

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420392

研究課題名(和文) ITS用伝搬損失特性推定モデルの構築

研究課題名(英文) Development of propagation loss estimation formula for ITS systems

研究代表者

岩井 誠人 (Iwai, Hisato)

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：70411064

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：車車間通信などのITS通信環境において、送受信点間の伝搬損失を、道路幅や送受信点間距離などの道路パラメータなどから、簡易に推定可能とする伝搬損失推定式を構築した。理論的な解析に、実験による測定結果などの知見を組み合わせ、簡易な計算式ながら、従来の一般的な手法であるレイトラッキング計算と同等の推定精度を実現した。

研究成果の概要(英文)：A propagation path loss estimation formula in ITS communication environments such as inter-vehicle communications was developed. In the formula, the propagation loss between a transmitter and a receiver is predicted based on road parameters. It is established based on the results of the theoretical analysis and the measured data. While the formula is a simple one, it realizes the comparable estimation accuracy as the ray-tracing method which is a typical existing prediction method.

研究分野：電波伝搬

キーワード：ITS 車車間通信 伝搬損失

1. 研究開始当初の背景

2011年の地上波テレビ放送のデジタル化に伴い UHF 帯に新たに空き周波数が生まれた。この周波数帯の利用用途の一つとして ITS(Intelligent Transport System)、特に車車間通信の研究開発がすすめられていた。2015 年末からこの周波数を用いた実用システムが一部で実用化が開始されている。

新しい無線通信システムの構築には、まず、その伝搬特性を把握することが必要である。これに対して、国内の ITS に関するフォーラム・標準化団体などにおいて、車車間通信環境の伝搬特性取得実験が行われていた。しかしながら、それまで行われてきた伝搬特性の取得は、特に安全運転支援にクリティカルとなる幾つかの環境に的を絞って行われてきた。それに対して、信頼性の高い車車間通信システムの確立には、より広範囲かつ一般的な伝搬特性の把握が必要であった。

2. 研究の目的

車車間通信のサービスエリア設計の構築には、一般的な通信環境を想定した送受信点間の伝搬損失特性を簡易かつ精度よく推定可能な伝搬損失推定式が必要である。また、ITS の種々のアプリケーションの評価を行うためには一般にシミュレーションによる評価が行われる。このような場合には、一つの街レベルの規模のシミュレーション環境に複数配置した車両相互間の伝搬特性を求めることが必要となる。極めて多数の車両間の無線チャンネルの伝搬損失推定が必要となるため、ごく簡単・短時間に計算可能な方法が必要となる。このような目的のためには、たとえば、道路幅や送受信点間距離などを入力変数として送受信点間の伝搬損失を式などにより簡易に推定可能となる簡易推定式が必要となる。

携帯電話等のセルラ移動通信システムでは、送受信点間の伝搬損失を周波数・アンテナ高・送受信点間距離などの関数として式によって求める伝搬損失推定式がある。たとえば「奥村-秦式」がその代表である。本研究では、その ITS 版を構築することを目的とした。

3. 研究の方法

セルラ移動通信システムの伝搬損失推定式は、実験結果に基づく方法、理論解析による方法、さらには両者の組み合わせ、などにより構築されている。本研究において目標とした ITS 車車間通信環境では、当初は、実験を主体とするアプローチを想定した。これに対して、700MHz を用いた車車間通信が研究段階から実用化段階に移行するなどの環境変化に伴いその使用が困難となった。そのため、たとえば 2.4GHz 帯無線 LAN を用いた実験システムの構築を検討したが、測定可能距離が十分でないなどの理由で適切な方法とは言えなかった。そこで、理論解析を中心とした研究アプローチに変更し、実験を補助的に用いることとした。具体的な理論解析方法としては、無線通信チャンネルの解析手法と

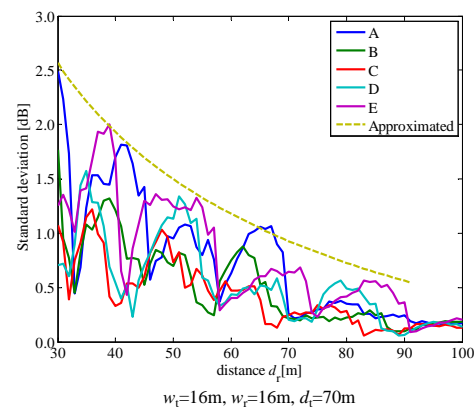
して一般的なレイトレーシング法を用いた。さらに、伝搬損失測定を高精度化するための実験システムの検討を行った。

4. 研究成果

(1) 道路幅方向位置変化の伝搬損失への影響の評価および推定法

車車間通信環境において想定されることが多いいわゆるストリートキャニオン伝搬環境の伝搬損失簡易推定式は、道路の長さ方向の送受信点間距離を変数として表されることが多い。これは、この方向の距離が、伝搬損失に影響を与える最も支配的な変数であるからである。次項(2)で述べる本研究における伝搬損失簡易推定式もこの形態をとっている。これに対して、道路の幅方向の送受信点位置の変化も、伝搬損失に影響を与えるものと考えられる。その影響の大きさは道路の長さ方向の位置変化には及ばないものの、たとえば長さ方向距離が小さく送受信点間距離が小さい場合などには無視できないと考えられる。幅方向位置の影響を明らかにしておくことは、本研究で目的とするような道路長さ方向のみを変数とする伝搬損失推定式を利用する場合にも有効な情報となると考えられる。

本研究では、レイトレーシング評価を行い、道路幅方向の送受信点の位置の変化が、送受信点間の伝搬損失に与える影響を評価した。その影響の大きさは伝搬損失の標準偏差(ここでは幅方向標準偏差と呼ぶ)により定量化した。また、見通し内環境と交差点見え見通し外環境を分けて評価した。見通し内および見通し外環境における幅方向標準偏差を、道路幅(見通し外では二つの交差道路の道路幅)および送受信点間距離(見通し外では送受信点から交差点までの距離)を変数とした推定式で表した。見通し外では、交差点を通過する反射波の有無により大きな変動がみられたことから、幅方向標準偏差の最大値を推定することを目的とした。見通し外環境の結果を下図に示す。

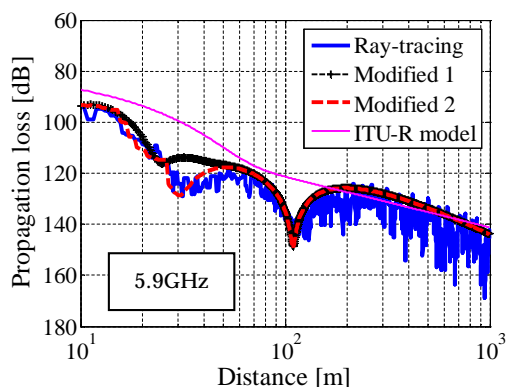
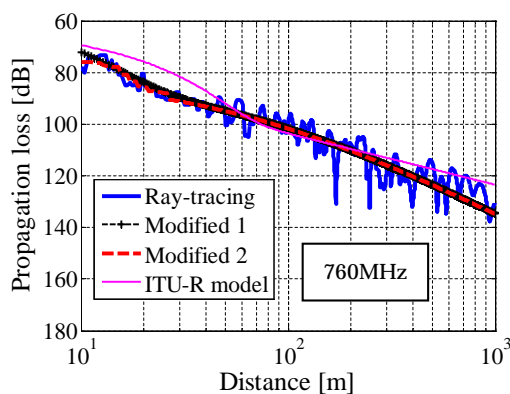


上図は、二つの交差道路の幅( $w_l$ および $w_r$ )を16m、送信点から交差点までの距離( $d_l$ )を70m、とした場合の交差点から受信点までの距離( $d_r$ )を変化させた場合の、受信側幅方向標準偏差の変化を示している。周波数は760MHzを想定している。送信側幅方向位置をA~E

と変化させている。同図から、ここで得られた推定式(図中の Approximated)が、幅方向標準偏差の最大値をよく表していることがわかる。

## (2) 伝搬損失簡易推定式

本研究の主たる目的とする ITS 車車間通信環境の伝搬損失簡易推定式は、レイトレーシング計算の考え方を踏まえた理論解析に基づく。ここでは簡易推定式の対象環境を、車車間通信が特に重要となる交差点越えの見通し外環境とした。まず、二次元環境を対象として基本モデルを構築した。二次元環境において交差点を通過する反射波および交差点エッジによる回折波を考え、その中から支配的となるパスを同定しそれに限定した計算を行うことにより、簡易な計算で伝搬損失を推定可能とした。これを大地反射二波モデルの考えを適用して3次元環境に拡張し、さらに二次元環境では簡易化のため道路中央に限定していた送受信点幅方向位置を変化可能とした。下図に推定結果の一例を示している。Ray-tracing はレイトレーシングによる結果、Modified 1 は3次元対応推定式、Modified 2 は送受信点位置を道路中央以外にすることも可能とした推定式、の結果である。同図には、あわせて、ITU-R 勧告 P.1411 に規定されるストリートキャニオン用伝搬損失推定式による推定結果を示している。ここでの目的とする推定式は平均伝搬損失を推定対象とするものであり、フェージング変動を伴うレイトレーシング結果の平均的な伝搬損失を精度よく表していることがわかる。



## (3) 伝搬損失測定の高精度化法の検討

実際の環境における測定では、上図のレイトレーシング結果に見られるような、短周期のフェージングが発生し、平均伝搬損失の測定を困難とする。これに対して、フェージングを抑圧し平均伝搬損失の測定精度を改善する方法を検討し実験的に評価した。フェージングは、フェージング変動する信号レベルのその平均電力を求めることにより抑圧可能である。ただし、平均値を求めるためにはフェージングの変動が発生する環境が必要であり、たとえば静止状態では不可能である。これに対して、受信機の周辺において反射板を回転させて人為的にフェージングを発生させ平均伝搬損失促成の精度を改善する方法を考案し、この特性を実験的に評価した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- 菅江一平, 岩井誠人, 笹岡秀一, “見通し外車車間通信環境におけるレイトレーシングに基づく伝搬損失簡易計算式,” 電子情報通信学会和文論文誌 B, Vol. J99-B, No.7, 査読有, 2016年6月.(印刷中)

〔学会発表〕(計10件)

- 菅江一平, 岩井誠人, 笹岡秀一, “見通し外車車間通信環境における伝搬損失簡易推定モデルの精度評価,” 電子情報通信学会技術研究報告, 北海道大学(札幌), 2015年6月25日.
- 菅江一平, 岩井誠人, 笹岡秀一, “交差点越え車車間通信環境における伝搬損失簡易推定式高精度化の検討,” 電子情報通信学会技術研究報告, 奈良県社会福祉総合センター(橿原), 2015年5月21日.
- 小澤和生, 岩井誠人, 笹岡秀一, “車車間通信環境における道路幅方向送受信位置変化の伝搬損失特性への影響,” 電子情報通信学会技術研究報告, 奈良県社会福祉総合センター(橿原), 2015年4月23日.
- 細川裕樹, 岩井誠人, 笹岡秀一, “クランク道路における車車間通信用伝搬損失簡易推定式,” 電子情報通信学会技術研究報告, 福井大学(福井), 2015年3月20日.
- Ipei Sugae, Toshihiro Tango, Hisato Iwai, Hideichi Sasaoka, “Simplified prediction of propagation loss over none line-of-sight intersections in V2V,” Proc. ISAP 2014, Kaohsiung(Taiwan), 2014年12月4日.
- 小澤和生, 岩井誠人, 笹岡秀一, “車車間通信環境における伝搬損失道路幅方向位置依存性の検討,” 平成26年電気関係学会関西連合大会, 奈良先端科学技術大学院大学(生駒), 2014年11月23日.
- Nozomu Maeda, Hisato Iwai, Hideichi Sasaoka, “SIR based grouping scheme of interference alignment,” Proc. IWEM 2014, 北海道大学(札幌), 2014年8

月 5 日.

8. 小澤和生, 岩井誠人, 笹岡秀一, “ ITS 車車間通信環境における伝搬損失の道路幅方向送受信位置依存性の評価,” 電子情報通信学会 2014 総合大会, 新潟大学 (新潟), 2014 年 3 月 18 日.
9. 細川裕樹, 岩井誠人, 笹岡秀一, “ 車車間通信環境における伝搬損失特性に対する交差点周辺の建物配置の影響,” URSI-F 分科会, 同志社大学(京都), 2013 年 11 月 1 日.
10. Yuki Hosokawa, Hisato Iwai, Hideichi Sasaoka, “ Effect of building configuration on propagation loss characteristics of V2V communications,” Proc. APRASC 2013, Taipei (Taiwan), 2013/9/3-7.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕特になし。

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

岩井 誠人 (Iwai, Hisato)

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号: 70411064

##### (2) 研究分担者 なし。

##### (3) 連携研究者 なし。