

位置情報に基づく TDM プロトコルの提案

大森正也 中西一宏 梅津高朗 東野輝夫

大阪大学 大学院情報科学研究科 情報ネットワーク学専攻

車車間通信を、事故防止を目的としたアプリケーションに用いるには、緊急度の高い情報を低遅延で伝達できる必要がある。そのため、即座に通信が行え、パケット衝突の少ない MAC プロトコルが必要である。これまでに CSMA や TDMA をベースとした様々な方式が検討されているが、既存の TDMA ベースのプロトコルの場合、スロットの予約に時間がかかることや、送信データを持たない端末もスロットを占有して制御情報を交換するため、アプリケーションの通信量が少ない場合でも、通信範囲内の車の台数が多ければパケット衝突しやすくなる、などの問題がある。本稿では、位置情報に基づく TDM スロット割り当てを行うことで、衝突の少ないスロット割り当てを迅速に行えるプロトコルを提案する。提案手法では、地理的に限られた範囲ごとにスロットを割り当てることで、競合しうる車の台数を制限し、衝突の可能性を減らしている。シミュレーションにより提案プロトコルの性能を評価し、提案手法の有効性を示す。

Proposal of Location-based TDM Protocol

Masaya Ohmori Kazuhiro Nakanishi Takaaki Umedu Teruo Higashino

Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

For using vehicle to vehicle communication to avoid traffic accidents, it must be able to transmit emergent information with small delay. For this purpose, we require a MAC protocol which transmits information immediately avoiding collision. A number of studies on performance evaluation of CSMA and TDMA based protocols have been proposed. However existing TDMA based protocols have problems such as requiring much time to reserve slots or causing many collisions when a lot of vehicles are in radio range even if the application generates a little data. This paper proposes a protocol which allocates slots based on location information of moving vehicles. In the proposed protocol, each time slot is assigned to in a geographically limited area in order to reduce the number of vehicles that may collide each other in given time slot allocation. Through the simulation, we show its performance and effectivity.

1 はじめに

近年、自動車による交通事故を事前に回避するために、ASV(Advanced Safety Vehicle)などの研究が行われている[1-3]。その1つとして、無線通信を用いて車両の位置情報等を交換することで交差点や見通しの悪い道路などにおける交通事故を防止しようとする試みがある。通信方法としては路上に通信機を設置して通信を行う路車間通信と、車から車へとアドホックに通信を行う車車間通信があるが、固定インフラを利用した路車間通信には、インフラの整備維持のために膨大なコストがかかる。そのため、車車間通信が注目されている。車車間通信を、事故防止を目的としたアプリケーションで使用する場合、車の位置や速度などの情報を用いて事故が発生する前に回避行動が行えるよう、できるだけ早く確実に情報を伝送できる必要がある。そのため、低遅延かつ確実に通信が行える MAC プロトコルが必要である。

そこで、本稿では、TDM 通信のスロット割り当てを位置情報に基づいて行うことで、スロット割り当てに必要な時間を短縮し、かつ通信の衝突確率が十分に小さいプロトコルを提案する。

GPS やジャイロなどの走行情報による自車位置測定の精度が十分に高いと仮定すると、位置情報を用いることで各車を明確に区別できる。そのため、各 TDM のスロットを図1のようにその中高々車1台しか存在できない程度に十分に狭い領域に対応付けることで、理想的には、予約なしに送信を行っ

ても複数台の車が同じスロットで通信しないようにでき、パケット衝突をなくすることができる。しかし、現在使用可能な自車位置測定技術では、車の走行する車線が判断できないなど、各車を十分に区別できない。また、現状で想定されている MAC プロトコルの要件[4]で可能な TDM では、位置を完全に車1台分ずつに区別するにはスロット数が大幅に足りず、複数台の車が存在し得る広さの領域に1スロットを割り当てざるを得ない。そのため、バックオフ時間を用いた競合をスロットの先頭で行うことでパケット衝突の確率を小さくする。

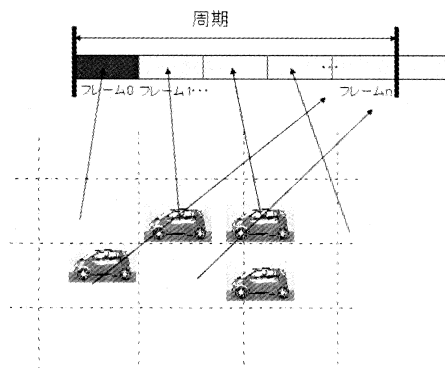


図1. 車の位置とスロットの対応付けイメージ

また、座標を基準にスロットを単純に割り当てた場合、道路の存在しない場所にもスロットが割り当てられてしまい、スロットの利用効率が悪くなる。本手法では、道路の存在しないスロットも近隣の道路上の車両が利用できるよう工夫することで、この非効率性を回避している。

このプロトコルを、現実的な車のモビリティを再現可能な交通流シミュレータ NETSTREAM [5] とネットワークシミュレータ QualNet [6] を用いて評価を行い、通信成功率が十分に高いこと、パケット衝突の確率が十分に低いこと、さらに、通信遅延が十分に低いことを示す。

2 関連研究

2.1 車車間通信の MAC プロトコル

車車間通信向けの効率のよい情報交換のための MAC 層プロトコルとしては様々な手法が提案されている [7-9]。例えば、文献 [7,8] では自律分散的に TDM のスロット割り当てを行う Ad-hoc MAC プロトコルが提案されており、文献 [10] は、これに改良を加えたプロトコルを提案している。これら 2 つについては次節で詳しく説明する。また、我々が文献 [9] で提案した手法では、パケットの衝突率を元に送信周期を適切に調整することで、できる限り多くの情報を周辺の車両へと伝達するフラッディングベースの手法を提案している。

本提案手法では、これらの手法とは別に、位置情報を用いてパケットの衝突を回避する手法を提案する。位置情報をパケット衝突回避に利用する手法としては、文献 [11-13] などの手法が提案されている。文献 [11] では、距離に応じてバックオフ時間を調整する CSMA ベースの手法、文献 [12] では、路上に繰り返し設定された特定の区間でパケットの送信確率を高めることで、効率的に情報伝達を行う ALOHA ベースの手法が提案されている。また、文献 [13] では、我々の提案手法と同様にスロット割り当てを位置座標と対応づけることで、パケット衝突を回避する手法が提案されているが、一般的な環境を想定しているため、ノードの移動範囲が路上に限定される車車間通信を対象に考えた場合にはスロット割り当ての無駄が大きい。

2.2 車車間通信の TDM プロトコル

TDM は時間を一定時間ずつに分割し、各端末にそれぞれの時間に送信する権利を割り当てる方式である。分割した一定時間をスロットと呼ぶ。各スロットにはそれぞれ番号を付け、全ての番号のスロットが一定順序で周期的に繰り返されるようにする。この 1 周期をフレームと呼ぶ。TDM を用いた車車間通信プロトコルとしては前節で触れた ADHOC MAC [7,8]

や、それを改良した自律分散型 TDMA [10] などが提案されている。

2.2.1 ADHOC MAC

ADHOC MAC [7,8] では、各端末が通信を行うとき、まず 1 周期の間スロットの使用状況を監視し、その間に使用されていなかったスロットをランダムに確保し、通信を行う。各端末は、確保したスロットにおいて、実データだけでなく、過去 1 周期に観測したフレーム情報を送信する。フレーム情報には、受信できたスロットには ACK、それ以外には NACK を登録する。スロットを確保した端末は、実データがなくても、毎周期、フレーム情報を送信する。そのため、各端末は 2 ホップ先までの端末がどのスロットを確保しているか知ることができ、隠れ端末問題を回避できる。送信を行った後、次の自身のスロットまでの 1 周期の間に受け取ったフレーム情報の、前回自身が送信したスロットに対して NACK が 1 つでも登録されていれば、衝突が発生したとみなし、過去 1 周期に受信したフレーム使用状況から空きスロットをランダムに選択し、次周期にはそのスロットを用いて送信を行う。逆に、前回自身が送信したスロットにすべて ACK が登録されていれば、前回と同じスロットが確保できたものとみなし、以降、そのスロットを用いて送信を行う。また、車車間でのフレーム、スロットの時間同期は、各車両がスロット間隔を微調整することで自律分散的に行われる。具体的には送信前に 1 フレーム分のスロットの空き情報を確認する際に受信タイミングも記録しておき、自身の送信タイミングをそれらに合わせる。

2.2.2 自律分散型 TDMA

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、フレーム情報は ACK と NACK で管理していた。しかし、移動体無線通信では受信エラーによるパケット損失も多く、受信エラーによる NACK も多く発生する。受信エラーによる NACK では、スロットが競合しているわけではないので、スロット変更を行う必要はないが、ADHOC MAC では衝突による NACK と区別できず、不要なスロット変更を行うため、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 [10] では ACK, NACK に加えて、RTS, FREE を新たに設定することで、この問題を解決する通信方式を提案している。自律分散型 TDMA では、受信に失敗したスロットには NACK、衝突を検出したスロットには RTS、その他、電波を検出できなかったスロットには FREE を設定することで、受信エラーと衝突を区別している。端末は、自身が送信したスロットのフレーム情報で RTC を受信しなければ、衝突がなかったと判断できるため、次の送信も同じスロットで行う。1

つでも RTC を受信すると、過去 1 周期の間に受信したすべてのフレーム情報において FREE が登録されていたスロットの中からランダムに確保し、送信を行う。以上の処理を繰り返すことで、受信エラーが頻繁に発生する環境でも安定した動作を行えるように ADHOC MAC を改良している。

2.3 既存 TDM プロトコルの問題

文献 [7, 8, 10] のプロトコルは、事故防止のアプリケーションに用いるには、いくつかの問題がある。これらのプロトコルでは、スロット割り当てを行うために全端末が毎周期、フレーム情報を送信している。そのためには、たとえアプリケーションには送信するデータがなくても、常に通信範囲内の全端末がスロットを確保する必要があるため、不必要にスロットが占有されやすい。スロットが多く占有されると、スロット変更時に選択できるスロット数が少なくなり、複数の端末がスロット変更を行うと、同じスロットを選ぶ確率が高くなり、通信が衝突して再びスロット変更を行わなければならない。車車間通信システムについては 5.8GHz を用いた車車間通信システムの実験用ガイドライン [4] に現状想定されるものが定義されているが、これによると、アプリケーションが送信する周期は車両速度によって表 1 のように定義されている。

車両速度 (km/h)	送信周期 (ms)
60～	100
40～	200
20～	300
10～	600
10 未満	1200

表 1. 車車間通信で想定される送信周期

最短の送信周期が 100ms であるため、TDMA の周期は最大でも 100ms にする必要がある。そのため、これらの手法では 100ms 周期でフレーム情報を送信することになるが、停止している車両の場合、実データは 1200ms 周期で発生するため、最大 12 周期の間、フレーム情報のみを送信するためにスロットを占有することになってしまい、非効率である。また、フレーム情報として各パケットに 1 周期分のスロットの情報を含める必要があり、1 フレームに送信されるフレーム情報送信用のデータ量は 1 周期のスロット数の 2 乗に比例することになる。そのため、スロット数が多くなった場合にプロトコルのオーバーヘッドが大きくなる。

これらを踏まえ、実データを持つ端末のみが送信を行うこと、MAC プロトコルに必要な制御情報を少なくすることで多くのスロットを利用できるようにし、かつ、位置情報を用いることで、短時間でスロ

ット確保を行い、衝突の少ない通信が行えるプロトコルを提案する。

3 考案プロトコル

考案プロトコルは、車車間通信において、通信する全車両が GPS などの自車位置を測定する機器を搭載し、自車の位置座標を測定できる環境を想定している。提案プロトコルでは、領域全体を小領域に区切り、それぞれに対してスロットを割り当てる。ここで、全領域に対して異なるスロットを割り当てることは現実的ではないため、電波干渉が起こらない距離だけ離れた領域では同じスロットを繰り返し利用できるように割り当てを行う。具体的には、まず無線到達距離を基準として領域を大きく区切り（以下大セルと呼ぶ）、次に大セル内を、それぞれ異なるスロットに割り当てる小セルに分割する。ここでは各セルの配置は図 2 のような六方充填配置で考える。提案手法では、全通信端末で位置座標からスロットへの割り当てを一意に行える必要がある。そのために必要となる、事前に共有するデータ量は少ない方が望ましい。ここでは、位置座標から単純なハッシュ関数で小セル番号が求まるよう、各セルの位置は事前に定め、各大セルに含まれる小セルへのスロット割り当ては全大セルで共通とする。

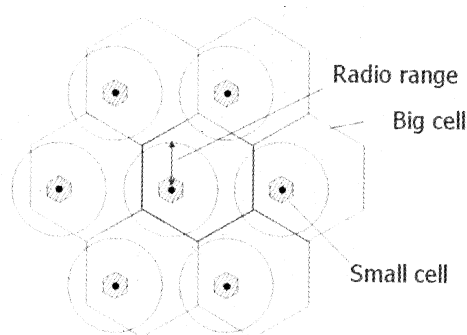


図 2. 通信範囲とセルの割り当て

3.1 電波到達範囲を考慮した大セルの割り当て

まず、大セルは隣接する大セルとの電波干渉が起こらないように割り当てる。図 2 のように大セル、小セルを割り当てることを考える。この場合、図 2 の斜線で表した小セル（大セル内での相対位置が同じ小セル）は同一のスロットが割り当てられる。提案手法では、これらのセル内の自動車は同時にパケットを送信できる必要がある。これらの小セル内から同時に発信されたパケットが衝突しないようにするためには、小セルの間隔を無線が到達する可能性のある距離 R の 2 倍以上にすればよい。ここで、文

献 [4] より車車間通信で想定されている無線到達距離 $R=200\text{m}$ であるため、大セルを図 2 のように半径 R の円に外接する六角形と定めた。なお、電波の揺らぎなどが原因で、想定した無線到達距離 R の範囲外へも電波が到達する可能性はある。しかし本手法では、前述のスロット割り当て法を用いているため、そういった衝突による受信失敗は、無線到達距離 R 付近の自動車からの通信に限られる。事故防止システムなどで特に必要となるのは近隣車両の位置情報であり、この問題は比較的軽微であると思われる。

3.2 小セルに対するスロット割り当て

現状で想定されている MAC プロトコルの要件 [4] では、TDM に使用可能なスロット数は 128 であり、この条件で小セルの配置を考えると、次のようにできる。通信距離の 1.1 倍の円に外接する正六角形を大セルとした場合、小セルは通信距離の 0.1 倍の円に外接する正六角形となり、大セルの 121 分の 1 の大きさとなる。この場合、図 3 のように小セルを配置すれば、大セルを効率よく分割でき、地図上を小セルによって重なりなく充填できる。この小セルの数は 121 個であるため、以降、本手法では、1 周期を 121 スロットに分割する。

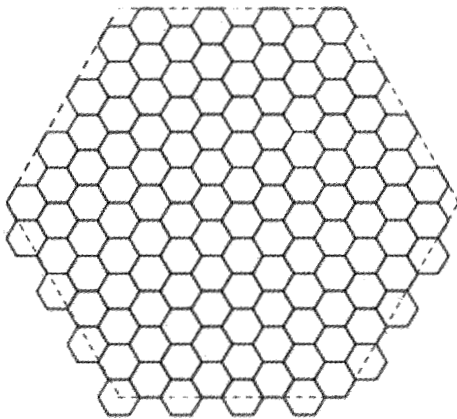


図 3. 小セルの配置例

3.3 パケット送信制御

以上の方法で、位置に対して TDM のスロットを対応付けることができる。しかし、3.2 節の通りに割り当てを行った場合、小セルは最大でも半径 20m の円に外接する正六角形となる。これは車 1 台分よりもかなり大きく、複数の車が同時に 1 つの小セル内に存在し得る。また、位置の測定誤差によって、実際にはそうでなくても複数の車が同じ位置にあると判定される可能性がある。そのため、同じ小セル内の

車同士が同時に送信してしまい、パケット衝突を起こす可能性があるため、この可能性を小さくするためにバックオフ時間を使って同じ小セル内の車同士を競合させる。

以上から、TDM フレームの構成は図 4 のようになり、行うべき処理は以下になる。

1. フレームの先頭で自車位置を取得し、それにより使用スロットを決定する。
2. バックオフ値を 0～最大の中からランダムに決定する。
3. 使用スロットまで受信を行う。
4. 使用スロットになったときに送信データがあればバックオフ時間待ち、その間に他の端末からの通信を受信しなければ、送信を開始する。
5. 送信が終わると受信を再開し、1. に戻って繰り返す。

バックオフの最大値は文献 [4] の想定条件から求め、3 とする。

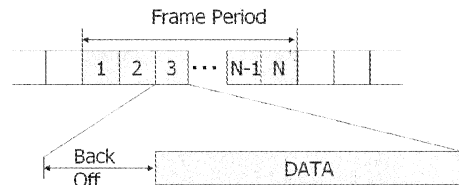


図 4. フレーム構成

3.4 使用されないスロットへの対処

提案手法では、実際の地図を小セルで分割した場合、道路がなく、送信端末が存在し得ない領域にまでスロットを割り当ててしまい、非効率となってしまう。あらかじめ地図情報に基づき、道路上にのみセルを割り当てることで大幅な効率化が可能であるが、全ての端末で同一の地図データを共有する必要があり、現実的ではない。そこで、提案手法では、使われないスロットが近隣の道路上に自動的に割り当てられるような手法を用いる。具体的には、使用スロットの決定に用いる自車位置の情報に、進行方向に直行する向きの誤差をランダムに加える。こうすることで、道路形状などの追加情報を用いることなく、道路上を走行する車が道路を含むセルだけでなく、道路の両脇の、道路を含まないセルもランダムに使用できるようにする。

4 評価

提案プロトコルを、交通流シミュレータ NETSTR-EAM [5] を用いて車のモビリティを作成し、QualNet [6] を用いて無線伝播のシミュレーションを行った。シミュレーション条件は文献 [4] により想定される環境に沿うよう、表 2 のように定めた。ただし、伝送速度は 4096kbps が想定されているが、物理層に関しては QualNet にあらかじめ実装されていたものの中で、使用周波数が 5.8GHz に最も近い 802.11a を使用したため、その規格の中で最も近い伝送速度である 6Mbps を用い、スロット数を調整することで表 2 の環境に近づけた。シミュレーション上では送信可能なパケットサイズが表 2 の想定より大きくなっているが本シミュレーション実験ではパケット数のみで評価を行っているため、実験結果に対する影響は無い。

送信遅延時間とはキャリアセンス終了からパケット送信開始までに要する時間であり、この時間をバックオフ値 1 つあたりの待ち時間とした。道路モデルは図 5 のようにし、表 3 の発生間隔で、各開始点から中心に対称な点に向かって動く車を発生させた。外周と中心を通る十字の道路は片側 2 車線道路であり、それ以外は片側 1 車線道路である。

シミュレーション時間	20s
通信半径	200m
伝送速度	6Mbps
TDM 周期	100msec
パケットサイズ	400octet
送信処理遅延時間	15 μ sec
スロット時間	781.25 μ sec
スロット数	121
フレーム間隔	23.75 μ sec
バックオフ最大値	3
位置測定精度	10m

表 2. 提案プロトコルのシミュレーション条件

シミュレーション時間 (min)	発生量 (台/h)
0~15	100
15~30	200

表 3. 車の発生台数

比較には自律分散型 TDMA [10] を用いたが、この手法の場合、スロットでは通常のパケットに加えてフレーム情報を送る必要がある。フレーム情報は ID などを含めると 1 スロットあたり 13bit 必要となり、[4] によると、符号化率 1/3 のターボ符号を適用するため、3 倍の 39bit 必要になる。このことから、

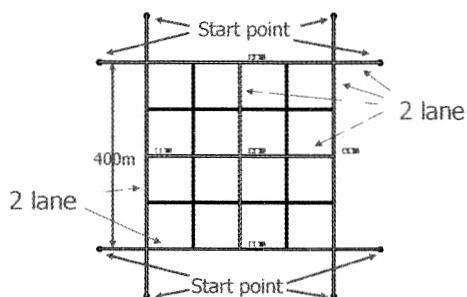


図 5. 道路モデル

スロット数は提案プロトコルよりも減ってしまい、シミュレーション条件は表 4 のようにした。表 4 にない項目は提案プロトコルと同じ条件で行った。

スロット時間	1438.24 μ sec
スロット数	69
フレーム間隔	761.44 μ sec

表 4. 自律分散型 TDMA のシミュレーション条件

また、送信データの生成周期は表 1 に従い、車の速度が速いほど短い周期で生成するようにした。また、簡単のため本実験では、全ての車両は十分な精度で時間同期されているとし、いずれのプロトコルも車両間のフレームの時間同期に要するオーバーヘッドは考えない。

4.1 全体の性能の評価

提案プロトコルと自律分散型 TDMA の衝突確率を比較すると図 6 のようになった。提案プロトコルは道路上に割り当てられたセルのみを利用する方法と、進行方向に直交な向きに 40m 以内の範囲のセルもランダムで利用する場合の結果を示した。横軸は交通流シミュレータのシミュレーション時間であり、縦軸がパケット衝突確率である。パケット衝突確率は、受信成功したパケット数に対する衝突のため受信失敗したパケット数の割合とした。グラフは、それぞれ 20 秒間の衝突確率を示している。シミュレーション開始直後からの 20 秒間は車の密度が非常に小さく、どちらのプロトコルも衝突は 0 であった。それ以降はどのプロトコルも車の増加に従って衝突確率が増加し、提案プロトコルは直交方向のセルも利用する場合に自律分散型 TDMA よりも衝突確率が低くなった。

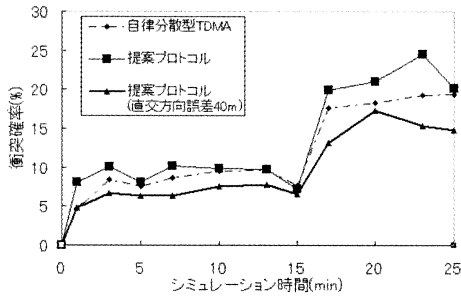


図 6. 衝突確率

4.2 端末ごとの性能の評価

図 7 は交通シミュレーションでのシミュレーション時間 20 分からの 20 秒間における、端末ごとの衝突確率を示している。横軸は各端末に付けられた番号、縦軸は各端末が受信したパケットの衝突確率を示している。提案プロトコルと自律分散型 TDMA での衝突率の平均は、それぞれ、18.3、17.3 であり、大幅な差は見られなかったが、受信率の分散は、それぞれ 5.93、38.2 であった。提案プロトコルのほうが端末ごとの衝突確率の分散が小さく、受信端末によらず同程度の確率で受信に成功しており、全ての車両が公平にデータを取得できていると言える。

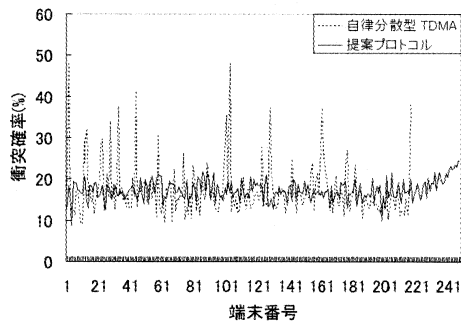


図 7. 受信端末ごとの衝突確率

次に、逆に送信端末ごとの衝突確率の分散を図 8 で示す。横軸は各端末の番号であり、縦軸は各端末が送信したパケットの衝突確率を示している。提案プロトコル、自律分散型 TDMA の衝突確率はそれぞれ平均が 18.3、17.3、分散が 137、31.5 となった。平均には大きな差は無かった一方で、提案プロトコルのほうが端末ごとの衝突確率の分散が大きく、位置などの送信端末の条件によって送信したデータの衝突確率変動しやすくなっている。すなわち、一部の車両が自身の位置情報を伝えることに失敗し続ける傾向が見られると言える。この問題に対

する対処としては、パケットのブロードキャスト時に、自身の情報のみならず、受信に成功した周辺車両の情報も同時に送信するような改良が考えられる。前述の通り、提案手法の方が安定して受信に成功する傾向があることから、このような改良は有利であると思われるため、今後検討したい。

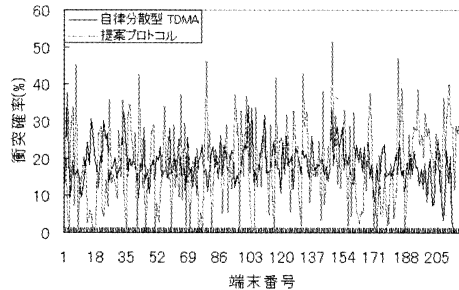


図 8. 送信端末ごとの衝突確率

また、提案プロトコルによる通信範囲内の車両に関する情報取得の遅延を調べた結果を図 9 に示す。これは、交通流のシミュレーション時間 20 分に行った 20 秒間の無線伝播シミュレーションの 20 秒目の瞬間に、距離 200m 以内である全車両の組み合わせを調べ、相手の最新のデータが現在時刻よりどれだけ遅延しているかを基準に、その車の台数をヒストグラムと累積分布にしたものである。横軸がデータの遅延の区間であり、棒グラフの縦軸がその遅延のデータを保持している車の台数であり、折れ線グラフの縦軸が累積割合である。

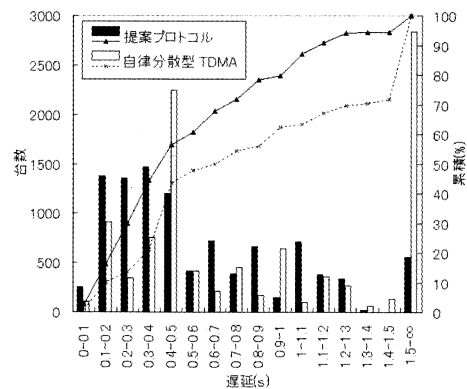


図 9. 情報取得の遅延

ここでは、事故防止のアプリケーションが周期的に生成するデータを考え、表 1 の間隔で送信データが生成され、送信されるものとした。また、相手のデータを持っていない車両に関しては、遅延を ∞ と

して扱った。図9から、提案プロトコルでは多くの車両が遅延時間の短い範囲にあり、遅延が大きすぎたり、相手のデータを受信できていない車が少なくなっていることがわかる。以上のことから、提案プロトコルの低遅延性が示せた。

5 あとがき

本稿では、事故防止を目的とした車車間通信において、低遅延かつ高確率で成功する通信を実現するためのMACプロトコルを提案した。提案プロトコルではフレームの先頭において位置情報を用いて使用スロットを決定し、使用スロットにおいてバックオフを用いた競合を行うことでパケット衝突を回避する。その結果、提案プロトコルは混雑した道路においても高確率で通信に成功することを示した。

今後の課題としては、車車間でのフレームの時間同期を含めた性能評価を行う必要がある。また、より想定環境に近い物理層モデルを用いたシミュレーション実験を行う必要がある。プロトコルの改良としては、現状はバックオフをランダムに決定しているが、パケットの優先度によってバックオフの値を選択する確率を変えるなどすることで、さらに事故防止のアプリケーションに向けた効率の向上などが考えられる。

6 謝辞

本研究を実施するにあたり、交通流シミュレータNETSTREAMを使用させていただきました。使用を許諾いただいた(株)豊田中央研究所に深謝します。

参考文献

- [1] W. Chen and S. Cai. “Ad Hoc Peer-to-Peer Network Architecture for Vehicle Safety Communications”. *IEEE Communication Magazine*, Vol. 43, No. 4, pp. 100–107, 2007.
- [2] ASV(Advanced Safety Vehicle). <http://www.mlitt.go.jp/jidosha/anzen/01asv>.
- [3] 総務省 HP. 電波利用ホームページ — 電波利用システム. <http://www.tele.soumu.go.jp/j/system/ml/its/index.htm>.
- [4] ITS 情報通信システム推進会議. “5.8ghz を用いた車々間通信システムの実験ガイドライン”. *ITS Forum RC005*, 平成 19 年 5 月 18 日策定.
- [5] 馬場美也子, 棚橋巖, 北岡広宣, 森博子, 寺本英二. “交通流シミュレータ NETSTREAM”. 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 1, pp. 226–235, 2005.
- [6] Qualnet simulator. <http://www.qualnet.com>.
- [7] F. Borgonovo, A. Capone, M. Cesna, and L. Fratta. “ADHOC MAC: New MAC Architecture for Ad Hoc Networks Providing Efficient and Reliable Point-to-Point and Broadcast Services”. *Wireless Networks*, Vol. 10, pp. 359–366, 2004.
- [8] F. Borgonovo, A. Capone, M. Cesna, and L. Fratta. “Impact of User Mobility on the Broadcast Service. Efficiency of the ADHOC MAC protocol”. *IEEE Vehicular Technology Conference*, 2005.
- [9] M. Saito, J. Tsukamoto, T. Umedu, and T. Higashino. “Design and Evaluation of Inter-Vehicle Dissemination Protocol for Propagation of Preceding Traffic Information”. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 8, No. 3, pp. 379–390, 2007.
- [10] 牧戸知史, 鈴木徳祥, 原田知育, 村松潤哉. “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.
- [11] S. Oh, J. Kang, and M. Gruteser. “Location-Based Flooding Techniques for Vehicular Emergency Messaging”. *2006 3rd Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems - Workshops*, pp. 1–9, 2006.
- [12] N. Wen and R. Berry. “Location-based MAC Protocols for Mobile Wireless Networks”. *Information Theory and Applications Workshop*, 2007, pp. 41–45, 2007.
- [13] K. Amouris. “Position-based broadcast TDMA scheduling for mobile ad-hoc networks (MANETs) with advantaged nodes”. *IEEE Military Communications Conference (MILCOM '05)*, Vol. 1, pp. 252–257, 2005.