

# プロキシ中継型 Mobile PPC

073432022 張 冰冰  
渡邊研究室

## 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 IP[2], Mobile PPC[3], IPv6 対応には Mobile IPv6, LIN6, MATなどが提案されている。移動透過性の研究は、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。

IPv4 対応の代表技術 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 (Mobile Node, 以下, MN) の IP アドレスの管理を行う。また通信相手端末 (Correspondent Node, 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 の移動前後のアドレス情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 の機能を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。

本論文ではこの課題を解決するために新たにプロキシ型装置 GEP(GE for Proxy) を導入する。本提案では、CN

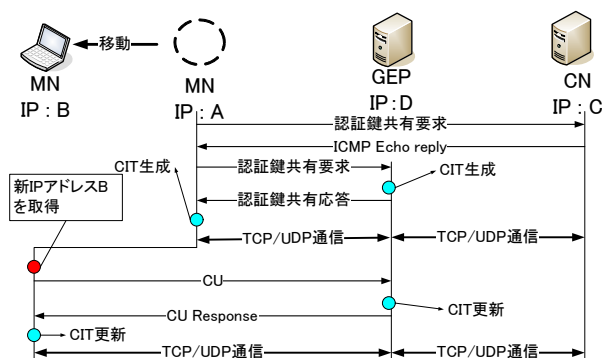
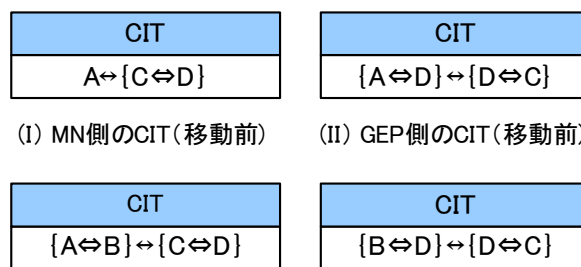


図 1: プロキシ中継型 Mobile PPC の通信シーケンス



注: A ↔ B AとBの通信. A ↔ B AとBのアドレス変換.

図 2: GEP 生成される CIT の内容

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 提案方式

図 1 にプロキシ中継型 Mobile PPC の通信シーケンスを示す。図 2 に MN と GEP が生成する Mobile PPC のアドレス変換テーブルを示す。このテーブルを以後 CIT(Connection ID Table) と呼ぶ。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。認証鍵は MN が移動時に MN と CN が相互確認を行うために使用する共通鍵である。認証鍵共有シーケンスは ICMP 上で定義されている。CN は Mobile PPC を実装していないので、認証鍵共有要求パケットに対して 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 との間で新たに認証鍵共有を開始する。GEP の IP アドレス D はあらかじめ MN に登録しておく必要がある。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 2 (I) のように通信相手が GEP となるような情報

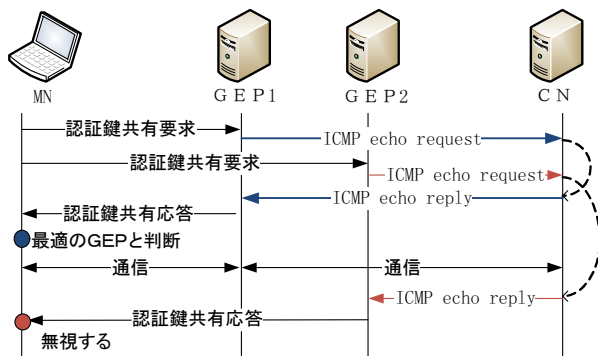


図 3: GEP を選択するための処理

が生成される。GEP 側の CIT には、図 2 (II) のように 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 1 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 2 (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 2 (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 が移動しても通信を継続することができる。

図 3 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 との認証鍵共有処理により CN が一般端末であることを知る。そこで MN は事前に登録してある複数の 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要求を送信する。それを受信した各 GEP はそれぞれ CN に対して ICMP echo request を送信する。GEP は CN からの ICMP echo reply を受信した後、MN に認証鍵共有応答を送信する。MN は一番最初に認証鍵共有応答を受信した GEP を最適な GEP として決定することができる。その後 GEP を経由することで CN との通信を始める。GEP は他 GEP からの認証鍵共有応答を後から受信しても無視する。

### 3 実装方式

2 章で述べた提案方式基本の部分で FreeBSD6.1 の IP 層に実装し、動作検証を行った。MN には既存の Mobile PPC モジュールに実装判断機能と GEP 用のネゴシエ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 を実装しているかどうかを判断する機能で、認証鍵共有要求に対する応答が認証鍵共有応答である場合 Mobile PPC 実装端末と判断し、CN との間で Mobile PPC の通信を行う。応答が ICMP echo reply であれば、一般端末と判断し、GEP との間で認証鍵共有を行う。

GEP のモジュール構成を図 4 に示す。CIT 生成をするために既存の認証鍵共有モジュールに CIT 操作モジュールを追加した。このモジュールでは認証鍵共有処理を終えた後に CIT 検索及び生成処理を行う。また、GEP においては、Mobile PPC モジュールの呼び出し方法以下のように変更を加えた。MN における Mobile PPC は、パケット受信時には ip\_input から、パケット送信時には ip\_output から Mobile PPC を呼び出し、アドレス変換処理を終えたら

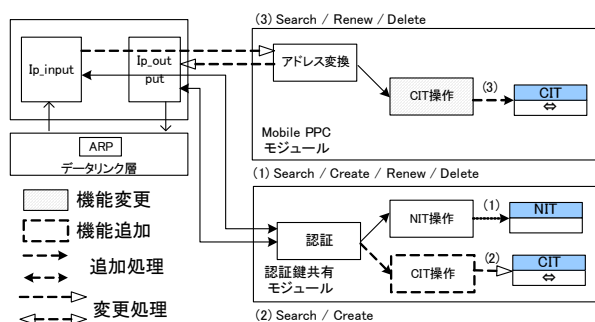


図 4: GEP モジュール構成

表 1: 既存技術と提案方式の比較

比較項目	Mobile IP	Mobile PPC	提案方式
第三装置	×(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	×	○	○
パケット破棄される	×(あり)	○(なし)	○(なし)

差し戻す形をとっている。しかし、GEP の場合は、パケットを中継する必要があるため、図 4 のように、ip\_input から Mobile PPC モジュールを呼び出した後、アドレス変換を終えたら、トランスポート層でなく ip\_output に処理を渡す。ip\_output 側からは Mobile PPC モジュールを呼び出さずそのまま送信する。この方法により、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。GEP は移動しないため、移動管理の機能は不要である。

### 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△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。

### 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。今後は更なる検討を行う。

### 参考文献

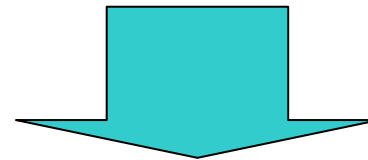
- [1] 寺岡文男: インターネットにおけるノード移動透過性プロトコル, 電子情報通信学会論文誌, No. 3, pp. 308-328 (2004).
- [2] Perkins, C.: IP Mobility Support for IPv4, RFC 3220, IETF (2002).
- [3] 竹内元規, 鈴木秀和, 渡邊 晃: エンドエンドで移動透過性を実現する Mobile PPC の提案と実装, 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 12, pp. 3244-3257 (2006).

# プロキシ中継型Mobile PPC

名城大学 理工学研究科 情報科学  
張 冰冰

# 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
  - 上位層ではIPアドレスが通信識別子の一部に用いられており, 通信中に移動すると
    - IPアドレスが変化
    - 上位層に別の通信と判断され
    - 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

- LIN6

(Location Independent Networking for IPv6)

- MAT

(Mobile IP with Address Translation )

## ■ 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

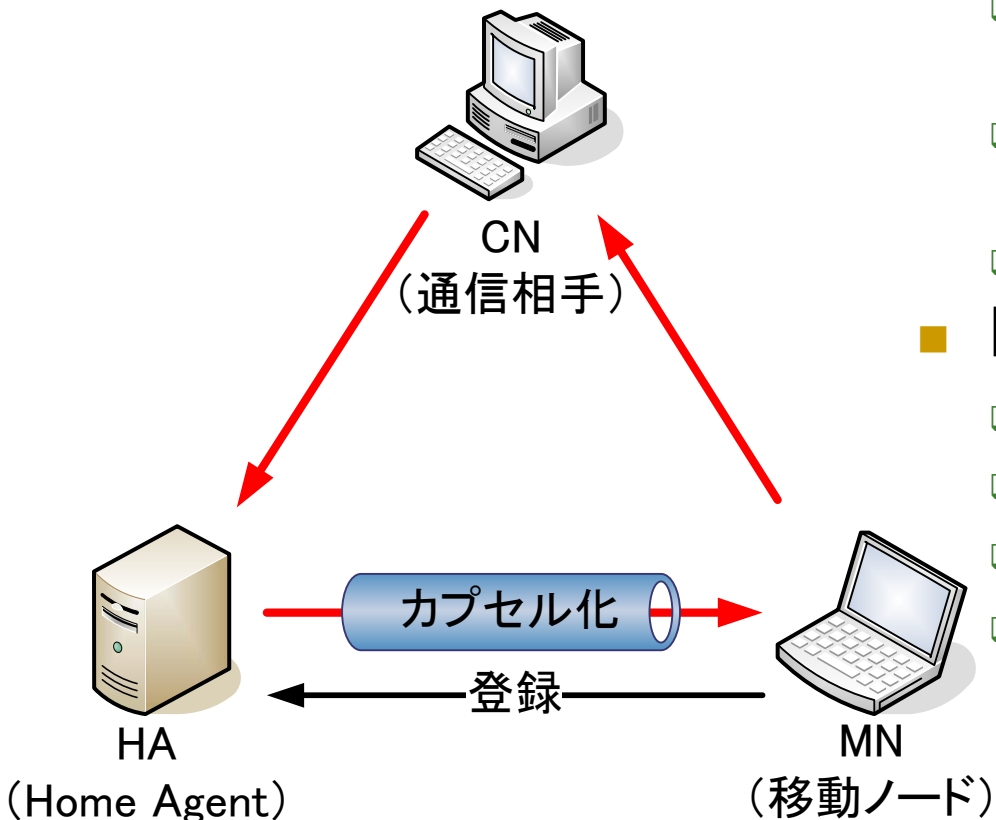
# 既存技術 Mobile IPv4

## ■ 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 IPv4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
- Mobile IPの欠点を解決
  - 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

## ◆ 通信開始時

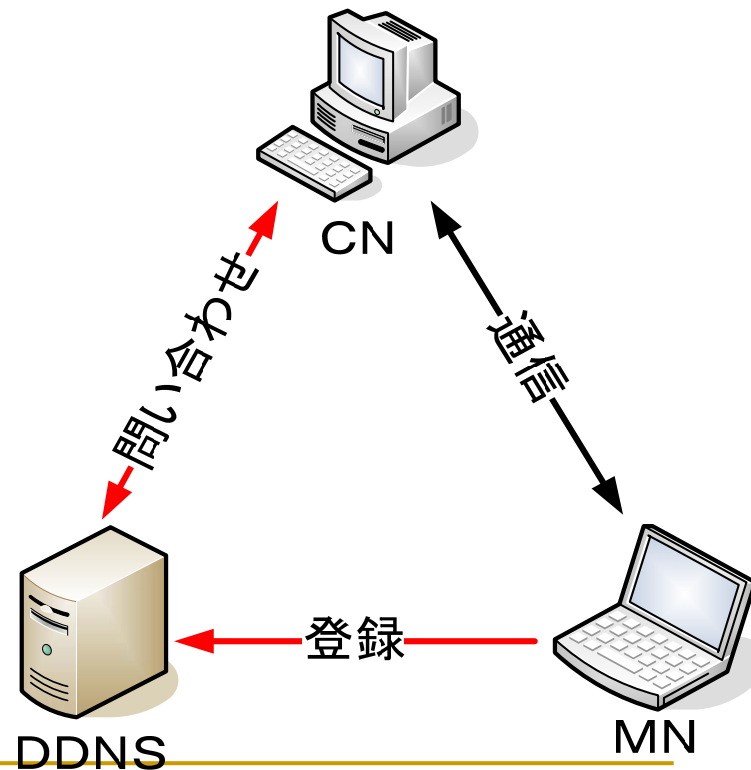
- ◆ 相手がどこにいても通信の開始ができること → **DDNS**を利用

## ◆ 移動後の通信を継続

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

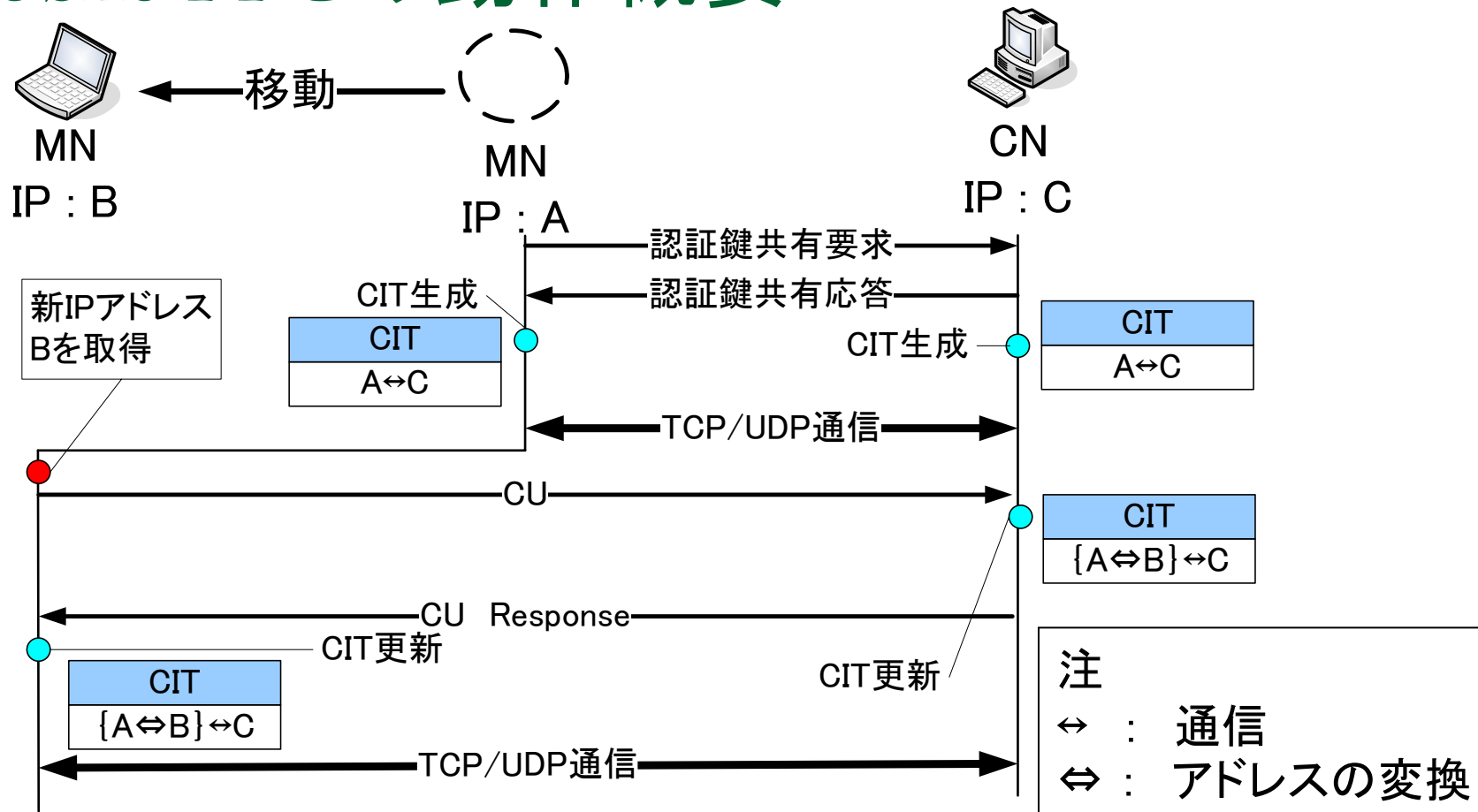
## ◆ **DDNS(Dynamic DNS)**

- ◆ 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



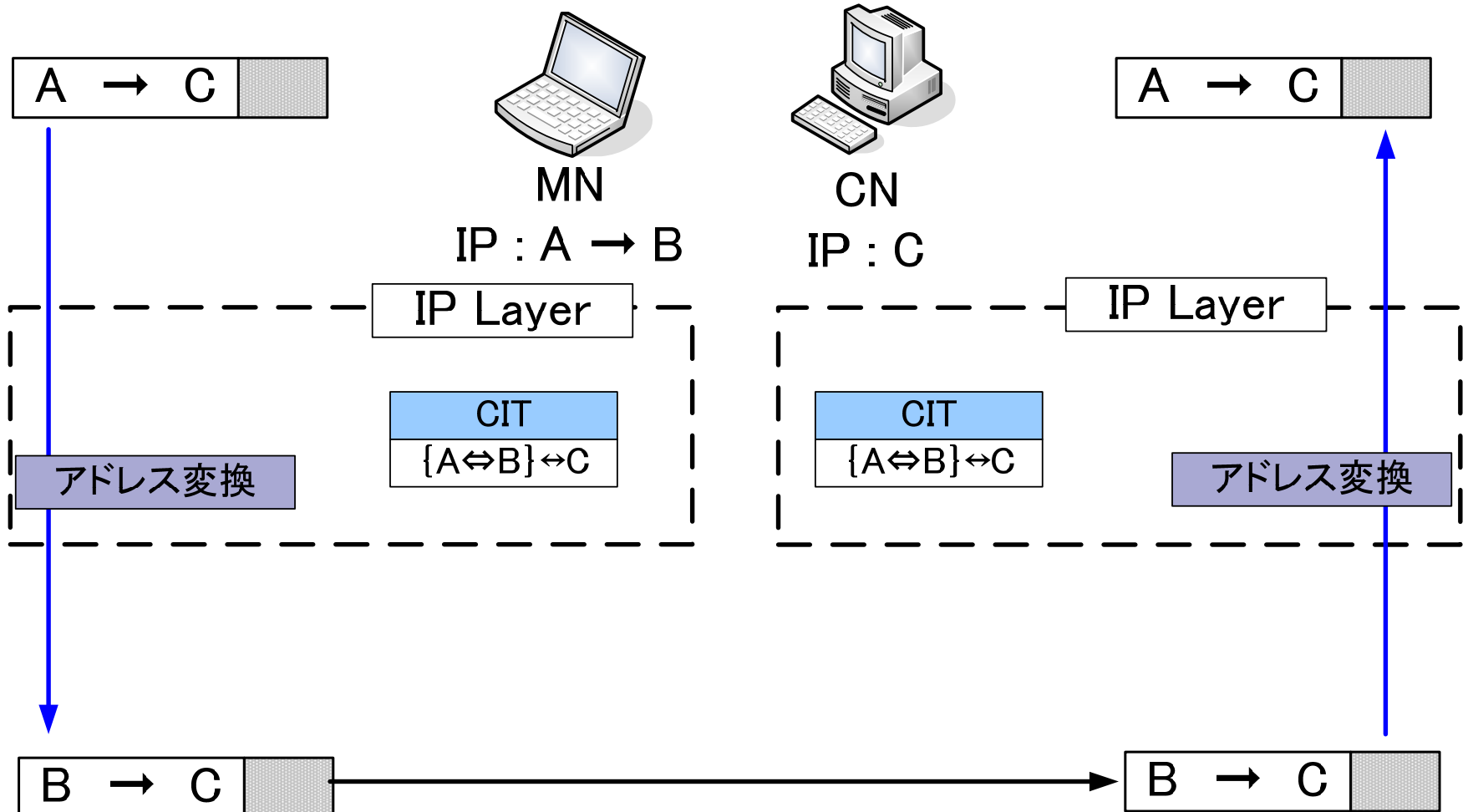


# Mobile PPCの動作概要



- 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)**

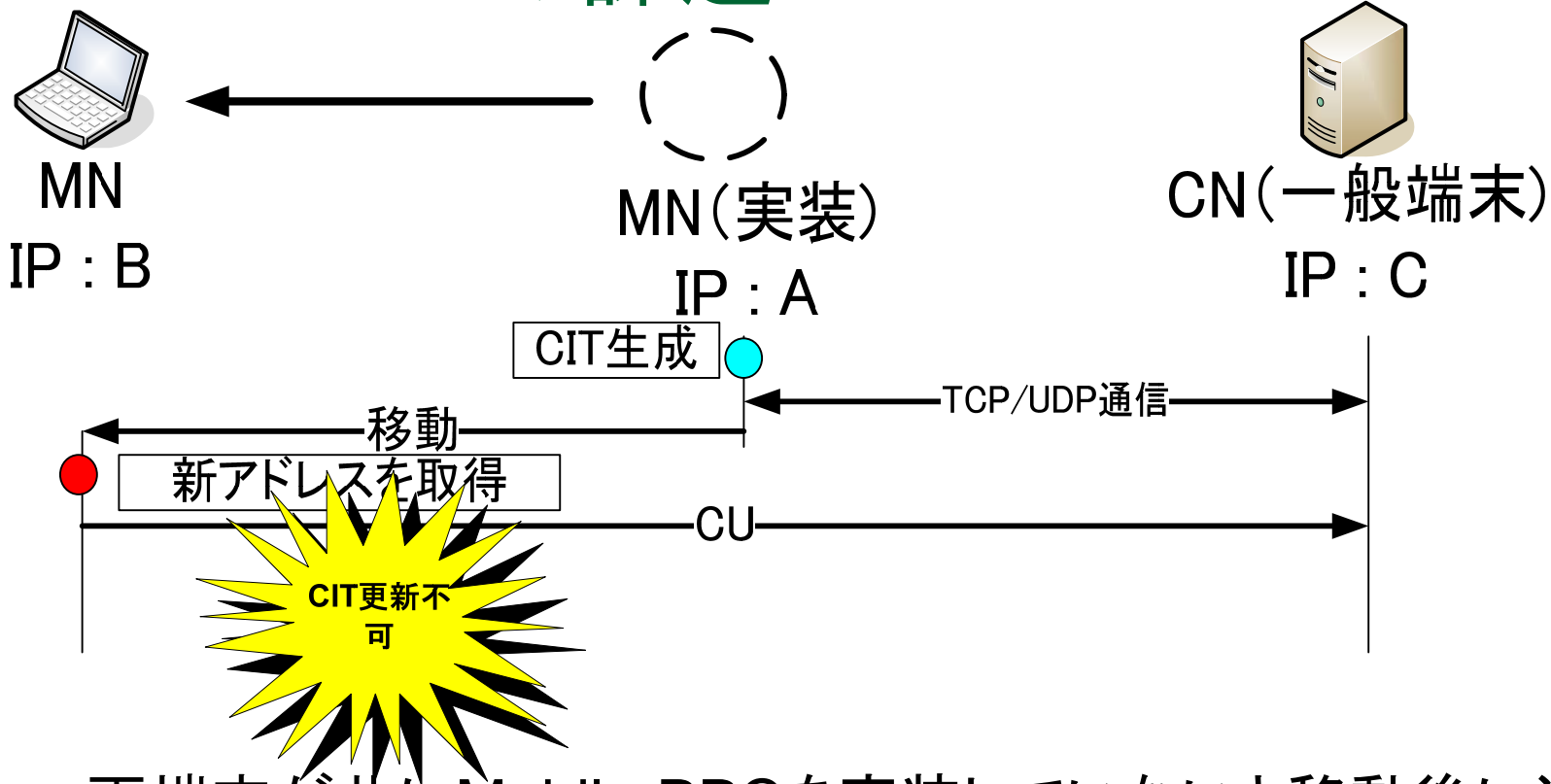
# Mobile PPCによるアドレス変換



- 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

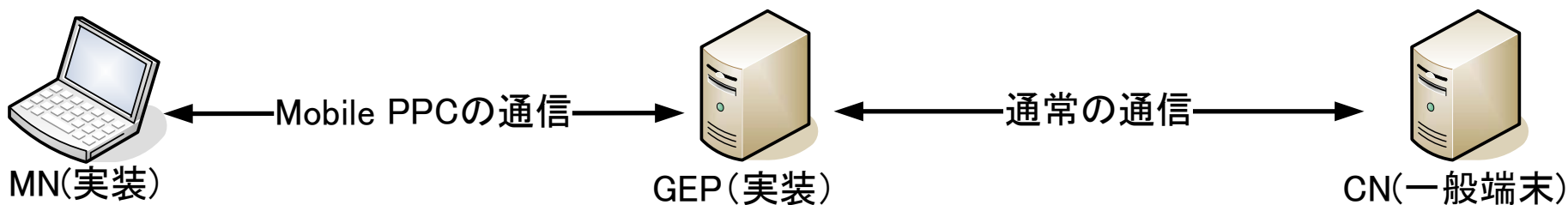
# Mobile PPCの課題



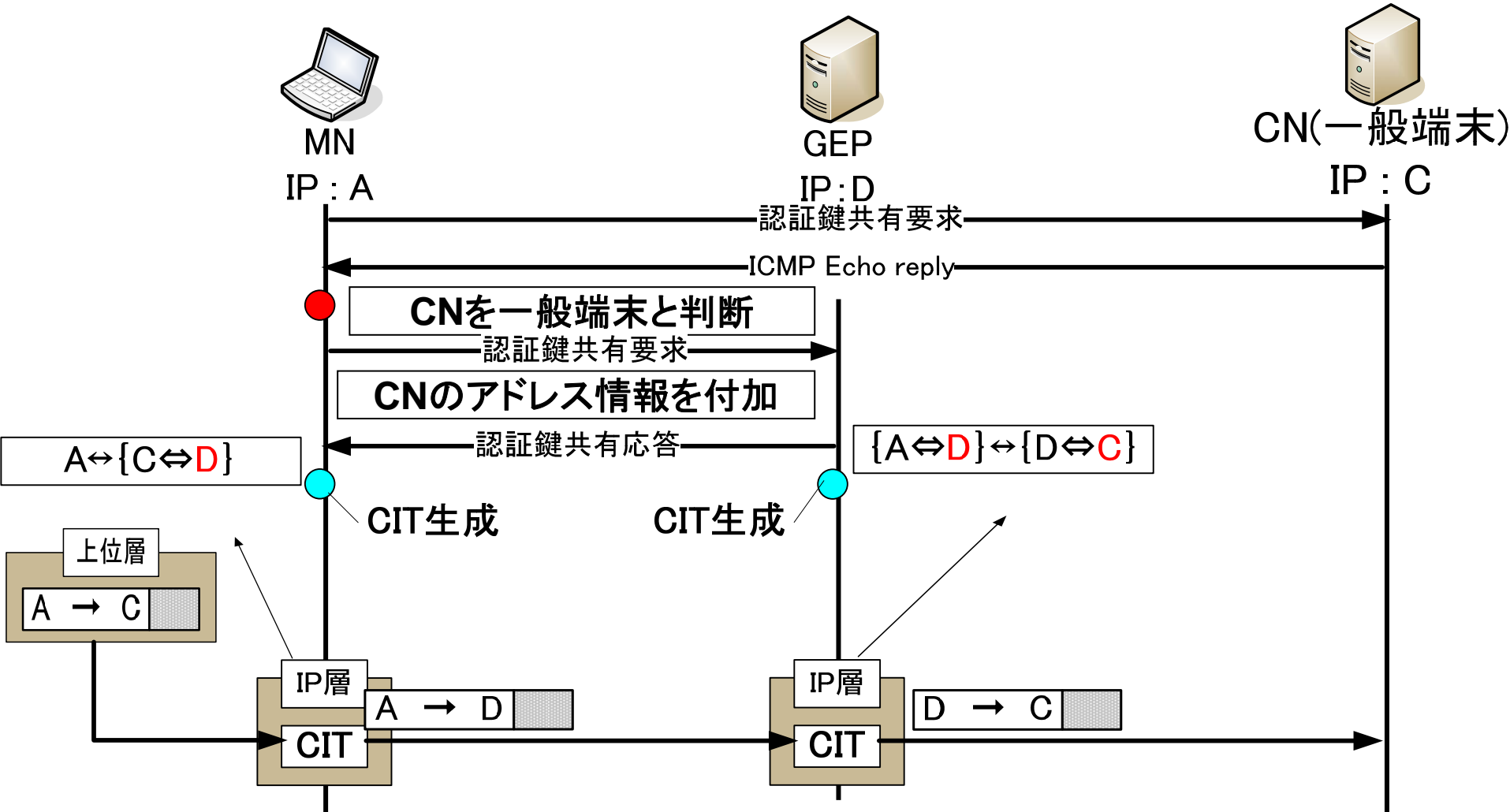
- 両端末が共にMobile PPCを実装していないと移動後に通信の継続ができない
- 相手端末がインターネット上の一般サーバである場合 Mobile PPC を実装していない

# 提案方式

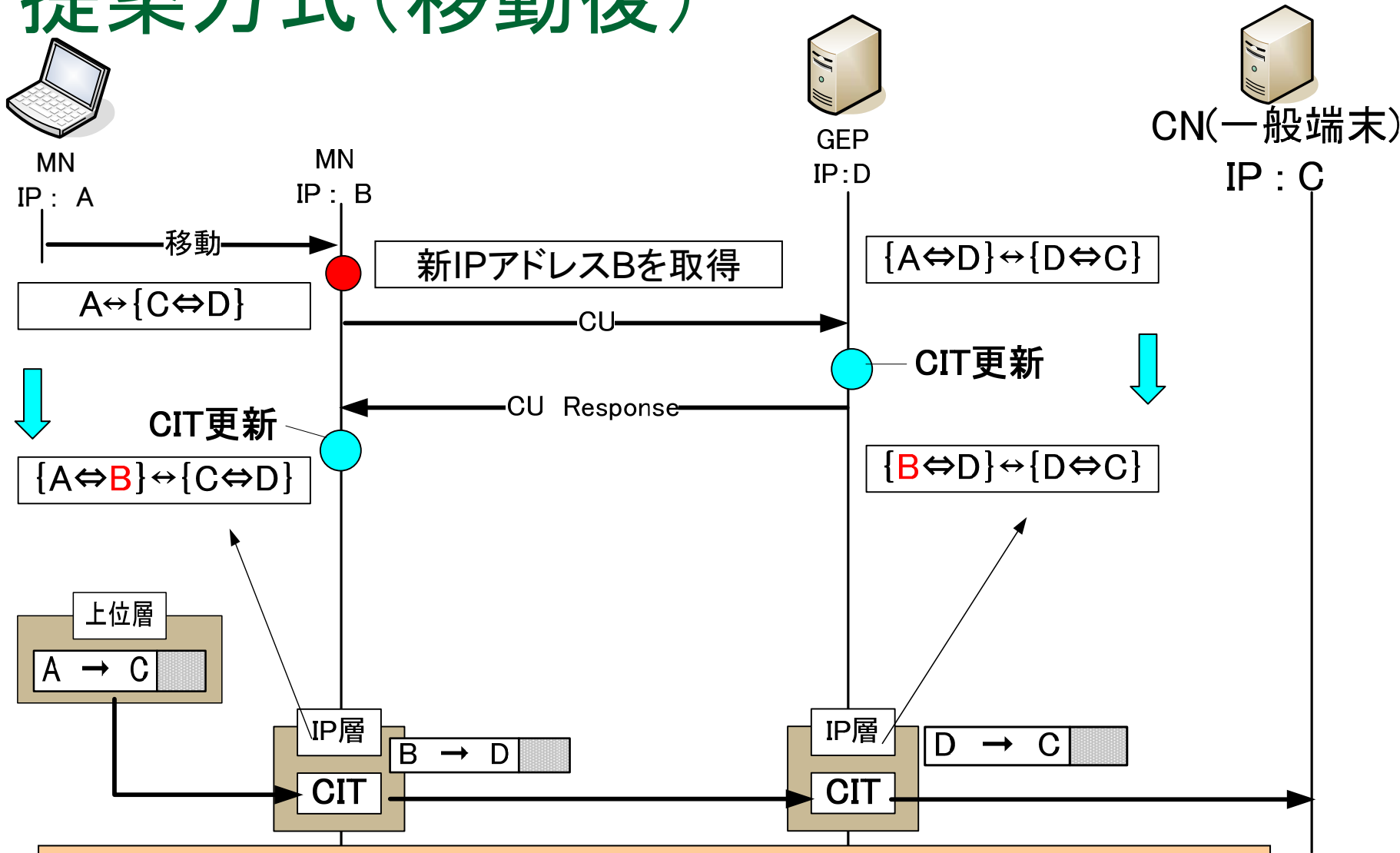
- 相手端末がMobile PPCを実装していない場合
  - Mobile PPCのプロキシ型**GEP**(GSCIP Element for Proxy)を中継して移動後の通信を維持する
    - Mobile PPCを実装しており, CITテーブルを保持
    - CNは通信相手がGEPのように見える
    - 複数設置が可能,適切なGEPを選択できる



# 提案方式(移動前)



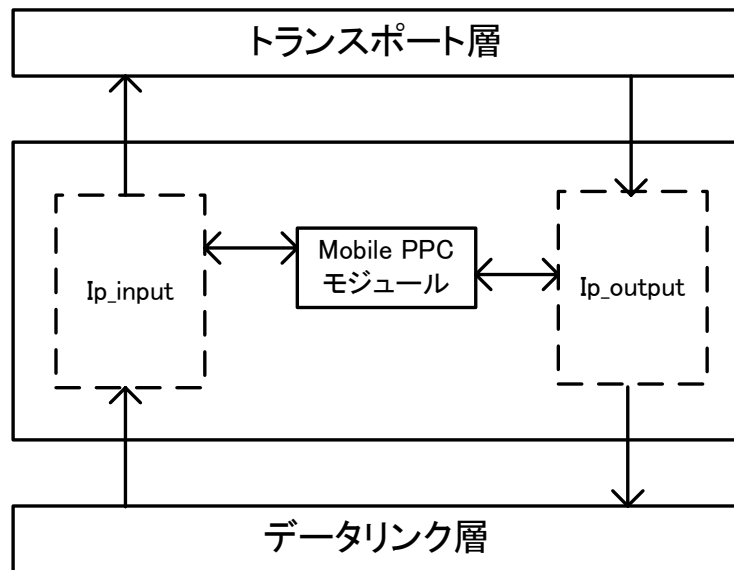
# 提案方式(移動後)



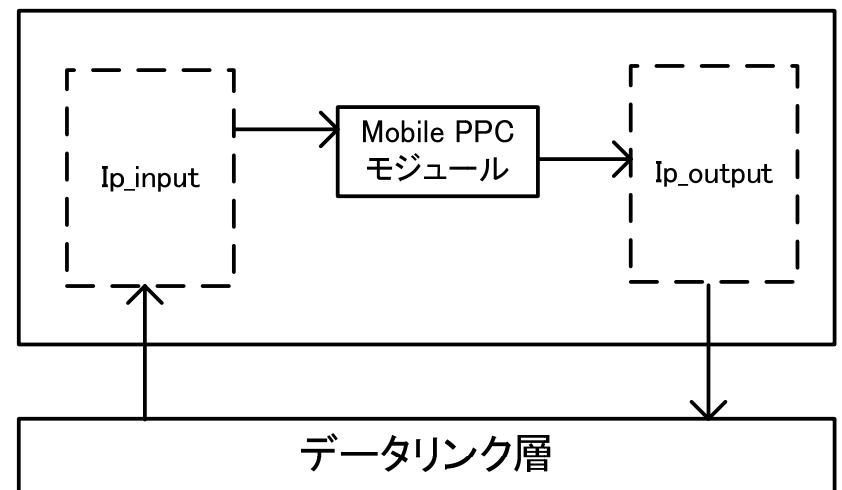
通信相手がMobile PPCを実装していない一般端末の場合でも  
通信を継続させることが可能となる

# 実装方式

## Freebsd 6.1



通常のMobile PPCモジュール



GEPのモジュール

# 性能測定

1. MNとCN直接通信

2. GEPを経由したMNとCNの通信

	スループット [Mbps]					
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均値
MN⇒CN	92.1	92.6	92.7	92.4	92.2	92.4
MN⇒GEP⇒CN	89.6	91.5	89.6	89.6	89.6	89.98
スループット低下	2.5	1.1	3.1	2.8	2.6	2.42
スループット低下率	0.027	0.012	0.033	0.03	0.028	0.0262

同じネットワークの場合低下率平均2.62%



# オーバーヘッド測定

## ■ 通信開始時におけるオーバーヘッド

	通信開始時におけるオーバーヘッド [ $\mu\text{sec}$ ]					
端末	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均値
MN	49	53	49	48	49	49.6

平均値49.6  $\mu\text{sec}$

# 比較評価

## ■ 既存技術との比較評価

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	×	○	○
パケット破棄される	×(あり)	○(なし)	○(なし)

\* **GEPはCNが一般端末の時だけ使われる**

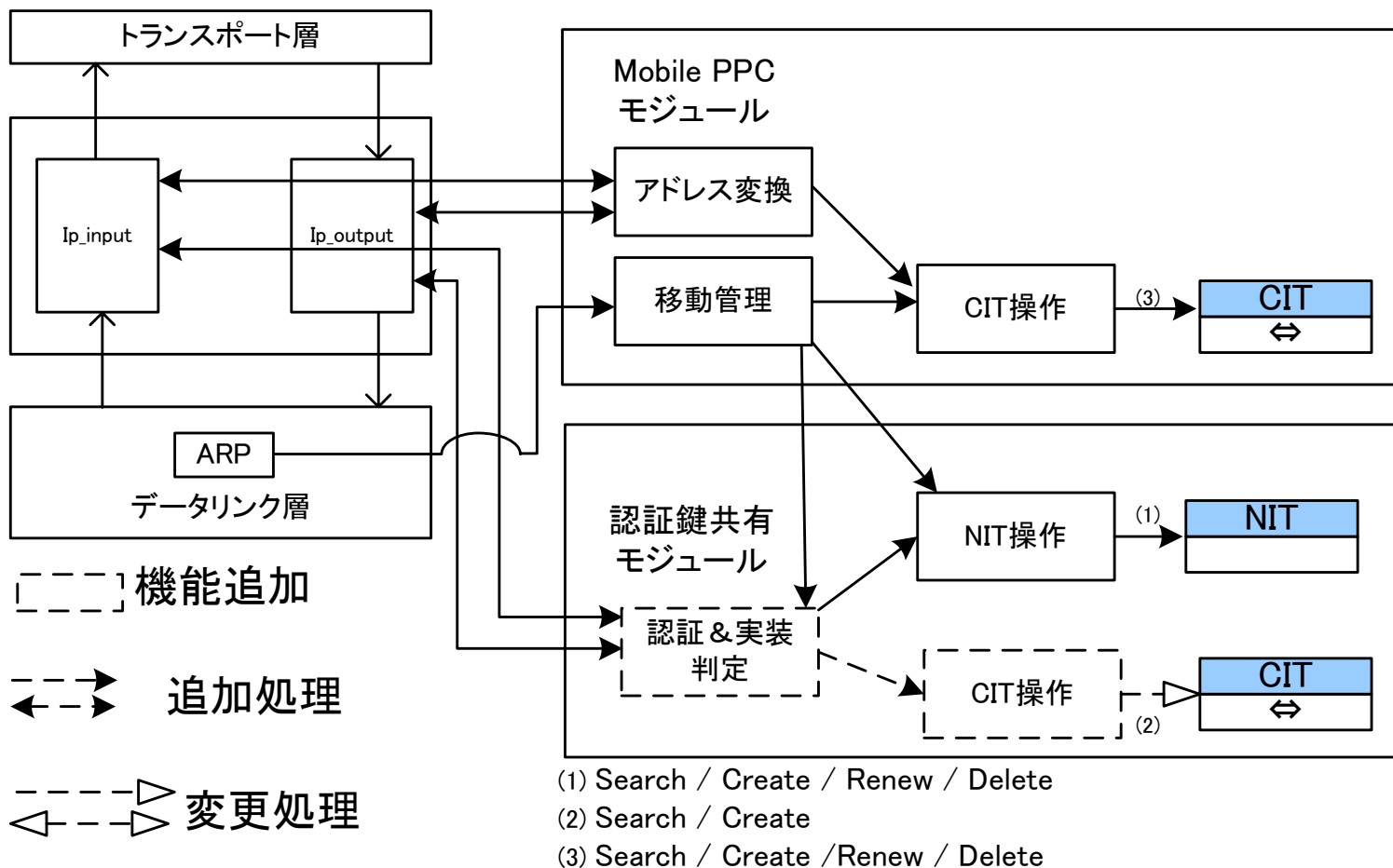
# まとめ

- 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
  - 性能測定
  - 更になる検討



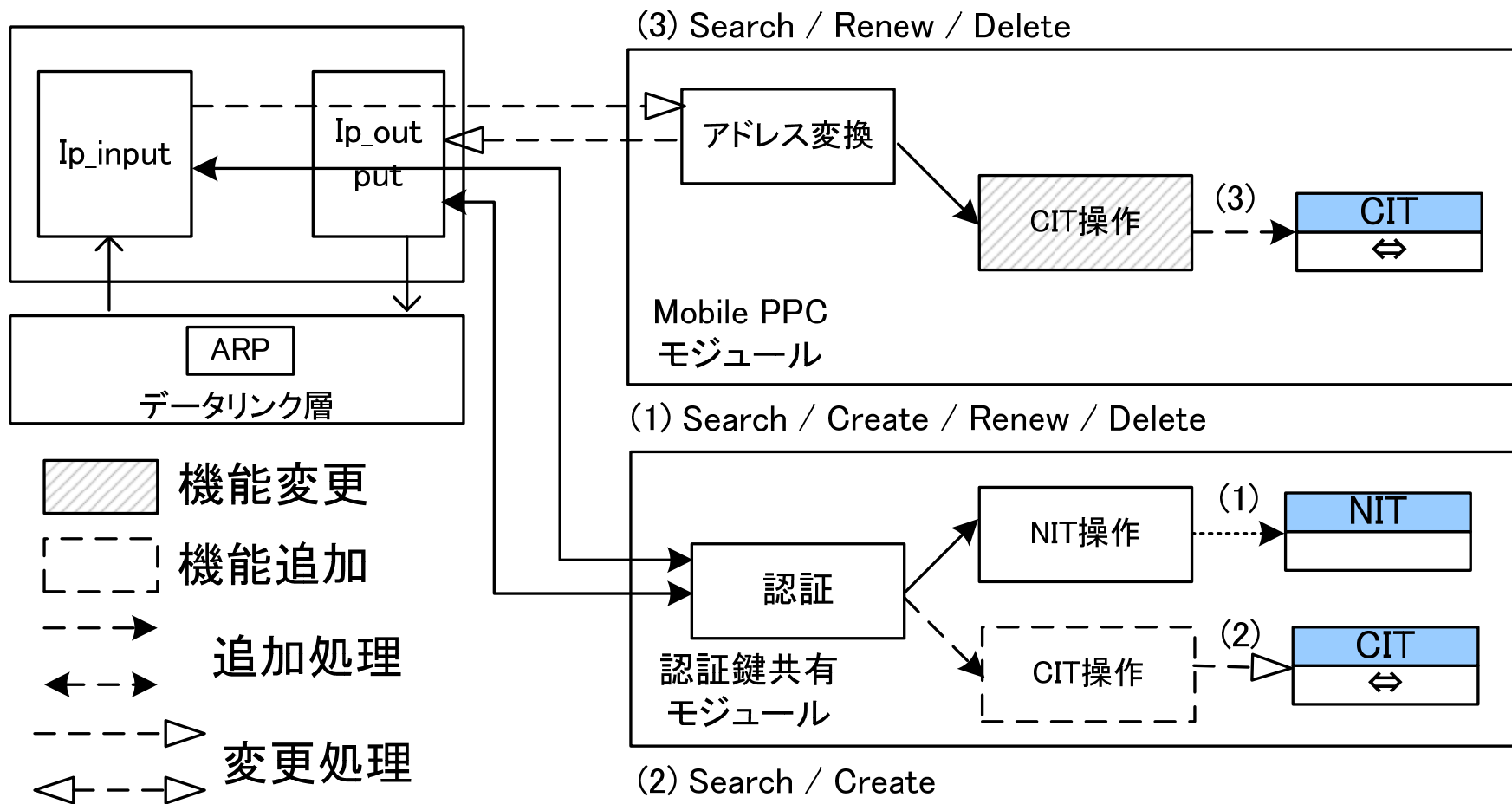
# 実装方式

## MNのモジュール構成



# 実装方式

## GEPのモジュール構成

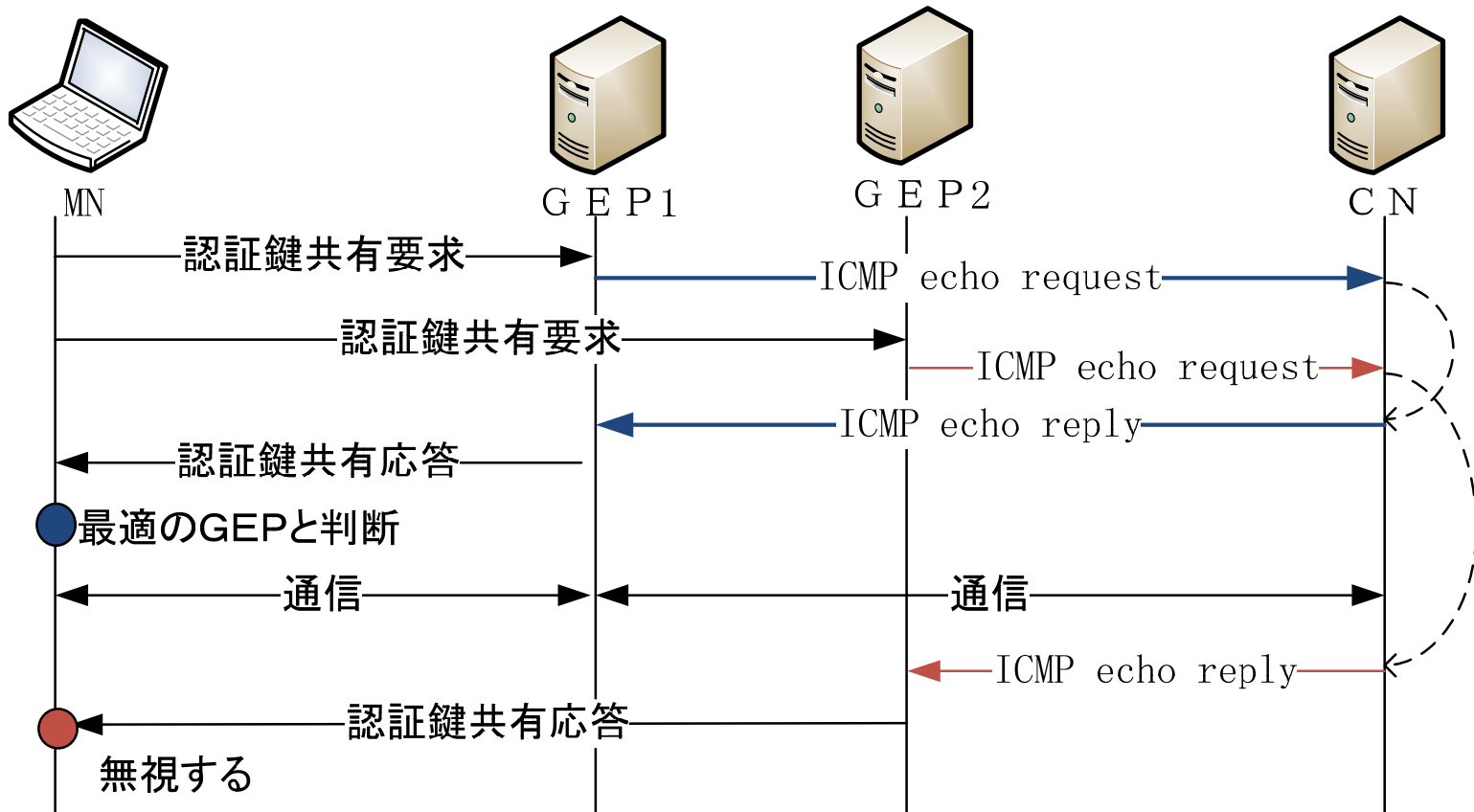


---

# GEPの複数設置

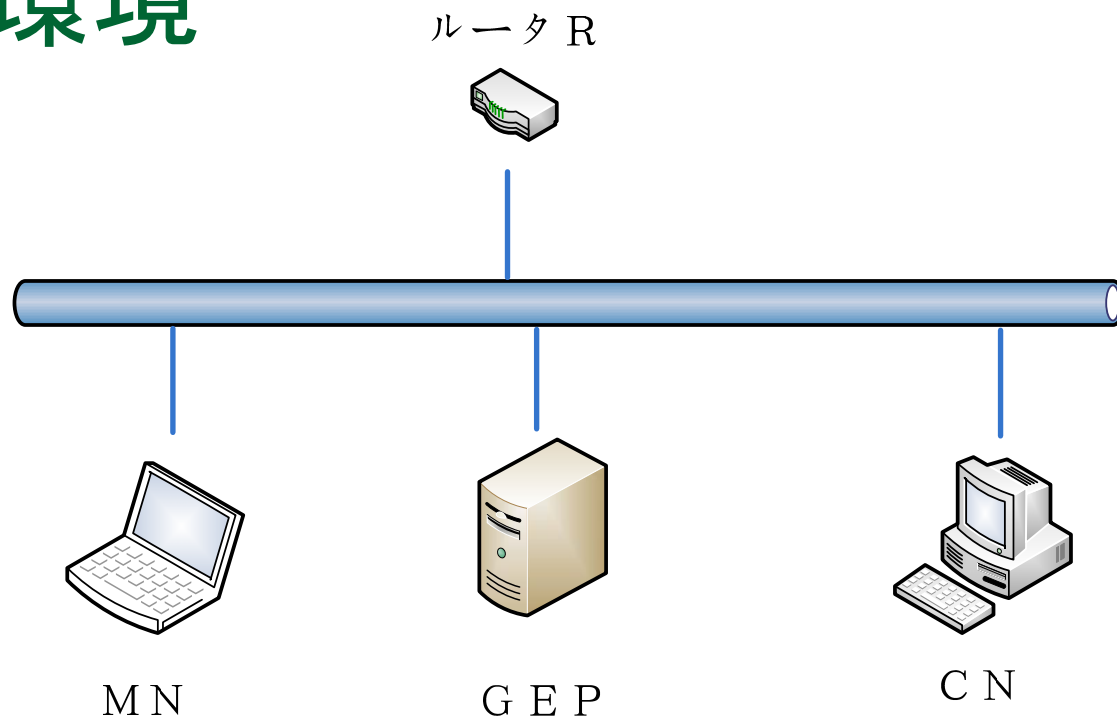
- GEP は複数設置することが可能である
- 通信経路が最短となるように、適切なGEP を選択する

# GEPの選択処理





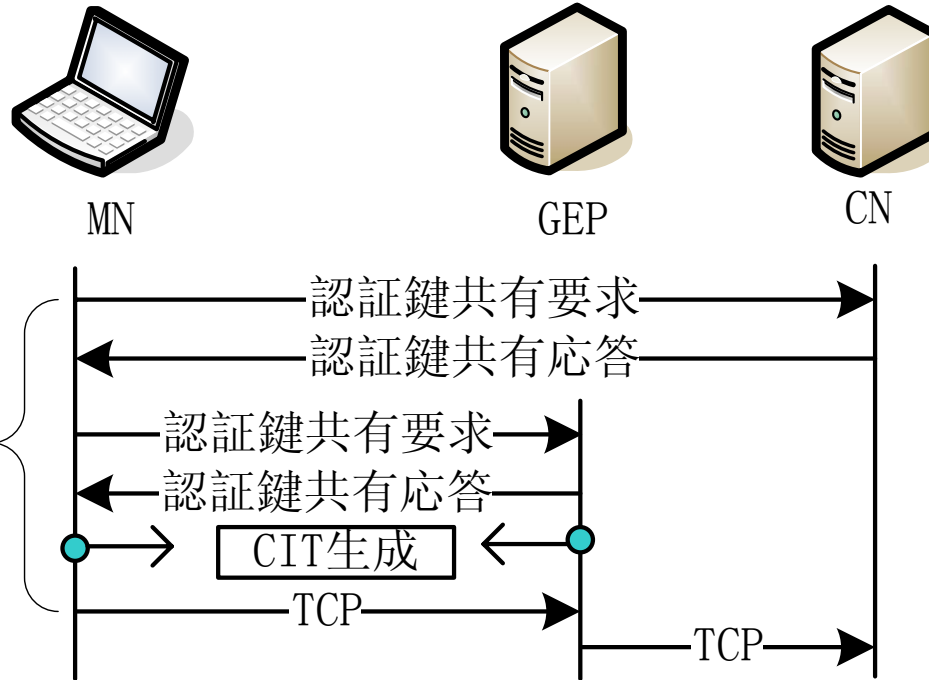
# 実験環境



	MN	GEP	CN
CPU	Inter Pentium4 2.40GHz	Inter Pentium4 1.80GHz	Inter Core2 2.4GHz
メモリ	512MB	1GB	2GB
Ethernet	100baseTX	100baseTX	100baseTX
OS	Freebsd 6.1	Freebsd 6.1	windows xp sp3

# オーバーヘッド測定

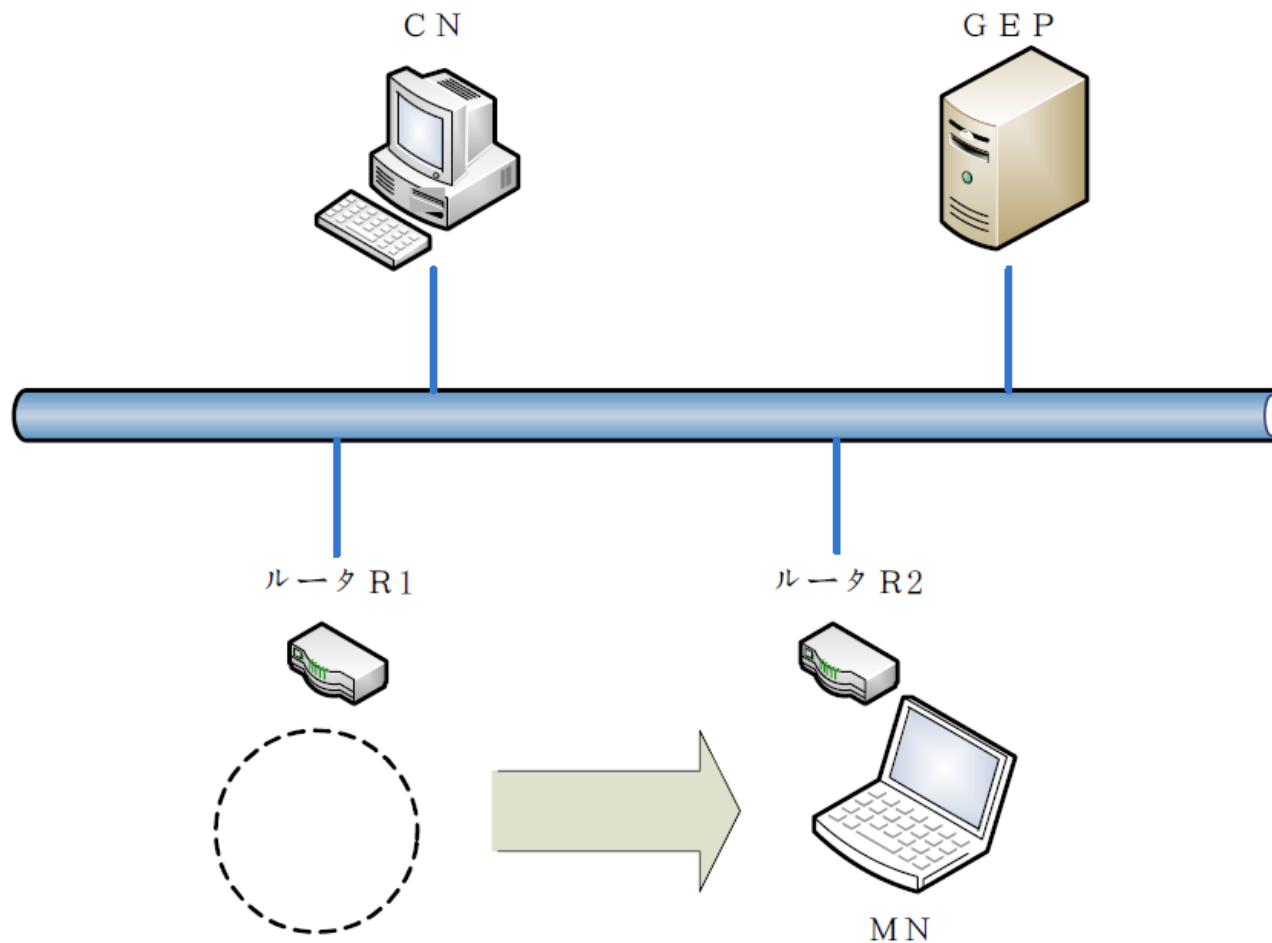
## ■ 通信開始時におけるオーバーヘッド



平均値  
49.6  $\mu$  sec

通信開始時におけるオーバーヘッド [ $\mu$ sec]						
端末	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均値
MN	49	53	49	48	49	49.6

# 動作確認



MNの移動先に**DDNS**を設定しており