

遠方監視制御システムにおけるネットワーク技術

古河 幸信(ふるかわ ゆきのぶ)

清水 進(しみず すすむ)

杉田 浩平(すぎた こうへい)

① まえがき

電力会社では、近年のマイクロプロセッサ、制御用コンピュータおよび LAN (Local Area Network), WAN (Wide Area Network) をはじめとする伝送技術の飛躍的な発展に伴い、高度情報化への取組みを積極的に展開しつつある。この取組みは、電力系統の流通分野すべてに広がり、発電所から一般需要家に至る広域にまたがる地点の情報収集に始まり、これらの情報を関連する部門（給電部門、系統運用部門、配電部門など）が相互に利用するため、情報伝送をつかさどるネットワーク技術が重要となってくる。

ここでは、遠方監視制御装置（以下、テレコン装置と略す）の変遷と最近のテレコン装置に要求される情報伝送技術を紹介する。

② テレコンシステムの構成

テレコン装置は昭和30年代後半から実用化され、関連技

術の進歩とともに大きな発展を遂げた。図1に主要デバイス、伝送方式によるテレコン装置の変遷を、図2に伝送速度によるテレコン装置の変遷を、図3に装置容量によるテレコン装置の変遷を示す。

図2 伝送速度の変遷

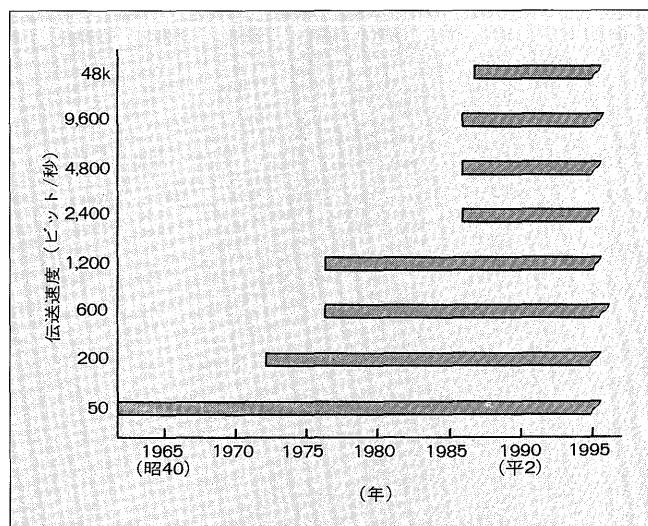


図1 テレコン装置の変遷

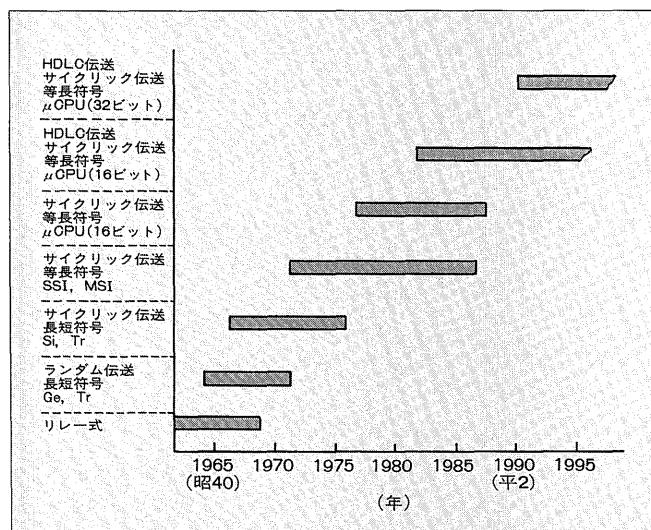
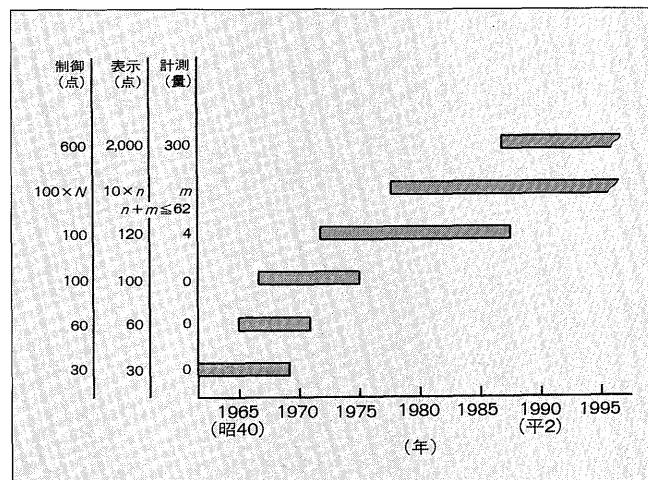


図3 伝送容量の変遷



古河 幸信



昭和43年入社。電力会社向け遠方監視制御装置の開発・設計に従事。現在、富士ファコム制御(株)技術本部第三技術部長兼東京制御製作所情報機器設計部主席。

清水 進



昭和57年入社。遠方監視制御装置の開発・設計に従事。現在、富士ファコム制御(株)技術本部第三技術部。

杉田 浩平



昭和63年入社。電力会社向け遠方監視制御装置の開発・設計に従事。現在、富士ファコム制御(株)技術本部第三技術部。

図4 1:1 テレコンシステムの構成

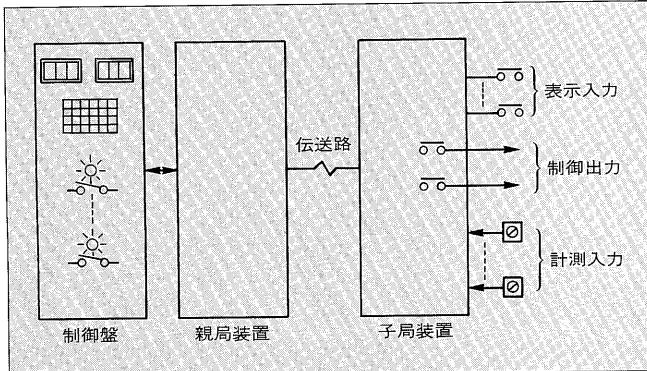
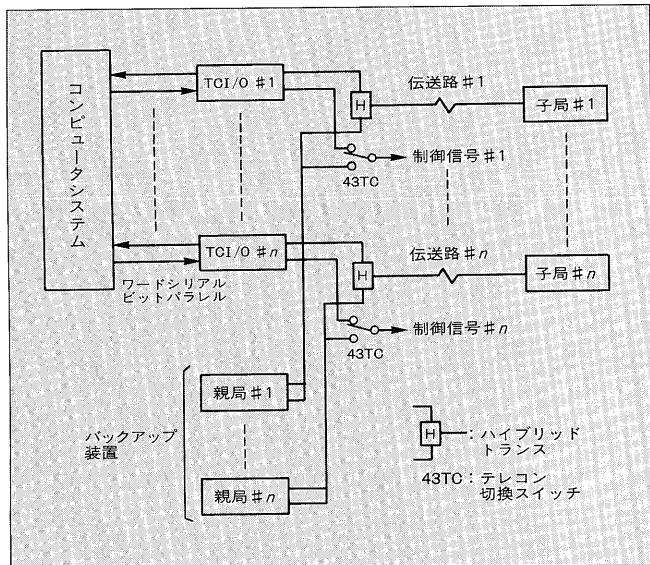


図5 テレコン入出力装置のシステム構成



2.1 テレコンシステムの接続構成

テレコン装置は、発電所や変電所に設置される被制御所側装置（子局）と制御所側装置（親局）とが対向（1:1方式）で構成され、親局装置は制御盤方式で使用するのが常であった。構成を図4に示す。

昭和40年代後半から制御用コンピュータが電力制御分野への実用期に入り、集中制御へのコンピュータの展開が進み、テレコン装置による各被制御所の情報はコンピュータシステムに取り込まれるようになった。コンピュータとテレコン装置とはワードシリアル・ビットパラレルの情報で結合され、テレコン親局装置の形態が変わってきた。すなわち、監視制御盤を持たない親局装置が伝送機能だけで構成され、テレコン入出力装置と呼ばれている（TCI/O装置とも呼ばれる）。

制御所側装置がコンピュータで構成されるようになり、従来の（1:1）方式の親局装置はコンピュータシステムのバックアップ装置として位置づけられるようになった。構成を図5に示す。

昭和50年代にはマイクロプロセッサが実用期に入り、テレコン入出力装置はマイクロプロセッサ応用のデータ中継装置に置き換わり、1台のマイクロプロセッサで複数対向

図6 データ中継装置システム構成(1)

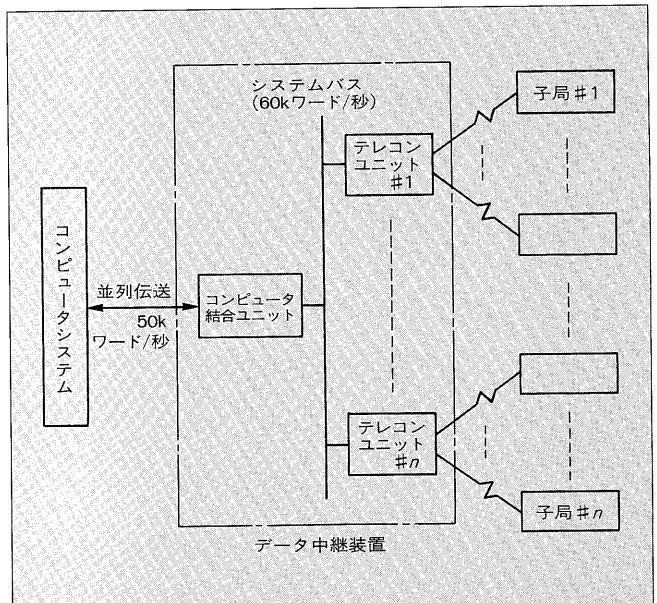
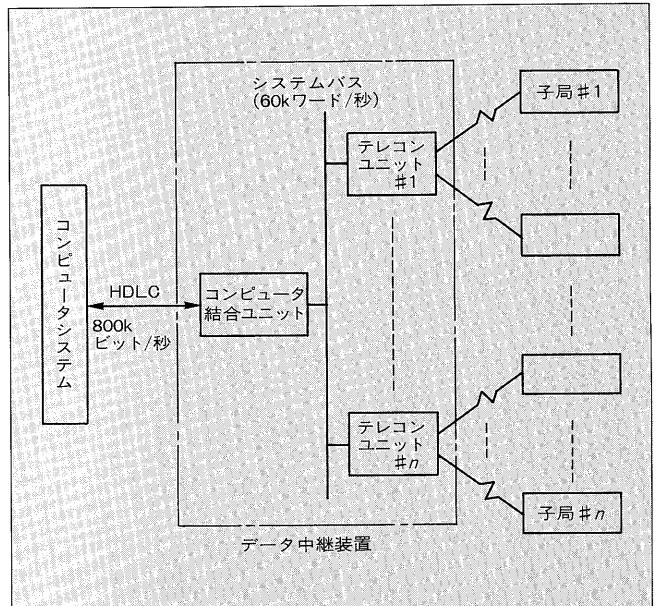
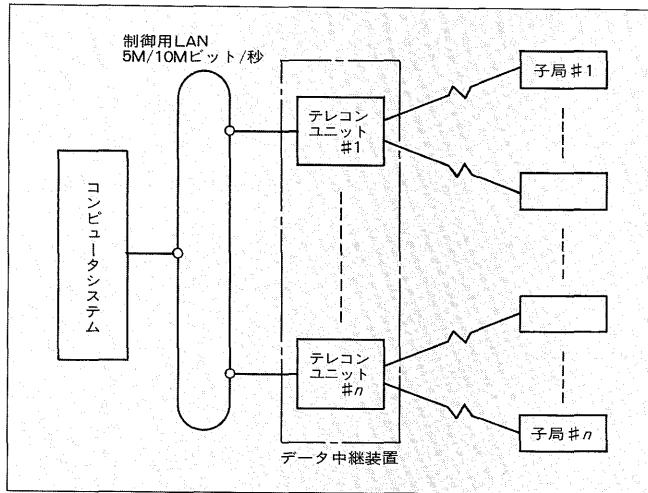


図7 データ中継装置システム構成(2)



(4～6対向)のテレコン装置との伝送、情報処理が可能となった。制御所の規模に応じ、マイクロプロセッサユニットをシステムバス（マイクロプロセッサユニット相互間を接続するN:N通信の並列バス）を介して複数台接続した、複合マイクロプロセッサ方式のシステムが構築された。当時は並列伝送が主流を占め、伝送速度も60kワード/秒程度であった。また、制御用コンピュータとの接続においても専用の通信ケーブルで結合し、並列伝送方式で情報交換を行い出した。この方式はマイクロプロセッサの出現で急速に採用され、数十箇所に及ぶ発電所や変電所の情報をまとめて伝送するため、装置の大きさも1/2～1/3程度に小形化された。変電所の増設によるテレコン装置の追加時にも、データ中継装置のソフトウェアの改造だけで情報をコンピュータシステムに取り込むことが可能となり、工事が非常に容易になった。構成を図6に示す。

図8 データ中継装置システム構成(3)



昭和50年代後半にはマイクロプロセッサの高性能化に伴い、マイクロプロセッサを核とする各機能ユニット（テレコントローラユニット、コンピュータ結合ユニットなど）相互間、データ中継装置とコンピュータ間などにおける情報交換にますます高速・高性能・高機能化の要求が高まった。このような装置環境の中で伝送・通信技術は急速に発達し、並列信号伝送方式から高速の直列伝送方式へ移行した。テレコントローラ装置とコンピュータの接続においてもハイレベル（HDLC）手順の高速伝送（800 k ビット/秒）接続方式が開発された。構成を図7に示す。

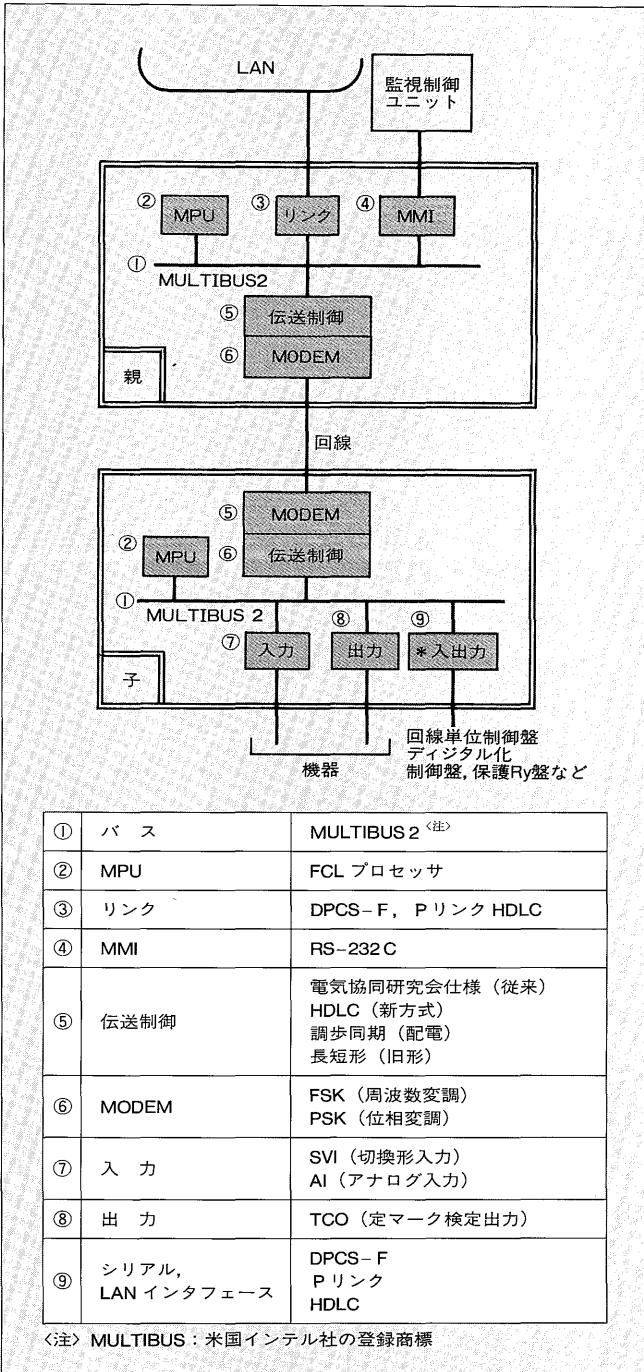
昭和60年代に入り LAN の普及に伴い、各種機能ユニット・装置を接続する手段として、制御用 LAN を中核とするシステム構成が順次採用され、その性能も 5 M ビット/秒、10 M ビット/秒と高速大容量の装置が実用化され、現在に至っている。構成を図8に示す。

2.2 テレコントローラ装置の現状

平成3年9月、(社)電気協同研究会専門委員会において HDLC 形テレコントローラ装置に関する報告がまとめられることにより、各電力会社では昭和40年代に標準仕様として適用してきたサイクリック伝送形テレコントローラ装置にかわり、HDLC 伝送形テレコントローラ装置の開発が活発に行われている。このテレコントローラ装置は将来の電力系統の運転・運用形態を考慮して検討されており、大容量化、高速化、多機能化、柔軟なシステム構築などをめざしたものとなっている。本装置は情報の種別ごとに情報パケットを作り伝送する方式であるため、発電所の監視・制御の情報だけではなく、機器の保守部門や配電部門などで必要とする情報も装置に取り込み、1本あるいは複数の伝送路で情報を伝送することが考えられている。伝送路が1本の場合には、制御所側装置において情報の集配信機能を持たせ、情報の種別を判別して他部門（給電・営業・保守部門など）へ WAN のネットワークを介して転送する機能を有している。

また、伝送速度に関しては、情報量が増えても応答性能を損なわないよう 600, 1,200, 2,400, 4,800, 9,600 ビット/秒を標準仕様とし、ディジタル専用回線への対応として 48

図9 テレコントローラ装置構成



k ビット/秒も可能としている（従来のサイクリック形での伝送速度は、50, 200, 600, 1,200 ビット/秒である）。

電力会社では従来からテレコントローラの情報伝送にはテレコントローラ専用のアナログ回線網が主に用いられているが、近い将来ディジタル回線網への移行が考えられることから、ディジタル回線網について紹介する。

ディジタル回線網には、電話のように使用するときに通信相手を呼び出して回線を接続する回線交換方式、共通の回線を時分割で使用し、情報パケット内の情報により通信相手先を論理的に接続するパケット交換方式、および常時通信相手と回線を接続しておき、連続して通信が可能な専用回線方式がある。テレコントローラ装置では、発電所の機器を遠方から制御するという重要性から情報の信頼性、応答性

図10 データ中継装置システム構成(4)

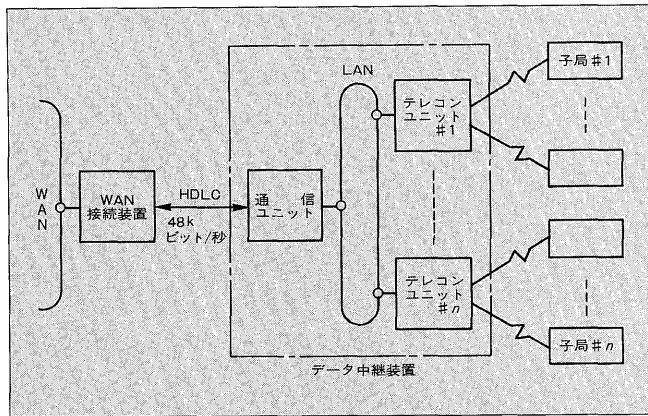


表1 デジタル専用回線インターフェース規定

DTE インタ フェース 分類	同期 方式	伝送速度 (ビット /秒)	インターフェース規定		
			論理的		電気的 (コネクタ)
			回路定義	動作条件	
アナログ 伝送用 (Vシリ ーズ)	非同期	600 1,200	V.24	X.20bis	V.28 ISO, IS2110 (25ピン)
	同期	2,400 4,800 9,600	V.24	X.21bis	V.28 ISO, IS2110 (25ピン)
	同期	48k	V.24	X.21bis	V.35 ISO, IS2593 (34ピン)
デジタル 伝送用 (Xシリ ーズ)	非同期	600 1,200	X.24	X.20	V.10 ISO, IS4903 (15ピン)
	同期	2,400 4,800 9,600 48k	X.24	X.21	V.11 ISO, IS4903 (15ピン)

の確保を最優先の条件とすることから、当面は専用回線が用いられるることを前提にデジタル専用回線のインターフェースについて述べる。

デジタル専用回線と伝送装置とのインターフェースは、CCITT（国際電信電話諮詢委員会）が勧告するデータ端末装置（DTE）（テレコン装置など）と回線終端装置（DCE）との接続において定められている。表1にデジタル専用回線の各種インターフェース規定を示す。

2.3 テレコン装置と機器とのインターフェース

従来、テレコン装置と現場機器との接続は制御ケーブルで行っている。近年のマイクロプロセッサの高性能化・信頼度向上を背景に、各種装置の高機能化、高信頼度化、コンパクト化、増設工事の容易化、ならびに制御ケーブルの削減をねらいとして、発電所設備の更新時や発電所の新設時に保護制御装置のデジタル化への研究が活発になった。一部では実用に入っているところもあり、テレコン装置とデジタル化装置との接続は、デジタルシリアル入出力や制御用 LAN で行われるようになってきた。しかし、現時点では実施例も限られており、テレコン装置と

デジタル制御装置相互間の機能分担などについて研究を進め、展開を図ってゆく必要がある。次に適用例を紹介する。

(1) システム構成

配電用変電所では、テレコン装置と接続する対象設備が限られている（変電所の形態が標準化されている）ため、比較的伝送制御手順が簡単で低価格の $(1 : 1) \times N$ 構成が採用されており、設備規模が大きな超高压変電所などでは保護・制御装置、テレコン装置などの各種デジタル化装置が変電所構内に設置された LAN に接続され、 $M : N$ 構成の結合形態をとっている。LAN で構成する場合は比較的高価なシステムとなる場合が多い。

両者とも伝送媒体には光ファイバを使用することにより、外部サージ、電磁誘導などの影響を受けないようにし、高信頼化を図っている。

(2) 伝送構成

接続ポート数、結合形態、伝送距離とも適用する変電所の規模、設備の数量、デジタル化に対する構成の違いなどからさまざまである。

表2に適用例を示す。

③ テレコンシステムの伝送回線

テレコンシステムは広域にわたる設備の監視、制御、計測を行うもので、伝送回線はシステムの重要な構成要素である。以下に基本的な回線構成、伝送回線の種類などについて述べる。

3.1 回線構成

テレコンシステムにおける回線構成は回線の接続形態により3とおりに分類される。最も基本的な構成は $1 : 1$ 構成で、常時相手装置と通信状態にあり、一定時間内に情報更新が可能な接続形態である。広域に分散している設備を集中して監視する場合には、 $1 : N$ 構成が用いられる。 $1 : N$ 構成には、放射状接続と分岐状接続があり、用途により使い分けられる。また、放射状接続は上り、下り信号とも $1 : N$ 構成、上り $(1 : 1) \times N$ 、下り $1 : N$ 構成、および上り、下りとも $(1 : 1) \times N$ の3とおりに分けられる。

上り、下りとも $1 : N$ 構成は呼出し方式（ポーリングセレクティング方式）により子局の状態を監視する方式で、情報の収集時間に対する制約が小さい場合、および装置を小形にする場合に採用される。上り $(1 : 1) \times N$ 、下り $1 : N$ 構成は、情報の収集時間に対する制約が大きい場合に用いられる方式で、監視情報は常時通信状態にしているため、 $1 : 1$ 構成と同一の性能が得られる。上り、下りとも $(1 : 1) \times N$ 構成は上り（監視）、下り（制御）とも独立させた装置で高い信頼性を要求されるシステムに適用される。分岐状 $1 : N$ 構成はパイプラインや、配電線監視制御のように子局装置が長距離にわたっていもづる状に配置されたシステムに適用される。放射状の $1 : N$ 方式と同様

表2 シリアルインタフェース仕様（例）

	(例1) 配電用変電所	(例2) 超高圧変電所	(例3) 超高圧変電所
システム構成			
伝送構成	最大3～5	最大64	最大32
結合形態	$(1:1) \times N$	$M:N$ (トーカンバス)	$M:N$ (スター結合)
伝送距離	最大50～150m	最大4km	最大1km
通信インターフェース	伝送媒体：光ファイバ 伝送速度：2,400ビット/秒 通信方式：全二重 伝送制御手順：HDLC, CDT サイクリック 誤り検定方式：CRC, 反転2連送照合・パリティ 符号形式：NRZ, CMI	伝送媒体：光ファイバ 伝送速度：10Mビット/秒 通信方式：トーカンリング 伝送制御手順：HDLC 準拠 誤り検定方式：CRC 符号形式：マンチェスタ符号	光ファイバ, スターカプラ 10Mビット/秒 トーカンパッシング (IEEE 802.4) 同上 CRC 差分マンチェスタ

に、呼出し方式により子局の状態を監視する。

3.2 伝送回線の種類

テレコン装置に用いられる伝送路は電話回線を使用しているため、電話が発達しているわが国では、わりに安価に伝送路の提供が受けられる。以下にテレコンに用いられる伝送路を紹介する。

- (1) 日本電信電話(株)の専用回線、公衆回線
- (2) 私設通信ケーブル回線
- (3) 光ファイバケーブル回線
- (4) 無線回線
- (5) 電力線搬送回線
- (6) 通信線搬送回線
- (7) 配電線搬送回線
- (8) CATV回線

などが使われる。

適用にあたっては、それぞれの回線の特徴、性能、特性などを理解して使用する必要がある。

4 あとがき

電力システム向けテレコンシステムを中心にテレコン装

置の変遷を述べ、特にマイクロプロセッサの出現とコンピュータの高性能化による監視・制御の大規模化が進むなかで、テレコンシステムにおけるネットワーク技術の変遷について述べてきた。今後ますます通信技術の発達に伴う広域の高速通信技術が必要となってくる。また、発電所における保護・制御装置のデジタル化対応が加速されることが考えられる。テレコン装置の高機能、高性能、高信頼化への取組みはもとより、発電所、制御所、営業所、支店、給電所などを含むトータルシステムに取り組んでゆく所存である。

参考文献

- (1) 発電所遠方監視制御、電気協同研究会 (1981-9)
- (2) 発電所遠方監視制御 (III)、電気協同研究会 (1976-1)
- (3) 竹村健(ほか)：マイクロプロセッサ応用装置、富士時報、Vol.51, No.8, p.396-403 (1978)
- (4) 平尾富雄(ほか)：遠隔情報伝送技術の動向、富士時報、Vol.56, No.6, p.433-436 (1983)
- (5) 佐藤弘俊(ほか)：新形遠方監視制御装置 STC-1500/500、富士時報、Vol.64, No.3, p.200-204 (1991)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。