

第 XX 部

自動車を含むインターネット 環境の構築

第 20 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 2006 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）、InternetITS 協議会などの他団体と共同による実社会での実証実験への参加活動、および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、2006 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 度ポリコムを用いた定例ミーティングを開催し、継続的に研究活動を行っている。

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ーネットワークに関する研究開発、これまでに構築したテストベッド環境の整備、および、プローブ情報システムの安全性に関する議論等、主な活動内容と成果は以下の通りである。

- 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 ITS アーキテクチャを用いた車載システムの構築
- 情報集約型車両情報管理ミドルウェアの設計と実装
- プローブ情報システムにおける個人情報保護に関する要求項目とその対策
- プローブ情報システム上の個人情報取り扱いに関する ISO ガイドラインの策定議論

本章に続く各章は以下の通りである。

2. 移動ルータ間の協調による NEMO の安定性と通信品質の向上に関する研究

3. 情報集約型車両情報管理ミドルウェアの設計と実装

4. Requirements for threat analysis and protection methods of personal information in vehicle probing system

ここでは、本章に続く章を概説し、各章でその詳細を述べる。

まず、第 2 章では、移動ルータ間の協調による NEMO の安定性と通信品質の向上に関する研究を述べる。インターネット自動車内に設置された Mobile Router が車内に接続するその他の計算機の外部接続性を利用することを可能とする Multiple Mobile Router Management を提案した。この研究成果は、「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」として慶應義塾大学湘南藤沢学会第四回研究発表大会論文集 2005 に採録された [303]。

また、NEMO の標準化によりインターネット自動車やパーソナルエリアネットワークの普及が予想される。自動車に人が乗り込む場合など、複数の移動ネットワークが“NEMO 集合”を形成する。従来、複数通信インターフェイス選択、バッテリー消費の抑制、アプリケーション特性対応などの移動体通信環境を改善する研究は、個別の移動ルータにおける最適化を実現してきた。本研究では、NEMO 集合全体で最適化し、移動ネットワークが単独の移動ルータに依存する環境を改善する Mobile Router Resource Sharing を提案した。研究成果は、「移動ルータ間の協調による NEMO の安定性と通信品質の向上に関する研究」として、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科の修士論文として提出された。

第 3 章では、自動車の情報を収集するサーバにおける、サーバ間連携に関する考察を述べる。一台の車両から取得された情報を、複数のサービスに対して提供するためのミドルウェアである。このシステムでは、一台の車両が一度の情報送信で複数のサービスに情報を送信することが可能になる。そのため、車内のシステムに変更を加えることなく、情報の提供先を追加・削除・変更することが可能となった。この研究成果は、「情報集約型車両情報管理ミドルウェアの設計と実装」として情報処理学会マルチメディア、分

散、協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2006) で発表した [306]。

また、本研究に関連して、インターネット ITS 協議会が 2005 年 3 月に行った成果発表会にて展示されたデモシステムについても「インターネット ITS アーキテクチャを用いた車載システムの構築」としてインターネットコンファレンス 2006 で発表を行っている [305]。このデモシステムは、実際の車両から速度・エンジン回転数・サイドブレーキの情報などを取得し、それらの情報にもとづいてさまざまなアプリケーションを動作させるものである。それらのアプリケーションは車内で実行されるものと、車外で実行されるものがある。そのため、取得された車両情報はインターネットを介して、車外のサーバへと送信される。このシステムは、インターネット ITS 協議会が提唱するプラットフォーム仕様第 2 版にもとづくものである。

また、車内システムについて言及した論文についても述べる。これは、車車間通信を応用して周辺車両と情報交換を行うことで、車内で情報の価値を判定し、その価値にもとづいて広域通信を利用するかどうかを判定するシステムである。これにより、サービスが必要としている情報を適切に判断し、無駄な情報送信を抑制する効果が期待される。

続く第 4 章の論文は、主に ISO TC204/S ワーキンググループ 16.3 で行っている標準化活動の成果を記述している。SAINT2007 のワークショップで発表した「Requirements for protection methods of personal information in vehicle probing system」では、プローブ情報システムを展開する上で必要となる安全性を議論しており [108]、ICWMC07 で発表した「Threat analysis and protection methods of personal information in vehicle probing system」ではプローブ情報システムにおいて取り扱われる個人情報に関する脅威分析と対処手法について議論している [210]。

プローブ情報システムでは、基本的には車両の持つセンサーデータを集約し、統計的な処理を施すことで情報を生成するというスキームを持っている。現在 ISO/TC204/ワーキンググループ 16 で検討されている車両データには個人を示唆する情報は含まれておらず、匿名での動作が前提となっているが、システムの認証や通信時には何らかの識別子が用いられる可能性が高く、また車両データは必ず位置と時

間を含む形で送信されるため、こういった識別子に関して、個人情報となりうる場合には適切な処置を講ずる必要がある。近年の、個人情報の取り扱いには国内外で高い関心が集まっていることもあり、そのため本報告書では、上記のような従来のプローブ情報システムの実運用上の問題点の抽出と脅威分析を行い、安全なプローブ情報システムの設計と展開にむけた要求項目を整理した。なお、本研究の成果は、現在 ISO/TC204/ワーキンググループ 16 にて標準化を行っている。

第 2 章 移動ルータ間の協調による NEMO の安定性と通信品質の向上に関する研究

本章では、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および移動ルータ間の協調による NEMO の安定性と通信品質の向上に関する研究について述べる。

2.1 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

移動体計算機の増加にともない、Mobile IPv6 や Network Mobility などの移動体通信技術の必要性が高まってきた。ITS の分野などでは、自動車を移動する計算機の群として捉え、Network Mobility を前提としたアーキテクチャを想定している。このアーキテクチャでは、Mobile Router と呼ばれる計算機が車内の計算機に移動透過なネットワークを提供する。

自動車などの移動体計算機群では、外部接続性を持つ計算機と持たない計算機が混在する。外部接続性を持つとは車外の計算機と直接通信可能であることである。外部接続性を持たない計算機とは、例えばスピードセンサやオイルセンサなどがある。外部接続性を持つ計算機は自動車に搭載される Mobile Router の他に、自動車に持ち込まれる携帯電話や PDA などがある。

現状では、これらの外部接続性を持つ計算機と持たない計算機は、一台の Mobile Router を経由してインターネットに接続される。そのため、移動計算機群の通信は一台の計算機の持つ接続性に依存したものとなる。よって、Mobile Router の外部接続性が一時的に利用不能となると、インターネット自動

車内の計算機全てが通信不能となる。

本研究では、移動ネットワーク内において外部接続性を持つ計算機を Mobile Router として動作させることで、複数の Mobile Router の外部接続性を利用することを目的とする。複数の Mobile Router を同時に利用可能にすることで冗長な通信を実現し、トラフィックを振り分けることで、有効な帯域を増大する。例えば、自動車内のネットワークにおいて、車内に持ち込まれた PDA や携帯電話などを Mobile Router として動作させることで、それらの計算機を持つ外部接続性を移動計算機群の全体で共有することを可能とする。

これらを実現するため、複数 Mobile Router の外部接続性情報を動的に交換し、協調して動作するモデルを提案した。本研究で提案する機構は Mobile IPv6 における複数 Care of Address (CoA) 登録を複数 Mobile Router に対応するように拡張した機構である。複数 CoA 登録は、単一のノードにおいて複数の Binding を識別し管理する機構であるが、本研究で提案する機構は、複数ノードにおいて複数の Binding を識別し管理する機構である。また、本機構は、複数 CoA 登録対応の Home Agent に対する拡張を行わず、Mobile Router に対する拡張のみで実現した。それにより、Home Agent は複数 CoA 登録を行う際、登録するノードが単一のノードであっても、また複数のノードであっても同一のしくみによって扱うことが可能となった。本研究では本機構の設計と実装を行い、実験環境にて実装の評価を行った。

本研究の結果、移動体計算機群において複数のインターネット接続を同時に利用できることを実証した。またユーザーのポリシーに応じた接続経路の使い分け、および経路多重化による通信帯域の増加を実証した。また、本システムのオーバーヘッドによるスループットの低下や、ラウンドトリップタイムの増加は無視できる程度であることを確認した。本研究により、移動ネットワークに持ち込まれた複数のインターネット接続を有効に利用することが可能になった。

2.2 移動ルータ間の協調による NEMO の安定性と通信品質の向上に関する研究

次世代インターネット環境において、移動する計算機をインターネットに接続する Network Mobility (NEMO) や、Mobile IPv6 などの移動体通信技

術の必要性が高まってきた。特に、ITS (Intelligent Transport System) では自動車に搭載されている機器を NEMO を利用して、通信を行う需要が高まっている。また、人間の周囲の計算機をインターネットに接続する要求から、パーソナルエリアネットワーク (PAN) に NEMO が利用される。

NEMO による移動ネットワークが普及するにつれて、インターネットに接続された自動車に PAN を携帯する人間が乗り込む場合など、複数の移動ネットワークが集合で移動する環境 (NEMO 集合) が登場する。複数の NEMO が協調動作を行うことで、複数の移動ルータに接続された無線通信メディアを協調動作させる、などネットワーク資源に乏しい移動体通信環境を改善することが可能となる。

本研究の目的は、NEMO 集合全体で通信インターフェイス選択、バッテリー消費の抑制を最適化することである。また、近隣の移動ルータの持つ通信インターフェイスの余剰通信帯域を効率的に利用し、NEMO 集合全体の通信品質を改善することである。本質的に個別のネットワークである NEMO を、集合として 1 つのネットワークに統合するため、セキュリティ、通信効率の最適化など、さまざまな問題が発生する。

これらを実現するため、NEMO 集合に接続した複数の移動ルータ間で接続性情報を動的に交換し、協調して動作するモデルを提案した。その後、モデルにしたがい Mobile Routers Resource Sharing (MRRS) システムの設計と実装を行い、実験環境にて実装の評価を行った。評価の結果、MRRS システムによって NEMO 集合内の通信インターフェイス選択、バッテリー消費の抑制が最適化されたことが示された。移動ネットワーク内のノードが NEMO 集合内全ての移動ルータの通信インターフェイスを利用可能となり、またユーザーのポリシーに応じた接続経路の使い分け、および経路多重化による通信品質の改善を確認した。また、NEMO 集合全体でバッテリーの消費が抑制されたことが示された。

第 3 章 情報集約型車両情報管理ミドルウェアの設計と実装

本章では、自動車から実際に情報を取得し、それらをインターネット上へ送信する手法と、インター

ネット上での情報管理手法について述べる。また、車車間通信を用いた車両情報の価値判定システムについても述べる。

3.1 インターネット ITS アーキテクチャを用いた車載システムの構築

自動車に関するシステムの高度化に関する研究が進む中、インターネットを用いて車外との通信を行うことで、自動車の情報化をより一層押し進め、あらたな ITS ビジネスの創出を目指す機関としてインターネット ITS 協議会が設立された。本論文では、協議会が提唱するインターネット ITS アーキテクチャについて述べ、その現状における問題点を挙げた。その問題点を解決するため、インターネット ITS アーキテクチャにもとづいたシステムを実際に構築した。その上で、各企業が作成したアプリケーションを動作させ、アーキテクチャの妥当性を示した。また、今回の実験から得られた問題点を整理した。さらに、インターネット ITS アーキテクチャにおける情報提供形態や通信状態通知機能などの必要性を示し、インターネット ITS 基盤の実用化と普及に際する課題を明らかにした。

3.2 情報集約型車両情報管理ミドルウェアの設計と実装

自動車がインターネットに接続する技術的問題は解決されてきており、実際にインターネットに接続する自動車を用いた実験環境は実現されている。インターネットを用いた自動車の情報化は、インターネット ITS と呼ばれ、産官学が連携したインターネット ITS 協議会を中心に議論・研究がなされている。本研究の目的は、車両が生成する情報（以下、車両情報）をアプリケーションに提供する際の情報管理機構モデルの設計を行い、以下の 2 つの目的を達成し、現状における車両情報利用が抱える問題の解決を図ることである。

3.2.1 車両情報の容易な利用環境の構築

車両情報を取得・提供する部分をミドルウェアとして構築する。そのことによって、車両情報利用サービスに対し、車両情報取得部分のミドルウェアとして、車両情報を提供することができる。このことにより、新たに構築されるアプリケーションは、構築コストの低減を図ることができる。

3.2.2 車両情報における基本情報の共有

車両の持つ情報の中にある、さまざまなアプリケーションで利用される基本的な情報に対して情報の共有機構を提供し、それらの共有を図る。基本情報とは、位置情報や車両速度などの、車両が一般的に持つ情報の集合であり、自動車業界団体や ISO 等で標準化が行われているデータ定義に基づき車両が所有している情報を想定している。今後インターネット自動車が普及するにつれ、車両情報を外部へ通知するクライアントは、自らの情報を多くのアプリケーションに提供することになる。車両情報の共有により、車載クライアントの負荷低減及び通信量削減を図ることができる。

3.2.3 結論

本研究では、システムの汎用性、拡張性、情報の効率の利用に関して他の既存システムより優位であることを示した。インターネット自動車の実現化が進むにつれ、車両の持つ情報を利用したサービスへの期待が高まっている。そういった中で、現状において車両情報を利用したサービスを構築するためには大変コストがかかる。なぜなら、車両情報の取得部分はどのサービスも個別のものを用意する必要があるからであり、これがインターネット自動車を利用したサービスの新規参入を困難にしている。本システムは車両情報を管理するミドルウェアとして、車両情報を収集、管理することが可能である。また、柔軟な情報共有を行うことも可能である。さらに、共有情報における匿名性の確保も実現している。

3.3 周辺の車両情報を利用したプローブ情報システムに関する研究

概要

インターネットを利用した自動車の ITS（高度交通システム）に関する研究が進み、現在では研究段階から実用化に向けた開発およびビジネスモデルを模索する段階に至っている。自動車をインターネットに接続する手段として、無線 LAN など狭域・広帯域なメディアもあるが、現在は主に、携帯電話や PHS といった広域・狭帯域なメディアが利用されている。そのため、有限の帯域を有効的に活用したいという要求がある。そこで本研究では、車車間を接続し情報を交換しあうことによって、無線帯域を有効活用するための情報送信手法を提案した。サービ

スが必要としていない情報の送信を抑え、優先度の高い情報を送信することで、自動車がサービスに対して送信する情報量を削減した。また、周囲の情報を利用することで、単一の車両が生成できなかった新たな情報の生成が可能となった。これにより、自動車の情報を利用したプローブ情報システムが利用する通信量の削減・情報価値の向上を実現した。

3.3.1 はじめに

自動車のセンサ情報を収集し、渋滞等の交通情報や道路の危険箇所地図などを生成する、プローブ情報システムと呼ばれる研究が進んでいる。情報取得用インフラとしてインターネットを用いるものは、インターネットITSと呼ばれている。インターネットを介した車両情報送信を行う場合、携帯電話やPHSといった比較的狭域な通信手段を用いるのが一般的である。

しかし、現状多くのシステムにおいては、情報の送信制御トリガとして、一定間隔や設定された閾値を用いている。そのため、サービスにとって必要としていない無駄な情報が混在し、使用帯域・サーバ処理負荷共に増大する結果となっている。

3.3.2 本研究の目的

そこで、本研究では自動車で動作する情報送信システムに改良を加えることにより、無線帯域を有効活用するための情報送信手法を提案する。つまり、これまで利用されてきた自車情報に加えて、周辺の車両情報を利用することで、情報送信の際のイベントトリガ条件を多様化し、無駄な情報送信の抑制・高価値情報の優先的な送信を実現する。

また、これまで車両単体では生成できなかった走行道路の平均速度や対向車線の情報などの生成を、周辺車両との情報交換によって実現する。

3.3.3 現状の考察

多くのプローブ情報システムに採用されている代表的な情報収集手法として、センタ型モデルがある(図3.1)。これはインターネット上に存在するセンタサーバが情報を収集・蓄積するものである。さらにセンタ型モデルは大別すると、ポーリング型とプッシュ型の2種類が存在する。

ポーリング型は、センタサーバが各車両に情報送信リクエストを送信する手法で、この手法ではリクエストのために通信を利用するものの、必要のない

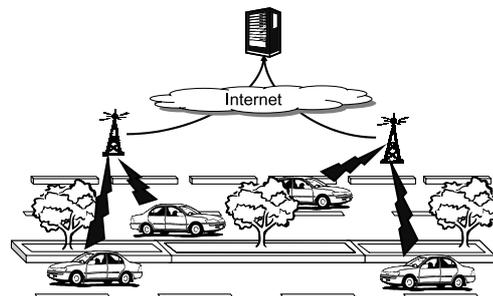


図 3.1. センタ型プローブ情報システムモデル

情報を車両が送信する可能性は比較的少ない。プッシュ型は各車両が独自に送信を行う手法であり、ポーリング型に比べてサーバからのリクエストが必要ないが、必要のない情報を送信する可能性が高い。

そこで本研究では、このプッシュ型システムを改良する手法をとる。

3.3.4 アプローチ

本研究では、狭域通信(車車間通信)はコストがかからない点に着目し、車車間通信を利用した情報の相互交換手法を提案する。情報の相互交換を行うことで情報の価値を判定し、価値の高い情報だけを広域通信を用いて送信する(図3.2)。

車車間で通信を行うことによって、他車の情報を知ることが可能となる。例えば、速度がゼロであった場合、これまでは渋滞か停車か自車だけでは判定できなかったが、周辺車両の情報と比較することで、渋滞か停車かを判定することが可能となる。また、平均速度など単一の車両では測定・生成不能である情報を生成することも可能となる。

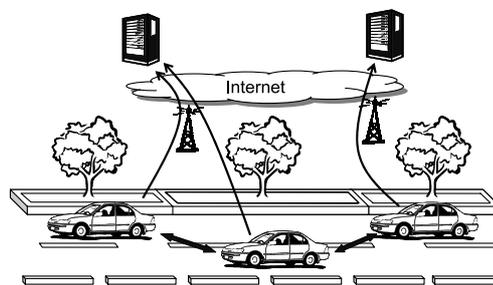


図 3.2. 提案する新たなプローブ情報システム

3.3.5 設計

車両側で動作する新たな情報送信システムを設計するに当たり、下記の要件を示す。

- 多様な情報が利用できること

- 多様な情報制御が可能であること
 - 車両側で情報価値を判定できること
- それぞれの解決手法を、以下に示す。
- 自車情報収集機能を分離する
 - 情報送信機能を分離する
 - 情報価値を設定ファイルにより個別定義する
- 以上の手法を用いた結果、以下の図 3.3 に示す通りに設計を行った。

破線で囲われた中身が、車内システムである。本システムは自動車の ECU (Electronic Control Unit) と通信を行い、情報を取得する。その情報は車車間通信を介して他車に提供されると共に、サービスの求める価値判断基準と比べられて、送信するか否かが決定される。また同時に、必要に応じて平均速度情報なども生成され、送信可否を判定した後に、サーバへ送信される。

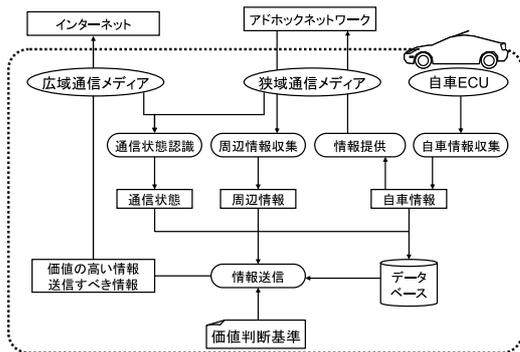


図 3.3. システム設計図

3.3.6 定性評価

本システムを評価するに当たり、以下の項目を確認する。

既存システムとの連携

本研究では、車内で動作するシステムにのみ改良を加えた。そのため、集約サーバやそのほかサーバ同士の連携などに支障を与えることはない。よって、既存のシステムの多くと連携することが可能である。

情報削減の可能性

次に、本システムでは無駄な情報を削減することを目的としている。そのため、所有者の情報など比較的長期間変更のない情報ではなく、速度情報や位置情報など高頻度で更新・送信される情報に対して、高い効果を発揮するしくみであると言える。

要求事項との比較

また、要件事項との比較を以下に示す。

- 新たな情報の定義を可能にした
- 送信のタイミング・トリガ・送信先を個別に定義可能とした
- 情報の価値をサービスごとに定義し、それにもとづいた制御を可能にした

以上の通り、要件事項としてあげた項目について、それぞれ達成することができた。

3.3.7 定量評価

本システムのモデルを定量評価した。2003年1月15日～17日に記録された名古屋駅周辺のタクシーのデータを利用した。3日間で述べ3000台であり、1レコードは約170byteである。データに含まれる情報を、表 3.1 に示す。

以上のデータを用いて、本システムを利用することによる情報送信の削減量、削減することによる情報の精度劣化を評価する。

情報の削減については、図 3.4 に示す。

車両が生成した情報すべてを送信した場合は、取得情報量と送信情報量は同数となるが、本システムを利用することにより、1分間の総取得情報量が1200個程度であると約300個、6000個程度であると約1100個のデータ削減を行うことが可能であった。これは、全体の26.79%に相当する。また、図 3.5 に取得情報量と情報劣化の関係を示す。

1分間に約3500個のデータが取得されるまでは、削減量に比例して精度が劣化する傾向にあるが、以降は少しずつ精度が向上する傾向にあることが示された。このことにより、本システムが普及することによる情報劣化は上限があることが示された。全体平均で約0.095km/hのずれが確認された。

表 3.1. 利用したデータ

データ項目	説明	備考
車両 ID	車両の識別子	
時間	記録された時間	1 秒単位
速度	メータ速度	1 km/h 単位
マップ マッチング	位置情報が地図の道路上に修正されているか否か	Yes / No
緯度・経度	位置情報	WGS-84 1/256 秒単位
リンク情報	走行道路の ID と進行方向	DRM (Digital Road Map)

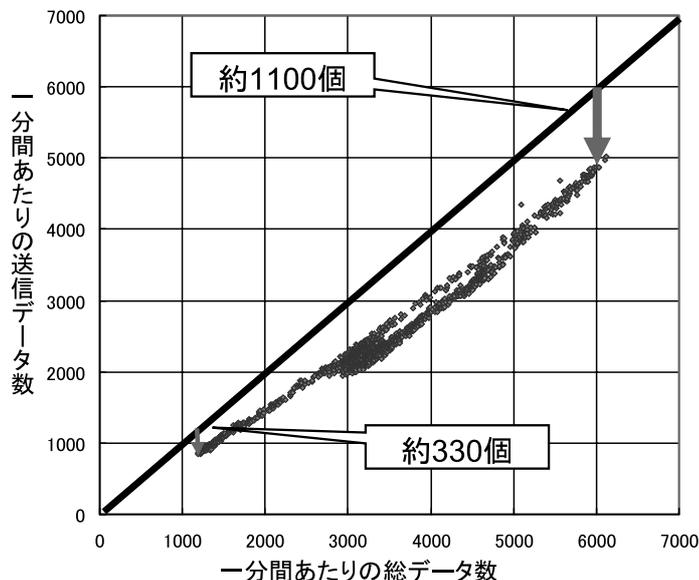


図 3.4. 取得データと送信データの相関

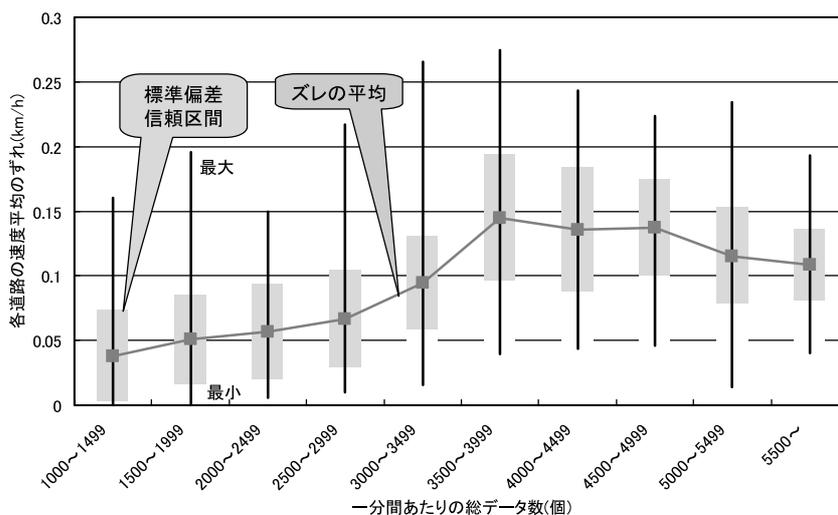


図 3.5. 取得情報量と速度平均のずれ

3.3.8 まとめ

本研究では、プローブ情報システムの車両側システムに着目し、サービスにとって有効な情報を送信する車内システムを実現した。不必要な情報送信を抑制すると共に、単一車両では生成できなかった情報の生成を可能にした。

また、名古屋駅周辺のタクシーのデータを利用し評価を行ったところ、各道路の平均速度を取得するサービスにたいしては、約 26.79%の情報量削減が見込まれることがわかった。その際に発生する各道路の速度平均の劣化は約 0.095 km/h であった。

今後の課題として、設定ファイルの記述方式・車

内プログラムの更新手法が挙げられる。設定ファイルについては、今回評価を行わなかったためである。更新手法については、サービスの変更や送信先の変更等に対応するための手法を検討する必要がある。

第 4 章 Requirements for threat analysis and protection methods of personal information in vehicle probing system

Nowadays, automobiles have a role as a sensor aggregation which is used to grasp the

circumstance and its location information. The value from vehicle sensors on each vehicle is called probedata.

Organically-consolidated probe data which make social seminal information is deserving of societal expectation. These probe vehicle system also known as floating car Data System (FCD) are developed under active promotion of cooperation among industry, academia, and government. In addition, for providing global social services over the Internet, lots of companies and general persons who use such services have drew attention to privacy, especially the management of personal data.

In our 2 papers, such as “Requirements for protection methods of personal information in vehicle probing system” and “Threat analysis and protection methods of personal information in vehicle probing system”, After providing a brief overview of general probe vehicle system, we sew up practical difficulties and threat analysis. Based on its analysis, we consider the protection methods that realize protection of personal information. Afterwards, we describe the standardization activities about the international principle based on this examination.

データ交換等に関しては Live E! 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 5 章 まとめ

今年度の 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の研究開発だけでなく、センサデータ（プローブデータ）の安全な流通に関わる技術に関しても活発に議論し、より実社会のニーズを反映した分野へと広がりを見せた。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研究開発を目指していきたい。

また、2006 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、センサーネットワークの構成やデータ形式、