

# Android 端末における Wi-Fi/3G 間の シームレスハンドオーバーの提案と実装

113430029 福山 陽祐  
渡邊研究室

## 1. はじめに

スマートフォンの普及や無線技術の発展により、移動中にネットワークを切り替えたり、外出先から自宅の情報端末へ通信を開始したいという要望が高まっている。しかし、これらの要望を満たすためには、移動透過性の実現や NAT 越え問題を解決しなければならない。我々は、これらの問題を同時に解決する NTMobile(Network Traversal with Mobility)[1][2] を提案し、実装を行っている。NTMobile は Linux ベースの PC 向けに開発が進められており、Android 端末への移植と動作検証を終えている。しかし、ネットワークの切り替え時に通信断絶時間が発生し、通信が再開されるまでに時間がかかるという課題があった。そこで、本研究では Android 端末に搭載されている Wi-Fi I/F(インターフェース) と 3G I/F を同時に動作させることにより通信断絶時間をなくし、シームレスな移動透過性を実現する方法について提案し、その実装方法を述べる。

## 2. NTMobile の概要と Android の ハンドオーバーの現状

### 2.1 NTMobile

図 1 に NTMobile のシステム概要を示す。NTMobile は DC(Direction Coordinator), NTM 端末, RS(Relay Server) によって構築される。

DC は仮想 IP アドレスの割り当て管理や、NTM 端末に対してトンネル構築などの指示を出す装置である。NTM 端末は移動先のネットワークから割り当てられる実 IP アドレスと、DC から割り当てられる仮想 IP アドレスの 2 つのアドレスを保持している。アプリケーションパケットは、仮想 IP アドレスに基づいて生成され、NTM 端末間に構築される UDP トンネルによって実 IP アドレスにより転送される。RS は、NTM 端末と一般サーバのように通信相手が NTMobile を実装していない端末と通信する場合や、両 NTM 端末が NAT 配下に位置する場合に、通信の中継を行う装置である。移動端末を MN、通信相手を CN とし、MN と CN は NTMobile を実装した NTM 端末とする。

NTMobile の動作シーケンスは主に以後の 3 つのフェーズを経て通信が行われる。

- 端末情報の登録  
NTM 端末起動時に自身の情報を DC に登録する。
- 名前解決処理  
通信開始時に名前解決処理を検知すると、トンネル構築のフェーズを開始する。
- トンネル構築  
DC に CN とのトンネル構築をするための指示を要求し、MN は DC の指示に従って CN とメッセージ交換をする。

ネットワーク切り替え時には、MN と CN の間でトンネルを再構築する。MN はすでに CN の実 IP アドレスなどの情報を知っているため、名前解決処理を省略して、トンネル構築処理を実行する。NTM 端末は仮想 IP アドレスに

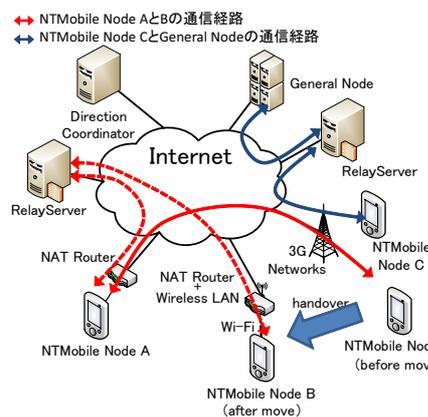


図 1: NTMobile のシステム概要

基づいた通信を行うため、実 IP アドレスの変化の影響を受けない。

このように、NTMobile では通信中に IP アドレスが変化しても、通信を継続することができる。

### 2.2 Android のハンドオーバーの現状

現状の Android 端末では Wi-Fi 接続が完了すると、3G I/F での通信ができない仕様になっている。Wi-Fi 接続時に 3G をダウンさせる理由として、複数通信 I/F が利用可能であっても出口となるデフォルトゲートウェイが一つしか設定できないため、I/F をダウンさせていると考えられる。

3G I/F のダウンにより、Wi-Fi から 3G に切り替える際に通信断絶が発生する。Wi-Fi から 3G へのハンドオーバーでは Wi-Fi がアクセスポイント (以後 AP) との接続が解除されると、3G 側の接続準備が開始される。Wi-Fi 接続解除後 3G I/F の基地局との接続・認証・IP アドレスの取得処理が行われ、3G I/F が復帰する。この復帰までは IP アドレスも定まっておらず、通信ができない通信断絶時間が発生する。この通信断絶時間は電波状態によるが 5~6 秒程度発生する。

## 3. 提案方式

提案方式の方針として、Android 端末に搭載されている 3G と Wi-Fi I/F を通信切断時間がないように動作させ、通信 I/F を切り替える前にもう一方の通信 I/F の準備を完了させる。通信準備が完了後、NTMobile を実行することによりハンドオーバー後の通信を継続可能とする。

### 3.1 3G から Wi-Fi へのハンドオーバー

MN は 3G I/F で通信を行っているものとする。MN は 3G でのトンネル通信中に、定期的に Wi-Fi I/F を起こしチャネルスキャンを行い、周辺の AP を探索する。探索結果により接続できる AP を発見すると、AP との接続を指示し接続を行う。接続完了後、DHCP 処理により Wi-Fi I/F

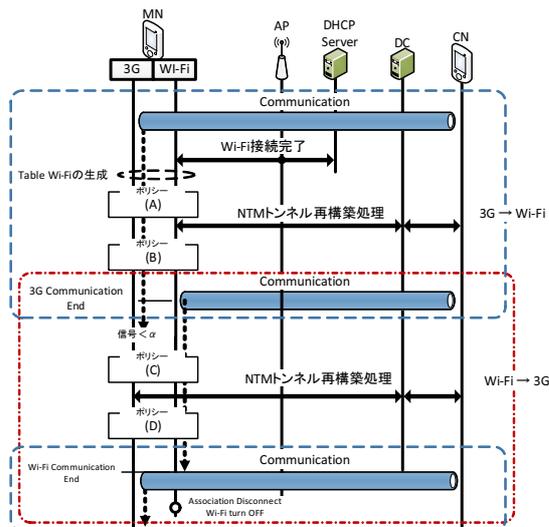


図 2: ポリシー設定タイミング

に IP アドレスが割り当てられる。以上で Wi-Fi での通信準備が完了する。

Wi-Fi の通信準備が完了後、NTMobile のトンネル再構築処理を行い、Wi-Fi 側にトンネルを構築する。

### 3.2 Wi-Fi から 3G へのハンドオーバー

MN は Wi-Fi で通信を行っているものとする。Wi-Fi は通信中に AP との電波強度を常に測定し、通信品質の監視を行う。3G は常時接続状態にしておき、AP との電波強度が低下して通信状態が不安定になったと判断した場合、3G 側へのハンドオーバーを決定する。

3G 側へのハンドオーバーを決定すると、3G 側からトンネル再構築のシーケンスを行い、3G 側にトンネルを生成する。トンネル生成後、Wi-Fi のコネクションを切断し、Wi-Fi を OFF にする。

### 3.3 同時接続時のパケットルーティング手法

提案方式では、3G と Wi-Fi が同時にインターネットに接続できることを前提としている。しかし、現状の Android 端末では出口が一つしか設定できないため、I/F を選択してパケットを送信することができない。そこで、iproute2 の仕組みを用いてルーティングテーブル（以後 RT）を複数生成し、RT 参照ルール（以後ポリシー）により参照する RT を変えることにより同時に通信を可能とする。図 2 にポリシールーティングを導入した提案方式のシーケンスを示す。ここで、端末は Wi-Fi 用の RT と、3G 用の RT を生成する。この RT をそれぞれ、"Table Wi-Fi", "Table 3G" と呼ぶ。

Wi-Fi へのハンドオーバー時は、Wi-Fi 接続完了時に 3G での通信を続けるためにカプセル化パケットの経路として Table 3G を参照する。トンネル構築に用いるほかのパケットは経路として、Table Wi-Fi を参照するようにポリシーを設定する。その後、トンネル構築後に全てのパケットに対して Table Wi-Fi を参照させることにより、パケットの流れを Wi-Fi に変える。

3G へのハンドオーバー時は、3G へのハンドオーバーを決定すると、カプセル化パケットは Table Wi-Fi を参照し、他のパケットは Table 3G を参照するようにポリシーを設定する。トンネル構築完了後すべてのパケットに対して Table 3G を参照させることにより、パケットの流れを 3G に変える。

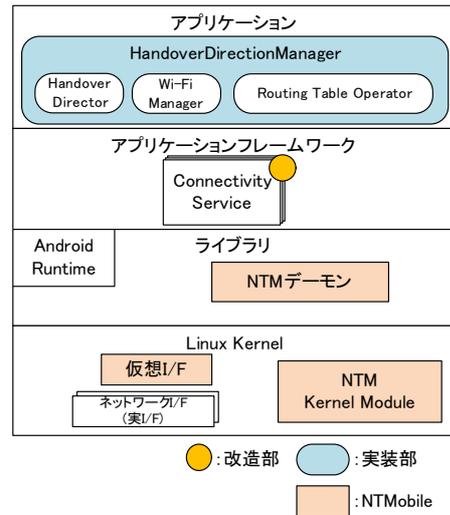


図 3: 提案システムの構成

## 4. 実装方法

提案システムを Android のアーキテクチャ構造ののって実装を行う。図 3 に提案方式のシステム構成を示す。実装機能および Android システムの改造箇所は以下である。

- NTMobile 関連  
NTMobile はカプセル化などを行うカーネルモジュール、ネゴシエーションを行うデーモンプログラム（以後 NTM デーモン）および仮想 I/F により動作する。カーネルモジュールはカーネル層にモジュールとして、NTM デーモンはライブラリ層にネイティブアプリケーションとして実装されている。
- HandoverDirectionManager  
Android アプリとして実装する。本アプリは、主に Wi-Fi 関連の機能と RT 操作・NTM デーモンへの移動指示の 3 つの機能をもつ。
- ConnectivityService の改造  
ConnectivityService は、通信状態の管理や I/F の切り替えを行う OS の機能である。ConnectivityService を改造することにより、Wi-Fi と 3G が同時に動作するようにした。

## 5. まとめ

本研究では、Android 端末をターゲットに端末が持つ Wi-Fi と 3G を同時に動作させることにより、通信断絶時間をなくしシームレスに切り替えを行えるシステムを提案した。Android では通常行えない Wi-Fi と 3G の同時動作を OS を改造することにより解決した。また、同時に通信を行えるようにするため、iproute2 を用いたパケットルーティング手法により同時通信を可能にした。今後は、実装を完了させ、動作確認を行って行く。

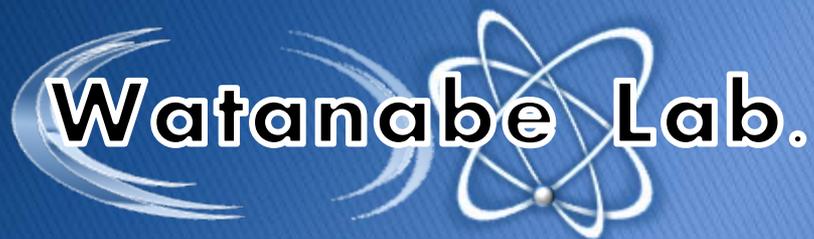
### 参考文献

- [1] 鈴木秀和, 上醉尾一真, 水谷智大, 西尾拓也, 内藤克浩, 渡邊 晃:NTMobile における相互接続性の確立手法と実装, 情報処理学会論文誌 Vol.54 No.1,367-379, (Jan. 2013).
- [2] 内藤克浩, 上醉尾一真, 西尾拓也, 水谷智大, 鈴木秀和, 渡邊 晃, 森香津夫, 小林英雄: NTMobile における移動透過性の実現と実装, 情報処理学会論文誌 Vol.54 No.1, 380-393, (Jan. 2013).



# Android端末におけるWi-Fi/3G間の シームレスハンドオーバーの提案と実装

名城大学大学院  
理工学研究科 情報工学専攻  
渡邊研究室  
113430029福山 陽祐

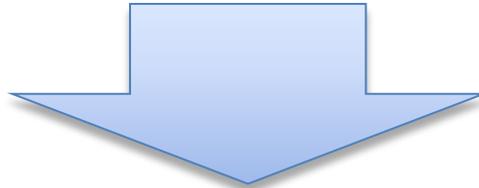


# 研究背景

- ▶ 高機能携帯端末(スマートフォン)の普及
  - Android端末
  - iPhone など
  
- ▶ 通信インフラの発展
  - 無線LAN(Wi-Fi)環境の普及
    - 無料ホットスポットの増加
  - 携帯電話網(3Gネットワーク)の環境整備

# スマートフォンの特徴（通信面）

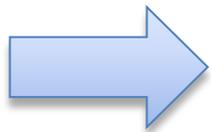
- ▶ 無線LAN(Wi-Fi)と携帯電話網(3Gネットワーク)の両方が使える
  - Wi-Fi
    - 電波の届く範囲が狭い(数十m程度)
    - 高速な通信が可能
  - 3Gネットワーク
    - 全国で使用可能(電波が常に届いている)
    - 大容量データ通信には向かない(速度が遅い)



周囲の状況に応じてネットワークを切り替えたい

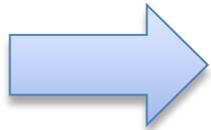
# ネットワーク切り替え時の課題

- ▶ IPアドレスが変わる
  - 通信が継続できない



移動透過技術により解決可能

- ▶ 切り替え時の通信断絶時間とパケットロス
  - 切り替え時に一時的に通信できなくなる
  - パケットロスの発生



通信断絶を減らす工夫が必要

移動透過技術: IPアドレスが変わっても  
通信を継続できるようにする技術  
例) Mobile IP, Mobile PPC など

# 目的

- ▶ Android端末をターゲットに3GとWi-Fi間をシームレスにハンドオーバーする
  - 切り替えても通信を継続させる
  - 通信断絶をなくしパケットロスの発生をなくす
  
- ▶ Android端末の選択理由
  - 急速に普及している
  - OSのソースコードが公開されている
  - 改造や手を加えやすい

# 解決すべき課題

- ▶ 課題A : ネットワーク切り替えによるIPアドレスの変化
- ▶ 課題B : Android端末の切り替え時の通信断絶時間
  - Wi-Fiから3Gへ切り替える際に通信断絶が起きる

課題Bを解決するのが本提案の目的

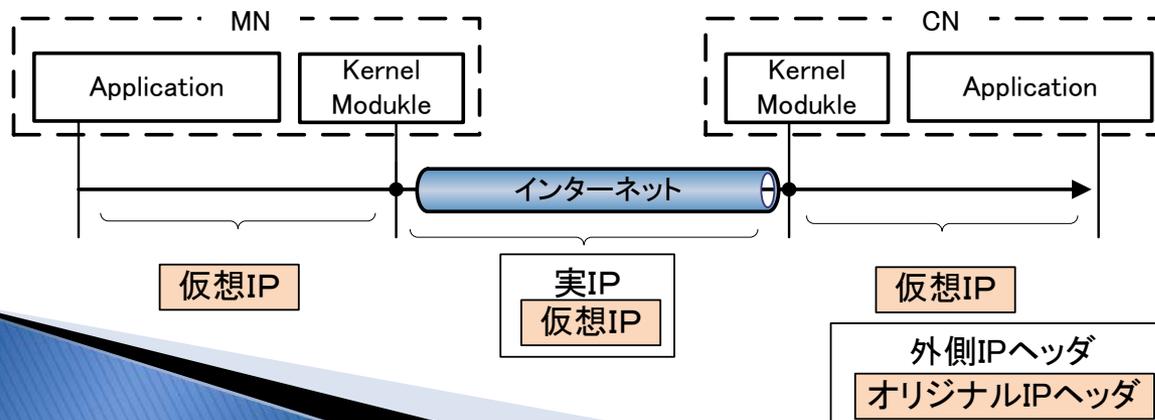
# 課題A

## ネットワーク切り替えによるIPアドレスの変化

- ▶ 解決策 : 移動透過技術を適用する
  
- ▶ 移動透過技術 : NTMobile (独自技術)
  - 理由
    - あらゆる環境で通信を開始することができる
      - グローバルネットワーク
      - プライベートネットワーク
      - IPv4,IPv6間や混在環境など
    - 移動しても通信を継続することができる
      - エンドエンドで移動透過性を実現できる
    - Android端末での動作を確認している

# NTMobileの通信手法

- ▶ 端末は，実IPアドレスと仮想IPアドレスを持つ
  - 実IPアドレス：ネットワークで割り当てられるアドレス
  - 仮想IPアドレス：DC\*から割り当てられる一意のアドレス
- ▶ アプリケーション間は，仮想IPアドレスで通信をする
- ▶ 実IPアドレスでカプセル化して相手に送る
- ▶ アプリケーションは仮想IPアドレスで通信するため，実IPアドレスの変化の影響を受けない

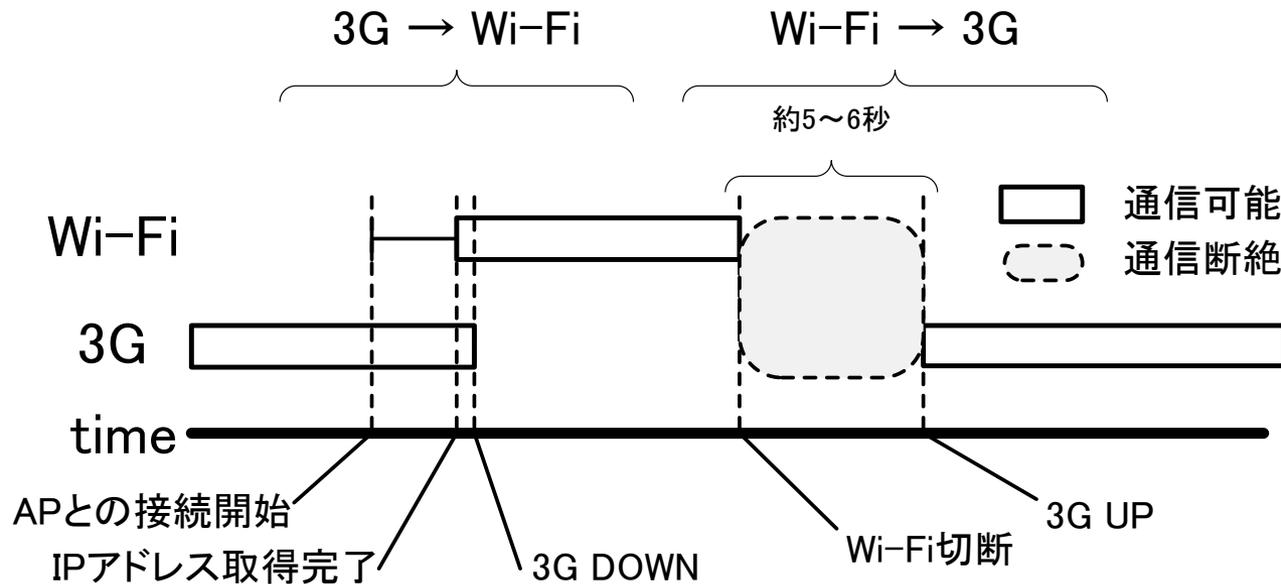


\*DC:NTMobileで使用する装置  
端末の管理などを行う

# 課題B

## Android端末の切り替え時の通信断絶時間

- ▶ Android端末の切り替え時の通信断絶時間
  - Wi-Fi接続時には3Gの接続が切断される
  - Wi-Fiが切断してから3Gの再接続処理が実行される
    - 接続完了まで時間がかかる(約5～6秒程度)

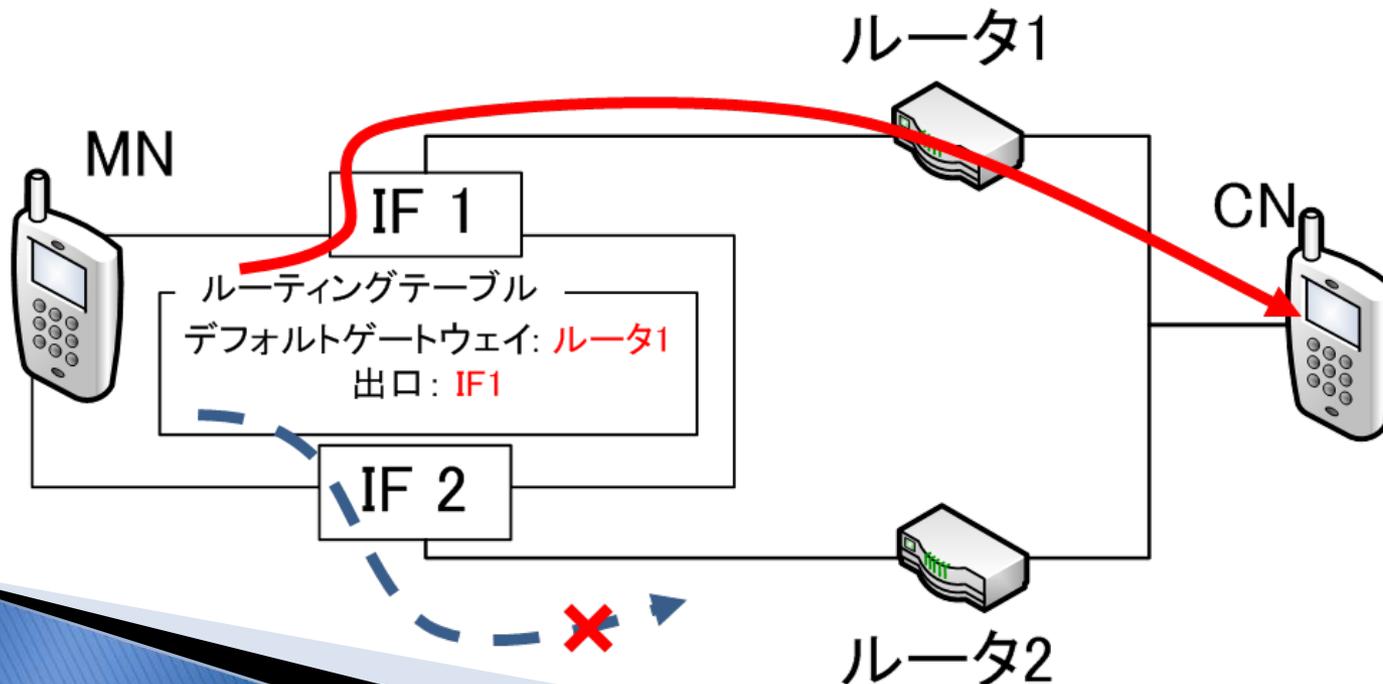


# ハンドオーバー手法の方針

- ▶ 一方のインターフェースで通信中にもう一方のインターフェースの準備を済ませておく
  - NTMobileでは, ネットワーク切り替え時にトンネルの再構築が必要
  - 同じ相手に, トンネル通信と再構築処理を別々のインターフェースで同時に行う必要がある

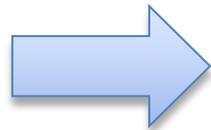
# 同時通信問題

- ▶ 同じ通信相手に同時に複数のインターフェースから経路を分けてパケットを送信することができない
  - 最初に中継されるルータ(デフォルトゲートウェイ)がルーティングテーブルに一つしか設定できない



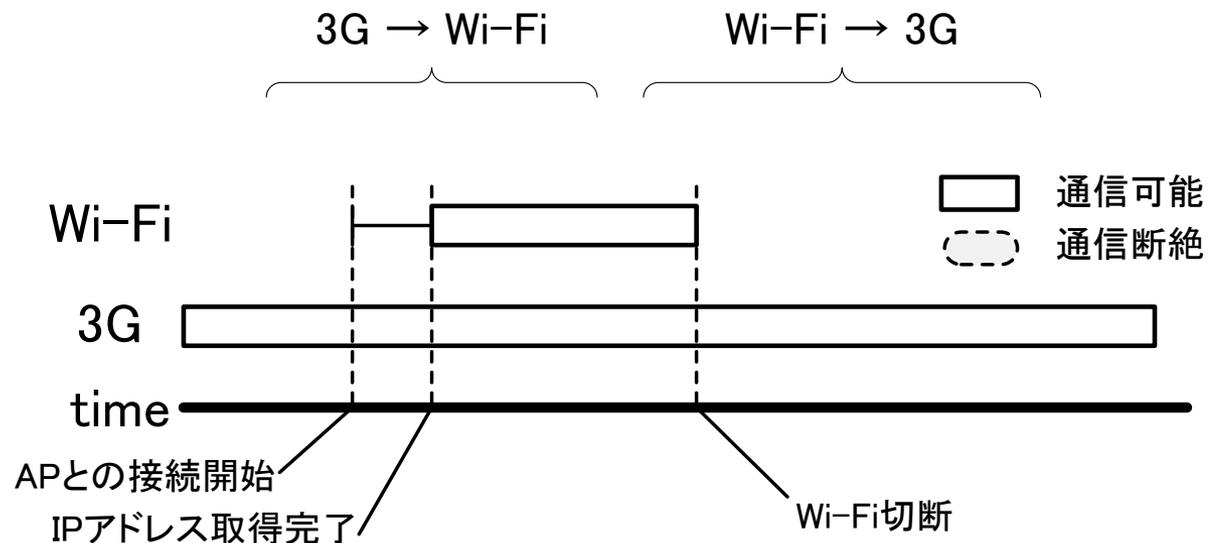
# 通信断絶時間の解決

- ▶ Wi-Fi接続時でも3Gの接続状態を維持する



3Gがずっと使える状態になる

- ▶ しかし、通常の動作では実現できない



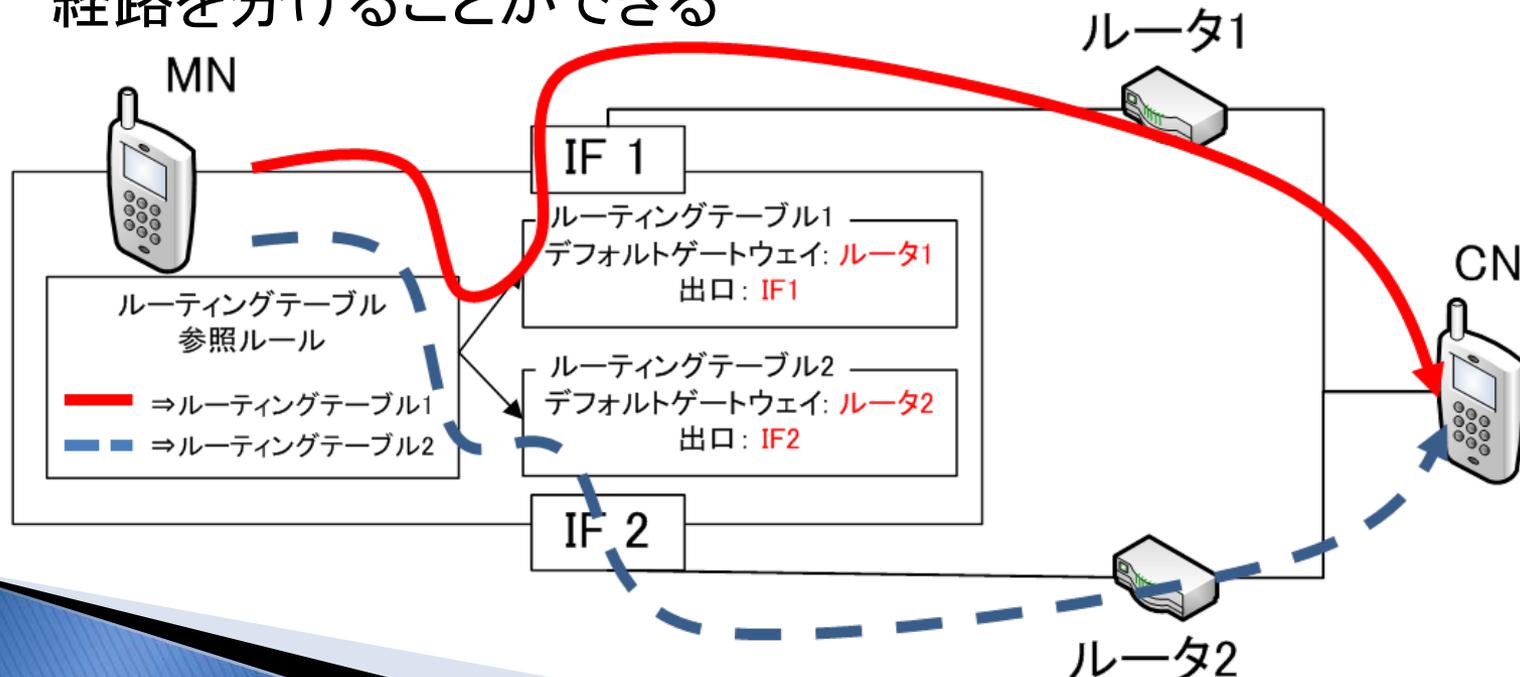
# 通信断絶時間の解決

- ▶ そのためにAndroid OSを改造して、Wi-Fi接続時でも3Gを切断させないようにする。

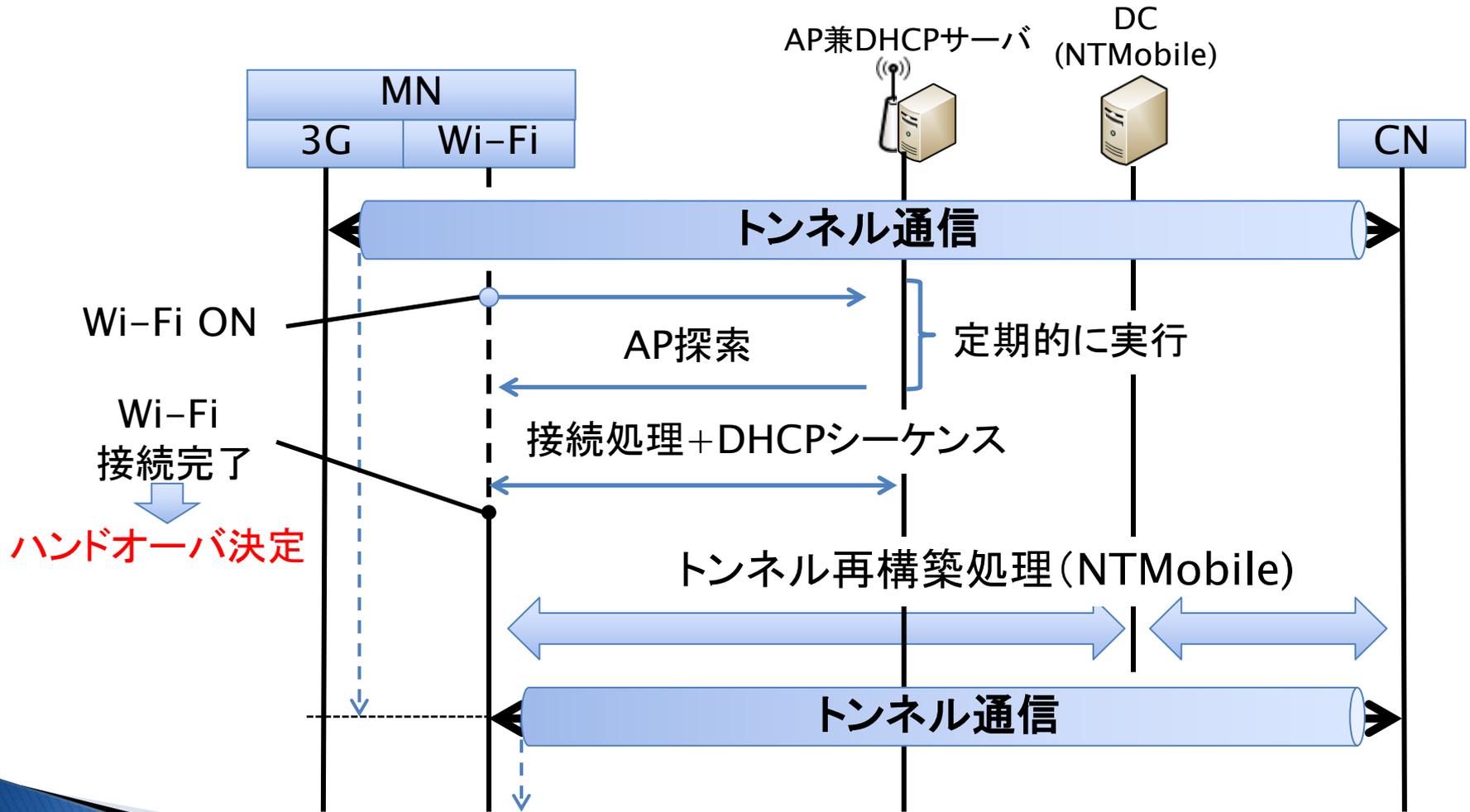


# 同時通信問題の解決

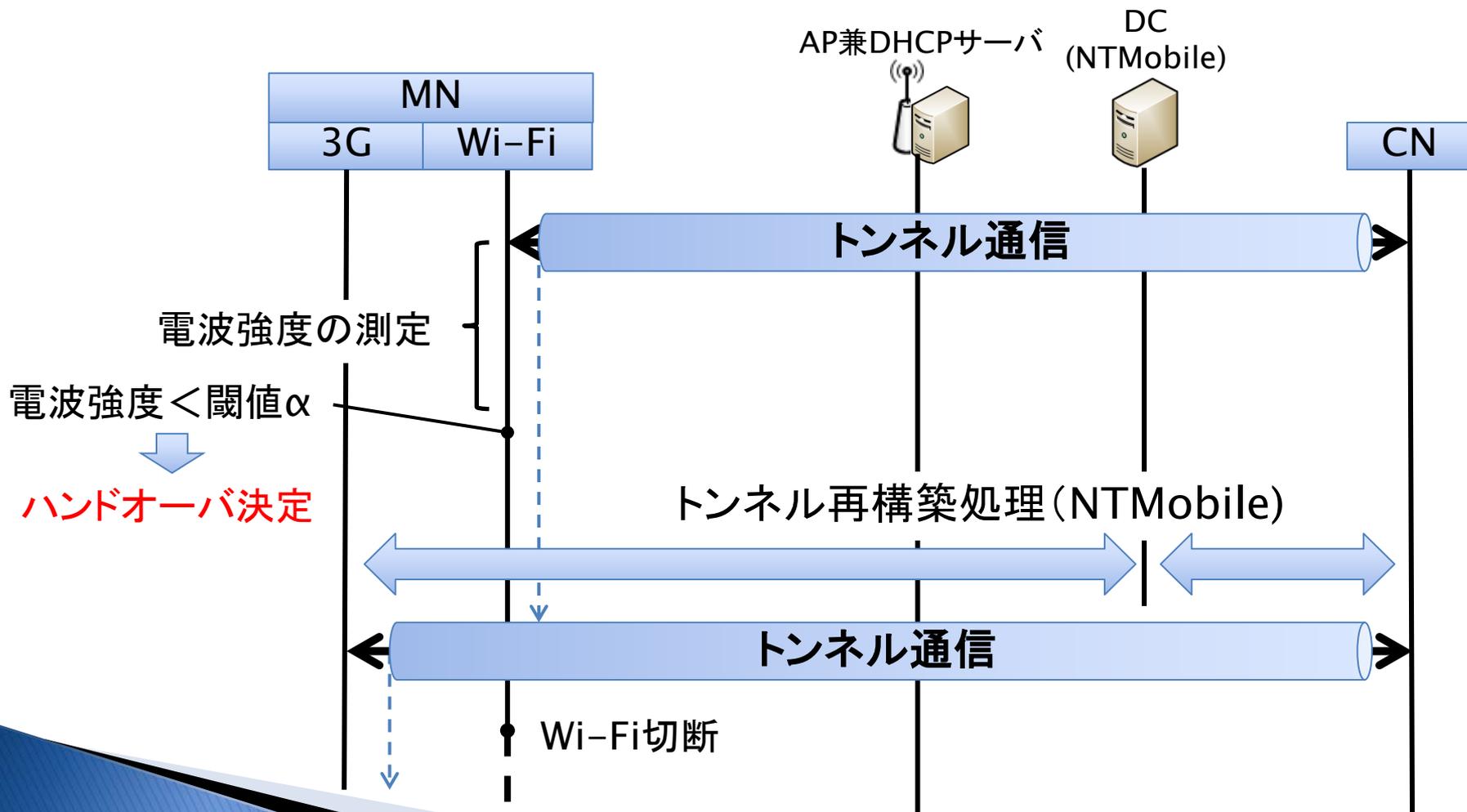
- ▶ 解決案 : iproute2を使用
  - ルータで使用する機能を端末で使用
  - ルーティングテーブルを複数用意することができる
  - ルーティングテーブルの参照ルールを設定することで、経路を分けることができる



# ハンドオーバー手法 (3GからWi-Fi)

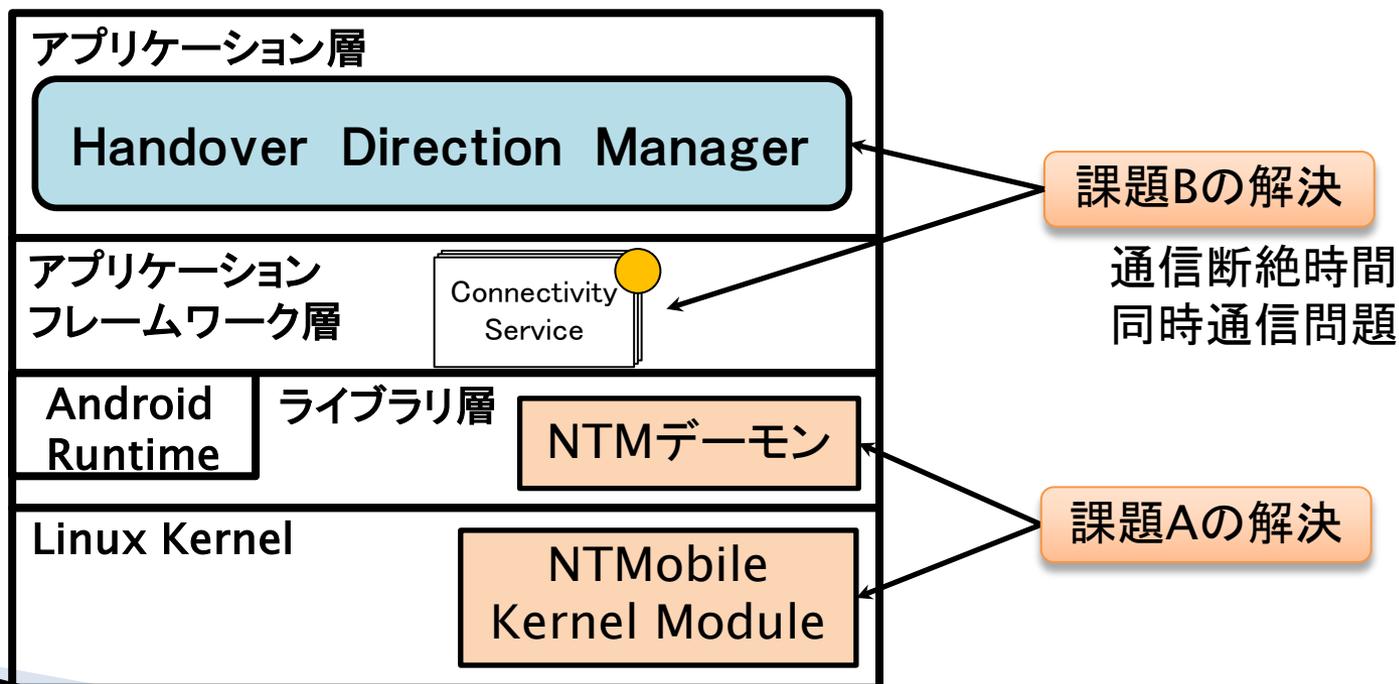


# ハンドオーバー手法 (Wi-Fiから3G)

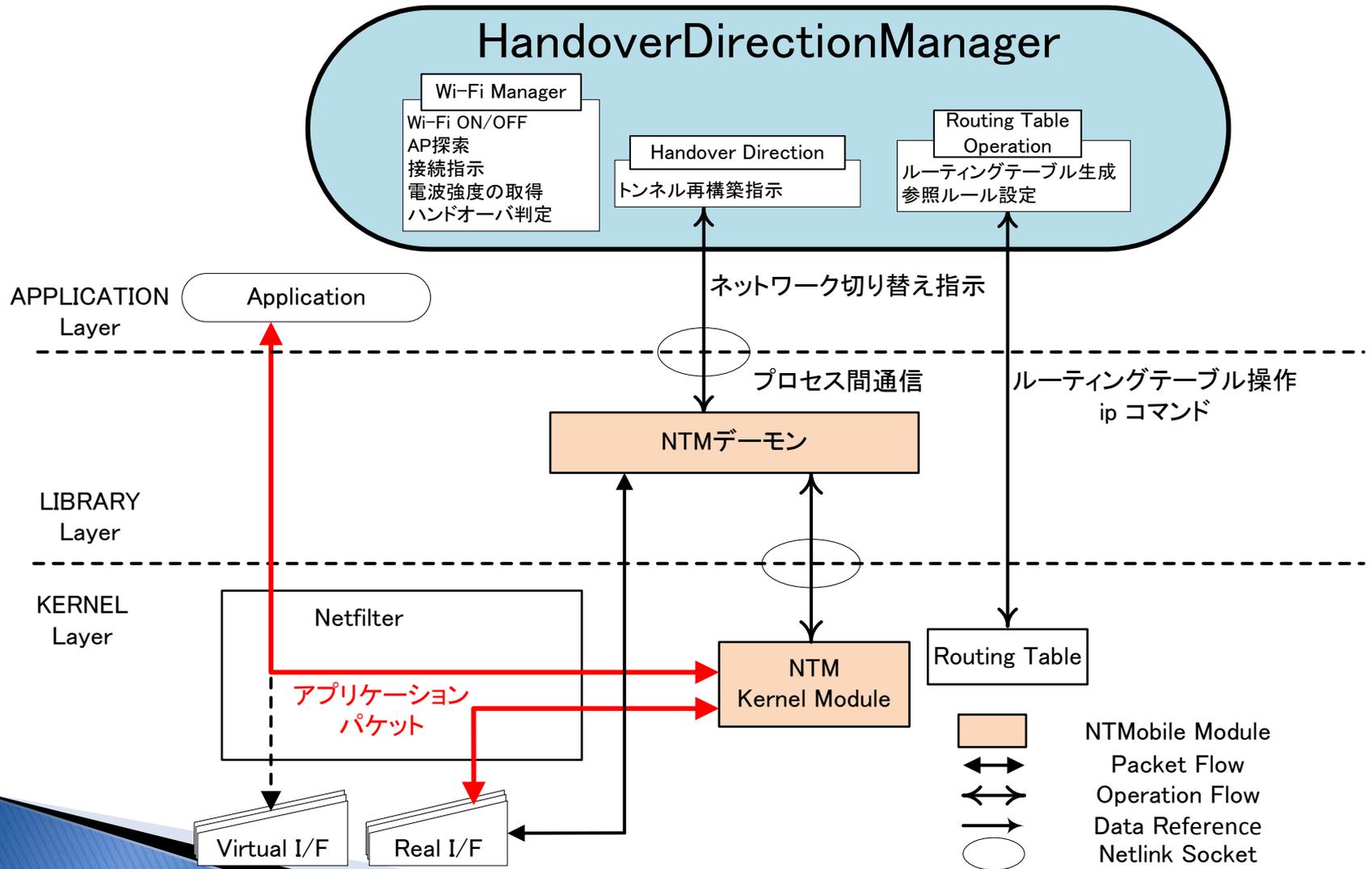


# 実装方法

- ▶ 提案方式をAndroid端末に実装
  - 実装端末：Nexus One(Google社販売, HTC設計)
  - Androidバージョン：Android2.3.7(カスタムOS使用)

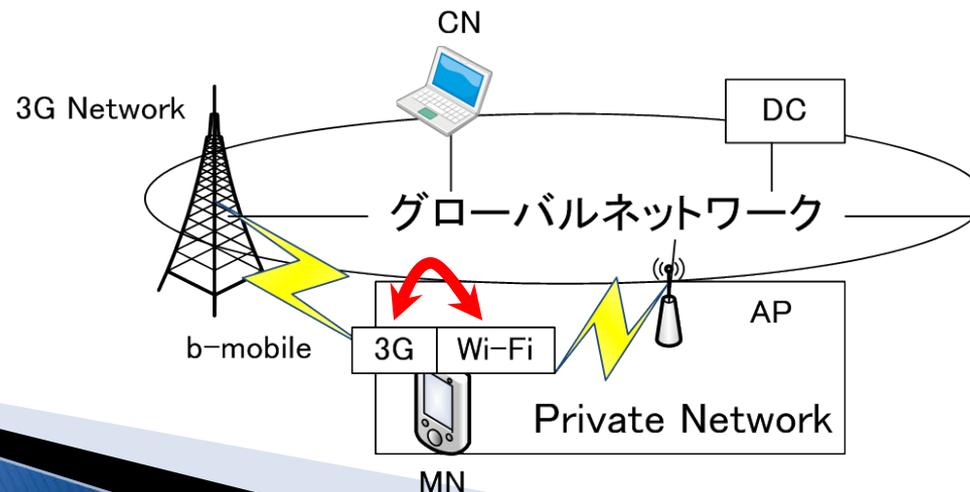


# Handover Direction Manager



# 動作確認 : 実験環境

- ▶ 実ネットワークで実験
- ▶ MN : Nexus One
  - OSバージョン : Android 2.3.7
  - 3Gネットワーク仕様 : b-mobile SIM(データ通信専用)
  - HDMで任意のタイミングでハンドオーバ指示を出せるように実装
- ▶ CN/DC : グローバルネットワークに配置



# 動作確認 : 結果

- ▶ ハンドオーバー時のパケットロスの測定
  - 測定ツール: iperf
  - 1470バイトのUDPパケットを20秒間送信
  - 帯域指定128kbpsで実行
  - 20秒間の測定中にハンドオーバー指示を一回出す
  - 3G→Wi-Fi,Wi-Fi→3Gを各5回試行

	NTMobileのみ適応 パケットロス数	提案方式を適応 パケットロス数
3G → Wi-Fi	6	0
Wi-Fi → 3G	55	0

通信中にインターフェースを切り替えてもパケットロスを発生させることなくハンドオーバーができることを確認

# まとめ

- ▶ 3GとWi-Fi間のシームレスハンドオーバーの提案
  - ターゲット : Android端末
  - 方法
    - OSを改造して, 3GとWi-Fiを同時にネットワークに接続し, 通信断絶時間をなくした
    - IPアドレスの変化はNTMobileによって解決
  - 実装と動作確認
    - 通信断絶時間とパケットロスともに発生しないことを確認
- ▶ 今後
  - 他の移動透過技術への適応を検討
  - 電波強度以外の指標導入を検討

# 参考文献

## ▶ NTMobile関連

内藤克浩, 上酔尾一真, 西尾拓也, 水谷智大, 鈴木秀和, 渡邊晃, 森香津夫, 小林英雄

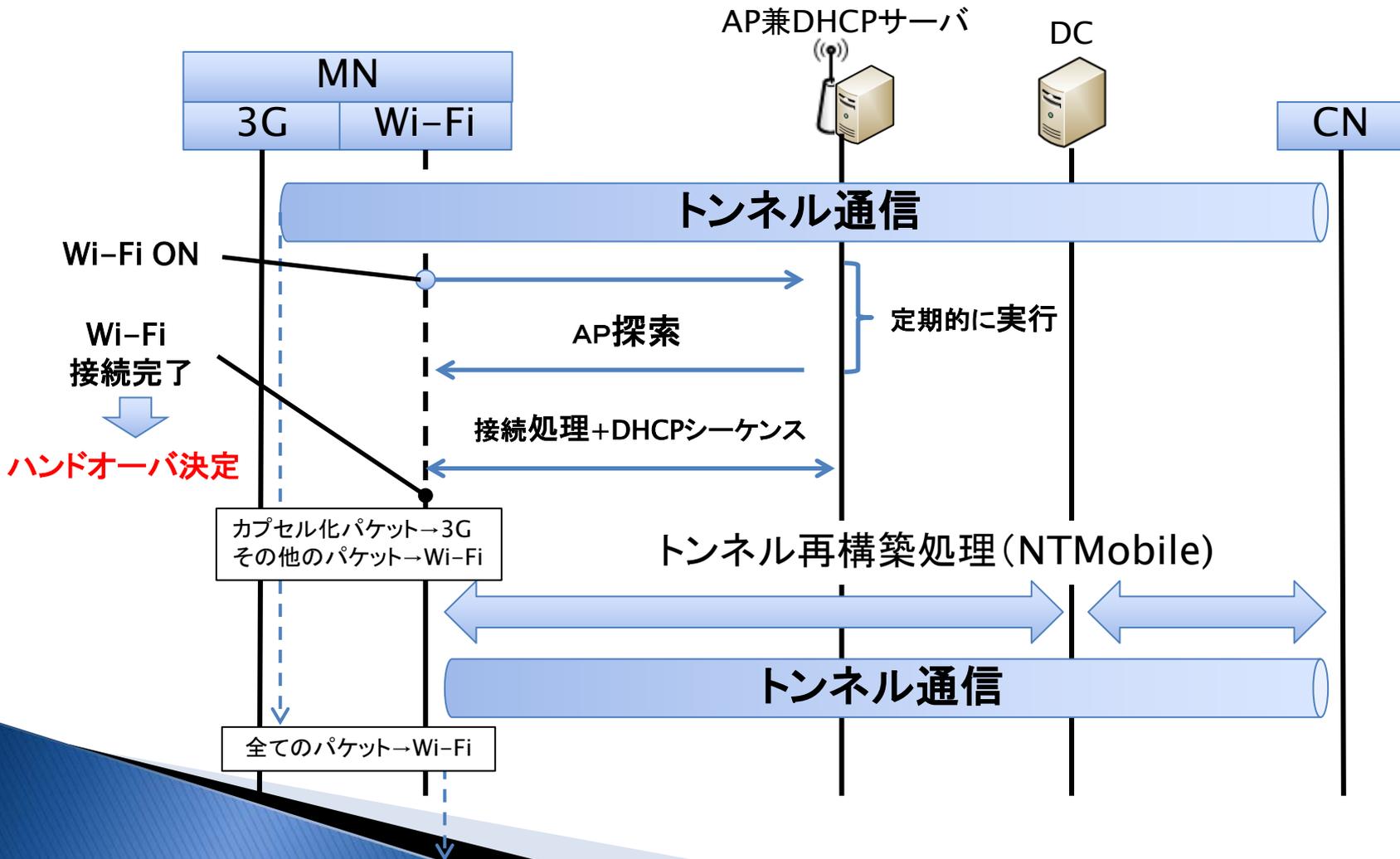
NTMobileにおける端末アドレスの移動管理と実装,  
情報処理学会論文誌, Vol.54, pp.380-393(2013)

鈴木秀和, 上酔尾一真, 水谷智大, 西尾拓也, 内藤克浩, 渡邊晃  
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, pp.367-379(2013)

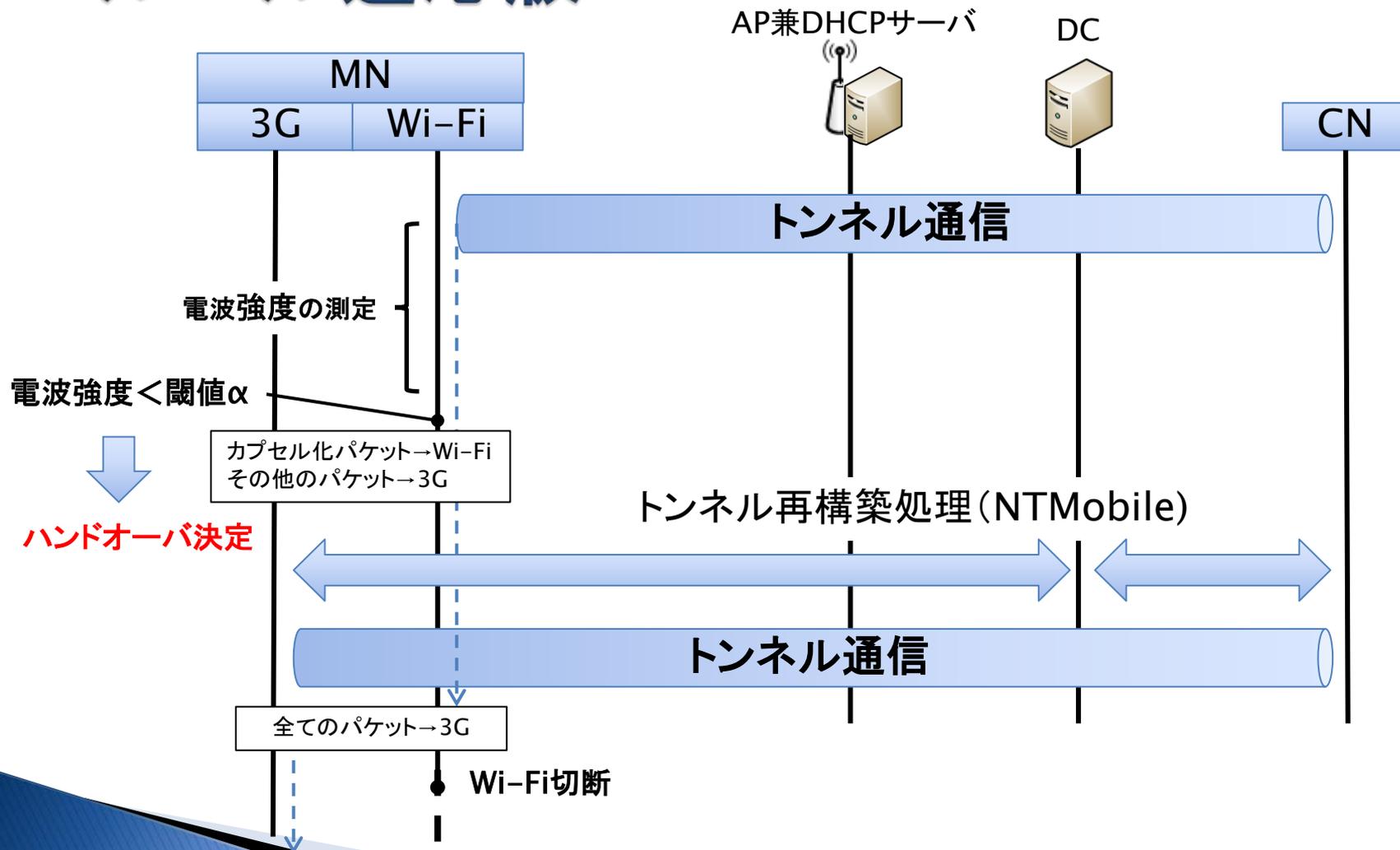
上酔尾一真, 鈴木秀和, 内藤克浩  
NTMobileのAndroid端末への実装と評価  
モバイルコンピューティングとユビキタス通信 研究報告,  
Vol.2012-MBL-62, No.19, pp.1-8, May.2012



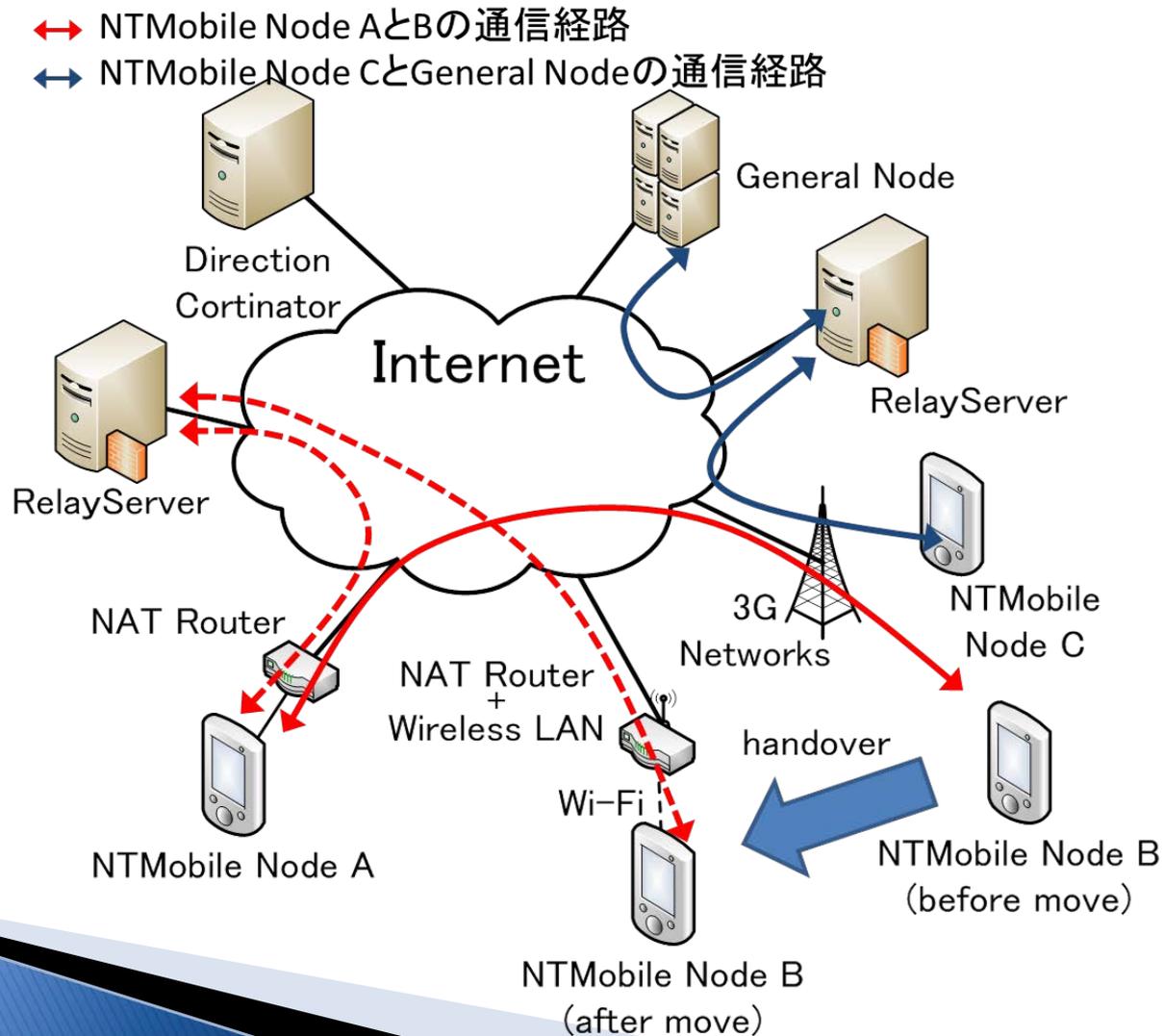
# ハンドオーバ手法(3GからWi-Fi) ルール適応版



# ハンドオーバ手法 (Wi-Fiから3G) ルール適応版



# NTMobileの概要



# NTM Mobileの概要2

- ▶ NTM端末
  - NTM Mobileを実装しているエンド端末
- ▶ DC (Directon Coodinator)
  - NTM端末に仮想IPアドレスを配布したり, トンネル構築の指示をNTM端末にする装置
- ▶ RS (Relay Server)
  - エンドエンドでトンネルを構築できない場合, 中継するサーバ
  - NTM端末の両方がNAT配下にある場合
  - NTM端末と一般サーバと通信する場合