

공학석사 학위논문

다중서비스제공플랫폼 기반 인터넷
활용에 있어 평손실 및 지연시간
분석에 관한 연구



2012년 2월

부경대학교 산업대학원

전자정보통신공학과

임 영 수

공학석사 학위논문

다중서비스제공플랫폼 기반 인터넷
활용에 있어 평손실 및 지연시간
분석에 관한 연구

지도교수 김 성 운

이 論文을 工學碩師 學位論文으로 提出함

2012년 2월

부경대학교 산업대학원

전자정보통신공학과

임 영 수

이 논문을 임영수의 공학석사 학위
논문으로 인준함

2012년 2월 24일



주 심 공학박사 박 규 칠 (인)

위 원 공학박사 류 지 열 (인)

위 원 공학박사 김 성 운 (인)

목 차

I. 서론.....	1
II. 인터넷 서비스 액세스 기술	5
1. 인터넷 액세스 기술 개념.....	5
2. SDH/SONET 기반 기술.....	6
3. WDM 기반 기술.....	11
III. 다중서비스제공플랫폼 기반 인터넷 액세스기술.....	16
1. 개념.....	16
2. MSPP 기반 기술.....	18
3. 기업 네트워크 기반 활용에서의 문제점	20
IV. 평손실 및 지연시간 분석	22
1. 평손실 분석 및 활용방안.....	22
2. 지연시간 분석 및 활용방안.....	28
V. 결론	34

그 립 목 차

[그림 2-1] 다양한 인터넷 액세스 방법	6
[그림 2-2] TDM 에서 음성트래픽 발생율과 서비스율	9
[그림 2-3] TDM 에서 IP 트래픽 발생율과 서비스율	10
[그림 2-4] WDM 파장개념	11
[그림 2-5] WDM 파장영역 및 전송밴드 구분.....	13
[그림 2-6] 이중 구조 형태의 국내 WDM 전송망 구성(KT)	15
[그림 3-1] 현재의 SDH 망 구성.....	16
[그림 3-2] MSPP 접속망 개념도.....	18
[그림 3-3] MSPP 서비스 구조	19
[그림 4-1] MSPP 기반 네트워크 전송망 지연시간 분석 테스트베드 구성도.	23
[그림 4-2] Ping 시험결과.....	24
[그림 4-3] EOS(Ethernet Over SDH) 패킷처리 도식화	25
[그림 4-4] L1 및 L2 스위치 버퍼 용량의 수정.....	28
[그림 4-5] 전송거리에 따른 전송지연시간	30
[그림 4-6] 전송장치 EoS 회선별 Delay Time 비교측정	31
[그림 4-7] 대역폭별 Encapsulation.....	33

표 목 차

[표 2-1] 동기식 비동기식 다중화 계위	8
[표 2-2] 국간용 WDM 전송시스템 제원	14
[표 3-1] 데이터 서비스 활용 대역폭 대비 전송 대역폭 효율성.....	20
[표 4-1] 시험에 사용된 버스트 패킷 수 및 핑 손실률	25
[표 4-2] 버퍼크기 변경 후(8Mbyte 에서 32Mbyte) 핑 손실율.....	26
[표 4-3] 버퍼크기 변경 후(1Mbyte 에서 4Mbyte) 핑 손실율.....	27
[표 4-4] 전송지연 발생원인	29
[표 4-5] 대역폭별 Encapsulation	32
[표 4-6] 대역폭별 매핑방법	34

A Study on the Analysis of Ping-loss and Transition Delay for the Internet Deployment based on Multi Services Provisioning Platforms

Young-Soo Lim

*Department of Telecommunication Engineering, The Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

MSPP (Multi-Services Provisioning Platforms) is a network platform providing Ethernet services to the IP subscribers who can utilize PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), SDH (Synchronous Digital Hierarchy) and WDM (Dense-Wavelength Division Multiplexing) infrastructures at the same time.

In this dissertation, we propose the analysis of ping-loss and transition delay for the Internet deployment based on MSPP. For this, analysis method and result are envisaged. According to our experience, the adjustment of buffer size and transmission delay time is critical factor for the MSPP devices utilized to provide burst traffic Internet services.

Based on these results, finally we suggest a practical application approach to ameliorate Internet service quality and network stability in the real network environment.

I. 서론

일반적으로 인터넷 활용을 위해 가입자 접근기술로는 동기식 시분할 다중화 방식인 SDH(Synchronous Digital Hierarchy)[1] 혹은 SONET(Synchronous Optical Networking)[2] 기술 기반의 전용회선 액세스 서비스가 많이 활용되어왔다. 여기서 SDH 혹은 SONET을 이용한 액세스 서비스를 음성서비스 트래픽에 활용할 경우는 CBR(Constant Bit Rate)[3] 형태로 항등서비스 용량이 적용되므로 회선교환에 기반한 음성서비스 특성상 책정된 대역폭의 낭비가 없는 장점을 가진다.

그러나 이 기술을 IP(Internet Protocol)[4] 기반의 데이터 서비스에 대한 액세스 기술로 활용하면 인터넷 트래픽의 버스트한 성격을 고려하여 최대 순간 대역폭을 기준으로 책정하기 때문에 VBR(Variable Bit Rate)[5] 형태로 적용되는 패킷 기반 문자서비스에서는 경우에 따라서는 많은 대역폭의 낭비를 가져오며 사용자 측면(Service User)에서는 높은 사용료를 지불해야 하는 문제점을 가지고 있다. 또한 사업자 측면(Service Provider)에서도 전체 요구되는 총 대역폭에 비해 훨씬 큰 용량의 시설을 설비하여야하여 경제성 문제도 무시할 수 없다.

이러한 문제를 요약해 보면 SDH[1] 혹은 SONET[2] 전송망이 원래 음성 트래픽의 원활한 전송을 위해 설계되어 인터넷 서비스 초창기에는 서비스 사업자가 기존의 통신망 인프라를 이용하여 IP[4] 서비스를 제공할 수 밖에 없기 때문으로 기인된다.

오늘날의 기업 네트워크(Enterprise Network)환경에서는 분산 컴퓨팅을 위한 네트워크 기반의 다양한 응용프로그램이 요구되고, 이를 제공하기

위한 교환 장비, 전송장비, 액세스 장비, 망 장비와 서버 시스템 등이 필요한 작업수행을 위해 해당 프로그램 동작으로 네트워크 트래픽은 기하급수적으로 증가하여, 통신사업자들은 새로운 데이터 서비스를 위한 별도의 액세스망(예를 들어 이더넷망 기술을 접근망에 활용하는)의 구축이 필요하게 되었다.

그러나 새로운 형태의 액세스망 기술을 활용하는 접근방법은 기존에 많은 비용 투자로 구축된 SDH[1] 혹은 SONET[2] 전송망 시설을 포기하고 새로운 이더넷 기술에 기반한 전송망 및 액세스망을 별도로 구축하는 문제점을 제기한다.

이러한 문제의 해결방안으로 기존의 SDH[1] 혹은 SONET[2] 전송망 인프라를 활용하면서 가입자에게는 이더넷 기술로 IP 서비스를 제공할수 있는 방법이 다중서비스제공플랫폼(MSPP: Multi Service Provisioning Platform) [6][7]을 활용하는 방법이다.

다중서비스제공플랫폼을 활용하는 방법은 SDH[1] 혹은 SONET[2] 기반의 안정된 플랫폼에서 기존의 음성 신호인 T1(1.544Mbps), T3(45Mbps) 및 동기식전송서비스(OC12(622Mbps), OC48(2.5Gbps), OC192(10Gbps))에 해당하는 전송서비스 제공과 가입자 측의 교환 서비스로 일반적인 이더넷 서비스(10BaseT) 그리고 패스트 이더넷 및 기가빗 이더넷을 동시에 수용하는 회선 분배기능과 궁극적으로는 DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing)[8] 전송망을 연결해 주는 멀티링 등을 지원하는 새로운 형태의 광 전송 기반 다중서비스제공플랫폼 시스템을 이용하는 것이다. 현재 이 플랫폼 기술은 서비스 제공자들의 백본 장비로 활용하거나 대형 기업 고객자들이 사내 망 구성에서 매우 선호되고 있으며, 특히 622Mbps에서 10Gbps까지 서비스 제공이 하나의 플랫폼 장비 내에서

가능하고 OC12(622Mbps), OC48(2.5Gbps), OC192(10Gbps)간의 완벽한 상호 연동으로 End-To-End 회선구성이 이루어져 초기투자비나 운용비 등에서 많은 비용절감 효과를 가져온다.

다른 한편으로 인터넷 서비스 사용자의 입장에서는 IP 기술[4]에 기인한 패킷 서비스 개념에서 사용자 서비스가 동작하므로 동기식 시분할 다중화 및 DWDM기술[8]에 기반한 전송 기술로 해당 서비스 데이터가 전달됨으로 인해 양 기술의 개념 차이에서오는 핑손실(Ping-Loss)과 전송지연(Deley Time)[9] 등으로 인터넷 서비스에서 많은 문제점을 야기한다. 여기서 중요한 사실은 발생된 인터넷 서비스의 문제점을 사용자 측면 즉 응용 프로그램과 인터넷측면의 문제로 인해 발생한 것인지 아니면 전송측면의 문제로 인해 발생한 것인지 확실한 정의를 쉽게 내릴 수 없다는 것이다.

본 논문에서는 위에서 언급한 것과 같이 다중서비스제공플랫폼 장비를 활용하여 인터넷 서비스를 제공함에있어 가장 문제가 되는 해당 서비스 플랫폼인 MSPP 전송장비에서의 핑손실 및 전송지연에 영향을 줄 수 있는 부분을 파악하고, 문제가 발생한 구간에 대한 진단이 첫번째 목표이다. 이와 더불어 해당원인을 분석함으로써 이를 해결하는 성능향상 방법을 제시하여 해당 플랫폼을 활용한 인터넷 서비스 품질 향상 및 망의 안전성에 기여하는 것이 두번째 목표이다.

위에서 제시한 목표를 달성하기위해 본 논문의 2장에서는 인터넷 서비스 액세스 기술의 개념과 SDH[1] 혹은 SONET[2] 전송 기반 기술의 개념, WDM[8] 전송 기반 기술의 개념을 다루었고, 3장에서는 다중서비스 제공플랫폼(MSPP)[6][7]의 개념, MSPP의 활용한 멀티서비스 제공에서의 문제점을 요약한다. 그리고 4장에서는 핑손실 및 지연시간 개념 정의

와 분석모델 제시 및 분석방법 및 결과에 대해 기술하고, 또한 해당 플랫폼을 활용한 인터넷 서비스 품질 향상 및 망의 안전성에 기여에 활용할 수 있는 방안을 요약한다. 마지막으로 본 논문의 5장에서는 평손실 및 지연시간에 대한 성능 요소를 효율적으로 할 수 있는 대안을 제시하여 결론을 맺는다.



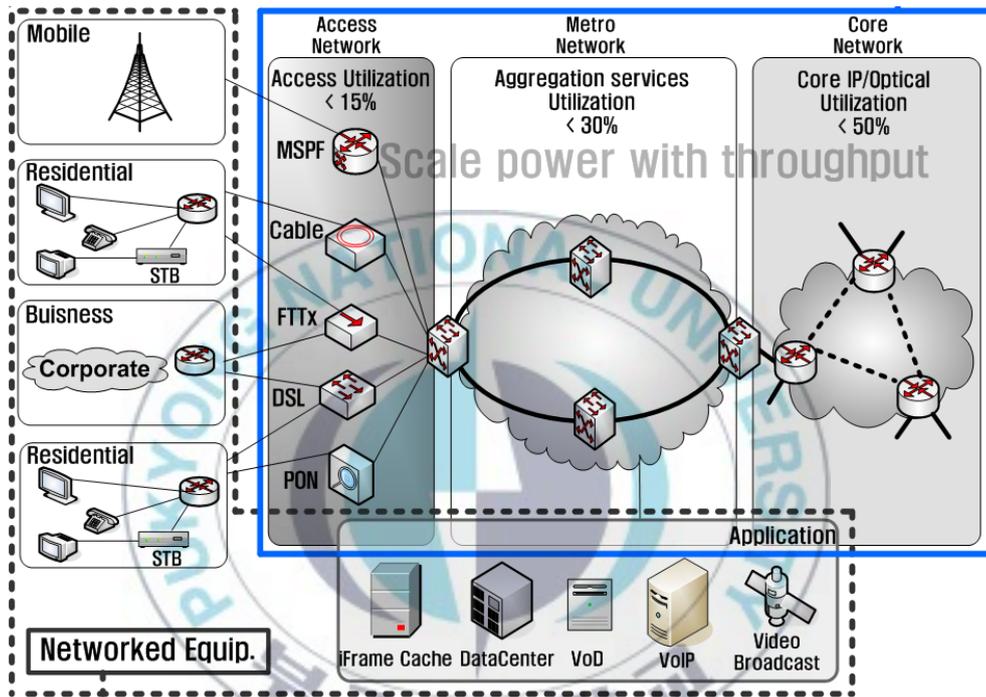
Ⅱ. 인터넷 서비스 액세스 기술

1. 인터넷 액세스 기술 개념

지금까지 가입자 액세스망은 가입자 단말을 전화 교환국까지 연결하는 선로에 불과하였으나 초고속 가입자 액세스 망 개념이 등장함에 따라 새로운 통신망의 구축 개념이 대두되었다. 이는 기존의 교환기를 포함하여 여러 망 장치들이 서비스 노드 형태로 초고속 가입자 액세스 망을 중심으로 접속된다.

초고속 가입자망의 궁극적인 목표는 모든 가정을 광케이블로 연결하는 FTTH(Fiber To The Home)[10]구조의 초고속 멀티미디어 서비스로의 접근 망으로 활용이다. 그러나 이를 구현하기 위해서는 많은 시간과 막대한 투자비를 요하는 등 경제성의 문제에 봉착하게 되고, 현재로서는 당분간 이를 대체할수 있는 다른 기술들이 더 큰 주목을 받고있다. 초기에는 이러한 시간적 격차를 해결해 줄 기술로 ISDN(Narrowband Integrated Services Digital Network)[11]이 주목을 받았으나, 현재는 통신기술의 발달로 인해 기존 가입전화의 동선을 그대로 활용하는 xDSL(x-Digital Subscriber Line)[12][13]기술과 액세스 노드에서 분배노드까지 휘더 부분은 광선로를 설치하고 분배노드에서 가입자까지는 기존 가입전화의 동선을 활용하는 VDSL/FTTH(Very High Speed DSL/Fiber To The Curb)방식[13], 헤드 앤드(Head End)에서 ONU(Optical Network Unit)까지는 광선로를 설치하고 분배부분은 기존의 케이블 TV 전송망의 동축케이블을 활용하는 HFC(Hybrid Fiber & Coaxial)방식 등 다양한 방법들이 상용화가 실현되고 있고 물리매체 유형에 따라 FTTC/FTTH/ATM-

PON/HFC/HFR 등 다양한 액세스 시나리오를 갖게 되었다. 아래 [그림 2-1]은 인터넷 활용을 위한 다양한 액세스 방법을 보여주고 있다[14].



[그림 2-1] 다양한 인터넷 액세스 방법

2. SDH/SONET 기반 기술

SDH[1]는 광통신 시스템들에 의한 디지털 전송망의 구축을 위하여 SONET 접속표준을 만들던 중, 이를 B-ISDN[15]의 망 노드 접면(NNI: Network Node Interface)의 가입자 접속 전송표준으로 사용할 수 있도록 일반화시킴으로서 개발되었다. 일반적으로 SDH[1]를 사용한 전송망 구조는 다중화/역다중화가 단순하고, 저속 계위 신호에 접근하기가 용이

하며, 운용 및 유지보수 기능을 향상시킬 수 있고, 높은 비트율로의 확장이 수월하다는 장점을 가진다.

기존에 주로 이용되어 왔던 북미의 1.544Mb/s와 유럽의 2.048Mb/s 신호를 바탕으로 하는 비동기식 전송체계는 다단계 다중화 구조를 가지고 있어 전송속도를 증가시키기가 용이하지 않았고 신호 지연, 낮은 전송설비 이용효율, 다중화 장치설치로 인한 비용증대 발생 그리고 전송망의 현대화와 직결되는 망운용 및 유지관리 OAM(Operations, Administration & Maintenance) 자동화, 전송망의 소프트웨어 구동 네트워크 실현 등의 측면에 많은 제약이 있었다[16]. 결과적으로 이러한 비동기식 전송방식의 문제를 해결하고, 전송장비에 컴퓨터 및 소프트웨어 기술을 보다 적극적으로 활용할수 있는 동기식 광전송기술인 SDH[1] 혹은 SONET[2]의 광전송망 개념이 등장하여 이와 관련된 기술이 ITU-T에 의해 국제 표준화됨으로써 범세계적으로 적용되고 있다.

SDH[1] 혹은 SONET[2]을 기반으로 하는 동기식 전송 시스템은 전송속도의 고속화 및 신뢰성과 경제성 측면에서 우수한 특성을 가지는 광섬유와 망 구성의 유연성 및 망 OAM&P(Operations, Administration, Maintenance, and Provisioning) 능력을 바탕으로하여 망 사용자에게는 고품질의 높은 전송속도로 새로운 서비스를 저렴하게 제공받는 것이 가능하다.

또한 유연한 망 구축 및 신호의 경로 관리를 통해 망의 신뢰성 제고와 OMA&P 비용 절감을, 그리고 장치 생산자에게는 광전송 장치의 국제적 표준화로 이종 공급자 장치간 호환성을 갖게 되었을뿐만 아니라 장치의 대량 생산도 가능하게 되어 통신사업자에게 주력장비로 공급되어 지금까지 안정적으로 사용되고 있다.

SDH[1] 혹은 SONET[2]의 다중화된 신호는 STM-1 Payload에 수용되어 155Mbps를 기본단위로 4배, 16배, 64배 등으로 속도가 정해져 있으며 최근에는 64배 즉 10Gbps를 넘어 40Gbps로 나아가고 있다.

SONET[2]은 전송속도 단위가 51Mbps의 1배, 4배, 16배, 64배 등으로 정해져 있다. 동기식 비동기식 계위는 [표 2-1]에 나타내고 있다.

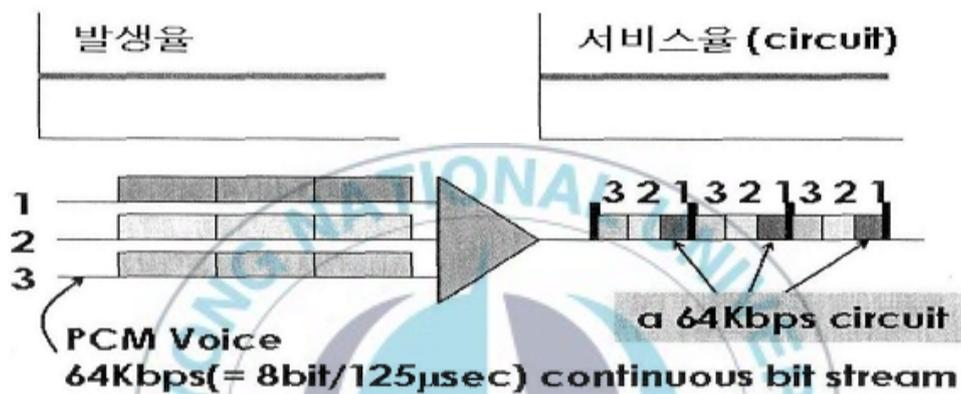
[표 2-1] 동기식 비동기식 다중화 계위

비동기식 다중화 계위(PDH) (Mbps)				동기식 다중화 계위 (Mbps)			
계위	NAS	CEPT	한국	SONET(북미)		SDH	
DS-0	64K	64K	64K	STS-1	51.840	(STM-0)	51.840
DS-1/1E	1.544	2.048	2.048	STS-3	155.520	STM-1	155.520
DS-2/2E	6.312	8.448	6.312	STS-12	622.080	STM-4	622.080
DS-3/3E	44.736	34.368	44.736	STS-48	2,488.320	STM-16	2,488.320
DS-4/4E	274.176	139.264	139.264	STS-192	9,953.280	STM-64	9,953.280
DS-5/5E		564.992	564.992	STS-768	39,813.120	STM-256	39,813.120

하지만 이러한 장점에도 불구하고 SDH/SONET[1][2]은 앞서 설명한 대로 음성트래픽을 전송할 목적으로 설계되었고, 현재 IP 트래픽은 여러가지 논란이 존재했지만 Ethernet을 통한 IP[4]로 활용 체계로 운영되고 이러한 트래픽을 기존의 SDH/SONET[1][2] 광 전송장비로 전송하기에 몇가지 문제점이 존재한다.

기존 SDH/SONET 광전송장비는 시분할다중화(TDM: Time Division

Multiplexing)[17]와 회선교환(Circuit Switching) 개념을 바탕으로 동작하여 이는 아래 [그림 2-2]에서 설명되는 것 같이 채널상에 데이터의 존재유무와는 상관없이 일정한 고정 대역폭(CBR)[3]을 점유한다.

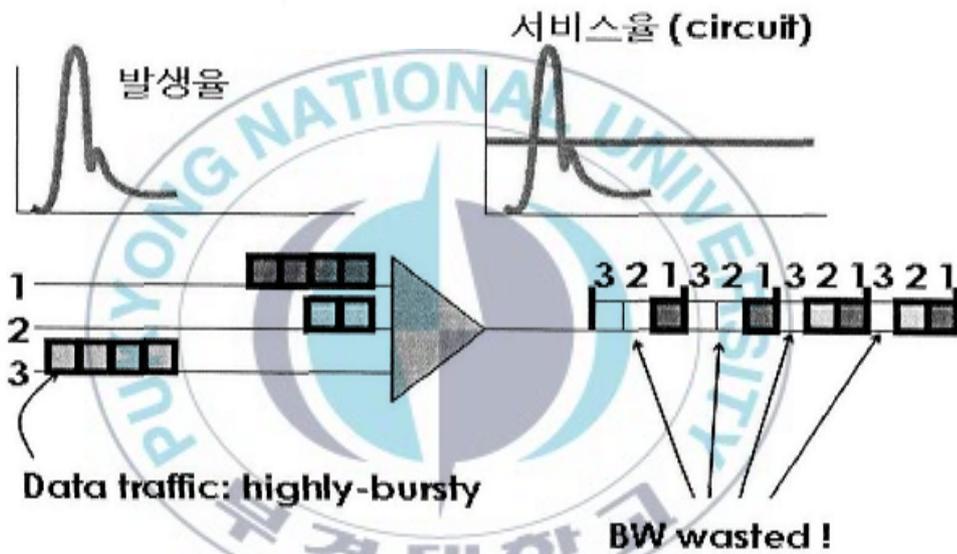


[그림 2-2] TDM에서 음성트래픽 발생율과 서비스율

따라서 기존의 광 전송장비는 음성 서비스에 기반을 두고 있으며 이는 64Kbps PCM(Pulse Coded Modulation)[18]의 고정 데이터 발생율(CBR)[3]로 생성된 음성 데이터를 실 데이터 존재 유무와 관계없이 동일한 서비스율로 전송하기에 적합하도록 설계되어 있다.

한편 현재의 IP 트래픽의 발생율은 음성 트래픽과 달리 버스트한 성격(VBR)을 가지고 있으며[5], 이를 고정된 서비스율을 가지고 있는 기존의 TDM[17] 광 전송장비로 지연없이 송신하기 위해서는 피크치에 해당하는 대역폭으로 높게 책정하여야 하므로 필요 이상의 전송 설비 설치로 인한 성능대 비용측면이 매우 비효율적이다[19]. 예를 들어 [그림 2-3]과 같이 시간축상에서 살펴보면 여유 대역폭을 가지고 있음에도 불구하고 하

나의 채널은 하나의 가입자에게 고정되는 TDM[17] 특성상 해당 대역폭의 낭비를 초래하므로 가변대역폭(VBR)[5] 기반 IP 트래픽 특성에 맞추어 통계 TDM(Statistical Time Division Multiplexing) 형태의 다중화 능력을 요구하고 있다.



[그림 2-3] TDM에서 IP 트래픽 발생률과 서비스율

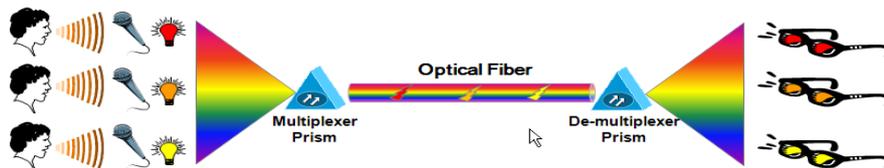
이러한 문제점을 해결하기 위해 가입자의 다양한 서비스(CBR 및 VBR)[3][5]들의 대역폭 요구를 손쉽게 수용할수 있고 또한 더불어 새롭게 등장하는 다양한 서비스를 수용하기위한 새로운 서비스 플랫폼 방식이 파장분할다중화 방식인 WDM(Wave Division Multiplexing)[20][21]에 기반한 다중서비스제공플랫폼(MSPP)[6][7]이다.

3. WDM 기반 기술

파장분할다중화기술(WDM)[20][21]의 개념이 처음 도입된 배경은 통신량의 급격한 증가에서 기인된 것이다. 즉 멀티미디어가 급속히 발전함에 따라 실시간 VOD(Video On Demand), 화상통신, 음향정보 등 대용량 대규모의 정보전송서비스 요구로 인해 새로운 형태의 고용량 전송 기술이 필요하다.

이는 기존의 전송 수단으로는 달성하기가 쉽지 않으며, 기존의 광케이블 하나당 하나의 파장을 사용하여 적은 대역폭을 전제로 사용하기 위하여 정보데이터를 여러 가지 방법으로 압축을 하기도 하지만, 최선의 방법은 정보를 일시에 대량으로 전송할 수 있는 광케이블 하나당 여러 개의 파장을 활용하는 다중화 기술을 사용하는 개념이 바로 WDM 기술이다[20][21].

WDM[20][21]은 광 전송망의 기본이 되는 기술로 하나의 광섬유를 사용하여 독립적으로 분리된 많은 수의 광 채널을 파장분할 다중화 방식으로 전송하는 기술을 말한다. 아래 [그림 2-4]는 각 채널이 서로 다른 파장의 빛으로 다중화되는 과정을 그림으로 쉽게 나타낸 개념 설명이다.

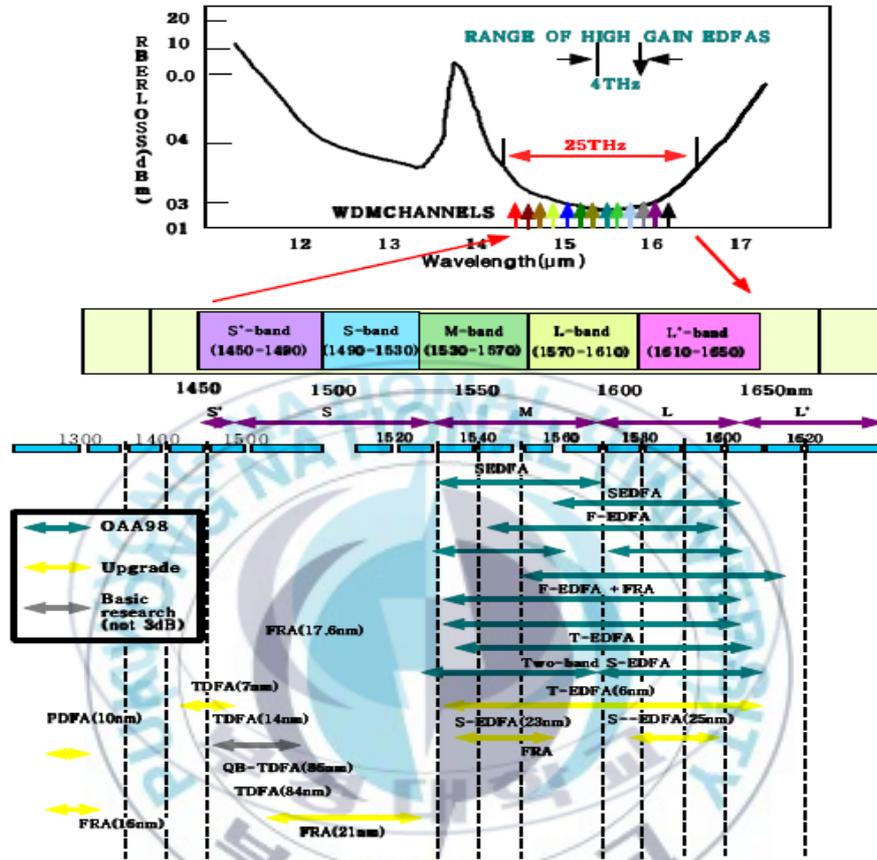


[그림 2-4] WDM 파장개념

즉 각각의 서로 다른 색의 빛들은 WDM 장비에 의해 다중화되어 하나의 광섬유를 통해 전송된 후, 역다중화기에서 분파되어 채널로 분리되는 개념을 나타낸 것이다.

[그림 2-5]는 단일모드 광섬유의 손실곡선 및 WDM 방법[20][21]으로 활용하는 파장대역을 설명한 그림이다.

이 그림에서 보는 것처럼 일반적으로 광섬유를 통한 전송은 850nm, 1310nm, 1550nm의 3가지 파장대역을 사용하여 구현된다. 먼저 850nm 파장 대역은 가시광선 영역을 조금 벗어난 근적외선(780~3000nm)영역으로 현재는 무선광통신 모듈이나 리모콘 등과 같은 곳에서 주로 사용되어지고 있다. WDM 기술에서 활용되는 파장 대역은 1310nm와 1550nm의 파장대역을 활용하는 형태로 연구되고 있으며 광섬유의 손실특성을 살펴보면 1310nm 파장대역은 분산(파장이 늘어지는 현상)이 없는 반면 활용 영역이 그리 넓지 않아서 1550nm 파장대역에 비해서 손실이 많다는 단점이 있다. 현재로는 1550nm 파장대역이 WDM 전송 기술에서 많이 활용되고 있다.



[그림 2-5] WDM 파장영역 및 전송밴드 구분

다음 [표 2-2]는 1550nm 파장대역의 WDM 전송 기술로 사용되는 국내 국간용 전송시스템의 제품별 및 속도 등에 관계되는 제원을 요약한 표이다. [표 2-2]에서 전송용량에 관계되는 Capacity는 한 가닥의 광섬유에 동시에 전송할 수 있는 데이터의 전송량을 의미하는 것으로 단위로는 Gbps 또는 Tbps로 나타낸다.

[표 2-2] 국간용 WDM 전송시스템 제원

	Lucent Wavestar QLS 1.6T	Lucent Lambda Xtreme	Clara Core Xtreme	Nortel Optera 1600	Huawei OPTIX	Marcini UPLx160	Hijitsu Flash wave	Alcatel 1640	ERI Lightmux 1600
Capacity	1.6T	1.26T 2.56T	1.6T	600G	520G	1.6T	1.76T 5.52T	1.6T	1.6T
SIM-256 (40G)		○					○	○	
SIM-64 (10G)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
SIM-16 (2.5G)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
SIM-4 (622M)			○		○				
SIM-1 (155M)					○				
Bitrate Independent	100M ~ 2.5G	100M ~ 2.5G					100M ~ 2.5G	100M ~ 2.5G	
10GE/GbE	○/×	○/○		○/○	×/○		○/○		○/○
4:1 MUX 2.5G>10G	○	○		○		○	○		○
4:1 MUX 10G >40G		○							
8:1 MUX GbE >10G				○					○
Tunable transponder		○					○		
SF	○			○		○	○	○	○
NZ-DSP	○	○		○		○	○	○	
DSP	○			○			○	○	
Ramanamp	○	○	○	○		○			
Distance	1,000km	4,000km 1,000km	15×25dB		6×22dB	5,000km	4,000km	900km	1,120km
RFC	○	○	○		○	○	○	○	○
BER	< 1E-16		< 1E-15	< 1E-15				< 1E-16	< 1E-15
QAM		○	6λ	○	12λ	○	○	6λ	< 6λ
SV channel		155Mbps	2.0Tb 1.6Tm					150m	155Mbps 150m

아래 [그림 2-6]은 국내 통신사업자 대부분이 구현하고 있는 이중 구조 형태의 전형적인 WDM[20][21] 전송망 구성을 나타낸다. 이러한 구조는 링 형태로 이중화하여 한쪽이 문제가 생기는 경우 다른쪽을 대체 경로로 사용할 수 있고, 또한 트래픽 분산으로 효율적인 망 구성의 장점을 가지는 구조이다. [그림 2-6]에서 보면 국내 데이터 트래픽이 집중되는 수도권지역(서울)을 중심으로 부산까지 장거리 경로와 단거리경로 2개의 전송경로로 구성됨을 볼 수 있다.



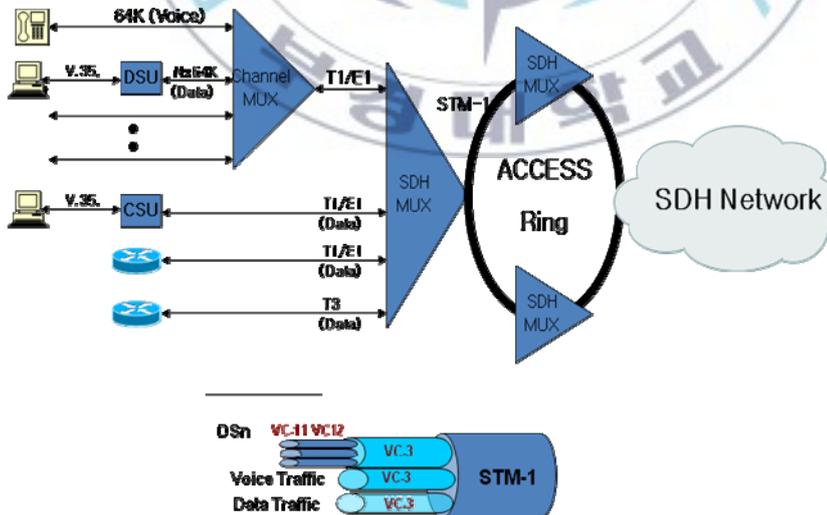
[그림 2-6] 이중 구조 형태의 국내 WDM 전송망 구성(KT)

[그림 2-6]의 최종단에 위치하는 부산에서 서울까지 연결되는 장거리 경로의 경우(부산-광주-대전-서울)는 해당 거리가 1,000km 정도이고, 다른 한편으로 단거리 경로의 경우(부산-대전-서울)는 약 700km의 물리적인 전송거리를 가진다. 여기서 물리적인 전송거리는 광섬유의 파장을 활용하여 빛의 속도로 통신을 수행하는 WDM 전송에서 전송품질에 많은 영향을 주는 지연현상의 주요인이다. 특히 앞절에서 설명한 가입자의 다양한 서비스(CBR 및 VBR)[3][5]들의 대역폭 요구를 손쉽게 수용할 수 있는 새로운 서비스 플랫폼 방식인 파장분할다중방식인 WDM[20][21]에 기반한 다중서비스제공 플랫폼(MSPP)[6][7]을 활용하는 기업고객전용망에서의 주요 문제점이 된다.

Ⅲ. 다중서비스제공플랫폼 기반 인터넷 액세스 기술(MSPP)

1. 개념

기존의 시분할다중화(TDM) 기술[17]에 기반한 전송방식은 [그림 3-1]과 같으며 제공 속도는 Nx64Kbps, T1(1.544Mbps), E1(2.048Mbps), T3(45Mbps), STM-1(155Mbps) 형태로 한정되어 사용된다. 그러나 기업고객의 입장에서는 다양한 인터넷 서비스의 요구로 1.5Mbps와 45Mbps 사이의 서비스 속도 혹은 45Mbps와 155Mbps 사이의 다양한 대역폭을 요구한다.



[그림 3-1] 현재의 SDH망 구성

결과적으로보면 VBR[5] 형태의 버스트 트래픽의 특징을 갖는 인터넷 서비스를 제공하려면 해당 서비스 최고 속도의 대역폭을 할당하여 많은 낭비와 비용을 초래한다.

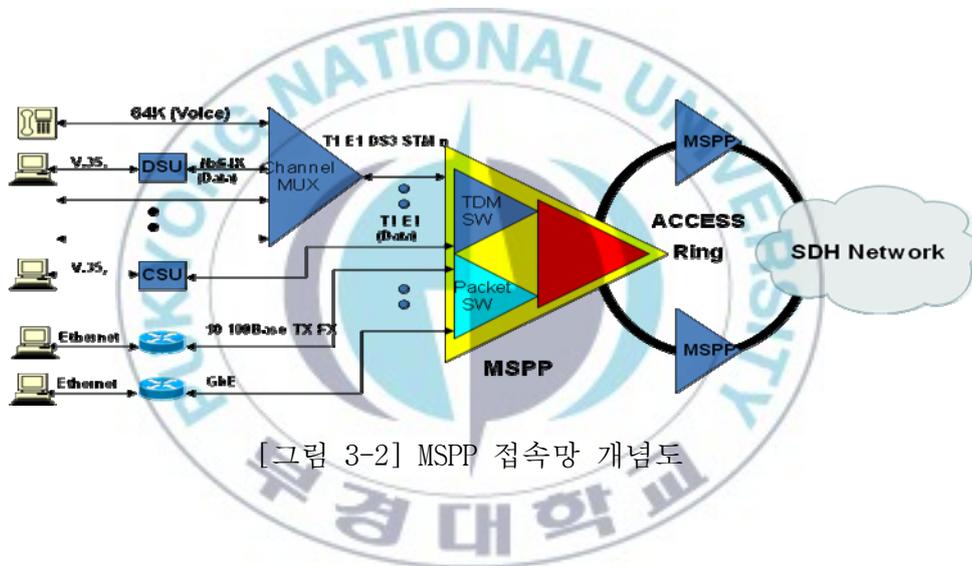
일반적으로 이를 해결하기 위해 통신사업자들의 요구로 전송장비 제공업체들에게 다양한 형태의 멀티링크 기술을 가지는 광 전송장비 개발을 요구한다[22]. 현재 IP 트래픽은 여러가지 논란이 존재했지만 인터넷을 통한 IP[4]로 전달 체계로 운영되고, 또한 고속의 SAN 트래픽을 수용을 위해서는 각각의 인터넷 서비스의 QoS(Quality of Service)를 보장을 위해 기존의 TDM 전송기술[17]에 의존하는 것은 문제가 있다.

결과적으로 새로운 광 전송장비는 가입자의 다양한 대역폭 요구를 손쉽게 하고 또한 더불어 새롭게 등장하는 다양한 서비스를 수용할 수 있어야 한다. 그러나 전송 장비의 막대한 투자비를 고려하면 기존의 TDM[17] 전송 장비를 모두 버리고 새로운 형태로 개발하는것도 낭비이다. 이러한 이유로 기존의 광 전송장비의 활용을 극대화하고 대역폭의 낭비없이 다양한 대역폭 제공과 다양한 인터넷 서비스 품질을 제공하는 방식이 다중서비스제공플랫폼(MSPP)[6][7]을 활용하는 방법이다.

다중서비스제공플랫폼(MSPP)[6][7]은 데이터 트래픽을 효율적으로 전달할 수 있도록 SDH/SONET[1][2] 전송장비에 다양한 품질의 인터넷 데이터 서비스를 지원하고 SDH/SONET[1][2] 전송망에서 다양한 대역폭의 서비스를 효과적으로 제공하기 위해 데이터 트래픽을 통계적 다중화하는 기능을 추가한 개량형 SDH/SONET[1][2] 전송 장비이다. 즉 기존의 SDH/SONET[1][2] 기술을 기반으로 데이터 서비스가 용이한 형태로 발전시켜 인터넷을 효율적으로 수용하는데 중점을 두고 있다.

MSPP 기술[6][7]의 주요 목적은 음성서비스와 데이터 서비스 통합

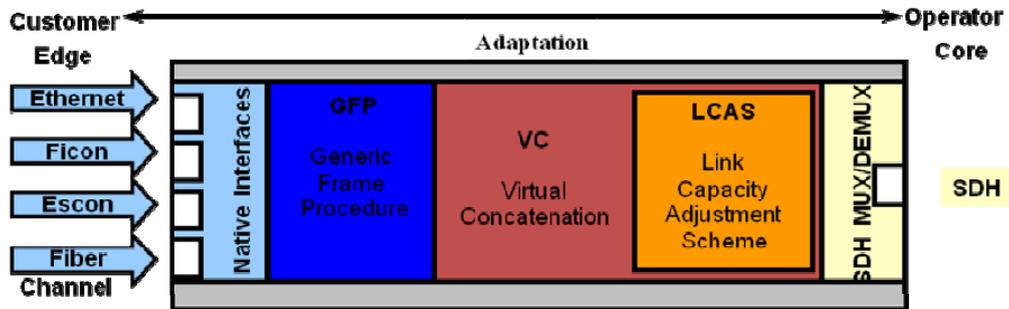
수용 및 데이터 서비스 트래픽의 집선을 통하여 효과적인 대역폭 할당으로 이용 효율성을 향상시키고 기존 SDH/SONET[1][2] 망과의 상호연동성을 효과적으로 달성한다. 일반적으로 인터넷 서비스의 다양화로 인한 증가하는 요구 대역폭을 감안할 때 통합액세스 망에서의 요구 대역폭은 증가하는 추세이므로 [그림 3-2]와 같이 다양한 서비스를 통합하는 MSPP 장비의 개발 및 이를 활용하여 국사 내 여러 전송장비를 통합화하면 단순하고 강력한 접속망 제공이 가능하다.



[그림 3-2] MSPP 접속망 개념도

2. MSPP 기반 기술

MSPP의 기술[6][7]은 다양한 속도의 데이터 서비스 수용이 용이하도록 발전시킨 형태로서 IP[4]와 이더넷을 효율적으로 수용하는데 중점을 두고 있으며 적용되는 주요 핵심기술은 [그림 3-3]과 같은 구조적인 내용을 보인다.



[그림 3-3] MSPP 서비스 구조

GFP(General Frame Procedure)[23]는 이더넷 프레임을 전송장비의 SDH/SONET 계위에 매핑시키는 기술이고 VCAT[24]은 기존 Contiguous Concatenation에서 설정된 대역폭의 비효율성을 이더넷 대역폭 수준에 맞춰 SDH/SONET 전송구간의 효율성을 증대시키기 위한 기술이다.

그리고 LCAS(Link Capacity Adjustment Scheme)[25]는 대역폭의 효율적인 운용을 위한 기술이다. 주 기능은 Data over SDH/SONET(DoS)로 기존 전송장치가 POS(Packet Over SDH) 혹은 PSTN(Public Switched Telephone Network) 전송에 머물렀던 기능을 확장해서 데이터 신호를 수송할 수 있도록 하자는데 그 목적이 있다.

앞서 언급한 기존 TDM 광 장비의 제공 속도는 Nx64Kbps, T1(1.544Mbps), E1(2.048Mbps), T3(45Mbps), STM-1(155Mbps) 형태로 한정되어 제공된다. 하지만 인터넷 발달과 응용 서비스의 발달로 서비스 이용자는 다양한 대역폭의 응용 서비스를 요구하고 있다. 그런 이유로 MSPP 기술[6][7]을 활용하면 [표 3-1]에 요약된 것처럼 데이터 서비스 활용 대역폭 대비 전송 대역폭 효율성을 효과적으로 달성할 수 있다.

[표 3-1] 데이터 서비스 활용 대역폭 대비 전송 대역폭 효율성

Service	Bit Rate	Without Vcat	With Vcat
Ethernet	10 Mbit/s	VC3 (20%)	VC12-5v (100%)
Fast Ethernet	100 Mbit/s	VC4 (67%)	VC5-2v (100%)
Giga Ethernet	1000 Mbit/s	VC4-16c (42%)	VC4-7v(95%)

[표 3-1]에 의하면 이더넷(Ethernet)의 대역폭이 10Mbps 일 때 SDH가 제공할 수 있는 가장 근접한 대역폭은 51Mbps로 대역폭 활용 효율성이 약 20% 정도에 머문다. 그러나 MSPP[6][7]에서 VCAT[24] 기능을 활용한 가상연접으로 구성하면 각각의 이더넷 대역폭에 100%의 효율성을 높일 수 있다.

이와 같이 MSPP 기능을 활용한 Ethernet over SDH 기술을 사용하면 기존 전송 장비에서 가졌던 LAN 대역폭 대비 전송 구간 대역폭의 비효율성 문제를 해결할수 있고 융통성 있게 사용할 수 있는 이점이 있다. 또한 GFP[23]을 이용하여 공통된 전송 플랫폼을 이용하므로 기존에 설치된 전송장치를 이용하여 이중 제품간 호환성을 유지할 수 있는 이점이 있다.

3. 기업 네트워크 기반 활용에서의 문제점

다양한 용량의 데이터 서비스 트래픽을 적절히 전송하기위한 전송장비로 MSPP[6][7]는 기업네트워크 고객들의 다양한 서비스 요구를 충족시키는 전송 장비로 많이 활용되고 있다[26]. 하지만 오늘날 기업

(Enterprise) 네트워크 이용자는 여러 가지 네트워크 장비와 시스템 그리고 다양한 작업수행을 위한 서비스 프로그램으로 구성되어 있고 시스템의 증가와 운영되는 프로그램의 다양성으로 인하여 기업 네트워크에서 접속망의 요구 기능은 다양하므로 복잡성이 점차 확대되고 있다. 특히 LAN, WAN 환경에서 네트워크의 발전은 규모의 증가와 다양한 전송매체, 장비 등의 개발과 발전을 촉진시켜왔으며, 공장자동화 및 사무자동화 등의 업무전산화로 인한 분산 컴퓨팅 환경이 확대되고 네트워크 기반의 응용프로그램이 다양하게 개발됨에 따라 네트워크 트래픽은 기하급수적으로 증가하고 있다.

그러므로 인터넷 서비스 트래픽의 급성장으로 인터넷 접속망에 병목 현상과 이용속도 저하 등의 문제로 기업고객 입장에서는 MSPP를 활용한 효율적인 네트워크 자원 활용을 통한 접속망 문제 해결에 기대를 걸고 있다[27]. 그러나 MSPP[6][7]에서 활용하는 다양한 기술들의 정합과정에서 생기는 지연 및 손실 등이 인터넷 기반의 IP 서비스에 서비스 품질 관련하여 여러가지 문제가 생긴다.

결과적으로 MSPP 접속 기술[6][7]을 활용하는 인터넷 서비스의 서비스 품질 보장을 위해 MSPP 기반의 네트워크 전송망의 지연시간 분석과 Ping-Loss 같은 성능값을 측정하여 문제가 발생하는 원인을 분석하고 이에 대한 해결 방안이 지속적으로 요구되고 있다.

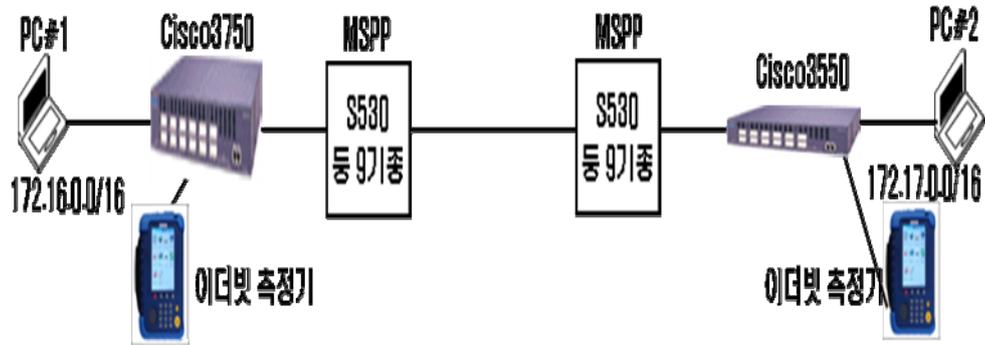
IV. 핑손실 및 지연시간 분석

1. 핑손실 분석 및 활용방안

핑손실(PING: Packet INternet Groper Loss) 분석은 인터넷 서비스 중에서 문제가 발생할 경우 서비스 중인 상대 시스템 간의 동작 현황을 확인하기 위한 인터넷 응용 서비스인 PING 을 활용하여 한쪽 시스템에서 상대방 시스템에 일정량의 패킷을 보내어 돌아오는 결과를 확인하는 방법으로 손실된 패킷 갯수로 동작 상태를 확인하는 과정이다. 일반적으로 PING 서비스는 특정 목적지 시스템까지 해당 패킷을 전달하고 이에 응답 패킷을 받을때까지 왕복시간도 파악하여 망의 상태를 점검하는 용도로 널리 사용된다.

동작의 과정에서 ICMP(Internet Control Message Protocol) 프로토콜[28]을 사용하는데 해당 근원지 시스템에서 ICMP Echo_Request 패킷을 목적지 시스템에 전송하면 목적지에서 ICMP Echo_Reply 패킷으로 응답하여 동작여부를 검사하는데 이 때 상대 호스트 시스템이 Active 상태일 경우는 보낸 메시지가 Echo 되어 돌아오고 그렇지 않을 때는 Echo 되어 돌아오지 않는다.

MSPP 접속 기술[6][7]을 활용하는 인터넷 서비스의 서비스 품질 보장을 위한 MSPP 기반의 네트워크 전송망의 지연시간 분석을 위해 [그림 4-1]과 같이 핑손실 분석용 망 구성을 수행하였다.



[그림 4-1] MSPP 기반 네트워크 전송망 지연시간 분석 테스트베드 구성도

[그림 4-1]에서 MSPP 장비를 여러 회사의 제품으로 연결하고 양측 MSPP 전송로구간의 대역폭은 26Mbps로 포스코에서 사용하는 실제 대역폭과 같이 설정된 상태이고 MSPP 장비는 5개의 9종의 장비가 시험에 사용되었다.

라우터를 통한 이더넷 측정기(계측기 부하를 10% 즉 10Mbps 상태에서의 버스트 패킷을 발생한 경우)를 통한 시뮬레이션으로 해당 개인 컴퓨터간 PC Ping Test 를 실행한 결과는 [그림 4-2]에 나타나있다. [그림 4-2]의 결과에 의하면 좌측의 개인용 컴퓨터에서 목적지 개인용 컴퓨터(IP 주소: 222.104.90.60)로 1000 byte 의 패킷을 443 개 전송하고난 후 돌아올때까지 걸린 시간이 23ms 에 해당되고 423 개를 받아 20 개를 받지 못해 평손실율이 4%에 해당된다. 여기서 중간 라우터를 거치는 홉수를 나타내는 TTL(Time to Live)[4]은 126 개로 설정되어 있음을 알 수 있다.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=29ms TTL=126
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=26ms TTL=126
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=24ms TTL=126
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=16ms TTL=126
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=15ms TTL=126
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=12ms TTL=126
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=10ms TTL=126
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=22ms TTL=126
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=13ms TTL=126
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=25ms TTL=126
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=25ms TTL=126
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=10ms TTL=126
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=11ms TTL=126
Reply from 222.104.90.60: bytes=1000 time=10ms TTL=126

Ping statistics for 222.104.90.60:
    Packets: Sent = 443, Received = 423, Lost = 20 (4% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 10ms, Maximum = 41ms, Average = 23ms
Control-C
^C
C:\Documents and Settings\Wkt4>

Success rate is 97 percent (6902/7059), round-trip min/avg/max = 8/19/216 ms
POSNET_IR_POHW
  
```

[그림 4-2] Ping 시험결과

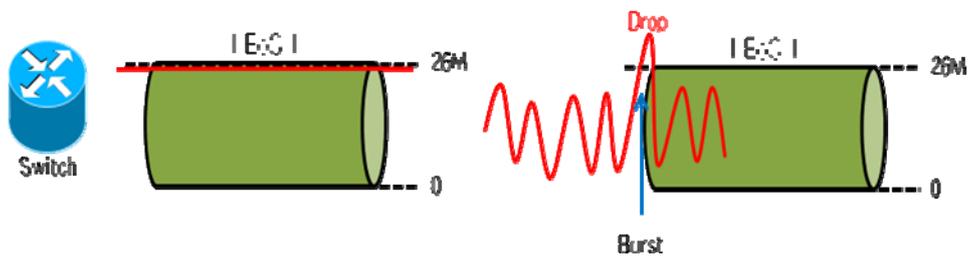
핑손실의 원인으로는 패킷 크기, 지연, 라우터 및 스위치의 성능 등 여러가지 요인[29]이 있으나 본 논문에서는 MSPP 장비의 동작에 중점을 두고 그 원인을 파악한 후 개선 방안을 제시한다.

[표 4-1]은 핑손실의 시험 결과 데이터로 포스코(포항) 본사와 창원지사 간 MSPP 장치 구간에서 발생한 핑손실 발생에 따른 결과치이다.

[표 4-1] 시험에 사용된 버스트 패킷 수 및 핑 손실률

순위	기종	용량	공급사	원천사	대역폭	계측기 옵션		Ping
						Load(%)	packet	
1	A	155M	T사	H사	26M	10	625	-0.0023
2	B		T사	T사	26M	10	268	-2.164
2	C		W사	W사	26M	10	1290	-0.488
4	D		S사	A사	26M	10	199	-0.103
1	E	2.5G	W사	W사	26M	10	1230	-0.422
2	F		T사	H사	26M	10	625	-0.005
3	G		C사	C사	26M	10	207	-0.072
4	H		S사	A사	26M	10	227	-0.014
•	I	155M	N사	N사	26M	10	641	고객사 보유

[표 4-1]을 분석하면 대부분의 장비가 버스트 패킷(VBR 서비스)에서 핑손실이 발생을 하며 다른한편으로 항등비율 패킷(CBR 서비스)에서는 핑손실이 발생하지 않음이 파악되었다. 아래 [그림 4-3]은 이러한 내용을 수치에 해당하는 그림으로 정리한것이다.



[그림 4-3] EOS(Ethernet Over SDH) 패킷처리 도식화

여기서 문제는 대부분의 인터넷 서비스 트래픽은 VBR 형태로 라우터나 스위치에서 복잡 상황에서 Overflow가 일어나는 순간에 평손실이 발생하는것으로 분석되었다[30].

위의 문제를 해결하기 위해서는 MSPP 장비 내의 이더넷에서 사용하는 버퍼의 크기를 늘림으로써 그 해결책을 찾을수 있음을 여러가지 시험을 통해 파악하였다.

먼저 이더넷 칩셋이 L1(OSI Layer-1)에 구현된 MSPP 장비에서는 버스트 패킷으로인한 패킷 손실 방지를 위해 L1 버퍼 크기를 기존의 8Mbyte에서 32Mbyte로 변경한 후의 평 손실 결과를 [표 4-2]에 나타내었다.

[표 4-2]의 결과를 분석하면 해당 버퍼크기를 늘린 상태에서 시험 패킷을 10만 개 전송 후 10만 개를 손실없이 그대로 받았음을 알 수 있다.

[표 4-2] 버퍼크기 변경 후(8Mbyte에서 32Mbyte) 평 손실을

가종	원천사 공급사	용량	Buffer size	전송 대역폭	전송 거리	계측기입선		Router ping			비율(%)		Chip set	
						Load (KB)	Packet	Tx count	Rx count	Loss	성공율	손실율	L1	제조 사
S530	텔레 필드	155M 개선전	8M	26M	15km 아내	10	268	100000	98800	-1200	98.8	-1.2	Ether Map3	Tran switch
				10M	15km 아내	10	268	100000	97836	-2164	97.836	-2.164		
		155M 개선후	32M	26M	15km 아내	10	2,650	100000	100000	0	100	0		
				10M	160km	10	1,024	330001	330001	0	100	0		

이더넷 칩셋이 L2(OSI Layer 2)에 구현된 MSPP 장비에서는 버스트 패킷으로 인한 패킷 손실 방지를 위해 L2 버퍼 크기를 기존의 1Mbyte에서 4Mbyte로 변경한 후의 핑 손실 결과를 [표 4-3]에 정리하였다.

[표 4-3]의 결과를 분석하면 해당 버퍼크기를 늘린 상태에서 시험 패킷을 10만 개 전송 후 거의 10만 개를 손실없이 그대로 받았음을 알 수 있다.

[표 4-3] 버퍼크기 변경 후(1Mbyte에서 4Mbyte) 핑 손실율

가종	원천사 공급사	용량	Buffer size	전송 대역폭	전송 거리	계측기옵션		Router ping			비율(%)		Chip set	
						Load (%BW)	Packet	Tx count	Rx count	Loss	성공율	손실율	L1	제조 사
B	T사	155M 개선전	2M	26M	15km 아내	10	268	100000	97462	-2538	97.4	-2.6	BCM 58014	Broad com
				10M	15km 아내	10	268	100000	95471	-4529	95.47	-4.53		
		155M 개선후	4M	26M	15km 아내	10	2,660	100000	99997	-3	99.99	-0.001		
				10M	160km	10	1,024	330001	330001	0	100	0		

아래 [그림 4-4]는 L1 및 L2 스위치의 버퍼 용량의 수정 내용을 나타내는 그림이다.

장비 구분	Layer 1 Chip Set Solution			Layer 2 Chip Set Solution		KT시험결과 (Burst Packet 수)	
	Vendor	Model	Buffer	Vendor	Model		
AMSP	2007년 이전	Transwitch	EtherMap3	16M	Broadcom	BCM5656	395
	2008년 이후	Transwitch	EtherMap3	16M	Broadcom	BCM56014	1290
BMSP	GF	Transwitch	EtherPHAST 48 Plus		Broadcom	BCM56018	1230
	GE	PMC	Arrow 24xFE		Broadcom	BCM56018	



[그림 4-4] L1 및 L2 스위치 버퍼 용량의 수정

위의 평순실 분석 및 해결 방안을 적용하여 전용회선 사용자의 VBR 서비스 환경 및 조건을 개선하고 현재 현장에서 실제로 적용하여 운용되고 있다.

2. 지연시간 분석 및 활용방안

인터넷 서비스를 위한 데이터통신에서 지연시간이란 해당 메시지를 전송 시 보내는 곳에서 받는 곳까지 얼마만큼의 시간이 걸리는지에 대한 개념으로, 본 논문에서는 Ping TEST의 (time=16ms) 부분의 16ms 즉 출발지에서 목적지까지 해당 패킷이 갔다가 다시 돌아오는 시간 즉 왕

복시간 (RTT: Round Trip Time)을 활용하여 분석한다.

일반 인터넷 사용자는 트래픽, 단말기처리능력 등 다양한 요인으로 사용 서비스가 지연될 수 있고 이에 덜 민감할 수 있으나, 전용회선을 사용하는 기업고객, 특히 금융권에서는 업무특성상 서비스 지연시간에 대해서 매우 민감하고 이러한 지연시간에 대해 실시간으로 모니터링 하여 망 제공자에게 불만을 토로한다[6].

MSPP 전송장비 활용에 있어서 전송지연은 [표 4-4]와 같이 전파지연 및 라우터 및 전송장비 등의 장치 등에서 패킷을 처리하는 과정에서 발생하는 지연으로 크게 분류할 수 있다.

[표 4-4] 전송지연 발생원인

전파 Delay Propagation	광전송 전파지연: 200Km당 1ms지연 (ITU-T G.114)
라우터+전송장비 Delay	중계라우터자체 처리속도로서 소인라우터에서 통신 Cable에 패킷을 실어주는 소요시간, 라우팅 경로설정, Checksum등 + 전송장비 전/광 상호변환 등 Delay

먼저 전파지연은 Snell의 법칙에 의해 다음 식 (4-1)과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{매질에 따른 광 속도}(C) = \frac{\text{광 속도}(C): 300,000 \text{ km/sec}}{\text{굴절율}(1.5\text{로 계산}) \rightarrow \text{유}(규소): 1.42 \sim 1.92} \quad (4-1)$$

식(4-1)을 적용하면 광섬유의 전송속도는 약 $2 \times 10^5 \text{ km/sec}$ 로 계산되고 이에 대한 전송지연시간은 아래 식 (4-2)와 같이 산출된다.

$$\text{전송지연시간} = \frac{\text{전송거리 (200 km)}}{\text{전송속도 (200,000 km/sec)}} \quad (4-2)$$

따라서 전송거리가 200km 에 해당할 경우 1msec의 전송지연시간이 발생한다. [그림 4-5]는 전송거리가 변함에 따른 전송지연시간 값을 측정한 것이다. 일반적으로 200km에 1msec로 비율로 전송거리에 따라 전송지연시간이 일정하게 증가한다.

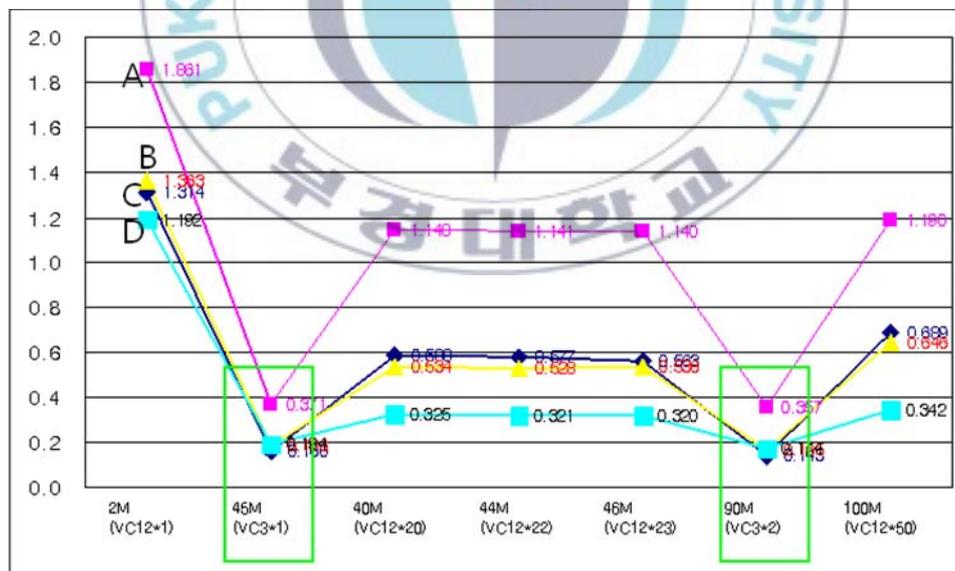


[그림 4-5] 전송거리에 따른 전송지연시간

거리에 따른 지연은 물리적으로 최단경로를 구성하여 사용하는 방법

이 최선이기 때문에 일반적으로 라우터 및 전송장비에서 해당 시간을 단축하여야 한다.

다음 [그림 4-6]은 테스트베드에서 동일한 거리에서 라우터를 포함한 전송장비에서 다양한 전송속도의 EoS 회선에서의 전송지연시간을 측정 한 것이다. 아래 그림에서 (A), (B), (C), (D)는 MSPP 제조사별 시험 대상 제품을 나타내고 그래프 상의 해당 수치는 전송지연시간을 나타낸다. 그리고 가로축의 표기는 대역폭과 괄호안의 수치는 encapsualtion 매핑 단위를 표기한다. 요약하면 (D)사의 제품이 가장 좋은 결과를 나타내고 encapsualtion 매핑 단위는 VC3가 효과적임을 알 수 있다.



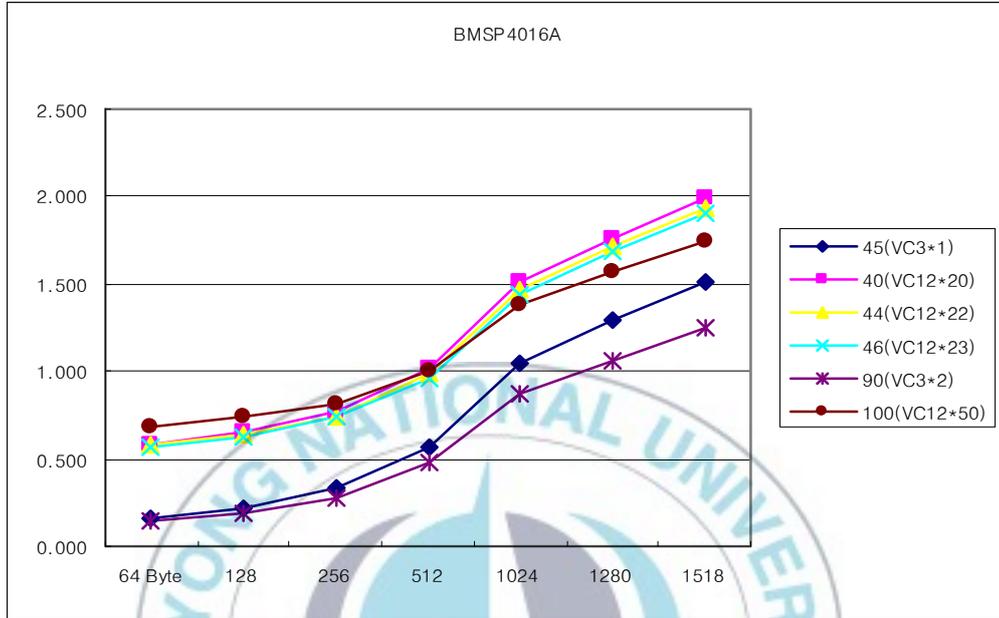
[그림 4-6] 전송장치 EoS회선별 Delay Time 비교측정

[그림 4-6]에서 측정결과와 같이 EOS회선구성 시 Encapsulation을 VC12보다 VC3로 구성할 때 지연시간이 적다.

[표 4-5] 대역폭별 Encapsulation

대역폭(bps)	Port	Delay time 측정(msec)						
		64 byte	128 byte	256 byte	512 byte	1024 byte	1280 byte	1518 byte
2(VC12-1)	1-2(br12)	1.314	1.823	2.830	4.870	8.943	10.984	12.867
4(VC12-2)	1-2(br12)	0.937	1.186	1.730	2.822	5.019	6.117	7.134
6(VC12-3)	1-3(br13)	0.828	1.010	1.393	2.174	3.739	4.522	5.244
8(VC12-4)	1-4(br14)	0.750	0.892	1.188	1.817	3.070	3.694	4.278
10(VC12-5)	1-5(br15)	0.692	0.816	1.064	1.600	2.663	3.194	3.685
20(VC12-10)	1-6(br16)	0.619	0.688	0.848	1.189	1.873	2.218	2.540
45(VC3-1)	2-1(br21)	0.160	0.219	0.328	0.569	1.049	1.290	1.513
40(VC12-20)	2-2(br22)	0.588	0.654	0.764	1.012	1.513	1.758	1.990
44(VC12-22)	2-3(br23)	0.577	0.638	0.948	0.983	1.467	1.708	1.930
46(VC12-23)	2-4(br24)	0.563	0.626	0.935	0.966	1.442	1.680	1.897
90(VC3-2)	2-5(br25)	0.143	0.191	0.275	0.473	0.870	1.067	1.252
100(VC12-50)	2-6(br26)	0.689	0.739	0.815	1.003	1.379	1.574	1.751

[표 4-5]와 [그림 4-7]에서 W사의 MSPP 장비에 대해서 대역폭별 Encapsulation 방법을 다르게 한것으로 45Mbps EoS회선을 VC3와 VC12단위로 구성시 VC3가 VC12보다 약 0.4msec 단축 가능하다. 이는 광케이블 전송거리의 약 80km 단축과 동일한 효과에 해당된다.



[그림 4-7] 대역폭별 Encapsulation

W사의 MSPP 장비 외에 타 장비를 활용했을때도 약간의 편차가 있으나 동일한 결과를 보였다.

MSPP 장비를 활용한 EOS회선구성 시 전송지연시간은 대역폭 및 Encapsulation(VC12, VC3)을 어떤 것을 사용하는가에 따라 영향이 크다는 것이 확인되었다.

결과적으로 전용회선의 경우 대역폭에 대한 Encapsulation을 VC3로 구성하여 Rate Limit를 적용하는 것이 전송지연시간 개선에 효과적임을 알 수 있다.

[표 4-6]은 대역폭을 고려한 Encapsulation 매핑방법을 나타내고 있

다. 즉 사용 해당 대역폭에 따른 Encapsulation 매핑방법과 rate limit의 적용여부를 시뮬레이션 결과를 활용하여 정리한 것이다. 여기서 rate limit은 주어진 용량에 대해 사용가능한 최대 용량 허용 범위를 의미한다. 즉 가입자가 요구하는 최대용량을 참고하여 그 용량에 맞게 대역폭을 사용하도록 하는 방법이다.

[표 4-6] 대역폭별 매핑방법

대역폭	Encapsulation 매핑방법		Rate Limit 적용 여부	비고
10 Mbps	VC12*5			
20 Mbps	VC12*10			
30 Mbps	VC12*15	VC3*1	Rate Limit 적용	
40 Mbps	VC12*20	VC3*1	Rate Limit 적용	
44 Mbps	VC12*22	VC3*1	Rate Limit 적용	
45 Mbps		VC3*1		
46 Mbps	VC12*23	VC3*1		
90 Mbps		VC3*2		
100 Mbps	VC12*50	VC3*2, VC3*3, VC4*1	Rate Limit 적용	

V. 결 론

오늘날의 기업 네트워크(Enterprise Network)환경에서는 분산 컴퓨팅을 위한 네트워크 기반의 다양한 응용프로그램이 요구되고, 이를 제공하기 위한 교환 장비, 전송장비, 액세스 장비, 망 장비와 서버 시스템 등이 필요한 작업수행을 위해 해당프로그램 동작으로 네트워크 트래픽은 기하급수적으로 증가한다. 이에 통신사업자들은 새로운 데이터 서비스를 위한 문제의 해결방안으로 기존의 SDH 혹은 SONET 전송망 인프라를 활용하면서 가입자에게는 이더넷 기술로 IP 서비스를 제공할수 있는 다중서비스제공플랫폼(MSPP) 장비를 많이 활용한다.

본 논문에서는 다중서비스제공플랫폼 장비를 활용하여 인터넷 서비스를 제공함에있어 가장 문제가 되는 핑손실 및 전송지연에 영향을 줄 수 있는 부분을 파악하여 문제의 해당원인을 분석함으로써 이를 해결하는 성능향상 방법을 제시하였다.

본 논문에서는 먼저 패킷손실(Ping-Loss)에 대하여서는 대역폭초과, 버그, 보안설정 등 다양한 원인들이 존재하지만 MSPP 전송장비 활용관점에서의 개선사항을 검토한 결과 버퍼의 크기를 조정함으로써 핑손실을 줄이 수 있음을 확인하였다. 분석 결과에 따르면 버스트 형태로 전송되는 패킷의 손실을 막기위해 무작정 버퍼의 크기를 늘리는것도 좋은 대안은 아니다. 이는 전송지연시간과 관계가 있는 것으로, 특히 실시간으로 화상, 음성, 데이터를 주고 받는 경우에 전송지연시간을 고려하여 상황에 맞는 최적의 버퍼 크기 설정이 필요하다.

둘째로 전송지연시간 측면은 EOS회선구성 시 Encapsulation 매핑방법

으로 VC12, VC3중 어떤 것을 선택하는가에 따라 전송지연시간 측면에서 많은 차이를 보였다. 본 연구에서 수행한 시뮬레이션 결과에 따르면 Encapsulation 매핑 선택으로 45Mbps EoS회선을 VC3와 VC12 단위로 매핑하여 구성할 경우 VC3가 VC12보다 전송지연시간 측면에서 약 0.4msec의 단축 가능하다. 이는 광케이블 전송거리의 약 80km 단축과 동일한 효과를 나타낸다. 이러한 결과는 VC12 단위로 여러 개 Encapsulation하여 매핑하는 것보다 VC3 하나에 매핑하여 Rate Limit를 적용하는 것이 전송지연시간 개선에 매우 효과적이다.

패킷손실(Ping-Loss) 및 전송지연시간은 논문에서 다룬 것 외에도 여러가지에 의해 영향을 받는다. 예를 들면, TCP 프로토콜의 흐름제어 방식문제, 지터, 비순차패킷 처리 등 실제 다양하고 측정하기 어려운 요소들이 많이 존재한다. 이러한 요인들이 패킷손실(Ping-Loss) 및 전송지연시간에 어떤 영향을 미치는지 특히 Burst 패킷의 처리 경우에 대한 연구가 앞으로 계속되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] ITU-T Recommendation G.707 "Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)," Jan. 2007.
- [2] ANSI T1.105 "Synchronous Optical Network (SONET) - Sub-STS-1 Interface Rates and Formats Specification," 1996.
- [3] Nguyen, T.H, Sadiku, M.N.O, "Jitter analysis and simulation of constant bit rate ATM multiplexers," SoutheastCon 2001 Proceedings IEEE, pp44-48, 2001.
- [4] IETF RFC 1042, "Standard for the transmission of IP datagrams over IEEE 802 networks," Feb. 1988.
- [5] Haskell, B.G, Reibman, A.R, "Variable bit-rate video coding for ATM and broadcast applications," 1993 IEEE International Conference, vol.1, pp.114-116, 1993.
- [6] 김원배, "매트로 백본망 구축을 위한 EOS기술 연구", 한양대학교 공학석사학위논문, 2005년
- [7] 이희현, "통신 네트워크 변화에 따른 광전송장비의 진화 방향", 세종대학교 공학석사학위논문, 2005년
- [8] IETF RFC 4209 "Link Management Protocol (LMP) for Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) Optical Line Systems", Oct. 2005.

- [9] Gong-Ru Lin, Yung-Cheng Chang, "A novel electro-optic sampling system by using delay-time tunable pulsed laser sources," 13th Annual Meeting IEEE, vol.1, pp. 43-44, 2000.
- [10] ITU-T Recommendation "G.983.1 Broadband Optical Access Systems Based on Passive Optical Networks (PON)," Oct. 1998.
- [11] ITU-T Recommendation G.982 "Optical access networks to support services up to the ISDN primary rate or equivalent bit rates," Nov. 1996.
- [12] ITU-T Recommendation G.992.2, "Splitterless asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers," Jun. 1999.
- [13] ITU-T Recommendation G.993.1, "Very high speed digital subscriber line transceivers," Jun. 2004.
- [14] 김태일, 박우구, 양선희, 김성운, "에너지 절감형 그린 네트워크 기술 동향," 한국통신학회지, pp.8-15, 2009년 9월
- [15] ITU-T Recommendation I.432, "B-ISDN USER-NETWORK INTERFACE - PHYSICAL LAYER SPECIFICATION," Mar. 1993.
- [16] 김정동, "SDH 기반의 네트워크 시스템 구현," 명지대학교 공학석사 학위논문, 2002년
- [17] 조평동, "Deferred commit 방식에 의한 광통신망의 복구제어 구조 및 지연시간 분석에 관한 연구," 충남대학교 공학석사학위논문,

2003년

- [18] ITU-T Recommendation G.701, "Vocabulary of digital transmission and multiplexing, and pulse code modulation (PCM) terms," Mar. 1993.
- [19] KT, "전송 가이드북," 2008.
- [20] ITU-T Recommendation G.694.1, "Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid," Jun. 2002.
- [21] 김형준, "100M급 초고속 인터넷서비스를 위한 광 백본망 기술의 전송지연과 품질분석," 부경대학교 공학석사학위논문, 2007년
- [22] 진승우, "인터넷 환경(망)에 따른 지연 및 손실률 분석," 경희대학교 공학석사학위논문, 2000년
- [23] ITU-T Recommendation G.7041, "Generic framing procedure (GFP)," Dec. 2001.
- [24] ITU-T Recommendation G.7042, "Link capacity adjustment scheme (LCAS) for virtual concatenated signals," Mar. 2006.
- [25] IETF RFC 6344, "Operating Virtual Concatenation (VCAT) and the Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS) with Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS)," Aug. 2011.
- [26] 황승욱, "광대역Ethernet 전송을 위한 EOS방식에 대한연구," 경희대학교 공학석사학위논문, 2005년

- [27] 안국환, "네트워크 시스템의 트래픽 분석을 통한 성능향상 방법 연구," 연세대학교 공학석사학위논문, 2002년
- [28] IETF RFC 792, "INTERNET CONTROL MESSAGE PROTOCOL," Sept. 1981.
- [29] 김기환, "155M대역폭 네트워크에서의 차등화서비스 성능 측정 및 분석," 경희대학교 공학석사학위논문, 2002년
- [30] 연창환, "지연시간과 타임아웃을 연계한 TCP 혼잡제어," 한양대학교 공학석사학위논문, 2005년



감사의 글

본 논문을 위하여 아낌없는 배려와 지도편달 해주신 모든 분들께 진심으로 감사의 마음을 전합니다. 항상 부족한 저에게 방학 중에도 주말마다 나오셔서 아낌없는 지도와 격려를 해주신 김성운 교수님께 고개 숙여 진심으로 감사드립니다.

또한 지난 2년간 지도해주신 류지열 교수님 등 여러 훌륭한 교수님들께도 진심으로 감사드립니다.

그리고 학업에 대한 마음은 있으나 주저하던 차에 용기를 주신 임길섭 상무님, 정재환 팀장님, 동료들께도 감사의 마음을 전합니다.

지난 시간들이 체계는 비록 힘든 시간이었지만 주위의 많은 분들 도와 주셔서 여기까지 온 것 같습니다. 연구실의 박선영, 선기현, 강경호 모두 착하고 성실한 학생이 많은 도움이 되었고 이들과의 대화도 좋은 경험이었습니다.

끝으로 사랑스런 경민이, 현진이와 때늦은 학업을 묵묵히 참고 내조해준 아내에게 미안하고 고마운 마음을 더불어 전합니다.

항상 감사하는 마음으로 열심히 살아가겠습니다.

2012년 1월

임 영 수