

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5449183号
(P5449183)

(45) 発行日 平成26年3月19日(2014.3.19)

(24) 登録日 平成26年1月10日(2014.1.10)

(51) Int. Cl. F I
 H04L 12/28 (2006.01) H04L 12/28 200Z

請求項の数 18 (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願2010-533788 (P2010-533788)	(73) 特許権者	000005821
(86) (22) 出願日	平成21年9月14日(2009.9.14)		パナソニック株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/004552		大阪府門真市大字門真1006番地
(87) 国際公開番号	W02010/044187	(74) 代理人	110001276
(87) 国際公開日	平成22年4月22日(2010.4.22)		特許業務法人 小笠原特許事務所
審査請求日	平成24年6月6日(2012.6.6)	(74) 代理人	100142251
(31) 優先権主張番号	特願2008-266815 (P2008-266815)		弁理士 桑原 薫
(32) 優先日	平成20年10月15日(2008.10.15)	(74) 代理人	100151541
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 高田 猛二
		(72) 発明者	松下 陽介
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		(72) 発明者	藤原 ゆうき
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信端末及び通信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アドホックネットワークを構成する通信端末であって、
 少なくとも1つの中継端末を介して、受信端末に対してデータパケットを通信する通信部と、

前記データパケットの通信に先立って、前記受信端末までの経路作成に用いる第1制御パケットをブロードキャストし、前記第1制御パケットの応答結果に基づいて、同一の前記受信端末に至る複数の経路のうちの一部の経路を通信状態が良い順番で複数選択して経路候補とすると共に、

前記データパケットの通信中において、所定時間間隔毎に、前記選択された複数の経路候補の全部または一部を介して前記受信端末に、通信状態の変化を確認する第2制御パケットをユニキャストして、前記第2制御パケットの応答結果に基づいて、前記データパケットの通信に用いている経路を、前記選択された複数の経路候補の中で最も通信状態が良い経路に切替えて前記データパケットの通信を継続する制御部とを備える、通信端末。

【請求項2】

前記制御部は、帯域が広い経路を通信状態が良い経路とすることを特徴とする、請求項1に記載の通信端末。

【請求項3】

前記制御部は、遅延時間が小さい経路を通信状態が良い経路とすることを特徴とする、請求項1に記載の通信端末。

10

20

【請求項 4】

前記アドホックネットワークは、PLCを用いて接続されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の通信端末。

【請求項 5】

前記制御部は、前記所定時間間隔内に、前記データパケットの通信に用いている経路の帯域が所定値以下になった場合、前記選択された複数の経路候補の中から次に帯域が広い経路に切替えることを特徴とする、請求項 2 に記載の通信端末。

【請求項 6】

前記通信部は、前記データパケットの通信に用いている経路を構成する中継端末から、当該通信に用いている経路の少なくとも一部の帯域が所定値以下になった旨を通知する帯域減少通知を受信し、

10

前記制御部は、前記通信部を介して、前記帯域減少通知を受信した場合、当該帯域減少通知に基づいて、前記データパケットの通信に用いている経路の帯域が所定値以下になったと判断することを特徴とする、請求項 5 に記載の通信端末。

【請求項 7】

前記制御部は、前記選択された複数の経路候補の中から次に帯域が広い経路に切替えた場合、現在の所定時間間隔において前記選択された複数の経路候補を構成する各中継端末に前記第 2 制御パケットをユニキャストし、前記第 2 制御パケットの応答の結果に基づいて、次の所定時間間隔に用いる複数の経路候補の中で最も帯域が広い経路を選択し、前記次の所定時間間隔の開始の際に、前記選択された最も帯域が広い経路に切替えて、前記データパケットの通信を継続することを特徴とする、請求項 5 に記載の通信端末。

20

【請求項 8】

前記所定時間間隔は、前記選択された複数の経路候補毎に設けられ、

前記選択された複数の経路候補毎に設けられた所定時間間隔は、相互に非同期であることを特徴とする、請求項 1 に記載の通信端末。

【請求項 9】

前記データパケットの通信に用いている経路を第 1 経路とすると、

前記制御部は、前記第 1 経路以外の第 2 経路の帯域が、前記第 1 経路より広がったことが前記第 2 経路についての所定時間経過後に判明した場合に、前記第 2 経路の所定時間経過後に、前記データパケットの通信に用いている経路を前記第 2 経路に切替えることを特徴とする、請求項 8 に記載の通信端末。

30

【請求項 10】

前記通信部は、前記選択された複数の経路候補の中で一の経路を構成する第 1 中継端末から、前記第 1 中継端末と前記一の経路をそれまで構成していなかった第 2 中継端末との間に新たな経路が作成されて、前記受信端末に至る前記一の経路が増加した旨の通知を受信し、

前記制御部は、前記増加した一の経路の中で最も帯域が広い経路に、前記一の経路を置き換えることを特徴とする、請求項 2 に記載の通信端末。

【請求項 11】

前記第 1 中継端末と前記一の経路をそれまで構成していなかった第 2 中継端末との間に新たな経路が作成される場合とは、前記受信端末と同一の送信先に対して、他の通信端末が送信元として前記第 1 中継端末及び前記第 2 中継端末を介した経路を作成した場合であることを特徴とする、請求項 10 に記載の通信端末。

40

【請求項 12】

前記通信部は、前記第 1 中継端末と前記第 2 中継端末との間の帯域が所定値以下になった場合、その旨を通知する帯域減少通知を受信し、

前記制御部は、前記通信部を介して、前記帯域減少通知を受信した場合、前記置き換えた一の経路を元の一の経路に戻すことを特徴とする、請求項 10 に記載の通信端末。

【請求項 13】

前記制御部は、前記選択された複数の経路候補の中のいずれかの経路において帯域が所

50

定値以下になった場合、その経路については前記第 2 制御パケットをユニキャストする所定時間間隔を、所定の最小時間間隔に設定することを特徴とする、請求項 2 に記載の通信端末。

【請求項 1 4】

前記制御部は、前記第 2 制御パケットをユニキャストする所定時間間隔を、所定の最小時間間隔に設定した経路について、次以降の所定時間間隔内において前記経路の帯域が所定値以下にならなかった場合、段階的に前記所定時間間隔に戻すことを特徴とする、請求項 1 1 に記載の通信端末。

【請求項 1 5】

前記制御部は、前記第 2 制御パケットをユニキャストする所定時間間隔を、所定の最小時間間隔に設定した経路について、次以降の所定時間間隔内においても前記経路の帯域が所定値以下になった場合、再度所定の最小時間間隔に設定することを特徴とする、請求項 1 2 に記載の通信端末。

【請求項 1 6】

アドホックネットワークを構成し、送信端末と受信端末との間でデータパケットを中継する通信端末であって、

前記送信端末によって、同一の前記受信端末までの複数の経路のうちの一部の経路が、通信状態が良い順番に複数選択され経路候補とされており、

前記通信端末は、

前記データパケットを通信する通信部と、

前記データパケットの通信中において、前記送信端末が所定時間間隔毎にユニキャストした制御パケットに基づいて、前記通信端末が前記選択された複数の経路候補の中の二以上の経路の分岐点に位置するか否かを判断し、前記通信端末が前記選択された複数の経路候補の中の二以上の経路の分岐点に位置する場合には、前記データパケットの通信に用いている帯域が所定値以下になると、前記分岐点を經由する他の経路候補の中から最も通信状態の良い経路を選択して、前記データパケットの通信に用いている経路を切替える制御部とを備える、通信端末。

【請求項 1 7】

アドホックネットワークを構成する通信端末が実施する通信方法であって、

少なくとも 1 つの中継端末を介して、受信端末に対してデータパケットを通信するステップと、

前記データパケットの通信に先立って、前記受信端末までの経路作成に用いる第 1 制御パケットをブロードキャストするステップと、

前記第 1 制御パケットの応答結果に基づいて、同一の前記受信端末に至る複数の経路のうちの一部の経路を通信状態が良い順番に複数選択して経路候補とするステップと、

前記データパケットの通信中において、所定時間間隔毎に、前記選択された複数の経路候補の全部または一部を介して前記受信端末に、通信状態の変化を確認する第 2 制御パケットをユニキャストするステップと、

前記第 2 制御パケットの応答結果に基づいて、前記データパケットの通信に用いている経路を前記選択された複数の経路候補の中で最も通信状態が良い経路に切替えて前記データパケットの通信を継続するステップとを備える、通信方法。

【請求項 1 8】

アドホックネットワークを構成し、送信端末と受信端末との間でデータパケットを中継する通信端末が実施する通信方法であって、

前記送信端末によって、同一の前記受信端末までの複数の経路のうちの一部の経路が、通信状態が良い順番に複数選択され経路候補とされており、

前記データパケットを通信するステップと、

前記データパケットの通信中において、前記通信端末が所定時間間隔毎にユニキャストした制御パケットに基づいて、前記通信端末が前記選択された複数の経路候補の中の二以上の経路の分岐点に位置するか否かを判断するステップと、

10

20

30

40

50

前記通信端末が前記選択された複数の経路候補の中の二以上の経路の分岐点に位置する場合には、前記データパケットの通信に用いている帯域が所定値以下になると、前記分岐点を経由する他の経路候補の中から最も通信状態の良い経路を選択して、前記データパケットの通信に用いている経路を切替えるステップとを備える、通信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アドホックな通信システムにおいて、システムを構成する端末間の経路情報を作成する通信端末及び通信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、無線LANやPLC(Power Line Communication)の分野では、通信システムの大型化に伴い、1つの基地局がシステム全体を管理する態様ではなく、システムを構成する各端末が他の端末の中継を行うことにより、通信範囲を拡大するアドホックネットワークが採用されている。

【0003】

アドホックネットワークの場合、どの端末を中継して所望の最終宛先に通信パケットを送信するかを示す通信経路を作成する必要がある。通信経路を作成する方式には、プロアクティブ方式(例えば、非特許文献1, 2を参照)と、リアクティブ方式(例えば、非特許文献3, 4を参照)とが存在する。

【0004】

プロアクティブ方式は、システム内の各端末が、定期的に経路作成パケットをブロードキャストにて送信しあう。システム内の各端末は、他端末から受信した経路作成パケットに自端末の宛先情報を記載して、さらに他の端末に転送する。そして、システム内の各端末は、受信した経路作成パケットに含まれる複数の端末の宛先情報に基づいて、経路を作成する。プロアクティブ方式では、通信パケットの送信とは無関係に事前に経路作成が行われるため、通信パケットの送信時の負荷が少ないという利点がある。一方、プロアクティブ方式では、通信パケットの送信の有無に関わらず、経路作成パケットを送信するため、通信網に占める経路作成パケットの量が大きく、システム全体とすれば負荷が大きいという欠点がある。

【0005】

リアクティブ方式は、システム内の端末が、通信を行うときにだけ、その通信に先だって、経路作成パケットをブロードキャストにて送信して、所望の最終宛先までの経路を確認するものである。リアクティブ方式では、必要なときにだけ経路作成パケットを送信するため、その分通信網に占める経路作成パケットの量は小さく、システム全体の負荷は小さいという利点がある。一方、通信パケットの送信に先立って毎回到経路作成を行う必要があり、通信パケットの送信時の負荷が大きいという欠点がある。

【0006】

上記プロアクティブ方式及びリアクティブ方式の利点及び欠点を勘案して、一般には、通信頻度の多い通信システムではプロアクティブ方式が採用され、通信頻度の少ない通信システムではリアクティブ方式が採用される傾向にある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2007-221568号公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】リクエスト・フォー・コメント(REQUEST FOR COMMENT) 3626: オプティマイズ・リンク・ステート・ルーティング・プロトコル(Optimized Link State Routing Protocol (OLSR

10

20

30

40

50

R))

【非特許文献2】リクエスト・フォー・コメント (REQUEST FOR COMMENT) 3684: トポロジー・ディセミネーション・ベースド・オン・リザーブ・フォワーディング (Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF))

【非特許文献3】リクエスト・フォー・コメント (REQUEST FOR COMMENT) 3561: アド・フォック・オンデマンド・ディスタンス・ベクター・ルーティング (Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing)

【非特許文献4】リクエスト・フォー・コメント (REQUEST FOR COMMENT) 4728: ザ・ダイナミック・ソース・ルーティング・プロトコル・フォー・モバイル・アド・フォック・ネットワークス・フォー・アイピーバイ4 (The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4)

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかし、上記従来技術では、以下のような問題があった。すなわち、無線通信において、通信端末が停止した状態で、通信相手との間で同一の経路を継続使用して通信する場合は、現在使用している経路を障害物が遮らない限り、通信量は比較的安定している。一方、通信端末が移動して、現在使用している経路を構成する中継端末との距離が離れるに従って、現在使用している経路の通信量は徐々に低下する (図35A参照)。そのため、通信端末は、通信量が所定の閾値 f_1 を下回ると、通信相手に対して経路作成パケットを送信して、経路を再構成し、再構成した経路に切り替える。このようにして、通信端末は、通信の中断を回避している。

20

【0010】

しかし、PLCを用いた場合、PLCに接続されている他の端末の使用状況によって、帯域の状況が大きく変動する。例えば、掃除機のスイッチをONにした途端に通信が中断することがある (図35B参照)。このように、PLCを用いた場合は、無線通信を用いた場合と異なって、通信の中断を事前に予測して経路を再構成することができないという問題がある。

30

【0011】

このような問題に対しては、通信端末は、予め代替経路を用意しておき、本経路の状態が正常通信に必要な所定の要件を下回った場合に、予め用意した代替経路に切替える技術がある (例えば、特許文献1)。

【0012】

しかし、特許文献1の技術では、代替経路がその切替えのタイミングで、正常通信に必要な所定の要件を満たすか否かはわからないという問題がある。そのため、通信端末は、予め用意した代替経路がその切替えのタイミングで、正常通信に必要な所定の要件を満たさない場合には、通信の継続が困難になる。

40

【0013】

さらに、特許文献1の技術を改良して、通信の中断を回避するために、所定周期毎に経路作成パケットをブロードキャストにて送信して、通信の中断に備えて代替経路を再構成しておくことが考えられる。

【0014】

しかし、PLCを用いた場合、無線通信のように通信量が徐々に低下するのではなく、突然通信が中断するので、通信の中断を予め予測できない。そのため、通信の中断が発生しない場合には、経路作成パケットを無駄にブロードキャストして、経路作成パケットに有限な帯域が無駄に使用されるという問題がある。また、通信の中断を予め予測できないため、経路作成パケットを送信する所定周期があまりに長いと、通信の中断から通信の再

50

開までの時間が長くなるという問題がある。一方で、経路作成パケットを送信する所定期間を短くすると、通信の中断が発生しないまでも、無駄に経路作成パケットをブロードキャストして、無駄な経路作成パケットにより有限な帯域が大幅に占有されるという問題がある。

【 0 0 1 5 】

そこで、本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであって、現在使用している経路の通信量が瞬時に通信の継続ができなくなる程に減少した場合でも、経路作成パケット等の制御パケットに帯域を無駄に占有させることなく、通信の中断を回避できる通信端末及び通信方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

上記課題を解決するために、本発明は、アドホックネットワークを構成する通信端末に向けられている。そして、通信端末は、経路作成パケットをデータ送信開始時にブロードキャスト送信することにより、複数の経路候補を取得し、その経路候補に対して経路推定パケットをユニキャスト送信することにより最も状態の良い経路を取得するものである。

【 0 0 1 7 】

本発明の一態様では、通信端末は、少なくとも1つの中継端末を介して、受信端末に対してデータパケットを通信する通信部と、データパケットの通信に先立って、受信端末までの経路作成に用いる第1制御パケットをブロードキャストし、第1制御パケットの応答結果に基づいて、受信端末に至る経路を通信状態が良い順番で所定数選択すると共に、データパケットの通信中に、所定時間間隔毎に選択された所定数の経路を構成する各中継端末に通信状態の変化を確認する第2制御パケットをユニキャストして、第2制御パケットの応答結果に基づいて、データパケットの通信に用いている経路を選択された所定数の経路の中で最も通信状態が良い経路に切替えてデータパケットの通信を継続する制御部とを備えたものである。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の一態様では、制御部は、帯域が広い経路を通信状態が良い経路とする。あるいは、制御部は、遅延時間が小さい経路を通信状態が良い経路としてもよい。

【 0 0 1 9 】

本発明の一態様では、アドホックネットワークは、P L Cを用いて接続される。

【 0 0 2 0 】

P L Cを用いた場合には、無線通信を用いた場合と異なり、通信端末が移動するものではなく、固定している。従って、無線通信を用いた場合と異なり、通信端末が移動することにより経路の再構成が必要となるのではない。むしろ、P L Cを用いた場合、通信端末は、固定であって現在使用している経路がその経路付近に接続されている家電の使用状態の影響を受ける。従って、家電のスイッチがONすることによって、現在使用している経路の帯域の状態が劣化した場合であっても、家電のスイッチをOFFすれば、経路の帯域の状態は元に戻る可能性がある。ここで、無線通信を用いた場合では、通信端末が移動するため、使用していた経路の状態が再度戻るかどうかは通信端末が元の位置に戻るか否かに依存するため、必ずしも明らかでない。一方、P L Cを用いた場合、通信端末は固定であるため、他の端末の使用状態が元の状態に戻れば、使用していた経路の状態が再度戻る可能性は極めて高い。

【 0 0 2 1 】

そこで、本態様では、データパケットの通信に先立って、経路作成に用いる第1制御パケットをブロードキャストし、第1制御パケットの応答結果に基づいて、受信端末に至る経路を通信状態が良い順番で所定数選択することにより、予め経路候補を用意して、その経路候補の中で経路を選択して切替える。これにより、経路作成に用いる第1制御パケットをブロードキャストするのは通信前の一回でよく、制御パケットが帯域を占める量を大幅に軽減できる。

【 0 0 2 2 】

また、通信端末は、データパケットの通信中は、所定時間間隔毎に選択された所定数の経路を構成する各中継端末に帯域の増減を確認する第2制御パケットをユニキャストする。これにより、制御パケットの使用量を最小限に抑え、制御パケットが帯域に占める割合を大幅に軽減できる。

【0023】

さらに、通信端末は、第2制御パケットに対する応答結果に基づいて、選択された所定数の経路の中で最も通信状態が良い経路に切替えてデータパケットの通信を継続する。これにより、最初に決めた経路を使用し続けて、帯域が所定の閾値以下になった後に通信経路を再作成するのではなく、所定時間間隔毎に最も帯域の広い経路に切替えるので、通信の中断の発生を予防できる。その結果、通信の中断を事前に予測できないPLCを用いた場合であっても、通信が途切れる可能性を大幅に軽減できる。

10

【0024】

本発明の態様では、通信端末は、所定時間間隔内に、データパケットの通信に用いている経路の帯域が所定値以下になった場合、選択された所定数の経路の中から次に帯域が広い経路に切替えることを特徴とするものである。

【0025】

本態様によると、所定時間間隔内に、データパケットの通信に用いている経路の帯域が所定値以下になった場合、選択された所定数の経路の中から次に帯域が広い経路に切替える。これにより、予め経路候補を複数用意しておき、所定時間間隔内に、現在使用している経路の帯域が通信を継続できない状態にまで狭くなった場合であっても、経路候補の中ですぐに帯域の広い他の経路候補に切替えるので、通信の中断を無くすことができる。

20

【0026】

本発明の一態様では、通信部は、データパケットの通信に用いている経路を構成する中継端末から、通信に用いている経路の少なくとも一部の帯域が所定値以下になった旨を通知する帯域減少通知を受信する。制御部は、通信部を介して、帯域減少通知を受信した場合、当該帯域減少通知に基づいて、データパケットの通信に用いている経路の帯域が所定値以下になったと判断することを特徴とするものである。

【0027】

データパケットの通信中であれば、通信端末は、隣接する通信端末間の帯域の増減を監視できる。そこで、本態様によると、送信元の通信端末は、隣接する通信端末間の帯域が所定値以下になった場合にその旨を通知する帯域減少通知を受信することにより、データパケットの通信に用いている経路の帯域が所定値以下になったことを瞬時に判断できる。これにより、データパケットの通信に用いている経路の帯域が所定値以下になった場合に、選択された所定数の経路の中から次に帯域が広い経路に切替えることができる。その結果、通信の中断を無くすことができる。

30

【0028】

本発明の一態様では、通信端末において、制御部が、選択された所定数の経路の中から次に帯域が広い経路に切替えた場合、現在の所定時間間隔において選択された所定数の経路を構成する各中継端末に第2制御パケットをユニキャストし、第2制御パケットの応答の結果に基づいて、次の所定時間間隔に用いる所定数の経路の中の最も帯域が広い経路を選択し、次の所定時間間隔の開始の際に、選択された最も帯域が広い経路に切替えて、データパケットの通信を継続することを特徴とするものである。

40

【0029】

本態様によると、現在の所定時間間隔内に所定数の経路の中から次に帯域が広い経路に切替えた場合であっても、次の所定時間間隔の開始の際に最も帯域が広い経路に切替えて通信を継続することにより、次に帯域が広い経路を使用する期間を所定期間より短くできるので、通信の中断を無くしつつ、通信品質を高く維持できる。

【0030】

本発明の一態様では、所定時間間隔は、選択された所定数の経路毎に設けられ、選択された所定数の経路毎に設けられた所定時間間隔は、相互に非同期であることを特徴とする

50

ものである。

【0031】

本発明の一態様では、データパケットの通信に用いている経路を第1経路とすると、制御部は、第1経路以外の第2経路の帯域が、第1経路より広がったことが第2経路についての所定時間経過後に判明した場合に、第2経路の所定時間経過後に、データパケットの通信に用いている経路を第2経路に切替えることを特徴とするものである。

【0032】

本態様によると、第1経路以外の各経路について所定期間が経過したときに最も帯域が広い経路に切替えることにより、各経路についての所定期間が経過したときにそのタイミングで最も帯域が広い経路を選択するので、最も帯域が広い経路で通信を行うことができる。その結果、最も帯域が広い状態での通信時間を長くし、通信全体を通じて最も帯域が広い経路を最大限活用できる。

10

【0033】

本発明の一態様では、通信部は、選択された所定数の経路の中の一の経路を構成する第1中継端末から、第1中継端末と一の経路をそれまで構成していなかった第2中継端末との間に新たな経路が作成されて、受信端末に至る一の経路が増加した旨の通知を受信する。制御部は、増加した一の経路の中で最も帯域が広い経路に一の経路を置き換えることを特徴とするものである。

【0034】

本態様によると、通信に先立って選択された所定数の経路の中の一の経路において通信中に別のバイパス経路が作成された場合であって、別のバイパス経路を用いた一の経路の方が帯域が広い場合は、一の経路を別のバイパスを含むものに置換するので、通信後に生じた経路の変化も考慮して最も帯域が広い経路を選択できる。これにより、予め選択した所定数の経路を維持しながら、第1制御パケットを再度ブロードキャストすることなく、帯域が所定の閾値以下になりにくい経路に更新できる。

20

【0035】

本発明の一態様では、第1中継端末と一の経路をそれまで構成していなかった第2中継端末との間に新たな経路が作成される場合とは、受信端末と同一の送信先に対して、他の通信端末が送信元として第1中継端末及び第2中継端末を介した経路を作成した場合であることを特徴とするものである。

30

【0036】

本態様によると、第1中継端末と一の経路をそれまで構成していなかった第2中継端末との間に新たな経路が作成される場合は、受信端末と同一の送信先に対して、他の通信端末が送信元として第1中継端末及び第2中継端末を介した経路を作成した場合とすることができる。

【0037】

本発明の一態様では、通信部は、第1中継端末と第2中継端末との間の帯域が所定値以下になった場合、その旨を通知する帯域減少通知を受信する。制御部は、通信部を介して、帯域減少通知を受信した場合、置き換えた一の経路を元の一の経路に戻すことを特徴とするものである。

40

【0038】

本態様によると、第1中継端末と第2中継端末との間の帯域が所定値以下になった場合、置き換えた一の経路を元の一の経路に戻すことにより、一の経路の帯域の減少後も予め選択した経路の数を維持できるので、切替えるバックアップとしての経路の数を確保して、通信の中断の発生を予防できる。

【0039】

本発明の一態様では、制御部は、選択された所定数の経路の中のいずれかの経路において帯域が所定値以下になった場合、その経路については第2制御パケットをユニキャストする所定時間間隔を、所定の最小時間間隔に設定することを特徴とするものである。

【0040】

50

選択された所定数の経路の中のいずれかの経路において帯域が所定値以下になった場合、その経路については帯域の増減が不安定であると推定できる。そのため、本態様によると、帯域の増減が大きい経路と仮定して第2制御パケットをユニキャストする所定時間間隔を、その経路については所定の最小時間間隔に設定することにより、その経路の帯域の増減を小まめに把握するので、帯域の変動が大きい可能性のある経路をいち早く発見できる。その結果、例えば、動画のような連続したデータを送信する場合には、帯域の変動が大きい可能性のある経路を経路の選択肢から外して、通信の安定を図ることができる。

【0041】

本発明の一態様では、制御部は、第2制御パケットをユニキャストする所定時間間隔を、所定の最小時間間隔に設定した経路について、次以降の所定時間間隔内において経路の帯域が所定値以下にならなかった場合、段階的に所定時間間隔に戻すことを特徴とするものである。

10

【0042】

本態様によると、所定時間間隔を一旦所定の最小時間間隔に設定した場合でも、次以降の所定時間間隔内において経路の帯域が所定値以下にならなかった（例えば、掃除機のスイッチをオンした場合のように一時的な原因に起因する）場合には、経路は帯域の変動の少ない経路と判断して徐々に所定時間間隔に戻すことにより、所定時間間隔を可変にするだけで、その経路が帯域の増減が大きい経路不安定な経路か否かを判断できるので、経路の安定性を判断する処理を容易化できる。

【0043】

20

本発明の一態様では、制御部は、第2制御パケットをユニキャストする所定時間間隔を、所定の最小時間間隔に設定した経路について、次以降の所定時間間隔内においても経路の帯域が所定値以下になった場合、再度所定の最小間隔に設定することを特徴とするものである。

【0044】

本態様によると、次以降の所定時間間隔内においても、経路の帯域が所定値以下になった場合、再度所定の最小時間間隔に設定することにより、帯域の変動が大きい可能性があるだけでなく、実際に帯域の変動が大きい経路であると判断できる。これにより、所定時間間隔を可変にするだけで、帯域の変動が大きい不安定な経路を発見する処理が容易となる。

30

【0045】

本発明の一態様では、通信端末は、アドホックネットワークを構成し、送信端末と受信端末との間でデータパケットを中継する通信端末である。ただし、送信端末によって、受信端末までの経路が、通信状態が良い順番に所定数選択されているものとする。そして、本発明の通信端末は、データパケットを通信する通信部と、データパケットの通信中において、送信端末が所定時間間隔毎にユニキャストした制御パケットに基づいて、通信端末が選択された所定数の経路の中の二以上の経路の分岐点に位置するか否かを判断し、通信端末が選択された所定数の経路の中の二以上の経路の分岐点に位置する場合には、データパケットの通信に用いている帯域が所定値以下になると、分岐点を經由する他の経路の中から最も通信状態の良い経路を選択して、データパケットの通信に用いている経路を切替える制御部とを備える。

40

【0046】

本態様によると、通信端末が、中継端末として動作し、第1経路と第2経路との経路の分岐点に位置する場合には、通信端末が分岐点を經由する他の経路の中から最も帯域の広い経路を選択して切替えることにより、送信元である通信端末にデータパケットの通信に用いている帯域が所定値以下になった旨の通知をする処理を省くことができるので、システム全体としての処理を簡素化できる。

【0047】

本発明は、アドホックネットワークを構成する通信端末が実施する通信方法にも向けられている。そして、本発明の通信方法は、少なくとも1つの中継端末を介して、受信端末

50

に対してデータパケットを通信するステップと、データパケットの通信に先立って、受信端末までの経路作成に用いる第1制御パケットをブロードキャストするステップと、第1制御パケットの応答結果に基づいて、受信端末に至る経路を通信状態が良い順番で所定数選択するステップと、データパケットの通信中に、所定時間間隔毎に選択された所定数の経路を構成する各中継端末に通信状態の変化を確認する第2制御パケットをユニキャストするステップと、第2制御パケットの応答結果に基づいて、選択された所定数の経路の中で最も通信状態が良い経路に切替えてデータパケットの通信を継続するステップとを備える方法である。

【0048】

また、本発明は、アドホックネットワークを構成し、送信端末と受信端末との間でデータパケットを中継する通信端末が実施する通信方法にも向けられている。ただし、送信端末によって、受信端末までの経路が、通信状態が良い順番に所定数選択されているものとする。そして、本発明の通信方法は、データパケットを通信するステップと、データパケットの通信中において、送信端末が所定時間間隔毎にユニキャストした制御パケットに基づいて、通信端末が選択された所定数の経路の中の二以上の経路の分岐点に位置するか否かを判断するステップと、通信端末が選択された所定数の経路の中の二以上の経路の分岐点に位置する場合には、データパケットの通信に用いている帯域が所定値以下になると、分岐点を經由する他の経路の中から最も通信状態の良い経路を選択して、データパケットの通信に用いている経路を切替えるステップとを備える。

【発明の効果】

【0049】

本発明は、上記構成により、電力線等を用いたアドホックネットワークにおいて、経路選択時に最も帯域の良い経路を取得できる。また、全通信に消費される帯域の中に経路作成パケットの送信に消費される帯域が占める割合を大幅に削減して、本来送信したいデータの送信を確保できる。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明の実施の形態1に係る通信システムの構成図

【図2】本発明の実施の形態1に係る通信システムの論理トポロジーの構成図

【図3】本発明の実施の形態1に係る通信端末のハード構成を示した図

【図4A】本発明の実施の形態1に係る端末装置の機能ブロック図

【図4B】経路候補保持部404が保持する経路候補の一例を示す図

【図5A】本発明の実施の形態1で用いる経路探索用パケット（ルートリクエスト）のフォーマットを表した図

【図5B】本発明の実施の形態1で用いる経路探索用パケット（ルートリクエスト）の一具体例を表した図

【図5C】本発明の実施の形態1で用いる経路探索用パケット（ルートリプライ）のフォーマットを表した図

【図5D】本発明の実施の形態1で用いる経路探索用パケット（ルートリプライ）の一具体例を表した図

【図6A】本発明の実施の形態1で用いる経路推定用パケット（ルートエスティメーションリクエスト）のフォーマットを表した図

【図6B】本発明の実施の形態1で用いる経路推定用パケット（ルートエスティメーションリクエスト）の一具体例を表した図

【図6C】本発明の実施の形態1で用いる経路推定用パケット（ルートエスティメーションリプライ）のフォーマットを表した図

【図6D】本発明の実施の形態1で用いる経路推定用パケット（ルートエスティメーションリプライ）の一具体例を表した図

【図7】本発明の実施の形態1に係る通信端末での経路探索時のシーケンス図

【図8】ルートリクエスト・ルートリプライによる経路探索・設定の終了後のネットワー

10

20

30

40

50

ク状態を示す図

【図 9】実施の形態 1 に係る通信端末の経路推定時のシーケンス図

【図 10】実施の形態 1 に係る通信端末における時刻 T 1 での経路推定後のネットワーク状態を示す図

【図 11】実施の形態 1 に係る通信端末における時刻 T 2 での経路推定後のネットワーク状態を示す図

【図 12】実施の形態 1 に係る通信端末における時刻 T 3 での経路推定後のネットワーク状態を示す図

【図 13】実施の形態 1 に係る通信端末の経路選択図

【図 14】実施の形態 1 に係る通信端末におけるデータ送信処理を表すフローチャート

10

【図 15】実施の形態 1 に係る通信端末における経路探索処理を表すフローチャート

【図 16】実施の形態 1 に係る通信端末における経路推定処理を表すフローチャート

【図 17】実施の形態 2 におけるネットワーク構成図

【図 18 A】本発明の実施の形態 2 で用いる帯域減少通知パケットのフォーマットを表した図

【図 18 B】本発明の実施の形態 2 で用いる帯域減少通知パケットの一具体例を表した図

【図 19】実施の形態 2 に係る経路分岐端末へ帯域減少通知を送信時のネットワーク状態を示す図

【図 20】実施の形態 2 に係る経路分岐端末へ帯域減少通知を送信後のネットワーク状態を示す図

20

【図 21】実施の形態 2 に係る経路分岐端末へ帯域減少通知を送信した場合の経路選択図

【図 22】実施の形態 2 に係る送信端末へ帯域減少通知を送信時のネットワーク状態を示す図

【図 23】実施の形態 2 に係る送信端末へ帯域減少通知を送信後のネットワーク状態を示す図

【図 24】実施の形態 2 に係る送信端末へ帯域減少通知を送信した場合の経路選択図

【図 25】実施の形態 2 に係る中継端末の処理を表すフローチャート

【図 26】実施の形態 3 に係る通信端末における時刻 T 4 での経路推定後のネットワーク状態を示す図

【図 27】実施の形態 3 に係る通信端末における時刻 T 5 での経路推定後のネットワーク状態を示す図

30

【図 28】実施の形態 3 に係る通信端末における時刻 T 6 での経路推定後のネットワーク状態を示す図

【図 29】実施の形態 3 に係る通信端末において経路推定を非同期とした場合の経路選択図

【図 30】実施の形態 3 に係る通信端末において経路推定間隔を変動させた場合の経路選択図

【図 31】実施の形態 3 に係る通信端末における経路推定処理を表すフローチャート

【図 32】実施の形態 4 におけるネットワーク構成図

【図 33 A】実施の形態 4 で用いるルートエスティメーションリプライを示す図

40

【図 33 B】実施の形態 4 で用いるルートエスティメーションリプライを示す図

【図 34】実施の形態 4 に係る通信端末における経路選択図

【図 35 A】従来の無線通信を用いた通信端末における帯域変動図

【図 35 B】従来の PLC を用いた通信端末における帯域変動図

【発明を実施するための形態】

【0051】

(実施の形態 1)

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る通信システムの構成図である。図 1 において、本発明の通信システムは、複数の通信端末 101 ~ 108 で構成されている。ここでは、通信端末 101 ~ 108 のうち、特に、データを送信する端末を送信端末と呼び、データを

50

中継する端末を中継端末と呼び、データを受信する端末を受信端末と呼ぶことにする。図 1 に示す例では、送信端末 A 1 0 1 が、中継端末 B 1 0 2 及び中継端末 C 1 0 3 を介して、受信端末 D 1 0 4 にデータを送信する状態を示している。ここで用いられるネットワークは、PLC (Power Line Communication) のネットワークであることを想定しているが、無線 LAN や有線 LAN 等のネットワークにも適用可能である。このシステムのサービスエリア 1 0 9 は、ネットワーク内に存在する各通信端末 1 0 1 ~ 1 0 3 のカバーエリア 1 1 0、1 1 1 及び 1 1 2 よりも大きい。このため、送信端末 A 1 0 1 及び受信端末 D 1 0 4 は、中継端末 B 1 0 2 及び中継端末 C 1 0 3 を介して、相互の通信を行うアドホックネットワークを採用している。

【 0 0 5 2 】

図 2 は、図 1 に示す通信システムの論理トポロジーの図である。図 2 において、線で繋がっている通信端末 1 0 1 ~ 1 0 8 同士が、直接通信可能であることを表している。

【 0 0 5 3 】

図 3 は、上述した各通信端末のハード構成を示した図である。図 3 において、通信端末は、各種の制御プログラムやワークエリアを含むメモリ 3 0 1、通信端末全体を制御する CPU 3 0 2、及び電力線と接続され電力線を介して各種データを通信するネットワークインタフェース 3 0 3 から構成されている。CPU 3 0 2 は、メモリ 3 0 1 に格納されているプログラムを実行する。また、CPU 3 0 2 は、ネットワークインタフェース 3 0 3 を介してデータの送信を行い、ネットワークインタフェース 3 0 3 を介して受信したデータを解読することにより受信する。

【 0 0 5 4 】

図 4 A は、本発明の実施の形態 1 に係る端末装置の機能ブロック図である。図 4 A において、端末装置は、パケット受信部 4 0 1、経路選択部 4 0 2、経路探索・推定スケジューラ 4 0 3、経路候補保持部 4 0 4、経路探索部 4 0 6、経路推定部 4 0 7、経路比較部 4 0 8、及びパケット送信部 4 0 9 を備える。これらの機能ブロックは、上述したメモリ 3 0 1、CPU 3 0 2、及びネットワークインタフェース 3 0 3 等によって実現される。

【 0 0 5 5 】

パケット受信部 4 0 1 は、受信可能な全てのパケットを受信する。パケット受信部 4 0 1 は、パケットを受信すると、受信パケットの宛先まで、受信パケットを送信する経路候補の有無を経路選択部 4 0 2 に問い合わせる。経路選択部 4 0 2 は、受信パケットの宛先までの経路候補を幾通りか保持する経路候補保持部 4 0 4 を参照して、受信パケットの宛先までの経路候補の有無を確認する。経路候補保持部 4 0 4 が保持する経路候補については後述する。パケット受信部 4 0 1 は、経路選択部 4 0 2 が受信パケットの宛先までの経路の存在を確認した場合には、その受信パケットを経路選択部 4 0 2 に渡す。一方、パケット受信部 4 0 1 は、経路選択部 4 0 2 が受信パケットの宛先までの経路候補の不存在を確認した場合には、経路探索・推定スケジューラ 4 0 3 に、受信パケットの宛先までの経路の探索を指示する。

【 0 0 5 6 】

経路選択部 4 0 2 は、パケット受信部 4 0 1 より渡されたパケットの宛先について、経路候補保持部 4 0 4 に保持された複数の経路候補を経路比較部 4 0 8 で相互に比較させて、複数の経路候補の中から最適な経路を選択する。

【 0 0 5 7 】

経路探索・推定スケジューラ 4 0 3 は、パケット受信部 4 0 1 から経路を探索する旨の指示を受けた場合、経路探索部 4 0 6 に対して受信パケットの宛先までの経路を探索する経路探索の指示を行う。また、経路探索・推定スケジューラ 4 0 3 は、経路選択部 4 0 2 にて受信パケットを送信する経路が選択されると所定のタイマを設定し、受信パケットの送信に用いる経路について帯域の状況を推定する経路推定の指示を経路推定部 4 0 7 に対して行う。経路探索・推定スケジューラ 4 0 3 は、タイマが切れるたびに経路推定を行う。

【 0 0 5 8 】

10

20

30

40

50

経路探索・推定スケジューラ 403 から経路探索の指示を受けた場合、経路探索部 406 は、第 1 制御パケットとしての経路探索パケットを、パケット送信部 409 からネットワークにブロードキャストにて送信する。そして、経路探索部 406 は、パケット受信部 401 を介して、第 1 制御パケットに対する応答パケットを受信して、その応答パケットから経路候補を取得し（ルートリクエスト・ルートリプライ）、経路候補保持部 404 に送る。

【0059】

経路探索部 406 から経路候補を受け取った場合、経路候補保持部 404 は、経路候補を保存し、経路比較部 408 に送信する。図 4B は、経路候補保持部 404 が保持する経路候補の一例を示す図である。図 4B を参照して、経路候補保持部 404 は、経路候補として、最終宛先、中継経路としての次宛先、帯域情報、遅延情報、優先度（帯域）、優先度（遅延）、及びオプションの各フィールドを備えるものとする。最終宛先には、送信パケットの宛先アドレスとして、受信端末のアドレス（例えば、D、J 等）が設定される。次宛先には、送信パケットを次に送信する中継端末のアドレス（例えば、B、E、K、J 等）が設定される。帯域情報には、式（1）を用いて算出された、送信端末から受信端末までの帯域に関する情報（例えば、100、50、60、40Mbps 等）が設定される。遅延情報には、送信端末からの送信パケットを受信端末が受信するまでの遅延時間（例えば、1、2 秒等）が設定される。

10

【0060】

優先度（帯域）とは、同じ最終宛先までの経路が選択された場合、帯域情報が遅延情報のどちらを優先するのかを決定するためのフィールドであって、帯域情報を優先する場合は“1”が、遅延情報を優先する場合は“2”が設定される。優先度（遅延）とは、帯域情報が遅延情報のどちらを優先するのかを決定するためのフィールドであって、遅延情報を優先する場合は“1”が、帯域情報を優先する場合は“2”が設定される。オプションとは、任意の項目が設定可能なフィールドである。例えば、オプションには、ユーザによって、各経路候補の有効/無効が設定されたり、優先度（帯域）/優先度（遅延）の設定内容に関わらず、帯域情報と遅延情報のどちらを優先するのかが設定される。

20

【0061】

なお、図 4B に示す経路候補の各フィールドとしては、帯域情報か、遅延情報かのどちらか一方のみを備えるものであってもよい。また、経路候補が、帯域情報か遅延情報のどちらか一方のみを備える場合、帯域情報か遅延情報かのどちらを優先するのかを決定する必要がなくなるので、優先度（帯域）、及び優先度（遅延）の両方のフィールドも備える必要はない。また、オプションのフィールドを備えるか否かはシステムに応じて任意に決めればよい。

30

【0062】

経路推定部 407 は、経路探索・推定スケジューラ 403 からの経路推定の指示をもとに、経路候補保持部 404 に保持された受信パケットの宛先までの経路候補の各々に対して、第 2 制御パケットとしての経路推定パケットを、パケット送信部 409 からネットワークにユニキャストにて送信する。そして、経路推定部 407 は、パケット受信部 401 を介して、第 2 制御パケットに対する応答パケットを受信して、その応答パケットから各経路の帯域の状態を示した状態情報を取得し（ルートエスティメーションリクエスト・ルートエスティメーションリプライ）、経路候補保持部 404 に送信する。

40

【0063】

経路推定部 407 から各経路の状態情報を受け取った場合、経路候補保持部 404 は、各経路の状態情報を保存し、経路比較部 408 に送信する。

【0064】

経路比較部 408 は、経路候補保持部 404 から受信パケットについて経路候補を受け取る。また、経路候補の各々について状態情報を受け取った場合、経路比較部 408 は、各経路の状態情報を比較し、経路変更が必要な場合には、経路選択部 402 に通知する。経路選択部 402 は、経路比較部 408 より経路の変更が指示された場合には、選択する

50

経路を変更する。

【 0 0 6 5 】

図 5 A ~ D は、経路探索パケットのフォーマットを表した図である。経路探索パケットが送信端末から受信端末へ向かうリクエストパケットとして用いられる場合、ルートリクエストと呼ぶことにする。図 5 A は、ルートリクエストのパケットフォーマットを示す図である。図 5 A において、経路探索パケットは、PHY ヘッダ 5 0 1、MAC ヘッダ 5 0 2 及びペイロード 5 0 3 からなる。PHY ヘッダ 5 0 1 には、変調方式情報が格納されている。MAC ヘッダ 5 0 2 には、送信元アドレス 5 0 4、宛先アドレス 5 0 5、中継元アドレス 5 0 6 及び中継先アドレス 5 0 7 を表すフィールドと、送信元端末毎に付与されるシーケンス番号 5 0 8 とが格納されている。ペイロード 5 0 3 には、探索したい経路の最終宛先アドレスが示されるフィールド 5 0 9 と、最終宛先までの経路情報とが格納される情報格納領域 5 1 0 とがある。

10

【 0 0 6 6 】

図 5 B は、経路探索パケットの一具体例を示した図である。図 5 B において、送信端末 A 1 0 1 より送信される経路探索パケットには、送信元アドレス 5 0 4 として送信端末 A 1 0 1 のアドレス A が設定され、宛先アドレス 5 0 5 としては全端末のアドレス (f f : f f : f f : f f : f f) を示す A L L が設定される。中継元アドレス 5 0 6 にも送信端末 A 1 0 1 のアドレス A が設定され、中継先アドレス 5 0 7 も全端末のアドレス (f f : f f : f f : f f : f f) を示す A L L が設定される。すなわち、経路探索パケットは、ブロードキャストにて送信される。この経路探索パケットを受信した中継端末 B 1 0 2 は、中継元アドレス 5 0 6 を中継端末 B 1 0 2 のアドレス B に変換して中継端末 C 1 0 3 に送信する。また、この経路探索パケットを受信した中継端末 C 1 0 3 は、中継元アドレス 5 0 6 を中継端末 C 1 0 3 のアドレス C に変換して受信端末 D 1 0 4 に送信する。ただし、最終宛先である受信端末 D 1 0 4 に経路探索パケットが届いた場合には、受信端末 D 1 0 4 は、経路探索パケットの中継処理を行わない。

20

【 0 0 6 7 】

経路探索パケットは、受信端末から送信端末へ向かうリプライパケットとして用いるときはルートリプライと呼ぶことにする。図 5 C は、ルートリプライのパケットフォーマットを表した図である。図 5 C を参照して、ルートリプライの MAC ヘッダ 5 0 2 には、ルートリクエストと同様のフィールド 5 0 4 ~ 5 0 8 に加えて、最終宛先毎に付与される経路番号 5 2 0 がある。ペイロード 5 0 3 には、最終宛先アドレス 5 0 9 に加えて、送信元から最終宛先までの間に存在する各中継端末間の経路のリンク情報 5 2 1、5 2 3、5 2 5 と、リンク情報 5 2 1、5 2 3、5 2 5 がどの中継端末間の経路の情報かを示す中継端末のアドレス 5 2 2、5 2 4 とが存在する。リンク情報 5 2 1、5 2 3、5 2 5 は、送信元から最終宛先までの間に存在する各中継端末間の経路での帯域の状態を示す状態情報である。

30

【 0 0 6 8 】

例えば、図 5 D は、ルートリプライの一具体例を示した図である。図 5 D において、受信端末 D 1 0 4 から送信端末 A 1 0 1 にルートリプライが返信される場合には、送信元アドレス 5 0 4 は受信端末 D 1 0 4 のアドレス D となり、宛先アドレス 5 0 5 は送信端末 A 1 0 1 のアドレス A となる。中継元アドレス 5 0 6 及び中継先アドレス 5 0 7 は、送信端末 A 1 0 1 から受信端末 D 1 0 4 までの経路の逆をたどるようにつけられる。ここでは、中継元アドレス 5 0 6 は、受信端末 D 1 0 4 のアドレス D となり、中継先アドレス 5 0 7 は、中継端末 C 1 0 3 のアドレス C となる。

40

【 0 0 6 9 】

また、送信端末 A 1 0 1 と中継端末 B 1 0 2 との間のリンク情報 5 2 1 は、帯域の状態が 7 0 M b p s であることを示し、中継端末 B 1 0 2 と中継端末 C 1 0 3 との間のリンク情報 5 2 3 は、帯域の状態が 8 0 M b p s であることを示し、中継端末 C 1 0 3 と受信端末 D 1 0 4 との間のリンク情報 5 2 5 は、帯域の状態が 6 0 M b p s であることを示している。このリンク情報 5 2 1、5 2 3、5 2 5 は、経路探索パケットがルートリクエスト

50

として用いられるときに、ルートリクエストを受信した中継先の端末が、中継元と中継先との間の帯域の状態を示した情報として情報格納領域510に書き込むものである。なお、経路探索パケットがルートリプライとして用いられる場合、ルートリプライはユニキャスト送信される。

【0070】

図6A～Dは、経路推定パケットのフォーマットを表した図である。経路推定パケットがリクエストパケットとして用いられる場合、ルートエスティメーションリクエストと呼ぶことにする。図6Aは、ルートエスティメーションリクエストのパケットフォーマットを示す図である。図6Aにおいて、ルートエスティメーションリクエストは、PHYヘッダ601、MACヘッダ602及びペイロード603からなり、図5C、Dで示したルートリプライと同様な構成になっている。すなわち、ルートリクエストのMACヘッダ602には、送信元アドレス604、宛先アドレス605、中継元アドレス606及び中継先アドレス607と、シーケンス番号608とに加えて、経路番号620が追加されている。ペイロード603には、最終宛先アドレス609に加えて、送信元から最終宛先までの間に存在する各中継端末間の経路のリンク情報621、623、625と、リンク情報621、623、625がどの中継端末間の経路の情報かを示す中継端末のアドレス622、624とが存在する。各中継端末は、ルートエスティメーションリクエストを受信すると、ペイロード603に含まれる中継アドレスに応じてMACヘッダ602に含まれる中継先アドレス及び中継元アドレスを再設定して次の中継端末に送信する。

【0071】

図6Bは、ルートエスティメーションリクエストの一具体例を示した図である。図6Bにおいて、送信端末A101から受信端末D104に送信する場合には、ルートエスティメーションリクエストは、送信元アドレス604に送信端末A101のアドレスAを、宛先アドレス605に受信端末D104のアドレスDを、中継元アドレス606に送信端末A101のアドレスAを、中継先アドレス607に中継端末B102のアドレスBを設定する。すなわち、ルートエスティメーションリクエストは、ユニキャストにて送信される。また、ルートエスティメーションリクエストは、中継アドレス622、624により、中継端末B102及び中継端末C103の順序で受信端末D104に送信される。ルートエスティメーションリクエストが中継端末から中継端末に送信される毎に、中継元及び中継先のいずれかの中継端末が、中継元と中継先との間の経路の帯域の状態を示す状態情報を、リンク情報621、623、625に書き込む。

【0072】

経路推定パケットがリプライパケットとして用いられる場合、ルートエスティメーションリプライと呼ぶことにする。図6Cは、ルートエスティメーションリプライのパケットフォーマットを示す図である。図6Cにおいて、ルートエスティメーションリプライのフォーマットは、図5Cに示したルートリプライと同様の構成である。ルートエスティメーションリプライに格納される情報も、図5Cに示したルートリプライと同様である。ここでは、送信端末A101と中継端末B102との間のリンク情報は帯域の状態が70Mbpsであり、中継端末B102と中継端末C103との間のリンク情報は帯域の状態が80Mbpsであり、中継端末C103と受信端末D104との間のリンク情報は帯域の状態が60Mbpsである。

【0073】

経路探索パケットは、ブロードキャストで送信されるため、リンク情報を中継先の中継端末が経路探索パケットを受信した場合に追記されなければならない。一方、経路推定パケットは、ユニキャストで相互に送受信されるため、リンク情報を中継元及び中継先のいずれかの中継端末で追記してもよい。例えば、リンク情報が送信端末A101から中継端末B102への電力減衰量であれば、ルートエスティメーションリクエストを受信した中継端末B102がリンク情報を追記するが、リンク情報が送信端末A101から中継端末B102へ送信する時にどの変調方式を用いるかという情報であれば、ルートエスティメーションリプライを受信した時に送信端末A101がリンク情報を追記しても良い。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

図 7 は、本発明の実施形態 1 において経路探索を行う場合のシーケンス図である。経路探索とは、図 2 で示したリンクを使用して構成される無数の経路の中から、最も状態の良い経路を探し出すことである。アドホックネットワークにおいて、経路の状態の比較手法は様々であるが、本実施の形態では下記の式を用いて、経路の帯域を算出する。受信端末 D 1 0 4 は、この数値の最も高かった経路に対してルータリプライを返す。ただし、R 1 , R 2 , R 3 . . . は、各経路の帯域を表す。

【 数 1 】

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \dots} \quad \dots \text{式 (1)}$$

10

【 0 0 7 5 】

まず、送信端末 A 1 0 1 は、最終宛先を受信端末 D 1 0 4 と設定したルータリクエスト 7 1 0 をブロードキャストパケット 7 1 1 で送信する。ブロードキャストパケット 7 1 1 を受信した中継端末 B 1 0 2、中継端末 E 1 0 5 及び中継端末 G 1 0 7 の各々は、各リンク情報を追記して、それぞれブロードキャストパケット 7 1 2、7 1 3 及び 7 1 4 を送信する。ここで、中継端末 E 1 0 5 が送信したブロードキャストパケット 7 1 2 は、中継端末 B 1 0 2 にも届くが、中継端末 B 1 0 2 は中継送信を行わない。最終宛先を通信端末 D 1 0 4 として場合、送信端末 A 1 0 1 中継端末 E 1 0 5 中継端末 B 1 0 2 という経路は、送信端末 A 1 0 1 中継端末 B 1 0 2 という経路と、式 (1) を用いて比較した場合に状態の良くない経路になるからである。以下のパケットも同様であるとする。このような制御は、無駄な制御パケットの送信による帯域の占有を抑えるために有効である。

20

【 0 0 7 6 】

ブロードキャストパケット 7 1 2、7 1 3 及び 7 1 4 を受信した中継端末 C 1 0 3、中継端末 F 1 0 6 及び中継端末 H 1 0 8 の各々は、各リンク情報を追記して、それぞれブロードキャストパケット 7 1 5、7 1 6 及び 7 1 7 を送信する。ブロードキャストパケット 7 1 5、7 1 6 及び 7 1 7 を受信した受信端末 D 1 0 4 は、これ以上の中継送信を行わない。これは、受信端末 D 1 0 4 が最終宛先端末だからである。受信端末 D 1 0 4 は、受信した全てのルータリクエストパケットの情報から状態の良い経路 (すなわち、式 (1) の高い経路) を算出し、当該算出した経路を介して、ルータリプライ 7 1 8 を送信端末 A 1 0 1 に返信する。ルータリプライの返信数は、ネットワーク規模によって任意に設定可能である。返信数は、送信元と宛先間に存在する無数の経路のうち、最も状態の良い経路がどのような状況においても、ルータリプライで返信した経路に含まれるように設定されることが好ましい。

30

【 0 0 7 7 】

本実施の形態では、ルータリプライ 7 1 8 を 3 つのユニキャストパケット 7 1 9、7 2 0 及び 7 2 1 で返信している。各ルータリプライは、それぞれ送信端末 A 1 0 1 受信端末 D 1 0 4 間に探索された経路とは逆の経路である受信端末 D 1 0 4 中継端末 C 1 0 3 中継端末 B 1 0 2 送信端末 A 1 0 1 という経路、受信端末 D 1 0 4 中継端末 F 1 0 6 中継端末 E 1 0 5 送信端末 A 1 0 1 という経路、あるいは受信端末 D 1 0 4 中継端末 H 1 0 8 中継端末 G 1 0 7 送信端末 A 1 0 1 という経路の順で、中継送信される。ルータリプライによって各端末でのデータ中継機能の動作が開始される。

40

【 0 0 7 8 】

図 8 は、ルータリクエスト・ルータリプライによって経路の探索・設定が終了した時のネットワーク図である。図 8 において、経路候補 1 は、送信端末 A 1 0 1 中継端末 B 1 0 2 中継端末 C 1 0 3 受信端末 D 1 0 4 という経路である。経路候補 2 は、送信端末 A 1 0 1 中継端末 E 1 0 5 中継端末 F 1 0 6 受信端末 D 1 0 4 という経路である。

50

経路候補3は、送信端末A101 中継端末G107 中継端末H108 受信端末D104という経路である。また、経路候補1の送信端末A101と中継端末B102との間の100Mbpsは、送信端末A101と中継端末B102との間のリンク情報を示している。中継端末B102と中継端末C103との間の100Mbpsは、中継端末B102と中継端末C103との間のリンク情報を示している。また、中継端末C103と受信端末D104との間の100Mbpsは、中継端末C103と受信端末D104との間のリンク情報を示している。経路候補2及び経路候補3においても、同様である。各リンク情報を式(1)に当てはめると、それぞれの経路の帯域は、経路候補1が33Mbpsとなり、経路候補2が10Mbpsとなり、経路候補3が20Mbpsとなる。そのため、送信端末A101において、経路比較部408は、経路候補1、経路候補2及び経路候補3の帯域を相互に比較する。そして、経路選択部402は、比較結果に基づいて、経路候補1を最終宛先Dに対する経路として選択している。

10

【0079】

図9は、図8に示す各経路候補に対して経路推定を行う場合のシーケンス図である。図9において、ルートエスティメーションリクエストは、各経路候補に対してソースルーティング(source routing)を用いて送信される。すなわち、ルートエスティメーションリクエストは、送信端末A101から受信端末D104間に設定されている経路候補1に限らず、経路候補2及び経路候補3を介して、送信端末A101から受信端末D104に送信される。各端末で送信されるユニキャストパケットは、ブロードキャストパケットに比べて極めて帯域消費が少ない。そのため、送信端末Aは、ブロードキャストパケットを用いる経路探索と、ユニキャストパケットを用いる経路推定とを組み合わせることによって、帯域消費を抑えて状況の変化に応じて最も状態の良い経路を取得することが可能となる。なお、本実施の形態では、経路推定は定期的に全経路候補に対して行われるものとするが、経路推定のタイミングや、どの経路に対して経路推定を行うかは状況に応じて変化させてよい。

20

【0080】

図10~12は、定期的に経路推定された結果を表す状態遷移図である。図10は、通信開始から時刻T1だけ経過した状態において、1回目の経路推定を行った結果を示している。図11は、通信開始から時刻T2だけ経過した状態において、2回目の経路推定を行った結果を示している。図12は、通信開始から時刻T3だけ経過した状態において、3回目の経路推定を行った結果を示している。なお、図10~12は、帯域に関して、経路候補の優先度を決定している例を示している。本実施の形態では、PLCを前提としているため、通信端末の移動がなくても家電の電源ONなどにより、帯域の変動は発生するものとする。無線を前提としても、移動の少ない通信端末でアドホックネットワークを形成し、通信端末間に遮蔽物が発生した場合には、同様の状況は発生しうる。

30

【0081】

図10において、時刻T1では、経路候補探索時(図8)と比較して、経路候補1の各リンクの帯域が100Mbpsから40Mbpsに低下している。また、経路候補2の各リンクの帯域は、30Mbpsから80Mbpsに増加している。なお、経路候補3の各リンクの帯域は変化がない。推定結果より各経路の帯域は、それぞれ経路候補1が13Mbpsとなり、経路候補2が27Mbpsとなり、経路候補3が20Mbpsとなる。従って、時刻T1では、送信端末A101は、経路候補2を選択して送信を行う。

40

【0082】

図11において、時刻T2では、時刻T1(図10)と推定結果が変化していない。そのため、送信端末A101は、引き続き経路候補2を選択する。図12において、時刻T3では、経路候補1の各リンクの帯域が40Mbpsから100Mbpsに戻っている。なお、経路候補2及び経路候補3の各リンクの帯域は、時刻T2のときと比較して変化がない。この場合、各経路の帯域は、それぞれ経路候補1が33Mbpsとなり、経路候補2が27Mbpsとなり、経路候補3が20Mbpsとなる。そこで、時刻T3では、送信端末A101は、経路候補1を選択する。

50

【0083】

図13は、図10から図12で示した各経路候補1～3の帯域変動と、選択された経路との関係を表した選択経路図である。図13において、時刻T0（すなわち、経路探索時）と時刻T1との間で、経路候補1の帯域と経路候補2の帯域とが変動している。通信の開始時に経路探索を行っただけでは、その通信の期間中ずっと経路候補1を使い続けることになるが、本実施の形態では通信の途中で経路推定を行った時刻T1において、より状態の良い経路である経路候補2に選択経路を切り換えている。また、時刻T2と時刻T3の間では経路候補1の帯域が変動している。この状況変化に対しても、より状態の良い経路である経路候補1に選択経路を戻すことに成功している。

【0084】

従来の方式では、経路が切断された場合に、経路探索をもう一度行い、新しい経路を設定するというものであったため、経路が切断されるまでは、新しい経路を選択することは不可能であった。また、別の従来の方式では、経路の帯域が閾値を下回った場合に、予め経路探索によって取得された第2の候補経路に切り換えるというものであったため、その時に最も状態の良い経路を選択することは不可能であった。このような原因は、経路探索がブロードキャストの連続（フラッディング）によって行われているため、多大な帯域を占有し、本来送信したいデータ用の帯域を圧迫してしまうため、経路探索を極力回避しなければならなかったためである。それに対して、本実施の形態では、ユニキャストパケットをいくつかの経路候補に送信することにより、制御パケットによる帯域の占有を回避しつつ、最も状態の良い経路を取得することが可能となる。

【0085】

図14は、本発明の実施の形態1に係る端末装置（送信端末A101）のデータ送信時の経路選択処理のフローチャートを示す図である。図14を参照して、送信端末A101は、経路候補保持部404を参照して、送信パケットの最終宛先への経路の有無を確認する（ステップS1401）。送信端末A101は、送信パケットの最終宛先までの経路が設定されて無い場合には、経路探索処理を実施する（ステップS1402）。経路探索処理の詳細については後述する。次に、送信端末A101は、経路選択処理を実施し、帯域情報又は遅延情報に基づいて、最適な経路を選択し（ステップS1406）、処理を終了する。

【0086】

一方、送信端末A101は、送信パケットの最終宛先までの経路が設定されて有ることを確認した場合には、経路選択処理を実施し、帯域情報又は遅延情報に基づいて、最適な経路を選択する（ステップS1403）。次に、送信端末A101は、選択した経路について有効時間（すなわち、タイマT）内か否かを確認する（ステップS1404）。送信端末A101は、有効期限（タイマT）内であると、そのまま処理を終了する。一方、送信端末A101は、有効期限（タイマT）が切れると、現在選択された経路を無効とし、経路推定処理を実行する（ステップS1405）。経路推定処理の詳細については後述する。次に、送信端末A101は、推定された経路に基づいて、再度、経路選択処理を実施し、最適な経路を選択し（ステップS1406）、処理を終了する。

【0087】

次に、経路探索処理の詳細について説明する。図15は、図14のステップS1402の経路探索処理の詳細を説明するフローチャートである。図7及び図15を参照して、送信端末A101は、ルートリクエスト710をブロードキャストにて送信することによって、経路探索を開始する（ステップS1501）。最終宛先端末である受信端末D104から所定の時間内にルートリプライパケット720が受信された場合（ステップS1502）には、送信端末A101は、ルートリプライパケット720に記載された情報に基づいて、経路候補を設定する（ステップS1503）。

【0088】

一方、ルートリプライパケット720が受信されない場合には、送信端末A101は、ルートリクエストパケット710の再送を行う。送信端末A101は、再送を繰り返して

10

20

30

40

50

い、最大再送回数を超えてもルートリプライパケット720を受信できなかった場合(ステップS1504)には、データパケットの廃棄を行う(ステップS1505)。なお、送信端末A101は、同一の最終宛先に対するデータパケットの廃棄を一定期間継続して行ってもよい。これによって、経路が見つからない最終宛先に対して、連続して経路探索処理を行うことを防止し、ルートリクエストパケット710の帯域占有率が大きくなることを防ぐことができる。

【0089】

また、経路推定処理の詳細について説明する。図16は、図14のステップS1405の経路推定処理の詳細を説明するフローチャートである。図16を参照して、送信端末A101は、経路探索・推定スケジューラ403によって設定されたタイマTが切れると、
10 現在選択された経路を無効とし、経路の再推定を行う。送信端末A101は、最終宛先端末である受信端末D104への経路候補1から3に対して、各経路の中継端末に関する情報を設定し(ステップS1601)、ルートエスティメーションリクエストパケットをユニキャストにて送信する(ステップS1602)。送信端末A101は、ルートエスティメーションリプライパケットが受信された場合(ステップS1603)は、その時刻で最も状態の良い経路を経路候補1から3の中から選択し、選択経路の更新を行う(ステップS1604)。

【0090】

一方、送信端末A101は、ルートエスティメーションリプライパケットが受信されない場合には、その経路は通信不能となったものと判断し経路を破棄する(ステップS16
20 05)。例えば、経路候補2を用いて送信したルートエスティメーションリクエストパケットに対して、ルートエスティメーションリプライパケットを受信しなかった場合には、送信端末A101は、経路候補2を破棄する。その結果、最終宛先に対する経路が無くなった場合(ステップS1606)には、経路推定処理を終了して、経路探索処理を行う(図14のステップS1402)。なお、経路が無くなるとは、選択経路を更新した結果、極端に悪い状態の経路しか残らなかった場合を含む。送信端末A101は、経路が存在する限り、タイマが切れるたびに同様の処理を繰り返し行う。

【0091】

以上により、本態様によると、送信端末A101は、データパケットの通信に先立って、経路作成に用いる第1制御パケットであるルートリクエストをブロードキャストし、
30 ルートリクエストの応答結果に基づいて受信端末D104に至る経路を帯域が広い(又は遅延時間が小さい)順番で所定数選択する。これにより、予め経路候補(例えば経路候補1から3)を用意して、その経路候補の中で状態の良い経路を選択して切替えるので、経路作成に用いるルートリクエストをブロードキャストするのは通信前の一回でよく、制御パケットが帯域を占める量を大幅に軽減できる。このような制御は、PLCを用いた場合、通信端末の使用状況によって経路の通信状態が大きく変動し、一旦経路の通信状態が悪くなったとしても、所定時間経過後には良い状態に戻る可能性が高いために可能となる。

【0092】

なお、PLCだけに限らず、無線通信を前提としても、移動の少ない通信端末でアドホックネットワークを形成し、通信端末間に遮蔽物が発生した場合には、同様の状況は発生
40 しうる。このため、本発明は、無線通信を用いたネットワークに適用しても有用である。また、一方の経路が無線LANの11n規格で通信されており、他方の経路が無線LANの11b規格で通信されているような、規格の異なる複数の経路を持っているネットワークに適用しても有用である。あるいは、一方の経路が無線通信で構成されていて、他方の経路がPLCで構成されているようなネットワークに適用しても有用である。

【0093】

また、送信端末Aは、データパケット通信中の所定時間毎に、選択された所定数の経路を構成する各中継端末に、帯域の増減を確認する第2制御パケットであるルートリクエストパケットをユニキャストする。これにより、送信端末Aは、データパケットの通信中は、帯域の増減を確認するルートリクエストパケットをユニキャストするので、制御パケッ
50

トの使用量を最小限に抑え、制御パケットが帯域に占める割合を大幅に軽減できる。

【0094】

さらに、送信端末Aは、ルートリクエストパケットに対する応答結果に基づいて、選択された所定数の経路の中で最も帯域が広い経路に切替えてデータパケットの通信を継続する。これにより、最初に決めた経路を使用し続けて、帯域が所定の閾値以下になった後に通信経路を再作成するのではなく、所定時間単位に最も帯域の広い経路に切替えるので、通信の中断の発生を予防できる。その結果、通信の中断を事前に予測できないPLCを用いた場合であっても、通信が途切れる可能性を大幅に軽減できる。

【0095】

(実施の形態2)

次に、本発明の実施の形態2について説明する。実施の形態1では、送信端末A101より全ての経路候補が分岐し、経路推定により選択経路が変更される場合について説明した。実施の形態2では、ある中継端末において、経路候補が分岐し、帯域減少通知によって選択経路が変更される場合について説明する。

【0096】

図17は、本発明の実施の形態2に係る中継端末で経路候補が分岐している場合のネットワーク図である。図17において、経路候補1は、送信端末A101 中継端末E105 中継端末C103 受信端末D104である。経路候補2は、送信端末A101 中継端末E105 中継端末F106 受信端末D104である。経路候補3は、送信端末A101 中継端末G107 中継端末H108 受信端末D104である。これらの3つの経路候補1~3が設定されているものとする。ここで、各リンクの情報を式(1)に当てはめると、各経路の帯域は、それぞれ経路候補1が33Mbpsとなり、経路候補2が13Mbpsとなり、経路候補3が20Mbpsとなる。そのため、送信端末A101は、経路候補1を最終宛先である受信端末D104に対する経路として選択している。このネットワークでは、経路が中継端末E105で経路候補1と経路候補2とに分岐している。中継端末E105のような1つの最終宛先端末に対して、2つ以上の中継先アドレスを持つ端末を経路分岐端末と呼ぶ。

【0097】

ルートエスティメーションリクエストは、このような経路分岐端末において中継先ごとに送信されるものとする。即ち、送信端末A101から中継端末E105へのルートエスティメーションリクエストは、経路候補1及び経路候補2について1つだけ送信される。また、中継端末E105から送信されるルートエスティメーションリクエストは、経路候補1及び経路候補2の各々について1つずつ送信される。

【0098】

すなわち、図17に示す例では、送信端末A101からは、経路候補1及び経路候補2に対するルートエスティメーションリクエストが、1つ中継端末E105に送信される。一方、送信端末A101からは、経路候補3に対するルートエスティメーションリクエストが中継端末G107に送信される。中継端末E105は、送信端末A101からのルートエスティメーションリクエストを受信すると、中継端末C103に経路候補1に対するルートエスティメーションリクエストを送信し、中継端末G107に経路候補2に対するルートエスティメーションリクエストを送信する。

【0099】

最終宛先である受信端末D104には、経路候補1~3の全てのルートエスティメーションリクエストが届くため、経路候補分のルートエスティメーションリプライを返信する。このような動作を行うことにより、ルートエスティメーションリクエストの帯域消費を削減することが可能となる。PLCのような家電の電源ON/OFFに帯域が左右されるようなネットワークにおいては、影響を受けやすいリンク(例えば、テレビやPCの近く)と、影響を受けにくいリンク(例えば、寝室の近く)が決まっているため、ある特定のリンクは多くの経路候補が重なって使用する可能性が高い。そのため、このような帯域削減方式が有効であると考えられる。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 0 】

このように、中継端末 E 1 0 5 は、経路候補 1 と経路候補 2 との経路の分岐点に位置する場合には、分岐点を經由する経路候補 1 と経路候補 2 との中から最も帯域の広い経路を選択して切替える。これにより、送信元である送信端末 A 1 0 1 まで、データパケットの通信に用いている帯域が所定値以下になった旨の通知（以下、帯域減少通知と呼ぶ）をする処理を省くことができる。そのため、システム全体としての処理を簡素化できる。

【 0 1 0 1 】

図 1 8 A は、帯域減少通知のパケットフォーマットを表した図である。図 1 8 B は、実際に送信される帯域減少通知パケットの一具体例を示した図である。帯域減少通知パケットとは、通信中の経路に極端な帯域の減少が発生した場合に、次の経路推定を待たずに、経路の変更を指示するためのパケットである。経路の変更は、経路分岐端末（この例では、中継端末 E 1 0 5）で行われてもよいし、送信元端末（この例では、送信端末 A 1 0 1）で行われてもよい。帯域減少通知パケットは、例えば、各通信端末の隣接リンクの帯域が所定の閾値 $X \text{ Mbps}$ を下回った場合に、隣接する通信端末に送信される。あるいは、帯域減少通知パケットは、各通信端末の隣接リンクの帯域が経路推定時の $Y\%$ 以下になった場合に隣接する通信端末に送信されてもよい。また、帯域減少通知パケットは、各通信端末の隣接リンクの帯域が、当初の帯域よりも $Z \text{ Mbps}$ 以上低下した場合に隣接する端末に送信されてもよい。

【 0 1 0 2 】

図 1 8 A 及び図 1 8 B を参照して、帯域減少通知パケットのヘッダは、通常のパケットと同じであり、ペイロード部には帯域減少情報 1 8 0 1 が格納される。帯域減少情報 1 8 0 1 は、中継端末のアドレスと、その端末間の帯域情報とから構成される。例えば、中継端末 C 1 0 3 - 受信端末 D 1 0 4 間のリンクが 5 Mbps になった場合には、中継端末 C 1 0 3 及び受信端末 D 1 0 4 のアドレスと、中継端末 C 1 0 3 及び受信端末 D 1 0 4 間のリンクの帯域情報である「5」とが格納されることになる（図 1 8 B）。各通信端末は、パケット受信部 4 0 1 を介して、帯域減少通知パケットを受信すると、その情報を経路選択部 4 0 2 に通知し、経路選択部 4 0 2 で経路の選択を更新することになる。

【 0 1 0 3 】

図 1 9 は、図 1 7 に示すネットワーク図に置いて、中継端末 C 1 0 3 が帯域減少通知 2 0 0 1 を送信する場合の状態遷移図である。図 1 9 では、中継端末 C 1 0 3 が、中継端末 C 1 0 3 - 受信端末 D 1 0 4 間のリンク帯域が 5 Mbps になり、閾値である 10 Mbps を下回ったため帯域減少通知 2 0 0 1 を中継端末 E 1 0 6 に送信する場合を表している。

【 0 1 0 4 】

図 2 0 は、図 1 7 に示すネットワーク図に置いて、中継端末 E 1 0 5 が帯域減少通知 2 0 0 1 を受信した場合の状態遷移図である。ここで、中継端末 E 1 0 5 は、経路分岐端末である。図 2 0 では、帯域減少通知 2 0 0 1 を受信した経路分岐端末 E 1 0 5 が、経路推定を行った場合を表している。中継端末 E 1 0 5 から受信端末 D 1 0 4 までの経路候補 1 の経路の帯域が 4.8 Mbps となる。一方、中継端末 E 1 0 5 から受信端末 D 1 0 4 までの経路候補 2 の経路の帯域が 40 Mbps となる。このことから、中継端末 E 1 0 5 は、帯域が広い経路候補 2 を選択する。なお、経路分岐端末である中継端末 E 1 0 5 は、自身の分岐経路の中から経路選択を行った場合には、帯域減少通知を送信端末 A 1 0 1 まで中継しなくともよい。

【 0 1 0 5 】

図 2 1 は、図 1 9 及び図 2 0 で表した状態における経路選択図である。図 2 1 において、現在選択された経路 1 の帯域が閾値を下回った場合に、その下回ったタイミング（ T_a ）にて、定期的（ T_1 、 T_2 、 T_3 のタイミング）に行われる経路推定とは別に経路推定が行われ、経路の切り替えが行われていることがわかる。上記の例では、中継端末 E 1 0 5 は、帯域減少通知を受信して、経路候補 1 から経路候補 2 に経路を切り替える。これによって、極端に帯域が低下した場合の一時的な劣化を回避することが可能となる。

【 0 1 0 6 】

このように、各通信端末は、隣接する通信端末間での帯域が所定値以下になった場合に、その旨を送信端末に向けて通知する。これにより、送信端末や経路分岐端末は、データパケットの通信に用いている選択経路の帯域が所定の閾値以下になったことを瞬時に判断できる。そのため、送信端末や経路分岐端末は、データパケットの通信に用いている選択経路の帯域が所定の閾値以下になった場合に、選択された経路候補の中から次に帯域が広い経路に切替えることができる。その結果、通信の中断を無くすることができる。

【 0 1 0 7 】

図 2 2 は、図 1 7 に示すネットワーク図に置いて、中継端末 C 1 0 3 が、中継端末 C 1 0 3 及び受信端末 D 1 0 4 間の帯域が減少したことを受けて、帯域減少通知 2 0 0 1 を中継端末 E 1 0 5 に送信し、さらに中継端末 E 1 0 5 が帯域減少通知 2 0 0 1 を送信端末 A 1 0 1 に送信する場合の状態遷移図である。図 2 2 において、図 2 0 のように経路分岐端末である中継端末 E 1 0 5 が経路推定を行った場合と異なって、送信端末 A 1 0 1 において経路推定を行った場合でも、各経路の帯域は経路候補 1 が 4 . 5 M b p s となり、経路候補 2 が 2 8 . 5 M b p s となり、経路候補 3 が 2 0 M b p s となる。このため、送信端末 A 1 0 1 により、最も帯域が広い経路候補 2 が選択される。この場合の経路選択図としては図 2 1 と同様となる。

10

【 0 1 0 8 】

図 2 3 は、送信端末 A 1 0 1 まで帯域減少通知 2 0 0 1 を中継した場合に、送信端末 A 1 0 1 において、帯域推定を行わずに経路選択を行った場合の状態遷移図である。図 2 3 において、送信端末 A 1 0 1 は、帯域推定を行わずに前回の経路探索・推定の時に取得した経路のうち、例えば 2 番目に帯域が良かった経路候補 3 を選択する。データ通信には、なるべく広い帯域で行う方がよい通信（例えば、ファイル転送）と、ある程度の広さの帯域でよいので一瞬であっても通信停止して欲しくない通信（例えば、動画）がある。経路推定を行った場合、ルートエスティメーションパケットが送信されてからルートエスティメーションパケットが返信されるまでの時間の間に、帯域減少通知 2 0 0 1 が送られてきた経路（経路候補 1）を使い続けると一瞬ではあるが経路悪化が発生する。それが許されない通信の場合は（例えば、動画の場合）、2 番目に良い経路を経路推定することなく選択してもよい。これにより、通信の中断を回避できる。

20

【 0 1 0 9 】

なお、送信端末 A 1 0 1 は、ルートエスティメーションパケットを送信し、ルートルイブライパケットが返信されるまでの間のみ、2 番目に良い経路を使用してもよい。フラグディングにより送信されるルートルイクエストと異なり、ルートエスティメーションリクエストはユニキャストパケットであるため、優先度の調整をすれば動画パケットの障害とはならない。

30

【 0 1 1 0 】

図 2 4 は、図 2 3 において経路推定を行わなかった場合の経路選択図である。図 2 4 において、符号 2 4 0 1 にて示すように、経路推定が行われなかった場合でも、最も経路状態の良い経路を選択できない期間が一時的にあるものの、経路推定を行うことによりすぐに最も経路状態の良い経路を選択できていることがわかる。このことより、経路推定期間を調整すれば、帯域減少通知に対して経路推定を行わなかったとしても十分に対応可能であると考えられる。

40

【 0 1 1 1 】

これによると、送信端末及び経路分岐端末は、現在の経路推定の期間内に経路候補の中から次に帯域が広い経路に切替えた場合であっても、次の経路推定の際に最も帯域が広い経路に切替えて通信を継続する。これにより、2 番目に帯域が広い経路を使用する期間を経路推定の期間より短くできるので、通信の中断を無くしつつ、通信品質を高く維持できる。

【 0 1 1 2 】

図 2 5 は、実施の態様 2 における中継端末の処理を表すフローチャートである。図 2 5

50

を参照して、まず、各中継端末は、受信したパケットがルートリクエストかどうかを判断する（ステップS 2 5 0 1）。ルートリクエストだった場合には、中継端末アドレス（自端末のアドレス）と、隣接通信端末間のリンク情報とを、受信したルートリクエストに追記して（ステップS 2 5 0 2）、次の通信端末に中継送信する（ステップS 2 5 0 3）。一方、各中継端末は、ルートリクエストでなかった場合には、受信したパケットがルートリプライかどうかを判断する（ステップS 2 5 0 4）。ルートリプライだった場合には、ルートリプライに入っている情報から経路（経路番号）と、経路情報（リンク情報等）とを設定し（ステップS 2 5 0 5）、次の端末に中継送信する。

【 0 1 1 3 】

次に、各中継端末は、受信したパケットがルートリプライでなかった場合、ルートエスティメーションリクエストかどうかを判断する（ステップS 2 5 0 6）。受信したパケットがルートエスティメーションリクエストであった場合には、受信したパケットにリンク情報の追記を行う。さらに、中継端末が経路分岐端末であった場合（ステップS 2 5 0 8）には、各経路に対して、経路推定処理（ステップS 1 5 0 4）を実施する。例えば、図 1 7 の例では、経路分岐端末である中継端末 E 1 0 5 が、送信端末 A 1 0 1 からルートエスティメーションリクエストを受信すると、中継端末 E 1 0 5 は、経路候補 1 及び経路候補 2 の各々について 1 つずつルートエスティメーションリクエストを送信して、経路候補 1 及び経路候補 2 の各々について経路推定を行う。図 1 7 に示すように、中継端末 E 1 0 5 が経路候補 1 と経路候補 2 との経路の分岐点に位置する場合には、中継端末 E 1 0 5 が、分岐点を経由する経路候補 1 と経路候補 2 との中から最も帯域の広い経路を選択して切替えることができる。これにより、システム全体としての処理を簡素化できる。

【 0 1 1 4 】

一方、各中継端末は、受信したパケットがルートエスティメーションリクエストでなかった場合には、ルートエスティメーションリプライかどうかを判断する（ステップS 2 5 0 9）。ルートエスティメーションリプライだった場合には、各中継端末は、自端末の持っているリンク情報の更新を行う（ステップS 2 5 1 0）。

【 0 1 1 5 】

次に、各中継端末は、受信したパケットがルートエスティメーションリプライでなかった場合、帯域減少通知かどうかを判断する（ステップS 2 5 1 1）。受信したパケットが帯域減少通知であった場合には、自端末が経路分岐端末でなければ（ステップS 2 5 1 2）、受信した帯域減少通知を送信端末側へ中継送信する。一方、中継端末が経路分岐端末であった場合には、自端末の保持している他経路の状態が良ければ（ステップS 2 5 1 3：Yes）、経路を切り替えて帯域減少通知を破棄する（ステップS 2 5 1 4）。一方、他経路の状態が悪ければ（ステップS 2 5 1 3：No）、受信した帯域減少通知を送信側端末へ中継送信する。このように、図 2 3 及び図 2 4 に示すように、中継端末 E 1 0 5 が 2 番目に帯域の広い経路候補 2 を選択して切替えれば、送信端末 A 1 0 1 にデータパケットの通信に用いている帯域が所定の閾値以下になった旨の通知をする処理を省くことができるので、システム全体としての処理を簡素化できる。

【 0 1 1 6 】

各中継端末は、受信したパケットが上述した以外のパケットであった場合には、受信したパケットを中継すべきデータパケットであるとし、最終宛先に対する経路を自端末が持っているかどうかを判断する（ステップS 2 5 1 5）。自端末が最終宛先に対する経路を持っている場合には、受信したパケットの中継送信を行う。一方、自端末が最終宛先に対する経路を持っていない場合には、受信したパケットの破棄を行い、ルートエラーパケットを送信端末 A 1 0 1 に送って（ステップS 2 5 1 6）、経路探索を開始させる。

【 0 1 1 7 】

以上のように、本実施の態様によると、中継端末 E 1 0 5 が経路候補 1 と経路候補 2 との経路の分岐点に位置する場合には、中継端末 E 1 0 5 が分岐点を経由する経路候補 1 と経路候補 2 との中から最も帯域の広い経路を選択して切替える。これにより、中継端末 E 1 0 5 は、送信端末 A 1 0 1 までデータパケットの通信に用いている帯域が所定値以下に

10

20

30

40

50

なった旨の通知をする処理を省くことができる。そのため、システム全体としての処理を簡素化できる。

【0118】

また、中継端末C103は、中継端末C103 - 受信端末D104間の帯域が所定値以下になった場合に帯域減少通知を中継端末E105に送信する。これにより、中継端末E105は、データパケットの通信に用いている選択経路の帯域が所定の閾値以下になったことを瞬時に判断できる。そのため、中継端末E105は、データパケットの通信に用いている選択経路の帯域が所定の閾値以下になった場合に、選択された経路候補の中から2番目に帯域が広い経路に切替えることができる。その結果、通信の中断を無くすことができる。

10

【0119】

さらに、現在の経路推定の期間内に経路候補の中から2番目に帯域が広い経路に切替えた場合であっても、次の経路推定の際に最も帯域が広い経路に切替えて通信を継続する。これにより、2番目に帯域が広い経路を使用する期間を経路推定の期間より短くできるので、通信の中断を無くしつつ、通信品質を高く維持できる。

【0120】

(実施の形態3)

次に、実施の形態3について説明する。実施の形態3では、各経路に対して非同期に経路推定を行う場合について説明する。帯域減少通知を送られた直後には、経路の帯域推定を行うことはほとんどの場合で意味が無い。本実施の形態では、このような状況で送信端末が経路推定を行うタイミングを変更する方式について述べる。

20

【0121】

図26から図28は、図8の状態から中継端末C103 - 受信端末D104間のリンク帯域が減少し、中継端末C103が、送信端末A101に向けて帯域減少通知を送信している場合の状態遷移図である。図26は、帯域減少通知が中継端末C103から送信端末A101に送信された時刻T4の状態を示している。図27は、送信端末A101が帯域減少通知を受信した後、経路候補3について経路推定を行った時刻T5の状態を示している。図28は、送信端末A101が時刻T5の次に経路候補3について経路推定を行った時刻T6の状態を示している。

【0122】

図26において、経路の帯域は、経路候補1が4.5Mbpsとなり、経路候補2が26.7Mbpsとなり、経路候補3が20Mbpsとなる。送信端末A101は、中継端末C103から中継端末B102を介して帯域減少通知を受信する。これにより、送信端末A101は、中継端末C103 - 受信端末D104間でのリンク帯域の減少を認識する。このタイミングT4にて、送信端末A101は、全経路に対して経路探索を開始する。その結果、最適な経路として経路候補2を取得し、経路を経路候補1から経路候補2に切替える。

30

【0123】

図27において、送信端末A101が帯域減少通知を受信した後であって、経路候補3についての次の経路推定のタイミングである時刻T5では、送信端末A101は、経路候補2による送信を行っている。さらに、図28において、経路候補3の経路推定を行う時刻T6にて、経路候補3の帯域が増加したことが判明すると、送信端末A101は、経路候補3を選択する。なお、送信端末A101は、選択されている経路中にあるリンクの増減はデータ送信によって判明するため、選択している経路に対する経路推定は必ずしも行わなくともよい。その場合、帯域の増加を示す帯域増加通知を送ってもよい。

40

【0124】

図29は、図26から図28の状態遷移中の経路選択図である。図29において、現在経路候補1が経路として選択されているとする。この際、経路候補1について経路推定は停止されている。この状態で、送信端末A101が選択経路である経路候補1について帯域減少通知を受けたときに(時刻T4)、送信端末A101は全経路の経路探索を行う。

50

時刻 T 4 での経路探索によって、送信端末 A 1 0 1 は、最適な経路として経路候補 2 を取得し、選択経路を経路候補 1 から経路候補 2 に更新する。その後、送信端末 A 1 0 1 は、経路候補 2 についての経路推定を停止する。

【 0 1 2 5 】

送信端末 A 1 0 1 は、経路候補 1 について経路として選択しなくなったときから、経路候補 3 について経路推定を行うタイミングとは非同期に、経路候補 1 について定期的な経路推定を開始する。但し、各経路候補について経路推定を行う各タイミングの間隔は一定とする。その後、経路候補 3 の経路推定のタイミングである T 6 が到来し、送信端末 A 1 0 1 が経路候補 3 について経路推定を行う。その結果、経路候補 3 の帯域が増加したことが判明すると、送信端末 A 1 0 1 は経路候補 3 を選択する。なお、経路候補 3 も経路候補 1 と同様に帯域減少通知を受けた時に定期的な経路推定のタイマ値をリセットしてもよい。

10

【 0 1 2 6 】

これによると、送信端末 A 1 0 1 は、現在データパケットの通信に用いている経路候補 2 以外の経路候補 3 について経路推定の時刻 T 6 が経過したときに最も帯域が広い経路候補 3 の経路に切替える。これにより、各経路について所定期間が経過したときに、そのタイミングで最も帯域が広い経路を選択する。そのため、最も帯域が広い経路で通信を行うので、最も帯域が広い状態での通信時間を長くできる。その結果、通信全体を通じて最も帯域が広い経路を最大限活用できる。

【 0 1 2 7 】

(実施の形態 4)

次に、実施の形態 4 について説明する。実施の形態 4 では、実施の形態 3 と異なり経路推定の間隔が一定ではなく可変となっている場合について説明する。

20

【 0 1 2 8 】

図 3 0 は、経路推定を行う時間間隔が変動する場合の経路選択図である。P L C のような家電の電源 O N / O F F に帯域が左右されるネットワークにおいては、帯域変動の多いリンクと少ないリンクとが決まっている。経路推定のパケット量を抑えるためには、変動の多いリンクに対しては頻りに経路推定し、変動の少ないリンクに対しては時間間隔を広げて経路推定することが好ましい。そこで、帯域減少通知によって、各経路の経路推定のタイミングを変更し、制御パケットによる帯域消費を抑えながら良い帯域の経路を選択している。具体的には、ルートエスティメーションリクエストを送信し、ルートエスティメーションリプライが返信された場合には、次のルートエスティメーションリクエストまでのタイマを 2 倍に延ばす。一方、帯域減少通知を受信した場合、又は、前回の経路推定と経路推定結果が大きく変動している場合に、タイマの値を所定の最小値（初期値）に設定する。

30

【 0 1 2 9 】

図 3 0 において、経路候補 1 については、経路推定を行った結果、経路候補 1 の帯域が所定の閾値以下になると、経路推定を行う間隔が所定の最小値に設定される。この場合、経路候補 1 において帯域が所定の閾値以下になった場合、その経路については帯域の増減が不安定であると推定できる。そこで、経路候補 1 を帯域の増減が大きい経路と仮定して経路推定を行う間隔を、所定の最小値に設定する。これにより、経路候補 1 の帯域の増減を小まめに把握できるので、帯域の変動が大きい可能性のある経路をいち早く発見できる。その結果、例えば、動画のような連続したデータを送信する場合には、帯域の変動が大きい可能性のある経路を経路の選択肢から外して、通信の安定を図ることができる。

40

【 0 1 3 0 】

また、図 3 0 において、経路候補 1 について、経路推定の間隔を、所定の最小値に設定した次の経路推定においても経路の帯域が所定値以下である。この場合、経路候補 1 についての経路推定の間隔を、再度所定の最小値に設定する。これによると、所定の最小値に設定した後の経路推定においても、経路の帯域が所定値以下である場合、帯域の変動が大きい可能性があるだけでなく、実際に帯域の変動が大きい経路であると判断できる。こ

50

のように、経路推定の間隔を可変にするだけで、帯域の変動が大きい不安定な経路を発見する処理が容易となる。

【0131】

さらに、図30において、経路候補1について、一旦帯域が所定の閾値以下になった帯域が、所定の閾値を超えて回復している。この場合、経路候補1についての経路推定の間隔を、段階的に所定間隔に戻している。これによると、経路推定の所定間隔を一旦所定の最小値に設定した場合でも、次以降の経路推定において経路の帯域が所定値以下にならなかった場合には、例えば掃除機のスイッチをオンした場合のように一時的な原因に起因する場合には、経路は帯域の変動の少ない経路と判断して徐々に所定間隔に戻す。これにより、経路推定の間隔を可変にするだけで、その経路が帯域の増減が大きい経路不安定な経路か否かを判断できるので、経路の安定性を判断する処理を容易化できる。

10

【0132】

一方、図30において、経路候補3については、ルートエスティメーションリクエストに対して、ルートエスティメーションリプライが返信されているので、次のルートエスティメーションリクエストまでのタイマを2倍に延ばしている。なお、本実施の形態では2倍としたが、これに限られるものではない。

【0133】

このように、本実施の態様によると、経路の変動特性を考慮した経路推定が可能となる。

【0134】

20

図31は、経路推定のタイマを調整する場合のフローチャートを示している。図17で行っている経路推定の処理に加えて、ルートエスティメーションリプライパケットを受信するとタイマ値を2倍にする処理(ステップS3201)、及び、帯域減少通知を受信すると(ステップS3202)、タイマ値を初期値(所定の最小値)に戻す処理(ステップS3203)が追加される。

【0135】

(実施の形態5)

次に、実施の形態5について説明する。実施の形態5では、1つの最終宛先端末に対して、送信端末が複数存在する場合について説明する。1つの最終宛先端末に対して複数の送信端末が存在する場合には、複数の送信端末の経路を合わせてみると経路分岐端末となる端末が存在する。この経路分岐端末においては、各通信端末が要求している経路本数に対してルートリプライを返信すればよい。すなわち、ルートリプライを複数送信する必要はなく、より状態の良い経路のみを送信すればよい。

30

【0136】

図32は、送信端末A101から最終宛先である受信端末D104に向けてデータ送信中に、送信端末I3201から受信端末D104に向けたデータ送信が開始された場合のネットワーク図である。図32において、送信端末A101は、図8と同様の経路を3つ取得済みであるものとする。送信端末A101とは別の送信端末である送信端末I3201は、1つの経路を要求し、送信端末I3201 中継端末G107 中継端末F106 受信端末D104の経路(経路候補4)を取得したものとする。リンクの帯域情報は、図32に示す通りである。この場合、中継端末G107では、最終宛先である受信端末D104に対する経路として経路候補3(送信端末A101 中継端末G107 中継端末H108 受信端末D104)と、経路候補4との2つ経路候補を持つことになる。したがって、図32に示す例では、中継端末G107が、経路分岐端末となる。

40

【0137】

しかし、中継端末G107は、図17で説明した経路分岐端末と異なり、リンクの帯域情報を各送信端末(送信端末A101及び送信端末I3201)に1つずつ返せばよい。そこで、中継端末G107は、各送信端末には、保持している経路のうち、より良い状態の経路情報を返信するものとする。具体的には、図32では、経路候補4(中継端末G107 中継端末F106 受信端末D104)の方が、経路候補3(中継端末G107

50

中継端末 H 1 0 8 受信端末 D 1 0 4) に比べて状態が良い。そのため、中継端末 G 1 0 7 は、経路候補 3 のルートプライを経路候補 4 の一部で変更して、送信端末 A 1 0 1 中継端末 G 1 0 7 中継端末 F 1 0 6 受信端末 D 1 0 4 として、送信端末 A 1 0 1 返信する。

【 0 1 3 8 】

図 3 3 A , B は、中継端末 G 1 0 7 で送受信されるルートプライパケットを示す図である。図 3 3 A において、中継端末 G 1 0 7 が中継端末 H 1 0 8 から受信したルートプライは、経路候補 3 として、送信端末 A 1 0 1 中継端末 G 1 0 7 中継端末 H 1 0 8 受信端末 D 1 0 4 を示している。それに対して、図 3 3 B を参照して、中継端末 G 1 0 7 が送信端末 A 1 0 1 に送信するルートプライは、経路候補 3 を送信端末 A 1 0 1 中継 10
 端末 G 1 0 7 中継端末 F 1 0 6 受信端末 D 1 0 4 に変更している。それに伴い、中継端末 G 1 0 7 - 中継端末 H 1 0 8 間のリンク帯域 (3 3 0 1) が 6 0 M b p s に、中継端末 H 1 0 8 のアドレス (3 3 0 2) が H に、及び中継端末 H 1 0 8 - 受信端末 D 1 0 4 間のリンク帯域 (3 3 0 3) が 6 0 M b p s に、中継端末 G 1 0 7 - 中継端末 F 1 0 6 間のリンク帯域 (3 3 1 1) が 1 0 0 M b p s に、中継端末 F 1 0 6 のアドレス (3 3 1 2) が F に、及び中継端末 F 1 0 6 - 受信端末 D 1 0 4 間のリンク帯域 (3 3 1 3) が 8 0 M b p s に、各々変更されている。

【 0 1 3 9 】

図 3 4 は、図 3 3 に対応する経路選択図である。図 3 4 において、送信端末 I 3 2 0 1 から経路探索が行われた場合に、経路候補 4 が作成されている。そして、経路候補 4 が作成された次の経路推定の時に、経路候補 4 が送信端末 A 1 0 1 から受信端末 D 1 0 4 までの通信に用いられる経路として選択されていることがわかる。これにより、より良い経路を選択する確率が向上していることがわかる。 20

【 0 1 4 0 】

以上のように、本態様によれば、送信端末 A 1 0 1 は、経路候補 1 から 3 の中の一つの経路である経路候補 3 を構成する中継端末 G 1 0 7 から、中継端末 G 1 0 7 と経路候補 3 をそれまで構成していなかった中継端末 F 1 0 6 との間に新たな経路が作成されて送信端末 A 1 0 1 に至る経路候補 4 が増加した旨の通知を受信する。送信端末 A 1 0 1 は、増加した経路候補 4 の帯域が経路候補 3 の帯域より広い場合は、経路候補 3 を経路候補 4 に置き換える。これにより、通信後に生じた経路の変化も考慮して最も帯域が広い経路を選択 30
 できる。そのため、予め選択した所定数の経路である経路候補 1 から 3 を維持しながら、経路探索パケットを再度ブロードキャストすることなく経路候補 4 を得て、帯域が所定の閾値以下になりにくい経路に更新できる。ここで、中継端末 G 1 0 7 と中継端末 F 1 0 6 との間に新たな経路候補 4 が作成される場合は、送信端末 A 1 0 1 と同一送信先である受信端末 D 1 0 4 に対して、別の送信端末である送信端末 I 3 2 0 1 が中継端末 G 1 0 7 、及び中継端末 F 1 0 6 を介した経路を作成した場合である。

【 0 1 4 1 】

さらに、中継端末 G 1 0 7 と中継端末 F 1 0 6 との間の帯域が所定の閾値以下になった場合には、中継端末 G 1 0 7 は送信端末 A 1 0 1 にその旨を通知してもよい。この場合、送信端末 A 1 0 1 は、置き換えた経路候補 4 を元の経路候補 3 に戻すこともできる。これ 40
 によると、経路候補 4 の帯域の減少後も予め選択した経路の数を維持できるので、切替えるバックアップとしての経路の数を確保して、通信の中断の発生を予防できる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 4 2 】

本発明によれば、電力線を用いたアドホックネットワーク等において、制御パケットの送信に消費される帯域を低く抑えたままで、最も状態の良い経路を確保できる通信端末及び通信方法等を提供できる。

【 符号の説明 】

【 0 1 4 3 】

1 0 1 ~ 1 0 8 、 3 2 0 1 通信端末

10

20

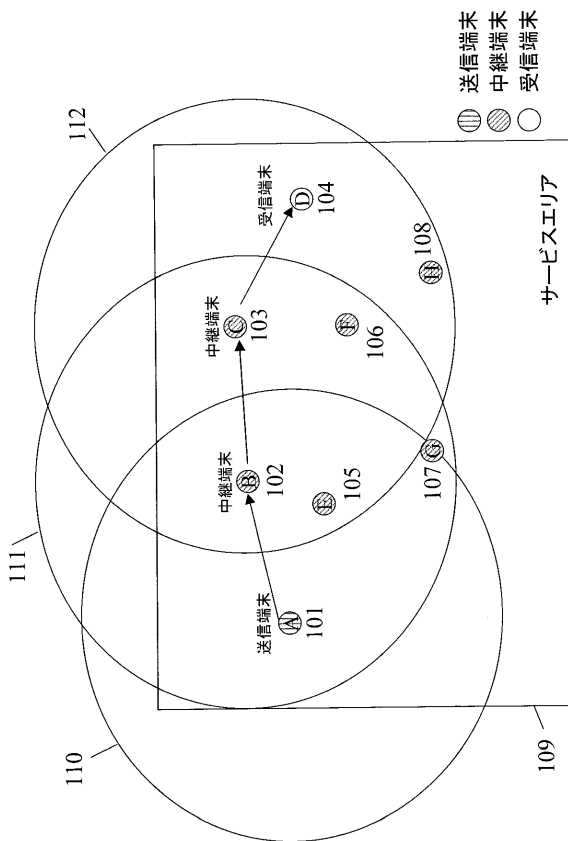
30

40

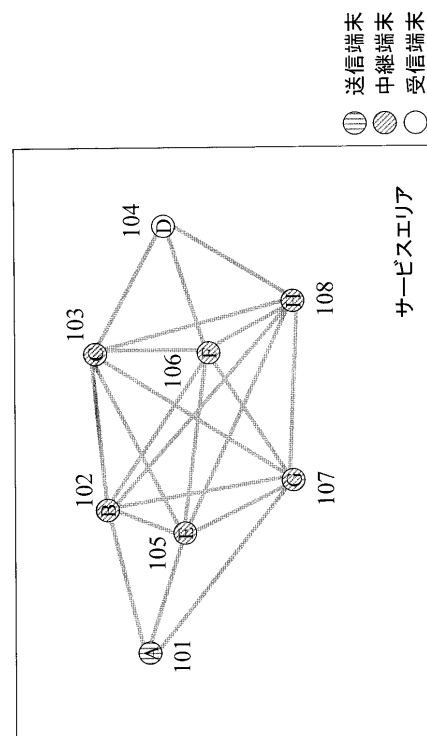
50

- 1 0 9 アドホックネットワークのサービスエリア
- 1 1 0 ~ 1 1 2 カバーエリア
- 3 0 1 メモリ
- 3 0 2 C P U
- 3 0 3 ネットワークインターフェース
- 4 0 1 パケット受信部
- 4 0 2 経路選択部
- 4 0 3 経路探索・推定スケジューラ
- 4 0 4 経路候補保持部
- 4 0 6 経路探索部
- 4 0 7 経路推定部
- 4 0 8 経路比較部
- 4 0 9 パケット送信部

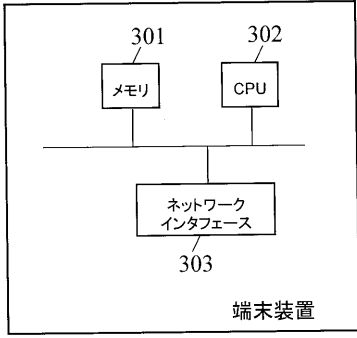
【 図 1 】



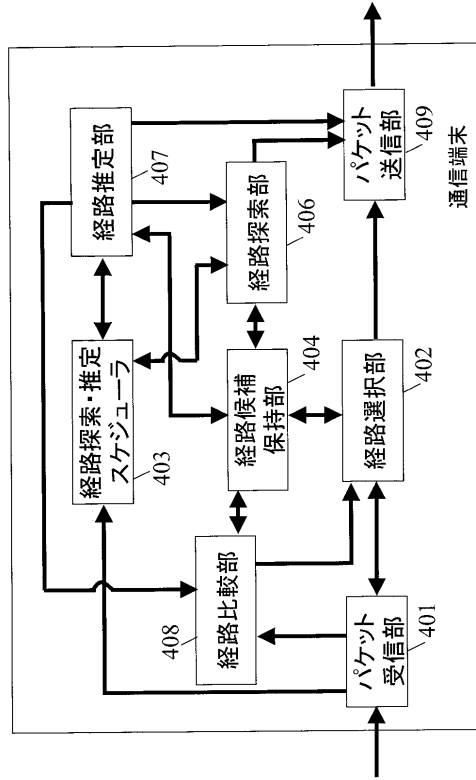
【 図 2 】



【図3】



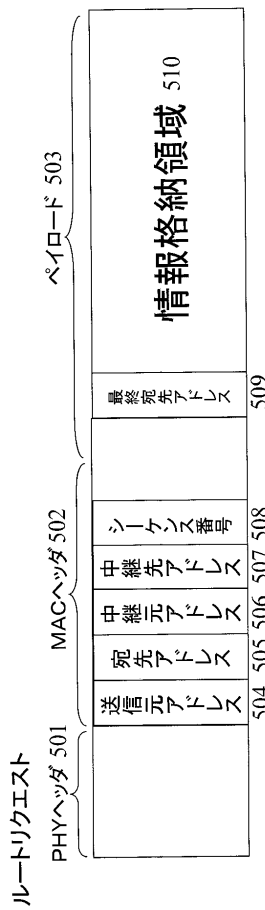
【図4A】



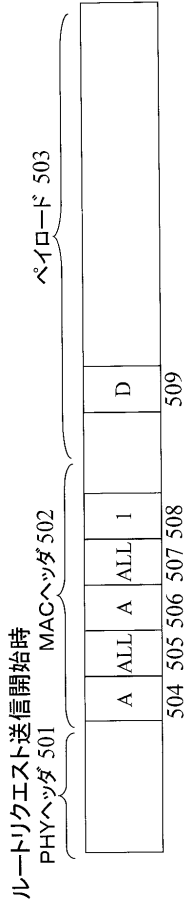
【図4B】

最終宛先	次宛先	帯域情報	遅延情報	優先度(帯域)	優先度(遅延)	オプション
D	B	100	2	1	2	有効
D	E	50	1	2	1	
J	K	60	3	1	1	無効
J	L	40	5	2	2	

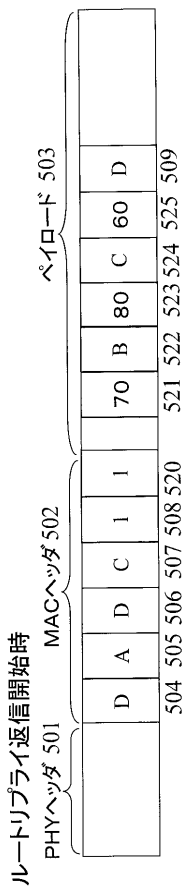
【図5A】



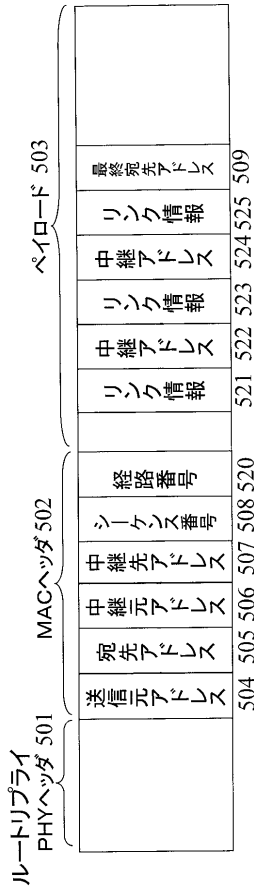
【図 5 B】



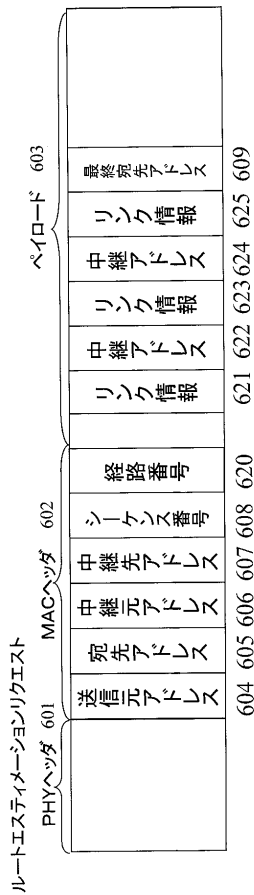
【図 5 D】



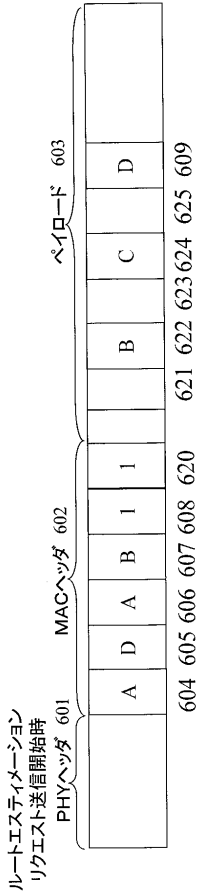
【図 5 C】



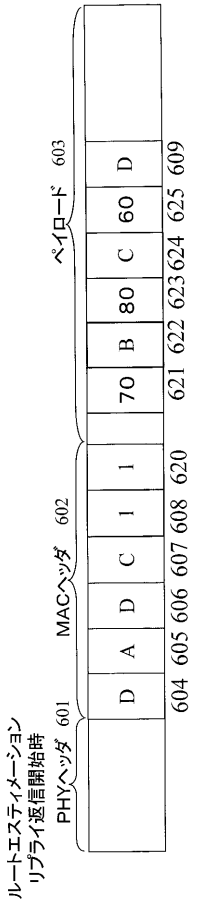
【図 6 A】



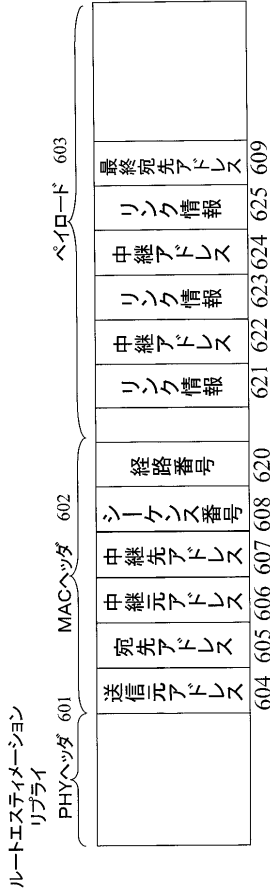
【図 6 B】



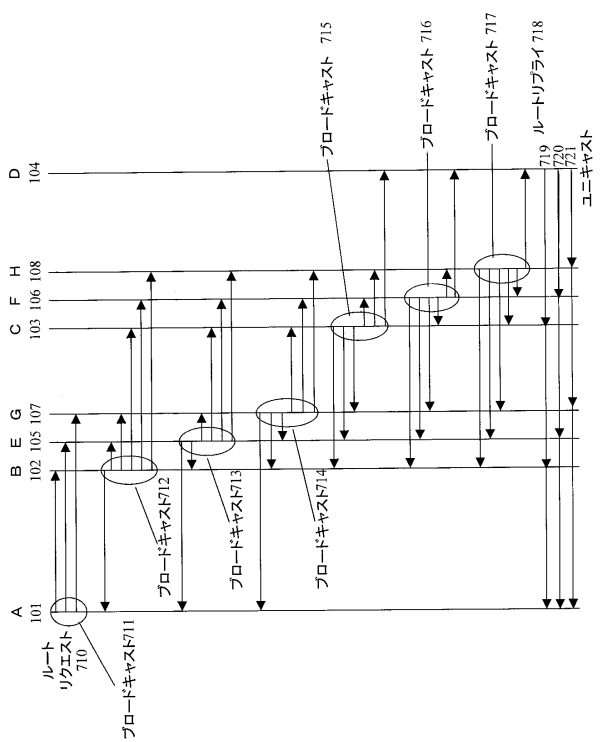
【図 6 D】



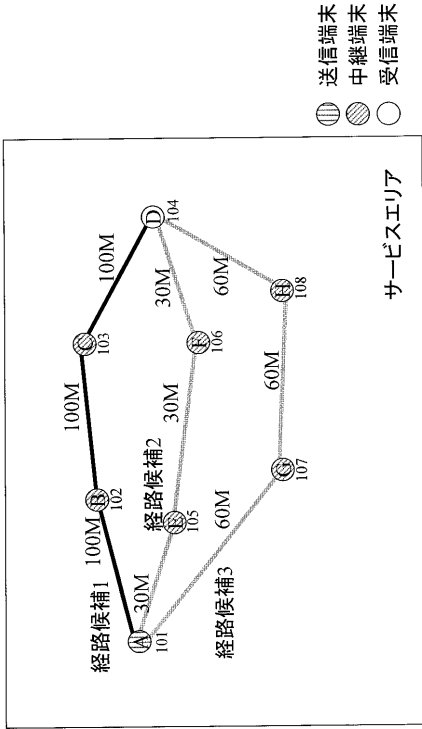
【図 6 C】



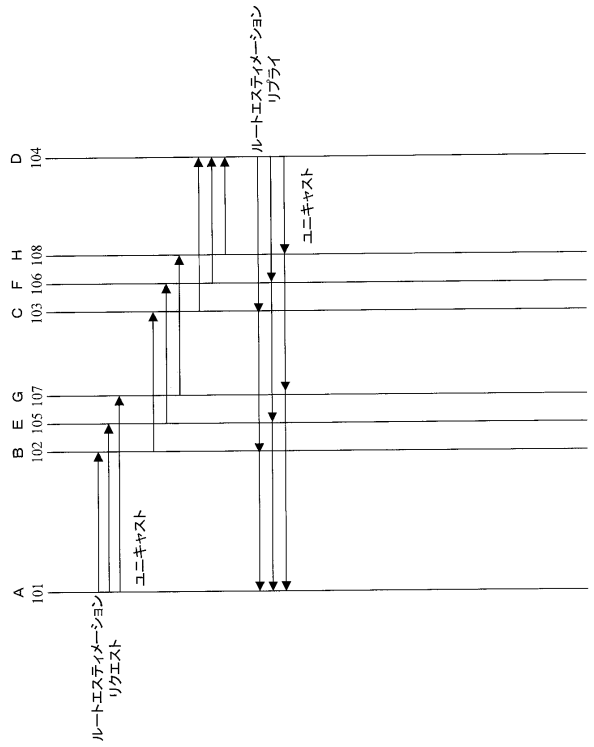
【図 7】



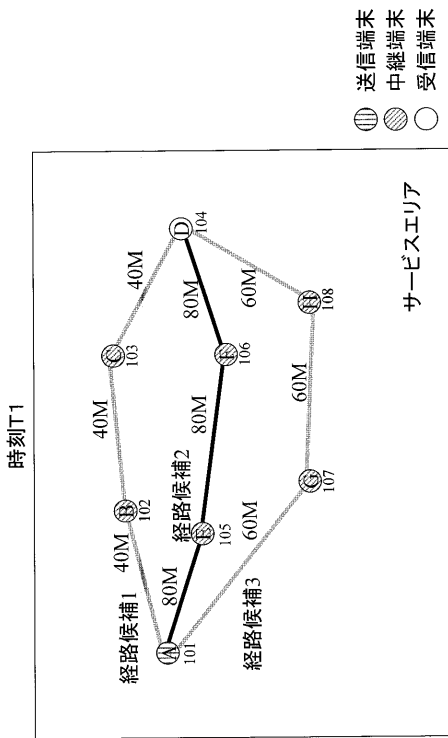
【 図 8 】



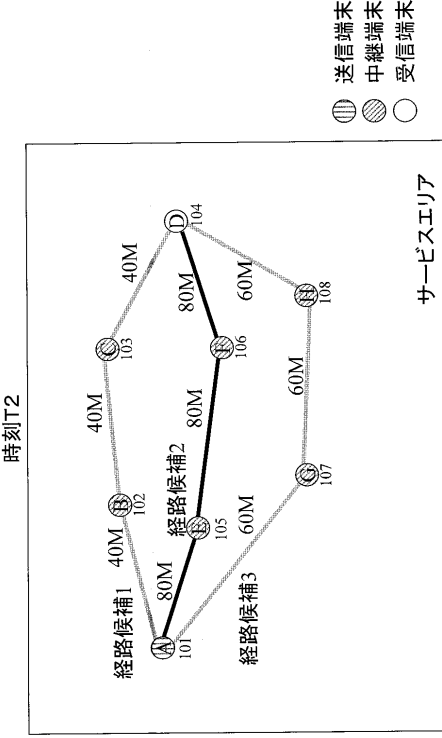
【 図 9 】



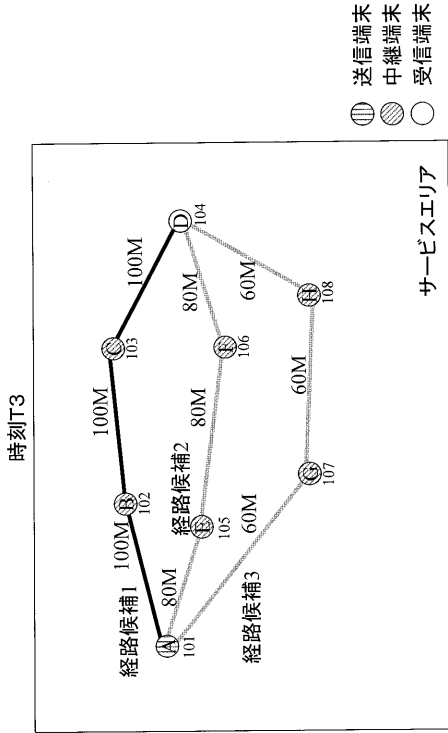
【 図 10 】



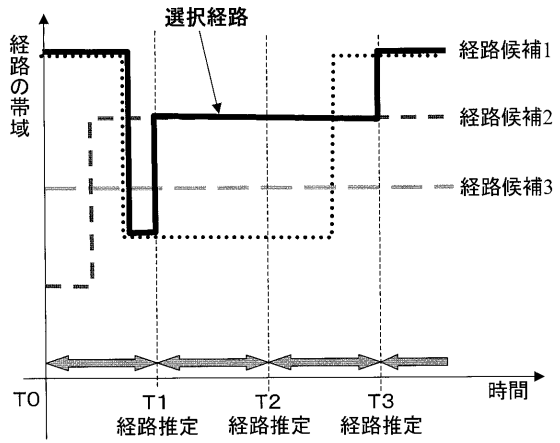
【 図 11 】



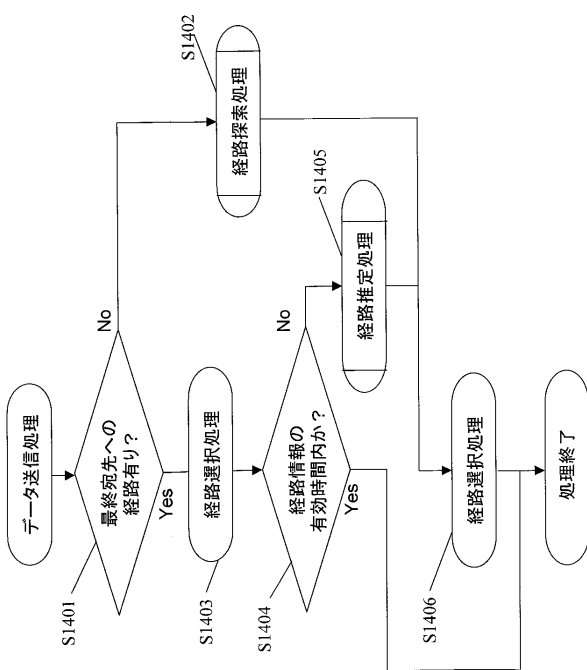
【図12】



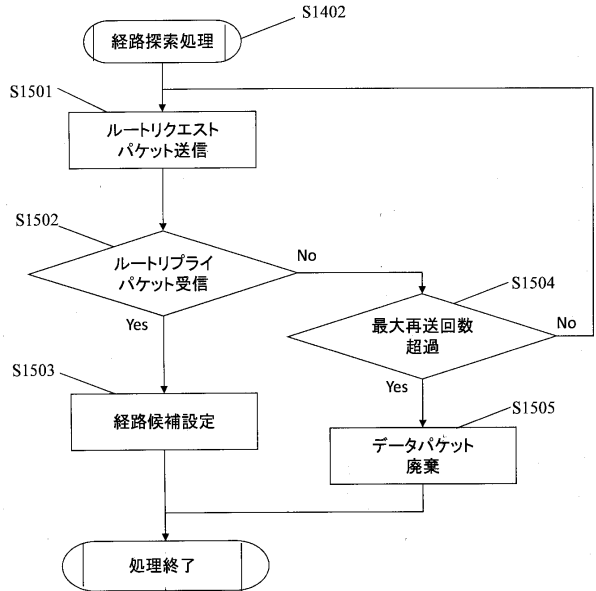
【図13】



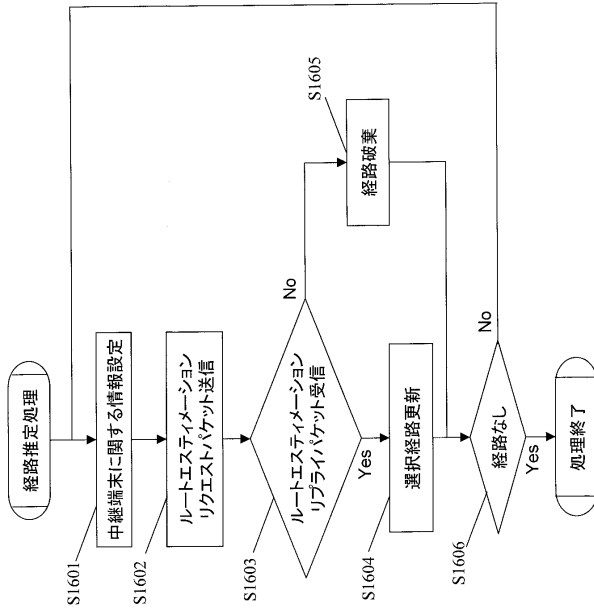
【図14】



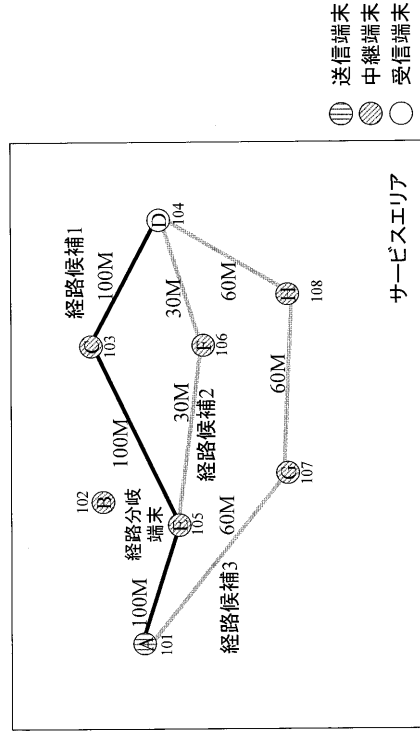
【図15】



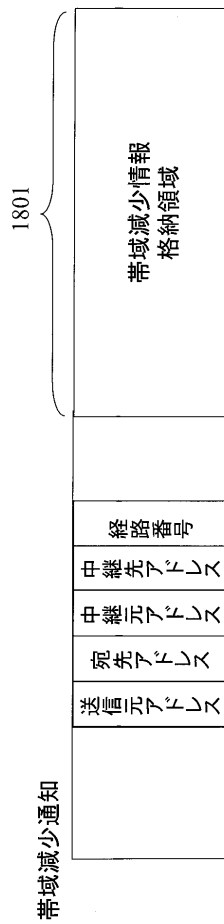
【図 16】



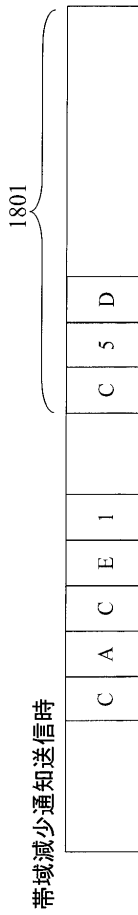
【図 17】



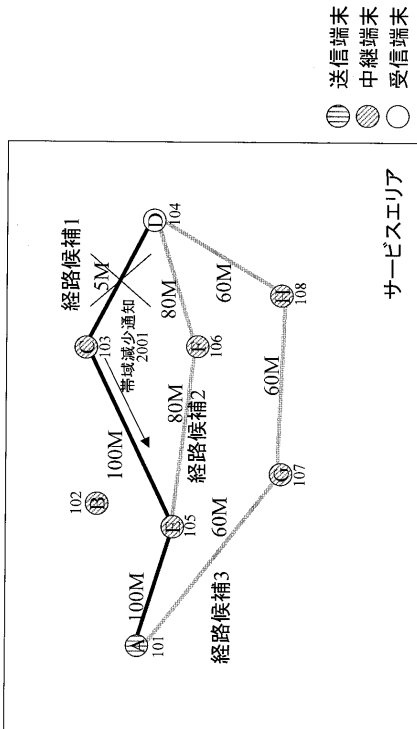
【図 18 A】



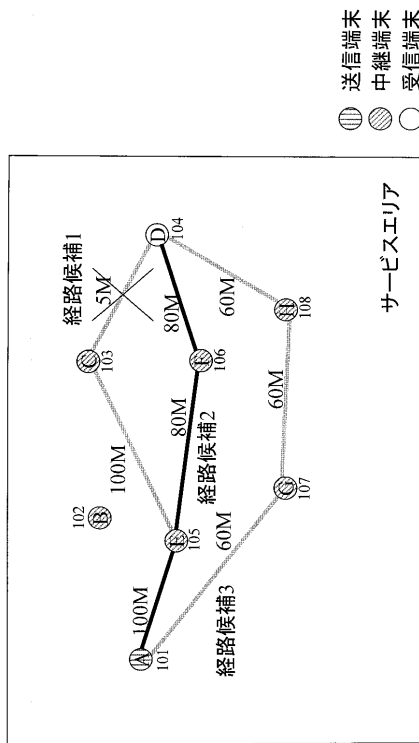
【図 18 B】



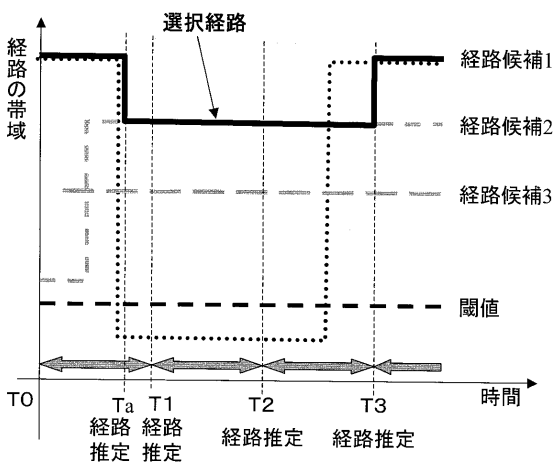
【図19】



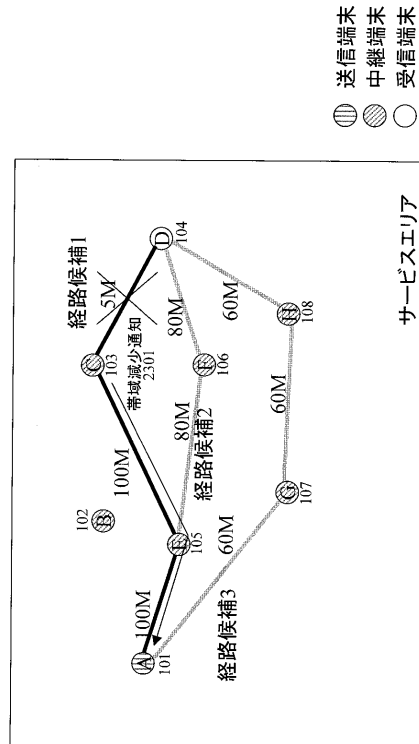
【図20】



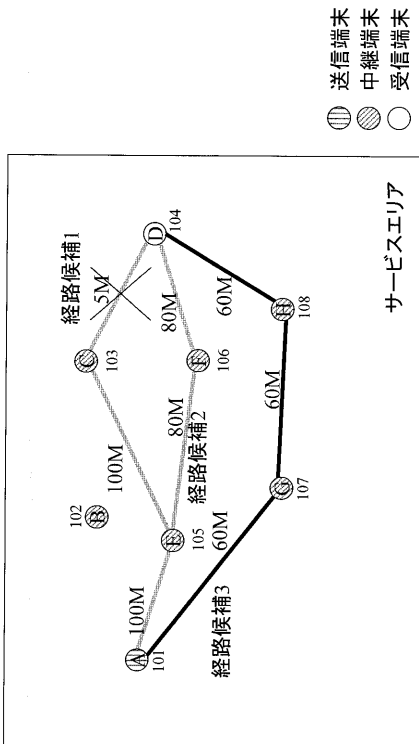
【図21】



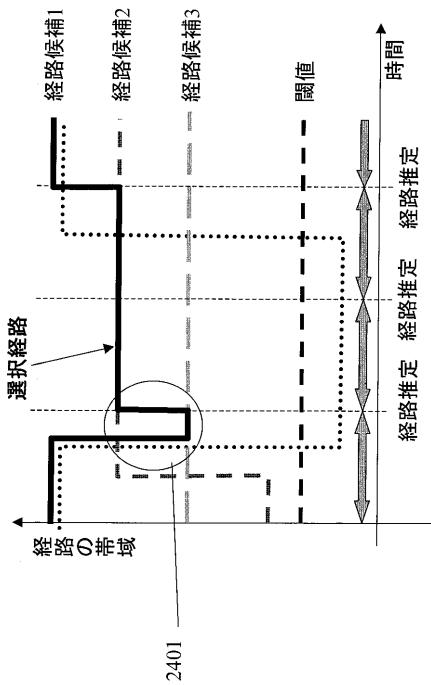
【図22】



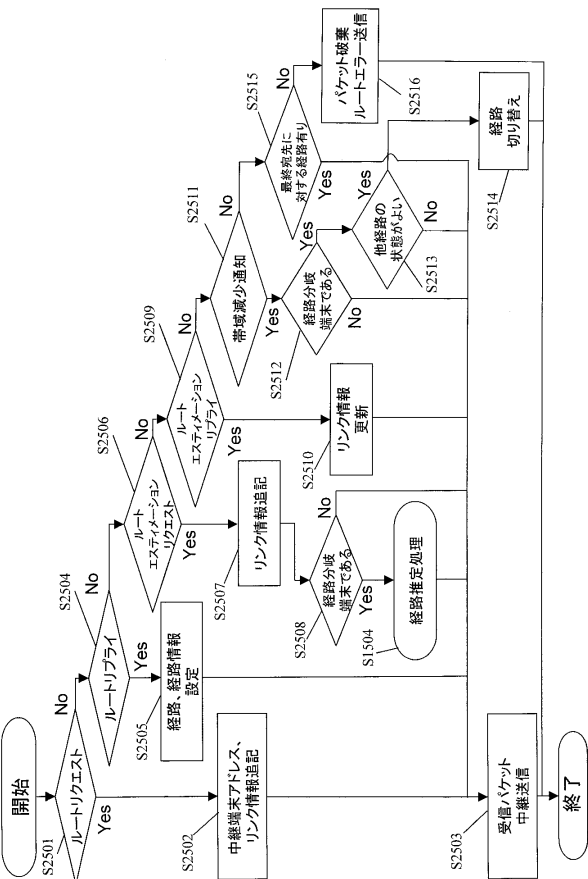
【図23】



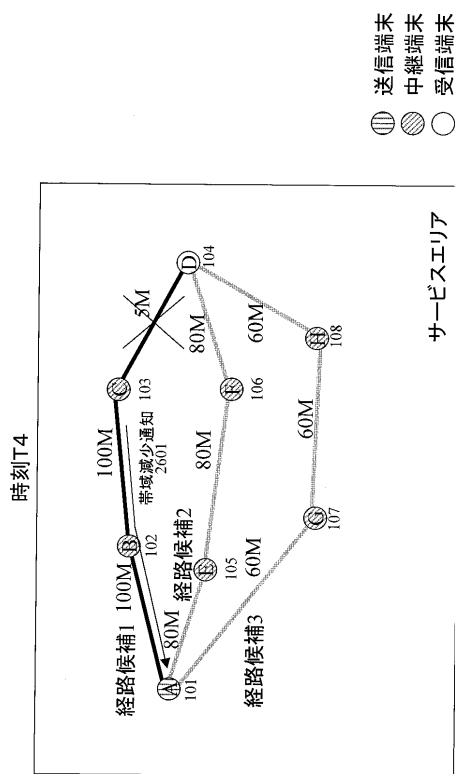
【図24】



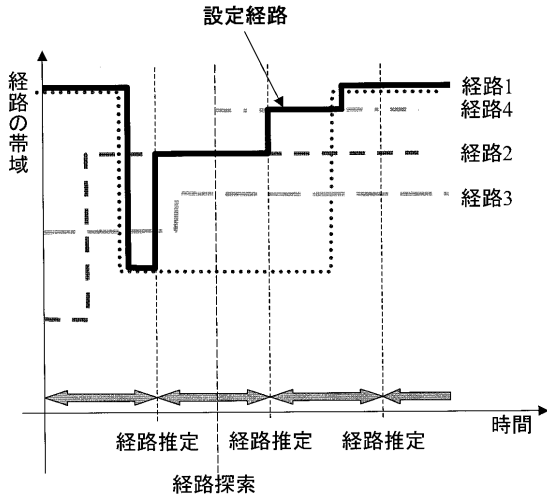
【図25】



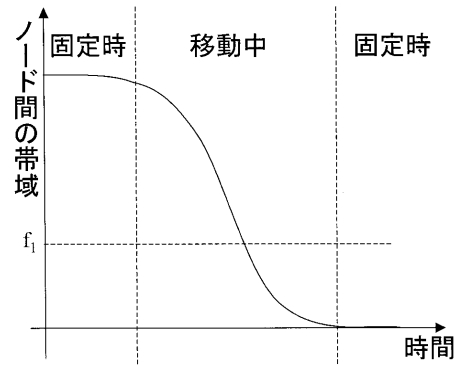
【図26】



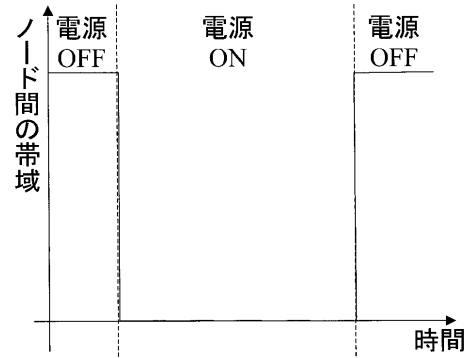
【図34】



【図35A】



【図35B】



フロントページの続き

(72)発明者 本間 秀樹

福岡県福岡市博多区美野島四丁目1番62号 パナソニックシステムネットワークス株式会社内

(72)発明者 森田 直樹

福岡県福岡市博多区美野島四丁目1番62号 パナソニックシステムネットワークス株式会社内

審査官 大石 博見

(56)参考文献 特開2007-221790(JP,A)

特開2004-134966(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 12/28