

車車間通信と路車間通信を統合する MAC プロトコルの評価について

台蔵 浩之[†] 岩橋 努[‡] 渡辺 尚[†]

[†] 静岡大学大学院情報学研究科 [‡] 株式会社三菱電機 IT 宇宙推進本部

[†] 〒432-8011 静岡県浜松市城北 3-5-1

[‡] 〒100-8310 東京都千代田区丸の内 2-2-3 (三菱電機ビル)

E-mail: [†] {cs9052, watanabe} @cs.inf.shizuoka.ac.jp, [‡] Tsutomu.Iwahashi@hq.melco.co.jp

あらまし ITS における車車間通信と路車間通信それぞれに独立に対処するには車両に二つの通信機器を搭載する必要がある。本稿では路車間通信方式である DSRC を基に、車車間および路車間通信方式を統合する MAC プロトコル DRVC (Direct and Relay protocol for Vehicle Communications) を提案し評価を行った。DRVC では主に車両間の直接通信を行う。そして信頼性を向上するために車車間通信が失敗した場合、基地局を経由して間接的に通信を行う。評価の結果、DRVC では DSRC より高スループット、低遅延が示された。

キーワード 車車間通信, 路車間通信, DSRC

About Evaluation of Media Access Control Protocol for Integrated Inter-Vehicle and Roadside Communications

Hiroyuki Daizo[†], Tsutomu Iwahashi[‡], and Takashi Watanabe[†]

[†] Graduate School of Information, Shizuoka University

[‡] Space Solution Systems Development Division, Mitsubishi Electric Corp.

[†] 3-5-1, Jyohoku, Hamamatsu, Shizuoka, 432-8011, Japan

[‡] 2-2-3, Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-8310, Japan

E-mail: [†] {cs9052, watanabe} @cs.inf.shizuoka.ac.jp, [‡] Tsutomu.Iwahashi@hq.melco.co.jp

Abstract ITS information communication systems are mainly classified into two types, inter-vehicle communication and road-to-vehicle communication, but to mount them, two types of communication equipment needs to be in vehicles. This paper proposes a media access control protocol for an integrated inter-vehicle and road-to-vehicle communication system based on DSRC. In the protocol called Direct and Relay protocol for Vehicle Communications (DRVC), vehicles mainly can communicate directly. To achieve the high reliability, DRVC also enables vehicles to communicate indirectly, when vehicle-to-vehicle communication is not available. As the result, DRVC shows lower delay and higher throughput than DSRC.

Keyword Inter-vehicle communication, Road-to-vehicle communication, DSRC

1. まえがき

ITS(Intelligent Transport Systems)におけるサービスとして

DSRC[1]を使用した自動料金収受システム(ETC), ビーコンを利用した道路交通情報通信システム(VICS), カーナビなど車載端末を使用した情報通信アクセスが急速に発達し,

インターネット等を通じて得られる様々な情報へのアクセスが可能になりつつある。また、2001年4月の総務省令改正に伴い、DSRCが用途を問わず使用できるようになったため、今後DSRCネットワークはITSにおいて重要な通信インフラとして利用される場面が多くなるものと予想される。

DSRCは、インターネット等を通じて様々な情報へアクセスする際に路車間通信を利用し、車両間で通信を行う車車間通信は考慮していない。ある車両から別の車両へ情報を提供する場合については、基地局を経由しなければならない。この方法ではスロット有効活用点では効率的ではない上、短時間で情報提供の完了が求められるアプリケーションに対しては有効ではない。そこで本稿では、車車間通信と路車間通信を統合するMACプロトコルを提案する。提案する

DRVC(Direct and Relay protocol for Vehicle Communications)方式では、ある車両から別の車両へ情報を提供する場合、車車間通信を使用する。そして、車車間通信が失敗した場合、基地局が送信車両の代わりに情報を中継して間接的に受信車両へ提供する。また、DRVCは実装する際にはDSRCを少し変更するだけでよい。この方式により、効率的な車車間通信を提供し、情報完了までの時間短縮とサービス拡大が図れる。

以下、第2章で関連研究について紹介し、第3章で想定したシステムモデルとDRVCプロトコルの概略仕様について述べる。第4章ではシミュレーションによる評価を述べ、第5章でまとめとする。

2. 関連研究

ここでは、DRVCの基本となったDSRC、及びこれまで提案されているプロトコルについて紹介する。

2.1 路車間通信プロトコル

ETCなどに用いられている既存のITS通信方式は路車間通信方式のDSRCであり、特徴として1フレームで複数の端末と基地局との通信が可能であり、基地局が動的にフレームを構成する可変長フレームを用いる点である。また、DSRCではデータ送信時にそのデータが分割化されているか、または未送信のデータが残っている場合に、送信車両がデータチャネル(MDC)内のフラグをセットすることによって基地局の受信制御を継続させる。これによって次フレーム以降も、リンク確立時の衝突なしにデータスロット(MDS)を割り当てられる。

DSRCの通信は、リンク確立フェーズ、サービス(アプリケーション)確立フェーズ及び通信フェーズの3つのフェーズからなる。リンク確立フェーズでは車両が基地局の通信リンクへエントリーを行う。次にサービス確立フェーズでは、車両がリンクチャネルを確立した後、基地局とサービスの選択を行う。最後に通信フェーズで実際に基地局と車両とのデータ交換が行われる。

DSRCに関しては実装評価、AHS(Advanced Cruises-Assist Highway Systems)への適用検討やマルチキャストに関する検討などが行われている[2]~[4]。

2.2 車車間通信プロトコル

基地局などのインフラ設備がなくても近づいた車両同士で通信をし合い、事故や天候等の情報提供、車間情報等による運転支援や車群走行等の自動運転を行う種々の検討や実験がなされている[5]~[7]。現在、車車間通信は用途に応じた様々な周波数や伝送方式による研究がなされ、高信頼性、リアルタイム性、自律分散性、ネットワーク形態の時間変化などの要求に対する技術開発が行われている。特に、位置関係が相互に変化する車両間において、自律的に通信ネットワークを形成する技術が重要となる。そのため、車車間通信用のプロトコル検討が行われている[8]~[10]。

2.3 車車間と路車間を統合するプロトコル

車車間と路車間を統合するプロトコルとしては、I-warp II[11]や車車間通信・路車間通信共有プロトコル等[12]~[14]の提案、融合によるシャドウイング発生率改善の検討[15]等がされている。

I-Warp IIでは、CDMAを利用し、車車間通信では動的に符号系列を割り当てるDPA(Dynamic PN-Assignment)方式を用い通信を行う。DPA方式では各車両が情報の送信に用いるための専用のPN符号系列、車両IDを持っており、それを周期的に周囲の車両に送信する。これによって各車両は周囲の車両の符号系列、車両IDを知ることが可能となる。これをPNmapと呼ぶテーブルを利用して管理することによりPN符号の重複を避け通信を行うことが可能となる。また、路車間通信では路側に予め固有の符号を与えることによって通信を行う。また、路車間通信においてはシャドウイングの問題があるが、I-Warp IIでは、車車間通信による代行登録を用いて通信断絶を改善している。

車車間通信・路車間通信共有プロトコルでは、2つの通信モードを用いて通信を行う。路側インフラ(RSU)のある領域においては路車間通信を行い(RVモード)、その他の領域では車車間通信を行う(VVモード)。VVモードでは車間通信チャネル(CH1)を使用することで車車間通信を行い、ランダムアクセス型のMACであるnon-persistent CSMAを用いる。この場合、車車間通信によりアドホックなネットワーク構築を行う。

RVモードではCH1に路車間通信チャネル(CH2)を通して得られるアクセスタイミング情報を利用した同期型のTDMA方式を用い、より効率的なネットワークを構築する。

2.4 端末間直接通信可能な無線LANプロトコル

端末間直接通信可能な無線LANプロトコルには、DRCP[16]やHIPERLAN[17]が提案されている。

DRCP(Direct and Relay Communication Protocol via Wireless Network)は1つの基地局と複数の端末が1つの無線チャネルを用いて通信するシステムを想定しており、同一セル内の端末間でパケットを直接送受信できなかった場合に限り基地局がそのパケットを中継する可変長フレームを用いる。また、端末間直接通信が成功した場合には基地局中継用チャネルを

省略し、チャンネルの効率化を図っている。

一方で、セルに跨る通信の場合においても、DRCP は基地局を経由し双方のセルでセル内の通信と同一のプロトコルで通信を行うことができる。また、DRCP ではデータ送信時にビジーバック継続要求を行うことができる。これはビジーバック要求フラグ (PRF) を使用することで、一度データ送信スロットを獲得した端末が引き続きデータ送信を要求できる。

DRCP のフレーム構成は要求アクセス応答、要求アクセス、データ送信許可、データ送信、データ応答、及び基地局データ中継用送信の 6 種類のチャンネルより構成される。要求アクセス応答、要求アクセス、データ送信許可、及びデータ応答の 4 スロットをまとめて制御チャンネルと呼び、制御チャンネルを用いて送る予約、予約受け付け等を制御データと呼ぶ。

HIPERLAN (High Performance radio LAN) は、欧州の ETSI が規格化した 5GHz 帯を利用した無線 LAN プロトコルで、最大 54Mbps のデータ通信が可能である。HIPERLAN は基地局端末間通信だけでなく通信セル内の端末間直接通信が可能である。また、HIPERLAN は DRCP と同じく可変長フレームを用いる。

DRCP と異なる点は、端末間直接通信が失敗した時の再送方法である。DRCP では基地局が動的に基地局データ中継用スロットを割付けデータを中継するが、HIPERLAN では、再度端末間での再送を行う。

3. DRVC

DRVC では次のシステムモデルを想定する。

- ・ DRVC で対象となる ITS ネットワークは図 1 に示すように路側に設置されている基地局と車両とで構成される無線ネットワークからなる。
- ・ 基地局はセルと呼ばれる比較的小さな通信領域を管理し、セル内に存在する車両と 1 つの周波数帯を利用して通信を行う。
- ・ 図 2 に示すように、フレーム構成は DSRC の半二重通信方式の場合に準拠しており、1 フレームはフレーム制御スロット (FCMS)、データスロット (MDS)、データ予約スロット (ACTS)、及び今回新たに定義した基地局データ中継用スロット (DRS) からなる可変長フレームを用いる。
- ・ フレーム制御スロットは、フレーム同期とフレーム情報等をセル内に存在する全車両に通知するために使用される。
- ・ データスロットはデータを送信するために使用され、データ送信用 (MDC) と受信応答用 (ACKC) のミニスロットチャンネルから構成される。
- ・ データ予約スロットは各車両がデータスロットを予約するために使用され、6 つのデータ予約チャンネル (ACTC) から構成される。
- ・ 基地局データ中継用スロットは今回新たに定義したスロットで、車間通信が失敗したときに基地局がデータを中継するために使用される。

- ・ 車両は同一セル内にいる車両との車間通信が可能で、これが本提案の特徴である。
- ・ 車間通信が失敗したときのみ、基地局が動的に DRS を割り付けデータ中継を行う。

DRVC では slotted-ALOHA 方式を用いてデータスロット (MDS) の予約を行うが、一旦データスロットでデータを送信した後、続けてデータを送信したい場合でも再度データ予約スロット (ACTS) でデータスロットの送信権を得る必要がある。しかしながら、これでは大きなデータパケットを送信する場合フレーム毎に再度予約をする必要があるため、予約が失敗したときには 1 つのデータパケットを送信するのに遅延が大きくなり性能が低下する。

そこで、車両はデータ送信時にビジーバック要求フラグ (PRF) をたて、次フレームでも継続してデータスロットを割り当てるように基地局へ通知し、基地局は次フレームでもその車両にデータスロットを割り当てる。これにより、車両は 1 フレームにつき 1 つのデータスロットを連続したフレームでコンテンツンフリーの状態を獲得することができ、ランダムアクセス方式による予約の衝突が減少する。

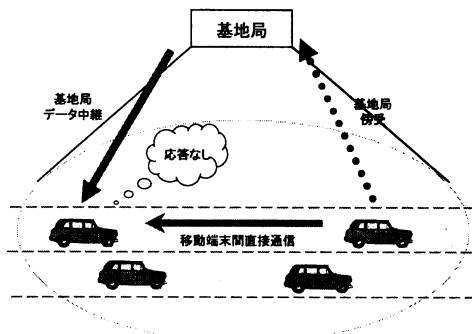


図1 システムモデル

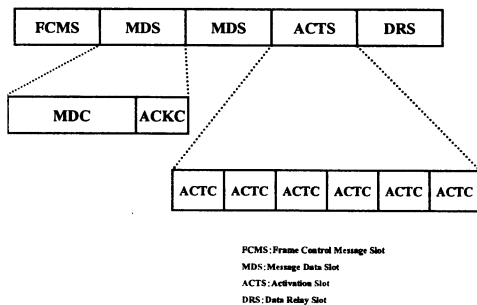


図2 DRVCのフレーム構成

3.1 フレーム制御データ

フレーム制御スロットは以下の制御データをもつ。

(1) スロット識別子

フレーム制御スロット (FCMS) の後に続くスロットの形式を識別する制御データであり、これにより車両はフレーム構成を検知することができる。また、フレーム構成の中にスロ

ットの識別子がデータスロットであることを示し、自車両のリンクアドレスが付加されているスロットが存在する場合、その車両はデータスロットの送信権を得たことを検出できる。

(2) 予約状況通知

前フレームまでの予約結果を車両へ通知するための制御データであり、車両は予約が成功したかを検出することができる。予約状況通知には、データ送信許可、予約受付完了、データ予約失敗の3種類に分かれる。

(3) 車車間通信成功通知

前フレームで車車間通信が成功したかを送信車両へ通知するために使用する制御データである。

3.2 DRS の割り付け

車車間通信の場合、受信応答は MDS 内の ACKC により基地局へ通知され、応答なしだった場合、基地局は車車間通信が失敗したことを検知する。

DRS は、車車間通信が失敗したときに基地局が動的に割り付け、送信車両の代わりに基地局がデータの中継するために使用するスロットであるため、そのフレーム内で車車間通信が失敗した数だけ割り付ける。DRVC では基地局が車車間通信を傍受しているため、DRS ではそのデータを基地局が受信車両に送信する。尚、車車間通信が失敗し基地局が送るべきデータを傍受できていなかった場合、基地局はデータの中継できないので DRS を割り当てない。

3.3 再送処理

DRVC での再送処理を以下に示す。

- ・ 路車間通信が失敗した場合：

基地局が次フレームで MDS を割り当て、送信端末(車両または基地局)が割り当てられた MDS を使用して再送を行う。

- ・ 車車間通信が失敗した場合：

送信車両は基地局から送信される FCMS 内のフレーム制御データにより、車車間通信が成功したかどうかを知ることができる。ここで、車車間通信が失敗した状況を見ると 2 つの場合が考えられる。

- (1) 車車間通信が失敗して、基地局によるデータ中継も失敗した場合：
基地局がデータを傍受しているので、次フレームで基地局が再送を行う。
- (2) 車車間通信が失敗して、基地局がデータを傍受できなかった場合：
路車間通信の再送と同じく、基地局が送信車両にデータスロットを割り当て再度車車間通信を行う。

3.4 DRVC プロトコル.

以下に DRVC のフローを示す。

3.4.1 全体フロー

- (1) 基地局は、前フレームまでの予約結果及びフレーム構造を FCMS により、セル内にいる全車両に通知する。データの予約がない場合はデータスロットを割り当てず(4)へ進む。
- (2) 車両及び基地局は、FCMS の結果に従い、自身に割り当

てられた MDS 内の MDC によりデータを送信する。

- (3) データを受信した車両及び基地局は MDS 内の ACKC により受信応答を送信する。

- (a) 路車間通信の場合：

送信端末(ダウンリンクのときは基地局)へ受信応答を送信する。

- (b) 車車間通信の場合：

基地局へ受信応答を送信する。

- (4) MDS の予約が必要な場合は、ACTS 内の ACTC をランダムに選択して予約を送信する。車車間通信が全て成功している場合は DRS を割り付ける必要がないので(1)へ戻る。

- (5) 車車間通信において基地局へ応答がない場合に限り、DRS を割り当て基地局がデータ中継を行い(1)へ戻る。

図 3 は車両が車車間通信を行うまでの通信シーケンスである。FCMS のよって構成されるフレームには DRS が割り当てられていない。DRS は車車間通信が失敗した場合、基地局が動的に割り付ける。

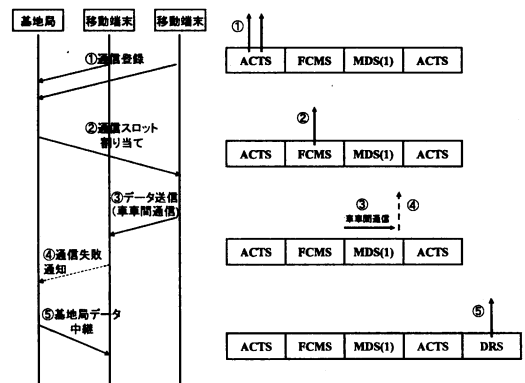


図 3 DRVC の通信シーケンス

3.4.2 車両送信フロー

移動端末の送信処理は以下の通りである。

- (1) データ発生時、車両はアイドル状態から予約送信待ち状態に移行する。
- (2) 予約送信待ち状態の車両は FCMS を検知したフレーム内の ACTS 内の ACTC の 1 つをランダムに選択し、MDS の予約を送信し MDS 待ち状態に移行する。
- (3) MDS 待ち状態で、フレーム制御データ内の予約状況通知の種類により下記の 3 つに分かれる。
 - (a) 予約受付完了の場合
車両は MDS 待ち状態を保つ。
 - (b) データ送信許可の場合
車両はデータ送信待ち状態に移行する。
 - (c) データ予約失敗の場合
車両はバックオフ時間を設定し、バックオフ終了後に再び予約送信待ち状態に移行する。
- (4) データ送信待ち状態で、データ送信を継続するかどうかにより下記の 2 つに分かれる。

- (a) 送信すべきデータが残っている場合はピギーバック要求フラグをセットして、データを送信し、MDS 待ち状態へ移行する。
- (b) 送信終了する場合は、PRF をセットしないでデータを送信し、アイドル状態へ移行する。

3.4.3 車両受信フロー

車両は常に受信待ち状態であり受信処理は以下の通りである。

- (1) 車車間通信またはダウンリンクの場合、自車両へのデータを受信したときは受信処理を行い、受信応答を MDS 内の ACKC により基地局へ送信する。
- (2) DRS により、自車両へのデータを受信したときはデータの受信処理を行い、受信応答を DRS 内の ACKC により基地局へ送信する。

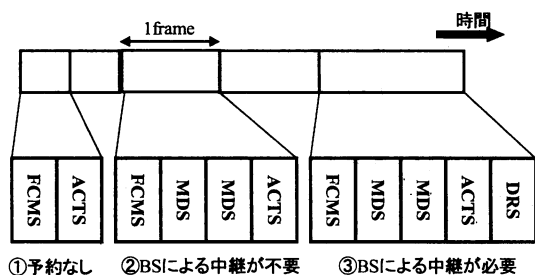


図4 可変長フレーム

3.5 可変長フレーム

図4に示すように1フレームは状況に応じて主に3つのフレーム構成をとる。

- (1) MDS の予約がない場合：

前フレームまでに MDS の予約がない場合、基地局は MDS を割り当てず、FCMS の次に ACTS が続く1フレーム2スロットの構成となる。
- (2) 車車間通信が成功したとき、または路車間通信だった場合：

前フレームまでに MDS の予約があるときは基地局が MDS を各車両あるいは基地局自身に割り付ける。また、ここで車車間通信が全て成功した場合、失敗したが基地局がデータを傍受できなかった場合、あるいは路車間通信であった場合は基地局が DRS を割り付ける必要がないので1フレーム3種類のスロットで構成され、MDS を1フレームあたり最大4スロットとすると3~6のスロットで構成される。
- (3) 車車間通信が失敗した場合：

車車間通信が失敗した場合、基地局は DRS を動的に割り付けデータの中継する。このため、車車間通信が失敗した MDS 数だけ DRS が割り付けられるため、1フレームあたり4~10のスロットで構成される。

4. 評価

4.1 評価条件

シミュレーション上で想定した環境を以下に示す。

- ・ データ発生はボアソン到着に従い、各車両及び基地局で発生するデータパケットサイズは固定長とする。
- ・ MDS の割り当ては MDS 予約が成功した最上位のキューに含まれる車両から割り当てられるものとする。
- ・ 1フレームあたり最大4スロットの MDS が割り当てられる。
- ・ 1フレームあたり1つの ACTS が割り当てられ、ACTS は6つのデータ予約チャンネル(ACTC)で構成されている。
- ・ 車車間通信の成功確率を車車間通信成功率 Psd と定義する。
- ・ 車両と基地局の通信成功確率を路車間通信成功率 Psi と定義する。
- ・ 車車間通信の場合、基地局がその通信を傍受する確率を基地局傍受率 Pbm と定義する。

測定した評価項目は以下に示す。

- ・ $TDelay(TotalDelay)$ はデータ発生からデータ送信完了までのスロット時間を示したものである。
- ・ $RDelay(ReservationDelay)$ はデータ発生からデータスロット予約完了までのスロット時間を示したものである。
- ・ $TPut(Throughput)$ はシミュレーション中に使用した有効だったデータスロット数/総スロット数で算出したものである。

4.2 評価結果

評価結果を図5~9に示す。

4.2.1 DRVC の性能

図5.6は路車間通信成功率 Psi 、基地局傍受率 Pbm を100%と80%と変化させたときにおける車両数に対する遅延とスループット特性を示す。尚、図5.6ともデータパケットサイズは3(MDS3スロット分)である。

図5では、車車間通信成功率为100%と固定したときにおける遅延とスループット特性を示すものである。図5より路車間通信、基地局傍受率が低下すると遅延が増大しスループットは低下する。これは、基地局から送信されるデータ、例えばFCMSを車両が受信できない場合などはフレーム構成を認識できない。その結果割り付けられたMDSが無駄になり、遅延の増加、スループットの低下を引き起こす。

図6では、車車間通信成功率为50%と固定したときの遅延とスループット特性を示すものである。尚、路車間通信成功率 Psi 、基地局傍受率 Pbm は図5と同様に100%と80%である。図6では、車車間通信が失敗するとスループットの低下に加え、基地局がDRSを割り付けるため1フレームが長くなる。その結果、MDSが割り当てられるまでの待ち時間が増大する。また、路車間通信成功率、基地局傍受率が80%の場合

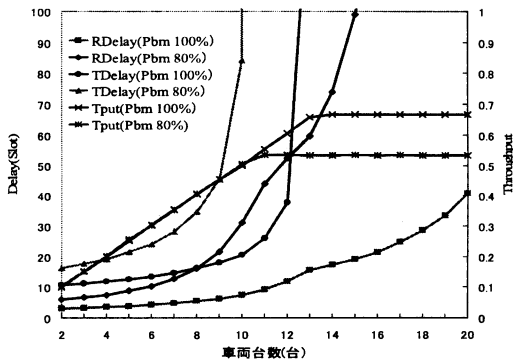


図5 車両台数に対する遅延とスループット特性

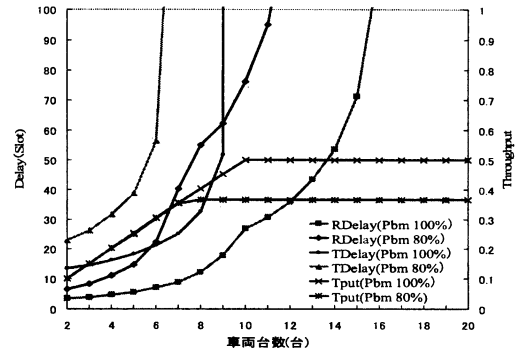


図6 車両台数に対する遅延とスループット特性

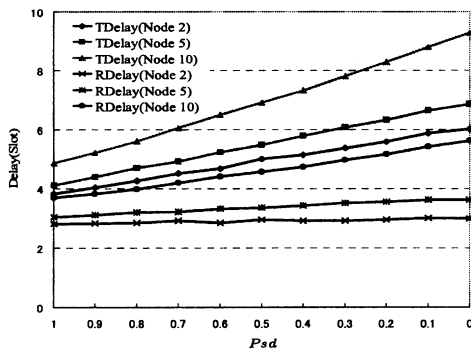


図7 車車間通信成功率に対する遅延特性

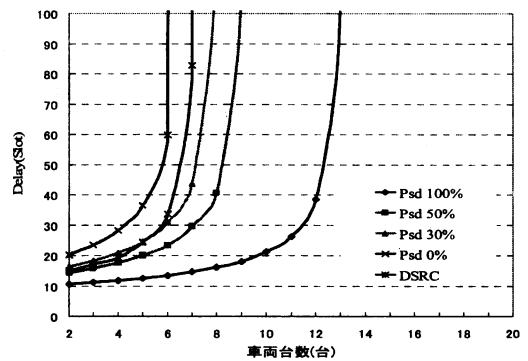


図8 遅延特性

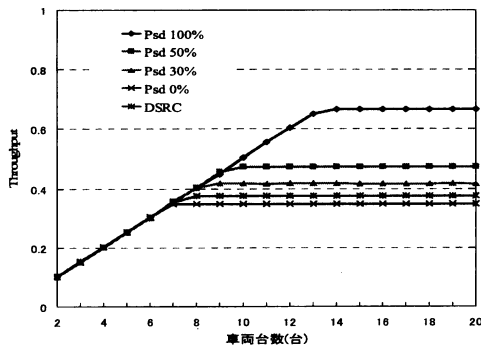


図9 スループット

100%の場合と比べて、図5の場合と同様にフレーム構成を認識できない等の理由により、遅延の増大、スループットの低下を引き起こす。

図5と図6を比較する。DRVCでは車車間通信において基地局がデータを傍受できない場合、基地局によるデータ中継ができない。また、路車間通信が受信できない場合は上記に述べたようにフレーム構成を認識できなくなるという通信の根幹に関わるため、路車間通信成功率、基地局傍受率が80%の場合は100%の場合と比べて性能低下が著しい。このことからDRVCの効果には車車間通信よりも、路車間通信の通信品質の影響が大きいことがわかる。

図7は車両台数を固定し、車車間通信成功率 Ps_d を変化させたときの $TDelay$ と $RDelay$ を示したものである。尚、路車間通信成功率、基地局傍受率は全て100%とし、データパケットサイズを1 (MDS1 分) と固定したものである。図7に示されるように車両台数を変化しても、 $TDelay$ 、 $RDelay$ はあまり変化しない。これは車車間通信が失敗しても、そのフレーム内で基地局がDRSを動的に割り付けデータ中継が行われるためであり、本提案方式のDRVCにより迅速なデータ通信を実現していることがわかる。また、車両台数が10台のときは、 $TDelay$ 、 $RDelay$ とともに車車間通信成功率が下がるにつれて若干増大している。これはDRVCでは可変長フレームを用いており、車両台数が増えるにつれてMDSの割り付け数が増え、データ発生からの各待ち時間が大きくなるためである。

4.2.1 DSRC との比較

図8,9はDSRCとの比較を行った。DSRCは車車間通信を考慮していないが、ここでは評価のため、基地局経由で車両間での通信を行うものとする。また、DRVCにおいては路車間通信成功率为100%、基地局傍受率为80%と固定し、車車間通信成功率为100%、50%、30%、0%と変化させたときの評価結果である。

図8は車両台数における $TDelay$ の性能比較を行っている。これより、DSRCと比較すると、車車間通信成功率が100%、50%のときはDSRCより優れた特性を示している。これは、車車間通信が成功し、基地局中継用スロットを省略した結果である。DSRCでは必ず基地局経由で車両間の通信を行うが、

DRVC では車車間通信が可能のため、車車間通信が成功した場合は基地局による中継を省略することができる。従って、車車間通信が成功する確率が大きくなるにつれて、DRVC は DSRC よりも優れた特性を示す。

しかしながら、車車間通信成功率が 0%, 30% のときは DSRC よりも劣る。これは、基地局傍受率が悪いと基地局によるデータ中継ができないため、次フレームでの再送が多くなるためである。その結果、DSRC よりも性能が劣ってしまう。

図 9 は、車両台数における T_{put} の性能比較を行っている。図より DRVC では車車間通信成功率が 100%, 50% のときは DSRC と比較してスループット特性を改善できることがわかり、車車間通信成功率が 100% の場合、最大スループットはおおよそ 1.8 倍になる。

これは、提案方式では車車間通信成功率が高くなると基地局経由による通信を省略しスロット利用効率を上げることができるからである。しかしながら、車車間通信成功率が低くなるにつれて、その性能は DSRC よりも劣ってしまう。

これも、 $TDelay$ の場合と同じく、基地局によるデータ中継ができず、次フレームでの再送が多くなるためである。

5. あとがき

本稿では、車車間通信と路車間通信を統合するメディアアクセス制御プロトコル DRVC (Direct and Relay protocol for Vehicle Communication) を提案した。DRVC では、主に車車間通信を利用し、信頼性を高めるために車車間通信が失敗した場合、基地局がそのデータを中継する。コンピュータシミュレーションの結果、DSRC より最大スループットは最大でおおよそ 1.8 倍に向上することが示された。また、車車間通信が失敗した場合は基地局中継用スロットにより基地局がデータの中継し迅速なデータ通信が可能になる。

以上、車車間通信と路車間通信を統合するメディアアクセス制御プロトコルの有効性を示した。

ITS 通信では、現状は路車間通信での利用がほとんどであるが、路側機インフラの整備、設置場所には費用面、スペース面から限度がある。路側機インフラの無い場所では、折角車載器搭載車両が近くにあって通信できない。今後、提案した DRVC をベースに、路側機インフラの無い場所でも車車間通信が行える方式を提案し、評価を行う予定である。

謝辞

本研究は、文部省科学研究費 課題番号 143801140 の一部補助を受け遂行されました。ここに深謝致します。

参考文献

- [1] 電波産業会 (ARIB), “狭域通信 (DSRC) システム,” ARIB STD-T75 1.0 版 (2001).
- [2] 平岩賢志, 野明俊道, 坂本敏幸, 志村明俊, 森光正, “DSRC アクセスネットワークの実装及び評価,” 情報処理学会研究報告, 2003-ITS-13(6), pp.39-46, 2003.
- [3] 中村めぐみ, 福井良太郎, 朝倉啓充, 屋代智之, 重野寛, 岡田謙一, “DSRC を用いた路車間通信における可変無

線ゾーン構成の検討,” 情報処理学会研究報告, 2003-ITS-13(5), pp.179-186, 2003.

- [4] T. Iwahashi, Y. Wada and T. Miyoshi, “ITS Multicast Services and their DSRC Network Architecture,” IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2001.
- [5] 徳田清仁, “デモ 2000 協調走行の車々間通信技術,” 電子情報通信学会技術報告, ITS2000-46, 2000.
- [6] 関馨, “車車間通信システムの標準化に関する研究,” (財)自動車走行電子技術協会, 2002.
- [7] 永井深, 長谷川孝明, 永長知孝, 加藤晋, 津川定之, 羽瀨裕真, 村田栄一, 高橋常夫, 徳田清仁, 堀松哲夫, “車車間通信コンセプト/リアレンスモデルに関する検討 (第 2 報),” 情報処理学会研究報告, 2003-ITS-14(13), 2003.
- [8] 松浦克海, 伊藤英明, 田頭茂明, 佐藤健哉, 最所圭三, 福田晃, “Ad Hoc Network での相対位置情報を用いた車車間通信システム,” 情報処理学会研究報告, 2000-MBL-14, 2000.
- [9] 児島史秀, 原田博司, 藤瀬雅行, “車々間通信ネットワークにおける自律分散型パケットルーティングに関する一検討,” 情報処理学会研究報告, 2001-ITS-4-5, pp.25-30, 2001.
- [10] F. Kojima, H. Harada and M. Fujise, “An Autonomous Relay Access Scheme for an Inter-Vehicle Communication Network,” Proc. Of IEEE PIMRC2000, pp.974-978, 2000.
- [11] 屋代智之, 松下 温, “路車間・車々間通信統合 MAC プロトコル: I-WarpII,” 情報処理学会論文誌, Vol. J42, No. 7, pp.1781-1789, 2001.
- [12] 藤村嘉一, 長谷川孝明, “車車間通信・路車間通信協調型 MAC プロトコル,” 2003 電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会, A-17-21, 2003.
- [13] 藤村嘉一, 長谷川孝明, “車車間通信・路車間通信協調型 MAC プロトコル,” 第 2 回 ITS シンポジウム, pp.361-366, 2003.
- [14] Lachlan B. Michael, Shiro Kikuchi, Tomoko Adachi and Masao Nakagawa, “Combined Cellular/Direct Method of Inter-Vehicle Communication,” IVC2000 - Dearborn Michigan, 2000.
- [15] 濱田悠司, 今尾勝崇, 塚本勝俊, 小牧省三, “路車間通信と車車間通信の融合によるシャドウウイング発生率改善手法の一検討,” 情報処理学会研究報告, 2003-ITS-14(5), pp.25-30, 2003.
- [16] 飯田登, 深川周和, 上野洋, 渡辺尚, 水野忠則, “端末間直接通信を考慮した無線多重アクセスプロトコル,” 電子情報通信学会論文誌, B, Vol. J82-B, No. 7, pp.1347-1356, 1999.
- [17] ETSI, “ETSI TS 101 761-2,” <http://www.etsi.org/>, V1. 1. 1, 2000.