

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4543222号
(P4543222)

(45) 発行日 平成22年9月15日(2010.9.15)

(24) 登録日 平成22年7月9日(2010.7.9)

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

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2005-99213 (P2005-99213)	(73) 特許権者	393031586
(22) 出願日	平成17年3月30日(2005.3.30)		株式会社国際電気通信基礎技術研究所
(65) 公開番号	特開2006-279826 (P2006-279826A)		京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
(43) 公開日	平成18年10月12日(2006.10.12)	(74) 代理人	100112715
審査請求日	平成19年9月12日(2007.9.12)		弁理士 松山 隆夫
		(74) 代理人	100085213
			弁理士 鳥居 洋
		(72) 発明者	長谷川 晃朗
			京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
			株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
		(72) 発明者	板谷 聡子
			京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
			株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

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

前記無線ネットワーク内で共通に使用される計時装置に基づいて当該無線装置における第1の時刻を計測する計測手段と、

前記第1の時刻が他の無線装置における前記計時装置に基づく第2の時刻と異なるとき、前記第1の時刻が前記第2の時刻に合うように前記計時装置を調整する調整手段と、

前記第1の時刻が前記第2の時刻と略同一であるとき前記第1の時刻に同期してルーティングテーブルを更新し、前記第1の時刻が他の無線装置における第2の時刻と異なるとき前記調整された計時装置からの時刻に同期してルーティングテーブルを更新するテーブル更新手段とを備える無線装置。

10

【請求項2】

前記調整手段は、前記第1の時刻が前記第2の時刻よりも遅れているとき、前記第1の時刻が前記第2の時刻に合うように前記計時装置を調整する、請求項1に記載の無線装置。

【請求項3】

前記調整手段は、

前記第2の時刻を含むパケットを前記他の無線装置から受信する受信手段と、

前記受信手段が前記パケットを受信すると、前記受信されたパケットから前記第2の時刻

20

刻を抽出するとともに、その抽出した第2の時刻を前記第1の時刻と比較し、前記第2の時刻が前記第1の時刻と異なるとき、前記第2の時刻を前記計時装置に設定する設定手段とを含む、請求項1または請求項2に記載の無線装置。

【請求項4】

前記第1および第2の時刻は、それぞれ、第1および第2のタイムカウンタ値からなる、請求項3に記載の無線装置。

【請求項5】

前記パケットは、当該無線装置に隣接する無線装置に関する情報を含み、定期的を送信されるパケットである、請求項3または請求項4に記載の無線装置。

【請求項6】

前記テーブル更新手段は、前記設定された時刻に同期して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5のいずれか1項に記載の無線装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、無線装置に関し、特に、複数の無線装置によって、自律的、かつ、即時的に構築されるアドホックネットワークを構成する無線装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

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

【0003】

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

【0004】

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

【0005】

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

【0006】

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

【非特許文献1】渡辺正浩“無線アドホックネットワーク”，自動車技術会春季大会ヒューマトロニクスフォーラム，pp18-23，横浜，5月2003年。

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

10

20

30

40

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、プロアクティブ型のルーティングプロトコルにおいては、各無線装置は、ルーティングテーブルを周期的に更新するが、複数の無線装置間においてルーティングテーブルの更新タイミングがずれると、局所的に正しくないネットワークポロジ情報を持つ無線装置が出現し、それが原因となってパケットロスおよび遅延が発生するという問題がある。

【0008】

図12は、パケットの投げ合いの概念図である。無線装置1が無線装置2, 3を介して無線装置4へデータを送信しているとき、無線装置3と無線装置4との間の経路が切断されても、無線装置2, 3間においてルーティングテーブルの更新タイミングが異なると、無線装置2は、経路Aを使用してデータを無線装置4へ送信しようとし、無線装置3は、無線装置4との間の経路が切断されたことを知っているので経路Bを用いてデータを無線装置4へ送信しようとしてデータを無線装置2へ送信する。

10

【0009】

その結果、無線装置2, 3間でパケットがぶつかる、所謂、パケットの投げ合いが生じる。

【0010】

図13は、パケットの投げ合いの実験結果を示す図である。図13において、縦軸は、ホップ数を表し、横軸は、パケット数を表す。なお、図13に示す実験結果は、9ホップ以上をカウントできない系で実験された結果であるため、図13においては、9ホップ以上の場合も、9ホップとして表示されている。

20

【0011】

殆どのパケットは、2~3ホップで到達しているが、9ホップと表示されているところでは、パケットの投げ合いが生じている。

【0012】

このように、無線ネットワーク内に存在する複数の無線装置が異なるタイミングでルーティングテーブルを更新すると、パケットの投げ合いが実際に生じ、パケットロスおよび遅延が発生するという問題がある。

30

【0013】

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、パケットの投げ合いに基づくパケットロスまたは遅延を防止可能な無線装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

この発明によれば、無線装置は、自律的に確立され、かつ、送信元と送信先との間で無線通信が行なわれる無線ネットワークを構成する無線装置であって、計測手段と、調整手段と、テーブル更新手段とを備える。計測手段は、無線ネットワーク内で共通に使用される計時装置に基づいて当該無線装置における第1の時刻を計測する。調整手段は、第1の時刻が他の無線装置における計時装置に基づく第2の時刻と異なるとき、第1の時刻が第2の時刻に合うように計時装置を調整する。テーブル更新手段は、第1の時刻が第2の時刻と略同一であるとき第1の時刻に同期してルーティングテーブルを更新し、第1の時刻が他の無線装置における第2の時刻と異なるとき、調整された計時装置からの時刻に同期してルーティングテーブルを更新する。

40

【0015】

好ましくは、調整手段は、第1の時刻が第2の時刻よりも遅れているとき、第1の時刻が第2の時刻に合うように計時装置を調整する。

【0016】

好ましくは、調整手段は、受信手段と、設定手段とを含む。受信手段は、第2の時刻を

50

含むパケットを他の無線装置から受信する。設定手段は、受信手段がパケットを受信すると、受信されたパケットから第2の時刻を抽出するとともに、その抽出した第2の時刻を第1の時刻と比較し、第2の時刻が第1の時刻と異なるとき、第2の時刻を計時装置に設定する。

【0017】

好ましくは、第1および第2の時刻は、それぞれ、第1および第2のタイムカウンタ値からなる。

【0018】

好ましくは、パケットは、当該無線装置に隣接する無線装置に関する情報を含み、定期的に送信されるパケットである。

【0019】

好ましくは、テーブル更新手段は、設定された時刻に同期してルーティングテーブルを更新する。

【発明の効果】

【0020】

この発明による無線装置においては、当該無線装置における第1の時刻が他の無線装置における第2の時刻と異なるとき、第1の時刻を第2の時刻に合うように計時装置を調整し、その調整した時刻に同期してルーティングテーブルを更新する。そして、各無線装置において上記の調整を繰り返すことにより、各無線装置における時刻は、ほぼ同じになり、無線ネットワーク内に存在する各無線装置は、ほぼ同じタイミングでルーティングテーブルを更新する。

【0021】

従って、この発明によれば、パケットの投げ合いに基づくパケットロスまたは遅延を防止できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

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

【0023】

図1は、この発明の実施の形態による無線装置を用いた無線ネットワークシステムの概略図である。無線ネットワークシステム100は、無線装置31~43を備える。無線装置31~43は、無線通信空間に配置され、自律的にネットワークを構成している。アンテナA51~A63は、それぞれ、無線装置31~43に装着される。

【0024】

例えば、無線ネットワークシステム100において、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, 36, 37, 38, 39, 40, 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。

【0025】

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

【0026】

無線装置37, 41を介して無線通信を行なう場合、ホップ数が“3”と最も少なく、無線装置32, 36, 39を介して無線通信を行なう場合、ホップ数が“4”であり、無線装置32, 35, 38, 40を介して無線通信を行なう場合、ホップ数が“5”と最も多い。

【0027】

従って、無線装置37, 41を介して無線通信を行なう経路を選択すると、ホップ数が

10

20

30

40

50

“ 3 ” と最も少なくなる。

【 0 0 2 8 】

このように、無線ネットワークシステム 1 0 0 においては、送信元である無線装置 3 1 と送信先である無線装置 4 2 との間で無線通信を行なう場合、ルーティングテーブルを参照して、ホップ数が最小になるように無線装置 3 1 から無線装置 4 2 までの経路が決定される。

【 0 0 2 9 】

しかし、無線装置 3 1 - 無線装置 3 7 - 無線装置 4 1 - 無線装置 4 2 の経路において、無線装置 3 1 , 3 7 , 4 1 , 4 2 が相互に異なるタイミングでルーティングテーブルを更新すると、パケットの投げ合いが発生し、パケットロスおよび遅延が発生する。

10

【 0 0 3 0 】

そこで、以下においては、無線ネットワークシステム 1 0 0 において、各無線装置 3 1 ~ 4 3 がほぼ同期してルーティングテーブルを更新する方法について説明する。

【 0 0 3 1 】

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

【 0 0 3 2 】

図 2 は、図 1 に示す無線装置 3 1 の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。

20

【 0 0 3 3 】

アンテナ 1 1 は、図 1 に示すアンテナ A 5 1 ~ A 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 3 4 】

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。

30

【 0 0 3 5 】

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 3 6 】

通信制御部 1 5 は、ARPA (Advanced Research Projects Agency) インターネット階層構造に従って、通信制御を行なう複数のモジュールからなる。即ち、通信制御部 1 5 は、無線インターフェースモジュール 1 6 と、MAC (Media Access Control) モジュール 1 7 と、バッファ 1 8 と、LLC (Logical Link Control) モジュール 1 9 と、IP (Internet Protocol) モジュール 2 0 と、ルーティングテーブル 2 1 と、TCP モジュール 2 2 と、UDP モジュール 2 3 と、ルーティングデーモン 2 4 と、タイムカウンタ 2 5 とからなる。

40

【 0 0 3 7 】

無線インターフェースモジュール 1 6 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 1 1 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 1 6 は、アンテナ 1 1 が他の無線装置から受信した Hello パケットの受信信号強度を検出し、その検出した受信信号強度をルーティングデーモン 2 4 へ出力する。

【 0 0 3 8 】

50

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。

【0039】

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

【0040】

また、MACモジュール17は、データ(パケット)の再送制御等を行なう。

【0041】

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。

【0042】

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。

【0043】

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

【0044】

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。

【0045】

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。

【0046】

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。

【0047】

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

【0048】

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。

【0049】

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

【0050】

更に、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。

更に、ルーティングデーモン24は、タイムカウンタ25から無線装置1における時刻を示すタイムカウンタ値Tcnt1を取得し、他の無線装置から受信したHelloパケットに含まれるタイムカウンタ値Tcnt2を検出する。そして、ルーティングデーモン2

10

20

30

40

50

4 は、タイムカウンタ値 `T c n t 1` をタイムカウンタ値 `T c n t 2` と比較し、タイムカウンタ値 `T c n t 1` がタイムカウンタ値 `T c n t 2` よりも小さいとき、タイムカウンタ値 `T c n t 2` を無線装置 1 における時刻としてタイムカウンタ 2 5 に設定する。一方、ルーティングデーモン 2 4 は、タイムカウンタ値 `T c n t 1` がタイムカウンタ値 `T c n t 2` 以上であるとき、タイムカウンタ 2 5 のタイムカウンタ値 `T c n t 1` をそのまま維持する。

【 0 0 5 1 】

更に、ルーティングデーモン 2 4 は、タイムカウンタ 2 5 からのタイムカウンタ値 `T c n t 1` に同期してルーティングテーブル 2 1 を所定のタイミングで更新する。

【 0 0 5 2 】

タイムカウンタ 2 5 は、例えば、10 msec ごとにカウントアップし、無線装置 1 における時刻をルーティングデーモン 2 4 へ出力する。

【 0 0 5 3 】

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

【 0 0 5 4 】

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

【 0 0 5 5 】

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

【 0 0 5 6 】

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

【 0 0 5 7 】

TCP 通信は、エンド・ツー・エンドのコネクション型通信プロトコルである。TCP 通信のコネクション接続を要求する無線装置 (以下、「TCP 通信接続要求装置」という。) の TCP モジュール 2 2 は、コネクションの確立時に、TCP ヘッダ内の `C o d e B i t` に `S Y N (S y n c h r o n i z e F l a g)` を設定したコネクションの接続要求を示す第 1 パケットを TCP 通信のコネクション接続を受理する端末 (以下、「TCP 通信接続受理装置」という。) の TCP モジュール 2 2 へ送信する。これを受けて、TCP 通信接続受理装置の TCP モジュール 2 2 は、TCP ヘッダ内の `C o d e B i t` に `S Y N` および `A C K (確 認 応 答)` を設定したコネクションの接続要求受理および接続完了を示す第 2 パケットを TCP 通信接続要求装置の TCP モジュール 2 2 へ送信する。更に、これを受けて、TCP 通信接続要求装置の TCP モジュール 2 2 は、TCP ヘッダ内の `C o d e B i t` を `A C K (確 認 応 答)` に設定したコネクションの接続完了を示す第 3 パケットを TCP 通信接続受理装置の TCP モジュール 2 2 へ送信する。

【 0 0 5 8 】

コネクションの切断要求は、TCP 通信要求装置および TCP 通信受理装置のいずれの側からでも行なうことができる。TCP 通信のコネクション切断を要求する無線装置 (以下、「TCP 通信切断要求装置」という。) の TCP モジュール 2 2 は、コネクションの切断時に、TCP ヘッダ内の `C o d e B i t` を `F I N (F i n i s h F l a g)` に設定したコネクションの切断要求を示す第 1 パケットを TCP 通信のコネクション切断を受理する無線装置 (以下、「TCP 通信切断受理装置」という。) へ送信する。これを受けて、TCP 通信切断受理装置の TCP モジュール 2 2 は、TCP ヘッダ内の `C o d e B i t` を `A C K (確 認 応 答)` に設定したコネクションの切断要求受理を示す第 2 パケットと、

10

20

30

40

50

T C Pヘッダ内のC o d e B i tをF I Nに設定したコネクションの切断完了を示す第3パケットをT C P通信切断要求装置のT C Pモジュール22へ送信する。更に、これを受けて、T C P通信切断要求装置のT C Pモジュール22は、T C Pヘッダ内のC o d e B i tをA C K(確認応答)に設定したコネクションの切断完了を示す第4パケットをT C P通信切断受理装置のT C Pモジュール22へ送信する。

【0059】

図5は、O L S RプロトコルにおけるパケットP K Tの構成図である。パケットP K Tは、パケットヘッダP H Dと、メッセージヘッダM H D 1 , M H D 2 , . . .とからなる。なお、パケットP K Tは、U D Pモジュール23のポート番号698番を使用して送受信される。

10

【0060】

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

【0061】

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

20

【0062】

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

【0063】

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。

30

【0064】

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

40

【0065】

図6は、パケットの他の構成図である。パケットP K T__Tは、無線装置31~43におけるタイムカウンタ値をほぼ同期化するとき無線装置31~43間で相互に送受信されるパケットである。

【0066】

パケットP K T__Tは、ヘッダ部H Dと、時刻情報部T I F Oと、データ部D A T Aとからなる。ヘッダ部H Dは、パケットP K T__Tを送信した無線装置のアドレスを格納する。時刻情報部T I F Oは、タイムカウンタ25によってカウントされたタイムカウンタ値を格納する。データ部D A T Aは、ルーティングテーブル情報を格納する。

【0067】

50

そして、パケット P K T _ T は、O L S R プロトコルの H e l l o パケットとして定期的に送信される。

【 0 0 6 8 】

図 7 は、図 2 に示すルーティングテーブル 2 1 の構成図である。ルーティングテーブル 2 1 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 を送信するときに、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 3 1 - 無線装置 3 2 - 無線装置 3 6 - 無線装置 3 9 - 無線装置 4 2 の経路によって無線装置 3 1 と無線装置 4 2 との間で無線通信が行なわれる場合、無線装置 3 2 のルーティングテーブル 2 1 のホップ数には、“3”が格納される。

10

【 0 0 6 9 】

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

【 0 0 7 0 】

H e l l o メッセージは、各無線装置 3 1 ~ 4 3 が有する情報の配信を目的として、定期的に送信される。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 3 1 ~ 4 3 は、周辺の無線装置に関する情報を収集でき、自己の周辺にどのような無線装置が存在するのかを認識する。

20

【 0 0 7 1 】

O L S R プロトコルにおいては、各無線装置 3 1 ~ 4 3 は、ローカルリンク情報を管理する。そして、H e l l o メッセージは、このローカルリンク情報の構築および送信を行なうためのメッセージである。ローカルリンク情報は、「リンク集合」、「隣接無線装置集合」、「2 ホップ隣接無線装置集合とそれらの無線装置へのリンク集合」、「M P R (M u l t i p o i n t R e l a y) 集合」、および「M P R セレクタ集合」を含む。

【 0 0 7 2 】

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。

30

【 0 0 7 3 】

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 (W i l l i n g n e s s) 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。

【 0 0 7 4 】

M P R 集合は、M P R として選択された無線装置の集合である。なお、M P R とは、各パケット P K T を無線ネットワークシステム 1 0 0 の全ての無線装置 3 1 ~ 4 3 へ送信する場合、各無線装置 3 1 ~ 4 3 が 1 つのパケット P K T を 1 回だけ送受信することによってパケット P K T を全ての無線装置 3 1 ~ 4 3 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。

40

【 0 0 7 5 】

M P R セレクタ集合は、自己を M P R として選択した無線装置の集合を表す。

【 0 0 7 6 】

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。H e l l o メッセージは、初期の段階では、各無線装置 3 1 ~ 4 3 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 H e l l o 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 3 1 ~ 4 3 の全てが行ない、各無線装置 3 1 ~ 4 3 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。

【 0 0 7 7 】

50

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。

【0078】

更に、MPRに関する情報も、Helloメッセージによって定期的に送信され、各無線装置31～43へ告知される。各無線装置31～43は、自己が送信するパケットPKTの再送信を依頼する無線装置として、いくつかの無線装置をMPR集合として隣接無線装置の中から選択している。そして、このMPR集合に関する情報は、Helloメッセージによって隣接する無線装置へ送信されるので、このHelloメッセージを受信した無線装置は、自己がMPRとして選択してきた無線装置の集合を「MPRセクタ集合」として管理する。このようにすることにより、各無線装置31～43は、どの無線装置から受信したパケットPKTを再送信すればよいのかを即座に認識できる。

10

【0079】

Helloメッセージの送受信により各無線装置31～43において、ローカルリンク集合が構築されると、無線ネットワークシステム100全体のトポロジを知らせるためのTCメッセージが無線装置31～43へ送信される。このTCメッセージは、MPRとして選択されている全ての無線装置によって定期的に送信される。そして、TCメッセージは、各無線装置とMPRセクタ集合との間のリンクを含んでいるため、無線ネットワークシステム100の全ての無線装置31～43は、全てのMPR集合および全てのMPRセクタ集合を知ることができ、全てのMPR集合および全てのMPRセクタ集合に基づいて、無線ネットワークシステム100全体のトポロジを知ることができる。各無線装置31～43は、無線ネットワークシステム100全体のトポロジを用いて最短路を計算し、それに基づいて経路表を作成する。

20

【0080】

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

【0081】

各無線装置31～43のUDPモジュール23は、上述したHelloメッセージおよびTCメッセージを送受信し、ルーティングデーモン24は、UDPモジュール23が受信したHelloメッセージおよびTCメッセージに基づいて無線ネットワークシステム100全体のトポロジを認識し、その無線ネットワークシステム100全体のトポロジに基づいて、最短路を計算し、それに基づいて、図7に示すルーティングテーブル21を動的に作成する。

30

【0082】

各無線装置31～43におけるタイムカウンタ値の調整について詳細に説明する。

【0083】

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PKT__TをUDPモジュール23から受信し、その受信したHelloパケットPKT__Tの時刻情報部TIFOに格納されたタイムカウンタ値Tcnt2を検出する。

40

【0084】

また、ルーティングデーモン24は、タイムカウンタ25からタイムカウンタ値Tcnt1を取得する。そして、ルーティングデーモン24は、タイムカウンタ値Tcnt1をタイムカウンタ値Tcnt2と比較し、タイムカウンタ値Tcnt1がタイムカウンタ値Tcnt2よりも小さいとき、タイムカウンタ値Tcnt2を当該無線装置におけるタイムカウンタ値としてタイムカウンタ25に設定する。

【0085】

ルーティングデーモン24は、タイムカウンタ値Tcnt2をタイムカウンタ25に設定したとき、その設定後にタイムカウンタ25から受けたタイムカウンタ値Tcnt1に同期してルーティングテーブル21を更新する。これにより、ルーティングデーモン24

50

は、無線ネットワークシステム100内に存在する他の無線装置におけるルーティングテーブル21の更新タイミングに近いタイミングに同期してルーティングテーブル21を更新できる。そして、このタイムカウンタ値Tcnt1をタイムカウンタ値Tcnt2に合わせる動作を繰り返すことにより、無線ネットワークシステム100内に存在する無線装置31~43のタイムカウンタ値がほぼ一定になり、無線装置31~43の各々において、ルーティングデーモン24は、ほぼ同じタイミングでルーティングテーブル21を更新できる。

【0086】

一方、タイムカウンタ値Tcnt1がタイムカウンタ値Tcnt2以上であるとき、ルーティングデーモン24は、タイムカウンタ25のタイムカウンタ値を維持する。

10

【0087】

図8は、ルーティングテーブル21の作成および更新に関する動作を説明するためのフローチャートである。

【0088】

一連の動作が開始されると、各無線装置31~43において、ルーティングデーモン24は、上述した動作によってルーティングテーブル21を作成する(ステップS1)。

【0089】

その後、ルーティングデーモン24は、タイムカウンタ25のタイムカウンタ値Tcnt1を調整する(ステップS2)。そして、ルーティングデーモン24は、調整したタイムカウンタ値Tcnt1に同期してルーティングテーブル21を更新する(ステップS3)。

20

【0090】

これによって、一連の動作が終了する。

【0091】

図9は、図8に示すステップS2の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。図8に示すステップS1の後、ルーティングデーモン24は、HelloパケットPKT_Tを受信する(ステップS21)。そして、ルーティングデーモン24は、HelloパケットPKT_Tの時刻情報部TIFOに格納されたタイムカウンタ値Tcnt2を読み出し、タイムカウンタ25からタイムカウンタ値Tcnt1を取得する。

【0092】

そうすると、ルーティングデーモン24は、タイムカウンタ値Tcnt1がタイムカウンタ値Tcnt2よりも小さいか否かを判定することにより、自分のタイムカウンタ値の方が小さいか否かを判定する(ステップS22)。

30

【0093】

そして、タイムカウンタ値Tcnt1がタイムカウンタ値Tcnt2以上であるとき、一連の動作は、図8に示すステップS3へ移行する。一方、タイムカウンタ値Tcnt1がタイムカウンタ値Tcnt2よりも小さいとき、ルーティングデーモン24は、タイムカウンタ値Tcnt1をタイムカウンタ値Tcnt2に設定する(ステップS23)。

【0094】

即ち、ルーティングデーモン24は、タイムカウンタ値Tcnt1がタイムカウンタ値Tcnt2よりも小さいとき、タイムカウンタ値Tcnt1を他の無線装置におけるタイムカウンタ値Tcnt2に合わせる。

40

【0095】

これにより、他の無線装置におけるタイムカウンタ値Tcnt2よりも小さいタイムカウンタ値Tcnt1を有する無線装置のタイムカウンタ値を他の無線装置におけるタイムカウンタ値Tcnt2に合わせることができる。そして、無線ネットワークシステム100内に存在する無線装置31~43の各々が図9に示すフローチャートに従って自己のタイムカウンタ値を調整することにより、無線装置31~43におけるタイムカウンタ値がほぼ一定のタイムカウンタ値に収束する。

【0096】

50

その結果、無線装置 31 ~ 43 は、ほぼ一定に収束したタイムカウンタ値に同期してルーティングテーブル 21 を更新でき、パケットの投げ合いおよび遅延を防止できる。

【0097】

なお、タイムカウンタ値 $Tcnt1$ がタイムカウンタ値 $Tcnt2$ よりも小さいとき、ステップ S23 において、タイムカウンタ値 $Tcnt1$ をタイムカウンタ値 $Tcnt2$ に設定することは、当該無線装置における時刻が他の無線装置における時刻よりも遅れているとき、当該無線装置における時刻を他の無線装置における時刻に合わせることに相当する。

【0098】

上述したタイムカウンタ値の調整を行なった場合のパケットの投げ合いの発生について実験を行なった実験結果について説明する。

10

【0099】

図 10 は、パケットの投げ合いの実験環境を示す平面図である。図 10 における“68”等の数字は、無線装置を表し、黒丸は、無線装置の配置位置を表す。また、“EV”は、エレベータを表す。そして、実験は、多くの部屋、廊下、階段、エレベータおよび吹き抜けが配置された環境において行なわれた。

【0100】

複数の無線装置は、多くの部屋または廊下に配置され、アドホックネットワークを構成する。実験においては、無線装置 60 から無線装置 67 へ向かう経路を経路 1 とし、無線装置 68 から無線装置 62 へ向かう経路を経路 2 とした。

20

【0101】

但し、図 10 において、実線の矢印または点線の矢印は、それぞれ、無線装置 60 から放射された電波が多くの無線装置を介して無線装置 67 まで伝播する経路または無線装置 68 から放射された電波が多くの無線装置を介して無線装置 62 まで伝播する経路であることを示すものであり、無線装置 60 から放射された電波が直線的に伝播して無線装置 67 まで伝播する経路または無線装置 68 から放射された電波が直線的に伝播して無線装置 62 まで伝播する経路であることを示すものではない。

【0102】

図 11 は、実験結果を示す図である。図 11 の (a) は、経路 1 において、タイムカウンタ値の調整を行なわなかった場合の実験結果であり、図 11 の (b) は、経路 2 において、タイムカウンタ値の調整を行なわなかった場合の実験結果であり、図 11 の (c) は、経路 1 において、タイムカウンタ値の調整を行なった場合の実験結果であり、図 11 の (d) は、経路 2 において、タイムカウンタ値の調整を行なった場合の実験結果である。

30

【0103】

図 11 の (a) ~ 図 21 の (d) の各々において、縦軸は、投げ合い回数およびパケットエラー率を表し、横軸は、実験回数を表す。

【0104】

経路 1 においては、上述したタイムカウンタ値の調整の有無に拘わらず、パケットの投げ合いは、殆ど起こっておらず、パケットエラー率も殆ど零である (図 11 の (a) および (c) 参照)。これは、経路 1 が安定な経路であるからである。

40

【0105】

一方、経路 2 においては、上述したタイムカウンタ値の調整を行なわなかった場合、パケットの投げ合いの回数が約 70 回 ~ 200 回と多く、パケットエラー率も十数% ~ 二十数% と高い (図 11 の (b) 参照)。

【0106】

しかし、上述したタイムカウンタ値の調整を行なった場合、パケットの投げ合いの回数およびパケットエラー率は、ほぼ零である。

【0107】

従って、上述したタイムカウンタ値の調整を行なうことによって、各無線装置は、ほぼ同期してルーティングテーブルを更新するようになり、パケットの投げ合いを防止でき、

50

パケットエラー率を略零にできることが実験的に実証された。

【0108】

なお、図9に示すフローチャートにおいては、タイムカウンタ値 T_{cnt1} がタイムカウンタ値 T_{cnt2} よりも小さいときに、タイムカウンタ値 T_{cnt2} をタイムカウンタ25のタイムカウンタ値に設定すると説明したが、この発明においては、これに限らず、タイムカウンタ値 T_{cnt1} がタイムカウンタ値 T_{cnt2} よりも大きいときに、タイムカウンタ値 T_{cnt2} をタイムカウンタ25のタイムカウンタ値に設定するようにしてもよい。

【0109】

従って、この発明においては、一般的に、タイムカウンタ値 T_{cnt1} がタイムカウンタ T_{cnt2} と異なる場合にタイムカウンタ値 T_{cnt2} をタイムカウンタ25のタイムカウンタ値に設定する。

10

【0110】

また、上記においては、タイムカウンタ25によって各無線装置における時刻を計時すると説明したが、この発明においては、これに限らず、タイムカウンタ25以外の装置によって各無線装置における時刻を計時してもよい。

【0111】

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。

20

【産業上の利用可能性】

【0112】

この発明は、パケットの投げ合いに基づくパケットロスまたは遅延を防止可能な無線装置に適用される。

【図面の簡単な説明】

【0113】

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

【図2】図1に示す無線装置の構成を示す概略ブロック図である。

30

【図3】IPヘッダの構成図である。

【図4】TCPヘッダの構成図である。

【図5】OLSRプロトコルにおけるパケットの構成図である。

【図6】パケットの他の構成図である。

【図7】図2に示すルーティングテーブルの構成図である。

【図8】ルーティングテーブルの作成および更新に関する動作を説明するためのフローチャートである。

【図9】図8に示すステップS2の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

【図10】パケットの投げ合いの実験環境を示す平面図である。

【図11】実験結果を示す図である。

40

【図12】パケットの投げ合いの概念図である。

【図13】パケットの投げ合いの実験結果を示す図である。

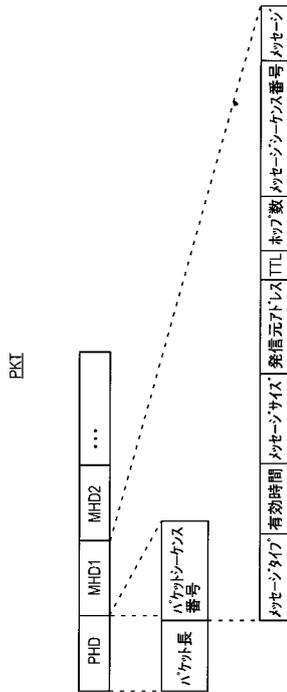
【符号の説明】

【0114】

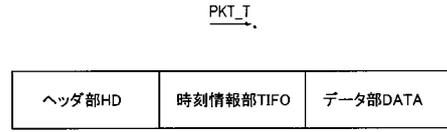
1~6, 31~43 無線装置、11, A51~A63 アンテナ、12 入力部、13 出力部、14 ユーザアプリケーション、15 通信制御部、16 無線インターフェースモジュール、17 MACモジュール、18 パッファ、19 LLCモジュール、20 IPモジュール、21, 21A ルーティングテーブル、22 TCPモジュール、23 UDPモジュール、24 ルーティングデーモン、25 タイムカウンタ、100 無線ネットワークシステム。

50

【図5】



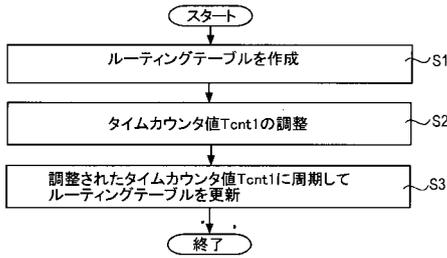
【図6】



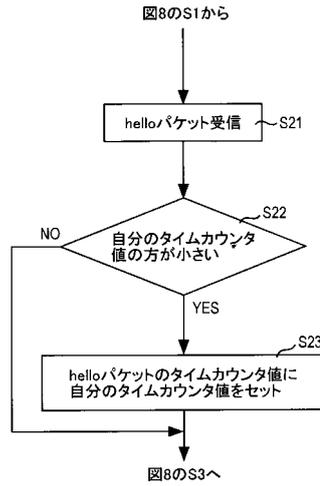
【図7】

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

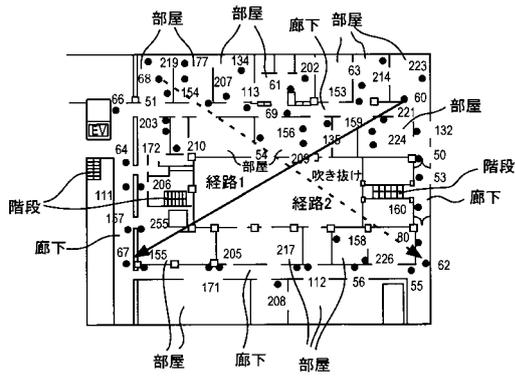
【図8】



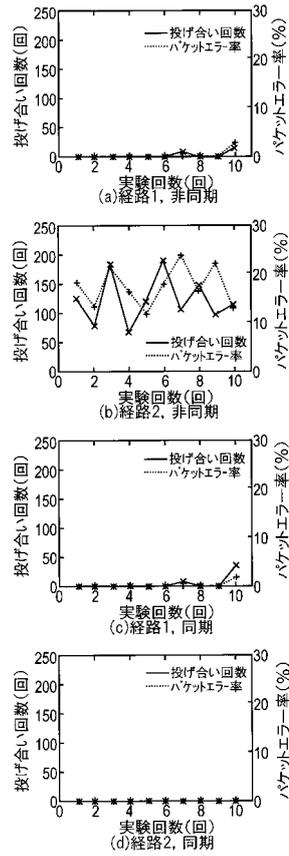
【図9】



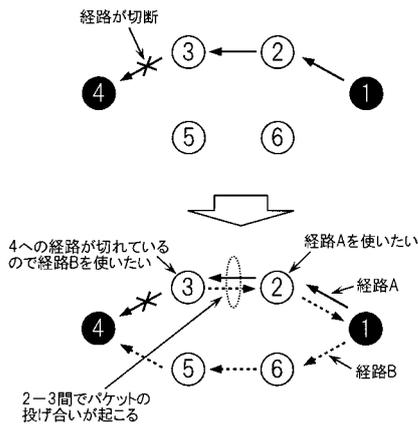
【図 10】



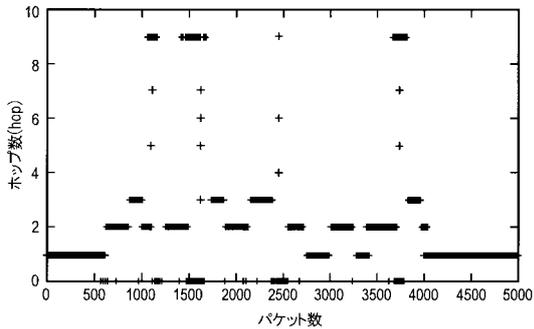
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

- (72)発明者 長谷川 淳
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 ピーター デイビス
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 門脇 直人
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 小花 貞夫
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

審査官 福岡 裕貴

- (56)参考文献 特表2004-521561(JP, A)
特開2001-128231(JP, A)
特開2000-151649(JP, A)
国際公開第2004/086698(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04W 4/00 - 99/00
H04L 12/00 - 12/66