

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4761306号
(P4761306)

(45) 発行日 平成23年8月31日(2011.8.31)

(24) 登録日 平成23年6月17日(2011.6.17)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4W 40/02	(2009.01)	HO4Q	7/00	341	
HO4W 48/18	(2009.01)	HO4Q	7/00	413	
HO4W 84/12	(2009.01)	HO4L	12/28	300Z	

請求項の数 14 (全 43 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-62018 (P2006-62018)</p> <p>(22) 出願日 平成18年3月8日(2006.3.8)</p> <p>(65) 公開番号 特開2007-104629 (P2007-104629A)</p> <p>(43) 公開日 平成19年4月19日(2007.4.19)</p> <p>審査請求日 平成20年10月21日(2008.10.21)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2005-257651 (P2005-257651)</p> <p>(32) 優先日 平成17年9月6日(2005.9.6)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本国(JP)</p> <p>(出願人による申告)平成17年12月20日付け、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「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、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出願</p>	<p>(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</p> <p>(74) 代理人 100112715 弁理士 松山 隆夫</p> <p>(74) 代理人 100085213 弁理士 鳥居 洋</p> <p>(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</p> <p>(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</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 無線通信ネットワークシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

相互に異なる複数の無線システムを装備し、各々が装備した無線システムを用いて無線通信を行なう複数の基地局と、

各々が前記複数の無線システムおよびマルチホップ無線システムから選択された少なくとも一つの無線システムを用いて前記複数の基地局の少なくとも一つの基地局にアクセスする複数の無線装置と、

前記複数の無線装置における待機トラフィック数が相対的に少なくなるように前記複数の無線システムおよび前記マルチホップ無線システムから少なくとも一つの無線システムを選択するとともに、前記選択した少なくとも一つの無線システムによる無線通信を行なうための経路を決定し、その決定した経路によって前記少なくとも一つの基地局にアクセスするように前記複数の無線装置を制御する制御手段とを備え、

前記待機トラフィック数は、一つの無線装置と前記一つの無線装置に隣接する無線装置との間のリンクにおける通信容量から前記一つの無線装置におけるトラフィックの平均発生率を減算した減算結果の逆数に前記平均発生率を乗算した乗算結果からなる、無線通信ネットワークシステム。

【請求項2】

前記制御手段を搭載し、前記制御手段によって決定された経路を選択するための経路選択情報を生成して前記複数の無線装置へ送信する経路制御局を更に備え、

前記複数の無線装置の各々は、

前記複数の基地局に対応して設けられ、前記異なる複数の無線システムを装備するとともに各々が装備した無線システムによる無線通信を行なうための経路を介して対応する基地局にアクセスする複数の無線モジュールと、

マルチホップ無線システムによる無線通信を実現するための経路を介して前記複数の基地局のいずれかにアクセスするマルチホップ無線モジュールと、

前記経路制御局からの経路選択情報によって示される経路を用いて、所望の基地局へアクセスするように前記複数の無線モジュールおよび前記マルチホップ無線モジュールを統合的に制御する制御モジュールとを含み、

前記制御モジュールは、前記経路制御局から送信された前記経路選択情報によって示された経路を用いて前記少なくとも1つの基地局にアクセスするように前記複数の無線モジュールおよび前記マルチホップ無線モジュールを統合的に制御する、請求項1に記載の無線通信ネットワークシステム。

10

【請求項3】

前記経路制御局は、前記マルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を少なくとも含む経路選択情報を生成して前記複数の無線装置へ送信する、請求項2に記載の無線通信ネットワークシステム。

【請求項4】

前記経路制御局は、前記マルチホップ無線システムによる無線通信を用いない場合の当該無線通信ネットワークシステムにおける総待機トラフィック数と、前記複数の無線システムに含まれる第1の無線システムによる無線通信を行なうための経路から前記マルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための第1の経路に切替えた場合の前記複数の無線装置における待機トラフィック数の最小値である第1の最小トラフィック数と、前記複数の無線システムに含まれる第2の無線システムによる無線通信を行なうための第2の経路と前記第1の経路とを同時に使用した場合の前記複数の無線装置における待機トラフィック数の最小値である第2の最小トラフィック数とを演算するとともに、前記演算した総待機トラフィック数と前記演算した第1および第2の最小トラフィック数とに基づいて、前記第1の経路、または前記第1および第2の経路を選択し、その選択した経路を示す経路選択情報を生成して前記複数の無線装置へ送信する、請求項2または請求項3に記載の無線通信ネットワークシステム。

20

【請求項5】

前記経路制御局は、前記第1の最小トラフィック数が前記総待機トラフィック数および前記第2の最小トラフィック数よりも小さいとき、前記第1の経路を示す経路選択情報を生成して前記複数の無線装置へ送信する、請求項4に記載の無線通信ネットワークシステム。

30

【請求項6】

前記経路制御局は、前記第2の最小トラフィック数が前記総待機トラフィック数および前記第1の最小トラフィック数よりも小さいとき、前記同時に使用される第1および第2の経路を示す経路選択情報を生成して前記複数の無線装置へ送信する、請求項4に記載の無線通信ネットワークシステム。

【請求項7】

前記複数の無線システムは、無線通信領域の広さが相互に異なり、

前記第2の経路は、前記複数の無線システムのうち前記無線通信領域が相対的に狭い無線システムによる無線通信を行なうための経路である、請求項6に記載の無線通信ネットワークシステム。

40

【請求項8】

前記複数の無線システムは、通信速度が相互に異なり、

前記第2の経路は、前記複数の無線システムのうち前記通信速度が相対的に速い無線システムによる無線通信を行なうための経路である、請求項6に記載の無線通信ネットワークシステム。

【請求項9】

50

前記制御手段は、

前記複数の無線装置における待機トラフィック数が相対的に少なくなるように前記マルチホップ無線システムを少なくとも選択する選択手段と、

前記マルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路の探索を指示する指示手段と、

前記指示手段からの指示に応じて、前記マルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を探索する経路探索手段とを含み、

前記複数の無線装置の各々は、前記選択手段によって前記マルチホップ無線システムが選択されると、前記経路探索手段によって探索された経路に沿って前記少なくとも1つの基地局へアクセスする、請求項1に記載の無線通信ネットワークシステム。

10

【請求項10】

前記複数の基地局は、

無線通信領域が最も広い広域基地局と、

前記広域基地局の無線通信領域内に配置され、各々が前記広域基地局の無線通信領域よりも狭い無線通信領域を有する複数の狭域基地局とを含み、

前記選択手段および前記指示手段は、前記広域基地局に搭載され、

前記経路探索手段は、前記複数の無線装置および前記複数の狭域基地局に搭載され、各々が当該無線装置または当該狭域基地局における待機トラフィック数が最小となる経路を探索する複数の探索手段を含み、

前記指示手段は、前記経路の探索を前記複数の探索手段に指示し、

20

前記複数の探索手段の各々は、前記指示手段から前記指示を受信すると、自己が搭載された無線装置または狭域基地局における待機トラフィック数の初期値を生成して自己以外の全ての探索手段へ送信する第1の探索処理と、自己以外の他の探索手段から前記初期値を受信すると、その受信した初期値を用いて自己が搭載された無線装置または狭域基地局における少なくとも1つの待機トラフィック数を演算するとともに、その演算した少なくとも1つの待機トラフィック数のうち最小の待機トラフィック数である第1の待機トラフィック数を検出し、その検出した第1の待機トラフィック数を自己以外の全ての探索手段へ送信する第2の探索処理と、自己以外の他の探索手段から前記第1の待機トラフィック数を受信すると、その受信した第1の待機トラフィック数を用いて自己が搭載された無線装置または狭域基地局における少なくとも1つの待機トラフィック数を演算するとともに、その演算した少なくとも1つの待機トラフィック数のうち最小の待機トラフィック数である第2の待機トラフィック数を検出し、その検出した第2の待機トラフィック数によって自己が搭載された無線装置または狭域基地局における最小の待機トラフィック数を更新し、前記第2の待機トラフィック数を自己以外の全ての探索手段へ送信する更新処理を繰り返し行なう第3の探索処理とを行ない、

30

前記複数の無線装置および前記複数の狭域基地局の各々は、前記最小の待機トラフィック数を有する経路を用いて前記マルチホップ無線システムによる無線通信を行なう、請求項9に記載の無線通信ネットワークシステム。

【請求項11】

前記指示手段は、前記待機トラフィック数の上限値を前記複数の無線装置および前記狭域基地局へ送信し、

40

前記複数の探索手段の各々は、前記上限値以下の待機トラフィック数の中から前記第1および第2の待機トラフィック数を検出し、前記第2および/または第3の探索処理において演算した少なくとも1つの待機トラフィック数の全てが前記上限値を越えたとき、前記第1および/または第2の待機トラフィック数の送信を中止し、

前記複数の無線装置および前記狭域基地局の各々は、自己における探索手段が前記第1および/または第2の待機トラフィック数の送信を中止したとき、前記マルチホップ無線システムによる無線通信を中止する、請求項10に記載の無線通信ネットワークシステム。

【請求項12】

50

前記指示手段は、前記第1から第3の探索処理を行なうための一定期間を前記複数の無線装置および前記狭域基地局へ送信し、

前記複数の探索手段の各々は、経路の探索を行なう期間が前記一定期間に達したとき、前記第1から第3の探索処理を停止する、請求項10または請求項11に記載の無線通信ネットワークシステム。

【請求項13】

前記一定期間は、前記複数の基地局および前記複数の無線装置の総数が相対的に多いとき、相対的に短い期間に設定され、前記複数の基地局および前記複数の無線装置の総数が相対的に少ないとき、相対的に長い期間に設定される、請求項12に記載の無線通信ネットワークシステム。

10

【請求項14】

前記指示手段は、前記更新処理の回数を前記複数の無線装置および前記狭域基地局へ送信し、

前記複数の探索手段の各々は、更新回数が前記更新処理の回数に達するまで前記更新処理を繰り返し行なう、請求項10から請求項13のいずれか1項に記載の無線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、無線通信ネットワークシステムに関し、特に、無線通信環境に適した無線システムを異なる複数の無線システムから選択して無線通信を行なう無線通信ネットワークシステムに関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

近年、携帯電話機、PHS(Personal Handyphone System)、IEEE802系の無線LAN(Local Area Network)およびBluetooth等の多様な無線システムの利用拡大が進んでいる。また、ユビキタス通信においては、センサーネットワークが構成され、ZigBee等の近距離無線システムの利用も予想される。

【0003】

このような、無線システムは、利用拡大と多様化とが急速に進み、異なる周波数帯域および異なる通信方式を持つ多様な無線システムが混在する無線通信環境となりつつあり、多様なアプリケーションの利用が期待されている。

30

【0004】

一方、無線リソースは、有限であるため、無線システムの利用拡大と多様化に従い、無線リソースの枯渇が懸念される。この問題を解決する技術として、コグニティブ無線技術が提案されている(非特許文献1)。

【0005】

そして、コグニティブ無線技術は、異なる複数の無線システムを装備した基地局と、同様に異なる複数の無線システムを装備した端末とのネットワークにおいて、無線通信状況およびユーザ要求に応じて、複数の無線システムを適宜使い分け、または同時に利用する技術である。

40

【非特許文献1】原田，“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”，信学技報，SR2005-17，pp.117-124，2005。

【非特許文献2】D. Bertsekas, and R. Gallager, Data Networks, Prentice-Hall Inc 1987.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、現在のコグニティブ無線ネットワークにおいては、複数の無線システムの各々は

50

、端末と基地局との間で、直接、無線通信を行なうものであるため、各端末が所望の基地局に高能率でアクセスすることが困難であるという問題がある。

【0007】

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、所望の基地局に高能率でアクセス可能な無線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】

【0008】

この発明によれば、無線通信ネットワークシステムは、複数の基地局と、複数の無線装置と、制御手段とを備える。複数の基地局は、相互に異なる複数の無線システムを装備し、各々が装備した無線システムを用いて無線通信を行なう。複数の無線装置は、各々が複数の無線システムおよびマルチホップ無線システムから選択された少なくとも1つの無線システムを用いて複数の基地局の少なくとも1つの基地局にアクセスする。制御手段は、複数の無線装置における待機トラフィック数が相対的に少なくなるように複数の無線システムおよびマルチホップ無線システムから少なくとも1つの無線システムを選択するとともに、選択した少なくとも1つの無線システムによる無線通信を行なうための経路を決定し、その決定した経路によって少なくとも1つの基地局にアクセスするように複数の無線装置を制御する。

【0009】

好ましくは、無線通信ネットワークシステムは、経路制御局を更に備える。経路制御局は、制御手段を搭載し、制御手段によって決定された経路を選択するための経路選択情報を生成して複数の無線装置へ送信する。複数の無線装置の各々は、複数の無線モジュールと、マルチホップ無線モジュールと、制御モジュールとを含む。複数の無線モジュールは、複数の基地局に対応して設けられ、異なる複数の無線システムを装備するとともに各々が装備した無線システムによる無線通信を行なうための経路を介して対応する基地局にアクセスする。マルチホップ無線モジュールは、マルチホップ無線システムによる無線通信を実現するための経路を介して複数の基地局のいずれかにアクセスする。制御モジュールは、経路制御局からの経路選択情報によって示される経路を用いて、所望の基地局へアクセスするように複数の無線モジュールおよびマルチホップ無線モジュールを統合的に制御する。そして、制御モジュールは、より好ましくは、経路制御局から送信された経路選択情報によって示された経路を用いて少なくとも1つの基地局にアクセスするように複数の無線モジュールおよびマルチホップ無線モジュールを統合的に制御する。

【0010】

好ましくは、経路制御局は、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を少なくとも含む経路選択情報を生成して複数の無線装置へ送信する。

【0011】

好ましくは、経路制御局は、マルチホップ無線システムによる無線通信を用いない場合の当該無線通信ネットワークシステムにおける総待機トラフィック数と、複数の無線システムに含まれる第1の無線システムによる無線通信を行なうための経路からマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための第1の経路に切替えた場合の複数の無線装置における待機トラフィック数の最小値である第1の最小トラフィック数と、複数の無線システムに含まれる第2の無線システムによる無線通信を行なうための第2の経路と第1の経路とを同時に使用した場合の複数の無線装置における待機トラフィック数の最小値である第2の最小トラフィック数とを演算するとともに、演算した総待機トラフィック数と演算した第1および第2の最小トラフィック数とに基づいて、第1の経路、または第1および第2の経路を選択し、その選択した経路を示す経路選択情報を生成して複数の無線装置へ送信する。

【0012】

好ましくは、経路制御局は、第1の最小トラフィック数が総待機トラフィック数および第2の最小トラフィック数よりも小さいとき、第1の経路を示す経路選択情報を生成して

10

20

30

40

50

複数の無線装置へ送信する。

【0013】

好ましくは、経路制御局は、第2の最小トラフィック数が総待機トラフィック数および第1の最小トラフィック数よりも小さいとき、同時に使用される第1および第2の経路を示す経路選択情報を生成して複数の無線装置へ送信する。

【0014】

好ましくは、複数の無線システムは、無線通信領域の広さが相互に異なる。第2の経路は、複数の無線システムのうち無線通信領域が相対的に狭い無線システムによる無線通信を行なうための経路である。

【0015】

好ましくは、複数の無線システムは、通信速度が相互に異なる。第2の経路は、複数の無線システムのうち通信速度が相対的に速い無線システムによる無線通信を行なうための経路である。

【0016】

好ましくは、制御手段は、選択手段と、指示手段と、経路探索手段とを含む。選択手段は、複数の無線装置における待機トラフィック数が相対的に少なくなるようにマルチホップ無線システムを少なくとも選択する。指示手段は、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路の探索を指示する。経路探索手段は、指示手段からの指示に応じて、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を探索する。そして、複数の無線装置の各々は、選択手段によってマルチホップ無線システムが選択されると、経路探索手段によって探索された経路に沿って少なくとも1つの基地局へアクセスする。

【0017】

好ましくは、複数の基地局は、広域基地局と、複数の狭域基地局とを含む。広域基地局は、無線通信領域が最も広い基地局である。複数の狭域基地局は、広域基地局の無線通信領域内に配置され、各々が広域基地局の無線通信領域よりも狭い無線通信領域を有する。選択手段および指示手段は、広域基地局に搭載される。経路探索手段は、複数の探索手段を含む。複数の探索手段は、複数の無線装置および複数の狭域基地局に搭載され、各々が当該無線装置または当該狭域基地局における待機トラフィック数が最小となる経路を探索する。指示手段は、経路の探索を複数の探索手段に指示する。複数の探索手段の各々は、指示手段から指示を受信すると、自己が搭載された無線装置または狭域基地局における待機トラフィック数の初期値を生成して自己以外の全ての探索手段へ送信する第1の探索処理と、自己以外の他の探索手段から初期値を受信すると、その受信した初期値を用いて自己が搭載された無線装置または狭域基地局における少なくとも1つの待機トラフィック数を演算するとともに、その演算した少なくとも1つの待機トラフィック数のうち最小の待機トラフィック数である第1の待機トラフィック数を検出し、その検出した第1の待機トラフィック数を自己以外の全ての探索手段へ送信する第2の探索処理と、自己以外の他の探索手段から第1の待機トラフィック数を受信すると、その受信した第1の待機トラフィック数を用いて自己が搭載された無線装置または狭域基地局における少なくとも1つの待機トラフィック数を演算するとともに、その演算した少なくとも1つの待機トラフィック数のうち最小の待機トラフィック数である第2の待機トラフィック数を検出し、その検出した第2の待機トラフィック数によって自己が搭載された無線装置または狭域基地局における最小の待機トラフィック数を更新し、第2の待機トラフィック数を自己以外の全ての探索手段へ送信する更新処理を繰り返し行なう第3の探索処理とを行なう。複数の無線装置および複数の狭域基地局の各々は、最小の待機トラフィック数を有する経路を用いてマルチホップ無線システムによる無線通信を行なう。

【0018】

好ましくは、指示手段は、待機トラフィック数の上限値を複数の無線装置および狭域基地局へ送信する。複数の探索手段の各々は、上限値以下の待機トラフィック数の中から第1および第2の待機トラフィック数を検出し、第2および/または第3の探索処理におい

10

20

30

40

50

て演算した少なくとも1つの待機トラフィック数の全てが上限値を越えたとき、第1および/または第2の待機トラフィック数の送信を中止する。複数の無線装置および狭域基地局の各々は、自己における探索手段が第1および/または第2の待機トラフィック数の送信を中止したとき、マルチホップ無線システムによる無線通信を中止する。

【0019】

好ましくは、指示手段は、第1から第3の探索処理を行なうための一定期間を複数の無線装置および狭域基地局へ送信する。複数の探索手段の各々は、経路の探索を行なう期間が一定期間に達したとき、第1から第3の探索処理を停止する。

【0020】

好ましくは、一定期間は、複数の基地局および複数の無線装置の総数が相対的に多いとき、相対的に短い期間に設定され、複数の基地局および複数の無線装置の総数が相対的に少ないとき、相対的に長い期間に設定される。

10

【0021】

好ましくは、指示手段は、更新処理の回数を複数の無線装置および狭域基地局へ送信する。複数の探索手段の各々は、更新回数が更新処理の回数に達するまで更新処理を繰り返し行なう。

【発明の効果】

【0022】

この発明による無線通信ネットワークシステムにおいては、待機トラフィック数が相対的に小さくなるように複数の無線システムおよびマルチホップ無線システムから少なくとも1つの無線システムが選択され、その選択された少なくとも1つの無線システムによる無線通信を行なうための経路を用いて所望の基地局へのアクセスが行なわれる。

20

【0023】

従って、この発明によれば、所望の基地局に高能率でアクセスできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

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。

【0025】

[実施の形態1]

30

図1は、この発明の実施の形態1による無線通信ネットワークシステムの概略図である。無線通信ネットワークシステム100は、無線WAN(Wide Area Network)端末1~4と、無線LAN端末5,6と、無線WAN基地局10と、無線LAN基地局20,30と、経路制御局40とを備える。

【0026】

無線LAN端末5および無線LAN基地局20は、無線LANセル60内に存在し、無線LAN端末6および無線LAN基地局30は、無線LANセル70内に存在する。そして、無線LAN端末5,6は、無線LANシステムによってそれぞれ無線LAN基地局20,30にアクセスする。

【0027】

40

無線WAN端末1~4、無線LAN端末5,6、無線WAN基地局10、および無線LAN基地局20,30は、無線WANセル80内に存在する。そして、無線WAN端末1~4は、無線WAN基地局10に独立にアクセスする。

【0028】

無線WAN基地局10、無線LAN基地局20,30および経路制御局40は、それぞれ、有線ケーブル41~44によってインターネット等のネットワーク50に接続される。また、端末51~54は、パーソナルコンピュータおよびサーバ等からなり、ネットワーク50に接続される。

【0029】

無線WAN端末1~4および無線LAN端末5,6の各々は、自己のIDを含むHe1

50

10 パケットを定期的送信するとともに、自己に隣接する無線LAN端末または無線WAN端末のIDからなる隣接端末リストと自己におけるトラフィック発生率とを無線WAN基地局10または無線LAN基地局20, 30へ送信する。

【0030】

また、無線WAN端末1~4および無線LAN端末5, 6の各々は、後述するように、複数の無線システムおよびマルチホップ無線システムを装備し、経路制御局40からの指示に従って、装備した複数の無線システムおよびマルチホップ無線システムを適宜使い分け、または同時に使用して所望の基地局にアクセスする。

【0031】

無線WAN基地局10または無線LAN基地局20, 30は、無線WAN端末1~4または無線LAN端末5, 6から隣接端末リストおよびトラフィック発生率を受信し、その受信した隣接端末リストおよびトラフィック発生率を有線ケーブル41~44を介して経路制御局40へ送信する。

10

【0032】

経路制御局40は、無線WAN基地局10または無線LAN基地局20, 30から隣接端末リストおよびトラフィック発生率を受信し、その受信した隣接端末リストに基づいて、無線通信ネットワークシステム100における無線WAN端末1~4および無線LAN端末5, 6のトポロジーを作成する。そして、経路制御局40は、その作成したトポロジーと、受信したトラフィック発生率とに基づいて、後述する方法によって、無線WAN端末1~4および無線LAN端末5, 6の各々が所望の基地局にアクセスするときの経路を選択し、その選択した経路を含む経路選択情報を生成して無線WAN端末1~4および無線LAN端末5, 6へ送信する。

20

【0033】

なお、無線通信ネットワークシステム100は、次の特徴を有する。

【0034】

(A)無線WAN基地局10がカバーする通信領域であるアクセスネットワーク内に、1個以上の無線LAN基地局が一様に分布する。そして、いずれの無線LAN基地局も、共通のアクセスネットワークに収容される。

【0035】

(B)無線WAN端末1~4および無線LAN端末5, 6は、無線WAN基地局10および無線LAN基地局20, 30と通信可能であり、マルチホップ端末間通信機能と、マルチホップ端末間通信から無線WAN基地局10または無線LAN基地局20, 30へ中継する機能とを有する。

30

【0036】

(C)無線WAN端末1~4および無線LAN端末5, 6は、無線WAN基地局10へのアクセス、無線LAN基地局20, 30へのアクセスおよびマルチホップ端末間通信の3種類の通信を同時に実施可能であり、これらの3種類の通信にトラフィックを分岐する機能を有する。

【0037】

図2は、図1に示す無線WAN端末1の構成を示す概略ブロック図である。無線WAN端末1は、アンテナ11と、無線モジュール12~14と、スイッチング手段15と、コントローラ16と、アプリケーションプロセッサ17と、バスBSとを含む。

40

【0038】

スイッチング手段15、コントローラ16およびアプリケーションプロセッサ17は、バスBSによって相互に接続される。無線モジュール12~14は、スイッチング手段15に接続される。

【0039】

アンテナ11は、無線通信空間を介して他の無線WAN端末または無線LAN端末からデータを受信し、その受信したデータを無線モジュール12~14の少なくとも1つへ出力するとともに、無線モジュール12~14の少なくとも1つからのデータを無線通信空

50

間を介して他の無線WAN端末または無線LAN端末へ送信する。

【0040】

無線モジュール12～14は、それぞれ、異なる無線システムを装備する。より具体的には、無線モジュール12は、無線WANシステム(IEEE802.16e)を装備し、無線モジュール13は、無線LANシステム(IEEE802.11gまたはIEEE802.11j)を装備し、無線モジュール14は、複数の端末を介して無線通信を行なうマルチホップ無線システムを装備する。

【0041】

そして、無線モジュール12は、無線WANシステムを用いてアンテナ11を介して無線WAN基地局10と無線通信を行なう。この場合、無線モジュール12は、2～11GHzの周波数、約15Mbpsの伝送速度、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)の変調方式およびCSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)のアクセス方式を用いる。

10

【0042】

また、無線モジュール13は、無線LANシステムを用いてアンテナ11を介して無線LAN基地局20または30と無線通信を行なう。この場合、無線モジュール13は、2.4GHzの周波数、54Mbpsの伝送速度、OFDMの変調方式およびCSMA/CAのアクセス方式を用いる。

【0043】

20

更に、無線モジュール14は、マルチホップ無線システムを用いて、無線WAN基地局10および無線LAN基地局20,30のいずれかを送信先とする無線通信経路を確立し、その確立した無線通信経路を介して送信先と無線通信を行なう。この場合、無線モジュール14は、2.4GHzの周波数、11Mbpsの伝送速度、DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)の変調方式およびCSMA/CAのアクセス方式を用いる。

【0044】

このように、無線モジュール12～14は、相互に異なる無線システムを装備し、その装備した無線システムを用いて、スイッチング手段15から受けたパケットをスイッチング手段15からの制御に従って単独または同時に送信する。

30

【0045】

スイッチング手段15は、バスBSを介してコントローラ16から経路選択情報を受け、その受けた経路選択情報によって示された経路を用いて所望の基地局(無線WAN基地局10および無線LAN基地局20,30のいずれか)にアクセスするように無線モジュール12～14を統合的に制御する。この場合、「統合的に制御する」とは、3個の無線モジュール12～14から選択した少なくとも1つの無線モジュールによって無線通信を実現するように無線モジュール12～14を全体的に制御することを言う。

【0046】

そして、スイッチング手段15は、経路選択情報によって示された経路を用いて無線通信を行なう無線モジュール(無線モジュール12～14の少なくとも1つの無線モジュール)へアプリケーションプロセッサ17から受けたパケットを送信する。

40

【0047】

コントローラ16は、他の無線WAN端末または他の無線LAN端末からHelloメッセージを受信するとともに、その受信したHelloメッセージから他の無線WAN端末のIDまたは他の無線LAN端末のIDを抽出し、その抽出したIDからなる隣接端末リストを作成する。

【0048】

また、コントローラ16は、無線WAN端末1におけるトラフィック発生率を取得する。

【0049】

50

更に、コントローラ 16 は、経路制御局 40 から経路選択情報を受信し、その受信した経路選択情報をスイッチング手段 15 へ送信する。

【0050】

アプリケーションプロセッサ 17 は、パケットを生成し、その生成したパケットをスイッチング手段 15 へ送信する。

【0051】

なお、図 1 に示す無線 W A N 端末 2 ~ 4 および無線 L A N 端末 5 , 6 の各々も、図 2 に示す無線 W A N 端末 1 の構成と同じ構成からなる。

【0052】

図 3 は、図 1 に示す無線 W A N 基地局 10 の一部の構成を示す概略図である。無線 W A N 基地局 10 は、図 2 に示す無線 W A N 端末 1 の無線モジュール 14 を削除したものであり、その他は、無線 W A N 端末 1 の構成と同じである。

【0053】

無線 W A N 基地局 10 においては、無線モジュール 12 は、無線 W A N システムを用いて無線 W A N 端末 1 ~ 4 と無線通信を行なうとともにマルチホップ無線システムを用いたマルチホップ無線通信によるパケットを無線 W A N 端末 1 ~ 4 から受信し、無線モジュール 13 は、無線 L A N システムを用いて無線 L A N 端末 5 , 6 と無線通信を行なうとともにマルチホップ無線システムを用いたマルチホップ無線通信によるパケットを無線 L A N 端末 5 , 6 から受信する。

【0054】

図 1 に示す無線 L A N 基地局 20 , 30 の各々も、図 3 に示す無線 W A N 基地局 10 と同じ構成からなる。

【0055】

図 1 に示す無線通信ネットワークシステム 100 においては、無線 W A N 端末 1 ~ 4、無線 L A N 端末 5 , 6、無線 W A N 基地局 10 および無線 L A N 基地局 20 , 30 の各々は、自己の ID を含む Hello メッセージを生成して定期的を送信する。そして、無線 W A N 端末 1 ~ 4、無線 L A N 端末 5 , 6、無線 W A N 基地局 10 および無線 L A N 基地局 20 , 30 の各々は、隣接する端末または基地局から Hello メッセージを受信し、その受信した Hello メッセージから隣接する端末または基地局の ID を抽出するとともに、その抽出した ID からなる隣接端末リストを作成する。

【0056】

また、無線 W A N 端末 1 ~ 4、無線 L A N 端末 5 , 6、無線 W A N 基地局 10 および無線 L A N 基地局 20 , 30 の各々は、自己におけるトラフィック発生率を演算する。

【0057】

そうすると、無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5 , 6 は、その演算したトラフィック発生率と、作成した隣接端末リストとを無線 W A N 基地局 10 または無線 L A N 基地局 20 , 30 へ送信する。また、無線 W A N 基地局 10 は、無線 W A N 端末 1 ~ 4 から受信した隣接端末リストおよびトラフィック発生率と、自己が作成した隣接端末リストおよびトラフィック発生率とを有線ケーブル 41 , 44 を介して経路制御局 40 へ送信する。更に、無線 L A N 基地局 20 , 30 は、無線 L A N 端末 5 , 6 から受信した隣接端末リストおよびトラフィック発生率と、自己が作成した隣接端末リストおよびトラフィック発生率とを有線ケーブル 42 ~ 44 を介して経路制御局 40 へ送信する。

【0058】

そして、経路制御局 40 は、無線 W A N 基地局 10 および無線 L A N 基地局 20 , 30 から隣接端末リストおよびトラフィック発生率を受信するとともに、その受信した隣接端末リストに基づいて、無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5 , 6 のトポロジーを認識し、その認識したトポロジーと、受信したトラフィック発生率とに基づいて、無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5 , 6 における待機トラフィック数が最小になるように経路を選択し、その選択した経路を示す経路選択情報を生成する。そうすると、経路制御局 40 は、その生成した経路選択情報を無線 W A N 基地局 10 を介して無線 W A N 端

10

20

30

40

50

末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5 , 6 へ送信する。

【 0 0 5 9 】

即ち、この発明においては、無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5 , 6 の各々が所望の基地局へアクセスする場合、経路制御局 4 0 は、無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5 , 6 における待機トラフィック数が最小になるように、無線 WAN システム、無線 LAN システムおよびマルチホップ無線システムの少なくとも 1 つを選択し、その選択した少なくとも 1 つの無線システムによる無線通信を行なうための経路を示す経路選択情報を作成して無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5 , 6 へ送信する。

【 0 0 6 0 】

そして、無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5 , 6 における待機トラフィック数が相対的に少なくなる場合としては、次の 2 つの無線通信方式を用いる場合がある。

【 0 0 6 1 】

(M T H 1) 無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5 , 6 のいずれかと無線 WAN 基地局 1 0 との間の直接通信をマルチホップ無線通信に切換えて無線通信を行なう無線通信方式。

【 0 0 6 2 】

(M T H 2) 無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5 , 6 のいずれかと無線 LAN 基地局 2 0 , 3 0 との直接通信と、マルチホップ無線通信との両方を併用する無線通信方式。

【 0 0 6 3 】

以下、無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5 , 6 のいずれかが所望の基地局に高能率でアクセスする場合の無線通信方式 M T H 1 , M T H 2 の有効性について説明する。

【 0 0 6 4 】

まず、無線通信方式 M T H 1 , M T H 2 の有効性を検証するための数理モデルについて説明する。

【 0 0 6 5 】

[数理モデル]

無線通信方式 M T H 1 , M T H 2 の有効性を検証するために、次の 3 つの経路が定義された。

【 0 0 6 6 】

(R 1) W - 経路

W - 経路は、無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5 , 6 のいずれかと無線 WAN 基地局 1 0 との間の直接通信による経路であり、単一リンクからなる。

【 0 0 6 7 】

(R 2) L - 経路

L - 経路は、無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5 , 6 のいずれかと無線 LAN 基地局 2 0 , 3 0 との間の直接通信による経路であり、単一リンクからなる。

【 0 0 6 8 】

(R 3) 端末連携アクセス経路

端末連携アクセス経路は、端末間のマルチホップ無線通信による基地局までの通信経路であり、複数のリンクが連結構成される。なお、以下においては、端末連携アクセス経路は、「マルチホップ無線通信経路」とも言う。

【 0 0 6 9 】

図 1 に示す無線通信ネットワークシステム 1 0 0 は、多数の端末から構成され、個々の端末におけるトラフィックは、無線通信ネットワークシステム 1 0 0 全体のトラフィックよりも十分に小さいと考えられる。

【 0 0 7 0 】

従って、上記の各経路 R 1 ~ R 3 を構成するリンクを M / M / 1 の待ち行列システムとして見なし、各リンクのコストを用いて無線通信方式 M T H 1 , 2 の有効性を検証する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 1 】

但し、検証においては、無線W A N 端末 1 ~ 4 および無線L A N 端末 5 , 6 のモビリティ、および再送などのプロトコルメカニズムを考慮せず、マルチホップ無線通信においては通信の分岐は行なわないものとする。

【 0 0 7 2 】

図 4 は、単一リンクおよび連結リンクを説明するための概念図である。M / M / 1 の待ち行列システムに従って、データの到着間隔は、ポアソン過程であり、そのデータの転送時間は、指数分布に従うものとする。

【 0 0 7 3 】

この場合、端末 i におけるデータの平均到着率、即ち、トラフィックの平均発生率を F_i (M b p s) とする。また、端末 i と端末 j との間の通信容量を C_{ij} (M b p s) とすると、データの平均転送率は C_{ij} となり、このリンクにおけるコスト d_{ij} は、次式によって表される (図 4 の (a) 参照) 。

【 0 0 7 4 】

【 数 1 】

$$d_{ij} = \frac{F_i}{C_{ij} - F_i} \quad \dots (1)$$

【 0 0 7 5 】

式 (1) は、リンクの平均通信遅延時間 $1 / (C_{ij} - F_i)$ にトラフィック F_i を乗じた関数であり、リンク内のトラフィック数となる。従って、この発明においては、コスト d_{ij} とは、「リンク内のトラフィック数」を言う。

【 0 0 7 6 】

そして、コスト d_{ij} は、通信容量の小さいリンクに大きなトラフィックを発生させると大きくなり、通信容量に応じてトラフィックを適切に配分すると小さくなる。

【 0 0 7 7 】

次に、単一リンクを連結した複数リンク (図 4 の (b) 参照) における平均通信遅延時間は、B u r k e の定理 (非特許文献 2) および J a c k s o n の定理 (非特許文献 2) から単一リンクの平均通信遅延時間の和として求められる。また、各端末におけるトラフィックは、転送されて到着するトラフィックと個々の端末内で発生するトラフィックの合計として考える。

【 0 0 7 8 】

そうすると、複数リンクの連結による経路のコストは、次式によって表される。

【 0 0 7 9 】

【 数 2 】

$$d_{ix} = \sum_{k=i}^x \frac{\sum_{k=i}^x F_k}{C_{k(k+1)} - \sum_{k=i}^x F_k} \quad \dots (2)$$

【 0 0 8 0 】

図 5 は、分岐リンクを説明するための概念図である。端末から複数の端末へトラフィッ

10

20

30

40

50

クを分配（分岐）してトラフィックを転送する場合の各リンクのコストは、次式によって表される（図5参照）。

【0081】

【数3】

$$d_{ix} = \frac{p_{ix} F_i}{C_{ix} - p_{ix} F_i} \cdots (3)$$

10

【0082】

但し、 p_{ij} は、トラフィック F_i が端末 i から端末 j へ振り分けられる割合であり、 p_{ik} は、トラフィック F_i が端末 i から端末 k へ振り分けられる割合であり、 p_{ix} は、トラフィック F_i が端末 i から端末 x へ振り分けられる割合である。

【0083】

上述した各リンクにおける通信容量 C_{ij} は、電波特性に強く依存するが、この発明においては、次の方法によって各リンクにおける通信容量 C_{ij} を設定する。

【0084】

(a) L-経路およびW-経路の各々の通信容量 C_{ij} は、無線LANセル60,70および無線WANセル80内の端末数分の1によって表される。

20

【0085】

(b) マルチホップ無線通信による経路の通信容量 C_{ij} は、(ホップ数×同一セル内で中継するマルチホップ経路数)分の1によって表される。

【0086】

(c) マルチホップ無線通信による経路のカバレッジ(端末数×(面積/端末)に通信カバレッジを加えた面積)の総和が無線WANシステムのカバレッジを超えた場合、マルチホップ無線通信による経路の通信容量 C_{ij} は、(ホップ数×同一セル内で中継するマルチホップ経路数)分の1×無線WANカバレッジ/(マルチホップ経路のカバレッジの総和)によって表される。

30

【0087】

マルチホップ無線通信による経路を評価するために、経路選択において用いられる各リンクのコスト(=待機トラフィック数)を用いて無線通信ネットワークシステム100全体の総コスト G を次の式によって求める。

【0088】

【数4】

$$G = \sum_{i=1}^N d_{i(i+1)} \cdots (4)$$

40

【0089】

式(4)において、 N は、リンク総数である。

【0090】

上述した数理モデルを用いた無線通信方式MTH1, MTH2の有効性の検証について説明する。

50

【 0 0 9 1 】

〔 数 理 モ デ ル を 用 い た 検 証 〕

無線通信方式 M T H 1 , M T H 2 の有効性の検証においては、1つの無線 W A N 基地局 1 0 と、無線 W A N セル 8 0 内に一様に分布した複数の無線 L A N 基地局 2 0 , 3 0 と、無線 W A N セル 8 0 内に一様に分布した無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5 , 6 とからなる無線通信ネットワークシステム 1 0 0 を考える。

【 0 0 9 2 】

そして、無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5 , 6 の各々は、無線通信ネットワークシステム 1 0 0 において、上述した 3 個の経路 R 1 ~ R 3 を次のように形成する。

【 0 0 9 3 】

無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5 , 6 の各々は、無線 L A N セル 6 0 , 7 0 内に存在する場合、無線 L A N 基地局 2 0 , 3 0 に接続して L - 経路を形成する。

【 0 0 9 4 】

また、無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5 , 6 の各々は、無線 L A N セル 6 0 , 7 0 内に存在しない場合、無線 W A N 基地局 1 0 に接続して W - 経路を形成する。

【 0 0 9 5 】

更に、無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5 , 6 の各々は、L - 経路と異なる無線 L A N システムを用いて通信可能な隣接端末と接続し、マルチホップ無線通信経路を形成する。

【 0 0 9 6 】

なお、無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5 , 6 において発生するトラフィックは、同一であるとする。

【 0 0 9 7 】

そうすると、無線通信ネットワークシステム 1 0 0 における評価関数は、次式のようになる。

【 0 0 9 8 】

【 数 5 】

$$G = D^W + D^L + D^T \quad \dots (5)$$

【 0 0 9 9 】

但し、 D^W は、各 W - 経路のコストの総和であり、 D^L は、各 L - 経路のコストの総和であり、 D^T は、各マルチホップ無線通信経路のコストの総和である。

【 0 1 0 0 】

(無線通信方式 M T H 1 の有効性)

W - 経路をマルチホップ無線通信経路に切替えた場合を検証する。図 6 は、W - 経路からマルチホップ無線通信経路への切替えを示す概念図である。マルチホップ無線通信経路は、ホップ数に応じて、ホップ数と同じ台数の無線 W A N 端末と 1 台の無線 L A N 端末とを連結して構成される。

【 0 1 0 1 】

また、マルチホップ無線通信経路を構成する端末のトラフィックは、マルチホップ無線通信経路により無線 L A N 基地局 2 0 , 3 0 へ転送することとする。即ち、図 6 に示すように、1つのマルチホップ無線通信経路 (無線 W A N 端末 2 - 無線 W A N 端末 3 - 無線 W A N 端末 4 - 無線 L A N 端末 5) は、その経路のホップ数分の無線 W A N 端末 2 ~ 4 の W - 経路をマルチホップ無線通信経路に切替えることによって形成される。

【 0 1 0 2 】

この場合、無線WANシステム、無線LANシステムおよびマルチホップ無線システムのコストは、それぞれ、次の式(6)~(8)によって表される。

【0103】

【数6】

$$D^W = \frac{(U^W - Hop \cdot u^x)F}{C^W - F} \dots (6)$$

10

【0104】

【数7】

$$D^L = \frac{(U^L - u^x)F}{C^L - F} \dots (7)$$

20

【0105】

【数8】

$$D^T = \sum_{i=1}^{Hop} \frac{u^x i F}{C^T - i F} + \frac{u^x (Hop + 1) F}{C^L - (Hop + 1) F} \dots (8)$$

30

【0106】

但し、 U^W は、無線WAN端末数であり、 u^x は、マルチホップ無線通信経路の経路数であり、 C^W は、W-経路の通信容量であり、Hopは、マルチホップ無線通信のホップ数であり、 U^L は、無線LAN端末数であり、 C^L は、L-経路の通信容量であり、 C^T は、マルチホップ無線通信経路を構成する各リンクの通信容量であり、Fは、各端末のトラフィックである。

【0107】

図7および図8は、それぞれ、コストとマルチホップ無線通信経路数との関係を示す第1および第2の図である。図7および図8において、横軸は、マルチホップ無線通信経路数を表し、縦軸は、コストを表す。また、図7に示す曲線k1~k5は、それぞれ、ホップ数が1ホップ、2ホップ、4ホップ、8ホップおよび16ホップの場合を示す。更に、図8に示す曲線k6は、マルチホップ無線通信の場合を示し、曲線k7は、L-経路の無線通信の場合を示す。曲線k8は、W-経路の無線通信の場合を示し、曲線k9は、マルチホップ無線通信、L-経路の無線通信およびW-経路の無線通信の総合計の場合を示す。

40

【0108】

なお、曲線k1~k9によって示されるコストとマルチホップ無線通信経路数との関係は、無線通信ネットワークシステム100全体の端末数を1000とし、無線WANセル

50

80の半径を1000m、無線WANシステムの最大通信容量を15Mbps、無線LANセル60,70の半径を100m、無線LANシステムの最大通信容量を54Mbps、マルチホップ無線通信の通信可能距離を100m、マルチホップ無線通信の最大通信容量を54Mbps、各端末のトラフィックを0.01Mbpsとしたときのシミュレーション結果である。

【0109】

いずれのホップ数においても、マルチホップ無線通信経路数が増加するに従ってリンクのコストが減少する(図7参照)。従って、W-経路をマルチホップ無線通信経路に切替えて無線通信を行なうことは、有効である。

【0110】

これは、無線WANセル80の端末収容数が無線LANセル60,70の端末収容数と比較して多い(10002:1002=100:1)ため、W-経路の通信容量は、L-経路の通信容量およびマルチホップ無線通信経路の通信容量と比較して格段に小さくなることによる。

【0111】

但し、ホップ数が多いマルチホップ無線通信経路の数が増加すると、評価関数は増加に転じる。これは、ホップ数が多いマルチホップ無線通信経路が多くなると、マルチホップ無線通信を行なう無線リソースが枯渇し、マルチホップ無線通信経路の通信遅延時間が増大することによる(図8参照)。

【0112】

即ち、マルチホップ無線通信経路により、トラフィックが通信容量の小さい経路(W-経路)から通信容量の大きい経路(マルチホップ無線通信経路)へ分配され、リンクのコストが改善される。従って、マルチホップ無線通信経路(経路数およびホップ数)によってリンクのコストを最適化でき、W-経路をマルチホップ無線通信経路に切替えて無線通信を行なう無線通信方式MTH1の有効性は高い。つまり、通信容量が相対的に小さいW-経路を用いて無線WAN基地局10にアクセスするよりも通信容量が相対的に大きいマルチホップ無線通信経路を用いて無線LAN基地局20,30へアクセスし、無線LAN基地局20,30を介して無線WAN基地局10にアクセスする方がリンクのコスト(=リンクの通信数)を相対的に少なくでき、高能率な無線通信を実現できる。

【0113】

(無線通信方式MTH2の有効性)

まず、W-経路とL-経路とを同時に利用する場合について説明する。この場合の評価関数は、W-経路のコストとL-経路のコストとの和となる。そして、W-経路のコストは、 $D^W = F^W / (C^W - F^W)$ であり、L-経路のコストは、 $D^L = F^L / (C^L - F^L)$ である。但し、 F^W は、W-経路に振り分けられるトラフィック量であり、 F^L は、L-経路に振り分けられるトラフィック量である。従って、 $F^W + F^L = F$ である。

【0114】

D^W, D^L をそれぞれトラフィック F^W, F^L の関数とした場合、 D^W, D^L は、凸関数であるので、それぞれの関数の最適解 f^W, f^L は、次の2つの式を満たす。

【0115】

【数9】

$$\frac{dD^W(f^W)}{dF^W} = \frac{dD^L(f^L)}{dF^L} \quad \dots (9)$$

10

20

30

40

50

【 0 1 1 6 】

【 数 1 0 】

$$f^W + f^L = F \quad \dots(10)$$

【 0 1 1 7 】

式 (9) , (1 0) から最適解 f^W , f^L は、それぞれ、式 (1 1) , (1 2) によって表される。

【 0 1 1 8 】

【 数 1 1 】

$$f^W = \frac{\sqrt{C^W} \left(F - \left(C^L - \sqrt{C^W C^L} \right) \right)}{\sqrt{C^W} + \sqrt{C^L}} \quad \dots(11)$$

10

20

【 0 1 1 9 】

【 数 1 2 】

$$f^L = \frac{\sqrt{C^L} \left(F - \left(C^W - \sqrt{C^W C^L} \right) \right)}{\sqrt{C^W} + \sqrt{C^L}} \quad \dots(12)$$

【 0 1 2 0 】

図 9 は、式 (1 1) , (1 2) によって演算される最適解 f^W , f^L とトラフィックとの関係を示す図である。図 9 において、横軸は、トラフィックを表し、縦軸は、最適解 f^W , f^L を表す。また、曲線 k 1 0 は、最適解 f^L とトラフィックとの関係を示し、直線 k 1 1 は、最適解 f^W とトラフィックとの関係を示す。

30

【 0 1 2 1 】

図 9 から分かるように、トラフィック量が少ない場合は、通信容量が大きい L - 経路のみを用いることが有利であり、トラフィック量が多くなり、あるしきい値 $(F - C^W - (C^W C^L)^{1/2})$ を超えると、L - 経路と通信容量が小さい W - 経路を同時に使用することが有利となる。

【 0 1 2 2 】

図 1 0 は、2つの経路を同時利用する場合の利用形態を示す図である。図 1 0 の (a) は、無線 W A N 端末 1 が無線 W A N 基地局 1 0 へアクセスする W - 経路と無線 L A N 基地局 3 0 へアクセスする L 経路とを同時に利用する利用形態を示し、図 1 0 の (b) は、無線 W A N 端末 6 が無線 L A N 基地局 3 0 へアクセスする L - 経路と、無線 W A N 端末 2 ~ 4 および無線 L A N 端末 5 を介して無線 L A N 基地局 2 0 にアクセスするマルチホップ無線通信経路とを同時に利用する利用形態を示す。

40

【 0 1 2 3 】

図 9 において説明したように、W - 経路と L - 経路とを同時に利用する利用形態が有利な場合も存在するので、図 1 0 の (a) に示す利用形態 M O D 1 と、図 1 0 の (b) に示す利用形態 M O D 2 とについて有効性を比較する。

【 0 1 2 4 】

50

利用形態MOD2において、マルチホップ無線通信経路は、トラフィックを振り分ける1台の無線LAN端末6、(ホップ数-1)台の無線WAN端末2~4、およびトラフィックの送信元の無線LAN端末6とは異なる無線LANセル60内に存在する無線LAN端末5(受信先のL-経路を有する)を連結して構成される(図10の(b)参照)。

【0125】

マルチホップ無線通信経路において、同時利用の効果のみを判断するために、マルチホップ無線通信経路は、経路内の無線WAN端末2~4のトラフィックを転送しないこととした。

【0126】

L-経路とW-経路とを同時に利用した場合、W-経路、L-経路およびマルチホップ無線通信経路のコストは、それぞれ、式(13)~式(15)によって表される。

【0127】

【数13】

$$D^W = \frac{u^x p^W F}{C^W - p^W F} + \frac{F(U^W - U^L)}{C^W - F} \quad \dots(13)$$

【0128】

【数14】

$$D^L = \frac{(U^L - u^x)F}{C^L - F} + \frac{u^x p^L F}{C^L - F} \quad \dots(14)$$

【0129】

【数15】

$$D^T = 0 \quad \dots(15)$$

【0130】

また、L-経路とマルチホップ無線通信経路とを同時に利用した場合、W-経路、L-経路およびマルチホップ無線通信経路のコストは、それぞれ、式(16)~式(18)によって表される。

【0131】

【数16】

$$D^W = \frac{u^x p^W F}{C^W - p^W F} + \frac{F(U^W - U^L)}{C^W - F} \quad \dots(16)$$

【0132】

10

20

30

40

50

【数 17】

$$D^L = \frac{(U^L - 2u^x)F}{C^L - F} + \frac{u^x p^L F}{C^L - F} \quad \dots(17)$$

【0133】

【数 18】

$$D^T = \sum_{i=1}^{Hop} \frac{u^x i p^T F}{C^T - i p^T F} + \frac{u^x (p^T Hop + 1) F}{C^L - (p^T Hop + 1) F} \quad \dots(18)$$

10

【0134】

但し、 p^W は、トラフィックがW - 経路に振り分けられる割合であり、 p^L は、トラフィックがL - 経路に振り分けられる割合であり、 p^T は、トラフィックがマルチホップ無線通信経路に振り分けられる割合である。従って、 $p^W + p^L = 1$ 、または $p^T + p^L = 1$ である。

20

【0135】

図11は、2つの経路を同時利用した場合のコストを示す図である。図11において、横軸は、2つの経路を同時利用する場合の無線LAN接続端末数を表し、縦軸は、コストを表す。また、直線k12は、W - 経路とL - 経路とを同時利用した場合を示し、直線k13 ~ k16および曲線k17は、L - 経路とマルチホップ無線通信経路との同時利用において、ホップ数がそれぞれ1ホップ、2ホップ、4ホップ、8ホップおよび16ホップである場合を示す。

【0136】

なお、図11は、L - 経路のトラフィック量の0.0009 (L - 経路とW - 経路との同時利用においてコスト減少が可能な分配割合)をW - 経路またはマルチホップ無線通信経路に振り分けた場合のコスト変動を示す。また、トラフィック量は、全無線LAN端末の半数において、5.2Mbpsとし、その他の端末においては、0.01Mbpsとした。

30

【0137】

図11に示す結果から、いずれのホップ数においても、W - 経路とL - 経路とを同時利用するよりも、L - 経路とマルチホップ無線通信経路とを同時利用した方が小さいコストが得られる。

【0138】

図12は、2つの経路を同時利用した場合のコストを示す他の図である。図12において、横軸は、2つの経路を同時利用する場合の無線LAN接続端末数を表し、縦軸は、コストを表す。また、直線k18 ~ k20および曲線k21, k22は、L - 経路とマルチホップ無線通信経路との同時利用において、ホップ数がそれぞれ1ホップ、2ホップ、4ホップ、8ホップおよび16ホップである場合を示す。

40

【0139】

なお、図12は、L - 経路のトラフィックの0.95をマルチホップ無線通信経路へ振り分けた場合のコスト変動を示す。

【0140】

図12に示す結果から、マルチホップ無線通信経路において、ホップ数が増加すると、マルチホップの遅延が増大し、コストが増加に転じる(曲線k21, k22参照)。また、上述したように、トラフィックの分配にもトラフィック量に応じた最適な量が存在する

50

【 0 1 4 1 】

従って、L - 経路とマルチホップ無線通信経路とを同時に利用する場合、マルチホップ無線通信経路においてトラフィック分配を制御し、コストを最適化することが重要である。

【 0 1 4 2 】

以上より、2つの経路を同時利用する場合、L - 経路とマルチホップ無線通信経路とを同時に利用することが有効である。つまり、無線通信方式MTH2の有効性が検証された。

【 0 1 4 3 】

上述したように、無線通信方式MTH1, MTH2の有効性が検証されたので、この発明においては、無線WAN端末1~4および無線LAN端末5, 6の各々は、無線通信方式MTH1, MTH2を用いて所望の基地局にアクセスする。

【 0 1 4 4 】

従って、経路制御局40は、無線通信ネットワークシステム100のトポロジーおよび無線通信状況(トラフィック発生率)に基づいて、無線WAN端末1~4および無線LAN端末5, 6の各々がマルチホップ無線通信を用いない場合の無線通信ネットワークシステム100全体の総コスト G^0 (=総待機トラフィック数)と、無線WAN端末1~4および無線LAN端末5, 6の各々がW - 経路からマルチホップ無線通信による経路へ切替えた場合のホップ数および経路数に応じた無線通信ネットワークシステム100全体の総コスト G^1 (Hop, u^x)の最小値 G^1 (=第1の最小トラフィック数)と、L - 経路とマルチホップ無線通信による経路とを同時に使用した場合のホップ数、経路数およびトラフィック分配率に応じた無線通信ネットワークシステム100全体の総コスト G^2 (Hop, u^x , p)の最小値 G^2 (=第2の最小トラフィック数)とを演算する。

【 0 1 4 5 】

そして、経路制御局40は、その演算した総コスト G^0 および最小値 G^1 , G^2 を相互に比較し、 $G^1 < G^0$ 、かつ、 $G^1 < G^2$ であるとき、マルチホップ無線通信を行なうための経路を示す経路選択情報を生成して無線WAN端末1~4および無線LAN端末5, 6へ送信する。この場合、無線通信の通信形態は、図6の(b)に示す通信形態である。また、経路制御局40は、 $G^2 < G^0$ 、かつ、 $G^2 < G^1$ であるとき、L - 経路およびマルチホップ無線通信を行なうための経路を示す経路選択情報と、この同時に使用される2つの経路へのトラフィック分配率とを生成して無線WAN端末1~4および無線LAN端末5, 6へ送信する。この場合、無線通信の通信形態は、図10の(b)に示す通信形態である。

【 0 1 4 6 】

なお、経路制御局40は、上述した式(6)~(8)に $u^x = 0$ を代入して演算した D^W , D^L , D^T の総和として G^0 を演算する。また、経路制御局40は、式(6)~(8)に $u^x = 0$ を代入して演算した D^W , D^L , D^T の総和の最小値として G^1 を演算する。更に、経路制御局40は、式(16)~(18)によって演算される D^W , D^L , D^T の総和の最小値として G^2 を演算する。

【 0 1 4 7 】

図13は、無線通信ネットワークシステム100における無線通信の動作を説明するためのフローチャートである。なお、図13に示すフローチャートにおいては、無線WAN端末2または無線LAN端末6が無線WAN基地局10にアクセスする場合を例として説明する。

【 0 1 4 8 】

一連の動作が開始されると、経路制御局40は、無線WAN端末1~4および無線LAN端末5, 6の隣接端末リストおよびトラフィック発生率を無線WAN基地局10または無線LAN基地局20, 30を介して収集する(ステップS1)。

【 0 1 4 9 】

そして、経路制御局40は、上述した方法によって、マルチホップ無線通信を用いない

10

20

30

40

50

場合の無線通信ネットワークシステム 100 全体の総コスト G^0 を演算する (ステップ S2)。

【0150】

その後、経路制御局 40 は、上述した方法によって、W - 経路からマルチホップ無線通信を行なうための経路へ切替えた場合のホップ数および経路数に応じた無線通信ネットワークシステム 100 全体の総コスト G^1 (Hop, u^x) の最小値 G^1 を演算する (ステップ S3)。

【0151】

引き続き、経路制御局 40 は、上述した方法によって、L - 経路とマルチホップ無線通信を行なうための経路とを同時に使用した場合のホップ数、経路数およびトラフィック分配率に応じた無線通信ネットワークシステム 100 全体の総コスト G^2 (Hop, u^x, p) の最小値 G^2 を演算する (ステップ S4)。

【0152】

そうすると、経路制御局 40 は、 $G^1 < G^0$ 、かつ、 $G^1 < G^2$ であるか否かを判定し (ステップ S5)、 $G^1 < G^0$ 、かつ、 $G^1 < G^2$ が成立しないとき、 $G^2 < G^0$ 、かつ、 $G^2 < G^1$ であるか否かを更に判定する (ステップ S6)。

【0153】

そして、ステップ S6 において、 $G^2 < G^0$ 、かつ、 $G^2 < G^1$ であると判定されたとき、経路制御局 40 は、L - 経路およびマルチホップ無線通信を行なうための経路を示す経路選択情報と、トラフィック分配率とを無線 WAN 基地局 10 を介して無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5, 6 へ送信する (ステップ S7)。

【0154】

無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5, 6 のコントローラ 16 は、無線 WAN 基地局 10 から L - 経路およびマルチホップ無線通信を行なうための経路を示す経路選択情報と、トラフィック分配率とを受信し、その受信した経路選択情報およびトラフィック分配率をスイッチング手段 15 へ送信する。

【0155】

スイッチング手段 15 は、コントローラ 16 から経路選択情報およびトラフィック分配率を受信し、その受信したトラフィック分配率に基づいて、経路選択情報によって示される L - 経路およびマルチホップ無線通信を行なうための経路にトラフィックを分配し、その分配したトラフィックで無線通信を行なうように無線モジュール 12 ~ 14 を統合的に制御する。より具体的には、スイッチング手段 15 は、無線通信を停止するように無線モジュール 12 を制御し、L - 経路による無線通信を行なうように無線モジュール 13 を制御し、マルチホップ無線通信を行なうように無線モジュール 14 を制御する。

【0156】

これによって、無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5, 6 の各々は、L - 経路およびマルチホップ無線通信を行なう経路を同時に使用して無線 WAN 基地局 10 へアクセスする。

【0157】

一方、ステップ S6 において、 $G^2 < G^0$ 、かつ、 $G^2 < G^1$ が成立しないと判定されたとき、一連の動作は終了する。

【0158】

また、ステップ S5 において、 $G^1 < G^0$ 、かつ、 $G^1 < G^2$ であると判定されたとき、経路制御局 40 は、W - 経路から切替えて使用するマルチホップ無線通信を行なうための経路を示す経路選択情報を生成し、その生成した経路選択情報を無線 WAN 基地局 10 を介して無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5, 6 へ送信する (ステップ S8)。

【0159】

無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5, 6 のコントローラ 16 は、無線 WAN 基地局 10 から W - 経路から切替えて使用するマルチホップ無線通信を行なうための経路

10

20

30

40

50

を示す経路選択情報を受信し、その受信した経路選択情報をスイッチング手段 15 へ送信する。

【0160】

スイッチング手段 15 は、コントローラ 16 から経路選択情報を受信し、その受信した経路選択情報によって示されるマルチホップ無線通信を行なうための経路を用いて無線通信を行なうように無線モジュール 12 ~ 14 を統合的に制御する。より具体的には、スイッチング手段 15 は、無線通信を停止するように無線モジュール 12, 13 を制御し、マルチホップ無線通信を行なうように無線モジュール 14 を制御する。

【0161】

これによって、無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5, 6 の各々は、W - 経路を用いた無線通信をマルチホップ無線通信に切り替えて無線 W A N 基地局 10 へアクセスする。

10

【0162】

そして、ステップ S 6 において“NO”と判定されたとき、またはステップ S 7 の後、またはステップ S 8 の後、一連の動作は終了する。

【0163】

図 13 に示すフローチャートにおいて、最小値 G 1 は、上述した無線通信方式 M T H 1 における総コストの最小値であり、最小値 G 2 は、上述した無線通信方式 M T H 2 における総コストの最小値である。そして、無線通信方式 M T H 1, M T H 2 は、W - 経路による無線通信よりも総コストが小さくなる通信方式である。

20

【0164】

従って、無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5, 6 の各々が所望の基地局へアクセスする場合、直接通信によって所望の基地局へアクセスするよりも無線通信方式 M T H 1 または M T H 2 によって所望の基地局へアクセスする方が、総コストが小さくなることを確認するために、ステップ S 5 および S 6 に示す判定を行なうことにしたものである。

【0165】

また、ステップ S 7, S 8 において、経路制御局 40 が、それぞれ、無線通信方式 M T H 2, M T H 1 によって無線通信を行なうための経路情報を無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5, 6 へ送信することによって、無線 W A N 端末 2 等が無線 W A N 基地局 10 への無線通信が混んでいるために無線 W A N 基地局 10 へ、直接、アクセスできない場合でも、無線 W A N 端末 3, 4 および無線 L A N 端末 5 を介したマルチホップ無線通信によって、無線 W A N 基地局 10 へ高能率でアクセスできる。

30

【0166】

そして、図 13 に示すフローチャートに従えば、無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5, 6 の各々は、所望の基地局にアクセスする場合、無線通信方式 M T H 1, M T H 2 によって所望の基地局にアクセスするので、この発明における経路制御局 40 は、無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5, 6 の相互間、無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5, 6 と無線 W A N 基地局 10 との間、および無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5, 6 と無線 L A N 基地局 20, 30 との間におけるコスト (= 待機トラフィック数) が相対的に少なくなるように、無線 W A N システム、無線 L A N システムおよびマルチホップ無線システムから少なくとも 1 つの無線システムを選択し、その選択した少なくとも 1 つの無線システムによる無線通信を行なうための経路を示す経路選択情報を生成して無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5, 6 へ送信する。

40

【0167】

この場合、経路制御局 40 は、好ましくは、少なくともマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を示す経路選択情報を生成して無線 W A N 端末 1 ~ 4 および無線 L A N 端末 5, 6 へ送信する。

【0168】

また、ステップ S 7 においては、経路制御局 40 は、無線 W A N システムおよび無線 L

50

ANシステムのうち、無線通信領域が相対的に狭い無線LANシステムと、マルチホップ無線システムとの両方を併用して無線通信を行なうための経路を示す経路選択情報を生成して無線WAN端末1～4および無線LAN端末5,6へ送信する。

【0169】

更に、ステップS7においては、経路制御局40は、無線WANシステムおよび無線LANシステムのうち、通信速度が相対的に速い無線LANシステムと、マルチホップ無線システムとの両方を併用して無線通信を行なうための経路を示す経路選択情報を生成して無線WAN端末1～4および無線LAN端末5,6へ送信する。

【0170】

更に、ステップS8においては、経路制御局40は、無線WANシステムおよび無線LANシステムのうち、無線通信領域が相対的に広い無線WANシステムをマルチホップ無線システムに切り替えて無線通信を行なうための経路を示す経路選択情報を生成して無線WAN端末1～4および無線LAN端末5,6へ送信する。

10

【0171】

更に、ステップS8においては、経路制御局40は、無線WANシステムおよび無線LANシステムのうち、通信速度が相対的に遅い無線WANシステムをマルチホップ無線システムに切り替えて無線通信を行なうための経路を示す経路選択情報を生成して無線WAN端末1～4および無線LAN端末5,6へ送信する。

【0172】

なお、上記においては、通信領域が異なる無線システムとして無線WANシステムおよび無線LANシステムを示したが、この発明においては、無線WANシステムおよび無線LANシステムに加えて無線MAN(Metropolitan Area Network)システムおよび無線PAN(Personal Area Network)システムを使用してもよく、無線WANシステム、無線MANシステム、無線LANシステムおよび無線MANシステムから選択された2以上の無線システムを使用するようにしてもよい。

20

【0173】

また、この発明においては、無線WAN端末1～4および無線LAN端末5,6の各々は、IEEE802.15xおよびIEEE802.20の規格に従って無線通信を行なう無線モジュールを備えていてもよい。

30

【0174】

更に、上記においては、経路制御局40は、無線WAN基地局10および無線LAN基地局20,30とは独立に存在すると説明したが、この発明においては、これに限らず、経路制御局40は、無線WAN基地局10または無線LAN基地局20,30に内蔵されていてもよい。

【0175】

更に、この発明においては、図13に示すフローチャートの各ステップの動作を経路制御局40および無線WAN端末1～4が分担するようにしてもよく、図13に示すフローチャートの各ステップの動作を経路制御局40および無線LAN端末5,6が分担するようにしてもよい。

40

【0176】

この発明においては、無線WAN基地局10および無線LAN基地局20,30は、「複数の基地局」を構成する。

【0177】

また、無線WAN端末1～4および無線LAN端末5,6は、「複数の無線装置」を構成する。

【0178】

更に、無線モジュール12および13は、「複数の無線モジュール」を構成する。

【0179】

更に、無線モジュール14は、「マルチホップ無線モジュール」を構成する。

50

【 0 1 8 0 】

更に、スイッチング手段 1 5 は、「制御モジュール」を構成する。

【 0 1 8 1 】

更に、L - 経路は、「無線通信領域が相対的に狭い無線 LAN システムによる無線通信を行なうための経路」を構成する。

【 0 1 8 2 】

更に、L - 経路は、「通信速度が相対的に速い無線 LAN システムによる無線通信を行なうための経路」を構成する。

【 0 1 8 3 】

更に、無線 WAN システム、無線 MAN システム、無線 LAN システムおよび無線 PAN システムは、「複数の無線システム」を構成する。

10

【 0 1 8 4 】

更に、経路制御局 4 0 は、無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5 , 6 (= 複数の無線装置) における待機トラフィック数が相対的に少なくなるように複数の無線システムおよびマルチホップ無線システムから少なくとも 1 つの無線システムを選択するとともに、その選択した少なくとも 1 つの無線システムによる無線通信を行なうための経路を決定し、その決定した経路によって少なくとも 1 つの基地局 (無線 WAN 基地局 1 0 および無線 LAN 基地局 2 0 , 3 0 のいずれか) にアクセスするように複数の無線装置を制御する制御手段を搭載する。

【 0 1 8 5 】

20

[実施の形態 2]

図 1 4 は、実施の形態 2 による無線通信ネットワークシステムの概略図である。実施の形態 2 による無線通信ネットワークシステム 1 0 0 A は、図 1 に示す無線通信ネットワークシステム 1 0 0 の経路制御局 4 0 および有線ケーブル 4 4 を削除し、無線 WAN 端末 1 ~ 4、無線 LAN 端末 5 , 6、無線 WAN 基地局 1 0、および無線 LAN 基地局 2 0 , 3 0 をそれぞれ無線 WAN 端末 1 A ~ 4 A、無線 LAN 端末 5 A , 6 A、無線 WAN 基地局 1 0 A、および無線 LAN 基地局 2 0 A , 3 0 A に代えたものであり、その他は、無線通信ネットワークシステム 1 0 0 と同じである。

【 0 1 8 6 】

無線 LAN 端末 5 A , 6 A は、無線 LAN システムによってそれぞれ無線 LAN 基地局 2 0 A , 3 0 A にアクセスする。無線 WAN 端末 1 A ~ 4 A は、無線 WAN システムによって無線 WAN 基地局 1 0 A に独立にアクセスする。

30

【 0 1 8 7 】

無線 WAN 基地局 1 0 A および無線 LAN 基地局 2 0 A , 3 0 A は、それぞれ、有線ケーブル 4 1 ~ 4 3 によってインターネット等のネットワーク 5 0 に接続される。

【 0 1 8 8 】

無線 WAN 端末 1 A ~ 4 A および無線 LAN 端末 5 A , 6 A の各々は、無線 WAN 基地局 1 0 A からの指示に応じて、一定期間内において自己における経路の最小コストを演算し、その演算した最小コストを無線通信ネットワークシステム 1 0 0 A 内でフラッディングする。なお、「フラッディング」とは、無線通信ネットワークシステム 1 0 0 A の無線 WAN 端末 1 A ~ 4 A、無線 LAN 端末 5 A , 6 A、無線 WAN 基地局 1 0 A および無線 LAN 基地局 2 0 A , 3 0 A の全てにパケット等を送信することを言う。

40

【 0 1 8 9 】

無線 WAN 端末 1 A ~ 4 A および無線 LAN 端末 5 A , 6 A は、その他、それぞれ、無線 WAN 端末 1 ~ 4 および無線 LAN 端末 5 , 6 と同じ機能を果たす。

【 0 1 9 0 】

無線 WAN 基地局 1 0 A は、有線ケーブル 4 1、ネットワーク 5 0 および有線ケーブル 4 2 , 4 3 を介して無線 LAN 基地局 2 0 A , 3 0 A から隣接端末リストおよびトラフィック発生率を受信し、その受信した隣接端末リストおよびトラフィック発生率に基づいて、無線通信ネットワークシステム 1 0 0 A における無線 WAN 端末 1 A ~ 4 A および無線

50

LAN端末5A, 6Aのトポロジーを作成する。そして、無線WAN基地局10Aは、その作成したトポロジーと、受信したトラフィック発生率とに基づいて、後述する方法によって、無線WAN端末1A~4Aおよび無線LAN端末5A, 6Aにおけるコストが最小になる無線通信方式を選択し、その選択した無線通信方式を無線WAN端末1A~4Aおよび無線LAN端末5A, 6Aへ出力する。

【0191】

また、無線WAN基地局10Aは、無線WAN端末1A~4Aおよび無線LAN端末5A, 6Aにおけるコストが最小になる無線通信方式としてマルチホップ無線通信システムによる無線通信方式を少なくとも選択したとき、マルチホップ無線通信システムによる無線通信を行なうための経路を探索するように無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6A、および無線LAN基地局20A, 30Aへ指示を送信する。

10

【0192】

無線LAN基地局20A, 30Aは、無線WAN端末1A~4Aおよび無線LAN端末5A, 6Aから隣接端末リストおよびトラフィック発生率を受信し、その受信した隣接端末リストおよびトラフィック発生率をそれぞれ有線ケーブル42, 43、ネットワーク50および有線ケーブル41を介して無線WAN基地局10Aへ送信する。また、無線LAN基地局20A, 30Aは、その他、無線LAN基地局20A, 30と同じ機能を有する。

【0193】

なお、無線通信ネットワークシステム100Aは、図1に示す無線通信ネットワークシステム100と同じ特徴を有する。

20

【0194】

図15は、図14に示す無線WAN端末1Aの構成を示す概略ブロック図である。無線WAN端末1Aは、図2に示す無線WAN端末1に探索モジュール18を追加したものであり、その他は、無線WAN端末1と同じである。

【0195】

探索モジュール18は、バスBSによってスイッチング手段15、コントローラ16およびアプリケーションプロセッサ17と相互に接続されるとともに、アンテナ11にも接続される。

【0196】

探索モジュール18は、アンテナ11を介して無線WAN基地局10Aから経路探索の指示を受信し、その受信した経路探索の指示に応じて、後述する方法によって、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を探索する。

30

【0197】

なお、無線WAN端末2A~4Aおよび無線LAN端末5A, 6Aの各々は、図15に示す無線WAN端末1Aの構成と同じ構成からなる。

【0198】

図16は、図14に示す無線WAN基地局10Aの一部の構成を示す概略図である。無線WAN基地局10Aは、図3に示す無線WAN基地局10のコントローラ16をコントローラ16Aに代えたものであり、その他は、無線WAN基地局10と同じである。

40

【0199】

コントローラ16Aは、実施の形態1における経路制御局40と同じ方法によって G^0 , G^1 , G^2 を演算する。そして、コントローラ16Aは、 $G^1 < G^0$ 、かつ、 $G^1 < G^2$ であるか否かを判定し、 $G^1 < G^0$ 、かつ、 $G^1 < G^2$ が成立しないとき、 $G^2 < G^0$ 、かつ、 $G^2 < G^1$ であるか否かを更に判定する。

【0200】

コントローラ16Aは、 $G^2 < G^0$ 、かつ、 $G^2 < G^1$ であると判定したとき、無線LANシステムおよびマルチホップ無線システムを選択し、無線LANシステムおよびマルチホップ無線システムを選択したことを示すパケットPKT_MT1をスイッチング手段15、無線モジュール12およびアンテナ11を介して無線WAN端末1A~4Aおよび

50

無線LAN端末5A, 6Aへ送信する。

【0201】

また、コントローラ16Aは、 $G^1 < G^0$ 、かつ、 $G^1 < G^2$ であると判定したとき、マルチホップ無線システムを選択し、マルチホップ無線システムを選択したことを示すパケットPKT_MTT1をスイッチング手段15、無線モジュール12およびアンテナ11を介して無線WAN端末1A~4Aおよび無線LAN端末5A, 6Aへ送信する。

【0202】

更に、コントローラ16Aは、マルチホップ無線システムを少なくとも選択したとき、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路の探索を指示する経路探索指示を無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aへ送信する。

10

【0203】

図17は、図14に示す無線LAN基地局20Aの構成を示す概略図である。無線LAN基地局20Aは、図3に示す無線WAN基地局10に探索モジュール18を追加したものであり、その他は、無線WAN基地局10の構成と同じである。

【0204】

探索モジュール18は、図15に示す無線WAN端末1Aの探索モジュール18と同じ機能を果たす。

【0205】

なお、無線LAN基地局30Aも、図17に示す無線LAN基地局20Aの構成と同じ構成からなる。

20

【0206】

実施の形態1においては、無線通信ネットワークシステム100において、無線WAN端末1~4および無線LAN端末5, 6の各々は、無線通信方式MTH1, MTH2のいずれかの無線通信方式によって無線通信を行なうことにより、所望の基地局(無線WAN基地局10および無線LAN基地局20, 30の少なくとも1つ)に高能率にアクセスできることを説明した。

【0207】

従って、実施の形態2においても、無線WAN端末1A~4Aおよび無線LAN端末5A, 6Aの各々は、無線通信方式MTH1, MTH2のいずれかの無線通信方式によって無線通信を行なう。即ち、無線WAN端末1A~4Aおよび無線LAN端末5A, 6Aの各々は、少なくともマルチホップ無線システムによって無線通信を行なう。

30

【0208】

図18は、8ホップの場合における通信遅延時間とスループットとの関係を示す図である。図18において、縦軸は、通信遅延時間を表し、横軸は、スループットを表す。また、曲線k23~k28は、それぞれ、経路数が10個、30個、60個、70個、82個および98個の場合における通信遅延時間とスループットとの関係を示す。

【0209】

図18に示す結果から、ホップ数が“8”であるマルチホップ無線通信において、経路数が増加するに伴って通信遅延時間が低下し、かつ、スループットが向上することが解る。ホップ数が“8”であるマルチホップ無線通信におけるリンクコストは、図7の曲線k4に示すように、少なくなる。従って、リンクコストが少ない経路構成(=8ホップのマルチホップ)は、無線通信ネットワークシステム100A全体の通信遅延時間を抑制しつつ、スループットを向上させる。

40

【0210】

このように、マルチホップ無線システムによる無線通信は、無線通信ネットワークシステム100A全体において、通信遅延時間を抑制し、スループットを向上させるために有効である。

【0211】

そこで、次に、無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN

50

N基地局20A, 30Aの各々がマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうときの経路を探索する方法について説明する。

【0212】

マルチホップ無線システムによる無線通信における経路の探索においては、無線通信ネットワークシステム100A全体の通信遅延時間の抑制と、スループットの向上とを図るために、マルチホップ無線システムによる無線通信に關与する複数の無線装置(=無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aから選択された複数の無線装置)における複数の経路コストの総和が最小になるように経路が探索される。なお、この経路コストは、各無線装置が隣接する無線装置と無線通信を行なうための経路におけるトラフィック数である。

10

【0213】

各経路コストは、式(1)によって求められるが、この式(1)は、時間に非依存(計測時間が無限大)である定常状態における経路コストを求める式である。そこで、実施の形態2においては、随時、変化する無線通信環境に適応するようにマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうために、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を小さな時間間隔 t において探索する。

【0214】

各リンクの待機トラフィック数は、時間 t の関数として次の2つの式によって表される。

【0215】

【数19】

20

$$P_0(t+2\Delta t) = -F(t+\Delta t) \cdot \Delta t \cdot P_0(t+\Delta t) + C(t+\Delta t) \cdot \Delta t \cdot P_1(t+\Delta t) \cdot \dots \quad (19)$$

【0216】

【数20】

$$\begin{aligned} P_n(t+2\Delta t) = & F(t+\Delta t) \cdot \Delta t \cdot P_{n-1}(t+\Delta t) \\ & + (F(t+\Delta t) + C(t+\Delta t)) \cdot \Delta t \cdot P_n(t+\Delta t) \\ & + C(t+\Delta t) \cdot \Delta t \cdot P_{n+1}(t+\Delta t) \quad \dots \quad (20) \end{aligned}$$

30

【0217】

なお、 $P_n(t+2t)$ は、期間 $[t+t, t+2t]$ における待機トラフィック数が n である確率であり、 $P_n(t+t)$ は、期間 $[t, t+t]$ における待機トラフィック数が n である確率であり、 $F(t+t)$ は、期間 $[t, t+t]$ におけるトラフィック到着率であり、 $C(t+t)$ は、期間 $[t, t+t]$ における通信レートである。

【0218】

そして、式(19)および式(20)を展開すると、次式が得られる。

40

【0219】

【数21】

$$\lim_{t \rightarrow \infty} P_{n+1}(t+2\Delta t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{F(t+\Delta t)}{C(t+\Delta t)} P_n(t+\Delta t) \cdot \dots \quad (21)$$

【0220】

式(21)から、リンクの待機トラフィック数の期待値は、期間 $[t, t+t]$ におけるトラフィック到着率と送信レートとの比および期間 $[t, t+t]$ におけるリンク

50

の待機トラフィック数から求まることが解る。即ち、リンクコストは、次式によって求められる。

【 0 2 2 1 】

【 数 2 2 】

$$d_{ij}(t+2\Delta t) = \frac{F(t+\Delta t)}{C(t+\Delta t)} \{Q(t+\Delta t)+1\} \cdots (22)$$

【 0 2 2 2 】

但し、 $Q(t+\Delta t)$ は、期間 $[t, t+\Delta t]$ におけるリンクの待機トラフィック数の平均値である。

【 0 2 2 3 】

無線 W A N 基地局 1 0 A のコントローラ 1 6 A は、経路コストの初期値を生成してフッラディングするように無線 W A N 端末 1 A ~ 4 A、無線 L A N 端末 5 A、6 A および無線 L A N 基地局 2 0 A、3 0 A に指示する。

【 0 2 2 4 】

そして、無線 W A N 端末 1 A ~ 4 A、無線 L A N 端末 5 A、6 A および無線 L A N 基地局 2 0 A、3 0 A の各々を端末 d とすると、端末 d の探索モジュール 1 8 は、無線 W A N 基地局 1 0 A からの指示に応じて、自己宛の経路コスト $D_d^d = 0$ を初期値として生成し、その生成した経路コスト $D_d^d = 0$ を近傍の端末 s へ送信する。

【 0 2 2 5 】

端末 s の探索モジュール 1 8 は、端末 d から経路コスト $D_d^d = 0$ を受信すると、その受信した経路コスト $D_d^d = 0$ を用いて、次式によって端末 s の経路コストのうちコストが最小になる経路コスト D_d^s を演算する。

【 0 2 2 6 】

【 数 2 3 】

$$D_d^s = \min_{m \in N(s)} (D_d^m + d_{sm}) \cdots (23)$$

【 0 2 2 7 】

但し、 $N(s)$ は、無線通信ネットワークシステム 1 0 0 A における端末および基地局の近傍端末集合であり、 d_{sm} は、端末 s と近傍端末 m との間のリンクコストである。また、式 (23) は、式 (19) および式 (20) に示す一定時間 t における待機トラフィック数に基づいて導かれる式であるので、式 (23) における経路コスト D_d^s は、定常状態における経路コストではなく、短期間 t における経路コストである。

【 0 2 2 8 】

端末 s の探索モジュール 1 8 は、初期値 $D_d^d = 0$ を受信すると、式 (22) を用いて d_{sm} を演算し、その演算した d_{sm} を式 (23) に代入し、初期値 $D_d^d = 0$ を式 (23) の D_d^m に代入して経路コスト D_d^s を演算する。そして、端末 s の探索モジュール 1 8 は、式 (23) を用いて演算した少なくとも 1 つの経路コスト D_d^s のうち最小である経路コストをフッラディングする。

【 0 2 2 9 】

また、端末 s の探索モジュール 1 8 は、初期値 $D_d^d = 0$ を用いて経路コスト D_d^s を

10

20

30

40

50

演算した後、近傍端末 m から経路コスト D_d^s を受信すると、その受信した経路コスト D_d^s を式 (23) に代入して経路コスト D_d^s を新たに演算する。そして、端末 s の探索モジュール 18 は、式 (23) を用いて新たに演算した少なくとも 1 つの経路コスト D_d^s のうち最小である経路コストをフッラディングする。

【0230】

即ち、端末 s の探索モジュール 18 は、探索時間が一定期間 T に達するまで式 (23) によって少なくとも 1 つの経路コスト D_d^s を繰り返し演算し、その演算した少なくとも 1 つの経路コスト D_d^s から最小である経路コストを選択してフッラディングすることを繰り返し行なう。これによって、最小の経路コストが繰り返し更新される。従って、端末 s の探索モジュール 18 は、探索時間が一定期間 t に達するまで最小の経路コストを繰り返し更新する。

10

【0231】

そして、一定期間 T が経過した時点で最小である経路コストを有する経路がマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路として決定される。

【0232】

無線 WAN 端末 1A ~ 4A、無線 LAN 端末 5A, 6A および無線 LAN 基地局 20A, 30A の各々の探索モジュール 18 は、上述した方法によって、一定期間 T においてマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を探索する。

【0233】

マルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路の探索においては、無線 WAN 基地局 10A のコントローラ 16A は、無線 WAN 端末 1A ~ 4A、無線 LAN 端末 5A, 6A および無線 LAN 基地局 20A, 30A の各々においてマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を探索するときの経路コストの上限値、最小の経路コストの更新回数および一定期間 T を無線 WAN 端末 1A ~ 4A、無線 LAN 端末 5A, 6A および無線 LAN 基地局 20A, 30A の探索モジュール 18 へ送信する。

20

【0234】

経路コストの上限値は、無線 WAN 端末 1A ~ 4A、無線 LAN 端末 5A, 6A および無線 LAN 基地局 20A, 30A の各々の探索モジュール 18 が上限値を超える経路コストを破棄するために用いられる。また、一定期間 T は、無線通信ネットワークシステム 100A における無線 WAN 端末 1A ~ 4A、無線 LAN 端末 5A, 6A および無線 LAN 基地局 20A, 30A の個数に応じて設定された値からなる。そして、無線 WAN 端末 1A ~ 4A、無線 LAN 端末 5A, 6A および無線 LAN 基地局 20A, 30A の個数が相対的に多い場合、一定期間 T は、相対的に短い値に設定され、無線 WAN 端末 1A ~ 4A、無線 LAN 端末 5A, 6A および無線 LAN 基地局 20A, 30A の個数が相対的に少ない場合、一定期間 T は、相対的に長い値に設定される。

30

【0235】

無線 WAN 基地局 10A は、無線 WAN 端末 1A ~ 4A、無線 LAN 端末 5A, 6A および無線 LAN 基地局 20A, 30A の電源のオン/オフを検知することにより、無線 WAN セル 80 内に存在する無線 WAN 端末 1A ~ 4A、無線 LAN 端末 5A, 6A および無線 LAN 基地局 20A, 30A の個数を検知する。従って、無線 WAN 基地局 10A は、無線 WAN 端末 1A ~ 4A、無線 LAN 端末 5A, 6A および無線 LAN 基地局 20A, 30A の個数に応じて一定期間 T を容易に設定できる。

40

【0236】

図 19 は、無線通信ネットワークシステム 100A において待機トラフィック数が相対的に少なくなる無線システムを選択する動作を説明するためのフローチャートである。図 9 に示すフローチャートは、図 13 に示すフローチャートのステップ S7, S8 をそれぞれステップ S7A, S8A に代えたものであり、その他は、図 13 に示すフローチャートと同じである。

【0237】

無線 WAN 基地局 10A のコントローラ 16A は、実施の形態 1 において説明したステ

50

ップS 1～ステップS 6を実行し、ステップS 6において、 $G^2 < G^0$ 、かつ、 $G^2 < G^1$ であると判定すると、無線LANシステムおよびマルチホップ無線システムを選択し(ステップS 7A)、無線LANシステムおよびマルチホップ無線システムを選択したことを無線モジュール12を介して無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aへ送信する。

【0238】

また、無線WAN基地局10Aのコントローラ16Aは、ステップS 5において、 $G^1 < G^0$ 、かつ、 $G^1 < G^2$ であると判定すると、マルチホップ無線システムを選択し(ステップS 8A)、マルチホップ無線システムを選択したことを無線モジュール12を介して無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aへ送信する。これにより、一連の動作は、終了する。

10

【0239】

このように、実施の形態2においては、無線WAN基地局10Aは、無線WAN端末1A～4Aおよび無線LAN端末5A, 6Aのトポロジーおよび無線WAN端末1A～4Aおよび無線LAN端末5A, 6Aの各々におけるトラフィック発生率に基づいて、総コスト G^0, G^1, G^2 を演算し、その演算した総コスト G^0, G^1, G^2 に基づいて、無線WAN端末1A～4Aおよび無線LAN端末5A, 6Aにおける待機トラフィック数が相対的に少なくなる無線システムとしてマルチホップ無線システムを少なくとも選択する。

【0240】

図20は、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なう経路を探索する動作を説明するためのフローチャートである。一連の動作が開始されると、無線WAN基地局10Aのコントローラ16Aは、経路コストの初期値 $D_d^d = 0$ を生成し、その生成した初期値 $D_d^d = 0$ をフラッシングするための指示DIRを無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aへ送信する(ステップS 11)。

20

【0241】

無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々において、探索モジュール18は、アンテナ11を介して、指示DIRを受信し、その受信した指示DIRに応じて、経路コストの初期値 $D_d^d = 0$ を生成し、その生成した初期値 $D_d^d = 0$ をアンテナ11を介してフラッシングする(ステップS 12)。

30

【0242】

その後、初期値 $D_d^d = 0$ を受信した端末または基地局(無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々)の探索モジュール18は、初期値 $D_d^d = 0$ を式(23)に代入して自己が搭載された端末または基地局の少なくとも1つの経路コスト $D_d^s 1$ を演算し、その演算した少なくとも1つの経路コスト $D_d^s 1$ から最小の経路コスト $D_d^s 1_{min}$ を検出する(ステップS 13)。

【0243】

そして、初期値 $D_d^d = 0$ を受信した端末または基地局(無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々)の探索モジュール18は、検出した最小の経路コスト $D_d^s 1_{min}$ をアンテナ11を介してフラッシングする(ステップS 14)。

40

【0244】

その後、無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々の探索モジュール18は、各端末または各基地局における経過時間 t を $t = 0$ に設定し(ステップS 15)、経過時間 t が一定時間 t 以上に達したか否かを判定する(ステップS 16)。

【0245】

そして、無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々の探索モジュール18は、ステップS 16において、経過時間 t

50

が一定時間 t 以上に達したと判定したとき、式(22)を用いてリンクコスト d_{ij} を再計算し(ステップS17)、経路時間 t を $t = 0$ に設定する(ステップS18)。このように、無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々の探索モジュール18は、一定時間 t の経過後に、その一定時間 t におけるトラフィック到着率 $F(t + t)$ 、送信レート $C(t + t)$ および待機トラフィック数 $Q(t + t)$ を用いてリンクコスト d_{ij} を再計算する。その後、一連の動作は、ステップS20へ移行する。

【0246】

一方、無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々の探索モジュール18は、ステップS16において、経過時間 t が一定時間 t 以上に達していないと判定したとき、経路コスト D_d^s を受信したか否かを更に判定する(ステップS19)。ステップS19において、経路コスト D_d^s を受信しなかったと判定されたとき、一連の動作は、ステップS23へ移行する。

10

【0247】

一方、ステップS19において、経路コスト D_d^s を受信したと判定されたとき、またはステップS18の後、無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々の探索モジュール18は、他の端末または他の基地局から受信した最小の経路コスト $D_d^s 1_{min}$ を式(23)の D_d^m に代入して少なくとも1つの経路コスト $D_d^s 2$ を演算し、その演算した少なくとも1つの経路コスト $D_d^s 2$ から最小の経路コスト $D_d^s 2_{min}$ を検出する(ステップS20)。

20

【0248】

その後、無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々の探索モジュール18は、検出した最小の経路コスト $D_d^s 2_{min}$ によって自己が搭載された端末または基地局における最小の経路コストを更新し(ステップS21)、その更新した最小の経路コスト $D_d^s 2_{min}$ をアンテナ11を介してフッラディングする(ステップS22)。

【0249】

そして、ステップS19において経路コストを受信しなかったと判定されたとき、またはステップS22の後、無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々の探索モジュール18は、探索時間が一定期間 T 以上に達したか否かを判定する(ステップS23)。なお、一定期間 T は、無線通信ネットワークシステム100A全体における経路の探索時間を規定する時間である。

30

【0250】

ステップS23において、探索時間が一定期間 T 以上に達していないと判定されたとき、一連の動作は、ステップS16へ戻り、ステップS23において、探索時間が一定期間 T 以上に達したと判定されるまで、上述したステップS16~ステップS23が繰り返し実行される。

【0251】

そして、ステップS23において、探索時間が一定期間 T 以上に達したと判定されると、無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々の探索モジュール18は、経路の探索を停止し、無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aにおける複数の探索モジュール18は、探索を停止したときの各端末および各基地局における最小のリンクコストを有する経路をマルチホップ無線システムによる無線通信を行なう経路として決定する(ステップS24)。これにより、一連の動作は、終了する。

40

【0252】

図20に示すステップS20, S21が1回実行されると、無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々の探索モジュール18は、最小の経路コスト $D_d^s 2_{min} 1$ ($D_d^s 2_{min}$ の一種)を検出し、その検出した最小の経路コスト $D_d^s 2_{min} 1$ によって自己が搭載された端末また

50

は基地局における最小の経路コストを更新する。

【0253】

そして、この最小の経路コスト $D_d^{s2_min1}$ は、他の端末または他の基地局における最小の経路コスト $D_d^{s1_min1}$ （ステップS13において検出される最小の経路コスト）を反映した最小の経路コストである。従って、最小の経路コスト $D_d^{s2_min1}$ を有する経路は、他の端末または他の基地局において最小の経路コスト $D_d^{s1_min1}$ を有する経路と関連付けられた経路である。

【0254】

例えば、図14に示す無線WAN端末3Aの探索モジュール18は、無線WAN端末2Aの探索モジュール18から最小の経路コスト $D_d^{s1_min1}$ を受信すると、その受信した最小の経路コスト $D_d^{s1_min1}$ を反映して式(23)によって少なくとも1つの経路コスト D_d^{s2} を演算し、その演算した経路コスト D_d^{s2} から最小の経路コスト $D_d^{s2_min1}$ を検出する。

10

【0255】

そして、無線WAN端末3Aの探索モジュール18は、最小の経路コスト $D_d^{s2_min1}$ を検出する前、最小の経路コスト $D_d^{s1_min1}$ を検出しており（ステップS13参照）、ステップS20において最小の経路コスト $D_d^{s2_min1}$ を検出すると、その検出した最小の経路コスト $D_d^{s2_min1}$ によって無線WAN端末3Aにおける最小の経路コストを更新する。

【0256】

20

従って、無線WAN端末3Aにおいて最小の経路コスト $D_d^{s2_min1}$ を有する経路は、無線WAN端末2Aにおいて最小の経路コスト $D_d^{s1_min1}$ を有する経路と関連付けられた経路である。

【0257】

また、図20に示すステップS20, S21が2回実行されると、無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々の探索モジュール18は、最小の経路コスト $D_d^{s2_min2}$ （ $D_d^{s2_min}$ の一種）を検出し、その検出した最小の経路コスト $D_d^{s2_min2}$ によって自己が搭載された端末または基地局における最小の経路コストを更新する。

【0258】

30

そして、この最小の経路コスト $D_d^{s2_min2}$ は、ステップS20, S21が1回目に実行されるときに受信した最小の経路コスト $D_d^{s1_min1}$ を送信した他の端末または他の基地局と異なる他の端末または他の基地局から受信した最小の経路コスト $D_d^{s2_min1}$ を反映した最小の経路コストである。従って、最小の経路コスト $D_d^{s2_min2}$ を有する経路は、他の複数の端末または他の複数の基地局において最小の経路コスト $D_d^{s2_min1}$ を有する複数の経路と関連付けられた経路である。

【0259】

例えば、図14に示す無線WAN端末3Aの探索モジュール18は、無線WAN端末4Aの探索モジュール18から最小の経路コスト $D_d^{s2_min1}$ を受信すると、その受信した最小の経路コスト $D_d^{s2_min1}$ を反映して式(23)によって少なくとも1つの経路コスト D_d^{s2} を演算し、その演算した経路コスト D_d^{s2} から最小の経路コスト $D_d^{s2_min2}$ を検出する。

40

【0260】

そして、無線WAN端末3Aの探索モジュール18は、最小の経路コスト $D_d^{s2_min2}$ を検出する前、最小の経路コスト $D_d^{s2_min1}$ を検出しており（1回目のステップS20参照）、2回目のステップS20において最小の経路コスト $D_d^{s2_min2}$ を検出すると、その検出した最小の経路コスト $D_d^{s2_min2}$ によって無線WAN端末3Aにおける最小の経路コストを更新する。

【0261】

従って、無線WAN端末3Aにおいて最小の経路コスト $D_d^{s2_min2}$ を有する経

50

路は、無線WAN端末4Aにおいて最小の経路コスト $D_d^s 2_min 1$ を有する経路と関連付けられた経路である。そして、最小の経路コスト $D_d^s 2_min 1$ を有する経路は、上述したように、無線WAN端末2Aにおいて最小の経路コスト $D_d^s 1_min 1$ を有する経路と関連付けられた経路であるので、結局、無線WAN端末3Aにおいて最小の経路コスト $D_d^s 2_min 2$ を有する経路は、無線WAN端末2Aにおいて最小の経路コスト $D_d^s 1_min 1$ を有する経路と、無線WAN端末4Aにおいて最小の経路コスト $D_d^s 2_min 1$ を有する経路との2つの経路に関連付けられた経路である。

【0262】

そうすると、無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5A、6Aおよび無線LAN基地局20A、30Aの各々の探索モジュール18は、ステップS20、S21を繰り返して実行することにより、より多くの他の端末または他の基地局における最小の経路コストと関連付けられた最小の経路コストを自己が搭載された端末または基地局において検出する。そして、ステップS23において、探索時間が一定時間T以上に達すると、その時点において多くの他の端末または他の基地局における最小の経路コストと関連付けられた最小の経路コストが各端末または各基地局において検出される。その結果、無線通信ネットワークシステム100Aにおける各経路コストの総和が最小になるようにマルチホップ無線システムによる無線通信を行なう経路が決定される(ステップS24参照)。

10

【0263】

そして、無線WAN端末2A、3A、4A、無線LAN端末5A、6Aおよび無線LAN基地局20A、30Aの各々は、経路が決定されると、その決定された経路に沿ってマルチホップ無線システムによる無線通信を行ない、所望の基地局へアクセスする。

20

【0264】

なお、図20に示すフローチャートのステップS13、S20においては、無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5A、6Aおよび無線LAN基地局20A、30Aの各々の探索モジュール18は、無線WAN基地局10Aから受信した経路コストの上限値を超える経路コストを破棄して最小の経路コストを検出するようにしてもよい。

【0265】

そして、この経路コストの上限値は、無線通信ネットワークシステム100Aにおける無線通信の状況に応じて設定されてもよいし、無線WAN基地局10Aが無線通信ネットワークシステム100Aにおける無線通信を制御する目的で設定されてもよい。

30

【0266】

経路コストの上限値が無線通信ネットワークシステム100Aにおける無線通信の状況に応じて設定される場合、無線WAN基地局10Aは、次のように経路コストの上限値を決定して無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5A、6Aおよび無線LAN基地局20A、30Aへ送信する。

【0267】

無線WAN基地局10Aは、上述したように、無線WAN端末1A～4Aおよび無線LAN端末5A、6Aにおけるトラフィック数を把握しているため、無線通信ネットワークシステム100Aにおけるトラフィック数を把握できる。従って、無線WAN基地局10Aのコントローラ16Aは、例えば、無線通信ネットワークシステム100Aにおけるトラフィック数が相対的に多くなれば、相対的に大きい上限値を設定して無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5A、6Aおよび無線LAN基地局20A、30Aへ送信し、無線通信ネットワークシステム100Aにおけるトラフィック数が相対的に少なくなれば、相対的に小さい上限値を設定して無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5A、6Aおよび無線LAN基地局20A、30Aへ送信する。

40

【0268】

また、無線WAN基地局10Aが無線通信ネットワークシステム100Aにおける無線通信を制御する目的で経路コストの上限値が設定される場合、無線WAN基地局10Aのコントローラ16Aは、無線通信ネットワークシステム100A全体のコストが目的値になるように経路コストの上限値を決定して無線WAN端末1A～4A、無線LAN端末5

50

A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aへ送信する。

【0269】

このように、経路コストの上限値を超える経路コストを破棄して(即ち、経路コストの上限値以下の経路コストを選択して)、最小の経路コストを検出することにより、無線WAN基地局10Aは、無線WANセル80内に存在する無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aによる無線通信を制御できる。

【0270】

経路コストの上限値を超える経路コストを破棄して最小の経路コストを検出した場合、図20に示すステップS13, S20において演算された少なくとも1つの経路コストが全て上限値を超える場合もあるが、この場合、無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々の探索モジュール18は、最小の経路コストを検出できないので、図20に示すステップS14, S22を実行しない。

【0271】

従って、最小の経路コストを検出できなかった端末または基地局は、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を探索できないので、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なわない。その結果、無線通信ネットワークシステム100Aにおいては、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なわないことになる。つまり、無線WAN基地局10Aによって設定された経路コストを満たす最小の経路コストを有する経路が存在しないので、無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々は、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なわない。

【0272】

例えば、図14において、無線WAN端末2A, 3A, 4A、無線LAN端末5Aおよび無線LAN基地局20Aがマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を探索しているときに、無線WAN端末4Aにおいて、経路コストの上限値以下の経路コストが存在しない場合、無線WAN端末4Aは、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なわない。

【0273】

無線WAN端末4Aを除く無線WAN端末2A, 3A、無線LAN端末5Aおよび無線LAN基地局20Aは、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なうが、無線WAN端末4Aがマルチホップ無線システムによる無線通信を行なわないので、結局、無線WAN端末2A, 3A, 4A、無線LAN端末5Aおよび無線LAN基地局20Aは、マルチホップ無線システムによる無線通信を行なわないことになる。つまり、この場合、無線WAN端末2A, 3A, 4A、無線LAN端末5Aおよび無線LAN基地局20Aは、無線WAN基地局10Aによって要求されたマルチホップ無線システムによる無線通信を行なえないことになる。

【0274】

また、図20に示すフローチャートのステップS23においては、最小の経路コストの更新回数が無線WAN基地局10Aから送信された更新回数に達しないとき、ステップS16~ステップS23が繰り返し実行され、最小の経路コストの更新回数が無線WAN基地局10Aから送信された更新回数に達したとき、ステップS24へ移行するようにしてもよい。

【0275】

このように、無線WAN端末2A, 3A, 4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々における最小の経路コストの更新回数を無線WAN基地局10Aが設定することによっても、無線WAN基地局10Aは、無線WANセル80内に存在する無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aによる無線通信を制御できる。

【0276】

上述したように、無線WAN端末2A, 3A, 4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aにおける複数の探索モジュール18が各端末または各基地局における最小の経路コストを式(23)に従って随時更新することによって、無線通信ネットワークシステム100A全体における経路コストが相対的に小さくなるようにマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を探索する。そして、無線WAN端末2A, 3A, 4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々は、探索された経路に従ってマルチホップ無線システムによる無線通信を行なう。従って、無線WAN端末2A, 3A, 4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々は、高能率で所望の基地局へアクセスできる。

10

【0277】

また、式(23)に従って、無線WAN端末2A, 3A, 4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々において最小の経路コストを演算してマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を決定することにより、無線通信ネットワークシステム100Aにおいて混雑した経路を回避してマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を決定できる。経路が混んでいれば、通信容量Cが小さくなり、経路コストが大きくなるので、各端末または各基地局において最小の経路コストを有する経路として選択されないからである。その結果、無線通信ネットワークシステム100A全体におけるスループットを向上できる。

【0278】

20

更に、式(23)に従って、無線WAN端末2A, 3A, 4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの各々において最小の経路コストを演算してマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を決定することにより、電波環境が悪い経路を回避してマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を決定できる。電波環境が悪くなれば、通信容量が小さくなり、経路コストが大きくなるので、各端末または各基地局において最小の経路コストを有する経路として選択されないからである。その結果、電波環境の良好な経路を選択してマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうことができる。

【0279】

更に、無線WAN基地局10Aは、上述したように、経路コストの上限値、最小の経路コストの更新回数、および一定期間 Tを無線WAN端末1A~4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aへ送信して無線通信ネットワークシステム100Aにおける無線通信を制御するので、上述したマルチホップ無線システムによる無線通信を行なうための経路を探索する方法は、特に、コグニティブ無線を行なう無線通信ネットワークシステムにおいてマルチホップ無線通信を行なうための経路の探索に適した方法である。

30

【0280】

更に、この発明においては、メッシュ型の無線通信ネットワークシステムに上述した経路の探索方法を適用してもよい。この場合、アクセスポイントが無線WAN基地局10Aの役目を果たす。

40

【0281】

更に、上述した経路の探索方法は、一般的には、無線通信を制御する制御装置と、その制御装置による制御に従って無線通信を行なう複数の無線装置とからなる無線通信ネットワークシステムに適用され得る。

【0282】

なお、無線WAN基地局10Aのコントローラ16Aと、無線WAN端末2A, 3A, 4A、無線LAN端末5A, 6Aおよび無線LAN基地局20A, 30Aの探索モジュール18とは、「制御手段」を構成する。

【0283】

また、図19に示すフローチャートに従ってマルチホップ無線通信システムを少なくと

50

も選択するコントローラ 16 A は、「選択手段」を構成する。

【0284】

更に、図 20 に示すステップ S 11 に従って指示を無線 W A N 端末 2 A , 3 A , 4 A 、無線 L A N 端末 5 A , 6 A および無線 L A N 基地局 20 A , 30 A へ送信するコントローラ 16 A は、「指示手段」を構成する。

【0285】

更に、無線 W A N 端末 2 A , 3 A , 4 A 、無線 L A N 端末 5 A , 6 A および無線 L A N 基地局 20 A , 30 A における複数の探索モジュール 18 は、「経路探索手段」または「複数の探索手段」を構成する。

【0286】

更に、無線 W A N 基地局 10 A は、「広域基地局」を構成し、無線 L A N 基地局 20 A , 30 A は、「複数の狭域基地局」を構成する。

【0287】

更に、図 20 に示すステップ S 13 に示す処理は、「第 1 の探索処理」を構成し、図 20 に示すステップ S 20 を 1 回目に行う処理は、「第 2 の探索処理」を構成し、図 20 に示すステップ S 20 を 2 回目以降、複数回繰り返し実行する処理は、「第 3 の探索処理」を構成する。

【0288】

その他は、実施の形態 1 と同じである。

【0289】

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】

【0290】

この発明は、所望の基地局に高能率でアクセス可能な無線通信ネットワークシステムに適用される。

【図面の簡単な説明】

【0291】

【図 1】この発明の実施の形態 1 による無線通信ネットワークシステムの概略図である。

【図 2】図 1 に示す無線 W A N 端末の構成を示す概略ブロック図である。

【図 3】図 1 に示す無線 W A N 基地局の一部の構成を示す概略図である。

【図 4】単一リンクおよび連結リンクを説明するための概念図である。

【図 5】分岐リンクを説明するための概念図である。

【図 6】W - 経路からマルチホップ無線通信経路への切換えを示す概念図である。

【図 7】コストとマルチホップ無線通信経路数との関係を示す第 1 の図である。

【図 8】コストとマルチホップ無線通信経路数との関係を示す第 2 の図である。

【図 9】式 (11) , (12) によって演算される最適解とトラフィックとの関係を示す図である。

【図 10】2 つの経路を同時利用する場合の利用形態を示す図である。

【図 11】2 つの経路を同時利用した場合のコストを示す図である。

【図 12】2 つの経路を同時利用した場合のコストを示す他の図である。

【図 13】無線通信ネットワークシステムにおける無線通信の動作を説明するためのフローチャートである。

【図 14】実施の形態 2 による無線通信ネットワークシステムの概略図である。

【図 15】図 14 に示す無線 W A N 端末の構成を示す概略ブロック図である。

【図 16】図 14 に示す無線 W A N 基地局の一部の構成を示す概略図である。

【図 17】図 14 に示す無線 L A N 基地局の構成を示す概略図である。

【図 18】8 ホップの場合における通信遅延時間とスループットとの関係を示す図である

10

20

30

40

50

【図19】図14に示す無線通信ネットワークシステムにおいて待機トラフィック数が相対的に少なくなる無線システムを選択する動作を説明するためのフローチャートである。

【図20】マルチホップ無線システムによる無線通信を行なう経路を探索する動作を説明するためのフローチャートである。

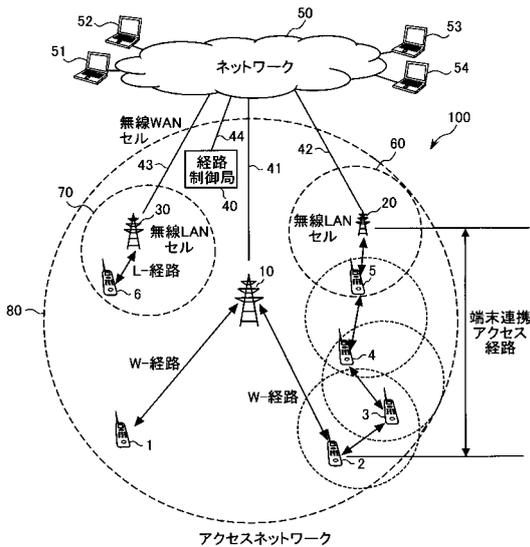
【符号の説明】

【0292】

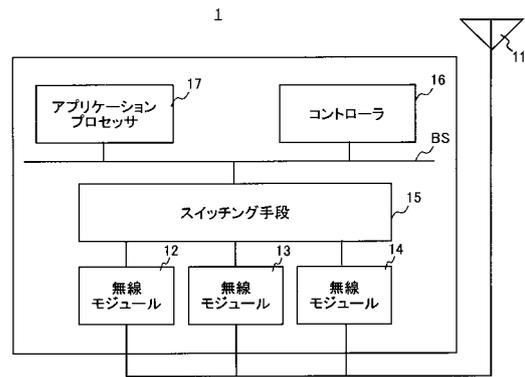
1~4, 1A~4A 無線WAN端末、5, 5A, 6, 6A 無線LAN端末、10, 10A 無線WAN基地局、11 アンテナ、12~14 無線モジュール、15 スイッチング手段、16, 16A コントローラ、17 アプリケーションプロセッサ、18 探索モジュール、20, 20A, 30, 30A 無線LAN基地局、40 経路制御局、41~44 有線ケーブル、50 ネットワーク、51~54 端末、60, 70 無線LANセル、80 無線WANセル、100, 100A 無線通信ネットワークシステム。

10

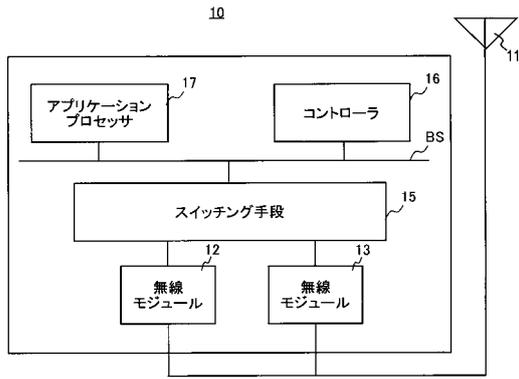
【図1】



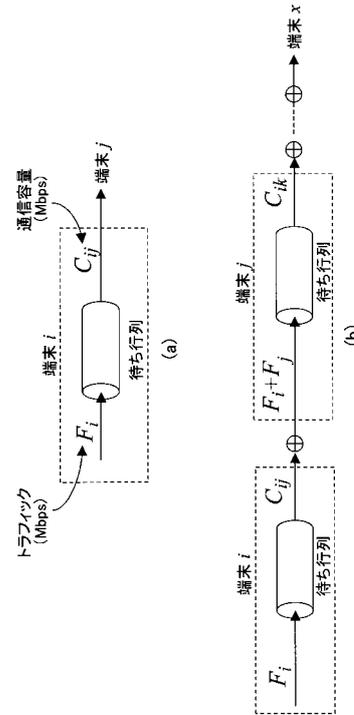
【図2】



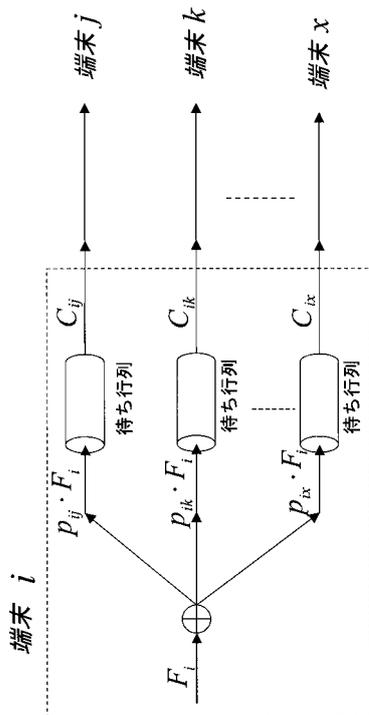
【図3】



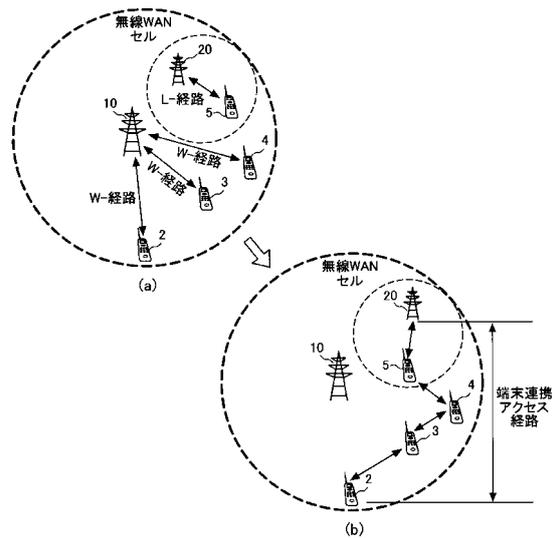
【図4】



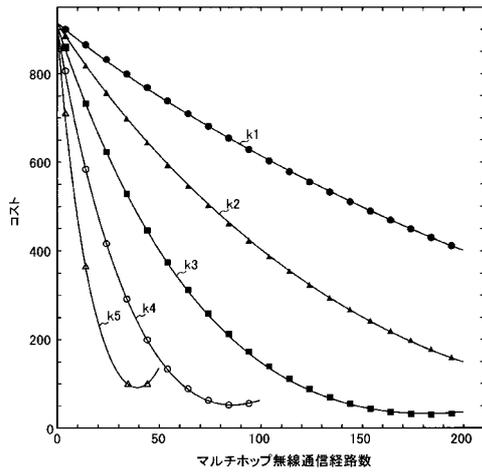
【図5】



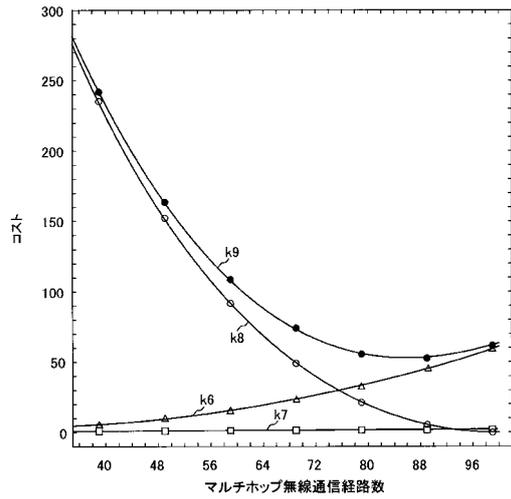
【図6】



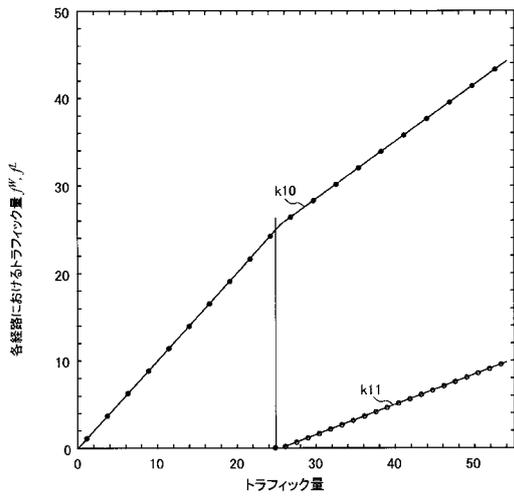
【図7】



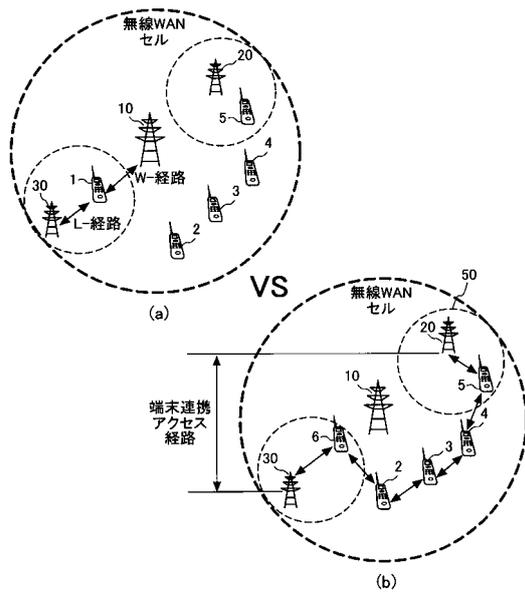
【図8】



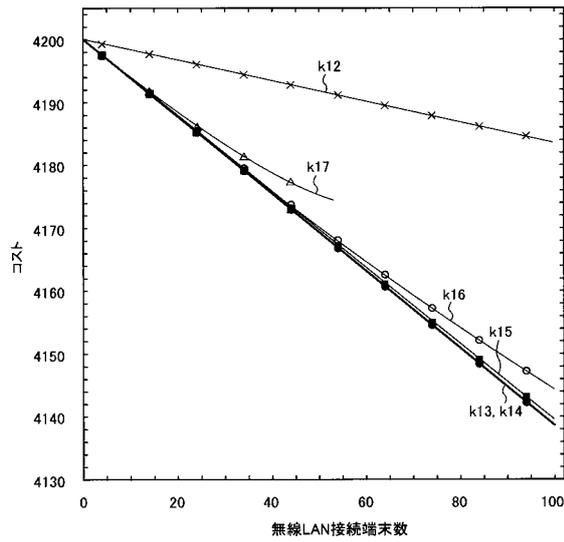
【図9】



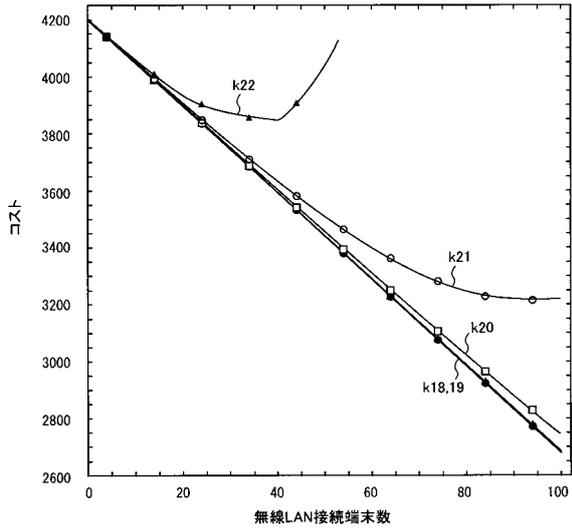
【図10】



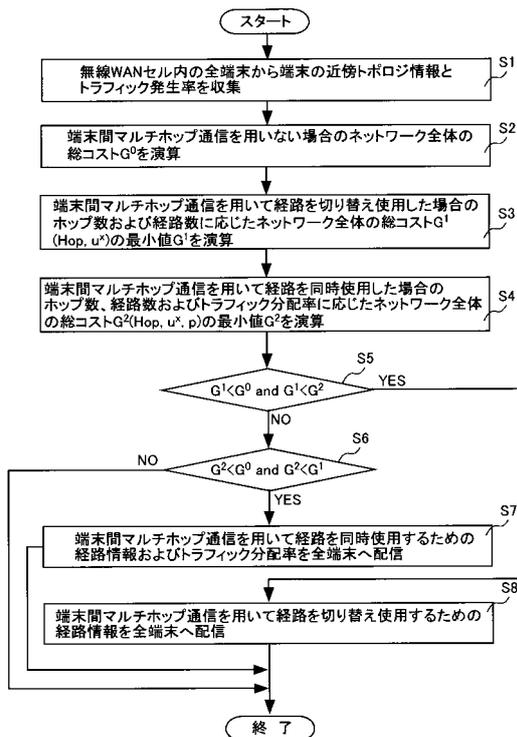
【図11】



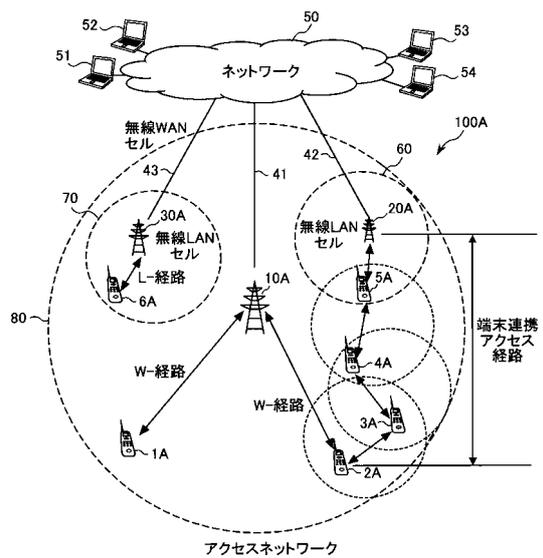
【図12】



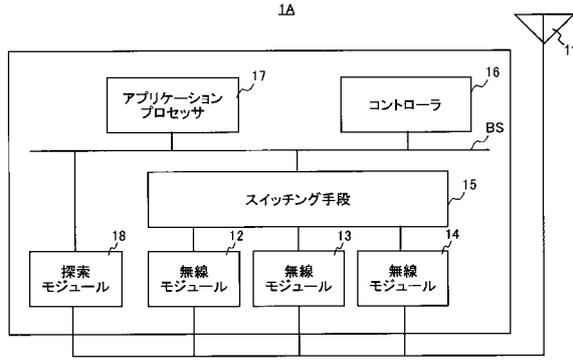
【図13】



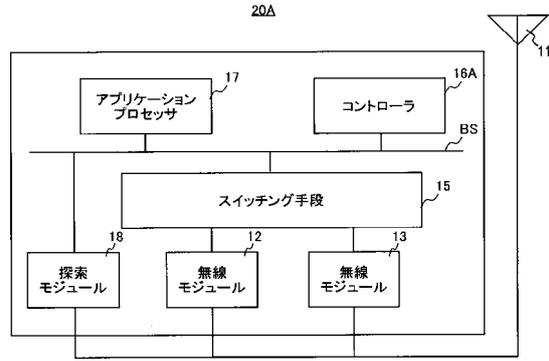
【図14】



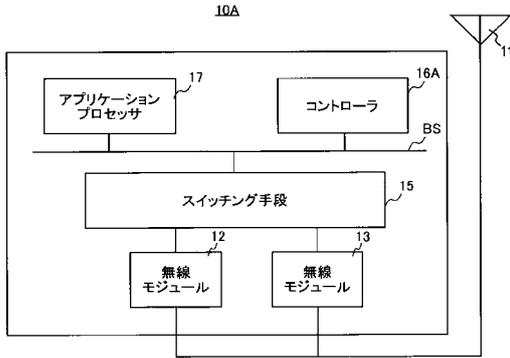
【図15】



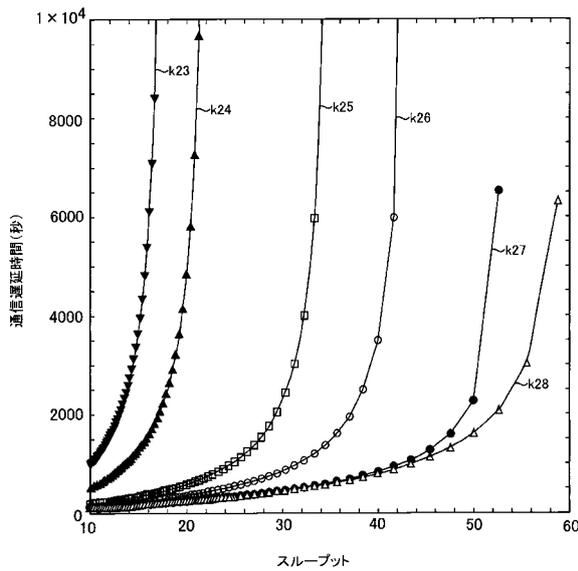
【図17】



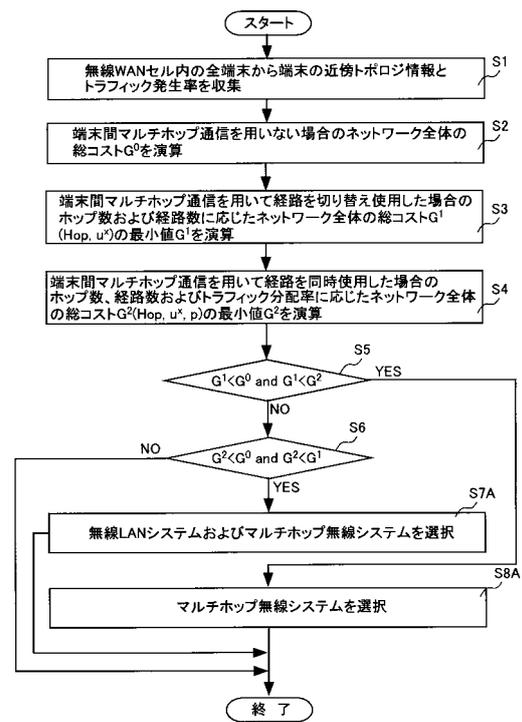
【図16】



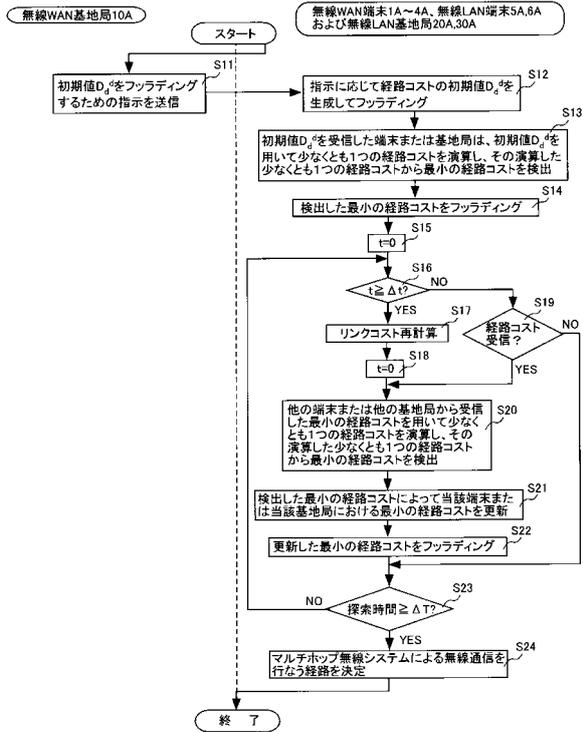
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

- (72)発明者 山中 佐知子
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 ピーター デイビス
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
- (72)発明者 張 兵
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 岩井 誠人
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 深津 始

- (56)参考文献 特開2004-248180(JP,A)
特開2005-057356(JP,A)
特開2001-136178(JP,A)
特開平05-183579(JP,A)
特表2003-536334(JP,A)
滝沢泰久、谷口典之、長谷川晃朗、ピーターデービス、コグニティブ無線ネットワークにおけるマルチホップ端末連携に関する一考察，電子情報通信学会技術研究報告，日本，社団法人電子情報通信学会，2005年9月8日，第105巻、第285号，第79-84ページ，ISSN 0913-5685

(58)調査した分野(Int.Cl.，DB名)

H04W 4/00 - H04W 99/00