

Mobile PPC におけるパケットロスレス ハンドオーバーの提案

金本綾子[†] 鈴木秀和[†] 渡邊晃[†]

モバイルコンピューティング環境では、端末が移動しても接続を切断することなく通信を継続することが要求されている。しかし、インターネットでは端末が移動すると IP アドレスが変化するため、通信が継続できない。そこで、我々はエンド端末だけで移動透過性を実現できる Mobile PPC の研究を行っている。しかしながら Mobile PPC だけでは、移動時の通信切断時間や、パケットロスが大きく発生してしまうという課題がある。また、エンド端末が同時に移動した時に通信が切断されないようにするための配慮も必要である。そこで、本研究では、Mobile PPC をターゲットとして上記課題を解決する方法を検討した。

A proposal of a packet loss-less handover in Mobile PPC

Ayako Kanemoto[†] Hidekazu Suzuki[†] Akira Watanabe[†]

On the mobile computing environment where countless mobile terminals are connected to the Internet for communications, it is strongly demanded that communication is maintained even when mobile terminals change their locations. However, in TCP/IP, IP addresses change along with the movement of terminals, and communication is inevitably broken. To solve this problem, we have been studying a new technology called "Mobile PPC" that can achieve "mobility" only with end terminals. Although Mobile PPC has resolved the problem, packet loss or the occurrence of short communication interruption are inevitable at the time of movement. Moreover, when two end terminals move simultaneously during the communication, the communication breaks in Mobile PPC. In this paper, we propose a new technology to realize a packet-lossless handover in Mobile PPC.

1. はじめに

いつでも誰でもどこからでもネットワークへのアクセスが可能なユビキタス社会を実現するために、移動しながら通信を行える環境が要求されている。しかし、インターネットでは端末が移動すると IP アドレスが変化するため、通信が継続できないという課題がある。そこで、端末の移動による IP アドレスの変化を隠蔽し、通信を継続できるようにする移動透過性の研究が盛んに行われている¹⁾。

IP 層で移動透過性を保証するプロトコルとして、IPv4 対応の Mobile IP²⁾や、IPv6 対応の Mobile IPv6³⁾が IETF(Internet Engineering Task Force)で提案されている。Mobile IP は Home Agent(以下 HA)という特殊なネットワーク機器の配備が必要で、経路が冗長になるなどの問題があって普及が滞っている。Mobile IP と後述する Mobile PPC (Mobile Peer to Peer Communication)を除くと、移動透過性の研究は IPv6 を前提としたものがほとんどである。しかし、IPv6 はまだ普及しておらず、

仮に IPv6 が普及したとしても当分の間は IPv4 と IPv6 の共存環境になると考えられる。

そこで、我々は IPv4 対応に、エンド端末だけで移動透過性を実現できる Mobile PPC⁴⁾の研究を行っている。Mobile PPC では DDNS(Dynamic DNS)を利用して通信を開始する。通信開始後に MN が移動すると、MN から CN に対して変化情報を直接通知し、両端末の IP 層の中に保持するアドレス変換テーブルを更新する。以後の通信は上記アドレス変換テーブルに基づきアドレス変換する。この方式により、IP アドレスの変化を上位ソフトウェアから隠蔽し、通信を継続することができる。Mobile PPC は既存端末と上位互換性があり、段階的な普及を望める方式である。

しかし、IPv4 の世界で移動透過性を実際に運用しようとするとき極めて難しい面があることがわかった。その理由は、アクセスポイントの切り替え手順や新規に IP アドレスを取得するまでの手順が明確に定められていないことである。また、無線 LAN で通常利用されるインフラストラクチャモードは、端末が通信中に移動するような状況はほとんど考慮されておらず、迅速な Access Point (以下 AP)の切り替えができない。Windows では、端末が通信中に異なる AP に接続する

[†] 名城大学理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Meijo University

とDHCPシーケンスを開始する仕組みが標準で備わっている。しかし、Windowsの仕組みとDHCPサーバの処理はうまく連携しておらず、新IPアドレスの取得に数秒から数十秒の時間を要することがある。また、この機能が動作するには、DHCPサーバが移動先で整備されていることが前提となる。さらに、Windows以外のOSではこのようなしくみは備わっておらず、APの切り替えを検出する手段を別途検討する必要がある。

以上のことから、移動透過性の機能がIP層レベルで仮に実現できたとしても、移動時の通信断絶時間やパケットロスが大きく、そのままでは実用的ではないという課題がある。そこで、本研究ではMobile PPCをターゲットとして、ハンドオーバー時にもパケットロスを極力減らす方法を検討した。また、Mobile PPCのようなエンドエンド方式の移動透過技術では、端末の同時移動に対する処理も重要である。エンドエンド方式では、2台の通信端末のIPアドレスが同時に変化すると、お互いに古いアドレス宛に変化情報を送信するため、変化情報が相手に到達できない。これは単なるパケットロスでは済まず、その後の通信ができないことになり移動透過性が実現できない。

上記のような課題を解決するため、本研究では端末に無線インタフェースカードを2枚搭載し、一方で通常の通信を、もう一方でネットワークの監視やIPアドレスの取得を行うことによりパケットロスがほとんど発生しないハンドオーバーを実現する方式を検討した。この検討に伴い、同時移動にも対応できるようにMobile PPCの仕様の一部見直しを実施し、どのような条件においても移動透過性が実現できるようにした。

以下2章で既存のパケットロス対策について、3章でMobile PPCの概要について説明し、4章でハンドオーバーの現状について説明する。5章ではハンドオーバー方式の提案について、6章ではハンドオーバーの比較と評価について説明する。7章では端末の同時移動に対する対策を示し、さらに8章にてまとめる。

2. 既存のパケットロス対策

通信中の端末が移動したときのパケットロス対策を分類すると、L2L3連携方式、L3プロトコル拡張方式、L2ドライバ改造方式、ダブルインタフェース方式に分類できる。以下それぞれの方式の概要と課題について述べる。

(1)L2L3連携方式^{5),6),7)}

L2L3連携方式は、無線レイヤ（以下L2）とIPレイヤ（以下L3）の連携を取ることでL3のハンドオーバー時間をできるだけ効率よく実行しようとする方式

である。一般にL2とL3の機能は独立しており、ハンドオーバーの連携もほとんど取られていない。その結果、L2でAPが切り替わったあとのL3の処理が効率的に実現できない。L2L3連携方式ではL2とL3の連携が目的で、L2やL3のハンドオーバーに係る処理は必要なため、これらの処理に係わる通信断絶は避けられない。

(2)L3プロトコル拡張方式^{8),9),10),11),12)}

L3のプロトコルを拡張することにより、APと端末が連携して端末の移動を予測する。端末がAPの切り替え前にIPアドレスを取得しておいたり、ルータでパケットをバッファリングするなどによりパケットロスを防止する。この方式はパケットロス対策としては最も研究が進んでいる。しかし、ネットワーク機器に変更が必要であるため、一般の環境では利用できない。また、端末が予測どおり動けばよいが様々な移動ケースを想定すると制御が複雑になるという課題がある。

(3)ドライバ改造方式^{13),14),15)}

無線LANインフラストラクチャモードではAPの切り替えがmake after break(旧APと切断した後に新APと接続する方式)であるため、ネットワークでバッファリングしない限りパケットロスが避けられない。そこで、無線レイヤのプロトコル自体を新たな方式に切り替え、make before break(新APと接続した後に旧APを切断する方式)を可能とする方式が提案されている。しかし、この方式は端末とAPの両者が機能を実装している必要があり、一般の環境では利用できない。また、この方式においても、隣接するAPのチャンネルが異なるような場合は、隣接APを探すためにチャンネルスキャンを行う必要があり、この動作のためにパケットロスが発生することは避けられない。

(4)ダブルインタフェース方式^{16),17),18)}

端末に無線インタフェースを複数保持させ、一方でパケットの送受信、もう一方でネットワーク監視（チャンネルスキャンやAPの切り替え）とIPアドレスの取得を行う。IPアドレス取得後、カードの役割を交換し、逆のカードでそれぞれ通信の継続とネットワーク監視を行う。

この方式は、端末だけに処置をすればよくネットワークには変更が不要である。パケットロスも原理的になくすることが可能である。ただし、複数インタフェースを利用するため余分なカードが必要で、消費電流が増加するという課題がある。この方式はカーネルと無線カードの相性によっては実現が難しい場合がある。また、TCPではOSの種類によってはMACアドレスが通信中に変わると通信が継続できない場合があるなどの課題がある。

3. Mobile PPC の概要

本研究の前提となる Mobile PPC について、その概要を記述する。Mobile PPC は第三の装置の助けを借りることなく、エンド端末のみで移動透過性を実現するプロトコルである。Mobile PPC では、通信開始時の IP アドレスの解決（初期 IP アドレスの解決）にはダイナミック DNS(DDNS)を適用する。通信開始後、一方の端末が移動したとき、アドレスがどのように変化したかを知る方法（継続 IP アドレスの解決）として、Mobile PPC による移動通知処理を用いる。Mobile PPC ではエンド端末の IP 層に CIT（Connection ID Table）と呼ぶアドレス変換テーブルを保持する。通信中に一方の端末の IP アドレスが変化すると、エンドエンドでその変化情報を交換し、CIT の内容を更新する。このために使用するパケットを CU (CIT Update) および CU Reply と呼ぶ。以後の通信はこのテーブルの内容に従って IP 層でアドレス変換を行う。図 1 に Mobile PPC によるアドレス変換の様子を示す。MN1 から送信されたパケットの宛先は、CIT を参照し MN2 の移動前の IP アドレス Y0 から移動後の IP アドレス Y1 へ変換される。このパケットを受信した MN2 は、自身の CIT を参照し、パケットの宛先を移動後の IP アドレス Y1 から移動前の IP アドレス Y0 へ変換を行う。このように IP 層において正しくルーティングされるようにアドレス変換し、上位層にはその変化を隠蔽するため、移動前後においてコネクションを維持させることが可能となる。

Mobile PPC は、エンド端末のみに機能を実装すればよく、導入の敷居が低い。また、通信経路の冗長やトンネル転送によるパケット長の変化がないため、高スループットを実現できる。既存端末との上位互換性があり、段階的な普及が期待できるなどの特徴がある。

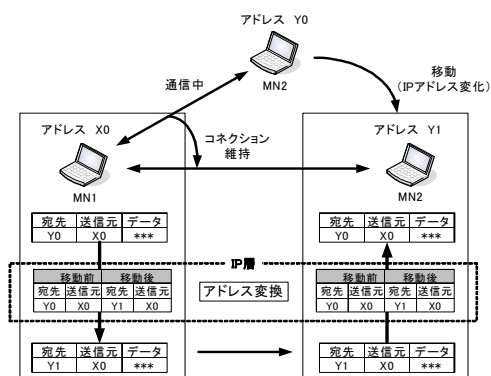


図 1. Mobile PPC によるアドレス変換

4. ハンドオーバーの現状

ハンドオーバー処理を検討するにあたり、次の2つの場合を考える必要がある。一つは同一ネットワーク内で移動する場合に生じるハンドオーバー(エリア内ハンドオーバー)で、もう一つは異なるネットワーク間を移動する場合に生じるハンドオーバー(エリア間ハンドオーバー)である。前者の場合は L2 のハンドオーバーのみ、後者の場合は L2 ハンドオーバー、IP アドレスの取得、L3 ハンドオーバーが発生する。L2 ハンドオーバーでは、チャネルスキャンによる通信断絶時間が最も大きな時間を占める。

一般に同一ネットワーク内に存在する AP には同一のネットワーク識別子 ESS-ID を割り当てる。移動端末 MN はこの ESS-ID によりネットワークの違いを認識することができる。ESS-ID は AP から定期的に送信されているビーコンの情報内に含まれている。MN が AP を切り替えた際に、ESS-ID が変化しない場合は同一ネットワーク内の移動と見なせる。一方 ESS-ID が変化する場合は異なるネットワーク間を移動したと判断し、移動先のネットワークに存在する DHCP サーバから新しい IP アドレスを取得する。Windows にはこのような仕組みが標準で実装されている。

ハンドオーバーの現状を図 2 に示す。図 2 は MN が通信しながらハンドオーバーを実行し、ハンドオーバー終了後に移動先の AP を介して通信を再開するまでの流れを示している。MN は Windows を搭載しているものとする。MN は AP からの信号の電波強度が一定レベルより低くなると当該 AP とのアソシエーションを切断する。次に、MN はチャネルスキャンを行い、利用可能な AP を探す。MN は最適な AP を選択し、認証要求メッセージを New AP へ送信する。認証要求メッセージを受け取った New AP は、MN の認証を行い、認証応答メッセージを MN へ返す。次に MN は、再アソシエーション要求メッセージを New AP に送信する。New AP は再アソシエーション応答メッセージを MN へ返し、MN と New AP とのアソシエーションが確立される。その後、New AP は IAPP (Inter Access Point Protocol) などのプロトコルを用いて全 AP に対してアソシエーション情報を伝える。IAPP とは、AP 間でアソシエーションデータを伝送するためのアクセスポイント間プロトコルであるが、ベンダ固有のプロトコルが使われる場合もある。以降、MN と AP 間の認証要求、認証応答、再アソシエーション要求、再アソシエーション応答、IAPP に係わる処理をまとめて、再接続処理と呼ぶ。上記チャネルスキャンと再接続処理時間

は AP と MN の組み合わせにより大きく異なり、40ms～600ms の時間を要する。いずれの場合においても、チャネルスキャンが上記時間中の 80～99%を占め、続く再接続処理は直ちに終了する。チャネルスキャンと、再接続処理は、AP を切り替える際に常に発生する動作である。再接続処理が完了すると、MN は ESS-ID を確認し、以前と値が異なる場合はネットワークが変わったと判断し、DHCP サーバより新 IP アドレスを取得する。ここには、DHCP シーケンス (DHCP DISCOVER, DHCP OFFER, DHCP REQUEST, DHCP ACK) と、IP アドレス取得後に行われる Gratuitous ARP による重複アドレスチェックが含まれる。IP アドレス取得処理には最低でも約 2～5 秒の時間を要する。Windows と DHCP サーバの相性によっては数十秒を要することもある。この間は IP アドレスが定まらないので通信を行うことができない。IP アドレスの取得を完了すると、Mobile PPC の移動通知処理により両端末の CIT の更新を行う。移動通知処理時間には、MN と通信相手の CIT 更新時間、CU パケットおよび CU Reply パケットの伝送時間が含まれるが、全てを含めても 0.3 μs 程度で終了し、ほとんど無視できる。

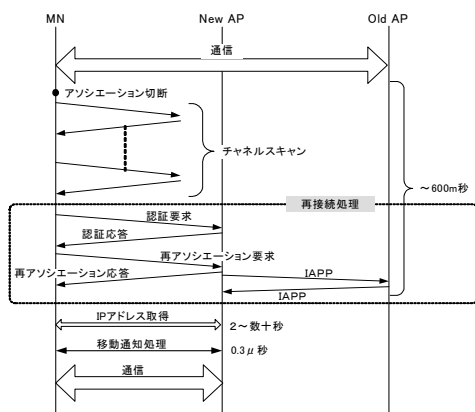


図2. エリア間ハンドオーバーの現状

5. ハンドオーバー方式の提案

本研究では、Mobile PPC のハンドオーバー時間を削減するため、ダブルインタフェース方式を選択した。L2L3 連携方式、L3 プロトコル拡張方式、L2 ドライバ改造方式は、いずれもその機能を発揮するには異なる装置や機能の連携が必要で、標準化を行うなど長期の対策が必要である。L2L3 連携方式、L2 ドライバ改造方式は、L2 のチャネルスキャンに係るパケットロスを解決できない。また、MN と DHCP サーバとの相性間

題は検討の範疇外である。L3 プロトコル拡張方式はルータがパケットをバッファリングするなどの処理によってパケットロスを無くすることができる可能性があるが、ルータなどのネットワーク機器がその機能をサポートする必要があり、一般のネットワークに適用していくのは難しい。これに対し、ダブルインタフェース方式は端末だけの対策によって、これらの課題を解決できる可能性を秘めている。Mobile PPC を用いて移動透過性の実使用を試みるには最も適した方式であると判断した。従来のダブルインタフェース方式は、カードの役割を交互に入れ替えることによりパケットロスを全て解消しようとしていた。しかし、この方式はカーネルとの相性によっては実現が困難である。Free BSD では、TCP 通信中に MAC アドレスが変わると通信を継続できない。そこで、本研究では、ダブルインタフェース方式を以下の 2 つのアプローチに分類し、比較した。

(1) トグル方式

トグル方式は、2 枚のインタフェースの役割を交互に入れ替える方式である。図 3 にトグル方式による Mobile PPC のハンドオーバーシーケンスを示す。MN はカード 1 で Old AP に接続し、通信を行っているものとする。MN はカード 2 によりネットワークの監視、すなわち周辺に存在する AP の電波強度の測定、チャネルスキャン、各 AP の ESS-ID の確認、次に接続すべき AP の決定を行う。MN が Old AP と New AP の無線エリアがオーバーラップしている部分に移動すると、Old AP の電波より New AP の電波が強くなる。この状態が一定の時間続くと、MN はカード 1 による通信を維持しながら、カード 2 により New AP と接続する。MN は ESS-ID を調べることによって、ネットワークが変わったことを知ると、カード 2 を用いて DHCP より新 IP アドレスを取得する。次にカード 2 を用いて Mobile PPC の移動通知処理を実行して両エンド端末の CIT を更新する。移動情報通知処理後は、新 IP アドレスを持つカード 2 で通信が行われる。カード 1 は一定時間 Old AP とのアソシエーションを保持した後、切断する。カード 1 でのアソシエーションをしばらく残す理由は、旧 IP アドレス宛のパケットも MN が受信できるようにするためである。MN はカード 1 と Old AP とのアソシエーションを切断した後は、カード 1 を使用してネットワークの監視を行う。

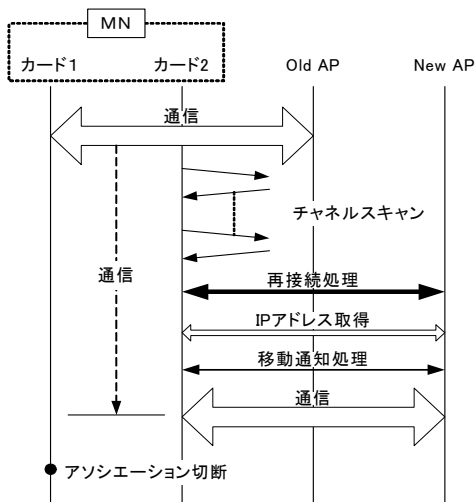


図3. トグル方式によるエリア間ハンドオーバー

(2) ツイン方式

ツイン方式は通信するカードとネットワークを監視するカードを固定する方式である。図4にツイン方式によるハンドオーバー時のシーケンスを示す。MNはカード1でOld APを介して、通信を行いながら、カード2により、ネットワーク監視を行う。MNがOld APとNew APの無線エリアがオーバーラップしている部分に移動し、New APの電波が強い状態が一定時間続くと、MNはカード1による通信を維持しながら、カード2によりNew APと接続する。MNはカード2を用いてDHCPより新IPアドレスを取得する。次にMNは取得した新IPアドレスをCUパケットの内容を含めてカード1側から移動通知処理を行う。Mobile PPCの移動通知処理はIPヘッダの内容とは独立しており、このように旧IPアドレスのカードを用いて移動通知を実現することが可能である。通常は、DHCPシーケンスが終了すると、IPアドレスを要求したインタフェースに自動的にIPアドレスが割り当てられる動作が含まれている。しかし、ツイン方式では、その処理に変更を加え、移動通知処理完了後にカード2で取得した新IPアドレスをカード1へ割り当てる。その後、MNのルーティングテーブル内のデフォルトゲートウェイを、移動先のネットワークで使用するものへ更新する。これらの設定が完了した後、カード1はOld APと切断し、New APと再接続処理を実行する。これ以降、MNは再びカード2によりネットワーク監視を行う。このようにツイン方式では、カード1で常に通信を行い、カード2でネットワーク監視と新IPアドレス取得を実行する。

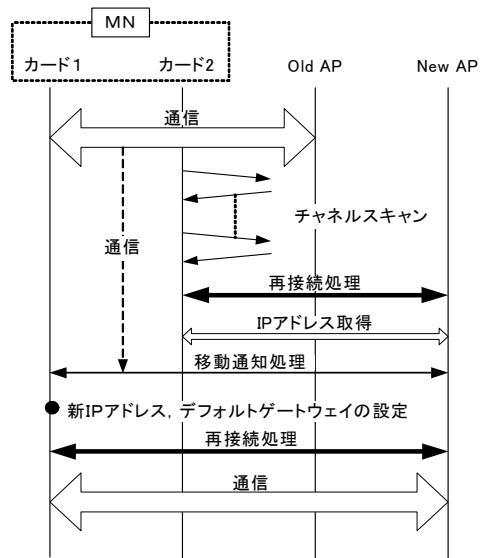


図4. ツイン方式によるエリア間ハンドオーバー

6. ハンドオーバー方式の比較と評価

表1にハンドオーバー方式の比較を示す。まず、エリア間ハンドオーバーにおいて、現状のハンドオーバーでは、チャネルスキャン、再接続処理、IPアドレス取得の間通信が断絶され、その時間は数10秒かかることがある。トグル方式の場合、原理的に通信の断絶時間を無くすることができる。しかしながらこの方式は、通信中にMACアドレスが変化するため、UDPでは問題ないが、TCP通信ではカーネルによって通信が継続できないという課題がある。この問題を解決するためには、カーネルごとにソケットを改造する必要があり、実現のためのハードルが高い。ツイン方式では、カード1へ新IPアドレスの設定、ルーティングテーブル内のデフォルトゲートウェイの書き換え処理、再接続処理を行っている間、最悪100msの通信断絶時間が発生する。新IPアドレスやデフォルトゲートウェイの設定の時間はほとんど無視でき、ほとんどが再接続処理に係わる時間である。再接続処理は、APと移動端末の相性によっては10ms以下にできるという報告がある。

エリア内ハンドオーバーにおいて、現状のハンドオーバーでは、チャネルスキャンと再接続処理により、最悪600msの通信断絶時間が生じる。トグル方式においては、エリア間の場合と同様に原理的に通信の断絶時間を無くすることができる。しかし、カーネルによっては異なる無線LANカードに同一のIPアドレスを割り当てる機能が備わっていないため、カーネルを改造するための検討が必要である。仮に実現できても、エリア

表 1. ハンドオーバーの動作の比較

	現状のまま	トグル方式	ツイン方式
エリア間ハンドオーバーのロス時間	新APの発見+再接続処理 ~600m秒 IPアドレス取得 2秒~数10秒	なしにできる可能性あり	移動情報通知 ~0.3μ秒 再接続処理 ~100m秒
エリア内ハンドオーバーのロス時間	新APの発見+再接続処理 ~600m秒	なしにできる可能性あり	再接続処理 ~100m秒
実現の容易さ	実現済み	難易度高い (カーネルの改造が必要)	容易
総合	△	△	○

間ハンドオーバーと同様に、TCP 通信中の MAC アドレス変化の問題を解決する必要がある。ツイン方式では、エリア間ハンドオーバーと同様に再接続処理の時にロスが発生するのは避けられない。

上記の比較結果を考慮すると、トグル方式を全てのケースで実現するには多くの検討がカーネルごとに必要となり、実現は困難と考えられる。一方、ツイン方式では、パケットロスが発生するものの、通信断絶時間は許容範囲内であり、さらに容易に実現できるという利点がある。以上の理由から、本研究ではツイン方式を採用することにした。

7. 同時移動への対策

上記無線レイヤにおける処置を前提にして Mobile PPC の改造を行い、エンド端末が同時に移動しても通信の継続を可能とするための対策を示す。図5に同時移動の場合の Mobile PPC の動作を示す。同時移動すると、相手端末の旧 IP アドレス宛へ CU を送信し、CU Reply を待つ。この間に、相手端末から旧 IP アドレス宛の CU を受信した場合は、同時移動が発生したものと判断できる。この場合、自身の送信した CU と相手端末から受信した CU の情報を元に MN1, MN2 とも新 IP アドレス(それぞれ X1, Y1)による CIT を生成することができる。図5に示すように、両端末において、CITの移動後の送信元アドレスを自身の新 IP アドレスに変更する。また、移動後の宛先アドレスを CU で報告された相手端末の新 IP アドレスに変更する。即ち、MN1 は宛先 Y1, 送信元 X1, MN2 は宛先 X1, 送信元 Y1 へと更新する。このようにして CIT は正しく生成され、同時移動しても通信を継続できる。

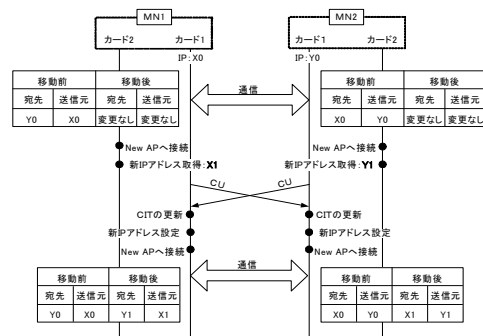


図 5. 同時移動の場合の Mobile PPC の動作

8. むすび

本研究では、端末側だけの処置で実現が可能なことに着目し、ダブルインタフェース方式を選択して Mobile PPC をターゲットとしたロスレスハンドオーバーの提案を行った。ただし、完全なロスレスを保障するのではなく、現実的なロスを許容することによって、容易に実現可能なツイン方式を選択した。また、無線レイヤにツイン方式が適応されていることを前提に Mobile PPC を改造することによって、端末が同時移動しても通信を継続できることを示した。今後は本システムを実装して、その有効性を確認する予定である。

参考文献

- 1) 寺岡文男, "インターネットにおけるモバイル通信プロトコルの標準化動向," 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-B, No.10, pp.1746-1754, Nov.2000
- 2) C. E. Perkins."IP Mobility Support for IPv4,"RFC 3344. Aug.2002.
- 3) D.Johnson, C. Perkins, J. Arkko, "MobilitySupport in IPv6," RFC3775. June 2004.

- 4) 竹内元規, 鈴木秀和, 渡邊晃, “モバイル端末の移動透過性を実現する Mobile PPC の提案,” 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.12, pp.3244-3257, Dec.2006.
- 5) 後郷和孝, 神谷弘樹, 洪井理恵, 金子晋丈, 玉載旭, 小森田賢史, 藤巻聡美, 寺岡文男, “リンク層情報を利用したネットワーク層主導高速ハンドオーバー機構の設計と実装” 情報処理学会研究報告. MBL, Voll.2005, No.47 (20050525), pp. 13-18
- 6) 井島亮一, 塚本和也, 櫻原茂, 尾家祐二, “WLAN ハンドオーバーにおける新たな決定指標の調査,” 電子情報通信学会研究報告, IN2005-40, pp.67-72, (2005,7)
- 7) Shakkottai, S. Rappaport, T.S. Karlsson, P.C. , “Cross-Layer Design for Wireless Networks,” IEEE Communication Magazine, Vol. 41, No. 10, pp. 74-80, October 2003.
- 8) 小川猛志, 伊東匡, “DHCP をベースとしたシームレスハンドオーバー方法の研究,” 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J88-B No.11 pp.2228-2238, 2005/11/01
- 9) 高橋秀明, 小林亮一, 岡島一郎, 梅田成視, “Hierarchical Mobile IPv6 with Buffering Extension の通信品質評価,” 情報処理学会論文誌 Vol.46 No.2, Feb.2005
- 10) 萬代雅希, 笹瀬巖, “Mobile IP における位置情報を用いた低レイテンシなハンドオフ方式”, 情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. 4, pp. 1121-1133, Apr. 2004.
- 11) 本山智祥, 首藤晃一, 奥村康行, “スヌーピングルータ(SR)適用によるスムーズハンドオーバーモバイルネットワーク” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J88-B, No.3 (20050301) pp. 622-633
- 12) H. Soliman, C. Castelluccia, K. El-Malki, and L.Bellier, “Hierarchical MIPv6 mobility management (HMIPv6),” RFC4140, Aug. 2005.
- 13) モバイルブロードバンド協会, “MBA 標準 0201 号「MIS プロトコル仕様書 Ver.1.02」,” <http://www.mbassoc.org/j-services/mbas0201r060606.pdf>
- 14) モバイルブロードバンド協会, “MBA 標準 0202 号「MIS モバイル IP 仕様書 Ver.1.02」,” <http://www.mbassoc.org/j-services/mbas0202.txt>, 2004.
- 15) 森岡仁, 真野浩, 太田昌孝, 寺岡文男, MIS プロトコルと PDMA による高速ハンドオーバー,” 電子情報通信学会技術研究報告. WBS, IEICE technical report, Vol.104, No.672(20050223) pp. 243-248
- 16) 松岡保静, 吉村健, 大矢智之, “エンドツーエンド型 I P ソフトハンドオーバー”, 電子情報通信学会論文誌, B, Vol. J86-B, No.8, pp.1369-1378, 2003 年 8 月.
- 17) 森岡仁志, 大森幹之, 太田昌孝, 真野浩, “2 台の無線 LAN 送受信機を用いたシームレスハンドオーバーの実現,” 第 10 回マルチメディア通信と分散処理 (DPS) ワークショップ論文集, pp.263-268, Oct.2002.
- 18) 相原玲二, 藤田貴大, 岸場清吾, 田島浩一, 西村浩二, 前田香織, “常に最適経路で通信を行う移動透過アーキテクチャ MAT の性能評価” インターネットコンファレンス 2006 論文集, pp.13-20, Oct.2006.
- 19) Arunesh Mishra and Minho Shin and William Arbaugh, “An empirical analysis of the IEEE 802.11 MAC layer handoff process,” ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol.33, Issue 2, pp.93-102, April 2003.

Mobile PPCにおけるパケット ロスレスハンドオーバーの提案

名城大学大学院

金本綾子 鈴木秀和 渡邊晃

研究背景

- 通信中に移動したいというニーズがある

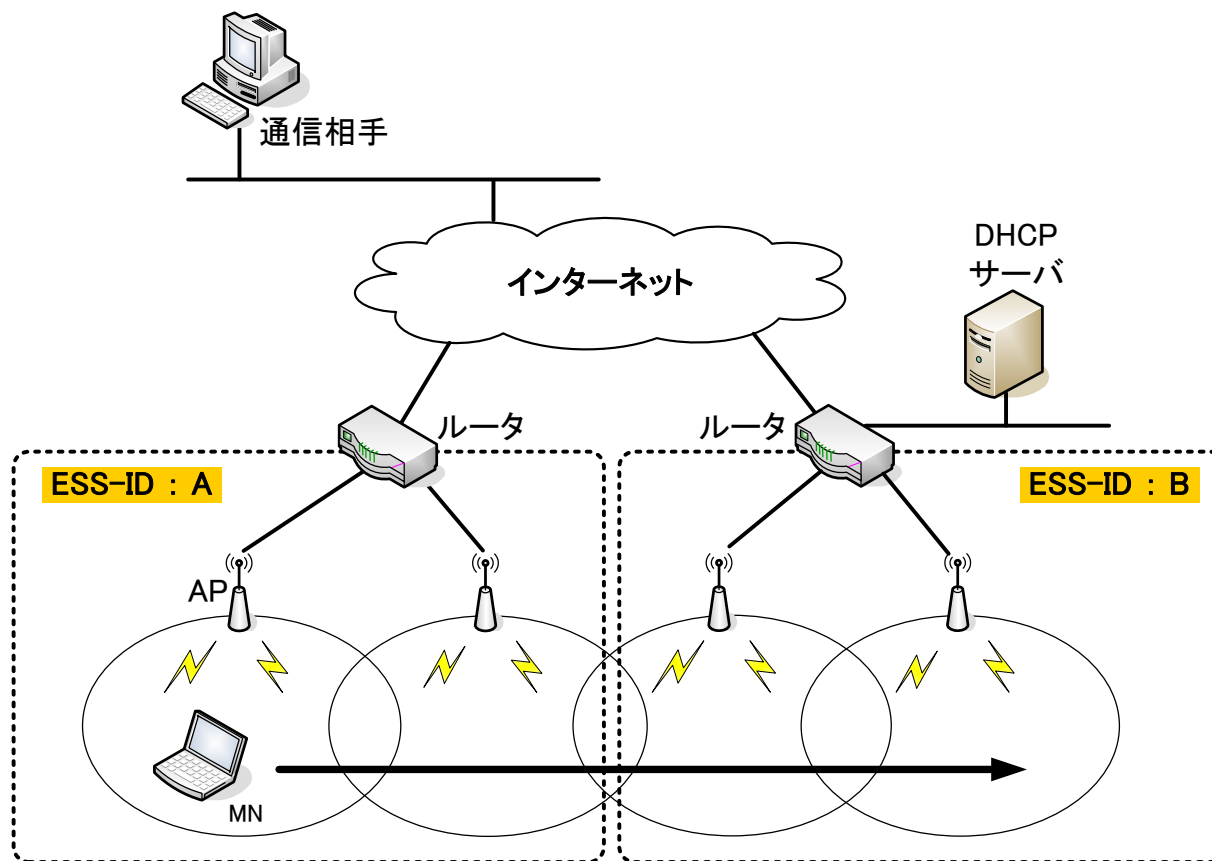
エンドエンドで移動透過性を実現するMobile PPC
(Mobile Peer to Peer Communication)によって移動透過性を実現

IPv4の世界で移動透過性を実際に実現するためには課題がある

- アクセスポイント(AP)の切り替え処理と, IPアドレスを取得するための処理の連携が取れていない
- IPアドレスの取得に時間がかかる
- AP切り替え時のチャネルスキャンに時間がかかる

Mobile PPCをターゲットとして, ハンドオーバー時の
パケットロスを極力減らす方法を検討

ハンドオーバー



- (無線レイヤ)L2ハンドオーバー・・・物理的にAPを切り替える
- (IPLレイヤ)L3ハンドオーバー・・・IPアドレスの取得, 移動情報通知

①L2L3連携方式

ハンドオーバー実現方式

無線レイヤ(L2)とIPレイヤ(L3)は独立

⇒L2とL3のハンドオーバーの連携が取れていない

方法

L2とL3が連携を取ることで、無駄な時間を無くし、効率よくハンドオーバーを実行する

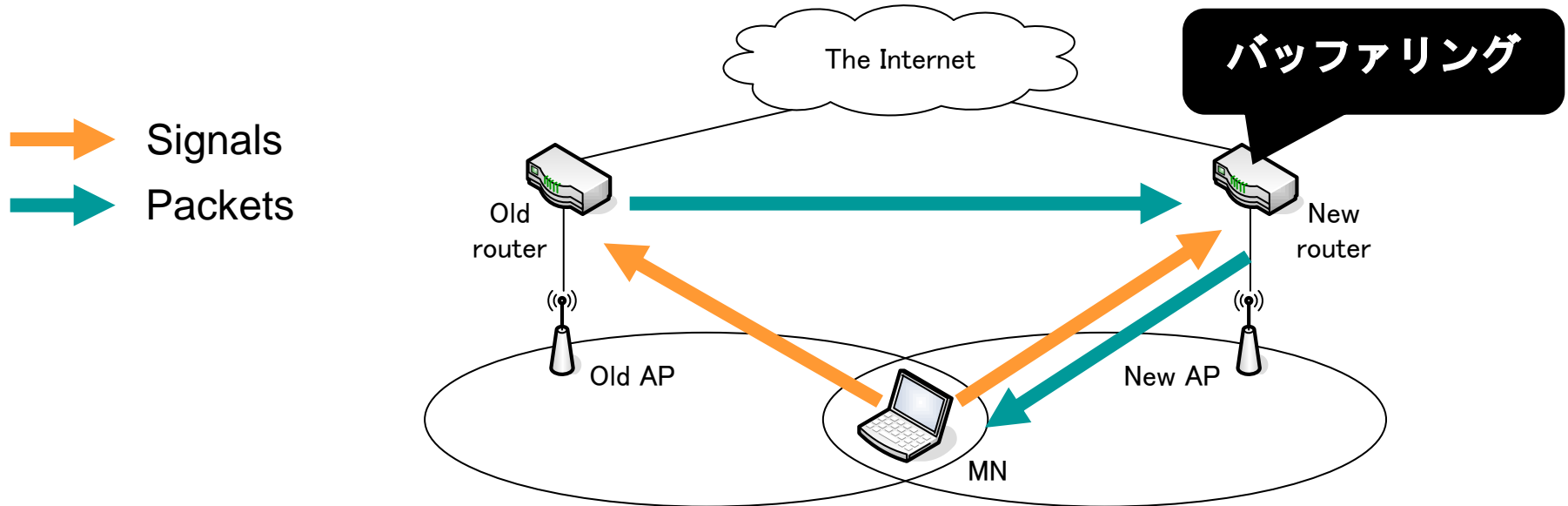
例:レイヤ間情報伝達機構LIES

課題

- L2やL3に係わるハンドオーバー処理は必要
 - L2・・・チャネルスキャン, アソシエーションの確立
 - L3・・・IPアドレスの取得, 移動情報通知
- ⇒通信断絶時間は避けられない

②L3プロトコル拡張方式

ハンドオーバー実現方式



方法

- ルータ同士が連携して、ルータでパケットをバッファリング

例：FMIP (First Handovers for Mobile IPv6)

課題

- ネットワーク機器に変更が必要
- 様々な移動ケースを想定すると、制御が複雑になる

③ドライバ改造方式

ハンドオーバ実現方式

無線LANインフラストラクチャモードでは
APを切り替える際にパケットロスが発生

原因: 通常の802.11ドライバは, 1つのAPと
しかアソシエーションできないため



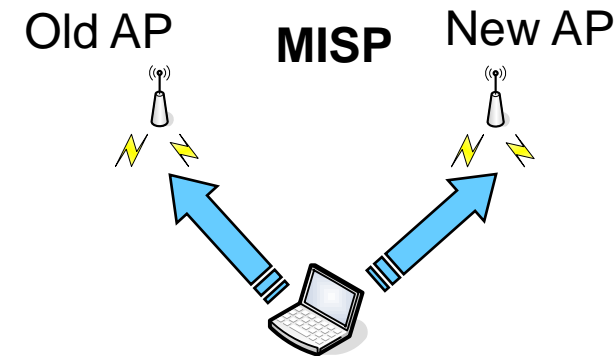
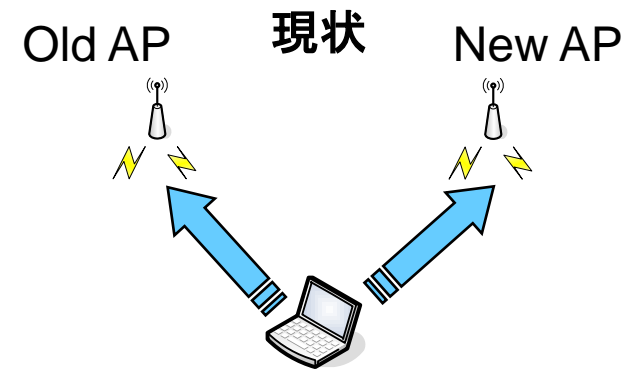
方法

無線レイヤのプロトコル自体を新たな方式とし,
同時に複数のAPとのセッションを確立

例: MISP (モバイルブロードバンド協会)

課題

- 端末とAPが機能を実装している必要があり, 一般の環境では利用できない
- チャンネルスキャンによるパケットロスは救えない



④ダブルインタフェース方式

ハンドオーバ実現方式

方法

- 端末に無線LANインタフェースを複数搭載
- カードの役割を交代させながら通信する

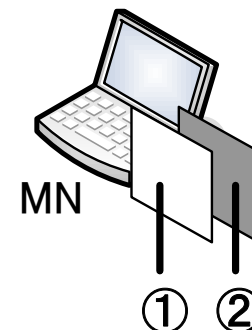
【役割】

1. パケットの送信
 2. ネットワークの監視(チャネルスキャン, APの切り替え)
IPアドレスの取得
- 端末のみに処置をすればよく, ネットワークには変更が不要
 - 原理的にパケットロスを無くすことが可能

例: MISP, MAT

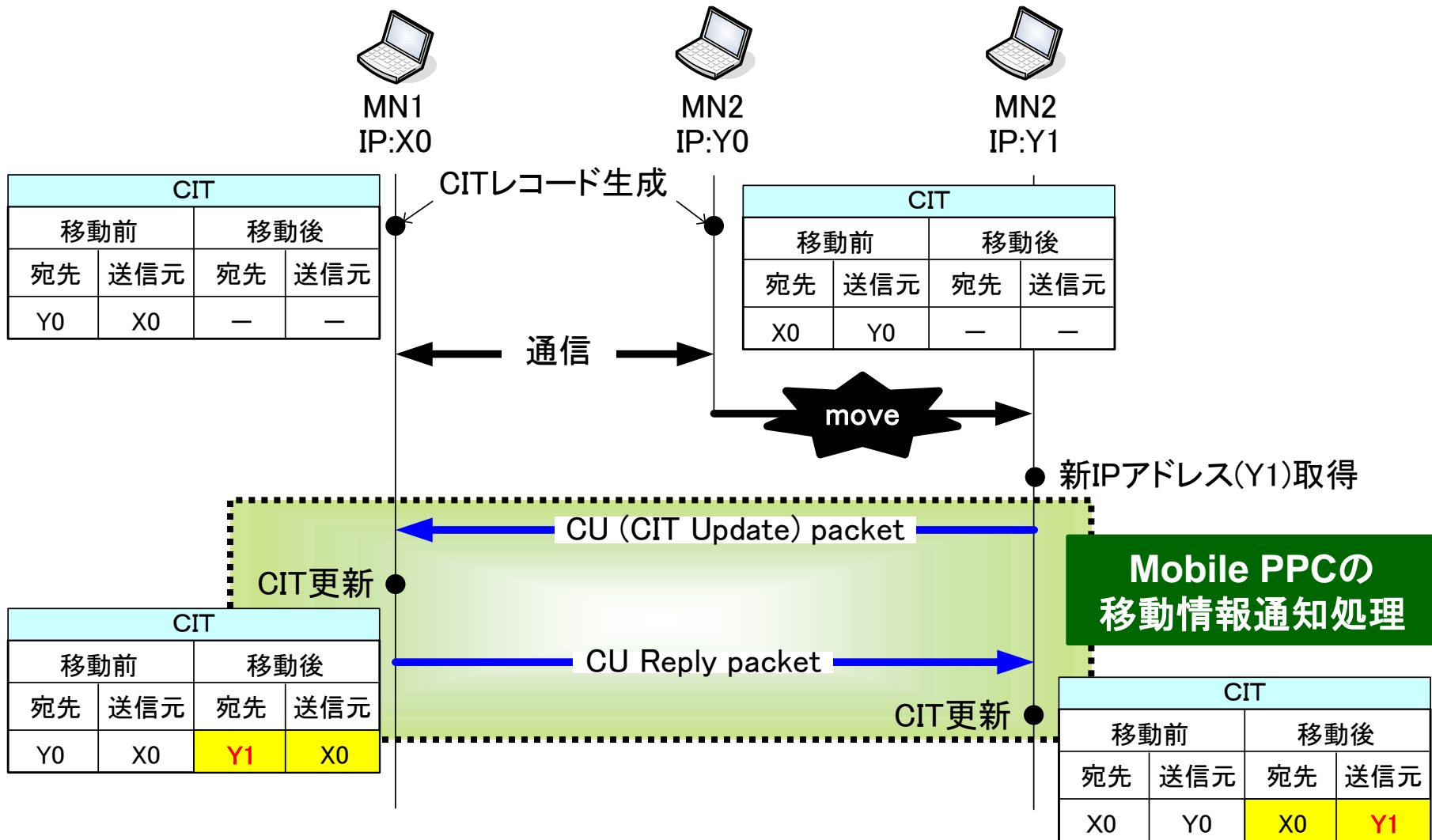
課題

- 複数インタフェースを利用するため, 消費電力が増加
- カーネルと無線LANインタフェースの相性によっては実現が困難



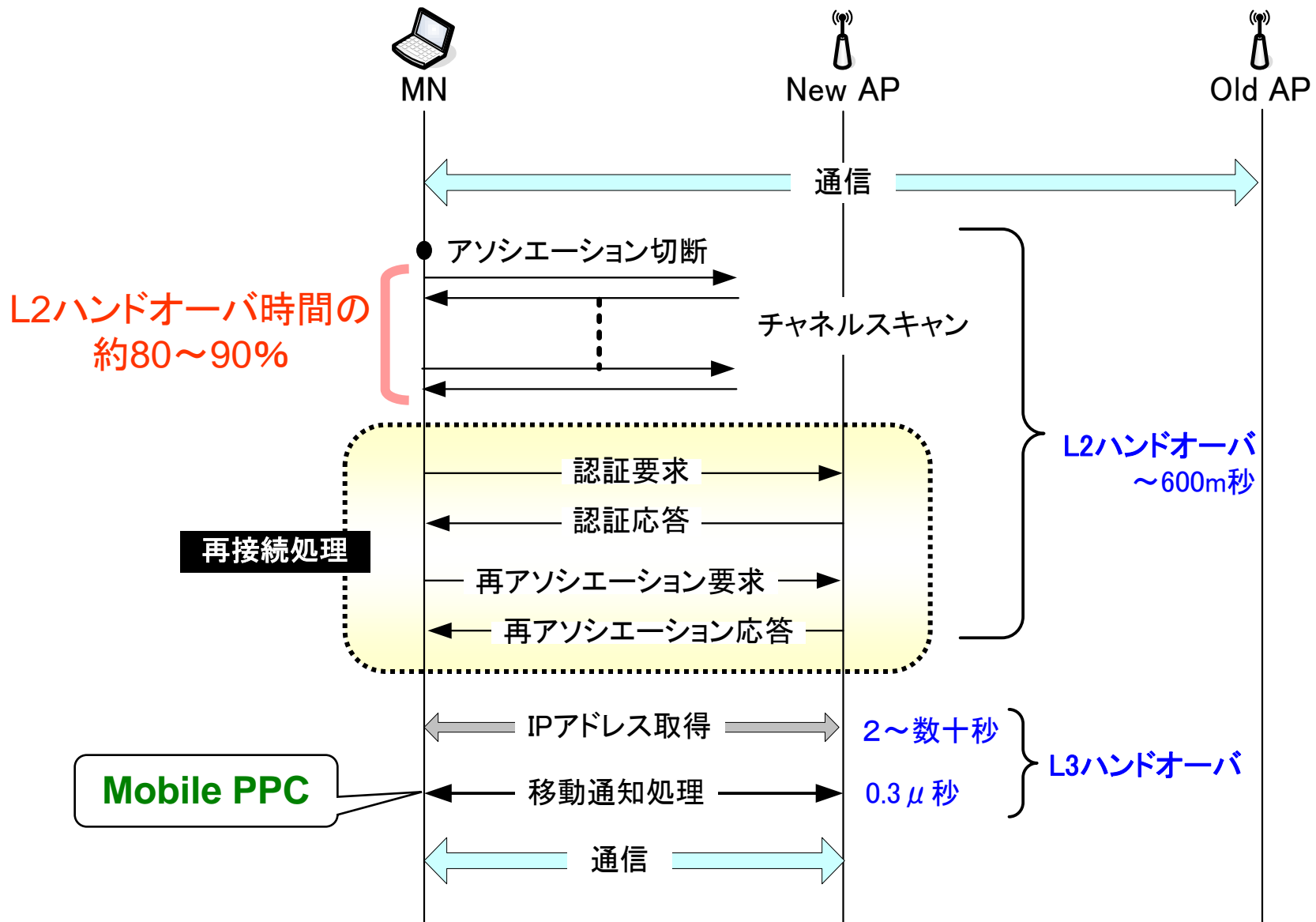
Mobile PPCにおける移動情報通知

(Mobile Peer to Peer Communication)



CIT : Connection ID Table

エリア間ハンドオーバーの動作



ハンドオーバ方式の提案

➤ ダブルインタフェース方式を選択

理由

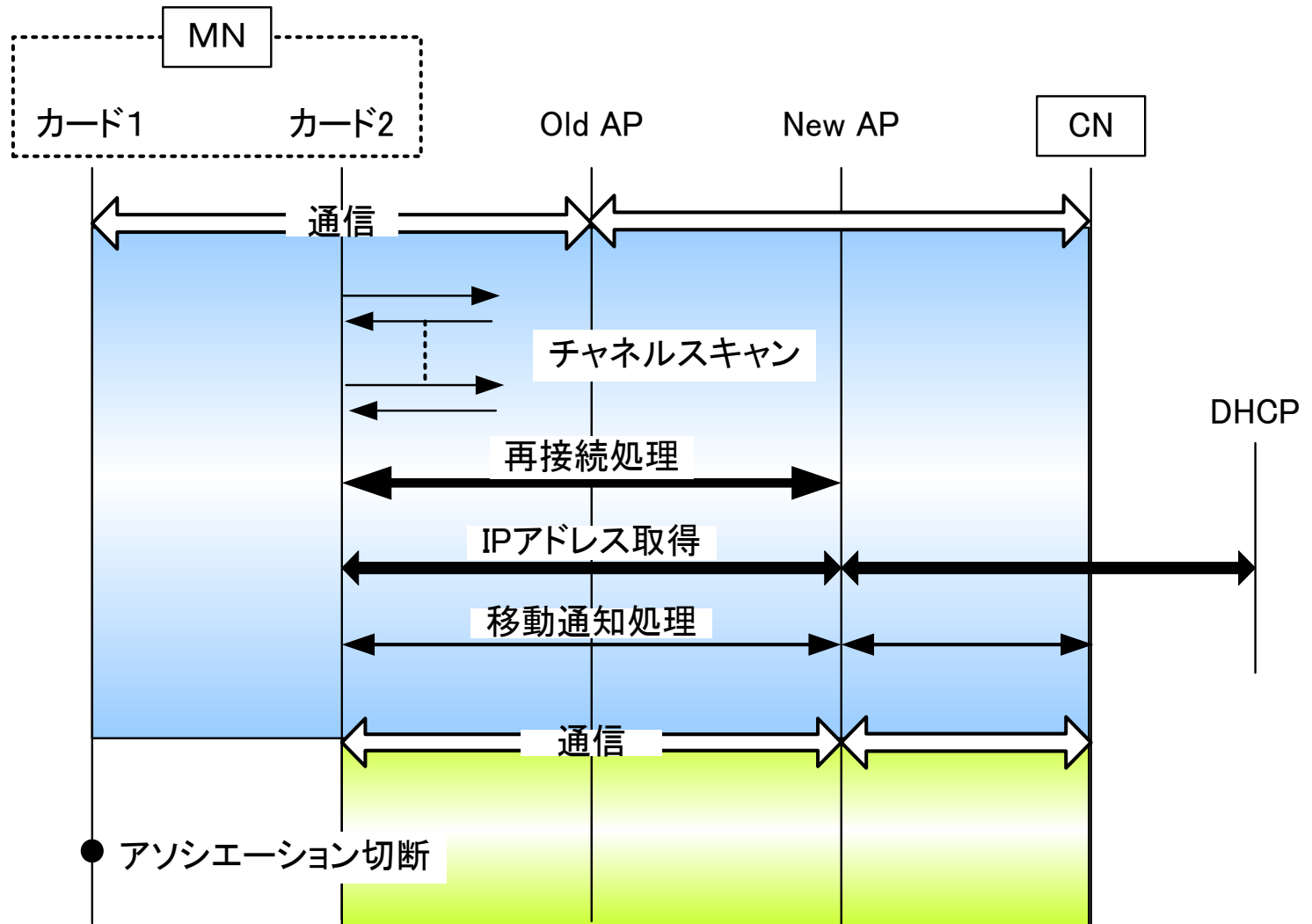
- 端末のみに処置をすればよく、ネットワークに変更が不要
- チャンネルスキャンとIPアドレス取得時のパケットロスが救える

◆ トグル方式・・・役割を交互に入れ替える
(従来のダブルインタフェース方式)

◆ ツイン方式・・・通信するカードとネットワークを監視する
カードを固定
(新たに検討したダブルインタフェース方式)

トグル方式によるエリア間ハンドオーバー

カードの役割を交互に入れ替えてパケットロス全て解消

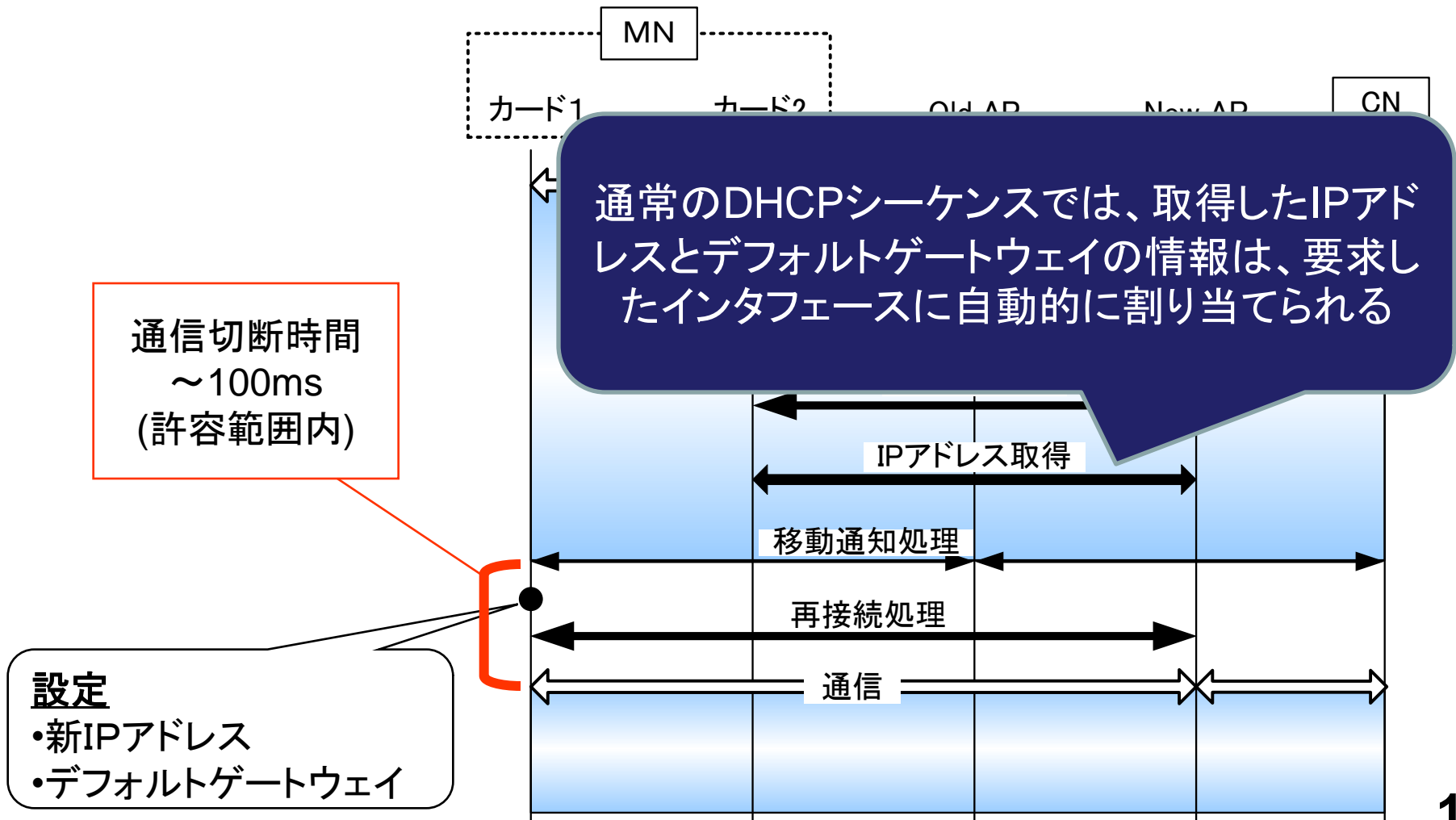


トグル方式における問題点

- TCP通信を継続することができない場合がある
カーネルによっては, TCPコネクション確立時にトランスポート層(L4)で経路情報(どのインタフェースで)を記憶する
⇒カーネルの改造が必要になる
- エリア内移動でパケットロスが発生する
↳ IPアドレスは変化しない
1つのIPアドレスを同時に複数デバイスに割り当てることができない

ツイン方式によるエリア間ハンドオーバ

通信するカードとネットワークを監視するカードを固定



ハンドオーバー動作の比較

	カード1枚	トグル方式	ツイン方式
エリア間ハンドオーバーのロス時間 (IPアドレスが変わる場合)	新APの発見+再接続処理 ~600m秒 IPアドレス取得 2秒~数10秒	なしにできる可能性あり (カーネルの改造が必要) ※1	移動情報通知 ~0.3μ 秒 再接続処理 ~100m秒
エリア内ハンドオーバーのロス時間 (IPアドレスが変わらない場合)	新APの発見+再接続処理 ~600m秒	再接続処理 ~100m秒 ※2	再接続処理 ~100m秒
実現の容易さ	実現済み	難易度が高い	容易
総合	—	△	○

※1 TCP通信を継続することが出来ない場合がある

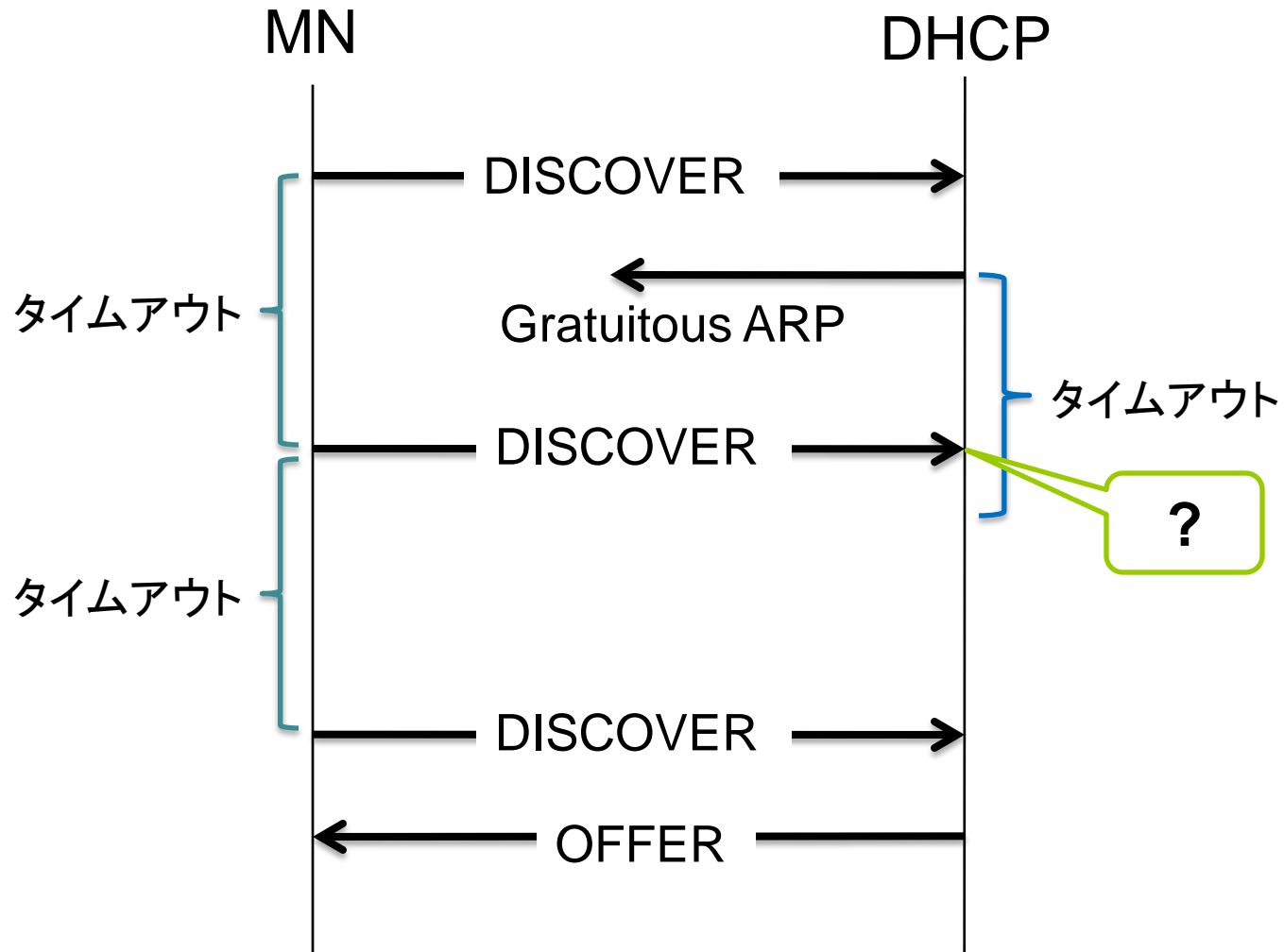
※2 同一ネットワークアドレスを2枚のカードに割り当てることができないため

まとめ

- まとめ
 - 目的: ハンドオーバー時に発生するパケットロスを解決する
 - 提案: ダブルインタフェース方式において, トグル方式とツイン方式に分類し比較した
- 今後の予定
 - 本システムを実装して, その有効性を確認
 - 消費電力低減のための検討

補足

端末とDHCPの相性



参考文献

An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 Mac Layer Handoff Process

- 下記の処理にかかる時間(Latencies)を計測し, 評価している
- APのチャネルスキャン
 - アソシエーションの確立