

NTMobileによる無線メッシュネットワーク内通信方式の提案

110430089 新家 悠介
渡邊研究室

1. はじめに

スマートフォンの普及により、ユーザがネットワークを利用する場面が多様化している。中でも災害時のような場面ではスマートフォンを連絡手段として使用することが考えられ、携帯電話網が繋がらなくなった場合でも IP ネットワークで確実に通信を行える無線メッシュネットワークは有用な手段である。

本稿では、通信接続性や移動透過性を実現できる技術として我々が提案している NTMobile(Network Traversal with Mobility)を利用して、無線メッシュネットワークでスマートフォンどうしの通信を行える手法について提案する。

2. NTMobile

NTMobile[1]は、NTMobileを実装した NTM 端末、NTM 端末の管理及び UDP トンネルの構築指示を行う DC(Direction Coordinator)で構成される。NTM 端末はネットワークから取得する実 IP アドレスと、DC から割り当てられる仮想 IP アドレスを保持する。NTM 端末のアプリケーションは仮想 IP アドレスで自身および相手を認識する。実際の通信は NTM 端末のカーネルにて仮想 IP アドレスを実 IP アドレスでカプセル化し、NTM 端末間で構築したトンネルによって通信を行う。

3. 提案方式

無線化したアクセスポイントを WAP(Wireless Access Point)と呼び、WAP を被災地に適切に配置して無線メッシュネットワークを構築する。NTMobile とルータの機能を付加した WAP を GWAP(Gateway WAP)と呼び、外部 IP ネットワークとの接続を行う。WAP はインフラストラクチャモードで配下の NTM 端末を収容し、アドホックモードで WAP どうしを結合する。なお、NTM 端末 1 は WAP1 の、NTM 端末 2 は WAP2 の配下であり、GWAP、WAP1、WAP2 は互いに電波の届く範囲に設置されているものとする。また、DC は外部ネットワーク上に設置され、DC への通信は GWAP を経由する。

3.1 起動時の処理

図 1 に各機器が起動した時の動作シーケンスを示す。GWAP は起動時に自身を管理する DC に対して実アドレス登録処理を行う。DC は登録を行った後、GWAP に仮想 IP アドレスを割り当てる。GWAP は AutoIP によりアドホック通信用の IP アドレスを生成する。一方 WAP は起動時に AutoIP を行い、アドホック通信用の IP アドレスを生成する。WAP は半固定的に設置されることを想定し、アドホックルーティングプロトコルは Proactive 型の OLSR を使用する。

NTM 端末は起動時に、DHCP の機能により直近の WAP からプライベート IP アドレスとともに、名前解決用の IP アドレス、ゲートウェイの IP アドレス、および E2E(End to End)フラグを取得する。E2E フラグとは NTM 端末どうしが直接通信できることを示すフラグである。NTM 端末は起動時に自身を管理する DC にアドレス登録を行う。この時 DC はグローバル上にあるため、NTM 端末はゲートウェイである GWAP のアドレス解決を行い、GWAP に向けて ARP Request を送信する。送信元の WAP はこ

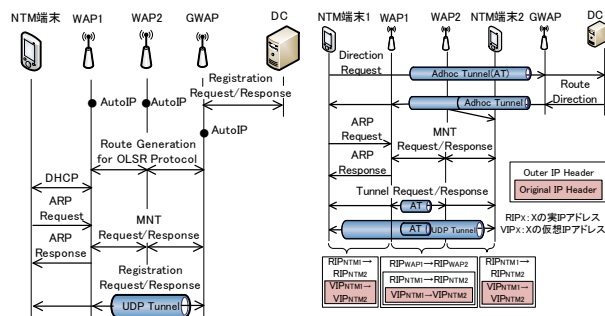


図 1: 起動時の処理

図 2: 通信開始時の処理

れを受信すると、自身に MNT(Mesh Network Table)を生成するとともに、MNT Request をフラッディングする。このメッセージを受信した各 WAP は MNT を生成する。GWAP はさらに MNT Response を送信元 WAP に送信する。送信元 WAP がこれを受信すると GWAP のアドレス情報を MNT に追加し、送信元 NTM 端末に ARP 応答を返送する。以降、WAP 配下の端末からの通信パケットは WAP の IP アドレスでカプセル化される。ARP 応答受信後、NTM 端末は DC 宛に Registration Request を送信する。GWAP は NAT の機能を持ち、アドレス変換された後 DC に送られる。

3.2 通信開始時の処理

図 2 に NTM 端末 1 が NTM 端末 2 に通信を行う時の動作シーケンスを示す。NTM 端末 1 は Direction Request のオプションに E2E フラグを付加して DC 宛に送信する。DC はこれを受信すると NTM 端末 2 の名前解決を行う。この結果、NTM 端末 1 および NTM 端末 2 の位置関係は同一の GWAP 内にいると判断できる。また、E2E フラグにより直接通信が行えると判断できる。DC は NTM 端末 1 に NTM 端末 2 の、NTM 端末 2 に NTM 端末 1 のアドレス情報を記載した Route Direction を各々送信する。NTM 端末 1 はこれを受信すると、3.1 と同様の方法で NTM 端末 2 の MAC アドレス解決を行う。MNT を生成した後、Tunnel Request/Response を交換し、トンネル経路を生成する。以後は仮想 IP アドレスをプライベート IP アドレスでカプセル化したデータの送受信が行われる。WAP1 と WAP2 間は NTMobile のトンネルとメッシュネットワークのトンネルが二重に生成される。

以上の方法により、NTM 端末どうしの通信を確立できる。さらに通信中に移動しても通信が継続される。

4. まとめ

NTMobile による無線メッシュネットワークの実現に関する検討を行った。今後は実装、評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 鈴木. 他: NTMobile における通信接続性の確立手法と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.367-379, 2013.

NTMobileによる無線メッシュ ネットワーク内通信方式の提案

渡邊研究室

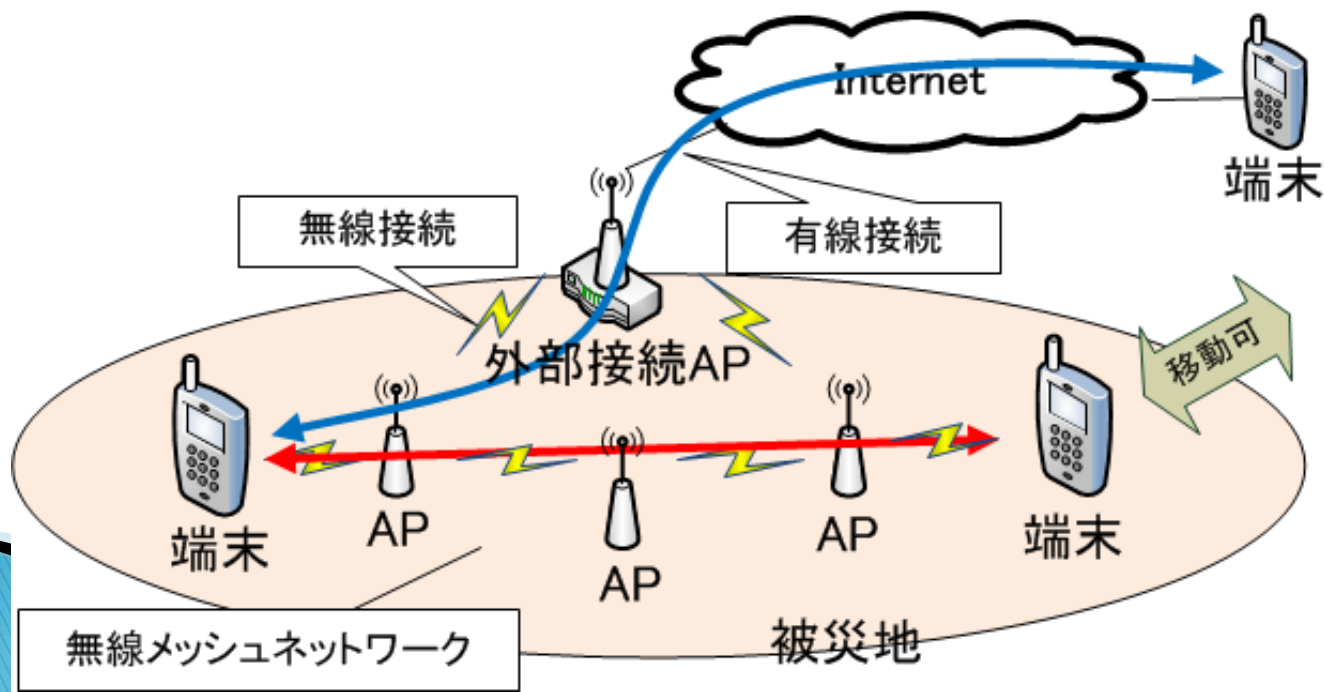
110430089 新家悠介

はじめに

- ▶ 携帯電話網の利用者増加
 - スマートフォンの普及で利用場面の多様化
- ▶ 災害時の通信
 - 携帯電話網の断絶
 - 無線メッシュネットワークでIPネットワークを利用
- ▶ 移動通信に対する要求
 - TCP/IPでは移動によってIPアドレスが変化
 - 通信中にIPアドレスが変わると通信が継続できない
 - 移動透過性が求められる

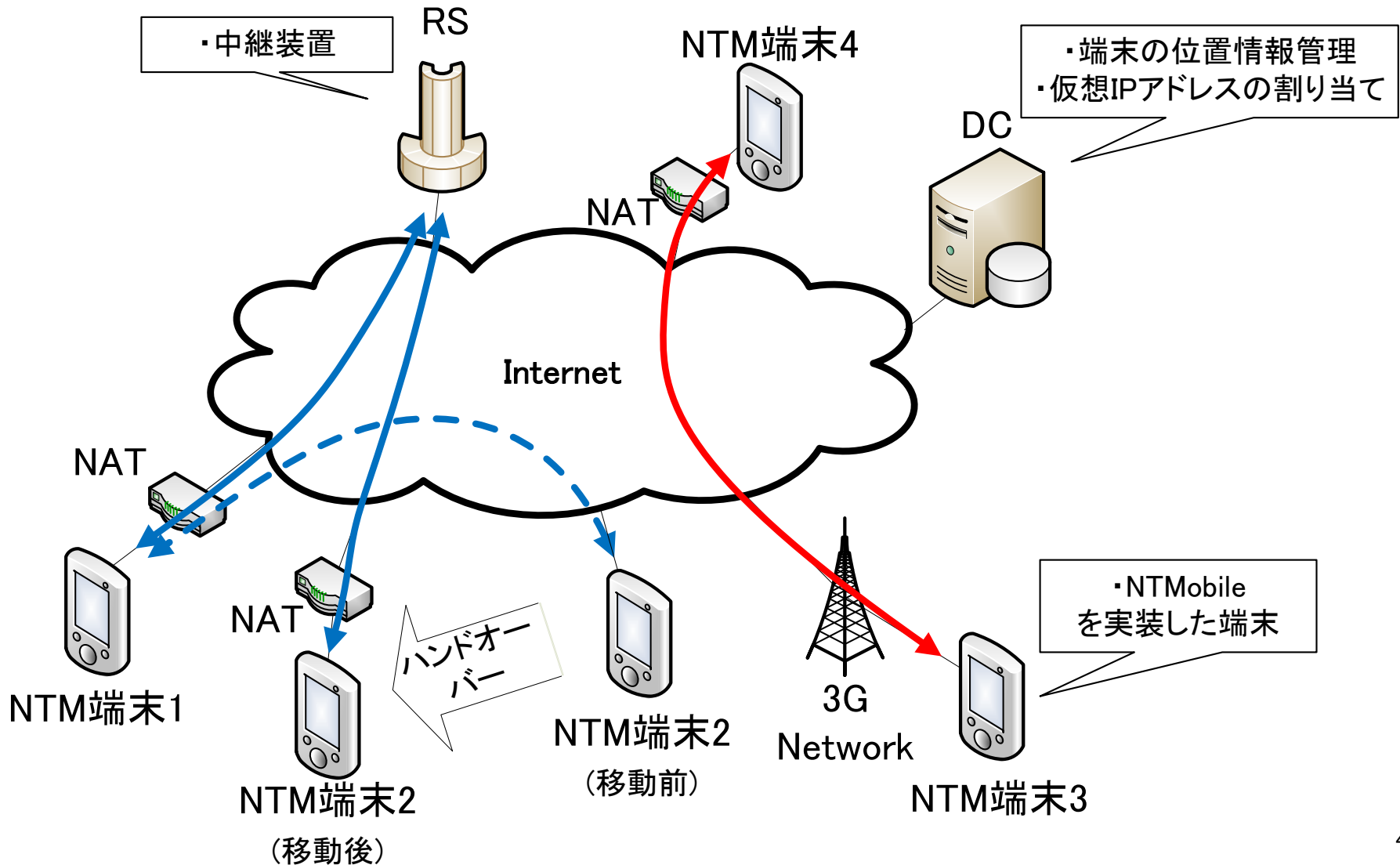
研究目的

- ▶ 災害により通信インフラがなくなる
 - 臨時的にネットワークを構築し回復
- ▶ 実現方法
 - 無線メッシュネットワークを構築
 - NTMobileの機能で通信接続性・移動透過性を実現



NTMobileの概要

DC: Direction Coordinator
RS: Relay Server



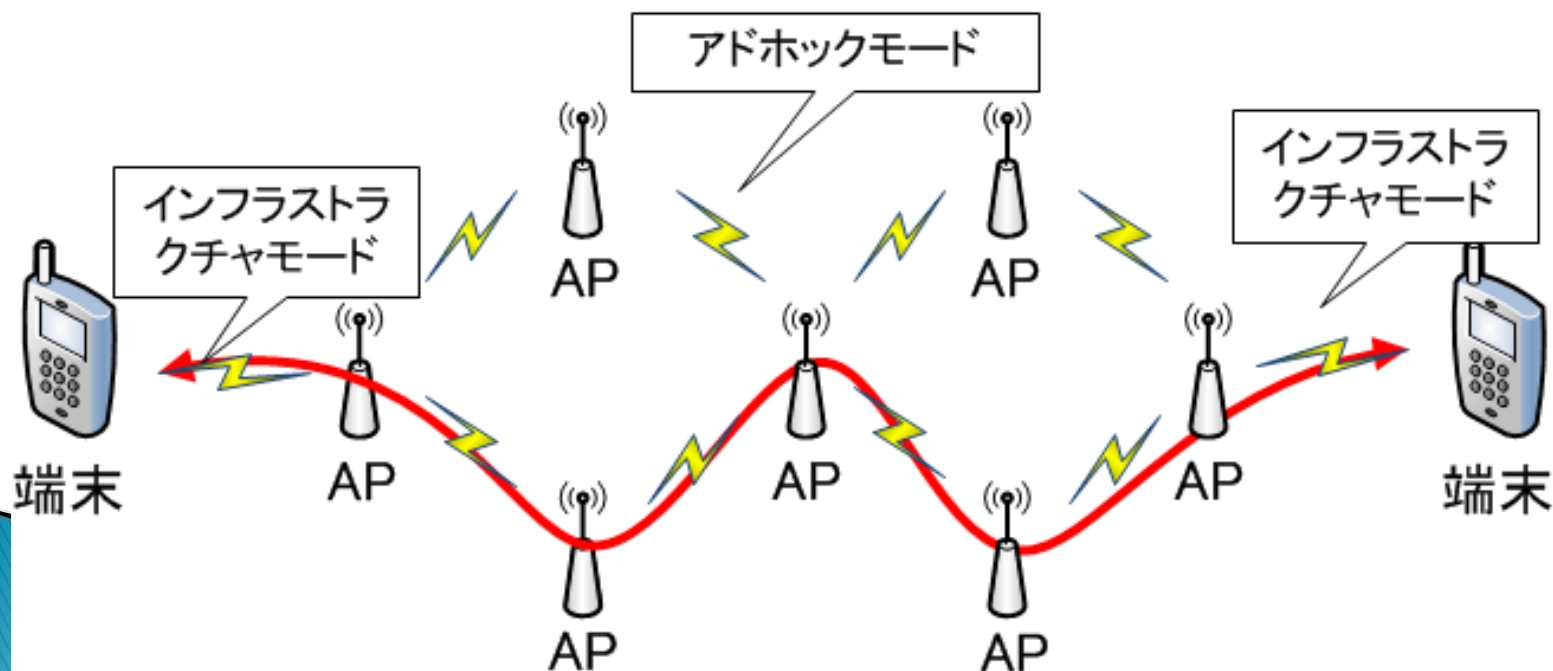
NTMobileの概要

- ▶ NTMobile(Network Traversal with Mobility)
 - 移動透過性とNAT越えを同時に実現
- ▶ 特徴
 - 仮想IPアドレスの導入
 - 端末の移動によって変化しないIPアドレス
 - 移動によるIPアドレスの変化を隠蔽
 - UDPトンネルによるデータの送受信
 - 実IPアドレスで仮想IPアドレスをカプセル化



無線メッシュネットワークの概要

- ▶ インフラが不要なネットワーク
 - 無線APを設置するだけでネットワークを構築
 - 自由に設置可能⇒容易にエリア拡大
 - AP間はアドホックモード⇒パケットはAP間を中継
 - 端末とAPはインフラストラクチャモード(Wi-Fiなど)

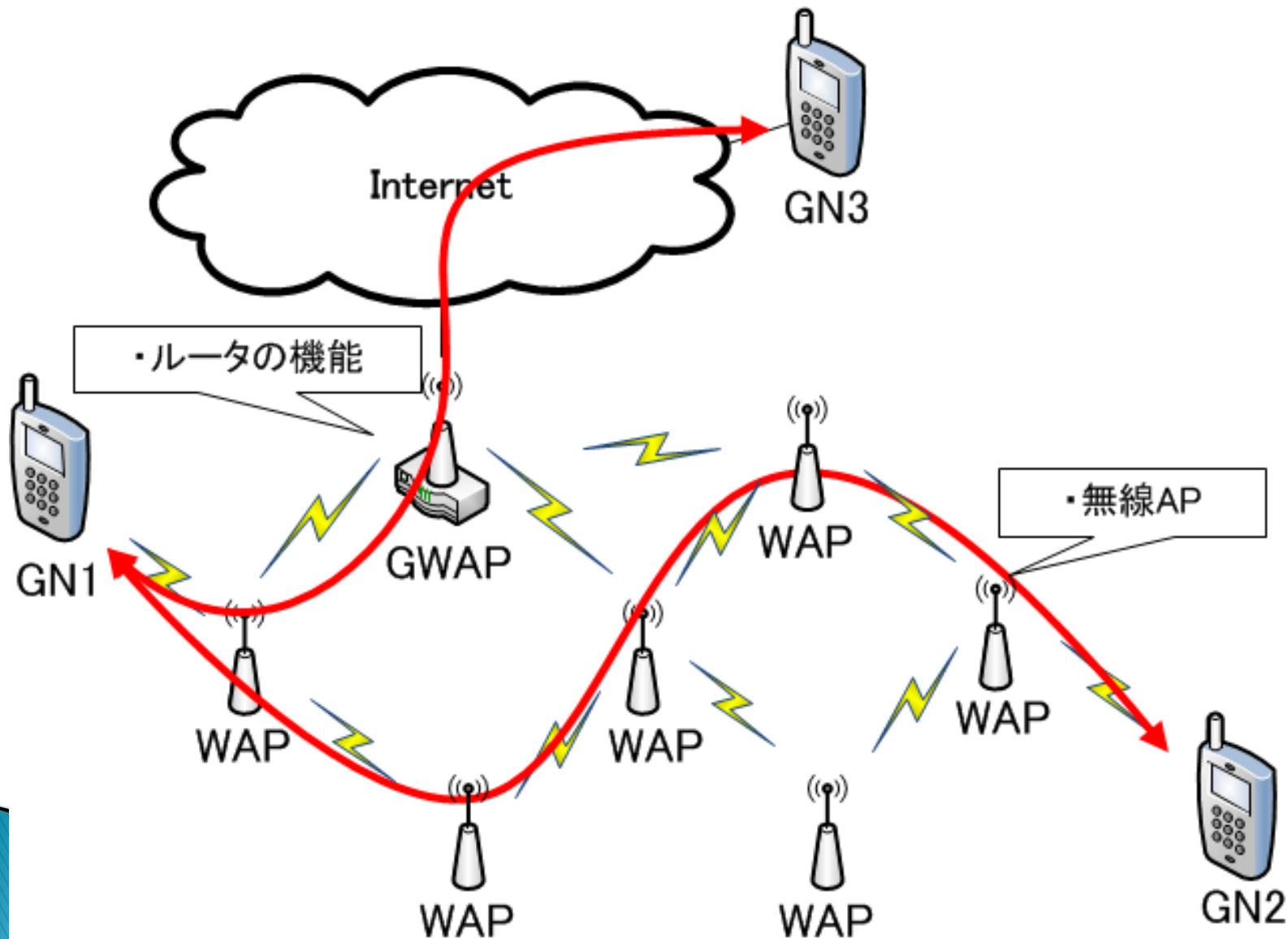


WAPLの概要

GN: General Node

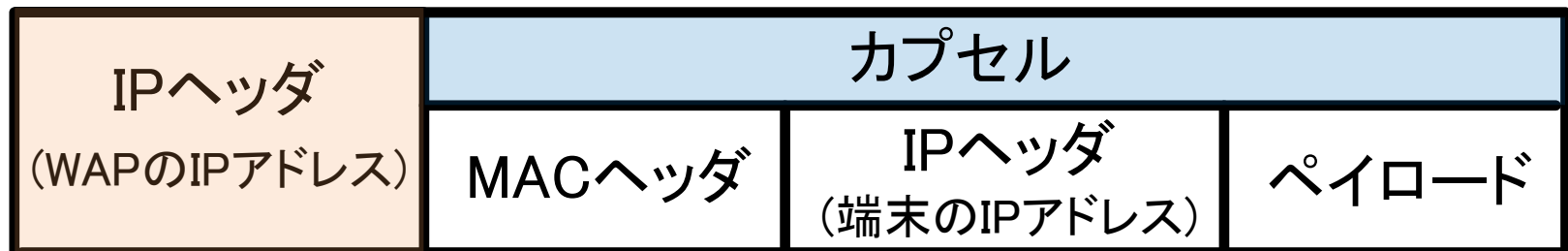
WAP: Wireless Access Point

GWAP: Gateway Wireless Access Point



WAPLの概要

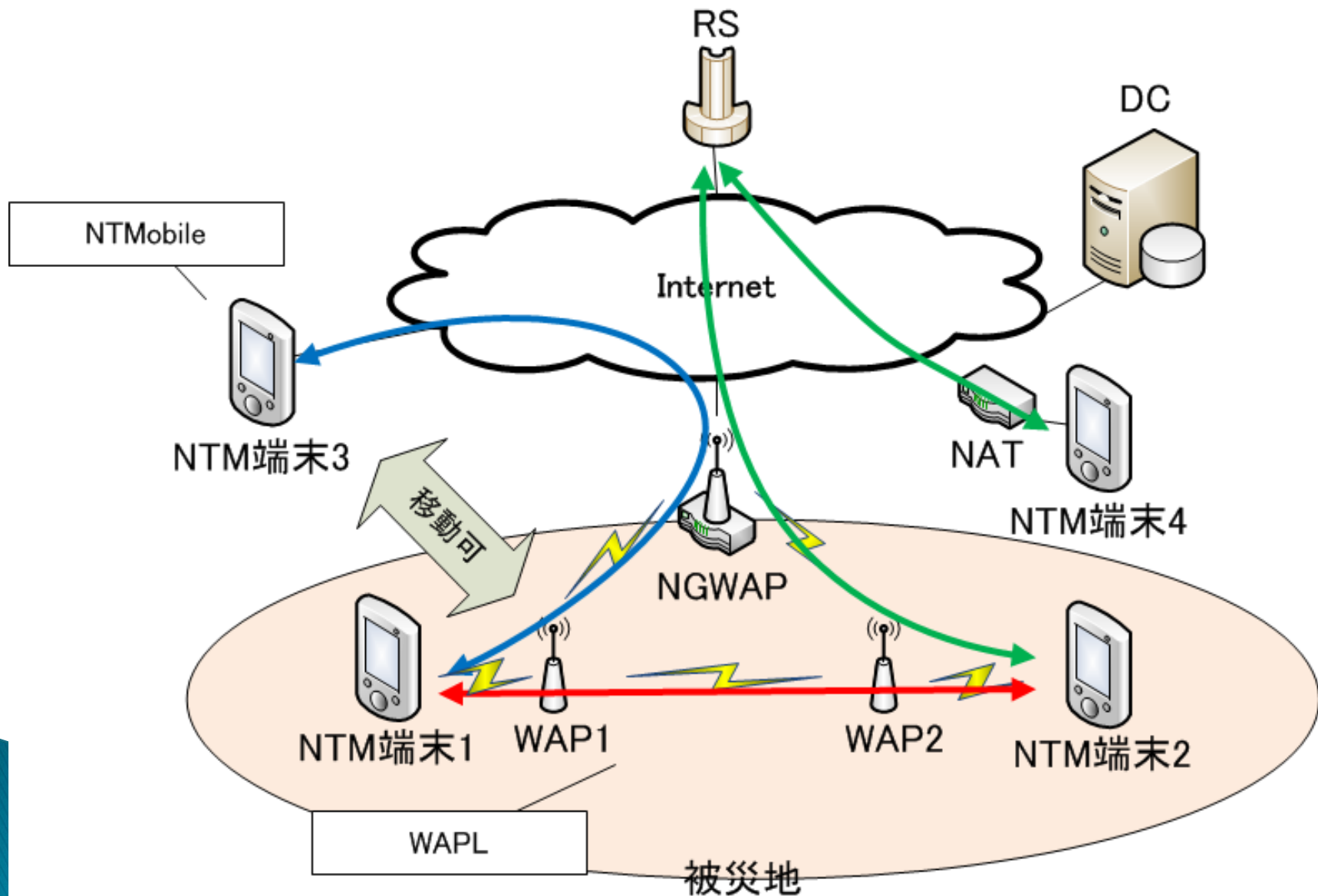
- ▶ WAPL(Wireless Access Point Link)
 - APをWAP(Wireless AP)と呼称
 - ルータの機能付加したWAPをGWAP(Gateway WAP)と呼称
- ▶ 特徴
 - シームレスハンドオーバーを実現
 - パケットロスの無いハンドオーバー
 - WAP間はカプセル化によるトンネル通信
 - WAPはカプセル化/デカプセル化を行う



提案方式

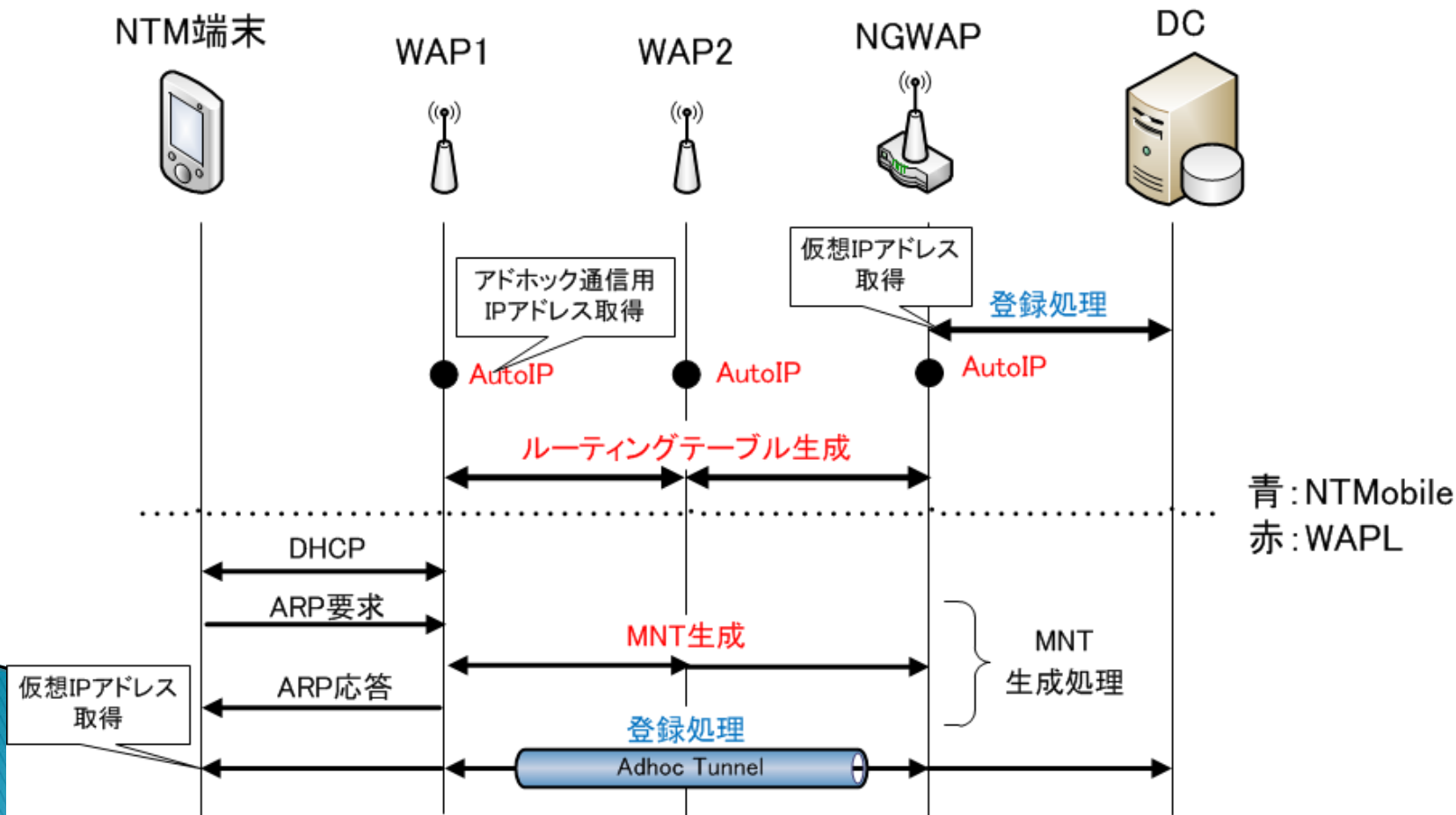
- ▶ WAPLとNTMobileの融合
 - NTMobileとWAPLの特徴を生かしたシステム
 - NTMobile・・・通信接続性、移動透過性
 - WAPL・・・シームレスハンドオーバー
- ▶ WAPLからの変更点
 - GWAPにNTMobileを実装(NGWAP)
 - E2E(End to End)フラグの導入(※後述)

提案方式の概要



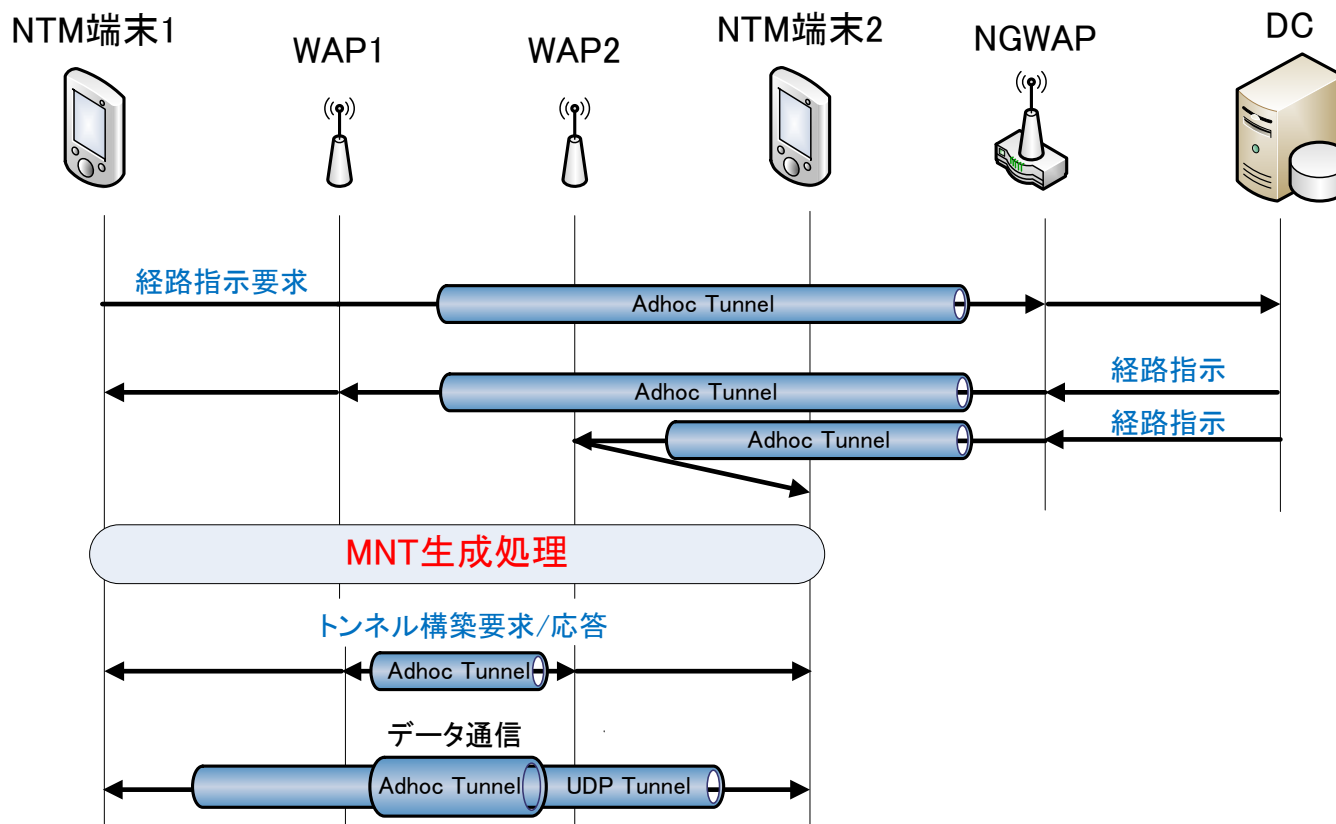
提案方式(起動時の動作)

- ▶ NTM端末はDCから仮想IPアドレスを取得
- ▶ WAPはAutoIPによりアドホック通信用IPアドレスを生成



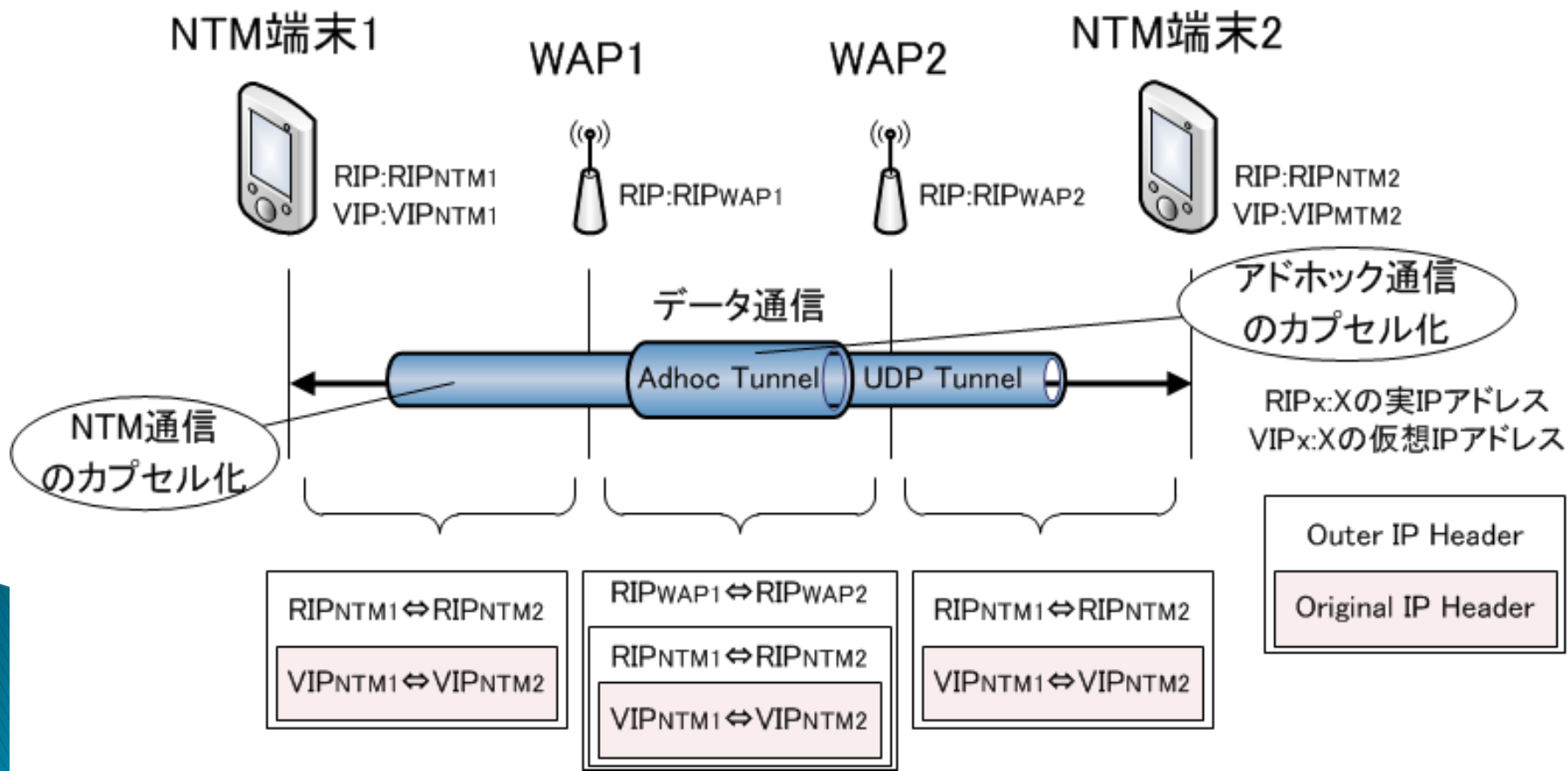
提案方式(通信開始時の動作)

- ▶ NTM端末1はDCに経路の指示を要求
- ▶ DCは両端末の位置情報からトンネル構築先を指示
- ▶ 二重のトンネル通信



通信の様子

- ▶ NTM端末は仮想IPアドレスを実IPアドレスでカプセル化/デカプセル化
- ▶ WAPはアドホック通信用IPアドレスでカプセル化/デカプセル化

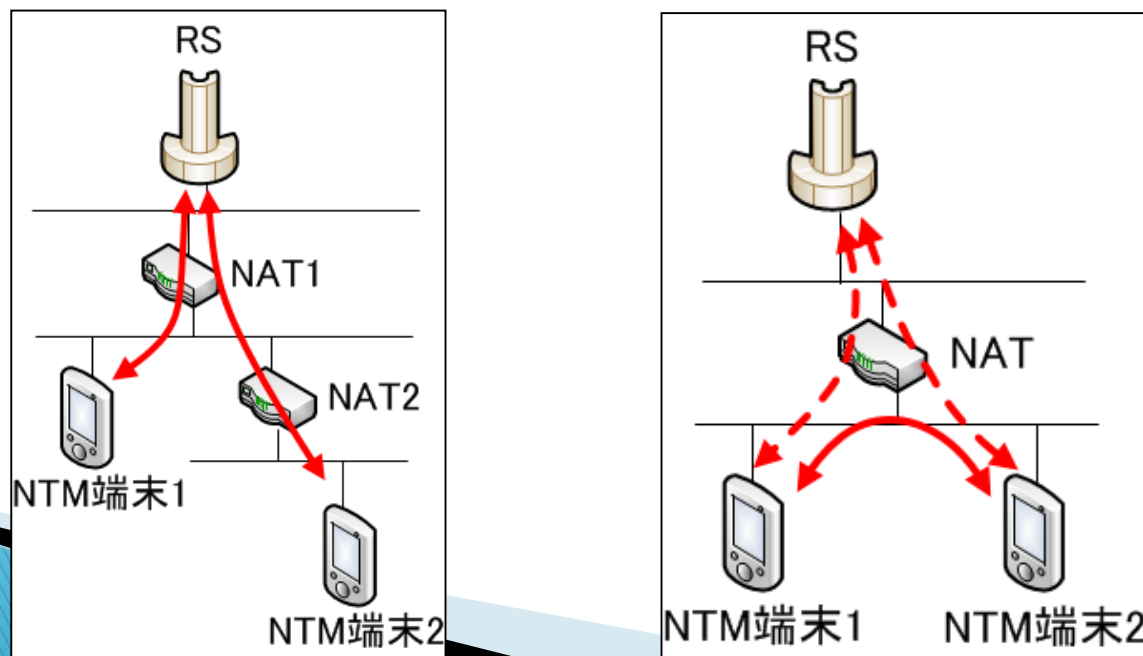


E2Eフラグによる経路最適化

▶ NTMobileの経路最適化機能

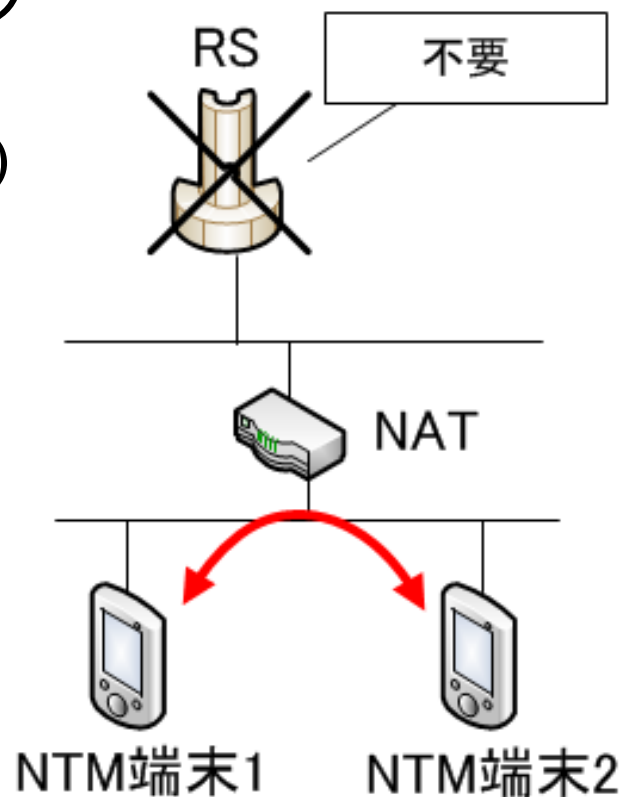
- 通信端末が同一NAT配下では一旦RS経由の経路が構築される
- エンド端末が自律的にエンドツーエンドの経路に切り替え(右図)
- 多段NAT(左図)への対策

⇒ 右図の構成ならRSへの経路構築は冗長

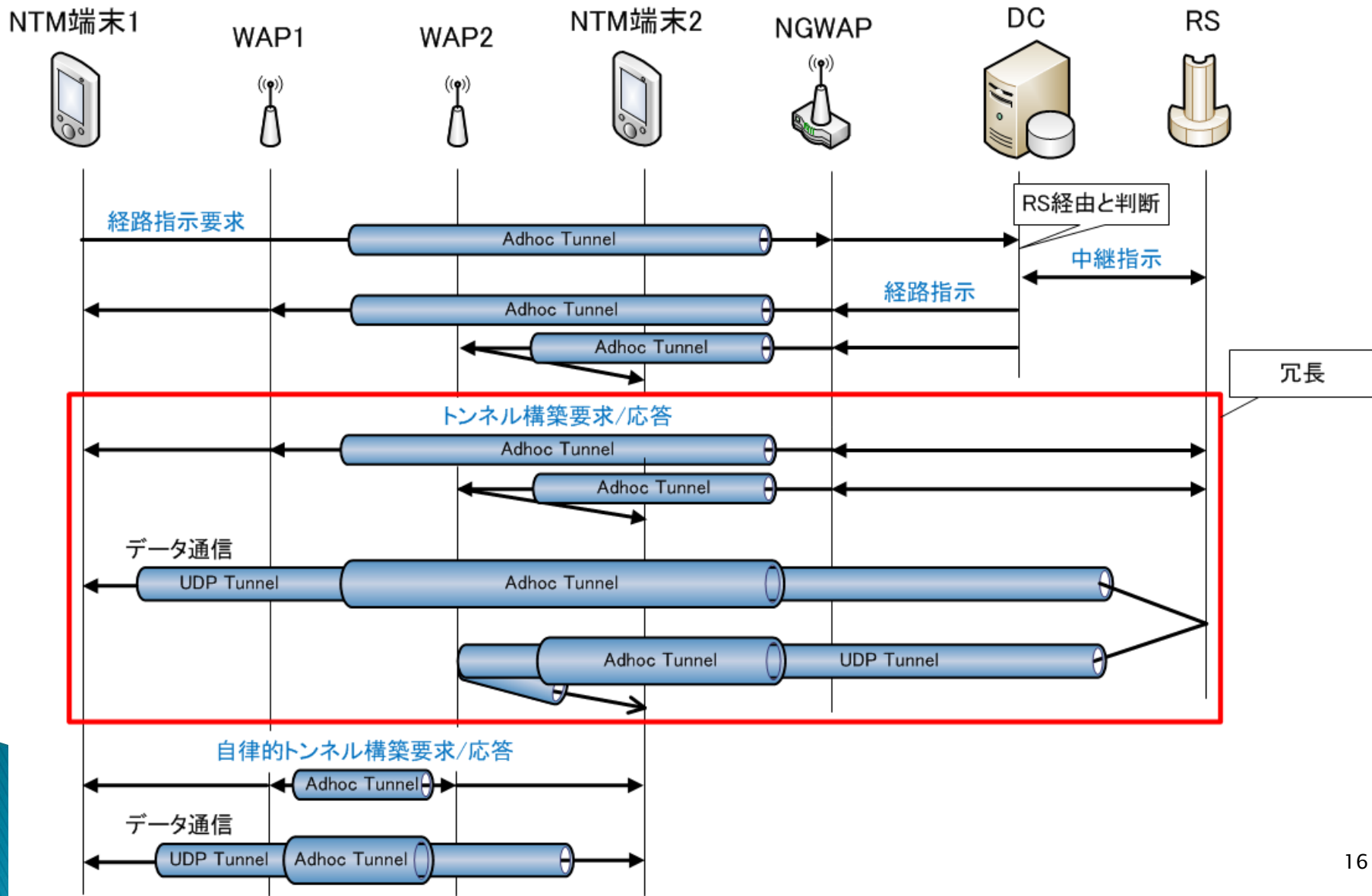


E2Eフラグによる経路最適化

- ▶ 無線メッシュネットワークは多段NATを構成しない
 - 多段NATの想定は必要ない
 - ▶ **E2E(End to End)フラグ**の導入
 - 直接通信可能であることを示すフラグ
 - DHCPでWAPから取得
 - Direction Request(経路指示要求)のオプションに付加
- ⇒ RSへの経路構築処理は無し

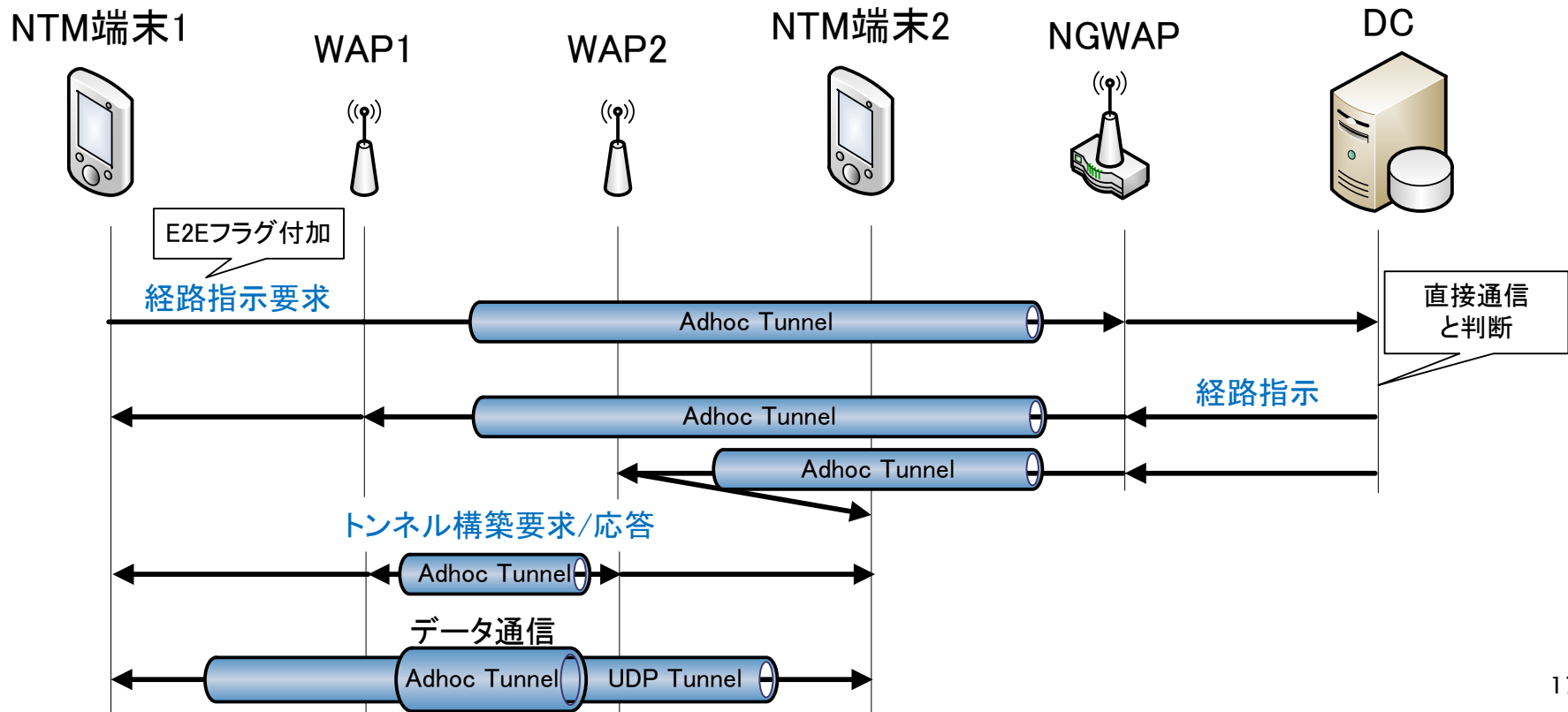


E2Eフラグの無い場合



E2Eフラグ導入後

- ▶ 両端末の登録情報から通信端末は同一NAT配下と判断
- ▶ DCはE2Eフラグから直接通信可能と判断
- ▶ RSの経路の通信を省略して経路最適化

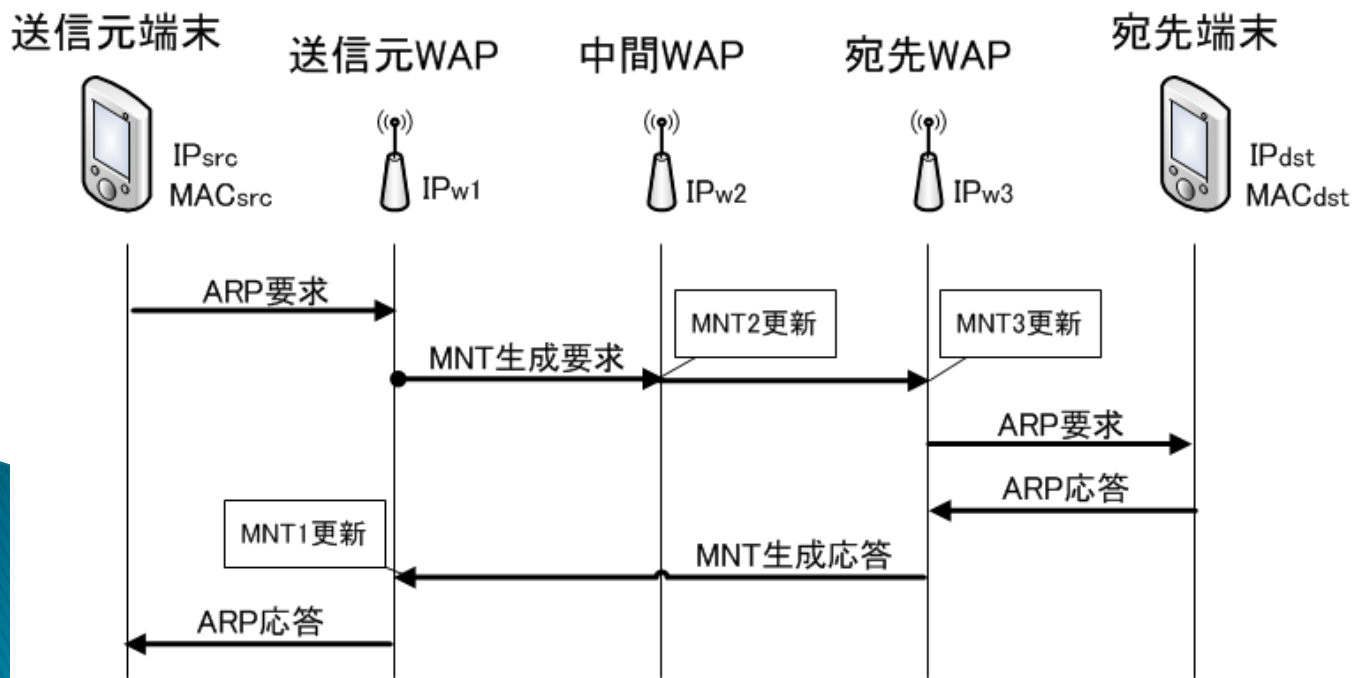


まとめ

- ▶ NTMobileを導入した無線メッシュネットワークの構築
 - NTMobileとWAPLを組み合わせることにより自由に移動可能なシステムを実現
- ▶ 無線メッシュネットワークの特徴を生かした経路最適化
 - 直接通信可能であることを示すE2Eフラグの導入
 - RSを一切経由しない経路を構築
- ▶ 今後の予定
 - 提案方式の実装の検討および評価

MNT生成処理

- ▶ ARP要求をトリガとしてMNT生成要求をフラッディング
- ▶ 要求を受信したWAPはMNTを更新
- ▶ ARP応答をトリガとしてMNT生成応答をユニキャスト
- ▶ 応答を受信したWAPはMNTを更新



Mesh Network Table1		
WAP	MAC	IP
IPw3	MACdst	IPdst
...

Mesh Network Table2		
WAP	MAC	IP
IPw1	MACsrc	IPsrc
...

Mesh Network Table3		
WAP	MAC	IP
IPw1	MACsrc	IPsrc
...

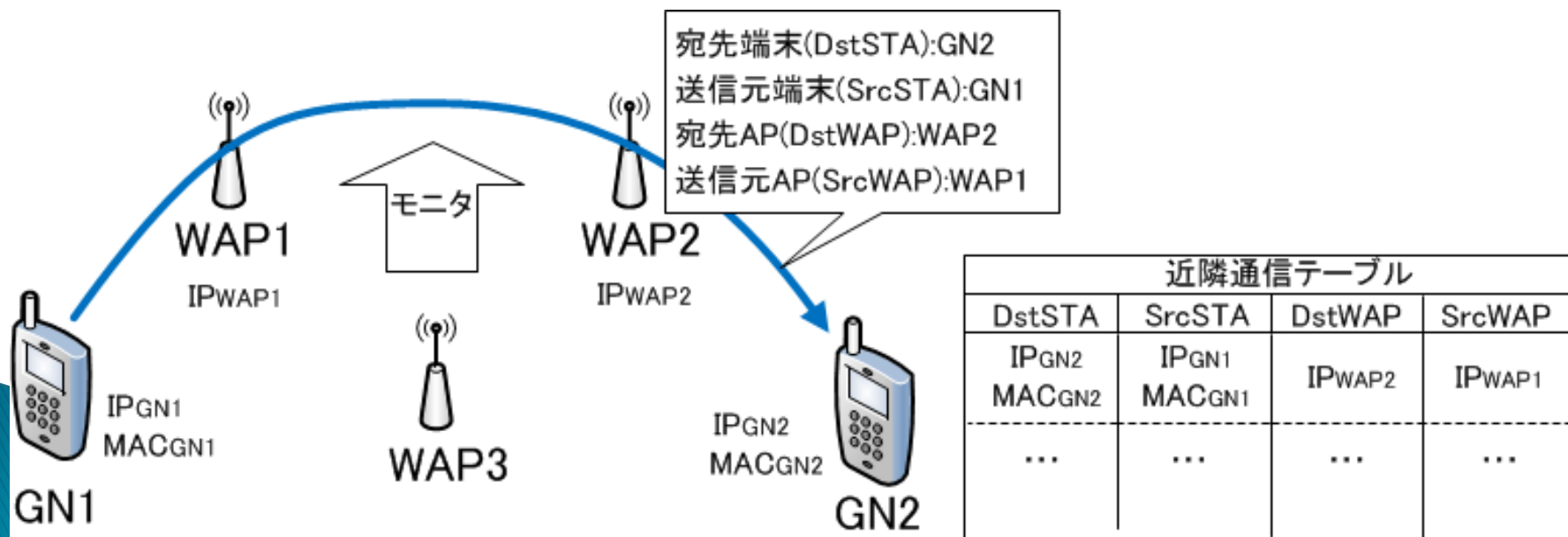
ハンドオーバー

▶ ハンドオーバー

- 通信中に端末の移動によりAPを切り替える

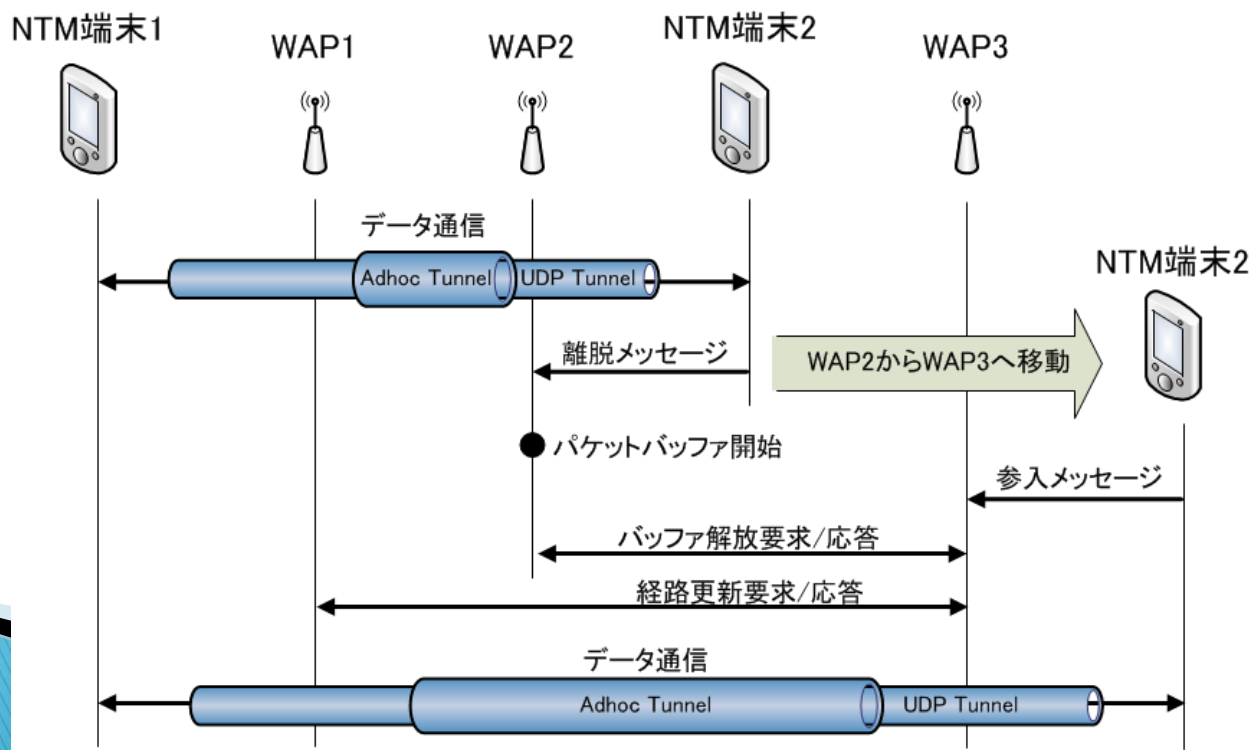
▶ シームレスハンドオーバー

- 通信の断絶やパケットロスの無いハンドオーバー
- 近隣通信テーブルやパケットバッファリングにより実現



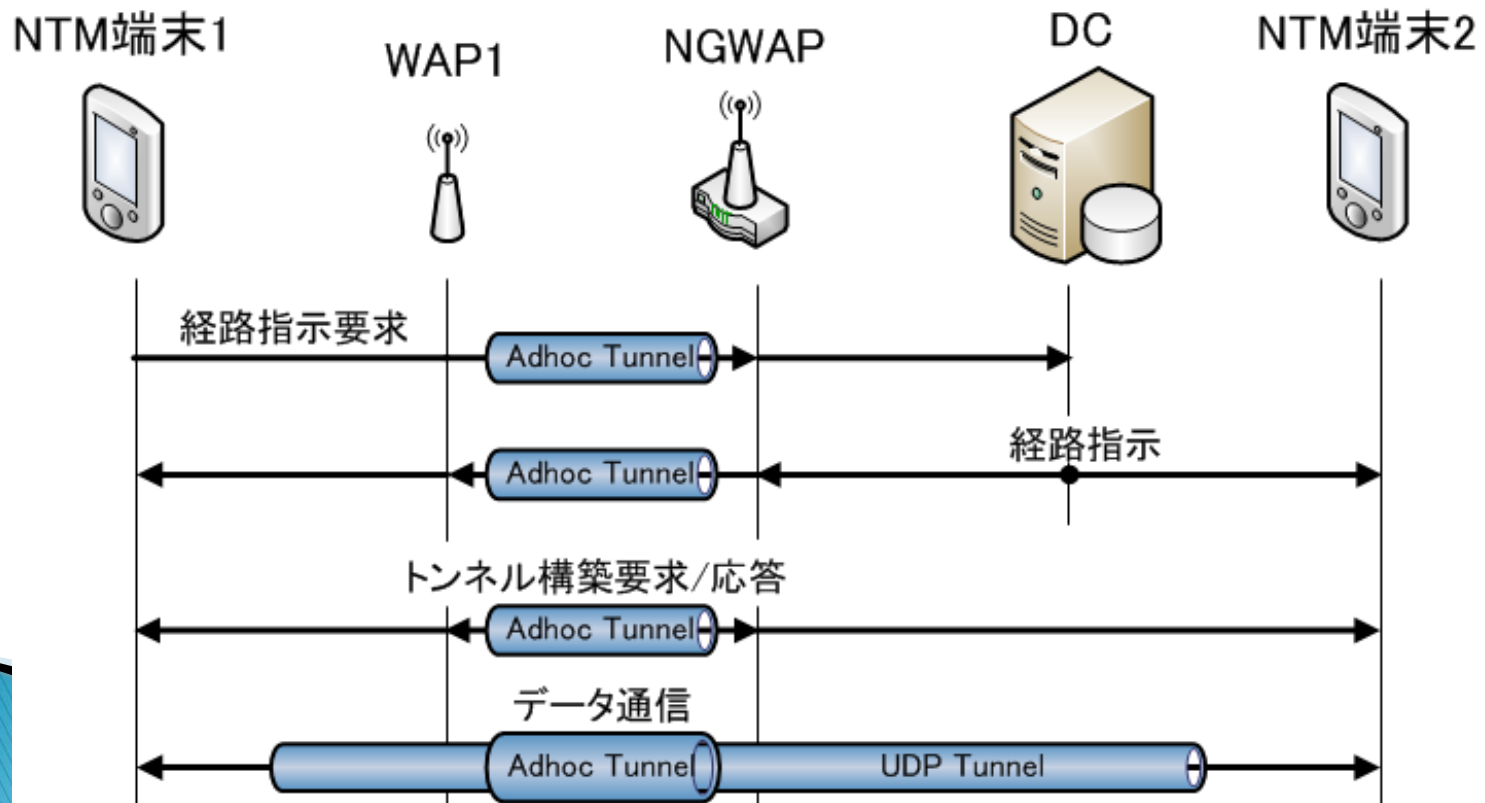
端末移動時の処理

- ▶ 端末は移動と同時に離脱メッセージを送信
- ▶ WAPは送信中のパケットをバッファリング
- ▶ 端末は新WAPに参入メッセージを送信
- ▶ 新WAPはバッファ解放と経路更新要求をユニキャスト



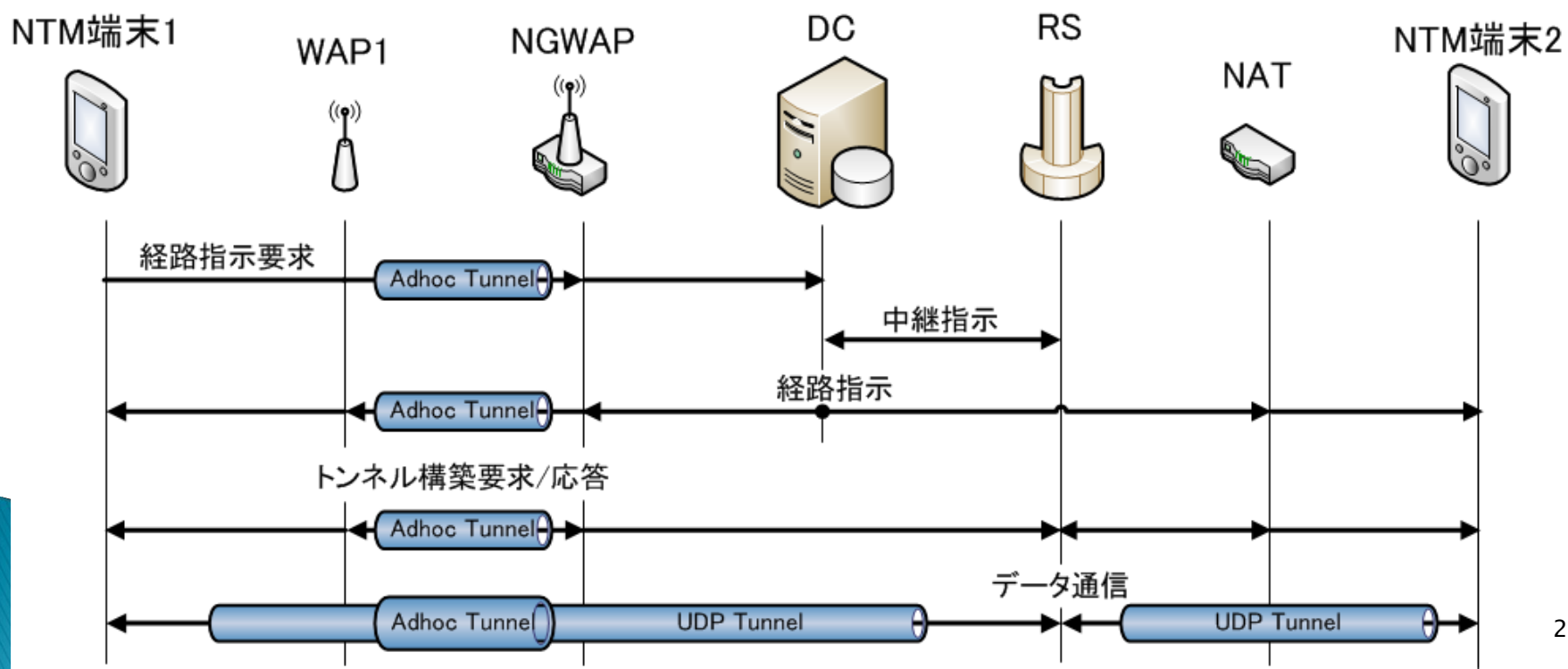
GWAP内とグローバル上のNTM端末

- ▶ 通常のNTMobileと同一の処理
- ▶ NGWAPは通常のNATとして動作
- ▶ エンドツーエンドのトンネルが構築



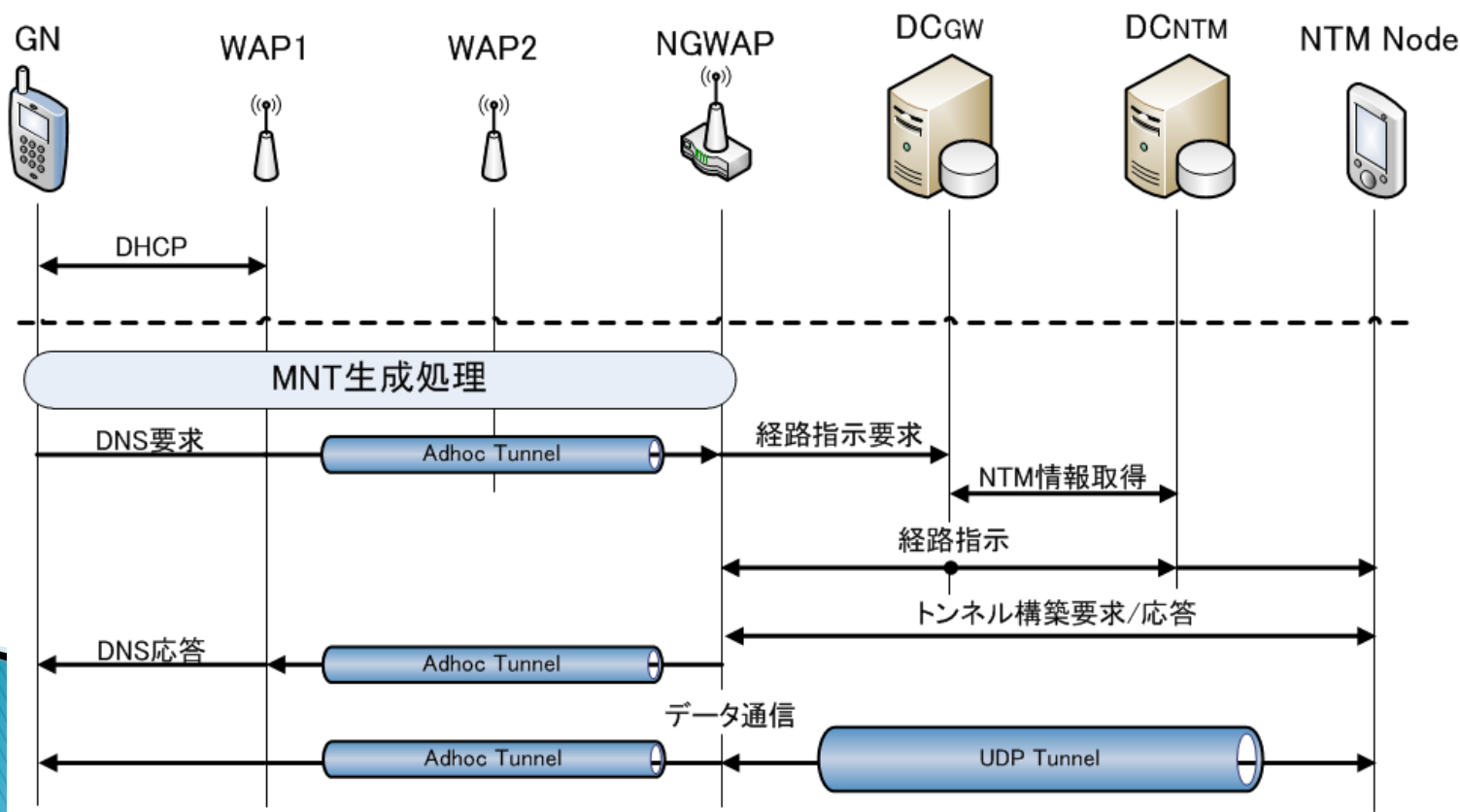
GWAP内とNAT内のNTM端末

- ▶ 通常のNTMobileと同一の処理
- ▶ NGWAPは通常のNATとして動作
- ▶ トンネル構築先はRS
- ▶ RSを経由した通信



NTM端末と一般端末

- ▶ NGWAPはNTM Mobileとして動作
- ▶ トンネル構築はNGWAPとNTM端末間
- ▶ NGWAPのグローバルIPアドレス変化しても通信継続



一般端末とメールサーバ

- ▶ DCはDNSの機能を持つ
- ▶ TXTレコード(NTMobile専用レコード)の問い合わせ
 - 応答無し⇒通信相手が一般端末
 - 応答有り⇒通信相手がNTM端末

