

プロキシ中継型 Mobile PPC の検討

張 冰冰[†] 鈴木 秀和[†] 渡邊 晃[†]

IP ネットワークでは、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実現が必須である。我々は移動透過性実現の一方式として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、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。そこで、通信相手端末が Mobile PPC を実装していない場合でも、プロキシ型装置を用いることにより移動透過性を実現する方法を提案する。

Researches on proxy- based Mobile PPC

BINGBIN ZHANG,[†] HIDEKAZU SUZUKI[†] and WATANABE AKIRA[†]

In IP networks, communication is broken if the node changes its location, because the IP address changes. It is expected to realize mobility, that can maintain communication concealing the change of the IP address to upper layer software in the end nodes. We have been studying Mobile PPC that realizes mobility with only end nodes. However, Mobile PPC is effective only when both end nodes have the Mobile PPC functions. In this paper, a proxy device is introduced and mobility is realized even if a correspondent node does not have the Mobile PPC function.

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普及により、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が実現されようとしている。このような環境では、移動しながら通信を行えることは重要な機能である。IP ネットワークでは、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。IP 層で移動透過性を保証するプロトコルとして、IPv4 対応には Mobile IP²⁾, Mobile PPC³⁾, IPv6 対応には Mobile IPv6⁴⁾, LIN6⁵⁾, MAT⁶⁾などが提案されて

いる。移動透過性¹⁾の研究は、これまで将来 IPv6 の時代が来ることを見越して IPv6 を前提としたものが多かった。しかし、IPv6 は予想していたような普及をしておらず、仮に IPv6 が普及を始め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。従って IPv4 においても移動透過性を実現できることは意義がある。そこで、本論文では IPv4 における移動透過性技術を中心に述べる。

Mobile IP は、プロキシサーバとして HA(Home Agent)を導入する。HA は移動端末(以下、MN)の IP アドレスの管理を行う。また通信相手端末(以下、CN)から MN へ送信された通信パケットを受信し、MN へカプセル化転送を行う役割を持つ。CN 側に機能を実装しなくても、移動透過性を実現できる利点があるので、CN がインターネット上にある一般サーバであっても、移動透過性を実現することができる。しかし、Mobile IP は HA が必須であり、通信経路が冗長になったりカプセル化によるオーバーヘッドが発生するなどの課題がある。

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で移動透過性を実現する Mobile PPC(Mobile Peer to Peer Communication)の研究を行っている。Mobile PPC は MN の移動前後の情

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

報をエンド端末が記憶しておき、IP 層でアドレス変換することにより上位層に対してアドレスの変化を隠蔽してコネクションを維持することができる。Mobile PPC は既存の端末と上位互換性があり、段階的な普及が期待できるという利点がある。しかし、現状の Mobile PPC では、CN が Mobile PPC の機能実装していないとき、通信を開始することは可能であるが、MN が移動したときに、通信を継続させることができない。CN がインターネット上の一般サーバである場合、それらに Mobile PPC の機能を実装することは困難である。そこで、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。

この課題を解決するために新たにプロキシ型装置を導入する。本提案では、CN が Mobile PPC を実装していない場合はプロキシ型装置にアドレス変換を代行させる。Mobile PPC にとって、プロキシ型装置はあくまでオプションの位置づけであり、CN が Mobile PPC を実装している場合はエンドエンドで通信を行う。

2. 既存技術

2.1 Mobile IP とその課題

図 1 に Mobile IP の動作を示す。MN は移動によって変化しないホームアドレス HoA と、移動先ネットワークで割り当てられる気付けアドレス CoA の2つの IP アドレスを持つ。HA は、MN の HoA と CoA の対応付けを行い、HoA 宛のパケットを代理受信し、CoA 宛に転送する役割を持つ。

Mobile IP の動作は HA への登録とデータ通信に分けることができる。MN は別のネットワークへ移動した場合、移動先のネットワークで新しく取得した CoA を HA へ登録する。HA は MN の HoA と CoA の対応付けを更新する。CN から MN へ通信パケットを送信する場合は、宛先を HoA とする。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 への通信パケットは CN 宛に直接送信される。このとき送信元アドレスは HoA とする。

Mobile IP は、このように HA という特殊な装置を導入し、CN が常に HA と通信しているように見せかけることにより移動透過性を実現する。MN 宛のパケットは必ず HA を経由するため、通信経路が冗長な三角経路となり、HA と MN 間は IP トンネルとなる。また、MN から CN へパケットを送信する場合に送信元アドレスとして使われる HoA は MN のインター

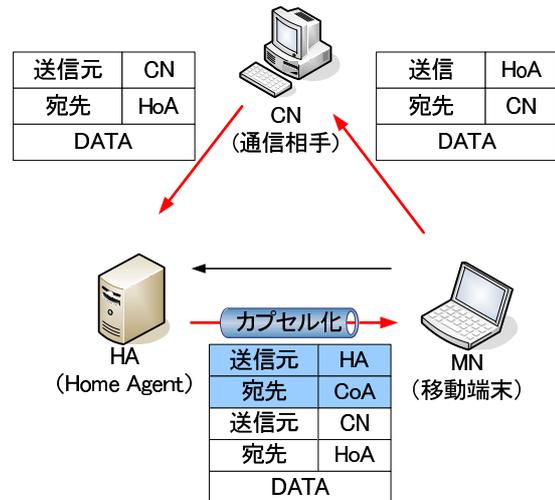


図 1 Mobile IP の動作
Fig. 1 Flow of Mobile IP.

ネット上での位置を正しく表していないため、途中のルータが送信元アドレスを偽っている不正パケットと見なし、破棄する可能性がある

Mobile IP は、クライアントサーバ環境においては、CN として従来の固定サーバをそのまま利用できる点で有効である。しかし、エンドエンド通信が主体となる今後のネットワーク環境においては、必ずしも最適な方式とは言えない。

2.2 Mobile PPC とその課題

Mobile PPC は第 3 の特殊な装置を必要とせず、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 (Dynamic DNS)⁷⁾ を利用する。DDNS は DNS の延長技術であり、すでに実用になっている。MN は新 IP アドレスを取得した時に 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

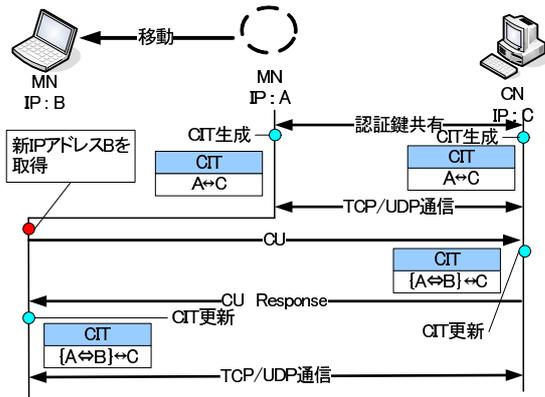


図 2 Mobile PPC の動作
Fig. 2 Flow of Mobile PPC.

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、通信を継続させることができる。

図 2 に Mobile PPC の通信シーケンスを示す。なお、Mobile PPC で使用される制御パケットは、全て ICMP echo をベースに定義されている。MN (IP アドレス A) と CN (IP アドレス C) 間で通信を開始するにあたり、Diffie-hellman を利用した認証鍵共有を行う⁸⁾。その後、両端末は IP 層にアドレス変換テーブル CIT (Connection ID Table) を生成し、TCP/UDP 通信を開始する。この時点では CIT 内の移動後の情報は空白であり、アドレス変換を行わない。

次に MN が CN と通信中に移動して、IP アドレスが A から B に変化したとする。MN は CN に移動したことを通知するために、CU (CIT UPDATE) パケットを送信する。CU パケットには移動前後の IP アドレスが含まれている。CU パケットを受信した CN は自身の CIT を更新し、更新が完了したことを通知する CU Response パケットを MN に返信する。MN は CU Response パケットを受信すると、自身の CIT を更新する。なお、CU/CU Response の認証には、通信開始時に共有した認証鍵が用いられる。

以降の通信パケットは、全て CIT に基づいたアドレス変換処理が行われる。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、かつ上位層に対してはアドレスの変化が隠蔽される。

図 3 に 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の様子を示す。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

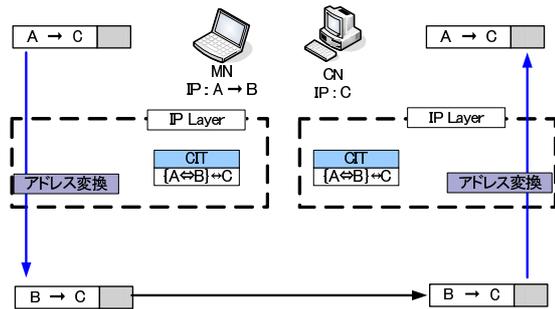


図 3 アドレス変換処理
Fig. 3 Address translation.

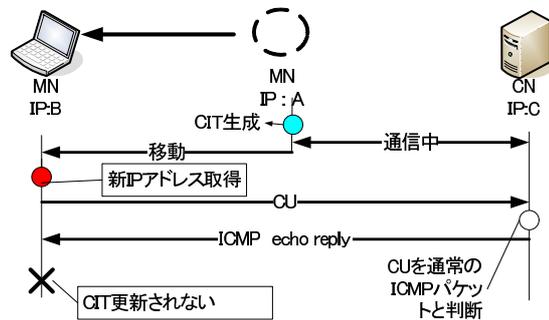


図 4 Mobile PPC の課題
Fig. 4 Problem with Mobile IP.

する。このパケットを受信した CN も CIT を参照してパケットの宛先を移動後から移動前の 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 4 に Mobile PPC の課題を示す。認証鍵共有パケットは ICMP echo 上で定義されているため、CN が Mobile PPC を実装していなくても認証鍵が共有できないだけであり、通信を開始することは可能である。しかし、図 4 に示すように MN が通信中に移動すると、CN は Mobile PPC の制御パケットを理解できず、CU を ICMP echo request と判断し、MN に ICMP echo reply を返信する。MN は受信パケットが CU Response でないため、自身の CIT を更新することができない。このように、MN と CN は通信を開始できるが移動透過性は実現できない。

3. プロキシ型 Mobile PPC

3.1 提案方式の概要

本提案方式は、Mobile PPC を実装していない一般端末との通信を想定し、Mobile PPC を実装したプロキシ型 GE (GSCIP Element) を導入することにより、一般端末と移動透過な通信の実現を可能とする。こ

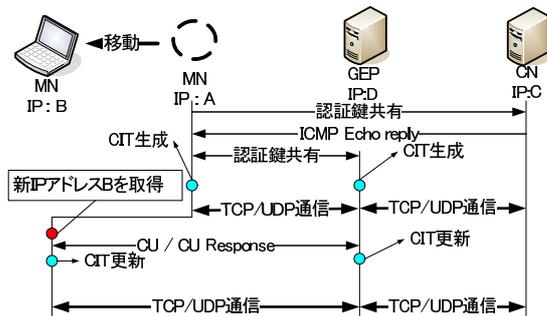


図 5 GEP 通信シーケンス
Fig. 5 Flow of GEP.

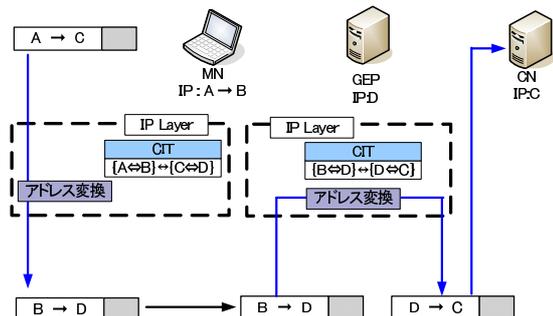


図 7 GEP による IP アドレスの変換処理
Fig. 7 Address translation with GEP.

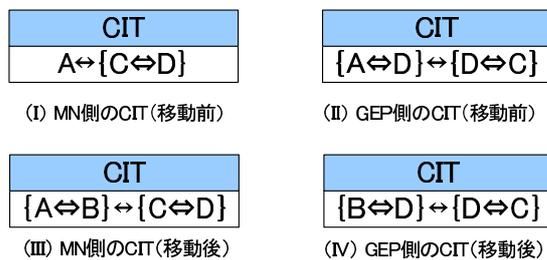


図 6 GEP ための CIT
Fig. 6 CIT of GEP.

ここで GSCIP (Grouping for Secure Communication for IP)⁹⁾ とは、柔軟性と安全性を両立できる独自のネットワークアーキテクチャの名称である。Mobile PPC は GSCIP の枠組の中にある、1つのプロトコルと位置づけられている。GSCIP を構成する装置を GE (GSCIP Element) と呼び、本稿で新たに導入するプロキシ型 GE を GEP (GE for Proxy) と呼ぶこととする。MN は GEP の IP アドレスをあらかじめ取得しておく必要がある。取得方法としては MN にマニュアルで設定するか、DNS 問い合わせに対する応答の中で通知する方法がある。CN が Mobile PPC に対応していない場合、MN は GEP を経由して CN と通信する。GEP が適切に通信パケットのアドレスを変換することにより、CN の通信相手は GEP であるように見せかける。MN が移動しても CN は IP アドレスの変化に気づかず通信を継続させることが可能である。GEP は複数の設置が可能である。複数の GEP の中から最も適した GEP を自動的に選択することができる。

3.2 提案方式の基本動作

図 5 にプロキシ中継型 Mobile PPC の通信シーケンスを示す。図 6 に MN と GEP が生成する CIT を示す。MN は Mobile PPC を実装し、CN は実装していない。MN は通信開始時に CN に対して認証鍵共有

を試みる。CN は Mobile PPC を実装していないので、認証鍵共有パケットに対して ICMP echo reply を返信する。MN はこの応答を受信した場合、CN が一般ノードであると判断し、GEP (IP アドレス D) と認証鍵共有を再度開始する。このとき、MN は認証鍵共有パケットに CN の IP アドレスを付加する。認証鍵共有を行う時に、MN と GEP は認証鍵の共有に加えて、GEP を中継するための CIT を生成する。MN 側の CIT には、図 6 (I) のように通信相手が GEP となるような情報が生成される。GEP 側の CIT には、MN と GEP 間の通信を GEP と CN 間の通信に変換するような情報が生成される。MN と GEP は認証鍵共有の完了後、上記 CIT に基づいて通信パケットのアドレス変換処理を行う。これにより、MN と CN 間の通信は GEP を経由して確立する

MN が CN と通信中に移動して新しい IP アドレスを取得した場合、MN は GEP に対して移動通知ネゴシエーションを開始する。図 5 に示したように MN は CU パケットを生成し、GEP へ送信する。GEP は CU を受信したら図 6 (IV) のように CIT のフィールドを変更する。GEP は CIT を更新後、MN へ CU Response を送信する。MN はこのパケットを受信したら CIT を図 6 (III) のように更新する。以後の通信パケットは新しい CIT の内容に従ってアドレス変換処理を行う。以上の動作により、MN が移動しても通信が継続することができる。

図 7 に MN が移動した後のアドレス変換処理の様子を示す。MN のアプリケーションは、自分のアドレスは A、相手端末は C だと認識している。MN の IP 層において自身が保持する CIT を参照して、そのパケットを送信元が移動後の IP アドレス (B)、宛先が GEP のアドレス (D) となるようにアドレスを変換し、GEP へ送信する。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

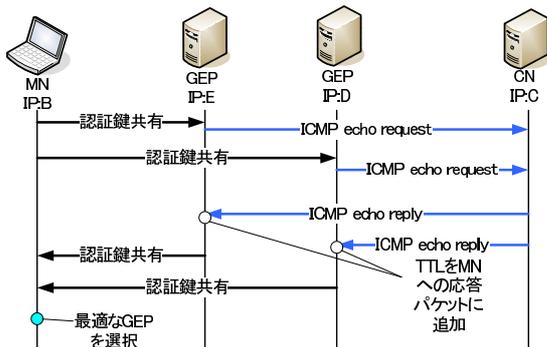


図 8 GEP を選択するための処理
Fig.8 Flow of choosing GEP.

アドレスを MN の IP アドレス (B) から GEP の IP アドレス (D) に、宛先 IP アドレスを GEP の IP アドレス (D) から CN の IP アドレス (C) 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。

3.3 GEP の複数設置

GEP は複数設置することが可能である。通信経路が最適に近くなるように、適切な GEP を選択することができる。図 8 に GEP が複数設置されていた場合に GEP を選択するための処理を示す。MN は CN との認証鍵共有により CN が一般端末であることを知る。そこで事前に登録した複数の GEP に対して、改めて CN のアドレス情報を付加した認証鍵共有パケットを送信する。それを受信した GEP は CN に対して ICMP echo request を送信する。GEP は CN からの Echo reply の TTL フィールドを参照することにより、CN までのホップ数を知ることができる。GEP は MN に対する認証鍵共有パケットの中に上記ホップ数の情報を付加する。MN は複数の応答パケットよりホップ数が一番短くなる GEP を選択することができる。

4. 比較評価

表 1 に既存技術と提案方式の比較を示す。提案方式は CN が Mobile PPC を非実装の場合だけ利用するため、第三の装置欄は △(GEP) とした。GEP の導入により、CN が Mobile PPC 非実装であっても移動透過性が可能となった。パケットサイズはアドレス変換するのみであり変わらない。さらに GEP を複数設置することにより最適な経路を選択することができる。これは GEP の障害対策を兼ねることにもなる。

表 1 既存技術と提案方式の比較

Table 1 Comparison of Existing Technologies

比較項目	Mobile IP	Mobile PPC	提案方式
特集な装置	×(HA)	○(不要)	△(GEP)
CN の実装	○(不要)	×(必要)	○(不要)
経路冗長	×(あり)	○(なし)	○(CN 実装) ×(CN 非実装)
パケットサイズ	×	○	○
経路選択機能	×		○

5. 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 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。今後は提案方式の実装と検討を進める。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金 (特別研究員奨励費 20・1069) の助成を受けたものである。

参考文献

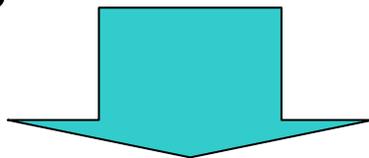
- 寺岡文男: インターネットにおけるノード移動透過性プロトコル, 電子情報通信学会論文誌, No.3, pp.308-328 (2004).
- Perkins, C.: IP Mobility Support for IPv4, RFC3220, IETF (2002).
- 竹内元規, 鈴木秀和, 渡邊 晃: エンドエンドで移動透過性実現する Mobile PPC の提案と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.12, pp.3244-3257 (2006).
- D. Johnson, Perkins, C., Arkko, J.: Mobility Support in IPv6, RFC3775, IETF (2004).
- 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*, Vol.2000.
- 相原玲二, 藤田貴大, 前田香織, 野村嘉洋: アドレス変換方式による移動透過インターネットアーキテクチャ, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, pp.3889-3897 (2002).
- Vixie, P., Thomson, S., Rekhter, Y. and Bound, J.: Dynamic Updates in the Domain Name System (DNS UPDATE), RFC 2136, IETF (1997).
- 瀬下正樹, 渡邊 晃: Mobile PPC における認証方式の実装, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2006) シンポジウム論文集, Vol.2006, No.6, pp.809-812 (2006).
- 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 (2006).

プロキシ中継型Mobile PPC の検討

名城大学 理工学研究科
張 冰冰 鈴木秀和 渡邊晃

研究背景

- モバイル端末の普及
- 無線ネットワーク環境の発展
 - いつでもどこからでも自由にネットワークに接続したい
- 通信中に他のネットワークに移動すると
 - IPアドレスが変化
 - 通信が切断される



端末が移動しても通信に影響しない
移動透過性

移動透過性を実現する技術

- IPv6に対応
 - Mobile IPv6
 - LINA
 - MAT
- IPv4に対応
 - Mobile IPv4
 - Mobile PPC

IPv6はまだ普及していない

IPv4の移動透過性が重要

本発表ではIPv4の移動透過性技術を中心に検討

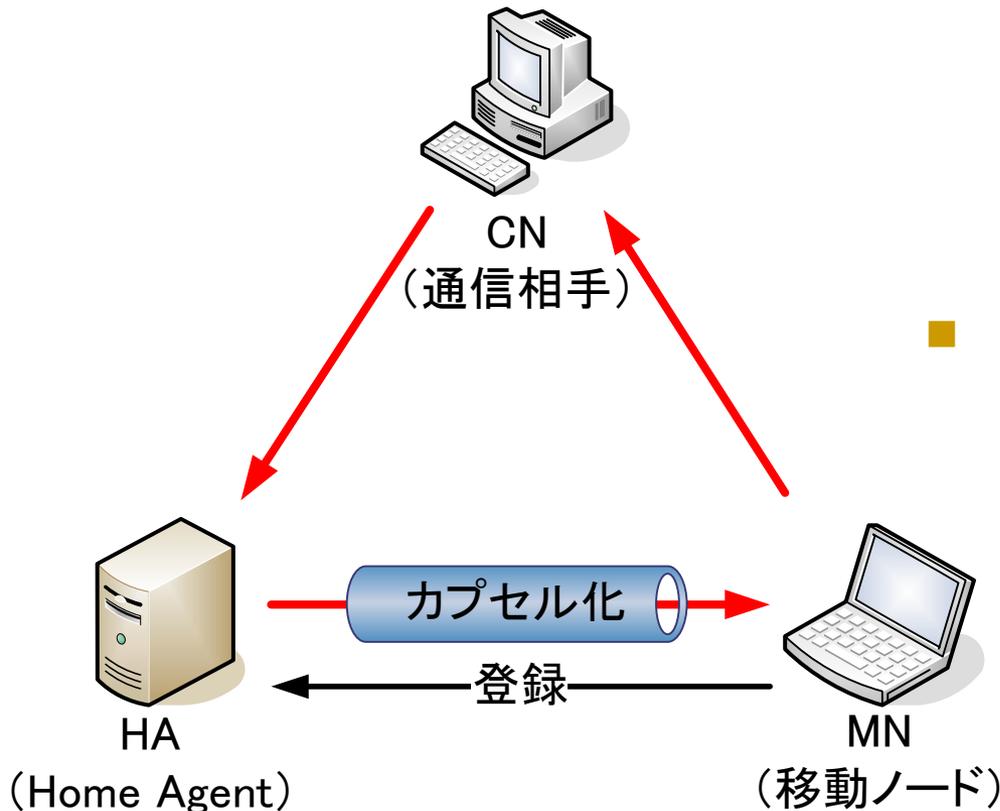
既存技術 Mobile IPv4

■ 動作概要

- MNは現在のIPアドレスをHAへ登録する
- HAはCNからMN宛のパケットを代理受信してMNに転送
- MNからCNには直接送信

■ Mobile IPの課題

- 通信経路が三角経路
- 特殊な装置(HA)が必須
- MNとHA間でカプセル化
- パケットがルータにより廃棄される可能性



Mobile PPC とは

(Mobile Peer to Peer Communication)

■ Mobile PPC

- エンドエンドで移動透過性を実現するプロトコル

■ 特徴

- 第三装置が不要
- 経路の冗長がない
- カプセル化不要
- ルータに廃棄されることはない

Mobile PPCの位置づけ

◆ ノード到達性

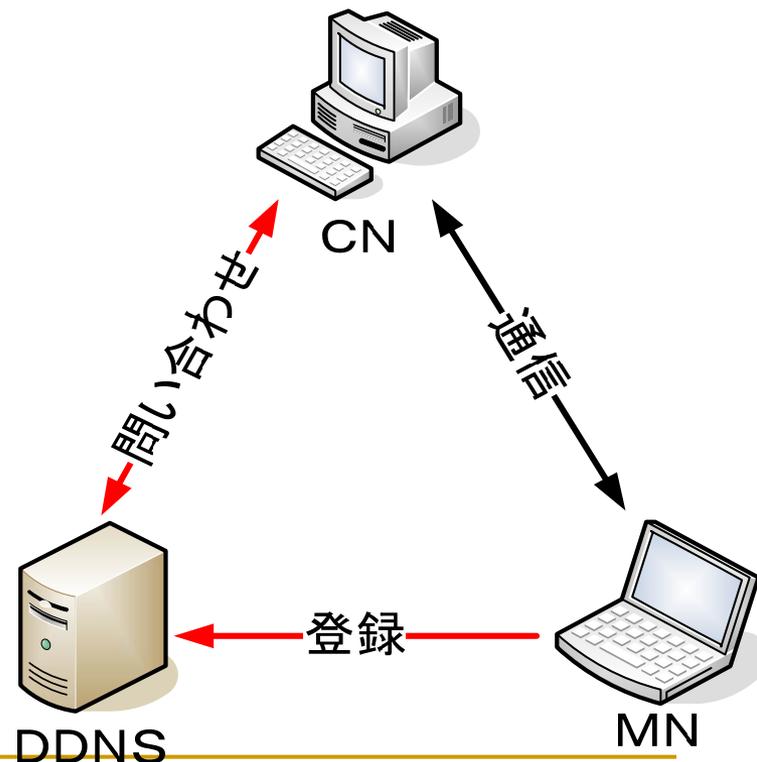
- ◆ 相手がどこにいても通信の開始ができること → DDNSを利用

◆ 通信継続性

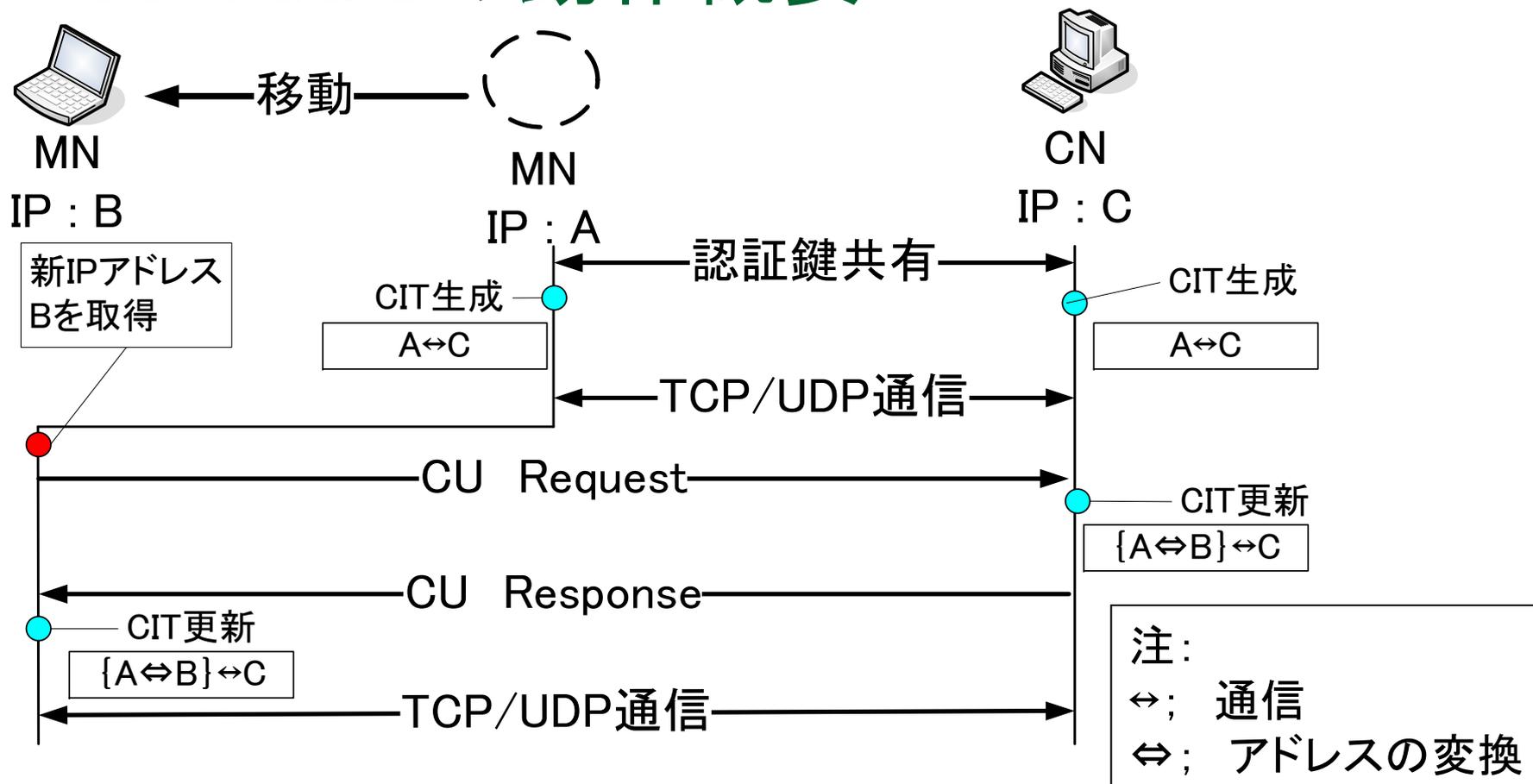
- ◆ 端末移動しても、通信を継続できること → Mobile PPCを使用

◆ DDNS(Dynamic DNS)

- ◆ ホスト名とアドレスの関係を動的に管理
- ◆ DNSの延長技術
- ◆ 既に実用化

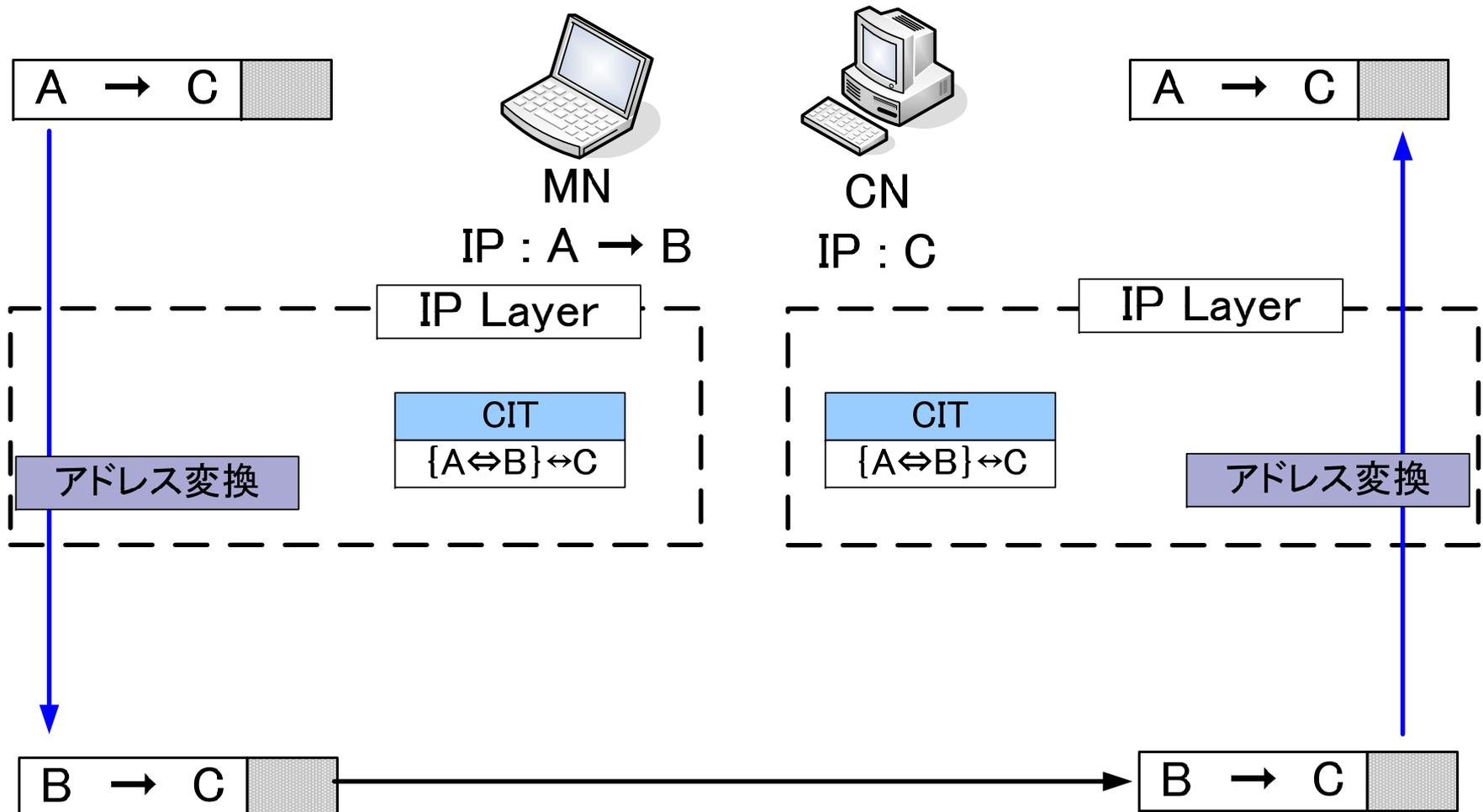


Mobile PPCの動作概要



- 移動前後のIPアドレスの対応関係を示したアドレス変換テーブル
 - → **CIT (Connection ID Table)**
- IPアドレスの変化を相手に通知するパケット
 - → **CU (CIT UPDATE)**

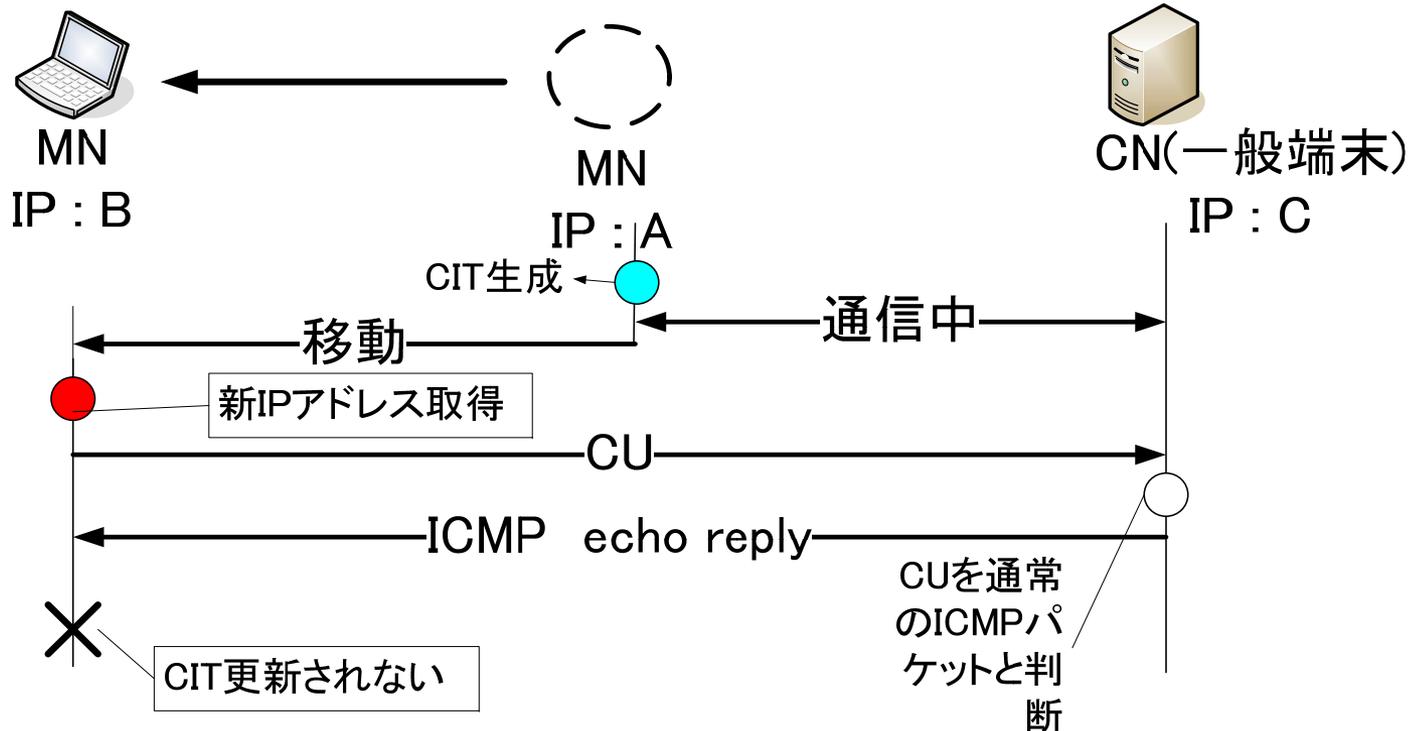
Mobile PPCによるアドレス変換



- IPアドレスの変化を上位層から隠蔽し、通信の継続が可能

注: A → C ; AからCへの送信を示す

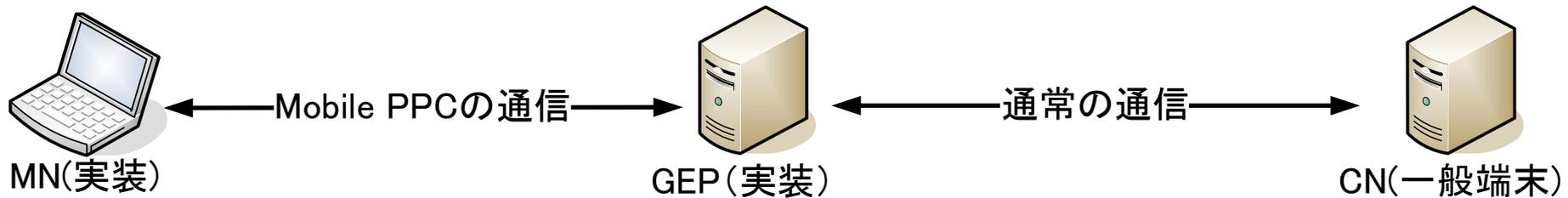
Mobile PPCの課題



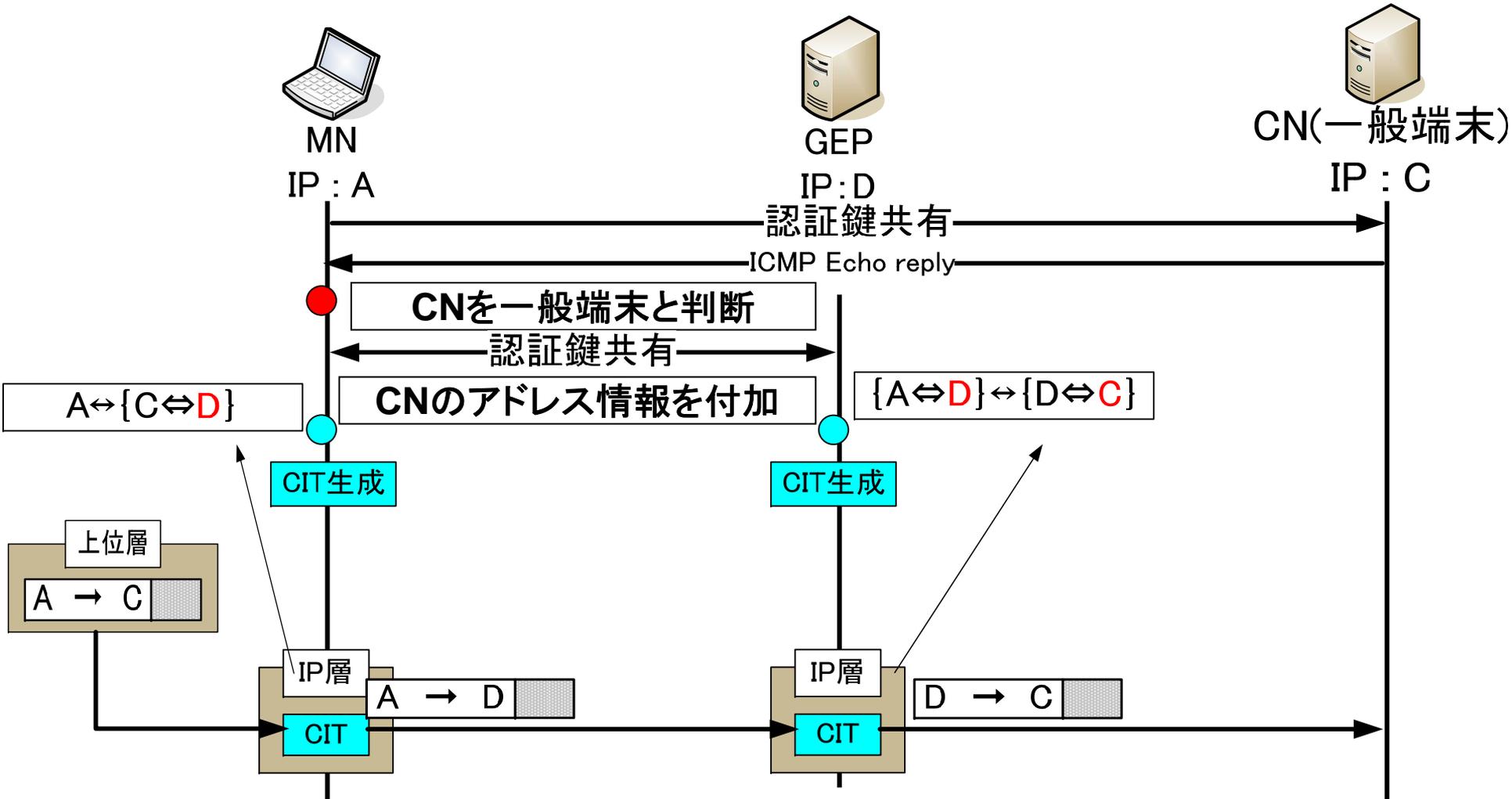
- 両端末が共にMobile PPCを実装していないと移動後に通信の継続ができない
- 相手端末がインターネット上の一般サーバである場合 Mobile PPC を実装していない

提案方式

- 相手端末がMobile PPCを実装していない場合
 - Mobile PPCのプロキシ型**GEP**(GSCIP Element for Proxy)を中継して移動後の通信を維持する
 - Mobile PPCを実装しており, CITテーブルを保持
 - CNは通信相手がGEPのように見える
 - GEPは複数設置が可能



提案方式(移動前)



提案方式(移動後)



MN
IP: A

移動

MN
IP: B

新IPアドレスBを取得

$A \leftrightarrow \{C \leftrightarrow D\}$



$\{A \leftrightarrow B\} \leftrightarrow \{C \leftrightarrow D\}$

上位層

A → C

IP層

B → D

CIT



GEP
IP: D

$\{A \leftrightarrow D\} \leftrightarrow \{D \leftrightarrow C\}$

CU

CU Response

CIT更新



$\{B \leftrightarrow D\} \leftrightarrow \{D \leftrightarrow C\}$

IP層

D → C

CIT

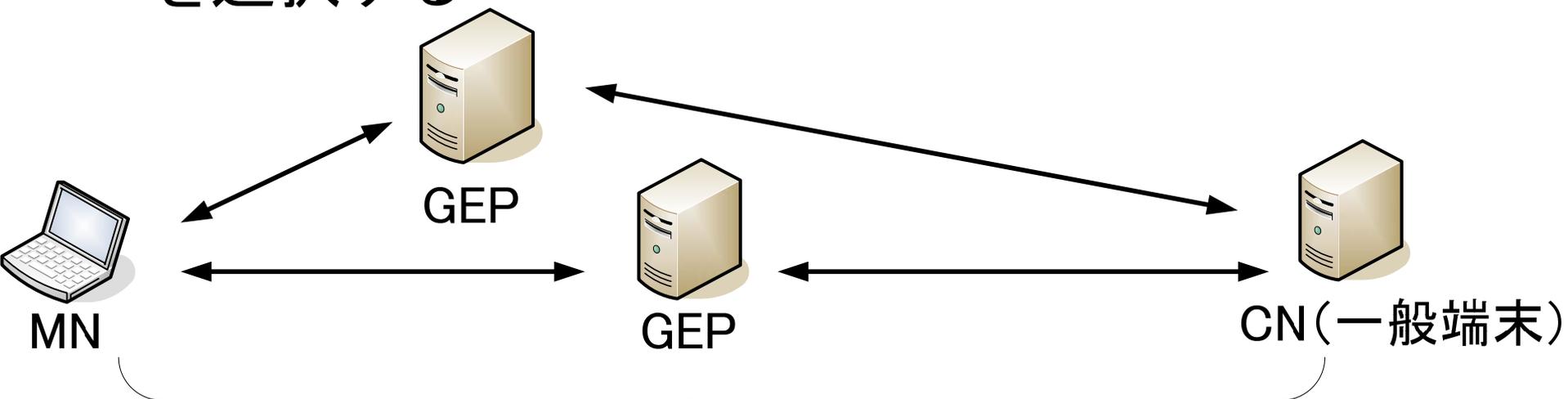
CN(一般端末)

IP: C

通信相手がMobile PPCを実装していない一般端末の場合でも
通信を継続させることが可能となる

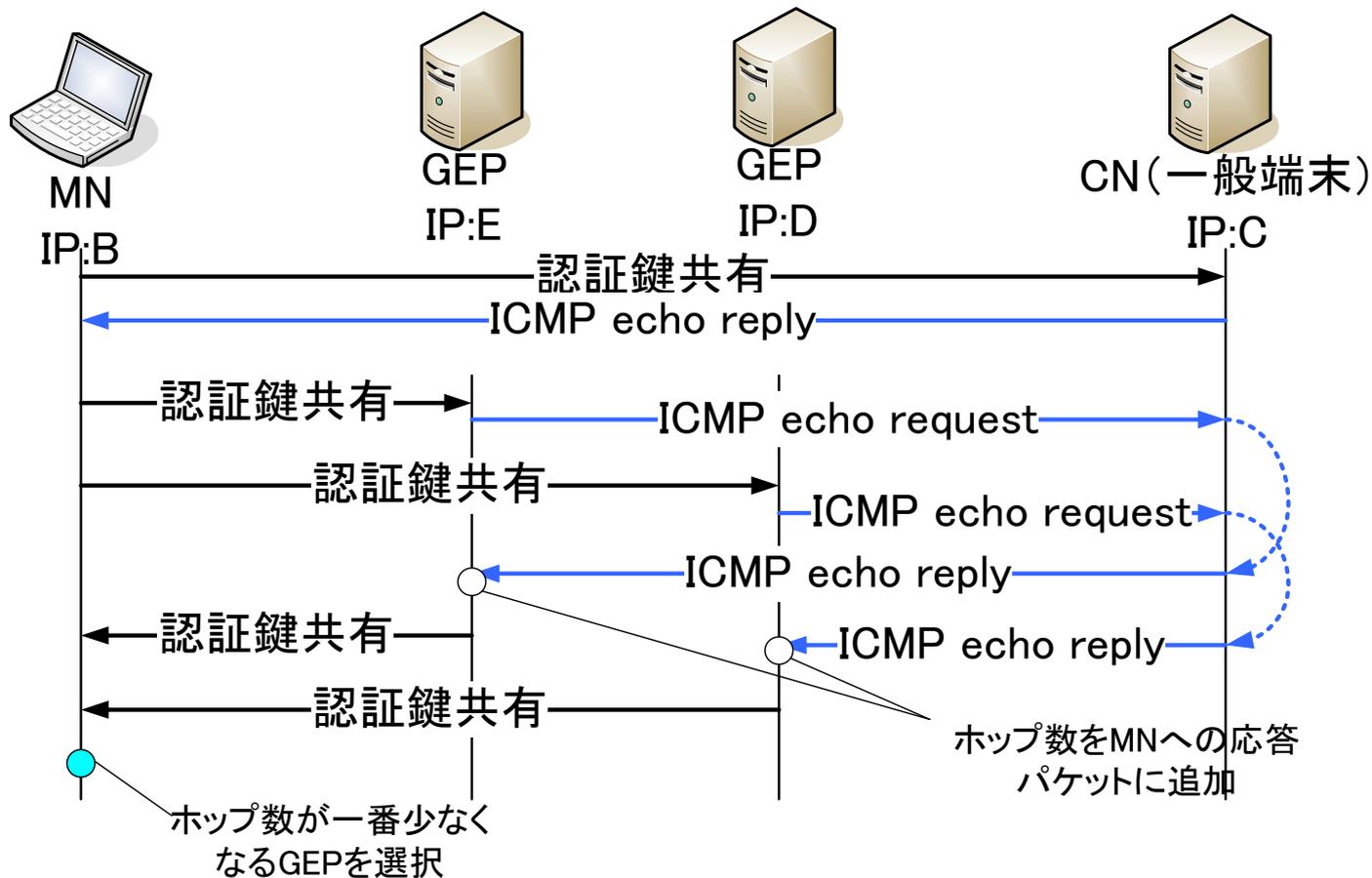
GEPの複数設置

- GEPは複数設置することが可能である
- 通信経路が最適に短くなるように、適切なGEPを選択する



ホップ数が一番少なくなるように、GEPを選択する

GEPの複数設置



- MNとGEP間のホップ数+GEPとCN間のホップ数

TTLを参照してホップ数を計算

- ICMP echo replyのTTL初期値
 - OSの種類に依存した生成規則がある
 - 多くの場合 64、128、255

OS	TTL
Solaris 7	255
Windows 2000	128
Windows XP	128
windows server 2003	128
Freebsd 6.1	64
Freebsd 5.5	64
fedora core 4	64

比較評価

■ 既存技術との比較評価

比較項目	Mobile IPv4	Mobile PPC	提案方式
特殊な装置	× (HA)	○ (不要)	△ (GEP) *
CNの実装	○ (不要)	× (必要)	○ (不要)
経路冗長	× (あり)	○ (なし)	○ (CN 実装) × (CN 非実装)
パケットサイズ	×	○	○
選択機能	×	—	○

* **GEPはCNが一般端末の時だけ使われる**

まとめ

- Mobile PPCを実装していない一般端末との移動透過な通信を可能にする方法を提案
 - GEP(GSCIP Element for Proxy)を用いてIP層でCITを利用してアドレス変換
- 今後
 - GEP選択方法の継続検討
 - 提案方式の実装

補足資料