

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5360654号
(P5360654)

(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.

F I

H O 4 W 28/08 (2009. 01)

H O 4 W 28/08

H O 4 W 4/00 (2009. 01)

H O 4 W 4/00 1 1 1

H O 4 W 88/06 (2009. 01)

H O 4 W 88/06

H O 4 M 3/00 (2006. 01)

H O 4 M 3/00

B

請求項の数 6 (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2009-197648 (P2009-197648)

(22) 出願日 平成21年8月28日 (2009. 8. 28)

(65) 公開番号 特開2011-49921 (P2011-49921A)

(43) 公開日 平成23年3月10日 (2011. 3. 10)

審査請求日 平成24年8月24日 (2012. 8. 24)

(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

(73) 特許権者 393031586

株式会社国際電気通信基礎技術研究所
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2

(74) 代理人 100112715

弁理士 松山 隆夫

(72) 発明者 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 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信ネットワークシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

各々が無線通信方式によって無線通信を行なう複数の端末装置と、
ネットワークに接続された第1の通信装置と、

前記ネットワークに接続され、各々が前記ネットワークを介して前記第1の通信装置と
通信を行なうとともに前記端末装置と無線通信を行なう複数の第2の通信装置とを備え、

前記第1の通信装置は、前記端末装置または前記端末装置の通信相手である相手端末
装置において実行されるアプリケーションを送信元または送信先としたときの前記送信元お
よび前記送信先的一方から他方へ送信されるパケットの集合をフローとし、1個の前記第
2の通信装置を経由する全てのフローが通り、かつ、前記第1の通信装置と前記第2の通
信装置との間の第1の経路と、前記第2の通信装置と前記端末装置との間の第2の経路と
を含むネットワーク、または1個の前記第2の通信装置を経由する全てのフローが通り、
かつ、前記第1および第2の経路と、前記端末装置と前記端末装置との間の第3の経路と
を含むネットワークをアクセスネットワークとしたとき、複数のアクセスネットワークの
複数の平均遅延時間に基づいて、前記複数のアクセスネットワークを含む通信ネットワ
ークの全体の平均遅延時間が最小になるように前記複数のアクセスネットワーク間でフロー
を分配し、

前記複数のアクセスネットワークに含まれる複数の第2の通信装置の各々は、前記第1
の通信装置によって分配されたフローに含まれるパケットを前記第1の通信装置との間で
送信または受信するとともに、前記第1の通信装置によって分配されたフローに含まれる

10

20

パケットを自己が含まれるアクセスネットワークと同じアクセスネットワークに含まれる端末装置との間で送信または受信し、

前記複数のアクセスネットワークに含まれる複数の端末装置の各々は、前記第1の通信装置によって分配されたフローに含まれるパケットを自己が含まれるアクセスネットワークと同じアクセスネットワークに含まれる第2の通信装置との間で送信または受信する、通信ネットワークシステム。

【請求項2】

前記複数の端末装置の各々は、各々が同一の無線通信方式によって無線通信を行なう複数の無線インターフェース、または相互に異なる無線通信方式によって無線通信を行なう複数の無線インターフェースを有し、1つの無線インターフェースのキューに単位時間当たり10に到着する1つの前記フローに属するパケットの個数であるフローの第1の到着率をパケットの送信に用いられている無線インターフェースについて計測するとともに、前記1つの無線インターフェースを用いてパケットを送信するときの前記パケットが前記キューに格納されてから前記パケットの送信完了または前記パケットの送信失敗までの平均時間であるフローの第1の平均遅延時間を前記パケットの送信に用いられている無線インターフェースについて計測し、その計測したフローの第1の到着率およびフローの第1の平均遅延時間を前記第1の通信装置へ送信し、

前記複数の第2の通信装置の各々は、無線インターフェースと有線インターフェースとを有し、1つの無線インターフェースまたは1つの有線インターフェースのキューに単位時間当たり10に到着する1つの前記フローに属するパケットの個数であるフローの第2の到着率をパケットの送信に用いられている無線インターフェースおよび/または有線インターフェースについて計測するとともに、前記1つの無線インターフェースまたは前記1つの有線インターフェースを用いてパケットを送信するときの前記パケットが前記キューに格納されてから前記パケットの送信完了または前記パケットの送信失敗までの平均時間であるフローの第2の平均遅延時間をパケットの送信に用いられている無線インターフェースおよび/または有線インターフェースについて計測し、その計測したフローの第2の到着率およびフローの第2の平均遅延時間を前記第1の通信装置へ送信し、

前記第1の通信装置は、有線インターフェースを有し、前記有線インターフェースのキューに単位時間当たり10に到着する1つの前記フローに属するパケットの個数であるフローの第3の到着率と、前記有線インターフェースを用いてパケットを送信するときの前記パケットが前記キューに格納されてから前記パケットの送信完了または前記パケットの送信失敗までの平均時間であるフローの第3の平均遅延時間とを計測するとともに、前記複数の端末装置から前記フローの第1の到着率および前記フローの第1の平均遅延時間を受信し、前記複数の第2の通信装置から前記フローの第2の到着率および前記フローの第2の平均遅延時間を受信し、前記フローの第1から第3の到着率および前記フローの第1から第3の平均遅延時間に基づいて、1つのアクセスネットワークの全体における平均遅延時間であるネットワーク平均遅延時間を前記複数のアクセスネットワークについて演算し、その演算した複数のネットワーク平均遅延時間に基づいて、前記通信ネットワークの全体の平均遅延時間が最小になるように前記複数のアクセスネットワーク間でフローを分配する、請求項1に記載の通信ネットワークシステム。

【請求項3】

前記第1の通信装置は、前記フローの第1から第3の到着率および前記フローの第1から第3の平均遅延時間に基づいて、前記第1および第2の経路の各々、または前記第1から第3の経路の各々におけるフローの到着率とフローの平均遅延時間との積である各区分におけるフローのコストを前記第1および第2の経路の各々、または前記第1から第3の経路の各々について演算し、その演算した各区分におけるフローのコストを1つのフローを構成する区分について積算してフローコストを演算する第1の処理を1つのアクセスネットワークに含まれる全てのフローの各々について実行することによって前記1つのアクセスネットワークに含まれる全てのフローのフローコストを演算し、その演算した全てのフローのフローコストの和を演算し、前記1つのアクセスネットワークにおけるパケット

の送信元と送信先におけるフローの到着率の和を演算し、前記全てのフローのフローコストの和を前記フローの到着率の和で除算して前記1つのアクセスネットワークにおけるネットワーク平均遅延時間を演算する第2の処理を前記複数のアクセスネットワークについて実行して前記複数のネットワーク平均遅延時間を演算する、請求項2に記載の通信ネットワークシステム。

【請求項4】

前記第1の通信装置は、前記複数のネットワーク平均遅延時間から最大のネットワーク平均遅延時間と最小のネットワーク平均遅延時間とを検出するとともに、前記最大のネットワーク平均遅延時間を有するアクセスネットワークから前記フローの平均遅延時間の大きい順に予め決定された数のフローを選択し、その選択した数のフローを前記最大のネットワーク平均遅延時間を有するアクセスネットワークから前記最小のネットワーク平均遅延時間を有するアクセスネットワークへ移動するフロー移動処理を前記通信ネットワークの全体の平均遅延時間が最小になるまで繰り返し行なう、請求項2に記載の通信ネットワークシステム。

10

【請求項5】

前記第1の通信装置は、第1周期において、前記複数のネットワーク平均遅延時間から最大のネットワーク平均遅延時間と最小のネットワーク平均遅延時間とを検出するとともに、前記最大のネットワーク平均遅延時間を有するアクセスネットワークから前記フローの平均遅延時間の大きい順に予め決定された初期数のフローを選択し、その選択した初期数のフローを前記最大のネットワーク平均遅延時間を有する分配元のアクセスネットワークから前記最小のネットワーク平均遅延時間を有する分配先のアクセスネットワークへ移動し、第 t (t は2以上の整数)周期において、(A)前記分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が前記分配先のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間よりも大きく、かつ、前記分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が第 $t-1$ 周期におけるネットワーク平均遅延時間よりも小さい場合、前記第 $t-1$ 周期におけるフローの移動数と同じ数のフローを前記分配元のアクセスネットワークから前記分配先のアクセスネットワークへ移動し、(B)前記分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が前記分配先のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間よりも小さく、かつ、前記分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が第 $t-1$ 周期のネットワーク平均遅延時間よりも小さくなった場合、前記第 $t-1$ 周期におけるフローの移動数よりも少ない数のフローを前記分配元のアクセスネットワークから前記分配先のアクセスネットワークへ移動し、(C)前記分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が前記第 $t-1$ 周期におけるネットワーク平均遅延時間よりも大きくなった場合、前記第 $t-1$ 周期におけるフローの移動数よりも多い数のフローを前記分配元のアクセスネットワークから前記分配先のアクセスネットワークへ移動し、(D)前記フローの移動後における前記複数のアクセスネットワークの複数のネットワーク平均遅延時間を演算し、その演算した複数のネットワーク平均遅延時間から最大のネットワーク平均遅延時間と最小のネットワーク平均遅延時間とを検出する処理を前記通信ネットワークの全体の平均遅延時間が最小になるまで実行する、請求項3に記載の通信ネットワークシステム。

20

30

40

【請求項6】

前記第1の通信装置は、前記複数の端末装置の各々がサービス品質を担保する無線通信方式によって無線通信を行なう無線インターフェースを有する場合、前記フローの第1から第3の到着率および前記フローの第1から第3の平均遅延時間に基づいて、前記サービス品質のクラスごとに、前記複数のアクセスネットワークにおける複数のネットワーク平均遅延時間を演算するとともに、その演算した複数のネットワーク平均遅延時間に基づいて、前記通信ネットワークの全体の平均遅延時間が最小になるように前記複数のアクセスネットワーク間でフローを分配する、請求項1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】

50

【 0 0 0 1 】

この発明は、アプリケーション層における遅延時間を抑制する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 】

【 0 0 0 2 】

無線 LAN (Local Area Network) および WiMAX 等の様々な無線通信インフラの整備に伴い、複数の無線インターフェースを搭載した携帯端末の普及が進んでいる。

【 0 0 0 3 】

これらの端末では、複数の無線リンクに対して適切な割合でトラフィックを分配することで、単一の無線リンクでは得られない高い通信品質（例えば、高スループット、かつ、低遅延の通信）を達成することが期待できる。

10

【 0 0 0 4 】

従来、同種、かつ、通信品質の安定した複数の通信リンクの集約を可能とするためのデータリンク層レベルでのトラフィック分散方式が提案されている（非特許文献 1）。

【 0 0 0 5 】

また、MIPv6 (RFC 3775) に基づき、ネットワーク層レベルでの複数のリンクの集約を可能とするための方式が提案されている（非特許文献 2）。通常の MIPv6 では、単一のホームアドレス (HoA : Home Address) に対し、単一の気付アドレス (CoA : Care-of Address) のみを対応付けることが可能である。一方、非特許文献 2 によって提案された方式では、MIPv6 を拡張し、単一の HoA に対し、複数の CoA を対応付けることを可能とする。これにより、複数の無線インターフェースを備える端末は、無線インターフェースごとに異なった CoA を取得して HoA と対応付けることで、端末の HoA 宛のトラフィックをホームエージェント (HA : Home Agent) 上で、その端末の HoA に対応した複数の CoA に分配することが可能となる。

20

【 0 0 0 6 】

更に、非特許文献 2 によって提案された方式等を基盤技術として用い、ネットワーク層レベルでのトラフィックの分散を実現する方式が提案されている（非特許文献 3）。この方式では、端末が持つ複数のリンクに対し、パケットを分配の単位として、それぞれのパケットを適切な割合で各リンクへ振り分けることで、単一のリンクでは得られない高いスループットを実現している。

30

【 0 0 0 7 】

更に、TCP (Transmission Control Protocol) コネクション上を流れるフローにおいて、フローに属するパケットの送信元での送信順序が受信先において逆転した場合に、TCP のスループットの低下が発生するので、それを改善する方式が提案されている（非特許文献 4）。

【 先行技術文献 】

【 非特許文献 】

【 0 0 0 8 】

40

【 非特許文献 1 】 J. Duncanson, " Inverse Multiplexing, " IEEE Communications Magazine, Vol. 32, No. 4, pp.34-41, 1994.

【 非特許文献 2 】 R. Wakikawa, V. Devarapalli, T. Ernst, and K. Nagami, " Multiple Care-of Addresses Registration, " Internet Draft, draft-ietf-monami6-multipleco a-09.txt, 2008.

【 非特許文献 3 】 K. Chebrolu, B. Raman, and R. R. Rao, " A Network Layer Approach to Enable TCP over Multiple Interfaces, " Wireless Networks, pp. 637-650, 2005.

【 非特許文献 4 】 E. Blanton and M. Allman, " On Making TCP More Robust to Packet Recordering, " ACM SIGCOMM Computer Commun. Review, Vol. 32, No. 1, pp. 20-30, 2002.

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

非特許文献1では、例えば、ISDN回線のような同種のデータリンク層のプロトコルに基づいた複数のリンクを集約することが提案されている。従って、複数の通信回線事業者が提供するアクセスネットワークを跨ったようなリンク（例えば、Wi-Fi網とWiMAX網）を集約するためには、各通信事業者の管理する網内にリンク集約のための機器を設置し、その機器間で制御情報をやり取りする必要がある、実運用には、大きな障壁となる。

【0010】

また、非特許文献3によって提案された方式では、端末が持つ複数のリンクに対し、パケットを分配の単位としてトラフィックの分散を行なう。しかし、各リンクの通信品質の特性は、そのリンクのデータリンク層以下のプロトコルによって大きく異なる。例えば、Wi-Fi網およびWiMAX網では、MAC(Media Access Control)層プロトコルとして、前者がコンテンションに基づくアクセス制御を行なうのに対し、後者は、スケジューリングに基づくアクセス制御を行なうため、両網の端末の増加に対する遅延特性は大きく異なる。

【0011】

このような、遅延特性の異なる複数のリンクに対し、パケット単位の分配を行なうと、パケットの到着順序の入れ替わりが頻発し、トランスポート層以上におけるスループットの低下や遅延の増大を招くという問題がある。

【0012】

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、トランスポート層以上におけるスループットを向上し、かつ、遅延時間を抑制可能な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】

【0013】

この発明によれば、無線ネットワークシステムは、複数の端末装置と、第1の通信装置と、複数の第2の通信装置とを備える。複数の端末装置の各々は、無線通信方式によって無線通信を行なう。第1の通信装置は、ネットワークに接続される。複数の第2の通信装置は、ネットワークに接続され、各々がネットワークを介して第1の通信装置と通信を行なうとともに端末装置と無線通信を行なう。そして、第1の通信装置は、端末装置または端末装置の通信相手である相手端末装置において実行されるアプリケーションを送信元または送信先としたときの送信元および送信先の一方から他方へ送信されるパケットの集合をフローとし、1個の第2の通信装置を経由する全てのフローが通り、かつ、第1の通信装置と第2の通信装置との間の第1の経路と、第2の通信装置と端末装置との間の第2の経路とを含むネットワーク、または1個の第2の通信装置を経由する全てのフローが通り、かつ、第1および第2の経路と、端末装置と端末装置との間の第3の経路とを含むネットワークをアクセスネットワークとしたとき、複数のアクセスネットワークの複数の平均遅延時間に基づいて、複数のアクセスネットワークを含む通信ネットワークの全体の平均遅延時間が最小になるように複数のアクセスネットワーク間でフローを分配する。また、複数のアクセスネットワークに含まれる複数の第2の通信装置の各々は、第1の通信装置によって分配されたフローに含まれるパケットを第1の通信装置との間で送信または受信するとともに、第1の通信装置によって分配されたフローに含まれるパケットを自己が含まれるアクセスネットワークと同じアクセスネットワークに含まれる端末装置との間で送信または受信する。更に、複数のアクセスネットワークに含まれる複数の端末装置の各々は、第1の通信装置によって分配されたフローに含まれるパケットを自己が含まれるアクセスネットワークと同じアクセスネットワークに含まれる第2の通信装置との間で送信または受信する。

【0014】

好ましくは、複数の端末装置の各々は、各々が同一の無線通信方式によって無線通信を行なう複数の無線インターフェース、または相互に異なる無線通信方式によって無線通信を行なう複数の無線インターフェースを有し、1つの無線インターフェースのキューに単位時間当たりに到着する1つのフローに属するパケットの個数であるフローの第1の到着率をパケットの送信に用いられている無線インターフェースについて計測するとともに、1つの無線インターフェースを用いてパケットを送信するときのパケットがキューに格納されてからパケットの送信完了またはパケットの送信失敗までの平均時間であるフローの第1の平均遅延時間をパケットの送信に用いられている無線インターフェースについて計測し、その計測したフローの第1の到着率およびフローの第1の平均遅延時間を第1の通信装置へ送信する。また、複数の第2の通信装置の各々は、無線インターフェースと有線
10
インターフェースとを有し、1つの無線インターフェースまたは1つの有線インターフェースのキューに単位時間当たりに到着する1つのフローに属するパケットの個数であるフローの第2の到着率をパケットの送信に用いられている無線インターフェースおよび/または有線インターフェースについて計測するとともに、1つの無線インターフェースまたは1つの有線インターフェースを用いてパケットを送信するときのパケットがキューに格納されてからパケットの送信完了またはパケットの送信失敗までの平均時間であるフローの第2の平均遅延時間をパケットの送信に用いられている無線インターフェースおよび/
20
または有線インターフェースについて計測し、その計測したフローの第2の到着率およびフローの第2の平均遅延時間を第1の通信装置へ送信する。更に、第1の通信装置は、有線インターフェースを有し、有線インターフェースのキューに単位時間当たりに到着する1つのフローに属するパケットの個数であるフローの第3の到着率と、有線インターフェースを用いてパケットを送信するときのパケットがキューに格納されてからパケットの送信完了またはパケットの送信失敗までの平均時間であるフローの第3の平均遅延時間とを計測するとともに、複数の端末装置からフローの第1の到着率およびフローの第1の平均遅延時間を受信し、複数の第2の通信装置からフローの第2の到着率およびフローの第2の平均遅延時間を受信し、フローの第1から第3の到着率およびフローの第1から第3の平均遅延時間に基づいて、1つのアクセスネットワークの全体における平均遅延時間であるネットワーク平均遅延時間を複数のアクセスネットワークについて演算し、その演算した複数のネットワーク平均遅延時間に基づいて、通信ネットワークの全体の平均遅延時間が最小になるように複数のアクセスネットワーク間でフローを分配する。
30

【0015】

好ましくは、第1の通信装置は、フローの第1から第3の到着率およびフローの第1から第3の平均遅延時間に基づいて、第1および第2の経路の各々、または第1から第3の経路の各々におけるフローの到着率とフローの平均遅延時間との積である各区分におけるフローのコストを第1および第2の経路の各々、または第1から第3の経路の各々について演算し、その演算した各区分におけるフローのコストを1つのフローを構成する区分について積算してフローコストを演算する第1の処理を1つのアクセスネットワークに含まれる全てのフローの各々について実行することによって1つのアクセスネットワークに含まれる全てのフローのフローコストを演算し、その演算した全てのフローのフローコストの和を演算し、1つのアクセスネットワークにおけるパケットの送信元と送信先における
40
フローの到着率の和を演算し、全てのフローのフローコストの和をフローの到着率の和で除算して1つのアクセスネットワークにおけるネットワーク平均遅延時間を演算する第2の処理を複数のアクセスネットワークについて実行して複数のネットワーク平均遅延時間を演算する。

【0016】

好ましくは、第1の通信装置は、複数のネットワーク平均遅延時間から最大のネットワーク平均遅延時間と最小のネットワーク平均遅延時間とを検出するとともに、最大のネットワーク平均遅延時間を有するアクセスネットワークからフローの平均遅延時間の大きい順に予め決定された数のフローを選択し、その選択した数のフローを最大のネットワーク平均遅延時間を有するアクセスネットワークから最小のネットワーク平均遅延時間を有す
50

るアクセスネットワークへ移動するフロー移動処理を通信ネットワークの全体の平均遅延時間が最小になるまで繰り返し行なう。

【 0 0 1 7 】

好ましくは、第 1 の通信装置は、第 1 周期において、複数のネットワーク平均遅延時間から最大のネットワーク平均遅延時間と最小のネットワーク平均遅延時間とを検出するとともに、最大のネットワーク平均遅延時間を有するアクセスネットワークからフローの平均遅延時間の大きい順に予め決定された初期数のフローを選択し、その選択した初期数のフローを最大のネットワーク平均遅延時間を有する分配元のアクセスネットワークから最小のネットワーク平均遅延時間を有する分配先のアクセスネットワークへ移動し、第 t (t は 2 以上の整数) 周期において、(A) 分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が分配先のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間よりも大きく、かつ、分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が第 $t - 1$ 周期におけるネットワーク平均遅延時間よりも小さい場合、第 $t - 1$ 周期におけるフローの移動数と同じ数のフローを分配元のアクセスネットワークから分配先のアクセスネットワークへ移動し、(B) 分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が分配先のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間よりも小さく、かつ、分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が第 $t - 1$ 周期のネットワーク平均遅延時間よりも小さくなった場合、第 $t - 1$ 周期におけるフローの移動数よりも少ない数のフローを分配元のアクセスネットワークから分配先のアクセスネットワークへ移動し、(C) 分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が第 $t - 1$ 周期におけるネットワーク平均遅延時間よりも大きくなった場合、第 $t - 1$ 周期におけるフローの移動数よりも多い数のフローを分配元のアクセスネットワークから分配先のアクセスネットワークへ移動し、(D) フローの移動後における複数のアクセスネットワークの複数のネットワーク平均遅延時間を演算し、その演算した複数のネットワーク平均遅延時間から最大のネットワーク平均遅延時間と最小のネットワーク平均遅延時間とを検出する処理を通信ネットワークの全体の平均遅延時間が最小になるまで実行する。

【 0 0 1 8 】

好ましくは、第 1 の通信装置は、複数の端末装置の各々がサービス品質を担保する無線通信方式によって無線通信を行なう無線インターフェースを有する場合、フローの第 1 から第 3 の到着率およびフローの第 1 から第 3 の平均遅延時間に基づいて、サービス品質のクラスごとに、複数のアクセスネットワークにおける複数のネットワーク平均遅延時間を演算するとともに、その演算した複数のネットワーク平均遅延時間に基づいて、通信ネットワークの全体の平均遅延時間が最小になるように複数のアクセスネットワーク間でフローを分配する。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 9 】

この発明においては、第 1 の通信装置は、複数のアクセスネットワークを含む通信ネットワークの全体の平均遅延時間が最小になるように複数のアクセスネットワーク間でフローを分配し、複数の第 2 の通信装置および複数の端末装置は、第 1 の通信装置によるフローの分配結果に基づいて、各フローに属するパケットを送信または受信する。その結果、制御対象のアクセスネットワークを含む通信ネットワークにおける遅延時間が抑制されるとともに、分配単位がパケット毎ではなく、フロー単位であることによって送信先におけるパケットの到着順序の入れ替わりが抑制される。

【 0 0 2 0 】

従って、この発明によれば、トランスポート層以上におけるスループットを向上できるとともに、遅延時間を抑制できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 1 】

【 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。

10

20

30

40

50

【図 2】図 1 に示す端末装置の構成図である。

【図 3】図 1 に示す基地局の構成図である。

【図 4】図 1 に示すホームエージェントの構成図である。

【図 5】この発明の実施の形態において用いられるパケットのヘッダの構成図である。

【図 6】フローの到着率およびフローの平均遅延時間を説明するための概念図である。

【図 7】アクセスネットワークの具体例を示す図である。

【図 8】アクセスネットワークの平均遅延時間とフロー分配数との関係を示す図である。

【図 9】フローの分配後の状態を示す図である。

【図 10】アクセスネットワークの他の具体例を示す図である。

【図 11】端末装置の具体的な構成を示す第 1 の構成図である。

10

【図 12】端末装置の具体的な構成を示す第 2 の構成図である。

【図 13】端末装置の具体的な構成を示す第 3 の構成図である。

【図 14】基地局の具体的な構成を示す構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

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。

【0023】

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 ~ 6 と、基地局 10 と、アクセスポイント (AP: Access Point) 20, 30, 40 と、ネットワーク 50 と、有線ケーブル 51 ~ 55 と、ホームエージェント 60 とを備える。

20

【0024】

この発明の実施の形態においては、フローとは、例えば、TCP コネクションにおける一方のエンドから他方のエンドへ送信されるパケットの集合であり、一般的には、送信元アドレス、送信元のポート番号、宛先アドレス、宛先のポート番号およびトランスポート層のプロトコルの種別によって識別されるパケットの集合である。

【0025】

また、この発明の実施の形態においては、フローとは、IPv6 ヘッダ内のフローラベルフィールド、送信元アドレスフィールドおよび宛先アドレスフィールドによって識別されるパケットの集合である。

30

【0026】

更に、この発明の実施の形態においては、アクセスネットワークとは、基地局 10 または 1 つのアクセスポイント (アクセスポイント 20, 30, 40 のいずれか) から構成される AP を経由する全てのフローにおいて、それらのフローを通るホームエージェント 60 - AP 間の経路と、AP - 端末装置間の経路とを含むネットワーク、または、AP を経由する全てのフローにおいて、それらのフローを通るホームエージェント 60 - AP 間の経路と、AP - 端末装置間の経路と、端末装置 - 端末装置間の経路とを含むネットワークを言う。

40

【0027】

基地局 10 は、有線ケーブル 51 によってネットワーク 50 に接続される。アクセスポイント 20, 30, 40 は、それぞれ、有線ケーブル 52 ~ 54 によってネットワーク 50 に接続される。ホームエージェント 60 は、有線ケーブル 55 によってネットワーク 50 に接続される。

【0028】

端末装置 1 ~ 6 は、無線通信空間に配置される。そして、端末装置 1 ~ 6 の各々は、複数の無線インターフェースを備え、WiMAX および / または Wi-Fi の無線通信方式によって基地局 10 および / またはアクセスポイント 20, 30, 40 にアクセスする。また、端末装置 1 ~ 6 の各々は、Wi-Fi のアドホックモードによって無線通信を中継する

50

。更に、端末装置 1 ~ 6 の各々は、後述する方法によって、隣接する端末装置または基地局 10 またはアクセスポイント 20, 30, 40 との間の区間におけるフローの到着率およびフローの平均遅延時間を計測し、その計測したフローの到着率およびフローの平均遅延時間をネットワーク 50 を介してホームエージェント 60 へ送信する。

【0029】

基地局 10 は、WiMAX の無線通信方式によって端末装置 1 ~ 6 の一部と無線通信を行なうとともに、有線ケーブル 51、ネットワーク 50、および有線ケーブル 55 を介してホームエージェント 60 と通信を行なう。

【0030】

基地局 10 は、端末装置（端末装置 1 ~ 6 の少なくとも 1 つ）との間の区間、またはホームエージェント 60 との間の区間におけるフローの到着率およびフローの平均遅延時間を後述する方法によって計測し、その計測したフローの到着率およびフローの平均遅延時間をネットワーク 50 を介してホームエージェント 60 へ送信する。

10

【0031】

アクセスポイント 20, 30, 40 の各々は、Wi-Fi の無線通信方式によって端末装置 1 ~ 6 の一部と無線通信を行なうとともに、ネットワーク 50 を介してホームエージェント 60 と通信を行なう。

【0032】

また、アクセスポイント 20, 30, 40 の各々は、端末装置（端末装置 1 ~ 6 の少なくとも 1 つ）との間の区間、またはホームエージェント 60 との間の区間におけるフローの到着率およびフローの平均遅延時間を後述する方法によって計測し、その計測したフローの到着率およびフローの平均遅延時間をネットワーク 50 を介してホームエージェント 60 へ送信する。

20

【0033】

ネットワーク 50 は、イーサネット（登録商標）、ADSL（Asymmetric Digital Subscriber Line）、光ファイバ、通信事業者の管理する網、およびインターネットバックボーン等の有線網からなる。

【0034】

ホームエージェント 60 は、例えば、MIPv6（Mobile IPv6）におけるホームエージェントの機能を実装したノードである。そして、ホームエージェント 60 は、端末装置 1 ~ 6、基地局 10 およびアクセスポイント 20, 30, 40 からフローの到着率およびフローの平均遅延時間を受信し、その受信したフローの到着率およびフローの平均遅延時間に基づいて、後述する方法によって、複数のアクセスネットワークにおける複数のネットワーク平均遅延時間を演算する。その後、ホームエージェント 60 は、複数のネットワーク平均遅延時間に基づいて、後述する方法によって、複数のアクセスネットワークを含む通信ネットワークの全体の平均遅延時間が最小になるように複数のアクセスネットワーク間でフローを分配する。

30

【0035】

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 301 ~ 30n（n は 2 以上の整数）と、無線インターフェース 11 ~ 1n と、キュー 21 ~ 2n と、通信手段 32 と、アプリケーションモジュール 33 とを含む。

40

【0036】

アンテナ 301 ~ 30n は、それぞれ、無線インターフェース 11 ~ 1n に対応して設けられる。

【0037】

無線インターフェース 11 ~ 1n の各々は、Wi-Fi の無線インターフェースおよび WiMAX の無線インターフェースのいずれかからなる。そして、無線インターフェース 11 ~ 1n の各々は、Wi-Fi または WiMAX の無線通信方式によって基地局 10 またはアクセスポイント 20, 30, 40 のいずれかと接続を確立する。

【0038】

50

無線インターフェース 1 1 ~ 1 n は、それぞれ、キュー 2 1 ~ 2 n に格納されたパケットを取り出し、その取り出したパケットをそれぞれアンテナ 3 0 1 ~ 3 0 n を介して送信する。

【 0 0 3 9 】

また、無線インターフェース 1 1 ~ 1 n は、それぞれアンテナ 3 0 1 ~ 3 0 n を介して他の端末装置、基地局 1 0 およびアクセスポイント 2 0 , 3 0 , 4 0 のいずれかからパケットを受信し、その受信したパケットを通信手段 3 2 へ出力する。

【 0 0 4 0 】

更に、無線インターフェース 1 1 ~ 1 n の各々は、W i F i のアドホックモードに従ってパケットを中継する。

10

【 0 0 4 1 】

キュー 2 1 ~ 2 n は、それぞれ、無線インターフェース 1 1 ~ 1 n に対応して設けられる。そして、キュー 2 1 ~ 2 n は、通信手段 3 2 からパケットを受け、その受けたパケットを保持する。

【 0 0 4 2 】

通信手段 3 2 は、アプリケーションモジュール 3 3 からパケットを受け、その受けたパケットをキュー 2 1 ~ 2 n に格納する。

【 0 0 4 3 】

また、通信手段 3 2 は、無線インターフェース 1 1 ~ 1 n からパケットを受ける。そして、通信手段 3 2 は、その受けたパケットの宛先が端末装置 1 である場合、その受けたパケットをアプリケーションモジュール 3 3 へ出力する。また、通信手段 3 2 は、その受けたパケットの宛先が端末装置 1 以外であるとき、W i F i のアドホックモードに従ってパケットを中継する無線インターフェース (= 無線インターフェース 1 1 ~ 1 n のいずれか) に対応して設けられたキュー (= キュー 2 1 ~ 2 n のいずれか) にパケットを格納する。

20

【 0 0 4 4 】

更に、通信手段 3 2 は、後述する方法によって、フローの到着率およびフローの平均遅延時間を定期的に計測し、その計測したフローの到着率およびフローの平均遅延時間をキュー (キュー 2 1 ~ 2 n のいずれか) および無線インターフェース (無線インターフェース 1 1 ~ 1 n のいずれか) を介して定期的にホームエージェント 6 0 へ送信する。

30

【 0 0 4 5 】

アプリケーションモジュール 3 3 は、パケットを生成し、その生成したパケットを通信手段 3 2 へ出力する。また、アプリケーションモジュール 3 3 は、通信手段 3 2 からパケットを受け、その受けたパケットを受理する。

【 0 0 4 6 】

なお、図 1 に示す端末装置 2 ~ 6 の各々も、図 2 に示す端末装置 1 と同じ構成からなる。

【 0 0 4 7 】

図 3 は、図 1 に示す基地局 1 0 の構成図である。図 3 を参照して、基地局 1 0 は、アンテナ 4 1 と、無線インターフェース 4 2 と、キュー 4 3 , 4 5 と、通信手段 4 4 と、有線

40

【 0 0 4 8 】

無線インターフェース 4 2 は、W i M A X の無線通信方式によって端末装置 1 ~ 6 のいずれかとの間で接続を確立する。そして、無線インターフェース 4 2 は、キュー 4 3 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 4 1 を介して端末装置 1 ~ 6 のいずれかへ送信する。

【 0 0 4 9 】

また、無線インターフェース 4 2 は、端末装置 1 ~ 6 のいずれかからアンテナ 4 1 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 4 4 へ出力する。

【 0 0 5 0 】

50

キュー４３は、無線インターフェース４２に対応して設けられる。そして、キュー４３は、通信手段４４からパケットを受け、その受けたパケットを保持する。

【００５１】

通信手段４４は、有線インターフェース４６からパケットを受け、その受けたパケットをキュー４３へ格納する。また、通信手段４４は、無線インターフェース４２からパケットを受け、その受けたパケットをキュー４５に格納する。

【００５２】

更に、通信手段４４は、無線インターフェース４２を介してパケットを送信または受信する区間におけるフローの到着率およびフローの平均遅延時間を後述する方法によって定期的に計測するとともに、有線インターフェース４６を介してパケットを送信または受信する区間におけるフローの到着率およびフローの平均遅延時間を後述する方法によって定期的に計測する。そして、通信手段４４は、その計測したフローの到着率およびフローの平均遅延時間をキュー４５および有線インターフェース４６を介して定期的にホームエージェント６０へ送信する。

【００５３】

キュー４５は、有線インターフェース４６に対応して設けられる。そして、キュー４５は、通信手段４４からパケットを受け、その受けたパケットを保持する。

【００５４】

有線インターフェース４６は、有線ケーブル５１に接続される。そして、有線インターフェース４６は、キュー４５からパケットを取り出し、その取り出したパケットを有線ケーブル５１を介してホームエージェント６０へ送信する。

【００５５】

なお、図１に示すアクセスポイント２０、３０、４０の各々も、図３に示す基地局１０と同じ構成からなる。この場合、アクセスポイント２０、３０、４０の無線インターフェース４２は、ＷｉＦｉの無線通信方式によって端末装置１～６のいずれかとの間で接続を確立する。

【００５６】

図４は、図１に示すホームエージェント６０の構成図である。図４を参照して、ホームエージェント６０は、有線インターフェース６１と、キュー６２と、通信手段６３と、制御モジュール６４とを含む。

【００５７】

有線インターフェース６１は、有線ケーブル５５に接続される。有線インターフェース６１は、キュー６２からパケットを取り出し、その取り出したパケットを有線ケーブル５５を介して送信する。

【００５８】

また、有線インターフェース６１は、有線ケーブル５５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６３へ出力する。

【００５９】

キュー６２は、有線インターフェース６１に対応して設けられる。そして、キュー６２は、通信手段６３からパケットを受け、その受けたパケットを保持する。

【００６０】

通信手段６３は、制御モジュール６４からパケットを受け、その受けたパケットをキュー６２に格納する。

【００６１】

また、通信手段６３は、有線インターフェース６１からパケットを受け、その受けたパケットを制御モジュール６４へ出力する。

【００６２】

制御モジュール６４は、通信ネットワークシステム１００以外のネットワークシステムに含まれる端末装置から端末装置１～６のいずれかへのパケットを受信すると、後述する方法によって、その受信したパケットを端末装置１～６のいずれかへ送信する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 3 】

また、制御モジュール 6 4 は、端末装置 1 ~ 6 のいずれかから通信ネットワークシステム 1 0 0 以外のネットワークシステムに含まれる端末装置へのパケットを受信すると、後述する方法によって、その受信したパケットを通信ネットワークシステム 1 0 0 以外のネットワークシステムに含まれる端末装置へ送信する。

【 0 0 6 4 】

更に、制御モジュール 6 4 は、フローの到着率およびフローの平均遅延時間を端末装置 1 ~ 6、基地局 1 0 およびアクセスポイント 2 0、3 0、4 0 から受信すると、その受信したフローの到着率およびフローの平均遅延時間に基づいて、後述する方法によって、複数のアクセスネットワークにおける複数のネットワーク平均遅延時間を演算し、その演算した複数のネットワーク平均遅延時間に基づいて、複数のアクセスネットワーク間でフローを分配する。

10

【 0 0 6 5 】

図 5 は、この発明の実施の形態において用いられるパケットのヘッダの構成図である。図 5 を参照して、ヘッダ H D は、バージョンと、トラフィッククラスと、フローラベルと、ペイロード長と、次ヘッダと、ホップリミットと、送信元アドレスと、宛先アドレスとを含む。

【 0 0 6 6 】

バージョンは、I P (I n t e r n e t P r o t o c o l) のバージョンであり、6 が格納される。トラフィッククラスは、Q o S (Q u a l i t y o f S e r v i c e) で使用するパケットのクラスである。フローラベルは、フローの識別に使用するタグである。

20

【 0 0 6 7 】

ペイロード長は、ヘッダを含まない I P ペイロードの長さである。次ヘッダは、I P データグラム内の次のヘッダを示す。ホップリミットは、通過できるホップ数である。送信元アドレスは、パケットを生成する端末装置のアドレスからなる。宛先アドレスは、パケットの最終的な送信先である端末装置のアドレスからなる。

【 0 0 6 8 】

バージョン、トラフィッククラス、フローラベル、ペイロード長、次ヘッダ、ホップリミット、送信元アドレス、および宛先アドレスは、それぞれ、4 ビット、8 ビット、2 0 ビット、1 6 ビット、8 ビット、8 ビット、1 2 8 ビットおよび 1 2 8 ビットの長さを有する。

30

【 0 0 6 9 】

上述したフローラベルフィールドを含む 3 組の [フローラベルフィールド / 送信元アドレスフィールド / 宛先アドレスフィールド] によってフローを識別した場合、I P v 6 ヘッダ H D 内の情報のみでフローを識別できる。一方、上述した 5 組の [送信元アドレス、送信元のポート番号、宛先アドレス、宛先のポート番号およびトランスポート層のプロトコルの種別] によってフローを識別する場合、I P ヘッダに加え、トランスポート層のプロトコルのヘッダも参照する必要がある。従って、3 組の [フローラベルフィールド / 送信元アドレスフィールド / 宛先アドレスフィールド] によってフローを識別する場合、5 組の [送信元アドレス、送信元のポート番号、宛先アドレス、宛先のポート番号およびトランスポート層のプロトコルの種別] によってフローを識別する場合に比べ、フローの識別に要する処理負荷を軽減できるという利点がある。

40

【 0 0 7 0 】

そこで、以下においては、フローを 3 組の [フローラベルフィールド / 送信元アドレスフィールド / 宛先アドレスフィールド] によって識別する。

【 0 0 7 1 】

3 組の [フローラベルフィールド / 送信元アドレスフィールド / 宛先アドレスフィールド] によってフローを識別する場合の端末装置 1 ~ 6 におけるフローラベルフィールドの設定方法の例について説明する。

50

【 0 0 7 2 】

端末装置 1 ～ 6 の通信手段 3 2 は、新規フローに属するパケットを送信する際、フローラベルフィールドの値の範囲 ($1 \sim 2^{20} - 1$) から、既存のフローによって使用されているフローラベルの値を除き、一様乱数によってフローラベルフィールドの値を決定し、その決定した値をフローラベルフィールドに設定する。

【 0 0 7 3 】

また、端末装置 1 ～ 6 の通信手段 3 2 は、未使用のフローラベルフィールドの値が存在しない場合、フローラベルフィールドの値を “ 0 ” に設定する。

【 0 0 7 4 】

更に、端末装置 1 ～ 6 の通信手段 3 2 は、既存のフローに属するパケットを送信する際、そのフローに属する送信済みのパケットのフローラベルフィールドの値と同じ値をフローラベルフィールドに設定する。この場合、あるフローが使用するフローラベルフィールドの値は、そのフローに属するパケットを最後に送信した時刻からフローの最大存続期間（これは、設定可能なパラメータである）を超えて経過すると、新規フローに対し割り当て可能である。従って、端末装置 1 ～ 6 の通信手段 3 2 は、あるフローにおいて、そのフローに属するパケットを最後に送信した時刻からフローの最大存続期間を超えて経過した後、そのフローに属するパケットを送信する場合、新規フローと同じ方法でフローラベルフィールドの値を決定し、その決定した値をフローラベルフィールドに設定する。

【 0 0 7 5 】

M I P v 6 によるトンネリングを行なうため、端末装置 1 ～ 6 およびホームエージェント 6 0 では、トンネリングのための I P v 6 ヘッダ（トンネリングのための I P v 6 のヘッダを外側のヘッダ、トンネリングされる I P v 6 ヘッダを内側のヘッダと呼ぶ）のフローラベルフィールドを適切な値に設定する必要がある。

【 0 0 7 6 】

ホームエージェント 6 0 における外側のヘッダ内のフローラベルフィールドの設定は、次のように行なわれる。

【 0 0 7 7 】

ホームエージェント 6 0 の通信手段 6 3 は、新規フローに属するパケットをトンネリングする際、フローラベルフィールドの値の範囲 ($1 \sim 2^{20} - 1$) から、既存のフローの外側のヘッダによって使用されているフローラベルの値を除き、一様乱数によってフローラベルフィールドの値を決定し、その決定した値をフローラベルフィールドに設定する。

【 0 0 7 8 】

また、ホームエージェント 6 0 の通信手段 6 3 は、未使用のフローラベルフィールドの値が存在しない場合、フローラベルフィールドの値を “ 0 ” に設定する。

【 0 0 7 9 】

更に、ホームエージェント 6 0 の通信手段 6 3 は、既存のフローに属するパケットをトンネリングする際、そのフローに属する送信済みのパケットの外側のヘッダのフローラベルフィールドの値と同じ値をフローラベルフィールドに設定する。この場合、あるフローが使用する外側のヘッダのフローラベルフィールドの値は、そのフローに属するパケットを最後に送信した時刻からフローの最大存続期間を超えて経過すると、新規フローに対し割り当て可能である。

【 0 0 8 0 】

更に、ホームエージェント 6 0 の通信手段 6 3 は、内側のヘッダのフローラベルフィールドの値が “ 0 ” である場合、外側のヘッダのフローラベルフィールドの値を “ 0 ” に設定する。

【 0 0 8 1 】

一方、端末装置 1 ～ 6 の通信手段 3 2 は、あるフローに属するパケットをトンネリングする際、外側のヘッダのフローラベルフィールドの値を内側のヘッダのフローラベルフィールドの値と同じ値に設定する。

【 0 0 8 2 】

10

20

30

40

50

図 1 に示す通信ネットワークシステム 100 においては、端末装置 1 ~ 6 は、通信ネットワークシステム 100 以外の通信ネットワークシステム（図示せず）に含まれる端末装置（図示せず）との間で通信を行なう。

【0083】

この通信ネットワークシステム 100 以外の通信ネットワークシステムに含まれる端末装置を通信相手ノードと言い、CN (Correspondent Node) と表記する。

【0084】

端末装置 1 ~ 6 は、単一のホームアドレス HoA と、気付アドレス CoA とを有する。そして、ホームアドレス HoA および気付アドレス CoA は、相互に対応付けられている。

10

【0085】

ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、通信ネットワークシステム 100 に含まれる端末装置 1 ~ 6 の各々におけるホームアドレス HoA および気付アドレス CoA を相互に対応付けて管理している。

【0086】

端末装置 CN が端末装置 1 との間で通信を行なう場合、端末装置 CN は、パケット PKT = [SA (= CN のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の HoA)] を生成し、その生成したパケット PKT = [SA (= CN のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の HoA)] をネットワーク 50 を経由してホームエージェント 60 へ送信する。

20

【0087】

ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、パケット PKT = [SA (= CN のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の HoA)] を受信し、その受信したパケット PKT = [SA (= CN のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の HoA)] の DA (= 端末装置 1 の HoA) を参照して宛先が端末装置 1 であることを検知する。

【0088】

そうすると、ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、自己が管理する端末装置 1 のホームアドレス HoA 1 と気付アドレス CoA 1 との対応関係に基づいて、ホームアドレス HoA 1 に対応する気付アドレス CoA 1 を検出する。

【0089】

30

そして、ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、[SA (= CN のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の HoA)] をカプセル化してパケット PKT = [SA (= ホームエージェント 60 のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の CoA) [SA (= CN のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の HoA)]] を生成し、その生成したパケット PKT = [SA (= ホームエージェント 60 のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の CoA) [SA (= CN のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の HoA)]] をネットワーク 50、アクセスポイント 20 および端末装置 6 を介して端末装置 1 へ送信する。

【0090】

端末装置 1 の通信手段 32 は、パケット PKT = [SA (= ホームエージェント 60 のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の CoA) [SA (= CN のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の HoA)]] を受信し、その受信したパケット PKT = [SA (= ホームエージェント 60 のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の CoA) [SA (= CN のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の HoA)]] の DA (= 端末装置 1 の CoA) を参照してパケット PKT が端末装置 1 宛てであることを検知する。

40

【0091】

そして、端末装置 1 の通信手段 32 は、パケット PKT = [SA (= ホームエージェント 60 のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の CoA) [SA (= CN のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の HoA)]] をアプリケーションモジュール 33 へ出力し、アプリケーションモジュール 33 は、パケット PKT = [SA (= ホームエージェント 60 のアドレス) / DA (= 端末装置 1 の CoA) [SA (= CN のアドレス) / DA (= 端末装置 1

50

のH o A)]] を受理する。

【 0 0 9 2 】

端末装置 1 が端末装置 C N へパケットを送信する場合、上述した方法によって、パケットが端末装置 1 からホームエージェント 6 0 を経由して端末装置 C N へ送信される。

【 0 0 9 3 】

このように、端末装置 1 と端末装置 C N との間の通信においては、端末装置 1 の気付アドレスがホームエージェント 6 0 と端末装置 1 との間の通信に用いられる。

【 0 0 9 4 】

なお、端末装置 2 ～ 6 が端末装置 C N と通信を行なう際も同様である。

【 0 0 9 5 】

表 1 は、各端末装置 1 ～ 6 が備える無線インターフェースを示す。また、表 2 は、基地局 1 0 およびアクセスポイント 2 0 , 3 0 , 4 0 が備える無線インターフェースを示す。

【 0 0 9 6 】

【表 1】

端末装置	無線インターフェース
端末装置1	WiMAX, IEEE802.11a, IEEE802.11g
端末装置2	WiMAX, IEEE802.11a, IEEE802.11e
端末装置3	WiMAX, IEEE802.11a, IEEE802.11e
端末装置4	IEEE802.11a, IEEE802.11e
端末装置5	IEEE802.11a, IEEE802.11g
端末装置6	IEEE802.11a, IEEE802.11g

【 0 0 9 7 】

【表 2】

基地局またはアクセスポイント	無線インターフェース
基地局10	WiMAX
アクセスポイント20	IEEE802.11g
アクセスポイント30	IEEE802.11a
アクセスポイント40	IEEE802.11e

【 0 0 9 8 】

表 1 に示すように、端末装置 4 ～ 6 の各々は、2 個の無線インターフェースを備え、端

10

20

30

40

50

末装置 1 ~ 3 の各々は、3 個の無線インターフェースを備える。

【0099】

また、表 2 に示すように、基地局 10 およびアクセスポイント 20, 30, 40 の各々は、1 個の無線インターフェースを備える。

【0100】

以下においては、端末装置 1 ~ 6 は、表 1 に示す無線インターフェースを備え、基地局 10 およびアクセスポイント 20, 30, 40 は、表 2 に示す無線インターフェースを備えることを前提とする。

【0101】

フローの到着率およびフローの平均遅延時間について説明する。図 6 は、フローの到着率およびフローの平均遅延時間を説明するための概念図である。図 6 を参照して、端末装置 1 - 端末装置 6 - アクセスポイント 20 - ホームエージェント 60 からなる経路におけるフロー 1, 2 を例としてフローの到着率およびフローの平均遅延時間について説明する。

10

【0102】

この場合、アクセスポイント 20 - ホームエージェント 60 間は、有線区間であり、端末装置 6 - アクセスポイント 20 間は、無線区間であり、端末装置 1 - 端末装置 6 間は、無線による中継区間である。

【0103】

フロー 1 は、端末装置 1 から端末装置 6 およびアクセスポイント 20 を介してホームエージェント 60 へ向かうパケットの流れからなる。また、フロー 2 は、ホームエージェント 60 からアクセスポイント 20 および端末装置 6 を介して端末装置 1 へ向かうパケットの流れからなる。

20

【0104】

端末装置 1 は、Wi-Fi の IEEE 802.11g からなる無線インターフェース 11 と、WiMAX からなる無線インターフェース 12 と、Wi-Fi の IEEE 802.11a からなる無線インターフェース 13 とを備える。また、端末装置 6 は、Wi-Fi の IEEE 802.11a からなる無線インターフェース 11 と、Wi-Fi の IEEE 802.11g からなる無線インターフェース 12 とを備える。

【0105】

そして、端末装置 1 は、無線インターフェース 11 (= IEEE 802.11g) によって端末装置 6 と経路を確立し、端末装置 6 は、無線インターフェース 11 (= IEEE 802.11a) によってアクセスポイント 20 に接続する。つまり、端末装置 6 は、IEEE 802.11g によって端末装置 1 と接続し、IEEE 802.11a によってアクセスポイント 20 と接続する。

30

【0106】

端末装置 1 の通信手段 32 は、フロー 1 におけるフローの到着率を計測する場合、単位時間あたりにキュー 21 に格納するパケット (= 1 つのフロー 1 に属する) の個数をカウントし、そのカウントしたパケットの個数をフローの到着率 r_{11} (個/sec) として計測する。

40

【0107】

また、端末装置 1 の通信手段 32 は、フロー 1 におけるフローの平均遅延時間を計測する場合、パケットをキュー 21 に格納してから送信完了または送信失敗までの平均時間を平均遅延時間 d_{11} として計測する。

【0108】

ここで、送信完了とは、パケットの再送も含め、最終的に送信先から確認応答 (ACK) が返ってきたときのことを言う。また、送信失敗とは、再送回数の上限値に達してパケットの送信をあきらめたときのことを言う。

【0109】

端末装置 6 の通信手段 32 は、端末装置 1 の通信手段 32 と同様にして、フロー 1 にお

50

けるフローの到着率 r_{12} およびフローの平均遅延時間 d_{12} を計測する。

【0110】

アクセスポイント20の通信手段44は、フロー1におけるフローの到着率を計測する場合、単位時間当たりにキュー45に格納するパケット(=1つのフロー1に属する)の個数をカウントし、そのカウントしたパケットの個数をフローの到着率 r_{13} (個/sec)として計測する。

【0111】

また、アクセスポイント20の通信手段44は、次の方法によって、アクセスポイント20 - ホームエージェント60間のフローの平均遅延時間を計測する。

【0112】

アクセスポイント20の通信手段44は、ホームエージェント60を経由する各パケットをキュー45に格納してからホームエージェント60によって受信されるまでの平均時間を平均遅延時間 d_{13} として計測する。

【0113】

この場合、アクセスポイント20の通信手段44は、ホームエージェント60へ送信するパケットをキュー45に格納した時刻 t_1 をホームエージェント60へ送信するパケットに含めてホームエージェント60へ送信し、ホームエージェント60の通信手段63は、そのパケットを受信した時刻 t_2 を検知し、そのパケットに含まれる時刻 t_1 および検知した時刻 t_2 に基づいて、 $t_2 - t_1$ を平均遅延時間 d_{13} として演算する。そして、ホームエージェント60の通信手段63は、その演算した平均遅延時間 d_{13} を制御モジュール64へ出力する。

【0114】

このようにして計測された平均遅延時間を片方向遅延に基づく平均遅延時間と言う。

【0115】

また、アクセスポイント20の通信手段44は、パケットをキュー45に格納してからホームエージェント60を経由して戻って来るまでの平均時間に1/2を乗算した時間を平均遅延時間 d_{13} として計測する。即ち、アクセスポイント20の通信手段44は、パケットがアクセスポイント20 - ホームエージェント60間を往復する平均時間(RTT: Round Trip Time)に1/2を乗算した時間を平均遅延時間 d_{13} として計測する。

【0116】

このようにして計測された平均遅延時間をRTTに基づく平均遅延時間と言う。

【0117】

この発明の実施の形態においては、片方向遅延に基づく平均遅延時間と、RTTに基づく平均遅延時間とのうち、いずれの平均遅延時間を用いるかは、適宜、設定可能である。

【0118】

アクセスポイント20の通信手段44は、片方向遅延に基づく平均遅延時間と、RTTに基づく平均遅延時間とのいずれかを平均遅延時間 d_{13} として計測する。

【0119】

ホームエージェント60の通信手段63は、アクセスポイント20の通信手段44と同じ方法によって、フロー2の到着率 r_{21} および平均遅延時間 d_{21} を計測する。そして、ホームエージェント60の通信手段63は、その計測したフロー2の到着率 r_{21} および平均遅延時間 d_{21} を制御モジュール64へ出力する。

【0120】

アクセスポイント20の通信手段44は、フロー2におけるフローの到着率を計測する場合、単位時間当たりにキュー43に格納するパケット(=1つのフロー2に属する)の個数をカウントし、そのカウントしたパケットの個数をフローの到着率 r_{22} (個/sec)として計測する。

【0121】

また、アクセスポイント20の通信手段44は、フロー2におけるフローの平均遅延時

10

20

30

40

50

間を計測する場合、パケットをキュー 4 3 に格納してから送信完了または送信失敗までの平均時間を平均遅延時間 d_{22} として計測する。

【 0 1 2 2 】

更に、端末装置 6 の通信手段 3 2 は、端末装置 1 の通信手段 3 2 と同じ方法によって、フロー 2 の到着率 r_{23} および平均遅延時間 d_{23} を計測する。

【 0 1 2 3 】

その後、端末装置 1 の通信手段 3 2 は、その計測したフローの到着率 r_{11} および平均遅延時間 d_{11} と、無線インターフェース 1 1 の MAC アドレス $MACadd_11$ と、フロー 1 の識別子 (= フローラベル、送信元アドレス、宛先アドレス) とを含むパケット $PKT1 = [MACadd_11 / r_{11} / d_{11} / \text{フロー 1 の識別子} (= \text{フローラベル、送信元アドレス、宛先アドレス})]$ を生成し、その生成したパケット $PKT1$ をキュー 2 1 および無線インターフェース 1 1 を介してホームエージェント 6 0 へ送信する。

10

【 0 1 2 4 】

また、端末装置 6 は、同様にして、パケット $PKT2 = [MACadd_12 / r_{12} / d_{12} / \text{フロー 1 の識別子} (= \text{フローラベル、送信元アドレス、宛先アドレス})]$ を生成してホームエージェント 6 0 へ送信するとともに、パケット $PKT3 = [MACadd_12 / r_{23} / d_{23} / \text{フロー 2 の識別子} (= \text{フローラベル、送信元アドレス、宛先アドレス})]$ を生成してホームエージェント 6 0 へ送信する。

【 0 1 2 5 】

更に、アクセスポイント 2 0 は、同様にして、パケット $PKT4 = [MACadd_46 / r_{13} / d_{13} / \text{フロー 1 の識別子} (= \text{フローラベル、送信元アドレス、宛先アドレス})]$ を生成してホームエージェント 6 0 へ送信するとともに、パケット $PKT5 = [MACadd_42 / r_{22} / d_{22} / \text{フロー 2 の識別子} (= \text{フローラベル、送信元アドレス、宛先アドレス})]$ を生成してホームエージェント 6 0 へ送信する。

20

【 0 1 2 6 】

ホームエージェント 6 0 の通信手段 6 3 は、パケット $PKT1 \sim PKT5$ を受信し、その受信したパケット $PKT1 \sim PKT5$ を制御モジュール 6 4 へ出力する。そして、ホームエージェント 6 0 の制御モジュール 6 4 は、パケット $PKT1 \sim PKT5$ に基づいて、フロー 1 の到着率 r_{11}, r_{12}, r_{13} および平均遅延時間 d_{11}, d_{12}, d_{13} と、フロー 2 の到着率 r_{22}, r_{23} および平均遅延時間 d_{22}, d_{23} とを取得する。

30

【 0 1 2 7 】

なお、ホームエージェント 6 0 の制御モジュール 6 4 は、フロー 2 の到着率 r_{21} および平均遅延時間 d_{21} を通信手段 6 3 から既に受けている。

【 0 1 2 8 】

ホームエージェント 6 0 の制御モジュール 6 4 は、フロー 1 の到着率 r_{11}, r_{12}, r_{13} および平均遅延時間 d_{11}, d_{12}, d_{13} と、フロー 2 の到着率 r_{21}, r_{22}, r_{23} および平均遅延時間 d_{21}, d_{22}, d_{23} とを取得すると、フロー 1 を構成する各区分 (端末装置 1 - 端末装置 6、端末装置 6 - アクセスポイント 2 0、アクセスポイント 2 0 - ホームエージェント 6 0) におけるフローのコスト $c_{11} \sim c_{13}$ を演算するとともに、フロー 2 を構成する各区分 (ホームエージェント 6 0 - アクセスポイント 2 0、アクセスポイント 2 0 - 端末装置 6、端末装置 6 - 端末装置 1) におけるフローのコスト $c_{21} \sim c_{23}$ を演算する。

40

【 0 1 2 9 】

即ち、ホームエージェント 6 0 の制御モジュール 6 4 は、フロー 1 における端末装置 1 - 端末装置 6 の区分におけるフローのコスト c_{11} を $c_{11} = r_{11} \times d_{11}$ と演算する。そして、ホームエージェント 6 0 の制御モジュール 6 4 は、同様にして、フロー 1 における端末装置 6 - アクセスポイント 2 0 の区分におけるフローのコスト $c_{12} = r_{12} \times d_{12}$ と、フロー 1 におけるアクセスポイント 2 0 - ホームエージェント 6 0 の区分におけるフローのコスト $c_{13} = r_{13} \times d_{13}$ とを演算する。

【 0 1 3 0 】

50

また、ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、同様にして、フロー 2 におけるホームエージェント 60 - アクセスポイント 20 の区間におけるフローのコスト $c_{21} = r_{21} \times d_{21}$ と、フロー 2 におけるアクセスポイント 20 - 端末装置 6 の区間におけるフローのコスト $c_{22} = r_{22} \times d_{22}$ と、フロー 2 における端末装置 6 - 端末装置 1 の区間におけるフローのコスト $c_{23} = r_{23} \times d_{23}$ とを演算する。

【0131】

そうすると、ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、フローコスト $c_{11} \sim c_{13}$ の和 $C_1 = c_{11} + c_{12} + c_{13}$ をフロー 1 の全体のコストとして演算する。

【0132】

また、ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、フローコスト $c_{21} \sim c_{23}$ の和 $C_2 = c_{21} + c_{22} + c_{23}$ をフロー 2 の全体のコストとして演算する。

10

【0133】

従って、この発明の実施の形態においては、フロー f_i の区間 j でのフローコスト c_{ij} は、 $c_{ij} = r_{ij} \times d_{ij}$ によって定義され、フロー f_i のフローコスト C_i は、 $C_i = \sum_j c_{ij}$ (= 全ての区間 j についての c_{ij} の和) によって定義される。

【0134】

ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、他のフローについても、上述した方法によって、フローコストを演算する。

【0135】

図 7 は、アクセスネットワークの具体例を示す図である。図 7 を参照して、端末装置 1 - 端末装置 6 - アクセスポイント 20 - ホームエージェント 60 の経路には、双方向のフロー f_1, f_2 が存在し、端末装置 5 - アクセスポイント 20 - ホームエージェント 60 の経路には、双方向のフロー f_3, f_4 が存在し、端末装置 5 - アクセスポイント 30 - ホームエージェント 60 の経路には、双方向のフロー f_5, f_6 が存在し、端末装置 3 - アクセスポイント 30 - ホームエージェント 60 の経路には、双方向のフロー f_7, f_8 が存在する。

20

【0136】

この場合、4 個のフロー $f_1 \sim f_4$ は、アクセスポイント 20 を経由する。従って、端末装置 1, 5, 6、アクセスポイント 20 およびホームエージェント 60 は、1 つのアクセスネットワーク ANW1 を構成する。

30

【0137】

また、4 個のフロー $f_5 \sim f_8$ は、アクセスポイント 30 を経由する。従って、端末装置 3, 5、アクセスポイント 30 およびホームエージェント 60 は、アクセスネットワーク ANW1 と異なるアクセスネットワーク ANW2 を構成する。

【0138】

そして、ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、フロー $f_1 \sim f_8$ のフローコスト $C_1 \sim C_8$ を上述した方法によって演算する。

【0139】

アクセスネットワーク ANW1 に含まれる全てのフロー $f_1 \sim f_4$ の集合 F_1 は、 $F_1 = f_1 \sim f_4$ となり、アクセスネットワーク ANW2 に含まれる全てのフロー $f_5 \sim f_8$ の集合 F_2 は、 $F_2 = f_5 \sim f_8$ となる。

40

【0140】

そして、アクセスネットワーク ANW1 のネットワーク平均遅延時間 D_1 は、 $D_1 = (C_1 + C_2 + C_3 + C_4) / (r_{11} + r_{21} + r_{31} + r_{41})$ によって定義される。ここで、 r_{11} は、フロー f_1 の到着率であり、 r_{21} は、フロー f_2 の到着率であり、 r_{31} は、フロー f_3 の到着率であり、 r_{41} は、フロー f_4 の到着率である。

【0141】

また、アクセスネットワーク ANW2 のネットワーク平均遅延時間 D_2 は、 $D_2 = (C_5 + C_6 + C_7 + C_8) / (r_{51} + r_{61} + r_{71} + r_{81})$ によって定義される。ここで、 r_{51} は、フロー f_5 の到着率であり、 r_{61} は、フロー f_6 の到着率であり、 r_{71} は、フロー f_7 の到着率であり、 r_{81} は、フロー f_8 の到着率である。

50

r_{71} は、フロー f_7 の到着率であり、 r_{81} は、フロー f_8 の到着率ある。

【0142】

従って、ホームエージェント60の制御モジュール64は、フローコスト $C_1 \sim C_8$ 、およびフローの到着率 $r_{11}, r_{21}, r_{31}, r_{41}, r_{51}, r_{61}, r_{71}, r_{81}$ に基づいて、ネットワーク平均遅延時間 $D_1 = (C_1 + C_2 + C_3 + C_4) / (r_{11} + r_{21} + r_{31} + r_{41})$ を演算するとともに、ネットワーク平均遅延時間 $D_2 = (C_5 + C_6 + C_7 + C_8) / (r_{51} + r_{61} + r_{71} + r_{81})$ を演算する。

【0143】

あるアクセスネットワーク ANW_i に対応するアクセスポイント a_i を通過する全フローの集合を F_i とし、フロー f_j のフローコストを C_j とし、フロー f_j の区間1 (= フロー f_j の1番目の区間) でのフロー到着率を R_j とすると、アクセスネットワーク ANW_i のネットワーク平均遅延時間 D_i は、 $D_i = (\sum_{f_j \in F_i} C_j) / (\sum_{f_j \in F_i} R_j)$ によって定義される。

10

【0144】

従って、ホームエージェント60の制御モジュール64は、 $D_i = (\sum_{f_j \in F_i} C_j) / (\sum_{f_j \in F_i} R_j)$ によって、任意のアクセスネットワーク ANW_i のネットワーク平均遅延時間 D_i を演算する。

【0145】

この発明の実施の形態によるフローの分配方法について説明する。ホームエージェント60の制御モジュール64は、次の方法によってアクセスネットワーク間でフローを分配する。

20

【0146】

[分配方法]

(1) ネットワーク平均遅延時間が最大となるアクセスネットワークと、ネットワーク平均遅延時間が最小となるアクセスネットワークとを選択する。

【0147】

(2) ネットワーク平均遅延時間が最大となるアクセスネットワークから、フローの平均遅延時間の大きいフローを初期移動割合 (例えば、そのアクセスネットワークを通過する総フローの半数) だけ選択する。

【0148】

(3) 選択したフローをネットワーク平均遅延時間が最小であるアクセスネットワークへ移動するため、選択したフローがダウンリンク方向である場合は、フローが通過する経路をホームエージェント60が変更する (そのフローに属するパケットの宛先の CoA を変更する)。一方、選択したフローがアップリンク方向である場合は、ホームエージェント60が該当の端末装置に対してフローの移動指示を送信する。

30

【0149】

(4) 周期 t (t は2以上の整数) において、以下のようにフローの分配を行なう。

【0150】

(a) フローの分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間がフローの分配先のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間よりも大きく、かつ、分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が周期 $t-1$ のネットワーク平均遅延時間よりも小さくなる場合、フローの移動数を周期 $t-1$ におけるフローの移動数と同じにする。

40

【0151】

(b) フローの分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が、フローの分配先のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間よりも小さく、かつ、分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が周期 $t-1$ のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間よりも小さくなる場合は、フローの移動数を減少させる。

【0152】

50

(c) フローの分配元のアクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間が周期 $t - 1$ におけるネットワーク平均遅延時間よりも大きくなる場合は、フローの移動数を増加させる。

【0153】

(d) フローを移動させた後の各アクセスネットワークのネットワーク平均遅延時間を算出し、ネットワーク平均遅延時間が最大となるアクセスネットワークと、ネットワーク平均遅延時間が最小となるアクセスネットワークとを選択する。そして、選択したアクセスネットワーク間で (a) ~ (c) に従ってフローを移動させる。

【0154】

(e) 複数のアクセスネットワークを含む通信ネットワークにおけるフローコストが最小となるまで、(a) ~ (d) を繰返し実行する。

10

【0155】

なお、(b) において、フローの移動数を減少させる場合、フローの移動数は、例えば、前回の移動数 $\times 0.9$ である。また、(c) において、フローの移動数を増加させる場合、フローの移動数は、例えば、前回の移動数 $\times 1.1$ である。

【0156】

図8は、アクセスネットワークの平均遅延時間 (sec / packet) とフロー分配数との関係を示す図である。図8において、縦軸は、アクセスネットワークの平均遅延時間を表し、横軸は、フロー分配数を表す。また、曲線 $k1$ は、アクセスネットワーク A における平均遅延時間とフロー分配数との関係を示し、曲線 $k2$ は、アクセスネットワーク B における平均遅延時間とフロー分配数との関係を示す。

20

【0157】

図8を参照して、上述した (a) ~ (e) を繰返し実行することにより、フローコストは、矢印 $ARW1 \sim ARW4$ によって示すようにアクセスネットワーク A, B の平均遅延時間を均等にする。

【0158】

アクセスネットワーク A における平均遅延時間とアクセスネットワーク B における平均遅延時間が均等になると、両アクセスネットワーク A, B を含む通信ネットワークにおける全体のフローコストも最小になる。また、平均遅延時間は、フローコストをフローの到着率 (フローの分配の前後で不変) で除算したものである。

30

【0159】

従って、複数のアクセスネットワークを含む通信ネットワークにおける各アクセスネットワークの平均遅延時間を均等化すると、複数のアクセスネットワークを含む通信ネットワークにおける全体のフローコストおよび平均遅延時間が最小になる。

【0160】

その結果、上述した (a) ~ (e) を繰返し実行することは、複数のアクセスネットワークを含む通信ネットワークにおける全体の平均遅延時間が最小になるようにアクセスネットワーク間でフローを分配することに相当する。

【0161】

このように、この発明の実施の形態においては、ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、上述した (a) ~ (e) を繰返し実行することによって、複数のアクセスネットワークを含む通信ネットワークにおける全体の平均遅延時間が最小になるようにアクセスネットワーク間でフローを分配する。

40

【0162】

フローの分配の具体例について説明する。図9は、フローの分配後の状態を示す図である。図7に示すフロー $f1 \sim f8$ において、フローコスト $C1 \sim C8$ は、 $C1 > C2 > C3 > C4 > C5 > C6 > C7 > C8$ の関係を有し、アクセスネットワーク $ANW1$ のネットワーク平均遅延時間 $D1$ は、アクセスネットワーク $ANW2$ のネットワーク平均遅延時間 $D2$ よりも大きいものとする。

【0163】

50

この場合、ホームエージェント60の制御モジュール64は、ネットワーク平均遅延時間D1, D2を演算し、アクセスネットワークANW1, ANW2からネットワーク平均遅延時間が最大であるアクセスネットワークANW1と、ネットワーク平均遅延時間が最小であるアクセスネットワークANW2とを選択する。

【0164】

そして、ホームエージェント60の制御モジュール64は、ネットワーク平均遅延時間が最大であるアクセスネットワークANW1からフローの平均遅延時間が大きいフローf1, f2を選択する。初期移動割合は、アクセスネットワークANW1における全フロー(=4個のフローf1~f4)の半数であるので、ホームエージェント60の制御モジュール64は、フローコストの大きい順に2個のフローf1, f2を選択する。

10

【0165】

その後、ホームエージェント60の制御モジュール64は、選択したフローf1がアップリンク方向であるので、フローf1をアクセスポイント30を通過する経路へ移動させるための指示を端末装置1へ送信する。

【0166】

そして、端末装置1の通信手段32は、フローf1をアクセスポイント30を通過する経路へ移動させるための指示をホームエージェント60から受信する。この場合、端末装置1は、WiMAXによって基地局10に接続し、IEEE802.11gによってアクセスポイント20に接続し、IEEE802.11aによって端末装置5に接続している。従って、端末装置1の通信手段32は、ホームエージェント60からの指示に応じて、無線インターフェース11(=IEEE802.11g)を通るフローf1を無線インターフェース13(=IEEE802.11a)を通るように切り替えることによって、アクセスポイント20を通るフローf1をアクセスポイント30を通るように切り替える。

20

【0167】

そして、端末装置1の通信手段32は、無線インターフェース13を用いて、端末装置5およびアクセスポイント30を介してフローf1に含まれるパケットをホームエージェント60へ送信する。

【0168】

この場合、端末装置5は、無線インターフェース11によって、端末装置1とホームエージェント60との間のフローf1, f2を中継するとともに、自己とホームエージェント60との間のフローf5, f6を送受信する。

30

【0169】

また、ホームエージェント60の制御モジュール64は、選択したフローf2がダウンリンク方向であるので、端末装置1宛てのパケットの宛先アドレスに設定する気付アドレスをアクセスポイント20のネットワークにおける気付アドレスからアクセスポイント30のネットワークにおける気付アドレスに変更する。

【0170】

そして、ホームエージェント60の通信手段63は、フロー2に含まれるパケットの宛先アドレスをアクセスポイント30のネットワークにおける気付アドレスに変更してパケットを端末装置1へ送信する。

40

【0171】

端末装置1の通信手段32は、アクセスポイント30および端末装置5を介してフローf2に含まれるパケットをホームエージェント60から受信する。

【0172】

フローf1, f2を分配した後、20~30秒が経過すると、端末装置1, 5, 6およびアクセスポイント20, 30は、図9に示す通信状態におけるフローの到着率およびフローの平均遅延時間を上述した方法によって計測し、その計測したフローの到着率およびフローの平均遅延時間をホームエージェント60へ送信する。

【0173】

そして、ホームエージェント60の制御モジュール64は、端末装置1, 5, 6および

50

アクセスポイント 20, 30 から受信したフローの到着率およびフローの平均遅延時間に基づいて、上述した方法によって、アクセスネットワーク A N W 1, A N W 2 におけるネットワーク平均遅延時間 D 1, D 2 を演算する。

【0174】

その後、ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、ネットワーク平均遅延時間 D 1, D 2 に基づいて、上述した (a) ~ (e) に従って、フローを分配する。

【0175】

そして、ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、アクセスネットワーク A N W 1, A N W 2 を含む通信ネットワークの全体の平均遅延時間が最小になるまで、上述した方法によってフローを繰返し分配する。

10

【0176】

このように、この発明の実施の形態によれば、制御対象のアクセスネットワークを含む通信ネットワークにおける平均遅延時間が最小になるように、ネットワーク平均遅延時間が最大であるアクセスネットワークからネットワーク平均遅延時間が最小であるアクセスネットワークへフローが分配される。

【0177】

その結果、制御対象のアクセスネットワークを含む通信ネットワークにおける遅延時間が抑制されるとともに、送信先におけるパケットの到着順序の入れ替わりが抑制される。

【0178】

従って、トランスポート層以上におけるスループットを向上できるとともに、遅延時間を抑制できる。

20

【0179】

図 10 は、アクセスネットワークの他の具体例を示す図である。図 10 を参照して、端末装置 3 - アクセスポイント 40 - ホームエージェント 60 の経路には、双方向のフロー f 9, f 10 が存在し、端末装置 4 - アクセスポイント 40 - ホームエージェント 60 の経路には、双方向のフロー f 11, f 12 が存在し、端末装置 2 - 基地局 10 - ホームエージェント 60 の経路には、双方向のフロー f 13, f 14 が存在する。

【0180】

この場合、4 個のフロー f 9 ~ f 12 は、アクセスポイント 40 を経由する。従って、端末装置 3, 4、アクセスポイント 40 およびホームエージェント 60 は、1 つのアクセスネットワーク A N W 3 を構成する。

30

【0181】

また、2 個のフロー f 13, f 14 は、基地局 10 を経由する。従って、端末装置 2、基地局 10 およびホームエージェント 60 は、アクセスネットワーク A N W 3 と異なるアクセスネットワーク A N W 4 を構成する。

【0182】

アクセスポイント 40 は、I E E E 802.11e の無線通信方式によって無線通信を行ない、基地局 10 は、W i M A X の無線通信方式によって無線通信を行なうので、フロー f 9 ~ f 14 は、Q o S クラスに属するフローである。

【0183】

以下においては、Q o S クラスは、V o I P 等の低遅延を要求するクラス C L 1 と、ベストエフォートのクラス C L 2 とからなるものとする。

40

【0184】

図 11 ~ 図 13 は、それぞれ、端末装置の具体的な構成を示す第 1 から第 3 の構成図である。また、図 14 は、基地局 10 の具体的な構成を示す構成図である。

【0185】

図 11 を参照して、端末装置 2 は、W i M A X による無線インターフェース 11 と、I E E E 802.11e による無線インターフェース 12 とを備える。そして、端末装置 2 は、無線インターフェース 11 によって基地局 10 に接続する。

【0186】

50

また、キュー 2 1 1 , 2 1 2 は、無線インターフェース 1 1 に対応して設けられ、キュー 2 2 1 , 2 2 2 は、無線インターフェース 1 2 に対応して設けられる。キュー 2 1 1 , 2 2 1 は、Q o S のクラス C L 1 に属するパケットを保持するキューであり、キュー 2 1 2 , 2 2 2 は、ベストエフォートのクラス C L 2 に属するパケットを保持するキューである。

【 0 1 8 7 】

なお、端末装置 2 においては、通信手段 3 2 は、パケットの属するクラス (C L 1 または C L 2) に応じて、パケットをキュー 2 1 1 , 2 2 1 またはキュー 2 1 2 , 2 2 2 に格納する。

【 0 1 8 8 】

端末装置 2 において、通信手段 3 2 は、フロー f が属するクラスをクラス C L 1 とした場合、単位時間あたりにキュー 2 1 1 に格納するパケット (= フロー f に属する) の個数をフローの到着率として定期的に計測し、フロー f が属するクラスをクラス C L 2 とした場合、単位時間あたりにキュー 2 1 2 に格納するパケット (= フロー f に属する) の個数をフローの到着率として定期的に計測する。

【 0 1 8 9 】

また、端末装置 2 の通信手段 3 2 は、フロー f が属するクラスをクラス C L 1 とした場合、パケット (フロー f に属さないパケットも含む) がキュー 2 1 1 に格納されてから送信完了または送信失敗までの平均時間をフローの平均遅延時間として定期的に計測する。

【 0 1 9 0 】

このように、端末装置 2 は、Q o S のクラスごとにフローの到着率およびフローの平均遅延時間を定期的に計測する。そして、端末装置 2 は、その計測したフローの到着率およびフローの平均遅延時間をクラスごとに分類してホームエージェント 6 0 へ定期的に送信する。

【 0 1 9 1 】

図 1 2 を参照して、端末装置 3 は、W i M A X による無線インターフェース 1 1 と、I E E E 8 0 2 . 1 1 a による無線インターフェース 1 2 と、I E E E 8 0 2 . 1 1 e による無線インターフェース 1 3 とを備える。そして、端末装置 3 は、無線インターフェース 1 3 によってアクセスポイント 4 0 に接続する。

【 0 1 9 2 】

また、キュー 2 1 1 , 2 1 2 は、無線インターフェース 1 1 に対応して設けられ、キュー 2 3 1 , 2 3 2 は、無線インターフェース 1 3 に対応して設けられる。キュー 2 1 1 , 2 3 1 は、Q o S のクラス C L 1 に属するパケットを保持するキューであり、キュー 2 1 2 , 2 3 2 は、ベストエフォートのクラス C L 2 に属するパケットを保持するキューである。

【 0 1 9 3 】

なお、端末装置 3 においては、通信手段 3 2 は、パケットの属するクラス (C L 1 または C L 2) に応じて、パケットをキュー 2 1 1 , 2 3 1 またはキュー 2 1 2 , 2 3 2 に格納する。

【 0 1 9 4 】

また、端末装置 3 は、端末装置 2 と同じ方法によって、Q o S のクラスごとにフローの到着率およびフローの平均遅延時間を定期的に計測し、その計測したフローの到着率およびフローの平均遅延時間をクラスごとに分類してホームエージェント 6 0 へ定期的に送信する。

【 0 1 9 5 】

図 1 3 を参照して、端末装置 4 は、I E E E 8 0 2 . 1 1 a による無線インターフェース 1 1 と、I E E E 8 0 2 . 1 1 e による無線インターフェース 1 2 とを備える。そして、端末装置 4 は、無線インターフェース 1 2 によってアクセスポイント 4 0 に接続する。

【 0 1 9 6 】

また、キュー 2 2 1 , 2 2 2 は、無線インターフェース 1 2 に対応して設けられる。キ

10

20

30

40

50

キュー 221 は、QoS のクラス CL1 に属するパケットを保持するキューであり、キュー 222 は、ベストエフォートのクラス CL2 に属するパケットを保持するキューである。

【0197】

なお、端末装置 4 においては、通信手段 32 は、パケットの属するクラス (CL1 または CL2) に応じて、パケットをキュー 221 またはキュー 222 に格納する。

【0198】

また、端末装置 4 は、端末装置 2 と同じ方法によって、QoS のクラスごとにフローの到着率およびフローの平均遅延時間を定期的に計測し、その計測したフローの到着率およびフローの平均遅延時間をクラスごとに分類してホームエージェント 60 へ定期的に送信する。

10

【0199】

図 14 を参照して、基地局 10 は、WiMAX による無線インターフェース 42 を備える。キュー 431, 432 は、無線インターフェース 42 に対応して設けられる。キュー 431 は、QoS のクラス CL1 に属するパケットを保持するキューであり、キュー 432 は、ベストエフォートのクラス CL2 に属するパケットを保持するキューである。

【0200】

なお、基地局 10 においては、通信手段 44 は、パケットの属するクラス (CL1 または CL2) に無関係に、パケットをキュー 45 に格納し、パケットの属するクラス (CL1 または CL2) に応じて、パケットをキュー 431 またはキュー 432 に格納する。

【0201】

20

また、基地局 10 は、無線インターフェース 42 を用いてパケットを送信する場合のフローについて、端末装置 2 と同じ方法によって、QoS のクラスごとにフローの到着率およびフローの平均遅延時間を定期的に計測し、その計測したフローの到着率およびフローの平均遅延時間をクラスごとに分類してホームエージェント 60 へ定期的に送信する。

【0202】

更に、基地局 10 は、有線インターフェース 46 を用いてパケットを送信する場合、上述したアクセスポイント 20 における方法と同じ方法によって、QoS のクラスに無関係に、フローの到着率およびフローの平均遅延時間を定期的に計測し、その計測したフローの到着率およびフローの平均遅延時間をホームエージェント 60 へ定期的に送信する。

【0203】

30

アクセスポイント 40 は、図 14 に示す基地局 10 と同じ構成からなり、基地局 10 と同じ方法によって、QoS のクラスごとにフローの到着率およびフローの平均遅延時間を定期的に計測し、その計測したフローの到着率およびフローの平均遅延時間をクラスごとに分類してホームエージェント 60 へ定期的に送信する。

【0204】

ホームエージェント 60 も、有線インターフェース 61 を用いてパケットを送信する場合、上述したホームエージェント 60 における方法と同じ方法によって、QoS のクラスに無関係に、フローの到着率およびフローの平均遅延時間を定期的に計測する。

【0205】

再び、図 10 を参照して、フロー f9 ~ f14 のうち、フロー f9, f11, f13 が QoS のクラス CL1 に属し、フロー f10, f12, f14 が QoS のクラス CL2 に属するものとする。

40

【0206】

ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、QoS のクラスごとに分類されたフローの到着率およびフローの平均遅延時間を端末装置 2 ~ 4、基地局 10 およびアクセスポイント 40 から受信する。そして、ホームエージェント 60 の制御モジュール 64 は、その受信した QoS のクラスごとに分類されたフローの到着率およびフローの平均遅延時間に基づいて、アクセスネットワーク ANW3 のネットワーク平均遅延時間 D3 と、アクセスネットワーク ANW4 のネットワーク平均遅延時間 D4 とを QoS のクラス CL1, CL2 ごとに演算する。

50

【 0 2 0 7 】

より具体的には、ホームエージェント 6 0 の制御モジュール 6 4 は、アクセスネットワーク A N W 3 に属するフロー f 9 ~ f 1 2 のうち、フロー f 9 , f 1 1 を構成する各区分におけるフローの到着率およびフローの平均遅延時間に基づいて、アクセスネットワーク A N W 3 のクラス C L 1 のネットワーク平均遅延時間 D 3 _ C L 1 を演算し、フロー f 9 ~ f 1 2 のうち、フロー f 1 0 , f 1 2 を構成する各区分におけるフローの到着率およびフローの平均遅延時間に基づいて、アクセスネットワーク A N W 3 のクラス C L 2 のネットワーク平均遅延時間 D 3 _ C L 2 を演算する。

【 0 2 0 8 】

また、ホームエージェント 6 0 の制御モジュール 6 4 は、アクセスネットワーク A N W 4 に属するフロー f 1 3 , f 1 4 のうち、フロー f 1 3 を構成する各区分におけるフローの到着率およびフローの平均遅延時間に基づいて、アクセスネットワーク A N W 4 のクラス C L 1 のネットワーク平均遅延時間 D 4 _ C L 1 を演算し、フロー f 1 3 , f 1 4 のうち、フロー f 1 4 を構成する各区分におけるフローの到着率およびフローの平均遅延時間に基づいて、アクセスネットワーク A N W 4 のクラス C L 2 のネットワーク平均遅延時間 D 4 _ C L 2 を演算する。

【 0 2 0 9 】

そうすると、ホームエージェント 6 0 の制御モジュール 6 4 は、クラス C L 1 について、ネットワーク平均遅延時間 D 3 _ C L 1 およびネットワーク平均遅延時間 D 4 _ C L 1 に基づいて、上述した (1) ~ (4) のフローの分配方法に従って、アクセスネットワーク A N W 3 , A N W 4 間でフローを分配する。

【 0 2 1 0 】

また、ホームエージェント 6 0 の制御モジュール 6 4 は、クラス C L 1 についてのフローの分配と並行して、クラス C L 2 について、ネットワーク平均遅延時間 D 3 _ C L 2 およびネットワーク平均遅延時間 D 4 _ C L 2 に基づいて、上述した (1) ~ (4) のフローの分配方法に従って、アクセスネットワーク A N W 3 , A N W 4 間でフローを分配する。

【 0 2 1 1 】

このように、フローが Q o S のクラスに分類される場合、ホームエージェント 6 0 の制御モジュール 6 4 は、各クラスごとにフローの分配を独立かつ並行して行なう。

【 0 2 1 2 】

従って、フローが Q o S のクラスに分類される場合も、フローを効果的に分配できる。その結果、各クラスに属するフローについて、トランスポート層以上におけるスループットを向上できるとともに、遅延時間を抑制できる。

【 0 2 1 3 】

なお、上記においては、端末装置 1 ~ 6 の各々は、相互に異なる複数の無線インターフェース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 ~ 6 の各々は、相互に同じ複数の無線インターフェースを備えていてもよい。

【 0 2 1 4 】

また、この発明の実施の形態においては、ホームエージェント 6 0 は、「第 1 の通信装置」を構成し、基地局 1 0 およびアクセスポイント 2 0 , 3 0 , 4 0 は、「複数の第 2 の通信装置」を構成し、端末装置 1 ~ 6 は、「複数の端末装置」を構成する。

【 0 2 1 5 】

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】

【 0 2 1 6 】

この発明は、トランスポート層以上におけるスループットを向上し、かつ、遅延時間を

10

20

30

40

50

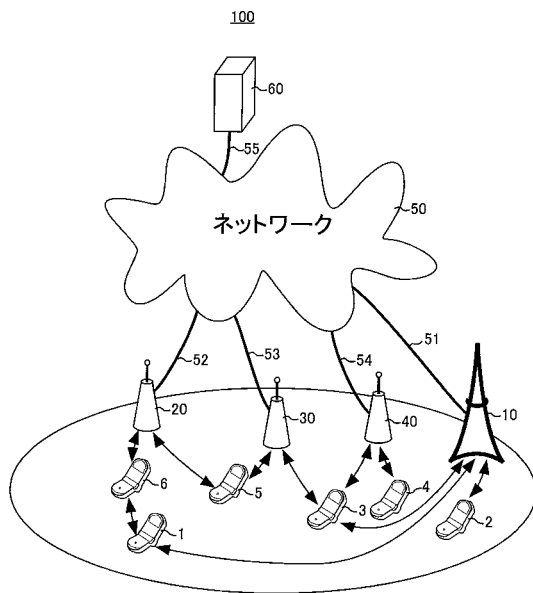
抑制可能な通信ネットワークシステムに適用される。

【符号の説明】

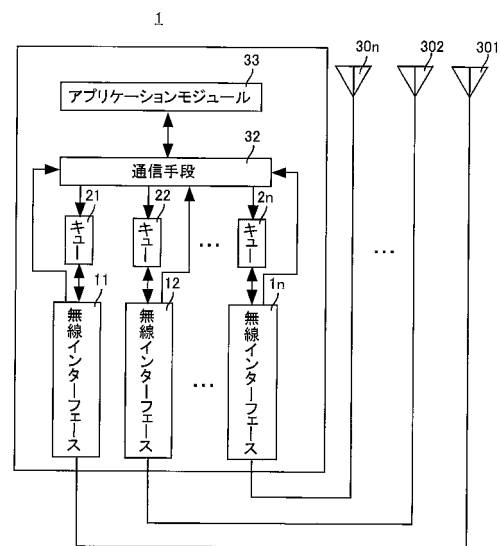
【0217】

1～6 端末装置、10 基地局、11～1n, 42 無線インターフェース、20, 30, 40 アクセスポイント、21～2n, 43, 45, 62, 211, 212, 221, 222, 231, 232, 431, 432 キュー、41, 301～30n アンテナ、32, 44, 63 通信手段、33 アプリケーションモジュール、46, 61 有線インターフェース、51～55 有線ケーブル、50 ネットワーク、60 ホームエージェント、64 制御モジュール、100 通信ネットワークシステム。

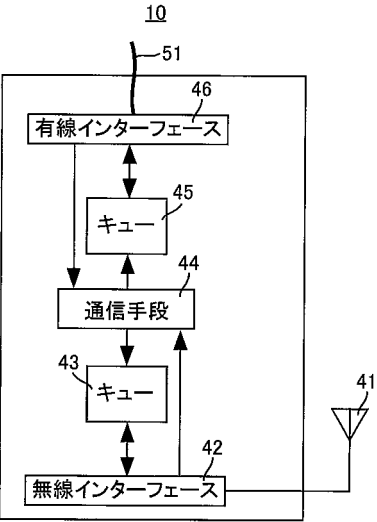
【図1】



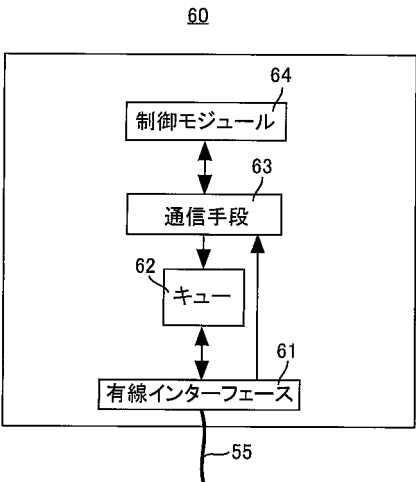
【図2】



【 図 3 】



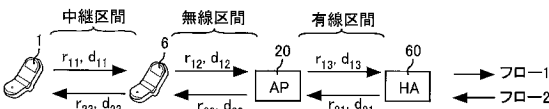
【 図 4 】



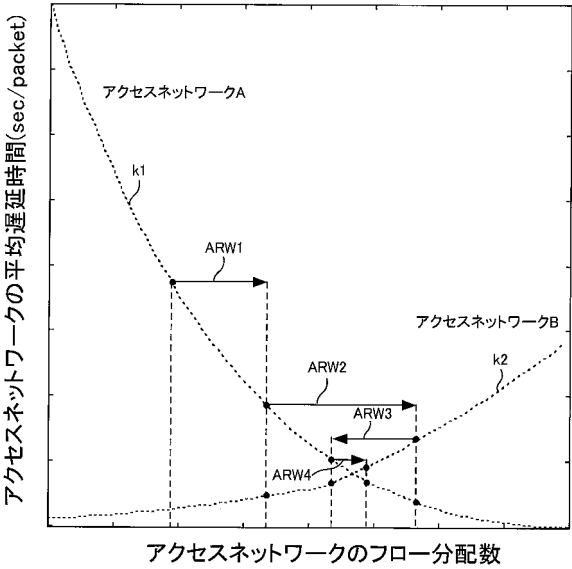
【 図 5 】

HD		
バージョン	トラフィッククラス	フローラベル
ペイロード長	次ヘッダ	ホップリミット
送信元アドレス		
宛先アドレス		

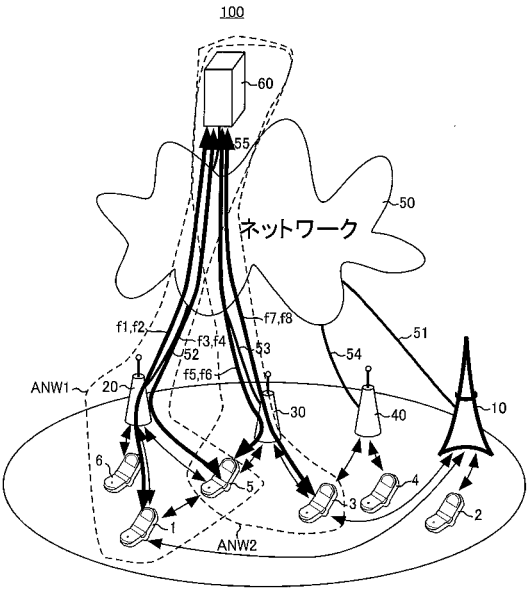
【 図 6 】



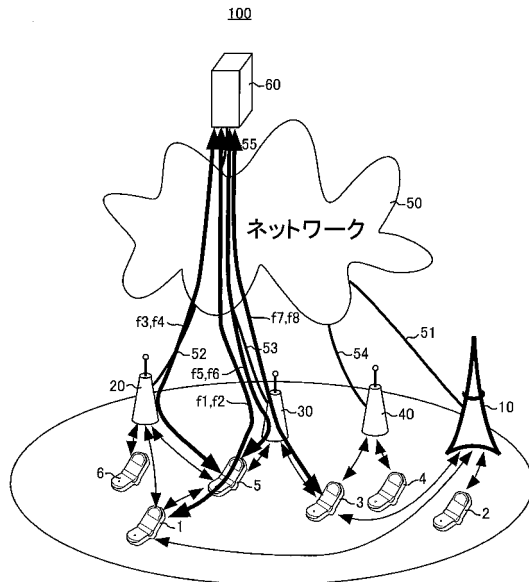
【 図 8 】



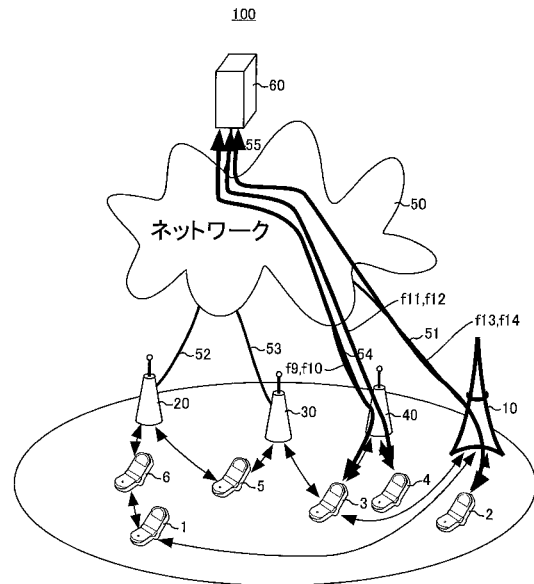
【 図 7 】



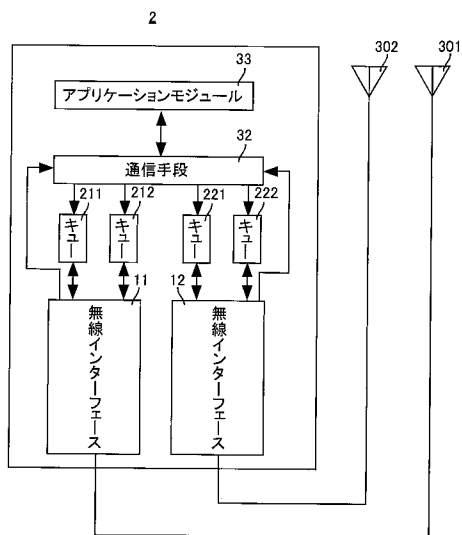
【図 9】



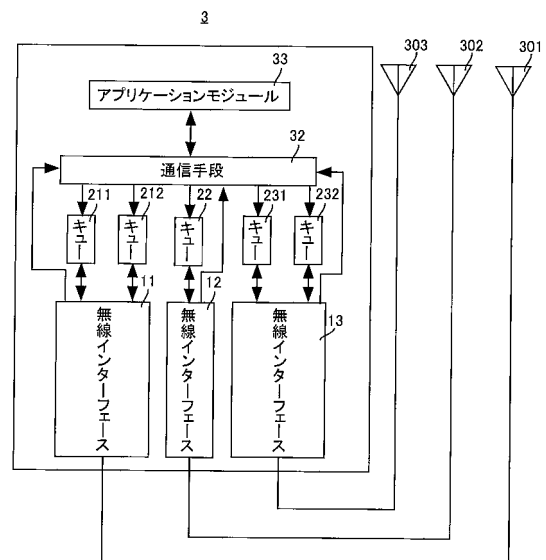
【図 10】



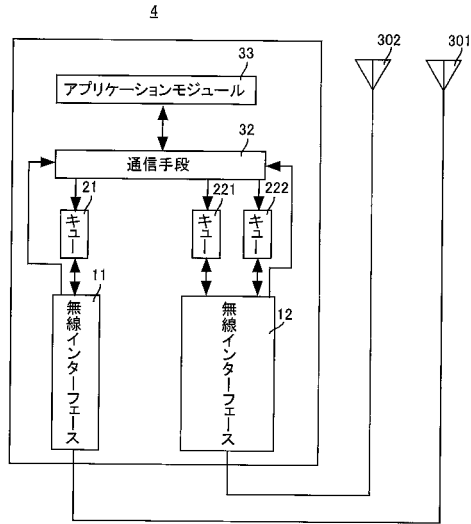
【図 11】



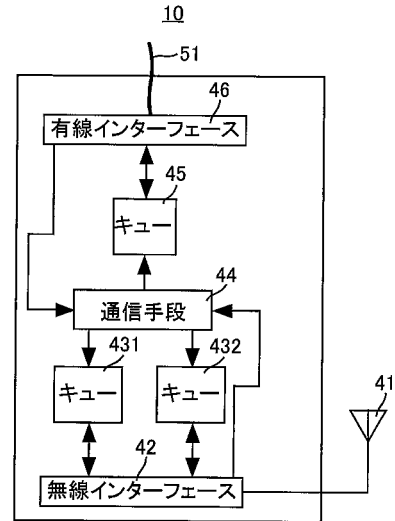
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

- (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2009-182653(JP,A)
特開平11-239154(JP,A)
滝沢 泰久, 谷口 典之, 山中 佐知子, 山口 明, 小花 貞夫, コグニティブ無線ネットワークにおけるマルチホップアクセス経路トラフィック制御方式の性能評価, 情報処理学会研究報告・MBL, [モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会研究報告] 2006(120), 社団法人電子情報通信学会, 2006年11月16日, pp.193-200

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 7/24 - 7/26
H04W 4/00 - 99/00