

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5360655号
(P5360655)

(45) 発行日 平成25年12月4日 (2013. 12. 4)

(24) 登録日 平成25年9月13日 (2013. 9. 13)

(51) Int.Cl.

HO 4W 48/16 (2009.01)

F I

HO 4W 48/16 1 3 4

HO 4W 48/16 1 3 2

HO 4W 48/16 1 3 3

請求項の数 10 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2009-200342 (P2009-200342)	(73) 特許権者	393031586
(22) 出願日	平成21年8月31日 (2009. 8. 31)		株式会社国際電気通信基礎技術研究所
(65) 公開番号	特開2011-55109 (P2011-55109A)		京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
(43) 公開日	平成23年3月17日 (2011. 3. 17)	(74) 代理人	100112715
審査請求日	平成24年8月29日 (2012. 8. 29)		弁理士 松山 隆夫
(出願人による申告) 平成21年度、支出負担行為担当 官、総務省大臣官房会計課企画官、研究テーマ「異種無 線システム動的利用による信頼性向上技術の研究開発」 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		(72) 発明者	シャグダル オユーンチメグ
			京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
		(72) 発明者	株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
			湯 素華
			京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
		(72) 発明者	株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
			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
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 端末装置、経路制御装置およびそれを備えた通信ネットワークシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無線通信を行なう i (i は正の整数) 個の無線インターフェースと、
ネットワークに接続された j (j は正の整数) 個の固定通信装置から定期的に送信され
る j 個の制御フレームのうちの k (k は $1 \leq k \leq j$ を満たす整数) 個の制御フレームをチ
ャネルを変えながら前記 i 個の無線インターフェースを用いて受信する受信手段と、
前記受信手段が前記 k 個の制御フレームを受信したときの k 個の受信信号強度を検出す
る検出手段と、
前記 k 個の受信信号強度に基づいて当該端末装置と k 個の固定通信装置との間の k 個の
無線リンクの各々に対してデータの1ビット当たりの送信所要時間を演算して前記 k 個の
無線リンクにおける k 個の送信所要時間を取得し、前記 k 個の制御フレームに含まれる k
個のチャンネル占有率と前記 k 個の送信所要時間とに基づいて前記 k 個の無線リンクの各々
に対して単位時間当たりのチャンネルの未使用時間割合をパケットの送信に用いた場合に達
成できる最大スループットであるポテンシャルスループットを演算して前記 k 個の無線リ
ンクにおける k 個のポテンシャルスループットを取得する演算手段と、
前記 k 個のポテンシャルスループットに基づいて前記ポテンシャルスループットの大き
い順に接続先の k 個の固定通信装置を選択する選択手段とを備え、
前記 i 個の無線インターフェースのうちの k 個の無線インターフェースは、それぞれ、
前記選択手段によって選択された前記 k 個の固定通信装置にインフラストラクチャモード
で接続する、端末装置。

【請求項 2】

前記 k 個の無線リンクから任意に選択された第 1 の無線リンクにおけるリンク品質がしきい値よりも小さいとき、前記第 1 の無線リンクにおける実スループットよりも大きいポテンシャルスループットを有し、かつ、前記リンク品質が前記しきい値を超える第 2 の無線リンクを検出し、前記第 1 の無線リンクを前記第 2 の無線リンクに切り替える切替処理を実行する切替手段を更に備える、請求項 1 に記載の端末装置。

【請求項 3】

送信用のパケットを保持する送信キューに単位時間あたりに格納されるパケットの個数である総入力レートが単位時間あたりに前記送信キューから取り出されるパケットの個数である総出力レートよりも多いか否かを判定する判定処理を前記 k 個の無線リンクについて実行し、前記 k 個の無線リンクの少なくとも 1 つにおいて前記総入力レートが前記総出力レートよりも多いと判定したとき当該端末装置が過負荷であることを検知する検知手段と、

10

当該端末装置の過負荷が検知されると、当該端末装置が単位時間あたりに送受信するパケットの個数である通信量よりも大きいポテンシャルスループットを有する第 1 の無線リンクに、前記総入力レートが前記総出力レートよりも多いと判定された第 2 の無線リンクを切り替える切替手段とを更に備える、請求項 1 に記載の端末装置。

【請求項 4】

無線通信を行なう i (i は正の整数) 個の無線インターフェースと、

j (j は正の整数) 個の周辺端末装置から定期的に送信される j 個の制御フレームのうちの k (k は $1 \leq k \leq j$ を満たす整数) 個の制御フレームをチャンネルを変えながら前記 i 個の無線インターフェースを用いて受信する受信手段と、

20

前記受信手段が前記 k 個の制御フレームを受信したときの k 個の受信信号強度を検出する検出手段と、

前記 k 個の受信信号強度に基づいて当該端末装置と k 個の周辺端末装置との間の k 個の無線リンクの各々に対してデータの 1 ビット当たりの送信所要時間を演算して前記 k 個の無線リンクにおける k 個の送信所要時間を取得し、前記 k 個の制御フレームに含まれる k 個のチャンネル占有率と前記 k 個の送信所要時間とに基づいて前記 k 個の無線リンクの各々に対して単位時間当たりのチャンネルの未使用時間割合をパケットの送信に用いた場合に達成できる最大スループットであるポテンシャルスループットを演算して前記 k 個の無線リンクにおける k 個のポテンシャルスループットを取得し、前記 k 個の周辺端末装置からネットワークに接続された固定通信装置までの k 個の第 1 の終端ポテンシャルスループットを前記 k 個の制御フレームから検出し、その検出した k 個の第 1 の終端ポテンシャルスループットと前記 k 個のポテンシャルスループットとに基づいて、前記 k 個の周辺端末装置を経由する場合の当該端末装置から前記固定通信装置までの k 個の第 2 の終端ポテンシャルスループットを取得する演算手段と、

30

前記 k 個の第 2 の終端ポテンシャルスループットに基づいて前記第 2 の終端ポテンシャルスループットが最大となる周辺端末装置を選択する選択手段とを備え、

前記 i 個の無線インターフェースのいずれかの無線インターフェースは、前記選択手段によって選択された周辺端末装置に接続する、端末装置。

40

【請求項 5】

ネットワークに接続された第 1 の固定通信装置とインフラストラクチャモードで接続する第 1 の端末装置または前記第 1 の固定通信装置において、送信用のパケットを保持する送信キューに単位時間あたりに格納されるパケットの個数である総入力レートが単位時間あたりに前記送信キューから取り出されるパケットの個数である総出力レートよりも多くなる過負荷が検知されると、前記第 1 の端末装置または前記第 1 の固定通信装置とインフラストラクチャモードで接続された端末装置のうち、端末装置間でパケットの中継を行なわない第 2 の端末装置と、前記第 2 の端末装置が接続可能であり、かつ、前記第 2 の端末装置が単位時間あたりに送受信するパケットの個数である通信量よりも大きいポテンシャルスループットを有する第 2 の固定通信装置を検出する検出手段と、

50

前記検出された第2の端末装置の切替先を第2の固定通信装置に切り替えるための切替信号を前記第2の端末装置へ送信する切替処理を実行する切替手段とを備える経路制御装置。

【請求項6】

前記切替手段は、前記通信量を伝送レートで除算した除算値、または前記通信量と前記伝送レートとの重み付き差分値からなる負荷の大きい順に前記切替処理を実行する、請求項5に記載の経路制御装置。

【請求項7】

前記第1の固定通信装置または前記第1の端末装置における前記総入力レートおよび前記総出力レートに基づいて、前記過負荷を検知する検知手段を更に備え、

10

前記検出手段は、前記検知手段によって前記過負荷が検知されると、前記第2の固定通信装置を検出する、請求項5に記載の経路制御装置。

【請求項8】

前記過負荷を検知したことを示す過負荷通知を前記第1の固定通信装置または前記第1の端末装置から受信する受信手段を更に備え、

前記検出手段は、前記受信手段から前記過負荷通知を受けると、前記第2の固定通信装置を検出する、請求項5に記載の経路制御装置。

【請求項9】

i (iは正の整数)個のチャンネルで無線通信を行なう端末装置と、

j (jは正の整数)個の固定通信装置とを備え、

20

前記端末装置は、

m (mは $j \leq m$ を満たす整数)個のチャンネルでそれぞれ無線通信を行なう i 個の無線インターフェースと、

前記 j 個の固定通信装置から定期的に送信される j 個の制御フレームのうちの k (kは $1 \leq k \leq j$ を満たす整数)個の制御フレームをチャンネルを変えながら前記 i 個の無線インターフェースを用いて受信する受信手段と、

前記受信手段が前記 k 個の制御フレームを受信したときの k 個の受信信号強度を検出する第1の検出手段と、

前記 k 個の受信信号強度に基づいて当該端末装置と k 個の固定通信装置との間の k 個の無線リンクの各々に対してデータの1ビット当たりの送信所要時間を演算して前記 k 個の無線リンクにおける k 個の送信所要時間を取得し、前記 k 個の制御フレームに含まれる k 個のチャンネル占有率と前記 k 個の送信所要時間とに基づいて前記 k 個の無線リンクの各々に対して単位時間当たりのチャンネルの未使用時間割合をパケットの送信に用いた場合に達成できる最大スループットであるポテンシャルスループットを演算して前記 k 個の無線リンクにおける k 個のポテンシャルスループットを取得する演算手段と、

30

前記 k 個のポテンシャルスループットに基づいて前記ポテンシャルスループットの大きい順に接続先の k 個の固定通信装置を選択する選択手段とを備え、

前記 i 個の無線インターフェースのうちの k 個の無線インターフェースは、それぞれ、前記選択手段によって選択された前記 k 個の固定通信装置に接続する、通信ネットワークシステム。

40

【請求項10】

ネットワークに接続された経路制御装置を更に備え、

前記端末装置は、j 個の固定通信装置のうちの k 個の固定通信装置にインフラストラクチャモードで接続され、かつ、端末装置間でパケットの中継を行なっておらず、

前記経路制御装置は、

前記 k 個の固定通信装置に含まれる第1の固定通信装置または前記端末装置において、送信用のパケットを保持する送信キューに単位時間当たりに格納されるパケットの個数である総入力レートが単位時間当たりに前記送信キューから取り出されるパケットの個数である総出力レートよりも多くなる過負荷が検知されると、前記端末装置が単位時間当たりに送受信するパケットの個数である通信量よりも大きいポテンシャルスループットを有す

50

る第2の固定通信装置を検出する第2の検出手段と、

前記端末装置の接続先を前記第1の固定通信装置から前記第2の固定通信装置に切り替えるための切替信号を前記端末装置へ送信する切替処理を実行する切替手段とを含む、請求項9に記載の通信ネットワークシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、経路を切り替える端末装置、経路制御を行なう経路制御装置およびそれを備えた通信ネットワークシステムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

端末装置が近隣のアクセスポイントに接続し、帯域および通信遅延を測定し、その測定結果に基づいて、最も良いアクセスポイントを選択する方法が提案されている（非特許文献1）。

【0003】

また、端末装置の個数およびスループットを考慮し、端末装置間で公平にアクセスポイントを選択する方法も提案されている（非特許文献2）。

【0004】

更に、空き帯域を推定し、空き帯域が大きいアクセスポイントを選択する方法も提案されている（非特許文献3）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】Anthony J. Nicholson, Yatin Chawathe, Mike Y. Chen, Brain D. Noble, and David Wetherall, "Improved access point selection," MobiSys06, pp.233-245, 2006.

【非特許文献2】Yutaka Fukuda, Yuji Oie, "Decentralized Access Point Selection Architecture for Wireless LANs," IEICE Trans. Comm., Vol. E90-B, No.9, pp.2513-2523, 2007.

【非特許文献3】Suhua Tang, Hiroyuki Yomo, Mehdad N. Shirazi, Tetsuro Ueda, Ryu M iura, and Sadao Obana, "Improving Performance of WLAN with Joint AP Selection and Power Control," IEICE Technical Report, Vol. 109, No. 130, RCS2009-72, pp. 113-118, Jul., 2009.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

各セルが多様にオーバーラップする無計画な形で設置されるW i F iのアクセスネットワークにおいて、移動端末の分布に空間的および時間的偏りが発生する。このような、アクセスネットワークにおいて、非特許文献1～非特許文献3に開示された手法で経路選択を行なうと、各セルで負荷が偏る虞がある。

【0007】

また、非特許文献1～非特許文献3に開示された手法は、移動端末の接続先のアクセスポイントを切り替える際、該当の移動端末が発生する負荷（トラフィック量）を接続先のセルが収容可能か否かを考慮していない。そのため、切替先のアクセスポイントにおいても過負荷になった場合、制御が収束しなくなる虞がある。

【0008】

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、ユーザに提供するスループットを最大化する端末装置を提供することである。

【0009】

また、この発明の別の目的は、ユーザに提供するスループットを最大化するように経路

10

20

30

40

50

制御を行なう経路制御装置を提供することである。

【0010】

更に、この発明の別の目的は、ユーザに提供するスループットを最大化する端末装置を備えた通信ネットワークシステムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

この発明によれば、端末装置は、 i (i は正の整数) 個の無線インターフェースと、受信手段と、検出手段と、演算手段と、選択手段とを備える、 i 個の無線インターフェースは、無線通信を行なう。受信手段は、ネットワークに接続された j (j は正の整数) 個の固定通信装置から定期的に送信される j 個の制御フレームのうちの k (k は $1 \leq k \leq j$ を満たす整数) 個の制御フレームをチャネルを変えながら i 個の無線インターフェースを用いて受信する。検出手段は、受信手段が k 個の制御フレームを受信したときの k 個の受信信号強度を検出する。演算手段は、 k 個の受信信号強度に基づいて当該端末装置と k 個の固定通信装置との間の k 個の無線リンクの各々に対してデータの 1 ビット当たりの送信所要時間を演算して k 個の無線リンクにおける k 個の送信所要時間を取得し、 k 個の制御フレームに含まれる k 個のチャネル占有率と k 個の送信所要時間とに基づいて k 個の無線リンクの各々に対して単位時間当たりのチャネルの未使用時間割合をパケットの送信に用いた場合に達成できる最大スループットであるポテンシャルスループットを演算して k 個の無線リンクにおける k 個のポテンシャルスループットを取得する。選択手段は、 k 個のポテンシャルスループットに基づいてポテンシャルスループットの大きい順に接続先の k 個の固定通信装置を選択する。そして、 i 個の無線インターフェースのうちの k 個の無線インターフェースは、それぞれ、選択手段によって選択された k 個の固定通信装置にインフラストラクチャモードで接続する。

【0012】

好ましくは、端末装置は、切替手段を更に備える。切替手段は、 k 個の無線リンクから任意に選択された第 1 の無線リンクにおけるリンク品質がしきい値よりも小さいとき、第 1 の無線リンクにおける実スループットよりも大きいポテンシャルスループットを有し、かつ、リンク品質がしきい値を超える第 2 の無線リンクを検出し、第 1 の無線リンクを第 2 の無線リンクに切り替える切替処理を実行する。

【0013】

好ましくは、端末装置は、検知手段と、切替手段とを更に備える。検知手段は、送信用のパケットを保持する送信キューに単位時間当たりに格納されるパケットの個数である総入力レートが単位時間当たりに送信キューから取り出されるパケットの個数である総出力レートよりも多いか否かを判定する判定処理を k 個の無線リンクについて実行し、 k 個の無線リンクの少なくとも 1 つにおいて総入力レートが総出力レートよりも多いと判定したとき当該端末装置が過負荷であることを検知する。切替手段は、当該端末装置の過負荷が検知されると、当該端末装置が単位時間当たりに送受信するパケットの個数である通信量よりも大きいポテンシャルスループットを有する第 1 の無線リンクに、総入力レートが総出力レートよりも多いと判定された第 2 の無線リンクを切り替える。

【0014】

また、この発明によれば、端末装置は、 i (i は正の整数) 個の無線インターフェースと、受信手段と、検出手段と、演算手段と、選択手段とを備える。 i 個の無線インターフェースは、無線通信を行なう。受信手段は、 j (j は正の整数) 個の周辺端末装置から定期的に送信される j 個の制御フレームのうちの k (k は $1 \leq k \leq j$ を満たす整数) 個の制御フレームをチャネルを変えながら i 個の無線インターフェースを用いて受信する。検出手段は、受信手段が k 個の制御フレームを受信したときの k 個の受信信号強度を検出する。演算手段は、 k 個の受信信号強度に基づいて当該端末装置と k 個の周辺端末装置との間の k 個の無線リンクの各々に対してデータの 1 ビット当たりの送信所要時間を演算して k 個の無線リンクにおける k 個の送信所要時間を取得し、 k 個の制御フレームに含まれる k 個のチャネル占有率と k 個の送信所要時間とに基づいて k 個の無線リンクの各々に対して

単位時間当たりのチャネルの未使用时间割合をパケットの送信に用いた場合に達成できる最大スループットであるポテンシャルスループットを演算して k 個の無線リンクにおける k 個のポテンシャルスループットを取得し、 k 個の周辺端末装置からネットワークに接続された固定通信装置までの k 個の第1の終端ポテンシャルスループットを k 個の制御フレームから検出し、その検出した k 個の第1の終端ポテンシャルスループットと k 個のポテンシャルスループットとに基づいて、 k 個の周辺端末装置を経由する場合の当該端末装置から固定通信装置までの k 個の第2の終端ポテンシャルスループットを取得する。選択手段は、 k 個の第2の終端ポテンシャルスループットに基づいて第2の終端ポテンシャルスループットが最大となる周辺端末装置を選択する。そして、 i 個の無線インターフェースのいずれかの無線インターフェースは、選択手段によって選択された周辺端末装置に接続する。

10

【0015】

更に、この発明によれば、経路制御装置は、検出手段と、切替手段とを備える。検出手段は、ネットワークに接続された第1の固定通信装置とインフラストラクチャモードで接続する第1の端末装置または第1の固定通信装置において、送信用のパケットを保持する送信キューに単位時間当たりに格納されるパケットの個数である総入力レートが単位時間当たりに送信キューから取り出されるパケットの個数である総出力レートよりも多くなる過負荷が検知されると、第1の端末装置または第1の固定通信装置とインフラストラクチャモードで接続された端末装置のうち、端末装置間でパケットの中継を行なわない第2の端末装置と、前記第2の端末装置が接続可能であり、かつ、前記第2の端末装置が単位時間当たりに送受信するパケットの個数である通信量よりも大きいポテンシャルスループットを有する第2の固定通信装置を検出する。切替手段は、検出された第2の端末装置の切替先を第2の固定通信装置に切り替えるための切替信号を前記第2の端末装置へ送信する切替処理を実行する。

20

【0016】

好ましくは、切替手段は、通信量を伝送レートで除算した除算値、または通信量と伝送レートとの重み付き差分値からなる負荷の大きい順に切替処理を実行する。

【0017】

好ましくは、経路制御装置は、検知手段を更に備える。検知手段は、第1の固定通信装置または第1の端末装置における総入力レートおよび総出力レートに基づいて、過負荷を検知する。そして、検出手段は、検知手段によって過負荷が検知されると、第2の固定通信装置を検出する。

30

【0018】

好ましくは、経路制御装置は、受信手段を更に備える。受信手段は、過負荷を検知したことを示す過負荷通知を第1の固定通信装置または第1の端末装置から受信する。そして、検出手段は、受信手段から過負荷通知を受けると、第2の固定通信装置を検出する。

【0019】

更に、この発明によれば、通信ネットワークシステムは、端末装置と、 j (j は正の整数)個の固定通信装置とを備える。端末装置は、 i (i は正の整数)個のチャネルで無線通信を行なう。そして、端末装置は、 i 個の無線インターフェースと、受信手段と、第1の検出手段と、演算手段と、選択手段とを備える。 i 個の無線インターフェースは、 m (m は $j \leq m$ を満たす整数)個のチャネルでそれぞれ無線通信を行なう。受信手段は、 j 個の通信装置から定期的に送信される j 個の制御フレームのうちの k (k は $1 \leq k \leq j$ を満たす整数)個の制御フレームをチャネルを変えながら i 個の無線インターフェースを用いて受信する。第1の検出手段は、受信手段が k 個の制御フレームを受信したときの k 個の受信信号強度を検出する。演算手段は、 k 個の受信信号強度に基づいて当該端末装置と k 個の固定通信装置との間の k 個の無線リンクの各々に対してデータの1ビット当たりの送信所要時間を演算して k 個の無線リンクにおける k 個の送信所要時間を取得し、 k 個の制御フレームに含まれる k 個のチャネル占有率と k 個の送信所要時間とに基づいて k 個の無線リンクの各々に対して単位時間当たりのチャネルの未使用时间割合をパケットの送信に

40

50

用いた場合に達成できる最大スループットであるポテンシャルスループットを演算して k 個の無線リンクにおける k 個のポテンシャルスループットを取得する。選択手段は、 $k \leq i$ である場合、 k 個のポテンシャルスループットに基づいてポテンシャルスループットの大きい順に接続先の k 個の通信装置を選択する。そして、 i 個の無線インターフェースのうちの k 個の無線インターフェースは、それぞれ、選択手段によって選択された k 個の通信装置に接続する。一方、選択手段は、 $k > i$ である場合、 k 個のポテンシャルスループットに基づいて、ポテンシャルスループットの大きい順に接続先の i 個の通信装置を選択する。そして、 i 個の無線インターフェースのうちの k 個の無線インターフェースは、それぞれ、選択手段によって選択された i 個の通信装置に接続する。

【0020】

10

好ましくは、通信ネットワークシステムは、経路制御装置を更に備える。経路制御装置は、ネットワークに接続される。端末装置は、 j 個の固定通信装置のうちの k 個の固定通信装置にインフラストラクチャモードで接続され、かつ、端末装置間でパケットの中継を行っていない。経路制御装置は、第2の検出手段と、切替手段とを含む。第2の検出手段は、 k 個の固定通信装置に含まれる第1の固定通信装置または端末装置において、送信用のパケットを保持する送信キューに単位時間当たりに格納されるパケットの個数である総入力レートが単位時間当たりに送信キューから取り出されるパケットの個数である総出力レートよりも多くなる過負荷が検知されると、端末装置が単位時間当たりに送受信するパケットの個数である通信量よりも大きいポテンシャルスループットを有する第2の固定通信装置を検出する。切替手段は、端末装置の接続先を第1の固定通信装置から第2の固定通信装置に切り替えるための切替信号を端末装置へ送信する切替処理を実行する。

20

【発明の効果】

【0021】

この発明によれば、端末装置は、ポテンシャルスループットの大きい順にインフラストラクチャモードで接続する固定通信装置を選択し、その選択した固定通信装置にインフラストラクチャモードで接続する。

【0022】

従って、この発明によれば、ユーザに提供するスループットを最大化できる。

【0023】

また、この発明によれば、端末装置は、周辺端末装置を介して固定通信装置と通信を行なう場合、自己から固定通信装置までのスループットである終端ポテンシャルスループットが最大である周辺端末装置に接続する。

30

【0024】

従って、この発明によれば、ユーザに提供するスループットを最大化できる。

【0025】

更に、この発明によれば、経路制御装置は、第1の端末装置または第1の固定通信装置において過負荷が検知されると、第1の端末装置のうち、中継を行っていない第2の端末装置を第1の固定通信装置から第2の固定通信装置に切り替える切替処理を行なう。そして、第2の固定通信装置は、第1の端末装置または第1の固定通信装置における通信量よりも大きいポテンシャルスループットを有する。その結果、第2の端末装置の接続先が第1の固定通信装置から第2の固定通信装置へ切り替えられると、第1の固定通信装置のローカルネットワークにおける過負荷が解消され、第1の固定通信装置のローカルネットワークにおけるスループットが向上する。

40

【0026】

従って、この発明によれば、ユーザに提供するスループットを最大化できる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】この発明の実施の形態による通信ネットワークシステムの構成を示す概略図である。

【図2】図1に示す端末装置1の構成図である。

50

【図 3】図 1 に示すアクセスポイントの構成図である。

【図 4】図 1 に示す経路制御装置の構成図である。

【図 5】チャネル占有率を測定する概念図である。

【図 6】1 ビット当たりの送信所要時間を算出する方法を説明するための概念図である。

【図 7】ポテンシャルスループットの概念図である。

【図 8】マルチホップにおけるエンドーエンドのポテンシャルスループットの算出例を示す図である。

【図 9】マルチホップにおけるエンドーエンドのポテンシャルスループットの他の算出例を示す図である。

【図 10】総入力レートおよび総出力レートの概念図である。

10

【図 11】初期の経路選択の方法を説明するための第 1 の概念図である。

【図 12】初期の経路選択の方法を説明するための第 2 の概念図である。

【図 13】接続先の候補となるアクセスポイントのリストを示す図である。

【図 14】マルチホップによる経路選択を説明するための第 1 の概念図である。

【図 15】マルチホップによる経路選択を説明するための第 2 の概念図である。

【図 16】リンク品質の低下による経路切替を説明するための第 1 の概念図である。

【図 17】リンク品質の低下による経路切替を説明するための第 2 の概念図である。

【図 18】過負荷に伴う経路切替を説明するための第 1 の概念図である。

【図 19】過負荷に伴う経路切替を説明するための第 2 の概念図である。

【図 20】負荷リストの概念図である。

20

【図 21】過負荷に伴う自律的な経路切替の概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

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。

【0029】

図 1 は、この発明の実施の形態による通信ネットワークシステムの構成を示す概略図である。図 1 を参照して、この発明の実施の形態による通信ネットワークシステム 100 は、端末装置 1～9 と、アクセスポイント 10～21 と、ネットワーク 40 と、監視サーバ 50 と、経路制御装置 60 とを備える。

30

【0030】

端末装置 1～9 は、無線通信空間に配置される。そして、端末装置 1～9 の各々は、例えば、Wi-Fi の無線インターフェースを備え、その備えた無線インターフェースによってインフラストラクチャモードまたはアドホックモードでアクセスポイント 10～21 の少なくとも 1 つに接続する。

【0031】

そして、端末装置 1～9 の各々は、接続したアクセスポイントと無線通信を行う。

【0032】

また、端末装置 1～9 の各々は、自己が接続したアクセスポイントへのアップリンクにおけるトラフィックレートおよび伝送レートを後述する方法によって検出する。そして、端末装置 1～9 の各々は、その検出したトラフィックレートおよび伝送レートを監視サーバ 50 へ送信する。

40

【0033】

更に、端末装置 1～9 の各々は、後述する総入力レートと総出力レートとを測定し、その測定した総出力レートを監視サーバ 50 へ送信する。

【0034】

更に、端末装置 1～9 の各々は、自己が接続可能なアクセスポイントからの受信信号強度を後述する方法によって測定する。そして、端末装置 1～9 の各々は、その測定した受信信号強度を監視サーバ 50 へ送信する。

【0035】

50

アクセスポイント１０～２１の各々は、ＷｉＦｉの無線インターフェースを備え、その備えた無線インターフェースを用いて端末装置１～９と無線通信を行う。

【００３６】

また、アクセスポイント１０～２１の各々は、無線通信によってビーコンフレームを定期的に送信する。

【００３７】

更に、アクセスポイント１０～２１の各々は、自己にアクセスする端末装置へのダウンリンクにおけるトラフィックレートを後述する方法によって計測し、その計測したトラフィックレートを監視サーバ５０へ送信する。

【００３８】

更に、アクセスポイント１０～２１の各々は、自己にアクセスする端末装置へのダウンリンクにおける総入力レートと総出力レートを後述する方法によって計測し、その計測した総入力レートを監視サーバ５０へ送信する。

【００３９】

更に、アクセスポイント１０～２１の各々は、チャンネル占有率を測定し、その測定したチャンネル占有率を監視サーバ５０へ送信する。

【００４０】

ネットワーク４０は、例えば、インターネットからなる。

【００４１】

監視サーバ５０は、ネットワーク４０に接続される。そして、監視サーバ５０は、端末装置１～９の各々から、総入力レート、総出力レート、伝送レートおよびアップリンクにおけるトラフィックレート、接続可能なアクセスポイントに対応する受信信号強度を受信し、アクセスポイント１０～２１の各々からダウンリンクにおける総入力レート、総出力レート、トラフィックレートおよびチャンネル占有率を受信する。そして、監視サーバ５０は、その受信した総出力レート、総入力レート、伝送レート、トラフィックレート、チャンネル占有率および受信信号強度を管理する。

【００４２】

経路制御装置６０は、ネットワーク４０に接続される。そして、経路制御装置６０は、ネットワーク４０を介して監視サーバ５０から総出力レート、総入力レート、伝送レート、トラフィックレート、チャンネル占有率および受信信号強度を取得する。その後、経路制御装置６０は、その取得した総出力レート、総入力レート、伝送レート、トラフィックレート、チャンネル占有率および受信信号強度に基づいて、後述する方法によって経路制御を行なう。

【００４３】

図２は、図１に示す端末装置１の構成図である。図２を参照して、端末装置１は、アンテナ１０１と、無線インターフェース１０２～１０４と、キュー１０５～１０７と、通信手段１０８と、アプリケーションモジュール１０９とを含む。

【００４４】

無線インターフェース１０２～１０４の各々は、ＷｉＦｉの無線通信方式によって無線通信を行う。そして、無線インターフェース１０２～１０４の各々は、インフラストラクチャモードでアクセスポイント（アクセスポイント１０～２１のいずれか）にアクセスし、アクセスポイント（アクセスポイント１０～２１のいずれか）との間でパケットを送受信する。また、無線インターフェース１０２～１０４の各々は、アクセスポイント（アクセスポイント１０～２１のいずれか）と他の端末装置の間でインフラストラクチャモードとアドホックモードでパケットを中継する。更に、無線インターフェース１０２～１０４の各々は、アクセスポイント（アクセスポイント１０～２１のいずれか）と他の端末装置を通じてアドホックモードでパケットを送受信する。

【００４５】

即ち、無線インターフェース１０２～１０４は、それぞれ、キュー１０５～１０７からパケットを取り出し、その取り出したパケットをアンテナ１０１を介して送信する。

10

20

30

40

50

【0046】

また、無線インターフェース102～104は、アンテナ101を介してパケットを受信する。そして、無線インターフェース102～104は、パケットを受信したときの受信信号強度を検出し、その検出した受信信号強度およびパケットを通信手段108へ出力する。

【0047】

なお、無線インターフェース102～104は、相互に同じチャネルを用いてもよく、相互に異なるチャネルを用いてもよい。

【0048】

キュー105～107は、それぞれ、無線インターフェース102～104に対応して設けられる。そして、キュー105～107は、通信手段108からパケットを受け、その受けたパケットを保持する。

10

【0049】

通信手段108は、アプリケーションモジュール109からパケットを受け、その受けたパケットをキュー105～107に格納する。

【0050】

また、通信手段108は、後述する方法によって、単位時間においてチャネルが使用中またはセンシング状態である割合をチャネル占有率として測定する。

【0051】

更に、通信手段108は、受信信号強度と伝送レートとの関係を示すテーブルTBL1および受信信号強度とパケットエラー率との関係を示すテーブルTBL2を予め保持している。そして、通信手段108は、無線インターフェース102～104からパケットおよび受信信号強度を受ける。そうすると、通信手段108は、テーブルTBL1を参照して、無線インターフェース102～105から受けた受信信号強度に対応する伝送レートを抽出し、その抽出した伝送レートを用いて後述する方法によってデータの1ビット当たりの送信所要時間を演算する。そして、通信手段108は、その演算した1ビット当たりの送信所要時間と、後述するアクセスポイントが測定したチャネル占有率とを用いて後述する方法によって各無線インターフェース102～105がデータを送信するときのポテンシャルスループットを演算する。

20

【0052】

その後、通信手段108は、その演算したチャネル占有率を用いて後述するポテンシャルスループットを演算し、その演算したポテンシャルスループットに基づいて、後述する方法によって、各無線インターフェース102～104の接続先のアクセスポイント（アクセスポイント10～21のいずれか）を選択する。

30

【0053】

更に、通信手段108は、後述する方法によって、各無線インターフェース102～104におけるトラフィック量を演算する。また、通信手段108は、後述する方法によって、単位時間当たりにキュー（キュー105～107のいずれか）に格納するパケットの総数である総入力レートと、単位時間当たりにキュー（キュー105～107のいずれか）から取り出されるパケットの総数である総出力レートとを検出する。そして、通信手段108は、トラフィック量、伝送レート、総入力レートおよび総出力レートを監視サーバ50へ送信する。

40

【0054】

更に、通信手段108は、無線インターフェース102～104から受けたパケットをアプリケーションモジュール109へ出力する。

【0055】

アプリケーションモジュール109は、パケットを生成して通信手段108へ出力するとともに、通信手段108からパケットを受ける。

【0056】

なお、図1に示す端末装置2～9の各々も、図2に示す端末装置1と同じ構成からなる

50

。

【0057】

図3は、図1に示すアクセスポイント10の構成図である。図3を参照して、アクセスポイント10は、アンテナ111と、無線インターフェース112と、キュー113と、通信手段114と、有線インターフェース115とを含む。

【0058】

無線インターフェース112は、Wi-Fiの無線通信方式によって所定のチャネルを用いて無線通信を行う。そして、無線インターフェース112は、キュー113からパケットを取り出し、その取り出したパケットをアンテナ111を介して送信する。

【0059】

また、無線インターフェース112は、アンテナ111を介してパケットを受信する。そして、無線インターフェース112は、パケットを受信したときの受信信号強度を検出する。そうすると、無線インターフェース112は、受信信号強度およびパケットを通信手段114へ出力する。

【0060】

キュー113は、無線インターフェース112に対応して設けられる。そして、キュー113は、通信手段114からパケットを受け、その受けたパケットを保持する。

【0061】

通信手段114は、後述する方法によって、単位時間においてチャネルが使用中またはセンシング状態である割合をチャネル占有率として測定する。

【0062】

また、通信手段114は、後述する方法によって、無線インターフェース112におけるトラフィック量を演算する。また、通信手段114は、後述する方法によって、単位時間当たりキュー113に格納するパケットの総数である総入力レートと、単位時間当たりキュー113から取り出されるパケットの総数である総出力レートとを検出する。そして、通信手段114は、トラフィック量、伝送レート、総入力レートおよび総出力レートを監視サーバ50へ送信する。

【0063】

更に、通信手段114は、無線インターフェース112から受けたパケットを有線インターフェース115へ出力する。

【0064】

更に、通信手段114は、有線インターフェース115からパケットを受け、その受けたパケットをキュー113に格納する。

【0065】

有線インターフェース115は、通信手段114からパケットを受け、その受けたパケットをネットワーク40を介して監視サーバ50へ送信する。

【0066】

また、有線インターフェース115は、ネットワーク40を介して経路制御装置60から経路情報を受信し、その受信した経路情報を通信手段114へ出力する。

【0067】

なお、図1に示すアクセスポイント11～21の各々も、図3に示すアクセスポイント10と同じ構成からなる。

【0068】

図4は、図1に示す経路制御装置60の構成図である。図4を参照して、経路制御装置60は、有線インターフェース61と、通信手段62と、制御モジュール63とを含む。

【0069】

有線インターフェース61は、ネットワーク40を介してパケットを受信し、その受信したパケットを通信手段62へ出力する。

【0070】

また、有線インターフェース61は、通信手段62からパケットを受け、その受けたパ

10

20

30

40

50

ケットを送信する。

【0071】

通信手段62は、有線インターフェース61を介して監視サーバ50から必要な情報を定期的に取得する。そして、通信手段62は、その取得した必要な情報を制御モジュール63へ出力する。

【0072】

通信手段62は、経路制御後の経路情報を制御モジュール63から受け、その受けた経路情報を有線インターフェース61を介して経路制御の対象となっている端末装置へ送信する。

【0073】

制御モジュール63は、必要な情報を通信手段62から受け、その受けた必要な情報に基づいて、後述する方法によって経路制御を行ない、その制御後の経路情報を通信手段62へ出力する。

【0074】

経路選択に使用するメトリックについて説明する。

【0075】

[チャンネル占有率]

端末装置1～9の各々の通信手段108は、単位時間においてチャンネルが使用中またはセンシング状態である割合をチャンネル占有率として測定する。より具体的には、端末装置1～9の各々の通信手段108は、無線インターフェース102が単位時間においてパケットを送受信またはセンシング状態である割合をチャンネル占有率 $ATR_{STA}(102)$ として測定する。また、端末装置1～9の各々の通信手段108は、無線インターフェース103、104についても同様にしてチャンネル占有率 $ATR_{STA}(103)$ 、 $ATR_{STA}(104)$ を測定する。

【0076】

アクセスポイント10～21の各々の通信手段114は、無線インターフェース112が単位時間においてパケットを送受信またはセンシング状態である割合をチャンネル占有率 $ATR_{AP}(112)$ として測定する。

【0077】

図5は、チャンネル占有率を測定する概念図である。タイマー31およびカウンタ32、33は、端末装置1～9の無線インターフェース102～104の各々、およびアクセスポイント10～21の無線インターフェース112に含まれる。また、タイマー34および処理手段35は、端末装置1～9の通信手段108およびアクセスポイント10～21の通信手段114に含まれる。

【0078】

端末装置1～9におけるチャンネル占有率の具体的な測定方法について説明する。タイマー31は、時刻情報を生成し、その生成した時刻情報をカウンタ32、33へ出力する。

【0079】

カウンタ32、33は、タイマー31から受けた時刻情報に基づいて、1スロットの期間(=例えば、 $1\mu s$)が経過すると、カウンタ値を“1”だけインクリメントして無線インターフェース102～104が使用中でないときのスロットの個数 $numOFF$ をカウントする。

【0080】

また、カウンタ33は、当該スロットの期間、チャンネル(=無線インターフェース102～104)が使用中またはセンシング状態であるときのみカウンタ値を“1”だけインクリメントして無線インターフェース102～104が使用中またはセンシング状態であるときのスロットの個数 $numBusy$ をカウントする。

【0081】

受信電力がキャリアセンス閾値よりも小さいとき、無線インターフェース102～104が使用中でない判定され、受信電力がキャリアセンス閾値以上であるとき、無線イン

10

20

30

40

50

ターフェース 102～104 が使用中またはセンシング状態であると判定される。

【0082】

従って、カウンタ 32 は、無線インターフェース 102～104 の各々に含まれる判定手段から受信電力がキャリアセンス閾値よりも小さいことを示す信号 OFF を受けると、スロットの個数 numOFF をカウントする。また、カウンタ 33 は、無線インターフェース 102～104 の各々に含まれる判定手段から受信電力がキャリアセンス閾値以上であることを示す信号 BUSY を受けると、スロットの個数 numBusy をカウントする。

【0083】

そして、カウンタ 32 は、そのカウントしたスロットの個数 numOFF を処理手段 35 へ出力し、カウンタ 33 は、そのカウントしたスロットの個数 numBusy を処理手段 35 へ出力する。

【0084】

タイマー 34 は、時刻情報を生成して処理手段 35 へ出力する。処理手段 35 は、タイマー 34 からの時刻情報に基づいて、例えば、1s の取得周期でカウンタ 32, 33 からそれぞれスロットの個数 numOFF, numBusy を周期的に取得する。

【0085】

周期 t でのカウンタ値を numOFF(t), numBusy(t) とする。そして、周期 t でのチャンネル占有率を ATR(t) としたとき、最新の T 周期でのチャンネル占有率 ATR(T) は、次式によって与えられる。

【0086】

【数 1】

$$\left. \begin{aligned} \Delta numBusy(t) &= numBusy(t) - numBusy(t-1) \\ \Delta numOFF(t) &= numOFF(t) - numOFF(t-1) \\ ATR(t) &= \frac{\Delta numBusy(t)}{\Delta numOFF(t) + \Delta numBusy(t)} \\ ATR(T) &= \frac{1}{T} \sum_{i=t-N+1}^t ATR(i) \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

【0087】

この場合、算出に用いる周期データ数 T、物理層のスロット長、およびカウンタ値の取得周期は、システムパラメータとして設定可能である。

【0088】

また、物理層でスロットの使用／使用中でないの判定を行なう際、DIFS および SIFS を使用中と判定してスロットの個数 numBusy に加算するかどうかを設定可能にしてもよい。

【0089】

より具体的には、送信側では、データフレームを送信するとき DIFS を、ACK フレームを送信するとき SIFS を使用中と判定してスロットの個数 numBusy に加算する。受信側では、データフレームを受信するとき DIFS を、ACK フレームを受信するとき SIFS を使用中と判定してスロットの個数 numBusy に加算する。

【0090】

従って、処理手段 35 は、スロットの個数 numOFF, numBusy に基づいて、式 (1) を用いて、チャンネル占有率 $ATR_{STA} = ATR(T)$ を演算し、その演算したチャンネル占有率 ATR_{STA} を出力する。

【0091】

アクセスポイント 10～21 の各々においても、同様にして、チャンネル占有率 ATR_A

10

20

30

40

50

$p = \text{ATR}(T)$ が演算される。

【0092】

[1ビット当たりの送信所要時間]

端末装置1～9の各々の通信手段108は、無線インターフェース102が通信を行なっている場合、無線インターフェース102の伝送レートTxRate(102)を無線インターフェース102とアクセスポイント(アクセスポイント10～21のいずれか)との間の無線リンクのリンク品質として検出する。端末装置1～9の各々の通信手段108は、同様にして、無線インターフェース103、104の伝送レートTxRate(103)、TxRate(104)を無線インターフェース103、104とアクセスポイント(アクセスポイント10～21のいずれか)との間の無線リンクのリンク品質として

10

【0093】

また、アクセスポイント10～21の各々の通信手段114は、無線インターフェース112が通信を行なっている場合、無線インターフェース112の伝送レートTxRate(112)を無線インターフェース112と端末装置(端末装置1～9のいずれか)との間の無線リンクのリンク品質として検出する。

【0094】

端末装置1～9およびアクセスポイント10～21の各々は、通信を行っていない無線リンクに対しては、以下の方法によって伝送レートを推定する。

【0095】

20

端末装置1～9の各々において、無線インターフェース102～104は、ビーコンフレームを受信する際、またはデータフレームをオーバーヒアリング(傍受)する際に受信信号強度RSSI(102)～RSSI(104)を検出し、その検出した受信信号強度RSSI(102)～RSSI(104)を通信手段108へ出力する。

【0096】

端末装置1～9の各々において、通信手段108は、予め保持しているテーブルTBL1(伝送レートと受信信号強度との関係を示す)を参照して、受信信号強度RSSI(102)に対応する伝送レート $r_{STA, AP}(102)$ を検出する。

【0097】

図6は、1ビット当たりの送信所要時間を算出する方法を説明するための概念図である。図6を参照して、ペイロードサイズがLバイトであるパケットをユニキャストする場合の送信所要時間は、ペイロードの送信時間だけではなく、DIFS、プリアンプル(preamble)、および確認応答(ACK)等の送信時間も含む。

30

【0098】

そこで、一般的なIP(Internet Protocol)パケットの長さ(例えば、512バイト)をLとし、DIFS、SIFSおよびプリアンプル(preamble)等の伝送レートに依存しないオーバーヘッドを $t^{OH1} = \text{DIFS} + (\text{DATAのpreamble}) + \text{SIFS} + (\text{ACKのpreamble})$ とし、データフレームのMAC(Media Access Control)層およびLLC(Logical Link Control)層のheaderおよびFCS(Frame Check Sequence)(=32バイト)と、ACKのアドレス(address)およびFCS(10バイト)とを伝送レートrで送信するときに要するオーバーヘッドを $t^{OH2}(r) = (32 + 10) \times 8 / r$ とする。

40

【0099】

端末装置1～9の各々において、通信手段108は、ペイロードの1ビット当たりの送信所要時間 $t^{bit}_{AP, STA}$ を次式によって算出する。

【0100】

【数 2】

$$t_{AP,STA}^{bit} = \frac{t^{OH1} + t^{OH2}(r_{AP,STA}) + L * 8 / r_{AP,STA}}{L * 8} \cdot \frac{1}{1 - PER_{AP,STA}} \dots (2)$$

【0101】

なお、式(2)において、 $PER_{AP, STA}$ は、端末装置(=端末装置1～9のいずれか)とアクセスポイント(=アクセスポイント10～21のいずれか)との間の無線リンクにおけるパケットエラー率である。

10

【0102】

また、端末装置1～9およびアクセスポイント10～21のレート制御方式が適応レートである場合、 $PER_{AP, STA}$ は、“0”に設定され、受信信号強度RSSIから算出された $r_{AP, STA}$ のみが使用される。一方、端末装置1～9およびアクセスポイント10～21のレート制御方式が固定レートである場合、RSSIから算出された $PER_{AP, STA}$ が使用される。

【0103】

端末装置1～9の各々において、通信手段108は、受信信号強度RSSIとパケットエラー率PERとの関係を示すテーブルTBL2を予め保持しているので、テーブルTBL2を参照すれば、受信信号強度RSSIに対応するパケットエラー率 $PER_{AP, STA}$ を取得できる。

20

【0104】

そして、端末装置1～9の各々において、通信手段108は、式(2)を用いて、無線インターフェース102～104がデータフレームを送信するときの1ビット当たりの送信所要時間 $t_{AP, STA}^{bit}(102) \sim t_{AP, STA}^{bit}(104)$ を演算する。

【0105】

アクセスポイント10～21の各々において、通信手段114は、端末装置1～9の通信手段108と同様にして、無線インターフェース112がデータフレームを送信するときの1ビット当たりの送信所要時間 $t_{STA, AP}^{bit}(112)$ を式(2)を用いて演算する。この場合、式(2)において、 $r_{STA, AP}$ が $r_{AP, STA}$ に代えて用いられる。

30

【0106】

[ポテンシャルスループット]

ポテンシャルスループットPTとは、単位時間当たりのチャネル未使用時間割合を、ある端末装置が全て利用できたときに達成できる最大スループットを言う。

【0107】

図7は、ポテンシャルスループットの概念図である。なお、図7は、パケットの送信時のオーバーヘッドおよび再送等を考慮しない場合のポテンシャルスループットの概念を示す。

40

【0108】

図7を参照して、端末装置1～4は、アクセスポイント10と通信することによって、単位時間当たりにおいて、チャネルが使用中である割合が60%(即ち、チャネル占有率 $ATR(Air\ Time\ Ratio) = 60\%$)であるとき、新規に参入する端末装置5とアクセスポイント10との間の無線リンクの伝送レートが54Mbpsであると推定された場合、残る40%の分を使用して端末装置5が達成できる最大スループットPTは、 $PT = (1 - ATR) * 54 = 21.6\text{Mbps}$ である。

【0109】

(i) シングルホップにおけるポテンシャルスループット

アクセスポイントj(jは $10 \leq j \leq 21$ を満たす整数)におけるチャネル占有率をA

50

TR_{APj} とする。アクセスポイント j は、ビーコンフレームの送信時に測定したチャンネル占有率 ATR_{APj} をビーコンフレームに含めて送信する。

【0110】

端末装置 i (i は $1 \leq i \leq 9$ を満たす整数) は、アクセスポイント j からビーコンフレームを受信した時に、受信信号強度 $RSSI_{APj, STA i}$ を測定する。また、端末装置 i は、ビーコンフレームから該当するアクセスポイントのチャンネル占有率 ATR_{APj} を読み取る。そして、端末装置 i は、その測定した受信信号強度 $RSSI_{APj, STA i}$ を用いて、上述した方法によって送信所要時間 $t_{APj, STA i}^{bit}$ を演算する。その後、端末装置 i は、送信所要時間 $t_{APj, STA i}^{bit}$ と、チャンネル占有率 ATR_{APj} とを次式に代入してポテンシャルスループット $PT_{APj, STA i}$ を演算する。

10

【0111】

【数3】

$$PT_{APj, STA i} = \frac{ATR_m - ATR_{STAi}}{t_{APj, STA i}^{bit}} \dots (3)$$

【0112】

なお、式(3)において、 ATR_m は、区間 $[0, 1]$ に属するシステムパラメータである。そして、 ATR_m は、例えば、 $0.95 \sim 0.98$ の範囲の値に設定される。 $0.95 \sim 0.98$ の範囲の値は、パケットの衝突を考慮して決定されたものである。

20

【0113】

算出されたポテンシャルスループット $PT_{APj, STA i}$ がシステムパラメータである PT_{min} よりも小さければ、ポテンシャルスループット $PT_{APj, STA i}$ を PT_{min} とする。 PT_{min} のデフォルト値は、最小の伝送レートに設定される。

【0114】

端末装置 1～9 の各々において、通信手段 108 は、無線インターフェース 102～104 におけるチャンネル占有率 $ATR_{AP}(102) \sim ATR_{AP}(104)$ と、送信所要時間 $t_{AP, STA}^{bit}(102) \sim t_{AP, STA}^{bit}(104)$ とを式(3)に代入してポテンシャルスループット $PT_{AP, STA}(102) \sim PT_{AP, STA}(104)$ を演算する。即ち、端末装置 1～9 の各々の通信手段 108 は、無線インターフェース 102～104 毎にポテンシャルスループット $PT_{AP, STA}$ を演算する。

30

【0115】

(ii) マルチホップにおけるポテンシャルスループット

(算出方法1)

アクセスポイント(アクセスポイント 10～21 のいずれか) から $n-1$ (n は 2 以上の整数) ホップ目に位置する端末装置(親端末)は、自己とアクセスポイントとの間のエンドエンドのポテンシャルスループット EPT_{n-1} を含むルータ広告 RAD を生成し、その生成したルータ広告 RAD を自己よりもアクセスポイント側と反対側に位置する端末装置(子端末)へ送信する。

40

【0116】

子端末は、チャンネル占有率 ATR_{STA} を含むビーコンフレームを受信し、そのビーコンフレームを受信したときの受信信号強度 $RSSI$ を検出する。そして、子端末は、ビーコンフレームからチャンネル占有率 ATR_{STA} を取り出す。

【0117】

そうすると、子端末は、テーブル TBL1 を参照して、受信信号強度 $RSSI$ に対応する伝送レート r を検出し、その検出した伝送レート r と、チャンネル占有率 ATR_{STA} と、式(2), (3) とを用いて、自己と親端末との間の無線リンクにおけるポテンシャルスループット PT_n を算出する。

50

【0118】

アクセスポイントからnホップ目に位置する端末装置とアクセスポイントとの間のエンドーエンドのポテンシャルスループットを EPT_n としたとき、nホップ目に位置する端末装置は、ルータ広告RADから取り出したポテンシャルスループット EPT_{n-1} と、上述した方法によって演算したポテンシャルスループット PT_n とを次式に代入してポテンシャルスループットを EPT_n を演算する。

【0119】

【数4】

$$EPT_n = \frac{1}{\frac{1}{EPT_{n-1}} + \frac{1}{PT_n}} \cdots (4) \quad 10$$

【0120】

ここで、アクセスポイントへの直接リンクを有し、無線通信を中継する端末装置は、2つのWi-Fiの無線インターフェースを装備する場合、一方の無線インターフェースをインフラストラクチャモードによるアクセスポイントへの接続に用い、他方の無線インターフェースをアドホックモードによる中継に用いる。

【0121】

この場合、2つの無線インターフェースが用いる2つのチャンネルは、同じであるとは限らない。 20

【0122】

図8は、マルチホップにおけるエンドーエンドのポテンシャルスループットの算出例を示す図である。

【0123】

なお、図8の(a)は、2つの無線インターフェースが同じチャンネルを使用する場合を示し、図8の(b)は、2つの無線インターフェースが異なるチャンネルを使用する場合を示す。

【0124】

図8を参照して、端末装置1の2つの無線インターフェースが同じチャンネルを使用する場合、エンドーエンドのポテンシャルスループット EPT_3 （＝アクセスポイント10－端末装置3間のポテンシャルスループット）は、次式によって算出される。 30

【0125】

【数5】

$$EPT_3 = \frac{1}{\frac{1}{EPT_2} + \frac{1}{PT_3}}, \quad EPT_2 = \frac{1}{\frac{1}{EPT_1} + \frac{1}{PT_2}}, \quad EPT_1 = PT_1 \cdots (5)$$

40

【0126】

また、端末装置1の2つの無線インターフェースが相互に異なるチャンネルを使用する場合、エンドーエンドのポテンシャルスループット EPT_3 （＝アクセスポイント10－端末装置3間のポテンシャルスループット）は、次式によって算出される。

【0127】

【数 6】

$$EPT_3 = \frac{1}{\frac{1}{EPT_2} + \frac{1}{PT_3}}, \quad EPT_2 = \min\{EPT_1, PT_2\}, \quad EPT_1 = PT_1 \quad \cdots (6)$$

【0128】

端末装置 3 は、式 (5) または式 (6) を用いてエンドーエンドのポテンシャルスループット EPT_3 を算出する。

10

【0129】

(算出方法 2)

図 9 は、マルチホップにおけるエンドーエンドのポテンシャルスループットの他の算出例を示す図である。

【0130】

なお、図 9 の (a) は、2 つの無線インターフェースが同じチャネルを使用する場合を示し、図 9 の (b) は、2 つの無線インターフェースが異なるチャネルを使用する場合を示す。

【0131】

アクセスポイントから $n-1$ ホップ目に位置する中継端末 (図 9 の端末装置 2) は、自己と 1 ホップ目に位置する中継端末 (図 9 の端末装置 1) との間のパーシャルパスメトリック PPM_{n-1} と、1 ホップの端末 (端末装置 1) とアクセスポイント 10 との間のポテンシャルスループット PT_1 と、チャネル占有率 ATR_{STA} とを含むビーコンフレームまたはルータ広告を生成し、その生成したビーコンフレームまたはルータ広告を子端末 (端末装置 3) へ送信する。

20

【0132】

子端末 (端末装置 3) は、親端末 (端末装置 2) からのビーコンフレームまたはルータ広告を受信し、そのビーコンフレームまたはルータ広告を受信したときの受信信号強度 $RSSI$ を検出する。そして、子端末 (端末装置 3) は、テーブル $TBL1$ を参照して、受信信号強度 $RSSI$ に対応する伝送レート r を検出し、その検出した伝送レート r と、ビーコンフレームまたはルータ広告から取り出したチャネル占有率 ATR_{STA} とに基づいて、式 (2), (3) を用いて、自端末と親端末 (端末装置 2) との間のポテンシャルスループット PT_3 を演算する。

30

【0133】

そうすると、子端末 (端末装置 3) は、ビーコンフレームまたはルータ広告からパーシャルパスメトリック PPM_{n-1} とポテンシャルスループット PT_1 とを取り出し、その取り出したパーシャルパスメトリック PPM_{n-1} およびポテンシャルスループット PT_1 と、演算したポテンシャルスループット PT_3 とを次式に代入して子端末 (端末装置 3 = n ホップ目の端末装置) とアクセスポイント 10 との間のエンドーエンドのポテンシャルスループット EPT_n を演算する。

40

【0134】

【数 7】

$$EPT_n = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\frac{1}{PT_1} + \frac{1}{PPM_n}} \quad (\text{チャンネルが同じ場合}) \\ \min\{PT_1, PPM_n\} \quad (\text{チャンネルが異なる場合}) \end{array} \right\} \cdots (7)$$

$$PPM_n = \frac{1}{\frac{1}{PPM_{n-1}} + \frac{1}{PT_n}}$$

10

【0135】

図9を参照して、端末装置1の2つの無線インターフェースが同じチャンネルを使用する場合、エンドーエンドのポテンシャルスループット EPT_3 (=アクセスポイント10ー端末装置3間のポテンシャルスループット) は、式(7)の上側の式によって算出される。

【0136】

また、端末装置1の2つの無線インターフェースが相互に異なるチャンネルを使用する場合、エンドーエンドのポテンシャルスループット EPT_3 (=アクセスポイント10ー端末装置3間のポテンシャルスループット) は、式(7)の下側の式によって算出される。

20

【0137】

端末装置1～9の各々において、通信手段108は、無線インターフェース102～104の各々に対して、上述した算出方法1, 2のいずれかを用いてエンドーエンドのポテンシャルスループット EPT_n (102)～ EPT_n (104)を演算する。

【0138】

[トラフィック量]

経路切替処理において必要となる端末装置が通信ネットワークシステム100に与えるトラフィック負荷の指標として、トラフィックレートおよび伝送レートが挙げられる。アクセスポイントから端末装置*i*へのダウンリンクのトラフィックレート $TrafficRate_{AP, STA_i}$ を、単位時間あたりに端末装置*i*宛ての packets がアクセスポイントの送信キューに挿入されるレートと定義する。

30

【0139】

また、端末装置*i*からアクセスポイントへのアップリンクのトラフィックレート $TrafficRate_{STA_i, AP}$ を、中継トラフィックを除く、端末装置*i*発の packets が単位時間あたりに端末装置*i*の送信キューに挿入されるレートと定義する。

【0140】

そうすると、端末装置*i*のトラフィックレート $TrafficRate_{STA_i}$ は、次式によって与えられる。

【0141】

40

【数 8】

$$TrafficRate_{STAi} = TrafficRate_{AP, STAi} + TrafficRate_{STAi, AP} \cdots (8)$$

【0142】

従って、端末装置1～9の各々は、上述した定義に従って、無線インターフェース102～104に対するトラフィックレート $TrafficRate_{STA_i, AP}$ (102)～ $TrafficRate_{STA_i, AP}$ (104)を測定し、その測定したトラフィックレート $TrafficRate_{STA_i, AP}$ (102)～ $TrafficRate_{STA_i, AP}$ (104)を測定したトラフィック

50

$S T A_i, A P$ (104) を監視サーバ50へ送信する。

【0143】

また、アクセスポイント10～21の各々は、上述した定義に従って、無線インターフェース112に対するトラフィックレート $T r a f f i c R a t e_{A P, S T A_i}$ を測定し、その測定したトラフィックレート $T r a f f i c R a t e_{A P, S T A_i}$ を監視サーバ50へ送信する。

【0144】

[負荷]

伝送レート $T x R a t e_{S T A_i}$ をアクセスポイントと端末装置 i との間のパケット通信に用いられるレートとする。この場合、任意の端末装置 i が通信ネットワークシステム100に与える負荷 $L o a d_{S T A_i}$ は、トラフィックレート $T r a f f i c R a t e_{S T A_i}$ と、伝送レート $T x R a t e_{S T A_i}$ との関数 $L o a d_{S T A_i} = f(T r a f f i c R a t e_{S T A_i}, T x R a t e_{S T A_i})$ によって定義される。

10

【0145】

なお、負荷 $L o a d_{S T A_i}$ は、例えば、次の2つの式によって表わされる。

【0146】

【数9】

$$L o a d_{S T A_i} = T r a f f i c R a t e_{S T A_i} / T x R a t e_{S T A_i} \quad \cdots (9)$$

20

【0147】

【数10】

$$L o a d_{S T A_i} = \alpha \times T r a f f i c R a t e_{S T A_i} - \beta \times T x R a t e_{S T A_i} \quad \cdots (10)$$

【0148】

なお、式(10)において、 α および β の各々は、区間 $[0, 1]$ の範囲の定数である。

30

【0149】

[総入力レートおよび総出力レート]

総入力レート ($I n c o m i n g R a t e$) は、アクセスポイントまたは端末装置の送信キューにおいて、単位時間あたりに挿入される総トラフィック量 (総パケット数) である。

【0150】

また、総出力レート ($O u t g o i n g R a t e$) は、アクセスポイントまたは端末装置の送信キューにおいて、単位時間あたりに取り出される総トラフィック量 (総パケット数) である。

【0151】

40

端末装置 i に接続する端末を端末装置 j とする。アクセスポイントおよび端末装置 i の総入力レート $I n c o m i n g R a t e$ および総出力レート $O u t g o i n g R a t e$ をそれぞれ $I n c o m i n g R a t e_{A P}$ 、 $O u t g o i n g R a t e_{A P}$ 、 $I n c o m i n g R a t e_{S T A_i}$ 、および $O u t g o i n g R a t e_{S T A_i}$ とする。

【0152】

そうすると、アクセスポイントおよび端末装置 i の総入力レート $I n c o m i n g R a t e$ は、次式によって定義される。

【0153】

【数 1 1】

$$\left. \begin{aligned} Inco min Rate_{AP} &= \sum TrafficRate_{AP,STAi} \\ Inco mingRate_{STAi} &= TorafficRate_{STAi,AP} + OutgoingRate_{STAi} \end{aligned} \right\} \dots (11)$$

【0 1 5 4】

図 1 0 は、総入力レートおよび総出力レートの概念図である。図 1 0 を参照して、アクセスポイント A P における総入力レート $Inco ming Rate_{AP}$ は、アクセスポイント A P から各端末装置 S T A へのトラフィックの和に等しい。

10

【0 1 5 5】

また、端末装置 S T A_i における総入力レート $Inco ming Rate_{STAi}$ は、端末装置 S T A_i 発のトラフィックレート $TrafficRate_{STAi,AP}$ と端末装置 S T A_j 発の総出力レート $OutgoingRate_{STAj}$ との和に等しい。

【0 1 5 6】

以下、この発明の実施の形態による経路選択および経路切替について説明する。

【0 1 5 7】

[初期経路選択]

通信ネットワークシステム 1 0 0 に新規参入した端末装置（端末装置 1 ～ 9 のいずれか）は、以下の方向によってアクセスポイントまたは端末装置に接続する。

20

【0 1 5 8】

(1) 接続先のアクセスポイントが存在する場合

新規参入した端末装置 1 は、起動すると、無線インターフェース 1 0 2 ～ 1 0 4 を用いて全てのチャンネルを順にスキャンして周辺に存在するアクセスポイントからのビーコンフレームを収集する。そして、端末装置 1 は、自己が接続可能な接続先の候補となるアクセスポイントのリスト L_{AP} を作成する。

【0 1 5 9】

この場合、アクセスポイントは、常にチャンネルを観測し、チャンネル占有率 ATR_{AP} を算出する。そして、アクセスポイントは、その算出したチャンネル占有率 ATR_{AP} を含むビーコンフレームを生成し、その生成したビーコンフレームを送信する。

30

【0 1 6 0】

端末装置 1 は、以下の手順に従って接続先のアクセスポイントを決定する。

【0 1 6 1】

(手順 1) 起動後、接続先の候補となるアクセスポイントのリストを作成

(手順 1 - 1) 全チャンネルを順にスキャンしてビーコンフレームを収集

(手順 1 - 2) 検知したビーコンフレームからビーコンフレームの受信信号強度 $RSSI$ およびチャンネル占有率 ATR_{AP} を取得

(手順 1 - 3) 接続可能なアクセスポイント毎にポテンシャルスループット PT を算出

(手順 2) ポテンシャルスループットの大きい順に端末装置に装備された無線インターフェースの個数分のアクセスポイントを選択

40

(手順 3) 選択したアクセスポイントへ接続

【0 1 6 2】

具体的に説明する。図 1 1 および図 1 2 は、それぞれ、初期の経路選択の方法を説明するための第 1 および第 2 の概念図である。また、図 1 3 は、接続先の候補となるアクセスポイントのリストを示す図である。

【0 1 6 3】

図 1 1 を参照して、アクセスポイント 1 0 ～ 1 4 が端末装置 1 の周辺に存在する場合を想定する。そして、アクセスポイント 1 0 ～ 1 4 は、それぞれ、チャンネル占有率 $ATR_{AP10} \sim ATR_{AP14}$ を含むビーコンフレーム $Bcon10 \sim Bcon14$ を送信する

50

。

【0164】

端末装置1の無線インターフェース102～104は、全てのチャンネルを順にスキャンし、ビーコンフレームBcon10～Bcon14を受信する（手順1-1）。この場合、無線インターフェース102～104は、相互に同じチャンネルを使用する場合もあれば、相互に異なるチャンネルを使用する場合もある。また、無線インターフェース102～104の各々は、1個のチャンネルを用いてビーコンフレームBconを受信することもあれば、2個以上のチャンネルを順に用いてビーコンフレームを受信することもある。

【0165】

端末装置1の無線インターフェース102がビーコンフレームBcon10, Bcon11を受信し、無線インターフェース103がビーコンフレームBcon12, Bcon13を受信し、無線インターフェース104がビーコンフレームBcon14を受信したものとする。

10

【0166】

そうすると、端末装置1において、無線インターフェース102は、ビーコンフレームBcon10, Bcon11を受信したときの受信信号強度RSSI10, RSSI11を検出し、ビーコンフレームBcon10, Bcon11および受信信号強度RSSI10, RSSI11を通信手段108へ出力する。

【0167】

同様に、端末装置1の無線インターフェース103は、ビーコンフレームBcon12, Bcon13および受信信号強度RSSI12, RSSI13を通信手段108へ出力し、無線インターフェース104は、ビーコンフレームBcon14および受信信号強度RSSI14を通信手段108へ出力する。

20

【0168】

そして、端末装置1の通信手段108は、無線インターフェース102～104からビーコンフレームBcon10～Bcon14および受信信号強度RSSI10～RSSI14を受ける。その後、端末装置1の通信手段108は、ビーコンフレームBcon10～Bcon14からそれぞれチャンネル占有率 $ATRA_P10 \sim ATRA_P14$ を検出する（手順1-2）。

【0169】

30

そうすると、端末装置1の通信手段108は、チャンネル占有率 $ATRA_P10$ および受信信号強度RSSI10に基づいて、式(2), (3)を用いて端末装置1-アクセスポイント10間の無線リンクにおけるポテンシャルスループットPT10を算出する。同様にして、端末装置1の通信手段108は、端末装置1-アクセスポイント11～14間の無線リンクにおけるポテンシャルスループットPT11～PT14を算出する（手順1-3）。

【0170】

そして、端末装置1の通信手段108は、接続先の候補となるアクセスポイントのリスト L_{AP} （図13参照）を作成する。この場合、 $PT10 > PT11 > PT12 > PT13 > PT14$ の関係が成立するものとする。

40

【0171】

その後、端末装置1の通信手段108は、ポテンシャルスループットPT10～PT14から大きい順に無線インターフェース102～104の個数（＝3個）分のアクセスポイント10～12を選択する（手順2）。

【0172】

そして、端末装置1の無線インターフェース102～104は、それぞれ、インフラストラクチャモードでアクセスポイント10～12に接続する（手順3、図12参照）。

【0173】

その後、端末装置1は、無線インターフェース102～104によってアクセスポイント10～12とインフラストラクチャモードで無線通信を行なう。

50

【0174】

アクセスポイント10ー無線インターフェース102間の無線リンクは、最も大きいポテンシャルスループットPT10を有し、アクセスポイント11ー無線インターフェース103間の無線リンクは、2番目に大きいポテンシャルスループットPT11を有し、アクセスポイント12ー無線インターフェース104間の無線リンクは、3番目に大きいポテンシャルスループットPT12を有する。

【0175】

その結果、端末装置1は、接続可能なアクセスポイント10～14からスループットを最大化できるアクセスポイント10～12を選択して無線通信を行なう。

【0176】

従って、ユーザに提供するスループットを最大化できる。

【0177】

(2) 接続先のアクセスポイントが存在しない場合

図14および図15は、それぞれ、マルチホップによる経路選択を説明するための第1および第2の概念図である。

【0178】

図14を参照して、端末装置1がインフラストラクチャモードでアクセスポイント10に接続され、端末装置2がインフラストラクチャモードでアクセスポイント11に接続され、端末装置3、4がインフラストラクチャモードでアクセスポイント12に接続されている状態で、端末装置5をマルチホップでアクセスポイント10～12のいずれかに接続する場合を想定する。

【0179】

新規参入した端末装置5は、アクセスポイント10～12のローカルネットワークのいずれにも属さないため、アクセスポイント10～12からのビーコンフレームを直接受信できない。

【0180】

そこで、端末装置5は、無線インターフェース102～104を用いて端末装置5の周辺に存在する端末装置1～4（周辺端末装置）からのビーコンフレームまたはルータ広告を受信し、端末装置1～4が端末装置5の周辺に存在することを検知する。

【0181】

この場合、端末装置1～4は、それぞれ、ビーコンフレームBcon1～Bcon4を送信するものとする。そして、ビーコンフレームBcon1は、端末装置1ーアクセスポイント10間のエンドーエンドのポテンシャルスループットEPT1（1ー10）とチャンネル占有率ATR_{STA1}とを含む。また、ビーコンフレームBcon2は、端末装置2ーアクセスポイント11間のエンドーエンドのポテンシャルスループットEPT1（2ー11）とチャンネル占有率ATR_{STA2}とを含む。更に、ビーコンフレームBcon3は、端末装置3ーアクセスポイント12間のエンドーエンドのポテンシャルスループットEPT1（3ー12）とチャンネル占有率ATR_{STA3}とを含む。更に、ビーコンフレームBcon4は、端末装置4ーアクセスポイント12間のエンドーエンドのポテンシャルスループットEPT1（4ー12）とチャンネル占有率ATR_{STA4}とを含む。

【0182】

端末装置5において、無線インターフェース102は、ビーコンフレームBcon1、Bcon2を受信し、無線インターフェース103は、ビーコンフレームBcon3を受信し、無線インターフェース104は、ビーコンフレームBcon4を受信するものとする。

【0183】

そうすると、端末装置5の無線インターフェース102は、ビーコンフレームBcon1、Bcon2を受信したときの受信信号強度RSSI1、RSSI2を検出し、ビーコンフレームBcon1、Bcon2および受信信号強度RSSI1、RSSI2を通信手段108へ出力する。

10

20

30

40

50

【0184】

また、端末装置5の無線インターフェース103は、ビーコンフレームBcon3を受信したときの受信信号強度RSSI3を検出し、ビーコンフレームBcon3および受信信号強度RSSI3を通信手段108へ出力する。

【0185】

更に、端末装置5の無線インターフェース104は、ビーコンフレームBcon4を受信したときの受信信号強度RSSI4を検出し、ビーコンフレームBcon4および受信信号強度RSSI4を通信手段108へ出力する。

【0186】

そして、端末装置5の通信手段108は、ビーコンフレームBcon1からポテンシャルスループットEPT1(1-10)およびチャネル占有率ATRS_{TA1}を取り出す。そして、端末装置5の通信手段108は、受信信号強度RSSI1、ポテンシャルスループットEPT1(1-10)およびチャネル占有率ATRS_{TA1}に基づいて、上述した方法によって、端末装置5-アクセスポイント10間のエンドーエンドのポテンシャルスループットEPT₅₋₁₀を算出する。

10

【0187】

また、端末装置5の通信手段108は、同様にして、ビーコンフレームBcon2~Bcon4および受信信号強度RSSI2~RSSI4に基づいて、ポテンシャルスループットEPT₅₋₁₁, EPT₅₋₁₂₍₃₎, EPT₅₋₁₂₍₄₎を算出する。

【0188】

20

そうすると、端末装置5の通信手段108は、ポテンシャルスループットEPT₅₋₁₀, EPT₅₋₁₁, EPT₅₋₁₂₍₃₎, EPT₅₋₁₂₍₄₎から最大のポテンシャルスループットEPT₅₋₁₁を選択し、無線インターフェース102~104のいずれかを用いて端末装置2に接続する(図15参照)。

【0189】

そして、端末装置5は、端末装置2を経由してアクセスポイント11とマルチホップで無線通信を行なう。つまり、端末装置5は、アドホックモードでアクセスポイント11と無線通信を行なう。

【0190】

このように、新規参入した端末装置5は、インフラストラクチャモードでアクセスポイント10~12に接続できない場合、自己の周辺に存在する端末装置1~4を検知し、端末装置1~4を経由した場合のエンドーエンドのポテンシャルスループットEPT₅₋₁₀, EPT₅₋₁₁, EPT₅₋₁₂₍₃₎, EPT₅₋₁₂₍₄₎から最大のポテンシャルスループットEPT₅₋₁₁を選択してアクセスポイント11とマルチホップで無線通信を行なう。

30

【0191】

従って、ユーザに提供するスループットを最大化できる。

【0192】

端末装置1または5以外の端末装置が新規参入した場合も、その新規参入した端末装置は、上述した方法によってアクセスポイントに接続する。

40

【0193】

[リンク品質の低下による経路切替]

図16および図17は、それぞれ、リンク品質の低下による経路切替を説明するための第1および第2の概念図である。

【0194】

図16を参照して、端末装置1が無線インターフェース102~104によってそれぞれアクセスポイント10~12と無線通信を行なっている場合を想定する。

【0195】

端末装置1の通信手段108は、無線インターフェース102~104がそれぞれアクセスポイント10~12からビーコンフレームBcon10~Bcon12を受信したと

50

きの受信信号強度RSSI10～RSSI12の平均値RSSI10_AVE～RSSI12_AVEを定期的に取り得する。

【0196】

そして、端末装置1の通信手段108は、平均値RSSI10_AVE～RSSI12_AVEをしきい値RSSI_{th}と比較し、平均値RSSI10_AVE～RSSI12_AVEがしきい値RSSI_{th}よりも小さいとき、リンク品質が低下したと判定する。

【0197】

この場合、平均値RSSI10_AVE、RSSI11_AVE $\geq$ RSSI_{th}であり、RSSI12_AVE<RSSI_{th}であるとする。

【0198】

そうすると、端末装置1の通信手段108は、無線インターフェース104ーアクセスポイント12間のリンク品質が低下したことを検知する。

【0199】

また、端末装置1の通信手段108は、上述した（手順1）～（手順3）に従って、端末装置1ーアクセスポイント10～14間のポテンシャルスループットPT10～PT14を演算する。

【0200】

その後、端末装置1の通信手段108は、ポテンシャルスループットPT10～PT14のうち、ポテンシャルスループットPT13が最も大きいことを検知する。そうすると、端末装置1の通信手段108は、アクセスポイント13からの受信信号強度RSSIがしきい値RSSI_{th}よりも大きく、かつ、ポテンシャルスループットPT13が無線インターフェース104で得られているスループットよりも大きい場合、無線インターフェース104の接続先をアクセスポイント12からアクセスポイント13へ切り替える。即ち、端末装置1の通信手段108は、端末装置1ーアクセスポイント12間の無線リンクを端末装置1ーアクセスポイント13間の無線リンクに切り替える（図17参照）。

【0201】

なお、端末装置1の通信手段108は、無線インターフェース102ーアクセスポイント10間のリンク品質または無線インターフェース103ーアクセスポイント11間のリンク品質が低下した場合も、上述した方法によって、経路を切り替える。

【0202】

これによって、端末装置1は、最大のスループットで無線通信を行なう。

【0203】

従って、ユーザに提供するスループットを最大化できる。

【0204】

〔過負荷に伴う経路切替〕

図18および図19は、それぞれ、過負荷に伴う経路切替を説明するための第1および第2の概念図である。

【0205】

図18を参照して、端末装置1～6は、1つの無線インターフェース（無線インターフェース102～104のいずれか）を用いてインフラストラクチャモードでアクセスポイント10に接続している。

【0206】

また、端末装置7、8は、1つの無線インターフェース（無線インターフェース102～104のいずれか）を用いてインフラストラクチャモードでそれぞれアクセスポイント11、12に接続している。

【0207】

そして、端末装置1～8のうち、端末装置3がアクセスポイント12に接続可能であり、端末装置5、6がアクセスポイント11とアクセスポイント12とに接続可能であり、端末装置8は、アクセスポイント10および11に接続可能である。

【0208】

10

20

30

40

50

監視サーバ50は、端末装置1～8におけるトラフィックレート $TrafficRate_{STA1} \sim TrafficRate_{STA8}$ 、伝送レート $TxRate_{STA1} \sim TxRate_{STA8}$ 、総入力レート $IncomingRate_{STA1} \sim IncomingRate_{STA8}$ 、および総出力レート $OutgoingRate_{STA1} \sim OutgoingRate_{STA8}$ を端末装置1～8から受信して管理している。

【0209】

また、監視サーバ50は、接続先をアクセスポイント12へ切替え可能な端末装置3, 5, 6がアクセスポイント12からのビーコンフレームを受信した時に測定した $RSSI_{12_3}$, $RSSI_{12_5}$, $RSSI_{12_6}$ を端末装置3, 5, 6から受信する。そして、監視サーバ50は、接続先をアクセスポイント11へ切替え可能な端末装置5, 6, 8がアクセスポイント11からのビーコンフレームを受信した時に測定した $RSSI_{11_5}$, $RSSI_{11_6}$, $RSSI_{11_8}$ を端末装置5, 6, 8から受信する。更に、監視サーバ50は、接続先をアクセスポイント10へ切替え可能な端末装置8がアクセスポイント10からのビーコンフレームを受信した時に測定した $RSSI_{10_8}$ を端末装置8から受信する。そして、監視サーバ50は、 $RSSI_{12_3}$, $RSSI_{12_5}$, $RSSI_{12_6}$; $RSSI_{11_5}$, $RSSI_{11_6}$, $RSSI_{11_8}$; $RSSI_{10_8}$ を管理する。

【0210】

更に、監視サーバ50は、アクセスポイント10～12におけるチャネル占有率 $ATRA_{P10} \sim ATRA_{P12}$ をアクセスポイント10～12から受信して管理している。

【0211】

更に、監視サーバ50は、アクセスポイント10～12における総入力レートと、総出力レートとをアクセスポイント10～12から受信して管理している。

【0212】

経路制御装置60の制御モジュール63は、トラフィックレート $TrafficRate_{STA1} \sim TrafficRate_{STA8}$ 、伝送レート $TxRate_{STA1} \sim TxRate_{STA8}$ 、総入力レート $IncomingRate_{STA1} \sim IncomingRate_{STA8}$ 、総出力レート $OutgoingRate_{STA1} \sim OutgoingRate_{STA8}$ 、伝送レート $TxRate_{AP10} \sim TxRate_{AP12}$ 、 $RSSI_{10_8}$, $RSSI_{11_8}$, $RSSI_{11_5}$, $RSSI_{11_6}$, $RSSI_{12_3}$, $RSSI_{12_5}$, $RSSI_{12_6}$ およびチャネル占有率 $ATRA_{P10} \sim ATRA_{P12}$ 、総入力レート $IncomingRate_{AP10} \sim IncomingRate_{AP12}$ および総出力レート $OutgoingRate_{AP10} \sim OutgoingRate_{AP12}$ を監視サーバ50から取得する。

【0213】

そして、経路制御装置60の制御モジュール63は、端末装置1～8の総入力レート $IncomingRate_{STA1} \sim IncomingRate_{STA8}$ 、および総出力レート $OutgoingRate_{STA1} \sim OutgoingRate_{STA8}$ と、アクセスポイント10～12の総入力レート $IncomingRate_{AP10} \sim IncomingRate_{AP12}$ および総出力レート $OutgoingRate_{AP10} \sim OutgoingRate_{AP12}$ とに基づいて、端末装置1～8およびアクセスポイント10～12において過負荷が発生しているか否かを判定する。

【0214】

より具体的には、経路制御装置60の制御モジュール63は、総入力レート $IncomingRate_{STA1}$ が総出力レート $OutgoingRate_{STA1}$ よりも大きいかな否かを判定することによって端末装置1において過負荷が発生しているかな否かを判定する。端末装置2～8およびアクセスポイント10～12についても同様である。

【0215】

その結果、経路制御装置60の制御モジュール63は、端末装置1において過負荷が発生していることを検知する（図18参照）。

【0216】

経路制御装置60の制御モジュール63は、端末装置1において過負荷が発生していることを検知すると、インフラストラクチャモードでアクセスポイント10に接続し、かつ、他の端末装置へ中継を行っていない端末装置を端末装置1～6から選択する。

【0217】

この場合、端末装置1～6の全てが他の端末装置へ中継を行っていないものとする。

【0218】

その後、経路制御装置60の制御モジュール63は、接続先を切替え可能な端末装置3, 5, 6のトラフィックレート $TrafficRate_{STA3}$, $TrafficRate_{STA5}$, $TrafficRate_{STA6}$ 、および伝送レート $TxRate_{STA3}$, $TxRate_{STA5}$, $TxRate_{STA6}$ に基づいて、端末装置3, 5, 6における負荷 $Load_{STA3}$, $Load_{STA5}$, $Load_{STA6}$ を式(9)または式(10)によって演算する。

10

【0219】

そして、経路制御装置60の制御モジュール63は、負荷 $Load_{STA3}$, $Load_{STA5}$, $Load_{STA6}$ を大きい順に並べた負荷リストLADを作成する。

【0220】

図20は、負荷リストの概念図である。図20を参照して、負荷リストLADは、負荷とアドレスとからなる。負荷およびアドレスは、相互に対応付けられる。

20

【0221】

負荷は、上述した方法によって演算された負荷からなる。アドレスは、対応する負荷を有する端末装置のMACアドレスからなる。

【0222】

負荷 $Load_{STA3}$, $Load_{STA5}$, $Load_{STA6}$ は、 $Load_{STA5} > Load_{STA6} > Load_{STA3}$ の関係を有するものとする。

【0223】

そうすると、経路制御装置60の制御モジュール63は、負荷リストLADを参照して、端末装置3, 5, 6のうち、最も大きい負荷を有する端末装置5を選択する。

【0224】

そして、経路制御装置60の制御モジュール63は、端末装置5が接続する可能性があるアクセスポイント11, 12におけるチャネル占有率 $ATRA_{P11}$, $ATRA_{P12}$ および $RSSI_{11_5}$, $RSSI_{12_5}$ に基づいて、端末装置5をアクセスポイント11, 12へ切り替えたときに使用できるポテンシャルスループット PT_{11_5} , PT_{12_5} を上述した方法によって算出する。

30

【0225】

その後、経路制御装置60の制御モジュール63は、端末装置5のトラフィックレート $TrafficRate_{STA5}$ およびアクセスポイント11, 12におけるポテンシャルスループット PT_{11_5} , PT_{12_5} に基づいて、 $TrafficRate_{STA5} < PT_{11_5}$ および $TrafficRate_{STA5} < PT_{12_5}$ のいずれが成立するかを判定する。そして、経路制御装置60の制御モジュール63は、 $TrafficRate_{STA5} < PT_{11_5}$ および $TrafficRate_{STA5} < PT_{12_5}$ の両方が成立すると判定し、ポテンシャルスループット PT_{11_5} , PT_{12_5} の大きい順に並べた接続先アクセスポイントリスト LAP_{STA-5} を作成する。

40

【0226】

接続先アクセスポイントリスト LAP_{STA-5} は、 $PT_{11_5} > PT_{12_5}$ である場合、 $LAP_{STA-5} = [PT_{11_5} : MAC_{add11} / PT_{12_5} : MAC_{add12}]$ からなる。

【0227】

引き続き、経路制御装置60の制御モジュール63は、過負荷が検知された端末装置1における総入力レート $IncomingRate_{STA1}$ および総出力レート $Outg$

50

o i n g R a t e_{S T A 1}に基づいて、移動量 $S h i f t R a t e = I n c o m i n g R a t e_{S T A 1} - O u t g o i n g R a t e_{S T A 1}$ を演算する。

【0228】

そして、経路制御装置60の制御モジュール63は、端末装置3を経路切替リスト $M L = \{N u l l\}$ に追加する ($M L = \{S T A 5 \rightarrow A P 1 1\}$)。つまり、経路制御装置60は、端末装置5をアクセスポイント11へ移動させることを決定する。

【0229】

その後、経路制御装置60の制御モジュール63は、端末装置5をアクセスポイント11へ移動させた後のアクセスポイント10のローカルネットワークにおける負荷 $S h i f t R a t e$ を $S h i f t R a t e = S h i f t R a t e - T r a f f i c R a t e_{S T A 5}$ によって演算する。

【0230】

引き続き、経路制御装置60の制御モジュール63は、端末装置5をアクセスポイント11へ移動させた後のアクセスポイント11におけるチャネル占有率 $A T R_{A P 1 1}$ を $A T R_{A P 1 1} = A T R_{A P 1 1} + T r a f f i c R a t e_{S T A 5} \times t_{S T A 5, A P 1 1}$ によって算出する。

【0231】

ここで、 $t_{S T A 5, A P 1 1}$ は、 $R S S I_{1 1 \sim 5}$ に基づいて、式(2)を用いて計算された1ビット当たりの送信所要時間である。

【0232】

そして、経路制御装置60の制御モジュール63は、既に演算した端末装置5の接続先の切替後の負荷 $S h i f t R a t e$ が“0”よりも小さいか否かを判定する。

【0233】

$S h i f t R a t e < 0$ である場合、経路制御装置60の制御モジュール63は、端末装置5の接続先の切替を決定し、接続先(=アクセスポイント11)を端末装置5へ送信する。

【0234】

そして、端末装置5は、経路制御装置60から接続先(=アクセスポイント11)を受信し、接続先をアクセスポイント10からアクセスポイント11に切り替える(図19参照)。

【0235】

一方、 $S h i f t R a t e \geq 0$ である場合、経路制御装置60の制御モジュール63は、負荷リスト $L A D$ に基づいて、端末装置6を検出し、端末装置6を移動させるか否かを上述した方法によって決定する。

【0236】

そして、経路制御装置60の制御モジュール63は、 $S h i f t R a t e < 0$ になるまで、負荷リスト $L A D$ に基づいて、移動させる端末装置6, 3を順次選択し、その選択した端末装置6, 3を移動させるか否かを判定する。

【0237】

このように、経路制御装置60は、過負荷になった端末装置1を検知し、過負荷になった端末装置1と同じローカルネットワーク内に存在する端末装置1~6を負荷の多い順に他のアクセスポイント11, 12のローカルネットワーク内へ移動させる。従って、過負荷が発生した端末装置をアクセスポイント11, 12のローカルネットワーク内へ移動させない場合もある。

【0238】

その結果、アクセスポイント10~12のローカルネットワークにおいて過負荷が発生せず、通信ネットワークシステム100全体のスループットが向上する。

【0239】

従って、ユーザに供給するスループットを最大化できる。

【0240】

10

20

30

40

50

なお、この発明の実施の形態においては、各アクセスポイント10～21において過負荷を検知した場合にも、その過負荷が検知されたローカルネットワーク内の端末装置を上記した方法によって他のローカルネットワークへ移動させる。

【0241】

また、この発明の実施の形態においては、端末装置1～9またはアクセスポイント10～21が過負荷を検知してもよい。この場合、端末装置1～9またはアクセスポイント10～21の各々は、自己における過負荷を検知すると、経路切替要求と、移動量Shift Rateとを経路制御装置60へ送信する。そして、経路制御装置60は、経路切替要求に基づいて、上記した方法によって、過負荷が発生しないように、端末装置の接続先を切り替える。

10

【0242】

図21は、過負荷に伴う自律的な経路切替の概念図である。図21を参照して、端末装置5は、端末装置2を介してアクセスポイント11とマルチホップで無線通信を行なっている。

【0243】

最も下位に位置する端末装置5は、上記した方法によって、自己が過負荷であることを自律的に検知すると、端末装置1～4が自己の周辺に存在することを上記した方法によって検知する。

【0244】

そして、端末装置5は、端末装置1～4からのビーコンフレームBcon1～Bcon4に基づいて、上記した方法によって、端末装置1～4を経由した場合のエンド・エンドのポテンシャルスループットEPT(5-1-10)、EPT(5-2-11)、EPT(5-3-12)、EPT(5-4-12)を演算する。

20

【0245】

その後、端末装置5は、ポテンシャルスループットEPT(5-1-10)、EPT(5-2-11)、EPT(5-3-12)、EPT(5-4-12)から最大のポテンシャルスループットEPT(5-1-10)を選択し、ポテンシャルスループットEPT(5-1-10)が自端末でのIncoming Rateよりも大きい場合、端末装置5-端末装置2-アクセスポイント11からなる経路を端末装置5-端末装置1-アクセスポイント10からなる経路に切り替える。

30

【0246】

その結果、端末装置5を送信元または送信先とする通信のスループットが向上する。

【0247】

従って、ユーザに提供するスループットを最大化できる。

【0248】

なお、上記においては、総入力レートが総出力レートよりも大きいとき、過負荷であると判定すると説明したが、この発明の実施の形態においては、これに限らず、総入力レートから総出力レートを減算した減算結果が一定時間以上の間、正であれば、過負荷であると判定するようにしてもよい。この場合、一定時間は、10秒よりも短い時間であって、経路切替に要する時間よりも長い時間に設定される。

40

【0249】

また、この発明の実施の形態においては、端末装置1～9およびアクセスポイント10～21の出力キューの長さが任意の閾値を一定時間以上越える場合に過負荷と判定するようにしてもよい。

【0250】

更に、上記においては、端末装置1～9の各々は、3個の無線インターフェース102～104を備えると説明したが、この発明の実施の形態においては、これに限らず、端末装置1～9の各々は、i(iは正の整数)個の無線インターフェースを備えていればよい。

【0251】

50

無線インターフェースの個数が1個である場合、上述した(手順1)～(手順3)によって選択される接続先のアクセスポイントは、最大のポテンシャルスループットを有するアクセスポイントである。

【0252】

更に、初期経路選択においては、一般的に、 j (j は正の整数) 個のアクセスポイントがビーコンフレームを定期的に送信し、端末装置1～9の各々は、 j 個のビーコンフレームのうち、 k (k は $1 \leq k \leq j$ を満たす整数) 個のビーコンフレームを受信する。

【0253】

更に、この発明の実施の形態においては、通信ネットワークシステム100は、端末装置1～9と、アクセスポイント10～21とを備えていればよい。端末装置1～9と、アクセスポイント10～21とを備えていれば、上述した初期経路選択、リンク品質の低下に伴う経路切替、および自律的な経路切替によって、通信ネットワークシステム100におけるスループットが向上し、ユーザに提供するスループットを最大化できるからである。

【0254】

なお、この発明の実施の形態においては、端末装置1～9の各々において、ビーコンフレームまたはルータ広告を受信する無線インターフェース102～104の各々は、「受信手段」を構成し、ビーコンフレームまたはルータ広告を受信したときの受信信号強度を検出する無線インターフェース102～104の各々は、「検出手段」を構成し、上述した方法によって、複数のアクセスポイントとの間の経路における複数のポテンシャルスループットPTを演算する通信手段108は、「演算手段」を構成し、複数のポテンシャルスループットPTに基づいてポテンシャルスループットの大きい順に接続先のアクセスポイントを選択する通信手段108は、「選択手段」を構成する。

【0255】

また、この発明の実施の形態においては、端末装置1～9の各々において、リンク品質が低下した場合に経路を切り替える通信手段108は、「切替手段」を構成する。

【0256】

更に、この発明の実施の形態においては、端末装置1～9の各々において、過負荷を検知する通信手段108は、「検知手段」を構成し、過負荷の検知に伴って経路を切り替える通信手段108は、「切替手段」を構成する。

【0257】

更に、この発明の実施の形態においては、経路制御装置60において、過負荷を検知する制御モジュール63は、「検知手段」を構成し、過負荷が検知された端末装置におけるトラフィックレートよりも大きいポテンシャルスループットを有するアクセスポイントを検出する制御モジュール63は、「検出手段」を構成し、接続先を送信する制御モジュール63は、「切替手段」を構成し、経路切替要求を端末装置1～9から受信する制御モジュール63は、「受信手段」を構成する。

【0258】

更に、この発明の実施の形態においては、ビーコンフレームまたはルータ広告は、「制御フレーム」を構成する。

【0259】

更に、この発明の実施の形態においては、端末装置1～9が送信する経路切替要求は、「過負荷通知」を構成する。

【0260】

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】

【0261】

この発明は、ユーザに提供するスループットを最大化する端末装置に適用される。また、この発明は、ユーザに提供するスループットを最大化するように経路制御を行なう経路制御装置に適用される。更に、この発明は、ユーザに提供するスループットを最大化する端末装置を備えた通信ネットワークシステムに適用される。

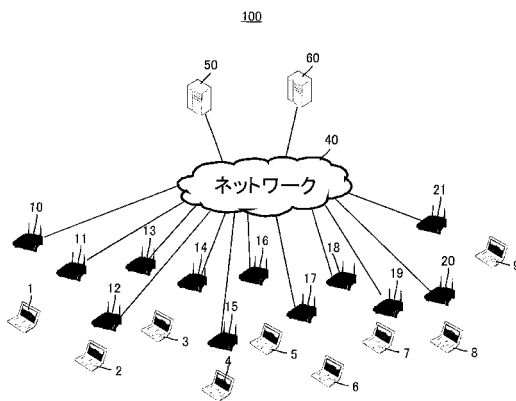
【符号の説明】

【0262】

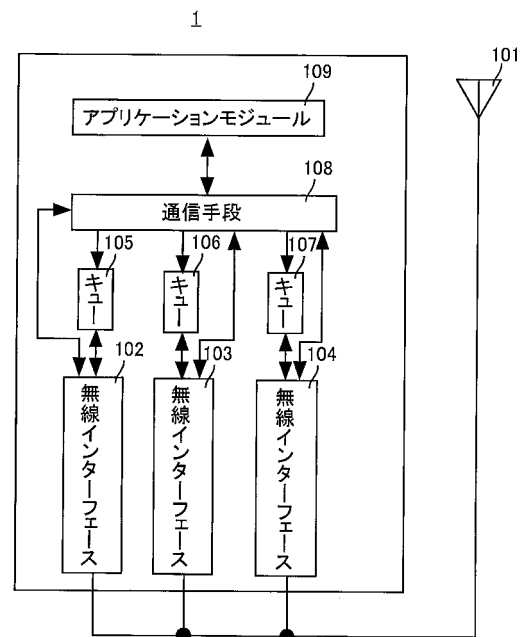
1～9 端末装置、10～21 アクセスポイント、31, 34 タイマー、32, 33 カウンタ、35 処理手段、40 ネットワーク、50 監視サーバ、60 経路制御装置、61, 115 有線インターフェース、62, 108, 114 通信手段、63 制御モジュール、100 通信ネットワークシステム、101, 111 アンテナ、102～104, 112 無線インターフェース、105～107, 113 キュー、109 アプリケーションモジュール。

10

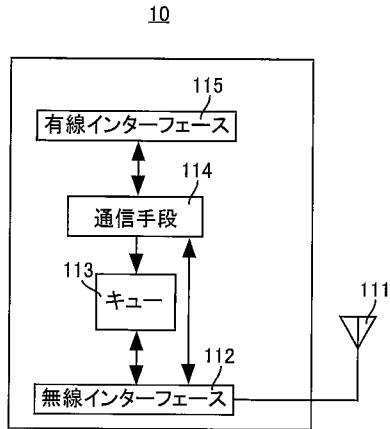
【図1】



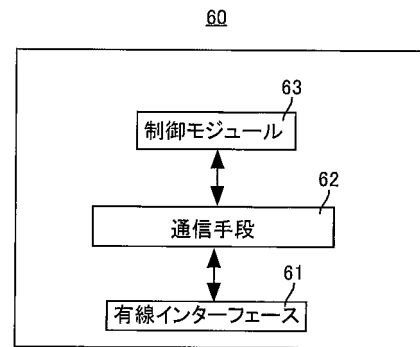
【図2】



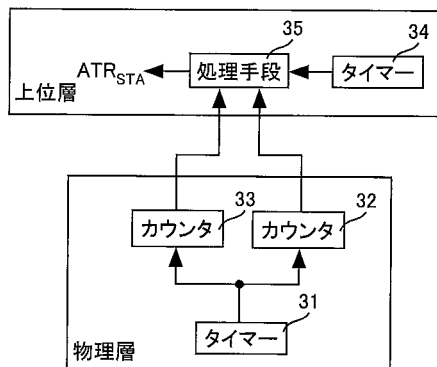
【図 3】



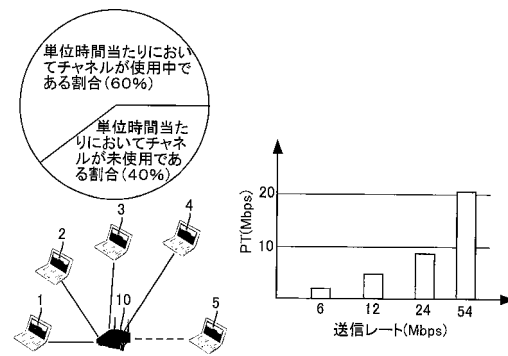
【図 4】



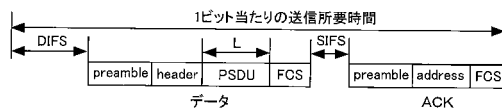
【図 5】



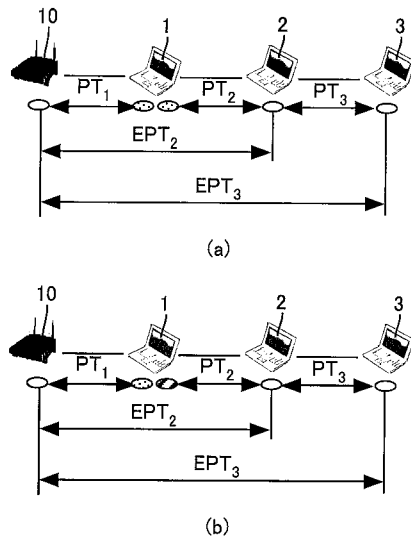
【図 7】



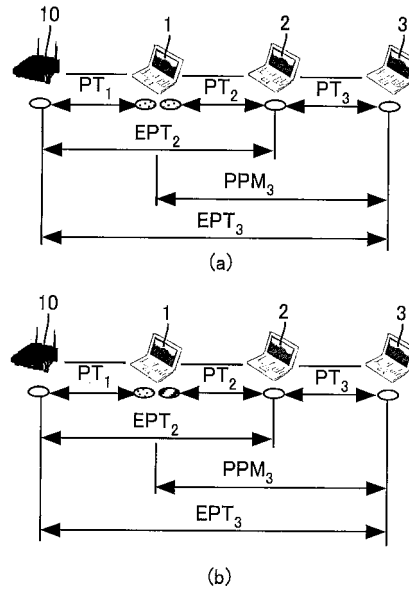
【図 6】



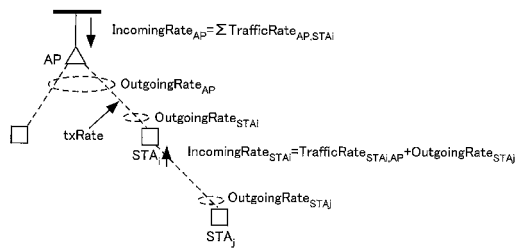
【図 8】



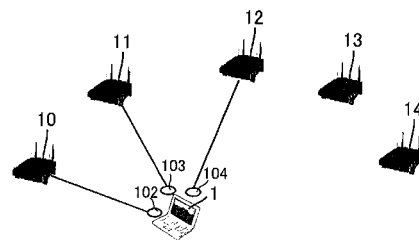
【図 9】



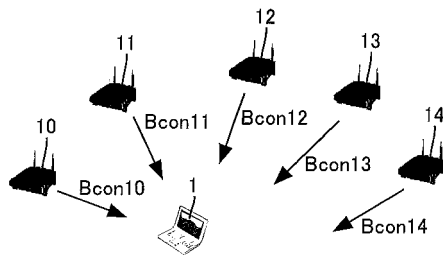
【図 10】



【図 12】



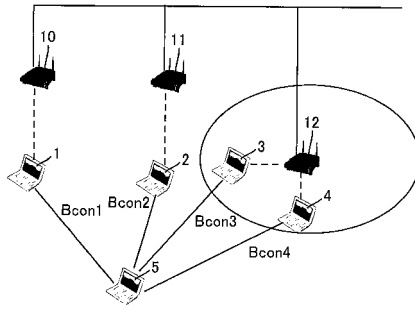
【図 11】



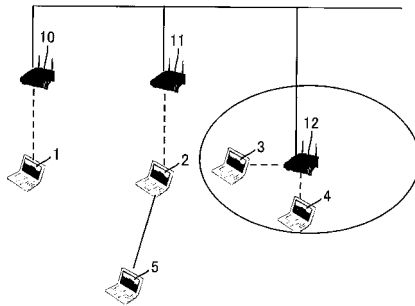
【図 13】

PT	アクセスポイント
PT10	MACadd10
PT11	MACadd11
PT12	MACadd12
PT13	MACadd13
PT14	MACadd14

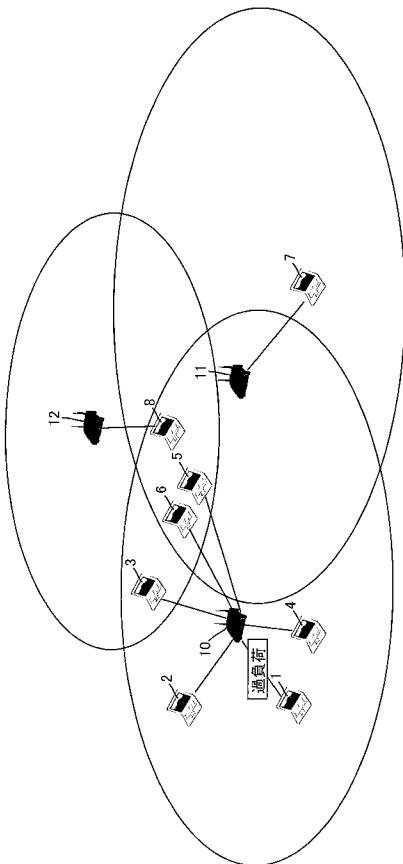
【図 14】



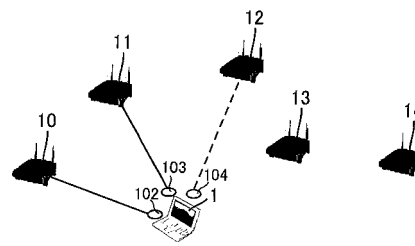
【図 15】



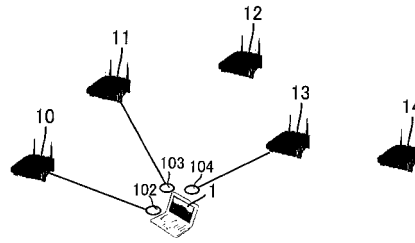
【図 18】



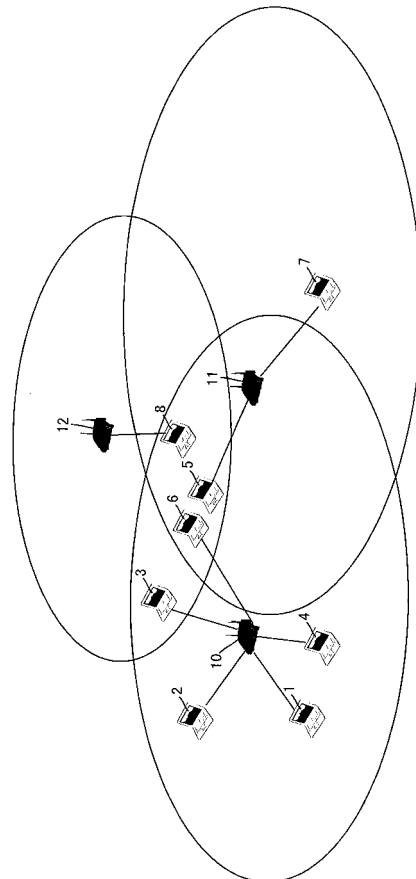
【図 16】



【図 17】



【図 19】

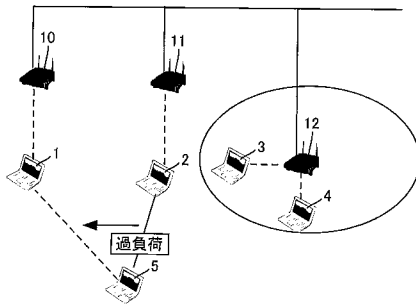


【図 20】

LAD

負 荷	アドレス
Load _{STA5}	MACadd5
Load _{STA6}	MACadd6
Load _{STA3}	MACadd3

【図 21】



フロントページの続き

- (72)発明者 玉井 森彦
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 酒井 憲吾
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 瀧本 栄二
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 四方 博之
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 長谷川 晃朗
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 植田 哲郎
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 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 大濱 宏之

- (56)参考文献 特開2008-245011 (JP, A)
特開2007-74193 (JP, A)
シャグダル オユーンチメグ, 湯 素華, 谷口 典之, 玉井 森彦, 長谷川 晃朗, 四方 博之, 三浦 竜, 植田 哲郎, 小花 貞夫, B-5-99 公衆自営連携コグニティブ無線アクセスネットワークにおける経路選択方式の評価, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集 2010年_通信(1), 453, 2010年 8月31日, p.453

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04B 7/24-7/26
H04W 4/00-99/00