

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 22 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500087

研究課題名(和文) ITS用通信シミュレータによる車車間・路車間通信プロトコル開発

研究課題名(英文) V2V and V2I communication protocol development by ITS communication simulator

研究代表者

高木 由美 (TAKAKI, YUMI)

神戸大学・システム情報学研究科・助手

研究者番号：70314507

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：近年、車車間通信の応用として、市街地での事故や災害などの緊急情報配信が検討されている。そこで、本研究では、情報配信の一つであるフラディング方式(情報を受信した車両は、1度だけ受信情報を転送する)に着目した。多くの高層建造物や交差点がある市街地では、見通し外の道路に位置する車両への情報が届きにくい。そこで、定期的な更新が必要である地図データの代わりにRSSI(受信信号強度)を利用することで、見通し外を推測し、見通し外の道路に位置する車両に早く情報を届ける方式を検討した。そして、提案方式が既存方式よりも、配信率と配信時間に関して優位であることを、シミュレーション実験によって確認した。

研究成果の概要(英文)：In recent years, dissemination of emergency information, such as accidents and disasters, has been studied as an application of vehicle-to-vehicle (V2V) communications. Therefore, in this study, we focus on the flooding scheme, in which each vehicle rebroadcasts only once whenever it received a new information, among information delivery schemes. In urban areas where there are many high-rise buildings and intersection, information is hard to reach to vehicles which are located on roads of non-line-of-sight (NLOS). To cope with this problem, we propose a flooding scheme which gives higher priority of rebroadcasting to vehicles on NLOS roads in order to achieve quick delivery by utilizing RSSI (Received Signal Strength Indicator) instead of digital maps which are required to update periodical. And simulation results show the superiority of the proposed scheme in terms of reception ratio and delivery time.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システムネットワーク

キーワード：車車間通信 フラディング アドホックネットワーク

1. 研究開始当初の背景

近年、ITS (Intelligent Transportation Systems) が注目されていて、ITS に関する研究も多くなされている。実車を使った実験的アプローチでは、ITS 推進協議会による公開デモンストレーションがある。しかし、特定シナリオにおける実証検証が主目的であり、通信システムのパラメータや方式を変えながら、通信プロトコルや ITS アプリケーションの開発や性能評価を行うには、時間・コスト面から限界がある。そのため、財団法人日本自動車研究所は、「安全運転支援システムの通信系シミュレータに関するフィジビリティスタディ」(平成 20~21 年度)ならびに「ITS シミュレータ利用促進検討委員会」(平成 22~23 年度)を立ち上げ、ITS 通信システム評価のためのシミュレーション技術に関する検討を開始した。研究分担者の太田は、この委員会の委員を務めており、ITS 通信用シミュレーション技術の現状を把握している。高木は、ネットワークシミュレータにてアドホックネットワークにおけるプロトコル開発を行ってきた。そこでわれわれは、ITS において車車間通信に着目することにした。

また、われわれは、総務省・周波数ひっ迫対策のための技術試験事務「周波数有効利用のための海上無線アドホックネットワーク技術の調査検討」にて、シミュレーションと実証実験の双方で性能評価を行ってきた。この経験から、遮蔽物のない環境をモデルとしたネットワークシミュレーションと比較すると、実環境はより劣悪で、シャドウィング・フェージング・環境ノイズ変動等が通信に大きな影響を与える、ということを実感した。そのために、車車間通信においてもこれらは無視できない重要なファクターであると考えた。

2. 研究の目的

車車間通信によって、緊急情報や事故情報などの配信を短時間で行うことができる。しかし、市街地では、建物などの遮蔽により交差点を曲がった道路(以降、交差道路と呼ぶ)上の車両には情報が伝播しにくいという問題がある。

これは、地図データを活用することでかなりの改善が見込める。しかし、全車両が地図データを搭載する必要がある。そこで本研究では、地図データを利用せずに、市街地における対象範囲内の車両への情報配信の向上を目指す。

3. 研究の方法

市街地における車車間通信を利用した情報配信に関する提案方式を検討する。

商用シミュレータ Scenargie を用いて、既存方式と提案方式における配信率特性、転送率特性、配信時間特性を比較する。

4. 研究成果

すべての車両に情報を配信する技術にフラディング方式があるが、この方式を応用したものに CDF(Counter-and-Distance-based Flooding) 方式がある。本研究では、CDF をベースとした情報配信方式を提案する。

本研究では、MAC プロトコルに 802.11p、電波伝搬モデルに ITU-R P.1411 を利用する。見通し内における電波伝搬損失を図 1、送信車両から交差点までの距離と交差点から通信可能距離の関係を図 2 に示す。

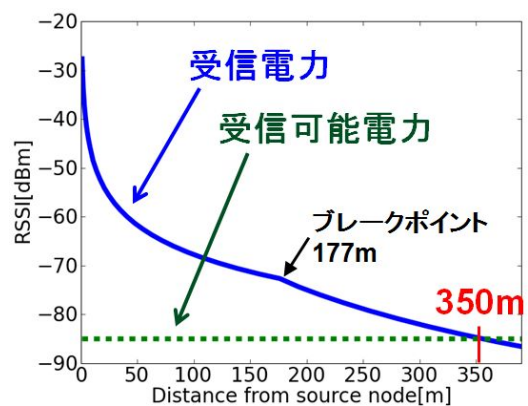


図 1 見通し内環境での電波伝搬損失

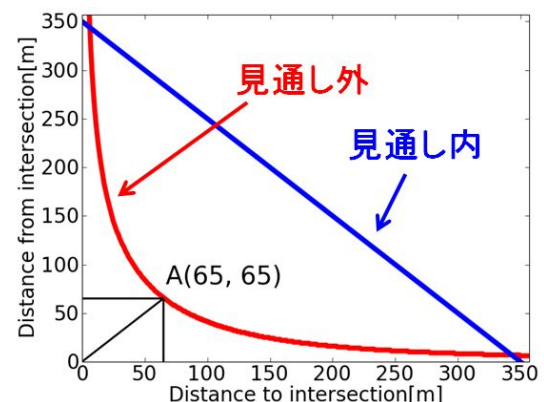


図 2 交差点までと交差点からの通信可能距離の関係

これより、交差道路(見通し外)への情報が伝わりにくいことがわかる。例として、ブロック間隔が 100m の市街地において、情報送信車両がブロックの中央に位置していた場合は、図 3 のようになる。そこで、優先制御と転送制御を考える。

(1) 優先制御

- 情報送信車両からより遠くの車両に優先権を付与(距離優先)
送受信間距離から算出する。

- 交差した道路上の車両に優先権を付与(交差優先)

本研究では、デジタル地図を使わないの

で、交差点の判断には、RSSI（受信電力）を利用する。見通し内における電波伝搬損

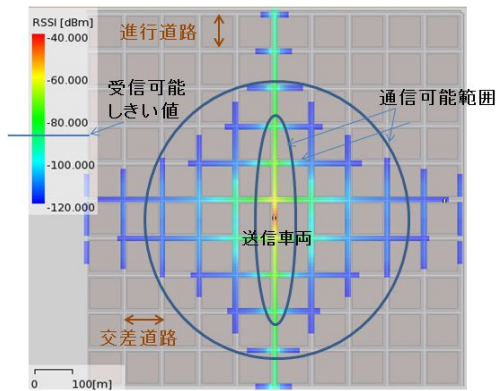


図3 電波伝搬特性の一例

失モデルの式に送受信間距離をあてはめることで、理論上のRSSI値が算出できる。これにより、理論上のRSSI値と、受信車によって測定される実際のRSSI値の差が大きい時に、交差点があると判断する。

(2) 転送制御

- 同じ情報を受信した時、自車両と送信元車両の3車両間における位置関係から自車両の転送を判断（位置判断）

転送の判断には、位置関係におけるベクトル積を用いる。

図4に示すように、車両5(x_r)が、最初に情報を受信したときの送信元車両1(x_f)と、次と同じ情報を受信したときの送信元車両6(x_1)の間に位置していたら、転送しない。なぜなら、車両5の送信範囲が、車両1と6の送信範囲でカバーされているからである。

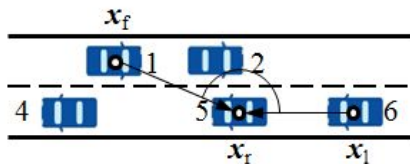


図4 転送しない例

$$(x_r - x_1) \cdot (x_r - x_f) < 0$$

一方、図5に示すように、車両4(x_r)が、最初に情報を受信したときの送信元車両1(x_f)と、次と同じ情報を受信したときの送信元車両6(x_1)の間に位置していたら、転送する。なぜなら、車両4が転送しなかった場合、車両4の進行方向に情報が行き渡らないからである。

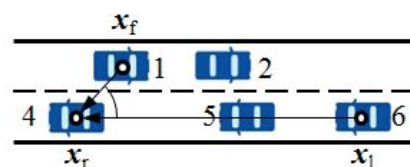


図5 転送する例

$$(x_r - x_1) \cdot (x_r - x_f) > 0$$

- 位置判断により、転送の必要がないと判断されたとき、交差道路に位置していると推測されたら転送（交差判断）

交差道路の判断には、送信元車両間の直線からの垂直線(l_{v1})の長さを用いる。

図6では、車両2の l_{v1} は短いために、車両1と車両3と同じ道路上に位置していると判断できる。そのため、車両2は転送しない。

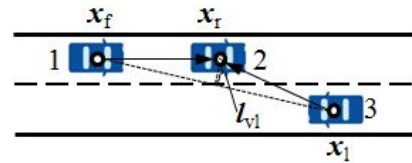


図6 同じ道路上のとき： l_{v1} が短い

一方、図7では、車両2の l_{v1} は長いために、車両1と車両3とは異なる道路（交差道路）上に位置していると判断できる。そのため、交差道路への情報が行き渡るように、車両2は転送する。

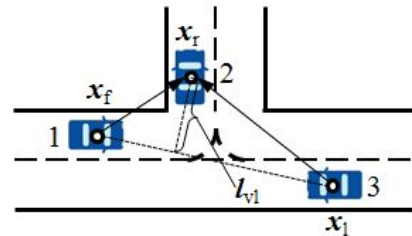


図7 異なる道路上のとき： l_{v1} が長い

(3) 提案方式の動作確認

提案方式をシミュレータに実装し、小さ目のシナリオにて動作確認を行った。

距離優先だけを考慮した方式(CDF-D)と、距離および交差優先、位置および交差判断のすべてを考慮した方式(CDF-DSBV)の情報配信経路について、図8、9に示す。

Sourceが情報配信開始車両で、で囲んだ車両が数値の順番に転送を行い、×は、情報が届かなかったことを示している。

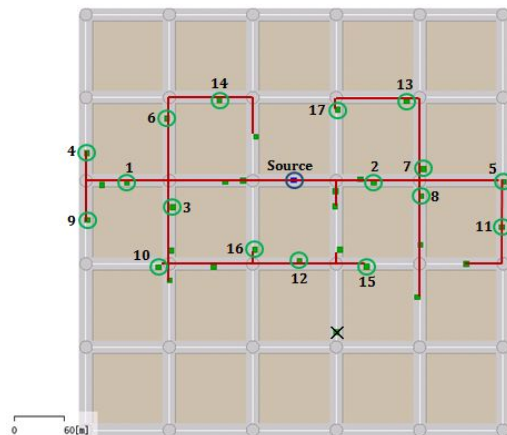


図8 CDF-D方式における情報配信経路

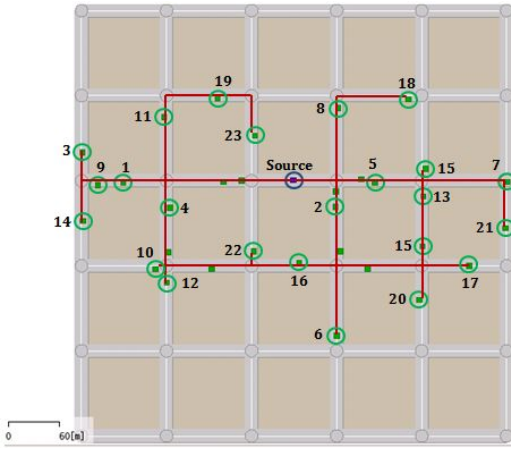


図9 CDF-DSBV方式における情報配信経路

これらの結果より、交差優先を入れることで、図8では情報が届かなかった車両にも情報が配信されていることが確認できた。ただし、優先制御と転送制御のすべてを考慮することは、確実に配信することを目指した結果、転送数も増加していることがわかる。

今回のシミュレーション実験には、図3のシナリオ(1km×1km)上に、車両110台と1,100台が移動していると設定する。ある1台が情報配信を1度だけ行い、その他の車両はVBR(Variable Bit Rate)を送信し続けることで、ネットワーク内に負荷を発生させる。

そして、負荷を変化させることで、各方式における情報の配信率、転送率、配信時間を調べる。比較する方式を表1に示す。

表1 既存方式と提案方式

方式	優先制御		転送制御	
	距離	交差	位置	交差
CDF				
CDF-D	✓			
CDF-DS	✓	✓		
CDF-DB	✓		✓	
CDF-DSB	✓	✓	✓	
CDF-DBV	✓		✓	✓
CDF-DSBV	✓	✓	✓	✓

(1) 配信率特性

シミュレーション結果を表2、3に示す。

表2 110車両での配信率(%)

方式	負荷(kbps)			
	10	50	100	200
CDF	80.51	73.21	57.21	17.28
CDF-D	86.86	75.72	60.49	23.19
CDF-DS	86.67	73.62	61.33	19.07
CDF-DB	93.46	84.07	73.02	27.56
CDF-DSB	93.01	86.28	72.61	26.30
CDF-DBV	94.48	87.27	75.45	29.19
CDF-DSBV	94.06	88.46	76.63	27.45

表3 1,100車両での配信率(%)

方式	負荷(kbps)			
	10	50	100	200
CDF	99.95	99.96	98.22	2.93
CDF-D	99.87	99.82	98.31	2.95
CDF-DS	99.93	99.75	98.20	2.66
CDF-DB	100.00	99.98	99.27	2.99
CDF-DSB	100.00	99.91	99.27	2.66
CDF-DBV	100.00	99.91	99.18	2.99
CDF-DSBV	100.00	99.98	97.74	2.66

既存方式のCDFと比較して、110車両のときは、優先制御と転送制御のどちらも考慮したCDF-DSBVは、配信率が向上していることが確認できた。ただし、車両数が多く、周辺の負荷が大きいときは、CDF-DBの配信率が最も高くなった。

また、転送制御に交差判断を考慮した方(CDF-DB、CDF-DBV、CDF-DSB、CDF-DSBV)が、配信率が高くなることが確認できた。

(2) 転送率特性

シミュレーション結果を表4、5に示す。

表4 110車両での転送率(%)

方式	負荷(kbps)			
	10	50	100	200
CDF	53.90	56.95	60.22	65.59
CDF-D	55.67	58.55	62.44	70.06
CDF-DS	55.03	57.53	61.85	68.06
CDF-DB	63.96	66.89	70.77	76.20
CDF-DSB	65.52	68.65	73.00	75.90
CDF-DBV	74.03	74.76	77.08	79.83
CDF-DSBV	73.48	75.26	77.40	78.29

表5 1,100車両での転送率(%)

方式	負荷(kbps)			
	10	50	100	200
CDF	12.33	30.78	64.35	72.85
CDF-D	11.70	33.13	67.24	71.61
CDF-DS	11.64	31.20	65.27	72.63
CDF-DB	16.58	43.12	72.26	72.00
CDF-DSB	18.51	40.38	71.94	72.63
CDF-DBV	30.59	45.66	71.47	72.00
CDF-DSBV	27.53	43.87	71.79	72.63

既存方式のCDFと比較して、どの提案方式も転送率が高い。これは、図9からもわかるように、確実に情報を配信することに繋がっている。

また、図8、9の配信経路からわかるように、転送順番によって、情報配信元車両に近いところに位置している車両でも、遠くから回り込んで情報が届くことが確認できた。

(3) 配信時間特性

シミュレーション結果を表6、7に示す。

表6 110 車両での配信時間(s)

方式	配信時間(s)			
	10	50	100	200
CDF	0.041	0.047	0.046	0.022
CDF-D	0.052	0.054	0.058	0.039
CDF-DS	0.028	0.031	0.035	0.020
CDF-DB	0.051	0.053	0.065	0.044
CDF-DSB	0.026	0.032	0.039	0.029
CDF-DBV	0.047	0.053	0.064	0.045
CDF-DSBV	0.026	0.031	0.039	0.030

表7 1,100 車両での配信時間(s)

方式	配信時間(s)			
	10	50	100	200
CDF	0.008	0.064	2.754	3.774
CDF-D	0.013	0.107	2.515	3.894
CDF-DS	0.009	0.092	2.684	3.653
CDF-DB	0.013	0.098	2.569	3.912
CDF-DSB	0.008	0.080	2.535	3.653
CDF-DBV	0.013	0.095	2.518	3.912
CDF-DSBV	0.008	0.078	2.292	3.653

車両数が少ないときだけでなく、車両数が多く、周辺の負荷が少ないときでも、配信時間は 100 ms かからないために、どの方式でも問題はないと思われる。

ただし、周辺の負荷が大きくなると、確実に情報を配信するための転送数増加によって衝突が発生し易くなるので、配信時間が長くなる。

また、優先制御に交差優先を考慮した方(CDF-D CDF-DS、CDF-DB CDF-DSB、CDF-DBV CDF-DSBV)が、配信時間が短くなることが確認できた。

今後は、周辺の環境(負荷や車両数など)に応じた転送抑制や待ち時間の設定を組み込み、オーバーヘッドを抑えつつも配信率の向上を目指す。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 5 件)

Ke Cao, Atsushi Kinoshita, Yumi Takaki, Chikara Ohta and Hisashi Tamaki, Efficient Urban Broadcast Protocol for V2V Communications with Relay Control, Proc. of IEEE Vehicular Networking Conference, Peer Reviewed, pp.24-30, Dec. 16, 2013, Boston, MA, USA

木下 敦志, 高木 由美, 太田 能, 玉置 久, 負荷適応型フラッディング方式に関する一考察, 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-6-67, p.67, 2013 年 9 月 19 日, 福岡市(福岡工業大学)

Ke Cao, Atsushi Kinoshita, Yumi Takaki, Chikara Ohta, and Hisashi Tamaki, An Efficient Flooding Scheme for V2V

Communications Considering Intersections of Urban Area, IEICE Technical Committee on Network Systemst, NS2012-217, pp.301-305, Mar. 8, 2013, 読谷村(残波ロイヤルホテル)

木下 敦志, 曹 軻, 高木 由美, 太田 能, 玉置 久, 都市環境を想定したシミュレーションによる車車間情報配信手法の性能評価, 電子情報通信学会 NS 研究会, NS2012-218, pp.307-312, 2013 年 3 月 8 日, 読谷村(残波ロイヤルホテル)

村上 浩章, 高木 由美, 太田 能, 玉置 久, VANETs におけるフラッディングプロトコルの建物によるシャドウイングを考慮した通信特性評価, 電子情報通信学会 NS 研究会, NS2011-244, pp.363-368, 2012 年 3 月 9 日, 宮崎市(宮崎シーガイア)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高木 由美 (TAKAKI YUMI)

神戸大学・大学院システム情報学研究所・助手

研究者番号: 70314507

(2) 研究分担者

太田 能 (OHTA CHIKARA)

神戸大学・大学院システム情報学研究所・准教授

研究者番号: 10272254