

Mobile PPC におけるパケットロスなしハンドオーバーの提案

金本 綾子

移動端末の普及と無線環境の発展に伴い、利用者は無線端末を利用することにより、通信をしながら移動する利用形態が増加傾向にある。しかし、TCP/IP では端末の移動に伴い IP アドレスが変化するため、一般には通信を継続することができない。これを解決するための技術として、MobileIP などが提案されているが、特殊な位置管理装置を必要とするなどの課題がある。そこで、我々は特別な装置が不要で、P2P で移動透過性を実現する Mobile PPC の研究を行っている。しかし、これまでの Mobile PPC では端末が移動しても通信の継続は可能であるものの、一時的なパケットロスや通信の切断時間が生じてしまう。また、通信中の両端末が全く同時に移動した場合においては、通信の継続が実現できないという課題がある。本研究では Mobile PPC において、データリンク層と Mobile PPC の両者に対策を施すことによって上記課題を解決する方式を提案する。

A proposal of a packet lossless handover in Mobile PPC

Ayako Kanemoto

The movement terminal spreads, and a wireless environment has developed in recent years. Under such a situation, it is demanded to keep communicating even if the mobile node change their location. However, Internet Protocol address changes along with the movement of the terminal, and the communication cannot be continued. Then, we are studying Mobile PPC that achieves mobility by P2P. However, when mobile node between different networks in current Mobile PPC, the loss of the packet and the cutting time of the communication are caused. Moreover, when the both ends end moves at the same time while communicating, the communication cannot be continued. I propose handover without packet loss in Mobile PPC for that reason..

1. 研究背景

モバイルコンピューティング環境では、端末が移動してもコネクション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、端末が移動すると IP アドレスが変化するため一般には通信を維持することができない。そこで、IP アドレスの変化を隠蔽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障するプロトコルとして IPv4 対応の Mobile IP[2],[3]や、IPv6 対応の MobileIPv6 が IETF で提案されている。しかし、Mobile IP では 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となるなどの理由で普及が滞っている。また、IPv6 の普及にはまだ時間がかかると考えられる。そこで、我々は IPv4 対応に、エンド端末同士が IP 層で IP アドレス変換を行うことにより移動透過性を実現する Mobile PPC(Mobile Peer to Peer Communication)[4] の研究を行っている。MobilePPC の原理は IPv6 にもそのまま適用できるものである。

しかし、これらのプロトコルは IP 層において移動透過な通信を実現するものの、移動時にパケ

ットロスや通信の断絶時間などが生じることが避けられない。これは、一般に端末が移動すると、データリンク層(以下 L2)と IP 層(以下 L3)が独立してハンドオーバーを実行するためである。ハンドオーバーの基本的な手順は、接続するアクセスポイント(以下 AP)の切り替えを行う L2 ハンドオーバーと、IP アドレスの取得や切り替えを行う L3 ハンドオーバーに分けられる。L3 と L2 は独立して定義されており、両者の連携が取られていないのが現状である。L3 ハンドオーバーは L2 ハンドオーバーが完了後、Router Advertisement を受信すると開始されるため、L2 ハンドオーバーが完了してから L3 ハンドオーバーが開始されるまでの間に遅延が生じる。VoIP 通信等のリアルタイム処理が必要なアプリケーションを利用する場合、品質への影響が大きいと考えられる。

このため、通信が切断される時間を短縮し、高速かつシームレスなハンドオーバーを実現するプロトコルとして IETF において、Fast handovers for Mobile IPv6(FMIP)[5]が提案されている。

通信中の両端末が全く同時に移動した場合において、両端末がそれぞれ相手の旧 IP アドレスにパケットを送信し合い、移動透過性が実現で

きないという課題がある。そこで、本研究では Mobile PPC において、L2 と L3 の両者に対策を施すことによって上記課題を解決する方式を提案する。

以下、第 2 章では移動透過性保障の protocols として Mobile IPv6 を説明し、Mobile IPv6 における高速ハンドオーバー技術である FMIP について述べる。第 3 章で我々が研究を行っている Mobile PPC におけるハンドオーバーについて説明し、第 4 章で Mobile PPC におけるハンドオーバーの提案方式の説明を行い、5 章でむすびについて述べる。

2. 従来のハンドオーバー技術

本章では、まず IPv6 において移動透過性を実現する Mobile IPv6 の動作を述べる。次に、本研究の従来方式である、Mobile IPv6 に対応するハンドオーバー技術 Fast handovers for Mobile IPv6 (FMIP) について説明する。

2.1 Mobile IPv6 の概要

Mobile IPv6 は、IPv6 を基盤とした移動透過性を保障する protocols である。Mobile IPv4 の考え方に基いて設計されている。MN は通信を行う際にホームアドレス (Home Address : HoA) と呼ばれる固定の IP アドレスと、移動先のネットワークで割り当てられる気付きアドレス (Care-of Address : CoA) を持つ。HA は HoA と CoA の対応関係 (Binding) を管理する。MN は他のリンクへ移動すると、HA へ対して登録要求パケット (Binding Update : BU) を送信し、Binding の登録処理を行う。HA は登録を更新後、登録応答パケット (Binding Acknowledgement : BA) を MN に対して送信する。Mobile IPv4 での課題の 1 つである通信経路の冗長を解決するために、Mobile IPv6 では、CN にも Binding を保持させることによりエンドツーエンドの通信を可能にする経路最適化機能が追加された。

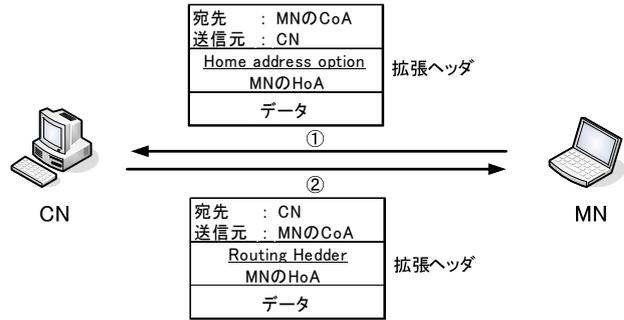


図 1. Mobile IPv6 による通信

Mobile IPv6 による経路最適化を利用したエンドツーエンド通信の手順を示す。CN が MN の Binding を保持していると、図 1 に示すような拡張ヘッダが付加されたパケットが両端末間で交換される。MN から CN への通信では Home address option (20 バイト) (①), CN から MN への通信では Routing header (24 バイト) (②) をそれぞれのパケットに付加し、経路制御することによりエンドツーエンドの通信を可能にしている。

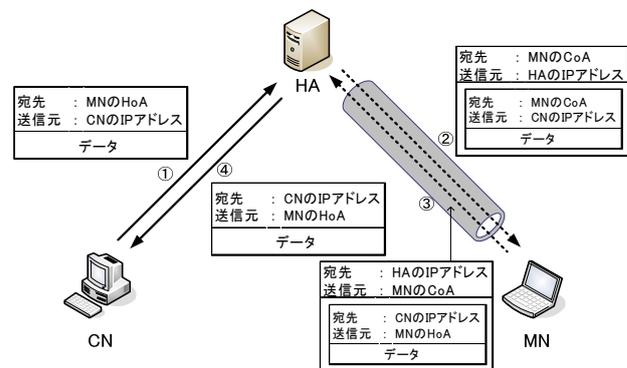


図 2. 経路最適化が適応されない場合の通信

CN が Binding を保持していない場合は図 2 に示す様に通信が行われる。CN は MN の HoA 宛にパケットを送信する (①)。HA はこのパケットが MN 宛であると判断し、受信したパケットに宛先を MN の CoA、送信元を HA の IP アドレスと設定した IP ヘッダを付加する。この際、HA はパケットが CN から送信されているように見せかけるためにトンネリング処理を行う (②)。MN から CN への通信には、同じように宛先を HA の IP アドレス、送信元を MN の HoA と設定した IP ヘッダを付加し、トンネリングで HA へ転送する (③)。このパケットを受信した HA は外側の IP ヘッダを削除し、元のパケットを取り出して CN へ転送す

る(④).

2.2 FMIP (Fast Handovers for Mibile IPv6)

FMIP は Mobile IPv6 を基にした高速ハンドオーバーのためのプロトコルである。MN が移動後に使用するネットワークプレフィックスや IP アドレスを、移動前に現在接続中の Access Router(以下 AR)から MN に通知することで、移動後の AR と MN 間の Binding 更新処理を削減し、高速ハンドオーバーを実現する。また、ハンドオーバー中に、MN がハンドオーバー以前に接続していた旧 AR(Previous AR : PAR)から、移動後に接続する新 AR(New AR : NAR)にパケットを転送し、バッファすることでパケットの損失を抑えることができる。

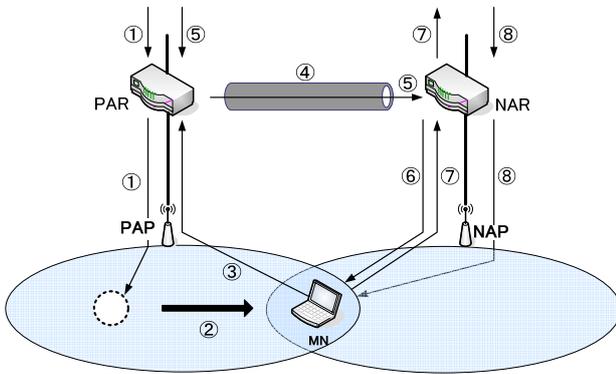


図 3. FMIP の通信手順

図 3 に FMIP の通信手順を示す。まず、MN は PAP(Previous AP)のセル内に存在し、PAR 経由でパケットを受信している(①)。MN が移動し、PAR と NAR のセルがオーバーラップしている範囲に入る(②)。MN は PAR に対し、NAP のセル内に入ったことを示す制御パケットを送信する(③)。PAR は、NAR に対してトンネルを生成するよう要求し、トンネルが確立される(④)。PAR を経由して送信された MN 宛のパケットは、PAR から NAR へトンネリングで転送され、NAR でバッファされる(⑤)。MN から送られてきた NAP と接続が完了したことを示すメッセージを受信すると PAR から転送されている MN 宛のパケットを MN へと転送する(⑥)。HA や CN に対して MN の新しい CoA の Binding 処理を行う(⑦)。これ以降の MN 宛のパケットは、NAR で中継されて MN に配送される(⑧)。

FMIP では上記高速ハンドオーバーを実現するため、ハンドオーバー機能を全 AR 上に配備することが前提となるため、広域でハンドオーバーを実行したい場合、多数の AR に一斉に機能追加が必要

である。また、FMIP では AR 間の連携が必要になるため、様々な機種 of AR 間で相互接続が確認されている必要がある。これら 2 点の問題により導入するための敷居が高い。

3. Mobile PPC におけるハンドオーバー

3.1 Mobile PPC の概要

Mobile PPC では、通信開始時において相手の IP アドレスを知る機能(初期 IP アドレス解決)と、通信中に IP アドレスが変わった場合に通信を継続する機能(継続 IP アドレス解決)を明確に分離する。初期 IP アドレス解決にはホスト名と IP アドレスの関係を動的に管理するダイナミック DNS(DDNS) [6],[7]を適用する。DDNS は既に実用化されている技術であり、これによりホスト名を識別子として通信開始時における端末の IP アドレスを知ることが可能となり、DDNS の示すアドレスに従って通信が開始される。一方、継続 IP アドレス解決には、Mobile PPC を適用する。Mobile PPC では、IP 層に CIT (Connection ID Table) と呼ぶ変換テーブルを保持する。IP アドレス変更後はこのテーブルの指示内容に従って通信パケットの IP アドレス変換を行う。この変換により、パケットは通信相手に正しくルーティングされ、かつ上位層へはアドレスの変化が隠蔽される。IP アドレスが変化したときは、エンド端末同士で移動情報を通知しあい、CIT の内容を更新する。

3.2 Mobile PPC におけるハンドオーバー

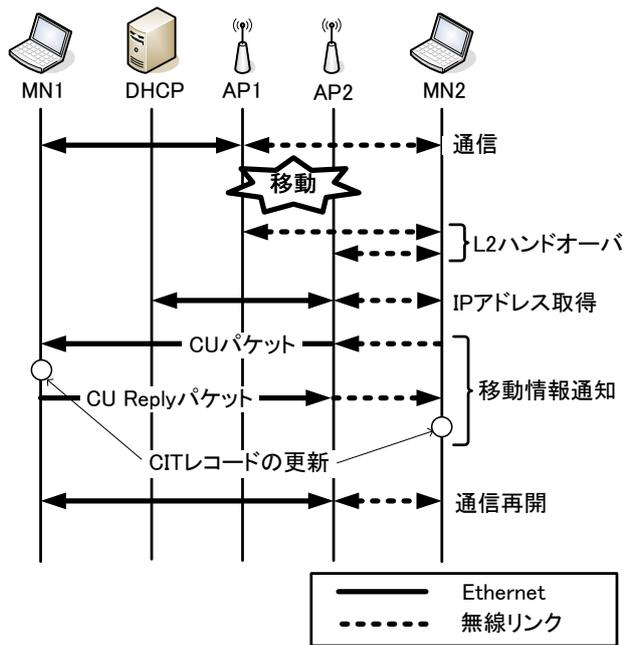


図 4. 移動情報の通知方法

図 4 に Mobile PPC における移動情報の通知方法について示す。MN1 と MN2 が通信中に MN2 が移動すると、MN2 はまずリンク層におけるハンドオーバ(L2 ハンドオーバ)により無線 LAN のアクセスポイント(AP)を切り替える。次に MN2 は新しい AP(AP2)を介して DHCP サーバより新 IP アドレスを取得する。最後に Mobile PPC の移動通知により CIT の更新をおこなう。CIT の更新手順は、取得した IP アドレスを、コネクション識別子の情報と共に CU(CIT UPDATE)パケットとして MN1 に通知する。MN1 では CU パケットを受信後、CIT を更新し MN2 へ CU Reply を送信する。MN2 では CU Reply を受信すると自身の CIT を更新する。以後の通信ではパケット送受信時に図 5 のように IP 層で CIT に基づきアドレス変換を行う。これにより、TCP/IP プロトコルスイートを含む上位ソフトウェアに対し IP アドレスの変化を隠蔽し、通信を継続させることができる。

Mobile PPC は、特殊な装置を必要とせず導入の敷居が低い。また、Mobile IP の課題とされていた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という特長がある。

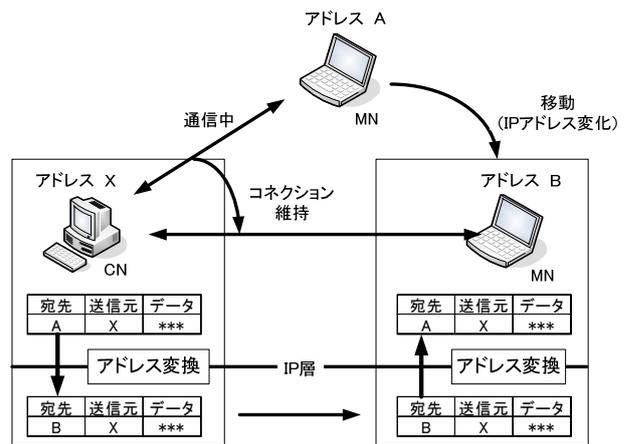


図 5. アドレス変換の例

3.3 Mobile PPC におけるハンドオーバの課題

IP アドレスが変わる場合のハンドオーバの手順は、前述のように接続するアクセスポイントの切り替えを行う L2 ハンドオーバ、IP アドレスの取得、および移動情報通知の 3 つの処理からなる。L2 ハンドオーバでは、通信を行っていた旧 AP とのアソシエーションを切断してから、新しい AP へとアソシエーションを張り直すため、物理的にネットワークから切断される時間帯が生じる。IP アドレスの取得は一般に DHCP が用いられるが、シーケンス実行中はアドレスが定まらないため通信が行えない。さらに、移動情報通知時に通信パケットの宛先 IP アドレスが実際の宛先と一致しないタイミングが発生しうる。図 6 に通信中に MN2 の IP アドレスが変化する際に生じる Mobile PPC のパケットロスを示す。MN2 は移動後 IP アドレスが Y0 から Y1 へと変化してから自身の CIT を更新するまでの間に、MN1 から送信されたパケットを受信することができない。これは、MN1 は CU を受信するまでは旧 IP アドレス Y0 宛にパケットを送信するためである。

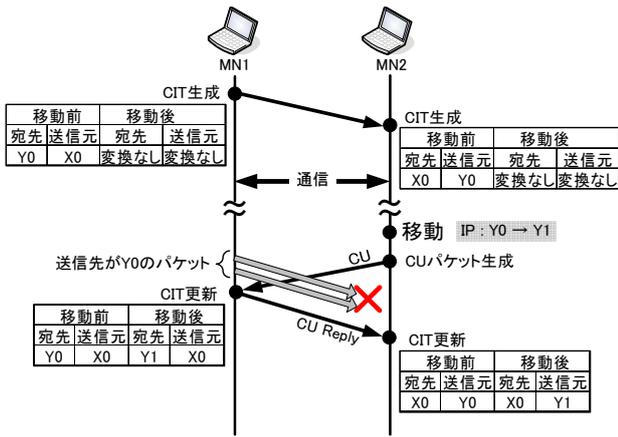


図 6. Mobile PPC のパケットロス

次に通信中に MN1 と MN2 が全く同時に移動すると、両端末から送信される CU パケットが、通信相手ノードに到達しないという課題が挙げられる。これは、移動端末が互いに移動したことを知る事ができないため、通信相手の移動前の IP アドレス宛に CU パケットを送信してしまうためである。

4. 提案方式

本研究では、このような課題を解決するため、無線レイヤにおける改造と Mobile PPC の改造を同時に行う。無線レイヤにおいては、MN に無線 LAN カードを 2 枚搭載させ、L2 のハンドオーバーから新 IP アドレス取得が完了するまでの間 2 枚のカードを同時動作させることにより通信不可の時間帯を無くす。次に、通信不可の時間帯がなくなったことを前提に、Mobile PPC 特有のハンドオーバー手順を実現する。

図 7 に無線レイヤにおける処理内容を示す。MN は 2 枚の無線 LAN カード(①, ②)を搭載し、通信中に 2 つのアクセスポイント(AP1, AP2)間を移動する。MN は AP1 の無線エリア内に存在するときはカード①で AP1 に接続する。MN は常時接続していない一方のインタフェース(この場合カード②)により、AP の電波強度の測定および、各 AP の ESS-ID と呼ばれるネットワーク識別子を確認する。一般的に、同一ネットワーク内に存在する AP には、同じ ESS-ID が割り当てられている。次に AP1, AP2 の無線エリアがオーバーラップしている部分に MN が移動すると、MN は AP2 の電波を受信し、その電波強度と ESS-ID の確認を行う。ここで、AP1 の電波が一定の値より弱くなり AP2

の電波が強いと判断すると、カード①による通信を維持しながら、カード②により AP2 と接続する。MN はカード②を用いて新 IP アドレスを入手し、相手端末へ移動情報を通知し両端末の CIT を更新する。この間の通信はカード①で継続する。一連の処理が完了し、AP2 の無線エリアに移動するとカード①の接続を切断し、カード②による通信を開始する。

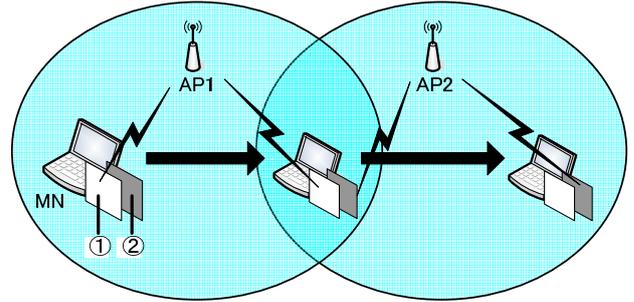


図 7. 無線レイヤにおける処理

上記の処理はアプリケーションからコントロール可能である。次にコントロールするためのコマンドを示す。

- AP へアソシエーションを張る
ifconfig インタフェース名 ESS-ID
- 周辺 AP の表示、電波強度と ESS-ID の情報取得
wicontrol インタフェース名 -L
- DHCP からアドレス取得
dhclient インタフェース名 -r (アドレスをリリース),
dhclient インタフェース名 (アドレスを取得)

次に Mobile PPC における問題の解決方法を示す。上記無線レイヤの改造により、MN は IP アドレス変化後に移動情報を通知中においても旧 IP アドレスでのパケットの受信が可能となる。さらに、旧インタフェースで参照している CIT をしばらく残すことにより、受信したパケットは正しくアドレス変換され通信を継続することができる。これらにより図 6 のパケットロスの問題は解決される。

図 8 に通信中の 2 つのノードが全く同時に移動した場合の課題に対する解決策を示す。同時移動後、両端末はそれぞれ通信相手が移動していることを知る事が出来ないため相手端末の旧 IP アドレスに対し CU を送信し、通信相手からの CU Reply を待つ。無線レイヤの改造により、CU はそれぞれ受信可能である。CU を送信し、相手端

末からの CU Reply を待っている間に、相手端末からの旧 IP アドレス宛の CU を受信した場合、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 とともに新 IP アドレスによる CIT を生成することが可能である。この方法により同時に移動した場合にも CIT が正しく生成され、以後の通信が継続される。

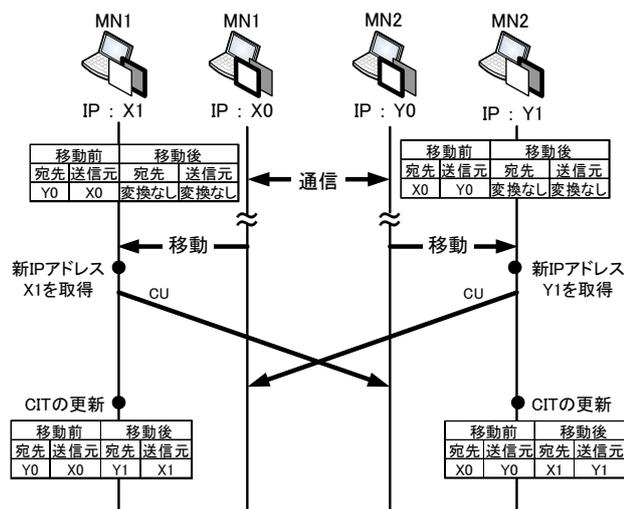


図 8. 同時移動の解決例

5. むすび

本研究では Mobile PPC におけるパケットロスなしハンドオーバーの提案を行った。無線レイヤと Mobile PPC の両者に改造を施し、L2 と L3 を連携させることで通信不可の時間帯を無くすことにより、ハンドオーバー時に発生するパケットロスの問題と移動端末同士による同時移動における問題を解決する。今後は本システムを実装して、その有効性を確認する。

- [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, 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,” 情報処理学会研究報告, 2004-MBL-30, pp. 17-24, Sep. 2004.
- [5] R. Koodli, ed., “Fast handovers for mobile IPv6”, draft-ietf-mispshop-fast-mipv6-03.txt, Oct. 2004
- [6] R. Droms, “Dynamic Host Configuration Protocol”, RFC2131, March 1997.
- [7] Vixie (Ed.), P., Thomson, S., Rekhter, Y. and J. Bound, “Dynamic Updates in the DomainName System”, RFC 2136, April 1997.

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大なるご指導、ご鞭撻を賜りました渡邊晃教授に心より感謝いたします。また有益なご助言、ご検討を頂きました渡邊研究室の皆さんに深く感謝いたします。