

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4640812号  
(P4640812)

(45) 発行日 平成23年3月2日(2011.3.2)

(24) 登録日 平成22年12月10日(2010.12.10)

(51) Int.Cl. F I  
**HO4W 72/04 (2009.01)** HO4L 12/28 300B  
**HO4W 84/12 (2009.01)**

請求項の数 9 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2005-285024 (P2005-285024)                  (22) 出願日 平成17年9月29日 (2005. 9. 29)                  (65) 公開番号 特開2007-96898 (P2007-96898A)                  (43) 公開日 平成19年4月12日 (2007. 4. 12)                  審査請求日 平成20年3月7日 (2008. 3. 7)</p>	<p>(73) 特許権者 392026693                  株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ                  東京都千代田区永田町二丁目11番1号                  (74) 代理人 100070150                  弁理士 伊東 忠彦                  (72) 発明者 五十嵐 圭                  東京都千代田区永田町二丁目11番1号                  株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内                  (72) 発明者 山田 暁                  東京都千代田区永田町二丁目11番1号                  株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内                  (72) 発明者 藤原 淳                  東京都千代田区永田町二丁目11番1号                  株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信装置及び無線通信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1以上の通信ノードの各々に宛てられたパケットを送信タイミングまで格納する送信バッファと、

前記送信バッファに蓄積されたパケット量に基づいて通信ノード毎に間欠受信間隔を決定する要求間隔決定手段と、

決定された間欠受信間隔に合わせて各通信ノードがビーコンを間欠的に受信するように、各通信ノードに要求する要求手段と

を有し、前記間欠受信間隔は、基準間隔及び間隔因子の積の関数として表現され、前記間隔因子はパケットの優先度及び前記パケット量の関数である、無線通信装置。

10

【請求項 2】

前記要求手段が、ビーコンを利用して1以上の通信ノードに各自のための間欠受信間隔を通知する、請求項1記載の無線通信装置。

【請求項 3】

前記送信バッファ中のパケットは前記優先度に応じて区別される、請求項1記載の無線通信装置。

【請求項 4】

複数の前記間隔因子の各々が2の累乗で表現される、請求項1記載の無線通信装置。

【請求項 5】

前記要求手段が、ビーコンとは別に作成した要求フレームを利用して、1以上の通信ノ

20

ードに各自のための間欠受信間隔を通知する、請求項 1 記載の無線通信装置。

【請求項 6】

当該無線通信装置での間欠受信間隔を変更すべきことが 1 以上の通信ノードから要求された場合に、1 つの間欠受信間隔を決定する手段を有する、請求項 5 記載の無線通信装置。

【請求項 7】

前記決定された間欠受信間隔が決定前の間隔より短い場合に、ビーコンとは異なる応答フレームで変更要求直後に応答する手段を有する、請求項 6 記載の無線通信装置。

【請求項 8】

前記決定された間欠受信間隔が決定前の間隔より長い場合に、ビーコンの送信待機時間が短縮され、変更後の間欠受信間隔が 1 以上の通信ノードにビーコンで通知される、請求項 6 記載の無線通信装置。

10

【請求項 9】

1 以上の通信ノードの各々に宛てられたパケットを送信バッファに格納し、前記送信バッファに蓄積されたパケット量に基づいて通信ノード毎に間欠受信間隔を決定し、

決定された間欠受信間隔に合わせて各通信ノードがビーコンを間欠的に受信するように、各通信ノードに要求するステップ

を有し、前記間欠受信間隔は、基準間隔及び間隔因子の積の関数として表現され、前記間隔因子はパケットの優先度及び前記パケット量の関数である、無線通信方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に無線通信の技術分野に関連し、特に複数の無線端末同士が基地局を經由して又は經由せずに通信する無線通信システムで使用される無線通信装置及び無線通信方法に関連する。

【背景技術】

【0002】

図 1 は無線インフラストラクチャネットワークを示し、基地局及び無線端末が図示されている。基地局と無線通信する無線端末又は移動局は、省電力技術を利用し、ユーザデータ又はトラフィックデータを送受信していない場合に消費する電力を節約している。基地局及び基地局と無線通信する無線端末から構成されるネットワークは、無線インフラストラクチャネットワークとも言及される。無線インフラストラクチャネットワークにおけるデータ通信は、基地局と無線端末の間では直接的に行われる一方、無線端末 1, 2 の間の通信は基地局を介して間接的に行われる。

30

【0003】

IEEE802.11で規定された無線インフラストラクチャネットワーク(BSS)では基地局は所定の周期で共通通知情報(ビーコン)を配下の無線端末に送信する。ビーコンの中には様々な情報が含まれてもよく、例えば配下の無線端末の識別情報や基準時間に関する情報に加えて、省電力モードで動作中の各無線端末宛のデータが基地局の送信バッファに蓄積されているか否か(データの有無)を示す情報が含まれる。データの有無を示す情報はトラフィック通知メッセージ(TIM: Traffic Indication Message)とも呼ばれる。省電力モードの無線端末は受信間隔(Listen Interval)パラメータに従って受信休止状態から受信待機状態に周期的に規則的に遷移し、ビーコンを受信する。受信休止状態はドーズ又は休止(Doze)状態とも呼ばれる。受信待機状態は起動(Awake)状態とも呼ばれる。上記の受信間隔パラメータはビーコンを受信する周期を規定するパラメータである。無線端末は受信したビーコンのTIM情報を解析することで、基地局に自局宛のデータが有るか否かを判断する。そのようなデータがもしあれば基地局は送信バッファにそれらを蓄積する。基地局に自局宛のデータが蓄積されていた場合はPS-Poll(Power Save-Poll)という制御フレームが基地局に伝送され、これに応じて基地局から無線端末にデータが転送される。転送

40

50

が完了するまで無線端末は起動状態に維持される。一方、基地局に自局宛のデータが蓄積されていなかった場合は無線端末は速やかに休止状態へ遷移する。このように省電力モードの無線端末は一定の周期で起動状態と休止状態を繰り返す。

#### 【 0 0 0 4 】

図2は基地局を介さずに無線端末同士でデータの中継する無線通信システム(以下、無線アドホックネットワークと言及される。)を示す。このようなシステムでも間欠受信による省電力技術が使用される。無線アドホックネットワークにおけるデータ通信は、互いの通信範囲内の無線端末間では直接的に行われるが(端末1-2間、2-3間、3-4間)、直接的に通信できない端末間(端末1-4間、1-3間、2-4間)では別の端末を介して間接的に行われる。無線アドホックネットワークは、図2に示されるようなノートPCや携帯端末などの無線LAN端末だけから構成されるアドホック型ネットワークでもよいし、図3に示されるような無線LAN基地局および無線LAN端末から構成されるメッシュ型ネットワークでもよい。

#### 【 0 0 0 5 】

IEEE802.11で規定されたアドホックネットワーク(IBSS)では、予告トラフィック通知メッセージ(ATIM: Announcement Traffic Indication Message)という信号が利用され、自ノード近辺の省電力モードの他ノードにフレームが間もなく送信されることが事前に予告される。このメッセージはビーコン送信時刻から始まる特別な期間(ATIMウィンドウと呼ばれる)で送信される。ATIMウィンドウ期間中は、ビーコン又はATIMの送信しか許されず、省電力モードの受信待機状態であることが必要とされる。このATIMウィンドウでATIMを受信したノードはフレームを受信するまで起動状態を維持し、ATIMを受信しなかったノードは休止状態に戻る。つまり省電力モードのノードは一定周期で起動状態及び休止状態間の遷移を繰り返す。

#### 【 0 0 0 6 】

従来の無線インフラストラクチャネットワーク及び無線アドホックネットワークについては例えば特許文献1乃至4及び非特許文献1に記載されている。特許文献1では、インフラストラクチャネットワークにおいて、端末が発着信回数の観点から間欠受信間隔を可変制御し、基地局に間隔変更を通知している。特許文献2では、インフラストラクチャネットワークにおいて、無線端末が起動中のアプリケーションにより間欠受信間隔を変化させている。特許文献3では、端末のネットワークインターフェースモジュールの電力状態を、他のモジュールから情報を受けて制御する方法が記載されている。特許文献4では、インフラストラクチャネットワークにおいて、基地局がトラフィック状況を考慮し、受信休止状態へ遷移することが記載されている。非特許参考文献1では、インフラストラクチャネットワークにおいては端末が間欠受信間隔を変えることが可能である旨記載されている。

【特許文献1】特開平5-183487号公報

【特許文献2】特開2005-57602号公報

【特許文献3】特開2004-234667号公報

【特許文献4】特開2004-336401号公報

【非特許文献1】ANSI/IEEE std 802.11, Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications, 1999.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【 0 0 0 7 】

しかしながら従来のBSSでは間欠受信間隔が無線端末により決定されるので、基地局でのトラフィック状況に配慮できないという問題点がある。例えば間欠受信間隔が不必要に短く設定されていたとすると、基地局からの送信予定のない状況でも無線端末は過剰に起動状態へ遷移し、より多くの電力を浪費するおそれがある。逆に間欠受信間隔が不必要に長く設定されたとすると、パケットの送受信遅延が大きくなり、スループットの低下を招くおそれがある。

## 【 0 0 0 8 】

また、従来の I B S S ではネットワーク内の無線端末（ノード）が一律に一定の周期で起動状態及び休止状態間で状態遷移を繰り返す。従って B S S の場合と同様に、送受信予定のない状況でも無線端末は過剰に起動状態へ遷移し、電力を浪費してしまうおそれがある。逆に間欠受信間隔が不必要に長く設定され、パケットの送受信遅延の長期化及びスループットの低下等を招くおそれがある。更に I B S S では B S S とは異なり上り及び下りのような通信方向が区別されていないので、何れの通信方向でも上記の問題が生じるおそれがある。

## 【 0 0 0 9 】

更に上記の特許文献及び非特許文献では、間欠受信間隔を変えることが記載されているかもしれないが、いずれも実際のトラフィック状況に基づいて間隔を設定するものではなく、上記の問題点は依然として適切には解決されていない。

## 【 0 0 1 0 】

本発明の課題は、省電力モードにおける間欠受信間隔の適正化を図る無線通信装置及び無線通信方法を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 1 】

一実施例による無線通信装置は、

1 以上の通信ノードの各々に宛てられたパケットを送信タイミングまで格納する送信バッファと、

前記送信バッファに蓄積されたパケット量に基づいて通信ノード毎に間欠受信間隔を決定する要求間隔決定手段と、

決定された間欠受信間隔に合わせて各通信ノードがビーコンを間欠的に受信するように、各通信ノードに要求する要求手段と

を有し、前記間欠受信間隔は、基準間隔及び間隔因子の積の関数として表現され、前記間隔因子はパケットの優先度及び前記パケット量の関数である、無線通信装置である。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 2 】

本発明によれば無線通信装置における省電力モードでの間欠受信間隔の適正化を図ることができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【 0 0 1 3 】

本発明の一形態によれば、間欠受信間隔が送信バッファのバッファリング状況に応じて適切に設定されるので、送受信待ち時間における省電力効果を向上させることができる。また、リンクごとにパケット量の実情を適切に考慮できるので、過剰に受信待機状態へ遷移せずに済み、特にリアルタイム系アプリケーションの送受信遅延を抑制することに有利である。

## 【 0 0 1 4 】

本発明の一形態ではパケットの転送先毎に相対的な優先度を計算し、相対的な優先度はアクセスカテゴリ毎に蓄積されたパケット量の重み付け加算値から導出される。これによりパケットの転送先の相対的な優先度を適切に算出できる。

## 【 0 0 1 5 】

相対的な優先度は適切な対応関係に従って間欠受信間隔を決定するパラメータ（間隔因子）に変換されてもよい。間隔因子の複数の選択肢は 2 のべき乗に合わせて用意されてもよい。ビーコンの送信間隔は間隔因子の最小公倍数で決定されるので、間隔因子を 2 のべき乗に合わせて用意することは、ビーコンの送信間隔をなるべく短くすることができる。

## 【 0 0 1 6 】

本発明の一形態による無線通信装置は、間欠受信間隔が短縮される場合には間隔の変更

10

20

30

40

50

要求に速やかに応答する。これにより優先度の高いパケットの伝送遅延の長期化を抑制できる。無線通信装置は、間欠受信間隔が拡張される場合には間隔の変更要求に対して、次のビーコンで応答してもよい。

【0017】

後述の説明で明らかになるように、本発明は無線インフラストラクチャ型のネットワークに加えて、アドホック型及びメッシュ型の何れのネットワーク形式にも適用可能であり、ビーコンを送信するノードに広く適用可能である（例えば、アドホック型ネットワークでは無線LAN端末が、メッシュ型ネットワークでは無線LAN基地局が適用対象となる）。以下、アドホック型ネットワーク、メッシュ型ネットワークともに「無線アドホックネットワーク」と呼ぶことにする。また、ビーコンを送信する無線LAN基地局又は無線LAN端末は「ノード」と呼ばれてもよい。

10

【実施例1】

【0018】

以下、本発明を無線インフラストラクチャネットワークに適用した場合の実施例が説明される。

【0019】

図4Aは本発明の一実施例による無線インフラストラクチャネットワークの全体図を示す。説明の便宜上1つの基地局の配下にA, B2つの無線端末しか図示されていないが、適切な如何なる数の無線端末が存在してもよい。基地局であるアクセスポイント(AP: Access Point)と移動局である無線端末A, Bは、例えばIEEE802.11で規定されるような無線インフラストラクチャネットワーク(BSS)を構成する。基地局と無線端末の間では直接的に通信が行われ、無線端末1, 2の間の通信は基地局を介して間接的に行われる。

20

【0020】

基地局は所定の周期で共通通知情報(ビーコン)を配下の無線端末に送信する。ビーコンの中には様々な情報が含まれてもよい。例えばビーコンを送信する周期や基準時間に関する情報に加えて、省電力モードで動作中の各無線端末宛のデータが基地局の送信バッファに蓄積されているか否かを示す情報(TIM情報)がビーコンに含まれてもよい。省電力モードの無線端末は受信間隔(LI: Listen Interval)パラメータに従って、受信休止状態から受信待機状態に周期的に遷移し、ビーコンを間欠的に受信する。後述されるように本実施例ではこの無線端末は各自に相応しい間隔で間欠受信を行うことができるように、受信間隔LIが適切に設定される。

30

【0021】

無線端末は受信したビーコンのTIM情報を解析することで、基地局に自局宛のデータが有るか否かを判断できる。基地局に自局宛のデータが蓄積されていた場合はPS-Poll(Power Save-Poll)という制御フレームが基地局に伝送され、これに応じて基地局から無線端末にデータが転送される。転送が完了するまで無線端末は起動状態に維持される。一方、基地局に自局宛のデータが蓄積されていなかった場合は無線端末は速やかに休止状態へ遷移する。このように省電力モードの無線端末は一定の周期で起動状態と休止状態を繰り返す。

【0022】

図4Bは基地局(AP)のブロック図を示す。図4Bには送信バッファ41と、優先度算出部(算出部)42と、要求間隔算出部(要求LI算出部)43と、ビーコン生成部44と、パラメータ管理部45とが描かれている。

40

【0023】

送信バッファ41は無線端末AからBへ又はBからAへ中継すべきパケットを送信タイミングに至るまで格納する。本実施例ではパケットは、優先度を表すアクセスカテゴリAC[i]毎に蓄積される。図示の例ではアクセスカテゴリとしてAC[0]~AC[3]の4種類が用意されているが、より多くの或いはより少ないアクセスカテゴリが用意されてもよい。本実施例では図4Cに示されるように、AC[0]の優先度が最も高く、AC[1], AC[2], AC[3]の順に優先度が低くなることが便宜上仮定されている。

50

## 【 0 0 2 4 】

図 4 B の優先度算出部 4 2 は、送信バッファ 4 1 に蓄積されているパケット量に基づいて、パケットの宛先（何れかの無線端末）毎に次式によりパラメータ の値を算出する。

## 【 0 0 2 5 】

## 【 数 1 】

$$\sigma_{AP,k} = \frac{N_{0,AP,k} + \alpha N_{1,AP,k} + \beta N_{2,AP,k} + \gamma N_{3,AP,k}}{S_0 + S_1 + S_2 + S_3}$$

10

ここで、 $N_{i,AP,k}$  はアクセスカテゴリが  $AC[i]$  に分類されたパケットの内、通信ノード  $k$  宛のパケット数を表す。 $S_i$  はアクセスカテゴリ  $AC[i]$  として分類可能なパケット数（最大値）を表す。 $i$  は 0, 1, 2 又は 3 の値をとる優先度に関連するパラメータを表す。 $\alpha, \beta, \gamma$  は、 $1 > \alpha > \beta > \gamma > 0$  を満たすように設定されるウエイトパラメータを表す。上記の数式から明らかなように、このパラメータ は高優先度のパケット数が多いほど大きな値をとり、高優先度のパケット数が少ないほど小さい値をとる。言い換えればパラメータ （簡明化のため添え字は省略されている）の大小は、宛先の通信ノードの優先度の高低に関連付けることができる。

20

## 【 0 0 2 6 】

要求間隔算出部（要求 LI 算出部）4 3 は、パラメータ を適切な変換関数  $F(\sigma_{AP,k})$  で変換し、配下の無線端末に要求する間欠受信間隔を決定する間隔因子（LI: Listen Interval）を導出する。

## 【 0 0 2 7 】

$$LI_{AP,k} = F(\sigma_{AP,k})$$

変換関数  $F(\sigma_{AP,k})$  は一例として図 4 D に示されるような関数形をとってもよい。このようにすると、パラメータ が大きくなるほど（高優先になるほど）間隔因子 LI は 1 に近づき、パラメータ が小さくなるほど（低優先になるほど）間隔因子 LI は大きな値になる。更にこの例では間隔因子 LI は 2 のべき乗の整数値で表現される。

30

## 【 0 0 2 8 】

図 4 B のビーコン生成部 4 4 は、配下の無線端末に定期的に知らせるビーコンを生成する。上述したようにビーコンには様々な情報が含まれるが、本実施例では無線端末の間欠受信間隔  $WI$  を決定する情報も含まれる。この情報は典型的には  $LI$  又は  $WI_{min}$  で表現されるが、 $WI$  自体で表現されてもよい。単なる一例として、通信ノード  $k$ （無線端末）の間欠受信間隔  $WI_k$  は、

$$WI_k = LI_{AP,k} \times WI_{min}$$

により算出されてもよい。ここで、 $WI_{min}$  はアプリケーションで決定される間欠受信間隔の最小値を表す。上述したように間隔因子  $LI$  は高優先であるほど小さな値をとり、低優先であるほど大きな値をとる。従って間欠受信間隔は高優先であるほど短くなり、低優先であるほど長くなる。

40

## 【 0 0 2 9 】

パラメータ管理部 4 5 は、優先度に関連するパラメータ  $\alpha, \beta, \gamma$  や、最小の間欠受信間隔  $WI_{min}$  等の各種のパラメータの値を管理する。間欠受信間隔の最小値は無線端末毎に相違していてもよいが、簡明化のため本実施例では全無線端末に共通しているものとする。別の実施例では、例えばリアルタイム性が更に要求されるアプリケーションの場合には、遅延に対する要求を厳しくするため、より小さな間欠受信間隔  $WI_{min}$  が設定されてもよい。更にパラメータ  $\alpha, \beta, \gamma$  及び  $WI_{min}$  はアプリケーション毎に適宜変更されてもよい。

50

## 【 0 0 3 0 】

図 4 E は図 4 A のネットワークで使用される無線端末（移動局）に関する機能ブロック図を示す。自ノードの LI 決定部 4 7 と、応答フレーム生成部 4 8 とが描かれている。

## 【 0 0 3 1 】

自ノードの LI 決定部 4 7 は、基地局から要求される間欠受信間隔 ( $Wl_k$  又は  $LI_{AP,k}$  で表現されてもよい) に従って自ノードの間欠受信間隔を決定する。間欠受信間隔に関する情報は、基地局から受信したビーコンを分析することによって取得できる。

## 【 0 0 3 2 】

応答フレーム生成部 4 8 は無線端末が間欠受信間隔を適切に設定したことを基地局に通知するために、応答フレームを作成する。なお、応答フレームによる応答はアプリケーションによっては省略されてもよい。

## 【 0 0 3 3 】

図 5 を参照しながら動作が次に説明される。前提として基地局の送信バッファには図 4 C に示されるように送信バッファのキュー内に無線端末 A, B 宛の packets がアクセスカテゴリ毎に蓄積されているものとする。各アクセスカテゴリ  $AC[i]$  に対応するキューのサイズ  $S_i$  はすべて 100 であるとする ( $S_0 = S_1 = S_2 = S_3 = 100$ )。基地局 (AP) は  $1 \times Wl_{min}$  の間隔でビーコンを送信する。図 5 に示される状況では、無線端末 A, B は破線のブロックで表現されるタイムスロットの期間では起動状態であり、それ以外では休止状態である。当初の状態 ( 図中左から数えて第 3 のビーコンが送信される以前の状態 ) では、無線端末 A は  $1 \times Wl_{min}$  の間隔で間欠的にビーコンを受信し、無線端末 B は  $2 \times Wl_{min}$  の間隔でビーコンを受信している。その後、基地局の送信バッファ内の状況が変化し、間欠受信間隔を変更すべき状態になったとする。図 5 にしめされている「 $LI_A$ 」, 「 $LI_B$ 」は無線端末 A, B でそれぞれ測定される実際の間隔因子の値を表す。これに対して  $LI_{AP,A}$  は AP (基地局) が A (無線端末) に要求する間隔因子を表す。同様に  $LI_{AP,B}$  は AP (基地局) が B (無線端末) に要求する間隔因子を表す。

## 【 0 0 3 4 】

基地局は宛て先の無線端末 A, B に関して次の計算を行う。ここでアクセスカテゴリ A C の各優先度に対応するパラメータは  $\alpha_0 = 0.8$ ,  $\alpha_1 = 0.4$ ,  $\alpha_2 = 0.2$  としている。第 3 のビーコンを送信する前に、基地局は無線端末各々への packets に関するパラメータ  $\sigma_{AP,k}$  を算出する。送信バッファのキュー内に蓄積されている無線端末 A 宛の packets 数は、AC[0] に 10 個、AC[1] に 20 個、AC[2] に 30 個そして AC[3] に 20 個であったとする。この場合、パラメータ  $\sigma_{AP,A}$  は次のように算出される：

## 【 0 0 3 5 】

## 【 数 2 】

$$\sigma_{AP,A} = \frac{10 + 0.8 \times 20 + 0.4 \times 30 + 0.2 \times 20}{400} = 0.12$$

同様にパラメータ  $\sigma_{AP,B}$  も計算され、それは 0.25 であったとする。

## 【 0 0 3 6 】

次に、パラメータ  $\sigma_{AP,k}$  の値が図 4 D に示されるような変換関数により間隔因子 LI に変換される。

## 【 0 0 3 7 】

$$LI_{AP,A} = F(\sigma_{AP,A}) = F(0.12) = 2$$

$$LI_{AP,B} = F(\sigma_{AP,B}) = F(0.25) = 1$$

このようにして算出された間隔因子に関する情報はビーコンに含められ、無線端末 A, B に

10

20

30

40

50

それぞれ通知される（図5の第3のタイミングの下向きの矢印）。

【0038】

ビーコンを受信した無線端末Aはビーコン中の情報内容を分析し、間欠受信間隔 $WI_{AP,k}$ を更新する。アプリケーションにより決定される最小間隔 $WI_{min}$ の値が20msであったとすると、無線端末Aは $LI_{AP,A} \times WI_{min} = 2 \times 20 = 40$  (ms)に間欠受信間隔を広げる。ここで、現在の $WI_{min}$ の値は基地局がビーコンに含まれる情報として各無線端末に通知するものとする。この情報は間欠受信間隔を広げるのか狭めるのかを無線端末が判断するのに使用されもよい。一方、無線端末Bはビーコンの受信後、図中上向き矢印で示されるように基地局に肯定応答(Ack)を送信した後に自局の間欠受信間隔を $LI_{AP,B} \times WI_{min} = 1 \times 20 = 20$  (ms)に狭める。

10

【0039】

間欠受信間隔を狭める場合にAckを基地局に送信するのは、基地局が無線端末の間欠受信間隔が短くなったことを確認可能にするためである。例えば間欠受信間隔が長いままであった場合に短い間隔でビーコンが送信されたとすると、休止状態中に伝送されたビーコンを受信することはできない。一方、間欠受信間隔が短いままであった場合に長い間隔でビーコンが送信されたとしても、無線端末はビーコンの受信に失敗することはない。この場合、電力が浪費されるだけで済む。このため、間欠受信間隔が短く変更される場合にはAckにより間隔の変更が確認されることが望ましい。なお、間欠受信間隔が長く変更される場合にAckによる確認が行われてもよい（但し、必須でないトラフィックを減らす観点からは省略した方がよい。）。

20

【実施例2】

【0040】

次に、本発明が無線アドホックネットワークに適用された場合の実施例が説明される。

【0041】

図6Aに示されるようなネットワークトポロジで無線端末又はノードA,B,C,Dが無線アドホックネットワークを構成しているとする。即ち、無線端末Aは無線端末B,Cと直接的に無線通信できるが、無線端末Dとは無線端末B又はCを経由して間接的にしか通信できない。無線端末B及びCは全ての無線端末と直接的に通信できる。無線端末Dは無線端末B,Cと直接的に無線通信できるが、無線端末Aとは無線端末B又はCを経由して間接的にしか通信できない。無線端末A,B,C,Dは同期しており、それらが間欠受信状態（休止状態）の場合には、各自の間隔で起動状態及び休止状態への状態遷移が反復される。この場合に、ビーコンは全ての無線端末が起動状態になる時点で何れかの無線端末から送信される。

30

【0042】

図6Bは本発明の一実施例による無線端末のブロック図を示す。無線端末は送信バッファ41、算出部42、要求LI算出部43及びパラメータ管理部45を有し、これらは図4Bで登場した要素と同様であるため重複的な説明は省略される。但し、本実施例では基地局は存在せず、無線端末同士がデータを中継するので、無線端末jの中で無線端末kに関して算出されるパラメータは、

【0043】

【数3】

40

$$\sigma_{j,k} = \frac{N_{0,j,k} + \alpha N_{1,j,k} + \beta N_{2,j,k} + \gamma N_{3,j,k}}{S_0 + S_1 + S_2 + S_3}$$

のように算出される。また、無線端末jが無線端末kに要求する間隔因子 $LI_{jk}$ は、 $LI_{jk} = F(j,k)$ のように算出される。

50

## 【 0 0 4 4 】

無線端末は更に要求フレーム生成部 6 1 と、自ノード L I 決定部 6 2 と、ビーコン生成部 6 3 と、応答フレーム生成部 6 4 とを有する。

## 【 0 0 4 5 】

要求フレーム生成部 6 1 は要求フレームを作成し、その要求フレームは要求 L I 算出部 4 3 算出された間隔因子で決定される間隔で間欠受信を行うように無線端末に要求するものである。

## 【 0 0 4 6 】

自ノード L I 決定部 6 2 は、他の無線端末（ノード）から要求される間隔因子  $LI_{j,k}$  に応じて適切な 1 つの間隔因子を選択する（例えば、自ノードが B であったとすると、他ノードは A, C, D である。）。様々な選択方法が考えられるが、本実施例では間隔因子の複数の選択肢があった場合に、より小さな間隔因子が選択される。更に、自ノード L I 決定部 6 2 は、選択された間隔因子と目下の間隔因子とを比較し、比較結果に応じて、選択された間隔因子をビーコン生成部 6 3 又は応答フレーム生成部 6 4 に通知する。選択された間隔が現在よりも長く変更される場合には、選択された間隔因子は次のビーコンで他ノードに通知される。なお、L I の変更を通知するノードはビーコンの送信待ち時間を通常よりも短くすることで優先的にビーコン送信の機会が与えられる。仮に、通常通りの待ち時間で送信を試みようとする、他のノードにビーコンの送信権を取られてしまい、他のノードへの変更通知が遅れてしまう。一方、選択された間隔が現在よりも短く変更される場合には、選択された間隔因子はビーコンとは別の応答フレームで速やかに他ノードに通知される（この点については動作説明で更に説明される）。

## 【 0 0 4 7 】

ビーコン生成部 6 3 はビーコンを生成し、ビーコンは全ノードが起動しているタイミングで送信される。

## 【 0 0 4 8 】

応答フレーム生成部 6 4 はビーコンとは別のフレーム（応答フレーム）を作成し、自ノードの間隔因子が短く変更された場合にその旨を速やかに近辺の他ノードにブロードキャストする。更に応答フレームには自ノードの変更後の間欠受信間隔又は間欠因子の情報が含まれていてもよいし、含まなくてもよい。後者の場合は、変更後の間欠受信間隔等は次のビーコンで送信されてもよい。このようにすることは応答フレームのデータ量を小さくし、それを速やかに伝送できる点で好都合である。

## 【 0 0 4 9 】

図 7 を参照しながら動作が次に説明される。前提として無線端末 B の送信バッファのキューには図 6 C に示されるように無線端末 A, B, C, D 宛の packets が蓄積されているものとする。各アクセスカテゴリ  $AC[i]$  に対応するキューのサイズ  $S_i$  はすべて 100 であるとする ( $S_0 = S_1 = S_2 = S_3 = 100$ )。ビーコンは  $4 \times WI_{min}$  の間隔で何れかの無線端末から送信される。ビーコンは第 3 や第 7 のタイミングのような全ての無線端末が起動状態の場合に送信される。無線端末 A, B, C, D は休止状態及び起動状態を各自の間隔で繰り返す。初期状態で無線端末 A の間欠因子  $LI_A$  は 1 であり、無線端末 B の間欠因子  $LI_B$  は 2 であり、無線端末 C の間欠因子  $LI_C$  は 1 であり、無線端末 D の間欠因子  $LI_D$  は 4 であったとする。

## 【 0 0 5 0 】

無線端末 B は他の無線端末に対するパラメータ  $\alpha$  を計算する。ここでアクセスカテゴリ AC の各優先度に対応するパラメータは  $\alpha_0 = 0.8$ ,  $\alpha_1 = 0.4$ ,  $\alpha_2 = 0.2$  であるとする。無線端末 B の送信バッファのキュー内に蓄積されている無線端末 A 宛の packets 数は、AC[0] に属する packets が 10、AC[1] が 20、AC[2] が 20、AC[3] が 30 であったとする。この場合、パラメータ  $\alpha$  は次のように算出される：

## 【 0 0 5 1 】

10

20

30

40

【数4】

$$\sigma_{B,A} = \frac{10 + 0.8 \times 20 + 0.4 \times 20 + 0.2 \times 30}{400} = 0.1$$

同様に無線端末Bは無線端末C, Dに関してもパラメータ を計算し、それぞれ、0.2、0.05 という値が算出されたとする。 10

【0052】

更に、図4Dに示されるような変換関数を利用して、パラメータ が間隔因子(要求LI)に変換される。

【0053】

$$LI_{B,A} = F(L_{B,A}) = F(0.1) = 2$$

$$LI_{B,C} = F(L_{B,C}) = F(0.2) = 1$$

$$LI_{B,D} = F(L_{B,D}) = F(0.05) = 4$$

初期状態では、 $L_A=1$ 、 $L_B=2$ 、 $L_C=1$ 、 $L_D=4$  であった。これらと上記の要求LIとを比較すると、無線端末C,Dについては要求LIと実際の間隔が合致しているため、間隔の変更は不要である。しかし、無線端末Aについてはそれらは相違しているため、間隔を変更する必要がある。このため、第1のタイミングで無線端末Bは要求フレームを無線端末Aに送信する。この要求フレームは間隔因子 $L_A$ の値を1から2に増やすことを要求する。この要求に対して無線端末Aは、次のビーコン送信時(第3のタイミング)に、自局の間隔因子が変更されたことを示すビーコンを近隣の無線端末(B,C)に送信する。このビーコンは、無線端末Bにとっては要求フレームに対する応答信号として機能する。無線端末Cは現在想定しているネットワークポロジ(図6A)では無線端末Aと近接しているため、無線端末Aの間隔因子の変更を把握しておく必要がある。 20

【0054】

上述したようにビーコンは全ての無線端末が起動している場合に、何れか1つの無線端末から伝送可能である。本実施例では間隔因子を変更した無線端末が優先的にビーコンを送信できる(送信権が付与される)。その後、無線端末Aは実際に自局の間隔因子を1から2に増やす。すなわち、アプリケーションにより決定される間欠受信機間の最小値 $W_{min}$ の値が20msであったとすると、無線端末Aの間欠受信間隔は $2 \times 20 = 40$ msに変更される。 30

【0055】

次に第5のタイミングで無線端末Cが $LI_{C,B}=1$ を算出したとする。この時点では無線端末Bの間隔因子 $L_B$ は2であるため、無線端末Cから要求される間隔と実際の間隔が相違する。このため、無線端末Cは無線端末Bへ要求フレームを送信する。要求フレームは間隔因子の値を2から1に減らすことを要求する。この場合、無線端末Bは(次のビーコン送信タイミングを待たずに)要求フレームの受信直後に応答フレームをブロードキャストすることで、無線端末Bの間隔因子が短縮されたことが近隣ノード(A,C)に通知される。そして無線端末Bで実際に間隔因子が2から1へ変更される。これにより無線端末Cは無線端末Bによる次のビーコンの送信に先立って無線端末Bへパケットを送信できる。また、ノードCが即時性を要求するパケットを送信する際の遅延抑制が可能となる。無線端末Bは第7のタイミングでビーコンを近隣の無線端末にブロードキャストする。なお、間隔因子を長く変更する無線端末が早期にビーコンを送信できるように、そのような無線端末によるビーコンの送信待機時間は本来の待機期間よりも短縮されることが望ましい。 40

【0056】

一方、無線端末Bが応答パケットではなくこの第7のタイミングのビーコンで無線端末C 50

に、要求フレームに対する応答が行われたとする。この場合、無線端末Bは第7のタイミング以前は間隔因子は2であり、第7のタイミング以後に間隔因子が1になる。従って、無線端末Cは第7のタイミングが訪れるまで無線端末Bへの送信頻度を上げることができず、遅延量が増えてしまうおそれがある。しかしながら本実施例のように第5のタイミングで受けた要求フレームに対して第5のタイミングで応答パケットを速やかに返すことで、以後無線端末Cは無線端末Bへの送信頻度を速やかに上げることができ、伝送遅延をなるべく小さくできる。

【0057】

なお、複数の要求フレームが所定の期間（本実施例ではビーコンの周期）の間に受信された場合は、それらの中で最も高頻度になる間隔因子が採用され、他の要求は無視される。例えば、図7の第3のタイミングに示されるように無線端末Dが無線端末Bへ $LI_{D,B}=4$ の要求を行っており、第5のタイミングで無線端末Cが無線端末Bへ $LI_{C,B}=1$ の要求を行っている。この場合無線端末Dからの要求よりも無線端末Cからの要求の方が、高頻度の間隔因子になるので、無線端末Bは無線端末Dからの要求には従わず、無線端末Cからの要求に従う。

【0058】

その結果、図7に示されるように、ビーコンの送信間隔は80msであり、無線端末Aは40ms、無線端末Bは20ms、無線端末Cは20msそして無線端末Dは80msで状態遷移を行う。

【0059】

ところで、パラメータ  $F(\ )$  が関数  $F(\ )$  により関連付けられる間隔因子  $LI$  は、2のべき乗に限定されず、それ以外の値でもよい。但し、複数の間隔因子  $LI$  の最小公倍数でビーコンの送信間隔が決定されるので、間隔因子は所定の選択肢の中から選択されることが望ましい。間隔因子の選択肢は1, 2, 3, . . . のように等間隔に用意されてもよいし、上記のように2のべき乗に合わせて用意されてもよい。但し、ビーコンの送信間隔を短くする観点からは、2のべき乗に合わせて用意することが望ましい。例えば、選択肢数が4であり、 $LI$  が等間隔に1, 2, 3又は4として用意されたとする。この場合最小公倍数は12になるのでビーコンは  $1/2 \times W_{min}$  毎に送信される。これに対して  $LI$  が1, 2, 4又は8のように2のべき乗に合わせて用意されたとすると、最小公倍数は8になり、ビーコンは  $1/8 \times W_{min}$  毎に送信できる。更に選択肢数が6になると、それらを等間隔に用意した場合(1, 2, 3, 4, 5, 6)は  $1/6 \times W_{min}$  毎にビーコンが送信されることになる。しかし、1, 2, 4, 8, 16, 32のように2のべき乗に合わせて用意すると、ビーコンの送信間隔は  $1/32 \times W_{min}$  で済む。従って、後者の方がより頻繁に無線端末同士を実情に相応しく設定変更させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】無線インフラストラクチャネットワークを示す図である。

【図2】無線アドホックネットワークを示す図である。

【図3】メッシュ型ネットワークを示す図である。

【図4A】無線インフラストラクチャネットワークを示す図である。

【図4B】本発明の一実施例による基地局の機能ブロック図を示す図である。

【図4C】送信バッファのキュー内の様子を模式的に示す図である。

【図4D】パラメータ  $F(\ )$  と間隔因子  $LI$  の対応関係  $F(\ )$  を例示する図である。

【図4E】本発明の一実施例による移動局の機能ブロック図を示す図である。

【図5】本発明の一実施例による動作例を示す図である。

【図6A】無線アドホックネットワークを示す図である。

【図6B】本発明の一実施例による基地局の機能ブロック図を示す図である。

【図6C】送信バッファのキュー内の様子を模式的に示す図である。

【図7】本発明の一実施例による動作例を示す図である。

【符号の説明】

【0061】

10

20

30

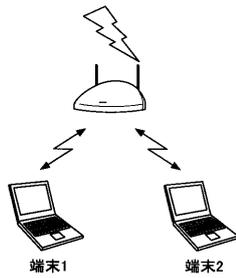
40

50

- 4 1 送信バッファ
- 4 2 優先度算出部
- 4 3 要求L I 算出部
- 4 4 ビーコン生成部
- 4 5 パラメータ管理部
- 4 7 L I 決定部
- 4 8 応答フレーム生成部
- 6 1 要求フレーム生成部
- 6 2 L I 決定部
- 6 3 ビーコン生成部
- 6 4 応答フレーム生成部

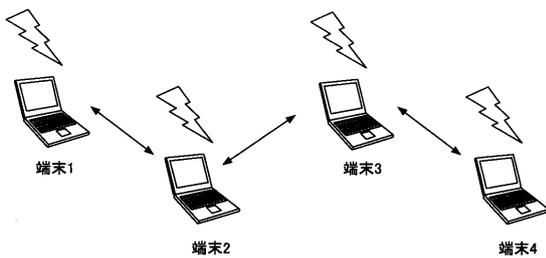
【図1】

無線インフラストラクチャネットワークを示す図



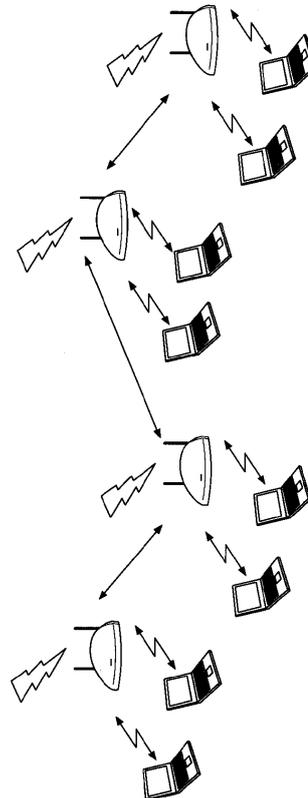
【図2】

無線アドホックネットワークを示す図



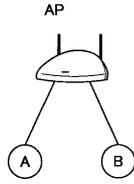
【図3】

メッシュ型ネットワークを示す図



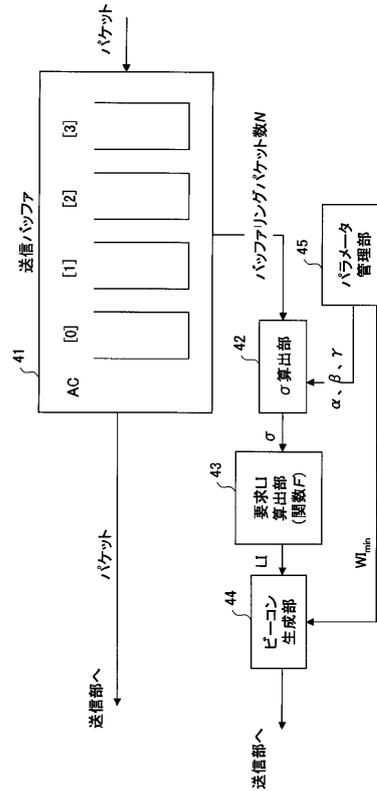
【図4A】

無線インフラストラクチャネットワークを示す図



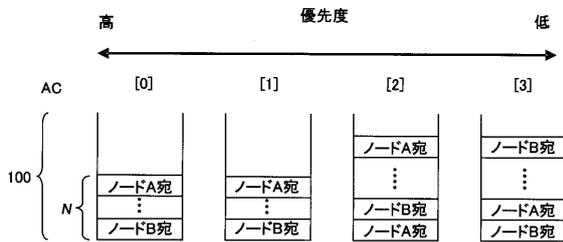
【図4B】

本発明の一実施例による基地局の機能ブロック図を示す図



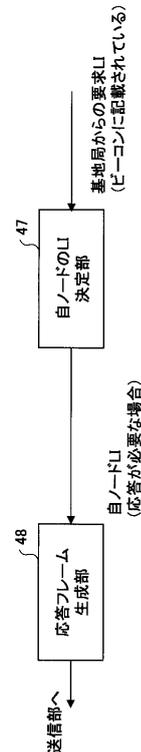
【図4C】

送信バッファのキュー内の様子を模式的に示す図



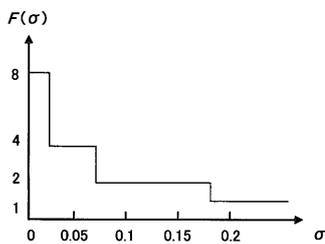
【図4E】

本発明の一実施例による移動局の機能ブロック図を示す図



【図4D】

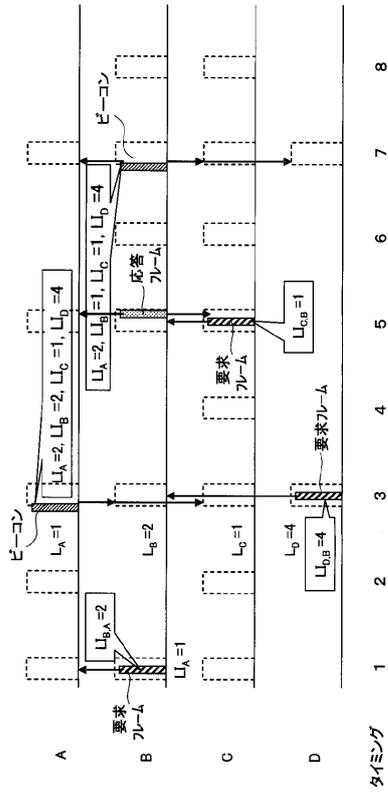
パラメータσと間隔因子Lの対応関係F(σ)を例示する図





【図7】

本発明の一実施例による動作例を示す図



---

フロントページの続き

審査官 岩田 玲彦

(56)参考文献 特開平09 - 162798 (JP, A)  
特開2004 - 187237 (JP, A)  
特開2005 - 130436 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H04W 72/04  
H04W 84/12