

# プロキシを利用した Mobile PPC の検討

葛谷章一

TCP/IP では、通信中に端末が移動すると IP アドレスが変化するため通信が切断されてしまうという問題がある。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。移動透過性実現プロトコルの代表として Mobile IP が提案されているが、Home Agent と呼ぶ特殊な第三の装置が必要であり冗長経路が発生するなどの課題がある。我々は移動透過性実現の一方式としてエンドエンド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、現状の Mobile PPC は通信する両端末が共に Mobile PPC の機能を実装していなければ移動透過性を実現できないという課題がある。そこで、通信相手端末が Mobile PPC を実装していない場合でも、プロキシサーバを用いることにより移動透過な通信を可能とする方法を提案する。

Researches on Mobile PPC using a Proxy Sever

Syouichi Kuzuya

There is a problem that communication is cut off so that an IP address changes when a terminal moves on Internet. Therefore I conceal a change of an IP address by movement of a terminal, and the study that the movement that can continue communication is permeable is performed flourishingly. Mobile IP is suggested as one of the movement permeable realization protocols, but the third special device to call HA(Home Agent) is necessary, and there is a problem that a redundant course occurs. We study Mobile PPC realizing movement permeability in the end end as one expression of movement permeable realization. However, we have a problem not to be able to realize movement permeability if both ends end to communicate does not implement a function of Mobile PPC together in present Mobile PPC. Therefore I suggest a method to enable the communication that is movement transmission by using a proxy server when a communication partner terminal does not implement Mobile PPC.

## 1. はじめに

ノートパソコンや PDA(Personal Digital Assistant)などのモバイル端末の普及や無線ネットワークの環境の普及により、いつでもどこでも通信が可能なユビキタスネットワーク環境が構築されつつある。このよう

な環境では、端末が移動しても通信を継続できることが要求される。TCP/IP では、IP アドレスがノード識別子の役割だけではなく端末の位置情報を含んでいるため、端末が通信中に異なるネットワークに移動する

と異なる IP アドレスを取得する。トランスポート層では IP アドレスが通信識別子の一部に用いられており、端末が移動して IP アドレスが変化すると別の通信と判断され通信が継続できない。そこで、端末が移動して IP アドレスが変化しても、それまで行われていた通信を継続させる移動透過性[1]の研究が盛んに行われている。

移動透過性を実現する技術には、特殊な第 3 の装置を使用するプロキシ方式とそれを必要としないエンドツーエンド方式がある。プロキシ方式は、移動端末と通信相手の間にプロキシサーバを置き、そのプロキシサーバが移動端末の IP アドレスの変化を隠蔽させる。エンドツーエンド方式は通信する両端末間で課題を解決し、上位のソフトウェアに対して IP アドレスの変化を隠蔽する。

プロキシ方式で移動透過性を実現する方法として Mobile IP[2][3]が提案されている。Mobile IP は、プロキシサーバとして HA(Home Agent)を使用する。HA は移動端末(以下、MN)の IP アドレスの管理や通信相手端末(以下、CN)から MN へ送信された通信パケットを代理受信し、MN へカプセル化転送を行う役割を持つ。MN から CN へ通信パケットは直接送信される。この方法により MN が移動して IP アドレスが変化しても通信を継続させることができる。しかし、Mobile IP は第 3 の装置である HA が必須であり、通信経路がその HA を経由するために冗長な三角経路となる。また、MN と HA 間ではカプセル化が行われるために、オーバーヘッドが発生し、通信効率が低下するという課題がある。

エンドツーエンド方式で移動透過性を実

現する方式として LIN6(Location Independent Networking for IPv6)[4],[5] が提案されている。LIN6 は、IP アドレスに含まれているノード識別子と位置指示子としての情報を明確に分離させ、MN のノード識別子と現在の位置情報との対応関係情報を保持するための Mapping Agent(以下、MA)を使用する。CN は MN の IP アドレスを取得するために DNS から MA の IP アドレスを取得し、その後 MA から MN の IP アドレスを取得する。MN が CN の IP アドレスを取得する時も同様の手順を行う。MN が異なるネットワークに移動して位置情報が変化した場合は、MA に位置情報の変化を通知して MA から CN に対して新しい IP アドレスを取得するように通知する。この方法により、IP アドレスの変化を上位ソフトウェアから隠蔽して移動透過性を実現させる。しかし、LIN6 は IPv6 構造を利用することが前提であるので、アドレス領域が不足する IPv4 への適用は困難である。さらに、IPv6 構造を 2 分割するためにアドレスの利用効率が低下する。また、独自のアドレス体系を持つことになるために、ノード識別子のグローバルユニークな割当てとその管理機構が必要になる。さらに、MN の位置情報を管理する MA が必須であるという課題もある。

そこで我々は、移動透過性を実現する一方式としてエンドツーエンド方式で移動透過性を実現する Mobile PPC(Mobile Peer to Peer Communication)[6]の研究を行っている。Mobile PPC は、通信開始において通信相手端末の IP アドレスを知る方法と通信中に移動した通信相手端末の IP アドレスを知る方法を分けて考えている。前者の解決には、

既に実用化されている Dynamic DNS(以下, DDNS)を使用し, 後者の解決に対して Mobile PPC を使用する. Mobile PPC では, MN が別のネットワークへ移動し, 新たな IP アドレスを取得した場合は, MN は CN に対して新しく取得した IP アドレスを含むパケットを送信し, 両端末の IP 層にアドレス変換テーブルを生成する. 以後の通信パケットは, IP 層に生成したアドレス変換テーブルをもとにアドレス変換処理を行う. この方式によりエンド端末の上位ソフトウェアから IP アドレスの変化を隠蔽することができ, 通信を継続させることが容易に実現できる.

現状の Mobile PPC では, CN が Mobile PPC の機能を実装していなくても両端末間で通信を開始することは可能であるが, MN が異なるネットワークに移動して新しい IP アドレスを取得すると, 通信を継続させることができなくなり, 移動透過性を実現できない. CN はインターネット上の一般サ

## 2. Mobile PPC の概要とその課題

### 2.1. Mobile PPC の概要

Mobile PPC は第 3 の特殊な装置を必要とすることなく, エンドエンドで移動透過性を実現できるプロトコルである. 通信開始において通信相手の IP アドレスを知る方法(初期 IP アドレスの解決)と通信中に移動した通信相手の IP アドレスを知る方法(継続 IP アドレスの解決)を明確に分離する. 初期 IP アドレスの解決には, ホスト名と IP アドレスの関係を動的に管理する DDNS を利用する. DDNS は DNS の延長技術であり, すでに実用されている. MN は立ち上げ時や

サーバである可能性もあるので, それらに改良を加えて Mobile PPC の機能を実装することは望ましくない. そこで, M CN が Mobile PPC を実装していない場合でも, 移動透過性を保証するための仕組みがあることが望ましい.

これらの課題を解決するためにプロキシサーバ GEP(GSCIP Element for Proxy)を用いた手法を提案する. 本提案では, CN が Mobile PPC を実装していない場合は GEP を経由してアドレス変換を行い, 通信パケットを CN に中継させる. この方式により CN は通信相手が GEP のように見えるため, MN が移動して IP アドレスが変化しても通信を継続させることが可能となる.

以下, 第 2 章では現状の Mobile PPC の概要とその課題について記述し, 第 3 章ではプロキシサーバを用いた Mobile PPC の提案方式について記述する, 第 4 章では提案方式の実装, 第 5 章ではむすびについて記述する.

移動時に新 IP アドレスを取得した時に必ず DDNS にその情報を登録する. CN は MN の IP アドレスを問い合わせた時に MN の現在の IP アドレスを取得でき, 通信を開始することが可能となる.

次に継続 IP アドレスの解決には, Mobile PPC を用いる. Mobile PPC は, 移動情報の通知処理とアドレス変換処理の 2 つの機能からなる. 移動情報の通知処理は, 移動前後の IP アドレス対応関係を示した CIT(connection ID Table)を更新するために使用される. CIT は通信開始時に生成され,

MN が移動して新 IP アドレスを取得するたびに書き換えられる。また、アドレス変換処理は、パケットを送受信の際に上記の CIT を参照して、IP 層でパケットのアドレス変換を行う。この動作により、上位層に対して IP アドレスの変化が隠蔽され、IP アドレスの変化に気づくことなく通信を継続させることができる。

図 1 に Mobile PPC による通信の概要を示す。MN と CN 間で通信が開始されると、両端末は送受信パケットをもとに CIT を生成する。この時点では MN は移動前であるために、移動後の情報を示すフィールドには何も記述されておらず、IP アドレスの変換は行わない。MN が通信中に異なるネットワークに移動し、新 IP アドレスを取得すると CU(CIT UPDATE)パケットを生成し、CN に送信する。CU パケットは、ICMP ECHO request と reply をベースに定義され

ており、パケットの中には移動先で取得した新 IP アドレスや移動前のコネクション情報が含まれている。

CN は MN からの CU パケットを受信すると、CU 内に格納されている MN の移動前のコネクションに一致する CIT レコードを検索する。一致したレコードが存在する場合、CU に格納されている MN の新 IP アドレスをもとに CN 自身が所有する CIT を更新し、更新が完了したことを通知する CU 応答パケットを MN に送信する。MN は、CU 応答パケットを受信すると MN 自身が保持する CIT を更新する。これ以後のパケットは CIT を参照して IP アドレスの変換処理を行う。これにより、上位のソフトウェアに対して移動による IP アドレス変化の影響をあたえずに通信を継続させることが可能となる。

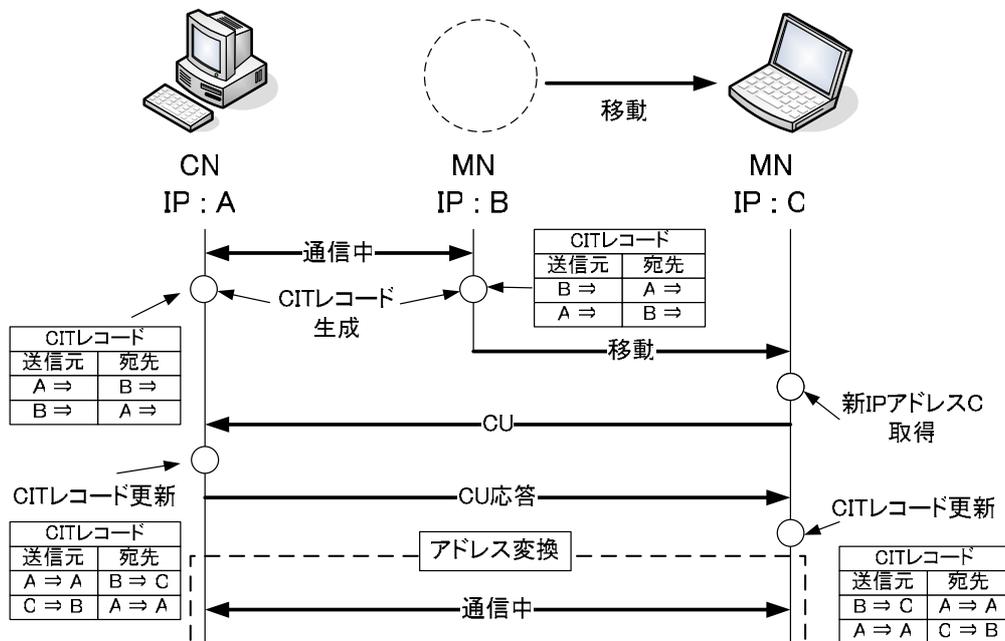


図 1 Mobile PPC による通信の概要

図 2 は MN が異なるネットワークに移動して IP アドレスが変化した場合のアドレス変換処理を示す。MN から送信されたパケットの宛先 IP アドレスは、IP 層で CIT を参照して MN の移動前の IP アドレスから移動後の IP アドレスに変換し、CN に送信され

る。このパケットを受信した CN も CN 自身が所有する CIT を参照してパケットの宛先を移動前から移動後の IP アドレスに変換し、上位層へパケットを渡す。逆方向のパケットも同様の手順で行う。

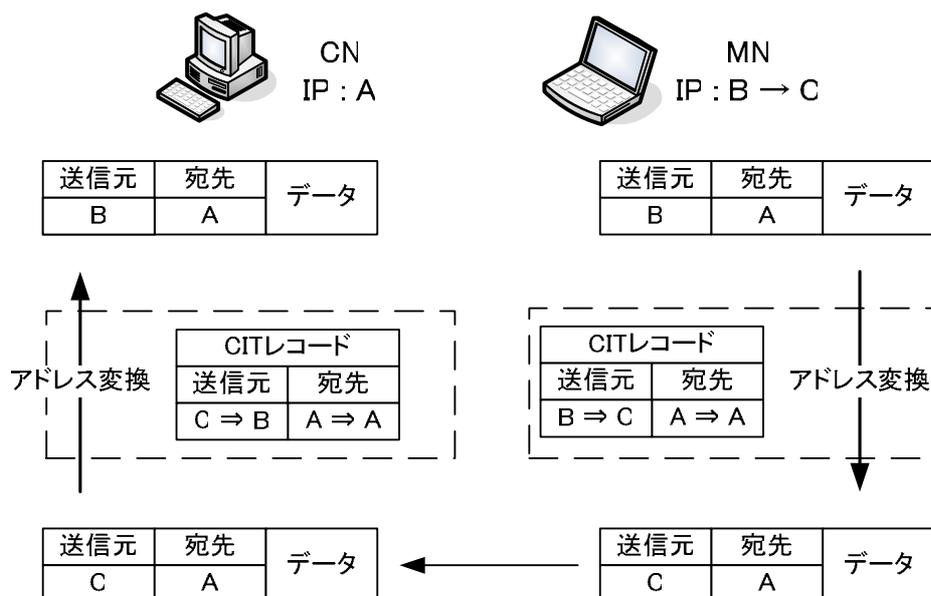


図 2 アドレス変換処理

## 2.2 Mobile PPC の課題

図 3 に Mobile PPC 実装端末 MN と未実装端末 CN の移動情報の通知処理を示す。Mobile PPC では、MN と通信を行う CN が Mobile PPC を実装していなくても通信を開始することは可能である。その後、MN が異なるネットワークに移動して、そこで新 IP アドレスを取得すると、MN は移動したことを CN に通知するために CU パケットを生成して、CN に送信する。

しかし、CN は Mobile PPC を実装してい

ないので、CU パケットを ICMP echo request パケットと判断し、そのパケットをコピーした ICMP echo reply パケットを MN に返信する。MN がそのパケットを受信しても CU 応答パケットではないため MN が保持する CIT を更新することができない。ゆえに、これ以後の通信パケットを IP 層でアドレス変換処理を行うことができなくなり、通信を継続させることができない。

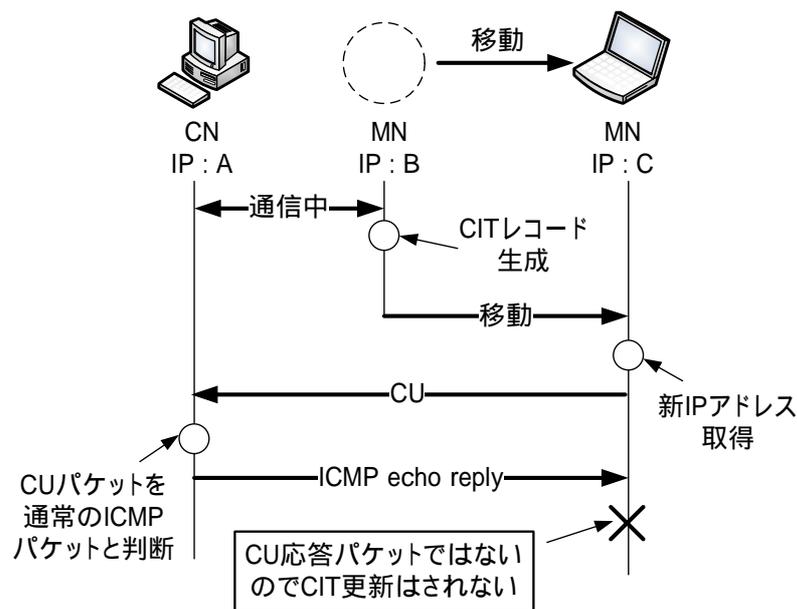


図 3 未実装端末との移動通知処理

### 3. プロキシを利用した Mobile PPC の提案

本提案方式は、Mobile PPC を未実装の一般端末との通信を想定し、プロキシサーバ GEP と DDNS を改造することにより、一般端末と移動透過な通信の実現を可能とする。DDNS は、通信相手が Mobile PPC を実装しているかを判断するために利用される。通信開始前に通信相手の IP アドレスを DDNS サーバに問合せた時の返信パケットに通信相手が Mobile PPC を実装しているならば対応情報を付加して応答し、一般端末なら通常の応答を返す。通信相手が実装していないならば対応情報を付加させないようにする。この方法により、MN は通信相手が Mobile PPC に対応しているかどうかを判断することができ、現状の Mobile PPC の通信を行うかどうか判断することが可能となる。プロキシサーバ GEP は、通信相手が Mobile PPC を未実装の場合だけ通信パケットを中継しりために使用される。GEP は適

切にアドレス変換を行うことにより、CN に対して通信相手は GEP と通信しているようにみせかけ、移動端末の移動による IP アドレスの変化を隠蔽し通信を継続させることが可能となる。

#### 3.1 提案方式の動作概要

図 4 に提案方式の動作概要を示す。MN には Mobile PPC を実装していない端末との通信のために事前に GEP の IP アドレスを登録しておく必要がある。通信開始時に MN は DDNS に CN の IP アドレスの問合せを行い、CN の IP アドレスを取得する。そのときに、MN は返信パケットに対応情報が付加されているか解析し、対応情報が付加されているなら CN が Mobile PPC を実装している端末と判断し、通常の Mobile PPC の通信を行う。対応情報が付加されていないならば CN を未実装端末と判断し、事前に登録しておいた GEP と通信開始に先立ち

ネゴシエーション[7]を行う。このときに MN の本当の通信相手である CN の IP アドレスを GEP に知らせ、GEP は受信したパケットの情報をもとに GEP の IP アドレスと CN の IP アドレスを変換する。GEP は図 5、MN には図 6 のように CIT レコードが生成

される。MN 側で生成される CIT レコードは、移動後の情報が最初から格納される点がこれまでと異なる。これ以後は、MN と GEP で生成した CIT を参照してアドレス変換が行われ、GEP を中継して通信が行われる。

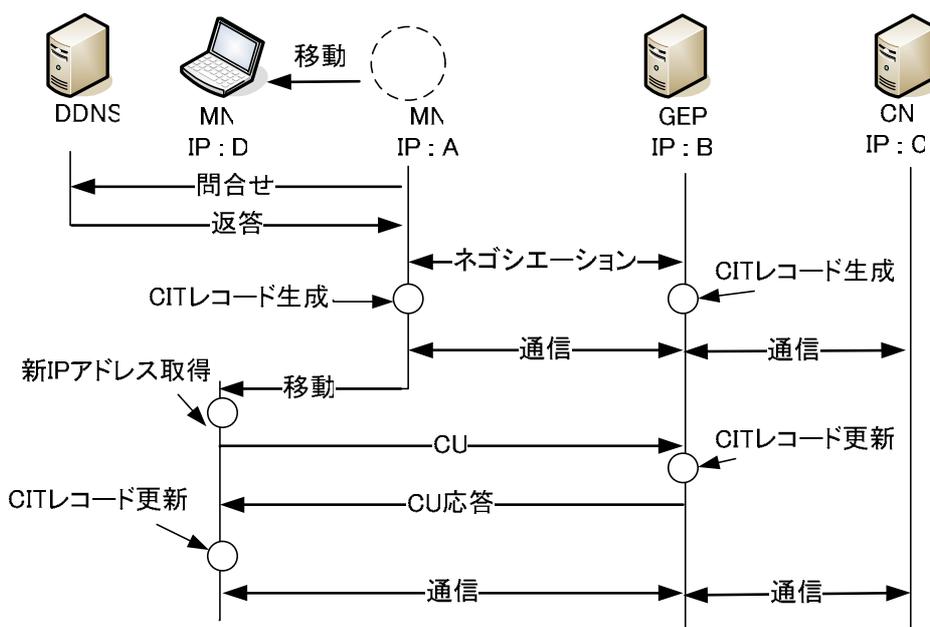


図 4 GEP を利用した Mobile PPC の通信

CIT	
送信元	宛先
A → B	B → C
C → B	B → A

図 5 移動前の GEP 側の CIT

CIT	
送信元	宛先
A → A	C → B
C → B	A → A

図 6 移動前の MN 側の CIT

CIT	
送信元	宛先
D → B	B → C
C → B	B → D

図 7 移動後の GEP 側の CIT

CIT	
送信元	宛先
A → D	C → B
C → B	D → A

図 8 移動後の MN 側の CIT

MN が CN と通信中に移動して新 IP アドレスを取得した場合、MN は CU パケットを生成し、GEP へ送信する。GEP は CU を受信したら移動前の MN の IP アドレスが入っているフィールドのみ変更し、GEP 自身の CIT を図 7 のように更新する。GEP は自身の CIT を更新後、MN へ CU 応答パケットを送信し、MN はこのパケットを受信したら MN 自身が保持する CIT を図 8 のように更新する。

以上の動作により、MN が CN との通信中に移動による IP アドレスの変化が生じても、GEP により通信パケットが中継され、MN と GEP 間では Mobile PPC の通信が行なわれ、また GEP と CN 間では通常の通信が行われる。このようにして CN が Mobile PPC を未実装の場合でも CN は MN の IP アドレスの変化に気づくことなく通信を継続させることができる。

### 3.2 GEP によるアドレス変換処理

図 9 に MN の IP アドレスが A から D へと変換した場合の GEP によるアドレス変換処理を示す。MN は、通信パケットを GEP に送信する前に自身が保持する CIT を参照して宛先 IP アドレスを CN の IP アドレス C から GEP の IP アドレス B へ、送信元 IP アドレスを MN の移動前の IP アドレス A から移動後の IP アドレス D へ変換し、GEP に送信する。このパケットを受信した GEP は、GEP 自身が保持する CIT を参照して送信元 IP アドレスを MN の IP アドレスから GEP の IP アドレスに、宛先 IP アドレスを GEP の IP アドレスから CN の IP アドレスに変換する。この変換したパケットを GEP は上位層に渡さずにそのまま CN に送信する。CN からの返信は上記と逆のアドレス変換処理を行う。

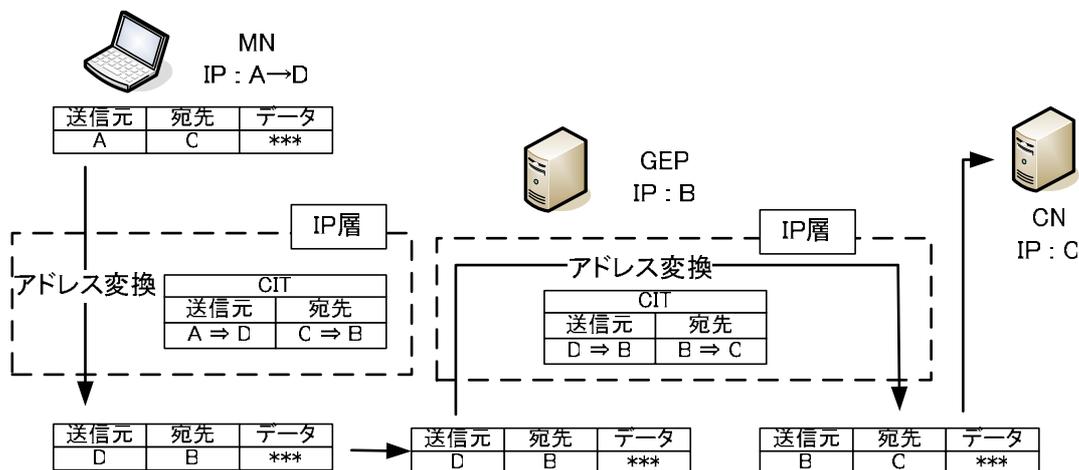


図 9 GEP による IP アドレスの変換処理

## 4. 実装

3章で述べた機能をFreeBSD5.3のIP層に実装した。MNには既存のMobile PPCモジュールに実装判断機能とGEP用のネゴシェーション機能を追加した。

実装判断機能とは、通信相手がMobile PPCを実装しているかを判断する機能である。DDNSからの返信パケットに、通信相手がMobile PPCを実装している情報が付加されているか確認し、もし付加されているならばMobile PPC実装端末と判断しCNとの間でMobile PPCの通信を行う。

GEP用のネゴシェーション機能とは、通信相手がMobile PPC非実装端末の場合にGEPとネゴシェーションを行う機能である。このときのネゴシェーションパケットにCNのIPアドレスを付加することにより、GEPがその情報を取得することが可能となる。

GEPにおいては、Mobile PPCモジュールを呼び出し方法に以下のように変更を加え

た。図10に既存のMobile PPCの呼び出し方法を示す。既存のMobile PPCは、パケット受信時にはIP入力関数であるip\_inputから、パケット送信時にはIP出力関数であるip\_outputからMobile PPCを呼び出し、アドレス変換処理を終えたら差し戻す形をとっている。GEPの場合は図11のように、IP入力関数であるip\_inputからMobile PPCモジュールを呼び出し、アドレス変換を終えたら差し戻す。その後Forward処理をしてIP層より上位層であるトランスポート層に渡す代わりにIP出力関数であるip\_outputに処理をわたす。ip\_outputからはMobile PPCモジュールを呼び出さずMobile PPCに処理を加えずにそのまま送信する。この方法によるとGEPはCIT以外のアドレス変換テーブルを所持する必要がなく、CITを一回参照するだけで正しくアドレス変換することが可能になる。

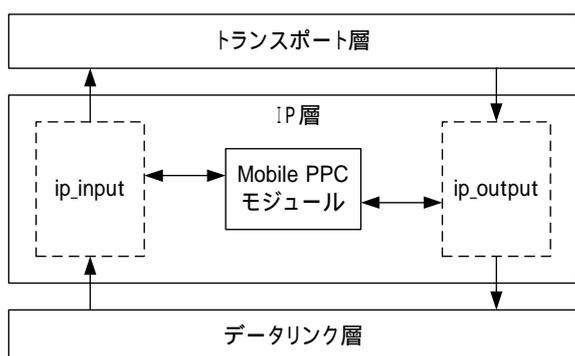


図10 既存の Mobile PPC の呼び出し

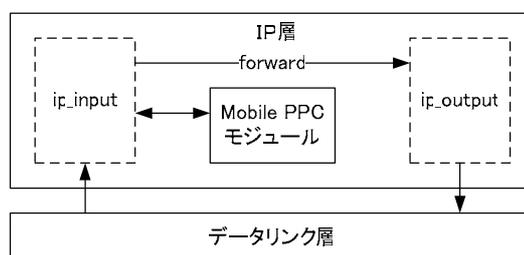


図11 GEP用の Mobile PPC の呼び出し

## 5. 評価

既存の Mobile PPC では CN が Mobile PPC を非実装である場合は、MN が移動した場合に通信を継続させることができなかった。4 章で実現した MN、GEP およびと改良した DDNS を利用することにより、通信相手が Mobile PPC を未実装の場合でも移動透過性を実現できることを確認した。

表 1 に Mobile IP と提案方式の比較を示す。提案方式は第 3 の特殊な装置である GEP を CN が Mobile PPC を非実装の場合だけ利用する。CN が実装端末である場合は、エンド

エンドで通常の Mobile PPC の通信を行う。提案方式は GEP を経由する場合においてもパケットサイズが冗長することがないので Mobile IP と比べて通信効率が良い。GEP を利用することにより、通信相手が Mobile PPC を実装していなくても移動透過な通信することができる。ただし、DDNS が各端末の Mobile PPC 登録情報を管理するために DDNS にアプリケーションを追加する必要がある。

表 1 Mobile IP と提案方式の比較

	Mobile IP	提案方式
特殊な装置	× (HA)	(GEP)
通信経路の冗長	×	(非実装のみ)
パケットサイズの冗長	×	
CN の実装		
通信開始時のオーバーヘッド		

## 6. むすび

本稿では通信相手端末が Mobile PPC を実装していない場合でも、プロキシ装置 GEP と改良を加えた DDNS を導入することによ

り移動透過性を実現する方式について提案した。今後は提案方式の性能測定を行う予定である。

## 付録

## 7. 既存技術

既存技術として、Mobile IP、IPv6 を取り上げる。いずれもネットワーク層による実現方式であり、トランスポート層より上位の層にいったい影響を与えないという利点がある。

### 7.1 Mobile IP

図 12 に Mobile IP の通信の概要を示す。Mobile IP は Home Agent (以下、HA) と呼ばれる第 3 の特殊な装置が必要とする。Mobile IP では、MN は端末固定の IP アドレ

スであるホームアドレス(以下 ,HoA)と移動先で割り当てられる気付けアドレス(以下 , CoA)の 2 つの IP アドレスを所有する . MN の HoA と CoA の対応関係は HA により管理され保持される . HA は HoA 宛のパケットを MN の代わりに代理受信し , CoA 宛に転送する役割を持つ .

Mobile IP の動作は , HA に MN の現在の位置情報を登録とデータ通信にわけることができる . MN は立ち上げ時や異なるネットワークに移動して取得した IP アドレスを HA に登録し , HA は MN の HoA と CoA の対応情報を更新する . CN から MN へパケットを送信する場合は , 宛先を HoA にして送信する . HA はこのパケットを代理受信し , CoA 宛の IP ヘッダでカプセル化して MN に転送する . MN から CN 宛のパケットは HA を通さずに送信元アドレスを HoA にして CN に直接送信させる .

Mobile IP は , このように第 3 の特殊な装置である HA を導入することにより , CN は常に HA と通信しているように見せることにより , MN の IP アドレスの変化を隠蔽し移動透過性を実現させている .

しかし , Mobile IP には以下のような課題がある . まず , CN から MN にパケットを送信する場合は必ず HA を経由するために通信経路が図 12 のように冗長な三角経路となる . また , MN と HA 間ではカプセル化が行われるために , オーバヘッドが発生し , 通信効率が低下してしまう . さらに , MN から CN にパケットを送信する場合に , 送信元 IP アドレスとして使用される HoA はインターネット上での位置情報を正しく表していないため , 途中のルータが送信元 IP アドレスを偽っている不正パケットと判断し , パケットを破棄する可能性がある .

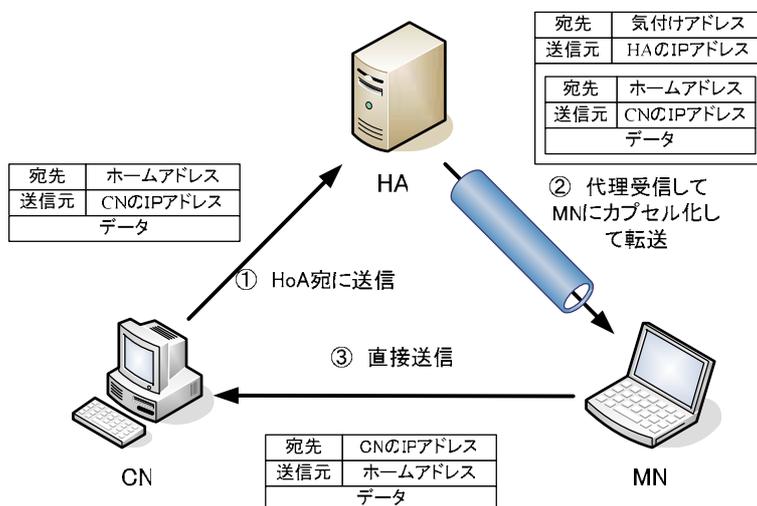


図 12 Mobile IP の通信

### 7.2.LIN6

LIN6 は , IP アドレスに含まれているノード識別子と位置指示子としての情報を明確に分離させ , 移動透過性を実現する IPv6 専

用の技術である .

LIN6 で用いるアドレスモデルを図 13 に示す . LIN6 では , トランスポート層以上の上位層では IPv6 パケットの上位 64 ビット

に対してあらかじめ定められた LIN6 プレフィックスと呼ばれる固定値と、下位 64 ビットをノード識別子である LIN6ID を組み合わせた LIN6 汎用アドレスを利用する。また、ネットワーク層以下の下位層では上位 64 ビットをネットワークプレフィックスと、下位の 64 ビットをノ LIN6ID で組み合わせた LIN6 アドレスを使用する。このアドレスは、LIN6 汎用アドレスとは異なり端末が移動すると変化する。この 2 つのアドレスを利用することにより、上位層では LIN6 汎用アドレス、下位層では LIN6 アドレスとなるように IP 層で変換を行う。

図 14 に LIN6 の通信の概要を示す。LIN6 では、MN のノード識別子と現在に位置情報との対応関係情報を常時保持するために Mapping Agent(以下、MA)を使用する。MN は通信中に異なるネットワークに移動した場合や立ち上げ時に MA に位置情報を通知

する。通信開始時に CN が MN の LIN6 アドレスを知るために、DNS に MA の IP アドレスを問合せにいき MA の IP アドレスを取得し、その後 MA から MN の LIN6 アドレスを取得する。これにより、CN は MN へパケットを送信することが可能となる。MN が CN の LIN6 アドレスを知るときも同様の手順をとることにより返信が可能となる。

LIN6 には、以下のような課題がある。LIN6 のアドレスモデルは IPv6 構造を利用することが前提であるので、アドレス領域が不足する IPv4 への適用は困難である。さらに、IPv6 構造を 2 分割するためにアドレスの利用効率が低下する。また、独自のアドレス体系を持つことになるために、ノード識別子のグローバルユニークな割当てとその管理機構が必要になる。MA のような位置情報を管理する第 3 の特殊な装置が必要になる。

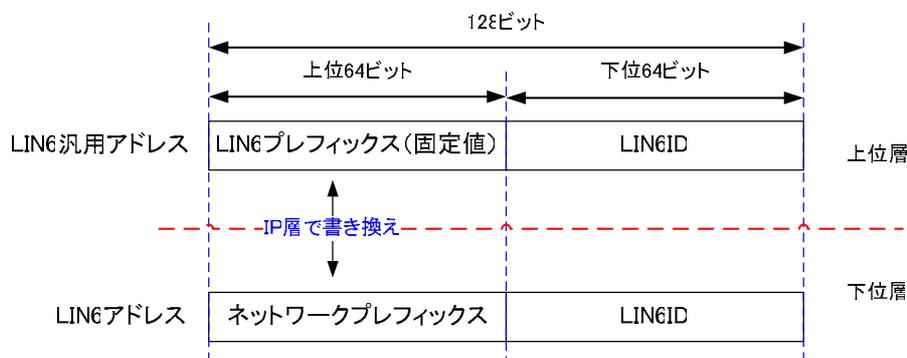


図 13 LIN6 のアドレス構造

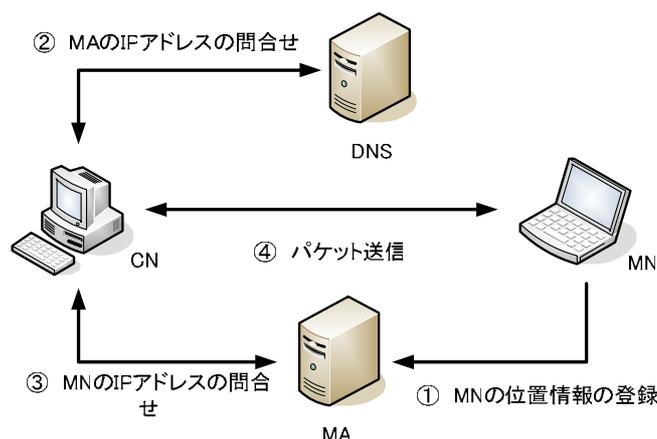


図 14 LIN6 の通信

### 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,” 電子情報通信学会論文誌, Vol.J87-D-I, No.3, pp.308-328, March.2004.
- [2] C. E. Perkins, “IP Mobility Support for IPv4,” RFC3344, Aug. 2002.
- [3] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, “Mobility Support in IPv6,” RFC3775, June. 2004.
- [4] M. Kunishi, M. Ishiyama, K. Uehara, H. Esaki, and F.Teraoka, “LIN6: A new approach to mobility support in IPv6,” Third International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, pp.1079-1084, Nov.2000.
- [5] 國司光宣, 石山政浩, 植原啓介, 寺岡文男, “移動体通信プロトコル LIN6 の性能評価,” 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.2, pp.398-407, Feb.2002.
- [6] 竹内 元規, 鈴木 秀和, 渡邊 晃, エンドエンドで移動透過性を実現する Mobile PPC の提案と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.12, pp.30, Dec.2006.
- [7] 鈴木 秀和, 渡邊 晃, フレキシブルプライベートネットワークにおける動的処理解決プロトコル DPRP の実装と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.11, pp.2976-2991, Nov.2006.