

# 車載向け IEEE 1394 / アナログビデオ多重伝送システムの開発

萩原 剛志・朝夷名 巧・藤本 剛  
大見 則親・畑中 健一・村瀬 亨

Development of IEEE1394 / Video Multiplex Communication System — by Takeshi Hagihara, Takumi Asaina, Takeshi Fujimoto, Norichika Oomi, Kenichi Hatanaka and Toru Murase — For the realization of safer vehicles, the number of wiring harnesses that connect electronic control units (ECUs) and cameras is increased, and this has made the total weight of wiring harnesses heavier and the nests of wiring harnesses more complicated. To solve the problems regarding wiring harness, the authors developed an IEEE1394 / analog video multiplexer intellectual property (IP) core, and implemented the IP core to a prototype multiplex communication system. The IP core employs time division multiplexing technology to realize the transmission of not only two or more IEEE1394 video streams but also two or more NTSC/RGB analog video signals over a single line. The system allows the video cables to be consolidated into a pair of twisted cables, resulting into the reduction of total wiring harness weight, enhancement of the degree of freedom of equipment layout, and improvement of human machine interface through the application of image processing technology. In this paper the authors introduce an overview of the multiplex communication system and the result of performance experiments with the developed prototype system.

## 1. 緒言

現在、自動車の映像情報の利用が急速に進展している。従来からのカーナビゲーション装置に加えて、今後安全運転のための周辺監視カメラや地上波デジタル放送機器など映像情報を必要とする車載装置は大幅に増加すると予想される。例えば、車両に複数個装着された周辺監視カメラは車周辺の安全確保のための映像をキャビンに流して、自車の安全確認に活用される。また車載地上波デジタル放送受信機で放送映像を受信し、キャビン内のテレビ画面に表示してドライブを快適にする。一方、これらの利用のために、車載装置間で映像情報を高速に伝送することが必要となるが、そのために、自動車内部の隅々に配置されている各種 ECU やセンサ類を接続するワイヤハーネスも増え続け、ワイヤハーネスの配策スペースや重量が問題となってきた。このような背景の中、DVD などコンテンツ保護の必要な映像については IEEE1394 (IDB-1394) などの車載向け情報・通信規格が提案されてきている。しかし、これらの規格でも伝送速度は現状の最高で 400Mbps であり、複数の映像信号伝送やリアルタイム伝送には物足りないものであった。

そこで、IEEE1394 や NTSC/RGB など複数の信号を一つに束ねて、伝送速度が 1Gbps を超える高速差動シリアル伝送技術によって通信を行うビデオ多重伝送システムを提案した。バックボーンと支線に分けることで複数の映像伝送用ワイヤハーネスを送受信の各 1 対ずつに集約することが可能となり、車両重量増加を防ぎ、配策スペースの確保と作業性の向上が図れる。加えて、IEEE1394 の伝送距離 (4.5m)

の延長による、各種装置の配置自由度の向上や、更に先にはデジタルの特長を活かした誤り訂正や画像圧縮による通信品質の制御、マルチ画面や部分切り出しなど画像処理によるヒューマンインターフェースの向上も可能となる。

今回、IEEE1394 (S400) と 2 種類の映像信号 (RGB/NTSC) の 3 種類の信号を物理層レベルで多重化して双方向通信する IP コア (半導体回路ブロック) を新たに開発し、これを組み込んだ多重化装置により検証を行った。その開発の過程として、① IEEE1394 についてはトータルの伝送遅延を実質動作可能な  $1.5\mu\text{s} \sim 2\mu\text{s}$  以内に収めること、② アナログビデオの同期信号については正確な規定時間間隔で伝送を行いながらも使用する帯域の最小化を両立させる、という 2 つの課題があり、極短時間での時分割多重と同期調整技術を開発し、これらを解決した。

本稿では、多重伝送システムの概要と機能および検証実験について報告を行う。

## 2. IEEE1394 / アナログビデオ多重化の概要

### 2-1 検証システム概要

今回試作した多重化装置のシステム構成例を図 1 に示す。多重化装置の間は双方向で伝送するために 2 対の差動信号線で結ばれている。多重化装置と接続機器とは、各接続機器の信号規格で接続されている。

多重化装置に接続される接続機器としては、車両周辺の

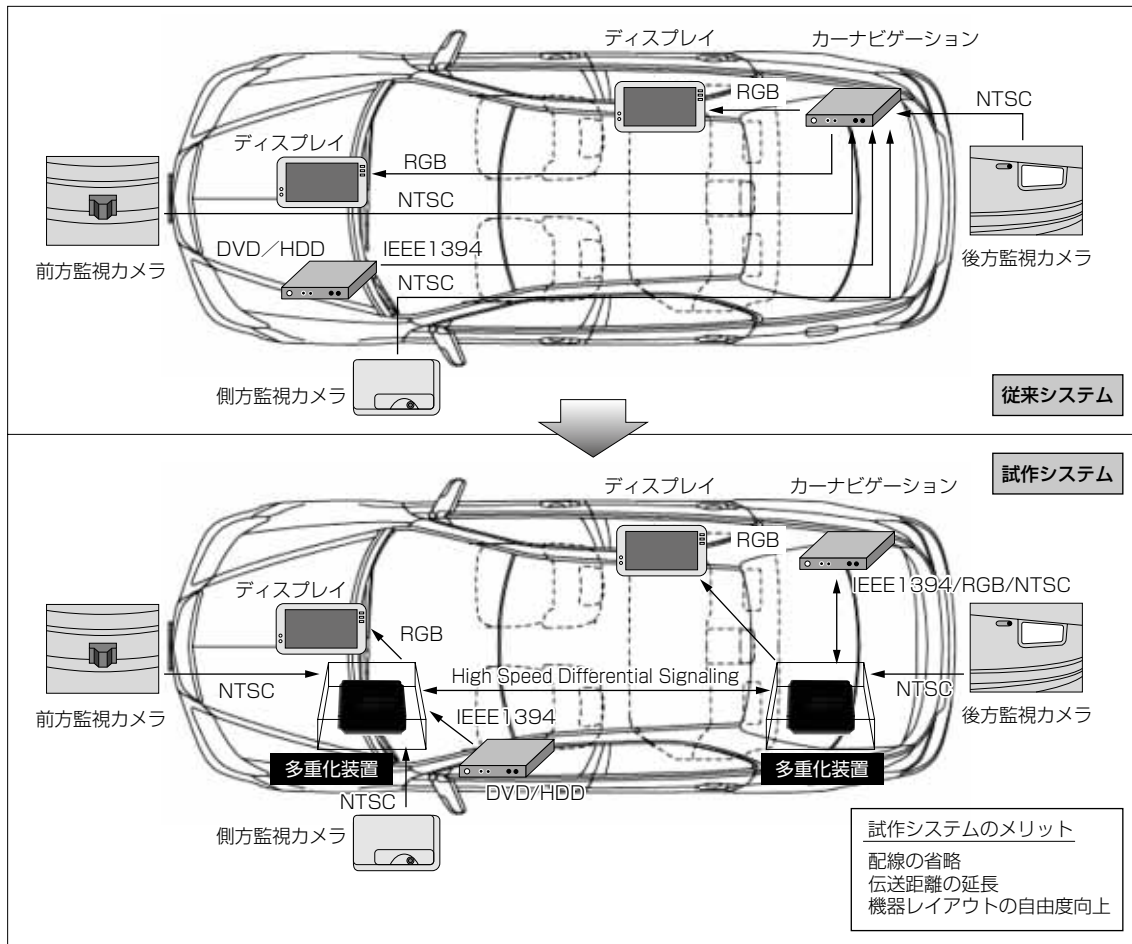


図1 システム構成例

死角を撮影するための監視カメラ、カーナビゲーション、DVDプレーヤ、地上デジタル放送チューナ、HDDレコーダ、フロント/リア・ディスプレイなどを想定している。

図2に示すように、多重化装置は送信部と受信部の大きく二つのブロックに分けることができる。①送信部では、上述の接続機器から入力される様々な信号のタイミングを揃え直し、多重化してドライバ回路から他方の多重化装置へ出力する。②受信部では、レシーバ回路にて受信した信号から多重化前の信号を復元し、再び接続機器のタイミングに揃えて信号を送り出す。

多重化装置のプロトコル階層構成は図3に示すようになっており、検証する多重化システムの開発要素は、白抜き文字部分の多重化に関する部分である。

## 2-2 入出力インターフェース

### (1) IEEE1394

DVDなど著作権のある映像コンテンツの伝送には、現状、著作権保護のためにアナログ信号に変換するか、IEEE1394での伝送しか認可されていないので、本装置間の多重化伝送の信号としてIEEE1394を採用した。

IEEE1394は目的に応じていくつかの規格に分かれているが、今回はその中でも最新のIEEE1394b-2002を採用し

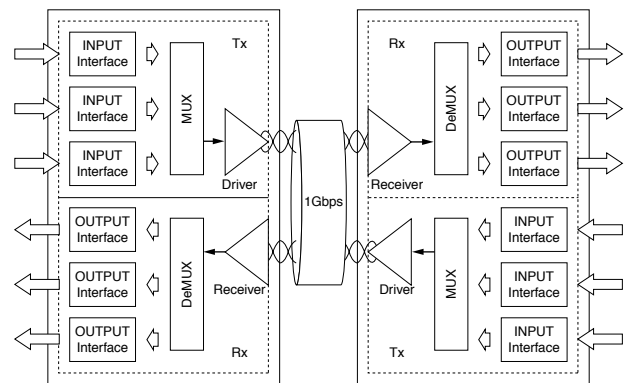


図2 ブロックダイアグラム

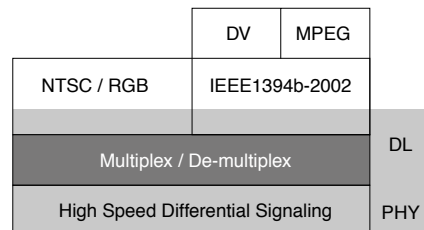


図3 プロトコル階層構成

ている<sup>(1)</sup>。これは、将来の高速化 (>400Mbps) へ対応できることと、8B10B など符号化や初期化方式が高速伝送に向けた仕様であることを考慮した。

一方、本装置への接続インターフェース仕様としては、IEEE1394aと互換性のあるバイリンガルモードを使用している。これは、現状で一般に普及している IEEE1394 仕様のデジタルビデオカメラやパソコンの多くは最新の 1394 b-2002 規格に対応していない。このため、本装置では、まず現行映像機器の接続を重視して、多重化装置の外部ポート仕様として IEEE1394 バイリンガルモードを採用した。図 4 に IEEE1394 の接続ポートを示す。



図4 IEEE1394 Bilingual socket

(2) 映像

現状、一部の高級車種向けにはデジタル伝送が採用されているが、車内で伝送されている映像信号の大部分はアナログ信号で、監視カメラ映像については NTSC、カーナビゲーション映像については RGB が一般的に使われている。このため、本試作では NTSC と RGB の映像を多重化して伝送することにした。映像の入出力仕様を表 1 に示す。

表 1 映像入出力仕様

項目	ポート数	備考
入力		
IEEE1394	2	S400 Bilingual
NTSC	2	Composite, Y/C
RGB	1	0.7Vp-p, 75Ω, 外部同期入力
出力		
IEEE1394	2	S400 Bilingual
NTSC	1	Composite, Y/C
RGB	1	75Ω, 外部同期出力

**2-3 多重化方式** 各信号源の情報を高速シリアル伝送の通信回線一つにまとめる方式として、時分割による多重化を採用した。これは情報を送出する時間を一定時間ごとに切り替えて、複数信号源の情報の多重を行うもので、

光ファイバーでの通信などに広く利用されている。一つの回線上に複数の情報を流すことが可能になるうえ、一定の帯域を保証した通信を行うことが可能なため、映像情報などの伝送に適している。図 5 に 3 つの信号源 (A,B,C) の情報を時分割により多重化する方式の概念図を示す。

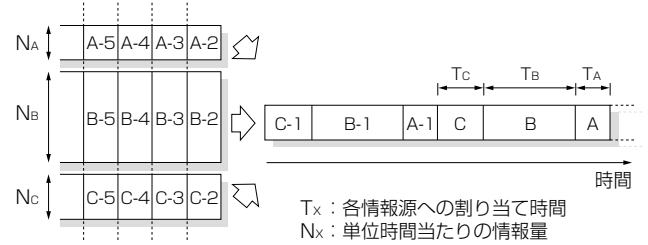


図 5 時分割多重

IEEE1394 で規定されている帯域容量と実際に流れる映像とでは単位時間当たりの情報量に数倍の差があるため、帯域容量の多い IEEE1394 には長い時間を割り当て、情報量の少ない NTSC や RGB には短い時間を割り当てることで、回線効率の向上を図っている。図 5 の例では、単位時間当たりの情報量は (B > C > A) であるので、情報源 B に最も多くの時間 (TB) を割り当て、情報源 A に最も少ない時間 (TA) を割り当てる。分割時間 T をナノ秒単位で高速に切り替えることで、送信側で他の情報を伝送している間の待ち時間を小さくすることができるため、トータルの伝送遅延の大幅な削減を図ることが可能となった。

**2-4 多重装置間の通信方式**

(1) 高速差動シリアル伝送

多重装置間の伝送は数百 Mbps の複数の信号を多重化するため、非常に高速な通信を行う必要がある。そこで、PCI-Express や DVI などでも使われている小振幅差動シリアル伝送を採用している。表 2 に伝送方式仕様を示す。この方式は信号振幅が数百 mV と低いため、ギガビットクラスの伝送速度による通信が可能である。更に、1 対の伝送路に互いに逆向きの信号が流れることにより、磁界を相殺

表 2 伝送仕様

項目	仕様
伝送方式	小振幅差動シリアル伝送
通信方式	全二重通信
差動ドライバ出力電圧	± 400mV
レシーバ入力スレッショルド	± 80mV
最大伝送量 (1 信号源あたり)	1Gbps
最小伝送量 (1 信号源あたり)	62.5Mbps
伝送距離	1m
ケーブル	ツイストペア
信号線数	送信/受信各 1 対

するため、外部への電磁放射が少ない。また、差動方式のレシーバは2つの信号の電位差で情報を伝送するため、外来ノイズの影響を受け難い利点がある。

今回の試作では、IEEE1394が400Mbpsの伝送速度で双方向の通信を行う必要があるため、多重装置間も送信と受信にそれぞれ1対のツイストペア線で全二重の双方向通信を行っている。

(2) 多重装置間の同期

2つの多重装置は内部にそれぞれ基準信号（クロック）を持ち、このクロックに同期して情報を送出している。データを受信するときは、受信データを受信側のクロックに載せ替える。このとき、送信側と受信側のクロック周波数が厳密に一致することはないため、時間が経過すると大きなずれが生じ、図6のように、データの取りこぼし

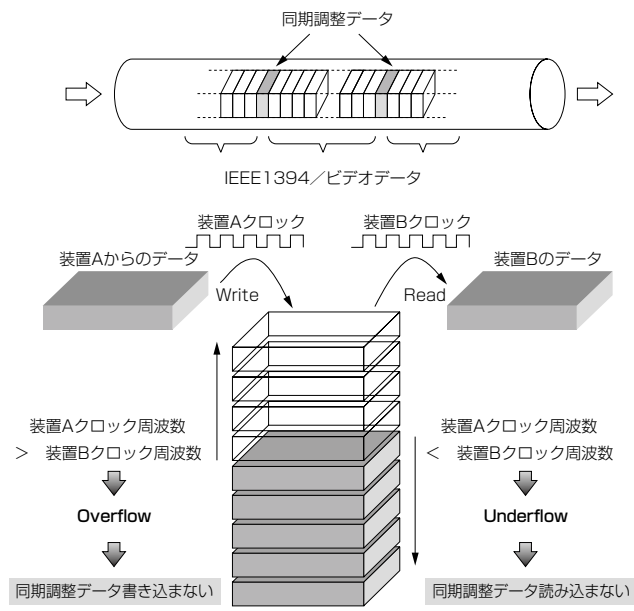


図6 多重装置間の同期調整

(データバッファのOverflow/Underflow)が発生してしまう。そこで、一定間隔ごとに送信データに同期調整データを挿入し、受信側で同期調整データを取り込むかどうかで、周波数のずれを吸収する方式とした。

(3) アナログビデオ VSYNC 信号伝送

映像の情報には輝度や色成分と、そのタイミングを通知する SYNC 信号が含まれている。多重化装置では VSYNC（垂直同期）のみ伝送し、HSYNC（水平同期）は受信側で VSYNC から再生する。更に、同期調整データは正確な時間間隔で創出されるので、これに VSYNC 信号を載せることで、実質的に帯域を確保することなく、アナログビデオ VSYNC 信号の伝送を可能としている。図7に示すように、VSYNC が発生すると、その直後の同期調整データに情報を乗せて伝送し、受信装置で VSYNC 信号を再生する。

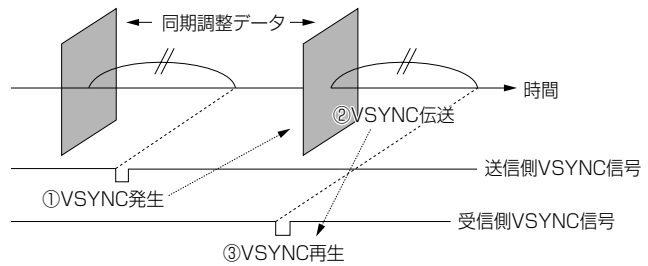


図7 アナログビデオ VSYNC 信号伝送

(4) 符号化方式

差動伝送の受信側では、データからクロックを再生（Clock Data Recovery）しているため、“High”または“Low”の状態が長く続くとクロックの再生が難しくなる。そこで、8B10B符号化により、データを変換して伝送を行っている。これは8ビットのデータに2ビット追加し、ビット変化（信号のエッジ）が多くなるように変換を行う。

表3 8B10B変換表（抜粋）

input		abcdei fghj output		input		abcdei fghj output	
Name	A'B'C'D'E'F'G'H'	rd<0	rd>0	Name	A'B'C'D'E'F'G'H'	rd<0	rd>0
	i	data_table[i][0]	data_table[i][1]		i	data_table[i][0]	data_table[i][1]
D0.0	00000 000	100111 0100	011000 1011	D4.0	00100 000	110101 0100	001010 1011
D0.4	00000 001	100111 0010	011000 1101	D4.4	00100 001	110101 0010	001010 1101
D0.2	00000 010	100111 0101	011000 0101	D4.2	00100 010	110101 0101	001010 0101
D0.6	00000 011	100111 0110	011000 0110	D4.6	00100 011	110101 0110	001010 0110
D0.1	00000 100	100111 1001	011000 1001	D4.1	00100 100	110101 1001	001010 1001
D0.5	00000 101	100111 1010	011000 1010	D4.5	00100 101	110101 1010	001010 1010
D0.3	00000 110	100111 0011	011000 1100	D4.3	00100 110	110101 0011	001010 1100
D0.7	00000 111	100111 0001	011000 1110	D4.7	00100 111	110101 0001	001010 1110
D16.0	00001 000	011011 0100	100100 1011	D20.0	00101 000	001011 1011	001011 0100
D16.4	00001 001	011011 0010	100100 1101	D20.4	00101 001	001011 1101	001011 0010

表3に8B10Bの変換表を示している。例えば、全てゼロ“00000000”のデータは“1001110100”(rd<0)に変換され、“0”と“1”が入り混じった値となる。また、特殊符号(Kコード)を用いて、多重化装置の初期化(互いの起動状態確認)処理を行っている。

### 3. 検証実験

評価システムの風景を図8、機器構成を図9に示す。検証実験は開発したIPコアの検証と伝送遅延時間の測定が目的であるため、多重装置間の伝送距離は1m。以下の①～③の項目を同時に実行し、正常に伝送できていることを確認した。

- ①【IEEE1394】パソコン(IEEE1394.a)に保存されているファイルをハードディスク(IEEE1394.b)に書き込む。
- ②【IEEE1394】ハードディスクに保存されている映像ファイルをパソコンで読み出して表示する。
- ③【NTSC/RGB】NTSC/RGBの映像信号を各2本、双方向でカメラからモニタに表示させる。

遅延時間については、IEEE1394で1 $\mu$ s、NTSC/RGBで130 $\mu$ sとなっている。アナログビデオ映像についてはシン



図8 評価システム

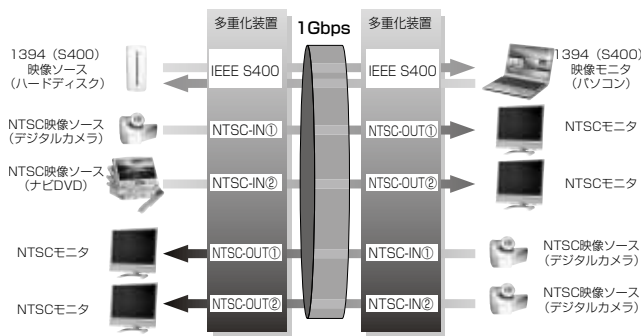


図9 評価システム機器構成

クの乱れはなく、見た目もリアルタイムでストレスなく4系統の映像が表示されている。

今回の試作では、IEEE 1394と映像の合計5系統の信号を多重化して同時に通信を行っている。車用途ではカメラなどの映像を常に流していることは少なく、1～2系統の映像が選択されて流れており、多重化装置で映像信号の切り替えを行うことにより、更に多くのワイヤハーネスを削減することが可能となる。

### 4. 結 言

今回試作した多重化装置は、IEEE 1394とアナログビデオ映像を5系統まとめて多重化し、1mの距離を伝送することができた。これまで当研究グループでは、車載IEEE1394映像情報ネットワーク標準化において、AMI-Cメッセージセットの確立<sup>(2)</sup>やIIDCカメラ制御プロトコルオプションの提案<sup>(3)</sup>など、映像情報伝送技術で貢献してきたが、今回の試作による実証により、ワイヤハーネスの増加を抑えつつ、今後の高度映像情報伝送ネットワークの在るべき姿に近づけたものと確信している。

今後は伝送距離を実用的な距離まで伸ばす技術の開発や多重化処理のASIC化を目指す予定である。

### 参 考 文 献

- (1) IEEE, 1394b IEEE Standard for a High Performance Serial Bus-Amendment2 (2002)
- (2) Y. NAKAJIMA, "AMI-C Specification Standardization Activities and Development of Proof-of-concept Implementation", SEI Technical Review, No.57, January (2004)
- (3) K. Hatanaka, T. Murase, "Network Architecture for Perimeter Monitoring Systems", 11th World Congress on ITS, October (2004)

### 執 筆 者

- 萩原 剛志:自動車技術研究所 制御通信ネットワーク研究部  
 朝夷名 巧:情報通信研究所 主席  
 藤本 剛:(株)オートネットワーク技術研究所  
 大見 則親:(株)オートネットワーク技術研究所  
 畑中 健一:自動車技術研究所 制御・通信ネットワーク研究部  
 プロジェクトリーダー  
 村瀬 亨:自動車技術研究所 所長(工学博士)