

IPv4/IPv6 混在環境における NTMobile の検討

上酔尾 一真† 鈴木 秀和†

†名城大学理工学部

内藤 克浩‡ 渡邊 晃†

‡三重大学大学院工学研究科

1 はじめに

近年、スマートフォンなどの高性能な携帯端末の普及に伴い、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。しかし、IP ネットワークでは移動に伴い IP アドレスが変化すると、通信を継続することができない。また、現在 IPv4 アドレスの枯渇により IPv6 への移行が進められているが、IPv4 と IPv6 には互換性がないため、当面の間は IPv4 と IPv6 が混在した環境が続くことが想定される。

我々は、通信中に移動しても通信を継続できる移動透過性を異種ネットワークで実現する技術として、NTMobile (Network Traversal with Mobility) を提案している [1]。本稿では、NTMobile を IPv4 と IPv6 の混在環境へ適用した場合の動作仕様を検討した。また、Android 端末へ実装し、IPv4 環境において動作検証を行った。

2 NTMobile の概要

NTMobile では、エンド端末に対して移動によって変化しない仮想 IP アドレスを割り当て、アプリケーションが仮想 IP アドレスを用いて通信を行うことにより、移動に伴う実 IP アドレスの変化を隠蔽する。また、通信開始時にトンネル構築し、アプリケーションが生成したパケットを転送する。

NTMobile は、DC (Direction Coordinator), RS (Relay Server), NTMobile を実装した端末 (以後 NTM 端末) によって構成される。DC は各端末に対してトンネル構築の指示を出す装置である。また、DC は Dynamic DNS の機能を包含しており、NTM 端末の A レコードおよび、仮想 IP アドレスや NAT の実 IP アドレスなどを記載した NTMobile 専用レコード (以後 NTM レコード) を登録することにより、NTM 端末の情報を管理する。

RS は、異なる NAT 配下に存在する NTM 端末が通信を行う場合や、NTMobile 非対応の端末と通信を行う場合に通信を中継する。

NTM 端末はアプリケーションが行う名前解決処理を

検出した場合や、端末が移動した際に DC の指示に従いトンネル構築を行う。

著者らは NTMobile の IPv4/IPv6 混在環境への適用を検討しており、基本的な動作はそのまま混在環境へ適用することができる。しかし、現在の仕様では IPv6 を想定しておらず、メッセージなどの拡張が必要となる。

3 IPv4/IPv6 混在環境への適用

3.1 追加・変更事項

NTMobile を IPv4/IPv6 混在環境へ適用するにあたり、IPv6 の情報を記載できるようメッセージフォーマットを拡張し、新たに仮想 IPv6 アドレスを定義した。また、NTM 端末は従来のリソースレコードに加え、AAAA レコードと IPv6 に対応させた NTM レコード (以後 NTMv6 レコード) を DC に登録する。

3.2 IPv4 と IPv6 を跨った通信

デュアルスタックネットワークに設置した RS を IPv4 と IPv6 の橋渡しとすることにより、IPv4 と IPv6 を跨った通信を実現する。

図 1 に IPv4 ネットワークに存在する NTM 端末 MN が、IPv6 ネットワークに存在する CN に対して通信を開始する様子を示す。DC_{MN} および DC_{CN} はそれぞれ MN と CN の情報を管理する DC である。

MN はアプリケーションが実行する名前解決により CN の情報を取得すると、NTM レコードなどの追加情報の問い合わせを行い、DC_{MN} へ Direction Request を送信する。Direction Request には MN と CN の NTM

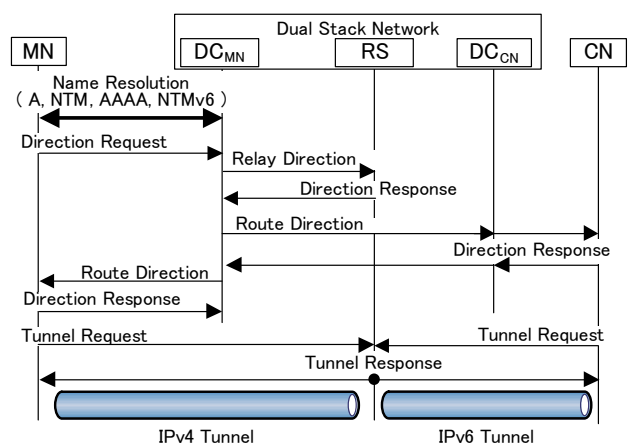


図 1 トンネル構築手順

Researches on NTMobile in IPv4/IPv6 Coexistence Environment

†Kazuma Kamienoo †Hidekazu Suzuki ‡Katsuhiro Naito †Akira Watanabe

†Faculty of Science and Technology, Meijo University

‡Graduate School of Engineering, Mie University

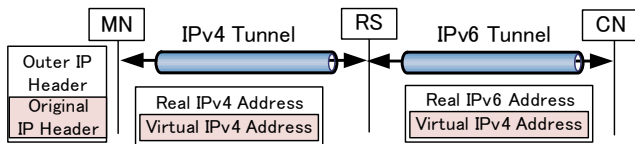


図2 IPv4とIPv6を跨った通信

レコード, NTMv6 レコードの情報が記載されており, DC_{MN} はこの内容から両端末が異なるネットワークに存在することを認識すると, RS へ Relay Direction を送信し, MN と CN の通信を中継するよう指示する. RS は中継指示を受け取ると, DC_{MN} へ Direction Response を返す. DC_{MN} は応答を受け取ると, CN, MN の順で Route Direction を送信し, RS へ Tunnel Request を送信するよう指示する. このとき, DC_{MN} と CN のメッセージ交換は, すべて DC_{CN} 経由で行う. Route Direction を受信した MN と CN は, DC_{MN} へ Direction Response を返す. その後, MN と CN は RS へ Tunnel Request を送信し, RS は両端末からの Tunnel Request を受信した後, 応答を返す.

以上により, 各 NTM 端末と RS の間にトンネルが構築され, 以後は IPv4 と IPv6 を跨った通信が可能となる.

トンネル構築後は図 2 に示すように, RS において受信したパケットをデカプセル化し, 転送先に合わせてカプセル化した後, 相手端末へ転送する. また, アプリケーションが仮想 IPv4 アドレスを用いて接続を確立し, IPv6 でカプセル化することにより, IPv4 専用アプリケーションを IPv6 ネットワークで利用することができる.

RS が不要な場合には RS への指示を省略し, DC_{MN} は MN から CN へ Tunnel Request を送信するよう指示する. これにより, エンド端末間にトンネルが構築され, エンドツーエンドのトンネル通信が行われる.

4 実装・動作検証

通信開始時に発生する遅延を検証するために, Android OS を搭載した端末に NTMobile を実装した. 本稿では IPv4 環境において実験を行い, エンド端末間でトンネルを構築する場合と RS を利用する場合の遅延を測定した. 測定時には図 3 に示すように, MN を 3G ネットワーク, CN を無線ルータへ接続した. また, 2 台の DC および RS は仮想マシンにより構築した. このとき, MN と DC_{MN} 間の平均 RTT は 155.2ms, DC_{MN} と RS 間の平均 RTT は 0.29ms であった. MN が CN の A レコードの問い合わせを行い, トンネル構築が完了するまでの時間を 10 回計測した.

図 4 に測定結果の平均値を示す. エンド端末間にト

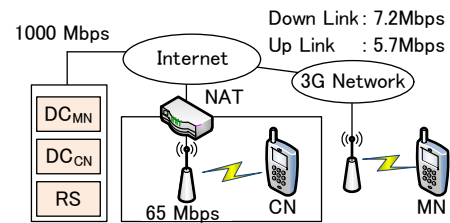


図3 測定環境

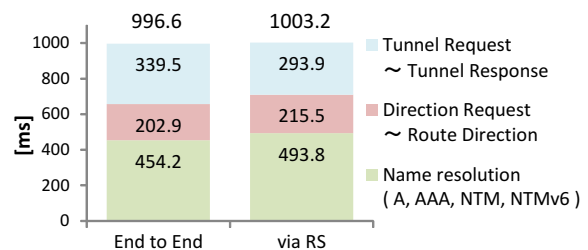


図4 通信開始時に生じる遅延の測定結果

ンネルを構築する場合には 996.6ms, RS を利用する場合には 1003.2ms 程度でトンネル通信を開始することが分かった. 名前解決には 450~490ms 程度, トンネル構築にかかわる部分では 500ms 程度の時間が必要となる. 端末移動時には名前解決を行わないため, 500ms 程度でトンネルを再構築することができると思われる.

今回の実験環境では, DC_{MN} と RS 間の平均 RTT が 0.29ms と小さいため, 結果にほとんど差が現れなかった. しかし, 一般的な回線を用いた場合の RTT は, 日本国内に存在する端末間では 20ms 程度, 日本やアメリカなど国外の端末間では 150ms 程度である. そのため, 実環境での利用を想定し, DC_{MN} と RS を分散させた場合には, DC_{MN} と RS 間の RTT が大きくなり, RS を利用する場合と利用しない場合の遅延に 20~150ms 程度の差が表れると考えられる.

提案方式では通信開始時に約 1 秒の遅延が発生することが分かったが, 音声通信や動画再生などの利用を想定した場合, この程度の遅延は実用上問題ないと考えられる. また, 本稿では IPv4 環境において実験を行ったが, IPv4 と IPv6 ではスループット特性に大きな違いはないため, IPv6 環境においても同等の結果が得られると考えられる.

5 おわりに

IPv4/IPv6 混在環境における NTMobile の動作仕様の検討および, 動作検証を行った. 今後は IPv6 対応の実装を完了させ, 混在環境における動作検証と評価を行う.

参考文献

[1] 鈴木秀和, 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, DICOMO2011 論文集, pp. 1339-1348 (2011).