

スマートデバイスにおける NTMobile の経路生成方式の提案

黒宮 魁人^{†1} 清水 一輝^{†2} 鈴木 秀和^{†2} 内藤 克浩^{†3} 渡邊 晃^{†2}

^{†1} 名城大学理工学部 ^{†2} 名城大学院理工学研究科 ^{†3} 愛知工業大学情報科学部

A Study on Route Generation of NTMobile for Smart Devices

Kaito Kuromiya^{†1} Kazuki Shimizu^{†2} Hidekazu Suzuki^{†2} Katsuhiko Naito^{†3} Akira Watanabe^{†2}

^{†1} Faculty of Science and Technology, Meijo University

^{†2} Graduate School of Science and Technology, Meijo University

^{†3} Department of Information Science, Aichi Institute of Technology

1 はじめに

スマートデバイスの普及に伴い、モバイルデータトラフィックは爆発的に増加している。Cisco VNI による調査では、2015 年には 3.7EB/月であったモバイルデータトラフィックが 2020 年までに 30.6EB/月まで増加すると予測している。[1] このような急激なトラフィックの増加は電波帯域の逼迫を引き起こす可能性がある。そこで、IP ネットワークにデータをオフロードすることにより、モバイルデータトラフィックの負荷を分散させる必要があるが、現在の IP ネットワークは、以下に示すような課題が存在する。まず、IP ネットワークは IPv4 アドレスと IPv6 アドレスが混在しており、バージョンの異なるアドレス同士の通信ができないという課題がある。IPv6 アドレスは約 340 潤個という膨大な数のアドレスを持つが、現在の IP ネットワークに接続している全ての端末が IPv6 アドレスを使用できるわけではないため、暫くの間は IPv4/IPv6 アドレスが混在する環境が想定される。また、IPv4 ネットワークではインターネット側から NAT (Network Address Translation) 配下の端末に通信が開始できない課題 (NAT 越え問題) も存在する。最後に、IP ネットワークには移動透過性がないという課題がある。TCP/IP では IP アドレスは通信識別子と位置識別子の役割を持っているため、通信中に IP アドレスが変化すると、通信が継続できなくなる。移動の激しいスマートデバイスでは、この課題の解決が必須となる。

これらの課題を解決する技術として筆者らは NTMobile (Network Traversal with Mobility) [2], [3], [4] を提案してきた。NTMobile では NTMobile を導入した端末 (以降 NTM 端末) に、位置に依存しない仮想 IP アドレスを割り当てる。アプリケーションは割り当てられた仮想 IP アドレスを用いて通信を行うが、実際の通信は端末の持つ実 IP アドレスを用いてカプセル化するため、実 IP アドレスが変化しても通信は継続される。NTMobile をスマートデバイスに実装する方法として、VPNService を利用したものがある [5]。VPNService を利用した NTMobile では、アプリケーションが VPN (Virtual Private Network) を構築する仕組みである。しかし、既存の NTMobile では定期的にパケットを送信する必要があるため、バッテリーで駆動しているスマートデバイスにはそのまま適用するのは難しい。そこで、スマートデバイス向けに提供されているプッシュ通知機能の一つである GCM (Google Cloud Messaging) と APNs (Apple Push Notification Service) を利用して NTMobile の経路を構築することにより、定期的なパケット送信を行う必要なく NTMobile の通信を可能とする方法が提案されている。[9][10]

本稿では、スマートデバイス向けプッシュ通知機能である FCM (Firebase Cloud Messaging) を使用するとともに NTMobile の

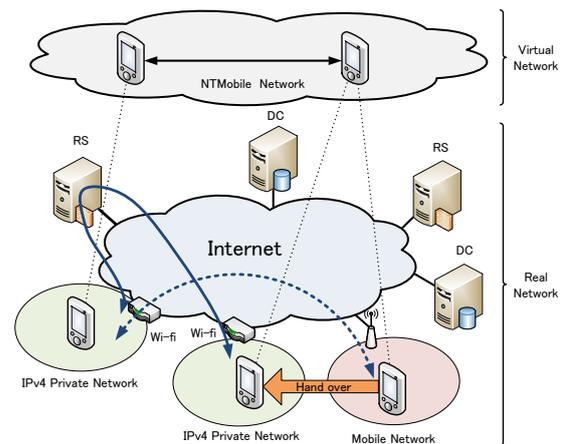


図 1: NTMobile の概要

シグナリング処理の見直しを行うことで、従来のプッシュ通知機能を利用した NTMobile の経路生成方式より簡潔な経路生成方式を提案する。

以降、2 章で NTMobile の概要を説明し、3 章でプッシュ通知機能について、4 章で提案方式について述べた後、5 章でまとめる。

2 NTMobile

2.1 NTMobile 概要

図 1 に NTMobile の概要を示す。NTMobile は NTM 端末の他に、端末情報の管理や通信経路の指示、仮想 IP アドレスの割り当てを行う DC (Direction Coordinator) と IPv4/IPv6 間の通信や、NTM 端末が異なる NAT 配下に存在する際に通信の中継を行う RS (Relay Server) によって構成される。また、DC, RS 等の装置はグローバルにある Dual Stack Network に配置されていることが前提となっており、ネットワークの規模に応じて、複数台設置することにより負荷分散が可能である。NTM 端末は起動時に DC に登録処理を行うことで、DC より仮想 IP アドレスを割り当てられる。NTM 端末のアプリケーションは、割り当てられた仮想 IP アドレスを用いて通信を行う。NTMobile では、IP アドレスの位置識別子の役割を実 IP アドレスが持ち、通信識別子の役割を仮想 IP アドレスが持つ。通信を行う際は仮想 IP アドレスを用いて行う通信を実 IP アドレスにて UDP でカプセル化する。これにより NTM 端末が移動しても通信識別子として

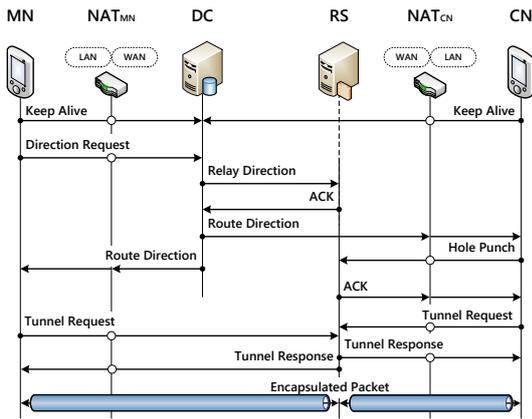


図 2: NTMobile の通信開始時のシーケンス図

の役割を持つ仮想 IP アドレスは変化しないため、移動透過性を実現することが可能である。また、NTM 端末と DC は一定時間ごとに行われる定期的な通信を行うことによって、NTM 端末が NAT 配下に存在しても DC から指示を受けることが可能である。NTMobile は NTM 端末同士が原則エンドエンド通信するように設計されているが、IPv4/IPv6 間の通信、もしくは異なる NAT 配下に存在することによって、直接通信が不可能な場合は RS が通信の中継を行う。しかし、NTM 端末同士が異なる NAT に配下に存在した場合でも NAT の種類によっては通信を RS で中継せずにエンドエンド通信を行うことができる。[6]

2.2 NTMobile の動作シーケンス

図 2 に既存の NTMobile における通信開始時のシーケンス図を示す。図 2 では、MN、CN は異なる NAT 配下に存在しているものとしている。前提として DC には MN と CN の端末情報が登録されているものとする。この際、MN、CN が NAT 配下に存在していても DC から指示が行えるように定期的な Keep Alive が端末情報登録後から行われている。まず MN は DC に経路指示要求として Direction Request を送信する。DC は受信した Direction Request の情報を確認し、RS を経由した通信経路を構築する必要があると判断する。DC は RS に通信の中継要求である Relay Direction を送信し、RS が使用可能な際に ACK を受信する。その後 DC は MN と CN に経路指示として Route Direction を送信する。Route Direction を受信した MN と CN は UDP によるトンネルを構築するために Tunnel Request を送信する。Tunnel Request を受信した RS は Tunnel Response を返信することで MN と RS 間の UDP トンネルと RS と CN 間の UDP トンネルを構築する。

2.3 NTMobile の自律的経路最適化 [6]

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) とする。

2.3.1 NAT の種類

現在の NAT はマッピング規則とフィルタリング特性によって 1 に示すように分類することが出来る。ここで、マッピング特性と

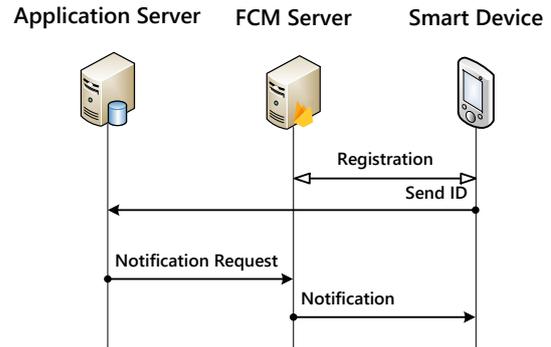


図 3: FCM の動作シーケンス

は、NAT 配下の端末からパケットが NAT を通過した際に NAT に生成されるマッピング生成規則であり、フィルタリング特性はインターネット側から NAT に対してのパケットを受信した際のフィルタリングの方法を示す。また、NAT は Full Cone, Restricted Cone, Port Restricted Cone, Symmetric の順で制約が大きくなる。

この時、MN と CN の属している両 NAT が Symmetric 型 NAT であると、文献 [6] で提案されている自律的経路最適化はできない。しかし、それ以外の場合は自律的経路最適化ができる可能性が高い。

Table 1: NAT の分類

		フィルタリング特性		
		外部端末によらず通過	アドレス整合性をチェック	アドレス/ポート整合性をチェック
マッピング生成規則	外部端末によらず同一	Full Cone	Restricted Cone	Port Restricted Cone
	アドレス単位	Symmetric		
	アドレス/ポート単位			

2.3.2 自律的経路最適化

NTMobile の自律的経路最適化では、まず DC の指示通りに RS 経由の通信経路を構築する。次に、RS 経由の通信を行いながら、MN と CN が制御パケットを互いに投げ合い、制御パケットの到達が確認できた際は最適経路が存在すると判断し、トンネル経路を切り替える。制御パケットが到達しなかった際は、RS を経由しないと通信ができないと判断し、既に構築されている RS を経由した通信を行う。自律的経路最適化を行う際に MN と CN は制御パケットを通信相手の NAT に送信するが、Port Restricted NAT のような制約がある程度強い NAT では、通信相手との NAT エントリが作成されるまでパケットが廃棄されるため複数回制御パケットを投げる必要がある。文献 [6] で提案されている手法では、制御パケットを MN、CN が 3 回ずつ投げ合うことで、パケットの到達性があるかどうかを確認している。また、片側の NAT が最も制約の弱い Full Cone NAT である場合は、最初に送信した制御パケットが廃棄されることなく相手に到達する。

3 プッシュ通知機能

3.1 プッシュ通知機能概要

スマートデバイスには、アプリケーション開発者が管理するサーバからユーザの利用しているアプリケーションにプッシュ通知する機能がある。プッシュ通知機能は、任意のタイミングでサーバからアプリケーションに向けてメッセージを送信することが出来る。また、アプリケーションに通知を行うサーバとスマートデバイスは OS レベルでの Keep Alive を行っているため、スマートデバイスが NAT 配下に存在してもプッシュ通知を送信することが出来る。代表的なものとして Google Inc. の提供する Android 向けの GCM (Google Cloud Messaging) と GCM の後継として誕生した FCM (Firebase Cloud Messaging), Apple Inc. の提供する iOS 向けの APNs (Apple Push Notification Service) がある。また、FCM の機能の一つとして Firebase Cloud Messaging APNs インタフェースがあり、FCM から APNs を利用して iOS アプリに通知メッセージを送信することも可能である。[8] プッシュ通知として送信するメッセージはアプリケーションの起動トリガーとして利用することも可能であり、アプリケーション開発者が任意のタイミングでユーザがインストールしているアプリケーションを起動させることも可能である。

3.2 プッシュ通知機能の動作シーケンス

ここで、図 3 にプッシュ通知機能の 1 つである FCM の動作シーケンスを示す。ここで、Application Server はアプリケーション開発者が管理するサーバである。FCM Server は Google Inc の管理するサーバであり、スマートデバイスと OS レベルの Keep Alive を行っている。FCM Server を利用したプッシュ通知機能を利用する際は、事前に登録処理を行っておく必要がある。この登録処理ではスマートデバイスがアプリケーションをインストールした際に、FCM Server にデバイス ID とアプリケーション ID の情報を登録する。登録処理が完了すると FCM Server はデバイス ID とアプリケーション ID に紐づいた一意に識別する Registration ID をスマートデバイスに発行する。FCM Server から Registration ID を受信したスマートデバイスは、Application Server に Registration ID を送信する。Application Server はスマートデバイスにプッシュ通知メッセージを送信する際に、FCM Server に対してプッシュ通知を送信したいスマートデバイスの Registration ID とメッセージを送信する。Registration ID とメッセージを受信した FCM Server は Registration ID に紐づいたデバイスのアプリケーションに対して通知メッセージを送信する。

4 提案方式

4.1 提案手法概要とネットワーク構成

図 4 に提案手法を示す。この時 MN は Wi-fi を用いて IPv4 ネットワークに接続しているスマートデバイスであり、CN は LTE ネットワークに接続しているスマートデバイスである。LTE ネットワークで使用されている NAT は最も制約の弱い Full Cone NAT であるので、NAT_{CN} は Full Cone NAT である。提案手法ではプッシュ通知機能として FCM を利用する。従来手法と異なり FCM を利用する理由であるが、第一に FCM は GCM の後継であり GCM の機能は全て引き継いでいる。今後 Google Inc. は GCM を廃止する方向で検討しており、新しい機能追加も FCM のみ行われる。更に FCM は Firebase Cloud Messaging APNs

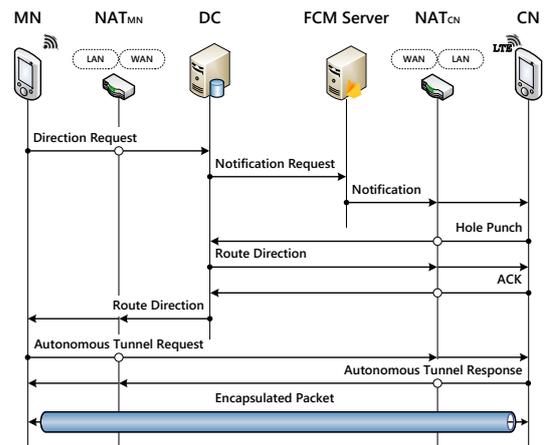


図 4: 提案手法のシーケンス

インタフェースを利用することで iOS アプリに対しても APNs を中継して通知を出すことが可能となるため、DC からの通知要求を GCM Server と APNs Server 宛に分ける必要がなく、DC から FCM Server に送信すればよい。また、シグナリング処理の見直しとして、Route Direction による経路指示の後に通信相手の NAT に直接自律的経路最適化を行うための制御パケットである Autonomous Tunnel Request を送信する。この時、NAT_{CN} は Full Cone NAT であるので最初に送信した制御パケットが CN に届く。以上より、従来のスマートデバイス向けプッシュ通知機能を利用した経路生成と比較して簡潔に MN と CN の間で UDP トンネルを構築することが可能となる。

4.2 提案手法のシーケンス

図 4 に示した提案手法のシーケンスについて説明する。図 4 では DC に端末情報の登録と FCM Server から発行された Registration ID を登録した環境を想定している。

プッシュ通知機能を利用する NTMobile の経路生成方式ではプッシュ通知を行うサーバがスマートデバイスと OS レベルでの Keep Alive を行っているため NTMobile として行う DC への Keep Alive は行わなくていい。次に DC は Direction Request を受信すると DC に登録されている CN の端末情報を確認する。この時 CN がスマートデバイスであれば FCM Server に通知要求である Notification Request を送信する。通知要求を受信した FCM Server は Notification Request に記述されている Registration ID の情報を基に CN に通知メッセージとして Notification を送信する。この時 Notification はアプリケーショントリガーとして利用することで、CN が NTMobile を起動してなくても Notification により NTMobile を起動する。CN は DC に Keep Alive を行っていないため、DC からの指示を受けるためにポートを開放するために Hole Punch を送信する。DC からの指示が受けられるようになった CN は DC からの経路指示である Route Direction を受信した後、ACK を送信する。CN からの ACK を受信した DC は MN に Route Direction を ACK に記述されている NAT_{CN} のポート番号を追記して送信する。これによって MN は RS を中継した UDP トンネルの構築を行う必要がなく、直接 CN に対して自律的経路最適化を行うための Autonomous Tunnel Request を送信することが可能となる。この時、NAT_{CN} は Full Cone NAT

であるため、最初に送信した Autonomous Tunnel Request が CN に到達する。その後 CN は Autonomous Tunnel Response を MN に対して送信する。Autonomous Tunnel Response が MN に到達すると MN と CN はエンドエンドの UDP トンネルを構築する。

5 まとめ

本稿では、スマートデバイス向け NTMobile の経路生成方式の提案を行った。

参考文献

- [1] Cisco Virtual Networking Index : 全世界のモバイルデータトラフィックの予測、2015 ~ 2020 年アップデート
https://www.cisco.com/c/ja_jp/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html
- [2] 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. 380-393 (2013).
- [3] 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).
- [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. 52, No. 9, pp. 2549-2561 (2011).
- [5] 山田貴之, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃 : IPv4/IPv6 混在環境に対応した VpnService 型 NTMobile の性能評価, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2015) シンポジウム論文集, Vol. 2015, pp. 1792-1799(2015).
- [6] 納堂博史, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃 : NTMobile における自律的経路最適化の提案, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 1, pp. 394-403 (2013).
- [7] Firebase Cloud Messaging - Google
<https://firebase.google.com/?hl=ja>
- [8] Google Developers Japan: iOS で Firebase Cloud Messaging をデバッグする
<https://developers-jp.googleblog.com/2017/02/debugging-firebase-cloud-messaging-on.html>
- [9] Naito, K., Sugihara, F., Nodo, H., Kako, M., Hirose, T., Suzuki, H., Watanabe, A., Mori, K., and Kobayashi, H., : Implementation of smartphone applications supporting end-to-end communication, Proceedings of the 11th International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services (MOBIQ-UITOUS 2014), pp.393-394(2014)
- [10] 齋藤雄大, 上酔尾一真, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃 : スマートフォン向け NTMobile のトラフィック削減手法の提案, 平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, Vol.2012, No.p3-7(2012).