

スマートゲートウェイにおけるモバイル IP・プラットフォームの提案

野明 俊道(*1) 平岩 賢志(*1) 森 光正(*1)
(*1) (株)日立製作所 ネットワークプラットフォーム事業部

はじめに

近年のインターネットの急速な普及によりネットワークサービスはさらにグローバル化しつつあるが、こうした動きの中で車社会の進展のあり方の1つとして自動車が携帯端末に続く情報端末になろうとしている。このような背景の中で自動車の安全運転をめざす走行支援サービス及びこれに付随する種々の情報提供サービス実現のために、走行環境での情報通信ネットワーク技術(スマートゲートウェイ)の確立が必要となり国家プロジェクトによる技術開発が進められている。

本稿では、スマートゲートウェイにおける高信頼通信を実現するためのモバイルネットワーク・プラットフォームを提案する。さらに、モバイルネットワークのアクセス方式として専用狭域通信(DSRC: Dedicated Short Range Communication)を利用する路側システムにおいて、自律分散制御により複数無線通信ゾーンを論理的なサービス提供セルとして連続通信サービスを提供し、広域 IP 網とのインタワークにより IP サービスを車載端末に提供するためのゲートウェイ方式を提案する。

A PROPOSAL OF MOBILE IP PLATFORM ON SMART GATEWAY

Toshimichi NOAKE¹ Masashi HIRAIWA¹ Mitsumasa MORI¹
¹ Network Systems & Platform Solutions Division, Hitachi Ltd.

INTRODUCTION

The recent rapid proliferation of the Internet has been promoting global development of network services. One of the features of the development of our vehicular society is that on-board vehicle terminals are becoming a successor to the human-carried cellular phones. Technological development is being carried on as a national project in Japan to establish information and communication network technology which supports user mobility (called "Smart Gateway" for the future vehicle-road communication system) to implement a variety of information services aimed at safe vehicle driving.

This paper proposes a mobile network platform to implement highly reliable communications. The authors propose a mobile access node system by ADS (Autonomous Decentralized System) control to provide multiple radio communication zones as logical service providing cells. This system allows "continuous communication services" (uninterrupted and seamless services using short-range communication among microcells) and provides on-board vehicle terminals with IP services by interworking the public/wide-area IP network using DSRC (Dedicated Short Range Communication) for mobile access. For the gateway system, IP gateway management is described. This function manages the IP address given to each on-board vehicle terminal to provide the wide-area IP services to on-board vehicle terminals. Finally, the functional mapping for ITS mobile network platform is described.

はじめに

近年のインターネットの急速な普及によりネットワークサービスはさらにグローバル化しつつあるが、こうした動きの中で車社会の進展のあり方の1つとして自動車が携帯端末に続く情報端末になろうとしている。このような背景の中で自動車の安全運転をめざす走行支援サービス及びこれに付随する種々の情報提供サービス実現のために、走行環境での情報通信ネットワーク技術（スマートゲートウェイ）の確立が必要となり国家プロジェクトによる技術開発が進められている。

本稿では、スマートゲートウェイにおける高信頼通信を実現するためのモバイルネットワーク・プラットフォームを提案する。さらに、モバイルネットワークのアクセス方式として専用狭域通信（DSRC: Dedicated Short Range Communication）[3]を利用する路側システムにおいて、自律分散制御により複数無線通信ゾーンを論理的なサービス提供セルとして連続通信サービスを提供し、広域IP網とのインタワークによりIPサービスを車載端末に提供するためのゲートウェイ方式を提案する。

1. スマートゲートウェイにおけるモバイルネットワーク・プラットフォーム

1.1. モバイルネットワーク・プラットフォームへの機能要求条件

本検討ではアプリケーションとして安全走行支援等のリアルタイム性の要求されるサービスとインターネットを介した情報配信など非リアルタイムサービスへの適用を考えるが、両者には求められる情報伝送量、通信品質さらには通信ゾーン配置や車輻移動速度などサービス提供の環境は異なる。両者で共通に考慮すべき条件、各々で考慮すべき条件を下記に考察する。

1.2. アクセスインフラ

車輻走行中のユーザが情報授受するためのアクセスインフラとしてセルラー網、IMT-2000等の広域通信網、専用網としての狭域通信（DSRC）網、放送通信等があり各々の特長を生かしつつ相互に補完しながらサービスが進展するものと考えられるが、本システムでは高速移動環境でリアルタイム性の要求される走行支援サービス、インターネットなど広域網サービスを走行中のユーザに提供するためのアクセスインフラとしてDSRCを適用している。DSRCは、Electronic Toll Collection System (ETC)の無線通信方式として物理レベルが国際標準化され、論理レベルについても標準化が行われている。さらに、国内ではDSRC適用の電波利用枠を開放しETCを含む公共利用に加え民間利用でのアプリケーションの普及を目指し汎用的で伝送レートの向上を目指した無線通信方式を実現するための標準化が進められている。本システムでは、無線通信ゾーン長30m、伝送速度4Mbit/sのサービスエリアにおいて、コネクションレス型通信制御により最大8ユーザまでにノンブロックな通信を提供する条件で検討を進めている。

1.3. マイクロセル移動管理

上述のような小さな無線通信ゾーン間を高速移動する車輻ユーザに連続通信を提供するために無線通信ゾーンを跨るハンドオーバー機能の提供が重要な課題であるが、ネットワーク内の各無線アクセスノード間を自律分散（ADS）通信方式[1][2]で接続することにより、複数無線通信ゾーンを論理的なサービス提供セルとして、移動車輻の位置管理、ハンドオーバー中の転送データの保証を特長とする連続通信サービスを提供する。

本システムでは、狭域通信の特長を高速移動環境で生かすことを目指すが故に車輻の位置管理、ハンドオーバー中の転送データなど制御情報のトラヒックが高くかつ高速処理が求められる。これに対応するためにネットワーク内の無線アクセスノードを水平に配置（階

層を持たないネットワーク構成)しネットワーク内で要求されるサービスに関するノード間でのマルチキャストデータ転送によりノード間で自律的に協調する自律分散制御方式により、高レスポンス、高速処理を実現している。

また権利を持たない利用者の不正アクセス、盗聴、改竄を防止するために利用者の認証を行なうが、利用者認証のためのセッション鍵をネットワーク内で持ち回ることにより高速な利用者認証を実現している。

図 1 に自律分散制御によるマイクロセル移動管理機能概要を示す。路側ネットワークは DSRC を介して車載端末と通信をするための基地局、広域網へのインタワークするためのゲートウェイ、走行支援などアプリケーションを実行するサーバなど多数のノードが自律分散的な接続により構成されている。ネットワーク制御の観点から重要になるのは車載端末との高速なコネクションの確立、移動する車載端末への通信コネクションの追従及び走行支援のようなサービスを実現するためのデータ伝送の信頼性である。これらの実現方式につき下述する。

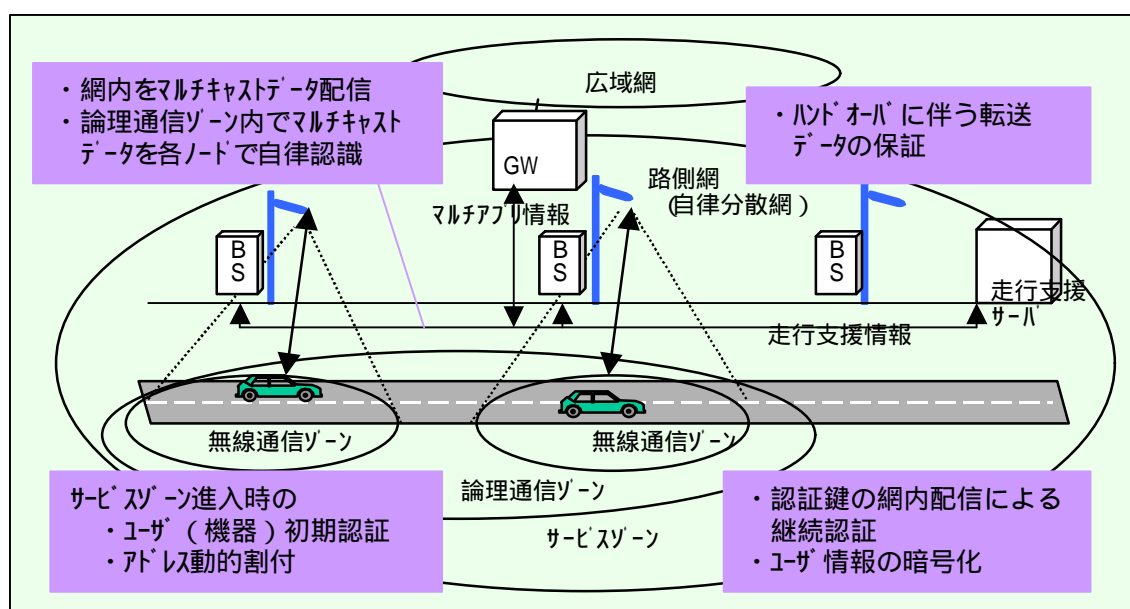


図 1 マイクロセル移動管理機能概要

1.3.1. 網内データ伝送方式

狭域無線通信ゾーンを跨り移動する車輿に連続的にデータ配信を行なうために、サービスゾーン内にデータ配信先として論理通信ゾーンを動的に定義し論理通信ゾーン内各ノードにマルチキャスト配信する。各ノードは必要なデータを自律的に取り込み車輿に配信する方式とした。なおマルチキャストに伴う網内トラフィック負荷とレスポンス時間とのトレードオフにより論理通信ゾーンの範囲を規定することとした。またサービスゾーン内でデータ伝送に対しサービス情報の優先度によるデータ伝送制御を行なっている。これはサービスゾーン内で起きる事象(例えば走行支援サーバが検出した事故情報を車輿に配信する、あるいは車輿ユーザからのインターネット Web Site へのアクセス要求を受け付けるなど)に伴うデータ伝送、下述するハンドオーバーに伴うデータの転送など網制御データの伝送、さらには課金・決済情報などの管理データの伝送などレスポンス性、信頼性の点で要求条件の異なるデータ伝送に対し網が定義するサービス識別子に基づき優先度に応じたデータの

配信を行なうことであり、これによりサービスレベルでの QoS 制御を実現している。

1.3.2. ハンドオーバーに伴うデータ伝送の保証方式

狭域無線通信ゾーンを跨り移動する車輻に連続的にデータ配信を行なうにあたり、基地局から車輻に対するデータ転送が未完了で無線通信ゾーンを離れる場合にそれまでの通信ゾーンの基地局から新たな通信ゾーンの基地局へ伝送未完了パケットを転送し新たな通信ゾーンで確立されたコネクションを介し車輻へのパケット伝送を継続する方式により車輻へのデータ伝送を保証する。

1.3.3. 高速移動車輻の位置管理方式

上述の車輻移動に追従した連続的なデータ伝送を可能とするためにサービスゾーンに車輻が進入時に動的にアドレスを付与、路側網内のゲートウェイでアドレスの一元管理する方式とし、これにより路側網内での通信の応答性を保持しつつ網内のトラフィック管理を行なう。

1.3.4. ユーザ認証方式

権利を持たない利用者による不正利用 例え路側網、路側網を介したインターネット内でのハッキング、リソースの不正利用、網内情報の不正入手・改竄、他ユーザになりすまし網サービスを横取りするなどを防止する目的で DSRC 無線通信においてユーザ認証（機器認証）及び通信データの暗号化を行う。認証はユーザがサービスゾーンに進入した時点で行うが、その際に生成される認証鍵を網内に配信し各基地局で保持することにより通信ゾーンが変わる場合に短時間で認証可能とするようにしている[4]。

1.4. IPゲートウェイ管理

路側システムの IP ゲートウェイが広域 IP 網と DSRC 無線アクセスネットワークとのインタワークを行い、車載端末に IP サービスを提供する。その際考慮した点として；

- ・ 車載端末に IP アドレスを持たせることにより拡張性の高いサービスを実現する。
- ・ 車載端末の IP アドレスは、プライバシー保護の観点から、車載端末毎にあらかじめ固定的に付与するのではなく、路側ネットワークアクセス時に動的に IP アドレスを付与する方式を採用する。これにより、IP アドレスから直接車両を特定することができなくなるため、付与したグローバル IP アドレスを用いて、直接車両情報を取得することが抑止される。

1.4.1. 動的 IP アドレスの管理方法

車載端末に対し動的に IP アドレスを付与するためには、IP アドレスを管理するサービスプロバイダが必要である。路側システムを管理する DSRC サービスプロバイダが、アクセス網として路側システムを使用するユーザに対し IP アドレスを貸し与え、インターネットとのゲートウェイの役割を果たすことにより実現可能である。

1.4.2. 動的 IP アドレス付与方式

スマートゲイトウェイの無線方式である DSRC は、1つの通信ゾーンが最大 30m の狭域通信が特徴である。IMT-2000 やデータ通信サービスを行っている既存モバイルサービスと比較して非常に狭い通信ゾーン内で IP アドレスの付与が完了しなければいけない。そのために、IP アドレス付与に必要な情報量・シーケンス数を最小限に抑えたプロトコルが必要である。上記目的のために、情報量・シーケンス数を最小限に抑え、DSRC の利用可能な APDU のサイズ（56oct）以下とし、それぞれ 1 シーケンスでやり取りすることにより IP アドレス付与のシーケンスが最小限に抑えられる。これにより高速に IP アドレスを付与することが可能となる。

1.4.3.IP アドレス継承機能

高速に移動する車両に対し継続的にサービスを提供する為には、動的に付与した IP アドレスはサービス提供している間は継続的に使用できることが必要である。この目的で、車両が移動しても移動先で継続的に IP アドレスを使用可能とするプロトコルの検討を行なった。

2.IP ゲートウェイのモバイル IP アドレス管理方式

2.1.IP アドレス付与・登録機能

前述の狭域通信での課題解決のために、情報量・シーケンス数を最小限に抑えたプロトコルの検討を行った。

IP アドレス付与と認証を同時に扱うことは行なわないこととし、基地局・移動局間で行なわれる車両進入・相互認証フェーズと、IP ゲートウェイ・移動局間で行なわれる IP アドレス付与フェーズに別ける。

以下、それぞれのフェーズのシーケンスについて検討する。

2.1.1.車両進入・相互認証フェーズ

車両進入時に移動局と基地局との間でリンクの確立、相互認証を行なう。

このシーケンスを図 2に示す。

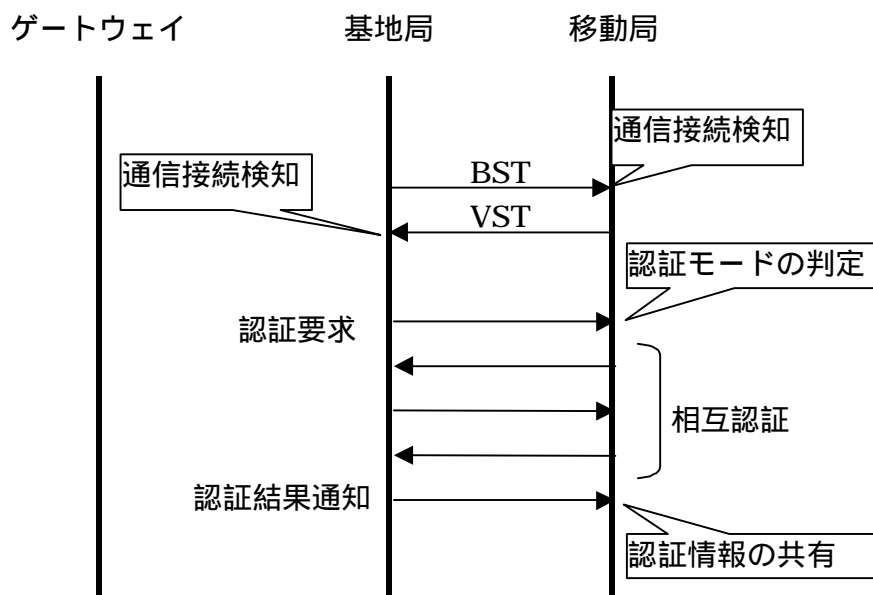


図 2 車両進入・相互認証フェーズのシーケンス

2.1.2.IP アドレス付与・登録フェーズ

車両進入・相互認証フェーズ終了後、IP ゲートウェイと移動局間で IP アドレスの付与または登録を行なう。

このシーケンスを

図 3に示す。

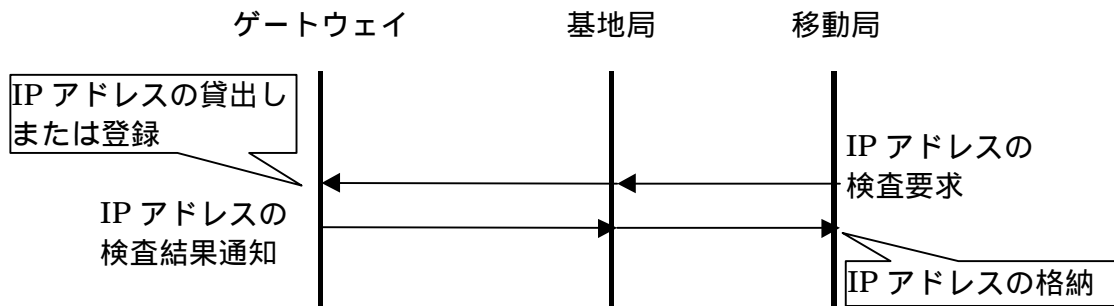


図 3 IP アドレス付与フェーズのシーケンス

2.2 IP アドレス継承機能

高速に移動する車両に対し継続的にサービスを提供する為には、動的に付与した IP アドレスはサービス提供している間は継続的に使用できることが必要である。この目的で、車両が移動しても移動先で継続的に IP アドレスを使用可能とするプロトコルの検討を行なった。

2.2.1 IP アドレス継承機能の検討

IP ゲートウェイ間を車両が移動した場合に、IP アドレスの継承を行なうために、移動局が使用している IP アドレスが路側ネットワークにより付与されたもので、使用可能なものを移動先 IP ゲートウェイが検査する必要がある。

そのために、IP アドレスの付与が行なわれた際に、あらかじめ IP ゲートウェイ間で IP アドレス付与情報を配布し、移動先で検査できるようにする。

これにより路側システムにおける IP アドレスの継承が可能となる。

このシーケンスを図 4に示す。

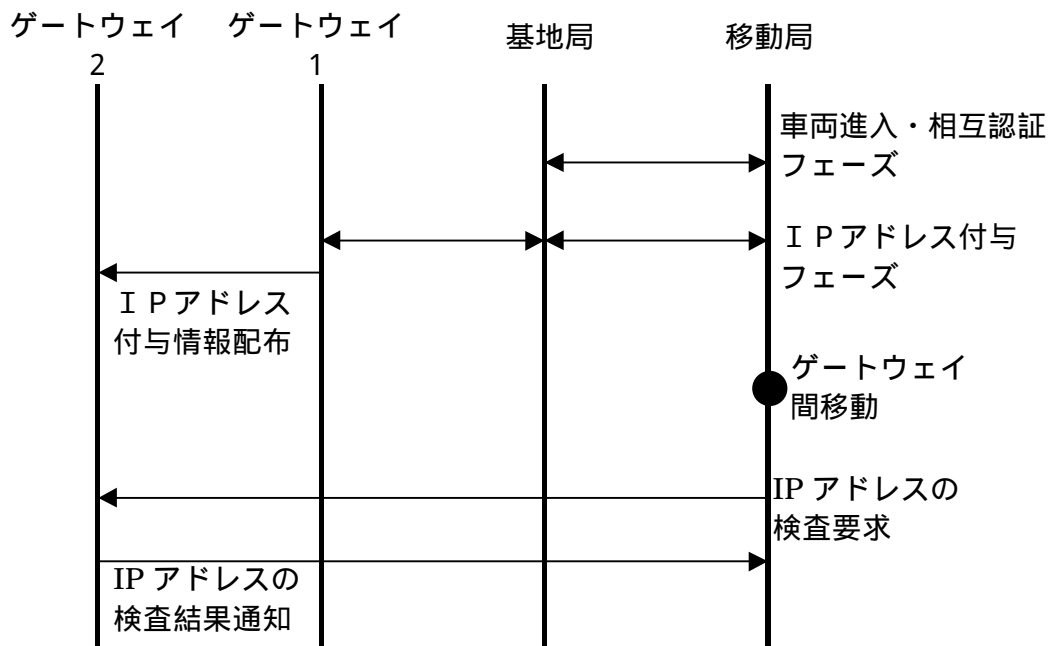


図 4 ゲートウェイ間移動時の IP アドレス継承シーケンス

3. ITS モバイルネットワーク・プラットフォーム機能配備

3.1 機能配備

リアルタイム性、高レスポンス性を要求される走行支援サービスと大容量の情報伝送が要求される IP サービスというデータ特性の異なる 2 つのサービスを提供し、マルチアプリケーションサービスを実現するために、自律分散制御により要求されるレスポンス性に応じて情報伝送の優先処理を行なうことで信頼性の高い路車間通信を実現する。

上記を考慮し、図 5 に ITS モバイルネットワーク・プラットフォームの機能配備を示す。

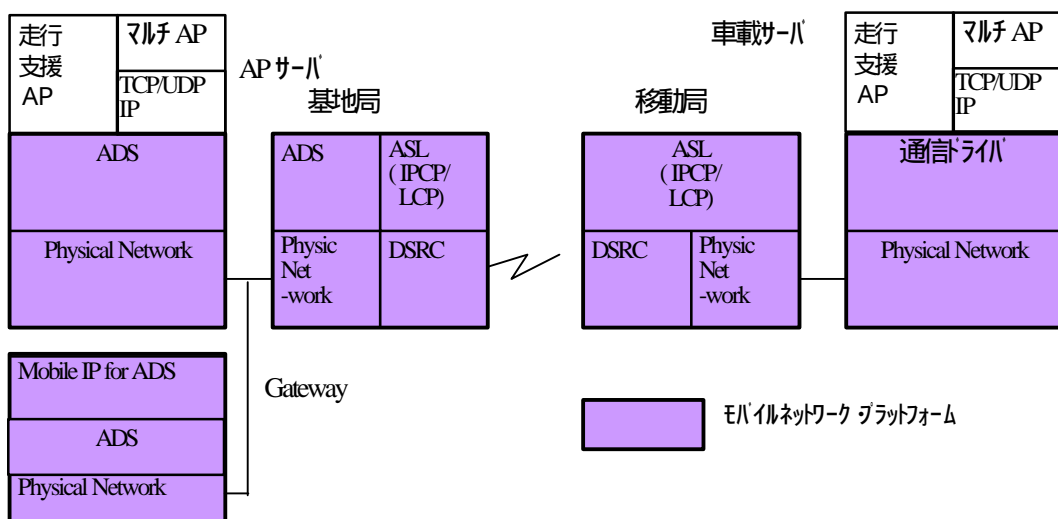


図 5 ITS モバイルネットワーク・プラットフォームの機能配備

- ・ 基地局、移動局に無線通信機能(レイヤ1~レイヤ7)を実現する標準化された DSRC プロトコルを実装。走行支援、IP他複数アプリケーションから DSRC を利用するために ASL(Application Sub-Layer)を実装。また路車間認証機能を DSRC 上に実装している。
 - ・ 路側網内でのデータ伝送及びエンドアプリケーションにとっての QoS を制御するための ADS プロトコルを網内の各ノード(基地局、APサーバ、ゲートウェイ)に実装
 - ・ 路側網内における ADS 上のモバイル IP 機能を実装。
- 上記システム構成により、ハンドオーバを伴う移動環境で上記アプリケーションにつき連続通信の特性を評価する予定である。

3.2.性能目標

DSRC は、前述の通り1つの通信ゾーンが最大30mの狭域通信が特徴である。そのため、高速移動中でもアプリケーション通信時間が十分に確保される必要がある。

時速100kmで走行する場合、30mゾーンを通過する時間は1秒であり、その10%以内でのアドレス更新を完了するように、ハンドオーバ時のアドレス更新時間100msをモバイルIPの性能目標として実装・評価をする予定である。

4.まとめ

本稿では、モバイルネットワークのアクセス方式としては国際標準化が進められている DSRC を利用し、自律分散(ADS)通信方式によるモバイルIPアドレス管理方式での、広域網とのインタワークによりIPサービスを車載端末に提供するためのゲートウェイ方式を提案した。今後これら ITS モバイルネットワーク・プラットフォーム実現のために上述の要素技術を試作、2002年度に予定される実証実験での評価等実用化に向けての開発を進めていく考えである。

本研究は、通信・放送機構の委託研究「走行支援システム実現のためのスマートゲートウェイ技術の研究開発」によって実施しているものであり、関連する方々の御指導に感謝する。

5.文献

[1] K. Mori, "Autonomous Decentralized System: Concepts, Data Field Architecture and Future Trends," Proc. of IEEE International, Symposium on Autonomous Decentralized System (ISADS '93), pp. 28-34, March 1993.

[2] T. Aizono, K. Kawano, H. Wataya, and K. Mori, "Autonomous Decentralized Software Structure for Integration of Information and Control Systems," Proc. of IEEE Computer Software and Application Conference (COMPSAC '97), pp.324-331, August 1997.

[3]"ARIB STD-T55: Dedicated Short Range Communication (DSRC) for Transport Information and Control Systems(TICS) ARIB STANDARD", ARIB, 1988

[4] ISO/IEC 9798-2 "Information technology - security techniques - entity authentication mechanisms - part 2