

第 XXI 部

自動車を含むインターネット 環境の構築

第 21 部

自動車を含むインターネット環境の構築

第 1 章 はじめに

1.1 ICAR ワーキンググループ 2005 年度の活動

インターネット自動車ワーキンググループ（以下 ICAR ワーキンググループ）では、これまでに移動体通信技術の開発とその実験環境の構築（以下 ICAR テストベッド）、他団体と共同による実社会での実証実験への参加活動や研究成果の標準化活動を行ってきた。本ワーキンググループでは前年度に引き続き、2005 年度も移動体通信技術の可用性の検証およびフィールド実験環境の整備に関する議論を行うため、WIDE 研究会や合宿での BoF を利用した議論に加え、月に 1 度定例ミーティングを開催し、継続的に活動している。

1.2 本報告書の構成

本年度 ICAR ワーキンググループで議論してきた移動体通信技術やセンサネットワークに関する研究開発、および、これまでに構築したテストベッド環境の整備のために活動した主な内容と成果は以下の通りである。

- ICAR 合宿での活動成果
- ICAR テストベッドで動作するアプリケーション（P2P ネットワークにおける位置関連情報の管理および検索手法の提案と評価）
Mill: An Information Management and Retrieval Method Considering Geographical Location on Ubiquitous Environment
- インターネット自動車における車載器と携帯端末の連携に関する研究
- インターネット自動車のテストベッドにおける複数 CoA 登録の導入と評価
- InternetITS 協議会での活動と ABS 実験
- プローブカーシステムにおけるプライバシー保護に関する ISO への提案

本章に続く各章で詳細な内容を報告する。

まず第 2 章では、2005 年 5 月 17 日～19 日に慶応義塾大学湘南藤沢キャンパスにおいて開催された ICAR 合宿の目的と成果を報告する。ここでは主に、前年度までに構築活用されていた HAKONIWA シミュレータの規模性や Windows OS での動作確認、複数 Care-of Address 登録実験のための HA（Home Agent）の設定と運用などについて述べる。

第 3 章は、P2P ネットワーク上において位置に関連した情報を管理・検索する手法を提案した論文であり、2006 年 1 月に米国アリゾナ州で開催された SAINT2006 の Workshop “IPv6 Deployment of Technologies and Applications” で発表されたものである。

第 4 章は、インターネット自動車システムにおいて、搭乗者によって車内に持ち込まれた携帯端末のインターネット接続性を自動車と共有するしくみを提案するものである。本研究の成果によって、自動車内のネットワークを安定してインターネットへ接続することが可能となり、また自動車内の計算機がインターネットを利用する場合に利用可能な帯域が増大した。

インターネット自動車のテストベッドでは 2005 年 1 月に標準化された NEMO 標準仕様を用いてインターネットへ接続していた。NEMO 標準仕様では複数インタフェースを同時利用できないため、拡張仕様として複数 Care-of Address 登録が提案されている。第 5 章では、2005 年の ICAR 合宿において複数 Care-of Address 登録を利用してテストベッドを構築した際の報告を行う。

また、WIDE プロジェクト外の関係組織と連携した活動として、第 6 章では、InternetITS 協議会での今年度の活動概要と、2005 年 6 月 2 日に行ったツインリンク茂木における ABS 実験の成果について述べ、第 7 章ではプローブカーシステムのプライバシー保護機能に関する ISO TSC204/WG16/SWG16.3（車両情報のデータフレームに関する標準化）での議論と提案について報告する。

1.3 まとめ

ICAR ワーキンググループの研究活動は、インター

ネット移動体通信技術とセンサデータなどの流通技術を中心に、より実社会のニーズを反映した分野へと広がりを見せている。今後も本ワーキンググループでは開発した技術の実社会への反映を考慮し、社会全体の利益に資するような貢献を目指していきたい。

また、これらの他に、ICAR ワーキンググループは WIDE プロジェクト内における移動体通信およびセンサネットワーク技術に関する情報を他ワーキンググループと交換・共有する場としても機能しはじめている。2005 年度は、複数 Care-of Address 登録や MANET、MIP6 および NEMO の機能などの移動体通信技術に関しては nautilus6 ワーキンググループと、センサネットワークの構成やデータ形式、データ交換などに関しては Live E! や ideon ワーキンググループと、地理位置情報関連技術や ICAR テストベッドを利用したアプリケーションについては igeoid ワーキンググループと適宜連携し、意見交換を行ってきた。今後もこれらのワーキンググループと協調しつつ議論を継続していく予定である。

第 2 章 2005 年 5 月の ICAR 合宿における成果報告

2.1 はじめに

インターネット自動車プロジェクト [317] (以下、ICAR プロジェクト) は WIDE プロジェクト内において自動車をインターネットにつなげること、またその環境の上で考えられるアプリケーションに関する研究活動を 1996 年から行ってきた。

ICAR プロジェクトでは、ネットワーク層における移動体通信支援技術や、アプリケーション層におけるブローブ情報システムなどの研究活動が行われている。このように ICAR プロジェクトにおいては、階層の異なる分野における協調が不可欠であるため、分野を越えた活動が必要である。これまでの活動で、ICAR アーキテクチャの基本的な部分は完成された。次に、各々の機能を個別に精査する必要性が出てきた。そのため、定常的に運用されるテストベッドを構築し、その上で評価を行っている。テストベッドは各分野の研究の連携を容易にするため、図 2.1 のように、ネットワーク層やアプリケーション層などの層別にモジュール化されている [325]。

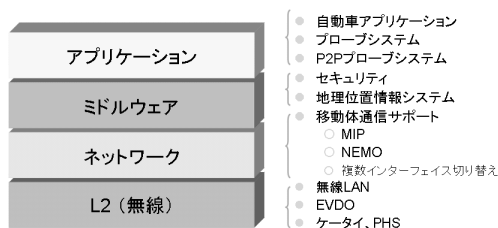


図 2.1. ICAR アーキテクチャ

2.2 2005 年 5 月の ICAR 合宿の概要

ICAR 合宿はこれまで個別に開発を進めていた技術を ICAR テストベッドに組み込み、定常的に運用するため、以下に示す場所・日時に 3 日間に渡って行われた。参加者はネットワーク、アプリケーション、HAKONIWA シミュレータ、IP センサの 4 つのチームに分かれて作業を行った。

場所：慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス Z 館

日時：2005 年 5 月 17 日 12:00-5 月 19 日 17:00

参加人数：11 人

2.3 ネットワークチームの成果報告

ネットワークチームは、1) Home Agent のアップデート、2) Mobile Router のアップデート、3) 複数 CoA 登録の導入の課題に取り組んだ。

1. Home Agent のアップデート

ICAR テストベッドで運用されている Home Agent は KAME プロジェクト [151] で開発した SHISA[257] を用いている。合宿前は、Home Agent は FreeBSD 4.9 の 20040809 バージョンの SHISA で NEMO 標準仕様 [47] の運用がなされていた。今回の合宿では NetBSD の 20050516 バージョンにアップデートした。その後、約 20 台の Mobile Router の Care-of Address 登録を 8 ヶ月間処理しているが、とくに問題なく運用できている。

2. Mobile Router のアップデート

ICAR テストベッドで運用されている Mobile Router は SHISA の NEMO 標準仕様を用いている。今回の合宿では、FreeBSD 4.9 の 20040809 バージョンの Mobile Router のインストールを行った。Mobile Router は PHS と IEEE802.11b のインタフェースを備え、無線の状況に応じて切り替えての利用が可能である。Mobile Router のネットワーク移動を検知する SHISA デーモン

に変更を加えることで、LED の点滅状態によって利用者にどちらのインタフェースが利用可能であるか通知することが可能となった。

また、Mobile Router が利用する IEEE802.11b のアクセスポイントの ESSID や WEP key などの無線の情報を設定する機能を追加した。

3. 複数 CoA 登録の導入

第 5 章にて報告するため、本章では省略する。

2.4 アプリケーションチームの成果報告

アプリケーションチームでは、1) 車両情報管理エージェントを OBD-II 用 IP センサに対応、2) エージェントのコード最適化と Windows 環境への移行、3) VAIO U でエージェントを動作、4) カーナビへのクロスコンパイル環境構築を行った。

1. 車両情報管理エージェントの OBD-II センサ対応

これまで、車両情報を車両 DB に蓄積するエージェントは、IP センサとして温度／湿度、加速度、方位、GPS の 4 種類に対応していた。今回 IP センサチームが新たに作成した OBD-II センサに対応するため、アップデートを行った。結果、これまでと同様の操作で、OBD-II センサからの情報を蓄積することに成功した。このことにより、車両の車速、エンジン回転数、エンジン負荷、冷却水温度の 4 項目を新たに蓄積できることとなった。OBD-II センサについての詳細は 2.6 節を参照のこと。

2. エージェントの最適化と Windows 環境への移行

複数のセンサからの情報を同時に処理する必要があるため、既存のしくみでの 1 秒ごとの情報更新が難しくなった。よって、各センサごとに情報を取得するスレッドを作成し、マルチスレッドで動作するよう改変を行った。このことにより、各センサからの情報を 1 秒に 1 回の更新頻度で取得・蓄積できるようになった。これまでは FreeBSD 5.3-RELEASE を用いていたが、Windows でも動作の確認を行った。これは Java でコードが書かれていたためである。

3. VAIO U でのエージェント動作

これまではノート PC で動作していたエージェントであるが、VAIO U (VGN-U50)[289] を用いて動作することを確認した。しかし、電源がないと車内ネットワークに接続することができないというハードウェア上の問題がある。車両

情報の取得、車内 DB への蓄積は問題なく実行できた。

4. カーナビへのクロスコンパイル環境構築

今回用いたカーナビは Linux が動作する。将来このカーナビを利用した車両情報管理エージェントを構築するため、クロスコンパイル環境の構築を行った。FedraCore2 をインストールした PC を利用し、クロスコンパイル環境を構築したが、合宿中の構築は行えなかった。合宿後、カーナビ用カーネルのコンパイルに成功し、カーナビで動作することが確認された。USAGI プロジェクト [287] で開発中のカーネルソースを利用して見たが、こちらはまだ成功していない。単純なプログラム (HelloWorld と表示する C プログラム) のコンパイル、正常実行は確認された。

2.5 HAKONIWA チームの成果報告

HAKONIWA[106] とは地図データをもとに自動車の移動をシミュレートするソフトウェアである。データとしては時間、緯度、経度、車速、進行方向が生成可能である。HAKONIWA は Java 上で動作し、定期的に DB の車両情報を更新する。ユーザは DB にアクセスし車両情報を利用することが可能である。図 2.2 に HAKONIWA の概略図を示す。

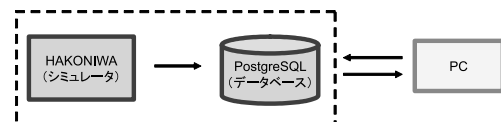


図 2.2. HAKONIWA の概略図

2.5.1 HAKONIWA の動作検証

ICAR 合宿での目的は手持ちのデスクトップやラップトップ環境で HAKONIWA を動かすというものである。ICAR 合宿以前、HAKONIWA は 4 つの XEON (3.06 GHz)、メモリが 6.23 GB という非常にハイスペックな Linux マシンで動作していた。この Linux マシン上で 10000 台の自動車がシミュレート可能であった。このようなマシン環境は簡単に入手できないため、HAKONIWA を一般的なマシン環境でどの程度動作可能なのか検証を行った。また同時に Windows 環境で HAKONIWA が動作可能かどうかの検証も行った。

最初に Windows 上で HAKONIWA の動作環境を構築した。WindowsXP SP2、PostgreSQL8.0、

●第 21 部 自動車を含むインターネット環境の構築

Java2SDK1.5.0 という環境を用いた。HAKONIWA のソースコードに簡単なパッチを当てることで問題なく動作させることができた。次に 2 つの OS を VMware を使って Windows 上にインストールし、1 つの OS 上で HAKONIWA (シミュレータ) を動作させ、もう一方の OS で PostgreSQL (データベース) を動作させた。利用した環境は Fedora3、FreeBSD4.11-RELEASE、VMware4.5、PostgreSQL7.4.2 (@FreeBSD)、Java2SDK1.4.2 (@Fedora) である。IP アドレスの割り当て部分にパッチを当てることでこちらも問題なく動作した。

2.5.2 測定結果とまとめ

ThinkPad を 2 台用意し (X23、T40p)、どの程度車両台数をシミュレート可能であるかを調べた。2 台のマシンスペックはそれぞれ下記のとおりである。

- X23 (CPU : Pentium3-866 MHz、メモリ : 640 MB)
- T40p (CPU : PentiumM-1.6 GHz、メモリ : 2.0 GB)

表 2.1 に各マシン上で HAKONIWA を動作させた際の CPU 使用率の平均値を示した。表から分かるように X23 で 10000 台、T40p で 20000 台程度の車両をシミュレートすることができた。前項で記したように 4 つの XEON をもつハイスぺックマシンと同程度以上の車両台数のシミュレートが可能であった。この原因は XEON マシンの設定などにあると予想され、現在調査中である。

今回の ICAR 合宿を通して HAKONIWA を一般的なマシン環境で動作させるという目的を達成できた。Windows がインストールされたラップトップ PC 上で、また VMware 上で HAKONIWA が動作可能であることがわかった。今後は利用しやすくなった HAKONIWA 環境を使って、車両情報を必要とする研究の評価に用いていく予定である。

表 2.1. シミュレート可能台数

車両台数	CPU 負荷	消費メモリ	マシン
10	10%	50 MB	X23
100	25%	50 MB	X23
1000	70%	70 MB	X23
10000	100%	130 MB	X23
10000	70%	130 MB	T40p
20000	95%	130 MB	T40p

2.6 IP センサチームの成果報告

本合宿において、IP センサチームでは主に 1) DGPS (Differential GPS) 測位機能追加版ファームウェアのインストール、2) OBD-II センサの開発を行った。ここでは、まずはじめに IP センサのファームウェアについて簡単に述べたあと、それぞれの活動についてまとめる。

2.6.1 IP センサのファームウェア

IP センサは、H8 マイコン上の μ ITRON OS[279] で稼働しており、ファームウェアはこの μ ITRON 上で動作するプログラムである。

これまでに ICAR ワーキンググループでは、温度/湿度、磁方位、加速度、GPS の各センサを開発し、今回の合宿で新たに OBD-II センサを開発したが、ファームウェアは各センサ専用のものを用意しているわけではなく、全センサ共通のものを開発し、ファームウェア自身がインストールされたセンサの種類を判別し、各々の機能を提供するようになっている。

2.6.2 DGPS 測位機能追加版ファームウェアのインストール

IP センサのハードウェア開発を担当しているガイオ・テクノロジー株式会社より提供された GPS センサ対応ファームウェア (Ver.0.31) は、GPS の単独測位による位置情報の出力のみ対応し、DGPS 補正情報の外部からの入力には対応していなかった。そこで、より高精度な位置情報を取得するため、GNSS ワーキンググループ (現 igeoid ワーキンググループ) が運用しているインターネット基準局ネットワークによる DGPS 補正情報を利用した DGPS 測位を可能にするファームウェア (Ver.0.311) を 2004 年 8 月に開発した。

このファームウェアは、本合宿までは ICAR ワーキンググループの所有する GPS センサの一部にしかインストールされていなかったが、このファームウェアのコードと、後述する OBD-II センサ対応ファームウェアのコードをマージし (Ver.0.35)、インストールすることで、ICAR ワーキンググループが所有するすべての GPS センサに DGPS 測位機能が追加された。

ファームウェア Ver.0.311 では、図 2.3 に示す MIB を追加した。


```

- SNMPv2-SMI::enterprises.282.16.109.1.1.1.17.17.0
  * STRING
  ( NMEA の GLL センテンスから読み込んだ DGPSMode :
    A 単独測位 / D DGPS 測位 / N 受信不能)
- SNMPv2-SMI::enterprises.282.16.109.1.1.1.17.18.0
  * STRING
  ( RTCM SC-104 メッセージを OCTET STREAM で書き込む :
    community name = icar で書き込み可)
- SNMPv2-SMI::enterprises.282.16.109.1.1.1.17.19.0
  * Gauge32
  ( Ashtech POS センテンスから読み込んだ対地速度 :
    105 なら 10.5km/h )

```

図 2.3. ファームウェア Ver.0.311 での追加 MIB

```

- SNMPv2-SMI::enterprises.282.16.109.1.1.1.18.1.0
  * INT (PID : どんな情報が取得できるかを表す ID)
- SNMPv2-SMI::enterprises.282.16.109.1.1.1.18.2.0
  * INT (speed (km/h))
- SNMPv2-SMI::enterprises.282.16.109.1.1.1.18.3.0
  * Gauge32 (tachometer (rpm))
- SNMPv2-SMI::enterprises.282.16.109.1.1.1.18.4.0
  * Gauge32 (engine load (%))
- SNMPv2-SMI::enterprises.282.16.109.1.1.1.18.5.0
  * INT (coolant tmp. (degree-centigrade))
- SNMPv2-SMI::enterprises.282.16.109.1.1.1.18.6.0
  * INT (intake tmp. (degree-centigrade))
- SNMPv2-SMI::enterprises.282.16.109.1.1.1.18.7.0
  * Gauge32 (accel throttle (%))

```

図 2.4. ファームウェア Ver.0.34 での追加 MIB

2.6.3 OBD-II センサの開発

OBD-II とは、メーカー・車種を問わず、車両から各種情報を取り出すための共通インタフェースである。ICAR ワーキンググループでは、この OBD-II による車両情報をインターネット経由で収集するため、OBD-II センサを製作した。

OBD-II による情報は、専用コネクタによって車両と接続し、シリアルポートから出力される OBD-II アダプタを経由することによって取得される。そこで、ガイオ・テクノロジー株式会社に 2 つのシリアルポートを搭載したセンサの製作を依頼し、このセンサに対応したファームウェア (Ver.0.33) をベースに、Ver.0.34 として OBD-II センサの開発を行った。

ファームウェア Ver.0.34 では、図 2.4 に示す MIB を追加した。

2.6.4 開発したセンサの動作状況

● DGPS 測位機能

インターネット基準局ネットワークによる DGPS 補正情報を GPS センサに入力することにより、測位状況を示す新たに追加した MIB

(DGPSMode) が “D” を示し、DGPS 補正測位が行われていることを確認した。現在、関東の GPS センサは東大の、関西の GPS センサは NAIST の基準局の補正情報を受信して測位中であるが、参照する基準局の動的な切り替えについては別途検討中である。

● OBD-II センサ

OBD-II アダプタと OBD-II センサの組み合わせで、HONDA Fit では各種の情報を取得できることを確認した。しかし、TOYOTA の Celica では取得することができなかった。この原因については現在追究中であるが、OBD-II を経由した車両へのアクセス手順がメーカー間で統一されていないという点が予想される。しかし、OBD-II センサにより、車両の状況にかなりリニアに反応する情報が取得できるようになり、これを生かすことによって、より「見せる」アプリケーションの開発が可能になると考えられる。

2.7 まとめ

本章では、2005 年 5 月の ICAR 合宿において行った

ICARテストベッドのアップデートをまとめた。とくに、ネットワーク、アプリケーション、HAKONIWAシミュレータ、IPセンサの分野で行った作業について報告した。これらのテストベッドはICAR合宿だけでなく、常時運用している。

第3章 Mill: An Information Management and Retrieval Method Considering Geographical Location on Ubiquitous Environment

abstract

To leverage location-related information is useful to get an in-depth perspective on environmental circumstances, traffic situations and/or other problems. To handle the large number of information and queries communication devices issue, some scalable mechanism must be required. In this paper, we propose a peer-to-peer network system called “Mill” which can efficiently handle information related to the geographical location. To simplify the management of the location related information, we convert two dimensional coordinates into one dimensional circumference. Using this technique, Mill can search information by $O(\log N)$. Some DHT networks achieve the same performance. However, DHTs support only exact match lookups. The exact match is not suitable for searching information of a particular region. Mill provides an effective region search, by which users can search flexibly location-related information from small regions to large regions.

3.1 Introduction

Today’s mobile devices such as cars, PDAs, sensors, and other devices become powerful. In addition, these devices have connectivity to the Internet and equip positioning devices such as GPS sensors.

If we use a large number of information these devices provide, we can obtain detailed and real time information. Gathering information based on geographical location can be effective for judging traffic situation, weather condition, and other

circumstances. For example, if we gather rainfall information based on geographical location throughout a city, we know where rain clouds are exactly. This information is useful to the people riding a bike, climbing a mountain, and doing other things. However, if we can not immediately obtain this information, the value of information will be lost. Therefore, to immediately obtain some suitable information based on geographical location, a management mechanism which can handle a large number of mobile devices should be required.

Japan Automobile Research Institute (JARI)[143] experimented with IPcars (taxi; has some sensors and connectivity to the Internet). This experiment showed that gathered information from mobile devices is useful to create detailed weather information. In this experiment, a client-server approach was adopted. In the near future, it will be expected that ubiquitous computing environment come out and the number of queries for location-related information will much increase. Then servers will be much overloaded.

To decentralize information and queries, peer to peer (P2P) networks are widely studied. Especially, P2P network with distributed hash table (DHT) are proposed in many studies[236, 266, 268]. DHTs are scalable to the number of mobile devices and are effectively adapted for entry and separation of nodes. However, there is serious defect. DHTs support only exact match lookups because of adopting a hash function. If we deal with location-related information, exact match will be disturbance. Regardless of geographical distance, all information is assigned absolutely different ID by a hash function. Although some information is geographically close, assigned IDs are not relevant.

Therefore, the exact match mechanism is not suitable for searching a particular region.

There are several P2P networks considering location of information. However, these P2P networks have some defects in dealing with location-related information. LL-net[153] is location based

P2P network. This P2P network defines an area as a square region divided by latitude and longitude. LL-net is optimized for context-aware service, and this P2P network is efficient to find where node is and what services node has. LL-net has two kinds of special nodes (super peer and rendezvous peer). Management cost increases, because of these special nodes. Besides, LL-net can not deal with attribute of time and can not gather location-related information such as temperature, speed and other values of sensors, because LL-net manages not location of information but location of nodes.

In this paper, we propose a new approach which can handle information in terms of location. To simplify the management of the location related information, we convert two dimensional coordinates into one dimensional circumference. Using this technique, our P2P network named Mill, which can flexibly search arbitrary region for information. Mill has a good performance as well as DHTs. Mill can search information by $O(\log N)$ and answer queries in mobile environment and does not require a special node (e.g. central server). In addition, Mill can flexibly search location-related information from a small region to large region. Mill does not adopt a hash function. The strategy of creating ID is quite different from DHTs. Mill can search consecutive IDs at one time. Therefore, Mill reduces the number of queries for a region search.

The rest of this paper is structured as follows. Section 3.2 presents the mechanism of Mill and explains several of its properties. Section 3.3 shows Mill's performance through simulations. Finally, we summarize our contribution in Section 3.4.

3.2 Mill: A new geographical-based peer-to-peer network

This section describes the mechanism of our P2P network called "Mill". Mill has several protocols, which are join and leave, maintenance overlay network, store and search, optimization of

queries on searching several regions, maintenance of routing tables, and other protocols. Due to the space limitation, we explain mapping, searching, and storing protocols.

3.2.1 Overview

The architecture of Mill is similar to the DHTs. As Figure 3.1 shows, Mill has hierarchy structure. If an application stores or searches location-related information, the application just specifies the latitude (y) and longitude (x). The 2D-1D mapping layer converts x and y into key-ID. This layer corresponds to a hash function of DHTs. The lookup layer searches a particular node based on this key-ID. In case that there are N nodes, a query can be resolved via $O(\log N)$ messages.

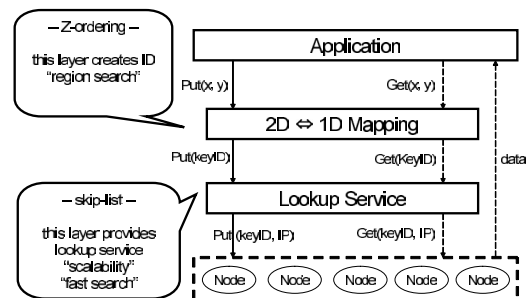


Fig. 3.1. architecture

3.2.2 2D-1D mapping

Mill divides two dimensional space into a grid cell by latitude and longitude. A grid cell is a small square region. If Mill expresses the surface of the earth as 64 bits, a size of grid cell is equals to milli-meter order. As Figure 3.2 shows, suppose that each cell is assigned a 4 bit identifier. Mill manages these IDs as one dimensional circular IDs, and each Mill node is responsible for a part of circular IDs. The number of ID is created by alternating x -bit and y -bit. This method is called "Z-ordering".

Each node has a responsibility to handle a part of the circular ID space, which is from own ID to next node's ID. As Figure 3.2 shows, No.3 node has responsibility to manage information related with the area (ID: 3, 4, 5).

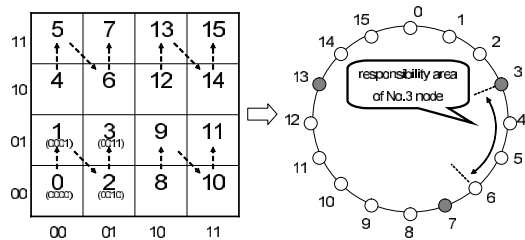


Fig. 3.2. 2D-1D mapping method

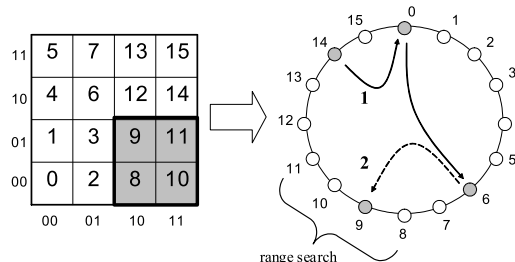


Fig. 3.4. region search

3.2.3 Searching and storing protocol

Mill use a skip-list algorithm. This algorithm is also used by Chord[266]. Each node manages a routing table related with power of two hops away nodes as like 1, 2, 4, 8, 16 hops away node. First, if a node gets information, the node records the ID of the location where the information is got. This ID is created by Z-ordering. Second, this node sends the ID and own IP-address to the closest node on the routing table. And the closest node search own routing table to find next hop. Sending the message repeatedly, a particular node which has responsibility for the ID receives this message. This node manages the ID with the IP-address.

Figure 3.3 shows a searching example. If node (ID: 18) wants to get information related with ID 34, node (ID: 18) sends the query to node (ID: 31). And node (ID: 31) passes the query to node (ID: 33). Finally, from node (ID: 33), node (ID: 18) gets an IP-address of node having responsibility for ID 34.

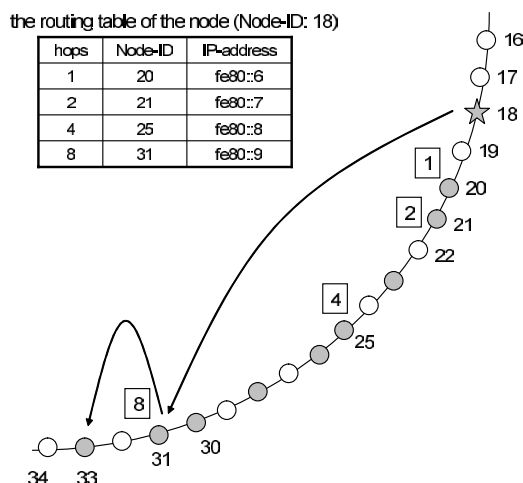


Fig. 3.3. skip-list search

Figure 3.4 shows the effectiveness of the region search of Mill. If node (ID: 14) searches information related with ID 8, 9, 10, 11, nodes (ID: 6, 9) receive the search query. And nodes (ID: 6, 9) send the information related with ID 8–11 to the node (ID: 14). The important thing is that any size of square region divided by power-of-4 areas has sequential IDs. By this feature, Mill can reduce the number of search queries.

3.3 Evaluation

In this section, we evaluate the performance of Mill. We have made a simulator to evaluate Mill. Table 3.1 shows the simulation environment.

Table 3.1. simulation environment

CPU	Pentium4 2.4 GHz
Memory	1 GB
OS	WindowsXP SP2
programing language	Java 2 SDK ver1.4.2
the number of node	10 → 2,560
ID-space	2^{24} (4,096 × 4,096)
transfer method	random walk

3.3.1 Application example

We make a sample application on the simulator. This application creates the weather information. In this application 100 nodes are moving around, sensing temperature. Every node communicates with some other nodes and creates Mill network. Figure 3.5 shows a snapshot of this application. Small circles represent mobile nodes and dots do information of temperature. First, users determine a target region and click the bottom related with the target region. Second, users get information on the target region. The temperature

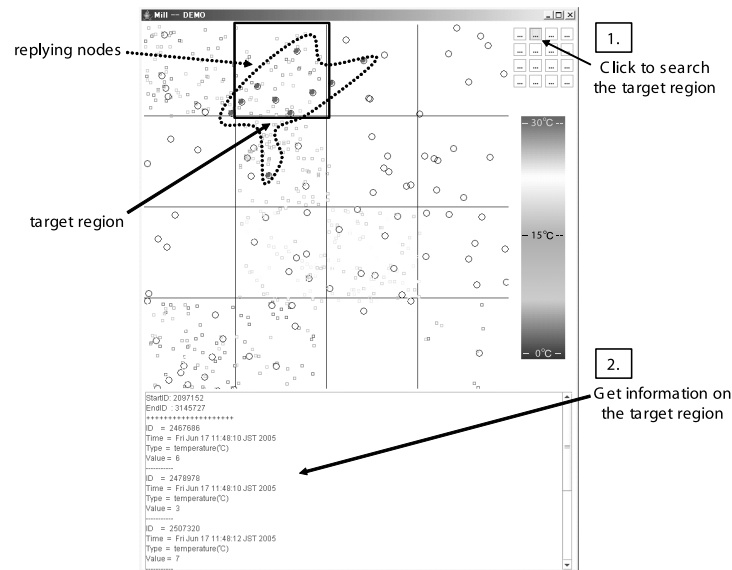


Fig. 3.5. Application Example

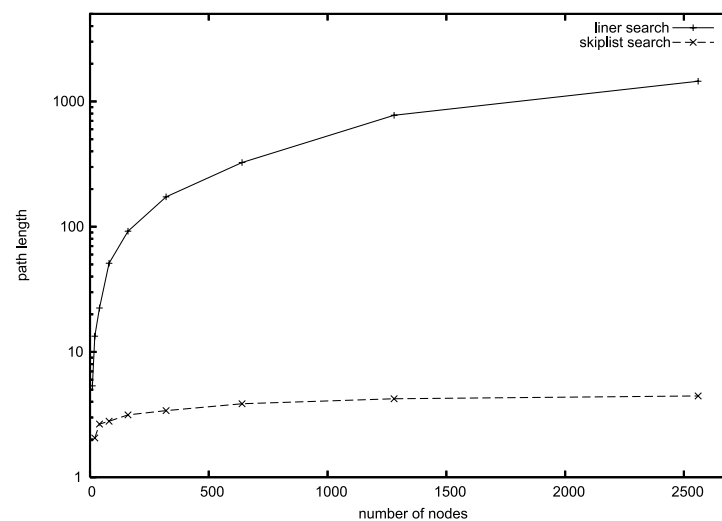


Fig. 3.6. node vs pathlength

information is plotted on the target region as dots. After we search several region, we can see the atmospheric temperature profile.

3.3.2 Path length

We define the path length as the number of nodes relaying a search query. As Figure 3.6 shows, if a searching method is skip-list search, the path length is $O(\log N)$ and if a searching method is clockwise liner search, the path length is $O(N)$.

LL-net has hierarchical ID spaces to improve

search mechanism. However, as the number of hierarchical layers becomes larger, the management cost increases. If one of the layers consists of very small areas, user can search very a small region. On the contrary, as the number of rendezvous peers increases, the super peer should manage a large number of rendezvous peers.

The path length of DHTs and LL-net are directly affected by the size of ID space. One of the Mill's advantages is that the performance of Mill is not related with the size of ID space.

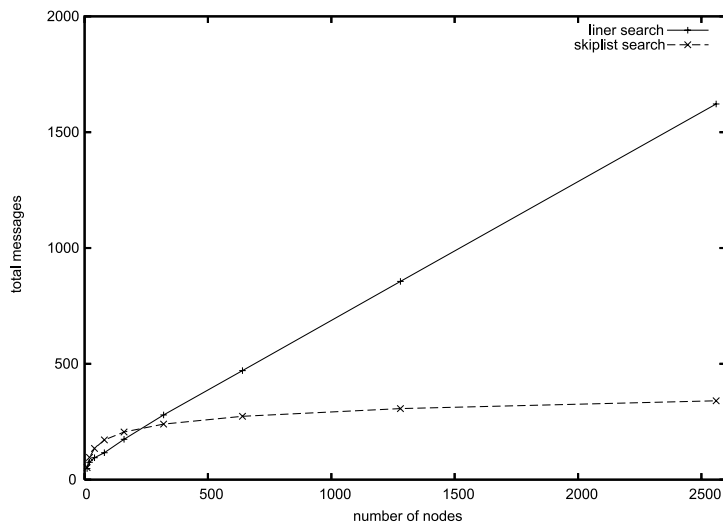


Fig. 3.7. nodes vs messages

3.3.3 Management cost

There are two types of message on Mill network. One is join-leave message. This message is sent if a node joins or leaves Mill network. The other is keep-alive message. A node sends this message to recognize a link status of other nodes. We evaluate the number of processed messages per node. As Figure 3.7 shows, if a searching method is clockwise liner search, the number of processed messages becomes larger as the number of nodes increases. On the contrary, if using a skip-list search, the number of processed messages is almost $O(\log N)$.

In the Mill network, the order of search cost and

maintenance cost is $\log N$. In DHT networks, the order of these costs is also $\log N$. $O(\log N)$ is effective for the increasing number of nodes, and Mill and DHTs are scalable to the number of nodes. In the LL-net network, information of every area is centrally managed by the super peer. Therefore, it seems not to be a scaleable to the number of nodes.

3.3.4 Robustness

We evaluate the robustness of Mill network. It is important to work Mill network even if link status of nodes is continuously changing. We define the normal condition of Mill network as that every

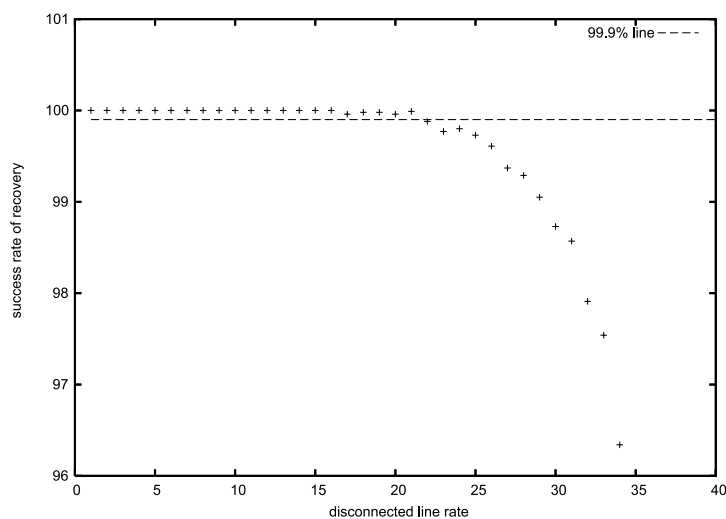


Fig. 3.8. disconnected vs recovery

node appropriately handles ID-space and circular ID-space is not divided anywhere. If Mill network works well, each node can put and get information. In this simulation experiment, a particular percent of nodes is forced to be disconnected at once. Alive nodes try to recover Mill network to find other nodes by adopting a routing table. As Figure 3.8 shows, Mill network can recover itself perfectly (100%) until disconnected rate is about 15%. Each routing table has information of neighbor and distant nodes, and Mill network can recover itself by this routing table even if several nodes become disconnected at once.

3.4 Concluding remarks

In the ubiquitous computing environment, communication devices can provide information anywhere and anytime. Therefore, information should be shared among communication devices based on geographical location. Mill enables communication devices to share information based on geographical location. In an N -node network, Mill can search information by $O(\log N)$ and each node maintains routing information for about $O(\log N)$ other nodes. Mill can recover the overlay network, even if 15% nodes become disconnected at the same time. In addition, Mill does not adopt any flooding methods, therefore Mill can reduce the number of search queries compared with other P2P adopting flooding mechanism. Mill can search consecutive IDs at one time by 2D-1D mapping mechanism. Mill can also support effective region search and users flexibly search information from a small region to a large region.

第4章 インターネット自動車における車載器と携帯端末の連携に関する研究

4.1 はじめに

現在、インターネット自動車プロジェクト [317] では、インターネット ITS (高度道路交通システム) [316]

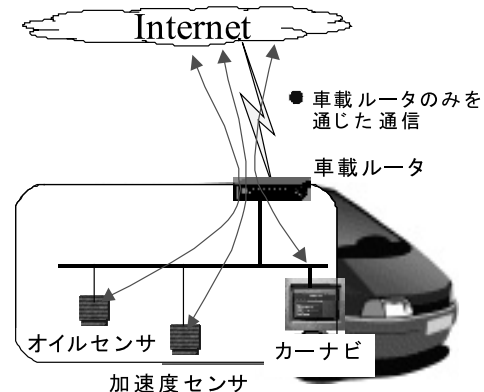


図 4.1. インターネット自動車の計算機群

を利用する取り組みを行っている。自動車がインターネットへ接続すれば、自動車の持つ情報を容易に交換することが可能となる。運転者達が各自動車の情報を共有することで、より安全で快適な交通が実現することが期待されている。たとえば、運転者が各自動車のスピードメータの情報を共有できれば交通渋滞がリアルタイムに把握できる。また、運転者が急激なブレーキを踏んだという情報を収集すれば、多くの運転者が急激なブレーキを踏んでいる道路の地理位置が特定される。これによって危険な道路を事故の起こる前に把握することができる。自動車のもつ情報を、インターネットを通じて共有するためには、自動車にセンサを搭載する必要が生じる。

現状のインターネット自動車では、図 4.1 に示すように自動車ネットワークへ接続し、すべての計算機が車載ルータを通じた通信を行う。そのため、車載ルータの無線が利用不能となると、これらの計算機すべてが通信不能となる。

4.2 本研究の目的

本研究では、車内に持ち込まれた携帯電話や PDA などの携帯端末がすでにインターネットへ接続していることに着目する。これらのインターネット接続性を車載ルータと共有し、1 台の車載ルータに依存しない通信を実現する。これによって、通信の安定性を増したり、利用可能な帯域を向上させたりすることが可能となる。

本研究では車載ルータや携帯端末のインターネット接続性を共有するため、図 4.2 に示すように車載ルータと携帯端末群が協調して動作するモデルを提案する。また、携帯端末のインターネット接続性が

●第21部 自動車を含むインターネット環境の構築

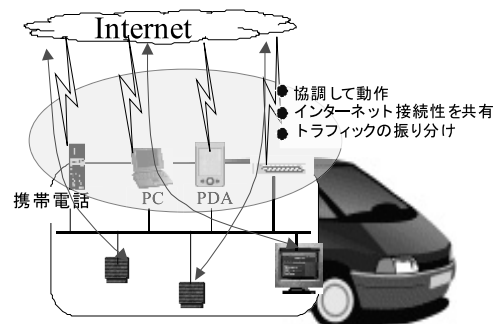


図 4.2. 本研究で実現するインターネット自動車

自動車と共有されれば、携帯電話や PDA などの既存のインターネット接続性を利用して、自動車をインターネットへ接続できる。既存のインターネット接続性を自動車に供与することで、インターネット自動車の普及が期待できる。

4.3 自動車のインターネット接続

自動車のインターネット接続には、Network Mobility (NEMO)[47] という技術を利用することが想定されている。

4.3.1 NEMO の概要

インターネットは、送信先と送信元に住所を指定する宅配サービスのようなシステムのようなものであると考えられる。そのため、住所が頻繁に変わる対象に対しては、送信先を特定できなくなってしまう、通信内容を配送できないなどの問題がある。たとえば、住所が頻繁に変わる単身赴任のサラリーマンに対し、彼の友人はあらかじめ住所を確認できないため、手紙を送ることができないなどの問題がある。

これらの問題を解決するため、NEMO という技術が考え出された。NEMO では、図 4.3 のように住所の変わらない実家を通じた手紙の配送が用いられる。サラリーマンの友人は彼の実家の住所に手紙を送り、実家はその手紙をサラリーマンの住所へと転送する。このシステムでは実家がサラリーマンの現住所を常に把握しているため、サラリーマンの（すべての）友人は彼の現住所を知る必要がない。つまり、サラリーマンの現住所が国内・国外いかなる場所であっても、友人は実家の住所に手紙を送信するだけで、サラリーマンに連絡できる（1. 着信可能性）。また、手紙のやり取りの途中でサラリーマンの住所が

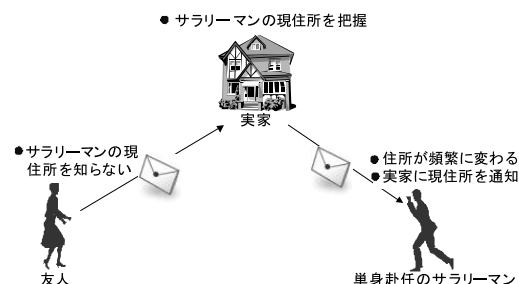


図 4.3. NEMO の配送システム

変更になっても、通信は継続することができる（2. 移動透過性）。なお、インターネットにおいて住所に当たる概念は、IP アドレスと呼ばれる。

NEMO は上記のシステムと同様のしくみをインターネットにおいて実現している。NEMO では実家に当たるものを Home Agent (HA) と呼び、単身赴任のサラリーマンに当たるものを Mobile Router (MR) とよんでいる。NEMO は次世代インターネット環境における移動体通信技術として標準化に向けて IETF¹で議論されている。

4.3.2 自動車における NEMO の利用

インターネット自動車では、移動によって IP アドレスが変化してしまい、上記のサラリーマンと同様の問題が発生する。移動に関する問題を解決するため、Mobile Router を車載ルータとして搭載することが想定されている。自動車内の計算機は固定の計算機である Home Agent による通信の転送によって、どの計算機からも着信でき、移動中も通信を継続できる。

4.4 インターネット接続性の共有

本研究の目的は、車載ルータと携帯端末のインターネット接続性を自動車内すべての計算機で共有することである。その他の必要事項を以下に記す。

1. 携帯端末の動的な参加・離脱

携帯端末は、搭乗者によって自動車に持ち込まれたり、自動車から持ち出されたりすることを想定している。こういった環境において、インターネット接続性の共有は動的に行われるべきである。

2. 既存の計算機に変更を加えない

インターネット自動車環境を利用する計算機に特殊な機能を必要としない方法で実現すること。

1 The Internet Engineering Task Force、インターネット技術の標準化を推進する団体

たとえば、普段は自宅で使われる通常の PC が一時的に、インターネット自動車環境を利用する場合がある。そういった場合、自宅でインターネットを利用する際と同様のしくみでインターネットへ接続できること。自動車に持ち込まれた計算機は、自宅と自動車を区別せずにインターネットを利用できる必要がある。

4.5 解決すべき問題

本研究の目的は、現状の技術で実現できない。解決すべき問題を以下に挙げる。

4.5.1 複数 IP アドレスの登録

NEMO において、Home Agent に IP アドレスを登録する必要がある（前述の例では、単身赴任のサラリーマンの現住所を実家に登録すること）。車内で複数のインターネット接続性を利用するためには、複数の IP アドレスを登録する必要がある。しかし、NEMO の標準仕様では、登録される IP アドレスは 1 つであると規定されている。そのため、NEMO の標準仕様のみでは本研究の目的を達成できない（図 4.4）。

4.5.2 通信の振り分けのしくみ

複数のインターネット接続性が利用可能になったとき、そのすべてを同時に使える必要がある。しかし、現状では通信を振り分けるしくみが存在しないため、複数のインターネット接続性を有効に利用できない。通信の振り分けのしくみなしで、通信を行えば、通信はただ 1 つの経路を通ることとなる（図 4.4）。

4.5.3 車載ルータと携帯端末の連携

携帯端末が動的に自動車に持ち込まれたり、自動車から持ち去られたりする環境において、車載ルータと携帯端末のインターネット接続性を動的に共有するためには、互いの連携が必要となる。たとえば、携帯端末が自動車に持ち込まれたことを感知できなければ、その携帯端末のインターネット接続性を利用できない。また、自動車から持ち去られた携帯端末を感知できなければ、その携帯端末のインターネット接続性を利用して車内の計算機が通信不能を引き起こす可能性がある。しかし、現状の技術では、車載ルータや携帯端末は互いに独立して動作しているため、自動車ネットワークに存在するほかの計算機を感知できない。

また、無線による接続は一時的に利用不能になる場合があるため、共有されたインターネット接続性の情報を常に交換する必要がある（図 4.4）。

4.6 アプローチ

複数の IP アドレスの登録へのアプローチとして、複数 CoA 登録 [294] のしくみを利用する。このしくみは 1 つの車載ルータが複数の IP アドレスを Home Agent に登録する場合に利用される。本研究では、このしくみを車載ルータと携帯端末の IP アドレスの両方の登録を行えるように改良する。

通信の振り分けへのアプローチとして、仮想インターネット接続性の追加モデルを提案する。車内に持ち込まれた携帯端末が持つインターネット接続性を（仮想的に）車載ルータのものとして扱う。これによって、車載ルータが通信の振り分けを一元的に管理できる。これによって車載ルータは他の携帯端末を管理するリーダーとなり、通信の振り分けを決定できる。

車載ルータと携帯端末の連携へのアプローチとして、インターネット接続性の情報の交換のしくみを提案する。車載ルータと携帯端末は自身のインターネット接続性についての情報をほかの計算機へと通知する。これによって、自動車に携帯端末が持ち込まれた際、ほかの計算機はインターネット接続性の情報を受け取ることで、その携帯端末が持ち込まれたことを感知できる。また、インターネット接続性の情報を定期的に通知すると決めておくことで、車載ルータは一定時間通知のない計算機が自動車から持ち出されたと感知できる。

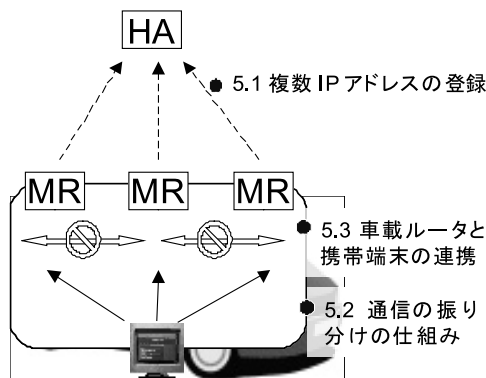


図 4.4. 解決すべき問題

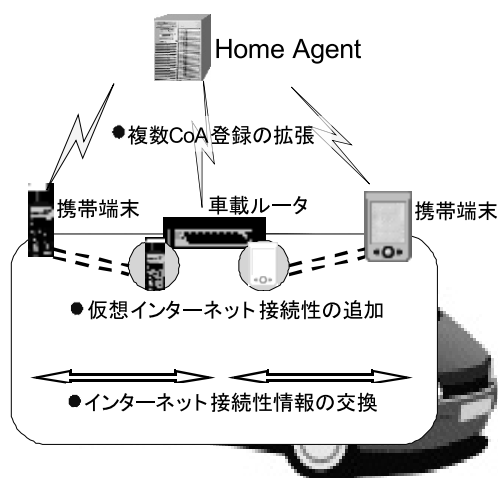


図 4.5. 提案するシステム

本研究では、以上の 3 つのアプローチを導入したシステムを Multiple Mobile Routers Management (MMRM) として提案する (図 4.5)。

4.7 MMRM の実装

MMRM は NetBSD1.6.2-RELEASE[271] 上で動作する SHISA[257] を拡張することで実装した。本研究では MMRM 機能を実現するため、SHISA デモン群に Multiple Mobile Routers Management Daemon を新たに追加した。

4.8 評価

評価実験は想定しない通信が測定に影響しないように、ローカルなネットワークを構築して行った。

4.8.1 システムの処理にかかる性能低下の計測

本システムでは、携帯端末のインターネット接続性を利用する際、車載ルータから携帯端末への転送が行われる。本項では、この際の転送処理にかかる性能低下を計測する。実験は NEMO 標準仕様と本システムを比較することで、Round Trip Time (RTT、通信が送信元と送信先の間を往復するのにかかる時間) と転送速度の性能低下を計測する。

RTT と転送速度の結果を図 4.6 にまとめた。RTT は、本システムを動作した場合、動作しない場合に比べて、0.479 ミリ秒増えた。これは、本システムによって通信にかかる時間が 0.4 ミリ秒増加することを意味するが、複数のインターネット接続性を利用できるメリットに比べて、無視できる程度であると考える。

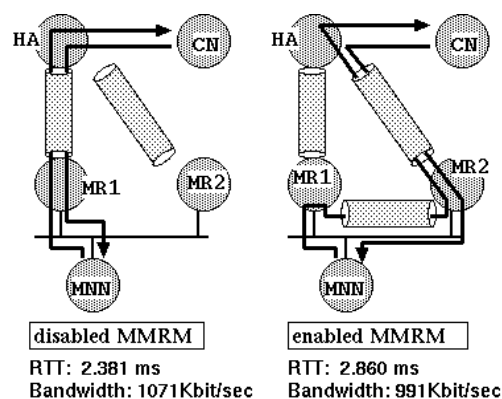


図 4.6. システムのオーバーヘッド計測

同様に転送速度は 80 Kbits/sec 減少した。ただし、本研究では、通信を複数のインターネット接続性へと振り分けることで利用可能な転送速度を増加させる。次項で示される転送速度の増加は、システムの処理にかかる 80 Kbits/sec の性能低下は無視できることを示している。

4.8.2 転送速度の計測

本項では MMRM を利用してインターネット接続性を共有することで通信の転送速度が向上することを確認する。図 4.7 のグラフは転送速度を示している。0 秒から 300 秒では、車載ルータのインターネット接続性のみを利用可能にしており、通信はすべて 1 つのインタフェースに集中するようにする。300 秒から 600 秒では、合計 3 つのインターネット接続性を利用可能にしており、MMRM を利用して通信を分散させた。

0 秒から 300 秒までは、転送速度は平均 1086 Kbits/sec であった。300 秒から 600 秒までは、3 つの経路が利用可能となり平均の転送速度は 2586 Kbits/sec に向上した。これによって、本システムは利用可能な転送速度を増大することが確認できた。

4.9 まとめ

本研究によって、自動車内に車載ルータや携帯端末が接続された際、自動車内のすべての計算機がすべてのインターネット接続性を利用可能となった。また、複数のインターネット接続性へ通信を分散することが可能となった。これによって、移動ネットワーク内の計算機の通信の安定性を改善でき、利用可能な転送速度を増大することができた。また、こ

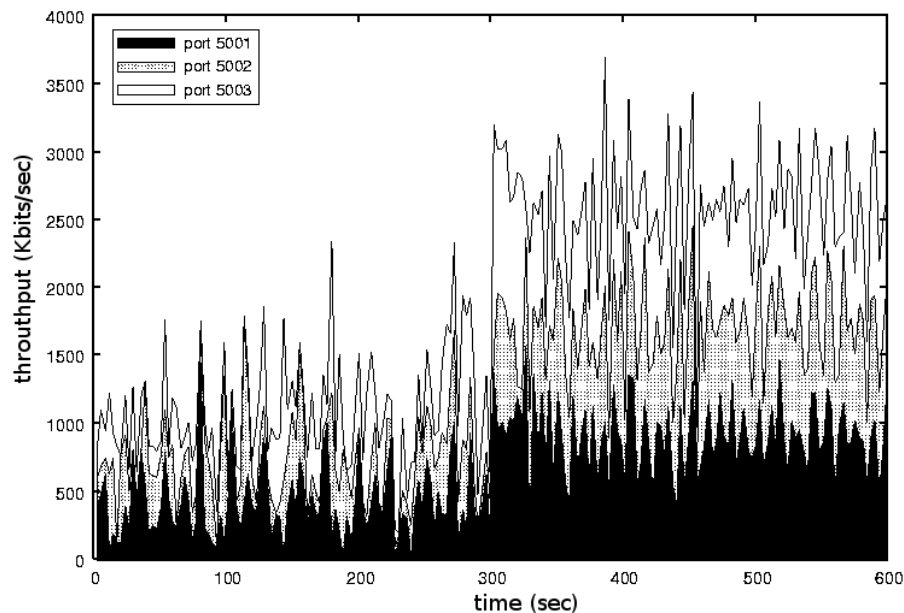


図 4.7. 通信の転送速度の計測

これらの機構は既存の計算機に大して新たな機能の追加や変更を必要とすることなく構築できた。そのため、本研究で構築したシステムは自動車に持ち込まれる計算機すべてにこれらの利点を提供できる。

本システムを用いれば、携帯電話や PDA などの既存のインターネット接続性を利用して、自動車をインターネットへ接続できる。既存のインターネット接続性を自動車に供与することで、インターネット自動車の普及が期待できる。

第 5 章 インターネット自動車のテストベッドにおける複数 CoA 登録の導入と評価

5.1 はじめに

インターネット自動車プロジェクト [317] (以下、ICAR プロジェクト) は WIDE プロジェクト内において自動車をインターネットにつなげること、またその環境の上で考えられるアプリケーションに関する研究活動を 1996 年から行ってきた。

ICAR プロジェクトでは、ネットワーク層における移動体通信支援技術や、アプリケーション層におけるプローブ情報システムなどの研究活動が行われている。このように ICAR プロジェクトにおいては、階層の異なる分野における協調が不可欠であるため、

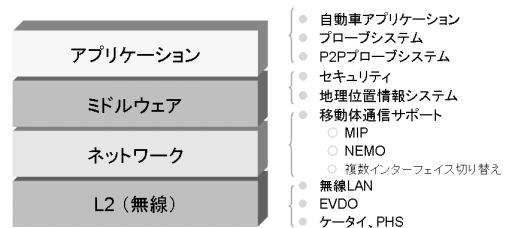


図 5.1. ICAR アーキテクチャ

分野を越えた活動が必要である。これまでの活動で、ICAR アーキテクチャの基本的な部分は完成された。次に、各々の機能を個別に精査する必要性が出てきた。そのため、定常的に運用されるテストベッドを構築し、その上で評価を行っている。テストベッドは各分野の研究の連携を容易にするため、図 5.1 のように、ネットワーク層やアプリケーション層などの層別にモジュール化されている [325]。

一方、インターネット自動車は移動する計算機群であり、ICAR のアーキテクチャにおいて NEMO [47] が前提となっている [71, 185]。NEMO 機能を持つルータを Mobile Router (MR) といい、MR を車内に搭載することが想定されている。MR は Home Agent (HA) とよばれるノードへ移動先のネットワーク上の位置を登録する。このネットワーク上の位置は、Care-of Address (CoA) とよばれる。この情報を元に MR と HA との間に双方向トンネルが確立される。MR は、無線 LAN や携帯電話の複数のネッ

●第 21 部 自動車を含むインターネット環境の構築

トワークインタフェースを搭載して利用することが想定されている。しかし、NEMO 標準仕様では、複数の CoA を同時に HA に登録することができないため、同時に複数のネットワークインタフェースを利用できない問題がある。このため、常にどちらか 1 つのネットワークインタフェースを切替え利用することになる。上記の ICAR のテストベッドにおいても、MR は IEEE802.11b と PHS のネットワークインタフェースを備えているが、その両方を同時に通信に利用することはできない。

この問題を解決するため、複数の CoA を同時に HA に登録するしくみとして、複数 CoA 登録 [294] が提案されている。インターネット自動車の通信を複数のネットワークインタフェースを用いて分散することができれば、通信の安定性が向上し、有効な帯域が増大する利点がある。しかし、複数 CoA 登録は HA への CoA の登録の手法であって、通信の分散の手法については対象外である。通信の分散のしくみは、一般的に送受信アドレス、ポート番号、フローのタイプなどからユーザのポリシーに応じて振り分ける方法が想定されていて、今後の議論が必要である。また、上記の手法は自動車内のネットワークの管理者はユーザのポリシーを管理しなくてはならないため、ポリシー管理のオーバーヘッドが予想される。

5.2 本研究の目的と要件

複数 CoA 登録の実装は現在テスト段階であって、安定運用が可能であるか確かめられていない。本研究の目的は、インターネット自動車のテストベッドにおいて複数 CoA 登録を導入し、安定運用することである。また、複数 CoA 登録の運用上のメリットとデメリットを明らかにすることである。また、NEMO 標準仕様と複数 CoA 登録とのネットワーク性能を比較し、評価する。

複数 CoA 登録の実装は現在テスト段階である一方、ICAR テストベッドはアプリケーションなど、ネットワーク層以外においても運用が行われている。そのため、複数 CoA 登録の導入によって運用が停止してはならない。複数 CoA 登録の導入にあたって、その他の実験に支障のでないよう配慮する。

以下に本研究の目的と、複数 CoA 登録の導入の要件をまとめる。

目的

- 複数 CoA 登録を安定運用できるか確かめること
- 複数 CoA 登録の運用上のメリットとデメリットを明らかにすること
- NEMO 標準仕様と複数 CoA 登録とのネットワーク性能を比較評価すること

要件

- 複数 CoA 登録の導入によってその他の実験に支障のでないこと

5.3 複数 CoA 登録の導入

ICAR テストベッドは、KAME プロジェクト [151] で開発した SHISA 実装 [257] を用いて構築されている。本節では、まず現在運用中の NEMO 標準仕様の HA と今回導入する複数 CoA 登録の HA の併設について述べる。その後、SHISA の概要について述べ、特に SHISA の複数 CoA 登録の実装について述べる。その後、複数 CoA 登録を ICAR テストベッドへ導入するために必要な HA と MR の変更について述べる。

5.3.1 複数 CoA 対応の HA の設置

現在、NEMO 標準仕様で運用中のインターネット自動車に影響を与えないため、現状の NEMO 標準仕様の HA は変更せず、新たに複数 CoA 登録の HA を設置する。同一のリンクが複数の HA の Home link になっている場合、動的 HA アドレス発見のしくみに影響がでる可能性がある。HA が互いに影響しないように、図 5.2 に示すように、Home Link を分離して設置した。

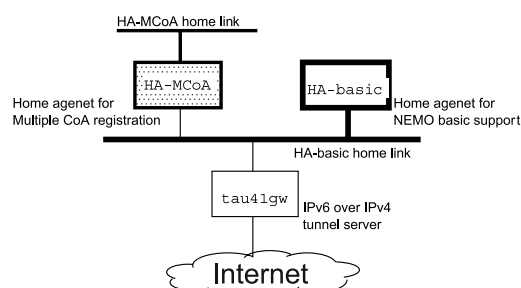


図 5.2. HA の設置

5.3.2 複数 CoA 登録の実装概要

SHISA の基本的な実装概要は、付録に記述した。本項では本研究で行う変更を説明するため、複数 CoA

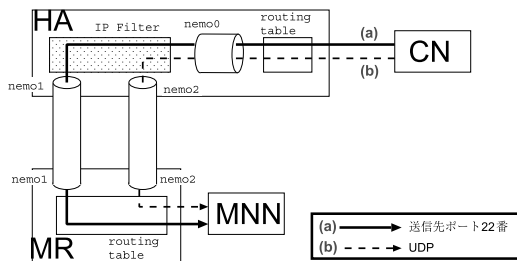


図 5.3. CN から MNN へのパケットの流れ

登録のパケットの流れを説明する。パケットの流れを図 5.3 に示した。図中の nemo0、nemo1、nemo2 はそれぞれ仮想トンネルインターフェースである。HA と MR の間に確立されているトンネルは、HA アドレスと CoA を両端とし、Home Address と CoA の対ごとに確立される。

通信相手（CN）から移動ネットワークノード（MNN）への通信はまず、インターネットの配送のしくみによって HA へと配送される。HA では移動ネットワーク宛てのパケットを受け取る。HA 内部では Routing table が参照され、移動ネットワーク宛てのパケットが nemo0 のトンネルインターフェースへと出力される。nemo0 から出力されたパケットは、ユーザのポリシーにもとづいて設定された IP Filter[127] のルールを評価して、希望の NEMO トンネルへと出力される。IP Filter のルールは送受信のアドレス、送受信のポート番号、フローのタイプなどによって区別される。

たとえば、図 5.3 のように CN から MNN に (a) 送信先ポート 22 番の通信と (b) UDP の通信が行われているとする。どちらの通信も HA の Routing table を参照し、nemo0 へと出力されるが、IP Filter のルールにもとづいてそれぞれ、nemo1、nemo2 と別々のトンネルインターフェースへと出力される。図 5.3 の例では、(a) の通信は nemo1 を、(b) の通信は nemo2 を利用して移動ネットワークへと到達する。

図は省略するが、MNN から CN への通信も同様に、MR 内部では Routing table が参照され、移動ネットワークからのパケットを nemo0 のトンネルインターフェースへと出力される。nemo0 から出力されたパケットは、ユーザのポリシーにもとづいて設定された MR の IP Filter のルールを評価して、nemo1、nemo2 などの希望の NEMO トンネルへと出力される。

5.3.3 導入に必要な HA の変更

インターネット自動車において、HA と MR の間に確立された複数のトンネルは、MR に備えられた無線ネットワークインターフェースの電波状況などによって利用できなくなる。そのため、利用できるトンネルを把握し、利用できるトンネルに変更があった場合は、変更に応じて IP Filter のルールを変更する必要がある。

HA 側では、Binding Cache (BC) の状態に応じて、IP Filter のルールを変更するため、IP Filter daemon (IPFD) を実装した。IPFD は図 5.4 の (a) に示すように HAD からメッセージをモビリティソケットを通じて受信する。IPFD メッセージに含まれる Binding unique Identification 番号 (BID) によって利用できるトンネルインターフェースを把握する。その後、利用できるトンネルに応じた IPF のルールを適用する。

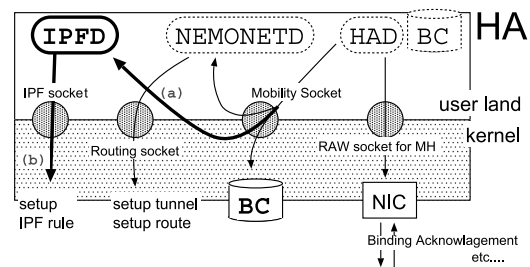


図 5.4. HA の変更

5.3.4 導入に必要な MR の変更

MR 側でも同様に、利用できるトンネルを把握し、利用できるトンネルに変更があった場合は、変更に応じて IP Filter のルールを変更する必要がある。

MR 側では、Binding Update List (BUL) の状態に応じて、IP Filter のルールを変更するため、IP Filter daemon (IPFD) を実装した。IPFD は図 5.5 の (a) に示すように MRD からメッセージをモビリティソケットを通じて受信する。IPFD はメッ

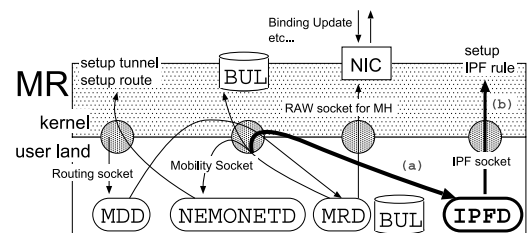


図 5.5. MR の変更

ジに含まれる BID によって利用できるトンネルインタフェースを把握する。その後、利用できるトンネルに応じた IPF のルールを適用する。

5.4 ユーザの通信振り分けポリシー交換

今回実装した IPFD はユーザのポリシーを IP Filter のルールとして定義したものを利用可能なトンネルの状態に応じて適応するプログラムである。ユーザのポリシーはあらかじめ設定してあることを想定している。

インターネットから自動車内への通信は HA のポリシーによって振り分けられ、自動車内からインターネットへの通信は MR のポリシーによって振り分けられる。現状では、HA 側のポリシーと MR 側のポリシーを同期するしくみはなく、互いに独立に設定される。そのため、HA と MR のどちらかのポリシーを変更すれば HA と MR のポリシーに不整合が起り、自動車内からインターネットへの通信と、インターネットから自動車内への通信で違う経路を経由する可能性がある。自動車内のネットワークを管理する者がポリシーを設定するとき、HA 側と MR 側のポリシーに不整合があれば、適切に管理者の意思を反映できない。よって、HA 側と MR 側のポリシーを同期させるしくみが必要である。

ICAR プロジェクトでは、HA と MR のポリシーを交換することで、HA 側と MR 側のポリシーを同期させるしくみを検討している。このしくみは IPFD を拡張することで実現する。

5.5 まとめ

本章ではインターネット自動車テストベッドにおいてネットワーク部分を NEMO 標準仕様から複数 CoA 登録へと置き換える手法について論じた。本研究の目的は複数 CoA 登録を導入し、安定運用することである。また、複数 CoA 登録の運用上のメリットとデメリットを明らかにすることである。ICAR ワーキンググループでは、複数 CoA 登録を用いたテストベッドを構築した。複数 CoA 登録の安定運用、性能評価については今後の課題として行っていく。

付録：SHISA の実装概要

SHISA はカーネルにおける実装を最小限に抑え、NEMO 機能を以下の 4 つのデーモンに分割した。Mobile Router Daemon (MRD)、Movement

Detection Daemon (MDD)、NEMO network Daemon (NEMONETD)、Home Agent Daemon (HAD) である。そのなかで NEMONETD のみが、MR と HA の両方で動作する。SHISA は各デーモンが相互に作用することで NEMO 機能を果たしている。デーモン間のメッセージングは新たに定義したモビリティソケットを用いて行われる。モビリティソケットは、ノード情報や Binding の変更情報、移動の検知、Returning Home、経路最適化の情報などを交換するためのインタフェースである。以下に 4 種類の各デーモンの説明を行う。

- Mobile Router Daemon (MRD)

MR のみで動作するデーモン。おもに Binding の管理を行う。BUL のタイムアウトのチェックを行い、定期的に Binding Update を送信する。Binding の追加・更新・削除の情報はモビリティソケットを通じてカーネルへと通知される。

- Movement Detection Daemon (MDD)

MR のみで動作するデーモン。ルーティングソケットを監視し移動を検知する。移動情報はモビリティソケットを通じて MRD へと通知される。MDD は、移動を検知するために監視するインタフェースを指定して実行される。

- NEMO network Daemon (NEMONETD)

MR、HA の両方で動作するデーモン。モビリティソケットを監視することで、Binding の追加・更新・削除を検知する。モビリティソケットからの情報により、トンネルの生成・削除を行い、ルーティングテーブルの経路を変更する。

- Home Agent Daemon (HAD)

HA のみで動作するデーモン。BC を管理する。また、Binding Update によって BC の追加・更新・削除を行い、Binding Acknowledgement を送信する。BC の変更情報はモビリティソケットを通じて、カーネルへと通知される。

以下に SHISA の動作概要を図 5.6 を用いて説明する。

まず、移動と Binding 登録における流れを説明する。MR 側では、CoA を取得するとルーティングソケットを監視している MDD が、移動を検知する。移動の情報や CoA や BID などの情報はモビリティソケットを通じて MRD へと通知される。MRD は取得した CoA を HA へ登録するため、Binding Update を行う。

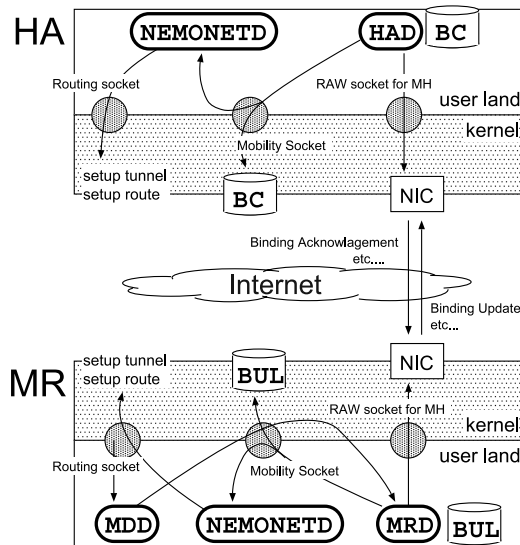


図 5.6. SHISA の実装概要

Binding Update を受け取った HAD は、Binding Cache の更新のメッセージや CoA、HoAなどをモビリティソケットを通じてカーネルへと通知する。この時、NEMONETD はモビリティソケットのメッセージを検知し、CoA へのトンネルを生成し、トンネルの経路を加える。HAD は Binding 登録が正常に終了したことを MR へ通知するため、Binding Acknowledgement を行う。

Binding Acknowledgement を受け取った MRD ではカーネルの BUL を更新するため、更新のメッセージなどをカーネルへと通知する。この時、NEMONETD はモビリティソケットのメッセージを検知し、HA address へのトンネルを生成し、トンネルの経路を加える。

BC はライフタイムの期限が切れると HAD によって削除され、BUL はライフタイムが切れると MRD によって削除される。また、MDD は通信不能になったインタフェースを検知するとモビリティソケットを用いて MRD へと通知を行い、MRD は BUL を削除する。

第 6 章 InternetITS 協議会での活動と ABS 情報を用いた「ヒヤリ・ハット MAP」作成に関するフィージビリティスタディ

6.1 はじめに

インターネット ITS 協議会においては、現状の

ITS/テレマティクスに見られるような個別システムによるクローズな接続では、機器・サービスの選択肢が限られ、新規参入コストが高いという課題認識のもと、さまざまな機器・サービスの選択を可能にし、新規参入コストを削減するための I-ITS 基盤（共通基盤）を構築することを目指している。

これまでの協議会の活動としては、I-ITS 基盤の実現に向けて、要件抽出（AP）・仕様策定（PF）・仕様検証（FT）・標準化（RD）を行い、02 年度、03 年度の活動成果のうち、共通基盤仕様策定に関しては、「①PF 仕様の策定と検証（第一版）」、「②PF 仕様の検証設備を構築（テストベンチ）」、「③PF 仕様の提案を実施（16 WG、合同実験）」の 3 点の成果が得られた。

一方で、活動を通して見えてきた運営上の課題としては、方針策定委員会より以下の 3 点が指摘された。

1. 数多くの検証実験と仕様提案を行ったが、それゆえ活動が拡散する恐れがある。
2. ビジネス（アプリ）と基盤（技術）の両方からのアプローチを両立させる必要がある。
3. インターネット ITS 基盤の普及と将来ユーザへの採用に導く活動が今後重要となる。

そこで、運営上の課題改善、基盤整備の加速に向け、最重要課題（Special Important）の解決を行う実行体制（Group）を発足した。

●具体的な事業領域（ビジネスカテゴリ）を定め重点活動とし、SIG により共通の課題抽出・仕様化、共通基盤の整備を行い、基盤の普及促進活動を進める。

1. 「プローブ情報活用」「ロードサイド」「コンテンツ配信」を重点事業領域とする。
2. 「共通サービス基盤」「ネットワーク基盤」「車載システム基盤」を重点基盤とする。
3. 実行体制として「SIG」を設立し、権限およびリソース（お金）の重点配分を行う。

6.2 共通サービス基盤 SIG における活動

共通サービス基盤 SIG は、インターネット ITS においてすべてのサービスの基礎となる自動車の持つ情報に関して共通の定義とインタフェースを規定することを目的としたグループである。

既存の ITS は、個々のサービスが独立してシステ

●第 21 部 自動車を含むインターネット環境の構築

ムを構築しているため、構築やシステムの協調動作のためのコストが高い。また、交通という枠に特化したしくみのため、他分野での発展性のなさから、多くの価値ある情報が破棄されているのが現状である。

インターネットを基礎としたインターネット ITS では、自動車の車両・車種や各種システムに依存することのない情報の収集・蓄積・利用が可能な基盤の構築を目指す。

そのためには、自動車の持つ情報を様々な分野へ利用することを前提にして、自動車の持つ情報を定義していく必要がある。

インターネット ITS では、これまで ICAR ワーキンググループが提唱してきた、自動車の持つ情報を整理し、各種の情報を「名前」と「形式」からなる「エントリ」として一意に定義するデータ辞書モデルにもとづく形で、自動車の持つ情報の正規化を行う。

このモデルにもとづいた自動車情報の保持・取得方式に関して仕様化を行うことで、本仕様にもとづくシステム開発のコストを低減させることが可能となる。

6.3 ABS 情報を用いた「ヒヤリ・ハット MAP」作成に関するフィジビリティスタディ

6.3.1 フィジビリティスタディ (FS) の概要

共通サービス基盤 SIG において定義を行ったデータ辞書にもとづく実システムの動作検証として、ABS の作動情報にもとづく「ヒヤリ・ハット MAP」の作成に関するフィジビリティスタディ (以下 FS) を行った。

インターネット ITS 協議会においては、これまで IP センサを用いた実証実験は行ってきたが、車両に搭載されているコネクタから直接情報を取得し、共通のインタフェースを用いてインターネット上のサーバに蓄積したことはなかった。そのため、本 FS では検討している方式を実験できるシステムを構築し、今後の仕様化検討のための基礎的データ・知見を得ることを目的とした。

その際に扱うデータとしては、取得した情報それ自体が単体で意味を持ち、社会的必要性が高いものとして選定を進め、今回は ABS の作動情報を選択した。

ABS の作動情報は、自動車が走行している箇所の危険 (凍結や障害物) を示唆しており、“位置”・“時間”とともに、ABS の作動情報を多くの自動車か

ら収集することで、凍結路面などの危険箇所を示す「ヒヤリ・ハット MAP」の作成が実現できる。また、ABS は現在の一般的な自動車のほとんどが装備しているが、メーカーや車種によって作動情報の形式や取得方法は異なっている。この点も、インターネット ITS 協議会にて策定したデータフォーマットで複数の車両から統一した形式での情報取得を検証するのに都合の良い条件であった。

6.3.2 FS 環境

実際の実験を行った環境を表 6.1 に示す。実験は、車両の ABS を繰り返し作動させて検証を行う必要があるため、安全と再現性の観点から、栃木県にある「ツインリンク茂木」内にある、低ミュー路コースである「スリパリーコース」にて実施した。

参加した車両はマツダとスバルの実験車両、およびスバルの一般車両 (通常の乗用車) の 3 台で行った。実験の際に構築した 1 号車の車載システムの概要を図 6.1 に示す。

1 号車は、車両の情報コネクタ (図中「アクセラ IF-box」) から、マツダが開発したプログラムが ABS などの車両情報を取得する。この情報に対し、専用のインタフェースを用いて慶応側 PC が毎秒情報取得リクエストを出して情報を取得し、共通フォーマットに正規化して保持する。

次に、2 号車、および 3 号車の車載システムの概要を図 6.2 に示す。

2 号車・3 号車も、1 号車と基本的な構造は変わらないが、車両からの情報取得には、スバル車用の車両情報取得機器であるスバルセレクトモニタ III (SSM)

表 6.1. 実験環境

日程・場所	2005 年 6 月 2 日 11:00-15:00 スリパリーコース@ツインリンク茂木
参加者	IIC: マツダ、KDDI、慶應、富士重工、日立製作所、石川島播磨重工
参加車両	- 1 号車: マツダ実験車 - 2 号車: スバル実験車 - 3 号車: スバル一般車

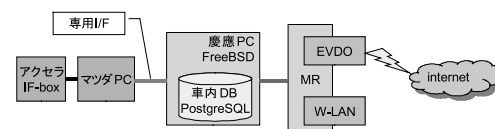


図 6.1. 1 号車の車載システム

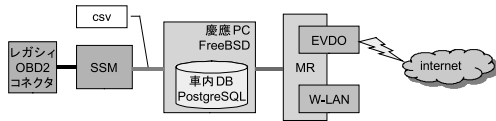


図 6.2. 2号車・3号車の車載システム

表 6.2. IP センサからの取得情報

IP センサ (温度/湿度・加速度・GPS)
温度
湿度
緯度
緯度方向 (不明:1 北緯:2 南緯:3)
経度
経度方向 (不明:1 東経:2 西経:3)
高度
高度方向 (不明:1 海拔:2 海面下:3)
前後方向の瞬間加速度 (1000 で 1 G、前方向が +)
左右方向の瞬間加速度 (1000 で 1 G、左方向が +)

表 6.3. 1号車の車両情報

1号車 (マツダ車載機を利用)
バッテリー電圧
車両速度
エンジン回転数
アクセル開度
エンジン冷却水温度
入気温度
ABS 動作
パーキングブレーキ
ヘッドライト点灯
ドア開閉
ワイパー状態
シフトレバー位置

を本実験用に改造したものを用いている。本実験用に改造した SSM は、車両情報コネクタから取得した情報を CSV 形式で引き出すインタフェースを有しているため、慶応側 PC はこのインタフェースを用いて情報の取得を行った。

本実験で取得した情報について、用いた IP センサ、およびそれぞれの車両から取得したものを表 6.2、6.3、6.4 に示す。

実験を行ったスリパリーコースは、通常の舗装路面と 4 つの低 μ 路面から構成されている。コースの概要を図 6.3 に示す。

スリパリータイルは圧雪された雪道と同等程度、

表 6.4. 2号車・3号車の車両情報

2号車・3号車 (SSM を利用)
バッテリー電圧
車両速度
エンジン回転数
走行距離
アクセル開度
エンジン冷却水温度
入気温度
ABS 動作
パーキングブレーキ
ヘッドライト点灯
ドア開閉
ワイパー状態
ウインカー状態
ドアロック
シフトレバー位置
エアバック開閉
シートベルト装着
イグニッション位置
着座信号
ハザードランプ

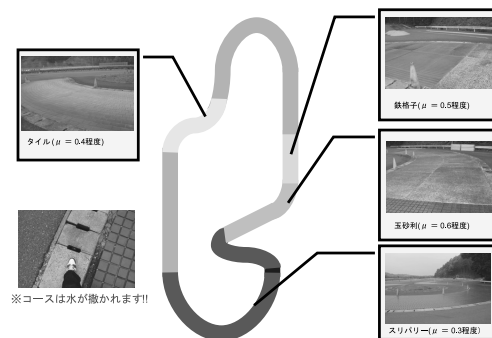


図 6.3. スリパリーコース



図 6.4. コースの様子

●第 21 部 自動車を含むインターネット環境の構築



図 6.5. 走行する実験車両（3 号車）

玉砂利路面が未舗装路面と同等程度、鉄格子がマンホールや道路の繋ぎ目と同等程度、そしてタイルが圧雪されていない雪道と同等程度の低 μ を再現している。なお、コース脇にはスプリンクラが設置されており、水が噴霧される。

実際の実験の様子を図 6.4、図 6.5 に示す。

6.3.3 FS 結果

統一したしくみのデータ収集・蓄積・送信機能を異なる車種に装備し、実際にデータの取得を行った。この結果、異なる車種や車載センサであっても統一した手法で ABS 情報を取得でき、センタ側からは車種の違いを意識せずにデータの処理を行うことがで

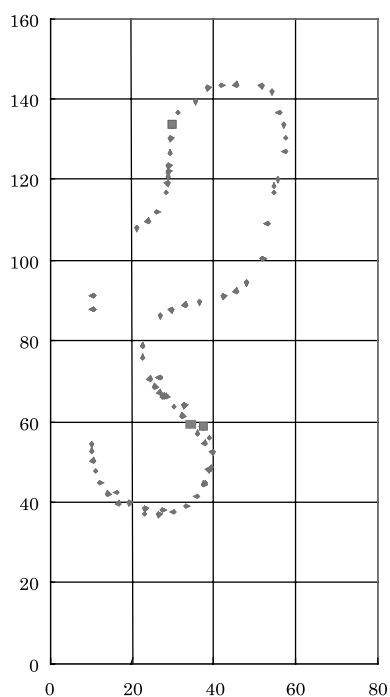


図 6.6. 1 号車のデータによる MAP (抜粋)

きた。図 6.6～6.8 にデータ取得結果を示す。図中、四角で示されている部分が ABS が作動した箇所を示している。

本 FS により複数のデータを容易に加工すること

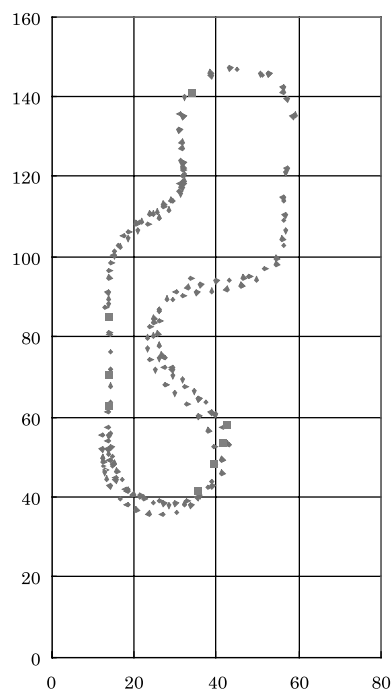


図 6.7. 2 号車のデータによる MAP (抜粋)

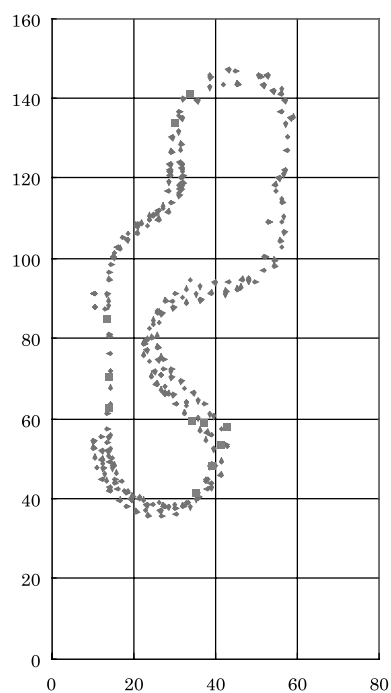


図 6.8. 1 号車と 2 号車のデータを合成して作成した MAP

ができることを実証したほか、ABS 作動という信号を複数車両が集計することにより、“すべりやすい地点”をより明確に抽出することができることがわかった。

第7章 プローブ情報サービスにおける個人情報保護の標準化について

7.1 概要

プローブ情報システムは、車をプローブ（Probe：触角、探索針）とみなし、車固有のさまざまなセンサデータを車外に発信させ、リアルタイム・オンサイトの情報として収集し、車や社会全体に提供するシステムである。プローブ情報システムは、車両からセンサデータを収集するが、どのようなセンサデータを収集するにも位置情報、時刻情報、通信におけるアドレスなどの情報がともに収集される。収集する対象が一般個人の車両であった場合、個人情報が正しく保護されていないければ、車の情報、センサデータを提供しようとは感じられないであろう。一般個人が安心してセンサデータを提供できることで、より多くのセンサデータからプローブ情報を生成することができる。したがって、プローブ情報サービスを運営する事業者が技術的にも運用上でもセンサデータを提供する個人情報の保護が必要である。

これまでプローブ情報システムにおける個人情報保護について、一般個人を対象としたプローブ情報の収集における個人情報保護に関して、プローブ情

報サービス事業者が遵守すべき基本的なルールとしてガイドラインおよび基本原則の検討を行い、ISO への国際標準化提案の活動を行っている。

プローブ情報システムは、ITS 分野でのアプリケーションの1つであり、ICAR ワーキンググループのアプリケーションとしても関係が大きい。また、今後のアプリケーションにとって個人情報保護は重要な課題である。本章では、これまでの検討状況と国際標準化活動について述べる。

7.2 コンセプト

プローブ情報システムでは、プローブ情報の発信者の認証を行うことであらかじめ認められた発信者からのみプローブ情報を受け付ける。認証により、情報の正当性や、システムの対攻撃性を高め、情報精度の向上やプローブ情報の価値を高めることができる。

プローブ情報システムの個人情報保護の検討では、発信者の認証を行うプローブ情報システム構築の際に、データソース本人の個人情報を守るために必要な基本原則について記述し、この標準化を行う。基本原則に準拠したプローブ情報システムには、データ提供者（本人）は安心して情報を送信することができる。

7.3 これまでの検討（2002年～2004年）と位置付け

これまでの検討と位置付けを図7.1に示す。本検討にあたっては、まず国内法制度である個人情報保護法や各省庁ガイドライン、また海外法制度としては、EU 指令・OECD ガイドラインなどの欧米各国

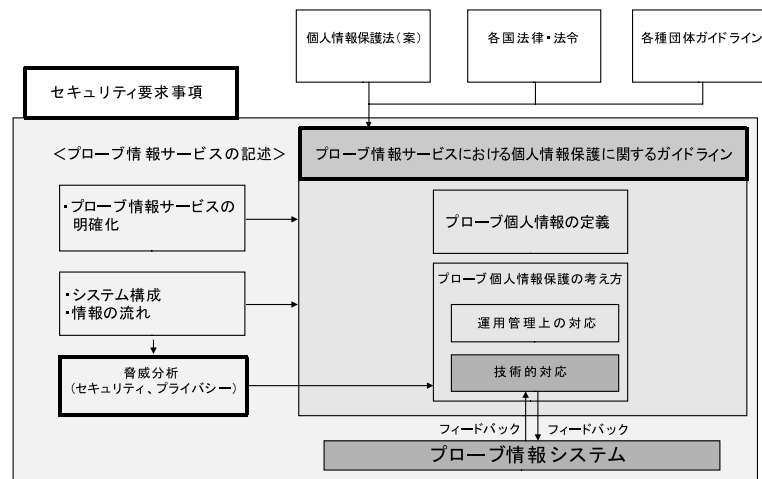


図 7.1. これまでの検討と位置付け

個人情報保護法を参照し、プローブ情報サービスにおける個人情報保護ガイドライン作成準備のための調査を行った。

また、プローブ情報のサービスを一般化して記述するため、プローブ情報サービスの明確化、システムの構成、情報の流れを整理し、プローブ情報サービスにおける脅威分析を行った。

以上の検討から、プローブ情報サービスにおける個人情報保護ガイドライン(案)の検討を行った。本ガイドラインでは、プローブ情報サービスにおける個人情報について議論を行いその規定を行った。またプローブ情報サービスにおける個人情報保護の考え方として、運用面での対応と、技術的対策に分けて検討を行った。

本ガイドラインの検討と並行して、国内での関連団体などへの照会と意見収集を行い、フィードバックを得た。また、個人情報保護のしくみを組み込んだプローブ情報システムの開発、評価を行った。具体的には、SNMPv3 を利用したシステムを構築し、フィールドでの評価を行った。

国際標準化提案準備の実施としては、各国の状況をふまえたプローブ情報サービスにおける個人情報保護の基本原則作成の検討を行い、ISO において標準化活動を開始した。

7.4 コンセプトと策定内容

プローブ情報システムのコンセプトと策定内容について、図 7.2 に示す。

プローブ情報システムは、①車両でプローブメッセージを作成する機能 (Probe message generation) と②プローブ情報を収集する機能 (Probe Collection)

と③プローブ情報を処理する機能 (Probe processing) で構成され、①と③は、②通信基盤で接続されデータの送信が行われる。

あらかじめ認められた車両のみからプローブ情報を収集するため、①の機能を持つ車両は③に認証される必要がある。このため①から発信されるプローブメッセージは、プローブ情報に認証のための情報 (認証 ID) が付加される。②の通信基盤においては、通信 ID を用いてデータの送信を行うため、プローブメッセージに通信 ID が付加される。③においては、通信 ID は取り除かれ、認証後認証 ID も取り除かれ、その後④に送られる。

プローブ情報システムで、本標準で対象とする部分は、個人を特定する情報が取り扱われる①～③までの機能となり、この部分に関して個人情報保護に関する基本原則の策定を行っている。検討事項としては、①、②、③における認証 ID の取り扱い (認証以外には用いない、通信 ID と結び付けないなど)、②における通信 ID の取り扱い方法がある。

7.5 ISO TC204/WG16/SWG16.3 における活動経緯

ISO では、TC204 WG16 SWG16.3 において、Basic principles for personal data protection in probe vehicle information services として検討を進めている。本 SWG は、プローブ情報システムにおけるデータフォーマットの標準化を行っており、日本側からの提案を契機とした議論により内容的に接近した本 SWG で取り扱うこととなった。

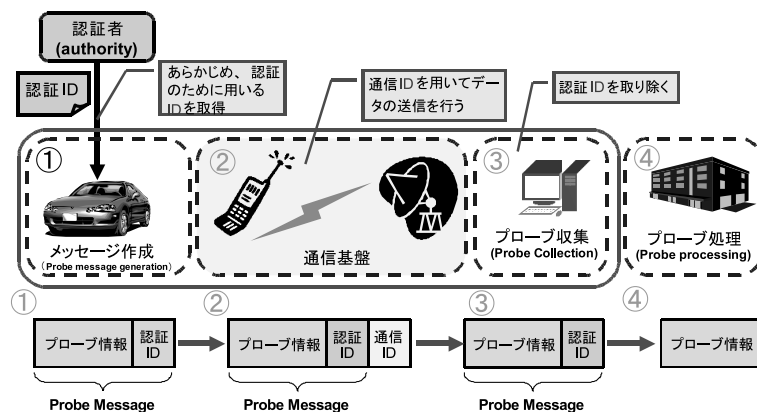


図 7.2. コンセプトと策定内容

7.6 ISO CD 22837 との関連

ISO CD 22837 (Vehicle Probe Data for Wide Area Communications) では、各車両の持つ情報を収集し、交通情報などの生成を行うシステム（プローブシステム）におけるデータフレームワークと、車両の持つ情報のデータの構成およびフォーマット（車両データ辞書）に関する標準化を行っている。この標準では、個人情報保護についての規定は、プローブメッセージには個人を特定する情報は含まないと

しているため、通信などを考慮した個人情報保護について検討することとなった。基本的にはこの標準を参照しながら検討することになっており、ISO CD 22837 のリファレンスアーキテクチャにおける個人情報保護の対象は、通信基盤を含んだ収集に関する機能の部分である。その部分を図 7.3 に示す。

7.7 本標準のスコープ

① 本標準のスコープについて、図 7.4 に示す。プローブデータの収集時に発生する個人情報の取り扱い

本標準のスコープとなる部分 (ISO CD22837内のRAより)

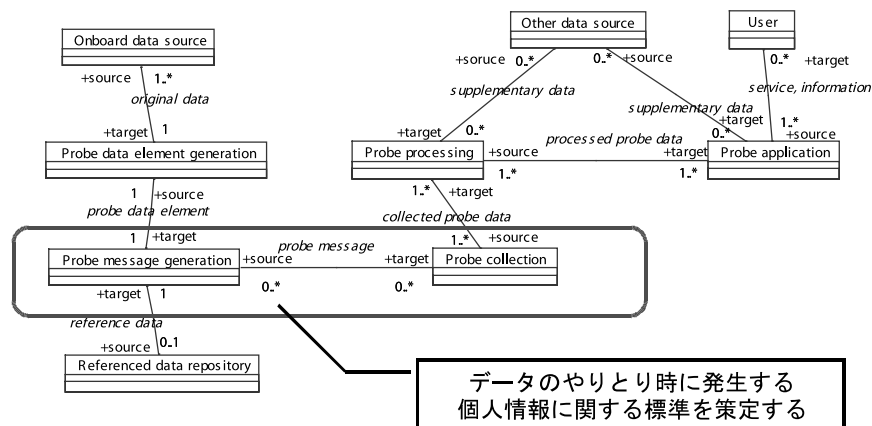


図 7.3. 本標準のスコープとなる部分

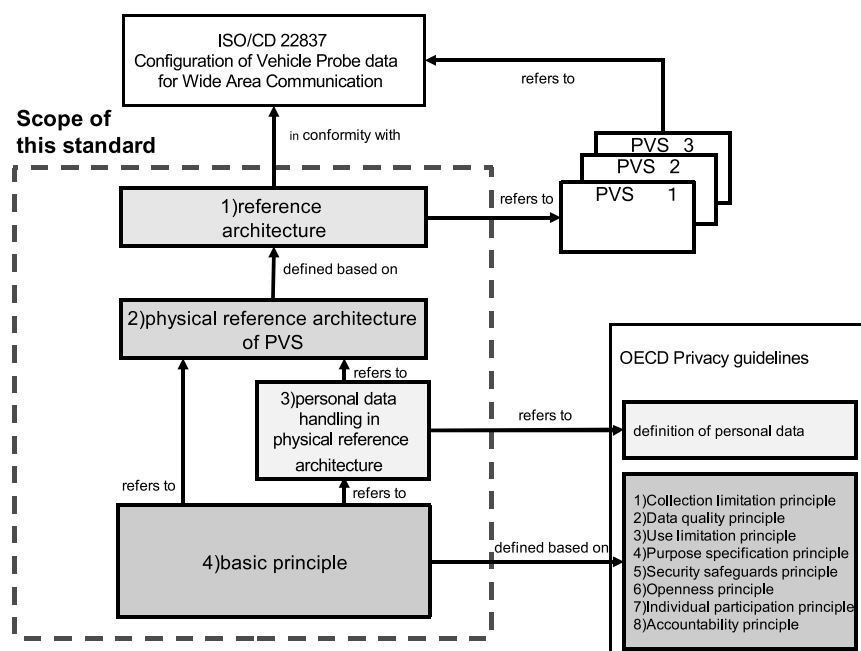


図 7.4. 本標準のスコープ

いを含むプローブ情報システムのリファレンスアーキテクチャの規定。規定に際しては、本標準の前提となる CD22837 のリファレンスアーキテクチャを拡張する形で作業を行う。

② プローブ情報システムの構築、運用時の物理的構成と、取り扱われるデータについてモデル化したプローブ情報システムのフィジカルリファレンスモデルの規定。実構築時に取り扱われる情報、およびその流れ（データフロー）を明確化することで、対象となる個人情報、および遵守すべき基本原則を導出する。

③ コンテキストモデルで取り扱われる個人情報の定義。定義に際して、OECD が定める個人情報保護のガイドライン（1980 年）を参照する。

④ プローブデータ発信者の個人情報を保護するため、プローブデータの収集時における個人情報の適正な取り扱いに関して遵守すべき基本原則の規定。本標準における基本原則は、OECD 個人情報保護のガイドラインの中で規定している 8 原則のフレームワークに準拠する形で規定する。

7.8 個人情報の考え方

個人情報は、OECD8 原則、および我が国の個人情報保護法の第 2 条を踏襲し、直接的に個人を識別できないものであっても、間接的に個人を識別できるのであれば保護の対象とする。

したがって、CD22837 で定義されているプローブ情報システムにおいて、暗号化、認証機能などを用いてプローブデータの収集を行う際に取り扱われる情報のうちで、個人に関する情報であって、特定の個人を識別できるもの。またほかの情報と容易に照合することができ、それにより特定の個人を識別できるものも含む。

7.9 プローブメッセージとコアデータの組み合わせによる課題

CD22837 におけるプローブメッセージは、送信時に位置と時間と組み合わせて送信する。

私有地などの特定の状況においてはプローブデータの収集時に個人情報を収集主体が持ちうる可能性もある。この課題についての議論を深め、取り扱い方法を検討する。

7.10 活動現状と今後の作業

2004 年度までは、ワーキンググループで標準化する項目を議論、検討し、PWI (Preliminary Work Item) (予備段階) を提出することができた。2005 年度は、ワーキンググループで標準化の適用範囲などについて議論と検討を進め、NP (New work item Proposal) (提案段階) を提案し、投票が承認された。現在、作成したディスカッションペーパーに基づく議論を行い、合意された部分からワーキングドラフト (WD) の素案として整理する作業を並行して行っている。