

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5364728号
(P5364728)

(45) 発行日 平成25年12月11日 (2013.12.11)

(24) 登録日 平成25年9月13日 (2013.9.13)

(51) Int.Cl.

F I

HO 4W 84/18	(2009.01)	HO 4W 84/18	
HO 4W 4/06	(2009.01)	HO 4W 4/06	1 5 0
HO 4W 40/02	(2009.01)	HO 4W 40/02	
HO 4W 4/04	(2009.01)	HO 4W 4/04	1 1 3

請求項の数 22 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2010-546885 (P2010-546885)
(86) (22) 出願日	平成21年2月12日 (2009.2.12)
(65) 公表番号	特表2011-515037 (P2011-515037A)
(43) 公表日	平成23年5月12日 (2011.5.12)
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/033879
(87) 国際公開番号	W02009/102841
(87) 国際公開日	平成21年8月20日 (2009.8.20)
審査請求日	平成23年12月20日 (2011.12.20)
(31) 優先権主張番号	12/069, 815
(32) 優先日	平成20年2月13日 (2008.2.13)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

(73) 特許権者	399047921
	テルコーディア テクノロジーズ インコーポレイテッド
	アメリカ合衆国 ニュージャージー州
	0 8 8 5 4 - 4 1 5 7
	ピスカタウェイ
	ン テルコーディア ドライブ
	5 ジー 1 1 6
(73) 特許権者	507302900
	トヨタ インフォテクノロジー センター
	, ユー. エス. エー., インコーポレイテッド
	アメリカ合衆国 カリフォルニア州
	9 4 0 4 3
	マウンテンビュー
	バーナード
	アベニュー 4 6 5

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ローカル・ピア・グループ (LPG) に基づく車両アドホックネットワークにおける高信頼度マルチキャスト方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無線アドホックネットワーク内において、1つのグループヘッダノードと1つまたは複数のグループノードから構成され、前記グループヘッダから送信される第1の制御パケットと、前記第1の制御パケットに応答して前記グループノードから前記グループヘッダノードに対して送信される第2の制御パケットとに基づいて管理されるローカルピアグループにおける、マルチキャストメッセージのルーティングを行う方法であって、

グループヘッダノードが、前記第1の制御パケットを定期的送信するステップと、

グループノードが、前記第1の制御パケットを受信するステップと、

グループノードが、受信した前記第1の制御パケットを転送するステップと、

グループノードが、受信した前記第1の制御パケットに回答して、前記第2の制御パケットを、前記グループヘッダノードへ送信するステップと、

グループノードが、他のグループノードから送信される第2の制御パケットを受信するステップと、

グループノードが、受信した前記第2の制御パケットを転送するステップと、

グループノードが、前記第1の制御パケットおよび第2の制御パケットに基づいて、マルチキャストメッセージの転送経路を表すマルチキャスト転送テーブルを生成するステップと、

グループノードが、少なくともメッセージと送信元識別子とシーケンス番号とTime-to-Live値とマルチキャストグループ宛先とを含むマルチキャストメッセージを

10

20

受信するステップと、

前記マルチキャストメッセージを受信したグループノードが、

前記マルチキャストグループ宛先がマルチキャスト転送テーブル内に存在するか判断するステップと、

前記メッセージが以前に受信したものであるか判断するステップと、

前記メッセージが以前に受信したのではないと判断された場合に、前記マルチキャストメッセージを前記マルチキャスト転送テーブルに追加するステップと、

自ノードが転送ノードであるか判断するステップと、

前記マルチキャストメッセージを転送するための待機時間をランダムに設定するステップと、

前記待機時間が満了したときに、前記マルチキャストメッセージを転送するステップと

、

を含む、マルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 2】

前記メッセージが以前に受信したものである場合に、少なくとも同一のメッセージと送信元識別子とシーケンス番号とマルチキャストグループ宛先とを含む第 2 のマルチキャストメッセージを前記ランダムに設定された待機時間内に下流ノードから受信したときは、前記ランダムに設定された待機時間を停止するステップをさらに含む、

請求項 1 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 3】

前記待機時間が停止された場合は、前記マルチキャストメッセージは転送されない、

請求項 2 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 4】

第 2 のマルチキャストメッセージが下流ノードから受信されたかの判断は、

第 2 のマルチキャストメッセージから `Time - to - Live` 値を抽出する工程と、

前記 `Time - to - Live` 値にプリセット値を加えてオフセット `Time - to - Live` 値を生成する工程と；

前記マルチキャスト転送テーブルから同一のメッセージを含むマルチキャストメッセージの `Time - to - Live` 値を取り出す工程と、

前記オフセット `Time - to - Live` 値と前記取り出された `Time - to - Live` 値とを比較する工程と、

を含み、

前記取り出された `Time - to - Live` 値が前記オフセット `Time - to - Live` 値よりも大きい場合に、前記待機時間が停止される、

請求項 2 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 5】

前記取り出された `Time - to - Live` 値が前記オフセット `Time - to - Live` 値と等しい場合に、前記待機時間はランダム値にリセットされる、

請求項 4 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 6】

マルチキャストメッセージの転送後に、当該メッセージに対応する ACK フラグを未確認に設定するステップと、

再送時間を所定時間に設定するステップと、

をさらに含む、請求項 1 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 7】

前記メッセージが以前に受信されたものである場合に、少なくとも同一のメッセージと送信元識別子とシーケンス番号とマルチキャストグループ宛先とを含む第 2 のマルチキャストメッセージを下流ノードから受信したときは、前記再送時間を停止するステップをさらに含む、

請求項 6 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

前記再送時間を停止した後に、前記メッセージに対応する A C K フラグを確認済みに設定するステップをさらに含む、

請求項 7 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 9】

前記再送時間が満了したときに、前記マルチキャストメッセージを再送するステップと、

再送後に前記再送時間を所定時間に設定するステップと、

をさらに含む、請求項 7 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 10】

再送回数の上限に達したか判断するステップと、

前記判断に基づいて、前記再送時間が満了したときに、前記マルチキャストメッセージを再送するステップと、

再送カウンタを増加させるステップと、

再送後に前記再送時間を所定時間に設定するステップと、

をさらに含む、

再送回数の上限に達した場合には、再送時間が停止される、

請求項 7 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 11】

無線アドホックネットワーク内において、1つのグループヘッダノードと1つまたは複数のグループノードから構成され、前記グループヘッダから送信される第1の制御パケットと、前記第1の制御パケットに応答して前記グループノードから前記グループヘッダノードに対して送信される第2の制御パケットとに基づいて管理されるローカルピアグループにおける、マルチキャストメッセージのルーティングを行う方法であって、

グループヘッダノードが、前記第1の制御パケットを定期的に送信するステップと、

グループノードが、前記第1の制御パケットを受信するステップと、

グループノードが、受信した前記第1の制御パケットを転送するステップと、

グループノードが、受信した前記第1の制御パケットに応答して、前記第2の制御パケットを、前記グループヘッダノードへ送信するステップと、

グループノードが、他のグループノードから送信される第2の制御パケットを受信するステップと、

グループノードが、受信した前記第2の制御パケットを転送するステップと、

グループノードが、前記第1の制御パケットおよび第2の制御パケットに基づいて、マルチキャストメッセージの転送経路を表すマルチキャスト転送テーブルを生成するステップと、

グループノードが、少なくともメッセージと送信元識別子とシーケンス番号と Time - to - Live 値とマルチキャストグループ宛先とを含むマルチキャストメッセージを受信するステップと、

前記マルチキャストメッセージを受信したグループノードが、

前記マルチキャストグループ宛先がマルチキャスト転送テーブル内に存在するか判断するステップと、

前記マルチキャストメッセージが以前に受信したものであるか判断するステップと、

前記マルチキャストメッセージが以前に受信したものではないと判断された場合に、前記マルチキャストメッセージを前記マルチキャスト転送テーブルに追加するステップと、

自ノードがマルチキャスト受信ノードであるか判断するステップと、

確率値をランダムに割り当てるステップと、

前記ランダムに割り当てられた確率値とプリセット確率閾値とを比較するステップと、

前記比較に基づいて前記マルチキャストメッセージを転送するステップと、

を含む、マルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

前記プリセット確率閾値を設定するステップをさらに含む

請求項 11 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法するステップ。

【請求項 13】

前記マルチキャスト転送テーブルは、前記グループ宛先と前記送信元識別子と前記シーケンス番号とを含む、

請求項 11 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 14】

前記マルチキャスト転送テーブルは、前記グループ宛先と前記送信元識別子と前記シーケンス番号と前記メッセージと前記 ACK フラグと前記再送時間値と前記再送カウンタと前記 Time - to - Live 値とを含む、

請求項 10 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 15】

マルチキャストメッセージの転送後に、当該メッセージに対応する ACK フラグを未確認に設定するステップと、

再送時間を所定時間に設定するステップと、

をさらに含む、請求項 11 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 16】

再送カウンタを増加させるステップをさらに含む、

請求項 11 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 17】

前記メッセージが以前に受信されたものである場合に、少なくとも同一のメッセージと送信元識別子とシーケンス番号とマルチキャストグループ宛先とを含む第 2 のマルチキャストメッセージを下流ノードから受信したときに、前記再送時間を停止するステップをさらに含む、

請求項 15 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 18】

前記再送時間を停止した後に、前記メッセージに対応する ACK フラグを確認済みに設定するステップをさらに含む、

請求項 15 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 19】

再送カウンタの値に基づいて、再送回数の上限に達したか判断するステップと、

前記判断に基づいて、前記再送時間が満了したときに、前記マルチキャストメッセージを再送するステップと、

再送カウンタを増加させるステップと、

再送後に前記再送時間を所定時間に設定するステップと、

をさらに含む、

再送回数の上限に達した場合には、再送時間が停止される、

請求項 15 に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項 20】

無線アドホックネットワーク内において、1つのグループヘッダノードと1つまたは複数のグループノードから構成され、前記グループヘッダから送信される第1の制御パケットと、前記第1の制御パケットに回答して前記グループノードから前記グループヘッダノードに対して送信される第2の制御パケットとに基づいて管理されるローカルピアグループにおける、マルチキャストメッセージのルーティングを行う方法であって、

グループヘッダノードが、前記第1の制御パケットを定期的に送信するステップと、

グループノードが、前記第1の制御パケットを受信するステップと、

グループノードが、受信した前記第1の制御パケットを転送するステップと、

グループノードが、受信した前記第1の制御パケットに回答して、前記第2の制御パケットを、前記グループヘッダノードへ送信するステップと、

グループノードが、他のグループノードから送信される第2の制御パケットを受信する

10

20

30

40

50

ステップと、

グループノードが、受信した前記第2の制御パケットを転送するステップと、

グループノードが、前記第1の制御パケットおよび第2の制御パケットに基づいて、マルチキャストメッセージの転送経路を表すマルチキャスト転送テーブルを生成するステップと、

グループノードが、少なくともメッセージと送信元識別子とシーケンス番号とTime-to-Live値とマルチキャストグループ宛先とを含むマルチキャストメッセージを受信するステップと、

前記マルチキャストメッセージを受信したグループノードが、

前記マルチキャストグループ宛先がマルチキャスト転送テーブル内に存在するか判断するステップと、 10

前記メッセージが以前に受信したものであるか判断するステップと、

を含み、

前記メッセージが以前に受信されたものである場合に、

前記マルチキャストメッセージを受信したグループノードが、

前記Time-to-Live値にプリセット値を加えてオフセットTime-to-Live値を生成する工程と、

前記オフセットTime-to-Live値と前記マルチキャスト転送テーブル内のTime-to-Live値を比較する工程と、

前記オフセットTime-to-Live値が前記マルチキャスト転送テーブル内のTime-to-Live値以上である場合に、前記マルチキャストメッセージを転送することなく破棄する工程と、 20

を含む、マルチキャストメッセージのルーティング方法。

【請求項21】

前記マルチキャストメッセージが以前に受信したものではない場合に、

当該メッセージに対応するACKフラグを未確認に設定する工程と、

再送カウンタを増加させる工程と、

再送時間を所定値に設定する工程と、

マルチキャストメッセージを転送する工程と、

をさらに含む、請求項20に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。 30

【請求項22】

前記オフセットTime-to-Live値が前記マルチキャスト転送テーブル内のTime-to-Live値よりも小さい場合に、

前記メッセージに対応するACKフラグを確認済みに設定する工程と、

前記再送時間を停止する工程と、

をさらに含む、請求項21に記載のマルチキャストメッセージのルーティング方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

〔関連出願の相互参照〕

本発明は、共同所有され同時に係属中である、アドホック無線ネットワークにおけるユニキャストおよびマルチキャストメッセージをルーティングするための方法および通信装置と題する、2006年10月23日出願の出願番号第11/585,047の米国特許出願（「'047出願」）に関連する。 40

【0002】

〔技術分野〕

この発明は、移動環境における通信ネットワークに関連する。より具体的には、本発明は、複数の移動装置間のマルチホップ・マルチキャストメッセージをルーティングするための方法に関連する。

【背景技術】

【 0 0 0 3 】

無線ホームネットワークや、無線オフィスネットワークや、ローカルカフェ、ファーストフードチェーン又はホテルにおけるいわゆる「ホットスポット」ネットワークや、さらには都市全体でのW i F i技術の実現であれ、無線技術は今日の生活のあらゆる面において一般的なものとなっている。社会においてこのように無線を推し進める目的は、情報へのアクセスを提供し、社会全体がコンピュータネットワーク、特にインターネットを広く受け入れるとともに利用することで享受してきた生産性をさらに向上させるためである。

【 0 0 0 4 】

無線通信社会になるという願望は、移動車両のような移動装置にまで広がっている。この種の無線通信ネットワークは、限定はしないが、緊急路上障害物警告、交差点での協調、隠れた車道に関する警告、車線変更または合流の支援などを含む、車両安全アプリケーションの多くの態様において現れる。

10

【 0 0 0 5 】

車両安全通信（「V S C」）は大きく分類して、車車間通信とインフラ協調車両通信とに分けることができる。車車間通信では、固定インフラストラクチャからの支援なしに車両同士がお互いに通信する。車両同士が同じ無線通信範囲内に位置する場合や、他の車両を介したマルチホップ通信が可能な場合に、車両同士がお互いに通信する。インフラ協調車両通信では、路側無線アクセスポイントなどのインフラストラクチャの支援を受けて、車両同士がお互いに通信する。この場合、車両はインフラストラクチャのみと通信することもできる。

20

【 0 0 0 6 】

衝突回避のような種々のV S Cアプリケーションを支援するために、重要なV S C性能要件には、遅延時間が短いこと（100ミリ秒のオーダー）と、スループット（近くの車両が警告メッセージを受信に成功する確率と同等）を維持することが含まれる。

【 0 0 0 7 】

0 4 7出願には、1台の移動車両をグループヘッダとして選択し、このグループヘッダを利用してローカル・ピア・グループを維持し、ローカルルーティング情報を生成することで、移動車両のグループをローカル・ピア・グループに組織化することが記述されている。移動車両はユニキャストおよびマルチキャストのルーティングに適合される。しかしながら依然として、スループットをさらに向上し遅延が少ないマルチキャストのルーティング方法に対する要求がある。

30

【発明の概要】

【 0 0 0 8 】

したがって、マルチキャストメッセージのルーティング方法が開示される。この方法は、少なくともメッセージと送信元識別子とシーケンス番号とTime - to - Live値とマルチキャストグループ宛先とを含むマルチキャストメッセージを受信するステップと、前記マルチキャストグループ宛先がマルチキャスト転送テーブル内に存在するか判断するステップと、前記メッセージが以前に受信したものであるか判断するステップと、前記メッセージが以前に受信したのではないと判断された場合に、前記マルチキャストメッセージを前記マルチキャスト転送テーブルに追加するステップと、前記マルチキャストメッセージを受信したノードが転送ノードであるか判断するステップと、前記マルチキャストメッセージを転送するための待機時間をランダムに設定するステップと、前記待機時間が満了したときに、前記マルチキャストメッセージを転送するステップと、を含む。

40

【 0 0 0 9 】

前記メッセージが以前に受信したものである場合に、少なくとも同一のメッセージと送信元識別子とシーケンス番号とマルチキャストグループ宛先とを含む第2のマルチキャストメッセージを前記ランダムに設定された待機時間内に下流ノードから受信したときは、前記待機時間を停止する。待機時間が停止された場合は、マルチキャストメッセージは転送されない。

【 0 0 1 0 】

50

第2のマルチキャストメッセージが下流ノードから受信されたかの判断は、第2のマルチキャストメッセージからTime-to-Live値を抽出する工程と、前記Time-to-Live値にプリセット値を加えてオフセットTime-to-Live値を生成する工程と前記マルチキャスト転送テーブルから同一のメッセージを含むマルチキャストメッセージのTime-to-Live値を取り出す工程と、前記オフセットTime-to-Live値と前記取り出されたTime-to-Live値とを比較する工程とを含み、前記取り出されたTime-to-Live値が前記オフセットTime-to-Live値よりも大きい場合に、前記待機時間が停止される。

【0011】

前記取り出されたTime-to-Live値が前記オフセットTime-to-Live値と等しい場合は、前記待機時間はランダム値にリセットされる。

10

【0012】

本方法は、転送後にACKフラグを未確認に設定するステップと、再送時間を所定時間に設定するステップと、をさらに含む。前記メッセージが以前に受信されたものである場合に、本方法は、少なくとも同一のメッセージと送信元識別子とシーケンス番号とマルチキャストグループ宛先とを含む第2のマルチキャストメッセージを下流ノードから受信したときは、前記再送時間を停止するステップをさらに含む。前記再送時間を停止した後に、ACKフラグを確認済みに設定される。

【0013】

本方法は、前記再送時間が満了したときに、前記マルチキャストメッセージを再送するステップと、再送後に前記送信時間を所定時間に設定するステップと、をさらに含む。

20

【0014】

本方法は、再送の上限に達したか判断するステップと、前記判断に基づいて、前記再送時間が満了したときに、前記マルチキャストメッセージを再送するステップと、再送カウンタを増加させるステップと、再送後に前記再送時間を所定時間に設定するステップと、をさらに含む。再送の上限に達した場合には、再送時間が停止される。

【0015】

前記マルチキャスト転送テーブルは、前記グループ宛先と前記送信元識別子と前記シーケンス番号と前記メッセージと前記ACKフラグと前記再送時間値と前記再送カウンタと前記Time-to-Live値とを含む。

30

【0016】

マルチキャストメッセージをルーティングするための別の方法も開示される。本方法は、少なくともメッセージと送信元識別子とシーケンス番号とTime-to-Live値とマルチキャストグループ宛先とを含むマルチキャストメッセージを受信するステップと、前記マルチキャストグループ宛先がマルチキャスト転送テーブル内に存在するか判断するステップと、前記メッセージが以前に受信したものであるか判断するステップと、前記マルチキャストメッセージが以前に受信したものではないと判断された場合に、前記マルチキャストメッセージを前記マルチキャスト転送テーブルに追加するステップと、前記マルチキャストメッセージを受信したノードがマルチキャスト受信ノードであるか判断するステップと、マルチキャスト受信ノードに確率値をランダムに割り当てるステップと、前記ランダムに割り当てられた確率値とプリセット確率閾値とを比較するステップと、前記比較に基づいて前記マルチキャストメッセージを転送するステップと、を含む。

40

【0017】

本方法は、前記プリセット確率閾値を設定するステップをさらに含む。

【0018】

前記マルチキャスト転送テーブルは、前記グループ宛先と前記送信元識別子と前記シーケンス番号とを含む。

【0019】

本方法は、転送後にACKフラグを未確認に設定するステップと、再送時間を所定時間に設定するステップと、をさらに含む。

50

【 0 0 2 0 】

本方法は、再送カウンタを増加させるステップをさらに含む。

【 0 0 2 1 】

前記メッセージが以前に受信されたものである場合に、本方法は、少なくとも同一のメッセージと送信元識別子とシーケンス番号とマルチキャストグループ宛先とを含む第2のマルチキャストメッセージを下流ノードから受信したときに、前記再送時間を停止する工程をさらに含む。

【 0 0 2 2 】

前記再送時間を停止した後に、ACKフラグを確認済みに設定される。

【 0 0 2 3 】

本方法は、再送カウンタの値に基づいて、再送の上限に達したか判断するステップと、前記判断に基づいて、前記再送時間が満了したときに、前記マルチキャストメッセージを再送するステップと、再送カウンタを増加させるステップと、再送後に前記再送時間を所定時間に設定するステップと、をさらに含む。再送の上限に達した場合には、再送時間が停止される。

【 0 0 2 4 】

マルチキャストメッセージをルーティングするための別の方法も開示される。本方法は、少なくともメッセージと送信元識別子とシーケンス番号とTime-to-Live値とマルチキャストグループ宛先とを含むマルチキャストメッセージを受信するステップと、前記マルチキャストグループ宛先がマルチキャスト転送テーブル内に存在するか判断するステップと、前記メッセージが以前に受信したものであるか判断するステップと、を含み、前記メッセージが以前に受信されたものである場合に、前記Time-to-Live値にプリセット値を加えてオフセットTime-to-Live値を生成する工程と、前記オフセットTime-to-Live値と前記マルチキャスト転送テーブル内のTime-to-Live値を比較する工程と、前記オフセットTime-to-Live値が前記マルチキャスト転送テーブル内のTime-to-Live値以上である場合に、前記マルチキャストメッセージを破棄する工程と、を含む。

【 0 0 2 5 】

前記マルチキャストメッセージが以前に受信したものではない場合に、本方法は、ACKフラグを未確認に設定する工程と、再送カウンタを増加させる工程と、再送時間を所定値に設定する工程と、マルチキャストメッセージを転送する工程と、を含む。

【 0 0 2 6 】

前記オフセットTime-to-Live値が前記マルチキャスト転送テーブル内のTime-to-Live値よりも小さい場合に、本方法は、ACKフラグを確認済みに設定する工程と、前記再送時間を停止する工程と、をさらに含む。

【 0 0 2 7 】

本発明のこれらおよび他の特徴、利益や利点は、以下の図面を参照することによって明らかになる。なお、図面を通して、類似の参照符号は類似の構造を指している。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 8 】

【図1】図1は、マルチキャストメッセージ用に設定されたローカル・ピア・グループの例を説明する。

【図2】図2は、ハートビートメッセージの例を説明する。

【図3】図3は、メンバシップレポートメッセージの例を説明する。

【図4】図4は、本発明の第1の実施形態に係るマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

【図5】図5は、本発明の第1の実施形態に係る、転送ノードおよびマルチキャスト受信ノードのためのMPキャッシュテーブルの例を説明する。

【図6】図6は、本発明の第2の実施形態に係るマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

10

20

30

40

50

【図 7】図 7 は、本発明の第 2 の実施形態に係るルーティング方法の例を説明する。

【図 8】図 8 は、本発明の第 3 の実施形態に係るマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

【図 9】図 9 は、本発明の第 3 の実施形態に係るマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

【図 10】図 10 は、本発明の第 3 の実施形態に係るマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

【図 11】図 11 は、本発明の第 3 の実施形態に係る、転送ノードのための M P キャッシュテーブルの例を説明する。

【図 12】図 12 は、本発明の第 4 の実施形態に係るマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

10

【図 13】図 13 は、本発明の第 4 の実施形態に係るマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

【図 14 A】図 14 A は、本発明の第 4 の実施形態に係るマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

【図 14 B】図 14 B は、本発明の第 4 の実施形態に係るマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

【図 15 A】図 15 A は、本発明の第 4 の実施形態に係る、転送ノードのための M P キャッシュテーブルの例を説明する。

【図 15 B】図 15 B は、本発明の第 4 の実施形態に係る、マルチキャスト受信ノードのための M P キャッシュテーブルの例を説明する。

20

【図 16】図 16 は、本発明の第 5 の実施形態に係るマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

【図 17】図 17 は、本発明の第 6 の実施形態に係る、マルチキャスト受信ノードによるマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

【図 18】図 18 は、本発明の第 7 の実施形態に係るマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

【図 19】図 19 は、本発明の第 8 の実施形態に係るマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

【図 20】図 20 は、本発明の第 9 の実施形態に係るマルチキャストパケットのルーティング方法を説明する。

30

【図 21】図 21 は、本発明の第 7 ~ 第 9 の実施形態に係る、転送ノードのための M P キャッシュテーブルの例を説明する。

【発明を実施するための形態】

【0029】

[定義]

「ノード」は、チャネルの決定・選択処理や以下の説明で記載される方法を実行するルータである。例えば、通信装置を備える移動車両はノードである。この出願では、ノードと移動車両は同じ意味で使われている。

【0030】

40

「マルチキャストメッセージ」は 1 つまたはそれ以上の宛先を持つメッセージである。詳細な説明では、マルチキャストメッセージはマルチキャストパケット (M P) と称される。「ホップ」はメッセージを中継するノードである。2 ノード間、すなわち送信元と宛先の間の「ホップカウント」は、中継ノードの数に 1 を足したものに等しい。

【0031】

本発明によれば、ローカル・ピア・グループ (L P G) に組織化されたノードまたは移動車両は、マルチキャストルーティングテーブルを生成するために相対位置、一意の識別子、L P G に関する情報を交換する。後述するハートビートメッセージやメンバシップレポートメッセージのような制御パケット内の情報に基づいて、ルーティングテーブルが生成される。マルチキャストは、1 つのマルチキャストセッションについて複数の送信元ノ

50

ード 700 とマルチキャスト受信ノード 20 に対応する。

【0032】

LPG1 は、近くの複数のノード 10 から動的に形成される。具体的には、第 1 のノードが無線信号をブロードキャストし、第 1 のノードの範囲内の他のノード 10 は、この無線信号を受信する能力がある。LPG1 は無線通信範囲に基づいて形成されるので、LPG1 内のノードは、固定インフラストラクチャを必要とせずに、1 ホップまたはマルチホップで互いに通信できる。ハートビートメッセージおよびメンバシップレポートの送信に基づいて、LPG1 は形成および維持される。

【0033】

図 1 は、マルチキャストメッセージ用に設定されたモードを持つ LPG1 を示す。マルチキャストを行うために、ノード 10 は、マルチキャスト受信ノードと転送ノード 90 の 2 つのグループに分けられる。マルチキャスト受信ノード 20 はマルチキャストメッセージの受信が意図されるノードである。転送ノード 90 はメッセージを転送する。LPG1 内の全てのノード 10 は、転送ノードにもマルチキャスト受信ノード 20 にもなりうる。さらに、LPG1 内の 1 つのノードがグループヘッダ (GH) として選択される。GH は、他のノードやインフラストラクチャからの命令なしに LPG1 を維持および制御することを指定された LPG1 内の移動装置またはノード 10 である。ノード 10 は、メンバシップレポートを GH へ中継するために用いられるときに、FN90 になる。LPG1 の形成、維持、GH の選択、制御は、047 出願に記載されており、その内容は参照により本明細書に含まれる。

【0034】

図 2 は、本発明に係るハートビートメッセージ 200 の例を示す。GH は、ハートビートメッセージ 200 を定期的に出して、LPG1 を識別 (identify) するとともに LPG1 に関する情報を提供する。この周期は固定間隔 (T) である。この間隔 (T) の値は、設計や運用の要求に基づいて選択可能である。GH は、LPG1 に含まれる全ノードのリストの維持も行う。このリストには、ノードが LPG1 に参加した時のタイムスタンプ、あるいは、GH がノードからステータス更新を受信した時のタイムスタンプが含まれる。このリストは、LPG1 に対する種々の維持・管理機能のために用いられる。例えば、このリストは、グループサイズを追跡したり、マルチキャストルーティングテーブルを作成・更新したり、ヘッダ解決のために用いることができる。さらに、このリストは、LPG1 内の他の全てのノードに周期的にブロードキャストされる。ハートビートメッセージ 200 が LPG1 内の全ノード 10 にブロードキャストされる。

【0035】

ハートビートメッセージ 200 は、LPG1 の識別子、GH ID、シーケンス番号、ハートビートメッセージの種類 (例えば、完全なグループリスト付きのハートビートか、増分 (incremental) グループリスト付きのハートビートか、グループリストなしのハートビートか) を含む。ある実施形態では、ハートビートメッセージは全てのパケットにおいて完全なグループリストを含む。完全なグループリストを使うことが、ルーティング制御と正しいグループメンバのリストを維持するための最も正確な方法であるが、完全なグループ付きのハートビートのためには相当量の帯域幅が必要となる。別の実施形態では、ハートビートメッセージ 200 は、n 回おきに完全なグループリストを含む。例えば、3 回おきにハートビートが完全なグループリストを含むようにする。ToHb は、ハートビートメッセージの種類を意味する。ハートビートメッセージの種類は、LPG1 のトポロジー変化の早さとハートビートのブロードキャスト頻度の影響を受ける。LPG1 のトポロジー変化速度が速くなると、全てのハートビートメッセージ 200 に完全なグループリストを含める必要性が高まる。

【0036】

ハートビートメッセージ 200 は、GH からのホップカウント (HC) も含む。最初は、HC は所定値、たとえば 1 に設定される。ハートビートメッセージ 200 がノードによって中継されるたびに、中継ノードが HC 値を 1 増加させる。すなわち、 $HC = HC + 1$

とする。HC値は、LPGのサイズを限定したり、ハートビートメッセージ200内の情報の古さを示したり、オーバーヘッドを減らすための制御パケットのルーティングを制御したりするために用いることができる。各LPG1に対して、ルーティングの最大ホップカウント（例えば10）がある。HCが最大ホップカウントに達すると、その制御パケットはそれ以上中継されない。

【0037】

最大ホップカウント、HCおよびシーケンス番号を用いることで、LPG1内で制御パケットが無限に複製されることを防止できる。ホップカウントは中継戦略のためにも利用される。ノードがハートビートメッセージを転送するときにメッセージにID情報を含めるので、次ホップのノードは、このハートビートメッセージ200を誰が中継するのかを

10

【0038】

上述したように、ハートビートメッセージ200はグループリストも含むことができる。グループリストは、LPG1のメンバに関する情報を含むことができる。たとえば、LPG1内のメンバ数、各メンバのIPアドレス、GHからのホップカウントや分類などである。

【0039】

分類は、たとえばアップリンク、ダウンリンク、ピアのような、GHからの相対的な方向を示すコードであり得る。ピア分類は、ノードがGHと同じ無線通信範囲内であることを示す。すなわち、全てのピアノードは、GHから同じホップカウントを有する。上流ノードはハートビートから決定される。下流ノードは、後述するメンバシップレポート(MR)300に基づいて決定される。上流送信はGH25に向かう方向の通信を意味し、下流送信はGH25からの離れる方向の通信を意味する。分類は相対的な用語である。各ノードはその近隣ノードを異なる3つの種類に分けることができる。他のノードのメンバシップレポートのホップカウント(HC)が自ノードのHCよりも1少なければ、自ノードは上流ノードである。そのHCが自身のHCと同じであれば、自ノードはピアである。そのHCが自身のHCよりも1大きければ、自ノードは下流ノードである。

20

【0040】

図3はメンバシップレポート(MR)300の例を示す。MR300はGH以外のノードからブロードキャストされる制御パケットであり、その受取人はGH25である。MR300は、ハートビートメッセージ200に対する応答として生成される。MR300は、メンバシップリスト、下流ノードID、下流ノードに対する次ホップのような収集可能なルーティング情報を含む。MR300は、GIDやグループヘッダIDのような、ハートビートメッセージ200と同じ情報のいくつかを含む。MR300は、MRシーケンス番号も含む。MRシーケンス番号は、ハートビートメッセージ200のシーケンス番号と同様のものであり、MRの順序を維持するために用いられる。MRシーケンス番号はある特定のノードに対するMRの順序である。典型的には、MRシーケンス番号は、MR300のきっかけとなったハートビートメッセージ200のシーケンス番号と同じ値を有する。

30

【0041】

MR300には、発信元ノード、すなわち、MR300を生成したノードのノードIDも含まれる

40

【0042】

MR300は次ホップ中継IDも含む。次ホップ中継IDは、GHへ向かうMR300に対する中継の指示である。次ホップの情報は、受信したハートビートメッセージ200から直接決定される。ノード10が新しいすなわち新規のハートビートメッセージ200を受信すると、何らかのパケット処理を行う前にIP層およびMAC層から直前の中継ノードのIDを取り戻す。直前の中継ノードのIDはメモリに格納され、MR300の次ホップ中継IDとして用いられる。ノード10がハートビートメッセージ200を転送するときは、ノード10は自身のIDをパケットに含める。これを受信する次ホップノードは

50

、新しいすなわち新規のハートビートメッセージ200を受信すると、このIDをGH25に達するための次ホップ中継IDとして格納する。新しいすなわち最新のハートビートメッセージ200は、最も小さいHCと新しいシーケンス番号を有する。

【0043】

MR300は「MR標識の種類」ToMRも含む。MR300には、単一メンバレポートおよび複数集約メンバレポート(aggregated multiple member report)の2つの種類がある。単一メンバMRは発信元ノードからのMR300のみを含む。複数集約メンバレポートは2つ以上のノードのMR300を含む。1つのMR300が複数のMRを含んで送られる。

【0044】

さらに、MR300はGHからのホップカウント(HCGH)を含んでも良い。(HCGH)は、GHから発信ノードまでのMR300のHC値である。MR300は、報告ノードが利用可能なチャネルのリストを含む。さらに、MRは、MR300をGHに向かって中継した全ノードについての利用可能なチャネルのリストを含んでも良い。さらに、MR300は、その状態またはマルチキャストメッセージを中継可能であるか、すなわち転送ノードステータスを含む。

【0045】

マルチキャストルーティングテーブルは、マルチキャストセッションが開始された後に、ハートビートメッセージ200およびMR300から作成される。マルチキャストルーティングテーブルは木構造またはメッシュとして視覚化するのが最も適切といえる。木構造またはメッシュは、任意の送信元ノード700からFNを介してマルチキャスト受信ノード20に至る経路またはリンクを提供する。マルチキャストセッションを確立するために、マルチキャストセッションに参加したいノード10はマルチキャストセッションに対応したマルチキャストアプリケーションプログラムを起動する。このアプリケーションプログラムはメモリに格納される。そして、ノードはFNがマルチキャスト受信ノードになり、セッション参加の要求を示す信号(MR300)を発する。これらの信号によって、マルチキャストセッションに対するマルチキャストツリーの生成が開始される。

【0046】

ノードがMR300をGHに向かって中継すると、そのノードはマルチキャストグループのFN90になる。FN90は、ここで説明される1つまたはそれ以上の方法によって、マルチキャストセッションに関連づけられたマルチキャストパケットを受け付けて転送することができる。木構造またはメッシュ、すなわちマルチキャストルーティングテーブルは、ここに参照によって明示的に組み入れられる'047出願において説明されるいずれかの方法を用いて作成される。マルチキャストルーティングテーブルは、ハートビート期間ごとに更新される。マルチキャストパケットはマルチキャストルーティングテーブルを用いて経路が定められる。

【0047】

図4は、本発明の第1の実施形態に係るマルチキャストルーティング方法を示す。本ルーティング方法を、その機能ブロックを用いて説明する。異なる実施形態における同一の機能ブロックは、同一の番号を用いて参照される。

【0048】

ブロック400で、マルチキャストパケットがノードに到着する。ブロック405で、ノード10はパケットからマルチキャストグループ識別子を抽出して、ノード10がマルチキャストセッションのメンバであるか判断する。この判断はマルチキャストルーティングテーブルに基づく。ノード10は、FN90がマルチキャスト受信ノード20のいずれかであれば、マルチキャストセッションのメンバである。ノード10がマルチキャストセッションのメンバでなければ、ブロック410で、それ以上の処理をせずにマルチキャストパケットは破棄される。ノード10がマルチキャストセッションのメンバであれば、ブロック415で、ノード10は、MPキャッシュテーブル(例えば図5、500)内に、受信したマルチキャストパケットと一致するものがあるか探す。本発明の第1の実施形態

10

20

30

40

50

では、MPキャッシュテーブル500はFN90とマルチキャスト受信ノード20の両方に対して同一である。MPキャッシュテーブル500は、グループ識別子、送信元識別子、つまりマルチキャストパケットの元々の送信元ノード700、およびシーケンス番号を含む。パケットのシーケンス番号と送信元識別子の両方が同じであれば、マルチキャストパケットは受信パケットと同一である。マルチキャストパケットが同一であれば、ブロック410で、それ以上の処理をせずにマルチキャストパケットは破棄される。

【0049】

マルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル500内のいずれのパケットとも一致しない場合は、ブロック420で、ノード10は、グループ識別子、送信元識別子、マルチキャストパケットの順番のようなマルチキャストに関連する情報をMPキャッシュテーブル500に追加する。マルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル500に加えられると、ブロック425で、ノード10はマルチキャストセッションのFN90であるか判断する。この判断はマルチキャストルーティングテーブルに基づく。ノード10がマルチキャストセッションのFN90でなければ、ブロック430で、マルチキャストパケットは破棄される。その後、ブロック440でノード10はアイドルになる。

【0050】

ノード10がマルチキャストセッションのFN90であれば、ブロック435で、ノードはマルチキャストパケットをN回再マルチキャストすなわち転送する。ある実施形態では、FN90はマルチキャストパケットをN回連続して転送する。パケットが転送される数字「N」回は予め定められていて変更可能である。到達率の増加とデータオーバーヘッドの増加にはトレードオフがある。数字「N」が増えるにしたがって、データオーバーヘッドが著しく増加するが、到達率もまた増加する。別の実施形態では、FN90はパケットをN回同時に転送する。

【0051】

マルチキャストパケットを転送した後、ブロック440で、FN90はアイドルになる。

【0052】

図5は、本発明の第1の実施形態におけるMPキャッシュテーブル500の例を示す。図5に示すように、MPキャッシュテーブル500は、IPアドレスのようなセッションやグループの識別子である追加グループ(Group Add)、マルチキャストパケットの送信元ノード700の識別子である送信元識別子、およびパケットのシーケンス番号(Seq Num)を含む。

【0053】

図6は、本発明の第2の実施形態に係るマルチキャストルーティング方法を示す。ブロック400で、マルチキャストパケットがノード10に到着する。ブロック405で、ノード10はパケットからマルチキャストグループ識別子を抽出して、ノード10がマルチキャストセッションのメンバであるか判断する。この判断はマルチキャストルーティングテーブルに基づく。ノード10は、FN90かマルチキャスト受信ノード20のいずれかであれば、マルチキャストセッションのメンバである。ノード10がマルチキャストセッションのメンバでなければ、ブロック410で、それ以上の処理をせずにマルチキャストパケットは破棄される。ノード10がマルチキャストセッションのメンバであれば、ブロック415で、ノード10は、MPキャッシュテーブル内に、受信したマルチキャストパケットと一致するものがあるか探す。本発明の第2の実施形態では、MPキャッシュテーブル500はFN90と受信ノードの両方に対して同一である。MPキャッシュテーブル500は、グループ識別子、送信元識別子、およびシーケンス番号を含む。パケットのシーケンス番号と送信元識別子の両方が同じであれば、マルチキャストパケットは受信パケットと同一である。マルチキャストパケットが同一であれば、ブロック410で、それ以上の処理をせずにマルチキャストパケットは破棄される。

【0054】

マルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル500内のいずれのパケットとも一

10

20

30

40

50

致しない場合は、ノード10は、ブロック420で、受信したマルチキャストパケットについての情報をMPキャッシュテーブル500に追加する。マルチキャストパケットに関連する情報がMPキャッシュテーブル500に加えられると、ブロック425で、ノード10はマルチキャストセッションのFN90であるか判断する。この判断はマルチキャストルーティングテーブルに基づく。ノード10がFN90であれば、ブロック605で、ノード10はマルチキャストパケットを一度転送する。ブロック440で、ノード10はアイドルになる。

【0055】

ノード10がFN90でなければ、ノード10はマルチキャスト受信ノード20である。本実施形態によれば、FN90による通常の転送に加えて、いくつかのマルチキャスト受信ノード20がマルチキャストパケットの転送のために選択される。この追加的な転送によって、マルチキャストセッションのメンバがパケットを受信し損ねる可能性が抑えられる。受け取ったマルチキャストデータパケットごとに割り当てられる確率に基づいて、いくつかのマルチキャスト受信ノード20が選択される。各マルチキャスト受信ノード20は確率閾値とともにプログラムされる。確率閾値は0と1の間の値である。確率閾値は、複数のマルチキャスト受信ノード20について同じではない。ある実施形態では、確率閾値はランダムにプログラムされる。別の実施形態では、確率閾値は、LPG1内のノード10の数またはマルチキャストセッション内のノード数に基づいて割り当てられる。言い換えると、確率閾値は周期的に変化しても良い。ある実施形態では、マルチキャストセッションの送信元ノード700が確率閾値を割り当てても良い。代替として、GHが確率閾値を割り当てても良い。

【0056】

ブロック600で、マルチキャスト受信ノード20であるノード10は、マルチキャストパケットに割り当てられたランダムな確率と、確率閾値とを比較する。マルチキャストパケットに割り当てられたランダムな確率が確率閾値よりも小さければ、ブロック605で、マルチキャスト受信ノードは受信したマルチキャストパケットを転送する。そして、ブロック440で、マルチキャスト受信ノード20はアイドルになる。

【0057】

マルチキャストパケットに割り当てられたランダムな確率が確率閾値以上であれば、ブロック430で、マルチキャスト受信ノード20は受信したマルチキャストパケットを破棄する。そして、ブロック440で、マルチキャスト受信ノード20はアイドルになる。

【0058】

図7は、本発明の第2の実施形態に係る方法を実行するマルチキャストセッションの例を示す。送信元ノード700がマルチキャストセッションを開始し、マルチキャストパケットをマルチキャストする。FN₁ 90₁、FN₂ 90₂、およびFN₃ 90₃は、マルチキャストパケットを受信した後に、ブロック605で、マルチキャストパケットを転送する。マルチキャスト受信ノード20₁、20₂、20₃はマルチキャストデータパケットを転送せずにマルチキャストパケットを破棄する(ブロック430)。しかしながら、マルチキャスト受信ノード20₄、20₅、20₆は、マルチキャストパケットを転送する(ブロック605)。MPキャッシュテーブルは本発明の第1の実施形態と同様である(例えば、500)。MPキャッシュテーブル500は、FN90とマルチキャスト受信ノード20の両方に対して同一である。

【0059】

図8～図10は、本発明の第3の実施形態に係るルーティング方法を示す。本発明の第3の実施形態によれば、次ホップノードは転送されたマルチキャストパケットの受信通知を行う。この受信通知(acknowledgement)はパッシブ受信通知方式をとる。FN90によって転送されたマルチキャストパケットは、その次ホップFNによって転送されたマルチキャストパケットによって受信通知が行われる。次ホップFNから転送されたマルチキャストパケットは、傍受(overheard)される。

【0060】

ブロック400で、マルチキャストパケットがノード10に到着する。マルチキャストパケットは、マルチキャストグループID、シーケンス番号、Time-to-Live (TTL) 値、およびデータを含む。TTL値は、マルチキャストパケットが中継されるホップ数である。各ホップで、FN90はTTL値を減少させる。TTL値は、同一のマルチキャストデータパケットが転送させる回数を制限する機能を果たす。

【0061】

ブロック405で、ノード10はパケットからマルチキャストグループ識別子を抽出して、ノード10がマルチキャストセッションのメンバであるか判断する。この判断はマルチキャストルーティングテーブルに基づく。ノード10がマルチキャストセッションのメンバでなければ、ブロック410で、それ以上の処理をせずにマルチキャストパケットは破棄される。ノード10がマルチキャストセッションのメンバであれば、ブロック800で、ノード10はFN90がマルチキャスト受信ノードであるかを判断する。ノード10がマルチキャスト受信ノードであれば、処理は図10のブロック415に移動する。ノード10がマルチキャストセッションのFN90であれば、ブロック415(図8)で、FN90はマルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル(例えば、図11、500a)内にあるか判断する。

【0062】

マルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル500a内のいずれのパケットとも一致しない場合は、ブロック420で、FN90は受信したマルチキャストパケットをMPキャッシュテーブル500aに追加する。この実施形態では、マルチキャストパケットに関連する情報とパケットの両方がMPキャッシュテーブル500aに追加される。

【0063】

FN90は、マルチキャストグループID、シーケンス番号、送信元識別子、Time-to-Live (TTL) 値、およびデータを抽出し、この情報をMPキャッシュテーブル500aに付加する。さらに、FN90は再送カウンタをゼロに初期化する。再送カウンタ(smpc)は、マルチキャストパケットが再送されうる回数を表す。ある実施形態では、マルチキャストメッセージが再送される回数はあらかじめ定められた最大値に制限される。あらかじめ定められた最大値は全ノード10に対して同じであっても良い。別の実施形態では、あらかじめ定められた最大値はGHや送信元ノード700のような特定のノードに対して変更可能としても良い。

【0064】

MPキャッシュテーブルはFN90とマルチキャスト受信ノードとで異なる。FN90用には、MPキャッシュテーブル500は、マルチキャストパケットについてのマルチキャストセッションID、送信元識別子、シーケンス番号、マルチキャストパケットデータ、ACK状態、再送タイマ値、再送カウンタ、およびTTL値を含む。ACK状態は「未確認」または「確認済み」のいずれかであり得る。再送タイマ値はオンかオフのいずれかであり得る。タイマがオンであれば、再送タイマ値は初期設定タイマ値といつ再送タイマ値が満了したかの指示も含む。マルチキャスト受信ノード20用には、MPキャッシュテーブル500は、マルチキャストセッションID、送信元識別子、およびシーケンス番号だけを含む。

【0065】

ブロック805で、FN90はACK状態を「未確認」に初期化する。FN90はどのマルチキャストパケットが受信確認され受信されたかを追跡できる。さらに、FN90は再送タイマ値をオンに初期化し、タイマを再送時間に設定する。再送時間は、データパケットに含まれるデータの種類、FN90の移動速度、およびその他のユーザ定義の基準に応じて変更可能である。例えば、12msの再送時間を利用することができる。メッセージに含まれるデータが高い優先度のメッセージであれば、再送時間を短くしても良い。あるいは、メッセージが低い優先度のメッセージであれば、再送時間を長くしても良い。回復遅延は再送時間の値に依存する。再送時間が小さいほど、遅延は短くなる。しかしながら、小さくしすぎると多くの再送信が発生し、不必要な再送信が生じる。

【 0 0 6 6 】

ブロック 8 1 0 で、再送カウンタが 1 増分する。すなわち $s_mp_c + 1$ にする。再送カウンタが増分された後、ブロック 6 0 5 で、 $FN90$ はマルチキャストパケットを一度転送する。 $FN90$ は、転送の前にマルチキャストパケットの TTL 値から 1 減算する。したがって、次ホップ FN によって受信されるマルチキャストパケットは、最小の TTL 値を持つ。ブロック 4 4 0 で、 $FN90$ はアイドルになる。

【 0 0 6 7 】

マルチキャストパケットが MP キャッシュテーブル 5 0 0 a 内のいずれかのパケットと同一であれば、本方法はブロック 8 1 5 へ進む。

【 0 0 6 8 】

$FN90$ は入力マルチキャストパケットの TTL 値を判断する。上記したように TTL 値は特定のマルチキャストパケットのホップ数を制御するために用いられる。さらにこの実施形態では、 TTL 値は送信ノード 1 0 および受信ノード 1 0 の相対的な位置を決定するためにも用いられる。具体的には、マルチキャストパケットが転送されるたびに、ノード 1 0 は TTL 値から 1 減算する（すなわち、 $TTL - 1$ ）。特定の $FN90$ から下流にあるノード 1 0 から受信されたマルチキャストパケットの TTL 値は、 $FN90$ から転送された同一のマルチキャストパケットの TTL 値よりも小さい。特定の $FN90$ から上流にあるノード 1 0 から受信されたマルチキャストパケットの TTL 値は、 $FN90$ から転送された同一のマルチキャストパケットの TTL 値よりも大きい。特定の $FN90$ と同じホップ数のノード 1 0 から受信されたマルチキャストパケットは、同一の TTL 値を持つ。

【 0 0 6 9 】

$FN90$ は、 $FN90$ による最初のマルチキャストパケットの転送を補うために、判定された TTL 値にオフセット値の 1 を加える。これによりオフセット TTL 値が生成される。

【 0 0 7 0 】

ブロック 8 1 5 で、 $FN90$ は、入力パケットのオフセット TTL 値 ($In_MP_TTL + 1$) と同一のマルチキャストパケットの TTL 値とを比較する。同一のマルチキャストパケットの TTL 値は、 MP キャッシュテーブル 5 0 0 a から取り出される。 MP キャッシュテーブル 5 0 0 a から取り出された TTL 値がオフセット値よりも大きくない場合は、ブロック 4 3 0 で、入力マルチキャストパケットは無視されて破棄される。このマルチキャストパケットは上流ノードから発生したものである。マルチキャストパケットの転送は受信確認されない。ブロック 4 4 0 で、 $FN90$ はアイドルになる。

【 0 0 7 1 】

ブロック 8 1 5 において MP キャッシュテーブルから取り出された TTL 値がオフセット値よりも大きい場合は、ブロック 8 2 0 で、 $FN90$ はこのマルチキャストパケットがすでに受信確認されたか判断する。

【 0 0 7 2 】

$FN90$ は MP キャッシュテーブル 5 0 0 a から同一のマルチキャストパケットについての ACK 状態を取り出す。同一のマルチキャストパケットがすでに受信確認されていれば、ブロック 4 3 0 で、入力マルチキャストパケットは無視されて破棄される。ブロック 4 4 0 で、 $FN90$ はアイドルになる。 MP キャッシュテーブル 5 0 0 a に変更はない。ブロック 8 2 0 において同一のマルチキャストパケットが受信確認されていなければ、本方法はブロック 8 2 5 へ進む。

【 0 0 7 3 】

ブロック 8 2 5 で、 $FN90$ は再送タイマを停止する。さらに、 $FN90$ は、キャッシュテーブル 5 0 0 a 内の再送タイマ値を「オフ」に変え、 ACK 状態を「確認済み」に変える。その後、ブロック 4 3 0 で入力マルチキャストパケットは破棄される。ブロック 4 4 0 で、 $FN90$ はアイドルになる。マルチキャストパケット転送の受信が確認される。

【 0 0 7 4 】

図 9 は、マルチキャストパケットの転送が受信確認される前に再送タイマが満了する場合の機能ブロック図を示す。図 9 に示される機能ブロック図は F N 9 0 によってのみ実行される。

【 0 0 7 5 】

ブロック 9 0 0 で、再送タイマが満了する。F N 9 0 は、再送カウンタが最大閾値に達したか判断する。F N は、再送タイマが満了したパケットに対応するマルチキャストパケットの再送カウンタを M P キャッシュテーブル 5 0 0 a から抽出する。再送カウンタは、最大閾値と比較される。再送カウンタが最大閾値以上であれば、F N 9 0 はブロック 4 4 0 でアイドルになる。

【 0 0 7 6 】

再送カウンタが最大閾値より小さければ、ブロック 8 0 5 で、F N 9 0 はマルチキャストパケットの再送タイマをリセットし、マルチキャストパケットの A C K 状態を「未確認」に初期化する（図 9 において「Not ACKed」と示される）。

【 0 0 7 7 】

ブロック 8 1 0 で、再送カウンタが 1 増分する。すなわち $s_mp_c + 1$ にする。再送カウンタが増分された後、ブロック 6 0 5 で、F N 9 0 はマルチキャストパケットを一度転送する。F N 9 0 は、転送の前にマルチキャストパケットの T T L 値から 1 減算する。したがって、次ホップ F N はマルチキャストパケットを送っている F N 9 0 よりも小さい T T L を持つマルチキャストパケットを受信する。ブロック 4 4 0 で、F N 9 0 はアイドルになる。

【 0 0 7 8 】

図 1 0 は、本発明の第 3 の実施形態に係るマルチキャスト受信ノード 2 0 の機能ブロック図を示す。図 8 に示すように、ブロック 8 0 0 においてノード 1 0 が F N 9 0 でなければ、処理は図 1 0 のブロック 4 1 5 に進む。ブロック 4 1 5 で、マルチキャスト受信ノード 2 0 は、入力マルチキャストパケットが M P キャッシュテーブル 5 0 0 にリストされているか判断する。マルチキャストパケットがすでにリストされていれば、ブロック 4 3 0 で、パケットは無視されて破棄される。ブロック 4 4 0 で、マルチキャスト受信ノード 2 0 はアイドルになる。

【 0 0 7 9 】

マルチキャストパケットが M P キャッシュテーブル 5 0 0 内のいずれのパケットとも一致しない場合は、マルチキャスト受信ノード 2 0 は、ブロック 4 2 0 で、入力マルチキャストパケットについての情報を M P キャッシュテーブル 5 0 0 に追加する。具体的には、マルチキャスト受信ノード 2 0 は、マルチキャストパケットのマルチキャストセッション ID、送信元識別子、およびシーケンス番号を M P キャッシュテーブル 5 0 0 に追加する。その後、ブロック 4 3 0 で、マルチキャストパケットは破棄される。ブロック 4 4 0 で、マルチキャスト受信ノード 2 0 はアイドルになる。

【 0 0 8 0 】

図 1 1 は、本発明の第 3 の実施形態に係る F N 用の M P キャッシュテーブル 5 0 0 a の例を示す。図示されるように、M P キャッシュテーブル 5 0 0 a は、2 つの異なるマルチキャストパケット (MP_1 と MP_2) を含む。各マルチキャストパケットに対して、M P キャッシュテーブル 5 0 0 a は、マルチキャストセッション ID (G r o u p A d d)、マルチキャストパケットの送信元識別子、マルチキャストパケットのシーケンス番号 (S e q N u m)、マルチキャストパケットデータ (M P キャッシュ)、受信確認状態 (A C K 状態)、再送タイマ (R e t r a n _ T i m e r)、再送カウンタ (s_mp_c)、およびマルチキャストパケットの T T L 値 (C_MP_TTL) を含む。図 1 1 に示されるように、マルチキャストパケットの 1 つは受信確認されており、したがって再送タイマ状態は「オフ」である。

【 0 0 8 1 】

図 1 2 ~ 図 1 4 (A および B) は、本発明の第 4 の実施形態に係るルーティング方法を示す。この実施形態によれば、マルチキャスト受信ノード 2 0 は受信し損ねたマルチキャスト

10

20

30

40

50

ストパケットを局所的に回復することができる。マルチキャスト受信ノード20は否定的確認(negative acknowledgement)を用いて、他のノード10にマルチキャストパケットを受信していないことを通知する。受信し損ねたマルチキャストパケットは、受信パケットにおける欠落しているシーケンス番号に基づいて検出される。この検出は受信したマルチキャストパケットの間でのシーケンス番号の比較に基づく。

【0082】

ブロック400で、マルチキャストパケットがノード10に到着する。マルチキャストパケットはマルチキャストグループID、送信元識別子、シーケンス番号、Time-to-Live(TTL)値、およびデータを含む。TTL値は、マルチキャストパケットが中継されるホップ数である。各ホップで、FN90はTTL値を減少させる。TTL値は、同一のマルチキャストデータパケットが転送させる回数を制限する機能を果たす。

10

【0083】

ブロック405で、ノード10はパケットからマルチキャストグループ識別子を抽出して、ノード10がマルチキャストセッションのメンバであるか判断する。この判断はマルチキャストルーティングテーブルに基づく。ノード10がマルチキャストセッションのメンバでなければ、ブロック410で、それ以上の処理をせずにマルチキャストパケットは破棄される。ノード10がマルチキャストセッションのメンバであれば、ブロック800で、ノード10はFN90がマルチキャスト受信ノードであるかを判断する。ノード10がマルチキャスト受信ノード20であれば、処理は図13のブロック415に移動する。

【0084】

20

ブロック415で、マルチキャスト受信ノード20は、MPキャッシュテーブル(例えば、図15B、500c)内に入力マルチキャストパケットがリストされているか判断する。

【0085】

マルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル500c内のいずれのパケットとも一致しない場合は、マルチキャスト受信ノード20は、受信したマルチキャストパケットについての情報をMPキャッシュテーブル500cに追加し、ブロック1300でマルチキャストパケットが不足していないか判断する。マルチキャスト受信ノード20は、マルチキャストセッションID、送信元識別子、シーケンス番号、およびマルチキャストパケットデータをMPキャッシュテーブル500cに追加する。マルチキャスト受信ノード500cのMPキャッシュテーブル500cは、ネガティブACK再送タイマ(NACK再送タイマ:NACK_Retrans_Timer)も含む。NACK再送タイマは、近くのFN90やマルチキャスト受信ノード20から同一のマルチキャストパケットが複数回再送信される回数を抑制または制限するために用いられる。

30

【0086】

NACK再送タイマの時間は、ノード数、データパケットに含まれるデータの種類、ノード10の移動速度、およびその他のユーザ定義の基準に応じて変更可能である。例えば、12msの再送時間を利用することができる。メッセージに含まれるデータが高い優先度のメッセージであれば、再送時間を短くしても良い。あるいは、メッセージが低い優先度のメッセージであれば、再送時間を長くしても良い。回復遅延は再送時間の値に依存する。再送時間が小さいほど、遅延は短くなる。しかしながら、小さくしすぎると多くの再送信が発生し、不必要な再送信が生じる。

40

【0087】

マルチキャスト受信ノード20は、受信した全てのマルチキャストパケットについてシーケンス番号を調べることで、受信し損ねたマルチキャストパケットを検出する。検出はブロック1305で行われる。例えば、マルチキャスト受信ノード20がシーケンス番号10、11、13のマルチキャストパケットを受信した場合、シーケンス番号12のマルチキャストパケットが抜けている。

【0088】

ブロック1305においてマルチキャストパケットが抜けている場合、マルチキャスト

50

受信ノード20は、ブロック1310で、ネガティブACK(NACK)をマルチキャストする。

【0089】

NACKは、抜けているマルチキャストパケットのマルチキャストセッションID、送信元識別子、およびシーケンス番号を含む。その後、ブロック430で、入力マルチキャストパケットは破棄される。ブロック440で、マルチキャスト受信ノード20はアイドルになる。

【0090】

ブロック1305でマルチキャストパケットが抜けていない場合、ブロック430で、マルチキャスト受信ノード20は入力マルチキャストパケットを棄てる。ブロック440で、マルチキャスト受信ノード20はアイドルになる。

10

【0091】

ブロック415においてマルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル500c内のいずれかのパケットと同一であれば、ブロック1200で、マルチキャスト受信ノード20はマルチキャストパケットのNACK再送タイマが「オン」であり満了していないか判断する。この判断はMPキャッシュテーブル500cからの情報に基づく。(ブロック1200において)NACK再送タイマがオンであれば(図12に示す機能ブロックと同じ)、ブロック1205でNACK再送タイマは停止される(図12に示す機能ブロックと同じ)。マルチキャスト受信ノード20は、NACK再送タイマの状態を「オフ」に変更する。これは、同一のマルチキャストが不必要に再送信されるのを抑制するために行われる。そしてブロック430で、マルチキャスト受信ノード20入力マルチキャストパケットを棄てる。ブロック440で、マルチキャスト受信ノード20はアイドルになる。

20

【0092】

NACK再送タイマが(ブロック1200において)「オフ」であれば、ブロック430で、マルチキャスト受信ノード20は入力マルチキャストパケットを棄てる。ブロック440で、マルチキャスト受信ノード20はアイドルになる。

【0093】

図12に戻って、ブロック800においてノード10がFN90であれば、処理はブロック415(図12)へ進む。

【0094】

マルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル(図15A、500b)内のいずれのパケットとも一致しない場合は、ブロック420で、FN90は受信したマルチキャストパケットをMPキャッシュテーブル500bに追加する。

30

【0095】

FN90は、マルチキャストグループID、送信元識別子、シーケンス番号、Time-to-Live(TTL)値、およびデータを抽出し、この情報をMPキャッシュテーブル500bに追加する。さらに、FN90は再送カウンタをゼロに初期化する。再送カウンタ(smpc)は、マルチキャストパケットが再送されうる回数を表す。ある実施形態では、マルチキャストメッセージが再送される回数はあらかじめ定められた最大値に制限される。あらかじめ定められた最大値は全ノード10に対して同じであっても良い。別の実施形態では、あらかじめ定められた最大値はGHや送信元ノード700のような特定のノードに対して変更可能としても良い。

40

【0096】

MPキャッシュテーブルはFN90とマルチキャスト受信ノード20とで異なる。FN90用には、MPキャッシュテーブル500bは、マルチキャストパケットについてのマルチキャストセッションID、送信元識別子、シーケンス番号、マルチキャストパケットデータ、ACK状態、再送タイマ値、再送カウンタ、TTL値、およびネガティブACK再送タイマ(NACK再送タイマ)を含む。ACK状態は「未確認」または「確認済み」のいずれかであり得る。再送タイマ値はオンかオフのいずれかであり得る。タイマがオンであれば、再送タイマ値は初期設定タイマ値といつ再送タイマ値が満了したかの指示も含

50

む。マルチキャスト受信ノード20用には、MPキャッシュテーブル500cは、マルチキャストセッションID、送信元識別子、およびシーケンス番号だけを含む。

【0097】

ブロック805で、FN90はACK状態を「未確認」に初期化する。FN90はどのマルチキャストパケットが受信確認され受信されたかを追跡できる。さらに、FN90は再送タイマ値をオンに初期化し、タイマを再送時間に設定する。再送時間は、データパケットに含まれるデータの種類、FN90の移動速度、およびその他のユーザ定義の基準に応じて変更可能である。

【0098】

ブロック810で、再送カウンタを1増分する。すなわち $s_mp_c + 1$ にする。再送カウンタが増分された後、ブロック605で、FN90はマルチキャストパケットを一度転送する。FN90は、転送の前にマルチキャストパケットのTTL値から1減算する。したがって、次ホップFNはマルチキャストパケットを送っているFN90よりも小さいTTL値を含むマルチキャストパケットを受信する。ブロック440で、FN90はアイドルになる。

【0099】

ブロック415においてマルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル500c内のいずれかのパケットと同一であれば、ブロック1200で、マルチキャスト受信ノード20はNACK再送タイマが「オン」であり満了していないか判断する。この判断はMPキャッシュテーブル500cからの情報に基づく。(ブロック1200において)NACK再送タイマがオンであれば、ブロック1205でNACK再送タイマは停止される。マルチキャスト受信ノード20は、NACK再送タイマの状態を「オフ」に変更する。これは、同一のマルチキャストが不必要に再送信されるのを抑制するために行われる。

【0100】

NACK再送タイマが(ブロック1200において)「オフ」であれば、処理はブロック815へ進む。

【0101】

ブロック815で、FN90は同一のマルチキャストパケットのオフセットTTL値($In_MP_TTL + 1$)とTTL値とを比較する。同一のマルチキャストパケットのTTL値はMPキャッシュテーブル500bから取り出される。MPキャッシュテーブル500bから取り出されたTTL値がオフセット値よりも大きくない場合は、ブロック430で、入力マルチキャストパケットは無視されて破棄される。このマルチキャストパケットは上流ノードから発生したものである。マルチキャストパケットの転送は受信確認されない。ブロック440で、FN90はアイドルになる。

【0102】

ブロック815においてMPキャッシュテーブル500bから取り出されたTTL値がオフセット値よりも大きい場合は、ブロック820で、FN90はこのマルチキャストパケットがすでに受信確認されたか判断する。

【0103】

FN90はMPキャッシュテーブル500bから同一のマルチキャストパケットについてのACK状態を取り出す。同一のマルチキャストパケットがすでに受信確認されていれば、ブロック430で、入力マルチキャストパケットは無視されて破棄される。ブロック440で、FN90はアイドルになる。MPキャッシュテーブル500bに変更はない。ブロック820において同一のマルチキャストパケットが受信確認されていなければ、本方法はブロック825へ進む。

【0104】

ブロック825で、FN90は再送タイマを停止する。さらに、FN90は、キャッシュテーブル500b内の再送タイマ値を「オフ」に変え、ACK状態を「確認済み」に変える。その後、ブロック430で入力マルチキャストパケットは破棄される。ブロック440で、FN90はアイドルになる。マルチキャストパケット転送の受信が確認される。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 5 】

図 1 4 A は、N A C K を処理する機能ブロックを示す。N A C K 処理の動作プロセスは、F N 9 0 とマルチキャスト受信ノードとで同じである。

【 0 1 0 6 】

ブロック 1 4 0 0 で、ノード 1 0 は N A C K パケットを受信する。ノード 1 0 は、受信パケットに含まれる情報に基づいてそのパケットが N A C K パケットであるか判断する。次にブロック 4 0 5 で、ノード 1 0 は、マルチキャストの参加者、すなわち F N 9 0 またはマルチキャスト受信ノード 2 0 であるか判断する。

【 0 1 0 7 】

ブロック 4 0 5 で、ノード 1 0 は受信した N A C K パケットからマルチキャストグループ ID を抽出して、ノード 1 0 がマルチキャストセッションのメンバであるか判断する。この判断はマルチキャストルーティングテーブルに基づく。ノード 1 0 がマルチキャストセッションのメンバでなければ、ブロック 4 1 0 で、それ以上の処理をせずにそのパケットの N A C K は破棄される。ノード 1 0 がマルチキャストセッションのメンバであれば、ブロック 4 1 5 で、ノード 1 0 はマルチキャストパケットが M P キャッシュテーブル (5 0 0 b または 5 0 0 c) にあるか判断する。例えば、マルチキャストパケットの情報エントリが M P キャッシュテーブル (5 0 0 b または 5 0 0 c) にリストされているか確認する。

【 0 1 0 8 】

ブロック 4 1 5 においてマルチキャストパケットが M P キャッシュテーブル内のいずれかのパケットと同一であれば、ブロック 1 2 0 0 で、ノード 1 0 は N A C K 再送タイマが「オン」であるか判断する。この判断は M P キャッシュテーブル (5 0 0 b または 5 0 0 c) からの情報に基づく。N A C K 再送タイマが (ブロック 1 2 0 0 で) オンであれば、ブロック 4 4 0 で、ノード 1 0 はアイドルになる。反対に、N A C K 再送タイマが (ブロック 1 2 0 0 で) 「オフ」であれば、ブロック 1 4 0 5 で、ノード 1 0 は N A C K 再送タイマを所定値に設定する。言い換えると、ノード 1 0 は N A C K 再送タイマの状態を「オン」に変える。N A C K 再送タイマは N A C K 期間の計時を開始する。

【 0 1 0 9 】

図 1 4 B は、N A C K 再送タイマが満了した際のマルチキャストパケットの再送の機能ブロックを示す。ブロック 1 4 1 0 で、N A C K 再送タイマが満了する。ノード 1 0 は N A C K 再送タイマの状態を「オフ」に変える。ブロック 6 0 5 で、ノード 1 0 はマルチキャストパケットを再送または転送する。ブロック 4 4 0 で、ノード 1 0 はアイドルになる。

【 0 1 1 0 】

図 1 5 A は、本発明の第 4 の実施形態に係る F N 9 0 の M P キャッシュテーブル 5 0 0 b の例を示す。図示されるように、M P キャッシュテーブル 5 0 0 b は、2 つの異なるマルチキャストパケット (M P₁ と M P₂) を含む。各マルチキャストパケットに対して、M P キャッシュテーブル 5 0 0 b は、マルチキャストセッション ID (G r o u p A d d) 、送信元識別子、マルチキャストパケットのシーケンス番号 (S e q N u m) 、マルチキャストパケットデータ (M P キャッシュ) 、受信確認状態 (A C K 状態) 、再送タイマ (R e t r a n _ T i m e r) 、再送カウンタ (s _ m p _ c) 、マルチキャストパケットの T T L 値 (C _ M P _ T T L) 、およびネガティブ A C K 再送タイマ (N A C K 再送タイマ) を含む。図 1 5 A に示されるように、N A C K 再送タイマはマルチキャストパケットの一方についてオンである。

【 0 1 1 1 】

図 1 5 B は、本発明の第 4 の実施形態に係るマルチキャスト受信ノードの M P キャッシュテーブル 5 0 0 c の例を示す。図示されるように、M P キャッシュテーブル 5 0 0 b は、2 つの異なるマルチキャストパケット (M P₁ と M P₂) を含む。各マルチキャストパケットに対して、M P キャッシュテーブル 5 0 0 c は、マルチキャストセッション ID (G r o u p A d d) 、送信元識別子、マルチキャストパケットのシーケンス番号 (S e q N

10

20

30

40

50

um)、およびネガティブACK再送タイマ(NACK再送タイマ)を含む。

【0112】

図16は、本発明の第5の実施形態に係るルーティング方法を示す。本発明の第5の実施形態は、マルチキャストパケットが複数回中継される点を除いて、第3の実施形態と同様である。

【0113】

ブロック400で、マルチキャストパケットがノード10に到着する。マルチキャストパケットは、マルチキャストグループID、送信元識別子、シーケンス番号、Time-to-Live(TTL)値、およびデータを含む。TTL値は、マルチキャストパケットが中継されるホップ数である。

10

【0114】

ブロック405で、ノード10はパケットからマルチキャストグループ識別子を抽出して、ノード10がマルチキャストセッションのメンバであるか判断する。この判断はマルチキャストルーティングテーブルに基づく。ノード10がマルチキャストセッションのメンバでなければ、ブロック410で、それ以上の処理をせずにマルチキャストパケットは破棄される。ノード10がマルチキャストセッションのメンバであれば、ブロック800で、ノード10はFN90がマルチキャスト受信ノードであるかを判断する。ノード10がマルチキャスト受信ノード20であれば、処理は図10の機能ブロック415へ進む。ノード10がマルチキャストセッションのFN90であれば、ブロック415(図16)で、FN90はマルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル(例えば、500a)内にあるか判断する。

20

【0115】

マルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル500a内のいずれのパケットとも一致しない場合は、ブロック420で、FN90は受信したマルチキャストパケットをキャッシュテーブル500aへ追加する。

【0116】

FN90は、マルチキャストグループID、送信元識別子、シーケンス番号、Time-to-Live(TTL)値、およびデータを抽出し、この情報をMPキャッシュテーブル500aに追加する。さらに、FN90は再送カウンタをゼロに初期化する。再送カウンタ(smpc)は、マルチキャストパケットが再送されうる回数を表す。第3の実施形態と同様に、MPキャッシュテーブルはFN90とマルチキャスト受信ノードとで異なる。MPキャッシュテーブル(例えば、500aおよび500)は、第3の実施形態と同一の情報を含む。

30

【0117】

ブロック805で、FN90はACK状態を「未確認」に初期化する。FN90はどのマルチキャストパケットが受信確認され受信されたかを追跡できる。さらに、FN90は再送タイマ値をオンに初期化し、タイマを再送時間に設定する。再送時間は、データパケットに含まれるデータの種別、FN90の移動速度、およびその他のユーザ定義の基準に応じて変更可能である。

【0118】

40

ブロック810で、再送カウンタが1増分する。すなわちsmpc+1にする。再送カウンタが増分された後、ブロック605で、FN90はマルチキャストパケットをN回転送する。ある実施形態では、FN90はマルチキャストパケットをN回連続して転送する。パケットが転送される数字「N」回は予め定められていて変更可能である。到達率の増加とデータオーバーヘッドの増加にはトレードオフがある。数字「N」が増えるにしたがって、データオーバーヘッドが著しく増加するが、到達率もまた増加する。別の実施形態では、FN90はパケットをN回同時に転送する。

【0119】

FN90は、転送の前にマルチキャストパケットのTTL値から1減算する。したがって、次ホップFNはマルチキャストパケットを送っているFN90よりも小さいTTL値

50

を含むマルチキャストパケットを受信する。ブロック 440 で、F N 90 はアイドルになる。

【0120】

マルチキャストパケットが M P キャッシュテーブル 500 a 内のいずれかのパケットと同一であれば、本方法はブロック 815 へ進む。

【0121】

F N 90 は入力マルチキャストパケットの T T L 値を判断する。上記したように T T L 値は特定のマルチキャストパケットのホップ数を制御するために用いられる。さらにこの実施形態では、T T L 値は送信ノード 10 および受信ノード 10 の相対的な位置を決定するためにも用いられる。具体的には、マルチキャストパケットが転送されるたびに、ノード 10 は T T L 値から 1 減算する（すなわち、T T L - 1）。特定の F N 90 から下流にあるノード 10 から受信されたマルチキャストパケットの T T L 値は、F N 90 から転送された同一のマルチキャストパケットの T T L 値よりも小さい。特定の F N 90 から上流にあるノード 10 から受信されたマルチキャストパケットの T T L 値は、F N 90 から転送された同一のマルチキャストパケットの T T L 値よりも大きい。特定の F N 90 と同じホップ数のノード 10 から受信されたマルチキャストパケットは、同一の T T L 値を持つ。

10

【0122】

F N 90 は、F N 90 による最初のマルチキャストパケットの転送を補うために、判定された T T L 値にオフセット値の 1 を加える。これによりオフセット T T L 値が生成される。

20

【0123】

ブロック 815 で、F N 90 は、オフセット T T L 値（I n _ M P _ T T L + 1）と同一のマルチキャストパケットの T T L 値とを比較する。同一のマルチキャストパケットの T T L 値は、M P キャッシュテーブルから取り出される。M P キャッシュテーブルから取り出された T T L 値がオフセット値よりも大きくない場合は、ブロック 430 で、入力マルチキャストパケットは無視されて破棄される。このマルチキャストパケットは上流ノードから発生したものである。マルチキャストパケットの転送は受信確認されない。ブロック 440 で、F N 90 はアイドルになる。

【0124】

30

ブロック 815 において M P キャッシュテーブル 500 a から取り出された T T L 値がオフセット値よりも大きい場合は、ブロック 820 で、F N 90 はこのマルチキャストパケットがすでに受信確認されたか判断する。

【0125】

F N 90 は M P キャッシュテーブル 500 a から同一のマルチキャストパケットについての A C K 状態を取り出す。同一のマルチキャストパケットがすでに受信確認されていれば、ブロック 430 で、入力マルチキャストパケットは無視されて破棄される。ブロック 440 で、F N 90 はアイドルになる。M P キャッシュテーブル 500 a に変更はない。ブロック 820 において同一のマルチキャストパケットが受信確認されていないならば、本方法はブロック 825 へ進む。

40

【0126】

ブロック 825 で、F N 90 は再送タイマを停止する。さらに、F N 90 は、キャッシュテーブル 500 a 内の再送タイマ値を「オフ」に変え、A C K 状態を「確認済み」に変える。その後、ブロック 430 で入力マルチキャストパケットは破棄される。ブロック 440 で、F N 90 はアイドルになる。マルチキャストパケット転送の受信が確認される。

【0127】

残りの機能ブロックは図 9 および図 10 で示された機能ブロックと一致しているので、詳しくは説明しない。

【0128】

図 17 は、本発明の第 6 の実施形態に係るマルチキャスト受信ノード 20 の機能ブロッ

50

クを示す。本発明の第6の実施形態は、本発明の第2および第3の実施形態の機能ブロックを組み合わせたものである。FN90の機能ブロックは図8および図9で示された機能ブロックと一致しているので、詳しくは説明しない。

【0129】

ブロック415で、マルチキャスト受信ノード20は、マルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル（例えば、500a）内にあるか判断する。マルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル500a内にあれば、ブロック430で、マルチキャストパケットは破棄される。ブロック440で、マルチキャスト受信ノード20はアイドルになる。

【0130】

マルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル500内に無い、すなわち、同一ではない場合は、マルチキャストパケットに含まれる情報がMPキャッシュテーブル500aに追加される。ブロック600で、マルチキャスト受信ノード20は、マルチキャストパケットに割り当てられたランダムな確率と、確率閾値とを比較する。マルチキャストパケットに割り当てられたランダムな確率が確率閾値よりも小さければ、ブロック605で、マルチキャスト受信ノード20は受信したマルチキャストパケットを転送する。そして、ブロック440で、マルチキャスト受信ノード20はアイドルになる。

【0131】

マルチキャストパケットに割り当てられたランダムな確率が確率閾値以上であれば、ブロック430で、マルチキャスト受信ノード20は受信したマルチキャストパケットを破棄する。そして、ブロック440で、マルチキャスト受信ノード20はアイドルになる。

【0132】

図18は、本発明の第7の実施形態に係るルーティング方法を示す。第7の実施形態によれば、マルチキャストパケットの送信はあらかじめ定められた基準に基づいて抑制される。

【0133】

図18に示すように、マルチキャストパケットがノード10に到着する。マルチキャストパケットは、マルチキャストグループID、送信元識別子、シーケンス番号、Time-to-Live (TTL) 値、およびデータを含む。TTL値は、マルチキャストパケットが中継されるホップ数である。

【0134】

ブロック405で、ノード10はパケットからマルチキャストグループ識別子を抽出して、ノード10がマルチキャストセッションのメンバであるか判断する。この判断はマルチキャストルーティングテーブルに基づく。ノード10がマルチキャストセッションのメンバでなければ、ブロック410で、それ以上の処理をせずにマルチキャストパケットは破棄される。ノード10がマルチキャストセッションのメンバであれば、ブロック800で、ノード10はFN90がマルチキャスト受信ノードであるかを判断する。ノード10がマルチキャスト受信ノードであれば、処理はブロック415（受信者用）に移動する。ノード10がマルチキャストセッションのFN90であれば、ブロック415（FN90用）で、FN90はマルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル（例えば、500d）内にあるか判断する。

【0135】

マルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル500d内のいずれのパケットとも一致しない場合は、ブロック420で、FN90またはマルチキャスト受信ノード20は受信したマルチキャストパケットをMPキャッシュテーブル500dに付加する。

【0136】

FN90は、マルチキャストグループID、送信元識別子、シーケンス番号、Time-to-Live (TTL) 値、およびデータを抽出し、この情報をMPキャッシュテーブル500dに付加する。さらに、FN90は再送カウンタをゼロに初期化する。再送カウンタ(smpc)は、マルチキャストパケットが再送されうる回数を表す。この実

10

20

30

40

50

施形態では、 s_mp_c の値は「0」か「1」である。FN90のMPキャッシュテーブル500dはランダム転送タイマも含む。

【0137】

MPキャッシュテーブルはFN90とマルチキャスト受信ノード20とで異なる。マルチキャスト受信ノード20のMPキャッシュテーブル500dは、マルチキャストセッションID、送信元識別子、およびマルチキャストパケットのシーケンス番号を含む。したがって、ブロック420で、マルチキャスト受信ノード20は、マルチキャストセッションID、送信元識別子、およびシーケンス番号をMPキャッシュテーブル500に付加する。

【0138】

ブロック425で、ノード10はマルチキャストセッションのFN90であるか判断する。この判断は転送テーブルおよびMPキャッシュテーブル（例えば、500）内の情報に基づく。ノード10がマルチキャストパケットのFN90でなければ、ブロック419で、入力マルチキャストパケットは破棄される。ノードがFN90であれば、ブロック1800で、FNは転送タイマをランダム値に設定する。このランダム値によりマルチキャストパケットの転送が妨げられる。FN90は、ランダム値が満了、すなわちランダム転送タイマが満了したときのみマルチキャストパケットを転送する。

【0139】

ブロック415において、マルチキャストパケットがMPキャッシュテーブル500d内にすでに存在する場合は、ブロック1802で、FN90はこのパケットをすでに転送したか、すなわち $s_mp_c = 1$ であるか判断する。カウンタ(s_mp_c)が1に等しければ、パケットはすでに転送されている。カウンタ(s_mp_c)が0に等しければ、パケットはまだ転送されていない。FNはMPキャッシュテーブル500dからカウンタ値を取り出す。ブロック1802においてカウンタ(s_mp_c)が1に等しければ、ステップ430で、マルチキャストパケットは転送されることなく破棄される。ブロック1802で、カウンタ(s_mp_c)が0に等しければ、FN90は入力マルチキャストパケットのTTL値を判断する（ブロック815）。上記したように、TTL値は特定のマルチキャストパケットのホップ数を制御するために用いられる。さらに、この実施形態では、TTL値は送信ノード10および受信ノード10の相対的な位置を決定するためにも用いられる。FN90は、FN90による最初のマルチキャストパケットの転送を補うために、判定されたTTL値にオフセット値の1を加える。これによりオフセットTTL値が生成される。

【0140】

ブロック815で、FN90は、オフセットTTL値($In_MP_TTL + 1$)と同一のマルチキャストパケットのTTL値とを比較する。同一のマルチキャストパケットのTTL値は、MPキャッシュテーブル500dから取り出される。MPキャッシュテーブル500dから取り出されたTTL値がオフセット値よりも大きくない場合は、（ブロック430で）入力マルチキャストパケットは破棄され、FN90はアイドルになる。このマルチキャストパケットは上流ノードまたはピアノードから発生したものである。ブロック815においてMPキャッシュテーブル500dから取り出されたTTL値がオフセット値よりも大きい場合は、入力マルチキャストパケットは例えば下流FN90から発生したものであり、FN90はマルチキャストパケットを転送する必要が無い。

【0141】

ブロック1805で、FNはマルチキャストパケットのランダム転送タイマを停止する。言い換えると、FNはランダム転送タイマの状態を「オン」から「オフ」に変更する。その後、ブロック430でマルチキャストパケットは破棄される。ブロック440で、FN90はアイドルになる。

【0142】

ランダム転送タイマが満了したら、FN90はマルチキャストパケットを転送する。ブロック1810で、ランダム転送タイマが満了し、FN90がランダム転送タイマの状態

10

20

30

40

50

を「オン」から「オフ」に変更する。その後、ブロック605で、FN90はマルチキャストパケットを転送する。FN90はTTL値を1だけ減らす。マルチキャストパケット内のTTL値を1だけ減少させた後、FN90マルチキャストパケットを転送する。さらに、マルチキャストパケットの転送の後、ブロック1812でFNは再送カウンタ(smpc)を1に設定する。ブロック440で、FN90はアイドルになる。第7の実施形態によれば、FN90によるマルチキャストパケットの転送は軽く抑制される。

【0143】

図19は、本発明の第8の実施形態に係るルーティング方法を示す。第8の実施形態によれば、マルチキャストパケットの転送は厳しく制限される。図19に示される機能ブロックの多くは図18と同じであり、したがって、詳しくは説明しない。第7と第8の実施形態の違いは、ブロック1900における(ブロック815と対照的な)TTL値の比較である。ブロック1900で、入力マルチキャストパケットのTTL値がMPキャッシュテーブル(例えば、500d)に格納されたTTL値と比較される。

【0144】

入力マルチキャストパケットのTTL値にはオフセット値が加えられない。

【0145】

MPキャッシュテーブル(例えば、500d)から取り出されたTTL値が入力TTL値より大きくなければ、入力マルチキャストパケットは(ブロック430で)破棄され、ブロック440でFN90はアイドルになる。このマルチキャストパケットは上流ノードから発生したものである。ブロック1900においてMPキャッシュテーブル500dから取り出されたTTL値が入力TTL値より大きければ、入力マルチキャストパケットは例えばピアや下流ノードから発生したものである。FN90は、マルチキャストパケットの転送をやめて、マルチキャストパケットのランダム転送タイマを停止する。

【0146】

図20は、本発明の第9の実施形態に係るルーティング方法を示す。本発明の第9の実施形態は2段階の抑制方法を用いる。図20は、2つの機能ブロックが追加されている以外は、図18と同様である。同一の機能ブロックについては繰り返しては説明しない。

【0147】

上述したように、ブロック815で、FN90は、オフセットTTL値(INMP-TTL+1)を同一のマルチキャストパケットのTTL値と比較する。同一のマルチキャストパケットのTTL値はMPキャッシュテーブル(例えば、500d)から取り出される。MPキャッシュテーブル500dから取り出されたTTL値がオフセット値よりも大きくなければ、入力マルチキャストパケットは(ブロック430で)破棄され、ブロック440でFN90はアイドルになる。しかしながら、第9の実施形態では、MPキャッシュテーブル500dから取り出されたTTL値がオフセット値よりも大きくなければ、ブロック2000で、FNはMPキャッシュテーブルから取り出されたTTL値がオフセット値と等しいか判断する。MPキャッシュテーブル500dから取り出されたTTL値がオフセット値と等しくなければ、入力マルチキャストパケットは破棄され、ブロック440でFN90はアイドルになる。しかしながら、MPキャッシュテーブル500dから取り出されたTTL値がオフセット値と等しい、すなわち、マルチキャストパケットが周囲のピアから受信されたものであれば、ブロック2005で、マルチキャストパケットのランダム転送タイマが停止されて、別のランダム値に再設定される。マルチキャストパケットのランダム転送タイマ延長される。この時間延長により、同一のマルチキャストパケットのTTL値よりも小さいオフセットTTL値を有する入力マルチキャストパケットを、ランダム転送タイマが満了する前に受信する機会が増える。したがって、不必要な転送が抑制され、重複するパケットが生成することが少ない。

【0148】

図21は、第7～第9の実施形態に係るFN90のMPキャッシュテーブル500dの例を示す。図示されるように、MPキャッシュテーブル500dは、2つの異なるマルチキャストパケット(MP₁およびMP₂)を含む。各マルチキャストパケットに対して、M

Pキャッシュテーブル500bは、マルチキャストセッションID (Group Add)、送信元識別子、マルチキャストパケットのシーケンス番号 (SeqNum)、マルチキャストパケットデータ (MPキャッシュ)、再送カウンタ (s__mp__c)、マルチキャストパケットのTTL値 (C__MP__TTL)、およびランダム転送タイマ (Random_Forward_Timer) を含む。図21に示されるように、マルチキャストパケットの一方についてオンである。

【0149】

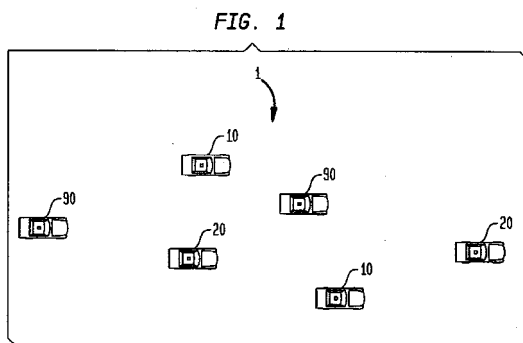
本発明の第9の実施形態は、マルチキャストパケットと同様にブロードキャストパケットにも適用できる。しかしながら、ブロードキャスト通信を行うためには、すべてのノードがFN90になる。

【0150】

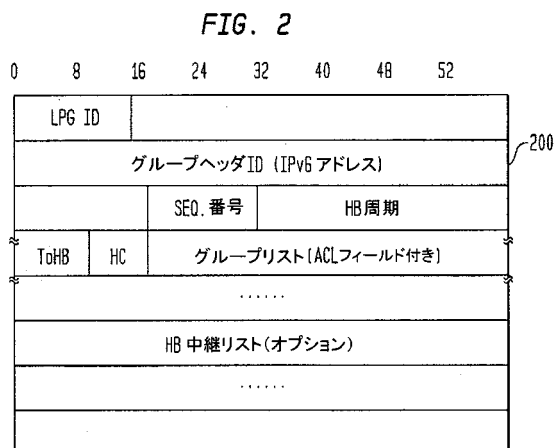
本発明はここまで特定の例示的な実施形態を参照して説明されている。本発明の範囲から逸脱することなくいくつかの代替や変更は当業者にとって明らかであろう。例示的な実施形態は説明を意図したものであり、添付の特許請求の範囲によって定義される本発明の範囲を限定するものではない。

10

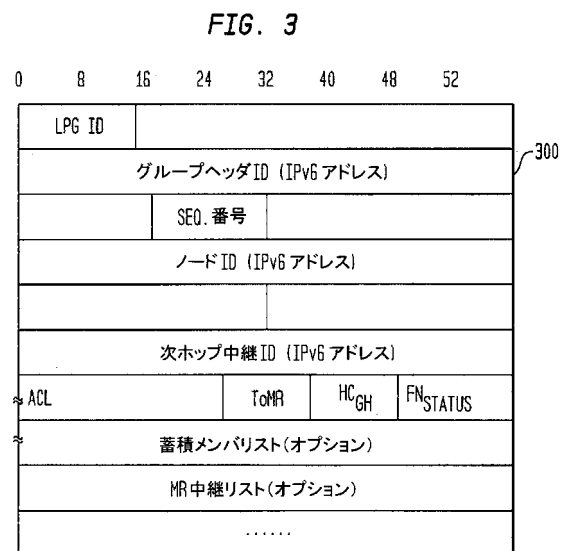
【図1】



【図2】

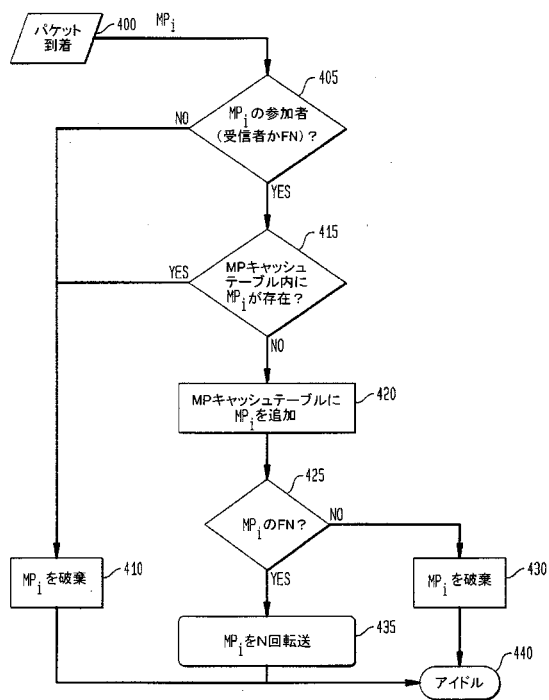


【図3】



【図4】

FIG. 4



【図5】

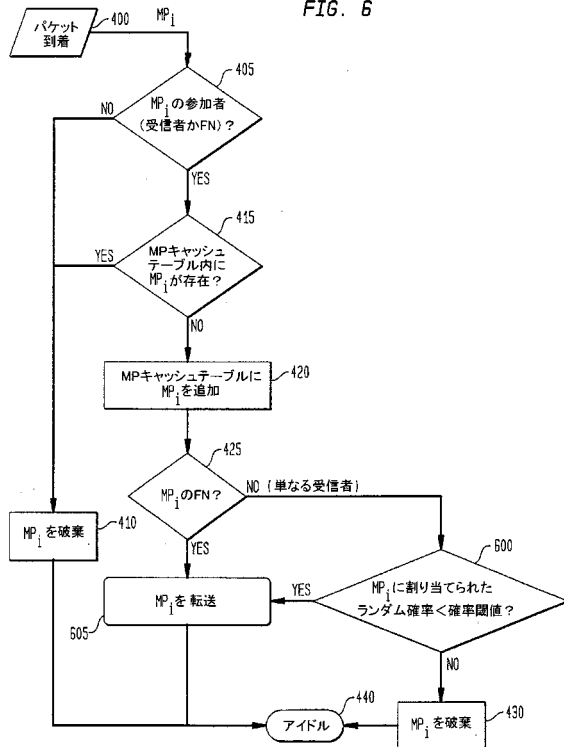
FIG. 5

GroupAdd	送信元識別子	SeqNum
225.1.1.1	192.168.1.1	2122
255.1.1.1	192.168.1.1	2121

500

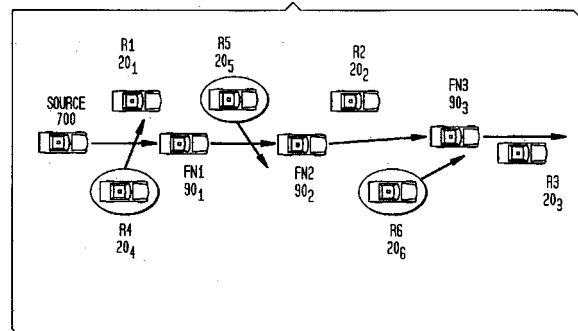
【図6】

FIG. 6

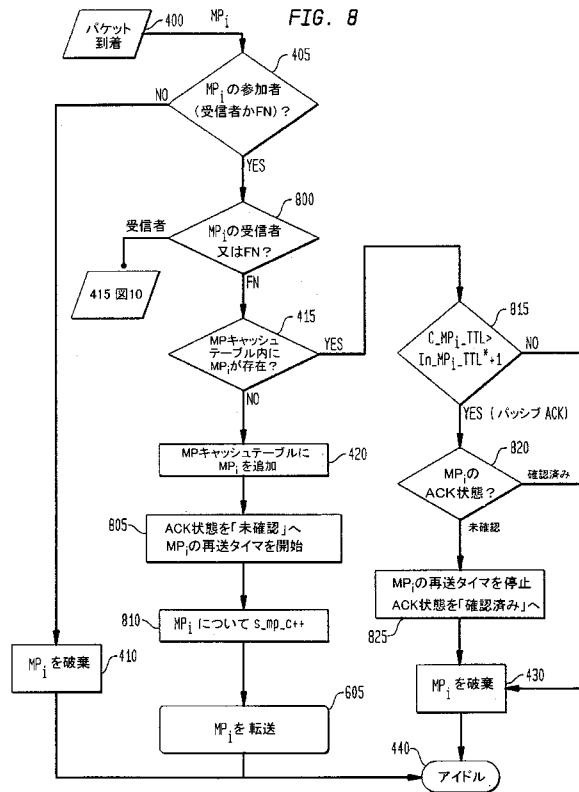


【図7】

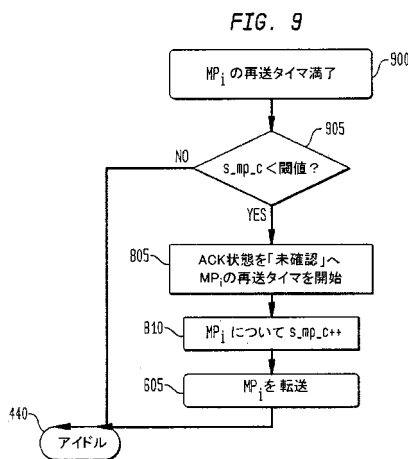
FIG. 7



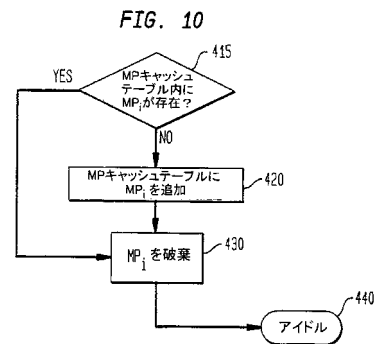
【図 8】



【図 9】



【図 10】

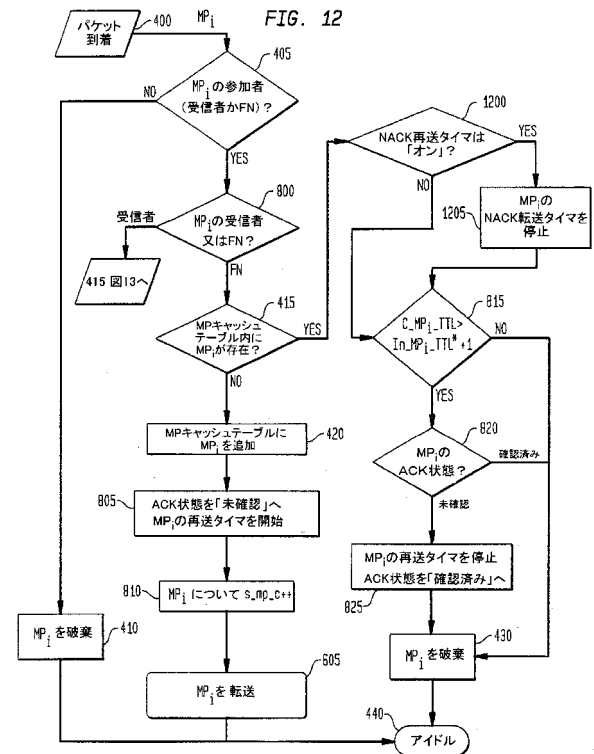


【図 11】

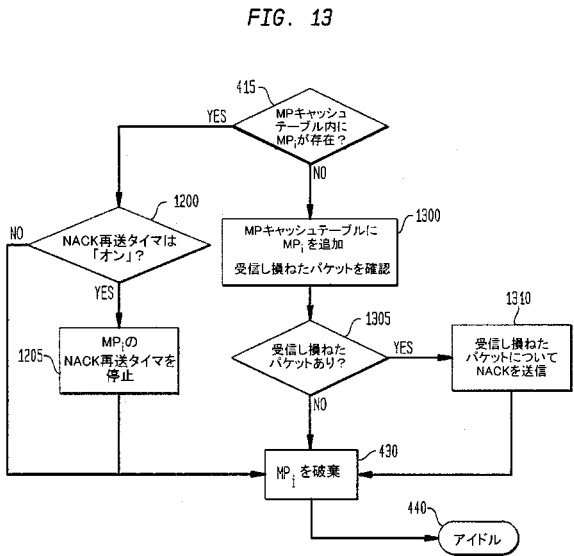
FIG. 11

	GroupAdd	送信元識別子	SeqNum	MPキャッシュ	ACK状態	再送タイマ	s_mp_c	C_MP_TTL
500a	225.1.1.1	492.168.1.1	2122	mp ₂	NOT ACKed	ON	1	61
	255.1.1.1	492.168.1.1	2121	mp ₁	ACKed	OFF	2	61

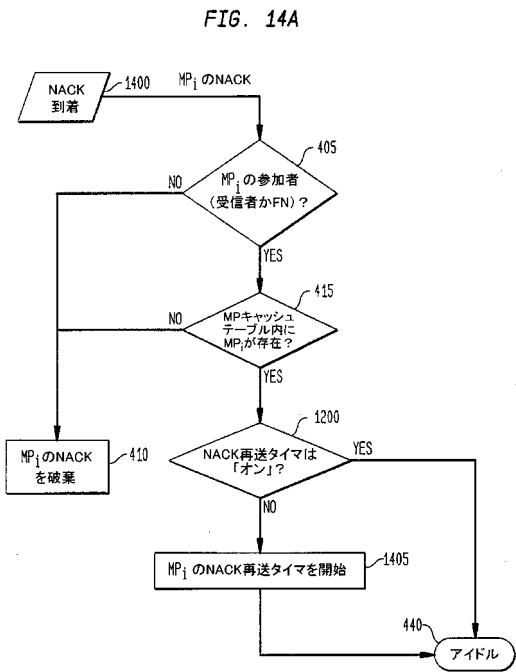
【図 12】



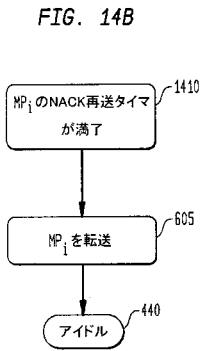
【図 1 3】



【図 1 4 A】



【図 1 4 B】



【図 1 5 A】

FIG. 15A

500b						
GroupAdd	送信元識別子	SeqNum	MP キャッシュ	ACK状態	再送タイマ	NACK再送タイマ
225.1.1.1	192.168.1.1	2122	mp ₂	NOT ACKed	ON	ON
255.1.1.1	192.168.1.1	2121	mp ₁	ACKed	OFF	OFF

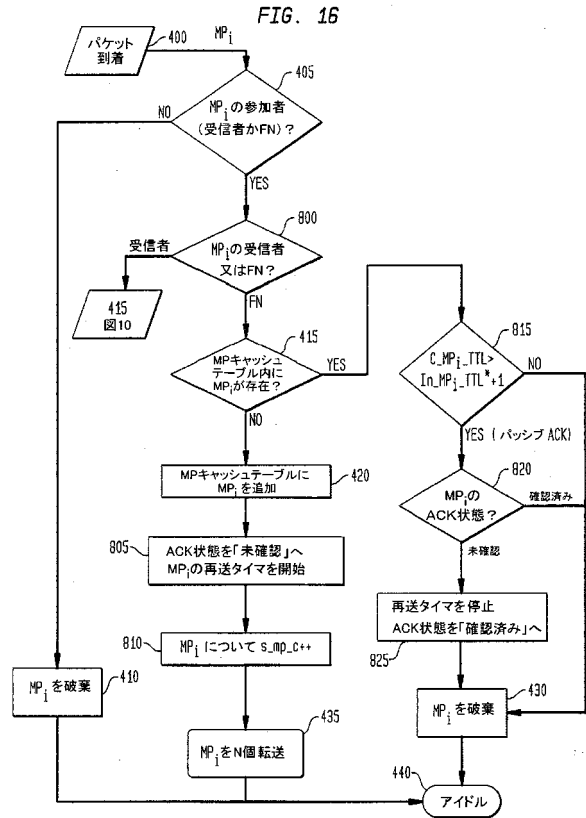
【図 15 B】

500c

GroupAdd	送信元識別子	SeqNum	NAK再送タイマ	MP キャッシュ
225.1.1.1	192.168.1.1	2122	ON	MP2
255.1.1.1	192.168.1.1	2121	OFF	MP1

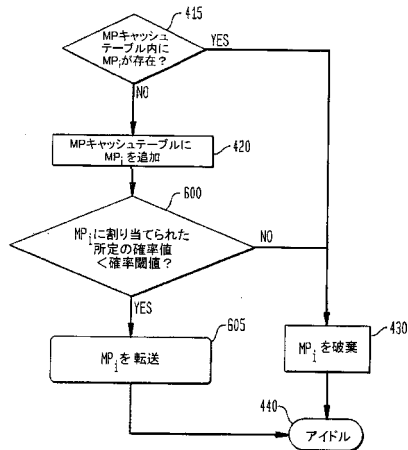
FIG. 15B

【図 16】

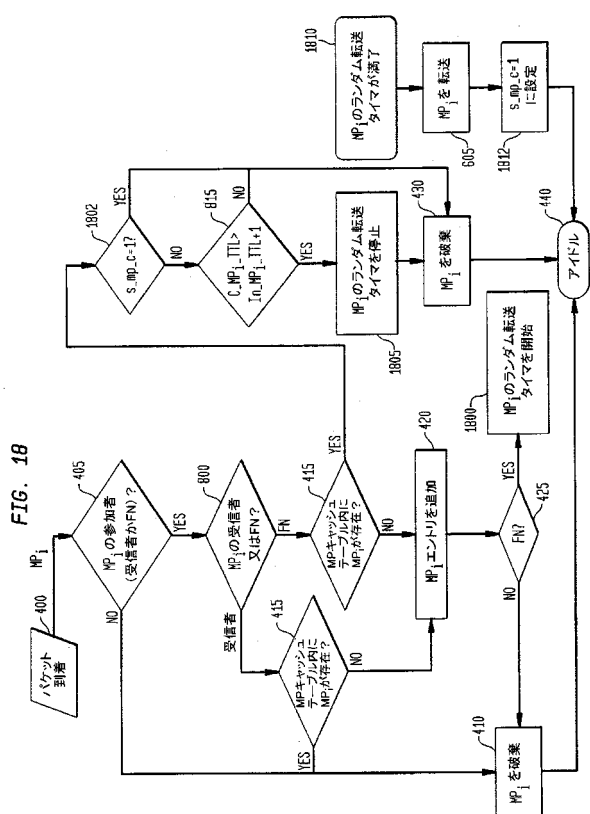


【図 17】

FIG. 17



【図 18】



【 図 2 0 】

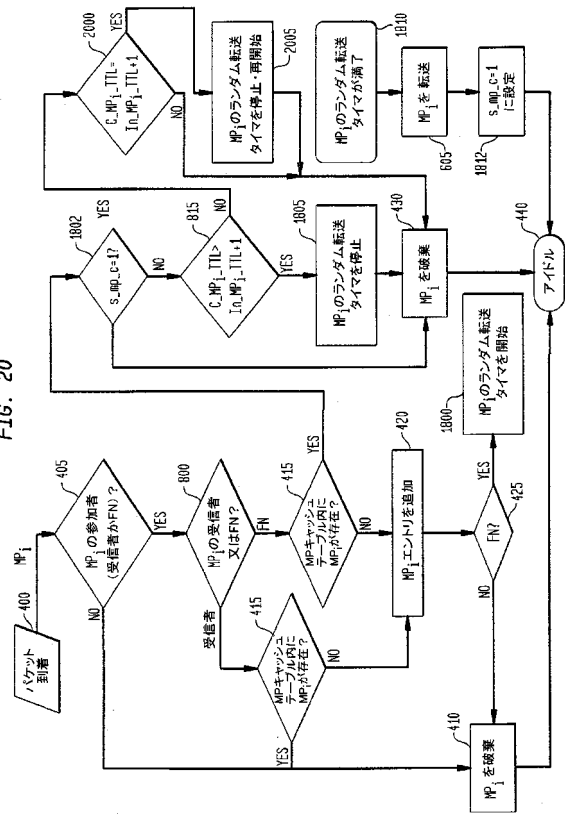
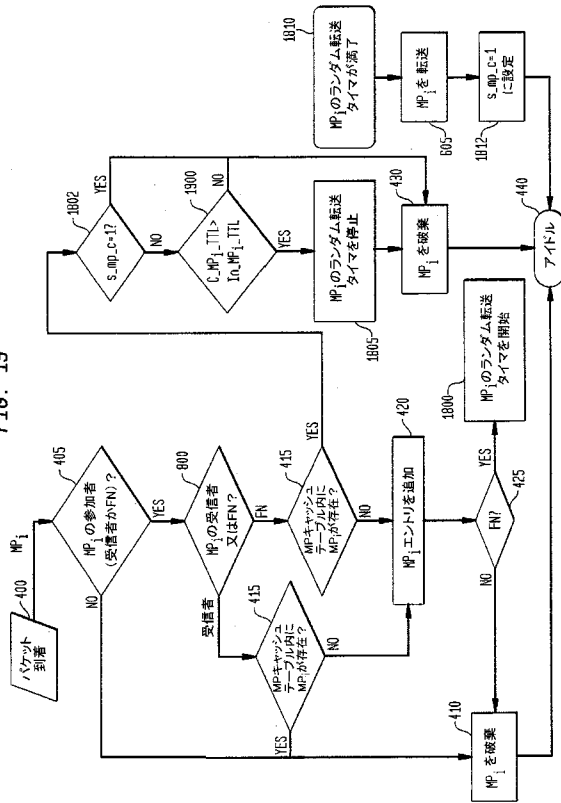


FIG. 21

GroupAdd	送信用識別子	SeqNum	MP キャプション	S_MP_C	C_MP_TTL	ランダム転送タイマ
225.1.1.1	192.168.1.1	2122	mp2	0	61	ON
255.1.1.1	192.168.1.1	2121	mp1	1	61	OFF

フロントページの続き

- (74)代理人 100100549
弁理士 川口 嘉之
- (74)代理人 100085006
弁理士 世良 和信
- (74)代理人 100113608
弁理士 平川 明
- (74)代理人 100123319
弁理士 関根 武彦
- (74)代理人 100123098
弁理士 今堀 克彦
- (74)代理人 100143797
弁理士 宮下 文徳
- (74)代理人 100138357
弁理士 矢澤 広伸
- (72)発明者 チェン ウェイ
アメリカ合衆国 ニュージャージー 07054 パルシパニー ジャグド ロック ロード 5
- (72)発明者 リー ジョン
アメリカ合衆国 ニュージャージー 07731 ハウエル シャイニーコック ヒルズ コート
74
- (72)発明者 大西 亮吉
アメリカ合衆国 ニュージャージー 07302 ジャージー シティ セカンド ストリート
20 アpartment 2401
- (72)発明者 疋田 敏朗
日本国東京都多摩市関戸1-1-5-A511

審査官 米倉 明日香

- (56)参考文献 特開2007-173941(JP,A)
特開2003-218886(JP,A)
特開2005-64722(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04W 4/00-99/00