

D60・D70デジタル交換機のハードウェアとソフトウェア

Hardware and Software of D60/D70 Digital Switching Systems

公衆電気通信サービスの多様なニーズに対応するため、高品質かつ柔軟性に富んだデジタル通信網であるINSの構築が必要である。この中核としてD60・D70デジタル交換機が開発された。

本交換機は、(1) 小局から大局まで及び各種のサービス要求に対し、統一したアーキテクチャを適用、(2) デジタル加入者線インタフェースの提供などを主なねらいとし、これを実現するため、ハードウェア、ソフトウェアとも(1)ビルディングブロック構成の徹底、(2) インタフェースの標準化が行なわれ、更に最新のテクノロジーを用いたカスタムLSIが大幅採用されている。

これにより、所期のねらいを達成し、今後、INS構築の促進に大きく寄与するものと期待される。

川波 充* Mitsuru Kawanami

古川一夫* Kazuo Furukawa

山本雄介* Yūsuke Yamamoto

加藤康男* Yasuo Katō

1 緒 言

電話だけでなく、データ、画像など非電話系サービスを提供するデジタル通信網であるINSの中核として高機能、高性能のデジタル交換機が必要である。

通信網を構成するためには、加入者線を収容しそのトラヒックを集束し、交換する加入者線交換機能、集束された呼を各方路に分配する中継交換機能が必要である。INS(高度情報通信システム)では異種の網間を接続するため、相互のインタフェース変換を行なう関門交換機能をも必要とする。従来の電話用だけの通信網ではアナログ音声を交換すれば事足りたが、INSでは、デジタル交換機能が必要となる。更に、これらは各々の機能が異なるだけでなく、それぞれの交換機が設置されている局ごとに回線数、必要能力も大幅に異なる。

このような広範な要求に対して、D60・D70デジタル交換機(以下、D60・D70交換機と略称する。)が開発された。表1に主要諸元を示す。両者は、異なる名称をもつが、同一のアーキテクチャを適用することにより多くのソフトウェア、ハ

ードウェアのモジュールを共用しており、共通基本機能に加入者線交換機能を付加することによりD70交換機を、また中継交換機能あるいは関門交換機能を付加することによりD60交換機を実現している。このような共用化により開発負担を低減させるとともに、ハードウェアの量産効果を向上させる大きな特徴をもっている。D60・D70交換機の全容については各種の発表も多いので、本稿では、本特集号の掲載論文「D60・D70デジタル交換システム」¹⁾で述べている設計のねらいを受けて、統一的なアーキテクチャを中心とした主要な構成技術を紹介する。

2 D60・D70交換機の構成

D60・D70交換機は蓄積プログラム制御方式を採用しており、その構成に当たっては、

(1) 通信情報の交換に必要不可欠な部分だけハードウェア化する。

(2) 機能の大部分をソフトウェアにより実現すること。

ことを基本方針としている。したがって、加入者線交換、中継交換あるいは関門交換などの機能の差は、大部分をソフトウェアで吸収し、ハードウェアへの影響を極力抑えている。

ここでは、理解を容易にするため、まず基本的なハードウェアについて説明する。D60・D70交換機は1,000加入者程度の小局から10万加入者程度の大局まで、従来の交換機でカバーする範囲を大幅に超える範囲への適用が要求される。INSのためのD70交換機の基本的なハードウェア構成は、図1に示すとおりである。

交換機は、(1) 通信情報を交換する通話路系、(2) 加入者あるいは他局との信号授受を行なう信号処理系、(3) プログラムによりシステムを制御する制御系及び(4) 保守運用系の四つのブロックから構成されている。

(1) の通話路系は呼の集束を行なう集線部、通信情報の交換を行なう時分割スイッチから成っている。

アナログ方式の電話加入者線、又は中継線の信号は、システム内で直ちにPCM(Pulse Code Modulation)(8ビット/サンプル×8kサンプル/秒=64kビット/秒)に変換される。

表1 D60・D70 交換機主要諸元 D70は加入者線を集束し交換する加入者線交換機、D60は集束された呼を各方路に分配する中継交換機である。またD60は異種の網間を接続する機能を付加することにより関門交換機として用いられる。

項目		機 種	D70	D60
適 用 階 段			加入者線交換機	中継交換機(関門交換機)
適 用 規 模 (最大)	通話路系		100,000加入 4,800アールン	14,000回線 9,600アールン
	制 御 系		450,000BHCA	480,000BHCA
デジタル信号交換単位			64kビット/秒(8ビット/サンプル×8kサンプル/s)	
収 容 宅 内 装 置			電話機 非電話系宅内装置 例：高速ファクシミリ データ用宅内装置	
信 号 方 式	加 入 者 線		アナログ信号方式(DP, PB) デジタル信号方式	
	局 間	個 別 線	LM, SRM, LD, SRD	
	共 通 線		No.7 共通線信号方式	
環 境 条 件	温 度		10～40℃	
	湿 度		80%以下	
プ ロ グ ラ ム 言 語			高水準言語(CHILL)	

注：略語説明 BHCA(Busy Hour Calls Attempt：数字受信完了呼数)
DP(Dial Pulse), PB(Push Button)

* 日立製作所戸塚工場

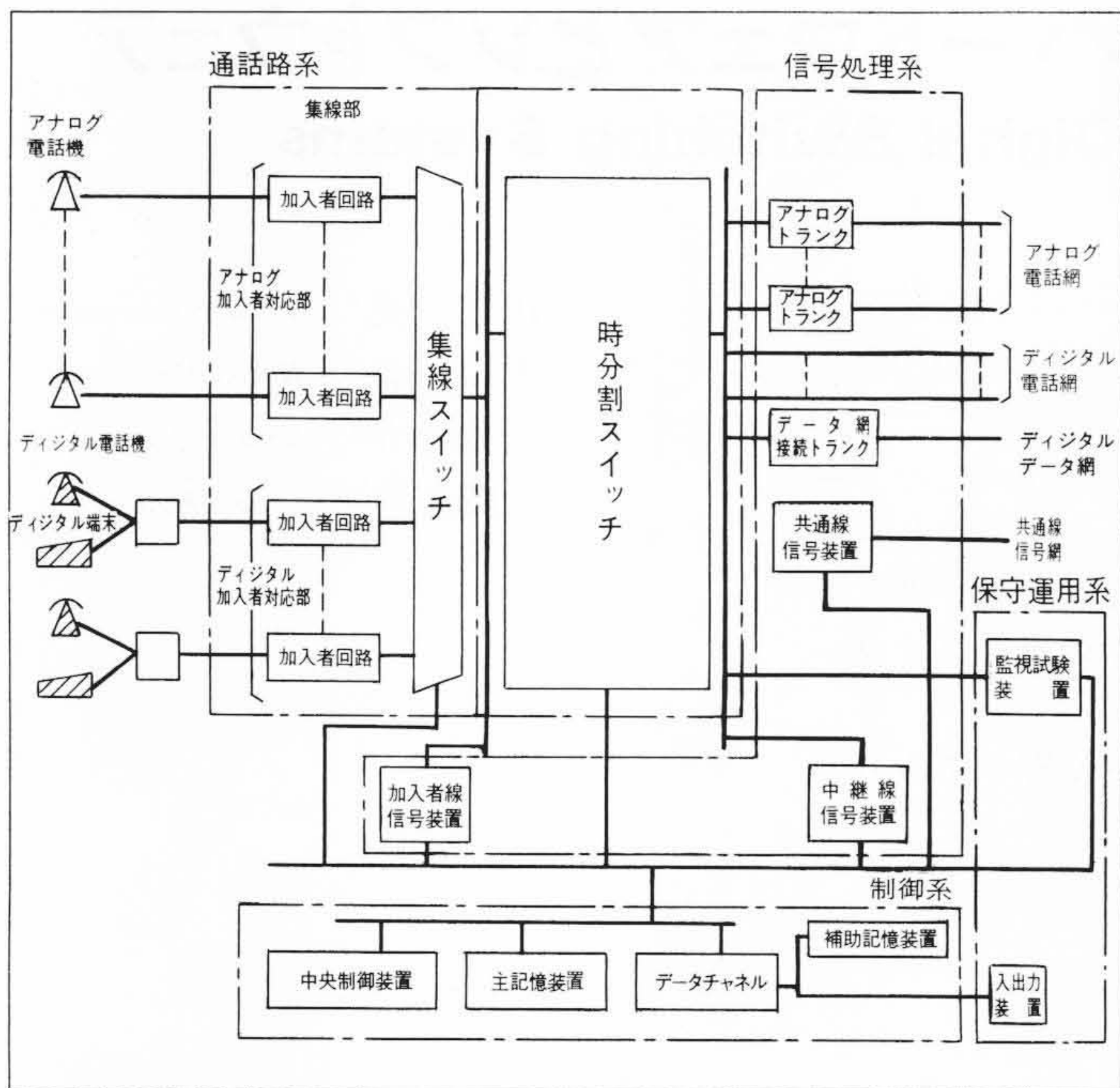


図1 D70交換機のハードウェア構成 ハードウェア構成は、通信情報を交換する通話路系、加入者あるいは他局との信号授受を行なう信号処理系、プログラムによりシステムを制御する制御系及び保守運用系の四つのブロックから構成されている。

内部の処理はすべてデジタル信号で行なわれ、各装置間は標準化したデジタルインタフェースをもつ。集線スイッチ、時分割スイッチは、8ビット単位のデジタルスイッチである。アナログ加入者線、デジタル加入者線はそれぞれの加入者回路部に收容される。

(2)の信号処理系は加入者線の信号を送受する加入者線信号装置、中継線の信号を送受するトランク回路と中継線信号装置及び交換局の交換機制御系が他局のそれと直接情報送受を行なう共通線信号装置から成る。

(3)の制御系は蓄積プログラム制御により、システム全体の制御を行なう部分であり、中央制御装置、データチャネル、主記憶装置、補助記憶装置などから成る。

(4)の保守運用系はシステムの監視試験装置、保守運用のための入出力装置から成る。

図2にD70交換機の外観を示す。

3 アーキテクチャの統一

3.1 交換機種の統合

加入者線交換機、中継交換機、関門交換機の機能差は主としてソフトウェアで吸収する。ハードウェアの面では、加入者線交換機だけ集束機能が必要なので、中継交換機、関門交換機の場合には図1の加入者線交換機から集線部を取り去った形となる。

通話路系の中核部分は64kビット/秒のデジタル交換スイッチであるので、デジタル回線はそのまま接続できるのはもちろんであるが、アナログ回線はアナログ-デジタル変換を回線対応部に設けて接続できる。例えば、図1の加入者線側に着目すると、アナログ加入者線、デジタル加入者線の数に応じて各々の加入者回路を増減すれば、任意の割合でアナログとデジタルを併合した交換機が容易に実現できる。

INSあるいは関門交換機能のためには、信号機能の高度化を要し、共通線信号方式を用いるが、個別信号、共通線信号のトラヒックに応じて図1に示す信号処理系内の対応装置を



図2 D70交換機 1万加入者を收容する局は、約20架で構成される。架の大きさは幅0.65m、奥行0.45m、高さ2.75mである。

増減すればよい。

3.2 統一的な通話路構成²⁾

従来の電磁スイッチを用いた交換機では、クロスポイントスイッチが高価なため加入者線交換用、中継交換用、また小規模用、大規模用と用途ごとにトラヒックとクロスポイント数とのトレードオフで、スイッチ構成を最適化した機種を用意していた。デジタル交換機ではデジタル信号で交換を行なうことにより、スイッチは高速時分割多重で利用されるため比較的Lowコストで広い範囲に適用可能なスイッチを構成できる。また、それによりビルディングブロック化も容易になる。

このためのスイッチの構成を図3に示す。集線スイッチでは多重集線化を行ない、加入者線のトラヒック状況に応じて16:1~2:1の集線比を設定できる。中央の時分割スイッチではタイムスロット入替え(Tスイッチ)、ハイウェイ入替え(Sスイッチ)により交換が行なわれる。スイッチ構成には増設性、トラヒック特性の面で優れたT-S-T形式を用いている。Tスイッチは、1,024多重の時間スイッチLSIを用いている。Sスイッチには空間スイッチLSIを用い、D70交換機では16×16、D60交換機では32×32まで拡大できる。スイッチは容量に応じ、ユニット単位又はパッケージ単位でのきめ細かな増設が可能である。図4は加入端子数とスイッチのハードウェア量の関係を示したものである。広い範囲にわたり直線状であること、すなわち、小局から大局まで同一アーキテクチャのスイッチでカバーできることを示している。

3.3 機能負荷分散形マルチプロセッサ構成^{3),4)}

交換システムの必要処理能力は、1時間当たり2万呼から45万呼までの範囲が要求される。従来は3種類のプロセッサでこの範囲をカバーしており、それぞれのプロセッサ系列ごとのソフトウェアの維持管理が大きな負担となっていた。同一命令体系をもち数種の実行速度のプロセッサ系列を準備するとしても、その開発工数は多大である。D60・D70交換機ではこの問題を解決するため、プロセッサのビルディングプロ

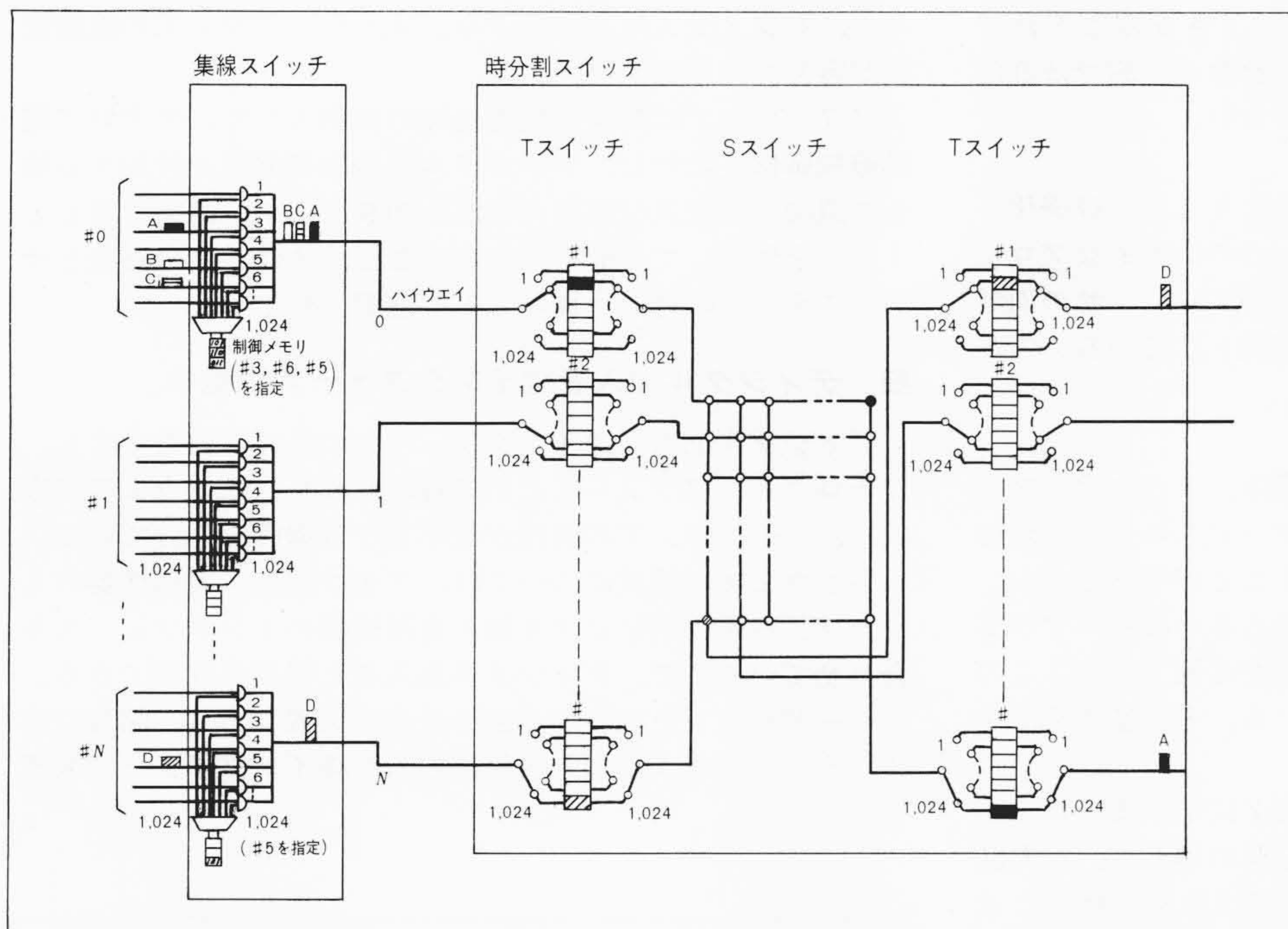


図3 集線スイッチ、時分割スイッチの構成 集線スイッチ、時分割スイッチともトラフィック条件に応じてスイッチの数を増減でき、ユニット単位又はパッケージ単位でのきめ細かな増設が可能である。

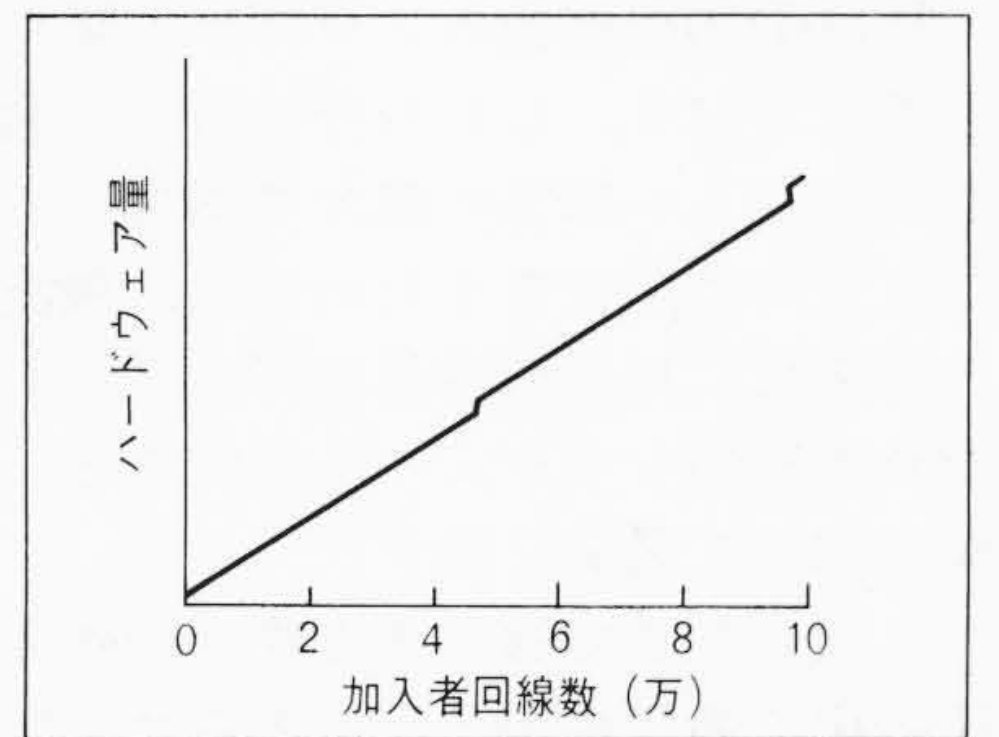


図4 スwitchのハードウェア量 直線性が良いことは、加入者数に応じてハードウェア量が選べることにより、広範囲の局が構成できることを示す。

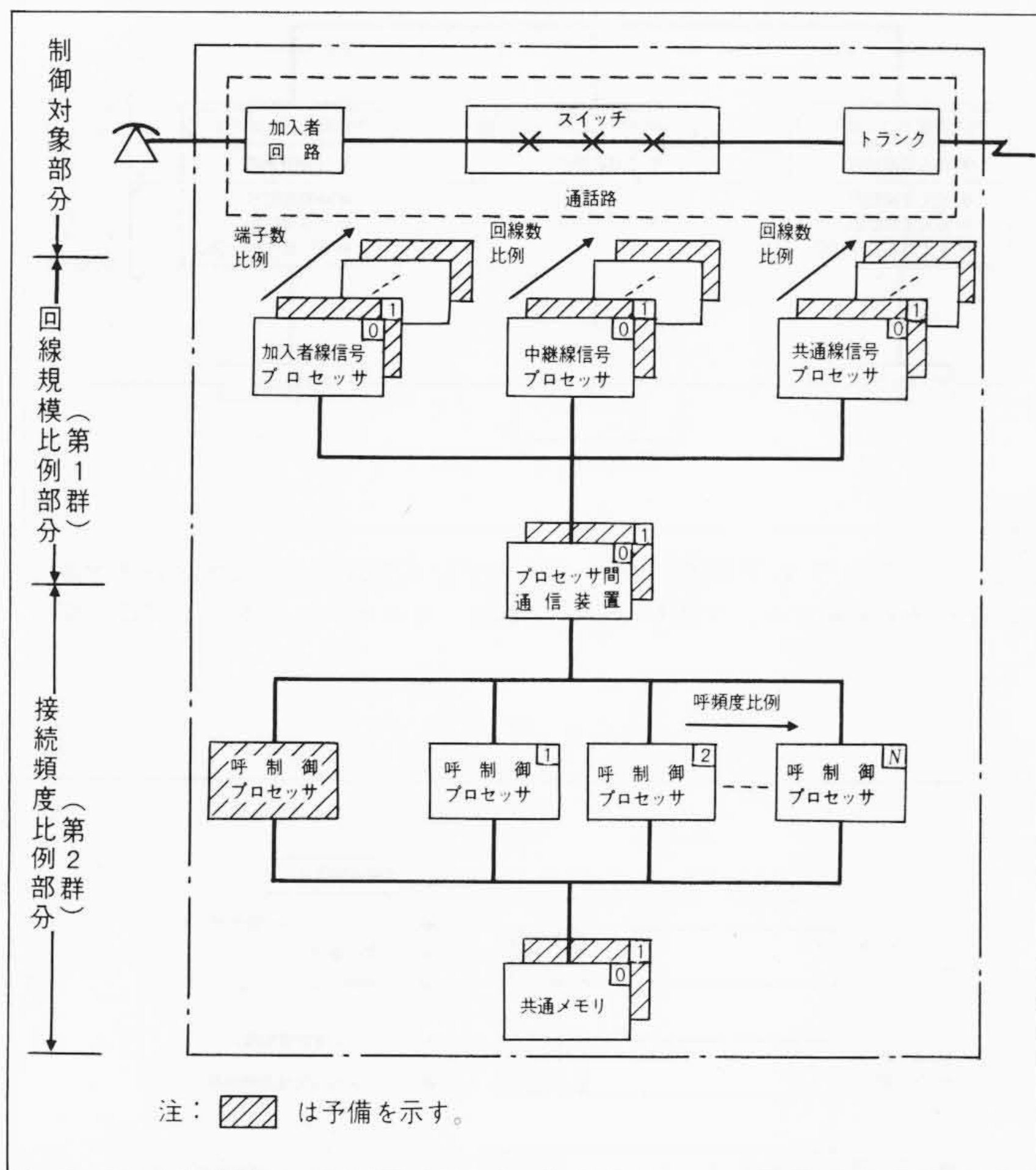


図5 機能負荷分散形マルチプロセッサ構成 図の矢印に示す端子数や回線数の増加に応じて、プロセッサ台数を増減することにより、必要能力に応じたシステムを構成できる。

ック構成ができる機能負荷分散形マルチプロセッサ方式を採用している。

(1) 機能負荷分散方式

プロセッサ群をソフトウェアの機能分割に従い、二つのグループに分ける。すなわち、機能分散を行なっている。図5に示すように第1群は加入者線や中継線の信号を処理する信

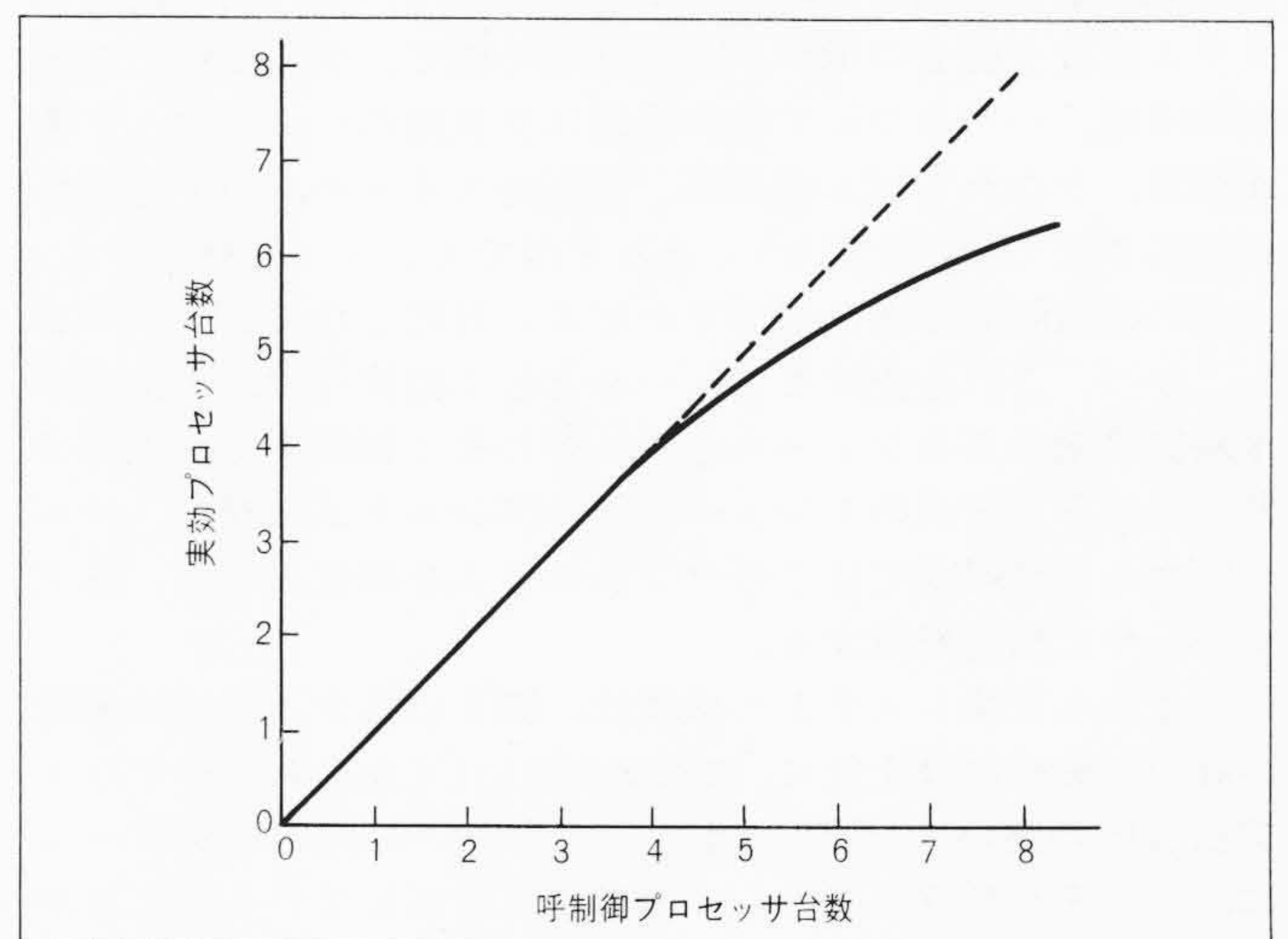


図6 マルチプロセッサ能力 プロセッサ台数増加に伴う能力低下は少ない。プロセッサ8台で45万BHCAを達成する。

号プロセッサであり、第2群は呼の接続を制御する呼制御プロセッサである。両プロセッサは共に構成は同一であり、VLSIを使用している。両群のプロセッサ間相互通信は専用に設けたプロセッサ間通信装置で行なう。ここに示した第1群の信号プロセッサ群は、主として回線規模に比例した処理能力が求められるので、回線規模に比例した台数だけ設置され、第2群の呼制御プロセッサ群は同様に呼の接続頻度に比例して設置される。すなわち、それぞれのプロセッサで負荷分散が行なわれる。

(2) メモリ結合マルチプロセッサ方式

第2群の呼制御プロセッサは、共通メモリで結合されたマルチプロセッサである。交換機は、共通資源を大群化して高効率使用することを基本としている。そのため共通資源管理データを1箇所の共通メモリへ集約した。ただし、この共通メモリへのアクセス頻度は低いので、6～8台の呼制御プロ

セッサを接続してもプロセッサ効率を低下させることはない。図6はその様子を示すもので、この台数の範囲では直線性をもち、台数増加に伴う能力低下は少ない。

(3) 縮退構成

小さい局に対しては、上記の最小構成よりも更に経済化を図りたい。この要求にこたえるため、一つの物理的なプロセッサに、論理的な信号プロセッサ、呼制御プロセッサの両者を収容して時分割多重使用する構成も可能としている。これを縮退構成と呼ぶ。

3.4 拡張性に富むプログラム構造⁵⁾

D60・D70交換機のプログラム開発規模は、メガステップにも及んでおり、しかも今後新しい通信サービスニーズに対応して年々5～10%の割合で増加していくことが予想される。これを円滑に行なうためには、機能追加あるいはハードウェアの変更に対処が容易なプログラム構造が必要である。このため階層的なモジュール構成をとっている。その基本概念を模式化して図7に示す。

人間が電話で通信する場合の動作は図7に示すように、(1)頭の中で通信相手と利用するサービスを思い浮かべ、(2)電話機端末を操作することによって、(3)電気信号を交換機に送る、という具合に抽象度の高い動作から低い動作に移行する。プログラム構造は呼制御手順を上記の人間の動作手順に対応させて、それぞれ接続制御階層、端末制御階層、ハードウェア制御階層に分割した階層構成を採用している。具体的なシステム構成を図8に示す。前記階層の中で、中・下位の端末制御階層、ハードウェア制御階層は交換機のハードウェア構成要素、すなわち加入者回路、通話路スイッチ、中継線回路に対応させて分割を行ない、それぞれでモジュール構成する。上位の接続制御階層は通信サービスに対応したモジュールとし、かつ、これを上位モジュールとして位置づけ、下位の端末制御階層の各モジュールを組み合わせる。上記分割によるそれぞれのモジュールをサブシステムと呼び、マルチプロセッサ構成ではこのサブシステムを単位として、各プロセッサに機能配置する。

すなわち交換システムの機能は、図7に示すように抽象度の高い部分機能は上位に、抽象度が低い(すなわちハードウェア依存度の高い)部分機能はハードウェア対応のモジュールに、それぞれ独立要素として分割され対応している。したが

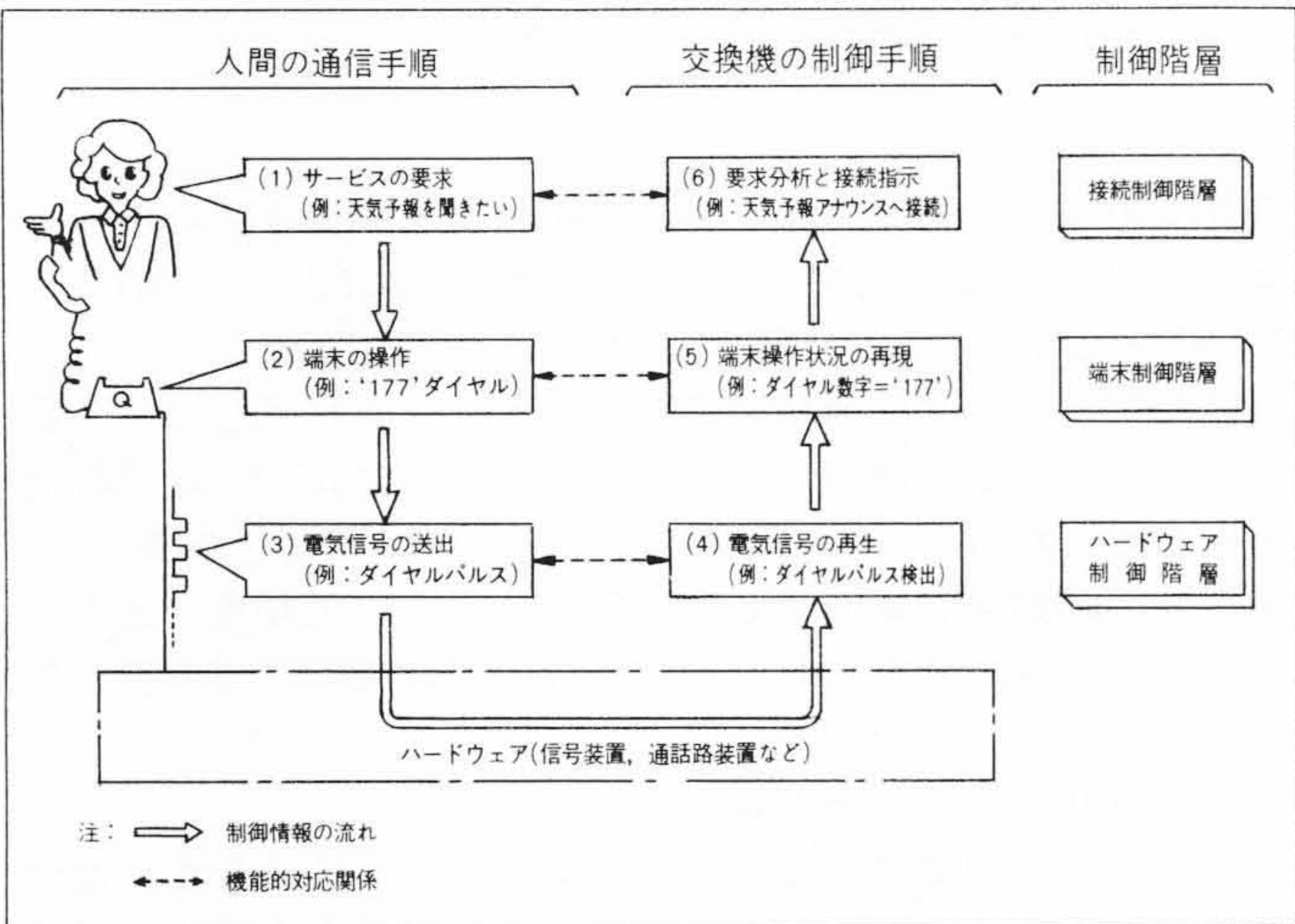


図7 交換機制御機能の階層化 人間の通信手順は、(1)頭の中で通信相手と利用するサービスを思い浮かべ、(2)電話機端末を操作することによって、(3)電気信号を交換機に送る。D60・D70交換機のプログラムは、上記手順(1)～(3)に対応させた階層構成を基本としている。

って、本システムは、ソフトウェア・ハードウェアの機能変更が容易で流用性が高い。

ソフトウェアに対する機能追加の実例として、アナログ電話機制御機能に対し、デジタル端末制御機能を付加する場合の追加、改造及び流用の状況を図9に示す。同図に見るように、全体としての流用性が高いこと、また、部分機能とサブシステムとの対応が良いことが理解されよう。

4 デジタル加入者線インタフェースの提供

デジタル加入者線インタフェースの提供に当たっても、アナログインタフェースとの処理の差異をソフトウェアで吸収し、ハードウェアの負担が最小となる構成をとっている。ハードウェアの構成については、アナログ加入者用機器のインタフェースにデジタル加入者用機器のインタフェースを合わせているので、デジタル加入者を容易に収容できる。

ハードウェアを収容する部分は集線装置である。図10に示すように、アナログ加入者線は加入者線インタフェース装置

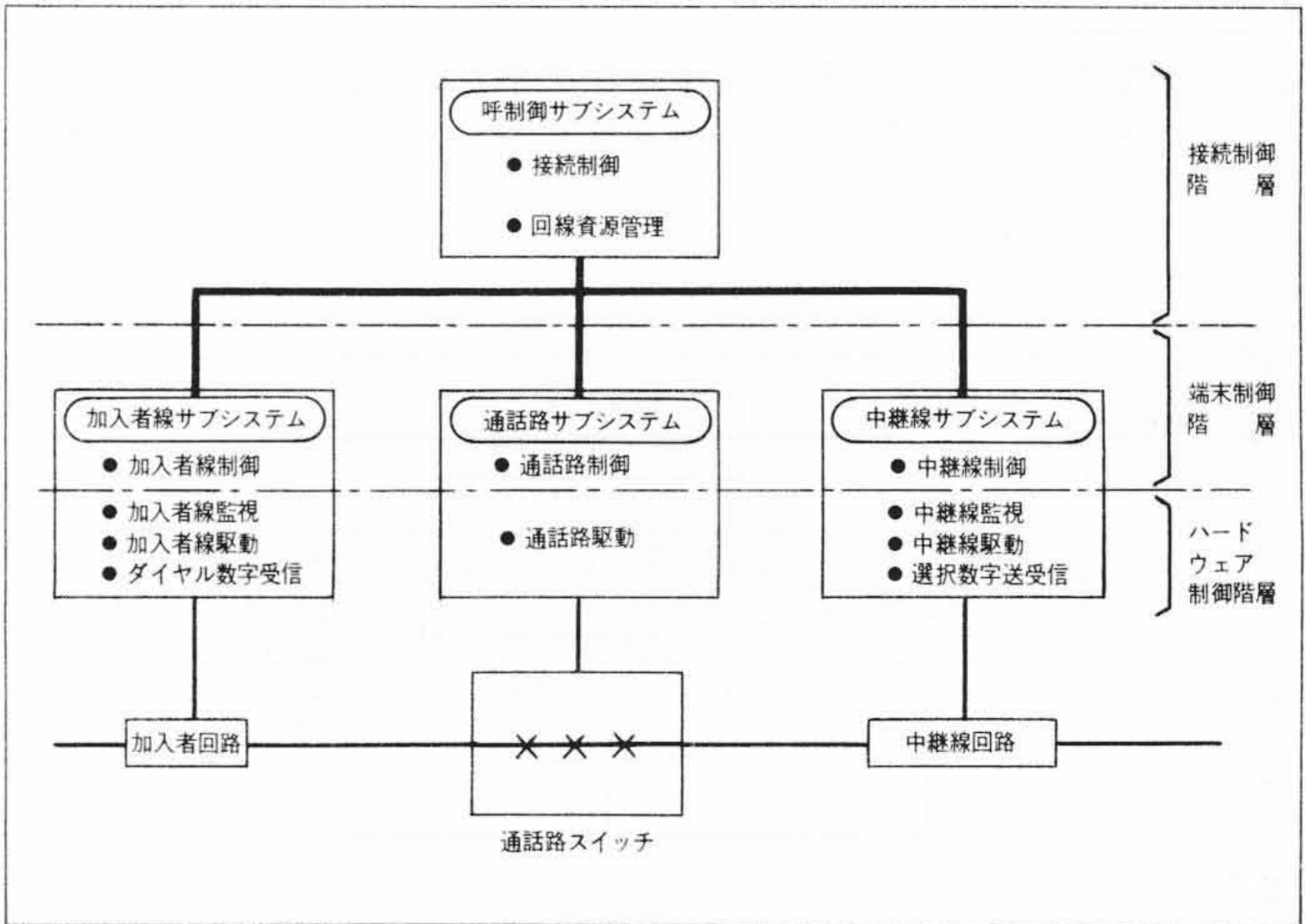


図8 ソフトウェア構成 上位のサブシステムは、下位サブシステムを組み合わせる。下位サブシステムは、それぞれハードウェアに対応する。

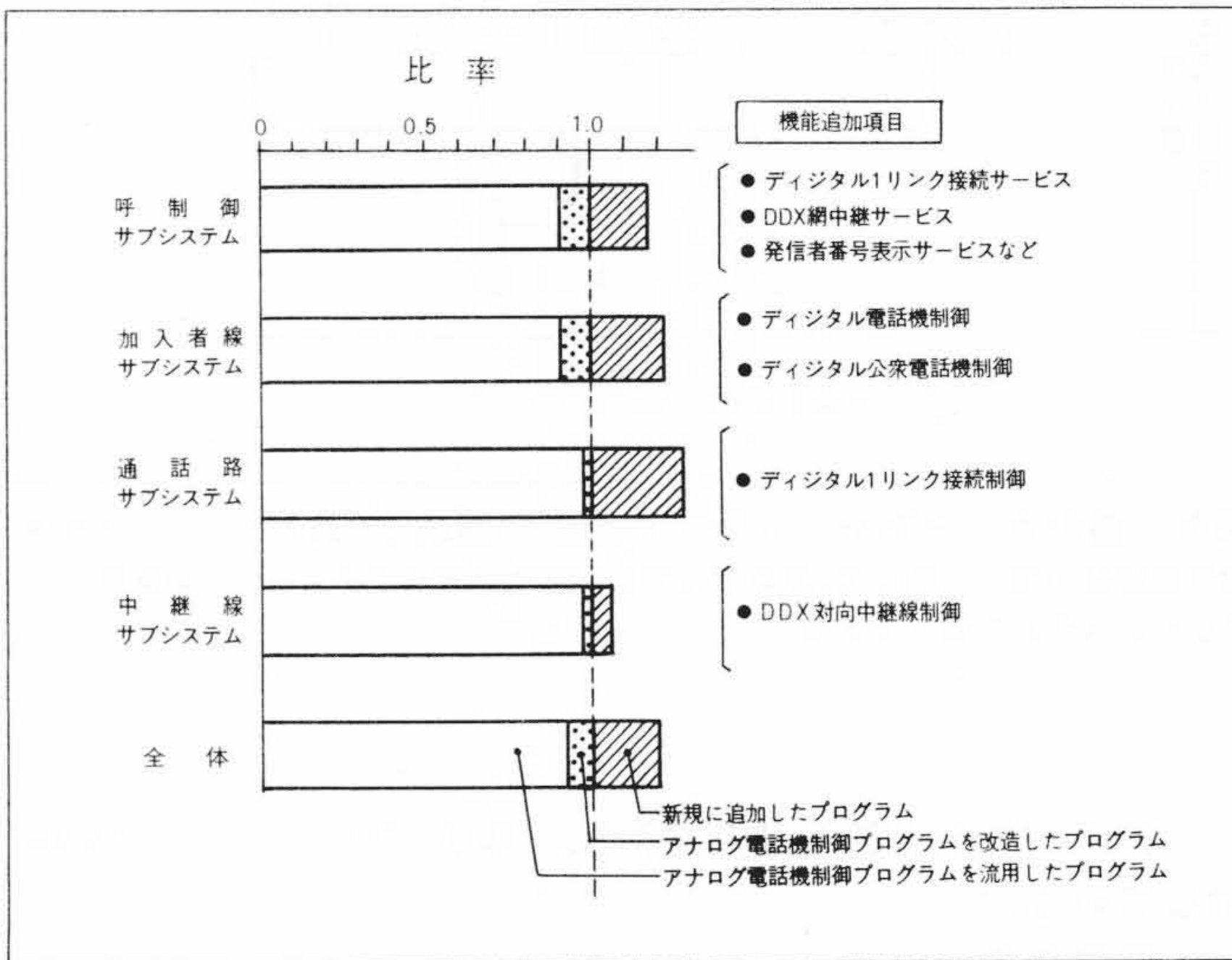


図9 機能変更に伴うソフトウェア変更量の評価 棒グラフは、基本となるアナログ電話機制御機能に対し、デジタル端末制御機能を付加した場合のソフトウェアの変更量を比率で示したものである。モジュール化により全体としての流用性が高く、また部分機能とサブシステムとの対応が良い。

に、デジタル加入者線は加入者線端局装置にそれぞれ収容される。両者は集線通話路装置に対し、同一のインタフェースをもつ。具体的には加入者当たり64kビット/秒の情報チャンネルと64kビット/秒の信号チャンネルを設定し、加入者種別によらない統一的なインタフェースになっている。

デジタル加入者線は64kビット/秒と16kビット/秒の二つの情報チャンネルをもっており、16kビット/秒のチャンネルは加入者線端局装置で64kビット/秒に変換される。これらチャンネルは独立した二つの呼として接続される。信号チャンネルは8kビット/秒であり、各々の情報チャンネルに4kビット/秒が

割り当てられている。4kビット/秒の速度とは0.25ms間隔でビット信号送受が行なわれることを意味する。これに対しアナログ電話機の信号、例えばダイヤル回転形電話機のパルス信号の発生間隔は50～100ms程度である。したがって、従来に比べデジタル加入者用信号回路の処理は3桁も高速処理が必要である。これを処理するため集線通話路装置内にデジタル用の専用信号回路を設置した。本信号回路はプロセッサインタフェースに接続され、主要な処理はソフトウェアで実行される。

このように加入者回路部をデジタル用に置き換え、専用の信号回路を付加することにより容易にデジタル加入者線インタフェースの提供が可能となる。

5 既存網との接続

D60・D70交換機は既存網への埋め込みが設計条件とされており、既存網との接続機能が必要である。

既存網とのインタフェースは(1)アナログ中継線、(2)アナログ加入者線、(3)デジタル中継線、(4)DDX (Digital Data Exchange) 中継線、(5)DDX加入者線が主なものであり、これらとD60・D70交換機はインタフェースがとれねばならない。

アナログ中継線に対してはアナログトランク回路と伝送系の端局装置によりアナログ・デジタル変換処理などを行なっている。デジタル中継線に対しては伝送系の端局装置から直接、時分割スイッチインタフェースに入力される。

DDX中継線に対してはDDX用トランク回路によりDDX速度の(3.2kビット/秒×N)からD60・D70交換機の64kビット/秒に速度変換される。

DDX加入者についても4章で示したデジタル加入者線インタフェース機能を利用しD70交換機への収容を可能としている。64kビット/秒のデータはDDX端末側に設けた速度変換装置によりDDX端末速度に変換される。

アナログ加入者線との接続は、その収容線数がデジタル

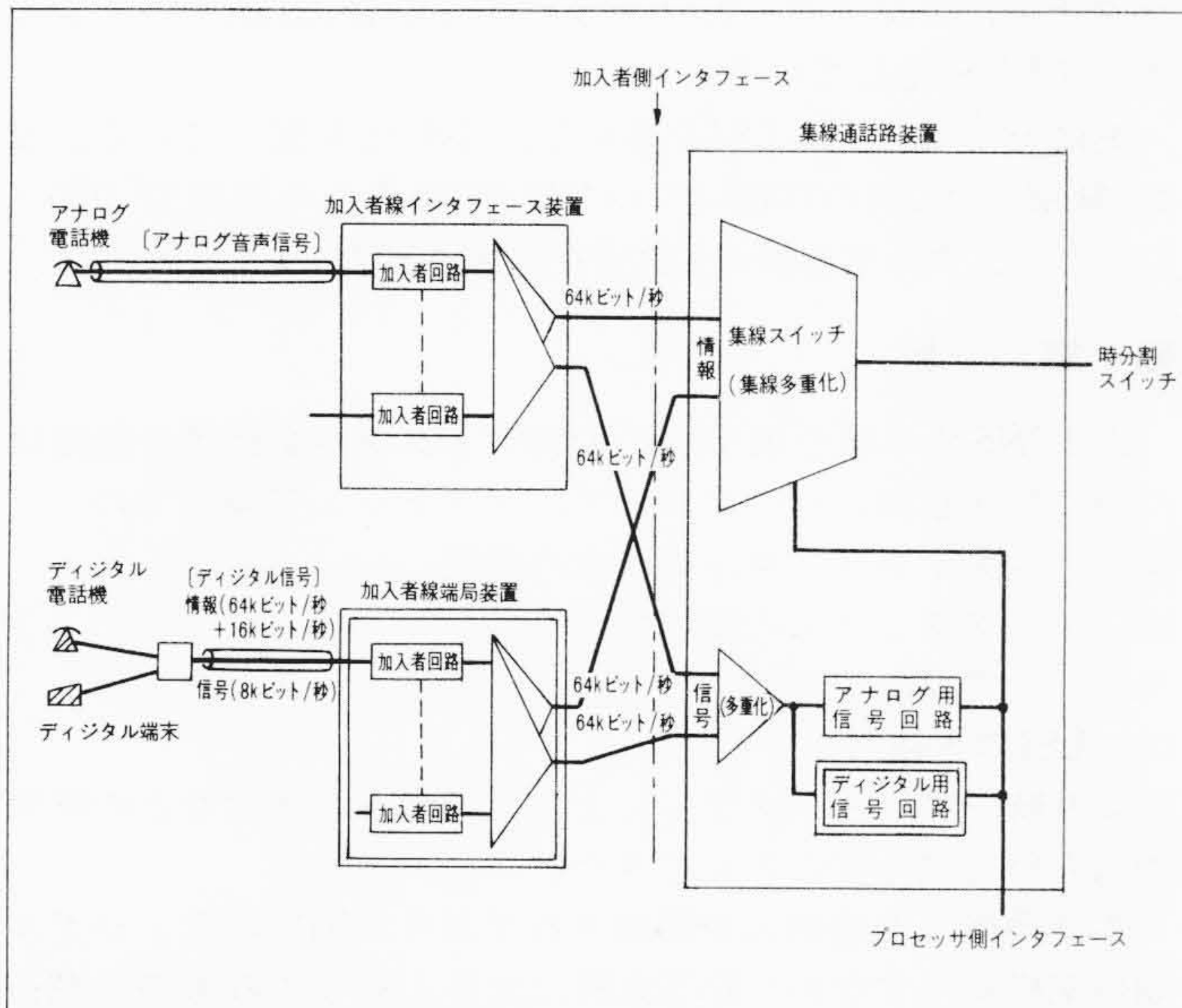


図10 デジタル加入者線の収容 集線通話路装置の加入者側インタフェース及びプロセッサ側インタフェースをアナログ加入者用に合わせることで、デジタル加入者線の収容が容易となった。

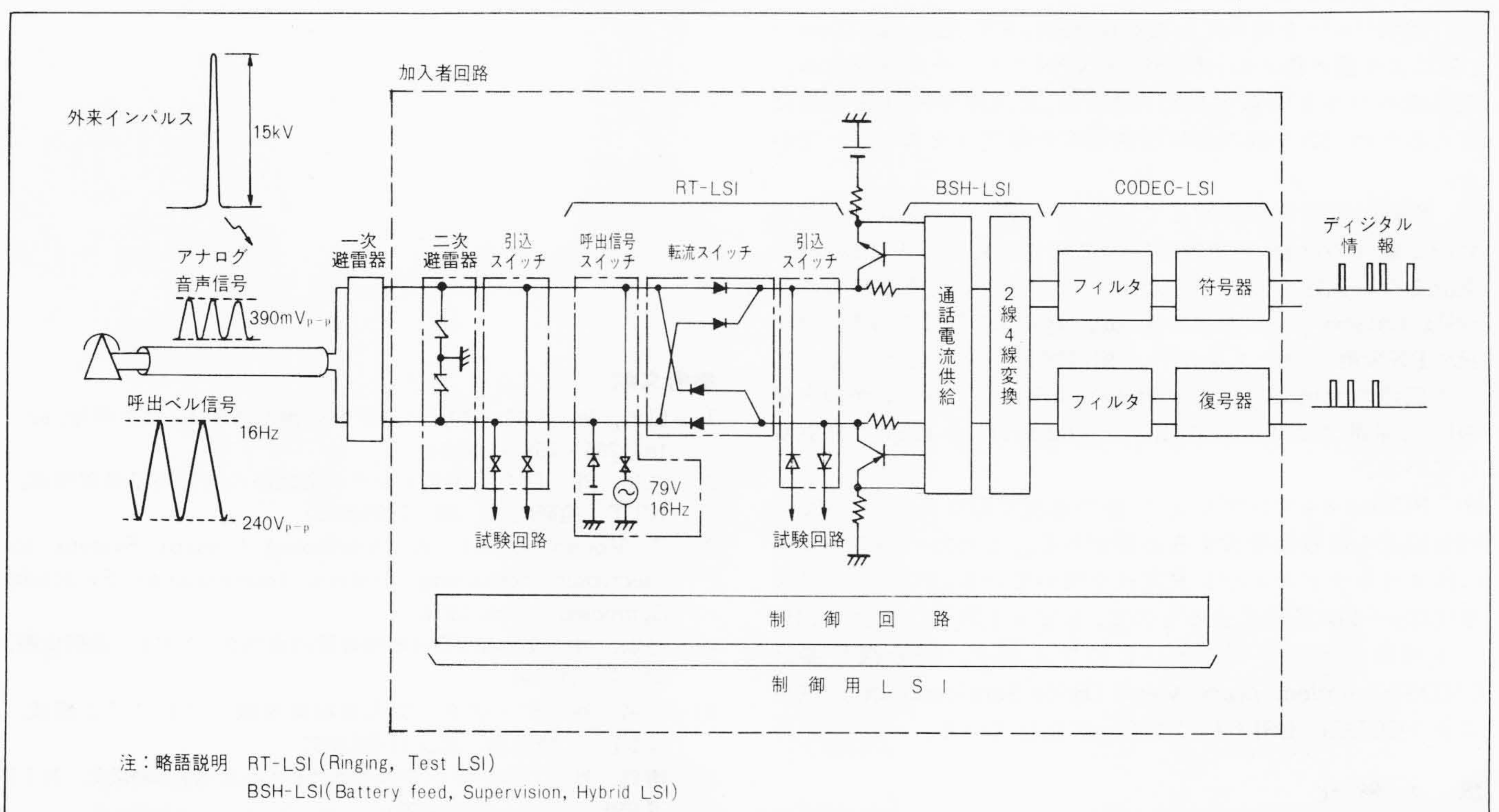


図11 加入者回路の構成 加入者回路は、交換機側に設置されるアナログ電話機回線対応回路部で交換機の約 $\frac{1}{2}$ のハードウェア量を占めており、この経済性が重視される。D70交換機では、量産時の経済性をねらい、4種のLSIにより全電子化を達成している。

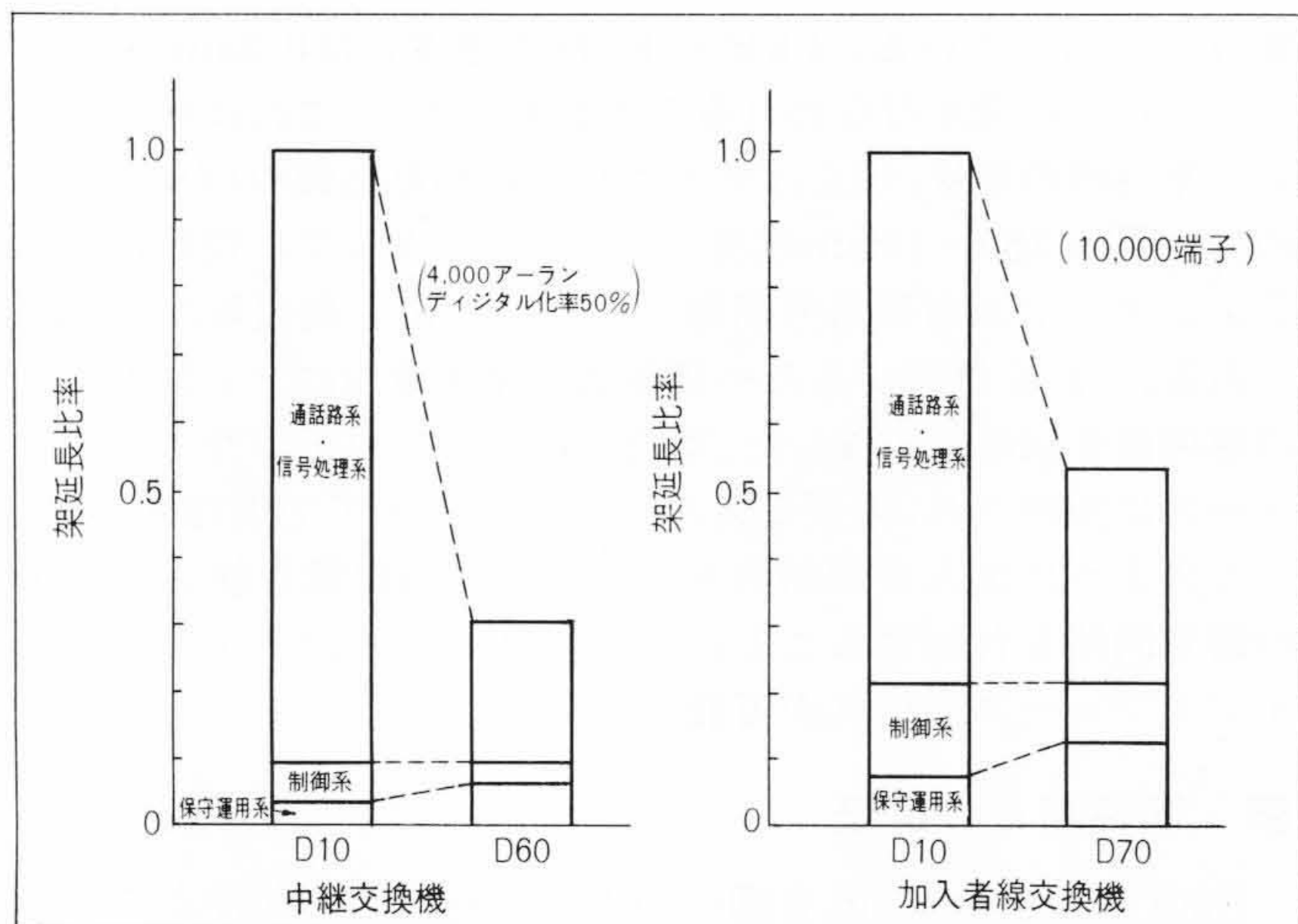


図12 新旧交換機の架の延長距離 D60・D70交換機の架の延長距離は、全電子化により電磁スイッチを使用したアナログ交換機D10に比べ大幅に小形化されている。

加入者線に比べ当面圧倒的に多いことから、デジタル交換機の構成に当たり最も工夫を要する部分である。D70交換機の大きな特徴は、アナログ加入者インタフェースの加入者回路を世界に先駆けて全面的に電子化している点にある。

5.1 全電子化加入者回路⁶⁾

模式化したブロック図を図11に示す。この回路の技術的開発ポイントは、数キロメートルに及ぶ加入者線路に誘導される大きな外来インパルスや同相交流雑音に耐え、従来の電磁式電話機のベルを動作させる交流信号を送り、なおかつ可聴周波音信号に十分なSN比を確保することである。

加入者線交換機にあっては、この加入者回路部がコスト面で最重点部分でもある。したがって、回路方式とデバイステクノロジーには、技術トレンドを考慮して量産時に最も経済的となる技術を用いている。

- (1) 従来リレーを用いていた切換回路はRT(Ringing, Test)-LSIにより置き換えた。本LSIはPNPNスイッチ11個を含み、電話機のベルを鳴らすための240V_{p-p}交流信号や外来雑音に耐えるため、320V級の高耐圧誘電体分離プロセスを用いている。
- (2) 電磁式電話機に使用しているカーボンマイクロホンに流す通話電流の供給、音声通話路の2線4線変換などの機能を、電流ミラー回路を基本としたアナログ回路で構成したものがBSH(Battery feed, Supervision, Hybrid)-LSIである。60V級のPN分離プロセスを用い、相補対称回路の使用により加入者回路の大地に対する平衡度を40dB以上に保ち、かつ多量の同相帰還により低雑音化[<-76dBm0p(0.1mV)]を実現している。
- (3) PCMは8kサンプリング/秒の速度で行なわれるので、4kHz以上の信号は除去する必要がある。このためのフィルタにはスイッチドキャパシタ方式を用いている。PCMの符号復号化は μ -law圧伸によるもので、8ビット符号化により13ビット相当の伝送を行なう。このフィルタ、符号復号器はCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)技術によりCODEC-LSIとして1チップ化している。

6 小形化

D60・D70交換機はLSIを大幅に採用して、小形化を実現している。アナログ交換機D10との架延長比較を図12に示す。D

60交換機では約70%、D70交換機では約40%の低減効果である。

通話路系、信号処理系での架延長の大幅な低減は、電磁スイッチがLSI化時分割多重デジタルスイッチに置き換えられたことによる。D60交換機に比べD70交換機で低減幅が少ない理由は、加入者回路部が付加されるためである。

制御系では、64kビットあるいは256kビットといった通常のメモリLSIのほかに2 μ mCMOS技術を用いてプロセッサ用LSIを3品種開発した。中央制御部装置はマイクロプログラム制御方式を用いた命令実行演算ユニットと割込制御などのユニットの計2種のVLSIから構成されている。またデータチャネルはマイクロプログラム制御方式を用い、データストラクチャ、コントロールストラクチャを含め14kゲートを1チップVLSI化している。

更にセミカスタムLSIを多用し、小形化を図っている。なお、採用したLSIの詳細については、本特集号の別論文「D60・D70デジタル交換機のLSI」⁷⁾を参照されたい。

7 結 言

以上INSの中核を担うD60・D70デジタル交換機の開発について紹介した。ハードウェア、ソフトウェア両面での

- (1) ビルディングブロック構成の徹底
 - (2) インタフェースの標準化
- 及びハードウェアでの
- (3) LSIの大幅適用

により統一アーキテクチャによる全領域への適用などの開発のねらいを満たすことができた。

本交換機は本格納入が開始されており、国内のデジタル通信網構築へすなわちINS実現に大きく寄与するものと期待されている。

終わりに、本システムの開発に当たり、御指導をいただいた日本電信電話株式会社の関係各位に対し厚く御礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 脇坂, 外: D60・D70デジタル交換システム, 日立評論, 67, 10, 755~758(昭60-10)
- 2) 江川, 外: D60/D70デジタル交換機の通話路系装置構成, NTT 通研実報, 33, 7(昭和59)
- 3) Z. Koono, et al.: A Distributed Control System for Electronic Switching System, International Switching Symposium(Oct. 1976)
- 4) 丹羽, 外: 交換用VLSI処理装置の実用化, NTT 通研実報, 33, 7(昭和59)
- 5) 渡辺, 外: デジタル加入者線交換機のプログラム構成, NTT 通研実報, 31, 11(昭和57)
- 6) 濃沼, 外: D70デジタル交換機の加入者回路構成, NTT 通研実報, 33, 7(昭和59)
- 7) 安成, 外: D60・D70デジタル交換機のLSI, 日立評論, 67, 10, 765~770(昭60-10)