

分散計算機用光電子ネットワークの1方式

5Q-8

濱崎 陽一、岡田 義邦、鈴木 基史、坂本 康治
(電子技術総合研究所)

1. はじめに

光ファイバを主なメディアとする光による情報交換は、BISDNなどの広域通信やFDDIなどの計算機間通信において中心的役割を果たそうとしている。しかし、光ファイバを用いたFDDI等の光LANは構成が簡単で経済的であるが、トラフィック量に限界がある。また近年、各種の光スイッチング素子が開発され¹⁾、光によるネットワークの構築への期待が高まってきている。しかし、これらのスイッチング素子は、電気信号により制御されるものがほとんどで、電子回路に頼らず光のみによる通信並びに制御を行うネットワークを構築するには、まだ多くの課題が残されている。

著者らは、円筒鏡を用いた放送型光バス、ホログラムを用いたグループ内放送型バスによるネットワークを開発し、これらを活用した密結合マルチプロセッサシステムDialog.H²⁾を開発してきた。これは、マルチキャッシュの制御などのブロードキャストが必要な通信には円筒鏡光バスを、プロセッサ間の通信にはネットワークを使うというふうに使分けをするシステムとなっている。

物理的に分散された計算システムに用いるネットワークを考えると、1種のネットワークで構成する事が必要であり、交換部分と各システム要素とをファイバで接続するスター型構成が適する。ここでは、ネットワークの制御、経路設定を1カ所に集中し、光による通信と電子回路による制御の長所を組み合わせ、現在の技術で実現可能な高速ネットワークと、その分散計算機システムへの応用について、述べる。

2. 光スイッチング素子

光スイッチング素子は、光導波路を基本とした素子と、自由空間の光伝送を基本とした素子に大別される。前者は従来の半導体ICのパターンが光導波路になっており、光信号は素子の表面方向に伝搬され、素子間の接続は光ファイバや光導波路などで行われる。後者は素子表面に垂直な方向に自由空間を光信号が伝搬され、素子間の接続はレンズなどの光学系が用いられる。素子間の接続の点から、前者はファイバとの接続が容易で、物理的に分散したシステム間の接続に適し、後者は、物理的に小さな範囲での接続に適する。よって、分散計算機システムのネットワークに用いるには、前者が適していると考えられる。

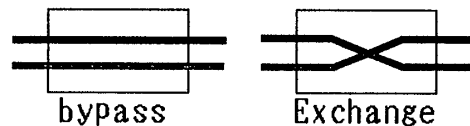
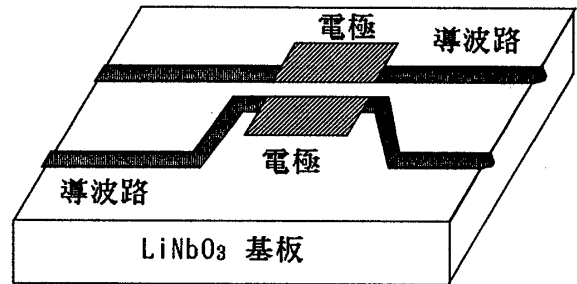


図1 方向性結合器の構造とスイッチ動作

光導波路を基本としたスイッチング素子として、Ti:LiNbO₃を用いた方向性結合器がある。図1はその構造とスイッチ動作を表している。こうした方向性結合器を用いて、8×8規模のクロスパーネットワークが試作されている¹⁾。

3. 光電子ネットワーク

光スイッチング素子および電子回路素子の長短所をネットワーク構築の点から見ると、表1のようになる。アービトレーション、経路決定などの複雑な演算を含む制御には、電子回路が適しており、データの転送においてはその速度の点で光回路が勝っている。そこで、電子回路で制御を行い、アービトレーション、経路決定などが行われた後は、光によりデータ転送を行えば、ネットワークの柔軟性を損なう事無く高速のネットワークが得られる。また、ネットワークのトポロジーが多段

表1 光と電気による通信の比較

	バンド幅	機能	方向性
光	数100Gbps	低	双方向
電気	数100Mbps	高	単方向

An opto-electronic network for distributed computer systems

Yoichi HAMAZAKI, Yoshikuni OKADA, Motohiro SUZUKI, Kouji SAKAMOTO

Electrotechnical Laboratory

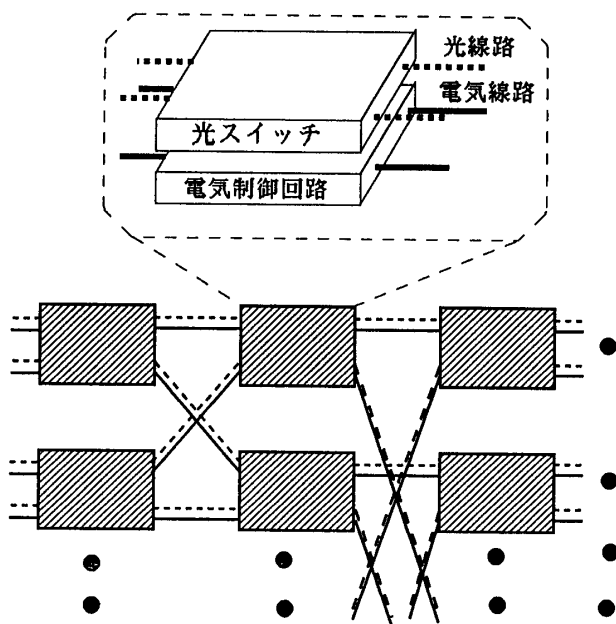


図2 光電子ネットワークの概念図

型であっても、光の経路は送信側から受信側まで直結され、途中にバッファが入らないために、転送遅れも小さくなる。

光電子ネットワークの概念図を図2に示す。ハッチングをかけた四角で表されたスイッチ回路は、 2×2 のスイッチで、その入出力はそれぞれ、光ファイバなどの光線路と、アドレスなどの制御線からなる電気線路の組である。こうしたスイッチは、高速化の観点からOEICとして集積化される事が望ましい。

通信の手順は、次のようになる。各システム要素、送信側(S)、ネットワークの電子制御部分(E)、ネットワークの光スイッチ部分(O)、受信側(R)のそれぞれを記号で表し、信号の方向を括弧内に示した。

- ①送信要求をネットワークに送る(S → E)
- ②アービトレーション、経路設定を行う(E)
- ③経路設定が成功すればACKを、失敗すればNACKを返す。(E → S)
- ④ACKが返ってきたら、データの転送を行う。(S - O → R)、NACKなら①から繰り返す。
- ⑤データの転送が終了したら、正常に受信できたかどうかの送達確認を返す。(R - O → S)
- ⑥送達確認を受信したら、ネットワークの解放要求を送る(S → E)

次の通信のためのアービトレーションおよび通信経路の確保(①、②、③)を光による通信が行われている間(④、⑤)に行う事も可能で、その場合にはアービトレーションのためのオーバーヘッドを低減できる。

1カ所に集中したネットワークのスイッチ部分と各システム要素との接続は、a)光線路と電気線路の両方を用いて行うか、b)光電気変換器を介して制御の情報を抽出、制御する機構をスイッチ側に設けて、システムとの接続は光線路のみで行う。スイッチ部分とシステムの距離が短い場合には前者が、距離が長い場合には後者が適している。①、②、③、⑥の操作は、前者の場合には電気信号として直接に、後者の場合にはプロトコルを用いて光電気変換器を介して行われる。

4. 計算機用ネットワークとしての利用

ここで提案した光電子ネットワークの高速性を有効に活かすためには、ある程度大きなパケットによる通信がオーバーヘッドの観点から適している。例えば、マルチプロセッサシステムにおける共有メモリとプロセッサ間の通信や、共有仮想メモリ(Shared Virtual Memory)システム⁸⁾でのプロセッサ間、プロセッサとファイルサーバ間の通信など仮想メモリのページ単位のデータ転送等が適している。

また、光線路が双方向でありスター配線である事から、データを送った後に受信側から送達確認(Acknowledge)を送るようなプロトコルを実装する事が容易であり、高信頼性の通信を実現できる。これは、送達確認のためのアービトレーションを省略出来るためである。

市販されている光電気変換器の速度は数百Mbps程度であり、オーバーヘッドを勘案しても1回線あたり40MB/s程度の平均性能のネットワークを構築する事が可能と思われる。40MB/sのバンド幅は、EWSの内部バスのバンド幅と同程度であり、他のプロセッサのメインメモリを直接にアクセスすること等、新しいアーキテクチャも考えられる。

5. まとめ

光スイッチ素子と電子回路による制御回路を組み合わせた光電子ネットワークを提案し、その構成と計算機システムでの応用について考察した。EWSの内部バスと同等程度のバンド幅を持ち、信頼性の高い計算機間ネットワークが実現可能である事を示した。今後、こうしたネットワークを活かしたシステムアーキテクチャの検討、詳細設計を進める予定である。

参考文献

- 1) H.S.Hinton: "Photonic Switching Fabrics", IEEE Communications, April 1990.
- 2) 濱崎、岡田、田島、鈴木: "マルチマイクロプロセッサDialog.Hの通信機構", 情報処理学会研究報告, MC43-1, 1987.
- 3) K.Li, "IVY: A shared virtual memory system for parallel computing", Proc. 1988 Int. Conf. Parallel Processing, 1988.