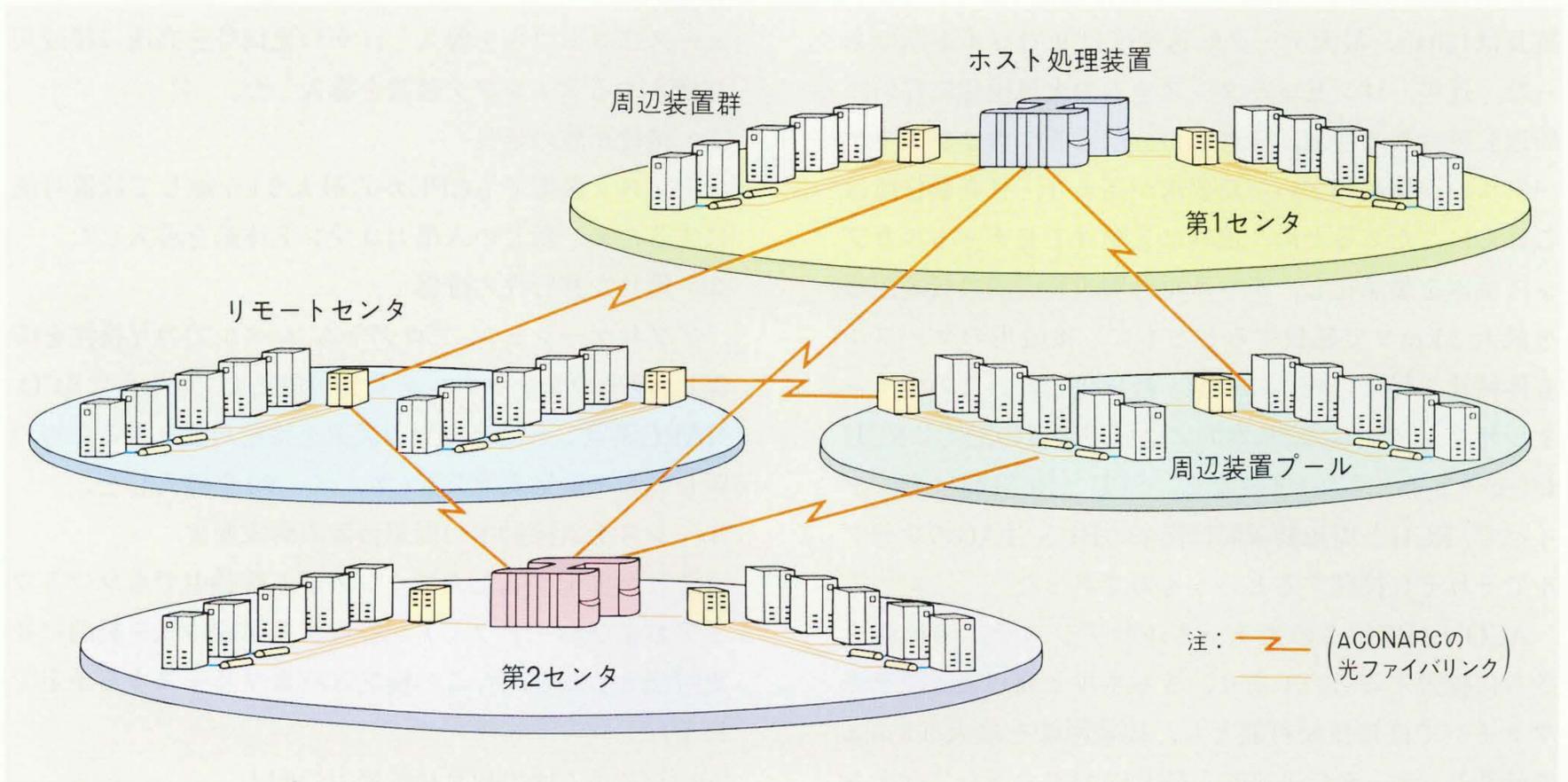


光技術を用いた新入出力接続アーキテクチャ “ACONARC”

“ACONARC”, a New I/O Connection Architecture Using Fiber Optic Technology

森川 孝* Takashi Morikawa 岩永政春*** Masaharu Iwanaga
柴田芳一** Yoshikazu Shibata 市川義和**** Yoshikazu Ichikawa



ACONARC(アコナーク)における周辺装置、センタ間の接続イメージ

ACONARCの長距離接続性を利用して、センタ間の分散設置や周辺装置の遠隔設置が容易に実現可能となった。

現在の大型コンピュータシステムでは、業務の拡大やデータ量の増大などに伴い、システム構成は複雑化し運用の負担が増加する一方、グローバル化による24時間連続稼働が必要となってきている。これに伴い、CPUと周辺装置の接続で、高速データ転送に加え接続距離の延長、構成変更の容易化、大規模ファイル共用機能の強化などが求められている。

日立製作所はこれらのニーズにこたえるため、他社に先駆けて光技術を用いた光チャネルサブシステム¹⁾を製品化してきた。今回その機能をさらに拡張し、入出力接続性能を飛躍的に高める新しい入出力接続アーキテクチャACONARC(Advanced Connection

Architecture: アコナークと呼称)を開発した。

ACONARCはIBM社のESCON^{2), 3)}に対応する入出力接続アーキテクチャであり、超大型汎用コンピュータHITAC M-880, 大型汎用コンピュータHITAC M-860(上位モデル)およびスーパーコンピュータHITAC S-3800プロセッサグループでサポートするものである。ACONARCは光技術によってCPUと周辺装置間の接続距離を最大9 kmまで延長を可能とし、最大17 Mバイト/sの高速データ転送を実現した。また、光信号を高速に接続切り換えするディレクタ装置を導入して、構成変更や大規模ファイル共用をいっそう容易に実現可能とした。

* 日立製作所 汎用コンピュータ事業部 ** 日立製作所 ストレージシステム事業部 *** 日立製作所 ソフトウェア開発本部
**** 日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社

1 はじめに

1970年以來、日立製作所の汎(はん)用コンピュータでは入出力チャンネル(以下、チャンネルと略す。)と周辺装置の接続には汎用コンピュータHITAC Mシリーズ(以下、Mシリーズと略す。)標準入出力インターフェースを用いてきた。このインターフェースはBUS/TAG^{*2)}の2本のケーブルでチャンネルと周辺装置間を接続するもので、最大接続長は120 m、最大データ転送速度は9 Mバイト/sであった。近年、コンピュータシステムの大規模化に伴い、周辺装置台数の増加、それらの分散設置、および床下ケーブルの混雑緩和といった要求が高まり、日立製作所はこれらにこたえるため、他社に先駆けて光チャンネルサブシステムを製品化し、チャンネルと周辺装置間の接続距離を最大2 kmまで延長するとともに、接続用のケーブルも体積比で従来の約 $\frac{1}{17}$ に小型・軽量化した。この光チャンネルサブシステムは、基本的には周辺装置の近くにRCH(リモートチャンネル)を設置し、CPUとRCH間は光ファイバで、RCHと周辺装置間は従来のBUS/TAGのケーブルでそれぞれ接続するというものであった。

ACONARCはこの光チャンネルサブシステムの機能をさらに拡張するものであり、チャンネルと周辺装置間を光ファイバで直接接続可能とし、接続距離を最大9 kmまで延長し、データ転送速度も最大17 Mバイト/sに向上させ、さらに光信号を高速に接続切り換えするディレクタ装置を導入してチャンネルと周辺装置間のm対nの接続を可能にした。

ここでは、ACONARCの開発のねらい、ACONARCを支えるハードウェアとソフトウェアの技術、および

ACONARCの導入効果について述べる。

2 ACONARCの開発のねらいとシステム構成

ACONARCは従来の光チャンネルサブシステムの機能・性能をさらに強化するため下記を考慮して開発した。

(1) 光ファイバ化と接続可能周辺装置台数の拡張

すべてのインターフェースケーブルの光ファイバ化を実現するために、チャンネルと周辺装置間に新しいインターフェースプロトコルを導入し、かつ光信号を高速に接続切り換えするディレクタ装置を導入した。

(2) 接続距離の延長

ディスク装置でもCPUから最大9 km離して設置可能にするため、新しい入出力コマンド体系を導入した。

(3) 優れた移行性の確保

アプリケーション プログラム レベルでの互換性を確保し、従来の光チャンネルを共存可能として、さらにACONARC環境でも従来の周辺装置を接続可能とするための新しい光・電気変換装置(コンバータ)を導入した。

(4) システム稼働中の周辺装置の構成変更

これを実現するために、システム稼働中でもソフトウェアおよびハードウェアが管理する構成情報を動的に変更可能とした(なお、この機能は将来リリースする予定である)。

(5) システム間の相互接続能力の向上

チャンネル間通信機能を内蔵する新しいタイプのチャンネル〔CTC(Channel to Channel)チャンネル〕を導入し、従来のようなチャンネル間通信装置を用いなくてもチャンネル間の通信を可能とし、さらにそのデータ転送速度を17 Mバイト/sに向上させた。

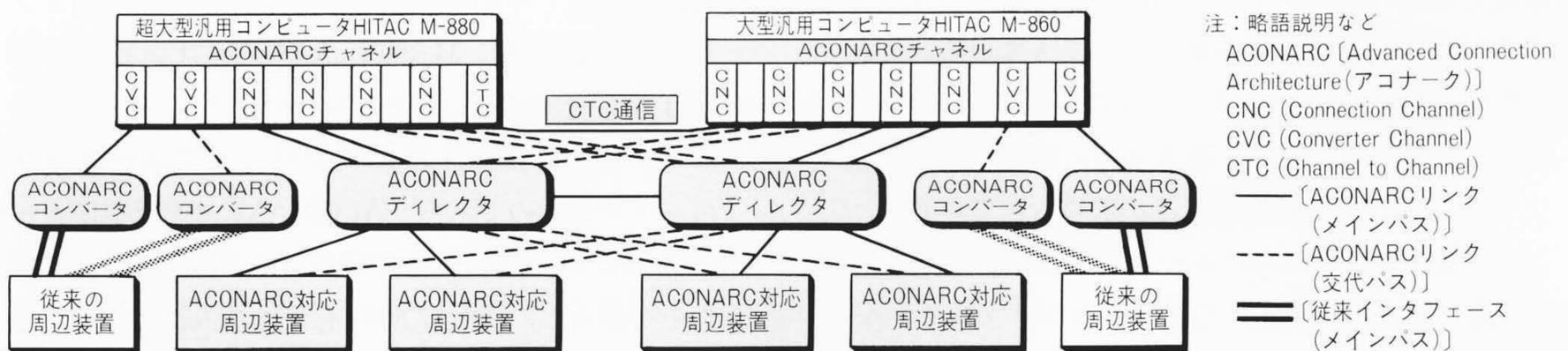


図1 ACONARCのシステム構成例 個々のケーブルが小型・軽量化されるだけでなく、ACONARCディレクタ装置を導入したことによってケーブル本数も削減され、すっきりした接続形態となった。

*1) ESCON: Enterprise Systems Connectionの略語で、1990年9月に発表されたIBM社の新しい入出力接続アーキテクチャの名称である。

*2) BUS/TAG: データ転送用のバスと、バス上の情報を識別するためのタグ情報で、それぞれ24本の信号線から成る。

表1 ACONARCと従来チャンネルの比較 ACONARCはあらゆる面で従来のチャンネルよりも優れた機能・性能を提供する。

項目	ACONARCインタフェース	従来の光インタフェース	従来チャンネルのインタフェース
データ転送方式	ビット直列	ビット直列	バイト単位(ビット並列)
データ転送速度(Mバイト/s)	Max. 17	3 ~ 9, (18)*	3 ~ 9
ケーブル接続方法	ディレクタによるスター接続	1対1ないしいもづる接続	いもづる接続
最大I/O接続台数(台/チャンネル)	1,024	256	256
ケーブル物理仕様	長さ(km)	Max. 9	Max. 2
	太さ(mm)	5	11
	本数	1本/チャンネル	1本/2チャンネル
	心数(ケーブル)	2心	4心
	心数(ケーブル)	2心	4心
材料	光ファイバ	光ファイバ	銅線
質量(kg/m)	0.02	0.12	1.5
その他, 特徴	低損失(長距離) 広帯域(高速転送) 無誘導(低雑音)	同左	—

注：* 半導体記憶装置直結のケース

ACONARCのシステム構成例を図1に、ACONARCと従来のチャンネルとの比較を表1に示す。

3 ACONARCを支えるハードウェアとソフトウェアの技術

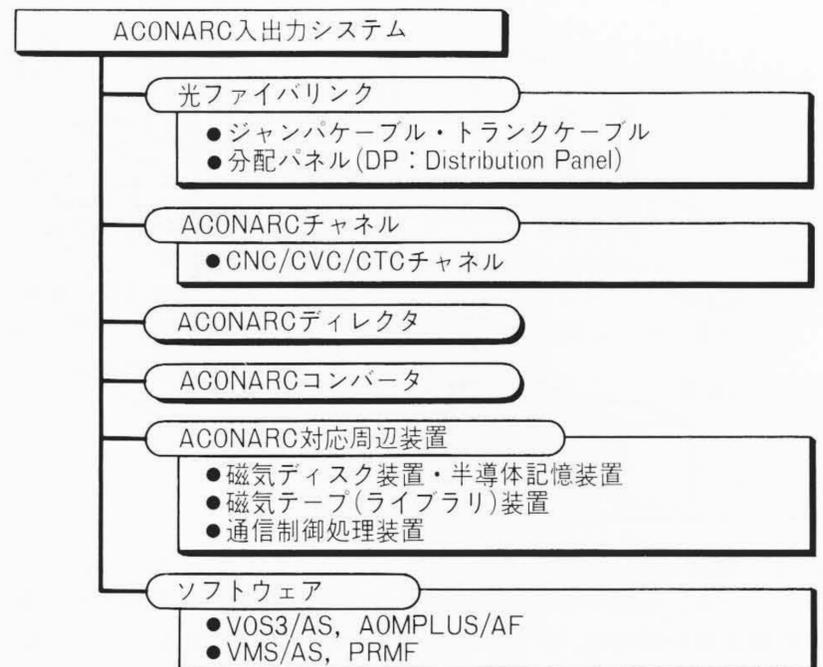
ACONARCの入出力システムは図2に示す要素で構成される。それらの機能と特徴は以下のとおりである。

3.1 光ファイバリンク

ACONARCの装置間を接続する光ファイバリンクは、装置に内蔵される光送受信器、光ファイバケーブル、およびその両端に取り付けられたコネクタから成る。光源には波長1.3 μmのLED(Light Emitting Diode)を使用し、ファイバ上の伝送速度は200 Mビット/sである。いずれも従来の光チャンネルサブシステムで実績のある技術である。ファイバケーブルには短距離用のジャンパケーブルと、長距離用のトランクケーブルがある。ジャンパケーブルとそれに付属するデュプレックスコネクタを図3に示す。すべての装置はデュプレックスコネクタが直接接続可能である。ジャンパケーブルとトランクケーブルを接続するための中継装置として分配パネルを用いる。リンクの接続例を図4に示す。

3.2 チャンネル

ACONARCチャンネルには下記の3種のタイプがある。ハードウェアは同じで入出力構成情報のチャンネルタイプ



注：略語説明

VOS3/AS (Virtual Storage Operating System 3/Advanced System Product)

AOMPLUS/AF (Automatic Operation Monitor PLUS for multiple systems/ACONARC control Facility)

VMS/AS (Virtual Machine System/Advanced System Product)

PRMF (Processor Resource Management Feature)

図2 ACONARCの入出力システムの構成要素 チャンネル、ディレクタのほかに、対応周辺装置、サポートソフトウェアも充実している。

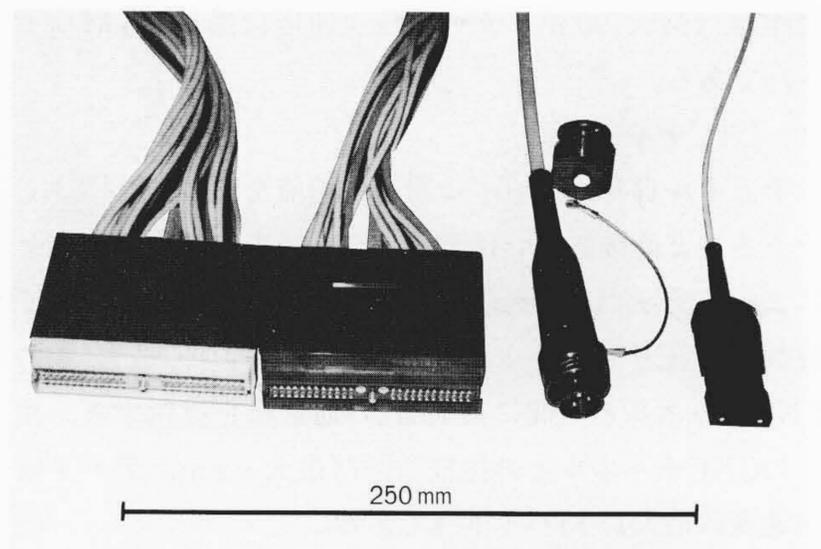


図3 従来のケーブルとACONARCのジャンパケーブル

左から従来のBUS/TAGケーブル、光チャンネルのフロアケーブル、およびACONARCのジャンパケーブルを示す。ジャンパケーブルは一段と小型・軽量化されている。

としてCNC/CVC/CTCのいずれかを指定することで任意のチャンネルに設定できるようにした。

(1) CNCチャンネル

ACONARC対応の周辺装置を直接ないしACONARCディレクタ経由で接続する。チャンネル当たり最大120台の入出力制御装置と最大1,024台の入出力装置が接続可能である。チャンネルと周辺装置間の接続距離は最大9 km、データ転送速度は最大17 Mバイト/sである。

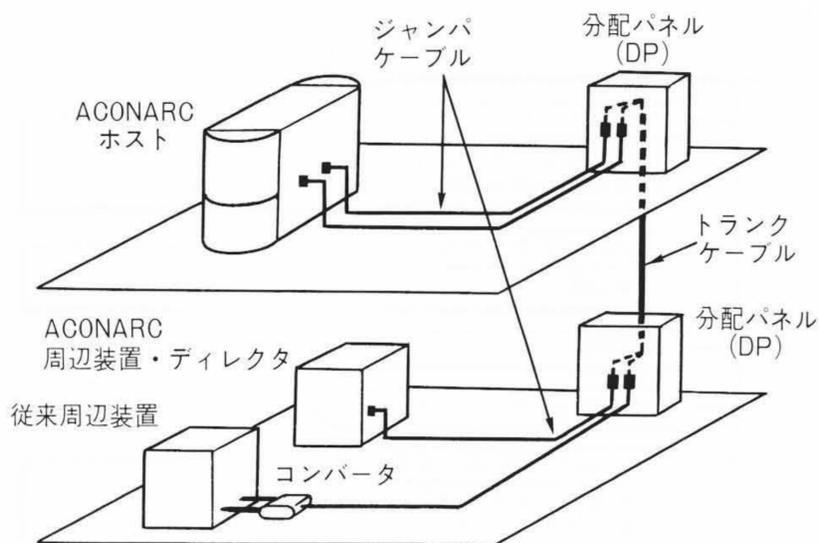


図4 ACONARCリンクの接続例 ジャンパケーブル、トランクケーブル、分配パネルの組み合わせで長距離接続を実現する。接続距離が短い場合は、ジャンパケーブルだけで接続することも可能である。

(2) CVCチャンネル

従来の周辺装置をACONARCコンバータ経由で接続する。チャンネル当たり最大16台の入出力制御装置と最大256台の入出力装置を接続できる。コンバータをディレクタ経由で接続することができるが、ディレクタの動的な接続切換機能は利用できない。チャンネルとコンバータ間の接続距離は最大3 km、コンバータと周辺装置間の接続距離は最大120 m、データ転送速度は最大4.5 Mバイト/sである。

(3) CTCチャンネル

チャンネル自身にチャンネル間通信機能を内蔵させ、CNCチャンネルと直接あるいはディレクタ経由で接続することによってチャンネル間通信が行える。ディレクタを介して複数のCNCチャンネルとの通信が可能であり、最大120のCNCチャンネルとの間に最大512の通信路を提供する。相手のCNCチャンネルとの接続距離は最大9 km、データ転送速度は最大17 Mバイト/sである。

3.3 ACONARCディレクタ

光のインタフェースでは従来の電気信号のように「いもづる接続^{※3)}」ができないため、複数のチャンネルと複数の周辺装置の間に光信号を高速に接続切換するディレクタ装置を設け、ここでチャンネルと周辺装置間の接続切換を動的に行うことにより、一つのACONARCチャンネルから複数の周辺装置を、また複数のACONARCチャンネルから一つの周辺装置をそれぞれアクセス可能とした。この

※3) いもづる接続：1台のチャンネルと複数台の周辺装置が、BUS/TAGのインタフェースケーブルによってマルチドロップ形式で接続される形態である。

装置は最大60ポート搭載が可能であり、各ポートにはチャンネルと周辺装置のどちらでも接続できる。最大30組のポート間で同時に入出力動作が実行可能である。ディレクタは接続切換だけでなく、接続距離を延長するためにも使用でき、チャンネルと周辺装置間に2台までのディレクタを直列に接続して設置することができる(ただし、そのうち1台だけが動的な接続切換が可能である)。

3.4 ACONARCコンバータ

ACONARCコンバータは、ACONARCの光インタフェースを従来の電気信号のインタフェースに変換し、従来の周辺装置をCVCチャンネルに接続することを可能とする装置である。コンバータとCVCチャンネル間は直接あるいはACONARCディレクタ経由のどちらでも接続可能である。ディレクタを介して複数のCVCチャンネルと接続することにより、従来の静的なチャンネルスイッチ機能と等価な機能を実現することができる。

3.5 周辺装置

ACONARC対応のインタフェースプロトコルをサポートする周辺装置を表2に示す。これらの周辺装置では、ACONARC環境への移行を容易にするため、従来のHITAC Mシリーズ標準インタフェースの接続口とACONARCインタフェースの接続口を混在して搭載できるようにした。

ACONARC対応の周辺装置をCNCチャンネルに接続する形態として、チャンネル直結とディレクタ経由の二とおりがある。ディレクタ装置経由で接続する場合、ある周辺装置とディレクタ間の接続パス数(j)より、その周辺装置をアクセスするチャンネルとディレクタ間のパス数(k)のほうが多いのが一般的であり、j対kの接続を可能にするために、周辺装置で論理パスという概念を導入した。各周辺装置がサポートする論理パス数は表2に示すとおりである。

3.6 ソフトウェア

VOS3/AS(Virtual Storage Operating System 3/Advanced System Product)、VMS/AS(Virtual Machine System/Advanced System Product)、およびPRMF(Processor Resource Management Feature)がACONARCをサポートする。

(1) VOS3/AS

VOS3/ASが提供するソフトウェア機能がACONARC対応の周辺装置を利用できるようにし、そのシステムデータセットもACONARC対応の磁気ディスク装置上に配置できるようにした。また、AOMPLUS(Automatic

表2 ACONARC対応の周辺装置 磁気ディスクから通信制御処理装置まで、主だった周辺装置がACONARC接続をサポートする。

分類	形名	最大データ転送速度 (Mバイト/s)	最大接続距離 (km)	最大論理バス数 (/装置)
磁気ディスク制御装置	H-6581-C3	10	9	16
	H-6582-C3	17	9	32
半導体記憶制御装置	H-6912-7	17	9	32
磁気テープ制御装置	H-6482-1*	9	9	128
	H-6483-1/2			
磁気テープライブラリ装置	H-6951*	9	9	128
	H-6952-1/2			
通信制御処理装置	H-6655-310/ 510/520/540	10	9	64

* 36トラックアップグレード機だけサポート

Operation Monitor PLUS for Multiple Systems)およびAOMPLUS/AFに新たに下記の機能を追加した。

- (a) ACONARCを含む複合プロセッサ環境下での自動運転・統合運転
- (b) AOMPLUSのシナリオ機能によるACONARCディレクタに接続された周辺装置の接続切換
- (c) ACONARCディレクタに接続された周辺装置を含めたホットスタンバイ切換
- (d) ICON端末^{※4)}へのACONARCディレクタの状態および構成情報表示

(2) VMS/AS

ACONARC対応の周辺装置を、専用装置として利用できるようにした。

(3) PRMF

プロセッサ資源分割機構のもとでもACONARCを利用できるようにした。

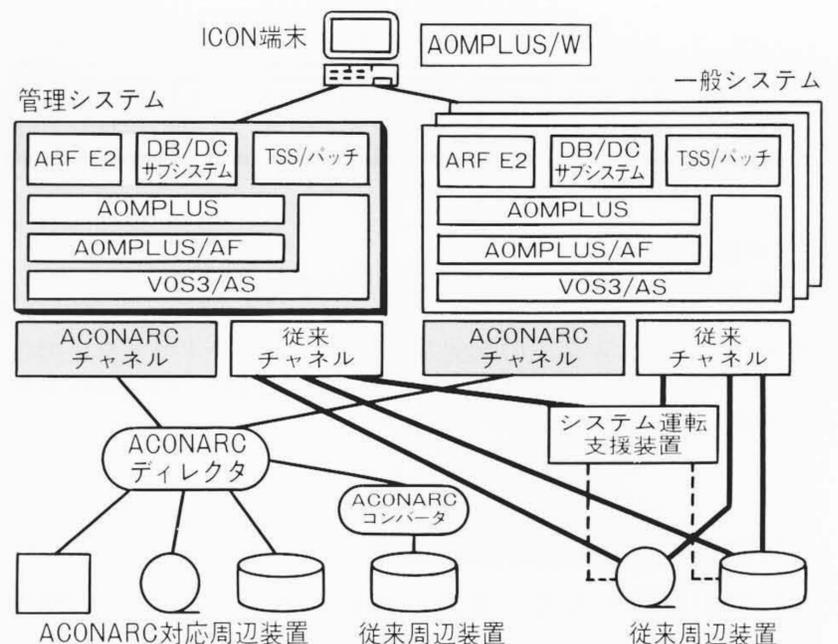
ACONARCをサポートするソフトウェアの構成例を図5に示す。

3.7 ディスクの長距離接続を実現する新しいコマンド体系

現在の汎用コンピュータ用のディスク装置は図6に示すような記録フォーマットを採用している。

記録媒体上の一つのレコードはC(Count)/K(Key)/D(Data)の三つの部分から成り、C~K~Dの間にはギャップ(すきま)が設けられている。このレコードをアクセス

※4) ICON端末：ローカル複合システム内の運転情報と動作状況を表示するインテリジェントコンソールである。



注：略語説明

ICON (Intelligent Console)

ARF E2 (Advanced Reliability Feature E2)

AOMPLUS/W (Automatic Operation Monitor PLUS for Multiple Systems/Workstation)

図5 ACONARCにおけるソフトウェア構成例 各種ソフトウェアがACONARCをサポートし、かつ従来の周辺装置も混在して接続可能にする。

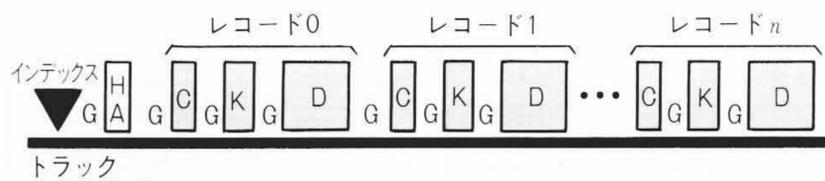
するために、従来はCKDコマンド体系が使用されていた。このコマンド体系では、チャンネルとディスク制御装置間のコマンドのやり取りはディスクの読み書きヘッドが上記ギャップを通過する間に処理されねばならない(もしギャップ中に処理されない場合は、著しい性能低下につながる)。チャンネルとディスク装置間の距離が長くなると、それに比例してコマンドのやり取りに時間がかかるため、CKDコマンド体系ではチャンネルとディスク装置間の距離が制限されていた。ACONARCではこの問題を解決するために、拡張CKDという新しいコマンド体系を導入した。このコマンド体系の特徴は、LOCATE RECORDというコマンドによって、ディスク上のレコードをアクセスする動作をあらかじめディスク制御装置に通知しておくことにより、チャンネルと制御装置間のコマンド処理と、制御装置とディスク装置間の読み書き処理を非同期に実行できるようにした点にある。これにより、ギャップ内でのコマンド実行という制約から解放され、接続距離の延長が可能になった。

4 ACONARC導入の効果と導入手順

4.1 ACONARC導入の効果

ACONARCは、周辺装置接続の新しいアーキテクチャとして以下に示すソリューションを提供し、顧客の設備投資に対して長期にわたってその効果を提供する。

- (1) 計算機センタのレイアウト条件の緩和



注：略語説明

HA (Home Address), K (Key), G (Gap), C (Count), D (Data)

図6 CKDディスク上の記録フォーマット トラック上の各レコードはC/K/D部から成り、レコード間およびC~K~D間はギャップで区切られている。

装置間の接続距離制限が緩和され、センタのレイアウト設計が容易となる。また、複数のセンタ間での装置共用も容易となる。

(2) 床下ケーブルの混雑緩和

ケーブルの小型・軽量化によって床下の混雑が緩和され、空調効率の向上や機器の増・移設作業効率が向上し、センタ運営費用を低減する。

(3) システム稼働中の構成変更

光ケーブルの自在な活線挿抜性とハードウェア・ソフトウェア両面の動的構成変更機能のサポートにより、周辺装置の増移設に際してのシステム停止が不要となり、システムの可用性が向上する。

(4) 高速データ転送

ACONARC対応の周辺装置はデータ転送速度が従来の2~5倍の最大17 Mバイト/sに高速化され、I/Oスループットが向上しジョブの実行時間も短縮される。

(5) CTCチャンネル

CTCチャンネルとディレクタ装置を組み合わせることで、距離の離れた複数のセンタ間の相互接続が容易に実現でき、さらにデータ転送速度の向上によってシステムスループットも向上する。

4.2 ACONARCの導入手順

ACONARCを導入する契機と、その導入形態の代表例を以下に述べる。

(1) 新センタ建設あるいはセンタ移転

4.1項記載の効果を十分に引き出すため、全面的にACONARCに移行する。移行過程で従来の周辺装置を接続する場合は、ACONARCコンバータ経由で接続する。

また、低速系の周辺装置については従来の光チャンネル経由で接続する。

(2) 新しいホストや周辺装置の導入

ACONARC対応のホスト処理装置や周辺装置を導入するのに合わせて、部分的にACONARCに移行する。一つのシステム内で従来のチャンネルや光チャンネルとACONARCチャンネルの混在が可能である。また、ACONARC対応の周辺装置も従来のインタフェースの接続口を提供する。

(3) 床下の混雑解消が急務となっているセンタ

部分的あるいは全面的にACONARCに移行し、床下ケーブルの混雑を解消する。

(4) センタの遠隔設置や隔地のセンタ間の相互接続

ACONARCを部分的あるいは全面的に導入し、その長距離接続性を利用して遠隔設置を実現し、また、CTCチャンネルを使って隔地の複数センタ間を相互に接続する。

ACONARCの導入には初期投資を必要とするが、光ケーブルなどの設備は長期にわたってセンタの基盤設備として使用することが可能であり、ACONARCの導入はその投資を上回る効果をもたらす。

5 おわりに

ACONARCは20年続いたBUS/TAGのインタフェースに代わり、今後の周辺装置接続の基盤となる新しい入出力接続のアーキテクチャである。その機能や性能を引き出すホスト、周辺装置が今後も継続して製品化される。また今後、以下の機能・性能の強化を図り、多様化するユーザーのニーズにこたえていく考えである。

- (1) レーザ光使用による接続距離の延長(最大60 km)
- (2) PRMF環境でのLPAR^{※5)}間のACONARCチャンネル共用機能の実現(チャンネルの利用効率向上)
- (3) 公道をまたいだ装置間あるいはセンタ間接続の実現
- (4) Gビット/sの光技術を使用した超高速・長距離データの転送

※5) LPAR: Logical Partitionの略で、PRMF環境での一つの論理パーティション(ゲスト)のことである。

参考文献

- 1) 石塚, 外: コンピュータ用光チャンネルサブシステムの開発, 日立評論, 69, 11, 1019~1024(昭62-11)
- 2) S. A. Calta, et al.: Enterprise Systems Connection

(ESCON) Architecture overview, IBM J. Res. Develop. Vol.36, No. 4, pp.535~551(July 1992)