

端末移動時におけるパケットロスレスハンドオーバーの提案

063432007 金本 綾子
渡邊研究室

1. はじめに

無線 LAN やインターネットの急速な普及により、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を実現するために、移動しながら通信を行える環境が要求されている。しかし、インターネットでは端末が移動すると IP アドレスが変化するため、通信が継続できないという問題がある。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[1]。そこで、我々は エンド端末だけで移動透過性を実現できる Mobile PPC[2]の研究を行っている。

しかしながら、移動透過性の機能が IP 層レベルで仮に実現できたとしても、移動時の通信断絶時間やパケットロスが大きく、そのままでは実用的ではないという課題がある。そこで、本研究では端末に無線インタフェースカードを 2 枚搭載し、Mobile PPC をターゲットとして、ハンドオーバー時にもパケットロスを極力減らす方法を検討した。

提案方式を実装し、動作確認と性能測定を実施した結果、通信に与える負荷は十分に小さく、無線 LAN インタフェースを 1 枚使用する場合と比較しても消費電力においてほとんど影響がなく実現可能であることが分かった。

2. Mobile PPC とハンドオーバーの現状

Mobile PPC では、通信開始時の IP アドレスの解決（初期 IP アドレスの解決）にはダイナミック DNS (DDNS) を適用する。通信開始後、一方の端末が移動したとき、アドレスがどのように変化したかを知る方法（継続 IP アドレスの解決）として、Mobile PPC による移動通知処理を用いる。図 1 に Mobile PPC における移動情報の通知を示す。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テーブルを保持する。通信中に一方の端末の IP アドレスが変化すると、エンド端末でその変化情報を交換し、CIT の内容を更新する。このために使用する packets を CU (CIT Update) および CU Response と呼ぶ。以後の通信はこのテーブルの内容に従って IP 層でアドレス変換を行う。

ネットワークアドレスが異なるネットワーク間の移動（以後 エリア間ハンドオーバー）の現状を図 2 に示す。図 2 は MN が通信しながらハンドオーバーを実行し、ハンドオーバー終了後に移動先の AP を介して通信を再開するまでの流れを示している。MN は AP からの信号強度が一定レベルより低くなると当該 AP とのアソシエーションを切断する。次に、MN はチャネルスキャンを行い、利用可能な AP を探す。MN は最適な

AP を選択し再接続処理を実行する。上記チャネルスキャンと再接続処理時間は AP と MN の組み合わせにより大きく異なり、40ms ~ 600ms の時間を要する。チャネルスキャンと、再接続処理は、AP を切り替える際に常に発生する動作である。再接続処理が完了すると、MN は新 AP から取得した ESS-ID を確認し、以前と値が異なる場合はネットワークが変わったと判断し、DHCP サーバより新 IP アドレスを取得する。IP アドレス取得処理には最低でも約 2 ~ 5 秒の時間を要する。OS と DHCP サーバの相性によっては数十秒を要することもある。この間は IP アドレスが定まらないので通信を行うことができない。IP アドレスの取得を完了すると、Mobile PPC の移動通知処理により両端末の CIT の更新を行う。移動通知処理時間には、MN と通信相手の CIT 更新時間、CU パケットおよび CU Response パケットの伝送時間が含まれるが、全てを含めても 514 μ 秒程度で終了し、ほとんど無視できる。

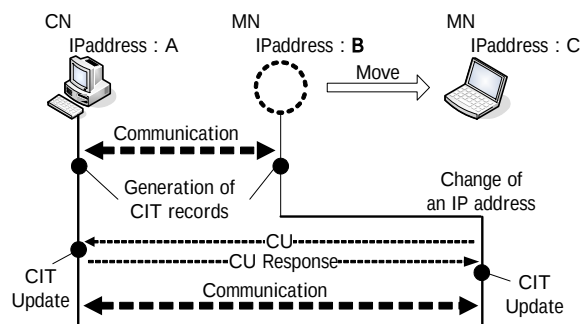


図 1 Mobile PPC における移動情報の通知

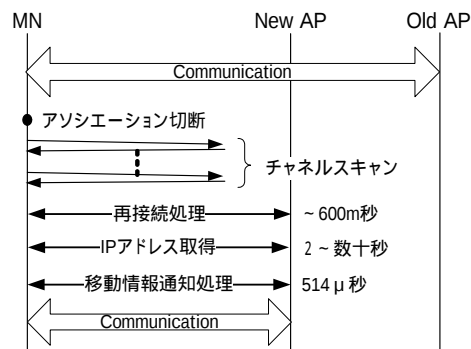


図 2 エリア間ハンドオーバーの現状

3. 提案方式

図 3 に提案方式のエリア間ハンドオーバーを示す。MN はカード 1 で Old AP に接続し、通信を行っているものとする。ここではもう一枚のインタフェースカードはスリープ状態としている。スリープ状態とは省

電力状態で、パケットやフレームの送信、受信を一切遮断している。MN はカード 1 で通信中に、カード 1 を用いて接続中の Old AP の信号クオリティを測定する。信号クオリティが低下し通信の状態が不安定になる前にハンドオーバを実行できるように、通信に適する信号クオリティの閾値 α を設けておく。Old AP の信号クオリティが一定時間、閾値 α より低くなると、MN はカード 1 による通信を維持しながらカード 2 のスリープを解除する。次にチャネルスキャンを実行して接続可能な AP を探索し、信号クオリティが最も強い AP を次に接続する New AP と定める。さらに、MN は New AP の ESS-ID を調べることによって、ネットワークが Old AP と同一か否かを判断する。

Old AP が所属するネットワークと同一の場合、ネットワークアドレスは変化していないものと判断し、カード 2 をスリープの状態に戻す。次に通信中のカード 1 と Old AP との接続をいったん切断した後、New AP に対して再接続処理を実行しカード 1 での通信を継続する。

New AP が Old AP の所属するネットワークと異なる場合は図 3 に示す動作を実行する。MN はカード 1 による通信を継続しながら、カード 2 により New AP と接続し、DHCP サーバから新 IP アドレスを取得する。次にカード 2 を用いて Mobile PPC の移動通知処理を実行して両エンド端末の CIT を更新する。移動情報通知処理後は、新 IP アドレスを持つカード 2 で通信が行われる。カード 1 は一定時間後に Old AP とのアソシエーションを切断する。カード 1 でのアソシエーションをしばらく残す理由は、旧 IP アドレス宛のパケットも MN が受信できるようにするためである。MN はカード 1 と Old AP とのアソシエーションを切断した後はカード 1 をスリープ状態にする。

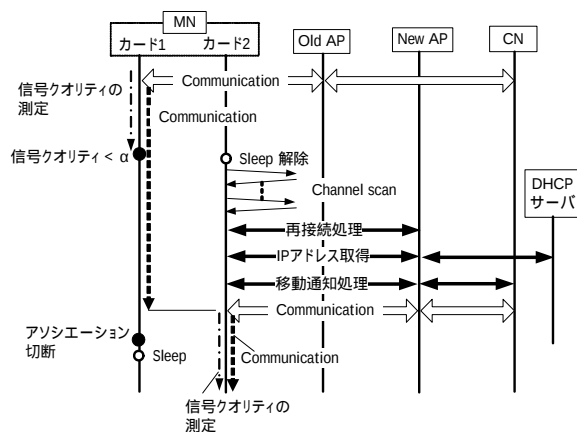


図 3 提案方式のエリア間ハンドオーバ

4. 実装と評価

4.1 実装

提案方式のハンドオーバーアルゴリズムを FreeBSD5.3-Releases 上に実装した。なお、このハンドオーバー処理は全てアプリケーション層にて実装した。また、ハンドオーバー後、通信を継続するための移動透過性の実現には Mobile PPC を適用した。

4.2 通信断絶時間とパケットロスの測定

測定には Iperf を用い、MN と CN 間で 742 バイトの UDP パケットを約 56ms 間隔で連続的に送信させながら MN の移動を 10 回試行した。測定した結果、CN から MN への送信、MN から CN への送金のいずれの場合においても、パケットのロスは全く発生しなかった。今回の測定では、送信間隔が比較的大きな値を用いたためパケットロスは結果的に発生しなかったが、MN から CN への送信においては移動情報通知処理の間に送信する通信パケットは、理論的にはロスが発生する可能性が残されている。

4.3 スループット測定

提案方式を実装した場合と、実装していない場合のスループットを比較した。電波クオリティの定期監視の間隔は 10ms、および 100ms とした。測定には Iperf を用い、MN と CN 間で 30 秒間の TCP 通信を 10 回試行してパケットの転送量を計測し、その平均をとった。表 1 に結果を示す。CN から MN への送信と、MN から CN への送金のどちらの場合も、スループットに変化がないことから提案方式が通信に与える影響がほとんどないことが分かる。

表 1

	スループット[Mbps]	
	CN MN	MN CN
実装なし	4.923	4.895
実装あり(間隔:10ms)	4.928	4.89
実装あり(間隔:100ms)	4.925	4.89

4.4 消費電力

本提案方式では通信中のカードを用いて信号クオリティの測定を行い、もう一枚のカードはスリープ状態にしておくため、両カードが同時に動作するのはハンドオーバー時のみである。スリープ状態ではほとんど電力を消費しないため、消費電力はカード 1 枚の場合と比較してもほとんど変わらない。

5. まとめ

本研究では、端末側だけの処置で実現が可能なことに着目して、端末に 2 枚の無線 LAN インタフェースを搭載し、Mobile PPC をターゲットとしたパケットロスレスハンドオーバーの提案を行った。提案方式を実装し評価を行った結果、ハンドオーバー時にほとんどロスが発生しないことと、通信に与える負荷は十分に小さいことを確認した。

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] 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, Dec.2006.

端末移動時におけるパケット ロスレスハンドオーバーの提案

情報科学専攻 063432007

渡邊研究室

金本綾子

研究背景

無線LANが普及し、通信中に移動したいというニーズが増加
しかしながら...

移動するとIPアドレスが変化 通信を継続することができない！

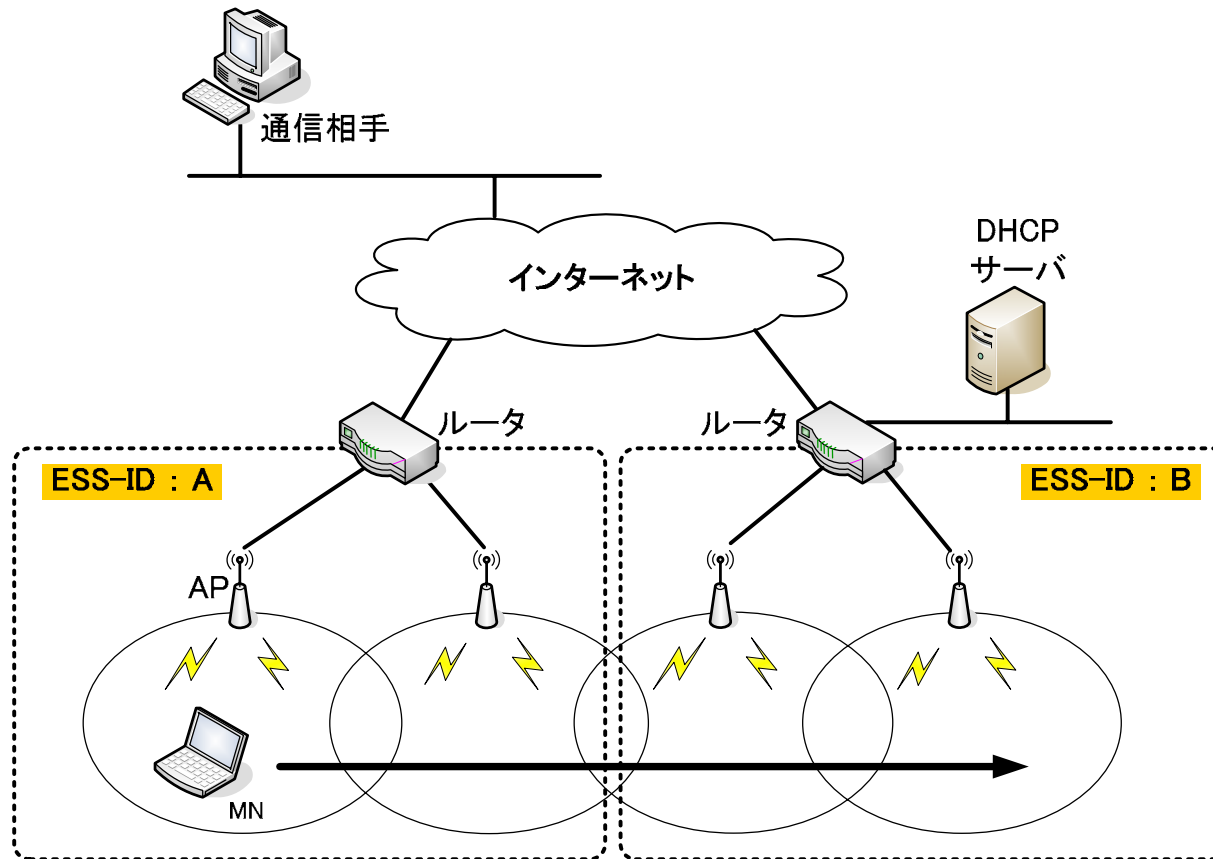
エンドエンドで通信の継続を実現する **Mobile PPC**
(Mobile Peer to Peer Communication)を提案

通信の継続は可能であるが、パケットロスは避けられない

- アクセスポイント(AP)の切り替え処理と、IPアドレスを取得するための処理の連携が取れていない
- IPアドレスの取得に時間がかかる
- AP切り替え時のチャネルスキャンに時間がかかる

Mobile PPCをターゲットとして、ハンドオーバー時の
パケットロスを極力減らす方法を検討

ハンドオーバー



- (無線レイヤ) L2ハンドオーバー・・・チャネルスキャン, APの切り替え
- (IPレイヤ) L3ハンドオーバー・・・IPアドレスの取得, 移動情報通知

L2L3連携方式

既存技術

無線レイヤ(L2)とIPレイヤ(L3)は独立

L2とL3のハンドオーバーの連携が取れていない

方法

L2とL3が連携を取ることで、無駄な時間を無くし、効率よく
ハンドオーバーを実行する

課題

- L2やL3に係わるハンドオーバー処理は必要

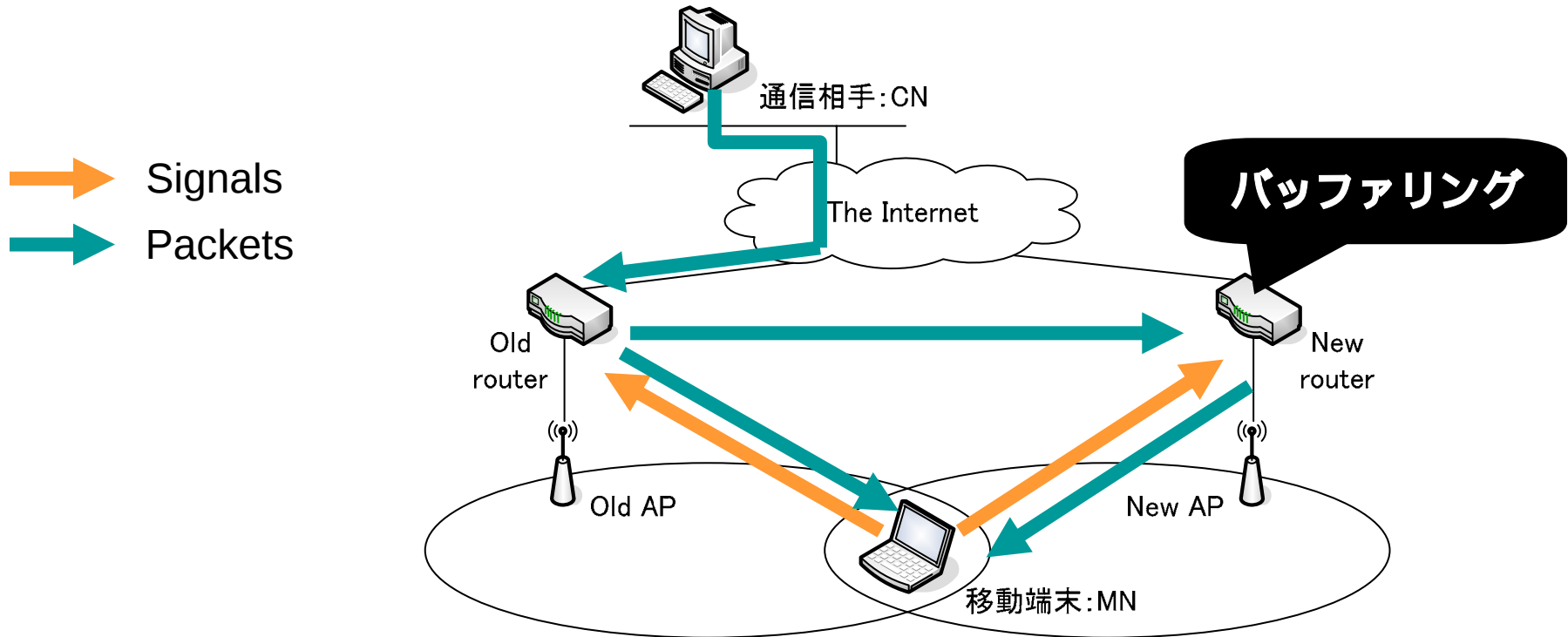
L2・・・チャネルスキャン, アソシエーションの確立

L3・・・IPアドレスの取得, 移動情報通知

通信断絶時間は避けられない

L3プロトコル拡張方式

既存技術



方法

- ルータ同士が連携して、ルータでパケットをバッファリング

課題

- ネットワーク機器に変更が必要
- 様々な移動ケースを想定すると、制御が複雑になる

ドライバ改造方式

既存技術

既存の無線LANインフラストラクチャモードでは
端末の移動が考慮されていない

通常の802.11ドライバは、1つのAPとしか
アソシエーションできず、APを切り替える際に
パケットロスが発生

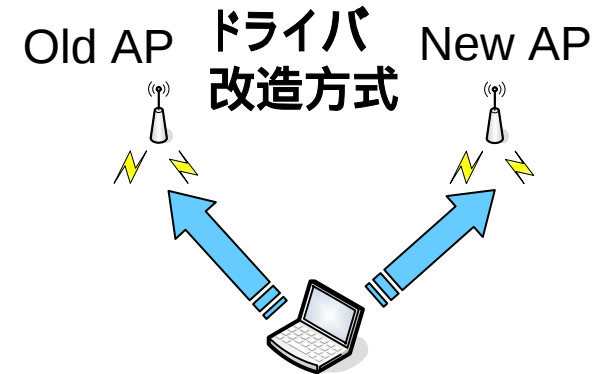
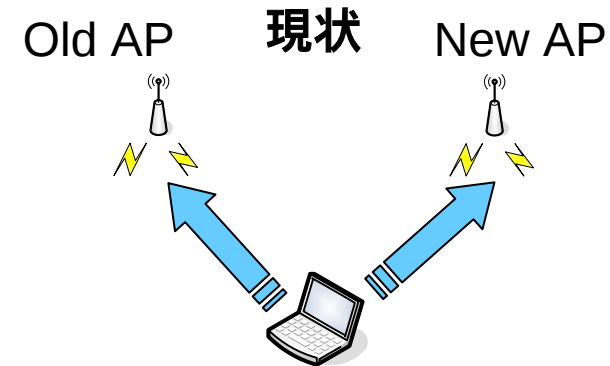


方法

無線レイヤのプロトコル自体を新たな方式とし、
同時に複数のAPとのセッションを確立

課題

- 端末と**AP**が機能を実装している必要があり、一般の環境では利用できない
- チャンネルスキャンによるパケットロスは救えない



デュアルインタフェース方式

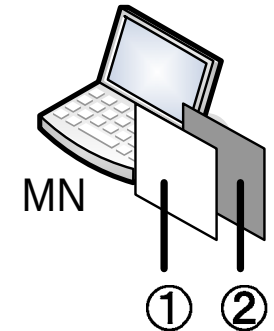
既存技術

方法

- 端末に無線LANインタフェースを複数搭載
- カードの役割を交代させながら通信する

【役割】

1. パケットの送信
 2. ネットワークの監視(チャネルスキャン, APの切り替え)
IPアドレスの取得
- 端末のみに処置をすればよく, ネットワークには変更が不要
 - 原理的にパケットロスを無くすることが可能



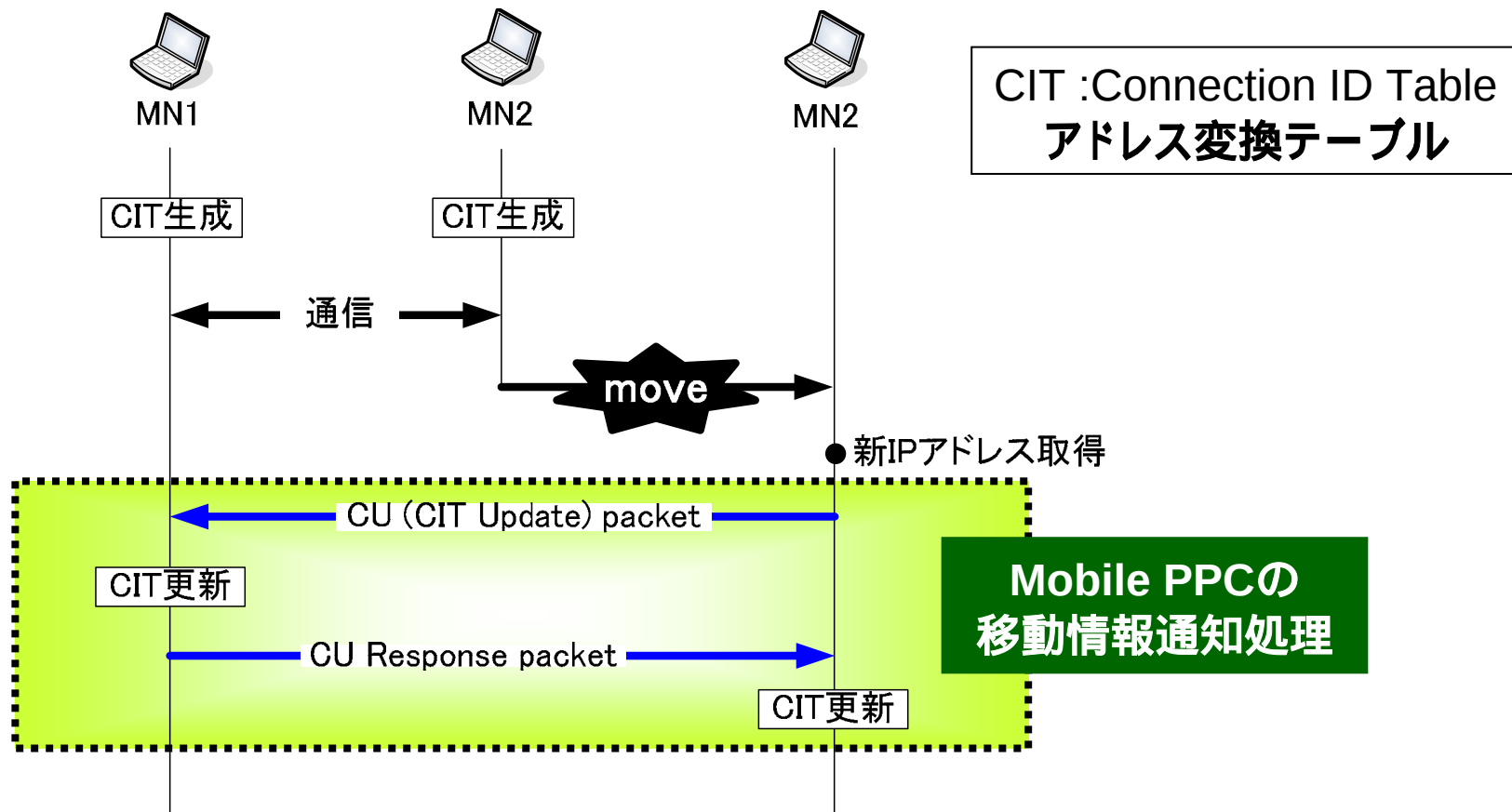
課題

- 複数インタフェースを利用するため, 消費電力が増加

Mobile PPCにおける移動情報通知

独自技術

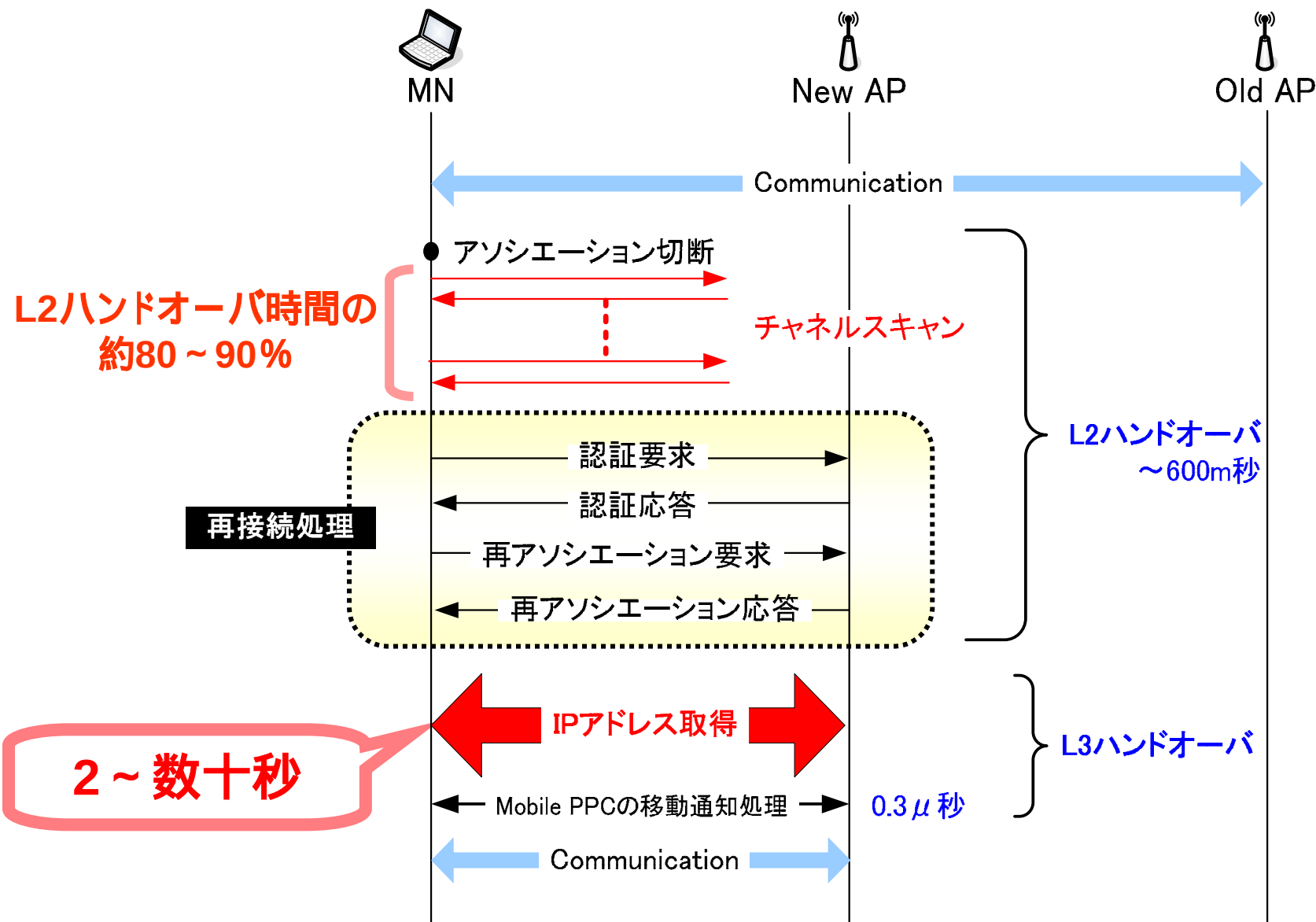
(Mobile Peer to Peer Communication)



特徴

- エンド端末のみで通信継続を実現
- 既存端末との上位互換性がある
- 移動情報通知処理によする時間が短い

エリア間ハンドオーバーの動作



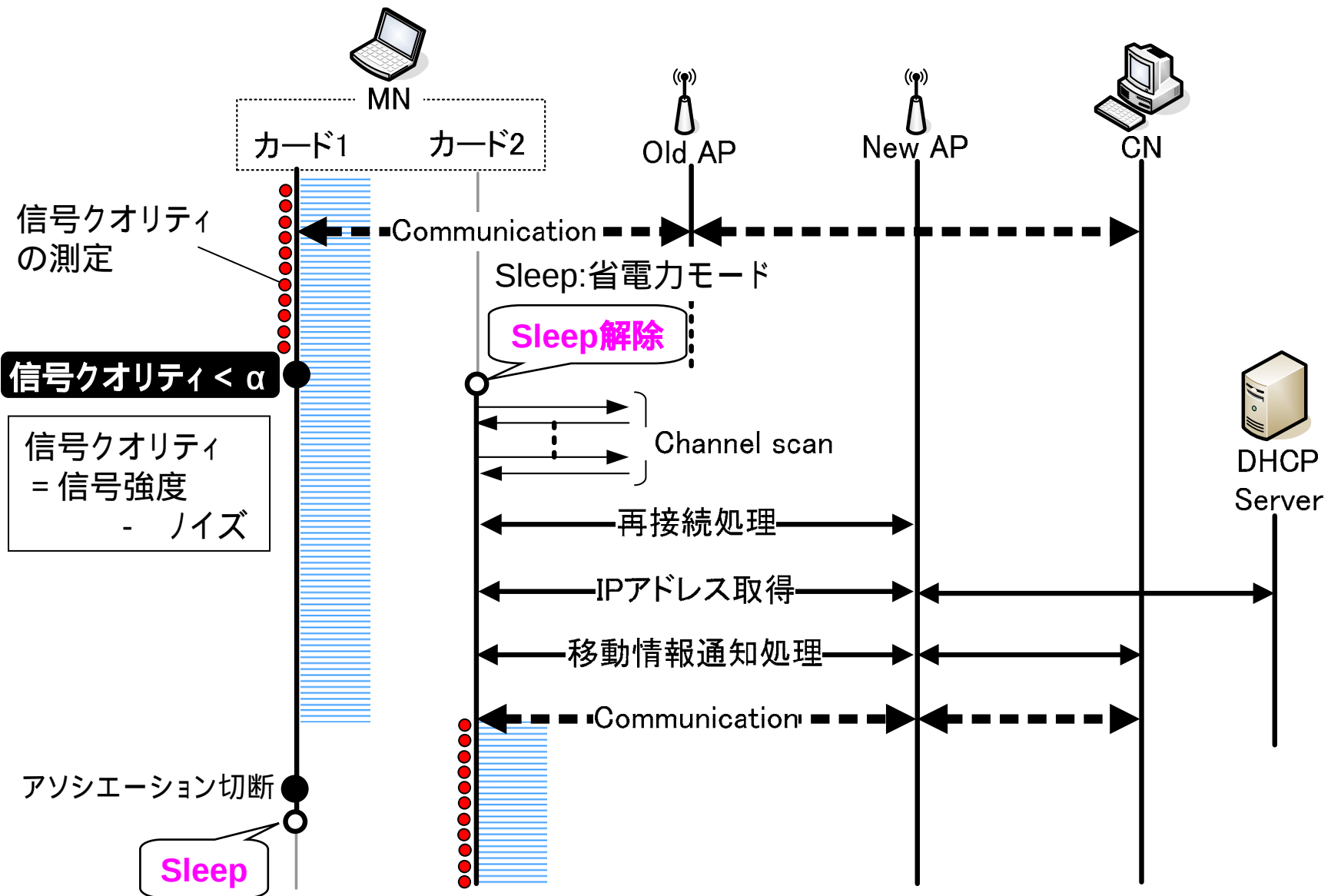
ハンドオーバ方式の提案

➤ デュアルインタフェース方式を選択

理由

- 端末のみに処置をすればよく、ネットワークに変更が不要
- チャネルスキャンとIPアドレス取得時のパケットロスが回避できる

提案方式によるエリア間ハンドオーバー



実装の概要とモジュール構成

Device Change deamon

- ・スリープ・解除の指示
- ・信号クオリティ判定
- ・APの選択
ネットワーク判定
- ・IPアドレス取得指示

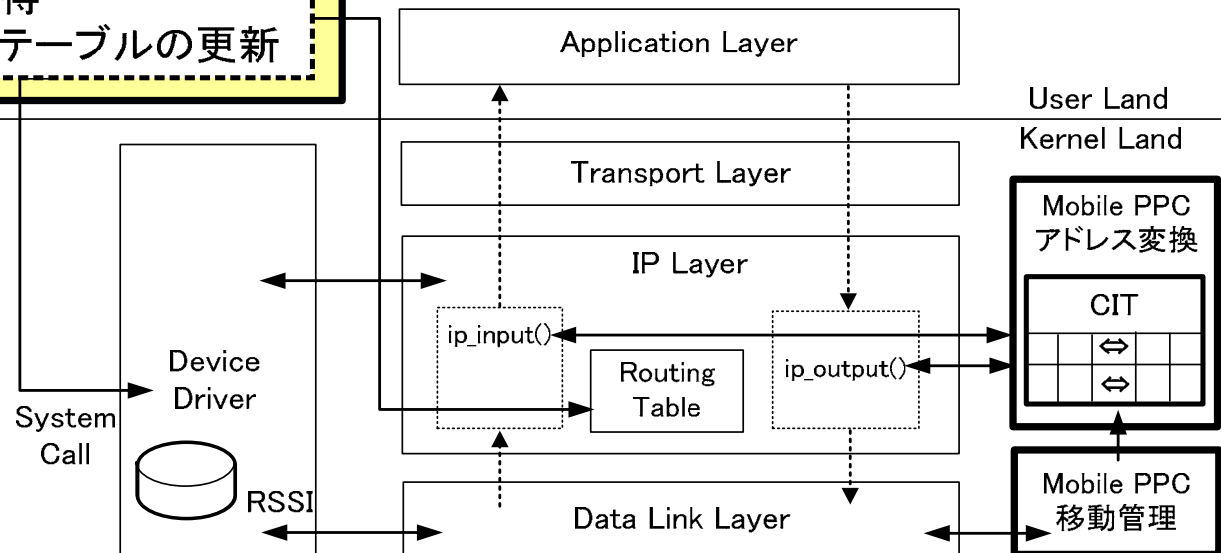
System cntrol

- ・信号クオリティ測定
- ・チャネルスキャン
- ・スリープ・解除
- ・APへ接続
- ・IPアドレス取得
- ・ルーティングテーブルの更新

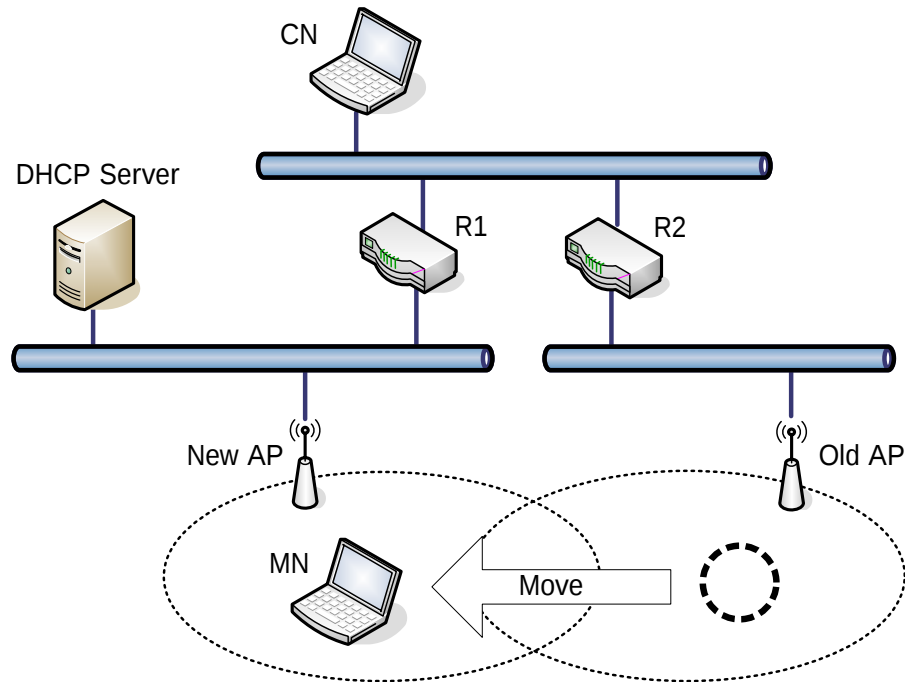
Mobile PPC

FreeBSDのカーネル部にモジュールを組み込むことで実現

- ⊕ IP層の入出力時に呼び出し, 処理を終えたら差し戻す



評価実験環境



	MN	CN / R1 / R2
CPU	Pentium3 597.08MHz	Pentium4 3.0GHz
Memory	191MB	512MB
NIC	corega Wireless LAN PCCL-11	100BASE-TX
OS	FreeBSD5.3-Release	FreeBSD5.3-Release

通信断絶時間とパケットロスの測定

- 測定ソフト : Iperf (試行回数:10回)
 - 742バイトのUDPパケットを約56ms間隔で連続的に送信

		パケットロス数
CN	MN	0
MN	CN	0

✚ 提案方式 + Mobile PPC

通信中に移動しても、パケットロスを発生させることなく通信を継続できることを確認

スループット測定

提案方式ではDevice Changeデーモンで常に信号クオリティを測定しているため、本処理が通信に影響を与える可能性がある

- 測定ソフト : Iperf
 - 30秒間のTCP通信を10回試行 パケットの転送量の平均値を計測
 - 信号クオリティの定期監視の間隔・・・10ms, 100ms
 - 実装 : MNのみ

	CN MN	MN CN
実装なし	4.923	4.985
実装あり(間隔:100ms)	4.925	4.89
実装あり(間隔:10ms)	4.928	4.89

単位 : Mbits/sec

- ✦ スループットにほとんど変化がない
通信に与える影響がほとんどない

消費電力

デュアルインタフェース方式では、消費電力が課題だった



本提案方式では...

- 通信中のカードを用いて信号クオリティの測定
- もう一方のカードはスリープ状態にしておく
- 両カードが同時に動作するのはハンドオーバー時のみ

スリープ状態ではほとんど電力を消費しないため、
カード1枚のときと比較しても消費電力はほとんど同じ

参考データ

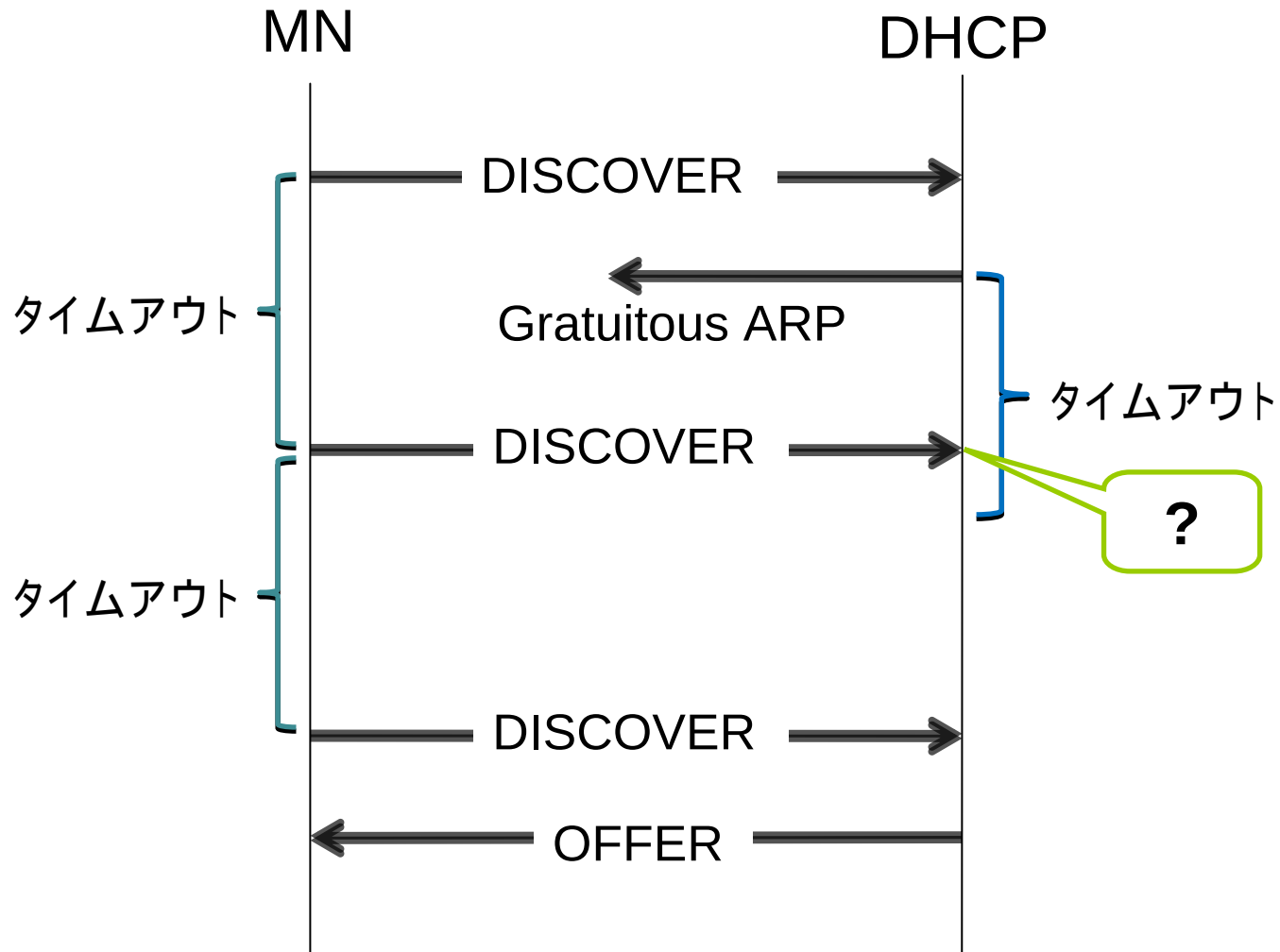
送信中	543mW
受信中	384mW
受信待ち受け	263mW
スリープ状態	57 μW

まとめと今後

- パケットロスレスハンドオーバーの提案
 - 概要と動作
 - 提案方式をMobile PPCに適応させ, ハンドオーバー時のパケットロスを低減
 - 実装方法
 - 評価
 - 通信断絶時間とパケットロスが無いことを確認
 - スループットに影響がないことを確認
 - 消費電力がほとんど増加しない
- 今後の予定
 - 他の移動透過性技術への適用の検討
 - MNとCNが同時移動した場合の検討

補足

端末とDHCPの相性



参考文献

An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 Mac Layer Handoff Process

下記の処理にかかる時間(Latencies)を計測し, 評価している

- APのチャネルスキャン
- アソシエーションの確立