

車両を地域ネットワークノードとする 災害時ネットワークの研究開発

大山 卓
浅野 欽也

金子 富
浜口 雅春

総務省は、平成23年3月に発生した東日本大震災の発生を踏まえ、災害時に情報伝達の基盤となる情報通信ネットワークの耐災害強化に向けて必要な技術の研究開発・実証実験の基本計画を掲げた。これを受けて、OKIは東北大学、KDDI株式会社、株式会社KDDI研究所と共同で「災害に強いネットワークを実現するための技術の研究開発」を提案し、平成23年度補正予算（第3号）による研究開発の1テーマとして受託した¹⁾。この中でOKIは、交通システムの無線技術を展開して実施する「車両を地域ネットワークノードとする災害時ネットワークの研究開発」を担当し、今年度末に計画している、試作機を用いた実証検証に向けて、試作機を開発中である。ここでは、そのシステム概要・構成、無線方式設計・シミュレーション評価及び試作無線装置開発の概要を紹介する。

システム概要

通信事業者のネットワークが災害時に損壊しても、車両に搭載された無線機や公衆無線LAN等を通じてスマートフォン等に地域情報や防災情報を提供することが可能な地域ネットワークノードの実現を目指す。

具体的には、地域ネットワークノード及びその有線通信回線の疎通状況を把握し、有線通信回線が損壊した地域ネットワークノードに対して、近隣の地域ネットワークノードが無線による通信データの中継を行うことで通信を維持するなど、災害後に生き残ったネットワーク資源を直ちに再構成する技術等を確立し、災害に強い「重層的通信ネットワーク」の実現を目的とする。OKIはこの重層的通信ネットワークの一層を担う「車両を地域ネットワークとする災害時ネットワーク」（以下、災害時車両ネットワークと記す）の研究開発を担当する。

研究開発内容

2km四方内のエリアに孤立した避難所、病院及び自治体等が10カ所程度存在すると想定し、これらの間の無線通信手段を30分以内に確保するための災害時車両ネットワーク構築を研究開発の目標とする。

車両に搭載する無線通信手段として、既存あるいは実用化に近い無線通信システムを想定し、ETC（Electronic Toll Collection System）で既に実用化されている国内

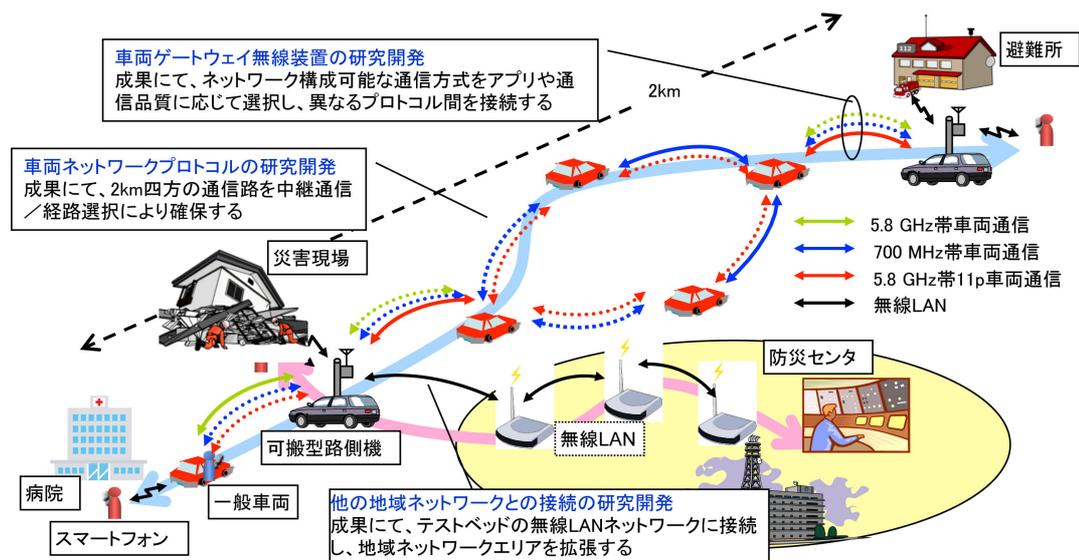


図1 車両を地域ネットワークノードとする災害時車両ネットワークのサービスイメージ

表1 システム検討の前提条件

項目	内容
サービスエリア	複数の無線機によるマルチホップ通信により、2km四方に存在する無線機に情報を伝達できること。
直接通信距離	最大 数100 m
通信手段	5.8 GHz帯車両通信、700 MHz帯車両通信あるいは5.8 GHz帯11p車両通信を選択し、通信を行う。
中継手段	5.8 GHz帯車両通信、700 MHz帯車両通信あるいは5.8 GHz帯11p車両通信を使って、中継通信を行う。
中継アルゴリズム	Reactive型 Proactive型
伝達する情報	災害情報、音声、その他ネットワークを構築するための制御情報
端末のモビリティ性	半固定

表2 無線通信仕様

	5.8 GHz帯車両通信(上り)	700 MHz帯車両通信	5.8 GHz帯11p車両通信
中心周波数	5.840 GHz	760 MHz	5.7775 GHz
送信電力	10 mW	10 mW / MHz	
占有帯域幅	4.4 MHz	9 MHz	
MAC方式	集中制御型 TDMA	自律分散型 CSMA	
変復調方式	$\pi/4$ shift QPSK	OFDM-QPSK	
実効伝送速度	3.3 Mbps	6 Mbps	

の狭域通信システム (ARIB STD-T75)²⁾、700 MHz帯高度道路交通システム (ARIB STD-T109)³⁾ 及び欧米の狭域通信システムとして標準化されているIEEE 802.11pの無線仕様を参考とする。IEEE 802.11pの使用周波数は5.9GHz帯が規定されているが、日本における狭域通信システムの周波数割り当てに合わせて5.8GHz帯で検証を行う。以下、国内の狭域通信システム、700MHz帯高度道路交通システム及び欧米の狭域通信システムを参考とした無線通信方式を、それぞれ、5.8GHz帯車両通信、700MHz帯車両通信及び5.8GHz帯11p車両通信と呼ぶ。これらの車両無線通信を使ったサービスイメージを図1に示す。また、災害時車両ネットワークのシステム検討を行うための前提条件を表1に、無線通信仕様を表2にまとめる。表2に示す様に、3方式は無線周波数帯域、伝送速度及びMAC (Media Access Control) 方式が、それぞれ異なる。

5.8GHz帯車両通信は、TDMA方式であるため、通信

チャンネルが確保され、実効伝送速度も保証されるが、最大でも3.3Mbpsである。一方、700MHz帯車両通信や5.8GHz帯11p車両通信はCSMA方式であるため、実効伝送速度はベストエフォートとなり、最大6Mbpsである。この様に相反する方式を使って、マルチホップ通信を行い、更にリアルタイム性の高い音声に対して、どの程度の通信品質を確保できるかを検証し、有効性・課題を抽出する。

表1の前提条件を踏まえ、本研究開発は、以下の2つの技術開発が中心となる。

- ① ネットワークプロトコル技術：複数の無線通信方式 (5.8GHz帯車両通信、700MHz帯車両通信及び5.8GHz帯11p車両通信) から、使用する無線通信手段を適切に選択する技術を開発する。また各無線通信システムは直接通信距離が数100m程度であるため、マルチホップ制御のネットワークプロトコルの開発を行い、2km四方のサービスエリアを確保する。
- ② 無線マルチプロトコル制御技術：異なる複数の無線通信方式を各ネットワークノードが自律的に管理し、なおかつ、無線通信方式の制御及びマルチホップ制御をノード内の1か所において実行する技術を確立する。

(1) 方式設計・シミュレーション評価内容

ネットワークインフラが損壊した際に、30分以内に無線通信手段を確保するために、以下の視点から、災害時車両ネットワークの通信品質評価シナリオを作成する。

- ネットワークインフラが損壊してからの経過時間
例えば、損壊直後、数分後、15分経過後、30分経過後の様に複数ポイントでの通信品質評価を行う。
- 使用する無線通信手段の組み合わせ (5.8GHz帯車両通信、700MHz帯車両通信及び5.8GHz帯11p車両通信)
例えば、700MHz帯車両通信と5.8GHz帯11p車両通信の混合利用、700MHz帯車両通信あるいは5.8GHz帯11p車両通信のみ利用の様に、組み合わせによる通信品質の違いを評価する。

本システムの方式設計では、異なる無線通信方式の利用 (マルチプロトコル対応) とマルチホップ機能が重要となるが、その中でリアルタイム性の高い音声通信の実現に向けた可能性検討がポイントとなる。このマルチプロトコル対応とマルチホップ機能を合わせて、ネットワーク制御機能と呼び、表3にまとめる。

マルチプロトコル対応及びマルチホップ機能による通信品質評価は、ネットワークシミュレータを使い、End-

表3 ネットワーク制御部の機能

機能名	内容
ネットワーク制御機能	異なる無線通信方式(5.8 GHz帯車両通信、700 MHz帯車両通信及び5.8 GHz帯11p車両通信)のどの方式を使用するかを判断する送信制御機能(マルチプロトコル機能)
マルチホップ制御機能	パケットを受信した際に、マルチホップを行うか否かを判断する機能、及び送信を制御する機能
経路制御機能	異なる無線通信の受信状況、トラフィック混雑状況等を時々刻々と監視し、経路を切り替える機能
プロトコル変換機能	異なる無線通信機間で、プロトコルを変換し、パケットフォーマットを変換する機能

to-End端末間(マルチホップ通信を介した、送信元車両と宛先車両との間)でのパケット到達率、パケット到達遅延時間を測定する。その際、通信品質に影響する各種パラメータを抽出し、設定値を変更しながらパラメータの最適化を図る。この様に、ネットワークシミュレーションにより、ネットワークプロトコル技術及び無線マルチプロトコル制御技術の方式設計・シミュレーション評価を行う。

(2) 試作無線装置開発

これまでに5.8GHz帯車両無線及び700MHz帯車両無線

の試作装置開発を行ってきた^{4) 5)}。本研究開発ではこの無線装置開発技術を活かし、複数の異なる通信方式を1つの装置に収容してネットワーク制御を行う。試作無線装置のブロック構成図を図2に示す。

方式設計したマルチプロトコル制御及びマルチホップ制御アルゴリズムを、図2中のネットワーク制御部へソフトウェアとして組み込む。表2に示す様に、本ソフトウェアでは伝送速度、電波伝搬状況(700MHz帯、5.8GHz帯)の異なる複数の無線通信方式の通信トラフィック状況及び通信品質(受信状態)をそれぞれ監視し、各無線通信方式の通信状況に応じたネットワーク制御を行う必要がある。なおネットワーク制御部は、各無線ユニット(5.8GHz帯車両通信、700MHz帯車両通信及び5.8GHz帯11p車両通信)とHUBを介して接続することとする。

表4にネットワーク制御部仕様(案)を示す。このネットワーク制御部により、研究開発の中心であるネットワークプロトコル技術及び無線マルチプロトコル制御技術を試作無線装置で実現する。

表4 ネットワーク制御部仕様(案)

項目	内容
プロセッサ	Freescape i.MX257
CPUコア	ARM926EJ-S
CPUコアクロック	400 MHz
バスクロック	133 MHz
RAM	64 MB
フラッシュメモリ	16 MB

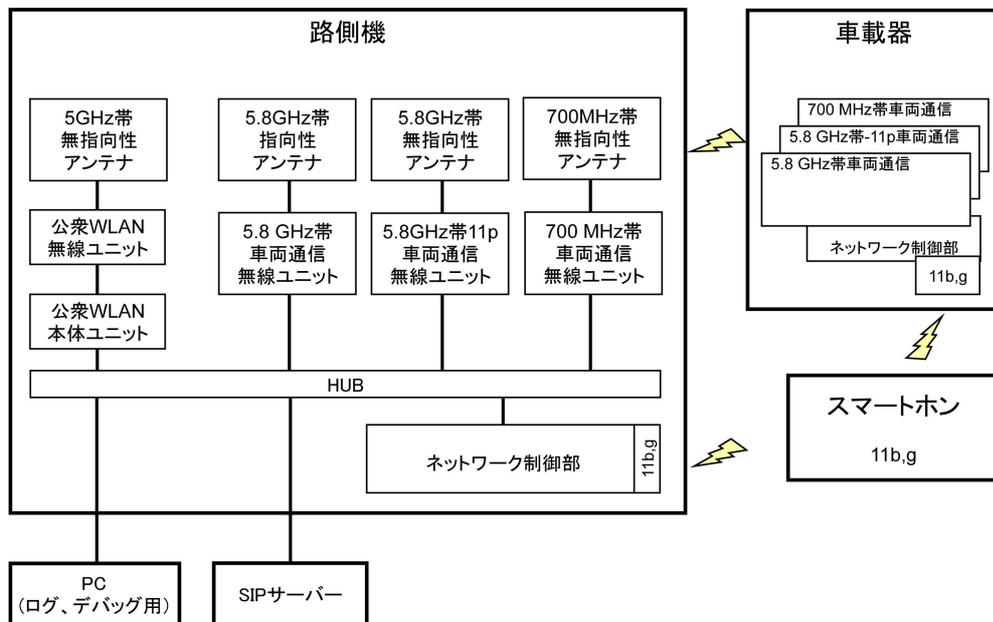


図2 試作無線装置のブロック構成図

試作無線装置開発では、異なる通信I/Fの結合、パケットフォーマット変換、伝送速度の違いによる遅延量の緩和、及びシステム間干渉抑制が課題となる。

本システムでは、5.8GHz帯車両通信と5.8GHz帯11p帯車両通信の同時利用が発生するため、耐干渉を考慮した回路設計を行う。

システム検証計画

2012年度末に仙台の東北大学キャンパスにおいて、フィールド検証・デモンストレーションを行い、屋外環境でのデータ取得・解析を実施する計画である。但し、フィールド検証では、車両無線装置の台数が限られるため、更にシミュレーションにより、車両無線装置の台数を増やした環境でEnd-to-End端末間の通信品質評価（パケット到達率、パケット到達遅延）を行う予定である。

今後の計画と課題

ARIB STD-T75、ARIB STD-T109及び欧米の狭域通信システムとして標準化されているIEEE802.11pの無線仕様を参考に、マルチプロトコル及びマルチホップ通信技術を適用した、災害時車両ネットワーク構築の研究開発の概要について紹介した。

2012年度末に向けて研究開発はスタートしているが、目標達成に向けたシミュレーション評価及び試作機による実機検証はこれからである。重点課題を以下にまとめる。

- 災害時車両ネットワーク構築に必要なネットワークプロトコルを検討する。更にシミュレーション及びフィールド実験によりネットワーク立ち上げ時間及びサービスエリア確認を通信品質により検証する。
- 車両への搭載が想定される無線通信方式を複数選定してマルチプロトコル及びマルチホップを評価していく。その中には異なる無線アクセス方式（集中制御型MAC方式、自律分散型MAC方式）が存在するため、それらを組み合わせることにより、どの程度の通信品質を確保できるかを明らかにしていく。

機動性、移動手段に加えて電源供給の観点からも、災害時の有用性が期待されている自動車。その車両に搭載され平時利用されている無線装置の災害時利活用は、必ず将来の“備え”となると確信している。

本研究開発の有効性とその課題を明確にすることにより、「車両を地域ネットワークノードとする災害時ネットワーク」の実現、重層的通信ネットワークの一通信手段としての確立を目指していく計画である。

謝 辞

本研究は総務省の委託研究「災害に強いネットワークを実現するための技術の研究開発」のプロジェクトにより実施したものである。◆◆

参考文献

- 1) 総務省報道資料
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02tsushin03_03000074.html
- 2) ARIB STD-T75狭域通信（DSRC）システム, 2008年12月, 1.5版策定
- 3) ARIB STD-T109 700 MHz帯高度道路交通システム, 2012年2月, 1.0版策定
- 4) 徳田清仁, 中林昭一, 菊池典恭, 畑本浩伸, 浅野欽也, 金子富, 阿部 智: “マルチバンド車々間通信システムの開発”, 信学技報, RCS2009-271, pp.83-88
- 5) 金子 富, 浜口雅春: 歩車間通信システムの開発, OKIテクニカルレビュー218号, Vol.78 No.1, pp.72-77, 2011年10月

筆者紹介

大山 卓: Takashi Ohyama. 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部

金子 富: Yutaka Kaneko. 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部

浅野欽也: Kinya Asano. 交通・防災システム事業部 コンポーネント開発部

浜口雅春: Masaharu Hamaguchi. 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部 部長

TiPo 【基本用語解説】

CSMA : Carrier Sense Multiple Access

MAC : Media Access Control

OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing

QPSK : Quadrature Phase Shift Keying

SIP : Session Initiation Protocol

TDMA : Time Division Multiple Access