

# 次世代車載連携アプリケーション向け分散処理プラットフォームの開発 (121806015)

## Development of Distributed Processing Platform for Advanced Vehicular Applications

### 研究代表者

高田 広章 名古屋大学

Hiroaki Takada Nagoya University

### 研究分担者

石川 佳治<sup>†</sup> 佐藤 健哉<sup>††</sup> 中本 幸一<sup>†††</sup> 本田 晋也<sup>†</sup> 山口 晃広<sup>†</sup>

Yoshiharu Ishikawa<sup>†</sup> Kenya Sato<sup>††</sup> Yukikazu Nakamoto<sup>†††</sup> Shinya Honda<sup>†</sup> Akihiro Yamaguchi<sup>†</sup>

<sup>†</sup>名古屋大学 <sup>††</sup>同志社大学 <sup>†††</sup>兵庫県立大学

<sup>†</sup>Nagoya University <sup>††</sup>Doshisha University <sup>†††</sup>University of Hyogo

研究期間 平成 24 年度～平成 26 年度

## 概要

本研究では、新しい無線技術と高性能計算資源を前提として車両の内外から容易かつ安全で効率的に車両周辺情報にアクセス可能な分散環境を実現する次世代車載連携プラットフォームを開発した。具体的には、車載データストリーム処理の信頼性やリアルタイム性への対応、LTE を併用する分散ネットワークアーキテクチャの確立、および、次世代車載アプリケーション開発のためのデータベース技術の設計・評価を実施した。

### 1. まえがき

近年、自動車（車載システム）と携帯端末やクラウドといった高性能計算資源が、LTE など広帯域低遅延の無線通信技術で連携することにより、従来よりも高性能・高性能な新しいサービス（次世代車載連携アプリケーション）を実現できる基盤が整いつつある。一方で、センサなどから得られる連続的なデータを低遅延に処理するストリーム処理技術が、データベース分野の研究を中心に、注目を集めている。我々は、次世代車載連携アプリケーションのデータ処理がこの特性に合致していることに着目し、車載システムで利用されるセンサデータに対してストリーム処理技術を適用することで効率的に分散処理可能なプラットフォームを開発する。

### 2. 研究開発内容及び成果

次世代車載連携アプリケーション向け分散処理プラットフォームの開発にあたり、センサデータを効率的に分散処理するために、データストリーム管理システム (DSMS) を基盤とする。本プラットフォームの概要を図 1 に示す。本プラットフォームでは、位置透過なデータ空間や 2 次レベルデータへのアクセスを実現する高レベルなデータへの問合せ (クエリ) の記述が可能である。ユーザはストリーム処理コンポーネントのライブラリを用いてクエリを記述できる。高レベルなクエリは、本プラットフォームにより、各ノードに分散配置されて物理的なクエリが生成される。その後、実行時に、リアルタイム性を維持するように、ストリームデータを動的にスケジューリングする。

位置透過なデータ空間を実現することを目的とし、提案プラットフォームのようにストリーム処理を分散する場合を考えると、どのノードでどのストリーム処理を実行するかが、ストリーム処理の効率に大きな影響を与える。しかし、データ処理の演算単位であるオペレータをノードに配置する組み合わせは膨大のため、人手で決めることは容易ではない。そのため、システムが、物理構造に合わせてストリーム処理を各ノードに適切に割り当てる仕組みを提供する。特に、自動車内部のストリーム処理の分散配置には、従来の分散ストリーム処理とは異なる要件があることが明らかとなった。車載システム内のネットワークは、バス型であり、それらがゲートウェイで繋がる複合型のネットワークである。一方、従来のストリーム処理の分散配置では、オーバーレイネットワークを想定しており、従来手法を直接適用できない。そのため、車載ネットワークに適用可能な方式を提案した。また、リアルタイム性の保証や維持を目的とするように、データ処理の分散配置を決定する方式に拡張した。この方式では、リアルタイム性を満たすオペレータの配置に加えて、リアルタイムスケジューリングに必要な各ノードに分散したデータ処理のデッドラインの算出も同時に行うことができる。

また、データ処理におけるリアルタイム性の保証・維持を目的として、本プラットフォームでは、次世代車載連携アプリケーションにおいて重要な要件となるリアルタイム性を検討する。リアルタイム性を満たすためにはリアルタイムスケジューリングが有効であると知られており、本プラットフォームではストリーム処理にリアルタイムスケジューリングを導入する。しかし、ストリーム処理におけるリアルタイムスケジューリングの研究は未だ始まったばかりであり、複雑なデータ処理に対して適用できる従来方式は存在しない。そこで、本研究では、広範なストリーム処理に適用可能なリアルタイムスケジューリング方式を提案した。本方式を実装し、クエリを用いて評価した。入力データにはネットワークシミュレータ Scenargie を用いて入力データを生成し、車々間通信から入力する車両情報が、欧州標準仕様で要求される状況に近づけて評価した。車両制御に提供されるストリームデータの最大遅延時

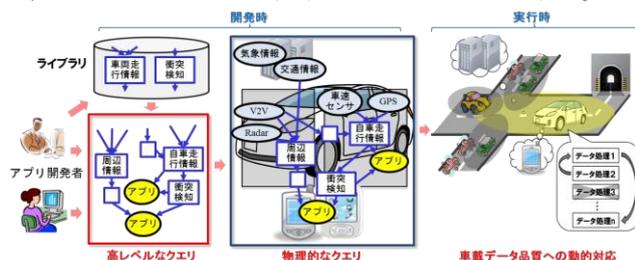


図 1 次世代車載プラットフォーム概要

間に関して、提案方式 (EDF) が従来方式 (FIFO) よりも、最大遅延時間を大幅に削減した。この結果から、提案方式を用いることで、従来方式よりも、リアルタイム性を満たして多くのストリームデータを処理できることが分かる。次に、衝突警告への提案手法における有効性を確認するため、Time To Collision から、本走行シナリオにおける出会い頭衝突への影響を確認した。提案方式を用いることで、衝突する可能性のある車両を早期に検出できることが判明し、衝突事故の削減への効果を確認できた。

次世代車載連携プラットフォームにおいてストリーム間を無線ネットワーク経由で接続するための通信モジュールを開発し、データアクセス機能についての検討を実施した。分散環境における通信に関しては、OpenFlow と呼ばれるネットワーク仮想化技術を利用し、分散環境に適した効率的なデータ通信手法の開発を行った。OpenFlow コントローラと呼ばれる端末にて車両の情報を管理し、その情報を利用し車両の OpenFlow スイッチに適切な通信経路を設定することによって効率化を実現する。また、車両間のみで構築されるネットワークの効率化を目指し位置情報利用プロトコル (GeoNetworking) の改良に関しても開発を進めた。GeoNetworking では、ビーコンと呼ばれる定期的送信されるメッセージ数が増加する問題点が存在する。宛先エリアに存在する車両へのメッセージを他の端末も利用する機構を構築し、ビーコンを削減し効率的な車両間ネットワークの構築を実現する。このような情報の分散管理システムおよび、分散環境における効率的な通信機構を汎用計算機上に実装し、シミュレーションによる評価実験を行った。実験結果より、安全運転支援といったリアルタイム性が必要なアプリケーションにも有効であることを確認した。複数の経路を利用した効率的通信方式、および、通信を利用した安全運転支援システムのための要求条件は国際標準化機構 (ISO) ITS 専門委員会 (TC204) に対して標準化提案を行った。

### 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究を進めるにあたり、トヨタ自動車、豊田中央研究所、デンソー、日立製作所、NEC 通信システムなどの企業、また、国土交通省国土技術政策相互研究所、日本デジタル道路地図協会などと産官学連携のコンソーシアムを設立し、毎月開催する定例会議において研究発表に対して実利用の観点から意見を交換しながら開発を実施した。これにより、本プロジェクトにおいて開発したアルゴリズムやソフトウェア、設計ツールなどは、コンソーシアムのメンバに提供し、実際に利用してもらい、将来の製品開発に活かすことができるような形態とした。また、コンソーシアムのメンバ以外の企業や団体にも要望があれば技術を公開する予定である。一方で、単独の自動運転で先行する Google、協調型 ITS の標準化を進める欧州勢に対して、さらに発展的な技術を日本から発信、提供することで、今後も産業界をリードすることができるかと確信している。

### 4. むすび

本研究では、一般的なデータベースではなくストリーム技術を利用することで、センサデータ処理の負荷分散が実現可能となり、車載連携アプリケーションにおいて短時間で危険な状況を判定できるようになった。また、車両同士の間衝突や、歩行者も含めた安全運転支援のアプリケーションを構築しドライビングシミュレータなどを利用して実際に評価することで有効性を検証した。また、位置透過な

データ空間を定義する手法により、アプリケーションを容易に開発できるようにした。世界的に自動運転に関する研究開発が活発化する状況において、車両単体の情報のみでなく、複数の車両や路側センサのデータを交換することで、見通しの悪い交差点や急な飛び出しへの対応が可能となる。一般に混雑した環境では交通事故が発生する確率も高くなるが、本研究開発の成果を利用することで、センサデータを交換し効率よく処理でき、より安全な交通社会の実現へと結びつく。

#### 【誌上发表リスト】

- [1]勝沼 聡、山口 晃広、熊谷 康太、本田 晋也、佐藤 健哉、高田 広章、車載組込みシステム向けデータストリーム管理システムの開発、電子情報通信学会論文誌 Vol.J95-D、No.12、pp.2031-2047、(2012.12)
- [2]佐藤 健哉、狭帯域通信を考慮した車両環境情報の効率的分散処理プラットフォーム、自動車技術、Vol.68、No.2、pp.29-34、(2014.2)
- [3]Hideki Shimada、Akihiro Yamaguchi、Hiroaki Takada、and Kenya Sato、Implementation and Evaluation of Local Dynamic Map in Safety Driving Systems、Journal of Transportation Technologies、Vol.5、No.2、pp.102-112、(2015.3)

#### 【申請特許リスト】

- [1]鈴木 有也、城戸 正利、山口 晃広、ストリームデータ処理装置、日本、特願 2014-61323

#### 【国際標準提案リスト】

- [1]ISO/NP 24102-6 Intelligent transport systems - Communications access for land mobiles (CALM) -- ITS station management -- Part 6: Path and flow management、2012.6.7 (2017 発行予定)
- [2]ISO/DIS 18682 - Intelligent transport systems - Basic requirements for external hazard detection and notification system、2015.9.1 (発行済み)
- [3]ISO/CD TR 20545 - Intelligent transport systems - Report on standardization for vehicle automated driving system (RoVAS) - Beyond assistance systems、2014.12.17 (提案済み・審議中・発行未定)

#### 【参加国際標準会議リスト】

- [1]国際標準化機構 (ISO)・ITS 専門委員会 (TC204)、シアトル (米国)、2013.4.14~19
- [2]国際標準化機構 (ISO)・ITS 専門委員会 (TC204)、オスロ (ノルウェー)、2014.5.11~16
- [3]国際標準化機構 (ISO)・ITS 専門委員会 (TC204)、バンクーバー (カナダ)、2014.10.27~31

#### 【受賞リスト】

- [1]伊藤 信一、山口 晃広、佐藤 健哉、本田 晋也、高田 広章、情報処理学会高度交通システム研究会奨励賞、“ストリーム LDM における地図データのストリーム化機構の設計と評価”、2013.6
- [2]山川 達也、鈴木 結香子、山口 晃広、島田 秀輝、佐藤 健哉、第 76 回情報処理学会全国大会学生奨励賞、“理想的ドライバモデルを目指した時系列センサデータの確率モデルに基づく運転支援システムの検討”、2013.3
- [3]山口晃広、佐藤健哉、中本幸一、渡辺陽介、高田広章、情報処理学会高度交通システム研究会奨励賞、“車々間通信を用いた安全運転支援のためのリアルタイムストリーム処理”、2014.9