

GIS 概念を用いたアドホック型 ITS 構成法

遠藤 寛之† 岸本 了造‡

あらまし

近年、日本では ITS サービスが普及しつつある。しかし、現在提供されているサービスは、情報の更新頻度が少なく、アクセス頻度も局所的である。今後は、大きな規模での自動走行サービスなどの ITS サービスの提供が考えられる。しかし、ITS のためのモバイルネットワークはあまり提案がなされていない。これは、どのようなサービスが ITS において要求され、どのような情報がモバイルネットワークに要求されているかあまり議論がなされてこなかったからである。本論文では、サービスからの要求をまとめ、それに伴う GIS 概念を用いたアドホック型 ITS の物理層、データリンク層、ネットワーク層について提案する。

Ad-hoc ITS Architecture used GIS Concept

Hiroyuki ENDO †, Ryozo KISHIMOTO ‡

Abstract

Now, ITS (Intelligent Transport Systems) Service is spreading as ETC, VICS, Car Navigation in Japan. But they are only local update and one direction. Next ITS service will need to use more Dynamic update and more big scale. Because there are 70 million cars in Japan, next ITS service is made into them. So this time, there are various information and big traffic on ITS. If present system accept the next service, it is very difficult to have various information and big traffic on ITS. So I propose the ITS Architecture to use GIS's Concept and Ad hoc network. Ad hoc network correspond the big traffic and various information to distributing processing. And, to introduce GIS's concept into network, network architecture will based of Geographic information.

1. はじめに

近年、カーナビゲーションシステムが普及し、カーナビゲーションシステムを通じ、道路交通情報通信システム(以下 VICS :Vehicle Information and Communication System)による道路情報の提供が広く一般的に行われている。さらに、ETC が高速道路に設置され、運営上の問題より普及が遅れているが、将来的には普及していくと考えられる。このように、高度道路交通システム(以下 ITS :Intelligent Transport System) によるサービスが実現されつつある。将来的には、現在検討

されている、AHS(走行支援道路システム:Advanced Cruise-Assist Highway System)等を足がかりに、自動走行システム、交通管制システムの次世代 ITS サービスが実現していくと考えられる。

しかし、これらの次世代 ITS サービスにおいて、情報ネットワークが極めて重要なサービス構成となるにも関わらず、現状での将来を見据えた無線ネットワークはあまり研究がなされていない。路側帯に基地局を設置する無線方式などが検討されているが、サービスごとに ITS 無線ネットワークを構築して行くのでは、資金・時間の面で問題がある。

本論文では、既存の ITS 無線ネットワークと比較しながら、道路網全体をネットワークと見立てて、そのネットワークにおいて、次世代 ITS サービスを提供する構成を提案する。

† 立命館大学大学院理工学研究科情報システム学専攻
The graduate school of Science and Engineering,
Ritsumeikan University

‡ 立命館大学情報学科
College of Science and Engineering, Ritsumeikan
University

2 従来のモバイルネットワーク

現在、ITS ベースの無線通信を使ったシステムとしてVICSとETCが実用化されている。ただ、VICSは一方方向に放送となっているため、無線ネットワークとして現在稼動しているものは、ETCだけである。ただ、ETCの無線ネットワークは有料道路の料金所のみを設置している局所的な無線ネットワークであり、ITS全体をカバーする無線ネットワークは提供されていない。研究としては、路側帯を使った通信システムが存在するが、既存の固定無線網に基づく構成である。

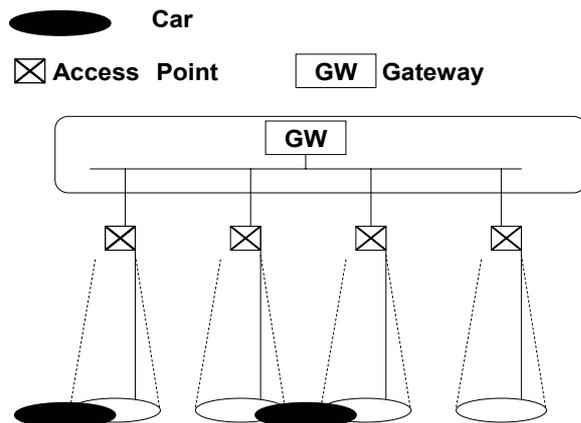


図1 路側帯無線通信構成

一方で、インターネットでは、ホスト端末から送信されるパケットは、中継ノードであるルータを経由して、インターネットパケットを送信する。ここで、アクセス系が無線の場合、インターネットサービスを楽しむためには、現在の携帯電話網の上にIP網をオーバーレイさせるものや、現在の電話網を使わずに、アドホックネットワークを構築するものが提案されている。電話網の上にIP網をオーバーレイさせる方式としては、モバイルIPやセルラーIPなどがあり、モバイルIPの概略について図2に示す。

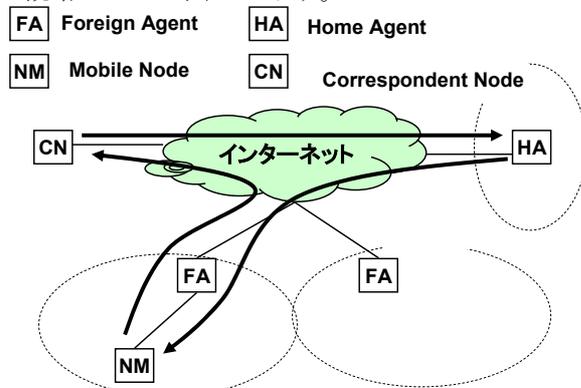


図2 モバイルIP構成

3. ITS サービスのためのモバイルネットワーク

3.1 ITS モバイルネットワークにおけるサービス

前章で述べたように、インターネットにおける無線系アクセス網として多くのネットワークが提案されている。しかし、ITSのためのモバイルネットワークはあまり提案されていない。それは、ITSにおいてどのようなサービスが要求され、その結果、どのようなモバイルネットワークが要求されるかが連携して議論されていないからである。

まず、将来のITSモバイルネットワークにおけるサービスとして、次の9つのサービス分野にわたる20のサービスが検討されている[1]。

- ナビゲーションの高度化
 - VICSなどの利用
- 自動料金収受システム
- 安全運転支援
 - AHSなどの危険警告、自動運転
- 交通管理の最適化
 - 経路誘導、信号制御
- 道路管理の効率化
 - 特殊車両の管理、通行規制情報の提供
- 公共交通の支援
 - 公共交通の運行状況等の提供
- 商用車の効率化
 - 商用車の運行管理支援
- 歩行者等の支援
 - 歩行者等への経路、施設案内
- 緊急車両の運行支援
 - 緊急時自動通報システム、災害・事故発生時の状況などの伝達

これらのサービスの中でも、特に

1. 車両の経路誘導などの交通管理システム
2. 車両の自動走行支援システム

等が最優先の研究課題だと考える。

(1)の車両の誘導などの交通管理システムにおいては、道路における事故等による迂回路の設定や、急に車両のトラヒックが増大した時の車両経路の変更などの研究が進められている。

(2)の車両自動走行システムは、快適で安全な運転のためだけではなく、無謀な運転による歩行者の事故などを未然に防止するためにも極めて重要なシステムである。半面、人の安全にも極めて大きな影響を与えるため、より高い精度での車両制御を実現する必要がある。このため、より多方面にわたる情報からサービスを構成し、何かしら情報が欠落したとしても、補正を実行し、シ

システムによる事故は絶対に起こさせない必要がある。

GPS による位置情報の取得を基礎とするが、静止状態では精度がよくても、走行状態では出力地と現在地との間に時間的ずれが生じる。時速 60 Km で走っている場合は、毎秒 17 m も変化する。物理的な情報においては、情報の精度を考慮する必要がある。

3.2 ITS モバイルネットワークへの要求分析

これらのサービスを実現するためには、どのような ITS の無線ネットワークが要求されるのだろうか。まず第 1 に、自己が所有し、運転する（自動走行の場合も）車両が周りの道路等に関する情報を正確にリアルタイムで把握する必要がある。次に、周辺の車両と事故を起こさないために、お互いに交渉をして、調整するような機構が要求される。さらに、サービスの提供は日本全国でのサービス提供となる上に、日本国内にある 7 千万台とも言われる車がサービスの対象となるのである。このため、ITS モバイルネットワークに対しては、以下のような要求が考えられる

- 複数車両間での相互車両間の調整メカニズムが必要である
- 多数の車両による通信での高いパフォーマンス
- 広域へのネットワークサービスの提供
- 情報の緊急性に応じたパケットの QoS の実現

これらの、要求条件からキーとなるネットワークのテクノロジーとして、アドホックネットワークや、エージェント通信ネットワーク等がある。また、(1)の車両の経路誘導などの交通管理システム[2]においては、車両の迂回路への誘導などが必要となるため、1台1台を誘導するよりも、車両の流れを誘導する方が制御を行う対象を減らす意味でも、効果的である。そのため、複数の車両を1つのグループと考えるアドホックネットワークの構成が考えられる。

以上のように論じると、車両を1つのパケット、道路をネットワークにおけるリンクと考え、道路全体をネットワークとして捉える案が考えられる。

4 GIS 概念を用いたアドホック型 ITS の提案

4.1 ITS ネットワークモデルの提案

前章での考えに基づき、道路網での分岐点（交差点）から分岐点の間をネットワークリンクとして、車両がネットワークを流れるパケットとして、

道路網を ITS ネットワークを構成することを提案する。そして、この ITS ネットワークの機能として、交通量制御や、衝突防止、自動走行などを実現する。図 3 に ITS ネットワークのモデルを示す。分岐点ごとにコントロールセンターが存在し、分岐点ごとに車両への情報の通知とコントロールを行うネットワークの物理層、データリンク層、ネットワーク層の網内装置、例えばルータのようなものが設置される。

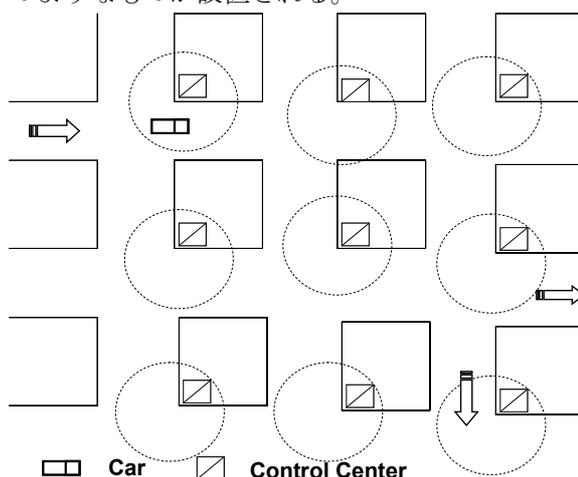


図 3 ITS ネットワーク構成の提案

4.2 GIS 概念を用いたアドホック型 ITS 構成法の提案

前節では、ITS 構成に階層構成型ネットワークモデルを提案した。本節では、ITS のネットワークとして、GIS 概念を用いたアドホックネットワーク型 ITS 構成法を提案する。図 4 は、提案した GIS 概念を用いたアドホックネットワーク型 ITS 階層構造モデルを示す。GIS 概念とは、GIS による情報提供を通じて、従来のネットワーク層で使用されていた情報以外の地理的情報を提供し、提供された地理情報を基にアルゴリズムを構築することである。

図 4 に示すように、提案した階層モデルはコンピュータ・ネットワークにおける物理層、データリンク層、ネットワーク層等において各階層で要求される車両の安全運行のための機能を GIS データを利用した手法を用いることを提案する。

図 5 は、GeoIP による無線ネットワークの提案を示す。ITS 網における下位の 3 つのレイヤにおいて、車両の位置情報および周囲の都市の道路、建物等の GIS 情報を用いる。このことにより無線系アクセスにおいて、アルゴリズムが基地局の電波の伝播機能から開放され、多様なアルゴリズムを提案することが出来る。

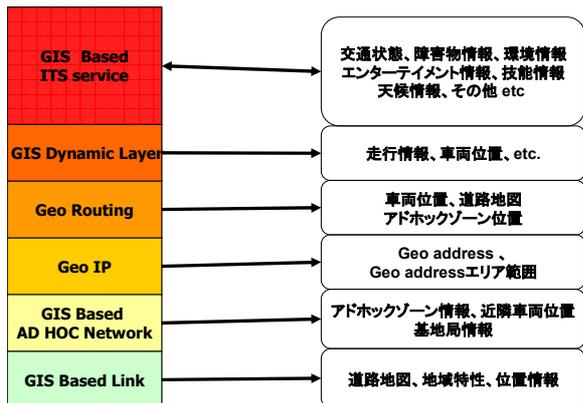


図 4 GIS 概念を用いたアドホックネットワーク型 ITS 階層構造モデル

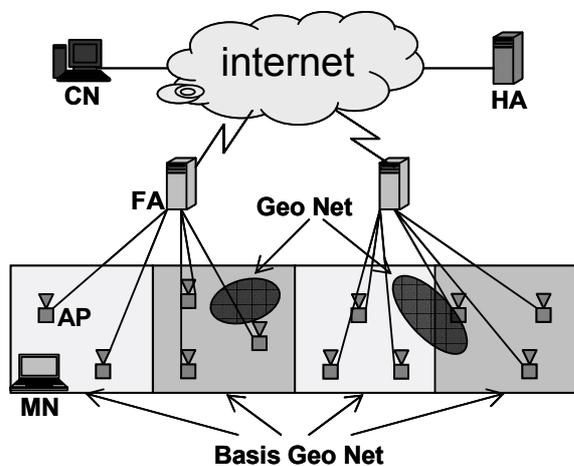


図 5 GeoIP による無線ネットワークの提案

5. GIS 概念を用いたアドホック型 ITS における各階層の具体的な機能の提案

前章で用いた ITS 構成を基に具体的な構成法を構築するために、GIS 概念を用いる。GIS 概念とは、GIS による情報提供を通じて、従来のネットワーク層で使用されていた情報以外の地理的情報を提供し、提供された地理情報を基にアルゴリズムを構築することである。ここに、物理層、データリンク層、ネットワーク層において GIS データを利用した手法を提案する。

5.1 GIS による物理層

GIS を用いた隣接コントロールエリアへの走行メカニズムを説明する。車両はコントロールセンサーから、放送されている、隣接コントロールセンター情報と区間道路情報を入手する。区間道路情報は、交通状態、路面状態から構成される。(図 6 参照)

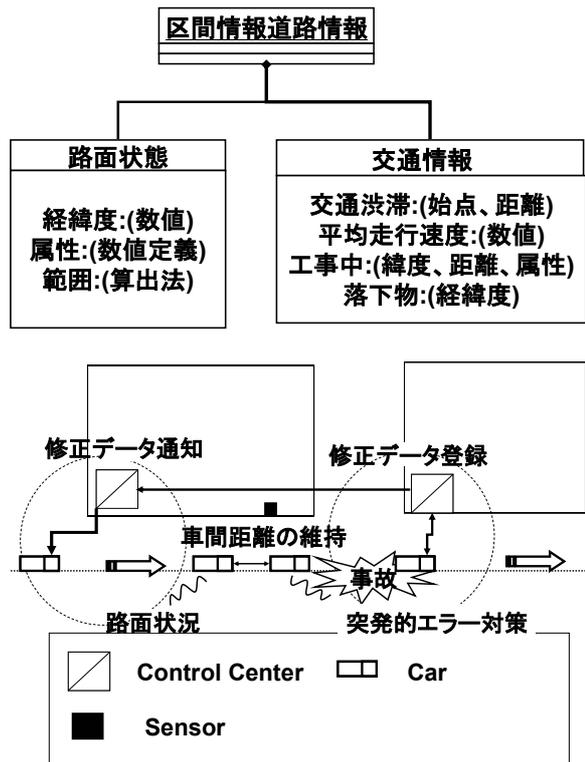


図 6 GIS を用いた物理層の構成

このデータを基に車両は、対象となる区間を走行する。走行する際には、車両搭載ミリ波センサーや、アドホックゾーンを形成しながら、他の車両との車間距離を初期に手に入れた情報を基に算出を行い、できるだけ車間距離をとりながら走行を行う。隣接コントロールセンターについて、再度、進行方向の隣接区間道路情報を取得し、走行する。ここで、初期に取得した区間道路情報が、自分自身もしくは近隣車両のセンサーによって変更点が発見された場合、コントロールセンターにアクセスを試み、修正データの登録を行う。登録をうけたコントロールセンターは得られたデータを進行方向元のコントロールセンターへと通知を行い、放送されている区間道路情報の更新を行う。この場合、車載 GIS による、突発的な障害物や事故などの詳しい情報が更新することができるため、多数のセンサーを設置する必要がない構成をとることができる。

区間道路情報の変更点を登録する場合のデータパケットは、明示的なトポロジーを持つのではなく、暗示的なトポロジーに基づき、データを通知する。具体的には、定義されているオブジェクトに対して、座標地を通知する形で、コントロールセンターに通知を行う。

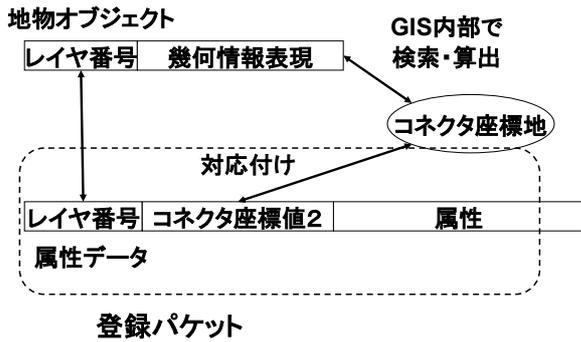


図 7 更新パケットの構造

5.2 GIS 概念を用いたデータリンク層

データリンク層では、基本的機能として、車両群の隣接コントロールセンターへの安全な到達と流入量の制御などを行う。具体的なメカニズムを図8に示す。まずコントロールセンターの無線範囲内で、アドホックゾーン形成・分離・融合を行い、移動先ごとにアドホックゾーンが構成される。このアドホックゾーンは、構成する車両が互いに通信のやり取りを行い、車両間距離を安全な距離に保つ。また、各車両のセンサーが捕らえた注意情報を共有化し、アドホック全体での危険への対処を行う。

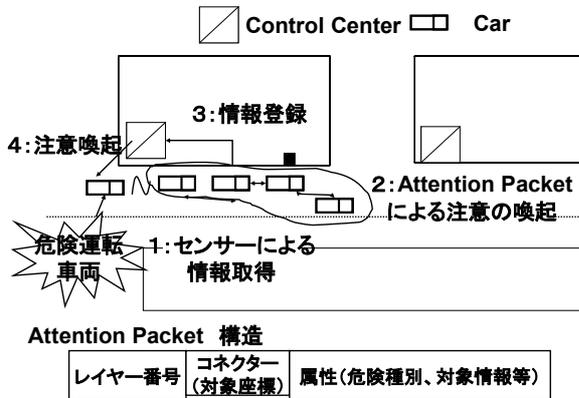


図 8 アドホックゾーン情報共有

図9では、アドホックゾーンでの危険対処に対する方式である。独立して存在する暴走運転を行う車両を、アドホックゾーンを構成する車両がセンサーにより認識した場合、アドホックゾーン全体に対して、Attention Packetを送信する。このAttention Packetは対象レイヤー番号と、危険車両の位置(コネクタ座標)そして、危険運転の内容や、対象車両情報によって構成される。このパケットの受信をうけた車両は、GISにコネクタによって、対象オブジェクトをマッピングし、危険の可能性があると判断する場合、道を明けるなどの回避行動をとる。また、コントロールセン

ター無線範囲内にいるのであれば、センターに登録を行い、危険車両に注意を促すメッセージを送り、また近隣車両に対しても放送メッセージによって注意を喚起する。

また、事故などにより、隣接コントロールセンターまでの道が混んだ場合、区間に入ろうとするアドホックゾーンに対して、リンクコストの告知を行い、別経路の探索を促す。

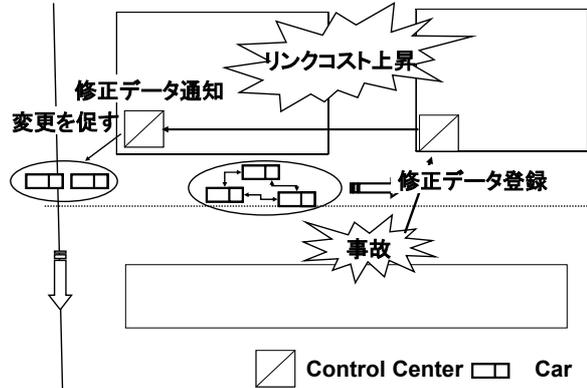


図 9 アドホックゾーンへの経路変更要求

5.3 GIS 概念を用いたネットワーク層

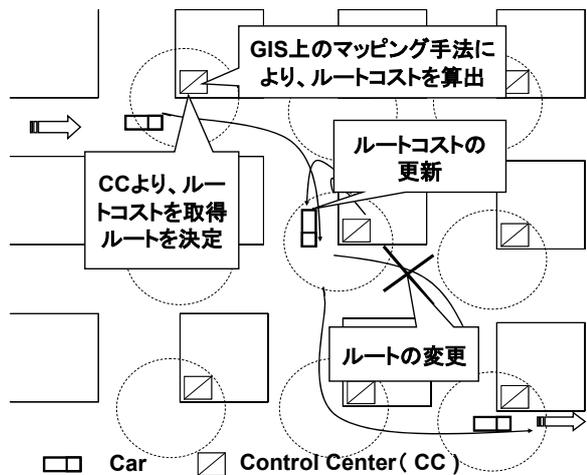


図 10 GIS 概念を用いたネットワーク層

ITS ネットワーク層において、1台または、すべての車両の経路が決定される。ここで、GISを用いた経路決定法について述べる。

ITS ネットワークにおいては、流れるパケットは電子情報であるパケットではなく車である。このため、コンピューターネットワークの分野で使われている経路決定アルゴリズムを適用する場合、初期に計算したルートでも、時間がたつことで、処理の内容とは異なってしまふ。このため、車両のように時間的変化の要因を考慮にいれて、常に経路の選択を見直す必要と考える。図10に

において、GIS よりコストの取得を行い、ルートをコントロールセンターに行くたびに直視モデルを表示する。将来的には、より大規模な動的な変化モデルが必要と考える。

5.4 ボロノイ図によるアドホックゾーン構成

ITS ネットワークにおいて、通常、図 1 1 に示すように、電波強度の基づき、最近隣車両の特定を行い、ネットワークを形成する。

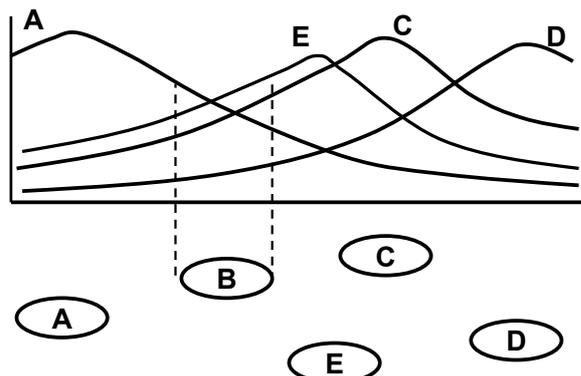


図 1 1 電波による隣接車両の特定

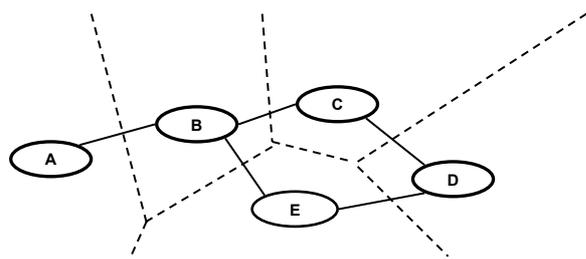


図 1 2 ボロノイ図によるリンク構成の決定

しかし、図 1 2 に示すように、ボロノイ図 [3] を用いることで、GIS 上の地図データから、車両の最近隣を算出し、アドホックゾーンへの応用ができる。

コントロールセンターは、流入してくる車両から、位置情報を取得して GIS 上にマッピングを行う。マッピングされた位置情報を元に、GIS はボロノイ図を生成する。この生成されたボロノイ図は、各オブジェクト（この場合車両）同士を最近隣とする領域分割である。この最近隣同士の車両をリンクで結ぶことでアドホックゾーンでのリンク経路とする。

アドホック型 ITS においては、コントロールセンターにおいて、アドホックゾーンの形成・分離・融合が行われる。合流しようとする車両は、コントロールセンターに対して合流要求を送信する。送信を受けたコントロールセンターは、形成されているアドホックゾーンの車両位

置を返信する。返信をうけた車両はボロノイ図を用いて、再隣接の車両を特定し通信を行うことで、アドホックゾーンを形成し、合流を行う。

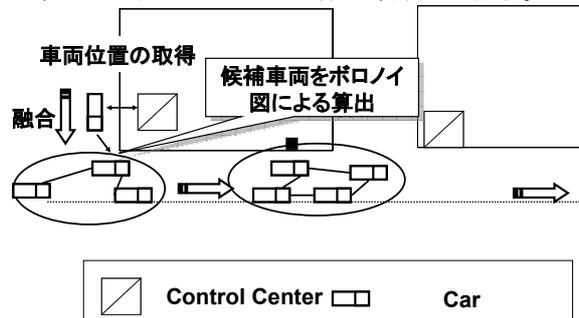


図 1 3 ボロノイ図を利用した合流メカニズム

図 1 3 に示すように、GIS 上で合流における通信候補の選定を決める事で、無線による通信手順を減らし、特に大都市において無線干渉を減らすことができると考える。

6. まとめと今後の課題

本論文では、ITS ネットワークを従来のネットワークと比較を行い、サービスが要求する要求条件を満たすための GIS 概念を用いたアドホック型 ITS 構成について述べ、通信層、データリンク層、ネットワーク層において GIS 概念に基づく具体的な構成法を提案し、データの表現について言及を行った。

今後の課題として、各車両が持つ GIS 同士のデータの更新メカニズムの開発や、データフォーマットのより詳細な定義があげられる。今後、これらの試案をまとめた後、シミュレーターにより性能評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 電気学会・空間情報統合化技術調査専門委員会…編 “GIS の基礎と応用 空間情報の統合化技術” (2001) オーム社.
- [2] 木下 成宏・櫛木 集・, 岸本 了造・アドホックネットワークの概念を適用した高速道路交通システムの提案 無線通信システム研究会(電子情報通信学会) RCS2002-21 21-26
電子情報処理学会
- [3] 高嶋 宏夫、鈴木 敦夫・最適配置の数理、朝倉書店 1992