

# 광 제한 제한 알고리즘을 적용한 대용량 광 셀 압축기 및 역압축기

정희원 김광복\*, 박기오\*, 안상호\*, 엄진섭\*\*, 이혁재\*\*

## The large Capacity Optical Cell Compressor and Decompressor using Optical Feedback Algorithm

Kwang Bok Kim\*, Ki O Park\*, Sang Ho Ahn\*, Jinseob Eom\*\*, Hyuek Jae Lee\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 TDM 및 TDM/WDM 혼합형 광 ATM 스위치 구조에서 필수적인 기능모듈인 광 셀 압축기와 역압축기를 새로이 제안하였다. 제안된 구조는 압축 및 역압축시 광 제한 알고리즘을 적용함으로써 구현을 위한 하드웨어를 현저히 줄였으며, 다단 연결시 대용량의 광 펄스열을 압축 및 역압축할 수 있다. 제안된 광 셀 압축기에 대해 최소 단위 모듈을 구성하여 4-비트 압축 실험을 통해 시스템 적용을 구체화하였다.

### Abstract

In this paper, we proposed a new type of the Optical Cell Compressor and Decompressor, which are essential module in TDM and TDM/WDM Hybrid Optical ATM Switch structure. This proposed structure drastically lessen hardwares for realization, using applied optical feedback algorithm when it compressed and decompressed. Also, it is able to compress and decompress the large capacity optical pulse stream under the situation of multi-stage connection. We specified the systematic application through 4-bit compressing experiment with the single module for the proposed optical cell compressor.

### I. 서 론

현재의 회선교환(circuit-switched) 전화망이나 패킷교환(packet-switched) 컴퓨터 네트워크는 비디오폰이나 HDTV, 초고속 데이터 등 광대역 서비스를 제공하기 위한 B-ISDN으로 발전하고 있다. 이런 광대역 서비스를 수용하기 위해서는 또한 중앙전화국에서의 매우 높은 교환능력을 요구하게 된다. 미래의 멀티미디어 통신이 가능해지기 위해서는 64 kbps에서 622 Mbps 범위의 각종 서비스를 탄력적으로 수용할 수 있는 광대역 가입자 접속망이 실현되어야 하며, 궁극적으로 전송링크는 일반 가입자택내까지 광 케이블을 도입하는 FTTH(fiber to the

home)으로 발전하게 될 것이다. 광 가입자망 구축의 필요성은 구미 선진국을 중심으로 1970년대 후반부터 인식되기 시작하였다. 1980년대부터 각국의 지리적 상황과 기술 수준, 인구 밀도, 제공 서비스 등에 따라 여러 가지 형태의 광 가입자망이 활발히 연구되어 왔으며, 1990년대에 들어서서는 고속 데이터 및 광대역 영상 서비스가 대형 빌딩뿐만 아니라 일반 가입자에게도 제공되기 시작하였다. 이러한 광대역 서비스의 요구 증대를 충족시키기 위해서는 B-ISDN으로 기존의 망을 진화시켜야 하며, 이와 더불어 막대한 전송능력의 향상에 따른 중앙전화국에서의 교환능력은 수 Tbps 이상일 것을 요하게 된다. [1]

현재까지 발표된 광망은 주로 고밀도 다중화를 위

\* 강원대학교 전자공학과(queen@optics.kangwon.ac.kr)

\*\* 한국전자통신연구원 교환전송연구소

논문번호: 98447-1009, 접수일자: 1998년 10월 9일

\* 본 연구는 광주과학기술원 초고속광 네트워크 연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것입니다.

한 전단계로 파장분할 다중화(WDM) 방식을 적용하고 있지만, 광섬유 증폭기의 평탄이득 대역폭의 한계, 수신단에서 원하는 신호를 선택하기 위한 광 필터의 파장 선별성의 한계 등으로 인해, 보다 고속 대용량의 시스템을 위해 최근에는 WDM방식과 함께 시간분할 다중화(TDM) 방식을 병행하고 있는 추세이다. 이러한 TDM 광망에서는 패킷이 광망으로 입력되기 전에 패킷내 비트간의 간격을 압축함으로써 고속의 데이터 패킷을 생성할 수 있다. 또한 패킷 교환기 내부에서 저속의 데이터 패킷들을 압축함으로써 그 처리용량을 높이는 방법에도 사용되고 있으며, 압축된 패킷은 원상태의 신호로 복원하기 위해 역압축기가 요구되어진다. 본 논문에서 새로이 제안된 광 셀 압축기 및 역압축기는 시간분할 방식과 파장분할 방식의 광교환기<sup>[2]</sup>에 사용된 서브 모듈로서 기존의 구조보다 구현을 위한 하드웨어의 요구를 대폭 감소시켰으며, 현재의 기술수준으로도 고속 대용량의 광 셀을 압축 및 역압축할 수 있는 장점을 가지고 있다.

본 논문의 구성은 II장에서 교환기 내부에서의 압축기 및 역압축기의 필요성 및 기존의 구조들에 대해 알아보고 III장에서는 제안된 압축기 및 역압축기의 구조 및 동작원리를 설명한다. IV장에서는 4비트 압축 실험 결과를 보이고 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 광 셀 압축기 및 역압축기의 필요성 및 기존의 구조

압축기 및 역압축기는 TDM 방식의 상호 연결 패킷 네트워크에서 전송 효율을 극대화하기 위하여 송신단 및 수신단에 각각 사용되어진다. 또한 패킷 교환기 내부에서의 패킷 경로 배정시 TDM 원리를 이용할 경우 광 셀 압축기 및 역압축기는 필수적이다. 본 절에서는 후자의 경우에 국한하여 광 셀 압축기 및 역압축기의 필요성을 논하고, 기존에 발표된 구조에 대해 언급하고자 한다.

### 1. 광 셀 압축기 및 역압축기의 필요성

패킷 경로 배정시 TDM 방식을 사용하는 교환기로는 일본의 ULPHA 스위치가 대표적인 예이다. 그림 1은 ULPHA 스위치의 전체 블록도와 각각의 서브모듈을 통과한 셀들의 형태를 보인 것이다. 이 스위치는 입력 셀들을 목적지로 경로 배정하는 과

정에서 TDM 방식만을 이용한 것으로서 n 개의 입력단으로 입력되는 셀들의 충돌을 방지하기 위하여 셀 코더(CC)에서 셀을 압축하게 된다. 이때 셀의 데이터 부분과 헤더 부분은 파장을 달리 사용하고, 하나의 데이터 셀의 주기가 T이고 전체 입력 데이터 셀이 n 개 일 때 각각의 셀들은 T/n의 주기로 압축된다. ULPHA 스위치는 라우터로 스타 커플러를 사용하게 되므로 각 출력 노드로 broadcasting이 가능한 구조이고, 셀 선택기(CS)에 의해 목적지 주소와 일치하는 셀 만을 출력단으로 출력하게 된다. 셀 디코더(CD)에서는 압축되었던 셀(T/n)을 원래의 형태(T)로 복원시키기 위하여 역압축을 하게 되는데, 역압축 과정에서 생기는 시간적 지연으로 인한 셀 충돌을 방지하기 위하여 셀 버퍼(CB)를 셀 디코더 전단에 삽입한다. 전체적인 흐름상 셀 코더에서는 셀 압축기가, 셀 디코더에서는 역압축기가 사용되어짐을 알 수 있으며 그 역할의 중요성으로 마루어 전체 스위칭 동작에 있어 핵심이 됨을 알 수 있다.

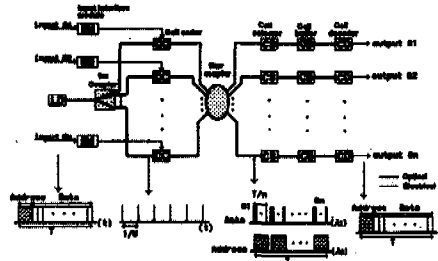


그림 1. ULPHA 스위치의 블록도  
Fig 1. Block diagram of ULPHA switch

이외에 다단 구조의 대용량 광 ATM 스위치 구성시 순수한 TDM 방식만을 사용할 경우 구현을 위한 하드웨어가 급속적으로 증가하는 단점을 보완하기 위하여 TDM 방식과 WDM 방식을 혼용한 구조가 국내에서 제안되었다. 이 대용량 시분할-파장분할 하이브리드 광 ATM 스위치에 있어서 광 셀 압축기 및 역압축기는 라우팅을 위한 광 주파수의 감소 및 그에 따른 하드웨어를 현격히 감소시키는 없어서는 안될 필수 기능 모듈이다.

이처럼 광 셀 압축기 및 역압축기는 TDM 방식을 이용하는 광 셀 교환기에서 필수적인 기능 모듈로 구현을 위한 하드웨어의 최소화, 신호 처리의 고속성, 패킷 길이 증가에 따른 대용량성이 요구된다.

### 2. 기존의 구조

2.1 광 셀 압축기

그림 2에 보인 것이 1992년 최초 발표된 ULPHA 스위치에 사용된 광 셀 압축기이다.<sup>[3]</sup> 구조적 특징으로는 1×2 스위치, 2개의 광섬유 지연선, 2×1 결합기로 구성된 PIC (Pulse-Interval Compressor)의 연속된 연결 형태를 취하고 있다. PIC가 2-단이 있다면 4 비트의 광 펄스를 압축할 수 있으며, PIC를 k-단 직렬 연결하면 2<sup>k</sup> 비트를 압축할 수 있는 구조이다.

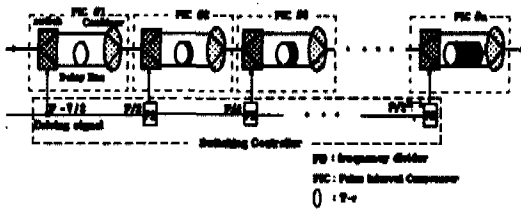


그림 2. 92년 발표된 ULPHA 스위치용 광 셀 압축기  
Fig 2. The optical cell compressor for the ULPHA switch it had came out 1992

동작특성을 살펴보면, 셀 압축기로 입력되는 주기가 T이고 bit-rate가 V인 광 셀은 PIC #1의 1×2 광 스위치에 의해 각각의 광 펄스들이 번갈아 상단과 하단으로 출력된다. 이때, 스위치의 상단으로 출력된 신호는 하단으로 출력된 신호와 비교하여 광섬유 지연선에 의한 상대적인 시간지연을 겪게 된다. 서로 다른 지연을 경험한 두 신호는 2×1 결합기에 의해 결합되어 그림 3과 같이 주기가 2/V인 광 펄스 쌍 신호들이 생성되어진다. PIC #1 단의 광 스위치에 입력되는 제어신호의 주파수는 V/2이고, 두 번째 PIC에 입력되는 제어신호는 V/4의 주파수가 된다. 압축된 펄스열의 간격이 Δt이면, 지연선의 길이는 (T-r)n이 된다. 이때 n은 정수이고 연속된 PIC의 위치가 되며, r=Δt가 된다. 두 번째 PIC의 2×1 결합기로 출력된 광 펄스열은 4/V 주기의 4개의 펄스 쌍 신호가 Δt 간격으로 재결합된 것이 된다. 위의 과정을 반복하여 최종 n 번째 PIC의 2×1 결합기로 출력되는 셀은 bit수가 2<sup>n</sup>이고 그 주기가 2<sup>n</sup>/V, 펄스와 펄스간의 간격이 Δt인 최종 압축셀이 된다.

이 구조는 앞서 언급한 광 셀 압축기의 요구 조건 중 광 셀의 길이가 길어질 경우 구현을 위한 하드웨어가 많아지는 단점이 있다.

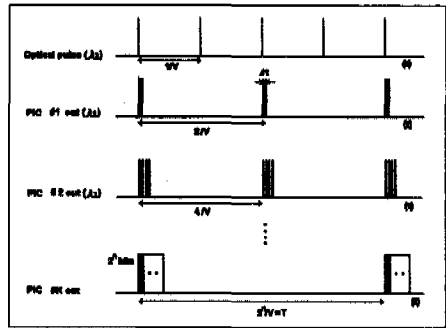


그림 3. 광 셀 압축기의 타이밍도  
Fig 3. Timing diagram for the optical cell compressor

그림 4에 보인 것은 1996년 발표된 ULPHA 스위치를 이용한 비디오 분배 실험<sup>[4]</sup>에서 사용된 셀 압축기 구조이다. 앞서 ULPHA 스위치의 전반적인 설명이 있었지만 이 스위치 구조는 그 응용면에서 전송되어지는 전기적인 신호를 교환하는 과정에서 광의 형태로 처리되어지는 것을 그 특징으로 하고 있다. 상기 구조에서 여러 단의 COM으로 구성된 셀 압축기는 스위치의 입력 부분에 위치하고, 전체 스위치의 구조상 광변조기로 입력되는 초단 광 펄스를 입력 인터페이스 모듈(Input Interface Module)을 통해 전송되어진 전기적인 신호 형태의 데이터를 광변조기의 제어신호원으로 사용함으로써 전광변환이 이루어진다. 그러므로 광변조기는 셀을 압축하기 위한 압축기의 기능을 수행하기 위한 서브 모듈로 보기에는 다소 무리가 있다고 할 수 있다. 단지 광신호를 압축하기 위해서는 펄스 폭이 좁아야 함으로 별도의 초단 펄스 발생원이 요구된다는 점에서 압축기의 일부분으로 포함시킬 수는 있겠다.

상기 구조는 1×2 광 커플러와 한 쌍의 광섬유 지연선, 2×1 광 커플러로 이루어진다. 사용된 장비의 특성상 수동 소자들만을 사용하기 때문에 제어면에서 다소 간소화된 것을 그 특징으로 하고 있다.

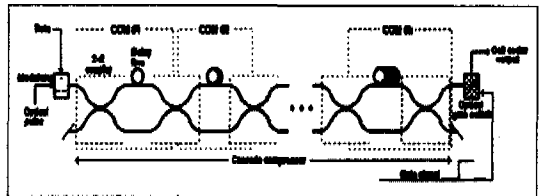


그림 4. 96년 발표된 ULPHA 스위치용 광 셀 압축기  
Fig 4. The optical cell compressor for the ULPHA switch it had came out 1996

주기가  $T(=, 2^k : \text{bit number}, V : \text{bit-rate})$ 인 입력되는 전기적인 형태의 셀은 광변조기에 의해 광의 형태로 바뀌고 이것은 다시 직렬형태로 연결된 COM에 입력되게 된다. COM #의 두 지연선의 상대적인 길이 차이는  $2^{-1}(1/V - \Delta t)$  이고, 커플러에 의해 광 펄스의 파워가 분배되기 때문에 동일한 펄스가 위의 지연시간을 간격으로 복제되게 된다. 셀 압축기의 최종 출력단에서는  $2^k$ 의 비트가  $\Delta t$ 의 간격으로 압축된 형태가 된다. 이 구조는 92년형 압축기와 그 동작 원리면에서 전방 진행형태를 취한다는 점에서 동일하지만 구현을 위한 하드웨어 면에서 수동소자만을 사용한다는 큰 차이가 있다. 또한 그 원리상 수동소자를 사용함으로써 각각의 광 펄스들이 여러 단의 COM을 통과하면서 계속적으로 복제가 되기 때문에 최종 출력단에서 소정의 압축 셀만을 통과시키기 위한 광 게이트 소자가 필수적으로 요한다. 이에 비해 92년형은 각각의 PIC를 통과하는 광 펄스들의 복제가 이루어지지 않는다는 점에서 동작원리상의 차이가 있다.

그림 5는 8비트의 광 펄스를 압축시키는 과정을 96년형 구조로 세단의 COM을 사용하여 수행하는 과정을 타이밍도로 보인 것이다.

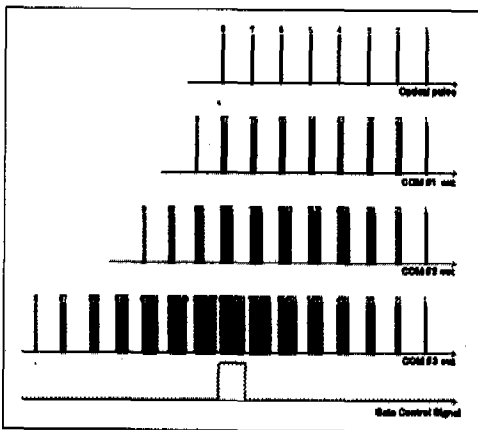


그림 5. 8-비트 압축 타이밍도  
Fig 5. Timing diagram of 8-bit compression

그림에서 알 수 있듯이 8비트를 압축하기 위해서는 세단의 COM이 필요하며 복제된 광 펄스열 중에서 최종 압축된 셀을 추출해내기 위해 광 게이트 소자가 필요하다. 이때 게이트 소자의 동작 특성에 있어 최종 압축된 셀과 좌·우 복제 셀들로 인해 92년형에 비해 상대적으로 복제 펄스열 간의 시간 마진이 적기 때문에 정확한 추출이 이루어질 수 있

도록 하기 위해서는 제어 신호의 보다 높은 정확도가 요구된다.

이외에도 스위치와 광섬유 지연선, 커플러 등으로 구성된 트리 구조가 있으며, 미국 특허청에 등록된 고속 셀 교환 네트워크를 위한 광 스위치 구조<sup>[5]</sup>에 사용된 압축기의 경우 1x2 커플러와 상대적 지연길이를 가지는 한 쌍의 광섬유 지연선, 2x1 커플러, 각각의 압축기 사이에 불필요하게 복제된 셀을 제거하기 위한 1x1 광 스위치를 사용하고 있다. 각각의 셀 압축기를 k 단 직렬 연결함으로써  $2^k$ 비트를 압축할 수 있는 구조이다. 이러한 구조는 구현을 위한 하드웨어가 너무 많이 소요되므로 적합한 구조로 보기에는 다소 문제가 있다.

지금까지 발표된 광 셀 압축기의 공통된 특징은 전방 진행형을 사용한다는 것이다. 전방 진행형은 길이가 긴 광 셀 압축시 구현을 위한 하드웨어가 증가한다는 단점을 가진다.

## 2.2 광 셀 역압축기

역압축기의 경우 그 구조면에서 압축기와 유사한 구조를 취하고 있지만 광섬유 지연선의 위치가 다소 차이가 있거나 동일 구조에서의 동작 알고리즘을 달리하여 압축된 셀의 펄스간의 시간 간격을 확장시킨다. 본 절에서는 ULPHA 스위치에 사용된 구조의 광 셀 역압축기를 소개함으로써 기존에 제안된 역압축기 설명을 하고자 한다.

그림 6에 보인 역압축기는 앞서 언급한 92년형 ULPHA 압축기와 구현을 위한 하드웨어면에서 동일한 구조<sup>[6]</sup>를 가진다. 역압축기로 입력되는 bit-rate가  $V_c(=1/\Delta t)$ 이고, N-bit ( $2^{k-1} < N \leq 2^k$ )의 압축 셀은 1x2 광 스위치와 광섬유 지연선, 2x1 커플러로 구성된 PIE(Pulse-Interval-Expander) #1에 입력된다. PIE #1에 있는 1x2 광스위치는  $V_c/2$ 의 제어신호에 의해 입력되는 광 펄스를 두 출력포트로 번갈아 출력시키게 된다. 두 출력포트에 연결된 광섬유 지연선의 상대적인 지연시간 차이는  $(1/V - 1/V_c)$ 로 이것은 최초 스위치로 입력된 압축되기 이전 전송 신호의 1-bit 길이에 해당한다. 두 펄스열은 2x1 커플러에 의해 재결합되고, 이 결합된 펄스열은 다음 단의 PIE로 입력된다. 이와 같은 과정을 되풀이하여 PIE #k 단의  $V_c/2^k$ 로 구동되는 1x2 광 스위치는  $2^{k-1}(1/V - 1/V_c)$ 의 상대적 지연길이를 가지는 두 출력포트의 광섬유 지연선으로 펄스열을 출력시키게 된다. 결과적으로 k 단의 PIE

는 마치 이진 역압축기처럼 동작하여 bit-rate가  $V_c$  인 압축셀은 bit-rate가

$$V_c/(1+V_c)$$

인 최초 스위치로 입력되는 셀과 동일하게 된다. 각 단의 PIE 내부 1x2 광스위치로 분배되는 제어신호는 연속된 1/2 주파수 분주기에 의해 이루어진다. 각각의 1x2 광스위치로 제어신호를 분배하는 과정에서 1x2 광스위치가 정확한 타이밍에 맞춰 동작이 이루어지도록 하기 위해서는 전기적인 지연선이 요구된다. 광 펄스열과 동기화를 위한 전기적인 지연선을 사용하지 않을 경우 역압축기의 입력단에 광섬유 지연선을 두어 동기를 맞추는 방법도 있을 수 있다. 그러나 이 방법은 전자에 비해 구현을 위한 하드웨어면에서 비효율적이므로 전자를 사용하는 것이 일반적이다.

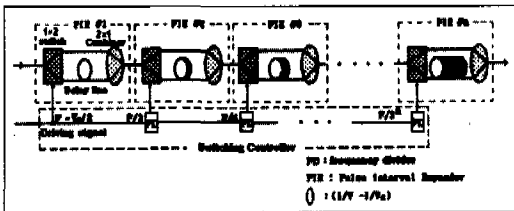


그림 6. ULPHA 스위치에 사용된 광 셀 역압축기  
Fig 6. The optical cell decompressor for the ULPHA switch

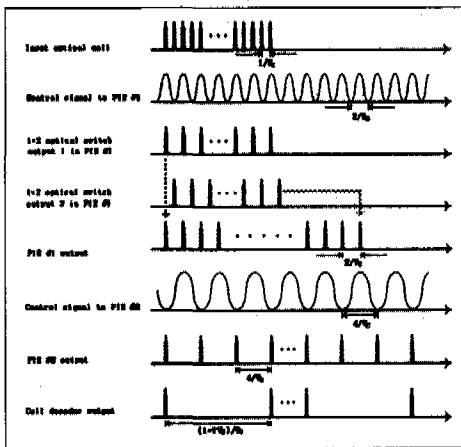


그림 7. 광 셀 역압축 타이밍도  
Fig 7. Timing diagram for optical cell decompression

그림 7에 보인 것은 각 PIE에 입력 및 출력되는 광 펄스열과 각 PIE의 1x2 광 스위치를 제어하기 위한 전기적인 구동신호를 보인 것이다.

### III. 제안된 광 셀 압축기 및 역압축기의 구조 및 동작원리

앞서 언급하였듯이 기존의 광 셀 압축기 및 역압축기는 전방 진행형의 구조를 띄고 있기 때문에 광 셀의 크기가 커질 경우 구현을 위한 하드웨어가 급수적으로 증가하게 된다. 이에 반해 제안된 구조는 그림 9에 보인 것처럼 광 변환 알고리즘을 적용함으로써 기존의 광 셀 압축기 및 역압축기 보다 구현을 위한 하드웨어를 1/3 가량 줄일 수 있다.

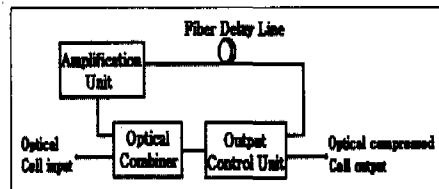


그림 8. 제안된 광 셀 압축기 및 역압축기 블록도  
Fig 8. The block diagram of the Optical Cell Compressor and Decompressor

압축기의 구성은 그림 8의 블록도처럼 변환되어 오는 광 펄스를 입력되는 광 펄스열과 결합시키기 위한 광 결합기와 광 펄스를 변환시키거나 압축된 셀을 출력시키기 위한 제어 수단, 펄스간의 간격을 압축시키기 위한 광섬유 지연수단 그리고 압축과정에서 오는 광손실 보상을 위한 증폭수단으로 구성된다. 기본 구성은 위에 언급한 바와 같으며, 구현시 변환 및 출력 제어 수단으로는 SOA를 이용한 광 게이트 소자나 1x2 광 스위치를 이용할 수 있다. 결합 수단으로는 2x1 커플러를 사용하고, 증폭 수단으로는 SOA와 ASE 제거를 위한 필터의 조합으로 구성할 수 있겠다. 그림 9에 보인 것이 위의 경우들을 조합한 다단형의 구현 예이다.

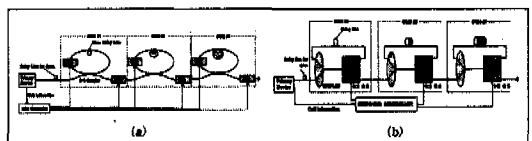


그림 9. 제안구조의 구현 예  
Fig 9. The examples of realization for proposed structure

그림 9(b)의 광 스위치를 이용한 구조를 예를 들어 동작원리를 설명하면, 압축기의 첫 단에 위치한

1×2 광 스위치는 압축기에 입력되는 전송 속도가  $V$ 인 광 펄스열이 압축시키고자 하는 펄스열( $n$ )에 대해  $(n-1)$ 개의 펄스를 광섬유 지연선으로 연결된 스위치의 출력단으로 출력되도록 함으로써 케환이 이루어지도록 한다. 광섬유 지연선은 최종 압축된 펄스열의 속도가  $v$ 이면  $(1/V - 1/v)$  만큼의 지연길이를 가지도록 한다. 이때 지연길이는 스위치의 출력에서 입력까지의 전체 광 경로를 포함하는 길이가 된다. 그러므로 증폭 수단 및 결합 수단의 자체 광 경로도 압축을 위한 지연선의 길이에 포함되어야 한다. 통상 광섬유의 굴절률을 1.5라 할 때 지연선간당 광섬유 길이는 20 cm/ns가 된다. 결합수단으로 사용되는 커플러의 출력단은 케환되어 오는 시간상으로 앞선 펄스와 뒤이어 오는 펄스가  $1/v$ 의 간격으로 서게 된다. 압축하고자 하는 펄스열이 모여지면 광 스위치는 다음 단으로 소규모의 압축된 셀을 출력하게 되고 다음 단에서는 첫 단에서의 동일한 동작원리로 보다 큰 압축셀을 출력하게 된다. 그러나 그림 9(a) 구조를 사용할 경우 케환루프 길이에 있어 스위치를 포함하지 않기 때문에 (b)에 비해 이득을 가질 수 있다. 그림 10은 압축기로 입력되는 셀의 주기가  $T$ 이고 비트와 비트간의 간격이  $t$ 일 때 압축기 세단을 사용하여 512 비트를 압축하는 과정을 스위치 제어 신호와 함께 보인 것이다.

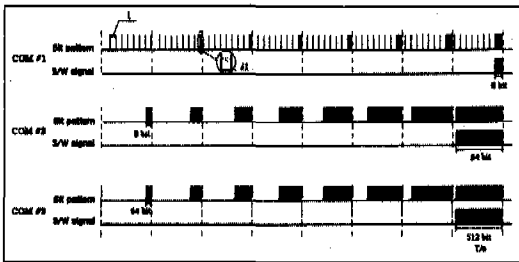


그림 10. 512 비트 압축 타이밍도  
Fig 10. Timing diagram for 512 bits compressing

역압축기의 경우 압축기 구조와 광섬유 지연선의 길이가 역순인 점을 제외하면 동일한 구조를 가지므로 구조적인 설명은 생략한다. 다만 연결시 첫단에서 마지막 단으로 갈수록 출력되는 압축셀의 크기가 작아지며 최종단에서는 압축기의 첫단과 동일한 광섬유 지연선을 뚫으로써 최초의 펄스열 속도인  $V$ 를 만들게 된다.

광섬유 지연선에서 오는 광손실은 무시하더라도 광 스위치와 커플러에서 오는 광손실은 무시할 수 없을 정도로 크기 때문에 SOA를 이용하여 광손실

을 보상하여야 한다. 광증폭기의 요구는 앞서 언급한 여러 압축기 및 역압축기 구조에서도 요구되는 기능 모듈이므로 광 스위치와 광섬유 지연선으로 구현된 압축기나 역압축기에 비해 8비트 압축시 제안 구조는 하드웨어가 1/3 가량 감소하게 된다. 그림 11에 보인 것은 제안 구조와 ULPHA 구조, Tree형 구조에 대해 광 셀의 크기에 따른 구현을 위해 요구되는 광스위치를 비교한 것이다.

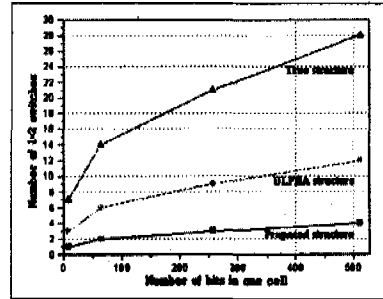


그림 11. 한 셀의 비트수와 1×2 광스위치 수와의 관계  
Fig 11. Relationship between the number of 1×2 switches and the number of bits in one cell

모든 압축기 및 역압축기에서 기본적으로 고려해야 할 사항은 펄스 폭이 좁은 광 펄스를 생성하는 것이다. 광 교환에서의 압축은 펄스와 펄스간의 시간 간격을 줄이는 것이므로 펄스 폭이 좁을수록 압축된 펄스의 속도를 높일 수 있다. 최근 모드-잠김 에트림 첨가 광섬유 링 레이저와 Supercontinuum 광섬유를 사용하여 1~3 ps의 초단 광펄스를 안정적으로 생성하였으며<sup>[7]</sup>, 전광용 Ti:LiNbO<sub>3</sub> 스위치를 이용한 2진 다중화기 및 역다중화기는 72 Gbps<sup>[8]</sup>의 속도까지 실험적으로 입증되었고, 두 개의 연속된 Ti:LiNbO<sub>3</sub> 마하젠더 강도 변조기를 사용한 전광 on/off 게이트 소자를 사용하여 49.6 Gbps<sup>[9]</sup>까지 실험적으로 증명되었다. 이 기술을 압축기 및 역압축기의 1×2 광스위치에 이용할 경우 100 Gbps의 광신호를 역압축하는 것이 가능해진다.

교환기 내에서 셀을 압축시키고 역압축시는 두 과정 중 압축보다는 역압축시 어려움이 더 크다. 이것은 비단 제안된 구조만이 안고 있는 문제가 아니라 현재까지 제안되어 있는 모든 구조의 역압축기 구조에서의 공통문제로 능동 소자를 통해 높은 속도로 압축된 셀의 비트와 비트간을 누화없이 분리해 내야 하기 때문이다. 능동 소자를 사용할 경우 상태 천이 시간의 최소화 및 높은 동작 속도를 요하게

되므로 차후 연구가 계속되어야 할 부분이라 사료 된다.

#### IV. 압축 실험

그림 12는 제안된 압축기의 첫 단만을 이용하여 48 Mbps의 광 펄스열에 대해 4비트의 소규모 압축 셀을 생성시키기 위한 실험장치도이다. 커플러와 스위치의 자체 pigtail된 광섬유의 길이가 있어서 속도를 높이는데 제약이 따랐고, 사용된 광소자의 삽입 손실이 심하여 압축하고자 하는 비트 수에 제한이 있었다. 광원으로는 1324 nm의 고 출력의 단일모드 DFB-LD를 사용하였고, 1300 nm 대의 2×2 광 스위치의 하나의 입력포트와 두 출력포트를 사용하였다. 스위치의 경우 편광에 독립적이지 못하여 편광 제어기의 사용이 필연적이었고, 최종 압축된 4 비트의 출력은 광전변환 후 오실로스코프로 모니터 하였다.

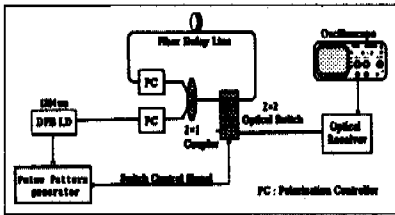


그림 12. 4비트 압축 실험 장치도  
Fig 12. Experimental setup for 4-bit compression

그림 13은 압축기로 입력되는 광 펄스열(a)과 2×2 광 스위치의 출력 펄스열(b), 최종 압축기의 출력 펄스열(c)을 보인 것이다. 실험 과정에서 광섬유 지연선의 지연 길이를 조절하기 위하여 Fussion Splicer를 사용하였고, 스위치의 경우 편광에 민감하게 동작하여 커플러와 광스위치 및 커넥터 등에서 오는 손실이 약 12.5 dB 가량이었다. 예상했던 바와 같이 압축된 비트간의 파워 차가 두드러졌으나 동작원리에 부합된 결과를 그림 13(c)의 중앙부분에서 관찰할 수 있었다. 압축기나 역압축기에 있어서 가장 중요한 역할을 하는 기능 모듈은 광 스위치라 할 수 있는데 삽입 손실이 적을 것은 물론 출력에서의 소광비가 우수해야 한다. 실험에 사용된 스위치의 경우 소광비가 이상적이지 못하여 출력포트로 잔여 성분이 출력된 것을 볼 수 있으며 소광비는 약 13.67 dB 정도였다. 그러므로 실제 필드 적용시

광증폭기의 삽입이 요구되어지며, 광 스위치의 선택에 있어서 고품질을 요한다. 현재 상용화된 스위치의 경우 소광비가 40 dB 정도인 점을 감안한다면 제안구조 역시 누화 성분의 누적은 없다고 볼 수 있다. 이는 다른 구조의 압축기나 역압축기 구조에서 공통 문제로 작용하며, 제안된 구조를 PLC 기술을 사용하여 구현할 경우 실험에서 발생한 속도 및 손실 등의 제반 문제를 해소할 수 있으리라 보며, 실제 시스템 적용에도 적합하다 할 수 있다.

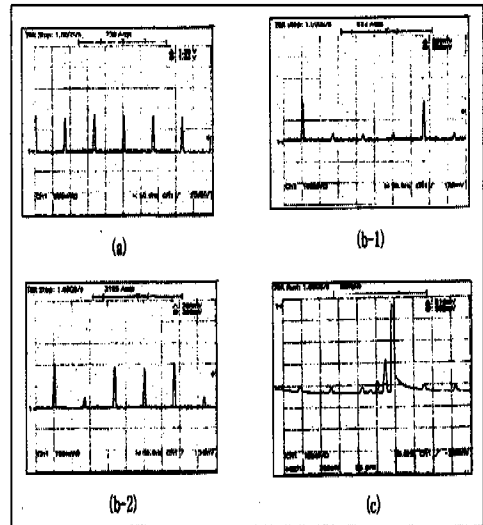


그림 13. 실험 결과  
Fig 13. Experimental results

#### V. 결론

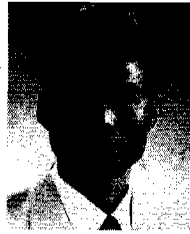
고속, 대용량의 처리 능력을 가지는 시간분할과 파장분할 방식을 이용한 광 교환기를 구성하는데 있어서, 복잡한 제어회로를 포함하지 않도록 하고, 구현을 위한 비용 감소 효과를 얻기 위해서는 요구되는 하드웨어 규모를 최소화시킬 필요가 있다. 그러나 시간 분할 개념이 도입된 광 교환기에서는 광 셀 압축기 및 역압축기가 필수적이며 기존의 구조로는 구현을 위한 하드웨어가 많아지는 단점이 있었다. 본 논문에서는 앞서 언급한 구현을 위한 하드웨어의 최소화 문제와 처리용량을 극대화하기 위한 구조조건을 만족시키고, 광 계환 알고리즘을 이용한 새로운 구조의 광 셀 압축기 및 역압축기를 제안하였으며, 제안 구조의 동작을 실험적 검증을 통해 필드 적용을 좀더 구체화 하였다.

참 고 문 헌

- [1] 이병기, 강민호, 이종희, "광대역 정보 신", 학사, 1996
- [2] 김광복, 박기오, 안상호, 엄진섭, "새로운 우부구조를 이용한 대용량 광 ATM 스위치", Photonics Conference '97, pp. 249-250, November 6-7, 1997
- [3] Shimazu, Y. and Tsukada, M., "Ultrafast photonic ATM switch with optical output buffers", IEEE J. Lightwave Tech., vol. 10, no. 2, pp. 265~272, Feb. 1992.
- [4] Masato Tsukada, Hidetoshi Nakano, "Ultrafast Photonic ATM (ULPHA) Switch and a Video Distribution Experiment, IEEE J. Lightwave Tech., vol. 14, no. 10, pp. 2154~2161, Oct. 1996.
- [5] Bruno Bostica, Pino Torinese, Paola Cinato, Alfredo De Bosio, "Optical Switch for Fast Cell-Switching Network", United States Patent No. 5,450,225, Sep. 1995
- [6] M. Tsukada, Y. Shimazu, and H. Nakano, "Detection of 23-Gbit/s 4-bit optical cells using a new bit-rate down converter", Electron. Lett., vol. 29, no. 13, p. 1203, 1993
- [7] T. Morioka, S. Kawanishi, H. Takara, T. Saruwatari, "Multiple Output, 100 Gbit/s All-Optical Demultiplexer based on Multichannel Four Wave Mixing pumped by a Linearly-Chirped Square Pulse", Electron. Lett., vol. 30, no. 23, pp. 1959-1961, 1994
- [8] S. K. Korotky and J. J. Veselka, "Efficient switching in a 72-Gb/s Ti:LiNbO<sub>3</sub> binary multiplexer/demultiplexer", OFC'90, conf. Rec., 1990, vol. TUH2
- [9] M. Jinno, "Ultrafast time-division demultiplexer based on electrooptic on/off gate," J. Lightwave Technol., vol. 10, pp. 1458-14 65, Oct. 1992

김 광 복(Kwang Bok Kim)

정회원



1971년 11월 1일생

1997년 2월 : 강원대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1997년 2월~현재 : 강원대학교 대학원 전자공학과 석사과정

<주관심 분야> 광통신, 광교환, 파장 안정화

박 기 오 (Ki O Park)

정회원

1971년 4월 3일생

1997년 2월 : 강원대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1997년 2월~현재 : 강원대학교 대학원 전자공학과 석사과정

<주관심 분야> 광통신, 광교환, 광픽업

안 상 호(Sang Ho Ahn)

정회원

1967년 10월 3일생

1993년 2월 : 강원대학교 전자공학과 졸업(공학사)

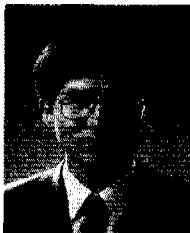
1995년 2월 : 강원대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1995년 2월~현재 : 강원대학교 대학원 전자공학과 박사과정

<주관심 분야> 광통신, 광교환, 광소자

엄 진 섭(Jinseob Eom)

정회원



1959년 2월 20일생

1982년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1984년 2월 : 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1990년 12월 : 미국Texas A&M University)

1984~1985년 : 금성반도체(주) 연구원

1985~1987년 : 한국통신 선임연구원 1992년~현재 : 강원대학교 전자공학과 부교수

<주관심 분야> 광통신, 광소자, 광교환



