

## NTMobileにおける通信遅延最小化のための動的DC選択手法の提案

上山 雄輝<sup>†1</sup> 上醉尾 一真<sup>†2</sup> 鈴木 秀和<sup>†1</sup> 内藤 克浩<sup>†3</sup> 渡邊 晃<sup>†1</sup>

<sup>†1</sup> 名城大学理工学部 <sup>†2</sup> 名城大学大学院理工学研究科 <sup>†3</sup> 三重大学大学院工学研究科

## 1 はじめに

近年、スマートフォン等の携帯端末の普及により、移動をしながら通信を継続して行いたいという要求が高まっている。我々は、ネットワークを切り替えても通信を継続できる移動透過性を実現する技術としてNTMobile (Network Traversal with Mobility) を提案している [1]。NTMobileでは、DC (Direction Coordinator) と呼ぶ装置が、NTMobileに対応した端末 (以下NTM 端末) 間のトンネル構築に対して最適な経路でトンネルを構築するよう指示を出す [2]。NTM 端末は通常、同国に設置されたDCにアドレス情報の登録を行い、利用するため、国外に移動した際にはDCとの通信時に発生する通信遅延が大きくなり、トンネル構築のオーバーヘッドが増加するという課題がある。

本稿では、NTM 端末が国外に移動した場合のトンネル構築オーバーヘッドを削減するために、通信遅延が小さくなるDCを選択する手法について提案する。

## 2 NTMobileの概要

NTMobileでは、DCによりNTM 端末に割り当てられた不変の仮想IPアドレスを用いて、アプリケーションは仮想的なコネクションを確立する。仮想IPアドレスに基づく通信パケットは通信開始時及び移動後にNTM 端末間で構築されるトンネルにより送信される。アプリケーションは仮想IPアドレスを用いることにより、移動しても通信を継続出来る。DCからNTM 端末に割り当てられる仮想IPアドレスを一意的アドレスとするため、rootDCという装置が、各DCが管理する仮想IPアドレスの範囲の割当を行っている。

図1にNTM 端末であるMN (Mobile Node) からCN (Correspondent Node) に対してトンネルを構築する様子を示す。DC<sub>MN</sub>, DC<sub>CN</sub>にはそれぞれMN及びCNのアドレス情報が登録されている。MNは通信開始時に、DC<sub>MN</sub>に対してDirection Requestを送信する。DC<sub>MN</sub>は、DC<sub>CN</sub>からCNのアドレス情報を取得し、トンネル構築を指示するためにMN、及びCNにRoute Direction

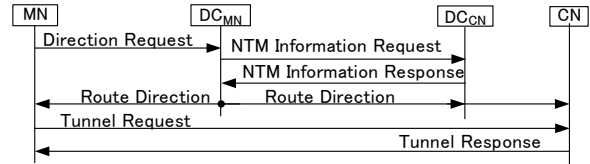


図1 トンネル構築手順

を送信する。このとき、DC<sub>MN</sub>からCNへ対する通信は全てDC<sub>CN</sub>を介した暗号化通信で行われる。MNとCNはDCの指示に従ってTunnel Request/Responseを交換することにより、トンネルを構築する。以後、アプリケーション間では仮想IPアドレスに基づいた通信が開始される。また、通信中にMNがハンドオーバーした際には、新たに取得したアドレス情報を登録するために、DCに対してRegistration Requestを送信する。DCはRegistration Requestを受信し、NTM 端末の情報を更新する。その後MNは、図1と同様のシーケンスにより、トンネルの再構築を行い、CNとの通信を継続する。

NTM 端末は最初にアドレス情報を登録したDCを利用し続けなければならない。NTM 端末とDCが異なる国に存在している場合には、トンネル構築時のオーバーヘッドの増加が想定される。これにより、NTM 端末がハンドオーバーした際に、通信断絶時間が増加するという課題がある。

## 3 提案方式

NTM 端末が国外に移動した際のトンネル構築オーバーヘッドを削減するために、移動先の近隣DCのうち通信遅延の小さいDCを選択し、利用する手法を提案する。

図2に最適なDCを選択する動作を示す。国内で利用していたDCをHome DC (HDC)、国外移動時に利用するDCをForeign DC (FDC)とする。また前提としてHDCは、新たに提案するDCリストを保持していることとする。DCリストには、国別のDCのFQDN、実IPアドレスが記載されており、DCがroot DCから定期的に取得する。ここで、root DCとはDC間の信頼関係を構築するために必要な公開鍵証明書を発行する最上位DCであり、従来のNTMobileにおいて定義されている。

ネットワーク接続時に、MNは従来と同様にHDCに対してRegistration Requestを送信し、自身のアドレス情報を登録する。HDCは、Registration Requestの送信元IPアドレスからMNが存在している国を識別する。MNがHDCと別の国に存在している場合、HDCはDCリストからMNの訪問国にあるDCを抽出し、

**Proposal of Dynamic DC Selection Method for Minimizing Communication Delay in NTMobile**

Yuki Ueyama<sup>†1</sup>, Kazuma Kamienoo<sup>†2</sup>, Hidekazu Suzuki<sup>†1</sup>, Katsuhiro Naito<sup>†3</sup> and Akira Watanabe<sup>†1</sup>

<sup>†1</sup> Faculty of Science and Technology, Meijo University

<sup>†2</sup> Graduate School of Science and Technology, Meijo University

<sup>†3</sup> Graduate School of Engineering, Mie University

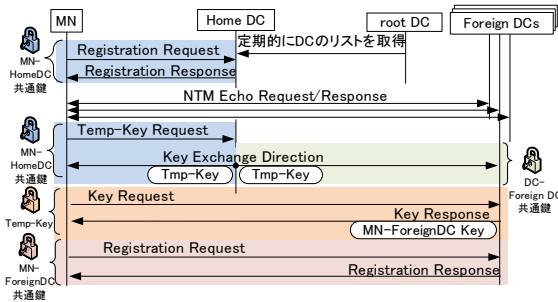


図2 通信遅延の小さいDCの選択手法

Registration Response に付加して MN へ送信する。MN は通知された各 DC に対して、新たに定義した NTM Echo Request/Response を送受信することにより、各 DC との往復遅延時間を測定する。MN は、最も通信遅延の小さい DC を FDC として選択し、自身のアドレス情報の登録を行う。

しかし、MN と FDC 間では暗号化に用いる共通鍵が共有されておらず、安全な通信を行うことが出来ない。そこで、MN はまず HDC との共通鍵を用いて暗号化した Temp-Key Request を HDC へ送信する。HDC は Temp-Key Request を受信すると、MN と FDC 間で安全に共通鍵を共有するための一時鍵を生成し、Key Exchange Direction により MN 及び FDC へ配布する。このとき、HDC と FDC 間の通信は従来通り公開鍵暗号方式を用いてあらかじめ共有した共通鍵によって暗号化される。MN は一時鍵を用いて暗号化した Key Request を FDC へ送信する。FDC は MN からの要求に従い共通鍵を生成する。その後、FDC は生成した共通鍵を記載した Key Response を一時鍵で暗号化し、MN へ送信する。以上により、MN と FDC 間で共通鍵を共有し、以後 MN と FDC 間では共通鍵を用いた暗号化通信を行う。共通鍵の共有が完了した後、MN は FDC へ Registration Request を送信し、アドレス情報を登録する。

以後 MN は FDC を利用することが可能になり、トンネル構築のオーバーヘッドを削減することができる。また FDC を決定する動作は、NTM 端末起動時にバックグラウンドで行うため、アプリケーションが行う通信には影響を与えない。

## 4 実装・評価

### 4.1 実装

従来の NTMobile におけるデーモンモジュールを拡張し、図 2 に示す一連の動作のプロトタイプ実装を行った。なお、今回のプロトタイプ実装では、事前に DC リストを root DC から取得したと想定し、HDC に対し静的に設定を行った。

### 4.2 評価

プロトタイプシステムを用いて、NTM 端末が通信中にハンドオーバーした際のトンネル再構築時間を測定す

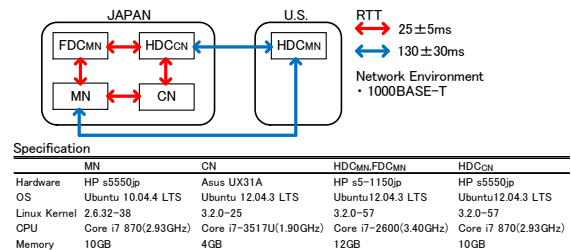


図3 測定環境

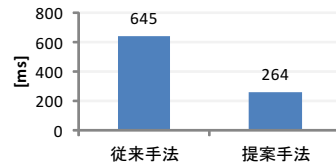


図4 トンネル再構築にかかる時間

る。測定環境を図 3 に示す。本稿では、米国をホームとする MN が日本に移動し、日本の CN と通信を行う場合を想定する。ローカルエリアネットワークに Ubuntu を搭載した PC に各機器を構築し、日米間の通信遅延は netem<sup>\*1</sup> を用いて実環境をエミュレートした<sup>\*2</sup>。MN から CN に ping を実行中に、手で MN の IP アドレスを変更することによりハンドオーバー処理を実行させ、従来手法及び提案手法を用いた場合のトンネル再構築の時間を 10 回測定した。

図 4 に測定値の平均を示す。従来通り HDC を介して通信を行った場合は平均で 645ms 程度要した。一方、FDC を介して通信を行った場合は、平均で 264ms 程度を要し、従来手法と比較して約 41% 削減できており、渡航先におけるハンドオーバーに伴う通信断絶時間を短縮することができた。

## 5 まとめ

NTM 端末が国外へ移動した際に、動的に近隣の DC を選択する手法を提案した。プロトタイプ実装により評価した結果、通信遅延が最も小さくなる DC を選択することにより、ハンドオーバー時の通信断絶時間を短縮できることを示した。今後は、現在省略して行っている処理の実装を完了させ、実環境での評価を行う。

## 参考文献

- [1] 鈴木秀和ほか:NTMobile における通信接続性の確立手法と実装, 情処学論, Vol.54, No.1, pp.367-379 (2013).
- [2] 細尾幸宏ほか:NTMobile における DNS 実装の変更が不要なデータベース型端末情報管理手法の検討, 情処研報, Vol.2012-MBL-64, pp.1-8 (2012).

<sup>\*1</sup> <http://www.linuxfoundation.org/collaborate/workgroups/networking/netem>

<sup>\*2</sup> <http://www.ntt.net/service/sla.ts.html>