



DSRC型車々間通信システムによる ユビキタスネットワーク環境下での安全アプリケーションの実現

徳田 清仁

ユビキタスネットワーク (Ubiquitous Networks) は、人と人を繋ぐだけではなく、人とモノ、モノとモノまで繋ぐ大規模なネットワークである。当然ながら、ユビキタスネットワークで利用するアプリケーションは多様化し、その中には既存のネットワーク利用では不可能だったネットワーク利用者自身の身の安全性を向上させるアプリケーションも含まれる。本稿では、安全性向上を目的に先進安全自動車 (Advanced Safety Vehicle: ASV) 用に開発を進めている狭域短区間通信 (Dedicated Short Range Communications: DSRC) 型車々間通信 (Inter-Vehicle Communication: IVC) システム開発に対する当社の取り組みを紹介する。

ユビキタスネットワークと無線システム

人と人だけではなく、人とモノ、モノとモノまで繋ぐユビキタスネットワーク (Ubiquitous Networks)、その実現に向けて情報通信融合技術の開発が進められている (e-Japan戦略II, 2003.8)¹⁾。現在、人と人はブロードバンドIPネットワーク (Broadband IP Network: B-IP NW) で結ばれている。ノートPC、PDA等の多種多様な情報機器は、モデムやEther等の有線接続機器もしくは携帯電話や無線LAN等の無線接続機器を介してB-IP NWと接続し、人と人の円滑なコミュニケーションを促進する。将来のユビキタスネットワークの構築には、B-IP NWをバックボーンネットワークとして人とモノ、モノとモノまで繋ぐネットワーク接続機器、特にユーザの利便性を考慮すると無線ネットワーク接続機器の開発が必要となる。

人とモノのネットワーク化の展開例として、交通情報をドライバーに提供するテレマティクスサービスがある。各種センサー (モノ) でセンシングされた交通状況はBIPNWと接続した交通情報サーバに蓄積される。カーナビゲーションシステムとB-IP NW間の無線接続には、携帯電話システムやDSRC型無線通信システムが利用されている^{2) 3) 4)}。具体的なDSRC型無線通信システムとしてETCが既に実用化され、またインフォメーションシャワー (車両への各種情報提供) も実用化に向けて実験が進んで

いる。

一方、モノとモノのネットワーク化は、PC以上に圧倒的多数の家電機器が点在している家庭内で情報家電として展開されつつある。家電機器間の有線接続にはEther、無線接続には既存の無線LANやBluetooth、将来的には広帯域無線 (Ultra Wide Band: UWB) が利用される⁵⁾。さらに、モノに取り付けた無線ICタグ (Radio Frequency Identification :RFID) からモノ固有のデータやモノ近辺のセンシング情報を収集する物流管理システムやタイヤ空気圧測定システムもモノとモノのネットワーク化の展開例と考えられる。RFIDとB-IP NW間の無線接続には、RFID固有の無線周波数帯として13.56MHz帯や2.45GHz帯が採用されている。

人とモノ、モノとモノのネットワーク間の相違点は、モノから得た情報に対する次のアクションに人の判断が直ちに必要か否かである。換言すれば、前者は半自動、後者は全自動とも言える。一例として、テレマティクスサービスを利用した渋滞回避を想定すると、提供された渋滞情報に基づきどのルートを選択するかは最終的にはドライバーの意思による。一方、情報家電では、最近の家電機器にはコンピュータ並みの処理能力を有するCPUが実装されており、家電機器間でデータに加え音声、動画等のリッチコンテンツの全自動シームレス伝送も可能である。

知らない間に全てが自分の思い通りになる便利で快適で安心な社会をユビキタスネットワークは提供してくれる。本当だろうか？技術的に安全性が確保されなければ安心はできない。ユビキタスネットワークの構築には、特に安全面に関して、既存のネットワークで頻発しているネットワーク利用者の個人情報の漏洩や改竄等を未然に防ぐ情報セキュリティ技術の開発が必要となることは言うまでも無い。

本稿では、将来のユビキタスネットワークを実現する無線ネットワーク接続機器として、ネットワーク利用者自身の身の安全性を向上させる新たな無線システムの開発に対する当社の取り組みを紹介する。初めに安全な無線

システムのシステム特性要因を明らかにする。次にそれを実現するために必要な技術課題を明らかにする。

安全な無線システムとは

ネットワーク利用者自身の身の安全性を向上させる安全な無線システムの代表例が、ASV用に開発を進めているDSRC型IVCシステムである。ASVでは車両同士の交差点における出会い頭衝突事故や右折車両と直進車両衝突事故（いわゆる右直事故）等、自動車事故の低減に向けた運転者安全支援システムへ無線通信の適用検討を進めている。DSRC型IVCシステムとは、前述したDSRC型無線通信と同様に国内のITS用途の周波数である5.8GHz帯を使用した車両間直接の新しい無線通信システムである。現在標準化に向けて検討が進められている。当社はこのIVCシステムに早くから注目をし、技術検討、試作装置開発を進めてきた。その内容を以下に述べる。

(1) DSRC型IVCシステムの特性要因

従来の無線通信システムの研究開発では、高速・大容量・高品質が技術開発のターゲットだった。また、サービスエリアの大きさやモビリティの確保レベルに応じて、固定通信用の無線LANシステムや移動通信用の携帯電話システムのように異なる利用形態がある。

DSRC型IVCシステムは、自車両周辺のサービスエリア内外へ参入・離脱するいかなる車両に対しても速やかな情報交換を行わなければならない。したがって、上述の高速・大容量・高品質・サービスエリア・モビリティに加えリアルタイム性が重要なシステム特性要因となる。

(2) ASV用DSRC型IVCシステムの主要特性要因

DSRC型IVCシステムのサービスエリアが既存の車間距離制御付き定速走行（Adaptive Cruise Control: ACC）システムの測距範囲以上でなければ予防安全への寄与は期待できない。また、自車両と周辺を走行する車両間で位置情報や速度情報を正しく交換できなければACCシステムを越える安全性が確保できない。したがって、上述の6つのシステム特性要因（高速・大容量・高品質・サービスエリア・モビリティ・リアルタイム性）から、サービスエリア・リアルタイム性・高品質性の3つをASV用DSRC型IVCシステムの主要特性要因として絞り込み、以下に安全性の観点から具体的な特性を明らかにする。

(3) サービスエリア

ドライバーがブレーキを踏み実際に車が停止するまでの距離は空走距離と制動距離に大別できる。空走距離は、

ドライバーがブレーキを踏む必要があると判断して実際にブレーキを踏むまでの反応時間と走行速度とに依存する。仮に、車の走行速度を時速100km/h（秒速28m/sec）、ドライバーの反応時間を約1秒とすると空走距離は28mとなる。制動距離は、走行速度と路面状況と車の総重量に依存する。具体的には、車の総重量に比例し走行速度の2乗に比例すると言われ、さらに路面の乾湿が制動距離を左右する。したがって、衝突の起こらない安全車間距離を空走距離と制動距離の和で定義すると、制動距離を時速100km/hで84mとした場合、安全車間距離は112mとなる。そこで、システムマージンを多少考慮し、DSRC型IVCシステムのサービスエリアを安全車間距離の倍程度の半径数百mと規定する。

上記ドライバーの反応時間は、「①視覚により危険を検知してから、②ブレーキを踏むと判断し、③アクセルペダルからブレーキペダルへ足を移動して、④ブレーキを踏んでから、⑤ブレーキが効くまでの時間」と規定されている⁹⁾。①から④までの時間には個人差があるが、③にかかる時間は約0.7秒で、トータル約2.5秒程度とされている。

予防安全にDSRC型IVCシステムを導入する効果は、①の危険検知に関して、範囲の拡大および危険検知情報の速やかな伝達の可能性に依存している。危険検知範囲の拡大については、DSRC型車IVCシステムのサービスエリアが既存のACCシステムの測距範囲より大きく半径数百m程度であり、人の見通し視認距離以上であるならば、安全への寄与は認められる。さらに、電波の回折効果を利用して、自車両と先行車両の間に見通しを遮る遮蔽車両が存在する場合や見通しの悪い交差点の場合でも、先行車両情報や交差車両情報が入手できた場合にはドライバーの死角が低減でき安全へのより大きな寄与が認められる。

(4) リアルタイム性

危険検知情報の速やかな伝達については、DSRC型のIVCシステムのパケット送信周期に依存する。上記サービスエリア内で発生したインシデントを素早くブレーキ制御系へ伝達すれば④ブレーキを踏んでから⑤ブレーキが効くまでの時間、特にブレーキの踏込みを検知する時間を大幅に短縮することができる。

パケット送信周期を通常データ送信時には100msec、緊急データ送信時には10msecとした実フィールド協調走行実験（DEMO-2000）が既に実施され、一時的に通信サービスを共有する車群内において、自車両の現在位置や速度等の車両制御情報を双方向に通信し合うことによ

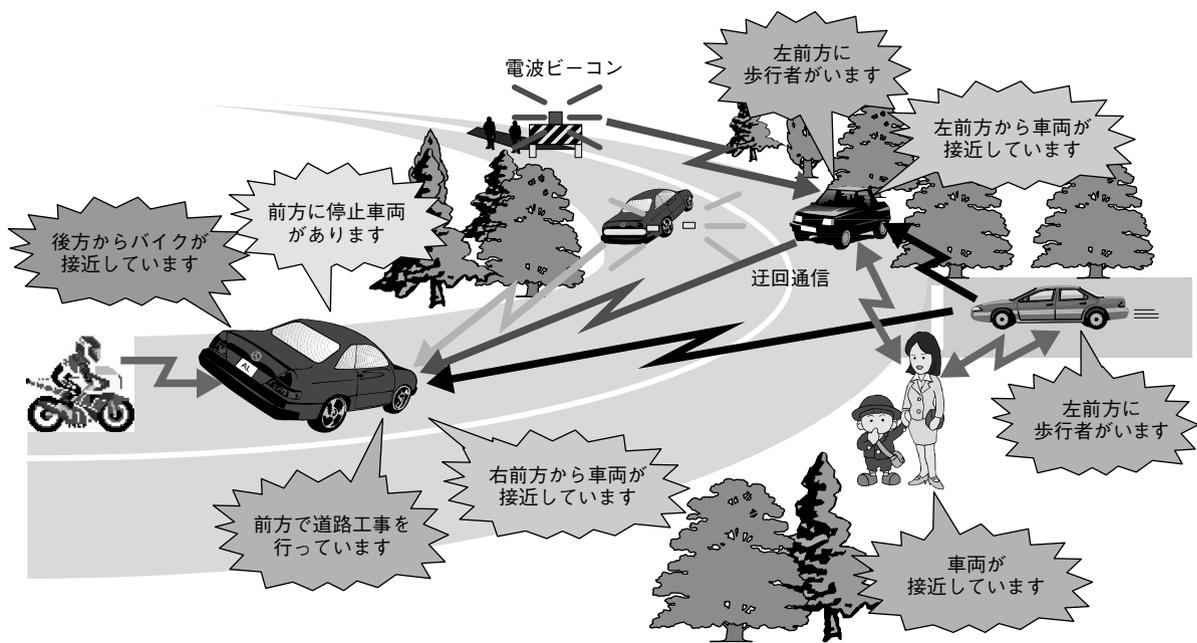


図1 DSRC型IVCシステムを用いた将来の安全アプリケーションの実施イメージ

り、車群内では追従走行，分合流支援等のアプリケーションが可能であることを実証済みである^{7) 8) 9) 10) 11)}。

(5) 高品質性

ASVの各種アプリケーションを高品質に実現するには、各アプリケーションの要求QoS (Quality of Service) を満足する必要がある。一般に移動体通信システムの要求QoSは、パケットのロス、遅延、遅延分散で規定される。従来の移動通信システムでは、目標とする平均ビット誤り率 (Bit Error Rate: BER) を音声通話時には 10^{-3} 程度、データ通信時には 10^{-6} 程度としていた。音声通話時のBER値の条件がゆるやかな理由は人が多少聞き取れない音でも推測する能力を有するからである。パケット送信を行うDSRC型無線通信システムでは、仮に1パケット当たりの情報量が1000bit程度とすると 10^{-3} 程度の平均パケット誤り率 (Packet Error Rate: PER) が従来の移動通信システムと同等な通信品質となる。

屋外移動通信環境におけるマルチパス伝搬がデータ品質に及ぼす影響については、データ伝送速度とパケット遅延とその遅延分散に依存する。現在開発中のDSRC型IVCシステムでは、5.8GHzマイクロ波帯で最大4Mbit/sの伝送速度を想定している。パケット遅延とその遅延分散に関する実フィールドデータは現在収集中である。

技術課題

図1にDSRC型IVCシステムを用いた将来の安全アプリケーションの実施イメージを示す。ASV用DSRC型IVCシステム開発における現在の技術課題は、リアルタイム性と高品質性をASVの各種アプリケーションに応じて最適化することである。図2に、安全アプリケーションを実現する無線システムの要求品質とリアルタイム性の関係を示す。また、将来的にはB-IP NWとの無線接続が技術課題となる。

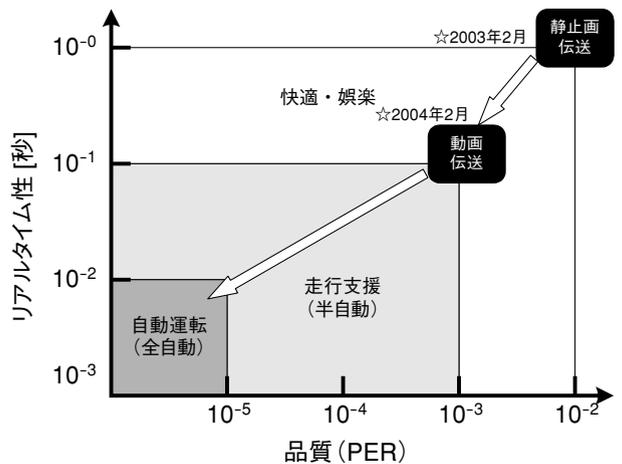


図2 安全アプリケーションを実現する無線システムの要求品質とリアルタイム性

(1) リアルタイム性の確保

実フィールド協調走行実験 (DEMO-2000) の結果から、リアルタイム性を保障するDSRC型IVCシステムのパケット送信周期は100msec以下であることが明らかになった。現在開発中のDSRC型IVCシステムでは、自車両周辺のサービスエリア内外へ参入・離脱するいかなる車両に対しても速やかな情報交換を行うアドホック通信性を考慮して、メディアアクセス制御 (Media Access Control:MAC) 方式としてCSMA (Carrier Sense Multiple Access) を採用している。CSMA方式では、一つの無線チャネルを複数の無線機が共有するためパケット衝突が発生しPERが劣化する。したがって、上記リアルタイム性保障条件を損なわない範囲で、PER劣化改善のための適応誤り制御を行うことが必要になる。具体的には、データの連送も有効な手段の一つである^{5) 6) 7) 8)}。さらなる高品質を確保するには、適切な衝突回避 (Collision Avoidance: CA) 方式の開発が必要である。

(2) 高品質性の保障

一方、将来のASV用DSRC型IVCシステムの目標PERは、これまでの解析結果や実フィールド実験を考慮すると、上述の 10^{-3} 程度よりも更に二桁程度の改善、即ち 10^{-5} 程度必要である。これは有線ネットワークの通信品質 (BER: 10^{-9} 以下) から多少劣化する程度の品質であり、無線通信システムには非常に厳しい条件である。

その実現には、インタリーブや誤り訂正符号、アンテナの指向性制御やダイバーシチといった従来の移動無線システムで開発された無線データ伝送方式の活用・改善が必要である。

(3) B-IP NWとの無線接続

ASVでは、複数の各種センサー (モノ) からの情報を活用するセンサーフュージョン技術を用いて車を高知能化し、高い安全性を保証する車の開発を目指している。非常に自律的な安全システムであるため、既存のテレマティクスシステムのようにB-IP NWと接続して交通情報サーバの情報を入手する必要が無い。また、DSRC型IVCシステムを用いた安全用アプリケーションは、人とモノ (位置情報センサー、速度センサー) のネットワークとした場合には走行支援 (半自動)、モノとモノのネットワークとした場合には自動運転 (全自動) となる。

将来的には、DSRC型IVCシステムを介してB-IP NWから安全に必要なリアルタイム性と高品質性を確保し交通情報が入手できればユビキタスネットワーク環境下の安全性は向上する。

まとめ

無線パケットデータ伝送では、パケット再送を繰り返すことによりエラーフリー伝送も不可能ではないがリアルタイム性が損なわれる。ネットワーク利用者自身の身の安全性を向上させる安全な無線システムの開発には、トレードオフの関係にあるリアルタイム性と高品質性をアプリケーションごとに各々最適化する高度な無線技術力が必要となる。

当社は既に、実フィールド協調走行実験 (DEMO-2000) を成功に導いたDSRC型IVCシステムを世界で初めて開発した実績を有している。また最近、ASVの主要開発目標である交差点の出会い頭や右直時の事故低減に向けて、リアルタイム性と高品質性を兼ね備えたDSRC型IVCシステムの開発を積極的に実施しており、将来の安全な無線システムの開発に大いに寄与できる。 ◆◆

参考文献

- 1) <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/>.
- 2) 徳田清仁: “テレマティクスサービス実現に向けたDSRC型通信システムの開発”, 沖テクニカルレビュー198号, Vol.71 No.2, pp.64-67, 2004年
- 3) 徳田清仁: “無線技術のITS応用”, 沖テクニカルレビュー187号, Vol.68, No.3, pp.10-11, July, 2001.
- 4) 徳田清仁: “DSRC: 移動する自動車を対象の高品質な近距離高速通信” 日経バイト, ネットワーク技術最前線, pp.94-99, 2003年8月
- 5) 徳田清仁: “UWB関連規格の現状”, COMPUTER&NETWORK, No.244, pp. 61-64, 2004年2月
- 6) 大蔵泉: “交通工学”, コロナ社, 1993年
- 7) M. Akiyama and K. Tokuda: “Inter-Vehicle Communications Technology for Group Cooperative Moving”, IEEE VTC 1999-Fall, pp. 2228-2232, Sept., 1999
- 8) 白木裕一, 大山卓, 中林昭一, 徳田 清仁: “車々間通信システムの開発”, 沖テクニカルレビュー187号, Vol.68, No.3, pp. 24-25, 2001年7月
- 9) 徳田清仁: “デモ2000協調走行の車々間通信技術 (Inter-Vehicle Communications Technologies for DEMO2000)”, 信学技報, ITS2000-46, p.25-30, 2000年
- 10) K. Tokuda: “Inter-Vehicle Communications Technologies for Demo-2000”, IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2001), p.339-344, 2001.
- 11) K. Tokuda: “Inter-Vehicle Communications Technologies for Demo-2000”, 8th World Congress on Intelligent Transport System, 2001.

筆者紹介

徳田清仁: Kiyohito Tokuda. システムテムソリューションカンパニー 無線技術研究開発部 部長