

地域ITS用DSRC路側装置の開発

菅野 秀明

浜口 雅春

地域ITSでは、道路交通問題の解消や公共交通機関の利便性向上等を図るため、DSRC（狭域通信：Dedicated Short Range Communication）路車間通信システムの利用が検討されている。ここでは当社のETC（自動料金収受：Electronic Toll Collection）路側インフラ構築の経験を活かして開発中のDSRC路側装置について述べる。本装置は汎用的なマルチアプリケーションに対応可能な、短距離・小ゾーン双方向通信を実現するインフラ設備であり、各自治体や道路管理者等で広く利用可能である。

背景と動向

地域社会における交通事故・渋滞等の道路交通問題の解消、公共交通機関の利便性向上等といった諸問題を解決するために、各地域ニーズに応じた最適なITS（高度道路交通システム：Intelligent Transport Systems）の必要性が指摘されている。また平成12年度に、当時の郵政省および通商産業省が共同で開催した「スマートタウン研究会」において、ITSスマートタウンの早期実現が提言され、各地域で具体的なITS導入が進められている。

その取り組みの中で、DSRC導入を検討する自治体が見られる一方で、DSRCシステムは携帯電話や放送等の他の通信手段とは異なり、サービスの実施主体が多様であることや新しい通信手段であること、また事業主体者が存在していないといったことから、システム間の相互接続性の確保について不安の声もあった。

そこで総務省はITSスマートタウンの早期実現を図るためDSRCシステムの相互接続性の確保等を目的として、ITS情報通信モデルシステムの研究会を発足させた。平成13年度から平成15年度にかけて、新潟県、豊田市、高知県、福岡市の各自治体の協力を得て、具体的なテーマのもとで実験が進められており、当社はこれらに参画して、路側装置の開発等に携わっている。

基本システム構成

DSRC路車間通信システムは、道路に設置された無線設備である路側装置と、車両に搭載された無線設備であ

る車載装置により構成され、路側装置と車載装置の間を双方向に無線通信を行うことにより実現される。

無線信号の届く範囲は数メートルから数十メートルに限られており、その区域内で大量の情報を瞬時にやり取りをするシステムである。

車載装置側では、ICカードの利用等により個人識別情報を送信することも可能であり、一方、路側装置を種々の情報センタなどと結ぶことで、さまざまな情報の提供が可能であり、同システムにより有料道路の料金収受、道路情報の提供、地域施設情報の取得などを行うことが可能である。

またDSRC路車間通信システムは、“マルチアプリケーションに対応可能な短距離・小ゾーンの双方向移動通信”として位置付けられ、ITSを構成する重要な要素の一つで、その一部は既にETCシステムとして、2001年11月末からサービスが開始されている。

その他、駐車場、荷物配送センタ、ガソリンスタンド、コンビニエンス・ストア等でも利用可能になることが想定されており、将来的には、自動車走行支援の中心的技術となることが期待されている。

図1にDSRC基本システムの構成図を示す。

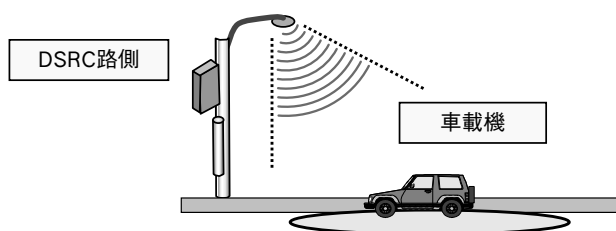


図1 DSRC基本システム構成図

アプリケーションの対応

DSRC路車間通信システムで想定されるアプリケーションには、ハンドオーバを行わずに対応するものが各種あり、IP系/非IP系を含み、機能別のサービス分類として整

理することができる。表1にDSRCアプリケーションの機能別サービス分類を示す。

表1 DSRCアプリケーションの機能別サービス分類

機能分類				公共サービス	民間サービス
非IP系	走行時	単独 DSRC	通信型	特殊車両の管理 危険物積載車両の管理 道路パトロール車両管理 除雪等作業車両管理 Probing情報収集 ETC自動料金収受	商用車両の運行管理
			同報型	電波標識 AHS運転支援情報提供 VICS道路交通情報提供	
		複数 DSRC	通信型	オンデマンド情報提供	
	通信／ 同報型		オンデマンド情報提供		
	静止・ 準静止	単独 DSRC	通信型	駐車場料金決済	各種料金決済
			通信／ 同報型	車溜りへの情報提供	車溜りへの情報提供
IP系	静止・ 準静止	単独 DSRC	同報型	歩行者支援 公共交通情報提供 公共施設案内 バスデマンド通信	インターネット接続 各種料金決済 コンテンツ配信 車溜りへの情報提供

一方、地域ITSで検討されるアプリケーションは、ETCで使用されているDSRC基本通信機能に加えて、IP系アプリケーションでは、主に大容量データ転送対応通信機能と高速処理対応の通信機能が、非IP系アプリケーションでは低リソース（車載機のCPU、メモリ等のリソースを極力抑えた方式）対応を含む通信機能が、またシステムからの要求によっては、共通の機能としてセキュリティ機能等が必要となる。

またDSRC路車間通信システムでは、地域ITSへのスムーズな導入を意図し、相互接続性と互換性確保を考慮して、これら必須の通信機能をアプリケーションごとに実装するのでは無く、各地域における複数のIP系／非IP系アプリケーションで共通に利用できるDSRCプラットフォーム¹⁾（共通基盤：アプリケーションサブレイヤ）として、DSRCプロトコルスタック上に搭載することが検討されている。

このDSRCプラットフォームは、通信制御プロトコル（LCP：Link Control Protocol）とネットワーク制御プロトコル（NCP：Network Control Protocol）から構成され、図2にDSRCプロトコルスタックの構造図を示す。

(1) DSRCプロトコル

標準規格であるARIB STD-T75²⁾に記述されるDSRCプロトコルスタックのレイヤごとの特徴を以下に示す。

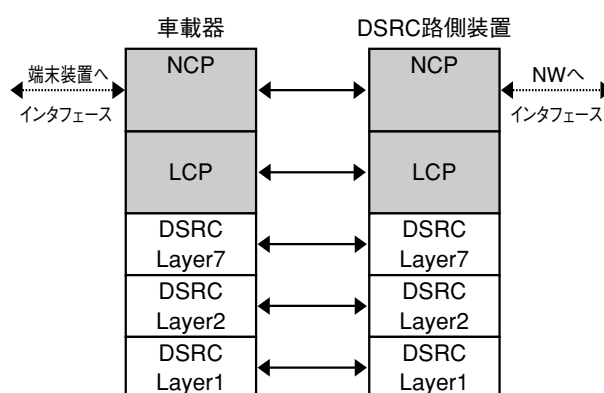


図2 DSRCプロトコルスタックの構造図

a) レイヤ1

レイヤ1（Physical Medium Layer:L1）では、レイヤ2およびシステム管理情報に従い、データの分解／組立を行う。さらにプリアンプルおよび同期ワードの付加等、物理スロットの生成／分解を行う。

b) レイヤ2

レイヤ2（Data Link Layer:L2）は、論理リンク制御副層（LLC Sub Layer）と媒体アクセス制御副層（MAC Sub Layer）とに分割され、LLC副層はISO/IEC8802-2:1994に準拠している。

またLLC副層は2種類の通信サービス（第1種：確認なしデータリンクコネクションレス型サービス、第3種：確認ありデータリンクコネクションレス型サービス）をサポートする。

MAC副層は無線チャネルの通信管理を行うため、以下のサービス内容をサポートしている。

- ・アソシエーション（リンク接続）
- ・スロット（フレーム）制御
- ・データのスロット単位での分割化処理
- ・MAC副層レベルの部分再送制御
- ・簡易秘話（スクランブル）

c) レイヤ7

レイヤ7（Application Layer:L7）は、アプリケーションに対して通信制御手順を提供することにより、アプリケーションに対してサービスを提供するとともに、レイヤ2のLLC副層を介してデータの送受信を行う。

また複数のアプリケーション（マルチアプリケーション）に対してサービス提供が可能であり、レイヤ2と連携してアソシエーション手順とアプリケーション管理を行い、さらに符号化／復号化を行う。

(2) 通信制御プロトコル

本プロトコル（LCP）は、IP系／非IP系アプリケーション（プロトコル）に対して共通的な機能を提供するためのプロトコル層で、このプロトコル層に適用する機能・方式を以下に示す。

a) 高速／大容量データ転送方式

DSRC基本システムで使われる通信フレームは、固定長の区間に時分割したスロットで構成され、この通信フレームは、通信スロットと制御スロットに大別される。

通信スロットには複数の移動局とデータ交換を行うためのデータスロット（MDS：Message Data Slot）が、複数配置され、制御スロットには路車間通信に必要な制御情報が含まれている。

基地局が、送信する通信フレームは、構成情報、通信スロットの使用状況などを格納するフレーム制御スロット（FCMS：Frame Control Message Slot）と、移動局が基地局に通信接続を要求するためのアクチベーションスロット（ACTS：Activation Slot）から構成される。これまでのDSRCシステムの通信制御方式では、一つの移動局に対して、同一通信フレーム内でのデータスロットの割り当ては1スロットであった。

これに対して高速／大容量データ転送方式では、この制限を無くして、一つの移動局に対し複数のスロットを割り当てることにより、伝送速度を改善し、大容量データの取り扱いを容易にしている。

図3に高速／大容量データ転送のフレーム制御の一例を示す。

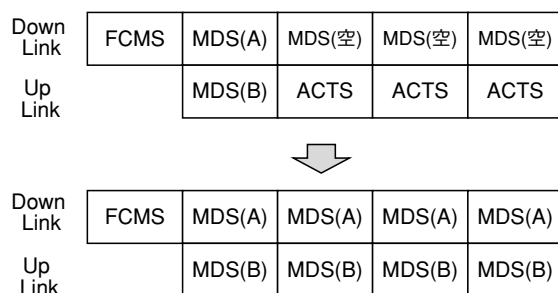


図3 高速／大容量データ転送のフレーム制御の一例

この高速／大容量データ転送方式では、移動局に割り当てるスロットの数に比例して伝送速度を改善することが可能になる。その実効的な伝送速度は、ASK方式では最大約510Kbps、QPSK方式では最大約1.68Mbpsの伝送速度が得られ、QPSK方式ではADSL（Asymmetric Digital Subscriber Line）並みの伝送能力を無線環境で実現でき、インターネット利用等のサービスに対して、その効果が期待される。

b) セキュリティ方式

DSRCシステムの環境からインターネットを利用する場合、正当な利用者以外がシステムに侵入することを抑止するためのアクセス管理が必要となる。

無線通信区間でパスワードを傍受して再利用することを防止するため認証方式として、ISO/IEC 9798-2に準拠した方式が、また認証に利用する暗号方式には処理量が比較的少ない共通鍵暗号の適用が検討され、具体的には検証側となる路側装置が乱数を渡し、署名側である車載装置がパスワード（password）でこれを暗号化して検証側に返すものである。

この方式ではパスワードを鍵として利用、暗号化対象とするデータを、時間的に変化する変数とすることにより、無線通信区間でパスワードを傍受して再利用することを阻止している。

c) サーバ／クライアント型の通信制御方式

DSRC路車間通信システムによる通信手順は、マスタ／スレーブ型となっており、車載装置からの自発的なデータ送信はできない。

一方、ネットワーク上のアプリケーションは、サーバ／クライアント型のアプリケーションが一般的であり、ネットワークとの接続を行うため車載装置からの自発的なデータ送信が要求される。

本通信制御方式の手順としては、路側装置側から車載装置に対して送信データの有無を問い合わせ、車載装置は送信データを保持している場合、この問い合わせに対する応答パケットにデータを格納する。

路側装置では応答パケットにデータが格納されている場合に処理し、格納されていない場合には再度、問い合わせを行う。

この方式では、路側装置の送信問い合わせに対して、車載装置は送信データの有無に係わらず応答を返す。このことを利用すると路側装置は、応答の有無によって車載装置の存在を監視することになり、車載装置との通信が継続可能かどうかの判定を可能としている。

d) 通信接続管理方式

DSRCシステムでは、レイヤ7上のアプリケーションに対して、通信接続の時間管理を行うことが求められているが、IPなどの既存のネットワークプロトコル側での対応は困難である。

このためDSRCプラットフォームではレイヤ7上のアプリケーションに求められている通信接続の時間管理を行うことが必要となり通信接続管理の方式として、前述のサーバ／クライアント型の通信制御方式を利用することが有効となる。

e) 固有情報

物流システム等では、利用する車載装置を識別するための固有情報を必要とするものがある。

アプリケーションの共通基盤であるDSRCプラットフォームに固有情報を定義した場合、車載装置ごとの識別用途としての利用が想定でき、少なくともプラットフォーム上のアプリケーションに対して共有（共用）可能な情報を提供することが可能となる。

また固有情報として、タグのような簡易な車載装置からの利用も想定されており、高度な機能や複雑な手順を前提としないで利用できる。

ただし、固有情報は、その取り扱い方によってはプライバシーの問題等が発生することが懸念されるので、利用に当たっては運用を含め十分に検討する必要がある。

(3) ネットワーク制御プロトコル

本プロトコル（NCP）は、IP系／非IP系の複数アプリケーション（プロトコル）に対して、プラットフォームを提供するプロトコル層である。本プロトコル層は、マルチアプリケーションに対応するため複数のプロトコル群で構成され、接続するプロトコルやアプリケーションごとに対応した制御プロトコルがある。

a) IPネットワーク制御プロトコル

IP系アプリケーションに対して、プラットフォームを提供するための制御プロトコルである。この制御プロトコルは、ネットワークで交換される通信パケットの透過を目的とする。

b) リソース制御プロトコル

低リソース対応プラットフォームを提供するための制御プロトコルである。タグ型の利用端末を想定したもので、米国で検討されているリソースマネージャ（IEEE P1455,

Version 0.1.4/February 16, 1999）をベースとしている。本リソースマネージャは、移動局にリソース（メモリ）を具備させ、路側装置がリモートでリソースに蓄積された情報にアクセスし、さまざまなアプリケーションがこれを処理する。

c) ローカルポート制御プロトコル

非IP系アプリケーションに対して、プラットフォームを提供するための制御プロトコルである。複数の非IP系アプリケーションに対応するため制御プロトコルは、アプリケーションとの接続を行うためのポートを定義、このポートを介してサービスの提供を行う。

またポートを介してサービスを提供する制御プロトコルは、ポートで接続されたアプリケーションが通信可能かどうかを判定してからポートを利用可能にしないと、不要なトラフィックが発生する可能性がある。このような事態を避けるため、ローカルポート制御プロトコル間で、事前に相手局のポートの存在を確認する初期設定が必要となる。

地域ITSシステム構成

地域ITSでは、離散するエリアごとの情報の収集や提供等の各種アプリケーションの検討が行われており、具体的なシステムでは、情報サーバを含むネットワークと路側装置および移動する車両等から構成される。

この中で運行する車両と路側装置の間で、双方向の高速で大容量通信を実現するインフラとして構築したものが、DSRC路車間通信システムである。図4にDSRC路車間通信システムの構成図を示す。

また本システムでは、DSRC路側装置とアプリケーションの間を汎用的インタフェースで接続させ、ネット

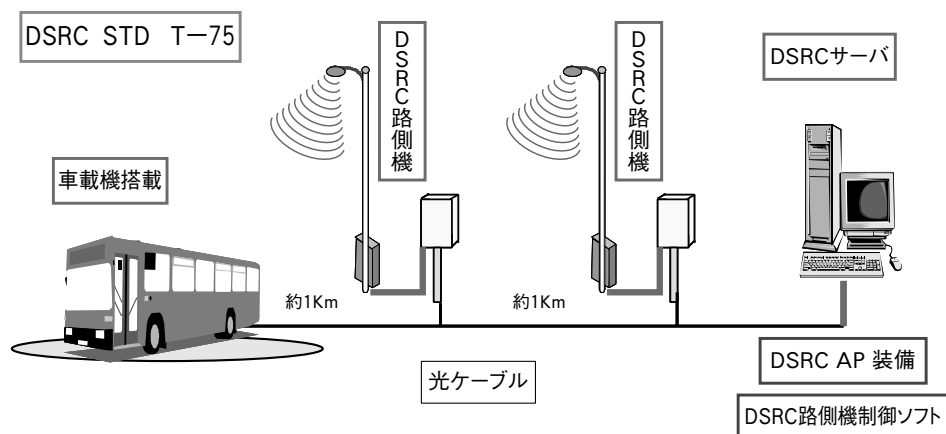


図4 DSRC路車間通信システム構成図

ワーク側にある既存のアプリケーションプログラム等との共通化を可能とさせた。

搭載するDSRCプラットフォームの中で、ネットワーク制御プロトコル（NCP）は、本装置ではネットワークへの親和性とシステム構築の容易性を考慮して、IP制御プロトコル対応に特化させている。図5にIP系通信プロトコルの構造図を示す。

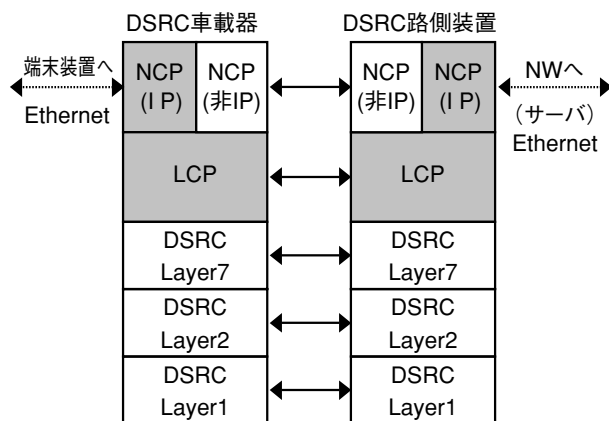


図5 IP系通信プロトコル構造図

DSRC路側装置の概要

本装置は、DSRC標準規格ARIB STD-T75に準拠させ、5.8GHz帯の無線周波数を利用した路車間通信を実現するものであり、無線部と制御部から構成され、無線部は半複信方式（送受信切替方式）対応とし、制御部はネット

ワーク側のインタフェース対応の機能を組んでいる。

図6にDSRC路側装置のブロック図を示す。

一方、DSRC路側装置の相互接続性については、業界内で進められている標準化に沿った検証の実施と、総務省が推進する研究会の結果等を反映させることで実現させる計画である。

また本装置は、一般にも広く利用してもらえる通信インフラ設備として、小型、軽量化および低コスト化を図るため、以下の施策を実施した。

- ①無線通信方式は、通信相手である車載器に合わせ半複信方式とし、高価なフィルタの削減を図った。
- ②制御方式は、無線制御とネットワーク制御を集中制御方式とすることで、大幅なコスト削減と小型化を図った。
- ③変調方式は、DSRC標準規格にあるASKおよびQPSK変調方式の選択方式とし、コストの最適化を図った。

この結果、試作段階における所要特性を満足させながら、形状を約2/3以下に、コストを約1/10以下に低減することに成功した。

また本装置では、導入時やその後の保守・点検を考え、以下の機能を設けた。

- ①筐体構造を、柱上に設置される本体と手元操作部に分離し、手元操作部での外部接続（ネットワーク、電源等）の実現や操作の容易化を図った。
- ②障害情報の上位（ネットワーク側）装置への伝送により、サーバ側での障害監視の容易化を図った。
- ③保守機能を、運用モードと点検モードの二つを設け、機器設置や保守・点検の容易化を図った。

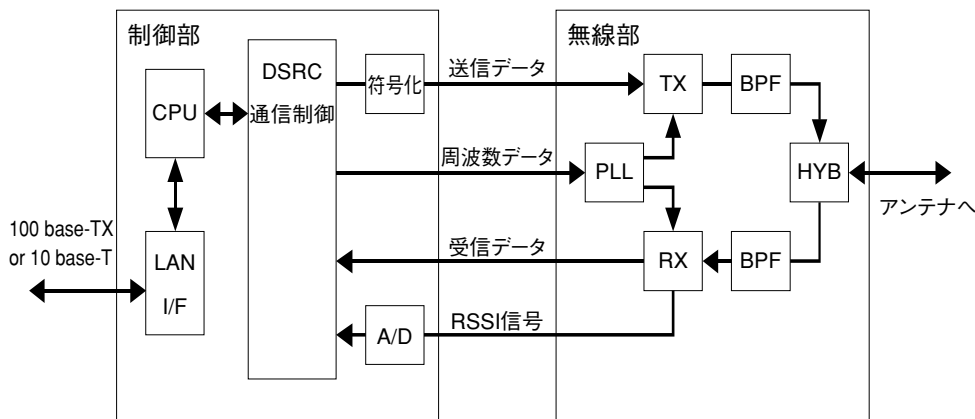


図6 DSRC路側装置のブロック図

表2にDSRC路側装置の仕様を、表3にDSRC路側装置の監視保守機能を示す。

今後の展開

今回は、IP系アプリケーションに対応するDSRC路側装置の開発を行ったが、さらに顧客のニーズに柔軟に対応していくため、DSRCプラットフォームの機能をモジュール化し、非IP系アプリケーションにも対応させて、今後、さらに普及が進むETCシステム+マルチアプリケーションの車載装置を意識したシステムの構築を実現させ、同時に各種機器の提供も行いたい。また当社として、今後もIT社会をリードするITSの発展に寄与していきたい。



表2 DSRC路側装置の仕様

無線周波数帯	5.8GHz帯
無線通信方式	半複信方式
無線アクセス方式	TDMA-FDD方式
変調方式	ASK変調方式
伝送信号速度	1.024Mbps
周波数の偏差	±20ppm以下
送信出力	規定点10mW±20%
空中線電力の偏差	±50%以下
占有周波数帯域幅の許容値	4.4MHz以下
隣接チャネル漏洩電力	-40dB以下
スプリアス発射の強度	2.5μW以下
キャリアオフ時の漏洩電力	2.5μW以下
副次的に発する電波の強度	2.5μW以下
アンテナ利得	20dBi以下
外形寸法	275mm×248mm×140mm

表3 DSRC路側装置の監視保守機能

監視機能	WDT異常	上位サーバALM出力
	ソフト/メモリ異常	
	受信クロック異常	
	送信出力低下	
	PLL異常	
保守機能	運用モード	通信履歴表示
		通信結果表示
	保守点検モード	連続送信
		キャリア連続“1”送信
		キャリア連続“0”送信
		符号“0”連続送信
		符号“1”連続送信
		PN符号送信

参考文献

- 1) 地域ITS情報通信システムに関する調査検討報告書，社団法人電波産業会，平成14年3月
- 2) 狭域通信（DSRC）システム標準規格ARIB STD-T75 1版，社団法人電波産業会，平成13年9月

筆者紹介

菅野秀明：Hideaki Kanno.システムソリューションカンパニー 交通システム本部 無線技術研究開発部

浜口雅春：Masaharu Hamaguchi.システムソリューションカンパニー 交通システム本部 無線技術研究開発部