

未来型駐車場管理システム

西島 勝 関根 博行

2001年3月にETC (Electronic Toll Collection system, 自動料金收受システム) の運用が開始されたが、このシステムで用いられている情報通信技術を他のアプリケーションに適用する検討や研究開発の試みがなされている。代表的な研究開発の成果として提唱されたのが未来型駐車場管理システムである。本システムは、ETCのキー技術の一つであるDSRC (Dedicated Short-Range Communication, 専用狭域通信) を用い、駐車場に設置された無線通信設備と車両に搭載された車載器との間の無線通信によって、自動的な入出門・料金決済や各種情報提供などを行うことで駐車場利用者への利便性向上に寄与することを目的としたものである。

本稿においては、未来型駐車場管理システムが提唱されるに至った研究開発の内容・成果を説明し、本システムのイメージを紹介する。

研究開発の背景

日本における路車間通信の適用は、VICS (Vehicle Information & Communication System, 道路交通情報通信システム) において開始された。この通信は、道路側から不特定車両に対する放送型の無線通信である。その後ETC導入気運の高まりにより、車両を特定して個別の無線通信によって自動的な料金情報の送受と課金を行うことが必要視された。ETCは、国際的にも導入が進み、路車間における無線通信技術としてのDSRCが着目され、標準化が進められるようになった。国内においてもETC用のDSRC標準化の検討が行われ、1997年に電気通信技術審議会の答申に基づき郵政省令の改正がなされ規格 (ARIB STD-T55) が制定された。

一方ITS情報通信システムの将来像に関する検討が行わ

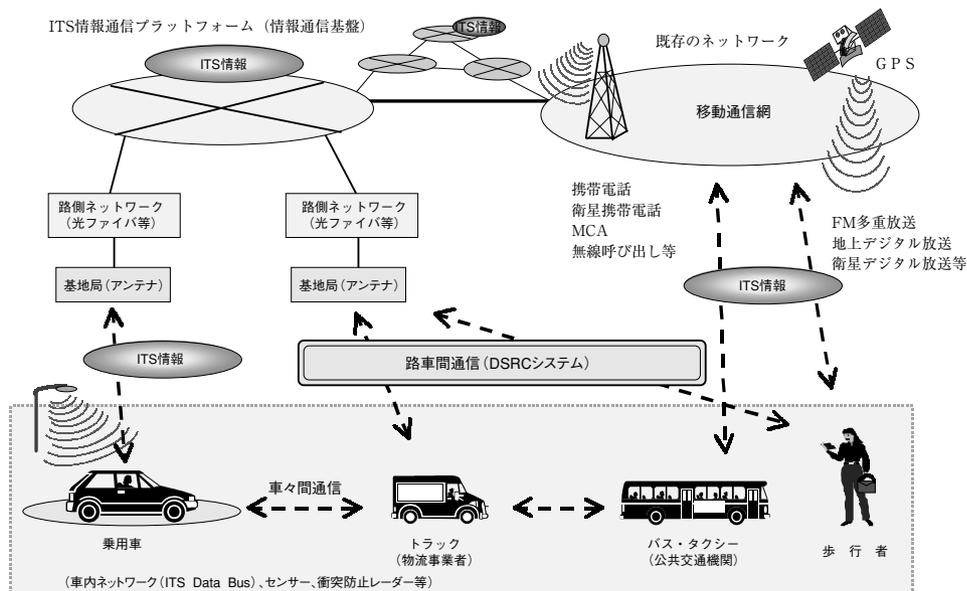


図1 ITS情報通信システムのイメージ (旧郵政省ホームページから)

れ、1999年に電気通信技術審議会から答申が出された。図1はその答申に記載されているITS情報通信システムのイメージ図であるが、ITSにおいては路車間通信としてのDSRCの役割が高いものになっている。また本答申によれば、2015年までに累計で約60兆円の市場規模が見込まれ、このうちETCを含むDSRC関連の市場は情報通信サービスと車載器を合わせて20兆円以上になると見込まれている。

このような背景の下に、ETC以外のアプリケーションに対するDSRC適用のニーズが高まり、研究開発が実施された。最も有望なアプリケーションとして、駐車場管理システムが取り上げられることになった。これは国内に有料駐車場が多く、DSRCを適用することにより利用者と事業者ETCと同様の利便性が得られることが期待できるためである。

研究開発の内容

1999年にTAO（Telecommunications Advancement Organization of Japan、通信・放送機構）の委託を受けて研究開発が行なわれた。テーマは「車載型無線ICカードの汎用化・高度化技術の研究開発」で、NTTコミュニケーションズ株式会社が幹事会社となり、日本電信電話株式会社、東日本電信電話株式会社、石川島播磨重工業株式会社および当社の共同研究開発として実施された。

研究開発の大きなポイントとして、ETC用に開発されたDSRCに対し、駐車場管理システムなどの複数アプリケーションを取り扱うために必要とされる通信プロトコルの改良を中心としたブレークスルーに焦点が当てられた。また駐車場においては、入出門時のチェック・課金などの他に、駐車時の各種情報提供に大きなニーズがある。情報提供の手段としてインターネット接続が最も適していると考えられることから、DSRCにインターネット情報を搭載することの検証に力が置かれた。

本研究開発は、「無線ICカードの高信頼性無線接続」と「無線ICカードの高速情報伝送」の2つのサブテーマから構成される。はじめに「無線ICカードの高信頼性無線接続」の研究開発内容を紹介する。まず路車間の無線区間におけるインターネット接続とデータ転送補償技術を確立するために、TCP/IPプロトコルを採用した。TCPにおいて実装されるフロー制御、ウィンドウ制御、再送制御、タイマー制御の動作をDSRCに適用し、データ転送完了までのセッション保持を行う機能を実装した。

DSRCのネットワーク化を行う場合、ネットワークノードに対応する車両にはネットワークアドレスが必要であ

る。ネットワークへの接続が不定であることから、アドレスに対する動的な管理が必要となる。この具体化のためにネットワークアドレスとしてIPアドレスを用い、IPアドレスの動的な割当、解放を行う機能を搭載し、動作の状況・性能を把握し評価を行った。

また駐車場などにおいてDSRCを適用する場合、音声や画像などの情報を短時間でユーザに提供するとともに、場合によっては数十台以上の車両との通信を行う必要が生じる。本研究ではこれらを可能とする路側無線装置管理方式を確立するとともに、多数の車両と短時間で確実に通信可能なIP上のプロトコルとして、RMCP（Real-time Message Communication Protocol）を設計・開発し、評価を行った。

次に「無線ICカードの高速情報伝送」の研究開発内容を紹介する。DSRCの使用目的によって、要求される伝送データの量や通信すべき車両の台数は変化する。ETC用のDSRCプロトコルにおいては、伝送スロット数・フレーム長は固定となっているが、アプリケーションに応じてこれらを可変にすることにより、高速で高効率な伝送が見込まれ、そのための研究開発を実施し、評価を行った。

またDSRCのアプリケーション層は、初期化カーネル（I-KE）、転送カーネル（T-KE）、同報カーネル（B-KE）の3つの機能が想定されている。しかしETCにおいてはI-KEとT-KEのみを必要としており、B-KEの詳細規定がなされていない。駐車場における情報提供などのためには、ポイントツーマルチポイントの同報通信を可能とするB-KEの機能が必須となる。本機能の具体的展開として、全車両に対して情報を伝達する一斉同報通信、および特定グループの車両群にのみ情報を伝達するグループ同報通信の研究開発を実施し、評価を行った。

本研究開発において、未来型駐車場管理システムのイメージを形成するために、いくつかの装置を用いて模擬的なシステムの構築を行った。システムは主に、地上側の駐車場管理アプリケーションを実現するサーバ、サーバと接続して無線通信を行う路側無線装置（RSU）、車両側で無線通信を行う車載無線装置（OBE）、車両側で駐車場管理アプリケーションを実現する車載PCから構成される。図2は、特に通信プロトコルの観点から主要機能を整理したものである。

研究開発の成果

本研究開発を通じていくつかの成果が得られたが、代表的なものを紹介する。データ転送補償技術を確立するために、パケット再送機能などTCP/IPのいくつかの機能

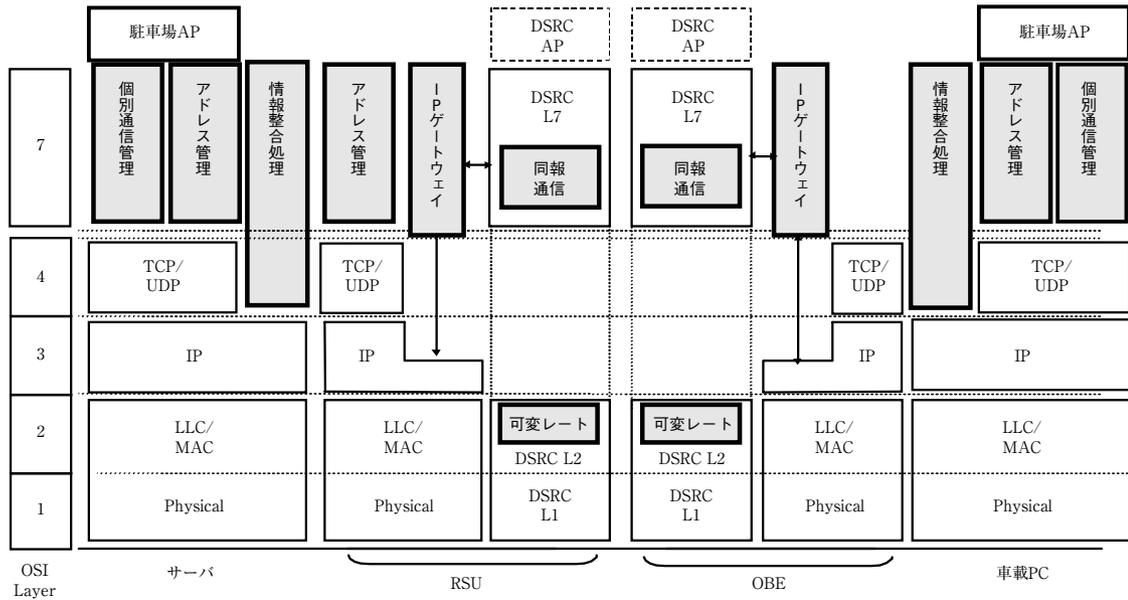


図2 プロトコルスタック図

を利用した。特にセッション層での継続転送制御をファイル転送アプリケーションとして実施することによって、目標とする機能・性能を実現することができた。評価作業によって得られた性能の一部を以下に示す。

- ①ファイル転送速度：受信時276Kbps, 送信時236Kbps
- ②無線通信の通信誤り率： 1×10^{-7} 以下
- ③無線通信領域への進入検知時間：0.44秒程度
- ④無線通信領域からの離脱検知時間：1.40秒以内

IPアドレスの動的な割当・解放に関し、現状はクライアント主導型のDHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) が一般的となっているが、多くのハンドシェイクを伴う。DSRCが狭域かつ短時間で通信を確実に完了させる必要もあることから、サーバ主導型のアクセス方式とし、更に送受シーケンスの改良を行った。この結果高速かつ安定したアドレス管理を実現することが可能となった。

多数の車両と短時間で確実に通信できるIP上のプロトコルとしてRMCPの開発を行ったが、アプリケーションで指定した時間内ならば無限にリトライすることの特徴とするUDPを用いた。DSRCに多発しがちなバーストエラーに強く、高信頼・高効率に通信できることを確認した。

高効率伝送の実現に関し、伝送スロット数・フレーム長を可変にする研究開発を行った。ETCでは、特定車載器宛てのデータ用スロットが各フレームで1個に固定され、

しかもその長さが固定となっている。このため無効スロットが発生し、更に1スロットサイズ以上のデータでは複数フレームにデータが分割される。このため伝送効率の低下を招いていた。本研究では、可変レート伝送技術を採用し、各フレームの全スロットを特定車載器のデータ用として使用可能とし、更にデータ長に応じてスロット長が可変となる方法を採用した。これによりデータ送信の高効率化が図れることを確認できたが、無線区間の伝送速度に換算すると約600Kbpsに相当する。

最後にポイントツーマルチポイントの同報通信に関する成果を説明する。ETC用のDSRCは、同報通信に関するサービスプリミティブやパラメータなど、詳細の仕様には未確定の部分がある。本研究では、路側無線装置の属するネットワーク上のIPブロードキャストアドレスを一斉同報リンクアドレスに、IPマルチキャストアドレスをグループ同報リンクアドレスに対応させることによって、一斉同報、グループ同報を実現することができた。更に同報通信では大容量データが送信されるケースも多いが、大容量データの同報送信中においても、車載無線装置との個別通信が可能であることを確認できた。

以上述べた研究開発の成果は、総務省が支援するITS情報通信システム推進会議における新DSRC規格ドラフト作成にも反映されている。

未来型駐車場管理システムのイメージ

本研究開発の一環として、未来型駐車場管理システム

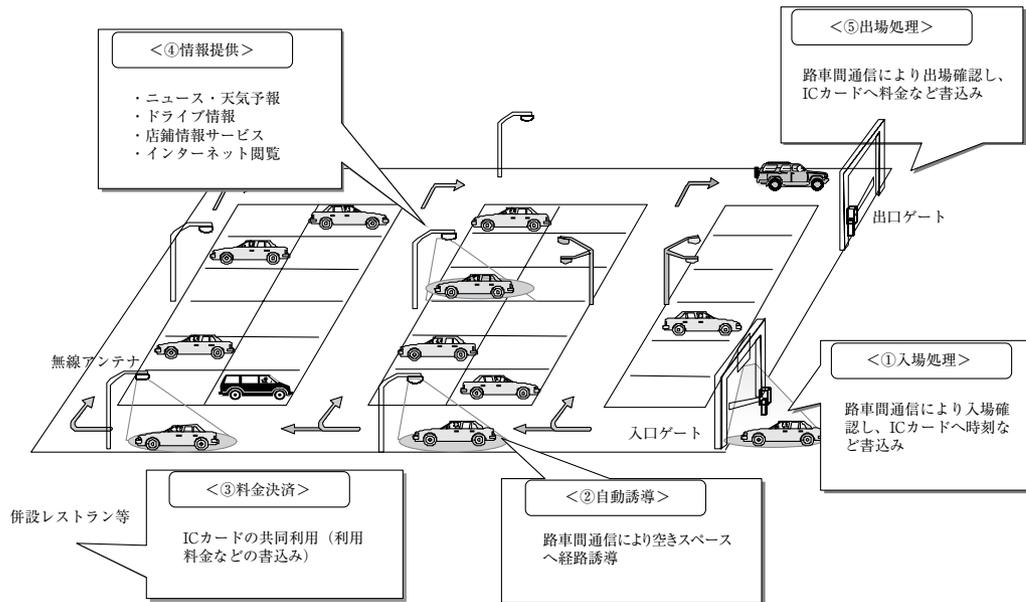


図3 未来型駐車場管理システムのイメージ

のイメージが形成され、またシステムとしての実証実験が実施された。図3は未来型駐車場管理システムのイメージ図である。

未来型駐車場管理システムの概要を紹介する。未来型駐車場においては、利用者はICカードを所有し、ICカードリードライト機能と無線通信機能を有する車載器を車内に設置していることを想定している。主なサービスは、以下に示す5点である。

- ①入場処理サービス
- ②自動誘導サービス
- ③料金決済サービス
- ④情報提供サービス
- ⑤出場処理サービス

未来型駐車場での行動の流れに沿って、それぞれを簡単に紹介する。駐車場入場時に無線通信で自動的にチェックが行われ、利用者は駐車券などを取る必要がなく、スムーズに入場可能となる。更に広い駐車場などにおいては自動誘導サービスが行われ、車載器の画面表示や音声を通じて利用者を空きスペースへ誘導する。車種や利用者事情に応じた誘導も可能となる。

指定されたスペースに駐車した後、各種サービス情報を入手することが可能となる。駐車場に併設した店舗のショッピング・レストラン情報、ニュース・天気予報情報、観光・行楽・道路交通情報の入手や、インターネットによる各種情報閲覧などが可能となる。百貨店などの店舗においては、車載器に装着されたICカードを利用し

て、商品購入などの料金決済を行うことができる。購入金額に応じて駐車場料金を割引くなどの処理も可能となる。駐車場を出発し出場する際には、無線通信によって自動的に料金決済が行われるため、スムーズに出場することが可能となる。

おわりに

今回の研究開発と実証実験を通じ、各種の車両情報をDSRC経由で伝送・処理することによって、入出場が円滑かつキャッシュレスに利用可能となる新しい駐車場管理システム構築の目安を立てることが可能となった。またDSRCを用いて駐車中の車両に店舗情報やインターネット情報を提供するという、従来の駐車場に成し得なかった機能を付加できることも検証できた。

DSRCが、ETC以外のアプリケーションにも有効であり、同様の応用はガソリンスタンドやドライブスルーなどにおいても適用できると考えられる。このようなDSRC応用システムの普及は、車載器の普及が鍵であり、特にETC車載器の積載率の伸長に期待している。◆◆

● 筆者紹介

西島勝 : Masaru Nisijima. システムソリューションカンパニー 交通システム事業部 ITS市場開発室 室長

関根博行 : Hiroyuki Sekine. システムソリューションカンパニー 交通システム事業部 ネットワークソリューションSE部 ソリューションSEチーム