

Wi-Fi, WiMAX を用いた移動体通信における パケット送信成功率の評価

2012SE083 金海祐大 2012SE277 山田翔太 2012SE296 吉田武司

指導教員：河野浩之

1 はじめに

近年、自動車への無線 LAN 機器の搭載が進められてきている [1]。搭載された機器を用いることで「歩行者」対「車両」または「車両」対「車両」の通信を行い、お互いの位置情報や走行状況、交通状況などを把握することができる。これらは、交通事故の軽減を目的としている [2]。このようなシステムを移動体通信と呼び、これらを利用する事で安全運転を支援する研究がされている [3]。先行研究では、多賀は伝搬損失モデルを提案することにより、都市部での伝搬損失の評価を行った [4]。菅原らは、平均パケット伝送成功率を向上させた [5]。

本研究では、Wi-Fi, WiMAX を用いて移動体通信を行った際のパケット送信成功率を評価する。それぞれの通信規格を用いて移動体通信を行う場合、車両同士または歩行者と車両で、パケットを送信した際の送信成功率が計測できる。そこから得られた結果を元に Wi-Fi, WiMAX のどちらが、移動体通信を行う際に適しているのかを推測することが可能である。そこで、我々は SUMO を用いて都市モデルを構築し車両走行をシミュレートする。次に、ns3 内に Wi-Fi, WiMAX のモジュールを実装し、シミュレーションを行うことでパケット送信成功率を評価していく [6]。

本研究は 6 章で構成され、2 章では車車間通信での伝搬損失モデル、パケットペイロード中継法を用いた車車間通信成功率向上に関する先行研究、さらに、先行研究に対する問題点について述べていく。3 章では我々が使用するシミュレータのアーキテクチャ、パケット送信成功率の評価における提案について説明する [6]。4 章で我々が行うシミュレーションの手順と実験環境について説明する。5 章で Wi-Fi, WiMAX の通信規格の定義、パケット送信成功率の定義、シミュレーション結果の評価を行う。6 章で結びとする。

2 車車間通信と通信成功率の先行研究

本章では車車間通信と通信成功率の先行研究について説明する。2.1 節では ITS 車車間通信における伝搬損失モデル [4]、続く 2.2 節では ITS 車車間ブロードキャスト通信のパケットペイロード合成中継法の 2 つを紹介する [5]。2.3 節で先行研究を比較し、先行研究の課題を示す。

2.1 ITS 車車間通信環境における伝搬損失モデル [4]

多賀は、見通し内道路での伝搬損失推定では、送受信点間が 10m の時は推定値が約-60dB、実測値が約-63dB を近似することが示された。送受信点間の距離を増大させて

も約 400m 時点での推定値と実測値は約-110dB とよく近似することが示された。見通し外道路での伝搬損失推定では、車等距離が 10m の時点で実測値は-125dB、20m の時点で実測値は-110dB、50m の時点で実測値は-100dB であることから、車等間隔が小さくなり交通量密度が増加するほど距離に対する減衰量が增大する特性が示された。

2.2 ITS 車車間ブロードキャスト通信のパケットペイロード合成中継法 [5]

菅原らは、中継局で受信した複数のパケットを合成してから中継する方法である PCR 法 (Packet Combining Relay:PCR) を提案した。菅原らの提案を中継局を中心として東西南北の道路に車両が 100 台 ~ 300 台存在する環境を想定したシミュレーションによって平均パケット伝送成功率を評価した。車両台数を増加させていくと PCR 法では車両台数 300 台の時に平均パケット伝送成功率が約 10% 向上した。しかし、送信車両位置によって送信開始タイミングをグループ化する方法を併用した PCR 法は、車両台数が 100 台のときは平均パケット伝送成功率が 90% であったのに対して、車両台数が 300 台の時には平均パケット伝送成功率が 45% まで低下した。結果としては、菅原らの提案は通常の個別中継に比べて、より高い平均パケット伝送成功率を有することが示された。

2.3 先行研究の比較と課題

多賀の提案した伝搬損失モデルは見通し内道路/見通し外道路での伝搬損失推定は実測値との誤差も良好である。

菅原らが提案した中継法は交差点に車両が 100 台 ~ 300 台存在する環境を仮定しシミュレーションを行った結果、個別中継に比べてより高い平均パケット伝送成功率を有することが示された。

表 1 先行研究の比較

先行研究	長所	短所
ITS 車車間通信環境における伝搬損失モデル [4]	提案伝搬モデルから求めた推定値と実測値が近い	車両台数・歩行者数のことは考慮されていない
ITS 車車間ブロードキャスト通信のパケットペイロード合成中継法 [5]	提案システムが個別中継に比べて平均パケット伝送成功率が増加	簡易な都市モデルでのシミュレーション

先行研究 [4] では車両台数・歩行者数のことは考慮されていない。また、先行研究 [5] では簡易な都市モデルでのシミュレーションしか行っていない。通信を行う際に、都市部郊外よりも都市部の方がパケット送信成功率は低い。また、通信規格毎でも、パケット送信成功率、通信可能範囲は異なる。以上のことから、我々は Wi-Fi, WiMAX を実験に使用するモジュールとして都市部でパケット送信成功率の実験の評価を行う。

3 提案内容

本章では SUMO と ns3 を用いたシミュレーションモデルを提案する。

3.1 交通シミュレータ SUMO

SUMO は、車両、公共交通機関、歩行者を含む交通システムをモデリングする事が可能であり、ルート制御、視覚化、ネットワークの読み込みを補助するツールが含まれている。そのため自由度の高いシミュレーションを行うことが可能である。

今回、我々の実験では地図データ配信サイトである「OpenStreetMap」から地図データを抽出し、SUMO に付属している NETCONVERT のプロトコルを用いて、OSM 形式のファイルを XML 形式に変換したファイルを読み込ませることでシミュレーションを行い、各移動端末間での通信結果をテキストとして出力することで SUMO でのシミュレーション結果を得るものとする。

3.2 ネットワークシミュレータ ns3

ns3 は、現実のプロトコル実現例を ns3 内で利用できるようシミュレーションモデルを構築して、ネットワークシミュレーションを行うことのできるシミュレータである。

プロトコル等のコアモジュールの実装、トポロジー・端末設定など、シミュレーションシナリオを記述する言語として C++ 言語が用いられている [6]。

3.3 シミュレータツールを用いたパケット送信成功率評価の提案

通信の方式には UdpServerHelper と呼ばれるクラスを用いることでパケットの送信成功数を計測する。送信成功数を P_S 、総送信数を P_{ALL} 、送信失敗数を P_E と置くとパケット送信成功率は、

$$\text{送信成功率} = \frac{P_S - P_E}{P_{ALL}}$$

と書ける。

今回、我々の実験で送信成功率を求める手段は、SUMO を用いて車両走行シミュレーションを行う。次に SUMO で行ったシミュレーション結果を、ns3 で通信性を持たせることで、パケット送信成功率を求める。

SUMO を用いてシミュレーション環境を構築する際、地図データを都市部で作成した。地図には一方通行や通行

ができない場所もあるので、そのような条件を追加し地図データの作成を行い、車両走行をシミュレーションする。ns3 を用いて実験をする際、車両は 1 秒毎に 1 台ずつ増加させていく。さらに、通信を行う車は 1 対 1 とする。ns3 では建築物を立体に表示することが出来ないため、車両同士は常に見える位置である見通し内道路でシミュレーションを行うものとする。

また、Wi-Fi, WiMAX というモジュールを用いて、移動体端末間でパケット送信成功率を計測する。近い将来移動体端末同士が通信を行う際に、交通事故が起きている場所の情報や、ぶつかりそうな車両への警告、近くにいる車両の台数、歩行者の有無、また信号や横断歩道で止まることを周囲に知らせることができるようになり、さまざまな自動車の問題解決に繋がっていくと考える。

図 1 に SUMO と OpenStreetMap の流れを示す。

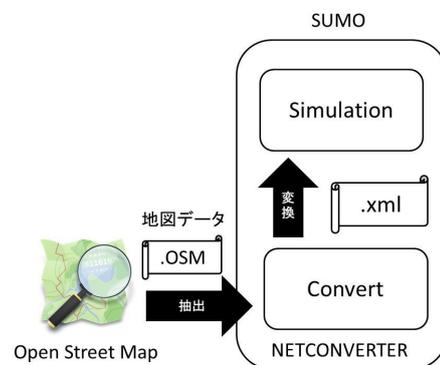


図 1 SUMO と OpenStreetMap の連携

4 端末間通信のシミュレーション

本章では 4.1 節で我々が行う実験の流れ、4.2 節で我々が実験で使う機器などの実験環境を示す。

4.1 実験の手順

交通流シミュレータ SUMO、ネットワークシミュレータ ns3 を用い、パケット送信成功率を評価していく。OpenStreetMap を用いて実験に使用する地図データを OSM 形式ファイルで抽出し、SUMO 付属の NETCONVERT を用いて XML 形式ファイルに変換させ、SUMO に読み込ませる。次に、車両走行シミュレーションの結果を sumocfg ファイルとして保存し、SUMO 付属の traceExporter を用いて TCL 形式ファイルに変換させ、変換したノードファイルをネットワークシミュレータ ns3 に読み込ませることで、移動体通信のパケット送信成功率を評価する。また、ns3 内に Wi-Fi, WiMAX のモジュールを実装し、シミュレーションを行う。

4.2 実験環境

実験環境として、OS: Ubuntu 14.04 LTS, CPU: Intel Corei7-4770K@3.50GHz, メモリ: 8GB の PC を用いている。

我々は「OpenStreetMap」と呼ばれる地図データ配信サイトをを用いて、名古屋駅周辺を道路ネットワークとして抽出し、そしてSUMO 付属のNETCONVERTを用いることで、OSM形式からSUMOで読み込めるXML形式に変換した。名古屋駅を中心とした地図を作成し本研究の実験に用いる。車両は1秒毎に1台ずつ増加し、300秒まで実験を行う。また、今回我々はSUMOとns3の連携にC言語のプログラムを用いて実験を行う。車両走行シミュレーションの車両はノードであるため、xy座標で表すことができる。C言語のプログラムを用いて2点間の距離を計算し、ns3のプログラムへと値を組み込み実験を行う。

5 パケット送信成功率の結果と評価

本章では、5.1節では実験の内容、5.2節ではWi-FiとWiMAXの実験結果、5.3節では2つの実験結果の評価について説明していく。

5.1 実験の内容

本稿では、本来我々はSUMOとns3を連携させることで移動体通信のパケット送信成功率を評価しようとしたが、SUMOとns3を連携させることが困難だったため、SUMOとns3で別々にシミュレートを行って行くことで、移動体通信のパケット送信成功率を評価していく。SUMOで名古屋駅周辺での車両走行シミュレーションを行う。次に、ns3に、Wi-Fi、WiMAXのモジュールを実装することでパケット送信成功率を評価していく。

Wi-Fiは送受信点間の距離を変化させることで、パケット送信成功率を評価する。ノードはSUMOとns3を連携させたとき、それを可視化できるNetAnimを用いて選択した。SS17とSS259の2つのノードは対向車であり、110秒から126秒、180秒から195秒までの時間で通信を行った。0秒~109秒は2つのノード間の距離が離れすぎているため通信が不可能、127秒から179秒は交差点での信号待ちの時間なので省略した。

NetAnimにおいて視覚化したノードの軌跡を下の図2に示す。

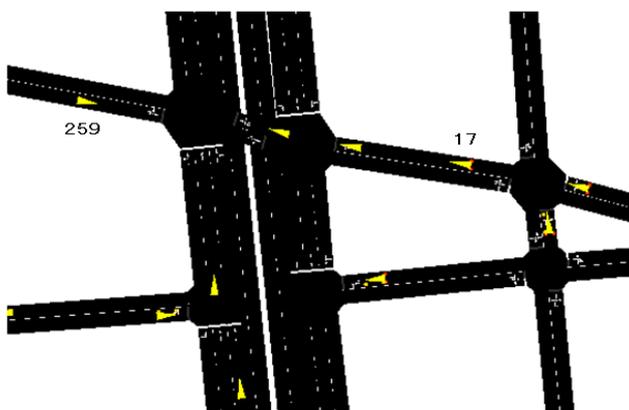


図2 NetAnimのノードの動き

以下に使用した座標とその距離についてを示す。

```
SS17={ (7687, 19189), (7661, 19198), (7636, 19207),
(7611, 19216), (7585, 19226), (7560, 19235)
...
(7307, 19336), (7285, 19345), (7261, 19355) }
SS259={ (7342, 19310), (7363, 19301), (7382, 19293),
(7396, 19287), (7407, 19283), (7414, 19280)
...
(7541, 19231), (7563, 19223), (7588, 19214) }
DISTANCES={365.6 315.2 268.1
... 256.47 303.59 356.10}
```

図3 Wi-Fiモジュールの座標と距離

また、WiMAXでは我々が定めた個数のノードを受信側の端末とする。その受信端末は定めたエリア内をランダムに移動する。また、固定された送信端末は、受信端末へとパケット送信を行うことでパケット送信成功率を評価する。

Wi-Fiの通信規格にはIEEE802.11aを用いる。IEEE802.11aは周波数帯域は5GHz帯、最大伝送速度は最大54Mbps、変調方式はOFDM、最長伝送距離は見通し内では30mである。また、パケット送信成功率の評価はChecksumを用いてデータに符号誤りが発生した場合に検出することで評価を行う。Checksumは、他の誤り検出符号と比べて信頼性は低いが、それでも単純な計算で99.5%以上の検出率があるため、簡易な誤り検出に用いられる。

WiMAXの通信規格にはIEEE802.16eを用いる。IEEE802.16eは周波数帯域は6GHz以下、最大伝送速度は最大21Mbps、変調方式はOFDM、OFDMA、SOFDMA、QPSK、16QAM、64QAMがあり、今回の実験にはOFDMを用いる。最大伝送距離は1~3kmである。

5.2 実験結果

Wi-Fiのモジュールを用いて実験を行った場合、端末間でのパケット送信成功率の結果を出力する。距離毎に通信する端末を配置し、通信した場合の結果を図4に示す。送受信点間の距離は、110秒から126秒、180秒から195秒までの選択したノード間の距離であるため9.46m~365.6mまでとして、送受信点間の距離を変更し通信成功率を計測する。また、WiMAXで行った実験は、送信側の端末が定めたエリア内をランダムに移動し、固定されている受信端末へと送信を行った際のパケットの通信成功数と失敗数を出力する。その結果について図5で示す。

5.3 実験結果の評価

Wi-Fiを用いてシミュレートした結果のグラフである図4を見て分かる通り、今回行った実験では距離が離れた状態から徐々に近づいていき、また離れていくといった動作をしている。この時の送信成功率は距離が遠くなるほど下がるのが分かる。パケット送信成功率は減衰が一定で

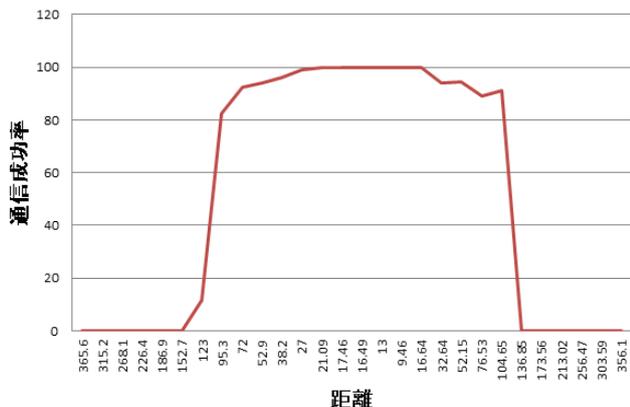


図4 Wi-Fiの実験結果のグラフ

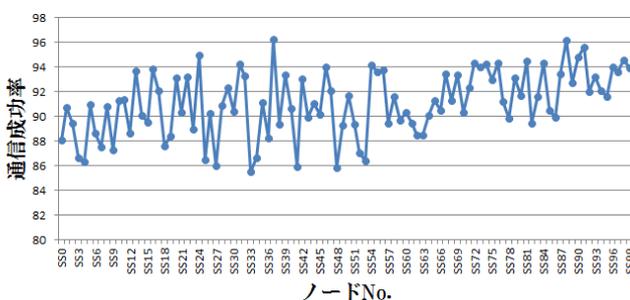


図5 WiMAXの実験結果のグラフ

はなく、距離によっては成功率が上がる場合もある。

WiMAX を用いてシミュレートした結果をグラフにまとめたものである図5のグラフを見て分かるように平均パケット送信成功率は90%を越える。中心においた固定ノードに対し通信を行うため、近くで通信を行うものの送信成功率が高くなり、中心から離れたところで送信成功率を計測すると成功率が下がってしまう。

Wi-Fi, WiMAX と2つのシミュレーションを行ったが、Wi-Fi は送信側と受信側の距離を固定した状態で送信を行い、WiMAX は送信側を固定し、受信側をランダムに動く状態でパケットの送信成功率のシミュレーションを行った。

Wi-Fi の場合 9.46m ~ 365.6m までの距離での通信成功率の結果をグラフに表示している。20m 以下の場合にはパケット送信成功率が100%となっていることが分かる。しかしそれよりも距離が広がっていった場合には、通信成功率が下がる。通信の距離が100m 以下の場合には通信成功率が90%以上となっているが、それよりも距離が伸びた場合通信成功率は急激に下がってしまう。

WiMAX の場合シミュレートはランダムに周りのノードが動くため、送信成功率が高いもの、低いものがある。実際に計算すると平均約95%となる。

6 まとめ

本稿では、Wi-Fi, WiMAX を用いて移動体通信におけるパケット送信成功率の評価の研究を行った。これまでの移動体通信の研究において車両台数・歩行者数の人数が小規模な場合でのシミュレーション実験を行っていた。我々はこれらの問題を解決しようと、OpenStreetMap を用いて構築する都市モデルの地図データを抽出し、抽出した地図データを交通流シミュレータ SUMO で読み込むことが可能なように、SUMO 付属の NETCONVERT を用いて OSM 形式のファイルから XML 形式ファイルに変換し、車両シミュレーションを行った。

ns3 内に Wi-Fi, WiMAX のモジュールを実装し、パケット送信成功率の評価を行った。Wi-Fi は送受信点間の距離を、110 秒から 126 秒、180 秒から 195 秒までの選択したノード間の距離である 9.46m ~ 365.6m までとして、送受信点間の距離を変更し、パケット送信のシミュレーションを行った。

WiMAX は車両台数 100 台で車両を走行させ、1 台の送信点が 100 台の受信点にパケットを送信するシミュレーションを行った。

これらより、移動体同士での通信には Wi-Fi を用い、固定端末と移動端末の通信には WIMAX を用いることで移動体通信ができると考える。

参考文献

- [1] トヨタ, KDDI, “Wi-Fi を活用した次世代テレマティクス向けアクセスネットワーク構築に向けた協業について合意,” <http://www2.toyota.co.jp/jp/news/12/01/nt12_0110.html>(2016 年 01 月 15 日閲覧)
- [2] 鈴木結香子, 松本江恵加, 島田秀輝, 佐藤健哉, “歩車間通信を利用した歩行者状況に基づく歩行者安全支援システム,” マルチメディア, 分散, 協調とモバイル DICONO2013 シンポジウム, Vol.2013, pp.717-722, 2013.
- [3] J. W. Ding, C. F. Wang, F. H. Meng, T. Y. Wu, “Real-time vehicle route guidance using vehicle-to-vehicle communication,” IET Communication, Vol.4, pp.870-883, 2010.
- [4] 多賀登喜雄, “ITS 車車間通信環境における伝搬損失モデル,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.112, No.384, pp.125-130, 2013.
- [5] L. T. Trien, 菅原英紀, C. Huiting, 山尾泰, 平山泰弘, 澤田学, “ITS 車車間ブロードキャスト通信のパケットペイロード合成中継法,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.112, No.351, pp.185-190, 2012.
- [6] 銭飛, “ns3 によるネットワークシミュレーション,” 森北出版株式会社, 2014.