

PCB上の配線ボトルネックを 光技術で解決する

—— ボード内光インターコネクットの開発

高森 毅

LSIは急激な早さで高性能、高速になっており、これに伴ってデータのやりとりに必要な入出力ピンの数も増大している。今後、1チップ当たり5,000本を超える入出力ピンが必要となったとき、電気的な配線技術だけでは対応が難しいと言われている。ここでは、この配線ボトルネックの問題に対する解決策の一つとして、沖電気工業が開発しているプリント基板内の光配線技術について解説する。(編集部)

昨年ごろから、「光インターコネクット」ということばをあちらこちらで耳にするようになった。筆者らは10年前からコンピュータ・ボード内のLSIチップ間を結ぶ光配線(ボード内光配線)の研究開発に携わってきている。この研究開発は、RWCP^{注1}と呼ばれる経済産業省主導のプロジェクトの一環として行われている。

筆者らは、このボード内光配線については、学会などを通じて十分とは言えないまでも啓もう活動を行ってきた。しかし「光通信の装置や部品は価格が高い」、「扱いにくい」などの理由から、LSI開発者あるいはプリント基板(PCB)開発者からはこれまでほとんど反応がなかった。彼らとの共同研究はもちろん、目標とすべき光配線の仕様

となる顧客の要求すら聞けないという状況が続いていた。

しかし、ここ数年ようやく状況が変わり始めた。光通信の業界は、現在、低価格化の嵐の真っただ中にある。また、昨今のインターネットの爆発的普及によって、高速・大容量通信への要求が高まり、各オフィスや各家庭まで光ファイバによる伝送が浸透してきた。つまり、以前に比べて光通信あるいは光ファイバということばが、ずいぶん身近なものになってきている。

以上のような光技術に対する環境の変化を踏まえて、本稿ではあらためてボード内光配線について紹介する。前半では、ボード内光配線とは何かについて説明する。後半では、筆者らが研究している自由空間を用いた光配線のアプローチと、主な結果について紹介する。

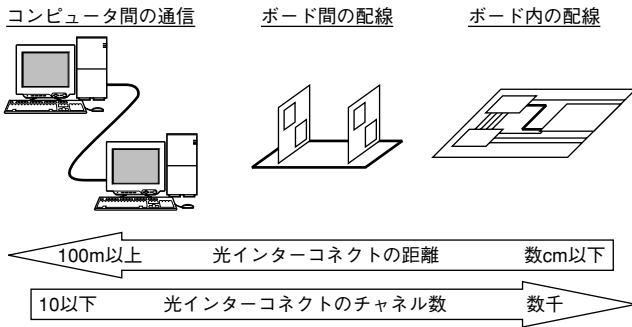
本稿を読まれた本誌の読者諸兄が少しでも光配線を含めた“光”に対して関心を持っていただき、このような選択肢もあるのだということを、理解していただければ幸いである。

ボード内光配線とは何か

一般に光インターコネクットとは、極めて短い距離の光データ通信の総称である。この「極めて短い距離」というのは、大都市間を結ぶ長距離公衆光通信の数百kmと比較した場合の表現である。具体的にはオフィス内、ビル内などのLANの伝送より短い距離の光通信を指す。光インターコネクットは、大きく装置間、ボード間、ボード内の三つの階層に分類される(図1)。

ボード内の光配線は、PCBレベルで行う。かつて長距離通信が金属線から光ファイバに置き換わった理由の一つは、伝送帯域幅を大きくするためであった。PCBにお

注1: RWCP(Real World Computing Project): 通商産業省(現在の経済産業省)主導で1992年に開始された10年間の研究開発プロジェクト。国内および国外の約20の企業・研究機関が参加し、超並列分散コンピューティング技術と分散処理を用いたアプリケーションの開発を目指している。本稿で紹介する研究テーマは、ボード上の複数のCPUなどを光で結ぶための要素技術開発を目的としている。またこの研究は、多数のパソコンを光インターコネクットで結ぶことによって実現される並列分散コンピュータの、さらに次の世代の並列分散を視野においている。
RWCPの詳細: <http://www.rwcp.or.jp/>
本稿に関連する研究成果の詳細: <http://www.rwcp.or.jp/activities/achievements/OL/oki/HP-H12/HP2.html>



〔図1〕 光インターコネクットの分類

光インターコネクットは、大きく装置間、ボード間、ボード内の三つの階層に分類される。

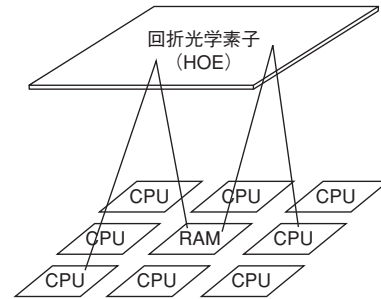
ける光インターコネクットの目的も、伝送速度の向上である。金属配線では、伝送損失および伝送帯域に対する制約が問題となる。光ファイバを用いれば、信号強度の減衰量は0.15dB/kmと驚異的に小さくなり、伝送周波数に依存しなくなるため、伝送帯域幅は著しく改善される。

長距離公衆光通信で使われている光ファイバは、各局からローカル・エリアに向かって徐々に延びてきている。その究極はFTTH (Fiber to the Home) である。

公衆回線の光化が長距離から短距離へと向かっているのに対して、短距離から長距離へと向かっているのがEthernetに代表されるLANである。オフィスで使われているEthernetの伝送速度は、100Mbpsから1Gbpsへ移行しつつあり、フロア内からビル内へ、さらにビル間へとその範囲を拡げつつある。1Gbps以上の伝送で使われるのが光通信である。

筆者と共同研究者らが参加しているRWCPのプロジェクトでは、この光インターコネクット技術を使って数百台のパソコンをつないで実現する、PCクラスタと呼ばれる超並列分散コンピュータの開発を行っている。これは市販のパソコンを使うことでコストを抑えつつ、スーパーコンピュータ並みの性能を実現しようという試みである。筆者らが開発しているボード内光配線は、単にパソコン間だけを光でつなぐのではなく、パソコン内部のPCB間、さらにはPCB内の複数のCPUやメモリ・チップの間を光で結ぶことを想定している。

ボード内光配線が必要になってきたのは、パソコンの性能が驚異的に進歩したためである。CPUなどのLSIチップの進化の速度と、PCB上の電気配線といった周辺技術の進化の速度の間に大きなギャップがあるからである。LSIチップの能力が飛躍的に向上し続けると同時に、信



〔図2〕 J. W. Goodman 教授が提案したボード内光配線の概略図

図中の回折光学素子 (HOE : holographic optical element) は、レンズではない。この場合、あるCPUから出た光信号(図中の線)を単純に反射させるのではなく、反射する向きを決定したり、1本で入った信号を数本に分岐するなどさまざまな機能が盛り込まれたものである。

号のやりとりに必要な入出力ピン数も将来的に増大することが予想されている。米国SIA (Semiconductor Industry Association) の技術ロードマップによれば、2010年には1チップ当たり5,000本を超えるピン数が必要になると予測されている。このような膨大なピン数を現状の電気配線の延長技術で実現することは不可能である。この配線ボトルネックの問題を解決する新しいブレークスルー技術として、光配線技術が注目されている (p.108のコラム「SIA ロードマップにおける光配線」を参照)。

●公衆通信の短距離化により光配線が再び脚光を浴びる

ボード内光配線の歴史は意外と古い。筆者の知る範囲では1984年に米国Stanford大学のJ. W. Goodman教授が発表した論文¹⁾が最初ではないかと思う。その中で同氏は、LSI技術の進歩によるチップの巨大化やマルチチップ化のため、近い将来チップ内およびチップ間でクロックの同期を取ることが困難になると予測した。そのため同氏は光技術を用いた解決案を多数提案している。その中に述べられているボード内光配線概念図を図2に示す。

この論文は、その時代の半導体レーザ素子(光通信の信号源)の研究者を触発し、応用物理関係の分野では一大ブームとなった。彼らはLSIチップの母材であるシリコン基板上にレーザ素子を構成するGaAs(ガリウムヒ素)などの材料を結晶成長させ、電子集積回路と光集積回路を融合するOEIC (opto-electronic integrated circuits ; 光電子集積回路) と呼ばれる夢の集積回路を実現するべくさまざまな研究活動を行った。しかし、「光の部品は高い」、「使いにくい」などの理由から電子集積