

補助事業番号 27-117
補助事業名 平成27年度 「車と人間が調和する交通のための
ネットワーク構築」補助事業
補助事業者名 名古屋大学 村瀬勉

1 研究の概要

本補助事業では、車と人が調和する交通のために、衝突事故を防止する通信制御について検討した。確実な通信制御のためには、通信品質向上が必要であり、そのためにいろいろな手段が検討されてきたが、高いコストのため、実現できないアイデアが多かった。本研究では、ユーザを移動ことで、通信品質を向上させるという制御を実現するために、その移動コストと移動効果の関係を調査した。移動効果は、通信品質で評価した。この品質を向上させる改善案を考案し、その効果が高いことも示した。

2 研究の目的と背景

本補助事業では、ユーザを移動する制御を実現することで、低コストかつ高効率の通信を行うことを可能とし、それにより、車両や歩行者の安全安心に向けた衝突警告システムを実現することを目的とする。衝突警告システムにおいては、カメラやセンサーなどが実用化されているが、これらは見通しがきくところでしか使えない。車の陰の歩行者への気づきや交差点の出会い頭の衝突防止には、無線通信が欠かせない。しかし、無線通信のための周波数は有限であるため、それをいかに有効に使うかが議論されている。

3 研究内容

本補助事業では、前記目的のため、無線通信において、(A)無線機器同士の干渉の度合いが通信品質をどれほど劣化させるかを調査することと、(B)ユーザ移動の効果について調査することに取り組んだ。無線通信としての対象は、無線LAN(IEEE802.11方式)とした。

(A)無線機器同士の干渉の度合いと通信品質の関係の調査

無線通信の混雑時の干渉による通信品質を調査した。多くのユーザに正確に情報を伝達するために、混雑時に劣化する通信品質を向上させる必要があることは、従来から、多くの研究において指摘されていたが、その程度を定量的に明確に示した研究は少なかった。そこで、密集したユーザでの無線LANの通信品質の性能の定量的評価を行った。密集したユーザとして、無線LANの密集やアドホックネットワークの密集などいくつかのモデルを用いて評価を行い、その結果を2016年3月に開催された電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会(成果発表論文[10])や2016年3月に開催された電子情報通信学会 総合大会(成果発表論文[30])や2017年3月に開催された電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会(成果発表論文[16])などで発表した。

さらに多数の無線機器が存在する状況では、お互いの干渉が大きく、その干渉の度合い

により、通信品質が変わる。逆に、一定以上の通信品質を求められる場合、すなわち要求品質を満たすことを求められる場合、何らかの工夫で干渉を小さくする必要がある。歩車間・車車間通信 (V2X) をモデルにして、干渉の大きさを評価し、それに対する改善策を提案した。

V2Xでは、全ての車両・歩行者(以下端末と呼ぶ)が、車載器やスマホなどのGPS機器および無線LANを用いて、自分の位置・速度・方角をリアルタイムで広報する。技術的には、ブロードキャスト方式を用いて、フレームを送信すれば、受信した全員が、送信者の位置などの情報を知ることができる。このブロードキャストは、端末毎の自律分散アルゴリズムであるランダムアクセス方式で行われるため、同時にフレームが送信される場合には、お互いがお互いを干渉し、受信失敗する端末も発生する。

人口密集状態あるいは車の密集状態において、通信を行った場合に、どのような問題が発生するかを評価した。評価においては、車の衝突を模擬した、簡易な統計モデルを用いていた。そのモデルにおいては、注目する送受信車以外の多くの車が情報を無線LANフレームに乗せて発信し、それらの無線LANフレームが注目する送受信車の通信に如何ほど干渉するかをシンプルに記述している。このモデルに基づき、定量的な評価を行うためにシミュレーションプログラムを作成して、評価を実施した。評価の結果、車であれば、高々200台で、深刻な通信輻輳が発生し、所望の通信ができないことが明らかになった(本技術領域(高度交通システムのための情報ネットワーク)を議論するもっとも著名な国際会議であるIEEE ICCVE2015学会にて発表(成果発表論文[1])。すなわち、無線LANの電波の届く半径300m以内という範囲で考えたとき、都市部や立体的なハイウェイなどでは、この台数以上の車が通信を行うことが想定され、なんらかの対策が必要であることが明らかになった。

しかしながら、この基本的なモデルでの評価においては、車よりも密度が高く存在するであろう歩行者もモデルに含まれていない。そこで、このモデルをより詳細化し、歩行者を含め、その性能を調査するとともに、その性能評価結果を用いて、負荷分散モデルに関しても、基本的なアイデアを考案すべく進めた。この歩行者を含めたモデル(歩車間通信モデル)においては、歩行者と車では、単位面積あたりの密度が異なることに注意してモデル構築を行った。評価においては、歩行者の密度をより大きくして、シミュレーションプログラムを作成して、評価を実施した。評価の結果、歩行者の収容数が圧倒的に不足することが判明した。

そこで、収容数(特に歩行者)を増加させるために、歩行者および車の端末をグループ化し、そのグループの代表が、グループ内の端末の情報を送出するというアイデア考案した。このグループをクラスタと呼ぶ。クラスタを用いた通信により、より多くの端末を収容することが期待できる。シミュレーションプログラムを作成して、単純な想定で評価を実施した結果、収容数において20~30%程度改善が得られた。この結果を2016年3月に開催された電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会(成果発表論文[8])や2016年3月に開催された電子応用通信学会 総合大会(成果発表論文[25])などで発表した。発表に対しては、聴講者からアイデアの素晴らしさを認めて頂くとともに、多くのコメントも頂いた。それらを今後の研究に活用して進めていく。なお、今回は単純な想定での評価であったが、今後、より詳細な想定での評価が必要である。

さらなる輻輳軽減のため、通信量の抑制に取り組んだ。通信量抑制により、副次的に消費電力の軽減も達成でき、これは、バッテリー機器に頼らざるをえない歩行者にとっては、重要なポイントでもある。

従来の通信では、できるだけ遠くの端末まで情報を届けることを前提としていた。しかしながら、端末数が多いときには、遠方の端末に対しては、キャプチャ効果がほとんど効かないので、フレームを相手に正常に受信させることは難しい。このため、パケット損失を考慮して、全端末が受信頻度回数要求よりも多い送信頻度での通信を行っていた。

提案方法である「衝突猶予に基づく送信頻度削減手法」では、従来ではできるだけ遠くまで届けようとしていたフレームを、時間的に近くの相手だけに届けることができれば情報量は十分だと想定する。また、端末間距離の大小で差異が出るキャプチャ効果を考慮して、近くの相手だけであれば、送信頻度を下げることができる。すなわち、キャプチャ効果を考慮すれば、高い送信頻度を維持せず送信頻度を減らしても、距離的に近くにいる端末には正確な情報を届けることができるので、衝突警告の安全性は低下しない。これにより、通信圏内にある端末の送信回が削減されるため省電力になる。同時に、通信圏内の送信フレーム数が減少するので、輻輳の低減および収容可能台数の増加も達成できる。

送信頻度は本研究においては、端末間距離に応じて減らすものとする。通信可能圏内の端で、最大の送信頻度を取り、中心の端末に向かっていくにつれて減少、中心で受信要求と同じ値の送信頻度をとる。

この提案方式を評価した結果が、図1である。図中で横軸は車両の速度、縦軸は、収容可能車両台数である。色の濃さは、受信頻度を意味し、所望の品質である10回以上を得られる限界値を実線カーブで示している。この評価では、従来手法に比べて、120%の改善が得られることが判明した。本研究は、通信学会の情報ネットワーク研究会で発表した(成果発表論文[21])。

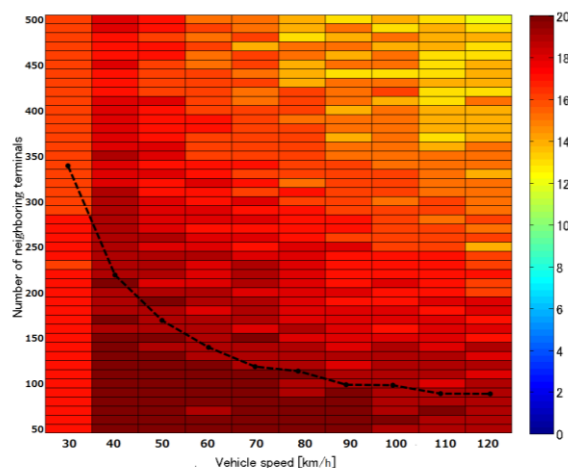


図1 車両速度 対 収容可能台数 (色は、受信頻度)

(B) ユーザ移動の効果に関する研究

ユーザ移動の効果を評価した。図2は、ユーザ(Alice)が、ある地点に移動したときの、ネットワーク全体の通信品質を色で表している。Aliceの移動地点の色が赤に近いほど、良好な通信品質を得られることを意味する。Aliceらは、初期位置を黒い点で表されており、Alice以外は、固定(移動しない)である。AP-Bob-Alice-Charlieというように接続されており、APは、インターネットにつながるアクセスポイントである。

AliceはBobおよびAPを経由して、インターネットと通信しているので、一見すると、Bobに近づいた方が通信品質は良くなりそうである(我々は、直感的に、基地局に近い方が電波が強い(=通信品質が良い)ことを知っている)。しかし、図2の結果において、赤の色の濃いところは、Bobの近くではなく、BobとCharlieの中間地点付近であり、なおかつ真ん中ではない。これは、無線LANの一つの特性であるが、直感とは全く異なった方角・位置に移動することがベストな移動であるということは、本研究により初めて明らかになった。この研究成果は、成果発表論文[7][24]などで発表した。

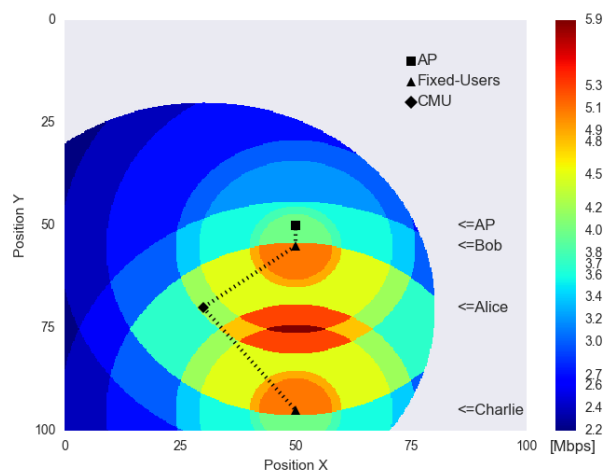


図2 ユーザの移動とそのときの通信品質

4 本研究が実社会にどう活かされるか一展望

本研究の応用先として、車車間通信や歩車間通信をベースとした衝突警告システムがある。これが全ての車両・歩行者に配備されれば、交通事故を大きく軽減することが可能となる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

補助事業者は、これまで、ユーザを制御系の一部に位置づけることで、制御方法のブレイクスルーを構築してきた。今回の補助事業により、その効果を定量的に示すことができ、その有効性を明らかにした。これにより、ユーザ移動制御をより深耕し、社会のニーズにあっ

た応用などに取り組む予定である。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

本研究成果は、採択率が30%程度の極めて採択されるのが難しいIEEEの国際会議(成果発表論文[1][2][3][6][7])など、著名な会議に採録されており、その技術的内容が高く評価されている。

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

成果発表論文

[1]Hayami Ito, Tutomu Murase, Kenta Wako, Sasajima Kazuyuki, "Crash Warning for Intersection and Head-on Car Collision in Vehicle-to-Vehicle Communication," IEEE International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE) 2015, TS1-05, Oct. 2015.

[2]Satoka Fujii, Tutomu Murase, Masato Oguchi, Eng Keong Lua, "Architecture and Characteristics of Social Network Based Ad Hoc Networking," IEEE LANMAN 2016, Jun. 2016.

[3]Hayami Ito, Tutomu Murase, Kazuyuki Sasajima, "Congestion Control and Energy Savings for V2P Communication Crash Warnings with Proximity Relying," IEEE International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE) 2016, Oct. 2016.

[4]Takeshi HIRAI, Hayami ITO, Hirofumi ONISHI, Tutomu MURASE, "Node-Clustering in Vehicle-to-Pedestrian Communications for Crash Warning Applications," ITS World Congress 2016, SP07 - V2X APPLICATIONS, AP-SP0103, Oct. 2016.

[5]Hayami ITO, Takeshi HIRAI, Hirofumi ONISHI, Tutomu MURASE, Kazuyuki Sasajima, "V2P Communications for Vehicle-Pedestrian Crash-Warning," ITS World Congress 2016, TP44 - IMPROVING AUTOMATED VEHICLE PERFORMANCE, AM-TP0116, Oct. 2016.

[6]Natsumi Kumatani, Mitomo Isomura, Tutomu Murase, Masato Oguchi, Shweta Suresh Sagari, Akash Baid, Ivan Seskar, Dipankar Raychaudhuri, "Context Aware Multi Rate Control in Densely Deployed IEEE802.11 WLAN for Avoiding Performance Anomaly," IEEE LCN 2016, Nov. 2016.

[7]Tianran Luo, Tutomu Murase, "User Cooperative Mobility for QoS Improvement in Ad-hoc Network," IEEE CCNC 2016, Jan. 2016.

[8]平井健士, 大西洋文, 村瀬勉, "車車間・歩車間通信におけるクラスタ通信方式による輻輳低減," 電子情報通信学会 IN 研究会, IN2015-129, Mar. 2016.

[9]羅天然, 村瀬勉, "ソーシャルアドホックネットワークにおける異なる親密度計算手法及

- びソーシャルネットワーク構造による特性評価,” 電子情報通信学会 IN 研究会、IN2015-122, Mar. 2016.
- [10]大宮陸, 村瀬勉, ” アドホックネットワークにおける並列転送に適したコンテンツンウィンドウ制御方式の提案,” 電子情報通信学会 IN 研究会、IN2015-110, Mar. 2016.
- [11]小松原英将, 村瀬勉, 笹島和幸, “無線 LAN 搭載ロボット群のリンクアグリゲーション通信性能を向上させる移動協力とその性能評価,” 電子情報通信学会 CQ 研究会、CQ2015-119, Mar. 2016.
- [12]伊藤速, 村瀬勉, 笹島和幸, “歩車間通信を利用した衝突警告のための近接端末グループ化制御,” 電子情報通信学会 IN 研究会、IN2015-130, Mar. 2016.
- [13]大宮 陸, 小畑博靖, 村瀬 勉, “並列転送アドホックネットワークに適したコンテンツンウィンドウ制御方式における既存方式との公平性に関する検討,” 電子情報通信学会 IN 研究会, IN2016-33, July 2016
- [14]菊池潤, 村瀬勉, “モバイルエッジコンピューティングにおけるサーバ移動によるスループットの改善効果の評価,” 電子情報通信学会 IN 研究会, IN2016-60, Nov. 2016.
- [15]羅天然, 高橋英士, 西川由明, 鈴木敬之, 里田浩三, 村瀬勉, ”複数サーバ動画ストリーミングシステムにおける時空間負荷分散方式,” 電子情報通信学会 IN 研究会, IN2016-72, Dec. 2016.
- [16]八木俊賢, 村瀬勉, “近接した多数の無線 LAN 間で公平なスループットを実現する HCCA 制御方式の提案,” 電子情報通信学会 IN 研究会 技術研究報告, Vol. 116, No. 485, IN2016-105, pp. 49-54, March 2017.
- [17]山本暁, 羅天然, 村瀬勉, “マルチホップ無線ネットワークにおいて公平で高いスループットを達成するフレーム送信数制御の提案と評価,” 電子情報通信学会 IN 研究会 技術研究報告, Vol. 116, No. 485, IN2016-107, pp. 61-66, March 2017.
- [18]大宮陸, 小畑博靖, 村瀬勉, “複数アドホックネットワークの干渉を考慮した配置での性能向上,” 電子情報通信学会 IN 研究会 技術研究報告, Vol. 116, No. 485, IN2016-111, pp. 85-90, March 2017.
- [19]川崎綾也, 平井健士, 大西洋文, 村瀬勉, “衝突警告アプリケーションにおける LTE を用いた V2X 通信の遅延評価,” 電子情報通信学会 IN 研究会 技術研究報告, Vol. 116, No. 485, IN2016-126, pp. 175-180, March 2017.
- [20]平井健士, 村瀬勉, “車車間・歩車間通信を利用した衝突警告アプリケーションにおける高速/緊急車対応フレーム中継方式,” 電子情報通信学会 IN 研究会 技術研究報告, Vol. 116, No. 485, IN2016-132, pp. 211-216, March 2017.
- [21]伊藤速, 村瀬勉, 笹島和幸, “低消費電力で衝突警告を実現するための歩車間通信に関する研究 ～ コンテキストに応じた送信頻度変更制御 ～,” 電子情報通信学会 IN 研究会 技術研究報告, Vol. 116, No. 485, IN2016-133, pp. 217-222, March 2017.
- [22]榊原巧也, 塩田茂雄, 村瀬勉, “協働ロボットシステムにおける近距離優先通信制御方式の提案とその特性評価,” 電子情報通信学会 IN 研究会 技術研究報告, Vol. 116, No. 485, IN2016-141, pp. 263-268, March 2017.
- [23]菊池潤, 策力木格, 計宇生, 村瀬勉, “モバイルエッジコンピューティングへのマルチホップアクセス網の性能評価,” 電子情報通信学会 IN 研究会 技術研究報告, Vol. 116, No. 485,

IN2016-156, pp. 353-358, March 2017.

[24]羅天然, 村瀬勉, “端末の移動制御によるアドホックネットワークの通信品質改善,” 電子情報通信学会 IN 研究会 技術研究報告, Vol. 116, No. 485, IN2016-158, pp. 365-370, March 2017.

[25]平井健士, 大西洋文, 村瀬勉, “歩車間通信における送信フレーム量軽減のためのクラスタ通信方式,” 電子情報通信学会 総合大会 B-7-52, Mar. 2016.

[26]羅天然, 村瀬勉, “ソーシャルアドホックネットワークの異なる親密度計算方法による特性評価,” 電子情報通信学会 総合大会 NBS-1-8, Mar. 2016.

[27]大宮陸, 村瀬勉, “アドホックネットワークにおける並列転送に適したコンテンションウィンドウ制御方式の提案,” 電子情報通信学会 総合大会 B-7-50, Mar. 2016.

[28]小松原 英将, 村瀬 勉, 笹島 和幸, “無線 LAN 搭載ロボット群のリンクアグリゲーション通信性能を向上させる移動協力とその性能評価,” 電子情報通信学会 総合大会 NBS-1-6, Mar. 2016.

[29]伊藤速, 村瀬勉, 笹島和幸, “歩車間通信を利用した衝突警告のための近接端末グループ化制御,” 電子情報通信学会 総合大会 B-7-53, Mar. 2016.

[30]大宮陸, 村瀬勉, “アドホックネットワークにおける並列転送に適したコンテンションウィンドウ制御方式の提案,” 電子情報通信学会 ソサエティ大会 B-7-38, Sep. 2016.

[31]榊原巧也, 村瀬勉, “協働ロボットシステムにおける中継ロボットの提案とその特性評価,” 電子情報通信学会 ソサエティ大会 BS-3-3, Sep. 2016.

[32]菊池潤, 村瀬勉, “モバイルエッジコンピューティングにおけるサーバ移動によるスループットの改善効果の評価,” 電子情報通信学会 ソサエティ大会 BS-3-10, Sep. 2016.

[33]佐藤由弥, 村瀬勉, “無線 LAN におけるマルチキャストを利用した Low Rate DoS アタックの実機性能評価,” 電子情報通信学会 総合大会 B-7-31, Mar. 2017.

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの
なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 名古屋大学情報基盤センター

住 所： 〒464-8601

愛知県名古屋市千種区不老町 名古屋大学 情報基盤センター 509号室

申 請 者： 教授 村瀬 勉 (むらせつとむ)

担 当 部 署： 名古屋大学情報基盤センター

E-mail： tom@itc.nagoya-u.ac.jp

URL： <https://www.net.itc.nagoya-u.ac.jp/member/murase/>