

# 電気自動車 (EV) 向け ITS 情報通信システムの開発と評価

服部 有里子<sup>1,a)</sup> 下田 智一<sup>2</sup> 伊藤 政義<sup>2</sup>

受付日 2011年10月21日, 採録日 2012年4月2日

**概要:** 電気自動車 (EV) は 1 回の充電での走行可能距離に制約がある, 現時点では充電設備の設置箇所が少ない等の課題がある. EV 導入促進のためには, これらの課題を解決する ITS サービスが必要である. 本稿で提案する「EV 向け ITS 情報通信システム」は, 走行中に充電残量を収集し, EV ルート周辺の最寄りの充電ステーションの場所と利用状況を案内するとともに, 充電ステーションでの EV の効率的な充電スケジューリングを行うシステムである. 具体的には, 広域通信網と路車間通信および車載ネットワークを接続する通信プロトコルを開発し, センタおよび路側無線装置から車両データの読み出しと車両の遠隔操作を行う, 車載システムと路側システムを開発した. 実験システムにより実証試験を行い, 通信システム上で動作するサービスアプリケーションを開発することにより, EV 車内での安心感向上と充電ステーションでの利便性・快適性向上において, サービスの有効性とシステムの実用性を評価した.

**キーワード:** 路車間通信, 広域通信網, 車載ネットワーク, 電気自動車

## Development and Evaluation of ITS Information Communication System for Electric Vehicle

YURIKO HATTORI<sup>1,a)</sup> TOMOKAZU SHIMODA<sup>2</sup> MASAYOSHI ITO<sup>2</sup>

Received: October 21, 2011, Accepted: April 2, 2012

**Abstract:** Electric Vehicle (EV) has a restriction for the distance which it can drive by one battery charge, and under the present situation there are some problems such as there being few installation places for the battery charge equipment. To promote the introduction of EV, the ITS services corresponding to these problems and characteristics are required. “ITS information communication system for EV” we propose in this paper, provides functions for observing the amount of battery remainder and leading to surrounding battery charge stations while driving, and also creating the efficient battery charge schedule for EV. Concretely we develop the protocol that connects the wide area network and the road to vehicle communication with the in-vehicle network, and also the in-vehicle system and the roadside system whereby reading and writing vehicle data from center and roadside are achieved. As a result of the feasibility test, by developing the service applications the sense of security in the EV and the convenience and the amenity in the battery charge stations will be improved. The effectiveness of the services and practical use of the system have been confirmed.

**Keywords:** road to vehicle communication, wide area network, in-vehicle network, EV (electric vehicle)

### 1. はじめに

低炭素社会実現のため, 環境に配慮した電気自動車 (EV:

Electric Vehicle) の導入が進められている. EV は 1 回の充電での走行可能距離に制約がある, 現時点では充電設備の設置箇所が少ない, また, EV はレンタカーやカーシェアリングでの利用により 1 台の EV を複数の利用者がシェアして利用するケースが想定され, 従来の燃料補給の考え方を適用できない等の課題がある. 一方, 停車中に電気が使える, 通信ネットワークを組み込みやすい等の特性がある. EV 導入促進のためには, EV を安心して利用する方法

<sup>1</sup> 三菱重工業株式会社  
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Kobe, Hyogo 652-8585, Japan

<sup>2</sup> 三菱自動車工業株式会社  
Mitsubishi Motors Corporation, Okazaki, Aichi 444-8501, Japan

a) yuriko\_hattori@mhi.co.jp

として、充電残量や最寄りの充電ステーションの情報をリアルタイムに提供するとともに、EV 充電電力マネジメントとしてEV の電力需要を把握し、充電ステーションでの効率的な充電スケジューリングを行う ITS サービスが必要である。このようなサービスを提供するシステムの課題は以下の2点で、外部通信ネットワークと車載ネットワークとの接続による、高速で高品質、セキュリティ性の高い通信手段と、通信システム上で動作するサービスアプリケーションの開発が要求される。

- 車両の状態変化を即時に検知し、車両内に確実に情報提供するとともに、車両を遠隔操作することにより、リアルタイムに車両状態を変化させること。ここで、車両の状態変化とは、EV 充電残量の低下を対象とする。また、車両を遠隔操作するとは、充電の遠隔操作やエアコンスイッチの乗車前作動を想定しており、自動運転の遠隔制御を意味するものではない。
- 通信により収集した車両情報に基づき、最寄りの充電ステーションの情報を生成するとともに、充電ステーションでの効率的な充電スケジューリングを行うこと。

これまで車両状態監視システムとして、携帯電話等の広域通信網を用いる方法が実用化されている [1]。車両の状態変化を検知すると、広域通信網により情報センタ等に情報集約するが、情報が外部に通知され、センタ等で情報生成・提供するため、ドライバや車両管理者が即時対応することが困難である。また、車両に搭載されているカーナビゲーションを使用するシステムが車両に実装されている [2] が、センタで情報管理しないセンタレスシステム [3] では自車の状態しか把握できず、管理対象とする EV 全体の情報を把握することができない。

本稿では、これらの課題を解決するため、広域通信網と路車間通信および車載ネットワークを連携させた ICT (Information Communication Technology) システムを提案する。提案する「EV 向け ITS 情報通信システム」は、走行中に充電残量を収集し、EV ルート周辺の最寄りの充電ステーションの場所と利用状況を案内するとともに、充電ステーションでの EV の効率的な充電スケジューリングを行うシステムである。広域通信網および路車間通信により車両の状態変化を即時に検知すると、情報センタで車両情報を管理し、センタおよび路側無線装置から車両を遠隔操作し、リアルタイムに車両状態を変化させることにより即時対応を可能とする。具体的には、広域通信網と路車間通信および車載ネットワークを接続する通信プロトコルを開発し、センタおよび路側無線装置から車載器を介して車両データの読み出しと車両の遠隔操作を行う、車載システムと路側システムを開発した。実験システムにより実証試験を行い、通信システム上で動作するサービスアプリケーションを開発することにより、提案システムが EV 車内での安心感向上と充電ステーションでの利便性・快適性向上

において、有効な ITS サービスを提供することを評価した。

以下、2章で関連研究、3章で問題設定と要求条件について述べたのち、4章でEV 向け ITS 情報通信システムを提案し、5章で具体的な車載システムと路側システムの開発について解説する。6章で実験システムによる実証試験について説明し、最後に7章で本稿をまとめる。

## 2. 関連研究

ICT の車への実用展開として、携帯電話とカーナビゲーションを統合したテレマティクスや路車間通信による安全運転支援システムが実用化されている。テレマティクスでは 3.5G 携帯電話システムに加え、モバイル WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) が利用されている。安全運転支援システムでは、既存の道路交通信情報システム (VICS: Vehicular Information Communication System) に加えて、5.8GHz 帯 DSRC (Dedicated Short Range Communication) [4] 路車間通信を採用した ITS スポットサービス (新 VICS) により、ETC (Electronic Toll Collection System) 機能をあわせ持つ ITS 車載器に対して道路交通状況や予防安全情報が提供される。

車両状態監視システムとしては、携帯電話等の広域通信網によって情報センタに情報を集約する広域通信システムが実用化され、さらに、車両に搭載されているカーナビゲーションを使用する、センタで情報管理しないセンタレスシステムが車両に実装されている。

広域通信システムは、サービスエリアに関する制約はほとんどないが、情報提供がプル型であり、特定のエリアに存在する車両すべてに対するプッシュ型の情報配信には不向きである。センタレスシステムはセンタ運営費が不要であるが、自車の情報に限定され、管理対象とする EV 全体の情報を把握し、電力需要管理を行うことができない。また、EV に最寄りの充電ステーションの情報を提供するためには、事前にオフラインで充電ステーションの情報等をダウンロードしておく必要がある。これらに対して路車間通信システムは、サービスエリアが路側装置近傍に限定され、30m 程度である。しかし、通信領域内の車両からリアルタイムで情報が収集でき、情報センタで収集した車両情報を管理し、同時にプッシュ型で確実な情報提供が行えるというメリットがある。また、限定された路側装置との通信のため、セキュリティ性が高い。一方、サービス範囲を面的にカバーすると路側装置設置費用が必要となる。そこで本稿では、広域通信と路車間通信を連携し、両方のメリットを活かしたシステムを提案する。

## 3. 問題設定と要求条件

### 3.1 路車間通信

本研究では、路車間通信として ETC 等に用いられている 5.8GHz 帯 DSRC を採用する。DSRC は ARIB STD-

T75 [5], STD-T88 [6] に準拠し、通信領域が比較的狭いこと、伝送速度が速い (4 Mbps) こと等を特徴としている。DSRC は基地局位置を中心とした直径 30m の範囲を通信領域として安定した通信ゾーンを構成し、1つの基地局が複数の移動局と同時に通信を行うが、シャドウイング等により通信回線状況が悪化し、通信不安定になることがあるものとする。

ARIB STD-T88 では 1つの通信フレームを時分割して複数スロットに分け、それぞれのスロットに各移動局向けのデータを割り付けることが規定されている。基地局においてデータ分割、移動局で組立てを行う通信制御により、通信フレーム中の複数スロットを同一移動局に多重化して割り付け、通信スロットを有効利用することで実効伝送速度の向上を図っている。基地局は、移動局への転送データがない場合に、移動局に対してポーリングにより周期的に送信問合せを行う。移動局は送信データを保持している場合、ポーリングに回答することでデータを送信できる。移動局に送信するデータがない場合は、データがないことを基地局に通知する。基地局は回答の有無によって移動局の存在を監視することができる。

### 3.2 広域通信網

本研究では、広域通信網として現在主流の 3.5G 通信回線を採用する。3.5G 通信回線はすでにサービスを提供しており、先進国都市部に普及している。車両情報のアップリンク、ドライバへの情報提供をタイムリに行うため、リアルタイム性が必要であり、郊外や山間部でもできる限り常時接続できる方式とする。通信速度は、車両情報のアップリンクのためには 100 kbps 程度、ドライバへの情報提供のためには 1 Mbps あればストレスなく利用できると想定される。

### 3.3 車載ネットワーク

本研究では、車載ネットワークとして CAN (Controller Area Network) を採用する。CAN は ISO 11898 [7] で国際標準化されたシリアル通信プロトコルで、国産の自動車へも普及している代表的な自動車用 LAN プロトコルである。欧州においては制御系にも適用されている。制御系 (高速系) CAN とボディ系 (低速系) CAN では用途に応じて分化しており、たとえばバスインタフェース (通信) 回路は、低速系では 2 線式差動電圧型回路が、高速系では 2 線式平衡電流型回路が採用されている。CAN は、バスに対して最初に送信を開始したユニットが送信権を得ることができる CSMA/CR (Carrier Sense Multiple Access with Collision Resolution) [8] を用いたマルチマスタ方式のバス構成である。CAN は接続されるすべてのユニットがメッセージの送信を開始することができ、最大 1 Mbps の高速通信が可能である。

### 3.4 要求条件

EV は 1 回の充電での走行可能距離に制約がある、現時点では充電設備の設置箇所が少ない、また、EV はレンタカーやカーシェアリングでの利用により 1 台の EV を複数の利用者がシェアして利用するケースが想定され、従来の燃料補給の考え方を適用できない等の課題がある。一方、停車中に電気が使える、通信ネットワークを組み込みやすい等の特性がある。本稿で提案する EV 向け ITS 情報通信システムでは、これらの課題と特性に対応した、外部通信ネットワークと車載ネットワークとの接続による、高速で高品質、セキュリティ性の高いシステムが要求される。ここで、システムが満たすべき要求条件を以下にまとめる。

- ① 充電残量や走行履歴等の車両情報を走行中に任意のタイミングで収集することが可能で、車両内に情報提供を行えること。
- ② 車両を遠隔操作し、リアルタイムに車両状態を変化させること。通信接続から制御開始までの時間が短く、情報伝送が高速で低遅延であること。
- ③ 車載システムの構成・能力に応じた情報提供が可能なこと。車載器単体システムからスマートフォン連携システム、比較的高リソースなカーナビゲーション連携システムまで多種多様な車載システムに対応すること。
- ④ セキュリティ性の高い情報伝送が可能であること。
- ⑤ サービスの追加や拡張に機器構成の変更がなく、アプリケーションソフトウェアの追加・変更により対応可能なこと。

## 4. EV 向け ITS 情報通信システムの提案

前章で整理した要求条件を満足するシステムとして、広域通信網と路車間通信および車載ネットワークを活用した EV 向け ITS 情報通信システムを提案する。提案システムでは、路車間通信として DSRC、広域通信網として 3.5G 通信回線、車載ネットワークとして CAN を採用する。本章では EV 向け ITS 情報通信システムのシステム構成について述べたのち、DSRC と 3.5G 通信回線および CAN を接続する通信プロトコルについて述べる。

### 4.1 システム構成

EV 向け ITS 情報通信システムは、情報センタ・路側システム・路側無線装置 (アンテナ)・車載器・情報提供機器 (カーナビゲーション、スマートフォン)・EV から構成される。車載器は、カーナビゲーション、車両 ECU (Electronic Control Unit) および広域通信網とインタフェースを持ち、CAN インタフェースにより ECU を制御するとともに、カーナビゲーションへ情報提供を行う。センタおよび路側アンテナと車載器が周期的に通信を行い、車両の状態変化を検知すると車両内に情報提供を行うとともに、車載器を介して車両を遠隔操作し、車両状態を変化させるシステム

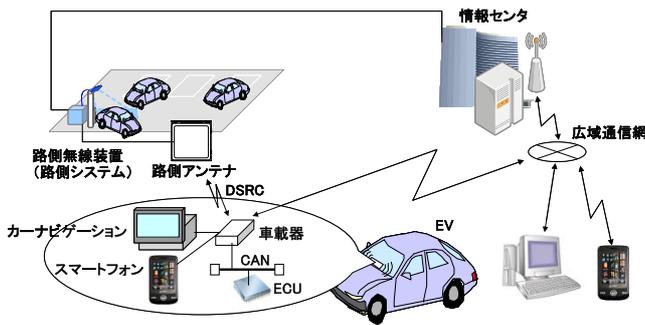


図 1 EV 向け ITS 情報通信システムの構成

Fig. 1 Configuration of ITS information communication system for EV.

である。EV 向け ITS 情報通信システムのシステム構成を図 1 に示す。

EV ルート周辺の最寄りの充電ステーションの場所と利用状況を情報提供するためには、EV の充電残量や走行履歴、および充電ステーションの利用状況をリアルタイムに情報センターで管理している必要がある。また、EV 電力需要を把握し、充電ステーションでの効率的な充電スケジューリングを行うためには、自車の情報を把握するだけでなく、地域やカーシェアリングで管理対象とする EV 全体の充電状況を把握し、情報センターで管理できるシステム構成が必要である。

#### 4.2 通信プロトコル

DSRC または 3.5G 通信回線と CAN を接続する通信プロトコル、および DSRC と 3.5G 通信回線を連携する通信プロトコルを開発し、路側システムだけでなく、広域通信網および車載ネットワークとの相互接続も追加した通信基盤を構築する。これらの通信プロトコルにより、3.4 節で述べた要求条件①の車両情報収集と車両内への情報提供、要求条件②の車両遠隔操作が実現できる。

##### 4.2.1 DSRC プラットフォーム

DSRC プラットフォームは、DSRC を活用した多様な ITS アプリケーション (AP) を効率的に開発・動作させるための共通基盤であり、これによりアプリケーションの追加・変更を容易にするものである。すなわち、DSRC プロトコルとアプリケーションソフトウェア間の汎用的なインタフェースおよび各種アプリケーションで共通化が可能な基本アプリケーションをソフトウェア共通基盤として提供する [9]。これにより、要求条件⑤のアプリケーションソフトウェアの追加・変更対応が満足される。

##### 4.2.2 プロトコルスタック

本稿で提案する EV 向け ITS 情報通信システムのための、路側システム—車載システム—車載ネットワークをつなぐプロトコルスタックを図 2 に示す。路側システムの情報提供アプリケーションと車両状態監視アプリケーションを、DSRC 通信プラットフォームを下位層とする DSRC

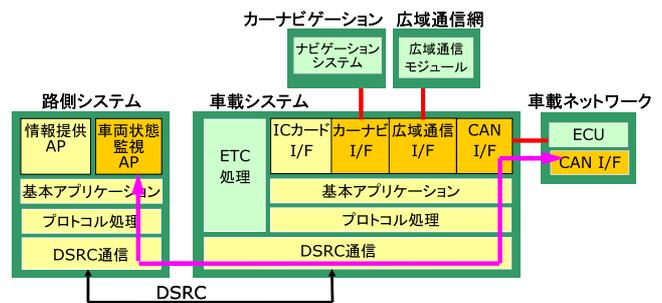


図 2 プロトコルスタック

Fig. 2 Protocol stack.

アプリケーションとして構築する。これにより、路側システムの車両状態監視アプリケーションから車載システムの CAN インタフェース (I/F) を介して、車載ネットワークの車両データ読み出しおよび車両制御データ書き込みを実現する。また、車載システムが車載器とカーナビゲーション等の外部機器から構成されることを想定し、車載システムのアプリケーション構成を、路側間通信を担当するプロトコル処理と情報提供アプリケーションの 2 階層とした。さらに、カーナビゲーションおよび広域通信網とのインタフェースを用意することで、情報提供アプリケーションをカーナビゲーション上に搭載することを可能とした。これにより、要求条件③の車載システムの構成に応じた情報提供が実現できる。

##### 4.2.3 通信シーケンス

###### (1) 路側システムと車載ネットワークを接続する通信シーケンス

路側システムのアプリケーションから車載システムを介して、車載ネットワークの車両データ読み出しおよび車両制御データ書き込みを行うための路側システムと車載ネットワークを接続する通信シーケンスを図 3 に示す。

###### ① 車両データ読み出しシーケンス

車載器の CAN インタフェースは CAN バスからメッセージ ID とデータを読み取り、CAN 受信メモリに保存・更新する。車載器制御部は CAN 受信メモリを周期的に参照し、車載器制御部に登録されているメッセージ ID と一致する受信データを取り出し、車両ステータス情報としてメモリタグに保存する。路側システムは、「メモリ読み出し要求コマンド」により、車載器のメモリタグからデータを読み出す。車載器制御部はメモリ読み出し要求コマンドを正常終了後、メモリタグの内容を初期化する。

###### ② 車両制御データ書き込みシーケンス

路側システムは、「メモリ書き込み要求コマンド」により、車両制御コマンドを車載器のメモリタグに書き込む。車載器制御部は、車両制御コマンドを ECU コマンドに変換し、CAN インタフェースにより送信する。ECU コマンドの内容は車種ごとに異なることがあるため、車両制御コマンドと ECU コマンドの変換表を用意する。車載器制御

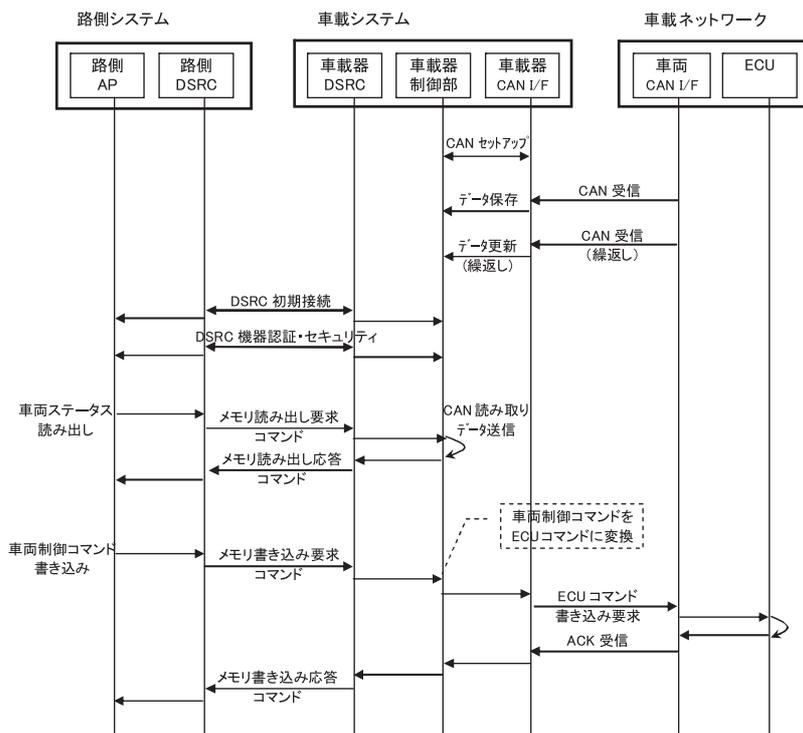


図 3 路側システムと車載ネットワークを接続する通信シーケンス  
 Fig. 3 Communication sequence for connecting roadside with in-vehicle network.

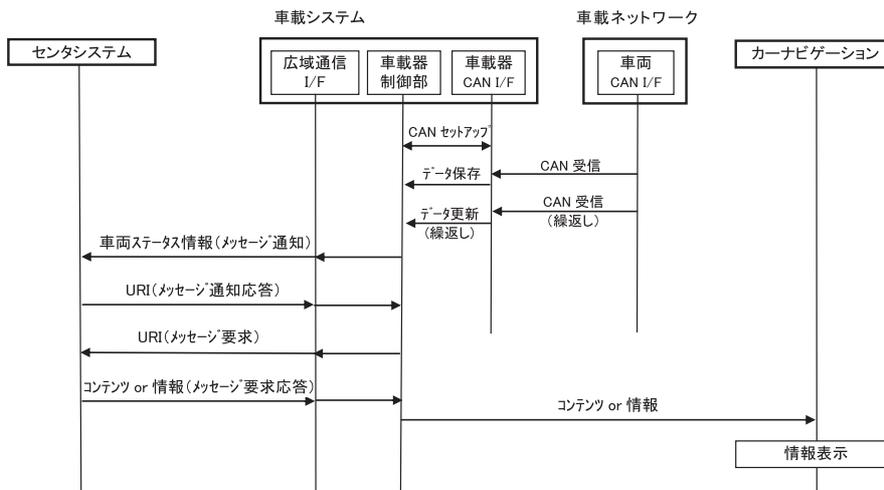


図 4 広域通信網と車載ネットワークを接続する通信シーケンス  
 Fig. 4 Communication sequence for connecting wide area with in-vehicle network.

部は、ECU コマンドの実行結果を、車載器 DSRC 部から路側システムに送信する。ECU コマンドを正常終了したら「メモリ書き込み応答コマンド」で路側システムに回答する。失敗した場合は、路側システムに対し、「車載器否定応答コマンド」を返し、終了する。

(2) 広域通信網と車載ネットワークを接続する通信シーケンス

車載システムは、広域通信網によりセンタに車両ステータス情報を周期的にアップリンクする。車両ステータス情報のアップリンクは、センタに対して車載システムへの提供情報の有無を確認するポーリングとしての役割を持つ。

センタは車両ステータス情報のアップリンクに対する応答として、必要に応じて、センタが車載システムに提供する情報を識別するための URI (Uniform Resource Identifier) 情報を車載システムに送信する。車載システムは URI をセンタに送信することで、カーナビゲーション向けのコンテンツや情報を受信する。広域通信網と車載ネットワークを接続する通信シーケンスを図 4 に示す。

(3) 路車間・広域通信連携の通信シーケンス

路側システムは、車載器が通信領域に入ると、必要に応じて路車間通信のプッシュ型情報配信によりカーナビゲーション向けの URI 情報を送信する。車載システムは、広

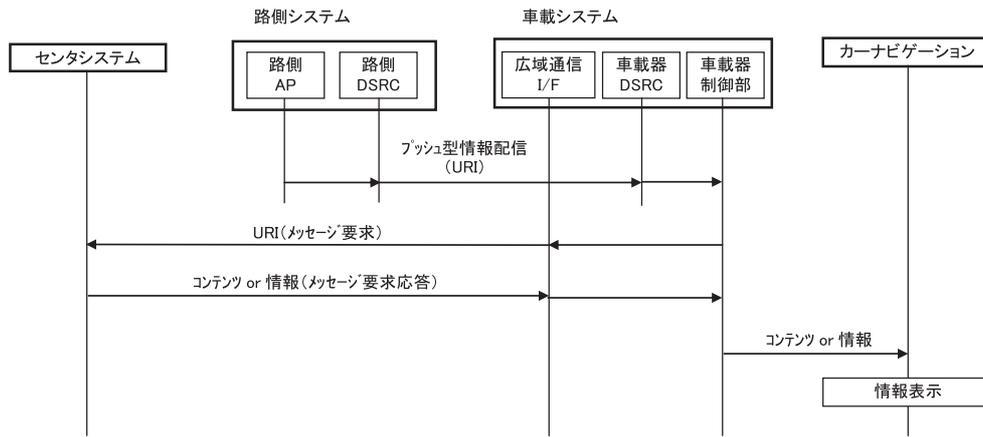


図 5 路車間・広域通信連携の通信シーケンス

Fig. 5 Communication sequence for combining road to vehicle with wide area communications.

域通信網により URI に接続し、カーナビゲーション向けのコンテンツや情報を受信する。路車間通信と広域通信の連携により、路側装置周辺のローカルな充電施設情報や広告情報等をタイムリに車載システムに提供することが可能となる。路車間・広域通信連携の通信シーケンスを図 5 に示す。

## 5. 車載システムと路側システムの開発

前章で提案した EV 向け ITS 情報通信システムについて実証試験によりその有効性を評価するために実験システムを開発した。本章では具体的な車載システムと路側システムの実装について述べる。

### 5.1 車載システム

車載システムは、車載器とそれと接続されるカーナビゲーション、車両 ECU および広域通信網とのインタフェースを含めたものとする。車載システムは、車載ネットワークと接続して指定した車両情報を収集し、CAN インタフェースにより ECU を制御するとともに、DSRC により路側無線装置と通信を行い、広域通信インタフェースによりセンタへ車両情報を集約し、カーナビゲーションへ情報提供する機能を実装する。

#### 5.1.1 車載器

車載器は、ITS 車載器 DSRC 部標準仕様 [10] に準拠し、DSRC 通信機能、広域通信網接続機能、ECU 接続機能、およびカーナビゲーション接続機能を有する。また、車両が駐車中（イグニッション OFF 状態）に DSRC 通信により車載器を起動できること、駐車中の車載器の消費電力は十分に小さいこととして、駐車中に低消費電力状態に移行する機能と伝送路の電位変化を検知してウェイクアップする機能を設ける。

#### 5.1.2 ECU インタフェース

センタおよび路側システムから車両状態を監視し、車

両を遠隔操作するため、車載器—ECU 間のインタフェースを実装する。ECU インタフェースは、DSRC プラットフォームの基本アプリケーションを利用して、センタおよび路側システムから CAN インタフェースにより指定した車両ステータス情報の読み出し、車両制御データの書き込みを行う。通信シーケンスは DSRC と CAN を接続する通信プロトコルに従う。また、特定の路側無線装置以外からの ECU へのアクセスを防止し、セキュリティ性の高い情報伝送を可能とする。ECU インタフェース部の CAN インタフェースと通信制御部の機能要件を以下に述べる。

#### (1) CAN インタフェース

- ① 電気仕様は ISO 11898-2 [11], 11898-3 [12] に準拠する。
- ② 通信パラメータは CAN-B（低速系）および CAN-C（高速系）に準拠し、高速系の通信速度は 500 kbps、サンプリング周期は 500 msec とする。

#### (2) 通信制御部

- ① 通信制御部は、周期的に ECU のステータス情報を読み出し、メモリタグに保存し、最新データに更新する。
- ② 路側システムから書き込み要求を受付けると、通信制御部は ECU コマンドに変換し、CAN インタフェースにより送信する。
- ③ 路側システムから通信制御部への読み出し・書き込みは、DSRC セキュリティプラットフォーム（DSRC-SPF）を経由した、基本アプリケーションのメモリアクセスからのみ受け付ける。さらに、メモリタグにパスワードを設定し、特定の路側無線装置のみ読み出し・書き込み可能とし、ECU データおよび車両ステータス情報の盗聴・改ざんを防止する。これにより、3.4 節で述べた要求条件④のセキュリティ性の高い情報伝送が満足される。

#### 5.1.3 広域通信インタフェース

センタから車両状態を監視し、センタへ車両ステータス情報を周期的に送信するとともに、カーナビゲーション

ンへ情報提供を行うため、車載器—広域通信網間のインタフェースを実装する。広域通信インタフェースにより、充電残量や走行履歴等のアップリンク情報の収集、充電施設情報等のダウンリンク情報の提供、HTML (Hyper Text Markup Language) によるインターネット接続等を行う。

5.1.4 カーナビゲーションインタフェース

センタおよび路側システムからカーナビゲーションへの情報提供を行うため、車載器—カーナビゲーション間のインタフェースを実装する。カーナビゲーションインタフェースにより、道路交通情報等のダウンリンク情報の提供、走行履歴等のアップリンク情報の収集、HTML によるインターネット接続等を行う。カーナビゲーションインタフェース部の通信部と通信制御部の機能要件を以下に述べる。

(1) 通信部

- ① 通信方式は USB バージョン 1.1 以上とする。
- ② 車載器は USB デバイス、USB ホストはカーナビゲーションとする。
- ③ 実効通信速度は 4Mbps 以上とする。

(2) 通信制御部

- ① 基本アプリケーションおよび PPPCP (Point-to-Point Protocol Control Protocol) 等、複数のデータ形式およびこれらを利用したアプリケーションに対応する。
- ② DSRC 部でのデータ受信後、通信部へのデータ転送遅延は 10 msec 以下とする。
- ③ 車載器とカーナビゲーションとの相互認証、データの暗号化・復号化に対応可能とする。

5.2 路側システム

路側システムは、情報提供アプリケーションと車両状態監視アプリケーション、および路側無線装置 (アンテナ) を含めたものとする。路側システムの車両状態監視アプリケーションから車載システムを介して車両状態を監視し、車両を遠隔操作するとともに、車両内に情報提供する機能を実装する。路側システムの構成を図 6 に示す。

情報提供アプリケーションは、カーナビゲーションへ情

報提供するダウンリンク情報の生成を行う。車両状態監視アプリケーションは、基本機能として、路側無線装置から車両 ID を読み込み、登録車両の確認を行う機能、および CAN インタフェースにより車両情報の読み出し・書き込みを行う機能を有する。加えて、車両監視機能および車両情報に基づくサービスアプリケーションを実装する。車両状態監視アプリケーションの一例として、今回実装した車両監視機能とサービスアプリケーションについて以下に述べる。

5.2.1 車両監視機能

車両監視機能は、センタおよび路側システムが車載器から受信した車両情報 (充電残量, エアコンスイッチ状態等) に基づいて監視する動作を行う。車両監視機能で取り扱う車両情報の一例を表 1 に示す。センタおよび路側アンテナと車載器が周期的に通信を行い、表 1 の車両情報を収集し、状態をセンタおよび路側システム画面に表示する。

実験システムでは、充電の遠隔操作 (開始・停止) とエアコンスイッチの乗車前作動を車両遠隔操作が必要なサービスとして実装する。充電ステーションでの EV の充電スケジュールリングに基づき、適正な充電方法 (急速/普通) を選択し、EV の充電の遠隔操作を行う。また、乗車前に事前にエアコンスイッチを作動させる。

5.2.2 サービスアプリケーション

車両情報に基づくサービスアプリケーションについて、そのサービス動作を以下に記す。

(1) 充電ステーション案内機能

充電残量が閾値を下回ると充電残量不足と判断し、センタおよび路側システムが警告を表示し、車両内のカーナビゲーションに対して警告出力を行う。充電残量に基づく走行可能距離に応じて、カーナビゲーションにルート周辺の最寄りの充電ステーションの位置や利用状況を情報提供し、カーナビゲーションにて案内する。

(2) 充電ステーションでのスケジュールリング機能

提案システムにてサービス提供する EV の利用状況は、個人が利用する EV を地域で管理するケースと、レンタカーやカーシェアリングで EV を利用するケースが想定される。地域で管理する EV 利用では、EV 利用者が事前に

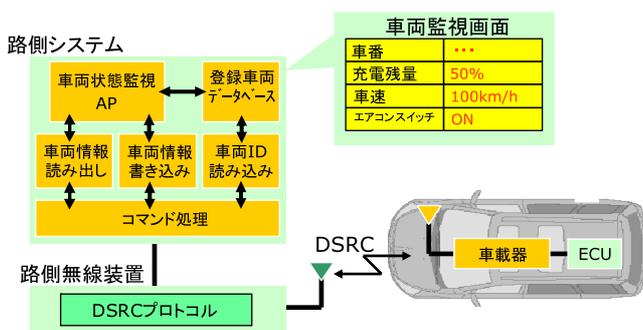


図 6 路側システムの構成

Fig. 6 Roadside system configuration.

表 1 車両情報の項目例

Table 1 Example of vehicle information items.

項目	内容
充電残量	充電率 (%)
EV 出力	(W)
エアコンスイッチ	ON/OFF
ヘッドランプスイッチ	ON/OFF
シフトスイッチ	ドライブ/エコ/ブレーキ
充電状態	OFF/AC100V/AC200V
急速充電	普通充電/急速充電
車速	(km/h)
走行距離	(km)
方向指示器	OFF/右折/左折/ハザード
ブレーキランプスイッチ	ON/OFF

日時と充電方法（急速/普通）を指定して充電ステーションを予約することが可能で、予約が優先される。予約情報と情報センタで管理する EV の充電残量を基に、充電ステーションでの充電スケジュールを作成する。

カーシェアリングで EV を利用する場合は、カーシェアリングのステーションが充電ステーションを兼ねていることが一般的である。カーシェアリングでは EV を事前予約したうえで利用するため、充電残量と次に EV を利用するまでの時間によって適正な充電方法を選択し、充電スケジュールリングを行う。カーシェアリングでは利用直前に EV の予約を入れることが可能であるが、充電ステーションで管理対象とする EV 全体の効率的な充電タイミングをスケジュールリングするため、直前の予約を含めてそのつどスケジュールリングするのではなく、前日までの EV 予約情報を基にスケジュールを作成する。

## 6. 実験システムによる実証試験

### 6.1 実験システム構成

EV 向け ITS 情報通信システムの実験システムは、センタシステム・路側システム・路側無線装置（アンテナ）・車載器・カーナビゲーション・EV から構成され、センタおよび路側システムから車両状態の監視と車両情報に基づくサービスアプリケーションの動作と性能を評価する。屋外テストコースで見通しによる安定した電波伝搬環境で試験を実施した。実証試験の諸元を表 2 に示す。図 7 に車両と路側アンテナとの位置関係を示す。

### 6.2 実験システムの評価

#### 6.2.1 機能評価

##### (1) 車両監視機能の確認

センタおよび路側アンテナと車載器との通信により、車両 ID を読み込み、センタおよび路側システムが登録車両を検出し、同時に表 1 の車両情報項目の状態をセンタおよび路側システム画面に表示することを確認した。

##### (2) 充電ステーション案内機能の確認

実車両で EV 充電率 30% 以下の状態を発生させた場合、センタおよび路側システムが充電残量不足を検知すると、警告を表示し、車両内のカーナビゲーションに対して警告出力を行うことを確認した。車両が登録車両でない場合、車両 ID により判別し、充電率 30% 以下の状態を発生させてもカーナビゲーションに警告出力を行わないことを検証

した。さらに、車両内のカーナビゲーションに確実にルート周辺の最寄りの充電ステーションの位置や利用状況を情報提供することを確認した。

##### (3) 充電ステーションでのスケジュールリング機能の確認

充電ステーションの予約情報と情報センタで管理する EV の充電残量を基に、充電スケジュールを作成すること、また、充電方法（急速/普通）を選択し、EV の充電の遠隔操作（開始・停止）を行うこと、乗車前に事前にエアコンスイッチを作動させることを確認した。

カーシェアリングでは、事前に EV の利用予約を行うため、充電残量と次に EV を利用するまでの時間によって適正な充電方法を選択し、充電スケジュールリングを行う。カーシェアリングの場合の EV の充電スケジュール例を図 8 に示す。次の予約までに十分な充電時間がある場合は、安価な深夜電力を使って普通充電を行うスケジュールを作成し、充電コストを削減することを検証した。

#### 6.2.2 性能評価

##### (1) 車両情報収集性能の評価

通信試験により実験システムの車両情報収集性能を評価した。車両 ID により登録車両を判別し、車両情報 1 kbyte を 3.5 G 通信回線または DSRC により収集する時間を計測した。この時間に CAN インタフェースのサンプリング周期 500 msec を加えた処理時間の分布を図 9 に示す。ここで、DSRC は通信領域が狭いため、複数車載器同時通信において、1 台あたりの通信帯域が減少することにより再送処理が発生し、通信時間にばらつきが生じる。同時接続は 4 台まで可能であることを検証した。

高速通信である CAN を採用したこと、および 3.5 G 通信回線と DSRC の連携により、センタおよび路側システムが車載器を介して 1 秒以内に車両情報を収集する割合は

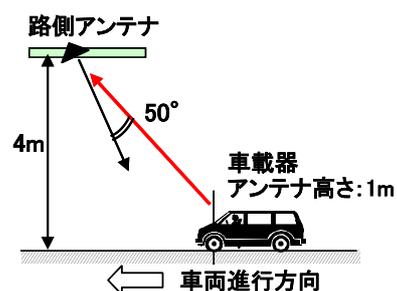


図 7 車両と路側アンテナとの位置関係

Fig. 7 Relation of position between vehicle and roadside antenna.

表 2 実証試験の諸元

Table 2 Feasibility test parameters.

テストコース直線	400m
実験で使用する車線数	1 車線
車両台数	4 台
車両速度	100km/h (車両情報収集), 0 km/h (停車) (車両内情報提供/車両遠隔操作)

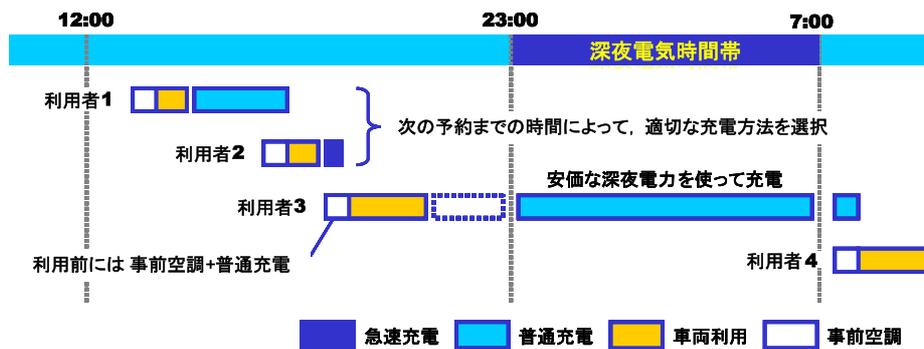


図 8 EV の充電スケジュール例

Fig. 8 Example of battery charge schedule for EV.

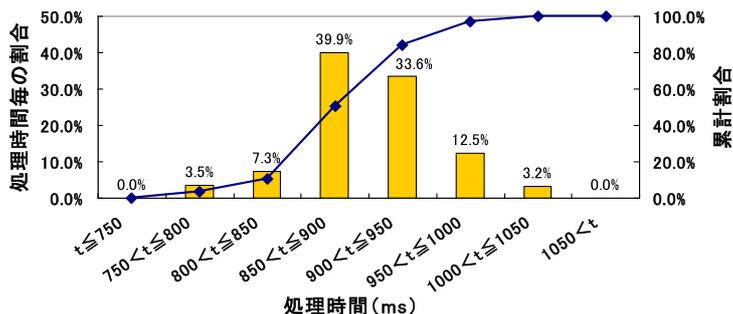


図 9 実験システムの車両情報収集時間分布

Fig. 9 Distribution of time for collecting vehicle information by experimental system.

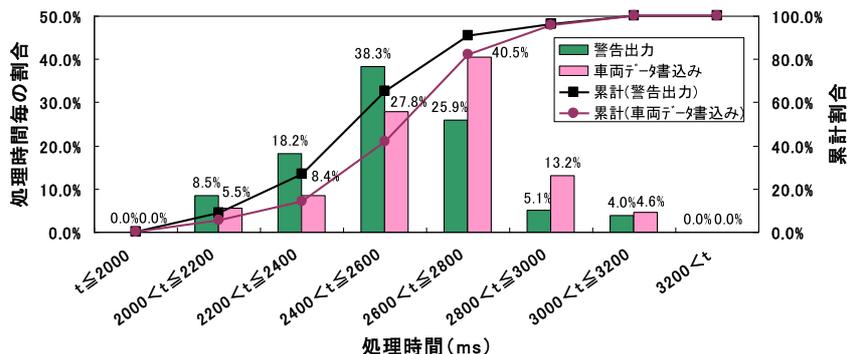


図 10 実験システムの処理時間分布

Fig. 10 Distribution of processing time by experimental system.

ほぼ 100%である。以上より、実験システムによって 1 秒以内のサンプリング周期で車両情報を収集することを検証した。

### (2) 車両内情報提供性能の評価

実車両で EV 充電率 30%以下の状態を発生させ、センタおよび路側システムが充電残量不足を検知し、車両内のカーナビゲーションに対して警告出力を行うまでの時間を計測した。充電率が 30%以下となった時点からカーナビゲーションへの警告出力までの処理時間の分布を図 10 に示す。

3.5G 通信回線と CAN を接続する通信プロトコルを使用することにより、充電残量不足発生から警告出力まで 3 秒以下である割合はほぼ 100%である。以上より、実験システムの車両内情報提供性能を評価した。

### (3) 車両遠隔操作性能の評価

通信試験により実験システムの車両遠隔操作性能を評価した。車両 ID により登録車両を判別し、DSRC と CAN インタフェースによりエアコンスイッチを ON に書き込む処理時間を計測した。車両データ書き込みの処理時間の分布を図 10 に示す。

高速通信である CAN を採用したこと、および DSRC と CAN を接続する通信プロトコルを使用することにより、路側システムが車載器を介して 3 秒以内にエアコンスイッチを ON に書き込む割合はほぼ 100%である。以上より、実験システムによって充電ステーションのスケジュールに基づき、乗車前に事前にエアコンスイッチを作動させることを検証した。

表 3 提案システムのパフォーマンス評価  
Table 3 Performance evaluation of proposed system.

項目	広域通信システム	センタレスシステム	提案システム
システム構成	情報センタ+車載器+カーナビ	車載器+カーナビ+センサ	情報センタ+路側装置+車載器+カーナビ
コスト	○ 通信費+センタ運営費	◎ センタ運営費不要	△ 路側装置設置費用+通信費+センタ運営費
通信の速度	○ 実効速度低下	— 情報ダウンロードに時間がかかる	○ 最大 4Mbps
安定性	○ プル型で車両が要求したときに提供可能	△ 収集データを車載器内部に格納	◎ プッシュ型で車両への情報提供の安定性高い
セキュリティ	○ 比較的高い	○ 外部通信接続なし	◎ 限定された路側装置との通信のため高い
システム全体のパフォーマンス	○ センタにて情報収集・生成・提供するためオーバーヘッド大	△ ・自車の情報に限定 ・情報ダウンロード必要 ・情報量が少ない	◎ ・路車間通信で直接情報交換するため高い ・センタで情報管理

(4) システム全体のパフォーマンス評価

提案した EV 向け ITS 情報通信システムと、広域通信システムおよびセンタレスシステムとを比較し、提案システムのシステム全体のパフォーマンスを評価する。システム構成、コスト、通信の速度、安定性、セキュリティといった観点から比較し、コストはセンタレスシステムが最も安価であるが、通信の速度、安定性、セキュリティにおいては提案システムが優位であり、システム全体のパフォーマンスは最も高いといえる。提案システムと他のシステムとのパフォーマンスを比較した結果を表 3 に示す。

7. おわりに

本稿では、EV が持つ課題と特性に対応した ITS サービスを提供するため、広域通信網と路車間通信および車載ネットワークを活用した EV 向け ITS 情報通信システムを提案した。路車間通信として DSRC、広域通信網として 3.5G 通信回線、車載ネットワークとして CAN を採用し、DSRC または 3.5G 通信回線と CAN を接続する通信プロトコル、および DSRC と 3.5G 通信回線を連携する通信プロトコルを開発し、センタおよび路側無線装置から車載器を介して車両データの読出と車両の遠隔操作を行う、車載システムと路側システムを開発した。

実験システムにより実証試験を行い、センタおよび路側システムが車両の状態変化を検知し、車両内に確実に情報提供することを確認した。さらに、センタおよび路側システムから車両を遠隔操作することにより、リアルタイムに車両状態を変化させることを確認した。これらの通信システム上で動作するサービスアプリケーションを開発することにより、提案した EV 向け ITS 情報通信システムが EV 車内での安心感向上と充電ステーションでの利便性・快適性向上において、有効なサービスを提供することを評価

した。

今後は、EV 向け ITS 情報通信システムの実用化評価を行うとともに、車車間通信等の他通信メディアシステムとの連携を可能とし、EV 通信ネットワークを活用したサービス、EV を情報通信インフラとして利用することも可能とする所存である。

参考文献

- [1] セコム：ココセコム自動車用サービス，入手先 (http://www.855756.com/car/ichijouhou/).
- [2] 三菱自動車：EV（電気自動車）に関する総合ポータルサイト，入手先 (http://www.ev-life.com/).
- [3] 佐藤雅明，石田剛朗，堀口良太，清水克正，春田 仁，和田光示，植原啓介，村井 純：実車両を用いたセンタレスプローブ情報システムによる道路交通情報生成アルゴリズムの提案と評価，情報処理学会論文誌，Vol.49，No.1，pp.253-264 (2008).
- [4] 伊川雅彦，五十嵐雄治，後藤幸夫，熊澤宏之，津田喜秋，森田茂樹：車両への情報配信サービスに適したプッシュ型プロトコルの設計と実装，情報処理学会論文誌，Vol.50，No.1，pp.42-50 (2009).
- [5] 社団法人電波産業会：ARIB STD-T75 狭域通信 (DSRC) システム標準規格 (2008).
- [6] 社団法人電波産業会：ARIB STD-T88 狭域通信 (DSRC) アプリケーションサブレイヤ標準規格 (2007).
- [7] International Organization for Standardization: ISO 11898-1 Road vehicles - Controller area network (CAN) - Part 1: Data link layer and physical signaling (2003).
- [8] ルネサスエレクトロニクス株式会社：RJJ05B0937-0100 Rev.1.00 CAN 入門書 (2006).
- [9] ITS 情報通信システム推進会議：ITS FORUM RC-004 1.1 版 狭域通信 (DSRC) 基本アプリケーションインタフェース仕様ガイドライン (2007).
- [10] 社団法人電子情報技術産業協会，ITS 事業委員会：JEITA TT-6002A ITS 車載器 DSRC 部標準仕様 (2008).
- [11] International Organization for Standardization: ISO 11898-2 Road vehicles - Controller area network (CAN) - Part 2: High-speed medium access unit (2003).
- [12] International Organization for Standardization: ISO

11898-3 Road vehicles - Controller area network (CAN)  
- Part 3: Low-speed, fault-tolerant, medium-dependent  
(2006).



服部 有里子 (正会員)

1979年津田塾大学数学科卒業。同年より三菱重工業株式会社に勤務，現在，交通・先端機器事業部 ITS 部主席技師。ITS 無線情報システムの研究開発に従事。FIT2011 第 10 回情報科学技術フォーラム船井ベストペーパー賞受賞。技術士（情報工学）。電子情報通信学会の会員。



下田 智一

2000年京都大学大学院工学研究科修士課程修了。同年より三菱重工業株式会社に勤務。2011年10月より三菱自動車工業株式会社に出向。開発本部電子技術部電子開発グループにて ITS 無線情報システムの研究開発に従事。電子情報通信学会の会員。



伊藤 政義

1987年岐阜大学工学部電子工学科卒業。同年より三菱自動車工業株式会社に勤務，現在，開発本部電子技術部電子開発グループマネージャー。ITS 通信利用運転支援システムの研究開発に従事。電子情報通信学会の会員。