

(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2016-144034
(P2016-144034A)

(43) 公開日 平成28年8月8日(2016.8.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4W 56/00 (2009.01)	HO4W 56/00 130	5K028
HO4W 16/14 (2009.01)	HO4W 16/14	5K047
HO4W 84/20 (2009.01)	HO4W 84/20	5K067
HO4W 84/10 (2009.01)	HO4W 84/10 110	
HO4L 7/00 (2006.01)	HO4L 7/00 930	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-18453 (P2015-18453)
(22) 出願日 平成27年2月2日 (2015.2.2)

(71) 出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(71) 出願人 504132272
国立大学法人京都大学
京都府京都市左京区吉田本町36番地1
(74) 代理人 100072718
弁理士 古谷 史旺
(74) 代理人 100116001
弁理士 森 俊秀
(72) 発明者 村山 大輔
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日
本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信システムおよび無線通信制御方法

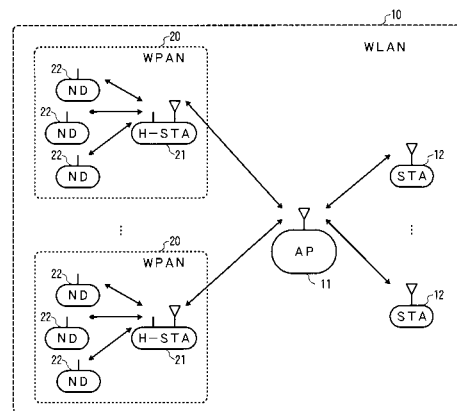
(57) 【要約】

【課題】 WLANとWPANが共存する無線通信システムにおいて、5以上のWPANの共存を可能とし、代表統合端末が離脱してもWLANのチャンネル予約を可能とする。

【解決手段】 代表統合端末がWLANのチャンネルを予約するチャンネル予約信号を送信し、そのWLANのチャンネルに対応するWPANの複数のチャンネルで複数のWPANが同期して通信を行う無線通信システムにおいて、統合端末は、WLANに存在する複数のWPANのビーコン周期の情報を取得し、それぞれのビーコン周期に基づいて同期させるWPANを選択して組を形成する第1の処理手段と、組ごとに、代表統合端末としてビーコン周期が最短の統合端末の1つを選択する第2の処理手段と、組ごとに、代表統合端末が他の統合端末に対してビーコン送信を同期させ、かつ組ごとのビーコン送信タイミングをずらして設定する第3の処理手段とを備える。

【選択図】 図1

WLANとWPANが共存する無線通信システムの構成例



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

1つの無線LAN内にビーコンモードで動作する複数の無線PANが存在し、各無線PANはPANコーディネータの機能と無線LAN端末の機能をもつ総合端末を備え、各無線PANの総合端末のうち1つの代表総合端末が前記無線LANのチャンネルを予約するチャンネル予約信号を送信し、その無線LANのチャンネルに対応する無線PANの複数のチャンネルで複数の無線PANが同期して通信を行う無線通信システムにおいて、

前記総合端末は、

前記無線LANに存在する前記複数の無線PANのビーコン周期の情報を取得し、それぞれのビーコン周期に基づいて前記同期させる無線PANを選択して組を形成する第1の処理手段と、

10

前記組ごとに、前記代表総合端末として前記ビーコン周期が最短の総合端末の1つを選択する第2の処理手段と、

前記組ごとに、前記代表総合端末が他の総合端末に対してビーコン送信を同期させ、かつ前記組ごとのビーコン送信タイミングをずらして設定する第3の処理手段と

を備えたことを特徴とする無線通信システム。

【請求項 2】

請求項1に記載の無線通信システムにおいて、

前記総合端末の第1の処理手段は、前記無線PANの複数のチャンネルと、前記ビーコン周期が最短の無線PANのビーコン周期の時間帯の組合せをスロットと定義するとき、前記組を形成する無線PANをビーコン周期に応じてスロットを埋めるように配置する処理を行う

20

ことを特徴とする無線通信システム。

【請求項 3】

請求項1に記載の無線通信システムにおいて、

前記総合端末の第2の処理手段は、前記ビーコン周期が最短の総合端末が複数あれば、前記無線LANにおけるMACアドレスに基づいて1つの総合端末を選択する

ことを特徴とする無線通信システム。

【請求項 4】

請求項1に記載の無線通信システムにおいて、

30

前記総合端末は、さらに、

前記組ごとに、前記代表総合端末と同等の機能を有する1つまたは複数の準代表総合端末を選択し、該準代表総合端末は前記チャンネル予約信号を受信しないときに、代わりに前記チャンネル予約信号を送信する第4の処理手段を備えた

ことを特徴とする無線通信システム。

【請求項 5】

1つの無線LAN内にビーコンモードで動作する複数の無線PANが存在し、各無線PANはPANコーディネータの機能と無線LAN端末の機能をもつ総合端末を備え、各無線PANの総合端末のうち1つの代表総合端末が前記無線LANのチャンネルを予約するチャンネル予約信号を送信し、その無線LANのチャンネルに対応する無線PANの複数のチャンネルで複数の無線PANが同期して通信を行う無線通信システムの無線通信制御方法において、

40

前記総合端末は、

前記無線LANに存在する前記複数の無線PANのビーコン周期の情報を取得し、それぞれのビーコン周期に基づいて前記同期させる無線PANを選択して組を形成する第1の処理ステップと、

前記組ごとに、前記代表総合端末として前記ビーコン周期が最短の総合端末の1つを選択する第2の処理ステップと、

前記組ごとに、前記代表総合端末が他の総合端末に対してビーコン送信を同期させ、かつ前記組ごとのビーコン送信タイミングをずらして設定する第3の処理ステップと

50

を有することを特徴とする無線通信制御方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の無線通信制御方法において、

前記統合端末の第 1 の処理ステップは、前記無線 P A N の複数のチャネルと、前記ビーコン周期が最短の無線 P A N のビーコン周期の時間帯の組合せをスロットと定義するとき、前記組を形成する無線 P A N をビーコン周期に応じてスロットを埋めるように配置する処理を行う

ことを特徴とする無線通信制御方法。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の無線通信制御方法において、

前記統合端末の第 2 の処理ステップは、前記ビーコン周期が最短の統合端末が複数あれば、前記無線 L A N における M A C アドレスに基づいて 1 つの統合端末を選択する

ことを特徴とする無線通信制御方法。

【請求項 8】

請求項 5 に記載の無線通信制御方法において、

前記統合端末は、さらに、

前記組ごとに、前記代表統合端末と同等の機能を有する 1 つまたは複数の準代表統合端末を選択し、該準代表統合端末は前記チャネル予約信号を受信しないときに、代わりに前記チャネル予約信号を送信する第 4 の処理ステップを有する

ことを特徴とする無線通信制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、国際標準規格 IEEE 802.11 準拠の無線 L A N (W L A N : Wireless Local area network) と、IEEE 802.15.4 準拠の無線 P A N (W P A N : Wireless Personal Area network) が共存する無線通信システムおよび無線通信制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

図 1 は、W L A N と W P A N が共存する無線通信システムの構成例を示す (特許文献 1 、非特許文献 1) 。

【0003】

図 1 において、1 つの W L A N 1 0 内に複数の W P A N 2 0 が存在する。W L A N 1 0 は、1 つのアクセスポイント (A P) 1 1 と、1 以上の W L A N 端末 (S T A) 1 2 により構成される。W P A N 2 0 は、P A N コーディネータの機能と W L A N の S T A の機能をもつ統合端末 (H - S T A) 2 1 と、多数の W P A N 端末 (N D) 2 2 により構成される。すなわち、W L A N 1 0 では、S T A 1 2 と H - S T A 2 1 が対等に動作する。

【0004】

W P A N 2 0 は、H - S T A 2 1 の主導によるビーコンモードで動作し、図 1 3 に示すビーコンとビーコンの間のアクティブ期間中に H - S T A 2 1 と N D 2 2 が通信を行い、インアクティブ期間は通信を行わず無線チャネルを開放する。なお、アクティブ期間には、非競合アクセス期間および競合アクセス期間が設定されるがここでは説明を省略する。W P A N の規格では、ビーコン周期は $15.36 \text{ms} \times 2^{B0}$ (0 ≤ B0 ≤ 14、B0 はビーコンオーダー) で与えられ、W P A N ごとにビーコン周期 (B0 の値) が決められている。

【0005】

W L A N と W P A N は、図 1 4 に示す共通の 2.4 GHz 帯の周波数帯域を利用するため、干渉問題を解決する必要がある。そのために、W P A N の H - S T A がビーコン送信に先立ち、W L A N のチャネル予約信号 (R T S フレーム) を送信して無線チャネルの予約 (N A V 設定) を行い、ビーコンとアクティブ期間を含むスーパーフレームの期間中に W L A N の通信を停止させることにより、両者の干渉問題を解決している。その処理手順を図 1 5 を参照して説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

H - S T A の R T S フレーム生成部は、ビーコン送信時刻から所定の保護手順試行期間だけ早く W L A N の A P 宛の R T S フレームを生成し、C S M A / C A (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) プロトコルに従って送信する。図 1 5 では、D I F S のみを記述してバックオフ制御動作は省略しているが、R T S フレームの衝突が発生した場合には、C T S タイムアウト後にランダムなバックオフ時間を設定して R T S フレームが再送される。A P は、R T S フレームを正常に受信すると C T S フレームを返信する。W L A N の S T A は、R T S フレームまたは C T S フレームを受信すると N A V (送信停止期間)を設定し、A P はその N A V の期間は送信を停止する。なお、R T S / C T S フレームにより設定される N A V 期間の長さは、各フレームの送信時刻から W P A N のスーパーフレームの終了時刻までとする。これにより、W P A N では、スーパーフレームの期間に W L A N の干渉を受けずに通信が可能となる。

10

【 0 0 0 7 】

ところで、複数の W P A N の H - S T A がそれぞれ独立に R T S フレームを送信して W L A N に N A V を設定すると、W L A N の送信停止期間が長くなり、スループット特性が劣化する。そこで、1つの W L A N 内に存在する複数の W P A N が互いのビーコン送信を同期させ、W L A N に対して共通の N A V を設定して複数の W P A N がスーパーフレーム通信を同時に行うことにより、W L A N のスループット特性を改善する手法が提案されている(非特許文献 1)。

20

【 0 0 0 8 】

本提案では、複数の H - S T A がビーコン送信の同期をとり、W L A N に対して共通の N A V を設定する場合、図 1 4 に示すように W L A N の 1 チャンネルの帯域幅に W P A N の 4 チャンネルが存在するので、W L A N の N A V 期間中にこの 4 チャンネルを用いて同時に最大 4 つの W P A N がスーパーフレーム通信できることを利用している。ただし、複数(最大 4 つ)の H - S T A が R T S フレームを同時に送信すると衝突が発生するので、R T S フレームを送信する H - S T A を 1 台のみとし、これを代表統合端末としている。

【 0 0 0 9 】

ここで、各 W P A N のビーコン周期は $15.36 \text{ms} \times 2^{B_0}$ ($0 \leq B_0 \leq 14$) で与えられるので、図 1 6 に示すように、1つの W L A N 内の複数(最大 4 つ)の W P A N 間で一度ビーコン送信の同期を行うと、各 W P A N のビーコン周期が異なる場合でも、それぞれのビーコン送信時刻はビーコン周期が最短の W P A N のビーコン送信時刻と重なる。図 1 6 では、チャンネル 1 を利用する W P A N 1 およびチャンネル 2 を利用する W P A N 2 が $B_0 = k$ としたとき、チャンネル 3 を利用する W P A N 3 が $B_0 = k + 1$ であり、チャンネル 4 を利用する W P A N 4 が $B_0 = k + 2$ であり、ビーコン周期が最短の W P A N 1 の H - S T A が代表統合端末となる場合を示している。

30

【 0 0 1 0 】

したがって、W P A N 間の同期をとり、かつビーコン周期が最短の代表統合端末から R T S フレームを送信することにより、W L A N 内の W P A N のスーパーフレーム期間中に W L A N の送信を停止させることができる。このとき、代表統合端末が R T S フレームにより W L A N に設定される N A V 期間の長さは、各 W P A N の中で最長のスーパーフレームを収容できるように設定される。

40

【 0 0 1 1 】

また、代表統合端末を決める条件として、ビーコン周期が最短の H - S T A が複数台存在する場合は、以前に代表統合端末であったかどうか、M A C アドレスの大小、W L A N の R S S I が高いかどうかなどを基準としてもよい。

【 0 0 1 2 】

代表統合端末の決定 / 交代手順および同期手順の一例について以下に説明する(非特許文献 1)。

【 0 0 1 3 】

W P A N の H - S T A は、W L A N 内における M A C アドレス、W P A N ビーコン周期

50

(B Oの値)、スーパーフレーム長、使用するW P A Nチャンネルを記載するテーブルをもつ。H - S T Aは、自身がW L A Nに新しく加わったときに、自身のテーブルの情報をW L A NのA Pを介してマルチキャストする。他のH - S T Aのテーブル情報を受け取ったH - S T Aは、自身のテーブルの情報と比較して差分があればそれをテーブルに追加し更新する。その後、更新したテーブル情報を、W L A NのA Pを介してマルチキャストする。これを繰り返すことでそれぞれのH - S T AがW L A N内の全てのH - S T Aの情報を有することになる。各H - S T Aは、テーブルの情報をもとに、自身のビーコン周期が最短かつM A Cアドレスが最小などの代表統合端末を決める条件を満たすか否かを判断し、条件を満たす1つのH - S T Aが代表統合端末となる。

【0014】

また、W L A Nに新規に加わったH - S T Aは、ビーコン周期の情報等をW L A NのA Pを介してマルチキャストすることにより、既存のH - S T Aはその情報を取り込み、代表統合端末のビーコン周期よりも短い場合には代表統合端末の交代を行う。また、各H - S T Aにおいて、代表統合端末からのR T Sフレームが数ビーコン周期連続して受信されないなど、代表統合端末がW L A Nから離脱したと判断される場合には、各H - S T Aは代表統合端末の情報を削除するとともに、上記の手順に従って新たな代表統合端末を決定する処理を行う。

【0015】

代表統合端末は、同期するビーコン送信時刻を示すT S F (Timing synchronization function) タイマ値、および各W P A Nで使用すべきチャンネルを、W L A NのA Pを介して各H - S T Aにマルチキャストする。これを受信したH - S T Aは、指定されたビーコン送信時刻を示すT S Fタイマとチャンネルでビーコン送信を行うことで、W P A N間のビーコン送信の同期・位相の調整が完了する。その後、代表統合端末はビーコン送信時点で先立ってW L A NのR T Sフレームを送信する。代表統合端末および他のH - S T Aは、指定されたT S Fタイマの値の時刻にビーコン信号を送信し、スーパーフレーム通信を行う。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0016】

【特許文献1】特許第544573号公報

【非特許文献】

【0017】

【非特許文献1】井上文博他，“W L A Nと複数W P A Nとの共存方式の提案，”信学技報，vol.113，no.356，SRW2013-40，pp.13-18，Dec 2013

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

従来のW L A NとW P A Nが共存する無線通信システムでは、W L A Nのスループット低下を抑えるために、複数のW P A Nのビーコン周期を同期させる方法が提案されているが、W L A Nの1チャンネルのN A V設定期間中に同時に送信できるのは最大4つのW P A Nに限定されていた。

【0019】

図17は、4チャンネルを用いて同時に送信するW P A N1～W P A N4のビーコン周期が等しい場合の共存例を示す。非特許文献1では、5以上のW P A Nの共存は検討されていなかった。さらに、4チャンネルを用いて同時に送信するW P A N1～W P A N4のビーコン周期が異なる場合は、図16に示すように同期は可能であるが、ビーコン周期が長いW P A Nに割り当てたチャンネルの空きスロットが多くなりリソースの利用効率が低下する。

【0020】

また、従来のW L A NとW P A Nが共存する無線通信システムでは、同期する複数(最

10

20

30

40

50

大4つ)のWPANのH-STAのうち、1つの代表統合端末がWLANに対してRTSフレームを送信してチャンネル予約(NAV設定)を行い、この複数(最大4つ)のWPANが同時に通信を行っている。しかし、代表統合端末が故障や移動などの原因でWLANから離脱した場合、他のH-STAが代表統合端末の離脱を検知し、新しい代表統合端末が動作するまでの期間はWPANの通信期間のためのチャンネル予約が行われず、各WPANはWLANからの干渉を受けてスループット特性が低下する問題があった。

【0021】

本発明は、WLANとWPANが共存する無線通信システムにおいて、WLANのスループット特性の低下を防ぎながら5以上のWPANの共存を可能とするとともに、代表統合端末の離脱(故障または移動)があっても速やかにWLANのチャンネル予約を可能としてWPANのスループット特性の低下を防ぐことができる無線通信システムおよび無線通信制御方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0022】

第1の発明は、1つのWLAN内にビーコンモードで動作する複数のWPANが存在し、各WPANはPANコーディネータの機能とWLAN端末の機能をもつ総合端末を備え、各WPANの統合端末のうち1つの代表統合端末がWLANのチャンネルを予約するチャンネル予約信号を送信し、そのWLANのチャンネルに対応するWPANの複数のチャンネルで複数のWPANが同期して通信を行う無線通信システムにおいて、統合端末は、WLANに存在する複数のWPANのビーコン周期の情報を取得し、それぞれのビーコン周期に基づいて同期させるWPANを選択して組を形成する第1の処理手段と、組ごとに、代表統合端末としてビーコン周期が最短の統合端末の1つを選択する第2の処理手段と、組ごとに、代表統合端末が他の統合端末に対してビーコン送信を同期させ、かつ組ごとのビーコン送信タイミングをずらして設定する第3の処理手段とを備える。

20

【0023】

第1の発明の無線通信システムにおいて、統合端末の第1の処理手段は、WPANの複数のチャンネルと、ビーコン周期が最短のWPANのビーコン周期の時間帯の組合せをスロットと定義するとき、組を形成するWPANをビーコン周期に応じてスロットを埋めるように配置する処理を行う。

【0024】

第1の発明の無線通信システムにおいて、統合端末の第2の処理手段は、ビーコン周期が最短の統合端末が複数あれば、WLANにおけるMACアドレスに基づいて1つの統合端末を選択する。

30

【0025】

第1の発明の無線通信システムにおいて、統合端末は、さらに、組ごとに、代表統合端末と同等の機能を有する1つまたは複数の準代表統合端末を選択し、該準代表統合端末はチャンネル予約信号を受信しないときに、代わりにチャンネル予約信号を送信する第4の処理手段を備える。

【0026】

第2の発明は、1つのWLAN内にビーコンモードで動作する複数のWPANが存在し、各WPANはPANコーディネータの機能とWLAN端末の機能をもつ総合端末を備え、各WPANの統合端末のうち1つの代表統合端末がWLANのチャンネルを予約するチャンネル予約信号を送信し、そのWLANのチャンネルに対応するWPANの複数のチャンネルで複数のWPANが同期して通信を行う無線通信システムの無線通信制御方法において、統合端末は、WLANに存在する複数のWPANのビーコン周期の情報を取得し、それぞれのビーコン周期に基づいて同期させるWPANを選択して組を形成する第1の処理ステップと、組ごとに、代表統合端末としてビーコン周期が最短の統合端末の1つを選択する第2の処理ステップと、組ごとに、代表統合端末が他の統合端末に対してビーコン送信を同期させ、かつ組ごとのビーコン送信タイミングをずらして設定する第3の処理ステップとを有する。

40

50

【 0 0 2 7 】

第2の発明の無線通信制御方法において、統合端末の第1の処理ステップは、W P A Nの複数のチャンネルと、ビーコン周期が最短のW P A Nのビーコン周期の時間帯の組合せをスロットと定義するとき、組を形成するW P A Nをビーコン周期に応じてスロットを埋めるように配置する処理を行う。

【 0 0 2 8 】

第2の発明の無線通信制御方法において、統合端末の第2の処理ステップは、ビーコン周期が最短の統合端末が複数あれば、W L A NにおけるM A Cアドレスに基づいて1つの統合端末を選択する。

【 0 0 2 9 】

第2の発明の無線通信制御方法において、統合端末は、さらに、組ごとに、代表統合端末と同等の機能を有する1つまたは複数の準代表統合端末を選択し、該準代表統合端末はチャンネル予約信号を受信しないときに、代わりにチャンネル予約信号を送信する第4の処理ステップを有する。

【 発明の効果 】

【 0 0 3 0 】

本発明は、複数のW P A Nからビーコン周期に基づいて同期させるW P A Nを選択して組を形成し、組ごとに、チャンネル予約信号(R T Sフレーム)を送信する1つの代表統合端末を選択し、組ごとに、代表統合端末がビーコン送信を同期させ、かつ組ごとのビーコン送信タイミングをずらして設定することにより、チャンネル予約するW L A Nのチャンネルに対応するW P A Nのチャンネル数以上の複数のW P A Nが同期して通信を行うことができる。

【 0 0 3 1 】

また本発明は、組ごとに、準代表統合端末がチャンネル予約信号(R T Sフレーム)を受信しないときに、代わりにチャンネル予約信号(R T Sフレーム)を送信することにより、代表統合端末の離脱があっても速やかにW L A Nのチャンネル予約を可能としてW P A Nのスループット特性の低下を防ぐことができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 2 】

【 図 1 】 W L A NとW P A Nが共存する無線通信システムの構成例を示す図である。

【 図 2 】 本発明による5以上のW P A Nの収容例1を示すタイムチャートである。

【 図 3 】 本発明による5以上のW P A Nの収容例2を示すタイムチャートである。

【 図 4 】 W L A Nと共存するW P A Nのビーコン周期テーブルを示す図である。

【 図 5 】 ビーコン送信を同期するW P A Nの選択手順例を示すフローチャートである。

【 図 6 】 同期W P A Nに割り当てるスロットの選択手順例を示すフローチャートである。

【 図 7 】 平常時の代表統合端末におけるR T Sフレーム送信動作例を示すタイムチャートである。

【 図 8 】 代表統合端末離脱時におけるR T Sフレーム送信動作例を示すタイムチャートである。

【 図 9 】 本発明による準代表統合端末のR T Sフレーム送信手順例を示すフローチャートである。

【 図 1 0 】 W L A NおよびW P A Nのスループット特性の改善効果を示す図である。

【 図 1 1 】 定常状態におけるW P A N保護失敗率を示す図である。

【 図 1 2 】 過渡状態におけるW P A N保護失敗率を示す図である。

【 図 1 3 】 W P A Nのスーパーフレームの構成を示す図である。

【 図 1 4 】 2.4 GHz帯におけるW L A NとW P A Nのチャンネル配置を示す図である。

【 図 1 5 】 W L A NとW P A Nが共存するための送信手順を示すタイムチャートである。

【 図 1 6 】 4つのW P A Nの共存例(ビーコン周期が異なる場合)を示すタイムチャートである。

【 図 1 7 】 4つのW P A Nの共存例(ビーコン周期が等しい場合)を示すタイムチャート

10

20

30

40

50

である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

本発明におけるWLANとWPANが共存する無線通信システムは、図1に示す無線通信システムと同様の構成である。ただし、同期させる最大4つのWPANを複数組収容可能とし、かつ1組を構成するWPANのビーコン周期が異なる場合に5以上のWPANを収容可能とし、合わせてWLAN内で5以上のWPANの共存を可能とする。

【0034】

本発明の特徴は、WLAN10内で5以上のWPAN20の共存を可能とするために、WPAN20の統合端末(HSTA)21の制御部において、次の処理を行うところにある。

10

(1) 複数のWPANからビーコン周期に基づいて同期させるWPANを選択して組を形成する。

(2) 組ごとに、チャンネル予約信号(RTSフレーム)を送信する1台の代表統合端末を選択する。

(3) 組ごとに、代表統合端末がWLANのTSFタイマの時刻情報に基づいてビーコン送信を同期させ、かつ組ごとのビーコン送信タイミングをずらして設定する。

(4) 組ごとに、代表統合端末と同等の機能を有する1台または複数台の準代表統合端末を選択し、準代表統合端末がチャンネル予約信号(RTSフレーム)を受信しないときに、代わりにチャンネル予約信号(RTSフレーム)を送信する。

20

以下、(1)~(3)について実施例1として説明し、(4)について実施例2として説明する。

【0035】

(実施例1)

図2は、本発明による5以上のWPANの収容例1を示す。ここでは、ビーコン周期が等しい4つのWPANを組とし、複数組を収容する例を示す。

【0036】

図2において、各WPANのHSTAの制御部は、ビーコン周期が等しく、WPANの4チャンネル(Ch.1~Ch.4)を用いて同時通信する4つのWPANの組を作り、組ごとにビーコン送信タイミングを同期させながら、異なる組のWPAN同士はスーパーフレーム期間が重ならないようにビーコン送信タイミングをずらす制御を行う。図2に示す例では、ビーコン周期($BO = k$)が等しいWPAN1~4の組と、ビーコン周期($BO = k + 1$)が等しいWPAN5~7の組を構成し、組ごとにランダムに代表統合端末によって同期制御を行うことにより、異なる組のWPAN同士のビーコン送信タイミングをずらすことが可能である。なお、異なる組のWPAN同士のビーコン送信タイミングが重なって衝突した場合には、再度組ごとにランダムに同期制御を行うことにより衝突しないタイミングの設定が可能である。

30

【0037】

以上の組ごとの同期制御により、各組の代表統合端末は、それぞれ異なるタイミングでRTS/CTSフレームを送受信し、WLANにNAVを設定した後に、各組が異なるタイミングでビーコンを送信し、衝突を回避して通信を行うことができる。なお、ビーコン周期に比べてスーパーフレーム長が短い場合には、1組のビーコン周期の間に2組以上のWPANを収容することも可能である。これにより、WPANの4チャンネル(Ch.1~Ch.4)を用いて、5以上のWPANとWLANを共存させることができる。

40

【0038】

図3は、本発明による5以上のWPANの収容例2を示す。ここでは、各WPANのビーコン周期が異なるものを組み合わせるものとする。

【0039】

図3において、WPANの4チャンネル(Ch.1~Ch.4)と、ビーコン周期が最短のWPANのビーコン周期の時間帯の組合せをスロットS(a, b)と定義するとき、各WP

50

ANのH - STAの制御部は、このスロットを最大限埋めるようにWPANを選択して配置する。以下、ビーコン周期が最短のWPANに同期するWPANを選択し、各スロットに割り当てる手順について、図3～図6を参照して説明する。ここでは、図4に示すように、各WPANのビーコン周期をビーコンオーダーBOで表し、WPAN1～2のビーコン周期を $BO = k$ 、WPAN3～5のビーコン周期を $BO = k + 1$ 、WPAN6～9のビーコン周期を $BO = k + 2$ 、WPAN10～11のビーコン周期を $BO = k + 3$ とする。

【0040】

図5は、ビーコン送信を同期するWPANの選択手順例を示す。

図5において、各WPANのH - STAの制御部は、WLAN内におけるMACアドレスやWPANビーコン周期(BO)を記載したテーブルをもっており、それに基づきBOの値の昇順にWPAN_iをソートする。iは、WPANの識別番号である。BOが同値の場合は、MACアドレスの昇順にソートする(S1)。WPANをBOおよびMACアドレスの昇順にソートしたテーブルを図4に示す。

10

【0041】

次に、WPANの識別番号n(BOが最小の識別番号1)から昇順に、BOを用いてWPAN_iのチャンネル占有率R_iを次式に基づいて算出する(S2, S3)。

$$R_i = 1 / 2^{BO}$$

【0042】

さらに、チャンネル占有率R_iの合計R_{sum}が閾値 $A \times (1 / 2^k)$ を超えない範囲の最大のWPANの識別番号Nを求める(S4～S7)。ここでは、WLANの1チャンネルの帯域幅でWPANの4チャンネルが同時送信可能であるので、 $A = 4$ とする。なお、例えばWLANの2チャンネルにNAVを設定する場合には、 $A = 5$ とすることができる。これにより、識別番号nからNまでのWPANを同期させるWPANの組として選択することができる。図4に示すテーブルでは、1組目の同期WPANはWPAN1～WPAN7となり、2組目以降の同期WPANを求める際には、前組のNを用いてN + 1からBOの最小値をkとして同様の処理を行えばよい。

20

【0043】

図6は、同期WPANに割り当てるスロットの選択手順例を示す。

図6において、まず図5の処理により選択された組のWPAN_n～Nのビーコン周期(BO)から、WPAN_n～Nに割り当てるスロット($A, 2^{k(N)-k(n)}$)を算出する(S11)。ここで、k(i)はWPAN_iのBOである。スロットは行列で表され、A個の行は周波数成分(Ch.1～Ch.4)を表し、 $2^{k(N)-k(n)}$ 個の列は時間方向成分を表す。例えば、同期WPANの組としてWPAN1～7が選択されると、 $2^{k(7)-k(1)} = 2^2 = 4$ となり、4チャンネル×4列の合計16個のスロットが算出される。ここで、列方向のスロット数4は、ビーコン周期が最小のWPAN1のビーコン周期 $15.36 \text{ms} \times 2^k$ の倍数を示し、ビーコン周期が最大のWPAN7のビーコン周期 $15.36 \text{ms} \times 2^{k+2}$ に対応する。

30

【0044】

次に、WPANの識別番号順に、空きスロットの最若番を先頭に、それぞれのBOに応じた周期 $2^{k(i)}$ で空きスロットを選択していく。これを組を構成するWPAN_n～Nについて繰り返す(S12～S16)。

40

【0045】

図3に示すWPANの收容例2は、図4に示すテーブルに基づいて、図5に示す手順に従って同期WPANの組となるWPAN1～7を選択し、図6に示す手順に従って各スロットに割り当てた状態を示す。すなわち、同期WPANの組としてWPAN1～7に対して、4チャンネル×4列の合計16個のスロット割り当てとなる。BOが最小のkとなるWPAN1はスロット(1, 1)～(1, 4)に割り当て、WPAN2はスロット(2, 1)～(2, 4)に割り当てる。次にBOがk + 1となるWPAN3はスロット(3, 1)、(3, 3)に割り当て、WPAN4はスロット(3, 2)、(3, 4)に割り当て、WPAN5はスロット(4, 1)、(4, 3)に割り当てる。次にBOがk + 2となるWPAN6はスロット(4, 2)に割り当て、WPAN7はスロット(4, 4)に割り当てる。

50

これにより、全スロットを余すことなく割り当てることができる。

【0046】

ここで、ビーコン周期 (BO) が最小の WPAN1 の H-STA を代表統合端末として、WPAN2 ~ WPAN7 に対してビーコン送信時刻を通知して同期をとり、かつ WLAN との間で RTS / CTS フレームを送受信し、WLAN に NAV を設定する。その後、WPAN1 ~ WPAN7 の H-STA がそれぞれビーコンを送信し、配下の WPAN 端末 (ND) とスーパーフレーム通信を行うことができる。なお、ビーコン周期 (BO) が最小の WPAN が複数あれば、代表統合端末として以前に代表統合端末であった H-STA、または MAC アドレスが最小 (最大) の H-STA、または WLAN の RSSI が最大の H-STA などが選択される。

10

【0047】

さらに、次の同期 WPAN の組となる WPAN8 以降は、図2に示すように、WPAN1 ~ 7 のスーパーフレーム期間と重ならないように、現在のスロットの隙間に配置され、同様に WPAN8 の H-STA を代表統合端末として、同期 WPAN の組となる複数の WPAN が同期してスーパーフレーム通信を行うことができる。

【0048】

(実施例2)

代表統合端末は、複数の WPAN のビーコン送信を同期させ、ビーコン送信に先立って RTS フレームを送信して無線チャネルを予約する。しかし、他の H-STA は、代表統合端末からの RTS フレームを受信しないときに、代表統合端末が故障や移動などの原因で WLAN から離脱したものと判断し、速やかに代表統合端末を決定して RTS フレームを送信し、WLAN からの干渉を回避してスーパーフレーム通信を行う必要がある。

20

【0049】

そこで、WLAN と共存する WPAN が複数存在する際には、代表統合端末に加えて、予め RTS フレームの送信を行う機能を有する準代表統合端末を設定しておく。準代表統合端末には、上記の代表統合端末の条件を2番目以降に満たす順に、1台あるいは複数台を選ぶ。準代表統合端末は、代表統合端末との競合を避けるために、RTS フレームの発生からビーコン送信時刻までの保護手順試行期間を短く設定する。また、準代表統合端末が複数ある場合は、順番に保護手順試行期間を短く設定する。すなわち、準代表統合端末は、RTS フレームの発生時刻を代表統合端末より順次遅らせる。

30

【0050】

図7は、平常時の代表統合端末における RTS フレーム送信動作例を示す。

図7において、代表統合端末が正常に動作している場合、RTS フレーム生成部はビーコン送信時刻 T_B より保護手順試行期間 T_0 だけ早く RTS フレームを生成し、CSMA / CA プロトコルに従って送信する。このとき、準代表統合端末1, 2の RTS フレーム生成部は、順次短い保護手順試行期間 T_1, T_2 に応じて RTS フレームを生成することになっているが、代表統合端末から送信される RTS フレームを受信することにより、自らは RTS フレームを送信せず、通常の H-STA として代表統合端末に同期するビーコン送信時刻にビーコンを送信し、スーパーフレーム通信を行う。

【0051】

図8は、代表統合端末離脱時における RTS フレーム送信動作例を示す。

図8において、代表統合端末が故障または通信エリアから移動した場合に、代表統合端末から RTS フレームが送信されず、WLAN のチャネル予約ができない状態になる。準代表統合端末1, 2の RTS フレーム生成部は、代表統合端末より遅れて順次 RTS フレームを生成するが、代表統合端末からの RTS フレームを受信しないとき、あるいは数ビーコン周期連続して受信しないときに、代表統合端末の離脱 (故障または移動) と判断し、準代表統合端末1が RTS フレームを CSMA / CA プロトコルに従って送信する。このとき、準代表統合端末2は、さらに遅れて RTS フレームを生成するが、準代表統合端末1により送信される RTS フレームを受信することにより、RTS フレームの送信は行わない。準代表統合端末1が RTS フレームを送信しない場合は、同様の手順により準代

40

50

表統合端末 2 が R T S フレームを送信する。

【 0 0 5 2 】

これにより準代表統合端末 1 , 2 が、代表統合端末と競合することを防ぎつつ、代表統合端末が R T S フレームを送信できないときに、代わりにチャンネル予約を行うことが可能となる。

【 0 0 5 3 】

図 3 に示す例では、W P A N 1 が代表統合端末であり、W P A N 2 ~ 7 が準代表統合端末としたときに、W P A N 2 ~ 7 が W P A N 1 の R T S フレームを受信しない場合に、W P A N 2 が代わりに R T S フレームを送信する。W P A N 2 と W P A N 1 は同じビーコン周期なので、W P A N 3 ~ 7 は R T S フレームによって W L A N に設定される N A V の期間にビーコンを送信し、スーパーフレーム通信を行うことができる。また、W P A N 3 ~ 7 が W P A N 1 , 2 の R T S フレームを受信しない場合に、W P A N 3 が代わりに R T S フレームを送信する。W P A N 3 のビーコン周期は、W P A N 1 , 2 のビーコン周期の 2 倍なので、そのままでは W P A N 4 , 6 , 7 がビーコンを送信するときには W L A N に N A V が設定されていないことになる。そのため、W P A N 3 は、W P A N 1 , 2 と同じ周期で R T S フレームを送信するように制御する。W P A N 4 ~ 7 が R T S フレームを送信する場合も同様である。なお、W P A N 1 ~ 7 は、代表統合端末および準代表統合端末の順位およびそれぞれのビーコン周期がわかっており、当該制御を行うことが可能である。

10

【 0 0 5 4 】

図 9 は、本発明による準代表統合端末の R T S フレーム送信手順例を示す。

20

図 9 において、まず着目する準代表統合端末 k について、その保護手順試行期間長 T_k を決定する (S 21)。次のビーコン送信時刻を T_B としたとき、現在時刻 t が準代表統合端末 k の R T S フレームを送信する時刻 ($T_B - T_k$) になった時点で (S 22 : Yes)、代表統合端末または上位の準代表統合端末の R T S フレームを受信したか否かを判断する (S 23)。ここで、R T S フレームを受信すれば (S 23 : Yes)、代表統合端末または上位の準代表統合端末がチャンネル予約処理を行っているので、準代表統合端末 k は R T S フレームを送信せず、ビーコン送信時刻 T_B になった時点でビーコンを送信し、スーパーフレーム通信を行う (S 24 , S 25)。一方、R T S フレームを受信しない場合、あるいは数ビーコン周期連続して受信しない場合に (S 23 : No)、代表統合端末または上位の準代表統合端末が離脱していると判断し、ビーコン送信時刻 T_B になる前の保護手順試行期間内であれば (S 26 : Yes)、準代表統合端末 k が R T S フレームを送信する (S 27)。

30

【 0 0 5 5 】

ここで、 n 台の準代表統合端末のうち k 番目に R T S フレーム送信を行う準代表統合端末 k における保護手順試行期間長 T_k の決定方法を示す。代表統合端末の保護手順試行期間長を T_0 とする。 T_0 は代表統合端末が 1 台しか存在しない場合 (準代表統合端末を用意できない場合) に、W P A N 保護失敗率 (ビーコン送信時刻までに代表統合端末が無線チャンネルの予約に失敗する割合) が目標値を達成する最短の値が選ばれる。

【 0 0 5 6 】

T_k は次の方法 (i)、(i i) のどちらか、あるいは併用により決定される。

(i) $T_k = T_{k-1} - T_d$

40

準代表統合端末は、先に R T S フレームを送信する代表統合端末または準代表統合端末の保護手順試行期間より T_d だけ短い保護手順試行期間に設定する。すなわち、 T_d だけ遅れて R T S フレームを送信する。例えば、 T_d の時間長は 0.5 ~ 2 m s 程度とする。

【 0 0 5 7 】

(i i) $T_k = \alpha \cdot T_{k-1}$ ($0 < \alpha < 1$)

準代表統合端末は、先に R T S フレームを送信する代表統合端末または準代表統合端末の保護手順試行期間長の α 倍となる保護手順試行期間長に設定する。例えば、 α は 0.5 ~ 0.8 程度とする。

【 0 0 5 8 】

(本発明による W L A N および W P A N のスループット特性の改善例)

50

計算機シミュレーションにより、1つのWLAN内にn個のWPANが共存している場合の結果を示す。WLANは、1台のWLANアクセスポイント(AP)と10台のWLAN端末(STA)とn台の統合端末(H-STA)からなる。それぞれのWPANは1台の統合端末(H-STA)と、2台のWPAN端末(ND)からなる。WPANのWPAN端末(ND)は、スーパーフレームの非競合アクセス期間に保証タイムスロットが割り当てられるものとする。シミュレーション諸元を表1に示す。

【0059】

【表1】

WLAN IEEE802.11g	STA台数	10台
	データレート	24Mbit/s
	MACペイロード長	上り300B, 下り1500B
	印加トラヒック量	飽和モード
	スロットタイム	9 μ s
	CWmin	STA: 15 AP: 3 H-STA: 0
WPAN IEEE802.15.4	1つのWPAN内の端末数	2
	ビーコン周期	122.88ms
	スーパーフレーム長	30.72ms
	MACペイロード長	上り75B, 下り15B
	フレーム発生間隔	100ms
	バッファサイズ	1kB
	ACK返送	あり

10

20

30

【0060】

WLANの物理層パラメータはIEEE 802.11g規格に従う。統合端末(H-STA)は、WPANのビーコン送信時点から5msだけ先立ってWLANのRTSフレームを送信キューに発生させる。同じ周波数を利用する無線端末は全て互いに干渉し、隠れ端末の関係にある無線端末は存在しないものとする。従来方式では、WPANがWLANにNAVを設定している間に、複数のWPANはランダムアクセス方式により送信を行う。

【0061】

図10(a)は、WLANのスループット特性を示す。1回の試行のシミュレーション時間は100秒であり、10回の試行の平均値を示す。この結果より、提案方式はビーコン周期が等しい4台ごとにWPANの同期をとっているため、WPANの数が増加すると従来方式よりWLANのスループット特性が高くなっており、周波数利用効率が改善されていることがわかる。

40

【0062】

図10(b)は、WPANのスループット特性を示す。複数存在するWPANのなかで、最低のスループットの値を取るものを示す。なお、1回の試行のシミュレーション時間は100秒であり、10回の試行の最低値を示す。この結果より、提案方式はビーコン周期が等しい4台ごとにWPANの同期をとっているため、WPANの数が増加して5以上になると、従来方式よりWPANのスループット特性が著しく高くなっており、周波数利用効率が改善されていることがわかる。

50

【0063】

(代表統合端末および準代表統合端末によるWPA N保護失敗率)

計算機シミュレーションにより、WLANの中に複数のWPA Nが共存している場合において、統合端末(H-STA)によるWPA N保護失敗率(ビーコン送信時刻までに統合端末が無線チャネルの予約に失敗する割合)を示す。WLANは、1台のWLANアクセスポイント(AP)と10台のWLAN端末(STA)と2台の統合端末(H-STA)からなる。WLANの物理層パラメータはIEEE 802.11g規格に従う。シミュレーション諸元を表2に示す。

【0064】

【表2】

WLAN IEEE802.11g	STA台数	10台
	データレート	24Mbit/s
	MACペイロード長	上り300B, 下り1500B
	印加トラヒック量	飽和モード
	スロットタイム	9 μ s
	CWmin	STA: 15 AP: 3 H-STA: 0
WPAN IEEE802.15.4	ビーコン周期	122.88ms
	スーパーフレーム長	30.72ms
	MACペイロード長	上り75B, 下り15B

【0065】

図11は、代表統合端末がWLAN内に存在し機能している場合(定常状態)におけるWPA N保護失敗率を示す。図12は、代表統合端末がWLANから離脱してから、新しく代表統合端末が決定され動作するまでの期間(過渡状態)におけるWPA N保護失敗率を示す。

【0066】

提案方式では、代表統合端末および準代表統合端末の2台がRTSフレーム送信によりWPANの通信のためのチャネル予約を行う。準代表統合端末の保護手順試行期間長は、代表統合端末の保護手順試行期間長の0.7倍(上記の $\alpha=0.7$)とする。従来方式では、代表統合端末1台のみがRTSフレームを送信する。この結果により、定常状態、代表統合端末が離脱時の過渡状態のいずれにおいても、提案方式の方が、保護失敗率が低くなっていることがわかる。

【0067】

なお、本発明の無線通信システムにおける統合端末(H-STA)の機能については、国際標準規格IEEE 802.11およびIEEE 802.15.4に準拠しており、使用するパラメータ等も規格内に定義されている。統合端末(H-STA)に対して、上記の代表統合端末および準代表統合端末の機能を実装するのみで本発明は実現可能である。

【0068】

また、本発明の無線通信システムの利用形態としては、例えば老人ホームなどにおいて、WPAN端末(ND)として無線センサ端末を用いたメディカルケアでは、心電計、血圧計、体温計、加速時計などの様々なセンサを身につけた人が多数存在する状況が考えられる。この状況では、無線センサ端末を身につけたそれぞれの人が1つのWPANを形成するため、1つのWLANに多数のWPANが収容されることになる。そのため、多数の

10

20

30

40

50

WPANの無線センサ端末が、それぞれのビーコン周期でアクセスを試みるにより、WLANのスループット特性が大きく劣化する恐れがある。その際に、本発明を用いることにより、WLANに多数(5以上)のWPANを収容して同期制御を可能とし、WLANおよびWPANのスループット特性の低下を防ぐことが可能である。

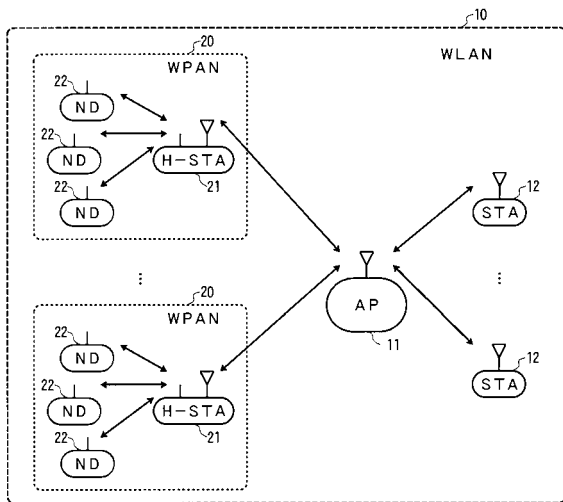
【符号の説明】

【0069】

- 10 WLAN
- 11 アクセスポイント(AP)
- 12 WLAN端末(STA)
- 20 WPAN
- 21 統合端末(H-STA)
- 22 WPAN端末(ND)

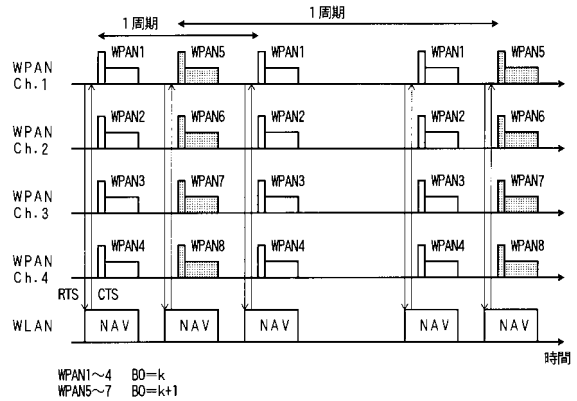
【図1】

WLANとWPANが共存する無線通信システムの構成例



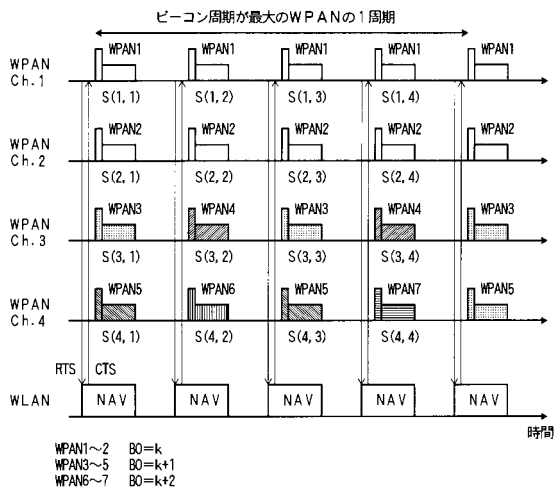
【図2】

本発明による5以上のWPANの収容例1



【 図 3 】

本発明による5以上のWPANの収容例2



【 図 4 】

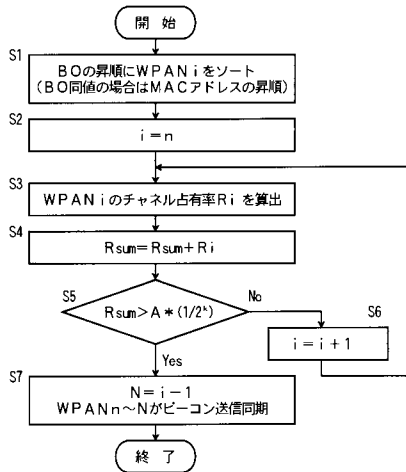
WLANと共存するWPANのピーコン周期テーブル

WPAN	BO	R
WPAN 1	k	$1/2^k$
WPAN 2	k	$1/2^k$
WPAN 3	k+1	$1/2^{k+1}$
WPAN 4	k+1	$1/2^{k+1}$
WPAN 5	k+1	$1/2^{k+1}$
WPAN 6	k+2	$1/2^{k+2}$
WPAN 7	k+2	$1/2^{k+2}$
WPAN 8	k+2	$1/2^{k+2}$
WPAN 9	k+2	$1/2^{k+2}$
WPAN 10	k+3	$1/2^{k+3}$
WPAN 11	k+3	$1/2^{k+3}$
⋮	⋮	⋮

代表統合端末
 $R_{sum} = 4 \times (1/2^k)$
 (WPAN 1~7がピーコン送信同期)
 代表統合端末

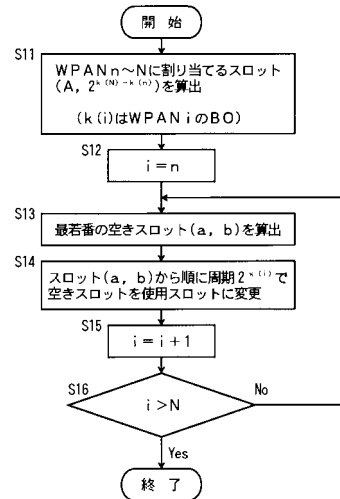
【 図 5 】

ピーコン送信を同期するWPANの選択手順例



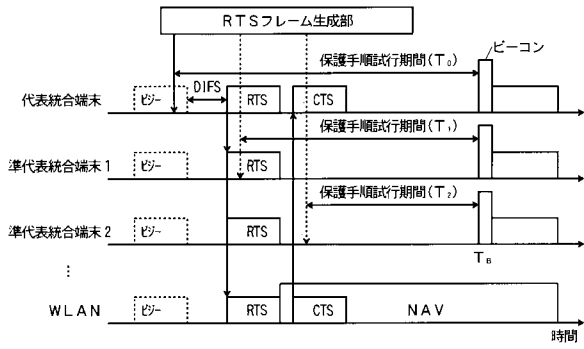
【 図 6 】

同期WPANに割り当てるスロットの選択手順例



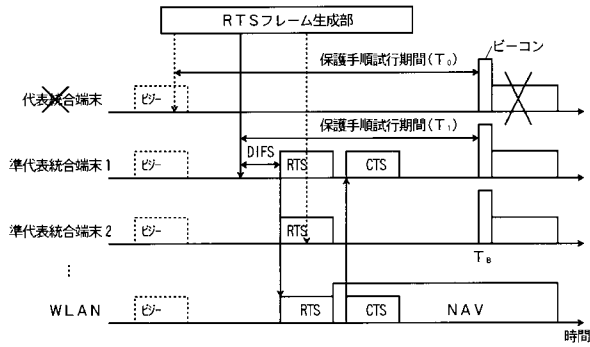
【 図 7 】

平常時の代表統合端末におけるRTSフレーム送信動作例



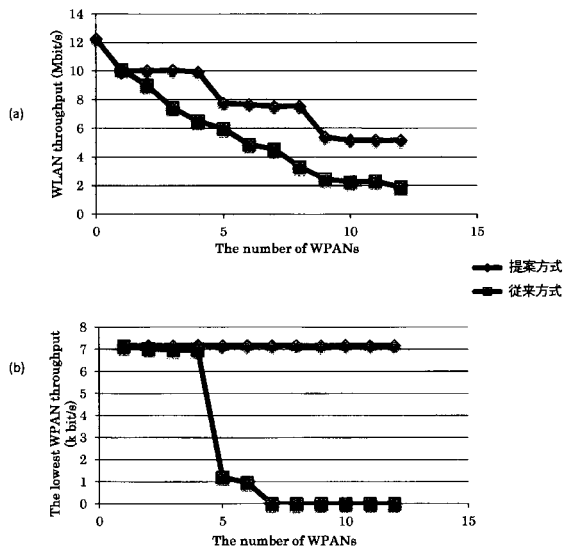
【 図 8 】

代表統合端末離脱時におけるRTSフレーム送信動作例



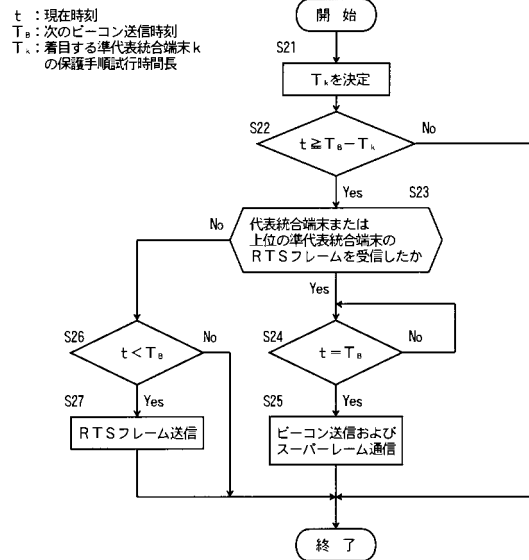
【 図 10 】

WLANおよびWPANのスループット特性の改善効果



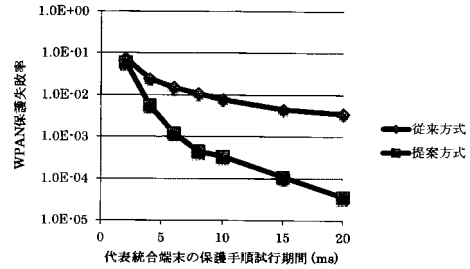
【 図 9 】

本発明による準代表統合端末のRTSフレーム送信手順例



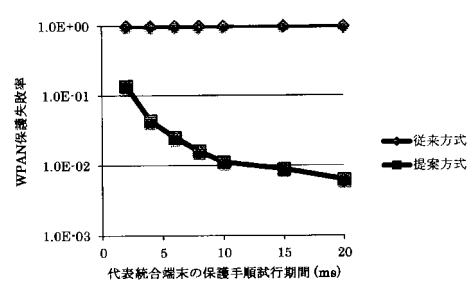
【 図 11 】

定常状態におけるWPAN保護失敗率

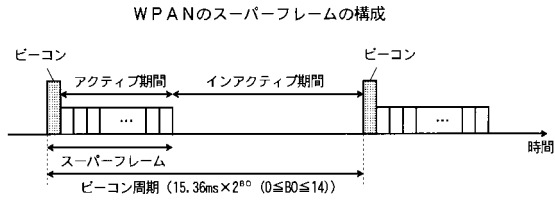


【 図 12 】

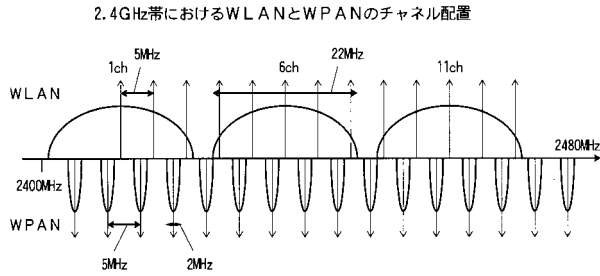
過渡状態におけるWPAN保護失敗率



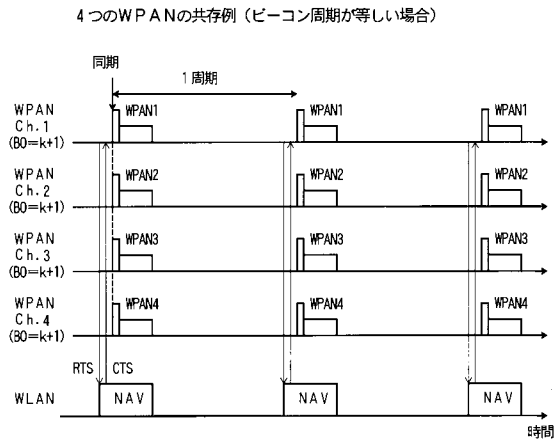
【 図 1 3 】



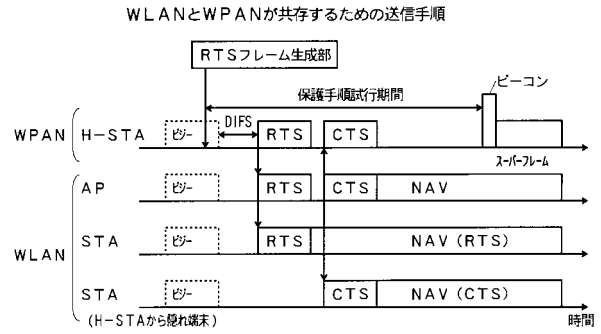
【 図 1 4 】



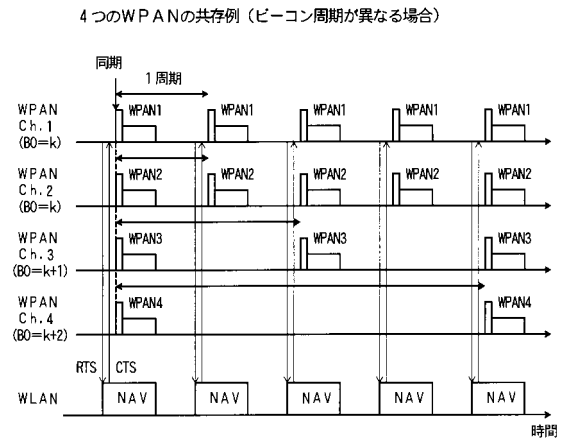
【 図 1 7 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
H 0 4 L	7/10	(2006.01)	H 0 4 L	7/10		
H 0 4 J	3/00	(2006.01)	H 0 4 J	3/00	H	
H 0 4 W	84/12	(2009.01)	H 0 4 W	84/12		

(72)発明者 杉山 隆利
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 守倉 正博
京都府京都市左京区吉田本町3番地1 国立大学法人京都大学内

(72)発明者 井上 文博
京都府京都市左京区吉田本町3番地1 国立大学法人京都大学内

Fターム(参考) 5K028 AA11 AA14 BB06 DD01 DD02 EE10 MM05 NN43
5K047 AA05 AA13 BB01 CC06 DD03 JJ08 MM02
5K067 AA03 BB37 CC04 DD25 EE02 EE10 EE25 EE72