

IPv4/IPv6 混在環境における Mobile PPC の検討

寺澤 圭史

モバイル端末や公衆無線環境、サービスの普及に伴い、移動中の移動中の利用者が年々増加している。しかし、現在の TCP/IP では、通信中に移動すると IP アドレスが変化してしまうため、通信が継続できないのが現状である。このような問題を解決する機能を移動透過性と呼ぶ。我々は IPv4 における移動透過通信を実現する技術として、Mobile PPC を提案している。また、近年では IPv6 が普及し始めているが、IPv6 へ一挙に移行するのは困難であり、当分の間 IPv4 と IPv6 が混在するネットワーク環境が続くと予想される。このようなネットワーク環境においても、移動透過性を実現できることが望ましい。そこで、IPv4/IPv6 が混在したネットワーク環境においても移動可能な Mobile PPC の拡張を提案する。

Researches on Mobile PPC in the mixing environment of IPv4 and IPv6

Keiji Terazawa

With a mobile terminal and public radio environment, the spread of service, moving users increase year by year. However, it is the present conditions that I cannot continue communication so that an IP address changes when I move during communication by the current TCP/IP. If movement is permeable, I call a function to solve such a problem. We suggest Mobile PPC as technology to realize movement transmission communication in IPv4. In addition, in late years IPv6 begins to spread, but it is difficult to shift to IPv6 at one sweep, and IPv4 and IPv6 are expected for the duration when coexisting network environment continues. In such a network environment, it is desirable that I can realize movement permeability. Therefore I suggest expansion of removable Mobile PPC in the network environment where IPv4/IPv6 coexisted.

1. はじめに

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、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が、今後変化していくネットワー

クにも柔軟に対応可能な技術であることが必要である。

現在のネットワーク環境は、IPv4からIPv6かIPv6環境へと移行する時期にさしかかっている。IPv6はIPv4における問題を解決するアドレス体系として以前から研究されてきた。代表的な事例としてIPv4アドレスの枯渇やネットワークの複雑化が挙げられる。インターネットの急激な普及に伴

い、近い将来IPv4アドレスが枯渇すると懸念されている。また、インターネットは元来研究目的で開発された技術であり、現在のような大規模ネットワークを想定していない。そのため、知識の乏しいユーザが利用するには複雑などの問題がある。IPv6は徐々に普及し始めているが、IPv4を基盤として配備されたネットワークを一挙にIPv6へ移行することは困難である。そこで、現在のIPv4ネットワークがIPv6ネットワークへ移行が完了するまでの間、IPv4/IPv6混在環境が続くと予想される。上記のネットワーク環境において、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[1]や、IPv6対応の Mobile IPv6[2]、そして IPv4/IPv6 混在環境に対応した Mobile IPv6 support for Dual Stack(DSMIPv6)[3]が存在する。Mobile IPはHome Agent(HA)と呼ばれる中継装置を必要とすることが前提となっており、普及が滞っている。そこで、我々は、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)[3]の研究を行っている。Mobile PPCは、現在、IPv4スタックにおいて実装が完了しており、IPv6スタックへも同様の原理で適応可能である。本研究では、Mobile PPCv4と Mobile PPCv6を統合し、IPv4/IPv6混在環境においても移動透過性を実現可能とする方式を提案する。以下、第2章では各アドレス体系に対応する移動透過性プロトコルとしてDual Stack Mobile IPv6とその問題点について述べる。第3章で本研究の基盤となる Mobile PPCと提案方式で必要となるIPv6以降技術について述べる。第4章でIPv4/IPv6混在環境における Mobile PPCの提案方式の説明を行い、5章でむすびについて述べる。

3. 既存技術とその課題

本章では、IPv4/IPv6 混在環境において移動透過

性を実現する既存技術として Dual Stack Mobile IPv6(以後 DSMIPv6) を説明し、その問題点について述べる。

2. IPv6 移行技術

本章では、IPv6 移行技術について述べる。本稿で説明する既存技術と提案方式では、IPv4/IPv6 混在環境を想定しているため、IPv6 移行技術を用いなければならない IPv6 移行技術は、デュアルスタック、トンネル、トランスレータの3つの種類に分かれている。デュアルスタックとは、IPv4 又は IPv6 のどちらかのスタックのみを搭載するのではなく、両方のスタックを搭載するものである。トンネルとは、孤立したネットワークに対して通信を確立する技術で、DSMIPv6 でも用いられている。IPv4 ネットワーク内で IPv6 通信を行う場合、IPv6 パケットを IPv4 パケットによりカプセルリングすることにより IPv6 通信を可能にする。最後に、提案方式で必要となるトランスレータである NAT-PT (Network Address Translation - Protocol Translation) [4]という技術について説明する。NAT-PT の動作を図に示す。NAT-PT とは、IPv4 と IPv6 の2つのインターフェースを持つ装置が、パケットの IP ヘッダを変換する技術である。IPv6 端末から IPv4 端末に通信を開始する場合、IPv4 端末の IPv4 アドレスと NAT-PT のプレフィックスから生成した IPv6 アドレスを宛先として NAT-PT にパケットを送信する。パケットを受け取った NAT-PT はプールされている IPv4 アドレスの一つを IPv6 アドレスに割り当て、NAT-PT 内部に IPv6/IPv4 アドレス変換テーブルを作成し、アドレス変換をしたパケットを IPv4 端末に送信する。以後、アドレスマッピングテーブルを使用して IPv4/IPv6 間通信を継続する。

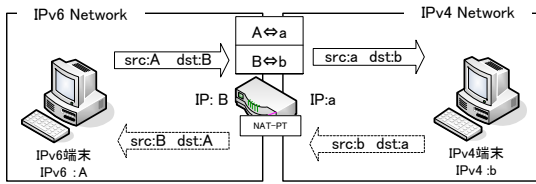


図 1 NAT-PT の動作

3.1 Dual Stack Mobile IPv6 の概要

DSMIPv6 のシステム構成を図 1 に示す。DSMIPv6 は Mobile IPv4 と Mobile IPv6 を統合したものである。移動ノード(以後 MN)が通信中に通信相手ノード(以後 CN)とアドレス体系の異なるネットワークに移動した場合、デュアルスタックネットワークに置かれた HA を介して HA-MN 間に IPv6-in-IPv4 トンネルを形成することで異種ネットワーク間の移動透過性を実現する。デュアルスタックネットワークに存在している MN が IPv6 ネットワークに存在する CU を IPv6 通信中に IPv4 ネットワークに移動した場合について示す。移動した MN は、HA に対して BINDING UPDATE (BU) と呼ばれる移動通知を行う。BU により HA に移動後の IPv4 アドレスの登録を行う。以後、HA はトンネルサーバと機能する。HA-MN 間の通信は IPv6 パケットを IPv4 パケットでカプセルリングすることにより IPv6-in-IPv4 トンネルを形成して通信を行う。以上の動作により異種ネットワーク間を跨った移動通信における移動透過性を実現する。

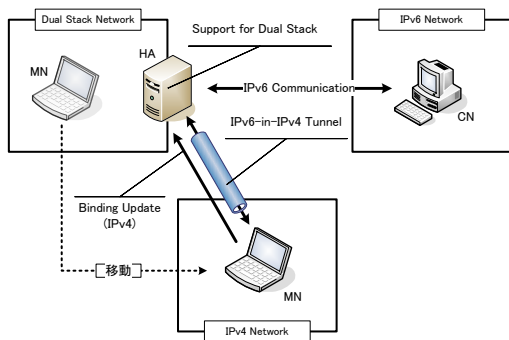


図 2 Dual Stack Mobile IPv6 の概要

3.2 Dual Stack Mobile IPv6 の課題

WIDE のワーキンググループで研究されている DSMIPv6 であるが、問題点もある。Mobile IP を IPv6 に適応させた技術として Mobile IPv6 が存在する。IPv6 の特性も含め、MIPv6 では、従来の MIP よりいくつかの問題が解決されていた。従来の MIP では、常に HA を介する移動透過性を実現していたため、通信経路の冗長が問題となっていた。その問題を解決するために、MIPv6 では経路最適化という機能がある。経路最適化とは、HA を介さずに直接 MN と CN が移動後の通信を再開可能となる機能である。移動時に HA に対してのみ行っていた移動通知を、CN 対しても行う。更に、IPv6 で新たに定義された拡張ヘッダの中の Mobility Header を用いることにより経路最適化は実現されていた。しかし、DSMIPv6 では、IPv4 で定義されていない拡張ヘッダを用いることができない。そのため必ず経路の冗長が必ず起きる。また、MIP では、トンネル技術を用いることが特性となっているためヘッダオーバーヘッドも起きてしまうなどの課題がある。

4. Mobile PPC の概要

Mobile PPC は、エンドエンドで移動透過性を実現する通信プロトコルである。Mobile PPC は二つの要素がある。一つ目は、通信開始時における相手の IP アドレスの解決するノード到達性。二つ目に、通信中の移動における IP アドレスの変化を上位に隠蔽し、通信を継続する通信継続性である。通信開始時の相手の IP アドレスの解決には DDNS を適用する。Mobile PPC は、IP 層に CIT(Connction ID Table)と呼ばれるアドレス変換テーブルを保持しており、通信中に IP アドレスが変化した場合に CIT に従ってアドレス変換を行うことにより通信を継続する。図 2 に Mobile PPC のシステムを示す。

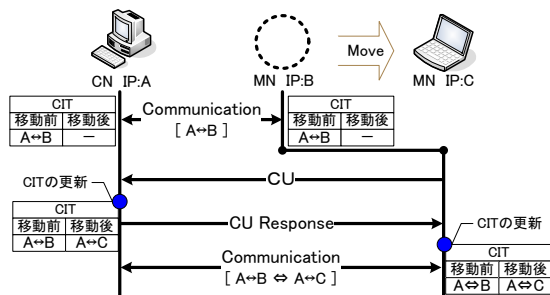


図 3 Mobile PPC の動作

移動端末が通信相手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)ネゴシエーションを行う。MN は CN に対して CU を送信する。CU により CN 側の CIT を更新するために、移動前と移動後の Connection ID(CID)を通知する。CID には、IP アドレスやポート番号、プロトコルなどの通信に必要な情報が含まれている。CU を受け取った CN は CIT を更新した後、MN 側の CIT を更新するために、MN に対して CU Response を送信する。CU Response を受け取った MN が CIT を更新して CU ネゴシエーションが完了する。以後の通信は、このネゴシエーションにより更新された CIT に従ってアドレス変換を行い、以後の通信を継続する。

5. 提案方式

本章で IPv4/IPv6 混在環境において、移動透過性を実現可能にする Mobile PPC の拡張について説明する。本研究では、Mobile PPC 端末はデュアルスタック端末、かつ、Mobile PPC 対応端末であることを前提とする。提案方式は、Mobile PPCv4 と Mobile PPCv6 を統合し、Mobile PPC 内部に IPv4 と IPv6 パケットを相互に変換する機能を追加する。通信中に IPv4 と IPv6 ネットワークを跨った移動通信環境を想定しているため、従来の IP アドレスの変化に加え、IPv4/IPv6 アドレス体系の変化も上位層から隠蔽することで通信の継続する。

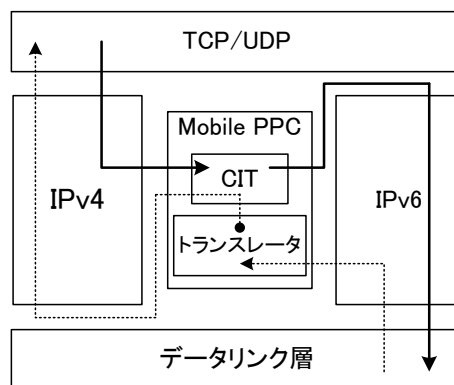


図 4 Mobile PPC モジュール構成

以下に IPv4/IPv6 混在環境における 4 つの移動通信パターンの例を示し、それぞれの動作について説明する。

(DS : デュアルスタックネットワーク, IPv4 : IPv4 ネットワーク, IPv6 : IPv6 ネットワーク, ↔ : パケット通信, → : 移動)

4.1 DS ↔ [IPv4→IPv6]

4.2 DS ↔ [IPv4→IPv6]

4.2 DS ↔ [IPv4→DS]

4.2 IPv4 ↔ [IPv4→IPv6]

5.1 DS ↔ [IPv4→IPv6]

図 4 に MN が IPv6 ネットワークに移動する場合の Mobile PPC のシステムを示す。IPv6 ネットワークに存在する MN とデュアルスタックネットワークに存在する CN が IPv6 通信をしている。また、CN は IPv4/IPv6 両アドレスを取得しており、通信開始時のネゴシエーションにより両方のアドレスを MN に通知しておく。MN が IPv6 ネットワークから IPv4 ネットワークへ移動すると、DHCP により IPv4 アドレスを取得する。Mobile PPC は IPv4 アドレスの取得を検知し、CU ネゴシエーション(IPv4)を開始する。この時 MN は通信開始時に取得しておいた CN の IPv4 アドレスを使用して通知する。

これにより DDNS への IPv4 アドレス問い合わせ時間を短縮することが可能である。MN は CU により移動前の IPv4 アドレスと移動後に新たに取得した IPv6 アドレスを CN に通知し、CU 側の CIT を更新する。CN は、CU Response を MN に送信して、MN 側の CIT を更新する。MN と CN の CIT には移動前と移動後で異なるアドレス体系の IP アドレスを含むことになる。以後の通信では、パケット受信時に IPv4 から IPv6 変換、送信時に IPv6 から IPv4 変換を行う。以上のように IP アドレスの変換と IP ヘッダの変換を同時に行うことにより上位層からアドレス体系と IP アドレスの変化を隠蔽し、通信を継続する。

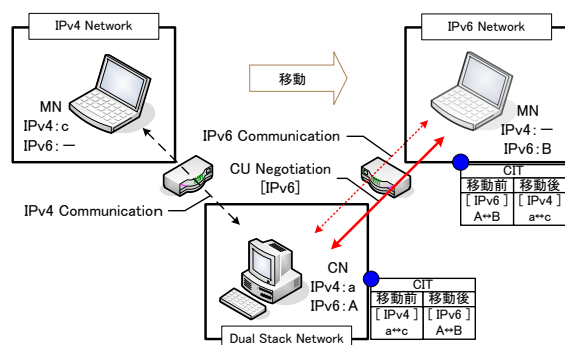


図 5 IPv4/IPv6 混在環境における Mobile PPC (MN が IPv6 ネットワークへ移動する場合)

5.2 DS ↔ [IPv4 → IPv6]

図 4 に MN が IPv6 ネットワークへ移動する場合の Mobile PPC の動作例を示す。IPv4 ネットワークに存在する MN とデュアルスタックネットワークに存在する CN が IPv4 通信をしている。その後、通信中に MN が IPv6 ネットワークに移動した場合について示している。この時、前述のケースと同様に MN は CN の IPv4/IPv6 両アドレスを取得しておく。IPv6 ネットワークに移動した MN はルータ広告を受け取り、IPv6 アドレスの自動生成を行う。

IPv6 アドレスの自動生成時間は DHCP による IPv4 アドレスの取得時間より短いため、前十つのケースより素早く CU ネゴシエーション(IPv6)を開始することが可能となる。CU ネゴシエーションは前記と同様のシステムで移動前の IPv4 アドレスと移動後の IPv6 アドレスをお互いに通知して CIT を更新する。ネゴシエーションが完了した後の通信は前術のケースと同様である。

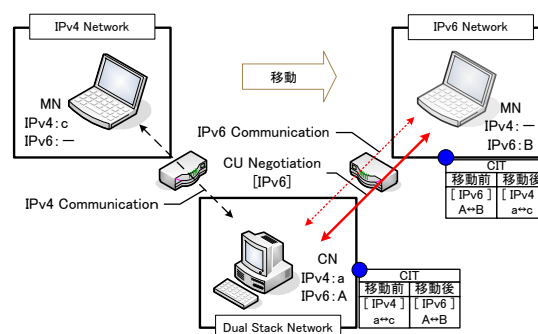


図 6 IPv4/IPv6 混在環境における Mobile PPC (MN が IPv4 ネットワークへ移動する場合)

5.3 DS ↔ [IPv4 → DS]

次に異なる環境における移動通信パターンを示す。IPv4 ネットワークに存在する MN がデュアルスタックネットワークに存在する CN と IPv4 通信をしており、その後、通信中に MN がデュアルスタックネットワークに移動した場合について示している。この時、IPv4 通信が可能なデュアルスタックネットワークに移動した MN は IPv4 通信を継続することも可能であるが、IPv6 の特上 DHCP による IPv4 アドレスの取得時間より IPv6 アドレスの自動生成時間が短いため素早く通信を再開することが可能である。DHCP による IPv4 アドレスの取得時間は DHCP との相性に左右される点に比べ、IPv6 アドレスの自動生成はルータ広告を受信するだけでアドレス生成が可能であるという利点がある。よって、拡張した Mobile PPC では移動前の通信が IPv4 であっても IPv6 通信が可能な環境に移動した

場合は Mobile PPC 端末内部で IPv4/IPv6 ヘッダ変換を行って IPv6 通信に切り替えることにより IPv6 の特性が通信に反映できる。通信システムは上記で同様の動作であるため省略する。

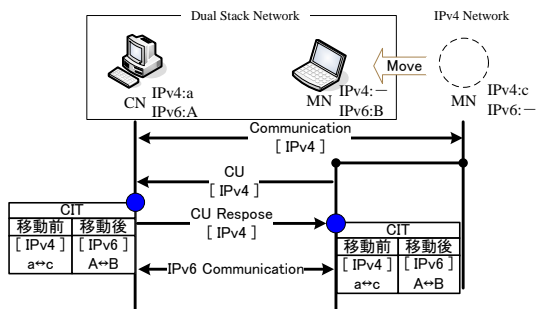


図 7 IPv4/IPv6 混在環境における Mobile PPC (MN が DS ネットワークへ移動する場合)

5.4 IPv4↔[IPv4→IPv6]

異なるアドレス体系の移動通信の動作について説明する。このパターンでは、前章までは必要としなかった IPv6 移行技術であるトランスレータを用いる。前章までのパターンでは、どちらかが DS ネットワークに存在していたため、トランスレータ、又は、トンネル技術を用いなくても通信が可能であったためである。IPv4 空間内で MN と CN が通信中に、MN が IPv6 空間に移動した場合を示す。移動した MN は、IPv4 ネットワークに存在する CU に対し、NAT-PT を介して CU ネゴシエーションを開始する。NAT-PT を介して通信した場合、CN と MN は NAT-PT を通信相手と認識しなければならない。そのため、CN と MN は、NAT-PT の外側の IP アドレスを CU ネゴシエーションによって通知する。この通信パターンでは、NAT-PT の外側の IP アドレスを取得と NAT-PT 内のアドレスマッピングテーブルを生成するための一往復の Mapping ネゴシエーションを追加した。MN は NAT-PT から配布されているプレフィックスと CN の IPv4 アドレスから NAT-PT の IPv6 インターフェースのアドレスを生成し、Mapping Request を送信する。Mapping

Request を受信した NAT-PT は、IPv4 インターフェースにプールしてある IPv4 アドレスを割り当ててアドレスマッピングテーブルを生成し、Mapping Request を CN に転送する。Mapping Request を受信した CN はパケット送信元アドレスとポート番号を Mapping Response によって MN に通知する。以上のネゴシエーションによって、CU ネゴシエーションを開始するための準備が整う。

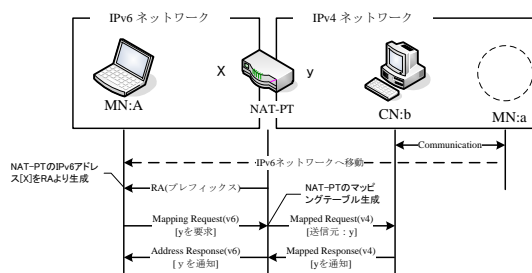


図 8 Mapping ネゴシエーション

次に MN は CN 側の CIT を更新するために、CU を送信する。移動後の CID として、NAT-PT の IPv4 アドレスとポート番号を通知する。CU を受け取った CN は、CIT を更新して、MN 側の CIT を更新するために CU Response を送信する。CU Response により、移動の CID として NAT-PT の IPv6 アドレスとポート番号を通知する。CU Response を受け取った MN は CIT を更新して、CU ネゴシエーションを更新する。

また、IPv4 ネットワークから NAT-PT を介して通信する場合、IPv4 の特性上、プレフィックスから NAT-PT のアドレスを生成することが不可能である。そのため、通信相手の IPv6 を DDNS へ問い合わせをすることになる。DDNS への問い合わせは最終的に NAT-PT に横取りされ、NAT-PT のマッピングテーブル生成し、MN には NAT-PT のアドレスが通知される。

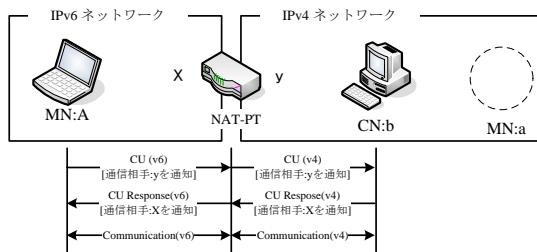


図 9 CU ネゴシエーション

J.Bound, “Dynamic Updates in the DomainName System”, RFC 2136, April 1997.

5 むすび

本研究では、IPv4/IPv6 混在環境における Mobile PPC 提案を行った。近年、IPv6 の普及に伴い、変化していくネットワークにも柔軟に対応し、移動透過性を実現する。今後は本システムを実装して、その有効性を確認する。

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] Hesham Soliman. ” Mobile IPv6 support for dual stack Hosts and Routers (DSMIPv6),” INTERNET-DRAFT, draft-ietf-mip6-nemo-v4traversal-06.txt, November, 2007
- [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-mishop-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