

モバイルルータのための異種通信メディアの逆多重方式の性能評価

Performance Evaluation of Inverse Multiplexing of Heterogeneous Communication Media for Mobile Router

磯村 学† 今井 尚樹† 吉原 貴仁† 堀内 浩規†
Manabu Isomura Naoki Imai Kiyohito Yoshihara Hiroki Horiuchi

1. まえがき

インターネット ITS (Intelligent Transport Systems) [1]では、車両の動態情報の収集など、様々な ITS アプリケーションを提供するため、無線 LAN、携帯電話、PHS などの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を検討している。これまで、筆者らは、複数の異種通信メディアを切替えつつシームレスに通信可能な車載用モバイルルータ (MR: Mobile Router) の実装のみならず[2]、複数の異種通信メディアを同時に通信に利用することで通信帯域をより向上させる MR のための異種通信メディアの逆多重方式を提案している[3]。本稿では、提案方式に基づいたシステムの実装概要ならびに性能評価結果について報告する。

2. 車載用モバイルルータと逆多重方式の概要

2.1 車載用モバイルルータの概要

図 1 に車載用 MR の概要を示す。MR は Mobile IP のモバイルノードの拡張方式で、車内ネットワークなどの移動ネットワーク (MNW: Mobile Network) と他のネットワークを接続するルータである。通信メディアの切替えなどで MR の接続するネットワークが変化しても、MNW に接続するノード (MNN: Mobile Network Node) に継続的な通信環境 (ネットワークモビリティ) を提供する。

MNW への経路は、MR が本来接続するホームリンクから広報される。MR がホームリンク以外の外部リンクに接続した場合、MR は外部リンクから取得した気付アドレス (MR-CoA: Care of Address) とホームエージェント (HA-MR: Home Agent) の間に双方向の IP トンネルを開設する。MNN とその通信相手ノード (CN: Correspondent Node) が送受するパケットは、この IP トンネルを介して転送される。これにより、あたかも MR がホームリンクに接続し続けているかのように、MNN と CN は通信を継続できる。

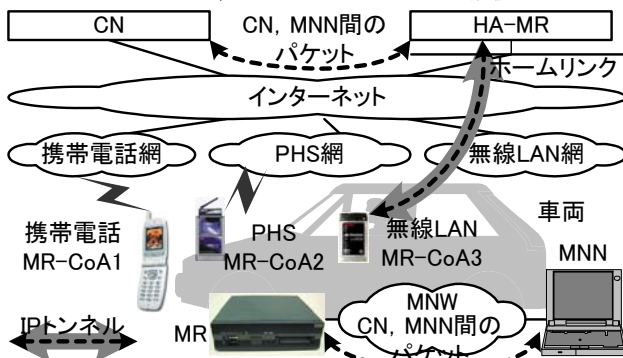


図 1 車載用モバイルルータの概要

2.2 逆多重方式の概要

図 2 に逆多重方式のシステム概要を示す。MR は各通信メディア (図 2 通信メディア 1~n) の MR-CoA (図 2 CoA1~n) を HA-MR に登録し、同時に複数の IP トンネルを開設する。次いで、それらの IP トンネルに MNN と CN 間のパケットを振り分けることで通信メディアの逆多重を行う。また、MR は一つの通信メディア (図 2 通信メディア 0) の MR-CoA (図 2 CoA0) のみを登録することで、従来の単一の通信メディアによる通信も可能である。

2.2.1 パケットスケジューラ

通信メディアの通信帯域以上のパケットを送信しようとした場合、パケットが経路上のルータで滞留し、パケットロスや遅延の増加を招く。そこで、HA-MR のパケットスケジューラ (PS: Packet Scheduler) は、あらかじめ設定した MR の各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、MR の通信メディアの通信帯域に応じてパケットを IP トンネルに振り分ける。また、MR の PS は、通信メディアの送信キュー内のパケット数が閾値を越えている場合、その通信メディアの IP トンネルにパケットを振り分けない。これにより、MR は通信メディアの実際の通信速度に応じてパケットを IP トンネルに振り分ける。また、各 PS は次節の順序制御機能のため、IP トンネルにシーケンス番号を付与して送信する。

2.2.2 順序制御機能

連続したパケットが遅延の異なる通信メディアで送受信された場合、その到着順序は逆転する可能性が高い。そこで、受信した IP トンネル内のパケットの順序を修正する順序制御機能を MR と HA-MR に設ける。順序制御機能は受信した IP トンネル内のシーケンス番号に従ってパケットを転送し、タイムアウト時間 T 内に次のシーケンス番号の IP トンネルが到着するまで、それ以降のシーケンス番号の IP トンネルの内部パケットの転送を保留する。

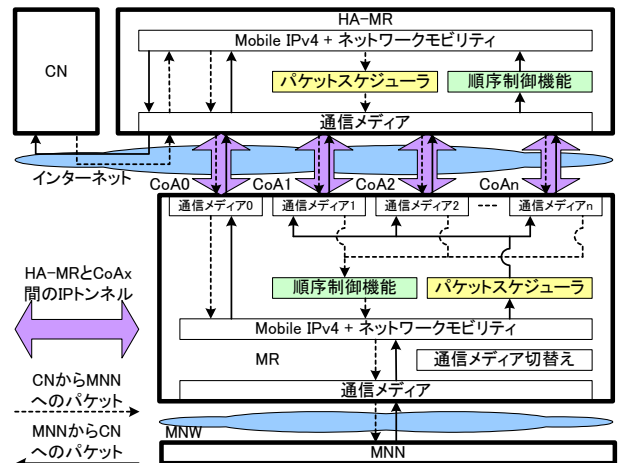


図 2 逆多重方式のシステム概要

† (株) KDDI 研究所, KDDI R&D Laboratories Inc.

3. 実装概要

3.1 実装方針

- (1) 2章の提案方式に基づいて実装する.
- (2) 無線 LAN (IEEE 802.11b), 携帯電話 (cdma2000 1x), PHS (PIAF2.1, Air H⁺) を逆多重可能とする.
- (3) OS は Linux Kernel 2.4.18 を使用し, Mobile IPv4 プロトコルスタックとして Dynamics Mobile IP を使用する.
- (4) パケットの IP トンネル処理はカーネルで行う.

3.2 システム構成

実装したシステムの構成を図 3 に示す. MR は車載ハードウェア[2]に, HA-MR, MNN, CN は市販 PC に実装した. CN と HA-MR は 8[Mbps] の ADSL でインターネットに接続した. また, 性能評価のため, 4 台の携帯電話と 1 台の PHS (PIAF2.1) を MR に接続した.

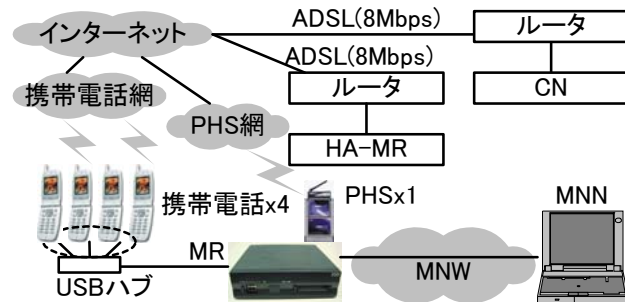


図 3 システム構成

4. 性能評価

4.1 携帯電話を用いた場合の性能評価

提案方式を同種通信メディアに適用した場合の有効性を確認するため, 3.2 のシステムを用いて, 1~4 台の携帯電話を逆多重した場合のアップリンク (MNN から CN 方向) のスループットについて, iperf を用いて (A) TCP, 順序制御機能なし, (B) TCP, 順序制御機能あり, (C) UDP, 順序制御機能ありの条件で性能評価を行った. なお, ソケットバッファサイズは 64[Kbps], タイムアウト時間 T は 2[s], HA-MR の PS の重みは全て同じ値とした.

性能評価結果を図 4 に示す. 順序制御機能なしの (A) では, 携帯電話の数を増やしてもスループットは向上しなかった. 順序制御機能を用いない場合, 受信側でパケットの順序逆転が発生する. このため, TCP の Fast Retransmission[4]により, パケットロスが発生したとしてパケットの再送が要求される. 送信側はパケットの再送

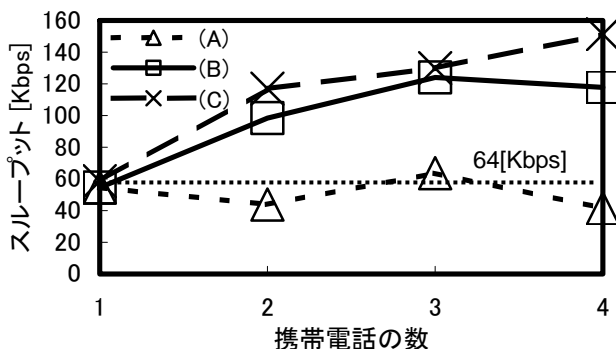


図 4 性能評価結果(携帯電話:アップリンク)

とともに送信レートを下げるため, 結果, スループットが向上しない. 順序制御機能ありの (B) では, パケットの順序逆転が抑えられるため, 携帯電話が 2 台以上のとき, cdma2000 1x の携帯電話 1 台当りの最大アップリンク帯域 64[Kbps] を超えるスループットが得られた. さらに, UDP を用いる (C) では, TCP の輻輳制御による影響がないため, (B) よりも高いスループットが得られた. 但し, (B) でもより大きなソケットバッファを割当てることで, (C) に近い性能が得られると考えられる.

また, 別の測定で, ダウンリンク (CN から MNN 方向) についても, 逆多重する携帯電話の数を増やすことでスループットが向上することを確認した.

以上により, 複数の携帯電話を逆多重した場合の提案方式の有効性が確認できた. なお, 携帯電話ではセクタ当りのスループットが決まっており, 本評価環境では 4 台程度でスループットの向上が収束した.

4.2 携帯電話と PHS を用いた場合の性能評価

提案方式を異種通信メディアに適用した場合の有効性を確認するため, 1 台の携帯電話と 1 台の PHS を逆多重した場合の TCP のスループットについて性能評価を行った. 順序制御機能を使用し, HA-MR の PS の重みはそれぞれ携帯電話と PHS の最大ダウンリンク速度に合わせて 144, 64 とした. また, その他の条件は 4.1 と同じとした.

結果, ダウンリンクが 106[Kbps], アップリンクが 93[Kbps] となった. なお, 別に 1 台の PHS について評価したところ, ダウンリンク, アップリンクともに 53[Kbps] であった. 4.1 の性能評価では, 携帯電話 1 台のときのスループットは, アップリンクで 56[Kbps], ダウンリンクで 70[Kbps] であったことから, 提案方式を用いることで, PHS と携帯電話をそれぞれ 1 台で使用する場合よりもスループットを向上できることが確認できた.

但し, 逆多重した場合のスループットは, PHS と携帯電話をそれぞれ 1 台で使用した場合のスループットの和に比べ, ダウンリンクで 17[Kbps], アップリンクで 16[Kbps] ほど低い. これは, 順序制御機能におけるパケットの転送の保留や, パケットスケジューラにおける重みと実際の通信速度の乖離によって生じる遅延の増加が原因と考えられる.

5. あとがき

本稿では, 複数の異種通信メディアを同時に通信に利用することで通信帯域をより向上させるモバイルルータのための異種通信メディアの逆多重方式の性能評価を行い, TCP ならびに UDP のスループットが向上することを確認した. 最後に, 日頃ご指導頂く(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] インターネット ITS 協議会, <http://www.internetits.org/>.
- [2] 磯村他, “通信メディアの切替え可能な車載用モバイルルータの実装,” 2003 信学全大, no.B-7-103, pp.363, Sept.2003.
- [3] 磯村他, “モバイルルータのための逆多重方式の提案,” 信学技報 Vol.104 No.51, ITS2004-1, May 2004.
- [4] M. Allman et al., TCP Congestion Control, IETF RFC2581, April 1994.