

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4168152号
(P4168152)

(45) 発行日 平成20年10月22日(2008.10.22)

(24) 登録日 平成20年8月15日(2008.8.15)

(51) Int.Cl.		F 1			
HO4Q	7/38	(2006.01)	HO4Q	7/00	302
HO4L	12/56	(2006.01)	HO4L	12/56	G
HO4Q	7/22	(2006.01)	HO4Q	7/00	584
			HO4Q	7/00	621

請求項の数 18 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2005-141617 (P2005-141617)
 (22) 出願日 平成17年5月13日(2005.5.13)
 (65) 公開番号 特開2006-319787 (P2006-319787A)
 (43) 公開日 平成18年11月24日(2006.11.24)
 審査請求日 平成19年12月27日(2007.12.27)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 504145342
 国立大学法人九州大学
 福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号
 (74) 代理人 100128749
 弁理士 海田 浩明
 (72) 発明者 古川 浩
 福岡県福岡市東区箱崎6丁目10番1号
 審査官 齋藤 浩兵

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多段無線中継方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の周辺ノードならびに複数の経路ノードからなり、当該経路ノードはさらにひとつの始点ノード、ひとつもしくは複数の中間ノード、およびひとつの終点ノードからなり、各経路ノードは互いに中継しあうことで枝分かれのない1本の中継経路を形成し、前記始点ノードから前記終点ノードへ向けて当該中継経路に沿って前記中間ノードを経由してフレームが中継伝送される多段無線中継方法であって、
 前記複数の経路ノードに隣接する前記複数の周辺ノードのうちの一部のノードの送信を一時停止にする無線チャンネル予約ステップと、
 無線チャンネル予約ステップにより予約された無線チャンネル上で始点ノードが送信フレームを間欠送信する際の送信周期を設定する周期設定ステップと、
 無線チャンネル予約ステップにより予約された無線チャンネル上で始点ノードが前記周期設定ステップにより設定された送信周期で送信フレームを周期的に間欠送信するフレーム中継ステップからなる多段無線中継方法。

10

【請求項2】

複数の周辺ノードならびに複数の経路ノードからなり、当該経路ノードはさらにひとつの始点ノード、ひとつもしくは複数の中間ノード、およびひとつの終点ノードからなり、各経路ノードは互いに中継しあうことで枝分かれのない1本の中継経路を形成し、前記始点ノードから前記終点ノードへ向けて当該中継経路に沿って前記中間ノードを経由してフレームが中継伝送され、前記始点ノードから前記終点ノードへ向かう中継方向を順方向とし

20

、前記終点ノードから前記始点ノードへ向かう中継方向を逆方向とし、前記経路ノードのうち始点ノードを除く各ノードから見て、逆方向経路上のすぐ隣に位置する経路ノードを先行ノード、順方向経路上のすぐ隣に位置する経路ノードを後続ノードとする多段無線中継方法であって、

前記無線チャネル予約ステップでは、前記始点ノードより前記中間ノードを経て順方向に前記終点ノードまで予約ビーコンフレームを中継し、当該予約ビーコンフレームを受信した前記周辺ノードは送信を見合わせ、前記予約ビーコンフレームを受信した前記終点ノードは予約ACKフレームを前記始点ノードへ向けて前記中間ノードを経て逆方向に中継し、

前記周期設定ステップでは、前記予約ACKフレームを受信した前記始点ノードより送信周期設定先行フレームを送信し、さらに時間 T_{ss} 後に送信周期設定後続フレームを送信し、送信周期設定先行フレームならびに送信周期設定後続フレームは、それぞれ前記中間ノードを経由して前記終点ノードまで順方向に中継され、前記送信周期設定後続フレームが終点ノードまで到達しなかったならば始点ノードは時間 T_{ss} を増大させて再度送信周期設定先行フレームの送信からやりなおし、前記送信周期設定後続フレームが終点ノードにおいて正しく受信されたならば当該終点ノードより前記中間ノードを経由して始点ノードまで周期設定ACKフレームが中継され、

前記フレーム中継ステップでは、周期設定ACKフレームを受信した始点ノードは時間 T_{ss} の最終値毎に送信フレームを間欠送信し、前記各経路ノードでは先行ノードもしくは後続ノードより送信された送信フレームを待ち受け、送信フレームを受信したら当該送信フレームをバッファに蓄え、一定時間経過の後、バッファ内の送信フレームの一つを前記先行ノードもしくは前記後続ノードへ向けて送信することを特徴とする請求項1に記載の多段無線中継方法。

【請求項3】

前記予約ビーコンフレームには前記複数の経路ノードが無線回線を占有する時間を記載し、当該予約ビーコンフレームを受信した周辺ノードは当該予約ビーコンフレームが指定した無線回路を占有する時間の間、送信を見合わせることを特徴とする請求項2に記載の多段無線中継方法。

【請求項4】

前記送信周期設定後続フレームには当該フレームを発信した始点ノードが用いた送信周期 T_{ss} の値を記載し、各経路ノードは当該フレームの受信により送信周期を知ることができることを特徴とする請求項2に記載の多段無線中継方法。

【請求項5】

始点ノード以外の各経路ノードは前記送信周期設定先行フレームを先行ノードより受信したのち当該送信周期設定先行フレームの後続ノードへの送信に成功し、その後、前記送信周期設定後続フレームを先行ノードより受信したものの当該送信周期設定後続フレームの後続ノードへの送信に失敗したことを検出すると、周期再設定要求フレームを始点ノードへむけて送信し、当該周期再設定要求フレームは前記中間ノードを経由して始点ノードへ中継され、前記周期再設定要求フレームを受信した始点ノードは送信周期 T_{ss} を増大させた後、前記送信周期設定先行フレームの送信からやり直すことを特徴とする請求項2に記載の多段無線中継方法。

【請求項6】

前記送信周期設定先行フレームもしくは送信周期設定後続フレーム、いずれかを前記先行ノードより受信した前記ノードAは、ある一定時刻経過後直ちに受信した当該送信周期設定先行フレームもしくは送信周期設定後続フレームを前記後続ノードへ中継伝送することを特徴とする請求項2に記載の多段無線中継方法。

【請求項7】

前記始点ノードより送信された送信周期設定先行フレームが後続の経路ノードより順方向へ中継されることによりキャリア検出される期間を T_{busy} とし、 T_{busy} に意

10

20

30

40

50

図的周期 T_s を加えた値に定数をかけたものを前期送信周期 T_{ss} とすることを特徴とする請求項 2 に記載の多段無線中継方法。

【請求項 8】

ある経路ノード S が新たに始点ノードとして送信フレームを終点ノード D へ向けて伝送しようとする場合に、当該経路ノード S が過去に中間ノードとして同一の終点ノード D へ向けて送信フレームを中継した事があるならば、当該中継時の送信周期 T_{ss} を用い、直ちに送信フレームを周期的に間欠送信することを特徴とする請求項 4 に記載の多段無線中継方法。

【請求項 9】

前記送信フレームはデータフレームもしくは制御フレームからなることを特徴とする請求項 1 もしくは 2 に記載の多段無線中継方法。

10

【請求項 10】

前記送信フレームは、いずれも長さが一定となるように整形されることを特徴とする請求項 1 もしくは 2 に記載の多段無線中継方法。

【請求項 11】

前記終点ノードは前記待ち受けバッファに当該終点ノードで新たに発生したデータフレームを任意の時間に任意の数だけ格納することができることを特徴とする請求項 2 に記載の多段無線中継方法。

【請求項 12】

終点ノードは、当該終点ノードに対する先行ノードより伝送された送信フレームを受信の後、新たに終点ノードで発生した送信フレームを始点ノードへ向けて送信可能であることを特徴とする請求項 2 に記載の多段無線中継方法。

20

【請求項 13】

各中間ノードでは順方向の送信フレームと逆方向の送信フレームの中継伝送比率が一定となるように順方向と逆方向の送信フレームの送信優先度を決定することを特徴とする請求項 2 に記載の多段無線中継方法。

【請求項 14】

前記始点ノードにおいて送信すべき送信フレームがなくなった場合、グループ ACK 要求フレームを送信し、グループ ACK 要求フレームは中間ノードを経由して終点ノードまで順方向に中継され、グループ ACK 要求フレームを受信した終点ノードはグループ ACK フレームを始点ノードへ向けて返信し、グループ ACK フレームは中間ノードを経由して始点ノードまで逆方向に中継され、グループ ACK フレームを受信した始点ノードはグループ ACK 返答フレームを送信し、グループ ACK 返答フレームは中間ノードを経由して終点ノードまで順方向に中継されることを特徴とする請求項 2 に記載の多段無線中継方法。

30

【請求項 15】

前記グループ ACK 要求フレームを送信した前記始点ノードは、それまでに逆方向データフレームを一度でも受信している場合には、終点ノードからのグループ ACK フレームが到来するまで、送信周期 T_{ss} により送信フレームと同様にダミーフレームを送り続け、それまでに逆方向データフレームを全く受信していない場合にはなんらフレームを送信せず、前記ダミーフレームを受信した前記中間ノードでは当該ノードの前記待ち受けバッファが空である場合にはダミーフレームを後続ノードへ順方向に送信し、前記待ち受けバッファに送るべき送信フレームがある場合には当該フレームを先行ノードもしくは後続ノードへ送信することを特徴とする請求項 14 に記載の多段無線中継方法。

40

【請求項 16】

前記中間ノードが前記グループ ACK フレームを受信した場合、当該中間ノードがそれ以前に全く逆方向の送信フレームを受信したことがなければ、ただちに当該グループ ACK フレームを前記先行ノードへ逆方向に送信することを特徴とする請求項 14 に記載の多段無線中継方法。

【請求項 17】

50

前記始点ノードが逆方向の送信フレームを全く受信しなかった場合には前記グループ A C K 返答フレームを送信しないことを特徴とする請求項 1 4 に記載の多段無線中継方法。

【請求項 1 8】

前記グループ A C K フレームには前記終点ノードにおいて受信に失敗した順方向の送信フレーム番号が記載され、前記グループ A C K 返答フレームには前記始点ノードにおいて受信に失敗した逆方向の送信フレーム番号が記載されることを特徴とする請求項 1 4 に記載の多段無線中継方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線ノードが存在し、各無線ノードが無線により互いにパケットの中継を行う無線マルチホップネットワークにおける無線中継方法に関するものであり、事前に中継経路が与えられている場合に適用される。

【背景技術】

【0002】

数 10 M b p s クラスのブロードバンドを収容する次世代の移動通信システムではセル半径の狭小化は必須であるとされる。しかし、セルを狭小化する場合、面的に広いエリアをサービスエリアとするためには極めて多数の基地局を設置しなくてはならない。最大の問題は、各基地局を基幹ネットワークに接続するための有線回線敷設に膨大な投資が必要となることである。そこで、有線ネットワークに接続された基地局（コアノード）を所々に設置し、このコアノード群でカバーしきれないエリアを無線マルチホップ中継で接続した中継ノードによりカバーするセルラーネットワーク（以下、無線基地局中継網）が検討されている。この無線基地局中継網を用いると、有線回線の敷設はコアノードのみでよいため投資を抑制することが可能となる。ここでの課題は、無線マルチホップネットワークにおいて如何にして伝送効率の高いパケット中継伝送を実現するかにある。

20

【0003】

伝送効率の高いパケット中継伝送を実現するパケット中継伝送法として、非特許文献 1 では周期的間欠送信法（Intermittent Periodic Transmit）が提案された。以下、当該パケット伝送方式について説明する。

30

図 1 2 は非特許文献 1 に示された周期的間欠送信法を説明するシーケンス図である。図 1 2 では各ノードは一次元等間隔で配列している場合を想定している。図 1 2 の例では、周波数リユース距離は 3 である。すなわち例えば始点ノード N_S と中継ノード N₄ とで同一の周波数を繰り返して利用可能であることを意味する。

周期的間欠送信法では、始点ノード N_S において一定の送信周期 P_S 3 でフレームを送信し、一方中継ノード N_i ではパケットを受信後即座に中継先ノードへ中継伝送することを特徴とする。図 1 2 のように送信周期 P_S 3 を与えることにより例えば時刻 T₁ における同一周波数を再利用するノードは N_S と N₄ であり、周波数リユース距離 3 を満足していることが分かる。

40

図 1 3 に周波数リユース距離 5 の場合の非特許文献 1 に示された周期的間欠送信法による中継伝送を説明するシーケンス図を示す。図 1 2 との違いはリユース距離が長くなったことにより、始点ノード N_S における送信周期を P_S 5 とすることである。P_S 5 は P_S 3 よりも長く設定する。時刻 T₁ における同一周波数を利用するノードは N_S と N₅ であり、同一周波数リユース距離 5 が得られている事が分かる。

以上のように周期的間欠送信法では始点ノードにおいて周期的、間欠的にフレームを送信し、一方中継ノードでは即フレームを中継伝送することにより周波数リユース間隔を制御する事が可能となり、所要の周波数リユース間隔となる送信周期を与えることでスループットの最大化を達成する事が可能となる。

また、図 1 2 ならびに図 1 3 より明らかなように周期的間欠送信法によると終点ノード N

50

__ Eにおいて観測されるスループットは中継段数によらず一定に保つ事ができる。

【非特許文献1】H. Furukawa, "Hop Count Independent Throughput Realization by A New Wireless Multihop Relay," in Proc. IEEE VTC 2004 Fall, 4.4.2.2, Sep. 2004.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

無線マルチホップ中継における中継経路は一般に枝分かれ分岐があるため、このような場合周期的間欠送信を適用する事は難しかった。中継経路に枝分かれ分岐が存在する場合の課題を図14を用いて説明する。始点ノードNA__1からNA__2、NA__3、NA__4、NA__5、そしてNA__6までフレームが中継されている場合を考える。当該通信セッションをセッションAとおく。また図14のようにノードNA__4はノードNB__3と接続され、ノードNB__3からNB__2、NB__1へいたる別の経路、枝経路が存在する。このようにノードNA__4を分岐点とし、中継経路に枝分かれが存在すると、セッションAの中継途中にノードNB__3からノードNA__4へ別の通信セッションのフレームが混入する。周期的間欠送信では、このような経路外のフレームが混入してしまうと、中継の流れが滞ってしまい中継伝送効率が低下してしまうのである。

同様に中継経路外に存在するノードからの電波干渉によっても、周期的間欠送信による高効率なフレーム中継が滞ってしまう。

さらに、図12ならびに図13より明らかなように、周期的間欠送信法では中継経路上で両方向のフレームを同時に中継伝送することができなかった。

【0005】

本発明はこれら3つの課題を同時に解決可能な無線中継法を提示する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

複数の周辺ノードならびに複数の経路ノードからなり、当該経路ノードはさらにひとつの始点ノード、ひとつもしくは複数の中間ノード、およびひとつの終点ノードからなり、各経路ノードは互いに中継しあうことで枝分かれのない1本の中継経路を形成し、前記始点ノードから前記終点ノードへ向けて当該中継経路に沿って前記中間ノードを経由してフレームが中継伝送される多段無線中継において、前記複数の経路ノードに隣接する前記複数の周辺ノードのうちの一部のノードの送信を一時停止にする無線チャンネル予約ステップと、無線チャンネル予約ステップにより予約された無線チャンネル上で始点ノードが送信フレームを周期的に間欠送信する際の送信周期を設定する周期設定ステップと、無線チャンネル予約ステップにより予約された無線チャンネル上で始点ノードが前記周期設定ステップにより設定された送信周期で送信フレームを周期的に間欠送信するフレーム中継ステップからなる。

【発明の効果】

【0007】

無線チャンネル予約ステップにより、前記中継経路と接続する枝経路上のノードからのフレームの混入を防ぎ、周期的間欠送信によるフレーム中継が滞ることを防ぐ。また無線チャンネル予約ステップは中継経路外の無線ノードからの電波干渉を抑制することもできる。周期設定ステップにより周期的間欠送信で必要な送信周期の適応的な設定が可能となり、かつフレーム中継ステップにより文献1で示された周期的間欠送信と同様、高効率なフレーム中継を達成する。

【実施例1】

【0008】

本発明では中継経路は事前に与えられていることを前提とする。中継経路の設定方法は、各ノードが新たに送信すべきフレームを有してから中継経路を決定するオンデマンド経路設定手法や、送信すべきフレームの有無に関わらず、事前に経路を設定しておく事前経路設定手法のいずれをも適用する事ができる。

本発明によるフレーム中継法は図1に示すように次の3つのステップからなる。

10

20

30

40

50

ステップ1：与えられた中継経路に属する中継ノードが、当該中継経路に属さないノードから干渉を受けないように無線チャネルの排他的利用権を獲得するための無線チャネル予約ステップ。

ステップ2：ステップ1において無線チャネルの排他的利用権を得た当該中継経路上の始点ノードが、フレームの送信周期を設定するための送信周期設定ステップ

ステップ3：ステップ2においてフレームの送信周期を設定し終えた始点ノードが周期的に送信するフレームを間欠送信し、各中継ノードが受信した中継フレームを中継伝送するフレーム中継ステップ

以下では、各ステップ毎に詳細を説明する。

まず本発明による無線チャネル予約ステップを図2により説明する。ここでは、Node__1、Node__2、・・・、Node__Nまでに至る中継経路が与えられているものとする。

始点ノードNode__1はビーコンフレームBeacon__1を送信する。Node__1の中継先ノードNode__2はBeacon__1フレームを受信してからIFS__1時間経過の後、ビーコンフレームBeacon__2を送信する。当該中継経路に属さず、かつBeacon__1フレームを受信したノードNode__O1はそれ以降の送信を見合わせる。これにより、Node__O1が送信することによる当該中継経路上のフレーム中継伝送への干渉を回避できる。同様に、Beacon__2フレームを受信した、Node__2の中継先ノードNode__3はIFS__1時間待機の後、Beacon__3フレームを送信する。Beacon__2、Beacon__3フレームを受信した当該中継経路に属さないノードは、それ以降の送信を見合わせる。以上を繰り返し、終点ノードNode__NがビーコンフレームBeacon__Nを送信し、無線チャネル予約のためのビーコンフレーム送信は完了する。

【0009】

無線チャネル予約のためのビーコンフレーム送信が完了後、終点ノードNode__Nは経路予約完了フレームACK__Rを始点ノードNode__1へ向けて送信し、Node__1が当該フレームを受信して無線チャネル予約は完了する。始点ノードND__1ではある時間以上たってもACK__Rを受信しなければ、再度、ビーコンフレームBeacon__1の送信からやり直し、ACK__Rが受信できるまで繰り返す。ただし、ある回数以上繰り返してもなおACK__Rが受信できなければ、通信経路の切断や、定常的な干渉が発生している可能性があるため、上位システムへ向けて警告信号を報知し、それ以降の処理を中止する。

【0010】

中継経路上の各中継ノードが送信したビーコンフレームを受信した当該中継経路に属さない周辺ノードがそれ以降の送信を見合わせることにより、当該中継経路上のフレーム中継伝送時に周辺ノードから及ぼされる干渉を抑制できる。

ビーコンフレームには、送信を見合わせる時間を指定する情報が含まれる。中継経路に属さない周辺ノードは、ビーコンフレームを受信すると、当該ビーコンフレームが指定する時間の間送信を見合わせる。複数のビーコンノードを周辺ノードにおいて受信した場合、最も見合わせる時間が長い設定のビーコンの指示に従う。

始点ノードNode__1は、送信見合わせの中止を指示するビーコンフレームを送信することもできる。当該フレームはやはり終点ノードまで中継伝送され、これらを周辺ノードが受信すれば一定時間の後、送信の見合わせを中止する。

次に本発明における送信周期設定ステップについて図3ならびに図4を用いて説明する。まず図3を参照しながら説明する。今、10個のノードND__1～ND__10までの中継が行われている場合を考える。TB1～TB11は時間をあらわしている。ノードND__1は時間TB1において周期設定先行フレームPD__1を送信する。ノードND__2の時間TB1に示した楕円R__OKは当該ノードにおいて送信元ノードからのフレームが正しく受信されたことを表す。周期設定先行フレームPD__1を受信したノードND__2は時間SIFSだけ待機した後、ただちに同フレームPD__1をノードND__3へ向けて時間

10

20

30

40

50

T B 2において中継伝送する。ノードND__2より送信されたフレームは電波伝搬特性によりノードND__1においても受信され、ノードND__2がノードND__3へ向けて送信したフレームをノードND__1が受信することで、ノードND__1は時間T B 1で伝送した周期設定先行フレームPD__1のACK信号とみなす。同様に、ノードND__3, ND__4、ND__9と周期設定先行フレームは中継伝送される。

ノードND__1では時間T B 3においてノードND__3がノードND__4へ向けて送信した周期設定先行フレームが受信される。さらに、時間T B 4においてはノードND__4が送信した周期設定先行フレームはもはや電波減衰によりノードND__1へは到達しない。ノードND__1は時間T B 3終了時からキャリア検出を行っており、T B 4の先頭D I F S期間の間、キャリア検出されなければ、続く時間T B 5において周期設定後続フレームPD__2をノードND__2へ向けて送信する。すなわち、周期設定先行フレームPD__1と周期設定後続フレームPD__2の送信時間間隔はT s sにより規定される。送信周期T s sは具体的には次式で与えられる。

【0011】

【数1】

$$T_{ss} = (T_{PD_1} + SIFS) * (T_{PD_1_Busy} + T_s)$$

ここで、T__PD__1は周期設定先行フレームPD__1の時間長を、T__PD__1__B u s yはノードND__1が周期設定先行フレームPD__1を送信後に、キャリアを検出した時間ブロック数、T sは意図的周期時間ブロック数を表す。1時間ブロックはT__PD__1 + S I F Sの長さを有する。なお、周期設定後続フレームの時間長はT__PD__1と等しい。

【0012】

周期設定後続フレームPD__2には送信周期T s sの値を情報として記載する。これにより、始点ノード以外のノードも送信周期を知ることができる。ある経路ノードSが新たに始点ノードとして送信フレームを終点ノードDへ向けて伝送しようとする場合に、当該経路ノードSが過去に中間ノードとして同一の終点ノードDへ向けて送信フレームを中継した事があるならば、当該中継時の送信周期T s sを用い、周期設定ステップを実行せず直ちに送信フレームを周期的に間欠送信することができる。

ノードND__2では時間T B 5において、ノードND__1から送信された周期設定後続フレームPD__2を正しく受信すると、時間T B 6において同フレームをノードND__3へ向けて中継伝送する。ノードND__2からの周期設定後続フレームPD__2を時間T B 6で受信したノードND__3は続く時間T B 7において当該フレームをノードND__4へ向けて送信する。

一方、時間T B 7において、ノードND__4は、ノードND__7がノードND__8へ向けて中継伝送した周期設定先行フレームPD__1が干渉として到来しており、ノードND__3からの周期設定後続フレームPD__2の受信に失敗する。受信失敗の状態を図3のR__N Gにより表した。ノードND__4は時間T B 7において周期設定後続フレームPD__2の受信に失敗したので、続く時間T B 8において、ノードND__4は何も送信しない。ノードND__3では時間T B 7において送信した周期設定後続フレームPD__2のACK受信に失敗することを意味する。すなわち、ノードND__3は時間T B 8においてノードND__4が送信するであろう周期設定後続フレームの受信を期待するが、キャリア検出期間D I F Sをまっても受信されないのである。これにより、ノードND__3は時間T B 8においてACKを受けていないと判断する。ACK受信できなかったノードND__3は時間T B 9において衝突検出フレームC DをノードND__2へむけて送り返し、送り返された衝突検出フレームC DはノードND__1へ向けて中継される。そして、衝突検出フレームを受信したノードND__1は再び周期設定先行フレームPD__1を送信する。

【0013】

図4により本発明における送信周期ステップについてさらに説明を進める。衝突検出フ

10

20

30

40

50

フレームを受信したノードND__1は再び、周期設定先行フレームPD__1ならびに周期設定後続フレームPD__2の送信を順次行い、各フレームは終点ノードへ向けて中継される。その際、周期設定先行フレームPD__1と周期設定後続フレームPD__2との意図的周期時間ブロック数Tsを1だけ増加させる。すなわち、数1より、送信周期Tsは1時間ブロック長、T__PD__1 + SIFS分、増大させる。1時間ブロック長だけ増大された送信周期Tsにより、ノードND__1は時間TB6において周期設定後続フレームPD__2を送信する。周期設定後続フレームPD__2には送信周期Tsの値を情報として記載する。これにより、始点ノード以外のノードも送信周期を知ることができる。

【0014】

終点ノードND__10において周期設定先行フレームPD__1ならびに周期設定後続フレームPD__2を受信すると、周期設定完了フレームOKを始点ノードND__1へ向けて中継する。図4ではノードND__10の時間TB10がその時である。周期設定完了フレームOKが時間TB12において始点ノードND__1へ受信されると周期設定処理は完了である。完了時の送信周期Tsが設定後の送信周期となる。

10

【0015】

何らかの原因によりある時間以上まっても周期設定完了フレームOKが始点ノードND__1において受信されない場合、当該ノードは、意図的周期時間ブロックを1増やしたのち、再度、周期設定先行フレームPD__1ならびに周期設定後続フレームPD__2を送信する。これを周期設定完了フレームOKが受信されるまで繰り返す。ただし、ある再送回数をおこなってもOKフレームの受信が行われない場合は、中継経路の途中の無線回線が断絶している可能性があるため、それ以上の送信周期設定処理は行わず、上位の制御システムへ警告を出し経路変更等の処理を委託する。

20

【0016】

また、何らかの原因により、終点ノードND__10においてPD__2は受信できたが、PD__1を受信できなかった場合には、終点ノードはCDフレームを始点ノードND__1へ向けて送信する。

本発明によるフレーム中継ステップの第一の実施例を具体的なフレーム中継を例にして、図5～図8を用いて説明する。まず、図5をより説明する。

5つのノードND__1～ND__5による中継を考える。始点ノードND__1は第一データフレームDT__U1を時間TB1においてノードND__2へ向けて送信する。図5においては、受信状態を楕円で示している。たとえば、ノードND__2の時間TB1に示した楕円は、ノードND__1からのデータフレームDT__U1が正しく受信されたことを示している。ノードND__2はノードND__1からのデータフレームDT__U1を受信後、IPT__IFS期間の後、直ちにDT__U1を時間TB2においてノードND__3へ向けて送信する。後続のノードにおいても、これを繰り返すことで、終点ノードND__5までのデータフレーム中継が行われる。

30

【0017】

終点ノードND__5は、時間TB4においてデータフレームDT__U1を受信の後、IPT__IFS期間を待って、ノードND__1へ向けて時間TB5において逆方向のデータフレームDT__D1を送信する。なお、時間TB5においてノードND__5になんら送信すべきデータフレームが存在しない場合には当該ノードはなんらフレームを送信しない。

40

【0018】

ノードND__2がノードND__3へ時間TB2において送信したデータフレームDT__U1は、ノードND__1におけるキャリア検出回路において検出されるため、これにより、ノードND__1は当該ノードがノードND__2へ向けて送信したデータフレームDT__U1が正しくノードND__2において受信されたこと(ACK検出)を知る。一例としてその様子をノードND__1の時間TB2に示した。ノードND__1では、時間TB2においてノードND__2がノードND__3へ向けて送信したフレームが同時に届くため、TB1においてノードND__1が送信したデータフレームへのACKを得る事ができるのである。他のノードにおいても同様に中継先ノードが正しくデータフレームを受信できたかど

50

うか知る事ができる。ただし、たとえデータフレームの送信に失敗した事がわかって再送は行わない。送信に失敗したデータフレームは、始点ノードND__1において全データフレームを送信後に、まとめて再送する。

【0019】

送信元ノードにおいて常に送信先ノードからのACK検出ができない場合、何らかの原因で当該ノード間の無線回線が切断されていることが予想される。このような無線回線断の状態は送信元ノードが把握できる。この場合、非常シグナルをネットワーク制御システムへ向けて報知することにより、それ以降の処理の中止を要求することができる。

【0020】

終点ノードから時間TB5において送信された逆方向のデータフレームDT__D1は中間ノードND__2～ND__4において始点ノードND__1へ向けて中継される。逆方向データフレームの送信は、順方向（始点ノードND__1からND__5へ向かう方向）データフレームの場合と全く同様に、各ノードにおいて新たなフレームを受信した後、IPT__IFS時間後に伝送される。ここで、各ノードでは、直前に受信したフレームを直ちに送信しなくてはならないわけではなく、過去に受信したデータフレームを順方向、順方向問わずに送信できる。

各ノードには受信した順方向、逆方向フレームを蓄えておく待ち受けバッファを持つ。順方向のデータフレームと逆方向のデータフレームの中継伝送比率が一定となるように順方向と逆方向の送信フレームの送信優先度を決定することで順方向、逆方向のフレーム中継スループットを調整できる。

順方向および逆方向データフレームは同一の時間長となるように整形される。データフレーム長を短くすればするほど1フレームが始点ノードから終点ノードまで伝送されるのによる遅延時間を短縮する事ができる。順方向および逆方向データフレームには各種の制御情報を含ませることができる。

【0021】

ノードND__1では、データフレームDT__U1送信開始時からTspc__A時間毎に、後続のデータフレームの送信を行う。ここで、Tspc__Aは次のように定義される。

【0022】

【数2】

$$T_{spc_A} = (T_{DAT} + IPT_IFS) / (T_{PD_1} + SIFS) * T_{ss} + \Delta_{spc}$$

T__DATはデータフレームの時間長、spcは各ノードの内臓タイマーの誤差を考慮したマージンである。

【0023】

始点ノードND__1ではTspc__A時間の周期で順方向データフレームおよび制御フレームの伝送を行う。

【0024】

更に図6を用いて、本発明におけるフレーム中継ステップの第一の実施例の説明を続ける。終点ノードにおいて、送信するべき逆方向データフレームがない場合には、ノードND__5は何も送信する必要はない。たとえば、ノードND__5の時間TB14や時間TB17がその例である。

【0025】

始点ノードにおいて、送信するべき順方向データフレームがもはやなくなった場合には、制御フレームであるグループACK要求フレームDT__ARを伝送する。ノードND__1の時間TB16においてその一例を示した。ノードND__1は先行する時間TB13において最後の順方向データフレームDT__U5を送信したので、次の送信時間タイミングTB16においてDT__ARを送信している。

【0026】

グループACK要求フレームDT__ARは他の順方向データフレームと同様に終点ノード

10

20

30

40

50

ドへ向けて中継される。DT__ARを受信した各ノードは、当該フレームを他の順方向データフレームより先に中継してはならない。これにより、終点ノードND__5においてDT__ARを受信したとき、終点ノードND__5では順方向データフレームがそれ以上受信されないことを知る事ができる。

【0027】

始点ノードND__1はグループACK要求フレームDT__ARを送信後、終点ノードからの制御フレームであるグループACKフレームDT__GAの受信を待つ。始点ノードND__1はDT__ARを送信した後、もしそれ以前に逆方向データフレームを受信した事がある場合には、DT__ARを送信した後、データフレームの送信の場合と同様、送信周期Tspc__Aの間隔でダミーフレームDT__EPを伝送する。ダミーフレームDT__EPを受信したノードは、もし他に送信すべきフレームを有している場合には、当該フレームを無視し、送信すべきフレームがない場合には、通常の順方向データフレームと同様に中継する。

10

【0028】

更に図7を用いて、本発明におけるフレーム中継ステップの第一の実施例の説明を続ける。時間TB19(図6)においてDT__ARを受信したノードND__2は、それ以前に中継すべきデータフレームDT__D3を有しているため、時間TB26にてノードND__3へ向けてDT__ARを中継する、後続のノードND__3, ND__4においてはTB27時間以降、すでに送信すべきフレームが無い場合、直ちにノードND__5へむけて中継される。

20

【0029】

グループACK要求フレームDT__ARを受信した終点ノードND__5は、当該フレームへの応答であるグループACKフレームDT__GAを返信する。DT__GAを返信した終点ノードND__5は反対方向データフレームの送信をそれ以降行わない。

【0030】

終点ノードがグループACK要求フレームDT__ARを受信する事は、すなわち、順方向データフレームの送信が完了したことを意味する。終点ノードでは、データフレームのタイムスタンプ等の情報から、受信されていないデータフレームを抽出し、これらのデータフレームの再送を促すための情報をDT__GAに載せる。

【0031】

更に図8を用いて、本発明におけるフレーム中継ステップの第一の実施例の説明を続ける。DT__GAを受信した中間ノードは、もし当該ノードが過去に全く逆方向データフレームを受信した事がなければ、ただちに受信したDT__GAを先行するノードへ向けて返信してよい。しかし、DT__GAを受信した中間ノードが、もし当該ノードが1度でも逆方向データフレームを受信した事があれば、逆方向データフレームの中継の場合と同様、中継元ノードからのフレームの到着を待つ。

30

ノードND__4は、時間TB30(図7)においてノードND__3よりダミーフレームDT__EPを受信した後、時間TB31において、すでに受信済みのグループACKフレームDT__GAをノードND__3へ向けて中継する。ノードND__3, ノードND__2においても同様にDT__GAの中継を行い、時間TB35において当該フレームはノードND__1に到達する。

40

【0032】

各ノードでは逆方向データフレームより先にDT__GAの送信は行わない。これにより、始点ノードがグループACKフレームDT__GAを受信することは、すなわちすべての順方向データフレーム、すべての逆方向データフレームの伝送が完了したことを意味する。

【0033】

DT__GAを受信した始点ノードは、さらに終点ノードへ、逆方向データフレームの受信に失敗した欠落データフレームの情報を終点ノードへ知らせるための制御フレームである逆方向グループACKフレームDT__GARを終点ノードへ向けて伝送する。

50

【0034】

DT_GAR送信開始からTspc_A時間後に順方向データフレームDT_Uxの再送を行う。もし過度の再送が必要と判断された場合には、数2で与えられる送信周期Tspc_Aを、Tssを増大させた上で再計算する。

【0035】

始点ノードND_1が逆方向のデータフレームを全く受信していない場合にはDT_GARの伝送を行う必要はない。DT_GARの伝送を行わない場合は即座に順方向データフレームの再送を開始する。もし逆方向データフレームしか再送すべきデータフレームがない場合には、始点ノードはダミーフレームDT_EPを周期的に送信することになる。

【0036】

順方向、逆方向共に再送すべきデータフレームがなくなるまで上述の処理を行う。順方向、逆方向共に再送すべきデータフレームがなくなれば無線チャネル予約解除のための制御フレームを始点ノードから中間ノードを経由して終点ノードまで中継し、すべての中継処理を終える。

【実施例2】

【0037】

次に本発明のフレーム中継ステップにおける第二の実施例を図9～図11より用いて説明する。第二の実施例は、第一の実施例において順方向フレームのみしか伝送しない場合のフレーム中継に相当するものである。なお、逆方向フレームのみしか伝送しない場合も始点ノードと終点ノードを読み違えれば同様であるため、説明を割愛する。

【0038】

5つのノードND_1～ND_5による中継を考える。始点ノードND_1は第一データフレームDT_U1を時間TBS1においてノードND_2へ向けて送信する。ノードND_2はノードND_1からのデータフレームDT_U1を時間TBS1において受信後、IPT_IFS期間の後、直ちにDT_U1を時間TBS2においてノードND_3へ向けて送信し、これを繰り返すことで、終点ノードND_5までのデータフレーム中継が行われる。

【0039】

図5においては、受信状態を楕円で示している。たとえば、ノードND_2の時間TBS1に示した楕円は、ノードND_1からのデータフレームDT_U1が正しく受信されたことを示している。

【0040】

ノードND_1では、データフレームDT_U1送信開始時からTspc_A時間毎に、後続のデータフレームの送信を周期的に行う。ここで、Tspc_Aは数2で与えられる。

【0041】

ノードND_2がノードND_3へ時間TBS2において送信したデータフレームDT_U1は、ノードND_1におけるキャリア検出回路において検出されるため、これにより、ノードND_1は当該ノードがノードND_2へ向けて送信したデータフレームDT_U1が正しくノードND_2において受信されたこと(ACK検出)を知る。一例としてその様子をノードND_1の時間TBS2に示した。ノードND_1では、時間TBS2においてノードND_2がノードND_3へ向けて送信したフレームが同時に届くため、TBS1においてノードND_1が送信したデータフレームへのACKを得る事ができるのである。他のノードにおいても同様に中継先ノードが正しくデータフレームを受信できたかどうか知る事ができる。ただし、たとえデータフレームの送信に失敗した事がわかって再送は行わない。送信に失敗したデータフレームは、始点ノードND_1において全データフレームを送信後に、まとめて再送する。

【0042】

送信元ノードにおいて常に送信先ノードからのACK検出ができない場合、何らかの原因で当該ノード間の無線回線が切断されていることが予想される。このような無線回線断

10

20

30

40

50

の状態は送信元ノードが把握できる。この場合、非常シグナルをネットワーク制御システムへ向けて報知することにより、それ以降の処理の中止を要求することができる。

【 0 0 4 3 】

更に図 1 0 を用いて、本発明の第二の実施例の説明を続ける。始点ノード N D _ 1 に置いて、送信すべき順方向データフレームがもはやなくなった場合には、グループ A C K 要求フレーム D T _ A R を伝送する。ノード N D _ 1 の時間 T B S 1 6 においてその一例を示した。ノード N D _ 1 は先行する時間 T B S 1 3 において最後の順方向データフレーム D T _ U 5 を送信したので、次の送信時間タイミング T B S 1 6 において D T _ A R を送信している。

【 0 0 4 4 】

グループ A C K 要求フレーム D T _ A R は他の順方向データフレームと同様に終点ノードへ向けて中継される。D T _ A R を受信した各ノードは、当該フレームを他の順方向データフレームより先に中継してはならない。これにより、終点ノード N D _ 5 において D T _ A R を受信したとき、終点ノード N D _ 5 では順方向データフレームがそれ以上受信されないことを知る事ができる。

【 0 0 4 5 】

更に図 1 1 を用いて、本発明の第二の実施例の説明を続ける。始点ノード N D _ 1 はグループ A C K 要求フレーム D T _ A R を送信後、終点ノードからのグループ A C K フレーム D T _ G A の受信を待つ。始点ノード N D _ 1 は逆方向データフレームを一切受信していないので、ダミーフレーム D T _ E P を送信する必要はない。

【 0 0 4 6 】

グループ A C K 要求フレーム D T _ A R を受信した終点ノード N D _ 5 は、当該フレームへの応答であるグループ A C K フレーム D T _ G A を返信する。D T _ G A を受信した各ノードは、それ以前に逆方向データフレームを一切受信していない場合、即座に D T _ G A を先行するノードへ向けて中継する。たとえば、ノード N D _ 4 では時間 T B S 2 0 において D T _ G A を終点ノードから受信しており、かつそれ以前に全く逆方向データフレームを受信していないため、時間 T B S 2 1 においてただちに D T _ G A をノード N D _ 3 へ向けて返信している。これを繰り返し、D T _ G A は始点ノードまで届けられる。

【 0 0 4 7 】

終点ノードでは、データフレームのタイムスタンプ等の情報から、受信されていないデータフレームを抽出し、これらのデータフレームの再送を促すための情報を D T _ G A に載せる。

【 0 0 4 8 】

D T _ G A を時間 T B S 2 3 において受信した始点ノード N D _ 1 は、もし受信した D T _ G A に再送データフレームの要求がきさいされていれば、該当するフレームを再送する。

【 0 0 4 9 】

以上を再送する順方向フレームが無くなるまで続け、再送すべきデータフレームがなくなれば無線チャネル予約解除のための制御フレームを始点ノードから中間ノードを経由して終点ノードまで中継し、すべての中継処理を終える。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 0 】

本発明は、無線 L A N、セルラーシステム、F W A 等の無線アクセスシステムにおける無線中継ネットワークとして広く適用可能である。また、いわゆるアドホックネットワークと呼ばれる端末間無線中継にも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 1 】

【図 1】本発明におけるフレーム中継法の概要を説明する図

【図 2】本発明における無線チャネル予約ステップを説明する図

【図 3】本発明における送信周期設定ステップを説明する第一図

10

20

30

40

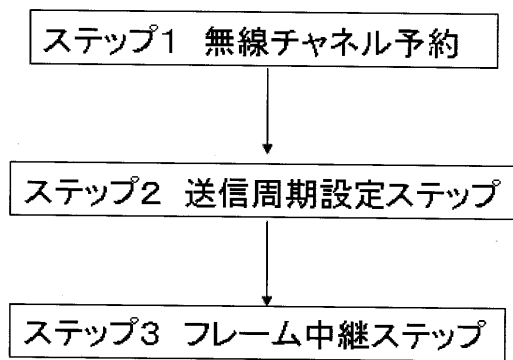
50

【図4】本発明における送信周期設定ステップを説明する第二図	
【図5】本発明におけるフレーム中継ステップの第一の実施例を説明する第一の図	
【図6】本発明におけるフレーム中継ステップの第一の実施例を説明する第二の図	
【図7】本発明におけるフレーム中継ステップの第一の実施例を説明する第三の図	
【図8】本発明におけるフレーム中継ステップの第一の実施例を説明する第四の図	
【図9】本発明の第二の実施例におけるフレーム中継を説明する第一の図	
【図10】本発明の第二の実施例におけるフレーム中継を説明する第二の図	
【図11】本発明の第二の実施例におけるフレーム中継を説明する第三の図	
【図12】周期的間欠送信法を説明する第一の図	
【図13】周期的間欠送信法を説明する第二の図	10
【図14】中継経路に枝分かれ分岐が存在する場合の問題を説明する図	
【符号の説明】	
【0052】	
N__S 始点ノード	
N__1 ~ N__7 中継ノード	
N__E 終点ノード	
P__S__3、P__S__5 送信周期	
f 1 周波数	
T 1 時間	
NA__1 ~ NA__6 ノード	20
NB__1 ~ NB__3 ノード	
Node__1 始点ノード	
Node__2 ~ Node__N - 1 中継ノード	
Node__N 終点ノード	
Beacon__1、Beacon__2、Beacon__N ビーコンフレーム	
Node__O1 周辺ノード	
ACK__R 経路予約完了フレーム	
ND__1 ~ ND__10 経路ノード	
TB1 ~ TB39 時間ブロック番号	
TBS1 ~ TBS28 時間ブロック番号	30
PD__1 周期設定先行フレーム	
PD__2 周期設定後続フレーム	
R__OK 受信成功状態を示す記号	
R__NG 受信失敗の状態を示す記号	
DIFS キャリア検出期間	
SIFS 周期設定ステップにおけるフレーム送信待機時間	
IPT__IFS フレーム中継ステップにおける送信待機時間	
Ts s 送信周期	
T__PD__1 周期設定先行フレームの時間長	
T__PD__1__Busy 周期設定先行フレームが始点ノードにおいてキャリア検出される時間ブロック数	40
Ts 意図的周期時間ブロック数	
CD 衝突検出フレーム	
OK 周期設定完了フレーム	
DT__U1 ~ DT__U5 順方向のデータフレーム	
DT__D1 ~ DT__D3 逆方向のデータフレーム	
DT__EP ダミーフレーム	
DT__AR グループACK要求フレーム	
DT__GA グループACKフレーム	
DT__GAR グループACK返答フレーム	50

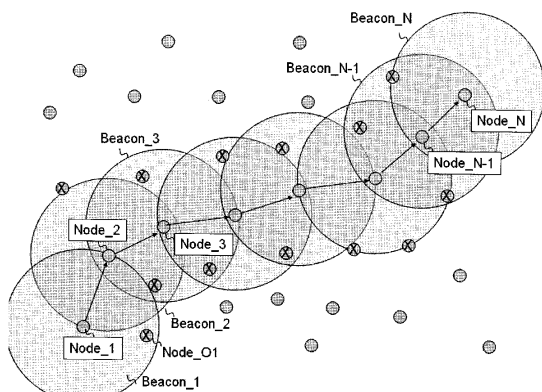
T s p c _ A 送信周期

D T _ R 1、D T _ R 2、D T _ U x 順方向の再送データフレーム

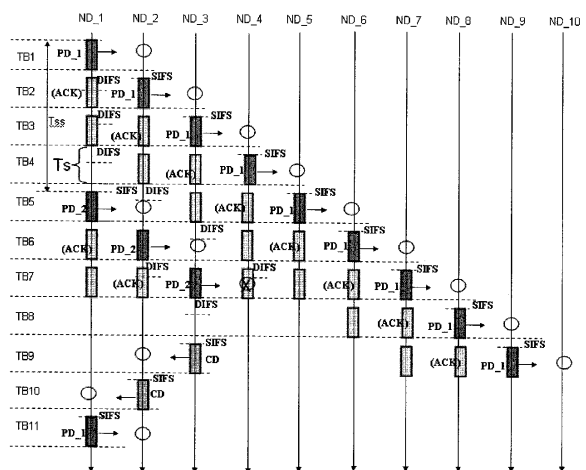
【 図 1 】



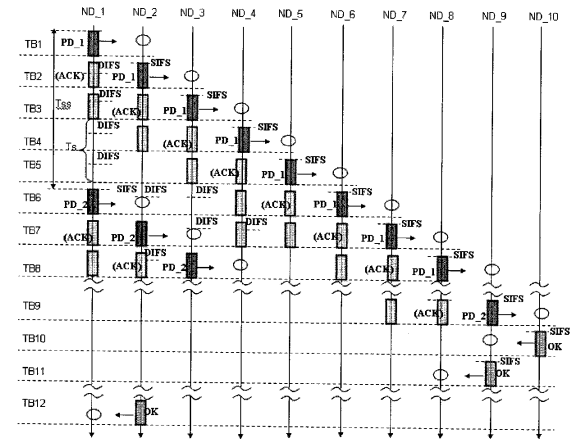
【 図 2 】



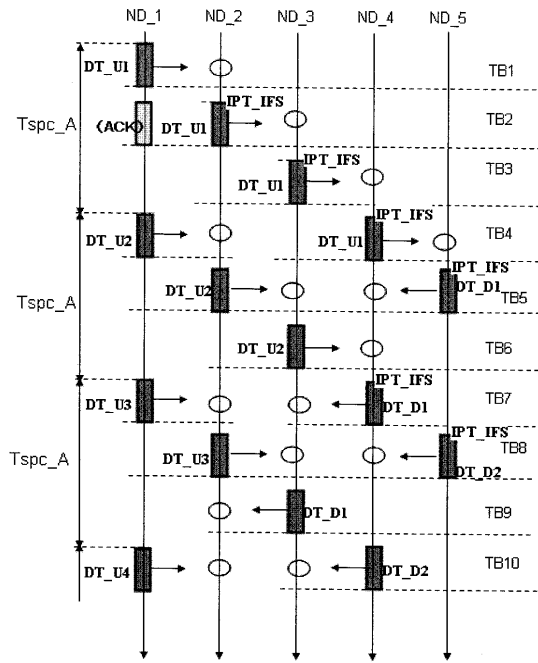
【 図 3 】



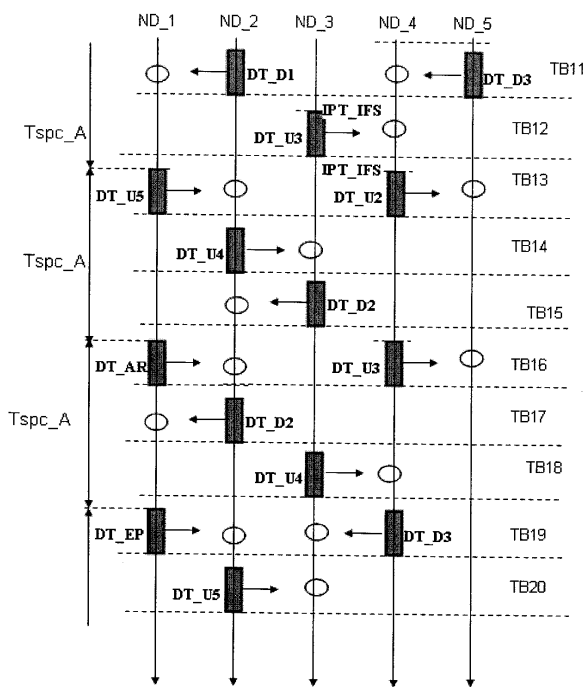
【 図 4 】



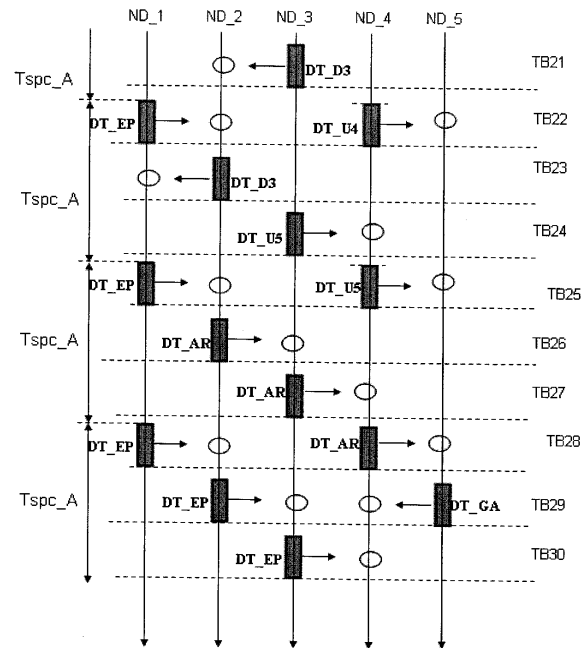
【 図 5 】



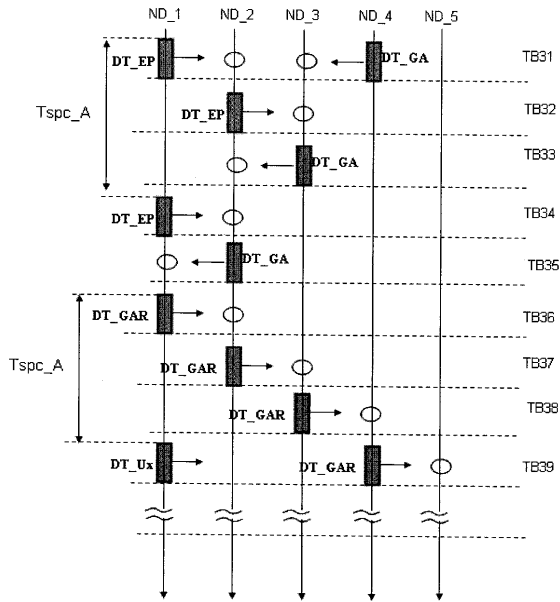
【 図 6 】



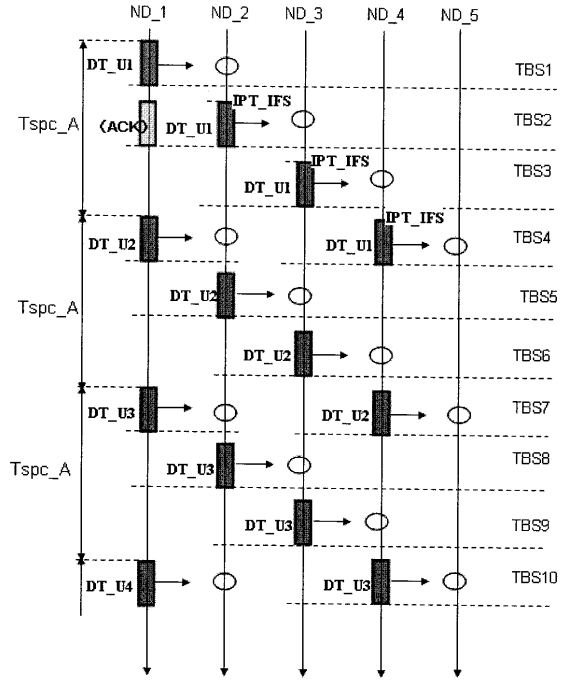
【 図 7 】



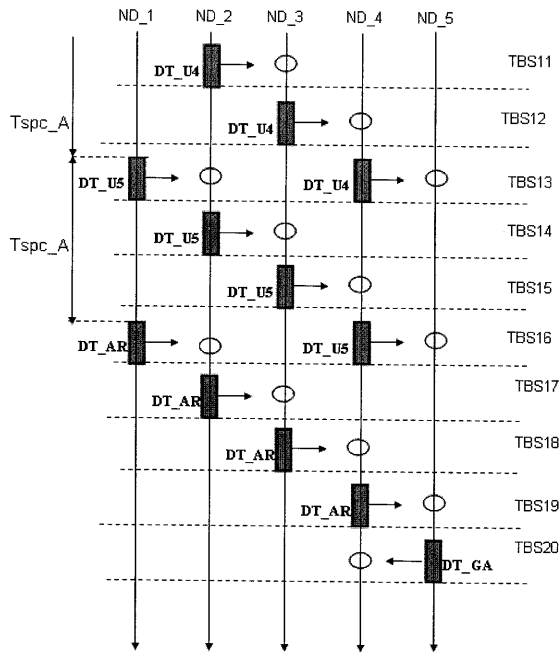
【 図 8 】



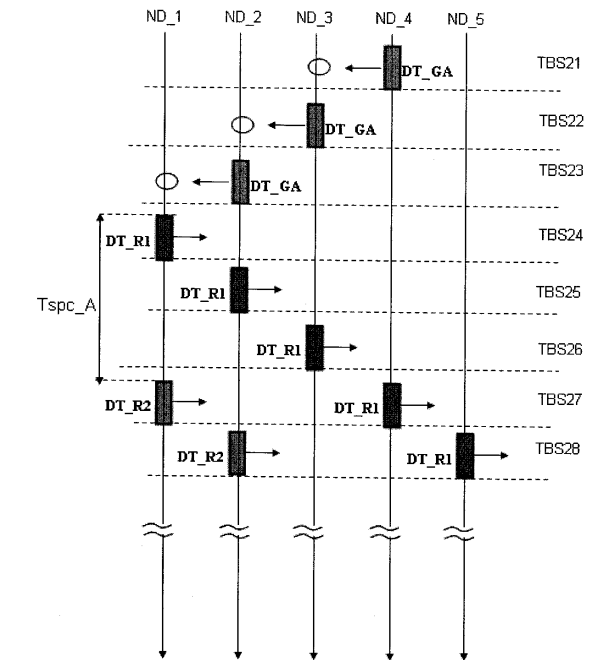
【 図 9 】



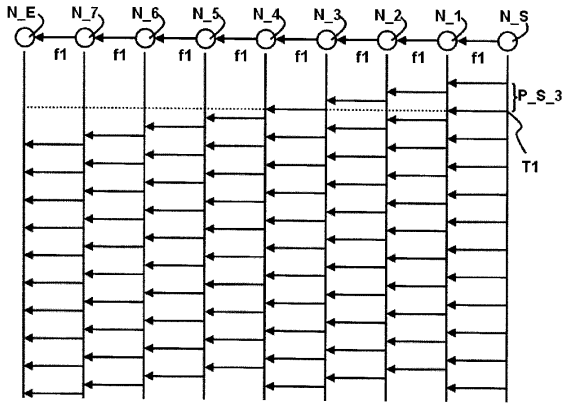
【 図 10 】



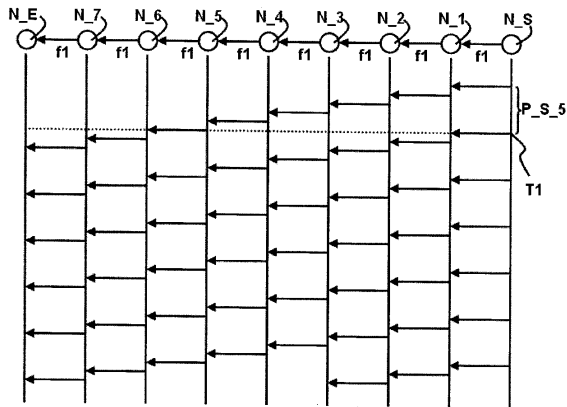
【 図 11 】



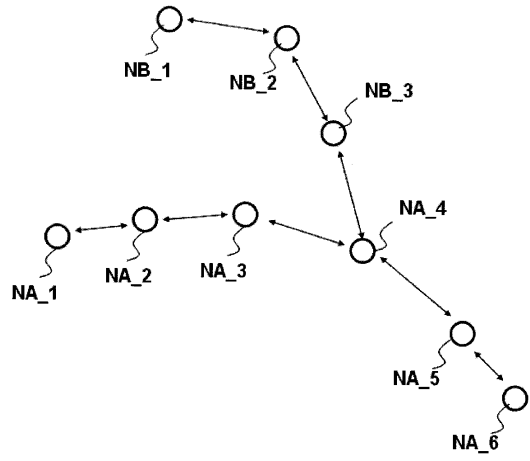
【 1 2 】



【 1 3 】



【 1 4 】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2005/020517(WO, A1)

国際公開第03/075515(WO, A1)

国際公開第2004/114598(WO, A1)

特開平11-068880(JP, A)

Furukawa, H. , Hop count independent throughput realization by a new wireless multihop relay, Vehicular Technology Conference, 2004. VTC2004-Fall. 2004 IEEE 60th, 米国, IEEE, 2004年 9月, 第4巻, 第2999-3003ページ

小野 真和, アドホックネットワークのためのチェックポイントリカバリプロトコル, 電子情報通信学会技術研究報告, 日本, 社団法人電子情報通信学会 The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 2004年11月11日, 第104巻, 第13-18ページ, IN2004-101

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04Q 7/38

H04L 12/56

H04Q 7/22