

複数気付アドレス登録機構を利用した IPv6 モバイルルータの多重化システム

今井 尚樹 磯村 学 堀内 浩規

(株) KDDI 研究所

1. はじめに

インターネット ITS では、サービス事業者による車両動態情報の管理や、車内ユーザによるインターネットへのアクセスなど、様々な ITS アプリケーションの実現が期待される。これらの実現に向けては、無線 LAN、携帯電話、PHS といった異種通信メディアを用いて、車内ネットワークとインターネットをシームレスに接続することが要求される。筆者らはこれまで、異種通信メディアを切替つつシームレスにインターネット接続可能な車載用モバイルルータの研究開発[1]を進めるとともに、複数の通信メディアを同時に利用することで、利用可能な通信帯域の向上を図る多重化方式を提案し、IPv4 対応モバイルルータ上に実装してきた[2]。今回、複数気付アドレス登録機能を利用して、IPv6 対応モバイルルータにおいて多重化システムを実装し、簡易性能評価を行ったので、報告する。

2. IPv6 対応モバイルルータと多重化システム

2.1. IPv6 対応モバイルルータ

図 1 に IPv6 対応モバイルルータ (以下、MR (Mobile Router)) の概要を示す。MR は、端末の移動透過性を実現するモバイル IP を、ネットワーク単位の移動透過性を実現するために拡張したものである[3]。具体的には、MR が外部ネットワークに接続する場合、外部リンクの気付アドレスを利用して、ホームリンクに存在するホームエージェント (以下、HA (Home Agent)) と双方向の IP トンネルを開設することにより、通信先端末 (以下、CN (Correspondent Node)) に対して移動ネットワーク (以下、MNW (Mobile Network)) の移動そのものを隠蔽している。その結果、通信メディアの切替え時においても、MNW に接続した端末 (以下、MNN (Mobile Network Node)) と外部ネットワークのシームレスな通信を実現している。

2.2. モバイルルータにおける多重化システム

MR における多重化とは、複数の通信メディアを同時に利用して、リンクの広帯域化を実現することである。IPv4 対応 MR では、多重化のために利用する MR の各通信メディアと HA の間に多重化トンネルを開設し、全ての packets をその多重化トンネル経由で送受信していた。本稿における IPv6 対応 MR の多重化では、パケットスケジューリング機能や順序制御機能に加え、パケットを送信する多重化トンネルならびに単一の通信メディアのトンネルをフロー単位で選択可能なポリシーラーティングを実現する。

2.2.1. パケットスケジューリング

MR と HA 間の通信帯域よりも高速にパケットを送信しようとした場合、経路上のルータにおけるパケットロスや、遅延の発生を引き起こす。そこで、HA と MR にパケットスケジューリング機能を導入し、あらかじめ設定したそれぞれの通信メディアの通信帯域を重みとする重み付きラウンドロビンを用いてパケットを各通信メディアの多重化トンネルに振り分ける。さらに、MR は、通信メディア

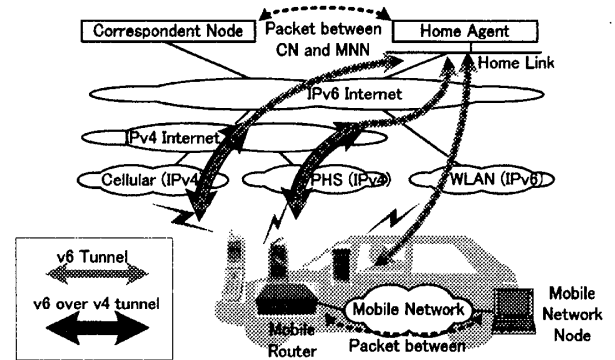


図 1: モバイルルータの概要

アの送信キュー内のパケットが予め設定された閾値を超えている場合、パケットが閾値以下に減少するまで、その通信メディアを経由したパケットの送信は行わないようにすることで、通信メディアの帯域に合わせたパケットの送信を行う。

2.2.2. 順序制御機能

遅延の異なる複数の通信メディアから連続したパケットが送信された場合、受信側でパケットの順序逆転が発生する可能性が高い。そこで、MR ならびに HA では、多重化トンネルからパケットを送信する際にシーケンス番号を付与し、受信したパケットの順序をそのシーケンス番号をもとに制御する。具体的には、受信したパケットのシーケンス番号が連続せず、空きが発生した場合、予め決められたタイムアウト時間以内は、受信したパケットをバッファに保持したまま、未受信のパケットが到着するのを待つ。

2.2.3. ポリシーラーティング

DNS の要求パケットのように、必ずしも多重化による広帯域を必要とせず、より低遅延である通信メディアを経由すべきフローも存在する。そこで、フロー単位で多重化トンネルならびに各通信メディアの IP トンネルを選択可能とする。

3. 実装概要

IPv6 対応 MR の通信メディア多重化を実現するため、Linux Kernel 2.6.8.1 上で以下の実装を行った。

3.1. 複数気付アドレス登録機構

複数の気付アドレスを HA に登録するためには、登録要求パケットを受信した HA が、既に登録済みの気付アドレスの更新かあるいは新たな気付アドレスの登録かを判断できなければならない。そこで、BID (Binding Unique Identification Number) [4] を導入し、MR の通信メディアを一意に識別することを実現した。

3.2. 多重化のための仮想トンネルインタフェース

Mobile IP では、ある通信メディアの気付アドレスの登録が成功すると、MR ならびに HA は、その気付アドレスと HA のアドレスの間で IPv6 トンネルインタフェースを作成する。本方式では、さらに複数にわたる通信メディア

IPv6 Mobile Router Multiplexing System using Multiple Care-of Address Registration

Naoki IMAI, Manabu ISOMURA, and Hiroki HORIUCHI
KDDI R&D Laboratories Inc.

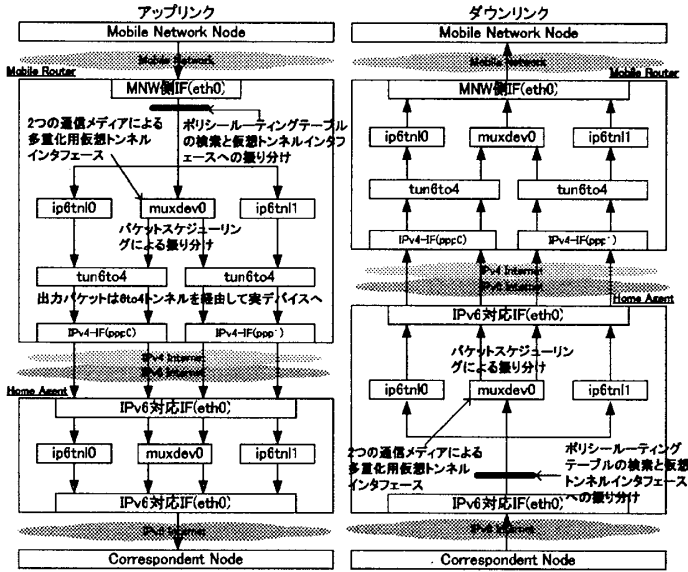


図2: 仮想トンネルインタフェースによる多重化

アの気付アドレス登録が完了し、かつそれらの通信メディアの組み合わせが予め多重化の対象として設定されている場合には、図2中に示されるような、それらの通信メディアに対してパケットスケジューリングならびに順序制御機能を実現する多重化用仮想トンネルインタフェース(図2における muxdev0)を新たに作成する。

3.3. ポリシールーティングテーブル

MR ならびに HA において、送信元アドレス、送信先アドレス、プロトコルタイプ(UDP あるいは TCP)、送信元ポート番号、送信先ポート番号により記述されるパケットのフローを出力する仮想トンネルインタフェースを、BIDで指定するようにした。さらに、個々の通信メディアのIPv6 トンネルインタフェースと同様に、多重化用仮想トンネルインタフェースに対しても MR 内で一意となる BID を付与することで、多重化用仮想トンネルインタフェースにもパケットを振り分けられるようにした。

4. スループット測定による性能測定

4.1. システム構成

図3に示すシステム構成を用いて、実装したMRによる多重化時のUDPのスループットを測定した。通信メディアとしてCDMA2000 1xとCDMA2000 1x EV-DOを利用した。なお、これらの通信メディアは現在IPv6をサポートしていないため、6to4トンネルを使用してIPv6のインターネットに接続した。

4.2. UDPによるスループット測定結果

CDMA2000 1x 携帯電話機を、USBハブを介して1から4台まで接続した場合と、CDMA2000 1x EV-DO PCMCIAカードを1あるいは2枚用いて接続した場合において、ダウンリンク(CNからMNNへの通信)ならびにアップリンク(MNNからCNへの通信)のUDPパケットのスループットを、iperfにより測定した。

CDMA2000 1xの測定結果を図4に示す。ダウンリンクとアップリンクのいずれも、接続台数の増加に伴ってスループットが増加した。多重化を行うことで、CDMA2000 1xの最大ダウンリンク帯域144kbpsならびに最大アップリンク帯域64kbpsを超えたスループットが得られることを確認した。一方、携帯電話のセクタスループットには上限があり、本実験環境では4台程度でスループットの向上は収束した。

CDMA2000 1x EV-DOの測定結果を表1に示す。ダウンリンクでPCカード2枚の多重化を行った場合、PCカー

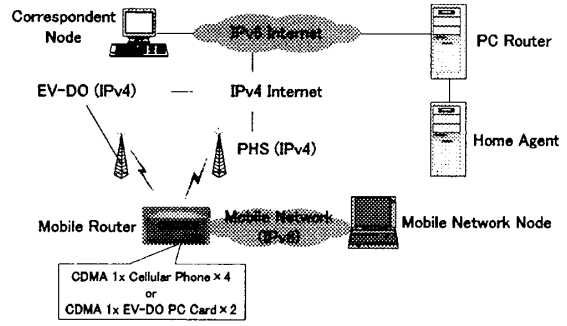


図3: システム構成

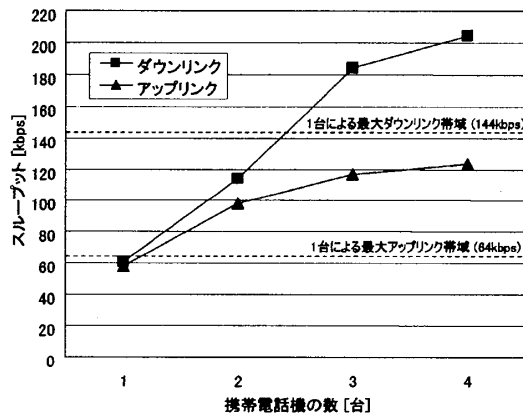


図4: CDMA2000 1x 携帯電話機による測定結果

表1: CDMA2000 1x EV-DO PCカードによる測定結果

PCカードの枚数	1枚	2枚
下りスループット	536kbps	575kbps
上りスループット	76kbps	160kbps

ド1枚による接続と比較して約7%のスループット向上が見られた。一方、アップリンクについては、PCカード2枚で多重化することにより、CDMA2000 1x EV-DOの最大アップリンク帯域である144kbpsを超えるスループットが得られた。多重化時におけるダウンリンクのスループット向上が小さかった理由としては、ベストエフォートの通信によりそれぞれのPCカードが1枚の場合に利用可能であった帯域を奪い合ったためと考えられる。

5. おわりに

本稿では、IPv6対応モバイルルータ上における複数気付アドレス登録機能を利用した多重化方式を述べた。また、UDPによるスループット測定により簡易性能評価を行い、多重化によりスループットが向上することを示した。最後に、日頃ご指導いただく(株)KDDI 研究所浅見所長ならびに長谷川執行役員に感謝する。

参考文献

- [1]磯村他, "ネットワーク単位の移動性を提供するモバイルルータのための経路制御方式の提案," 情処学論, vol.45, No. 2, Feb. 2004.
- [2]磯村他, "ネットワークモビリティを提供するモバイルルータのための通信メディアの逆多重方式," 電子情報通信学会論文誌, vol.J88-A, no.2, 2005.
- [3]V. Devarapalli, et al. "Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol," IETF RFC 3963, Jan. 2005.
- [4]R. Wakikawa, et al. "Multiple Care-of Address Registration", IETF Internet Draft, draft-wakikawa-mobileip-multiplecoa-03.txt, Jun. 2004.