

차세대 OVPN 에서 차등화된 광 QoS 서비스 제공 프레임워크 연구

윤미라*, 조준모**, 정창현*, 김성운*

*부경대학교 정보통신공학과

**경북대학교 컴퓨터공학과

E-Mail : eggshape@mail1.pknu.ac.kr

Differentiated Optical QoS Service Framework In Next Generation Optical VPN

Mi-Ra Yoon*, Jun-Mo Cho**, Chang-Hyun Jeong*, Sung-Un Kim*

* Dept. of Telematics Engineering, Pu-Kyong National University

**Dept. of Computer Engineering, Kyong-Pook National University

요 약

IP 망을 활용한 VPN(Virtual Private Network)은 비용과 운용측면에서 효율적이지만 QoS 보장과 광대역 서비스 제공에 많은 문제점을 가진다. 이러한 IP 기반의 VPN 에서 QoS 보장과 광대역폭에 대한 해결책으로 차세대 광 인터넷을 통한 OVPN(Optical VPN) 기술이 제시되고 있다. 차세대 광 인터넷의 구현이 IP/GMPLS over DWDM 프로토콜 프레임워크로 표준화되고 있는 현실에 비추어, IP/GMPLS over DWDM 백본망을 통한 OVPN 은 차세대 가상사설망으로써 멀티미디어 서비스 제공을 위한 유일한 대안이다. 차세대 DWDM 광인터넷 백본망을 활용한 OVPN 에서 종단간 QoS 를 보장하는 멀티미디어 서비스 제공을 위해서는 차등화된 광 QoS 서비스 제공 메커니즘이 필수적으로 요구된다. 본 논문에서는 OVPN over IP/GMPLS over DWDM 에서 종단간 QoS 제공을 위한 차등화된 광 QoS 프로토콜 프레임워크를 제안한다.

1. 서론

가상사설망(VPN) 서비스란 인터넷 또는 통신사업자의 공중통신망으로 논리적인 망을 구성하여 마치 가입자가 고유의 사설통신망을 운용하고 있는 것과 같은 효과를 주는 서비스이다. 이러한 VPN 은 터널링, 암호화, 인증 메커니즘 등을 활용하여 사설망과 동일한 수준의 보안성, 신뢰성 등을 제공한다.

IP망을 활용한 VPN(VPN over Internet)은 인터넷의 급격한 성장으로 비용과 운용측면에서 효율적이지만, 멀티미디어 서비스 요구에 따른 QoS 보장 문제와 현재 IP망의 TDM(Time Division Multiplexing) 전송체계 사용으로 인한 전송용량 부족 문제를 안고있다. 이러한 IP 기반의 VPN에서 QoS 보장과 광대역폭 요구에

대한 해결책으로 차세대 광 인터넷을 통한 OVPN 기술이 제시되고 있다.

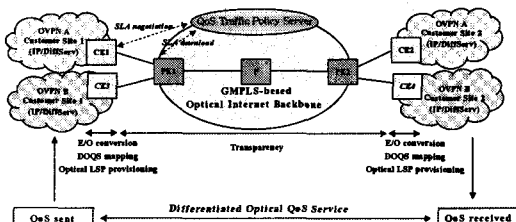
OVPN 구현에 있어 차세대 광 인터넷 백본망 기술은 DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 광 네트워크 기술을 활용하고, IP 전달을 위한 제어 프로토콜은 GMPLS(Generalized Multi-Protocol Label Switching)[1] 기술을 사용하는 IP/GMPLS over DWDM 프로토콜 프레임워크로 표준화되고 있는 현실에 비추어, IP/GMPLS over DWDM 백본망을 통한 OVPN(OVPN over IP/GMPLS over DWDM)은 차세대 VPN으로써 멀티미디어 서비스 제공을 위한 유일한 대안이다. 그러나, 차세대 멀티미디어 서비스 제공을 위한 OVPN 에서, 서비스 클래스별로 차등화된 QoS 제공 및 보장 기술과 DWDM 전광 전송망의 장애나 의도적인 공격에 의해 발생하는 QoS Failure 에 대한 QoS Recovery 능력을 갖는 QoS 보장 프로토콜 프레임워크가 절실히

*이 논문은 2002년도 두뇌한국 21 사업에 의하여 지원되었음.

요구되고 있다[2].

따라서 본 논문에서는 DWDM 광 백본망 기술, GMPLS 제어 프로토콜 기술, OVPN 기술, QoS 기술들을 모두 통합적으로 고려하여, OVPN over IP/GMPLS over DWDM 에서 다양한 멀티미디어 실시간 서비스 제공에 관계되는 QoS 보장 프레임워크 기술의 핵심 사항인 "차등화된 광 QoS 클래스를 고려한 Optical-LSP(Label Switched Path)의 설립과정 및 QoS 유지방안"을 제시한다. 이를 위해, 2 장에서는 차등화된 광 QoS 서비스(DOQS: Differentiated Optical QoS Service) 제공을 위한 OVPN 의 구조 및 동작방식을 제시한다. 3 장에서는 OVPN 멀티미디어 서비스 클래스 별 차등화된 QoS 기준치 정의에 의한 DOQS 클래스를 제안한다. 4 장에서는 차등화된 트래픽들을 OVPN 서비스에서 효율적으로 제어하기 위한 QoS-TP 서버(QoS Traffic Policy Server)와 ORMA(Optical Resource Management Agent) 기능을 정의하여 DOQS 클래스를 고려한 Optical-LSP 의 설립과정을 제시한다. 5 장에서는 전광 전송망의 장애나 의도적인 공격에 의해 발생하는 QoS Failure 를 분석하고, 검출 메커니즘을 제안하여 OVPN 서비스별 차등화된 QoS Recovery 능력을 갖는 QoS 보장 프로토콜 프레임워크를 제안한다. 마지막으로 6 장에서는 본 연구의 간단한 결론과 향후 연구 추진 사항에 대해 서술한다.

2. OVPN 구조 및 동작

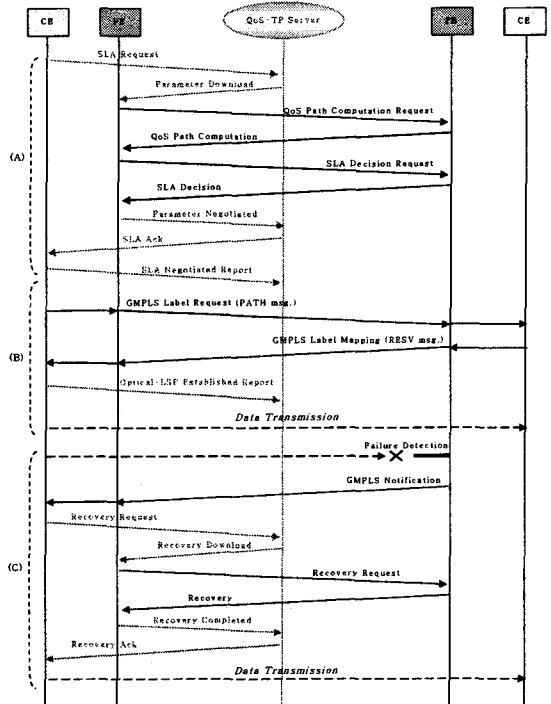


(그림 1) 차등화된 광 QoS 제공을 위한 OVPN 모델

제안되는 OVPN 은 (그림 1)과 같이 전기적 제어 도메인인 고객 사이트(Customer Site)들과 광 제어 도메인인 DWDM 기반의 백본망으로 구성되고, 이들 사이의 효율적인 제어를 위해 IP/GMPLS over DWDM 프로토콜을 사용한다. 외부 고객 사이트는 차등화 서비스(Differentiated Service) 기반의 IP 망으로, 에지(Edge) 노드인 CE(Client Edge)에서 동일한 QoS 를 가지는 패킷들을 Aggregation 하므로 적은 수의 플로우를 생성하여 망의 복잡도를 줄이고 관리를 용이하게 한다. 내부 OVPN 백본망은 GMPLS 기반의 DWDM 망으로, PE(Provider Edge)와 P(Provider) 노드로 구성되며 고객 사이트에서 전달된 데이터 트래픽들을 광전 변환 없이 포워딩한다. 이때 QoS-TP 서버는 고객 사이트간의 DOQS 제공을 위해 고객 사이트와 OVPN 백본망 사이의 서비스 품질관리를 위한 SLA(Service Level Agreement) 협상과 QoS 요구 사항에 적합한 광 경로 설립 및 유지 기능을 담당한다.

OVPN 에서 차등화된 QoS 제공을 위한 Optical-LSP

의 설립 및 QoS 유지를 위한 전체 과정은 (그림 2)와 같다. (A)와 (B)는 고객 사이트간 DOQS 제공을 위한 차등화된 광 경로 설립 과정으로 4 장에서 다루고, (C)는 OVPN 백본망에서의 Failure 발생시 Recovery 절차에 의한 QoS 유지 과정으로 5 장에서 자세히 다룬다.



(그림 2) DOQS 제공을 위한 OVPN 전체 동작

본 논문에서 제시한 OVPN 은 고객 사이트를 차등화 서비스 기반으로 하여 동일한 QoS 를 가지는 IP 트래픽 플로우들을 묶어 망의 복잡도를 줄이고, CE 에서 서비스 클래스가 요구하는 특성을 고려하여 IP 플로우 군을 직접 광채널로 매핑하여, 차등화된 광 QoS 서비스를 제공한다. 이를 위해 GMPLS 헤더에 실험용으로 예약된 Exp(Experimental) 필드를 차등화된 광 인터넷 서비스를 위해 CoS(Class of Service) 기능으로 활용하여 응용서비스의 특성에 따라 패킷의 Exp 값을 다르게 할당하면, 상위 클래스의 패킷에 대한 우선 처리가 가능하다. 이를 위해 먼저 다음 장에서 OVPN 멀티미디어 서비스 클래스별 차등화된 QoS 기준치 정의에 의한 DOQS 클래스를 제안한다.

3. DOQS 클래스 정의

차세대 인터넷과 OVPN 에서 제공되어야 하는 응용 서비스는 요구되는 QoS 품질에 따라 여러 등급으로 분류된다. 일반적으로는 절대적 실시간 QoS 보장용 Premium 서비스(Class 1), 최소한의 통계적인 QoS 보장용 Assured 서비스(Class 2), 기존 인터넷의 최선형 서비스(Class 3)로 나누어지나, 본 논문에서는 세 등급내에서 VPN SLS (Service Level Specification)[3], BER(Bit

Error Rate), el.SNR(Electrical Signal-to-Noise Ratio), OSNR (Optical SNR) 요구조건, 광 자원의 할당 스킴 및 망 장애 또는 의도적인 공격에 대한 생존요구정도 (Survivability Rate) 등에 대한 상대성에 따라 (표 1)과 같이 8 등급으로 DOQS 클래스를 분류한다.

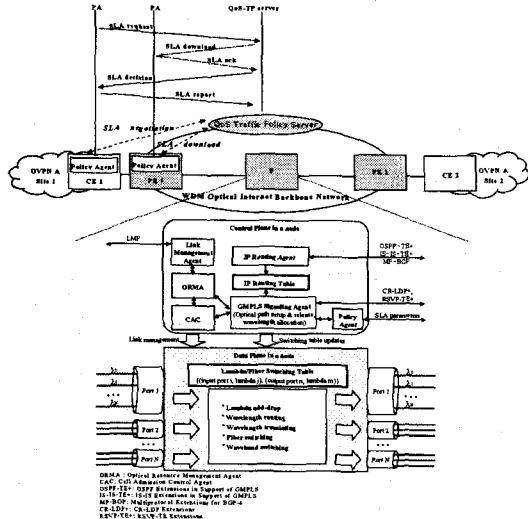
(표 1) DOQS 클래스

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	Virtual leased line service	Bandwidth pipe for data service	Minimum rate guarantee service	Qualitative QoS service	Qualified Olympic service	Fixed service	
Scope	(H)	(H)	(H)	(H) or (H)	(H)	(H)	All
Flow descriptor	EF, S-D IP-A	EF, S-D IP-A	AF1x	MB1	AF1x	None	
Traffic descriptor	(b, r), (m)	NA	(b, r)	(b, r) r indicates a minimum CIR	(b, r)	NA, the full link capacity is allowed	
Excess treatment	Dropping	NA	Rewriting	Rewriting	Dropping	NA	
Performance parameters	D > 20 (b/s), q < 10E-3, L < 0 (R=)	R=1	R=	Cold Silver Bronze Delay or Loss must be indicated qualitatively	NA	NA	
GMPLS Exp field	111	110	101	011 010 001	100	000	
BER (Q)	10 ⁻¹² (7)			10 ⁻¹² (5) - 10 ⁻¹¹ (5.1)			10 ⁻¹¹ (4.2)
el.SNR	16.9 dB			15.5 dB - 14.2 dB			12.5 dB
OSNR (for 100km)	19.5 dB			18.2 dB - 16.8 dB			15.1 dB
Resource allocation	Pre-specified percentage (10%) for this service (C-band: 155nm - 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 L-LSP			L-LSP restoration			Restoration at IP level
Recovery time	< 50ms (Detection time < 100ms)			50 - 100ms (Detection time 0.1ms - 100ms)			1 - 100 sec (Detection time: 100ms - 10sec)

(b, r) token bucket depth and rate (dB/s), p peak rate, D: delay (ms), L: loss probability, R: throughput (dB/s), t: time interval (ms), q: queue, S-D: source and destination, IP-A: IP address, MB1: may be additional, NA: not applicable, CIR: committed information rate.

4. DOQS 클래스를 고려한 Optical-LSP의 설립

본 장에서는 실제 차등화 서비스 플로우를 광 채널에 맵핑하기 위한 광전 변환 인터페이스 계층에서, 효율적인 파장 이용 메커니즘을 구현하기 위해 OVPN 노드의 제어 평면에 QoS-TP 서버와 ORMA 기능을 정의하여 DOQS 제공을 위한 Optical-LSP 설립과정을 제시한다.



(그림 3) QoS-TP 서버의 SLA 협상 절차

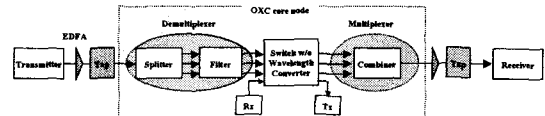
QoS-TP 서버는 고객 사이트와 OVPN 백본망 사이의 SLA 협상과 광경로 설정 및 관리하는 기능을 한다. 본 논문에서는 큰 규모의 망에서 중앙집중형 Policy 서버가 유발하는 병목 문제를 고려하여, 중앙의 Policy 서버는 단지 SLA 협상과 관리만을 수행하고, QoS 경로 계산과 자원 예약은 각 PE에서 수행하는 분산형 구조로 QoS-TP 서버를 구성한다.

ORMA는 광 경로를 동적으로 설정해 주기 위해 활용 가능한 파장, 링크, 노드, 광 증폭기의 수를 유지하고 BER 값을 계산해 광경로의 성능을 평가하여 서비스 유형에 적합한 파장이 할당되도록 한다.

(그림 3)은 고객 사이트와 OVPN 백본망의 QoS-TP 서버에서의 SLA 협상 절차를 도시한 그림이다. 고객 사이트와 QoS-TP 서버간에 "SLA Request" 메시지를 사용하여 근원지 및 목적지 주소, 요구 대역폭, QoS 요구사항 등 SLA를 협상한다. 이때 QoS-TP 서버는 먼저 각 OVPN과 협상된 기존의 Traffic Contract 위배 여부를 확인 후, PE 노드의 Policy Agent로 파라미터를 다운로드 하여 SLA의 수락여부 판단을 요구한다. Policy Agent가 GMPLS Signaling Agent에게 파라미터를 전달하여 Optical-LSP 설정을 요구하면, GMPLS Signaling Agent는 Routing Agent에게 QoS 보장 경로를 계산하게 한 후, 그 경로 상으로 시그널링 프로토콜을 사용해 Optical-LSP를 설정한다. 이때 경로상의 모든 노드에서 QoS 요구 사항들을 만족하여 호 수락이 결정되면, OVPN의 Optical-LSP가 설정되고 자원이 예약된다.

5. QoS 유지 메커니즘

OVPN 광 백본망은 투명한 OXC(Optical Cross Connector)로 구현된 DWDM 기반의 전광 전달망으로, (그림 4)는 기본적인 광 소자로 구현된 DWDM 시스템을 간략하게 보여주고 있다. 이 모델에서 소스 노드와 목적지 노드 사이에 설정되는 광 경로는 하나 또는 그 이상의 중간 노드를 경유하며, 각 노드 사이에는 필요에 따라 탭(Tap)과 광 전력의 손실을 보상해 주기 위해서 광 증폭기가 사용된다. 그리고 DWDM 노드를 구성하는 각 소자들은 광 스위치, 광 역/다중화기로 구성된 OXC, EDFA(Erbium Doped Fiber Amplifier)와 같은 광 증폭기, 광 파이버와 탭 등이 있다.



(그림 4) OVPN 광 백본망 모델

본 장에서는 위와 같이 구성된 OVPN 광 백본망에서 장애나 공격에 의해 발생하는 QoS Failure를 분석하고 그에 따른 검출 메커니즘을 제안하여 서비스 클래스별 QoS Recovery 메커니즘을 제시한다.

OVPN에서의 QoS Failure는 (표 2)와 같이 크게 세 가지 관점으로 접근 가능하다. OVPN 서비스 제공자와

협상된 기존의 Traffic Contract 위배에 의한 Failure, 광 네트워크에서 사용되는 능동 소자의 갑작스런 고장이나 의도적인 공격으로 인해 발생하는 시스템의 동작 불능으로 인한 서비스 파괴, 전송되는 신호의 품질이 점차 저하되어 서비스의 QoS 변동으로 인한 서비스 감쇠로 나눌 수 있다.

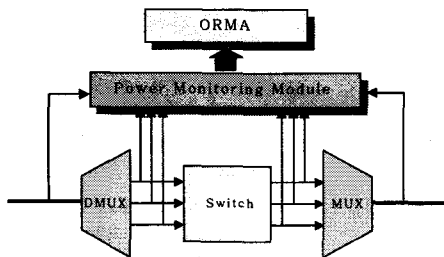
(표 2) QoS Failure 분류 및 검출방법

분류		원인	특징	검출
Traffic Contract 위배		기존의 OVPN Traffic Contract 위배	SLA 형상 결렬	QoS-TP서버의 SLA 관리기능
서비스 파괴	링크 레벨	물리적 파이버 단절	광 신호의 손실	power monitoring system에서의 LOL 검출
	채널 레벨	광원/광검출기 장애		
	노드 레벨	광스위치, 광역/다중화기 장애		
서비스 감쇠	감쇠에 의한 신호 감쇠	증폭기의 ASE 감응 레이저의 RIN 감응	점진적인 신호품질저하	Q-factor를 이용한 BER 추정

앞서 분석된 QoS Failure 중에서 Traffic Contract 의 위배 여부는 SLA 협상 과정에서 검출 가능하지만 서비스 파괴나 감쇠 여부는 Optical-LSP 로 데이터 전송 중일 때 발생 가능 하므로 이들을 위한 검출 메커니즘이 요구된다.

서비스 파괴는 결국 광신호의 손실로 나타나게 되므로 (그림 5)와 같은 Failure 검출 모델에서 Power Monitoring 과정에서 LOL(Loss of Light) 알람이 발생한다. ORMA 는 이를 수신하여 서비스의 파괴를 검출하고 Recovery 수행을 요구하게 된다.

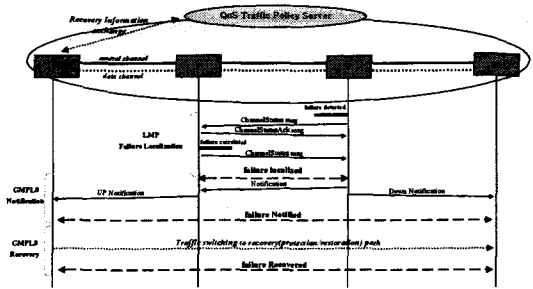
서비스 감쇠는 신호 품질의 저하로 나타나므로 BER 값을 주기적으로 검사하여 검출 한다. 즉, Q-factor[4]를 사용하여 BER 값을 주기적으로 모니터링 하여 Optical-LSP 의 광 정보를 관리하는 ORMA 에게 전달 하여 서비스 클래스에 따른 임계치 만족 여부를 확인 함으로써 Recovery 메커니즘의 필요 여부를 판단 한다.



(그림 5) QoS Failure 검출 모델

이러한 QoS Failure 에 대한 QoS Recovery 절차는 일반적으로 Failure Detection, Failure Localization, Failure Notification, QoS Recovery(Protection/Restoration)의 단계로 수행된다[5].

Failure Localization 은 Failure 발생 위치를 통보하여 고장난 요소를 기존의 트래픽과 분리시키는 지역화 과정으로, (그림 6)과 같이 LMP(Link Management Protocol)[6]의 Failure Localization 기능을 사용한다.



(그림 6) QoS Recovery 절차

Failure Notification 은 Optical-LSP 의 중간 노드들에게 Failure 의 발생을 알리고, 해당 서비스의 이용이 불가능 함을 회복 스킵 수행의 책임이 있는 노드로 알리기 위해 GMPLS 시그널링 프로토콜의 Notification 메시지를 사용한다. 회복 스킵 수행의 책임이 있는 노드는 Notification 메시지를 수신한 후 QoS-TP 서버로 Failure 발생을 알린다. QoS-TP 서버는 OVPN 의 서비스 클래스에 따른 회복 스킵 정보(Premium 서비스: GMPLS 보호 스킵, Assured 서비스: GMPLS 복구 스킵, 최선형 서비스: IP 레벨 복구 스킵)를 회복 스킵 수행의 책임이 있는 노드로 전송하여 회복 절차 수행을 관리함으로써 서비스별 차등화된 QoS Recovery 능력을 제공한다.

6. 결론

본 논문에서는 OVPN Over IP/GMPLS over DWDM 환경에서 다양한 멀티미디어 서비스 제공을 위해 DOQS 를 고려한 Optical-LSP 의 설립과정과 망 장애와 공격에 의한 QoS Failure 들을 분석하여 DOQS 클래스 별 회복 메커니즘으로 QoS 유지 방안을 제시 하였다. 앞으로 DOQS 를 보장하는 OVPN 환경에서의 여러 프로토콜들(MP-BGP, OSPF-TE+/IS-IS-TE+, RSVP-TE+/CR-LDP+, LMP)의 구체적인 기능 확장에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Eric Mannie, "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Architecture," IETF Internet Draft, 2003.2
- [2] Jigesh K. Patel, Sung U. Kim and David H. Su, "QoS Recovery Schemes Based on Differentiated Services in All-Optical Transport Next Generation Internet," Photonic Network Communications, Vol.4, No.1, 2002.1.
- [3] F. Chiussi et al., "Framework for QoS in Provider-Provisioned VPNs," IETF Internet Draft, June 2002.
- [4] G. Bendelli et al., "Optical performance monitoring techniques," ECOC 2000, Munich, September 2000, paper 11.4.1, pp.113-1168
- [5] Dimitri Papadimitriou, Eric Mannie, "Analysis of Generalized MPLS-based Recovery Mechanisms," Internet Draft, draft-ietf-ccamp-gmpls-recovery-analysis-00.txt, January 2003.
- [6] Jonathan P. Lang et al., "Link Management Protocol," Internet Draft, IETF, March 2003.