

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5252150号
(P5252150)

(45) 発行日 平成25年7月31日 (2013. 7. 31)

(24) 登録日 平成25年4月26日 (2013. 4. 26)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 W 76/02 (2009. 01)

H O 4 W 76/02 1 1 O

H O 4 W 40/02 (2009. 01)

H O 4 W 40/02 1 1 O

H O 4 W 84/18 (2009. 01)

H O 4 W 84/18

H O 4 W 88/04 (2009. 01)

H O 4 W 88/04

H O 4 L 12/701 (2013. 01)

H O 4 L 12/56 1 O O Z

請求項の数 36 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-243026 (P2008-243026)
 (22) 出願日 平成20年9月22日 (2008. 9. 22)
 (65) 公開番号 特開2009-260911 (P2009-260911A)
 (43) 公開日 平成21年11月5日 (2009. 11. 5)
 審査請求日 平成23年9月20日 (2011. 9. 20)
 (31) 優先権主張番号 12/101, 633
 (32) 優先日 平成20年4月11日 (2008. 4. 11)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 507341390
 トレリスウェア テクノロジーズ インコ
 ーポレイテッド
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州,
 サン ディエゴ, スイート 300,
 ヴィア エスプリロ 16516
 (74) 代理人 100094318
 弁理士 山田 行一
 (74) 代理人 100123995
 弁理士 野田 雅一
 (74) 代理人 100107456
 弁理士 池田 成人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線ネットワーク内に協調型経路を設定する方法とシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のノードを有する無線ネットワークにおけるソースノードと宛先ノードとの間の連続中継通信を構築する方法であって、

複数の中間ノードを介して前記ソースノードから前記宛先ノードに要求メッセージを送信するステップであって、前記複数の中間ノードの各々は前記要求メッセージを受信し、該要求メッセージの一部として含まれる要求ホップカウントを増分し、該要求メッセージを送信することによって該要求メッセージを中継し、各中間ノードによって送信される前記要求メッセージは前記複数の中間ノードのうち一以上に関するパラメータを特定しておらず、前記複数の中間ノードの各々は複数の他の中間ノードから送信された前記要求メッ

10

ッセージを受信できる、該ステップと、

前記宛先ノードにおいて前記要求メッセージを受信するステップと、

前記宛先ノードにおいて前記要求メッセージを受信することに対応して、少なくとも前記複数の中間ノードのうちのサブセットを介して前記宛先ノードから前記ソースノードに受領メッセージを送信するステップであって、前記サブセットの中間ノードの各々は前記受領メッセージを受信し、該受領メッセージの一部として含まれる受領ホップカウントを増分し、該受領メッセージを送信することによって該受領メッセージを中継し、各中間ノードによって送信される前記受領メッセージは前記複数の中間ノードのうち一以上に関するパラメータを特定しておらず、前記サブセットの中間ノードの各々は該サブセットにお

20

前記受領メッセージが前記ソースノードで受信された後に、少なくとも前記サブセットの中間ノードを介して、ソースノードと宛先ノードとの間でデータメッセージを送信するステップであって、前記サブセットの中間ノードの各々は前記データメッセージを受信し該データメッセージを送信することによって該データメッセージを中継し、前記サブセットの中間ノードの各々は該サブセットにおける複数の他のノードから送信された前記データメッセージを受信できる、該ステップと、を含む方法。

【請求項 2】

前記複数の中間ノードのうち一以上の中間ノードが、該中間ノードによって受信した前記要求メッセージと前記受領メッセージに基づき、前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加するか否かを決定する、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 3】

前記中間ノードは、前記ソースノードから該中間ノードまでのホップ数を表す要求ホップカウントを得るために前記要求メッセージを調べ、

前記中間ノードは、前記宛先ノードから該中間ノードまでのホップ数を表す受領ホップカウントを得るために前記受領メッセージを調べ、

前記中間ノードは、前記要求ホップカウントと前記受領ホップカウントに基づき、前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加するか否かを決定する、

請求項 2 に記載の方法。

20

【請求項 4】

前記中間ノードは、(1) 前記要求ホップカウントと前記受領ホップカウントとを合わせることで得られる和と(2) 前記ソースノードと前記宛先ノードとの間の最小ホップ数を表すホップ数合計とを比較して、前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加するか否かを決定する、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記ホップ数合計は、前記宛先ノードで求められ、前記宛先ノードから送信される前記受領メッセージの一部として含まれる、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記和が前記ホップ数合計を経路幅パラメータ N 上回ることがない場合、前記中間ノードは前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加し、ここで、N は、前記要求メッセージ、前記受領メッセージ、又はこれらの双方で送信される非負の整数である、請求項 4 に記載の方法。

30

【請求項 7】

前記要求メッセージ又は前記受領メッセージの送信前に、前記経路幅パラメータ N が前記ネットワーク内の全ノードに既知である、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記中間ノードがデータメッセージの前記中継に参加しないと決定した場合に、該中間ノードは前記受領メッセージの中継を行わない、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 9】

前記中間ノードがデータメッセージの前記中継に参加しないと決定した場合に、該中間ノードは前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加しないバッファノードとして働く、請求項 2 に記載の方法。

40

【請求項 10】

前記宛先ノードが、前記要求メッセージの受信後、一定時間待機してから前記受領メッセージを送信する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記ソースノードが、前記受領メッセージの受信後、一定時間待機してから前記データメッセージを送信する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

50

前記宛先ノードが、前記要求メッセージを受信後にバッファメッセージを送信し、
前記バッファメッセージを受信するが前記要求メッセージを受信しない前記ネットワーク内のノードが、前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加しないバッファノードとして働く、
請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記宛先ノードが、前記要求メッセージの受信後、一定時間待機してから前記バッファメッセージを送信する、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記ソースノードが、前記受領メッセージを受信後にバッファメッセージを送信し、
前記バッファメッセージを受信するが前記受領メッセージを受信しない前記ネットワーク内のノードが、前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加しないバッファノードとして働く、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記ソースノードは、前記受領メッセージの受信後に一定時間待機してから前記バッファメッセージを送信する、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記要求メッセージが、(a) 前記ソースノードの識別子、(b) 前記宛先ノードの識別子、及び、(c) 前記要求メッセージが前記ソースノードから送信された後に受けたホップの数を表す要求ホップカウントを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記受領メッセージが、(a) 前記ソースノードの識別子、(b) 前記宛先ノードの識別子、(c) 前記受領メッセージが前記宛先ノードから送信された後に受けたホップの数を表す受領ホップカウント、及び、(d) 前記ソースノードと前記宛先ノードとの間の最小ホップ数を表すホップ数合計を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記データメッセージが、(a) 前記ソースノードの識別子及び(b) 前記宛先ノードの識別子を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 9】

複数のノードを有する無線ネットワークにおいて中継通信を構築するシステムであって、
ソースノードと、
宛先ノードと、
複数の中間ノードと、
を備え、

前記ソースノードが前記複数の中間ノードを介して前記宛先ノードに要求メッセージを送信することができ、前記複数の中間ノードの各々が前記要求メッセージを受信し、該要求メッセージの一部として含まれる要求ホップカウントを増分し、前記要求メッセージを送信することによって前記要求メッセージを中継し、各中間ノードによって送信される前記要求メッセージは前記複数の中間ノードのうち一以上に関するパラメータを特定しておらず、前記複数の中間ノードの各々が複数の他の中間ノードから送信される前記要求メッセージを受信でき、

前記宛先ノードが、前記要求メッセージを受信することができ、前記要求メッセージを受信したことに応答して、少なくとも前記複数の中間ノードのうちのサブセットを介して前記ソースノードに受領メッセージを送信することができ、前記サブセットの中間ノードの各々が前記受領メッセージを受信し、該受領メッセージの一部として含まれる受領ホップカウントを増分し、該受領メッセージを送信することによって該受領メッセージを中継し、各中間ノードによって送信される前記受領メッセージは前記複数の中間ノードのうち一以上に関するパラメータを特定しておらず、前記サブセットの中間ノードの各々が該サブセットにおける複数の他のノードから送信された前記受領メッセージを受信することが

10

20

30

40

50

でき、

前記受領メッセージが前記ソースノードで受信された後、前記ソースノードが少なくとも前記サブセットの中間ノードを介して前記宛先ノードにデータメッセージを送信することができ、前記サブセットの中間ノードの各々が前記データメッセージを受信し該データメッセージを送信することによって該データメッセージを中継し、前記サブセットの中間ノードの各々が該サブセットにおける複数の他のノードから送信された前記データメッセージを受信できる、

システム。

【請求項 2 0】

前記複数の中間ノードのうち一以上の中間ノードが、前記中間ノードによって受信された前記要求メッセージと前記受領メッセージに基づき、前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加するか否かを決定するようになっている、請求項 1 9 に記載のシステム。

10

【請求項 2 1】

前記中間ノードは、前記ソースノードから前記中間ノードまでのホップ数を表す要求ホップカウントを得るために前記要求メッセージを調べるようになり、

前記中間ノードは、前記宛先ノードから前記中間ノードまでのホップ数を表す受領ホップカウントを得るために前記受領メッセージを調べるようになり、

前記中間ノードは、前記要求ホップカウントと前記受領ホップカウントに基づき、前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加するか否かを決定するようになっている、

20

請求項 2 0 に記載のシステム。

【請求項 2 2】

前記中間ノードは、(1) 前記要求ホップカウントと前記受領ホップカウントとを合わせることで得られる和と (2) 前記ソースノードと前記宛先ノードとの間の最小ホップ数を表すホップ数合計とを比較することにより、前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加するか否かを決定するようになっている、請求項 2 1 に記載のシステム。

【請求項 2 3】

前記ホップ数合計は、前記宛先ノードで求められ、前記宛先ノードから送信される前記受領メッセージの一部として含まれる、請求項 2 2 に記載のシステム。

30

【請求項 2 4】

前記和が前記ホップ数合計を経路幅パラメータ N 上回ることがない場合に、前記中間ノードが前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加し、ここで、N は前記要求メッセージ、前記受領メッセージ、又はこれらの双方で送信される非負の整数である、請求項 2 2 に記載のシステム。

【請求項 2 5】

前記要求メッセージ又は前記受領メッセージの送信前に、前記経路幅パラメータ N が前記ネットワーク内の全ノードに既知である、請求項 2 4 に記載のシステム。

【請求項 2 6】

40

前記中間ノードがデータメッセージの前記中継に参加しないと決定した場合に、該中間ノードは前記受領メッセージの中継を行わない、請求項 2 0 に記載のシステム。

【請求項 2 7】

前記中間ノードがデータメッセージの前記中継に参加しないと決定した場合に、該中間ノードは前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加しないバッファノードとして働く、請求項 2 0 に記載のシステム。

【請求項 2 8】

前記宛先ノードが、前記要求メッセージの受信後、一定時間待機してから前記受領メッセージを送信するように構成されている、請求項 1 9 に記載のシステム。

【請求項 2 9】

50

前記ソースノードが、前記受領メッセージの受信後、一定時間待機してから前記データメッセージを送信するように構成されている、請求項 19 に記載のシステム。

【請求項 30】

前記宛先ノードが、前記要求メッセージの受信後にバッファメッセージを送信するようになっており、

前記バッファメッセージを受信するが前記要求メッセージを受信しない前記ネットワーク内のノードは、前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加しないバッファノードとして働く、

請求項 19 に記載のシステム。

【請求項 31】

10

前記宛先ノードが、前記要求メッセージの受信後、一定時間待機してから前記バッファメッセージを送信するように構成されている、請求項 30 に記載のシステム。

【請求項 32】

前記ソースノードが、前記受領メッセージを受信後にバッファメッセージを送信するようになっており、

前記バッファメッセージを受信するが前記受領メッセージを受信しない前記ネットワーク内のノードが、前記ソースノードと前記宛先ノードとの間のデータメッセージの中継に参加しないバッファノードとして働く、

請求項 19 に記載のシステム。

【請求項 33】

20

前記ソースノードは、前記受領メッセージの受信後に一定時間待機してから前記バッファメッセージを送信するように構成されている、請求項 32 に記載のシステム。

【請求項 34】

前記要求メッセージが、(a) 前記ソースノードの識別子、(b) 前記宛先ノードの識別子、及び、(c) 前記要求メッセージが前記ソースノードから送信された後に受けたホップの数を表す要求ホップカウントを含む、請求項 19 に記載のシステム。

【請求項 35】

前記受領メッセージが、(a) 前記ソースノードの識別子、(b) 前記宛先ノードの識別子、(c) 前記受領メッセージが前記宛先ノードから送信された後に受けたホップの数を表す受領ホップカウント、及び、(d) 前記ソースノードと前記宛先ノードとの間の最小ホップ数を表すホップ数合計を含む、請求項 19 に記載のシステム。

30

【請求項 36】

前記データメッセージが、(a) 前記ソースノードの識別子及び (b) 前記宛先ノードの識別子を含む請求項 19 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【関連出願】

【0001】

[0001]本出願は、「Information Relating to Orthogonal Dimension Barrage Relay」と題して2006年11月8日に出願された米国特許仮出願第60/864927号、代理人整理番号020945-002600USの優先権を主張している本出願であって、「Methods and Apparatus for Network Communication Via Barrage Relay Onto an Independent Medium Allocation」と題して2007年8月2日に出願された米国特許出願第11/833113号、代理人整理番号020945-002610USの一部継続出願である。これら出願の開示を、それらの全体を参照することによって本明細書に援用する。

40

【発明の背景】

【0002】

[0002]本開示は、通信ネットワークにおいて効率的で強力なマルチホップ協調型経路を

50

構築することが可能なシステムと方法に関するものである。開示する技法は、連続中継 (barrage relay) という概念を用い、それにより多重アクセスを目的としたキャリア検知と衝突回避、又は、ルーティングを目的とした各ノードにおける接続テーブルの形成と使用の必要性を回避することによって、音声配信、ストリーミングビデオ及び他の遅延に敏感なアプリケーションに、より詳細には、無線アドホックネットワークに適したものとなっている。少なくとも一つの実施形態では、これらの技法を用いてモバイルアドホックネットワーク (「MANET」) に新しいユニキャストのリアクティブ型ルーティング経路設定プロトコルを形成してもよい。

【0003】

[0003] MANET の理論と実践は、戦術無線通信や関連する商業活動でのアプリケーションに刺激され、昨今、大きな関心を呼んでいる。しかしながら、MANET におけるストリーミング及び他の遅延に敏感なサービス品質 (QoS) が求められるアプリケーションの迅速な中継とルーティングの要件を充足する効果的かつ拡張可能なソリューションの開発は遅れている。その主な要因は、厳しい地上での伝播、ノードの可動性と信頼性の低いリンクによる不確実なネットワークトポロジ、全体的なインフラ不足、終端間の接続に必要なホップの数の多さ等にある。

【0004】

[0004] 周知の MANET 技法に関わる設計ベースの問題として、チャネルアクセスと経路設定の欠陥がある。当該欠陥は、元来第 2 世代及び第 3 世代の無線 LAN 又はセルラーネットワークを対象とした古典的なプロトコル、即ち、全てのホップ (リンク) においてプロセスの再開にウェイトが置かれているために、現在の環境での使用に適さないプロトコルの使用によってもたらされるものである。こうした好ましくない状況から、MANET の新たなアーキテクチャとネットワークプロトコルスタック設計のパラダイムシフトが求められるようになってきている [R. Ramanathan, 「Challenges: A Radically New Architecture for Next Generation Mobile Ad Hoc Networks」、Proc. ACM/IEEE Int'l Conf. Mobile Comp. 及び Networking, Cologne、ドイツ、2005 年 8 月、pp. 132 ~ 139]。本開示は、とりわけ MANET に非常に適したプロセスとプロトコルを設計、実施、テスト及び導入することに関する飛躍をもたらすものであり、待機時間、処理能力、拡張性等に関して古典的なソリューションを大きく上回る実用的な方法と考えられる。

【0005】

[0005] これらの問題を軽減し、MANET ネットワーキングの問題に立ち返る最初のステップとして、(前述の) 米国特許出願第 11 / 833 113 号は、遅延に対して効果的で、各ノードの各パケット受信の信号対雑音比 (SNR) を高め、古典的な多重アクセス方式に固有のパケット衝突の問題を回避するように様々なネットワークノードが各種無線リンクにアクセスする方法として、連続中継という概念を導入した。連続中継技法は、ロバストな集合経路設定という現在の命題用の基礎的なメカニズムとして採用されている。したがって、本開示は、自律的に決定され、分散され、待機時間が最短の送信方式、及び、対応するダイバーシティ合成受信方式 (合わせて「連続中継」として知られている) の簡易かつ効率的な形式を利用することによって、これまでに知られている古典的な PHY 送信 / 受信メカニズムに大幅な変更をもたらす。米国特許出願第 11 / 833 113 号の「barrage-relay」という概念は、[S - Y Ni, Y - C Tseng, Y - S Chen 及び J - P Sheu 「The Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network」、Mobicom、ワシントン州シアトル、1999 年] 及び [D. K. Lee 及び K. M. Chug, 「Pragmatic Cooperative Diversity Communications」、Proc. IEEE Military Comm. Conf.、ワシントン DC、2006 年 10 月] の「フラッディングによるブロードキャスト (broadcasting by flooding)」及び「協調型ダイバーシティ (co

10

20

30

40

50

operative diversity)」という二つの概念を、各ノードが処理する固有の中継論理と共に含み、これらを結合することに注意されたい。本明細書で提案するルーティングプロトコルは、これらの利点を独特の方法で利用し、それにより所望の協調型経路を迅速かつ強力で効率的な方法で設定する。

【0006】

[0006]この独特のPHY-MACの組み合わせにより、米国特許出願第11/833113号と本開示はいずれも、搬送波感知多重アクセス/衝突回避方式(CSMA/CA)等の周知のリンクアクセスメカニズムの背後にある論理を大きく変更する。なお、CSMA/CAは、IEEE 802.11標準ファミリー(Wi-Fi)等に見出すことができ、ノードが衝突を避けるためにパケットの送信とキャリア探知とを交互に行うものである。上記の変更は、PHY層の能力を活用して複数の同時の(又は同時に近い状態の)同一パケットからエネルギーを集め、それによりリンク層での衝突を恐れて送信を遅らせ順番に処理する必要性を除去することによって行われる。

10

【0007】

[0007]さらに、本開示は、各ノードで接続テーブルを形成する必要性を除去し、それにより当該接続テーブルを形成し維持するために制御信号を送るネットワーク容量に必要な付随的費用を削減することにより、これまで知られているレイヤ3経路指定スキーム、即ち、集合的に「アドホック経路指定プロトコル」([M. J. Lee、J. Zheng、X. Hu、H. Juan、C. Zhu、Y. Liu、J. S. Yoon及びT. N. Sadaawi「A New Taxonomy for Routing Algorithms for Wireless Mobile Ad Hoc Networks: The Component Approach」、IEEE Communications Magazine、vol. 46、pp. 116~123、2006年11月](その古典的代表例は、MANET作業グループで提示されたオンデマンド経路指定プロトコル向けのアドホックオンデマンド距離ベクトル(AODV)プロトコル)として知られているスキームと著しく異なる。

20

【0008】

[0008]したがって、本開示は、米国特許出願第11/833113号の連続中継という概念に固有の自律的送信、及び、協調型ダイバーシティ受信というPHY-MAC層の特性を、本明細書で示す新たなレイヤ2経路指定(協調型パス設定)メカニズムと共に効果的に結合し、共同のPHY-MAC経路指定プロトコル形成用の効果的なリアクティブ型(オンデマンド)のクロスレイヤ最適化法に至るものである。

30

【発明の概要】

【0009】

[0009]前述の背景に鑑み、同時に存在し作動している複数の協調型パスを介してアドホックネットワークにおけるソースノードと宛先ノードとの間のパケットルーティング(「協調型経路」と呼ぶ。以下で詳述する)を設定するメカニズムを、本発明の少なくとも一つの実施形態に従い提供する。

【0010】

[0010]本明細書で言及するように、ソースと宛先との間にあって協調型パスはレイヤ又はホップにおいて設けられた中継ノードを用いた(グラフ理論上の)個々のパスの集合であり、各パケットの転送で協調する中継ノードの集合及び誘導されるホップの数を固有の特徴としている。二つのこのような協調パスは、対象の二つの協調パスの同じレイヤインデックスに関係する(すなわち、同じホップ数の)二つのセットのノードが相互排他的な場合に、別個のものと呼ばれる。本明細書で言及するように、協調型経路は、所与のソースと所与の宛先との間にある全ての別個の協調パスの集合である。前述の定義は、図1で明確となる。

40

【0011】

[0011]図1は、本発明の実施形態に係る、別個の協調パスの集合としてのソースノード(S)と宛先ノード(D)との間にある協調型経路を示している。具体的には、同図は、

50

SとDとの間にある三つの別個の協調パスを示しており、これらパスは、SとDの間にある協調型経路を構成している。丸の中の番号は、各協調パスにおける中継ノードの各レイヤインデックスを指している。上部の協調パスはSとDの間の三つのホップからなる。その下の協調パスは、一番下の協調パスと同様に、SとDの間の四つのホップからなり、これら二つの協調パスの何れにおいても、番号「2」の二つの中継ノード間の協調によって、番号「3」の中継ノードがシグナルを受信する支援がなされる。

【0012】

[0012]本発明の実施形態によれば、対象のアドホックネットワークのノードは、米国特許出願第11/833113号で開示されているような技法に従って送受信を行うが、他の多くの公知のアドホックルーティングプロトコルでは通例であるようには、隣接ノードのトポロジ、それらを接続するリンクの質等を示す接続テーブルを形成、維持、又は更新する必要がない。したがって、各送信ノードは、隣接ノードの存在や、それ自体とその他全ての受信ノードとの間にある仲介チャネルの質について関知しない。チャネル状態情報は、必要であり、各受信ノードで累積的に自律的に生成される。すなわち、推定が必要なのは、対象の受信ノードに到達する送信ノード全てからの受信チャネル全体であり、個々のチャネルではなく、そのことは米国特許出願第11/833113号の[0050]と[0051]に詳述されている。ネットワーク内の送信ノードも受信ノードも、隣接ノードに関する接続テーブルを形成、維持、更新する必要はなく、例えば、アドホックオンデマンド距離ベクトル(AODV)及びダイナミックMANETオンデマンド(DYMO)ルーティングプロトコルが行うように、ソースまでの一時的経路のリストを維持する必要もない。

【0013】

[0013]本発明の具体的な実施形態に係る協調型ルーティングプロトコルを以下に説明する。このプロトコルでは、ソースが経路要求(RFR)パケットをブロードキャストし、次いで、当該RFRパケットが、前述したように連続中継に従いアドホックネットワーク全体に伝播する。

【0014】

[0014]RFRパケットは、ソースノードの固有のID、指定宛先ノードの固有のID、ソースからのノードの距離をホップで測定して示すRFRホップカウンタ(RFR_hops)として機能するフィールド、非負の整数Nである経路「幅」パラメタ。これらのパラメタの目的は、以下に詳述する。

【0015】

[0015]ソースノードによるRFRパケットの最初のブロードキャスト送信は、RFR_hopsの値を1(又は他の取決められた値)に設定する。RFRパケットの受信に成功した他のノードは、この受信したRFR中継数をメモリに格納し、パケットの「RFR中継数」フィールドを1増分し、前述したように連続中継の原則に従いパケットを再送信(ブロードキャスト)する。複数の装置が、略同時に同じ媒体割り当てで同一のパケットを送信することがある(また通常はそうしている)ことに留意されたい。

【0016】

[0016]宛先ノードは、それ自体に宛てられたRFRパケットを受信すると、当該パケットを更に中継してもよく、しなくてもよい。

【0017】

[0017]宛先ノードがRFRパケットを適切に受信した(また、それ自体が宛先ノードであることを特定した)場合には、当該宛先ノードは、経路設定完了(CTR)パケットを送信する。CTRパケットは、(この宛先ノードまでに形成された)RFR中継数の合計、及び、宛先からのノードの距離をホップで測定して示す初期設定1(又は他の取決められた値)のCTR中継数(CTR_hops)を更に含む。この最初のCTRパケットは、連続中継の原則に従い、アドホックネットワークにおいて伝播する。

【0018】

[0018]このCTRパケットの受信及び復調/復号に成功した中間中継ノードは、メモリ

10

20

30

40

50

にこの受信したＣＴＲ中継数を格納し、以前に格納したＲＦＲ中継数を呼び出し、当該ノードがこの特定の（ソース、宛先）ペアにとって所望のルーティングパスにあるか否かの評価を可能にする論理計算を実行する。この評価は、次いで、このノードが、パケット転送の終了又は時間切れの発生までにこれら二つの特定ノード（ソース及び宛先）間でルーティングされる任意のパケットの中継に参加するか否かを判断する。

【００１９】

[0019] ノードがＲＦＲパケットもＣＴＲパケットも受信していない場合には、当該ノードは前述の計算及び対応の経路に参加しない。

【００２０】

[0020] この論理計算は、前述の経路幅パラメタＮを含む閾値によって制御される。この数値Ｎは、ネットワーク全体で共通に設定してもよく、又は{ソース、宛先}ペアＩＤに応じて変更してもよく、更には、個々のパケットのＣＴＲに応じて変更（したがって、優先順位メカニズムを設定）してもよい。

【００２１】

[0021] 前述の論理計算によって、特定のノードが{パス、宛先}ペアの集合経路上にあり、したがって、当該経路の中継ノードになると判断した場合には、当該ノードは、パケットの「ＣＴＲ中継数」フィールドを１増分し、連続中継の原則に従いＣＴＲパケットを再送信（ブロードキャスト）する。

【００２２】

[0022] ＲＦＲパケットとＣＴＲパケットの双方の受信時に、前述の論理計算によって、特定のノードが、{パス、宛先}ペアの集合経路上にないと判断した場合には、当該ノードは監視役として働き、ＣＴＲパケットをそれ以上中継しない。ＣＴＲは監視ノードによってそれ以上中継されないため、ＣＴＲは前述の監視役によって設定されたバリアを越えてネットワーク全体に伝播することはない点に注意されたい。

【００２３】

[0023] 本開示の更なる実施形態では、特定経路の（前述の論理計算によって記述されたノード以外の）追加のノードに対する「監視役」の役割の割り当ては、宛先ノードが「監視」パケットと呼ばれる追加パケットを送信し、このパケットのみを受信し他のパケット（ＲＦＲ又はＣＴＲ）を受信しないノードにこの役割を割り当てることによって実現される。

【００２４】

[0024] 本開示の更なる実施形態では、宛先ノードは、中間中継ノードにおいてＲＦＲ／ＣＴＲパケットの衝突を回避するために、（ＲＦＲパケットを受信した後）対応するＣＴＲパケットを送信する前に所定数のタイムスロットの間、待機する。

【００２５】

[0025] 本開示の更なる実施形態では、元のソースノードは、設定された集合経路上で実際のデータ送信を始める前に、別の所定数のタイムスロットの間、待機する。

【発明の詳細な説明】

【００２６】

[0030] 本セクションでは、本発明の具体的な実施形態に係るプロトコルであって、連続中継ネットワークにおけるバッファ付きユニキャスト経路を設定するためのプロトコルの詳細な説明を行う。ソースノードは、宛先ノードへの（ユニキャスト）経路の設定を望む場合はいつでも、連続中継型のホップカウンタを含むＲＦＲパケット（パケット）をブロードキャストして、全てのリスニングノード（中継されるリスニングノード及び中継し得るリスニングノード）が最終的に、ソースまでの距離をホップで把握するようにする。更なる情報は当面、当該ノードによって保持されない。宛先ノードは、ＲＦＲパケットを受信すると、第２のホップカウンタを含むＣＴＲパケット（パケット）をブロードキャストし、それにより全てのリスニングノードが最終的に、宛先までの距離（このＣＴＲパケットには、ソースから宛先までのホップ距離の合計が含まれる）を把握するようにする。この手順に従い、ノードは、当該ノードがソースノードと宛先ノードとの間の協調型パス上

10

20

30

40

50

にあるか否かを確認することができる。次いで、このようなノードは、後続のユニキャストフローのための中継となる。フローに隣接するノードは、RFR/CTRパケットからも確認されるものであり、フローのバッファ（監視役）となり、フローとその他のネットワークとを事実上区分し、場合により多重並行フローの存在を可能にする。

【0027】

[0031]本発明の本実施形態によれば、ネットワークノードは、所与のバッファ付きユニキャストフローに関して、五つの状態のうち何れか一つの状態にある。

（a）ソースノード（S）：これは、所与の宛先への経路要求を生成するノードである。

（b）宛先ノード（D）：宛先ノードは、ソースからのデータの指定受信者であり、受信データを中継しない。

（c）中継ノード（R）：本開示における中継ノードは、パケットの初回受信（それ以外は無視）の後、適切なタイムスロットで連続中継の原則に従い当該パケットを中継する。

（d）バッファノード（B）：本開示におけるバッファノードは、フローをせき止める働きをする。バッファノードは、（フローの内外から）受信したパケットを中継しない。

（e）無関係ノード（U）：バッファ付きユニキャストフローの外にあるノードは、無関係であり、したがって、異なる並行フローに参加することができる。

【0028】

[0032]バッファ付きユニキャスト経路設定プロトコルの役割は、ネットワーク内の各ノードに（特定のフローに関して）前述の所与の状態を割り当てることだけである。下記の図2a、2b及び2cは、以下に説明するプロトコルを適用した後における例示的なネットワーク内のそのような割当を示している。図2（a）は、N=0の設定の場合のソース（S）、宛先（D）、中継ノード（R）、バッファノード（B）、及び無関係ノード（U）を含む複数ノードのネットワークを示す図である。図2（b）は、N=1の設定の場合のソース（S）、宛先（D）、中継ノード（R）、バッファノード（B）、及び無関係ノード（U）を含む複数ノードのネットワークを示す図である。図2（c）は、N=1の設定の場合のソース（S）、宛先（D）、中継ノード（R）、バッファノード（B）、及び無関係ノード（U）を含む複数ノードのネットワークを示す図である。

【0029】

[0033]ここで、本プロトコルは、この割当を実現するために、以下の3種類までのパケット（パケット）を利用する。

（a）（a.1）ソースノードの固有の識別子（ID）、（a.2）宛先ノードのID、（a.3）所望の経路幅パラメタ、N、（a.4）ソースからのホップ数をカウントするRFRホップカウンタ（RFR_Hops）の四つのフィールドを含む経路要求（RFR）パケット。

（b）（b.1）ソースID、（b.2）宛先ID、（b.3）経路幅パラメタ、N、（b.4）宛先からのホップ数をカウントするCTRホップカウンタ（CTR_Hops）、（b.5）ソースから宛先までのホップ数の合計（RFR中継数合計）の五つのフィールドを含む経路設定完了（CTR）パケット。

（c）（c.1）ソースID及び（c.2）宛先IDの二つのフィールドを含むバッファ（BUF）パケット。

【0030】

[0034]本発明の他の実施形態では、プロトコルは、前述のRFRパケットとCTRパケットを利用するが、BUFパケットを利用しない。バッファノードBは、前述の二つのパケットが中継されたときに、これらのパケット及びこれらのパケットに含まれる情報から直接的に推測される。

【0031】

[0035]本発明の実施形態によれば、経路幅パラメタNは、RFR及び/又はCTRパケットに含まれる非負の整数であり、ソースと宛先との間にある（必要な最小ホップ数の）最短パス上にない中継ノードを含めることを可能にする。具体的には、最短パスより長いNホップ以下のパスにあるノードが、中継ノードとして、ソースと宛先との間の協調型経

10

20

30

40

50

路に含められる。

【 0 0 3 2 】

[0036]本発明の更なる実施形態によれば、経路幅パラメタNは、RFRパケットとCTRパケットの送信前にネットワーク内の全ノードに既知である（換言すれば、ネットワークの導入前に設定される）。

【 0 0 3 3 】

[0037]本実施形態のバッファ付きユニキャスト経路設定プロトコルは、以下のように進行する。まず、ソースノードが、 $RFR_Hops = 1$ のほか、適切に設定されたソースID、宛先ID及び経路幅のフィールドを有するRFRパケットをブロードキャストする。

10

【 0 0 3 4 】

[0038]ノードは、RFRパケットを受信すると（初回のみ）、受信した RFR_Hops の数を $Stored_RFR_Hops$ として格納し、次いで、RFRホップカウントを（1）増分してRFRパケットを中継する。

【 0 0 3 5 】

[0039]所望の宛先ノードは、RFRパケットを受信すると（初回のみ）、受信した RFR_Hops の値を $Total_RFR_Relay_Number$ として格納し、次いで、1に設定した CTR_Hops 、前述の $Total_RFR_Relay_Number$ 、受信したRFRパケットに設定されていたおりのソースID、宛先ID、及び経路幅パラメタのフィールドを含むCTRパケットを送信する。

20

【 0 0 3 6 】

[0040]ノードは、CTRパケットを受信すると（初回のみ）、二つの数値、すなわち、パケットに含まれている $Total_RFR_Relay_Number$ 及び CTR_Hops の数を格納する。 CTR_Hops 数は、 $Stored_CTR_Hops$ として格納される。次いで、そのノードは、同じ{ソース、宛先}ペアIDをもつ対応のRFRパケットを受信したか否かを確認する。

【 0 0 3 7 】

[0041]そのノードは、同じ{ソース、宛先}ペアIDをもつ対応のRFRパケットを以前に受信していない場合には、更なる動作は行わない。

【 0 0 3 8 】

[0042]そのノードは、同じ{ソース、宛先}ペアIDをもつ対応のRFRパケットを以前に受信していた場合には、全て同じ{ソース、宛先}ペアIDに対応する $Stored_RFR_Hops$ 数、 $Stored_CTR_Hops$ 数、 $Total_RFR_Relay_Number$ 、及び経路幅パラメタNをメモリから呼び出す。

30

【 0 0 3 9 】

[0043]前述の数値に基づき、ノードは、それ自体がこの特定の{ソース、宛先}ペアについて集合経路上にあるか否かを判断するために、論理計算を実行する。本開示は、以下に例としてこの論理を具体的に説明する。しかしながら、同じ結論、すなわち、ノードが所定の{ソース、宛先}ペアについて集合経路上にあるか否かについて同じ結論に達する他の論理計算が、この開示に含まれる。

40

【 0 0 4 0 】

[0044]前述の論理計算の例として、ノードは以下の比較を行うことができる。
 $Stored_RFR_Hops + Stored_CTR_Hops \leq Total_RFR_Relay_Number + N$
 であれば、このノードは当該ペアについて集合経路上にある。上記の不等式が成り立たない場合には、このノードは当該ペアについて集合経路上にないが、代わりにバッファノードとして機能し、CTRパケットをそれ以上中継しない。

【 0 0 4 1 】

[0045]上記不等式に従い、そのノードは、それ自体が当該ペアについて集合経路上にあると判断した場合には、当該ノードは CTR_Hops 数を1増分してCTRパケットを

50

中継する。

【 0 0 4 2 】

[0046] C T R パケットを受信すると、ソースノードは、宛先までの設定済みの集合経路に沿ってメッセージデータの送信を開始する。

【 0 0 4 3 】

[0047] 本開示の他の実施形態では、ソースノードは、C T R パケットを受信すると、所定の時間待機してから宛先までの設定済みの集合経路に沿ってメッセージデータの送信を開始する。

【 0 0 4 4 】

[0048] 本開示の他の実施形態では、宛先ノードは、R F R パケットを受信すると、所定の時間（一般には、前述のソースの待機時間とは異なる）待機してからC T R パケットを送信する。

【 0 0 4 5 】

[0049] 本開示の他の実施形態では、所望の宛先ノードは、R F R パケットを受信すると（初回のみ）、受信したR F R _ H o p s の値をT o t a l _ R F R _ R e l a y _ N u m b e r として格納し、次いで、前述のC T R パケットのほか、[0 0 3 4 (c)] で述べた別のバッファパケットB U F を送信する。B U F パケットは、R F R パケットが受信されてから適切な時間が経過した後に送信される。また、B U F パケットのみを受信したノードは、バッファノードになる。ソースは、C T R パケットを受信すると、適切な時間待機してから前述のB U F パケットをブロードキャストする。

【 0 0 4 6 】

[0050] 本明細書に開示するバッファ付きユニキャスト経路設定プロトコルの一部であるR F R メッセージは、ネットワークをフラディング状態とする（溢れさせる）点に留意されたい。こうしたR F R メッセージは、ネットワークを介して急速に伝播するので、ネットワークオーバーヘッドに大きく寄与することはない。一方、C T R メッセージは、得られる集合経路のみに限定される。

【 0 0 4 7 】

[0051] 図 2 (a) と 2 (b) は、所定のソース (S) と宛先ノード (D) の間に設定されたバッファ付きユニキャスト経路を示しており、それぞれ $N = 0$ 、 $N = 1$ の場合に対応している。中継ノード、バッファノード、及び無関係ノードには全て適切に印が付けられている。経路幅パラメタが $N = 0$ から $N = 1$ に増えると、中継ノード数が増えることに留意されたい。こうしたノードの追加により、ノードの可動性又はリンクの障害に対するロバスト性を高めることができる。ネットワークが利用できる N の最大値は、タイムスロットの再利用のパターンといった他の要因に左右される。

【 0 0 4 8 】

[0052] 図 2 (c) は、ソースと宛先でのB U F パケットの送信による影響を示している。具体的には、 $N = 0$ でB U F パケット送信がプロトコルに含まれない場合に得られる経路を示している。この場合、ソースに隣接し中継ノードに隣接していないノードが存在しており、したがって、当該ノードはC T R パケットを受信しない。図 2 (c) の宛先に隣接するネットワーク上の最も下にあるノードは、ソースによって送信されるC T R パケットと隣接するノードの一つによって送信される遅延したR F R パケットとが衝突することによってC T R パケットを受信できず、その結果、バッファノードではなく無関係ノードとして動作する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 9 】

【図 1】 本発明の実施形態に係る、別個の協調型パスの集合としてソースノード (S) と宛先ノード (D) との間にある協調型経路を示す図である。

【図 2 (a)】 本発明の実施形態に係り、 $N = 0$ の設定の場合のソース (S)、宛先 (D)、中継ノード (R)、バッファノード (B)、及び無関係ノード (U) を含む複数ノードのネットワークを示す図である。

10

20

30

40

50

【図 2 (b)】本発明の実施形態に係り、 $N = 1$ の設定の場合のソース (S)、宛先 (D)、中継ノード (R)、バッファノード (B)、及び無関係ノード (U) を含む複数ノードのネットワークを示す図である。

【図 2 (c)】本発明の実施形態に係り、 $N = 1$ の設定の場合のソース (S)、宛先 (D)、中継ノード (R)、バッファノード (B)、及び無関係ノード (U) を含む複数ノードのネットワークを示す図である。

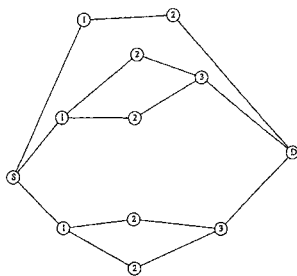
【符号の説明】

【 0 0 5 0 】

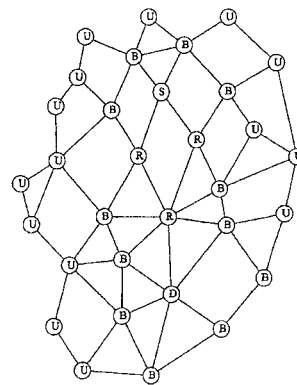
S ... ソースノード、D ... 宛先ノード、R ... 中継ノード、B ... バッファノード、U ... 無関係ノード、N ... 経路幅パラメータ。

10

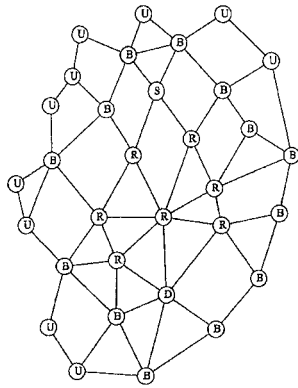
【図 1】



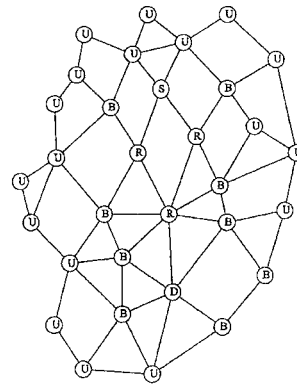
【図 2 (a)】



【図 2 (b)】



【図 2 (c)】



フロントページの続き

- (72)発明者 トーマス エー． ブラウン サード
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， カーディフ バイ ザ シー， カミニト オーシャン
コーヴ 2478
- (72)発明者 アダム， エム． ブレアー
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， サン ディエゴ， ナンバー603， インディア ス
トリート 1501
- (72)発明者 マーク エル． ジョンソン
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， ボウエイ， オーク キャニオン ロード 15114
- (72)発明者 トーマス アール． ハルフォード
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， ウェスト ハリウッド， アpartment 3， ノー
ス クレセント ハイ츠 ブルヴァード 1235

審査官 木下 直哉

- (56)参考文献 特開2005-150791(JP, A)
特開2006-186565(JP, A)
特開2007-135136(JP, A)
特開2004-282268(JP, A)
特開2005-150788(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 7/24 - 7/26
H04W 4/00 - 99/00
H04L 12/701