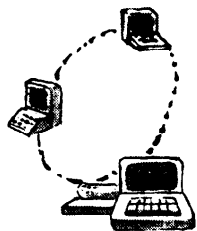


解説



通信網の変革と情報処理

デジタル統合網†

秋山 稔††

1. はじめに

電気通信網を取り巻く周囲条件は現在大幅に変化しつつある。技術的には LSI 電子回路やオプトエレクトロニクスの驚異的な進歩を背景とするデジタル通信、デジタル信号処理、情報処理、電子交換、光通信、衛星通信など、情報通信ネットワーク技術の発展は極めて急速である。また、社会活動の広域化に伴って通信トラヒックは今なお増加を続けている。音声、データ、画像など、通信サービスはますます多様化しつつある。通信と情報処理の結合によるデータ通信技術は、科学技術計算からファクトリオートメーション、オフィスオートメーションへと進展し、研究、生産、営業、行政、事務、そしていずれは将来のホームオートメーションに至るまで、あらゆる社会分野に浸透しつつある。情報通信ネットワークが果たすべき役割はこれからますます大きなものとなっていくであろう。

このような情報通信ネットワークを支える通信伝送システム、交換システム、端末装置、情報処理装置の共通の基盤をなすものがデジタル技術である。これらを有機的に結合したネットワーク体系がデジタル統合網といってもよいであろう。本文では電気通信という立場から、このデジタル統合網の現状とこれからの技術動向などについて考えてみることにする。

2. 統合網と総合網

デジタル多重化技術を応用した PCM 電子交換方式が提案されたのは今からおよそ 20 年前である。デジタル統合網 IDN (Integrated Digital Network) の発想はこのときすでに生れている。従来の空間分

割形交換方式では接点などの閉閉素子を空間的に配列したスイッチ回路網を用いており、電話などの通信情報はベースバンド領域においてスイッチングされていた。したがって PCM や FDM などの多重伝送回線を経て送られてきた情報は伝送端局を用いて交換のたびごとに一旦ベースバンドに落してからスイッチングし、再び変調多重化をくり返さなければならなかった。このために必要な伝送端局に要するコストは極めて大きく、しかも FDM はもとより、PCM などでも変復調のたびごとに量子化雑音が累積され、網構成上の立場からは伝送品質規格維持に対する制約上の問題も大きかった。これに対して、PCM 交換機では多重化された信号をそのまま交換機に引き込み、タイムスロットの入換えなどの技術によりスイッチングを行うことができる。変復調は発信局と着信局（あるいは発着両端末）だけで行えばよく、途中の中継交換局では従来の伝送端局機能は同期多重変換部を除けば一切不要になる。したがって、経済的で高い通信品質の通信網が実現可能になるのである。このように、伝送系と交換系をデジタル技術を共通の基盤として一体化し、経済的ですっきりとさせた通信網が当初いわれていたデジタル統合網である。すなわち、「統合」とは技術的の一体化を意味している。

昭和 40 年代はわが国電気通信の高度成長時代である。電話機の普及は 1,000 万台から 4,000 万台へと大きく伸長し、昭和 50 年代には全国自動ダイヤル接続も達成された。電話が各家庭にまで行き渡り、電話需要が飽和状態に近づくにつれ、新しい通信需要に対処するとともに、またより積極的な需要開拓の必要にせまられるようになってきた。この時代に提唱されたものが総合網 (Total Telecommunication Network) の構想である。これは電話だけでなく、データ通信、画像通信、移動体通信など、いろいろな通信サービスを総合的に電気通信網に取込んで新しい通信需要を開拓

† Integrated Digital Telecommunication Network by Minoru AKIYAMA (Department of Electrical Engineering, University of Tokyo).

†† 東京大学工学部電気工学科

しようという発想である。通信の分野ではこの2つの概念をはっきりさせるため、サービスの一体化を「総合」と呼び「統合」と区別することにしている。

以上のように、「統合網」と「総合網」とは全く異質の概念ではあるが、両者の間には密接なる関係がある。それはいずれもデジタル技術に負うところが大きいからである。音声、データ、画像のいずれの情報もデジタル化してしまえば1、0の符号の系列となる。その同期性にさえ注意を払っておきさえすれば同じ通信網で総合的に処理することが可能になるはずである。このように性格が異なる各種の通信トラヒックを同一ネットワークで一体的に処理する技術を多元トラヒック処理という。将来どのような通信サービスが何時発生するかは予測が困難である。その時になってあわててネットワーク作りを始めたのでは遅すぎる。むしろあらかじめ何でも通る透明性(Transparency)の高い通信網を作っておくべきではなかろうかというのが多元トラヒック処理の基本的発想である。これはデジタルであればやりやすい。恐らくデジタル統合網なしでは通信サービスの総合化は不可能に違いない。この両者を合わせ、通信サービスの総合化を目的としたデジタル統合網を厳密には総合サービスデジタル統合網 ISDN (Integrated Services Digital Network) という。現在、世界各国においてこの ISDN の実現に向けてのしがが削られている。ここでも、与えられたテーマ「デジタル統合網」をこのように広く解釈するものとする。

わが国で本格的なデータ通信サービスが開始されたのは昭和39年である。国鉄のみどりの窓口、金融機関におけるオンラインシステムなどはその代表例である。その後、この技術は製造会社の生産管理、受注販売管理、官庁における諸事務の集中管理などあるゆる分野に浸透していった。データ通信はいわば通信と情報処理の結合である。人間の情報交換手段は「話す、聞く、書く、読む」が基本である。機械間の情報交換をも含めると「データ伝達、記録、処理」がこれに加わる。ISDN に情報処理を加えれば、FA、OA、地域情報、金融情報、行政情報、医療情報、案内予約、情報検索、マスコミ、放送など、あらゆる社会分野にインパクトを与える情報通信ネットワークが構成できるようになるであろう。これが電電公社が提唱している高度情報通信システム INS (Information Network System) 構想である。現在、三鷹・武蔵野地区などにおいてモデル実験システムの建設が開始されている。

3. デジタル統合網の特徴

通信網構成という立場からデジタル統合網の特徴をまとめると以下ようになる。

(i) 安定で高品質の伝送特性

雑音や漏話などの外から受ける妨害に強く、高品質の通信が行える。伝送媒体に損失変動があってもレベル変動は起らないのでネットワーク設計が容易になる。また、再生中継ができるので長距離伝送も品質劣化なしに安定に実行することが可能である。

(ii) 多元トラヒック処理

ビットレートや適切なる多重化階層構成の選定により、音声、データ、画像などの各種情報を同一交換系、回線系を通じて多元一体的に伝達することが可能になり、透明性が高く、新通信需要に速応しやすい融通的なネットワークの実現が期待できる。

(iii) 通信網制御の融通性

デジタル統合網では情報の蓄積、変換や、信号処理あるいは高度な網制御も実行可能になる。したがって、誤り制御や確認制御などの伝送制御、同報通信や異種端末間通信などの通信制御、フロー制御や異常トラヒックに対する回線網再配置などの網制御など、いろいろな通信網制御が容易になり、ネットワーク運用上の融通性が向上する。

(iv) 伝送・交換・処理の統合化

デジタル技術を共通の基盤として、伝送、交換、通信制御、情報処理の技術的一体化が可能になる。これにより、系統的で、無用のインタフェース機能を排除したすっきりとした経済的なネットワークが構成しやすくなる。現在この線に沿い、世界各国において ISDN の開発が活発に進められている。

(v) 新しい通信網構成の可能性

安定な伝送特性から伝送品質維持のための制約条件、効率的な交換特性から接続品質維持のための制約条件などが大幅に緩和される。また適応制御技術により、トラヒック状態などの周囲条件の変化に適応した通信網制御も実行可能になる。デジタル統合化により経路選択上の制約条件が緩和され、信号伝達能力も高められるからである。したがって、多段中継、非階層分散形通信網などの新しい形態のネットワークや、可変通信網などの信頼性や融通性に重点を移した新しい通信網構成も考えやすくなる。

(vi) 情報処理システムとの適合性

デジタル統合網は情報処理センタ、データペー

ス、インテリジェント端末、各種制御機器など、情報処理システムとの適合性が高い。したがって、各種情報サービスを総合化した高度情報通信システムの基盤としての役割が期待できる。

(vi) 新技術との親和性

デジタル方式は最近急速に発展しつつある LSI 電子回路技術、デジタル信号処理技術、オプトエレクトロニクスなどの新技術に対する親和性が高い。したがって、将来より一層の発展が期待できる。

4. デジタル統合網の構成

図-1 は各種通信情報と伝送速度の関係を示したものである。これらすべての情報を一つのネットワークに総合化できればそれに越したことはない。しかしながら、例えば電話とその数百倍以上の周波数帯域をもった動画を一緒にしたとすると、1個の動画が入ると数百人の電話が締出されることになる。多元トラフィック処理の理論によれば、多種類のトラフィックを混合すると、一方では大群化効果により回線使用効率が向上する反面、他方ではあまり帯域幅が違い過ぎると端数出線効果によって却って能率が低下してしまう。多元化できる範囲は伝送速度比で数倍からせいぜい十数倍程度である。さらに、あまり性格が違うトラフィックを多元化すると、交換制御、スイッチサイズ、信号方式など、技術的にもいろいろの問題が発生する。

したがって、デジタル統合網は、加入者線、建物、伝送管路あるいは交換プロセッサなどの部分的な共用化はあるにせよ、実質上は3~4個のネットワークに分離せざるを得ないものと思われる。

このようにして考えると、将来のデジタル統合網のイメージとしては図-2 のようなネットワークが浮び上ってくる。これは基本的に3つのネットワークを想定したものである。第1は電話網を主体とした回線交換網である。当分の間は電話トラフィックが通信網の主役ということを考えれば、搬送速度(ペアラート)は $(64 \times n)$ kb/s として n を数分の一から十数倍程度に加減した多元トラフィック処理により、長保留時間のデータや静止画像などを総合化しようというものである。これを 64 キロビットネットワークという。第2がデータ通信網を主体としたパケット交換網である。パケット交換には多元トラフィック処理、伝送効率、伝送制御、通信制御、あるいは各種情報システムとの結合性など、回線交換では得がたい特徴があるのでこれを無視することはできないのであろう。いずれ

低速	中速	高速	超高速
数kb/s	数十kb/s	数百kb/s	数Mb/s 数十Mb/s以上
← 電 信	← 電 話	← 音 響 通 信	
← データ通信	← 高速データ通信		← テレビ電話
← 手書通信			
← ファクシミリ	← 高速ファクシミリ		
← 映像通信(文字図形)			← 動画映像通信
← 監視・制御	← 静止映像通信		

図-1 各種通信情報と伝送速度

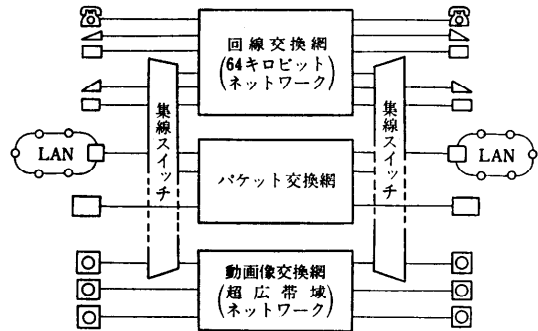


図-2 デジタル統合網のイメージ

遠い将来には、音声パケット通信の可能性も全くないわけではない。加入者系の有効利用のためには集線スイッチ系など、回線交換網とパケット交換網の部分的な統合化はありうるであろう。第3の動画サービスは動画画像交換網すなわち超広帯域ネットワークとして別網が構成されるものと考えられる。ここには磁気テープ伝送などの超高速データ伝送も多元化しうであろう。ただし、波長多重技術などを使って光ファイバ加入者線を他の網と共用するなど、部分統合は当然考えられるところである。以上は公衆通信網を想定したイメージであるが、さらにその下に LAN などの企業内・地域情報ネットワークが付加されることになる。

デジタル統合網が具備すべき基本条件は簡索性、透明性、拡張性、信頼性、適応性などであろう。これからの通信サービスの総合化のためには多元トラフィック処理に対する透明性、将来の発展性のためには拡張性、高度情報化社会のインフラストラクチャとしての

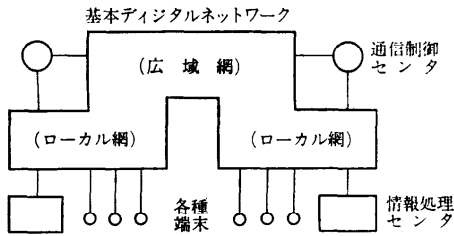


図-3 デジタル統合網構成の一案

信頼性、トラフィック条件や周囲条件の変化に追従できる適応性などが重要である。これからの通信サービスはますます多様化し、システムは複雑化していくであろう。この複雑多様化に耐えるためにはネットワークそのものはなるべく簡素で分かりやすい構成にしておかなければならない。これによって同時に信頼性や拡張性も保証されるであろう。

このようにシンプルで分かりやすいネットワークの構成法として、通信網の機能分離が考えられる。図-3はその一案である。すなわち、通信網の機能を、基本デジタルネットワーク、通信制御センタ、情報処理センタなどに機能分散し、これらはなるべくゆるい結合状態に配置しようという発想である。機能分離を行えば個々の機能は単純になる。機能変更も部分的となってやりやすくなるであろう。

通信網機能をいかに分離し、配分するかについては慎重なる検討を要するであろうが、例えば基本デジタルネットワークには情報伝送機能、基本交換機能、多元トラフィック処理機能、誤り制御やフロー制御などの伝送制御機能、障害処理や異常トラフィック処理などの網制御や管理機能など、接続転送を主体とした機能だけに止め、できるだけ簡素で信頼性の高い構成とすべきであろう。画像帯域圧縮、同報通信、異種端末間通信、網間接続等の通信制御機能は付属装置としてなるべくネットワークからゆるい結合状態に切り離し、通信制御センタとして独立させた方がよいであろう。データ処理、情報検索、案内サービス、放送サービスなどの情報処理機能はむしろネットワークからは完全に切り離し、一般端末レベルで網の外部に配置すべきではなからうか。多少の効率低下はありうるにしても、情報処理センタがネットワークの中心に置かれるべき必然性は必ずしもないと思われる。それよりはむしろ将来に対する発展性や新サービス導入に対する融通性を重視すべきであろう。

5. 通信網構成上の諸問題と可能性

デジタル統合網を構成するには、技術基準の見直し、通信規約の標準化、伝送、交換、端末技術の動向など、各種の技術的諸問題を総合的に考え直してみる必要があるであろう。

(1) ネットワーク設計上の技術基準

ネットワーク設計上の基礎となるものに伝送基準、接続基準、安定基準などの技術基準がある。従来のアナログ網を対象にして作られた技術基準は、デジタル化によって大幅に変更を余儀なくされることになるはずである。

伝送基準は、距離やネットワーク構成条件いかににかかわらず、いかなる通信端末間に対しても所定の通信品質を維持させるために定められた設計基準である。従来のアナログ網では周波数特性、伝送損失、雑音、漏話、鳴音、レベル変動などの伝送品質劣化要因をネットワーク内のどこにどう配分するかが重要な検討課題であった。デジタル化されるとこの品質劣化要因は根本的に変わってしまう。例えば図-4は端末・端末間を交換・伝送系を通してすべてデジタル化した場合(これをデジタル1リンク方式という)の伝送品質劣化要因を示したものであるが、基本的には端末設計で特性が定まり、ネットワークとしてはパルスを正確に伝送さえすればよいことになり、ネットワーク設計上の制約条件は大幅に緩和される。ただし、デジタル統合網ではサービスが多元複合化されるので、例えば同じパルス伝送誤り率でも個々のサービスに与える影響は異なることに注意しなければならない。そのため、誤り率の時間率、% EFS (Percent Error-Free Second) など新しい尺度の評価基準を定

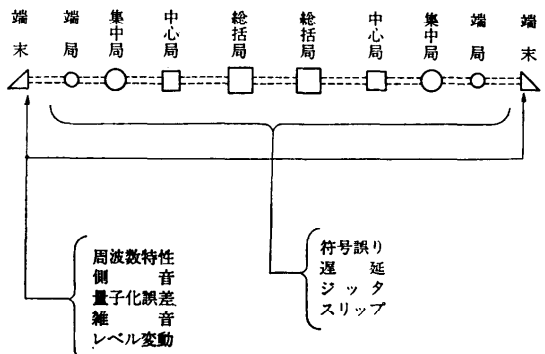


図-4 デジタル統合網の伝送品質劣化要因

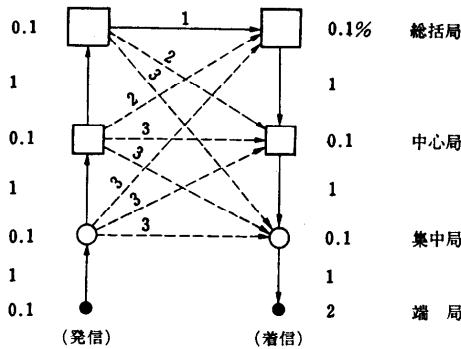


図-5 電話網の呼損率配分 (現状)

表-1 電話網の安定品質規格 (現状)

区分	種別	測度	規格値
加入者系安定品質	加入者系	故障率	1.5×10^{-3}
接続系安定品質	平常障害に対する	市内通話	不稼働率 2×10^{-3}
		市外通話	" 6×10^{-3}
	異常障害に対する	市内通話	" 5×10^{-4}
		市外通話	" 1×10^{-3}

める必要がでてくる。また、多段中継系ではデジタル交換の時間スイッチによる遅延や網同期におけるジッタやスリップなど、新たな問題が発生する可能性もある。

接続基準は交換接続上の品質維持に関する設計基準である。例えば 図-5 は現在のわが国公衆電話網の呼損率配分法を示したものである。しかしデジタル統合網では前提条件がかなり違ったものになるであろう。各種通信サービスの要求条件は何か、多元トラヒック処理にいかに対応させるか、時間スイッチの低価格化による交換接続のノンブロッキング化をいかに推進するか等々である。これに対してはまだ明確な解答は出されていない。

安定基準はネットワークの信頼性維持に関する設計基準である。信頼性の尺度には対象により故障率や不稼働率などが用いられ、技術とコストの兼ね合いで定められているのが現状である。表-1 はその一例である。高度情報化社会のインフラストラクチャとしての通信網の社会的責任の増大、網制御技術の進歩による網信頼性の向上、電子部品の進歩による装置信頼性の向上など、周囲条件は大幅に変わりつつある。通信サービス多様化に伴って端末機能は高度化し、また通信制御センタや情報処理センタの役割も増大しつつある。光通信、国内衛星通信などの新技術も導入されてきて

いる。これらを総合化したトータルシステムとしてのデジタル統合網の安定基準はいかにあるべきか。これは一朝にして答が出るものではなく、今後ステップバイステップに解決していかなければならない問題である。

(2) ネットワークの構成

ネットワークのトポロジカルな形態はいかにあるべきか、それをいかに制御すべきか、ということが回線網構成上の問題である。これは規模や対象により若干異なり、公衆網とローカルエリアネットワークとは多少考え方も変わってくる。

現在の公衆電話網は端局、集中局、中心局、総括局の4階層網であり、星状回線網を骨子とする基幹回線網と網状回線網の考えともいえる斜回線を組合せた複合回線網により構成されている。回線網の形態は、基本的には加入者の分布、トラヒック量、伝送系と交換系のコスト比などにより定められる。トラヒック量が少ない場合や伝送コストが高い場合には、中継交換機を多数導入してトラヒックの大群化効果をねらう必要がある。伝送コストが安ければ、多少伝送効率は下っても階層数を減らして交換機を節約した方がよい。

電話トラヒックが通信トラヒックの主体である限りにおいては、当面の間、公衆通信網の形態が現状から大幅に変わることはないであろう。ただし、トラヒックの増大、高速デジタル技術の進歩による伝送コストの低減とともに、階層数は4階層から3階層へと、より分散化の方向に向うものと思われる。しかし長期的にみれば、大容量光ファイバ幹線網や衛星通信網の活用、共通線信号網や全国のトラヒック状態を集中管理するデータベース制御網、障害や異常トラヒックに対処する可変通信網、加入者線光ファイバ化に伴う通信・放送統合網など、いろいろな新しいネットワーク構成の可能性も考えられないわけではない。例えば図-6 はその一例である。

ローカルエリアネットワーク LAN にはまだ明確な定義はなく、人によりイメージは少しずつ違っているようである。最も狭い解釈は、バスやリング状のネットワークに端末や計算機を分散接続したいわば「データハイウェイ形通信網」を意味しているようである。これに対して最も広い解釈は「閉域ネットワーク」であり、これには地域的に閉ざされた通信網のみならず、ユーザや情報処理の対象などが専用的用途に閉ざされているものというように、かなり広い範囲の通信網を包含している。しかし一般的には、LAN と

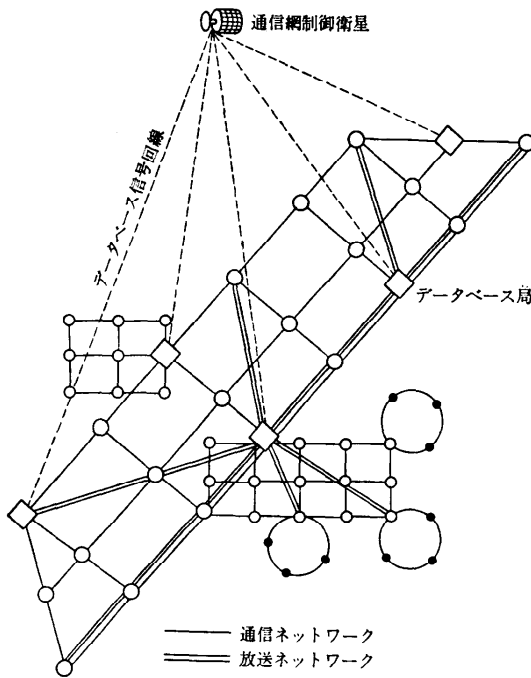


図-6 新しい通信網構成の可能性

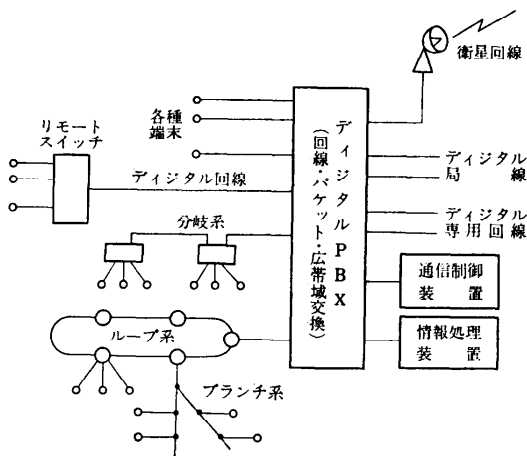


図-7 ローカルエリアネットワークのイメージ

は地域的に範囲が限られ、しかもある程度の独立性をもった「企業内・地域情報ネットワーク」を指すものと解釈するのが常識的であろう。デジタル交換技術の進歩により、構内用交換機 PBX では回線交換、蓄積交換、広帯域交換、通信制御、情報処理を総括した集中的総合サービスが行いやすい。これに対して狭義

の LAN には回線布設の簡易性やバースト情報の高速転送などのメリットがある。両者は決して相対立するものではなく、総合サービスデジタル統合網を下側から支えるものとして互いに補間し合うべきものと思われる。図-7 はこのような考えから画いたローカルエリアネットワークの1つのイメージである。

(3) 国内衛星通信網

デジタル技術は地上のみならず宇宙にまで発展しつつある。多数のスポットビームを用いて周波数の有効利用を図り、通信衛星に搭載したデジタル交換装置によりビーム間接続を実行する時分割多元接続衛星交換 (SS-TDMA) 方式によるデジタル通信網の研究も始まっている。限られた電波の有効利用の観点からは、衛星通信は究極的には移動体通信、異常時に備えるバックアップ通信、離島・僻地通信を優先に確保さるべきものであろう。しかしながら衛星通信には放送性やネットワーク構成の融通性など、地上網とは違ったすぐれた特徴がある。したがって、地上通信網が確立される前の過渡期において、早期新通信サービスの導入を目的とする衛星通信の活用には多くの可能性が秘められている。ただし、究極状態、過渡状態両面における衛星の利用法、過渡状態から究極状態への移行法に対しては十分なる対策を立てておく必要がある。目先の利益にとらわれて、限られた共有資源である電波の虫食いを許すことがあっては将来に禍根を残すことにもなりかねない。

(4) 通信・放送統合網

デジタル統合網には 64 キロビットネットワークのほかに超広帯域動画像ネットワーク構成という重要課題がある。現在の周波数帯域幅 4 kHz の電話中心時代から脱皮して通信網の一大飛躍を図るためには、数～数 10 MHz 帯域の動画像サービスの導入が不可欠である。光通信技術の進歩によりその技術的基盤は整いつつある。加入者線光ファイバ化の開発はすでに始められている。光交換もいずれは実現されるであろう。このような動画像ネットワークが構築されれば、通信網の形態、運用法、利用法は大幅に変っていくに違いない。地域映像情報ネットワーク、オフィスオートメーション、在宅勤務、マスコミュニケーション等、社会経済システムに与えるインパクトは計り知れないものとなるであろう。

動画像ネットワーク構成の前提条件は通信需要の開拓である。それはテレビ電話やテレビ会議などの単なる通信のみでは不十分であり、映像サービスを一般大

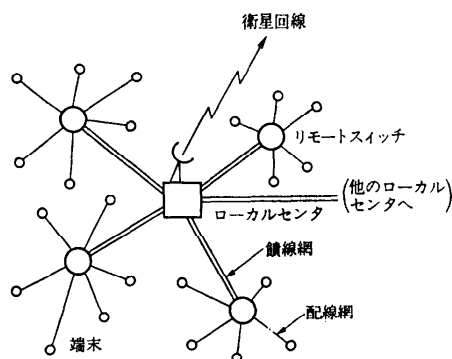


図-8 通信・放送統合網のイメージ

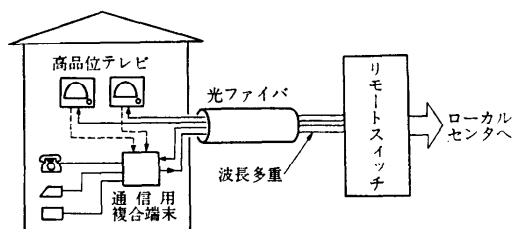


図-9 通信・放送統合網における加入者系の構成

衆にまで浸透させる必要がある。その鍵となるのが放送サービスではなからうか。それも単に現状のテレビ相当のものではなく、例えば高品位100チャンネルテレビなどの新機軸を打ち出す必要がある。現に欧米においてはCATVがかなり普及しており、高品位ではないにしても多チャンネルシステムの開発も進められている。放送サービスを主体とした通信網を光ファイバネットワークで実現し、これに一般通信も相乗りさせよ

うというのが通信・放送統合網の基本的発想である。

通信・放送統合網のローカルエリアネットワークの形態としては、総合コスト比較の試算から、ローカルセンタ（市内交換局）から映像情報を供給する饋線網と、それを各家庭に分配する配線網を分離し、光交換技術を導入した2,000~3,000端末を収容するリモートスイッチにより画像選択を行わせる2階層の星状・星状回線網が適当かと思われる。コスト上はループ化によるメリットは少なく、光信号の分岐挿入の問題、多様なサービスを扱う通信情報の交換の問題、信頼性の問題、拡張改変に対する融通性の問題、ネットワークの簡素化の問題などを考えれば、最も単純な星状・星状回線網をとるのが素直な解決策といえるであろう。端末の簡易化の点からは、サービス内容により異なる波長の光を割当てる波長多重による多元トラヒック処理技術の活用が望ましい。ローカルセンタ間の接続には、例えば衛星通信網などが活用できるであろう。図-8にネットワーク構成、図-9に加入者系の構成の一案を示しておく。

6. むすび

本文ではこれからの発展が期待されているデジタル統合網の技術動向をネットワーク構成という立場から検討した。紙面の都合上触れられなかったが、これ以外にも、システムの標準化、通信規約、番号計画、セキュリティ対策、既存網との両立性や移行の問題など、ネットワークに直接関連するものだけでもこれから解決していかなければならない問題が山積されている。

(昭和58年5月17日受付)

