

平成 21 年 6 月 17 日現在

研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19760267  
 研究課題名(和文) 交差点における安全運転支援システム構築のための車車間通信方式に関する研究  
 研究課題名(英文) A research of an inter-vehicle communication for safety driving assist systems on intersections  
 研究代表者  
 永長 知孝(NAGAOSA TOMOTAKA)  
 関東学院大学・工学部・准教授  
 研究者番号：30324544

研究成果の概要：本研究では、交差点における安全運転支援システムを実現するための、車両位置情報を用いてアクセス方式を制御する車車間通信方式について検討が行われている。提案方式では、道路領域を分割した各エリアにアクセス可能なフレームを割り当てることにより、キャリアセンス範囲外の車両同士の同時送信による隠れ端末の発生を防ぐことができる。コンピュータシミュレーションにより、従来方式に対する提案方式の有効性が示されている。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,600,000	0	1,600,000
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	480,000	3,680,000

研究分野：無線通信システム

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：車車間通信・安全運転支援システム・MAC プロトコル・車両位置・CSMA

## 1. 研究開始当初の背景

ITS とは、最新の情報通信技術を用いて人や物流の移動性の向上を図るシステムの総称である。ITS における研究開発では様々な交通システムの高度化が検討されているが、その中でも交通事故などによる損失の大きさなどから、特に自動車交通における ITS の各種システムの開発が注目されている。現在自動車には、急速に普及が進んでいるナビゲーションシステムなどのほかに、レーダやマシビジョンなどの様々なセンサが搭載されつつある。これらのセンサにより、自動車は従来より広範囲の状況を検出可能となっており、ドライバの疲労や不注意による見落としや操作ミスを軽減できるように

なっている。一方、これらのシステムの前提となるセンサの検知範囲は、機器の性質上見通し範囲内に留まっており、交通事故などで大きな要因を占めている交差点や合流部の事故へ対処するのは困難である。このことから、交差点など見通しが悪い状況での“センサ”として無線通信システムに対する期待が高まっており、特に基地局などを新たに必要としない車車間通信システムに注目が集まっている。

車車間通信システムとは、車両に搭載されている通信機器間で通信を行うためのシステムである。その目的は主として安全運転支援システムの構築にあり、通信によって互いの車の挙動や危険情報を交換するこ

とで予測安全を実現しようとするものである。その研究成果として、既にいくつかの通信システムが提案され、デモや実験が行われているが、それらは試験場内での非常に少ない台数間の実験[1]や、交差点に中継器を要するなど限定された環境下での実験[2]となっている。標準化動向としては、IEEE802 委員会にて無線 LAN をベースとした IEEE802.11p と呼ばれる通信規格が検討中であるが、特により混雑した状況で安定して動作する機構については未確定である。

一方、交差点における安全運転支援のための通信システムの検討として[3]が挙げられる。文献[3]では、基地局によりタイムスロットの制御を行う TDMA 方式(交差点内部用)と、交差点へ進入する前段階で TDMA スロットの割付を行うための Slotted ALOHA 方式を組み合わせる方式が提案されている。本システムでは、交差点へ流入する車両全てに対してスロット予約を確実にするのに必要な周波数帯域が導出されている。しかし、複数の交差点が連なる状況でのスロット割り当ての動作が未検討であるなど、不確定な部分も多い。また、本手法では交差点に基地局を配することが前提となっており、全ての交差点で使用することは困難である。以上より、より混雑した状況でも通信が可能であり、基地局を必要としない車車間通信システムの検討が重要となる。

これまでに我々は車両位置に基づいてアクセスタイミングを制御する車車間通信方式の提案を行っている[4]。この通信方式は以前提案を行っている車両間で互いの位置情報を交換するための通信システムである V-PEACE 方式[5]に基づいており、車両の道路上の位置により一意にパケット送信タイミングを決定する方式である。従来他の研究機関で検討されている車車間通信システムでは、アクセス方式として無線 LAN で用いられている CSMA 方式に基づいた方式が多く検討されてきた。この方式では車両がより混雑する状況では、送出パケットの衝突による通信性能の劣化が大きくなってしまふ。これに対して、提案方式では、車両位置でアクセスタイミングを決定することから、車両の存在する位置が重ならない限りパケットの衝突が生じることはない。しかしながら、これまでの検討は直線道路での運用のみであり、交差点に適用するための検討が必要となる。また、単純に車両位置とパケット送信タイミングを 1対1 に対応させる場合、チャンネル利用効率が劣化してしまふ。このため、チャンネル利用効率の高い手法の検討が重要となる。

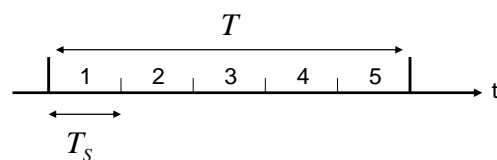
## 2. 研究の目的

本研究では、交差点における安全運転支

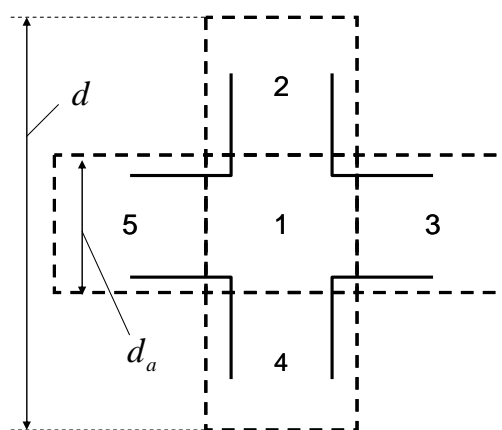
援システムを実現するための重要な技術である車車間通信システムを構築する際に用いるアクセス方式について検討を行う。事故の多発する交差点での安全運転支援を行うことを前提として、そのような環境でも十分な通信性能が得られる方式の検討を行う。ここでは、これまで検討を行ってきた車両位置に基づいてアクセスタイミングを制御する車車間通信方式について、交差点に適用可能な方式の検討を行う。

## 3. 研究の方法

検討する通信方式は、車両位置によりアクセスタイミングを制御する通信方式である。このため、提案方式を交差点へ適用する際に TDM フレームと道路上の各位置との対応を事前に決定しておく必要がある。提案方式を交差点に適用する場合には、各フレームを交差点へ流入する各道路に割り当てる必要があり、どのような割り当てを行う方式が適当であるか、その結果どの程度の通信帯域が必要となるのかについて検討を行う必要がある。性能評価は提案方式と他の方式(特に IEEE802.11 で用いられる CSMA/CA 方式)について、所要帯域を同じくして比較を行う。比較に際しては、道路上に配置した車両から送出されるパケットの送信成功率をコンピュータシミュレーションにより評価する。特に車頭間隔と通信周期を変化させた際の通信性能を検討する。



(a) メインフレームとサブフレーム



(b) 道路エリアの分割

図 1 提案方式におけるフレームと道路エリアの設定例

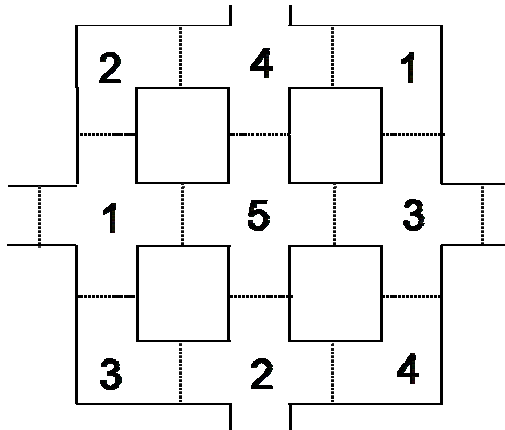


図2 複数の交差点に対するフレーム割り当て例

表1 シミュレーションパラメータ

通信半径	100m
通信速度	4096Mbps
通信周期 $T$	100ms-1.2s
サブフレーム周期 $T_s$	20ms-240ms
サブフレーム数	5
パケットサイズ	100bytes
CW ウィンドウ	256 Slots

#### 4. 研究成果

##### (1) 車両位置に基づいてアクセス可能フレームの制限を行う通信方式の提案

提案する車車間通信方式は、車両位置情報を利用した方式であり、かつ従来広く検討されている CSMA 方式を基本として、周期的に繰り返されるフレームを道路上の一定エリアに対応させて実現する方式である。図1は、本研究で検討する通信方式のフレーム構成例(図1(a))と道路エリア(図1(b))の対応を表している。図中  $T$  はメインフレーム周期、 $T_s$  はサブフレーム周期を表している。この方式は、メインフレームを複数のサブフレームに分割して用いる。各エリアに存在する車両は、設定された番号のサブフレームでのみアクセスが許可される。各エリアの範囲は互いにキャリアセンスが可能な範囲で設定されるため、隠れ端末問題を回避可能な方式となる。

メインフレームの周期は、送信されるデータの繰り返し周期より設定される。各サブフレームはそれぞれ路上のエリアに対応しているため、路上の車両からの接続要求にこたえられるだけの長さが必要になる。

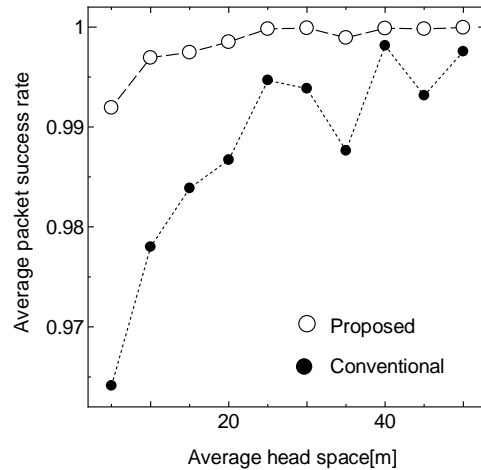


図3 パケット送信成功率対車頭間隔

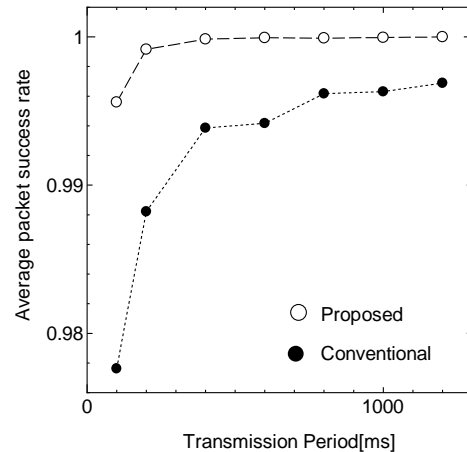


図4 パケット送信成功率対通信周期

また、このサブフレーム内では隠れ端末が生じないようにアクセスできる車両を制限することが重要であるため、各エリアは適切な大きさに設定する必要がある。

交差点が複数存在する場合のフレーム配置例を図2に示す。各エリアに割り当てられた数値は図1(a)のサブフレーム番号に対応している。このように配置を行うことで、各エリアにおいて隠れ端末の発生を抑制することが可能である。

##### (2) コンピュータシミュレーションによる提案方式の性能評価

提案方式の有効性を確認するため、コンピュータシミュレーションによる性能評価を行った。今回は提案方式と従来広く検討が行われている CSMA/CA 方式の比較を行った。メインフレームの繰り返し周期は、ITS 情報推進システム会議の実験用ガイドライン[6]を含め、多くの例で検討されている 100ms ~ 1.2s を仮定した。全ての車両はこの周期で必ず1度は位置情報を含むパケットを周囲の

車両にブロードキャストする。通信範囲は半径 100m を仮定し、遮蔽や反射による通信性能の劣化はないものとした。したがって、パケットの送信失敗はパケットの衝突かタイムアウトのみとなる。シミュレーションでは図 1 の交差点を中心とした片側一車線の一般道路上の 200m(=d)四方の範囲に車両が存在する状況を仮定した。交差する上下 1 車線の各車線幅は 5m とし、交差点エリアは 40m(=da)四方とした。その他、従来方式である CSMA/CA を含めて通信に関連するパラメータは、文献[6]の実験用ガイドラインを参考にして表 1 の通り設定した。

図 3 に車頭間隔を 5m から 50m まで変化させた場合のパケット送信成功率を示す。ここでパケット送信成功率とは、通信範囲内の全ての車両にブロードキャストパケットが誤りなく受信された割合を表す。図より、提案方式では、全ての領域で従来の CSMA/CA 方式よりパケット送信成功率が向上していることが観測された。また車頭間隔の小さい、すなわちより混雑した状況で改善度が高いことも示された。これは隠れ端末問題が効果的に回避されていることを表している。

図 4 に通信周期を 100ms から 1.2s まで変化させたときのパケット送信成功率を示す。文献[6]では、車両の速度が大きいときに通信周期を短く制御することを規定している。図より、提案方式は従来方式より特に通信周期が短い領域で改善度が高い。従って、提案方式は、より危険度の高い運行時にも有効に動作することが示されている。

### (3) まとめ

本研究では交差点における安全運転支援システムの実現のための車車間通信システムとして、車両の位置する道路上のエリアに基づいてアクセス可能なフレームを制限する媒体アクセス方式の検討を行った。検討する方式は、CSMA 方式をベースとして、車両位置情報を用いてアクセスを制限する時間フレームを利用する通信方式である。この方式では、同じサブフレームにアクセスできるのはあるエリアに位置する互いに近接した車両のみとなるため、効果的に隠れ端末問題を回避できる。提案手法の評価のためコンピュータシミュレーションを行い、従来の CSMA/CA 方式に比べて、特に車両の混雑した状況でパケット送信成功率に向上が見られた。

### [参考文献]

[1] K.Tokuda et.al, "DOLPHIN for inter-vehicle communications system," in Proc. of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2000, pp504-509, 2000.

[2] 櫛田和光, "情報交換型運転支援システムの考え方: ASV-3 先進安全自動車," 信学技報, vol.105, no.464, ITS2005-43, pp.25-28, 2005.

[3] 倉本圭太ほか, "交差点付近の車両の安全を目的としたリアルタイム ITS 情報通信システム," 信学技報, vol.106, no.82, ITS2006-7, pp.35-39, 2006.

[4] Tomotaka Nagaosa, Yukinari Kobayashi et al, "An Advanced CSMA Inter-vehicle Communication System Using Packet Transmission Timing Decided by the Vehicle Position," Proc. IEEE Intelligent Vehicle Symposium (IV 04), CD-ROM, June 2004.

[5] Tomotaka NAGAOSA and Takaaki HASEGAWA, "A hierarchical vehicle position encoding scheme in inter-vehicle communication networks," Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2000 Spring), pp.168-171, May 2000.

[6] ITS 情報通信推進システム会議, "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," ITS FORUM RC-005 ver. 1.0, June 2007.

(<http://www.itsforum.gr.jp/>)

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

永長知孝、車車間通信システムのための車両位置情報を用いたアクセス方式の一検討、電子情報通信学会技術研究報告、vol.108, no.471, pp.7-10, 2009、査読無

永長知孝、安全運転支援システムのための車両位置情報に基づいてチャネル決定を行う車車間通信方式の一検討、電子情報通信学会技術研究報告、vol.107, no.329, pp.9-12, 2007、査読無

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

永長 知孝 (NAGAOSA TOMOTAKA)  
関東学院大学・工学部・准教授  
研究者番号: 30324544