

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5168689号
(P5168689)

(45) 発行日 平成25年3月21日(2013.3.21)

(24) 登録日 平成25年1月11日(2013.1.11)

(51) Int.Cl.

F I

H O 4 W 72/12 (2009.01)

H O 4 W 72/12 1 3 0

H O 4 W 28/14 (2009.01)

H O 4 W 28/14

H O 4 W 72/04 (2009.01)

H O 4 W 72/04 1 3 1

H O 4 W 88/10 (2009.01)

H O 4 W 88/10

請求項の数 9 (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2008-60541 (P2008-60541)
 (22) 出願日 平成20年3月11日(2008.3.11)
 (65) 公開番号 特開2009-218865 (P2009-218865A)
 (43) 公開日 平成21年9月24日(2009.9.24)
 審査請求日 平成23年3月4日(2011.3.4)

特許法第30条第1項適用 1. 発行者名 社団法人
 電子情報通信学会 2. 刊行物名、巻数、号数 電子情
 報通信学会技術研究報告 信学技報 第107巻 第2
 24号 3. 発行日 平成19年 9月13日

(出願人による申告) 平成19年度、支出負荷行為担当
 官、総務省大臣官房会計課企画官、研究テーマ「コグニ
 ティブ無線通信技術の研究開発」に関する委託研究、産
 業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(73) 特許権者 393031586
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 (74) 代理人 100112715
 弁理士 松山 隆夫
 (72) 発明者 谷口 典之
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
 (72) 発明者 滝沢 泰久
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
 (72) 発明者 山口 明
 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線装置およびそれを備えた無線ネットワーク

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

相互に異なる無線通信方式を用いて、各々が割り当てられたパケットを送信先へ送信するT (Tは2以上の整数) 個の無線機と、

N (Nは2以上の整数) 個の送信先から1つの送信先を任意の順序で選択する選択手段と、

前記選択手段によって第n (nは $1 \leq n \leq N-1$ を満たす整数) 番目の送信先が選択されると、前記第n番目の送信先へ前記パケットを送信可能なM1 (M1は $1 \leq M1 \leq T$ を満たす整数) 個の無線機を前記T個の無線機から決定し、前記選択手段によって第n+1番目の送信先が選択されると、前記第n+1番目の送信先へ前記パケットを送信可能なM2 (M2は $1 \leq M2 \leq T$ を満たす整数) 個の無線機を前記T個の無線機から決定する無線機決定処理を前記N個の送信先の全てが選択されるまで繰り返し行なう決定手段と、

前記決定手段によって前記M1個の無線機が決定されると、その決定されたM1個の無線機に一定時間以内の送信許容時間を与え、前記決定手段によって前記M2個の無線機が決定されると、その決定されたM2個の無線機に前記一定時間以内の送信許容時間を与える送信許容時間付与処理を前記N個の送信先の全てが選択されるまで繰り返し行なう付与手段と、

前記決定手段によって前記M1個の無線機が決定されると、前記送信許容時間が経過するまで前記M1個の無線機に前記パケットを割り当て、前記決定手段によって前記M2個の無線機が決定されると、前記M1個の無線機への前記パケットの割当を停止し、前記送

信許容時間が経過するまで前記M 2 個の無線機に前記パケットを割り当てるパケット割当処理を前記N 個の送信先の全てが選択されるまで繰り返し行なうパケット割当手段とを備え、

前記付与手段は、前記決定手段によって前記M 1 個の無線機が決定されると、各無線機が前記パケットの送信動作を実行可能な送信可能時間を前記M 1 個の無線機の各々に与え、前記決定手段によって前記M 2 個の無線機が決定されると、前記送信可能時間を前記M 2 個の無線機の各々に与え、

前記選択手段は、前記M 1 個の無線機の各々における送信可能時間が負になると、前記第n + 1 番目の送信先を選択する、無線装置。

【請求項 2】

10

1 つの無線機における送信所要時間の実績である実績送信所要時間を前記 1 つの無線機が前記パケットを送信しようとするときの推定送信所要時間として求め、前記 1 つの無線機に 1 つのパケットが割り当てられると、前記 1 つの無線機において前記 1 つのパケットが割り当てられる前の前記送信可能時間から前記 1 つの無線機における前記推定送信所要時間を減算して前記送信可能時間を更新する更新処理を実行する更新手段を更に備え、

前記更新手段は、前記M 1 個の無線機による前記パケットの送信が開始されると、前記更新処理を前記M 1 個の無線機について実行し、前記M 2 個の無線機による前記パケットの送信が開始されると、前記更新処理を前記M 2 個の無線機について実行する、請求項1に記載の無線装置。

【請求項 3】

20

新たな送信先が選択されると、その選択された送信先にパケットを送信可能なM (M は $1 \leq M \leq T$ を満たす整数) 個の無線機の各々における送信可能時間に一定値を加算し、または前記送信可能時間を前記一定値に置き換えて前記送信可能時間をリセットするリセット処理を実行するリセット手段を更に備え、

前記リセット手段は、前記第n 番目の送信先が選択されると、前記M 1 個の無線機について前記リセット処理を実行し、前記第n + 1 番目の送信先が選択されると、前記M 2 個の無線機について前記リセット処理を実行する、請求項1に記載の無線装置。

【請求項 4】

前記パケット割当手段は、前記M 1 個の無線機が決定されると、M (M は $1 \leq M \leq T$ を満たす整数) 個の無線機におけるパケットの送信所要時間の合計が最小になるように前記M 個の無線機に前記パケットを割り当てるパケット割当処理を前記M 1 個の無線機について実行し、前記M 2 個の無線機が決定されると、前記パケット割当処理を前記M 2 個の無線機について実行する、請求項2または請求項3に記載の無線装置。

30

【請求項 5】

前記送信所要時間は、1 つのパケットが1 つの無線機に割り当てられた第1 のタイミングから前記 1 つのパケットを受信したことを示す確認応答を前記送信先から受信する第2 のタイミングまでの時間長である、請求項4に記載の無線装置。

【請求項 6】

前記パケット割当処理は、前記M 個の無線機におけるM 個の前記推定送信所要時間の合計が最小になるように前記パケットを前記M 個の無線機に割り当てる処理からなる、請求項4に記載の無線装置。

40

【請求項 7】

前記N 個の送信先に対応して設けられ、各々が前記パケットを保持するN 個のバッファと、

前記パケットを各送信先に応じて前記N 個のバッファに分配するパケット分配手段とを更に備え、

前記パケット割当手段は、前記第n 番目の送信先が選択されると、その選択された第n 番目の送信先に対応して設けられたバッファからM 1 個のパケットを読み出し、その読み出したM 1 個のパケットを前記推定送信所要時間の合計が最小になるように前記M 1 個の無線機に割り当て、前記第n + 1 番目の送信先が選択されると、その選択された第n + 1

50

番目の送信先に対応して設けられたバッファからM 2 個のパケットを読み出し、その読み出したM 2 個のパケットを前記推定送信所要時間の合計が最小になるように前記M 2 個の無線機に割り当てる、請求項6に記載の無線装置。

【請求項 8】

前記パケット割当手段は、前記更新手段によって前記M 1 個の無線機のM 1 個の送信可能時間が更新されると、前記M 1 個の無線機のうち前記送信可能時間が正であるm 1 ($m 1$ は $1 \leq m 1 \leq M 1$ を満たす整数) 個の無線機について前記パケット割当処理を実行し、前記更新手段によって前記M 2 個の無線機のM 2 個の送信可能時間が更新されると、前記M 2 個の無線機のうち前記送信可能時間が正であるm 2 ($m 2$ は $1 \leq m 2 \leq M 2$ を満たす整数) 個の無線機について前記パケット割当処理を実行する、請求項3から請求項7のいずれか 1 項に記載の無線装置。

10

【請求項 9】

請求項 1 から請求項8のいずれか 1 項に記載の無線装置を備える無線ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、無線装置およびそれを備えた無線ネットワークに関し、特に、複数の無線リンクを用いて無線通信を行なう無線装置およびそれを備えた無線ネットワークに関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

無線通信を利用する機器の増加による無線リソースの枯渇、または個々の通信で求められる通信帯域の増大による無線リソースの枯渇が懸念されている（非特許文献 1）。

【0003】

これらの問題を解決する技術として、コグニティブ無線が提案されている。コグニティブ無線ネットワークにおいて、基地局および端末は、通信環境に応じて、多様な無線システムを適応的に同時利用することが可能である（非特許文献 2）。

【0004】

また、コグニティブ無線ネットワークにおける帯域集約による高品質な無線リンクの実現のためのパケット分配方式が提案されている（非特許文献 3）。

30

【非特許文献 1】 J. Mitola III and G. Maguire, Jr, “Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal,” IEEE Personal Communication, Vol. 6, No. 4, pp.13-18, Aug. 1999.

【非特許文献 2】 原田博司, “コグニティブ無線を利用した通信システムに関する基礎検討”, 電子情報通信学会技術報告, RS 2005-18, pp. 117-224, 2005.

【非特許文献 3】 K. Chebrolu and Ramesh R. Rao, “Bandwidth Aggregation for Real-Time Application in Heterogeneous Wireless Networks”, IEEE transaction on Mobile Computing, Vol. 5, No.4, April 2005.

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、非特許文献 3 に記載された方法では、無線 LAN (Local Area Network) における基地局から複数の端末への通信を考えた場合、ある端末において通信品質が劣化すると、再送回数の増加等により、パケットの送信に必要な時間が増大し、それに伴い基地局において無線資源の占有率が高くなる。そのため、同一システムまたは同一チャネルを共有する他の端末に対しても、スループットが低下するという問題がある。

【0006】

50

そこで、この発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、複数の無線装置が同一システムまたは同一チャネルを共有する場合にもスループットの低下を抑制可能な無線装置を提供することである。

【0007】

また、この発明の別の目的は、複数の無線装置が同一システムまたは同一チャネルを共有する場合にもスループットの低下を抑制可能な無線装置を備えた無線ネットワークを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明によれば、無線装置は、 T (T は2以上の整数)個の無線機と、選択手段と、決定手段と、付与手段と、パケット割当手段とを備える。 T 個の無線機は、相互に異なる無線通信方式を用いて、各々が割り当てられたパケットを送信先へ送信する。選択手段は、 N (N は2以上の整数)個の送信先から1つの送信先を任意の順序で選択する。決定手段は、選択手段によって第 n (n は $1 \leq n \leq N-1$ を満たす整数)番目の送信先が選択されると、第 n 番目の送信先へパケットを送信可能な M_1 (M_1 は $1 \leq M_1 \leq T$ を満たす整数)個の無線機を T 個の無線機から決定し、選択手段によって第 $n+1$ 番目の送信先が選択されると、第 $n+1$ 番目の送信先へパケットを送信可能な M_2 (M_2 は $1 \leq M_2 \leq T$ を満たす整数)個の無線機を T 個の無線機から決定する無線機決定処理を N 個の送信先の全てが選択されるまで繰り返し行なう。付与手段は、決定手段によって M_1 個の無線機が決定されると、その決定された M_1 個の無線機に一定時間以内の送信許容時間を与え、決定手段によって M_2 個の無線機が決定されると、その決定された M_2 個の無線機に一定時間以内の送信許容時間を与える送信許容時間付与処理を N 個の送信先の全てが選択されるまで繰り返し行なう。パケット割当手段は、決定手段によって M_1 個の無線機が決定されると、送信許容時間が経過するまで M_1 個の無線機にパケットを割り当て、決定手段によって M_2 個の無線機が決定されると、 M_1 個の無線機へのパケットの割当を停止し、送信許容時間が経過するまで M_2 個の無線機にパケットを割り当てるパケット割当処理を N 個の送信先の全てが選択されるまで繰り返し行なう。そして、選択手段は、 M_1 個の無線機に与えられた送信許容時間が経過すると、第 $n+1$ 番目の送信先を選択する。

【0009】

好ましくは、付与手段は、決定手段によって M_1 個の無線機が決定されると、各無線機がパケットの送信動作を実行可能な送信可能時間を M_1 個の無線機の各々に与え、決定手段によって M_2 個の無線機が決定されると、送信可能時間を M_2 個の無線機の各々に与える。また、選択手段は、 M_1 個の無線機の各々における送信可能時間が負になると、第 $n+1$ 番目の送信先を選択する。

【0010】

好ましくは、無線装置は、更新手段を更に備える。更新手段は、1つの無線機における送信所要時間の実績である実績送信所要時間を1つの無線機がパケットを送信しようとするときの推定送信所要時間として求め、1つの無線機に1つのパケットが割り当てられると、1つの無線機において1つのパケットが割り当てられる前の送信可能時間から1つの無線機における推定送信所要時間を減算して送信可能時間を更新する更新処理を実行する。そして、更新手段は、 M_1 個の無線機によるパケットの送信が開始されると、更新処理を M_1 個の無線機について実行し、 M_2 個の無線機によるパケットの送信が開始されると、更新処理を M_2 個の無線機について実行する。

【0011】

好ましくは、無線装置は、リセット手段を更に備える。リセット手段は、新たな送信先が選択されると、その選択された送信先にパケットを送信可能な M (M は $1 \leq M \leq T$ を満たす整数)個の無線機の各々における送信可能時間に一定値を加算し、または送信可能時間を一定値に置き換えて送信可能時間をリセットするリセット処理を実行する。そして、リセット手段は、第 n 番目の送信先が選択されると、 M_1 個の無線機についてリセット処理を実行し、第 $n+1$ 番目の送信先が選択されると、 M_2 個の無線機についてリセット処

理を実行する。

【0012】

好ましくは、パケット割当手段は、 M 1 個の無線機が決定されると、 M (M は $1 \leq M \leq T$ を満たす整数) 個の無線機におけるパケットの送信所要時間の合計が最小になるように M 個の無線機にパケットを割り当てるパケット割当処理を M 1 個の無線機について実行し、 M 2 個の無線機が決定されると、パケット割当処理を M 2 個の無線機について実行する。

【0013】

好ましくは、送信所要時間は、1つのパケットが1つの無線機に割り当てられた第1のタイミングから1つのパケットを受信したことを示す確認応答を送信先から受信する第2のタイミングまでの時間長である。

10

【0014】

好ましくは、パケット割当処理は、 M 個の無線機における M 個の推定送信所要時間の合計が最小になるようにパケットを M 個の無線機に割り当てる処理からなる。

【0015】

好ましくは、無線装置は、 N 個のバッファと、パケット分配手段とを更に備える。 N 個のバッファは、 N 個の送信先に対応して設けられ、各々がパケットを保持する。パケット分配手段は、パケットを各送信先に応じて N 個のバッファに分配する。そして、パケット割当手段は、第 n 番目の送信先が選択されると、その選択された第 n 番目の送信先に対応して設けられたバッファから M 1 個のパケットを読み出し、その読み出した M 1 個のパケットを推定送信所要時間の合計が最小になるように M 1 個の無線機に割り当て、第 $n+1$ 番目の送信先が選択されると、その選択された第 $n+1$ 番目の送信先に対応して設けられたバッファから M 2 個のパケットを読み出し、その読み出した M 2 個のパケットを推定送信所要時間の合計が最小になるように M 2 個の無線機に割り当てる。

20

【0016】

好ましくは、パケット割当手段は、更新手段によって M 1 個の無線機の M 1 個の送信可能時間が更新されると、 M 1 個の無線機のうち送信可能時間が正である m_1 (m_1 は $1 \leq m_1 \leq M_1$ を満たす整数) 個の無線機についてパケット割当処理を実行し、更新手段によって M 2 個の無線機の M 2 個の送信可能時間が更新されると、 M 2 個の無線機のうち送信可能時間が正である m_2 (m_2 は $1 \leq m_2 \leq M_2$ を満たす整数) 個の無線機についてパケット割当処理を実行する。

30

【0017】

また、この発明によれば、無線ネットワークは、請求項1から請求項9のいずれか1項に記載の無線装置を備える。

【発明の効果】

【0018】

この発明においては、 M 1 個の無線機を用いて第 n 番目の送信先へパケットを送信し、 M 2 個の無線機を用いて第 $n+1$ 番目の送信先へパケットを送信する場合、 M 1 個の無線機に送信許容時間を与えるとともに、 M 1 個の無線機の各々は、送信許容時間が経過するまでパケットを第 n 番目の送信先へ送信し、送信許容時間が経過すると、選択手段は、第 $n+1$ 番目の送信先を選択する。そして、 M 2 個の無線機に送信許容時間を与えるとともに、 M 2 個の無線機の各々は、送信許容時間が経過するまでパケットを第 $n+1$ 番目の送信先へ送信する。

40

【0019】

その結果、送信元の無線装置がパケットを第 n 番目の送信先へ送信するために M 1 個の無線機を占有する第1の占有時間は、送信元の無線装置がパケットを第 $n+1$ 番目の送信先へ送信するために M 2 個の無線機を占有する第2の占有時間と略同じになり、第1および第2の占有時間は、共に、送信許容時間以内になる。

【0020】

従って、この発明によれば、ある1つの送信先へパケットを送信するために無線資源 (

50

無線機)を占有することを抑制でき、複数の無線装置が同一システムまたは同一チャネルを共有する場合にもスループットの低下を抑制できる。

【0021】

また、この発明においては、M1個の無線機またはM2個の無線機における推定送信所要時間の合計が最小になるようにパケットの無線機への分配が行なわれる。そして、M1個の無線機またはM2個の無線機における推定送信所要時間の合計が最小になるようにパケットを無線機に分配することは、送信能力が相対的に高い、即ち、推定送信所要時間が相対的に短い無線機に相対的に多くのパケットを分配し、送信能力が相対的に低い、即ち、推定送信所要時間が相対的に長い無線機に相対的に少ないパケットを分配することになる。また、送信能力が相対的に高い無線機に相対的に多くのパケットを分配し、送信能力が相対的に低い無線機に相対的に少ないパケットを分配することは、無線機の利用効率を考慮してパケットを無線機に分配することになる。

10

【0022】

従って、この発明によれば、無線機の利用効率を考慮してパケットを分配できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

【0024】

図1は、この発明の実施の形態による無線ネットワークの概略図である。この発明の実施の形態による無線ネットワーク10は、コグニティブ基地局1、2と、無線装置3、4とを備える。

20

【0025】

コグニティブ基地局1は、有線ケーブル31によってコグニティブゲートウェイ30に接続される。コグニティブ基地局2は、有線ケーブル32によってコグニティブゲートウェイ30に接続される。コグニティブゲートウェイ30は、有線ケーブル41によって端末装置40に接続される。

【0026】

コグニティブ基地局1は、後述する方法によって無線装置3、4との間で複数の無線通信方式を用いて無線通信を行なうとともに、有線ケーブル31を介してコグニティブゲートウェイ30との間で通信を行なう。

30

【0027】

コグニティブ基地局2は、後述する方法によって無線装置3、4との間で複数の無線通信方式を用いて無線通信を行なうとともに、有線ケーブル32を介してコグニティブゲートウェイ30との間で通信を行なう。

【0028】

無線装置3、4の各々は、後述する方法によって、コグニティブ基地局1および／またはコグニティブ基地局2との間で無線通信を行なう。

【0029】

従って、無線装置3、4の各々は、コグニティブ基地局1および／またはコグニティブ基地局2、有線ケーブル31および／または有線ケーブル32、コグニティブゲートウェイ30および有線ケーブル41を介して端末装置40との間で通信を行なうことができる。

40

【0030】

無線ネットワーク10においては、端末装置40は、有線ケーブル41を介してIPパケットをコグニティブゲートウェイ30へ送信し、コグニティブゲートウェイ30は、端末装置40から受信したIPパケットを有線ケーブル31、32を介してそれぞれコグニティブ基地局1、2へ送信する。

【0031】

そして、コグニティブ基地局1、2は、後述する方法によって、複数の無線リンクを用

50

いてIPパケットを無線装置3, 4へ送信する。

【0032】

図2は、図1に示すコグニティブ基地局1の構成を示す概略ブロック図である。コグニティブ基地局1は、無線機11~13と、モニターモジュール14と、分配モジュール15と、CCLCキュー16, 17と、CARPテーブル18と、CCLCキュー管理モジュール19と、通信モジュール20とを含む。

【0033】

無線機11~13は、データリンク層に属し、それぞれ、キュー11A, 12A, 13Aを有する。そして、無線機11~13は、相互に異なる無線通信方式によって無線装置3, 4との間で無線通信を行なう。より具体的には、無線機11~13の各々は、分配モジュール15によって分配されたパケットを無線装置3, 4へ送信するとともに、無線装置3, 4から受信したパケットを通信モジュール20へ出力する。

10

【0034】

モニターモジュール14は、コグニティブ層に属し、後述する方法によって、一定期間ごとに無線機11~13の各々におけるパケットPKTの推定実効スループットを検出する。そして、モニターモジュール14は、その検出した複数の推定実効スループットに基づいて、後述する方法によって、無線機11~13の各々における推定送信所要時間を演算する。

【0035】

そうすると、モニターモジュール14は、推定実効スループットおよび推定送信所要時間をCARPテーブル18に格納するとともに、CARPテーブル18に格納された推定実効スループットおよび推定送信所要時間を更新する。

20

【0036】

分配モジュール15は、コグニティブ層に属し、CCLCキュー16, 17の状態を周期的にCCLCキュー管理モジュール19に問い合わせる。そして、分配モジュール15は、CCLCキュー16, 17のいずれかを指定するための指定信号を受けると、その指定信号によって指定されたCCLCキュー q_n (CCLCキュー16, 17のいずれか) からパケットPKTを取り出す。その後、分配モジュール15は、CARPテーブル18を参照して、無線機11~13のうち、CCLCキュー q_n に格納されたパケットPKTの送信先へパケットPKTを送信可能な無線機 M_{eff} (=例えば、無線機11~13) を決定する。

30

【0037】

そうすると、分配モジュール15は、CCLCキュー q_n から取り出したパケットPKTを後述する方法によって無線機 M_{eff} へ割り当てる。

【0038】

より具体的には、分配モジュール15は、CARPテーブル18を参照して、無線機 M_{eff} (=無線機11~13) の推定送信所要時間を読み出す。また、分配モジュール15は、一定周期でCCLCキュー q_n に格納されたパケットの個数 P^q をCCLCキュー管理モジュール19から受ける。そして、分配モジュール15は、パケットの個数 P^q が正 ($P^q > 0$) であるとき、後述する方法によって、CCLCキュー q_n から読み出したパケットを無線機11~13における推定送信所要時間の合計が最小になるように無線機 M_{eff} に分配する。更に、分配モジュール15は、無線機11~13にパケットを割り当てたときの各無線機 M_{eff} における負荷をパケットの送信所要時間で管理するための時間資源 (RT: Resource Time) を用いて、後述する方法によって、無線機11~13におけるロードバランスを取る。

40

【0039】

また、分配モジュール15は、パケットPKTを無線機11~13に割り当てると、各無線機11~13に対応してCARPテーブル18に格納された時間資源RTを後述する方法によって更新する。

【0040】

CCLCキュー16, 17は、コグニティブ層に属し、パケットPKTの送信先に対応し

50

て設けられる。より具体的には、コグニティブ基地局 1 においては、CCL キュー 16 は、パケット P K T の送信先である無線装置 3 に対応して設けられ、無線装置 3 へ送信されるパケット P K T を格納する。また、CCL キュー 17 は、パケット P K T の送信先である無線装置 4 に対応して設けられ、無線装置 4 へ送信されるパケット P K T を格納する。

【0041】

CARP テーブル 18 は、コグニティブ層に属し、各送信先である無線装置への通信に利用可能な無線リンク、その無線リンクのリンク品質および無線通信に利用可能な無線資源量を格納する。

【0042】

CCL キュー管理モジュール 19 は、コグニティブ層に属し、通信モジュール 20 から受け取ったパケット P K T を各送信先ごとに CCL キュー 16, 17 に格納する。この場合、CCL キュー管理モジュール 19 は、通信モジュール 20 から受け取ったパケット P K T の送信先に対応する CCL キューが存在しない場合、新たな CCL キューを最後尾 (= CCL キュー 17 の次) に追加し、その追加した CCL キューにパケット P K T を格納する。

10

【0043】

また、CCL キュー管理モジュール 19 は、CCL キュー 16, 17 の状態を監視し、CCL キュー 16, 17 が、一定期間、使用されていない場合、その使用されていない CCL キューを削除する。

【0044】

20

更に、CCL キュー管理モジュール 19 は、CCL キュー 16, 17 から 1 つの CCL キュー q_n をラウンドロビン方式で順次選択する。そして、CCL キュー管理モジュール 19 は、分配モジュール 15 からの問い合わせに応じて、その選択した CCL キューを指定するための指定信号を生成して分配モジュール 15 へ出力する。また、CCL キュー管理モジュール 19 は、その選択した CCL キュー q_n に格納されたパケット P K T の有無を分配モジュール 15 へ出力する。

【0045】

更に、CCL キュー管理モジュール 19 は、無線通信のための時間資源 R T を CARP テーブル 18 に格納することにより、各 CCL キュー 16, 17 に時間資源 R T を付与する。

30

【0046】

通信モジュール 20 は、インターネット層、トランスポート層およびアプリケーション層に属する各種のモジュールからなる。そして、通信モジュール 20 は、データに基づいて T C P (T r a n s m i s s i o n C o n t r o l P r o t o c o l) パケットを生成し、その生成した T C P パケットに基づいて、I P パケットを生成する。I P パケットは、I P ヘッダと、T C P パケットを格納するための I P データ部とからなる。そして、通信モジュール 20 は、T C P パケットを生成すると、その生成した T C P パケットを I P データ部に格納して I P パケットを生成し、その生成した I P パケットをキュー 16 に格納する。

【0047】

40

なお、図 1 に示すコグニティブ基地局 2 および無線装置 3, 4 の各々は、図 2 に示すコグニティブ基地局 1 と同じ構成からなる。この場合、コグニティブ基地局 2 の CCL キュー 16, 17 は、それぞれ、パケット P K T の送信先である無線 3, 4 に対応して設けられ、無線装置 3, 4 へ送信するためのパケット P K T を格納する。また、無線装置 3, 4 の CCL キュー 16, 17 は、それぞれ、パケット P K T の送信先であるコグニティブ基地局 1, 2 に対応して設けられ、コグニティブ基地局 1, 2 へ送信するためのパケット P K T を格納する。

【0048】

図 3 は、送信所要時間の概念図である。無線機 11 ~ 13 は、それぞれ、キュー 11 A, 12 A, 13 A を有する。そして、各無線機 11 ~ 13 において、パケット P K T は、

50

タイミング t_1 でキュー $11A$, $12A$, $13A$ に格納され、タイミング t_2 でキュー $11A$, $12A$, $13A$ の先頭に達する。

【0049】

その後、パケット PKT は、タイミング t_3 でキュー $11A$, $12A$, $13A$ から取り出されて送信先へ送信される。そして、パケット PKT を送信した無線機（無線機 $11 \sim 13$ のいずれか）は、タイミング t_4 で送信先から確認応答（ $ACK: Acknowledge$ ）を受信する。

【0050】

この発明においては、タイミング t_1 からタイミング t_4 までの時間が計測され、その計測された時間の a （ a は 2 以上の整数）個のパケット分についての平均値が各無線機 $11 \sim 13$ における送信所要時間と定義される。

10

【0051】

このように、送信所要時間は、各無線機 $11 \sim 13$ においてパケット PKT がキュー $11A$, $12A$, $13A$ に格納されてから送信先へ送信され、送信先から ACK が戻ってくるまでの時間（タイミング t_1 からタイミング t_4 まで）の a 個のパケット分についての平均値と定義される。

【0052】

従って、送信所要時間は、 MAC （ $Media Access Control$ ）層における再送を含む概念であり、各無線機 $11 \sim 13$ が各無線通信方式に従って行なう無線通信の無線通信環境によって変化し得る。また、 ACK フレームが各無線通信方式によって異なるので、送信所要時間は、無線通信方式によっても変化し得る。

20

【0053】

送信所要時間を求める方法について説明する。モニターモジュール 14 は、ある送信先 x に対して送信したパケットを $p_x = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ とし、無線リンク l_k （無線機 $11 \sim 13$ による無線リンクのいずれか）における最新の a 個のパケット分についての実効スループットを次式によって検出する。

【0054】

【数 1】

$$R^e(l_k) = \frac{\sum_{i=0}^{a-1} R^r(p_{m-i}, l_k)}{a} \dots (1)$$

30

【0055】

なお、モニターモジュール 14 は、単位時間あたりに送信先への送信が成功したパケット数を検出し、その検出したパケット数のパケットに含まれるビット数を演算することによって実効スループットを検出する。

【0056】

モニターモジュール 14 は、無線機 $11 \sim 13$ における実効スループット $R^e(l_{11}) \sim R^e(l_{13})$ を検出すると、その検出した実効スループット $R^e(l_{11}) \sim R^e(l_{13})$ とパケットサイズ $S(P_n)$ とを次式に代入して各無線リンクにおける送信所要時間 $T^e(P_n, l_k)$ を求める。この場合、モニターモジュール 14 は、各キュー $11A$, $12A$, $13A$ から取り出されるパケット PKT を監視することにより、パケットサイズ $S(P_n)$ を検知する。

40

【0057】

【数 2】

$$T^e(P_n, l_k) = \frac{S(P_n)}{R^e(l_k)} \cdot \dots \quad (2)$$

【0058】

各無線リンクにおける送信所要時間 $T^e(P_n, l_k)$ は、パケット P_n と無線機 11～13 との組み合わせによって変化し得る。式 (2) から明らかなように、各無線リンクにおける送信所要時間 $T^e(P_n, l_k)$ は、パケットサイズ $S(P_n)$ を実効スループット $R^e(l_k)$ で除算したものに相当し、パケット P_n と無線機 11～13 との組み合わせによって、式 (2) に代入するパケットサイズ $S(P_n)$ および実効スループット $R^e(l_k)$ が変わるからである。

10

【0059】

パケット $P_1 \sim P_3$ を無線機 11～13 に分配する場合を想定する。この場合、パケット $P_1 \sim P_3$ は、それぞれ、パケットサイズ $S(P_1) \sim S(P_3)$ を有する。

【0060】

パケット $P_1 \sim P_3$ をそれぞれ無線機 11～13 に分配するとき、モニターモジュール 14 は、パケットサイズ $S(P_1)$ および実効スループット $R^e(l_{11})$ を式 (2) に代入して無線機 11 における送信所要時間 $T^e(P_1, l_{11})$ を演算し、パケットサイズ $S(P_2)$ および実効スループット $R^e(l_{12})$ を式 (2) に代入して無線機 12 における送信所要時間 $T^e(P_2, l_{12})$ を演算し、パケットサイズ $S(P_3)$ および実効スループット $R^e(l_{13})$ を式 (2) に代入して無線機 13 における送信所要時間 $T^e(P_3, l_{13})$ を演算する。

20

【0061】

また、パケット P_2, P_3, P_1 をそれぞれ無線機 11～13 に分配するとき、モニターモジュール 14 は、パケットサイズ $S(P_2)$ および実効スループット $R^e(l_{11})$ を式 (2) に代入して無線機 11 における送信所要時間 $T^e(P_2, l_{11})$ を演算し、パケットサイズ $S(P_3)$ および実効スループット $R^e(l_{12})$ を式 (2) に代入して無線機 12 における送信所要時間 $T^e(P_3, l_{12})$ を演算し、パケットサイズ $S(P_1)$ および実効スループット $R^e(l_{13})$ を式 (2) に代入して無線機 13 における送信所要時間 $T^e(P_1, l_{13})$ を演算する。このように、各無線機における送信所要時間 $T^e(P_n, l_k)$ は、パケット P_n と無線機 11～13 による無線リンク l_k との組み合わせによって変化する。

30

【0062】

式 (2) によって演算した送信所要時間 $T^e(P_n, l_k)$ は、各無線機 11～13 が a 個のパケットを送信したときの各無線機 11～13 における送信所要時間の実績であり、パケットサイズを反映したものである。

【0063】

そして、この発明においては、既に送信した a 個のパケット分の送信所要時間を、これから割り当てるパケットの推定送信所要時間とする。つまり、パケットの無線機 11～13 への分配が生じたときに、それ以前に実際に送信された a 個のパケット分の送信所要時間 (= 実績送信所要時間) を、これから割り当てられるパケットを各無線機 11～13 が送信するのに要する時間とする。

40

【0064】

また、この発明においては、既に送信した a 個のパケット分の実効スループットを、これから割り当てるパケットの推定実効スループットとする。つまり、パケットの無線機 11～13 への分配が生じたときに、それ以前に実際に送信された a 個のパケット分の実効スループットを、これから割り当てられるパケットを各無線機 11～13 が送信するときの推定実効スループットとする。

50

【0065】

従って、推定実効スループットは、式（１）を用いて検出され、推定送信所要時間は、式（２）を用いて演算される。

【0066】

モニターモジュール１４は、上述した方法によって、推定実効スループットを検出し、その検出した推定実効スループットに基づいて推定送信所要時間を演算する。そして、モニターモジュール１４は、推定実効スループットおよび推定送信所要時間をＣＡＲＰテーブル１８に格納する。

【0067】

次に、パケットの分配方法について説明する。分配モジュール１５は、上述した方法によって求められた各無線機１１～１３における推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_k)$ をＣＡＲＰテーブル１８から取り出すと、その取り出した推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_k)$ を次式に代入して３個の無線機１１～１３における推定送信所要時間の合計 $T^{e_{total}}$ を演算する。

【0068】

【数３】

$$T^{e_{total}} = \sum_{i=1}^M T^e(P_i, a(P_i)) \cdots (3)$$

【0069】

式（３）において、 M は、無線機１１～１３の個数である。また、 $a(P_i)$ は、 i 個のパケットを３個の無線機１１～１３へ分配するときの i 個のパケットと３個の無線機１１～１３との組合せを示す集合である。

【0070】

分配モジュール１５は、推定送信所要時間の合計 $T^{e_{total}}$ を演算すると、その演算した推定送信所要時間の合計 $T^{e_{total}}$ を次式に代入して推定送信所要時間の合計 $T^{e_{total}}$ が最小になるときのパケット P_n と無線機１１～１３との最適組合せを決定する。

【0071】

【数４】

$$\left. \begin{aligned} \vec{A}_K^* &= \operatorname{argmin}_{\vec{A}_K} T^{e_{total}} \\ \text{但し } K &= N, a(P_i) \neq a(P_j), \forall i \neq j \end{aligned} \right\} \cdots (4)$$

【0072】

なお、式（４）において、 $\vec{A}_K^*$ は、パケット P_n と無線機１１～１３との最適組合せを示すベクトル集合である。

【0073】

そして、分配モジュール１５は、パケット P_n と無線機１１～１３との最適組合せを決定すると、その決定した最適組合せに従ってパケットを無線機１１～１３に分配する。

【0074】

分配モジュール１５は、パケットを無線機１１～１３に分配するとき、ＣＡＲＰテーブル１８から各無線機１１～１３に与えられた時間資源 RT を取り出し、その取り出した時間資源 RT に基づいて、無線機１１～１３におけるロードバランスを取る。

【0075】

図4は、図2に示すC A R Pテーブル18の概念図である。C A R Pテーブル18は、送信先の個数と同じ個数のC A R Pサブテーブル18-1, 18-2, ...からなる。

【0076】

C A R Pサブテーブル18-1は、送信先である無線装置Aに対応しており、C A R Pテーブル18-2は、送信先である無線装置Bに対応している。

【0077】

C A R Pテーブル18がコグニティブ基地局1において作成される場合、送信先である無線装置Aは、例えば、無線装置3であり、送信先である無線装置Bは、例えば、無線装置4である。

【0078】

C A R Pサブテーブル18-1, 18-2, ...の各々は、無線機11~13と、推定送信所要時間と、推定実効スループットと、時間資源とを含む。そして、推定送信所要時間、推定実効スループットおよび時間資源は、無線機11~13の各々に対応付けられる。

【0079】

即ち、C A R Pサブテーブル18-1において、推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_{11}) _A$, $T^e(P_n, l_{12}) _A$, $T^e(P_n, l_{13}) _A$ は、それぞれ、無線機11~13に対応付けられ、推定実効スループット $R^e(l_{11}) _A$, $R^e(l_{12}) _A$, $R^e(l_{13}) _A$ は、それぞれ、無線機11~13に対応付けられ、時間資源 $RT(11) _A$, $RT(12) _A$, $RT(13) _A$ は、それぞれ、無線機11~13に対応付けられる。

【0080】

また、C A R Pサブテーブル18-2において、推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_{11}) _B$, $T^e(P_n, l_{12}) _B$, $T^e(P_n, l_{13}) _B$ は、それぞれ、無線機11~13に対応付けられ、推定実効スループット $R^e(l_{11}) _B$, $R^e(l_{12}) _B$, $R^e(l_{13}) _B$ は、それぞれ、無線機11~13に対応付けられ、時間資源 $RT(11) _B$, $RT(12) _B$, $RT(13) _B$ は、それぞれ、無線機11~13に対応付けられる。

【0081】

推定送信所要時間および推定実効スループットは、モニターモジュール14によって、C A R Pサブテーブル18-1, 18-2に格納されるとともに、随時、更新される。

【0082】

また、時間資源は、C C Lキュー管理モジュール19によってC A R Pサブテーブル18-1, 18-2に最初に格納され、分配モジュール15によって更新される。

【0083】

なお、C A R Pサブテーブル18-1, 18-2の各々は、3個の無線機11~13を含むが、コグニティブ基地局1, 2および無線装置3, 4の各々が2個または4個以上の無線機を備える場合、C A R Pサブテーブル18-1, 18-2の各々は、2個または4個以上の無線機を含み、推定送信所要時間、推定実効スループットおよび時間資源は、2個または4個以上の無線機の各々に対応付けられる。

【0084】

図5は、時間資源R Tの概念を説明するための図である。分配モジュール15は、パケットの分配が開始された場合、C A R Pテーブル18を参照して、時間資源R Tの初期値 RT_0 が各無線機11~13に与えられていることを検知する(図5の(a)参照)。

【0085】

そして、分配モジュール15は、C C Lキュー16に格納されたパケットP K Tを無線装置3へ送信する場合、C C Lキュー16から3個のパケットP K T 1~P K T 3を読み出し、その読み出した3個のパケットP K T 1~P K T 3と3個の無線機11~13との最適組合せをC A R Pテーブル18を参照して3個の無線機11~13における3個の推定送信所要時間の合計が最小になるように決定する。その結果、パケットP K T 1は、無

10

20

30

40

50

線機 1 1 に分配され、パケット P K T 3 は、無線機 1 2 に分配され、パケット P K T 2 は、無線機 1 3 に分配されるものとする。

【0086】

そうすると、分配モジュール 1 5 は、時間資源 R T の初期値 R T 0 から無線機 1 1 の推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_{11}) - 3$ を減算して無線機 1 1 における時間資源 R T を初期値 R T 0 から値 R T 1 (1 1) $- 3$ に更新する。分配モジュール 1 5 は、同様にして、時間資源 R T の初期値 R T 0 から無線機 1 2 の推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_{12})$ を減算して無線機 1 2 における時間資源 R T を初期値 R T 0 から値 R T 1 (1 2) $- 3$ に更新し、時間資源 R T の初期値 R T 0 から無線機 1 3 の推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_{13})$ を減算して無線機 1 3 における時間資源 R T を初期値 R T 0 から値 R T 1 (1 3) $- 3$ に更新する (図 5 の (b) 参照)。

10

【0087】

以後、分配モジュール 1 5 は、各無線機 1 1 ~ 1 3 にパケットを分配するごとに各無線機 1 1 ~ 1 3 における時間資源 R T の現在の値から各無線機 1 1 ~ 1 3 における推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_k)$ を減算して各無線機 1 1 ~ 1 3 における時間資源 R T を更新する。そして、時間資源 R T は、分配モジュール 1 5 が各無線機 1 1 ~ 1 3 における時間資源 R T の更新を繰り返し行なうことによってプラスからマイナスになる。従って、この発明における時間資源は、プラスからマイナスに変化する概念からなる。

【0088】

図 6 は、時間資源 R T を用いたパケット分配の第 1 の例を示す図である。分配モジュール 1 5 が上述した方法によってパケットを無線機 1 1 ~ 1 3 に分配する動作を繰り返した結果、無線機 1 1 における時間資源 R T (1 1) は、値 R T 2 (1 1) $- 3$ に更新され、無線機 1 2 における時間資源 R T 1 2 は、値 R T 2 (1 2) $- 3$ に更新され、無線機 1 3 における時間資源 R T 1 3 は、値 R T 2 (1 3) $- 3$ に更新される。この場合、値 R T 2 (1 1) $- 3$, R T 2 (1 3) $- 3$ は、正であり、値 R T 2 (1 2) $- 3$ は、負である。

20

【0089】

そうすると、分配モジュール 1 5 は、負の値 R T 2 (1 2) $- 3$ からなる時間資源 R T (1 2) を有する無線機 1 2 をパケット分配の対象から除外し、正の値 R T 2 (1 1) $- 3$, R T 2 (1 3) $- 3$ からなる時間資源 R T (1 1), R T (1 3) を有する 2 個の無線機 1 1, 1 3 へパケット P K T 4, P K T 5 を分配する。即ち、分配モジュール 1 5 は、正の時間資源 R T (1 1) $- 3$, R T (1 3) $- 3$ を有する無線機 1 1, 1 3 を利用可能な無線機と看做し、その利用可能な無線機 1 1, 1 3 の個数と同じ個数のパケット P K T 4, P K T 5 を無線機 1 1, 1 3 に分配する。

30

【0090】

図 7 は、時間資源 R T を用いたパケット分配の第 2 の例を示す図である。無線機 1 1 の時間資源 R T (1 1) は、値 R T 3 (1 1) $- 3$ (> 0) からなり、無線機 1 2 の時間資源 R T (1 2) は、値 R T 3 (1 2) $- 3$ (> 0) からなり、無線機 1 3 の時間資源 R T (1 3) は、値 R T 3 (1 3) $- 3$ (> 0) からなる。従って、分配モジュール 1 5 は、無線機 1 1 ~ 1 3 の全てを利用可能な無線機と判定する。

【0091】

そして、分配モジュール 1 5 は、C C L キュー 1 6 に格納されたパケット P K T 6, P K T 7 の個数 (= 2 個) を C C L キュー管理モジュール 1 9 から受ける。

40

【0092】

そうすると、分配モジュール 1 5 は、C C L キュー 1 6 に格納されたパケット P K T 6, P K T 7 の個数 (= 2 個) を利用可能な無線機 1 1 ~ 1 3 の個数 (= 3 個) と比較し、C C L キュー 1 6 に格納されたパケットの個数が利用可能な無線機の個数よりも小さいと判定する。

【0093】

分配モジュール 1 5 は、C C L キュー 1 6 からパケット P K T 6, P K T 7 を読み出し、その読み出したパケット P K T 6, P K T 7 と無線機 1 1, 1 3 との最適組合せをパケ

50

ットを分配しない無線機の推定送信所要時間を“0”とすることで上述した方法によって決定し、その決定した最適組合せに従ってパケットP K T 6, P K T 7をそれぞれ無線機11, 13に分配する。

【0094】

このように、C C Lキュー16に格納されたパケットの個数が利用可能な無線機の個数よりも小さいとき、C C Lキュー16に格納されたパケットの個数と同じ個数の無線機を推定送信所要時間の和が最小となる組合せに基づき選択する。これにより、無線機11～13の時間資源R Tの総和の更なる減少を抑制し、複数の無線機11～13間における時間資源R Tを効率的に利用できる。

【0095】

図8は、時間資源R Tを用いたパケット分配の第3の例を示す図である。無線機11の時間資源R T (11)は、値R T 4 (11) $_3$ (>0)からなり、無線機12の時間資源R T (12)は、値R T 4 (12) $_3$ (<0)からなり、無線機13の時間資源R T (13)は、値R T 4 (13) $_3$ (<0)からなる(図8の(a)参照)。

【0096】

C C Lキュー16に格納されたパケットP K Tを無線装置3へ送信し、その後、C C Lキュー17に格納されたパケットP K Tを無線装置4へ送信し、更に、その後、C C Lキュー16に格納されたパケットP K Tの無線装置3への送信を開始する時に、無線機11～13の時間資源R T (11)～R T (13)がそれぞれ値R T 4 (11) $_3$, 値R T 4 (12) $_3$, 値R T 4 (13) $_3$ に設定されている場合を想定する。

【0097】

分配モジュール15は、無線機11～13を用いてC C Lキュー16に格納されたパケットP K Tの無線装置3への送信を開始する場合、C C Lキュー管理モジュール19からC C Lキュー16を指定するための指定信号を受けると、C A R Pテーブル18 (= C A R Pサブテーブル18-1)を参照して、時間資源R T (11)～R T (13)をリセットする。

【0098】

より具体的には、分配モジュール15は、正の値R T 4 (11) $_3$ からなる時間資源R T (11)に対しては、初期値R T 0を与えることによって時間資源R T (11)をリセットし、負の値R T 4 (12) $_3$, R T 4 (13) $_3$ からなる時間資源R T (12), R T (13)に対しては、値R T 4 (12) $_3$, R T 4 (13) $_3$ に初期値R T 0を加算することによって時間資源R T (12), R T (13)をリセットする。

【0099】

その結果、無線機11の時間資源R T (11)は、値R T 5 (11) $_3$ (= R T 0 >0)に更新され、無線機12の時間資源R T (12)は、値R T 5 (12) $_3$ (>0)に更新され、無線機13の時間資源R T (13)は、値R T 5 (13) $_3$ (>0)に更新される(図8の(b)参照)。

【0100】

そして、分配モジュール15は、更新された時間資源R T (11)～R T (13)を用いて、上述した方法によって、パケットを無線機11～13に分配するときの無線機11～13間におけるロードバランスを取る。

【0101】

図8の(b)に示すように、一定値である初期値R T 0は、値R T 4 (12) $_3$, R T 4 (13) $_3$ に加算されるため、更新された値R T 5 (12) $_3$, R T 5 (13) $_3$ は、更新前の値R T 4 (12) $_3$, R T 4 (13) $_3$ が反映される。即ち、更新前のマイナス分を一定値(=初期値R T 0)から減算した後の値が時間資源R T (12), R T (13)として無線機12, 13に与えられる。

【0102】

一方、時間資源R T (11)は、更新前、正の値R T 4 (11) $_3$ からなるので、更新前の値R T 4 (11) $_3$ を反映させずに初期値R T 0を与えることによって時間資源

10

20

30

40

50

R T (1 1) を更新する。

【 0 1 0 3 】

その結果、時間資源 R T が相対的に長い無線機に相対的に多くのパケットが分配され、時間資源 R T が相対的に短い無線機に相対的に少ないパケットが分配され、パケットを無線機 1 1 ～ 1 3 に分配するときの無線機 1 1 ～ 1 3 間のロードバランスを取ることができる。

【 0 1 0 4 】

なお、C C L キュー 1 7 に格納されたパケット P K T を無線機 1 1 ～ 1 3 によって送信する場合も、パケット P K T は、上述した方法によって無線機 1 1 ～ 1 3 に分配される。

【 0 1 0 5 】

次に、無線ネットワーク 1 0 におけるパケットの送信動作について説明する。図 9 から図 1 1 は、それぞれ、無線ネットワーク 1 0 におけるパケットの送信動作を説明するための第 1 から第 3 の図である。また、図 1 2 から図 1 8 は、それぞれ、C A R P テーブル 1 8 の第 1 から第 7 の具体例を示す図である。

【 0 1 0 6 】

なお、以下においては、コグニティブ基地局 1 の C C L キュー 1 6 に格納されたパケット P K T を無線装置 3 へ送信し、C C L キュー 1 7 に格納されたパケット P K T を無線装置 4 へ送信する場合の動作について説明する。この場合、C C L キュー 1 6 , 1 7 は、それぞれ、無線装置 3 , 4 に対応して設けられる。

【 0 1 0 7 】

また、無線機 1 1 ～ 1 3 を用いて無線装置 3 へパケット P K T を送信し、無線機 1 1 , 1 2 を用いて無線装置 4 へパケット P K T を送信するものとする。この場合、コグニティブ基地局 1 の C C L キュー管理モジュール 1 9 は、無線機 1 1 ～ 1 3 がパケット P K T を無線装置 3 へ送信可能であり、無線機 1 1 , 1 2 がパケット P K T を無線装置 4 へ送信可能であることを事前に検知していることを前提とする。

【 0 1 0 8 】

無線装置 3 , 4 へのパケット P K T の送信を開始する場合、コグニティブ基地局 1 の C C L キュー管理モジュール 1 9 は、ラウンドロビン方式によって C C L キュー 1 6 を最初に選択し、分配モジュール 1 5 からの問合せに応じて、C C L キュー 1 6 を指定するための指定信号を生成して分配モジュール 1 5 へ出力する。

【 0 1 0 9 】

また、コグニティブ基地局 1 の C C L キュー管理モジュール 1 9 は、C C L キュー 1 6 に格納されたパケット P K T の個数 P^q を検出して分配モジュール 1 5 へ出力する。

【 0 1 1 0 】

更に、コグニティブ基地局 1 の C C L キュー管理モジュール 1 9 は、C A R P テーブル 1 8 A のうち、無線装置 3 を送信先とする C A R P サブテーブル 1 8 - 1 A において、無線機 1 1 ～ 1 3 の時間資源として初期値 R T 0 を格納する（図 1 2 参照）。この場合、C A R P サブテーブル 1 8 - 1 A の推定送信所要時間および推定実効スループットの欄は、空白である。

【 0 1 1 1 】

これによって、初期値 R T 0 からなる時間資源 R T (1 1) ～ R T (1 3) がそれぞれ無線機 1 1 ～ 1 3 に付与される（図 9 の (a) 参照）。

【 0 1 1 2 】

そして、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 1 5 は、C C L キュー管理モジュール 1 9 からの指定信号によって C C L キュー 1 6 が選択されたことを検知し、C A R P テーブル 1 8 A の C A R P サブテーブル 1 8 - 1 A を参照して、初期値 R T 0 からなる時間資源 R T (1 1) ～ R T (1 3) が無線機 1 1 ～ 1 3 に付与されていることを検知する。そして、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 1 5 は、無線機 1 1 ～ 1 3 を無線装置 3 へパケット P K T を送信可能な無線機として決定する。

【 0 1 1 3 】

その後、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 15 は、CC L キュー 16 に格納されたパケット数 P^q が無線装置 3 へパケット P K T を送信可能な無線機 11 ~ 13 の個数 (= 3 個) よりも多いことを検出し、CC L キュー 16 から 3 個のパケット P K T 1, P K T 3, P K T 6 を読み出す。

【0114】

この場合、CARP サブテーブル 18-1A の推定送信所要時間は、空白であるので、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 15 は、読み出した 3 個のパケット P K T 1, P K T 3, P K T 6 を任意にそれぞれ無線機 11 ~ 13 に割り当てる。

【0115】

そして、コグニティブ基地局 1 の無線機 11 ~ 13 は、それぞれ、パケット P K T 1, P K T 3, P K T 6 を無線装置 3 へ送信するとともに、無線装置 3 から確認応答 (= A C K) を受信する。

【0116】

そうすると、コグニティブ基地局 1 のモニターモジュール 14 は、無線機 11 ~ 13 の各々における推定実効スループットを上述した方法によって検出し、その検出した 3 個の推定実効スループットに基づいて、上述した方法によって、無線機 11 ~ 13 の各々における推定送信所要時間を演算する。そして、コグニティブ基地局 1 のモニターモジュール 14 は、3 個の推定実効スループットおよび 3 個の推定送信所要時間を無線機 11 ~ 13 に対応付けて CARP テーブル 18A の CARP サブテーブル 18-1A に格納する。

【0117】

また、分配モジュール 15 は、次の 3 個のパケット P K T 8, P K T 9, P K T 11 を CC L キュー 16 から読み出すと、初期値 RT_0 からなる時間資源 $RT(11) \sim RT(13)$ からそれぞれ推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_{11}) _ 3$, $T^e(P_n, l_{12}) _ 3$, $T^e(P_n, l_{13}) _ 3$ を減算し、時間資源 $RT(11) \sim RT(13)$ の値を初期値 RT_0 から値 $RT1(11) _ 3$, $RT1(12) _ 3$, $RT1(13) _ 3$ に更新する (図 9 の (b) 参照)。

【0118】

これによって、CARP テーブル 18A は、CARP テーブル 18B に更新され、CARP サブテーブル 18-1A は、CARP サブテーブル 18-1B に更新される (図 13 参照)。

【0119】

その後、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 15 は、無線機 11 ~ 13 における推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_{11}) _ 3$, $T^e(P_n, l_{12}) _ 3$, $T^e(P_n, l_{13}) _ 3$ を用いて、上述した方法によって、3 個の推定送信所要時間の合計が最小になるように 3 個のパケット P K T を無線機 11 ~ 13 に分配することを繰り返し実行する。

【0120】

そして、CARP テーブル 18B が CARP テーブル 18C に更新され、無線機 11 ~ 13 の時間資源 $RT(11) \sim RT(13)$ がそれぞれ負の値 $RT_i(11) _ 3$, $RT_i(12) _ 3$, $RT_i(13) _ 3$ になると (図 10 の (a) 参照)、コグニティブ基地局 1 の CC L キュー管理モジュール 19 は、CARP テーブル 18C の CARP サブテーブル 18-1C を参照して、無線機 11 ~ 13 の時間資源 $RT(11) \sim RT(13)$ の全てが負になったことを検知し、次の CC L キュー 17 を選択する。即ち、コグニティブ基地局 1 の CC L キュー管理モジュール 19 は、CC L キューを切替える。

【0121】

そして、コグニティブ基地局 1 の CC L キュー管理モジュール 19 は、CC L キュー 17 を選択すると、分配モジュール 15 からの問合せに応じて、CC L キュー 17 を指定するための指定信号を生成して分配モジュール 15 へ出力する。

【0122】

また、コグニティブ基地局 1 の CC L キュー管理モジュール 19 は、CC L キュー 17

10

20

30

40

50

に格納されたパケット P K T の個数 P^q を検出して分配モジュール 15 へ出力する。

【0123】

更に、コグニティブ基地局 1 の C C L キュー管理モジュール 19 は、送信先である無線装置 4 に対応して設けられた C A R P サブテーブル 18-2 A の無線機 11, 12 に対応する時間資源 R T (11), R T (12) に初期値 R T 0 を格納する (図 14 参照)。

【0124】

そして、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 15 は、C C L キュー管理モジュール 19 からの指定信号に基づいて、C C L キュー 17 が選択されたことを検知し、C A R P サブテーブル 18-2 A を参照して、推定送信所要時間が空白であることを検知する。

【0125】

従って、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 15 は、C C L キュー 17 から 2 個のパケット P K T 2, P K T 4 を読み出し、その読み出した 2 個のパケット P K T 2, P K T 4 を任意にそれぞれ無線機 11, 12 へ分配する (図 10 の (b) 参照)。

【0126】

そうすると、コグニティブ基地局 1 の無線機 11, 12 は、それぞれ、パケット P K T 2, P K T 4 を無線装置 4 へ送信するとともに、無線装置 4 から確認応答 (= A C K) を受信する。

【0127】

そして、コグニティブ基地局 1 のモニターモジュール 14 は、無線機 11, 12 の各々における推定実効スループットを上述した方法によって検出し、その検出した 2 個の推定実効スループットに基づいて、上述した方法によって、無線機 11, 12 の各々における推定送信所要時間を演算する。そして、コグニティブ基地局 1 のモニターモジュール 14 は、2 個の推定実効スループットおよび 2 個の推定送信所要時間を無線機 11, 12 に対応付けて C A R P テーブル 18 C の C A R P サブテーブル 18-2 A に格納する。

【0128】

また、分配モジュール 15 は、次の 2 個のパケット P K T 5, P K T 7 を C C L キュー 17 から読み出すと、初期値 R T 0 からなる時間資源 R T (11), R T (12) からそれぞれ推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_{11})_{1-4}$, $T^e(P_n, l_{12})_{1-4}$ を減算し、時間資源 R T (11), R T (12) の値を初期値 R T 0 から値 R T 1 (11) - 4, R T 1 (12) - 4 に更新する (図 10 の (b) 参照)。

【0129】

これによって、C A R P テーブル 18 C は、C A R P テーブル 18 D に更新され、C A R P サブテーブル 18-2 A は、C A R P サブテーブル 18-2 B に更新される (図 15 参照)。

【0130】

その後、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 15 は、無線機 11, 12 における推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_{11})_{1-4}$, $T^e(P_n, l_{12})_{1-4}$ を用いて、上述した方法によって、2 個の推定送信所要時間の合計が最小になるように 2 個のパケット P K T を無線機 11, 12 に分配することを繰り返し実行する。

【0131】

そして、C A R P テーブル 18 D が C A R P テーブル 18 E に更新され、無線機 11, 12 の時間資源 R T (11), R T (12) がそれぞれ負の値 $R T_j(11)_{-4}$, $R T_j(12)_{-4}$ になると (図 11 の (a) 参照)、コグニティブ基地局 1 の C C L キュー管理モジュール 19 は、C A R P テーブル 18 E の C A R P サブテーブル 18-2 C を参照して、無線機 11, 12 の時間資源 R T (11), R T (12) の全てが負になったことを検知し、次の C C L キュー 16 を選択する。即ち、コグニティブ基地局 1 の C C L キュー管理モジュール 19 は、C C L キューを切替える。

【0132】

そして、コグニティブ基地局 1 の C C L キュー管理モジュール 19 は、C C L キュー 16 を選択すると、分配モジュール 15 からの問合せに応じて、C C L キュー 16 を指定す

10

20

30

40

50

るための指定信号を生成して分配モジュール15へ出力する。

【0133】

また、コグニティブ基地局1のCCLCキュー管理モジュール19は、CCLCキュー16に格納されたパケットPKTの個数 P^q を検出して分配モジュール15へ出力する。

【0134】

コグニティブ基地局1の分配モジュール15は、CCLCキュー管理モジュール19から指定信号およびパケットPKTの個数 P^q を受け、その受けた指定信号に基づいて、CCLCキュー16が選択されたことを検知する。

【0135】

そして、コグニティブ基地局1の分配モジュール15は、前回の無線装置3へのパケットPKTの送信時における最終的な時間資源 $RTi(11)_{-3}$, $RTi(12)_{-3}$, $RTi(13)_{-3}$ に初期値 $RT0$ を加算して時間資源 $RTi(11)_{-3}$, $RTi(12)_{-3}$, $RTi(13)_{-3}$ をそれぞれ時間資源 $RT0(11)_{-3}$, $RT0(12)_{-3}$, $RT0(13)_{-3}$ に更新する(図11の(b)参照)。これによって、CARPテーブル18Eは、CARPテーブル18Fに更新され、CARPサブテーブル18-1Cは、CARPテーブル18-1Dに更新される(図17参照)。

【0136】

そうすると、コグニティブ基地局1の分配モジュール15は、CCLCキュー16から3個のパケットPKT11, PKT13, PKT15を読み出す。そして、コグニティブ基地局1の分配モジュール15は、CARPサブテーブル18-1Dを参照して、推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_{11})_{i-3}$, $T^e(P_n, l_{12})_{i-3}$, $T^e(P_n, l_{13})_{i-3}$ を読み出し、その読み出した3個の推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_{11})_{i-3}$, $T^e(P_n, l_{12})_{i-3}$, $T^e(P_n, l_{13})_{i-3}$ の合計が最小になるように3個のパケットPKT11, PKT15, PKT13をそれぞれ無線機11~13に割り当てる。

【0137】

そうすると、コグニティブ基地局1の無線機11~13は、それぞれ、パケットPKT11, PKT15, PKT13を無線装置3へ送信するとともに、無線装置3から確認応答(=ACK)を受信する。

【0138】

そして、コグニティブ基地局1のモニターモジュール14は、無線機11~13の各々における推定実効スループットを上述した方法によって検出し、その検出した3個の推定実効スループットに基づいて、上述した方法によって、無線機11~13の各々における推定送信所要時間を演算する。そして、コグニティブ基地局1のモニターモジュール14は、3個の推定実効スループットおよび3個の推定送信所要時間によって、CARPテーブル18FのCARPサブテーブル18-1D中の推定送信所要時間および推定実効スループットをそれぞれ更新する。

【0139】

また、コグニティブ基地局1の分配モジュール15は、次の3個のパケットPKT16, PKT17, PKT18をCCLCキュー16から読み出すと、時間資源 $RT0(11)_{-3} \sim RT0(13)_{-3}$ からそれぞれ推定送信所要時間 $T^e(P_n, l_{11})_{1-3} \sim T^e(P_n, l_{13})_{1-3}$ を減算し、時間資源 $RT0(11)_{-3} \sim RT0(13)_{-3}$ を時間資源 $RT1(11)_{-3} \sim RT1(13)_{-3}$ に更新する(図11の(b)参照)。

【0140】

これによって、CARPテーブル18Fは、CARPテーブル18Gに更新され、CARPサブテーブル18-1Dは、CARPテーブル18-1Eに更新される(図18参照)。

【0141】

それ以後、コグニティブ基地局1は、上述した動作を繰り返し実行し、パケットを2個

10

20

30

40

50

の送信先（＝無線装置 3，4）へ送信する。

【0142】

上述したように、この発明においては、無線機 11～13 を用いて無線装置 3 へパケットを送信し、無線機 11，12 を用いて無線装置 4 へパケットを送信する場合、無線機 11～13（または無線機 11，12）に時間資源 $RT(11) \sim RT(13)$ （または時間資源 $RT(11)$ ， $RT(12)$ ）を与えるとともに、各無線機 11～13（または各無線機 11，12）が 1 個のパケットを送信すると、時間資源 $RT(11) \sim RT(13)$ （または時間資源 $RT(11)$ ， $RT(12)$ ）から推定送信所要時間を減算して時間資源 $RT(11) \sim RT(13)$ （または時間資源 $RT(11)$ ， $RT(12)$ ）を更新し、無線機 11～13（または無線機 11，12）の各々における時間資源が負になると、CC Lキューを次の CC Lキューに切換えてパケットを別の送信先へ送信する。

10

【0143】

その結果、コグニティブ基地局 1 がパケットを無線装置 3 へ送信するために無線機 11～13 を占有する占有時間 T_{OCUP1} は、コグニティブ基地局 1 がパケットを無線装置 4 へ送信するために無線機 11，12 を占有する占有時間 T_{OCUP2} と略同じになり、占有時間 T_{OCUP1} ， T_{OCUP2} は、共に、時間資源の初期値 $RT0$ 以内になる。

【0144】

従って、この発明によれば、ある 1 つの送信先へパケットを送信するために無線資源（無線機 11～13）を占有することを抑制でき、複数の無線装置が同一システムまたは同一チャネルを共有する場合にもスループットの低下を抑制できる。

20

【0145】

上述した時間資源 RT が正である無線機は、パケット分配の対象となるのであるから、以下においては、時間資源 RT を「送信可能時間」と言う。

【0146】

図 19 は、パケットの分配動作を説明するためのフローチャートである。なお、以下においては、コグニティブ基地局 1 がパケット PKT を 2 つの無線装置 3，4 へ送信するときのパケット PKT の分配動作について説明する。

【0147】

一連の動作が開始されると、コグニティブ基地局 1 の CC Lキュー管理モジュール 19 は、 $n=1$ を設定する（ステップ S1）。なお、 n は、CC Lキュー 16，17 の総数を N （ N は 2 以上の整数）とした場合、第 n 番目に選択される CC Lキューを表す。

30

【0148】

そして、コグニティブ基地局 1 の CC Lキュー管理モジュール 19 は、後述する方法によって、CC Lキューを選択する（ステップ S2）。その後、コグニティブ基地局 1 の CC Lキュー管理モジュール 19 は、 $Null$ を受けたか否かを判定する（ステップ S3）。ステップ S3 において、 $Null$ を受けなかったと判定されたとき、一連の動作は、終了する。

【0149】

一方、ステップ S3 において、 $Null$ を受けたと判定されたとき、コグニティブ基地局 1 の CC Lキュー管理モジュール 19 は、ステップ S2 において選択された CC Lキュー q_n （＝CC Lキュー 16）に格納されたパケット数 P^q をカウントし（ステップ S4）、そのカウントしたパケット数 P^q を分配モジュール 15 へ出力する。

40

【0150】

その後、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 15 は、CC Lキュー管理モジュール 19 からパケット数 P^q を受ける。

【0151】

そして、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 15 は、CC Lキュー q_n （＝CC Lキュー 16）に格納されたパケット PKT の送信先（＝無線装置 3）に対応する CARP テーブル 18 の CARP サブテーブル 18-1 を参照して、正の値からなる時間資源 $RT(11) \sim RT(13)$ がそれぞれ無線機 11～13 に付与されていることを検知し、無

50

線機 11～13 を無線装置 3 へパケット P K T を送信可能な無線機として決定するとともに、無線機 11～13 による無線リンクの個数 l^a (= 3 個) をカウントする (ステップ S 5)。

【0152】

そうすると、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 15 は、パケット数 P^q が無線リンクの個数 l^a よりも小さいか否かを判定する (ステップ S 6)。

【0153】

ステップ S 6 において、パケット数 P^q が無線リンクの個数 l^a よりも小さいと判定されたとき、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 15 は、C C L キュー q_n (= C C L キュー 16) から P^q 個のパケットを読み出す (ステップ S 7)。

10

【0154】

一方、ステップ S 6 において、パケット数 P^q が無線リンクの個数 l^a よりも小さくないと判定されたとき、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 15 は、C C L キュー q_n (= C C L キュー 16) から l^a 個のパケットを読み出す (ステップ S 8)。

【0155】

そして、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 15 は、ステップ S 7 またはステップ S 8 の後、パケットの割当を行ない (ステップ S 9)、パケットが割り当てられた各無線機において送信可能時間から推定送信所要時間を減算して送信可能時間を更新することによって、パケットが割り当てられた無線リンクの送信可能時間を更新する (ステップ S 10)。

20

【0156】

その後、コグニティブ基地局 1 の C C L キュー管理モジュール 19 は、C A R P テーブル 18 を参照して、無線機 11～13 による 3 個の無線リンクの送信可能時間 (= 時間資源 R T (11) ~ R T (13)) の各々が負であるか否かを判定する (ステップ S 11)。

【0157】

ステップ S 11 において、無線機 11～13 による 3 個の無線リンクの送信可能時間 (= 時間資源 R T (11) ~ R T (13)) の各々が負でないと判定されたとき、一連の動作は、ステップ S 4 へ戻り、ステップ S 11 において、無線機 11～13 による 3 個の無線リンクの送信可能時間 (= 時間資源 R T (11) ~ R T (13)) の各々が負であると判定されるまで、上述したステップ S 4 ~ ステップ S 11 が繰り返し実行される。

30

【0158】

一方、ステップ S 11 において、無線機 11～13 による 3 個の無線リンクの送信可能時間 (= 時間資源 R T (11) ~ R T (13)) の各々が負であると判定されたとき、コグニティブ基地局 1 の C C L キュー管理モジュール 19 は、 $n < N$ であるか否かを更に判定する (ステップ S 12)。

【0159】

ステップ S 12 において、 $n < N$ であると判定されたとき、コグニティブ基地局 1 の C C L キュー管理モジュール 19 は、 $n = n + 1$ を設定する (ステップ S 13)。その後、一連の動作は、ステップ S 2 へ戻り、ステップ S 12 において、 $n < N$ ではないと判定されるまで、上述したステップ S 2 ~ ステップ S 13 が繰り返し実行される。

40

【0160】

一方、ステップ S 12 において、 $n < N$ ではないと判定されたとき、即ち、 $n = N$ であると判定されたとき、一連の動作は、終了する。

【0161】

なお、ステップ S 12 の “ Y E S ” およびステップ S 13 を経てステップ S 2 が、再度、実行されることにより、次の C C L キュー 17 が選択される。

【0162】

図 20 は、図 19 に示すステップ S 2 の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。図 19 に示すステップ S 1 の後、コグニティブ基地局 1 の C C L キュー管理モジュール

50

ール19は、第 n 番目のCCLCキュー q_n (=CCLCキュー16)を選択する(ステップS21)。

【0163】

そして、コグニティブ基地局1のCCLCキュー管理モジュール19は、CCLCキュー q_n (=CCLCキュー16)を指定するための指定信号を生成して分配モジュール15へ出力する。コグニティブ基地局1の分配モジュール15は、CCLCキュー管理モジュール19から指定信号を受け、その受けた指定信号に基づいて、CCLCキュー q_n (=CCLCキュー16)が選択されたことを検知する。

【0164】

その後、コグニティブ基地局1のCCLCキュー管理モジュール19は、CCLCキュー q_n (=CCLCキュー16)の状態をチェックし(ステップS22)、CCLCキュー q_n (=CCLCキュー16)が空であるか否かを判定する(ステップS23)。

【0165】

ステップS23において、CCLCキュー q_n (=CCLCキュー16)が空であると判定されたとき、一連の動作は、ステップS30へ移行する。

【0166】

一方、ステップS23において、CCLCキュー q_n (=CCLCキュー16)が空でないと判定されたとき、コグニティブ基地局1のCCLCキュー管理モジュール19は、CCLCキュー q_n (=CCLCキュー16)が空でないことを分配モジュール15へ通知する。

【0167】

そして、コグニティブ基地局1の分配モジュール15は、 $m=1$ を設定し(ステップS24)、CARPテーブル18を参照して無線リンク l_m の送信可能時間(=時間資源RT)が正であるか否かを判定する(ステップS25)。なお、 m は、無線機11~13のうち、パケットPKTの送信に利用可能な無線機による無線リンクの総数を M (M は正の整数)とした場合、第 m 番目の無線リンクを表す。

【0168】

ステップS25において、無線リンク l_m の送信可能時間(=時間資源RT)が正であると判定されたとき、コグニティブ基地局1の分配モジュール15は、無線リンク l_m の送信可能時間を初期値RT0に設定する(ステップS26)。

【0169】

一方、ステップS25において、無線リンク l_m の送信可能時間(=時間資源RT)が正でないと判定されたとき、コグニティブ基地局1の分配モジュール15は、無線リンク l_m の送信可能時間に初期値RT0を加算する(ステップS27)。

【0170】

そして、ステップS26またはステップS27の後、コグニティブ基地局1の分配モジュール15は、 $m < M$ であるか否かを判定する(ステップS28)。

【0171】

ステップS28において、 $m < M$ であると判定されたとき、コグニティブ基地局1の分配モジュール15は、 $m=m+1$ を設定する(ステップS29)。その後、一連の動作は、ステップS25へ戻り、ステップS28において、 $m < M$ ではないと判定されるまで、上述したステップS25~ステップS29が繰り返し実行される。

【0172】

そして、ステップS28において、 $m < M$ であると判定されたとき、即ち、 $m=M$ であると判定されたとき、またはステップS23の“YES”の後、コグニティブ基地局1の分配モジュール15は、Nullを設定し(ステップS30)、その設定したNullをCCLCキュー管理モジュール19へ出力する。

【0173】

その後、一連の動作は、図19に示すステップS3へ移行する。

【0174】

このように、図20に示すフローチャートを実行することによって、第 n 番目のCCLC

10

20

30

40

50

キュー q_n が選択されるとともに（ステップ S 2 1 参照）、その選択された C C L キュー q_n に格納されたパケット P K T を送信先へ送信可能な全ての無線機による無線リンク l_m の送信可能時間がリセットされる（ステップ S 2 6, S 2 7 参照）。

【0175】

なお、C C L キュー q_n が空である場合にも、N u l l が設定され（ステップ S 2 3 の“Y E S”およびステップ S 3 0 参照）、その後、図 1 9 のステップ S 3 ~ S 1 3 が順次実行される。そして、C C L キュー q_n が、再度、選択されたとき、無線リンク l_m の送信可能時間が正である場合も想定され、送信所要時間を時間資源 R T の初期値 R T 0 に設定する場合もある（ステップ S 6 参照）。

【0176】

図 2 1 は、図 1 9 に示すステップ S 9 の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。図 1 9 に示すステップ S 7 またはステップ S 8 の後、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 1 5 は、 1^a 個のパケットと 1^a 個の無線機との全ての組合せ（または P^q 個のパケットと P^q 個の無線機との全ての組合せ）を設定する（ステップ S 9 1）。例えば、3 個のパケット P K T 1 ~ P K T 3 を 3 個の無線機 1 1 ~ 1 3 に分配する場合、3 個のパケット P K T 1 ~ P K T 3 と 3 個の無線機 1 1 ~ 1 3 との全ての組合せとして、[P K T 1 → 無線機 1 1 / P K T 2 → 無線機 1 2 / P K T 3 → 無線機 1 3], [P K T 1 → 無線機 1 1 / P K T 3 → 無線機 1 2 / P K T 2 → 無線機 1 3], [P K T 2 → 無線機 1 1 / P K T 1 → 無線機 1 2 / P K T 3 → 無線機 1 3], [P K T 3 → 無線機 1 1 / P K T 1 → 無線機 1 2 / P K T 2 → 無線機 1 3], [P K T 2 → 無線機 1 1 / P K T 3 → 無線機 1 2 / P K T 1 → 無線機 1 3] の 6 通りの組合せを設定する。

【0177】

そして、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 1 5 は、その設定した全ての組合せの各々について、C A R P テーブル 1 8 を参照して、上述した式 (1) ~ (3) を用いて推定送信所要時間の合計を演算する（ステップ S 9 2）。

【0178】

その後、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 1 5 は、演算した複数の推定送信所要時間の合計のうち、最小の推定送信所要時間の合計を選択し（ステップ S 9 3）、その選択した最小の推定送信所要時間の合計が得られたときのパケットと無線機との組合せを検出する（ステップ S 9 4）。

【0179】

そうすると、コグニティブ基地局 1 の分配モジュール 1 5 は、その検出した組合せに従って、パケットを無線機に分配する（ステップ S 9 5）。そして、ステップ S 9 5 の後、一連の動作は、図 1 9 に示すステップ S 1 0 へ移行する。

【0180】

なお、コグニティブ基地局 2 および無線装置 3, 4 におけるパケットの分配動作も、図 1 9 ~ 図 2 1 に示すフローチャートに従って実行される。

【0181】

上述したように、この発明においては、無線機 1 1 ~ 1 3 を用いて無線装置 3 へパケットを送信し、無線機 1 1, 1 2 を用いて無線装置 4 へパケットを送信する場合、無線機 1 1 ~ 1 3（または無線機 1 1, 1 2）に時間資源 R T (1 1) ~ R T (1 3)（または時間資源 R T (1 1), R T (1 2)）を与えると同時に、各無線機 1 1 ~ 1 3（または各無線機 1 1, 1 2）が 1 個のパケットを送信すると、時間資源 R T (1 1) ~ R T (1 3)（または時間資源 R T (1 1), R T (1 2)）から推定送信所要時間を減算して時間資源 R T (1 1) ~ R T (1 3)（または時間資源 R T (1 1), R T (1 2)）を更新し、無線機 1 1 ~ 1 3（または無線機 1 1, 1 2）の各々における時間資源が負になると、C C L キューを次の C C L キューに切換えてパケットを別の送信先へ送信する。

【0182】

その結果、送信元の無線装置がパケットを送信先 A へ送信するために無線機 1 1 ~ 1 3

10

20

30

40

50

を占有する占有時間 $T_{O C U P 1}$ は、送信元の無線装置がパケットを別の送信先 B へ送信するために無線機 11, 12 を占有する占有時間 $T_{O C U P 2}$ と略同じになり、占有時間 $T_{O C U P 1}$, $T_{O C U P 2}$ は、共に、時間資源の初期値 $R T 0$ 以内になる。

【0183】

従って、この発明によれば、ある 1 つの送信先へパケットを送信するために無線資源（無線機 11～13）を占有することを抑制でき、複数の無線装置が同一システムまたは同一チャネルを共有する場合にもスループットの低下を抑制できる。

【0184】

また、この発明においては、無線機 11～13 のうち、利用可能な無線機における推定送信所要時間の合計が最小になるようにパケットの無線機への分配が行なわれる。そして、利用可能な無線機における推定送信所要時間の合計が最小になるようにパケットを無線機に分配することは、送信能力が相対的に高い、即ち、推定送信所要時間が相対的に短い無線機に相対的に多くのパケットを分配し、送信能力が相対的に低い、即ち、推定送信所要時間が相対的に長い無線機に相対的に少ないパケットを分配することになる。また、送信能力が相対的に高い無線機に相対的に多くのパケットを分配し、送信能力が相対的に低い無線機に相対的に少ないパケットを分配することは、無線機の利用効率を考慮してパケットを無線機に分配することになる。

【0185】

従って、この発明によれば、無線機の利用効率を考慮してパケットを分配できる。

【0186】

なお、上記においては、コグニティブ基地局 1, 2 および無線装置 3, 4 の各々は、3 個の無線機 11～13 を備えると説明したが、この発明においては、これに限らず、コグニティブ基地局 1, 2 および無線装置 3, 4 の各々は、 T (T は 2 以上の整数) 個の無線機を備えていればよい。また、上記においては、コグニティブ基地局 1, 2 および無線装置 3, 4 の各々は、2 個の CCL キュー 16, 17 を備えると説明したが、この発明においては、これに限らず、コグニティブ基地局 1, 2 および無線装置 3, 4 の各々は、 N 個の送信先に対応して N 個の CCL キューを備えていればよい。

【0187】

そして、コグニティブ基地局 1, 2 および無線装置 3, 4 の各々は、 N 個の送信先へパケット $P K T$ を送信する場合、 N 個の CCL キューから 1 つの CCL キューをラウンドロビン方式によって順次選択し、1 つの CCL キューを選択すると、その選択した 1 つの CCL キューに格納されたパケット $P K T$ を送信先へ送信可能な M (M は $1 \leq M \leq T$ を満たす整数) 個の無線機を T 個の無線機の中から $C A R P$ テーブル 18 を参照して決定し、その決定した M 個の無線機に P^q 個 (または $m = 1^a$ 個) のパケットを上述した方法によって分配して送信先へ送信する。

【0188】

また、上記においては、CCL キュー管理モジュール 19 は、複数の CCL キューから 1 つの CCL キューをラウンドロビン方式によって順次選択すると説明したが、この発明においては、これに限らず、CCL キュー管理モジュール 19 は、 $Q o S$ ($Q u a l i t y$ of $S e r v i c e$) 等を考慮した優先制御が必要な場合、優先順位の高い順に複数の CCL キューから 1 つの CCL キューを順次選択するようにしてもよく、一般的に、任意の順序で複数の CCL キューから 1 つの CCL キューを順次選択するようにしてもよい。

【0189】

更に、この発明においては、図 19 から図 21 に示すフローチャートに従ってパケットを利用可能な無線機 (= 無線機 11～13 のうち、時間資源 $R T$ が正である無線機) に分配する分配モジュール 15 は、「パケット分配手段」を構成する。

【0190】

更に、この発明においては、CCL キュー 16, 17 から 1 つの CCL キューを選択することは、複数の送信先から 1 つの送信先を選択することに相当するので、CCL キュー

10

20

30

40

50

16, 17から1つのCCLCキューを順次選択するCCLCキュー管理モジュール19は、「選択手段」を構成する。

【0191】

更に、この発明においては、第 n 番目の送信先(=第 n 番目のCCLCキュー)が選択されると、CARPテーブル18を参照して、その第 n 番目の送信先へパケットを送信可能な $M1$ ($M1$ は $1 \leq M1 \leq T$ を満たす整数)個の無線機11~13を T 個の無線機11~13から決定し、第 $n+1$ 番目の送信先(=第 $n+1$ 番目のCCLCキュー)が選択されると、CARPテーブル18を参照して、その第 $n+1$ 番目の送信先へパケットを送信可能な $M2$ ($M2$ は $1 \leq M2 \leq T$ を満たす整数)個の無線機11, 12を T 個の無線機11~13から決定する分配モジュール15は、「決定手段」を構成する。

10

【0192】

更に、この発明においては、送信先へパケットPKTを送信可能な無線機に時間資源RTの初期値RT0を与えるCCLCキュー管理モジュール19は、一定時間以内の送信許容時間を与える「付与手段」を構成する。

【0193】

更に、この発明においては、各無線機11~13は、CCLCキューが新たに選択された時に付与またはリセットされる時間資源RTの初期値RT0またはリセット後の値以内の時間、パケットPKTを送信先へ送信することが許容されるので、CCLCキューが新たに選択された時に付与またはリセットされる時間資源RTの初期値RT0またはリセット後の値は、「送信許容時間」を構成する。そして、選択手段は、この「送信許容時間」が経過すると、次のCCLCキューを選択する。

20

【0194】

更に、この発明においては、推定送信所要時間を用いて時間資源RTを随時更新する分配モジュール15は、「更新手段」を構成し、推定送信所要時間を用いて時間資源RTを随時更新する処理は、「更新処理」を構成する。

【0195】

更に、この発明においては、CCLCキュー16, 17は、「N個のバッファ」を構成し、通信モジュール20から受けたパケットを送信先に応じてCCLCキュー16, 17に格納するCCLCキュー管理モジュール19は、「パケット分配手段」を構成する。

【0196】

30

更に、この発明においては、無線機11~13における推定送信所要時間の合計が最小になるようにパケットPKTを無線機11~13に分配する処理は、「パケット分配処理」を構成する。

【0197】

更に、この発明においては、無線機11~13の時間資源RT(11)~RT(13)の全てが負であるときに一定値RT0を時間資源RT(11)~RT(13)に加算する処理は、「リセット処理」を構成し、無線機11~13の時間資源RT(11)~RT(13)の全てが負であるときに一定値RT0を時間資源RT(11)~RT(13)に加算する分配モジュール15は、「リセット手段」を構成する。

【0198】

40

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【産業上の利用可能性】

【0199】

この発明は、複数の無線装置が同一システムまたは同一チャネルを共有する場合にもスループットの低下を抑制可能な無線装置に適用される。また、この発明は、複数の無線装置が同一システムまたは同一チャネルを共有する場合にもスループットの低下を抑制可能な無線装置を備えた無線ネットワークに適用される。

50

【図面の簡単な説明】

【0200】

【図1】この発明の実施の形態による無線ネットワークの概略図である。

【図2】図1に示すコグニティブ基地局の構成を示す概略ブロック図である。

【図3】送信所要時間の概念図である。

【図4】図2に示すCARPテーブルの概念図である。

【図5】時間資源の概念を説明するための図である。

【図6】時間資源を用いたパケット分配の第1の例を示す図である。

【図7】時間資源を用いたパケット分配の第2の例を示す図である。

【図8】時間資源を用いたパケット分配の第3の例を示す図である。

10

【図9】無線ネットワークにおけるパケットの送信動作を説明するための第1の図である。

【図10】無線ネットワークにおけるパケットの送信動作を説明するための第2の図である。

【図11】無線ネットワークにおけるパケットの送信動作を説明するための第3の図である。

【図12】CARPテーブルの第1の具体例を示す図である。

【図13】CARPテーブルの第2の具体例を示す図である。

【図14】CARPテーブルの第3の具体例を示す図である。

【図15】CARPテーブルの第4の具体例を示す図である。

20

【図16】CARPテーブルの第5の具体例を示す図である。

【図17】CARPテーブルの第6の具体例を示す図である。

【図18】CARPテーブルの第7の具体例を示す図である。

【図19】パケットの分配動作を説明するためのフローチャートである。

【図20】図19に示すステップS2の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

【図21】図19に示すステップS9の詳細な動作を説明するためのフローチャートである。

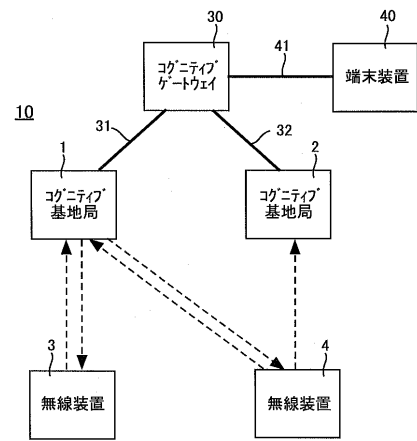
【符号の説明】

【0201】

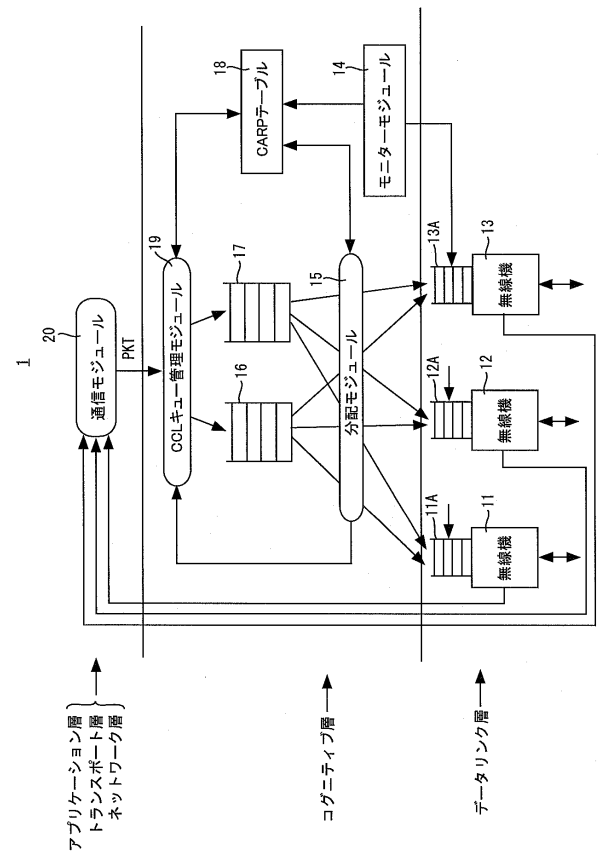
30

1, 2 コグニティブ基地局、3, 4 無線装置、10 無線ネットワーク、11～13 無線機、11A, 12A, 13A キュー、14 モニターモジュール、15 分配モジュール、16, 17 CCLキュー、18 CARPテーブル、19 CCLキュー管理モジュール、20 通信モジュール、30 コグニティブゲートウェイ、31, 32, 41 有線ケーブル、40 端末装置。

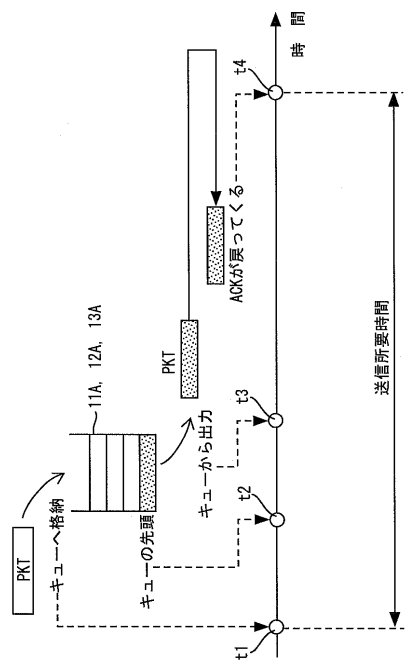
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

18

送信先: 無線装置A			
18-1			
	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	$T^e(P_{n'} l_{11})_A$	$R^e(l_{11})_A$	$RT(11)_A$
無線機12	$T^e(P_{n'} l_{12})_A$	$R^e(l_{11})_A$	$RT(12)_A$
無線機13	$T^e(P_{n'} l_{13})_A$	$R^e(l_{11})_A$	$RT(13)_A$

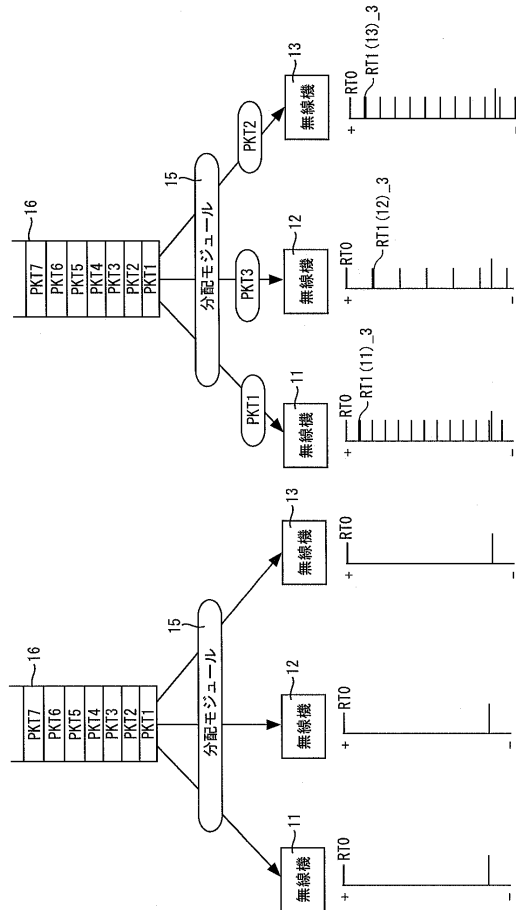
送信先: 無線装置B

18-2

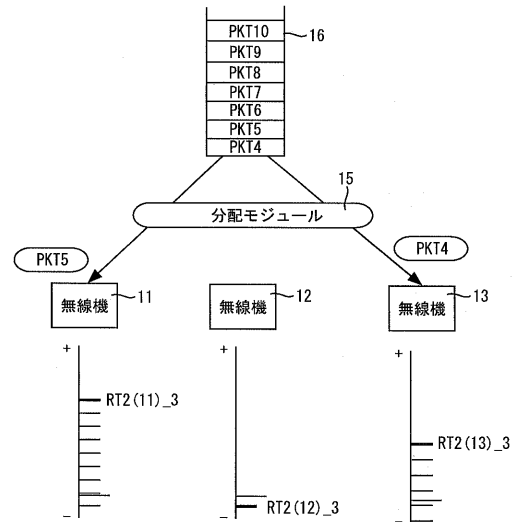
	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	$T^e(P_{n'} l_{11})_B$	$R^e(l_{11})_B$	$RT(11)_B$
無線機12	$T^e(P_{n'} l_{12})_B$	$R^e(l_{11})_B$	$RT(12)_B$
無線機13	$T^e(P_{n'} l_{13})_B$	$R^e(l_{11})_B$	$RT(13)_B$

...

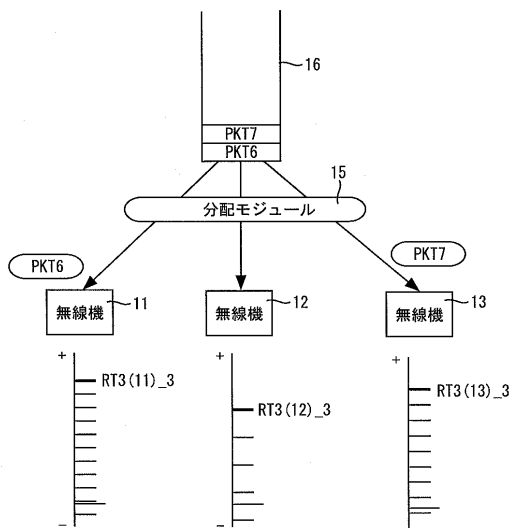
【図 5】



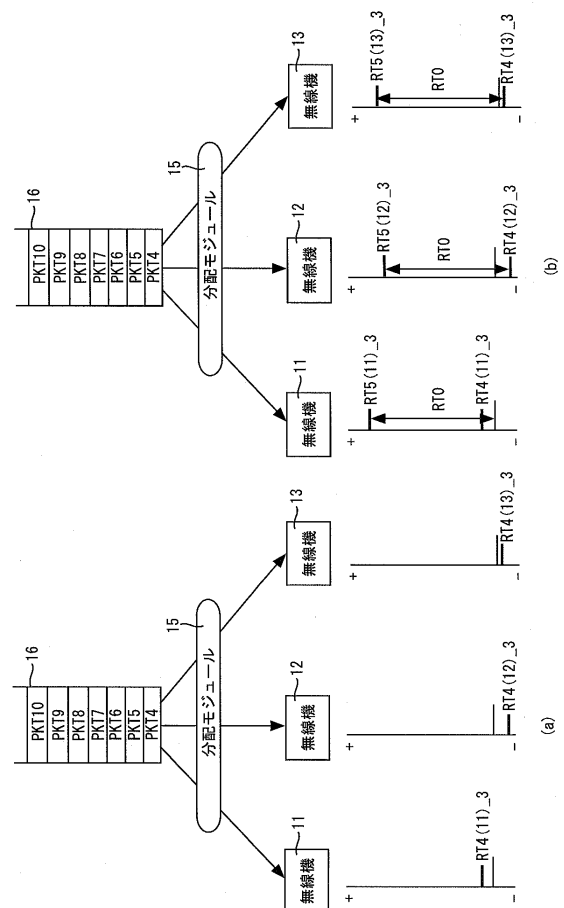
【図 6】



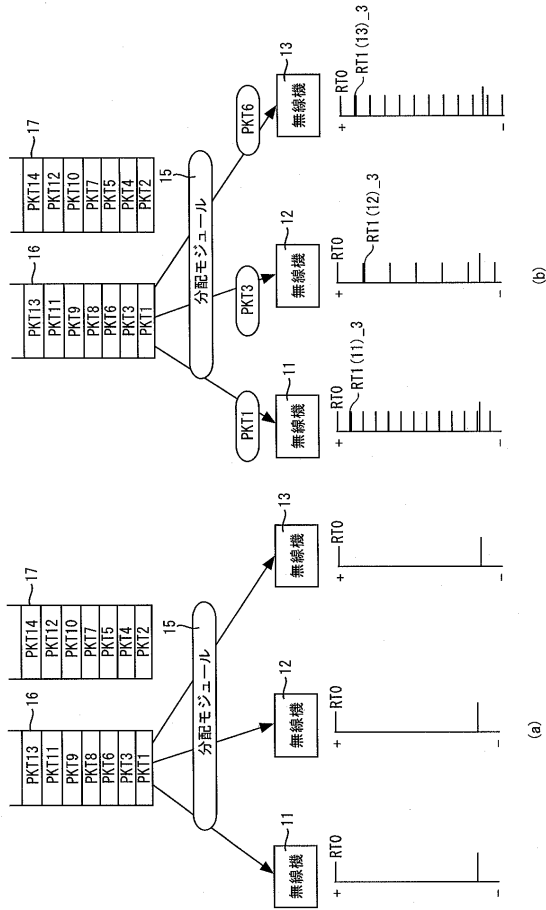
【図 7】



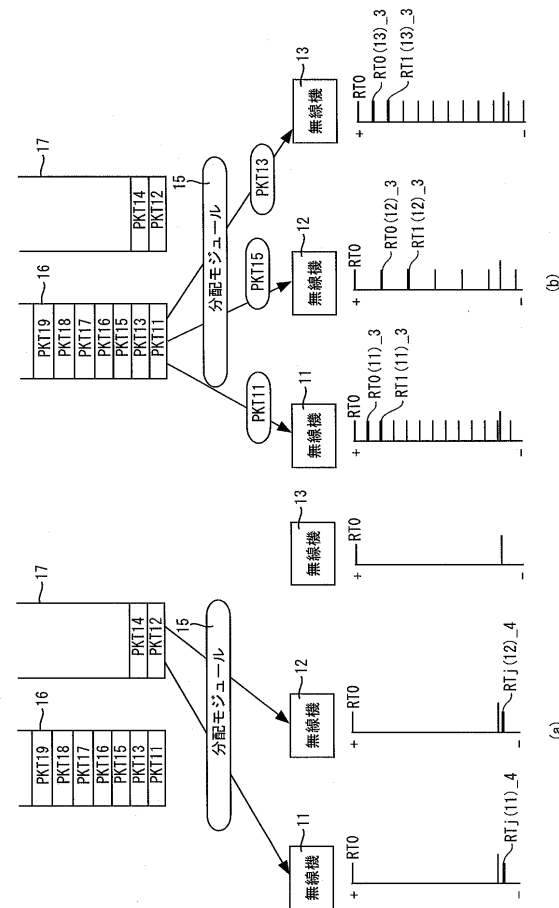
【図 8】



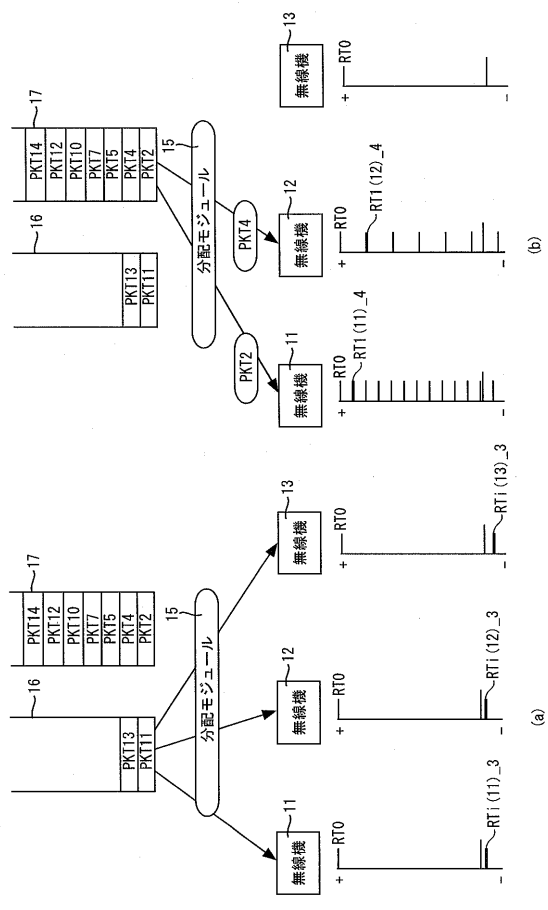
【図 9】



【図 11】



【図 10】



【図 12】

18A

宛先: 無線装置3 18-1A

	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	-----	-----	RT0
無線機12	-----	-----	RT0
無線機13	-----	-----	RT0

宛先: 無線装置4 18-2A

	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	-----	-----	-----
無線機12	-----	-----	-----
無線機13	-----	-----	-----

【図 13】

18B

宛先: 無線装置3 18-1B

	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	$T^e(P_{n11})_{1,3}$	$R^e(l_{11})_{1,3}$	RT1(11)_3
無線機12	$T^e(P_{n12})_{1,3}$	$R^e(l_{12})_{1,3}$	RT1(12)_3
無線機13	$T^e(P_{n13})_{1,3}$	$R^e(l_{13})_{1,3}$	RT1(13)_3

宛先: 無線装置4 18-2A

	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	-----	-----	-----
無線機12	-----	-----	-----
無線機13	-----	-----	-----

【図 14】

宛先: 無線装置3			
	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	$T^e(P_{n11})_{i,3}$	$R^e(l_{11})_{i,3}$	$RTi(11)_3$
無線機12	$T^e(P_{n12})_{i,3}$	$R^e(l_{12})_{i,3}$	$RTi(12)_3$
無線機13	$T^e(P_{n13})_{i,3}$	$R^e(l_{13})_{i,3}$	$RTi(13)_3$

宛先: 無線装置4			
	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	-----	-----	RT0
無線機12	-----	-----	RT0
無線機13	-----	-----	-----

【図 16】

宛先: 無線装置3			
	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	$T^e(P_{n11})_{i,3}$	$R^e(l_{11})_{i,3}$	$RTi(11)_3$
無線機12	$T^e(P_{n12})_{i,3}$	$R^e(l_{12})_{i,3}$	$RTi(12)_3$
無線機13	$T^e(P_{n13})_{i,3}$	$R^e(l_{13})_{i,3}$	$RTi(13)_3$

宛先: 無線装置4			
	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	$T^e(P_{n11})_{i,4}$	$R^e(l_{11})_{i,4}$	$RTj(11)_4$
無線機12	$T^e(P_{n12})_{i,4}$	$R^e(l_{12})_{i,4}$	$RTj(12)_4$
無線機13	-----	-----	-----

【図 15】

宛先: 無線装置3			
	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	$T^e(P_{n11})_{i,3}$	$R^e(l_{11})_{i,3}$	$RTi(11)_3$
無線機12	$T^e(P_{n12})_{i,3}$	$R^e(l_{12})_{i,3}$	$RTi(12)_3$
無線機13	$T^e(P_{n13})_{i,3}$	$R^e(l_{13})_{i,3}$	$RTi(13)_3$

宛先: 無線装置4			
	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	$T^e(P_{n11})_{i,4}$	$R^e(l_{11})_{i,4}$	$RTi(11)_4$
無線機12	$T^e(P_{n12})_{i,4}$	$R^e(l_{12})_{i,4}$	$RTi(12)_4$
無線機13	-----	-----	-----

【図 17】

宛先: 無線装置3			
	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	$T^e(P_{n11})_{i,3}$	$R^e(l_{11})_{i,3}$	$RT0(11)_3$
無線機12	$T^e(P_{n12})_{i,3}$	$R^e(l_{12})_{i,3}$	$RT0(12)_3$
無線機13	$T^e(P_{n13})_{i,3}$	$R^e(l_{13})_{i,3}$	$RT0(13)_3$

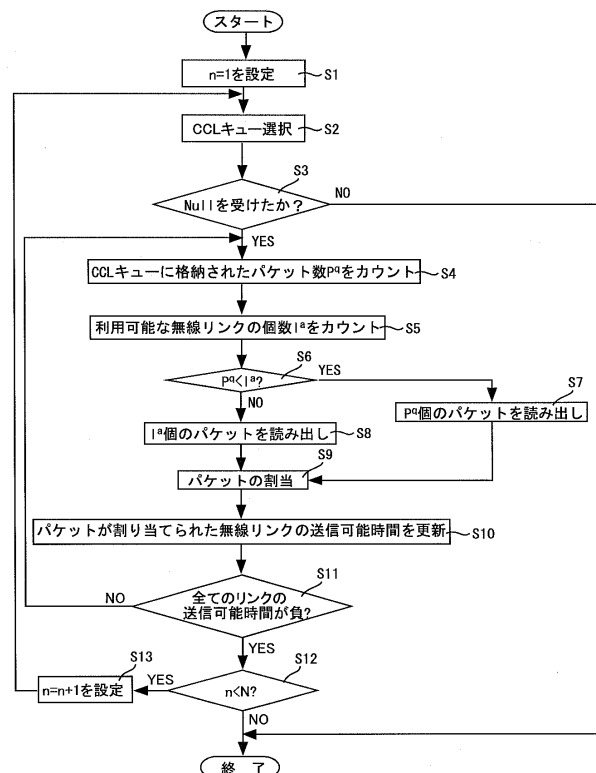
宛先: 無線装置4			
	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	$T^e(P_{n11})_{i,4}$	$R^e(l_{11})_{i,4}$	$RTj(11)_4$
無線機12	$T^e(P_{n12})_{i,4}$	$R^e(l_{12})_{i,4}$	$RTj(12)_4$
無線機13	-----	-----	-----

【図 18】

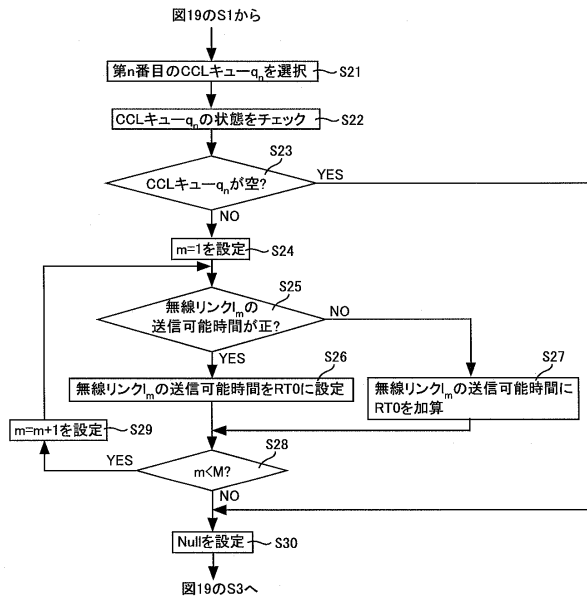
宛先: 無線装置3			
	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	$T^e(P_{n11})_{i,3}$	$R^e(l_{11})_{i,3}$	$RTi(11)_3$
無線機12	$T^e(P_{n12})_{i,3}$	$R^e(l_{12})_{i,3}$	$RTi(12)_3$
無線機13	$T^e(P_{n13})_{i,3}$	$R^e(l_{13})_{i,3}$	$RTi(13)_3$

宛先: 無線装置4			
	推定送信所要時間	推定実効スループット	時間資源
無線機11	$T^e(P_{n11})_{i,4}$	$R^e(l_{11})_{i,4}$	$RTj(11)_4$
無線機12	$T^e(P_{n12})_{i,4}$	$R^e(l_{12})_{i,4}$	$RTj(12)_4$
無線機13	-----	-----	-----

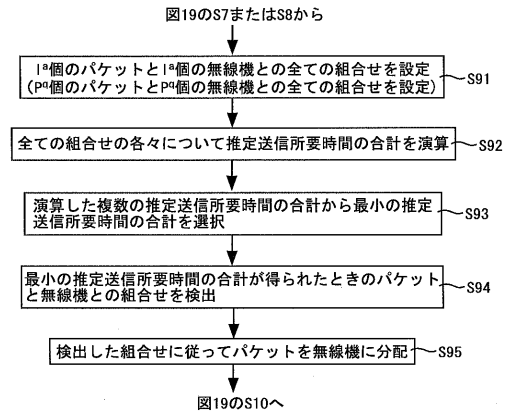
【図 19】



【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

(72)発明者 小花 貞夫

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

審査官 石原 由晴

(56)参考文献 特開2008-022218 (JP, A)

特開2005-094156 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 7/24-7/26

H04W 4/00-99/00