 6Mbps) でのHelloパケットの送信が定期的に現れるため、各無線区間の確立が安定するという利点がある。

**【0116】**

(MTH3)

方式MTH3は、徐々に高レートでの送信を混ぜる方式である。即ち、方式MTH3では、送信レートは、..., 6Mbps, 6Mbps, 6Mbps, ..., 6Mbps, 9Mbps, 6Mbps, ..., 6Mbps, 12Mbps, 6Mbps, 9Mbps, 6Mbps, ..., 6Mbps, 54Mbps, 6Mbps, 48Mbps, 6Mbps, 36Mbps, ..., 9Mbps, 6Mbps, ... の順で切換えられる。

**【0117】**

つまり、方式MTH3は、測定しているパケットロス率PKT\_LOSSによって送信レートを動的に変動させる。より具体的には、方式MTH3は、パケットロス率PKT\_LOSSが相対的に低いとき、高レートの送信レートを混ぜ、パケットロス率PKT\_LOSSが相対的に高いとき、低レートの送信レートを混ぜる。

**【0118】**

また、方式MTH3は、複数の無線装置が存在する場合、パケットロス率の平均値、中間値、最小値および最大値、または重要な無線区間(MPR集合の無線区間)の値等によって送信レートを動的に変化させる。そして、どれを採用するかは、システム特性によって決定され、それぞれの値を組み合わせることも可能である。

**【0119】**

この方式MTH3を用いることによって、各無線区間の確立が安定するとともに、必要最小限の送信レートにおけるパケットロス率PKT\_LOSSの測定が可能であるという利点がある。また、パケットロス率PKT\_LOSSの測定に用いるパケットの長さも変化させることによって、更に緻密な測定が可能であり、送信レートtxRateを更に正確に決定できるという利点がある。

**【0120】**

なお、使用可能な複数の送信レートは、用いる通信プロトコルによって決定される。そして、通信プロトコルとしてIEEE802.11aが用いられた場合、複数の送信レートは、6Mbps (= ベースレート), 9Mbps, 12Mbps, 18Mbps, 24Mbps, 36Mbps, 48Mbps, 54Mbpsからなる。また、通信プロトコルとしてIEEE802.11bが用いられた場合、複数の送信レートは、1Mbps (= ベースレート), 2Mbps, 5.5Mbps, 11Mbpsからなる。更に、通信プロトコルとしてIEEE802.11gが用いられた場合、複数の送信レートは、1Mbps (= ベースレート), 2Mbps, 5.5Mbps, 11Mbps, 6Mbps, 9Mbps, 12Mbps, 18Mbps, 24Mbps, 36Mbps, 48Mbps, 54Mbpsからなる。

**【0121】**

従って、無線装置32, 35, 37, 38, 39, 41のIPモジュール20は、送信レートを上述した3つの方式MTH1~MTH3のいずれかによって複数の送信レートに順次切換え、MACモジュール17は、その切換えられた送信レートでHelloパケットを定期的に送信する。

**【0122】**

そして、無線装置36の無線インターフェースモジュール16は、無線装置32, 35

10

20

30

40

50

、37、38、39、41からのHelloパケットを定期的に受信するとともに（図8の（a）参照）、Helloパケットの受信信号強度RSSI<sub>32</sub>、RSSI<sub>35</sub>、RSSI<sub>37</sub>、RSSI<sub>38</sub>、RSSI<sub>39</sub>、RSSI<sub>41</sub>を検出し、Helloパケットおよび受信信号強度RSSI<sub>32</sub>、RSSI<sub>35</sub>、RSSI<sub>37</sub>、RSSI<sub>38</sub>、RSSI<sub>39</sub>、RSSI<sub>41</sub>をルーティングデーモン24へ送信する。

【0123】

無線装置36のルーティングデーモン24は、無線インターフェースモジュール16からHelloパケットおよび受信信号強度RSSI<sub>32</sub>、RSSI<sub>35</sub>、RSSI<sub>37</sub>、RSSI<sub>38</sub>、RSSI<sub>39</sub>、RSSI<sub>41</sub>を受信する。そして、無線装置36のルーティングデーモン24は、一定期間内に受信した複数の受信信号強度RSSI<sub>32</sub>に基づいて、平均受信信号強度RSSI<sub>AVE32</sub>を演算する。同様に、無線装置36のルーティングデーモン24は、それぞれ、複数の受信信号強度RSSI<sub>35</sub>、複数の受信信号強度RSSI<sub>37</sub>、複数の受信信号強度RSSI<sub>38</sub>、複数の受信信号強度RSSI<sub>39</sub>、および複数の受信信号強度RSSI<sub>41</sub>に基づいて平均受信信号強度RSSI<sub>AVE35</sub>、RSSI<sub>AVE37</sub>、RSSI<sub>AVE38</sub>、RSSI<sub>AVE39</sub>、RSSI<sub>AVE41</sub>を演算する。

10

【0124】

また、無線装置36のルーティングデーモン24は、無線装置32、35、37、38、39、41から一定期間内に定期的に受信した複数のHelloパケットに基づいて、各送信レートにおける時間当たりのパケットロス率PKT<sub>LOSS32</sub>、PKT<sub>LOSS35</sub>、PKT<sub>LOSS37</sub>、PKT<sub>LOSS38</sub>、PKT<sub>LOSS39</sub>、PKT<sub>LOSS41</sub>を検出する。

20

【0125】

そうすると、無線装置36のルーティングデーモン24は、平均受信信号強度RSSI<sub>AVE32</sub>、RSSI<sub>AVE35</sub>、RSSI<sub>AVE37</sub>、RSSI<sub>AVE38</sub>、RSSI<sub>AVE39</sub>、RSSI<sub>AVE41</sub>と、各送信レートにおけるパケットロス率PKT<sub>LOSS32</sub>、PKT<sub>LOSS35</sub>、PKT<sub>LOSS37</sub>、PKT<sub>LOSS38</sub>、PKT<sub>LOSS39</sub>、PKT<sub>LOSS41</sub>と、無線装置32、35、37、38、39、41のIPアドレスと、無線装置36のIPアドレスを含むHelloパケットHELLOを作成して広告する。

30

【0126】

無線装置32のルーティングデーモン24は、無線装置36からHelloパケットHELLOを受信し、その受信したHelloパケットHELLOから平均受信信号強度RSSI<sub>AVE32</sub>および各送信レートにおけるパケットロス率PKT<sub>LOSS32</sub>を検出する。そして、無線装置32のルーティングデーモン24は、その検出した平均受信信号強度RSSI<sub>AVE32</sub>および各送信レートにおけるパケットロス率PKT<sub>LOSS32</sub>を無線インターフェースモジュール16へ出力するとともに、パケットロス率PKT<sub>LOSS32</sub>をIPモジュール20へ出力する。

【0127】

無線装置32の無線インターフェースモジュール16は、平均受信信号強度RSSI<sub>AVE32</sub>および各送信レートにおけるパケットロス率PKT<sub>LOSS32</sub>を取得する。

40

【0128】

無線装置35、37、38、39、41の無線インターフェースモジュール16も、同様に、それぞれ、平均受信信号強度RSSI<sub>AVE35</sub>および各送信レートにおけるパケットロス率PKT<sub>LOSS35</sub>、平均受信信号強度RSSI<sub>AVE37</sub>および各送信レートにおけるパケットロス率PKT<sub>LOSS37</sub>、平均受信信号強度RSSI<sub>AVE38</sub>および各送信レートにおけるパケットロス率PKT<sub>LOSS38</sub>、平均受信信号強度RSSI<sub>AVE39</sub>および各送信レートにおけるパケットロス率PKT<sub>LOSS39</sub>、および平均受信信号強度RSSI<sub>AVE41</sub>および各

50



送信レートにおけるパケットロス率  $P K T\_L O S S\_4 1$  を取得する（図 8 の（b）参照）。

【 0 1 2 9 】

なお、無線装置 3 1 , 3 3 , 3 4 , 4 0 , 4 2 , 4 3 も、無線装置 3 6 から広告された Hello パケット HELLO を受信するため、無線装置 3 1 , 3 3 , 3 4 , 4 0 , 4 2 , 4 3 の無線インターフェースモジュール 1 6 は、無線装置 3 2 , 3 5 , 3 7 , 3 8 , 3 9 , 4 1 から無線装置 3 6 へ Hello パケットを送信したときの平均受信信号強度  $R S S I\_A V E\_3 2$  および各送信レートにおけるパケットロス率  $P K T\_L O S S\_3 2$ 、平均受信信号強度  $R S S I\_A V E\_3 5$  および各送信レートにおけるパケットロス率  $P K T\_L O S S\_3 5$ 、平均受信信号強度  $R S S I\_A V E\_3 7$  および各送信レートにおけるパケットロス率  $P K T\_L O S S\_3 7$ 、平均受信信号強度  $R S S I\_A V E\_3 8$  および各送信レートにおけるパケットロス率  $P K T\_L O S S\_3 8$ 、平均受信信号強度  $R S S I\_A V E\_3 9$  および各送信レートにおけるパケットロス率  $P K T\_L O S S\_3 9$ 、および平均受信信号強度  $R S S I\_A V E\_4 1$  および各送信レートにおけるパケットロス率  $P K T\_L O S S\_4 1$  を取得する。

10

【 0 1 3 0 】

また、無線装置 3 1 , 3 3 , 3 4 , 3 6 , 4 0 , 4 2 , 4 3 の無線インターフェースモジュール 1 6 も、上述した動作によって、無線装置 3 1 , 3 3 , 3 4 , 3 6 , 4 0 , 4 2 , 4 3 から隣接する無線装置へのデータ到達状況（平均受信信号強度  $R S S I\_A V E$  および各送信レートにおけるパケットロス率  $P K T\_L O S S$  からなる）を取得するとともに、そのデータ到達状況は、無線ネットワーク 1 0 0 内で広告される。

20

【 0 1 3 1 】

これによって、無線ネットワーク 1 0 0 を構成する無線装置 3 1 ~ 4 3 の各々の無線インターフェースモジュール 1 6 は、無線ネットワーク 1 0 0 の全ての無線区間におけるデータ到達状況（平均受信信号強度  $R S S I\_A V E$  および各送信レートにおけるパケットロス率  $P K T\_L O S S$  からなる）を取得する。

【 0 1 3 2 】

（ 2 ）送信レート  $t x R a t e$  の決定

図 9 は、図 2 に示す無線インターフェースモジュール 1 6 に含まれる送信レート決定手段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 1 6 は、送信レート決定手段 1 6 0 を含む。そして、送信レート決定手段 1 6 0 は、レート決定手段 1 6 0 1 と、関係テーブル 1 6 0 2 とを含む。

30

【 0 1 3 3 】

レート決定手段 1 6 0 1 は、ルーティングデーモン 2 4 から無線ネットワーク 1 0 0 における全体の無線区間におけるデータ到達状況（= 平均受信信号強度  $R S S I\_A V E$  およびパケットロス率  $P K T\_L O S S$ ）およびトポロジー情報  $T P I F$  を受信し、データ到達状況（= 平均受信信号強度  $R S S I\_A V E$  およびパケットロス率  $P K T\_L O S S$ ）および関係テーブル 1 6 0 2 に基づいて、各無線区間における送信レート  $t x R a t e$  を決定する。

【 0 1 3 4 】

関係テーブル 1 6 0 2 は、平均受信信号強度  $R S S I\_A V E$  と基準送信レートとの関係を保持する。

40

【 0 1 3 5 】

図 1 0 は、図 9 に示す関係テーブル 1 6 0 2 の構成を示す図である。関係テーブル 1 6 0 2 は、平均受信信号強度  $R S S I\_A V E$  と、基準送信レートとからなる。そして、平均受信信号強度  $R S S I\_A V E$  および基準送信レートは、相互に対応付けられる。より具体的には、6 M b p s の基準送信レートは、- 8 5 d B よりも低い平均受信信号強度  $R S S I\_A V E$  に対応付けられる。また、9 M b p s , 1 2 M b p s , 1 8 M b p s , 2 4 M b p s , 3 6 M b p s , 4 8 M b p s , 5 4 M b p s の基準送信レートは、それぞれ、- 8 5 d B ~ - 8 2 d B , - 8 2 d B ~ - 8 0 d B , - 8 0 d B ~ - 7 8 d B , - 7 8

50

d B ~ - 7 5 d B , - 7 5 d B ~ - 7 2 d B , - 7 2 d B ~ - 6 5 d B , - 6 5 d B ~ の平均受信信号強度 R S S I \_ A V E に対応付けられる。

【 0 1 3 6 】

図 1 1 は、スループットと送信レートとの関係を示す図である。図 1 1 の ( a ) は、パケットサイズが 1 6 0 バイトであるときのスループットと送信レートとの関係を示し、図 1 1 の ( b ) は、パケットサイズが 5 0 0 バイトであるときのスループットと送信レートとの関係を示し、図 1 1 の ( c ) は、パケットサイズが 1 0 0 0 バイトであるときのスループットと送信レートとの関係を示し、図 1 1 の ( d ) は、パケットサイズが 1 5 0 0 バイトであるときのスループットと送信レートとの関係を示す。

【 0 1 3 7 】

そして、図 1 1 の ( a ) ~ 図 1 1 の ( d ) において、縦軸は、スループットを表し、横軸は、送信レートを表す。また、曲線 k 1 , k 4 , k 7 , k 1 0 は、パケットの再送がないときのスループットと送信レートとの関係を示し、曲線 k 2 , k 5 , k 8 , k 1 1 は、パケットの再送率が 2 0 % であるときのスループットと送信レートとの関係を示し、曲線 k 3 , k 6 , k 9 , k 1 2 は、パケットの再送率が 4 0 % であるときのスループットと送信レートとの関係を示す。

【 0 1 3 8 】

パケットサイズが 1 6 0 バイトである場合、送信レートがスループットに与える影響は小さく、パケットサイズが 5 0 0 バイト、1 0 0 0 バイトおよび 1 5 0 0 バイトと大きくなるに従って、送信レートがスループットに与える影響は大きくなる。

【 0 1 3 9 】

また、パケットサイズが 1 6 0 バイトである場合、パケットの再送を考慮したときのスループットがパケットの再送がないときのスループットよりも高くなるのは、1 2 M b p s の送信レートでパケットの再送がない場合に対して、1 8 M b p s 以上の送信レートで 2 0 % の再送がある場合、または 3 6 M b p s 以上の送信レートで 4 0 % の再送がある場合である ( 曲線 k 1 ~ k 3 参照 ) 。

【 0 1 4 0 】

一方、パケットサイズが 5 0 0 バイトである場合、パケットの再送を考慮したときのスループットがパケットの再送がないときのスループットよりも高くなるのは、1 2 M b p s の送信レートでパケットの再送がない場合に対して、1 8 M b p s 以上の送信レートで 2 0 % の再送がある場合、または 2 4 M b p s 以上の送信レートで 4 0 % の再送がある場合である ( 曲線 k 4 ~ k 6 参照 ) 。また、パケットサイズが 1 0 0 0 バイトである場合、パケットの再送を考慮したときのスループットがパケットの再送がないときのスループットよりも高くなるのは、1 2 M b p s の送信レートでパケットの再送がない場合に対して、1 8 M b p s 以上の送信レートで 2 0 % の再送がある場合、または 2 4 M b p s 以上の送信レートで 4 0 % の再送がある場合である ( 曲線 k 7 ~ k 9 参照 ) 。更に、パケットサイズが 1 5 0 0 バイトである場合、パケットの再送を考慮したときのスループットがパケットの再送がないときのスループットよりも高くなるのは、1 2 M b p s の送信レートでパケットの再送がない場合に対して、1 8 M b p s 以上の送信レートで 2 0 % の再送がある場合、または 2 4 M b p s 以上の送信レートで 4 0 % の再送がある場合である ( 曲線 k 1 0 ~ k 1 2 参照 ) 。

【 0 1 4 1 】

そして、パケットサイズが大きくなるに従って、パケットの再送の有無に拘わらず、スループットは、大きく向上する。

【 0 1 4 2 】

従って、パケットサイズが相対的に大きい場合には、送信レートを高くしてパケットを送信する方が有利であり、パケットサイズが相対的に小さい場合には、高い送信レートでの送信はパケットロスが大きくなるので送信レートを低くして送信する方が有利である。

【 0 1 4 3 】

レート決定手段 1 6 0 1 は、ルーティングデーモン 2 4 からトポロジー情報 T P I F 、

10

20

30

40

50

平均受信信号強度  $RSSI\_AVE$ 、および各送信レートにおけるパケットロス率  $PKT\_LOSS$  を受信する。また、レート決定手段 1601 は、図 11 に示す 4 個の関係図を保持している。

【0144】

図 12 は、送信レート  $txRate$  を決定する方法を説明するための図である。レート決定手段 1601 は、トポロジー情報  $TPIF$ 、平均受信信号強度  $RSSI\_AVE$  および各送信レートにおけるパケットロス率  $PKT\_LOSS$  を取得すると、関係テーブル 1602 を参照して、平均受信信号強度  $RSSI\_AVE$  に対応する基準送信レート  $txRate\_STD$  を検出する。この場合、レート決定手段 1601 は、例えば、48Mbps の基準送信レート  $txRate\_STD$  を検出するものとする。

10

【0145】

そして、レート決定手段 1601 は、その検出した基準送信レート  $txRate\_STD$  の付近において、送信レートとパケットロス率  $PKT\_LOSS$  との関係性をパケットサイズを考慮したスループットと送信レートとの関係（図 11 参照）にプロットする。この場合、レート決定手段 1601 は、例えば、36Mbps の送信レートと“0”のパケットロス率  $PKT\_LOSS$  との関係  $P1$ 、48Mbps の送信レートと“20%”のパケットロス率  $PKT\_LOSS$  との関係  $P2$ 、および 54Mbps の送信レートと“40%”のパケットロス率  $PKT\_LOSS$  との関係  $P3$  をプロットする。

【0146】

より具体的には、レート決定手段 1601 は、パケットサイズが 160 バイトである場合、36Mbps、48Mbps、54Mbps の送信レートとパケットロス率  $PKT\_LOSS$  との関係  $P1 \sim P3$  を図 11 の (a) に示すスループットと送信レートとの関係（曲線  $k1 \sim k3$  参照）にプロットする（図 12 の (a) 参照）。また、レート決定手段 1601 は、パケットサイズが 1500 バイトである場合、36Mbps、48Mbps、54Mbps の送信レートとパケットロス率  $PKT\_LOSS$  との関係  $P4 \sim P6$  を図 11 の (d) に示すスループットと送信レートとの関係（曲線  $k10 \sim k12$  参照）にプロットする（図 12 の (b) 参照）。なお、図 11 の (a) ~ (d) における再送率は、パケットロス率  $PKT\_LOSS$  を表すので、0% のパケットロス率  $PKT\_LOSS$ 、20% のパケットロス率  $PKT\_LOSS$  および 40% のパケットロス率  $PKT\_LOSS$  は、それぞれ、再送なし、20% の再送率および 40% の再送率に相当する。

20

30

【0147】

レート決定手段 1601 は、平均受信信号強度  $RSSI\_AVE$  に対応した基準送信レート  $txRate\_STD$  付近において、送信レートとパケットロス率  $PKT\_LOSS$  との関係性をプロットすると、そのプロットした関係から最大のスループットが得られる送信レートを送信レート  $txRate$  として決定する。より具体的には、レート決定手段 1601 は、パケットサイズが 160 バイトである場合、36Mbps の送信レートにおいて、パケットロス率  $PKT\_LOSS$  が“0”となり、スループットが最大になるので、36Mbps を送信レート  $txRate$  と決定する。また、レート決定手段 1601 は、パケットサイズが 1500 バイトである場合、48Mbps の送信レートにおいて、パケットロス率  $PKT\_LOSS$  が“20%”となり、スループットが最大になるので、48Mbps を送信レート  $txRate$  と決定する。

40

【0148】

また、平均受信信号強度  $RSSI\_AVE$  が -73dB であり、18Mbps、24Mbps、36Mbps、48Mbps、54Mbps の送信レートにおけるパケットロス率  $PKT\_LOSS$  が、それぞれ、0%、20%、20%、40%、40% である場合、-73dB の平均受信信号強度  $RSSI\_AVE$  に対応する基準送信レート  $txRate\_STD$  は、36Mbps となる（図 10 参照）。そして、基準送信レート  $txRate\_STD$  (= 36Mbps) 付近における送信レートとパケットロス率  $PKT\_LOSS$  との関係性を送信レートとスループットとの関係図にプロットすると、図 12 の (a)、(b) に示す「x」印のようになる。

50

## 【0149】

その結果、パケットサイズが160バイトである場合、18Mbps, 36Mbps, 54Mbpsの送信レートで、スループットが約5Mbpsとなる。従って、パケットサイズが160バイトである場合、スループットに大差がないので、送信レート  $t \times R a t e$  を18Mbpsに決定する。

## 【0150】

一方、パケットサイズが1500バイトである場合、18Mbpsの送信レートで、スループットが14Mbpsとなり、36Mbpsの送信レートで、スループットが20Mbpsとなり、54Mbpsの送信レートで、スループットが22Mbpsとなる。

## 【0151】

その結果、54Mbpsの送信レートで送信すると、スループットが最大となるので、パケットロス率  $P K T \_ L O S S$  が40%と高いにも拘わらず、54Mbpsの送信レートを送信レート  $t \times R a t e$  と決定する。

## 【0152】

このように、パケットサイズが大きい場合、パケットロス率  $P K T \_ L O S S$  が高くても、送信レートが高い方がスループットが高くなるので、相対的に高い送信レートを送信レート  $t \times R a t e$  として決定する。

## 【0153】

なお、レート決定手段1601は、パケットサイズが500バイトおよび1000バイトである場合、平均受信信号強度  $R S S I \_ A V E$  に対応する基準送信レート  $t \times R a t e \_ S T D$  付近における送信レートとパケットロス率  $P K T \_ L O S S$  との関係を図11の(b), (c)に示すスループットと送信レートとの関係(曲線  $k 4 \sim k 6$ ,  $k 7 \sim k 9$ )に追加し、上述した方法によって、各無線区間における送信レート  $t \times R a t e$  を決定する。

## 【0154】

[メトリックの平滑化]

図13は、メトリックの平滑化に関連する機能を示す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、送信レート決定手段160と、送受信手段161とを含む。

## 【0155】

また、IPモジュール20は、メトリック決定手段201と、平滑手段202と、経路探索手段203と、通信手段204とを含む。

## 【0156】

更に、ルーティングデーモン24は、更新手段241と、メッセージ作成手段242とを含む。

## 【0157】

送信レート決定手段160は、上述した方法によって送信レートを決定し、その決定した送信レートを送受信手段161およびメトリック決定手段201へ出力する。

## 【0158】

送受信手段161は、送信レート決定手段160から送信レートを受け、通信手段204からパケット(Helloメッセージを含む)を受ける。そして、送受信手段161は、その受けたパケットを送信レート決定手段160から受けた送信レートで送信するとともに、他の無線装置からパケットを受信し、その受信したパケットを通信手段204へ出力する。

## 【0159】

メトリック決定手段201は、送信レート決定手段160から送信レートBを受け、各送信レートにおけるパケットロス率  $P K T \_ L O S S$  をルーティングデーモン24から受ける。そして、メトリック決定手段201は、その受けた送信レートBにおけるパケットロス率  $P K T \_ L O S S$  を検出し、その検出したパケットロス率  $P K T \_ L O S S$  を次式のpに代入してETXを演算する。

10

20

30

40

50

【 0 1 6 0 】

【 数 1 】

$$ETX = \frac{1}{1-p} \cdots (1)$$

【 0 1 6 1 】

その後、メトリック決定手段 2 0 1 は、式 ( 1 ) を用いて演算した E T X と、パケットサイズ S と、送信レート B とを次式に代入してメトリック m を演算する。

【 0 1 6 2 】

【 数 2 】

$$m = \frac{S}{B} \times ETX \cdots (2)$$

10

【 0 1 6 3 】

そうすると、メトリック決定手段 2 0 1 は、その演算したメトリック m を平滑手段 2 0 2 へ出力する。

【 0 1 6 4 】

平滑手段 2 0 2 は、メトリック決定手段 2 0 1 からメトリック m を順次受け、その順次受けたメトリック m を一定個数 n ( n は 2 以上の整数 ) だけ保持する。より具体的には、平滑手段 2 0 2 は、 n 個のメトリック  $m_1 \sim m_n$  を保持している場合に、新たなメトリック  $m_{n+1}$  をメトリック決定手段 2 0 1 から受けると、最も古いメトリック  $m_1$  を破棄し、 n 個のメトリック  $m_2 \sim m_{n+1}$  を保持する。なお、 n の値は、無線ネットワーク 1 0 0 の特性に応じて決定される。

20

【 0 1 6 5 】

そして、平滑手段 2 0 2 は、次の平滑化方法 H M T D 1 ~ H M T D 3 のいずれかを用いて n 個のメトリック  $m_1 \sim m_n$  を平滑化し、その平滑化したメトリック  $M_i$  を得る。

【 0 1 6 6 】

( H M T D 1 )

平滑手段 2 0 2 は、平滑化方法 H M T D 1 を用いて n 個のメトリック  $m_{i-(n-1)} \sim m_i$  を平滑化する場合、 n 個のメトリック  $m_{i-(n-1)} \sim m_i$  を次式に代入して平滑化し、メトリック  $M_i$  を得る。

30

【 0 1 6 7 】

【 数 3 】

$$M_i = \frac{m_i + m_{i-1} + m_{i-2} + \Lambda + m_{i-(n-1)}}{n} \cdots (3)$$

【 0 1 6 8 】

つまり、平滑手段 2 0 2 は、 n 個のメトリック  $m_{i-(n-1)} \sim m_i$  の平均を演算してメトリック  $M_i$  を得る。

【 0 1 6 9 】

( H M T D 2 )

平滑手段 2 0 2 は、平滑化方法 H M T D 2 を用いて n 個のメトリック  $m_{i-(n-1)} \sim m_i$  を平滑化する場合、 n 個のメトリック  $m_{i-(n-1)} \sim m_i$  と、重み  $w_0 \sim w_{n-1}$  とを次式に代入して n 個のメトリック  $m_{i-(n-1)} \sim m_i$  を平滑化し、メトリック  $M_i$  を得る。

40

【 0 1 7 0 】

【数 4】

$$M_i = \frac{w_0 \cdot m_i + w_1 \cdot m_{i-1} + w_2 \cdot m_{i-2} + \Lambda + w_{n-1} \cdot m_{i-(n-1)}}{n} \left. \vphantom{M_i} \right\} \cdot \cdot \cdot (4)$$

$$\sum w = 1$$

【0171】

式(4)において、重み  $w_0 \sim w_{n-1}$  は、無線ネットワーク 100 の特性に応じて決定される。

【0172】

より具体的には、重み  $w_0 \sim w_{n-1}$  は、相対的に古いメトリックに対しては、相対的に大きくなるように決定される。この場合、ゆらぎに強いメトリック  $M_i$  が得られる。

10

【0173】

また、重み  $w_0 \sim w_{n-1}$  は、相対的に新しいメトリックに対しては、相対的に大きくなるように決定される。この場合、経路の変化に敏感なメトリック  $M_i$  が得られる。

【0174】

更に、重み  $w_0 \sim w_{n-1}$  は、経路の切替回数が少ない時間帯には、大きくなるように決定される。この場合、経路が安定する。

【0175】

(HMTD3)

平滑手段 202 は、平滑化方法 HMTD3 を用いてメトリック  $m_i$  を平滑化する場合、次式によってメトリック  $m_i$  を平滑化し、メトリック  $M_i$  を得る。

20

【0176】

【数 5】

$$\left. \begin{aligned} |m_i - m_{i-1}| > d \quad \cap \quad m_i - m_{i-1} > 0 &\Rightarrow m_i = m_{i-1} + d, M = m_i \\ |m_i - m_{i-1}| > d \quad \cap \quad m_i - m_{i-1} < 0 &\Rightarrow m_i = m_{i-1} - d, M = m_i \end{aligned} \right\} \cdot \cdot \cdot (5)$$

【0177】

即ち、平滑手段 202 は、変動がしきい値  $d$  以下になるようにメトリック  $m_i$  を平滑化する。

30

【0178】

例えば、平滑手段 202 は、しきい値  $d$  を“3”とし、メトリックの実測値が 2, 2, 2, 7 である場合、“2”から“7”への変動幅が“5”であり、変動幅がしきい値  $d$  である“3”よりも大きいので、“7”に代えて“5”(= 2 + 3)をメトリック  $M_i$  とする。

【0179】

また、平滑手段 202 は、しきい値  $d$  を“3”とし、メトリックの実測値が 7, 7, 7, 1 である場合、“7”から“1”への変動幅が“6”であり、変動幅がしきい値  $d$  である“3”よりも大きいので、“1”に代えて“4”(= 7 - 3)をメトリック  $M_i$  とする。

40

【0180】

なお、平滑手段 202 は、メトリック  $m_i$  の変動幅がしきい値  $d$  を連続して超える場合、しきい値  $d$  を動的に変化させてもよい。例えば、平滑手段 202 は、しきい値  $d$  を“3”とした場合に、メトリック  $m_i$  の変動幅がしきい値  $d$  (= 3) を連続して 3 回超えると、次回からしきい値  $d$  を“6”とする。

【0181】

平滑手段 202 は、メトリック決定手段 201 から受けたメトリック  $m_i$  を上述した平滑化方法 HMTD1 ~ HMTD3 のいずれかの平滑化方法を用いて平滑化し、その平滑化したメトリック  $M_i$  を更新手段 241 およびメッセージ作成手段 242 へ出力する。

50

## 【 0 1 8 2 】

経路探索手段 2 0 3 は、通信手段 2 0 4 からの要求に応じて、送信先までの経路をルーティングテーブル 2 1 を参照して探索し、その探索した経路を通信手段 2 0 4 へ出力する。

## 【 0 1 8 3 】

通信手段 2 0 4 は、メッセージ作成手段 2 4 2 から Hello メッセージを受けると、送信先を “ B R O D C A S T ” に設定し、Hello メッセージをデータ部に格納したパケットを作成し、その作成したパケットを送受信手段 1 6 1 を介して広告する。

## 【 0 1 8 4 】

また、通信手段 2 0 4 は、他の無線装置から送信された Hello メッセージを送受信手段 1 6 1 から受けると、その受けた Hello メッセージに含まれるメトリック  $M_i$  \_ E X (他の無線装置において平滑化されたメトリック) を取り出し、その取り出したメトリック  $M_i$  \_ E X を更新手段 2 4 1 およびメッセージ作成手段 2 4 2 へ出力する。

## 【 0 1 8 5 】

更に、通信手段 2 0 4 は、送信先へ送信するためのデータをメッセージ作成手段 2 4 2 から受けると、その受けたデータをデータ部に格納してパケットを作成するとともに、その作成したパケットを送信先へ送信するための経路の探索を経路探索手段 2 0 3 へ要求する。そして、通信手段 2 0 4 は、経路探索手段 2 0 3 から経路を受けると、その受けた経路に沿ってパケットを送信する。

## 【 0 1 8 6 】

更新手段 2 4 1 は、平滑化されたメトリック  $M_i$  を平滑手段 2 0 2 から受けたとき、または平滑化されたメトリック  $M_i$  \_ E X を通信手段 2 0 4 から受けたとき、その受けたメトリック  $M_i$  または  $M_i$  \_ E X を用いてルーティングテーブル 2 1 を更新する。

## 【 0 1 8 7 】

メッセージ作成手段 2 4 2 は、平滑化されたメトリック  $M_i$  を平滑手段 2 0 2 から受けたとき、または平滑化されたメトリック  $M_i$  \_ E X を通信手段 2 0 4 から受けたとき、その受けたメトリック  $M_i$  または  $M_i$  \_ E X を含む Hello メッセージを一定周期 T 1 (例えば、2 秒周期) で作成して通信手段 2 0 4 へ出力する。

## 【 0 1 8 8 】

図 1 4 は、実施の形態 1 における通信方法を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、各無線装置 3 1 ~ 4 3 の送信レート決定手段 1 6 0 は、データ到達状況 (= 平均受信信号強度 R S S I \_ A V E + パケットロス率 P K T \_ L O S S ) に基づいて、上述した方法によって、当該無線装置と当該無線装置に隣接する隣接無線装置との間に形成される無線リンクにおける送信レートを決定する (ステップ S 1 )。

## 【 0 1 8 9 】

そして、各無線装置 3 1 ~ 4 3 の送信レート決定手段 1 6 0 は、その決定した送信レートを送受信手段 1 6 1 およびメトリック決定手段 2 0 1 へ出力する。

## 【 0 1 9 0 】

各無線装置 3 1 ~ 4 3 のメトリック決定手段 2 0 1 は、送信レート決定手段 1 6 0 から受けた送信レートと、ルーティングデーモン 2 4 から受けたパケットロス率 P K T \_ L O S S とに基づいて、上述した方法によって、隣接無線装置との間における無線リンクのメトリック  $m_i$  を決定し (ステップ S 2 )、その決定したメトリック  $m_i$  を平滑手段 2 0 2 へ出力する。つまり、メトリック決定手段 2 0 1 は、送信レート決定手段 1 6 0 における送信レートの決定に連動してメトリック  $m_i$  を決定する。

## 【 0 1 9 1 】

そして、各無線装置 3 1 ~ 4 3 の平滑手段 2 0 2 は、メトリック決定手段 2 0 1 から受けたメトリック  $m_i$  を上述した方法によって平滑化し (ステップ S 3 )、その平滑化したメトリック  $M_i$  を更新手段 2 4 1 およびメッセージ作成手段 2 4 2 へ出力する。

## 【 0 1 9 2 】

各無線装置 3 1 ~ 4 3 の更新手段 2 4 1 は、平滑手段 2 0 2 から受けたメトリック  $M_i$

10

20

30

40

50

によってルーティングテーブル 21 を更新する (ステップ S4)。

【0193】

また、各無線装置 31 ~ 43 のメッセージ作成手段 242 は、平滑手段 202 から受けたメトリック  $M_i$  を含む Hello メッセージを一定周期  $T1$  (= 2 秒周期) で作成し、その作成した Hello メッセージを通信手段 204 へ出力する。

【0194】

そして、各無線装置 31 ~ 43 の通信手段 204 は、メッセージ作成手段 242 から Hello メッセージを受けると、“BROADCAST” を送信先に設定し、Hello メッセージをデータ部に格納してパケットを作成し、その作成したパケットを送受信手段 161 へ出力する。

10

【0195】

各無線装置 31 ~ 43 の送受信手段 161 は、通信手段 204 から受けたパケットを送信レート決定手段 160 から受けた送信レートで送信する。これによって、平滑化されたメトリック  $M_i$  は、定期的に広告される (ステップ S5)。

【0196】

その後、各無線装置 31 ~ 43 の通信手段 204 は、送信先へ送信するためのデータをメッセージ作成手段 242 から受けると、その受けたデータをデータ部に格納してパケットを作成し、その作成したパケットを送信先へ送信するための経路探索を経路探索手段 203 へ要求する。

【0197】

各無線装置 31 ~ 43 の経路探索手段 203 は、通信手段 204 からの要求に応じて、更新されたルーティングテーブル 21 を参照して、パケットを送信先へ送信するための経路を探索し (ステップ S6)、その探索した経路を通信手段 204 へ出力する。そして、各無線装置 31 ~ 43 の通信手段 204 は、経路探索手段 203 によって探索された経路に沿ってパケットを送信先へ送信する (ステップ S7)。これによって、一連の動作は、終了する。

20

【0198】

なお、各無線装置 31 ~ 43 の更新手段 241 は、他の無線装置から送信された Hello メッセージに含まれるメトリック  $M_i$  EX を通信手段 204 から受けたときも、ステップ S4 において、メトリック  $M_i$  EX によってルーティングテーブル 21 を更新する。また、各無線装置 31 ~ 43 のメッセージ作成手段 242 は、他の無線装置から送信された Hello メッセージに含まれるメトリック  $M_i$  EX を通信手段 204 から受けたときも、ステップ S5 において、メトリック  $M_i$  EX を含む Hello メッセージを作成して一定周期  $T1$  で広告する。

30

【0199】

上述したように、実施の形態 1 によれば、各無線装置 31 ~ 43 は、自己と隣接無線装置との間に形成される無線リンクのメトリック  $m_i$  を平滑化したメトリック  $M_i$  を広告するとともに、平滑化したメトリック  $M_i$  によってルーティングテーブル 21 を更新し、その更新したルーティングテーブル 21 を用いて送信先までの経路を探索してパケットを送信する。

40

【0200】

その結果、無線ネットワーク 100 において隣接する 2 つの無線装置間で形成される無線リンクのメトリックの変動幅が小さくなり、経路切替の回数が少なくなる。

【0201】

従って、この発明によれば、無線ネットワーク 100 を安定化できる。

【0202】

[実施の形態 2]

図 15 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。図 1 に示す無線装置 31 は、実施の形態 2 においては、図 15 に示す無線装置 31A からなる。

50



## 【 0 2 0 3 】

無線装置 3 1 A は、図 2 に示す無線装置 3 1 の通信制御部 1 5 を通信制御部 1 5 A に代えたものであり、その他は、無線装置 3 1 と同じである。

## 【 0 2 0 4 】

通信制御部 1 5 A は、図 2 に示す通信制御部 1 5 の IP モジュール 2 0 およびルーティングデーモン 2 4 をそれぞれ IP モジュール 2 0 A およびルーティングデーモン 2 4 A に代えたものであり、その他は、通信制御部 1 5 と同じである。

## 【 0 2 0 5 】

IP モジュール 2 0 A は、無線装置 3 1 A と無線装置 3 1 A に隣接する隣接無線装置との間に形成される無線リンクのメトリックを送信レートに基づいて決定し、その決定したメトリック  $m_i$  を平滑化せずにルーティングデーモン 2 4 A へ出力する。

10

## 【 0 2 0 6 】

IP モジュール 2 0 A は、その他、IP モジュール 2 0 と同じ機能を果たす。

## 【 0 2 0 7 】

ルーティングデーモン 2 4 A は、IP モジュール 2 0 A からメトリック  $m_i$  を受けると、その受けたメトリック  $m_i$  によってルーティングテーブル 2 1 を更新するとともに、メトリック  $m_i$  を含む Hello メッセージを作成し、その作成した Hello メッセージを、調整した送信タイミングで広告する。

## 【 0 2 0 8 】

ルーティングデーモン 2 4 A は、その他、ルーティングデーモン 2 4 と同じ機能を果たす。

20

## 【 0 2 0 9 】

なお、図 1 に示す無線装置 3 2 ~ 4 3 の各々も、図 1 5 に示す無線装置 3 1 A からなる。

## 【 0 2 1 0 】

図 1 6 は、メトリックを更新するタイミングを調整する機能を示す機能ブロック図である。IP モジュール 2 0 A は、図 1 3 に示す IP モジュール 2 0 の平滑手段 2 0 2 を削除したものであり、その他は、IP モジュール 2 0 と同じである。

## 【 0 2 1 1 】

IP モジュール 2 0 A においては、メトリック決定手段 2 0 1 は、その決定したメトリック  $m_i$  を更新手段 2 4 1、メッセージ作成手段 2 4 2 および送信タイミング調整手段 2 4 3 へ出力する。

30

## 【 0 2 1 2 】

また、ルーティングデーモン 2 4 A は、図 1 3 に示すルーティングデーモン 2 4 に送信タイミング調整手段 2 4 3 を追加したものであり、その他は、ルーティングデーモン 2 4 と同じである。

## 【 0 2 1 3 】

送信タイミング調整手段 2 4 3 は、次の方法によって Hello メッセージの送信タイミング  $T_{tx}$  を決定し、その決定した送信タイミング  $T_{tx}$  をメッセージ作成手段 2 4 2 へ出力する。

40

## 【 0 2 1 4 】

実施の形態 2 においては、メッセージ作成手段 2 4 2 は、送信タイミング調整手段 2 4 3 から送信タイミング  $T_{tx}$  を受けると、メトリック  $m_{i-1}$  をメトリック  $m_i$  に更新し、その更新したメトリック  $m_i$  を含む Hello メッセージを作成して通信手段 2 0 4 へ出力する。

## 【 0 2 1 5 】

(送信タイミングの決定方法 1)

送信タイミング調整手段 2 4 3 は、Hello メッセージの送信タイミング  $T_{tx}$  を実施の形態 1 における Hello メッセージの送信周期  $T_1$  よりも長い送信周期  $T_2$  (例えば、10 秒周期) に調整する。

50

## 【0216】

(送信タイミングの決定方法2)

送信タイミング調整手段243は、メトリック決定手段201からメトリック $m_i$ を順次受け、その受けたメトリック $m_i$ を一定個数保持する。例えば、送信タイミング調整手段243は、実施の形態1における平滑手段202と同じ方法によって $n$ 個のメトリック $m_{i-(n-1)} \sim m_i$ を保持する。

## 【0217】

そして、送信タイミング調整手段243は、その保持した $n$ 個のメトリック $m_{i-(n-1)} \sim m_i$ の標準偏差を演算し、その演算した標準偏差がしきい値以下になるタイミングを検出する。

10

## 【0218】

そうすると、送信タイミング調整手段243は、その検出したタイミングを送信タイミング $T_{tx}$ としてメッセージ作成手段242へ出力する。

## 【0219】

なお、送信タイミング調整手段243は、上述した送信タイミング $T_{tx}$ の決定方法1と送信タイミング $T_{tx}$ の決定方法2とを組み合わせると送信タイミング $T_{tx}$ を決定してもよい。この場合、送信タイミング調整手段243は、送信周期 $T_2$ ごとに $n$ 個のメトリック $m_{i-(n-1)} \sim m_i$ の標準偏差がしきい値以下であるか否かを判定し、送信周期 $T_2$ の1つのタイミングで $n$ 個のメトリック $m_{i-(n-1)} \sim m_i$ の標準偏差がしきい値以下になったとき、その送信周期 $T_2$ の1つのタイミングを送信タイミング $T_{tx}$ と決定する。

20

## 【0220】

送信タイミング $T_{tx}$ の決定方法1は、経路情報を含む通常のHelloメッセージが広告される送信周期 $T_1$ よりも長い送信周期 $T_2$ の各タイミングを送信タイミング $T_{tx}$ として決定する方法である。

## 【0221】

また、送信タイミング $T_{tx}$ の決定方法2は、送信周期 $T_1$ 以上の時間間隔を有するタイミングを送信タイミング $T_{tx}$ として決定する方法である。なぜなら、 $n$ 個のメトリック $m_{i-(n-1)} \sim m_i$ が安定していれば、経路情報の交換に用いられる通常のHelloメッセージの送信タイミングにおいて $n$ 個のメトリック $m_{i-(n-1)} \sim m_i$ の標準偏差がしきい値以下になる可能性があり、 $n$ 個のメトリック $m_{i-(n-1)} \sim m_i$ が不安定であれば、通常のHelloメッセージの送信周期 $T_1$ よりも長い時間間隔で $n$ 個のメトリック $m_{i-(n-1)} \sim m_i$ の標準偏差がしきい値以下になるからである。

30

## 【0222】

従って、送信タイミング調整手段243は、送信周期 $T_1$ 以上の時間間隔で広告されるようにメトリック $m_i$ を含むHelloメッセージの送信タイミング $T_{tx}$ を決定する。

## 【0223】

ここで、送信周期 $T_1$ 以上の時間間隔で広告されるHelloメッセージを通常の送信周期 $T_1$ で広告されるHelloメッセージと区別するために、Hello\_\_CTLと表記すると、送信タイミング調整手段243は、一般的には、メトリック $m_i$ を含むHelloメッセージHello\_\_CTLの送信間隔が通常のHelloメッセージの送信間隔以上になるように、HelloメッセージHello\_\_CTLの送信タイミング $T_{tx}$ を決定する。

40

## 【0224】

なお、この発明においては、HelloメッセージHello\_\_CTLを「第1の制御パケット」と言い、通常のHelloメッセージを「第2の制御パケット」と言う。

## 【0225】

上述したように、送信タイミング $T_{tx}$ の決定方法1は、経路情報を含む通常のHelloメッセージが広告される送信周期 $T_1$ よりも長い送信周期 $T_2$ でHelloメッセ

50

ージHello\_\_CTLの送信タイミングT\_\_txを決定するので、無線ネットワーク100内で広告されるメトリックm<sub>i</sub>は、HelloメッセージHello\_\_CTLが送信周期T1で広告された場合よりも、無線ネットワーク100内における更新回数が少なくなる。つまり、無線ネットワーク100内で広告されるメトリックm<sub>i</sub>の切替回数が減少する。

【0226】

その結果、ルーティングテーブル21の更新回数も減少し、経路切替も減少する。従って、無線ネットワーク100を安定化できる。

【0227】

また、送信タイミングT\_\_txの決定方法2は、n個のメトリックm<sub>i - (n - 1) ~ m<sub>i</sub>の変動幅がしきい値以下に安定しているタイミングをHelloメッセージHello\_\_CTLの送信タイミングT\_\_txと決定するので、無線ネットワーク100内で広告されるメトリックm<sub>i</sub>は、安定した値になる。</sub>

10

【0228】

その結果、ルーティングテーブル21の更新回数が減少し、経路切替の回数も減少する。従って、無線ネットワーク100を安定化できる。

【0229】

なお、上述した送信タイミングT\_\_txの決定方法1, 2(送信タイミングT\_\_txの決定方法1, 2の組合せも含む)によって決定した送信タイミングT\_\_txでHelloメッセージHello\_\_CTLを広告することにより、無線装置31~43間でルーティングテーブル21の更新タイミングがずれても、無線ネットワーク100を安定化できる。なぜなら、無線ネットワーク100内に広告されるメトリックm<sub>i</sub>の切替回数が減少し、ルーティングテーブル21の更新回数が減少するからである。

20

【0230】

図17は、実施の形態2における通信方法を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、各無線装置31~43の送信レート決定手段160は、データ到達状況(=平均受信信号強度RSSI\_\_AVE+パケットロス率PKT\_\_LOSS)に基づいて、上述した方法によって、当該無線装置と当該無線装置に隣接する隣接無線装置との間に形成される無線リンクにおける送信レートを決定する(ステップS11)。

【0231】

そして、各無線装置31~43の送信レート決定手段160は、その決定した送信レートを送受信手段161およびメトリック決定手段201へ出力する。

30

【0232】

各無線装置31~43のメトリック決定手段201は、送信レート決定手段160から受けた送信レートと、ルーティングデーモン24から受けたパケットロス率PKT\_\_LOSSとに基づいて、上述した方法によって、隣接無線装置との間における無線リンクのメトリックm<sub>i</sub>を決定し(ステップS12)、その決定したメトリックm<sub>i</sub>を更新手段241、メッセージ作成手段242および送信タイミング調整手段243へ出力する。つまり、メトリック決定手段201は、送信レート決定手段160における送信レートの決定に連動してメトリックを決定し、その決定したメトリックm<sub>i</sub>を平滑化せずに更新手段241、メッセージ作成手段242および送信タイミング調整手段243へ出力する。

40

【0233】

そして、各無線装置31~43の送信タイミング調整手段243は、メトリック決定手段201からメトリックm<sub>i</sub>を受けると、上述した方法によって送信タイミングT\_\_txを調整し(ステップS13)、その調整した送信タイミングT\_\_txをメッセージ作成手段242へ出力する。

【0234】

各無線装置31~43のメッセージ作成手段242は、送信タイミング調整手段243から送信タイミングT\_\_txを受けると、メトリックm<sub>i</sub>を含むHelloメッセージHello\_\_CTLを作成し、その作成したHelloメッセージHello\_\_CTLを通

50

信手段 204 へ出力する。

【0235】

そして、各無線装置 31 ~ 43 の通信手段 204 は、メッセージ作成手段 242 から Hello メッセージ Hello\_\_CTL を受けると、“BROADCAST”を送信先に設定し、Hello メッセージ Hello\_\_CTL をデータ部に格納してパケットを作成し、その作成したパケットを送受信手段 161 へ出力する。

【0236】

各無線装置 31 ~ 43 の送受信手段 161 は、通信手段 204 から受けたパケットを送信レート決定手段 160 から受けた送信レートで送信する。これによって、メトリック  $m_i$  は、調整した送信タイミング  $T_{tx}$  に同期して広告される (ステップ S14)。

10

【0237】

その後、各無線装置 31 ~ 43 の更新手段 241 は、メトリック決定手段 201 から受けたメトリック  $m_i$  によってルーティングテーブル 21 を更新する (ステップ S15)。

【0238】

そして、各無線装置 31 ~ 43 の通信手段 204 は、送信先へ送信するためのデータをメッセージ作成手段 242 から受けると、その受けたデータをデータ部に格納してパケットを作成し、その作成したパケットを送信先へ送信するための経路探索を経路探索手段 203 へ要求する。

【0239】

各無線装置 31 ~ 43 の経路探索手段 203 は、通信手段 204 からの要求に応じて、更新されたルーティングテーブル 21 を参照して、パケットを送信先へ送信するための経路を探索し (ステップ S16)、その探索した経路を通信手段 204 へ出力する。そして、各無線装置 31 ~ 43 の通信手段 204 は、経路探索手段 203 によって探索された経路に沿ってパケットを送信先へ送信する (ステップ S7)。これによって、一連の動作は、終了する。

20

【0240】

なお、各無線装置 31 ~ 43 の更新手段 241 は、他の無線装置から送信された Hello メッセージ Hello\_\_CTL に含まれるメトリック  $m_i\_EX$  を通信手段 204 から受けたときも、ステップ S15 において、メトリック  $m_i\_EX$  によってルーティングテーブル 21 を更新する。また、各無線装置 31 ~ 43 のメッセージ作成手段 242 は、他の無線装置から送信された Hello メッセージ Hello\_\_CTL に含まれるメトリック  $m_i\_EX$  を通信手段 204 から受けたときも、ステップ S14 において、メトリック  $m_i\_EX$  を含む Hello メッセージを作成し、その作成した Hello メッセージを送信タイミング調整手段 243 から受けた送信タイミング  $T_{tx}$  に同期して広告する。

30

【0241】

図 18 は、メトリックを更新するタイミングを調整する他の機能を示す機能ブロック図である。

【0242】

上記においては、メトリック決定手段 201 によって決定されたメトリック  $m_i$  を送信タイミング調整手段 243 によって調整された送信タイミング  $T_{tx}$  で広告すると説明したが、実施の形態 2 においては、これに限らず、平滑化したメトリック  $M_i$  を送信タイミング調整手段 243 によって調整された送信タイミング  $T_{tx}$  で広告してもよい。

40

【0243】

この場合、機能ブロック図は、図 13 に示す機能ブロック図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、図 16 に示す IP モジュール 20A を図 13 に示す IP モジュール 20 に代えた機能ブロック図になる。ルーティングデーモン 24A については、図 16 において説明したとおりである。

【0244】

図 18 に示す機能ブロック図においては、メトリック決定手段 201 は、決定したメト

50

リック $m_i$ を平滑手段202および送信タイミング調整手段243へ出力する。

【0245】

そして、メッセージ作成手段242は、送信タイミング調整手段243から送信タイミング $T_{tx}$ を受けると、平滑手段202から受けたメトリック $M_i$ を含むHelloメッセージHello\_CTLを作成して通信手段204へ出力する。

【0246】

これによって、平滑化されたメトリック $M_i$ が送信タイミング調整手段243によって調整された送信タイミング $T_{tx}$ に同期して広告される。

【0247】

その結果、無線ネットワーク100内で広告されるメトリックは、より安定し、ルーティングテーブル21の更新回数がより減少し、無線ネットワーク100を更に安定化できる。

10

【0248】

図18に示す機能ブロック図を用いて無線通信が行なわれる場合、無線通信は、図17に示すステップS12とステップS13との間にメトリック $m_i$ を平滑化するステップが追加されたフローチャートに従って実行される。そして、ステップ14において、平滑化されたメトリック $M_i$ が、調整された送信タイミング $T_{tx}$ に同期して広告され、ステップS15において、ルーティングテーブル21が、平滑化されたメトリック $M_i$ によって更新される。

【0249】

従って、上述した効果が得られる。

20

【0250】

その他は、実施の形態1と同じである。

【0251】

[実施の形態3]

図19は、図1に示す無線装置31の実施の形態3における構成を示す概略ブロック図である。図1に示す無線装置31は、実施の形態3においては、図19に示す無線装置31Bからなる。

【0252】

無線装置31Bは、図15に示す無線装置31Aの通信制御部15Aを通信制御部15Bに代えたものであり、その他は、無線装置31Aと同じである。

30

【0253】

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

【0254】

ルーティングデーモン24Bは、IPモジュール20Aからメトリック $m_i$ を受けると、その受けたメトリック $m_i$ を含むHelloメッセージを作成し、その作成したHelloメッセージを送信周期 $T_1$ で広告するとともに、複数の無線装置間で同期を取って、メトリック $m_i$ によってルーティングテーブル21を更新する。

40

【0255】

ルーティングデーモン24Bは、その他、ルーティングデーモン24と同じ機能を果たす。

【0256】

なお、図1に示す無線装置32~43の各々も、図19に示す無線装置31Bからなる。

【0257】

図20は、ルーティングテーブル21を更新する更新タイミングの同期を取る機能を示す機能ブロック図である。ルーティングデーモン24Bは、図15に示すルーティングデーモン24Aの送信タイミング調整手段243を更新タイミング同期手段244に代えた

50

ものであり、その他は、ルーティングデーモン24Aと同じである。

【0258】

更新タイミング同期手段244は、メトリック決定手段201からメトリック $m_i$ を受け、隣接する無線装置から送信されたHelloメッセージを通信手段204から受ける。

【0259】

そして、更新タイミング同期手段244は、メトリック $m_i$ およびHelloメッセージに含まれるメトリック $m_i\_EX$ に基づいて、後述する方法によって、ルーティングテーブル21を更新する更新タイミングの同期を複数の無線装置間で取るための更新タイミングを決定し、その決定した更新タイミングを更新手段241へ出力するとともに、その決定した更新タイミングを広告する。

10

【0260】

実施の形態3においては、更新手段241は、更新タイミングを更新タイミング同期手段244から受けると、その受けた更新タイミングに同期して、メトリック決定手段201から受けたメトリック $m_i$ によってルーティングテーブル21を更新する。

【0261】

図21は、複数の無線装置間で同期してルーティングテーブル21を更新する動作を説明するための図である。なお、図21においては、無線装置A~D間で同期してルーティングテーブル21を更新する動作を説明する。

【0262】

無線装置Aの更新タイミング同期手段244は、メトリック決定手段201からメトリック $m_i = AB\_Metric = 3$ を受け、無線装置Bから送信されたHelloメッセージに含まれるメトリック $m_i\_EX = BA\_Metric = 3$ を通信手段204から受ける。

20

【0263】

なお、 $AB\_Metric$ は、無線装置Aから無線装置Bへ向かう方向の無線リンクにおけるメトリックを意味し、 $BA\_Metric$ は、無線装置Bから無線装置Aへ向かう方向の無線リンクにおけるメトリックを意味する。

【0264】

そして、無線装置Aの更新タイミング同期手段244は、メトリック $AB\_Metric = 3$ とメトリック $BA\_Metric = 3$ とを含むHelloメッセージ1 = [ $AB\_Metric = 3 / BA\_Metric = 3$ ]を作成し、その作成したHelloメッセージ1 = [ $AB\_Metric = 3 / BA\_Metric = 3$ ]を通信手段204および送受信手段161を介して広告する。これによって、無線装置B, Cは、Helloメッセージ1を受信する。

30

【0265】

その後、無線装置Bの更新タイミング同期手段244は、メトリック $BA\_Metric = 3$ とメトリック $AB\_Metric = 3$ とを含むHelloメッセージ2 = [ $BA\_Metric = 3 / AB\_Metric = 3$ ]を作成し、その作成したHelloメッセージ2 = [ $BA\_Metric = 3 / AB\_Metric = 3$ ]を通信手段204および送受信手段161を介して広告する。これによって、無線装置A, Dは、Helloメッセージ2を受信する。

40

【0266】

そして、無線装置Aから無線装置Bへ向かう方向の無線リンクのメトリック $AB\_Metric$ が“3”から“4”へ変化すると、無線装置Aの更新タイミング同期手段244は、メトリック $AB\_Metric = 4$ とメトリック $BA\_Metric = 3$ とを含むHelloメッセージ3 = [ $AB\_Metric = 4 / BA\_Metric = 3$ ]を作成し、その作成したHelloメッセージ3 = [ $AB\_Metric = 4 / BA\_Metric = 3$ ]を通信手段204および送受信手段161を介して広告する。即ち、無線装置Aは、メトリック $AB\_Metric$ の変化のみを広告する。これによって、無線装置B,

50

Cは、Helloメッセージ3を受信する。

【0267】

無線装置Bの更新タイミング同期手段244は、受信したHelloメッセージ3に基づいて、メトリックAB\_Metricが“3”から“4”へ変化したことを認識する。しかし、無線装置Bの更新タイミング同期手段244は、Helloメッセージ3を受信したタイミングでメトリックAB\_Metricの変更を行わない。

【0268】

そして、無線装置Bの更新タイミング同期手段244は、メトリックBA\_Metric = 3とメトリックAB\_Metric = 4とを含むHelloメッセージ4 = [BA\_Metric = 3 / AB\_Metric = 4]を作成し、その作成したHelloメッセージ4 = [BA\_Metric = 3 / AB\_Metric = 4]を通信手段204および送受信手段161を介して広告する。これによって、無線装置A、Dは、Helloメッセージ4を受信する。

10

【0269】

無線装置Aの更新タイミング同期手段244は、受信したHelloメッセージ4に基づいて、無線装置BがメトリックAB\_Metricの変更を認識したことを検知する。即ち、無線装置Aが広告した内容が無線装置A、B間で共有される。

【0270】

そうすると、無線装置Aの更新タイミング同期手段244は、ルーティングテーブル21を更新すべき更新時間を計算し、更新時間T\_update\_MY = 3を得る。この更新時間T\_update\_MY = 3は、メトリックAB\_Metric = 4を3秒後に経路に反映してルーティングテーブル21を更新すべきことを意味する。

20

【0271】

そして、無線装置Aの更新タイミング同期手段244は、メトリックAB\_Metric = 4とメトリックBA\_Metric = 3と、更新時間T\_update\_MY = 3とを含むHelloメッセージ5 = [AB\_Metric = 4 / BA\_Metric = 3 / T\_update\_MY = 3]を作成し、その作成したHelloメッセージ5 = [AB\_Metric = 4 / BA\_Metric = 3 / T\_update\_MY = 3]を通信手段204および送受信手段161を介して広告する。これによって、無線装置B、Cは、Helloメッセージ5を受信する。

30

【0272】

無線装置Bの更新タイミング同期手段244は、受信したHelloメッセージ5に基づいて、更新時間T\_update = 3が設定されていることを認識し、Helloメッセージ5を受信した時刻と、次のHelloメッセージを送信する時刻との時間差から更新時間を2.3秒後と再計算する。

【0273】

そして、無線装置Bの更新タイミング同期手段244は、メトリックBA\_Metric = 3とメトリックAB\_Metric = 4と更新時間T\_update\_REEX = 2.3とを含むHelloメッセージ6 = [BA\_Metric = 3 / AB\_Metric = 4 / T\_update\_REEX = 2.3]を作成し、その作成したHelloメッセージ6 = [BA\_Metric = 3 / AB\_Metric = 4 / T\_update\_REEX = 2.3]を通信手段204および送受信手段161を介して広告する。これによって、無線装置A、Dは、Helloメッセージ6を受信する。

40

【0274】

無線装置Aの更新タイミング同期手段244は、受信したHelloメッセージ6に基づいて、更新時間が再計算されていることを認識し、無線装置Bと同じ方法によって更新時間T\_update\_MYを再計算し、更新時間T\_update\_REMY = 1を得る。

【0275】

そうすると、無線装置Aの更新タイミング同期手段244は、メトリックAB\_Met

50

$r i c = 4$ とメトリック  $B A\_M e t r i c = 3$ と、更新時間  $T\_u p d a t e\_R E M Y = 1$ とを含む  $H e l l o$ メッセージ  $7 = [ A B\_M e t r i c = 4 / B A\_M e t r i c = 3 / T\_u p d a t e\_R E M Y = 1 ]$ を作成し、その作成した  $H e l l o$ メッセージ  $7 = [ A B\_M e t r i c = 4 / B A\_M e t r i c = 3 / T\_u p d a t e\_R E M Y = 1 ]$ を通信手段 204 および送受信手段 161 を介して広告する。これによって、無線装置 B, C は、 $H e l l o$ メッセージ 7 を受信する。

【0276】

そうすると、無線装置 A の更新タイミング同期手段 244 は、 $H e l l o$ メッセージ 7 を送信した後、更新時間  $T\_u p d a t e\_R E M Y = 1$  を更新手段 241 へ出力し、更新手段 241 は、更新時間  $T\_u p d a t e\_R E M Y = 1$  に同期して、メトリック決定手段 201 から受けたメトリック  $A B\_M e t r i c = 4$  を経路に反映して経路を再計算し、ルーティングテーブル 21 を更新する。

10

【0277】

また、無線装置 B, C の更新タイミング同期手段 244 は、受信した  $H e l l o$ メッセージ 7 に基づいて、メトリック  $A B\_M e t r i c = 4$  および更新時間  $T\_u p d a t e\_R E M Y = 1$  を検出し、その検出したメトリック  $A B\_M e t r i c = 4$  および更新時間  $T\_u p d a t e\_R E M Y = 1$  を更新手段 241 へ出力する。

【0278】

そして、無線装置 B, C の更新手段 241 は、更新時間  $T\_u p d a t e\_R E M Y = 1$  に同期して、メトリック  $A B\_M e t r i c = 4$  を経路に反映して経路を再計算し、ルーティングテーブル 21 を更新する。

20

【0279】

更に、無線装置 D の更新タイミング同期手段 244 は、受信した  $H e l l o$ メッセージ 6 に基づいて、メトリック  $A B\_M e t r i c = 4$  および更新時間  $T\_u p d a t e\_R E E X = 2 . 3$  を検出し、その検出したメトリック  $A B\_M e t r i c = 4$  および更新時間  $T\_u p d a t e\_R E E X = 2 . 3$  を更新手段 241 へ出力する。

【0280】

そして、無線装置 D の更新手段 241 は、更新時間  $T\_u p d a t e\_R E E X = 2 . 3$  に同期して、メトリック  $A B\_M e t r i c = 4$  を経路に反映して経路を再計算し、ルーティングテーブル 21 を更新する。

30

【0281】

これによって、無線装置 A ~ D は、同期してルーティングテーブル 21 を更新する。

【0282】

上述したように、自己から隣接無線装置へ向かう方向の無線リンクにおけるメトリックが変化した無線装置の更新タイミング同期手段 244 は、メトリック決定手段 201 からのメトリック  $m_i (= A B\_M e t r i c)$  によってメトリック  $A B\_M e t r i c$  が変化したことを検知すると、変化後のメトリック  $m_i\_c h a n g e$  を含む  $H e l l o$ メッセージを作成して広告し、隣接無線装置からメトリックの変化を認識したことを示す  $H e l l o$ メッセージを受信すると、更新タイミングを設定して広告する。

【0283】

そして、メトリックの変化を検知した更新タイミング同期手段 244 は、再計算された更新時間を含む  $H e l l o$ メッセージを隣接無線装置から受信すると、更新時間を更に再計算し、その再計算した更新時間を含む  $H e l l o$ メッセージを送信する。

40

【0284】

このように、メトリックの変化を検知した更新タイミング同期手段 244 が更新時間を再計算して送信するのは、メトリックの変化を検知した無線装置に隣接して、通常、2つの隣接無線装置が存在するため、2つの隣接無線装置におけるルーティングテーブル 21 の更新タイミングを同期させるためである。

【0285】

図 22 は、実施の形態 3 における通信方法を説明するためのフローチャートである。一

50



連の動作が開始されると、各無線装置 3 1 ~ 4 3 の送信レート決定手段 1 6 0 は、データ到達状況 (= 平均受信信号強度  $RSSI\_AVE$  + パケットロス率  $PKT\_LOSS$ ) に基づいて、上述した方法によって、当該無線装置と当該無線装置に隣接する隣接無線装置との間に形成される無線リンクにおける送信レートを決定する (ステップ S 2 1)。

【 0 2 8 6 】

そして、各無線装置 3 1 ~ 4 3 の送信レート決定手段 1 6 0 は、その決定した送信レートを送受信手段 1 6 1 およびメトリック決定手段 2 0 1 へ出力する。

【 0 2 8 7 】

各無線装置 3 1 ~ 4 3 のメトリック決定手段 2 0 1 は、送信レート決定手段 1 6 0 から受けた送信レートと、ルーティングデーモン 2 4 から受けたパケットロス率  $PKT\_LOSS$  とに基づいて、上述した方法によって、隣接無線装置との間における無線リンクのメトリック  $m_i$  を決定し (ステップ S 2 2)、その決定したメトリック  $m_i$  を更新手段 2 4 1、メッセージ作成手段 2 4 2 および更新タイミング同期手段 2 4 4 へ出力する。つまり、メトリック決定手段 2 0 1 は、送信レート決定手段 1 6 0 における送信レートの決定に連動してメトリックを決定し、その決定したメトリック  $m_i$  を更新手段 2 4 1、メッセージ作成手段 2 4 2 および更新タイミング同期手段 2 4 4 へ出力する。

10

【 0 2 8 8 】

そして、各無線装置 3 1 ~ 4 3 の更新タイミング同期手段 2 4 4 は、メトリック決定手段 2 0 1 からメトリック  $m_i$  を受けると、メトリック  $m_i$  がメトリック  $m_{i-1}$  から変化したか否かを判定する (ステップ S 2 3)。

20

【 0 2 8 9 】

ステップ S 2 3 において、メトリック  $m_i$  がメトリック  $m_{i-1}$  から変化したと判定されると、各無線装置 3 1 ~ 4 3 の更新タイミング同期手段 2 4 4 は、変化後のメトリックを含む Hello メッセージを広告する (ステップ S 2 4)。

【 0 2 9 0 】

その後、各無線装置 3 1 ~ 4 3 の更新タイミング同期手段 2 4 4 は、自己に隣接する 2 つの隣接無線装置のうち、一方の隣接無線装置からメトリックの変化を認識したことを示すメッセージを受信し、更新タイミングを含む Hello メッセージを作成して広告する (ステップ S 2 5)。

【 0 2 9 1 】

そして、各無線装置 3 1 ~ 4 3 の更新タイミング同期手段 2 4 4 は、一方の隣接無線装置から再計算された更新タイミングを受信し、更新タイミングを更に再計算して広告する (ステップ S 2 6)。

30

【 0 2 9 2 】

そうすると、各無線装置 3 1 ~ 4 3 の更新手段 2 4 1 は、最終的に再計算した更新タイミングに同期して、変化後のメトリックを用いてルーティングテーブル 2 1 を更新する (ステップ S 2 7)。

【 0 2 9 3 】

そして、各無線装置 3 1 ~ 4 3 の通信手段 2 0 4 は、送信先へ送信するためのデータをメッセージ作成手段 2 4 2 から受けると、その受けたデータをデータ部に格納してパケットを作成し、その作成したパケットを送信先へ送信するための経路探索を経路探索手段 2 0 3 へ要求する。

40

【 0 2 9 4 】

各無線装置 3 1 ~ 4 3 の経路探索手段 2 0 3 は、通信手段 2 0 4 からの要求に応じて、更新されたルーティングテーブル 2 1 を参照して、パケットを送信先へ送信するための経路を探索し (ステップ S 2 8)、その探索した経路を通信手段 2 0 4 へ出力する。その後、一連の動作は、ステップ S 3 0 へ移行する。

【 0 2 9 5 】

一方、ステップ S 2 3 において、メトリック  $m_i$  がメトリック  $m_{i-1}$  から変化していないと判定されたとき、各無線装置 3 1 ~ 4 3 の通信手段 2 0 4 は、送信先へ送信するた

50

めのデータをメッセージ作成手段242から受け、その受けたデータをデータ部に格納してパケットを作成し、その作成したパケットを送信先へ送信するための経路探索を経路探索手段203へ要求する。

【0296】

その後、各無線装置31~43の経路探索手段203は、通信手段204からの要求に応じて、ルーティングテーブル21を参照して、パケットを送信先へ送信するための経路を探索する(ステップS29)。

【0297】

そして、ステップS28またはステップS29の後、各無線装置31~43の通信手段204は、経路探索手段203によって探索された経路に沿ってパケットを送信先へ送信する(ステップS30)。これによって、一連の動作は、終了する。

【0298】

なお、各無線装置31~43がステップS27においてルーティングテーブル21を更新するタイミングに同期して、各無線装置31~43の周囲の無線装置も、ルーティングテーブル21を更新する。

【0299】

このように、実施の形態3によれば、複数の無線装置は、1つの無線リンクにおけるメトリックが変化すると、その変化したメトリックを同期して経路に反映し、ルーティングテーブル21を更新する。

【0300】

その結果、複数の無線装置は、同じルーティングテーブル21に基づいて、送信先までの経路を探索し、その探索した経路に沿ってパケットを送信する。そうすると、等張性が保証され、パケットを送信先へ送信する経路がループフリーになり、送信先までの最適経路が保証される。

【0301】

従って、この発明によれば、無線ネットワーク100を安定化できる。

【0302】

なお、実施の形態3において、ルーティングテーブルを更新する更新タイミングの同期を取る機能を示す機能ブロック図は、図23に示す機能ブロック図であってもよい。

【0303】

図23は、ルーティングテーブルを更新する更新タイミングの同期を取る機能を示す他の機能ブロック図である。図23に示す機能ブロック図は、図20に示す機能ブロック図に平滑手段202を追加したものである。

【0304】

図23に示す機能ブロック図においては、平滑手段202は、平滑化したメトリック $M_i$ を更新手段241、メッセージ作成手段242および更新タイミング同期手段244へ出力する。

【0305】

そして、更新タイミング同期手段244は、平滑化されたメトリック $M_i$ に基づいて、メトリックの変化を検知し、上述した方法によってルーティングテーブル21を更新する更新タイミングの同期を取る。

【0306】

また、更新手段241は、更新タイミング同期手段244から更新タイミングを受けると、その受けた更新タイミングに同期して、平滑化されたメトリック $M_i$ を経路に反映して経路計算を行い、ルーティングテーブル21を更新する。

【0307】

従って、メトリック $M_i$ の変化が検知されるまでは、ルーティングテーブル21は、更新されず、メトリック $M_i$ の変化が検知されると、上述したように、ルーティングテーブル21は、複数の無線装置間で同期して更新されるので、無線ネットワーク100を安定化できる。

10

20

30

40

50

## 【 0 3 0 8 】

図 2 3 に示す機能ブロック図を用いて無線通信が行なわれる場合、無線通信は、図 2 2 に示すステップ S 2 2 とステップ S 2 3 との間にメトリック  $m_i$  を平滑化するステップが追加されたフローチャートに従って実行される。そして、ステップ 2 4 において、変化後のメトリック  $M_i$  が広告され、ステップ S 2 7 において、ルーティングテーブル 2 1 が、平滑化されたメトリック  $M_i$  によって更新される。

## 【 0 3 0 9 】

従って、上述した効果と同じ効果が得られる。

## 【 0 3 1 0 】

その他は、実施の形態 1 と同じである。

10

## 【 0 3 1 1 】

[ 実施の形態 4 ]

図 2 4 は、図 1 に示す無線装置 3 1 の実施の形態 4 における構成を示す概略ブロック図である。図 1 に示す無線装置 3 1 は、実施の形態 4 においては、図 2 4 に示す無線装置 3 1 C からなる。

## 【 0 3 1 2 】

無線装置 3 1 C は、図 2 に示す無線装置 3 1 の通信制御部 1 5 を通信制御部 1 5 C に代えたものであり、その他は、無線装置 3 1 と同じである。

## 【 0 3 1 3 】

通信制御部 1 5 C は、図 2 に示す通信制御部 1 5 の IP モジュール 2 0 を IP モジュール 2 0 B に代えたものであり、その他は、通信制御部 1 5 と同じである。

20

## 【 0 3 1 4 】

IP モジュール 2 0 B は、無線装置 3 1 C と無線装置 3 1 C に隣接する一方の隣接無線装置との間に形成される無線リンクにおいて、双方向のメトリックを決定し、その決定した双方向のメトリックを平滑化してルーティングデーモン 2 4 へ出力する。

## 【 0 3 1 5 】

図 2 5 は、双方向のメトリックの決定およびメトリックの平滑化を実行する機能ブロック図である。IP モジュール 2 0 B は、図 1 3 に示す IP モジュール 2 0 のメトリック決定手段 2 0 1 をメトリック決定手段 2 0 1 A に代えたものであり、その他は、IP モジュール 2 0 と同じである。

30

## 【 0 3 1 6 】

IP モジュール 2 0 B においては、通信手段 2 0 4 は、他の無線装置から送信された Hello メッセージを送受信手段 1 6 1 から受けると、その受けた Hello メッセージをメトリック決定手段 2 0 1 A へ出力する。

## 【 0 3 1 7 】

また、IP モジュール 2 0 においては、送信レート決定手段 1 6 0 は、自己が搭載された無線装置から隣接無線装置への方向における無線リンクの送信レートを上述した方法によって決定し、その決定した送信レートをメトリック決定手段 2 0 1 A およびメッセージ作成手段 2 4 2 へ出力する。

## 【 0 3 1 8 】

メトリック決定手段 2 0 1 A は、自己が搭載された無線装置が実測した通信品質に基づいて自己が搭載された無線装置から隣接無線装置への方向における無線リンクのメトリックを決定し、その決定したメトリックを平滑手段 2 0 2 へ出力し、隣接無線装置が実測した通信品質を隣接無線装置から受けると、自己が搭載された無線装置が実測した通信品質と、隣接無線装置が実測した通信品質とに基づいて、後述する方法によって、隣接無線装置との間に形成される無線リンクの双方向のメトリックを決定し、その決定したメトリックを平滑手段 2 0 2 へ出力する。

40

## 【 0 3 1 9 】

以下、双方向のメトリックを決定する方法について説明する。なお、双方向のメトリックの決定方法の説明においては、2 つの隣接無線装置を無線装置 A , B とし、無線装置 A

50

における双方向のメトリックの決定方法について説明する。

【0320】

(双方向のメトリックの決定方法1)

双方向のメトリックの決定方法1においては、双方向のメトリックを決定する無線装置Aに隣接する無線装置Bの送信レート決定手段160は、上述した方法によって送信レート $BA\_Rate$ を決定し、その決定した送信レート $BA\_Rate$ をメトリック決定手段201Aへ出力する。なお、送信レート $BA\_Rate$ は、無線装置Bから無線装置Aへ向かう方向における送信レートである。

【0321】

無線装置Bのメトリック決定手段201Aは、送信レート $BA\_Rate$ に基づいて、  
上述した方法によってメトリック $BA\_Metric$ を決定し、その決定したメトリック  
 $BA\_Metric$ を平滑手段202へ出力する。なお、メトリック $BA\_Metric$   
は、無線装置Bから無線装置Aへ向かう方向の無線リンクにおけるメトリックである。

10

【0322】

そして、無線装置Bの平滑手段202は、メトリック決定手段201Aから受けたメトリック $BA\_Metric$ を平滑化し、その平滑化したメトリック $BA\_Metric$ をメッセージ作成手段242へ出力する。

【0323】

そうすると、無線装置Bのメッセージ作成手段242は、平滑手段202から受けたメトリック $BA\_Metric$ を含むHelloメッセージ= $[BA\_Metric]$ を作成し、その作成したHelloメッセージ= $[BA\_Metric]$ を広告する。

20

【0324】

一方、無線装置Aの送信レート決定手段160は、上述した方法によって、送信レート $AB\_Rate$ を決定し、その決定した送信レート $AB\_Rate$ をメトリック決定手段201Aへ出力する。

【0325】

また、無線装置Aの送受信手段161は、無線装置Bから送信されたHelloメッセージ= $[BA\_Metric]$ を受信し、その受信したHelloメッセージ= $[BA\_Metric]$ を通信手段204へ出力する。

【0326】

そして、無線装置Aの通信手段204は、Helloメッセージ= $[BA\_Metric]$ からメトリック $BA\_Metric$ を取り出し、その取り出したメトリック $BA\_Metric$ をメトリック決定手段201Aへ出力する。

30

【0327】

そうすると、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、送信レート決定手段160から送信レート $AB\_Rate$ を受け、通信手段204からメトリック $BA\_Metric$ を受ける。

【0328】

そして、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、その受けた送信レート $AB\_Rate$ に基づいて、上述した方法によって、無線装置Aから無線装置Bへ向かう方向の無線リンクにおけるメトリック $AB\_Metric$ を決定する。

40

【0329】

その後、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、2つのメトリック $AB\_Metric$ ,  $BA\_Metric$ のうち、大きい方を無線装置A-無線装置B間における無線リンクの双方向のメトリック $M_{A\_B}$ と決定する。そして、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、その決定した双方向のメトリック $M_{A\_B}$ を平滑手段202へ出力する。

【0330】

なお、メトリック決定手段201Aは、2つのメトリック $AB\_Metric$ ,  $BA\_Metric$ のうちの最小値を双方向のメトリック $M_{A\_B}$ として決定してもよく、2つ

50

のメトリック  $AB\_Metric$ ,  $BA\_Metric$  の平均値を双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  として決定してもよく、2つのメトリック  $AB\_Metric$ ,  $BA\_Metric$  の和を双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  として決定してもよく、2つのメトリック  $AB\_Metric$ ,  $BA\_Metric$  の積を双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  として決定してもよい。

【0331】

なお、無線装置Bのメトリック決定手段201Aは、メトリック  $AB\_Metric$  を無線装置Aから受信すると、無線装置Aのメトリック決定手段201Aと同じ方法によって双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  を決定する。

【0332】

無線装置A, Bは、それぞれ、自己が決定した送信レート  $AB\_Rate$ ,  $BA\_Rate$  に基づいてメトリック  $AB\_Metric$ ,  $BA\_Metric$  を決定すると、その決定したメトリック  $AB\_Metric$ ,  $BA\_Metric$  を広告する。また、各無線装置A, Bは、相手からHelloメッセージを受信したときに相手のメトリックを始めて認識する。

【0333】

従って、この双方向のメトリックの決定方法1においては、無線装置A, Bは、同期して双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  を決定することができる。

【0334】

(双方向のメトリックの決定方法2)

双方向のメトリックの決定方法2においては、双方向のメトリックを決定する無線装置Aに隣接する無線装置Bの送信レート決定手段160は、上述した方法によって送信レート  $BA\_Rate$  を決定し、その決定した送信レート  $BA\_Rate$  をメッセージ作成手段242へ出力する。

【0335】

そして、無線装置Bのメッセージ作成手段242は、送信レート決定手段160から送信レート  $BA\_Rate$  を受け、ルーティングデーモン24からパケットロス率  $AB\_Loss$  を受ける。このパケットロス率  $AB\_Loss$  は、無線装置Aから無線装置Bへパケットを送信したときのパケットロス率である。

【0336】

そうすると、無線装置Bのメッセージ作成手段242は、送信レート  $BA\_Rate$  と、パケットロス率  $AB\_Loss$  とを含むHelloメッセージ =  $[BA\_Rate / AB\_Loss]$  を作成し、その作成したHelloメッセージ =  $[BA\_Rate / AB\_Loss]$  を広告する。

【0337】

一方、無線装置Aの送信レート決定手段160は、上述した方法によって、送信レート  $AB\_Rate$  を決定し、その決定した送信レート  $AB\_Rate$  をメトリック決定手段201Aへ出力する。

【0338】

また、無線装置Aの送受信手段161は、無線装置Bから送信されたHelloメッセージ =  $[BA\_Rate / AB\_Loss]$  を受信し、その受信したHelloメッセージ =  $[BA\_Rate / AB\_Loss]$  を通信手段204へ出力する。

【0339】

そして、無線装置Aの通信手段204は、Helloメッセージ =  $[BA\_Rate / AB\_Loss]$  から送信レート  $BA\_Rate$  およびパケットロス率  $AB\_Loss$  を取り出し、その取り出した送信レート  $BA\_Rate$  およびパケットロス率  $AB\_Loss$  をメトリック決定手段201Aへ出力する。

【0340】

そうすると、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、送信レート決定手段160から送信レート  $AB\_Rate$  を受け、通信手段204から送信レート  $BA\_Rate$  お

10

20

30

40

50

よびパケットロス率  $AB\_Loss$  を受け、ルーティングデーモン 24 からパケットロス率  $BA\_Loss$  を受ける。

【0341】

そして、無線装置 A のメトリック決定手段 201A は、2 つの送信レート  $AB\_Rate$  ,  $BA\_Rate$  のうち、大きい方の送信レートを  $bit\_rate$  とする。

【0342】

その後、無線装置 A のメトリック決定手段 201A は、 $bit\_rate$  およびパケットロス率  $AB\_Loss$  ,  $BA\_Loss$  に基づいて、次の方法によって無線装置 A - 無線装置 B 間の無線リンクにおける双方向のエラーレート  $Error\_Rate$  を求める。

【0343】

パケットロス率  $AB\_Loss$  ,  $BA\_Loss$  は、上述したように各送信レート (=  $bit\_rate$ ) に対して決定されているので、無線装置 A のメトリック決定手段 201A は、求めた  $bit\_rate$  に対応するパケットロス率  $AB\_Loss\_r$  ,  $BA\_Loss\_r$  を求める。

【0344】

パケットロス率  $AB\_Loss\_r$  ,  $BA\_Loss\_r$  の各々は、0 ~ 1 の範囲の値からなる。また、IEEE 802.11 MAC は、パケットを送信した後、逆方向の無線リンクを用いて ACK を受信するので、無線装置 A から無線装置 B へ方向の無線通信と、無線装置 B から無線装置 A へ方向の無線通信とが連続して成功した場合に、無線装置 A - 無線装置 B 間の無線通信が成功する。

【0345】

従って、無線装置 A - 無線装置 B 間の無線リンクにおいて無線通信が成功する確率は、(無線装置 A 無線装置 B の方向の無線通信が成功する確率) に (無線装置 B 無線装置 A の方向の無線通信が成功する確率) を乗算した値、つまり、 $(1 - AB\_Loss\_r) \times (1 - BA\_Loss\_r)$  になる。

【0346】

そうすると、無線装置 A - 無線装置 B 間の無線リンクにおける双方向のエラーレート  $Error\_Rate$  は、 $1 - (1 - AB\_Loss\_r) \times (1 - BA\_Loss\_r)$  となる。

【0347】

従って、無線装置 A のメトリック決定手段 201A は、 $bit\_rate$  およびパケットロス率  $AB\_Loss$  ,  $BA\_Loss$  に基づいて、上述した方法によって、双方向のエラーレート  $Error\_Rate$  を求める。

【0348】

そうすると、無線装置 A のメトリック決定手段 201A は、 $bit\_rate$  と  $Error\_Rate$  とに基づいて、双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  を決定する。

【0349】

より具体的には、無線装置 A のメトリック決定手段 201A は、求めた  $Error\_Rate$  を式 (1) の  $p$  に代入して  $ETX$  を演算し、その演算した  $ETX$  と、求めた  $bit\_rate$  (=  $B$ ) と、既知のパケットサイズ (=  $S$ ) とを式 (2) に代入して双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  を決定する。

【0350】

無線装置 B のメトリック決定手段 201A も、無線装置 A のメトリック決定手段 201A と同じ方法によって双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  を決定する。

【0351】

なお、双方向のメトリックの決定方法 2 においては、メトリック決定手段 201A は、2 つの送信レート  $AB\_Rate$  ,  $BA\_Rate$  のうち、最小値を  $bit\_rate$  としてもよく、2 つの送信レート  $AB\_Rate$  ,  $BA\_Rate$  の平均値を  $bit\_rate$  としてもよく、2 つの送信レート  $AB\_Rate$  ,  $BA\_Rate$  の和を  $bit\_rate$  としてもよく、2 つの送信レート  $AB\_Rate$  ,  $BA\_Rate$  の積を  $bit$

10

20

30

40

50

rateとしてもよい。

【0352】

(双方向のメトリックの決定方法3)

双方向のメトリックの決定方法3においては、双方向のメトリックを決定する無線装置Aに隣接する無線装置Bの無線インターフェースモジュール16は、上述したように、無線装置AからHelloメッセージを受信したときの受信信号強度AB\_RSSIを検出し、その検出した受信信号強度AB\_RSSIをルーティングデーモン24へ出力する。

【0353】

そして、無線装置Bのメッセージ作成手段242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AB\_RSSIを受け、ルーティングデーモン24からパケットロス率AB\_Lossを受け、

10

【0354】

そうすると、無線装置Bのメッセージ作成手段242は、受信信号強度AB\_RSSIと、パケットロス率AB\_Lossとを含むHelloメッセージ =  $[AB\_RSSI / AB\_Loss]$  を作成し、その作成したHelloメッセージ =  $[AB\_RSSI / AB\_Loss]$  を広告する。

【0355】

一方、無線装置Aの送受信手段161は、Helloメッセージ =  $[AB\_RSSI / AB\_Loss]$  を無線装置Bから受信すると、Helloメッセージ =  $[AB\_RSSI / AB\_Loss]$  を受信したときの受信信号強度BA\_RSSIを検出し、その検出した受信信号強度BA\_RSSIと、Helloメッセージ =  $[AB\_RSSI / AB\_Loss]$  とを通信手段204へ出力する。

20

【0356】

無線装置Aの通信手段204は、受信信号強度BA\_RSSIおよびHelloメッセージ =  $[AB\_RSSI / AB\_Loss]$  を送受信手段161から受けると、Helloメッセージ =  $[AB\_RSSI / AB\_Loss]$  から受信信号強度AB\_RSSIおよびパケットロス率AB\_Lossを取り出し、受信信号強度BA\_RSSI、受信信号強度AB\_RSSIおよびパケットロス率AB\_Lossをメトリック決定手段201Aへ出力する。

【0357】

無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、通信手段204から受信信号強度BA\_RSSI、受信信号強度AB\_RSSIおよびパケットロス率AB\_Lossを受け、ルーティングデーモン24からパケットロス率BA\_Lossを受け、また、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、図10に示す関係テーブル1602を保持している。

30

【0358】

そうすると、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、関係テーブル1602を参照して、受信信号強度AB\_RSSIに対応する送信レートAB\_Rateと、受信信号強度BA\_RSSIに対応する送信レートBA\_Rateとを求め、その求めた2つの送信レートAB\_Rate, BA\_Rateのうち、大きい方をbit\_rateとする。

【0359】

そして、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、その求めたbit\_rateと、2つのパケットロス率AB\_Loss, BA\_Lossとに基づいて、双方向のメトリックの決定方法2における方法と同じ方法によって、エラーレートError\_Rateを求める。

40

【0360】

その後、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、bit\_rateと、エラーレートError\_Rateとに基づいて、双方向のメトリックの決定方法2における方法と同じ方法によって双方向のメトリックM<sub>A</sub>、M<sub>B</sub>を決定する。

【0361】

無線装置Bのメトリック決定手段201Aも、無線装置Aのメトリック決定手段201

50

Aと同じ方法によって双方向のメトリック $M_{A \ B}$ を決定する。

【0362】

なお、双方向のメトリックの決定方法3においても、メトリック決定手段201Aは、2つの送信レート $AB\_Rate$ 、 $BA\_Rate$ のうち、最小値を $bit \ rate$ としてもよく、2つの送信レート $AB\_Rate$ 、 $BA\_Rate$ の平均値を $bit \ rate$ としてもよく、2つの送信レート $AB\_Rate$ 、 $BA\_Rate$ の和を $bit \ rate$ としてもよく、2つの送信レート $AB\_Rate$ 、 $BA\_Rate$ の積を $bit \ rate$ としてもよい。

【0363】

双方向のメトリックの決定方法3においては、無線装置A、Bにおける送信レート $AB\_Rate$ 、 $BA\_Rate$ の計算および送信レート $AB\_Rate$ 、 $BA\_Rate$ の無線装置A-無線装置B間での交換を不要できる。また、送信レートを制御するアルゴリズムと同じアルゴリズムにすることによって、送信レートの変化をメトリックにそのまま反映できる。

10

【0364】

(双方向のメトリックの決定方法4)

双方向のメトリックの決定方法4においては、双方向のメトリックを決定する無線装置Aに隣接する無線装置Bのメッセージ作成手段242は、ルーティングデーモン24からパケットロス率 $AB\_Loss$ を受ける。

【0365】

そして、無線装置Bのメッセージ作成手段242は、パケットロス率 $AB\_Loss$ を含むHelloメッセージ= $[AB\_Loss]$ を作成し、その作成したHelloメッセージ= $[AB\_Loss]$ を広告する。

20

【0366】

一方、無線装置Aの送受信手段161は、無線装置Bから送信されたHelloメッセージ= $[AB\_Loss]$ を受信し、その受信したHelloメッセージ= $[AB\_Loss]$ を通信手段204へ出力する。

【0367】

そして、無線装置Aの通信手段204は、Helloメッセージ= $[AB\_Loss]$ からパケットロス率 $AB\_Loss$ を取り出し、その取り出したパケットロス率 $AB\_Loss$ をメトリック決定手段201Aへ出力する。

30

【0368】

そうすると、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、通信手段204からパケットロス率 $AB\_Loss$ を受け、ルーティングデーモン24からパケットロス率 $BA\_Loss$ を受ける。

【0369】

そして、2つのパケットロス率 $AB\_Loss$ 、 $BA\_Loss$ の各々は、それぞれ送信レート(54, 48, 36, 24, 18, 12, 9Mbps)に対応したパケットロス率からなるので、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、2つのパケットロス率 $AB\_Loss$ 、 $BA\_Loss$ の各送信レートに対応するパケットロス率を用いて、上述した方法によって、各送信レートごとのエラーレート $Error \ Rate$ を求める。

40

【0370】

その後、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、各送信レートごとに求めたエラーレート $Error \ Rate$ と、上述した式(1)、(2)とを用いて、各送信レートごとのメトリックを求める。

【0371】

そして、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、その求めた各送信レートごとのメトリックのうち、最小のメトリックを双方向のメトリック $M_{A \ B}$ として決定する。

【0372】

なお、無線装置Bのメトリック決定手段201Aも、無線装置Aのメトリック決定手段

50



201Aと同じ方法によって双方向のメトリック $M_{A \rightarrow B}$ を決定する。

【0373】

双方向のメトリックの決定方法4においては、無線装置Aは、無線装置Bのメトリックを変動の少ないパケットロス率だけから計算しているため、同期をしなくても、ある程度、矛盾なくメトリックを広告できる。

【0374】

(双方向のメトリックの決定方法5)

双方向のメトリックの決定方法5においては、双方向のメトリックを決定する無線装置Aに隣接する無線装置Bのメッセージ作成手段242は、ルーティングデーモン24からパケットロス率 $AB\_Loss$ を受ける。

10

【0375】

そして、無線装置Bのメッセージ作成手段242は、パケットロス率 $AB\_Loss$ を含むHelloメッセージ $= [AB\_Loss]$ を作成し、その作成したHelloメッセージ $= [AB\_Loss]$ を広告する。

【0376】

一方、無線装置Aの送受信手段161は、無線装置Bから送信されたHelloメッセージ $= [AB\_Loss]$ を受信し、その受信したHelloメッセージ $= [AB\_Loss]$ を通信手段204へ出力する。

【0377】

そして、無線装置Aの通信手段204は、Helloメッセージ $= [AB\_Loss]$ からパケットロス率 $AB\_Loss$ を取り出し、その取り出したパケットロス率 $AB\_Loss$ をメトリック決定手段201Aへ出力する。

20

【0378】

そうすると、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、通信手段204からパケットロス率 $AB\_Loss$ を受け、ルーティングデーモン24からパケットロス率 $BA\_Loss$ を受ける。

【0379】

そして、2つのパケットロス率 $AB\_Loss$ 、 $BA\_Loss$ の各々は、それぞれ送信レート(54, 48, 36, 24, 18, 12, 9Mbps)に対応したパケットロス率からなるので、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、2つのパケットロス率 $AB\_Loss$ 、 $BA\_Loss$ の各送信レートに対応するパケットロス率を用いて、上述した方法によって、各送信レートごとのエラーレートError Rateを求める。

30

【0380】

その後、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、各送信レートごとに求めたエラーレートError Rateと、上述した式(1)、(2)とを用いて、各送信レートごとのメトリック $A\_AB\_Metric$ を求める。

【0381】

そして、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、各送信レートごとのメトリック $A\_AB\_Metric$ のうち、最小のメトリックが得られるときの送信レートを検出し、その検出した送信レートを $AB\_Rate$ とする。

40

【0382】

引き続き、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、その求めた送信レート $AB\_Rate$ がしきい値(=24Mbps)以上であるか否かを判定し、送信レート $AB\_Rate$ がしきい値(=24Mbps)以上であるとき、送信レート $BA\_Rate$ を24Mbpsとする。

【0383】

一方、無線装置Aのメトリック決定手段201Aは、送信レート $AB\_Rate$ がしきい値(=24Mbps)よりも小さいとき、送信レート $BA\_Rate$ を $BA\_Rate = AB\_Rate$ に設定する。

【0384】

50

そして、無線装置 A のメトリック決定手段 201 A は、求めた送信レート  $BA\_Rate$  と、その送信レート  $BA\_Rate$  に対応するパケットロス率  $BA\_Loss$  の値とに基づいて、上述した (1), (2) を用いてメトリック  $A\_BA\_Metric$  を求める。

【0385】

その後、無線装置 A のメトリック決定手段 201 A は、求めた 2 つのメトリック  $A\_A\_Metric$ ,  $A\_BA\_Metric$  の和を演算して、メトリック  $A\_Metric$  を求める。

【0386】

引き続き、無線装置 A のメトリック決定手段 201 A は、上述した方法と同じ方法によって、メトリック  $B\_Metric$  を求める。

10

【0387】

そうすると、無線装置 A のメトリック決定手段 201 A は、メトリック  $A\_Metric$  とメトリック  $B\_Metric$  とのうち、大きい方のメトリックを双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  として決定する。

【0388】

無線装置 B のメトリック決定手段 201 A も、無線装置 A のメトリック決定手段 201 A と同じ方法によってメトリック  $A\_Metric$  およびメトリック  $B\_Metric$  を求め、その求めたメトリック  $A\_Metric$  およびメトリック  $B\_Metric$  のうち、大きい方のメトリックを双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  として決定する。

20

【0389】

無線装置 A, B において、双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  が求められると、無線装置 A のメトリック決定手段 201 A は、その求めた双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  を平滑手段 202 を介してメッセージ作成手段 242 へ出力し、無線装置 A のメッセージ作成手段 242 は、双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  を含む Hello メッセージ =  $[M_{A\_B}]$  を作成して広告する。また、無線装置 B のメトリック決定手段 201 A は、その求めた双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  を平滑手段 202 を介してメッセージ作成手段 242 へ出力し、無線装置 B のメッセージ作成手段 242 は、双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  を含む Hello メッセージ =  $[M_{A\_B}]$  を作成して広告する。

【0390】

30

なお、双方向のメトリックの決定方法 5 においては、メトリック決定手段 201 A は、2 つのメトリック  $A\_Metric$ ,  $B\_Metric$  のうち、最小値を双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  として決定してもよく、2 つのメトリック  $A\_Metric$ ,  $B\_Metric$  の平均値を双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  として決定してもよく、2 つのメトリック  $A\_Metric$ ,  $B\_Metric$  の和を双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  として決定してもよく、2 つのメトリック  $A\_Metric$ ,  $B\_Metric$  の積を双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  として決定してもよい。

【0391】

各無線装置 31 ~ 43 において、メトリック決定手段 201 A は、上述した双方向のメトリックの決定方法 1 ~ 5 のいずれかを用いて双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  を決定し、その決定した双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  を平滑手段 202 へ出力する。

40

【0392】

そして、各無線装置 31 ~ 43 において、平滑手段 202 は、上述した方法によって、双方向のメトリック  $M_{A\_B}$  を平滑化し、その平滑化したメトリック  $M_{A\_B}$  を更新手段 241 およびメッセージ作成手段 242 へ出力する。

【0393】

メッセージ作成手段 242 は、平滑手段 202 から受けたメトリック  $M_{A\_B}$  を含む Hello メッセージを作成して広告し、更新手段 241 は、平滑手段 202 から受けたメトリック  $M_{A\_B}$  によってルーティングテーブル 21 を更新する。

【0394】

50

図 26 は、実施の形態 4 における通信方法を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、各無線装置 31 ~ 43 のメトリック決定手段 201A は、各無線装置 31 ~ 43 と隣接無線装置との間に形成される無線リンクの双方向における通信品質に基づいて、上述した方法によって双方向のメトリックを決定し（ステップ S31）、その決定した双方向のメトリックを平滑手段 202 へ出力する。

【0395】

そして、各無線装置 31 ~ 43 の平滑手段 202 は、メトリック決定手段 201A から受けた双方向のメトリックを上述した方法によって平滑化し（ステップ S32）、その平滑化したメトリックを更新手段 241 およびメッセージ作成手段 242 へ出力する。

【0396】

各無線装置 31 ~ 43 のメッセージ作成手段 242 は、平滑手段 202 から受けたメトリックを含む Hello メッセージを作成して一定周期 T1（= 2 秒周期）で広告する。これによって、平滑化された双方向のメトリックは、定期的に広告される（ステップ S33）。

【0397】

また、各無線装置 31 ~ 43 の更新手段 241 は、平滑手段 202 から受けたメトリックによってルーティングテーブル 21 を更新する（ステップ S34）。

【0398】

その後、各無線装置 31 ~ 43 の通信手段 204 は、送信先へ送信するためのデータをメッセージ作成手段 242 から受けると、その受けたデータをデータ部に格納してパケットを作成し、その作成したパケットを送信先へ送信するための経路探索を経路探索手段 203 へ要求する。

【0399】

各無線装置 31 ~ 43 の経路探索手段 203 は、通信手段 204 からの要求に応じて、更新されたルーティングテーブル 21 を参照して、パケットを送信先へ送信するための経路を探索し（ステップ S35）、その探索した経路を通信手段 204 へ出力する。そして、各無線装置 31 ~ 43 の通信手段 204 は、経路探索手段 203 によって探索された経路に沿ってパケットを送信先へ送信する（ステップ S36）。これによって、一連の動作は、終了する。

【0400】

なお、上記においては、双方向のメトリックを平滑化した後に、更新手段 241 およびメッセージ作成手段 242 へ出力すると説明したが、実施の形態 4 においては、これに限らず、双方向のメトリックを平滑化せずに更新手段 241 およびメッセージ作成手段 242 へ出力するようにしてもよい。

【0401】

上述したように、実施の形態 4 によれば、各無線装置 31 ~ 43 は、自己と隣接無線装置との間の無線リンクにおける双方向のメトリックを決定し、その決定した双方向のメトリックを経路に反映してルーティングテーブル 21 を作成および更新するので、隣接する 2 つの無線装置間では、同じメトリックを用いてルーティングテーブル 21 が作成および更新され、等張性が保証され、経路がループフリーになり、経路の最適解が保証される。

【0402】

従って、この発明によれば、無線ネットワーク 100 を安定化できる。

【0403】

その他は、実施の形態 1 と同じである。

【0404】

[実施の形態 5]

図 27 は、図 1 に示す無線装置 31 の実施の形態 5 による構成を示す概略ブロック図である。図 1 に示す無線装置 31 は、実施の形態 5 においては、図 27 に示す無線装置 31D からなる。

【0405】

10

20

30

40

50

無線装置 3 1 D は、図 1 5 に示す無線装置 3 1 A の通信制御部 1 5 A を通信制御部 1 5 D に代えたものであり、その他は、無線装置 3 1 A と同じである。

【 0 4 0 6 】

通信制御部 1 5 D は、図 1 5 に示す通信制御部 1 5 A の IP モジュール 2 0 A を IP モジュール 2 0 C に代えたものであり、その他は、通信制御部 1 5 A と同じである。

【 0 4 0 7 】

IP モジュール 2 0 C は、無線装置 3 1 D と無線装置 3 1 D に隣接する隣接無線装置間に形成される無線リンクの双方向のメトリックを実施の形態 4 による方法によって決定し、その決定した双方向のメトリックをルーティングデーモン 2 4 A へ出力する。

【 0 4 0 8 】

図 2 8 は、双方向のメトリックの決定とメトリックの更新タイミングの調整とを実行する機能を示す機能ブロック図である。IP モジュール 2 0 C は、図 1 6 に示す IP モジュール 2 0 A のメトリック決定手段 2 0 1 をメトリック決定手段 2 0 1 A に代えたものであり、その他は、IP モジュール 2 0 A と同じである。

【 0 4 0 9 】

メトリック決定手段 2 0 1 A は、実施の形態 4 による双方向のメトリックの決定方法 1 ~ 5 のいずれかの方法を用いて、双方向のメトリックを決定し、その決定した双方向のメトリックを更新手段 2 4 1、メッセージ作成手段 2 4 2 および送信タイミング調整手段 2 4 3 へ出力する。

【 0 4 1 0 】

送信タイミング調整手段 2 4 3 は、メトリック決定手段 2 0 1 A から受けた双方向のメトリックに基づいて、上述した方法によって、双方向のメトリックの送信タイミング  $T_{tx}$  を調整し、その調整した送信タイミング  $T_{tx}$  をメッセージ作成手段 2 4 2 へ出力する。

【 0 4 1 1 】

そして、メッセージ作成手段 2 4 2 は、送信タイミング調整手段 2 4 3 から受けた送信タイミング  $T_{tx}$  で双方向のメトリックを含む Hello メッセージを広告する。

【 0 4 1 2 】

なお、無線装置 3 2 ~ 4 3 の各々も、図 2 7 および図 2 8 に示す無線装置 3 1 D と同じ構成からなる。

【 0 4 1 3 】

実施の形態 5 による無線装置 3 1 D は、上述した実施の形態 2 による無線装置 3 1 A と実施の形態 4 による無線装置 3 1 C とを組み合わせたものである。従って、実施の形態 5 による無線装置 3 1 D は、隣接する 2 つの無線装置間で双方向のメトリックを決定し、その決定した双方向のメトリックを通常の Hello メッセージの送信周期以上の時間間隔で広告する。

【 0 4 1 4 】

その結果、等張性が保証され、経路がループフリーになるとともに、ルーティングテーブル 2 1 の更新回数が減少する。従って、無線ネットワーク 1 0 0 を安定化できる。

【 0 4 1 5 】

図 2 9 は、実施の形態 5 による通信方法を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、各無線装置 3 1 ~ 4 3 のメトリック決定手段 2 0 1 A は、各無線装置 3 1 ~ 4 3 と隣接無線装置との間に形成される無線リンクの双方向における通信品質に基づいて、上述した方法によって双方向のメトリックを決定し (ステップ S 4 1)、その決定した双方向のメトリックを更新手段 2 4 1、メッセージ作成手段 2 4 2 および送信タイミング調整手段 2 4 3 へ出力する。

【 0 4 1 6 】

そして、送信タイミング調整手段 2 4 3 は、メトリック決定手段 2 0 1 A から受けた双方向のメトリックに基づいて、上述した方法によって、決定された双方向のメトリックの送信間隔が通常の Hello メッセージの送信間隔以上になるように、双方向のメトリッ

10

20

30

40

50

クの送信タイミングを調整する（ステップ S 4 2）。

【 0 4 1 7 】

その後、図 1 7 に示すフローチャートのステップ S 1 4 ~ ステップ S 1 7 とそれぞれ同じステップ S 4 3 ~ ステップ S 4 6 が実行される。これによって、一連の動作は終了する。

【 0 4 1 8 】

その他は、実施の形態 1 , 2 と同じである。

【 0 4 1 9 】

[ 実施の形態 6 ]

図 3 0 は、図 1 に示す無線装置 3 1 の実施の形態 6 による構成を示す概略ブロック図である。図 1 に示す無線装置 3 1 は、実施の形態 6 においては、図 3 0 に示す無線装置 3 1 E からなる。

10

【 0 4 2 0 】

無線装置 3 1 E は、図 1 9 に示す無線装置 3 1 B の通信制御部 1 5 B を通信制御部 1 5 E に代えたものであり、その他は、無線装置 3 1 B と同じである。

【 0 4 2 1 】

通信制御部 1 5 E は、図 1 9 に示す通信制御部 1 5 B の IP モジュール 2 0 A を IP モジュール 2 0 C に代えたものであり、その他は、通信制御部 1 5 B と同じである。

【 0 4 2 2 】

IP モジュール 2 0 C は、実施の形態 5 において説明した機能を果たす。

20

【 0 4 2 3 】

図 3 1 は、双方向のメトリックの決定とルーティングテーブル 2 1 の更新タイミングの同期化とを実行する機能を示す機能ブロック図である。

【 0 4 2 4 】

実施の形態 6 においては、メトリック決定手段 2 0 1 A は、上述した方法によって、双方向のメトリックを決定すると、その決定した双方向のメトリックを更新手段 2 4 1、メッセージ作成手段 2 4 2 および更新タイミング同期手段 2 4 4 へ出力する。

【 0 4 2 5 】

更新タイミング同期手段 2 4 4 は、メトリック決定手段 2 0 1 A から双方向のメトリックを受けると、その受けた双方向のメトリックに基づいて、上述した方法によって、更新タイミング T \_ u p d a t e を決定し、その決定した更新タイミング T \_ u p d a t e を更新手段 2 4 1 へ出力する。

30

【 0 4 2 6 】

図 3 2 は、複数の無線装置間で同期してルーティングテーブル 2 1 を更新する他の動作を説明するための図である。無線装置 A の更新タイミング同期手段 2 4 4 は、メトリック決定手段 2 0 1 A から受けた双方向のメトリックに基づいて、更新タイミング T \_ u p d a t e を決定するため、その更新タイミング T \_ u p d a t e を決定する過程においては、メトリック A B \_ M e t r i c と、メトリック B A \_ M e t r i c と、双方向のメトリック M e t r i c とを含む H e l l o メッセージを作成して広告する。

【 0 4 2 7 】

また、無線装置 B の更新タイミング同期手段 2 4 4 も、同様の理由により、メトリック A B \_ M e t r i c と、メトリック B A \_ M e t r i c と、双方向のメトリック M e t r i c とを含む H e l l o メッセージを作成して広告する。

40

【 0 4 2 8 】

その他は、図 2 1 における説明と同じである。

【 0 4 2 9 】

更新手段 2 4 1 は、メトリック決定手段 2 0 1 A から双方向のメトリックを受ける。そして、更新手段 2 4 1 は、更新タイミング同期手段 2 4 4 から更新タイミング T \_ u p d a t e を受けると、その受けた更新タイミング T \_ u p d a t e に同期して、双方向のメトリックを経路に反映して経路計算を行い、ルーティングテーブル 2 1 を更新する。

50

## 【 0 4 3 0 】

なお、無線装置 3 2 ~ 4 3 も、図 3 0 および図 3 1 に示す無線装置 3 1 E からなる。

## 【 0 4 3 1 】

図 3 3 は、実施の形態 6 における通信方法を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、各無線装置 3 1 ~ 4 3 のメトリック決定手段 2 0 1 A は、各無線装置 3 1 ~ 4 3 と隣接無線装置との間に形成される無線リンクの双方向における通信品質に基づいて、上述した方法によって双方向のメトリックを決定し（ステップ S 5 1）、その決定した双方向のメトリックを更新手段 2 4 1、メッセージ作成手段 2 4 2 および更新タイミング同期手段 2 4 4 へ出力する。

## 【 0 4 3 2 】

その後、図 2 2 に示すステップ S 2 3 ~ ステップ S 3 0 とそれぞれ同じステップ S 5 2 ~ ステップ S 5 9 が順次実行される。この場合、ステップ S 2 3 ~ ステップ S 3 0 における説明の「メトリック」を「双方向のメトリック」に読み替えばよい。

## 【 0 4 3 3 】

上述したように、実施の形態 6 によれば、各無線装置 3 1 ~ 4 3 は、隣接無線装置との間に形成される無線リンクの双方向のメトリックを決定し、その決定した双方向のメトリックが変化すると、複数の無線装置間で同期して、変化後の双方向のメトリックを経路に反映して経路計算を行い、ルーティングテーブル 2 1 を更新する。

## 【 0 4 3 4 】

その結果、無線ネットワーク 1 0 0 において、等張性が保証され、経路がループフリーになり、経路の最適解が保証される。

## 【 0 4 3 5 】

従って、この発明によれば、無線ネットワーク 1 0 0 を安定化できる。

## 【 0 4 3 6 】

その他は、実施の形態 1, 3, 4 と同じである。

## 【 0 4 3 7 】

## [ 実施の形態 7 ]

図 3 4 は、図 1 に示す無線装置 3 1 の実施の形態 7 における構成を示す概略ブロック図である。実施の形態 7 においては、図 1 に示す無線装置 3 1 は、図 3 4 に示す無線装置 3 1 F からなる。

## 【 0 4 3 8 】

無線装置 3 1 F は、図 1 5 に示す無線装置 3 1 A の通信制御部 1 5 A を通信制御部 1 5 F に代えたものであり、その他は、無線装置 3 1 A と同じである。通信制御部 1 5 F は、図 1 5 に示す通信制御部 1 5 A のルーティングデーモン 2 4 A をルーティングデーモン 2 4 C に代えたものであり、その他は、通信制御部 1 5 A と同じである。

## 【 0 4 3 9 】

ルーティングデーモン 2 4 C は、IP モジュール 2 0 A からメトリック  $m_i$  を受け、その受けたメトリック  $m_i$  を無線ネットワーク 1 0 0 内で広告する送信タイミング  $T_{tx}$  を調整し、その調整した送信タイミング  $T_{tx}$  でメトリック  $m_i$  を広告するとともに、複数の無線装置間で同期してメトリック  $m_i$  を経路に反映して経路計算を行い、ルーティングテーブル 2 1 を更新する。

## 【 0 4 4 0 】

図 3 5 は、メトリックの更新タイミングの調整とルーティングテーブル 2 1 の更新タイミングの同期化とを実行する機能を示す機能ブロック図である。ルーティングデーモン 2 4 C は、図 1 6 に示すルーティングデーモン 2 4 A に更新タイミング同期手段 2 4 4 を追加したものであり、その他は、ルーティングデーモン 2 4 A と同じである。

## 【 0 4 4 1 】

実施の形態 7 においては、メトリック決定手段 2 0 1 は、上述した方法によって決定したメトリック  $m_i$  を更新手段 2 4 1、メッセージ作成手段 2 4 2、送信タイミング調整手段 2 4 3 および更新タイミング同期手段 2 4 4 へ出力する。

10

20

30

40

50

## 【0442】

送信タイミング調整手段243は、メトリック決定手段201から受けたメトリック $m_i$ に基づいて、上述した方法によって送信タイミング $T_{tx}$ を調整し、その調整した送信タイミング $T_{tx}$ をメッセージ作成手段242へ出力する。

## 【0443】

そして、メッセージ作成手段242は、送信タイミング調整手段243から送信タイミング $T_{tx}$ を受けると、メトリック決定手段201から受けたメトリック $m_i$ を送信タイミング $T_{tx}$ に同期して広告する。

## 【0444】

また、更新タイミング同期手段244は、メトリック決定手段201から受けたメトリック $m_i$ に基づいて、上述した方法によって更新タイミング $T_{update}$ の同期化を行い、その同期化した更新タイミング $T_{update}$ を更新手段241へ出力する。

## 【0445】

そして、更新手段241は、同期化された更新タイミング $T_{update}$ を更新タイミング同期手段244から受けると、メトリック決定手段201から受けたメトリック $m_i$ を更新タイミング $T_{update}$ に同期して経路に反映して経路計算を行い、ルーティングテーブル21を更新する。

## 【0446】

なお、無線装置32~43も、図34および図35に示す無線装置31Fからなる。

## 【0447】

図36は、実施の形態7における通信方法を説明するためのフローチャートである。図36に示すフローチャートは、図17に示すステップS11~ステップS14と、図22に示すステップS23~ステップS30とを連結したフローチャートからなる。そして、ステップS11~ステップS14が順次実行された後に、ステップS23~ステップS30が順次実行される。

## 【0448】

実施の形態7によれば、各無線装置31~43は、隣接無線装置との間に形成される無線リンクのメトリックを決定し、その決定したメトリックを通常のHelloメッセージの送信間隔以上の送信間隔で広告するとともに、メトリックが変化すると、複数の無線装置間で同期して、変化後のメトリックを経路に反映して経路計算を行い、ルーティングテーブル21を更新する。

## 【0449】

その結果、無線ネットワーク100において、経路切替の回数が減少するとともに、等張性が保証され、経路がループフリーになり、経路の最適解が保証される。

## 【0450】

従って、この発明によれば、無線ネットワーク100を安定化できる。

## 【0451】

その他は、実施の形態1~3と同じである。

## 【0452】

[実施の形態8]

図37は、図1に示す無線装置31の実施の形態8における構成を示す概略ブロック図である。実施の形態8においては、図1に示す無線装置31は、図37に示す無線装置31Gからなる。

## 【0453】

無線装置31Gは、図34に示す無線装置31Fの通信制御部15Fを通信制御部15Gに代えたものであり、その他は、無線装置31Fと同じである。通信制御部15Fは、図34に示す通信制御部15FのIPモジュール20AをIPモジュール20Bに代えたものであり、その他は、通信制御部15Fと同じである。

## 【0454】

IPモジュール20Bは、上述した方法によって双方向のメトリックを決定し、その決

10

20

30

40

50

定した双方向のメトリックを平滑化する。そして、IPモジュール20Bは、平滑化前の双方向のメトリックと、平滑化後の双方向のメトリックとをルーティングデーモン24Cへ出力する。

【0455】

ルーティングデーモン24Cは、平滑化前の双方向のメトリックに基づいて、上述した方法によって、双方向のメトリックの送信タイミングT<sub>tx</sub>を調整し、その調整した送信タイミングT<sub>tx</sub>に同期して、平滑化後の双方向のメトリックを広告する。

【0456】

また、ルーティングデーモン24Cは、平滑化後の双方向のメトリックに基づいて、上述した方法によって、複数の無線装置間で同期してルーティングテーブル21を更新する更新タイミングT<sub>update</sub>を決定し、その決定した更新タイミングT<sub>update</sub>に同期してルーティングテーブル21を更新する。

10

【0457】

図38は、双方向のメトリックの決定、メトリックの平滑化、メトリックの更新タイミングの調整およびルーティングテーブル21の更新タイミングの同期化を実行する機能を示す機能ブロック図である。

【0458】

メトリック決定手段201Aは、上述した方法によって、双方向のメトリックを決定し、その決定した双方向のメトリックを平滑手段202および送信タイミング調整手段243へ出力する。

20

【0459】

平滑手段202は、メトリック決定手段201Aから受けた双方向のメトリックを平滑化し、その平滑化した双方向のメトリックを更新手段241、メッセージ作成手段242および更新タイミング同期手段244へ出力する。

【0460】

送信タイミング調整手段243は、平滑化前の双方向のメトリックに基づいて、上述した方法によって、送信タイミングT<sub>tx</sub>を調整し、その調整した送信タイミングT<sub>tx</sub>をメッセージ作成手段242へ出力する。

【0461】

そして、メッセージ作成手段242は、送信タイミング調整手段243から送信タイミングT<sub>tx</sub>を受けると、その受けた送信タイミングT<sub>tx</sub>に同期して、平滑化後の双方向のメトリックを含むHelloメッセージを作成して広告する。

30

【0462】

また、更新タイミング同期手段244は、平滑化後の双方向のメトリックに基づいて、上述した方法によって、複数の無線装置間で同期して、ルーティングテーブル21を更新する更新タイミングT<sub>update</sub>を決定し、その決定した更新タイミングT<sub>update</sub>を更新手段241へ出力する。

【0463】

そして、更新手段241は、更新タイミング同期手段244から更新タイミングT<sub>update</sub>を受けると、その受けた更新タイミングT<sub>update</sub>に同期して、平滑化後の双方向のメトリックを経路に反映して経路計算を行い、ルーティングテーブル21を更新する。

40

【0464】

なお、無線装置32~43も、図37および図38に示す無線装置31Gからなる。

【0465】

図39は、実施の形態8における通信方法を説明するためのフローチャートである。図39に示すフローチャートは、図33に示すフローチャートのステップS51をステップS61~ステップS64に代えたものであり、その他は、図33に示すフローチャートと同じである。

【0466】

50



一連の動作が開始されると、各無線装置 31 ~ 43 は、隣接無線装置との間で形成される無線リンクの双方向における通信品質に基づいて、上述した方法によって、双方向のメトリックを決定し（ステップ S 61）、その決定した双方向のメトリックを平滑化する（ステップ S 62）。

【0467】

その後、各無線装置 31 ~ 43 は、決定した双方向のメトリックの送信間隔が通常の Hello メッセージの送信間隔以上になるように、上述した方法によって、平滑後の双方向のメトリックの送信タイミングを調整する（ステップ S 63）。

【0468】

そして、各無線装置 31 ~ 43 は、調整した送信タイミングで平滑後の双方向のメトリックを広告する（ステップ S 64）。

10

【0469】

その後、上述したステップ S 52 ~ ステップ S 59 が順次実行され、一連の動作が終了する。

【0470】

実施の形態 8 によれば、各無線装置 31 ~ 43 は、隣接無線装置との間に形成される無線リンクの双方向のメトリックを決定し、その決定した双方向のメトリックを平滑化するとともに、通常の Hello メッセージの送信間隔以上の送信間隔で平滑後の双方向のメトリックを広告し、双方向のメトリックが変化すると、複数の無線装置間で同期して、変化後の双方向のメトリックを経路に反映して経路計算を行い、ルーティングテーブル 21 を更新する。

20

【0471】

その結果、無線ネットワーク 100 において、経路切替の回数が更に減少するとともに、等張性が保証され、経路がループフリーになり、経路の最適解が保証される。

【0472】

従って、この発明によれば、無線ネットワーク 100 を安定化できる。

【0473】

その他は、実施の形態 1 ~ 4 と同じである。

【0474】

上記においては、メトリック  $m_i$  は、式 (1)、(2) を用いて決定されると説明したが、この発明においては、これに限られず、メトリック  $m_i$  は、非特許文献 2 に記載された *Airtime Link Metric* と同じように決定されてもよく、一般的には、等張性を保証するメトリックであれば、どのようなメトリックと同じように決定されてもよい。

30

【0475】

なお、この発明においては、送信レート決定手段 160 は、「通信品質決定手段」を構成する。

【0476】

また、送信レート決定手段 160 およびメトリック決定手段 201、または送信レート決定手段 160 およびメトリック決定手段 201A は、「決定手段」を構成する。

40

【0477】

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】

【0478】

この発明は、無線ネットワークの安定化が可能な無線装置に適用される。また、この発明は、無線ネットワークの安定化が可能な無線装置を備えた無線ネットワークに適用される。

50

## 【図面の簡単な説明】

【0479】

【図1】この発明の実施の形態による無線装置を備えた無線ネットワークの概略図である。

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

【図3】OLSRプロトコルにおけるパケットの構成図である。

【図4】図2に示すルーティングテーブルの構成図である。

【図5】ネイバリストの構成を示す概略図である。

【図6】ネイバリストの例を示す図である。

【図7】トポロジー情報の概念図である。

10

【図8】各無線区間におけるデータ到達状況を検出する方法を説明するための図である。

【図9】図2に示す無線インターフェースモジュールに含まれる送信レート決定手段の機能ブロック図である。

【図10】図9に示す関係テーブルの構成を示す図である。

【図11】スループットと送信レートとの関係を示す図である。

【図12】送信レートを決定する方法を説明するための図である。

【図13】メトリックの平滑化に関連する機能を示す機能ブロック図である。

【図14】実施の形態1における通信方法を説明するためのフローチャートである。

【図15】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。

20

【図16】メトリックを更新するタイミングを調整する機能を示す機能ブロック図である。

【図17】実施の形態2における通信方法を説明するためのフローチャートである。

【図18】メトリックを更新するタイミングを調整する他の機能を示す機能ブロック図である。

【図19】図1に示す無線装置の実施の形態3における構成を示す概略ブロック図である。

【図20】ルーティングテーブルを更新する更新タイミングの同期を取る機能を示す機能ブロック図である。

【図21】複数の無線装置間で同期してルーティングテーブルを更新する動作を説明するための図である。

30

【図22】実施の形態3における通信方法を説明するためのフローチャートである。

【図23】ルーティングテーブルを更新する更新タイミングの同期を取る機能を示す他の機能ブロック図である。

【図24】図1に示す無線装置の実施の形態4における構成を示す概略ブロック図である。

【図25】双方向のメトリックの決定およびメトリックの平滑化を実行する機能ブロック図である。

【図26】実施の形態4における通信方法を説明するためのフローチャートである。

【図27】図1に示す無線装置の実施の形態5による構成を示す概略ブロック図である。

40

【図28】双方向のメトリックの決定とメトリックの更新タイミングの調整とを実行する機能を示す機能ブロック図である。

【図29】実施の形態5による通信方法を説明するためのフローチャートである。

【図30】図1に示す無線装置の実施の形態6による構成を示す概略ブロック図である。

【図31】双方向のメトリックの決定とルーティングテーブルの更新タイミングの同期化とを実行する機能を示す機能ブロック図である。

【図32】複数の無線装置間で同期してルーティングテーブルを更新する他の動作を説明するための図である。

【図33】実施の形態6における通信方法を説明するためのフローチャートである。

【図34】図1に示す無線装置の実施の形態7における構成を示す概略ブロック図である

50

【図35】メトリックの更新タイミングの調整とルーティングテーブルの更新タイミングの同期化とを実行する機能を示す機能ブロック図である。

【図36】実施の形態7における通信方法を説明するためのフローチャートである。

【図37】図1に示す無線装置の実施の形態8における構成を示す概略ブロック図である。

【図38】双方向のメトリックの決定、メトリックの平滑化、メトリックの更新タイミングの調整およびルーティングテーブルの更新タイミングの同期化を実行する機能を示す機能ブロック図である。

【図39】実施の形態8における通信方法を説明するためのフローチャートである。

10

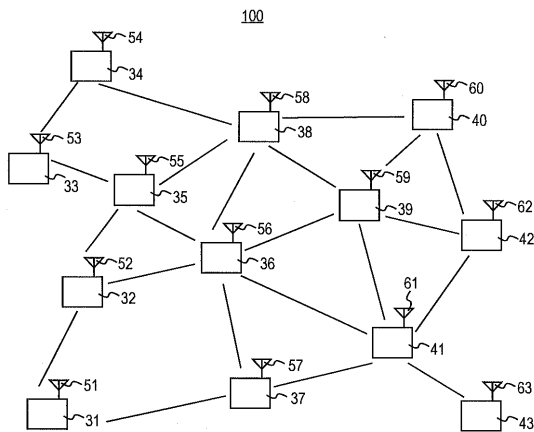
【符号の説明】

【0480】

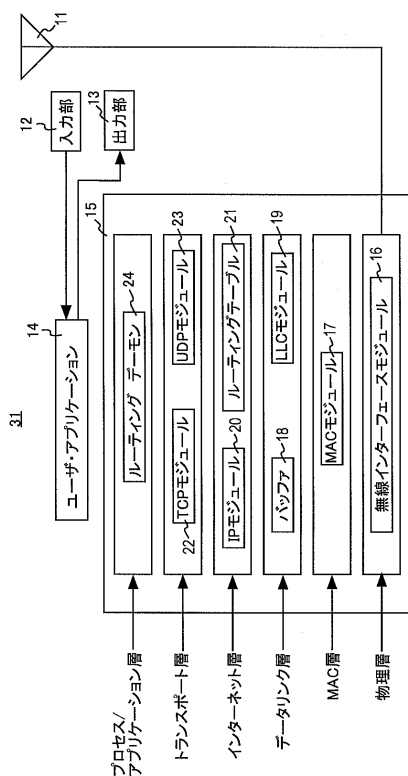
11, 51~63 アンテナ、12 入力部、13 出力部、14 ユーザアプリケーション、15, 15A, 15B, 15C, 15D, 15E, 15F, 15G 通信制御部、16 無線インターフェースモジュール、17 MACモジュール、18 バッファ、19 LLCモジュール、20, 20A, 20B, 20C IPモジュール、21 ルーティングテーブル、22 TCPモジュール、23 UDPモジュール、24, 24A, 24B, 24C ルーティングデモン、31~43, 31A, 31B, 31C, 31D, 31E, 31F, 31G 無線装置、100 無線ネットワーク、160 送信レート決定手段、161 送受信手段、201, 201A メトリック決定手段、202 平滑手段、203 経路探索手段、204 通信手段、241 更新手段、242 メッセージ作成手段、243 送信タイミング調整手段、244 更新タイミング同期手段、1601 レート決定手段、1602 関係テーブル。

20

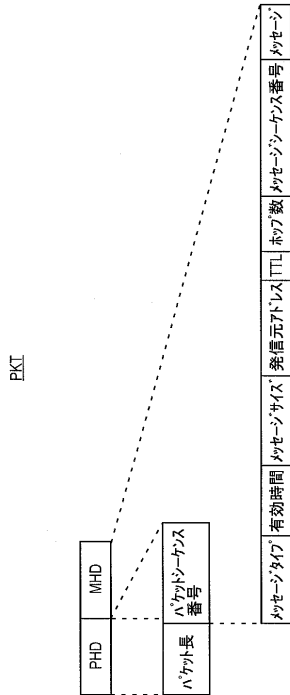
【図1】



【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】

21

送信先	次の無線装置	ホップ数
---	-----	---
---	-----	---
⋮	⋮	⋮

【 図 5 】

NTBL

自己のアドレス	隣接無線装置のアドレス
---	-----
	-----
	⋮

【 図 6 】

NTBL\_31

自己のアドレス	隣接無線装置のアドレス
IPaddress31	IPaddress32
	IPaddress37

(a)

NTBL\_32

自己のアドレス	隣接無線装置のアドレス
IPaddress32	IPaddress31
	IPaddress35
	IPaddress36

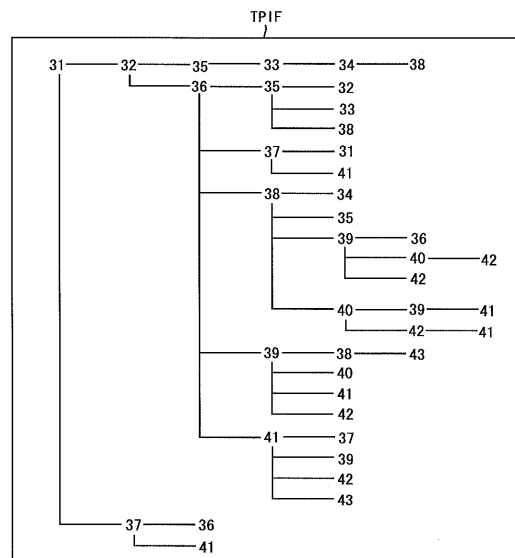
(b)

NTBL\_36

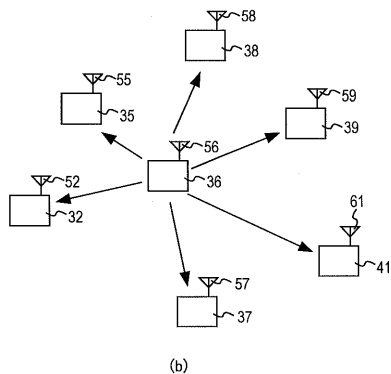
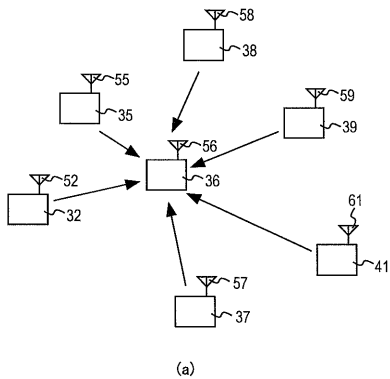
自己のアドレス	隣接無線装置のアドレス
IPaddress36	IPaddress32
	IPaddress35
	IPaddress37
	IPaddress38
	IPaddress39
	IPaddress41

(c)

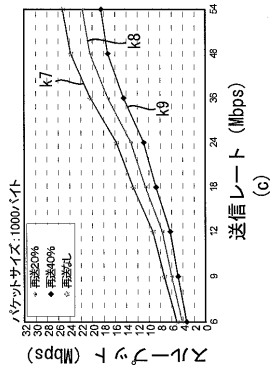
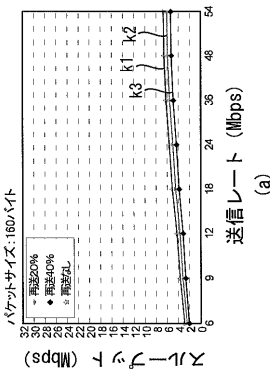
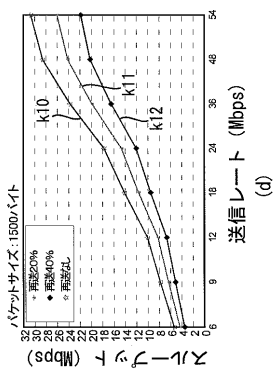
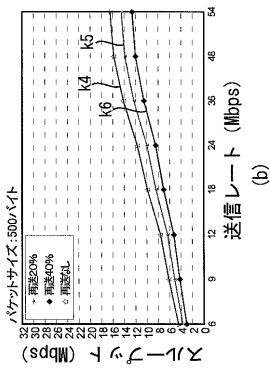
【 図 7 】



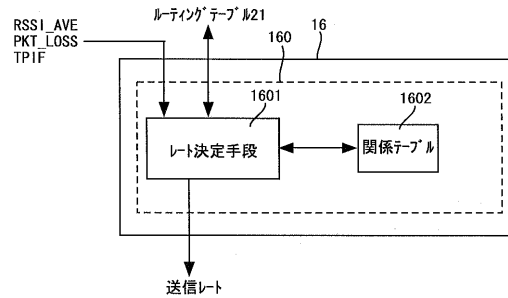
【図8】



【図11】



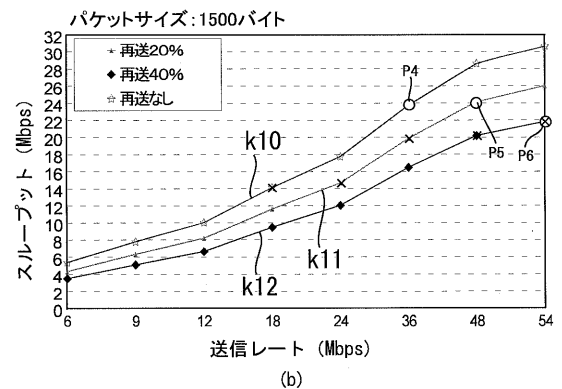
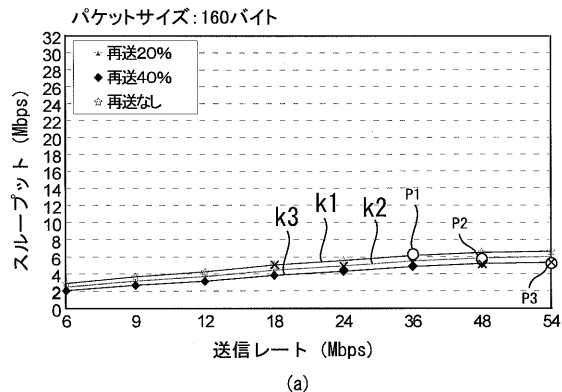
【図9】



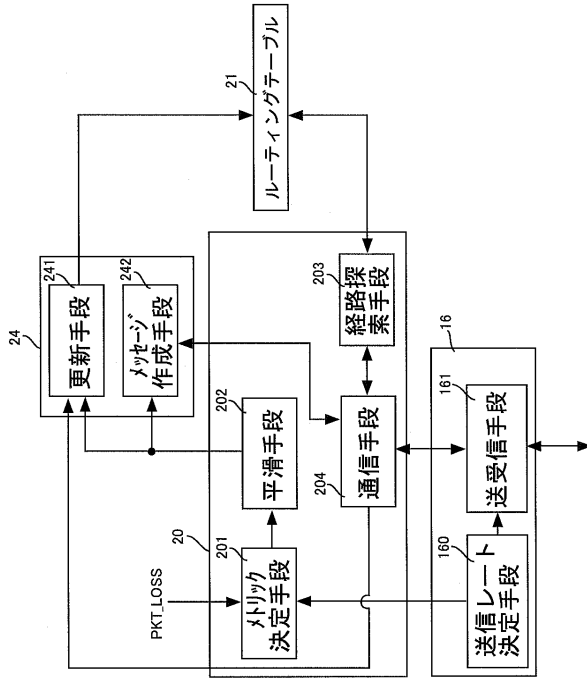
【図10】

平均受信信号強度	基準送信レート
~-85dB	6Mbps
-85dB~-82dB	9Mbps
-82dB~-80dB	12Mbps
-80dB~-78dB	18Mbps
-78dB~-75dB	24Mbps
-75dB~-72dB	36Mbps
-72dB~-65dB	48Mbps
-65dB~	54Mbps

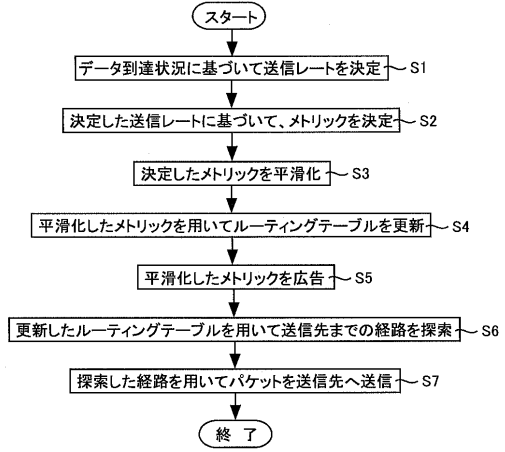
【図12】



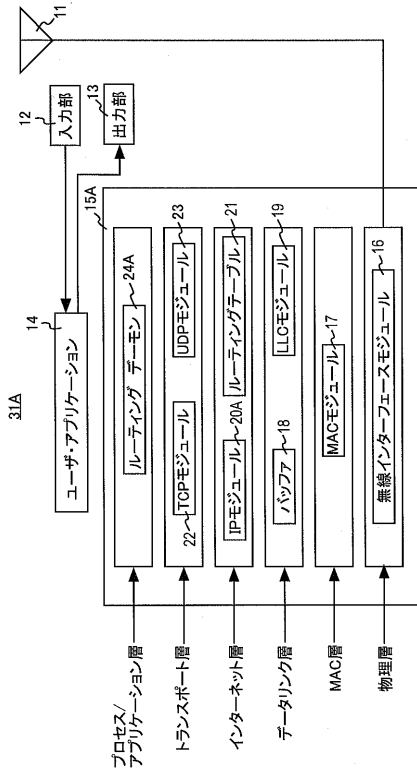
【図13】



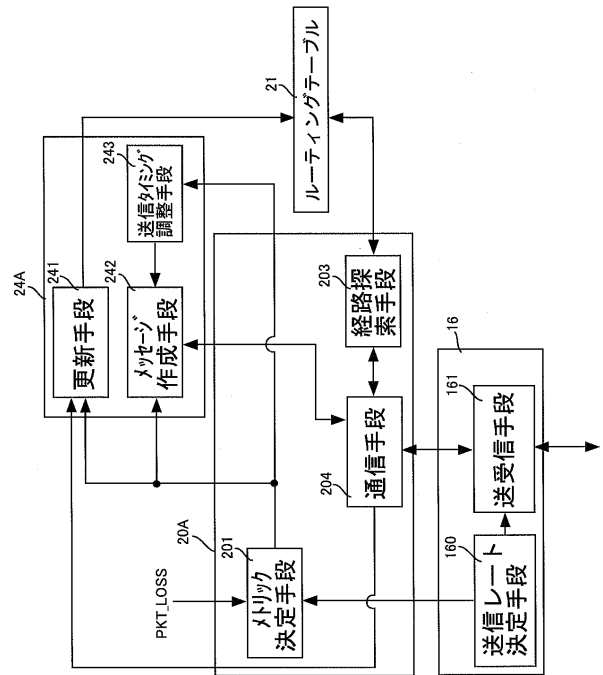
【図14】



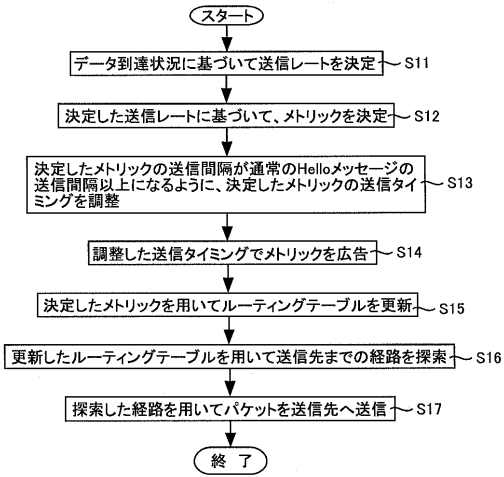
【図15】



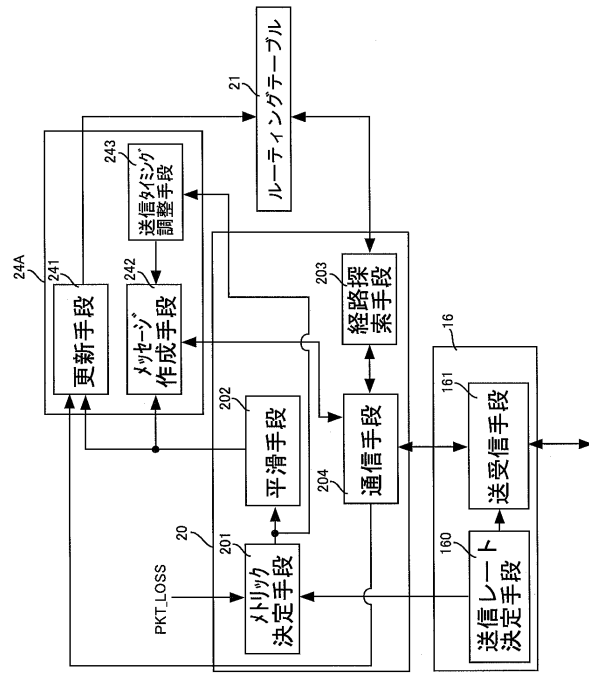
【図16】



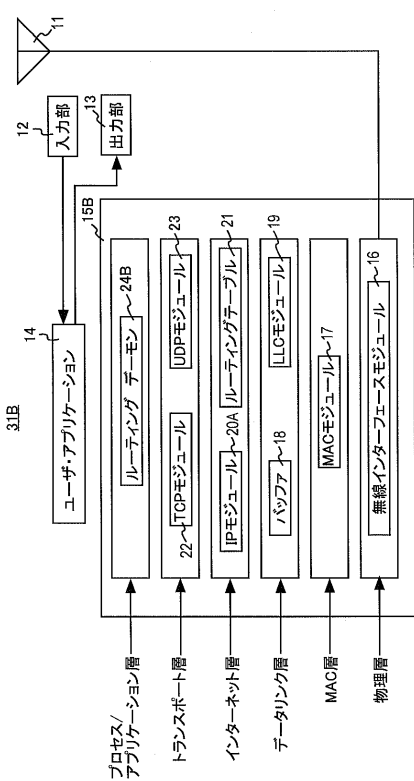
【図 17】



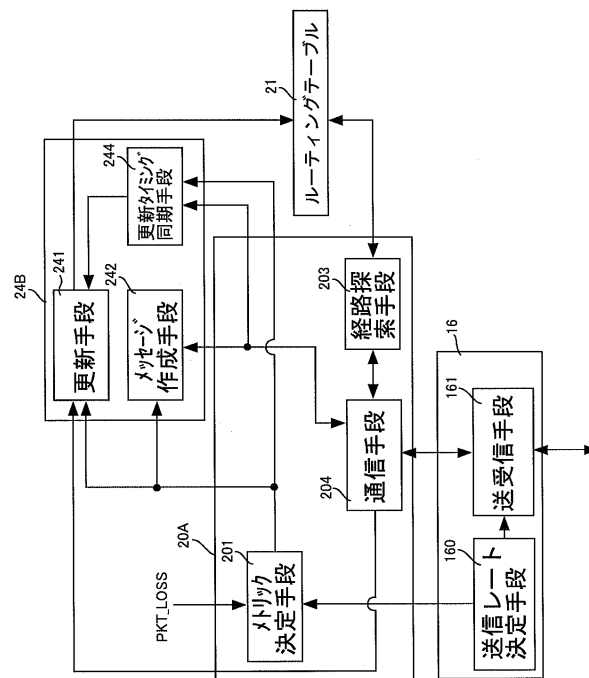
【図 18】



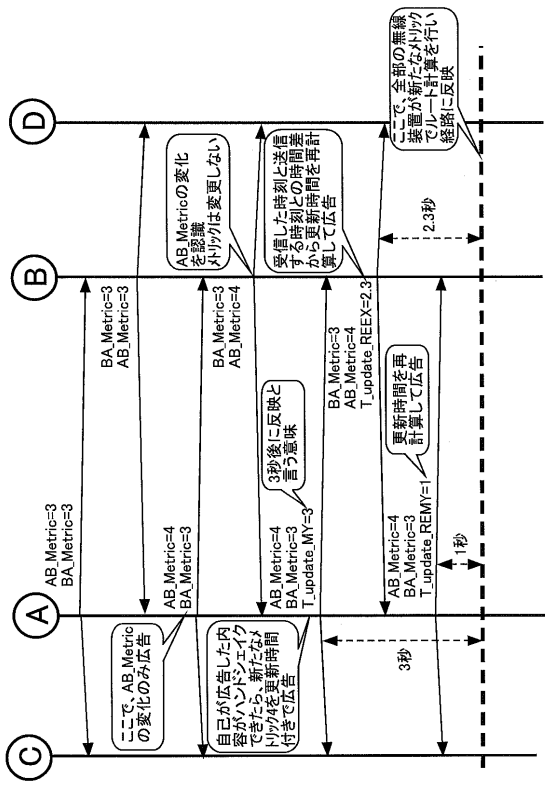
【図 19】



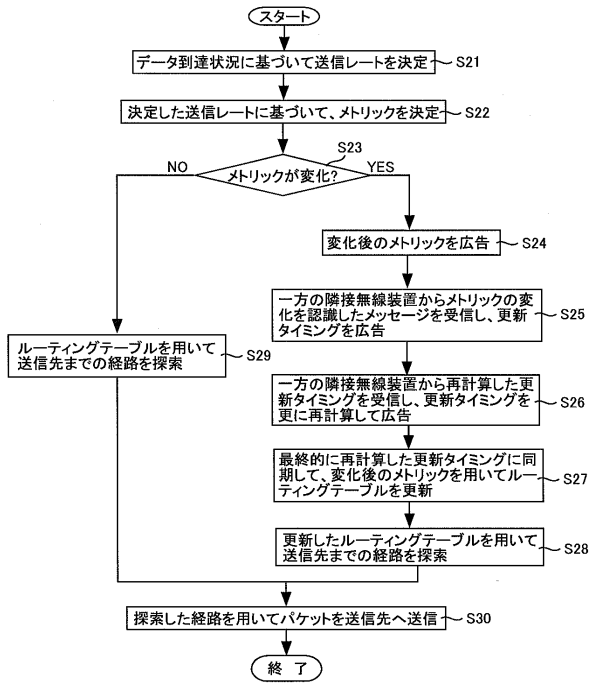
【図 20】



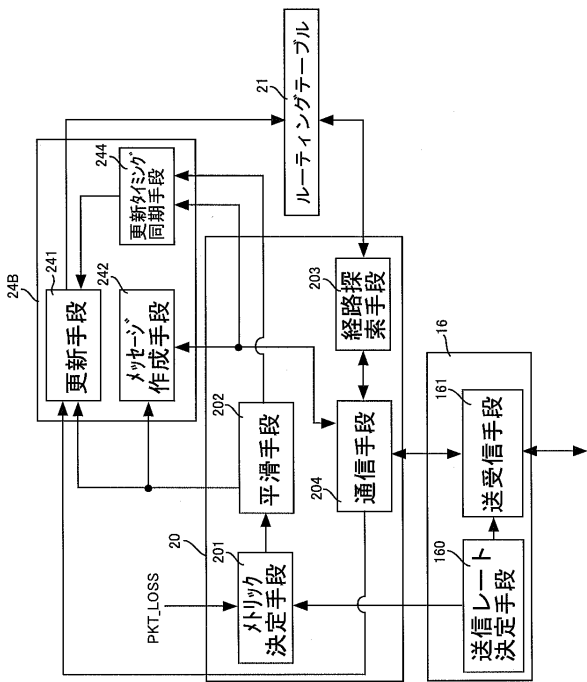
【図 2 1】



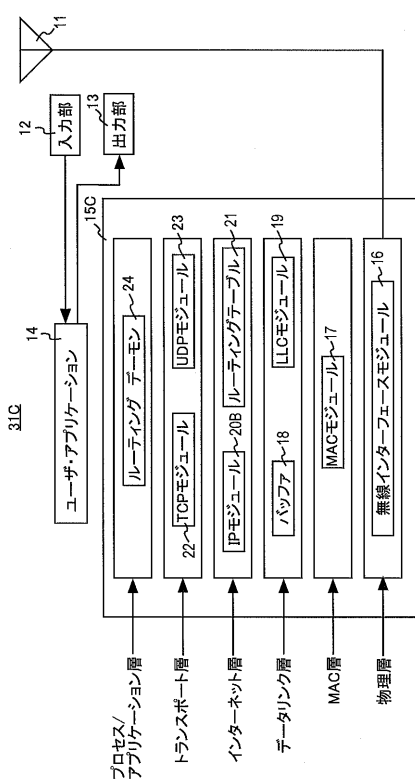
【図 2 2】



【図 2 3】

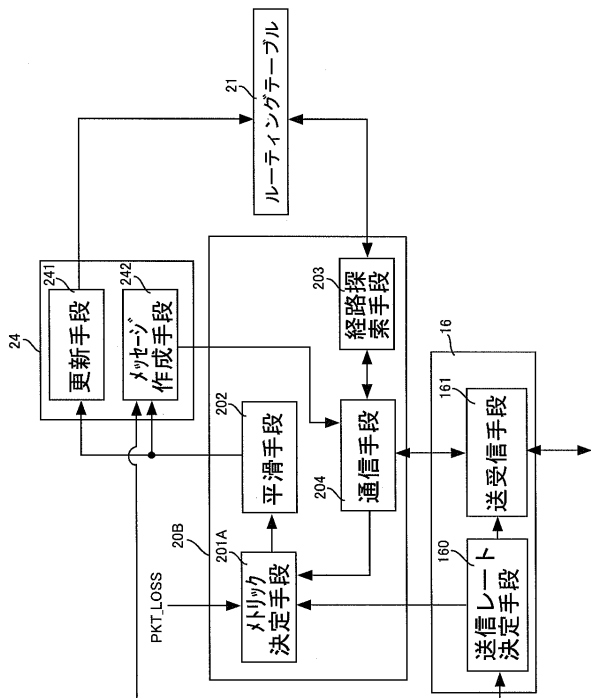


【図 2 4】

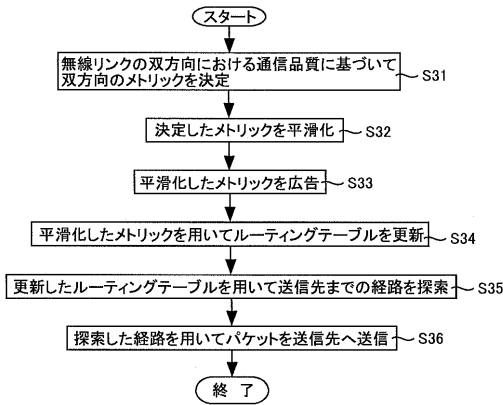




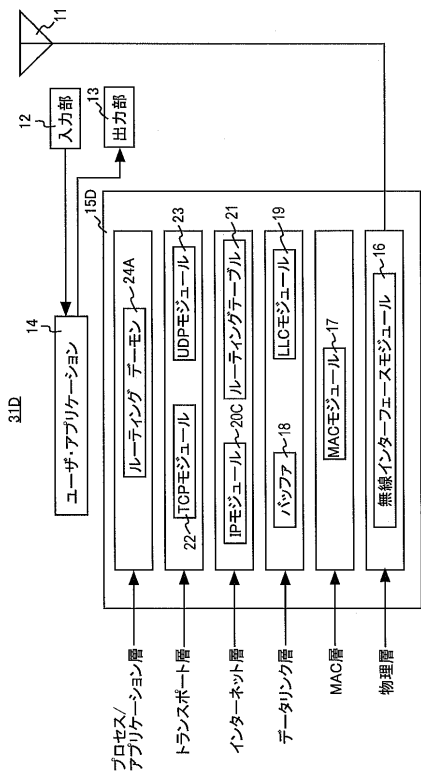
【図 25】



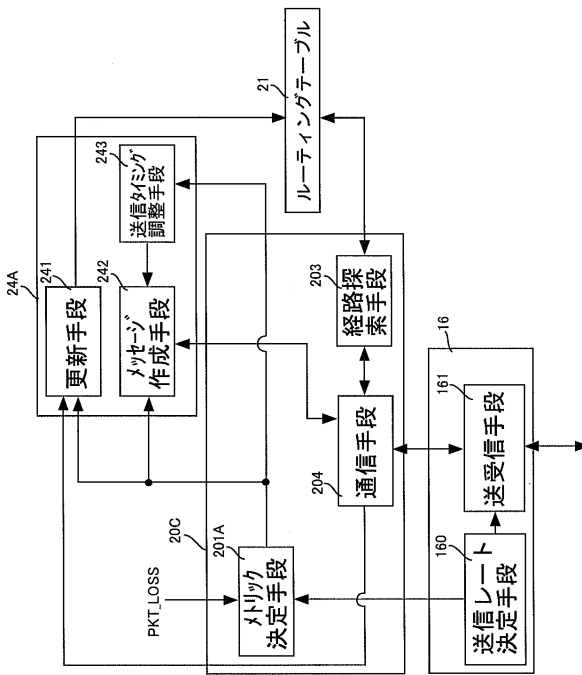
【図 26】



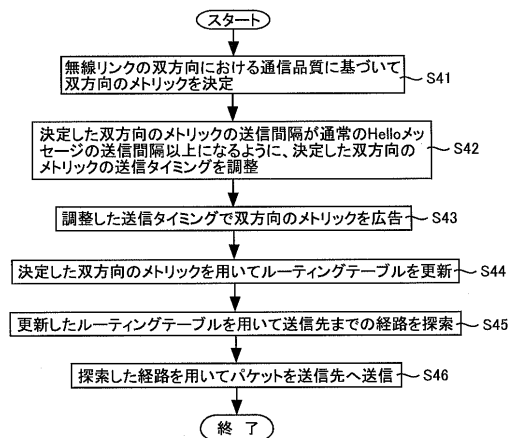
【図 27】



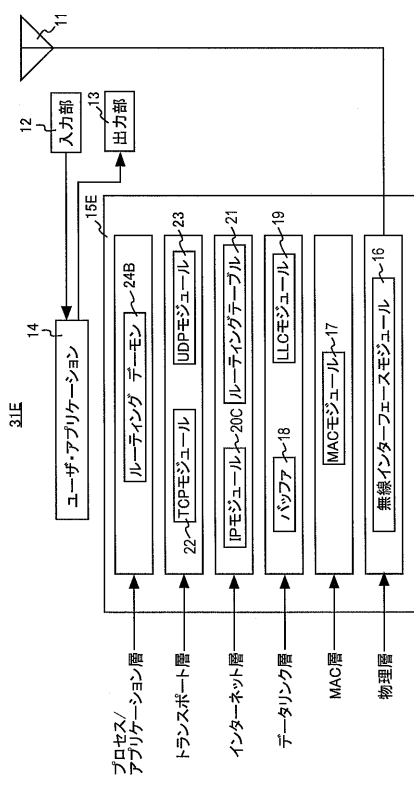
【図 28】



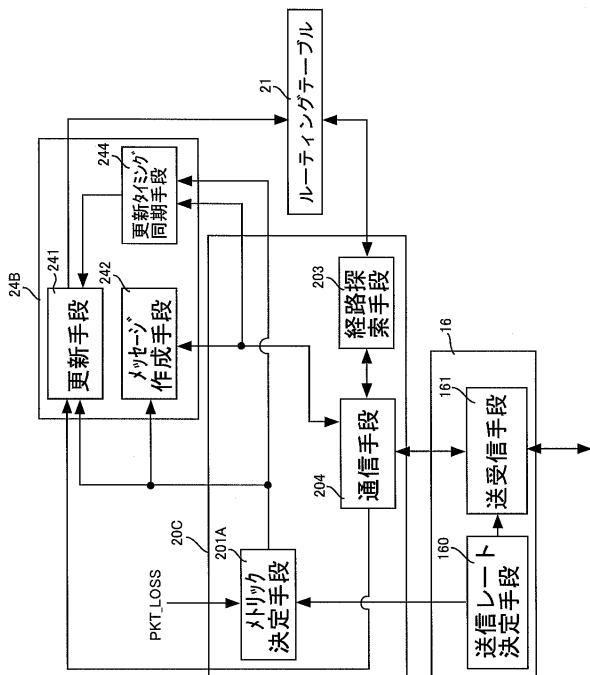
【図 29】



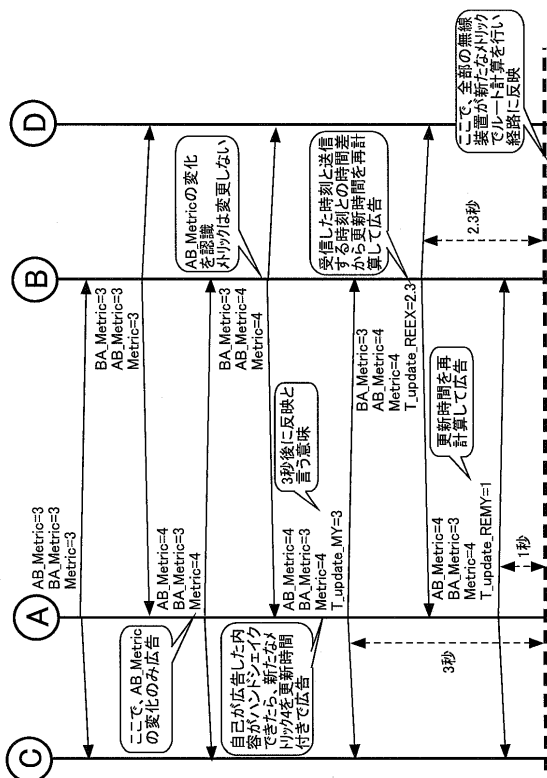
【図 30】



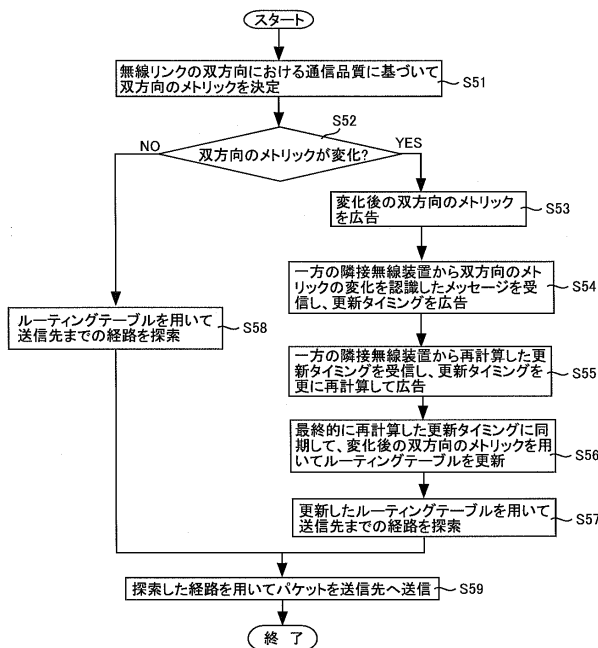
【図 31】



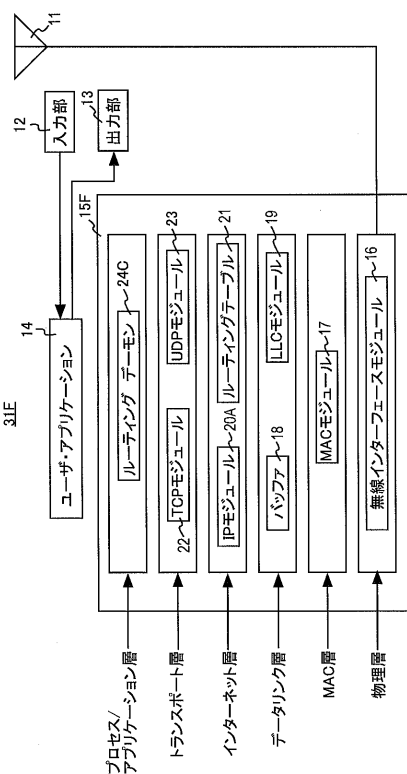
【図 32】



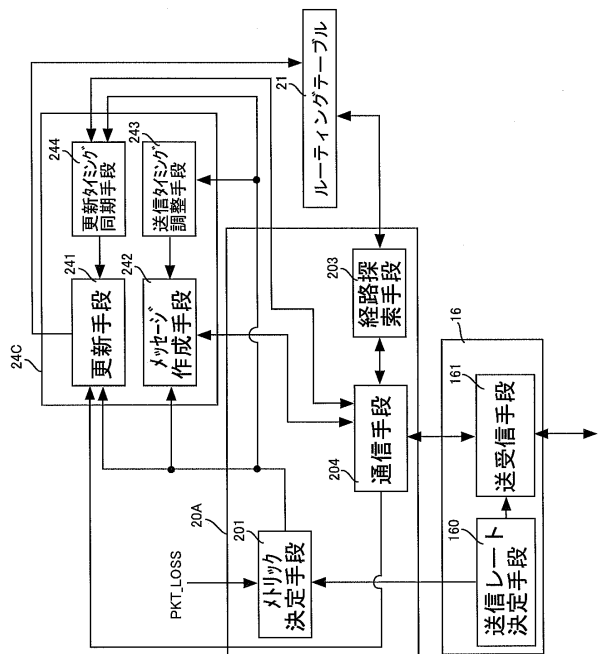
【図 3 3】



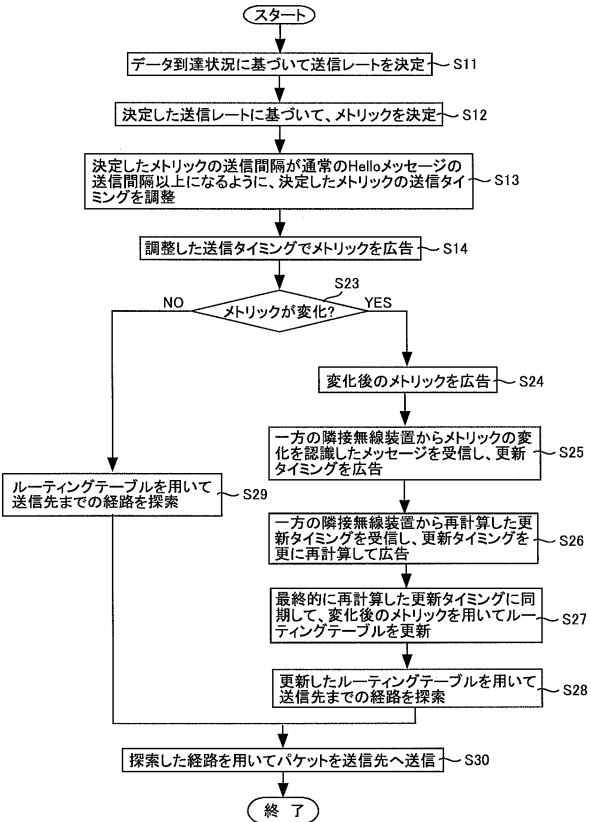
【図 3 4】



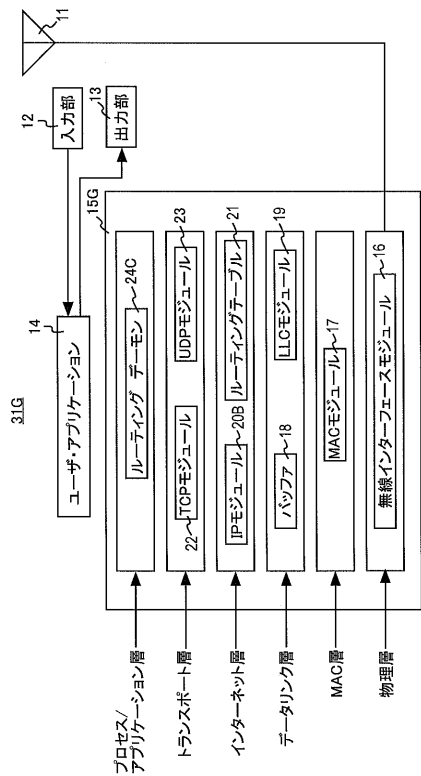
【図 3 5】



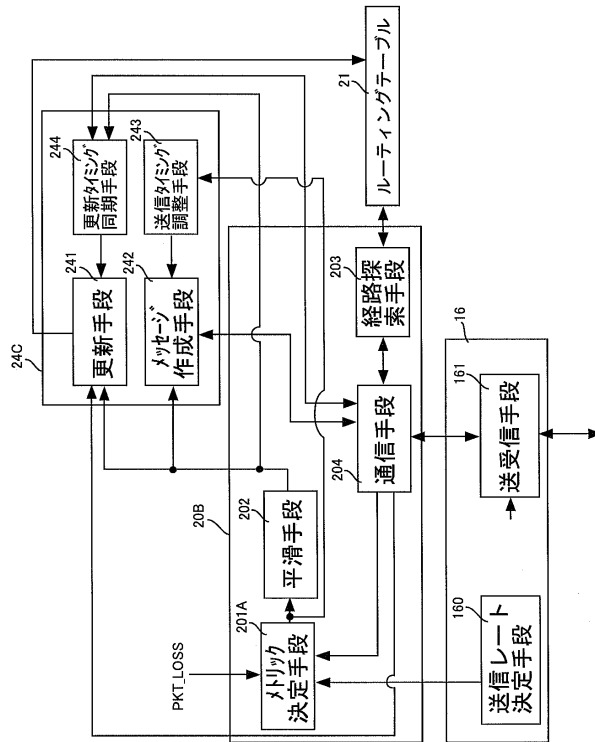
【図 3 6】



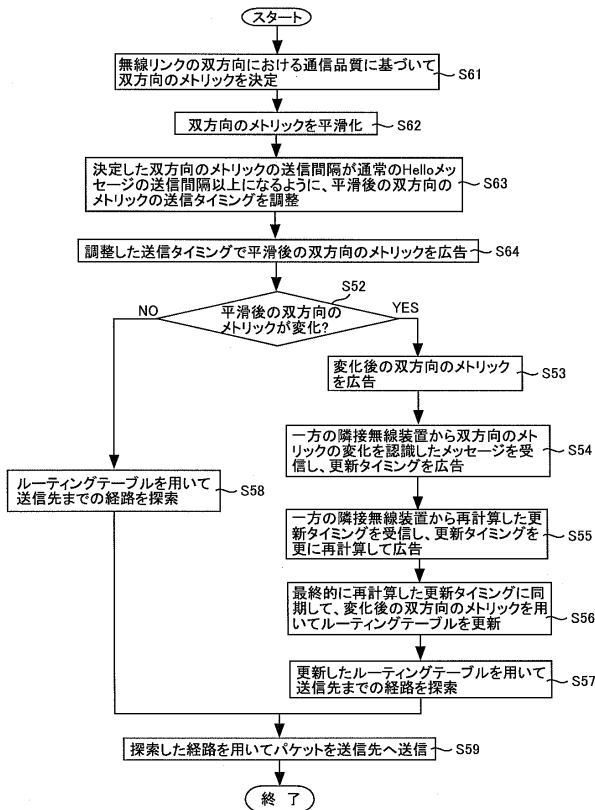
【図 37】



【図 38】



【図 39】



## フロントページの続き

- (72)発明者 近藤 良久  
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 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
- (72)発明者 松本 晃  
東京都港区三田1丁目4番28号 日本電気通信システム株式会社内
- (72)発明者 阿部 憲一  
東京都港区三田1丁目4番28号 日本電気通信システム株式会社内
- (72)発明者 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 鈴木 龍太郎  
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 大石 博見

- (56)参考文献 特開2006-279660(JP,A)  
特開2004-069350(JP,A)  
特表2006-527524(JP,A)  
特開2006-067557(JP,A)  
特開2002-051059(JP,A)

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