

OpenFlow を用いた Proxy Mobile IPv6 の通信経路最適化方法の提案

渡辺 悠太[†] 中村 嘉隆[†] 高橋 修[†]

公立はこだて未来大学 システム情報科学部[†]

1. はじめに

近年、モバイル端末の普及と発達により、外出先でインターネットを利用する機会が増加し、モバイル端末が移動中であっても通信を継続できるハンドオーバーが注目されている。ハンドオーバーを実現する技術の代表的な例として、PMIPv6 (Proxy Mobile IPv6) [1] が挙げられる。PMIPv6 はモバイル端末のネットワーク上での移動に関する処理をネットワーク側の機構のみでサポートするプロトコルである。しかし、モバイル端末の送受信する全てのパケットがサーバを経由し、通信経路が冗長になってしまうことや、そのサーバに負荷が集中してしまうという問題がある。

通信経路を最適化する方法に OpenFlow [2] が挙げられる。OpenFlow はネットワークの機能をソフトウェアで制御できる Software Defined Network (SDN) を実現する技術の一つである。しかし、OpenFlow を適用したネットワーク上でハンドオーバーを実行すると、IP アドレスが変更されてしまうため、TCP による通信が継続不可能となる。

そこで本研究では、Proxy Mobile IPv6 に OpenFlow を適用することで、通信経路を最適化し、LMA の過負荷状態を緩和するハンドオーバー方法を提案する。

2. 関連研究

2.1 Proxy Mobile IPv6

PMIPv6 は MN (Mobile Node) のネットワーク上での移動に関する処理をネットワーク側の機構のみでサポートするプロトコルである。PMIPv6 の主な制御機構は、MN への IPv6 プレフィックス [3] の割り当てと管理を行う LMA (Local Mobility Anchor) と、MN の接続と移動を検知し、MN に代わって LMA との移動に関する制御を行う MAG (Mobile Access Gateway) がある。LMA と MAG、そして MN を収容するネットワークを PMIPv6 ドメイン (Proxy Mobile IPv6 ドメイン) と呼ぶ。PMIPv6 を用いることで、MN は自身の IP アドレスを変更することなく、動的なハンドオーバーを可能とする [4]。

しかし、PMIPv6 の仕様上、LMA は MN の送受信するパケットをインターセプトするため、MN の送受信する全てのパケットは必ず LMA を経由し、通信経路が冗長になってしまう。また、それに伴った LMA の負荷増大が PMIPv6 の問題として挙げられる。

2.2 OpenFlow

OpenFlow はネットワークの機能をソフトウェアで制御できる SDN (Software Defined Network) を実現する技術の一つである。従来のネットワークとは違い、経路制御とパケット転送の機能を分離しているという特徴がある。これにより、ネットワークの構成を変更する場合、従来のようにプロトコルによって必要なネットワーク機器が異なるため、それらを個別に設定する必要がなく、フローテーブルの定義によってパケットの処理方法を細かく制御できる。そのため制御ルールを工夫することで柔軟性・拡張性に富んだネットワークを容易に構築できる。

OpenFlow の構成要素は、司令塔として指示をだす OFC (OpenFlow Controller) と、指示に従いフレームを転送する OFS (OpenFlow Switch) がある。OpenFlow プロトコルにおいて、フレームの経路を決定するために使われるフローテーブルは、Header Fields (条件)、Actions (処理)、Counters (統計情報) の 3

種類の情報からなる。Header Fields にはレイヤ 1 からレイヤ 4 までの情報を記述できるため、従来のネットワークでは実現不可能な複数のレイヤに渡ったルーティングが可能になる。

3. 提案手法

本研究では、動的なハンドオーバーを実現するプロトコルである PMIPv6 に SDN を前提とした OpenFlow を適用することで、MN が送受信する全てのパケットについて LMA を経由しない経路の構築を行い、LMA の処理負荷を削減する。

3.1 ネットワーク構成

提案手法におけるネットワーク構成を図 1 に示す。

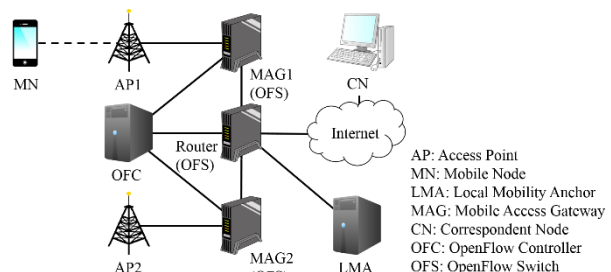


図 1. ネットワーク構成 (例)

提案手法では全ての MAG と Router に OFS の機能を持たせる。また、PMIPv6 ドメインに OFC を設置することで OpenFlow の適用を実現する。

3.2 ハンドオーバー手順

提案手法において、CN (Correspondent Node) と通信を行っている MN が MAG1 から MAG2 へハンドオーバーを行うときの処理手順を図 2 に示す。

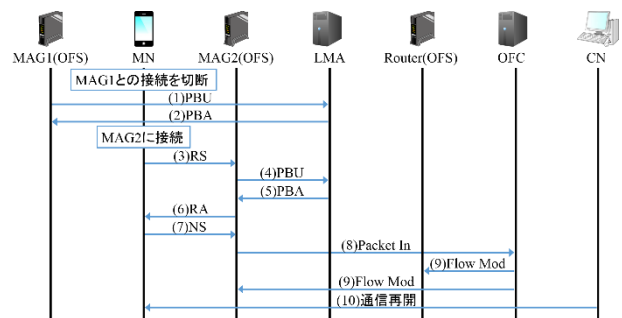


図 2. ハンドオーバー手順

MN の切断を検知した MAG1 は、(1) 切断のための PBU (Proxy Binding Update) を LMA に送信し、MN の切断を通知する。LMA は (2) PBA (Proxy Binding Acknowledgement) を MAG1 に送信し、MN の切断処理を完了する。接続処理は (1) から (6) まで標準的な PMIPv6 の処理と同様である。RA (Router Advertisement) パケットを受信した MN は、IP アドレスから MAC アドレスを解決するために、ICMPv6 (Internet Control Message Protocol for IPv6) [5] の (7) NS (Neighbor Solicitation) パケットを MAG2 に送信す

“A router of optimization method of communication using OpenFlow technologies on Proxy Mobile IPv6”

Yuta Watanabe[†], Yoshitaka Nakamura[†], Osamu Takahashi[†]

[†] School of Systems Information Science, Future University Hakodate

る。MAG2はOFP (OpenFlow Protocol) の (8) Packet In メッセージにより、NS パケットを OFC へと転送する。OFC は MN の送受信するパケットが LMA を経由しないようにするために、(9) Flow Mod メッセージを Router と MAG2 に送信し、表 1 のようにフローテーブルの更新を指示する。これにより、CN から送信されたパケットは LMA を経由せず、直接 MAG2 へ転送される。したがってハンドオーバーを実行しても LMA を経由せずに通信を行うことが可能となり、冗長であった通信経路が最適化される。

表 1. ハンドオーバー後のフローテーブル (一部)

	宛先 IP アドレス	処理
Router	MN の IP アドレス	MAG2 へ転送
MAG2	MN の IP アドレス	AP2 へ転送

4. 実験

提案手法の優位性を示すため、ネットワークシミュレータである ns-2 (Network Simulator version2) [6] 上で評価実験を行った。

4.1 シナリオ

実験の構成を図 3 に示す。また、実験のシナリオを図 4 に示す。実験のシナリオは、初期状態として、50 台の MN (MN1~MN50) が 2 台ずつ 1 つの MAG に接続している。MAG は合計 26 台 (MAG1~MAG26) あり、平面空間上に横一列に設置している。CN は MN1 から順に FTP で通信を 20 秒間続ける。MN は MN1 から順に移動を開始し、50m 毎秒の速さで MAG 間を 1 つだけ移動する。これを (a) PMIPv6 と (b) 提案手法の 2 通りの構成で行い、スループットと LMA が送受信したパケット数を評価した。

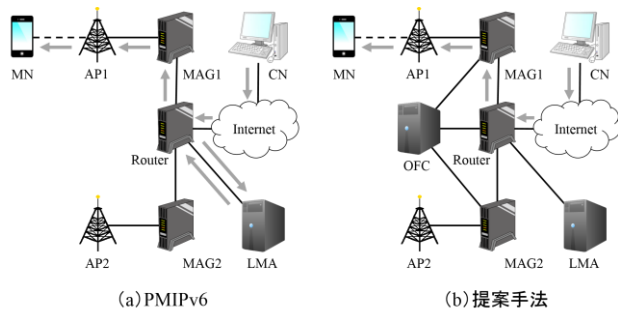


図 3. 実験構成

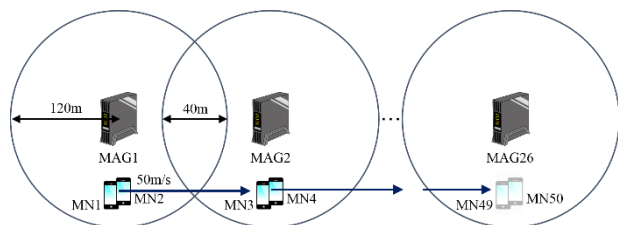


図 4. 実験シナリオ

4.2 実験結果

PMIPv6 と提案手法のスループットを比較したものを図 4 に、LMA が送受信したパケット数を表 2 に示す。

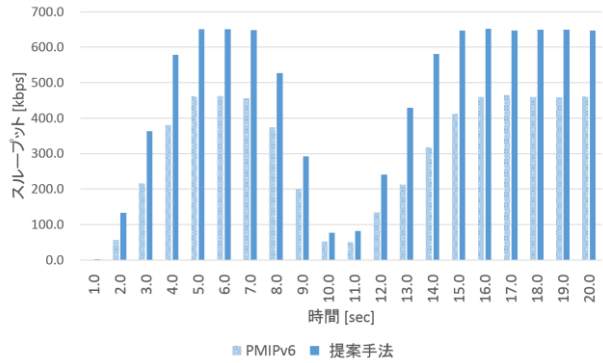


図 5. PMIPv6 と提案手法のスループット

表 2. PMIPv6 と提案手法での LMA が送受信したパケット数

PMIPv6	提案手法
37633	200

図 5 のスループットは、提案手法のほうが PMIPv6 に比べて平均約 30% 向上した。13 秒付近では約 50% 向上した。また、LMA が送受信したパケット数は、PMIPv6 が 37633 個で、提案手法が 200 個となった。

5. 考察

提案手法が PMIPv6 よりスループットが平均約 30% 向上したことから、MN の通信経路は PMIPv6 と比較して最適化できたと考えられる。13 秒付近でスループットが約 50% 向上したことから、ハンドオーバー後に TCP の再送処理が発生しにくくなり、ハンドオーバー時間が短縮できたと考えられる。また、提案手法において LMA が送受信したパケット数が PMIPv6 に比べ、約 187 分の 1 になっていたことから、MN の通信は LMA を経由しないため、LMA の負荷を軽減できたと考えられる。

6. おわりに

本研究では、PMIPv6 における通信経路の冗長性や LMA の過負荷状態について、OpenFlow に着目し、PMIPv6 に適用することで、通信経路を最適化する手法を提案した。評価実験の結果、スループットが向上し、LMA の負荷も軽減することができた。

今後は、ns-2 上でトンネリング処理にかかる時間を調査し、どの程度スループットに影響を与えているのかを比較・検討する予定である。

7. 参考文献

- [1]. S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil "Proxy Mobile IPv6", RFC 5213, August 2008.
- [2]. OpenFlow Switch Specification Version 1.3.0 June 25, 2012 <http://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/downloads/sdn-resources/onf-specifications/openflow/openflow-spec-v1.3.0.pdf>
- [3]. D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", RFC3775, Jun. 2004.
- [4]. 阪田史郎, "Mobile IP", 電子情報通信学会知識ベース「知識の森」, 4 群 5 編 1 章, Jun. 2006.
- [5]. A. Conta, S. Deering and M. Gupta. Ed. "Internet Control Message Protocol (ICMPv6)", RFC4443, March, 2006.
- [6]. The Network Simulator version 2 (ns-2), "http://www.isi.edu/nsnam/ns/"