

制御通信部門におけるデジタル化の現状

情報システム部担当（前制御通信部長）

山崎 亨

1 はじめに

我々の身の回りにある物理量は、距離・質量・時間を始め電圧・電流・音声などすべてがアナログ量である。

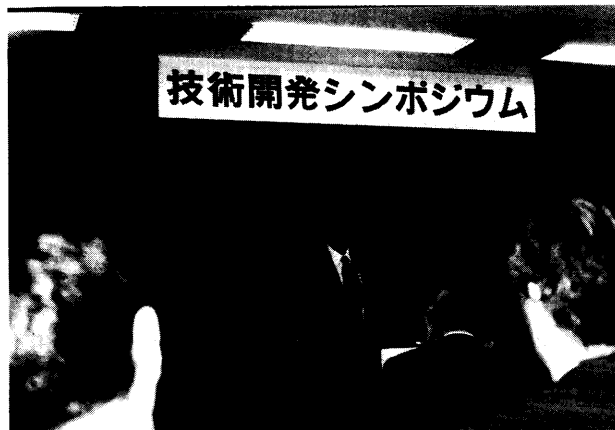
アナログ量の計測やコントロールあるいは伝送などは、従来、一般的にはアナログ処理が行われていた。例えば電力系統の保護リレーでは、電気を駆動力として円盤を回転させたり、電話のように音声振動を直接電気振動に変換して遠方へ送るような方式がとられていた。このような電氣的あるいは機械的なアナログ処理は、機構や回路が簡単であり信頼度の高いものを作ることができるという特徴があるが、半面、精度や複雑な処理には限界があった。従って、より以上の精度が求められる場合などには、デジタル化による計数処理を行うことになるが、一般にデジタル回路は、動作のステップ数がアナログ回路に比べてはるかに多く、部品点数が増えるために、かなり高価なものとされていた。しかし、昨今の技術革新は目覚ましく、この辺の事情は根底から大きく変わろうとしている。

半導体技術は、30数年前トランジスタが発明されて以来急速に進展し、世の中を大きく変えてきた。当初のトランジスタ単品の時代からIC（集積回路）、LSI（大規模集積回路）と進み、現在では一つの素材の中に60万個の素子を詰め込んだ超LSIが実用されるようになってきている。

第1表 半導体の素子数

品名	トランジスタ	IC	LSI	超LSI
素子数	1	10～ 1,000	1,000～ 100,000	100,000 以上

さらに、このような半導体技術をもとにしたコンピュータ技術の発達には、標準化されたハードを使用し、さまざまな動作をプログラムで実現するために、ごく安価に高度な処理を行うことが可能となった。アメリカにおいて弾道計算を行うために最初に開発されたコンピュータは、真空管2万本を使って体育館1個分の大きさがあったとい



われているが、今では数万円のマイコンでもこの程度の能力を持っている。身近なところでもマイコン内蔵の電化製品、カメラ、ミシン、デジタルレコード等々、枚挙にいとまがないほど氾濫している。

当社の設備においても、このような傾向は例外ではなく、従来のアナログ処理が優位であった分野にも取り入れられるようになってきた。これは単体としての高精度、経済化をはかること以外に記録、再生などのしやすさ、データ管理、運転の集中化、電力系統の総合的なコントロールなど、コンピュータによる各種処理システムに対して親和性が高いことによるものであり、高度なシステムには、データの収集から伝達、処理と一貫したデジタル化が求められている。

以下、当部門で実用化が図られている個別装置について報告する。

2 デジタルリレーの採用動向

電力系統保護リレーの登場は、電磁機械式リレーが米国で製作された1900年にまでさかのぼる。その後、1939年（昭和14年）にわが国でも製作されるようになり、変遷を経て今日に至っている。エレクトロニクス技術の導入は、拡大してきた系統の送電線を高信頼度で保護するために必要となってきた位相比較リレーの実現が電磁機械式では不可能なことから始まり、昭和31年に真空管式で登場した。その後、40年代以降のエレクトロニクスの発展により、半導体素子の信頼度が飛躍的に

向上し、全トランジスタ形リレーを初めとしてIC導入による高度な保護・制御理論に基づく静止形装置が用いられるようになってきた。これらは、ハードによる論理回路が主体となっていたため、より高度な保護・制御理論に対しては、装置の規模が大きくなること、高価となることなどから製作が困難であった。昭和40年代後半に入りデジタルコンピュータ（特にマイクロプロセッサ）の汎用化により、デジタルリレーの研究が急速に盛んになり、昭和50年代当初には、フィールドで使用されるようになった。

このデジタルリレーは、下記の特徴を有している。

(1) 高性能化

ソフトウェアによりリレー特性を決定するため従来のアナログリレーでは成し得なかった保護機能が実現でき、リレー性能の向上が図れる。

(2) 信頼度および保守性の向上

自動点検・監視機能の充実により、信頼度および保守性の向上が図れる。

(3) 経済性の向上

デジタル方式は現状では、若干高価であるが、技術の進歩が急速であることおよび同一のハードウェアでソフトウェアを変えることにより、各種リレーが作れることなどにより、量産が可能となるためコスト低減が期待できる。

(4) 装置の縮小化

複数のリレー要素を1台のCPUで処理できるため装置の縮小化が可能となる。

一方、このリレーは、採用後間もない新技術であるために、次の点に留意して適用してゆく必要がある。

(1) ブラックボックス化への対応

装置のブラックボックス範囲が大きいため、障害探査が困難で応急復旧が難しくなるのでメーカーの早期復旧体制の確立が必要である。

(2) 陳腐化対策

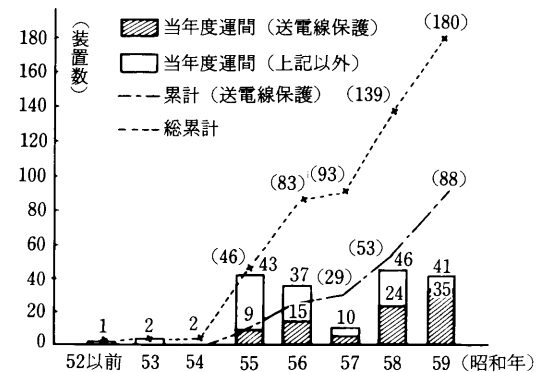
マイクロプロセッサなどの構成部品は技術進歩

技術革新がめざましいので、部品の陳腐化対策を十分検討しておく必要がある。

(3) シーケンス部ソフトウェア化への対応

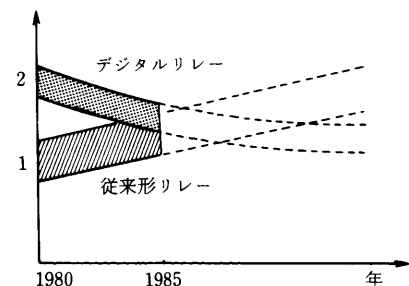
従来の保護制御装置のシーケンス部についてもソフトウェア化されるため、十分な確認が必要である。また、機能付加がソフトウェア変更で可能となるが、従来の使用実績から見ると付加機能の多い複雑なソフトウェアの障害が比較的多いことから、ソフトウェアの取扱いは慎重に行う必要がある。

このデジタル方式は、国内においては、55年頃から送電線保護リレーにも採用されるようになり急激に採用数が増加し、その後、第1図に示すように推移してきている。



第1図 デジタルリレーの設置年展開

また、デジタルリレーの経済性については、半導体価格、ソフトウェアの生産性の向上、システム構成内容、標準化の程度などで大幅に変わるため、予測が困難であるが、第2図のように装置によっては、従来形と同等程度が期待できるところまできている。



第2図 デジタルリレーの経済性予測

当社においては、昭和51年に北豊田(変)のSSCに始めて採用して以来、各種の装置にわたり設置数が増加し、現在、第2表に示す状況にある。保護継電装置は、昭和59年に77kV回線選択保護継電装置(1セット)と154kV後備保護距離継電装置(2セット)を採用した。

この使用状況を見て、現在整備作業中のデジタルリレー設置基準に基づき採用を拡大していく方針である。

第2表 当社デジタルリレーの設置状況 (60/3)

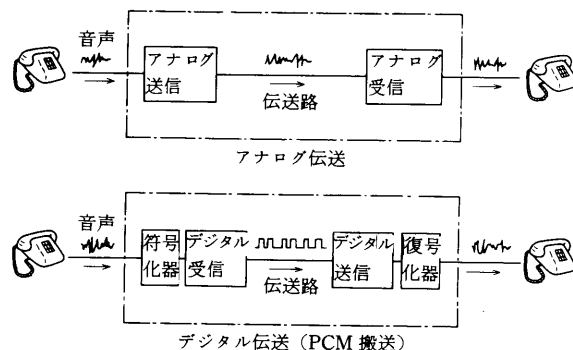
装置名	設置数
系統安定化装置(SSC)	6セット
同上用周波数継電器	38個
遠方監視制御装置	18セット(工務) 69セット(営業)
線路保護継電装置	3セット
変圧器用自動電圧調整継電器	10個

3 光ファイバによる基幹通信系の構成

情報伝送の分野では、NTTがINS構想として推進しているように、多様化した伝送ニーズに一元的に効率よく対処するためのデジタル化による新しい通信ネットワークの構築が課題となってきている。これは、伝送路をデジタル化することによって端末の情報を伝送系、交換系を通してデジタル信号のまま一貫して扱うことを目指すものである。

まず最初は、伝送路単体のデジタル化である。従来は、電話を中心に発展してきた経緯から、音波を電気振動に変換して増幅し遠隔地へ伝送するというアナログ伝送が主体となっていた。昭和40年頃から通信線搬送においては、音声波形を1秒間に8,000回の割合でサンプリングし、1サンプリングの電圧値を8ビットにデジタル変換して伝送する24通話路のPCM(Pulse Code Modulation)搬送装置が実用化され、当社でも、デジタル伝送の特徴である再生中継などの利点を生かして、昭和45年頃から通話路の多い数系統において採用されている。これが、デジタル伝送路として始めて

開発実用化された方式であり、現在の光ファイバによる本格的な長距離デジタル伝送路の基礎となっている。



第3図 アナログ伝送とデジタル伝送

最近の情報伝送の内容を見ると、コンピュータリゼーションの波にのってデータ通信の需要が大幅に伸びており、当社においても自動給電用や、設備総合自動化、オンラインシステムでのデータ通信など、いわゆる非電話系の情報が全体の60%以上を占めるようになってきている。これらは、いずれも情報自体はデジタル信号であるにもかかわらず、現在ではモデム(変復調装置)を介していったんアナログに変換して伝送している。

デジタル化の次のステップは、利用者設備(端末)で扱っているバイナリーな信号(0, 1の2値からなる信号)と伝送路のデジタル信号とを対応させて直接伝送しようとするものである。

この方法によると伝送容量は、5~20倍となり無駄のない伝送ができるほか、各種の情報を一元的に扱うことができる。

このような伝送系をデジタル統合網(ISDN: Integrated Service Digital Network)といい、デジタル伝送の最終目標となっている。

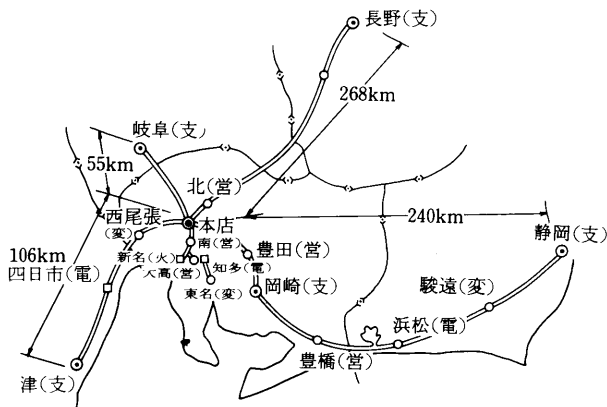
当社では、全社的なデジタル伝送路として、光ファイバによる基幹通信系の建設を昭和57年度より実施してきた。これは、将来のテレビ会議や災害・事故時の状況画像など画像伝送にも対処できるよう配慮されている。

第3表 光ファイバケーブル建設推移

年度	ルート完工支店・社	建設亘長	亘長累計
55		24km	24km
56		55	79
57	岡崎	54	133
58	津	69	202
59	静岡、岐阜、長野	553	755

建設に当たっては、本支店・社間という長距離区間となるため、使用するファイバは高性能なものとし(低損失高帯域)、中継箇所を極力少なくする設計とした。この結果最長50kmの無中継伝送が可能となった。また回線の停止はできるだけ少ないことが望ましいので送電線架空地線を利用する方式を採用した。

この理由は配電線添架方式では支障移設など突発的な工事に伴う回線停止が避けられないためで過去の実績によれば年間17回/100km程度の作業停止がある。よく整備されたルートを選定しても年間2.5回/100km程度は避けられない。これを本店~長野支店間に当てはめると年間約20時間程度の停止に相当する。



第4図 光通信設備の現状 (59年度末)

これに対し送電線架空地線では工事が計画的に実施されるため事前の対応が可能であり、工事に伴う回線停止は数年に1回/100km程度と思われる。

光ファイバについては、昭和55年に本店~北営

業所間に始めて導入して以来、59年度末現在で総亘長755kmに達しており、今後も通信回線のデジタル化に合わせて飛躍的な増大が予想される。

4 総合パケット交換網の拡大

デジタル信号の送受信を行うデータ通信は、初期の段階では、必要な箇所相互間で対向して行われるケースが多かった。しかし、最近のように情報の活用が進んで来ると、伝送需要の増大とともに、種々のシステム間で複数の相手と自由に通信をしたいという要求が高まってきたため、伝送回線の集約化ができ、しかも自由度の大きい交換システムの必要性が浮かび上がってきた。

このため当社では、伝送路のデジタル化と呼応してデジタルの特徴を生かした総合パケット交換網の構築を進めているが、その第一段階として58年度本店~岡崎支社間に試行導入し良好な運用結果が得られたので、今回全社拡大を計画した。

パケット交換網の全社拡大により、次の効果が期待できる。

- (1) 回線の集約化による増加抑制

68年度 約 4,300回線

- (2) データ通信の基盤として、今後の各種データサービスに対応

- (3) 当面の端末高速化 (2,400bps→9,600bps化) と複ルート化に対応

全社拡大は60年度に津支店、岐阜支店、61年度に静岡支店、長野支店、東部変電所を実施する予定である。拡大に当たって、パケット交換網の中心となる本店パケット交換装置 (PS) は、処理能力の大きい装置に増強する。なお、飯田支社については、63年度以降に計画している。

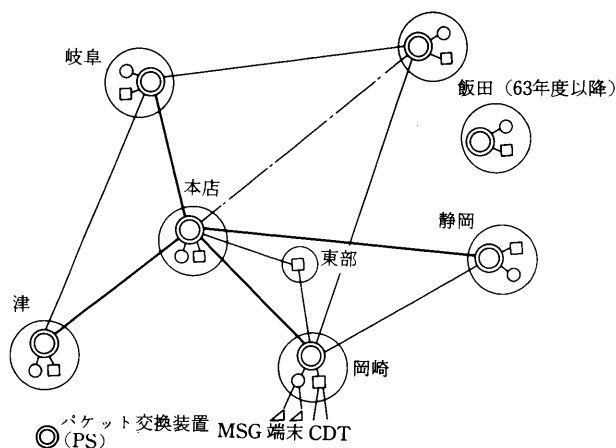
各支店・社には、パケット交換装置 (PS)、給電端末からのデータをパケットに組み立て、PSへ転送するCDT用パケット多重化装置 (CMX)、オンライン端末からのデータをパケットに組み立て、PSへ転送するメッセージ用多重化装置 (PMX) を設置する。また、東部変電所には、系統安定化用 CDTの回線合理化を図るためCMXを設置する。

各支店・社のPS間の伝送路は主としてCDT情報を伝送するマイクロ無線伝送路と、主にオンラインなどのメッセージ情報を伝送する光ファイバ伝送路から構成する。マイクロ伝送路は1グループ（12チャンネル分）を使用した64kb/s伝送、光ファイバ伝送路は、PCM 1チャンネルによる64kb/sのデジタルデータ伝送方式を採用している。

第4表 処理能力と処理時間

項目	PS	CMX
処理能力 (バスケット/秒)	600 (本店) 90 (支店)	50 (本店) 25 (支店) 15 (東部変)
処理時間 (90%値)	50ms以下	100ms 以下

ただしCPU使用率50%



第5図 総合パケット交換網の構成 (61年度末)

パケット交換網はデジタル処理による蓄積交換を行うため、遅延時間があるが、系統事故時のCB情報などを現行方式と同等時間に伝送するため、優先伝送方式を採用し、網内遅延時間を0.5秒以下とした。また、網の信頼度を確保するため、装置の二重化をするとともに、CMXを二つのPSに二重帰属している。

パケット交換網が対象とする情報は、自動給電システムなどのCDT情報、設備管理などのオンライン情報を始めとして、分散コンピュータやデータ集配信コンピュータの情報、各種コンピュー

タ間の情報、さらにLAN(Local Area Network)の加入を考慮しているが、全社拡大することによってパケット交換の特徴である高信頼度、高品質、高効率を十分発揮して、コンピュータネットワーク化の基盤となるようにしていきたい。

5 LANの導入

OAの進展につれて、事業場の構内においてもOA機器相互間の情報伝送が必要となってきた。このような要求を満たすためには、機器相互間にそれぞれ電線を張ることもできるが、配線が膨大となること、それを接続する機器側の受け口が多くなることから、これらを効率よく連繋するために各種のLANが開発実用化されている。LANの動作は、すべてデジタルの処理が行われており、時系列的に信号が処理される。加入している端末が通信をするときには、ある時間すなわちタイムスロットルが割り当てられることになり、この割当をうまくコントロールすることによって伝送と交換の両機能を実現している。

当社におけるLANの導入状況は、以下のとおりである。

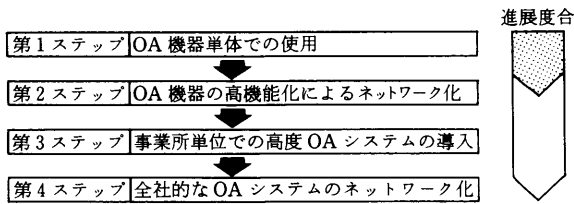
(1) 社内OAの動向とLAN

現在、社内OA化の第一歩としてパソコン、ワープロなどが職場内に浸透しOA機器としての地位を確立してきている。

第5表 パソコン・ワープロの導入台数 (累計)

年度	パソコン	ワープロ
58	80	24
59	153	46
60	303	106

OA化の将来動向は、こうした機器の普及と共にこれまで「単体」、「専用」で使用されていた機器の高機能化(通信機能の充実、複合機能化など)によるネットワーク化、さらには、業務処理の迅速化、情報の有効利用を目的とした高度なコンピュータ技術活用による高度OAシステム(電子メール、電子ファイル、ビデオテックスなど)の構築へと進むものと予想される。



第6図 OAの進展度合

当社におけるOAの進展度合は前述のように第1ステップがほぼ完了しネットワーク化検討の段階と考えられる。今後の第2、第3ステップへの展開において構内における情報通信網の構築は不可欠のものと考えられる。

このような構内（本・支店社などのビル内）における通信網としてLANが位置付けられており、次のような利点がある。

- ア 複数の通信で伝送路が共用できると共に、モデム（変復調装置）が省略できることにより経済的に伝送路の構成が可能となる。
- イ LAN内での高速、高品質伝送によりデータ、図形、音声等の各種情報を一元的に伝送できる。
- ウ 端末相互間の自由な接続などの機能を提供することにより、新たなOAシステム構築の基盤となる。

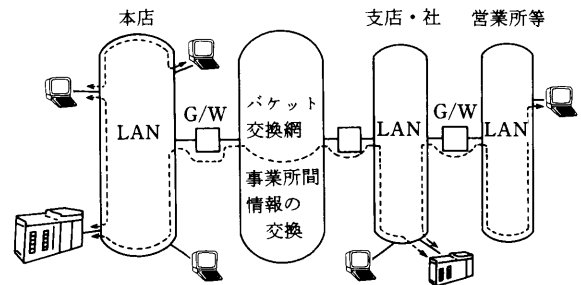
(2) 当社通信網におけるLANの位置付け

電力系統保護、運用情報およびOA関連情報を一元的に取扱う総合デジタルネットワーク構想におけるLANの位置づけは次のように考える。

- ・事業所内OA情報：LANにより伝送
- ・事業所間OA情報：異速度、異機種間通信が容易な総合パケット交換網によるLAN間接続による伝送

(3) LANに関する研究の概要

将来におけるOAシステムのネットワーク化に対応するため、主としてLANと広域網（パケット交換網）との接続技術検討を58年度より開始し、59年度実システムによる接続試験を実施した。



第7図 通信網におけるLANの位置付け

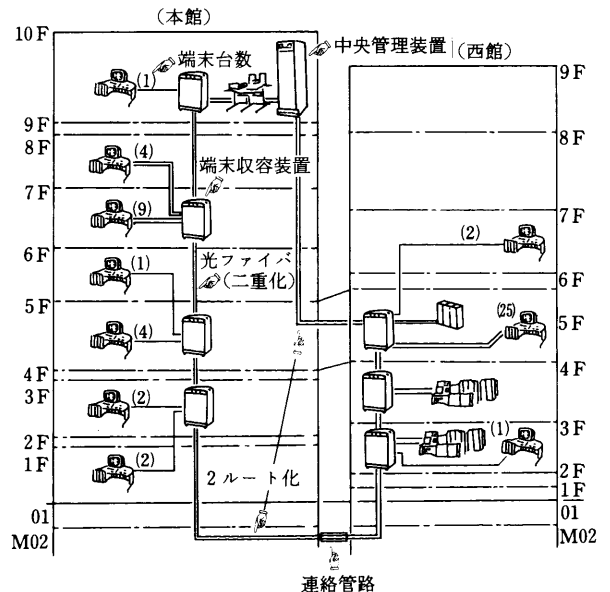
(4) 本店内LAN導入計画

昭和61年3月完工予定で本店内（本館、西館を含む）へのLAN導入を計画した。本システムは本店内端末用専用ケーブルの削減、本店内通信ルートの信頼性向上および高度OAシステムの基盤構築を目標とし、当面オンライン端末約50台を収容する。

計画システムの主要諸元は次のとおり。

- 伝送路 : 光ファイバ（二重化）
- 伝送速度 : 32Mbps
- 機能 : 固定接続（1：1接続）
交換接続（回線交換、パケット交換）

接続可能端末数：2,000台以上



第8図 本店内LANシステムの構成