

700MHz帯無線による車車・路車・路路間通信システム

Cooperative Inter-infrastructure Communication System Using 700 MHz Band

岸本 健吾*
Kengo Kishimoto

山田 雅也
Masaya Yamada

神野 正之
Masayuki Jinno

日本では、ITSの一環として、交通の安全と円滑、環境の保護等を目指したシステム—新交通管理システム（UTMS）の研究開発及び実用化・整備を推進している。UTMSに含まれる交通管制アプリケーションを実現するシステム構成には、路路間、路車間の通信が必須であり、この手段である電波メディアの候補の1つとして、700MHz帯を活用することを検討している。本稿では、ITSの高度化に向け、700MHz帯を活用した車車・路車・路路間通信システムの実用化に向けた取り組みを、主に信号制御技術の高度化の観点から路路間通信に焦点を当てて報告する。

In Japan, as part of the Intelligent Transport System (ITS), research, development and deployment of the Universal Traffic Management System (UTMS) have been promoted for the purposes of environmental preservation, safety support and traffic congestion reduction. For the application of UTMS, infrastructure-to-vehicle (I2V/V2I) and inter-infrastructure (I2I) communications are vitally important. As one of the possible solutions to these needs, we are studying the use of the 700 MHz radio band. This paper reports on our research and development for the practical application of UTMS using the 700 MHz band for I2V/V2I, I2I and vehicle-to-vehicle (V2V) communications. We have focused particularly on I2I communications for enhanced traffic signal control.

キーワード：路路間通信、協調システム、ITS無線、700MHz帯、信号制御

1. 緒言

日本では、主に一般社団法人UTMS協会において、交通の安全と円滑、環境の保護等を目指したシステム—新交通管理システム（UTMS）の研究開発及び実用化・整備を推進している。現在では、アプリケーションが多様化し、信号制御技術もまた高度化が遂げられてきた。一方、通信メディアは、携帯電話や無線LANなどのワイヤレスブロードバンドを中心に著しく進歩した。今後のITSの高度化にあたっては、これらの技術の連携が必要である。その一例として、光ビーコンを利用してドライバーに安全運転支援情報を提供することで事故の削減を図るDSSS（Driving Safety Support Systems）では、その高度化のために、路車間通信の広範囲化かつシームレス化が可能な電波メディアの活用が検討されている。

交通管制の高度化においては、路側の端末装置間での通信が必須であるが、端末間の情報を伝送するためにケーブルを敷設することが近年では景観上や保守上の課題があり有線での通信が困難となっている。私たちは、電波や設備の更なる有効活用のため、交差点に設置される路車間通信用の路側無線装置（以下、路側機という）を利用して、路側の端末装置間での無線通信、つまり路路間通信を行うことを検討した。

本稿では、信号制御の高度化を図った700MHz帯ITS無線による車車間・路車間・路路間通信のシステムイメージを示し、その中で路側機の要件を紹介する。また実験計画を示し、今後の検討課題を述べる。

2. 700MHz帯ITS無線とは

近年、携帯電話や無線LANなどのワイヤレスブロードバンド技術の発展は著しく、通信メディアもともに進歩している。日本のITSにおいては、2011年12月に760MHzを高度道路交通システム用に割り当てる旨が公示され、その後、これに準ずる標準通信規格（ARIB STD T-109。図1および表1参照。）が発行された。帯域幅10MHzを1チャンネルとして、路車間通信と車車間通信の通信期間を時間的に分ける方式であり、路側機はTDMA方式*1により路車間通信期間に送信し、車載機はCSMA/CA方式*2により車車間通信に送信することで、周波数の共用を実現する。

このように、今やITSで活用できるメディアの選択肢は増えており、それらを上手く活用したシステムを構築することで、複数のアプリケーションを効率よく実現することが可能になる。

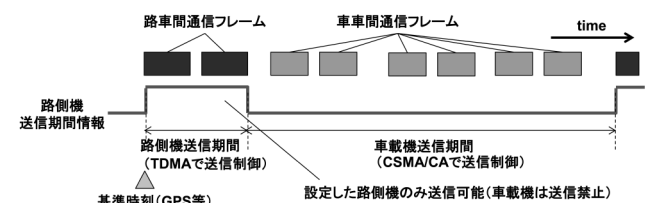


図1 700MHz帯ITS無線の通信方式

表1 700MHz帯ITS無線の仕様

| 項目 | 仕様 |
|---------|----------------------------------|
| 中心周波数 | 760 MHz(単一周波数) |
| 占有周波数帯域 | 9MHz 以下 |
| 誤り訂正 | Convolution FEC R=1/2, 3/4 |
| 変調方式 | BPSK OFDM, QPSK OFDM, 16QAM OFDM |
| 空中線電力 | 10 mW/MHz 以下 |
| 通信方法 | ブロードキャスト |
| アクセス方式 | CSMA/CA, TDMA |

3. 車車間・路車間・路路間システム

機器の普及に向けたコストパフォーマンスの観点から、システムを合理的に構築することが望まれている。そこで、私たちは700MHz帯ITS無線を複数のシステムで共用して連携させることを考えた。用途例を表2に、システムイメージを図2に示す。

表2 車車間・路車間・路路間通信の用途例

| | 車車間通信 | 路車間通信 | 路路間通信 |
|-----|-----------|-----------|----------|
| 用途例 | 安全支援、円滑走行 | 安全支援、円滑走行 | 信号制御の高度化 |

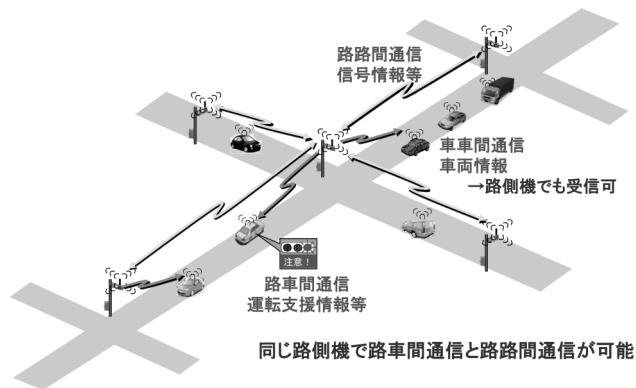


図2 車車間・路車間・路路間通信システムイメージ

上図のうち、ここでは、これまで取り上げてこれなかった路路間通信の無線通信ニーズに注目した。交差点に設置される路車間通信の路側機において路路間通信を共用させることにより、電波や設備の更なる有効活用ができる。そこで、車車間通信や路車間通信に極力影響を及ぼさない通信方式を前提として、路路間通信の活用について検討した。検討フローを図3に示す。

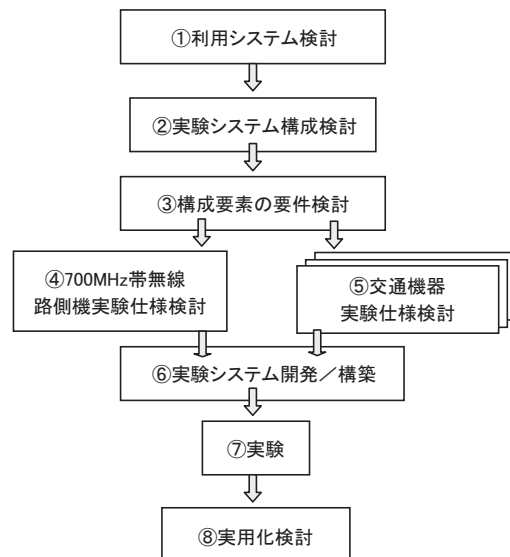


図3 検討フロー

4. 路路間通信の利用アプリケーション

まず、私たちは、交通管制の高度化を図ることのできる路路間通信の利用アプリケーションを抽出した。この結果、表3のメニューが挙がった。

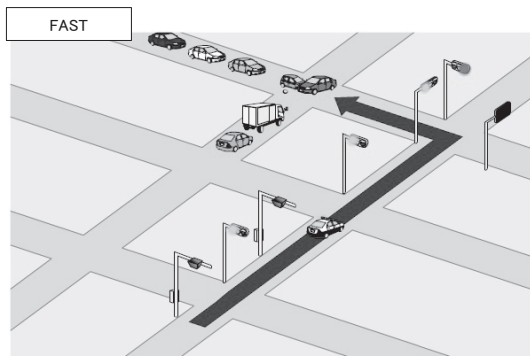
表3 路路間通信の利用アプリケーション

| 種類 | アプリケーション | 概要 |
|----------|-------------|--|
| 緊急車の通過支援 | FAST | 緊急車両を優先的に走行させるための信号制御等を行う |
| 交通流制御 | プロファイル信号制御 | 交差点に入ってくる交通量を予測して、その交差点を通過できる車両台数の最大化するように信号を制御する。 |
| 災害対策 | インテリジェント交差点 | 端末回線の集約と災害時における通信経路断時の迂回を行う |

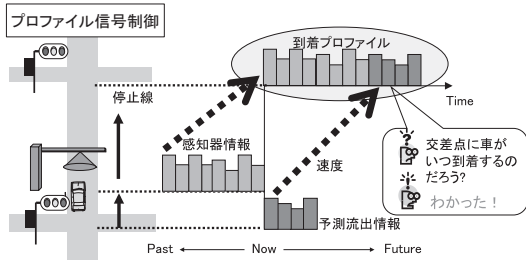
これらのアプリケーションイメージを図4に示す。

私たちは、これらのアプリケーションに関する通信要件を明らかにし、各アプリケーションに対する700MHz帯ITS無線の路路間通信の適用性を、公道を使ったフィールド実験にて確認することにした。

まず、実験の実施優先度をつけ、表3に挙げたアプリケーションのうち、路路間通信をFASTに適用した実証実験を行う計画とした。FASTは、緊急車両を優先的に走行させるために信号を高度に制御するシステムであり、車車間通信で交換される緊急車両の接近情報をインフラが受信して、行く先の信号を優先的に制御する。



緊急車両を優先的に走行させるための信号制御等を行う



交差点に入ってくる車の量を予測して、その交差点を通過できる車の量を最大化するように信号機を制御

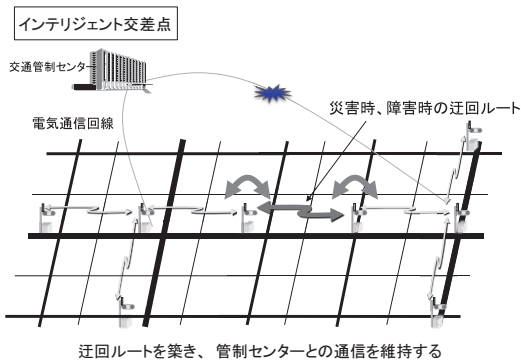


図4 アプリケーションイメージ

私たちは700MHz帯無線を活用したFASTのシステム構成を検討した。これを図5に示す。

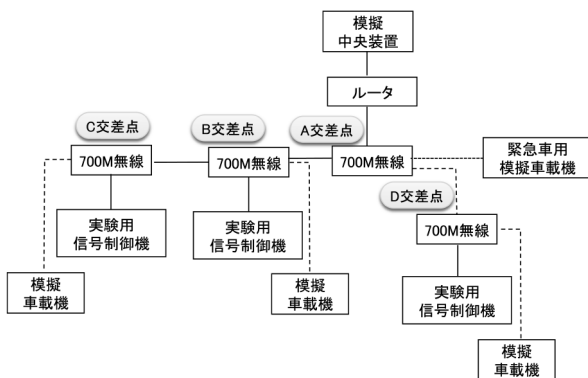


図5 FASTのシステム構成

5. 路側無線装置の要件

次に路路間通信をFASTに適用した場合の主な要件として、必要となる通信の形態や品質、アプリケーション機能等を検討してまとめた。この結果を表4、表5に示す。

表4 無線通信要件

| 項目 | | 要件 | |
|------|----------|----------|------------------|
| 無線通信 | 通信形態 | 宛先 | 特定の路側機との通信を行えること |
| | | 中継 | あり |
| 通信品質 | | パケット到達率 | 90%以上(見通し300m) |
| | | 伝送遅延許容時間 | 1895ms以下 |
| 通信内容 | セキュリティ対策 | | 暗号化あり、認証あり |

表5 アプリケーション機能要件

| 項目 | | 要件 | |
|------|-----------|----|--|
| FAST | 信号制御 | | 中央装置－信号制御機間において信号制御アプリデータの通信が可能であること |
| | FAST信号制御 | | 緊急車の検知情報を中央装置へ送信できること 中央装置からFAST信号制御の指令が可能であること |
| | 緊急車接近情報提供 | | 緊急車の接近情報を車載機へ送信できること |

表4の要件は、アプリケーションに依存するものではなく、路路間通信を利用するメニューに共通の要件であることを確認した。

実証実験においては、緊急車用模擬車載機からの情報を利用して、中央装置から前記の要件を踏まえた路路間通信

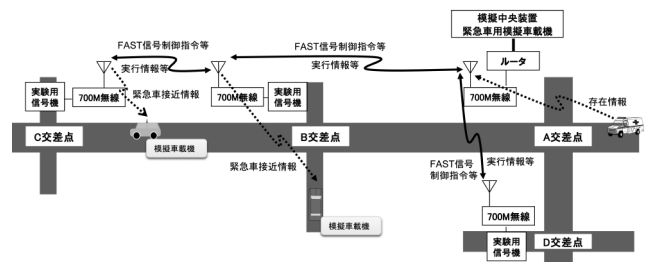


図6 FASTの実証実験イメージ

を經由して端末装置に情報送信することで、既存のFAST信号制御に700MHz帯無線による路路間通信が適用可能であることを検証する。

まず、緊急車用模擬車載機から車車間通信によって存在情報を路側機に送信し、その車車間通信情報から路側機にて緊急車検知情報を生成できることを確認し、模擬中央装置にてその検知情報を受信できることを検証する。

また、緊急車検知情報を受信した模擬中央装置が、対象とする信号制御機に対してFAST信号制御指令を送信し、該当する信号機においてFAST信号制御が行われることを確認する。

さらに、対象となる路側機から緊急車接近情報を送信し、路側機からの緊急車接近情報を模擬車載機にて受信できることを確認する。路路間通信を經由した情報の伝達時間（最小値／最大値／平均値）の計測も行う。

6. 実験スケジュール

実験スケジュールを以下に述べる。

2014年1月にシステム構築し、2014年1月頃より実験を開始する。2014年度中には路車間通信との共用実験も実施する計画である。

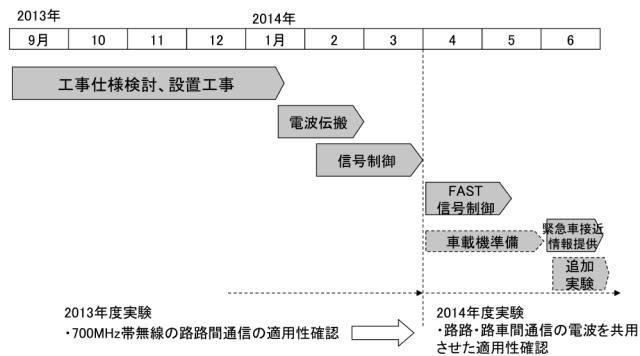


図7 実験スケジュール

今後、実用化に向けては、車車間・路車間通信の標準通信規格を路路間通信に応用するために、路車間・路路間通信を周波数共用するためのデータ時間配分や、セキュリティ、相互接続性が課題である。

7. 結 言

信号制御の高度化を図った700MHz帯ITS無線による車車間・路車間・路路間通信のシステムイメージを示し、その中で路側機の要件を述べた。また実証実験の計画やシステム構成を示し、今後の検討課題を明らかにした。

今後は、実証実験により、路路間通信での通信品質を評価し、アプリケーションへの適用性を検証する予定である。

8. 謝 辞

本稿は、警察庁のご指導の下、UTMS協会にて実施した活動をまとめたものである。技術検討や実験計画等について有益なご提案・ご助言をいただいた警察庁とUTMS協会に感謝する。

用語集

※1 TDMA方式

時分割多元接続 (Time Division Multiple Access) 方式。1つの周波数を短時間ずつ分割して複数の通信機に割り当て、各々のデータを送信する。

※2 CSMA/CA方式

搬送波感知多重アクセス／衝突回避 (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 方式。各通信機は通信路が一定時間以上継続して空いていることを確認してからデータを送信する。

参考文献

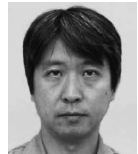
- (1) UTMS協会、「2012年度活動報告書」(Jun. 2013)
- (2) 電波産業会、「ARIB STD T-109」(2012.02.14)
- (3) UTMS協会HP URL <http://www.utms.or.jp/>

執筆者

岸本 健吾* : システム事業部 主査



山田 雅也 : インフォコミュニケーション・社会システム研究開発センター 部長補佐



神野 正之 : システム事業部 主幹



*主執筆者