

IP ネットワークをフラット化する通信アダプターの提案と実装

尾久史弥^{†1} 鈴木秀和^{†1} 内藤克浩^{†2} 渡邊晃^{†1}
^{†1} 名城大学大学院理工学研究科 ^{†2} 愛知工業大学情報科学部

1 はじめに

IP インフラは隅々まで普及し、ほとんどのシステムが IP ネットワークを前提として構築されている。しかし、IP ネットワークには、NAT 越え問題、IPv4/IPv6 非互換性、移動透過性、セキュリティなどに係る様々な課題がある。これらの課題を除去し、実ネットワークの制約に左右されないフラットなネットワークを構築できると有用である。

フラットなネットワークを構築するための技術として、DSMIPv6(Dual Stack IPv6)、HIP(Host Identity Protocol)、NTMobile(Network Traversal with Mobility)[1] がある。DSMIPv6 と HIP は、それぞれ固有の課題を抱えるとともに、カーネル空間に実装するのが前提であるため、スマートフォンのような端末への適用が困難である。

NTMobile は、上記のような課題は無く、スマートフォンにも適用できるため、システムを構築する上で有用な技術である。しかし、組み込み機器やアプリケーションサーバーのようにプログラムの改造が一切できない通信装置が存在する。そこで、これらの通信装置に対して、NTMobile の利用を可能とするアダプターの提案と実装を行った。

2 既存技術の概要と課題

2.1 DSMIPv6

DSMIPv6 は、MobileIPv6 を IPv4/IPv6 混在環境に拡張した技術である。HA(Home Agent) を IPv4/IPv6 デュアルスタックネットワーク上に設置し、移動端末 MN(Mobile Node) との間でトンネルを構築することにより、あらゆる通信環境での通信接続性と移動透過性を実現することができる。しかし、移動端末がグローバル IPv4 アドレスを消費するという課題があり、グローバル IPv4 アドレスが枯渇した今日においては、現実的な方式ではない。また、カーネルにて本機能をサポートするのが前提であり、スマートフォンでは利用できない。

2.2 HIP

HIP は、ネットワーク層とトランスポート層の間に、新たに HIP 層を定義し、端末識別子として HI(Host Identifier) を用いるのが特徴で、既存の NAT 越え技術やセキュリティ技術を組み合わせて、通信接続性と移動透過性を実現する。しかし、NAT が存在する環境では移動透過性の実現のためのオーバーヘッドが大きい。また、カーネルを改造する必要があるため、スマートフォンでは適用できない。

3 NTMobile

NTMobile は、システム内で重複しない仮想 IP アドレス (VIP : Virtual IP Address) を導入し、全ての通信を実 IP アドレス (RIP : Real IP Address) でカプセル化する。NTMobile を利用するには、NTMobile framework(NTMfw)[2] と呼ぶライブラリを利用してアプリケーションを開発する (以下、NTMapp と呼ぶ)。

NTMobile は、NTMapp をインストールした NTM 端末と、NTM 端末の VIP や位置情報等を管理し、UDP トンネルの構築指示を出す DC(Direction coordinator) で構成される。通信開始時の名前解決をトリガとし、DC と NTM 端末の間でシグナリングを実行して最適なトンネル経路を構築する。以後の全ての通信は、VIP に基づいたパケットを RIP のパケットでカプセル化することにより通信を行う。

NTMobile は、DSMIPv6 や HIP が抱えるような課題がなく、スマートフォンでも実現できる。ただし、組み込み機器やアプリケーションサーバーなどは、プログラムの改造ができないため、NTMobile を利用できない課題がある。

4 提案システム

4.1 アダプタの構成

本稿は、プログラムの改造が一切できない通信装置とネットワークの間に直列に設置することにより、NTMobile 通信を可能とする NTMA(NTMobile Adaptor) を提案する。NTMA は、イニシエータ側 (NTMA_{ini})、レスポнда側 (NTMA_{res}) のどちら側でも利用できる。

NTMA は NIC を 2 枚用意し、一方を一般端末 GN(General Node) に、他方を IP ネットワークに接続する。以後イニシエータ側の GN を GN1、レスポнда側の GN を GN2 とする。

Proposal and Implementation of Communication Adapter that makes IP Network Flat

Fumiya Ogyu^{†1}, Hidekazu Suzuki^{†2}, Katsuhiro Naito^{†2} and Akira Watanabe

^{†1} Graduate School of Science, Meijo University

^{†2} Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology

4.2 動作シーケンス

図1に提案システムの動作シーケンスと通信パケットのアドレス遷移を示す。通信開始前に、 $NTMA_{ini}$ と $NTMA_{res}$ は、DC からVIPの割り当てを受け、GN1とGN2には、適切なIPアドレスを設定しておく。また、図1では、説明の簡略化のためにNATの存在及びNTNMobileシグナリングの詳細を省略している。

通信開始時にGN1は、 $NTMA_{res}$ のFQDNをターゲットとするDNSクエリを送信する。 $NTMA_{ini}$ は、DNSクエリを受信後、NTNMobileシグナリングを実行し、DCの指示の基で $NTMA_{ini}$ と $NTMA_{res}$ 間でトンネル構築をする。トンネル構築後に $NTMA_{ini}$ は、 $NTMA_{res}$ のVIP_{res}をDNSレスポンスに載せてGN1に返す。GN1は、 $NTMA_{res}$ のVIP_{res}を通信相手と認識してパケットを送信する。 $NTMA_{ini}$ は、送信元RIP_{GN1}をVIP_{ini}に変換する。さらに、 $NTMA_{ini}$ と $NTMA_{res}$ のRIPでカプセル化して $NTMA_{res}$ へ送信する。 $NTMA_{res}$ はパケットを受信後して、デカプセル化する。その後、VIP_{res}をRIP_{GN2}に変換して、GN2へパケットを中継する。GN2からの応答は、上記と逆の手順で中継する。

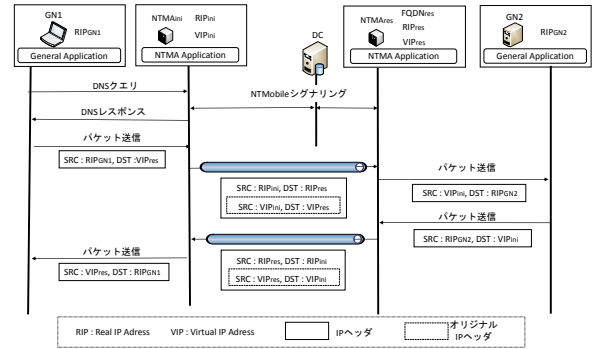


図1 NTMAの通信シーケンスとパケットのアドレス遷移

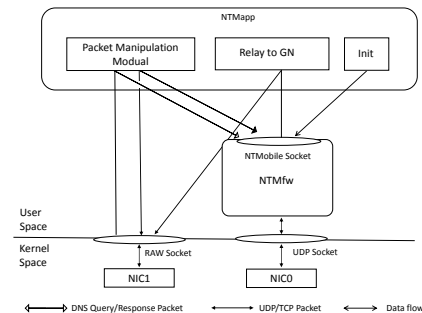


図2 NTMAのモジュール構成

5 実装

図2にNTMAのモジュール構成図を示す。NIC0は、ネットワーク側の端末との通信に使用し、NTMfwによりNTNMobileのパケットを扱う。NIC1はGNとの通信に使用し、RAWソケットによりパケットをIPヘッダから受信して、データとして扱う。

NTMfwは、NTNMobileシグナリングをGNに代わって実行する。また、通信パケットに対しては、NTNMobile通信を識別するNTMヘッダの生成/除去を行い、Linuxカーネルにて、実IPパケットのカプセル/デカプセル化処理を行う。NTMappは、NTMfwに対して初期化処理(Init)を指示する。GNからのDNSクエリに対して、NTMfwにシグナリングを指示し、その結果をDNSレスポンスとしてGNに送信する。さらに通信パケットに対して、RAWソケットとNTMソケットを経由した中継処理をする。

6 評価

6.1 動作検証

$NTMA_{ini}$ をRaspberry Pi上で実現し、 $NTMA_{res}$ をLINUX PC上に実装した。 $NTMA_{ini}$ と $NTMA_{res}$ をそれぞれNAT配下に設置し、GN1とGN2に接続した。両GNは、一般のUDP/TCP通信を行うアプリケーションを使用して動作検証を行い、NATが介在するネットワークにおいても自由に通信を行えることを確認した。

6.2 性能評価

性能評価は、動作検証と同一条件で、Raspberry Piに実装したNTMAを用いてパケットの中継時間を測定し

表1 NTMAのパケット中継時間

区分	時間 (us)
GN から IP ネットワーク	505
IP ネットワークから GN	697

た。表1にNTMAがパケットの中継に要した時間を示す。GNからIPネットワーク、及びIPネットワークからGNへパケットを中継するのに要する時間は、それぞれ505マイクロ秒、697マイクロ秒であった。この時間には、NTNMobileによる暗号化/復号化処理も含まれる。この結果により、アダプタが介在することによる伝送遅延は、実用上問題ないことが分かった。

7 まとめ

本稿では、プログラムの改造が一切できない通信装置に対して、NTNMobileによるフラットなネットワーク上で通信を行うことができるNTMAを提案した。実装及び性能評価の結果、NTMAによる伝送遅延は少なく、実用上問題ないことを確認した。

参考文献

- [1] 上酔尾一真ほか: 情報処理学会論文誌, Vol54, No10, pp. 2288–2299(2013).
- [2] 納堂博史ほか: 実用化に向けたNTNMobileフレームワークの実装と評価, 信学技報, Vol.116, No.509, pp.281-288 (2017).