

車車間通信におけるパケット中継制御方式の検証実験

関 馨¹ 浜口 雅春² 茂木 信二³

1 財団法人 日本自動車研究所 ITSセンター
〒105-0012 港区芝大門 1-1-30 日本自動車会館 12F (芝 NBF タワー)
TEL:03-5733-7925 FAX:03-5473-0655 E-mail: kseki@jari.or.jp

2 沖電気工業株式会社 システムソリューションカンパニー(SSC)無線技術研究開発部
〒239-0847 神奈川県横須賀市 光の丘 3-4
TEL: 0468-47-5141 FAX: 0468-47-5145
Email: hamaguchi790@oki.com

3 株式会社KDDI研究所
〒356-8502埼玉県ふじみ野市大原2-1-15
TEL: 049-278-7425 FAX: 049-278-7510
Email: motegi@kddilabs.jp

あらまし

日本自動車研究所 (JARI) はこれまで安全運転支援のための車車間通信プロトコルをフィールド実験やシミュレーションで検証してきた。2005 年には 5.8GHz 帯を用いた車車間通信について、中継機能が見通し外の通信環境で有効ではあることと同時に、車両の増加による通信の輻輳が課題となることを確認した。2006 年度はこの課題を解決する方式として新たに提案された中継制御方式を取り上げ、実車を用いたフィールドでの検証実験とシミュレーションを実施した。本論文はそれらの結果を報告するものである。

Field Experiment on Packet Relay Control Function of Inter-vehicle Communication

Kaoru Seki¹, Masaharu Hamaguchi², Shinji Motegi³

1 Japan Automobile Research Institute (JARI)
1-1-30 Shibadaimon, Minato-ku, Tokyo 105-0012, Japan
TEL: +81-3-5733-7925 FAX: +81-3-5473-0655
Email: kseki@jari.or.jp

2 Wireless Technology Research and Development Division
SSC (System Solution Company), Oki Electric Industry Co., Ltd.
3-4 Hikari-no-oka, Yokosuka, Kanagawa, 239-0847, Japan
TEL: +81-468-47-5141 FAX: +81-468-47-5145
Email: hamaguchi790@oki.com

3 KDDI R&D Laboratories Inc.
2-1-15 Ohara Fujimino-shi, Saitama 356-8502, Japan
TEL: +81-49-278-7425 FAX: +81-49-278-7510
Email: motegi@kddilabs.jp

Outline

JARI has verified functions of Inter-vehicle communication (IVC) protocols for safe driving support through field experiments and simulations. Through the FY 2005 study on IVC using 5.8GHz band, we found relay function is effective for non-line-of-sight environment. Also we found that simple relay may cause congestion of communications when the number of communicating vehicles increases. To resolve this issue, a new system of relay control protocol suitable for safe driving support applications is proposed. In FY 2006, we verified the proposed relay control protocol through field experiments and simulations. This paper introduces the accomplishment of these experiments and simulations.

1 はじめに

安全運転のための車車間通信については、欧、米の各地域で実現に向けた検討が進められている。日本においては、現在 IT 新改革戦略の「世界一安全な道路交通社会」を目指すイニシアティブが政府の主導で進められ、車車間通信も含む路車協調システムの実用化に向けた動きが民間を含めて活発になっている。こうした中、07年5月には ITS 情報通信システム推進会議の車々間通信システム専門委員会が ASV 推進検討委員会と連携しながら「5.8GHz を用いた車々間通信システムの実験用ガイドライン (1.0 版)」(以下「実験用ガイドライン」)を策定し、今後の車車間通信実験システム構築のリファレンスとなるものができ上がりつつある。

JARI/ITS センターはこれまでも同専門委員会と協力しながら 5.8GHz 帯の車車間通信の電波伝搬実験や見通し不良域におけるマルチホップ中継実験などを実施してきた。こうした実験の成果は「実験用ガイドライン」策定に役立てられている。

車車間通信におけるマルチホップ機能は、情報提供範囲の拡大あるいは情報の信頼性向上のために有効な手段と考えられ、安全運転支援の分野においても利用が検討されている。ただし、ASV などで対象となっている緊急的な安全情報提供のためのマルチホップ機能では、不特定者(車両)への緊急的な情報提供が必要であり、従来から検討されているアドホックネットワークにおけるマルチホップ通信とは異なる新たなプロトコルが必要と考えられていた。

上記の「実験用ガイドライン」策定の過程で提案されたパケット中継制御方式は単純な中継で課題となっていたパケットの輻輳を抑えることができ、緊急性の高い中継を実現する有効な手段と考えられた。この機能を標準として位置づけるにはフィールドによる機能検証が欠かせないことから、JARI/ITS センターでは平成 18 年度の ITS 規格化事業(経済産業省から受託)のなかで取り上げ実験を含めた検討を行うこととした。

2 パケット中継制御方式の概要

2.1 特徴

「実験用ガイドライン」に掲載されている車車間通信のパケット中継制御方式は

RCP(Relay Control Protocol)と呼ばれている。その詳細機能については参考文献1)、2)によるとして、ここではその特徴を簡単に挙げておく。

a.パケット中継(1回ホッピング)機能を有すること

他のノード(車載器)から受信したパケットを中継する機能。ただし重複して受信したパケットは中継しない。

b.パケット中継の開始を要求できること

自身が送信するパケットの中継開始を任意のノードに要求し、それを受信したノードが何らかのメトリックに基づいて中継を開始する機能。

c.重複したパケット中継を検出できること

重複とは、自身が送出したパケットと自身が受信したパケットが同一であること、及び自身が受信したパケットと先に受信したパケットが同一である。それらの重複を検出する機能。

d.パケット中継の停止を要求できること

ノード自身、特定の他のノード、任意のノードに対して、そのノードの特定データの中継もしくは任意のデータの中継の停止を要求できる。

2.2 RCP 方式の動作

提案されている RCP(中継制御)方式を用いると、具体的には以下のような情報伝達が可能となる。即ち、出会い頭での新たな車両からのパケットを後方の車両などに伝達する(図1)、無線品質の悪化などに対応したパケット中継を開始する(図2)、重複したパケット中継を検出してこれを抑制しパケットの輻輳を防ぐ(図3)ことが可能となる。

なお、こうしたことを実現するには、各車両には一意な識別子(レイヤ2が用いるリンクアドレス)が割当て済みであること、また各パケットには、送信元の識別子と通し番号が付加されることでそれぞれのパケットが識別できるものとする。

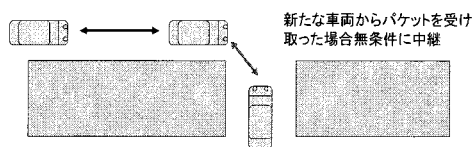


図1 新たな車両の情報を無条件に伝達する場合

表 1 中継実験における車車間通信仕様

レイヤ	項目	仕様	備考
L1	周波数	5.8GHz 帯 (DSRC 規定上り 7 波のうち 1 波)	ARIB STD-T75 準拠
	送信出力	10mW	ARIB STD-T75 準拠
	変調方式	$\pi/4$ shift QPSK	ARIB STD-T75 準拠
	伝送速度	4.096Mbps	ARIB STD-T75 準拠
	その他	狭域通信の電波法 規定による	ARIB STD-T75 準拠
	アンテナ	水平面無指向	
L2	アクセス方式	CSMA	
	パケットフォーマット	表 3.2-3 参照	
	データ送信周期	100ms を推奨	
	中継方式	本実験評価対象の 2 方式を搭載	単純中継方式は L.2 で中継実行、RCP 方式は L.3 で実行。

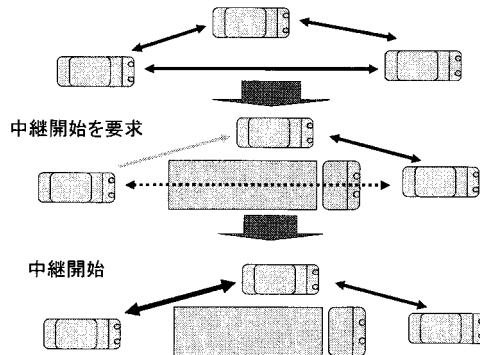


図 2 情報伝達の劣化により中継開始を要求する場合

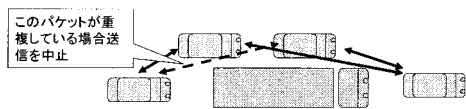


図 3 中継機能を抑制する場合

2005 年度に JARI が行った見通し不良の交差点を想定した単純な車車間通信中継シミュレーションにおいては、通信車両の増加によるパケットの衝突が顕著に発生することが確かめられており、以上で述べた RCP の中継抑制機能の効果が期待された。

3 中継検証実験とシミュレーション

3.1 目的と概要

実験は実際の市街地を模擬した環境において、単純中継方式と RCP 方式を比較しながら実施した。実験において車両は 4 台とし、それぞれが車車間通信の装置を搭載している。配置としては全車両が見通し内にある場合と一部の車が互に見通し外になっている場合の 2 つを設定した。

さらに、シミュレーションでは、車両が増加した場合について中継による通信トラフィック量の増加が通信品質に与える影響を検証する。

車車間通信の共通的な仕様は表 1 に示すとおりである。

以下、中継実験の紹介を行うが紙数の関係から見通し外の通信環境における実験およびシミュレーションに絞って説明する。

3.2 見通し外における中継検証実験

(1) 実験概要

見通し外通信環境にて、車両 A～D の 4 台の車両を使用し、単純中継方式と RCP 中継方式の機能の評価を実施した。各車両の役割は以下の通りである。

- ・車両 A：非優先道路側の車両を想定。車両 B との送受信状況を検証。
- ・車両 B：優先道路側の車両を想定。車両 A との送受信状況を検証。
- ・車両 C、D：中継車両。単純中継方式の場合は、自車両がデータを送信するほか中継を実施。RCP 中継方式の場合は、その機能に基づいた中継動作を実施。

実験項目を表 2 に示す。

表 2 見通し外実験項目

No.	項目	内容
1	パケット到達率	各車両からの正常受信したパケット番号、個数をカウント。 1000 パケット程度による到達率測定を数回実施し、その平均を評価する。
2	通信遅延	車両 A から車両 B の通信遅延を測定。測定は数回実施し、平均遅延、遅延分散を評価する。
3	通信トラフィック	中継によるトラフィック増加を測定。各車両の通信ログから検証する。

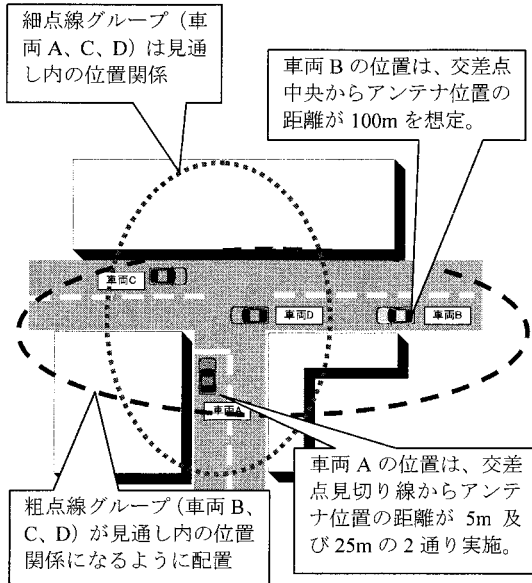


図 4 見通し外実験における車両配置イメージ

実験における車両配置を図 4 に示す。図 4 からわかるように車両 A と車両 B 間が見通し外、車両 A、C、D 及び車両 B、C、D 間の各グループは見通し内の位置関係となるように車両を配置する。実験では車両を静止させた状態、及び走行状態で RCP の機能を確認した。車両走行の際には、以下の位置関係を目安とする。なお車両 A の位置条件を A=5m、A=25m などと簡便に表記する。

- ・車両走行時の位置関係
 - 車両 A：停止 (A=5m、25m)
 - 車両 B：車両 D の後方 50m を走行
 - 車両 C：停止
 - 車両 D：車両 B の前方 50m を走行

(2) パケットフォーマット

実験で使用するパケットフォーマットを表 3 に示す。パケットは遅延測定で PING を使用するため、Ethernet パケットをカプセル化する。パケットは UDP データ 100 オクテットを 1 パケットとする。

ユーザーデータの定義は以下とする。

- a.位置情報：実用時には GPS 等のデータが格納されるが、今回の検証では使用しないためダミーデータとする。
- b.車両 ID：送信元車両の識別のために必要。検証では 2 バイト長とする。
- c その他：全てダミーデータとする。

表 3 実験で使用するパケットフォーマット
(両中継方式共通)

名称	長さ (オクテット)	説明
MAC 制御	パケット長	2
	パケット種別	1
	シーケンス番号	1
	中継回数	1
	予備	1
Ethernet ヘッダ	14	
IP ヘッダ	20	
UDP ヘッダ	8	
UDP データ	100	ユーザーデータ領域

(3) 実験システム構成

本システムは、送受信 (TRX) 車両、中継 (HP) 車両の 2 種類の車両から構築される。尚、HP 車両は、TRX 車両に中継機能を追加したものであり、通常の送受信動作に加えて中継動作を実行する。

車両 A、車両 B が TRX 車両、車両 C、車両 D が HP 車両となる。

実験を行うにあたり、車両 A～D の受信電力を測定し、車両 A と車両 B 間が見通し外環境 (受信感度より十分低い受信電力) であること、及びその他の車両間が見通し内環境 (受信感度に対して十分な受信電力がある) であることを確認した。図 5、図 6 に実験環境と車両外観を示す。



図 5 実験環境 (JARI つくば構内)



図 6 実験車両例

(4) 静的な状況での RCP 方式の効果検証

見通し外実験において、図 4 に示す配置により RCP 機能の効果を検証した。

車両を静止した状態で、

- ・単純中継方式と
- ・RCP 中継方式

の両者を実施した場合、各車両が受信したパケット量の時間変化を受信トラフィックとしてグラフ化し、比較した(図 7、図 8(車両 A=25m))。車を静止した状態ではパケット受信量は机上の検討で簡単に推定することができる。図 7、図 8 から見通し外の RCP 実験は、ほぼ想定どおり中継機能が動いていた事がわかる。図 7、図 8 の横軸は、実験開始から時間である。各車両のデータ送信開始にばらつきがあるため、実験開始からパケット数が安定するまでに 0~4 秒程度時間がかかっている。

以上により、見通し外環境においては、静的な条件下で RCP 機能が動作すると、通信トラフィックは、エア上に送信されるパケット数で約 40%、各車両が受信するパケットの総量で見ると約 36%削減できていることがわかる。

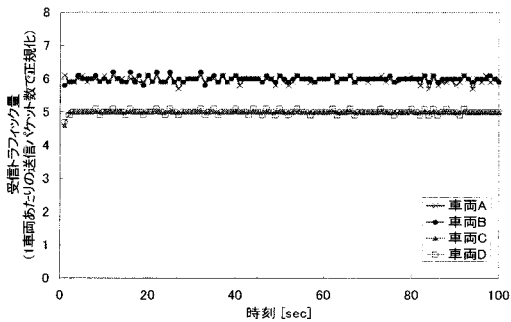


図 7 単純中継方式、見通し外(車両 A=25m) 環境の通信トラフィック実測値

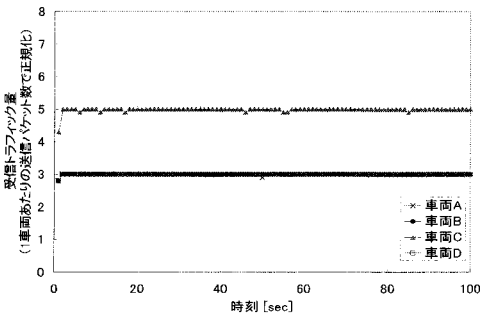


図 8 RCP 方式、見通し外(車両 A=25m) 環境の通信トラフィック実測値

なお、パケット到達率も併せて測定しており、エラー率 (PER) 換算では平均 $1.67E-3$ が得られている。即ち車両 4 台程度では 1000 のパケット送信に対して衝突などが殆ど起こっ

ていないことが示された。また、伝達遅延は PING コマンドと応答機能を用いてパケット中継を含む往復時間から推定した。この結果、単純中継方式では約 2msec、RCP 方式では約 4msec となった。この遅延の違いは表 1 に示した通り、実験に用いた装置の実装が、単純中継方式は L2 で中継を実行しているのに対し RCP 方式は L3 で実行していることに起因し、これは実装の工夫により今後改善できる。

(5) 車両走行時における RCP 機能の効果検証

車両 B と車両 D を走行させた場合について RCP の効果を検証した。トラフィック発生 のデータ例を図 9 と図 10 に示す。横軸は実験開始からの時間である。車両走行速度は実験毎にばらつきがあるため、時間軸と車両の位置は実験毎に異なる。両実験中の受信トラフィック量 (車両一台あたりの送信パケット数で正規化) 測定値は RCP 方式が 12.884、単純中継方式は 15.565 であった。従って、RCP 方式のパケット発生量は、単純中継方式の 83%程度となっていた。

中継車両が少ないことや車両が交差する時間が短いこと等から、RCP 機能によりパケット発生量を低減できる割合は車両を静止した状態の実験時に比べ小さいものの、RCP 機能の有効性が示されている。

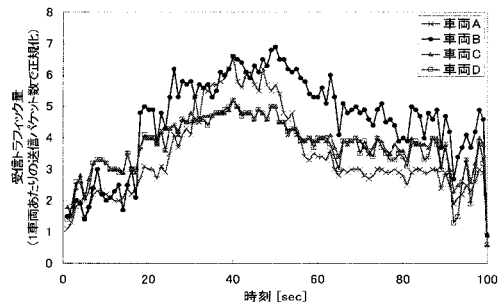


図 9 単純中継方式、見通し外(車両 A=25m) 走行環境における通信トラフィック実測値

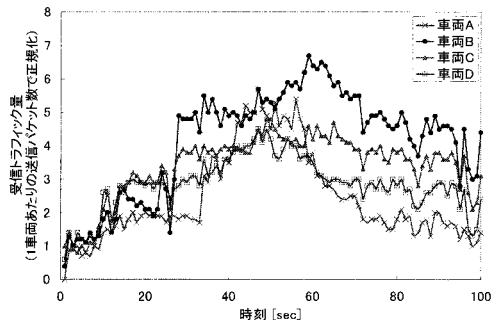


図 10 RCP 方式、見通し外(車両 A=25m) 走行環境における通信トラフィック実測値

3.3 シミュレーション

(1) 評価内容

中継できる車両が増加した場合について、RCP方式の有効性を推定するため、コンピュータシミュレーションを実施した。シミュレーションは以下のような単純化した前提で通信車両を増加させ、MAC層及びネットワーク層レベルの通信品質を評価対象とした。

- ・見通し内の車両同士は通信可能
 - ・見通し外の車両同士は通信不可能
 - ・遅延、干渉、回折などの影響は考慮しない
- シミュレーションの評価項目は以下のとおりである。

a. 機能確認シミュレーション

見通し外環境における実験と同様に4台の車両配置における通信品質、通信遅延をシミュレーションにより検証し、実験結果と比較評価を行うことでRCP動作の機能確認を行う。

b. 収容台数シミュレーション

車両台数をパラメータとして、通信トラフィックの増加が通信品質に与える影響を検証する。また、単純中継方式と比較する事で、中継車両が増加した場合の通信トラフィックの変化を検証する。

(2) 評価指標

シミュレーションでは、パケットエラー率（PER）及びパケット到達遅延を評価の指標とした。PER及びパケット到達遅延の定義を以下に示す。

a. パケットエラー率（PER）

[パケットエラー率（PER）]

$$= 1 - \frac{\text{受信車両のパケット受信成功回数}}{\text{送信車両のパケット生成回数}}$$

ここで、パケット生成回数はデータ更新回数に等しいものとする。また、受信車両において、中継によって同一データの packets を複数回受信成功した場合、パケット受信成功回数としては1増加するのみであるとする。

b. パケット到達遅延

[パケット到達遅延]

$$= \text{受信車両のパケット受信終了時刻} - \text{送信車両のパケット生成開始時刻}$$

ここで、パケット生成開始時刻はデータ更新時刻に等しいものとする。すなわち、パケット到達遅延は、送信車両においてデータ更新から実際にパケットを送信開始するまでの時間とパケット長（時間に換算）の和に等しい。また受信車両において、中継によって同一データの packets を複数回受信成功した場合、最初に受

信に成功したパケットの受信終了時刻を基にしてパケット到達遅延を計算するものとする。

(3) シミュレーション条件

シミュレーション条件は実験で使用した車両間通信装置の仕様に従っている。また中継動作は、実験でL2、L3層に搭載されたRCPプロトコル仕様及び単純中継仕様に準じている。

シミュレーションは、自車両データに関する packets のみを送信する「通常車両」と、自車両データに関する packets 送信に加え、他車両から受信した packets を中継する「中継車両」で構成されるものとする。

実験の場合と同じく、まず車両A～Dの4台を基本とし、実験と同様に車両A、車両Bは通常車両、車両Cと車両Dは中継車両とし、車両Aと車両Bは直接通信できないものとする。増加させる車両は、車両Aと車両Bの両方と直接通信可能な配置とし、全て中継車両とする。図11に車両配置モデルを示す。

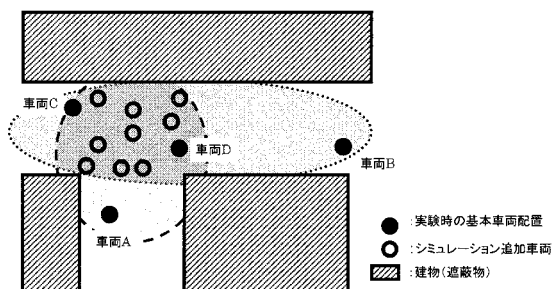


図 11 シミュレーション車両配置モデル

交差点にのみこのように中継車両を集中して増やしたのはRCPの中継抑制機能の効果を見るためで現実の交通状況を反映したものではない。

(4) シミュレーション結果

図12及び図13に、それぞれ平均PER-通常車両台数特性及び平均パケット到達遅延-通常車両台数特性を示す。但し、平均PERのシミュレーション結果が $PER \leq 1E-4$ のときは $PER=1E-4$ としてプロットしている。また、パケット到達遅延に関しては全車両が $1E+4$ パケット送信した場合の最大値、最小値も合わせて示している。

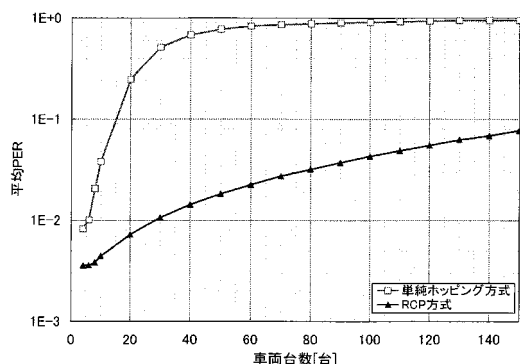


図 12 通常車両台数-平均 PER 特性

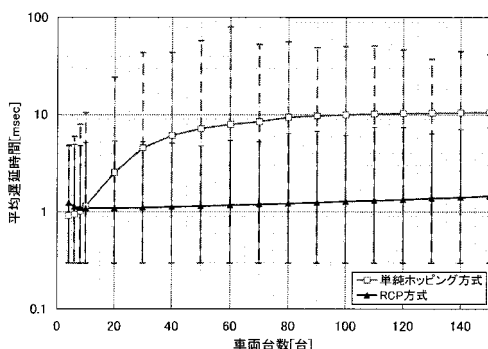


図 13 通常車両台数-平均パケット到達遅延特性

(5) シミュレーションについての考察

a. 機能確認シミュレーションについて

図 12 より、車両台数 4 台の時の RCP 方式の平均 PER は、 $3.57E-3$ である。一方実験結果は、 $1.67E-3$ である。パケット到達率に換算すると、シミュレーション結果では 99.6%、実験結果からは 99.8% となった。

図 13 より、車両台数 4 台の時の平均パケット到達遅延時間は、1.23msec である。一方実験結果は、見通し外実験の結果にて約 4msec である。この差は、実験の方は RCP により中継車両を決定するシーケンスの動作時間、及び受信側の実機による処理遅延が遅延量として加算されているためと推測される。シミュレーションは、中継車両が決定された状態からスタートしている。RCP 方式においても、中継車両が決定された安定状態に移行した後の通信遅延量は、極めて小さくなる事が予測できる。

以上、実験結果とシミュレーション結果の値より、実験において RCP 機能がほぼ想定どおり動作していたと予想できる。

b. 収容台数シミュレーション

見通し外環境において車両台数を増加させた場合の RCP 方式と単純中継方式の結果を比較する。図 12 の車両台数-通信品質の結果を見ると、単純中継方式は、車両台数の増加と共に急激に PER が増加していき、20 台では $1E-1$ を上回る結果となった。一方 RCP 方式も、車両台数の増加と共に PER は増加するが、150 台の時でも PER は $1E-1$ 以下の通信品質を保っている。この結果から RCP 方式は中継車両台数増加に対する通信トラフィック抑制に非常に効果があることがわかる。

図 13 車両台数-通信遅延の結果を見ると、車両台数が増加するにつれて単純中継方式は急激に通信遅延が増加することがわかる。一方、RCP 方式は車両台数が増加に伴う通信遅延の増加が少ない。この結果からも RCP 方式は中継車両が増加した場合に通信トラフィックを抑制する効果が高いことがわかる。

5 実験とシミュレーションまとめ

本研究は、「実験用ガイドライン」に記載されている RCP 方式の機能検証を、実車を使ったフィールド実験とコンピュータシミュレーションの両面から実施した。以下に結果をまとめる。

(1) 実験実施内容

実施内容は以下のとおりである。

- ・ RCP 方式の機能確認を実機動作で検証
- ・ 単純中継方式に対する RCP 方式のトラフィック削減量を定量的に把握
- ・ 単純中継方式に対する RCP 方式の通信遅延量の変動を定量的に把握

(2) シミュレーション実施内容

実施内容は以下の通りである。

- ・ RCP 方式適用時の通信車両台数対通信品質特性の一例を検証
- ・ RCP 方式適用時の通信車両台数対通信遅延量の変動の一例を検証

(3) 全体的な評価

実験車両 4 台における見通し内環境、見通し外交差点環境のいずれにおいても、RCP 方式が、単純中継方式に対して通信トラフィック削減効果があることが確認できた。

しかし車両台数 4 台による実験は、通信トラフィックが通信帯域に対して十分余裕がある状況であるため、通信品質の観点から見ると、RCP 方式の優位性は見られず、逆に冗長なパ

ケットが送信される単純中継方式の方が平均 PER は良好な結果が得られる場合もあった。但しこの結果は RCP 方式が単純中継方式に対して劣っていることを示すものではなく、通信トラフィックに余裕がある場合は連送等のプロトコルをあわせて使用することが効果的であると考えられる。

またシミュレーションから、見通し外交差点環境において中継車両台数が増えた場合は、RCP 方式による通信トラフィック抑制の効果が顕著に現れる。この効果は通信品質、通信遅延に大きく影響するため、RCP 方式の有効性を確認することができた。

(4)機能検証に関する課題

機能検証に関わる課題を以下にまとめる。

a. RCP 方式の実験結果における通信ログ詳細分析

今回の RCP 方式の実験結果においても、机上検討の予測と十分に一致しない部分があった。実環境では、無線伝搬路の通信品質が常に同じ状態ではなく、周囲環境の影響により状況は刻々と変化する可能性がある。このような観点から、実験結果の通信ログ再分析を行い、RCP 方式のさらなる改良を進める必要がある。

b. 通信車両台数が増加した場合の見通し外通信環境におけるシミュレーション

今回実施した見通し外交差点における車両台数-通信品質、通信遅延のシミュレーションでは、機能検証のための極端な車両配置を想定している。実際の道路環境、モデルをさらに詳細に検討し、電波伝搬条件も考慮したシミュレーションが必要と考えられる。

6 今後に向けて

5.8GHz を用いた車車間通信実験については、JARI/ITS センターは、その前身である財団法人自動車走行電子技術協会から実績を積み上げてきた。しかし、実際の道路の走行環境での実験のデータは殆ど無く、機能の確認は行っているが信頼性の確認には至っていない。今後、車車間通信の実用化に向けては何よりも信頼性の確認が必要になると思われる。

これに関しては、今後、国が主導する「IT 新改革戦略」のもとで車車間通信の利用も含む路車協調システムの実証実験が行われる見込みである。こうした実験のなかで様々なデータを積み上げていくことが期待される。

欧米においても 2007 年以降に安全に向けた

通信システムの実証実験が予定されている。注目すべきは、こうした実験と併行して通信の国際標準化の動きが加速されることで、実証実験に先行して標準化提案が行われ、実験により提案内容の検証を行うといった進め方が取られる可能性がある。こうした流れのなかで、研究実績では先行している日本がどのように標準化作業に貢献し、リードしていくべきか検討する時期に来ている。

参考文献

- 1 Shinji Motegi and Hiroki Horiuchi. "Relay Control for Data Dissemination of Spontaneous Vehicular Networks," in Proceedings of the 6th International Conference on ITS Telecommunications (2006)
- 2 ITS 情報通信システム推進会議 車々間通信システム専門委員会「5.8GHz を用いた車々間通信システムの実験用ガイドライン (1.0 版)」(2007.5)
- 3 関 馨他 「5.8GHz 周波数を用いた車車間通信の情報伝達特性について」自動車研究 26 巻 9 号 (2004.9)
- 4 K.Seki Characteristics of Inter-vehicle Information Transmission Using 5.8GHz Bandwidth 11th ITS World Congress (2004.10)
- 5 関 馨 5.8GHz 帯を用いた車車間通信の伝達特性情報処理学会第 19 回 ITS 研究会 (2004.11)
- 6 関 馨「5.8GHz におけるマルチホップ特性」自動車研究 27 巻 5 号(2005.5)
- 7 K.Seki "A study on Data Relays in Inter-vehicle Communication" 12th ITS World Congress (2005.11)
- 8 経済産業省委託 ITS の規格化事業 車車間通信システムの標準化に関する研究 (平成 15 年度) 報告書 日本自動車研究所 (2004.3)
- 9 経済産業省委託 ITS の規格化事業 車車間通信システムの標準化に関する研究 (平成 16 年度) 報告書 日本自動車研究所 (2005.3)
- 10 経済産業省委託 ITS の規格化事業 車車間通信システムの標準化に関する研究 (平成 17 年度) 報告書 日本自動車研究所(2006.3)
- 11 経済産業省委託 ITS の規格化事業 (第 2 フェーズ) 安全運転支援車車間通信共通基盤機能の標準化に関する調査研究報告書 (平成 18 年度) 日本自動車研究所(2007.3)