

# 携帯電話と無線 LAN 間をシームレスに移動できる Mobile PPC の提案

福 山 陽 祐

IPv6 はまだ普及しておらず、IPv4 は今後も使われ続ける事が想定される。したがって、IPv4 における移動透過性が今後重要になると考えられる。我々は、これを実現するための技術として、Mobile PPC の提案を行っている。Mobile PPC は、第 3 の装置を必要とせずエンド端末だけで移動透過性を実現できる。しかし、移動端末が移動したとき新 IP アドレスの取得には数秒から数十秒の時間を要するため、その間にパケットロスが発生する。そこで、本研究では、携帯電話インターフェースと無線 LAN インターフェースを使い、パケットロスの発生しないシームレスハンドオーバを実現する方法を提案する。

## Proposal of Mobile PPC that can move between a cellular network and wireless LANs

YOSUKE FUKUYAMA

IPv6 is not widespread yet, and the thing that will keep being used in the future is assumed as for IPv4. Therefore, it is thought that the migration transparency in IPv4 will become important in the future. We are proposing Mobile PPC as a technology to achieve this. Mobile PPC doesn't need the third device and be able to achieve the migration transparency only with the end terminal. However, to require time for tens of seconds from a few seconds for the acquisition of new Internet Protocol address when the movement terminal moved, the packet loss is generated between those. Then, it proposes the method of achieving seamless-handover where the cellular phone interface and wireless LAN interface are used, and the packet loss is not generated in the present study.

### 1. はじめに

移動端末の普及と無線環境の発展に伴い、いつでもどこでもネットワークに接続できるようになっている。また利用者が通信をしながら移動するモバイルコンピューティングの利用形態が増加している。しかし、IP ネットワークでは IP アドレスは通信を識別する通信識別子としてだけでなく、位置を示す情報としても使用される。そのため、端末の移動に伴い IP アドレスが変化するとその通信を継続することができない。そこで、通信中に移動しても通信を継続するための移動透過性<sup>1)</sup>の研究が盛んに行われている。移動透過性技術は IPv6 に多く存在するが、IPv6 は未だ普及に至っておらず、今後も IPv4 は継続して使用されると予想される。

そこで、我々は IPv4 における移動透過性をエンドエンドで実現する Mobile PPC(Mobile Peer-to-Peer Communication)<sup>2)</sup>の研究を行っている。Mobile PPC ではエンドノードが送受信パケットのアドレス変換を

行うことによって、第 3 の装置がなくてもエンドエンドで移動透過性を実現できる。しかし、移動透過性が仮に実現できたとしても、DHCP サーバからの IP アドレスの取得中に一時的に通信ができなくなる時間帯が発生し、大量のパケットロスが生じてしまうという課題がある。Mobile PPC では、上記課題を解決する方法として無線 LAN インターフェースを 2 枚搭載し、2 枚のカードを交互に動作させることによりパケットロスをなくしシームレスハンドオーバを実現する方法を検討した<sup>3)</sup>しかし、一般にスマートフォンのような移動端末においては無線 LAN と携帯電話網のインターフェースを標準で搭載しており、両者の間をまたがって移動するケースが多いと考えられる。そこで本研究では、スマートフォンを想定し Mobile PPC を用いて無線 LAN と携帯電話網との間をシームレスに移動できる方式を提案する。

以下、第 2 章では同様の目的を実現する既存研究<sup>4)</sup>を紹介し、第 3 章において Mobile PPC の動作とハンドオーバにおける課題を説明する。第 4 章で提案方

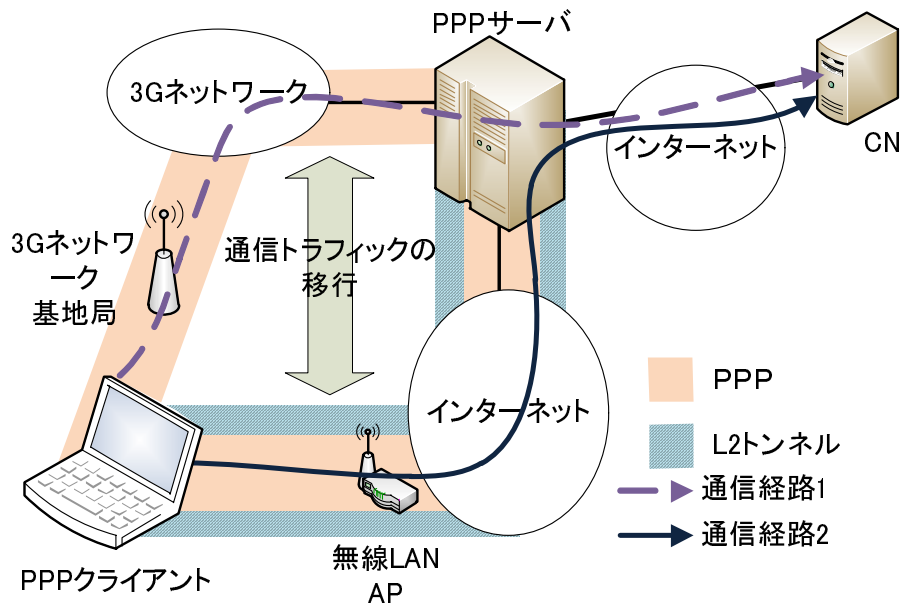


図 1 提案方式の切り替えシーケンス

式の説明を行う．最後に第 5 章でまとめる．

## 2. 類似研究

この章では，NTT DoCoMo テクニカルジャーナルに掲載されている移動網・固定網のシームレスな通信トラフィック移行技術を紹介する．

### 2.1 手法概要

この提案手法では，携帯電話網のデータ通信に広く用いられている PPP(Point-to-Point Protocol)<sup>5)</sup> に拡張を施し，携帯電話網上で接続している PPP セッションを切断することなく，通信を無線 LAN などの異種のネットワークへ移行する方式である．

図 1 にネットワーク構成を示す．この手法では，拡張を施した PPP クライアントと PPP サーバから構成される．PPP クライアントと PPP サーバは複数の通信インターフェースを備え，携帯電話網を介した PPP 通信経路とインターネットを介した PPP 通信経路の複数の PPP 通信経路をクライアントとサーバ間に確立できる．PPP サーバは，通信経路確立時に PPP クライアントに IP アドレスを割り当てる．PPP クライアントは割り当てられた IP アドレスを用いて PPP サーバを介し通信相手の CN と通信を行う．2 つの通信通路に 1 つの IP アドレスを共有することにより，IP アドレスの変化によるアプリケーションセッションの切断をなくし，移動透過性を実現できる．

無線 LAN は通常 PPP を用いた通信を行わないた

め，PPP を介した通信トラフィックの移行ができない．そこで L2TP(Layer-2 Tunneling Protocol)<sup>6)</sup> を用い，クライアント・サーバ間に L2 トンネルを構築し，L2 トンネル上で PPP 接続を行うことで，無線 LAN 上で PPP 通信経路を確立できる．

L2 トンネルの上に PPP 接続を行う手法は無線 LAN 以外の異種ネットワークへの適応も見込める．

### 2.2 課題

通信には必ず PPP サーバを経由しなければならない，第 3 装置が必要になる．また，L2TP の問題点であるパケットのカプセル化によるオーバーヘッドがある．

## 3. Mobile PPC

以下では Mobile PPC の動作原理とハンドオーバーの課題について述べる．

### 3.1 MobilePPC の概要

Mobile PPC 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）を明確に分離している．初期 IP アドレス解決にはダイナミック DNS（DDNS）を適用し，DDNS の示すアドレスに従って通信が開始される．継続 IP アドレス解決には，Mobile PPC を適用する．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

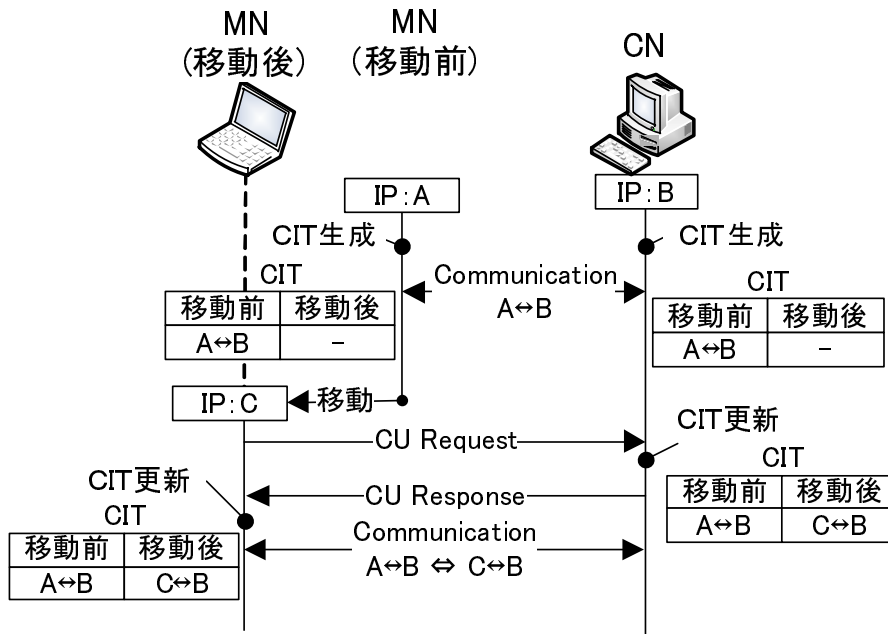


図 2 Mobile PPC の移動通知シーケンス

テーブルを保持する．移動による IP アドレス変更後はこの CIT の指示内容に従って，すべての通信パケットの IP アドレスの変換を行う．

図 2 に移動端末の IP アドレスが A から C に変化した場合の Mobile PPC における移動通知シーケンスを示す．移動端末 MN が通信相手 CN との通信中に移動した場合，IP アドレスが変化した MN は CN に対して CU (CIT UPDATE) Request により移動前と移動後の IP アドレスを通知する．CN はこれを受け CIT を更新するとともに MN に対して CU Response を送信する．MN はこれを受けて CIT を更新する．この一連の流れを CU ネゴシエーションと呼ぶ．

CU ネゴシエーションによって更新された CIT には MN と CN の移動前と移動後の IP アドレスの対応関係が登録されており，パケットの送受信時に CIT に従ってすべてのパケットをアドレス変換をする．

図 3 に MN の IP アドレスが A から C に変化した場合のパケットのアドレス変換処理の様子を示す．MN から送信されるパケットの宛先 IP アドレスは，IP 層で CIT の情報を参照し IP アドレスを C へ変換し CN に送信する．このパケットを受信した CN は，同様に CIT を参照しパケットの宛先 IP アドレスを移動前の A へ変換を行い，上位層へ渡す．CN から MN へのパケットについても上記と同様なアドレス変換を行う．

このように IP 層において正しくルーティングされ

るように変換を行うことで，上位層に対して IP アドレスの変化を隠蔽でき，MN が移動してもコネクションを継続することができる．

### 3.2 Mobile PPC におけるハンドオーバーの課題

IPv4 では一般に移動後に DHCP によって新しく IP アドレスを取得する．DHCP 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．DHCP シーケンスには DHCP サーバとクライアントとの相性によっては数秒から数十秒の時間を要することがあり，その間通信が途絶えてしまう．その間，通信相手の CN は MN が移動したことを知らないため，旧 IP アドレス宛に通信パケットを送信する．そのため，通信の継続は可能であるものの大量のパケットのロスが避けられない．

### 3.3 Mobile PPC におけるシームレスハンドオーバー方式

Mobile PPC では 2 枚の無線 LAN カードを保持することにより，通信不可の時間をなくし，パケットロスをなくす方法を検討した．MN は，通信中に 2 つのアクセスポイント (AP1, AP2) 間を移動するものとする．MN は，AP1 を介してカード 1 で通信を行っているが，同時にカード 1 を用いて接続中の AP1 の電波強度を定期的に測定する．電波強度は，AP1 から送信されるビーコンや，データパケットを受信したときに測定される．電波強度が低下して一定値以下の

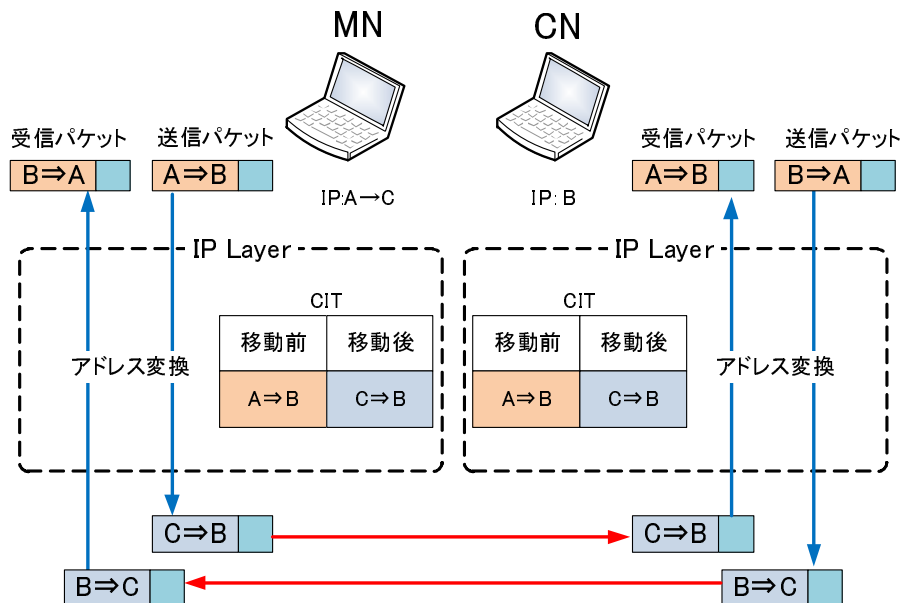


図 3 CIT に基づくアドレス変換

状態が続くと、MN はカード 1 による通信を維持しながらカード 2 を用いてチャネルスキャンを行い周辺の利用可能な AP を探索し、電波強度が最も高い AP を次に接続する AP2 と定める。

MN はカード 1 による通信を維持しながら、カード 2 側で再接続処理を行い、DHCP サーバから新たな IP アドレスを取得する。取得後、カード 2 側で Mobile PPC による CU ネゴシエーションを行い、CIT を更新する。CIT 更新完了後、カード 2 側での通信に切り替え、カード 1 での通信を切断する。

また、無線 LAN カード 2 枚搭載するので端末の消費電力削減のため、カード 1 での通信中はカード 2 はパケットやフレームの送信、受信を一切遮断した状態のスリープ状態で待機し、カード 1 での電波強度をトリガーにスリープを解除する。

上記のように Mobile PPC におけるシームレスハンドオーバーが実現できるが、移動端末に無線 LAN カード 2 枚が必要になるという課題がある。

#### 4. 提案方式

##### 4.1 移動モデル

本研究では、移動端末 MN をスマートフォンと想定し、携帯電話と無線 LAN のインターフェースを持っているものとする。図 4 に示す移動モデルを用いて移動動作を説明する。MN は初め、携帯電話のインターフェースで通信を行っており、無線 LAN が使えるエ

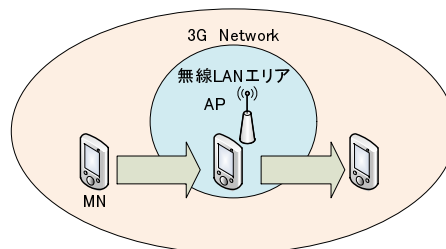


図 4 移動モデル

リアに移動した時は無線 LAN に切り替える。次に、無線 LAN で通信中に無線 LAN エリアを出ると携帯電話網に再接続する。

##### 4.2 切り替えシーケンス

切り替えシーケンスを図 5 に示す。MN ははじめ携帯電話のインターフェースで通信を行っている。MN は携帯電話での通信中においても無線 LAN インターフェース側で定期的にチャネルスキャンを行い AP の電波を探す。MN が移動し、無線 LAN エリアに入ると、チャネルスキャンにより周辺の利用可能な AP を発見する。AP の電波強度が一定以上になったら携帯電話での通信を維持しつつ、無線 LAN インターフェースで AP に接続し、DHCP サーバから新しい IP アドレスを取得する。IP アドレスを取得したら、無線 LAN インターフェースを介して Mobile PPC による CU ネゴシエーションを行い CIT を更新する。CIT の更新が完了するまでは携帯電話での通信を維持し、

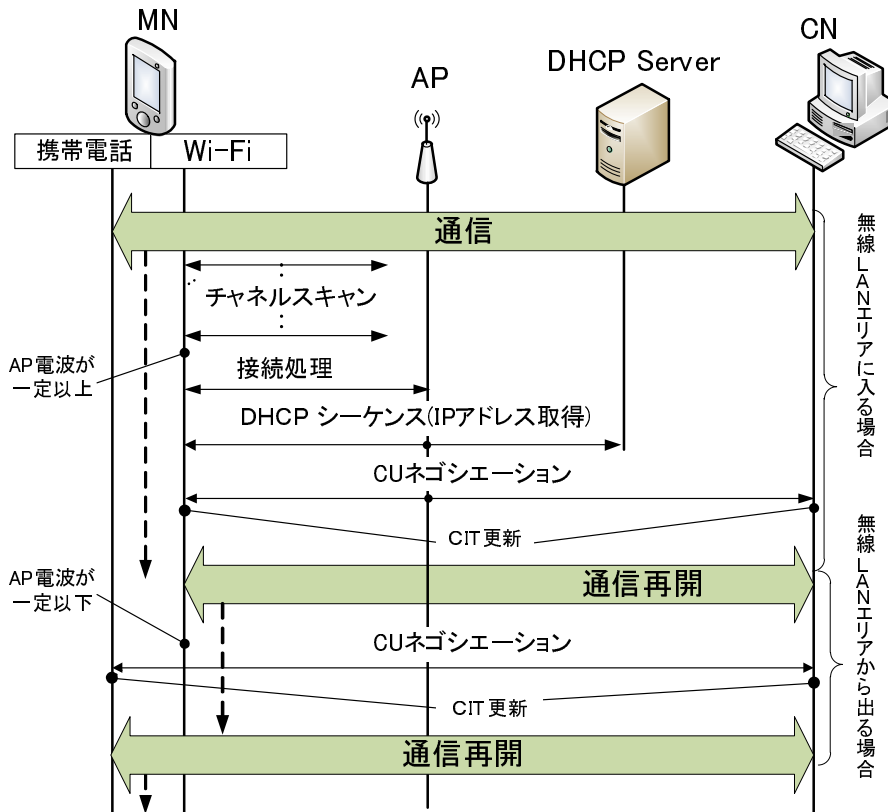


図 5 提案方式の切り替えシーケンス

CITの更新が完了すると無線 LAN インターフェースに切り替える。

次に無線 LAN エリアから出る場合は、無線 LAN インターフェースで通信するとともに同一インターフェースを用いて AP の電波強度を測定する。携帯電話側は常に接続状態を保持しておく。AP の電波強度が一定以下になったら無線 LAN での通信を維持しながら、携帯電話側で CU ネゴシエーションを行う。CIT の更新が完了したら携帯電話側での通信に切り替える。上記シーケンスにより、無線 LAN から無線 LAN への切り替えも一時的に携帯電話網を経由することでシームレスにハンドオーバーが可能である。

#### 4.3 実装

現在、切り替えモジュールを開発中である。図 6 に提案方式のモジュール構成を示す。Mobile PPC はカーネル層に実装されている。切り替えモジュールはアプリケーション層に実装し、電波強度の監視、チャネルスキャン指示、AP 接続指示、IP アドレス取得指示、Mobile PPC の移動通知シーケンスのトリガー指示などを行う。

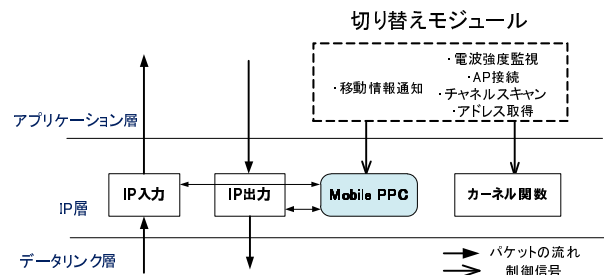


図 6 モジュール構成

## 5. まとめ

本研究では、スマートフォンのような無線 LAN と携帯電話網の通信インターフェースを持つ端末を想定し Mobile PPC における携帯電話網と無線 LAN 間のシームレスハンドオーバーの提案を行った。本提案方式の原理は Mobile PPC への適応時に有効な手段であるが、ほかの移動透過性技術に対しても有効な方式であると考えられる。今後は、実装を完了し、本提案の有効性を確認する。

## 参 考 文 献

- 1) 寺岡文男; インターネットにおけるノード移動透過性プロトコル, 電子情報通信学会, Vol.J87-D-I, No.3, pp.308-328(2004).
  - 2) 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, (2006).
  - 3) 金本綾子, 鈴木秀和, 渡邊晃; IPv4 移動体通信システムにおけるパケットロスレスハンドオーバーの提案, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.1, pp.133-143(2009).
  - 4) 田村 隆幸, 高畑 実, 松岡 保静; 移動網・固定網間のシームレスな通信トラフィック移行技術, NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナル 17(1), 33-39, 2009-04
  - 5) W.Simpson; The Point-to-Point Protocol (PPP), IETF, Request for Comments 1661, Jul, 1994.
  - 6) W.Townsley, A.Valencia, A.Rubens, G.Pall, G.Zorn and B.Palter; Layer Two Tunneling Protocol "L2TP", IETF, RFC 2661, Aug, 1999.
-