

車車間 Ad-hoc ネットワークにおける 動的通信制御手法

田代 裕和[†] , 土橋 健太郎[†] , 富永 英義[†]

[†] 早稲田大学大学院国際情報通信研究科

無線通信の広帯域化やセンサ技術の高度化に伴い、更なる発展が求められる ITS、その中でも車車間通信において様々なアプリケーション・サービスの出現が予想される。一方で限られた周波数・帯域を有効活用するため、各アプリケーション・サービスの要求条件・優先度に応じた Media Access Control、特に緊急度の高い情報を配信する必要性が生じた際に、該当地域内の Ad-hoc ネットワークを端末間でいかに制御し、本情報を要求されるエリアに、要求される時間内に確実に配信するかを考慮する必要がある。そこで本稿では、緊急性の高い情報を配信する必要に迫られた車両は情報に緊急度や優先を希望する時間を埋め込み、周辺車両と連携し、必要に応じて動的に QoS 制御を行う手法を提案する。そして、実際の道路と緊急情報が突然発生するシーンを想定したコンピュータシミュレーションにより、実現可能性について言及する。

Dynamic QoS Control Scheme for Inter-Vehicle Communications

Hirokazu TASHIRO[†] kentaro DOBASHI[†] Hidesyoshi TOMINAGA[†]

[†] Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, Waseda University, Japan

Recently, Intelligent Transportation System (ITS) is obtaining a grip on reality thanks to the huge development of radio communication technologies and sensor technologies. Inter-vehicle communication is required to be adaptive to the each requirement of various application. In this paper, we propose a dynamic QoS control scheme for inter-vehicle communications that reduces the delay and forms reliable vehicle networks. Finally, simulation evaluates the proposed scheme from the viewpoint of average access delay and clarifies the effectiveness of the proposed scheme.

1 はじめに

近年、自動料金収受システム (Electronic Toll Collection :ETC) などの高度道路交通システム (Intelligent Transportation System : ITS) 技術に関するサービス・アプリケーションが全世界で実現されつつある。ITS の一つのアプローチとして車車間通信が挙げられるが、本稿では車車間 Ad-hoc ネットワークにおける、様々なアプリケーションの異なる優先度・緊急度に応じた動的な QoS 通信制御

の提案を行う。

無線通信の広帯域化やセンサ技術の高度化に伴い、ITS・車車間通信分野において様々なアプリケーション・サービスの出現が予想される。一方で限られた周波数・帯域を有効活用するためには、各アプリケーション・サービスの要求条件・優先度に応じた Media Access Control、特に緊急度の高い情報を配信する必要性が生じた際に、該当地域内の Ad-hoc ネットワークを端末間で制御し、本

情報を要求されるエリアに、要求される時間内に確実に配信することを考慮する必要がある。

従来の Ad-hoc ネットワークの QoS 制御手法として、無線 LAN802.11 の DCF(Distributed Coordination Function) 方式の改良等があるが、衝突防止など緊急情報に対する保証は実現されていない。また、ルーティングテーブルや予約型プロトコルを用いた提案も複数されているが、各端末の自律的な高速移動という ITS 固有の特徴への考慮が十分ではない。

そこで本稿では、端末の高速かつ自律的な移動が前提となる車車間 Ad-hoc ネットワークにおいて、緊急情報など優先度の高い情報を確実に送信することを目的とした、動的 QoS 通信制御の提案を行う。

2 車車間通信と QoS

まず本稿において研究課題とする車車間通信についての定義を確認しておく。本稿では、電波ミラーなどを介した車路車間通信は除き、高速かつ自律的に移動する車と車のみで直接通信する場合のみを「車車間通信」と定義する。つまり、車車間で Ad-hoc ネットワークを形成するわけで、基地局・集中管理局の存在を前提とせず、車両のみで自律分散型のネットワークを構成する。

本分野では、高速無線 LAN 技術や Ad-hoc ネットワーク技術等無線通信技術の発達、そして小型カメラなどのセンサー技術の発展、更には利便性・安全性向上への高まる需要に対して、快適な運転を支援するサービスや安全運転支援サービスなど、より多くのアプリケーション・サービスの出現が予想される。一方で、こうした各アプリケーションはそれぞれ異なる要求条件を持つ。考えられる要求条件として、以下の軸が挙げられる。

- 品質、信頼性の程度
緊急情報か Best Effort 型アプリケーションか。またアプリケーションによっては、近い車両からの情報ほど差し迫っており、重要となることも考えられる。
- 通信リンク確率時間、リアルタイム性
- 必要な情報量
- 求められる通信エリア
hop 数、有効時間、距離(エリア)、方向

- オンデマンド配信か常時配信か
- 通信相手は特定か非特定か
- 周囲車両の位置把握やルーティングの必要性
- 双方向通信か片方向通信か
- データ秘匿性への考慮に対する必要性

例えば、カーブ先に渋滞や障害物などを認識し、後続車両へ危険を緊急に告知するアプリケーションでは、求められるリアルタイム性は非常に高い一方で、必要な情報量は小さいと考えられる。必要エリアは該当カーブに差し掛かる道路内であり、必要時に偶発的に通信が開始される片方向通信のアプリケーションである。通信相手はその瞬間に該当地域に存在する非特定車両であるため、ルーティング・秘匿性という概念は存在しないアプリケーションである。このように、各アプリケーションには各々異なる要求条件が存在し、優先度・緊急度も異なる。そして、車車間通信を用いて安全運転支援を実現させるためには、安全に関わり緊急性の高いアプリケーションのトラフィックを即必要とされる場所に存在する全車両へ確実に送信する必要がある。つまり、車車間通信のプロトコルは、様々なアプリケーション・サービスが混在する該当地域内の Ad-hoc ネットワークを端末間で制御し、緊急性の高い情報を要求されるエリアに、要求される時間内に確実に配信する機能を具備する必要がある。

車車間通信プロトコルとして従来研究されている MAC(Media Access Control) プロトコルは、CSMA など Contention 型プロトコルと、TDMA や CDMA などの予約型プロトコルに大別できる。予約型プロトコルではスロットスケジューラーとしての機能を持つ中央管理局や同期が必要であること、車車間通信では端末やネットワーク自体の高速移動性やネットワーク構成車両の急激な変化が起こりうること、そして各アプリケーション・通信要求がいつ発生するか定まらないことを考慮すると、Contention 型プロトコルが適していると考えられる。Contention 型プロトコルを使用した車車間 Ad-hoc ネットワークでは、集中管理局の存在を前提としない環境下で全ての車両が同一無線通信メディアを共有・競合するので、各車がいかにメディアにアクセスするかを制御し、パケット衝

突・遅延を削減するかという課題に対処する必要がある。例えば、周辺車両数が多い場合に全車両が短時間周期で自車情報パケットやマルチホップパケットを送信すると、オーバーヘッド・通信トラフィック量が増大し、通信チャネルが圧迫される (Broadcast Storm 問題¹⁾)。緊急度が高い安全運転支援情報を送信する必要がある場合にこうした課題に対処するためには、MAC 層での制御、例えば情報に対する優先度付けと送信待ち時間の制御、緊急情報など優先度の高い情報の通信チャネルへの割り込みの仕組みなどを設ける必要があると考えられる。

3 Multi-priority トラフィックに対する QoS 通信制御

本章では、従来提案されてきた一般の Ad-hoc ネットワークにおける QoS 制御手法と ITS 分野で提案されている QoS 制御手法について述べる。

3.1 MANET における QoS 制御

Ad-hoc ネットワークにおける QoS 制御手法として、IEEE802.11 を改良した手法が複数提案されている。例えば、Deng 氏らは IEEE802.11 の DCF を改良した手法を提案している²⁾。本手法では、アプリケーションの優先度を考慮し、高優先度が与えられた端末は短い Contention Window (CW) を利用し、優先度が低い端末は長い CW を利用する。具体的には、優先度を 2 クラスに分け、優先度の高いフローは CW の前半部を使用し、優先度の低いフローは CW の後半部を利用する。また、IEEE802.11 を基にしているため ACK を用いた衝突検知が可能であるが、衝突が起きた場合に優先度の高い端末へアドバンテージを持たせることも提案している。その他にも、Contention Phase で RTS(Request To Send) や RACK(RTS-Acknowledgment) に優先度を加えて各端末が送信することで周辺車両と情報交換し、競合エリアに存在する各フローの優先度を認識し、Data Phase にデータを送信する手法も提案されている³⁾。

また 2005 年 10 月には IEEE にて、無線 LAN IEEE802.11a や IEEE802.11b との互換性を保ちながら優先制御型の QoS サポートを追加した IEEE802.11e^{4, 5)} の標準化が確定した。IEEE802.11e では、4 種類のトラフィック・クラスを定義することでデータ送信時にパケットの優

先順位付けが可能となり、4 種類のクラス (Voice Data, Video Data, Best Effort Data, Background Traffic) はそれぞれ別の待ち行列 (キュー) を持つ。そして、従来から規定されている CSMA/CA を拡張したアクセス制御により、フレーム送信間隔、バックオフタイム、TXOP(排他的に利用できる時間) を制御し、Voice Data の伝送を最優先し、次に Video Data を優先するという具合に対応することが可能となる。しかし、緊急情報など優先度が極めて高いトラフィックに対する保証は実現していない。また、上記の CW の制御による QoS 制御手法では、優先度の高いフローが存在しない場合にも、優先度の低いフローは長い待ち時間を課せられ、システム全体のスループットが低下するという課題が残る。

3.2 ITS・車車間通信における QoS 制御

ITS、特に車車間通信という分野で様々なアプリケーションの要求条件に対応するための QoS 制御を考慮する場合は、端末 (車両) の高速かつ自律的な移動性などを考慮した上で、各アプリケーションの優先度・緊急度を考慮する必要がある。特に、カーブ先での衝突防止情報など緊急を要する情報配信の場合には、車両間 TV 電話等の低優先度アプリケーションを制御してでも確実に要求される時間内に配信しなければならない。そこで課題となるのは、偶発的に発生する高優先度トラフィックがいかにか既に使用されている共有チャネルへ優先的にアクセスし、要求されるエリアの車両に確実に配信させるかという点である。更に、マルチホップ配信を必要とする際には、Broadcast Storm 問題¹⁾に対処するため受信・中継端末での制御も必要となる。つまり、周囲の交通状況や通信環境によって、他のアプリケーション・通信の抑制や停止等を検討する必要があると考えられる。以下、ITS・車車間通信における QoS 制御について従来提案されてきた手法を紹介する。

緊急情報など優先度の高い情報を優先的に送信するための手法として、Pal 氏らが提案する ES-DCF⁶⁾ では、緊急度が高いメッセージほど短い channel-free-wait-time¹ を課し、またパケット衝突時にはより優先度の高い局ほど長い Black Burst (BB) 信号⁷⁾ を送信することで優先的な通信を提

¹ 通信を開始するまでにチャネルを聞き続けなければならない時間

供する。また、Xia 氏ら⁸⁾は路車間通信向けの QoS 制御手法であるが、IEEE802.11e に採用された Enhanced DCF(EDCF) を用いて様々な要求条件、特に異なる最低要求遅延に対応するため、カテゴリを

1. 遅延に対しては厳しいが帯域要求は厳しくないリアルタイム交通状況データ
2. 遅延に対しては厳しいが帯域要求は厳しくない音声データ（電話や娯楽用デジタル音声放送など）
3. 低遅延も要求するが極めて広い帯域を必要とするビデオデータ（車内娯楽サービスや商用車両のビデオ監視など）
4. 遅延に対して寛容な一般データ（e-mail, Web browsing, 地図のダウンロードなど）

の 4 つに分け、EDCF を用いることで一般的な DCF と比較して QoS 制御が実現されることを示した。しかし、上記 2 手法は緊急情報など優先度が極めて高い情報配信に対しての保証は実現していない。そして 2005 年には Yang 氏ら⁹⁾が、車車間通信において高優先度情報の配信保証を実現するために、バックオフタイムを 4 分割し前半から順に高優先度パケットが使用する点と、受信車両が一つのデータを受信するごとに周辺の高優先度局に送信意思があるかをポーリングして問い、高優先度トラフィックがなければ Contention モードへ移行するという手法を提案した。しかし本手法では、CW を分割・固定するため、高優先度トラフィックが存在しない場合の低優先度トラフィックの遅延が冗長で、チャンネルの利用効率が低下するという課題が残る。

4 提案手法

そこで本章では、高速かつ自律的な端末移動性とネットワーク構成車両の頻繁な変化など車車間 Ad-hoc ネットワーク特有の特徴を考慮した上で、様々な優先度を持ったアプリケーションの混在状況における動的な QoS 通信制御手法を提案する。具体的には、車両ではなく送信するトラフィックに優先度付けを行い、衝突防止情報配信など緊急度の高いアプリケーションが生じた際にのみ、Ad-hoc ネットワークを形成する車両間のみで通信環境と各トラフィックの優先度に応じた QoS 制御を行い、緊急性の高いアプリケーションの情報を要求され

るエリアに要求時間内に確実に通信を行うことを目的とした手法を提案する。つまり本提案手法では、必要に応じて動的な QoS 制御を行うので、緊急度の高いアプリケーションが存在しない場合は、Best Effort 型通信のスループットを低下させることはない。

4.1 トラフィックに対する優先度付けと QoS 制御

本提案手法では、優先権を特定の車両へ固定するのではなく、必要時に各車両がトラフィックに対して優先度付けを行う。これは、衝突防止情報や路面注意情報がいつ、どこで、どの車両が認識するかは特定できないという考慮からである。優先度のクラス分けとしては、例えば IEEE802.11e の EDCF では優先度を Voice, Video, Best Effort, Background の 4 つのアクセスカテゴリーに分類しているが、我々の目的は、緊急情報配信など極めて高い優先度を持つ通信を、グループ車両間の TV 電話の Video データや音声データなど緊急を要しない通信と差別化し、QoS 制御することである。そこで本稿では、緊急を要する通信のクラスと Best Effort 型通信の 2 クラスの優先度付けをトラフィックへ割り当てる QoS 通信制御手法を提案する。本稿では触れないが、本手法を用いた場合も、Best Effort 型通信クラス内において、IEEE802.11e に見られるような QoS 制御を行うことも当然考えられる。

上記優先度付けに加え、本提案手法では、緊急情報などトラフィックが配信・持続される必要がある時間と、必要となる物理的な範囲、さらには送信を希望するデータの情報量をメッセージへ埋め込む。将来は GPS の高精度化や道路側からの位置情報配信も考えられ、自車の走行状況も考慮し、各車両は自車の位置を高精度に把握可能であると考えられる。そこで例えば、カーブ先の渋滞を察知し、後続車両へ緊急に情報を配信する必要性を認識した車両は、現在の自車位置と走行してきた記録より本緊急情報を配信する必要がある時間とエリアをメッセージに埋め込み、本メッセージを発信する。また、例えば災害地における被災状況を該当地に存在する車両からリアルタイムに後方へ動画配信するアプリケーションなどでは、送信車両から送信するデータの情報量は大きく、共有チャンネルに与える影響は小データに比べて大きくなる。そこで、本提案手法では送信車両は以後希望する情

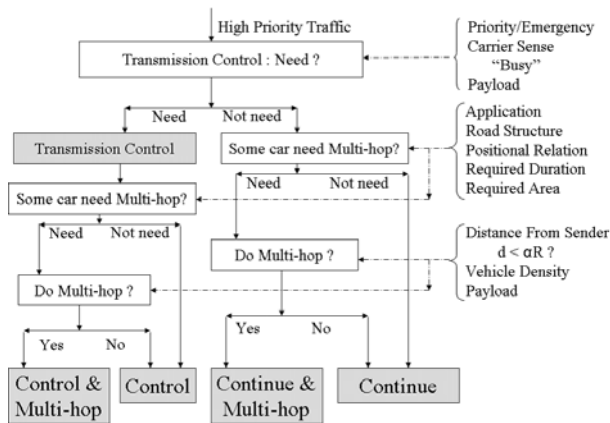


図 1: 受信・中継車両における QoS 制御

報量（ペイロード長）をもメッセージへ埋め込む。

こうして偶発的に発生し、QoS 制御機能を具備されたトラフィックは、周辺車両との共有チャンネルにおいて適切に送信を実現される必要がある。周辺車両の密度が低い場合などチャンネルのアイドル状況が多い環境下では送信を成功させることは容易と考えられるが、一方で車両密度が高い環境などチャンネル負荷が高い場合は周辺車両の通信を制御し、優先的に共有チャンネルへ割り込む必要がある。そこで、緊急情報など優先度の高いデータを送信する必要がある車両は、通信環境に応じて BB 信号によるチャンネル妨害・割り込みと最短のフレーム送信間隔やバックオフ・メカニズムを使用し、短時間でのメディアアクセスを実現するための送信制御を行うことも考えられる。

4.2 受信・中継車両における QoS 制御

本提案手法では緊急性の高いデータを受信した車両において、周辺車両と構成する Ad-hoc ネットワークの QoS 制御を行う。受信・中継車両における QoS 制御のフローを図 1 に示す。

受信・中継車両車両では、

1. アプリケーション・サービス
2. 自車の位置・道路構造
3. 周囲の状況（周辺の車両密度）

4. 本データの送信車両との距離・位置関係

5. 受信したマルチホップメッセージの送信車両との距離・位置関係

6. パケットに埋め込まれた優先度

7. パケットに埋め込まれた要求持続時間

8. パケットに埋め込まれた要求エリア

9. パケットに埋め込まれた希望する送信情報量（ペイロード長）

といった変数に基づき、マルチホップ送信・自車の通信を MAC レベルで制御する。まず、緊急衝突防止情報など優先度の高いトラフィックを受信した場合は、本トラフィックを送信している車両の通信をより低遅延で行わせるために、自車の通信を制御する必要があるかを、共有チャンネルへのキャリアセンス状況や、受信データに埋め込まれた送信車両の希望する送信情報量によって判断する。その後、アプリケーション、送信車両やマルチホップ配信車両との位置関係やカーナビゲーションシステムなどに設定されている道路構造情報、さらにはメッセージに埋め込まれている要求持続時間や要求エリアから、自車もしくは周辺車両がマルチホップ配信する必要があるか判断する。例えば後続車両が送信した衝突防止メッセージを受信した場合や、メッセージの配信目的方向から該当メッセージを受信した場合はマルチホップ配信を控えるなど、各車両が Ad-hoc ネットワークを自律的に制御する。そして、自車もしくは周辺車両によるマルチホップ配信の必要性を察知した車両は、自車がマルチホップ配信をするかを判断する。例えば、マルチホップ配信は、伝達距離を広げることが可能とし、またそれが目的である一方で、送信車両との距離が小さい場合は、負荷を考慮し、Broadcast Storm 問題に対処するためマルチホップ配信を控えるべき場合も考えられる。具体的には、周辺車両との位置関係や、伝播距離 R 、送信車両との距離 d と位置関係が変数となり、

$$d < \alpha R \quad (0 < \alpha < 1) \quad (1)$$

を満たす場合は通信を控える。 α の値はマルチホップ配信が通信エリアを広げることが目的であることを考慮すると当然 0 に近いことが望まれると考

えられるが、チャンネル負荷を考慮すると、受信データやキャリアセンスにおけるチャンネルの busy 検知等から認識可能と考えられる周辺の車両密度や希望する送信情報量によって、最適な値を設定、もしくは通信距離の制御など、通信制御を行うことが必要になると考える。

MAC 層での QoS 制御として具体的には、上述した複数の変数により CW を動的に制御する。例えば、短時間での送信が必要と認識した車両は CW を小さく設定し、遅延の削減を目指す。一方で、送信を控える、もしくは送信間隔を広げるべきだと認識した車両は、通信を抑制、もしくは CW を広げ周辺車両と共有するチャンネルの負荷削減を目指す。本提案手法では、このように周辺環境や受信したトラフィックによって動的な CW 制御など MAC 層において各車両が自律的に QoS 制御することで、高優先度トラフィックが偶発的に発生した場合の車両間 Ad-hoc ネットワーク全体の QoS 制御を実現する。また、必要に応じて「動的に」制御するため、高優先度のトラフィックが存在しない場合に、低優先度トラフィックのスループットの低下を防ぐことが可能となる。

5 評価

本章では、図 2 に示すような 6 車線で車両密度が高く、チャンネル負荷が高まり、平均アクセス遅延が増大してしまう具体的な交通環境を想定し、本提案手法の有効性を実証する。特に本稿では、各車両が緊急性は高くない様々なアプリケーションの通信を行っている環境下で、ある車両に突然緊急性の高い通信を行う必要性が生じた事態を想定し、この緊急情報を配信する車両が周辺車両と共有する通信チャンネルにアクセスするまでの遅延と送信時間間隔内に通信できなかった回数により評価を行う。また、周辺車両への影響もともに評価する。シミュレーション環境を表 1 に示す。

今回のシミュレーションでは様々なアプリケーションの混在を想定するため、位置情報など基本情報のみの通信を想定した情報量として 100byte、動画の通信を想定した情報量として 1600byte と 3200byte を送信データの情報量として全車両にランダムに各々設定した。シミュレーションの流れは、シミュレーション開始後 40 秒間は全車両が送信間隔 100[msec] で通信を行い、40 秒経過後に図 2 の車線 3 の車列の中心に位置する車両 A に今後

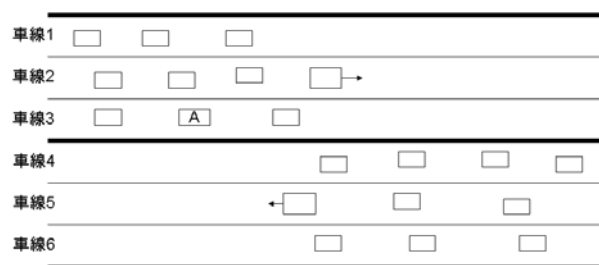


図 2: 道路図

表 1: シミュレーション環境

情報量	100 / 1600 / 3200 [byte]
伝送レート	4 [Mbps]
送信間隔	100 [msec]
通信距離	200 [m]
観測時間	100 [sec]
車両数	420 [台]
同一車線内平均車両密度	50m に一台
車両速度	60 [km/h]

20 秒間優先的に送信し続ける必要がある緊急情報が生じるシーンを想定する。処理遅延については考慮しない。本稿本シミュレーションでは、この優先車両は送信データに自車の位置情報のほかに、自車両が送信する情報が緊急を要することを示す優先度と優先的な使用を希望する時間を埋め込み送信する。そして、本情報を受信した周辺車両は、情報に埋め込まれた優先度から、車両 A の緊急性の高い通信の必要性を認識し、指定された時間内は通信を一時控えることで、チャンネル負荷の削減を図る。

車両 A が緊急に通信を行う情報量が 100byte、1600byte、3200byte の時の、車両 A と車両 A を除く全車両におけるシミュレーション開始後各 5 秒ごとの共有チャンネルに対する平均メディアアクセス遅延の変化を図 3, 4, 5 に示す。また、同様に車両 A が緊急に通信を行う情報量が 100byte、1600byte、3200byte の場合それぞれの、車両 A がシミュレーション開始後各 5 秒間における送信間隔内（本シミュレーションでは 100msec）に通信できなかった回数の変化を図 6, 7, 8 に示す。

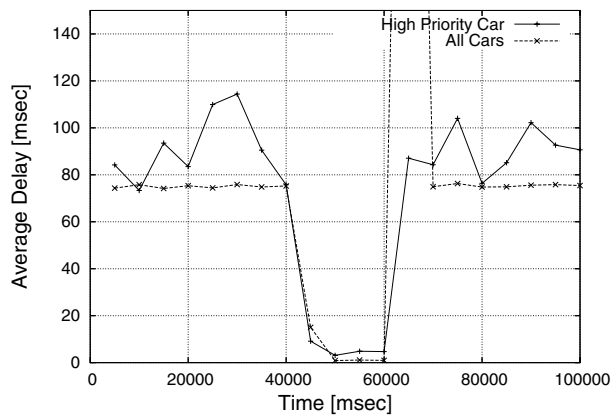


図 3: 平均遅延 (緊急情報の情報量 : 100byte)

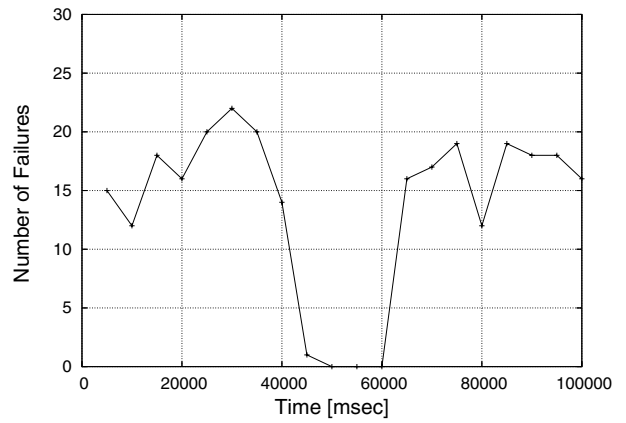


図 6: 失敗数 (緊急情報の情報量 : 100byte)

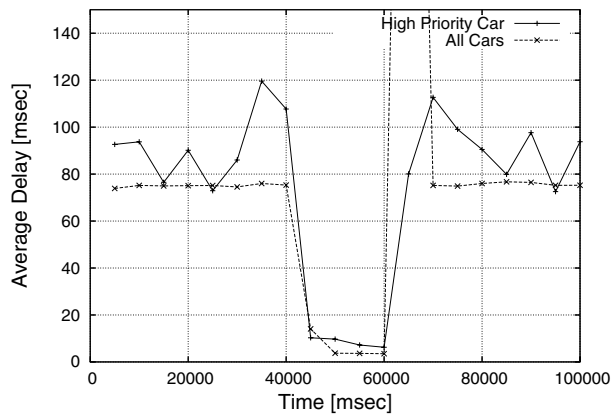


図 4: 平均遅延 (緊急情報の情報量 : 1600byte)

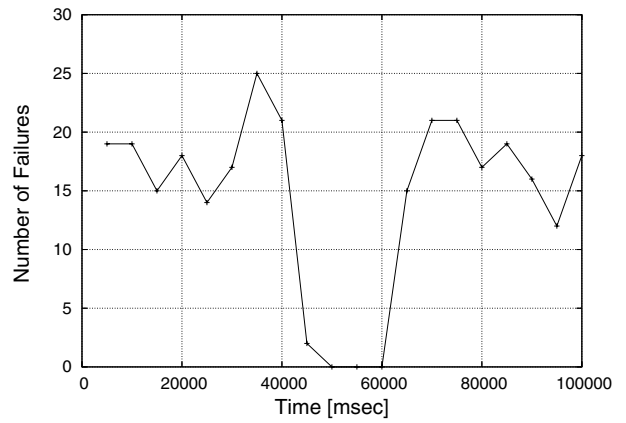


図 7: 失敗数 (緊急情報の情報量 : 1600byte)

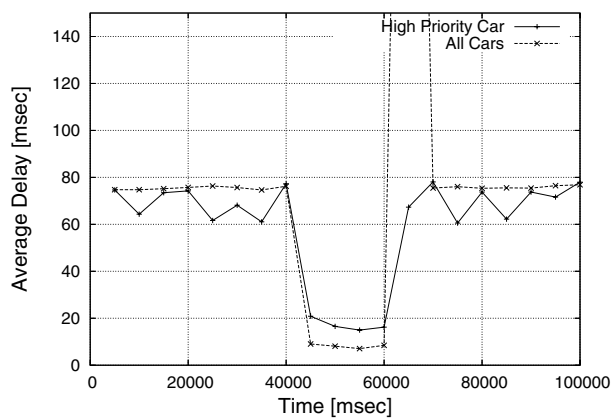


図 5: 平均遅延 (緊急情報の情報量 : 3200byte)

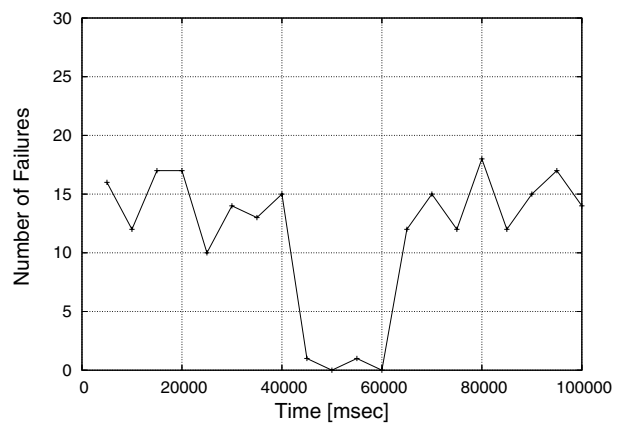


図 8: 失敗数 (緊急情報の情報量 : 3200byte)

図3, 4, 5より, 車両Aにおける制御を行わない場合の周辺車両との共有チャンネルへのアクセス平均遅延が, 送信間隔の100msecを上回ることもあった通信環境下においても, 車両Aが3種類の情報量を配信する全ての場合において, 緊急情報を送信する必要が生じてから, この優先情報配信が必要な時間内(本シミュレーションにおいては40秒から60秒までの間), アクセス遅延をほぼ20msec以下に抑えられたことが示され, 基地局など管理局に頼らずに, 車両間のみで動的QoS制御を実現できることが示された. 優先車両Aを除く全車両の平均アクセス遅延が, 優先制御が終了する60秒の直後に急激に増加しているのは, 優先制御中の待ち時間が加算されているためである. また, 必要に応じた動的なQoS制御を行うことで, 緊急度の高いアプリケーションが存在しない時間帯では, Best Effort型通信のスループットを低下させることがないことも確認された. また, 図6, 7, 8より, チャンネル負荷が通信の安定を脅かすような環境下においても, 緊急情報が生じた際に受信者両側で必要に応じて動的にQoS制御することで, 保証が実現可能であることを示された.

6 まとめと今後の課題

将来のITS, 車車間通信分野における異なる要求条件を持った様々なアプリケーション・サービスの混在を見据え, 車車間Ad-hocネットワークを形成する車両間で各車両が緊急度など優先度に応じて自律的にQoS制御を行う手法を検討した. 具体的には, 送信データに優先度や優先制御時間・エリアなどを指定することにより, 車両間の通信のみで, 必要に応じて動的にQoS制御を行う. 特に本稿では, 車両位置情報の他には優先度と優先制御希望時間のみを指定したQoS制御を用いた場合において, 緊急情報が生じる時間帯とその前後の平均アクセス遅延の変化と送信時間内における送信失敗数に着目し, 実現可能性を評価した. 一方で, 本稿で示したシミュレーションでは, 緊急性の高い情報を受信した車両は, 指定された優先緊急情報配信時間は一切の通信を控え, 通信が途絶えてしまうので, 今後は受信データやキャリアセンスにより予測可能と考えられるチャンネル負荷や周辺車両密度といった他の変数によりQoS制御することで, 非緊急情報を通信している周辺車両へ与える影響を低下させることも検討する予定であ

る. 具体的には, 優先制御該当時間における通信の停止ではなく, 動的にCWの長さを制御することなどが考えられる. またマルチホップ通信を行う最のQoS制御も検討する予定である. 様々な優先度を持った各アプリケーションにおける最適なCW値や α , 制御式を策定したいと考える.

参考文献

- 1) S. Ni, Y. Tseng, Y. Chen, J. Sheu. The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network. In ACM MOBICOM, August 1999.
- 2) J. Deng, RS Chang, "A Priority Scheme for IEEE 802.11 DCF Access Method," IEICE Trans. Commun., vol E82-B, pp. 96-102, Jan. 1999.
- 3) Jun Yin, Qing-An Zeng, Dharma P. Agrawal, "A Novel Priority Scheduling Scheme for Ad Hoc Networks," Vehicular Technology Conference Fall 2003.
- 4) Y. Xiao, "IEEE 802.11e: QoS provisioning at the MAC layer," IEEE Wireless Commun., vol.11, no.3, June 2004
- 5) Mangold S, Choi S, May P, Klein O, Hietz G, Stibor L, "IEEE 802.11e wireless LAN for quality of service," Proc. of European Wireless (EW2002), Florence, Italy, Feb. 2002.
- 6) A. Pal, A. Dogan, F. Ozguner, and U. Ozguner, "A MAC Layer Protocol for Real-time Inter-vehicle Communication," in Proceedings of IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems, 2002.
- 7) JL Sobrinho, A. S. Krishnakumar, "Quality of Service in Ad Hoc Carrier Sense Multiple Access Wireless Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, August 1999.
- 8) Xia. Xin. Niu. Zhisheng, "Enhanced DCF MAC Scheme for Providing Differentiated QoS in ITS," IEEE Intelligent Transportation Systems, 2004
- 9) Yang S., Refai H., Ma X., "CSMA based inter-vehicle communication using distributed. and polling coordination", IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, 2005.