차세대 WDM 광 인터넷 백본망에서 차등화된 광 QoS 서비스 제공 프레임워크 연구

김 용 성[†] · 류 시 국[††] · 이 재 동[†] · 김 성 운[†††]

요 약

지난 10년간 인터넷 트래픽의 기하급수적인 증가는 IP 프로토콜 프레임워크를 가장 중요한 네트워크 기술로 만들었다. 더욱이, 인터넷 서비스는 최선형 서비스 제공 위주에서 인터넷 폰, 비디오 컨퍼런스, 가상 현실, 인터넷 게임과 같은 새로운 형태의 실시간 멀티미디어 서비스들을 QoS 보장과 함께 지원하기 위해서 차등화된 서비스 형태로 발전하고 있다. 최근, QoS 보장과 함께 광 대역폭의 요구 해결을 위해 다중 기가비트 파장을 제공하는 WDM 기술이 차세대 광 인터넷 백본망의 중심 기술로 부상하고 있다. WDM 기반의 차세대 광 인터넷 백본망에서 QoS 프레임워크는 QoS 보장형 서비스를 제공하기 위한 핵심 과제 중의 하나이다. 본 논문에서는 IP 서브망과 WDM 광 백본망에서 QoS 프레임워크와 관련된 성능 요구사항을 분석하고, GMPLS 제어 프로토콜을 이용하여 차세대 광 인터넷 백본망을 통해 종단간 QoS를 보장하기 위한 차등화된 광 QoS 서비스 프레임워크를 제안 한다.

키워드 : 파장 할당, 네트워크 생존성, QoS 회복, 파장분할다중화

A Study on Framework to offer the differentiated Optical QoS Service in the Next-Generation WDM Optical Internet Backbone Network

Yong-Seong Kim[†] · Shi-Kook Ryu[††] · Jae-Dong Lee[†] · Sung-Un Kim[†††]

ABSTRACT

Over for the past 10 years, the increase in geometric progression for the internet traffic, has allowed the IP protocol framework to be the most important network technology. In addition, the internet service is being developed as a service mode differentiated, aiming to support the new-mode real-time multimedia services such as internet phone, video conference, cyber reality, and internet game, focusing on offering a latest service. These days, aiming to solve the need for broad bandwidth along with guaranteeing QoS, the WDM technology of offering multiple gigabit wavelengths is emerging as the core technology of next-generation optical internet backbone network. In the next-generation optical internet backbone network based on WDM, the QoS framework is one of core subjects aiming to offer a service of guaranteeing QoS. This study analyzes the requirements of performance related to QoS framework in IP Subnet and in WDM optical backbone network, and suggests optical QoS service framework differentiated, in order to guarantee end-to-end QoS through the next-generation optical internet backbone network, using GMPLS control protocol.

Key Words : Wavelength Assignment, Network Survivability, QoS Recovery, DWDM

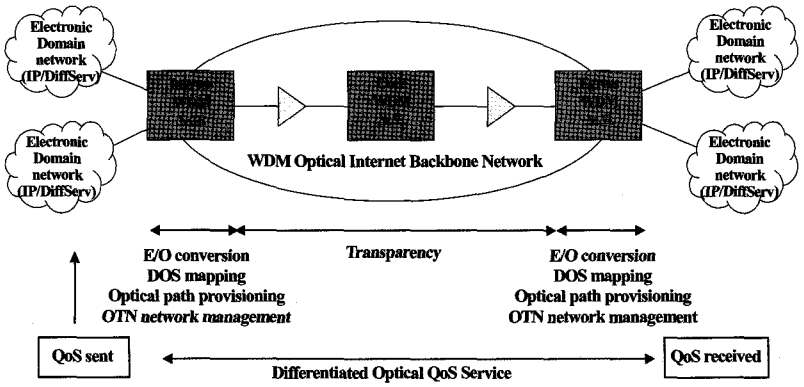
1. 서 론

지난 10년간 인터넷 트래픽은 기하급수적으로 증가하여, IP(Internet Protocol)가 데이터 뿐만 아니라 음성 및 비디오 서비스를 위한 핵심 프로토콜로 자리를 잡았고, 최선형 서비스 형태에서 QoS(Quality of Service)를 고려한 통합 서비스(IntServ : Integrated Service)[1] 또는 차등화 서비스(DiffServ : Differentiated Service)[2] 형태로 발전하고 있다. 이와 같은 흐름에 비추어, 차세대 인터넷에서 새로운 형태의 실시간 멀티미디어 서비스들을 QoS 보장과 함께 지원하기 위해서는, 광 대역폭 요구 해결을 위한 광 인터넷 백본망 기술과 이를 통한 차등화된 QoS 제공 기술이 필요하다.

파장 분할 다중화(WDM : Wavelength Division Multi plexing) 방식을 사용한 광 기술이 차세대 인터넷의 백본망 구축 기술로 표준화 되고 있고, 인터넷에서의 QoS 제공 서비스를 위해 IP를 연결형 서비스로 전달 가능하게 하는 MPLS (Multi Protocol Label Switching)[3] 기술이 표준화 되고 있다. 또한, 이를 광 백본망에 적용하기 위해 GMPLS(Generalized MPLS)[4] 기술이 활발히 연구되고 있다.

† 정 회 원 : 경남정보대학 부교수
†† 종신회원 : 경남정보대학 교수
††† 정 회 원 : 부경대학교 부교수

논문접수 : 2004년 2월 27일, 심사완료 : 2004년 8월 9일



(그림 1) WDM 광 인터넷 백본망 구조

그러나, 통합 서비스 및 차등화 서비스 모델, MPLS 기술들이 IP over WDM 환경에서 QoS 제공에 적용되기에는 여러 가지 문제점을 내포한다. 통합 서비스 모델은 수많은 개별 패킷 플로우에 대한 상태를 유지하기 때문에 방대한 메모리 공간이 필요하고, 이를 관리하기 위한 처리 부하가 증가하게 되며, 망의 모든 라우터가 RSVP(ReSource Reservation Protocol) 프로토콜, 수락 제어, 패킷 분류, 패킷 스케줄링 등의 복잡한 기능을 가지고 있어야 한다. 또한, WDM 망은 데이터 전달에 있어 E-O-E(Electrical-Optical-Electrical) 변환 없이 광신호 형태의 전광으로 전송되므로, 기존의 전자신호 전송에 적용되는 QoS 제어 기술이 더 이상 적용되지 못한다.

상위 클래스를 가진 트래픽 군에 대해 우선적으로 전송처리를 하는 차등화 서비스 모델은 망의 처리 부하 및 유지해야 할 상태 정보가 적고, 망의 에지 라우터에서만 복잡한 트래픽 조절 기능을 수행하므로 구현이 용이하다. 그러나 이 모델 역시 전자신호 전송에 적용되는 QoS 제어 기술로, 트래픽 군별 자원 예약과 신호 절차 없이, 각 트래픽 군에 대한 규칙에 근거하여 상대적인 QoS를 보장하기 때문에, 망 상황에 따라 보장되는 트래픽 수준은 매우 동적이며, 제공되는 서비스의 예측 정도가 매우 낮아, 결국 차세대 IP QoS의 근본적인 해결책과는 거리가 있다.

MPLS 기술은 통합 서비스 모델과 차등화 서비스 모델의 QoS 지원 한계를 극복할 수 있다. 레이블을 이용한 패킷의 클래스 식별 과정의 단순함과 특정 레이블을 가진 패킷에 대해 명시적 경로의 정보를 내포함으로써, QoS 제공 기능과 트래픽 분산 기능을 용이하게 수행할 수 있다. 또한 IP over WDM 백본망에 적용하기 위해 개발되고 있는 GMPLS 기술을 차등화 서비스 기술과 같이 접목하면 새로운 형태의 차등화된 광 QoS 제공 기술을 개발할 수가 있다.

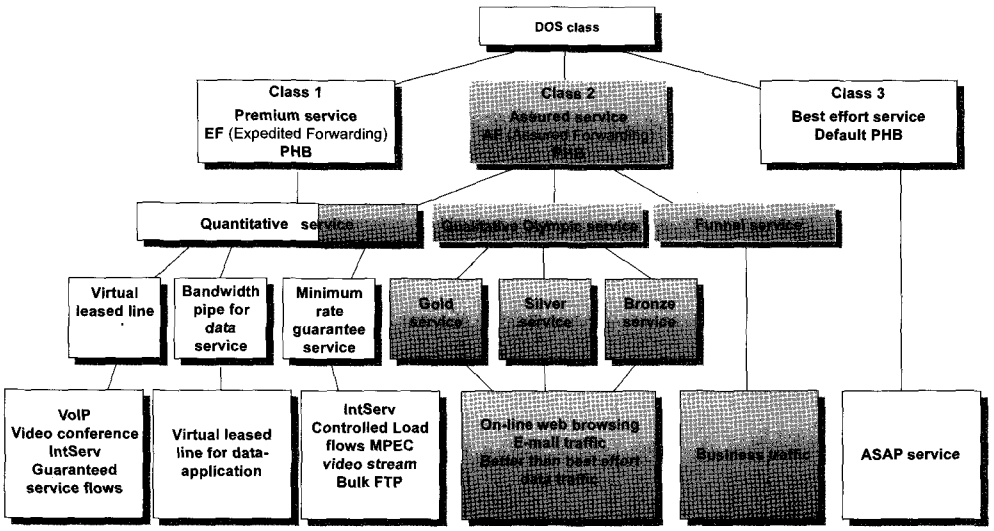
본 논문에서는 다양한 멀티미디어 실시간 서비스들에 대한 QoS 보장을 위해, GMPLS 기술과 차등화 서비스 기술을 접목하여 차세대 WDM 광 인터넷 백본망에서 요구되는 새로운 차등화된 광 QoS 서비스(DOS : Differentiated Optical QoS Service) 제공 기술을 제안한다. 이를 위해, 2장에서는 요구되는 QoS 품질에 따라 DOS 클래스를 세부적으로 분류하고, 세분화시킨 트래픽들을 효율적으로 제어하기 위한 QoS traffic policy server 기능을 정의하여 DOS 모델을 제시한다. 3장에서는 DOS 모델의 시그널링 과정을 제시하고, 전광통신망의 링크 관리 프로토콜인 LMP(Link Management Protocol)[5]에 DOS 클래스를 위한 필요 기능을 추가하여 LMP extension(이하 LMP+로 표기함)을 제안한다. 4장에서는 IP/ GMPLS 망 및 WDM 광 백본망 각각에 대한 QoS 파라미터를 정의하고, 이를 보장하기 위한 관리기법을 제안하며, 앞서 제안된 DOS 모델을 ITU(International Telecommunications Union)에서 제시한 전광망 표준인 OTN(Optical Transport Network) 프로토콜 구조에 적용하여, 차세대 WDM 광 인터넷 백본 구조에 합당한 전체 DOS 제공 프레임워크를 제안한다. 마지막으로 5장에서 본 연구의 간단한 결론과 향후 연구 추진 사항에 대해 서술한다.

2. 차등화된 광 QoS 서비스(DOS) 모델

제안되는 WDM 광 인터넷 백본망은 (그림 1)과 같은 구조를 가지며, IP/GMPLS over WDM 제어 프로토콜 메커니즘을 사용한다. 외부 전자 제어 도메인은 차등화 서비스 기술 기반 IP 망이며, 내부 광 제어 도메인은 WDM 망으로 구분된다. Ingress 및 Egress WDM 노드는 IP 트래픽을 받아 합당한 파장으로 전송하기 위해 트래픽(de)aggregation과 라우팅 및 광경로 설정 기능, DOS 보장 메커니즘 등을 수행하고, Core WDM 노드는 이들의 포워딩 및 파장 변환 등의 기능을 수행한다.

2.1 DOS 클래스 정의

차세대 인터넷에서 제공되어야 하는 응용서비스는 일반적으로 절대적 실시간 QoS 보장용 Premium 서비스(class 1), 최소한의 통계적인 QoS 보장용 Assured 서비스(class 2), 기존 인터넷의 최선형 서비스(class 3)로 나누어지나[6-7], 본 논문에서는 세 등급 내에서 호 설정시 협상되어지는 파라미터(지연, 지터, 대역폭 등), BER(Bit Error Rate), el.SNR(electrical Signal-to-Noise Ratio), OSNR(Optical SNR) 요구 조건, 생존도 요구 정도, 광 자원의 할당 방법에 대한 상대성에 따라 (그림 2)와



(그림 2) DOS 서비스 유형

같이 세부적으로 DOS 클래스를 분류한다.

DOS 분류 파라미터에는 Ingress/Egress 인터페이스를 나타내는 scope, IP 패킷을 차등화 서비스 정보, 근원지 정보, 목적지 정보에 따라 분류하는 flow descriptor, 분류된 IP 스트림의 트래픽 특성(최대 전송률, 토큰 전송률, 버킷 크기 등)을 기술하는 traffic descriptor, 프로파일 초과시의 트래픽 처리를 기술하는 excess treatment, 지연, 지터, 처리율, 패킷 손실률을 기술한 performance parameters가 있다[8].

광 백본망의 시스템 성능을 측정하는 BER과 Q factor, el.SNR 및 OSNR의 상관관계는 식(1), 식(2), 식(3)으로부터 구해진다[9-10]. 유효 잡음 대역폭 Be가 전송률 f0에 의존하고, OSNR을 측정하기 위한 광 대역폭(Bd)을 미리 정의해야 안정된 값을 유지할 수 있기 때문에 OSNR(f0)의 차등화된 값은 고정된 BER 값 혹은 Q 값에 따라 달라진다.

GMPLS 헤더에는 실험용으로 예약된 3bit의 Exp 필드가 있다[11]. 이 필드를 CoS(Class of Service) 기능으로 활용하면, 응용서비스의 특성에 따라 Exp 값을 다르게 할당하여, 상위 클래스의 패킷에 대한 우선 처리가 가능하다. 본 논문에서는 (그림 2)의 DOS 서비스 유형에 따라 총 8개의 서비스로 분류한다.

$$BER\ (Q) \cong \left(1/\sqrt{2\pi}\right)\cdot\left(\exp\left(-Q^2/2\right)/Q\right) \quad (1)$$

$$el.SNR = 10\log Q^2 \quad (2)$$

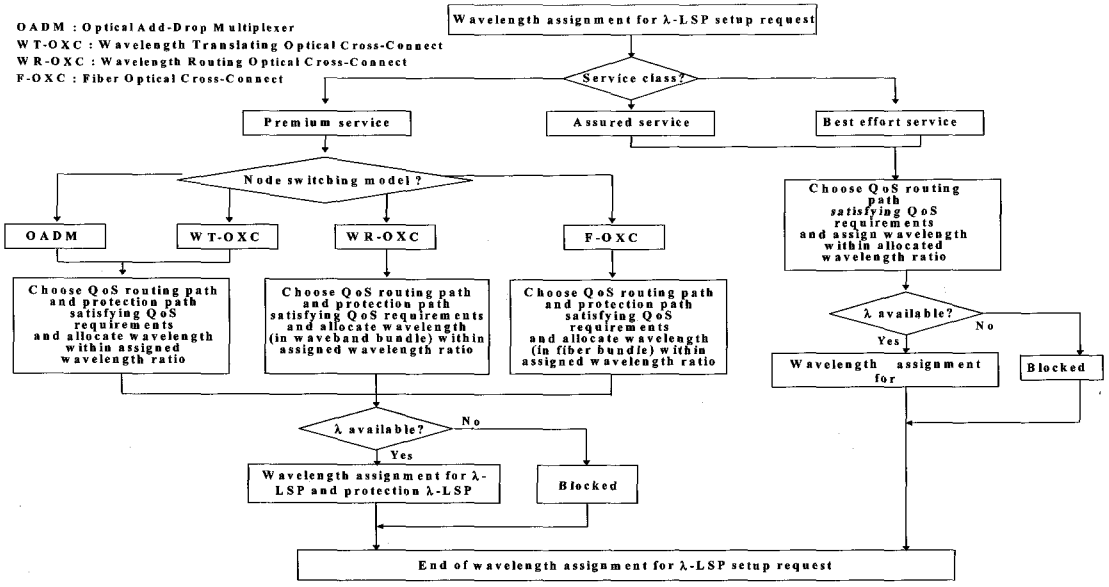
$$OSNR_{0.1nm} = \frac{(1+r)\cdot(1+\sqrt{r})^2}{(1-r)^2}\cdot\frac{Be}{Bd}\cdot Q^2 \quad (3)$$

r = 0.15(extinction ratio of the transmitted optical signal)
Be = 0.75 × fo (effective electrical noise bandwidth due to bit rate fo)
Bd = 12.6GHz or 0.1nm (optical bandwidth for OSNR measurement)

광신호는 데이터 용량이 크기 때문에 장애가 발생할 경우 커다란 손실을 초래한다. 따라서 광 백본망에서는 보호 및 복구가 매우 중요하다[12]. 음성과 같은 실시간 데이터를 전송하는 Premium 서비스는 신뢰성이 매우 높아야 하며, 광채널 레벨의 국부적 QoS 보호 메카니즘 혹은 GMPLS 백업 절차를 사용하여 보호된다. 주경로의 장애가 발견되면, 국부적 보호 내에서 50ms 이하의 시간 안에 장애점으로부터 예비경로로의 전송이 시작된다. 이 스킴은 분산 방법에서 링크 레벨 하드웨어 보호 개념에 기반한다. 또한, GMPLS 백업 절차를 사용할 수 있는데, λ-LSP(Lambda Label Switched Path) 설정시 백업경로를 미리 설정해 두어, 장애가 발견되면 백업경로를 통해 요구된 QoS를 전송하는 이 스킴은 GMPLS 링크 리라우팅을 위해 100ms 이하여야 한다. Assured 서비스는 GMPLS의 λ-LSP 복구 스킴을 사용하며, Ingress/Egress 노드간에 복구 λ-LSP를 동적으로 찾아야 하기 때문에 Premium 서비스보다 더 긴 회복시간(수십~수백 ms)을 가진다. 최선형 서비스는 IP 레벨에서의 LSP 복구 스킴을 제안하는데, 100ms~수초까지의 서비스 범위 내에서 TCP 재전송을 통해 보상된다.

DOS 서비스 클래스에 따라 (그림 3)과 같은 차등화된 파장 할당 메커니즘을 이용하여 블럭킹이 적은 경로를 설정하는 것이 중요하다. Premium 서비스의 λ-LSP와 보호 λ-LSP는 감쇠가 가장 적은 C-band 대역내의 미리 할당된 파장 비율(10%) 내에서 할당하며, 광 교환 노드의 4가지 종류에 따라 다르게 이루어진다. 이때, 물리적 광선로의 절단 혹은 결함을 고려하여, 다른 전송로(fiber-disjoint protection λ-LSP)에서 보호 λ-LSP의 파장을 할당하는 것이 바람직하다. 또한, 파이버 링크들을 하나의 번들로 취급하는 파이버 번들링 및 연속하는 파장들의 집합인 파장밴드 스킴을 활용하게 되면, 개별적인 링크/파장들에 대한 왜곡을 줄이고 개별적인 링크/파장들을 좀더 엄격하게 분리할 수 있는 장점이 있다.

Assured 혹은 최선형 서비스의 경우, Ingress 노드에서 각 서비스의 QoS 요구사항을 만족하는 광경로를 선택한 후, 미리 할당된 파장 비율(Assured 서비스 : 30%, 최선형 서비스 : 60%) 내에서 노드의 종류와는 무관하게 적절한 파장을 할당한다. 예약 가능한 전체 파장을 서비스 클래스에 따라 적절한 비율로 나누는 것은 광경로의 설정이 실패되기 전에



(그림 3) 차등화된 파장 할당 메커니즘

부하가 많은 링크를 피하게 함으로써 더 나은 트래픽 분산의 결과를 도출하기 때문이다[13]. 두 서비스는 Premium 서비스에 비해 낮은 등급의 서비스이므로 L-band 내의 파장을 활용한다[14-15].

본 절의 내용을 바탕으로 차세대 WDM 광 인터넷 백본망에서의 DOS 클래스를 <표 1>과 같이 제안한다.

〈표 1〉 DOS 클래스 분류

Classification criteria	Class 1		Class 2				Class 3
	Premium service: Expedited Forwarding (EF) PHB		Assured service: Assured Forwarding (AF) PHB				Best Effort (BE) service: Default PHB
	Virtual leased line service	Bandwidth pipe for data service	Minimum rate guarantee service	Qualitative Olympic service		Funnel service	
Scope	(1|1)	(1|1)	(1|1)	(1|1) or (1|N)		(N|1) or (all|1)	All
Flow descriptor	EF, S-D IP-A	EF, S-D IP-A	AF1x	MBI		AF1x	None
Traffic descriptor	(b,r), r=1	NA	(b,r)	(b,r), r indicates a maximum CIR		(b,r)	NA, the full link capacity is allowed
Excess treatment	Dropping	NA	Remarking	Remarking		Dropping	NA
Performance parameters	D=20 (t=5, q=10E-3), L=0 (R=r)	R=1	R=r	Gold | Silver | Bronze		NA	NA
				Delay or Loss must be indicated qualitatively			
BER (Q)	10^{-12} (7)		10^{-9} (6) ~ 10^{-7} (5.1)				10^{-5} (4.2)
el. SNR	16.9 dB		15.5 dB ~ 14.2 dB				12.5 dB
OSNR (f_0=10Gbit/s)	19.5 dB		18.2 dB ~ 16.8 dB				15.1 dB
GMPLS Exp field	111	110	101	011	010	001	100	000
Resource allocation	Pre-specified percentage (10%) for this service (C band: 1530nm ~ 1565nm)		Pre-specified percentage (30%) for this service (L band: 1565nm ~ 1625nm)				Best use of the remaining bandwidth (L band: 1565nm ~ 1625nm)
Recovery scheme	Local protection/backup λ-LSP		λ-LSP restoration				Restoration at IP level
Recovery time	<50msec (Detection time: <100msec)		50 – 100msec (Detection time: 0.1msec –100msec)				1 – 100 sec (Detection time: 100msec – 180sec)

(b, r): token bucket depth and rate (Mb/s), p: peak rate, D: delay (ms), L: loss probability, R: throughput (Mb/s), t: time interval (min), q:quantile, S-D: source and destination, IP-A: IP address, MBI: may be indicated, NA: not applicable, CIR: committed information rate

2.2 QoS traffic policy server 정의

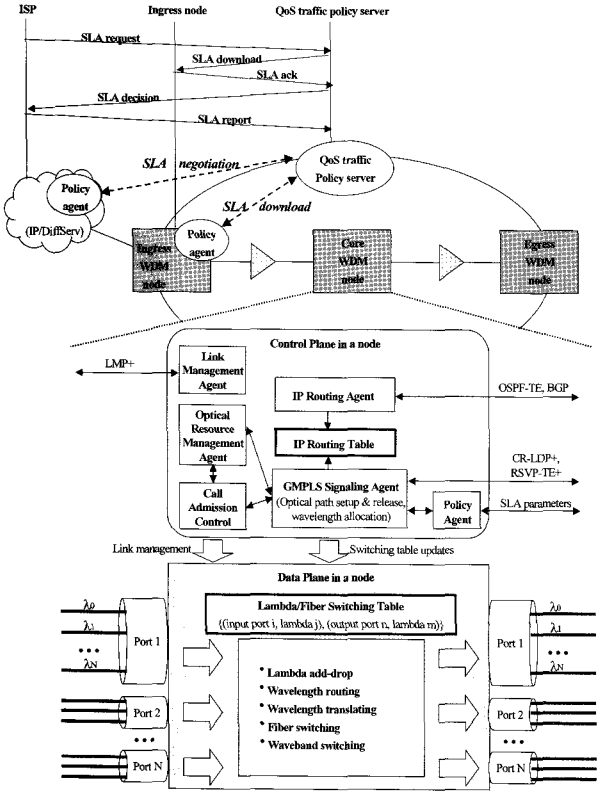
본 논문에서는 Ingress/Egress WDM 노드의 E-O/O-E 인터페이스 계층에서 수행하는 효율적인 파장 이용 메커니즘을 구현하기 위해, WDM 노드의 제어 평면에 QoS traffic policy server와 optical resource management agent 기능을 정의한다.

QoS traffic policy server는 새로운 서비스 특성이나 새로운 기능의 추가 등과 같은 광 인터넷 백본망의 변화에 대해 전자 제어 도메인의 변화를 최소화할 목적으로 사용한다. (그림 4)에서와 같이, 인접한 망의 각 ISP(Internet Service Provider)와 SLA(Service Level Agreement) 파라미터를 협상하고, 협상된 파라미터를 Ingress 노드의 policy agent로 다운로드 시켜, 파라미터에 적합한 광경로를 설정하도록 하고, 종단 간에 광경로를 통해 SLA를 만족하는 서비스가 제공될 수 있도록 망 전체를 관리하는 기능을 한다. 큰 규모의 망에서 중앙집중형 policy server가 유발하는 병목 문제를 고려하여, 중앙의 policy server는 단지 SLA 협상과 관리만을 수행하고, QoS 경로 계산과 자원 예약은 각 Ingress 노드에서 수행하는 분산형 구조로 QoS traffic policy server를 구성한다.

Optical resource management agent는 실시간으로 광 자원을 관리, 분류 및 예약하는 기능을 수행하는데, 광경로를 동적으로 설정해 주기 위해 활용 가능한 파장, 링크, 노드, 광 증폭기 등의 수를 유지하고, BER 값을 계산해 광경로의 성능을 평가하여 서비스 유형에 적합한 파장이 할당되도록 한다. 또한, call admi-ssion control과 상호 동작하여 활용 가능한 광 자원의 성능에 따라 호 수락/거절을 결정하고, Ingress 노드의 classifier를 구성하여 서비스를 차등화하며, GMPLS signaling agent와 상호 동작하여 망의 상태 정보를 모으고 시그널링 과정으로 광 자원을 예약하는 기능을 한다.

O-LSP가 설정되는 과정을 통해 Lambda/Fiber Switching

Table이 구성되는데, 광 백본망에서의 데이터 전송은 테이블의 레이블(파장)만을 참고하여 입출력 포트를 통한 포워딩만으로 이루어진다. 데이터 전송이 전광 변환 없이 광신호만으로 이루어지기 때문에, WDM 노드 간의 링크를 관리하는 LMP 프로토콜을 사용하여 제어 채널과 데이터 채널의 광신호를 감시하고 제어함으로써, λ-LSP 절단 및 손상 등과 같은 문제들을 빠르게 발견하고 복구하게 된다.



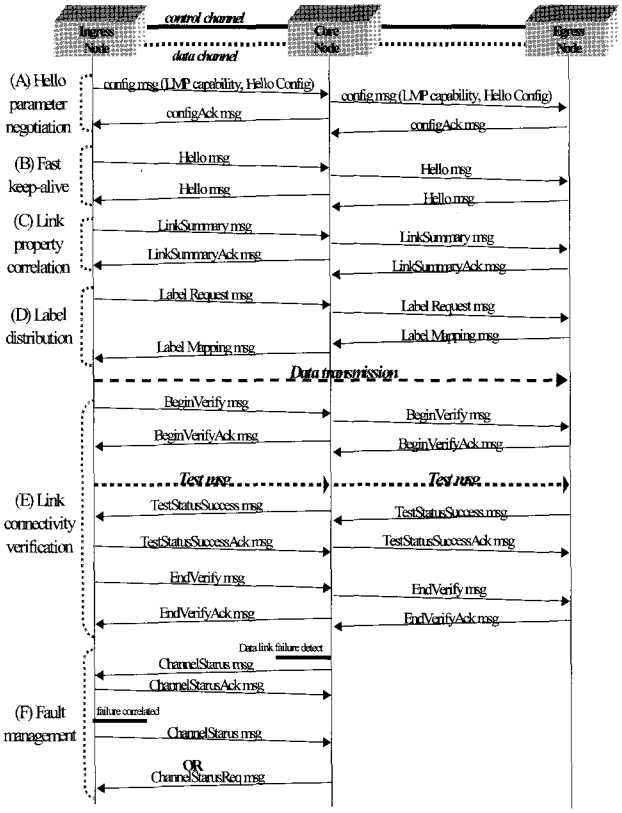
(그림 4) WDM 노드의 기능 블럭

3. DOS 제어 메커니즘

3.1 DOS 모델의 시그널링 과정

GMPLS에서 한 쌍의 노드는 여러 개의 파이버로 연결된다. WDM 기술이 사용되면, 각 파이버에 수백개의 파장을 전달할 수가 있고, 여러 개의 파이버나 파장은 번들 링크로 합쳐진다. 따라서 두 노드 사이에 발생하는 수백, 수천개의 링크를 관리하는 시그널링이 고려되어야 한다. 현재 IETF (Internet Engineering Task Force)에서는 GMPLS의 링크 관리를 지원하기 위해 LMP를 새롭게 정의하고 있으며, 본 절에서는 CR-LDP extensions(이하 CR-LDP+(Constraint based Routing Label Distribution Protocol)로 표기함)를 이용하여 DOS 클래스를 위한 전체적인 시그널링 과정을 (그림 5)와 같이 개략적으로 기술한다[5, 16]. (A), (B), (C)는 LMP의 필수 기능이고, (E), (F)는 옵션 기능이다. 그리고 (D)는 GMPLS의 레이블 분배 과정이다.

(A)와 (B)는 제어 채널 관리 기능으로, 이웃 노드간에 Hello 파라미터와 (E)와 (F)의 옵션 기능의 지원 여부를 협상한다. 협상된 내용에 따라 주기적으로 Hello 메시지를 교환하는 fast keep-alive 기능으로, LMP 제어 채널의 연결성을 유지하고, HelloInterval이 지나도록 Hello 메시지가 수신되지 않을 경우, 이웃 노드의 장애를 검출하게 된다.



(그림 5) DOS 모델을 위한 전체 시그널링 과정

(C)는 링크 특성 상호관련 기능으로, LinkSummary 메시지를 사용해 링크의 다중화 능력, 보호 메커니즘, 번들링된 링크에 속하는 모든 데이터 링크의 리스트, 데이터 링크의 타입 등의 특성을 노드 간에 동기화 시켜 관리한다.

(D)는 GMPLS의 레이블 분배 과정으로, down stream-on-demand ordered control 방식으로 레이블을 할당한다. Label Request 메시지에는 Generalized Label Request, Suggested Label, Label Set, Upstream Label 등의 GMPLS TLV(Type-Length-Value)가 포함되어 파장 혹은 포트로 레이블이 할당 가능하도록 한다. Ingress 노드가 Label Mapping 메시지를 수신하면 데이터를 전송할 종단간 경로상에 레이블 분배가 이루어진다.

(E)는 링크 연결 검증 기능으로, 제어 채널이 관리하는 각각의 데이터 채널로 Test 메시지를 전달하여 데이터 채널의 물리적 연결성을 확인하는 과정이다.

(F)는 LOL(Loss of Light) 방식으로 링크나 채널의 장애나 손실을 발견할 때의 처리 과정이다.

이 과정 중, 본 논문에서 제안한 DOS 클래스의 파라미터

가 (D) 과정의 레이블 분배시 CR-LDP+의 TLV를 사용하여 적용된다.

3.2 DOS 클래스를 위한 LMP+의 제안

BER은 광경로의 성능을 측정하는데 아주 중요한 파라미터이며, DOS 클래스에는 각 서비스에 따라 서로 다른 BER 임계치 값을 제안했다. 그러므로, BER 값을 DOS 클래스를 위한 전체 시그널링 과정에 반영해야 한다. 즉, BER 최소 임계치를 만족하면 호 설정을 수락하고, 그렇지 않으면 호 설정을 거절하는 것이다. 이 기능을 위해, LMP의 LinkSummary 메시지를 활용한다. 이 메시지는 데이터 링크의 특성을 포함하기 위해, Data-link sub-TLVs 라고 하는 부가적인 TLV가 정의되어 있다. 본 논문에서는 Data-link sub-TLVs를 활용하여, BER 특성을 포함하는 BER minimum threshold sub-TLV와 파이버의 총 길이를 포함하는 Total span length sub-TLV를 제안한다.

3.2.1 BER minimum threshold sub-TLV

BER은 전송시 수신되는 전체 비트수와 에러 비트수와의 비율로써, 십의 마이너스 승으로 표현하며 포맷은 (그림 6)과 같다.

3.2.2 Total span length sub-TLV

Total span length sub-TLV는 파이버의 총 길이를 나타내며, 라우팅의 메트릭(metric) 혹은 종단간 총 지연의 측정을 위해 사용한다. 포맷은 (그림 7)과 같다.

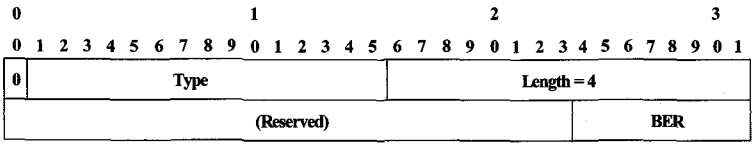
4. DOS 제공 프레임워크

IP 서브넷의 end-to-end 사용자가 요구하는 QoS를 만족시키기 위해서는 (그림 8)에서 나타난 것처럼 IP 망에서의 성능 보장뿐만 아니라 WDM 광 백본망 내에서의 성능 보장이 함께 이루어져야 한다.

4.1 IP 망에서 QoS 보장

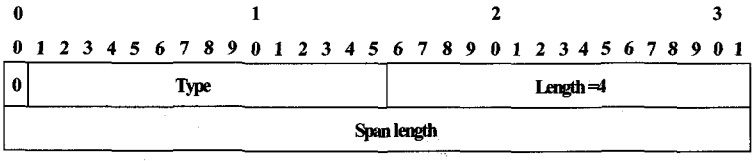
4.1.1 IP/GMPLS/CR-LDP+ 망 QoS 파라미터

IP 계층의 성능은 GMPLS의 시그널링 과정에서 협상되는 파라미터의 집합에 의해 측정되며, CR-LDP+에서의 QoS 파라미터 정의는 다음과 같다[17].



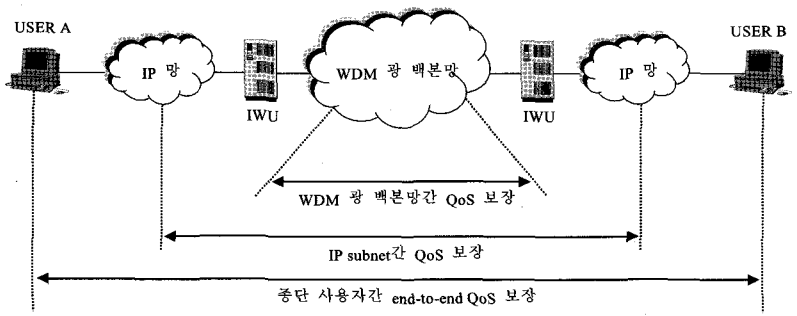
Type : 15bits, sub-TLV 타입을 나타낸다.
Length : 16bits = 4
Reserved : 24bits, 0로 설정되어 수신시 무시되는 값이다.
BER : 8bits, BER 표현의 멱지수를 나타내며, BER이 10-X라면 BER 필드를 X로 설정한다.

(그림 6) BER minimum threshold sub-TLV의 포맷



Type : 15bits, sub-TLV 타입을 나타낸다.
Length : 16bits = 4
Span length : 32bits, WDM span의 총 길이(meters)로써, unsigned integer로 나타낸다.

(그림 7) Total span length sub-TLV의 포맷



(그림 8) WDM 광 백본망을 통한 IP 서브넷의 QoS 보장

Flag	네트워크의 가용 자원이 부족하여 사용자의 요구치를 만족시킬 수 없을 때, 네트워크 상에서 트래픽 파라미터의 협상 유무를 나타낸다.
Frequency	GMPLS 도메인 내에서 지연 편차와 버퍼링에 대한 제한치를 나타낸다.
Weight	Committed rate를 초과한 대역폭에 대해 LSP 상의 공유 자원을 어떻게 할당할 것인지 규정하는 것으로, 큰 값일수록 큰 가중치를 나타낸다.
Peak rate (PDR + PBS)	LSP로 보내지는 트래픽의 최대 전송률로, Ingress 노드가 최대 전송률을 초과하지 않도록 제어한다.
Committed rate (CDR + CBS)	GMPLS 도메인 내의 LSP 상에서 이용할 수 있도록 허락된 전송률로, LSP를 위해 예약되는 대역폭이다.
EBS	LSP 상에서 committed rate를 초과한 트래픽을 측정하기 위해 사용하는데, GMPLS 도메인의 에지에 위치하여 트래픽 조절 기능을 수행한다.

PDR: Peak Data Rate, PBS: Peak Burst Size
CDR: Committed Data Rate, CBS: Committed Burst Size, EBS: Excess Burst Size

CR-LDP+를 이용하여 종단간 QoS를 보장하기 위해서, 망의 에지에서는 ISP와 사용자간에 합의된 SLA에 따라 트래픽 조절 기능을 수행하고, 코아에 위치한 각 노드에서는 서비스 frequency에 따라 트래픽을 처리하고 자원을 예약하는 local behavior 기능을 수행한다.

4.1.2 IP/GMPLS/RSVP-TE+ 망 QoS 파라미터

RSVP-TE extensions(이하 RSVP-TE+(Resource ReSer Vation Protocol Traffic Engineering)로 표기함)에서의 QoS 파라미터 정의는 다음과 같다[18-20].

Tspec	p	플로우의 최대속도(butes/s)
	r	토큰 버킷 속도(bytes/s)
	b	토큰 버킷 크기(bytes)
	m	최소 정책단위(bytes)
	M	최대 전송 패킷의 크기(bytes)
Rspec	R	망에서 제공해주는 전송률(bytes/s)로, r보다 반드시 커야한다.
	S	여유 항(ms), 요청하는 대역 R을 사용할 경우 얻어지는 지연 시간과 실제 네트웍을 통과하면서 겪게 되는 지연 시간의 차이
Adspec	Qmindel	패킷을 전달하는데 걸리는 최소 지연 시간
	Bpath	경로 상에서 최소 대역을 갖는 링크의 대역폭
	PathMIU	최대 전송 패킷 길이

PATH 메시지를 수신한 Egress 노드는 Tspec으로부터 r, b, p, m의 정보를, Adspec으로부터Qmindel, 에러항(Ctot, Dtot), PathMTU(M), Bpath의 정보를 구한다. Egress 노드가 요구하는 최대 지연시간으로부터 Qmindel을 빼면 종단간 최대 큐잉 지연시간(Qdelreq)을 구할 수 있다. Qdelreq, Ctot, Dtot, M, r, b, p 값을 아래의 식(4), 식(5) 혹은 식(6)에 대입하면 R을 구하게 된다. 자원 예약 요청이 실패하지 않기 위해서, R 값이 Bpath 보다 클 경우에는 R 값을 감소시킨다. 이렇게 구한 R 값을 가지고 Egress 노드는 Rspec을 구성하고, 이를 포함한 RESV 메시지를 Ingress 노드 방향으로 전송함으로써, IP/GMPLS 망 상에 자원을 예약하여 QoS를 보장한다.

$$Q=\frac{(b-M)(p-R)}{R(p-r)}+\frac{M+C_{tot}}{R}+D_{tot} \quad (p>R\geq r) \tag{4}$$

$$Q=\frac{M+C_{tot}}{R}+D_{tot} \quad (R\geq p\geq r) \tag{5}$$

$$Q=\frac{b}{R}+\frac{C_{tot}}{R}+D_{tot} \quad (R\leq r) \tag{6}$$

4.1.3 IP/GMPLS 망에서 QoS을 위한 관리 기법

IP/GMPLS 망의 QoS를 보장하기 위해서는 다양한 트래픽 제어 및 혼잡 제어 기능이 필요하다. IP/ GMPLS 망에서 수행되는 대표적인 트래픽 제어 및 혼잡 제어 기능을 간략히 정리하면 다음과 같다.

- 망 자원관리 : 서비스 특성에 따라 트래픽 흐름을 분리할 수 있도록 망 자원을 할당하는데 이용될 수 있다.
- 연결 수락 제어 : 호 설정 단계나 호 재협상 단계에서 채널/경로 연결 요청의 수락 여부를 판단하기 위해 망에서 취해지는 일련의 조치로 정의되며, 경로 결정도 연결 수락 제어 조치들의 일부분이다.
- 사용자/망 파라미터 제어 : 사용자/망의 접근점에서 IP/GMPLS 연결의 부과 트래픽과 유효성의 관점에서 감시 및 제어하기 위해 망에 의해 취해지는 일련의 조치로 정의된다. 이 제어의 주 목적은 협상된 파라미터를 위반하는 것을 검출하여 적당한 조치를 취함으로서 이미 설정된 연결의 서비스 품질에 영향을 줄 수 있는 부당 행위로부터 망 자원을 보호하는데 있다.
- 우선순위 제어 : 우선 순위 제어는 망이 패킷을 다루는 방법을 시간 우선순위 또는 손실 우선순위의 면에서 상대적으로 차별화하는 기능이다.

4.2 WDM 광 백본망에서 QoS 보장

4.2.1 광 백본망 QoS 파라미터

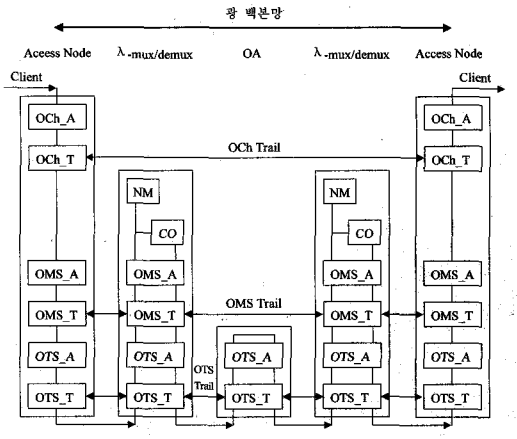
광 백본망에서의 QoS는 클라이언트 망에 대한 광경로 설정시 협상이 되며, 제공되는 서비스 형태에 따라 다양하다. 그러므로, 광 백본망을 구성하는 element는 사용자 응용에 기반하여 다양한 QoS 요구사항들을 제공하기 위한 기능이 구현되어야 한다. 광계층, 특히 OCh 계층과 관련해서 보장되어야 할 QoS 파라미터는 다음과 같다.

- 투명성 정도 : 설정될 경로의 투명성의 정도를 결정 한다. 예를 들어 완전한 투명성을 제공하는 광경로의 경우, 입력되는 클라이언트 신호의 포맷 및 전송률에 상관없이 정보를 전송할 수 있다.
- 보호 레벨 : 사용자는 광경로 설정시 정보의 중요성에 따라 failure시 보호의 유무를 요청할 수 있다.
- 요구되는 BER 및 S/N 비 : 사용자 응용에 따라 다양한 범위의 값을 가진다. 예를 들어, 아날로그 신호는 디지털 신호에 비해 높은 S/N 비를 요구한다.
- 종단간 지연 : 이 파라미터 역시 응용에 따라 다양한 값을 가지며, 화상회의와 같은 실시간 응용은 데이터 서비스보다 지연에 매우 민감하다.

4.2.2 종단간 QoS 보장을 위한 관리 기법

광 백본망에서 이러한 성능 파라미터를 보장하기 위해, 계층별로 다양한 관리 기능을 수행한다. 각 계층은 성능 관리를 위해 각각 2가지 기능 블럭으로 나누어진다. 하나는 각 계층에 해당하는 연결, 즉 trail의 전송 성능을 감시하는 termination 기능이며, 다른 하나는 클라이언트 신호를 적절한 형태로 adaptation 하는 기능이다. 광백본망의 6가지 기능 블록은 (그림 9)와 같다. 광 교환 시스템에는 광경로의 교환을 수행하는 CO(Connection) 및 광신호를 태핑시키는 NM(Non-intrusive Monitor) 기능이 부가되어 있다.

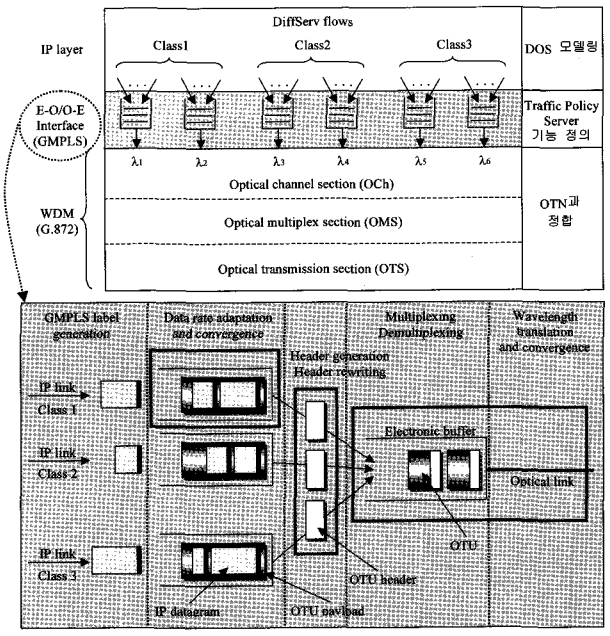
Adaptation 기능은 입력되는 신호를 적절한 형태로 변환하는데, 이러한 변환이 성공적으로 수행되는지 수신측에서 감시함으로써 adaptation 기능 관리가 이루어진다. OCh_A는 송신측에서 클라이언트 신호를 광경로에, 수신측에서 광경로로부터 클라이언트 신호를 adaptation 시키는 기능을 수행하는데, 이러한 기능은 수신측에서 클라이언트 신호의 QoS를 감시함으로써 관리된다. 만약 광경로의 failure와 같은 특별한 이유없이 클라이언트 신호의 QoS가 저하되었다면, OCh_A의 기능이 잘못되었다고 판단한다. OMS_A는 주로 송신측 및 수신측에서 각각 파장의 다중화 및 역다중화 기능을 수행하는데, 이 계층의 QoS는 수신되는 파장의 수를 감시함으로써 보장된다. 만약 수신된 파장의 수가 기대치에 비해 적다면, OMS_A의 기능이 잘못되었다고 판단한다. 광신호의 멀티플렉싱이 정교하게 이루어지지 않는다면, 수신측의 λ-demux 용량을 넘어서게 되고 결국 광신호의 전력이 감소되게 되는데, 이는 광신호의 손실로 간주되며 파장의 수가 감소되게 된다. 즉, OMS_A 계층에서는 파장의 수에 의해 관리될 수 있다. OTS_A와 관련해서는 특별한 관리 기능을 수행하지 않는다.



(그림 9) 광 백본망의 기능 블럭 다이어그램

4.3 WDM 광 백본망에서 DOS 클래스의 정합

광 백본망은 사용자의 정보를 투명하게 전송하기 위해 (그림 10)과 같은 계층 구조로 구성되어야 하며, IP 응용들이 WDM 광 백본망을 통해 전달되기 위해서는 OCh 계층의 광 채널을 통해 정확하게 경로가 확립된 후 매핑되어야 한다.



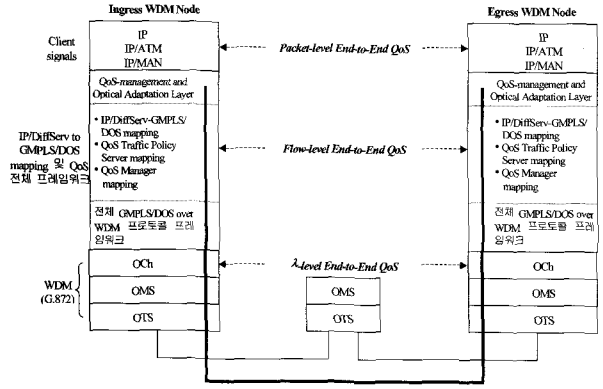
(그림 10) DOS의 프로토콜 계층 구조

차등화 서비스 기반 IP 망은 동일한 QoS를 가지는 패킷들을 aggregation 하므로 적은 수의 플로우를 생성하여 망의 복잡도를 줄이고 관리를 용이하게 한다. WDM 백본망은 Ingress/Egress 노드 쌍 간에 여러 광경로를 제공하므로 BER, el.SNR, OSNR, 지연, 지터, 보호 능력 등의 파라미터를 사용해 각각의 광 품질을 측정하고, IP QoS 클래스와 동등하게 광경로들을 그룹으로 구분함으로써 IP 플로우 군을 직접 광채널로 매핑하여, 차등화된 광 QoS 서비스를 제공한다.

본 논문에서 제안한 E-O/O-E 인터페이스 계층은 상위 계층으로부터 전송되어져 오는 IP 패킷을 <표 1>에 기술한 세부 파라미터에 따라 class 1, class 2 및 class 3로 나누어, DOS 클래스 별로 GMPLS 레이블을 생성한다. GMPLS 레이블이 인캡슐이션된 IP 데이터그램은 OTU(Optical Transport Unit)의 페이로드 부분을 형성하여 전송률을 맞추고, OTU 헤더를 생성한 후, OTU 플로우들을 서로 다른 QoS를 가지는 파장으로 광전 변환함으로써 WDM 계층으로 적응시키는 기능을 제공한다. 또한, 이 계층은 DOS 제어 메커니즘으로 백본망 내의 장애나, 결함, 노드의 구성, 망 성능 등을 관리하는 종단간 OTN 관리를 지원한다.

지금까지 본 논문에서 제안하는 내용을 정리하면 (그림 11)과 같다. 차등화 서비스 기반의 IP 패킷을 GMPLS 제어 프로토콜과 본 논문에서 제안한 DOS 모델을 사용하여 WDM 광 백본망에 직접 매핑함으로써 패킷 레벨, 플로우 레벨 및 파장 레벨에서의 종단간 QoS가 보장되는 전체 차등화된 광 QoS 서비스 프레임워크를 제시한다.

QoS가 보장되지 않는 기존의 IP 서비스에 대해 GMPLS 제어 프로토콜이 가지는 레이블 개념과 QoS 파라미터는 패킷의 손실, 전송 지연 및 지터 등의 문제점을 해결해 주고, 실시간 멀티미디어 서비스를 지원하게 함으로써 클라이언트 신호가 전달되는 패킷 레벨에서의 종단간 QoS가 보장된다.



(그림 11) 전체 차등화된 광 QoS 서비스 프레임워크

클라이언트 신호를 직접 광채널로 매핑하기 위한 E-O/O-E 인터페이스 계층은 제어 평면에 QoS traffic policy server와 optical resource management 기능을 도입하여, BER, el.SNR, OSNR 파리미터로 광신호의 품질을 유지하고, 서비스에 따른 광 자원의 할당 스킴과 생존도 스킴의 사용으로, DOS 클래스에 따라 aggregation된 플로우 레벨에서의 종단간 QoS가 보장된다.

또한, DOS 프레임워크는 IP 패킷을 광채널을 통해 투명하게 전송하게 함으로써 OCh 파장 레벨에서의 종단간 QoS가 보장된다.

5. 결 론

본 논문에서는 GMPLS 기술과 차등화 서비스 기술을 접목하여, 지연에 민감하고 높은 대역폭을 요구하는 많은 실시간 응용 서비스들에게, 향상된 서비스 품질을 제공해 주는 차등화된 광 QoS 서비스(DOS) 모델을 제시하고, 차세대 광 인터넷 백본망을 통해 종단간 QoS를 보장하기 위한 성능 요구사항을 분석하여 DOS 프레임워크를 제안하였다. 향후 연구 과제로는 개발된 DOS 프레임워크를 전광교환망 표준인 ASON(Automatic Switched Optical Network) 구조에 적용하는 방안과 DOS 클래스의 광 QoS 파라미터를 고려하여 OVPN(Optical Virtual Private Network)의 동적 라우팅 알고리즘을 개발하는 것이다.

참 고 문 헌

[1] R. Braden et al., "Integrated Services in the Internet Architecture : An Overview", RFC 1633, IETF, June, 1994.

[2] S. Blake et al., "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, IETF, December, 1998.

[3] E. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture", RFC 3031, IETF, January, 2001.

[4] Peter AshwoodSmith et al., "Generalized MPLS-Signaling Functional Description", Internet Draft, IETF, November, 2001.

[5] Jonathan P. Lang et al., "Link Management Protocol", Internet Draft, IETF, March, 2002.

[6] V. Jacobson et al., "An Expedited Forwarding PHB", RFC 2598, IETF, June, 1999.

[7] J. Heinanen et al., "Assured Forwarding PHB Group", RFC 2597, IETF, June, 1999.

[8] Panos Trimintzios et al., "A Management and Control Architecture for Providing IP Differentiated Services in MPLS-Based Networks", IEEE Communications Magazine, May, 2001.

[9] Rec. G.976 : "Test methods applicable to optical fibre submarine cable systems", COM15R68(TSB, 7 Nov., 1996), Sect. 7.6.1.1 : 'Measurement of Q-Factor', pp.172-174 and Annex A.4 : 'Q-factor' p.178

[10] G. Bendelli et al. : "Optical performance monitoring techniques", ECOC 2000, Munich, 7 September, 2000, paper 11.4.1, pp.113-116

[11] E. Rosen et al., "MPLS Label Stack Encoding", RFC 3032, IETF, January, 2001.

[12] Jin Ho Hahm, Kwang-il Lee et al., "Restoration Mechanisms and Signalling in Optical Networks", Internet Draft, IETF, November, 2001.

[13] C.Villamizar, "Dynamic Behavior of MPLS Traffic Engineered Networks", MPLS 2000, October, 1997.

[14] KDDI's White Contribution D.97(WP4/15) : "Recent technical information on C- and L-bands in optical transmission systems" of Rec. G.dsn, February, 2001.

[15] Lucent's White Contribution COM 15-39-E : "L-AND C-BADN ATTENUATION IN INSTALLEDFIBRE LINKS"

[16] Peter AshwoodSmith et al., "Generalized MPLS Signaling-CR-LDP Extensions", Internet Draft, IETF, November, 2001.

[17] B. Jamoussi et al., "Constraint-Based LSP Setup using LDP", RFC 3212, IETF, Jan., 2002.

[18] R. Braden et al., "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) Version 1 Functional Specification", RFC 2205, IETF, Sep., 1997.

[19] S. Shenker et al., "Specification of Guaranteed Quality of Service", RFC 2212, IETF, Sep., 1997.

[20] Peter AshwoodSmith et al., "Generalized MPLS Signaling-RSVP-TE Extensions", Internet Draft, IETF, November, 2001.

김 용 성

e-mail : yskim@kit.ac.kr

1987년 경북대학교 컴퓨터공학과(공학사)

1991년 경북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)

1998년 부경대학교 컴퓨터공학 박사수료

1992년~현재 경남정보대학 부교수

관심분야 : 프로토콜 엔지니어링, 병렬처리 등

류 시 국

e-mail : skrh99@kit.ac.kr
1980년 경북대학교 전자공학과(공학사)
1989년 영남대학교 전자공학과(공학석사)
1997년 경상대학교 전자계산학과(공학박사)
1980년~현재 경남정보대학 교수
관심분야 : 객체지향 데이타베이스, 멀티미디어 등

이 재 동

e-mail : jdlee@kit.ac.kr
1986년 경북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
1991년 경북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
2003년 부경대학교 정보통신공학과(공학박사)
1998년~현재 경남정보대학 IT학부 부교수
관심분야 : DWDM optical network, RWA, QoS, Protocol Engineering 등

김 성 운

e-mail : kimsu@pknu.ac.kr
1990년 프랑스 국립 파리7대학교 정보공학과(공학석사)
1993년 프랑스 국립 파리7대학교 정보공학과(공학박사)
1982년~1985년 한국전자통신연구원 연구원
1985년~1995년 한국통신 연구실장
1996년~현재 부경대학교 정보통신공학과 부교수
관심분야 : DWDM optical network, RWA, GMPLS, QoS, NGN, 프로토콜 엔지니어링