

インターネット アクセス通信技術の現状

後編：無線技術



鈴木 豊 富士通 (株)
yutaka.suzuki@jp.fujitsu.com

はじめに

インターネットアクセス通信技術について、前回はFTTHやxDSLなどの有線技術を概説した。今回は、より身近になってきた無線LANをはじめ、Bluetooth、IMT-2000など、無線という観点でその動向について概説する。

無線LAN

無線LANは企業内や家庭内のLANとしての使用にとどまらず、インターネットアクセスのラストワンマイル部分への適用や、空港ロビーやファーストフード店など、“ホットスポット”と呼ばれる場所での利用が考えられている。

○IEEE802.11b

現在、オフィス環境や個人ユーザに最も普及しているのが、IEEE802.11b規格の無線LANである。802.11b無線LANは、IMS (Industrial, Scientific, Medical) 帯である2.4GHzの電磁波を使用しており、一般的なオフィス環境では約50m、屋外見通しで約2kmの通信距離をカバーする。通信速度は最大11Mbpsとなっている。

802.11bはSS (Spread Spectrum, スペクトラム拡散) 方式の中のDS-SS (Direct Sequence Spread Spectrum, 直接拡散) 方式を使用している。このDS-SS方式は、BPSK (Binary Phase Shift Keying) というデジタル位相変調を行った後、PNコードと呼ばれる特殊な拡散符

号を乗算することで、周波数スペクトルを広帯域に拡散して送信する方式であり (図-1 参照)、次のような特徴を持っている。

- 耐妨害性：伝送路中でノイズが加わったとしても、受信側で行う逆拡散によってノイズ自体が拡散され、ノイズの影響を分散することが可能
- マルチパスフェージングの影響を受けにくい：伝送特性に急峻な変動があってもそれ以外の帯域で自動的に補足し、全体としてその変動を柔らげる働きがある
- 秘話性：スペクトル拡散に使用したPN系列を知らなければ、逆拡散が不可能であり傍受されない
- 秘匿性：信号スペクトルの電力密度が低いので、雑音に埋もれて信号の存在の検知が難しい

○IEEE802.11g

また、2.4GHz帯を使用して802.11b規格の2倍以上 (最大54Mbps) の通信速度を実現するIEEE802.11gも検討されており、屋内および屋外への適用が期待されている。IEEE802.11gは、2001年11月にIEEE802.11bとの互換性の保持を含む規格案で標準化が完了し、これによりIEEE802.11b無線LAN環境からIEEE802.11g無線LAN環境への移行が可能になる。製品については、IEEE802.11g規格案の中に含まれている22Mbpsの伝送速度の製品がすでに登場しており、今後は規格案の最大伝送速度である54Mbpsをサポートした製品が登場するだろう。また、相互接続性に関してはWECAによる「高速版Wi-Fi」の位置付けになる予定である。

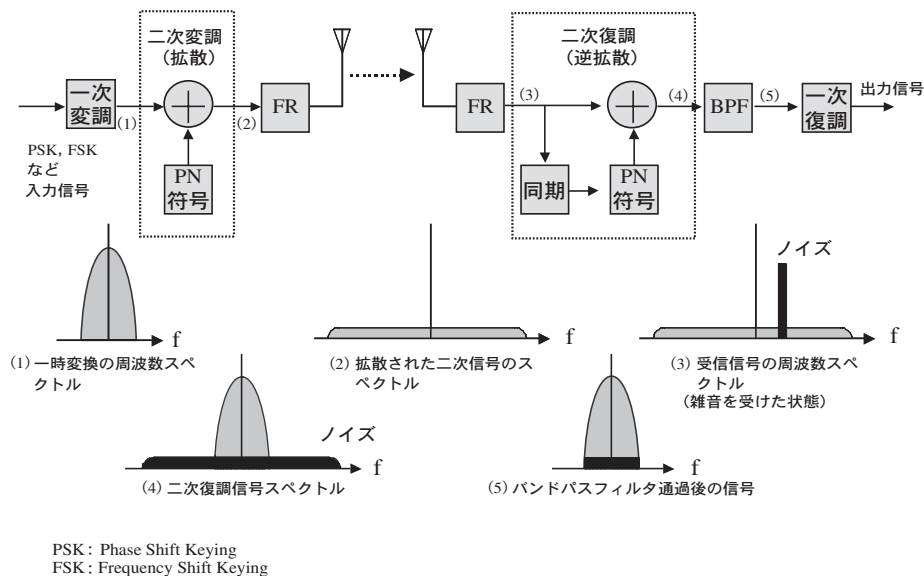


図-1 DS-SS方式の概要

○IEEE802.11a

最近、5GHz帯の電磁波を使用して最大54Mbpsの通信が可能なIEEE802.11a無線LAN製品が登場し始めている。802.11a規格の5.25～5.35GHz帯については、気象レーダや地球探査衛星との干渉の懸念があることから屋外での使用は実質不可能とされているが、4.9～5.0GHz帯の屋外利用について総務省が再検討を開始しており、2002年3月に答申が出される見込みである。また、3GHz～15GHz帯について、固定無線通信システムのための周波数割当ての見直しも検討中である。IEEE802.11a規格は、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 直交周波数分割多重) というデジタル変調方式を採用しており (図-2 参照)、以下のような特徴を持っている。

- 周波数選択性フェージングに強い
- 誤りや遅延に強い
- 個々のキャリアの伝送速度は遅いがそれらを並列に伝送することにより全体として高速伝送を行うことが可能
- 多くのキャリアの直交性を保つため送受信器が複雑になる
- 移動体での受信の場合キャリアの直交性が崩れて特性が劣化する

OFDM方式は1つの高速データ列を複数の低速の副搬送波で並列に伝送する変調方法であり、欧州や日本の地上波デジタル放送や電力線モデムなどにも採用されている。これは、一種のマルチキャリア伝送方式であり、キャリアの狭帯域化を図ることによりマルチパスフェージングによる波形の歪みなどの影響を軽減す

ることができる。また、誤り訂正技術と併用することにより、通信品質の向上も可能となる。

総じて、OFDM方式は、IEEE802.11bで採用されているDSSS方式よりフェージングや高速伝送に向くが、機器のコストはやや高めになる、ということがいえるだろう。

○MMAC

国内での高速無線アクセス関連の動きとして、MMAC (Multimedia Mobile Access Communication) 推進協議会の活動がある。MMAC推進協議会は、IMT-2000に続く次世代の高速な移動体アクセスシステムの研究・開発と標準規格を検討することを目的に、ARIB (電波産業会) のもとに1996年に発足した団体で、約140の通信事業者やメーカーが参加している。

MMAC推進協議会は、5.2GHz帯を利用した高速無線アクセスシステム「HiSWANa (High Speed Wireless Access Network type a)」の標準化を終え、現在、歩行

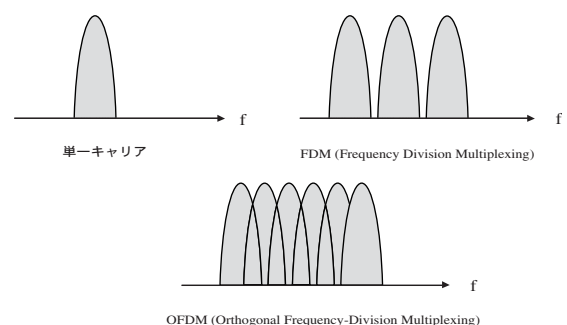


図-2 OFDM方式の概要

速度程度で移動する端末に高速デジタルサービスを提供する研究開発などを行っている。ただし、5.2GHz帯を使用するので、当面は屋内での利用に限定される。

HiSWANaは、NTTが開発したAWA (Advanced Wireless Access) に採用され、2001年3月～8月末までの間、渋谷で試験サービス「Biportable」で使用された実績を持つ。このAWAはMMACに準拠するとともに、ETSI (欧州電気通信標準化機構) - BRAN (Broadband Radio Access Networks) にも準拠している。また、変調方式はIEEE802.11aおよびETSI-BRAN規格と同じOFDMを使用している。さらにAWAでは、音声や動画など、さまざまなデータ伝送に対してQoSを提供するために3つのサービスクラスをサポートし、また、エラーなどが原因で廃棄されたデータだけを効率よく再送する、高速ARQ (Automatic Repeat reQuest) 技術などの機能もサポートしている。

○IEEE802.16

屋内無線LANやラストワンマイルの無線アクセス以外では、IEEE802.16委員会にてWireless MAN/BWA (Broadband Wireless Access, 広帯域固定ワイヤレスアクセス) システムの標準化作業が行われている。

IEEE802.16では基本的な無線MACと10～66GHzの周波数帯を対象に標準化活動が行われている。さらに802.16aでは2～11GHz帯、802.16bでは5～6GHz帯に関する無線アクセス技術の標準化作業なども行っており、2002年春の完了を目指している。

Bluetooth

無線LANと同様に、ホットスポット (空港、駅や飲食店など不特定多数の人が集まる場所) でBluetoothを利用したコンテンツ配信の実験などが行われている。2001年秋には、JR西日本の新幹線ひかりレールスターの車内にもアクセスポイントが設置されるなど、適用エリアを広めてきている。

Bluetoothは、携帯電話、小型PC、デジタルカメラ、PDA等の電子機器間の通信を目的に、2.4GHz帯の電波を利用する通信規格である。Bluetoothは、PCと周辺機器の接続インタフェースである有線のUSBや無線のIrDAの発展形であり、接続に際しては主従関係が発生する。また、コストを抑えるために無線出力レベルが抑えられており、一般的な通信可能距離が10m程度と短い。無線出力レベルには100mW、25mW、10mWの3種類規定があり、100mWの仕様であれば見通しで100m程

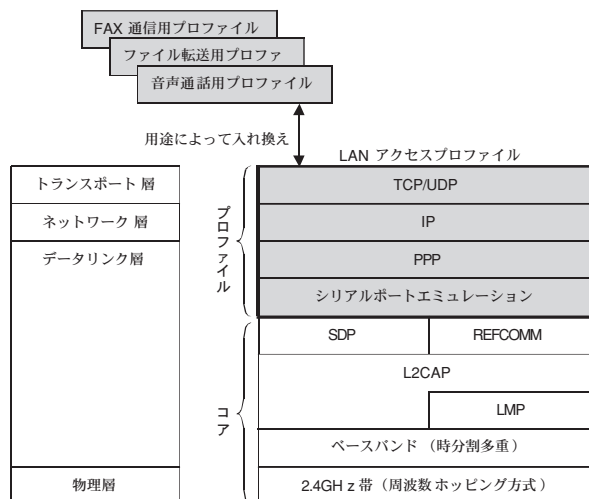


図-3 Bluetoothのプロトコルスタック

度の通信が可能である。

Bluetoothの技術は、Bluetooth SIGという団体が標準化を行っており、無償のライセンス契約を締結すれば実装ができる。IEEE802.15でもBluetoothの標準化活動を行っているが、これはBluetooth SIGが策定したバージョン1.0の仕様をベースに国際標準化を目指しているものである。

Bluetoothのプロトコルスタックは、コアと呼ばれる物理層／データリンク層のプロトコルをベースに、アプリケーションや用途ごとに「プロファイル」と呼ぶプロトコルスタックを規定する (図-3参照)。

LANアクセスプロファイルは、無線LANのようなEthernet方式ではなく、PPPによるIP伝送を行う。Bluetooth製品は最大32の無線チャネルを利用できる。また、複数台でのネットワーク (ピコネット) を構築することも可能であり、その場合は1台が親機となりその他の子機に対して0.625msec単位で制御する。最大通信速度は片方向が723.2kbpsで、ピコネット内でこの帯域を共有する。もう片方の通信速度は最大57.6kbpsとなる。これとは別に対象速度 (433.9kbps) のモードもある。

セキュリティの面では、1秒間に1600回の周波数ホッピングを行っているため、通信傍受は困難とされている。

相互接続性に関しては、上位層がEthernetという確立された技術によって確保されている無線LANに対し、Bluetoothではバージョン1.0b、1.0b+CE、1.1の3つがあり、それらの互換性がないことや、無線LANを導入している環境に出力100mWや25mWのBluetooth製品を混在させると、干渉により無線LANの通信に支障をきたす可能性がある、という問題もある。Bluetooth SIGでは2001年度末を目処に、伝送速度が2～10Mbpsで、無線LANと同様にEthernetによる通信を可能にするBluetooth 2.0の標準化を予定しており、本来の適用領域で

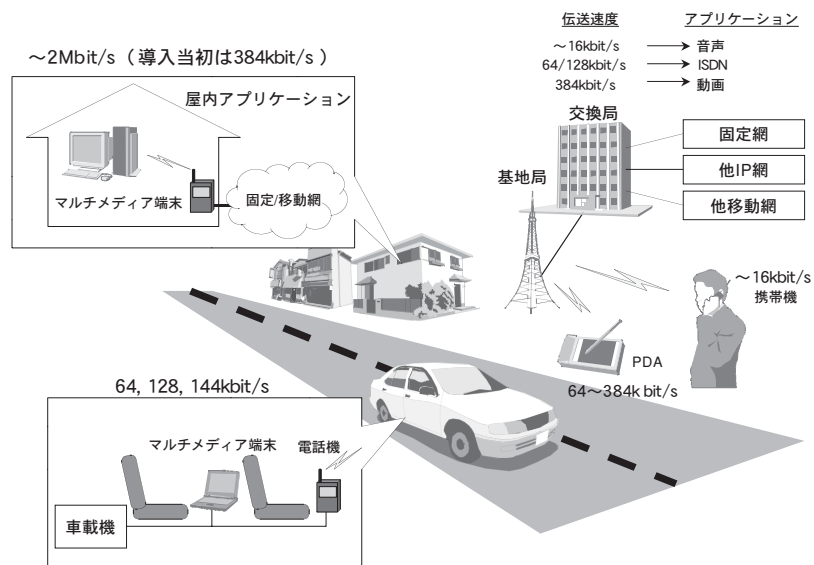


図-4 第3世代移動通信システムのサービスイメージ

(http://www.joho.soumu.go.jp/joho_tsusin/pressrelease/japanese/denki/990927j603.htmlに著者が手を加え作成)

あるPCや携帯電話と周辺機器の接続という分野で発展していきだろう。そして、無線LANとの棲み分けが進むものと考えられる。

IMT-2000

IMT-2000は、第1世代のアナログ方式、第2世代のデジタル方式（PDC、GSMなど現行の携帯電話の方式）に続く、第3世代の移動通信システムに位置付けられ、3G（3rd Generation）とも呼ばれる（図-4および表-1参照）。IMT-2000の特徴は、1台の端末を国際間で使用できる「国際ローミング」、固定網と同等の「通話品質」、最大2Mbpsの「高速データ通信」などである。

IMT-2000には、W-CDMAとcdma2000がある。

W-CDMAは、2GHz帯の中から連続した15MHz幅の周波数帯域を使い、最大2Mbpsのデータ通信速度を実現する。CDMA方式により信号を拡散させることで、電波干渉やノイズなどの影響を受けた信号でも、受信側の逆拡散でこれらの不要な信号を除去できる。また、複数基地局からの信号を合成することで、安定した出力を確保できるなど、通話品質の向上も期待される。データ通信速度は上り64k～128kbps、下り384kbps。有線部分にはGSM交換機を使うため、すでにGSMが普及しているヨーロッパ、アジアでの導入が容易。日本では、NTTドコモの“FOMA”がW-CDMAである。

一方、cdma2000は、米国の周波数利用の都合上、下り方向のみ既存の1.25MHz幅の周波数帯を3つ合成し、これを広帯域とみなす方式。CDMAの特徴そのものはW-CDMA方式と変わらない。有線部分はANSI-41交換機が使われる。技術的には、cdmaOneの周波数でも144kbps（理論上は最大153kbps）のデータ通信が実現

できる「1X」や、IMT-2000の周波数帯で2.4Mbpsの高速データ通信を実現する「HDR（High Data Rate）」などが発表され、期待を集めている。

SOMA

SOMA（South of Market Areaから取った当て字で、技術的な意味合いはない）は、米SOMA Networksが提唱する新しいブロードバンド・ワイヤレスアクセス方式である。通信事業者が提供するさまざまなネットワーク回線（電話、携帯電話、インターネット、等）を収容するNPM（Network Port Manager、親局）と、ユーザ宅内のメディア（PC、電話/FAX、携帯情報端末、等）を接続するSOMApot（子局）との間を無線でやりとりし、エンドユーザがネットワーク回線を意識することなく、無線化されたラストワンマイル（基本的にはW-CDMAベース）であらゆる回線サービスを利用することを目的としている。

SOMAのエアインタフェースは、現在PCS（=Personal Communication Service. 900MHz、2.4GHz）とWWDS（=Multichannel Multipoint Distribution Service. 2.2～2.4GHz）のスペクトラムを使用しているが、近い将来WCS（=Wireless Communication Service. 2.3GHz）や3.5GHzにも拡張する。

“SOMApot”は、UNIXドリブンのCPU、複数のシグナルプロセッサ、メモリ、フラッシュストレージを内蔵しており、PCやLANを接続するためのEthernetポートやUSBポート、スタティックまたはダイナミックなIPアドレス割当て、NAT機能、パケットフィルタリング機能、などのネットワーク機能を提供するCPEであり、パケット通信では1ユーザあたり最大12Mbpsのブロード

世代		2G		2.5G	3G (IMT-2000)	
システム名称		PDC	GSM	cdmaOne	W-CDMA	cdma2000
無線伝送方式		STD-27	GSM	IS-95B	DS-CDMA	MC-CDMA (DS-CDMA もある?)
ベースとなった規格		—	—	—	GSM	cdmaOne
有線系ネットワーク		PDC	GSM	ANSI-41	GSM+GPRS	ANSI-41
無線周波数帯		800MHz, 1.5GHz	900MHz, 1.9MHz, 1.8MHz	800MHz, 1.8MHz	2GHz	2GHz
最大データ 伝送速度	静止時	28.8kbps	9.6kbps	14.4kbps	2Mbps	144kbps
	低速時 (歩行)	28.8kbps	9.6kbps	14.4kbps	384kbps	144kbps
	高速時 (車載)	28.8kbps	9.6kbps	14.4kbps	144kbps	144kbps

〔出所：ウィット・キャピタル証券〕

表-1 移动通信システム方式の比較

バンド通信を可能とする。さらに、アナログ電話ポートを有しており、コーデック、エコーキャンセラ、QoSメカニズム、付加サービス機能〔保留、転送、発信者番号通知〕といった音声のサポート機能も充実している。無線インタフェースは内蔵している。また、今後は、ユニファイド・メッセージング、VPNサービス、家庭モニタリング、セキュリティ、といった新たなアプリケーションの提供も視野に入れている。

“NPM”は、SOMApertを収容する無線局およびサービスノードとして機能する。無線局としては、見通しがよくなくてもセル半径で4～8kmをカバーすることができ、数千ユーザを収容することができる。無線信号処理能力を向上させるために、トラフィック要求に合わせて、各セクタ内に最大4つのW-CDMAモデムを追加することができる。遅延、帯域、ビットエラーを制御するメディア・リソース・マネージャなどを内蔵している。

ITS

ITS (Intelligent Transport System, 高度道路情報システム) は、最先端の情報通信技術を用いて人と道路と車両とを情報でネットワークすることにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的とした新しい交通システムである。

ITSは、IT戦略本部の配下に位置する国家レベルのプロジェクトであり、警察庁／総務省／経済産業省／国土交通省の4省と産学が共同で推進を行っている。産学としては、ITS Japan (旧称VERTIS) にて、研究開発や調査に関する諸活動や、ITS世界会議や委員会活動とその事務局業務などを行っている。

以下、ITSの主な開発分野についての概要を示す。

○ナビゲーションシステムの高度化

いわゆるカーナビのことであり、約30のベンダがVICS対応製品を出荷している。2001年6月時点でVICS

ユニットの出荷台数は310万台に達した。仕組みとしては、(財)日本道路交通情報センターが道路管理者や警察庁から収集した道路交通情報をVICSセンター (<http://www.vics.or.jp/>) にて情報処理・編集し、その情報を電波、光、FMの媒体を使用してVICSユニット搭載車に通知する (図-5参照)。

○自動料金収受システム

すでに実用化されているETC (ノンストップ自動料金収受システム) は、DSRC (Dedicated Short Range Communication) と呼ばれる5.8GHzアクティブ方式の双方向通信を利用している。

ICカードを挿入可能な車載器を車に設置し、有料道路の料金所のゲートに設置した路側アンテナと通信を行い、ノンストップで料金を収受することを目的としている (図-6参照)。

すでに試行運用を終え、2001年3月30日から日本道路公団、首都高速道路公団等の料金所にて本格的なサービスが開始され、2001年7月23日からは146カ所の料金所 (関東地区、中部地区、関西地区) で利用可能となっている。2002年度末には全国の料金所の7割にあたる約900カ所まで拡大される予定。

○安全運転の支援

安全な運転を支援するために、道路側に設置したカメラ等の情報収集インフラや経路誘導インフラと、車両に設置したカメラ、センサー等により、道路～車、車～車との間で情報をやり取りする。さらに、速度制御、操舵制御を行うことで自動走行を実現することを目的としている。

ITSのネットワークインフラは、携帯電話のパケット通信、無線LAN、Bluetooth等の汎用的な技術を用いるケースと、高速道路の料金所などで利用できるDSRC (Dedicated Short Range Communication, 狭域無線通信) などITSでの利用を前提に開発された技術を用いるケースがある。DSRCは、双方向通信を可能とする5.8GHz帯

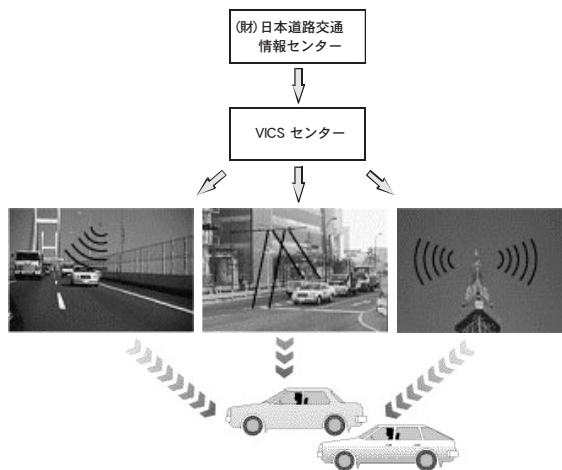


図-5 VICSの仕組み

(出典： <http://www.vics.or.jp/whats/system.html>)

のアクティブ方式（トランシーバー方式とも呼ばれる）で、車載器と路側機の両方に発振器が内蔵される。発振器を車載器に内蔵しないパッシブ方式と比べて高速な通信（1Mbpsまたは4Mbps）が可能。ITU-Rでレイヤ1～3を中心とした標準化作業が行われている。

上記のような全国レベルのプロジェクトと並行して、国土交通省配下の地方整備局でも各地域のITSプロジェクトが行われている（たとえば、地下街でPDAを使った歩行者ITSや国体などのイベントに特化した交通基盤の整備など）。また、通信基盤にIPv6を使用したITS実証実験が「インターネットITS共同研究グループ」によって行われる。この実証実験は経済産業省の支援を受けて実現されるもので、車に載せた車載コンピュータ（既存のカーナビがベース）を使ってインターネットから得た情報を車内のディスプレイに表示したり、車の運行速度を元にした道路の混雑情報やワイパーの稼働状況を元にした各地の降雨情報車の情報を収集して配信するなどの用途が考えられている。インターネットアクセスには上記のDSRCを使用する。

ITSは、マルチメディア事業の中で有望性の高い事業と評価されており、ITS Japanによれば、その効果は全体で50兆円と試算されている。

今後の動向

昨年後半からADSLサービスが順調に伸長し、今後はより高速なFTTHやホットスポット向け無線LANアクセスも本格的に立ち上がるものと思われる。無線では、屋外利用可能かつIEEE802.11bの約5倍の通信速度を実現するIEEE802.11g準拠製品の登場と、同じく802.11bの約5倍の通信速度を実現する802.11a（5GHz帯）の屋外利用を可能とする法整備が、さらなる無線アクセス普及のポイントとなるだろう。また、ビジネスユース

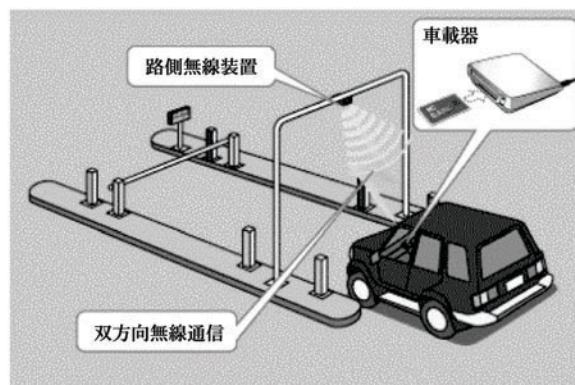


図-6 自動料金収受システム

(出典： <http://www.its.go.jp/ITS/j-html/whatsITS/automatic.html>)

も含めたホットスポットサービスの普及にはセキュリティや認証機能の強化が必要であり、IEEE802.11iの標準化も重要なポイントとなる。また、802.11bや8.2.11gと同じ2.4GHz帯域を使用するBluetoothは、その通信速度や距離から、PDAとパソコン間の通信、というように無線LANとの適用領域の棲み分けが明確になると考えられる。

今後は、無線LANと携帯電話との融合やソフトウェア無線により、利用者が使用環境や方式を意識することなく、シームレスにアクセスできることが普及のポイントとなるだろう。

おわりに

以上、2回にわたりインターネットアクセス技術の概要と今後の動向に触れた。各々のアクセス技術はその特徴をもって適材適所に用いられながら、今後も、いかに速く、経済的に、扱いやすくという使命を追い続けることになるだろう。

謝辞 本稿の執筆にあたり、(財)情報処理相互運用技術協会（INTAP）におけるインターネット調査委員会での活動成果を広く引用させていただきました。委員長の江崎浩東京大学助教授をはじめ、関係者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 日経コミュニケーション 2000年11月6日号 (No.329).
- 2) 日経コミュニケーション 2001年6月4日号 (No.343).
- 3) 総務省, <http://www.soumu.go.jp/>
- 4) ウィット・キャピタル証券, <http://www.witcapital.ne.jp/>
- 5) 日経コミュニケーション 2001年5月7日号 (No.341).
- 6) Bluetooth Launch Trial, <http://www.b-l-t.org/>
- 7) SOMA Networks, <http://www.somanetworks.com/>
- 8) 日経ビジネス 2001年7月16日号.
- 9) 国土交通省道路局, <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html>
(平成14年2月4日受付)