ATM 광교환 기술

任龍勳, 金廷式, 張震煥*, 金載爀*, 池尹圭*
韓國電子通信研究所, 韓國科學技術院*

I. 서 론

ATM 교환기술이 앞으로의 통신망에서 요구되는 다양한 서비스 처리를 위해 적합한 기술로 활발히 연구되고 있는 가운데 장차 Tb/s 이상의 스루풋이 요구되는 교환시스팀에서 현재의 반도체 소자의 동작속도, 시스팀 구성시 하드웨어 소요량 등이 시스팀 실현의 제약사항으로 대두되고 있다.

광교환기술은 광 고유의 특성인 고속성, 병렬처리 능력등을 활용함으로써 기존의 전자교환기술의 한계를 극복할 수 있을 것으로 기대된다. 아직까지는 광소자기술의 발전이 미흡하여 광교환 시스팀의 교환 및 제어 기능 전체를 광기술로 대체하기에는 상당한 시간이 소요될 것으로 예측되지만, 일부 선진 외국에서는 이미 실험적인 소규모의 ATM 광교환 시스팀을 개발하여 대용량화를 위한 연구를 하고 있다.

본 고에서는 ATM 광교환 시스팀에 대한 선진 외국의 제안 내용을 중심으로 구성 방식에 따라 공간분할형, 시간분할형, 파장분할형, 자유공간분할형으로 구분하여 각 방식별 특징에 대해 기술하였다.

II. 공간분할형 ATM 광교환 기술

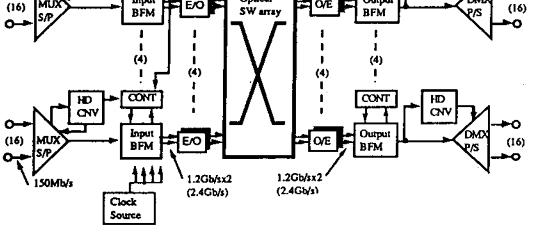
공간분할 방식은 기계식 교환기에서부터 사용해 오던 방식으로써, 입력된 신호는 매트릭스 스위치에 의해 마련된 광도파로를 통해 교환된다. 공간분할 방식을 이용한 ATM 광교환기는 미래에 FTTH(fiber to the home)가 실현되는 경우 광교환기내에서 데이타의 투명성을 유지시키며, 신호 대역폭의 제한으로 인한 신호왜곡이 발생되지 않는 장점과 광매트릭스 소자의 삽입손실로 인한 수용 가입자수가 제한되는 단점이 있다.

이러한 공간분할 ATM 광교환기를 실현하는데 주요 부품으로 광매트릭스 스위치가 사용되는데, 이 스위치는 재료와 편광성, 확장성 등을 고려하여 선정한다. 광스위치로는 주로 $LiNbO_3$, InP 스위치 등이 있다. $LiNbO_3$ 광스위치는 전기광학적 특성을 이용하여 가장 먼저 개발된 것으로써 특성은 많이 안정되어 있으며, 편광 독립성이 가능하고 광증폭기 없이 32 가입자가 수용된 것이 발표되었으나[1], 광 송·수신기를 포함한 단일 칩화가 어려운 단점이 있다. InP 광스위치는 전기광학적 특성을 이용하며 광 송·수신기의 집적화가 용이함으로써 현재 관심을 끌고 있으며, 편광 독립성이 가능하고 파장분할 방식을 병행하여 최대 64 가입자가 수용된 것이 제안되었다[2].

광매트릭스 스위치에서 편광 의존성은 광송신기에서 발생된 빛의 편광을 광매트릭스 스위치를 거쳐 광수신기에 검출될 때까지 유지시켜야 하는 점을 의미한다. 광매트릭스 스위치를 편광 의존성으로 사용하면 편광유지 광섬유(PM fiber)가 필요하며, 경제성 및 유지보수면에서 불리하다. 최근에는 편광 독립성의 광매트릭스 스위치가 여러가지 발표되었다. 그러나 이 스위치 구동전압이 편광-의존성 스위치보다 10배 높은 약 80V 정도가 필요하다. 이는 스위치의 스위칭 속도의 제한을 가져오며, 다양한 서비스의 속성을 만족하는 스위치의 요구사항에 제한 요인이 된다. 또한 광매트릭스 스위치는 여러단의 기본 광스위치로 구성되는데, 이들 소자의 결합손실은 스위치 규모가 커질 수록 누적된다. 현재의 광 송·수신기의 기술로는 약 30dB 정도의 여유가 있으며, 이는 시스팀의 구성시 접속손실과 광매트릭스 스위치의 손실등으로 소모된다. 실제적인 시스팀에서 광

매트릭스 스위치에 할당된 손실은 약 20dB정도로써, 수용 가입자수의 확장에 제한 요인이 된다. 따라서 대용량 교환기에서는 광증폭기가 필요하다.

공간분할 ATM 광교환기는 그림 1에서 처럼 전기회로의 입·출력 버퍼와 다중화된 광신호들을 스위칭하기 위한 공간분할 광스위치로 구성된다.[2] 이 교환기 구조에서 광신호의 교환은 공간분할 스위치 방식을 사용하여, 선택된 한 광도파로를 통해 두개의 다른 파장 신호가 통과됨으로 단일 파장을 사용하는 방식보다 2배의 스루풋을 갖는 구조이다. 입력 신호들은 155Mb/s로써 각각의 신호들은 53 바이트의 ATM 셀이고, 이들은 헤더와 데이타를 갖는다. 다중화 회로(MUX)에는 16개의 155Mb/s 입력되며, 16개의 직렬 형태의 입력 셀들은 병렬 형태로 변환되어 출력된다. 다중화된 신호는 순간적인 호 폭주로 발생되는 셀 손실을 피하기 위해 입력 버퍼 메모리(input BFM)에 입력된다. 이 입력 셀은 버퍼 메모리를 통해 두개의 다른 파장으로 전/광 변환이 되며, 헤더의 가상 채널 식별자(VCI)/가상 통로 식별자(VPI) 정보는 버퍼 제어회로(CONT)에 의해 디코딩되고, 셀 스위치 제어회로(SW CONT)내 중재자로 보내진다. 이 중재자는 셀 단위의 VCI/VPI 정보에 따라 광스위치내 신호 통로의 할당을 제어한다. 이때, 중재자는 버퍼 제어회로(CONT)로 읽으라는 명령을 보낸다. 버퍼 제어회로가 읽으라는 명령을 받은 후, 입력된 다중화 신호들은 입력 버퍼를 통해 출력되고, 스크램블된다. 이때 dummy 패턴들이 여기에 추가되고, 이들은 두개의 1.2 Gb/s 고속 신호로 다중화된다. Dummy 데이타 패턴의 고속 신호들은 광신호로 변환되고, 각기 다른 두개의 파장으로 송신된다. 전체적인 타이밍은 시스팀 클럭에 의해 제어되고, 이 클럭은 시스팀 전체에 분배된다. 입력 신호와 시스팀 클럭사이의 차이는 입력



BFM: Buffer Memory SW CONT: Optical Switch Array Controller
CONT: BFM Controller HD CNV: Header Converter

그림 1. 공간분할형 ATM 광교환기

과 출력 버퍼 메모리에서 보상된다.

셀 동기신호를 발생시키기 위해 사용된 dummy 신호 패턴은 여유시간 간격동안 입력신호에 추가되는데, 이 여유시간은 광스위치가 스위칭하는 동안 신호손실을 방지하기 위해서 필요하다. 이들 dummy 패턴은 스크램블 되며 동일한 패턴이 발생할 확률은 $6\times10^{-8}(1/2^{24})$이다.

광교환기내 삽입손실은 주로 광스위치내에서 발생되며, 이 4×4 광스위치의 삽입손실은 20 dB이고 누화는 -15 dB 이하이다.

III. 시간분할형 ATM 광교환기술

시분할 ATM 광교환은 시분할 전자식 교환기의 원리와 동일하며 기존의 통신망 대부분이 시분할 다중화되었기 때문에 이들과의 정합이 용이하다. 또한 시분할 다중화로 인한 하드웨어의 축소로 대용량 광교환기를 구성하는 것이 가능하다. 이 방식을 실현하는데 가장 중요한 것은 광신호를 임시 저장하고 다시 읽을 수 있는 광 메모리 기술이다. 현재 광메모리 소자에 대한 개발 수준은 전자 메모리처럼 자유롭게 응용되는 단계가 아니다. 이 기능을 수행하는 소자로는 광섬유 지연선과 쌍안정 레이저 다이오드 등이 사용되지만, 본 고에서는 광섬유 지연선을 이용한 ATM 광교환기[3]에 대해 소개하고자 한다.

시분할 ATM 광교환기를 실현한 예는 그림 2에 보였다. 이 교환기는 n개의 ATM 입력 셀 신호들이 시분할 스위치에 의해 n개의 ATM 출력 셀 신호로 교환되는데 셀 다중화부와 출력 버퍼부로 구성된다. 입력 셀 신호들은 초고속 광신호들로 시간 다중화 되어 광 시분할 하이웨이로 보내진다. 광 시분할 하이웨이상의 셀 신호들은 지정된 어드레스의 해당 광출력 버퍼로 출력된다. 이들 입·출력사이의 모든 과정은 셀 단위로 처리된다.

그림 2에서 보여주는 바와 같이 셀 다중화는 셀 코더와 스타 커플러에 의해 구현된다. 입력 인터페이스 모듈(IIM)들의 셀 신호는 지터를 제거하기 위해 재생되는데, 그림에서 보여진 바와 같이 시스팀 클럭을 사용하여 개별 셀 신호들을 특정한 타임슬롯에 삽입한다. 이때 파장 λ_1, 폭 Δt를 갖는 초고속 광신호는 시스팀 클럭에 동기된 DFB-LD에 의해 발생되며, n개의 셀코더로 분배된다.

입력된 셀 신호들은 시간 다중화된 데이타와 어드레스 셀 신호로 분리되어 광 시분할 하이웨이로 보내는데, 이는 그림 3(a)의 셀코더와 스타 커플러에 의해 수

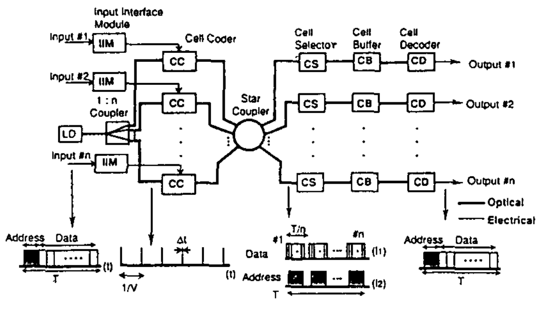
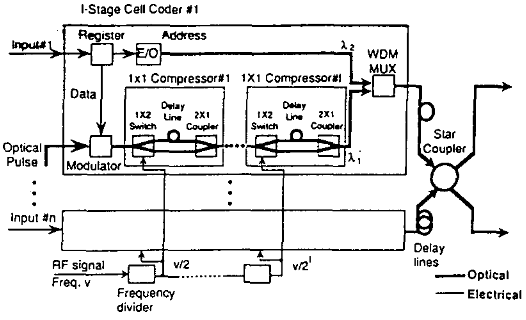
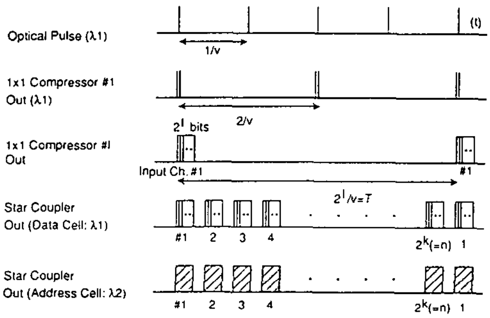


그림 2. 시간분할형 ATM 광교환기



(a) 셀 코더와 스타 커플러 구성도



(b) 셀 코더의 타이밍도

그림 3. 셀 코더와 스타 커플러 구성

행되며, 이의 타이밍도는 그림 3(b)와 같다. 셀코더에 입력된 전기 셀 신호들은 레지스터에 저장되고, 데이타와 어드레스 영역은 분리된다. 분리된 데이타 신호는 변조기에 의해 λ_1의 광신호로 변조되어 1×1 압축기(1)로 입력된다. 이 압축기는 1×2 스위치와 2개의 광섬유 지연선과 2×1 결합기로 구성된다. 압축기(1)내의 1×2 스위치는 분주기에 의한 V/2(V : 시스템 클럭)이 입력되며, 변조된 데이타 신호들은 번갈아서 1×2 스위치의 상단과 하단으로 출력된다. 이때, 이 스위치의 상단을 통한 신호는 하단의 신호와 비교하여 광섬유 지연선에 의해 상대적인 시간지연을 갖는다. 2×1 결합기는 그림 3(b)와 같이 2/V 주기의 광펄스 쌍신호들을 발생시키기 위해 이들 신호를 Δt 간격으로 재결합한다. 압축기(2)내의 1×2 스위치는 분주기로부터 발생된 V/4 펄스에 의해 동작하는데, 상·하단에 번갈아서 광펄스 신호들을 보낸다. 이때 지연선들은 이들 광펄스 신호들에 상대적인 시간 지연을 주며, 2×1 결합기에서 이들 광펄스 신호들은 4/V 주기의 burst한 4개의 펄스 신호가 Δt 간격으로 재결합된다. 2^l개의 burst한 신호들은 그림 3(b)처럼 압축기(1)의 출력에 $2^l/V(=T)$ 주기로 발생한다. 여기서 1×2 스위치의 스위칭 시간을 정확하게 맞추기 위해서 분주기에서 출력된 구동신호의 위상을 전기적인 지연회로를 사용하여 제어한다. 스타 커플러에 입력되기 전의 광섬유의 지연선들은 각각의 셀들을 해당 타임슬롯으로 시간 다중화하여, 광 시분할 하이웨이로 셀들을 분배한다.

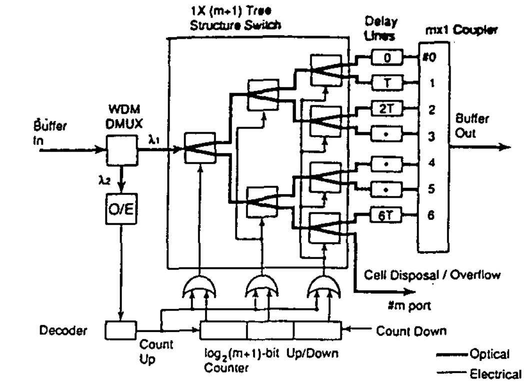
출력 버퍼는 그림 4(a)처럼 셀 선택과 버퍼로 구성되며, 이의 타이밍도는 그림 4(b)와 같다. 광 시분할 하이웨이로부터 해당 타임슬롯을 선택하고 난 후, 이 회로는 어드레스와 데이타 셀들을 파장 역다중화한다. 그림 4(a)에서 디코더는 출력 어드레스가 맞는 지를 전자회로로 검사한다. 1×(m+1) 광 스위치는 어드레스 셀을 검사한 결과로 결정된 모드로 동작하며, 이때 데이타 셀은 설정된 스위치 통로를 통해 출력된다. 셀 스위칭 모드들은 업/다운 카운터에 의해 조정되는 전체 셀 수(=i)가 오버플로우(m)가 발생하는 지에 따라 결정되는데, 이들의 종류는 다음과 같다.

(1) 모드 1 : 어드레스가 맞고, 셀 수가 오버플로우가 발생하지 않을 정도가 되면(i<m), 광 스위치는 어드레스에 의해 결정된 카운터 값에 의해 제어되며, 데이타 셀은 단자 #1로 스위치된다. 스위칭된 데이타 셀 신호들은 i×T의 지연시간을 갖고 m×1 결합기로 출력된다. 이때 카운터 값은 다음 입력되는 셀 신호들에 (i+1)×T의 지연시간을 주기 위해 증가된다. 이 카운터 값은 각 데이타 셀에 최소한의 지연을 주기 위해서 T 주기마다 줄어든다.

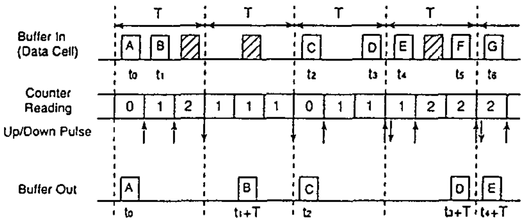
(2) 모드 2 : 어드레스가 맞고, 하나의 셀 오버플로우(i=m)가 발생하면, 이 셀은 오버플로우로써 단자 #m으로 스위칭된다. 이때 카운터 값은 증가되지 않으며, 데이타 셀 신호가 출력된다. 셀의 오버플로우비는 충분히 큰 스위치(크기가 m)를 사용함으로써 매우 작게 할

수 있다. 셀 손실비는 m=50에서 10^{-9} 이하가 된다.

(3) 모드 3 : 디코딩 결과 어떤 어드레스도 맞지 않는 경우, 업/다운 카운터의 동작을 중지하고, 광 스위치는 1로 구동된다. 이때 데이타 셀은 단자 #m으로 출력되고 카운터 값은 증가하지 않는다.



(a) 광 버퍼의 구성도



(b) 광 버퍼의 타이밍도

그림 4. 광버퍼의 구성

셀 디코더의 구성은 그림 5와 같다. 이 셀 디코더는 비트속도가 n×V인 광 데이타 셀을 비트 속도가 V인 전기적 신호 셀로 변환시킨다. 초고속 펄스들은 셀 디코더의 광 역다중화기에 의해 역다중화되고, 병렬 형태의 전기신호들로 변환된다. 이때 이들 신호들은 레지스터에 저장되고, 매 주기 T 마다 이를 읽어낸다. 이 레지스터는 복잡한 FIFO 버퍼들을 대신한 간단한 shift 레지스터로 구성한다. 이는 트래픽 제어가 버퍼에 의해 이미 수행되었기 때문에 가능하다.

이러한 시분할 ATM 광교환기는 셀 신호들의 초고속 광펄스화와 셀 단위 처리로 인해 대용량의 스루풋 실현이 가능하다. 또한 이 교환기는 우수한 트래픽 특성을 갖는데 이는 간단한 출력 버퍼의 사용과 파장분할 다중화 및 전기 신호처리 기술을 사용한 간단한 어드레스 검사회로를 채택하였기 때문이다. 모의 실험결과 1 Gb/s 입·출력을 갖는 80×80 스위치가 실현 가능하며, 이러한 스위치를 3단으로 연결하는 경우 1 Tb/s 이상의 스루풋이 가능하다.

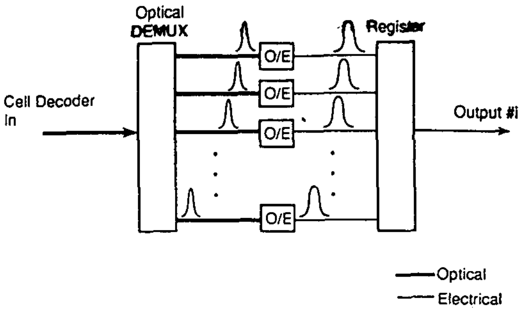


그림 5. 셀 디코더의 구성

Ⅳ. 파장분할형 ATM 광교환기술

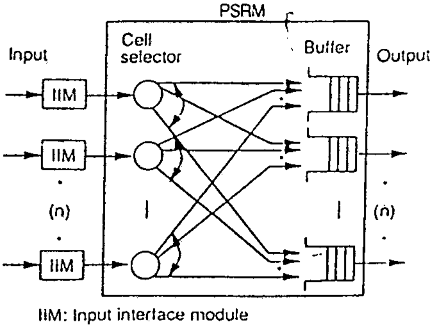
파장분할을 이용한 ATM 광교환기는 여러개의 파장을 이용함으로써 내부 연결에서의 비폐쇄 특성을 얻을 수 있으며 방송성을 쉽게 구현할 수 있다. 또 하나의 장점으로써 파장 분할을 이용한 광교환방식은 광의 병렬성을 충분히 활용할 수 있으므로 대용량 광대역 교환 시스팀을 실현하는데 적합할 것이다. 이러한 파장분할을 이용한 광교환기의 여러가지가 제안되고 있는데 그 중 몇가지를 소개하고자 한다.

그림 6에 광버퍼 메모리를 이용한 다단 스위치 구조를 보였으며, 이 광교환 방식은 n×n PSRN(photonic self-routing node) 셀 선택기와 광버퍼 메모리로 구성되어 있다[4]. 입력 인터페이스 모듈(IIM)에서는 ATM 셀의 헤더에 있는 가상 채널 인식자에서 얻은 정보로부터 각 셀의 전송 파장을 원하는 출력에 해당하는 파장으로 바꾸어 주는 역할을 한다. 이 파장에 실린 정보는 셀 선택기의 파장 고정 필터를 통하여 원하는 출력단으로만 전송된다. 여러개의 셀들이 동시에 같은 출력으로 전송될 경우에 발생되는 충돌 문제를 해결하기 위하여 그림 6(c)와 같은 광 버퍼 메모리를 이용한다. 동시에 들어오는 여러개의 입력중 하나 만을 제외한 나머지는 광버퍼 메모리에 저장된 후 FIFO의 원칙에 의해 출력된다. 이 광버퍼 메모리는 광섬유 지연선을 쓸 수도 있으며, 이때 광섬유의 길이는 ATM 셀 하나의 길이에 해당하며 파장분할을 이용하여 하나의 광섬유 지연선에 여러개의 셀을 저장하는 효과도 얻을 수 있다. 각 ATM

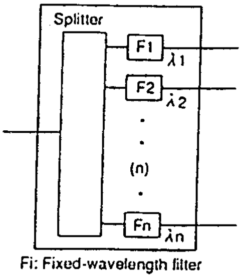
셀의 목적지가 서로 달라 각 셀마다 각각의 목적지에 해당하는 파장이 할당되어야 하므로 매우 빠른 속도로 동작하는 파장 변환 레이저가 필요하다. 이런 방법으로 구성한 PSRN은 다단 연결이 가능하며, 그 결과 매우 높은 스루풋을 갖는 시스팀을 구성할 수 있다.

그림 7에 쌍안정 방향성 결합기를 이용한 격자 구조의 ATM 스위치를 나타내었는데, 이 구조는 그림 7(a)에 보여진 바와 같이 2차원 평면으로 이루어진 격자 구조이며 교환 소자(switching element, SE)와 셀 처리단(cell handling unit, CHU)으로 구성되어 있다[5]. SE는 기본적으로 그림 7(b)에 나타낸 바와 같이 쌍안정 방향성 결합기를 사용하고 있으며 ATM 셀의 라벨에 있는 횡방향 어드레스와 종방향 어드레스를 읽어 이 어드레스가 SE의 어드레스와 일치할 때 방향성 결합기를 bar 상태로 바꾸어 준다. 물론, 이때 bias light도 입력되어야 한다. 이 bar 상태는 bias light가 없어질 때까지 계속되므로 광이 전혀 입력되지 않는 start flag를 헤드 앞에 부착시켜 SE를 reset시켜 어드레스가 일치할 때까지 cross 상태가 유지되도록 한다. ATM 셀의 각 비트들은 그림 7(d)에 그려진 SE에서 어드레스 비트들이 파장분할 다중화되어 동시에 분석되므로 일종의 병렬처리가 됨을 의미한다. 이 구조의 또 하나의 장점은 한 SE에서 다른 SE를 연결하는 여러개의 경로가 존재하므로 신뢰도가 매우 높다는 점이다.

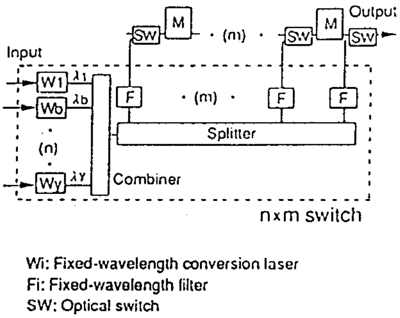
그림 8에 메모리 스위치와 광스타 커플러를 이용한 ATM 스위치를 보였으며, 이 스위치의 구조는 입력모듈과 출력모듈, 충돌 상쇄 장치(contention resolution device, CRD) 및 광스타망으로 구성되어 있다[6]. 그림에서 각 입력모듈과 출력모듈은 128(n)×8, 8×128의 모듈이고, 이러한 입·출력 모듈이 모두 128(k)개씩 있으며, 128×128의 크기를 갖는 광스타망이 8(m)개가 있다. 따라서 이 스위치는 모두 16,384×16,384라는 대용량화된 스위치가 된다. 광스타망에서 일괄적으로 처리할 수 있는 패킷의 수가 전체적인 입력단보다 16배 작기 때문에 광스타망은 입출력단보다 16배 더 빠르게 동작을 한다. 이러한 스위치의 구현을 위해서 버퍼로써 작용하는 입력모듈과 출력모듈은 메모리 스위치를 이용해서 만들고 패킷의 전송을 위한 광스타망은 앞의 여러 광스타망과 같은 방식으로 구성된다. 스위치의 동작을 살펴보면 다음과 같다. 각 queue의 맨 앞(head of queue, HOQ)에 있는 패킷들은 먼저 전송된다. 이 패킷들은 모두 자신이 가야될 목적지 어드레스를 갖고 있다. 그런데 간혹 이 패킷들이 서로 같은 목적지의 어드레스를 갖는 경우가 발생하기도 하여 충돌이 발생할 수도 있다. 이러



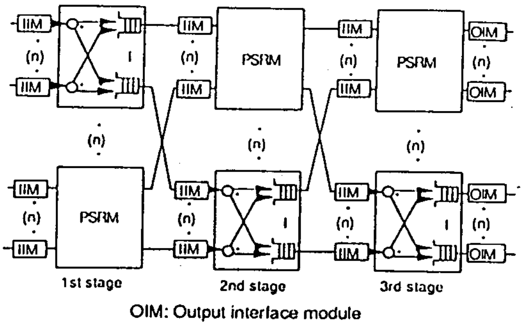
(a) Photonic self-routing node



(b) 셀 선택기 스위치

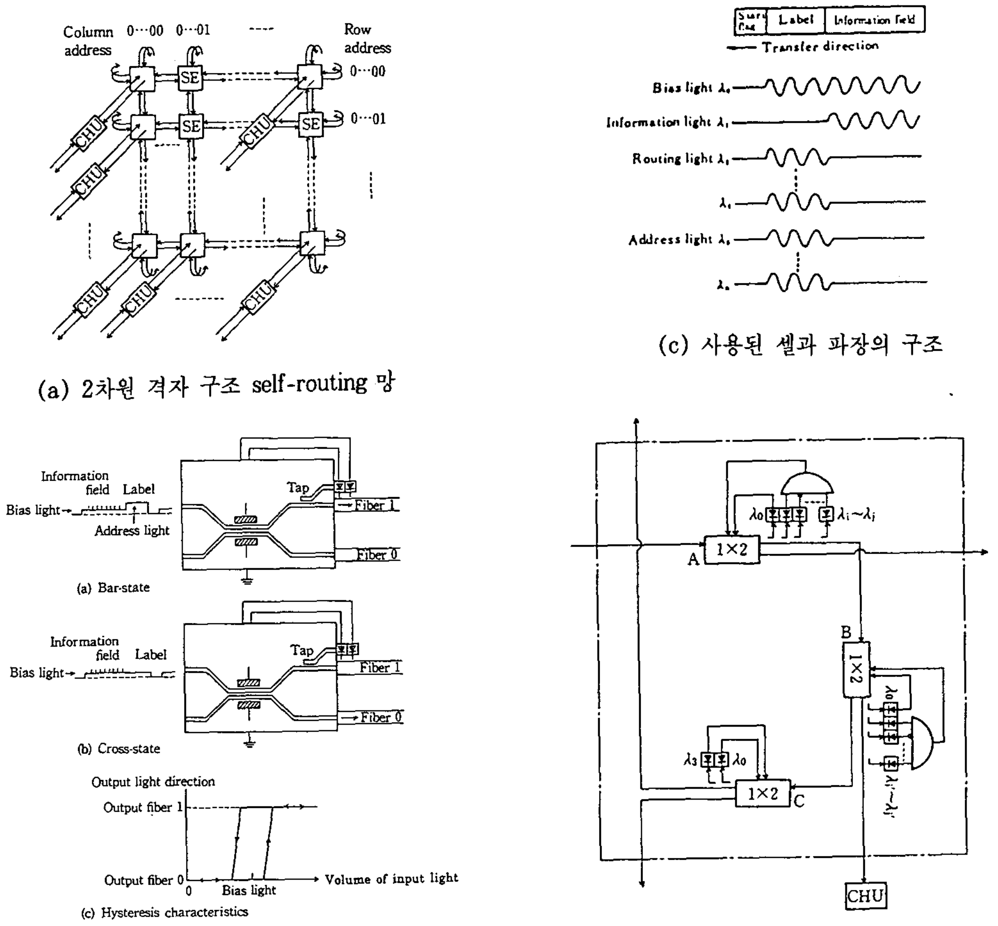


(c) 광 버퍼 메모리



(d) 3단 ATM 광스위치 망

그림 6. 광버퍼 메모리를 이용한 다단 스위치



(a) 2차원 격자 구조 self-routing 망

(b) 광스위치의 쌍안정 방향성 결합기

(c) 사용된 셀과 파장의 구조

(d) SE내 스위치 회로

그림 7. 쌍안정 방향성 결합기를 이용한 격자 구조 ATM 스위치

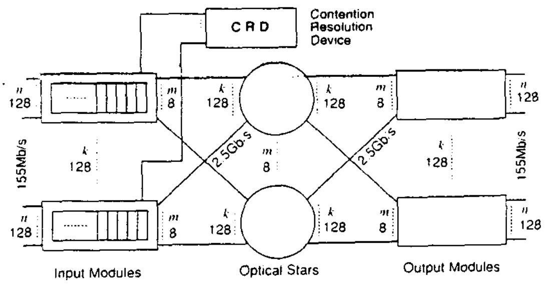


그림 8. 메모리 스위치와 광 스타 커플러를 이용한 ATM 스위치

한 것을 방지하기 위해 HOQ에 있는 모든 패킷들은 CRD에 전송 요구를 자신의 목적지 어드레스와 함께 보내고, 이 CRD에서 패킷의 전송시 충돌여부를 판별하여 전송의 가부를 결정한다. 전송의 허락을 받은 패킷들은 제 1번 광스타망을 통해서 출력모듈로 전송되어진다. 그리고 그 다음에는 전송의 허락을 받지 않은 패킷들과 바로 앞의 패킷이 전송되어 나간 패킷들 즉, 그 다음번 시간에서의 HOQ에 있는 패킷들을 가지고 충돌여부를 판별하여 제 2번 광스타망을 통해서 전송을 한다. 그리고 이와 같은 방법을 반복하여 제 m번째 광스타망까지를 반복하고 다시 제 1번 광스타망으로 되돌아간다. 여기서 이러한 방법을 쓰는 데에는 그림 9에 보인 바와 같이 패킷의 전송시간보다 CRD에서 패킷의

충돌여부를 판단하는 시간이 훨씬 짧다는 가정이 들어가 있다. 출력 모듈에서는 들어온 패킷의 순서를 잘 유지시켜야 한다. 이 실험 모델에서는 이론적으로 2.5Tb/s까지의 스위치 용량을 얻을 수 있는 대형 스위치의 가능성을 보여 주고 있다.

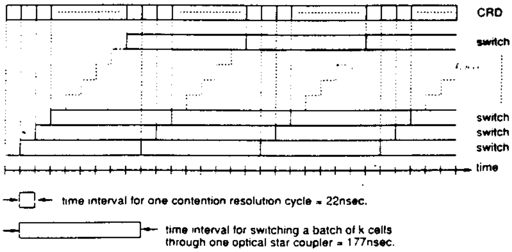


그림 9. CRD 동작 타이밍도

지금까지의 파장분할을 이용한 여러 형태의 ATM 광교환기를 보면 구조적으로는 파장분할을 이용해서 패킷의 교환이 이루어 지도록 하는 부분과, 이 스위치의 성능을 향상시키기 위한 또는 스위치의 제어를 위한 부가적 부분으로 이루어져 있습을 알 수 있다. 광스타망은 송신단에서 자신의 고유 파장으로 패킷을 모든 수신단으로 방송하면 수신단에서는 자신이 받고자 하는 송신단의 파장으로 필터의 파장 범위를 조절하는 방식을 취한다. 또는 반대로 송신단에서 파장 변조 가능한 레이저를 두고 오히려 수신단의 파장을 고정시키는 방법을 쓰기도 한다. 이를 위해 여러 가지의 광필터가 선보이고 있고 현재까지의 연구 결과로는 100개 정도의 채널을 수용할 수 있는 정도이다.

V. 자유공간 분할형 ATM 광교환기술

자유공간 방식은 공간분할 방식의 일종으로 생각되기도 하지만 고해상도의 공간 다중화라는 특징을 가짐으로써 공간분할 방식과 구분되어 새로운 교환방식으로 분류되어 진다. 자유공간 교환방식은 공간 다중화 이용으로 공간 차원의 효율적인 사용과, 광의 광대역 특성 이용등으로 효율을 높일 수 있다. 그러나, 이 방식은 소자의 제작이 어렵고 흔들림에 약한 단점등을 가지고 있다. 자유공간 교환의 공간 다중화를 위해서는 기본적으로 2차원의 논리 게이트 어레이와 2차원의 레이저 어레이를 필요로 한다[7],[8].

그림 10은 2차원 논리 게이트 어레이로 SLM(spatial light modulator)과 collimating 렌즈를 이용한 경우의 자유공간 교환을 보이고 있다[7]. 그림에서 SLM은 전기적인 제어신호(패킷 헤더 정보에 의한 신호)에 따라 광선의 통과/폐쇄 기능을 수행한다. SLM의 종류에는 LCLV(liquid crystal light valves), LLZT(lead lanthanum zirconate titante) 변조기 그리고 GaAs MQW 변조기 등이 있다. Collimating 렌즈는 SLM 윈도우를 통과한 광선을 출력 광섬유에 전송한다.

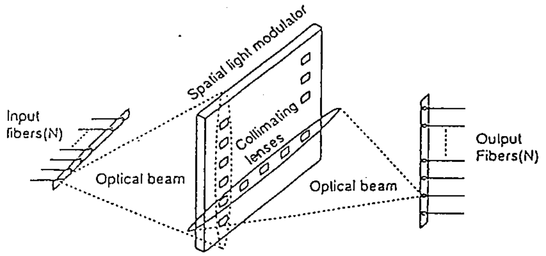


그림 10. SLM을 이용한 자유공간 교환

이와는 다른 구조로써, 2차원 광메모리 어레이를 자유공간 교환 방식에 응용한 경우도 있다[8]. 광 2차원 어레이는 자유공간 빔 전파를 이용하여 병렬 연결을 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그림 11은 2차원 광메모리 어레이를 이용하여 공유 버퍼 방식의 m×m 광교환기를 구성한 경우를 보이고 있다. 입력단에 도착한 길이가 p인 셀은 m×p shift 레지스터에 의해 병렬 형태로 바뀐다. 그리고 latch에 저장되어진 전기신호는 광원 2D 어레이에 의해 광신호로 바뀌고 half mirror와 홀로그래픽 렌즈를 통해 2D 광메모리에 저장되어 진다. 이때 광메모리의 타이밍도는 그림 12와 같이 주어진다. 먼저 write 기간의 각 mini-slot에 광원 LD 어레이는 하나의 column 신호를 병렬 형태로 광메모리 2D에 전송하고, 전송된 신호는 광메모리의 columm중 controller에 의해 activity된 하나의 columm에 저장된다. 다음 read 기간에는 광메모리 2D 어레이중 하나의 columm 정보가 출력측의 m×p PD 어레이에 전송되고, shift 레지스터를 거쳐 직렬 형태로 출력된다. 광메모리에는 광섬유 루우프 지연을 이용한 메모리와 광 쌍안정 레이저 다이오드 등이 있으며, 최근에는 SEED(self-electrooptic effect device)와 같은 소자를 이용한 적은 에너지를 소모하는 2차원 광메모리 어레이가 연구되고 있으나 아직은 전자소자에 비해 미숙한 상태이다.

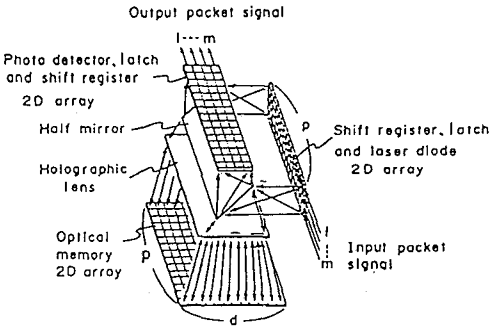


그림 11. 2차원 광 2D 메모리를 이용한 shared 버퍼 방식의 자유공간 교환

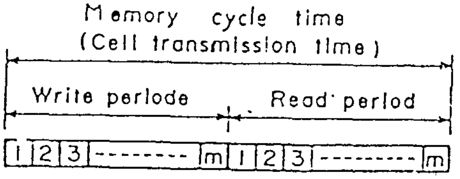


그림 12. 광 메모리의 타이밍도

광논리 기능이나 메모리 기능이 미숙함으로 전기적인 논리소자와 광학적 연결을 이용한 방법을 생각할 수 있다. 여러가지 교환 구조중에서 출력 버퍼 방식의 패킷 교환 구조가 가장 우수한 특성을 가지는 것으로 알려져 있다.

그림 13은 전기적인 2차원 메모리 소자와 논리 소자를 이용한 출력 버퍼 방식의 4×4 자유공간 광교환을 보이고 있다[9]. 입력단에 도착한 패킷은 버퍼로 구현된 위상 조정기에 저장된다. 각 단의 위상조정기는 서로 다른 지연 시간이 할당되어 진다. 그림 14는 할당된 지연 시간의 타이밍도이다. 위상조정기에서 서로 다른 시간만큼 지연된 패킷은 shift 레지스터에 의해 서로 다른 시간에 병렬 형태로 바뀌어지고, 광원에 의해 출력측의 4×p 2D PD 어레이에 병렬 형태로 방송되어 진다. 한 쪽면 원통 렌즈는 수직 방향으로 방송이 되게 두고, 수평 방향은 퍼지는 것을 억제하여 인접한 비트 신호 사이의 간섭을 없앤다. 이때 출력측 2D PD 어레이의 각 row(즉, 출력단)는 방송된 신호를 검출하고, 어드레스 선택기는 헤더 정보를 분석하여 병렬 형태 버퍼의 정보 저장/버림을 제어한다. 병렬 형태의 버퍼에 저장된 정보는 shift 레지스터에 의해 직렬 형태로 출력되어 진다. 이 방식은 입력단과 출력단 사이의 연결은 광학적

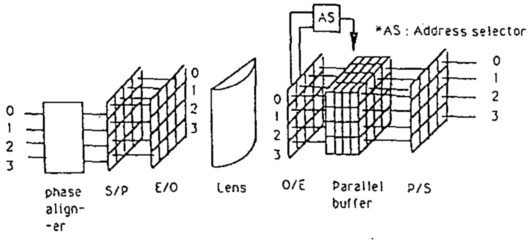


그림 13. 전기적인 2D 메모리를 이용한 출력 버퍼 방식의 자유공간 교환

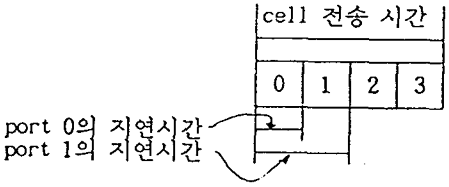


그림 14. 위상 조정기의 타이밍도

으로 구현되고, 논리 기능과 메모리 기능은 전기적으로 구현되었다. 이러한 병렬 자유공간 연결과 2차원 기억장치를 이용한 교환구조는 우수한 성능을 가진다. 미래에 광기억장치나 논리 기능을 이용하면 더욱 우수한 성능을 가질 것이다.

Ⅵ. 결 론

ATM 광교환 시스팀의 구성을 위해서는 본 고에서 간단히 언급한 시스팀의 구성기술과 이에 관련된 광소자 기술 개발이 필수적이다. ATM 광교환 시스팀의 구조는 각 교환 방식을 적절히 혼합하여 향후 대용량화를 위해 확장성이 용이한 방법을 택하여야 하며, 이에 따른 광소자 기술의 실현 가능 여부를 고려해야 할 것이다.

또한, 현재의 광소자 기술 발전 추세로 볼 때 상당한 기간동안은 ATM 광교환 시스팀내에서 광신호 처리 기술과 기존의 전기적인 신호처리 기술이 공존할 것으로 예상되며, 시스팀 설계시에 효과적인 접목 방법을 고려하여야 할 것이다.

마지막으로, ATM 광교환 시스팀의 실현을 위해 효율적인 시스팀 개발 노력과 더불어 이를 뒷받침할 수 있는 경제적이고 신뢰성 있는 광소자 기술의 개발을 위한 노력을 꾸준히 병행해 나가야 할 것이다.

參考文獻

[1] S.Suzuki, M.Mishio, "Photonic Space-Division Switching System for Broadband Services", ISS '90, C2-2, May 1990.

[2] Y.Takahashi, M.Miyata, K.Ando, T.Kinoshida, H.Inoue and E.Amada, "A Switching Experiment of Photonic ATM Switching System with HDTV CODEC", ECOC '91, WePS2-20, 1991.

[3] Y.Shimazu and M.Tsukada, "Ultrafast photonic ATM switch with optical output buffers", *J. Lightwave Technology*, vol. 10, no. 2, Feb. 1992.

[4] S.Kuroyanagi et al, "Photonic ATM Switching Network", Topical Meeting on Photonic Switching, 14B-2, 1990.

[5] N.Ogino et al, "Photonic Lattice Type Self-routing Switching Network", Topical Meeting on Photonic Switching, 14B-6, 1990.

[6] Arturo Cisneros and Charles A. Brackett, "A large ATM switch based on memory switches and optical star couplers", *IEEE JSAC*, vol. 9, no. 8, pp.1348-1360, Oct. 1991.

[7] M.Hashimoto, M.Fukui and K.Kitayama, "All-Optical Self-Routing Crossbar Switch", Proc. of International Topical Meeting on Photonic Switching, 1990.

[8] S.Suzuki and K.Kasahara, "Photonic Packet Switch Based on VSTEP Two-Dimensional Array", Topical Meeting on Photonic Switching ThA1, 1991.

[9] 장진환, 김재혁, 지윤규, "자유공간 광연결과 병렬형태의 패킷을 이용한 ATM 교환 방식", JCCI '92, pp. 187-191, 1992.

筆者紹介

任 龍 勳
1957年 8月 4日生
1981年 2月 숭실대 전자공학과(학사)
1983年 2月 숭실대 대학원 전자공학과(석사)
1981年 1月 ~ 현재 한국전자통신연구소 광교환연구실 선임연구원

金 廷 式
1955年 3月 2日生
1980年 2月 경북대 전자공학과(학사)
1989年 8月 청주대 대학원 전자공학과(석사)
1980年 4月 ~ 현재 한국전자통신연구소 광교환연구실 선임연구원

張 震 煥 1967年 11月 20日生
1990年 2月 경북대 전자공학과(학사)
1992年 2月 한국과학기술원 전자 및 전자공학과(석사)
1992年 2月～현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사과정)

金 載 爀 1969年 3月 9日生
1991年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(학사)
1992年 2月～현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사과정)

池 尹 圭
1951年 1月 30日生
1978年 2月 서울대 전자공학과(공학사)
1980年 2月 서울대 대학원 잔자공학과(공학석사)
1984年 5月 The Univ. of Texas at Austin(공학박사)
1984年～1988年 AT&T Bell Labs, Member of Technical Staff.
1989年 8月～현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 조교수

주관심분야 : 광통신 광대역교환기, 광컴퓨터 등