

データ多用型
アプリケーション向け
ファイバ・チャネルの実装



目次

業界の期待に応える新しいインターフェイス	1
ビジネス・ニーズが新たなテクノロジーへの移行を促進	1
チャンネルとネットワークの利点を兼ね備えたファイバ・チャンネル	2
ファイバ・チャンネルの接続構成	3
光ファイバ・リンクの利用	4
ファイバ・チャンネルの現状	5
HBA、ハブ、スイッチ、エッジ・ルータ	6
ストレージ・エリア・ネットワーク	67

データ多用型 アプリケーション向け ファイバ・チャネルの実装

Hubert Yoshida、Dennis Stein 著

業界の期待に応える新しいインターフェイス

情報は、企業にとって最も大切な資産です。そのため、企業全体での情報の共有、効率的な情報管理、情報の安全性の確保は、いずれも重要なビジネス課題となっています。これらを実現するには、高度なテクノロジーとそれを利用するための知識が欠かせません。情報量が急増し、従来の伝送路では間に合わなくなっている現在、ビジネス・シーンではより高度なインターフェイスに期待の目が向けられています。

ビジネス・ニーズが新たなテクノロジーへの移行を促進

米国規格協会（ANSI：American National Standards Institute）が策定した SCSI（Small Computer Systems Interface）は、パラレル・バスを使用し、小型コンピュータと周辺装置とを低コストで相互接続するための規格です。現在、コンピューティング業界は、データ多用型アプリケーションの普及に伴う新たなニーズに応えるため、コンピュータの I/O インターフェイスとして、従来使用していた SCSI-2 から SCSI-3 へと移行しつつあります。SCSI-2 デバイスが最初に市場に投入されたのは 1988 年のことです。これらのデバイスは、クライアント/サーバ・コンピューティング・パラダイムの推進役となりました。しかし、その後、プロセッサ、I/O デバイス、システム、およびアプリケーションのテクノロジーが飛躍的に向上したため、SCSI バスの転送速度が大きなボトルネックとなってしまいました。このボトルネックを解消するために策定されたのが SCSI-3 規格です。SCSI-3 ではシリアル・インターフェイスが採用され、RAID および自動メディア・ライブラリの使用を最適化する特殊なコマンドも取り入れられています。SCSI-2 から SCSI-3 への移行は、既存のコマンドの新しい転送メカニズムを提供すると同時に、既存のアプリケーションへの投資を保護することを目的としています。

現在、SCSI-3 規格にはパラレル・モードとシリアル・モードがあります。Ultra SCSI として知られるパラレル・モードの SCSI-3 では、バス幅 16 ビットで、最大 40MB/sec のパラレル転送が可能です。Ultra SCSI の利点は、SCSI-2 装置でも最大 20MB/sec での転送が可能なことです。さらに SCSI-3 は、以下のシリアル・インターフェイスをサポートしています。

- ファイバ・チャネル：100MB/sec の超高速プロトコル。ネットワークやストレージに向いています。
- Serial Storage Architecture：IBM システム用に開発されたシリアル・インターフェイス。ノードツリーノード・アーキテクチャ（ノード間接続アーキテクチャ）を採用している点がファイバ・チャネル標準（FCS：Fibre Channel Standard）と異なります。ノード間の現在の転送速度は 20MB/sec。

-
- IEEE P1394: デスクトップ・システム向けの低コストなシリアル・インターフェイス。電力線も含まれているので、データや電源用のケーブルを別に用意しなくても、複数の装置を1台のPCに接続できます。IEEE P1394は「Fire Wire」とも呼ばれます。
 - Universal Serial Bus (USB): IEEE P1394と同様、デスクトップ向けの低コストなシリアル・インターフェイス。USBインターフェイスを備えていれば、どのような装置でも1つの同じポートに接続できます。

これらすべてのシリアル規格の中で、ストレージ、ネットワーク・アプリケーション、およびネットワーク・アーキテクチャの将来を担うに最も適したテクノロジーがファイバ・チャンネル標準です。

チャンネルとネットワークの利点を兼ね備えたファイバ・チャンネル

チャンネルは、転送元と転送先をポイントツーポイントで接続します。チャンネルの中心はハードウェアなので、最小限の応答時間で高速データ転送が可能です。エラー訂正も行われます。ただし、アドレス指定と転送距離に制約があります。一方、ネットワークは、多数のアドレス間でサービスを共有でき、予想不可能なバースト・トラフィックを長距離に渡って転送できるように設計されています。しかし、ネットワークはソフトウェアに大きく依存するため、応答時間が長く、チャンネルに比べて信頼性に欠けます。ファイバ・チャンネルは、チャンネルとネットワーク両方の利点を取り入れることによって、スケーラビリティ、柔軟性、信頼性にすぐれ、応答時間の少ない超高速データ転送を実現し、ストレージ/サーバ環境および高パフォーマンスが求められるネットワーク環境に対応しようというものです。

I/Oでパラレル・バス・インターフェイスが使用されているのは、データ転送速度を高めるためですが（SCSI-2では、パラレルデータ転送幅を16ビットにして20MB/secを実現）、転送時のゆがみや電氣的な干渉に対処するため、クロック、シールド、検出用の信号が余分に必要となります。パラレル方式の場合、最大距離とされる25mを転送幅16ビットで確実に転送するには68本の線が必要です。シリアル・ファイバでは、データが1ビットずつシリアル送信されるため、ゆがみが問題となりません。したがって、簡単な構造のケーブルやコネクタを使用して、より長い距離を伝送できます。光ファイバ・ケーブルによるデータ伝送は、外部の電気ノイズの影響を受けません。

データ・ブロック全体を一度に転送するSCSI-2と異なり、ファイバ・チャンネルではデータをフレーム単位に分割し、それらをインタリーブ方式で転送します。したがって、特定のI/OがI/Oパスを占有することがありません。フレームにはヘッダとトレーラも含まれます。ヘッダとトレーラには、転送元ポートと転送先ポートのアドレス、リンク制御情報、巡回冗長検査が指定されます。この点は、ネットワーク・プロトコルのパケットとよく似ています。「ペイロード」と呼ばれるデータ転送部分には、最大2112バイトのデータが格納されます。これらのデータは8/10ビット方式でエンコードされます。この方式は、8ビットで構成されるデータ・バイトを10ビットの文字にエンコードすることによって、シリアル・データ・ストリームによる文字転送を高速化しています。データを転送する前にエンコードすることで、受信側はそのデータを容易に再生できます。これは、ESCON*で使用されているエンコードと同じ方式です。表1は、ファイバ・チャンネルとSCSI-2の特性を比較したものです（SCSI-2は最大値を掲載）。

特性	SCSI-2 Fast/Wide	ファイバ・チャンネル
データ転送速度	20MB/sec	リンクあたり 100MB/sec
データ転送方式	半二重	全二重
伝送距離	25m	リンクあたり 10km
接続装置数	1台のコンピュータに最大15台の装置を接続可能	無制限
接続構成	デジチェーン	ポイントツーポイント、ループ、ファブリック
スケラビリティ	なし	ループ、スイッチ
プロトコルのサポート	SCSI	SCSI、IP、FDDI、ATM、その他
エラー処理	パリティ・チェック	8/10ビット・エンコーディングによるエラー検出とエラー訂正
伝送媒体	68本のパラレル銅線	1本の光ケーブル、または1本のツイストペア銅線

ファイバ・チャンネル規格の詳細については、<http://www.ancor.com>にアクセスしてください。

表1：ファイバ・チャンネルとSCSI-2の比較

ファイバ・チャンネルの接続構成

ファイバ・チャンネルは、送信側または受信側となるノードで構成されます。これらのノードは、それぞれ伝送方向の異なる2本の単方向ファイバからなるリンクによって接続されます（図1参照）。ファイバ・チャンネルには、3種類の基本的な接続構成（ポイントツーポイント、ループ、スイッチ/ファブリック）があります。

- ポイントツーポイント：N_Portと呼ばれる2つのノード・ポートを接続するシンプルな構成です。
- ループ：スイッチの簡易版。複数のノードをループ状に接続できますが、一度に1つの通信しか行えません。あるノードが別のノードと通信するには、最初にそのループの使用権を「調停」する必要があります。このようなループ構成をFibre Channel Arbitrated Loop (FC-AL) といいます。ループが壊れたり、いずれかのノードが故障したりした場合、そのループのほかのすべてのノードが通信できなくなります。冗長性を向上するため、FC-ALは2つ1組のループで構成されています。ループ上のノードをL_Portといいます。耐故障性をさらに向上するには、「ハブ」を使用する方法があります。ハブは、故障したノードへの接続を閉じることによって、ループ全体が影響を受けるのを防ぎます。また、ハブを使用すれば、ほかのノード間の通信を中断することなく、新しいノードを追加したり、既存のノードを取り外したりできます。FC-ALでは最大126のノードを接続できます。
- スイッチ：ハブの概念を拡張し、ループ間を複数の経路で接続できるようなものです。スイッチをほかのスイッチに接続することもできます。このように、複数のスイッチを組み合わせ、ノード間での複数の経路を可能にしたものを「ファブリック」といいます。ファブリック上のノードをF_Nodeといいます。ファブリックまたはスイッチでは、多数の通信を同時に行うことができます。接続経路の冗長性にすぐれているファブリックは、市外局番と電話番号を指定して相手先

に電話をかける電話交換システムにたとえることができます。この場合、実際に接続される2台の電話は通話ごとに異なります。FCS ファブリックでは、最大1600万のノードを接続できます。

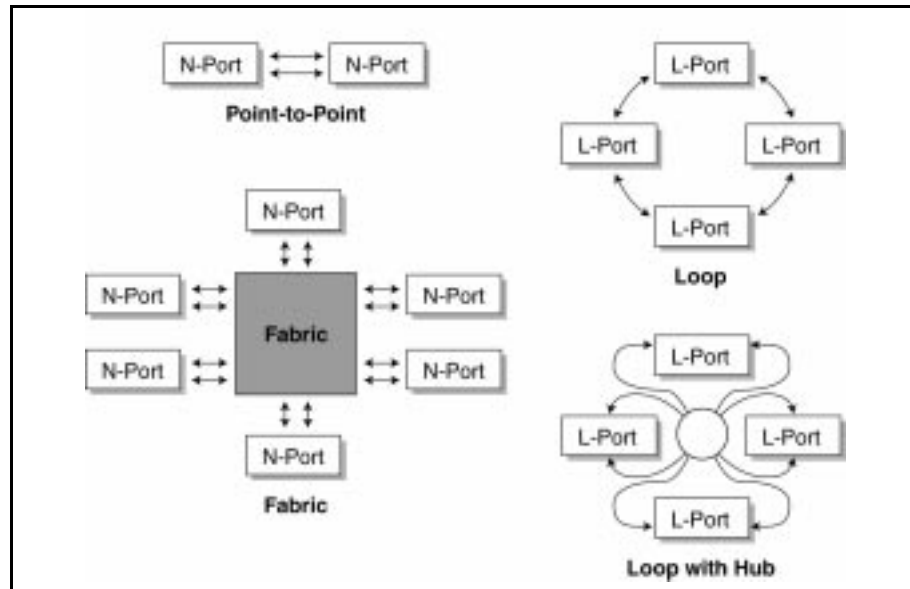


図1：ファイバ・チャンネルの接続構成

光ファイバ・リンクの利用

ファイバ・チャンネルでは、金属ケーブルまたは光ケーブルを使用してデータを伝送します。ファイバ・チャンネルで最高の性能が得られるのは光ファイバを使用した場合です。この方法では、光ファイバ内を光のパルスを送信することによって情報を伝送します。光がオンのときは1ビット、光がオフのときは0ビットとみなされます。光がオン/オフになる速度、および光ファイバの性能によってデータ転送速度が決定します。光ファイバによる伝送距離は、ファイバに送り込まれる光の量、伝送時におけるパルスの損失、受信側の検出性能によって異なります。

一般に、光源としてはレーザーまたは発光ダイオード（LED）が用いられます。交換が迅速で、光の質にすぐれていることから、高速アプリケーションや遠距離伝送ではレーザーが使用されます。レーザーには、赤外スペクトル1300nmの長波と780nmの短波があります。一方、低コストなLEDは低速アプリケーション（25MB/sec以下）で使用されます。ESCONは、LEDを使って実装されています。

電磁干渉を受けず、長距離伝送が可能な光ファイバは、銅線よりもすぐれた伝送媒体といえます。銅ファイバの場合、SCSI-2ケーブルと同様、伝送距離が20～25mに制限されます。光ファイバはコンパクトで、漏話の心配もありません。しかし、短距離伝送ではコストが高くつく、泥などの汚れの影響を受けやすい、バックプレーンのプリント回路配線に向いていないという欠点があります。

光ファイバには、単一モードとマルチモードがあります。単一モードのコア直径は9μmで、すべての光が同じ経路をたどります。マルチモードではコア直径が50μmまたは62.5μmと大きくなり、光が複数の経路を進行します。光によって進行経路が異

なるので、パルスの分散が大きくなり、データの伝送距離と速度に制限が生じます。62.5 μm のマルチモードは低コストなため、既存の ESCON や FDDI で広く使用されています。今後は、62.5 μm に比べて分散が少なく、伝送距離も長い 50 μm マルチモードの利用が増えていくと思われます。長波レーザーを使用した単一モード・ファイバの場合、伝送距離は 10km、データ転送速度は 100MB/sec となります。

表2は、各種光ファイバの特性をまとめたものです。実際の伝送距離とデータ転送速度は、トランスミッタ、レシーバ、ケーブル、プラント、信号損失（トランスミッタとレシーバの差）によって異なります。それぞれの詳細については、ファイバ・チャネル・ベンダにお問い合わせいただくか、Fibre Channel Association の Web サイト (<http://www.fibrechannel.com>) を参照してください。

伝送媒体の種類	トランスミッタ	伝送速度	伝送距離
単一モード・ファイバ	1300nm の長波レーザー	100MB/sec	2m ~ 10km
マルチモード・ファイバ (50 μm)	780nm の短波レーザー	100MB/sec	2 ~ 500m
マルチモード・ファイバ (50 μm)	1300nm LED	25MB/sec	2m ~ 1.5km
マルチモード・ファイバ (62.5 μm)	780nm の短波レーザー	100MB/sec	2 ~ 300m
マルチモード・ファイバ (62.5 μm)	1300nm LED	25MB/sec	2m ~ 1.5km

表2：各種光ファイバの特性一覧

ファイバ・チャネルの現状

現在、200社以上のベンダが、ホスト・アダプタ・ボード、バス・コネクタ、ソフトウェア・ドライバ、スイッチ、ハブなどのファイバ・チャネル製品を提供しています。ファイバ・チャネルをいち早く採り入れたのは、フィルム、ビデオ、放送、航空電子工学、出版業界の企業です。ストレージ業界では、Sun、HDS、Clariion、Boxhill、Symbios、HP、IBM がシリアル・ファイバ製品を発表しました。そのほとんどの製品は、ファイバ・チャネル・チップセットおよびファームウェアの現在のコストとパフォーマンスとの兼ね合いから、ホスト・プロセッサに上位インターフェイスを採用しているものの、バックエンドでは依然として SCSI-2 コネクタを使用しています。FCS は最大 100MB/sec でのデータ転送が可能ですが、ファームウェアやその他のオーバーヘッドにより、ファイバ・チャネルを使用したストレージ・サブシステムの実際の転送速度は 30 ~ 60MB/sec に抑えられてしまいます。一般に、ファイバ・チャネルは、距離、接続性、アドレス指定がより重要となるフロントエンドに、まず実装されます。

ストレージ・システムにおけるファイバ・チャネルの導入状況は、Geoffrey Moore 氏が唱える「Technology Adoption Life Cycle モデル」の初期段階にあるといえます。ファイバ・チャネル対応のストレージ・サブシステムを接続するには、ストレージ・サーバにファイバ・チャネル・アダプタが備わっていなければなりません。Sun と IBM には、独自のシリアル・サブシステムがあります。Sun は 1/4 速度のファイバ・チャネル、IBM は Serial Storage Architecture を採用しています。1998 年末までには、すべての大手ストレージ/サーバ・ベンダがファイバ・チャネル・インターフェイスを実装することになるでしょう。

HBA、ハブ、スイッチ、エッジ・ルータ

ストレージ・サブシステムやサーバのファイバ・ポートに加え、ホスト・バス・アダプタ (HBA)、ハブ、スイッチ、ルータなど、ネットワーク環境の場合と同様の中継製品が必要になります。HBA はプロセッサ・バスを中継します。ハブは、複数の FCS ノードをループ状に接続し、ループ内のいずれかのノードが故障した場合でも、そのノードを迂回して接続できるようにするための装置です。また、スイッチを使用して FCS ノード間に複数の接続経路を設ければ、ノード間で複数の FCS 通信を行えるようになります。複数のスイッチを組み合わせるとファブリック構成になります (前述の「ファイバ・チャネルの接続構成」を参照)。スイッチは、ストレージ・エリア・ネットワーク (SAN: Storage Area Network) を構築する際の基本要素でもあります。「エッジ・ルータ」は、Copper SCSI と FCS ファイバなど、種類の異なるプロトコルを互いに接続する場合に使用します。この種の変換装置は、MUX またはブリッジとも呼ばれます。表3は、この分野の製品を提供しているベンダの一部です。

ホスト・バス・アダプタ	コンバータ/ルータ	ハブ	スイッチ
Emulex	Crossroads	gadzoos	Brocade
Jaycor	Ancot	Vixel	McData
Tachyon		Emulex	gadzoos
			Ancor

表3：中継製品とそのベンダ

ストレージ・エリア・ネットワーク

1997年12月の『Byte Magazine』で、SANは、「1997年に新たに登場した最高のテクノロジー」の1つとしてあげられています。一般にSANは、「サーバとストレージをギガビット速度で相互接続するデータ通信プラットフォーム」と定義されます。ストレージの大容量化とI/Oパフォーマンスの向上を目指し、LAN ネットワーキング・モデルとファイバ・ファブリックが結合されたSANは、帯域幅のボトルネックを解消し、バススペースのSCSI-2アーキテクチャにみられたスケーラビリティの制約を排除し、LAN ネットワークのデータ転送負荷を軽減します。SANの利点は次のとおりです。

- ・ 帯域幅の効率的な使用により、バックアップ作業を促進
- ・ ケーブル長が10kmなので、リモート操作が容易
- ・ 分散型の階層ストレージ管理機能
- ・ サーバ/ストレージ接続を切り離すことにより、LAN接続の有効利用が可能
- ・ サーバとストレージのスケーラブルな拡張が可能
- ・ 耐故障性にすぐれ、管理も容易

今年、バス接続型ストレージから、大規模サブシステムを対象としたネットワーク接続型ストレージへのパラダイムシフトが開始された記念すべき年となるでしょう。ファブリック構成のファイバ・チャネルによって応答時間の少ないネットワーク接続を実現すれば、容量、パフォーマンス、相互接続性、スケーラビリティなど、ストレージに求められる厳しい要件に十分応えることができます。