

高速大容量ネットワーク化が進む車両情報システム

Evolution of Train Information System into High-Performance Networked System

鴨 雄史

■ KAMO Yushi

高橋 秀之

■ TAKAHASHI Hideyuki

杉山 敦士

■ SUGIYAMA Atsushi

車両情報システムは、伝送システムを適用することで、鉄道車両の搭載機器の制御や監視の機能向上を図ってきた。

東芝は、Ethernet (IEEE802.3 (米国電気電子技術者協会規格 802.3)) をその伝送システムにいち早く導入し、それをコアとして車両情報システムの高機能化を進めてきた。今後車両情報システムは、より高速で大容量のネットワーク化により、鉄道システムに要求されるリアルタイム性を満足しながら、車両における様々な情報を統括し、画像や音声もストレスなく活用できるシステムに進化していく。

The control and monitoring of train instruments are greatly enhanced by the application of a high-technology transmission system to a train information system.

Toshiba has prepared an Ethernet environment conforming to the IEEE802.3 standard for such a transmission system and made it the core for implementing the functional enhancement of a train information system. In the next stage, the train information system is expected to collect all forms of train data and smoothly offer information including images and sound on the basis of real-time, high-speed, large-capacity networking of the train system.

1 まえがき

車両情報システムは、これまで伝送システムを適用して鉄道車両の搭載機器の制御や監視機能向上を図ってきた。

東芝は従来から、汎用ネットワーク技術である IEEE802.3 (米国電気電子技術者協会規格 802.3) のアーキテクチャをベースとして、鉄道車両用ネットワークの開発を続けてきた。このネットワークでは、鉄道車両の連結に伴う分割及び併合という特有のオペレーションに対応できる特性を持ち、リアルタイム制御機能を備えた車両用 10 M ビット/s メタル伝送システムが稼働している。この伝送システムは、汎用 LAN 規格である 10BASE-T と親和性があり、情報コンセントという位置づけで、任意にパソコン (PC) を接続して車両の状況を取り込むなどの用途に活用されている。制御機器との接続は、RS-485 が業界共通で適用されているが、1 M ビット/s を超える通信容量が必要なインターフェースには 10BASE-T が適している。

これらの高速インターフェースが増加すると、当然、車両編成内や編成間の伝送 (以下、幹線伝送と呼ぶ) 路の容量が窮乏してくる。当社は、将来的に幹線伝送の大容量化のニーズが高まることをにらんで、100 M ビット/s 及び 1 G ビット/s の伝送システムの開発を進めてきた。

ここでは、製品化した 10 M ビット/s メタル伝送及び 100 M ビット/s 光伝送システムと、実用化段階に入った鉄道車両用 1 G ビット/s 光伝送、更に高速大容量伝送化する今後の車両

情報システムの方向性について述べる。

2 321系通勤形直流電車でデジタル伝送装置⁽¹⁾

2.1 開発コンセプト

西日本旅客鉄道 (株) では、207系車両からモニタ装置を搭載し、乗務員支援 (車両状態や故障情報の表示) 及びサービス機器制御などの基本機能に加えて、機器試験機能や機器動作履歴収集などの検修 (検査修繕) 機能の強化を行ってきた。

一方で、時代の変化に伴う乗務員支援及び検修支援に対する新しいニーズや、力行・ブレーキの編成制御、将来のシステム拡張に対しては、現用のモニタ装置では対応が困難な状況となった。

そこで、これらの要求に応えるため、汎用の伝送技術である Ethernet を基本としたデジタル伝送装置の開発を行い、試験車での事前検証を経て新形式車の 321系 (図 1) に搭載した。

このデジタル伝送装置は車両制御の中核をなすと同時に、将来の機能拡張が可能なシステムとする必要があることを考慮して、以下のコンセプトを基にデジタル伝送システムの開発を行った。

- (1) 情報伝送技術を活用した汎用性の高いシステム
- (2) 安全性を確保したシステム
- (3) 安定に稼働できるシステム
- (4) 将来の機能拡張に対応可能なシステム



図1. 西日本旅客鉄道(株) 321系通勤形直流電車 — デジタル伝送装置を搭載している。
321 series commuter train of West Japan Railway Co.

2.2 システムの特徴

このデジタル伝送装置のシステム構成を図2に示し、そのシステムの特徴を以下に述べる。

2.2.1 デジタル伝送端末装置の構成

321系車両の設計思想である0.5M車(1両に電動台車が1台の構成)の共通ギ装設計に合わせて、先頭車の運転台に配置していた従来の中央装置は設けず、全車の床下配電箱内に端末装置を配置し、中央装置が担っていた機能をその端末装置に担わせて処理負荷の分散化を図った。

また、冗長性を考慮して端末装置を2重系構成としている。デジタル伝送端末装置の外観を図3に示す。

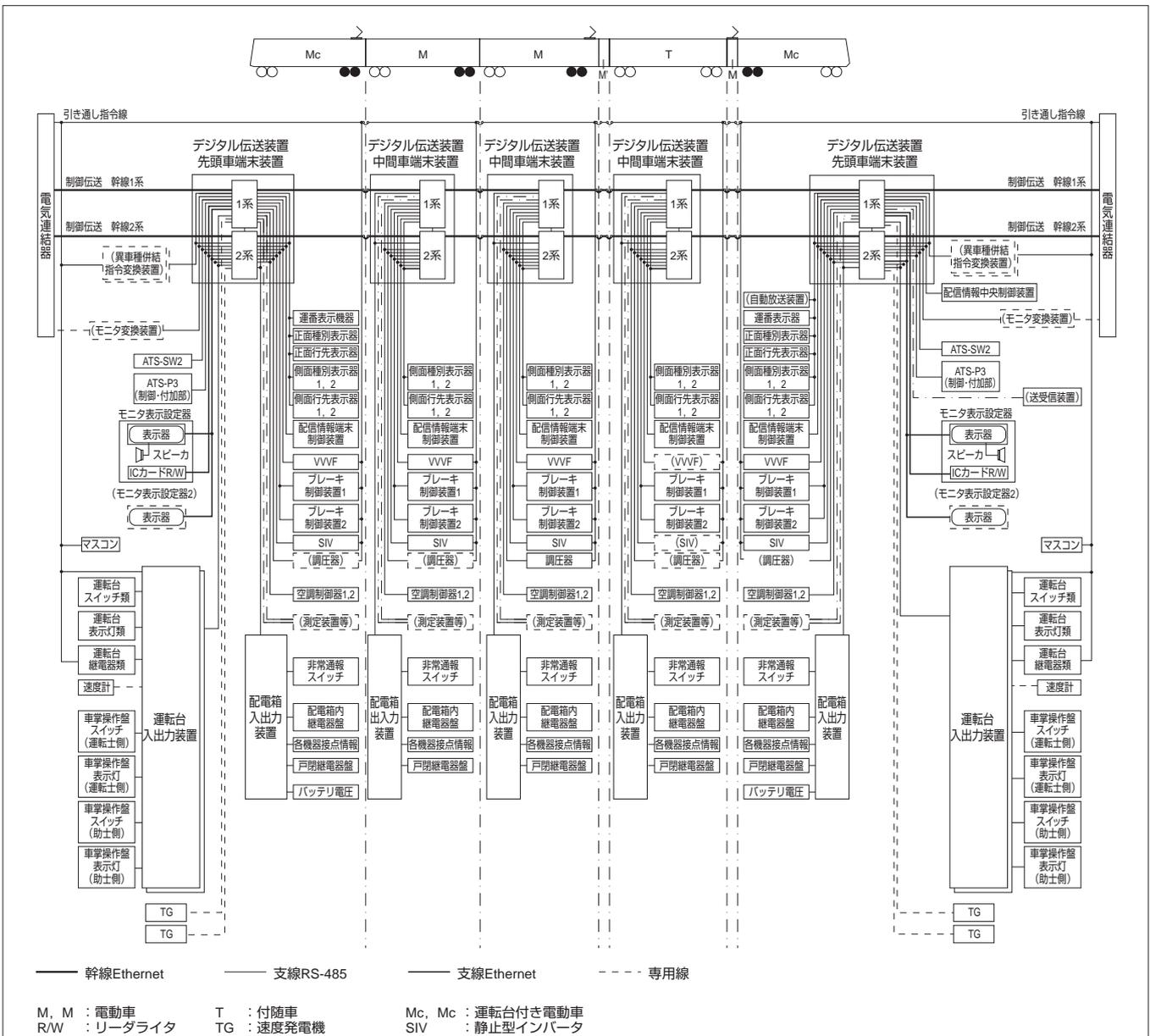


図2. デジタル伝送装置のシステム構成 — 幹線伝送路は10Mビット/sメタル伝送の2重系構成で、各車に1台搭載されているデジタル伝送端末装置間を接続している。
Configuration of digital communication system

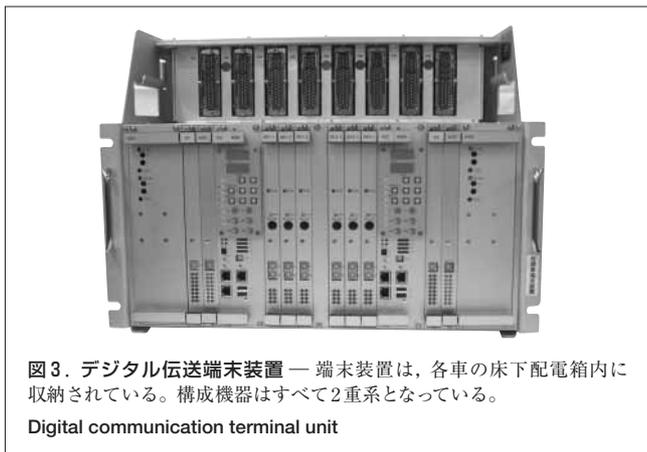


図3. デジタル伝送端末装置 — 端末装置は、各車の床下配電箱内に取納されている。構成機器はすべて2重系となっている。

Digital communication terminal unit

2.2.2 入出力装置の採用 入出力点数や、ツナギ(配線図)、回路方式など、車両形式によって変動要素が大きいデジタル入出力インタフェースは、デジタル伝送端末装置から分離した。マスコン(マスタコントローラ)などの運転台機器の入出力用として運転台入出力装置を運転台に、配電箱内の継電器類及び各機器の入出力用として配電箱入出力装置を配電箱内に、それぞれ配置した。

2.2.3 伝送システム デジタル伝送端末装置と幹線伝送路を2重化し、故障した装置はバイパスするなどの手法により、幹線伝送システムの冗長性を確保した。汎用Ethernet方式(10BASE-T)では4線式であるが、2線化することで車両のギ装線を削減した。伝送帯域を有効活用するため、常に一定周期でデータを流す常時データ送信方式と、必要ときだけデータを流すイベントデータ送信方式の2種類のデータ送信方式を併用した。

端末装置と機器(VVVF(可変電圧可変周波数)、BCU(Brake Control Unit)など)をつなぐ支線伝送システムには、鉄道車両での実績を考慮して、インタフェースはRS-485方式を、プロトコルはHDLC(High-level Data Link Control)方式をそれぞれ採用した。将来の機能拡張に備えて500 kビット/sの高速伝送とし、伝送データ配列も標準化した。

2.2.4 従来システムからの改良点

- (1) 乗務員支援機能の充実 故障時の自動リセット機能とガイダンス用ポップアップ画面、音声機能の適用
- (2) 検修支援機能の充実 検修作業カテゴリに適用したメニュー構成
- (3) リモートローディング機能 ソフトウェア変更やパラメータデータ設定の作業量低減
- (4) ICカードリーダーライタの高速化
- (5) ATSP(Automatic Train Stop-Pattern)表示設定器機能の統合 設定操作の簡易化
- (6) 搭載機器の自動判別
- (7) 運転台表示設定器の大型化 視認性の向上

3 100 Mビット/s 伝送から 1 Gビット/s 伝送へ⁽²⁾

一方、光伝送システムでは、既に1けた上の100 Mビット/sの伝送が製品化されており、輸出車両のモニタ装置などに適用されている。特徴は、10 Mビット/sメタル伝送と同様に汎用技術をベースにリアルタイム制御を内蔵させ、鉄道車両で使用されているQSI(擬似ステップインデックス)及びGI(グレーデッドインデックス)双方の光ファイバでも伝送可能なマージンを持つシステムとなっている。従来の新幹線などQSIケーブルを持つ車両であれば、そのケーブルを流用して高速化が可能となる。更に、より多くの情報を伝送できる広帯域の幹線伝送への要望に応えるために、1 Gビット/s光リアルタイムEthernetモジュールの開発を行った。

3.1 開発の目的とポイント

このモジュールの開発に際し、以下に示すコンセプトの実現を目標とした。

- (1) 1 Gビット/sクラスの大容量の伝送を可能にする
- (2) リアルタイム制御機能を持つ
- (3) 回線の冗長制御機能を持つ
- (4) 100 Mビット/s Ethernetモジュールとの互換性
- (5) 電磁環境及び搭載スペースの厳しい車両での耐ノイズ性、小型化、及び高速化における発展性から光方式とする
- (6) 既設の光ケーブルでも使用可能とする
- (7) モジュール及び伝送路の自動診断用受信光量モニタ機能を持つ

3.2 開発モジュールの仕様

開発したモジュールは、従来の100 Mビット/sリアルタイムEthernetモジュールとの互換性を備え、6U-2サイズで1スロット幅とした。その外観を図4に、仕様を表1に示す。



図4. 鉄道車両用1 Gビット/s Ethernetモジュール — 6U-2サイズ(233.35×160 mm)で1スロット幅として、従来のモジュールと互換性を持たせた。

1 Gbps optical Ethernet module for train

表1. Ethernet モジュールの仕様

Specifications of 1 Gbps optical Ethernet module

項目		仕様
伝送速度		1 Gビット/s
伝送制御方式		トークン方式
伝送路構成		ループ型
冗長制御	故障発生時	バス型へ遷移
	故障復旧時	ループ型へ遷移
光伝送路	適合ファイバ	G185/125
	適合コネクタ	FC コネクタ
その他		受信光量モニタ機能を持つ

3.3 機器の接続性

幹線は1Gビット/sと大容量であるため、車両情報制御システムで扱う制御情報や、モニタリング情報、故障記録情報などに対して、制御応答及びモニタリング周期の短縮化によるデータの増大や、故障記録情報の拡大を図ることができる。更に画像データや音声データなどのサービス情報にも使用することが可能である。サービス情報データは、車両情報制御装置内のCPUが処理をする必要がないので、画像サーバや表示器といったサービス機器は、幹線伝送路の空き時間を使用して直接データのやり取りを行うことができる。

このモジュールは、伝送速度変換やパケットフィルタリング（不要なパケットの除去）などを実施している、支線用伝送モジュール“支線ハブ”と接続することができる。支線（機器接続側）の伝送速度は10Mビット/s又は100Mビット/sに対応しているため、機器側インタフェースに柔軟に対応可能である（図5）。

画像サーバや表示器などのサービス機器はEthernet接続

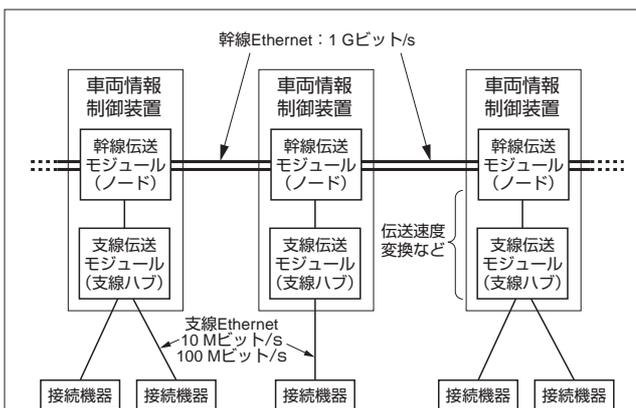


図5. 接続機器との伝送速度 — 支線伝送モジュールで伝送速度変換及びパケットフィルタリングを行い、機器側インタフェースに柔軟に対応できる。

Transmission speeds of connecting devices

機器が主流であるので、接続性が非常に良い。サービス情報機器に限らず、制御装置や保安装置などもEthernetで接続できるようになれば、車両情報制御装置内での伝送媒体変換（例えば、EthernetとRS-485との間の変換など）が不要となり、ハードウェアの簡素化、CPU処理の軽減、及び伝達遅延時間の低減が可能となる。

4 高速大容量伝送が実現するアプリケーション⁽³⁾

高速でリアルタイム性を確保された伝送システムが車両のバックボーン伝送として適用可能となり、今までにないアプリケーションが可能となる。図6は、2000年前後に構想したイメージであるが、かなり具体的なデバイスやシステムが開

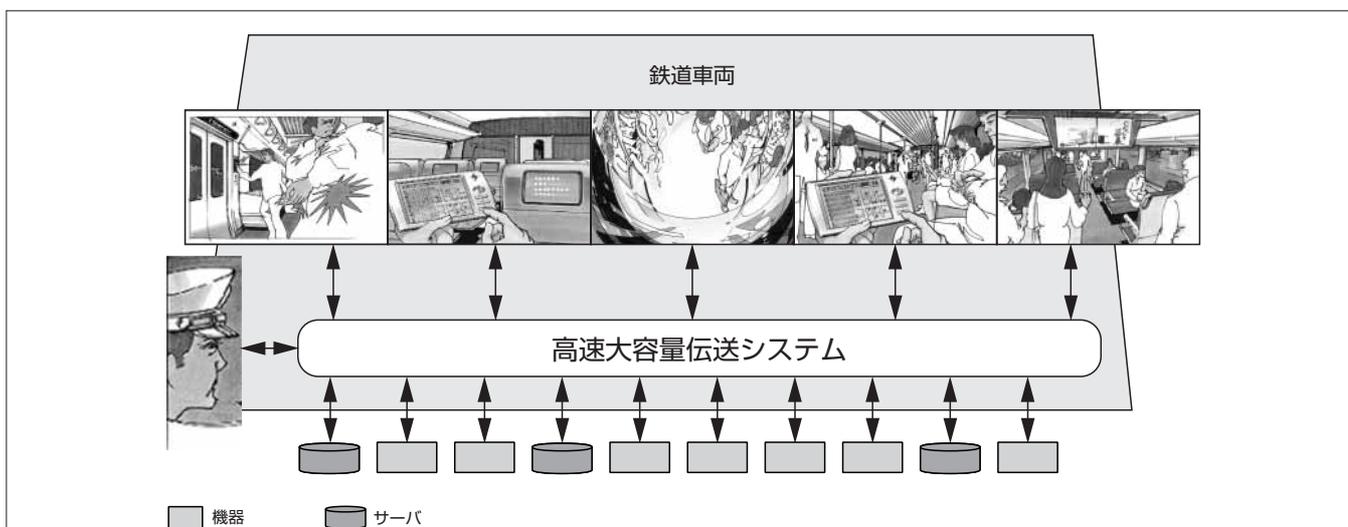


図6. 高速大容量伝送によるアプリケーションイメージ — 応答性を要求される列車制御や編成制御、大容量伝送を要求される画像監視やVODシステムなどへの進化がイメージできる。

Image of system application using high-speed network

発されている。伝送帯域を有効に使用し、複数のアプリケーションを共存させる技術が実現する。

高速大容量伝送化された車両情報システムにおけるアプリケーションの今後の進化を、以下に展望する。

4.1 列車編成制御システム

鉄道車両に搭載される機器は高度な伝送システムに接続される。各機器の状況は柔軟にモニタできるとともに、記録サーバに蓄積して機器動作トレンド記録を得ることができる。また、伝送帯域を高速化重視で使用すると、従来10ms周期の制御サンプリングを1ms程度に短縮して、応答性を要求される機器の協調運転やバランス配分制御などにも適用できる。

4.2 画像監視システム(旅客)

事故や事件に対する抑止を含め、鉄道利用者の安全を確保する一つとして、画像監視システムがある。幹線伝送が大容量になることにより、画質が良くフレームレートが高い(再現性が良い)画像データを送受信することが可能になる。カメラの台数と画質のトレードオフとなるが、ストレージ装置の容量の範囲で、鉄道車両内の搭載位置に関係なく、ネットワーク経由で採取可能となる。画像と同様に音声も送信できるため、非常通報と連動して、テレビ電話回線として使用できる。

4.3 画像監視システム(保守)

鉄道車両の搭載機器の状況を、ビジュアルデータとして記録することが可能となる。試験走行で任意の情報コンセントにカメラとネットワークストレージを接続して、試験走行の効率化が図れる。また、通常走行における機器の挙動を把握する用途にも有効である。

4.4 VODシステム

大容量伝送の帯域に、数十種類のコンテンツストリームを流すことにより、高画質VOD(Video On Demand)を実現する。複数のコンテンツサーバに対して、座席からリクエストし、ストリームを座席モニタで受信再生することが可能となる。

5 あとがき

ここでは、高速大容量化する伝送システムと、それを適用して実現する車両情報システムのアプリケーションの展望を述べた。

伝送システムの高速大容量化は、車両情報システムだけでなく、鉄道車両システムの制御系を含め、多様なブレークスルーをもたらす。今後も更に、車両のインテリジェント化を目指して、システム開発に注力していく。

文献

- (1) 松岡成康, ほか. “321系通勤形直流電車用デジタル伝送装置の開発”. 第42回サイバネシンポジウム, 東京, 2005-12, 日本鉄道サイバネティクス協議会, 論文番号507. (CD-ROM).
- (2) 杉山敦士, ほか. 鉄道車両用1Gビット/s光リアルタイムEthernetモジュール. 東芝レビュー. **61**, 4, 2006, p.52-55.
- (3) 鴨 雄史, ほか. より安全, 快適に, そして魅力を高める次世代車両情報システム. 東芝レビュー. **58**, 9, 2003, p.6-9.



鴨 雄史 KAMO Yushi

産業システム社 交通システム事業部 交通車両システム技術部課長。鉄道及び車両情報システムの技術開発に従事。Transportation Systems Div.



高橋 秀之 TAKAHASHI Hideyuki

産業システム社 府中事業所 交通システム部主務。車両情報制御システムの設計・開発に従事。Fuchu Complex



杉山 敦士 SUGIYAMA Atsushi

産業システム社 府中事業所 交通システム部主務。車両情報制御システムの設計・開発に従事。Fuchu Complex