

HIDIC V90/50入出力システム

Input Output Control Architecture of HIDIC V90/50

最近、計算機制御システムは多様化、大形化する傾向にあり、従来にもまして、性能の向上、信頼性の確保及び保守・拡張の容易性が強く要求されてきている。

日立製作所では、これらのニーズに応ずるため、HIDIC V90/50の機能分散形FEP構造を核に、マルチプロセッサ構成の入出力システムを開発し、システム処理能力と構成能力の強化を図った。

この論文は、HIDIC V90/50入出力システム開発のねらいと、システムの基本構成、ハードウェア構成、制御方式など、システムの特長を論ずるとともに、これらのシステムを支えるキーコンポーネント機器について述べる。

安元精一*	Seiichi Yasumoto
中村国夫*	Kunio Nakamura
溝河貞生*	Sadao Mizokawa
福永 泰**	Yasushi Fukunaga
浜田卓志**	Takuji Hamada
寺田松昭***	Matsuaki Terada

1 緒 言

近年、計算機制御システムは、計算機と周辺入出力装置のコストパフォーマンスの向上、特に発展目覚ましい半導体技術の進歩と大形計算機からのテクノロジートランスファーによる性能向上が進むにつれて、適用範囲が拡大するとともに仕事の質と深さが高度化してきた。これに伴い、計算機に要求される能力も従来の高速応答性だけでなく、

- (1) リアルタイム性を落とさずに実現する大容量情報処理能力¹⁾
 - (2) 大規模なシステム合理化を進める上で必須となるシステム統合化能力
- が重要視されてきた。一方、制御用計算機システムの役割が大きくなるにつれ、その故障の影響は甚大なものとなり、
- (3) システム高信頼化のためのRAS(Reliability, Availability Serviceability)機能の充実
- が、よりいっそう重要となってきた。更に、ますます需要の高まる計算機制御システムの中で、
- (4) システムの拡張・増設に対する柔軟な対応
- が強く望まれている。

日立製作所は、以上述べた背景をもとに、HIDIC V90/50(以下、H-V90と略す。)を特徴づける機能分散形FEP(フロントエンドプロセッサ)構造をベースに、処理性、拡張性及び信頼性に優れた新しいアーキテクチャによるマルチプロセッサ構成の入出力システムを開発した。

2 FEP(フロントエンドプロセッサ)の開発

2.1 開発のねらい

H-V90入出力システムのFEP開発に当たっては、OS(オペレーティングシステム)の入出力処理負荷の軽減はもとより、先に述べた計算機制御システムのニーズの変化に対応して、次の項目を重点とした。

(1) 情報処理能力の増強

システムの大規模化による情報量の増加に伴い、大量情報の高速処理が必須となってきた。このため、大量情報の高速伝送に十分対応できるハードウェア機構と、高効率なデータ処理を実行するマイクロプログラム構造をもっていること。

(2) システムトータル化技術の強化

制御と情報処理の密な結合を図り、システム統合化能力²⁾を強化するため、一般入出力装置・高速ファイル装置群はもと

より、他社計算機リンケージ、分散処理ネットワークの構築などにより、容易にシステム間結合を図れる専用FEPのレパートリーを充実すること。

(3) システムの高信頼化と拡張の容易性

システムの大規模化に見合う高信頼性を確保するため、各専用FEPは障害検出能力の増強と、自動回復機能の充実により、自己サバイバル(生き残り)能力の強化を図ること。更に、高信頼化システム構築のためのマルチコンピュータシステムの移行に対しても、ハードウェアとソフトウェアをそのまま継続して拡張できる専用FEPアーキテクチャを実現すること。

(4) システム構築・増設の容易化

入出力システムの構築・増設に対する最大の課題は、距離の制限と作業のためのシステム停止である。これに対処するため、システム構築の柔軟性確保とシステムに影響を与えることなく、オンラインで増設可能な手段を提供すること。

2.2 システムの特長

H-V90入出力システムの最大の特長は、通常の業務プログラムやOSの処理を実行するJOBP(ジョブプロセッサ)の入出力処理負荷を軽減するため、機能分散形専用FEPによるマルチプロセッサ構成をとっている点にある。今回開発した入出力専用FEPは、次に述べるような特長をもつ。

- (1) 各専用FEPは、LSI化技術と1命令200nsの高速マイクロプロセッサを採用するとともに、システムローディングが可能な4～8k語(32ビット)のマイクロプログラムと、8～16k語(16ビット)のローカルメモリをもつアーキテクチャとした。これにより、入出力エラー処理や順序管理など、従来OS機能のファームウェア化に加えて、ランダム及びバースト的に発生する大量入出力情報に対しても十分に処理可能な高速データバッファリング機能を実現した。
- (2) 中・低速の入出力装置群をサポートするIOP(入出力制御プロセッサ)と高速ファイル群を処理するFCP(ファイル制御プロセッサ)で開発した基本アーキテクチャを踏襲することにより、制御と情報処理の密な結合を図る分散処理ネットワーク用DWP(データウェイプロセッサ)及び他社計算機リンケージ用IFP(インタフェース制御プロセッサ)など、システムニーズに適合した専用FEPへの機能拡張を容易にした。これにより、シングルからマルチシステムまで一貫したアーキテク

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所日立研究所 *** 日立製作所システム開発研究所

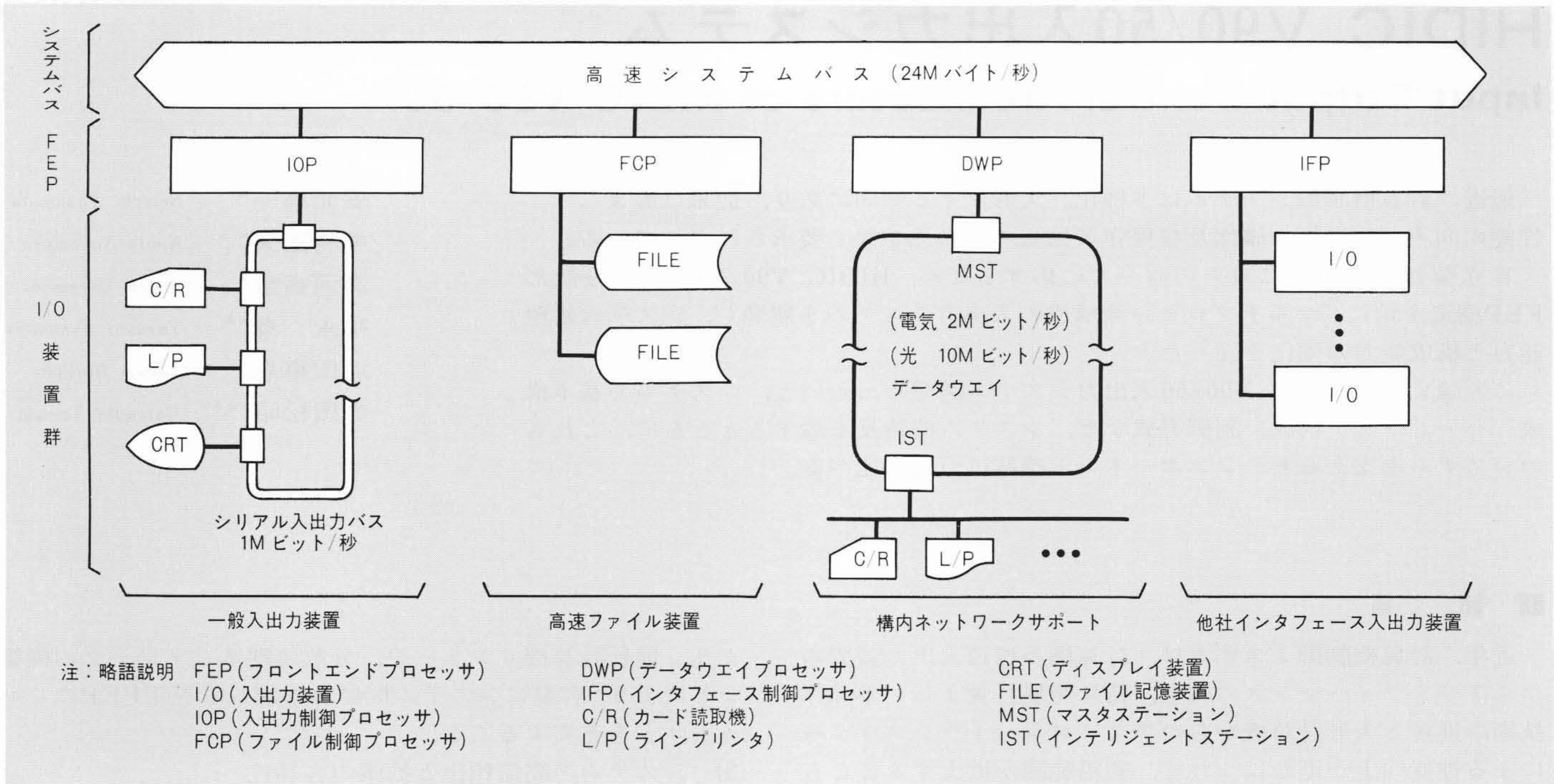


図1 HIDIC V90/50入出力システムの基本構成 トータルシステム性能向上のため、機能分散形専用FEPによるマルチプロセッサ構成とした。

チャで、拡張性、柔軟性に優れたシステム構築を可能とした。
(3) 主記憶装置，専用FEP，入出力インタフェース間の一連のデータパス系に一气通貫したバイト単位のパリティチェックを採用し，システム情報の信頼性を確保するとともにこれら一過性の障害に対しては，システム内，各階層間で再試行制御を行なう自動回復機能により，システムダウンのミニマム化を図った。

2.3 システムの基本構成

H-V90入出力システムの基本構成を図1に，基本仕様を表1に示す。

本入出力システムは，24Mバイト/秒の高速性をもつシステムバスと以下に述べる代表的な専用FEPから構成されている。

(1) IOP(入出力制御プロセッサ)

中・低速入出力装置群のトータル制御を担う専用プロセッサである。

IOPは，各入出力装置の設置場所，距離などに制限を付け

表1 代表的入出力専用FEPの基本仕様 大規模システムに容易に対応できるように，入出力専用FEPのレパートリーを拡充している。

専用FEP	項目	仕様
IOP	接続ループ	2
	接続機器数	32/ループ
	転送速度	200kバイト/秒
FCP	接続機器数	8
	転送速度	1.3Mバイト/秒
DWP	接続機器	MST/IST
	ループ伝送速度	10Mビット/秒
IFP	接続機器数	16
	転送速度	500kバイト/秒

ることなく，中・小規模システムから大規模システムまで柔軟かつ経済的なシステムを構築するため，伝送速度1Mビット/秒のシリアル入出力バスを2本備えている。1本のシリアルバスに32台の入出力装置を接続でき，IOP1台で最大64台の入出力装置をサポート可能である。

IOPマイクロプログラムは，三つの基本モジュール，システム管理，タスク管理，入出力管理から成る簡易なOS構造をもち，保守及び機能拡張の容易性を実現している。

(2) FCP(ファイル制御プロセッサ)

磁気ディスクや磁気テープなど，高速ファイル装置群のトータル制御を担う専用プロセッサである。

FCPは，ファイル制御装置やファイル装置のJOBP間での共有化を実現するMAC(多重アクセス制御機構)と，1.3Mバイト/秒の高速データ転送を実行する入出力ポートを1本をもっている。

FCPのマイクロプログラムは，簡易なOS構造をもち，主記憶とファイル装置間での高速データ転送を実現するためのデータバッファリング制御やファイルデータの信頼性，ファイル装置のタフネス性強化のためのきめ細かな自己修復機能をもって，ファイルメモリの高信頼化を図っている。

(3) DWP(データウエイプロセッサ)

HIDIC分散処理ネットワークシステム構築の中核をなすDFW(データフリーウェイ)を結合制御する専用プロセッサである。

DWPは，ネットワーク管理OSの基本部とステーション機能の上位プロトコルをファームウェア化することにより，DFWの高速性を十分に生かしたシステム応答性の確保と高スループットを実現し，ネットワークシステムのトータル性能を飛躍的に向上させている。

(4) IFP(インタフェース制御プロセッサ)

他社計算機リンケージやHIDIC 80シリーズ入出力インタフェース機器を接続制御する専用プロセッサである。IFP内部にコマンド変換機能，入出力処理変換機能もつことにより，

H-V90標準入出力プロトコルで各種の入出力装置群をサポート可能である。

以下、本入出力システムを代表するシリアル入出力バスシステムと高速ファイルシステムの二つについて述べる。

3 シリアル入出力バスシステム

近年、計算機制御システムは大規模化の傾向とともに、顧客の生産計画の増大や制御対象の適用の拡大に合わせ、既設システムを増設、拡充していく傾向が見られる。これらの計算機制御システムは顧客の制御システムの中核を成すものであり、高信頼化はもとより、システムを停止することなく増設できることが強く望まれている。これらのニーズに対処するため、図2に示すようなシリアル入出力バスシステムを開発した。

本システムは、シリアルな伝送路で比較的低速な入出力装置群をループ状に接続したループ伝送システムであり、以下に述べるような効果をねらっている。

(1) システム設計の柔軟さ・容易さ

シリアルループバス上に、入出力装置を分散配置することにより、計算機システムのレイアウトの柔軟さと入出力装置のオンライン増廃設の容易性を実現する。

(2) 信頼性・保守性の向上

光ファイバを適用した高品質な情報伝送の実現と、シリアルバスシステムの部分的障害に対するオンライン自動切離し及び波及防止手段を達成することにより、システムの高信頼化と保守性の向上を図る。

(3) 低価格化

各入出力装置を制御するステーションにマイクロコンピュータを内蔵し高機能化を図ることによって、多種多様な入出力装置の接続を可能とし、併せて、ソフトウェア、ハードウェアの標準化を達成し、システムコストの低価格化を図る。

3.1 構成及び特長

シリアル入出力バスシステムは、FEPの一つであるIOPと、情報を伝送するシリアルループ伝送路及び各入出力装置に対応して、これを制御する μ ST(マイクロステーション)から構成される。

3.1.1 IOP(入出力制御プロセッサ)

IOPは、2.2項で挙げたFEPの特長のほか、シリアルバス統括プロセッサとして、下記の機能を実現している。

(1) 同時処理入出力管理

最大64台の入出力装置の同時処理管理を、高速マイクロプログラム制御で行ない、OSの処理負荷、オーバーヘッドの軽減を図っている。

(2) 異常状態の検出と報告

IOP、シリアルバス、 μ ST、入出力装置個々に検出している異常状態の解析と報告情報の編集を行ない、保守、診断に有効な情報を提供する機能をもっている。

(3) 高信頼度な伝送制御手順

IOP、 μ ST内を図3に示すように処理内容に応じて各機能単位に階層化することにより、対応する階層間に論理インタフェースを設けている。このように処理を分担することにより、ユーザープログラムと入出力装置間の情報交換は、伝送

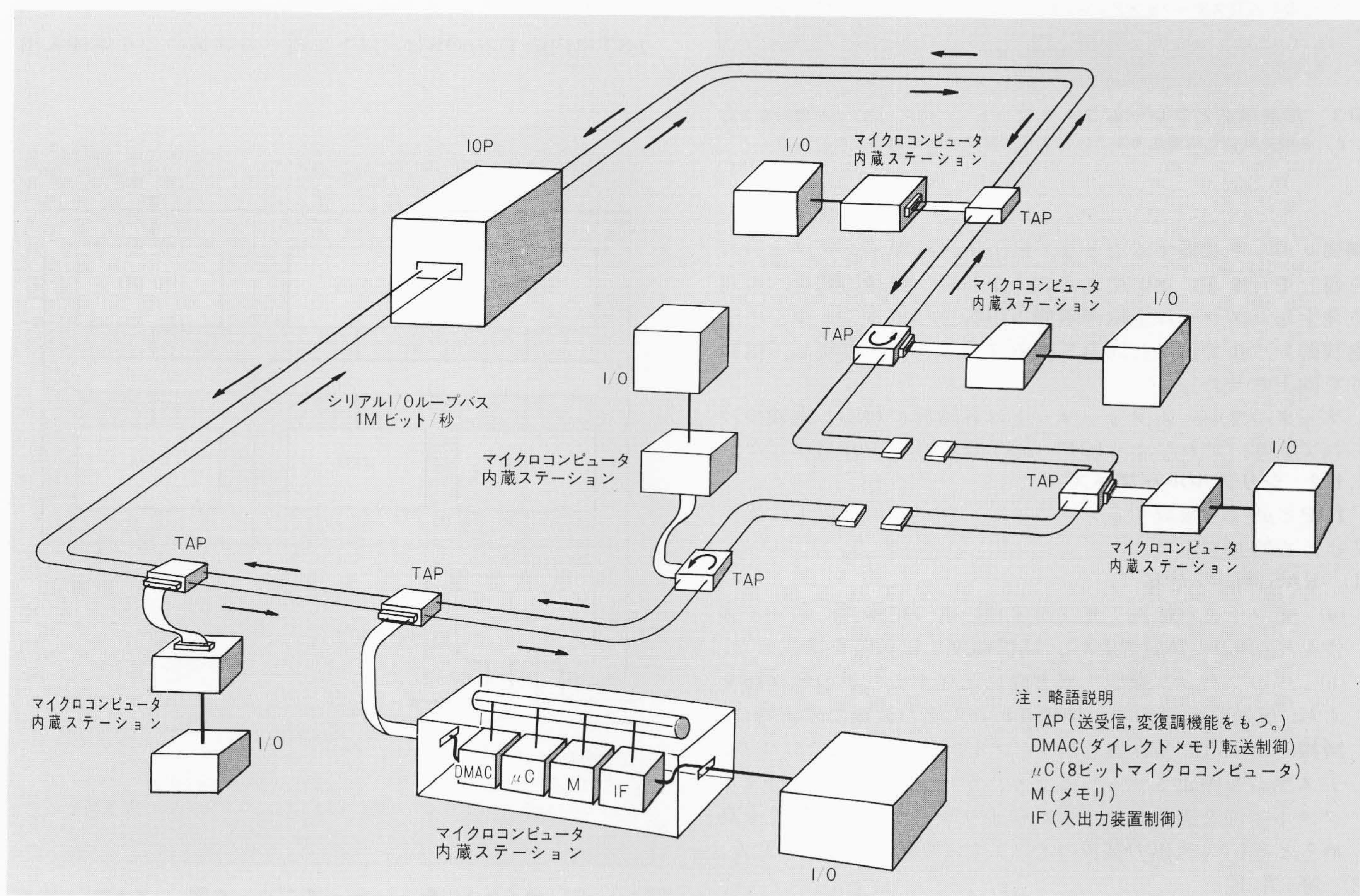


図2 シリアル入出力バスシステムの構成例 2本の異方向へ伝送するシリアル伝送路をもち、伝送路切断時、隣接するTAPで折り返すループバック機能をもち、入出力装置のオンライン増廃設を可能とする。

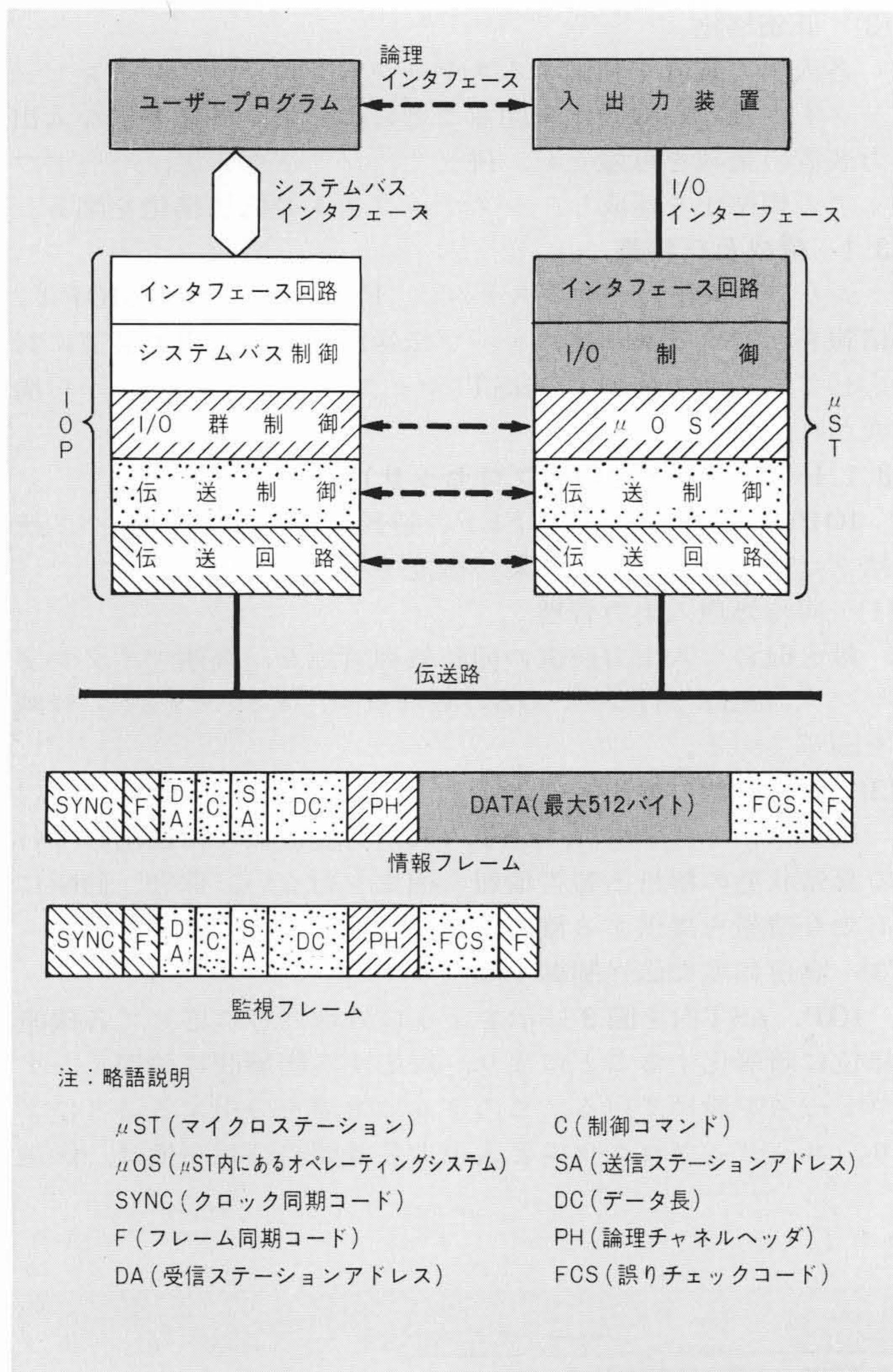


図3 階層構造とフレームフォーマット IOP, μSTの処理内容に応じて、各機能単位に階層化することにより、高信頼性を達成した。

制御レベルを意識することなく最上位の論理インターフェースを通して行なうことができる。すなわち、伝送制御レベル間で発生したエラーは上位の階層へ影響を与えることなく、伝送制御レベルで再送し回復を図るタフネス性を実現し、信頼性を向上させた。

データのフレームフォーマットは各階層に対応し定義づけられており、これによりIOP~μST間の処理を容易にした。

3.1.2 シリアルループバス

IOPとμSTを接続するシリアルループバスは、以下に述べるような特長をもつ。

(1) RAS機能の充実

- 光ファイバ伝送：光ファイバのもつ絶縁性、耐ノイズ性などの優れた特質を生かし、高信頼度な伝送路を構成した。
- ループバック機能：異方向に伝送する二重の伝送路をもち、伝送路の障害時や接続される入出力装置の障害時に、隣接したμSTで折り返したループを再構成することにより、システムを停止させることなく、データの伝送を維持するタフネス性を実現した。これによりシステムの信頼性を高めるとともに、入出力装置のオンライン増廃設を容易にした。

(2) 経済性

分散配置された入出装置を、シリアルループバスに接続することにより、計算機本体と各入出力装置を接続するパラレ

ルなインターフェースケーブルを不要とし、その布設コストの削減と合わせ、システムの経済性を実現した。

3.1.3 μST(マイクロステーション)

μSTの構成を図4に示す。μSTは機能的に次の三つに分けられる。

(1) TAP部

伝送路へのトランシーバ、変復調機能のほか、優先制御機能をもつ。

(2) 基本部

8ビットマイクロコンピュータを核とした標準部であり、伝送制御、入出力装置管理を行なう。基本部は各入出力装置に対してソフトウェア、ハードウェア共に共通である。

(3) I/O制御部

基本部のマイクロコンピュータの周辺として位置づけられ、異なる入出力装置の制御手順の吸収とインターフェース回路をもつ。

μSTは以下に述べるような特長をもつ。

(1) マイクロコンピュータ内蔵によるハードウェアの統一

入出力装置種類により異なる制御手順、コード変換などをマイクロコンピュータのソフトウェアで吸収し、ハードウェアの標準化を図り低価格化を実現した。更に、エラー発生時の保守情報の収集などのRAS機能を強化した。

(2) 小形化・低消費電力化

CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)LSI技術を駆使し、各種エラー検出機能とマイクロコンピュータ周辺回路などをLSI化することにより装置の小形化と低消費電力化を実現した。

(3) μOS(Micro Operating System)によるソフトウェアの統一

μSTに内蔵するμOSは、以下に述べる諸策により異種入出

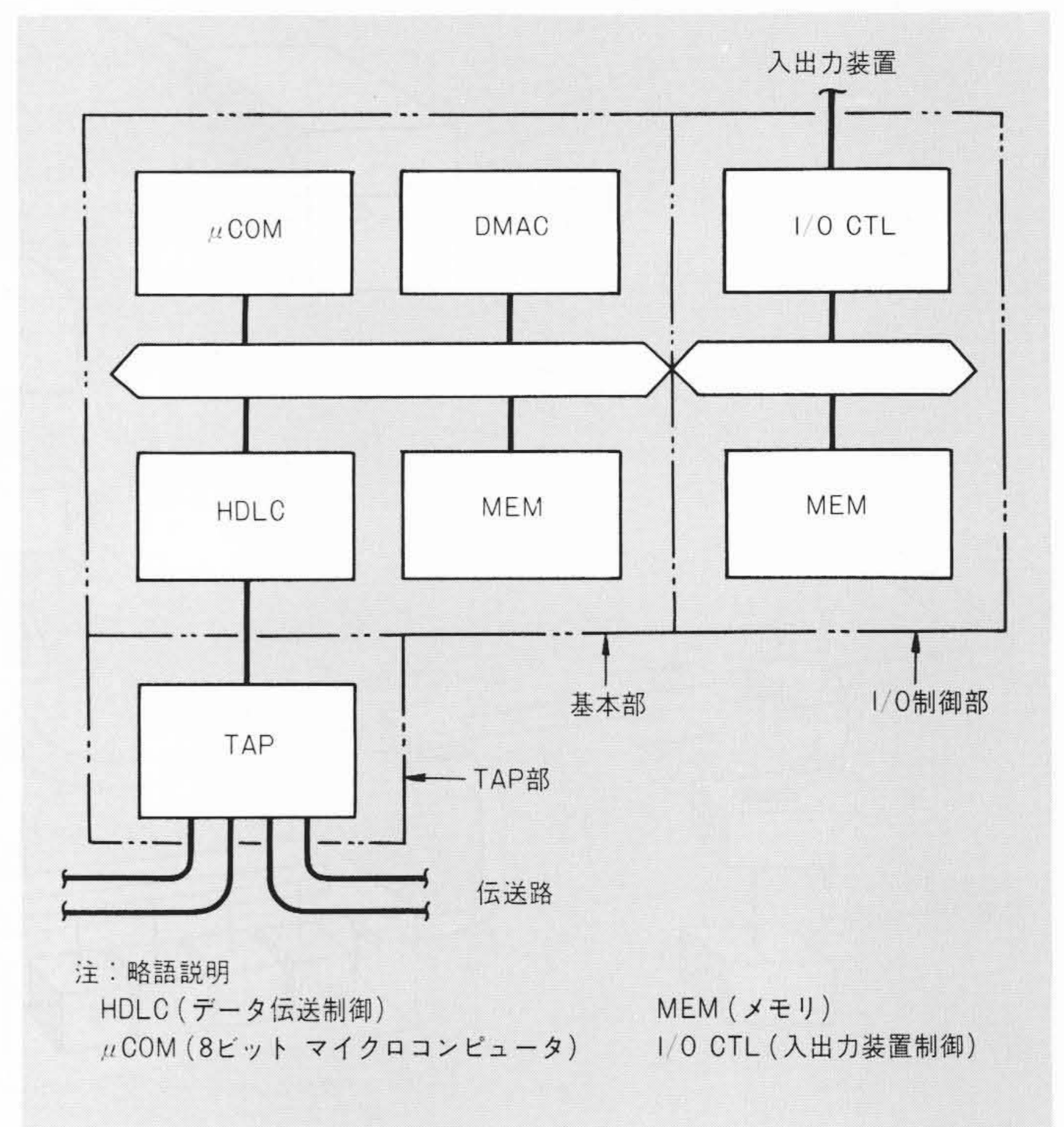


図4 μST(マイクロステーション)のブロック図 基本部、TAP部とI/O制御部は、別のプリント基板に実装される。異種入出力装置に対しては、I/O制御部だけを差し替えることにより対処する。

力装置制御プログラムとのソフトウェアインタフェースを統一し、ROM(Read Only Memory)化を実現した。

- (a) 入出力制御装置プログラムのタスク構成と標準マクロ命令を整備した。
- (b) 入出力制御レベルでは伝送制御を意識しないバッファ管理用のマクロ命令を制定した。
- (c) 割込み、イニシャル処理の入出力制御プログラムとの受渡し口を統一し、入出力装置により異なるこれらの処理プログラムをI/O制御部側へ実装する構成とした。

3.2 性能及び仕様

表2にシリアル入出力バスシステムの性能と仕様を、また、表3にシリアル入出力バスに接続される主な入出力装置を掲げる。

4 高速ファイルシステム

制御用計算機システムは、プラントと直結して使用されるためオンラインリアルタイム性³⁾が重要視される。このため、従来、ファイルメモリとしては高速であるが、小容量の固定ヘッドディスク装置や磁気ドラム装置、中速であるが、大容量のカートリッジディスク装置や大容量ディスク装置が使用されてきた。

しかし、最近の制御用計算機システムの制御対象の大規模化に伴い、ファイル装置に対するニーズ⁴⁾もより大容量で、かつ高速なもの、及びファイル装置故障の及ぼす影響の大きさから、より高信頼度なものが要求されてきている。

このような背景から、H-V90では高速データ転送を実現するファイル装置専用プロセッサとしてFCPを開発した。FCP及びファイル装置群の開発に当たっては、2.2節で挙げたFEPの特長のほかに次の事項を重点とした。

- (1) 磁気ディスクの記録密度の向上に伴い、データ転送速度

表2 シリアル入出力バスシステムの性能と仕様 シリアルループバス化することによりシステムの拡張性、柔軟性を確保しかつ高信頼性、低価格化を実現した。

項 目	性能, 仕様
システム規模	最大2ループ/IOP
	最大32ステーション/ループ
ステーション間距離	光ファイバ時 最大1km
	ペア線時 最大100m
伝 送 速 度	1Mビット/秒
伝 送 路	光ファイバ又はペア線
伝 送 符 号	マンチェスタ符号
伝 送 手 順	HDLC準拠
デ ー タ 長	最大512バイト/メッセージ(可変長)
伝 送 形 態	N:M転送
システム RAS機能	伝送誤り制御, CRC16+フレーム合理性チェック
	ハードウェアの自動再送
	コントロールステーション二重化
	伝送監視, トレース
μST RAS機能	ループバック, オンライン増廃設
	パリティ, 命令インバリッドチェック
	ウォッチドッグタイマ
	エラー時の情報収集とリトライ

注：略語説明 RAS(Reliability Availability Serviceability)
CRC(誤り検出コード)

表3 シリアル入出力バスシステムの入出力装置一覧表 接続される主な入出力装置種類を掲げた。

品 名	形 式	仕 様
タイプライタ	HC-5831	48字/秒, 136字/行
	HC-5832	120字/秒, 80字/行
	HC-5841	180字, 120字/秒, 132字/行
	HC-5842	38字/秒, 132字/行
ラインプリンタ	HC-5811	310行, 180行/分, 132字/行
	HC-5812	600行, 350行/分, 132字/行
	HC-5813	1,250行, 770行/分, 132字/行
カード読取機	HC-5881	600枚, 300枚/分, 80欄カード
カードせん孔機	HC-5882	26枚, 17枚/分, 80欄カード
X-Yプロッタ	HC-5891	4,000, 2,000ステップ/秒, 0.1mm/ステップ
フロッピーディスク	HC-5461	62.5k, 31.3kバイト/秒, 985k, 243kバイト
キャラクタディスプレイ	HC-5111	1,920字/画面
セミグラフィックディスプレイ	HC-5211	4,032字, 1,920字/画面, 20インチカラー
オペレータコンソール	HC-6322	256字, 32字プラズマディスプレイ
分散形プロセス入出力装置	HC-7660	(1) コントローラ当たり最大8台 (2) 最大総長 2km (3) 入出力装置種類 (a) デジタル入出力 (b) アナログ入出力 (c) 割込入力 (d) バルス列入出力

- もしだいに速くなっており、これら将来のファイル装置についても十分に対処できるデータ処理速度をもっていること。
- (2) 発展の著しいLSI技術の将来を見越して、FCPの機能拡張が容易なマイクロプログラムアーキテクチャとすること。
 - (3) データの信頼性向上、ファイル装置のタフネス性、予防保全・事後保全機能の強化など、RAS機能の拡充を図ること。

4.1 特 長

FCP及び各ファイル制御装置にマイクロプログラム制御方式を採用し、従来のファイル装置ではOSでサポートしていた諸機能の多くをファームウェア化して、OSの負荷軽減を図るとともに、次のような特長をもっている。

- (1) 高速処理性
 - (a) FCPとファイル制御装置間での高速データバッファリング手法により、1.3Mバイト/秒の高速データ転送を実現した。
 - (b) コマンドチェーン及びデータチェーン機能を採用することにより、JOBPからの少ない起動回数で大量のデータ転送が実行可能となり、スループットの向上と主記憶装置内メモリの有効活用を可能とした。
- (2) アクセス手順の簡素化
 - (a) 各種ディスク装置のアクセスメソッドを一元化することにより、ハードウェア、ソフトウェア両面での各種リソースの共用化が可能となった。
 - (b) シリンダアドレス、トラックアドレス、セクタアドレスなど、ディスク装置固有の物理アドレスをOSで意識することなく一貫した論理セクタアドレスでディスク上のデータをアクセスできる論理アドレッシング方式を採用した。
 - (c) データの書込みや読出し動作中に、不良セクタや不良

トラックに遭遇した場合の代替セクタや代替トラックへの自動乗り移り、代替セクタや代替トラックを処理後の現用トラックへの自動復帰などを実行する自動代替セクタ・代替トラック処理方式とした。

- (3) 多重アクセス制御機構
 - (a) ファイル装置を最大8台のJOBPで共用可能とするための多重アクセス制御機構を準備した。
- (4) 故障検出能力の強化
 - (a) 主記憶装置、FCP、ファイル制御装置と、一連のデータパス系への一気通貫したバイト単位のパリティチェックを実施した。
 - (b) 記憶媒体へのCRC(Cyclic Redundancy Check)やECC(Error Checking and Correction)の付加により、データの誤り検出能力を強化した。
- (5) 自動回復機能
 - (a) ファイル制御装置、FCP、OSの階層別ハードウェアリトライを実現した。
 - (b) セクタサイズバッファ制御によるディスクオーバーランエラーの防止により、ファイル装置のタフネス性を強化した。
 - (c) セクタのデータ部後部にECCコードを付加し、最大11ビットまでのバースト誤りをプログラムを介することなく自動訂正を行なう。
- (6) 予防・事後保全機能
 - (a) 各種稼動管理情報の収集や診断コマンドの装備により、予防保全機能を強化した。
 - (b) 障害解析情報のログアウト機能、装置異常検出時の制御装置内制御情報の退避機能などにより、事後保全機能の充実を図った。

4.2 仕様及び構成

磁気ディスクは絶え間ない新技術の開発により、記憶容量は年ごとに増大してきた。汎用大形計算機用の高性能磁気ディスク装置で採用されている幾つかの基本技術を用い、ディスク記憶媒体の直径を従来の14inから8inへと縮小し、装置の小形化、低価格化を図った小形固定ディスクが出現してきた。

H-V90用ディスク装置としては、記憶容量18.8Mバイト又は37.6Mバイト、平均ポジショニング時間が25msと高性能なHC-5418形小形固定ディスク装置を核として、記憶容量4.1MバイトのHC-5442形固定ヘッドディスク装置から記憶容量251MバイトのHC-5432形大容量ディスク装置まで豊富なレパートリーを取りそろえ、システムに最適なファイル装置を提供している。

表4 ファイル装置の仕様 各種の豊富なファイル装置から、システムに最も適した仕様を選択することができる。

品 名	形 式	仕 様
固定ヘッド ディスク装置	HC-5442	4Mバイト, 937kバイト/秒, 2台/制御部
磁気ドラム装置	HC-5441	1.5Mバイト, 300/360kバイト/秒, 2台/制御部
固定 ディスク装置	HC-5418	18.8/37.6Mバイト, 904kバイト/秒, 2台/制御部
	HC-5414	36.3/72.7Mバイト, 889kバイト/秒, 2台/制御部
大容量 ディスク装置	HC-5432	251Mバイト, 1,209kバイト/秒, 2台/制御部
磁気テープ装置	HC-5511	1,600bpi, 45ips, 4台/制御部
	HC-5512	1,600/800bpi, 45ips, 4台/制御部
	HC-5531	1,600bpi, 45/100ips, 4台/制御部

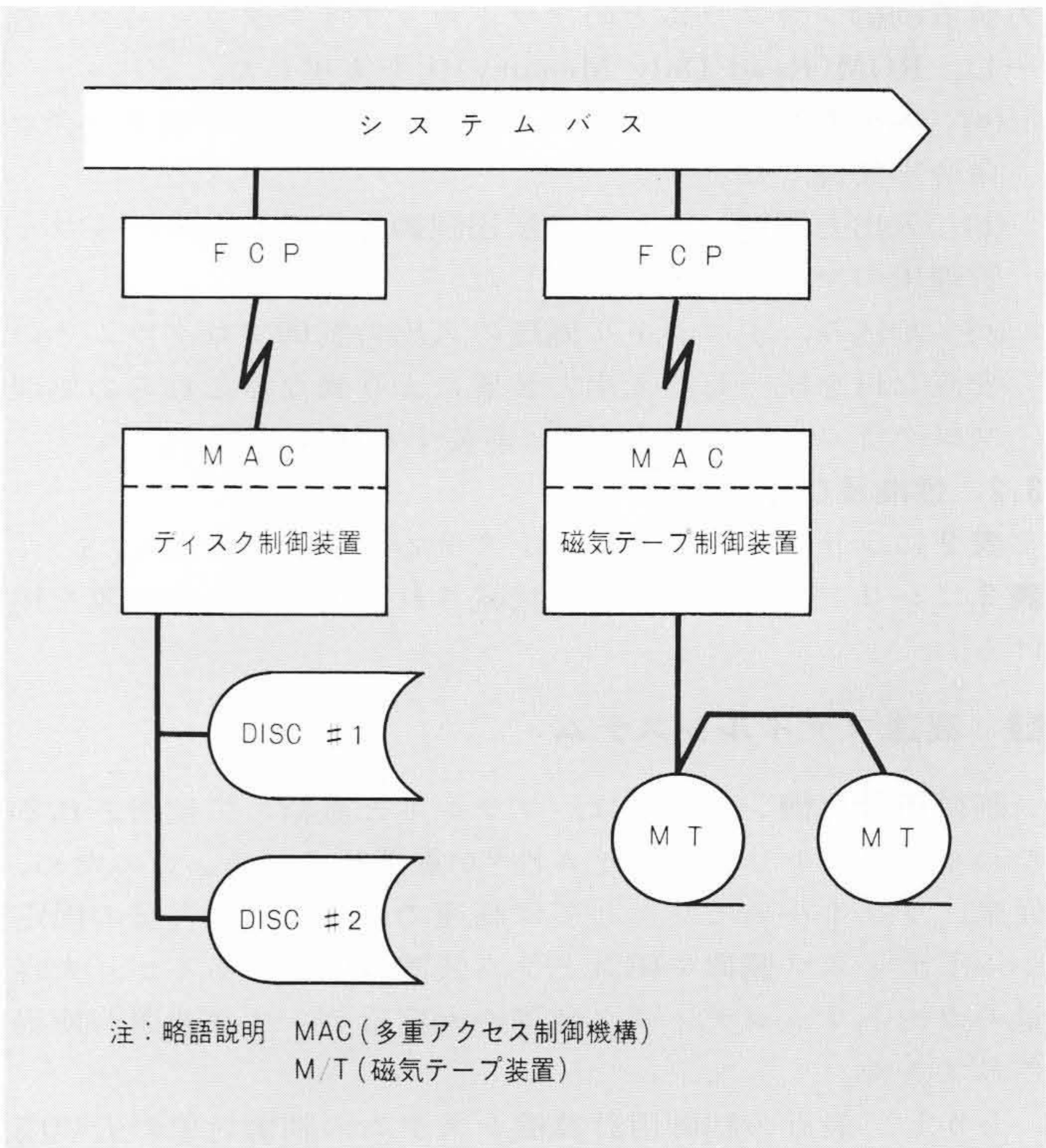


図5 H-V90ファイル装置の一構成例 各ファイル装置は、多重アクセス制御機構により最大8台のファイル処理プロセッサに接続できる。

一方、磁気テープ装置では、固定ディスク装置のバックアップを主目的としたHC-5531形ストリーミング磁気テープ装置を装備している。この装置の特長の一つは、通常の実行するときには45ips、75kバイト/秒の中速で行ない、ディスク装置のバックアップ処理などの高速処理を必要とするときは100ips、160kバイト/秒と高速でデータをブロック転送するもので、記憶媒体は従来の1,600bpiの磁気テープ装置と互換性をもっている。

表4にH-V90用ファイル装置の仕様一覧を示す。またファイル装置の一構成例を図5に示す。

5 結 言

以上、HIDIC V90/50入出力システムについて、開発のねらいをはじめシステム構成及び入出力方式の技術的特徴を中心に記述した。計算機制御システムの役割は今後更に重要となり、その用途もますます大規模化、多様化するものと考えられるが、市場ニーズに常に応じられるようFEPの性能強化はもとより、周辺装置のレパートリーの拡充と信頼性のよりいっそうの向上に努力していく考えである。

本システムの開発に当たり、種々御協力をいただいた関係各位に対し、深く謝意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 井手, 外: HIDIC 80シリーズのシステム構成, 日立評論, 61, 8, 587~592(昭54-8)
- 2) 桑原, 外: HIDIC 80処理装置, 日立評論, 58, 6, 497~502(昭51-6)
- 3) 林, 外: HIDIC 80シリーズ周辺装置, 日立評論, 61, 8, 593~598(昭54-8)
- 4) 松井田, 外: HIDIC 80用周辺装置, 日立評論, 58, 6, 503~508(昭51-6)