

4 インターネット ITSプロジェクトの概要

和泉 順子 izumi@sfc.wide.ad.jp / 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

湧川 隆次 ryuji@sfc.wide.ad.jp / 慶應義塾大学 政策・メディア研究科

川喜田 佑介 kwkt@sfc.wide.ad.jp / 慶應義塾大学 政策・メディア研究科

秋山 由和 yoshikazu_akiyama@mail.toyota.co.jp / トヨタ自動車(株) ITS企画部

インターネット自動車プロジェクトの実用的な部分を実際の運用に基づいて検証するため、産官学共同の研究開発プロジェクトとして、インターネットITSプロジェクト (<http://www.internetits.org/>) が昨年開始された。本稿ではインターネットITSプロジェクトの概要とインターネットITS基盤を用いたサービスの体系化、および2001年度の活動体系を示す。また、本プロジェクトのコンセプトと、それに沿って策定した基盤仕様について説明し、2001年度共同制作した車載器や高機能実験車、2002年1月から3月までに行われる首都圏および名古屋での実証実験等で利用される技術を紹介する。最後に、共通の基盤とインタフェースを提供することによるITS市場と新規事業者への貢献、技術開発の方向性と将来の展望について述べる。

ITS (Intelligent Transport Systems)

近年、自動車にかかわるさまざまな情報サービスが注目されている。車両内における道路交通情報の提供や時刻表と連携した公共交通支援、道路管理の高度化などのような、道路交通に関するさまざまなサービスの提供と諸問題の解決を目的とした新しい交通システムを総称してITS (Intelligent Transport Systems) と呼び、早急な展開と普及が社会的要請として認識されつつある。この要請は、ITS関連情報の標準化に関する取組みや、

国内外におけるITS事業の活性化への大きな牽引力となっており、産官学の連携によるITSの構築が各方面で進められている。このような一連の活動の結果、現在までに、ナビゲーションシステムの高度化や自動料金收受システムなど、一部の開発分野ではすでに実運用に入ったものもあり、その効果が発現しつつある。

しかし、これらの開発に際しては、それぞれの開発分野で専用のプロトコルを開発し、独自の通信基盤を想定しているため、相互運用性が低く、サービスの多様化や広域化への対応が困難となっている。このため、システムの新規構築や、既存システム拡張の場合には、技術的および社会的基盤の整備を伴うことが予測される。また、既存システム間が協調してより複雑なサービスを提供しようとした場合、システム間でのインタフェースや通信基盤などを新たに設計する必要があり、多大な開発費および開発工程が強いられることになる。このことは、民間事業者がITS市場へ参入する際の大きな障害となり、結果としてITS関連技術の発展を阻害する要因ともなっている。

インターネットの普及と拡大

一方、通信をはじめとした情報科学技術では、ITS関連システムの共通基盤として応用できる技術が飛躍的な発展を見せている。たとえば、ITS市場で高い需要が見込まれている車両制御や無線通信などは、国際的な技術開発と市場確保の競争が発生するようになった。また、情報通信分野では、新たな社会基盤としてイン



ターネットが普及している。

インターネットはオープンな学術ネットワークとして発展し、国内外の研究者や開発者が共通のインタフェースを利用して互換性のあるシステムを開発してきた。このような特徴は、さまざまなサービスが商用化された現在でも維持されており、技術開発や標準化に特定の個人や企業が強大な力を持つことがない。互換性のあるシステムを協調して設計するため、結果として柔軟性や機能拡張性を持ったサービスが提供される。

このような特長により、いくつかの既存サービスは、インターネットを共通通信基盤技術として再構築されるようになった。インターネットを利用することには、技術・社会環境・市場などの急激な変化に対して柔軟に対応できると同時に、新規事業参加者が容易に効率的かつ多面的なサービスを展開・拡張できるという利点がある。

インターネットITSプロジェクトとは

インターネットITSプロジェクトは、上記のような現状を受け、各種サービスに対して共通の通信基盤とインタフェースを提供することでITS関連システムの再構築を図ることを目的として発足した、産学官共同のプロジェクトである。すなわち、本プロジェクトが概念として掲げるインターネットITSとは、独立した個々のサービスではなく、さまざまなサービスを実現するためのオープンな基盤技術である。

インターネットITSプロジェクトの目的

基盤技術の確立と共通インタフェースの設定により、技術的・市場的に大きな発展が期待できる。たとえば、車両位置や速度情報等のデータを収集し、統合的に解析することによって、天候や道路交通情報を空間的・時間的により細かな粒度で得ることができる。また、車両の動態管理、車両間での情報交換、電子決済や遠隔メンテナンス等を実現することも可能になる。さらに、共通インタフェースを利用して、配車システムや地図情報発信のようなサービスを自由に構築することができる。一方、このようなサービスの多様性によって、ITS市場に対するさまざまな業種・事業者の参加が促進されることが期待される。また、これに伴い、新たなITS市場の早期生成も予想される。

このように、インターネットITSの提供する基盤技術により、自動車インターネットを通じて外部社会と常時接続されることで、ITSは関連サービスの多様性と

空間的・時間的広がりを得ることになり、さらには関連市場のオープン化と活性化が期待される。

本プロジェクトでは、上記のようなインターネットITSの実現に向け、共通基盤仕様の策定と基盤構築、および、ITS関連サービスに対する共通インタフェースの提供を目指した。このような一連の基盤技術をインターネットITS基盤と呼ぶ。また、基盤の構築を軸とした関連技術の研究開発促進と実行環境の共有による実証の効率化と、これに伴うより多様なサービスの提供や新規市場の開拓が期待される。

インターネットITSによって実現されるサービスイメージ

インターネットITS基盤の実現により、通信基盤としてインターネットを利用し、提供するサービスの内容やサービスの提供場所などに応じた通信事業者や通信手段を選択することが可能になる。これにより、インターネットと自動車およびITS関連システムとの強力なコネクティビティが実現可能となる。

つまり、自動車および従来の独立したITS関連システムに、インターネットを通じた外部社会との接続性が提供可能となる。これにより、さまざまなシステムの統合による新規事業や連動・協調サービスなどが実現することが予想される。ここでは、インターネットITS基盤が実現した際のサービスイメージを体系化し、新規ビジネスチャンスの創出の可能性について検討する。

インターネットITS基盤を用いたサービスイメージは以下の8種類に分類される(図-2)。これら8要素の視点で、あるいは複数の視点を組み合わせることにより、さまざまなアプリケーションのアイデアを創造できる。

以下に、各サービス要素の説明と、主にそれを用いた代表的サービス例を示す。

(1) 情報の受信

情報の受信に関するサービス要素：ドライブ情報や、他公共交通機関情報、駐車場情報等を車両で受信するサービス等。大容量データのダウンロードやコンテンツ配信や、車内の各シートでのWeb閲覧およびメール確認などのサービスを提供／享受できる。

(2) 情報の発信

情報の発信に関するサービス要素：移動中の車内情報(速度など)をインターネットに向けて発信することによるサービス等。これらの情報を蓄積・分析することにより、旅行時間情報や渋滞情報、降雨情報等の価値ある情報に加工できる。また、車両の状態情報を発信することにより、安全運転支援や事故や故障検知が可能となり、緊急時のドライバの情報(生体情報等)を



Internet and Vehicles

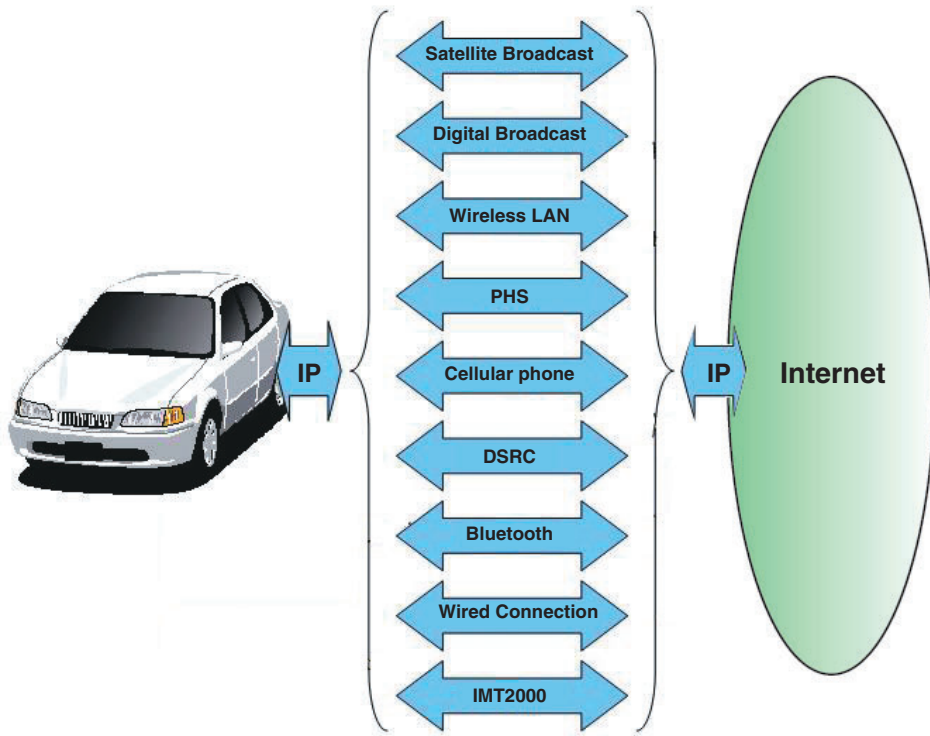


図-1 無線技術による自動車の外部社会への接続性

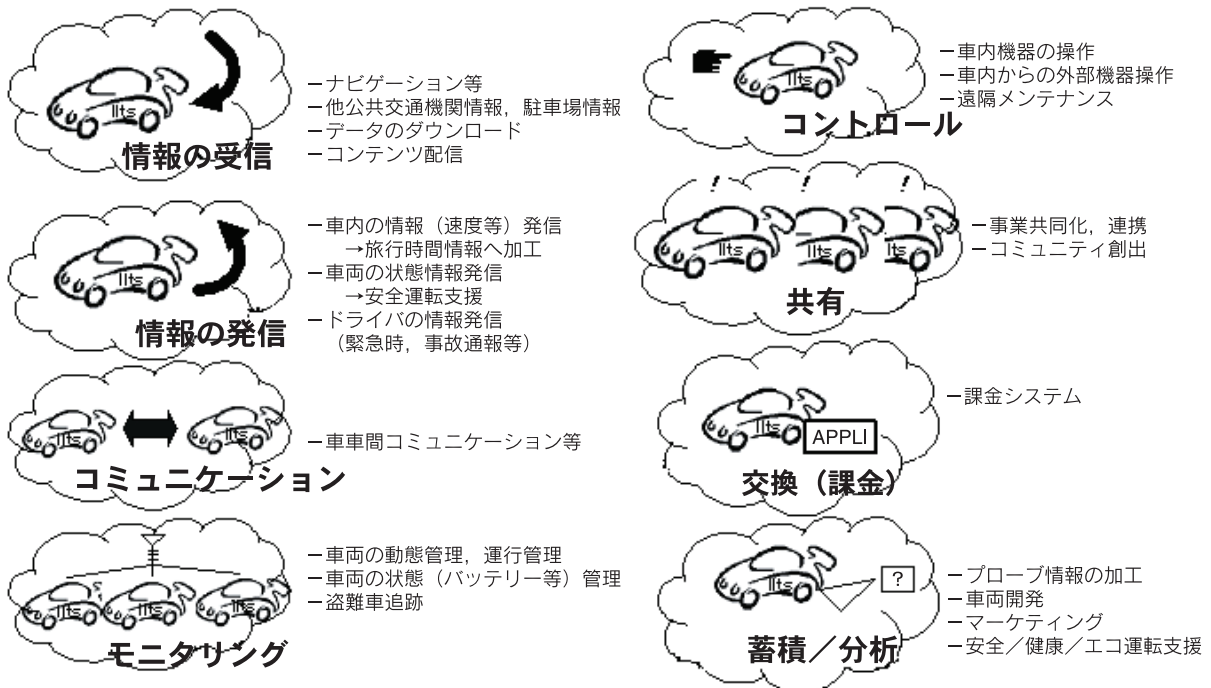


図-2 インターネットITSの8サービス

発信することができる。

(3) コミュニケーション

情報の送受信に関するサービス要素：たとえば、無線通信技術を用いた車車間通信によるコミュニケーションサービスや、グループ管理機能を備え、音声およ

び画像処理技術を用いたシステムが考えられる。

(4) モニタリング

情報の観測に関するサービス要素：移動車両の動態や、タクシーやバスなどの位置情報を管理するサービス等。エンジン停止時電源供給問題が解決された場合



は、駐車時の車両監視や盗難車追跡サービスも可能となる。

(5) コントロール

操作・制御情報の送受信に関するサービス要素：ドアロックやエンジン始動など、車内機器を外部から操作するサービスおよび、車内から扉や窓の施錠や家電製品の操作など、外部機器を操作するサービス等。これについては、車両と通信双方の安全性を十分に確認した後に実現されることが期待される。

(6) 情報の共有

情報を共有することに関するサービス要素：インターネット上に集積された車両からの情報を共有し、加工することで異なる事業の共同化や連携サービスが可能となる。これにより、新しいコミュニティが創出され、新たなITS市場の形成が予想される。

(7) 交換（課金）

情報とその対価の交換に関するサービス要素：料金の自動收受システムや駐車場およびガソリンスタンドなどの課金・支払いシステム等。

(8) 情報の蓄積・分析

情報を蓄積・分析することにより高度利用を行うサービス要素：プローブ情報等の情報の集積および加工、または開発した車載機器の技術を応用したサービス等。車両開発やマーケティング、道路交通計画などに対する分析などが考えられる。また、道路管理と緊急通報に連動した、保険などのサービスも期待される。

また、車両の位置情報と合わせて、車両状態（バッテリーや燃料、エンジン等）の情報を蓄積・管理することで、最寄りのガソリンスタンドや修理工場などを検索することも可能となる。

インターネットITSプロジェクトの活動体系

インターネットITSプロジェクトでの活動は、社会的要請に沿った技術的な研究基盤の構築からその基盤を用いたサービスの体系化まで、多岐にわたる。そのため、本プロジェクトでは、2001年度の活動体系として、さまざまな活動をその目的および役割ごとに分割した上で互いに連携しながら協調して検討および研究開発を行った。2001年度、本プロジェクトで検討した事項は以下のように分割できる。各社から技術者と決議権を持つ関係者が数名ずつ参加するかたちで、これらの研究開発に関する議論と実働を進めた。

・インターネットITS基盤の仕様策定

基盤のシステム構成や車両データ辞書の標準化、個別車両/地理位置情報、名前空間の構築方針など、車

両をインターネット側からどのように見せるかを規定する基盤仕様の検討と策定を行う。

・インターネットITSのコンセプト検討

インターネットITSプロジェクトにおいて全体活動の軸となるサービスイメージの分類および技術開発コンセプトを構築する。本プロジェクトで検討したインターネットおよび車載技術を搭載した高機能実験車の制作にも取り組む。

・首都圏における実証実験の検討と実施

位置情報に連動したPUSH型のアプリケーション構築や、駐車場（川崎）およびガソリンスタンド（武蔵小杉）におけるキャッシュレス決済システム（Edyカード）実験等、首都圏実験に関する技術的検討および戦略を議論する。

・名古屋市における実証実験の検討と実施

2001年度の実証実験に用いる3種類の車載器の開発に関する仕様策定や、約1,570台のタクシーの情報を扱う名古屋地区での大規模実証実験に関する技術的検討および戦略を議論する。

・インターネットITSのポータルサイト作成および運用

インターネットITSプロジェクトの活動を広く周知し、そのサービスを提供するための、会員管理を含む情報集約センター機能を中心としたポータルサイトを構築し運営する。

これらのほかに、インターネットITSのコンセプトに則した高機能実験車作成に関する議論、ポータルサイトの作成と運用に伴うコンテンツ作成に関する議論などについても積極的に行った。また、首都圏および名古屋市における実証実験のための、共通開発部分の議論や開発スケジュールの調整、高機能実験車への機能搭載の検討を行う場が適宜設けられた。

プロジェクト全体の状況および進捗把握と重要事項決議には、各社数名ずつの代表者でさまざまな審議必要事項を検討できる場を設定した。また、プレス発表の開催や各種イベントへの参加など、本プロジェクトの周知促進および開発した基盤技術などの普及戦略を目的とする広報に関する検討も実施し、実行委員会を設置した。

研究開発項目

インターネットITS基盤の構築にあたり、検討すべき技術項目が、車両間や車両とインターネットを接続する技術や、接続された車両に対するサービス等のように、属する分野が多岐にわたるため、これらの項目をインターネットの階層構造に沿ったかたちで大まかに



以下の3つに分類・整理して検討を進めることとした。

- (1) 通信基盤
- (2) サービス基盤
- (3) アプリケーション開発ポリシー

この分類と、前章のインターネットITSが目指すサービス像を受け、共通基盤として必要となる要素技術を本プロジェクトでの研究開発項目として以下のように分類し、要素技術を抽出した。

- (1) 車両や既存の独立システムをインターネットへ接続するために必要なもの
- (2) 接続した車両や既存システムをインターネット上で扱う上で必要なもの
- (3) インターネットITS基盤を利用する上で必要となる機能およびポリシー

＜車両およびITS等の既存システムをインターネットへ接続するために必要な技術＞

インターネットに車両や既存システムをつなぐため、インターネットITS基盤の通信部分にあたる技術として、複数の次世代インターネット技術を検討した。まず、1台の車両に1つのIPアドレスではなく、将来的に車両の複数の機器にIPアドレスを割り当てることを考え、広大なアドレス空間を持つIPv6を基礎とした通信基盤を採用した。これにより、各シートや複数の車載デバイスに個別のIPアドレスを割り当てることを想定したアプリケーションの設計が可能となる。さらに、地球規模でサービスされている通信インタフェースがないことを考慮し、車両が異なるネットワーク間を継続的に通信しながら移動する際に、広域な通信範囲を獲得するために必要なMobile IPの技術や、通信インタフェースの自動切替機能の開発を進めた。IPv6に対応したMobile IPとして、Mobile IPv6技術¹⁾を用い、これらの機能を車載ルータに搭載することで、利用者が通信インタフェース(デバイス)を意識することなく適切な通信インタフェースと同一IPアドレスを用いた通信が可能になり、通信の移動透過性が確保される。また、車両に搭載した通信用車載器をMobile Gatewayに見立て、ホストだけでなくネットワークの移動透過性を支援するために、Mobile Network, Mobile Router^{2)~4)}などの技術についても検討した。この検討により、車両に多くのセンサが搭載された場合、車両を1つの移動ネットワークとして捉えることが可能となるため、車両内のセンサ管理およびシステム運用の利便性と、それに対応するサービスの拡大が期待できる。さらに、有料道路自動料金収受システム(ETC)でも利用されている狭域無線通信(DSRC: Dedicated Short Range Communication)基盤をインターネットに接

続するためのIP over DSRC技術についても開発した。これは、インターネットと他の情報通信基盤との共生と親和性の検証を図ったものであり、結果として車両への大容量コンテンツ配信が可能となった。

＜車両および既存システムをインターネット上で扱う上で必要な技術＞

インターネットにつながった車両や既存システムをインターネット上で扱うためには、いくつかの情報の正規化や関連技術との共生の仕組みが必要となる。インターネットITSのサービス基盤部分では、車両やシステムからの情報をどう扱うか、ということについて検討した。まず、車両の個体識別や車両の状態(アクセル開度やブレーキ、舵角等)を情報として扱うため、車両データ辞書を定義した。現在、この車両データ辞書は、ISO/TC204/SWG16.3において標準化のための議論がなされている。これらの車両からの情報をインターネット上で集積したプローブ情報管理システムについても、プロトタイプを設計し、実装・評価を行っている。このシステムは、個々に持つ値には大きな意味を持たないもの(1台の車両のワイパ稼働情報等)でも、インターネットに接続され、情報を蓄積/管理/加工されることで有用な意味(リアルタイムな降雨情報等)を生じるNetworked Applicationの典型例といえる。また、移動する車両の位置情報(緯度経度高度)を地図上にマッピングさせるため、補正情報の扱いや情報をインターネット上に集約するタイミングなどを検討した。このように位置情報管理の枠組みを検討することにより、GPSなどの測位関連技術との共生と親和性を図った。さらに、会員管理および決済の一手段として、ポータルサイトの作成/運用と電子決済の実証実験を行った。2001年度では利用者を限定してのサービスとなったが、今後、個人認証やプライバシー管理、情報の完全性と機密性の確保などについて検討をする予定である。

このように、サービス・機能の共通のインタフェースを持ったインターネットITS基盤でのアプリケーション開発を支援するサービス基盤についても、多岐にわたる議論がなされている。

＜インターネットITS基盤を利用する上で必要となる機能および仕組み＞

他分野の技術との共生や親和性を考慮し、ソフトウェア開発に関するコストを低減するため、インターネットITS基盤技術はオープンにし、通信基盤およびインタフェース部分を共通化した。また、アプリケーションの差別化を図れる余地を残した標準化についても検



図-3 高機能実験車

討した。インターネットITSの通信基盤およびサービス基盤として提供された環境を前提に、配車システムや地図情報配信のようなアプリケーションを誰でも自由に構築できる仕組みを確立するため、車載アプリケーションは、JAVA VMによる共通ソフトウェア実行環境を用いて構築している。また、各シートに個別のIPアドレスを割り振ることを前提として設計したアプリケーションのプロトタイプとしては、Mobile IPv6およびマルチキャスト技術であるXCAST⁵⁾、⁶⁾を用いたグループコミュニケーションのアプリケーションを実装した。これは、高機能実験車に搭載・運用することで、その有効性を評価する。車両データ辞書の有為性については、車両動態管理システムを構築し、位置情報およびプローブ情報管理と組み合わせて大規模実証実験において評価を行った。

実証実験

インターネットITSで構築した基盤の有効性を検証し、2001年度のプロジェクトの成果を正しく評価するため、2002年1月から3月の間に大規模な実証実験を行った。本章では実証実験の目的と各実験の概要について述べる。詳細については、インターネットITSプロジェクト(実験編)において記載される。

<実証実験の目的>

インターネットITSが提唱するコンセプトおよび基盤仕様を実証し、技術的課題と事業化の可能性を検証する。また、この実証実験の結果を基に、本プロジェクトを広く情報発信する。

<実証実験の概要>

共通のITS基盤の構築による今後のITS分野の産業の成

長を促進することを目的に、1台の高機能実験車による実験と、首都圏および名古屋地区における約1,570台の車両を用いた大規模実証実験を2002年3月までに実施する。

<高機能実験車による実験>

コンセプト検討WGでは、インターネットITSの技術開発およびサービスコンセプトを確立し、それに対応してインターネットITSが目指す姿を検討した。その検討を基に、実現されるであろうシステムの一部を具現化した高機能実験車を製作し(図-3)、技術の実現性検証と、アプリケーションの設計、実装、評価実験を行った。

高機能実験車における主な実証実験評価項目は以下のとおりである。

- IPv6による車内ネットワーク化と外部とのコネクティビティ確保
- 複数の通信インタフェース(デバイス)を用いた通信ルータ機能の実現
- 音声ポータル機能の正常動作
- 各種アプリケーションの設計と、搭載機器の妥当性の検証

(運転者安全運転支援、乗員別健康管理、グループメディアコミュニケーション、車両動態監視)

<大規模実証実験>

2001年度は、キャッシュレス決済システムを軸とし、駐車場およびガソリンスタンド事業者を対象とした首都圏地区と、コンテンツ提供/配信システムおよび業務支援センター構築を軸とし、タクシー業者を対象とした名古屋地区で実証実験が行われた。それぞれの実証実験概要について、以下に述べる。

■首都圏実験

川崎および武蔵小杉周辺に在住の一般ドライバーを主なユーザと想定したサービスを構築し、実験する。ガソリンスタンドにおけるサービスガイダンス、コンテンツ配信、駐車場における決済、コンテンツ配信等のサービスについて検証する。また、車両の走行中の情報を提供することで、プローブ情報システムとしての実験および評価も行う。

■名古屋実験

愛知県名古屋市を中心としたタクシー利用者およびタクシー業者を主なユーザと想定したサービスを構築し、実験する。タクシー業務用サービス等を行うセンターシステムをインターネットITS基盤上に設営し、乗客向け情報提供サービスおよび移動するタクシーの動



態をプローブ情報サービスとして、提供する。また、実際にタクシーに搭載する機器を目的に応じて開発し、その動作検証を行う。

本稿では、実証実験については概説にとどめる。それぞれの実験に採用した技術や開発環境、実験の評価考察などの詳細についてはインターネットITSプロジェクト(実験編)を参照されたい。

将来の展望と今後の研究課題について

本章では、インターネットITSプロジェクトの2001年度の活動では開発できなかった技術(今後の展望/将来性)について述べる。

課題1：通信路のIPv6化

今回のインターネットITS基盤では、既存の携帯電話網などの通信基盤を用いたが、一部サービスでIPv6対応でない部分が残っていたため、すべての通信路のIPv6化は実現できなかった。したがって、本実証実験は、IPv4およびIPv6のネットワークが混在した、インターネットプロトコル過渡期の実験として評価した。今後、インターネットがIPv4からIPv6へシフトし、すべての通信基盤やサービスがIPv6対応になることを踏まえて、サービス基盤を再構築していく。

課題2：セキュリティ

課金システムや情報の提供/配信システムを取り扱う情報通信基盤を構築する上で必須となるセキュリティ機能の検討・開発ができなかった。今後、社会基盤の1つとして普及させるため、以下の項目について検討する必要がある。

- 課金や個人情報を扱うサービスを構築する際に必要となるプライバシー管理
- 情報の完全性と機密性の確保
- 移動体通信に特化した問題の抽出と通信の秘匿性等

課題3：すべての車載機器に対するIPアドレスの割り当て

2001年度の実証実験では、車両に搭載しているすべての機器にIPアドレスを割り当てることができなかった。設計の段階では、IPv6やMobile IPv6の採用などにあるように、広大なアドレス空間でのend-end通信を前提としているため、今後、安全基準を理解した上で、車載機器の独立した通信/制御の必要性の議論と開発に向けた技術的な検討を行う。

将来の展望 —ビジネスチャンスの創出—

インターネットITSプロジェクトでの活動は、社会的要請に沿った技術的な研究基盤の構築からその基盤を

用いたサービスの体系化まで、多岐にわたる。つまり、インターネットITS基盤を用いたサービスは、自動車、自動車部品、電気電子、通信関連といったインフラ提供側の企業にとどまらず、商業・流通業、輸送事業者、ガソリンスタンド、駐車場、飲食店、小売店舗、各種コンテンツ提供者等の広汎な企業が関与できるものであるといえる。これは、今まで独立にシステム開発を行っていた産業の統合や、開発コストの低減、サービスの組合せによる新規事業の発現など、きわめて大きなビジネス機会を創出するといえる。

さいごに

本稿ではインターネットITSプロジェクトの概要と2001年度の活動体系について述べた。インターネットITSプロジェクトは、共通基盤の設定と構築、および、各ITS関連サービスに対する共通インタフェースの提供を軸とし、関連技術の研究開発促進と実行環境の共有による実証の効率化を目指した産官学共同のプロジェクトである。今後、ITSのみならず今後の移動体通信環境の各種サービスに対しても、共通の通信基盤とインタフェースを提供するように関連システムの再構築を図ることで、技術・社会環境・市場などの急激な変化に柔軟に対応した、効率的かつ多面的なサービスの実現が期待される。

謝辞 本プロジェクトの研究開発は、経済産業省の支援のもと、慶應義塾大学SFC研究所を中心とし、トヨタ自動車(株)、(株)デンソー、日本電気(株)の4組織共同研究体制により行われた。また、プロジェクト推進にあたり、(株)三菱総合研究所の協力を得た。インターネットに対応した車両内の情報のあり方や、その情報の正規化および標準化については、(財)自動車走行電子技術協会へ委託を行い、アプリケーションの検証に関しては各種事業者および奈良先端科学技術大学院大学などの研究協力組織の協力を得た。関係者各位に心より感謝いたします。

参考文献

- 1) Johnson, D. B. and Perkins, C.: Mobility Support in IPv6, Internet Draft, work in progress.
- 2) Ernst, T., Lach, H.-Y. and Castelluccia, C.: Network Mobility Support in IPv6: Problem Statement and Requirements, Internet Draft, work in progress.
- 3) Ernst, T., Bellier, L., Olivereau, A., Claude, C. and Lach, H.-Y.: Mobile Networks Support in Mobile IPv6 (Prefix Scope Binding Updates), Internet Draft, work in progress.
- 4) Noble, B., Nguyen, G., Satyanarayanan, M. and Katz, R.: Mobile Network Tracing, Request for Comments, rfc2041.txt (1996).
- 5) Ezaki, Y.: Mobile IPv6 Handoff by Explicit Multicast, Internet Draft, work in progress.
- 6) Lee, J. and Shin, M.-K.: Explicit Multicast over Mobile IP (XMIP), Internet Draft, work in progress.

(平成14年2月20日受付)

