

# NTMobile を用いたネットワークモビリティの提案と実装

133430014 廣瀬 達也  
渡邊研究室

## 1. はじめに

高速無線技術の発展やスマートフォンをはじめとする携帯端末の普及により、端末が通信中に移動できる移動透過性と自由に通信できる通信接続性が求められている。一方、スマートフォンやタブレットと言った移動端末の普及によりユーザが様々な場所でネットワークを利用するシーンが多くなっている。利用するシーンの一つとして、電車内やバスなどの公共交通機関にネットワークを構築し、そのネットワーク自体が移動するという状況でユーザがネットワークを利用する場面が考えられる。このような場面ではネットワークの境界に位置するモバイルルータが、配下の複数の端末に代わって移動透過性を提供しネットワーク内のアドレスをそのまま維持させる方法が提案されている。

我々は、移動透過性と通信接続性を実現する技術として NTMobile(Network Traversal with Mobility)[1] を提案している。本稿では、NTMobile の機能を実装した NTMR (NTMobile Router) を新たに導入し、NTMR 配下にいる一般端末に代わって NTMobile の機能を代行することによりネットワーク単位の移動通信を実現する方法を提案する。

## 2. NTMobile

図 1 に NTMobile の構成を示す。NTMobile では、構成する要素として、NTMobile 機能を実装した端末である NTM 端末、NTM 端末情報の管理とトンネルの経路指示を出す DC(Direction Coordinator)、NTM 端末と一般端末を中継する RS(Relay Server) がある。DC や RS はグローバルネットワーク上に設置し、ネットワークの規模に応じて任意の場所に複数設置することができる。

NTM 端末は、DC から移動によって変化しない仮想 IP アドレスと、ネットワークから取得する実 IP アドレスの 2 つ 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 アドレスを自身および通信相手端末の IP アドレスとして認識する。仮想 IP アドレスで生成されたパケットは、NTM 端末間で構築された UDP トンネルによって転送される。このとき、NTM 端末間のどちらか一方がグローバルネットワークに接続されていれば必ずエンド端末同士は直接トンネル経路が生成される。NTM 端末が通信中に

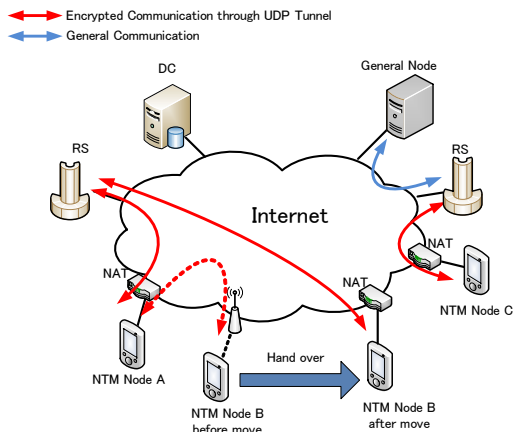


図 1: NTMobile の概要

別のネットワークにハンドオーバーしても、仮想 IP アドレスは移動によって変化しないため、通信を継続することが出来る。NTM 端末は基本的に直接通信を行うが、直接通信が出来ない場合は RS を経由して通信を行う。RS は NTM 端末が異なる NAT 配下に存在する場合や、NTMobile を実装していない一般端末と行う場合、通信の中継として機能する。

## 3. 提案方式

提案方式では移動ネットワーク内の一般端末に代わって NTM 端末の処理を実行する NTMR を導入する。NTMR は配下の端末が一般端末の場合、NTM 端末の機能を代行する。また、NTMR は NAT の機能を有しているのでアドレス変換を行う。

一方、NTMR の配下の端末が NTM 端末の場合、NTM 端末自体が移動透過技術を有するため NTMR は単なる NAT として動作する。このように、NTMR の配下端末が一般端末か NTM 端末かにより動作が異なる。以後の説明では、通信開始側の一般端末を GN(General Node)、通信開始側の NTM 端末を MN(Mobile Node)、通信相手側の一般端末を CN (Correspondent Node) とする。端末 X の実 IP アドレスと仮想 IP アドレスをそれぞれ  $RIP_X$ ,  $VIP_X$  とする。また、提案方式ではユーザが電車内などで利用するシーンを想定している。このため、ユーザの通信相手は動画サイトなど一般サーバであることが多い。よって、通信相手が一般端末で議論を行う。以下に、それぞれの場合についてトンネル構築手順を述べる。

### 3.1 トンネル構築手順

#### (1) NTMR の配下が一般端末の場合

図 3 に NTMR の配下にいる一般端末 GN と外部ネットワーク上の一般端末 CN 間のトンネル構築手順を示す。NTMR は GN が送信する DNS クエリをトリガとして、CN の名前解決処理およびトンネル構築依頼を行うために  $DC_{NTMR}$  に NTM Direction Request を送信する。  $DC_{NTMR}$

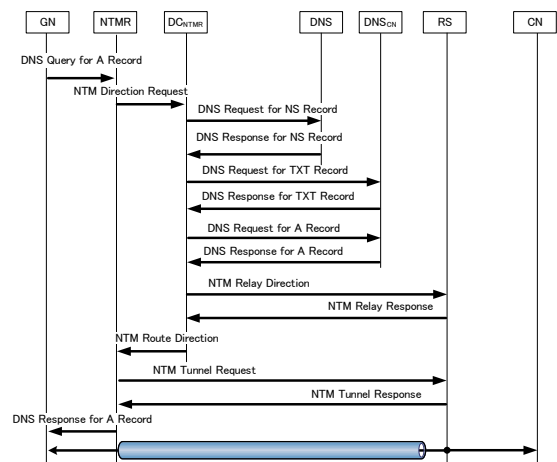


図 2: NTMR の配下にいる一般端末 GN と外部ネットワーク上の一般端末 CN 間のトンネル構築手順

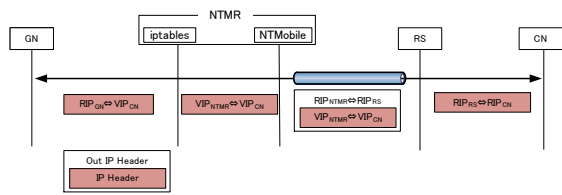


図 3: パケットのアドレス遷移

は名前解決処理を行い CN のアドレス情報を取得する。その後、 $DC_{NTMR}$  は取得したアドレス情報を載せた NTM Relay Direction を RS に対して送信し、中継指示を依頼する。NTM Relay Response を受信した  $DC_{NTMR}$  は NTMR に対して NTM Route Direction を送信し、NTMR と RS 間で NTM Tunnel Request/Response を交換することでトンネル構築を完了する。その後、NTMR は DNS クエリの応答として CN の仮想 IP アドレス  $VIP_{CN}$  を GN に通知する。これにより、GN は  $VIP_{CN}$  を通信相手として認識する。NTMR がネットワークを切り替えた場合は、NTMR がネットワークと RS 間でトンネルを再構築することにより GN は NTMR のアドレスの変化に気がつくことなく通信を継続することが出来る。

図 3 に GN と CN 間のパケットのアドレス遷移を示す。NTMR は GN から送られたパケットを受信すると、送信元を自身の仮想 IP アドレス  $VIP_{NTMR}$  に書き換える。その後、NTMR の実 IP アドレスでカプセル化処理を行い、RS に送信する。RS はパケットを受信するとデカプセル化処理を行い、送信元及び宛先をアドレス変換し CN へ送信する。一方、NTMR が RS からパケットを受信すると、デカプセル化処理を行い、宛先を  $VIP_{NTMR}$  から GN の実 IP アドレス  $RIP_{GN}$  に書き換えてパケットを送信する。

### (2) NTMR 配下が NTM 端末の場合

NTMR 配下にいる NTM 端末 MN は通常の NTM トンネル構築手順により MN と RS 間でトンネルを構築する。この場合、NTMR は単なる NAT として動作をする。

### 3.2 ハンドオーバー時の処理

NTMR が移動した場合、移動ネットワーク内の端末は NTMR が移動したかどうかは判断することが出来ない。GN は NTMR がトンネルを構築しているため、GN 自身が NTMR が移動したかどうかは知る必要がない。そのため、NTMR がハンドオーバーしたとき、再度 NTMR がトンネルを再構築することで GN がネットワークの移動を意識することなく通信を継続できる。

一方、MN は自身がトンネルを構築しているため、NTMR が移動した場合に再度トンネルを構築する必要がある。そのため、NTMR が移動を知る必要がある。NTMR は移動後の NTMR の情報を載せた NTMR Address Notification をネットワーク内にブロードキャストする。MN はこのメッセージを受けとることで、トンネルの再構築処理を行う。

### 3.3 移動ネットワーク内の内外の移動

MN と一般端末 CN は既に通信を開始しているものとする。MN が移動ネットワーク内に移動すると通常の NTMobile と同様のトンネル再構築処理を行う。このとき、NTMR は NAT として動作をする。MN が移動ネットワーク内の中から外へ移動した場合においても同様にトンネルの再構築を行うことで通信を継続しながら移動できる。

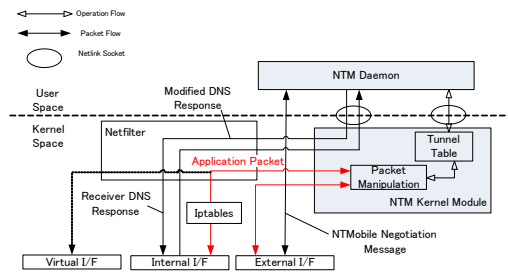


図 4: NTMR のモジュール構成図

## 4. 実装

### 4.1 モジュール構成

図 4 に NTMR の配下端末が一般端末の場合の NTMR のモジュール構成図を示す。NTMR は NTM 端末の機能を拡張することで実装を行う。NTM 端末ではトンネル構築処理を行う NTM デーモンとカプセル化およびデカプセル化処理を行う NTM カーネルモジュールに分かれる。また、NTMR は NTM のカーネルモジュールの拡張と Netfilter の仕組みを用いたアドレス変換で実装を行う。

### 4.2 変更内容

#### (1) トンネル構築処理トリガーの変更

NTM 端末では端末が通信を開始するときの名前解決処理をトリガーとして、トンネル構築処理を開始している。提案方式では、NTMR は NAT として動作するため、自身が名前解決処理を行わない。そのため、配下のネットワークから名前解決処理を NTMR が受信するとトンネル構築処理を開始するようにトリガーの変更を行った。また、配下端末に名前解決処理をした結果を通知するように改造を加えた。

#### (2) カプセル化・デカプセル化処理フローの変更

NTM カーネルモジュールではアプリケーションが送信するパケットを Netfilter でフックしてカプセル化処理して通信相手に送信している。

NTMR は、アドレス変換処理を行うため、アドレス変換を行う Netfilter を用いる。NTMR は GN から受信したパケットを Netfilter の仕組みを用いて、送信元アドレスとポート番号が変換する。このとき、受信したパケットの送信元は  $RIP_{GN}$  から  $VIP_{NTMR}$  に変換する。インタフェースは NTMR の内側インタフェースから NTMR 内の仮想デバイス宛に MASQUERADE のルールを設定する。このアドレス変換されたパケットを Netfilter でフックして NTM カーネルモジュールへ渡してカプセル化処理を実行する。カプセル化パケットを受信した場合、デカプセル化処理後、変換ルールに基づいて  $RIP_{GN}$  に変換して GN へ送信する。

## 5. まとめ

本稿では、NTMobile の機能を実装した NTMR を導入することでネットワークモビリティを実現した。また、提案方式の実装を行った。今後はハンドオーバー時の動作検証や、NTMR 配下の端末が NTM 端末の場合の実装を行う予定である。

### 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).