

電波強度を取得し、それが事前に設定した閾値 T 以上であれば 802.11a は利用可能と判断した。以上により、1xEV-DO のみが利用可能と判断した場合、MR の MR-CoA1 を HA-MR に登録する。同様に、802.11a のみが利用可能な場合、MR-CoA2 を HA-MR に登録する。また、2 つの通信メディアが同時に利用可能な場合、通信速度の大きい 802.11a を利用する。

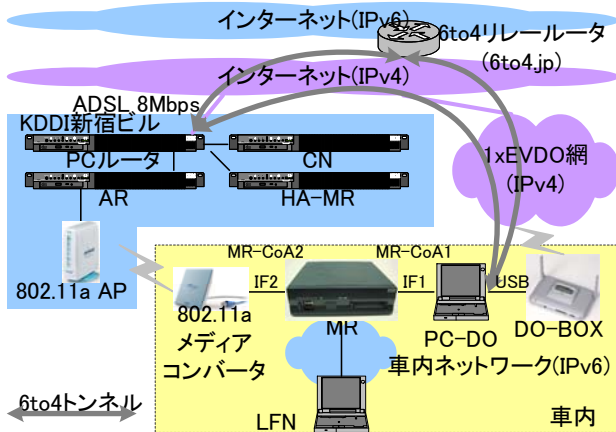


図2 システム構成図

4. 実験概要

4.1 実験シナリオ

実験における走行経路を図3に示す。1xEV-DOは地下駐車場ならびに屋外で利用可能である。一方、802.11aは地下駐車場でのみ利用可能であり、屋外では利用不可能となる。矢印の走行経路を走行すると、次のように通信メディアが切替わる。

- (1) 車両が地下駐車場から屋外に出ると、802.11aから1xEV-DOに切替わる(図3(1))。
- (2) 車両が屋外から地下駐車場に入ると、1xEV-DOから802.11aに切替わる(図3(2))。

また、LFNではIPv6に対応したストリーミングアプリケーションとしてWindows Media 9を使用し、CNから200[Kbps]でエンコードしたストリーミングを走行しながら受信した。結果、MRで上記(1)、(2)の通信メディアの切替えが発生しても、主観的にはほとんど途切れなく再生されることを確認した。

4.2 1xEV-DOと802.11aのスループットの評価

地下駐車場で車両を静止した状態で、MRが1xEV-DO、802.11aをそれぞれ使用した場合のTCPのスループットを、CNからLFN方向(ダウンリンク)ならびにLFNからCN方向(アップリンク)についてNetperf[5]を用いて測定した。TCPのウィンドウサイズは32[Kbyte]、データサイズは1,024[Kbyte]とした。

結果を表1に示す。地下駐車場は電波環境が良好でなかったため、1xEV-DOのスループット(ダウンリンク2.4[Mbps]、アップリンク153[Kbps])を十分に得られなかった。また、802.11aについてもスループット(54[Mbps])を十分に得られなかった。これは、APと車両までの距離(20[m]程度)が離れていたことや、802.11aは5GHz帯を使用するため電波の指向性が高く、APとメディアコンバータのアンテナの向きが適当でなかったことに起因していると考えられる。なお、室内で測定したところ、20[Mbps]程度のスループットが得られた。

4.3 通信メディアの切替え時間の評価

MRの通信メディアの切替え時間を評価するため、4.1節の(1)と(2)の場合に、MR-CoAの登録にかかる時間と通信の中断時間を測定した。通信の中断時間はNetperfを用いてCNからLFNへ1,024[Kbyte]の packets をTCPで連続的に送信しながら通信メディアを切替えた際、パケットの到着が中断してから再開するまでの時間とした。なお、3.4節の閾値Tは802.11aのリンク

が完全に切断される前に1xEV-DOへ切替えるように設定した。

結果を表2に示す。登録時間はMR-CoAの登録メッセージと応答メッセージの往復時間とHA-MRでの処理時間の和となる。本実験環境では802.11aの方がMRとHA-MR間の伝送遅延が低いため、(2)の方が(1)よりも登録時間が短くなった。

通信の中断時間について、(1)の場合、1xEV-DOでのMRとHA-MR間の伝送遅延が高いため、MR-CoA1の登録後、HA-MRからMR-CoA1へトンネルされたパケットがMRに届くまでの間、パケットの到着が中断する。なお、別の測定で1xEV-DOでの1,024[Kbyte]の packets のRTT(Round Trip Time)は760[ms]程度であり、その片道分である380[ms]が中断時間に該当すると考えられ、表2(1)の結果とほぼ一致している。逆に、(2)の場合、802.11aでのMRとHA-MR間の伝送遅延が低いため、中断時間は切替え前の1xEV-DOでのパケットの到着間隔(30[ms]程度)とほぼ同じとなったが、パケットの再送が発生した。これは、802.11aに比べ1xEV-DOでのMRとHA-MR間の伝送遅延が高いため、MR-CoA2の登録以前にHA-MRからMR-CoA1へトンネルされたパケットが、MR-CoA2の登録完了後にMRへ到着し、そのパケットが破棄されるためである。

以上により、通信メディアの切替えによって、RTT/2程度の中断時間やパケットの再送が発生するものの、実験に使用したアプリケーションでは問題なく利用できることを確認した。



図3 走行経路

表1 1xEV-DOならびに802.11aのスループット

| 通信メディア | 通信方向 | スループット[Kbps] |
|---------|--------|--------------|
| 1xEV-DO | ダウンリンク | 330 |
| | アップリンク | 100 |
| 802.11a | ダウンリンク | 3,800 |
| | アップリンク | 6,100 |

表2 通信メディアの切替え時間

| 通信メディアの切替え | 登録時間[ms] | 中断時間[ms] |
|---------------------|----------|----------|
| (1)802.11aから1xEV-DO | 180 | 370 |
| (2)1xEV-DOから802.11a | 10 | 27 |

5. おわりに

本稿では、車載用モバイルルータにおける1xEV-DOとIEEE802.11aのシームレス通信実験の報告を行った。最後に、日頃ご指導いただく(株)KDDI 研究所浅見所長、和田取締役にご挨拶する。

参考文献

- [1] V. Devarpalli et al.: Nemo Basic Support Protocol, draft-ietf-nemo-basic-support-02 (2003.12).
- [2] 磯村他: IPv6対応モバイルルータの経路制御方式の提案, FIT2003, O-051 (2003.9).
- [3] R. Gilligan et al.: "Transition Mechanisms for IPv6 host and Routers", IETF RFC2893 (2000.8).
- [4] Mobile IPv6 for Linux, <http://www.mipl.mediapoli.com/>
- [5] Netperf, <http://www.netperf.org/>