

2.4 GHz 帯 SS 無線 LAN を用いた道路無線システムの提案

石川 博康^{†1} 福家 直樹^{†1} 蕨野 貴之^{†1}
杉山 敬三^{†1} 篠永 英之^{†1} 若井 昌彦^{†2}

本稿では、交通事故・災害現場からのリアルタイム画像伝送、並びに、交通流、路面状況等の遠隔監視を目的とした自営無線システムとして、免許不要の 2.4 GHz 帯 ISM (産業科学医療) バンドを用いる SS (スペクトル拡散) 無線 LAN を適用した道路無線システムを提案する。具体的には、アクセスポイントを高速道路上に連続的に配置し、アクセスポイント間の中継伝送、並びにアクセスポイント - 車両間の通信を 2.4 GHz 帯 SS 無線 LAN により実現する手法を報告する。これにより、高精細なリアルタイム画像を移動車両から監視センターに伝送することが可能となるとともに、VoIP やデータ配信等の IP ベースの通信サービス提供が可能となる。本稿では、道路無線システムのシステム構成例、ネットワーク構成例について説明するとともに、実用化のために解決しなければならない検討課題について報告する。

Road-to-vehicle wireless system using 2.4GHz SS Radio LAN

Hiroyasu Ishikawa^{†1}, Naoki Fuke^{†1}, Takayuki Warabino^{†1},
Keizo Sugiyama^{†1}, Hideyuki Shinonaga^{†1} and Masahiko Wakai^{†2}

Road-to-vehicle wireless system using 2.4GHz SS radio LANs is proposed in this paper. The proposed system transmits real-time remote monitoring images from areas, in which traffic accidents or disasters are occurred, to the traffic control center. The Road-to-vehicle wireless system also presents the IP-based services such as Voice-over-IP and data distribution services. The proposed system mainly consists of two parts, one is the wireless link between a mobile station and access points arranged along the highway and the other is the relay link between the access points. In this paper, features of 2.4 GHz SS radio LAN are explained first. Next, the detailed system and network configurations of the proposed system are presented. Further work for actualizing the proposed road-to-vehicle wireless system is also discussed in this paper.

1 . はじめに

現在、高速道路上で交通事故・災害等が発生した場合には、緊急車両が現地に向かい、音声ベースの無線連絡による状況報告が主として行われている。また、トンネル内部や事故多発地域には、ITV (Industrial Television) システムが導入され、交通管制室から遠隔監視による状況確認を行っている

が、監視エリアを外れる地域については、同様に音声による無線連絡が主たる情報伝達手段となる。しかしながら、危険物積載車両等の事故発生時の周囲 (路面) 状況の把握、自然災害発生時における現場状況の把握、降雪時の路面状況の把握等に際しては、音声による無線連絡だけでは、交通管制室において正確、かつ、十分な情報を得るには困難を伴うケースも想定される。特に、流体危険物等を搭載したタンクローリー車等が横転事故を起こし、積載していた液体が路面に流出した場合、流出物、流出量、流出方向を迅速に把握し、現場の対応者に対して適切な指示を出すためには、事故現場からの精細なリアルタイム動画像が交通管制室に対して伝送されるこ

†1 KDDI 研究所
KDDI R&D Laboratories Inc.
†2 日本道路公団試験研究所
Japan Highway Public Corporation
Research Institute

とが望まれる。

このように、遠隔地から情報伝送を行うためには、機動性に優れた無線通信システムの適用が想定されるが、既存のシステムとしては、PDC、PHS、cdma-one のようなデジタル携帯電話システム、アナログの自営無線システム、デジタル MCA、NSTAR 等のデジタル衛星電話、将来システムとしては IMT-2000、汎用 DSRC 等が考えられる。しかしながら、既存の無線システムでは、PHS の場合でもデータ伝送速度が最大 64kbps (将来的に 128kbps) その他のシステムでは数 kbps と低速なため、精細なリアルタイム画像を伝送するには容量的に十分とはいえない。一方、IMT-2000 や汎用 DSRC では、2 Mbit/s 程度の高速伝送が可能とされているが、自営無線システムとして独占的に利用することはできず、災害発生時にはトラフィック負荷が増大し、回線の確保が必ずしも保証されるとはいえない。

そこで、本研究では、既存の無線システムとして、高精細なリアルタイム画像伝送が可能な伝送容量を有し、かつ、免許を必要としない 2.4 GHz 帯 ISM (Industrial, Scientific and Medical) バンドを用いる SS (スペクトル拡散) 無線 LAN を適用した道路無線システムを提案する。具体的には、アクセスポイントを高速道路上に連続的に配置し、アクセスポイント間の中継伝送、並びにアクセスポイント - 車両間の通信を 2.4 GHz 帯 SS 無線 LAN により実現する手法を提案する。これにより、高精細なリアルタイム画像を移動車両から交通管制室に伝送することが可能となるとともに、VoIP やデータ配信等の IP ベースの通信サービス提供が可能となる。

本稿では、2.4GHz 帯 SS 無線 LAN の概要を報告し、SS 無線 LAN を適用した道路無線システムのシステム構成例、ネットワーク構成例について具体的に説明する。また、道路無線システムの実用化のために解決しなければならない検討課題を最後にまとめている。

2 . 2.4GHz 帯 SS 無線 LAN の概要

平成 4 年 12 月、無線 LAN の技術規格に関する郵政省令が公布・施行され、2.4GHz 帯 ISM バンドの一部が免許不要の無線 LAN に開放された^[1]。ISM バンドは、レーザメス、電子レンジ等の産業科学医

療機器に利用されているため、これら既存システムからの干渉を軽減することを目的として、無線 LAN にはスペクトル拡散 (SS : Spread Spectrum) 技術が適用された。当初、無線 LAN に割り当てられた周波数は、2,471MHz ~ 2,497MHz の 26MHz 帯域幅で、信号帯域幅を 10 倍以上に拡散することが技術規格上義務付けられていた。また、伝送速度は 2 ~ 5Mbps 程度と有線系 Ethernet LAN より低速であり、かつ、通信チャンネルは 1 チャンネルのみであった。そのため、ユーザ数やネットワーク上に流れるトラフィック量が増加するとユーザ当たりのスループット特性が劣化するという問題が生じていた。

このような問題を解決し、かつ、高品質の動画像伝送やマルチメディア情報伝送への対応、並びにサービス・エリアの面的拡張を目的とした高速無線 LAN の技術規格が検討され、平成 11 年 12 月 14 日に標準規格として策定された^[2]。第二世代無線 LAN では、利用できる周波数帯が 2,400MHz ~ 2,483.5MHz の 83.5MHz 帯域幅に拡大され、スペクトル拡散による拡散率が 5 倍以上と緩和された。その結果、米国の無線 LAN 標準化委員会である IEEE802.11b において規格化された高速無線 LAN (CCK : Complementary Code Keying 方式、最大伝送速度 11Mbps) が国内でも利用できるようになった。また、米国標準化方式とは異なるが、CFO-SS (Carrier Frequency Offset-Spread Spectrum) 方式を適用した 10 ~ 18 Mbps 無線システム^{[3], [4]}、PPM (Pulse Position Modulation) 方式を用いた 8Mbps 無線システムなども実用化されている。

以上のような状況により、2.4GHz 帯無線 LAN は従来からの 2 Mbps 無線チャンネルに加え、10 ~ 18 Mbps の高速無線チャンネルを最大 3 チャンネル同時に使用できることとなり、従来のシステムに比較して無線 LAN としての利便性が格段に高まるに至った。

そこで、本研究では、免許不要で、かつ、リアルタイム画像伝送サービスを提供可能な通信媒体として 2.4 GHz 帯 SS 無線 LAN を選択し、自営の道路無線システムへの適用について検討を行った。以下、提案する道路無線システムの構成法、検討課題等について順次説明する。

3 . 道路無線システムの構成

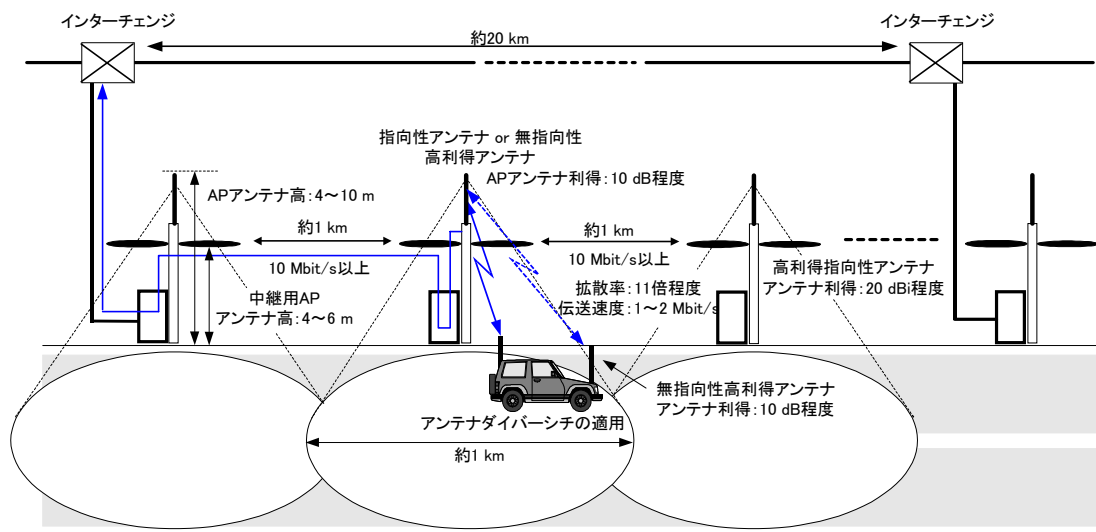


図1 道路無線システムのシステム構成

3.1 無線システム諸元及びシステム構成

図1に、2.4 GHz 帯 SS 無線 LAN を適用した道路無線システムの無線システム諸元、無線システム構成を示す。

提案する道路無線システムは、

移動車両とアクセスポイントの間を2.4 GHz 帯 SS 無線 LAN により無線接続し、双方向通信サービスを提供する移動車両 (MS) - アクセスポイント (AP) 間無線伝送区間

隣接するアクセスポイント間を2.4 GHz 帯 SS 無線 LAN により無線接続し、移動車両 - 交通管制室間の双方向通信を実現可能とするアクセスポイント (AP) - アクセスポイント (AP) 間無線中継伝送区間

アクセスポイント (AP) と交通管制室とをインターチェンジ (IC) を介して有線接続する有線ネットワーク区間

から構成されており、車両 - アクセスポイント間の無線リンクに SS 無線 LAN を適用するだけでなく、2.4GHz 帯 SS 無線 LAN を用いてアクセスポイント間の中継伝送を行うことを特徴としている。このように、2.4GHz 帯無線 LAN を用いて道路無線ネットワークの構築を行うことにより、光ファイバ等の有線ケーブルを新たに敷設することなく、簡易かつ、低コストの自営無線システムを実現することが可能となる。

本稿では、MS-AP 間無線伝送区間、及び

AP-AP 間中継伝送区間を対象として、道路無線システムの無線諸元、システム構成を以下に説明する。

(1) MS-AP 間無線伝送区間

無線設備の仕様例を表1に示す。

画像伝送を想定した場合、伝送速度が数十 kbit/s では動画の伝送は厳しく、また、百数十 kbit/s の場合でも高品質な精細画像を伝送することはかなり厳しい。従って、伝送速度については、要求される画像品質に応じて選定する必要があるが、基本的に数百 kbit/s ~ 1 Mbit/s 程度の伝送速度で通信が行えることが望ましい。この速度を実現する SS 無線 LAN としては、拡散率 11 倍の装置 (伝送速度 1 ~ 2 Mbit/s) が存在する。

表1 車両—AP 間の無線装置諸元例

	車両用無線設備	AP 用無線設備
送信周波数	2.4 GHz 帯 (2,400 ~ 2,483.5 MHz) (2,471 ~ 2,497 MHz)	
変調方式	直接拡散方式スペクトル拡散	
送受信アンテナ	無指向性アンテナ (10 dBi 程度)	無指向性アンテナ (10 dBi 程度) (指向性アンテナも想定)
送信電力	10 mW/MHz	
拡散率	11 倍程度	
伝送速度	1 ~ 2 Mbit/s	
インタフェース	Ethernet (10BASE-T, 100BASE-T 等)	

利用するアプリケーションの所要品質にもよる

が、安定した通信回線を確保するために無線区間では誤り再送制御機能の適用が必須である。また、走行中の受信レベルの落ち込み、シャドウイング対策として、アンテナダイバーシチの適用が望まれる。

(2) AP-AP 間中継伝送区間

無線設備の仕様例を表 2 に示す。

画像伝送のアプリケーションを前提とした場合、移動局と AP 間は 1 Mbit/s ~ 2 Mbit/s 程度の伝送速度で通信が行えることが望ましい。従って、AP 間の中継伝送区間については、移動局から伝送される 500 kbit/s ~ 1 Mbit/s 程度のトラフィック量をインターチェンジまで中継するために、少なくとも 10 Mbit/s の伝送速度が必要と考えられる。

この伝送速度を満足する 2.4 GHz 帯 SS 無線 LAN としては、米国 IEEE802.11b の標準規格に準拠した 11 Mbit/s SS 無線 LAN が想定される。この方式は、送信するシンボル単位で拡散符号を変化させ、拡散符号自体に複数の情報ビットを割り当てることにより高速化を図る方式であるが、マルチパスによる多重反射波の影響を受けやすく、屋外通信の場合には通信距離が制限される傾向にある。なお、一般に公表されているスペック上では、見通し内であれば 1 ~ 2 km 程度の通信距離において 11 Mbit/s の高速伝送が可能であることから、AP 間の中継伝送システムとしても適用可能と思われる。一方、標準方式ではないが、CFO-SS 方式による 10 Mbit/s SS 無線システムも適用可能である。本システムは、見通し範囲内であれば 5 km ~ 10 km 程度の強距離区間において、常時安定した通信路を提供できる。

表 2 AP-AP 間の無線設備仕様例

	中継伝送用無線設備
送信周波数	2.4 GHz 帯(2,400~2,483.5 MHz) (2,471~2,497 MHz)
変調方式	直接拡散方式スペクトル拡散
送受信アンテナ	指向性アンテナ(20 dBi 程度)
送信電力	10 mW/MHz
拡散率	11 倍程度(低拡散率)
伝送速度	10 Mbit/s 以上
インタフェース	Ethernet(10BASE-T,100BASE-T 等)

なお、AP 間の中継伝送の場合、アンテナが固定的に設置されるため、受信電力レベルはほぼ一定に保つことができる。また、降雨の影響を受けにくい

周波数帯を使用するため、設置の際に設定した回線マージンはほとんど変化することなく、常時安定した通信回線品質を提供可能である。

3.2 無線エリア諸元

(1) MS-AP 間無線伝送区間

別途実施した高速道路上の通信実験⁵⁾により、AP を中心として見通し範囲内で十分な通信距離を確保するためには、路側壁やトラック等大型車両の考慮して 4 m よりも高いアンテナ高が必要であることが明らかとなった。特に、路側壁が設置されているエリアや道路が直線でないエリアについて、アンテナ高を 10 m 程度まで上げて通信エリアを確保する必要がある。

また、通信エリアを広げるためには指向性アンテナ、あるいは高利得の無指向性アンテナの適用が望ましい。例えば、10 dBi 前後の指向性アンテナを適用した場合、60°程度のビーム幅を得ることができる。なお、移動車両に指向性アンテナを適用した場合、緊急時や事故発生時には、移動車両の停止位置が AP 方向から外れる可能性がある。従って、緊急車両等に無線設備を搭載する際には、無指向性の高利得アンテナの設置が必要と考えられる。なお、シャドウイング、マルチパス対策として、指向性アンテナを車の前後に取り付ける方法や、指向性アンテナとは別に無指向性の高利得アンテナを設置する方法等を採用することにより、移動局 - AP 間の通信回線品質の安定度を更に高めることができる。

(2) AP-AP 間中継伝送

AP 間中継伝送において設置するアンテナの高さは、見通し範囲内であれば 4 m ~ 6 m 程度で十分である。指向性アンテナのポインティングについては、アンテナ利得が 19 dBi の場合でビーム幅が約 45°と比較的広いため、簡易に設定可能である。また、より高利得のアンテナを適用し、アンテナのビーム幅をシャープにすることにより、他システムからの干渉や自システム内干渉を軽減することも可能である。

例えばインターチェンジ間を約 20 km と想定した場合、図 1 のように AP 間の設置距離を 1 km と仮定すると、インターチェンジ間に必要となる AP 数は 21 局となるが、各 AP は双方向にパケットを

転送可能なため、実際には距離の近い制御局との間で通信を行うことになる。したがって、実質的な中継段数は、10段階程度と考えられる。但し、インターチェンジ間の中間地点でAPの中継伝送を終端することが条件となる。

3.3 ネットワーク構成

図2に、SS無線LANを用いた道路無線システムのネットワーク構成を示す。また、図3にAP及び移動局の設備構成例を示す。図に示すように、APはインターチェンジ間に連続的に配置され、各APには中継伝送用と移動局用の2種類のSS無線LANが配置される。また、中継伝送用のSS無線LAN2台と、移動局用のSS無線LANはイーサネットに接続可能なインターフェース(10Base-T等)を有

しており、HUBを介して互いに通信を行うことができる。また、対向関係にあるAPは互いに双方向にデータ転送が可能であり、インターチェンジ側、すなわち、基幹ネットワーク側から流れる情報データは、各APで順次転送されながら移動局まで配信され、移動局から送信されたデータ信号は複数のAPを中継してインターチェンジまで転送される。

このとき、移動車両-AP間では、IPベースのアプリケーションであれば映像、音声、VICS等の情報信号など、多種多様なサービスの提供が可能となる。なお、中継段数に応じて特定の移動車両-インターチェンジ間の最大伝送容量は制限されるが、無線中継ネットワーク全体の伝送容量は、各APに設置するSS無線装置の実効スループット特性で規定されるため、図2に示すように、複数台の車両との間で同時に通信を行うことが可能となる。

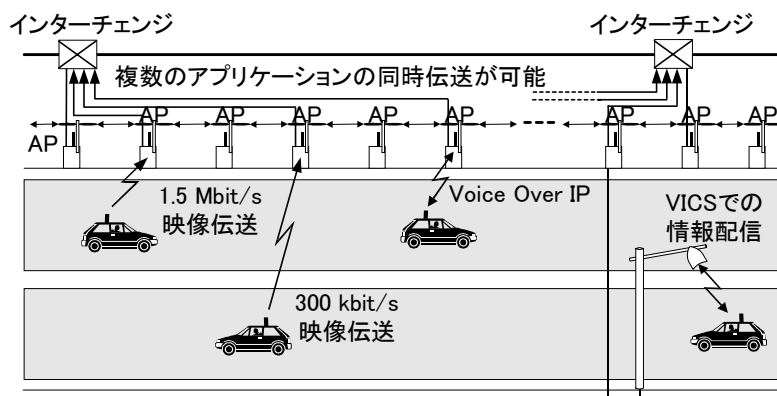


図2 SS無線設備を用いた自営無線システムのネットワーク構成

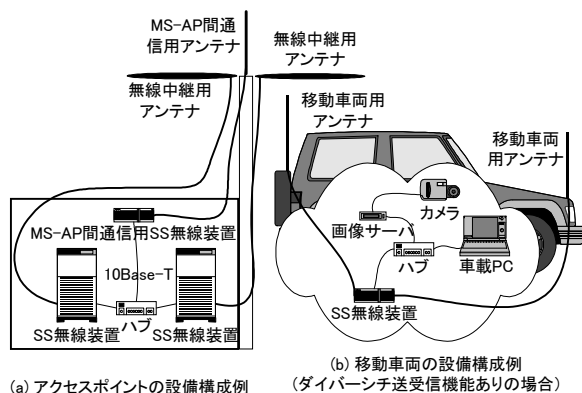


図3 設備構成例

3.4 画像伝送アプリケーション

画像伝送システムに適用可能なコーディング方式、画像伝送アプリケーションの主な候補としては、Motion JPEG方式、MPEG4

の2種類が想定される。

Motion JPEG方式では、カラー静止画像の符号化方式であるJPEG方式(符号化アルゴリズム: ADCT)により圧縮された画像ファイルを連続的に伝送し、受信側ではそれらを順次復号、再生することにより、動画像として描写することができる。この方式は、画像ファイルごとにデータが独立しているため、無線伝搬路の影響によりデータファイルが

欠落した場合でも、動作上は問題なく画像伝送を続けることができる。但し、定期的に独立したカラー静止画像を圧縮しているため、圧縮率は約 1/100 程度、1 画面あたりのデータ量も数十 kB となり、リアルタイム画像伝送システムとしては効率的であるとはいえない。従って、Motion JPEG 方式を用いる画像伝送システムを採用する場合は、目的に応じて適宜フレームサイズ、フレームレート、並びにスケールファクタ(画像品質)を選択する必要がある。

一方、従来から画像の圧縮技術として知られている MPEG-1、MPEG-2 では、連続する画像フレーム間の差分情報を符合化する手法(動き補償 + DCT)が採用されているため、圧縮率の面では効率的ではあるが、一旦情報が欠落すると画像がフリーズする、リアルタイム画像が復帰するまでに時間がかかる等の不具合が発生する。元来、MPEG 方式による画像圧縮方式を採用したリアルタイム画像伝送アプリケーションの中には、無線区間のような伝搬路特性に応じて回線品質が変化する通信路を想定していないものが多い。そのため、既存の MPEG 方式による画像伝送システムを自営無線システムに適用する場合には、回線品質が常時安定した固定設置条件下等の制限のもとに使用する必要がある。

一方、上述した MPEG-1、2 および H.261、262 に続いて、低ビットレート(64kbit/s 以下)での標準化作業の開始が提案され、特に伝送帯域が制限される移動体通信を主要なアプリケーションとして MPEG-4 が誕生している。MPEG-4 については、現在、ソフトウェアやチップ、ハードウェア等の開発が積極的に進められているが、MPEG4 の実用化が進めば、SS 無線設備による自営無線システムへの適用が可能となり、より効率的なリアルタイム画像伝送が実用化できるものと予想される。

4 . 道路無線システムの検討課題

今回提案した道路無線システムを高速道路上で実現するためには、次のような検討課題を解決する必要がある。

(1) AP-AP 間中継伝送区間の同一チャンネル間干渉

AP の設置位置については、基本的に移動車両と AP 間の通信距離により制限される。そのため、AP-AP 間に高利得アンテナを適用すると、道路形状によっては隣隣接の AP 同士で同一チャンネル間干渉

を引き起こす可能性がある。そのため、AP の設置に際しては、通信距離に応じた回線設計を行う必要がある。

(2) 無線セル構成法

移動車両 - AP 間の通信において、指向性アンテナを適用する場合には、アンテナのチルト角、高さ、指向性の設定方向等を変化させた場合の通信エリア、電波伝搬特性、回線品質を改めて調査する必要がある。また、道路形状や周囲の環境に応じて通信エリアも変化するため、無指向性アンテナを適用する場合でも、AP ごとに安定した通信が行える通信エリアを確認する必要がある。

(3) 他システムからの同一チャンネル間干渉

他システムや同一システムからの干渉を受けると、キャリアセンス機能により送信を一時停止し、その影響でスループット特性が低下する。そのため、中継伝送区間では干渉の有無を確認しながら周波数を切り替える機能が必要になる。ここで、エリアごとに干渉信号の強度、発生間隔等は異なるものと予想されるため、AP の設置場所ごとに干渉サーベイを行い、通信チャンネルやアンテナ偏波面等の選別を行う必要がある。

(4) 周波数割り当て法に関する検討

2.4 GHz 帯を用いる SS 無線装置の場合、同時に使える最大チャンネル数は 3 チャンネルとなる。通常は、移動車両 - AP 間で 1 チャンネル、AP-AP 間の中継伝送用リンクに 2 チャンネルを割り当て、中継区間は 1 リンクごとに異なる周波数チャンネルを交互に使用する形態が想定できる。ここで、あるエリアにおいて特定の周波数チャンネルが強い干渉波により使用できない場合、周波数チャンネルの割り当て方法を工夫する必要がある。

まず、移動車両 - AP 間については、連続的に配置される無線セルの中で特定エリアの周波数だけが異なっていると、その前後の無線セルで周波数チャンネルを迅速に切り替える処理が必要となる。なお、既存の無線 LAN では、歩行者が移動する程度の速度で周波数の異なる AP に PC 端末が移動した場合、チャンネル切替を自動的に行う機能は搭載されているが、高速走行には対応していないものと予想される。従って、周波数の異なる無線セルを既存の無線 LAN が高速移動する場合については、別途高速な周波数切り替え機能等が必要になるものと考えられる。

一方、中継伝送区間については、隣接関係にある

2つの中継リンクで同一周波数を使用した場合、送信信号の回り込みにより無線装置への影響が懸念される。そのため、同一周波数を使用する場合には、AP に設置する2基の中継用アンテナの物理的な配置距離を離す、偏波面を変える等の対処を検討する必要がある。

(5) システム内の許容伝送容量に関する検討

SS 無線装置により中継伝送を行うシステムの場合、中継段数、並びに、各構成要素（移動車両に搭載する SS 無線装置、AP、無線中継システム）が有するネットワーク機器としての機能に応じてネットワーク - 移動車両間の実効スループットが変化する。従って、インターチェンジ間の中継段数に応じて、収容可能なアプリケーション種別と、アプリケーションごとのパラメータの設定範囲等を調査する必要がある。

また、無線中継ネットワーク全体で処理できるトラフィック量は適用する SS 無線 LAN のスペックに依存するため、同時通信可能な移動車両台数、アプリケーション種別等も事前に確認する必要がある。更に、移動車両に搭載するユーザ端末、並びに、AP に設置する SS 無線装置への IP アドレスの付与方法やネットワーク構成法によっては、利用できるアプリケーションや同時利用可能な車両数等に制限が生じる可能性があるため、これらについても別途検討する必要がある。

(6) AP のネットワーク機能

移動車両とネットワークを IP 接続するためには、移動車両に IP アドレスを個別に付与する必要がある。ここで、AP 側の SS 無線 LAN に搭載されるネットワーク機能としては、

車両の MAC アドレスを登録、識別するブリッジ機能及びローミング機能（図4参照）

車両の MAC アドレスを識別しないリピータ機能（図5参照）

の2通りが考えられる。

の機能が搭載されている場合、無駄なパケットが無線ネットワーク上を流れないため、通信容量を効率的に使用することが可能となる。しかし、既存の無線 LAN は高速移動することを想定していないため、通常はタイマー処理や電源 ON/OFF 等により登録・更新手順が起動される。そのため、高速走行する車両に無線 LAN を搭載する場合には、既存のローミング機能の有効性を確認する必要がある。

なお、車両が新しい AP 配下の無線セルに移動するごとに MAC アドレスの登録を行うためには、

- ア) 常時 AP から制御信号を定期的を送信し、移動車両側では信号強度や回線品質を継続的に観測しつつ、次の移行先セルへの登録処理を起動する機能
- イ) AP 側では移動車両が当該エリアから退出したことを認識し、登録リストから消去する機能が必要となる。

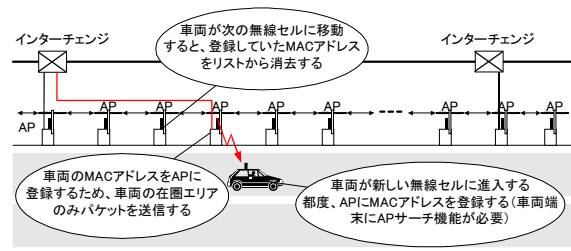


図4 ブリッジ及びローミング機能を搭載している場合

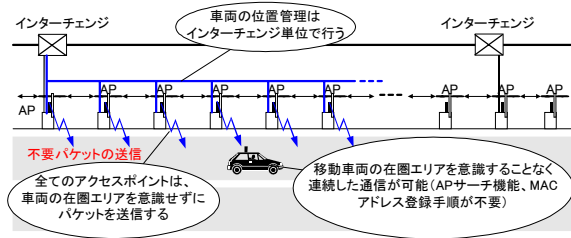


図5 リピータ機能のみを搭載している場合

一方、のリピータ機能のみを搭載している場合、複数の AP 配下の無線セルから構成される無線ゾーンは、一つの通信エリアと見なされるため、車両が複数の AP 間にわたって移動した場合でも MAC アドレスをその都度登録し直す必要はなく、高速車両に対して連続した通信を提供可能となる。但し、移動車両の走行位置に関係なく、通信エリア全体で下り方向のパケットを送信するため、無駄なパケットが多発し、複数の移動車両が存在する場合には、1台当たりの平均スループットが低下することになる。また、移動車両が異なる2つの AP と通信可能なエリアに存在すると同一パケットが重複して受信される可能性がある。移動車両では、異なる AP から送信された同一パケットを2度受信することになるが、重複パケットを破棄する処理機能を無線機に追加することにより対処可能である。一方、移動車両から送信されたパケットが異なる2つの AP で受信され

た場合、その地点から対向する AP に対して同一パケットが順次転送されることになるため、IP レベルの処理が必要と考えられる。

(7) 複数のインターチェンジ間に及ぶネットワーク構成法の検討

SS 無線装置を用いた中継伝送により、高速道路上を広範囲にカバーするためには、複数のインターチェンジに及ぶ無線中継ネットワーク構成を検討する必要がある。

ここで、各インターチェンジをリピータ又はブリッジにより接続した場合、道路無線システム全体を同じセグメントで取り扱うことが可能となり、車両がインターチェンジ間を移動した場合でも特別な処理は必要とならない。但し、無線ネットワークが広範囲にわたり、かつ、道路管理システムとしての利用だけではなく、一般ユーザを対象としたサービス提供を想定する場合には、IP アドレス数の制限を考慮する必要がある。一方、インターチェンジ間をルータにより接続し、インターチェンジごとにネットワークのセグメントを独立とした場合、IP アドレス数には余裕が生じるが、新たなインターチェンジ配下の通信エリアに車両が移動すると、同じ IP アドレスのままでは通信を継続することができなくなる。そのため、モバイル IP 等の概念を新たに導入する必要がある。

以上のように、異なるインターチェンジ間を移動車両が移動する場合については、AP 数、移動車両数、サービスエリア規模等のシステムパラメータに基づき、システム全体のネットワーク構成を詳細に検討する必要があるものと考えられる。

5 . まとめ

本稿では、高速道路上で構築する自営無線システムとして、免許不要の 2.4 GHz 帯 ISM バンドを用いる SS 無線 LAN を適用した道路無線システムを提案した。具体的には、アクセスポイントを高速道路上に連続的に配置し、アクセスポイント間の中継伝送、並びにアクセスポイント - 車両間の通信を 2.4 GHz 帯 SS 無線 LAN により実現する手法を提案し、道路無線システムのシステム構成法、ネットワーク構成法について説明した。更に、実用化のために解決しなければならない検討課題について報告した。今後は、道路無線システムの実用化に向けて、

課題を解決する手法について検討を行う予定である。

参考文献

- [1] ARIB STD-33 小電力データ通信システム
- [2] ARIB STD-T66 第二世代小電力データ通信システム / ワイヤレス LAN システム
- [3] H. Ishikawa, H. Shinonaga and H. Kobayashi, "Carrier Frequency Offset-Spread Spectrum (CFO-SS) Method for Wireless LAN System Using 2.4 GHz ISM Band," IEICE Trans. on Fundamentals, pp.2366-2371, Vol. E80-A, No.12, Dec. 1997.
- [4] H. Ishikawa and H. Shinonaga, "Design of Carrier Frequency Offset-Spread Spectrum (CFO-SS) System Using 2.4 GHz ISM Band," IEICE Trans. on Fundamentals, pp.2669-2676, Vol. E82-A, No.12, Dec. 1999.
- [5] 蕨野他, "高速道路上における 2.4 GHz 帯 SS 無線 LAN を用いた通信実験", 第 5 回高度交通システム研究会