

광인터넷 테스트베드 기술

KT 통신망연구소 박헌재, 이봉영

차 례

- I. 서론
- II. 광인터넷 테스트베드의 구축 동향
- III. 광인터넷 테스트베드의 시험 기술 개발
- IV. 광인터넷 테스트베드의 구축 및 운용 기술
- V. 결 론

I. 서론

한국은 세계 최고의 수준을 달리고 있는 인터넷 이용국이고, 서비스 제공 측면에서도 강력한 인프라를 갖고 있다고 할 수 있다. 그러나 정보통신 산업적인 측면에서는 아직도 비즈니스 모델화 하기가 불투명한 요소들이 대단히 많다. 그러함에도 불구하고 인터넷이 이용자의 급증, 서비스의 다양화, 속도의 고속화, 이용 분야의 확대 및 접속방법의 다양화 등으로 사회 전반에 급속히 확산됨에 따라, 사회 전 분야에 걸쳐 구조적 변화를 요구받고 있다. 이러한 변화는 네트워크 확대, 서비스의 고급화 요구로 이어지면서 인터넷 트래픽의 급속한 증가를 일으키고 인터넷 서비스 제공자들에게도 여파를 가하고 있다.

인터넷 분야는 이용자 욕구와 정보 인프라 산업 및 서비스 산업이 상호 상승효과를 유발하여 산업 전부문에 생산 유발효과가 매우 큰 고투가가치 산업으로서 국가 산업을 주도할 것으로 전망된다. 아울러 고도화된 인프라를 바탕으로 다양한 고 품질의 서비스가 개발, 창출되어 서비스 산업의 고도화를 촉진하

고, 네트워크 산업의 고도화 및 고용 창출을 유발할 것으로 예상된다. 이에 따라 이용자의 고품질 서비스 욕구와 인프라 산업 고도화 및 서비스 산업 고도화가 상호 상승 작용을 유발하여 확대 생산 과정이 반복되는 순기능으로 역할을 하게 될 것으로 기대된다.

인터넷 산업은 기술 경쟁력에 의해 시장이 지배되는 산업이므로 향후 인터넷을 주도할 광인터넷 기술의 경쟁력 확보를 위해 국가 차원의 중점 기술 개발이 매우 중요하게 될 것이다. 즉, 인터넷 기반의 디지털 경제방식은 그 수요와 공급이 물리적인 국경에 제약 받지 않고 실시간으로 이루어지기 때문에 시장 확대와 시장잠식이라는 기회와 위협이 함께 제공될 것이다. 따라서 새로운 경제질서에 능동적으로 대처하고 기존 산업의 경쟁력 강화와 신산업 창출을 유도하기 위해서는 국가차원의 적극적 광인터넷 기술 경쟁력 확보가 필수 조건이라 할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 정보통신 상황에 대처하기 위하여 개발되고 있는 장치 및 서비스를 이용하여 인프라 및 사업적 발전에 기여할 수 있는 최종단계라 할 수 있는 국내외의 테스트베드 구축 이용 동향을

우선 살펴보고, 광인터넷 테스트베드의 주요기능, 시험방법을 소개하고자 한다.

II. 광인터넷 테스트베드의 구축 동향

2.1 해외 동향

2.1.1 미국

미국의 경우는 NGI프로그램 중 WDM기반의 망은 'SuperNet' 프로젝트의 일환으로 구성된 MONET(Multi-wavelength Optical Networking)과 ONRAMP(Optical Networks for Regional Access using Multi-wavelength Protocols) 등을 통하여 WDM-ring 구조의 메트로 망으로 구축되어 운영하고 있다.

MONET은 1994년부터 1999년까지 수행되었으며, New Jersey Network에 Bellcore, AT&T, Lucent, Washington DC Network에 Telcordia, Lucent, AT&T, Bell Atlantic, Bell South등의 업체들과 NASA, NRL, DIA, NSA, DISA, DARPA등의 연구기관들이 참여하고 있다. MONET은 망의 투명성(Transparency), 망의 확장성(Scalability), 망의 유연성(Reconfigurability), 망의 연동성(Interoperability)

등이 주된 개발기술 목표이다. 2중, 4중 링의 복합구조하에서의 광 파장 교환시험과 2.5Gbps 신호의 2000km이상의 장거리 전송시험을 성공적으로 수행하였다. 망 장치 들로 하여금 1250nm~1600nm 대역에서 임의의 파장을 선택할 수 있도록 하여 망 구성 및 운영의 효율성을 검증하였다. 또한 고정된 출력단으로 파장이 할당되는 기존의 WDM NE와는 달리 임의의 파장을 선택하고 임의의 출력단으로 출력할 수 있는 WSXC (Wavelength Selective Cross Connect)의 구조를 갖추고 있다.

ONRAMP는 DARPA의 지원하에 MIT, JDS Fitel, Nortel Networks, Cabletron systems, AT&T and MIT Lincoln Laboratory가 참여하고 있다. ONRAMP는 개방형 구조를 기본개념으로 하는 SRSO(Smart Routers-Simple Optics) 구조를 제시하고, IP 망의 최적화와 단순화를 위하여 지역망으로부터 발생하는 트래픽을 직접 WDM으로 수용하여 지역망을 다중파장의 WDM 링 상에서 SRSO 시스템과의 결합을 통하여 대용량의 트래픽을 효과적으로 처리하는데 목표를 두고 있다.

2.1.2 캐나다

캐나다의 광인터넷 사업은 정부와 장비업체들의

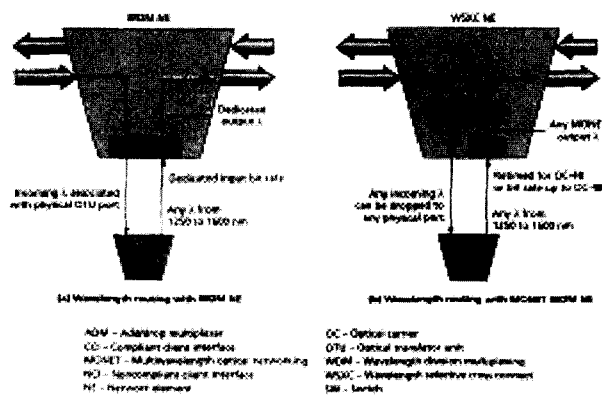


그림 2.1 NONET 시험망 가능 구조

지원으로 구성된 비영리 단체인 CANARIE를 중심으로 추진되고 있으며 Bell Canada, Cisco Systems Canada Co., JDS Fitel, Newbridge Networks Corporation, Nortel(Northern Telecom)등이 참여하고 있다. 1998년부터 2002년까지 연구 및 교육을 위한 차세대 인터넷 망으로 DWDM기반의 OC-192급 IP 백본망에 IP over SONET, IP over ATM 기반의 기존망을 수용하는 통합된 광인터넷 망인 CA*net3를 추진하고 있다. ATM/SONET 기반의 지역망(RAN: Regional Advanced Network)을 자체 GigaPOP을 통하여 CA*net3와 접속하고 있으며, 현재 ORAN(Optical RAN)으로 전환중에 있다. Explicit Routing, Traffic Engineering, Fast Re-routing, Virtual Private Network 서비스 제공을 위하여 MPLS-TE를 채택하고 있다. CA*net3의 망관리는 1997년 CANARIE와 Bell Nexxia에 의해 설립된 Advanced Research and Development Network Operations Center (ARDNOC)에서 관장하고 있으며, CA*net3의 각 백본노드들과 리모트 액세스 라우터로 점대점으로 연결되어 Out-Of-Band management를 하고 있다. 일별로 망 전체의 트래픽 지도와 통계자료를 제공하는 등 일별 망관리를 하

고 있고, 전통적인 Layer3의 관리에서 벗어나 Layer1,2,3,4,7까지 책임을 지고 있다.

2000년 CANARIE는 2005년까지 Gigabit Ethernet을 이용하여 모든 가정에 기가비트급의 접속속도를 제공할 목표로 2003년부터 수행될 CA*net4의 기본구조를 갖추고있다. 이는 CA*net3의 라우터 중심의 백본에서 Optical Switch를 이용한 새로운 백본구조를 제시하고자 하는 것이다. 궁극적으로 POS, 10GbE, WDM 망을 통합하는 망을 구축할 예정이다. 사용자로 하여금 QoS를 바탕으로 한 파장설정을 가능하게 하며 OBGP(Optical BGP)를 이용하여 직접 라우팅 경로를 설정하게 하여 별도의 제어평면을 제거하고 집중되어 있던 기능들을 분산시키는 구조이다. 이를 통하여 광스위치들에게 광 IX(Internet Exchange) 기능을 부여함으로써 트래픽의 분산을 용이하게 한 것이다.

2.1.3 유럽

유럽의 광 관련 연구는 1994~1998년 기간 동안 European Community의 제4차 프로그램 내의 ACTS 내에서 수행되어 왔으나 현재는 제5차 프로그램 중 사용자 친화형 정보화 사회 구축을 목표로 하는 IST(Information Society Technologies)

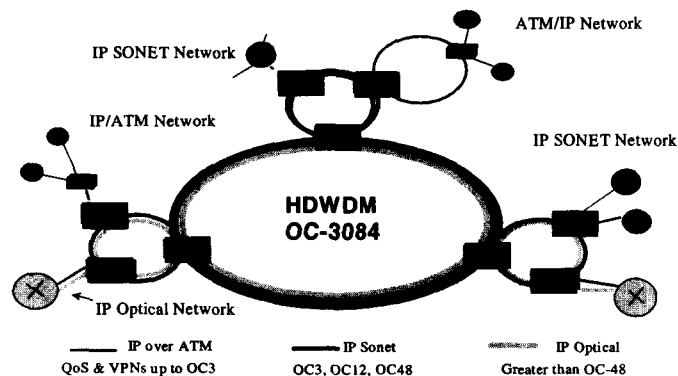


그림 2.2 CANARIE의 광인터넷 백본망 구조

프로젝트명	목 표	비 고
METEOR	40 Gbps × 40 채널 metropolitan DWDM ring 개발	configurable OADM
HARMONICS	IP 기반 서비스를 위한 WDMA/TDMA hybrid access feeder network 개발	capacity-on-demand
ATLAS	1Tb/s 용량의 500 km ~ 1000 km 무재생 전송을 목표로 하는 WDM 전송기술 개발	과장변환기 사용
LION	광전달망 위에 구성되는 IP 기반 망에 대한 설계, 시험, 경제적 평가를 수행함	client-server 연동 및 domain 간의 internetworking, IP 기반 전달망의 요구사항 정의

표 1. IST 내의 주요 광관련 프로젝트 현황

의 KA4 (Key Action 4)에서 주로 수행되고 있다. 광통신 관련 연구 프로젝트는 KA4의 7가지 중점연구 중에 Computing, Communications and networks에서 주로 다루어지고 있으며, 각 프로젝트는 2000년부터 약 3년간 수행되고 있다. 시스템 및 전달망 관련 프로젝트는 표와 같다.

ACTS 프로그램의 Domain 2(Photonic Technologies)에서 광 관련 연구가 진행되었는데 KEOPS, PHOTON, OPEN등에서 광네트워크 분야의 연구가 진행되고 있다.

KEOPS는 1995년부터 1998년까지 수행되었으며, KEOPS(Keys to Optical Packet Switching) 프로젝트의 목표는 광 네트워크의 망구조 정의와 End-to-End간 완전 광네트워크에서 패킷스위칭 기술의 기술검증을 목적으로 하였다. KEOPS에서는 망의 구조를 가입자쪽의 CPN/PON 계층과 ATM등을 기반으로 한 전자적 스위칭 계층, 광패킷 스위칭 계층, 광파장 스위칭 계층으로 구분하였다. KEOPS의 스위칭 기술은 광 전달망 구성을 목표로 한 OPEN프로젝트의 시험망이다.

PHOTON 1995년부터 1998년까지 수행되었으며, PHOTON(Pan European Photonic Transport Overlay Network)은 WDM 인터페이스를 갖는 10Gbps급의 Optical Cross-Connect를 개발하고 기존의 SDH망과 결합시키는

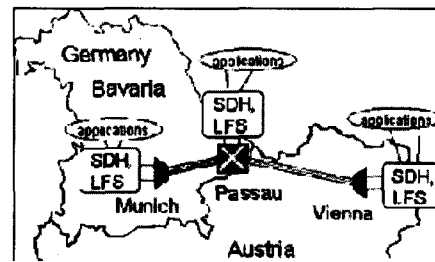


그림 2.3 PHOTON 시험망

Munchen과 Wien간의 시험망이다.

PHOTON의 주요 결과는 네트워크 측면에서 WDM 전송망을 위한 OAM(Operation Administration and Maintenance) 개념의 개발, WDM 전송측면에서 다중의 10Gbps채널을 전송하는데 있어서 DCF의 중요성 확인, OXC의 개발 등이다.

OPEN은 1995년부터 1998년까지 수행되었으며, OPEN(Optical Pan-European Network)은 기존의 광섬유를 기반으로 한 40Gbps의 장거리 전송망을 구축하는데 목표를 두었다. 4X4 multi-wavelength cross-connect(KEOPS)의 적용, 전자적 변환이 없는 광투명한 전송망의 구현 등을 목표로 Norway와 Denmark간, France와 Belgium간에 시험망이 구성되어 있다. 2.5Gbps와 10Gbps의 fully reconfigurable OXC의 시연, Pan-Europe 광전달망의 최적 토폴로지 제시,

10Gbps에서의 dispersion compensation, fiber bragg grating에 대한 연구 등이 OPEN의 주요 연구 목표이었다. 현재 ATC프로그램 중 많은 과제들이 종료된 상태이며, EURESCOM (European Institute for Research and Strategic Studies in Telecommunications)에서 다음과 같은 프로젝트들이 진행되고 있다.

- SCORPION : Scalable IP over OTN 구조정립, GMPLS기반의 제어평면에 대한 구조 및 기능성
- IPVPNs : IP VPN의 요구사항 및 구조정립, IP VPN에서의 QoS와 보안문제
- FAN : IP 기반의 광대역 액세스 기술 연구 (GigaBit Ethernet), QoS보장 등

2.1.4 호주

호주는 1999년 7월에 정보통신산업의 경쟁력강화를 위하여 산,연,정이 공동으로 1억5천8백만불 규모의 BITS(Buliding on IT Strengths) 프로그램을 착수하였다. 이 프로그램에서 advanced network 기술 확보분야는 네트워크 기술 확보, 시험망 및 테스트베드 연구이다. 4백만불에서 15백만불 규모가 테스트베드 및 advanced network 구축비용이다.

2.1.5 일본

일본은 2000년 2월 전기통신기술심의회는 연평균 약 1,200억엔 규모로 향후 5년간 정보통신연구개발 기본계획을 확정하고 모바일기술, 인터넷기술, 포토닉스 네트워크기술, 시큐리티 기술, 양자정보통신기술 등의 5대 중점 과제를 추진중에 있다. 광인터넷 기술관련 중점 과제로는 기가비트 네트워크 기술, photonic 네트워크 기술, 광 공간전송 통신 기술, 광/전파 이용 기반기술 등도 추진 중에 있다.

2.2 국내 동향

1992년부터 수행한 HAN/B-ISDN 연구개발 사업의 일환으로 수행된 차세대 네트워크의 진화전략, 초고속통신망 목표망 기준 설계, 국제표준화에 입각한 국내 표준화, 초고속국가망의 망 경제성 분석 및 망 최적 설계 등을 통하여 체계적이고도 일관된 네트워크 엔지니어링에 대한 경험과 인적자원을 축적하고 있으나, 국내에서 확보된 네트워크 엔지니어링 기술은 전자기반 통신망 기술에 국한되어 있다. 테스트베드 기술분야는 1996년부터 네트워크 NTB 연구사업에 대한 수행 경험을 바탕으로 KOREN, APAN-KR 네트워크는 장비의 자체 시험 또는 연동성 시험 기술 그리고 초고속국가망에 대한 망 운용 분야 등에 대한 기술축적이 이루어진 상태이다.

그러나 광인터넷에 대한 망 구축 및 시험 분야에서는 ATM서비스 발굴 차원에서 시작된 (구)선도시험망, 이 망의 업그레이드 형식인 KOREN(구 선도시험망)에서 차별화된 서비스 및 IPv6 등의 초보적인 간단한 기능검증 등이 이루어지고 있다. 광통신네트워크 기반의 네트워크 기반기술의 취약으로 인하여 광기반의 네트워크 엔지니어링 기술은 선진외국에 비하여 초보 단계에 머물고 있는 실정이고, 망차원의 선진외국과 같이 대규모이고 체계적인 테스트베드 구축 운영은 아직도 미미한 상태이다. 특히, 시험장비에 대한 국내기술확보가 이루어지지 않아 대부분의 시험 장비는 해외기술에 의존하고 있는 실정이다.

Ⅲ. 광인터넷 테스트베드의 시험 기술 개발

3.1 광인터넷 테스트베드의 개념과 정의

광인터넷 테스트베드는 통신망 기술의 개발에서 시작하여 응용 분야로는 광 및 상위 계층(계층 2와 계층 3)의 교환, 전송 기술의 개발 및 검증을 목표로 하고 있다. 이는 상용 통신망에 적용하기 전에 해당 기술을 시험하고 검증할 수 있는 유연성, 통신망 노

드들의 성능과 기능을 시험하고 검증할 수 있는 고 신뢰성을 가진 시험망으로 정의한다. 이 시험망에서는 상용 가능한 응용 서비스 또는 망 서비스를 광인터넷 망에서 제공하고자 할 때 이에 대한 망 구조 및 서비스의 제공의 유용성을 검증하게 된다. 이에 대한 전체적인 개념을 그림 3.1에 나타냈다.

시험망(테스트베드)가 갖는 주 기능은 통신망 기술의 망 엔지니어링과 매우 밀접한 관계를 갖는다. 이는 새로운 서비스의 정의에 따른 이용자와 통신망의 요구사항을 분석하고 이를 통해서 서비스를 제공할 수 있는 통신망으로 설계된 망 구조, 기능 및 요소 규격들이 하나의 목적(광인터넷 테스트베드)으로 네트워크되기 때문이다. 이 기능은 망 구조 기술, 제어 기술 그리고 관리 기술 등을 근간으로 하여 적용되어, 이를 수행하기 위한 내부 기능 요소들은 망 설계, 구축 및 운용과 같은 기술 요소로 수행된다.

3.2 광인터넷 테스트베드의 구성

광인터넷은 WDM을 기반으로 하는 대용량 전송과 파장 기반의 교환 기술이 적용되며, 망의 유연성과 자원 및 망의 효율적인 관리 및 신규 서비스에 대한 창출을 위해서 광 시그널링 및 라우팅이 사용된다. 그러나 초기단계에서는 환경적 제한 요소들로 인해 IP 계층에서 시그널링과 라우팅 기능을 적용하고, 광 계층에 대한 시그널링 및 라우팅은 다음 단계의

시험망에서 제공될 예정이다.

현재 IP over WDM망을 구현하기 위하여 적용할 수 있는 프로토콜들은 다음과 같다.

- ✓ IP over ATM over SDH for WDM transmission
- ✓ IP over ATM directly on WDM
- ✓ IP over SDH (Packet over SDH, POS)
- ✓ IP over SDL directly over WDM
- ✓ IP over Gigabit Ethernet for WDM
- ✓ DTM(Dynamic Transfer Mode)
- ✓ MAPOS(Multiple Access Protocol over SDH)
- ✓ DPT(Dynamic Packet Transport)

KT에서는 초기단계로 POS와 IP over Gigabit Ethernet for WDM과 같은 기존 데이터 망에서 사용하는 프로토콜을 위주로 시험망을 구성하였으며, 타 기술에 대한 적용은 단계별 구축방안 및 추후 환경변화에 따라 진행될 예정이다.

3.2.1 Packet over SDH

POS기반의 시험망 구조는 아래 그림3.2과 같다. 본 시험망의 WDM는 SDH 프레임에 인캡슐레이션된 IP 패킷을 단순히 전송하는 역할을 수행하며, 본 구성에선 SDH는 케이블 절단에 대하여 APS (automatic protection switching)를 이용하여

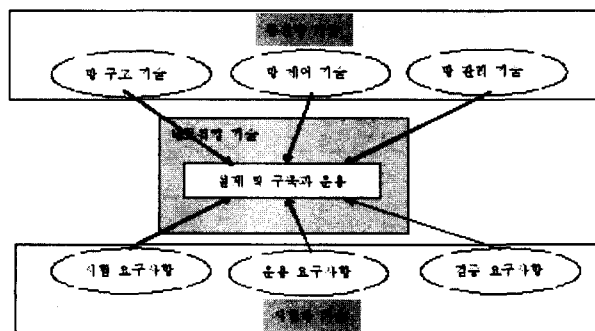


그림 3.1 광인터넷 테스트베드의 개념

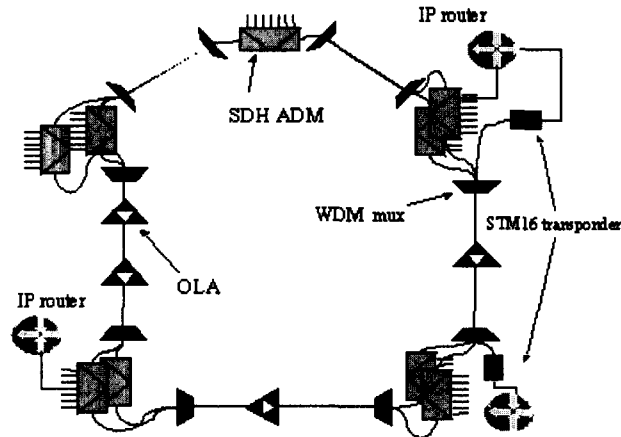


그림 3.2 IP over SDH over WDM 망

IP 트래픽 링크를 보호하기 위해 사용되고 있으며, 이 기능은 광 계층의 다중화 구간에서도 수행될 수 있다.

3.2.2 Packet over Gigabit Ethernet

새로운 Gigabit Ethernet은 IP 라우터에 Gigabit 라인 카드를 사용하여 대용량의 LAN에서 MAN으로 확장해서 사용할 수 있다. 이런 연유로 Gigabit Ethernet은 metro-WDM 또는 심지어 장거리 WDM 링크에서 IP를 전달하는 아주 매력적

인 수단이 되고 있다. 게다가 10Gbit/s Ethernet 인터페이스도 가까운 장래에 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

그림3.3은 Gigabit Ethernet 인터페이스를 기반으로 한 IP망의 예를 보여준다. Gigabit Ethernet 인터페이스는 IP 라우터에서만 사용하거나 또는 여러 개의 IP 라우터를 연결할 수 있는 계층 2 Ethernet 스위치로 연결될 수 있다.

저속의 Ethernet 망(e.g. 10Base-T or 100Base-T)들은 CSMA-CD 기능을 이용한 반이

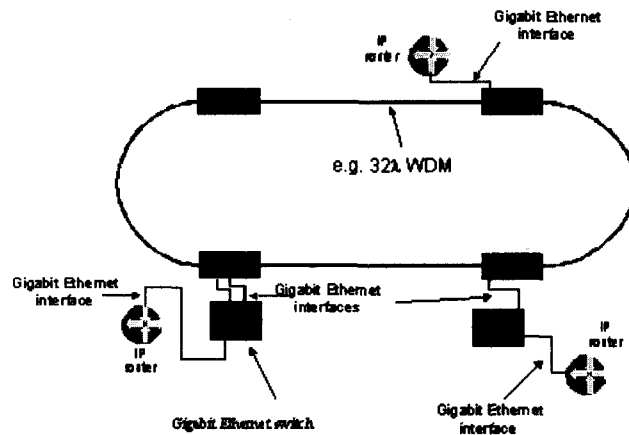


그림 3.3 Gigabit Ethernet 프레임을 사용한 WDM 링에서 IP 의 전달

중(half-duplex) 모드로 사용되어 왔으나, Gigabit Ethernet (1000Base-X)은 IP 패킷의 인캡슐레이션과 프레임 방법을 단순화하고 CSMA-CD 기능을 사용하지 않는 전이중 (full-duplex) 모드를 사용한다. Ethernet 스위치들은 점대점 망 토폴로지가 가능하며, Gigabit Ethernet의 최대 페이로드 길이는 1500 바이트이다.

Ethernet 프레임은 8B/10B 인코딩을 하여 광 캐리어에 인코딩 되며, 8B/10B에서 모든 옥텟은 클럭 복구를 위한 신호에 충분한 트랜지션 밀도를 보장하기 위해 10 비트로 인코딩 된다. 그러므로 1Gb/s 처리율을 위해서 라인 속도는 1.25Gb/s가 되어야 한다. 패킷이 전송되지 않는 유지 기간(idle period)은 보장하기 위한 인코딩은 클럭 복구가 유지되도록 하기 위해 1과 0의 논리 상태간의 충분한 트랜지션 밀도를 가지고 있는 심볼들로 채워져야 한다.

Gigabit Ethernet은 IEEE 802.1Q와 802.1p로 정의된 몇가지 COS를 제공한다.

Ethernet상의 COS는 원하는 패킷에 우선순위 또는 COS를 표시하는 “tagging” 패킷을 통해서 제공된다. RSVP 또는 DiffServ의 지원은 802.1p 서비스 클래스를 매핑하므로써 이루어질 수 있다.

3.3 시험 환경 설계 및 구축

위의 POS 및 이더넷 기술을 바탕으로 하여 광인터넷 네트워크 테스트베드의 평가를 위하여 다음과 같이 설계 및 구축하였다.

3.3.1 광인터넷 테스트베드 설계 원칙

- 가) DWDM 기술을 기반으로 하여 코어망을 구성하며, 계층 2의 기술을 POS 와 GbE으로 선택한다.
- 나) DWDM 구성은 테스트베드를 위하여 한 지역망(1~2개 광역전화국 범위) 레벨을 고려한다.
- 다) IP 계층의 라우팅 프로토콜은 기본적으로 하나의 AS에 의해 관리되는 OSPF만을 고려한다.
- 라) 각 POS 와 GbE 기술을 기반으로 하여 대향(peer-to-peer)되는 망을 구성하며, 각 기술간의 통합은 IP 계층에서 이루어 지도록 한다.
- 마) 구성되는 광인터넷 테스트베드는 하나의 B-클래스 주소를 사용하도록 하며, 각 서버넷 망(하나의 라우터에 의해 관리되는 망)은 그의

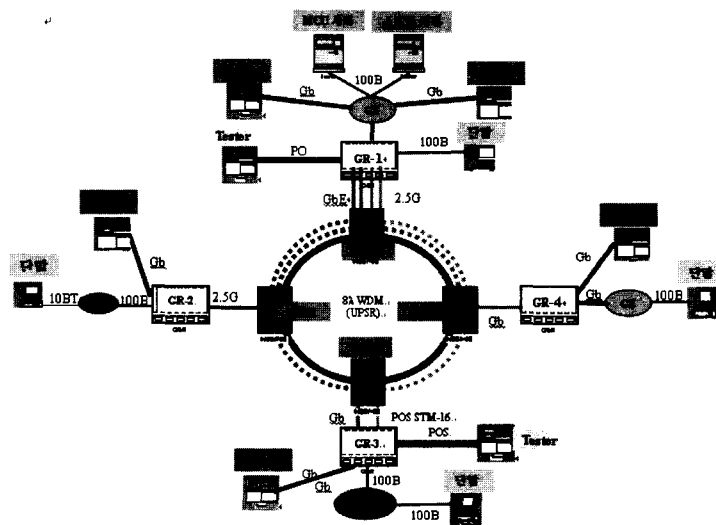


그림 3.4 광인터넷 테스트베드망

일부만을 할당한다.

바) 기본적인 구성에 IP 트래픽을 위한 MPLS(Diffserv)망을 우선 적용하며, 차후에 OIF UNI/NNI 신호 도입, ITU-T ASTN/ASON 적용, 및 IETF GMPLS 시그널링 및 라우팅 프로토콜등을 단계적으로 적용한다.

3.3.2 광인터넷 테스트베드 구축

실험실 차원에서 구축된 광인터넷 테스트베드는 WDM 노드와 이더넷 스위칭 및 라우터를 사용하여 앞에서 기술한 광인터넷망 설계 원칙을 적용하였다. 테스트베드의 구조는 시험의 목적에 따라 다양한 형태로 손쉽게 변형이 가능하도록 하여야 함이 중요한 요소이다.

그림3.4는 구축된 광인터넷 테스트베드망을 나타냈다. 각 프로토콜에 적당한 어드레스를 할당하여 각각의 계층점에서 트래픽을 인가하여 망에 대한 전반적인 성능을 평가하였으며, 또한 스트리밍 또는 영상 서비스 서버를 두어 실제 IP 서비스들에 대한 서비스 품질에 대한 평가를 수행할 수 있게 구성하였다.

망 성능 및 서비스 평가를 위한 POS와 이더넷에 대한 자세한 연결 구성과 프로토콜을 그림3.5와 3.6에 각각 나타냈다.

3.4 광인터넷 테스트베드의 평가

3.4.1 광인터넷 테스트베드에서의 측정

그림3.7은 광인터넷 테스트베드에서의 측정점을 나타냈다. 이들 측정점은 3개의 계층으로 나누어 측

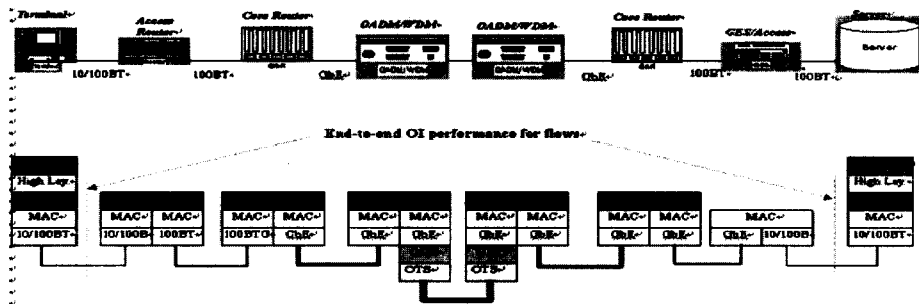


그림 3.5 POS를 사용한 단대단 연결과 프로토콜 스택

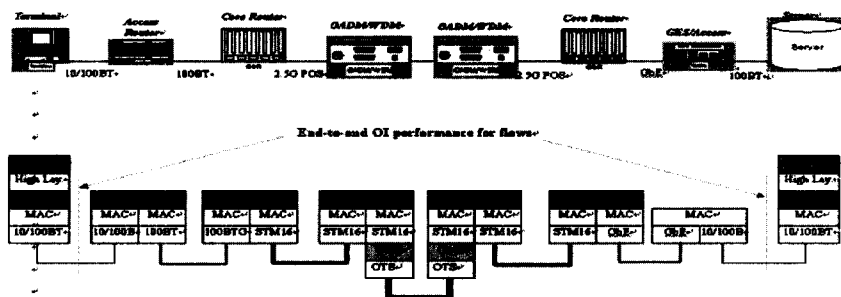


그림 3.6 이더넷을 사용한 단대단 연결과 프로토콜 스택

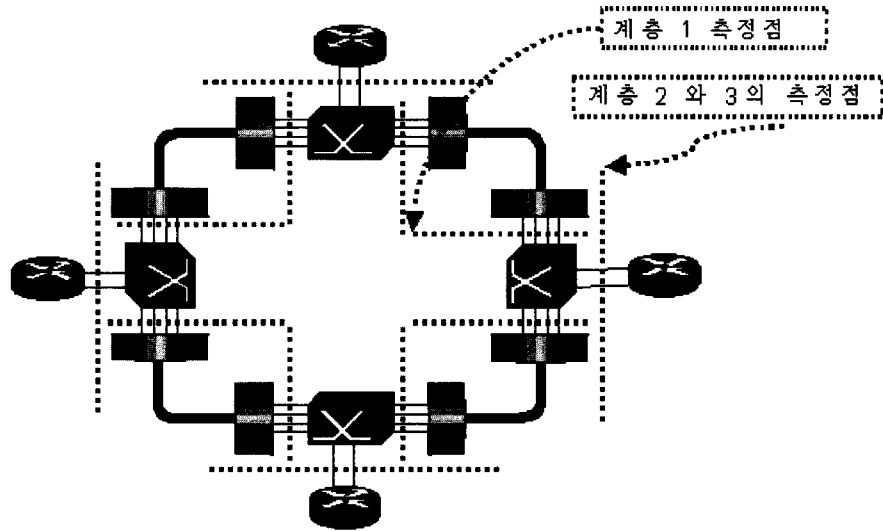


그림 3.7 이망의 측정점

정하였다.

- 전송 계층(Transmission layer)
- 링크 계층(Link layer)
- 망 계층(Network layer).

3.4.2 광인터넷 테스트베드 시험 분류

광인터넷 테스트베드에서 각 계층에 대한 평가를 하기 위해 시험 목적에 따라 범주를 5가지로 분류하였다. 이는 공중망이 기본적으로 가져야 하는 기능이나 성능을 확인하기 위한 목적을 가지고 있다. 개별 서비스들에 대한 서비스 품질은 본 평가의 완료 후 서비스 개별적으로 또는 모든 서비스들을 동시에 평가해야 한다

3.4.3 광인터넷 테스트베드 성능 시험

성능 시험은 시험 대상 장치(system under test) 및 시험망의 성능 값을 반영할 수 있도록 하며, 각 계층(계층1 (광 계층), 계층2 (스위칭), 계층3 (라우팅과 IP 성능)마다 측정하여 평가되어야 한다.

시험 분류	시험 목적	시험 결과
POS	IP over POS 매핑을 사용하여 WDM 링크를 따라 IP 패킷이 전달된다는 것을 확인	
GbE	IP over GbE 매핑을 사용하여 WDM 링크를 따라 IP 패킷이 전달된다는 것을 확인	
MPLS	MPLS가 WDM 링크에서 구성되고 사용될 수 있다는 것을 확인	
Management	관리 시스템으로 알람을 보고하는지를 확인	
Re-routing	WDM 링크 고장(failure)시 다른 패스로 재-라우팅되는 가를 확인	

3.4.3.1 계층1 성능

계층1 성능 시험은 광에 관련된 여러가지 변수 (crosstalk, reflection, power variance, cascading optical amplifiers, 등)를 측정한다.

시험 분류	시험 목적	측정 변수
distance	OTS의 최대 길이를 측정	max OTS length
BER/BIP	광 채널(Och)의 BER 또는 에러 초를 측정	BER/ errored seconds
Protection	링크 고장시 보호 스위칭 시간을 측정	protection time

3.4.3.2 계층2 성능

계층2 성능은 패킷 지연, 지연 변이, 손실, 처리율 등을 측정한다

시험 분류	시험 목적	측정 변수
round trip POS	POS 매핑을 사용하여 WDM 링크상의 거리 변수로써 round trip delay를 측정	Round trip POS
round trip GbE	GbE 매핑을 사용하여 WDM 링크상의 거리 변수로써 round trip delay를 측정	Round trip GbE
packet loss	WDM 링크상의 망요소의 변수로써 패킷 손실을 측정	Packet loss
packet loss /BER	광 채널에서 만들어진 BER로 인한 패킷 손실을 측정	Packet loss
throughput	할당된 대역폭의 변수로써 처리율을 측정	Throughput
delay variation	망요소의 수에 대한 변수로써 패킷 지연 변이를 측정	Packet Delay Variation
GbE frame loss	WDM 링크상에서 망요소의 수에 대한 변수로써 GbE 프레임 손실을 측정	GbE loss

3.4.3.3 계층3 성능

계층3 성능 시험은 MPLS 프로토콜을 사용하여 IP 성능을 측정한다.

시험 분류	시험 목적	측정 변수
Restoration	광 채널 고장의 경우 복구 시간을 측정	restoration time

IV. 광인터넷 테스트 베드의 설계 및 운용 기술

4.1 광인터넷 테스트베드 설계시 고려사항

광인터넷 테스트베드의 설계 및 구축을 위한 요구사항은 아래와 같이 요약될 수 있다. 이에 대한 요구사항은 WDM 계층과 IP 계층의 요구사항을 중심으로 작성될 수 있다.

4.1.1 WDM 계층의 요구사항

4.1.1.1 Cross-connecting 과 파장 라우팅

가) Cross-connection

광 계층에서 Cross-connecting은 WDM기술에

서 상당히 대두되고 있으며, 파장 경로(wavelength path)를 관리하기 위하여 OXC(optical Cross-connect)를 사용한다.

OXC의 기능은 다중화/역다중화, ADM, 공간 스위칭과 파장 변환 등을 수행하며, 링크에 관하여서는 광신호 모니터링, Och 오버헤드 정보 처리, 파워 레벨 수정, 분산 조절을 할 수 있어야 한다.

나) 정적/동적 라우팅

파장 경로가 사전에 고정되거나 또는 메시지 교환에 관한 요청에 의해서 결정되어야 한다.

다) 광 계층에서의 OAM

WDM 인터페이스의 각 파장별로 장애 관리가 가

능해야 한다.

4.1.1.2 보호(Protection)와 복구(restoration)

가) 케이블 절단시 보호 스위칭

WDM 시스템의 케이블 절단시 OMSP(Optical Multiplex Section Protection) 기능을 사용해야 한다.

나) 케이블 절단과 전송장치 고장(failure)시 보호 스위칭

WDM 시스템에서 케이블 절단과 전송장치 고장시 OCHP(Optical CHannel Protection) 기능을 사용해야 한다.

4.1.2 IP 계층의 요구사항

4.1.2.1 통신 구성(communication configuration)

가) 점대점(point-to-point) 구성

점대점 구성은 두 사용자간 단방향(unidirectional)/양방향(bi-directional) 및 대칭(symmetrical)/비대칭(asymmetrical) 통신을 제공한다. 적용할 수 있는 서비스의 예는 다음과 같다.

- ✓ Conversational service
- ✓ Messaging service
- ✓ Retrieval service
- ✓ Distribution service with user individual presentation control

나) 단방향 점대다중점 구성

단방향 점대다중점 구성은 1:n 사용자간의 단방향 통신을 제공하며, 적용 가능한 예는 다음과 같다.

- ✓ Messaging service
- ✓ Distribution service without user individual presentation control

다) 단방향 다중점대점 구성

단방향 다중점대점 구성은 n:1 사용자간의 단방향

통신을 제공하며, 적용 가능한 예는 다음과 같다.

- ✓ Messaging service
- ✓ Distribution service without user individual presentation control

라) 다중점대다중점 구성

다중점대다중점 구성은 n:n 사용자간의 통신을 제공하며, 적용 가능한 예는 다음과 같다.

- ✓ Conversational service
- ✓ Messaging service
- ✓ Distribution service with or without user individual presentation control

마) 양방향 점대다중점 구성

양방향 점대다중점 구성은 1:n 사용자간의 통신을 제공하며, 적용 가능한 예는 다음과 같다.

- ✓ Conversational service
- ✓ Messaging service with return path
- ✓ Retrieval service
- ✓ Distribution service with user individual presentation control

4.1.2.2 SLA(Service Level Agreement)

SLA 구현시 objectives :

- ✓ IP 전달 능력(transfer Capability)
- ✓ 제공되는 QOS 변수 또는 COS
- ✓ 가용도(Availability) - access blocking probability
- ✓ 신뢰도(reliability) - active system time, network failure rate
- ✓ Interoperability
- ✓ Deliver confirmation
- ✓ Mobility and Portability 지원
- ✓ Security - encryption
- ✓ Bandwidth - constant, variable
- ✓ 우선순위(Priority)

- ✓ Authentication - User ID for admission control
- ✓ Signaling Protocol - CR-LDP or RSVP
- ✓ Flexibility - scaling and global connectivity
- ✓ Life of the SLA

4.2 광인터넷 테스트 베드의 운용

4.2.1 광인터넷 테스트베드의 운용과 서비스

기존의 공중망과 같이 광인터넷 망에서도 원활하고 손쉬운 관리 및 유지보수 기능을 정의하여 사용하는 것이 망의 운용을 위해서도 유용하다. 이를 위하여 망의 장에서의 관리 체계적 관리 방안이 우선시되어야 하며, 추가적으로 가입자들에 대한 관리 또한 중요하다. 이는 가입자에게 제공할 수 있는 응용 및 망 서비스와 깊은 연관을 가지고 있으므로 이에 대한 고려도 필요하다. 이를 위하여 각 계층 망(Layered Network)에서 제공할 수 있는 망 서비스를 살펴보는 것도 의미 있는 일이라 하겠다.

4.2.2 WDM계층 (전송 계층)

현재 WDM 계층에서 망 서비스 요소로 고려할 만한 것은 OIF의 UNI 1.0 규격에서 정의하고 있는 bandwidth on demand, provisioned optical channel 및 optical VPN서비스 등이 있다.

이들에 대해서는 표준화된 규격을 기반으로 하여 장비 업체에서 독단적으로 WDM 망 관리 시스템에 구현하였을 수도 있다. 그 경우에 장래 서비스를 고려하여 서비스 특성(feature)과 속성(attribute) 측면을 기준으로 하여 광 인터넷 망에서 그 기능을 선택할 수도 있다.

4.2.3 계층2 (링크 계층)

본 구성에서 고려되는 계층2의 프로토콜은

SDH./PPP-HDLC와 LLC/MAC 이다. 이들 계층은 상위 정보의 점대점 전달 기능만이 사용되고 있으므로 특별히 주목해야 할 망 서비스는 없다. 그러나 IP over WDM망에서 새로운 프로토콜들이 사용될 수 있다면 다시 검토해야 할 것으로 판단된다.

4.2.4 IP계층 (망 계층)

IP 서비스, 통신 구성 및 SLA 등이 망 서비스의 대상이 될 수 있다. 기존 IP 서비스(best effort)에 QOS를 제공을 위한 새로운 DiffServ/IntServ 모델 및 MPLS 등의 서비스 제공이 가능하며, 또한 이들을 기준으로 하여 새로운 응용 서비스에 대하여 새로운 망 서비스의 제공이 가능하다.

4.3 향후계획

광인터넷망은 기본적으로 광도메인과 IP 도메인으로 구성되며, 각 도메인과 관련된 요소기술 및 이들 도메인간 통합방안 등이 주요 이슈로 대두되고 있다. 테스트베드에서는 먼저 광 도메인과 관련된 모든 요소기술, 네트워킹 기술 및 망구조 등에 대한 검증이 요구되며, 동시에 IP 기술을 기반으로 두 도메인을 통합하여 IP 트래픽에 적합한 망구조 실현을 목표로 하고 있다.

이를 위하여 다음 단계의 광인터넷 테스트베드는 IP 도메인과 광 도메인간 원활한 통합을 위한 제어 및 관리 망을 도입하여 검증하는데 초점을 맞추고, OIF UNI1.0을 기반으로 광 도메인에서 단대단 연결능력, 이러한 능력을 지원하기 위한 시그널링 등과 같은 요소기술, 운용관리 관점, 신규 서비스 제공 관점 등을 검증할 예정이다.

V. 결론

인터넷 수요폭증과 트래픽의 고속화, 대용량화 및 네트워크의 역동성 요구 추세에 따라 대두되고 있는

광 인터넷 기술은 광통신 기술과 인터넷 기술이 결합된 기술로 수년 내에 세계 시장의 주력 산업이 될 분야이다. 인터넷 등 기반기술이 취약한 우리나라와 같은 경우에 광 인터넷 기술을 전략적으로 집중 육성할 경우 메모리 반도체, CDMA 기술과 마찬가지로 세계를 선도할 수 있는 가장 유력한 분야 중의 하나라 할 수 있다.

정책적 비즈니스적 관점에서 인터넷 이용 강국의 면모를 기술적으로도 굳히고, 범 국가적 차원으로 추진되고 있는 광인터넷 핵심 개발 장치의 적용성 강화, 광인터넷 핵심 개발 장치의 품질 보증, 광인터넷 연구개발 결과물에 대한 미래성 제고, 광인터넷 네트워킹 기술 개발 추진 등의 제반 역할 등을 테스트베드를 통하여 효율적으로 수행하여 광인터넷 연구개발 사업의 성공 확실성이 도모되었을 때, 국내외적으로도 대등한 경쟁력도 갖추어 무한경쟁의 인터넷 시장에서 생존 할 수 있을 것이다.

범 국가적 차원의 HAN/B-ISDN 연구개발 사업의 틀 속에서 진행된 경험들 ITU-T, ATM Forum 등의 광대역중합정보통신망 프로토콜 표준화, MPLS 및 Gigabit Router 기술개발 속에서 진행된 IP 프로토콜에 대한 표준화, 2000년부터 진행 중인 개방형 통합 교환시스템 기술개발 상에서의 개방형 프로토콜 표준화 등을 통하여 광인터넷 프로토콜 분야의 표준화에도 충분히 활용될 수 있는 경험축적이 이루어져 있다고 하나, 산, 학, 연에 산발적으로 혼재하는 연구인력을 하나의 틀 속에서 체계적인 접근하고 이를 광인터넷 테스트베드를 통하여 시험검증할 수 있는 방안이 절실히 요구되고 있다.

참고 문헌

- [1] 미국, <http://www.ngi.gov/>
- [2] 미국, <http://www.internet2.edu/>
- [3] 미국, <http://www.vbns.net/>

- [4] 미국, <http://www.transpac.org/>
- [5] 미국, <http://www.startap.net/>
- [6] 캐나다, <http://www.cararie.ca/>
- [7] 유럽, <http://www.dante.net/>
- [8] 유럽, <http://www.terena.nl/>
- [9] 유럽, <http://www.euro-link.org/>
- [10] 일본, <http://www.jp.apan.net/>
- [11] 일본, <http://www.jgn.tao.go.jp/>
- [12] 싱가포르, <http://www.singaren.net.sg/>
- [13] 호주, <http://www.aarnet.edu.au/>
- [14] 중국, <http://www.edu.cn/>
- [15] 국내, <http://www.koren21.net/>
- [16] 국내, <http://www.kr.apan.net/>
- [17] 국내, <http://www.apectelwg.org/>



이 봉 영

1985. 2 고려대학교 물리학과 졸업 1989. 3 일본 오사카대학 전기공학분야 석사 1992. 3 일본 오사카대학 전기공학분야 박사 1993 초고속/초장거리 광 정보 전송 연구(Solito Transmission), 정보전달 기술 연구(Virtual Reality), 1994~1995 광통신시스템 초고속화 사업 기술지원 및 광통신 연구기반 조성 1996 초고속 선도시험망 발전방향 연구 1997 정보화시범사업 지원 및 ATM의 사업성 및 사회문화적 적합성 검증 연구 1996 ~ 2000 HAN/B-ISDN 통신망테스트 베드 연구 2000 ~ 2001 차세대통신망 종합적 테스트베드를 통한 Voice over Packet 기술동향 검증 및 사업컨설팅 2002.1 ~ 현재 정보전달망 구조 및 서비스 연구(전용회선 사업 컨설팅) 관심 기술분야: 광통신 기술, 정보통신망 엔지니어링, 사업전략 등



박 헌 재

1993년 2월 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업. 1993년 3월 KT 통신망연구소 입사 ~ 현재 KT 통신망연구소 근무 관심 분야: 공중망의 망 성능 평가 및 서비스 품질 분야 광인터넷 망의 제어 및 관리 기술 분야 공중망의 구조 및 진화 분야