

논문 2010-47TC-1-9

# FTTH 기반의 가입자망에 있어 패킷단위의 정보처리를 위한 전광학 헤더 인식

( All Optical Header Recognition for Information Processing of Packet  
by Packet in The Access Network based on FTTH )

박 기 환\*

( Ki-Hwan Park )

## 요 약

FTTH(Fiber To The Home)가입자 망에 있어 패킷단위의 정보처리를 위한 3 비트, 4 비트의 전광학 헤더인식 과정을 설명하고 실험을 성공적으로 수행하였다. 패킷의 목적지를 나타내는 3, 4 비트 헤더정보에 따른 하나의 신호가 각각 8개, 16개의 타임슬롯 상의 지정된 한 곳에 나열되었다. RN(remote node)에서의 self-routing을 위해 제안된 헤더인식 기술은 TDM 방식의 원리를 응용하여 스위치와 지연라인만을 사용함으로써 매우 간단한 회로를 구성하여 높은 신뢰도와 낮은 비용으로 가입자 망을 구축할 수 있다. 또 RN으로부터 각 가입자의 독립 전송선로를 확립함으로써 TDM-PON 방식의 최대 취약점이었던 광 신호의 감쇄와 보안성의 문제를 해결할 수 있다.

## Abstract

We describe an all-optical circuit which recognizes the header information of packet-by-packet in the access networks based on FTTH. The circuit's operation is confirmed by an experiment in the recognition of 3 and 4 header bits. The output from the header recognition circuit appears in a signal assigned in the time axis according to the header information. The recognition circuit of header for self-routing has a very simple structure using only delay lines and switches. The circuit is expected that it can be constructed of the high reliability and the low cost. Also, the circuit can solve the problems of the power loss and private security which is the weak point of the TDM-PON method by being established a unique transmission line to each subscriber.

**Keywords :** packet, access network, header recognition, delay line, time slot

## I. 서 론

미래의 정보통신은 통신, 방송, 인터넷이 융합되며 유비쿼터스 통신의 실현에 의해 사회전반에 지능화, 융복합화, 광대역화가 급속히 확산될 것으로 전망되고 있다. 따라서, 현 고속 정보통신망의 기술적 한계 및 유무

선 음성서비스 시장의 문제점을 극복하고 다양한 통신, 방송, 인터넷의 융합형 서비스 창출을 위한 새로운 광대역 통합 네트워크의 개발이 요구되고 있다. 광대역 통합 네트워크는 통신, 방송, 인터넷이 융합된 품질 보장형 멀티미디어 서비스를 시간과 장소에 구애됨이 없이 높은 신뢰성을 가지고 광대역으로 이용할 수 있는 개방형 플랫폼(Open API) 기반의 차세대 통합망이며, 일반전화망, 비동기 전송방식(ATM) 프레임릴레이, 전용망, 무선통신망, 방송망 등 모든 통신 네트워크를 패킷 기반의 공통망으로 통합해 망 구축비용 및 운용비용을 절감하고, 유연하고 개방적인 네트워크 솔루션과 다

\* 정회원, 세종대학교  
(Sejong University)

※ "This work was supported by the Korea Research Foundation Grant funded by the Korean Government(MOEHRD)" (KRF-2007-0154)

접수일자: 2009년3월3일, 수정완료일: 2010년1월18일

양한 애플리케이션을 제공하기 위한 음성, 데이터, 방송 통합망이다. 또한, 네트워크, 단말에 상관없이 다양한 서비스를 지속적으로 이용할 수 있는 유비쿼터스 서비스 환경을 지원하는 통신망 환경이다. 대용량의 라우터는 WDM(Wavelength Division Multiplexing), TDM(Time Division Multiplexing), MPLS(Multi-Protocol Label Switching) 등의 전송방식을 응용하여 backbone 네트워크에서 정보가 스스로 목적지를 찾아가도록 하는 self-routing 시스템을 의미하며, 가입자 망은 access 네트워크에서 가입자들을 연결하는 최종단계의 망과 WDM, TDM의 기술을 이용하는 정보 분배 시스템을 의미한다.

현재, ATM, AGW 등 교환기술과 ADSL 가입자망 기술 및 이동통신 기술 등의 국내의 주요 기술은 세계적 수준에 이르러 있으나 광 통신의 핵심기술인 광라우터, 광전송 기술 및 서비스 기반 기술은 매우 취약하다. 이러한 상황을 극복하기 위해 IPv6 라우터 기술, ATM/MPLS, 게이트웨이 등의 교환기술, WDM, SDH 등의 전송기술, FTTH 실현을 위한 가입자 망의 요소 기술 등의 연구를 진행하고 있으나, 통신기기, 인터넷의 급속한 확산과 기존의 음성, 데이터 중심의 서비스로부터 동영상 및 화상중심의 서비스로 바뀌어 감에 따라 가입자 망의 고속화에 대한 요구가 급속히 커져가고 있어 가입자 망에서의 전광학 광교환 전송기술 및 요소기술의 개발이 시급하다 할 것이다. 특히, 방송 사업자가 인터넷 서비스를 병행하고 통신사업자가 방송서비스를 직접 제공하게 되면서 방송과 통신이라는 영역이 통합되어 가고 있어 미래의 네트워크는 음성, 데이터, 영상이 융합된 서비스를 하나의 망을 통해 공급할 수 있는 효율적인 가입자 망이 요구되고 있다<sup>[1]</sup>. 가입자 망의 광교환 전송기술 및 요소기술은 가입자가 광대역 통합 네트워크 서비스를 실시간으로 제공 받을 수 있도록 이용자 단말장치로부터 기간망의 서비스 노드 장치까지 가장 경제적이고 효율적으로 연결시켜 주는 기술로써 광신호 전송을 목적으로 하는 FTTH 기술이 핵심이 되고 있어, TDM, WDM 및 TDM/WDM 방식을 기반으로 하는 PON(Passive Optical Network) 및 AON(Active Optical Network) 기술이 활발히 연구되어 왔으나 기술적 한계를 극복하지 못하고 있는 상황이다<sup>[2]</sup>.

가입자 망은 망측(전화국)에 OLT(Optical Line Termination), 가입자 측에 ONU(Optical Network Unit) 또는 ONT(Optical Network Termination)을 두

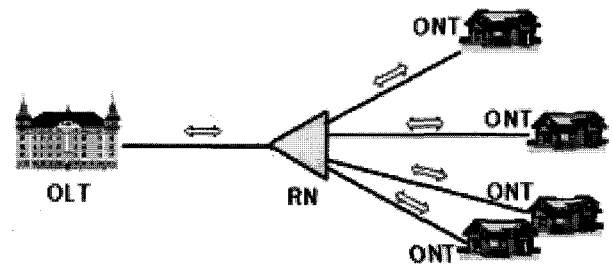


그림 1. 가입자 망(FTTH)의 구성도

Fig. 1. Block diagram of FTTH.

고 그 사이에 광섬유를 통해 데이터를 받아 들이고 광신호를 분기시켜 여러 가입자에게 전송하는 RN (Remote Node)을 설치하는 구조로 되어 있다[그림1 참조]. RN은 PON과 AON 방식이 연구되고 있으며 PON과 AON은 공유방식에 따라 크게 TDMA(Time Division Multiple Access)와 WDMA (Wavelength Division Multiple Access) 방식으로 나뉜다.

가입자 망에서 정보를 OLT에서 ONT로 전송하는 방식은 크게 두 가지로 연구되어 왔으나 양쪽의 장점을 응용하는 혼합방식도 연구되고 있다. 첫 번째 방식은 그림 1에서와 같이 수동 소자만을 사용하고 단일파장을 이용하여 전송하는 TDM-PON방식으로 하향채널의 정보는 RN에서 분기되어 전체 가입자에게 동시에 전송된다. 각 가입자에게 전송된 정보는 각 ONU나 ONT에서 목적지 확인과정을 거친 후 스위치를 통해 해당하는 정보만이 받아 들여지는 구조로 구성된다. 한편, 정보를 ONT에서 OLT로 전송하는 상향채널에 있어서는 각 가입자가 서로 다른 시간영역을 사용하는 시분할 다중접속 TDMA-PON 방식을 사용하여 1:N의 가입자 사이에서 송신 데이터간의 충돌을 방지한다. 이러한 구조적 특성은 경제적인 측면에서는 WDM-PON보다 강점을 갖고 있으나 RN으로부터 각 ONT 또는 ONU로 보내지는 하향채널의 광 신호의 세기가 1/N로 약해지는 약점을 갖는다. 또, ONT에서의 확인과정에 의해 신호의 지연이 발생하게 되어 고품질 서비스를 보장하기 위해서는 ONT의 버퍼기능, 우선순위 처리기능 등이 필요하며, 동일한 정보가 하나의 RN에 연결된 가입자 전부에게 전송됨으로써 보안상의 취약점을 갖게 된다<sup>[2]</sup>.

두 번째 방식은 그림 1에서와 같은 구조를 하고 있으나 다파장을 이용하여 전송하는 WDM-PON 방식으로 하향채널의 정보는 RN에서 AWG(Arrayed Waveguide Grating) 필터에 의해 각각의 파장으로 분기되어 가입자에게 전송된다[그림2 참조]. WDM-PON

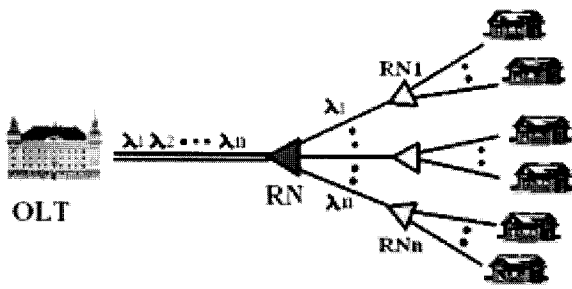


그림 2. 가입자 망의 TDM-PON과 WDM-PON 혼합구성도  
 Fig. 2. Mixing block diagram of TDM-PON and WDM-PON in access network.

은 WDMA 방식을 이용하여 광섬유를 공유하는 수동 네트워크로써 TDM-PON의 구조와 같이 전화국에 설치되는 OLT와 RN에 설치하는 AWG, 가입자 집에 설치되는 ONT로 구성된다. OLT와 RN, RN과 ONT 사이에는 하나의 광섬유로 연결된다<sup>[3~4]</sup>. 모든 가입자는 자신에게 할당된 독립의 서로 다른 상, 하향 파장으로 통신한다. RN에 설치된 AWG는 OLT에서 보내는 파장분할 다중화된 신호를 역 다중화하여 각각의 ONT로 보내는 역할과 각각의 ONT에서 오는 신호를 파장분할 다중화하여 OLT로 보내는 역할을 수행한다. 이러한 구조적 특성은 고품질의 서비스와 완벽한 보안성을 보장하며 AWG를 사용함으로써 광 파워 손실이 적어 대역폭의 확보에 매우 유리하다. 그러나 OLT와 ONT가 통신을 하기 위해서는 각각의 ONT와 OLT에 정해진 파장의 광원이 필요하다. 즉, OLT에는 하향 신호전송을 위한 N개의 서로 다른 파장의 광원이 필요하고 각각의 ONT에서 상향 신호전송을 위한 할당된 또 다른 N개 특정파장의 광원이 필요하다. 광원은 온도에 따라 발광파장이 변하므로 온도를 안정적으로 유지해야 하는 장치가 필요하게 된다. 또, WDM-PON에서는 온도에 민감한 광원과 광 부품들 간의 파장정렬을 위한 모니터링, 제어 및 관리의 문제점을 안고 있다<sup>[5]</sup>. 따라서 가입자 망에서의 정보전송에 있어서, 경제성을 기본으로 하며 TDM-PON과 WDM-PON의 단점을 극복하고 정보전송이 자유롭고 전송효율이 높은 정보전송 기술개발이 필요하다.

그림 2는 양쪽의 장점을 응용하는 혼합방식의 전송 구조를 보여주고 있다. OLT에서 RN 까지는 다파장을 이용하여 전송하는 WDM-PON 방식의 구조로써 RN에서 AWG 필터에 의해 각각의 파장으로 분기되어 RN1, RN2, ..., RNn으로 전송되고, RN1, RN2, ..., RNn에서 단일

파장을 이용하여 전송하는 TDM-PON 방식이 채택된다. 이러한 방식은 많은 가입자를 하나의 전송라인에 의한 망 구축을 가능하게 하여 매우 경제적이고 효율적이기는 하지만, TDM-PON, WDM-PON의 단점을 극복하는데 있어서는 한계점을 갖는다.

본 연구에서는 TDM-PON 또는 TDM/WDM-PON의 혼합구조에 있어서 나타나는 분기에 의한 광 신호의 감쇄현상, 가입자 주소 확인과정에 의해 발생하는 신호 지연현상, 이로 인해 발생하는 서비스 품질저하 방지용 버퍼 추가 설치 등의 단점, 동일한 정보가 가입자 전부에 전송됨으로써 발생하는 보안상의 취약점을 해결한다. 그림 1의 RN, 그림 2의 RN1, ..., RNn에서 패킷의 헤더내의 정보, 즉 가입자의 주소를 인식하여 패킷을 분배하는 가입자 망 self-routing에 있어 광 패킷 스위칭, 광 버스트 스위칭, MPLS, 광 패킷과 버스트 혼합방식에 공통적으로 요구되는 패킷 헤더정보를 분석하여 정보를 전송하는 전광학 헤더 인식기를 개발하고자 한다. 가입자 망에서의 패킷 전송방식을 위한 전광학 헤더인식은 OLT 또는 RN에서 데이터와 헤더를 분리하는 작업이 필요하며, 그 과정은 본인의 선행연구 결과로써 보고되었다<sup>[6]</sup>.

## II. 패킷 단위의 광교환 방식의 원리

라우터 내에서 패킷을 단위로 하는 광 교환기술은 광 패킷 스위칭, 광 버스트 스위칭, MPLS(Multi-Protocol Label Switching)로 분류할 수 있다. 그림 3에서와 같이 광 패킷 스위칭은 헤더 부분을 인식하여 데이터가

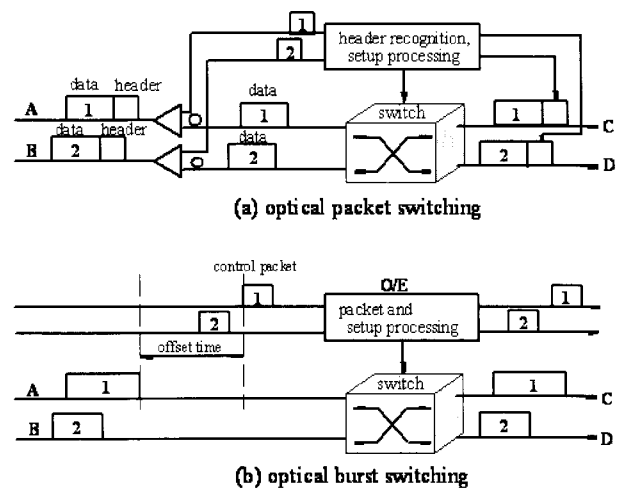


그림 3. 광 패킷 스위칭과 광 버스트 스위칭  
 Fig. 3. Optical packet switching and burst switching.

통과하는 노드 내의 루트를 탐색하고 교환기를 제어하는 방식으로 초고속 전송이 가능한 하드웨어로 구성이 가능하여 연구가 활발히 진행되었으나 교환기 하나의 입력라인에 두 개 이상의 패킷이 중복되어 들어올 때와 패킷으로부터 헤더를 분리하고 인식하는 과정에서 데이터의 일시적 저장이 필요하다. 그러나 현재의 기술로는 광 신호를 저장할 수 있는 광 메모리 기술개발이 어려워 큰 진전을 이루지 못하고 있다. 특히, 전광학 헤더 인식 기술개발의 어려움은 헤더 역할의 콘트롤 패킷과 데이터를 분리 전송하여 콘트롤 패킷을 인식하고 루트를 선택하는 광 버스트 스위칭에 대한 연구로 이동하는 계기가 되었다. 광 패킷 스위칭에서 노드에 도착한 패킷은 두 개로 나뉘어 데이터는 교환기로 들어가고 헤더는 헤더 인식기에서 전기신호로 변환되어 인식된다. 헤더 인식 결과에 따라 패킷이 스위칭 되고 교환기를 통과하며 출력 단에서 새로운 헤더를 받는다. 이 방식은 전광학 헤더인식이 개발되어 있지 않아 광신호를 전기신호로 변환하여 인식하는 방법을 채택함으로써 광신호를 일시 저장하는 광버퍼가 필요하나 현재의 기술로는 대응할 수 없다는 단점을 갖고 있다. 광 버스트 스위칭은 패킷을 그룹으로 묶어 놓은 페이로드(payload)와 데이터의 목적지 정보를 나타내는 콘트롤 패킷(control packet) 부분의 루트가 분리되어 구성되며 전기신호로 변환된 콘트롤 패킷을 인식하고 데이터가 통과하는 노드 내의 루트를 탐색, 교환기를 제어하여 전송하는 방식이다<sup>[3~4]</sup>. 노드는 패킷이 도착하면 패킷 헤더의 정보를 읽어 전기신호의 콘트롤 패킷을 만들고 별도의 라인을 통해 교환기 제어기에 보낸다. 교환기 제어기는 콘트롤 패킷의 정보를 분석 처리하여 교환기를 제어하며 데이터 버스트가 스위칭 되어 교환기를 통과할 때 출력 단에서 새로운 헤더는 받지 않는다. 콘트롤 패킷을 먼저 전송하고 일정시간(offset time) 지난 후에 데이터를 전송하는 방식을 채택하고 있기 때문에 헤더인식에 의한 지연시간을 동일라인 상에서 보상할 필요가 없고 데이터를 일시적으로 저장할 필요가 없어 광 메모리의 필요성은 줄일 수 있으나 하나의 교환기 입력라인에 두 개 이상의 패킷이 중복되어 들어올 때는 우선 순위가 낮은 데이터를 폐기하고 다시 데이터 전송을 요청하는 방식을 취하고 있다. 그러나 버스트 데이터의 구성은 여러 가입자의 데이터로 구성될 수 있기 때문에 간단히 해결할 수 있는 문제가 아니다. 또한 광 버스트 스위칭은 콘트롤 패킷을 처리하는 시간, 즉 콘트롤 패킷의 광/

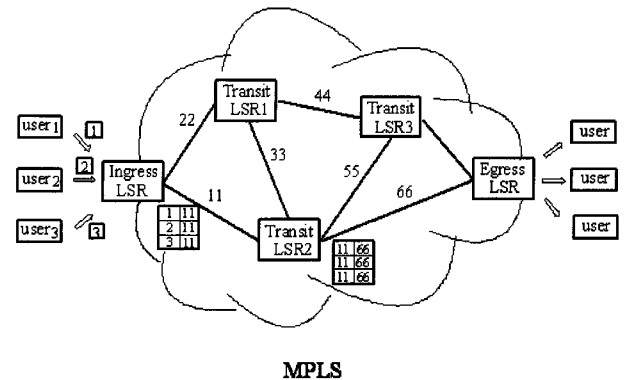


그림 4. 멀티 프로토콜 레이블 스위칭  
Fig. 4. Multi-Protocol Label Switching.

전변환, 전기적 분석처리와 루트 탐색에 필요한 시간(offset time)을 두고 데이터를 전송하는 방식을 취함으로써 수반되는 시간지연의 단점을 갖고 있다. 광 신호와 전기신호 사이의(O/E, E/O) 변환, 파장변환 등 많은 부품을 통과하는 과정, 콘트롤 패킷의 분석처리와 루트 탐색에 필요한 시간, 즉 'offset time + 콘트롤 패킷' 등의 과정에서 필연적으로 수반되는 큰 시간지연은 패킷이 교환기를 통과하는 시간보다 길어질 수 있어 전송 대역을 효율적으로 사용하지 못하고 전체 대역을 낭비하는 결과를 초래할 수 있으므로 반드시 해결해야 할 문제이며 전광학 콘트롤 패킷 인식의 개발이 요구되는 원인이 된다.

그림 4는 MPLS의 개념을 나타낸다. MPLS은 데이터를 그룹으로 묶어 놓은 페이로드(payload)와 데이터의 목적지 정보를 나타내는 헤더(header) 부분의 구성은 패킷 스위칭과 동일하나 헤더 전면부에 통과 하게 될 다음 노드까지 안내역할을 하는 label을 붙여 전송하는 방식이다<sup>[5]</sup>. 전송하는 노드에서 붙여진 label은 다음 노드까지만 유효하며 다음 노드에서 새로운 label로 교환되어 또 그 다음 노드로 전송된다. 각각의 가입자로부터 전송되어 온 데이터는 Ingress LSR(label Switching Router)에서 목적지를 분석하여 같은 목적지의 데이터를 하나의 패킷으로 만들고 label 11을 붙여서 LSR2까지 전송한다. 여기서 label 11은 통과 노드 LSR1과 LSR2 중에서 LSR2 방향으로 보내질 수 있도록 루트 선택의 역할을 하게 된다. LSR2는 도착한 데이터의 label 11을 분리하여 분석하고 새로운 label 66으로 교환하여 Egress LSR로 전송한다. Egress LSR은 헤더를 참조하여 도착한 데이터의 목적지를 분석하고 가입자에게 분별하여 전송한다. MPLS방식에서, 데이터

와 헤더의 파장은 버스트 스위칭과는 다르게 단일 파장을 사용함으로써 다파장에서 발생하는 문제는 해소될 수 있으나 Ingress와 Egress 사이의 다음 노드까지 데이터 루트를 선택하는 역할을 담당하는 label 이 다파장 방식으로 연구되고 있어 전송로에서 발생하는 분산현상에 대한 보상기술, 광원, 비용 등이 큰 과제로 남아 있다. label 을 광신호의 단일 파장으로 사용하기 위해서는 전광학 인식방법이 개발되어야 할 것이다. 최근에는 광 버스트 스위칭과 MPLS 양쪽의 장점을 응용하는 혼합방식도 활발하게 연구되고 있으나 이 방식 또한 전광학 인식기에 대한 과제를 피할 수 없다.

### III. 실험

그림 5는 2비트와 1 비트의 조합에 의한 3 비트 헤더 인식을 나타낸다. 실험도는 본 연구에서 제안하고 있는 광에 의해 스위치를 제어하는 전광학 원리를 나타내고 있다. 그러나 원리 확인 실험에서는 시판되는 전광학 스위치가 없어 전기신호로 제어하는 전/광 스위치를 사용하였으며 그림 6의 4비트 실험에서는 전/광 스위치를 이용한 실험도를 나타내었다. 광원으로 사용되는 레이저 다이오드, 변조기에 입사하는 광 신호의 편파면을 제어하는 편광 제어기, 펄스신호 발생기와 바이어스 전원에 접속되어 광 신호를 변조하는 광 변조기, 약해진 광 신호를 증폭시키는 역할을 하는 광 증폭기, 광 증폭기로부터 출력된 신호의 잡음을 제거하기 위한 광 필터, 세 번째(3rd) 비트의 정보에 따라 출력 포트를 결정하고 지연라인을 통해 적당한 신호지연을 얻는 스위치 SW4, 두 번째(2nd) 비트를 받아들여 비트 정보에 따라 입력 광 펄스신호의 출력포트를 결정하는 스위치 1(SW1), 첫 번째(1st) 비트를 받아들여 그 비트 정보에 따라 스위치 1로부터 전송되어 온 펄스신호의 출력포트를 결정하여 최종 출력의 time slot 위치를 결정하는 스

위치 2 와 3(SW2, SW3), 스위치 2, 3으로부터 출력된 광 신호를 검출하고 분석하기 위한 스펙트럼 어널라이저 등으로 구성된다.

실험 원리는 다음과 같다. 광원(LD)으로부터 나온 1550.0 nm의 광신호는 편광 제어기를 통해 광 변조기에 입사되며, 펄스신호 발생기로부터 만들어진 전기 펄스 변조신호는 바이어스 전압과 함께 광 변조기에 공급된다. 그 결과, 광 변조기를 통과하는 광 신호는 전기 펄스신호에 의해 변조되어 광 변조기의 출력포트로 출력된다. 광 변조기에 의해 생산된 광 펄스신호는 광 증폭기에 의해 증폭되고 필터로 보내진다. 이때, 광 신호 증폭의 메커니즘은 캐리어가 여기되는 층이 다른 많은 에너지 준위를 포함하게 됨으로써 복잡한 형태를 나타낸다. 각 여기 층으로부터 천이된 캐리어는 각각 파장이 다른 광을 방출하게 되어 증폭기로부터 출력된 신호들은 매우 넓은 범위의 스펙트럼을 갖게 된다. 따라서 필요한 신호파장 이외의 성분은 필터에 의해 차단된다.

인식원리의 이해를 돕기 위해 3개의 비트 ③②①의 순서를 좌측부터 3rd, 2nd, 1st비트로 가정한다. 여기서 SW1, SW2 또는 SW3로 구성된 회로는 2비트 기본 인식을 수행한다. 광 필터를 통과한 광 신호는 헤더의 3 번째 비트 정보에 따라 SW4의 출력단에 설치된 03 또는 43의 지연라인을 통해 지연되고 SW1으로 전송된다. 스위치 1로 입사한 광 펄스 신호는 두 번째 헤더 비트의 정보에 따라 출력포트가 달라진다. 즉, 두 번째 헤더 비트가 0일 때, 스위치 1의 출력신호(광 펄스)는 스위치 2로 보내지며, 첫 번째 헤더 비트가 1이라면, 스위치 1의 출력신호는 스위치 3으로 보내진다. 한편, 스위치 2 또는 3으로 보내진 광 신호는 첫 번째 헤더 비트의 정보에 따라 출력포트가 달라진다. 즉, 두 번째 헤더 비트가 1 이었을 때, 스위치 1의 출력신호는 스위치 3으로 보내지고 첫 번째 헤더 비트가 1 이라면 스위치 3의 출력신호는 하단의 포트(11)로 출력되고 두 번째, 첫 번째 헤더비트가 11 이므로 이 헤더비트에 연결되어 있는 정보는 11의 어드레스를 갖고 있는 가입자에게 전송되어야 한다는 것을 의미한다. 만일, 두 번째 헤더 비트가 0 이라면 스위치 1의 출력신호는 스위치 2로 보내진다. 이때, 첫 번째 헤더 비트도 0 이라면 스위치 2의 출력신호는 상단의 포트(00)로 출력되고 두 번째, 첫 번째 헤더비트가 00 이므로 이 헤더비트에 연결되어 있는 정보는 00의 어드레스를 갖고 있는 가입자에게 전송 되어야 한다는 것을 의미한다. 한편, 각 스위치의 출력은 각

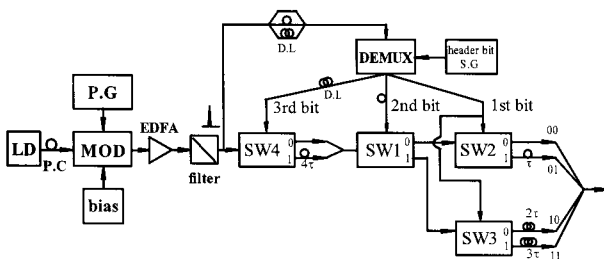


그림 5. 3 비트 헤더인식 실험도  
Fig. 5. Experimental setup of 3 bit header recognition.

port 지연라인(SW2의 출력 port 00에 03, port 01에 13, SW3의 출력 port 10에 23, port 11에 33)을 통해 시간 축 상의 8개 time slot중 한곳에 나타난다.

4 비트인식은 16 명의 가입자 라인을 구별할 수 있다. 4 비트에 대한 인식은 비트를 2개씩 나누어 위에서 확립한 2 비트 인식회로를 경유하여 각각 인식한 후, 2개의 결과를 조합하여 4개의 비트를 인식하는 과정을 거쳐게 된다. 이때, 각 2 비트 인식회로에서 출력되는 신호들은 지연라인들을 통해 타이밍을 맞추게 되어 지연라인들의 길이 조절이 매우 중요한 요소가 된다. 본 실험에서는 광섬유를 융착하여 구성하였으나 광신호 주기가 짧은 high bit rate일 경우에는 PLC기법에 의해 해결할 수 있다. 제안된 전광학 헤더 인식회로는 전광학 스위치로 구성하여야 하겠으나 현재 상업적으로 시판되는 전광학 스위치가 없는 관계로 전기신호로 콘트롤하는 광/전 스위치로 구성하여 실험하였다.

그림 6은 4 비트 인식을 위한 실험도이다. 광원(LD)으로부터 나온 1550.0 nm의 광이 광 변조기, 광 증폭기, 광 필터를 거쳐 스위치로 입사되는 과정까지는 2비트 실험과 동일하다. 그러나, 4 비트 인식은 그 외에도 첫 번째 비트, 두 번째 비트를 인식하는 회로와 세 번째 비트, 네 번째 비트를 인식하는 회로, 각각의 2 비트 인식회로의 출력단에 부가된 1차 지연라인 그룹과 2차 지연라인 그룹, 그리고 2개의 2 비트 인식회로의 출력신호 사이에서 타이밍에 맞는 광 신호에 대해서만 스위칭 역할을 하는 스위치로 구성된다. 예를 들어 4 헤더 비트 1001인 경우를 생각해 보자. 좌측 10에서 1은 네 번째 비트이며 0은 세 번째 비트이고, 우측 01에서는 좌측 0이 두 번째 비트이며 우측 1이 첫 번째 비트라고 가정한다(즉, 좌측으로부터 4th, 3rd, 2nd, 1st비트라고 가정). 각각의 2개의 2 비트 인식회로의 동작은 실험 1에서의 설명과 동일하다. 따라서 첫 번째, 두 번째 비트의 인식결과는 좌측회로 4개의 출력포트 중의 g로 출력되며, 세 번째, 네 번째 비트의 인식결과는 우측회로 4개의 출력포트 중의 c로 출력된다. 이 경우에 두 번째, 첫 번째 비트가 0,1 이므로 비트 인식결과는 좌측회로의 g로부터 출력되어 지연라인에 의해 13 지연되고 다음 지연라인 그룹으로 보내진다. 위에서 13 지연된 광신호는 두 번째 지연라인 그룹에서 4개로 나누어 전파하고 13, 53, 93, 133 지연된 4개의 신호로 만들어진다. 이 4개의 광 신호는 시간 축 상의 16개 타임슬롯 중에서 A그룹의 b(2 번째), B그룹의 f(6 번째), C그룹의

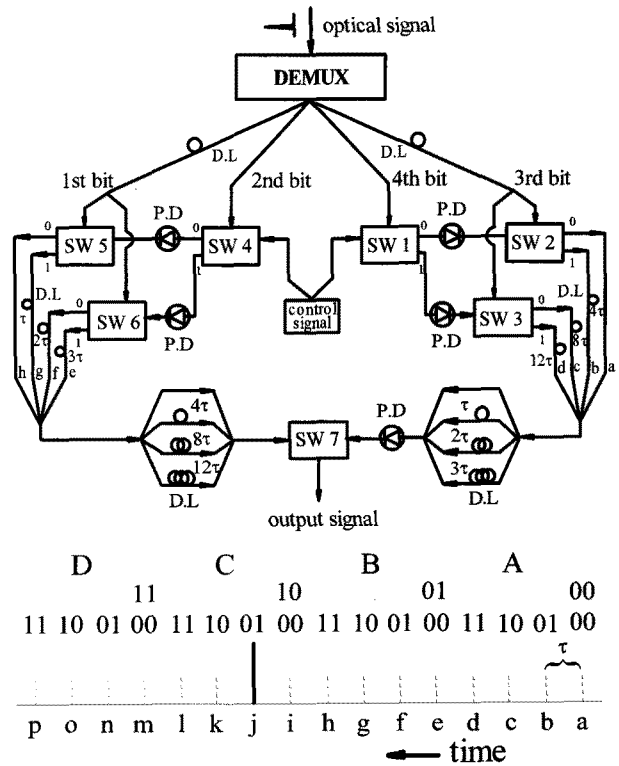


그림 6. 4 비트 헤더인식 실험도 및 time slot 도표  
Fig. 6. Time slot table and experimental setup of 4 bit header recognition.

j(10 번째), D그룹의 n(14 번째) 타임슬롯에 나열되며 스위치 7에 보내진다.

한편, 네 번째, 세 번째 비트는 1,0 이므로 비트 인식 결과는 우측회로의 c로부터 출력되어 지연라인에 의해 83 지연되고 다음 지연라인 그룹으로 보내진다. 위에서 83 지연된 광 신호는 두 번째 지연라인 그룹에서 4개로 나누어 전파하고 83, 93, 103, 113 지연된 4개의 신호로 만들어진다. 이 4개의 광 신호는 시간 축 상의 16개 타임슬롯 중에서 C그룹의 i(9번째), j(10번째), k(11번째), l(12번째) 타임슬롯에 나열되며, 스위치 7에서 제어신호로 이용된다. 스위치 7은 좌측의 회로로부터 들어온 4개의 광 신호와 우측으로부터 입사된 4개의 광 신호들 사이에서 시간적으로 동일한 타임슬롯에 나열된 광 신호만을 스위칭한다. 이 경우에는 좌측회로 C그룹의 j(열 번째)에 나열된 광 신호가 우측회로 C그룹의 j(열 번째)에 나열된 신호에 의해 스위칭 되어 타임슬롯 상의 j에 나타나게 된다. 여기서 각각의 타임슬롯의 위치는 패킷의 목적지에 따라 달라진다.

#### IV. 실험 결과

그림 7은 세 개의 헤더비트 010인 경우의 인식결과를 나타내고 있다. 이 실험에서는 지연시간 3(타우어)를 20ns로 실험하였다. 실험에서 출력신호는 세 번째의 time slot에 나타나고 있으며 이것은 헤더비트가 010이라는 것을 의미한다.

그림 8은 세 개의 헤더비트 100인 경우의 인식결과를 나타내고 있다. 실험결과로부터 출력신호가 다섯 번째의 time slot에 나타나고 있음을 볼 수 있다.

그림 9는 네 개의 헤더비트 1000인 경우의 인식결과를 나타내고 있다. 실험에서 출력신호는 아홉 번째의

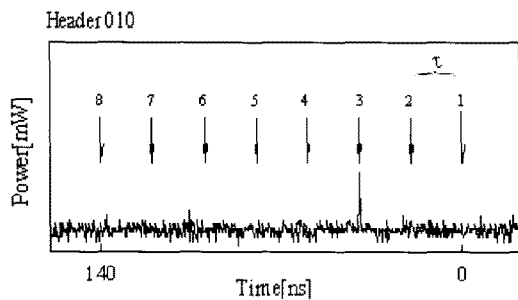


그림 7. 헤더비트 010인 경우의 인식결과  
Fig. 7. Recognition result of header bit 010.

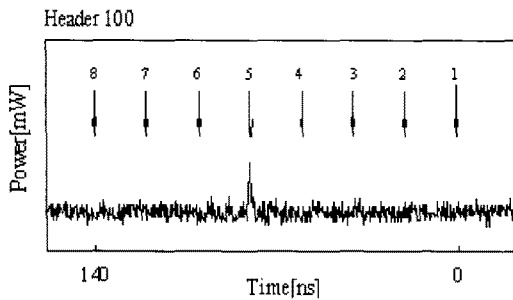


그림 8. 헤더비트 100인 경우의 인식결과  
Fig. 8. Recognition result of header bit 100.

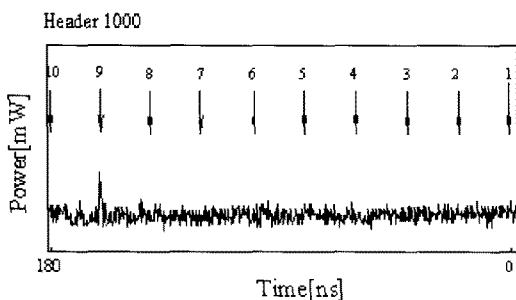


그림 9. 헤더비트 1000인 경우의 인식결과  
Fig. 9. Recognition result of header bit 1000.

time slot에 나타나고 있으며 이것은 헤더비트가 1000이라는 것을 의미한다.

#### V. 결 론

세 비트, 네 비트의 헤더인식 실험이 성공적으로 수행되었다. 패킷의 목적지를 나타내는 4 비트 헤더정보에 따른 하나의 신호가 8개, 16개의 타임슬롯 상의 임의의 한 곳에 나열되었다. 그 신호는 패킷이 지나가는 스위치를 제어함으로써 패킷의 self-routing이 실현된다. 이러한 RN에서의 self-routing을 위해 제안된 헤더인식 기술은 TDM 방식의 원리를 응용하여 스위치와 지연라인만을 사용함으로써 매우 간단한 회로의 구성이 가능해져 낮은 망 구축비용을 달성할 수 있다. 또 RN으로부터 각 가입자의 독립 전송선로를 확립함으로써 TDM-PON 방식의 최대 취약점이었던 광 신호의 감쇄와 보안성의 문제를 해결할 수 있어, 시간과 장소에 구애됨이 없이 통신, 방송, 인터넷 등이 융합된 초고속, 고품질의 서비스를 가입자에게 제공하는 광대역 멀티미디어 통신의 실현에 매우 유용한 구체적 수단이 될 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 김관중, 유제훈, 김봉태, "FTTH 기술 및 시장 동향", 한국 통신 학회지, 제22권, 제6호, 13-21쪽, 2005년
- [2] 유태환, "TDMA-PON 광가입자망 기술", 한국 통신 학회지, 제22권, 제6호, 22-43쪽, 2005년
- [3] Denis J. G. Mestdagh, "Fundamentals of multi-access optical fiber networks, Artech house, Boston.
- [4] S. J. Park, C. H. Lee, K. T. Jeong, H. J. Park, J. G. Ahn, and K. H. Song, "Fiber-To-The-Home services Based on Wavelength Division Multiplexing Passive Optical Network", IEEE Journal Lightwave Tech., Vol. 22, no. 11, pp. 2582-2591, 2004.
- [5] 이창희, "WDMA-PON 기술", 한국 통신 학회지, 제22권, 제6호, 44-56쪽, 2005.
- [6] K. H. Park, T. Mizumoto, and Y. Naito, "Recognition and Separation of header for all optical ATM", Optics Communications, Vol. 146, pp.99-103, 1998.

## — 저 자 소 개 —



박 기 환(정회원)

1989년 고려대학교 전자전산  
공학과 학사 졸업.

1991년 고려대학교 전자공학과  
석사 졸업.

1998년 동경공대 전자물리공학과  
박사 졸업.

<주관심분야 : 광통신시스템, 통신네트워크,  
RFID, BcN>