

高速シリアルバス技術を利用した ビークルインタフェースプロトコルの提案

佐藤 健哉^{†1,†2} 小坂 隆浩^{†1} スコット マコーミック^{†2}

ITS アプリケーション実現に向けて、カメラ、ナビゲーション、テレマティクス、通信機器などの多様な機器を車載ネットワークに接続し、音声や動画、リアルタイムアプリケーションなどのマルチメディアデータを伝送するため、ITS Data Bus (IDB) が検討されている。自動車メーカ独自のネットワークと IDB ネットワークをビークルインタフェース (ゲートウェイ) で接続することで、どの自動車メーカのネットワークに対しても、共通の手順で機器を接続することが可能となる。この IDB ネットワークの媒体として、ネットワーク全体を制御するマスタが不要で、マルチメディアデータに関して帯域を保証し高速に伝送することができる IEEE1394 高速シリアルバス (iLink あるいは FireWire) が候補としてあげられる。本論文では、家電機器で利用されている IEEE1394 およびそのアプリケーションプロトコルである AV/C プロトコルを、IDB ネットワークとして利用する際の問題点を探る。また、これら IEEE1394, AV/C プロトコルの問題点を解決するため、IEEE1394 上で IDB ネットワークを実現するビークルインタフェースプロトコルの設計と実装を行った。

Proposal of Vehicle Interface Protocol with the High Performance Serial Bus Technology

KENYA SATO,^{†1,†2} TAKAHIRO KOITA^{†1}
and SCOTT McCORMICK^{†2}

A wide variety of in-vehicle devices such as camera sensors, navigation systems, telematics and communication equipments have been incorporated into a vehicle to realize Intelligent Transport Systems (ITS) applications. Because an efficient standardized network is required, ITS Data Bus (IDB) has been discussed to carry high-speed multimedia data for audio, video and other real-time ITS applications. For connecting devices in a standardized manner, the IDB network has architecture with a gateway called vehicle interface which is located between automaker's proprietary network and the standardized IDB network. IEEE1394 high performance serial bus (also known as iLink or FireWire), which can transport multimedia data for consumer electronics, is a good candidate

for IDB network. In this paper, we analyze the issues for existing AV/C protocol (application layer protocol over IEEE1394) to comprise the IDB network. In addition, we designed and implemented the Vehicle Interface Protocol as a higher layer of IEEE1394 to address the AV/C protocol issues for realizing the whole IDB network architecture.

1. はじめに

ITS アプリケーション実現に向けて、カメラ、ナビゲーション、テレマティクス、通信機器などの多様な機器を車載ネットワークに接続し、自動車の高度な制御を行うようになってきた^{1),2)}。特に、音声や動画、リアルタイムアプリケーションなどのマルチメディアデータを伝送するため、SAE (Society of Automotive Engineers) において検討されているのが ITS Data Bus (IDB)³⁾ である。図 1 に IDB ネットワークの構成を示す。自動車メーカ独自のネットワークと IDB ネットワークがビークルインタフェース (ゲートウェイ) で接続し、IDB ネットワーク側に IDB 機器を接続する構成をとる。IDB 機器は、標準化されたネットワークインタフェースを持つため、メーカごとに仕様が異なるネットワークに対しても接続が可能となる。たとえば、自動車メーカ独自のネットワークと IDB ネットワークを接続する具体例として、ナビゲーションの車速データの利用、ナビゲーションの地図情報を利用したトランスミッション制御、エアバッグ作動情報を利用した緊急通報、カメラを利用した車線逸脱のドライバへの警告などがあげられる。

IDB ネットワークの媒体として、家電や PC で利用されている IEEE1394 高速シリアルバス⁴⁾⁻⁶⁾ の利用が検討されている⁷⁾。IEEE1394 高速シリアルバスは、現在最大 800 Mbps の伝送速度をサポートし、通信方式として、要求や応答などの非同期伝送用の Asynchronous 伝送モードと、ストリームデータ伝送用の Isochronous 伝送モードを備えている。ネットワーク全体を制御するマスタが不要で、PC などの機器を介さず家電機器に相当するノードのみでストリームデータの QoS を保証したネットワークを構成することが可能である⁸⁾。

一般に家電用途で IEEE1394 高速シリアルバスを利用する場合、次の標準化された上位層のプロトコルを利用する。ネットワーク管理およびストリームデータ伝送フォーマットを規定しているのが IEC61883 家電オーディオ・ビデオに関するデジタルインタフェース⁹⁾

†1 同志社大学理工学部情報システムデザイン学科

Department of Information Systems Design, Doshisha University

†2 Automotive Multimedia Interface Collaboration, Inc.

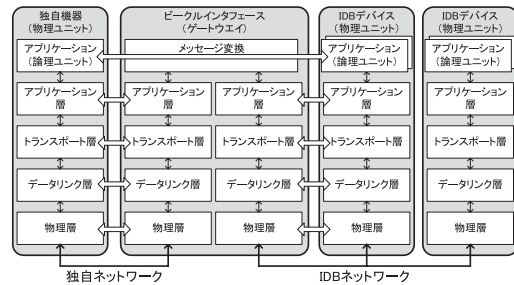


図1 IDB ネットワークアーキテクチャ
Fig.1 Network architecture for IDB.

である。また、IEC61883 の上位層として家電機器を制御するための仕様が AV/C プロトコル¹⁰⁾ である。各プロトコル仕様の関係について詳細を後述する。これらの仕様に基づいてネットワークを構成することで、非圧縮カメラ映像や、著作権保護を実現しながらデジタル放送や DVD ビデオのマルチメディアデータを伝送することが可能となる。ここでは、IEEE1394 高速シリアルバス仕様、IEC61883 含む家電機器制御のための基本ネットワークを IEEE1394 ネットワークと呼び、AV/C プロトコルおよび家電機器制御コマンドを含めて AV/C プロトコルと呼ぶ。

本研究では、(1) すでに家電用途で標準化されている IEEE1394 ネットワークおよび AV/C プロトコルを利用して、IDB ネットワークを構築する際の問題点を検討し、(2) この問題点を解決するための新しいプロトコルを設計し、(3) 実装を通して動作を確認することを目的とする。

以下に本論文の構成を示す。2 章で本研究に関する関連技術、3 章において IDB ネットワークのアーキテクチャを示した後に、4 章において IEEE1394 ネットワークの仕様について解説する。5 章では、IEEE1394 ネットワークを利用して IDB ネットワークを構築する場合の問題点を解析する。6 章において、前章で解析した問題点を解決するために新しく設計したピークルインタフェースプロトコルの構成と動作について詳説する。7 章では、実装したピークルインタフェースプロトコルを利用して構築したシステムの動作状況、立ち上げ時間の計測について述べる。最後に、8 章で本論文をまとめる。

2. 関連技術

現在、車載マルチメディアネットワークとして MOST (Media Oriented Systems Trans-

port)¹¹⁾ があるが、ネットワーク全体を単一クロックで同期させて TDMA (Time Division Multiple Access) 方式で伝送を行うため、伝送するストリームデータによって利用帯域を動的に確保することができず、複数の種類のストリームデータを伝送する際の効率が悪い。また、後述するようにプロトコルに送信元の物理 ID を含まないという AV/C プロトコルと同様の問題があり、IDB ネットワークにおけるゲートウェイ構成には適さない部分がある。このような理由から AMI-C¹²⁾ においては、IEEE1394 を媒体の対象として検討を進めた¹³⁾。

IEEE1394 以外にも媒体の候補が考えられるが、IDB ネットワークとして利用するためには次のような問題点がある。USB は、ネットワーク内にマスタとなる機器 (通常は PC) が必要であり、データ伝送はマスタ経由で行われるため、マスタの機能を持った機器への負荷が集中する。Ethernet の場合、メディアアクセス制御に CSMA/CD 方式を採用しているため、ストリームデータ伝送の QoS を保証することは困難である。CoS (Class of Service) 機能のある Ethernet スイッチを利用して機器を接続する方法もあるが、QoS を完全に保証することはできず、トポロジに制約を与えずネットワークを構成するためには、複数の Ethernet スイッチが必要となる。

IEEE1394 に関するプロトコルとして、AV/C 以外に HAVi (Home Audio/Video Interoperability)¹⁴⁾、IIDC (Instrumentation and Industrial Digital Camera)¹⁵⁾、SBP2 (ANSI Serial Bus Protocol 2)¹⁶⁾、IPover1394¹⁷⁾ がある。この中で家電機器を直接的に制御できるアプリケーションプロトコルは HAVi であるが、HAVi は Java を利用した分散システムであり、論理アドレスに 10 バイト使うなど車載用途における組み込み機器としては負荷が大きいため、本研究では AV/C を対象として取り上げた。IEEE1394 を利用したゲートウェイあるいは車載ネットワークのゲートウェイに関していくつかの研究¹⁸⁾⁻²⁰⁾ がなされているが、インターネットにおけるホームゲートウェイを対象としたものが主である。IEEE1394 を利用したアプリケーションフレームワークとして SCOOT-R²¹⁾ が提案されているが、クライアント/サーバモデルをベースに、OHCI (Open Host Controller Interface) 上に直接通信ミドルウェアを実現したものである。

一般に IEEE1394 技術を車載ネットワークとして利用する技術全体を指して IDB-1394 と呼ばれる場合があるが、1394TA (Trade Association) および IDB-Forum において仕様書としている「IDB-1394」は TA Document 2001018²²⁾ である。この仕様書で規定されているのは、IEEE 1394b-2002⁶⁾ をベースに、プラスチック光ファイバを利用した物理層、電源管理機構の一部、および、CCP (Customer Convenience Port) と呼ばれる従来

機器との接続方法である。本論文では、IEEE1394 ネットワーク技術を車載用途で利用するために必要となるネットワーク技術のうち、主にアプリケーション層のプロトコルについて述べる。

3. IDB ネットワーク

3.1 アーキテクチャ

図 1 に示した IDB ネットワークの構成において、IDB 機器は、ネットワークインタフェースとしての物理層、データリンク層、トランスポート層、アプリケーション層、および、その上で動作するアプリケーションプログラム (AP) から構成される。ここでは、物理的なコンポーネント (IDB デバイス) を物理ユニット、アプリケーションプログラムであるソフトウェアモジュールの抽象化したものを論理ユニットと定義する。物理ユニットは物理的な識別子として物理アドレスを持ち、論理ユニットはその論理識別子としての論理アドレスを持つ。図中の IDB デバイスでは、1 つの物理ユニット内に 1 つの論理ユニットが存在している例となっているが、たとえば、1 台のオーディオユニット内に、ラジオチューナ、CD プレーヤ、MD プレーヤの 3 つのアプリケーションが動作する場合のように、1 つの物理ユニット内に複数の論理ユニットが存在する場合もある。

プロトコルスタックにネットワーク層が含まれていないのは、組み込みシステムでは複雑なネットワーク構成をとる場合が少なく、外部ネットワークからのセキュリティの確保が必要である。そのため、複数のネットワークをルータで接続するのではなく、プロキシ (アプリケーションゲートウェイ) を通して接続する方式をとっているためである。

3.2 論理ユニット

IDB ネットワーク構成において、論理アドレスを指定することで、他のユニット内のアプリケーションと、直接通信を行うことができる²³⁾。それぞれのアプリケーションは、それ自身が搭載されている物理ユニット、あるいは、下位のネットワークの階層を意識することなく設計が可能となり、アプリケーションを他のコンポーネントに容易に移動させることも可能となる。

4. IEEE1394 ネットワーク

IEEE1394 ネットワークを構成する IEEE1394 高速シリアルバスの基本構成、および、家電機器を制御するための AV/C プロトコルの概要について述べる。

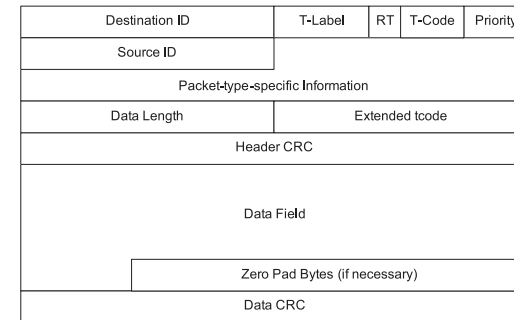


図 2 IEEE1394 フレームフォーマット
Fig. 2 IEEE1394 frame format.

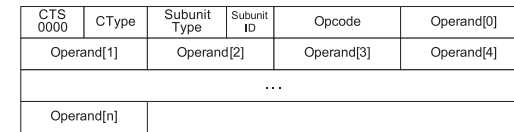


図 3 AV/C プロトコルフォーマット
Fig. 3 AV/C protocol format.

4.1 IEEE1394 基本構成

図 2 に Asynchronous モードでデータを転送する際の IEEE1394 のフレームフォーマットを示す。16 ビットの Destination ID、Source ID が、それぞれあて先および送信元のノード ID と呼ばれる (物理) ユニットの識別子 (物理アドレス) を表している。この物理アドレスを利用して送信元ノードからあて先ノードに対して要求 (コマンド) を送り、この要求に対して応答 (レスポンス) が返される。Data Field 部がペイロードとなる。このペイロードで後述する AV/C プロトコルのデータが転送される。

IEEE1394 高速シリアルバスでは、IEEE1212²⁴⁾ に規定される CSR (Control and Status Register) アーキテクチャを採用しており、電源投入時、あるいは、ネットワーク構成変更時に、ネットワークに接続された各機器が他の機器の情報を収集する。その際、各機器に搭載されているコンフィグレーション ROM と呼ばれるメモリ上のデータを他の機器が読み込む仕様となっている。

4.2 AV/C プロトコル

図 3 に、IEC61883 で規定されたファンクションコントロールプロトコル (FCP) により

カプセル化された AV/C プロトコルのコマンドフォーマットを示す。ここでは (物理) ユニット内で存在する論理ユニットをサブユニットと定義しアプリケーションの機能を表す。たとえば、ビデオ (VCR) ユニット内には、チューナサブユニットとテープレコーダサブユニットが含まれる。図中の Subunit Type, Subunit ID は、コマンドのあて先、レスポンスの送信元のサブユニットを表す。Subunit Type でサブユニットの種類を表し、Subunit ID でユニット内に同じ種類のサブユニットが存在する場合の判別を行う。したがって、Subunit Type と Subunit ID の組合せで、サブユニットを特定することが可能となり、論理アドレスの役割を担っている。

5. IEEE1394 ネットワークの問題点

本章では、IDB ネットワーク構成を実現するために IEEE1394 ネットワークを利用した場合に生じる問題点の検討を行い、その結果を示す。

5.1 立ち上げシーケンス

一般的な IEEE1394 ネットワーク機器全体としての立ち上げシーケンスに関して、IEEE1394, IEEE1212, AV/C プロトコルでそれぞれ個別に規定されており、ここで示しているのは機器が立ち上がるまでの各仕様を合わせた全体の流れを記載する。(1) PHY/LINK の初期化 (各種レジスタの設定), (2) PHY コンフィグレーション情報の交換 (物理 ID, 速度等の情報交換), (3) コンフィグレーション ROM 内の情報取得 (各ユニット), (4) コンフィグレーション ROM 内の情報取得 (各サブユニットの確認), (5) データ伝送用コネクションの開放 (ブロードキャストデータの停止), (6) 機器のディスクリプタ情報の確認 (メディア情報, ストリーム数の確認), (7) リソース管理ユニットの検索, (8) 論理 ID の要求・割当て, (9) 物理 ID の解決 (各ユニットと物理 ID の対応付け), (10) ノード情報の送出といった手順で進められる。この IEEE1394 ネットワーク機器の立ち上げシーケンス全体を通して時間がかかる要因となるのが、各機器の初期化状態の不一致による待ち時間の発生、および、コンフィグレーション ROM 内の情報取得である。

各機器がリセット状態から立ち上がる場合のそれぞれの速度が異なるため、各機器の初期化状態の不一致が起こる。そのため、初期化状態が先に進んでいる機器から、初期化の状態が遅い機器に送られた要求に対する応答がなく、先に進んでいる機器が応答のタイムアウトを待ち、リトライする状態が発生する。一方、コンフィグレーション ROM の情報取得とは、各機器がネットワークに接続されている他のすべての機器のコンフィグレーション ROM 内に保存されている Unit, および、AV/C Subunit に関する情報を読み込む動作を

意味する。コンフィグレーション ROM 内の情報は、リンクで構成されるディレクトリ構造を持つ不定長のデータブロックとなっており、そのため、物理ユニット内の論理ユニットの情報を得るためには、このリンクを順番にたどる必要がある。初めにディレクトリの情報取り込み、その情報を解析して次の情報を取り込むため、ネットワーク上のトランザクションが多数発生する。

一般的な IEEE1394 ネットワーク機器を 10 台接続し、電源投入から、実際に機器が利用可能になるまでにやりとりされたパケットを計測すると 946 パケットであり、必要な時間は 5.0 秒であった。それぞれの機器 1 つ 1 つがネットワークに接続されている他の機器すべてとやりとりするため、接続機器台数が増加するにつれて、各機器が立ち上がるまでにやりとりされるパケット数、立ち上がるまでに必要な時間は飛躍的に増加する²⁵⁾。

5.2 ゲートウェイ構成

AV/C プロトコルフォーマットには、コマンドを送る際のあて先の論理アドレス (Subunit Type と Subunit ID) の情報が含まれているが、送信元の論理アドレスの情報が含まれていないことが分かる。一般に、家電機器で IEEE1394 ネットワークを利用する場合、デジタルビデオカメラと、TV やパソコンを接続する利用形態をとる。この際、機器どうしを 1 対 1 で直接接続するため、コマンドの送信元の論理ユニットがなくても動作する。なぜなら、コマンドを受け取った送信先の論理ユニットは、どの物理ユニットが送信元であるかは、下位層として位置づけられる IEEE1394 フレームから判別することができるからである。

IEEE1394 ネットワークおよび AV/C プロトコルを利用して、図 1 で示したピークルインタフェース構成のネットワークを実現する場合の問題点を検討する。まず、図 4 に示すネットワークの構成を考える。ピークルインタフェース (物理ユニット 2) を挟んで、リクエストを送るノード (物理ユニット 1) と、リクエストを受けてレスポンスを返すノード (物理ユニット 3) があり、それぞれ個別のネットワークを構成している。ピークルインタフェースがそれぞれのネットワークを中継する役割を担う。

物理ユニット 1 (物理アドレス: PU1) にあるアプリケーション 1 (論理アドレス: AP1) から、物理ユニット 3 (PU3) にあるアプリケーション 3 (AP3) に対して、AV/C プロトコルのリクエストメッセージ 1 を送る際、まずは物理ユニット 1 から物理ユニット 2 にリクエストメッセージ 1 が送られる。この際、IEEE1394 フレームにおいて送信元 (Src) は物理ユニット 1 (PU1)、あて先 (Dest) は物理ユニット 2 (PU2) となるが、AV/C プロトコルにおけるあて先はアプリケーション 3 (AP3) となる。ピークルインタフェースである物理ユニット 2 (PU2) がこのリクエストメッセージ 1 を中継し、リクエストメッセージ 2

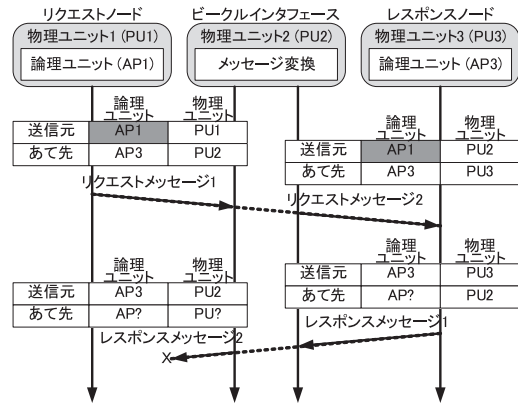


図4 AV/C プロトコル問題点 (ゲートウェイ構成)
Fig. 4 AV/C protocol issue (gateway structure).

として、物理ノード 3 (PU3) に送る。このメッセージにおいて、IEEE1394 フレームにおいて送信元は物理ユニット 2 (PU2)、宛先は物理ユニット 3 (PU3) となり、AV/C プロトコルにおける宛先はアプリケーション 3 (AP3) のままである。

アプリケーション 3 (AP3) がこのリクエストメッセージ 2 を受け取り、レスポンスメッセージ 1 を返す場合、IEEE1394 フレームにおいて送信元は物理ユニット 3 (PU3)、宛先は物理ユニット 2 (PU2) となる。AV/C プロトコルの仕様に基づき、AV/C における論理アドレスの情報はアプリケーション 3 (AP3) のまま変更されないが、この場合は送信元の論理アドレスを示すこととなる。このレスポンスメッセージ 1 は物理ユニット 2 (PU2) に到着し、これを中継する必要があるが、送られてきたレスポンスメッセージ 2 にはどの物理ノードに送信すべきかの情報が含まれていない。そのため、このレスポンスメッセージ 2 を、もともとリクエストメッセージを送信した物理ノード 1 (PU1) に返すことができない。物理ノード 2 (PU2) においてリクエストメッセージの送信元情報を、それぞれのメッセージごとに逐一記憶しておくことで対応が可能であるが、メッセージが同時に複数送信された場合に対応するためには、メッセージごとの区別を行うための特殊な機構が必要となる。

5.3 論理ユニット

次に、IEEE1394 ネットワークおよび AV/C を利用して、論理ユニットを実現する場合の問題点を解析する。

図 5 で示すように、1 つの物理ユニット (PU1) 内に 2 つのアプリケーションが動作し

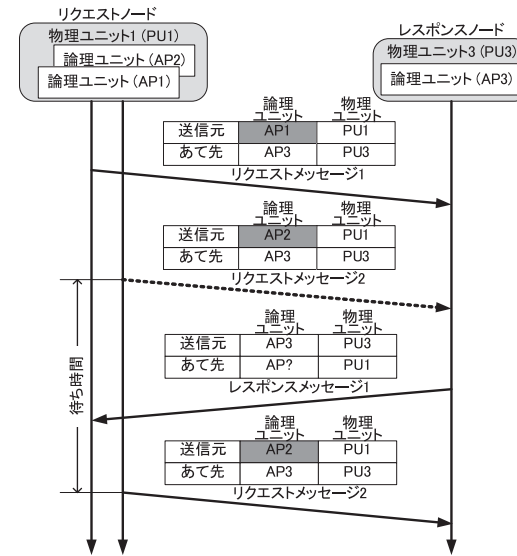


図5 AV/C プロトコル問題点 (論理ユニット)
Fig. 5 AV/C protocol issue (logical unit).

ている場合を考える。AV/C プロトコルを利用して、物理ユニット 1 (PU1) 内のアプリケーション 1 (AP1) が物理ユニット 3 (PU3) のアプリケーション 3 (AP3) に対してリクエストメッセージ 1 を送信する。このメッセージには宛先の論理アドレス AP3、宛先の物理アドレス PU3、送信元の物理アドレス PU1 が含まれるが、送信元の論理アドレス AP1 は含まれない。アプリケーション 3 (AP3) は、このリクエストメッセージ 1 への応答としてレスポンスメッセージ 1 を返す。メッセージに送信元の論理アドレスが含まれないため、どのアプリケーションから送られてきたかは不明である。したがって、このレスポンスメッセージ 1 に宛先となる物理ユニット 1 (PU1) の物理アドレスは含まれているが、アプリケーション 1 (AP1) の論理アドレスは含まれない。通常の実装では、このレスポンスを受け取った物理ユニット (PU1) は、あらかじめメッセージを送ったアプリケーションが AP1 であることを記録しておくため、レスポンスメッセージ 1 を受け取ると自動的にアプリケーション 1 (AP1) に返すことが可能となる。

もし、図中の点線で示すように、レスポンスメッセージ 1 が物理ユニット 1 (PU1) に到着する前に、今度はアプリケーション 2 (AP2) がアプリケーション 3 (AP3) に対してリ

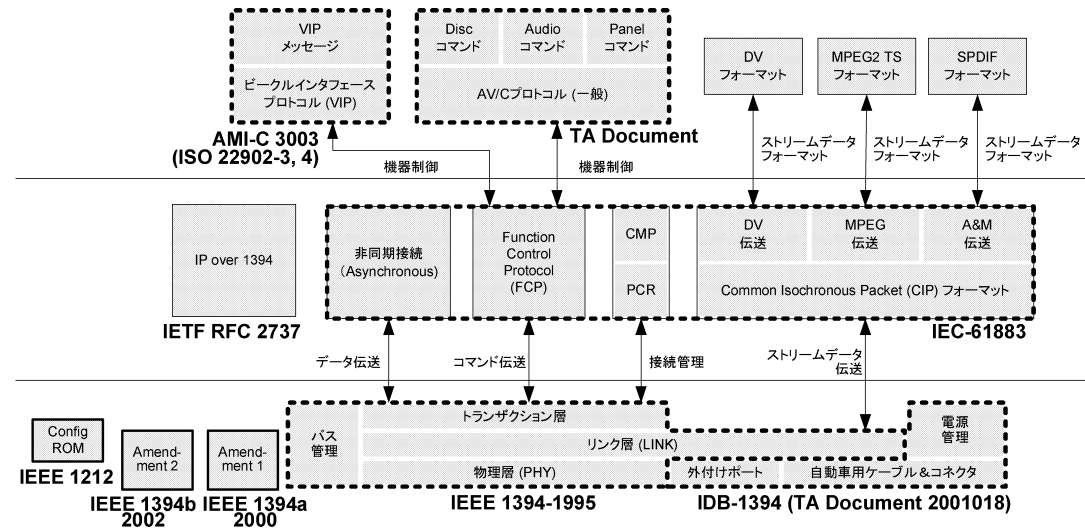


図 6 ビークルインタフェースプロトコルの位置づけ
Fig.6 Vehicle interface protocol structure.

クエストメッセージ 2 を送るとする。メッセージ 2 を受け取ったアプリケーション 3 (AP3) は、同様にレスポンスメッセージ 2 を物理ユニット (PU1) に対して送る。アプリケーションによって処理が異なるため、レスポンスメッセージ 1 がレスポンスメッセージ 2 より前に返されるという保証はない。

この場合、物理ユニット 1 (PU1) は、物理ユニット 3 (PU3) からレスポンスメッセージを受け取るが、このレスポンスメッセージをアプリケーション 1 (AP1)、2 (AP2) のどちらに返せばよいか判断がつかない。一般的な実装では、レスポンスメッセージ 1 が物理ユニット 1 (PU1) に到着するまで、アプリケーション 2 (AP2) からのクエストメッセージ 2 の送信を待たせることで、対応可能である。しかし、クエストメッセージの送信が遅れことになり、また、クエストメッセージ 2 を一時的に保持しておくメモリも必要となる。

6. ビークルインタフェースプロトコル

6.1 プロトコルスタック構成

IDB ネットワークを実現するうえで、前述した IEEE1394 ネットワークおよび AV/C の

問題点を解決するために、新たにビークルインタフェースプロトコル (VIP) の設計を行った。IEEE1394、IEC61883、AV/C プロトコルを含む IEEE1394 ネットワークのプロトコルスタックの全体構成、および、ビークルインタフェースプロトコルの位置づけを図 6 に示す。プロトコルスタックは大きく 3 つの階層に分かれ、ビークルインタフェースプロトコルは、AV/C プロトコルと同様にアプリケーションプロトコルとして定義し、IEC61883 で規定されている FCP を利用して伝送する。リクエストメッセージ、レスポンスメッセージのトランザクションに関しては、IEEE1394 の基本通信手順に従う。IDB-1394 仕様は、IEEE1394 で規定された仕様を車載用途として利用するため、プラスチック光ファイバを利用した物理層、電源管理、および、従来機器との接続方法を規定している。

ビークルインタフェースプロトコルは FCP を利用して転送を行うが、4 章で述べたように FCP は CTS コードを提供しているのみであるため、アプリケーションプロトコルを FCP で多重化して伝送することが困難である。FCP を利用せず、直接 IEEE1394 のトランザクション層を利用することも可能であり効率上がるが、AV/C プロトコルを利用した従来機器も同じネットワークに接続されることを考慮し、ビークルインタフェースプロトコルは

FCP を利用することとした。

6.2 立ち上げシーケンス

各機器に搭載されているコンフィグレーション ROM を読み込んですべての情報を得る現在の方式では、多数の機器がネットワークに接続されている場合、それぞれの機器が立ち上がるまでにかなりの時間が必要となる。この時間を短縮するため、基本的な物理アドレスの割り振り以外は、アプリケーションのメッセージを利用して論理アドレスを登録、管理する手法を取り入れた。ビークルインタフェースプロトコルを利用した場合の立ち上げシーケンスを次に示す：(1) PHY/LINK の初期化（各種レジスタの設定）、(2) PHY コンフィグレーション情報の交換（物理 ID、速度等の情報交換）、(3) 論理 ID の要求・割当て、(4) メッセージによる各機器の情報交換。

ビークルインタフェースプロトコルにおいては、コンフィグレーション ROM に搭載されている機器の情報をブロードキャストメッセージとして送信する手法をとる。これにより、それぞれの機器が他の機器すべてのコンフィグレーション ROM の情報を取得するのにかかる時間を大幅に削減することが可能となる。ブロードキャストメッセージを利用する場合、特定の機器の立ち上げシーケンス中にメッセージが到着した場合、そのメッセージを受信できず、ネットワーク上にどのような機器が接続されているかを把握することができない。

各機器の情報をブロードキャストによりメッセージを送信することで、ネットワークの混雑時にはメッセージが届かない可能性も考えられる。一般的なインターネットなどと異なり、車載という組み込み環境におけるネットワークでは、通常、想定した機器以外が接続されるケースは低く、接続される機器の台数も限定される。

IDB ネットワークアーキテクチャにおいては、ビークルインタフェースが必ず存在するため、ビークルインタフェースプロトコルを構成するネットワークにおいては、このビークルインタフェースがネットワークに接続される各機器の情報を保持しておき、各機器が立ち上がると、自分の情報をブロードキャストするとともに、ビークルインタフェースからすでにネットワークに接続されている機器の情報を取得するという方法を用いる。

6.3 アプリケーション通信手順

図 7 に、ビークルインタフェースプロトコルのフレームフォーマットを示す。Dest F-Type、Dest I-Num は、あて先のファンクションタイプとインスタンスナンバを表している。ファンクションタイプとは、それぞれのアプリケーションが持つ機能を表したものであり、インスタンスナンバとは、同じファンクションタイプのアプリケーションを区別するための識別子である。Src F-Type、Src I-Num は同様に送信元のそれぞれを示す。F-Type はアプリ

Dest F-Type		Dest I-Num	Src F-Type	Src I-Num
Rsv	Cf	Msg Type	Message Class	Object Property
Operand[1]		Operand[2]	Operand[3]	...
...				

図 7 ビークルインタフェースプロトコルフレームフォーマット
Fig. 7 Vehicle interface protocol frame format.

ケーションの機能を表すため初めから設定されており、I-Num は初めから設定されている場合と、初期化時に動的に割り振られる場合がある。たとえば、I-Num を固定で割り当てている場合の例として、自動車のドアロックの場合、あらかじめ運転席を 1、助手席を 2 と設定しておく、アプリケーションは特に問い合わせることなく、運転席のドアロックを開閉することが可能となる。また、ドアロックの F-Type に対してブロードキャストメッセージを送信するとすべてのドアロックの操作が同時に可能となる。このように、論理アドレスに機能情報の意味を持たせることで、特別なサービス発見機構がなくても（TCP/UDP におけるウェルノウンポートのように）車速やエアバッグステータスの情報取得、特定の位置のドアロックや窓の開閉などのサービスを直接利用することができる。

ビークルインタフェースプロトコルにおいては、この F-Type と I-Num の組合せで論理アドレスを表し、送信元とあて先の両方の論理アドレスをフレーム内に含む。このビークルインタフェースプロトコルを用いた場合、4 章で記載した IEEE1394 ネットワークおよび AV/C の問題点の解決について説明する。

ビークルインタフェース構成のネットワークを実現について図 8 に示す。物理ユニット 1 (PU1) にあるアプリケーション 1 (AP1) から、物理ユニット 3 にあるアプリケーション 3 に対して、ビークルインタフェースプロトコルのリクエストメッセージを送る際、まずは物理ユニット 1 (PU1) から物理ユニット 2 (PU2) にリクエストメッセージ 1 が送られる。このメッセージには、送信元の論理アドレス (AP1)、送信元の物理アドレス (PU1)、あて先の論理アドレス (AP3)、あて先の物理アドレス (PU2) が含まれる。ビークルインタフェースである物理ユニット 2 (PU2) がこのリクエストメッセージ 1 を中継し、リクエストメッセージ 2 として、物理ノード 3 (PU3) に送る。このメッセージにおいて、IEEE1394 フレームにおいて送信元は物理ユニット 2 (PU2)、あて先は物理ユニット 3 (PU3) となり、送信元の論理アドレス (AP1)、および、あて先の論理アドレス (AP3) は変更されない。リクエストメッセージ 2 を受け取ったアプリケーション 3 (AP3) は、レスポンスメッセージをアプリケーション 1 (AP1) に返す。その際もビークルインタフェースが中継する。

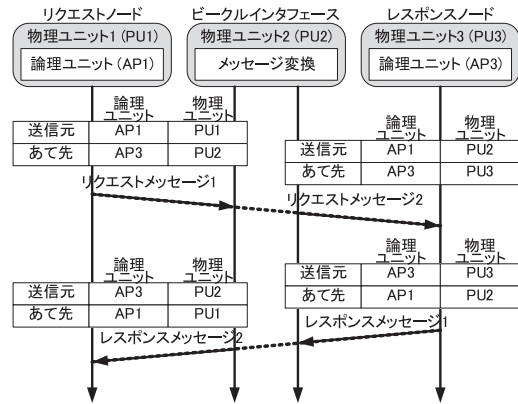


図 8 VIP による問題点解決 (ゲートウェイ構成)
Fig. 8 VIP solution (gateway structure).

レスポンスメッセージ 1 の送信元論理アドレスは AP3, 送信元物理アドレスは PU3, あて先論理アドレスは PU1, あて先物理アドレスは PU2 となる。PU2 はピークルインタフェースであり, このレスポンスメッセージ 1 をピークルインタフェースが中継して, レスポンスメッセージ 2 を PU1 に返す。レスポンスメッセージの送信元論理アドレスは AP3, 送信元物理アドレスは PU2, あて先論理アドレスは AP1, あて先物理アドレスは PU1 となり, ピークルインタフェースは単にアドレスを変換するだけでよく, 過去のメッセージの履歴を覚えておく必要はない。

論理ユニットの問題の解決について, 図 9 に示す。ピークルインタフェースプロトコルを利用して, 物理ユニット 1 (PU1) 内のアプリケーション 1 (AP1) が物理ユニット 3 (PU3) のアプリケーション 3 (AP3) に対してリクエストメッセージ 1 を送信する。同時に, 物理ユニット 1 (PU1) 内のアプリケーション 2 (AP2) が物理ユニット 3 (PU3) のアプリケーション 3 (AP3) に対してリクエストメッセージ 2 を送信する。それぞれのリクエストメッセージを受け取ったアプリケーション 3 (AP3) は, 送信元に対してレスポンスメッセージを返す。レスポンスメッセージ 1 の送信元論理アドレスは AP3, 送信元物理アドレスは PU3, あて先論理アドレスは AP1, あて先物理アドレスは PU1 となる。また, レスポンスメッセージ 2 の送信元論理アドレスは AP3, 送信元物理アドレスは PU3, あて先論理アドレスは AP2, あて先物理アドレスは PU1 となる。このレスポンスメッセージ 1 および 2 を同時に受信した物理ユニット 1 において, それぞれのメッセージにあて先論理アド

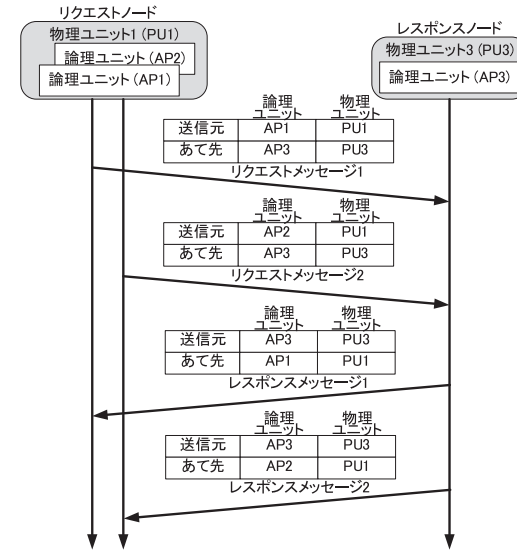


図 9 VIP による問題解決 (論理ユニット)
Fig. 9 VIP solution (logical unit).

レスが含まれているため, それぞれのメッセージをアプリケーション 1 およびアプリケーション 2 に送ることが可能となる。その際に, 特に以前のメッセージを記憶しておく必要はなく, そのためのメッセージ送信の遅れも発生しない。

これらのピークルインタフェースプロトコルの仕組みにより, AV/C プロトコルで問題であったゲートウェイ構成および論理ユニットの問題を解決することで, IDB ネットワークにおけるピークルインタフェースを効率的に実現可能となる。

6.4 その他

家電, PC 用途に規定された AV/C プロトコルにおいては, 車載機器を制御するためのメッセージが定義されていない。そのため, ピークルインタフェースプロトコルに合わせて, このプロトコルに適合したアプリケーションのためのメッセージフォーマットを定義し, キー状態, ドアロック, ライト, 窓, 車速情報, ライト, エアコン, ガソリン残量, 車両診断などのメッセージを規定した²⁶⁾。

7. 実装と評価

7.1 プロトコル実装

ビークルインタフェースプロトコルの動作確認を行うために、ビークルインタフェースシステムを構築した。そのシステムの全体構成を図 10 に示す。自動車メーカ独自のネットワークに接続される車載機器として、車速センサ、ドアロック開閉、窓開閉、ライト制御、エアバッグステータス、故障診断機能それぞれのソフトウェアモジュールを PC 上のエミュレーションとして構築した。また、従来の AV/C プロトコルで制御する家電機器の制御モジュールも設定した。IDB ネットワーク側には、車載機器の制御を行うためのユニット (VDC: Vehicle Device Controller) を設置した。

7.2 立ち上げ時間評価

各機器に搭載されているコンフィグレーション ROM を読み込んですべての情報を得る現在の構成では、状況により異なるがネットワークに 10 台の機器が接続されている場合、946 パケットのデータがやりとりされ、5.0 秒の時間が必要であった。ビークルインタフェースプロトコルの立ち上げシーケンスにおいて、この時間を短縮するため、メッセージを利用して論理 ID を設定する方式を利用し、同様に 10 台の機器が接続されている状況において、立ち上げにかかる時間を 50 m 秒とすることが可能となった。

今回、実装し評価を行った主な目的は、本研究のビークルインタフェースプロトコルが立ち上げ時においてブロードキャストで機器の情報をやりとりするため、メッセージが届かない可能性も考慮して、実タイミングにより計測することである。前述したように組み込み環境におけるネットワークでは接続される機器の種類および台数は限定され、本評価においては MOST における機器の想定接続台数を参考とした²⁷⁾。

7.3 ゲートウェイ構成

自動車メーカ独自ネットワークと IDB ネットワークはビークルインタフェースで接続される IDB ネットワークアーキテクチャの構成をとり、VDC と車載機器としての各アプリケーションはビークルインタフェースプロトコルで通信し、VDC 側から車載機器の制御、そのステータスデータの確認機能を実現した。

VDC において定期的に取得したいデータ (たとえばナビゲーションで利用する車速) は、ビークルインタフェースに対してサブスクリプトコマンドを送信し実行することで、ビークルインタフェースは自動車メーカ独自ネットワークで得たデータを、IDB ネットワークに接続している VDC に対して定期的に送信する。定期的に送信する以外に、何らかのイベント

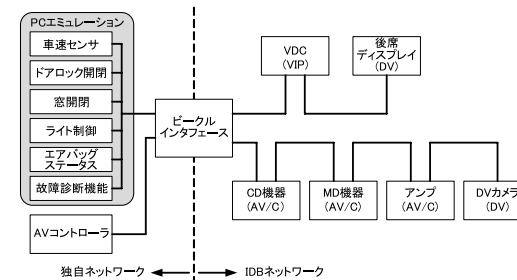


図 10 ビークルインタフェースシステムの構成
Fig. 10 Architecture of vehicle interface system.

発生時にメッセージを送信するようサブスクリプトコマンドを設定することも可能である。

VDC から自動車メーカ独自ネットワークに接続された機器を制御 (たとえば緊急状態におけるドアロックの遠隔解除) は、VDC において制御メッセージを作成しビークルインタフェースに送信する。ビークルインタフェースはこのメッセージを自動車メーカ独自のネットワークに応じたメッセージに変換し各制御機器 (ここでは PC 上のエミュレーションで実現したソフトウェアモジュール) に送信する。

また、IDB ネットワークには、従来の AV/C プロトコルを利用した CD ドライブ、MD ドライブ、アンプ、デジタルビデオカメラ、後席ディスプレイを接続し、自動車メーカ独自ネットワークに接続された AV コントローラから操作し、これらの機器の動作を確認した。

AV 機器に関しては自動車メーカ独自のネットワークに接続された制御パネル (AV コントローラ) から IDB ネットワークに接続された AV 機器を操作する。AV コントローラから自動車メーカ独自のネットワークで定義されたメッセージがビークルインタフェースに送信され、ビークルインタフェースにおいて IDB ネットワーク用の AV 機器操作メッセージに変換され、各 AV 機器に送信する。AV 機器の状態 (たとえば CD で再生されるトラック番号や時間) を AV コントローラで受け取る場合も同様に、AV 機器から IDB ネットワークで定義されたメッセージをビークルインタフェースにおいて自動車メーカ独自のネットワークのメッセージに変換し AV コントローラで受けそれを表示する。

CD ドライブやアンプなどの AV 機器の操作は、IDB ネットワークに接続されたコントローラから直接行うことも可能であるが、本研究のシステムにおいては、自動車メーカ独自のネットワークに標準機器として設置されている操作手法を用いることを前提とした。

AV コントローラは、ビークルインタフェースプロトコル上に定義された家電制御コマンド

ドを送出し、ピークルインタフェースにおいてプロトコル変換テーブルを利用し、AV/C プロトコル上の家電制御コマンドに変換を行う。この際、IDB ネットワーク上には、ピークルインタフェースプロトコルと AV/C プロトコルの両方が同時に流れ、これらの区別は IEC61883 で規定される利用プロトコル ID である Command / Transaction Set (CTS) Code において行っている。この CTS Code は IEC61883-1 の FCP Frame の最初の 4 ビットのフィールドにおいて、'0000b' が AV/C、'0011b' が HAVi と定義され、'0100b' を自動車用途で利用するためにリザーブとされている²⁸⁾。ここではこの自動車用 CTS コードを用いている。

8. ま と め

IDB ネットワークを構築するにあたり、IEEE1394 ネットワークを利用する際の問題点を解析した。その結果、IEEE1212 の機構による立ち上げ速度が遅い点、AV/C プロトコルに送信元論理アドレスが含まれないことによるゲートウェイ構成の実現および論理ユニットの構築に問題があることが判明した。これらの問題点を解決するための新しいプロトコルであるピークルインタフェースプロトコル設計した。このピークルインタフェースプロトコルの動作確認を行うために、ピークルインタフェースシステムを構築した。複数の機器をネットワークで接続し、ピークルインタフェースプロトコルの動作を確認するとともに、従来の AV/C プロトコルとの比較、協調動作、プロトコル変換を実現した。立ち上げ時間の短縮も可能となった。

我々が開発したピークルインタフェースプロトコルおよびそのメッセージを国際標準化機構に提案を行い ISO 22902 Part3²⁹⁾、Part4³⁰⁾ として世界標準となっている。

参 考 文 献

- 1) Leen, G. and Heffernan, D.: Expanding Automotive Electronic Systems, *IEEE Computer*, Vol.35, No.1, pp.88–93 (2002).
- 2) Navet, N., Song, Y., Simonot-Lion, F. and Wilwert, C.: Trends in Automotive Communication Systems, *Proc. IEEE*, Vol.93, No.6, pp.1204–1223 (2005).
- 3) Society of Automotive Engineers (SAE): ITS Data Bus Architecture Reference Model Information Report, SAE J2355 (1997).
- 4) Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE): Standard for a High Performance Serial Bus, IEEE Std 1394-1995 (1995).
- 5) Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE): Standard for High Performance Serial Bus Amendment 1, IEEE Std 1394a-2000 (2000).
- 6) Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE): Standard for High Performance Serial Bus Amendment 2, IEEE Std 1394b-2002 (2002).
- 7) Rabel, M., Schmeiser, A. and Grobmann, H.P.: Integrating IEEE 1394 as Infotainment Backbone into the Automotive Environment, *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference 2001*, Vol.3, pp.2026–2031 (2001).
- 8) 伊藤健二, 柴田伝幸, 三田勝史, 伊藤修朗: 車載マルチメディアネットワークにおける QoS 制御方式の提案, 情報処理学会研究報告, Vol.2002, No.115, pp.91–98 (2002).
- 9) International Electrotechnical Commission (IEC): Consumer Audio/Video Equipment–Digital Interface–IEC 61883 Part 1-6 (1998).
- 10) 1394 Trade Association (1394TA): AV/C Digital Interface Command Set General Specification 4.2, TA Document 2004006, 1394 Trade Association (2004).
- 11) MOST Cooperation: MOST Specification, Rev. 2.5 (2006).
- 12) AMI-C Inc. <http://www.ami-c.org/>
- 13) Guglielmetti, L.: Standardizing Automotive Multimedia Interfaces, *IEEE multimedia*, Vol.10, Issue 2, pp.76–79 (2003).
- 14) HAVi, Inc.: Specification of the Home Audio/Video Interoperability Architecture (2001).
- 15) 1394 Trade Association (1394TA): IIDC 1394-based Digital Camera Specification, TA Document 2003017, 1394 Trade Association (2004).
- 16) American National Standards Institute (ANSI): Information Technology–Serial Bus Protocol 2 (SBP-2), ANSI INCITS 325-1998 (2003).
- 17) Johansson, P.: IPv4 over IEEE 1394, Internet Society, Request for Comments 2734 (RFC2734) (1999).
- 18) Saito, T., Tomoda, I., Takabatake, Y., Ami, J. and Teramoto, K.: Home Gateway Architecture and its Implementation, *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol.46, No.4, pp.1161–1166 (2000).
- 19) Hofrichter, K.: The Residential Gateway as Service Platform, *Proc. International Conference on Consumer Electronics*, pp.304–3005 (2001).
- 20) Reilly, D. and Taleb-Bendiab, A.: A Service-Based Architecture for In-Vehicle Telematics Systems, *International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*, pp.741–742 (2002).
- 21) Chaaban, K., Shawky, M. and Crubille, P.: Dynamic Reconfiguration for High Level In-Vehicle Applications using IEEE-1394, *Proc. International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp.826–830 (2004).
- 22) 1394 Trade Association (1394TA): IDB-1394 Automotive Specification 1.0, TA Document 2001018 (2003).
- 23) 佐藤健哉, 小坂隆浩, 井上博之: CAN (Controller Area Network) を利用した論理的通信モデル実現のためのプロトコル, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.8, pp.2142–2151

(2005).

- 24) Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE): Standard for a Control and Status Registers (CSR) Architecture for Microcomputer Buses, IEEE Std 1212-2001 (2001).
- 25) Takagi, A., Koita, T. and Sato, K.: Fast Service Discovery Mechanism through High Speed Multimedia Network, *Proc. 3rd International Conference on Mechanics and Information Technology*, Vol.6041, pp.10:1-6 (2005).
- 26) Automotive Multimedia Interface Collaboration, Inc. (AMI-C): AMI-C Common Message Set, AMI-C 2002 (2003).
- 27) 仙波恒太郎 (編): *カーエレクトロニクス技術全集*, 技術情報協会 (2007).
- 28) 1394 Trade Association (1394TA): Assignment of Automotive CTS Code and Unit SW Version, TA Document 2001014, 1394 Trade Association (2001).
- 29) International Organization for Standardization (ISO): Road vehicles-Automotive Multimedia Interface-Part 4: Network Protocol Requirements for Vehicle Interface, ISO 22902-4:2006 (2006).
- 30) International Organization for Standardization (ISO): Road vehicles-Automotive Multimedia Interface-Part 5: Common Message Set, ISO 22902-5:2006 (2006).

(平成 19 年 12 月 29 日受付)

(平成 20 年 7 月 1 日採録)



佐藤 健哉 (正会員)

1984 年大阪大学工学部電子工学科卒業 . 1986 年同大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了 . 同年住友電気工業 (株) 情報電子研究所入社 . 1991 ~ 1994 年スタンフォード大学計算機科学科客員研究員 . 2000 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了 . 2001 年米国 Automotive Multimedia Interface Collaboration, Inc. Chief Technologist. 2004 年同志社大学工学部情報システムデザイン学科准教授 . 博士 (工学) . 組み込みシステム, 通信プロトコル, ITS に関する研究に従事 . ACM, IEEE-CS, SAE, 自動車技術会各会員 .



小坂 隆浩 (正会員)

1993 年同志社大学工学部電気工学科卒業 . 1995 年同大学院工学研究科電気工学専攻博士前期課程修了 . 1999 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程単位認定退学 . 1999 年大阪産業大学工学部助手 . 2001 年同学部講師 . 2004 年同志社大学工学部情報システムデザイン学科専任講師 . 博士 (工学) . 分散処理, Grid コンピューティング, ゲノムアプリケーションに関する研究に従事 . 電子情報通信学会, IEEE-CS 各会員 .



スコット マコーミック

Executive Director of Automotive Multimedia Interface Collaboration, Inc. He is also a former Advisor to the National Science Foundation, the Industrial Sector Representative to the US Federal Laboratories Technology Transfer Consortium, and the Strategic Advisor to ITU-T Advisory Panel on Communication Standards. Scott has degrees in Mathematics, Mechanical and Aerospace Engineering, minors in Theoretical Physics, Business Law and Psychology, a Masters in Business Administration and Doctoral Research in Artificial Intelligence.