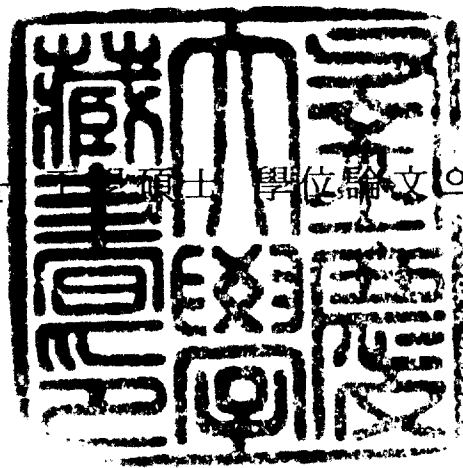


工學碩士 學位論文

DWDM Optical Network 기반의 차세대
인터넷 구조에 관한 연구

指導教授 金 成 箕

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함



2002年 2月

釜慶大學校 産業大學院

情報通信工學科

宋 鍾 贊

宋鍾贊의 工學碩士 學位論文을 認准함

2001年 12月

主 審 工學博士 河 德 鎬 (印)

委 員 工學博士 鄭 淵 湖 (印)

委 員 工學博士 金 成 箕 (印)

목 차

I. 서론	1
II. 인터넷 문제점과 트래픽 전망 분석.....	3
1. 향후 인터넷 트래픽 전망	3
2. 기존 인터넷의 문제점	6
가. 전송 네트워크 측면	7
나. QoS 측면	8
다. 국가 정책 측면	9
3. 차세대 인터넷의 필요성	11
III. 차세대 인터넷을 위한 광인터넷 모델	13
1. 광 인터넷 기반의 차세대 인터넷	13
2. 광 인터넷 구축을 위한 고려 사항	14
IV. 차세대 인터넷의 QOS 모델 제안.....	19
1. IP 액세스망의 QoS 모델	19
2. DWDM 코어망의 QoS 모델	22
3. 광 인터넷(액세스+ 코어) QoS 모델	25
V. DWDM 기반의 광 인터넷 구조 제안	29
1. 광인터넷을 위한 제어 프로토콜	29
2. 광인터넷 백본망 구축 단계	32
가. IP/GMPLS/ATM/SONET over DWDM 구조	33
나. IP/GMPLS/SONET over DWDM 구조	34
다. IP/GMPLS over DWDM 구조	35
3. 광인터넷 교환 기술 진화 방안	37
가. 광 인터넷 교환 기술	37
나. 광 인터넷 교환 기술 진화 단계 제안	41
VI. 결 론	46
참고 문헌	48

A Study on Network Architecture for DWDM based Next Generation Optical Internet

Jong-Chan Song

Department of Telematics Engineering

Graduate School of Industry, Pukyong National University

Abstract

Over the past decade, the exponential growth of Internet traffic volumes has made the IP protocol framework become the most predominant networking technology. Furthermore, the Internet is evolving from best-effort service toward an integrated or differentiating service framework with quality of service (QoS) assurances which will be necessary for new applications such as voice telephony, video conferencing, tele-immersive virtual reality, and Internet games. Given this increasing demand for high bandwidth Internet with QoS assurances in the forthcoming years, wavelength-routed optical network based on dense-wavelength division multiplexing (DWDM) is seen as a very promising approach for the realization of future re-configurable transport network.

Within Optical Transport Network (OTN) framework for implementing Next Generation Internet (NGI), a key issue is how to combine the advantages of the relatively coarse-grained DWDM techniques with optical switching capabilities to

yield a high-throughput optical platform able to efficiently control the IP traffic.

In designing optical networks for Internet application, the main issue is to specify the right transport/control modalities for IP packets.

This thesis analyzes various standards activities related to transport/control architectures and frameworks for optical transport networks, which will enable the realization of future optical Internet networks. Based on this analysis, this paper proposes a new framework, IP/GMPLS-based control plane combined with DWDM technology, that makes it possible to provide a high-throughput optical platform for optical bandwidth management and the real time provisioning of optical channels in an automatically switched transparent optical network.

I. 서 론

인터넷은 전 세계를 연결하는 컴퓨터 망으로서 현재 기하급수적으로 수요가 증가하고 있다. 인터넷을 이용한 서비스도 단순 텍스트나 이미지 파일에서 멀티미디어 정보 전달로 변화되고 있고, 각 응용이 요구하는 서비스 품질도 다양해지고 있다. 그러나, 현재의 인터넷망은 모든 사용자의 요구를 충족시키기에는 아직 미비한 실정이고, IP 트래픽의 양적인 증가로 인해 라우터와 망 요소들에 많은 부담을 주고 있다.

인터넷망의 대역폭을 늘리려는 노력으로, 라우터의 대용량화를 위해 단지 핵심 부품을 빠른 소자로 대체하거나 시스템을 대형화 하는 방식만으로는 문제의 해결이 어렵다. 따라서, 새로운 설계 개념에 입각한 기술 혁신이 있어야 하며 이것이 광 전송 기술을 기반으로 하는 광 인터넷이다.

스위칭 장치의 고성능화와 함께 진행되어야 할 것이 전송체계의 광대역화이다. 전송용량의 증대는 물리적인 광케이블의 포설과 함께 광섬유에 보다 많은 광 신호를 실어보내기 위한 DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 기술의 적용이 요구되고, 결과적으로 DWDM 광 네트워크 기반의 차세대 인터넷으로 발전하고 있다[1].

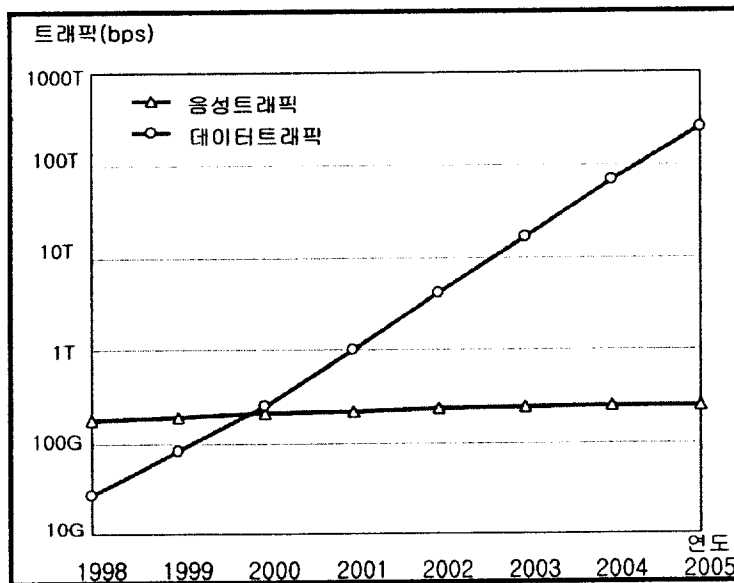
본 논문에서는 DWDM 광 네트워크 기반의 차세대 인터넷 구현에 있어서 핵심적인 구성 요소인 QoS 제공 방안과 네트워크 제어 구조를 제시하고 이를 고려한 광 인터넷 망의 진화 방안을 제시한다. 이를 위해, 2장에서 현재 인터넷이 가지고 있는 문제점과 인터넷 트래픽에 대한 전망과 차세대 인터넷의 필요성에 대해 기술하고, 이를 바탕으로 3장에서 차세대 인터넷으로 고려되는 광 인터넷의 발전 동향과 구축시

고려해야 할 사항에 대해 기술한다. 즉 광 인터넷에서 QoS(Quality of Service), 인터넷 트래픽, 제어 프로토콜, 네트워크 측면등 여러 고려 사항에 대해 분석한다. 이와 같은 고려 사항을 바탕으로 4장에서 차세대 인터넷 제공을 위한 광 인터넷에서의 QoS를 제공 방안에 대해 기술하고, 5장에서 제어 프로토콜 측면, 교환 기술 측면의 기술, 백본망 측면 등을 적용한 광 인터넷 모델의 진화 방안에 대해 기술한다. 그리고 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

II. 인터넷 문제점과 트래픽 전망 분석

1. 향후 인터넷 트래픽 전망

인터넷의 데이터 트래픽은 급증하고 있으며 이에 의한 증가 추세는 이미 전화망에서의 음성 트래픽을 초과하였다. 지속적으로 증가하는 인터넷 사용 인구 및 다양한 멀티미디어 응용 기술은 인터넷 트래픽을 계속적으로 증가 시킬 것이다.



(그림1) 인터넷 예상 트래픽(음성, 데이터)

인터넷 트래픽은 (그림1)과 같은 증가가 예상된다. 2001년 현재 350Gbps이며 지속적으로 증가하는 추세이다. 그리고, 인터넷 데이터 트래픽의 10% 정도는 멀티미디어 스트리밍에 의한 트래픽이고, 전체

데이터 트래픽이 전화 통신에 의한 음성 트래픽을 초과하였다. 이러한 추세는 앞으로 더욱 심화될 전망이다. 일반적으로 인터넷 트래픽 증가율은 6개월마다 2배씩 증가한다고 예측하는데, 2003년에는 35Tbps 정도의 증가된 대역폭을 필요로 하게 된다. 인터넷 트래픽 폭증의 원인은 근본적으로 급격한 인터넷 사용자의 증가에 따른 것으로 전세계의 인터넷 사용자는 2000년 말에 4억, 2005년경에는 10억명에 다다를 것으로 예측하고 있다[2].

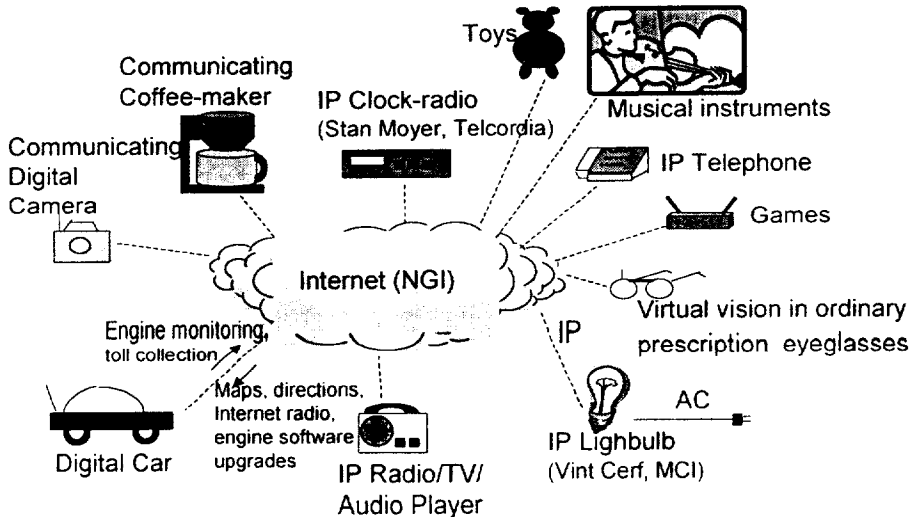
전세계적인 인터넷 발전 현황을 보면 일본, 호주, 중국, 한국, 대만등의 아시아 지역 인터넷 사용자와 트래픽이 더욱 크게 증가하고 있음을 알 수 있다. 국내 인터넷 사용자도 급증하고 있으며, 2000년 말에 1,400만명 정도 이고, 계속 증가 추세에 있다.

인터넷 사용자들의 급증은 웹, 파일전송, 메일 등의 기존의 응용과 더불어 인터넷 전화, 화상회의 등의 멀티미디어 응용들에 의해 더욱 확산될 것이고, 케이블 모뎀과 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line) 등의 고속 가입자 액세스 망의 빠른 보급률이 이를 더욱 가속화 하고있다.

우리나라의 경우 ADSL과 케이블 모뎀을 사용하는 광대역 서비스 가입자들이 꾸준히 증가하여 2000년 말에 400만을 넘어선 상태이다. 또한 인터넷 사용자는 2000만을 바라 보고 있다[3]. 이후에 더 큰 전송속도를 얻고자 한다면 각 가정마다 광 파이버가 공급되어 FTTH(Fiber-To-The Home)의 구현을 필요로 한다. 일반 가정에 수백 Mbps의 전송속도를 필요로 하는 어플리케이션들이 등장하면 광 파이버의 가설이 가속화 되리라 예상된다. 가정에 광 파이버가 들어가게 됨으로써 발생하는 가입자 망에서의 용량 증대는 인터넷 백본망의 용량 증대에 다시 반영된다.

ADSL이나 케이블 모뎀과 같은 유선 네트워크와 함께 인터넷 트래픽의 증가에 기여하게 될 것은 이제 막 서비스가 시작되는 무선 인터넷이다. 앞으로 IMT-2000(International Mobile Telecommunication - 2000) 서비스가 시작되면 우리는 최대 2Mbps의 데이터를 이동중에도 교환할 수 있게 된다. 무선 전화를 대체하게 될 IMT-2000 서비스와 함께 지금까지 유선 방식으로 설치되던 근거리 통신망의 경우도 설치 및 이동에 따른 간편함 때문에 무선 LAN(Local Access Network) 방식이 보편화 되고 있다.

그리고, 우리 주위에서 쓰이는 많은 장치들이 디지털화 되고 있으며 새로운 개념의 디지털 장치들도 속속 등장하고 있다. 이들은 유선 또는 무선 네트워크로 인터넷에 연결되면서 많은 트래픽을 발생시키게 될 것이다. (그림2)는 차세대 인터넷에서 서비스가 예상되는 여러 디지털 서비스에 대한 개념도이다.



(그림2) 차세대 인터넷 디지털 서비스 개념도

네트워크의 전송 능력이 비약적으로 증대됨에 따라 과거에는 stand alone으로 처리되던 많은 어플리케이션이 네트워크 응용화 될 것이다. 응용 소프트웨어를 CD-ROM을 이용하여 인스톨하는 것이 아니라 필요할 때마다 네트워크를 통하여 다운로드 받아 사용하는 것이 더 유익할 수 있다. 그 첫번째 이유는 어플리케이션이 수행되기 까지 기다려야 하는 지루함의 해소이다. 대개의 큰 어플리케이션은 프로그램이 하드디스크로부터 메모리로 옮겨져서 수행이 되기 까지 10여초 이상이 걸리기도 한다. 그것은 하드디스크로부터 수 메가 바이트 이상의 프로그램을 읽어 메모리로 옮기기 까지 하드디스크 액세스라는 기계적인 구동 시간이 소요되기 때문이다. 하지만 어플리케이션 소프트웨어를 네트워크를 통해 다운로드 받으면 서버측의 훨씬 빠른 하드디스크 액세스 타임이 적용되고, 때로는 아예 서버측에서 메모리로부터 다운로드 됨으로써 메모리에 탑재되는 시간을 줄일 수 있다. 또 프로그램 수행에 필요한 모듈들이 상호 대화적으로 사용자측 시스템이 다운로드 됨으로써 사용자가 느끼는 감각적인 대기 시간은 더욱 단축될 수 있다.

위와 같은 여러 가지 측면의 환경 변화는 인터넷에 새로운 트래픽을 추가하게 될 것이다.

2. 기존 인터넷의 문제점

차세대 인터넷은 기존의 인터넷이 가지고 있는 몇 가지 제한적인 요소와 한계에 대한 개선 방안으로 등장하게 되었다. 그리고 이러한 기존의 인터넷이 지닌 한계점 이외에도 인터넷 외적인 요소들에 의한 필요성이 강하게 작용하였다. 인터넷의 본질적인 한계점은 전송 대역폭

측면, 단대단 신뢰성 있는 전송을 위한 QoS 보장 측면, 네트워크 외적인 측면에 의해 고려 된다.

가. 전송 네트워크 측면

기존의 인터넷이 가지고 있는 가장 큰 문제점은 무엇보다도 낮은 네트워크 회선의 대역폭과 느린 전송속도에 있다. 현재의 인터넷은 모든 사용자의 요구를 충족시키기에는 아직 미비한 실정이고, IP 트래픽의 양적인 증가로 인해 현재의 라우터와 망 요소들에 많은 부담을 주고 있다. 이처럼 사용자들의 증가와 사용들이 요구하는 서비스가 다양해짐에 따라 사용자들에게 일정 수준 이상의 서비스를 제공하는 것이 중요한 문제가 되었다.

현재 인터넷 백본망 구축 기술은 ATM(Asynchronous Transfer Mode)망을 기반으로 하는 IP/ATM over SONET(Synchronous Optical NETwork)구조가 대부분이다. ATM은 데이터, 음성, 비디오 등의 다양한 서비스들을 통합할 수 있는 장점을 내세워 현재 인터넷 백본망의 근간을 이루게 되었다.

기존의 네트워크는 데이터를 위해서는 프레임 릴레이 또는 ATM, 사설망을 위해서는 전용선, 음성 전화를 위해서는 SONET TDM(Time Division Multiplex), 방송 비디오를 위해서는 DI등 각 종류의 트래픽 및 서비스에 따라서 서로 다른 네트워크를 구축하였다. 이러한 관점에서 ATM은 동일한 네트워크에서 다양한 서비스들을 통합할 수 있는 장점과 가상 사설망을 쉽게 구현할 수 있는 기능을 제공하기 때문에 통합 네트워크 기술로 발전할 수 있었다. 또한 ATM 기술은 구현의 복잡성을 제외한다면 네트워크 엔지니어링 및 설계에 유연성을 제공하고 있고, IP

계층에서의 부족한 트래픽 엔지니어링 기능을 VC(Virtual Circuit)/VP(Virtual Path)를 이용한 명시적인 경로로 효과적으로 제공할 수 있다는 장점을 가진다.

트래픽의 발전 추세에 의하면 인터넷 트래픽이 압도적으로 많아지고 있고, 음성 및 비디오 등의 많은 서비스들이 IP상에서 지원됨에 따라 IP에 최적의 망을 구현하는 것이 중요해졌다. 하지만 이런 측면에서 고려할 때, IP over ATM 기술은 확장성이 떨어지고, 셀 오버헤드가 비교적 큰 단점을 가진다.

IP over ATM 기술에서는 ATM 계층에서의 10% 정도의 cell 오버헤드와 패킷을 셀로 분할 및 재조립하는 SAR(Segmentation and Reassembly) 오버헤드가 발생하게 된다. 최근의 라우터 구현 기술이 포트당 40Gbps(OC-768)로 증가 됨에 따라 고속 스위칭 기능을 하는 ATM의 역할도 줄어들게 되었다. 또한, 대용량의 대역폭을 지원할 경우 SVC(Switched Virtual Circuit) 셋업 시간 동안 많은 데이터를 버퍼에 저장하여야 하므로, SVC 셋업 시간으로 인한 처리율 손실 또한 무시할 수 없다[4].

나. QoS 측면

이전의 인터넷은 최선형 서비스만을 제공하였다. 그러나, 인터넷이 상업화 됨에 따라 서비스 품질에 대한 수요가 급증하고 있다. 이와 같이 웹의 등장과 함께 제기되고 있는 인터넷 사용자들의 멀티미디어를 활용한 새로운 서비스의 요구는 새로운 인터넷이 등장하였다.

망의 혼잡 상태시 데이터가 버퍼에 머무르는 시간이 증가하므로 지연이 발생하게 되고, 상황이 더 악화되면 버퍼의 한계를 벗어남에

따라 데이터는 손실되게 된다. 데이터의 손실이 발생하면 TCP 프로토콜을 사용하는 서비스의 경우 이들 데이터를 다시 재 전송하게 되므로 더 많은 데이터가 발생하게 되어 상황이 더 악화되게 된다. 이러한 IP 프로토콜의 특성은 파일 전송이나 메일 전달과 같은 비 실시간적인 응용에는 문제가 없지만 영상회의, 주문형 비디오, 실시간 응용 등에서의 서비스 품질을 완전히 네트워크 상황에 맡겨야 하므로 서비스의 균일성을 유지할 수 없게 된다. 이러한 IP 방식의 문제점을 해결하기 위해 등장한 개념이 QoS 보장 서비스이다. QoS 개념은 TCP/IP 프로토콜과 이더넷 네트워크 상에서는 구현하기 힘들기 때문에 ATM이 등장하면서 대두되었다[5].

IETF(Internet Engineering Task Force)는 QoS 요구 사항을 만족시키기 위해 많은 서비스 모델과 메커니즘을 제안하고 있으며, 이중 통합 서비스/RSVP 모델, 차등화 서비스모델, MPLS, 트래픽 엔지니어링, Constraint Based Routing등에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[6].

다. 국가 정책 측면

차세대 인터넷이 요구되는 중요한 인터넷의 외적 요인은 크게 세 가지로 나누어 살펴볼 수 있다[7].

첫 번째는 인터넷 발전의 핵심적인 역할을 수행해 온 연구 학술 분야에서의 요구이다. 상용 인터넷 이용자의 등장과 상용 데이터 트래픽의 급증으로 말미암아 이미 인터넷의 정보 트래픽 중 가장 많은 부분을 차지하는 것은 상용 ISP(Internet Service Provider)들을 통해 제공되는 정보이다. 따라서 학술 연구망으로서의 인터넷은 더 이상 학술 연구를 수행하기 위해 안정된 네트워크 대역폭을 확보할 수 없게 되었다.

인터넷에 대한 새로운 기술과 응용 서비스를 개발하고 보급하기 위해서 학술 연구망을 위한 인터넷은 고도화된 망의 구축을 요구하고 있다.

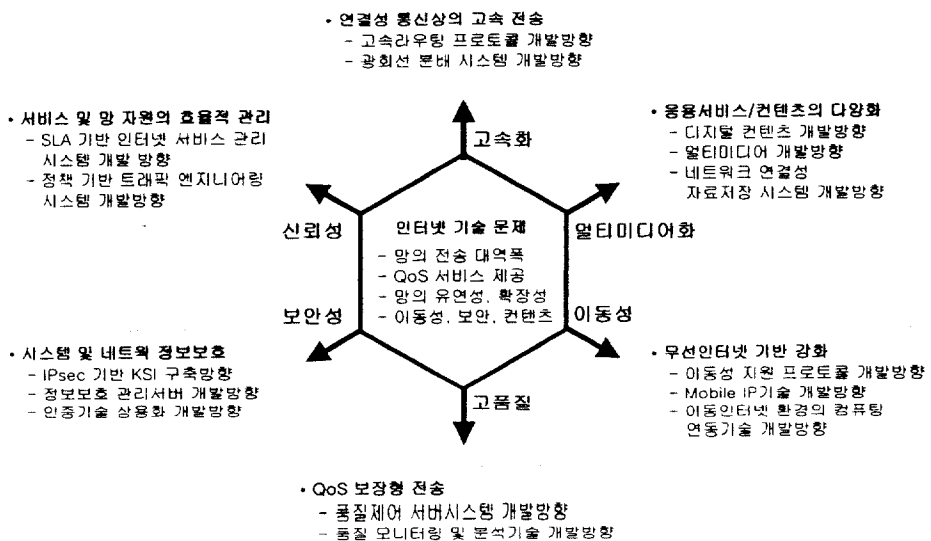
두 번째, 새로운 정보통신 서비스의 등장과 이로 인한 새로운 개념의 인터넷, 즉 이용자의 선별적 접속에 대한 요구이다. 기존 인터넷의 경우 AUP(Access Use Policy)라고 하는 접속에 대한 제한이나 선별적인 접속에 대한 개념 자체가 없이 누구나 원하는 사용자가 접속할 수 있기 때문이다. 즉 누구나 자유롭게 이용할 수 있는 기존의 인터넷은 네트워크의 고속화보다 이용자의 증가가 더 빨리 이루어지고 있을 뿐만 아니라 각각의 이용자들이 요구하는 정보의 양도 폭발적으로 증가하고 있기 때문에 특정 사이트나 이용자에게만 고속 대용량의 네트워크를 제공한다는 것이 매우 어렵다. 또한 이러한 선별적인 접속에 대한 요구는 새로운 정보통신 서비스 및 기술에 대한 실험의 신뢰성이나 보안성 등에 대한 요구와도 맞물려 있다.

세번째로 최초의 인터넷에서와 같이 정부차원에서 직접적인 인터넷 발전을 주도해야 할 필요성이 제기되었기 때문이다. 이미 전세계를 연결하는 가장 보편적이고 강력한 통신망으로 등장한 인터넷에 대한 주도권의 확보가 곧 국가 경쟁력의 확보와 직결된다. 현실적으로 오늘날과 같이 확대된 인터넷에 정부가 간섭하거나 통제를 한다는 것은 매우 어렵게 되어 있다. 그럼에도 불구하고 국가에 의한 차세대 인터넷 계획이 추진되는 이유는 막대한 비용의 장기간 투자를 요구할 뿐만 아니라, 비영리적 목적으로 운영하게 되어 있는 네트워크이기 때문에 그 투자비를 회수하기 어렵기 때문이다. 이러한 특성으로 말미암아 민간이나 산업계에서 책임지고 이 계획을 수행하기에는 무리가 있다. 정부는 이와 같은 현실에서 향후 인터넷을 발전시키기 위한 기술개발 및 새로운 어플리케이션 서비스를 개발하기 위한 새로운 환경의 조성을

요구하게 되었으며, 이러한 요구는 자연스럽게 차세대 인터넷의 개발을 이끌어 냈다.

3. 차세대 인터넷의 필요성

앞에서 제시된 기존 인터넷의 문제점, 즉 (그림3)과 같이 부족한 망의 전송 대역폭, QoS 서비스의 제공 문제등을 극복하기 위해, 차세대 인터넷은 초고속 대용량의 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 고도화된 인터넷 기반 망의 구축, 운용 및 혁신적 서비스 제공에 필요한 핵심 기술을 제공해야 한다.



(그림3) 차세대 인터넷의 필요성 및 특징

다양한 응용 서비스가 요구하는 트래픽 특성을 수용할 수 있도록,

망의 확장성과 유연성을 지원하고, 망 자원의 효율적인 활용과 제어 및 관리를 통하여 사용자의 품질 요구를 만족시키며, 신뢰성과 이동성을 지원하여 고속의 신뢰성 있는 통신을 가능하게 하는 새로운 차원의 인터넷 기술과 네트워크 구조를 가져야 한다.

특히, 차세대 인터넷은 통신거리, 접속방식에 구애되지 않는 초고속, 대용량 정보의 전달이 가능하여야 한다. 이와 같은 능력을 제공하기 위해서는 광통신 기술과 인터넷 기술을 결합하는 광 인터넷 외에는 다른 기술적인 대안을 찾기 힘든 실정이다. DWDM 기술은 전송 링크의 속도를 현재 광 링크의 수용 가능한 채널을 1000개까지 늘임으로써 10Tbps 시스템이 가능하다.

차세대 인터넷이 현재 인터넷의 속도를 1000배 이상으로 향상시키고, QoS와 망의 확장성을 보장하여 인터넷 이용을 효율적으로 하기 위한 넓은 개념이라면, 광 인터넷은 광이 가지는 광대역성, 무간섭성, 병렬성 등의 특성을 이용하여 현재 인터넷의 문제점을 획기적으로 개선하는 차세대 인터넷을 구현하는 최적의 해결책이다.

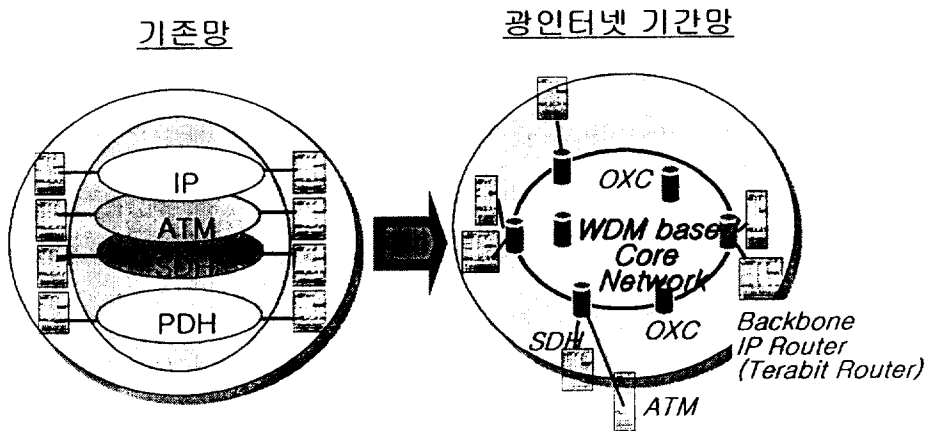
Ⅲ. 차세대 인터넷을 위한 광인터넷 모델

1. 광 인터넷 기반의 차세대 인터넷

광 전송기술은 1980년대부터 전화통신 네트워크의 대역폭을 확충하는데 중요한 역할을 해 왔다. 1980년대 후반부터 개발된 WDM 기술의 발전은 광 링크의 가용 대역을 획기적으로 증대 시킬 수 있게 되었는데, TDM 시스템의 경우 용량 증대에는 많은 제약이 있어 40Gbps 시스템이 아직 상용화되고 있지 않지만 DWDM 기술을 이용하게 되면 한 광 파이버를 통해 수백 Gbps를 쉽게 지원할 수 있다. 더욱이 DWDM은 일종의 FDM(Frequency Division Multiplex)방식이기 때문에 광 대역을 소규모 단위로 분할하여 사용할 수 있고, 여러 독립적인 신호들의 통합 수용도 가능해 진다. 이와 함께 광파이버, 광증폭기, 레이저, 필터 등 광소자 기술의 발전으로 ADM(Add-Drop Multiplexer)이나 OXC(Optical Cross Connection)와 같은 첨단 DWDM 시스템 구현이 가능해지고 있다. 이 시스템은 파장별로 라우팅, 추가, 제거, 교환 처리가 가능하기 때문에 통신망의 대역 제공 능력 및 성능을 대폭 향상시킬 수 있다. 또한 DWDM은 파장 라우팅을 이용하여 광 물리 계층 위에 IP 라우터나 ATM 스위치로 이루어지는 가상 상위 계층을 형성할 수 있기 때문에 IP 라우터나 ATM 스위치에서의 처리 능력과 광 링크의 전달 능력 사이의 격차를 해소할 수 있으며 기존 인터넷에서 지원이 불가능하던 트래픽 엔지니어링 기능 구현이 용이해진다[8-9].

광 전송기술의 발달로 지금까지 네트워크 주력 장비로 사용된 ATM 교환기와 SONET 전송장치의 기능을 간략화해서, WADM (Wavelength Add

Drop Multiplexer) 또는 WXC(Wavelength Cross Connector) 같은 DWDM 장치 위에 인터넷 트래픽을 실기 위해서 IP/ATM/SDH over DWDM 기술의 상용화가 시작되고 있다.



(그림4) 인터넷 백본망의 변화

이에 따라 (그림4)에서 보듯이, 기존의 인터넷 망은 중심에 IP, ATM, PDH, SDH등이 개별적으로 구축 운영되고 있으나 앞으로의 광인터넷 백본망은 WDM망이 이 역할을 수행하고, 기존망들은 주변의 액세스 망 역할을 수행하는 IP over DWDM 형태로 발전된다.

2. 광 인터넷 구축을 위한 고려 사항

광 인터넷 구축과 관련하여 고려해야 할 여러 가지 기술적 이슈가 있다. 인터넷 트래픽과 관련한 대역폭 측면, QoS 제공 측면, 제어 프로토콜 측면, 네트워크 백본 측면에서 고려 사항을 살펴본다.

(1) 인터넷 대역폭 측면

통신망이 수용해야 하는 트래픽 양이 통신망 설계 및 구축시 핵심 요소가 됨은 주지의 사실이다. 인터넷 트래픽에 대한 예측은 관련 전문가나 전문 예측 기관에 따라 많은 차이를 보이고 있으나 대체로 매 6개월 마다 2배 규모로 증가한다는 것이 일반적인 시각이다. 증가하는 데이터 트래픽을 수용하기 위해서는 인터넷 백본 링크 용량은 매 2년마다 4배 이상으로 확장 되어야 하며 이를 위해서는 DWDM 기반의 광 전송 네트워크 외에는 기술적 대안을 찾기 어렵다.

그리고, 최근 인터넷 트래픽이 self-similar한 특성을 갖는다는 사실이 여러 연구에서 규명되고 있다. 이제까지 데이터 트래픽은 poisson 확률과정으로 모델링 되어 왔는데 이는 버스트한 입력을 다중화하면 버스트한 특성이 줄어들고 다중화 입력 수가 많아지게 되면 거의 버스트 특성이 사라지게 된다는 것을 의미하나 최근의 연구 결과에 의하면 데이터 트래픽의 경우 버스트한 트래픽을 다중화하면 할수록 버스트 특성이 그대로 유지되거나 더욱 커진다는 사실이 알려지고 있다[10]. Self-similar 특성이 문제가 되는 것은 네트워크 설계 특히 노드 내의 버퍼량 설계에 심각한 영향을 미치기 때문이다. Self-similar 트래픽의 경우 이용자가 요구하는 서비스 품질을 보장하기 위해서는 상당히 큰 버퍼 크기를 가져야 하지만 이 경우 심각한 지연 문제가 수반된다. 또한 전광 처리를 전제로 하는 경우 광 메모리 소자를 이용하여 대규모의 광 버퍼를 구현하는 것은 현재까지 기술로는 거의 불가능한 상황이다. Self-similar 트래픽에 대처하기 위한 현실적인 접근 방식으로는 입구 노드에서 트래픽 셰이핑을 하거나 전송 링크의 속도를 높이는 방안이 있다. 트래픽의 증가와 self-similar한 트래픽의 특성을 고려할 때, 광대역의 네트워크와 신속한 트래픽 처리능력이 필수적이다.

(2) QoS 측면

광인터넷 백본망은 DWDM망이 이 역할을 수행하고, 기존망들은 주변의 액세스 망 역할을 수행한다. 따라서 광 인터넷의 모델의 액세스 망으로 사용되는 IP 망의 QoS 제공 모델과 코어로 사용되는 DWDM망에서 QoS 제공 모델을 고려해야 한다.

인터넷 트래픽의 급속한 증가로, WDM 망은 IP 서비스와 IP QoS를 위한 최적화를 요구하게 된다. 기존의 SONET과 같은 광 네트워크는 적은 지연 시간과 전송 에러를 가지고 있지만, 효과적인 QoS를 제공하지는 못한다. IP가 중요한 프로토콜로 자리잡아 감에 따라 엄격한 성능 요구사항을 가지는 응용을 위해 광 인터넷에서 QoS 모델의 고려에 대한 필요성이 제기되고 있다. QoS 모델은 IP 플로우 집합의 크기가 일정치 않아서 발생하는 확장성에 관한 문제를 고려해야 한다. 또한 WDM 망의 에지에서 합쳐지는 트래픽의 QoS를 처리, 관리시 과중한 계산 부담을 가지게 되므로 위의 문제를 해결하기 위한 코어 네트워크의 에지 라우터에서의 QoS 인터페이스 또한 고려 해야 한다. 이와 같은 고려 사항을 바탕으로 새로운 IP over DWDM 망에 적용가능한 새로운 QoS 제공 모델이 필요하다.

(3) 제어 프로토콜 측면

광 인터넷 제어를 위해서 장애 격리와 성능 모니터링, 보호 복구 기능을 가장 효과적으로 수행할 수 있는 OAM(Operation, Administration and Maintenance) 기능과 협상된 대역폭과 QoS의 완벽한 제공, 대역폭 제공시 확장성과 그루밍(grooming), 토폴로지 자동 복구 기능을 수행할 수 있고, DWDM망과 IP망 간에 공통적으로 사용될 수 있는 형태의 제어 프로토콜이 필요하다.

또한, 신뢰성 있는 통신망을 구축하기 위한 통신망 보호 복구 기술 확보가 중요한 이슈가 되고 있다. 망 구성 요소에 장애가 발생하면 같은 장애에 대해 복수의 보호 복구 기능이 독립적으로 동작하려 하기 때문에 보호 복구 기능간의 충돌, 복구 시간의 지연, 망 자원의 비효율적 사용 등을 초래할 수 있다. 따라서 과도기에서는 계층별로 구현된 보호 복구 기능 간의 연동기술이 궁극적으로는 IP 및 광 채널 계층별 보호 복구 기능의 할당 및 이들 간의 연동 기술이 인터넷 인프라로서의 광 네트워크에서 중요한 기술적 과제가 되고 있다.

(4) 네트워크 백본 측면

IP 제어 프로토콜에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 궁극적으로는 IP over DWDM 기반의 광 인터넷이 목표가 되겠으나 현재까지 상용화된 가용 기술을 고려한 망 구축 및 점진적인 망 진화 전략을 수립해야 하기 때문에 과도기에는 여러 형태의 광 인터넷이 구축될 가능성이 있다. 과도기의 해결책으로 기존의 ATM이나 SONET 기술의 활용을 전제로 한 광 인터넷도 한 방안이 될 수 있다. 따라서 IP over DWDM 형태의 망으로 진화하기까지의 망의 진화 단계의 제시가 필요하다.

(5) 교환 기술 측면

교환기술이 광 노드 구조 및 광 인터넷 제어 프로토콜에 많은 영향을 미치는 것은 주지의 사실이다. 교환 기술은 또한 이를 지원하는 광 소자 기술과도 밀접한 관련이 있다. 가장 단순한 형태의 교환 형태는 RWA(Routing and Wavelength Assignment) 알고리즘을 이용하여 정적으로 파장을 할당하는 방식으로 회선 교환과 유사한 형태이다. 이 방식은 제어가 단순하여 구현이 용이하다는 이점이 있으나 자원 활용성 및

트래픽 변화에 따른 망 적응성 측면에서 큰 단점이 있다. 이를 개선하기 위한 방안으로 MP λ S(Multi-Protocol Lambda Switching) 기술이 있다. 이는 일정 시간 동안 특정 주소나 포트로 향하는 지속적인 데이터 흐름에 대해 파장을 동적으로 할당하는 방식으로 현재 인터넷에서 활발히 논의되고 있는 MPLS 개념을 DWDM에 확장하였다고 보면 된다.

정적 파장 할당/교환 기술에 비해 파장 활용성은 높으나 흐름의 식별, 흐름별 상태 관리, 흐름별 파장 할당 알고리즘 등 추가로 구현되어야 할 기능 또한 적지 않다. 자원 활용 측면에서 가장 효율적인 것이 광 패킷 교환 기술이다. 이는 광 패킷 단위로 광 영역에서 교환이 수행된다. 이 방식은 그러나 대규모의 패킷 버퍼를 요구하므로 현재의 광 메모리 기술로 구현하기에는 제약이 있다.

이를 해소하기 위한 기술로 최근 Optical Burst Switching(OBS)가 제안되었다. 이 기술은 제어 패킷을 이용하여 각 노드에서의 버스트의 스위칭 시간을 예약하고 예정된 시간에 노드의 스위치를 동작되게 함으로써 패킷 버퍼링에 필요한 광 메모리 사용을 배제하는 방식이다. 이 방식은 광 메모리 사용을 배제함으로써 경제적인 광 스위치의 구현을 가능하게 할 뿐 아니라 IP 계층과 광 계층 기능이 실질적으로 통합된 IP over WDM을 지원 할 수 있어 중복 기능 배제에 의한 망 구축시의 효율성을 기대할 수 있다. 앞서 언급한 교환 기술 중 어떤 것을 택하는지에 따라 망 노드 구조는 물론 제어 프로토콜, 망 구조에 상당한 영향을 미치므로 신중한 선택이 필요하다.

IV. 차세대 인터넷의 QoS 모델 제안

차세대 인터넷의 백본은 IP over DWDM 형태로 발전 되고 있다. 앞장의 차세대 인터넷 고려사항에 언급 되었듯이, QoS 서비스 제공 문제는 광 인터넷을 구현하는데 있어 매우 중요한 요소이다. 본장에서 차세대 인터넷의 QoS 제공 방안을 제시한다. 구체적으로 액세스 망으로 활용되는 IP 망과 코어망으로 적용되는 DWDM 망의 QoS 제공 방안을 개별적으로 고려한 후, 단대단 QoS 서비스 제공을 위해 상호 망간의 QoS 맵핑을 위한 모델을 제안한다.

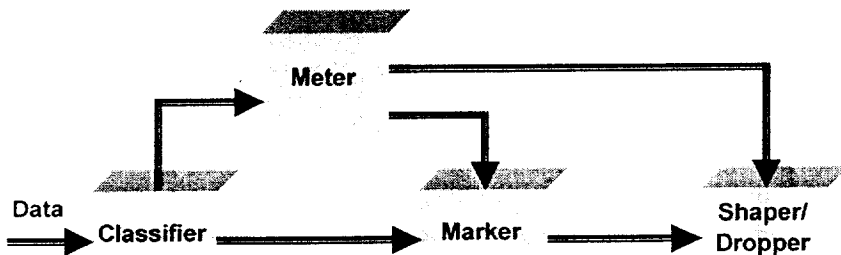
1. IP 액세스망의 QoS 모델

실시간 응용 서비스가 요구하는 QoS를 지원하기 위해 새로운 서비스 모델에 기반을 둔 IP 패킷 전달 방식에 대한 연구가 최근 수년간 IETF IntServ 워킹 그룹에서 연구되어 왔다. 이 그룹에서 개발된 통합 서비스 모델은 실시간 응용 서비스에서 발생하는 패킷의 흐름(flow)을 단위로 하여 QoS 보장형 서비스와 비보장형 서비스 유형으로 구분하여 패킷을 전달한다. 즉 보장형 서비스는 자원 예약 프로토콜인 RSVP 신호 프로토콜을 이용하여 사전에 연결 수락 제어와 자원 예약을 수행하여 패킷의 전달 지연을 보장해 준다. 하지만, Int-Serv 모델은 각 패킷 흐름에 대한 상태 정보를 망의 라우터가 유지하고 있어야 하기 때문에 망의 규모가 커질 때 이를 현실적으로 수용하기에는 문제점이 있다. 수 천 개에서 수 만 개의 패킷 흐름이 동시에 존재하는 라우터의 경우, 각 흐름 별로 연결 상태를 개별적으로 유지, 관리 하기란 매우 힘들기

때문이다.

이에 따라 확장성의 문제를 갖고 있는 통합 서비스 모델의 한계를 극복하고 인터넷 백본망에서 적용할 수 있는 서비스 모델로서 차등화 서비스 모델이 1997년 후반부터 IETF에서 활발히 논의되기 시작되어 빠른 속도로 구조 및 관련 표준안이 개발되고 있다. Diff-Serv 모델은 흐름 단위로 QoS를 보장하지않고 흐름들의 집합(aggregation)을 단위로 서비스 차별을 함으로써 훨씬 간단하고, 통합 서비스 모델의 단점으로 지적되는 확장성 문제를 해결할 수 있다.

차등화 서비스 모델은 IPv4의 우선 순위 표시 서비스를 개선한 것으로 이 보다는 잘 정의된 서비스들을 적용하여 인터넷에서 다양한 서비스 품질을 제공할 수 있도록 하는 기본 패러다임을 사용하고 있다. 이를 위해 차등화 서비스에서는 특정 서비스 품질을 사용하는 응용 프로그램에 의해서 요구될 수 있는 유용한 종단간 서비스의 집합을 미리 정의하고 있다. 이를 PHB(Per-Hop Behavior)라고 정의하고 있으며 현재는 최선형 서비스와 몇 개의 우선 순위를 갖는 서비스만을 정의한다. 이와 같은 차등화 서비스는 망에서는 입력된 패킷을 미리 계약된 서비스에 맞추어 처리하기 때문에 플로우 별로 상태나 정보를 유지할 필요가 없다는 장점이 있다.



(그림5) 차등화 서비스의 라우터 구조

(그림5)는 차등화 서비스 네트워크의 에지 라우터가 수행하는 트래픽 조절 기능의 개념적인 구조이다. 에지 라우터는 동일한 DSCP 값을 가지는 패킷들의 집합인 BA(Behavior Aggregates)에 대해 트래픽 조절 기능을 수행하며, 이 기능은 classifier, meter, marker, shaper, dropper에 의해 이루어진다.

Classifier는 패킷을 분류하는 역할을 수행하며, 패킷을 분류하는 기준에 따라 MF(Multi-field) 분류와 BA 분류로 나뉜다. MF 분류는 패킷의 DS 필드 외에 IP 주소, 포트 번호, 프로토콜 타입을 참고하여 패킷을 분류하는 반면, BA 분류는 단지 DS 필드에 의해 패킷을 분류한다. 이 classifier는 에지 라우터에서만 존재하는 것이 아니라 차등화 서비스를 지원하는 네트워크 내 모든 라우터에 존재한다.

각 분류되는 서비스를 살펴 보면, 먼저 Premium 서비스는 인터넷 전화, 영상 회의, 가상 전용선 등 고정된 최대 전송율로 트래픽을 발생시키는 가입자를 위한 서비스로써, EF(Expedited Forwarding) PHB를 이용한다. EF PHB는 적은 손실, 지연, 지터 및 최대 전송률을 보장해 주며, 양질의 서비스를 요구하는 트래픽을 서비스하기에 적절한 PHB이다. EF PHB에 해당하는 패킷의 속도는 사전에 계약된 SLA의 최대 사용 대역폭에 따라 엄격하게 지켜져야 하며, 계약된 대역폭을 초과해서 들어오는 EF 트래픽에 대해서는 shaper가 계약된 속도로 조정하고 shaper의 사용에도 불구하고 조절이 안되는 트래픽은 폐기한다. 이렇게 셰이핑된 트래픽은 엄격한 PQ(Priority Queuing) 혹은 높은 가중치를 할당 받은 WFQ(Weighted Fair Queuing) 등의 스케줄링 기법을 통해 엄격한 서비스를 제공받는다.

Assured 서비스는 네트워크의 혼잡 발생시에도 신뢰성 있는 서비스를 요구하는 가입자를 위한 서비스로써, AF(Assured Forwarding) PHB를

이용한다. AF PHB은 혼잡 상황에서도 트래픽의 최소 전송 속도를 보장하는 PHB이다. 이러한 AF PHB는 4개의 클래스와 각 클래스마다 서로 다른 3개의 폐기 우선 순위로 구분된다. 각 클래스는 패킷 손실, 지연, 지터와 같은 다양한 QoS 요소 등으로 구분되고, 각 클래스에 정의된 트래픽 속도의 초과 여부에 따라 해당하는 드롭 확률을 적용하여 각 집합 간의 폐기 우선 순위를 결정한다. 이렇게 AF 트래픽에 폐기 우선 순위가 결정되면 혼잡 발생시에도 폐기 우선 순위가 낮은 트래픽은 어느 정도 신뢰성 있는 서비스를 제공받을 수 있다.

최선형 서비스는 Default PHB를 이용하는데, 특정 서비스를 요구하지 않는 패킷에 대해서는 기본적으로 Default PHB로 서비스를 해 준다. 이 PHB에서 패킷은 입력된 순서대로 출력되고, 손실이 발생할 수도 있다. 지연은 가능한 최소화되고 대역폭은 가능한 많이 이용된다. Default PHB에 대한 서비스 수준은 다른 PHB의 출력 링크의 요구가 없을 때 서비스 해 주는 것을 원칙으로 한다.

이런 서비스 분류 개념은 차후에 논의 되는 광 인터넷 코어의 DWDM망의 QoS 서비스 모델과의 결합을 위해 유용하게 사용된다.

2. DWDM 코어망의 QoS 모델

DWDM망에서는 광경로가 파장 단위로 할당되기 때문에 IP에서의 QoS 제공 방식과는 차이가 있다. 따라서 광 신호가 광경로를 통해 전송 될 때 신호의 quality를 정의하기 위해 사용되는 광경로의 파라미터의 집합을 제안한다. 이 파라미터는 크게 지연시간, 평균 BER, 지터, 대역폭과 같은 양의 측정 부분과, 모니터링, 보호/복구, 보안과 같은

기능적 능력으로 나뉜다. 광경로 파라미터는 다음과 같다.

(1) 광경로의 특성

DWDM에서 광경로의 성능은 경로에 속한 광 구성요소에 의해 결정된다. 즉, 전송 신호의 손상 원인은 지터, 혼선, Amplified Spontaneous Emission(ASE) 등이 있고 위의 원인에 의해 수신측의 BER이 높아지게 된다. 실시간으로 광경로의 BER을 측정하는 메커니즘은 각각의 광경로에서 요구되는 최소 BER 임계치를 가진다. 만약 임계치를 만족하면 호를 수락하고, 만족하지 못하면 호는 끊어진다.

(2) 광경로의 보호

광경로의 보호 서비스 능력은 광 네트워크에서 QoS 보장의 중요한 부분이다. 광경로의 보호는 광 선로 절단, 파장 실패등의 상황에 투명한 광경로를 제공한다. 일반적인 SONET 생존성 메커니즘은 모든 플로우에 같은 보호 수준을 제공한다. 거대한 메쉬 망에서, 차등화 서비스 모델 환경을 제공하는 어플리케이션에서 보장형 서비스를 위한 위의 방법은 비효율적이다. 따라서 망 생존성 모듈은 클래스에 기반을 둔 보호 메커니즘의 개발을 필요로 한다. 메쉬 DWDM 망에서 (1:1), (1+1) 기법보다 (1:n) 기법을 도입하면 높은 우선순위의 파이버를 먼저 복구하고, 파이버의 효율적인 사용면에서 좋다. 파장 보호를 위해서도 이 방식을 적용 가능하다.

(3) 광경로의 보안

다중 기가비트 파장 통신은 서비스 거부, 도청등 다양한 형태의 공격에 의해 피해를 입기 쉽다. DWDM상의 3가지 공격유형은 트래픽 해독,

도청, 공격에 의한 광신호 붕괴등이 있다. 이런 공격에 의해 QoS 저하를 야기하는데, 공격 신호를 가지는 합법적인 과 전력 신호 전송, 혼선을 유발할 수 있다. 공격 탐지 방법은 초기 연구상태에 있다.

(4) 광경로의 모니터링

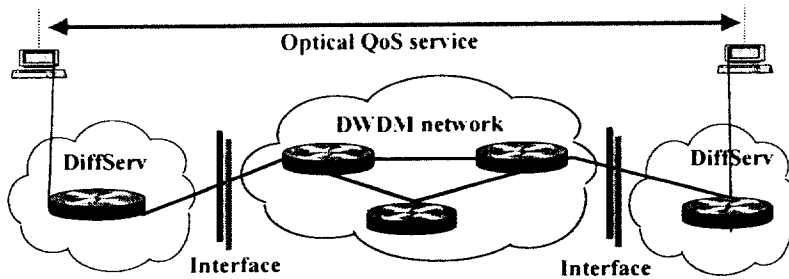
validity, integrity, quality 능력은 OTN 제어, 관리를 위한 중요한 부분이다. 망의 사용 가능한가에 대한 연속적인 모니터링과 요구에 의한 모니터링등 여러 형태의 모니터링이 수행 되어야 한다. ITU-T에서 제안된 모니터링의 3가지 형태는 다음과 같다.

- Intrusive 모니터링 : 지속성을 위해 파장과 파이버 성능을 측정, 시험 기간 동안 연결을 연기 시킴
- Inherent 모니터링 : OCh 계층이 OMS 계층에 의해 제공되는 오버헤드 처리시 모니터링을 수행, 전 연결 상황을 모니터링 할 수 없음
- Non-intrusive 모니터링 : 실제 정보의 청취와 오버헤드에 의해 연결 상황을 모니터링

위와 같이 광경로는 여러가지 파라미터에 의해 각각의 클래스로 분류된다. 그리하여 인터넷 전화, 영상 회의, 가상 전용선 등 고정된 최대 전송율로 트래픽을 발생시키는 서비스에 가장 좋은 품질의 광 파장을 할당하여 주므로써 DWDM망에서의 QoS 서비스를 제공하여 줄 수 있다.

3. 광 인터넷(액세스+코어) QoS 모델

광 인터넷망의 QoS 제공을 위한 모델은, (그림6)과 같이 WDM망이 인터넷 망의 코어에 위치하고, 서브넷 망에는 차등화 서비스모델을 적용한 망의 구조를 가진다. 단대단 QoS 서비스를 제공하기 위해서는 서브넷 망과 코어망 간의 에지에서 QoS 서비스 맵핑이 필요하게 되는데, 이를 위하여 차등화 서비스 망과 DWDM 망의 인터페이스를 정의한다. 인터페이스는 크게 두개의 구성요소로 구분된다.



(그림6) QoS 제공을 위한 차세대 인터넷 망 구조

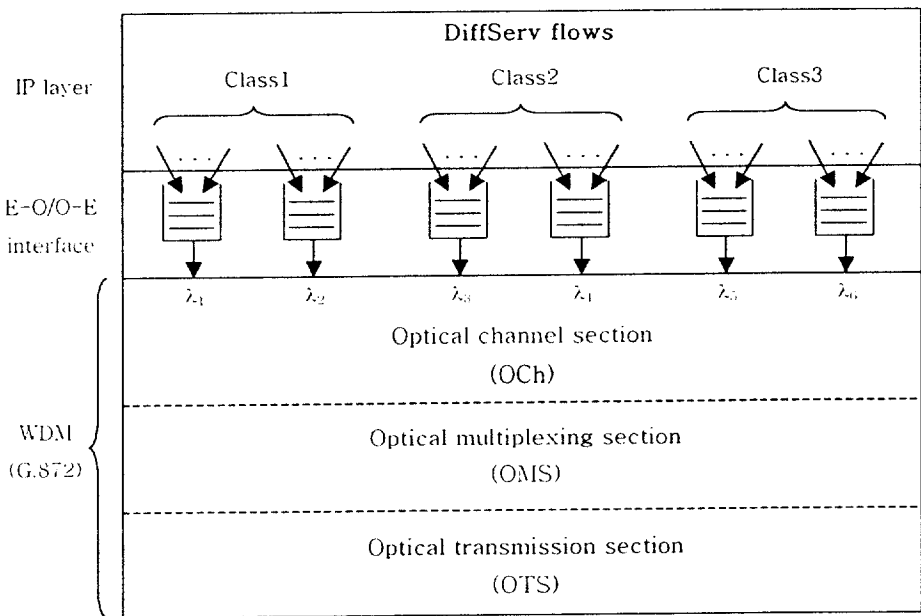
첫째, 인터페이스 모듈은 액세스 망으로부터 출발하는 차등화 서비스 플로우가 광 도메인에서 QoS 파라미터를 가지는 동등한 광경로와 맵핑하기 위한 QoS 인식 기능을 구현한다. OADM에서 광 경로의 성능 특성이 모듈에서 유용하도록 전기적 형태로 만들어 지고, 비슷한 요구를 가지고 들어오는 차등화 서비스 플로우는 적절한 광 용량을 가진 플로우로 병합된다.

둘째, 광 네트워크는 광 도메인에 위치한 광경로에 속하는 전송 정보를 처리하기 위한 구성요소로써, OXC, OADM, OA등 광 컴포넌트의

연결이다.

서브넷 망의 차등화 서비스 플로우를 차등화 서비스 망의 에지 라우터에서 각 서비스 타입 별로 모아진다. 또한, DWDM의 각 광경로는 경로상에서 제공되는 광 서비스의 quality 측정에 의해 제공되는 파라미터(BER, 지연시간, 지터 등)와 behavior(보호/복구, 모니터링, 보안 능력)의 집합에 의해 명세된다. 이와 같은 측정은 광경로를 IP QoS 와 동등한 클래스로 분류하기 위해 사용된다.

집적된 플로우 집합은 WDM망의 광 채널(OC-12, OC-48, OC-192)의 크기에 맞추어 집적 되며, QoS 보장을 위해 차등화 서비스 플로우의 클래스 특성과 quality, behavior에 의해 정의 되는 광 채널의 특성을 고려하여 직접 맵핑을 수행한다.



(그림7) 차등화 서비스 플로우와 광 채널의 맵핑 과정

(그림7)은 실제 차등화 서비스 플로우를 광 채널에 맵핑하는 과정을 도식적으로 나타낸 그림이다. 코어망의 에지에서 각각의 클래스 별로 묶여진 차등화 서비스 플로우는 DWDM 망에서 사용자 정보를 투명하게 전송하기 위해, ITU-T의 G.872에서 표준화 된 OCh, OMS, OTS 계층을 통하여 전송 된다.

(표1) 광 인터넷 QoS 파라미터의 예

Classification	Class1	Class2	Class3
	(λ_1, λ_2)	(λ_3, λ_4)	(λ_5, λ_6)
Service type	Premium service	Assured service	Best-effort service
BER	10^{-11}	10^{-10}	10^{-3}
Survivability	90%	70%	20%
Monitoring	Intrusive	Intrusive	Non intrusive
Security	Secure	secure	Secure
Recovery times	< 50msec	50-100msec	100msec <

여러가지 QoS 파라미터에 의해 제시된 광 파장의 클래스를 분류한 예시는 (표1)과 같이 나타낼 수 있다. 광 채널은 세가지 클래스로 분류되고, 각각의 광 채널은 BER, 생존성, 모니터링, 보안, 회복 시간 등에 의해 특징 지워 진다. 클래스 1의 경우 BER이 10^{-9} 이하, 90%이상의 생존율, 모니터링 기능을 수행하고, 보안기능을 가지고 있으며, 회복 시간이 50msec 이하가 되어야 한다. 이 기준에 의해 분류된 클래스1의 광 채널은 차등화 서비스 플로우 중 premium 서비스 플로우와 맵핑이 된다. 이때 낮은 quality를 가지는 서비스를 고 성능의 광 채널에 맵핑하는 것은 가능하지만, 높은 quality의 서비스를 낮은

성능의 광 채널에 맵핑하는 것은 불가능하다. 즉 assured 서비스는 클래스 1의 광채널에 맵핑이 가능하고, 클래스3의 광채널에는 맵핑 할 수 없다.

완전한 QoS 서비스 제공을 위해 WDM 망의 특성 파라미터들이 더 세분화 하여 연구 되어야 한다.

V. DWDM 기반의 광 인터넷 구조 제안

1. 광인터넷을 위한 제어 프로토콜

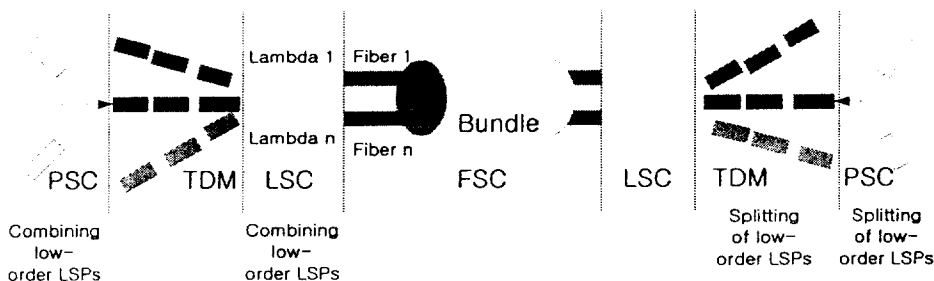
광 인터넷 제어를 위해서 장애 격리와 성능 모니터링, 보호 복구 기능을 가장 효과적으로 수행할 수 있는 OAM(Operation, Administration and Maintenance) 기능과 협상된 대역폭과 QoS의 완벽한 제공, 대역폭 제공시 확장성과 그루밍, SLA(Service Level Agreement)에 따른 동적 광 가상 사설망 제공 및 자동 환경 설정과 토폴로지 자동 복구 기능을 수행할 수 있는 새로운 제어 프로토콜이 필요하다. DWDM망과 IP망 간에 공통적으로 사용될 수 있는 형태의 제어 프로토콜이 필요하다. IP over DWDM 망에서 이와 같은 여러 기능을 수행하기 위해서 제어 프로토콜은 MPLS 시그널링을 확장한 GMPLS[11-12]를 제안한다.

GMPLS는 시분할(즉, SONET ADM), 파장과 공간 스위칭 을 통해 분리된 단위로 대역폭 할당을 수행하며 라벨은 타임 슬롯, 파장, 혹은 물리적 공간의 위치로 부호화를 수행하여, 각각 다른 기술들로 구현된 망, 즉 ATM, SONET, DWDM 망의 시분할(time-division), 파장분할(wavelength-division), 공간 스위칭(포트 또는 파이버) 등의 각 기술로 구현된 계층적으로 중첩된 망들이 하나의 제어평면으로 연결될 수 있는 기능을 제공한다. GMPLS는 이러한 복합적으로 구성된 망 환경에서도 하나의 제어평면으로 망 자원을 동적으로 준비하고, 망 보호, 회복 등의 기술을 사용하여 광 인터넷망의 신뢰성을 지원할 수 있는 장점이 있다.

광 네트워킹을 위한 GMPLS 제어 프로토콜은 링크 보호, 용량 계획, 부하 전달과 같은 동적 구성 변환 기능과 스위칭/라우팅, 클래스, 우선순위 결정을 위한 통합 L1, L2, L3 전달 엔진을 가지고

어플리케이션과 흐름, 클래스, 파장에 기반한 트래픽 제어 및 트래픽 모음 기능을 수행하며 멀티캐스트와 보안을 위한 광 VPN 기능 및 공유 미디어를 위한 다중 액세스 방안과 광 스위칭과 IP 라우팅을 위한 네이밍과 어드레싱 기능을 포함한다. 광 크로스 커넥터 제어 평면은 신속한 광 채널 경로를 설정하고 트래픽 엔지니어링 기능 및 다양한 보호 복구 방안을 지원할 수 있어야 하고, GMPLS가 트래픽 엔지니어링 제어 평면에서 자원 분배와 정적 정보 보급과 경로 선택 및 관리 기능을 수행할 수 있다.

GMPLS의 전달 인터페이스는 (그림8)과 같이 4단계로 구분되고, 각각의 역할은 다음과 같다.



(그림8) GMPLS의 전달 인터페이스

우선 PSC(Packet-Switching Capable)는 패킷/셀 경계를 인식하고 헤더 정보에 따라 데이터를 전달한다. TDM(Time-Division Multiplexing Capable)은 반복 주기에 있는 데이터의 타임 슬롯에 따라 데이터를 전달한다. LSC(Lambda Switch Capable)는 파장에 따라서 데이터를 전달한다. 마지막으로, FSC(Fiber-Switch Capable)는 실제 물리 공간의 데이터 위치 정보를 기반으로 데이터를 전달한다.

다양한 계층의 제어평면을 위해서 GMPLS는 기존의 MPLS의 기능을 확장하거나 새로운 기능을 추가하였다. 그 중 여러 형태의 스위칭을 지원하는 GMPLS의 시그널링은 기존의 기능을 일반화하고, 광 네트워크의 특성에 부합하도록 그 기능을 확장한다.

일반화된 레이블 요구는 크로스 커넥터를 제어하는 정보를 포함하고 있고 일반화 된 레이블 요구는 LSP를 지원하는 특정 정보 및 링크 보호, LSP 인코딩, LSP 페이로드를 포함한다.

일반화된 레이블은 묶음으로 된 단일 파이버, 파이버내의 단일 주파대, 주파대내의 단일 파장, 파장내의 한쌍의 타임 슬롯을 나타내는 라벨 정보를 전달한다. 일반화된 레이블의 포맷으로 레이블은 링크의 유형에 따라 가변적이다.

제안된 라벨은 업스트림 노드의 선택권을 가지고 다운스트림 노드를 제공하기 위해 사용되는 것으로 업스트림 노드는 레이블이 다운스트림 노드까지 도착되기 전에 제안된 레이블을 가지고 하드웨어를 제어하여 셋업 대기 시간을 줄인다.

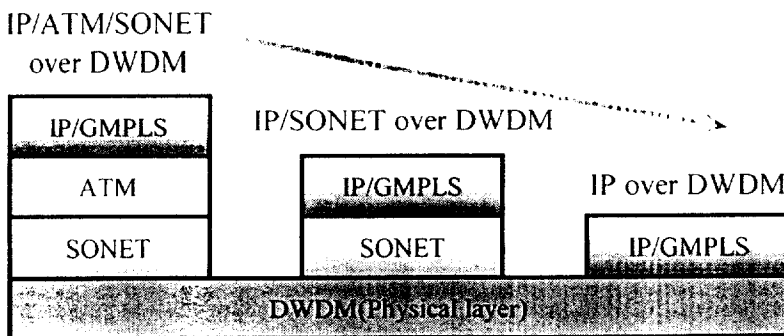
양 방향 LSP 설정 기능을 이용하여 경로 설정 시 대기 시간을 줄이고 성공 확률을 증가 시킬 수 있다. 그림 9는 기존 단 방향 LDP 동작을 나타낸 것으로 한 쪽 방향의 LSP가 설정된 후 상대방 방향으로 LSP를 설정하기 위해서는 같은 절차가 되풀이 되어야 한다. 그러나 그림 10과 같이 양 방향 LSP설정 가능하도록 LDP를 확장하면 한번의 요구로 양 방향 LSP를 설정할 수 있다.

연속된 파장의 집합인 waveband 스위칭은 파장 스위칭의 특별한 경우이다. Waveband는 연속적으로 인접한 파장의 집합으로서 한 단위로 새로운 waveband로 스위칭 될 수 있는 것을 말한다. OXC는 최적화를 위해 여러 개의 파장을 한 단위로 스위칭하는 것이 바람직할 경우가

있다. 이 waveband 스위칭은 각 파장의 왜곡을 감소시킬 수 있다. Waveband 스위칭의 레이블 포맷은 waveband ID 영역과 시작 레이블과 마지막 레이블의 영역을 추가적으로 두어서 waveband를 표시한다.

2. 광인터넷 백본망 구축 단계

현재의 인터넷 백본망들은 ATM을 기반으로 하는 기술들이 많이 사용되고 있다. ATM은 데이터, 음성, 비디오 등의 다양한 서비스들을 통합할 수 있는 장점을 내세워 현재 인터넷 백본망의 근간을 이루게 되었다. 그러나 IP/ATM 오버레이 모델인 IP over ATM 기술은 확장성이 떨어지고, 셀 오버헤드가 비교적 큰 단점을 가진다. 또한 DWDM망의 발전으로 광 파이버 하나에 수 Tbps의 전송 속도를 가지게 되어 DWDM 망에서 광전 변환 수행시 속도 문제로 인해 망 대역폭을 효과적으로 사용하기 어렵다. 이런 문제점을 바탕으로 각 방식의 장단점을 분석하고, 효율적인 인터넷 백본망 구축을 위한 광 인터넷 백본망 구축 단계를 제안한다.



(그림9) 광인터넷 백본망 프로토콜 스택의 진화 방안

백본망 구축은 (그림9)와 같이 기존의 ATM망 기술을 사용하는 IP/ATM/SONET over DWDM 형태에서 IP/SONET over DWDM과, 더 발전하여 광인터넷 백본망으로 GMPLS 제어 프로토콜을 도입과 DWDM망에 직접 IP packet 프레이밍을 실시하는 IP/GMPLS over DWDM 형태로 진화하는 방안을 제안한다.

가. IP/GMPLS/ATM/SONET over DWDM 구조

기존의 네트워크는 데이터를 위해서는 프레임 릴레이 또는 ATM, 사설망을 위해서는 전용선, 음성 전화를 위해서는 SDH/SONET TDM, 방송 비디오를 위해서는 DI 등 각 종류의 트래픽 및 서비스에 따라서 서로 다른 네트워크를 구축하였다. 이러한 관점에서 ATM은 동일한 네트워크에서 다양한 서비스들을 통합할 수 있는 장점과 가상 사설망을 쉽게 구현할 수 있는 기능을 제공하기 때문에 통합 네트워크 기술로서 발전할 수 있었다. 또한 ATM 기술은 구현의 복잡성을 제외한다면 네트워크 엔지니어링 및 설계에 유연성을 제공하고 있고, IP 계층에서의 부족한 트래픽 엔지니어링 기능을 VC/VP를 이용한 명시적인 경로로 효과적으로 제공할 수 있다는 장점을 가진다. 따라서 초기 광 백본망은 ATM 망을 이용하는 IP/GMPLS/ATM/SONET over DWDM 방식을 제안한다.

그러나, 트래픽의 발전 추세에 의하면 인터넷 트래픽이 압도적으로 많아지고 있고, 음성 및 비디오 등의 많은 서비스들이 IP상에서 지원됨에 따라 IP에 최적인 망을 구현하는 것이 중요해졌다. 그리고, IP over ATM 기술에서는 ATM 계층에서의 10% 정도의 cell 오버헤드와 패킷을 cell로 분할 및 재조립하는 SAR(Segmentation and Reassembly)

오버헤드가 발생하게 된다. 또한, 최근의 라우터 구현 기술이 포트당 40Gbps(OC-768)로 증가함에 따라 고속 스위칭 기능을 하는 ATM의 역할도 줄어들게 되었다. 대용량의 대역폭을 지원할 경우 SVC 셋업 시간 동안 많은 데이터를 버퍼에 저장하여야 하므로, SVC 셋업 시간으로 인한 처리율 손실 또한 무시할 수 없다.

ATM은 망 설계시 많은 융통성을 주고 기존 인터넷이 갖지 못하던 트래픽 엔지니어링 기능을 제공 할 수 있으나 구현이 매우 복잡하며 대역 사용 효율 측면에서 심각한 단점을 가진다. 결국 복잡도의 증가에 비해 throughput 측면에서의 개선은 상대적으로 크지 않기 때문에 IP/ATM/SONET over DWDM 구조는 대규모 백본망에는 적합하지 않으며 인터넷 트래픽의 대부분은 데이터 트래픽인 점을 고려할 때 ATM의 효용성은 더욱 떨어진다고 할 수 있다.

현재의 인터넷 백본들은 ATM을 기반으로 하는 IP over ATM 기술로 구축한 경우가 많다. 특히 차세대 인터넷의 대표로 간주되는 미국의 Internet2 백본망도 기본적으로 IP over ATM을 이용하고 있다.

나. IP/GMPLS/SONET over DWDM 구조

SONET 전송시스템은 효과적인 운영 및 유지 기능, 높은 복구 능력 및 상호 호환성 등의 기능을 제공하고 있다. IP over SONET 기술은 IP over ATM 기술의 cell 오버헤드를 줄일 수 있는 점, IP 패킷 크기 분포에 의한 평균적인 ATM 계층에서의 오버헤드를 줄일수 있는 기능을 효과적으로 제공하고 있다. 특히 SONET 링크 사용률을 높일 수 있다는 점과 ATM 계층에서의 SAR로 인한 병목현상을 극복할 수 있는 확장성 및 링크 또는 노드 손실에 대처할 수 있는 빠른 복구성을 제공한다는 점이 IP

over ATM에 비해 IP over SONET 기술의 가장 큰 장점이다.

SONET OC-X 채널은 DWDM에서의 파장과 비슷한 역할을 하는 것으로 점대점 링크 계층 연결에 사용되지만, 연결 맵핑이 복잡하다. SONET의 가장 큰 장점은 링크 절단 또는 노드 결함 시의 복구 능력이다. 일반적으로 SONET에서는 노드, 링크의 결함 탐지 후 대체 경로를 셋업할 때까지 50ms 정도의 시간을 소요하게 된다. 하지만, IP 계층에서 효과적인 복구 능력을 제공할 수 있다면, 복잡한 SONET 계층을 중복해서 사용할 필요는 없다.

또 하나의 장점으로 SONET은 전체 네트워크의 개체들을 동기화 시킴으로써 견고성을 제공한다. 하지만 이런 능력도 GPS(Global Positioning System) 기술의 발전과 시간 결함에 대한 IP 기술들의 대처 능력의 발전 및 SONET 계층을 생략시켜 효율성을 극대화하려는 IP over DWDM 기술 등의 빠른 발전에 따라 매력을 잃어가고 있다.

패킷 손실이 백본망 성능에 많은 영향을 미치고 인터넷에서의 실시간 서비스 수용이 점차 늘어나는 시점에서는 중단 없는 양질의 멀티미디어 서비스 제공을 위해 과도기 대안으로 IP/GMPLS/SONET over DWDM이 유용할 것으로 판단된다.

다. IP/GMPLS over DWDM 구조

현재의 DWDM 기술이 점대점 방식이고 SONET을 사용하고 있지만, SONET이나 ATM과 같은 중간 계층을 제거하여 IP를 직접 DWDM 계층으로 맵핑하는 연구가 급속도로 진행되고 있는 상황이다. IP 패킷을 DWDM으로 실어 나르기 위해서는 프레이밍이 필요하다. 현재까지 제안된 프레이밍 방식으로는 SONET, Gigabit Ethernet 프레이밍이 있다.

광 전송망은 수용하는 거리가 먼 경우 신호 재생을 하는데 오늘날 대부분의 리피터 시스템은 SONET 방식을 근간으로 하고 있다. 이 경우 IP 패킷은 SONET 프레임으로 포장되어야 하는데 SONET 프레임링은 조립 및 분해 과정이 복잡하여 라우터의 수율과 성능을 저해하는 요인으로 작용한다. 이 방식의 성능 개선을 위해 현재 많은 연구가 진행되고 있다. SONET의 장점은 풍부한 시그널링 및 망 관리 정보가 헤더에 포함되어 있다는 점이지만 장애 감시나 운용 지원 기능을 위해 헤더의 상당 부분이 할애되어 있는 것은 효율 측면에서 단점으로 인식되며 일부 기능은 IP 라우터 기능에 포함시키는 것이 효과적일 수 있다. 다른 방식은 신호 재생을 위해 Gigabit Ethernet을 이용하는 것이다. 이 방식은 상대적으로 풍부한 가용 대역을 갖고 있고 다양한 프로토콜을 사용하고 있는 지역망에 더욱 적합하다. GbE는 블록 코딩 방식을 이용하기 때문에 SONET에 비해 효율이 떨어진다. 이를 개선하기 위해 DWDM 시스템에 적합한 새로운 10GbE 표준을 정립중에 있으며 효율 높은 새로운 블록 코딩 방식의 채택을 통해 대역 사용 효율 개선이 가능할 것으로 보인다.

(표2) 광인터넷 백본망 방식별 장단점

방식	장단점
IP/GMPLS/ATM/SONET over DWDM	- 멀티서비스의 지원, QoS 보장 - 구조가 복잡함
IP/GMPLS/SONET over DWDM	- 기존망으로부터 IP 망으로의 점진적 진화 유도 - 셀 오버헤드 없지만, IP 데이터 전달의 한계
IP/GMPLS over DWDM	- 가장 단순한 구조로 빠른 전송 능력을 가짐 - 파장 라우팅을 통한 virtual 파장 연결기능 필요 - 기존 전화망과의 친화성/수용성 부족

3. 광인터넷 교환 기술 진화 방안

광 인터넷 구축을 위하여 기존의 라우터 벤더들은 gigabit급 라우터의 개발에 이어 광 기술의 장점을 접목한 terabit급 라우터 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 광 라우터와 밀접한 관계에 있는 스위칭 기술에 따라 광 인터넷은 기존의 스위칭 기술이 존재하지 않는 점대점 고정 회선 교환 방식, 동적 회선교환 방식, 광 버스트 교환 방식, 광 패킷 교환 방식 등이 있다.

가. 광 인터넷 교환 기술

광 회선 교환 방식은 기존의 서킷 스위칭에 기초한다. 즉, 발신측은 착신측에 셋업 패킷을 보내고, 착신측은 이에 대응하는 ack 패킷을 반송하여 전송 경로를 설정한 후, 데이터 전송이 이루어 진다. 따라서, 광 계층에서는 데이터에 대한 버퍼의 사용이 요구되지 않고, 또한 하나의 서킷을 점유하는 세션 시간이 상당히 긴 것을 고려하면 광 라우터/스위치를 구성하는 광소자들의 스위칭 시간이 길어도 효율성에는 큰 문제점이 없다는 것을 알 수 있다. 따라서 현재 광소자들의 비교적 긴 스위칭 시간을 고려하면, 가까운 미래의 광 네트워크 구성은 OXC를 기초로 한 광 서킷 스위칭이 주류를 이룰 것으로 예상된다.

광 인터넷 구조는 토폴로지에 따라 메쉬, 링형태로 나눌수 있다. 토폴로지 관점에서 DWDM 기술 적용의 용이성, 과장 등 자원 활용성, 가입자 망의 광화 상황, 인터넷 트래픽의 양, 인터넷 서비스에서 요구하는 대역 등을 고려할 때 링형이 주로 고려되고, 향후 망이 수용해야 하는 트래픽 양 또는 서비스 요구 대역에 따라 메쉬형 구조로

진화되어 갈 수 있다.

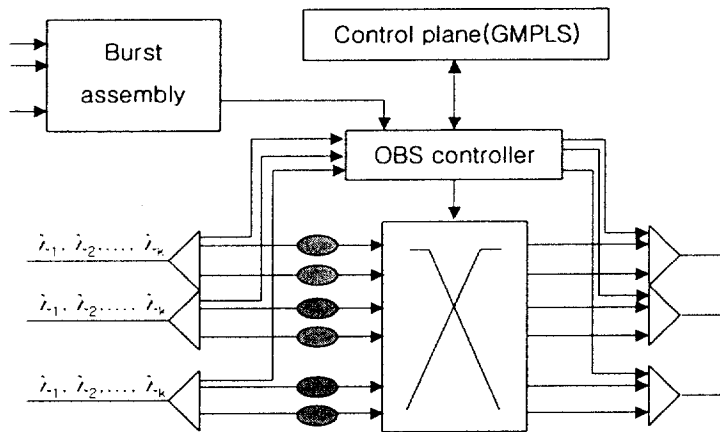
회선 교환을 위한 망의 노드는 OADM, OXC등이 있는데, OADM은 DWDM 신호로 부터 필터를 이용하여 특정 파장을 추출하거나 추가할 수 있는 장치이고, OXC는 임의의 입력 포트로부터 임의 출력 포트로 개별 채널을 라우팅/스위칭 할 수 있는 장치이다.

패킷 교환 방식은 전송 경로 설정을 위한 별도의 신호 패킷이 없이, 신호 정보를 담은 헤더 부분과 데이터가 하나의 패킷에 결합되어 전송된다. 따라서 기존의 패킷 스위칭이 가지는 장점인 네트워크 자원의 효율적인 공유가 가능하고, 버스트한 트래픽을 효과적으로 지원할 수 있다. 그러나, 광 라우터/스위치에서는 높은 효율을 얻기 위하여 각 광 소자들의 스위칭 시간이 데이터를 전송하는 시간보다 상대적으로 적어야 한다. 이러한 고속의 스위칭 시간을 갖는 광소자들은 아직까지 상품화 단계에 이르기 까지는 많은 기술적인 문제점이 있다.

광 패킷 스위칭의 다른 문제점으로는 저장 및 포워딩 성격상 광 계층에서 버퍼가 반드시 필요하다는 것이다. 패킷 스위칭에서 버퍼가 필요한 이유는 크게 세 가지이다. 첫 번째, 헤더와 데이터가 같이 결합되어 전송되기 때문에 헤더 부분이 각 노드에 도착하여 처리되는 동안 데이터 부분은 반드시 버퍼에 저장 되어야 한다. 두번째, 스위치에서 충돌이 발생할 경우 대기 해야하는 패킷은 버퍼에 저장되어야 한다. 세번째, 링크에 데이터 전송을 위한 대역폭이 충분하지 않을 때, 데이터는 버퍼에 저장되어야 한다. 이중 첫번째는 패킷 스위칭에서 반드시 버퍼가 있어야 하는 절대적 이유이다.

광 버스트 스위칭은 광 서킷 스위칭과 광 패킷 스위칭의 중간적인 방식으로 제한적으로 광 패킷 스위칭 기능을 수행할 수 있는 광 라우터 구축을 가능케 하는 기술이다. 광 버스트 스위칭에서는 오프셋 타임과

자연 예약을 이용하여 광 계층에서 버퍼의 사용 없이 빠른 전송 경로의 설정이 가능하고, 네트워크 자원을 효율적으로 공유할 수 있고, 또한 차별화 된 서비스를 용이하게 제공할 수 있다. 그리고, 오프셋 시간을 이용함으로써 비교적 느린 스위칭 시간을 가지는 광소자를 이용하여 위해서 기술된 광 패킷 스위칭의 특징을 지니는 광 라우터/스위치를 구축할 수 있다는 점이다.



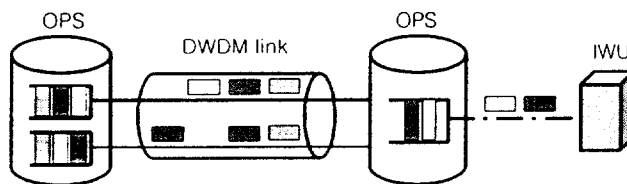
(그림10) 광 버스트 스위칭 기반의 라우터 구조

(그림10)에서 광 버스트 스위칭을 기반으로 하는 광 라우터의 구조를 나타내었다. 여기에서 각 광섬유는 데이터 버스트 전송을 위한 k 개의 파장과 신호 패킷 전송을 위한 다른 하나의 분리된 파장을 가진다. 역다중을 통하여 신호 파장은 OBS 제어부로 입력이 되어 나머지 k 개의 데이터 버스트를 전송하는 파장을 제어한다. 각 신호 패킷은 OBS 제어부에서 처리된 후 필요한 제어 신호를 발생하여 데이터 도착 시 필요한 광소자를 요구되는 시간에 맞추어 설정한다. 따라서 OBS 제어부는 오프셋 시간을 이용하여 버스트 스위칭에 필요한 모든 제어

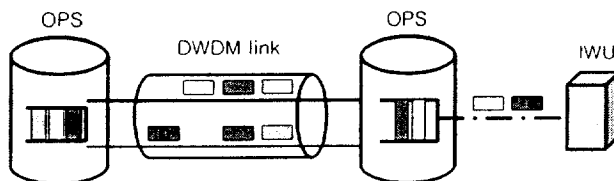
기능을 수행한다. 또한 OBS 제어부는 상위에 위치하는 제어평면(MPLS)과 밀접한 관계를 유지하면서 망 관리, 운용에 요구되는 기능을 수행한다. 한편, 에지 라우터로부터 들어오는 다수의 IP 패킷 흐름은 버스트 어셈블리 과정을 통하여 버스트로 생성된다. 버스트 어셈블리 과정을 통하여 self-similar 트래픽이 가지는 높은 버스트 특성을 감소시킬 수 있다.

광 패킷교환 방식은 회선교환 방식에서의 단점인 제한된 회선 수와 각 파장 채널 회선의 고정된 대역폭으로 인한 낮은 망 효율성을 극복하기 위하여, 각각의 IP 라우터를 광 패킷 스위치를 이용하여 가상 회선으로 상호 연결함으로써 망 용량의 이용률과 망 구성의 융통성을 극대화시킬 수 있는 방식이다.

광 패킷 스위칭 망에서 검토되는 광 패킷 다중방식은 SHWP(Shared Wavelength Path)와 SCWP(Scattered Wavelength Path)가 있다.



(a) SHWP(Shared Wavelength Path)



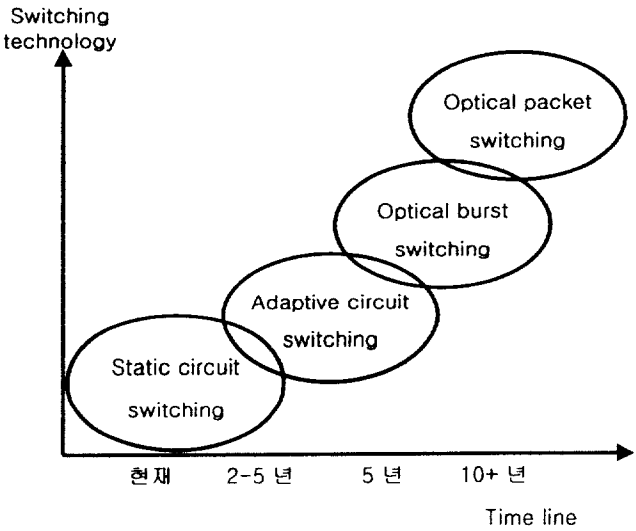
(b) SCWP(Scattered Wavelength Path)

(그림 11) 광 패킷 다중 방식

SHWP 방식은 다수의 광 패킷 가상채널들이 여러 개의 파장 중에서 특정 파장에 고정 분담되어 전달되어 (그림11-a)와 같이 파장 채널별로 독립된 여러 개의 광 패킷 버퍼가 필요하게 된다. 반면에 (그림11-b)의 SCWP 방식에서는 광 패킷 가상채널들이 특정 파장이 아닌 단일 광섬유 속의 모든 파장을 공유할 수 있으므로 통계적 다중 효과에 의해 하나의 파장 채널당 광 패킷 버퍼의 크기가 작아지는 장점을 갖는다.

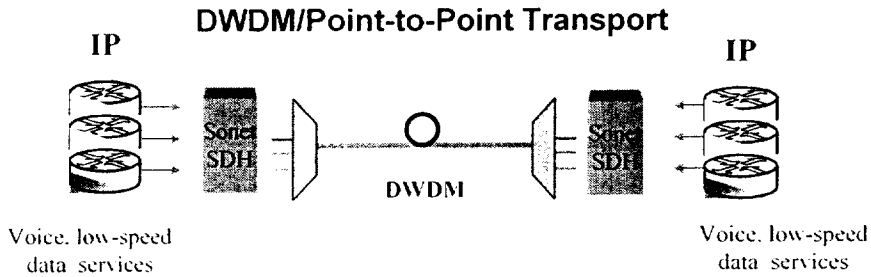
나. 광 인터넷 교환 기술 진화 단계 제안

이 절에서는 앞에서 설명한 교환 방식들이 (그림12)와 같이 단계적으로 발전 되어 가는 진화 단계 모델을 제시한다.



(그림12) 광 인터넷 진화 단계

(1) 1단계(Point-to-point DWDM)

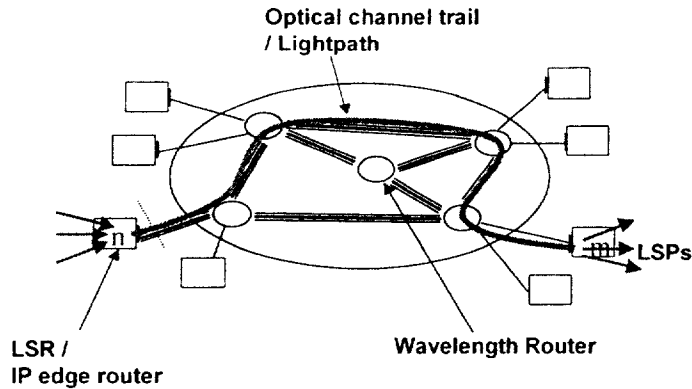


(그림 13) 1단계 : Point-to-point DWDM

첫번째 진화 단계는 트래픽의 멀티플렉싱에 의한 광 소자의 넓은 대역폭을 이용하고 전자적인 IP 도메인의 제어와 관리능력을 이용한다. (그림13)는 1단계 망의 구성을 나타낸다. 이 경우의 사용자 인터페이스는 IP over static DWDM이 되고, 액세스와 코어는 셋업 시간에 정적 환경 설정을 위한 DWDM 크로스 커넥터나 광 파이버 스위치로 구성된다. 하지만 이 방식의 구성은 에지 노드간에 Point-to-point 연결로 이루어지기 때문에 망의 효율성 측면에서 단점을 가진다.

(2) 2단계(Circuit Switched DWDM)

두번째 진화 단계는 OXC 장비의 상용화 시기에 맞춰서 (그림14)와 같이 회선 교환 방식을 사용하는 망을 가진다. 파장 변환을 위한 대기시간을 줄이고 스위칭 타임을 줄이는 형태로서 사용자 인터페이스는 IP over static 또는 IP over dynamic DWDM 형태가 되고, 액세스와 코어는 동적 구성 변환 능력을 가진 DWDM 크로스 커넥터나 광 파이버 스위치로 구성된다.

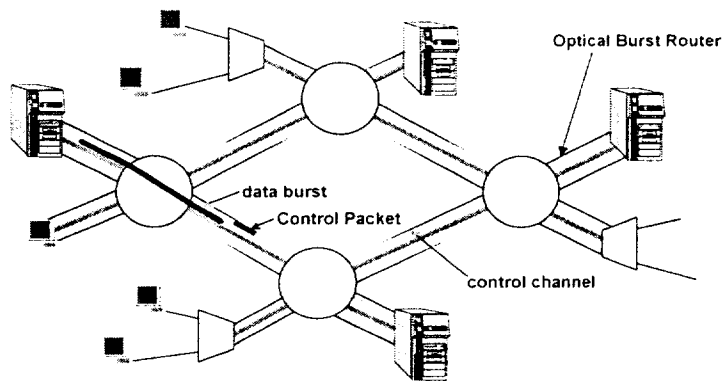


(그림 14) 2단계 : Circuit Switched DWDM

현재 광 버퍼에 대한 기술 개발이 미비한 상황에서 광 계층에서는 데이터에 대한 버퍼의 사용이 요구되지 않고, 또한 하나의 서킷을 점유하는 세션 시간이 상당히 긴 것을 고려하면 OXC를 구성하는 광소자의 스위칭 시간이 길어도 효율성 측면에서 큰 문제가 되지 않는다.

(3) 3단계(Optical burst Switching DWDM)

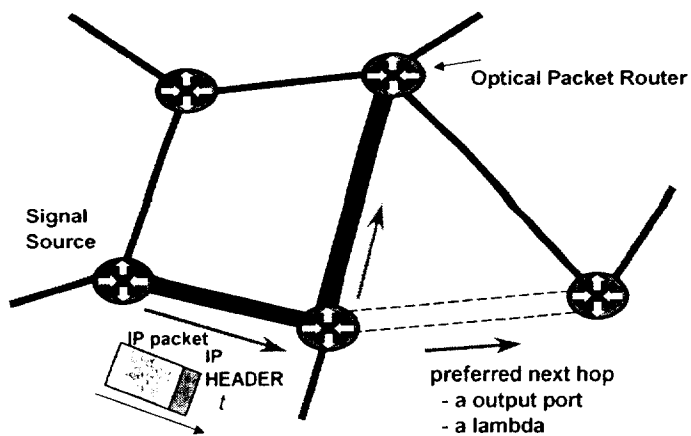
세번째 진화 단계는 (그림 15)과 같은 망의 구성을 가진다. 광 버스트 스위칭 방식은 광 서킷 스위칭과 광 패킷 스위칭의 중간 단계에서 개발이 예상되고, 프레이밍과 스위칭을 위한 제한된 광 헤더 처리가 가능하고 전자적 제어 회로와 아주 밀접하게 결합된 광 스위치로 구성된다. 사용자 인터페이스는 다양한 사이즈의 메시지 흐름을 가진 IP over dynamic DWDM이고 액세스와 코어는 온라인과 주문자 제어기능을 가진 DWDM 크로스 커넥터와 광 파이버 스위치로 구성된다. 온라인 제어는 in-band와 out-of-band 시그널링으로 구분되며 광 버스트 스위칭은 헤더 처리를 하지 않는 out-of-band 시그널링으로서 대신에 스위칭을 위한 광 신호와 동기를 맞추기 위하여 전자적인 제어신호를 이용한다.



(그림 15) 3단계 : Optical Burst Switching DWDM

광 버스트 스위칭은 OXC가 버스트한 인터넷 트래픽을 수용할 때 효율성의 문제를 가지는 단점을 해결하는 적절한 방식이다.

(4) 4단계(Optical Packet Switching DWDM)



(그림 16) 4단계 : Optical Packet Switching DWDM

마지막 단계는 (그림16)과 같은 망의 구성을 가진다. 적은 대기시간으로 광 헤더 처리가 가능한 광 패킷 스위치로 발전 해야 한다. 이 경우 사용자 인터페이스는 고정길이 패킷을 처리하는 IP over dynamic WDM이 되고 액세스와 코어는 온라인과 주문자 제어에 의한 패킷 스위치로 구성된다. 광 패킷 스위칭 교환 방식은 회선교환 방식에서의 단점인 제한된 회선 수와 각 파장 채널 회선의 고정된 대역폭으로 인한 낮은 망 효율성을 극복하기 위하여, 각각의 IP 라우터를 광 패킷 스위치를 이용하여 가상 회선으로 상호 연결함으로써 망 용량의 이용률과 망 구성의 융통성을 극대화 시킬 수 있는 방식이다. 아직 광 패킷 스위칭에 대한 기술 개발은 초기 수준에 있다.

(표3) 광 인터넷기반의 차세대 인터넷 구조 제안

항 목	내 용
QoS 모델	• 액세스(IP)망 : 차등화 서비스 모델 • 백본(DWDM)망 : 광 채널 특성 및 파라미터를 고려한 클래스 분류 • 백본망 에지 라우터 : 차등화 서비스 클래스와 광 채널 클래스 간에 매핑을 위한 인터페이스 기능
제어 프로토콜	• 계층적으로 중첩된 망들을 하나의 제어평면으로 연결시킬 수 있는 기능을 가진 GMPLS 제어 프로토콜 도입
망 구축 단계	• IP/GMPLS/ATM/SONET over DWDM 방식, IP/GMPLS/ SONET over DWDM 방식을 거쳐 IP/GMPLS over DWDM으로 망을 구축 하는 단계적인 망 구축 방안을 제안
교환 기술 진화 단계	• 1단계 : Point-to-point DWDM 교환 방식 • 2단계 : Circuit switched DWDM 교환 방식 • 3단계 : OBS DWDM 교환 방식 • 4단계 : Packet switched DWDM 교환 방식

VI. 결 론

기존의 인터넷은 증가하는 트래픽 수용, 멀티미디어 서비스에 대한 QoS 제공등 많은 문제점을 야기하고 있다. 이런 문제점을 극복하기 위해 제안되는 차세대 인터넷은 초고속 대용량의 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 고도화된 인터넷 기반 망의 구축, 운용 및 혁신적 서비스 제공에 필요한 핵심 기술을 제공해야 한다.

광 인터넷은 광이 가지는 광대역성, 무간섭성, 병렬성 등의 특성을 이용하여 현재 인터넷의 문제점을 획기적으로 개선하는 차세대 인터넷을 구현하는 최적의 해결책이다.

DWDM 광인터넷 백본망의 구축시 인터넷 트래픽과 관련한 대역폭, QoS 제공, 제어 프로토콜, 네트워크 백본등 여러 측면에서 고려해야 할 사항들이 있다.

본 논문에서는 이와 같은 고려 사항 분석을 바탕으로 차세대 인터넷을 위한 DWDM 광인터넷 백본망에 대한 QoS 제공 측면, 대역폭 측면, 제어 프로토콜 측면, 네트워크 백본 측면에 대해 구현 방안을 제시하였다.

첫째, 광인터넷의 QoS 서비스 모델을 위해 서브망은 차등화 서비스 모델, DWDM 백본망은 각 광 채널을 제안된 특성 파라미터에 따라 클래스로 분류하고, 망의 에지 라우터에서 차등화 서비스 플로우와, 광 채널의 맵핑을 수행하는 QoS 서비스 모델을 제안하였다.

둘째, 차세대 인터넷 망의 제어 프로토콜은 DWDM망과 IP망을 포괄하여 제어할 수 있는 형태가 되어야 한다. 이를 위하여 IP over DWDM 망에서 여러 기능을 수행하기 위해서 MPLS 시그널링을 확장한 GMPLS를 제안하였다.

셋째, 백본망 구축을 위해, 기존에 사용되고 있는 ATM망 기술을 이용한 IP/ATM/SONET over DWDM 형태에서 IP/SONET over DWDM과, 결국에는 트래픽 처리 속도를 고려한 전광 전송 백본망으로 진화하기 위해, GMPLS 제어 프로토콜을 사용하는 IP/GMPLS over DWDM 형태로 진화하는 방안을 제안한다.

넷째, 광 인터넷에서 적용 가능한 교환 기술 방식의 장단점과 기술 개발 전망을 고려하여, DWDM 광 인터넷망의 교환 기술을 위해 교환 방식은 회선 교환 기반의 광 인터넷에서, 광 버퍼 및 광 스위치와 같은 광 패킷 교환기 구성에 필요한 핵심 소자 및 광 패킷 동기 기술과 같은 핵심 구성 기술 확보후 광 패킷 교환 기반의 광 인터넷으로 발전되는 진화 방안을 제시하였다.

논문에서 제안된 QoS 모델, GMPLS 제어 프로토콜, 백본망 구축과 교환 방식의 전개 방안은 향후 차세대 인터넷의 효과적인 백본망 구축을 위하여 적용 시킬 수 있다.

참고 문헌

- [1] S.U. Kim et al., "Standards Activities for Optical Transport Networks in ITU-T", Optical Network Magazine Vol.2 No.2, 2001.4.
- [2] C.H.Yim, "Current Internet: Problems and Solutions," OECC200, Chiba, Japan, July 10, 2000.
- [3] 이종현 외, "광 인터넷 기술동향 및 진화 방안," ETRI 주간기술동향 1000호, 2001년 6월.
- [4] J.Manchester et al., "IP over SONET," IEEE Communications Mag. May 1998
- [5] F. Paul, H. Geoff, "Quality of Service: Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks," Wiley Computer Publishing, 1998, pp. 25-28.
- [6] Y. Bernet et al., "A Framework for Differentiated Services", Internet Draft, IETF, May 1998
- [7] 이영석 외, "차세대 인터넷 기술 개요," Telecommunication Review, 제10권 3호, 2000년 5월.
- [8] T. Chung et al., "Architectural and Engineering Issues for Building an Optical Internet," draft, 1998; <http://www.canet2.net>
- [9] B. Mukherjee, "Optical Communications Networks," New York, Mcgraw-Hill, 1997
- [10] W. Leland et al., "On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic," IEEE/ACM Trans. on Networking, Feb. 1994
- [11] P. Ashwood-Smith et. al, "GMPLS Architecture," Internet-Draft, draft-ietf-ccamp-gmpls-architecture-00.txt, Jun. 2001

- [12] P. Ashwood-Smith et. al. "Generalized MPLS-Signaling Functional Description." Internet-Draft, draft-ietf-gmpls-signaling-04.txt, May 2001

감사의 글

급변하는 변화 속에서 살아 남기 위한 생존 경쟁은 너무나 치열한 시대입니다. 특히 IT분야의 최전선에선 KT는 다른 어떤 시장 보다 더욱 심해서 시간을 투자하지 않을수 없었기에 너무나 힘든 시간들이었습니다.

본문이 완성되기까지 부족한 저에게 많은 지도편달과 조언을 해 주신 김성운 지도 교수님과 끝까지 지도와 검토를 위해 수고하신 하덕호 교수님과 정연호 교수님께 감사드립니다.

논문을 쓰는 동안 물심양면으로 수고한 프로토콜연구실의 이익섭 형제와 바쁜 가운데에서도 세심한 부분까지 협조해준 프로토콜연구실의 형제 자매에게 감사의 마음을 전합니다.

직장생활 가운데서도 학업을 할 수 있도록 시간과 격려를 아끼지 않으신 황도인 국장님과 김주호 토목부장님께 진심으로 감사드립니다.

학업을 수행 할 수 있도록 함께 해주신 어머니와 헌신적인 뒷바라지와 힘들 때 마다 기도를 아끼지 않은 사랑하는 아내에게 감사를 드리며, 늦게까지 공부하는 아빠를 따라 열심히 공부하는 착한 정은이, 지은이, 정훈이에게 고마움을 표시하며 이 한편의 논문을 바칩니다.

부디 이를 바탕으로 더욱더 연구 노력하는 계기가 되어 이 분야의 필요한 역할을 수행하는 한 사람이 되기를 기원 합니다.