

映像圧縮技術を用いた車載ネットワーク

In-Vehicle Broadband Network Technology with Dedicated Video Codec

あらまし

現在、自動車内の情報・AV系システムは、映像・音声・コマンドの通信に、それぞれ個別のケーブルを使用しており、これらを統合する車載情報系ネットワークとしてIDB-1394 (ITS Data Bus-1394) が注目されている。

本稿では、まず、高画質・低遅延、および低コストを実現する車載用映像圧縮技術“SmartCODEC”を搭載したIDB-1394コントローラLSI: MB88388Aによる、カーナビ画面とDVDコンテンツの同時伝送など、広帯域・低遅延伝送の実現について述べる。つぎに、プロトタイプシステムとして試作した、リアシートエンタテインメントシステム、運転支援向けマルチカメラシステムを紹介する。さらに、試作システムにおけるネットワーク性能の検証結果により、本技術によって情報・AV系システムのネットワーク統合が可能であることを示す。

Abstract

In-vehicle information and AV systems now use dedicated cables to transmit video, audio, and control commands. The “ITS Data Bus-1394” (IDB-1394) is the most promising in-vehicle information system network standard for integrating such data transmission. We have developed a new video codec named “SmartCODEC” dedicated to in-vehicle systems and which features high image quality, negligible compression-decompression delay, and low cost. This paper introduces a new form of in-vehicle video transmission technology and describes the industry’s first prototypes of in-vehicle real-time multiple video streaming systems using the IDB-1394 controller LSI: MB88388A with built-in SmartCODEC. We verified and confirmed the behavior of actual systems with two kinds of newly developed prototype systems. This paper also outlines this technology that enables advanced in-vehicle information and AV systems to be integrated into a single network.



河合 淳
(かわい じゅん)

ITS研究センター 所属
現在、車載ネットワーク
システムの研究・開発に
従事。



小田切淳一
(おだぎり じゅんいち)

ITS研究センター 所属
現在、車載映像圧縮技術
の研究・開発に従事。



吉田 茂
(よしだ しげる)

2008年3月までITS研究
センターでデータ圧縮技
術の研究・開発に従事
(2008年3月退職)。



山田 浩
(やまだ ひろし)

ITS研究センター 所属
現在、車載・ITSシステ
ムの研究・開発に従事。

まえがき

近年、自動車内の電子システムは、快適性と安全性の向上のため、機能の高度化が進み、最新の車種では50~60個程度マイコンが搭載されるに至っている。これに伴い、各種ネットワークや各種信号線によりワイヤハーネス（車体の電気配線網）などが複雑化しており、広帯域デジタルネットワークを用いたシステム統合による、小型・軽量化、および低コスト化が必須となっている。現在、走行制御系においては、100 kbps程度の帯域を持つCAN（Controller Area Network）による個別システム間の接続が進み、今後、機械的な伝達を電氣的信号に置き換えるX-by-Wire制御やシステムの統合制御に向けて10 Mbpsの帯域と高い信頼性を持つFlexRayネットワークへの移行が期待されている。

一方、情報・AV系においては、映像信号転送はアナログ方式あるいはLVDS（Low Voltage Differential Signaling）、GVIF（Gigabit Video InterFace）などの1対1接続、オーディオ信号はアナログ方式あるいはMOST（Media Oriented Systems Transport）ネットワーク、制御信号は各車両メーカーの独自仕様ネットワークやCANあるいはMOSTと、各種通信方式が混在しており統合が進んでいない。とくに、映像信号の伝送については、自動車用途の特色として低遅延が必須条件となるが、従来のデジタル伝送方式では低遅延での多重伝送が困難であったため、非圧縮映像による1対1の接続となり、これがシステム統合を阻み、接続機器数の増加に伴うケーブルやコネクタの急激な増加による機器の大型化、重量の増加、コストの増大を招いていた。

このような背景から、著者らは車載ネットワークとして最大の帯域400 Mbpsを持つIDB-1394（ITS Data Bus-1394）と車載用途に適した映像圧縮技術の開発により、情報・AV系システムの統合を行った。

IDB-1394ネットワーク

IDB-1394は、つぎのような特徴により、車載の情報系ネットワークでは最有望とされている規格である。

- (1) 車載用では最高の伝送速度（既存のLSIでは、銅線ケーブルで400 Mbps）を有している。

- (2) AVストリーム伝送に適したタイムトリガ方式の転送モード“Isynchronous”と、制御コマンドなどの伝送に向く一般的な非同期の転送モード“Asynchronous”の両方を備えている。

- (3) プラグアンドプレイをサポートし、動的な拡張性を持っている。

- (4) ケーブル接続の構成として、デージーチェーン、ツリー、スター、リングという多様なパターンが可能であり、システムに適した構成を選択できる。とくに、リングを用いた場合には、一つのケーブル接続が切断などにより失われた場合でも、自動的かつ動的に論理的なトポロジが再構成され、伝送状態が維持されるという利点がある。

車載用映像圧縮技術 SmartCODEC

現状の非圧縮映像伝送を複数同時に行うと、IDB-1394でも帯域不足となるため、映像圧縮技術の併用が必要となる。映像圧縮として一般的に用いられるMPEG-2などの場合、映像の圧縮・復元にそれぞれ200~300 msの処理時間を要する。これは、リアシートエンタテインメント（RSE：Rear Seat Entertainment）システムなどの車載AVシステムにおいては、表示部からの操作に対する映像の反応がワンテンポ遅れることを意味し、スムーズな操作を阻害する。またバックモニタやブラインドコーナモニタなどのカメラシステムにおいては、致命的な遅延となり、運転支援への適用が困難となる。さらに、個別のエンコーダ/デコーダLSIや、外付けのフレームメモリが必要となり、コストが増加するとともに装置の小型化が困難となる。このように、車載システムにおいては従来の映像圧縮技術の利用には問題があり、車載システムに適した新たな映像圧縮技術が求められていた。

車載システムに適した映像圧縮技術には、つぎの三つが必要とされる。

- (1) 低コスト・省スペースの実現
- (2) システムの伝送遅延が30 ms以下
- (3) DVDなどの自然画と、カーナビなどの線画・グラフィクス画の両方で高画質を維持

そこで、業界で初めて、これらの条件を満たす新たな車載用映像圧縮技術“SmartCODEC”^{(1),(2)}を開発した。一般的に高圧縮化を進めるほど、回路規

模やメモリが増大するため、SmartCODECは、圧縮の基本方式としてシンプルな構造のDPCM (Differential Pulse Code Modulation) 方式を採用し、圧縮率を1/3とした。これらにより、外付けメモリ不要、コンパクトな回路規模、圧縮復元の処理時間2~3 msを実現した。さらに、圧縮時の量子化レベルについて適応的最適化を行うことにより、自然画の再現性と、カーナビ映像に存在する線画のエッジの再現性の両方を確保し、圧縮復元処理の有無が判別できないレベルの高画質を実現した。SmartCODECの仕様概要を表-1に示す。

SmartCODECとIDB-1394ネットワーク

開発したSmartCODECと、400 Mbps (S400)の帯域を持つIDB-1394を組み合わせることにより、映像の伝送可能帯域を約3倍に引き上げることができ、複数の高解像度映像の同時伝送が可能となる。

これを実現したのが、新しいIDB-1394コントローラLSI : MB88388A[®]である。従来のネットワークインタフェースは、映像圧縮復元・フレームメモリ・著作権保護機能・LINKレイヤ・PHYレイヤ・制御マイコンといった多数のLSIで構成されるが、本IDB-1394コントローラLSIは、SmartCODEC、DTCP準拠の著作権保護機能、IDB-1394規格に準拠したLINKレイヤとPHYレイヤを1個のLSIに内蔵している。システム内に本LSIの制御に利用可能なマイコンがない場合には、廉価な制御用マイコンが別途必要になるが、わずか1~2個のLSIでIDB-1394インタフェースを構成できる。また、映像と最大8chのオーディオから成るコンテンツ一つを標準規格の伝送プロトコル^{(4),(5)}で送信または受信しながら、制御コマンドを送受信する機能を備えている。図-1は、本IDB-1394コントローラLSIの評価ボードである。

表-1 SmartCODECの仕様

項目	諸元
対象映像	自然画, 線画&文字を含む映像 (カーナビ画面)
サポートするビデオモード	720×480 pixels, YUV4:2:2 16 bit, 30 fps (インタレース); 720×576 pixels, YUV4:2:2 16 bit, 25 fps (インタレース); 800×480 pixels, RGB24/18 bit, 60/30/15 fps; 640×480 pixels, YUV4:2:2 16 bit / RGB24/18 bit, 30 fps; 320×240 pixels, YUV4:2:2 16 bit / RGB24/18 bit, 30 fps
処理速度	最大: 60フレーム/秒 @RGB 800×480 pixels
圧縮・復元の遅延時間	2~3 ms
回路デザイン	IDB-1394コントローラLSIに内蔵可能, 外付けメモリ不要
圧縮率	1/3固定

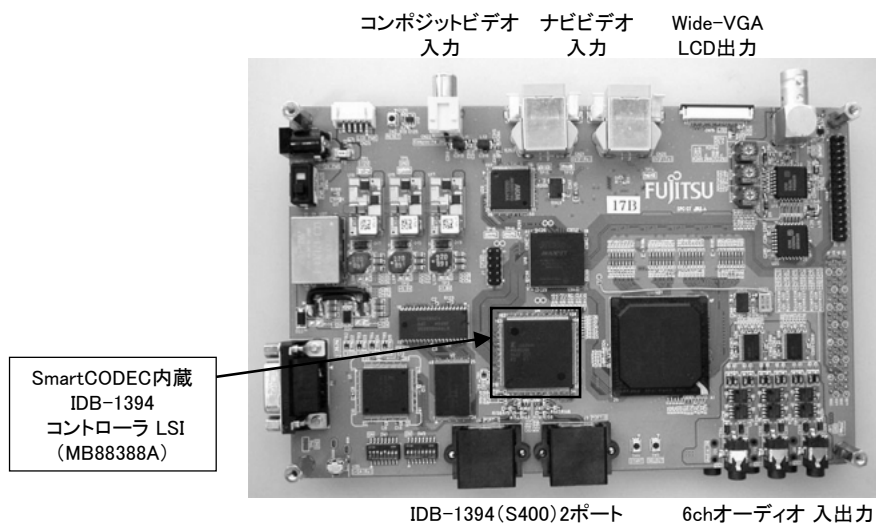


図-1 IDB-1394コントローラLSI評価ボード
Fig.1-IDB-1394 controller-LSI evaluation board.

システムへの適用

本章では、IDB-1394コントローラLSIをRSEシステムとマルチカメラシステムに適用した例を紹介する。

● RSEシステムへの適用

RSEシステムは、図-2 (a) に示すようにカーナビ・DVDプレーヤ・音楽プレーヤの三つの送信側ノードと、LCDディスプレイとスピーカを備えた2組の受信側ノードの計5ノードで構成している。三つの送信側ノードは、映像とオーディオを同時に送信しており、受信側ノードはIDB-1394ネットワーク上を流れているそれらのコンテンツの1組を任意に選択して受信することができる。また、受信側ノードではAsynchronousパケットを用いて、任意のタイミングで「再生」「停止」などのコマンドをDVDプレーヤに送信し、操作することが可能である。コマンドを受信側ノードからIDB-1394ネットワーク経由でDVDプレーヤに送信し、その結果が受信側ノードで受信している映像に反映されるまでの遅延は、わずか2~3msとなる。これにより、ネットワーク経由で操作していることを意識せず、自然な操作感覚が得られる。

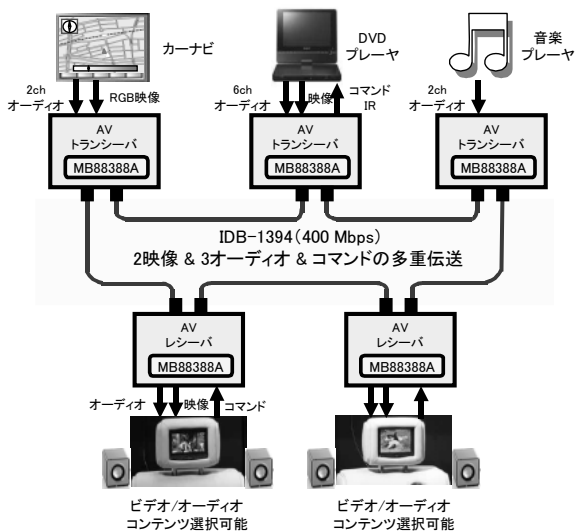
● マルチカメラシステムへの適用

マルチカメラシステムは、図-2 (b) に示すように5台のカメラノードと、LCDディスプレイを備え

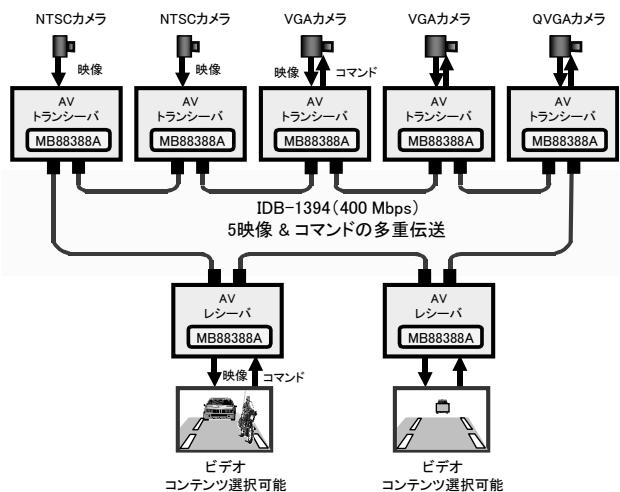
る2台の受信側ノードで構成している。カメラノードは、市販の車載用NTSCカメラを用いる2台と、制御機能を盛り込んだCMOSカメラモジュールを用いる3台（VGA2台、QVGA1台）で構成した。従来のカメラシステムでもIDB-1394を用いたものがあるが、非圧縮の映像データを伝送するため、NTSCまたはVGA解像度の場合、同時に複数映像の伝送はできなかった。本システムでは、SmartCODECの映像圧縮により、5台のカメラから同時に映像を送信することを実現した。これにより2台の受信側ノードは、独立に任意のカメラ映像を選択表示することが可能となっている。また、RSEシステムと同様に、CMOSカメラモジュールが備える機能（輝度調整、コントラスト調整、映像拡大率切替え）を、受信側ノードからAsynchronousパケットにより制御することも可能である。

システム評価

通常ネットワークシステムにおいては、システムを構成すると、LSIへの実装方式や、システム構成に依存する帯域のオーバーヘッドが生じるため実効帯域の検証が必要である。そこで試作したシステムを用いて、実際に複数の映像・音声・制御コマンドなどを伝送した場合のシステム動作を検証した。RSEシステムおよびマルチカメラシステムそれぞれ



(a) RSEシステム



(b) マルチカメラシステム

図-2 評価システム構成
Fig.2-Evaluation systems.

表-2 評価システムの使用帯域 (@S400)

評価システムのタイプ	同時伝送コンテンツ	非圧縮データのデータレートの合計 (参考)	IDB-1394 + SmartCODECによる各コンテンツの伝送帯域の合計 (相当するIDB-1394帯域使用率)	システム使用帯域の計測結果 (各種オーバーヘッドを含む)
			(全帯域の80%までIsochronous転送で使用可能)	
RSEシステム	Navigation : Video, Navigation : Audio(2ch), DVD : Video(NTSC), DVD : Audio(6ch), MusicPlayer : Audio(2ch)	592.1 Mbps	248.6 Mbps (63.2%)	70.0%
マルチカメラシステム	NTSC×2, VGA×2, QVGA×1	663.7 Mbps	259.3 Mbps (65.9%)	74.3%

れの評価結果を表-2に示す。表中の各列は、同時伝送しているコンテンツの種類と数、非圧縮データレートの合計、本システムで使用しているSmartCODEC内蔵IDB-1394コントローラで伝送する場合に各コンテンツが使用する伝送帯域の合計、評価システムで計測した実際の帯域使用率を示している。非圧縮データレートの合計は、各コンテンツのデータ本体の平均データレートを基に計算している。伝送帯域の合計には、コンテンツデータを伝送するためのパケット化に伴うオーバーヘッドが含まれる。使用帯域の計測結果は、各コンテンツを同時伝送している状態での全体の帯域使用率を計測したものであり、実際のシステム構成に依存するオーバーヘッドが含まれる。

IDB-1394の規格では、全伝送帯域のうち、最低限20%はAsynchronous転送モードのために担保されており、Isochronous転送モードで使用できる帯域は、最大で全体の80%までとなっている。計測結果から、システム依存のオーバーヘッドを含めても、SmartCODECとIDB-1394の組合せにより、各システムでコンテンツの同時伝送を実現できることを確認した⁽⁶⁾

今後の課題として、RSEシステムでは、デジタルTVの普及により、ハイビジョン映像への対応が必要である。また、運転支援のためのマルチカメラシステムでは、カメラ用コントローラの開発とともに、複数のカメラ映像の受信・表示処理方法について検討が必要となる。

む す び

SmartCODECを搭載したIDB-1394コントローラLSIを用いてリアルタイムの映像伝送を実現し、

情報・AV系のシステム統合が可能な車載ネットワーク技術を開発した。また、RSEシステムとマルチカメラシステムの評価システムを開発し、複数の高解像度映像およびオーディオの同時伝送が可能であることを確認した。今後、この技術が、車載ネットワークによる映像やオーディオの利用を促進し、より快適で、安全運転に貢献する製品システムの実現に役立つことを期待している。

参 考 文 献

- (1) 小田切淳一ほか：車載向け映像伝送用圧縮技術の開発。電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会、金沢、A-17-3, 2006/09/19.
- (2) Fujitsu Laboratories Ltd : Fujitsu Develops SmartCODEC Streamlined Image Compression Technology for Automotive Applications.
<http://www.fujitsu.com/global/news/pr/archives/month/2006/20060921-01.html>
- (3) 富士通プレスリリース：IDB-1394規格に準拠したLSIにマルチメディア機能を内蔵。
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2007/11/5-1.html>
- (4) 1394 Trade Association : BT.601 Transport Over IEEE-1394. 1394 TA Document number 2006020, Revision 1.1a, 02 Oct. 2006.
- (5) International Electrotechnical Commission : IEC 61883-6 : Consumer audio/video equipment - Digital interface - Part 6 : Audio and music data transmission protocol.
- (6) 河合淳ほか：IN-VEHICLE BROADBAND NETWORK TECHNOLOGY FOR REAL-TIME VIDEO STREAMING USING IDB-1394. 第14回ITS世界会議, 北京, 3180, 2007/10/10.