

データネットワーク型エレベーター制御システム

安藤 宏・岩田茂実・河合清司

三菱電機 稲沢製作所

従来、エレベーターの制御システムは、大部分の機能を機械室の制御装置が集中処理する方式であり、機能の拡張、性能の向上には限界があった。今回、多数のマイコンを用いて複数のサブシステムを構成し、これらを機械室・かご・乗場のそれぞれに最適に分散配置し、直列伝送によって有機的に結合させる専用のデータネットワークシステムを開発した。これにより、エレベーター制御システムの一層の高機能化・高性能化を実現した。

AN ELEVATOR-CONTROL SYSTEM WITH A DATA NETWORK

Hiroshi Ando , Shigemi Iwata & Kiyoji Kawai

Mitsubishi Electric Corporation Inazawa Works

No.1, Hishi-Machi, Inazawa 492 Japan

Most functions of conventional elevator systems are performed by a single central control unit located in a machine room. However, such designs limit the possibilities for adding new functions and improving system performance. The article reports on a newly developed data-network system in which microprocessor modules located in the machine room, cars, and halls are linked together by a serial-transmission network. Network distributed design has made it possible to increase the system sophistication and performance.

1. まえがき

近年、ビルはインテリジェント化され、ビル内の縦の交通機関であるエレベーターにも高機能化、高性能化及びマンマシンインタフェースの向上が求められている。一方、マイクロエレクトロニクスの飛躍的進歩により、マイコン、メモリや伝送LSIなどが大幅に高集積化され、さらに高速化・高信頼性化・低価格化されてきている。また、これらを用いたシステムの構成方式として、各種処理機能や負荷を複数のマイコンに分散させる分散処理方式が、広く一般的になってきている。このため、エレベーターの個々の制御機能にマイコンを使用し、これらを直列伝送を用いて相互に結んだネットワークシステムを採用することが可能になってきた。

今回、エレベーターの機械室、カゴ及び乗場に多数のマイコンを分散配置し、これらをそれぞれの役割や応答速度に応じた新規なプロトコルによって結合したネットワークシステム及びこれを組み込んだエレベーター制御システムを開発した。

この論文では、上記ネットワークシステムの構成と機能、次にこれを組み込んだエレベーター制御システムの信頼度確保、ネットワークシステム採用の効果について述べる。

2. データネットワークシステムの構成と機能

エレベーターシステムの機能・性能・拡張性の向上を従来の集中処理方式で実現しようとすると、処理装置は複雑になり、システム全体の処理能力やアベイラビリティが低下してしまう。これを解決するためには、システム全体の機能を各サブシステムに最適に分散配置し、さらにトータルの処理能力の向上を図るため、各サブシステムをネットワークで結合することが必要となる。

分散制御やネットワークをエレベーターに適用するにあたり、特に下記に示すようなエレベーターシステムとしての特質を充分考慮して、システム設計を行わなければならない。

(1) 操作信号器具、ドア装置等の反応時間

操作性の面では、乗場ボタンを押してからサービスかご予報灯が点灯するまでの時間や、安全性の面では、安全装置が働いた場合のドアの反転動作時の遅れなどを最少にするため、高速の信号処理が必要とされる。

(2) 多数の周辺機器

乗場1階床あたりの信号は数ビット程度であるが、乗場機器を制御する処理装置は階床数に伴って増加する。近年では、ビルは高層化傾向にあり、100階程度は処理可能としておく必要がある。

(3) 安全性・信頼性

ほとんどのエレベーターが全自動で運転されており、高い安全性が要求される。また、故障時には乗客やビルに及ぼす影響が大であり、高い信頼性が要求される。

以下、どのようにこれらの要求を取り入れて、分散制御システムとネットワークを構築したかについて説明する。

2.1 マイコンの分散配置

エレベーターの処理機能を速度制御、運行制御、ドア制御、かご機器制御、乗場機器制御、群管理に大別し、以下に示すようにマイコンを分散配置してエレベーター制御システムを構成した。

(1) 機械室の各台制御装置には、性能・機能を向上させるため、運行管理用、モータの速度制御用にそれぞれ高性能16ビットマイコンを配置する。また、各台制御装置内には、かごの機器との伝送用及び乗場の機器との伝送用に、それぞれ8ビットマイコンを設けて運行管理マイコンの負担を軽減させる。

(2)かご上には、ドアの制御性能・安全性を高めるため、ドア制御用及びドア駆動用に、それぞれ16ビットワンチップマイコンを設け、これらと各台制御装置との伝送用に8ビットワンチップマイコンを設ける。そして、これら3個のマイコンにより、かご上ステーションを構成する。かご内には、操作盤及びインジケータの制御用にそれぞれ8ビットワンチップマイコンを設置する。

(3)乗場には、操作性・拡張性を向上させるため、各階床にそれぞれ乗場ステーションを置く。これに8ビットワンチップマイコンを内蔵させて、乗場の機器の制御機能を担わせる。

(4)機械室の群管理装置には、群管理用にエレベーターの製品グレードに対応して16ビット又は32ビットの高性能マイコンを、各台制御装置との伝送用に8ビットマイコンを設ける。

ここで述べた各マイコンの名称・設置場所・機能を表1に示す。また、エレベーター制御システムの全体構成を図1に示す。

表1. マイコンの名称・設置場所・機能

マイコンの名称 (種類)	設置場所	機能
運行管理マイコン CC (16ビット)	各台制御装置	エレベーターの運行管理制御
速度制御マイコン DR (16ビット)	各台制御装置	巻上機駆動モータのトルク・速度制御
群管理マイコン GC (16ビット/32ビット)	群管理装置	乗場呼び信号の割当制御
かご上伝送マイコン CS (8ビットワンチップ)	かご上 ステーション	シリアル伝送制御及びオートアナウンスなどのかご上機器制御
ドア制御マイコン DC (16ビットワンチップ)	かご上 ステーション	ドア動作制御
ドア駆動マイコン DD (16ビットワンチップ)	かご上 ステーション	ドアモータのトルク・速度制御
インジケータ制御 マイコン IC (8ビットワンチップ)	かご内	インジケータ・表示灯の制御
操作盤制御マイコン BC1-BC4 (8ビットワンチップ)	かご内	ボタン・引き戸内スイッチなどのかご内機器の制御
かご系列 伝送マイコン SC (8ビット)	各台制御装置	かご系列シリアル伝送制御
乗場ステーション 制御マイコン HS (8ビットワンチップ)	乗場 ステーション	乗場ボタン・インジケータ・ホールランタンなどの乗場機器の制御
乗場系列 伝送マイコン SH (8ビット)	各台制御装置	乗場・群管理系列シリアル伝送制御
群管理系列 群管理伝送マイコン TE (8ビット)	群管理装置	群管理系列シリアル伝送制御

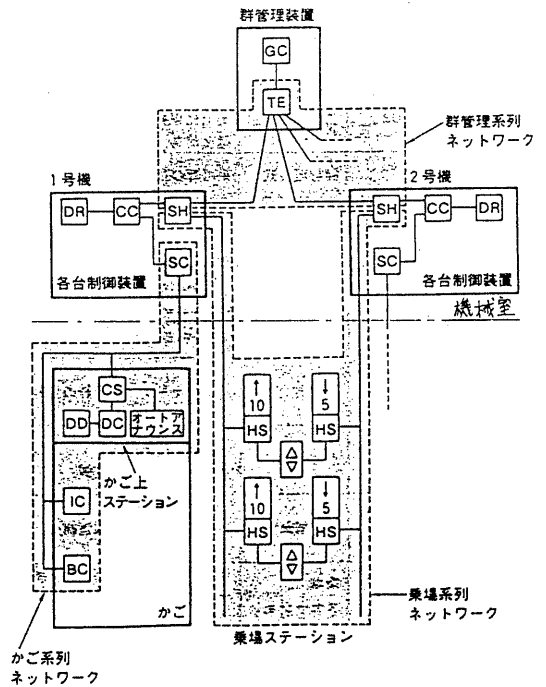


図1. エレベーター制御システムの全体構成

2.2 ネットワークの構成

上で述べたように、分散配置された個々のマイコンを有機的に結合するため、次の3系列のネットワークを構成した。

- (1) 乗場系列ネットワーク
- (2) かご系列ネットワーク
- (3) 群管理系列ネットワーク

伝送方式は、応答速度・信頼性・拡張性を考慮して、それぞれにとって最適な方式を採用した。これらエレベーター専用のネットワークを総合してデータネットワークシス

テムと称し、その仕様を表2に示す。

また、これを組み込んだエレベーター制御システムをデータネットワーク型エレベーター制御システムと称する。

以下に、前記3系列のネットワークについて、データリンク層相当のプロトコルを説明し、応答性の確保策や多階床への対応方法を述べる。

表2. データネットワークシステムの仕様

		かご系列	乗場系列	群管理系列
運用範囲	停止数	128階床以下	同左	同左
	群管理台数	—	—	8以下
伝送信号	種類	<ul style="list-style-type: none"> ボタン インジケータ かご上スイッチ ドア 引き戸内スイッチ オートアナウンス etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ボタン インジケータ ホールランタン 運行表示灯 キースイッチ etc. 	<ul style="list-style-type: none"> 呼び信号 かご位置 かご割当て etc.
	総量	約140バイト	約100バイト	約1.4Kバイト

2.3 乗場系列ネットワーク

乗場系列ネットワークは、各階床に設けられた乗場ボタンや乗場インジケータ等を制御するネットワークであり、構成を図2に、伝送方式の仕様を表3に示す。乗場系列には、乗場ステーション制御マイコンHSが128個、つまり128階床分の上昇用のボタン(以下、“UPボタン”という。)と下降用のボタン(以下、“DNボタン”という。)が接続可能なように伝送手順を構成した。

ボタン信号の伝送は、親局である乗場系列伝送マイコンSHが子局であるHSをポーリングし、HSが所定のビットにUPボタンDNボタン信号を乗せて送信する方式を採用した。また、各HSが同時にボタン信号を送信したとき、伝送路上でビット単位の論理和をとることができるように伝送回路を構成した。さらに、8個のボタンを1ブロック、8ブロックを1ゾーンとしてエリア分割を行い、各ボタンに(ゾーン、ブロック、ビット)というアドレスを割り付けた。

このエリア分割の方法を図2に示す。

図3にSHと各HSの間の伝送ダイヤグラムを示す。SHと各HSとの伝送周期は50msである。また、かご系列と同様に、伝送周期内に一定の無信号区間を設けており、各HSはこれによって伝送周期ごとにSHと同期をとることができる。SHは、次の方法で乗場ボタン信号を取り込むようにした。SHが一つのゾーンをポーリングすると、このゾーンに属するHSは、ゾーン内のどのブロックにボタン信号があるかを送信する。また、SHが一つのブロックをポーリングすると、このブロックに属するHSは、ブロック内のどのビットに、つまりどの階床にボタン信号があるかを送信する。したがって、SHは各ゾーンをポーリングし、その返信データの中にボタン信号を認知すると、次は認知されたブロックだけをポーリングする。この方法によるフローチャートを図4に示す。もし、128個のHSを一つずつポーリングすると、秒単位の遅延時間が生じてしまう。しかし、こ

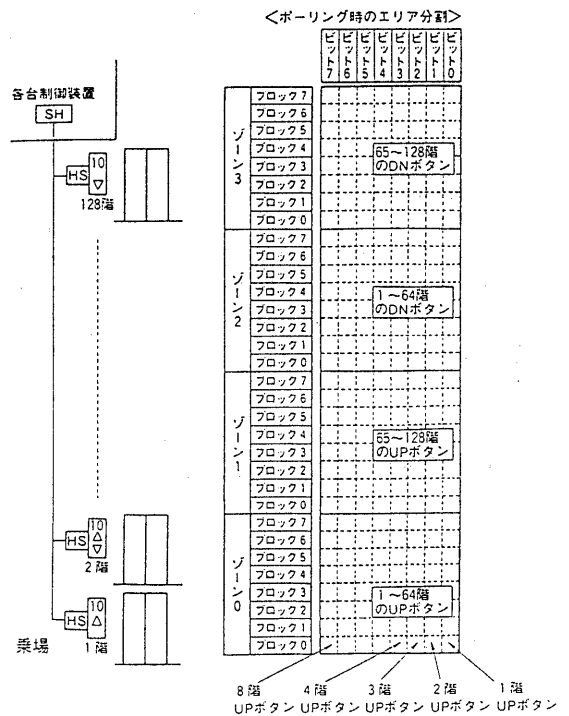


図2. 乗場系列ネットワークの構成

表3. 伝送方式の仕様

	かご系列	乗場系列	群管理系列
線路	配線用ケーブル		
最大子局数	14(7×2系統)	128	8
最大伝送距離	300m		100m
ネットワーク形態	バス		スター
伝送方式	全二重ベースバンド伝送		
信号	8ビットデータ		
同期方式	調歩同期式		

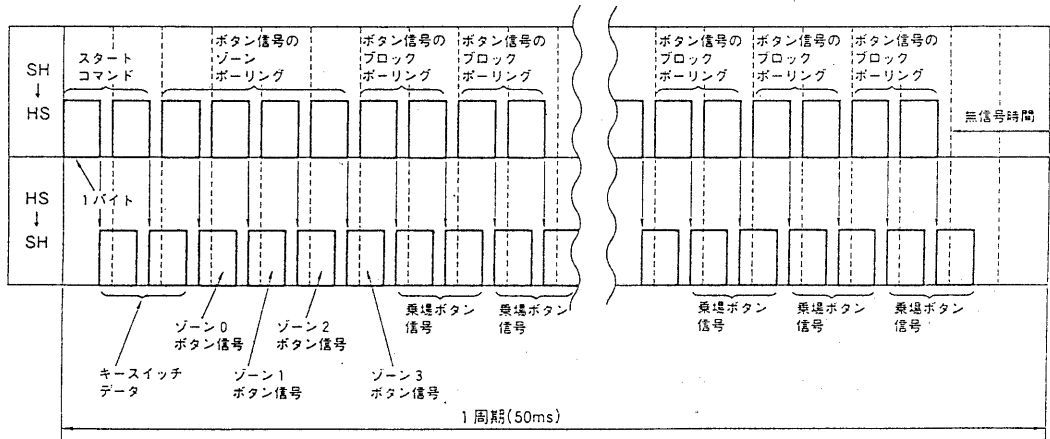


図3. SH-各HS間伝送ダイヤグラム

の方式によれば、一つの伝送周期内に複数の呼びが同時に発生しても、数十ms単位の遅れ時間で呼び信号を検出することができる。この専用のプロトコルによって、大量のデータを効率良く伝送することができ、乗場機器の高い応答性を確保している。

2.4 かご系列ネットワークと群管理ネットワーク

かご系列ネットワークは、かごボタンやかごインジケータ及びドアを制御するネットワークである。このネットワークにおいても、かご系列伝送マイコンが親局となり、子局であるインジケータ制御マイコンIC、操作盤制御マイコンBC、かご上伝送マイコンCSを、ポーリングする方法で伝送が行なわれる。かご系列ネットワークにおいては、各子局に対するポーリング周期を変化させて応答性を高め、BCを複数個接続可能なようにプロトコルを構成して、多階層に対応できるようにしている。

群管理ネットワークは、群管理装置内の群管理伝送マイコンTEと、各台制御装置の乗場系列伝送マイコンSHとで構成される。この伝送路は、光ファイバケーブルを用いてスター状のネットワークを構成し、高速化を図っている。

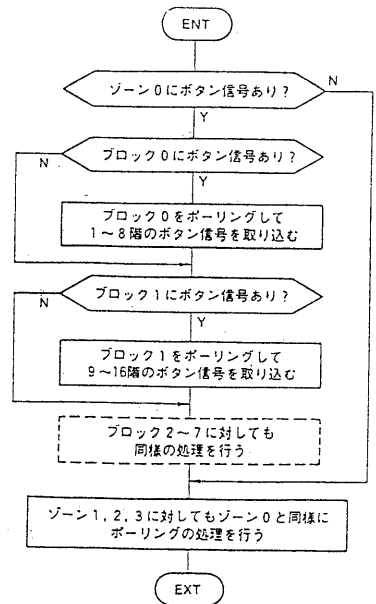


図4. ポーリング方法

3. データネットワーク型エレベーター制御システムの安全性・信頼性確保

エレベーター制御システムを構築する上で、安全性、信頼性の確保が不可欠である。以下に、このデータネットワークシステムを組み込んだデータネットワーク型エレベーター制御システムの信頼度確保に関し、その特徴について述べる。

3.1 ネットワーク伝送品質の確保

前述のデータネットワークの伝送路には、群管理系列を除き、並行線(エレベーター用ケーブル)を用いたバス型の伝送を行っている。表3に示すように、最大伝送距離300mまでこのネットワークを適用するが、一般的に数十mを超える長距離のデータ伝送には、耐ノイズ性、信号電位ドロップなどの理由からこのような伝送形態は不向きであると考えられる。シールド線などを使用する方法も考えられるが、エレベーターデータネットワークでは、下記のようにH/Wおよび伝送手順による対策を取り入れることにより、上述の方法で、十分な伝送品質を確保している。

3.1.1 H/Wによる対策

本ネットワークの場合、ビットごとの論理和をとることから、伝送路の時定数を大きくすることができない。即ち、コンデンサー挿入によるノイズ対策は最低限(他のビットに影響が無い程度)としなければならない。そこで、下記のような対策を実施している。

(1) 伝送路の直流抵抗低減

伝送路と電源線間の直流抵抗を極力下げ、常時数十mAの電流を伝送路に流す事により、他の線からの誘導を受けにくくしている。

(2) スレッシュドレベルの調整

受信信号のスレッシュドレベルを、信号の立上り、立下がりとも伝送信号振幅の1/2となるように回路を構成し、数V程度の電位変化には不感となるように構成している。

3.1.2 伝送手順による対策

H/Wによりノイズの進入を防ぐことも大切であるが、伝送手順・S/Wによりノイズによる誤動作の影響を最小限に抑えることも重要である。本ネットワークでは下記のように伝送手順・S/Wによる対策を行っている。

(1) バリティやフレーミングエラーなどの基本的な誤り検出に加えて、ポーリング信号にコマンドを付与し、ポーリングされるかご・乗場のマイコンは、ポーリングの順序と受信したコマンドの整合性をチェックする。

(2) 重要な信号は2度送り、2度読みを行う。

(3) サイクリック伝送を行うことにより、万一エラーが単発的に発生した場合にも、数秒後には訂正されるようにする。また、単純にサイクリック伝送を行うと、信号の遅延時間が問題となるので、変化データ(イベント)を最優先に送信する。

3.1.3 ノイズ耐量評価

エレベーターの制御装置ではインバータ化が進んでいる。最近ではドアモーターの駆動もインバータ化されており、これらの配線に近接して布設される本ネットワークの伝送路は、インバータ電流の影響が大きいと考えられる。モーター線などの大電流の線路は、ネットワークの伝送路から相当の間隔をおいて布設するようにし、直接の輻射による影響はほとんど無いようにしている。しかし、接地系などにより、複雑なルートでネットワークの伝送路へインバータ電流が影響を及ぼすことが考えられる。

そこで、これらインバータ電流に対する耐量評価の一例を述べる。

インバータの大地への漏洩電流によって発生する数十Vの高調波を伝送路に並走させてノイズ耐量の評価した。その結果、500mの伝送距離においても、ビット化けなどのエラーは発生せず、機能に全く支障は発生しなかった。

3.2 マイコン間の相互監視

エレベーターの安全性・信頼性を確保するために、各マイコン間で相互監視を行うシステムを構築した。このシステムの中で、データネットワークシステムに関連する相互監視の関係をまとめて表4に示す。これらの中で主なものについて述べる。運行管理マイコンCCとかご系列伝送マイコンSCの間では、CCがSCの異常を検出するとエレベーターを最寄階停止させる。その後、CCが平行入力信号で安全を確認し、異常が解消されれば、SCを通常サービスに復帰させるように構成した。CCと乗場系列伝送マイコンSHの間では、CCがSHの異常を検出するとエレベーターを最寄階停止させ、SCの場合と同様に通常サービスに復帰させる。さらにCCは、SCとSHを介してかご系列と乗場系列の各制御機器の異常の有無を認知し、各制御機器の機能の重要度に応じ、安全性・信頼性上最適な処置をとるように構成した。

表4. マイコン間の相互監視

マイコン間	相互監視		異常の検出方法	異常時の処置
	監視側	被監視側		
CC→SC	CC	SC	ハンドシェイク異常	最寄階停止させる。
	SC	CC	ハンドシェイク異常	かご系列ネットワークの伝送を中止する。
CC→SH	CC	SH	ハンドシェイク異常	最寄階停止させる。
	SH	CC	ハンドシェイク異常	乗場系列ネットワークの伝送を中止する。
GC→TE	GC	TE	ハンドシェイク異常	異常が解消されれば復帰させる。
	TE	GC	ハンドシェイク異常	GC異常をCCに通報する。(シングルカー運転)
TE→SH	TE	SH	伝送異常	異常号機を切り離す。
	SH	TE	伝送異常	群管理から切り離す。(シングルカー運転)

4. データネットワーク型エレベーター制御システム採用の効果

以下に、本システム採用の効果を列挙する。

(1)新機能の搭載

分散処理方式により、負荷を軽減された中央処理装置が、種々の新しい処理を行えるようになり、操作性を向上させる新機能を搭載することが可能となった。そして、マンマシンインターフェースを向上させることができた。

(2)信頼性の向上

シリアル伝送を使用したネットワーク化によって、配線ケーブルを約50%削減することができた。そして機器間のインターフェースがシンプルに統一され、信頼性を一層向上させることができた。

(3)拡張性の向上

かご系列・乗場系列ネットワークは、バス型接続の伝送路で構成されているために、基本的に伝送機能を持った子局をネットワーク線に接続するだけで容易に子局の増設が可能であり、前述のように100階を超える多階床にも、機器間配線を増加させずに対応することができる。

5. むすび

エレベーター データネットワークシステムの構成・機能と、これを組み込んだデータネットワーク型エレベーター制御システムの特長を説明した。データネットワーク型エレベーター制御システムは、低・中速のエレベーターから高・超高速エレベーターにも適用可能な高い拡張性と性能・機能を有したシステムである。

今後のエレベーターシステムは、それぞれのサブシステムが更に自律度を増しビル内LANとの接続など、さらにマンマシンインターフェースが向上した分散処理システムとなっていくと考える。

参考文献

- (1) 岩田、河合、安藤：データネットワーク型エレベーター制御システム、三菱電機技報、Vol. 64, No. 10, 801～806 (1990)
- (2) 山崎、鈴木、梶山：エレベーターの信号伝送用ネットワークシステム、平成2年電気学会全国大会講演論文集、6-138