

鉄道車両用 次世代伝送技術の国際規格化

International Standardization of Next-Generation Train Communication Network

鎌田 恵一

■ KAMATA Keiichi

企業における国際標準化活動は、事業展開を優位に進め、システムや装置などの商品競争力を高める手段として、その重要性は近年ますます注目されるようになってきている。東芝は、鉄道車両用のネットワーク方式として、汎用性と拡張性に優れた高速メタル伝送方式をいち早く開発し、国内外の鉄道車両へ適用している。

現在、この伝送技術 TEBus (Train Ethernet Bus) をベースとした新しい列車内伝送規格をデジュールスタンダード^(注1)として国際規格にするため、IEC (国際電気標準会議)のTC9 (鉄道電気設備とシステム専門委員会)/WG43 (列車内情報制御伝送系ワーキンググループ)へ、わが国から提案している。

この提案内容は、より高速で大容量、高信頼性が求められる列車内幹線伝送にグレードアップできる技術を持っており、安全かつ安定で快適な輸送手段を目指す鉄道車両の魅力を、更に高めるものである。

International standardization activities have recently become increasingly important for corporations in order to expand business opportunities and boost the competitiveness of products, including both systems and equipment.

Toshiba has developed a new high-speed metal transmission system that is highly versatile and expandable, and applied it to railways in Japan and other countries. This technology, called TEBus (Train Ethernet Bus), has been proposed to Working Group 43, Technical Committee 9 for Electrical Equipment and Systems for Railways, of the International Electrotechnical Commission (IEC/TC9/WG43) as a new vehicle bus for the train communication network standard through the Japanese committee. This proposal includes technologies that can enhance the appeal of railway transportation with the possibility of its application to the level of a train backbone network, which requires higher speed and reliability of data transmission, aimed at achieving greater safety, stability, and comfort.

1 まえがき

従来、列車用データ伝送 (TCN) の国際規格として IEC 61375-1⁽¹⁾が制定されているが、そのデータ伝送速度は1Mビット/s程度であり、近年のIT (情報技術) 発展に伴って増大する情報量に対応できるほどに高速であるとは言えない。

わが国の鉄道車両では、汎用性と拡張性に優れた高速メタルの伝送技術 TEBus (Train Ethernet Bus) を既に実用化しており、現在進められている新 TCN 規格文書再編集のための審議において、TEBus が候補の一つとして取り上げられることになった。TEBus は、より高速で大容量、高信頼性が求められる列車内幹線伝送にグレードアップできる技術を持ち、安全かつ安定で快適な輸送手段を目指す鉄道車両の魅力を更に高めるものであり、現在、国際規格化に向けて取組みが推進されている。ここでは、TEBus の概要と国際規格化、及び基本的な技術について述べる。

(注1) 標準化団体などの公的機関によって規定された公的な規格で、IEC、JIS (日本工業規格) などよく知られている。

2 TEBusの概要と国際規格化

2.1 技術の概要

TEBus は、世の中の事実上の標準である Ethernet をベースにして、車両バスとして開発したものであるが、鉄道車両に適用するにあたって、Ethernet に対して次の改良を加えている。

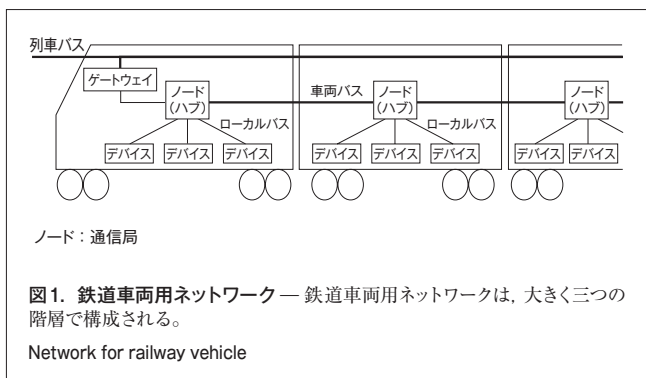
- (1) リアルタイム制御機能
- (2) ネットワークの冗長化機能
- (3) 鉄道車両の厳しい電磁ノイズ環境と限られたスペース内での耐ノイズ性の向上

鉄道車両用ネットワークは、図1に示すように、大きく次の三つの階層で構成される。

- (1) 列車バス 開放型列車間接続用ネットワーク
- (2) 車両バス 車両内又は編成内のネットワーク
- (3) ローカルバス 車両バスと車両内のデバイス間の通信を行う。従来のRS485通信又はEthernet (10 BASE-T, 100 BASE-TX) を使うことができる。

2.2 国際規格化

現在、列車バスと車両バスについては、IEC61375に規定されており、列車バスはWTB (Wire Train Bus)、車両バスは



MVB (Multifunction Vehicle Bus) と呼ばれている。

わが国は、TEBusをこの3階層の中で車両バスとして規格化することを目指し、IECのTC9 (鉄道電気設備とシステム専門委員会) / WG43 (列車内情報制御伝送系ワーキンググループ) に提案している。

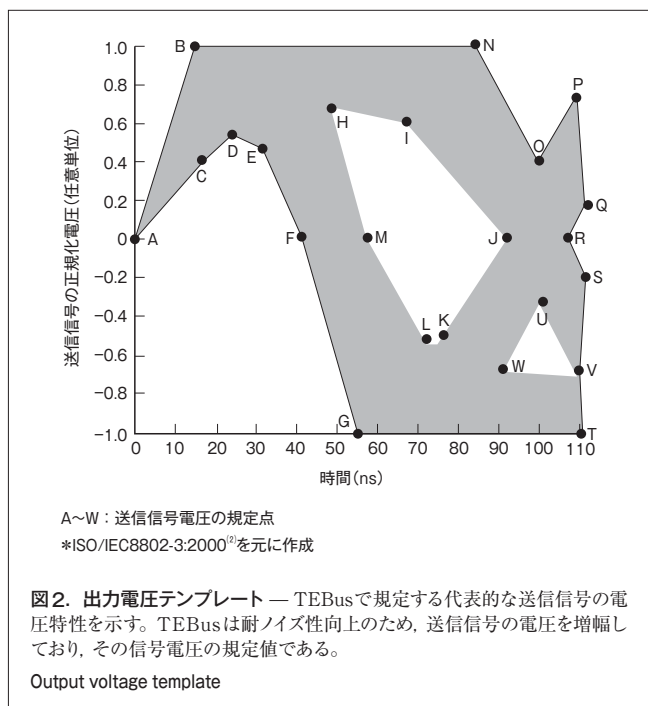
更に、TEBusの伝送方式としては、ISO (国際標準化機構) / IEC8802-3⁽²⁾に基づく伝送速度10 Mビット/sの10 BASE-T方式と、同100 Mビット/sの100 BASE-TX方式の2種類を提案している。

以下に、TEBusの基本的な技術について述べる。

3 TEBusの構成

3.1 物理層

車両内の電磁ノイズ環境において、送信信号の電圧を16 V_{p-p}に増幅することによって耐ノイズ性を高めている。この



ため、Ethernetとは異なる信号電圧特性を規定している。代表的な送信信号の電圧特性を図2に示す。

送信信号の電圧特性以外にも、負荷定数、送信信号の波形、リンクパルス波形、及び受信信号の波形なども規定している。

また、従来からわが国では、ぎ装線やぎ装コネクタピンの削減のために車両間の信号接続に2線式伝送方式が多用されており、2線式伝送を可能にした。

3.2 データリンク層

列車制御データの定周期伝送を保証するために、リアルタイム通信制御機能を付加した。

最近のEthernetでは、フレーム内のMAC (Media Access Control) アドレス^(注2)により適切な送信先ポートを振り分けるという、LANスイッチ技術が使われている。しかし、この方法は、同一データを同時に転送する同報通信には向いていない。列車内の制御データは同時に多くの制御デバイスで共有する必要があるため、共通バス型アーキテクチャを採用した。

更に、Ethernetでの信号衝突回避方式であるCSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)方式に代えて、トークンパッシング方式を採用し、定周期伝送を実現した。これにより、信号衝突の回避によるデータのリアルタイム応答性を確保できるだけでなく、全局で伝送帯域を有効に使えるようになった。

伝送速度10 Mビット/s、16局の場合に、列車バスの性能として求められている、列車制御データの伝送遅延時間は15 ms以下、監視データの伝送遅延時間は100 ms以下が達成できる。

3.3 ネットワーク層

ネットワーク層で広く使われているIP (Internet Protocol)を採用しており、次の4種のプロトコルがある。

- (1) IPv4 (IPversion4) (IETF RFC^(注3) 791)
- (2) ARP (Address Resolution Protocol) (IETF RFC 826)
- (3) ICMP (Internet Control Message Protocol) (IETF RFC 792)
- (4) IP Multi-cast (IETF RFC 1112)

現在、鉄道用としては基本的に、IPv4プライベートアドレス体系 (IETF RFC 1918) を使用するべきであるとされている。将来はIPv6も考慮されるべきであるが、現在はその負荷増大に対するメリットが見いだせないためである。

3.4 トランスポート層

トランスポート層で広く使われているTCP (Transmission Control Protocol) / IPを採用している。表1は、鉄道車両用

(注2) Ethernetのフレーム(データ)が含まれている、通信のあて先を特定するためのアドレス。

(注3) IETF (Internet Engineering Task Force) は、インターネットで利用される技術を標準化する組織で、標準化について記載した文書はRFC (Request for Comments) として発行される。

表1. 伝送データと適用プロトコル

Transmission data and applied protocols

| 項目番号 | 伝送データの種類 | 使用プロトコル |
|------|-----------|-----------------------|
| 1 | 制御コマンドデータ | UDP マルチキャスト |
| 2 | 制御応答データ | UDP マルチキャスト |
| 3 | 監視データ | UDP マルチキャスト |
| 4 | トレースデータ | TCP 又は UDP マルチキャスト |
| 5 | ノード管理データ | UDP マルチキャスト |
| 6 | テストデータ | TCP |

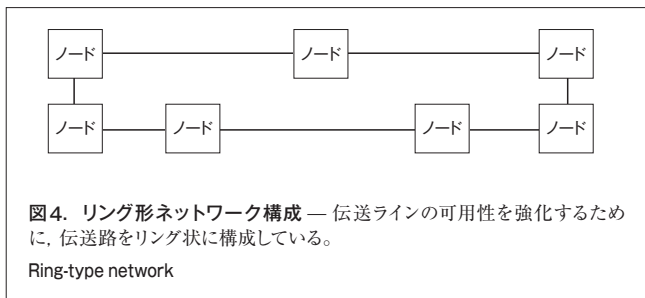
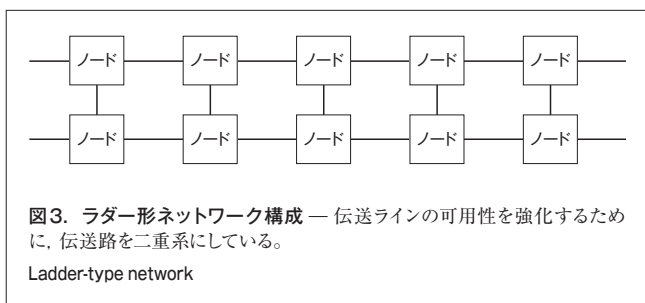
ネットワークにおける伝送データの種類とTCP又はUDP (User Datagram Protocol) マルチキャストの典型的な適用例である。鉄道車両用ネットワークでは、表1に示すように様々な種類の伝送データを扱っており、制御コマンド及び制御応答データのように、データ量は小さいが速い応答性が要求されるもの、監視データ及びトレースデータのように、速い応答性は必要ないがデータ量が多いものなどである。

速い応答性が要求される伝送データはUDP マルチキャスト、データ量が多い伝送データはTCPとしている。

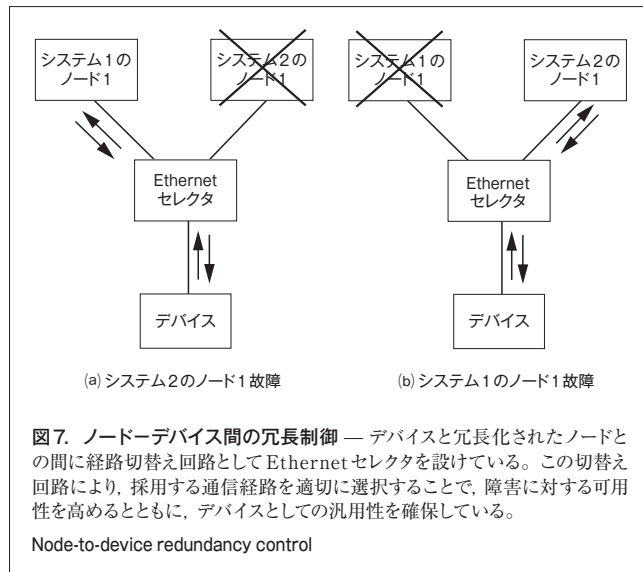
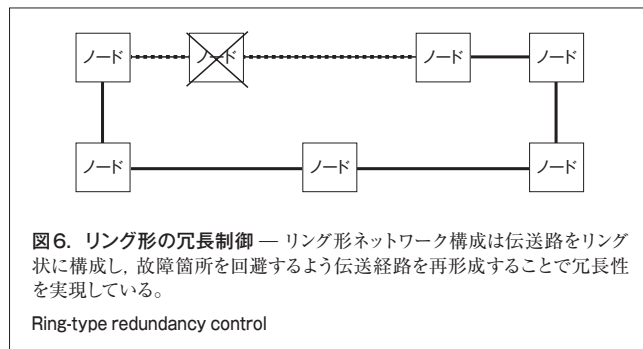
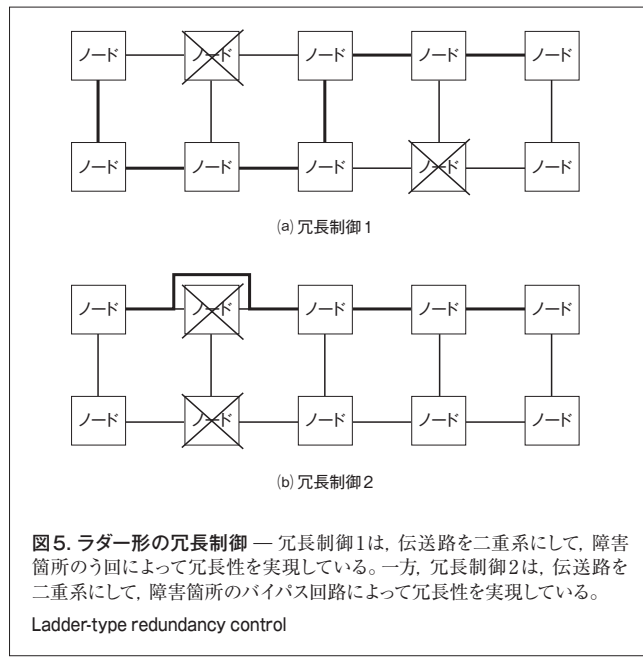
4 TEBusの伝送ライン冗長制御

伝送ラインの可用性を強化するために、ラダー形(図3)又はリング形(図4)のネットワークを構成することができる。

ラダー形ネットワーク構成は、伝送路を二重系にして、障害箇所を二回とバイパス回路によって冗長性を実現している。同時2か所の障害に対する伝送経路の変更例を図5に示す。



一方、リング形ネットワーク構成は、伝送路をリング状に構成し、図6に示すように、故障箇所を回避するよう伝送経路を

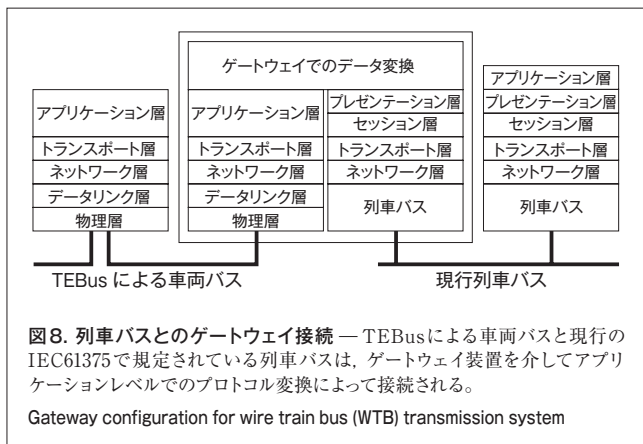


再形成することで冗長性を実現している。

また、ローカルバスとしてEthernetを使用する場合、デバイス間の通信は1対1が基本となっているため、図7に示すように、デバイスと冗長化されたノードとの間に経路切替え回路を設けている。この切替え回路により、採用する通信経路を適切に選択することで、障害に対する可用性を高めるとともに、デバイスとしての汎用性を確保している。

5 車両バスと列車バスの接続

TEBusによる車両バスと現行のIEC61375で規定されている列車バスとの接続は、図8に示すように、ゲートウェイ装置を介してアプリケーションレベルでのデータ変換によって実現される。



6 あとがき

ここでは、次世代の鉄道車両用データ伝送システムの国際規格候補であるTEBusの特長と技術の概要について述べた。TEBusは、ISO/IEC8802-3 Ethernetに基づいているため、今後のEthernetの発展に対して、すばやい対応ができる。現在進行中の国際規格化が達成され、いつでも、どこでも、関係する誰でもが、鉄道車両用ネットワークにつながることで、様々な業務の遂行やサービスの提供を行うことができるユビキタスネットワーク環境の実現に貢献することができれば幸いである。

文献

- (1) IEC61375-1. Electric railway equipment - Train bus - Part 1: Train Communication Network.
- (2) ISO/IEC 8802-3:2000. Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements - Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications.



鎌田 恵一 KAMATA Keiichi

電力流通・産業システム社 府中事業所 交通車両情報システム部主査。鉄道車両における車両情報システムの設計・開発に従事。電気学会会員。
Fuchu Complex