

路車間・車車間通信のための W-CDMAを用いた車両グループ化方式

相沢 徹[†] 重野 寛[†] 屋代 智之[‡] 松下 温[‡]

本稿では、次世代携帯電話方式 W-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)を路車間・車車間通信に適用するための車両グループ化方式を提案する。ITSにおいては通信は常時接続であることが要求されるため、W-CDMAをITSに適用する際の問題点として、車両数に対して無線チャンネルが不足するということが挙げられる。そこで提案方式において、全ての車両に対して無線チャンネルを割り当てられるように、車両グループという概念を導入し、車両グループに対して無線チャンネルを割り当てるようにした。また、提案方式のシミュレーションによる検討を行った。

A Vehicle Grouping Method Using W-CDMA for Road to Vehicle and Vehicle to Vehicle Communication

TETSU AIZAWA[†] HIROSHI SHIGENO[†]
TOMOYUKI YASHIRO[‡] YUTAKA MATSUSHITA[†]

In this paper, we propose the Vehicle Grouping Method which can make road to vehicle and vehicle to vehicle communication using the next generation cellular phone system W-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access). Under the ITS environment, its communication is required connected all the time. As the problem to adapt W-CDMA to ITS, it is thought that the number of wireless channels is short for the number of vehicles. Then, in proposal method we introduce the concept of Vehicle Group and assign a wireless channel to a Vehicle Group to enable all vehicles to be wireless channel assigned. And we have evaluate the proposal method by computer simulations.

1 はじめに

近年、ITS(Intelligent Transport Systems)が交通事故や渋滞などといった道路交通問題を解決する新しい交通システムとして注目を浴びている [1]。ITSにおいて路車間・車車間通信技術は、ITSのさまざまなサービスを提供するための基板技術であり、赤外線・マイクロ波・ミリ波などによる通信方式が活発に研究開発されている [2]。ITSを通信インフラストラクチャとして考えた場合、それ自体巨大な情報通信ネットワークであるが、自動車そのものが動く

情報通信端末になると考えれば、他のネットワークとの相互接続性を考慮することも重要になってくる。

また、車車間通信・路車間通信ネットワークにより交通の安全性を向上させるためには、走行中の車両80%以上がITS通信を行うための車載器を搭載している必要がある [3]。そのため、ITSインフラストラクチャの整備と、車載器の搭載率の向上を図ることは重要な課題である。

本研究は、次世代携帯電話方式として国際的に標準化がすすめられている W-CDMA 方式 [4] を無線インタフェースとして用いた車車間・路車間通信方式を提案する。提案方式により

- インターネットに代表される ITS 以外のネットワークとの相互接続の容易化

[†] 慶應義塾大学 理工学部 計測工学科
Department of Instrumentation, Faculty of Science and
Technology, Keio University
[‡] 千葉工業大学
Chiba Institute of Technology

- 携帯電話網とインフラを共有することにより、路側・網側インフラストラクチャの普及・促進および通信に必要な装置を減らすことによる車載器の搭載率の向上

などの実現を図ることが、本研究の目的である。

本研究では、車両のグループ化という概念を導入し、車両グループに対して W-CDMA 方式におけるコードを割り当てることによって、W-CDMA を用いた路車間通信と車車間通信を可能にするためのグループ化方式を提案する。

本稿では、第 2 章で、W-CDMA を ITS に適用する際の課題について述べ、第 3 章で、車両グループ化方式を提案し、第 4 章でシミュレーションによる結果を示し、第 5 章で本研究についてまとめる。

2 W-CDMA を ITS に適用する際の課題

W-CDMA を ITS に適用する際の課題として、大きく 2 つ考えられる。一つは、チャンネル割り当ての問題であり、もうひとつは車車間通信の実現方法である。W-CDMA における通常の音声通信と、ITS における路車間通信および車車間通信を比較すると、前者はユーザの要求により発呼され通話チャンネルが設定されるが、後者はユーザが運転を行っている間は、通信チャンネルが常に開いていることが要求される。したがって、基地局内の全ての車両にチャンネルを割り当てようとする、車両台数に対して無線チャンネルが不足する。そこで、W-CDMA を ITS に適用する際には、なんらかの方法で無線チャンネルを増やすか、現状の無線チャンネル数のままで、全ての車両が通信を行えるような仕組みを考える必要がある。

次に、車車間通信の実現に関する課題であるが、W-CDMA を用いて車車間通信を行おうとすると、通信元は、通信先の電話番号を知っている必要があるが、ITS においては、周辺車両との車車間通信の必要性が高く、周辺車両の電話番号をしっている可能性は少ない。そこで、通信相手先の電話番号を特定しないでも、車車間通信を実現できるような仕組みを考える必要がある。

3 車両グループ化方式

本方式では、複数の車両を一つの車両グループとみなして、車両グループに対して、無線チャンネル(グ

ループチャンネル)を割り当てる。このことにより、無線チャンネルの不足を解消することができる。また、グループチャンネルを用いたグループ通信を行うことにより、周辺車両の電話番号がわからなくても、車車間通信を実現できる。

3.1 車両グループ化の方法

車両グループ化の方法として、大きく 2 つ考えられる。一つは、車群によるグループ化であり、相対的に位置の近い車両同士を一つのグループとして考える方法である。もう一つは、位置によるグループ化であり、車両の絶対座標により所属するグループを決定する方法である。前者は、車群走行を行う車両などに対して有効な方法であると思われるが、渋滞時など車群の切れ目がなくなる場合などに車群の判定が難しいなど、実装時の問題がある。後者は、車両の絶対位置さえ分かればいいので、GPS などの手段を利用することにより簡単に実現ができるというメリットがある。

また、車両グループ化処理の場所として 2 つ考えられる。一つは、センタ側で個々の車両がどのグループに属するかを決定する集中的な処理のもと、もう一つは、車両側で処理するもので、個々の車両がどのグループに属するかを自律的に判断する。

本方式では、グループ化の方法として、グループ化処理が容易であるという理由から、位置によるグループ化を行うことにした。そこで、位置によるグループ化を行う際に、センタ側で集中的に処理を行う場合と、車両側で自律的に処理を行う場合について考える。まず、位置によるグループ化を行うために、あらかじめグループエリアが設定されているものとする。グループエリアとは、基地局のカバーエリアが絶対座標により区分されたものである。それぞれの基地局は固有のグループエリア情報を持つものとする。センタ側で処理を行う場合には、各車両の位置情報がセンタに常に周期的に送信される必要がある。車両側で処理を行う場合には、各基地局のグループエリア情報を各車両が取得する必要がある。したがって、センタ側で処理を行う場合と、車両側で処理を行う場合の通信量を考えると、センタ側で処理を行う場合は、常に各車両の位置情報を更新する必要があるため、車両側で処理を行う場合に比べて、通信量が非常に多くなるものと考えられる。そこで本方式では、車両側で処理を行うものとした。

3.2 通信チャネル定義

本方式では、次の3つの論理チャネルを定義する。

3.2.1 下り共通チャネル

- 基地局に固有な下りロングコードと基地局内で共通のショートコードにより拡散される。
- 道路交通情報など、一般的な情報を報知する。
- 下りグループチャネル制御情報(グループ情報)を報知する。

3.2.2 上り個別チャネル

- 車両に割り当てられた上りロングコードと、車両に割り当てられたショートコードにより拡散される各車両にひとつの上り個別チャネルが割り当てられる車両からITSセンタにデータ、制御情報を送信するためのチャネル
- 上り干渉量を減らすためにバケットモード(UPCH)運用とする。

3.2.3 下りグループチャネル

- 下りロングコード(下り共通チャネルのロングコードと同一)とグループ毎に割り当てられたショートコードにより拡散される。
- 複数車両からなるグループに割り当てられる下りデータ送信用チャネル。
- 各車両が所属するグループを決定するための情報が、下り共通チャネルで下りグループチャネル制御情報(グループ情報)として常に報知される

グループ情報は、下り共通チャネルで周期的に報知される。図1に下り共通チャネルのフレーム構成を示す。図において、下り共通チャネルは、640ms毎のスーパーフレームからなり、スーパーフレームは64個の無線フレームで構成される。一つの無線フレーム長は10msである。下り共通チャネルのビットレートは64kbpsであるので、一无線フレームでは640bitのデータ量を扱える。一无線フレームは、16個のタイムスロットからなり、一タイムスロットの長さは0.625msである。

ここで、グループ制御フレームという名前のフレームを考える。一グループ制御フレームは複数(図では4つ)の無線フレームからなり、最初の無線フレームがグループ情報のために割り当てられ、最期の無線フレーム(図では4つ目)がグループ登録情報に対するACKのために割り当てられている。最初と最期のフレームを除く残りのフレームは、アプリケーションのために割り当てられたフレームである。

図2にグループ情報パケットの構造を示した。グループ情報パケットは、4つのグループ情報からなる。すなわち、一基地局カバーエリアが最大4つまでのグループエリアに分割できる。グループ情報の中身は、座標情報(測位情報)とグループIDおよびグループショートコードである。座標情報は96bitで、グループエリアの一つの頂点の絶対座標情報64bitとその他の2点の相対位置情報32bitからなる。グループIDは一つの基地局カバーエリア内のグループエリアを識別するためのIDであり、これは車両が基地局に対して登録を行うときに、基地局が車両に対してACKを送信するときに使用される。グループIDのbit長は8bitである。グループショートコードは、下りグループチャネルに使われるショートコードナンバーであり、車両は自車両の所属するグループIDに対応したショートコードを使うことで、グループチャネルを利用することができる。グループショートコードのビット長は16bitである。残りはオプションとして使用される。

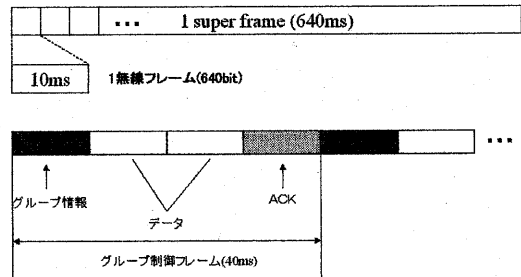


図1: 下り共通チャネルフレーム構成

64	8	96	8	96	8	96	8	96	16	16	16	96	
Header	GID1	グループ1座標情報	GID2	グループ2座標情報	GID3	グループ3座標情報	GID4	グループ4座標情報	SC1	SC2	SC3	SC4	Option

図 2: グループ情報パケット

3.3 車両グループ化フロー

図 3 に車両グループ化フローを示す。

3.3.1 グループ情報取得

まず、車両はが基地局カバーエリアに入り、下り共通チャンネルと上り個別チャンネルの設定を終った状態であることを前提とする。グループ情報は下り共通チャンネル上で周期的に報知されるので、車両は常に自車両で保持するグループ情報を更新している。新しい基地局カバーエリアに入ったら、グループ情報を取得するまでなにもしない。グループ情報を取得したら、自車両の位置情報 (GPSによる測位情報) とグループ情報より、登録グループを決定する。登録グループを決定したら、次にグループ登録要求を行う。

3.3.2 グループ登録要求送信

グループ登録要求送信フェイズでは、自車両の車両 ID とグループ ID をセットしたグループ登録要求パケットを基地局に送信する。グループ登録要求パケットは、他のデータパケットに優先して即座に送信されるものとする。登録要求を送信したら下り共通チャンネル上のグループ登録 ACK に自車両あての ACK を受信するか、タイムアウトになるまで待機する。ITS センタではグループ登録要求を受信したら、グループ管理データを更新して、送信可能な下り共通チャンネル ACK スロットを使用してグループ登録 ACK を送信する。

3.3.3 グループ登録確認受信

グループ登録要求を送信したら、下り共通チャンネル上で自車両あての ACK を受信するまで待機する。下り共通チャンネル上で自車両あての ACK を受信し

たら、その時点から登録したグループのグループチャンネル受信を開始する。ACK を受信しないでタイムアウトになったら、もう一度グループ登録要求を送信する。

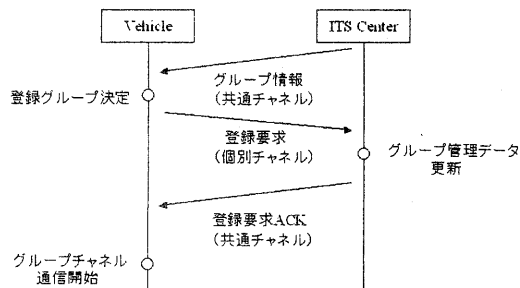


図 3: グループチャンネル登録フロー

4 シミュレーション

4.1 シミュレーションモデルおよびシミュレーション条件

まず、図 4 のような道路モデルを考えた。車両情報の管理やグループチャンネルの管理などシステム管理を行うものとして ITS センタがあるものとし、ITS センタと BTS は、有線系ネットワークを介して接続されているものとする。有線ネットワークには、ATM を使用するものとし、ITS センタと BTS 間の遅延時間は片道 5ms 固定とした。BTS は路側に沿って設置された LWG[5] を使用するものとし、LWG の長さは 500m とした。道路は直線状の 3 車線とし、5km の範囲に 500m 毎に 10 個の基地局が配置されているものとした。

表 1 にシミュレーション条件を示す。

4.2 シミュレーション結果

4.2.1 グループチャンネル登録所用時間

車両が基地局のパイロット信号を受信してから、グループ登録 ACK を受信するまでにかかる時間と車両台数の関係を図 5 に示した。横軸はレーン毎の車両台数 (台/km) であり、縦軸はグループ登録要求を出してから ACK を受信するまでの時間 (ms) である。図において、平均チャンネル確立時間 (AVE) は、

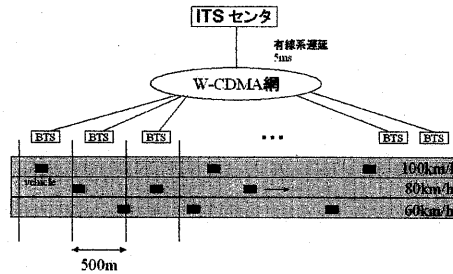


図 4: シミュレーションモデル

表 1: シミュレーション条件

道路長	5km, 3車線, 直線
路側機器通信範囲	500m
チップレート	4.096Mcps
有線系遅延	5ms
上り回線速度	64kbps
下り回線速度	64kbps
グループ数/基地局	4
シミュレーション時間	5000[s]

グループ制御フレームサイズが 40ms の場合は、最小で 27ms 程度かかり、車両台数が大きくなるにつれなだらかに増加しているのがわかる。また、車両台数が 30 台以上になると、平均リンク確立時間の増加傾向が強くなっているのがわかる。これは、車両台数が 30 台程度のところで、最大リンク確立時間が大幅に増加しているためであると思われる。車両台数が 90 台以上になると、平均リンク確立時間は、60ms 以上になっている。また、最大リンク確立時間は、30 台、60 台、90 台のところで大幅に増加し、階段状になっている。これは、グループ登録パケットが 40ms の間隔であり、1 パケットで 16 台の ACK しか返せないことから、このような不連続性がみられるものと思われる。グループ制御フレームサイズが 40ms の場合、車両台数が 100 台近くになると、最大チャンネル確立時間が 150ms 程度になった。

グループ制御フレームサイズが 30ms の場合は最小 15ms 程度からなだらかに増加しているが、車両台数が 30 台以上になると増加傾向が強くなっているのがわかる。車両台数が 90 台程度になると、平均待ち時間が 40ms 以上になっているのがわかる。ま

た、最大待ち時間も 80ms 以上になった。

グループ制御フレームサイズが 20ms の場合は、平均待ち時間は 10ms 程度から、非常になだらかに増加し、車両台数が 100 台近くになっても 30ms 以下になっている。また、最大待ち時間は、車両台数が 20 台程度のところで階段状に増加しているが、グループ制御フレームサイズが大きい場合と比べると小さな増加幅であり、車両台数が 100 台近くになっても 50ms 程度になっていることがわかる。

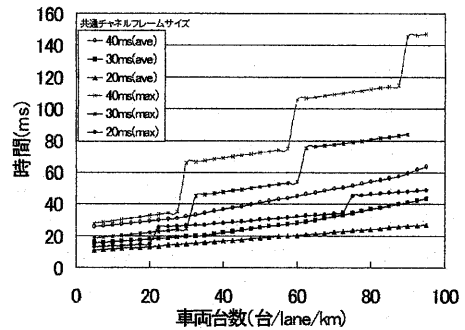


図 5: グループチャンネル確立時間

4.2.2 グループチャンネル変更所用時間

車両がグループチャンネルを変更する時の、車両がグループ登録要求を出してから、グループ登録 ACK を受信するまでにかかる時間と車両台数の関係を図 6 に示した。横軸、縦軸はそれぞれ、車両台数およびグループ登録要求を出してから ACK を受信するまでの待ち時間である。グループチャンネル登録所用時間の場合と同様に、グループ制御フレームサイズが

大きい場合は、車両台数が多くなると、100ms 以上かかるが、グループ制御フレームサイズが 20ms の場合、平均待ち時間が最小で 10ms 程度であり、車両台数が多くなるにつれなだらかに増加し、車両台数が 100 台近くになっても 20ms 強程度で済んでいる。また最大待ち時間は車両台数の増加に対して階段状に増加はしているが、車両台数が 100 台近くになっても 50ms 程度となっている。

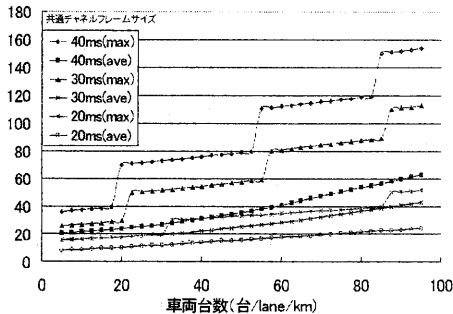


図 6: グループチャンネル変更時間

5 まとめ

提案方式における車両グループ化方式の性能について、シミュレーションで評価を行った。シミュレーション結果より、車両がグループ登録要求を出してから ACK を受信するまで、すなわち通信可能な状態になるまでの待ち時間は、最悪の場合でも 150ms 程度であることがわかった。また、グループ制御フレームサイズを小さくして、制御情報に割り当てられる帯域を多くすれば、グループ制御フレームサイズが 20ms の場合、最悪の場合でも 50ms 程度で処理が終了することがわかった。本方式では、位置によるグループ化を行っているため、通信の断絶が起こるのはグループエリアの境界付近である。したがって、グループエリアの設定を適切に行うことによって、特定地点での運転支援のためのアプリケーション、たとえば、交差点・踏切付近における運転補助や見通しの悪いカーブにおける運転補助などに対しては、十分対応することができるものと思われる。

しかし、通信の連続性が厳しく要求される自動運転などのアプリケーションに対しては、50ms という通信断絶時間が致命的になる可能性も考えられる。したがって通信の連続性が厳しく要求されるアプリ

ケーションにおいては、グループ変更時の瞬断のないグループ間ハンドオーバーのような仕組みを考える必要があるものと思われる。

以上より、本提案方式は、特定地点におけるアプリケーションに対しては十分有効であると言える。また、グループ間ハンドオーバーなどの仕組みを考えることによって、自動運転など通信の連続性が厳しく求められるアプリケーションに対しても有効であるものと思われる。

参考文献

- [1] 三菱総合研究所 ITS プロジェクト推進室, “ITS 動き出す高度道路交通システム”. B&T ブックス, 日刊工業新聞社, 1998.
- [2] 屋代智之, 松下温, “動的に PN 符号を割り当てる車両間通信プロトコル:DPA”, 信学論, Vol.J81-A No.4, pp.496-504, 1998
- [3] アリ・ウィドド, 長谷川孝明, “交通の安全性に対する車車間通信ネットワークの寄与について”, 信学ソ, SAD-2-13, 1998
- [4] “W-CDMA 移動通信方式システム実験仕様”, NTT 移動通信網 (株), 1997
- [5] 金田正久, 池田幸雄, 松原亮滋, 楊曉冬, 亘理徹, “バックファイア型漏洩導波管の基礎特性”. 電子情報通信学会 1999 年総合大会講演論文集 基礎教会 A-17, pp.419, Mar., 1999.