

# 대용량 광신호 상호연결

## Massively parallel optical interconnections

송 석 호

한양대학교 물리학과

shsong@email.hanyang.ac.kr

광섬유 통신망은 약 25 테라 비트( $25 \times 10^{12}$  bits/sec) 급의 신호대역폭을 갖고 있는데, 이는 압축되지 않은 1기가급 HDTV 신호채널을 만개 이상 전송할 수 있음을 의미하며, 광 증폭과 장거리 전송과정 및 현재의 신호 검출기 등에서 생기는 문제들을 고려하더라도, 약 5 테라급 광 섬유 대역폭으로 수백개의 채널간 통신이 이루어 지는 광신호 정보교류가 가능해 지고 있다. 그런데, 기가급 신호처리 능력을 갖는 현재의 전자신호 스위칭 기술로는 이러한 수요를 처리할 수 없으며, 전자회로가 갖는 특성에 의해 근본적인 신호처리 능력의 한계가 도래 할 것임은 자명해 지고 있다. 따라서, 현재의 전자스위칭 시스템보다 신호 연결용량과 스위칭 능력이 수천 배 향상된 차세대 광스위칭 망 기술이 요구되고 있는데, 이 중에서도 특히, 자유공간을 이용한 3차원적인 광스위칭 망 구현 기술이 이러한 요구조건을 만족시킬 수 있는 차세대 핵심 연구과제로 주목을 받고 있으며, 이는 기존의 전기적 스위칭 기술과는 전혀 다른 물리적인 접근을 필요로 한다.

광자신호의 물리적 성질을 기존의 전자신호와 비교함으로써, 이러한 새로운 광신호 연결기술이 갖는 독특한 특성을 알아 보고자 하며, 현재까지 연구되어 온 광연결 (optical interconnections) 및 광스위칭 망의 구성에 관한 핵심기술들을 논하고자 한다.

광학적 스위칭 시스템이나 전기적 시스템에서 신호를 전달해 주는 물리량은, 두 경우 모두 전자기파라 할 수 있다. 따라서, 전파속도의 한계는 약  $3 \times 10^{10}$  cm/sec 정도로 동일하다고 볼 수 있으며, 다만 신호의 전달 매질로부터 오는 지연효과에 의해서 경우에 따라 달라지게 된다. 또한, 스위칭을 일으키는 매개체를 보면, 전기적 시스템에서 뿐만아니라 광학적 스위칭 시스템에서도 광자(photon)에 의해 야기된 전자(electron)에 의해 두 개 이상의 신호간 스위칭 현상이 일어나므로, 두 경우 모두 스위칭을 지배하는 물리량은 전자라 할 수 있다. 따라서, 두 시스템의 신호전달 속도 및 스위칭 속도의 한계치에는 근본적으로 차이가 없다고 할 수 있다.

### Optics vs Electronics

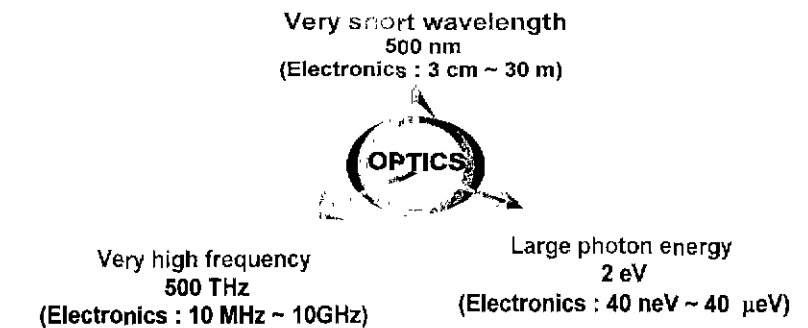


그림-1. 기존의 전자스위칭과 광스위칭 간의 물리적 특성 비교

그러나, 신호의 전달 매체로서 전자와 광자를 사용하는 두 시스템 간에는, 신호의 파장, 주파수, 에너지라는 물리량들이 갖는 값의 차이에 의해 스위칭 속도와 처리능력에 있어서 큰 차이를 갖게된다.<sup>[1]</sup> 우

선, 그림-1의 윗 부분과 좌측에 표기된 파장과 주파수 특성을 보면, 광자신호가 가지는 파장이 전자신호 보다 매우 짧다는 것과, 이를 주파수 영역에서 보면 그 만큼 높은 주파수 대역으로 신호를 변조할 수 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 높은 주파수를 갖는 광자신호는 단위시간 당 데이터를 변조할 수 있는 능력이 전자신호에 비해 10만배 이상 크다는 의미이다. 그리고, 파장이 짧다는 것은 그만큼 신호의 전파손실 및 신호간 잡음효과가 없이 많은 신호를 집적화 할 수 있다는 것을 말해준다. 그리고, 하나의 광자신호가 갖는 에너지도 100만배 이상 크다는 특성은, 전자적 스위칭에 비해 훨씬 적은 스위칭 에너지로서도 초고속 광스위칭이 가능하다는 것을 말해준다.

광연결 기술은 단순한 기능에서부터 점차적으로 smart한 기능으로 까지 발전하여, 기존의 통신 및 스위칭 시스템, 나아가서는 병렬처리 시스템에 이르기 까지 기존의 전기전자적 기능을 대체 나가고 있으며, 이러한 시스템 들의 용량 및 처리속도를 수십배 내지는 수백배 향상시키고 있다.

광연결 기술의 발전은 광신호를 송수신하는 광소자의 발달과정에 의해 다음과 같이 3단계로 나누어 볼 수 있다. 제 1단계에는 장거리 광전송에서 쓰이고 있는 기술을 그대로 이용하여, 한 가닥의 광섬유를 통해 다중화 된 고속 광신호를 송수신하는 구조가 연구되었는데, 수십 cm 이상의 거리를 두고 떨어져 있는 프로세서 간의 연결에 초점을 두고 있다. 제 2단계에서는 1차원 배열, 혹은 2차원 배열의 LD 어레이 및 PD 어레이의 발달에 힘입어 2차원 혹은 3차원 공간을 이용한 다수의 광신호를 동시에 송수신하는 구조로 발전하였는데, 이는 주로 수십 cm - 수 cm 정도 범위의 프로세싱 보드간에 여러개의 고속 광신호를 송신 및 수신하는 구조를 갖는다. 제 2단계 까지는 송신 및 수신 소자어레이가 따로따로 존재하여 신호의 송수신이 이루어 지고, 신호의 처리는 송신단 및 수신단에 있는 전자회로에서 이루어지고 있었다. 그런데, 제 3단계에서는 하나의 소자 어레이에 송수신 및 프로세싱 기능이 함께 있는 집적소자 어레이를 이용하여, 개개의 채널마다 독자적으로 송수신 및 프로세싱이 이루어지는 진정한 의미의 병렬광학 시스템이 연구되고 있다.

본 발표에서는 광 연결 관련 연구에 관한 이러한 단계별 분석과 연구사례들을 소개하고, 수년 내에 실현될 것으로 예상되는 보드-대-보드 레벨<sup>[2]</sup> 의 제 2단계 광연결 시스템에 관하여 중점적으로 논의하고자 한다.

#### 참고문헌

1. D. A. Miller, "Physical reasons for optical interconnection", OSA Annual Meeting, Long Beach, CA, USA, Oct. 20, 1997.
2. D. V. Plant, et al., "Design of an optical interconnect for photonic backplane applications", App. Opt. Vol. 37, pp. 2974-2984 (1998).