

1 インターネット 自動車概要

植原 啓介 kei@wide.ad.jp / 慶應義塾大学 政策・メディア研究科

砂原 秀樹 suna@wide.ad.jp / 奈良先端科学技術大学院大学情報科学センター

村井 純 junsec@sfc.wide.ad.jp / 慶應義塾大学 環境情報学部

はじめに

現在、自動車の分野では、高度道路交通システム (Intelligent Transport Systems : ITS) の名の下に、これまで自動車が抱えてきた安全性や環境保全等の問題を解決する目的で、自動車の情報化が進められている。もちろん、本来の「人や物を運ぶための自動車」自体が計算機によって制御される機械に移り変わりつつあることも、ITSに期待が寄せられる要因の1つとなっている。ITSは1つの統合された交通システムを構築することを目指しているが、その性質上、システムが巨大になるため、全体の統制をとったシステムを構築するのは難しいという問題を含んでいる。

一方で、自動車はインターネット移動体通信の実験の場としては最良である。自動車は発電を行いながら稼働しており、PDA等に比べると電源やスペースの面で資源に余裕がある。しかしその反面、高速で広範囲を移動し、安定した通信環境を提供するための負荷は大きなものとなっている。以上のことより、インターネット自動車環境は、比較的余裕のある資源で厳しい環境に対応したシステムを構築することになり、次世代の移動体通信システムの水先案内人的地位に立つことになる。

本稿では、自動車情報化のニーズおよびそれを実現するための技術的課題について整理する。また、それに対する解決案を示す。

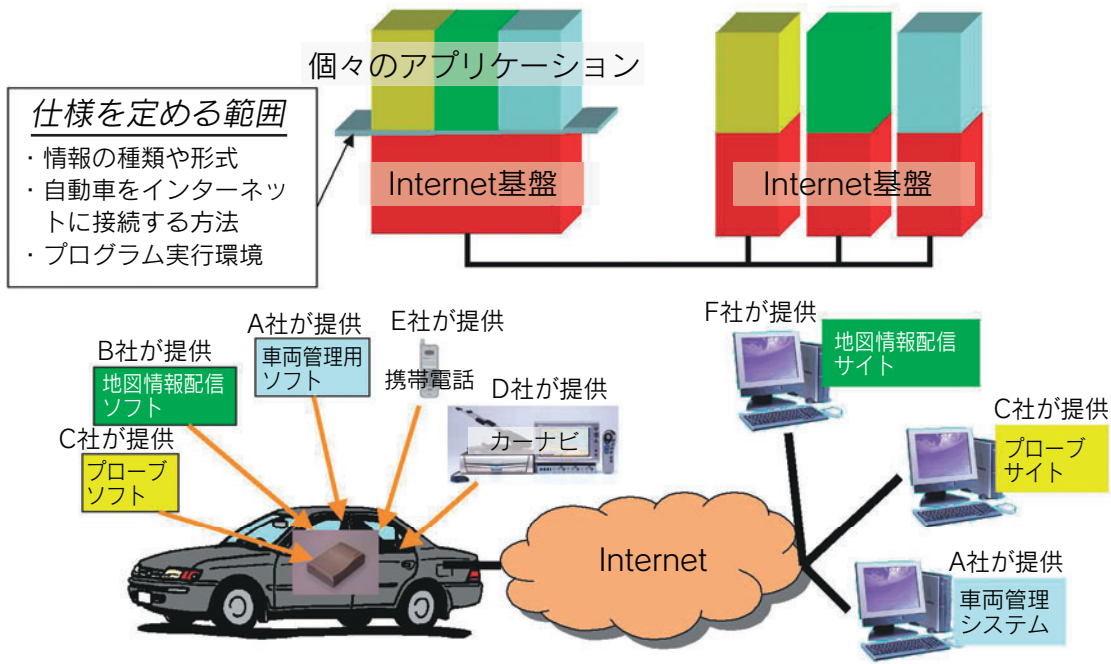
インターネット自動車が 社会に与えるインパクト

まず、自動車がインターネットに接続されることの社会的インパクトについて考える。自動車自体の計算機による制御が進み、近年では衛星通信や携帯電話を利用した外部との接続機能を持つ機器が自動車に搭載されることも多くなった。このような事例とインターネットへの自動車接続の違いについて整理する。

＜ITSシステムアーキテクチャからみたシステム概観＞

ITSの分野では、国内外においてシステムアーキテクチャが整備されようとしている。システムアーキテクチャはITSが想定する巨大なシステムの地図のような役割を担うものである。日本のシステムアーキテクチャは、ITSサービスを9つのサービス分野と20のサブサービスに分類し、それぞれについて車載計算機やセンターシステムが持つべき機能を規定していた。現在はサブサービスが1つ増えて21のサブサービスとなっている。

インターネットを使った自動車の情報化とITSの概念の違いは、21番目のサービスが追加された事実に端的に表れている。21番目のサブサービスは携帯電話やインターネットの普及に伴って追加された「高度情報通信社会関連情報の利用」で、交通システム以外の分野との連携が重要視されはじめたことによって追加された。将来的にはITSのシステム全体を支える基盤となることも期待されているが、まずは、インターネットは交通情報やPOI (Point of Interest) 情報の提供やエンターテイメント



インタフェースを明確化することにより、多くの開発者が自由にアプリケーションを開発できる環境を提供する。

図-1 インターネットを基礎とした自動車情報化基盤の概要

等に利用されることが想定されている。

＜自動車インターネットに接続される意味＞

パーソナルコンピュータ等の「いわゆる計算機」がインターネットに接続されるようになり、次の段階として身の回りのものがインターネットに接続されようとしている。家電やオフィス機器が良い例である。このように身の回りのものがインターネットに接続されるようになると、それぞれの機器が持つ機能が外部インタフェースとしてインターネット上に提供されるようになり、これを再構成することによって新たなサービスを生み出したり、より便利な利用方法を提供することが可能となる。

身の回りの物の情報化が進んでいる中、自動車だけがインターネットに接続されていない状態では、結局、交通機関として不便なまま自動車社会を残すことにつながる。自動車自体の価値を見出すことができなくなり、社会に残してきた負の遺産をさらに拡大する結果になる。

逆に自動車をインターネットに接続することによって社会の情報化を促進することも考えられる。自動車は後に述べるように家庭の縮図とみることができる。先行して自動車をインターネットに接続して一般的なアーキテクチャを構成することは、家庭の情報化のア

ーキテクチャを提案することにもつながる。

これらのことより、インターネットを利用した自動車情報化のアーキテクチャが、図-1に示すようなインターネットを基盤とした自由なアプリケーション構築環境となることが重要である。

インターネット自動車の技術的論点

自動車をインターネットに接続し、自動車が持つ情報の共有やインターネット上のアプリケーションやコンテンツの自動車側からの利用を実現するためには、いくつかの技術的論点がある。本章ではこれらの論点について整理する。

＜通信基盤＞

第1の論点として、自動車をインターネットに接続する技術に着目する。自動車をインターネットに接続する場合、自動車の下記の特徴に注意する必要がある。

- (0) 移動する
- (1) 広範囲 (を移動する)
- (2) (移動方向が) 予測できない・連続的に移動する
- (3) 高速 (で移動する)
- (4) 膨大な数
- (5) 生命にかかわるため、絶対的な安全性が必要
- (6) 通信相手が (現在のところ) 特定できない



(7) トラフィックパターンが(現在のところ)予測できない

(0) ~ (5) は自動車が本質的に有する特徴, (6) ~ (7) はこの分野が未成熟なために表れる特徴である. 上記の特徴を通信の視点から分析するといくつかの技術的課題が明らかになる.

まず, (1) の特徴は下記のことを意味している.

(1) -1 無線接続が必須.

(1) -2 1つのセルですべての地域をカバーすることはできない.

米国を横断する長距離トラックなどの存在を考慮に入れると衛星通信でもすべての地域を1つの無線セルでカバーすることは難しい. セル間のハンドオフ (Horizontal Handoff) を考慮に入れる必要がある.

(1) -3 1つの通信メディアですべての地域をカバーすることはできない.

自動車がトンネルや立体駐車場等の建物内などを移動することを考慮すると携帯電話や衛星通信などの広域通信を利用するだけでは不十分である. また, 工場構内などを主な移動エリアとしているような自動車の場合, コストの面から可能な限り構内網を利用したいなどのニーズもある. これらの問題を解決するためにメディア間のハンドオフ (Vertical Handoff) を考慮に入れる必要がある.

次に (2) の特徴は以下のことを意味している.

(2) -1 セル方式の場合, 隣接するセルにしか移動しない.

(2) -2 どのセルに移動するかを予測することは難しい. 携帯電話等でも移動を予測することは難しいため, 条件は同じであるが, (3) の特徴があるため, 次の点も考慮しなければならない.

(3) -1 高速移動に耐える無線メディアが必要.

(3) -2 高速なハンドオフが必要.

現在, 国内で約7,000万台, 全世界で約10億台の自動車が存在しており, (4) の特徴は将来的にはこの全数が接続されることを考慮しなければならないことを意味している.

アプリケーションにも依存するが (5) の特徴を持つため, 通信の安全性には細心の注意が必要である.

(5) -1 なりすましなどによる虚偽の通信の排除.

(5) -2 輻輳やDoS攻撃 (運用不能化攻撃) の抑制.

(6) および (7) の特徴はこれまでに述べてきた5つの特徴とは性質が異なる. ITSの分野ではシステムアーキテクチャの整理によりITSサービスが分類されているが, 現実にはどのサービスがどのような形で普及するかは未知数である. このため, 通信基盤からのシーズとア

プリケーションからのニーズの間で実際のトラフィックが決定されることとなる.

<車両情報の正規化>

2つ目の論点は自動車の持つ車両情報の共有方法である.

自動車のインターネット接続は2つの見方ができる. 1つは自動車の視点から, もう1つはインターネットの視点からの意味付けである. 自動車の視点から自動車のインターネット接続をみた場合, インターネットは自動車の4番目のネットワークとみることができる. 一般に, 自動車の内部には次の3つのネットワークが存在しているといわれている.

①エンジン等の制御を担当する「制御系ネットワーク」

②ライトやパワーウィンドウ等を制御している「ボディ系ネットワーク」

③オーディオやカーナビ等を接続する「マルチメディア系ネットワーク」

用途で分類された他のネットワークとは少々分類の方法が異なるが, 上記3つのネットワークに加えて外部 (他の自動車, 交通管制システム, 家電など) との接続を担当する4番目のネットワークとみる視点である. 4つ目のネットワークであるインターネットは, ①, ②, ③のネットワークとゲートウェイで接続され, 「車外との情報交換」を担当する. このネットワークは他のものと比べて, 下記のような要求が存在している.

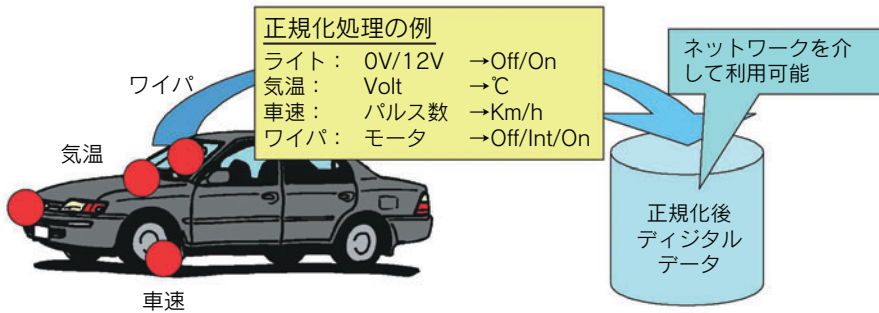
- 車内に閉じた値ではなく, 一般的な値として表現しなければならない:

車速情報は車内では車速パルスのカウンタ値として表現されるが, これは車両固有のものであり, 外部との情報交換には適当でない.

- セキュリティレベルや要求通信仕様 (遅延や通信量など) の違う情報を取り扱わなければならない:

先に述べた3つのネットワークは, 用途によって分類されていたため通信に対する要求がネットワーク内では均一であったが, インターネット上を流れる情報は必然的に非均一なものとなる.

一方で, インターネットには家電などの生活に必要な機器が接続されてくることが想定されている. インターネット側の視点からみた場合, 自動車もその1つと位置付けられる. インターネットにこのような機器が接続された場合, それぞれの完成された機器を機能ごとに分解し, 再構築することによってアプリケーションを構成することになる. 自動車の機能も機能ごとに



一般的な物理量に変換してインターネット上で公開することにより、他のサービスとの連携を図ることが可能となる。

図-2 自動車を持つ情報の正規化処理の例

の状況も考慮しなければならない。

(2) 性能

自動車に搭載される計算機の性能は、搭載される部品の評価期間や搭載される環境(放熱など)、コストなどの問題から、高性能なものを期待することは難しい。現在、カーナビ等に搭載されているCPUはPDAに利用されているものと同程度のものである。

ここで、(2)の性能については改善されつつあり、近い将来、ユーザアプリケーションを実行

分解され、外部インタフェースを提供する必要がある。これを要求事項としてまとめると、次のようになる。

- 多種多様な情報を一般性をもって取り扱わなければならない。

どの機能が有用であるかは、自動車側からのシーズだけで決まるものではなく、それを組み合わせるアイデアによるものである。アイデアの具現化を妨げないためにも、図-2に示すように他の情報機器(情報家電など)とレベルを合わせたインタフェースの切り出しが必要となる。

現在、このような視点に基づいた活動がISO TC204 WG16.3で始められている¹⁾。

<ソフトウェア実行環境>

現在の自動車情報化を妨げているものの1つに、カーナビ等の車載計算機のモノリシック性を挙げることができる。現在の自動車内に搭載される車載計算機の多くは単機能なものであり、ユーザが自由にカスタマイズできる範囲は小さい。これは、現在の携帯電話やセットトップボックスなどがユーザアプリケーションの実行環境を提供しはじめている動きには追従できていないことを表している。安易に追従できない理由として、下記のような自動車の特殊性を挙げることができる。

(1) 安全性

自動車は人の生命にかかわるものであり、安易にカスタマイズできるようなものであってはならない。たとえオーディオの制御であっても突然音量が大きくなったためにドライバーがハンドル操作を誤るなど

するのに十分な性能を持つようになると考えられる。このような状況を鑑みると車載計算機上でユーザアプリケーションを支援するための要件は「(1) 安全性の確保」ということになる。

また、一方で、携帯電話等がインターネットに接続されてユーザアプリケーション実行環境を持つようになった現在、車載計算機に同様の機能を搭載するメリットが見出しにくい、という議論がある。しかし、実際には、資源が潤沢である(表示領域が大きい、計算機としての処理性能が高いなど)、自動車が持つ情報を利用できる、利用環境をある程度特定できる、などの利点がある。車載計算機のソフトウェア実行環境を構築する場合、このような利点を十分に活かすことができる仕様にする必要がある。

<共通サービス基盤>

インターネット上でのアプリケーション開発を推進するためには、自動車がインターネットに接続されているだけでは不十分である。先に述べたように車載計算機がその能力を十分に発揮できるアプリケーションは、自動車の車両情報を利用したものである。そこで、これらの情報を十分に利用できるだけの枠組みが必要となる。まず、自動車の特殊性を考慮すると下記のような特性を挙げることができる。

- 移動する。
 - 安定した通信の提供が難しい。
 - ドライバへの情報提供は量および方法が制限される。
- 日本の自動車業界においては、たとえばドライバーに対する文字による情報表示は16文字2行までといった自主規制を行っている。



- ドライバによる操作工数に制限がある。
- 音声によるユーザインタフェースに対する受容性がある。
- 家庭内同様、さまざまな機器（が持つ情報）が存在する。

自動車の中には走行に関係する装置以外にも、エアコンやオーディオ、室内灯等の装置も存在し、家庭の縮図とみることができる。

- 利用者が固定されていない。
携帯電話では1台の携帯電話を複数人が利用することは少ないが、自動車の場合、複数人で1台の自動車を利用することが少なくない。

上記のような特性をもとに、いくつかの共通サービス基盤を例に挙げてその必要性について説明する。

■地理位置情報サービス基盤

自動車の車両情報のうち、一番基本的な情報が地理位置情報である。しかし、地理位置情報はインターネットが一番不得意とする情報でもある。インターネットは場所にとらわれない情報環境を実現できることをメリットとして発展してきた。しかし、社会の情報基盤として利用されはじめると、地理位置情報を扱えないことは致命的な欠点となる。特に、地理位置情報が基本情報の1つとなっている自動車向けサービスにおいては、早急にこの基盤を整備する必要がある。

自動車向けのインターネットアプリケーションを構築する際に必要となる地理位置情報サービス基盤の要素技術としては、下記のようなものを挙げることができる。

- 位置検索：IDから位置、範囲からIDの検索機能。
- 道路地図の整備：共通な道路IDを持つ地図基盤の整備。

■音声サービス基盤

自動車においては、ユーザインタフェースの制限が多い反面、音声によるユーザインタフェースに対する受容性が高いという特徴がある。そこで、インターネット上では一般的にはあまり普及していない音声を中心としたサービス基盤を整備する必要がある。音声サービス基盤には次の2つが存在する。

- (1) 音声入力
- (2) 音声出力

(1)の音声入力では音声認識等の技術が必要になる。インターネットを使った音声認識では大別して認識エンジンをローカルに持つ方式とサーバに持つ方式が存在する。一方、音声出力としては音声合成等の要素技

術が必要となる。また、音声を有効に利用するためのコンテンツからのキーワードの抽出、要約などの機能も必要となる。

■プロファイリング基盤

プロファイリングも重要な機能の1つである。自動車への情報提供では、自動車そのものに依存した情報を提供する場合と人間に依存した情報を提供する場合の2つが考えられる。前者はメンテナンス情報やリコール情報等、後者は音楽情報やPOI情報等である。どちらの場合でも、欲する情報を自動的に選択して適当な情報を提供できる仕組みが必要となる。このためには下記のような要素技術が必要となる。

- (1) 情報を取捨選択する機能
- (2) 個々の趣向を蓄積する機能

「(1) 情報を取捨選択する機能」は自動車専用のものではない。むしろ汎用的なものであるべきである。しかし、自動車を運転しているような状況を考慮すると、自動車の中では特に有用であると考えられる。また、「(2) 個々の趣向を蓄積する機能」は「(1) 情報を取捨選択する機能」に対するパラメータを与える部分である。個々の趣向をあらかじめ設定されているパラメータ（車種、年齢性別等）やこれまでの行動履歴（走行履歴や検索に利用したキーワード等）に基づいて蓄積しておく機能が必要となる。

■ネットワークアプリケーション実行基盤

自動車をインターネットに接続することにより、自動車とのPeer-to-Peer通信が可能となる。しかし、自動車を持つ「常に稼働しているわけではない」という特徴や無線通信が持つ「有線網に比べて低速高遅延で不安定」という特徴を考慮すると、恵まれた環境に置かれている計算機との協調動作を支援する「ネットワークアプリケーション実行基盤」が必要となる。具体的には以下のような基盤が必要となる。

- (1) 車両情報プロキシ
- (2) 分散実行環境

「(1) 車両情報プロキシ」はインターネットの安定した部分に用意すべき機能である。自動車が停止している時や稼働しているが接続性が不安定な時の自動車の機能の代替や通信の軽減を目的とする。自動車の非稼働時にその自動車の駐車位置を知るために、アプリケーションは車両情報プロキシと通信を行い、その位置情報を知る。このため、車両情報プロキシは常に実体である車両情報との情報同期をとっておく必要がある。

また、自動車の通信環境が不安定なことを考慮し、



不安定な通信環境でも安定したサービスができるような「(2) 分散実行環境」の構築も重要な論点となる。現在のインターネットアプリケーションにはキャッシュ技術が組み込まれていることが少なくない。これはネットワークの性能不足を補うための技術とみることができる。自動車を含む環境でのアプリケーション構築では、さらに強力な分散型のアプリケーション実行環境が必要となる。

インターネット自動車プロジェクト

WIDE Projectでは1995年より「インターネット自動車」²⁾について研究を行っている。これまでに述べた課題の整理も本プロジェクトに基づいたものである。本章では、この原点となったインターネット自動車プロジェクトについて解説する。

<プロジェクト概要>

■目的

WIDE Projectは1995年の阪神淡路大震災のおり、凶らずしもインターネットの重要な可能性を知ることになった。インターネットは複数の通信メディアを利用した冗長な経路を持つため災害に強く、災害時の情報交換には最適であった。しかし、被災地においては通信手段が存在しないため、直接情報を入手・提供することが難しかった。そこで、自動車の機動性と資源に着目することとなった。自動車は、発電機やバッテリーを積んでおり、情報機器を駆動するのに十分な環境を独自に持っている。また、当然のことながら機動性も十分であり、さらに自動車は潜在的に周囲の情報を収集する能力を持っている。

そこで、WIDE Projectは自動車をインターネットに接続することにより、普段は自動車や人間の支援に、非常時には情報交換や情報収集に利用できるようにシステムを開発することを目的としたプロジェクトとしてインターネット自動車プロジェクトをスタートした。

■概要

インターネット自動車プロジェクトは、自動車をインターネットに接続する技術の開発からそのアプリケーションまで幅広く研究開発を行う産学プロジェクトである。1995年に活動を開始し、これまでに自動車をインターネットに接続するための技術、インターネット上で位置を取り扱う技術、車両情報をインターネット上に流通させるための技術、衛星測位を支援する技術等の開発を行ってきた。また、この活動をもとに、現経済産業省から自動車走行電子技術協会への委託事業

であるIPCarプロジェクトが1999年にスタートしたり、2000年に高精度測位基盤研究コンソーシアムが設立されたりと、他のプロジェクトにも多大な影響を与えてきた。

次節では、インターネット自動車プロジェクトにおける研究分野ごとにより、具体的な研究内容について説明する。

<インターネット自動車プロジェクトの研究分野>

インターネット自動車プロジェクトの研究分野は大きく4つに分かれている。本節では、それぞれの分野の研究成果について紹介する。

■車載計算機

インターネット自動車プロジェクトでは自動車に計算機を搭載し、自動車との通信を行うことを基礎としている。その際、ラックマウント型の計算機やラップトップ型の計算機など、さまざまな「車載計算機」を利用してきた。その中から、自動車に搭載する計算機に必要な特徴として、下記のようなことが分かった。

- 自動車の情報を取得するインタフェース (A/D, D/D, パルスカウンタ) の必要性
- 自動車へ情報を伝えるインタフェースが必要 (D/A, D/D)
- 位置取得デバイス (GPS等) の必要性
- 複数の通信機器の必要性
- 自動車の動作に連動した電源制御機構の必要性
- 熱設計、耐振動性等の自動車の環境を考慮した設計の必要性
- 簡易な表示機能とHMIの必要性

インターネット自動車プロジェクトでは上記の知見をもとに、車載計算機を開発し、その有効性を検証した。また、車載計算機が必要とするOS機能(上記特徴を支援するドライバ群)をBSD上に実装した。

■インターネットアクセス

インターネット自動車プロジェクトでは、自動車を1つのノードと捉えることによってPeer-to-Peer通信環境を自動車に提供することを提唱していた(最近では自動車にサブネットワークを構築し、複数の機器を接続する方式を提唱している)。そこで、下記の2つの技術開発を行った。

- 複数通信メディア切り替え機構の実装



• Mobile IPの実装

前者はPDC, PHS, IEEE802.11b等を通信環境に応じて自動的に切り替える機能とアプリケーション(実際にはトランスポートプロトコルとポート番号)によって利用する通信メディアを選択する技術からなる。この技術によって、アプリケーションはその時に適当と考えられる通信メディアを自動的に選択して通信を行うことが可能となる。

後者は、RFC2002で規格が決められているMobile IPv4や現在インターネットドラフトになっているMobile IPv6のBSD上での実装である。この技術を使うことによって、上記のメディア切り替えが発生した際にも通信を継続することが可能となる。

■アプリケーション

「車載計算機」「インターネットアクセス」で述べたような基盤をもとに、下記の評価アプリケーションを構築した。

• インターネットAVM (Automatic Vehicle Monitor)

インターネットを介して自動車の位置や動態を監視するシステム。すべてのアプリケーションの基本となる。

• 衛星測位 (GNSS) 補正情報配信システム

現在、FM放送などで提供されているGPSのディファレンシャル情報より、より高精度な測位を可能とする補正情報 (RTK^{★1}, 2周波, 含むGLONASS^{★2}) をインターネットを介して配信するアプリケーション。

• 音楽配信

インターネットを介して音楽を配信するアプリケーション。

上記のアプリケーションより、本プロジェクトによって開発した基盤システムが有効であることを確認した。ただし、インターネットを利用した基盤システムは、その特徴をまとめておくことが重要であるとの知見も得た。個々のアプリケーションを構築する際、原因を調べながらパラメータ調整を行う必要がある。この時、どこまでが基盤システムの担当分野で、どこからがアプリケーションの担当分野かをあらかじめ切り分けておくことにより、アプリケーション開発を効率化することができる。

★1 RealTime Kinematic. ディファレンシャル方式より多くの情報を提供することにより、より高精度な測位を実現する。

★2 ロシアが運用するGPSと同様の衛星測位システム。

■ミドルウェア

上記アプリケーションを開発するうえで共通して必要となる機能を切り出し、ミドルウェアとして構築した。具体的には下記の2つの基盤システムを構築した。

- 地理位置情報システム
- 車両データ辞書とその実装

前者はインターネットが不得意とする地理位置情報を扱うための基盤である。開発した地理位置情報システムは、エージェントとサーバ、クライアントから構成される。エージェントは実際の自動車に搭載されるソフトウェアで、取得した位置をWGS-84³⁾の座標系で時刻とともにサーバに登録する。サーバは分散システムとして構築されており、エリアからID、IDからエリアの検索、ある位置からの最短位置にあるオブジェクトの検索等の機能を持つ。これらの検索はクライアントからの指示で行われる。

後者は車両情報の流通基盤である。自動車の情報は基本的に車内で走行のために処理され、その後は利用されることなく捨てられていた。このため、自動車内の情報は車内で一貫性があればよく、一般的な値で扱われる必要はなかった。しかし、インターネット上で自動車の情報を処理するためには車速ならKm/h、室温なら℃のように一般的な値で表現しておく必要がある。これを実現するため、車両の情報をインターネット上で扱うためのデータ形式をASN.1で定めた。また、これをManagement Information Base (MIB) で実装し、Simple Network Management Protocol (SNMP)⁴⁾により車両から情報を取得する仕組みを実装した。

まとめ

「自動車のインターネット接続」という言葉は、一般には、カーナビでWebを閲覧したり、E-mailを使うようなアプリケーションイメージが強い。しかし、この言葉は、本稿で解説したとおり、社会的にも技術的にももっと重要な意味を含んでいる。本稿で挙げたような論点を1つ1つ解決していくことにより、市場規模60兆円といわれるITSの分野を切り開くことが可能となる。

参考文献

- 1) ISO/TC204 WG16, Configuration of Vehicle Probe Data for WideArea Communication, ISO/PWI22837 (Oct. 2001).
- 2) Uehara, K., Watanabe, Y., Sunahara, H., Nakamura, O. and Murai, J.: InternetCAR - Internet Connected Automobiles-, Proc. of INET'98 (July 1998).
- 3) 土屋 淳, 辻 宏道: GPS測定の基礎, 日本測量協会 (June 1995).
- 4) Rose, M.T.: The Simple Book: An Introduction to Internet Management, Prentice Hall (1994).

(平成14年3月4日受付)

