

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4045185号
(P4045185)

(45) 発行日 平成20年2月13日 (2008. 2. 13)

(24) 登録日 平成19年11月22日 (2007. 11. 22)

(51) Int. Cl.

F I

HO4Q 7/22 (2006.01)
 HO4L 12/28 (2006.01)
 HO4L 12/46 (2006.01)
 HO4Q 7/38 (2006.01)

HO4B 7/26 1 O 7
 HO4L 12/28 3 1 O
 HO4L 12/46 A
 HO4B 7/26 1 O 9 M

請求項の数 24 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2002-373125 (P2002-373125)
 (22) 出願日 平成14年12月24日 (2002. 12. 24)
 (65) 公開番号 特開2003-230169 (P2003-230169A)
 (43) 公開日 平成15年8月15日 (2003. 8. 15)
 審査請求日 平成17年10月18日 (2005. 10. 18)
 (31) 優先権主張番号 60/343551
 (32) 優先日 平成13年12月21日 (2001. 12. 21)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 10/184360
 (32) 優先日 平成14年6月27日 (2002. 6. 27)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 392026693
 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ
 東京都千代田区永田町二丁目11番1号
 (74) 代理人 100098084
 弁理士 川▲崎▼ 研二
 (72) 発明者 ヨンジュン グォン
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94
 043、マウンテン ビュー、エストラダ
 ドライブ 113
 (72) 発明者 ダイチ フナト
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94
 041、マウンテン ビュー、ハイスクー
 ルウェイ 800、303号

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 適応型IPハンドオフトリガおよびIPハンドオフトリガタイミングの反復調整

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無線通信システムのための適応型ハンドオフトリガシステムを提供する方法であって、
 モバイルノードによって使用されている第1のアクセスネットワークが、当該モバイル
 ノードに対してトリガ前タイミングパラメータを通知するステップと、

前記モバイルノードが、前記トリガ前タイミングパラメータに基づいて可変ハンドオフ
 閾値を設定するステップと、

前記モバイルノードに対するパイロット信号の強度が前記可変ハンドオフ閾値に達した
 場合に、第2のアクセスネットワークへのハンドオフを開始するステップと

を具備し、

前記トリガ前タイミングパラメータは、レイヤ3ハンドオフリクエストから当該リクエ
 ストによるリンクレイヤ接続の切断までの期間の推定値と関連していることを特徴とする
 方法。

【請求項2】

前記モバイルノードが、前記第1のアクセスネットワークに対してIPレイヤブラック
 アウト期間を通知するステップをさらに具備することを特徴とする請求項1に記載の方法
 。

【請求項3】

前記第1のアクセスネットワークが、前記IPレイヤブラックアウト期間に基づいて前
 記トリガ前タイミングパラメータを再調整するステップをさらに具備することを特徴とす

る請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記トリガ前タイミングパラメータを再調整するために適応チューナが用いられることを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記可変ハンドオフ閾値はリンクダウン閾値よりも高く設定されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記可変ハンドオフ閾値は数学的マッピング方程式に基づいて算出されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記数学的マッピング方程式は、可変ハンドオフ閾値を $Th_{adaptive}$ 、トリガタイミングを T_t 、パイロット信号期間を T_{beacon} 、パイロット信号周期あたりのパイロット信号強度の瞬時減少値を Δ 、リンクダウンするパイロット信号強度を S_{LD} とした場合、

$$Th_{adaptive} \cong \frac{T_t}{T_{beacon}} \cdot \Delta + S_{LD}$$

と表されることを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記ハンドオフは前記第 1 のアクセスネットワークによって開始されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記ハンドオフは前記モバイルノードによって開始されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

無線通信システムのための適応型ハンドオフトリガシステムであって、

第 1 のアクセスネットワークと、

前記第 1 のアクセスネットワークに接続されるモバイルノードと

を具備し、

前記第 1 のアクセスネットワークはトリガ前タイミングパラメータを前記モバイルノードに通知し、

前記モバイルノードは前記トリガ前タイミングパラメータに基づいて可変ハンドオフ閾値を設定し、

前記モバイルノードが第 2 のアクセスネットワークの無線信号が届く範囲に位置し、かつ前記モバイルノードに対するパイロット信号の強度が前記可変ハンドオフ閾値に達した場合に、第 2 のアクセスネットワークへのハンドオフが開始され、

前記トリガ前タイミングパラメータは、レイヤ 3 ハンドオフリクエストから当該リクエストによるリンクレイヤ接続の切断までの期間の推定値と関連していることを特徴とする適応型ハンドオフトリガシステム。

【請求項 11】

前記モバイルノードが前記第 1 のアクセスネットワークに対して IP レイヤブラックアウト期間を通知するステップをさらに具備することを特徴とする請求項 10 に記載の適応型ハンドオフトリガシステム。

【請求項 12】

前記第 1 のアクセスネットワークが前記 IP レイヤブラックアウト期間に基づいて前記トリガ前タイミングパラメータを再調整するステップをさらに具備することを特徴とする請求項 11 に記載の適応型ハンドオフトリガシステム。

【請求項 13】

前記トリガ前タイミングパラメータを再調整するために適応チューナが用いられること

10

20

30

40

50

を特徴とする請求項 12 に記載の適応型ハンドオフトリガシステム。

【請求項 14】

前記可変ハンドオフ閾値はリンクダウン閾値よりも高く設定されることを特徴とする請求項 10 に記載の適応型ハンドオフトリガシステム。

【請求項 15】

前記可変ハンドオフ閾値は数学的マッピング方程式に基づいて算出されることを特徴とする請求項 10 に記載の適応型ハンドオフトリガシステム。

【請求項 16】

前記数学的マッピング方程式は、可変ハンドオフ閾値を $Th_{adaptive}$ 、トリガタイミングを T_t 、パイロット信号期間を T_{beacon} 、パイロット信号周期あたりのパイロット信号強度の瞬時減少値を Δ 、リンクダウンするパイロット信号強度を S_{LD} とした場合、

$$Th_{adaptive} \cong \frac{T_t}{T_{beacon}} \cdot \Delta + S_{LD}$$

と表されることを特徴とする請求項 15 に記載の適応型ハンドオフトリガシステム。

【請求項 17】

前記ハンドオフは前記第 1 のアクセスネットワークによって開始されることを特徴とする請求項 10 に記載の適応型ハンドオフトリガシステム。

【請求項 18】

前記ハンドオフは前記モバイルノードによって開始されることを特徴とする請求項 10 に記載の適応型ハンドオフトリガシステム。

【請求項 19】

無線通信システムのための適応型ハンドオフトリガシステムを提供する方法であって、トリガ前タイミングパラメータをモバイルノードに通知するステップと、
前記モバイルノードと前記モバイルノードによって使用されている第 1 のアクセスネットワークとの間で送受信されるパイロット信号の強度を測定するステップと、
前記パイロット信号の強度が可変ハンドオフ閾値に達した場合に、第 2 のアクセスネットワークへのハンドオフをトリガするステップと
を具備し、
前記トリガ前タイミングパラメータは、レイヤ 3 ハンドオフリクエストから当該リクエストによるリンクレイヤ接続の切断までの期間の推定値と関連していることを特徴とする方法。

【請求項 20】

前記ハンドオフは前記第 1 のアクセスネットワークによって開始されることを特徴とする請求項 19 に記載の方法。

【請求項 21】

前記ハンドオフは前記モバイルノードによって開始されることを特徴とする請求項 19 に記載の方法。

【請求項 22】

無線通信システムのための適応型ハンドオフトリガシステムを提供する方法であって、モバイルノードによって使用されている第 1 のアクセスネットワークが当該モバイルノードに対してトリガ前タイミングパラメータを通知するステップと、
前記モバイルノードが前記トリガ前タイミングパラメータに基づいて可変ハンドオフ閾値を設定するステップと、
前記モバイルノードに対するパイロット信号の強度が前記可変ハンドオフ閾値に達した場合に、第 2 のアクセスネットワークへのハンドオフを開始するステップと、
前記第 1 のアクセスネットワークに対して IP レイヤブラックアウト期間を通知するステップと、
前記 IP レイヤブラックアウト期間に基づいて前記トリガ前タイミングパラメータを再

10

20

30

40

50

調整するステップと

を具備し、

前記トリガ前タイミングパラメータは、レイヤ3ハンドオフリクエストから当該リクエストによるリンクレイヤ接続の切断までの期間の推定値と関連していることを特徴とする方法。

【請求項23】

前記ハンドオフは前記第1のアクセスネットワークによって開始されることを特徴とする請求項22に記載の方法。

【請求項24】

前記ハンドオフは前記モバイルノードによって開始されることを特徴とする請求項22に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、同一または異なるアクセス技術を用いる無線アクセスポイントで構成されるIPベースの無線アクセスネットワークにおけるハンドオフに関し、特にアクセスネットワーク間の適応型IPハンドオフトリガおよびIPハンドオフトリガタイミングの反復調整に関する。

【0002】

【従来の技術】

あらゆるIPベースの無線通信ネットワークにおいて、待ち時間やデータの損失を最小限にするという意味でシームレスなIPハンドオフを開始するハンドオフトリガを提供することは非常に重要である。IPベースのモビリティプロトコルが有する重要な利点の1つとして、開放型システム間相互接続(OSI)のレイヤ1および2の多種多様な無線および有線アクセス技術に適応可能な点がある。IPハンドオフに関する研究計画の多くは、同一のアクセス技術を用いるアクセスルータおよびモビリティエージェント間の迅速なハンドオフのサポートに向けられてきた。

【0003】

ただ1つの無線アクセス技術によって低待ち時間、高帯域幅および世界的規模の適用範囲を同時に提供することができないことを考えると、異なるアクセス技術を提供するアクセスルータおよびモビリティエージェント間で行われるいわゆる「マルチアクセス」モバイルノードのシームレスな移動をサポートすることは非常に興味深い研究課題である。マルチアクセスモバイルノードとは、少なくとも2以上のネットワークインターフェイスハードウェアを備えているものと一般的に考えられている。マルチアクセスモバイルノードのレイヤ2は、同一アクセス技術を用いるアクセスポイント間の移動と異なり、硬直的な枠組みの中で対応および制御することができない。実際的な例として、仮にパイロット信号が異なる技術によるものであれば、別々の基地局から受信したパイロット信号の強度を比較する典型的なハンドオフ測定は無意味である。

【0004】

低待ち時間のIPハンドオフを実現するためには、適時にハンドオフ過程を順序付ける必要がある。周知のように、待ち時間、データの損失およびその他のIPレイヤにおける混乱を最小限にするため、レイヤ3ハンドオフは、レイヤ2において用いられているアクセス技術から得られる特別な情報、すなわちレイヤ2トリガに基づいて開始されなければならない。すなわち、ハンドオフタイミングを決定しハンドオフ候補を特定することにより、レイヤ2トリガ(または、その他の形態)はシームレスなIPモビリティを実現する上で重要な役割を果たす。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

異なるアクセス技術を用いるアクセスポイント間のハンドオフトリガの課題は、異なるアクセス技術を用いる実体間およびネットワーク間の整合性をいかに確保するかである。例

10

20

30

40

50

として、セルラ無線アクセスネットワーク（RAN）における同一のアクセス技術を用いるアクセスポイント間の移動について考える。セルラRANのサブシステムにおけるセル間の移動は、無線ネットワーク制御装置（RNC）等の分散型（または、中央）制御装置を介して完全に対応および制御されている。この場合、ネットワーク制御装置はモバイルノードの動きを完全に把握している。これが可能なのは、基地局およびモバイルノードがハンドオフ測定値やその他の情報をネットワーク制御装置に通知しなければならないためである。基地局およびモバイルノードからの複数の通知を組み合わせることにより、ネットワーク制御装置はモバイルノードに対して周波数資源を割り当て、アクセスネットワークの実体間の整合性を維持する。従って、レイヤ3はレイヤ2モビリティに従うにすぎない。この場合、アクセスネットワークから提供されるレイヤ2トリガによりシームレスなIPハンドオフの課題を解決することができる。

10

【0006】

一方、異なるアクセス技術を用いるアクセスポイント間を移動する場合、必要なタイミングでハンドオフトリガを生成することはより難しい。レイヤ2トリガに関する現在の研究により、さまざまなハンドオフプロトコルに必要なレイヤ2トリガのタイプおよびフォーマットは指定されているが、シームレスなIPモビリティにとって重要な、レイヤ2トリガの生成方法とトリガタイミングの問題を解決する方法については明らかにされていない。

【0007】

異なるアクセス技術を用いるアクセスポイントで構成されるアクセスネットワークにおけるハンドオフトリガの問題の中に、レイヤ2トリガの生成という問題がある。異なるアクセス技術を用いるアクセスポイント間を移動する場合、アクセスネットワークのサポートに依存するレイヤ2トリガを用いることはできない。そのようなレイヤ2トリガの例として、ソーストリガとターゲットトリガとがある。次に、異なるアクセス技術を用いるアクセスポイントで構成されるアクセスネットワークにおけるハンドオフトリガのタイミングの問題がある。課題は、ハンドオフ測定値の比較方法とハンドオフ測定からトリガタイミングを導出する方法である。アクセス技術の異なるパイロット信号強度等のハンドオフパラメータは比較することができない。また、異なるアクセス技術を用いるアクセスポイント間で行われるハンドオフの動機付けは、現在使用している接続のフェーディングまたは切断、あるいは新たなアクセスネットワークを介した接続環境の改善の可能性のいずれかであるため、ハンドオフの決定はより難しい。これらの問題は、異なるアクセス技術を用いるアクセスポイント間で行われる必要かつ十分なハンドオフのトリガタイミングを決定する要因に収斂する。

20

30

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、閾値を適応的に設定するハンドオフ測定に基づく自己予測機能を開示している。本発明は、同一または異なる無線アクセス技術を用いるアクセスポイント間を移動するハンドオフの事例に適用可能である。本発明は、アクセスルータ等のアクセスネットワークの実体やモバイルノードの適応メカニズムに関する。本発明は、継続的に測定されるハンドオフ測定値（パイロット信号）を組み合わせ、調整可能な時間パラメータに基づいてより正確なリンクダウン通知を得る反復プロセスを開示している。また、本発明においては、候補リンクの継続的なハンドオフ測定に基づいてリンクアップタイミングが適応的に予測される。

40

【0009】

本発明の好適な実施形態は、アクセスネットワークにおいてハンドオフする実体（フォーリンエージェント等）により提供されるハンドオフトリガタイミングの反復調整と、モバイルノードにより設定される可変ハンドオフ閾値の2つの部分に分けられる。まず、アクセスネットワークにおいてハンドオフする実体（モバイルエージェントまたはアクセスルータ）は、適応アルゴリズムを反復して使い、T_{th}と示されるハンドオフトリガタイミングパラメータの最適な推定値を算出する。このハンドオフトリガタイミングパラメータ

50

の反復調整は、リアルタイムでフィードバックされる入力値に基きレイヤ3ブラックアウト期間を最小限にするように行われる。

【0010】

モバイルノードは、最新の調整済みハンドオフトリガタイミングパラメータ (T_{th}) を得る。このハンドオフトリガタイミングパラメータ (T_{th}) に基づいて、モバイルノードは可変ハンドオフ閾値を設定する。モバイルノードにおいて可変ハンドオフ閾値を設定するために、ハンドオフトリガタイミングパラメータ (T_{th}) は数学的マッピングにより最適な信号強度 (可変ハンドオフ閾値) に変換される。可変ハンドオフ閾値は、ハンドオフ測定 (例えば、パイロット信号強度の測定) の瞬時値に表れるモバイルノードの現在の移動状態に適応するように設定される。

10

【0011】

以上概説したように、本発明の好適な実施形態は、無線通信システムのための適応型ハンドオフトリガシステムを提供する方法およびシステムであって、現在使用しているアクセスネットワークが少なくとも1のトリガ前タイミングパラメータをモバイルノードに通知するステップと、前記モバイルノードが前記少なくとも1のトリガ前タイミングパラメータに基づいて少なくとも1の可変ハンドオフ閾値を設定するステップと、前記モバイルノードに対するパイロット信号の強度が前記可変ハンドオフ閾値に達した場合に、アクセスネットワーク候補へのハンドオフを開始するステップと、前記モバイルノードが前記使用しているアクセスネットワークにブラックアウト期間を通知するステップと、前記現在使用しているアクセスネットワークが前記ブラックアウト期間に基づいて前記トリガ前タイ

20

【0012】

本発明の他の特徴および利点については、図および後述する本発明の詳細な説明により明らかになる。以上、好適な実施形態を序文として説明してきたが、これを、本発明の範囲を定義する請求の範囲を制限するものとして解すべきではない。

【0013】

【発明の実施の形態】

本発明の好適な実施形態は、図1に示すように、IPベースの無線アクセスネットワークである、異なるアクセス技術を用いるアクセスポイントで構成されるアクセスネットワーク10のための適応型ハンドオフトリガシステムを開示する。図1に示すように、異なるアクセス技術を用いるアクセスポイントで構成されるアクセスネットワーク10は、それぞれ少なくとも1のアクセスポイント16または18を備える複数のアクセスネットワーク12および14を有する。アクセスポイント16および18は、アクセスルータ20および22にそれぞれ接続されている無線塔として図1に示されている。各アクセスルータ20および22は、IPベースのネットワークすなわちバックボーン24を介して相互接続されていることが好ましい。モバイルノード26はアクセスネットワーク12および14にアクセスするために用いられ、動作中に一方のアクセスネットワークから他方のアクセスネットワークへ自由に移動できる。

30

【0014】

図1に示すように、アクセスポイント16および18の無線範囲はそれぞれ異なり、従ってアクセスネットワーク12および14の収容範囲は異なっている。本発明は、モバイルノード26の動きとアクセスネットワーク12および14の間をモバイルノード26が移動する際のハンドオフ方法とに関する。ここで問題とする2つの事例は、アクセスネットワーク12および14が収容する領域の重複の仕方にそれぞれ特徴がある。これらの事例は、異なるアクセス技術を用いるアクセスポイント間のハンドオフが行われるという点で妥当な事例であり、もっとも発生頻度が高いこれら2つの事例は図1および2に示されている。

40

【0015】

図1は、アクセスネットワーク12および14が収容する領域の重複の仕方の一例を示す

50

。同図では、一方の収容領域が他方の収容領域により完全に囲まれている。広い方の収容領域をモバイルノード 26 の収容元と考えた場合（矢印はモバイルノード 26 の移動経路を示す）、モバイルノード 26 は接続障害は認識せずに、別のアクセスポイントへアクセスする可能性は認識するかもしれない。モバイルノード 26 が狭い方の収容領域に入る間際にある場合、現在使用している接続の切断を動機付けとする収容領域の狭いアクセスポイント 18 へのハンドオフは必ずしも行われなない。この場合にハンドオフを行う動機付けとしては、接続状態の改善か、モバイルノード 26 の基本設定やユーザーの好み等の何らかの主観的な評価に基づくものである。

【0016】

モバイルノード 26 が収容領域の狭いアクセスポイント 18 に一旦接続されると、この領域から出る際には、入る際とは全く異なる状態が発生する。この場合、収容領域の広いアクセスポイント 16 へのハンドオフを行う動機付けは接続の切断であると考えられる。なお、狭い方の収容領域から出る場合には低待ち時間のハンドオフが不可欠であるのに対して、狭い方の収容領域に入る場合には低待ち時間のハンドオフは不可欠ではない。

【0017】

図 2 は、アクセスネットワーク 12 および 14 が収容する領域の隣接の仕方の一例を示す。同図では、一方の収容領域は他方の収容領域により完全には囲まれていない。この場合、各収容領域の境界線付近において収容領域が重複しており、2 つの異なるアクセス技術が用いられる。図 2 に示すように、一方の収容領域は他方の収容領域により完全には囲まれていない。この場合にハンドオフを行う動機付けは接続の切断であり、これは同一のアクセス技術を用いる 2 つの隣接するセル間で行われる典型的なハンドオフの事例と同様である。この事例では、ハンドオフが適切なトリガタイミングでトリガされない場合に接続が切断される可能性があるため、図 1 の事例と比較してより重要である。この場合も低待ち時間のハンドオフが好ましい。

【0018】

以下、マルチアクセスモバイルノード 26 のための、異なるアクセス技術を用いるアクセスポイント間で行われるハンドオフトリガメカニズムについて説明する。ここで説明するハンドオフトリガメカニズムはモバイルノード 26 において利用される。異なる 2 つのアクセス技術が用いられている場合、アクセスネットワーク 12 および 14 がモバイルノード 26 のハンドオフを決断することは難しい。アクセス技術が異なる場合にネットワークトリガを生成することは難しいため、モバイルノード 26 は当然ハンドオフに関わらなければならない。なお、モバイルノード 26 が関与することなくアクセスネットワーク 12 および 14 がモバイルノード 26 に代わって適切にハンドオフを決断できる場合でも、同様なメカニズムがアクセスネットワーク 12 および 14 に適用可能である。

【0019】

可変ハンドオフ閾値を設定する際の基本原則は移動性に適応することである。移動の速いモバイルノード 26 の場合、移動の遅いモバイルノード 26 と比較してハンドオフ測定値（アクセスポイント 16 および 18 からモバイルノード 26 へ送信されるパイロット信号の強度）がより速いペースで低下する。第二に、現在使用している接続の切断前に必要とされるトリガタイミングは数多くの要因によって決定される。例えば、ハンドオフ機構が異なる場合には無線または固定リンクを介して送受信されるハンドオフ制御メッセージも異なる。また、アクセス技術が異なる場合にはチャネルアクセスにかかる待ち時間や伝達特性が異なる。従って、可変ハンドオフ閾値を固定した場合、ブラックアウト期間の発生を解消できない。本発明において、マルチアクセスモバイルノード 26 は、現在使用している接続を切断する前にハンドオフ信号処理を行う十分な時間を確保する自己測定メカニズムを備えている。このメカニズムが必要とされるのは、モバイルノード 26 が異なるアクセス技術を用いるアクセスポイント間を移動する場合等、アクセスネットワーク 12 および 14 において整合的なハンドオフ測定が不可能な場合である。

【0020】

本発明では、前述した接続を切断する前に必要とされるタイミングを「トリガタイミング

10

20

30

40

50

」または T_t と定義する。図3はIPハンドオフタイミング全体を示す。トリガタイミングは、各アクセスネットワーク12および14とモバイルノード26との間で現在使用している接続のリンクダウン(LD)との関係により定義される。このリンクダウン(LD)は現在使用しているアクセスネットワークにおいて制御可能なパラメータである。また、モバイルノード26が移動中に通信している際に起こるレイヤ3ブラックアウト期間がある。

【0021】

図3および5に示すように、最初にモバイルノード26がハンドオフを要求し、このハンドオフ要求は現在使用しているアクセスネットワーク30に送信される。モバイルノード26によりハンドオフ要求が送信されると、現在使用しているアクセスネットワーク30はレイヤ3ハンドオフをトリガする。その結果、ハンドオフ要求と登録要求が現在使用しているアクセスネットワーク30からアクセスネットワーク候補32へ送信される。現在使用しているアクセスネットワーク30によりレイヤ3ハンドオフがトリガされると、現在使用しているアクセスネットワーク30とモバイルノード26との接続が切断される。これはリンクダウン(LD)として図3に示されている。モバイルノード26がハンドオフを要求してからリンクダウン(LD)が生じるまでの期間は「トリガタイミング」と定義され、図3においては T_t と示されている。

【0022】

現在使用しているアクセスネットワーク30とモバイルノード26とのリンクまたは接続が切断されると、リンクが切断されてからモバイルノード26が新たなアクセスネットワーク32から最初のデータの packets を受信するまでブラックアウト期間となる。これは図3において $T_{L3_Blackout}$ と示されている。このブラックアウト期間が終了すると、モバイルノード26は新たなアクセスネットワーク32からパケットの受信を開始する。リンクダウン(LD)の後、モバイルノード26と新たなアクセスネットワーク32とのリンクが接続される。これは図3においてリンクアップ(LU)と示されている。リンクダウン(LD)から新たなアクセスネットワーク32へのレイヤ3ハンドオフが完了するまでの期間は図3において T_{adjust} と示されている。レイヤ3ハンドオフが完了すると、新たなアクセスネットワーク32はそれまで使用していたアクセスネットワーク30に対してハンドオフ応答と登録応答を送信する。

【0023】

図4は、ハンドオフを行う際にモバイルノード26がパイロット信号の強度を測定する典型的なハンドオフ測定を示す。リンクダウンするパイロット信号強度(S_{LD})を仮定した場合、本発明では、可変ハンドオフ閾値($T_{h_adaptive}$)はリンクダウンするパイロット信号強度(S_{LD})よりも高く設定され、測定値が可変ハンドオフ閾値($T_{h_adaptive}$)に達した場合にIPハンドオフがトリガされる。例えば、リンクダウンするパイロット信号強度(S_{LD})とは、モバイルノード26が許容可能なエラー率でパケットを送受信できる最低限のパイロット信号強度である。可変ハンドオフ閾値($T_{h_adaptive}$)は、可変ハンドオフ閾値($T_{h_adaptive}$)からリンクダウンするパイロット信号強度(S_{LD})までのタイミングが、モバイルノード26と現在使用しているアクセスネットワーク30との通信が切断する前にハンドオフメッセージを処理するために必要なトリガタイミング(T_t)とほぼ等しくなるように適応的に設定される。

【0024】

本発明の好適な実施形態には、リンクダウンするパイロット信号強度(S_{LD})、トリガタイミング(T_t)、およびパイロット信号期間(T_{beacon})から可変ハンドオフ閾値($T_{h_adaptive}$)を推定するために数学的マッピングが用いられる。このパイロット信号期間(T_{beacon})は、複数のパイロット信号を組合せて整合的な測定値を得るフィルタ期間であることが好ましい。好適な本実施形態の開始にあたり以下の方程式が用いられる。ここで、 ΔS はパイロット信号周期あたりのパイロット信号強度の瞬時減少値に相当する。

【数1】

$$\frac{Th_{adaptive} - S_{LD}}{\Delta} \cdot T_{beacon} = T_t$$

可変ハンドオフ閾値 ($Th_{adaptive}$) について解くと、以下の方程式が得られる。

【数 2】

$$Th_{adaptive} \cong \frac{T_t}{T_{beacon}} \cdot \Delta + S_{LD}$$

10

【0025】

この数式 (方程式 2) により、リンクダウンの前に必要なタイミング (例えば、トリガタイミング (T_t)) とパイロット信号強度の測定値とを関連付ける関数マッピングが得られる。この方程式を用いることで、モバイルノード 26 は、トリガタイミング (T_t)、リンクダウンするパイロット信号強度 (S_{LD})、およびパイロット信号周期あたりのパイロット信号強度の瞬時減少値 () に基き、自己予測として可変ハンドオフ閾値 ($Th_{adaptive}$) を設定できる。なお、モビリティ適応はパイロット信号周期あたりのパイロット信号強度の瞬時減少値 () により調節される。

【0026】

図 5 に示すように、本発明の実施形態は、現在使用しているアクセスネットワーク 30 におけるトリガ前タイミングの調整とモバイルノード 26 における可変ハンドオフ閾値 ($Th_{adaptive}$) の設定の 2 つのステップで構成されている。トリガ前タイミングとは、リンクレイヤ接続が切断される前に IP ハンドオフがトリガされ制御メッセージ処理が完了する期間である。モバイルノード 26 が制御する IP ハンドオフアルゴリズムは、異なるアクセス技術を用いるアクセスポイント間のハンドオフを行う際に最適である。これは、異なるアクセス技術を用いるアクセスポイントで構成されるアクセスネットワーク 10 がソーストリガやターゲットトリガ等のネットワークトリガ全般を提供できないためである。

20

【0027】

図 5 に示すように、最初にモバイルノード 26 は、アクセスネットワーク候補 32 への IP ハンドオフを開始するために用いられるトリガ前タイミングパラメータ (図中、 T_t') を通知される。モバイルノード 26 は現在使用しているアクセスネットワーク 30 と接続後いつでもこの情報を受信できる。現在使用しているアクセスネットワーク 30 は、同一または異なるアクセス技術を用いる、事前に特定されたハンドオフ候補 (例えば、アクセスネットワーク) にこの情報を提供する。

30

【0028】

提供されたトリガ前タイミングパラメータ (T_t') に基づいて、モバイルノード 26 は可変ハンドオフ閾値 ($Th_{adaptive}$) を設定する。可変ハンドオフ閾値 ($Th_{adaptive}$) により、現在使用しているアクセスネットワークとのリンクレイヤ接続が切断される (リンクダウン) 前に IP ハンドオフ信号処理を完了する十分な時間を確保できる。レイヤ 2 のハンドオフ測定値が可変ハンドオフ閾値 ($Th_{adaptive}$) に達すると、モバイルノード 26 により IP ハンドオフが開始され、モバイルノード 26 はリンクダウン前に IP ハンドオフ信号処理を完了する十分な時間を有している。

40

【0029】

前述したように、可変ハンドオフ閾値 ($Th_{adaptive}$) を得るために、受信したパイロット信号の強度とトリガタイミングとを関連付ける数学的マッピング方程式が用いられる。可変ハンドオフ閾値 ($Th_{adaptive}$) はハンドオフ測定の瞬時値を反映するように適切に設定される。IP レイヤブラックアウト期間が生じた場合、モバイルノード 26 はハンドオフの後にそれまで使用していたアクセスネットワーク 30 に IP レイヤブラックアウト期間を通知する。IP レイヤブラックアウト (またはレイヤ 3 ブラックアウト) 期間とは、リンクレイヤ接続がすでに確立しているにもかかわらずモバイルノード 26 が IP デ

50

ータグラムを送受信できない期間である。それまで使用していたアクセスネットワーク 30 は、モバイルノード 26 より受信した通知に基づいてトリガ前タイミングパラメータ (T_t') の値を再び推定または調整する。

【0030】

IPレイヤブラックアウトが生じた場合、トリガ前タイミングパラメータ (T_t') の調整方法のさらなる最適化の可能性が生じる。本発明において、最適化は適応アルゴリズムを用いることにより行われる。エラー、すなわちレイヤ 3 ブラックアウトの発生および期間の測定を通じて前回の最適化のレベルを参照するため、反復する毎に微調整が行われる。本発明では、適応チューナにフィードバックさせる入力値としてこの情報が繰り返し用いられる。

10

【0031】

現在使用しているアクセスネットワーク 30 は、適応アルゴリズムを繰り返し用いてトリガ前タイミングパラメータ (T_t') の設定を最適化する必要がある。アクセスルータやフォーリンエージェント等の IP アクセスネットワークの実体は高性能のコンピュータであるため、これらの実体がトリガ前タイミングパラメータ (T_t') の調整、記憶、および管理を担当する。

【0032】

異なるアクセス技術が用いられる環境は、数多くの要因の多様性に特徴がある。このような環境においてパフォーマンスの最適化を実現する基本的な特性は適応である。固定的な設定や決定論的なアプローチではうまくいきそうにない。本発明によれば、レイヤ 3 ブラックアウト期間として表れるハンドオフエラーを最小限にすることができる。ここで以下の方程式について考察する (T_{L3_BO} はレイヤ 3 ブラックアウト期間を、 $T_{L3_HO_fin}$ はレイヤ 3 ハンドオフの完了タイミングを、 $T_{L3_HO_init}$ はレイヤ 3 ハンドオフの開始タイミングをそれぞれ示す)。

20

【数 3】

$$\min \|T_{L3_BO}\|^2 \approx \min_{(T, T_{adjust})} \|T_{L3_HO_fin} - T_{L3_HO_init} - T_t\|^2$$

【0033】

好適な適応チューナは、最新のトリガ前タイミングパラメータ (T_t') およびトリガタイミング調整値 (T_{adjust}) を用いるエラーフィードバックを備えている。反復する毎に、新しく推測された最適なトリガタイミングは方程式 3 を最小化し、トリガ前タイミングパラメータ (T_t') が算出される。図 6 は、最小 2 乗平均 (LMS) アルゴリズムに基づいてトリガ前タイミングパラメータ (T_t') を調整する適応チューナを示す。

30

【0034】

過去のトリガタイミング (T_{t_past}) は、スカラーあるいは n 個の以前に用いられたトリガ前タイミングパラメータ (T_t') のベクトルであり、トリガタイミング調整値 (T_{adjust}) およびエラー () についても同様である。好適な適応チューナの LMS を用いた最適な解法は以下になる。

【数 4】

$$T_t' = [T_{t_past} \quad T_{adjust}] \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \end{bmatrix}$$

40

重みベクトル (W) は、 $W = (W_1 \quad W_2)$ で表され、現在の入力値 (および / または前回の入力値) に基づく次の反復のために平均 2 乗誤差を最小にする最適な重みベクトルは以下になる ($W_{present}$ は重みベクトルの現在の入力値を示す)。

【数 5】

$$W^* = W_{present} - 2\mu \varepsilon X$$

ここで入力ベクトル X は、 $X = (T_{t_past} \quad T_{adjust})$ で表され、 μ は適応のスピードと

50

安定性を規定するゲイン定数であり、そして はエラーフィードバックを示している。ゲイン定数 μ は以下の方法で求めることが好ましい。

【数 6】

$$0 < \mu < \frac{1}{\text{tr}[R]}$$

ここで、 $R = X X^T$ と $\text{tr}[R] =$ (R の対角要素) = (R の最大固有値) が成立する。なお、この解法はスカラに基づいている。ベクトルに基づく場合、この解法は適切なベクトルおよび行列の形式をとる。算術演算については両方の場合とも同一であることが好ましい。

10

【 0 0 3 5 】

本発明の別の特徴は、ハンドオフトリガタイミングを調整する適応方法に関する。このメカニズムは、モビリティエージェントやアクセスルータを含むアクセスネットワークの実体において用いられる。ここで、モビリティエージェント、アクセスルータ、およびモバイルノード等の IP を用いる実体は、適応、自動パラメータ変換、自己対応および調整、および障害の回復が可能な自律型の実体として扱われている。また、異なる無線アクセス技術を用いるアクセスポイント間で行われる低待ち時間のハンドオフを要求するマルチアクセスモバイルノードは、レイヤ 2 のハンドオフ測定を可能にするために、使用していないインターフェイスを少なくとも休止または休眠モードにしていると想定されていることも重要である。

20

【 0 0 3 6 】

図 7 および 8 は、少なくとも 2 つの異なるアクセス技術が可能な事例をそれぞれ示している。第 1 の事例では、新アクセスネットワーク 3 2 とのリンクアップが旧アクセスネットワーク 3 0 とのリンクダウンに先行する。第 2 の事例では、リンクダウンがリンクアップに先行する。第 2 の事例は、レイヤ 3 に本質的に影響を及ぼすレイヤ 2 ブラックアウト期間が生じるためより難しい。なお、現在使用しているアクセスネットワーク 3 0 は、リンクダウンは検出しても、新しいアクセス技術を用いるリンクアップは検出しない可能性がある。しかしながら、モバイルノード 2 6 はリンクアップとリンクダウンの両方を検出できる。

【 0 0 3 7 】

30

図 7 および 8 の括弧に囲まれた範囲は最適なハンドオフ完了時間を示している。これらの範囲ではリンクアップの後にレイヤ 3 ブラックアウトが生じない。データセッション中にレイヤ 3 ブラックアウトが生じた場合、モバイルノード 2 6 はパケットの遅滞や損失を被る可能性がある。 T_{adjust} は、レイヤ 3 ブラックアウト期間の影響を減少させるために反復プロセスにおいて入力されるパラメータの 1 つである。本発明では、リンクダウン前にレイヤ 3 ハンドオフが完了するようにトリガタイミング (T_t) が調節される。なお、リンクダウン前にリンクアップが行われる事例では、同時に複数のレイヤ 2 接続が行われる可能性がある。しかしながら、括弧に囲まれた範囲内でレイヤ 3 ハンドオフが完了しない場合、複数のレイヤ 2 接続の結果として同時に複数のレイヤ 3 リンクが生じることはない。

40

【 0 0 3 8 】

前述したように、少なくとも現在使用している接続をリンクダウンする前に十分なトリガタイミング (T_t) が確保されなければならない。トリガタイミング (T_t) は、モバイルノード 2 6 が現在使用しているリンクを切断する前に行うハンドオフ制御メッセージ処理の完了に必要な時間により決定される。トリガタイミング (T_t) が短すぎる場合、レイヤ 3 ブラックアウト期間に接続の切断を被ることになる。従って、異なるアクセス技術が用いられる環境でシームレスなモビリティの要件を満たすためには、トリガタイミング (T_t) の調節が重要である。

【 0 0 3 9 】

本発明におけるトリガタイミング (T_t) パラメータの調整方法は、レイヤ 3 ハンドオフ

50

の完了に基づいている。様々なハンドオフ機構が存在し今後新たなハンドオフ機構が出現するであろうことを考えると、ハンドオフ制御メッセージ処理に基づくトリガタイミング (T_t) の決定論的な研究はシームレスな IP モビリティという目的にふさわしくないだろう。

【0040】

【発明の効果】

本発明は、適応 LMS アルゴリズムを用いるトリガタイミング (T_t) パラメータの反復調整方法を開示している。これに対し、トリガタイミング (T_t) パラメータの固定的な調整方法では、トリガタイミング (T_t) やレイヤ 3 ブラックアウト期間を含む多くのパラメータが統計的であるため重大なエラーを生じる可能性がある。また、無線インターフェイスまたは無線チャンネルがランダムであるため、パイロット信号強度等のハンドオフ測定値もランダムでありユーザーの移動性 (例えば、スピード) と一部相互に関連している。運用条件が動的で変化や更新を受けやすいことを考えると、適応性のないハンドオフ機構は有望でない。

10

【0041】

一方、反復して適応する処理は割合に計算の複雑化を生じさせない。この反復適応処理とは、現在および相関関係にある過去の情報の全くの統計的処理である。過去のエラーについての情報を利用することにより、動的で速やかな適応が実現される。

【0042】

以上、本発明の最適な動作方法および実施形態を説明してきたが、その他の動作方法および実施形態は当業者にとって明らかであり、本発明の精神とその範囲は、全ての均等物を含む請求の範囲により定義される。

20

【図面の簡単な説明】

【図 1】 一方の収容領域が他方の収容領域に囲まれたアクセスネットワークを有する、異なるアクセス技術を用いるアクセスポイントで構成されるアクセスネットワークを示す図である。

【図 2】 収容領域が隣接したアクセスネットワークを有する、異なるアクセス技術を用いるアクセスポイントで構成されるアクセスネットワークを示す図である。

【図 3】 モバイルノードおよびアクセスネットワークの IP ハンドオフタイミングを示す図である。

30

【図 4】 パイロット信号の強度を測定するハンドオフ測定を示す図である。

【図 5】 モバイルノードの適応型ハンドオフを行う、現在使用しているアクセスネットワークとアクセスネットワーク候補を示す図である。

【図 6】 最小 2 乗平均アルゴリズムを用いる適応チューナの適応モデルを示す図である。

【図 7】 リンクアップがリンクダウンに先行する IP ハンドオフタイミングを示す図である。

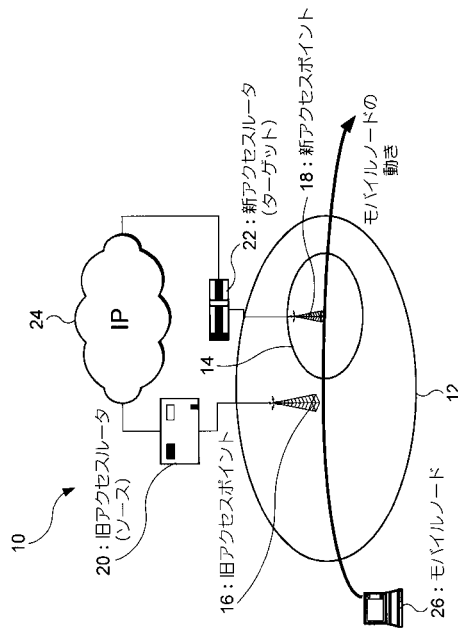
【図 8】 リンクダウンがリンクアップに先行する IP ハンドオフタイミングを示す図である。

【符号の説明】

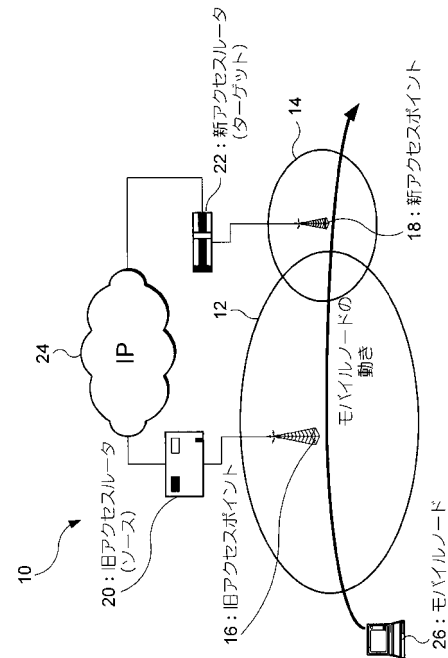
40

- 10 異なるアクセス技術を用いるアクセスポイントで構成されるアクセスネットワーク
- 12、14、30、32 アクセスネットワーク
- 16、18 アクセスポイント
- 20、22 アクセスルータ
- 24 IP ベースのネットワーク
- 26 モバイルノード

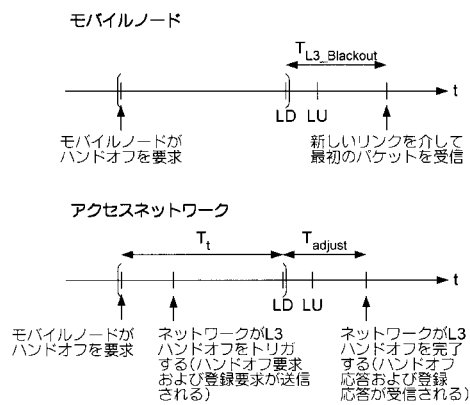
【図 1】



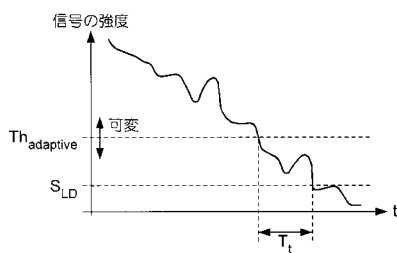
【図 2】



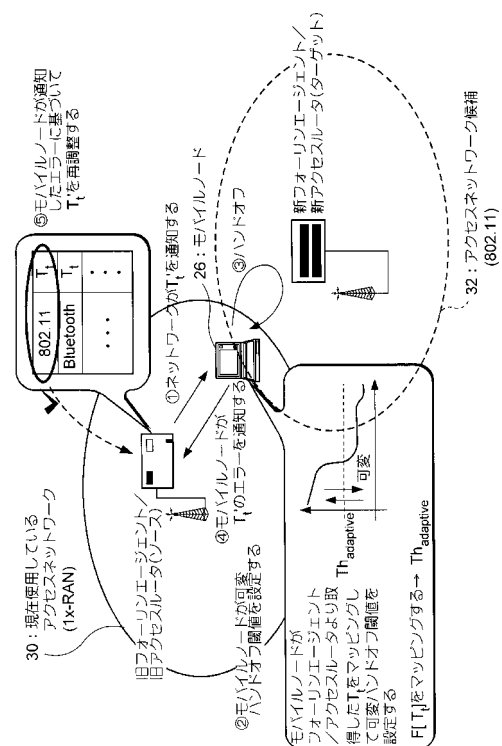
【図 3】



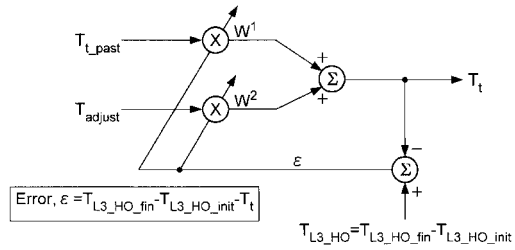
【図 4】



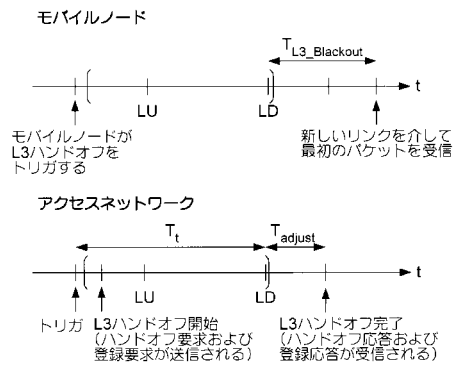
【図 5】



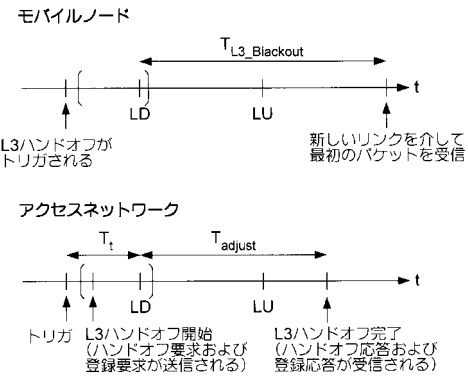
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 グァンルイ フ

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 4 0 8 6、サニーベイル、フランシス通り ノース 2 0
4

(72)発明者 アツシ タケシタ

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 4 0 8 7、サニーベイル、ミケランジェロ ドライブ 9
6 6

審査官 吉村 博之

(56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 0 3 6 9 3 6 (J P , A)

特開平 0 6 - 2 0 5 4 6 0 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 1 3 6 5 5 8 (J P , A)

特開平 0 3 - 2 2 6 1 2 7 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 6 9 0 5 8 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 1 7 4 6 6 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H04B 7/24- 7/26

H04Q 7/00- 7/38