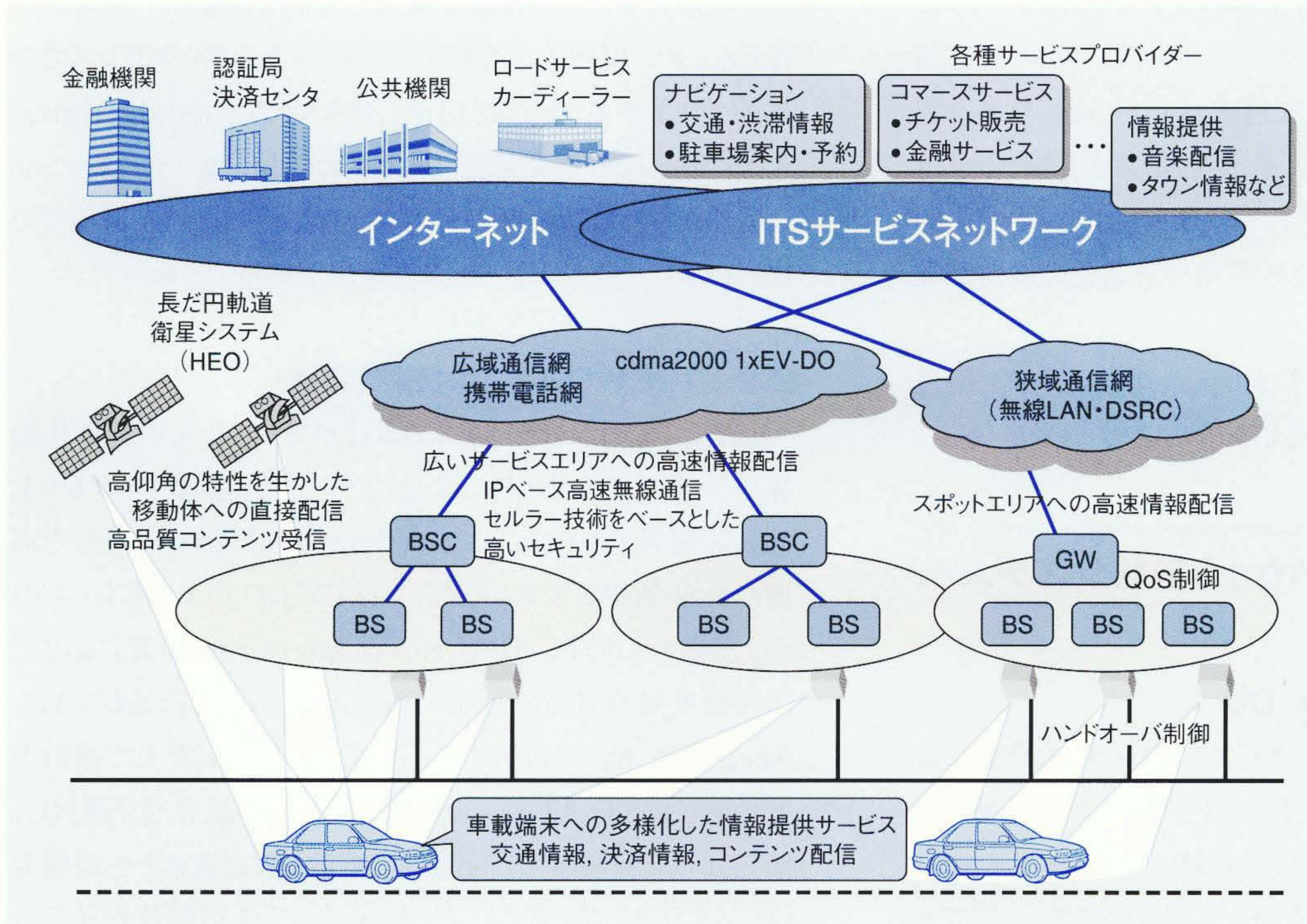


ITSサービスを支える無線通信システム

Mobile Communication Platforms for ITS Services

平岩 賢志 Masashi Hiraiwa 吉村 正昭 Masaaki Yoshimura 坂本 敏幸 Toshiyuki Sakamoto
石田 泰雅 Yasumasa Ishida 酒井原 徹 Tôru Sakaibara



シームレスなネットワーク サービスを提供するITS無線通信システム

ネットワークサービスのいっそうのグローバル化とシームレス化により、自動車が携帯端末に続く情報端末になろうとしている。各種無線インフラストラクチャーの特長を生かしつつ、それを相互補完的に利用することにより、自動車への情報提供サービスが進展する。

注：略語説明

ITS (Intelligent Transport Systems)
HEO (Highly Elliptical Orbit)
1xEV-DO (1xEvolutional Data Only)
HDR (High Data Rate)
GW (Gateway)
DSRC (Dedicated Short-Range Communication)
BSC (Base Station Controller)
BS (Base Station; 基地局)

近年、VICS (道路交通情報通信システム) やETC (自動料金収受) といったITS (高度道路交通システム) サービスが実用化され、さらに、これらを応用したサービスが各分野に展開されつつある。

一方、インターネットの急速な普及により、ネットワークサービスはさらにグローバル化しつつある。このような動きの中で、「車社会」の進展の一つとして、自動車が携帯端末に続く情報端末になろうとしている。ネットワークサービスを提供する基盤、特に無線アクセ

ス基盤には、広域通信網、特定目的用の専用網、放送通信などがあり、おののおの特徴を生かしつつ、相互に補完しながらサービスが展開されていくものと考ええる。

日立製作所は、これらのITSサービスを支える各種通信基盤として、広域通信サービス (cdma2000 1xEV-DO)、長だ円軌道衛星システム (HEO) および専用狭域通信システム (DSRC) に取り組んでいる。

1 はじめに

自動車を巡るIT (情報技術) 化の潮流として、移動手段としての安全性と快適性のいっそうの向上に加え、ネットワークサービスのシームレス化により、オフィス空間化を目指すことが考えられる。これらを実現するのが自動車を移動端末とするモバイルネットワークサービスである。

その一つの広域通信サービスでは、国内通信事業者が“W-CDMA”や“cdma2000 1x”といった第3世代携帯電話サービスを標準化しており、さらに、“cdma2000 1xEV-DO” (以下、1xEV-DOと言う。) でのデータ通信サービスが開始される予定である。最大2.4 Mビット/sまでのデータ通信が可能であり、モバイルインターネットでのアクセス手段として期待されている。

官民連携のプロジェクトとして、新衛星システム (HEO:

Highly Elliptical Orbit；長だ円軌道衛星システム)による高品質なコンテンツ配信サービスが、衛星利用システムとして検討されている。すでに、官主導で基盤整備検討が進められる一方、民間主導で事業化コンセプトが具体化し、技術開発が進められている。

狭域通信システム(DSRC)を利用したサービスとしては、すでにETC(Electronic Toll Collection)が商用化され、さらに、安全運転支援を目的としたAHS(走行支援道路システム)の実用化が、国土交通省主導の民間を含めたプロジェクトとして進められている。このプロジェクトでは1996年から基礎技術の研究を進め、現在、高速道路を中心とした実道実験を実施しており、2003年以降順次全国に配備される予定である。また、国家プロジェクトで、モバイルコマースなど民間サービスへの展開が図られ、技術開発や事業化の検討が進められている。

ここでは、ITS(Intelligent Transport Systems:高度道路交通システム)を支える無線通信システムについて述べる。

2 1xEV-DO高速パケット無線システムへの取り組み

2.1 市場のニーズと1xEV-DO

インターネットの普及とそのアクセスのブロードバンド化により、eコマース、インターネット銀行、ストリーミング音楽・ビデオ再生、音楽・動画配信などの各種アプリケーションが生まれた。ユーザーには、これらのアプリケーションをいつでも、どこでも享受したいという要求がある。そのニーズにこたえるためには、

サービス	速度 (ビット/s)	端末の種類				ネット ワーク
		携帯 電話	高機能 携帯電話	PDA	パソコン	
音声電話	8 k	↑	↑	↑	↑	(電話通信網)
Eメール：ショートメール	10 k	↑	↑	↑	↑	
スモール スクリーン ブラウジング： iモードなど	CS/PS	↑	↑	↑	↑	
eコマース、 インターネット銀行	50 k	↑	↑	↑	↑	(モバイルP網) オープンネットワーク
スモール サイズ ビデオ	64 k	↑	↑	↑	↑	
フル スクリーン ブラウジング	100 k	↑	↑	↑	↑	
ビジネスメール	1 M	↑	↑	↑	↑	
ネットワークコンピューティング	2 M	↑	↑	↑	↑	

注：略語説明 PS(Packet Switch), CS(Circuit Switch)
IP(Internet Protocol)

図1 1xEV-DOデータ通信網サービス

1xEV-DOは1.25 MHzの帯域幅を用いて高速のモバイルインターネット環境を提供する携帯電話システムであり、下り方向へのデータ伝送速度で最大2.4 Mビット/sを実現している。

アクセス回線の無線化が必須であり、同時に、高速性、広いサービスエリア、移動中のサービスなどが必要になる。

1xEV-DO(1xEvolution-Data Only)は1.25 MHzの帯域幅を用いて高速のモバイルインターネット環境を提供する携帯電話システムであり、下り方向へのデータ伝送速度で最大2.4 Mビット/sを実現し、携帯電話の特徴である広いサービスエリア、端末移動時のハンドオーバー機能などを併せ持つ(図1参照)。

この方式では、大容量で高速、安価な無線データ通信が行えるため、屋内外を問わず、パソコンからケーブルレスでの高速インターネットの利用や、PDA(Personal Digital Assistant)での音楽配信サービスの受信、カーナビゲーション機器からの最新地図のダウンロードなど、モバイル環境での幅広いブロードバンドサービスの実現が期待できる。

2.2 1xEV-DO方式の技術的特徴

1xEV-DOは、米国クアルコム社がモバイル用の次世代無線パケット通信技術として開発した方式で、拡散チップレート1.2288 Mチップ/sのCDMA(cdmaOne)^{※)}をベースとした高速パケット無線システムである。1xEV-DOでは、端末(AT)が、受信パイロットC/I(Carrier-to-Interference)比に応じて伝送速度要求(DRC:Data Rate Control)を基地局(AP:Access Point)へ送信する。APでは、DRCに応じて拡散率と変調(QPSK, 8 PSK, 16 QAM)方式の組合せを選択し、伝送速度を設定する。符号化、拡散された各ATへの信号は、スケジューリングアルゴリズムによって送信順位が決定され、スロット当たり1ATで時分割配置され、送信される。さらに、強力な誤り訂正符号(ターボ符号)の適用などでデータ通信に最適化し、スループットの大幅な向上を図っている(図2

※) cdmaOneは、CDG(CDMA Development Group)の登録商標である。

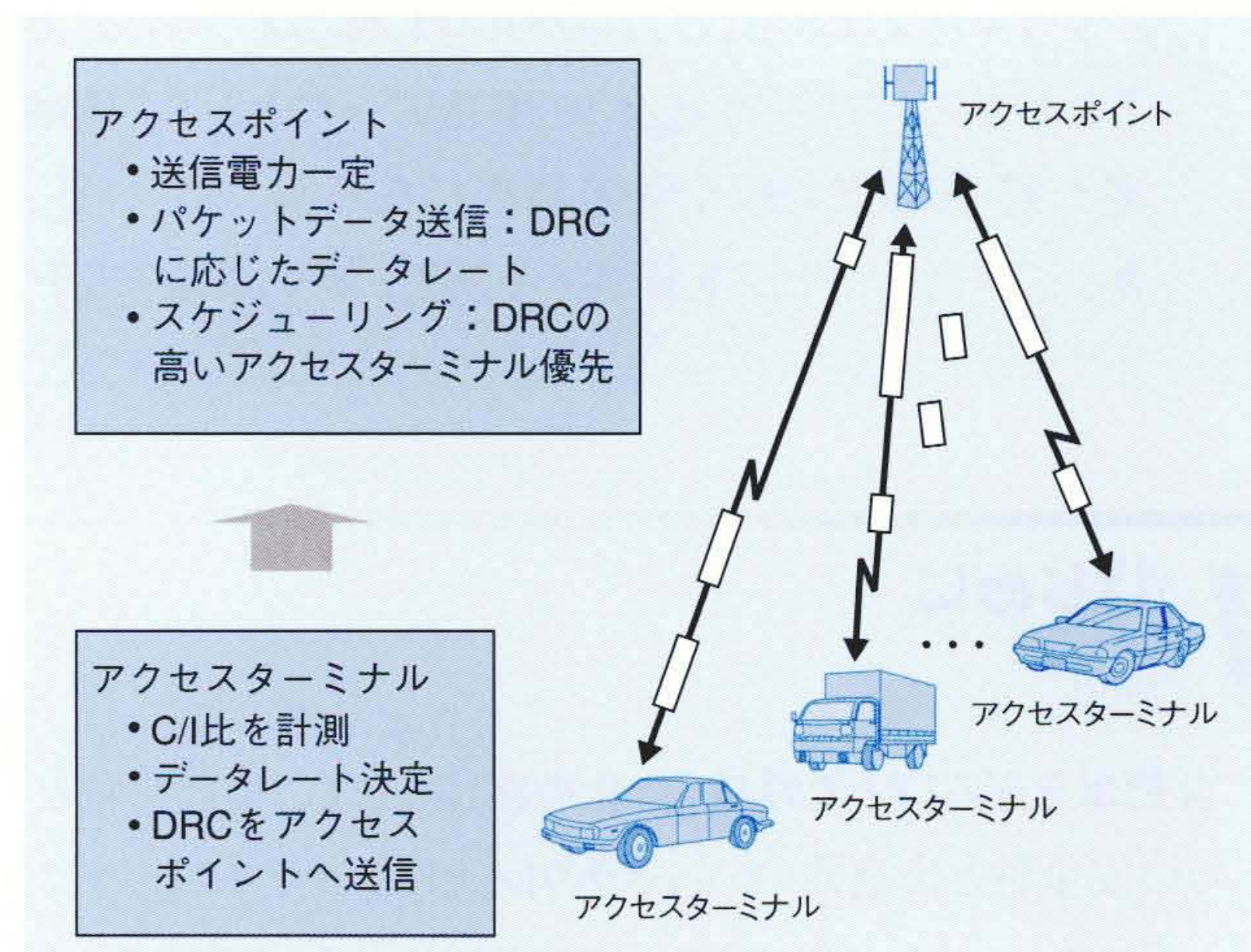


図2 1xEV-DO方式の特徴

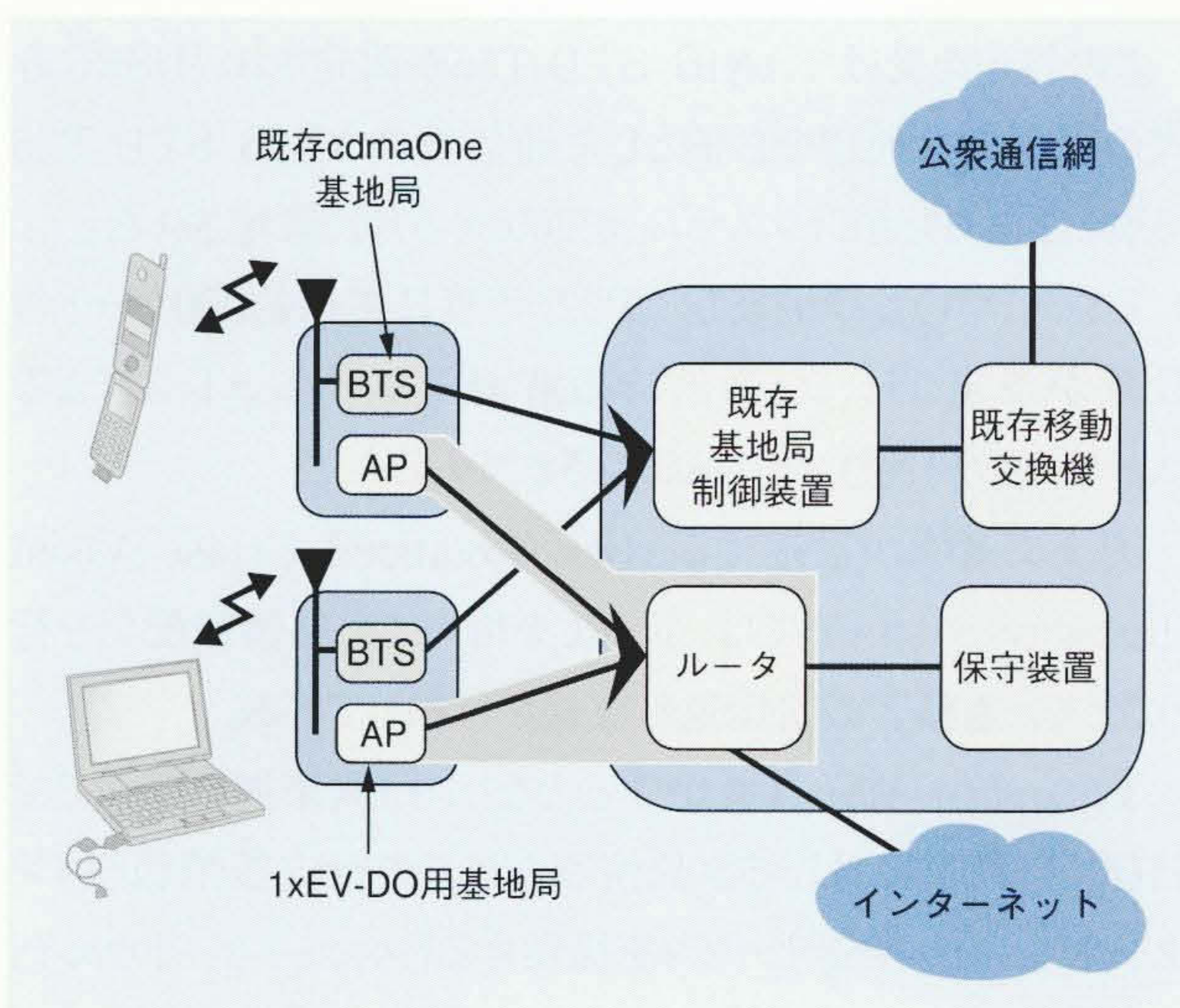
この方式の特徴であるデータ伝送速度決定アルゴリズムにより、スループットの大幅な向上を図っている。

参照)。

また、既存のcdmaOne基地局に1xEV-DOシステムを追加するだけで、既存のアンテナや設備を共用することができ、導入コストを低く抑えられるという特徴がある。

2.3 1xEV-DOに関する日立製作所の取り組み

日立製作所は、1996年からクアルコム社とcdmaOne技術のライセンス契約を結んでおり、2001年1月には、1xEV-DOについても、ベンダーとしては世界初のライセンス契約を結んだ。その後、高スループットを実現するための制御方法や、1xEV-DOシステムの共同開発を進める一方で、専用LSIや筐(きょう)体、カード、ソフトウェアなどを自主開発した。また、KDDI株式会社から1xEV-DOトライアルシステムを受注し、2002年7月から、電波が混雑する東京都心部での干渉状態、



注：略語説明 BTS (Base Station)
AP (Access Point)

図3 1xEV-DOネットワークの概略構成

KDDI株式会社から1xEV-DOトライアルシステムを受注し、2002年7月から東京都心部で実証実験を実施した。

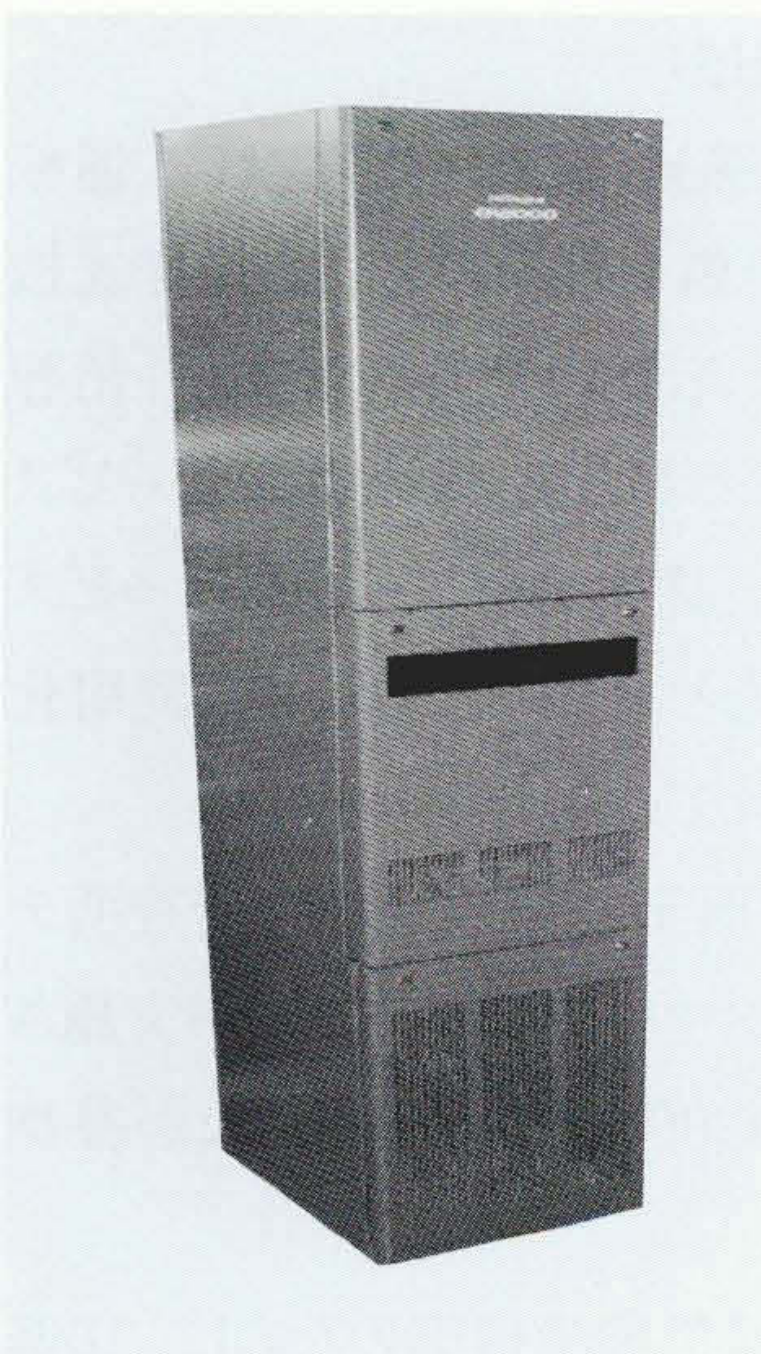


図4 1xEV-DO基地局の外観

日立製作所の基地局の外観を示す。商用サービスのための基地局を他社に先駆けて開発している。

複数ユーザーの同時アクセスの品質維持など、さまざまな実証実験を実施した(図3参照)。このような技術と豊富なノウハウの蓄積を基に、商用サービスのための基地局を他社に先駆けて開発している(図4参照)。日立製作所の基地局システムの特徴は、(1) 下り最大2.4 Mビット/s, 上り最大153.6 Mビット/sの高速パケット無線通信, (2) 既存基地局への併設を前提とした小型設計(設置面積:30 cm×40 cm), (3) 干渉除去装置を内蔵, (4) 3GPP2(Third Generation Partnership Project 2)策定の国際仕様に準拠, (5) BSC(Base Station Controller:基地局制御機器)の内蔵(分散構成)と外付け(集中構成)の両方に対応が可能などである。

3 長だ円軌道衛星システムへの取り組み

3.1 システム概要と特徴

日立製作所は、移動体向けの高品質通信・放送を行うための長だ円軌道衛星システムと、それを用いたサービスの開発に取り組んでいる¹⁾。このシステムは、従来の静止衛星と異なり、地球をだ円の焦点とした三つの軌道面上に衛星を配置し、これら3機の衛星を8時間ごとに切り替えることにより、衛星が常に天頂に存在する形で通信・放送サービスを提供するものである。したがって、衛星からの電波を直接的に受信する可能性が高くなり、都市部をはじめ、山間部などでも全国均一のサービスを「いつでも、どこでも」実現することが可能となる。

日立製作所は、このような特性を生かした、さまざまな移動体向けのサービスを開発中である。例えば、MPEG(Moving Picture Experts Group)4/AAC(Advanced Audio Coding)に代表される音楽・映像配信²⁾、ニュース配信、交通情報、地点情報に代表される情報配信³⁾、クーポン配布やレストラン予約に代表されるモバイルコマースなどである。

3.2 高品質コンテンツ配信サービスへの取り組み

移動体向けの高品質サービスを考えるうえで、電波のとぎれを少なくすることは重要な課題である。長だ円軌道衛星を用いた衛星システムでは、上述したように、天頂付近にある衛星から電波を受信することから、建造物などによる電波の遮へいは少ないが、衛星を切り替え運用する前後には電波受信が不安定になる。また、使用する周波数によっては、衛星ビーム(携帯電話の基地局がカバーするサービスエリアに相当する。)境界付近での電波受信も不安定になり、電波がとぎれる場合が考えられる(図5参照)。

電波の瞬断が発生したときの解決策として、さまざまなアプローチが考えられる。その中で、日立製作所は、欠落データを補完することにより、コンテンツのとぎれを低減させる方法を開発した。これは、視聴用番組コンテンツデータと、時間をず

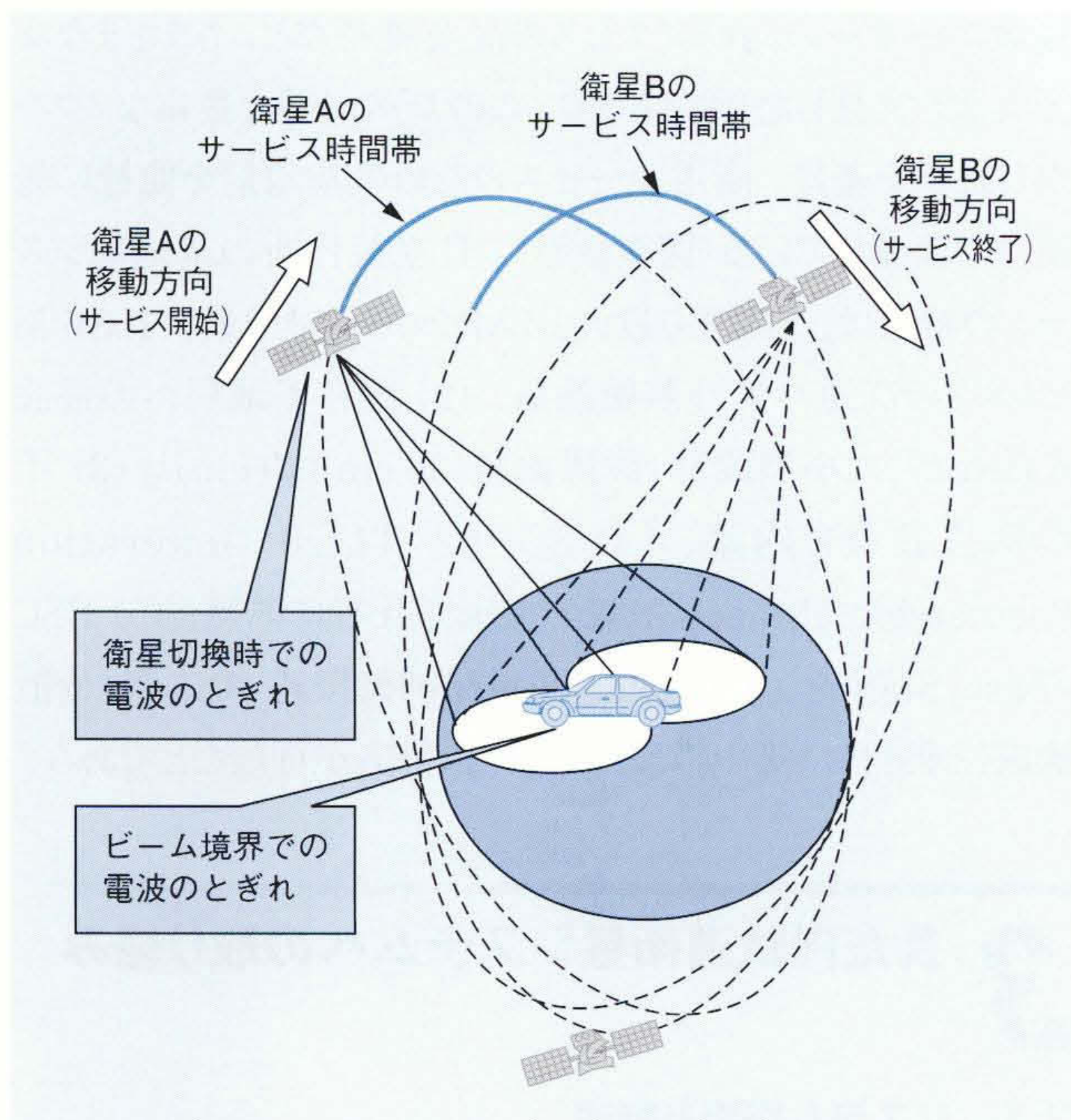


図5 衛星からの電波受信状態が悪くなるケース

8時間置きに衛星を切り替える際のほか、衛星ビーム（携帯電話の基地局がカバーするエリアに相当する。）の境界で、衛星からの電波状態が悪くなり、コンテンツがとぎれる現象が発生する。

らして送る補完用データを多重化することにより、電波の瞬断を低減させるものである。この方法を用い、同様の電波条件で移動体実験を実施し、評価した。走行実験の例を図6に示す。同図左下に示すように、走行中に数秒程度の瞬断が発生しても、多重化した補完データにより、音切れが低減している。このような瞬断対策方法は、移動体向けのサービスとして必須のものになると考える。

4 DSRCへの取り組み

4.1 DSRCの概要

狭域通信（DSRC: Dedicated Short-Range Communication）方式は、道路に設置した路側無線装置（基地局）と車両に搭載された車載器（移動局）との間で通信を行う路車間通信方式である。わが国では当初、自動料金収受システム用途として検討され、1997年11月に社団法人電波産業会（ARIB: Association of Radio Industries and Businesses）でARIB STD-T55「有料道路自動料金収受システム」として標準化された。このDSRC方式は、数メートルから数十メートルと比較的通信領域が狭いことや、伝送速度が高いことなどが特徴としてあげられ、ピンポイントで情報提供を行う駐車場やドライブスルー、走行支援などへの応用展開が期待された。そのため、新たにマルチアプリケーションに対応が可能なDSRCの技術的条件設定を目的とし、2000年1月に旧郵政省電気通信技術審議会に諮問され、同年10月にDSRC方式の汎用利用を認める答申がなされた。

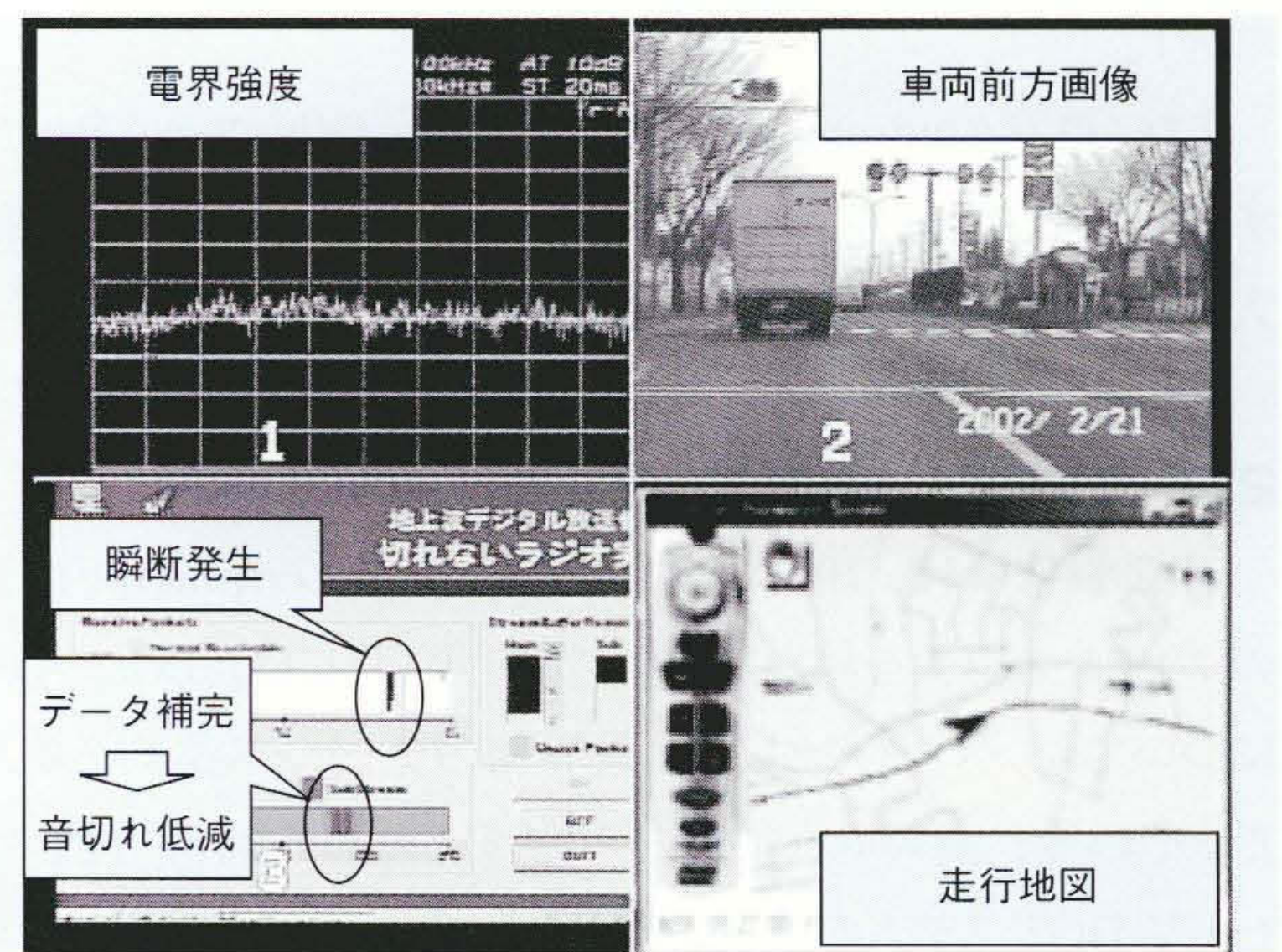


図6 移動体走行実験例

長だ円軌道衛星を用いるのと同様の電波条件を考慮した移動体実験の例を示す。移動体走行中に電界強度が低下し（左上）、電波の瞬断が発生（左下）しても、多重してある補完用データを用いることで、音切れを低減させている。

この答申を受けてARIB STD-T55が改定され、DSRC方式の汎用的な利用を目的とした通信規格ARIB STD-T75「狭域通信（DSRC）システム」が2001年9月に策定された。

ETCについては平成14（2002）年度に累積約900ゲートの設置が予定され、交通渋滞の解消やキャッシュレスによるユーザーの利便性向上が期待されている。

国土交通省が推進するAHS（Advanced Cruise-Assist Highway System）では、DSRCを用いて道路情報配信を行うことで、運転者の安全運転支援を目指している。

また、通信・放送機構が中心となり、路側車間をDSRCで結び、自動車に対して事故情報などの走行支援情報やインターネット上の各種サービスを提供する「スマートゲートウェイ」の実証実験が進められている。

一方、ガソリンスタンドやドライブスルーでの電子決済、音楽などのコンテンツ配信など、民間によるDSRCを用いた事業への期待も高まってきている。

4.2 日立製作所のDSRCへの取り組み

(1) 走行支援道路システム（AHS）

AHSは、道路と自動車が無線通信によって連携し、運転者に対してリアルタイムで情報提供や警報の発信、操作支援を行う走行支援システムである。AHSのサービスには、「情報提供」、「警報」、「操作支援」などがあり、段階的にサービスが開始される予定である。また、具体的なユーザーサービスとして、障害物衝突防止支援など七つのサービスの実用化を目指し、研究・開発が進められている。

2000年10月に、国土交通省国土技術政策総合研究所テストコースで、AHS実証実験「スマートクルーズ21」が実施され（図7参照）、海外18か国約200人を含む2,400人が参加した。

日立製作所は、この実験の通信環境構築のために、10基



図7 AHS実証実験の様子

国土交通省国土技術政策総合研究所テストコースで、AHS実証実験「スマートクルーズ21」が実施された。



図8 DSRC無線基地局の内部

DSRCの無線規格である“ARIB STD-T75”に準拠した無線基地局を設置し、通信実験を実施している。

の無線基地局を配備した。さらに、2001年12月に、DSRCの無線規格である“ARIB STD-T75”に準拠した無線基地局を5基設置し、現在通信実験を実施中である(図8参照)。

2002年度後半には、交通環境や自然環境などの条件を変えてシステム検証を行うために、実際の道路に無線基地局を配置し、実道実験を実施する予定である。

今後は、2002年度に制度・基準類の整備を実施し、実証実験の成果を踏まえたうえで、2003年の先駆的な導入を目指している。その後、随時、全国展開していく予定である。

(2) 「スマートゲートウェイ」

2001年7月から、通信・放送機構を中心に民間6社が共同で研究開発を開始し、2002年3月に実験システムの開発を完了した。現在、小山市の実験コースで実証実験中であり、2003年初めには公開実証実験を予定している。この中で日立製作所は、路側システムの研究開発を担当している。次節でこの開発技術について述べる。

4.3 スマートゲートウェイへの取り組み

スマートゲートウェイのシステム構成を図9に示す。このシステムは、高速走行中の車両に対して事故情報などの走行支援情報や、インターネット上の音楽・映像情報の配信、航空券などの予約・決済などのサービスを行うものであり、安全性と利便性の向上を目的としている。

路側システムは、DSRC基地局を互いに接続する路側網と、インターネットと路側網を接続するゲートウェイで構成する。日立製作所は、鉄道制御などの高信頼・高応答性が求められるシステム向けに開発した自律分散アーキテクチャをベース

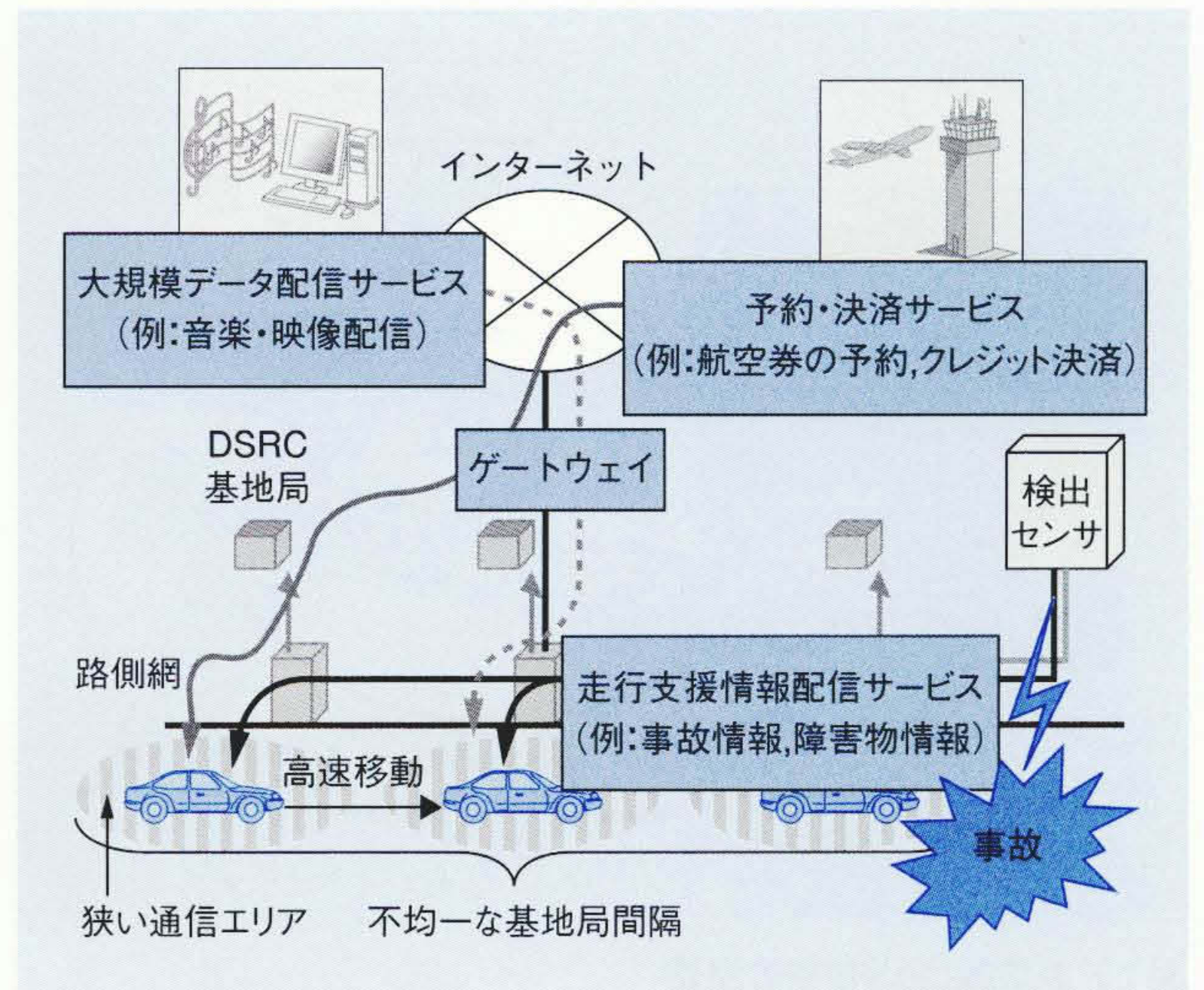


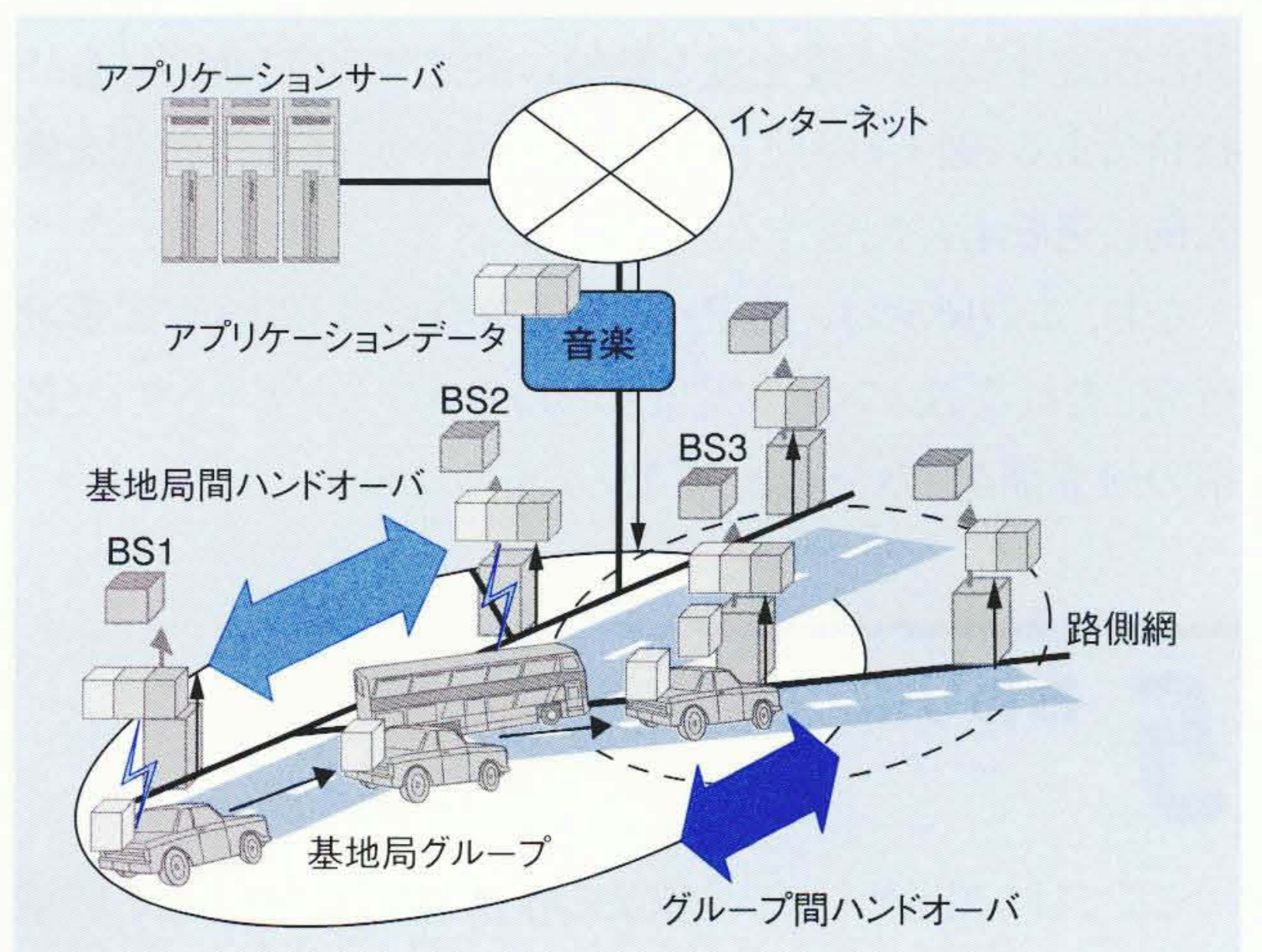
図9 路側システムの構成

路側システムは、DSRC基地局、これを互いに接続する路側網、およびインターネットと路側網を接続するゲートウェイで構成する。

に、最高速度180 km/hという高速移動中でも、複数のDSRCを用いることで連続通信を可能とする「グループハンドオーバー技術」を開発した。また、さらに緊急性の高い走行支援情報を優先的に配信する「高信頼QoS (Quality of Service) 技術」を開発した。

(1) グループハンドオーバー技術

グループハンドオーバー技術の概要を図10に示す。マルチメディアコンテンツはデータサイズが大きいため、通信エリアの狭いDSRCでは、高速走行中の車両に対して、1台の基地局で配信を完了できないことが想定される。このため、複数の基地局で分担して継続的に配信する必要がある。この技術では、配信に必要な基地局をグループとして管理し、このグループで配信情報と管理情報をあらかじめ共有しておく。各



注：略語説明

BS (Base Station ; 基地局)

図10 グループハンドオーバー技術の概要

位置情報を基に動的に形成された基地局グループで配信情報と管理情報をあらかじめ共有し、各基地局は、対象とする車両に情報を配信する。

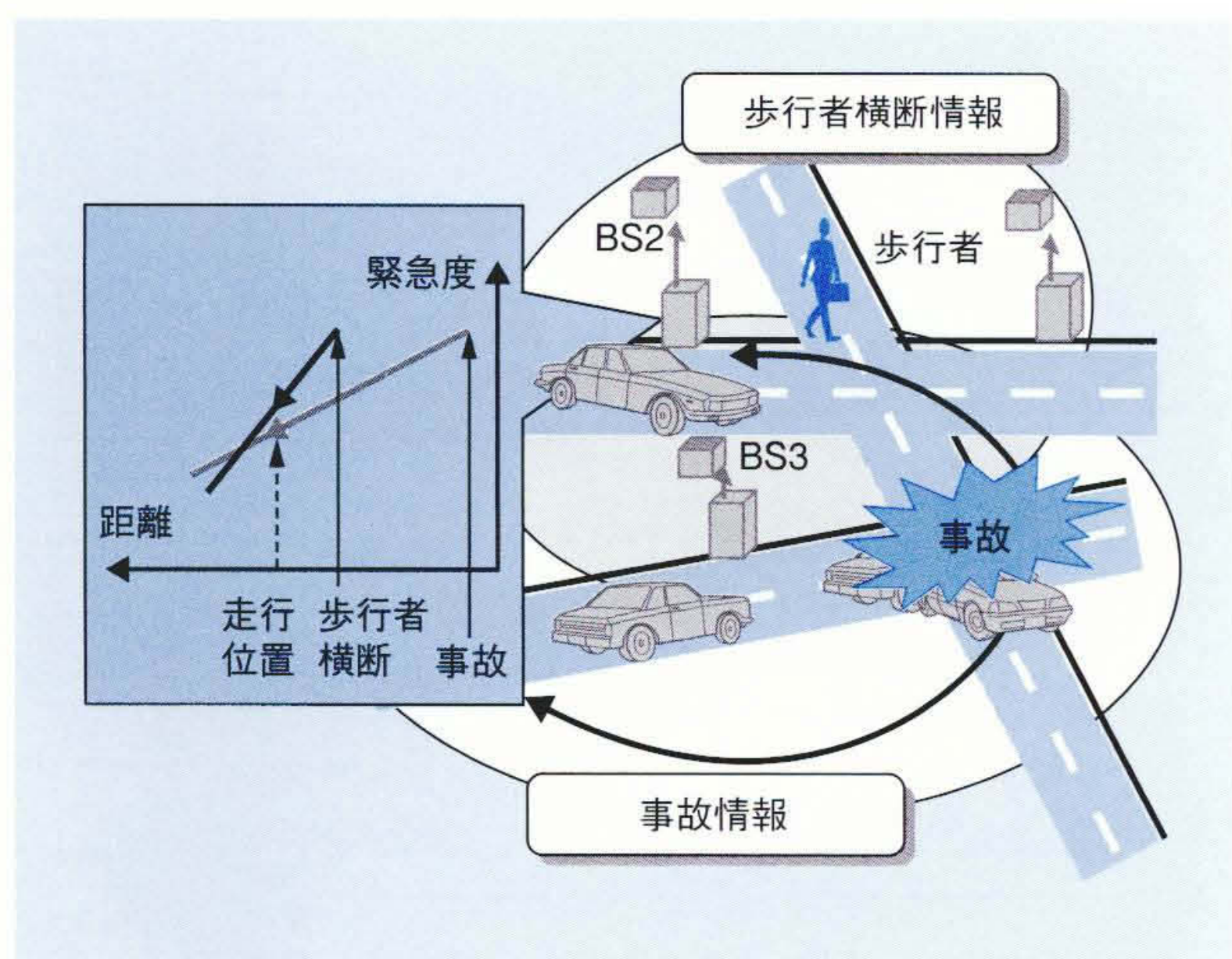


図11 高信頼QoS技術の概要

情報の属性と情報発信元と受信者の位置関係によって決定される情報の緊急性を基に、移動体に伝達する情報の優先度を動的に決定する。

基地局では、対象とする車両を確認すると、直ちに情報配信が開始される「高速ハンドオーバー技術」が用いられている。もし、大型車両によるシャドウイング（陰影）によって一つのグループで配信が完了しない場合には、新たなグループを作成して配信を続行、すなわち、グループ間ハンドオーバーを行う。

(2) 高信頼QoS技術

走行支援情報には、事故情報、交差点進入車情報、歩行者横断情報などがある。これらの情報には、おののちに有効なエリアがあると考えられる。例えば、事故情報は比較的広いエリアで有用な情報であり、歩行者横断情報は、きわめて狭いエリアだけで有効である。このように、情報の種別と情報の発生日点と車両の位置の関係により、これらの緊急性が変化する。

この技術は、情報の種別や情報発信元と受信者の位置関係によって決定される情報の緊急性を基に、基地局から移動体に伝達するときの優先度を動的に決定するITS向けのQoS技術である（図11参照）。緊急度の高い走行支援情報を優先的に運転者に配信する。

なお、この研究は、通信・放送機構の平成12-13年度委託研究「走行支援システム実現のためのスマートゲートウェイ技術の研究開発」の一環として行ったものである。

5 おわりに

ここでは、ITSサービスを支える各種通信基盤として、広域通信サービス(1xEV-DO)、長だ円軌道衛星システム(HEO)および専用狭域通信システム(DSRC)の動向と、日立製作所の取り組みについて述べた。

これらの通信基盤は、それぞれの特徴を生かすように、相互に補完しながら普及していくものと考ええる。また、サービス（アプリケーション）利用の視点からは、上述のような通信基盤を利用者が選択時に利用可能とする、あるいは意識せずに利用可能とする、ネットワークサービスのシームレス化がさらに進展すると考える。日立製作所は、今後も、各分野へのサービス展開を積極的に推進していく考えである。

参考文献

- 1) 近藤, 外: デジタル放送システムのITSへの応用, 日立評論, 82, 9, 585~588 (2000.9)
- 2) 友部, 外: デジタル放送による車上情報配信システム(2), 情報処理学会全国大会 (2001)
- 3) 川股, 外: デジタル放送による車上情報配信システムの検討(1), 情報処理学会全国大会 (2001)
- 4) A.Shimura: A Highly-Reliable Quality of Service (QoS) Control Method Based on an Autonomous Decentralized System Concept for Smart Gateways, 8th ITS World Congress (2001)

執筆者紹介

平 岩 賢 志



1981年日立製作所入社, 情報・通信グループ ネットワークソリューション事業部 社会公共ネットワークシステム部 所属
現在, ITS関連システムの開発に従事
情報処理学会会員, IEEE会員
E-mail: m-hiraiwa @ itg. hitachi. co. jp

石 田 泰 雅



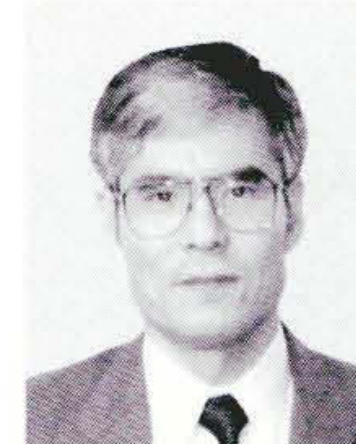
1974年日立製作所入社, 放送・通信システム推進事業部 所属
現在, 長だ円軌道衛星を利用した放送・通信システムの開発推進に従事
E-mail: y-ishida @ cm. ssd. hitachi. co. jp

吉 村 正 昭



1980年日立製作所入社, 情報・通信グループ 通信事業部 CDMA開発部 所属
現在, cdma2000 1xEV-DOシステムの開発に従事
電子情報通信学会会員, IEEE会員
E-mail: myoshimu @ tcd. hitachi. co. jp

酒 井 原 徹



1975年日立製作所入社, システム開発研究所 所属
現在, ITS関連システムの研究・開発に従事
情報処理学会会員
E-mail: sakaibar @ sdl. hitachi. co. jp

坂 本 敏 幸



1982年日立製作所入社, ユビキタスプラットフォームグループ デジタルメディア開発本部 所属
現在, DSRC関連技術の開発に従事
映像情報メディア学会会員
E-mail: t-sakamo @ msrd. hitachi. co. jp