

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-319787

(P2006-319787A)

(43) 公開日 平成18年11月24日(2006.11.24)

(51) Int. Cl.	F I			テーマコード (参考)
<b>HO4L 12/56 (2006.01)</b>	HO4L	12/56	100D	5K030
<b>HO4B 7/24 (2006.01)</b>	HO4B	7/24	A	5K067
<b>HO4B 7/15 (2006.01)</b>	HO4B	7/15	Z	5K072

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 17 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)

(71) 出願人 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  
 (72) 発明者 古川 浩  
 福岡県福岡市東区箱崎6丁目10番1号  
 Fターム(参考) 5K030 GA03 HA08 HC09 JL01 JT09  
 KA05 LB05  
 5K067 AA42 BB04 BB21 CC08 DD24  
 DD25 EE06 EE10 EE59 HH17  
 5K072 AA29 CC02 EE02

(54) 【発明の名称】 多段無線中継方法

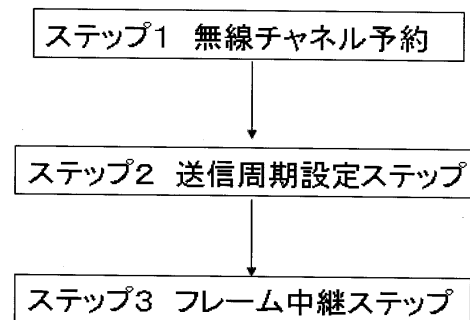
(57) 【要約】

【課題】

無線マルチホップ中継の中継経路は、一般に枝分かれがあり周期的間欠送信を適用すると、分岐点でフレーム中継が滞り効率が低下する。

【解決手段】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の多段無線中継において、周辺ノード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、前記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、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間欠送信するフレーム中継ステップからなる。

【選択図】 図1



## 【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。

## 【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、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、

前記無線チャン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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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

50

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。

【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<sub>ss</sub>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、前期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記載の多段無線中継方法。

10

【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記載の多段無線中継方法。

【請求項17】

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ACK返答フレームを送信しないことを特徴とする請求項14に記載の多段無線中継方法。

20

【請求項18】

前記グループACK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ACK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14に記載の多段無線中継方法。

【発明の詳細な説明】

30

【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10Mbps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。

40

【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

50

ケット伝送方式について説明する。

図12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12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12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<sub>S</sub>と中継ノードN<sub>4</sub>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<sub>S</sub>において一定の送信周期P<sub>S</sub>でフレームを送信し、一方中継ノードN<sub>i</sub>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12のように送信周期P<sub>S</sub>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<sub>S</sub>とN<sub>4</sub>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。

10

図13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12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<sub>S</sub>における送信周期をP<sub>S</sub>とすることである。P<sub>S</sub>はP<sub>S</sub>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<sub>S</sub>とN<sub>5</sub>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12ならびに図13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<sub>E</sub>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。

20

【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<sub>1</sub>からNA<sub>2</sub>、NA<sub>3</sub>、NA<sub>4</sub>、NA<sub>5</sub>、そしてNA<sub>6</sub>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<sub>4</sub>はノードNB<sub>3</sub>と接続され、ノードNB<sub>3</sub>からNB<sub>2</sub>、NB<sub>1</sub>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<sub>4</sub>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<sub>3</sub>からノードNA<sub>4</sub>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。

30

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。

40

【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ネル予約ステップ

50

と、無線チャネル予約ステップにより予約された無線チャ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、無線チャネル予約ステップにより予約された無線チャ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。

10

【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。

20

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。

30

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\_\_01はそれ以降の送信を見合わせる。これにより、Node\_\_01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。

40

【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

50

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。

10

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 TB2 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 TB1 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。

20

ノード ND\_1 では時間 TB3 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 TB4 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 TB3 終了時からキャリア検出を行っており、TB4 の先頭 DIFS 期間の間、キャリア検出されなければ、続く時間 TB5 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 Tss により規定される。送信周期 Tss は具体的には次式で与えられる。

30

【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\_Busy 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 + SIFS 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。

40

【0012】

周期設定後続フレーム PD\_2 には送信周期 Tss 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 Tss 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。

50

ノードND\_\_2では時間TB5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TB6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TB6で受信したノードND\_\_3は続く時間TB7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TB7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\_\_NGにより表した。ノードND\_\_4は時間TB7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TB8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TB7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TB8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DIFS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TB8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TB9において衝突検出フレームCD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CD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。

10

#### 【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\_s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\_s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\_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。

20

#### 【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\_sが設定後の送信周期となる。

30

#### 【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。

40

#### 【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

50



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。

【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。

10

【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。

20

【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。

30

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。

40

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】

$$T_{\text{spc\_A}} = (T_{\text{DAT}} + \text{IPT\_IFS}) / (T_{\text{PD\_1}} + \text{SIFS}) * T_{\text{ss}} + \Delta \text{spc}$$

$T_{\text{DAT}}$  はデータフレームの時間長、 $\text{spc}$  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  $\text{ND\_1}$  では  $T_{\text{spc\_A}}$  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、送信すべき逆方向データフレームがない場合には、ノード  $\text{ND\_5}$  は何も送信する必要はない。たとえば、ノード  $\text{ND\_5}$  の時間  $\text{TB14}$  や時間  $\text{TB17}$  がその例である。

【0025】

始点ノードにおいて、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、制御フレームであるグループ ACK 要求フレーム  $\text{DT\_AR}$  を伝送する。ノード  $\text{ND\_1}$  の時間  $\text{TB16}$  においてその一例を示した。ノード  $\text{ND\_1}$  は先行する時間  $\text{TB13}$  において最後の順方向データフレーム  $\text{DT\_U5}$  を送信したので、次の送信時間タイミング  $\text{TB16}$  において  $\text{DT\_AR}$  を送信している。

【0026】

グループ ACK 要求フレーム  $\text{DT\_AR}$  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。 $\text{DT\_AR}$  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  $\text{ND\_5}$  において  $\text{DT\_AR}$  を受信したとき、終点ノード  $\text{ND\_5}$  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  $\text{ND\_1}$  はグループ ACK 要求フレーム  $\text{DT\_AR}$  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  $\text{DT\_GA}$  の受信を待つ。始点ノード  $\text{ND\_1}$  は  $\text{DT\_AR}$  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、 $\text{DT\_AR}$  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  $T_{\text{spc\_A}}$  の間隔でダミーフレーム  $\text{DT\_EP}$  を伝送する。ダミーフレーム  $\text{DT\_EP}$  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。

【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  $\text{TB19}$  (図 6) において  $\text{DT\_AR}$  を受信したノード  $\text{ND\_2}$  は、それ以前に中継すべきデータフレーム  $\text{DT\_D3}$  を有しているため、時間  $\text{TB26}$  にてノード  $\text{ND\_3}$  へ向けて  $\text{DT\_AR}$  を中継する、後続のノード  $\text{ND\_3}$ ,  $\text{ND\_4}$  においては  $\text{TB27}$  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  $\text{ND\_5}$  へむけて中継される。

【0029】

グループ ACK 要求フレーム  $\text{DT\_AR}$  を受信した終点ノード  $\text{ND\_5}$  は、当該フレームへの応答であるグループ ACK フレーム  $\text{DT\_GA}$  を返信する。 $\text{DT\_GA}$  を返信した終点ノードは  $\text{ND\_5}$  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  $\text{DT\_AR}$  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

10

20

30

40

50

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。

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。

【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。

【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】

10

20

30

40

50

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。

【0043】

更に図10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ND\_\_1に置いて、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、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TBS16においてその一例を示した。ノードND\_\_1は先行する時間TBS13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TBS16においてDT\_\_ARを送信している。

【0044】

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。

【0045】

更に図11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DT\_\_EPを送信する必要はない。

【0046】

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DT\_\_GAを先行するノードへ向けて中継する。たとえば、ノードND\_\_4では時間TBS20においてDT\_\_GA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TBS21においてただちにDT\_\_GAをノードND\_\_3へ向けて返信している。これを繰り返し、DT\_\_GA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 20

【 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

【 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 1 0 】 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 1 1 】 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 30

【 図 1 2 】 周期的間欠送信法を説明する第一の図

【 図 1 3 】 周期的間欠送信法を説明する第二の図

【 図 1 4 】 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 】

## 【 0 0 5 2 】

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 40

T 1 時間

N A \_ 1 ~ N A \_ 6 ノード

N B \_ 1 ~ N B \_ 3 ノード

N o d e \_ 1 始点ノード

N o d e \_ 2 ~ N o d e \_ N - 1 中継ノード

N o d e \_ N 終点ノード

B e a c o n \_ 1、B e a c o n \_ 2、B e a c o n \_ N ビーコンフレーム

N o d e \_ O 1 周辺ノード

A C K \_ R 経路予約完了フレーム

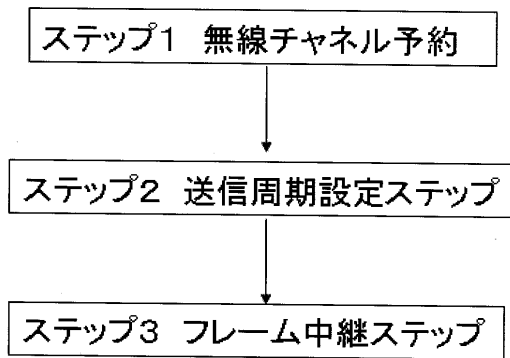
N D \_ 1 ~ N D \_ 1 0 経路ノード 50

- T B 1 ~ T B 3 9 時間ブロック番号
- T B S 1 ~ T B S 2 8 時間ブロック番号
- P D \_ 1 周期設定先行フレーム
- P D \_ 2 周期設定後続フレーム
- R \_ O K 受信成功状態を示す記号
- R \_ N G 受信失敗の状態を示す記号
- D I F S キャリア検出期間
- S I F S 周期設定ステップにおけるフレーム送信待機時間
- I P T \_ I F S フレーム中継ステップにおける送信待機時間
- T s s 送信周期
- T \_ P D \_ 1 周期設定先行フレームの時間長
- T \_ P D \_ 1 \_ B u s y 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
- T s 意図的周期時間ブロック数
- C D 衝突検出フレーム
- O K 周期設定完了フレーム
- D T \_ U 1 ~ D T \_ U 5 順方向のデータフレーム
- D T \_ D 1 ~ D T \_ D 3 逆方向のデータフレーム
- D T \_ E P ダミーフレーム
- D T \_ A R グループACK要求フレーム
- D T \_ G A グループACKフレーム
- D T \_ G A R グループACK返答フレーム
- 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

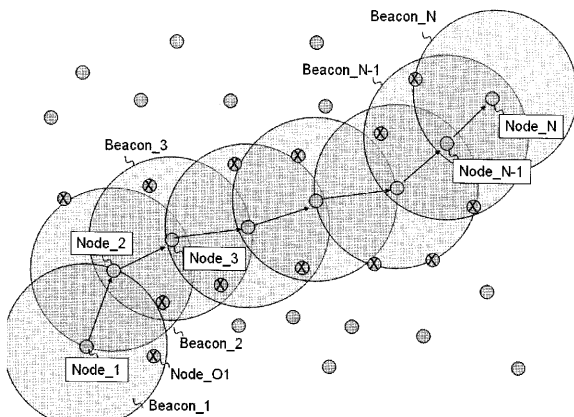
10

20

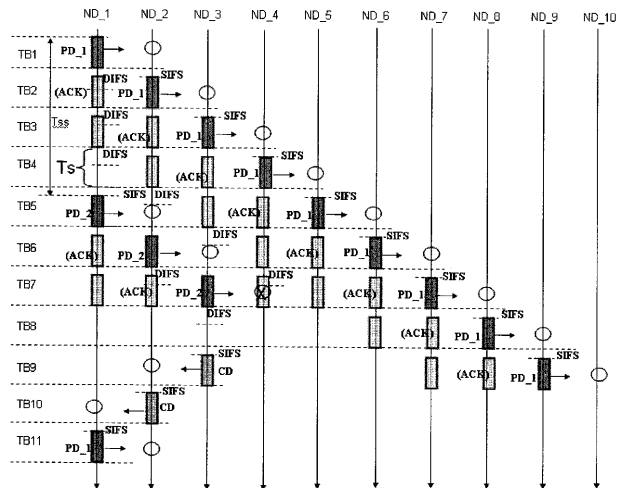
【 図 1 】



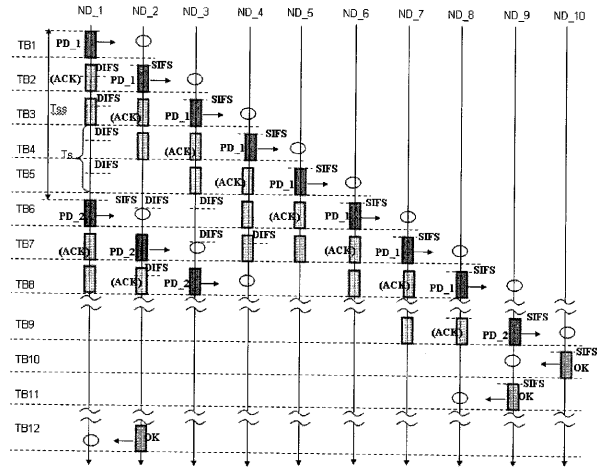
【 図 2 】



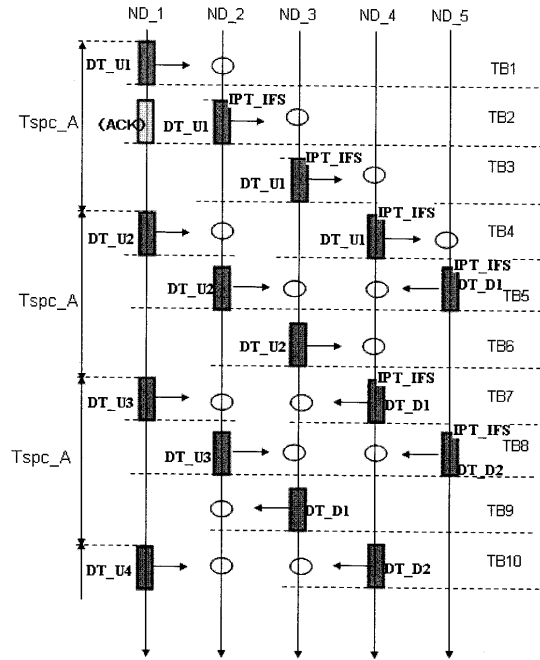
【 図 3 】



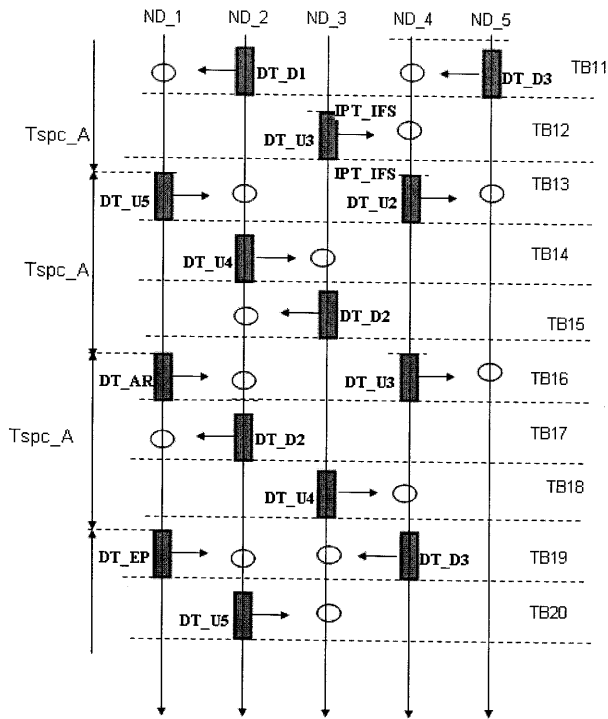
【 図 4 】



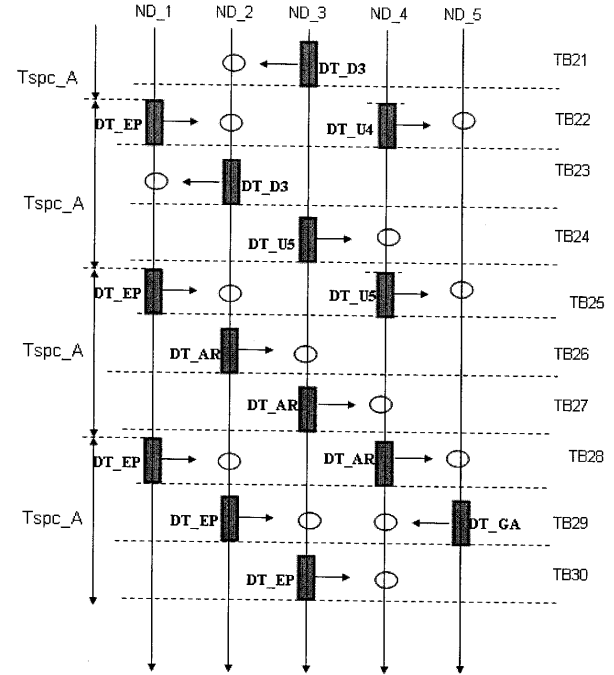
【 図 5 】



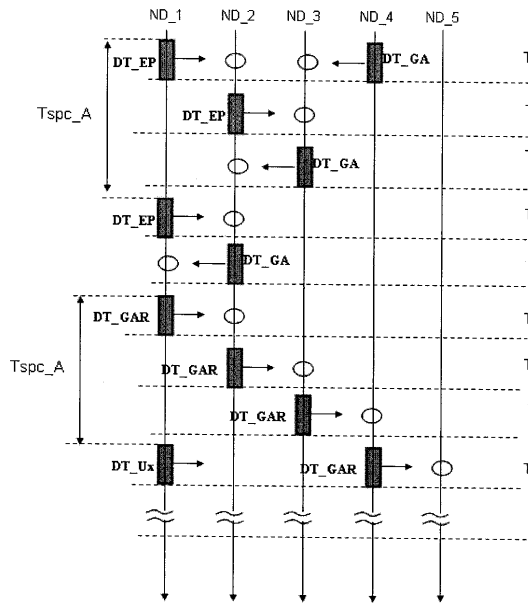
【 図 6 】



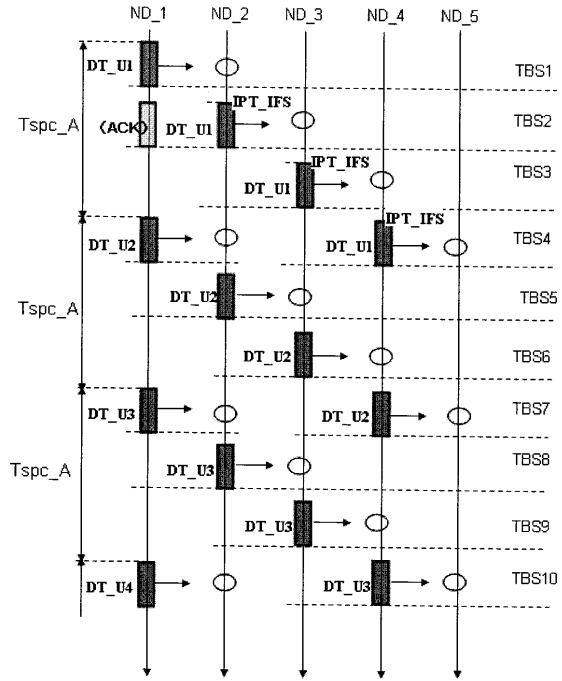
【 図 7 】



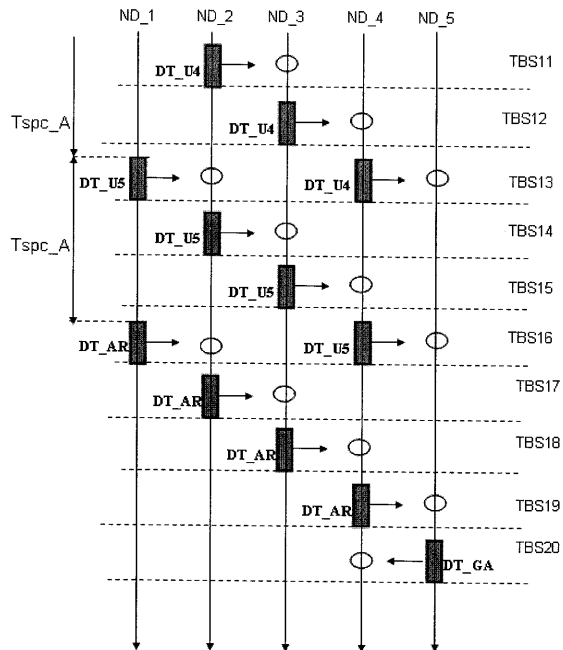
【 図 8 】



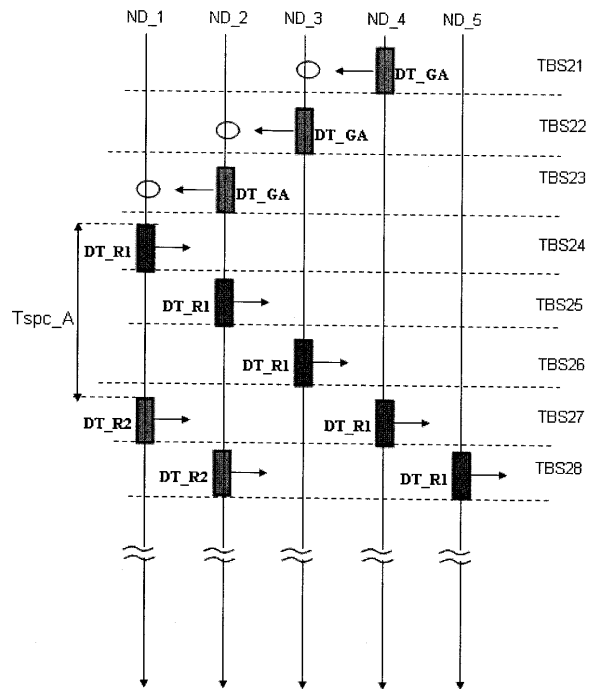
【 図 9 】



【 図 10 】

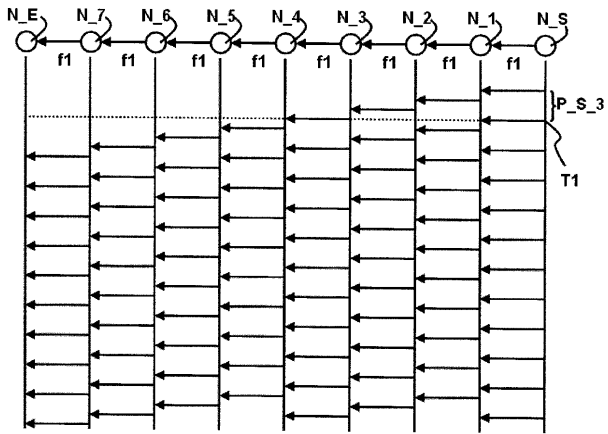


【 図 11 】

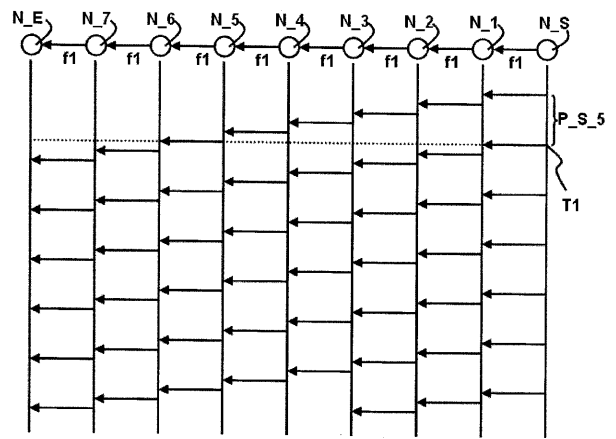




【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

