

# 車車間通信時における優先送信権を考慮した CSMA/CA の提案

田中 佑一<sup>†</sup> 北野 祐太<sup>‡</sup> 屋代 智之<sup>†</sup>  
<sup>†</sup> 千葉工業大学 <sup>‡</sup> 三井情報株式会社

あらまし：車車間通信では、各車両が周辺の車両と自立的に直接通信を行うことで、インフラがない場所であっても、周辺の交通状況を把握できる。このことから、車車間通信を利用して自動車の安全性の向上を図る研究が行われているが、事故を防止するためには、各車両が周辺車両と周期的な通信を行う必要がある。しかし、この影響で急ブレーキなどの緊急情報を素早く送信できないという問題がある。そこで本稿では、緊急度の高い情報を優先的に伝播する MAC プロトコルを提案する。提案では CSMA/CA を拡張し、緊急情報が発生した車両に優先権を持たせることで、緊急度の高い情報をすばやく伝播させる。また、高速道路を想定したシミュレーションにより、優先送信の遅延時間を評価して、提案プロトコルの有効性を示す。

## A proposal of extended CSMA/CA protocol which considers the priority of transmission on Vehicle to Vehicle Communication

Yuichi Tanaka<sup>†</sup>, Yuta Kitano<sup>‡</sup> and Tomoyuki Yashiro<sup>†</sup>  
<sup>†</sup> Chiba Institute of Technology  
<sup>‡</sup> MITSUI KNOWLEDGE INDUSTRY CO., LTD

Abstract : By using vehicle to vehicle (V2V) communication, each vehicle can communicate with surrounding vehicles directly and autonomously. Therefore each vehicle can recognize the surrounding traffic environment without any infrastructure. By this point, the use of the V2V communication is studied to improve vehicles safety. To avoid traffic accident by using V2V communication, each vehicle must communicate the vehicle's driving information with surrounding vehicles periodically. Since, many packets are generated the emergency information such as hard braking can not be started to disseminate immediately after the incident occurs. In this paper, we propose a priority message delivering MAC protocol to disseminate emergency information in high priority. In this method, we extend CSMA/CA and introduce a priority communication privilege. By the computer simulation which assumes expressway environment, we evaluate the proposed protocol in terms of delay of the priority communication to show the effectiveness of the protocol.

### 1 はじめに

ITS (Intelligent Transport Systems) の分野では、交通事故の減少を目的とした安全運転支援システムが世界中で検討、実験されている。これらのアプリケーションの多くは路上に通信機を設置することを想定している。しかし、全ての道路環境に通信インフラを整備し、展開することは膨大なコストと年月がかかるため、実現が困難である。さらに、事故防止のようなシス

テムには高い信頼性が求められることから、機器に十分なメンテナンスを施す必要もある。これに対し路側機を介さずに、車両と車両で直接通信を行う車車間通信を用いた事故防止アプリケーションが検討されている。車車間通信を想定した事故防止アプリケーションでは、周辺車両の挙動を十分に把握できるように、緯度、経度、進行方向、速度、加速度など、各車両の情報を周期的に周辺の車両に送信する必要がある。この通信には不特定多数の端末に同時に通信を行うブロー

ドキャストの利用が想定されている。また、事故防止アプリケーションで利用する通信方式では、事故に関わるような緊急情報を即座に送信する必要がある。しかし、周期的な車両情報の送信が多い場合、緊急情報が発生した時に即座に通信を開始できない可能性がある。そこで、本論文では緊急度の高い情報を優先的に送信する MAC プロトコルを提案する。特定の車両が優先的に送信を行うことで、他の通信を妨害する可能性も考えられるが、最も重要なことは事故の防止である。本稿ではネットワークの安定性よりも緊急情報の送信を優先する。

## 2 車車間通信の MAC プロトコル

車車間通信の実現に向けて CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)方式や TDMA (Time Division Multiple Access) 方式を拡張した MAC プロトコルが提案されている。

### 2.1 CSMA/CA 方式

CSMA/CA 方式とは、送信を開始する前にキャリアセンスを行い、キャリアセンス中に閾値以上の電波を受信しなかった場合に送信を開始する通信方式である。表 1 に IEEE802.11b のアクセス制御に用いるパラメータを示す。IFS (Inter Frame Space) とは、次のフレームを送信するまでの間隔のことであり、通信を効率的に行うために複数定義されている (図 1)。SIFS (Short IFS) は RTS と CTS などの一連のフレームの間隔、DIFS (DCF IFS) は分散の制御用のフレーム間隔として定義されている。SIFS は他の通信に割り込まれないように時間が最も短く、DIFS は他の通信を妨害しないように SIFS より長く設定されている。*Backoff* は一斉送信による衝突を回避するための時間のことで、*SlotTime* は *Backoff* の算出に用いる固定の時間である。

キャリアセンスを行う時間は式 (1), (2), (3) より

表 1: CSMA/CA のパラメータ

パラメータ	値
SIFS	10 $\mu$ s
DIFS	50 $\mu$ s
SlotTime	20 $\mu$ s
CW MIN	31
CW MAX	1023

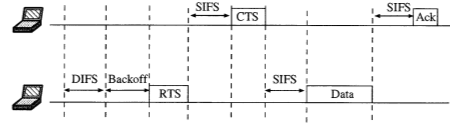


図 1: CSMA/CA の流れ

求める。

$$CarrierSenseTime = DIFS + Backoff \quad (1)$$

$$Backoff = Random() \times SlotTime \quad (2)$$

$$CW = (CWmin + 1) \times 2^n - 1 \quad (3)$$

*Random()* は  $[0, CW]$  範囲の一樣な分布から生成されたランダムな整数値を表しており、*CW* (コンテンションウィンドウ) は最小値が *CWMIN*, 最大値が *CWMAX* の範囲内の整数である。*CW* はフレームの衝突などによる再送ごとに、式 (3) の指数関数 (2 進指数) で増加する。*n* は再送回数で、通信に成功した場合は 0 に戻す。

CSMA/CA ではオプションとして RTS (Request to Send), CTS (Clear to Send) が設定されており、隠れ端末問題に対処している。RTS とは送信要求のことで、RTS を受信した端末は RTS 中に指定されている NAV (Network Allocation Vector) 期間 (通信終了予定時間) まで待機する。RTS を受信した送信先端末は、受信準備完了を意味する CTS を RTS 送信端末に送信する。CTS を受信した RTS 送信端末はデータの送信を開始する。また、RTS と同様に CTS を受信した RTS 送信端末以外の端末も NAV 期間待機する。

CSMA/CA 方式の利用を想定した車車間通信プロトコルには [4, 5] などがある。

#### 2.1.1 車車間通信における非持続型 CSMA プロトコルの提案

文献 [4] では、車両密度に応じてキャリアセンスするまでの待ち時間を車両密度に応じて制御することで、遅延時間の短縮を図っている。コンテンションウィンドウ上限値を式 (4) で制御する。

$$t < T_n < K - \sum_{i=1}^{n-1} T_i - t \quad (4)$$

*t* は 1 データの送信時間、*K* は要求時間、*T<sub>n</sub>* は次のキャリアセンスを行うまでの時間、*T<sub>i</sub>* は再キャリアセ

ンス毎の時間,  $n$  は再キャリアセンス回数を表しており, 通信に成功した場合は 0 に戻る. 要求時間とは最低でも一度通信が成功する必要がある時間である. この結果, 既存の CSMA/CA よりも遅延時間を短縮できることを確認している.

### 2.1.2 リングバッファフラッシング

文献 [5] では, 急ブレーキなどの緊急情報と通常的情報を区別し, フラッシングを行う通信方式を提案している. 通常の送信では OSI 参照モデルの 3 層までがパケットを処理するのに対し, 緊急の場合は 2 層までで処理を終了し送信を行う. 3 層の処理にかかる時間は非常に短いと考えられるが, 中継の度にこの差が発生するため, 長距離の通信では通常の送信に比べ, 緊急情報の伝播スピードは速い. また, 受信した車両 ID ごとにシーケンス番号をリング状のバッファに記録する (図 2). A~G は受信した車両 ID, 下の数字はシーケンス番号を表しており, A の車両情報を 3 回, C, D の車両情報を 2 回受信したことを意味する. また, バッファがいっぱいになった場合はシーケンス番号の古い方から順番に上書きしていく. 受信したデータとリングバッファを比較し, 車両 ID とシーケンス番号が重複していた場合は送信済みと判断し, 送信を控える. これらの処理を行うことで, 緊急情報を優先的に送信し, かつトラフィックを削減することで既存の CSMA/CA に比べ遅延時間を短縮している.

## 2.2 TDMA

TDMA は時間軸を一定時間で分割し, 分割した時間の中で任意の端末一台に送信の権利を与える方式である. ある時間に送信されるパケットは一つになるため, 衝突が発生しにくい. 分割された時間軸をスロットと

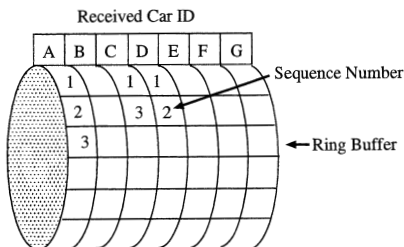


図 2: リングバッファ

呼ぶ. TDMA の利用を想定した車車間通信プロトコルとしては ADHOC MAC[1, 2], 自律分散型 TDMA[3] などがある.

### 2.2.1 ADHOC MAC

文献 [1, 2] では各端末がスロットの予約, 変更を自律的に行い, 隠れ端末による衝突を回避する MAC プロトコルを提案している.  $N$  個のスロットをフレームと呼び, 各端末は各々の送信タイミング (スロット) から遡ったフレーム情報の一つ保持している. 各端末はデータ受信時に保持しているフレーム情報のスロットに ACK を登録し, 受信が行われなかったスロットには NACK を登録する. ここで NACK とは ACK でない状態のことであり, 通常の否定応答ではない.

送信するデータパケットは保持しているフレーム情報, 同期のためのプリアンプル情報, 位置や速度などの情報から構成される. 端末は受信したフレーム情報から, 前回自身が送信したスロットに NACK が一つも登録されていなければ, 隠れ端末による衝突がなかったと判断し, 次のフレームでも同じスロットに予約をする. NACK が含まれていた場合は隠れ端末とスロットの競合, もしくは衝突が発生したと判断し, 自身のフレーム情報と受信フレーム情報を参考に予約がないと考えられるスロットに予約をする. この処理を繰り返し行うことで隠れ端末による衝突を削減している.

### 2.2.2 自律分散型 TDMA プロトコル

ADHOC MAC ではパケット衝突によるエラーしか想定していないため, 受信エラーによるパケット損失が多い移動体無線通信において十分に動作しない可能性がある. その結果, 不要なスロットの変更が発生し, ネットワークの安定性が低下してしまう. そこで自律分散型 TDMA[3] では, ADHOC MAC の ACK, NACK に加えて RTS, FREE を新たに設定することで衝突とパケットエラーを区別し, 不要なスロット変更の少ない通信方式を提案している. 自律分散型 TDMA ではフレーム情報として, 受信に失敗したスロットには NACK, 衝突が検出されたスロットには RTS, その他 (空中電力線が検出されなかった場合) は FREE をフレームに登録し送信する. 自身が送信したスロットに対し, 受信したフレーム情報から RTS が一つも検出されなければ, 衝突がなかったと判断して ADHOC MAC と同様の手法でスロットを予約する. 検出された場合, もしくは新規にネットワークにアクセスする場合は自身のフレーム情報および受信したフレーム情報から,

FREE が登録されているスロットに予約する。これらの処理を繰り返し行うことで、隠れ端末問題の回避機能を維持したまま受信エラーが頻繁に発生する環境において安定した動作を可能としている。

## 2.3 TDMA と CSMA/CA の比較

事故防止アプリケーションを想定した通信方式では、事故に直結する緊急情報を即座に送信できる必要がある。

TDMA はスロット予約型プロトコルのため、パケット衝突を回避した通信が可能となる。さらに、自律分散型 TDMA では衝突によるエラーと受信エラーを区別しており、不要なスロット変更を削減することで安定した通信を行うことができる。しかし、車両密度が高い場合にはスロットが全て予約されている可能性があり、送信の権利自体を得られないことが考えられる。また、周辺の端末とスロットの同期をどのようにとるかなど、解決すべき問題がある。さらに、交通状況の急激な変化はいつ発生するのか予測が困難であり、スロット予約型のプロトコルでは柔軟に対応することが困難である。

逆に、CSMA/CA はフレームなどを用いた車両間の送信タイミングの同期を行わずに、キャリアセンスによる周囲の電波状況のみを考慮して通信を行う。そのため、車両の加入、離脱などによるネットワークポロジの変化に柔軟に対応することができる。しかし、車両密度が高い場合や通信頻度が高い場合にキャリアセンスに要する時間が増加する傾向にある。そのため、送信待ちの状態が長時間発生する可能性がある。

このことから TDMA は隠れ端末問題に強く、CSMA/CA はネットワークポロジの変化に強いといえる。緊急情報の通信には交通状況の変化に伴うネットワークポロジの変化に柔軟に対応できる方が望ましいので、CSMA/CA の方が適しているといえる。しかし、文献 [4] では緊急情報を優先的に送信する仕組みがない。リングバッファフラッディングでは優先的に送信する仕組みはあるが、ホップ数が少ない場合は効果が薄い。

これらのことを踏まえた上で、第3章で CSMA/CA を基に緊急情報を優先的に送信可能な MAC プロトコルを提案する。

## 3 優先権を考慮した CSMA/CA の提案

2.3 節で述べたように、CSMA/CA はネットワークポロジの変化に強く柔軟性に優れていることから、緊急情報の送信に適した通信方式である。しかし、キャリアセンスに要する時間がランダムなため、必ずしも緊急情報を優先して送信できるとは限らない。これに対し緊急情報を保持している車両に優先的に送信する権利を与えることで、緊急情報を即座に送信する通信方式を提案する。本稿ではこの権利を優先送信権と呼ぶ。

優先送信権を保持した車両は、他の車両に先駆けて送信を開始するため、他の車両は送信の機会を奪われることになる。しかし、本提案は事故防止を目的としているためその影響はここではあまり考慮しない。また、事故に関わるような情報は頻繁に発生しないと考えられるので、優先送信権を用いた通信はきわめて稀である。そのため、優先送信権同士による衝突はほぼ発生しないと考えられる。

### 3.1 優先送信権

CSMA/CA では、キャリアセンス時間をランダムに決定している。これにより、各車両は通信の機会を平等に得ることができる。しかし、このままでは緊急情報と通常の情報も平等に扱うことになる。また、図1にあるようにキャリアセンス以外の通信プロセスにおけるフレーム間隔は常に一定である。このことから、優先送信権のキャリアセンス時間を短く設定することで、他の車両よりも通信の機会を早く得られるはずである。そこで優先送信権のキャリアセンスに用いる時間を新しく設定する。

IEEE802.11b ではフレーム送信間隔として表1の SIFS, DIFS に加え、PIFS (PCF IFS) が定義されている。PIFS はポーリング用フレーム間隔のことで、定義されている時間は  $30\mu\text{s}$  である。SIFS, DIFS, PIFS の中で SIFS が最もフレーム送信間隔が短く優先権が最も高いといえる。しかし、SIFS は RTS と CTS, データ送信と ACK などのフレーム間隔に使用するため、SIFS をキャリアセンス時間に設定してしまうと衝突が発生し、周囲の通信を妨害する可能性が高い。このことから優先送信権のキャリアセンス時間は SIFS の次にフレーム送信間隔が大きく、DIFS よりも小さい PIFS 時間とする。これにより、優先送信権を保持している車両は優先的に送信を開始できると考えられる。



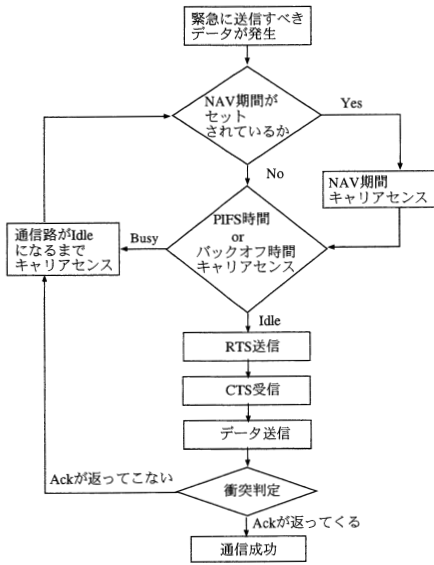


図 3: 優先送信権の送信フロー

### 3.2 再送時の動作

3.1 節で優先送信権のキャリアセンス時間を PIFS と設定した。しかし、キャリアセンスの時間を PIFS に固定してしまうと、優先送信権が一箇所に集中して発生した場合、RTS が毎回衝突してしまう。そこで、衝突が発生し、再キャリアセンスする場合には、PIFS ではなく別の時間を設定する必要がある。また、同時送信を防ぐために、再キャリアセンスの時間は固定ではなくランダムに決定される必要がある。従来の CSMA/CA ではキャリアセンスの時間を  $DIFS + Backoff$  で決定しているため、優先送信権の再送に用いるキャリアセンス時間は  $DIFS + Backoff$  よりも短く、かつランダムな時間でなければならない。そこで優先送信権の再送に用いるキャリアセンス時間は  $DIFS$  を省略した  $Backoff$  のみとした。また、優先送信権は再送によるコンテンションウィンドウの拡大を行わないこととする。これにより、衝突が発生し、再送が頻繁に起きるような環境下においても、優先送信権の優位性を保つことができると考えられる。図 3 に優先送信権の通信フローを示す。

### 3.3 優先送信権の発生条件

本提案では、緊急情報が発生した車両に優先送信権を与える。しかし、急ブレーキなどの緊急事態は一箇所で集中して発生すると考えられる。一回の緊急事態で複数の車両が同一の情報を優先的に送信するのは効率が悪いので、他車両の緊急情報を受信した車両は自車両の優先送信権を消滅させることによって、優先送信権同士の衝突を回避し、一回の通信で緊急情報を伝播させる。

### 3.4 車車間通信における RTS・CTS

本論文で提案するようなブロードキャストでは、CSMA/CA 標準の RTS, CTS をそのまま利用することはできない。これは RTS を受信した車両が一斉に CTS を送信してしまい、CTS 同士が常に衝突するからである。従来の CSMA/CA では RTS 送信車両が CTS を受信できなかった場合、RTS 送信車両は通信路が BUSY であると判断し再キャリアセンスを行う。つまり、通信範囲内に車両が 2 台以上いる場合は CTS が衝突するため通信が行えないということになる。衝突を回避するためには CTS を送信する車両を一台に限定する必要がある。そこで RTS の送信フレームに CTS を送信する車両 ID を付加し送信することにする。また付加する車両 ID は自車両と同一方向に進行している後方車両とする。図 4 は車両 A が通信する場合の RTS (左) と CTS (右) の流れを示したものである。まず、車両 A が RTS を送信する。このとき RTS の送信フレームに後方車両である車両 B の ID が書き込まれているとする。RTS を受信した車両 B, C, D は NAV 期間待機するが、受信した RTS フレームに書き込まれている車両 ID が自車両 ID と同じ場合は CTS を送信する。図 4 では指名されている車両 B が CTS を送信している。RTS 送信車両が CTS を受信できなかった場合は従来の CSMA/CA と同様に再キャリアセンスを行う。

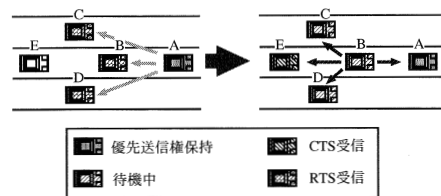


図 4: 車車間通信の RTS・CTS

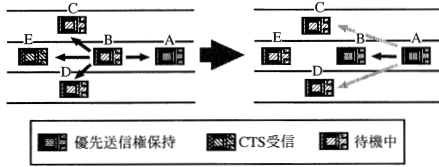


図 5: 優先送信権の移動

### 3.5 優先送信権の移動

優先送信権が移動する様子を図5に示す。優先送信権を用いた通信を行う場合には緊急情報に優先送信権を付加し、CTSを送信してきた車両に優先送信権を移動させる。図5では車両BがCTSを送信しているため、車両Bに優先送信権を移動させる。新たに優先送信権を得た後方車両が、再度優先的に通信を行うことで、緊急度の高い情報を迅速に伝えていくことができる。

## 4 シミュレーション条件と評価

### 4.1 想定環境と前提条件

交通事故において速度と事故の規模は関連性が高いと考えられることから、道路環境として一般道より制限速度の高い高速道路を想定した。また、車両の速度は車線ごとに一定にした。次に前提条件として全車両はIEEE802.11bの通信機を搭載し、GPSによる位置検出が行えることとした。

### 4.2 優先送信権の評価

独自に作成したシミュレーションにより優先送信の遅延時間について評価する。シミュレーションではデータサイズ、送信間隔、車両密度を変化させて優先送信権を用いた緊急情報の遅延時間(ED: Emergency Delay)、緊急情報以外の車両情報の遅延時間(ND: Normal Delay)、従来のCSMA/CAを用いた場合の遅延時間(CD: CSMA/CA Delay)についてそれぞれ評価した。EDがNDとCDより短ければ、緊急度の高い情報を優先的に伝播できたといえる。シミュレーション条件を表2に示す。データサイズは緊急情報と車両情報の情報量を表し、緊急情報は通信毎に5%の確率で発生させた。また、優先送信権は3ホップで消滅させた。

本提案は車車間通信時における緊急情報の遅延時間の削減を行うものである。目標値を3ホップでの優先送

表 2: 優先送信権のシミュレーション条件

パラメータ	値
シミュレーション範囲	1km/車線
車線数	片側3車線, 双方向
車両密度	15台/車線
車両速度	80~100km/h
通信方式	IEEE802.11b
通信範囲	100m
通信速度	2Mbps
通信間隔	100ms
データサイズ	100bytes
緊急情報発生率	5%

信権の遅延時間の95%値が100ms以下とした。95%値とは最小遅延時間からみて累積分布が95%にあたる遅延時間を表す。残りの5%を含めてしまうと分布の分散が大きくなり、提案の評価が困難になるため本稿では95%値で評価する。

### 4.3 遅延時間の分布と95%値

シミュレーションを行った結果を図6, 図7に示す。図6はCD, ND, EDの3ホップにかかる遅延時間の分布と平均遅延時間である。横軸は遅延時間、縦軸は割合、縦線は平均遅延時間を示す。図7はホップ数ごとの遅延時間の95%値と平均遅延時間を示したものである。横軸はホップ数、縦軸は遅延時間を示す。図7からCD, ND, EDの平均遅延時間は10ms以下の値を示しており、大きな差は見られない。しかし、図7のND(95%値), CD(95%値)はホップ数が増加するに従い、大きく増加しているのがわかる。それに対しED(95%値)の増加率が小さい。図6と図7の結果より、優先送信権は送信待機になることが少なく、安定して緊急度の高い情報を優先的に送信、伝播していることがわかる。また、NDとCDに大きな差がないことから、優先送信権が他の通信に与える影響は少ないといえる。

### 4.4 データサイズによる遅延時間の影響

図8は車両情報と緊急情報のデータサイズを50~300bytesで変化させた結果である。横軸はデータサイズ、縦軸は遅延時間を示す。図8からND(95%値), CD(95%値)はデータサイズが増加するに従い値が大きく伸びていることがわかる。また、ED(95%値)も多少ではあるが遅延時間が伸びている。これはデータ

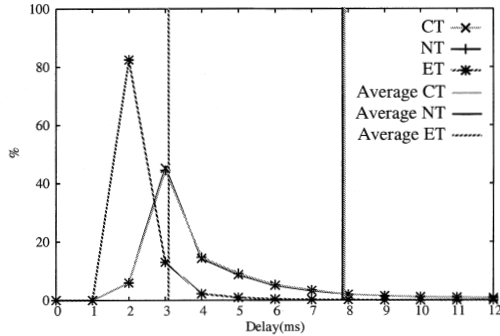


図 6: 遅延時間の分布と平均遅延時間

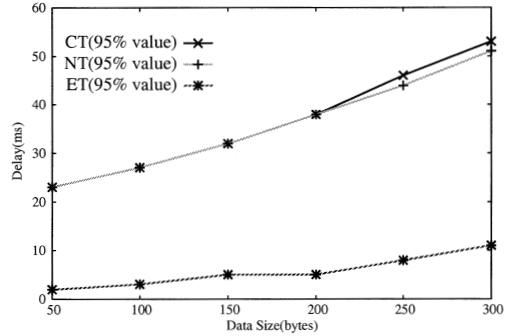


図 8: データサイズと遅延時間

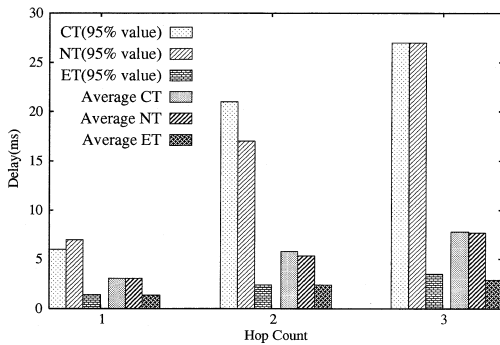


図 7: 遅延時間の 95%値と平均遅延時間

サイズが大きくなったことで送信にかかる時間自体が長くなったためだと考えられる。また、データサイズが増加しても ND (95%値), CD (95%値) の遅延時間に大きな差がないことから、データサイズが変化しても優先送信権が他の通信に与える影響は小さいことがわかる。

#### 4.5 車両密度による遅延時間の影響

図9は車両密度を 10~25 台/車線に変更した結果である。横軸は車両密度、縦軸は遅延時間を示す。図9から ND (95%値), CD (95%値) は車両密度が増加するに従い値が大きくなっていることがわかる。これは、車両密度が高くなったことで送信待機が頻繁に発生したためだと考えられる。一方、ED はほぼ一定の値を示しており、車両が増加しても周辺の車両の通信より

も優先して送信を開始していることがわかる。さらに、車両密度が変化しても ND (95%値), CD (95%値) の遅延時間に大きな差がないことから、車両密度が変化しても優先送信権が他の通信に与える影響は小さいことがわかる。

#### 4.6 送信周期による遅延時間の影響

図10は送信周期を 20~100ms を変化させた結果である。横軸は送信周期、縦軸は遅延時間を示す。図10から ND (95%値), CD (95%値) は送信周期を短くするに従い、値が伸びていることがわかる。それに対し ED (95%値) はほぼ一定の値を示しており、送信周期が短く通信が頻繁に行われるような環境でも低遅延で情報を伝播できていることがわかる。さらに、送信周期が変化しても ND (95%値), CD (95%値) に大きな差がないことから、送信周期が変化しても優先送信権が他の通信に与える影響は小さいことがわかる。

#### 4.7 考察

データサイズ、車両密度、送信間隔を増減させて優先送信権の遅延時間を評価した。結果からデータサイズ、車両密度、送信間隔の変化に伴い優先送信権の遅延時間は多少増加しているものの、大きな変化はなくほぼ一定の値を示した。また、従来の CSMA/CA に比べ大きく遅延時間を短縮することができた。どの結果も優先送信権を用いた通信は目標値とした 100ms の十分の一程度の遅延時間に抑えることができた。さらに、どの結果からも ND (95%値) と CD (95%値) に大きな差がなかったことから、優先送信権が他の通信に及ぼす影響は極めて小さいことがわかった。以上のこと

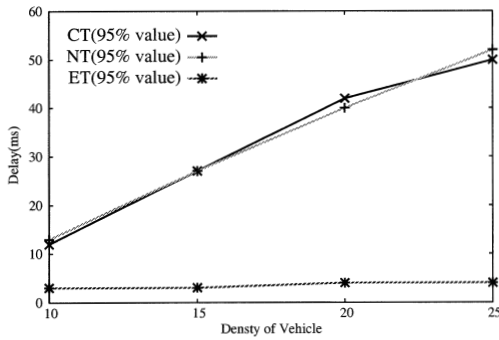


図 9: 車両密度と遅延時間

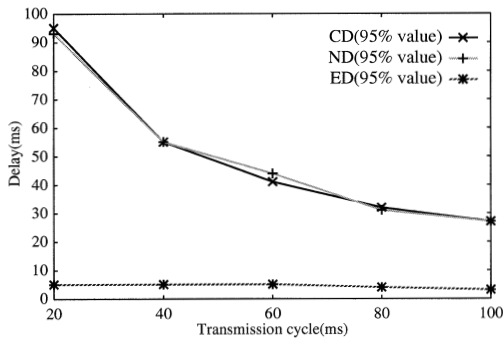


図 10: 送信周期と遅延時間

から、優先送信権は緊急情報を環境に左右されずに低遅延で伝播することが可能な通信方式であることが示されたといえる。

## 5 まとめ

本稿では、無線 LAN の MAC プロトコルとして規格されている CSMA/CA を拡張し、車車間通信の環境において緊急度の高い情報が発生した車両のキャリアセンス時間を短縮することで低遅延で送信を行う通信方式を提案した。提案方式を用いた緊急情報の遅延時間は従来の CSMA/CA 方式から大幅に短縮されており、緊急度の高い情報を優先的に送信していることが確認できた。さらに、緊急情報の発生率を 5% と高めに設定して評価した結果、優先送信権が他の通信に大きな影響を及ぼしていないことを確認した。このことから車

両情報を頻繁に送信するような環境や、データサイズが大きい環境でも、緊急度の高い情報を優先的に送信可能であり、事故の防止を想定したアプリケーションにおいて提案方式は有効であるといえる。また、本方式は緊急時以外の通信には既存の CSMA/CS 方式と同様に動作することに加え、OSI 参照モデルの第 2 層に限定した提案であるため他の層に影響を及ぼすことなく、大幅な変更を必要とせずに実装が可能である。

## 参考文献

- [1] Borgonovo, F., Capone, A., Cean, M. and Featta, L.: ADHOC MAC : New MAC Architecture for Ad Hoc Networks Providing Efficient and Reliable Point-to-Point and Broadcast<sup>o</sup>, Wirress Networks, Vol.10 No.4, pp.359-366 (2004).
- [2] Borgonovo, F., Capone, A., Cean, M. and Featta, L.: Impact of User Mobility on the Broadcast Service Efficiency of the ADHOC MAC Protocol, IEEE Vehicular Technology Conference, VTC Spring (2005).
- [3] 牧戸知史, 鈴木徳祥, 原田知育, 松村潤哉:リアルタイム車車間通信のための自律分散型 TDMA プロトコル, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.7, pp.2257-2266 (2007).
- [4] 田代裕和, 土橋健太郎, 高橋健志, 浅谷耕一, 富永英義:車車間通信における非持続型 CSMA プロトコルの提案, 電子情報通信学会技術研究報告, MoMuC2005 Vol.105 No.80 pp.43-46 (2005).
- [5] Satoko Itoya, Jun Hasegawa, Shinya Suehiro, Yoshihisa Kondo, Peter, Davis, Naoto Kadowaki, Sadao Obana : FAST INFORMATION SHARING IN INTER-VEHICULAR NETWORKS<sup>o</sup>, 14th WORLD CONGRESS ON INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS Beijing (2007).