

21世紀に向けたデジタル電気通信網の動向

Evolving Digital Telecommunications Network toward the 21st Century

電気通信網のデジタル化は、通信品質の改善、利用面の柔軟性の拡大といった、電気通信網に対する社会の要請にこたえる最適手段として発展してきた。アナログ電話網のデジタル化の完成時期が近づいた現在では、次の目標として高速化が明確に設定されている。広帯域ISDN(B-ISDN: Broadband ISDN)がそれである。コンピュータネットワークの分野で実用化された高速のLANと合わせて、1990年代には高速電気通信網が発展する。日立製作所はこうした動向を踏まえて、広範囲にわたる機器およびシステムを提供している。

都丸敬介* Keisuke Tomaru

平井浩二** Kōji Hirai

加藤孝雄*** Takao Katō

1 緒 言

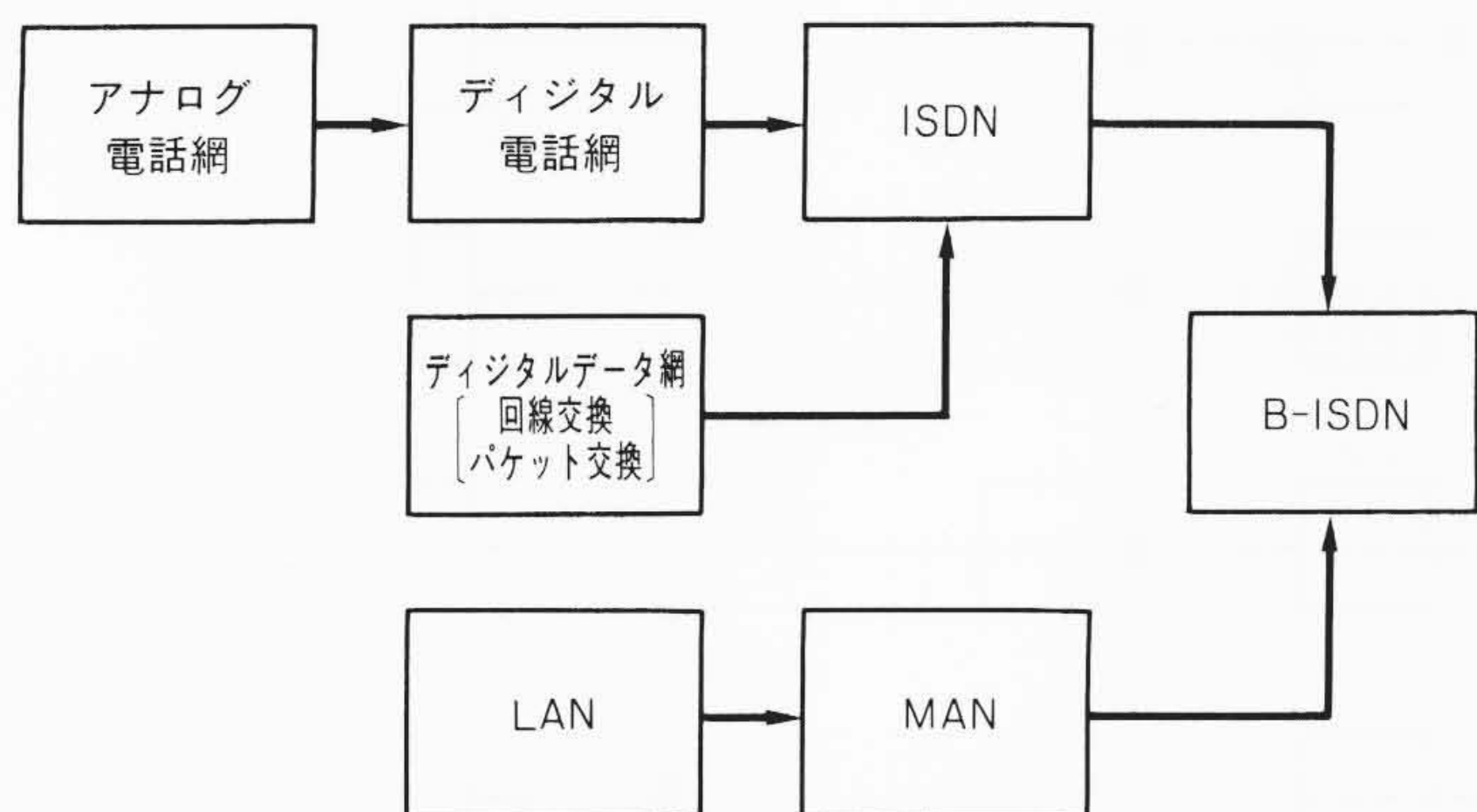
電気通信網の理想として提唱されたISDN(Integrated Services Digital Network: サービス総合デジタル網)ということばの中にも明示されているように、「デジタル」は現代の電気通信の最も重要なキーワードである。デジタルに對置する語は「アナログ」である。電気通信網のデジタル化とは、アナログ技術を用いた電気通信網からの変化を意味する。この変化は、最大の電気通信網である電話交換網を対象として1960年代に始まった。これは、ISDNの概念が生まれた1970年代初期よりも前のことである。

図1に示すように、電話網のデジタル化に並行して、1970年代からは、コンピュータネットワークのための高速通信網として、デジタルデータ網およびLAN(構内情報通信網)が

発達した。こうした電気通信網の多様化と並存は利用者に多くの便宜をもたらしたが、一方では設備投資の重複化、運用・保守の複雑化など新たな問題をもたらした。

ISDNは電話網とデジタルデータ網とを統合しており、次の世代の主流技術と目されている広帯域ISDN(B-ISDN: Broadband ISDN)は、LANあるいはその発展形態として位置づけられるMAN(Metropolitan Area Network: 都市域網)と連携する。

本稿では、ISDNを中心とする近代的な電気通信網の実現技術の特集号の導入部として、電気通信網の動向と構成機器の位置づけについて説明する。日立製作所は、こうした電気通信網の発展の構図を踏まえて、電気通信事業者の通信機器および企業などが構築する私設ネットワークシステムを全面的に提供している。



注：略語説明 ISDN(Integrated Services Digital Network: サービス総合デジタル網), B-ISDN(Broadband ISDN)
MAN(Metropolitan Area Network: 都市域網)

図1 電気通信網の発展動向 電気通信網は、デジタル技術によって統合化が進む。

2 デジタル電気通信網の動向

2.1 電話交換網のデジタル化の過程

電気通信網で運ぶ電気信号を、信号発生源での形に着目すると、表1に示すようにアナログ信号とデジタル信号に分けられる。

電話網の基本的な使命は、アナログ音声信号の波形を電話機から電話機までできるだけ忠実に伝達することと、受信側の信号レベルを一定の範囲内に安定に保つことである。このために、アナログ伝送システムよりも音声品質の劣化が小さく、しかも受信信号レベルの安定性が良いデジタル伝送システムが開発されて、1960年代から電話網の中継回線あるいは基幹回線に導入された。デジタル伝送システムに続いて、

* 日立製作所 情報事業本部

** 日立製作所 情報通信システム事業部

*** 日立製作所 戸塚工場

表1 信号発生源での電気信号の性質 電気通信網で運ぶ信号を発生源でみると、アナログ信号とデジタル信号があり、それぞれに異なる性質のものがある。

分 類	例	性 質
アナログ・連続信号	音 声	電話：300 Hz～3.4 kHz 音楽：20 Hz～20 kHz
	映像(動画)	標準テレビジョン：4 MHz ハイビジョン：30 MHz
デジタル・断続信号	静 止 画 (ファクシミリを含む。)	数百キロ～数十メガビット/ページ
	文字データ	数百～数十キロビット/ページ
	画像データ	数百キロ～数十メガビット/s

1970年代にはデジタル交換機が実用化された。
電話網のデジタル化は、図2に示すように段階的な過程を経て進んでいる。
交換機および中継回線のすべてがデジタル化されると、図2(e)に示すようになるが、現時点では日本および世界各国の電話網の100%デジタル化が完了していないので、同図(c)～(e)のようないろいろな形態が混在している。

2.2 ISDNの実現

ISDNの最大の特徴は、加入者線にデジタル伝送技術を導入したことである。音声信号をA-D変換するコーデックは電

話機の中に組み込まれて、端末から端末まで、デジタル符号化された音声信号が伝送される。このときの伝送速度はISDNのBチャネルの伝送速度である64 kビット/sが標準的である。ISDNでは端末から端末までデジタル接続できるので、音声信号以外の画像通信やデータ通信の信号の高速伝送にも適している。

3 通信網の高速化

電話網のデジタル化およびISDNの実現によって、利用者と通信網とのインタフェース、すなわちユーザ・網インタフェース(UNI：User Network Interface)の伝送速度が64 kビット/s(ISDNのBチャネル)ないし1.5 Mビット/s(ISDNのH₁₁チャネル)に拡大した。しかし、この伝送速度はコンピュータの利用のためのデータ通信および画像通信のためには十分に速いとは言えない。

3.1 高速通信の必要性

コンピュータの分野では、画像あるいは図形情報を扱う応用が急速に拡大している。高精細のカラーグラフィックディスプレイ端末の1画面のデータ量は、10 Mビットのオーダーに達している。対話形のコンピュータ利用で、このような大量のデータを端末とコンピュータの間で授受することを考え

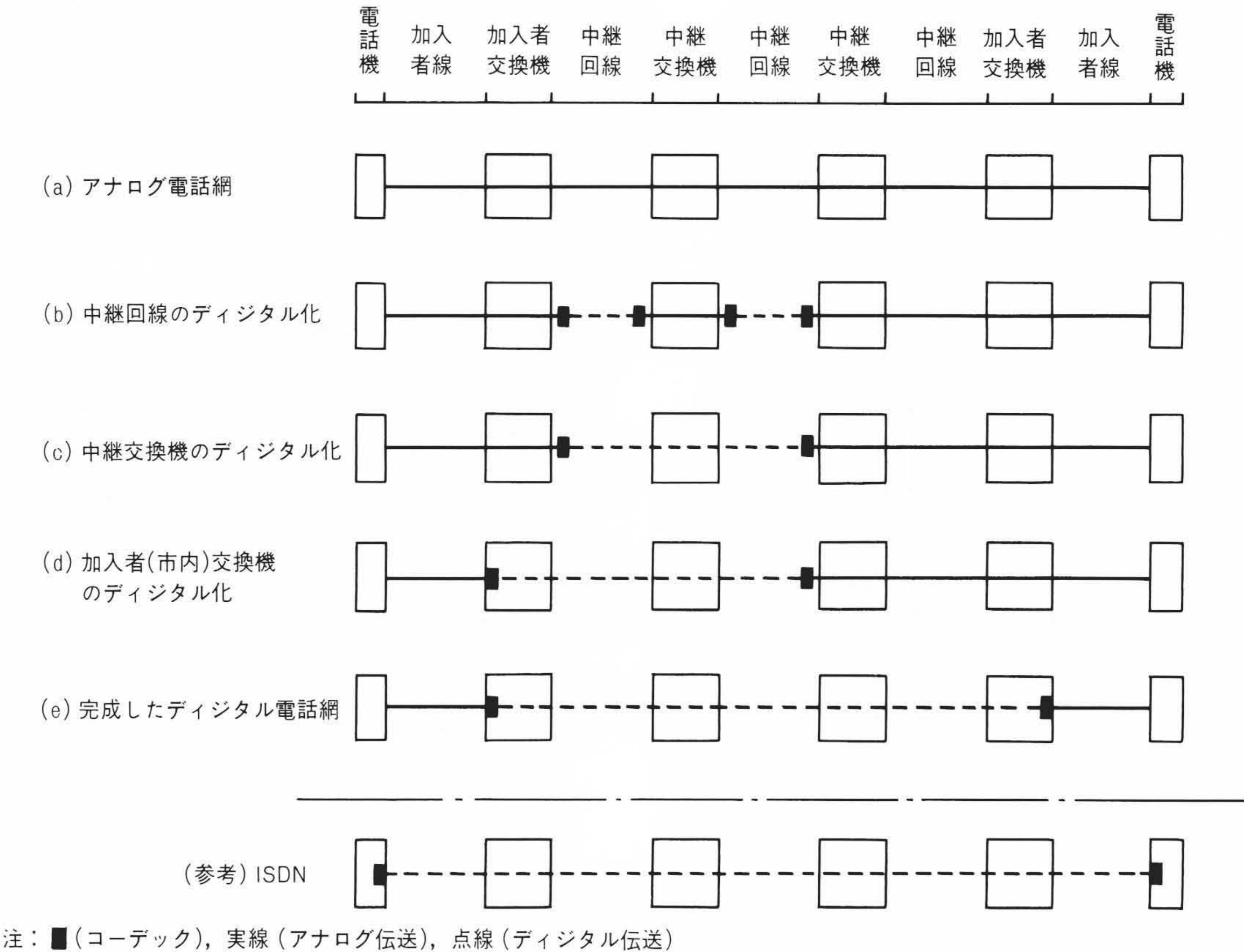


図2 電話網のデジタル化の過程 電話網のデジタル化は段階的に進む。現在はアナログとデジタルとが混在している。

てみる。仕事を能率よく実行するためには、1画面のデータを1秒程度の短い時間で表示することが望ましい。10 Mビットのデータを1秒で送るには、ユーザ・網インタフェースの伝送速度が10 Mビット/s以上でなければならない¹⁾。

ファクシミリをはじめとする画像通信についても、伝送速度の高速化が望まれる²⁾。画像品質をデータ量との関係で定性的に示しているのが図3である。画像品質が良いハイビジョンが、テレビジョン放送だけでなく多くの産業分野で応用されるように、画像品質の改善はコンピュータ利用および画像通信の利用分野を拡大する。ただし、このためには高速通信網が不可欠である。

3.2 伝送のモード

先の表1に示したように、信号発生源でみた電気通信の信号の形には、連続的なものと断続的なものとがある。連続的な信号の代表である電話の場合には、通信をする端末の間に電話信号の帯域幅あるいは伝送速度に見合った伝送特性の通信路(チャンネル)を設定して、通信が終了するまでその通信路を占有するのが従来の基本的な形である。

送信する信号が断続的に発生するデータ通信や画像通信では、送信信号が発生したときだけに通信回線を使うことにして、通信回線の使用能率を良くすることができる。このような通信システムの一つがパケット交換方式である。

データ通信や画像通信の信号は、それが発生したときに直ちに送信せずに、ある程度ためてからまとめて送っても差し支えないことが多い。このように、信号をまとめて伝送することを「バースト伝送」と言う。バースト伝送では、図4に示すように、信号源での送信信号の発生速度とは異なる伝送速度で伝送できる。

高速回線を使うと、信号源では連続的に発生する信号を断

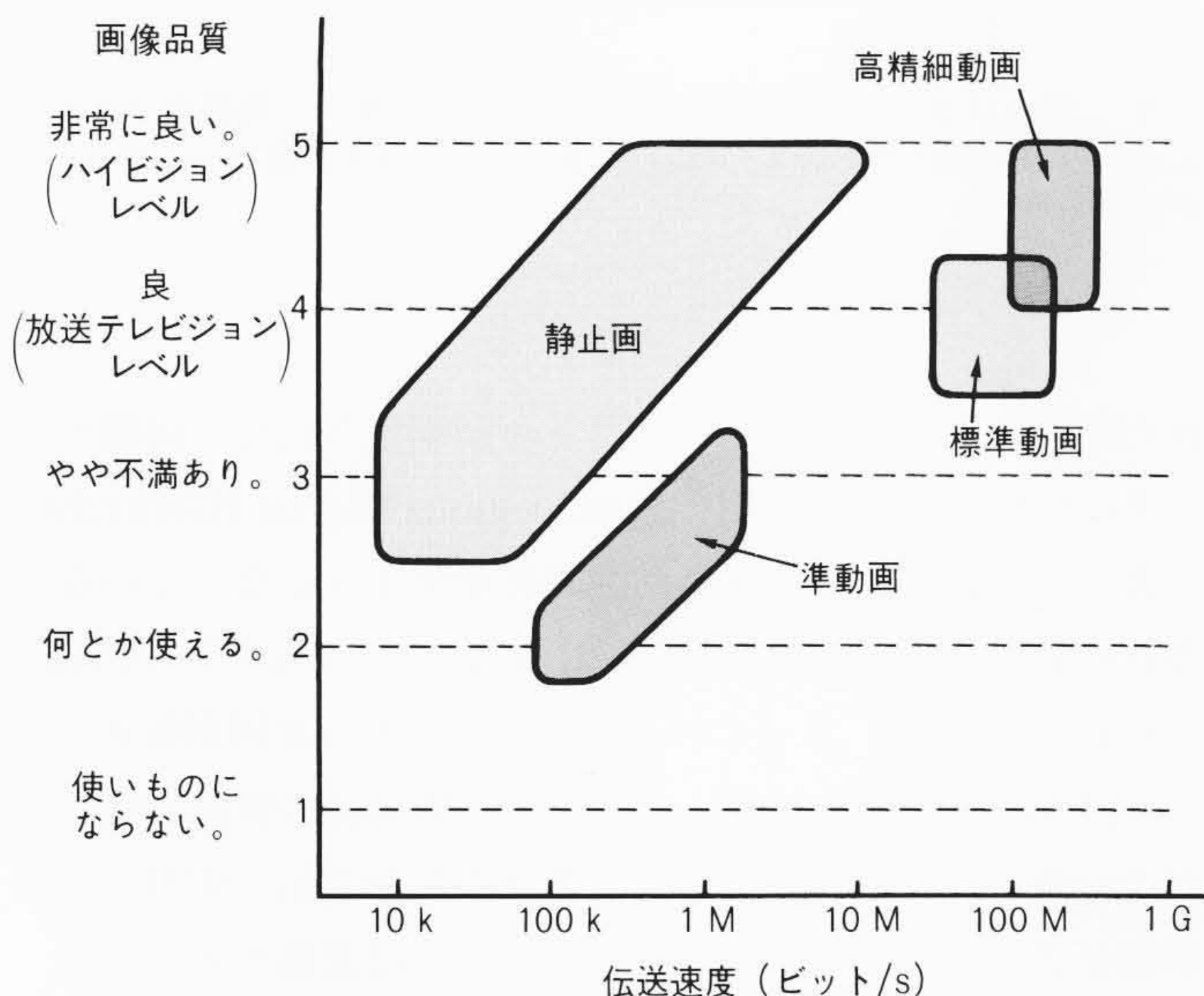


図3 伝送速度と画像品質の関係 良好な画像品質を得るためには、非常に高速の伝送が必要である。

続的にバースト伝送できる。図5に示すように、送信側では連続信号を一定の時間間隔で区切って、一つの区切りに含まれる信号の伝送時間を圧縮して短時間で送り、受信側で再び連続信号に戻せばよい。

連続的に発生するアナログ信号を断続的にバースト伝送できるということは、同じ伝送技術を使って、音声通信、データ通信および画像通信の信号を、同一回線上で多重化して伝送できることを意味する。

B-ISDNでは、図6に示すような「セル」と呼ぶ単純な構造の一種のパケットを通信の信号を運ぶ容器として使う。そして、1秒間に使うセルの数を変えることによって、一つの通信の伝送速度を可變的に設定できる。したがって、現在のISDNのユーザ・網インタフェースのように、個々のチャンネルの伝送速度を固定的に設定する方式と比較してきわめて柔軟

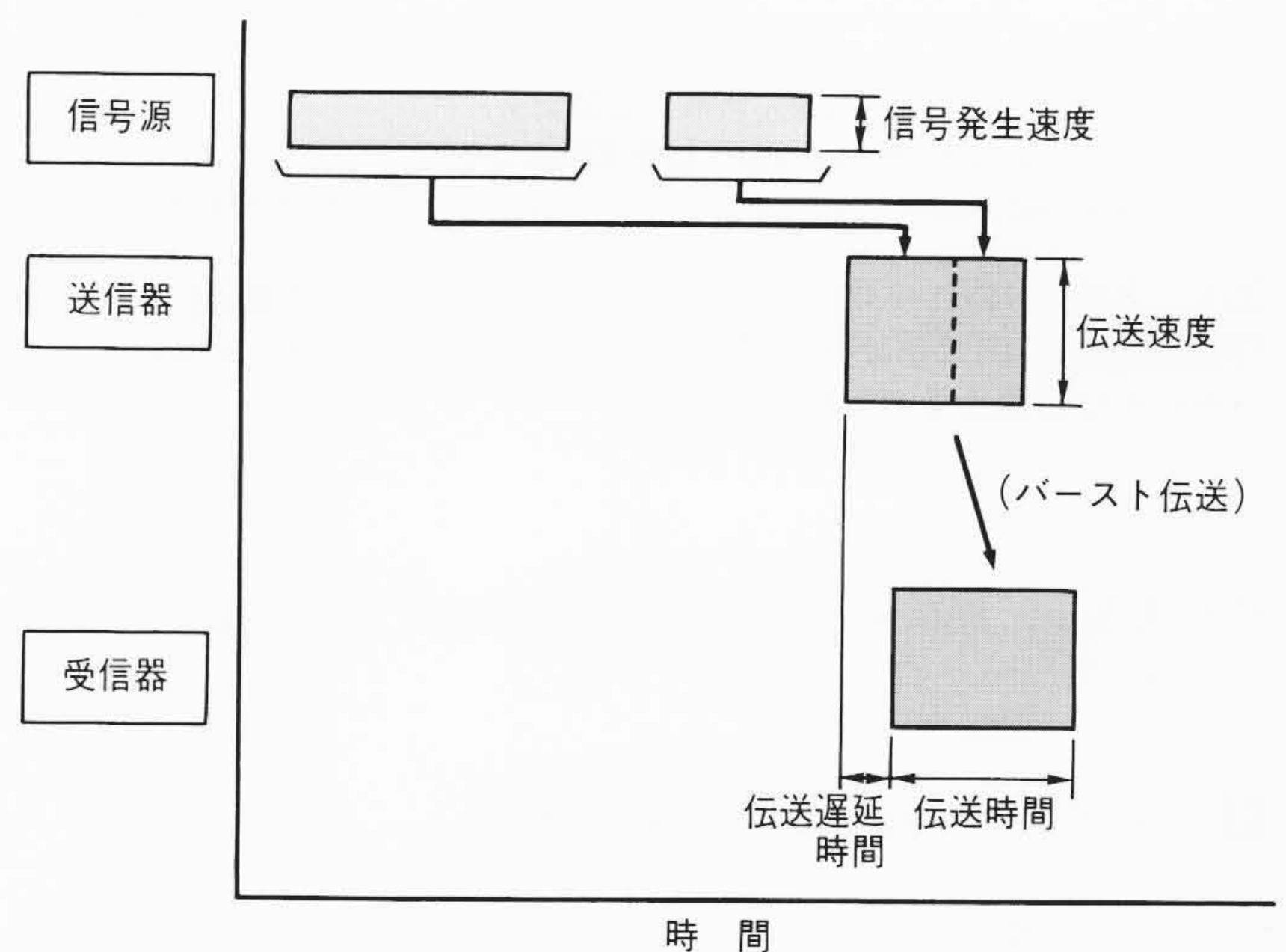


図4 断続的に発生する信号のバースト伝送 断続的に発生する信号をまとめて伝送することによって、通信回線の使用効率を改善できる。

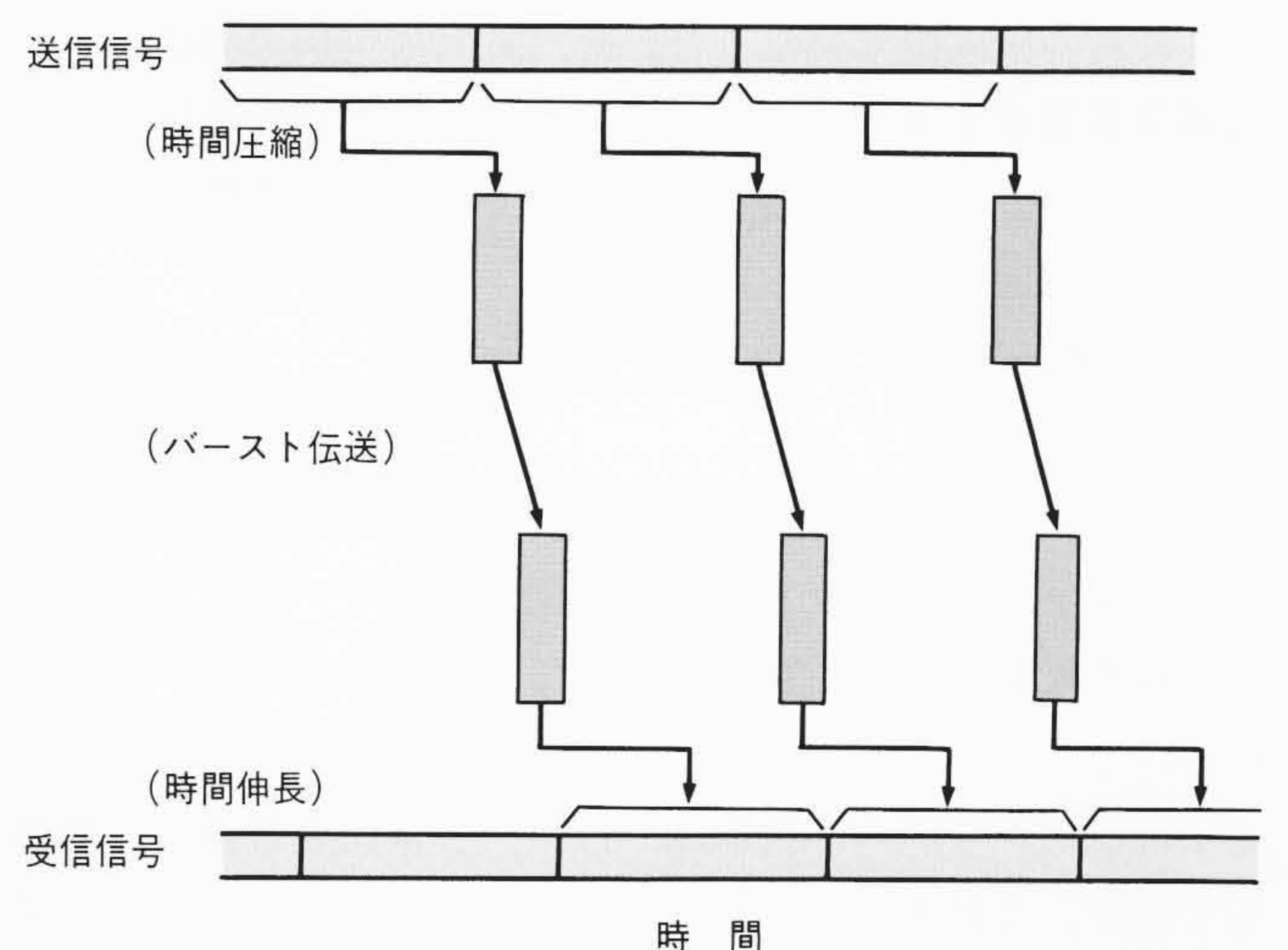
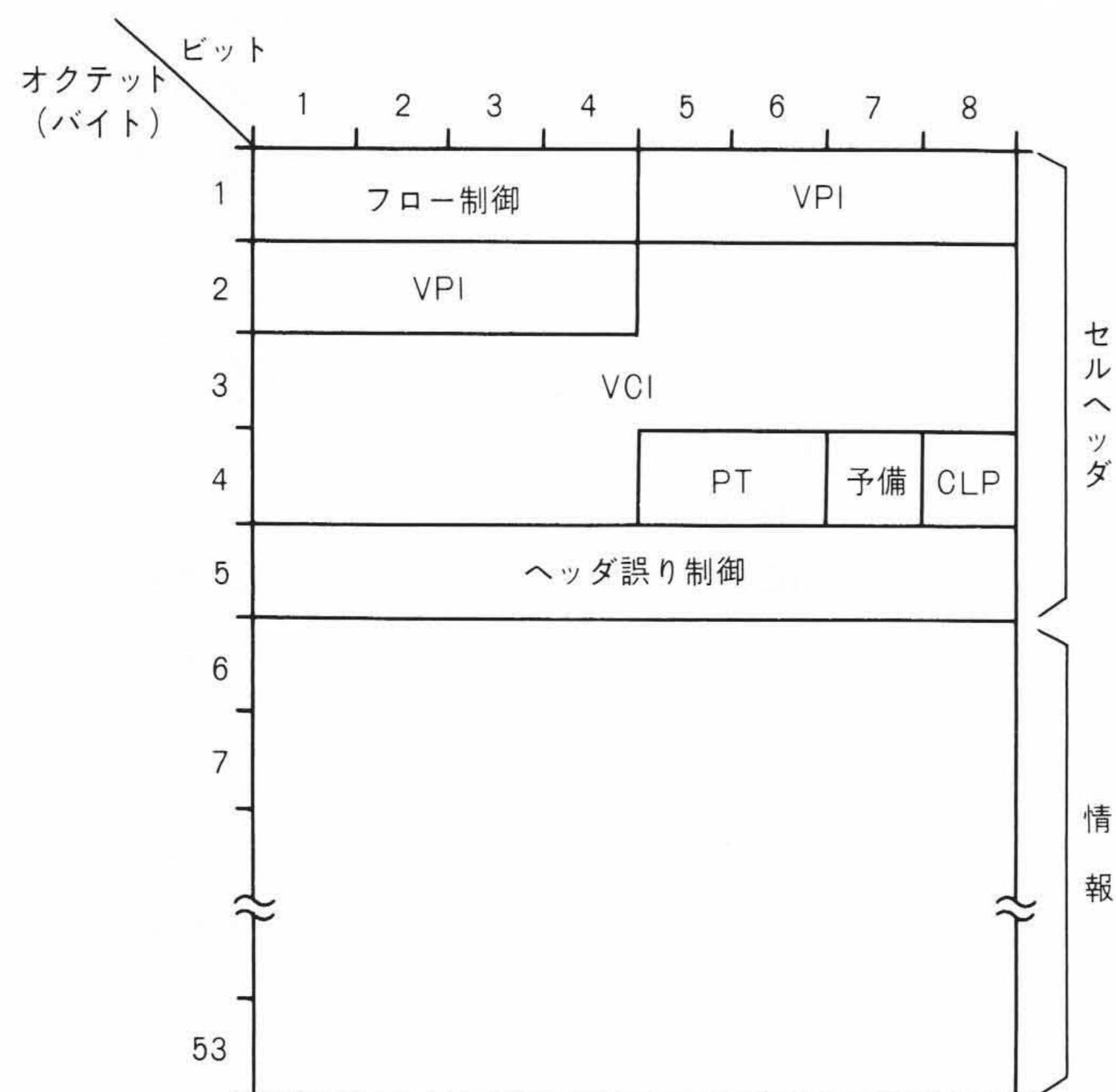


図5 連続信号の時間圧縮バースト伝送 連続信号も時間圧縮技術を利用して断続伝送できる。これの応用の一例が音声パケット通信である。



注：略語説明

VPI (Virtual Path Identifier：仮想パス識別子)

VCI (Virtual Channel Identifier：仮想回線識別子)

PT (Payload Type), CLP (Cell Loss Priority：セル損失プライオリティ)

図6 B-ISDNのユーザ・網インタフェースでのセルの構造 CCITT (国際電信電話諮問委員会)勧告のB-ISDNでは、53バイトのセルによっていろいろな通信の信号(情報)を運ぶ。

性が大きく、通信網の設備の使用能率を大きくするのに効果がある。

4 デジタル通信網の構成要素

電気通信網の構成要素はいくつかの異なる視点から整理できるが、ここでは図7に示すように、(1)伝送システムおよび交換システムのように、電気信号の伝達にかかわる機能を実行するもの、(2)電気通信網の利用技術にかかわるもの、(3)電気通信網の運用・保守にかかわるもの、に大別する。

これらの構成要素を組み合わせた電気通信網の構成は、電気通信事業者が用意するものと、企業などが自分で使うために用意するものとは必ずしも同じではなく、実際に多くの形態の電気通信網が作られている。

4.1 伝送システム

(1) 中継伝送システム

電気通信事業者の中継回線を中心とする中継伝送システムは、光ファイバ伝送システムが主流になっている。また、地上回線を補完する長距離回線として衛星回線の利用が増えている。

中継伝送システムの技術は、常に大容量化を目指して発展してきた。これまでは、「デジタルハイアラキー」と呼ぶ多重化の階層構造が国によって違っていたが、1988年に制定されたCCITT(国際電信電話諮問委員会)勧告で世界的に統一さ

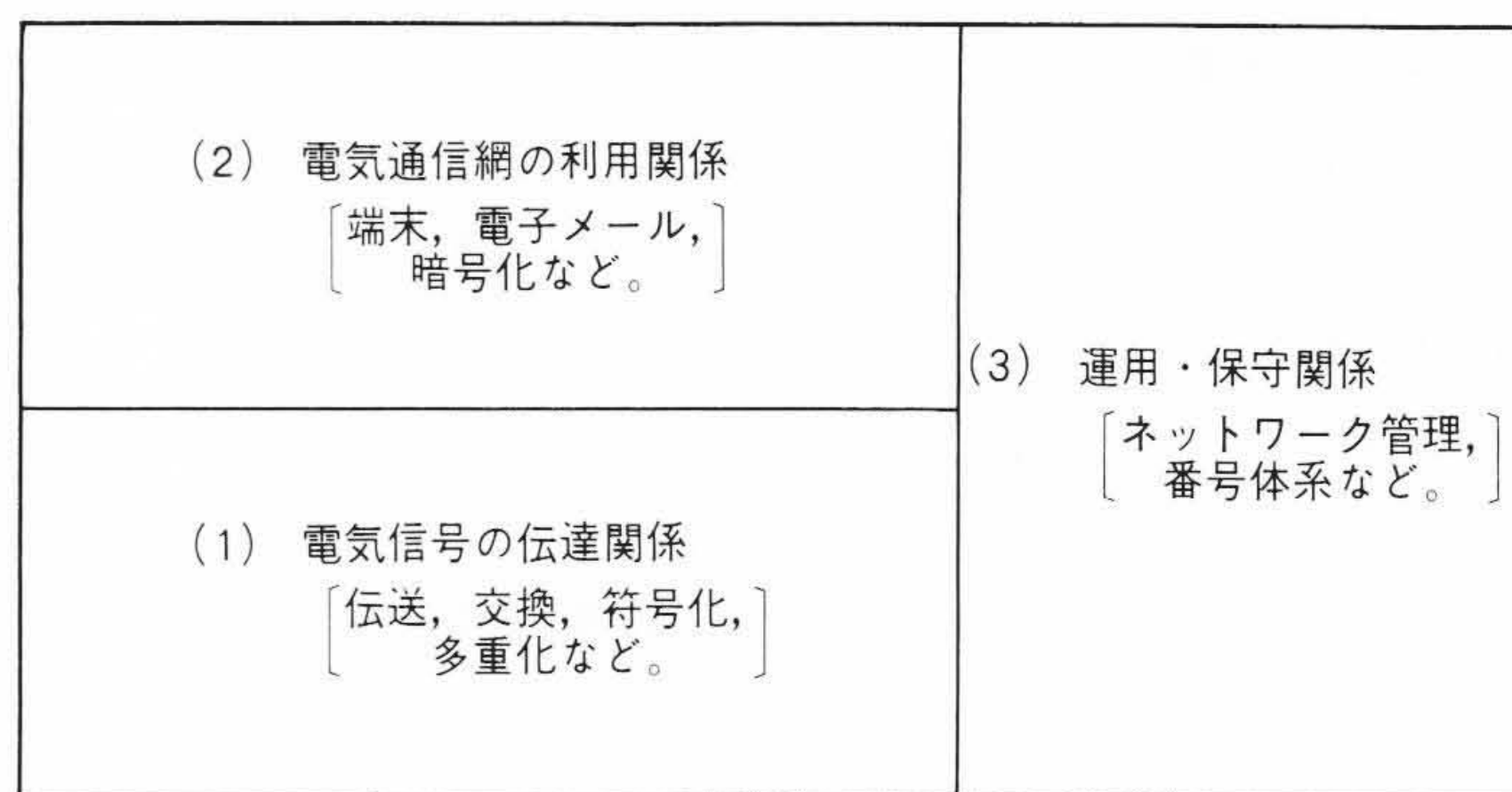


図7 電気通信網の構成 電気通信網の構成要素を体系的に分類できる。日立製作所は、すべての分野の構成要素を提供している。

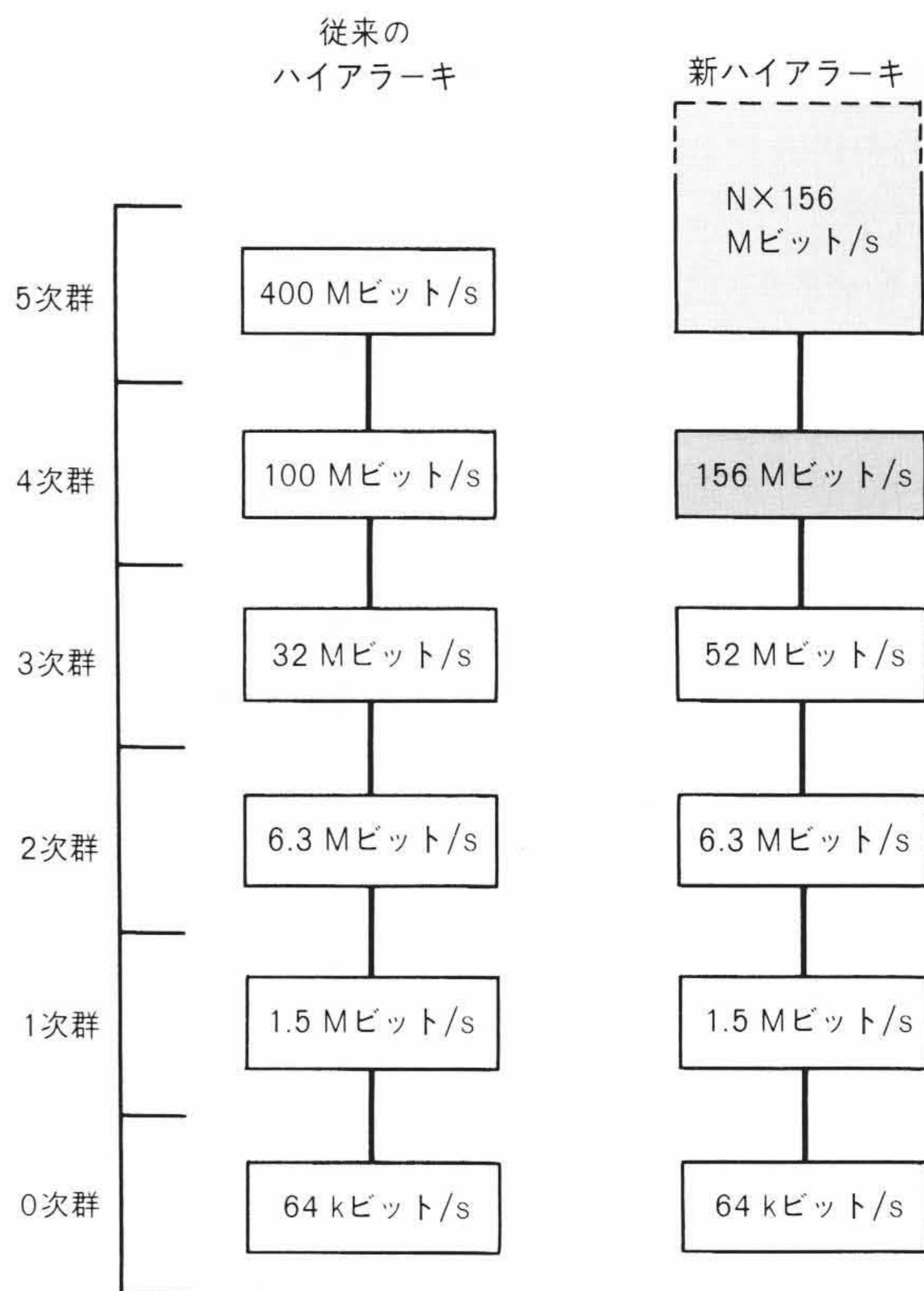


図8 デジタル伝送システムのハイアラキー 高速光ファイバ伝送技術の実現に対応して、CCITTで新しいデジタル伝送ハイアラキーが定められた。

れた新しいデジタルハイアラキーが制定された。同期デジタルハイアラキー(SDH：Synchronous Digital Hierarchy)と名づけられたこの構成は、図8に示すようになっている³⁾。現在の実用システムの技術水準は、2.4 Gビット/sクラスである。

SDHの技術は、B-ISDNの交換方式である非同期転送モード(ATM：Asynchronous Transfer Mode)の技術と親和性がよいので、将来のB-ISDNの普及のためにも、SDH方式の中継伝送システムの導入が先行することは意義がある。

日立製作所は、SDH方式に基づいた中継伝送装置および光加入者線伝送装置を開発している。

(2) 加入者線伝送システム

ISDNの基本インタフェースは、加入者線として既存の銅線の電話ケーブルを利用することを前提として規定されているが、1次群速度インタフェース(1.5 Mビット/s)あるいはB-ISDN(150 Mビット/s以上)の加入者線には光ファイバが不可欠である。加入者線の光ファイバ化には巨額の投資が必要になるので、これを経済的に実現することが、電気通信網のデジタル化のための挑戦的な技術課題になっている。

このためにいろいろな方法が提案されているが、大別すると次の二つの観点に整理できる。

第一は、増設あるいは更改する電話網加入者線として、既存の銅線の電話ケーブルと価格競争力がある光ファイバ加入者線伝送方式を導入しておき、将来、高速伝送サービスにも利用するという方法である。

第二は、既存の電気通信網とは独立に設置された、高速LANあるいはMANを、将来、B-ISDN交換機と結合して加入者線伝送に利用するという方法である。

日立製作所は、光加入者線伝送装置および高速LANを開発しており、将来の光ファイバ加入者線時代にも備えている。

4.2 交換システム

デジタル電話交換機およびパケット交換機は大量導入の段階に入っており、技術開発の中心は、次の世代の交換システムへと移っている。

(1) B-ISDN向け交換機

B-ISDNの交換技術の基本をATM方式とすることは、CCITTで国際的に合意されている。しかし、その実現方法には多くの異なる考え方がある⁴⁾。ATM交換システムは、従来の交換システムとは基本的に異なる概念のシステムであるから、その実現には方式構成だけでなく、LSI素子、制御のアルゴリズム、制御用ソフトウェアなど、すべてを新たに開発しなければならない。

現在は、小規模の実験用ATM交換機が試作され、実用システムに向けての評価あるいは大規模システムの実現方法の研究が行われている。本特集号でも述べるように、日立製作所ではすでにATM交換機を中心とする実験システムを開発している。

(2) デジタルPBX

企業などが自分で設置するPBX(Private Branch Exchange: 構内交換機)は、電気通信事業者の交換機と同世代の技術を使ってデジタル化されている。しかし、PBXで実現する利用者サービス機能の高度化・多様化に対する要望が非常に多い。これに対処するために、図9に示すようにPBXが内蔵している制御用プロセッサとは別に、外部に汎(はん)用のプロセッサ(コンピュータ)を用意して、PBXと連動する技術が開発されている。日立製作所は、OCXI(Open Computer-Exchange Interface)と名づけたPBXと外部プロセッサとの

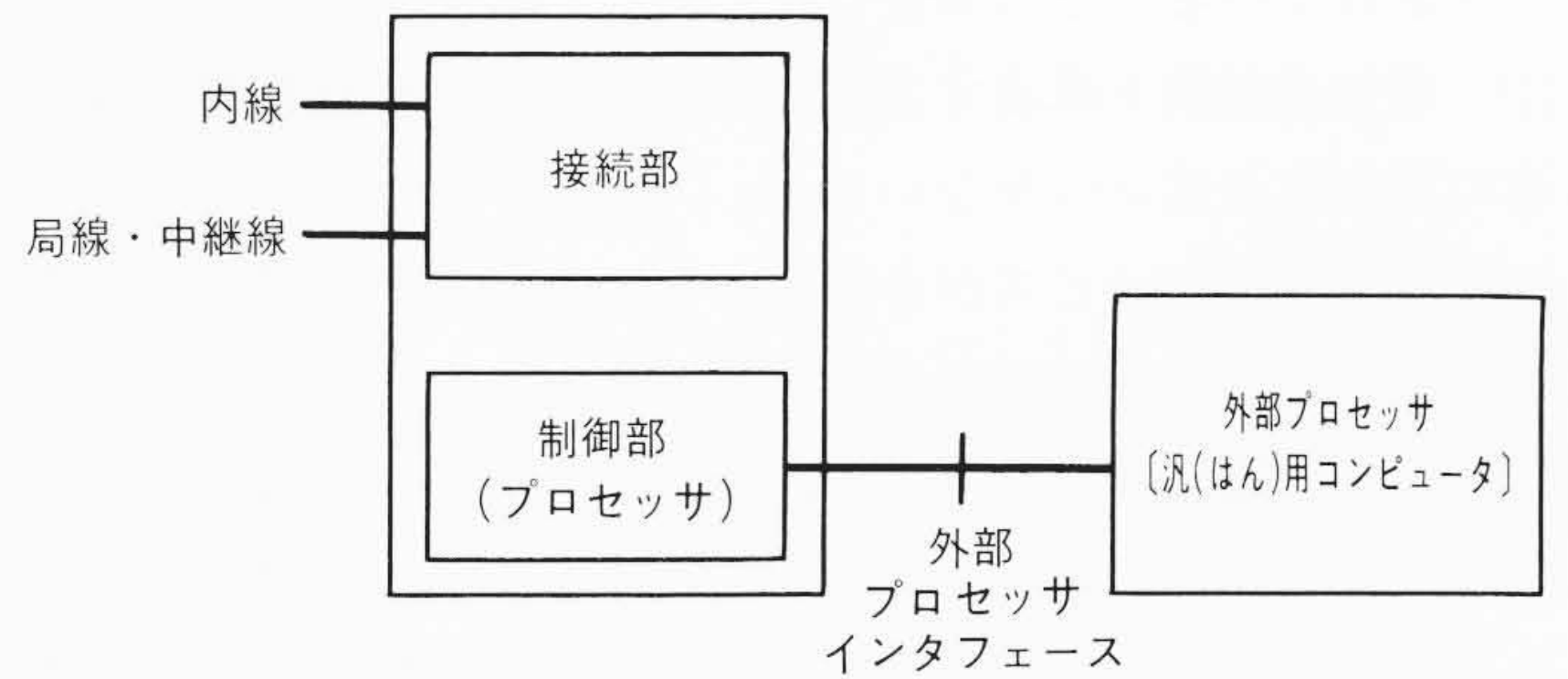


図9 PBXと外部プロセッサとの連携 PBX(構内交換機)に外部プロセッサを付加することによって、高度な機能の実現が容易になる。

インタフェース、およびこれを利用する各種のサービス機能を開発している。

交換機から独立したプロセッサによる電気通信網の制御は、公衆電気通信網の分野ではインテリジェントネットワークとして注目されており、すでにいくつかの新しい電気通信サービスが実現されている。

4.3 端末機器および端末システム

電気通信網の利用者が直接接触するのは端末機器であって、利用者は端末機器を通して新しい電気通信網の効用を享受することになる。

電気通信網のデジタル化による伝送速度の高速化と伝送品質の改善を効果的に利用することを意図した、多種類の端末機器あるいは端末システムに共通する点の一つが、画像情報を扱うということである。すでに述べたように、画像情報は伝達すべき情報のビット数が非常に多いので、伝送速度が小さな通信回線を使っているのは実用性に厳しい限界がある。

電気通信網のデジタル化によって、長年の懸案であったテレビ会議やテレビジョン電話の実現が現実のものになった。しかし、ISDNのBチャネルあるいはHチャネルの伝送速度ではまだ制約がある。限られた伝送速度の通信回線を効果的に利用するために、実際に伝送する画像情報のビット数を減らす圧縮符号化の技術が開発され、CCITTで標準化されている。そして、高能率圧縮符号化を経済的に実現するために、デジタル信号処理のアルゴリズムおよびこれを実行するLSIが開発されている。

このような多くの技術を組み合わせることによって、使いやすく、情報の表現力が豊かな端末が実現できる。すでに普及が進んでいるテレビ会議システムはその一例であり、さらに、ワークステーション、マルチメディア端末などが次々に開発されている。日立製作所は、本特集号でも述べているように、多くの利用分野に向けた端末を提供している。

4.4 ネットワーク管理

電気通信事業者が運用する電気通信網および企業などの私

設網のいずれについても、運用・保守の重要性がクローズアップされている。その背景には、

- (1) 電気通信網を構成する機器や技術の高度化に運用・保守者の技術力が追いつかないこと。
 - (2) 電気通信サービスが多様化したために、利用者ごとに異なるサービス条件の設定に時間がかかること。
 - (3) 一つの電気通信網の中で、音声、データ、画像といったトラフィック特性が異なる通信が混在するために、異常トラフィックの発生時での規制や障害発生時の制御が難しくなってきたこと。
- などがある。

こうした電気通信網の運用・保守に関する担当者の業務を支援するために、高度な機能を備えたネットワーク管理システムの開発および技術の標準化が進んでいる。CCITTでは電気通信管理網(TMN: Telecommunications Management Network)の標準化作業が行われており、また、国際標準ネットワークアーキテクチャであるOSI(Open Systems Interconnection: 開放型システム間相互接続)の機能の一つとして、ネットワーク管理が取り上げられている。

日立製作所が開発した統合ネットワーク管理システムNETM(Integrated Network Management System)は、OSIの規格に準拠している。

5 デジタル通信網の発展動向

5.1 デジタル通信網の高速化の現状

数メガビット/s以上のユーザ・網インタフェースを備えた高速デジタル通信網は、すでに、LANあるいはMANとして実用化されている。日立製作所では、伝送媒体(ケーブル)上の伝送速度は600 Mビット/sのLANを開発した。

一方、電気通信事業者が構築する広域通信網として、B-ISDNの研究が多く、多くの国で精力的に行われている。この分野の研究は、主としてCCITTの標準化活動の成果をガイドラインとして行われている。B-ISDNを電気通信事業者が提供するようになるのは1990年代の後半になると予想されるが、それ以前に、前述の高速LANの利用経験の蓄積が進む。

5.2 高速デジタル通信網の利用のための課題

これから10年以上先までの電気通信網の高速デジタル化のシナリオが、B-ISDNを中心として国際的な共通認識として描かれるようになった。このシナリオを実現する機器あるいはシステムの開発は今後の大きな課題であるが、同時に、高速デジタル通信網の利用技術の開発が重要な課題である。

伝送速度が数メガビット/sから数百メガビット/sへと二けたも速くなると、必然的に新しい利用技術の開発が必要になる。この影響は、通信端末からコンピュータまで広範囲に及ぶ。

LANの利用で伝送媒体上のデータ伝送速度が10 Mビット/sであっても、コンピュータ間のファイル転送での実効的な伝送速度は3 Mビット/sに達しないことが報告されている⁵⁾。このように実効伝送速度が低い原因は、プロトコルの性能とデータを授受する機器の内部動作の性能の両方にある。

一般に、デジタル通信網の伝送品質はアナログ通信網の伝送品質よりも良いので、ビット誤り率が小さいことに着目すると、プロトコルを簡素化しても良好な通信ができる。プロトコルの簡素化による実効伝送速度の改良の研究は各国で始まっており、高性能プロトコルの国際的な標準化と、これを実装した機器の開発が今後の重要な課題になっている。

6 結 言

ISDNをはじめとするデジタル電気通信網とその主要な構成要素について、特徴と動向を総括的に述べた。電気通信網は、電話網の通信品質の改善と経済化を意図して始まったデジタル化を基盤として、データ通信、画像通信といった多様な通信を統合するマルチメディア網へと展開している。

デジタル電気通信網の整備が進むに従って、これを活用する利用技術の研究・開発の重要性が増してきた。特に、端末機器やソフトウェアの開発がこれからの大きな課題である。日立製作所は、こうした動向を考慮して、多方面の利用者の役に立つ製品群の充実に努めている。本特集号では、これらの製品群の中から代表的なものについて述べる。

参考文献

- 1) William P. Lidinsky: Data Communications Needs, IEEE Network Magazine, Vol.4, No.2, p.28~33(1990-3)
- 2) 森田, 外: 高速情報通信システムの動向, 日立評論, 71, 9, 853~858(平1-9)
- 3) 河西, 外: ネットワークの構造を変えた新しい伝送路網, NTT技術ジャーナル, Vol.1, No.6, p.39~42(1989-9)
- 4) G. E. Daddis, Jr., et al.: A Taxonomy of Broadband Integrated Switching Architecture, IEEE Communications Magazine, Vol.27, No.5, p.32~42(1989-5)
- 5) Per Gunningberg, et al.: Application Protocols and Performance Benchmarks, IEEE Communications Magazine, Vol.27, No.6, p.30~36(1989-6)