

平成26年度 卒業論文

和文題目

NTMobile を用いた
アドホック通信と携帯網通信の切り替え手法の提案

英文題目

**Proposal of Switching Method between
Adhoc Communication and Cellular Networks
using NTMobile**

情報工学科 渡邊研究室
(学籍番号: 110425321)

山路 怜士

提出日: 平成27年2月12日

名城大学理工学部

概要

無線 LAN におけるアドホックモードはインフラが不要であり、端末間で直接通信ができる手段として有用である。しかし、電波が届かない範囲では利用ができない。一方、携帯網は場所や時間に関わらず通信が可能であるが、通信帯域が狭いため高トラフィックに対応できない。そのため、端末同士が近距離の場合はアドホックモードによる通信を行い、距離が離れた場合は携帯網通信に切り替えて通信ができると有用である。

我々は、通信の開始を保証する通信接続性と通信中にネットワークの切り替えが可能な移動透過性を同時に実現する NTMobile(Network Traversal with Mobility) を提案している。本論文では NTMobile を用いて無線 LAN のアドホックモードによる直接通信と携帯網を用いた通信をシームレスに切り替える手法を提案する。

Abstract

Adhoc mode in the wireless LAN is not necessary infrastructure and is useful as a means that can direct communication between terminals. However, it is not available in the range of radio waves cannot reach. On the other hand, cellular network is able to communicate anytime, anywhere. However, it cannot cope with high traffic for communication band is narrow. Therefore, it is useful to switch the communication with the distance between terminals.

We have been proposing Network Traversal with Mobility (NTMobile) that can provide connectivity and mobility. In this paper, I propose a method to switch seamlessly between adhoc communication and cellular networks using NTMobile.

目次

第1章 序論	1
第2章 NTMobile	3
2.1 NTMobile の概要	3
2.2 通信経路確立手法	4
2.3 ハンドオーバー時の処理	5
2.4 課題	6
第3章 提案方式	7
3.1 提案方式の概要	7
3.2 通信経路確立手法	8
3.3 想定する移動パターン	10
3.4 ハンドオーバー時の処理	10
第4章 実装方針	12
4.1 モジュール構成	12
4.2 切り替えモジュールの処理	14
4.3 Linux における動作	15
第5章 まとめ	16
謝辞	17
参考文献	19
研究業績	21
付録A Android 端末への実装	23
A.1 wpa_supplicant および Connectivity Service	23

第1章 序論

無線通信技術の発展により、Android OS を搭載したスマートフォンをはじめとする高性能な携帯端末が広く普及し、あらゆるネットワークからインターネットに接続する需要が急激に増加している。また、インターネット接続数の増加に伴い、ネットワークのトラフィックも増加し、通信の高速化や大容量化、そして移動しながら通信を行いたいという要求が高まっている。

Android 端末などのスマートフォンは、携帯電話網の通信インタフェースと無線 LAN インタフェースを持ち、両方のインタフェースにおいて通信を利用できる。無線 LAN の通信方式の一つであるアドホックモードを利用した直接通信は、インフラ設備を必要とせず、エンド端末同士で通信を行う方式として研究が進められている。アドホックモードに対応した端末が複数存在するネットワークはアドホックネットワークと呼ばれ、端末がパケットを中継することで、直接電波が届かない端末との通信を可能とする。これらは、インフラ設備が不要であるため、簡易にあらゆる場所でネットワークを構築することができるという点で現在、注目されている [1]。

アドホックモードを利用した移動通信を想定した場合、端末間の距離が離れ、両端末が電波到達範囲外に移動するなどして通信が切断されてしまう問題が発生する。一方、携帯電話網における通信は、あらかじめインフラが設備されているため、ユビキタス通信が可能である。しかし、携帯網における通信は無線 LAN と比較すると通信帯域が狭いため、トラフィックの集中により通信効率が低下してしまう。さらに、インターネットを利用したさまざまなアプリケーションの登場により、携帯網へトラフィックが流入している。そこで今後、携帯電話網におけるトラフィックを増加させると予想される IP 電話やビデオチャットを本論文では想定する。そのような場合、端末同士が近距離の場合はアドホックモードによる通信を行い、距離が離れた場合は携帯網に切り替えて通信を行うことで、携帯網の高トラフィック状態を事前に抑制し、安定した通信を実現できると有用である。

現在の IP ネットワークでは、通信端末に割り当てられた IP アドレスを用いて通信を識別しているため、上記のような異なるネットワーク間のハンドオーバーを行うと、IP アドレスが変化してしまい、通信が一度切断されてしまう。そのため、移動通信が一般に普及している現在、IP アドレスが変化する場合においても通信を継続して行うことを可能とする移動透過性技術が必要である。

通信の開始を保証する通信接続性と通信中にネットワークの切り替えが可能な移動透過性を同時に実現する NTMobile(Network Traversal with Mobility) を提案している [2-4]。NTMobile は、NTMobile を実装した NTM 端末、仮想 IP アドレスの管理と経路生成の指示を行う DC(Direction Coordinator)、特定の packets を中継する RS(Relay Server) から構成される。DC と RS は、グローバルネットワーク上への自由な分散配置が可能であり、DC は NTM 端末の通信を把握している。しかし、アドホックモードによる直接通信は、DC では把握できないため具体的な実現方法は検討

されていない。

本論文では NTM 端末の無線 LAN 側で DC の指示とは別に端末自身が自律的にトンネル構築を行う手法を提案する。3G 側では従来通り DC の指示によりトンネル構築を行い、これら 2 つのトンネルを維持したまま、無線 LAN の電波強度に応じて経路を切り替えながら通信を行う。

以下、2 章で NTMobile について述べ、3 章で提案方式を説明する。そして、4 章で提案方式の実装方針について述べ、最後に 5 章でまとめる。

第2章 NTMobile

本章では、提案方式を適用する NTMobile(Network Traversal with Mobility) の概要と課題について説明する。

2.1 NTMobile の概要

図 1 に NTMobile の概要を示す。NTMobile は、NTMobile の機能を実装した NTM 端末、仮想 IP アドレスの管理と経路生成の指示を行う DC(Direction Coordinator), NTM 端末がエンドエンドの通信を行うことができない場合にパケットの中継を行う RS(Relay Server) から構成される。DC および RS は、グローバルネットワークに設置し、ネットワークの規模に応じて複数台設置による負荷分散を行うことができる。

NTM 端末には、DC から FQDN(Fully Qualified Domain Name) と仮想 IP アドレスが割り当てられ、アプリケーションは仮想 IP アドレスに基づいた通信を行う。各エンド端末は、仮想 IP アドレスによるパケットを実 IP アドレスでカプセル化することにより、ネットワーク上の実 IP アドレスの変化を上位アプリケーションに対して隠蔽し、移動透過性を実現する。RS は通信端末が 2 台とも NAT 配下である場合や、一方が一般端末の場合にパケットの中継に利用される。

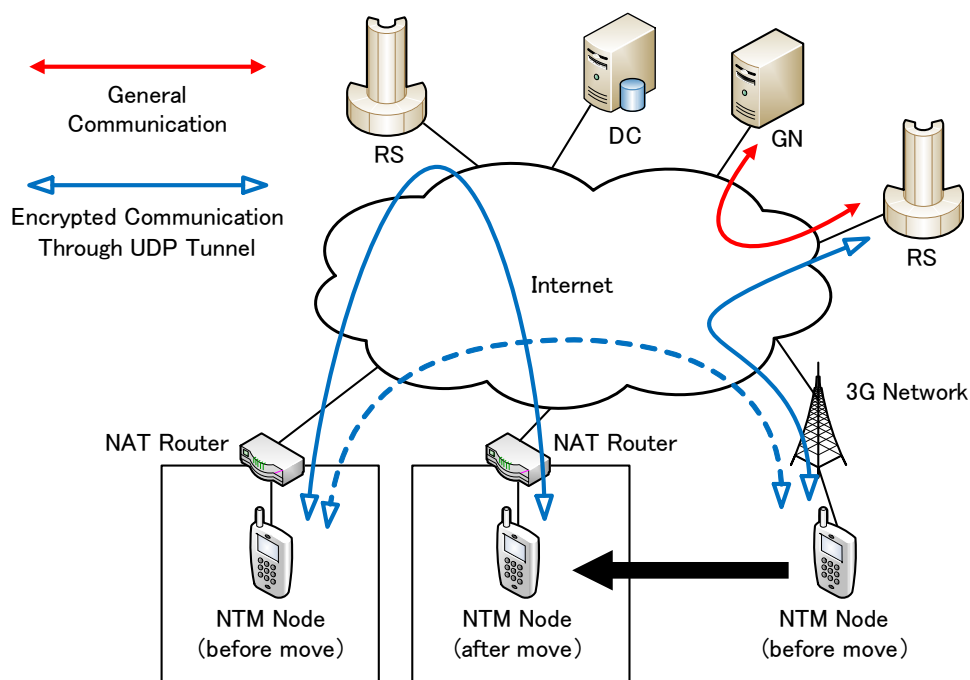


図 1 NTMobile の概要

また、NTMobileはIPv4/IPv6混在環境においても通信接続性と移動透過性を実現することができる。DCとRSをデュアルスタックネットワーク上に設置し、RSが両ネットワークの仲介を行うことでIPv4/IPv6混在環境においても移動透過性を実現することができる。以降では、特に断りのない限り、IPv4ネットワークにおける通信について説明する。

2.2 通信経路確立手法

以降の説明では、通信開始側のNTM端末をMN(Mobile Node)、通信相手側のNTM端末をCN(Correspondent Node)として説明する。また、端末NのFQDNをFQDN_N、実IPアドレスをRIP_N、仮想IPアドレスをVIP_Nと表記し、NTM端末Nを管理するDCをDC_Nとする。

2.2.1 アドレス情報の登録

図2にアドレス情報の登録処理を示す。NTM端末は、端末起動時に自身のIPアドレス情報をDCに登録するため実IPアドレスやFQDNを記載したNTM Registration RequestをDCへ送信する。DCは端末情報の更新を行い、NTM端末に対してVIPを割り当てる。その後、DCとNTM端末は定期的にKeep Aliveのメッセージをやり取りすることでNTMobileの制御用メッセージ用の通信経路を確保する。

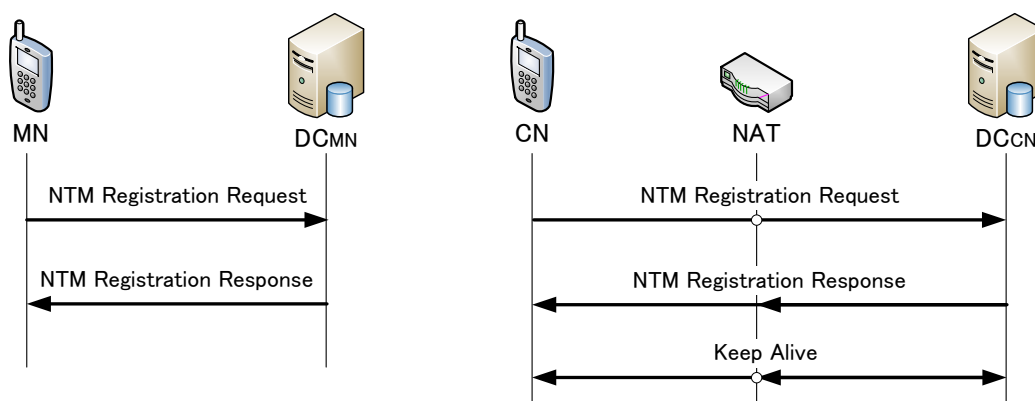


図2 アドレス情報の登録処理

2.2.2 名前解決とトンネル構築処理

図3に通信開始時の処理を示す。MNはCNの名前解決を行うDNSクエリをトリガとして、DCMNに対してFQDN_{CN}をのせたNTM Direction Requestという経路指示要求を送信する。DCMNはNSレコードによるDNSサーバの名前解決を行い、DCCNを検索する。DCMNはDCCNの名前解決後、DCCNに対してTXTレコードによるDNS問い合わせを行う。DCMNは、DCCNからのTXTレコードによる応答を確認し、CNがNTM端末であるか一般端末であるかを判断する。

DCMN は CN が NTM 端末であると判断した場合、NTM Information Request/Response により CN の端末情報の収集を行う。DCMN は、MN および CN の端末情報に基づき適切なトンネル経路を判断し、NTM Route Direction という経路構築指示を送信する。図では、MN がグローバルネットワーク上に存在し、CN は NAT 配下に存在しているため DCNM は NAT 配下に存在する CN から経路生成を行うように指示を行う。その後、MN と CN は DCMN の指示に従い、NTM Tunnel Request/Response により実 IP アドレスによる UDP トンネルを構築する。

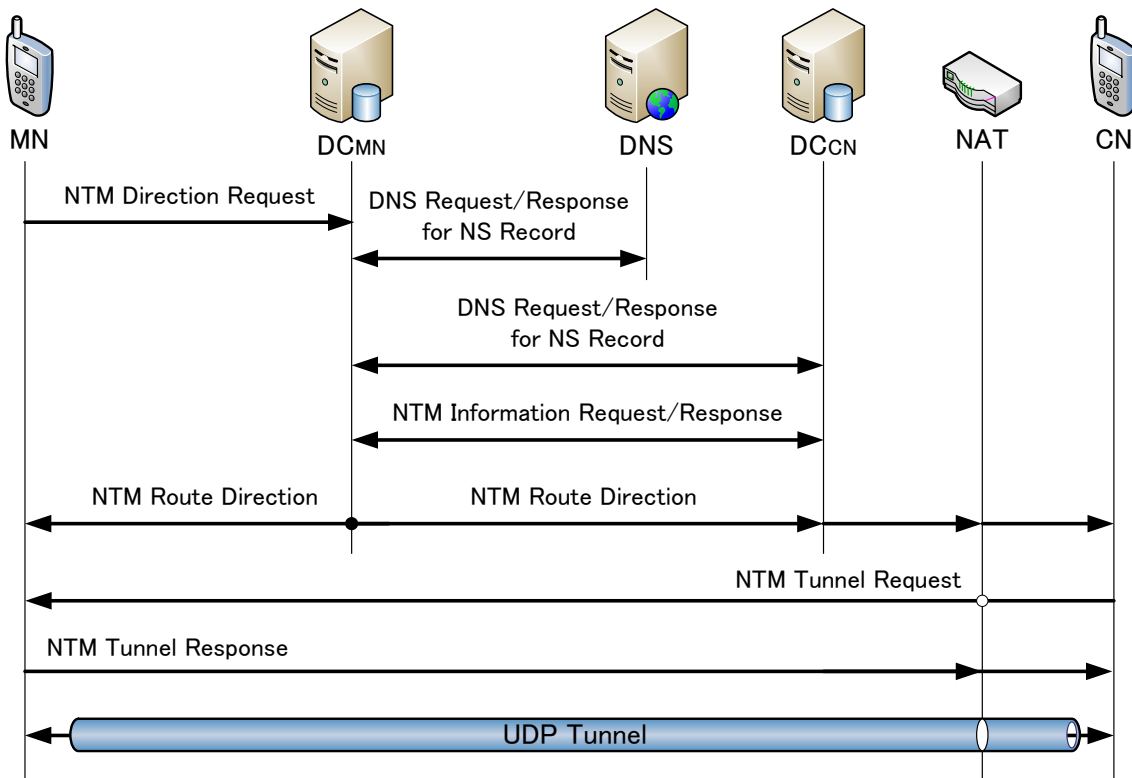


図3 トンネル構築処理

2.3 ハンドオーバー時の処理

MN はハンドオーバーを検出すると、実 IP アドレスなどのアドレス情報を更新するため、DCMN に対し NTM Registration Request を送信する。NTM Registration Request を受信した DCMN は、MN の端末情報の更新を行う。以降は、トンネルを再構築するため、2.2.2 項に示したトンネル構築の処理を再び行い、通信を継続する。

2.4 課題

NTMobile では、グローバルネットワーク上に設置された DNS^{*1} サーバや DC と通信を行うことにより、エンド端末の情報を収集・管理している。エンド端末は DC の指示に従って端末間のトンネル経路を構築している。しかし、無線通信技術の発展により、携帯網のトラフィックが急激に増大している現在において、安定的に通信を行うことは困難であると予想される。

このままでは、NTMobile の大規模システムを想定した場合、携帯網の高トラフィック状態に対応できずエンド端末間の通信を安定的に供給することができないという課題が発生する。

そこで、次章において NTM 端末の無線インタフェース側がグローバルネットワーク上に存在する DHCP^{*2} サーバや DNS サーバなどを介することなく、端末自身で自律的に実 IP アドレスの生成や名前解決、およびトンネル構築を行う手法について説明する。

^{*1}Domain Name System.

^{*2}Dynamic Host Configuration Protocol.

第3章 提案方式

本章では、NTMobile を用いたアドホック通信と携帯網通信の切り替え手法について説明する。また、MN と CN の無線 LAN インタフェースは、通常はインフラストラクチャモードにより公衆網経由の通信に使用される。本提案では、両者が無線 LAN をアドホックモードで使用するため、あらかじめ設定を変更し、アドホックモードに対応させておく必要がある。対応方法については次章で説明する。以降の説明では、端末 N の 3G インタフェース側実 IP アドレスを $3GIP_N$ 、無線 LAN インタフェース側実 IP アドレスを $AdIP_N$ と表記する。

3.1 提案方式の概要

図 4 に提案方式の概要を示す。本提案では、NTM 端末の無線 LAN インタフェース側で DC の指示とは別に端末自身が自律的にトンネル構築を行う。その際、無線 LAN 側はアドホックモードとして使用する。アドホックモードでは、インターネット上に存在する DHCP サーバや DNS サーバへ通信を行うことができない。そのため、IP アドレスの生成には AutoIP [6]、通信相手の名前解決には MDNS(Multicast DNS) [7] を使用する。3G 側ではこれまで通り DC の指示によりトンネル構築を行う。これら 2 つのトンネルを維持したまま、無線 LAN の電波強度に応じて経路を切り

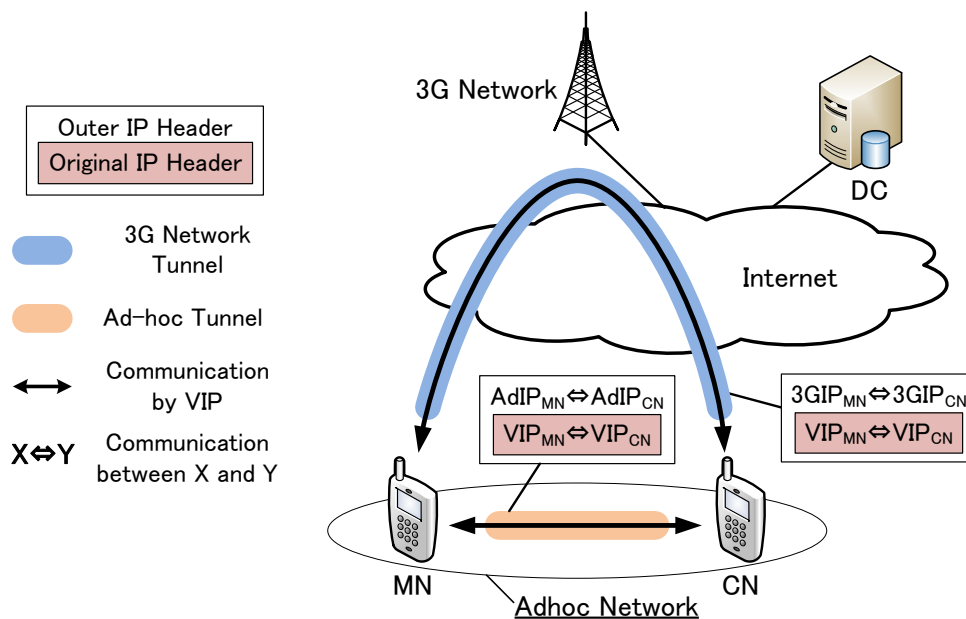


図 4 提案方式の概要

替えながら通信を行う。NTMobile ではハンドオーバーが行われると、通信断絶時間が発生し、シームレスにトンネルを切り替えることはできない。そこで、本提案方式では、携帯網のインタフェースと無線 LAN のインタフェースを両方起動させ、接続状態を維持することで、シームレスハンドオーバーを実現する。

この手法により、携帯網を介さずに端末間で直接通信が可能となり、トンネルを切り替えるだけでインタフェースの切り替えが実現でき、理論上のパケットロスが発生しない。また、アドホックモードを用いるため、携帯網の高トラフィック状態を事前に抑制し、通信帯域を有効に活用でき、スループットの向上が期待できる。

3.2 通信経路確立手法

以降の説明では、事前に MN と CN は 3G インタフェース側で DC ヘアドレス情報 (3GIP) の登録と、仮想 IP アドレス (VIP) の取得を完了しているものとする。

3.2.1 アドホック側実 IP アドレス生成手法

図 5 にアドホック側の実 IP アドレス生成手法を示す。MN の無線 LAN インタフェース側では、CN との電波強度を定期的に測定している。電波強度により、CN と通信が可能であると判断すると AutoIP を用いて一意の無線 LAN 側実 IP アドレス (AdIP) を生成する。このとき、3G 側の通信は切断することなく継続している。

アドホック側の実 IP アドレス生成時では、MN と CN が 3G 側で通信を行っている場合にのみ、MN は CN との電波強度を定期的に測定する。つまり、3G 側で通信を行っていない場合においては、MN と CN 間の電波強度は測定しない、理由は NTMobile では、DC への実 IP アドレス登録時

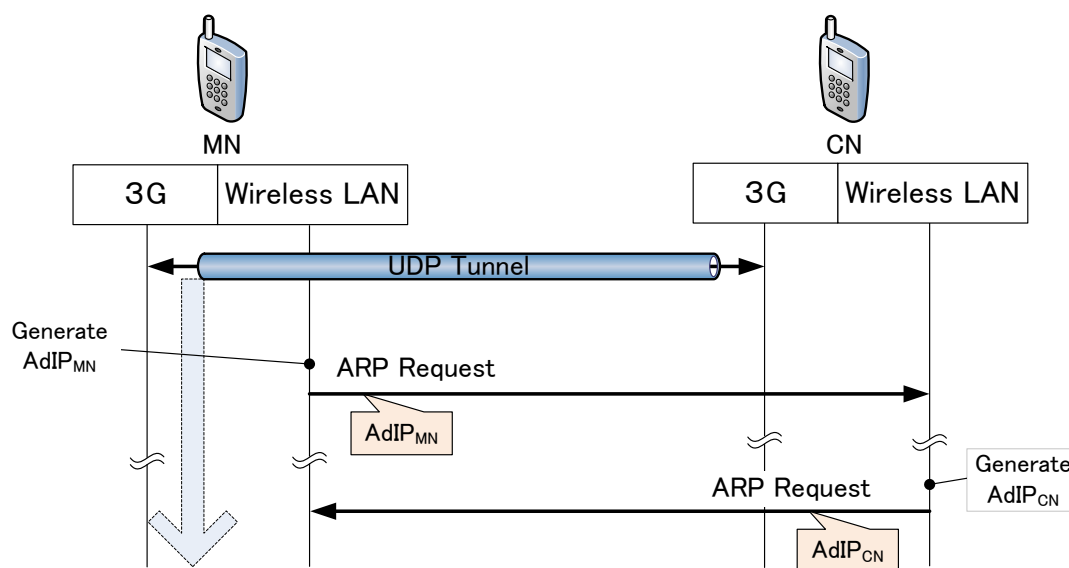


図 5 アドホック側実 IP アドレス生成手法

に DC から仮想 IP アドレスが NTM 端末に割り当てられる。そのため、NTM 端末が仮想 IP アドレスを保持していない場合、無線 LAN インタフェース側でアドホック用実 IP アドレスを生成しても仮想 IP アドレスを用いたトンネル通信は行えないからである。

3.2.2 アドホック通信開始時の処理

図 6 に通信開始時の処理について示す。このシーケンスは、AutoIP によりアドホック用実 IP アドレスが生成された後に動作する。また、この時 3G 側の通信は継続して行われている。

MN は CN の FQDN をもとに MDNS による名前解決を行う。MN は CN の名前解決が完了すると、CN の無線 LAN インタフェース側実 IP アドレス $AdIP_{CN}$ を取得する。その後、NTM Tunnel Request/Response を DC の指示とは別に行い、無線 LAN インタフェース側に端末自身が自律的にトンネルを構築する。トンネル構築が完了した後、3G の通信からアドホックモードにおける通信に切り替える。このようにして、シームレスなハンドオーバを実現する。

無線 LAN インタフェース側でトンネル構築時に行うメッセージは、NTM Mobile の制御メッセージで行い、通常は DC の経路指示に従って端末が行うものである。提案方式では、DC とは別に端末自身によりトンネル構築が可能となるよう機能を追加する。

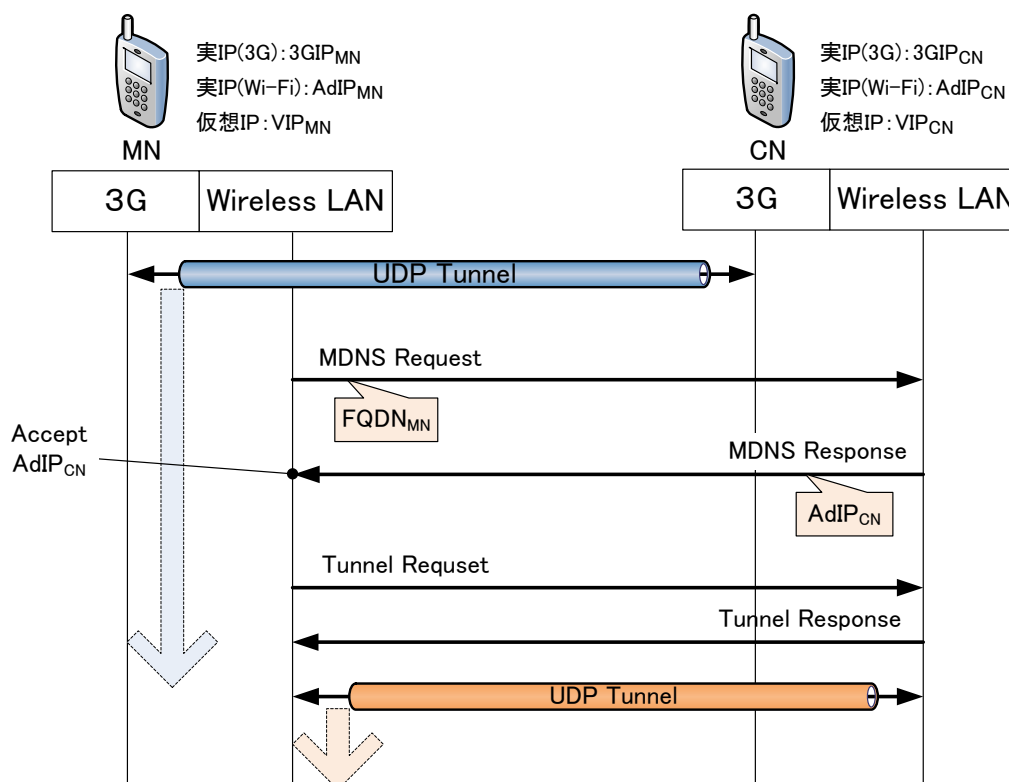


図 6 アドホック通信開始時の処理

3.3 想定する移動パターン

図 7 に本提案で想定する移動パターンを示す。移動パターンは以下の 2 通りである。

- (1) MN と CN は携帯網を用いてインターネットへ接続し通信を行っている場合に、アドホックモードでの安定的な通信が利用可能なエリアに移動してアドホックモードを用いた通信に切り替える。
- (2) MN と CN がアドホックモードを用いた通信を行っている場合に、アドホックモードが利用できるエリア外に移動し、携帯網を用いた通信に切り替える。

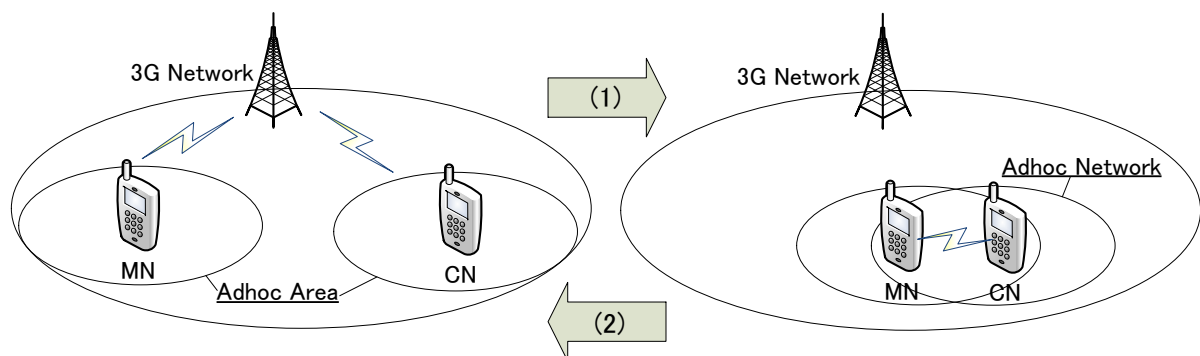


図 7 移動パターン

通信中は、無線 LAN の受信信号強度 (RSSI^{*1}) をもとに無線 LAN の電波強度を定期的に測定し、電波強度がしきい値を下回った場合、携帯網を用いた通信に切り替え、しきい値以上であればアドホックモードを用いた通信に切り替えて通信を行う。

本提案では、3G インタフェースにはグローバルアドレスが割り当てられ、無線 LAN インタフェースには DHCP サーバが存在しない場合に割り当てられるリンクローカルアドレス (169.254.0.0/16) を想定する。IP 電話やビデオチャットを想定しており、例として、屋外においては携帯網を用いた通信を行い、ビルの上階やイベント会場等の屋内などにおいては、アドホックモードを用いた直接通信を行う場合などが想定される。

3.4 ハンドオーバー時の処理

図 8 に移動パターンにもとづくハンドオーバー時の処理について示す。なお、ここでは 3.2 節で示したトンネル構築および NTMobile による 3G 側のトンネル構築処理が完了しており、トンネルを 2 つ保持しているものとする。

移動パターン (1) の場合、MN の測定する電波強度がしきい値以上になると、MN は CN に対してトンネル切り替えを伝える Tunnel Switching Request を無線 LAN インタフェース側で送信する。

^{*1}Received Signal Strength Indication.

受信した CN は、MN へ Tunnel Switching Response を送信し、アドホックモードにおけるトンネル経路に切り替えて通信を行う。

移動パターン (2) の場合、MN の測定する電波強度がしきい値未満になると、MN は CN に対してトンネル切り替えを伝える Tunnel Switching Request を 3G インタフェース側で送信する。受信した CN は、MN へ Tunnel Switching Response を送信し、携帯網におけるトンネル経路に切り替えて通信を行う。

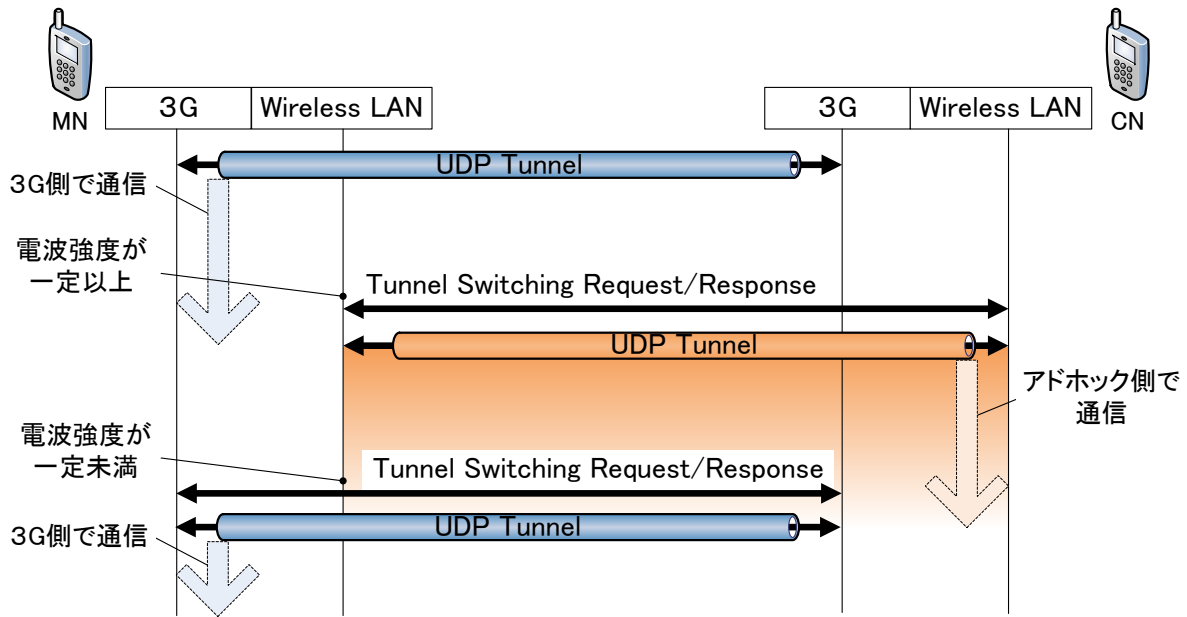


図 8 ハンドオーバー時のシーケンス

本提案は、IP 電話やビデオチャットを想定しているが、電波強度のしきい値を上記の 2 パターンのハンドオーバー時ともに同じ値に決定すると、ハンドオーバーによるトンネル切り替えが頻繁に行われ、安定的な通信を行うことができない。上記の問題が発生することを防ぐため、ハンドオーバー時のしきい値が異なる値となるようヒステリシス特性^{*2}をもたせて設定する。しきい値を A とすると、携帯網からアドホックモードへ切り替えた場合は、容易に携帯網通信に戻らないよう $A - \alpha$ をしきい値とし、アドホックモードから携帯網通信へ切り替えた場合には、容易にアドホックモードの通信に戻らないよう $A + \alpha$ をしきい値とする。

^{*2}ある系の状態が、現在加えられている力だけでなく、過去に加わった力に依存して変化すること。

第4章 実装方針

本章では、提案方式の実装方針について説明する。

4.1 モジュール構成

NTMobileはAndroid OSを搭載した端末での利用を想定しているため、本研究においてもAndroidへの実装を想定する。はじめに、Androidのシステムアーキテクチャを紹介し、次に提案システムをアーキテクチャのどこに適応させるかを説明する。図9にAndroidのシステムアーキテクチャと提案方式の実装箇所のモジュール構成を示す。

- カーネル層

Linux Kernel 2.6以降をベースに実装されている。

- ライブラリ層

暗号化から描画制御まで、さまざまな機能を提供するライブラリ群が組み込まれている。C/C++のライブラリも組み込まれており、ネイティブアプリケーションとして動作させることが可能である。

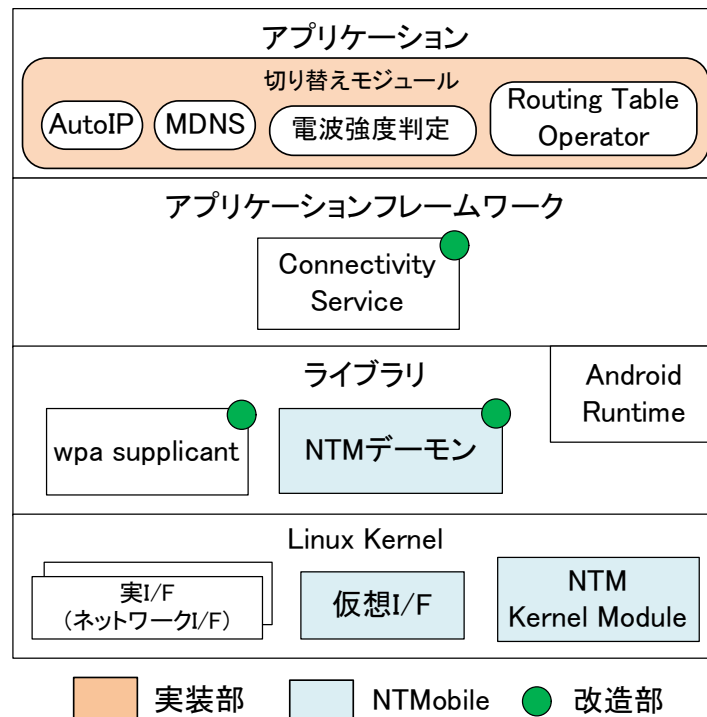


図9 提案方式のモジュール構成

- Android Runtime

Android アプリはすべてこの Runtime 内の Dalvik VM 上で実行される。

- アプリケーションフレームワーク層

アプリケーションフレームワーク層では、アプリケーションの起動から終了までの流れを管理する。さらに、UI の表示やユーザによる操作など携帯端末で発生する状態変化を各アプリケーションに伝える手段を提供している。アプリケーションで使われるさまざまな機能を提供する API である。

- アプリケーション層

Google Play [8] で提供されるアプリケーションや電話機能、HOME 画面機能などはすべてこの層に位置する。

図 10 に切り替えモジュールと NTMobile の関係を示す。NTM 端末の実装はユーザ空間で動作する NTM デーモンとカーネル空間で動作するカーネルモジュールおよび仮想インタフェースによって構成される。ユーザ空間の NTM デーモンとカーネル空間のカーネルモジュールは Netlink Socket によって接続する。NTM デーモンは IP アドレスの確認やトンネル構築に関する制御メッセージを扱う。カーネルモジュールはパケットのカプセル化およびデカプセル化を行う。

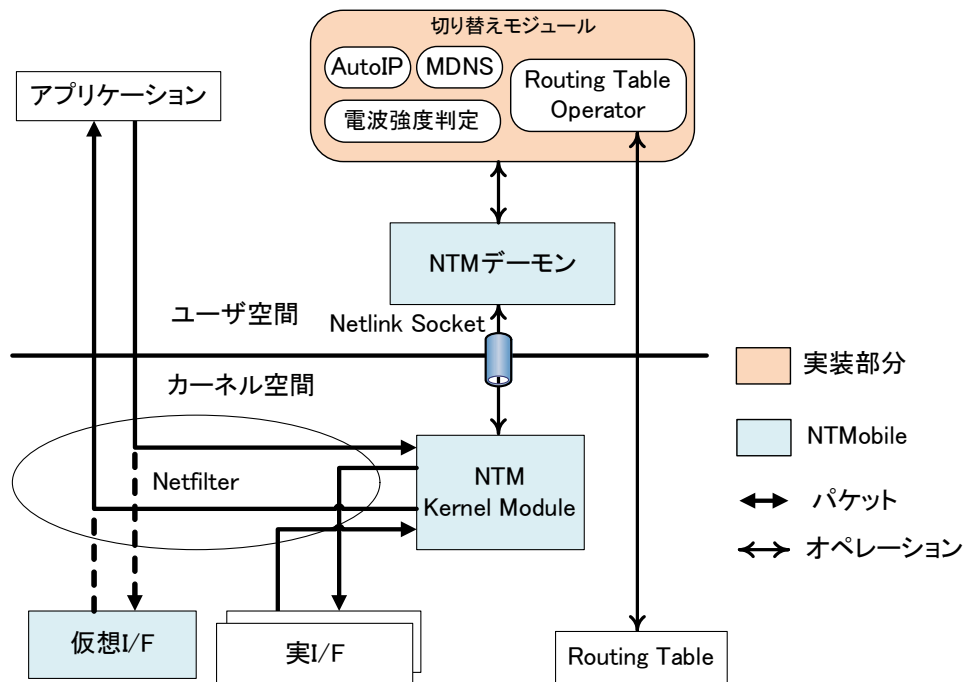


図 10 切り替えモジュールと NTMobile の関係

提案方式では、無線 LAN インタフェース側のトンネルは DC の指示とは別に端末自身が自律的に生成する。そのため、NTM デーモンに改造を加え、端末自身が自律的に無線 LAN 側でトンネル構築処理を行うことができるようにする。また、Android 端末は通常、無線 LAN をアドホックモードで使うことができない。そのため、端末の root を取得し、ライブラリ層にある無線 LAN 接続の設定を行う wpa_supplicant という実行ファイルを書き換えアドホックモードを利用可

能にする。さらに Android 固有の問題として、3G と無線 LAN のインタフェースを同時に起動しておくことができないため、アプリケーションフレームワーク層の Connectivity Service を改造し、ルーティングテーブルを複数起動させておくことを可能とする。

その他の提案方式を実現するシステムは、ユーザ空間にアプリケーションとして実装する (切り替えモジュール)。このアプリケーションは、AutoIP によりアドホックモード用実 IP アドレスを自動生成する機能、MDNS によりアドホックモード使用時に名前解決を行う機能、無線 LAN の電波強度の判定を行い NTM デモンヘトンネル構築を要求する機能、ルーティングテーブル情報を生成および操作する機能を有する。

4.2 切り替えモジュールの処理

図 11 に電波強度を測定するモジュールの動作フローを示す。切り替えモジュールは、主に電波強度測定モジュールによって Wi-Fi の制御を行い、ハンドオーバーの決定を行う方針である。まず、Wi-Fi で通信を行っているかを判定する。Wi-Fi で通信を行っていない場合は、Wi-Fi デバイスの ON を行い、CN との電波強度を測定する。電波強度により CN と通信可能と判断した場合、提案方式による CN の名前解決を行い、Wi-Fi へのハンドオーバーを決定する。ハンドオーバーが決定されると、Routing Table Operator によりルーティングテーブルの更新を行う。さらに、NTM デモンに対し

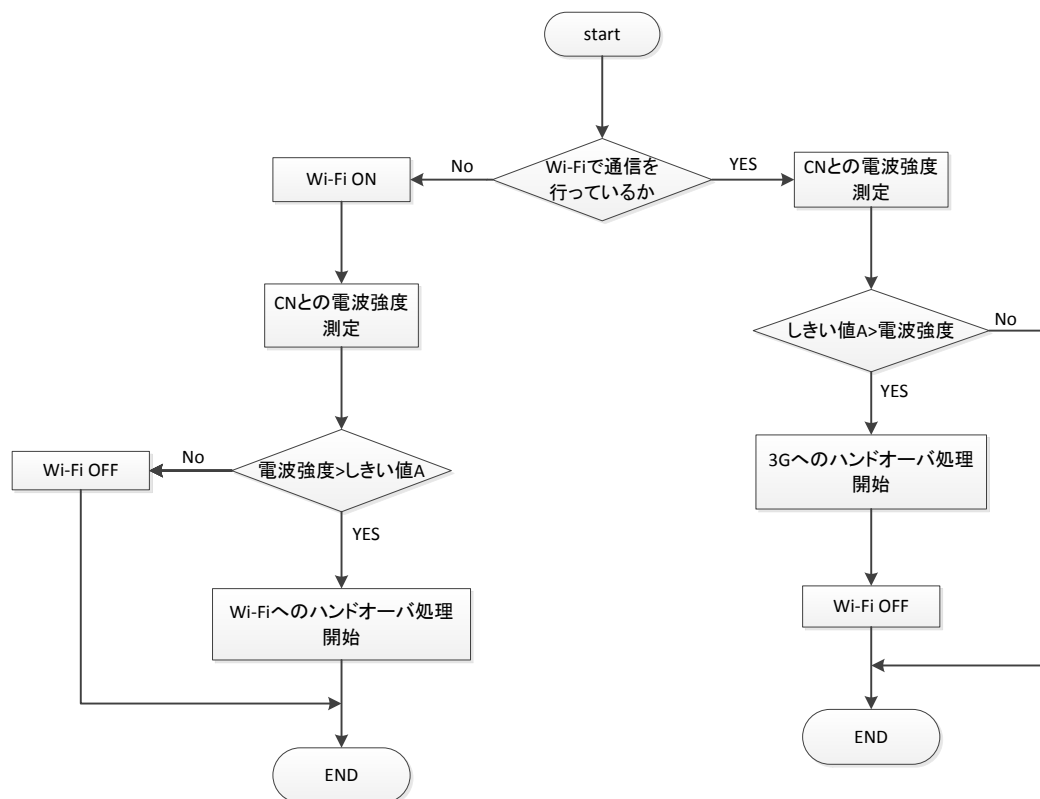


図 11 電波強度測定モジュールの動作フロー

て無線 LAN 側で自律的にトンネル構築を行う命令を出す。

また，無線 LAN 側で直接通信を行っている場合には，CN との電波強度を取得し，しきい値との比較を行う。しきい値を下回った場合，3G へのハンドオーバを決定し，ルーティングテーブルの更新を行う。さらに，NTM デーモンに対して 3G 側でトンネルを切り替える指示を出す。

4.3 Linux における動作

NTMobile は Android OS を搭載した端末での利用を想定しているため，本研究においても Android への実装を想定しており，その開発環境は Linux で行っている。Android OS へ実装を行う前に，基礎研究として Linux で本提案の動作確認を行う場合，4.1 節で述べた AutoIP および MDNS は，Linux 上のデーモンである Avahi-Daemon [9] が代わりに動作する。このとき端末に割り当てられる IP アドレスはリンクローカルアドレスである。また，名前解決時に使用する FQDN は，NTM 端末の *FQDN.local* を用いることで動作することを確認している。

第5章 まとめ

本論文では、NTMobile を用いてアドホックモードによる直接通信と携帯網通信をシームレスに切り替える方式を提案した。現状の NTMobile による携帯網のトンネル経路に加え、新たにアドホックモードによるトンネル経路も構築した。これらのトンネル経路を無線 LAN の電波強度に応じて切り替える手法により、移動通信において携帯網を介さない直接通信が可能となり、携帯網の高トラフィックを抑制し、通信帯域の有効活用につながる。また、NTMobile の大規模システムを想定した場合においても、携帯網の高トラフィック状態を抑制し、エンド端末間の通信を安定的に供給することが可能となる。

今後は実装を行い、動作確認および性能評価を行う。

謝辞

本研究を進めるにあたり，多大なるご指導と御教授を賜りました名城大学大学院理工学研究科 渡邊晃教授に心から感謝致します。

本研究を進めるにあたり，ご意見ならびにご助言を賜りました愛知工業大学情報科学部情報科学科 内藤克弘准教授，名城大学理工学研究科 鈴木秀和助教に感謝致します。

本研究を進めるにあたり，数々の有益なご助言を賜りました渡邊研究室および鈴木研究室の諸氏に感謝致します。

最後に，研究を進めていく中，いつも支えていただいた両親に心より感謝致します。

参考文献

- [1] 松井進:アドホックネットワークの実用化に向けた課題と実用化動向, 日本信頼性学会誌 Vol.34, No.8, pp.532-539(2012).
- [2] 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における移動透過性の実現と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.380—393(2013).
- [3] 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, No.1, pp. 367—379(2013).
- [4] 上酔尾一真, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊 晃:IPv4/IPv6 混在環境で移動透過性を実現する NTMobileの実装と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.10, pp. 2288—2299(2013).
- [5] 鈴木一弘:NTMobile を用いた直接通信と携帯網の切り替え方式の提案, 名城大学大学院理工学研究科修士論文 (2013).
- [6] S. Cheshire.: Dynamic Configuration of IPv4 Link-Local Addresses, RFC3927, IETF (2005).
- [7] S. Cheshire.: Multicast DNS, RFC6762, IETF (2013).
- [8] Google Play
<https://play.google.com/store>
- [9] Avahi
<http://www.avahi.org/>
- [10] Adhoc connectivity (wpa_supplicant)
<http://forum.xda-developers.com/galaxy-s2/general/adhoc-connectivity-wpasupplicant-t1115610>
- [11] 福山陽祐, 上酔尾一真, 鈴木秀和, 旭健作, 内藤克浩, 渡邊 晃: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, 情報処理学会研究報告. MBL[モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会研究報告], Vol.2013-MBL-65(27), No.23, pp. 1-8(2013).
- [12] Android 5.0 lollipop
<http://japanese.engadget.com/2015/02/04/android-5-0-lollipop-1-6/>

研究業績

研究会・大会等

- (1) 山路怜士, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊 晃 : NTMobile を用いた直接通信と携帯網の切り替え方式の提案, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会論文集, Sep.2014

付録A Android 端末への実装

A.1 wpa_supplicant および Connectivity Service

実装として、Android OS 4.0.3 の Galaxy S2 をアドホックモードに対応させるため、ライブラリ層に存在する wpa_supplicant の書き換えを行ってきた。その方法を以下に示す。なお、前提として Windows PC において adb^{*1} を使用可能とし、Android 端末では root を取得済みであるとする。また、adb を使用するためには、Android-sdk^{*2} や Eclipse^{*3} が PC にインストールされている必要がある。

- adb shell … adb shell を起動（以下、接続している端末の shell 上で実行）
 - su … root 化
 - busybox cp /system/bin/wpa_supplicant /sdcard/wpa_supplicant_backup … sdcard に backup を作成
 - busybox mount -o remount,rw /system … /system を rw 可能で再マウント
 - busybox cp /sdcard/wpa_supplicant /system/bin/wpa_supplicant … ファイルの差し替え（あらかじめ、アドホック対応の実行ファイル”wpa_supplicant”を/sdcardに転送しておく）
 - chown root.shell /system/bin/wpa_supplicant
 - chmod 755 /system/bin/wpa_supplicant … ファイルの所有者と権限の変更
 - reboot … 端末の再起動

上記の方法を行うことで、Android 端末がアドホックモードに対応すると考えられている [10]。しかし、現状ではアドホックモードで動作させることができていない。その理由は Android OS 4.x 以降ではアドホックモードがサポートされなくなったことが原因であると考察する。研究室の先行研究において、Android 端末のアプリケーションフレームワーク層に存在する Connectivity Service の書き換えに成功している [11]。左記の文献では、Android OS 2.3.7 を用いていた。

Google は現地時間の 2014 年 10 月 15 日、Android OS として Android 5.0 を発表している。今後 Android OS のバージョンは徐々に 5.0 に移行していくと考えられるが、2015 年 2 月現在において 90%以上がバージョン 4.x を使用している [12]。そのため、今後の実装方針としても、Android OS 4.x を想定する。その際に、上記の方法で wpa_supplicant および Connectivity Service を書き換えるのではなく、Android OS 4.x のソースコードをダウンロードし、該当箇所のソースコードを変更するカスタム Android OS を用いることが適切であると考えられる。

*1 Android Debug Bridge.

*2 Software Development Kit.

*3 オープンソースの統合ソフトウェア開発環境の一つ。