

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

Next-Generation Train Information Control System

鴨 雄史 石井 秀明 三吉 京

KAMO Yushi

ISHII Hideaki

MIYOSHI Miyako

汎用デジタル伝送技術と鉄道車両における情報システムの垣根が低くなりつつある。東芝は、安全性と信頼性を確保しつつ、Ethernet^(注1)をベースとしたシステムを構築し、実車両に搭載して評価試験を完了した。その延長上にある大容量伝送システムを鉄道車両に適用する際の利点と課題を整理し、実現に向けて開発に取り組んでいる。

Toshiba has applied general-purpose digital communication technology to the field of train information control systems and developed a next-generation, Ethernet-based system aimed at enhancing train safety and reliability. We have evaluated the performance of this system with actual trains. We will systematize the advantages and tasks related to broadband communication lines for multifunctional use in trains, so as to realize a high-performance train information control system.

1 まえがき

東北・上越新幹線200系で、9.6 kbpsのFSK(Frequency Shift Keying)モデム伝送によるモニタ装置が開発されて、もう四半世紀が過ぎようとしている。この間、車両情報システムは高機能化が進み、列車全体の制御情報を管理する装置に発展を遂げている。伝送容量もkbpsからMbpsへと3けたほど上がっている。鉄道車両の伝送システムは、汎用伝送技術のエッセンスを取り入れながら、環境条件に適合させるため、独自開発を行い発展してきた。しかし、情報量が増大し大容量化の要求が強まってくると、鉄道車両独自指向から、汎用伝送技術をじょうずに活用してタイムリーに供給するほうが、開発効率が高い状況に変化してきている。

東芝は、いち早くEthernetベースのリアルタイム10 Mbps伝送システムを開発し、実車両に投入した。また、この大容量化は、機能ごとに回路を独立絶縁していた設計思想を見直し、共用化していくという命題を持っている。従来から鉄道車両の回路は、信頼性、故障波及性、機能変更にかかわる影響度などを考慮し、機能ごとに電源系統から分離して構築されている。これは、現在でも有効な設計思想であり、安全・安定輸送に寄与していることは明らかである。しかしながら、当然その対価として、機器数の増加、配線の増加、コストアップなどを許容しているのが実情である。大容量化は、それら分離した機能情報を一括して送るだけの容量を十分満たすことができるようになってきており、複数の機能を統合化して、シンプル化による信頼性向上や低コスト化も進められている。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の商標。

2 ACトレイン用車両制御情報システム

当社は、東日本旅客鉄道(株)が次世代のあるべき通勤電車を目指したAC(Advanced Commuter)トレイン(図1)で、汎用伝送技術を適用した車両制御情報システム(AIMS: Advanced train Information Management System)を共同開発した。Ethernetの拡張性、接続性、開発効率の高さに着目し、当社のリアルタイム伝送技術によって、鉄道車両に適用できる伝送システムとした。フェイルセーフCPU+冗長構成の組合せによりAIMSを構築し、ACトレインに搭載した。従来方式の3~4倍の伝送帯域があることを生かし、車両の制御指令や放送(音声)はもとより、監視画像データを同時に流すこ



図1. ACトレイン - 次世代通勤電車として開発されたACトレインの外観を示す。

Advanced commuter train of East Japan Railway Co.

とができる。機器はローカルポート(ハブ)に10BASE-Tで接続でき、上位の制御CPU負荷にほとんど影響なく接続できるという、拡張性が大きなメリットとなっている。制御指令伝送と画像伝送とを同じ伝送路を使用して実現した方式は、今までに例を見ない。

システムブロック図(図2)に示すとおり、5両編成に対してAIMSの端末は3台の構成である。各車に必ずある装備(ドアや配電箱、放送機器類など)とのインタフェース用配線は車間を渡る必要があるが、主要機器を端末と同一車両に搭載することで、渡り線が最小になるように考慮している。

運転台の表示器は2台搭載し、表示器2側では監視画像をモニタできる仕組みとなっており、各種支援機能を実現する。図3のように、AIMSは車内外の監視画像とモニタリング情報を地上に対して伝送する機能を持っている。

画像の地上伝送は、当該車両の内外で発生している状況を正確に伝達できるメリットがある。また、車上で発生している故障のデータやモニタ表示画面自体を地上からリモートで読み出す機能があり、乗務員の操作なしに、任意に地上からアクセスできる。ここにも汎用IP(Internet Protocol)伝送の技術が生かされている。図2のブロック図の携帯インタフェースとの接続はEthernetになっており、将来の無線の高速化に対しても、車両の機器間接続がボトルネックにならないように考慮している。地上-車間間は、公衆パケット通信で接続している。今回の開発では、9.6 kbpsと384 kbpsの2種類で評価した。画像伝送では384 kbpsが有利であるが、細かいイベント情報(車上での故障情報、遅延情報などのサ

イズの小さいデータ)をタイムリーに送受信するには、粘り強い接続性を示した9.6 kbps方式がリーズナブルであった。

AIMSでは、車両内の伝送にLON(Local Operating Network)を適用している。LONは、伝送制御とI/O

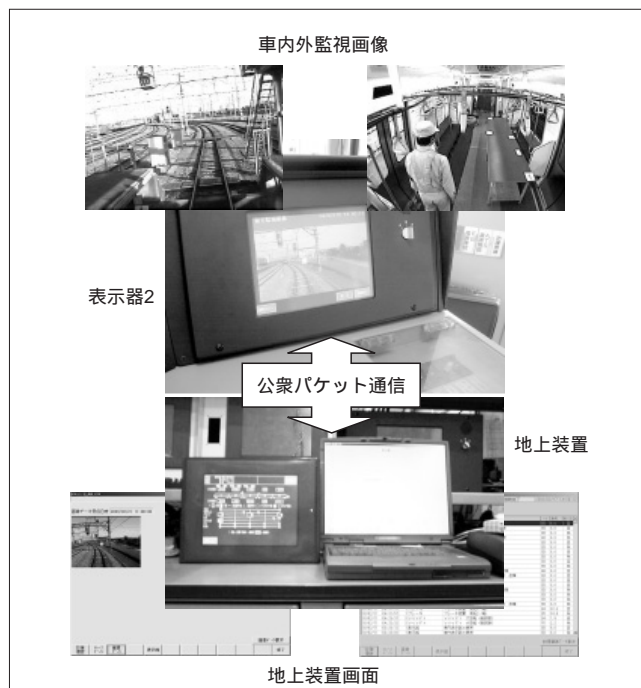


図3. 監視画像と地上装置 - 画像監視システムの表示状況と地上装置、画面例を示す。

Visual monitoring images and ground system linked by packet communications

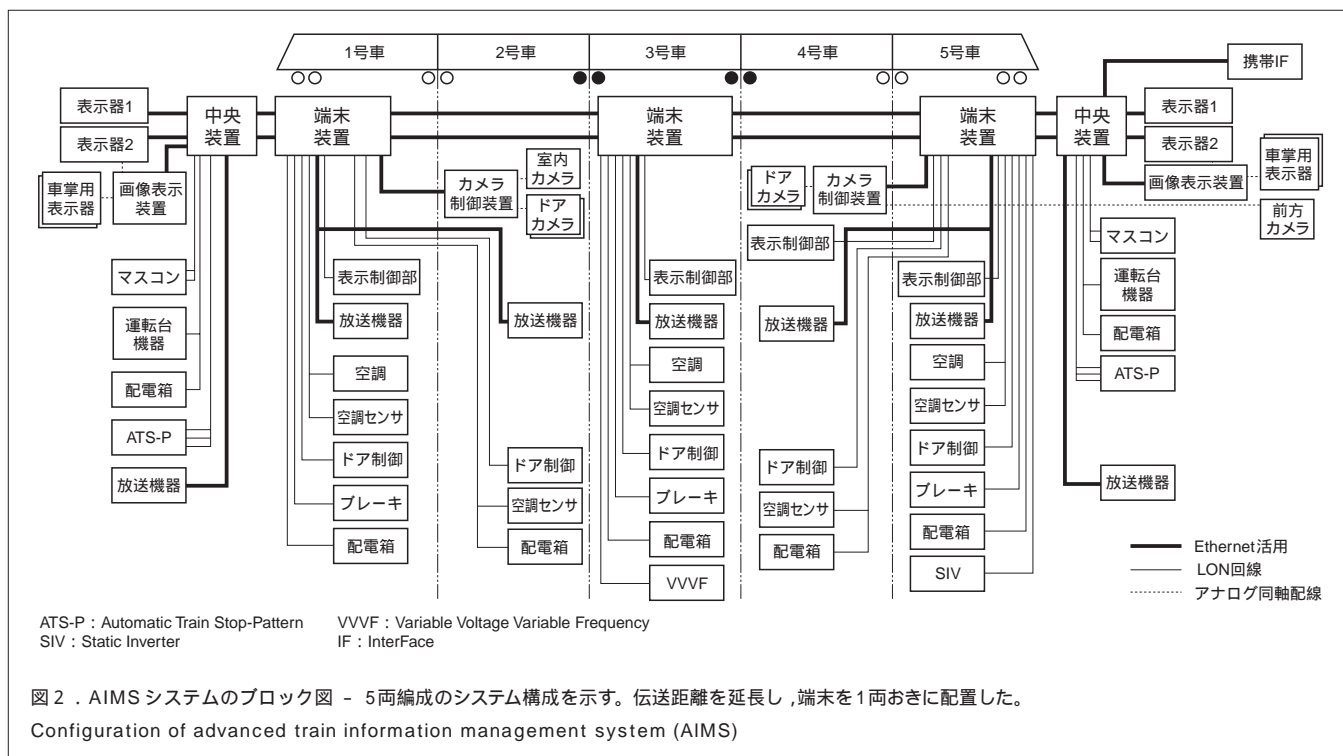


図2. AIMSシステムのブロック図 - 5両編成のシステム構成を示す。伝送距離を延長し、端末を1両おきに配置した。
Configuration of advanced train information management system (AIMS)

(Input/Output)制御が1チップに収められており、特にリモートI/Oをシンプルに構成できる点がメリットである。また、従来サーキットブレーカで分離していた運転台の指令回路を見直し、共通の伝送ループにリモートI/Oを接続させることによって、運転台内指令配線をシリアル伝送化し、配線削減を実現した。

AIMSは、制御指令伝送、放送画像伝送に加え、バックアップ用保安情報も伝送する仕組みとし、10 Mbpsの伝送帯域を有効に活用している。このシステムはACトレインでの各種評価を終了し、現在も引き続き次ステップの試験走行を進めている。

3 鉄道車両における大容量伝送システムへの要求

鉄道車両の伝送システムは、今後ますます大容量化が加速すると考えられる。車両の基本的なシーケンスにかかわる情報は、引通し線から伝送化されても1 Mbpsに満たない容量である。したがって、今後要求として増加するのは、監視の高度化(ビット信号からビジュアルな情報へ)や乗客サービス関連、及び地上間通信を含めた列車制御が主要なものとなる。

3.1 監視の高度化

画像で機器の動作を監視したいというニーズは以前から多く、紙芝居的な動きではなくフルモーション動作(30フレーム/s)が望まれる。従来はアナログ多重伝送が多く使用されているが、機器が高価で、同軸を多用する点で車体の配線作業がたいへんという側面を持っていた。また、画質の劣化など保存上の課題があった。現在では保存はデジタル化しているが、信号そのものをデジタル化するには、高速の伝送路が必要である。デジタル画像圧縮を駆使したとしても、品質の高い画像を多チャンネル確保するには、100 Mbpsクラスの伝送容量が必要となる。監視対象は機器に限らず、室内のお客さまの安全監視という点でも潜在的ニーズがある。ワンマン運転や無人運転の前提条件として必要なシステムと言える。この場合、必ずしもフルモーションの動画性を要求されないが、記録用の媒体とのバランスも考慮してフレームレートと伝送容量が決まる。これらのデータは、近い将来シームレスに車上-地上間的高速伝送が構築されれば、車内のお客さまと地上の指令員の間で、双方向テレビ電話で会話でき、地上で保存することも可能となる。

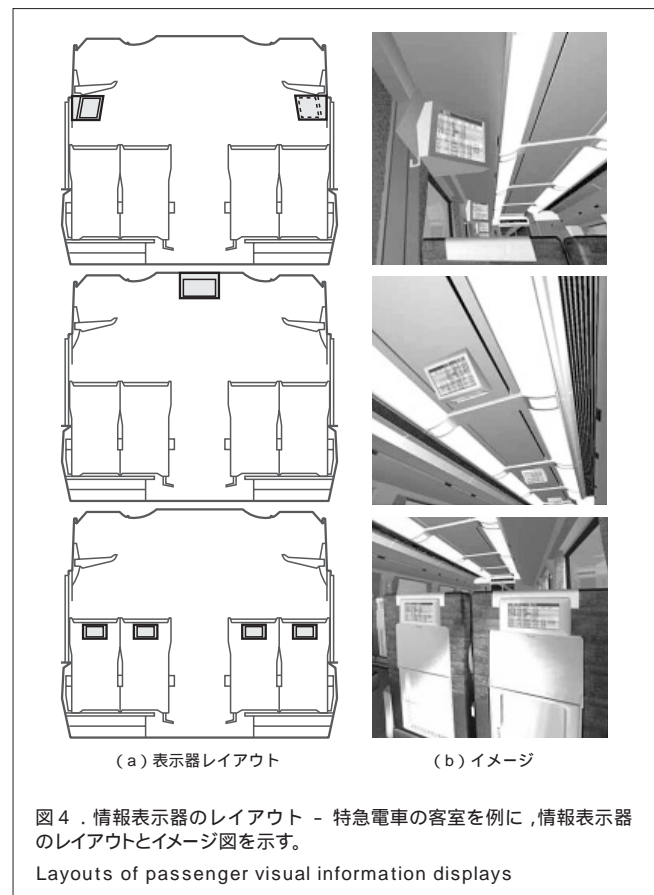
画像や音声とは別に、振動などのアナログ波形を高速で伝送できるシステムも考えられ、メンテナンスに有用なデータを獲得できる。

3.2 乗客サービス関連

鉄道を利用されるお客さまのニーズは、役だつ情報と、楽しみやくつろぎを感じる情報に分類される。通勤電車や特急電車においては、そのバランスは違うが、2種類の情報配

信が望まれている。究極は、車内で手軽にネットと接続でき、オンデマンドに情報が得られるというニーズであるが、サービス領域が携帯電話とラップしているため、車両ならではのコンテンツを生かしていく必要がある。車両内での情報にアクセスするメディアは、無線LAN方式が有力と考えられるが、アクセスポイントとサーバ間は、10 M/100 Mbpsで接続することになる。プッシュ型の情報配信システムは、旅客案内表示などオールドツクな情報も含まれるが、いかに見やすく、効率的に情報表示させるかもポイントになる。当然すべての席でめいりょうな表示を見せるには、客室表示器の台数を増やすことになり、コストアップになる。提供するコンテンツの内容によって、表示器のサイズと台数を選択することになる。表示器のレイアウトとそのイメージを図4に示す。特急電車の例であるが、液晶パネルの視野角を確保すれば、荷棚下や天井への取付けも成立する。

また、鉄道事業者が準備するインフラからの情報以外に、将来楽しみを提供するコンテンツとして、モバイル放送^{TM(注2)}がある。これは、Sバンド衛星デジタル放送サービスのことであり、大出力Sバンド(2.6 GHz)衛星から、映像10チャンネルと音声60チャンネル程度が、2004年から日本全土にサービスされる。電波の方式と受信機の復調回路の特徴から、



(注2) モバイル放送は、モバイル放送(株)の商標。

移動体(主に自動車,鉄道車両)での受信特性に優れており,高速移動状態で鮮明な映像,音声コンテンツを楽しめる。通常の衛星放送(Kuバンド)と異なり,パラボラアンテナで衛星を追尾する必要がないのもモバイルに有利な点である。鉄道沿線には,トンネルやビル影などで衛星波が届かない不感地帯があるが,ギャップファイラ(再送信装置)を近傍に設置することによって,連続的に受信できる環境を提供できる。車内では,パーソナル端末を持参して見る人,車両設備として,図4の下段のように座席表示器で楽しむ人と様々であるが,チャンネルを選択できる点で,オンデマンドと言える。また,ライブ映像が見られるという点が車両におけるモバイル放送™の大きな特長である。基本的に動画のリアルタイム配信のため,車両内の幹線伝送を通じて MPEG-4(Moving Picture Experts Group-phase 4)のデータを各車,各席に配信するためには,数 Mbps の伝送帯域が必要となる。

モバイル放送™を衛星デジタル通信として考えると,移動体に数 Mbps の伝送ができる点でたいへん魅力的であるが,あくまで放送というカテゴリーであり,双方向通信ではない。また,番組制作において,鉄道事業者が専用チャンネルを確保することも不可能ではないが,費用対効果を見極める必要がある。

3.3 列車制御関連

列車制御としてとらえると,大容量化しにくいシステム構成要素を抱えている。レールや車上子(地上からの信号を受受する車両のアンテナ)を使った地上-車上間の情報伝送であり,これこそ鉄道独自の安全性指針に基づき構築されてきた。デジタル化が進みつつあるが,汎用伝送技術と比較して,その保安度ゆえにまだ小容量である。そのボトルネックに挑戦し,地上設備を軽くする試みが無線による列車制御である。これには,無線でいかに保安度を確保するかが命題である。車上や地上の有線の保安情報伝送システムは,100 Mbps クラスのシステムが実用化されているが,用途が保安システムに特化しているため,ほかのシステムと共用できない。今後,冒頭に述べた,大容量伝送の共用による統合化技術,安全性技術の開発が進められていくと考えられる。

4 大容量化への課題

前章で大容量化に対する主要なニーズを列記したが,これらを実現していくうえで課題になるポイントは,以下のとおりである。

- (1) 統合化とセキュリティ 従来は分離絶縁していた機能の統合,及び外部機器との接続に対するセキュリティ技術が不可欠である。
- (2) QoS の確保 サービスの質(QoS: Quality of Service)については,従来の鉄道車両では,比較的安全性

規定して伝送システムを構築してきたため,基本的な応答は満足している。しかし,伝送路を多目的に使用する場合,各機能状態に左右されない帯域を確保していく必要がある。また,全体システムとして,公衆網を使用する場合,そのQoSを明示できない状況においては,用途を限定するか,特約的な扱いが必要となる。

- (3) 電波リソースの競合 無線 LAN は,免許の要らない小電力無線としてデファクトスタンダードになりつつあるが,電波リソースが競合して,通信パフォーマンスが下がる状況が発生しつつある。したがって,ベストエフォート型の考え方で用途を選択すべきである。また,有線の伝送に比べて,(1)のセキュリティに関して更に注意が必要となる。
- (4) インタフェースの標準化 大容量に移行しても,各機器側がすべて対応できるわけではない。その点,10/100BASE-T を選択しておくことにより,デファクトスタンダードで接続性,親和性を確保できると考えている。

5 あとがき

汎用伝送技術をベースに開発した情報制御システムは,ひととおりの評価を完了し,次世代の大容量伝送システムのベースが完成した。今後,幹線伝送がグレードアップしていっても,共通の考え方や拡張性を確保しながら適用できいくと考える。安全・快適で車両の魅力を高めるシステムを今後も開発していく。

文献

- (1) 神孫子 博,ほか.“ACトレイン用車両制御情報システム(AIMS)の開発”.第39回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集.2002-11,日本鉄道サイバネティクス協議会.論文番号518.
- (2) 鴨 雄史,ほか.拡張性を重視した車両情報制御システム TOCON. 東芝レビュー.56,5,2001,p.56-59.



鴨 雄史 KAMO Yushi

電力・社会システム社 交通システム事業部 交通情報システム部参事。鉄道及び車両情報システムの技術開発に従事。
Transportation Systems Div.



石井 秀明 ISHII Hideaki

電力・社会システム社 府中電力・社会システム工場 交通システム部参事。車両情報システムの開発・設計に従事。
Fuchu Operations - Industrial and Power Systems & Services



三吉 京 MIYOSHI Miyako

電力・社会システム社 電力・産業システム技術開発センター 社会システム開発部グループ長。鉄道・道路・空港システムにおける制御技術開発に従事。
Power and Industrial Systems Research and Development Center