

NS-2 へのモジュール追加による WiMAX の性能評価

2010SE165 小倉 憂也 2010SE172 大中 隆太郎 2010SE192 柴田 晃希

指導教員: 河野 浩之

1 はじめに

現在 UQ では, IEEE802.16e でデータ通信サービスを展開している. 新たな国際規格とし, IEEE が従来の標準規格を IEEE802.16m として機能拡張を行い, WiMAX System Profile Release2 (WiMAX2)という新しい次世代無線通信サービスが2013年10月30日より,日本で開始された. それぞれの規格の比較を表1に示す[1].

本研究では, NS-2 への WiMAX モジュール導入と性能評価を行う. NS-2 と WiMAX モジュールの取得, パッチファイルの適用, PATH設定を行い, ハンドオーバー時の WiMAX の性能評価を行う. また, Base Station (BS) の配置や Mobilenode (MN)の速度を変更することで, 様々なシナリオを想定したシミュレーションを行う. その後, 先行研究で扱った WiMAX2 の規格を基に, 本研究で行った実験を, WiMAX2 に適用させると, どのような結果が得られるかを考察する.

第2章では, WiMAX のフレーム構造, HARQ (Hybrid ARQ)について説明する. 第3章では, NS-2 の改良, ARQ (Automatic Repeat-reQuest)について説明する. 第4章では, WiMAX モジュールの導入方法, NS-2 の機能拡張について説明する. 第5章に実験環境, シナリオ, シミュレーション結果, 考察を示し, 第6章に本研究のまとめを示す.

表1 IEEE802.16e と IEEE802.16m の規格比較

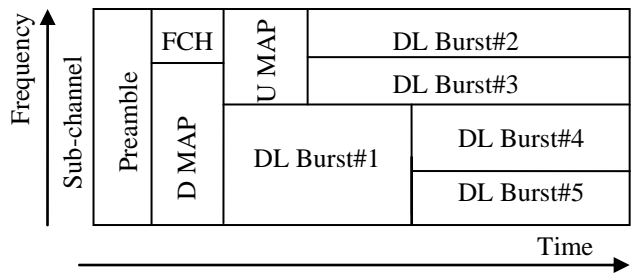
	IEEE802.16e WiMAX	IEEE802.16m WiMAX2
複信方法	TDD	TDD,FDD
チャンネルバンド幅	3.5,5,7,8.75,10 MHz	5,10,20,40MHz
移動性能	Up to 60-120 km/h	Up to 350km/h
レイテンシ	Link-Layer Access:~20ms Handoff: ~35-50 ms	Link-layer Access:<10ms Handoff:<30ms
MIMO の構成	DL:2×2MIMO UL:1×2MIMO	DL:2×2,2×4, 4×2,4×4MIMO UL:1×2,1×4, 2×2,2×4MIMO
受信範囲	1 / 5 / 30km	1 / 5 / 30km (Optimal at 5km)

2 先行研究

本章では, 2.1 節に WiMAX のフレーム構造, 2.2 節に HARQ について説明する.

2.1 WiMAX のフレーム構造

Mobile WiMAX で利用されている OFDMA では, 複数の端末が基地局から同時にデータ受信が可能である. この時, 基地局から各端末に送られるダウンリンクバーストは, 図1に示すように時間領域と周波数領域の両方で互いに分割される. つまり各バーストがそれぞれ固有の時間スロットとサブチャンネルに割り当てられる. そして, TDM と FDM を組み合わせ, サブチャンネルとシンボルで構成されるリソースを単位とし, ユーザデータの多重化が行われる. 上りはサブチャンネルによる多重化が行われる.



Preamble: 同期信号

FCH: Frame Control Header (フレームヘッダ制御)

D_MAP: Downlink MAP Messages (DL Burst 割当情報)

U_MAP: Uplink Map Messages (UL Burst 割当情報)

DL Burst #n: Downlink USER's Burst

図1 OFDMA ダウンリンクのサブフレーム

2.2 HARQ

ARQ では, 再送により貴重な帯域を浪費することが問題である. そこで, WiMAX2 には, ARQ を改良した HARQ が採用されている[2]. HARQ は, 誤りを含むパケットを全て廃棄せず, フィードフォワードエラー訂正という技術を組み合わせることにより, 効率的にデータ修正を行う仕組みである.

3 NS-2 への WiMAX モジュールの追加

本章では, 3.1 節に NS-2 の改良, 3.2 節に ARQ について説明を行う.

3.1 NS-2 と WiMAX モジュールのインストール

本研究では、WiMAX モジュール導入のための NS-2 の改良と性能評価を行う。WiMAX モジュールの導入の方法として、NS-2とWiMAXモジュールの取得、パッチファイルの適用、NS-2のインストール、PATHの設定を行い、NS-2 の機能拡張された事を確認する。その後、ハンドオーバー時における WiMAX の性能評価を行う。

3.2 ARQ のパケットフロー

ARQ は、無線通信で用いられている通信データにエラーが生じた際に修正を行う自動再送要求という技術である[2]。通常伝送されるデータに誤りが発生した場合、それを検出し、訂正するための情報が付加されている。しかし、悪条件の環境下における無線通信では修正できない程データが誤り、データが届かない場合がある。そのような場合に高信頼通信を行うためには、必要なデータを再送することが必要である。図2に、ULにおけるARQのパケットフローを示す。

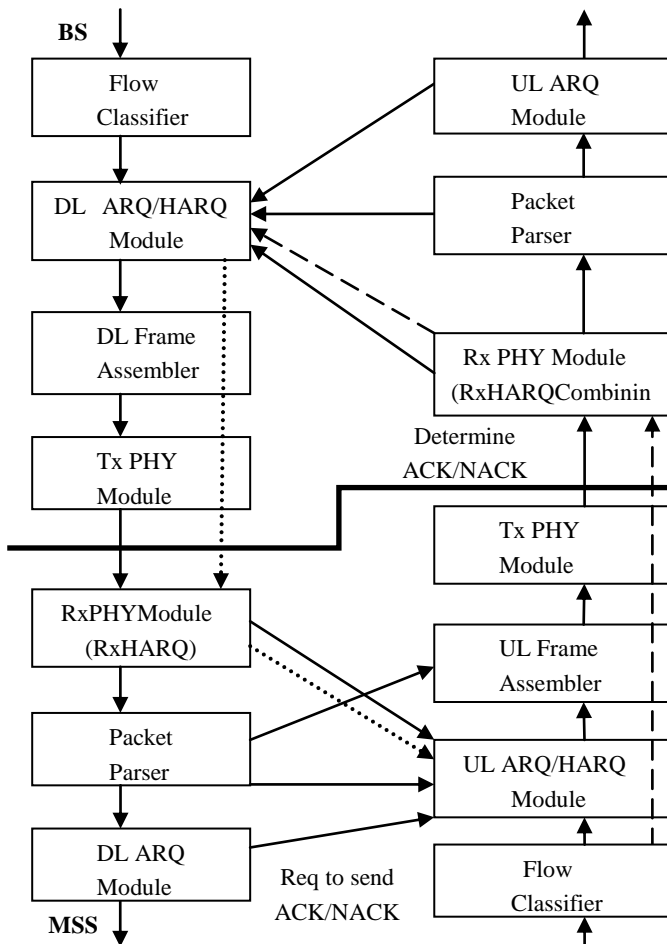


図2 UL における ARQ のパケットフロー

4 WiMAX モジュールの導入

本章では、4.1 節に WiMAX モジュール、4.2 節に WiMAX の拡張機能、4.3 節に WiMAX2 の拡張機能について説明を行う。

4.1 WiMAX モジュール

本研究では、WiMAX Forum で公開されている The WiMAX Forum System Level Simulator NS-2 MAC+PHY Add-On for WiMAX (IEEE 802.16)を用いる。[2]このモジュールは、ネットワークシミュレータ NS-2 に基づいており、無線 MAN-OFDMA をベースにした IEEE802.16-2009 の MAC 層の実装が行われている。

4.2 WiMAX の拡張機能

本節では、NS-2 の改良のために WiMAX の拡張モジュールを導入し、NS-2 の機能の拡張について説明を行う。表2に WiMAX の拡張機能を示す。

表2 WiMAX の拡張機能

拡張された機能
<ul style="list-style-type: none"> •OFDMA 物理層 •時分割複信(TDD) •IEEE802.16e の物理層の拡張 •フラグメンテーションおよびフレームの再構築 •QoS スケジューリング •ARQ

4.3 WiMAX2 の拡張機能

本節では、WiMAX2 で拡張される機能について説明を行う。WiMAX2 の拡張機能を表3に示す。

表3 WiMAX2 の拡張機能

拡張された機能
<ul style="list-style-type: none"> •周波数分割複信(FDD) •HARQ •MIMO •データ伝送レートと VoIP の容量増加 •マルチ・キャリア(チャンネルアグリゲーション) •低レイテンシ化による伝送品質の改善

5 実験結果

本章では、ハンドオーバー時における WiMAX の性能評価実験を行う。5.1 節に実験環境、5.2 節にシミュレーション結果、5.3 節に考察について説明する。

5.1 実験環境

NS-2 の拡張により作成した test-handover のプログラムを実行する。その際に、handover.tcl が実行され、生成されるデータを基に Packet delay, Time stamp のグラフを作成する。本研究で使用した PC のスペックを表4に示す。

表4 使用したPCのスペック

PC	FMV-S8390
OS	Ubuntu 8.04.4 LTS
CPU	Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU P8700 @ 2,53GHZ 2,53GHZ
メモリ	2.0GB

5.2 シミュレーション結果

実験は、2つのBS間でMNが移動し、ハンドオーバー時の遅延とパケットIDを測定する。またMNの速度、BS配置を変更し、様々なシナリオでシミュレーションを行う。

5.2.1 MNがBS1,2間を往復(シナリオ1)

シナリオ1(マニュアルシナリオ)では、BS1,2を(50.0, 50.0, 0.0), (800.0, 50.0, 0.0), MNを(300.0, 40.0, 0.0)に設置する。シミュレーション開始15.0秒後、MNは5m/sで(750.0, 40.0, 0.0)へ向かう。そして、100.0秒後に同じ速度でMNは(100.0, 40.0, 0.0)に向かうよう設定する。シナリオを図3に示し、実験結果を図4,5に示す。

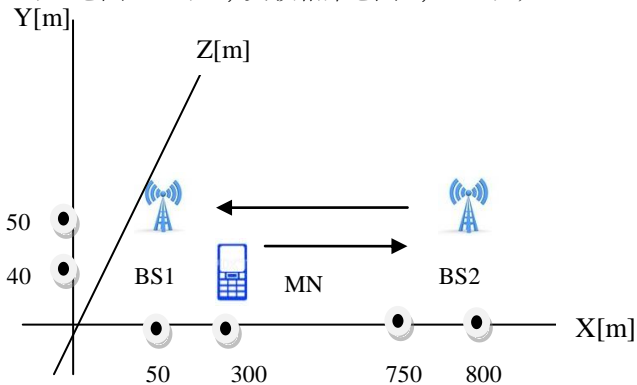


図3 シミュレーションシナリオ1

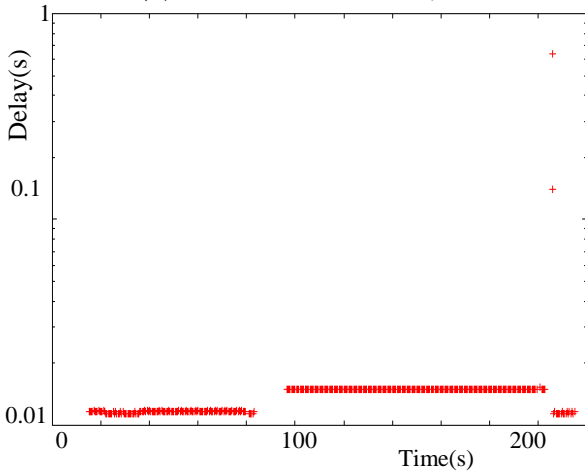


図4 シナリオ1における遅延の変化

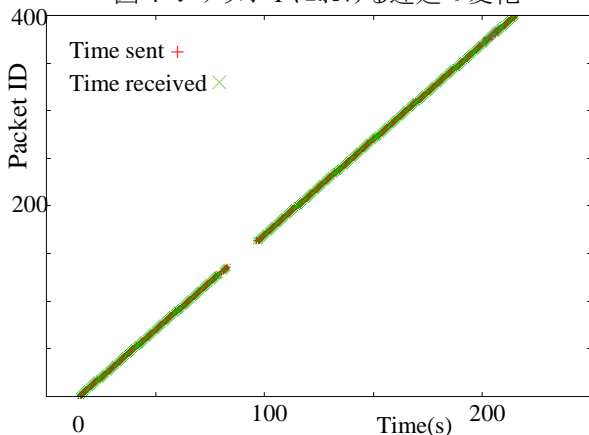


図5 シナリオ1における時間とパケットIDの推移

5.2.2 MNが15m/sで移動(シナリオ2)

シナリオ2では、シナリオ1からBS1, BS2の配置をそれぞれ(100.0, 50.0, 0.0), (1000.0, 50.0, 0.0)に変更した。実験結果を図6,7に示す。

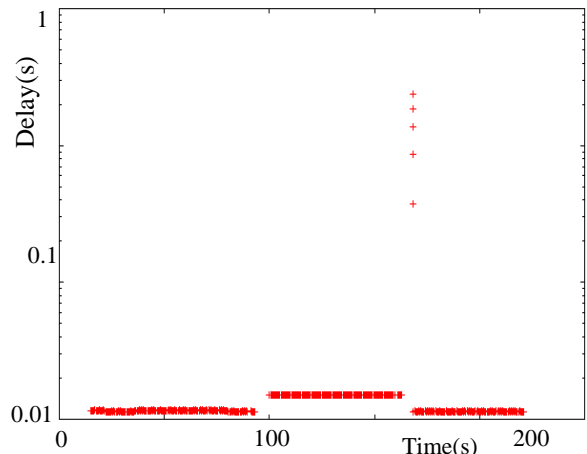


図6 シナリオ2における遅延の変化

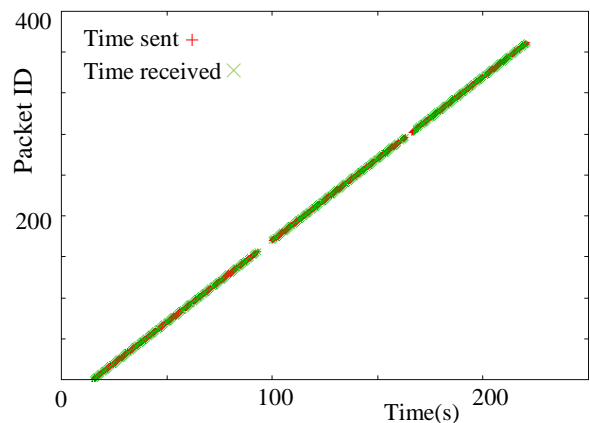


図7 シナリオ2における時間とパケットIDの推移

5.2.3 MNが33m/sで移動(シナリオ3)

シナリオ3では、シナリオ1からMNの移動速度を33m/sに変更した。実験結果のグラフを図8,9に示す。

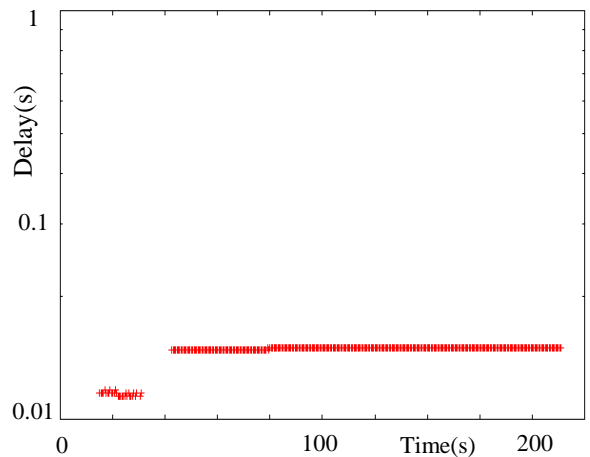


図8 シナリオ3における遅延の変化

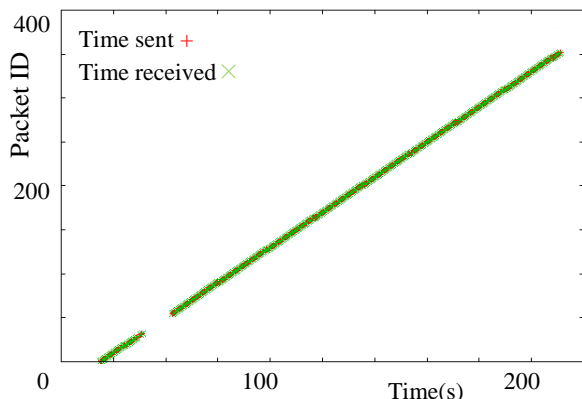


図 9 シナリオ 3 における時間とパケット ID の推移

5.2.4 MN が 95m/s で移動(シナリオ 4)

シナリオ 4 では、シナリオ 1 から MN の移動速度を 95m/s に変更した。実験結果のグラフを図 10, 11 に示す。

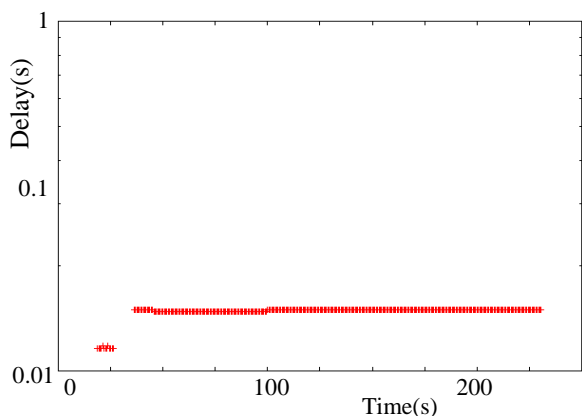


図 10 シナリオ 4 における遅延の変化

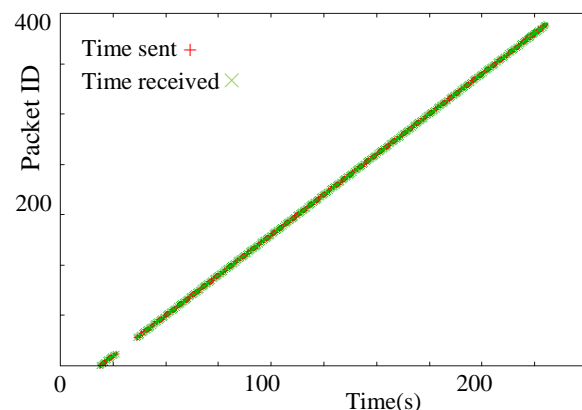


図 11 シナリオ 4 における遅延の変化

5.3 考察

実験結果より、シナリオ 1 では遅延に関して、約 83 秒でハンドオーバーが発生し、Delay が増加した。また、Packet ID に関しては、約 85~100 秒の間で約 150~170 の Packet ID が切断された。

シナリオ 2 では、遅延に関して、約 90 秒でハンドオーバーが発生し、Delay が増加した後、約 165 秒で再びハンドオーバーが発生し、Delay は減少した。Packet ID に

関しては、それぞれ約 90~100 秒と約 165~170 秒で、約 160~170 と約 300~305 の Packet ID が切断された。

シナリオ 1 とシナリオ 2 を比較すると、シナリオ 2 では MN は BS1, 2 からより遠距離で往復しているため、ハンドオーバーに要する時間が増加したと考えられる。

シナリオ 3 では遅延に関して、約 40 秒でハンドオーバーが発生し、Delay が増加した。また、Packet ID に関しては、約 30~40 秒で約 40~50 の Packet ID が切断された。

シナリオ 4 では、遅延に関して、約 20 秒でハンドオーバーが発生し、Delay が増加した。また、Packet ID に関しては、約 20~30 秒で約 20~30 の Packet ID が切断された。

シナリオ 1 とシナリオ 3, 4 を比較すると、MN の速度を増加させたシナリオ 3, 4 では移動速度が増加するほど、ハンドオーバーが発生する時間は早く、遅延時間が大きく増加している事が分かる。また、切断される Packet ID の値は減少した。

handover.tcl プログラムの移動速度などを変更し、ARQ の HARQ への書き換えるなどを行う事で、WiMAX2 の性能評価が可能となる。ハンドオーバーによって費やされる時間は減少する事が予想される。その結果、遅延時間は現象する。しかしながら、WiMAX の速度が 40Mbps に対して、WiMAX2 の速度が 110Mbps であることから、切断される Packet ID の数は増加すると考えられる。

6 まとめ

本研究では、WiMAX モジュール導入のための NS-2 の改良と性能評価を行った。NS-2 の改良方法として、NS-2 と WiMAX モジュールの取得、パッチファイルの適用、PATH の設定を行い、NS2 の機能拡張を行った。その後、ハンドオーバー時における WiMAX の性能評価を行った。シミュレーションでは、2 つの BS 間で MN が移動し、その際に生じるハンドオーバーの遅延とパケット ID の推移に関する実験を行った。BS の配置や MN の移動速度を変更する事によって、様々なシナリオを想定したシミュレーションを行った。WiMAX2 で同様のシミュレーションを行った場合、ハンドオーバーにかかる時間と遅延が短縮、切断される Packet ID の数は増加すると考えられる。

参考文献

- [1] Jha Rakesh, Wankhede Vishal A. and Upena Dalal: "A Survey of Mobile WiMAX IEEE 802.16m Standard," (IJCSIS) International Journal of Computer Science and Information Security, Vol. 8, No. 1, pp.125-131, (2010)
- [2] The WiMAX Forum System Level Simulator, "http://code.google.com/p/ns2-wimax-awg/"参照 (2013-11-25)