

車載カメラ利用に適した映像通信フレームワークの基本設計と試作

樋口健太¹ 平野愛子¹ 柴田史久¹ 木村朝子¹ 田村秀行²

概要: ITS に関する技術が普及する中で、車両に搭載されるカメラ等のセンシング機器の高度化が進んでおり、衝突防止や駐車支援などに幅広く利用されている。現状、これらのセンシング機器から得られる情報は、搭載されている車両のみで利用される傾向が強いが、我々は、センシング情報などを他車両や個人が所有する端末などと共有することによって、安全性や利便性の向上に繋がるのではないかと考えた。以上のような考察のもと、本研究は、車載されたカメラやセンサから得られる情報を車車間や遠隔地において活用可能な映像通信フレームワークの実現を目的とする。本フレームワークでは、車載カメラやセンシング機器、情報提示デバイスをネットワークに接続された計算機ノードと定義し、各ノード間で映像等のマルチメディアデータを共有・利活用するための機能を提供する。本フレームワークを利用することで、車載センサから得られるカメラ映像やセンサ情報を連携させた様々なシステムが構築可能となる。本稿では、その第一段階として、提案フレームワークの全体設計や通信管理部の詳細設計および試作結果について述べる。

Basic Design and Prototyping of a Video Communication Framework for Vehicle-mounted Cameras

Kenta Higuchi¹ Aiko Hirano¹ Fumihisa Shibata¹
Asako Kimura¹ Hideyuki Tamura²

1. はじめに

様々な学会において ITS に関する特集が組まれるなど [1][2]、近年、ITS 関連分野に対しての期待が急速に高まりつつある。安全運転の支援や自動運転を目指した技術の普及が著しく、カメラや各種センサを搭載した車両が増加し、高機能化が進んでいる。今や自動車は最新のセンシング技術を結集した移動体であると言える。例えば、周囲の車両や人などを検知し衝突を未然に防ぐ、あるいは被害を軽減する衝突被害軽減ブレーキ [3] や、前方車両を検出し車間距離を一定に保ったまま追従するクルーズコントロール [4] など関連研究は枚挙にいとまがない。現在、カメラやセンサから得た情報は搭載された車両でのみ利用される傾向が強い。しかし、700MHz 帯を利用した車車間通信 (Vehicle-to-Vehicle; V2V) や路車間通信について、平成 23 年に総務省が制度化している [5] ことからわかるように、車車間における情報の共有・利活用が望まれている。

そこで我々は、車載カメラやセンサで取得した視覚情報を中心とした情報を車車間で共有・利活用可能なフレームワークの開発に取り組んでいる。特に、複合現実感 (Mixed Reality; MR) や隠消現実感 (Diminished Reality; DR) は、Head-Up Display (HUD) と組み合わせることで、情報の提示手段として視認性の問題が生じにくいという特徴があり、ITS との親和性が高い。そこで本フレームワーク

では、MR・DR 技術を用いて電子情報を提示可能なシステムを内包した設計について議論する。本フレームワークの議論により、抽象的なレベルでの要求事項や限界などを明らかにする。本稿では、映像通信フレームワークを開発する第一段階として、「全体の設計」「通信制御部の詳細な設計」を行った結果について報告する。

2. 関連研究

MR や DR を中心とした情報提示により車車間で支援情報を共有する複数のシステムを内包する映像通信フレームワークの研究は、我々の調べた範囲では見つからない。

一方、個々の車両で取得した情報を基にした視覚的な運転者支援技術は既に多数提案されている。例えば、車両に搭載された複数のカメラ画像から自車両を俯瞰する画像を合成・提示し、駐車を支援するアラウンドビューモニターなどは既に実用化済みの技術である [6]。また、稲見らは、車載された複数のカメラからの得られる画像を、車両の後部座席にプロジェクタを用いて投影し、自車の車体による死角をなくすことによって安全運転を支援する手法を提案している [7]。これらの技術では、取得した複数のカメラ画像や、その他のセンサ情報は自車両のみで利用することを前提としているため、後述するように本研究で検討するようなプライバシー保護を目的とした認証などは考慮されていない。

HUD の利用を前提とした MR 型情報提示に関する従来研究も複数存在する。Qing らは、自車両の前方に搭載されたカメラ画像に建物の情報などの POI (Point-of-interesting) 情報を重畳描画し、運転者へと提示

¹ 立命館大学大学院情報理工学研究所
Graduate School of Information Science and Engineering,
Ritsumeikan University

² 立命館大学総合科学技術研究機構
Research Organization of Science and Technology,
Ritsumeikan University

する技術を提案した[8].

車々間通信を前提とした運転者支援技術も研究されている。Pedro らは前方に存在する車両からのカメラ画像を無線通信によって取得し、前方の車両像を重ねることで前方車両を透明化し、更に前方の車両が透けて見えるような表現法を提案した[9]。これは後述する本フレームワークの活用法にも挙げられているシースルー・ビューと類似した機能である。

また、車車間で通信する技術自体についても研究されている。Alexey らは連続して走行する2車両間で映像を送信する際のビデオコーデックや、通信規格についての考察を行っている[10]。また、車車間通信の利用が想定される運転シーンや、車車間通信に必要な要件についても検討が行われている[11]。

これら様々は方面から実施されている研究では、運転支援などの具体的な目的を実現するための手法やそのための要素技術について検討がなされているが、本研究で提案する映像通信フレームワークは、個々の要素技術を組み合わせるシステムを構築する際に、汎用的な枠組みを決めておくことでシステム開発の利便性を向上させることを目的としており、本研究とは異なる。

一方、本研究と同様に、車両から取得できる情報を統合して活用するためのプラットフォームを構築するという動きもある。北山らは車両から位置データや温度データ、速度、角度、回転データなどを収集し、ビッグデータとして利用することで渋滞予測などを行うプラットフォームを提案している[12]。しかし、本研究が主眼におく映像情報の通信や提示については触れられておらず、本研究とは目的が異なると言える。

3. 映像通信フレームワーク

3.1 概要

本研究で目指している映像通信フレームワークは、車載されたカメラやセンサから得られる情報を、車車間や遠隔

地において利用するための手段を提供する。本フレームワークでは、カメラや各種センシング機器、HUD やディスプレイ等の情報提示デバイスを有する端末をネットワークに接続された1台の計算機ノードと定義し、各ノード間で映像等のマルチメディアデータを共有・活用するための機能を提供する。これによって、カメラ映像やセンサ情報を連携させた様々なシステムが構築可能となる。本フレームワークの概念図を図3.1に示す。

本研究が目標とする映像通信フレームワークの要件を以下にまとめる。

(1) 計算機ノード間で情報共有可能な仕組み

自動車に搭載可能なセンシング機器はカメラやミリ波レーダー、加速度センサなど多岐にわたり、それらから取得可能な情報は多数存在する。本フレームワークでは、それらの情報を、個々の車両で利用するだけでなく、車車間や他の情報端末との間で相互に送受信可能な仕組みを提供する。各ノード間の通信には、700MHz帯ITSによる車車間・路車間通信や、今後も通信速度の向上が期待できるLTE等の移動体通信網を組み合わせる。

(2) 必要な情報のみを通信可能

前述のとおり車両に搭載されたセンサから取得可能な情報は数多くあるが、状況によっては共有に適さない情報も含まれている。例えば、通信相手が後方車両であれば自車両の位置や自動車登録番号など目視で確認可能な情報は送信しても問題ないと考えられる。一方、通信相手が遠く離れた場所にいる場合、自車両の位置を送信することは大きな問題となりうる。自車両の位置情報を不特定多数の利用者が取得可能となってしまうためである。そこで本フレームワークでは、利用する機能や状況、通信対象に応じて通信する情報を制限し、必要な情報のみを共有可能な仕組みを提供する。

(3) 運転者へのMR・DRを用いた情報提示

運転者へ情報提示する際に最も重要な要素の1つは、安全性の考慮である。例えば、電子情報の提示においてダッ

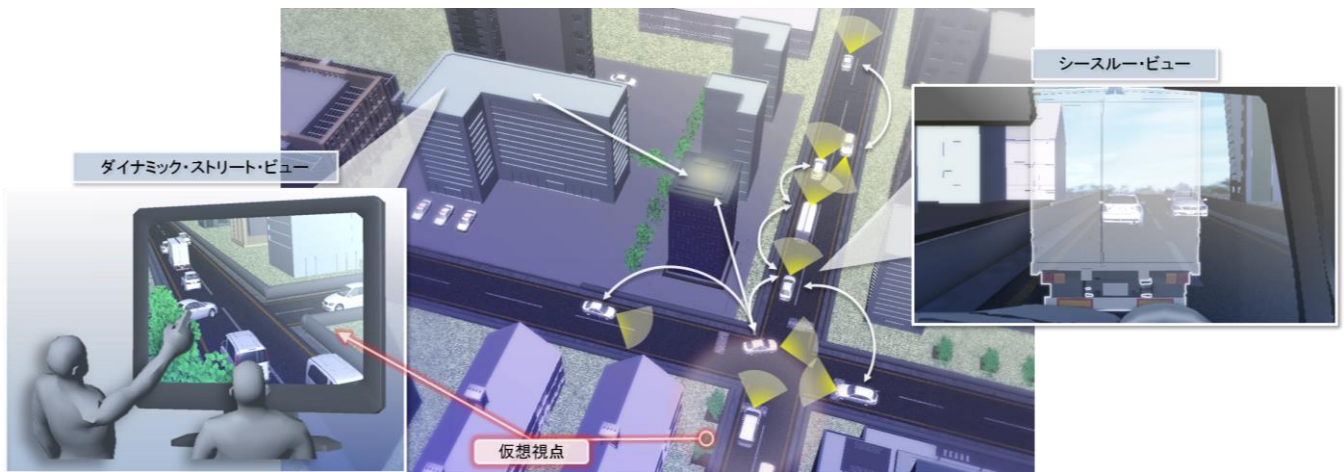


図1 映像通信フレームワークの概念図

シュボードに存在するディスプレイを用いた場合、運転者の視線が移動してしまうため、かえって危険となる可能性がある。そのため、運転者が前方から視点を動かすことなく電子情報を確認する際には、HUDを用いたMR・DR型情報提示が望ましいと考えられる[13]。そこで本フレームワークでは、MR・DRを用いて運転者へ情報提示可能な仕組みを提供する。現時点では、技術面や法律面等から本格的にHUDを利用することは難しいため、運転者の視界を損なわないHUDやダッシュボードに設置したディスプレイを利用可能な仕組みから検討を始め、将来的にはフロントウィンドウ全面がHUD化できることを想定した設計とする。

3.2 想定される活用例

本節では、本研究で目標とする映像通信フレームワークを活用して実現可能なシステムの具体例について述べる。

・シースルー・ビュー

自車両からの不可視領域を他車のカメラやセンサを利用して透過して表示する機能である。例えば、車高が高い車などが前方を走行している場合、前方の視界が制限されてしまう問題がある。このような場合でも、前方車両に取り付けられたカメラから取得される画像を受信し、HUD上にその画像を表示することで、その車両を透過したような表現が可能となる。これにより、前方車両に阻害されていた前方の視界を得られるため、信号機や前方にある道路上の停止車両などを素早く認識できる。図1中の右側に表示されている図が車両を透過した際の例である。この機能を実現するためには、「カメラ画像の取得」「車車間の近距離通信」「前方車両の位置推定」「車速の取得」「MR・DR情報の生成」「MR・DR画像提示の提示」などの機能が必要と考えている。

・ダイナミック・ストリート・ビュー

事前に収録した道路沿いの画像情報の提供は既にGoogleによるWebサービスなどで実現されている。しかし、既存のサービスは道路沿いの画像を事前に撮影した上で提供しており、リアルタイムでの更新とはなっていない。そのため、提供された画像と現時点の光景では、道沿いの状況などが異なる場合が考えられる。一方、近年、様々な場所に設置されている防犯用の定点カメラでは、リアルタイムの映像を取得可能だが、あらゆる場所に設置されているわけではない。これに対して本フレームワークを利用すれば、走行中の車両から得たカメラ映像からパノラマ画像を作成し、リアルタイムに道路沿いの情報を提供することが可能となる。これにより、既存のサービスで起こりうる道沿いの状況変化に対応でき、また専用の車両による撮影も不要となる。図1中の左側は、遠隔地から指定した仮想視点の映像を、ネットワークを介して取得し、交通状況の監視に利用しているイメージである。この機能を実現するためには、「カメラ画像の取得」「遠距離にあるデバイスと

の通信」「位置情報の取得」「画像変換」「描画」などの機能が必要と考えている。

・遠隔ナビゲーション機能

目的地の住所や電話番号などが明確な場合は既存のナビゲーションシステムを用いることで現地まで案内できる。しかし、目的地が私有地の敷地内や住宅地の個人宅で住所などの情報が不足していると、目的地まで正確に案内することが難しい場合がある。そのような場合、目的地にいる知人に案内を依頼することが考えられるが、自身の現在位置を知人に正しく伝える方法が必要であり携帯電話による音声だけでこれを達成するのは難しい。そのような場合に、本フレームワークを利用すれば、現地の知人の端末へ自車両から得た画像を送信するようなシステムが構築できる。知人は受信した画像を確認することで相手の現在位置を詳しく把握できるため、現地までの案内が容易となる。この機能を実現するためには、「カメラ画像の取得」「遠距離にあるデバイスとの通信」「描画」「認証」などの機能が必要と考えている。

4. 全体設計

3.2節で挙げた活用例の検討結果に基づいて、映像通信フレームワークの全体設計を行った。以下では、フレームワークを構成する各ノードの基本設計とそのモジュール構成について述べる。

4.1 車載ノードと情報提示ノード

3.1節で述べたように、本フレームワークでは、カメラや各種センシング機器、HUDやディスプレイ等の情報提示デバイスを有する端末をネットワークに接続された1台の計算機ノードと考える。先に述べたような活用例を実現することを考えると、計算ノードとしては、自動車に搭載する「車載ノード」と、遠隔地などで映像などの情報を提示する「情報提示ノード」が必要となる。車載ノードは、情報をカメラや各種センサでセンシングすると同時に、HUDなどのデバイスで情報を提示する機能を有する。一方、情報提示ノードには、センシング機能は存在せず、取得した情報を提示するのみとなる。

4.2 モジュール設計

車載ノードでは、複数のカメラや各種のセンサなどのモジュールから情報を取得し、得られた情報を複数のノード間で送受信することを想定している。そのため、各モジュールが取得した情報を一元に管理するためのデータ管理モジュールを中心に配置し、このモジュールを介してすべての情報がやり取りされるようなモジュール構成を設計した。図2に車載ノードのモジュール構成を示す。一方、情報提示ノードは、車載ノードからセンシングに関連するモジュールと車車間通信に関連するモジュール、認証に関連するモジュールを除いた構成となる(図3)。

各々のノードには、車車間通信やLTE通信などの複数の

通信方式を管理するための通信制御部、HUD等を使って提示する情報を処理するための画像処理部、システムに必要な情報を処理するための情報処理部が必要となる。加えて、車載ノードには搭載させたセンサから得られる情報を処理するためのセンサ制御部が必要となる。

4.3 各モジュールの詳細

車載ノードおよび情報提示ノードを構成する各モジュールの役割について説明する。

(1) データ管理

車載されたカメラやセンサ、通信などの各モジュールから得た情報を一元管理するモジュール。車載ノードおよび情報提示ノードの要となるモジュールであり、各モジュール間でやり取りする情報を仲介する。

(2) カメラ管理

車載カメラから画像を取得するモジュール。取得した画像をデータ管理モジュールへ渡す。本フレームワークでは1台の車両に複数のカメラが搭載されることも想定しており、それぞれのカメラが異なる複数のパラメータを持つことが考えられる。また、他のセンサと比べて取り扱う情報量が大きいので、カメラ専用で独立したモジュールを作成した。

(3) センサ管理

GPSやレンジファインダなどの車載センサから情報を取得するモジュール。取得した情報をデータ管理モジュールへ渡す。

(4) 車両状態管理

自車両から得られる現在の速度やヘッドライトの灯火状態などを取得するモジュール。取得した情報をデータ管理モジュールへ渡す。これらの情報により、他車両との相対速度などを取得することができる。

(5) 位置姿勢推定

データ管理モジュールから渡された画像などの情報を用いて他車両と自車両との相対的な位置姿勢を推定するモジュール。本フレームワークにおいて自車両の周辺に存在する車両の位置姿勢推定は非常に重要な機能である。位置姿勢推定手法には様々なものが考えられ、必要なパラメータも異なるため、1つのモジュールとして設計した。本モ

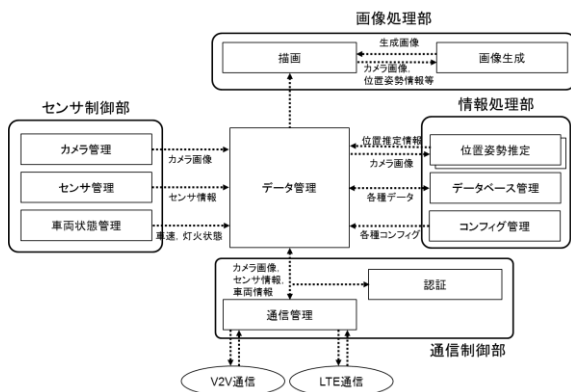


図2 車載ノードのモジュール構成

ジュールは、複数を並列に組み込むことが可能で、位置姿勢推定手法毎に本モジュールを用意することで、位置姿勢推定手法を切り替えできる。

(6) データベース管理

データベースに格納されている車両情報などの取得および更新を行うモジュール。データ管理モジュールへと情報を渡す。本フレームワークでは、車両の3Dモデルデータを保持することなども検討しており、必要に応じて他車両との同期や情報の更新を行うデータベースが必要となることから本モジュールを設計した。

(7) コンフィグ管理

自車両のカメラ設置位置やカメラパラメータ、自車両が情報を送信する許可を出した車両などのコンフィグ情報を取得および更新するモジュール。本フレームワークで想定している車両は、搭載しているセンサや取得できる値、その性能などが異なることが考えられるため、車両ごとにそれらを管理するモジュールが必要である。

(8) 画像生成

運転者へと提示するMR・DR画像を生成するモジュール。描画モジュールから必要に応じて呼び出し、カメラ画像や位置姿勢推定の結果などの情報を基に画像を生成し、生成した画像を描画モジュールへと渡す。本フレームワークではMR・DRによる運転者への情報提示を想定しているが、ダイナミック・ストリート・ビューのように、それ以外の提示方法を想定している機能も多くある。そのため、この機能を描画モジュールが行うには不適と考え、1つのモジュールとして設計した。

(9) 描画

生成した画像を利用者へと提示するモジュール。情報提示方法を限定しない設計としている。様々な情報提示方法が想定されるため、1つのモジュールとして設計する。各情報提示方法をモジュール化することで、情報提示方法の変更が容易になる。

(10) 認証

他端末からの情報の要求に対して、要求された相手や求めている情報などを基に応答するかを判断するモジュール。

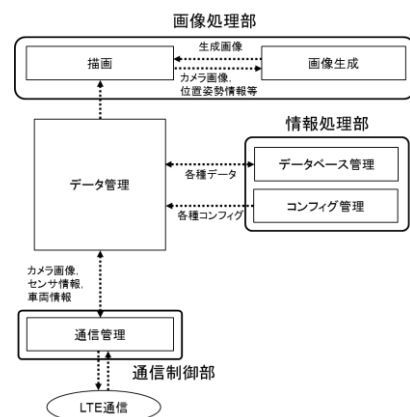


図3 情報提示ノードのモジュール構成

5 章にて詳細を述べる通信モードに応じて、通信管理モジュールが受け取った要求に対し、データ管理モジュールへのアクセスを制御する。

(11) 通信管理

他車両への情報の要求、他車両からの要求に対する応答、他車両との情報の通信などを行うモジュール。通信方式の切り替えを行うと同時に、受け取った情報の解析や送信データのフォーマットも行う。さらに、認証モジュールを介した上で、データ管理モジュールと情報を交換する。

5. 通信制御部の試作

ここでは、前章で説明したモジュールの中で、提案する映像通信フレームワークの根幹をなす通信制御部の詳細設計を行うにあたって検討した事項について説明する。

5.1 通信方式

ITS で通信を想定した場合、利用可能な通信方式は複数存在する。例えば、総務省によって制度化された 700MHz 帯の ITS 専用周波数帯、スマートフォンなどの通信に用いられている LTE 通信、5.8GHz 帯を用いて、狭域通信を行う DSRC (Dedicated Short Range Communications) や Wi-Fi 通信などが挙げられる。我々は、本フレームワークの利用用途を勘案して、近距離通信に ITS 専用の割り当てが行われている 700MHz 周波数帯通信、遠距離との通信では普及エリアが非常に広い LTE 通信を想定して通信制御部を設計した。

5.2 通信モード

我々が開発を目指すフレームワークでは、様々な車両や携帯端末などの計算機ノードとの通信を想定している。そのため、利用する通信方式や通信対象によって送受信する情報を制御する必要がある。そこで表 1 に示すようなモードという概念を導入し、送受信する情報の種別や通信方式、認証の有無などの制御を実現することとした。

近接モードでは、700MHz 帯通信を用いて車車間通信を行う。車車間通信を用いて情報を送受信するため、通信を行う車両同士が近距離間に存在するものとする。この際、近距離間とは今回の場合、十分に目視が可能な程度の距離と仮定している。近接モードで通信する場合、目視が可能のため車種情報や自動車登録番号、位置情報などは共有しても問題はない。当然、それらの情報は目視によって入手することが可能な情報のため認証を行う必要はない。具体的な利用例としては、前述したシースルー・ビューを実現する際、カメラ画像や位置情報、車両情報などの取得に用いることを想定している。取得した車両情報や位置情報は前方車両の検出や、位置姿勢推定への活用が想定される。また、自車のカメラ画像から自動車登録番号標を認識することで[14]通信する車両の同定も可能となる。実際に通信を行う流れとしては、情報を取得したい車両が周囲の車両へと自車の位置情報などを送信し、その要求を受け取った

車両が送られてきた情報を元に自車の情報がその車両に必要かどうかを判断する。必要と判断すれば、ユニキャスト通信によって車車間で通信し、情報の送受信を行う。

匿名モードでは、LTE などの移動体通信を用いて、遠距離間で通信する。匿名モードを用いて情報を要求する場合、利用者は、場所や時間などを指定した要求を行うこととなり、特定のノードを直接指定することはできない。近接モードでは車種情報や自動車登録番号などを送信していたが、匿名モードでは、それらの個人を特定し得る情報については制限される。このため、送信されるカメラ画像や位置情報については、個人と結びつく情報ではないため、認証を行う必要はない。具体的な利用例としては前述のダイナミック・ストリート・ビューを実現する際、遠隔地にいる車両が撮影したカメラ画像や位置情報などの取得に用いることを想定している。実際に通信を行う際には、情報をサーバへと送信し、受信したサーバが要求にマッチングした車両へと情報を要求する。その後、遠隔地側で車両から情報を取得する。この際、情報を要求するノードについては車載ノードだけでなく、情報提示ノードも考えられる。

協調モードでは、LTE などの移動体通信を用いた送受信を想定している。匿名モードでは認証を行わないかわりに個人を特定できない、限られた情報しか送受信することはできない。一方、協調モードでは、近接モードで取得可能としていた個人を特定し得る自動車登録番号や車種情報に加えて、例えば、車内に設置されたカメラの映像なども送受信することができる。この通信モードは知人との間での利用を想定しており、要求を行うノードは事前に被要求ノードからの承認を得る必要がある。通信する際にも認証モジュールを介して情報を送信可能なノードかを判断する。具体的な利用例としては前述した遠隔ナビゲーション機能を実現する際に、カメラ画像や各種情報を共有することを想定している。通信の流れは非常に単純で、対象を指定した要求を、サーバを通して行い、認証されれば情報を送受信する。

緊急モードでは通信方式を限定しない。緊急モードは原則として、取得可能な情報に制限を設けない。あらゆる情報の取得が可能である。しかし、緊急モードによる情報の要求を行うことができるノードは限られており、警察や消防などの公共機関のみが緊急モードを用いて情報を要求することができる。具体的な利用例としては、特定の車両を指定した位置情報、カメラ画像の取得による追跡や、緊急車両の通行を周囲の車両に知らせる機能などを想定している。特定の車両を指定した要求や場所や時間を指定した要求に対して、サーバを介して適切なノードへと情報を要求することで該当車両からの情報を取得することができる。

5.3 通信内容

通信モードによって通信する内容については異なる。また、車両によって搭載されているセンサ類が異なることも

表 1 通信モードごとの違い

	近接モード	匿名モード	協調モード	緊急モード
LTE 通信	×	○	○	○
700MHz 帯 ITS 通信	○	×	×	○
認証の有無	無	無	有	有 (特殊)
通信対象	近接ノード間のみ	ノードの指定は不可	信頼できるノードのみ	公的機関のノードのみ

想定されるため、各モードを用いて通信するには最初にデータフォーマットを送信することで対応する。通信内容については、平成 26 年に ITS 情報通信システム会議が 700MHz 帯高度道路交通システム実験用車車間通信メッセージガイドライン[15]において車車間通信で用いるメッセージのデータフォーマットを提案している。このガイドラインでは、車両の車速や車両方位角、ライトの灯火の有無などの車両状態や、車幅、車高、車両用途などの車両属性情報については充実しているものの利用が想定されているセンサは GPS のみである。我々が開発するフレームワークではこれらの情報に加え、カメラをはじめとしたセンサ類の情報や、ひとつのフォーマットでは共有することに適さない個人を特定可能な情報などを送信することも考えている。そのため、前述のガイドラインを可能な範囲で利用しつつ、難しい部分については独自のフォーマットを採用することとした。

6. 動作確認

試作した 4 つの通信モードのうち近接モードと近接モードを用いた活用例の 1 つであるシースルー・ビューについて、プロトタイプを試作し、動作確認を行った。

て、プロトタイプを試作し、動作確認を行った。

6.1 近接モードのパフォーマンスについて

近接モードを実現する通信管理モジュールの実装を行い、遅延時間や通信速度についてどの程度のパフォーマンスが期待できるかを確認した。

6.1.1 手法

2 台の車両を用意しそれぞれを「車両 A」「車両 B」とする。車両 A、車両 B にノート PC を 1 台ずつ載せ、それら同士で通信する。動作環境の車両 A に搭載する各ノート PC を端末 A、車両 B に搭載するノート PC を端末 B とし、それぞれの性能を表 2 に示す。

2 台の車両は実際の利用状況を想定し、実際に車間距離を変えつつ車両 A が先行して連続に走行する。車に載せられたそれぞれのノート PC は UDP によるブロードキャスト通信を用いて他 PC へと接続要求を送信する。そして要求を受信した PC は送信端末へと TCP 通信によって接続する。この際本来のフレームワークであれば、位置情報などから自身の情報を送信するべきか判断する。しかし、今回は通信におけるパフォーマンスの確認のため、要求に対しては必ず自身の情報を送信するような設定とした。本フレームワークでは近接モードの通信方式に 700MHz 帯の ITS 専用通信を想定しているが、今回はそれを利用できなかったため、2.4GHz 帯の IEEE 802.11g 規格の無線 LAN 通信によって代用している。今回の動作確認では車両のフロント部に設置したカメラをノート PC に接続し、そのカメラから取得した画像を jpeg 形式に圧縮した 640×480 のカラー画像と、画像を取得した時間をデータフォーマットとして送信している。その際の端末 B での遅延時間を計測する。

6.1.2 結果と考察

端末 B で計測した遅延時間のグラフを図 4 に、実際の動作確認中の車両 B に搭載されたカメラから取得した画像の一部を図 5 に示す。図 4 のデータは 10 フレームごとの平均値を算出している。図からもわかるように遅延時間に大きな変化はあるものの、ほぼ途切れることなく通信することができた。この結果から実際に車両が走行しながらでも IEEE802.11g 規格で通信が可能であると言える。実際に利用を想定している 700MHz 帯は今回利用した 2.4GHz 帯よりも電波特性として長距離の通信が可能である。そのため、電波の出力にも左右されるが、実際に利用する際にも問題

表 2 ノート PC の性能

	端末 A	端末 B
OS	Windows7	Windows7
CPU	Intel Core i5 2520M	Intel Core i7 2860QM
Memory	8GB RAM	16GB RAM
Camera	Logicool HD Webcam C270	Logicool Qcam Pro 9000

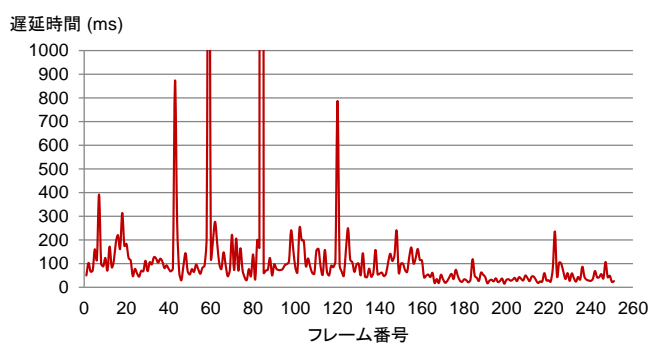


図 4 遅延時間

なく通信できることが想定できる。しかし、遅延時間の最大値を見ると 22,644ms もの遅延が発生していることがわかる。最大値の遅延が発生している 84 フレーム目付近の車両 B の画像を見ると前方車両（車両 A）と大きく離れていることがわかる。今回の動作確認では車両間の正確な距離は測定していないが、図 5 の各フレームを比べても遅延時間は 59 フレームで 2,371ms, 84 フレームで 22,644ms, 161 フレームで 42ms, 208 フレームで 29ms となっており、車両間の距離が遠いほど通信遅延が大きいことがわかる。また、車間距離が安定して走行している方が、車間距離に変化がある時よりも通信遅延、フレームレートともに良好な数値が出る傾向があった。43 フレーム、59 フレーム、84 フレーム、120 フレームのような突発的に発生する大きな遅延には何らかの対策を考える必要がある。他にも、遅延時間に関して最良値は概ね満足しうる結果を得られたものの、平均値に関しては改良の余地があると考えている。その改善方法のひとつに通信量の削減が考えられる。今回、動作確認を行った近接モードの活用例にシースルー・ビューがあるが、これは前方車両の位置に画像を重畳描画する。つまり、重畳描画する画像の大きさは車両間の距離に反比例する。そのため、前方車両の位置によって送信する画像サイズを動的に変化させることによって通信量を削減することが考えられる。

6.2 シースルー・ビュー

シースルー・ビューの実現を念頭に、直線道路走行時を想定した前方車両の透過型表示について処理手順を検討し、そこで発生しうる問題について考察を試みた。

6.2.1 手法

3 台の車両を用意しそれぞれを「車両 A」「車両 B」「車両 C」とする。3 台の車両は実際の利用状況を想定し、車間距離を変えつつ、車両 A を先頭に車両 B、車両 C の順に連続して走行する。この際、車両 C における前方車両の透



図 5 動作確認時の車両 B のカメラ画像例

過型表示の処理手順は次の通りである。

1. 車両 C が自身の前方に車載されたカメラ画像に対して白線を検出し、消失点を推定する。
2. 推定した消失点から探索範囲を決定し、車両 B を検出する。
3. 本フレームワークを用いることで取得可能な車両 B の車高と、カメラの焦点距離を用いて車両 B との距離を推定する。
4. 車両 B から通信で取得したカメラ画像にも同様の処理を行い白線、車両 A を検出する。
5. 車両 C と車両 B の白線の傾きの違いを利用し、車両 B のカメラ画像に射影変換を施す。
6. 推定した車両 A と車両 C の相対距離を基に車両 A の画像内のスケールを調整する。
7. 車両 C の画像から検出した前方車両を基に作成したマスク画像と、車両 B のカメラ画像を合成し、車両 C の画像に重畳描画する。

今回の動作確認では、車両 C が車両 B のカメラ画像を取得する際に、通信遅延やフレームレートの低下を考慮しない同期のとれた動画を用いた場合と、実際に通信を行った際に取得した、通信遅延やフレームレートの低下を含む動画を用いた場合とで比較し、通信によって生じる問題を調査する。今回の動作確認に利用した動画は、近接モードのパフォーマンスについて動作確認した際に撮影した車両 B に搭載したカメラから得た画像シーケンス B（通信遅延なし）、通信によって車両 B から車両 C が取得した画像シーケンス B'（通信遅延あり）、車両 C に搭載したカメラから得た画像シーケンス C の 3 つである。

6.2.2 結果と考察

図 6 に画像シーケンス B を用いて通信遅延などを考慮しない想定で実行した場合と、画像シーケンス B' を用いて通信遅延を考慮する想定で実行した場合の結果をそれぞれ示す。今回は図 4 のグラフ中のフレーム番号 100 番前後で実験を行った。実験結果としては通信遅延やフレームレートの低下、処理時間の問題により、全体的に透過画像が遅れて表示されている。その結果、図 6 (b) に示すように、白線検出にずれが生じていることがわかる。しかし、フレームレートに関しては前方車両の透過型処理自体が重いため、通信によって発生しているフレームレートの低下以上にフ

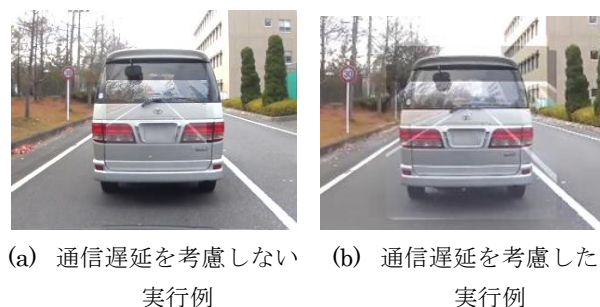


図 6 シースルー・ビューの実行例

フレームレートが低下する結果とはならなかった。遅延の問題に関しては、通信の遅延時間と透過型表示に必要な処理時間によって発生しているため、それぞれを改善することが必要である。フレームレートに関しては、より遅いほうがボトルネックとなるためどちらか片方ではなく双方の改善が必要となる。今回の動作確認によって、透過型表示に違和感を与える原因は遅延にあることが判明したため、その改善に取り組む。通信遅延の問題改善については前述したとおり距離に応じた画像サイズの動的変更が有望と考えている。一方、処理遅延については現在、前方車両の検出にはテンプレートマッチングを用いているが、この処理には多くの計算コストが必要となっている。このため、フレーム間の特徴点追跡処理などにより、前方車両の移動量を推定する手法を用いることなどによって処理時間を削減することが考えられる。

7. まとめ

本稿では、車両に搭載されたカメラやセンサから得られる情報を共有・利活用可能な映像通信フレームワークを提案し、その設計および通信制御部の試作について述べた。本フレームワークを用いることで現在個々の車両が取得している情報を他車両でも利用し、運転者の安全性や、利便性の向上が可能となる。

本稿の目的は上記のフレームワーク全体を実現するための初期段階として、必要な機能を明らかにし、映像通信フレームワークの根幹となる通信制御部、中でも車車間通信の設計・実装についての妥当性を確認することである。そのため、まず想定される具体的な活用例から必要な機能を抽出し、各ノードのモジュール構成を決定した上で、モジュール単位の設計を行った。その上で、通信制御部を試作し、その内容に沿って一部のモードの動作確認を行った。その結果、遅延時間やフレームレートに改善の余地はあるものの、通信自体は行えることが分かった。また、シースルー・ビューについても通信遅延が大きな要因を占めることがわかったため、そちらの改善が課題であることも判明した。

今後は今回得られた動作確認の結果を基にした通信制御部の改良および、設計に基づく各モジュールの開発を行う。通信制御部の改良では、他のモジュールを詳細に設計することによって必要な画像データの解像度などが具体的に判明すると考えており、より適した情報量を持つ画像を送ることによって通信量が削減できると考えている。また今回はTCPを用いて動作確認を行ったが、UDPなど他プロトコルについても比較し、通信遅延の低下を目指す。各モジュールの開発では、適宜設計の妥当性を示すために実験を行いつつ、その結果を全体に還元することでフレームワーク全体の実現を目指す。

参考文献

- [1] 特集：モビリティの進化—先進的な交通社会を目指して、情報処理, Vol. 54, No.4, pp.288 – 349, 2013.
- [2] 小特集：車と情報通信技術, 電子情報通信学会誌, Vol. 95, No. 8, pp. 677 – 729, 2012.
- [3] 島高志, 藤村武志, 結城俊男, 下田和貴, 高橋正一, 林田宣浩: “衝突被害軽減ブレーキの開発,” 自動車技術, Vol.63, No.12, pp.65 – 69, 2009.
- [4] 森田光彦, 安倍恭一, 名波剛: “レーダークルーズコントロール (全車速追従機能付き) の紹介 (特集 感性に合う快適な走り),” トヨタ・テクニカルレビュー, Vol.55, No.1, pp.60 – 65, 2006.
- [5] 総務省 | 700MHz 帯安全運転支援システムについて : http://www.soumu.go.jp/main_content/000281445.pdf (2015年1月31日)
- [6] 酒井和彦: “世界初アラウンドビューモニター,” 自動車技術, Vol.62, No.3, pp.100 – 101, 2008.
- [7] S. Tachi, M. Inami, and Y. Uema: “Augmented Reality Helps Drivers See Around Blind Spots,” IEEE SPECTRUM, Nov., 2014, pp.44 – 50, 2014.
- [8] Q. Rao, T. Tropper, C. Grunler, M. Hammori, and S. Chakraborty: “AR-IVI – implementation of in-vehicle augmented reality,” Proc. IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2014), pp.3 – 8, 2014.
- [9] P. Gomes, C. Olaverri-Monreal, and M. Ferreira: “Making Vehicles Transparent Through V2V Video Streaming,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, Vol.13, No.2, pp.930 – 938, 2012.
- [10] A. Vinel, E. Belyaev, K. Egiazarian, and Y. Koucheryavy: “An Overtaking Assistance System Based on Joint Beaconing and Real-Time Video Transmission,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, Vol.61, No.5, pp.2319 – 2329, 2012.
- [11] 藤本浩: “車々間通信を利用した運転支援システム—第4期ASVの取組みから—,” 電気情報通信学会学会誌, Vol.95, No.8, pp.690 – 695, 2012.
- [12] 北山浩透: “クルマからのデータ活用による新サービスとプラットフォーム,” 情報処理, Vol.54, No.4, pp.337 – 343, 2013.
- [13] 田内真紀子, 河合政治, 鈴木和彦, 名切末晴: “通信利用型運転支援システムにおける支援情報の提示位置に関する実験的検討,” デンソーテクニカルレビュー, Vol.15, pp. 146 – 152, 2010.
- [14] S.-L. Chang, L.-S. Chen, Y.-C. Chung, and S.-W. Chen: “Automatic License Plate Recognition,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, Vol.5, No.1, pp.42 – 53, 2004.
- [15] ITS 情報通信システム推進会議 : http://www.itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p48/ITS_FORUM_RC-013_v10.pdf (2015年5月10日)