研究計画書
Mobile Ad-hoc Networkを用いた車車間インターネット通信

慶應義塾大学環境情報学部
自著：――――――――
学籍番号 79951933
平成14年5月13日

概要

自動車は、多くの小型ノードと個人用端末で構成される移動するネットワークであり、自動車内の情報を車外に公開する事で新しいサービスの枠組を提案する事ができる。本研究では、自動車の情報化の流れの中で、車車間における通信に着目し、その通信を実現するシステムの設計、実装を行う。これにより、インターネット技術を用いた、効率的な車車間通信を実現できる。

1 はじめに

現在日本国内の自動車台数は7500万台とも言われ、私たちの生活にとって自動車の存在は欠かせないものとなっている。近年、その自動車が持つ情報を自動車内のみで利用するのではなく、自動車外部に公開することによって新しい自動車の形態を模索する動きがある[1]。ITS（Intelligent Transport Systems)[2]の活動もそのような自動車の情報化への動きであり、日本では国土交通省をはじめ官庁主導のもと多くの企業、組織で車を取り巻くネットワークを用いた新しいサービスを展開し始めている。

自動車内には多種多様なセンサが存在し、それらの情報に基づいて、コンピュータが自動車の制御を行っている。それらの自動車内に存在する情報を組み合わせてこれまでにないサービスを展開することができる。例えば、自動車間で、車両のスピードやブレーキ状態等の車両走行状態や、アクセル開度やハンドル回転角等の車両制御情報を交換する事で、自動車同士の協調作業を支援する事が可能となり、結果として、交通事故や交通渋滞等さまざまな交通問題を解決できる。

車車間通信は、自動車間で情報交換を行う事で、自動車を利便性を向上させるための技術である。例えば、各自動車の制御情報を交換する事で、交通管理を行う事が容易になる。あるいは、前を走る自動車のGPSにおける位置情報とその自動車からの自車の相対位置を知ることで、GPS機材を搭載することなく正確な位置情報を取得することができる。自動車内のそれらの情報を組み合わせることで、多様なサービスを展開することが可能になる。

本研究は、車車間通信にインターネット技術を用いる際の問題点を明らかにし、それらを考慮したシステムを提案し、実装・評価を行うことを目的とする。広く情報基盤として用いられているインターネットの技術で自動車間を接続することにより、自動車外部への情報公開を行うことも容易になる。

2 研究概要

2.1 インターネット技術を用いた車車間通信の必要性

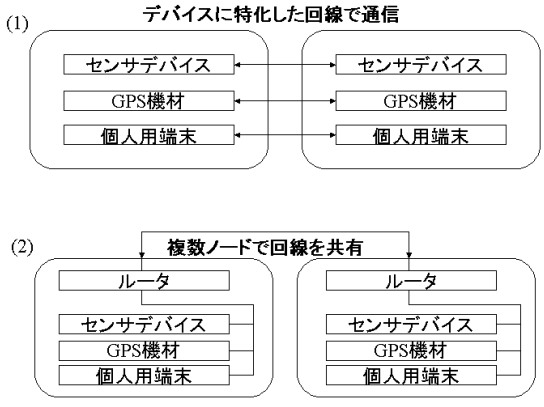

図1: インターネットを用いた車車間通信

トヨタが開発したレーダークルーズやマツダが研究を進めているASV(Advanced Safety Vehicle)をはじめ、現在の車車間通信の技術の多くは、専用の通信メディアを用意した上で、車車間におけるセンサ同士の協調を行っている(図1-1)。

そのため、自動車内のノードは通信メディアに依存した通信を行うため、他ノードと新たに通信をする等の機能の拡張性が著しく低い。

車車間通信にインターネット技術を用いる事で、各通信メディアをインターネットのリンクとして抽象化し、通信メディアを選ばないネットワークを設計する事が可能になる (図1-2)。それにより、各ノードを配置する際に、回線の制約を考慮する必要性が低くなり、システム設計の自由度も増す。

以上の利点により、本研究では、車車間通信の通信基盤としてインターネットを用いる。

2.2 問題意識

自動車の情報化により、自動車外部から自動車内の情報を参照すると同時に、自動車内部から自動車外部の情報を閲覧する事が可能となる。それにより、各自動車内の機器同士における柔軟な協調動作を支援する事が可能になる。

自動車の情報化を実現する際、自動車を移動ネットワークとして扱うべきである。自動車内には、センサをはじめとした多くのノードが存在するからである。移動ネットワークとは、ネットワーク内へ外部接続性を提供するルータが、IP アドレスを変化させるネットワークのことである。車内ネットワークに存在する各ノード同士が、車内ネットワーク外のノードと協調動作をする際は、このルータが通信メディアを抽象化する機能を果たすため、通信メディアに依存しない通信を行う事ができる。

車車間通信は、自動車と自動車が直接通信を行うことで実現される。しかし、現在の移動ネットワークに関する技術では、移動ネットワークと外部固定ネットワーク間の通信方式を定義するのみであり、移動ネットワーク間の直接通信に関する定義は存在しない。車車間通信を行うためには、移動ネットワークとしての自動車内のノードが、相互に直接通信する環境が必要である。そうでなければ、例えば、前後を並走する自動車間で相互にブレーキ情報を交換する際に、通信相手の自動車は目の前に存在するにもかかわらず、一旦外部固定ネットワークを介した通信を行うことになる。

このため通信にかかる遅延は大きくなり、遅延の予測範囲を限定することができない。これは自動車の操作においては大きな障害となり、重大な事故を引き起こすこともありうる。これでは、自動車間の安全な協調を行えない。また、自動車は広い範囲を移動するので、外部固定ネットワークへの接続性を確保できない状態になりうる。その際に、並走する自動車の情報を取得できなければ、車の安全な交通を支援できない。

移動体同士の直接通信を実現する技術に MANET(Mobile Ad-hoc Network) がある。MANET とは、移動ノードが相互に通信するために、一時的にネットワークを構成するための技術である。MANET は、頻繁にトポロジ変化が起こる環境を想定して設計されているため、車車間通信のような、隣接する自動車が高速かつ頻繁に変わる環境での通信に適している。

移動ネットワーク間の経路制御に MANET ルーティングを用いることによって、外部ネットワークを介することなく近隣の自動車との通信を行うため、車車間における通信を効率化できる (図2)。また、車車間の通信が外部ネットワークに依存しないため、継続した車車間通信を行うことができる。

しかし、既存の MANET の仕組みでは、ノード対ノードの通信しか行う事ができない。すなわち、ネットワーク間の通信を MANET を用いて行う事ができない。本研究において、自動車はネットワークとして定義されるので、移動ネットワーク間の直接通信方式を定義する必要がある。

本研究では、上記の問題点を考慮した、効率的な車車間インターネット通信システムを構築する。

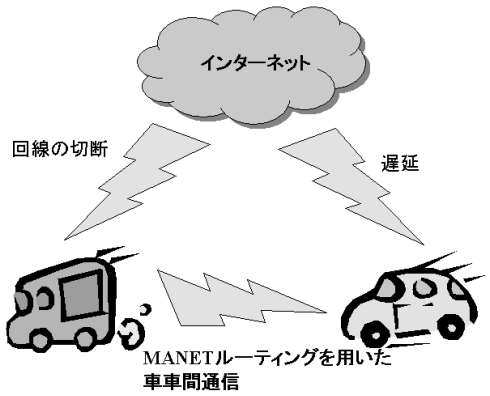

図 2: 車車間通信

3 システムの設計

本研究では、移動ネットワーク技術に MONET(Mobile Network)[3] を用い、2 章で述べた問題点を考慮した移動ネットワーク間の効率的な通信方式を提案し、実装する。

本システムは、自動車を移動ネットワークとして扱った上で、MONET が提供する外部ネットワークへの接続性を確保し、同時に自動車間の直接通信を実現する。MONET は移動ネットワーク上のルータをモーバイルルータとして定義する。本システムは、モーバイルルータ上に、パケットを MANET 環境と外部固定ネットワークのいずれに転送するかを判断するためのポリシを決定するための機構を実装する。その上で、モーバイルルータ上に、車車間通信に適した MANET 環境でのルーティングを実現する。

システムは以下の要素からなる。

- 車車間通信機構
- 広域通信機構
- パケット転送選択機構
- パケット転送ポリシ制御機構
- 通信相手ネットワーク識別機構

それぞれについて以下に詳述する。

3.1 車車間通信機構

本研究では、ネットワーク間通信をサポートした MANET ルーティングメカニズムの開発を行う。車車間通信機構は、既存の MANET ルーティングを拡張し、モーバイルルータがもつ MIP(Mobile IP)[4] のホームアドレスと、移動ネットワーク内のネットワークアドレスを対応づけた MANET ルーティング機構を提案し、実装する。

3.2 広域通信機構

この機構は、従来の移動ネットワーク技術におけるモーバイルルータ上に実装されている機能である。自動車に設置された携帯電話や、衛星通信アンテナ等複数のネットワークインターフェースを切替えることで、広域な通信環境を自動車内に提供することができる。本研究では、その機構を広域通信機構と呼ぶ。

3.3 パケット転送選択機構

既存のシステムを有効に活用するために、パケット転送選択機構をモーバイルルータ上に実装する。これは、トラフィックの種類によって、MANET 環境にパケットを転送するか、外部固定ネットワークにパケットを転送するかをあらかじめ設定されたポリシにしたがって決定するものである。

これにより、例えば、MANET 環境では自動車の制御情報配信を、そして外部固定ネットワーク経由では動画配信を行うなど、車内環境において効率的な回線利用を支援することが可能になる。

また、選択した回線が利用できなかった際、この機構は、別の回線がパケット転送に利用可能な状態にあればその回線を使ってパケットを転送する。これにより、たとえ自身の外部接続性が失われた状態であっても、他車の外部接続が継続されていれば、それを利用して、外部固定ネットワークへ当該パケットは転送される。利用可能な回線が存在しない場合パケット転送選択機構はパケットを廃棄する。

3.4 パケット転送ポリシ制御機構

この機構は、パケット転送選択機構がパケットを転送する際の判断基準となるポリシを、ユーザが設定するためのインターフェースとなる機構である。ユーザは、あらかじめ本機構を用いてパケット転送ポリシを設定する。

3.5 名前解決機構

本機構は、MANET 環境において通信相手のノードが所属するネットワークを識別するための機構である。

インターネットは、一意なアドレスを用い、それをもとに通信を開始するために、通信相手が「近隣の自動車」という曖昧な通信は許容されない。

そこで本機構を用いて、「5 台前を走る車」という抽象的な相手ノードの指定から、通信相手の IP アドレスを得る事ができる。

実現手法としては、フラッディングあるいは GPS 情報を用いたネットワーク識別が考えられる。

4 システム動作

システムの概要を図 3 に示す。図はシステム内の各モジュールの相関を示している。MANET 環境とは、自動車間の直接通信環境のことであり、外部固定ネットワークとは、インターネットを介した通信環境のことである。図中の矢印は、モーバ

イルルータによるパケット転送動作と各モジュール間の関係を表している。

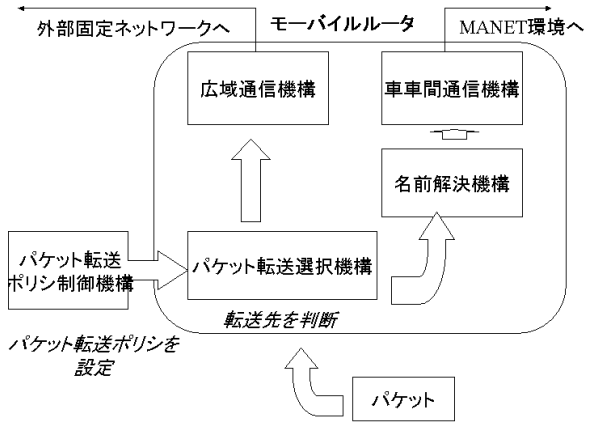

図 3: システム概要

以下にモーバイルルータにおけるパケット転送メカニズムを示す。前提として、ユーザはあらかじめパケット転送ポリシ制御機構を用いて、モーバイルルータにパケット転送のポリシを設定しているものとする。まず、パケットの送信元に注目した流れを以下に示す。

1. 通信を開始する自動車内のノードは、モーバイルルータにパケットをおくる
2. モーバイルルータは、ユーザがあらかじめ設定したポリシを元に、パケット転送選択機構を用いて MANET 環境にパケットを転送するか、あるいは外部固定ネットワークにパケットを転送するかを判断する
3. パケットが MANET 環境に転送されることが決定されるとモーバイルルータは名前解決機構を用いてパケットの宛先ネットワークをえる
4. 車車間通信機構によってパケットは転送される
5. パケットを受け取ったモーバイルルータは、それが自身が直接接続された車内ネットワークにあてられたパケットであるか否かを判断する。自身の車内ネットワークに当てられたパケットであれば、車内のネットワークにパケットを転送する。そうでなければ、パケットの種類を判別し、転送ポリシに従ったパケット転送を行う

次に、ポリシに従ったパケット転送が行われない場合の例を以下に示す。

1. パケット転送選択機構は、ポリシに従い、パケットは MANET 環境に転送されるべきだと判断する
2. パケット転送選択機構は、MANET 環境に対する接続性が失われていることを検出する
3. 再度パケット転送選択機構はそのパケットを外部固定ネットワークに転送する
4. 外部固定ネットワークへの接続性も失われていた際、パケット転送選択機構はそのパケットを廃棄し、エラーをアプリケーションに対してかえす

5 応用例

本研究は、移動ネットワーク間の直接通信を支援するシステムを構築する。その適用範囲はただ車車間における通信のみではなく、移動ネットワーク全般に対して広げることができる。その上で、本研究の応用研究として以下のようなものをあげる事ができる。

5.1 安全運転支援

車車間で、ブレーキ情報、アクセル情報、エンジン情報等を交換する事で、自動車の安全性を確保した、プラトゥーン走行と呼ばれる効率的な高速通信を行う事ができる。これにより、事故回避を行い、自動車交通システムを効率化する事が可能になる。

5.2 複数人による PAN(Personal Area Network) 上の資源共有

計算機資源に乏しい、PAN 上では、PAN 同士の協調作業が重要になってくる。そして、PAN はその性質から個人指向のネットワークであるために、PAN 同士のグループコミュニケーションを支援する環境も必要とされている。本機構を用いる事により、それらの PAN の協調作業を支援する事が可能となる。

5.3 航路ミス防止

航空機は安全のため、あらかじめ航路を設定されて飛行する。しかし、その設定された航路がかならずしも安全とは限らない。緊急の航路変更等

もありうる。航空機間で常時航路情報を交換する事で、ニアミス等の航路ミスを防ぐ事ができる。

6 研究手法

本研究では、研究概要の章で示した車車間通信技術を実装、評価し、国際標準機関 (ISO: International organization for Standalization) に対して車車間通信における標準技術として提案する。

私が所属する WIDE プロジェクトでは、1995 年よりインターネット自動車に関する研究を行っている。インターネット自動車プロジェクトは、さまざまなプロジェクトと連携してその実用性を検証し、新しい要求に応えるための技術の提案・開発を行っている。その活動の一環として、インターネット ITS プロジェクト [5] がある。

インターネット ITS とは、自動車間、道路と自動車間の通信基盤としてインターネットを用いることにより、共通のインターフェースを ITS サービスに提供し、関連技術の開発を行うことを目的としたプロジェクトである。

また、インターネット ITS プロジェクトは、その技術の有効性を示すために数千台規模の大規模な実証実験を行っている。本研究の評価には、この実証実験基盤を用いる。これにより、実際の自動車環境をもとにしたデータ収集を行い、システムの性能評価と最適化を行う。

インターネット自動車プロジェクトは、国際標準機関の ITS 技術委員会に対して、開発した技術の標準化を提案している。本研究では、構築したシステムを ITS における標準技術として ITS 技術委員会に提案する。それにより各国の研究機関との共同研究をはかり、本研究に関する議論を深める。

7 これまでの活動

私は、学部 2 年次より慶應義塾大学村井研究室に所属し、多くの最先端の技術にふれながら、ネットワークに関する研究活動に携わってきた。その過程で、ネットワークの管理を行いながら、アプリケーションの開発に携わってきた。その成果を以下に示す。

- 衛星回線監視機構
- 時刻同期型 WEB 代理サーバ
- 階層的マルチキャストデータ配信機構
- UDLR トンネル設定アプリケーション
- 位置情報検知機構

私は、このようなアプリケーションを開発する過程で、ネットワークを取り巻くさまざまな問題に触れてきた。そして、移動体通信に関心を寄せるに至った。

村井研究室は、インターネット自動車に関係することを通じて、インターネット上での移動体通信に関する研究も行っている。MIPv6(Mobile IPv6)[6] や MONET はその活動の例である。そして、私は、移動ネットワーク間の通信に関する研究に興味を持ち、本研究を提案するに至った。

8 志望理由

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科では、WIDE プロジェクトへの積極的な取り組みが行われている。そして、研究手法の章で述べたとおり、WIDE プロジェクトは、インターネット ITS をはじめ、多くの対外組織と協力した大規模なプロジェクトを進めている。つまり、政策・メディア研究科では、技術開発のみではなく、その応用範囲、あるいは適用範囲をみすえた研究がなされている。

そのような視点に基づいた研究が本研究には必要不可欠であり、これにより私は慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科への入学を強く希望する。

参考文献

[1] 砂原秀樹、佐藤雅明、植原啓介、青木邦友、村井純、“IPCar: インターネットを利用した自動車プローブ情報システムの構築”, 電子情報通信学会 B 論文誌 Vol.J85-B No.4, pp.431–pp.437, Apr 2002

[2] 国土交通省道路局 ITS ホームページ http://www.mlit.go.jp/road/ITS/

[3] T. Ernst, A. Olivereau, l. Bellier, C.Castelluccia, H. Lach “Mobile Networks Support in Mobile IPv6” Internet-Draft March 2002

[4] C. Perkins, “IP Mobility Support”, RFC 2002 October 1996

[5] 情報処理学会誌 43 巻 2002 年 4 月 特集「インターネットと自動車」

[6] D. Johnson, C. Perkins “Mobility Support in IPv6” Internet-Draft March 2002