

# 차세대 OVPN에서 QoS Recovery 메커니즘 제공을 통한 QoS 보장 프레임워크

윤미라<sup>0</sup>, 정창현, 김성운\*  
 부경대학교 정보통신공학과  
 {eggshape<sup>0</sup>, jch123}@mail1.pknu.ac.kr, kimsu@pknu.ac.kr<sup>\*</sup>

## QoS Guarantee Framework with QoS Recovery Mechanism in Next Generation OVPN

Mi-Ra Yoon<sup>0</sup>, Chang-Hyun Jung, Sung-Un Kim  
 Dept. of Telematics Engineering, Pu-Kyong National University

### 요약

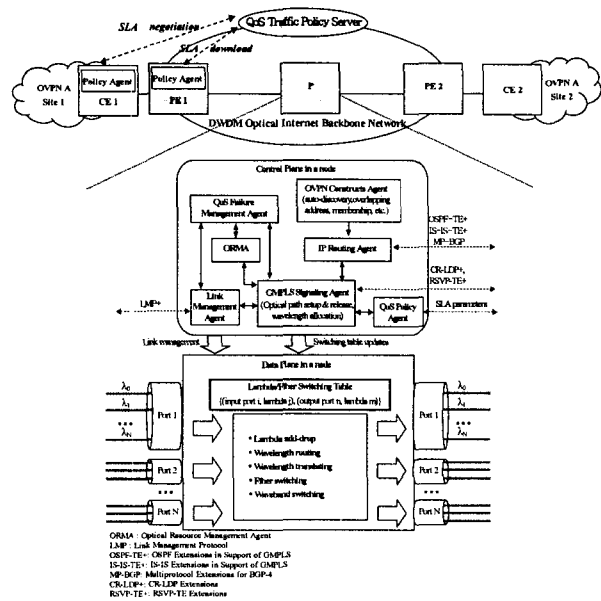
IP망을 활용한 VPN(Virtual Private Network)에서의 QoS 보장 메커니즘과 광대역폭 제공에 대한 해결책으로 차세대 광 인터넷을 통한 OVPN(Optical VPN) 기술이 제시되고 있다. 차세대 광 인터넷의 구현이 IP/GMPLS(Generalized Multi-Protocol Label Switching) over DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 프로토콜 프레임워크로 표준화되고 있는 현실에 비추어, IP/GMPLS over DWDM 백본망을 통한 OVPN은 차세대 가상사설망으로써 멀티미디어 서비스 제공을 위한 최적의 방안이다. 이러한 차세대 멀티미디어 서비스 제공을 위한 OVPN에서는 서비스 클래스별로 차등화된 광 QoS 제공 및 보장 기술이 절실히 요구되고 있으므로, 본 논문에서는 차등화된 광 QoS 서비스(DOQS: Differentiated Optical QoS Service)를 제공하는 OVPN모형을 제시하고 제안된 DOQS-OVPN 모델의 QoS 지원 광경로 상에서의 QoS Failure에 대한 서비스별 차등화된 Recovery 능력을 갖는 QoS 보장 프로토콜 프레임워크를 제안한다.

### 1. 서론

가상사설망 서비스란 인터넷 또는 통신사업자의 공동통신망으로 논리적인 망을 구성하여 마치 가입자가 고유의 사설통신망을 운용하고 있는 것과 같은 효과를 주는 서비스이다. IP망을 활용한 VPN은 인터넷의 급격한 성장으로 비용과 운용 측면에서 매우 효율적이지만 멀티미디어 서비스 제공에 따른 QoS 보장 문제와 현 IP망의 TDM(Time Division Multiplexing) 전송체계 사용으로 인한 전송용량 부족 문제를 안고있다. 이러한 IP 기반의 VPN에서 QoS 보장과 광대역폭 제공에 대한 해결책으로 차세대 광 인터넷을 통한 OVPN기술이 제시되고 있다[1].

차세대 광 인터넷 백본망 기술은 DWDM 광 네트워크 기술을 활용하고, IP 전달을 위한 제어 프로토콜은 GMPLS 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 가상사설망으로써 멀티미디어 서비스 제공을 위한 최적의 방안이다. 이러한 차세대 멀티미디어 서비스 제공을 위한 OVPN에서는 서비스 클래스별로 차등화된 광 QoS 제공 및 보장 기술이 절실히 요구되고 있으므로, 본 논문에서는 차등화된 광 QoS 서비스를 제공하는 DOQS-OVPN 모델을 제시하고 제안된 OVPN 상의 QoS 지원 광경로상에서의 QoS Failure에 대한 서비스별 차등화된 Recovery 능력을 갖는 QoS 보장 프로토콜 프레임워크를 제안한다. 이를 위해, 2장에서는 DOQS-OVPN 모델의 구조와 전체 동작을 제안하고, 3장에서는 OVPN에서 장애나 의도적인 공격에 의해 발생하는 QoS Failure를 분석하고 검출메커니즘을 제안하여 서비스별 차등화된 QoS Recovery 제공 프레임워크를 제시한다.

### 2. DOQS-OVPN 모델



[그림 1] DOQS-OVPN 모델

제안되는 DOQS-OVPN 구조는 [그림 1]과 같이 전기적 제어 도메인인 가입자 사이트(Customer Site)들과 광 제어 도메인인 DWDM 기반의 백본망으로 구성되고, 이들 사이의 효율적인 제어를 위해 IP/GMPLS over DWDM 프로토콜을 사용한다. 외부 가입자 사이트는 차등화 서비스(Differentiated Service) 기반의

\*본 연구는 2003년도 두뇌한국21사업 및 한국과학재단 목적기초연구 (R01-2003-000-10526-0) 지원으로 수행되었음.

IP 망으로, 에지(edge) 노드인 CE(Client Edge)에서는 동일한 QoS를 가지는 패킷들을 aggregation 하여 망의 복잡도를 줄이고 관리를 용이하게 한다. 내부 OVPN 백본망은 GMPLS 기반의 DWDM 망으로, 에지 노드인 PE (Provider Edge)와 코어(core) 노드인 P(Provider)로 구성되며 가입자 사이트에서 전달된 데이터 트래픽들을 광전 변환 없이 포워딩한다. 이때 QoS-TP 서버(QoS Traffic Policy Server)는 가입자 사이트와 SLA(Service Level Agreement) 파라미터를 협상하여, 협상된 파라미터에 적합한 광경로를 설정하며, 망 장애나 공격에 의한 Failure 발생시 서비스 클래스에 따른 차등화된 생존도 스킴(Premium 서비스: GMPLS 보호 스킴, Assured 서비스: GMPLS 복구 스킴, Best-effort 서비스: IP 레벨 복구 스킴)의 수행을 관리하여, 종단간에 광경로를 통해 SLA를 만족하는 서비스가 제공될 수 있도록 망 전체를 관리하는 기능을 한다.

DOQS-OVPN 모델에서의 노드는 광 스위치로 유입되는 트래픽을 스위칭 테이블에 따라 파장(혹은 파장군) 및 공간 스위칭을 담당하는 데이터 평면과(data plane)과 시그널링/라우팅 및 시스템 관리를 담당하는 제어 평면(control plane)으로 나뉘며, 각 에이전트(agent)의 기능은 다음과 같다.

- QoS Policy Agent  
QoS-TP 서버로부터 SLA 파라미터들을 수신하여 GMPLS signaling agent 에게 전달하여 SLA 요구 사항에 적합한 광경로에 설정을 관리
- GMPLS Signaling Agent  
GMPLS 시그널링 프로토콜을 사용하여 광경로의 설정 및 해제 기능 수행
- IP Routing Agent  
DOQS 보장 경로 계산
- OVPN Constructs Agent  
OVPN의 특성에 맞는 광경로의 설립과 유지를 위해 auto-discovery, overlapping address, membership 등의 기능 수행
- QoS Failure Management Agent(QoS-FMA)  
장애나 의도적인 공격으로 인한 Failure 발생시 QoS Recovery 기능 수행
- Optical Resource Management Agent(ORMA)  
실시간적인 광 자원의 관리, 분류 및 예약 기능 수행
- Link Management Agent  
이웃 노드간의 링크 관리 프로토콜인 LMP(Link Management Protocol) 및 노드와 OLS(Optical Line System) 사이의 상태 정보 교환을 위한 LMP-WDM[2]을 사용하여 광경로의 제어 채널과 데이터 채널의 광신호 감시 및 관리

이들의 동작을 QoS Failure 관리 측면에서 살펴보면, 먼저 제어 평면 내의 QoS-FMA는 광소자 및 DWDM 링크의 상태 정보를 ORMA를 통해 수신하고, QoS Failure 종류에 따른 적절한 회복 스킴 제공을 위한 시스템의 전반적인 제어 절차를 제공한다. 만일 QoS-FMA가 QoS Failure에 대한 SF(Signal Failure)/SD(Signal Degradation) 알람을 수신하게 되면, 최초 QoS-FMA는 LMA에서 제공되는 LMP와 LMP-WDM을 통해 QoS Failure 지역화 절차를 수행한다. 이웃 노드 및 OLS와의 정보 교환을 통해 지역화 절차가 종결되면, QoS-FMA는 LMA에서 제공되는 상태정보를 바탕으로 ORMA에 저장된 DWDM 광링크 자원에 대한 정보를 업데이트 한다. 이후 GMPLS Signaling Agent는 시그널링 프로토콜인 RSVP-TE+(GMPLS Signaling Resource Reservation Protocol-Traffic Engineering Extensions) 혹은 CR-LDP+(GMPLS Signaling

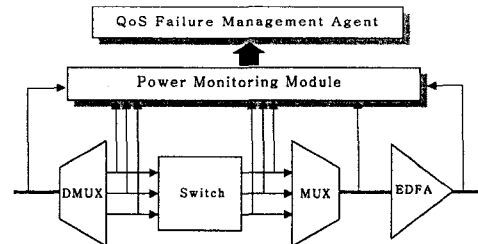
Constraint-based Routed Label Distribution Protocol Extensions)를 이용하여 QoS Failure가 발생했음을 회복 스킴 수행의 책임이 있는 노드에게 알려 주면, 이 노드들의 QoS-FMA는 광경로에 따라 제공되어야 할 회복 스킴을 적용하게 된다. 이처럼 QoS Failure 검출에서부터 회복까지의 데이터 처리 과정은 다양한 에이전트들의 상호 협력적인 과정으로 이루어지고, 이를 위한 회복 메커니즘과 자세한 제어 프로토콜의 절차는 3장에서 다룬다.

### 3. QoS Recovery 메커니즘

OVPN에서의 QoS Failure는 [표 1]과 같이 크게 세 가지 관점으로 접근이 가능하다. OVPN 서비스 제공자와 협상된 기존의 Traffic Contract 위배에 의한 Failure, 광 네트워크에서 사용되는 능동 소자의 갑작스런 고장이나 의도적인 공격으로 인해 발생하는 시스템의 동작불능으로 인한 서비스 파괴, 전송되는 신호의 품질이 점차 저하되어 서비스의 QoS 변동으로 인한 서비스 감쇠로 나눌 수 있다.

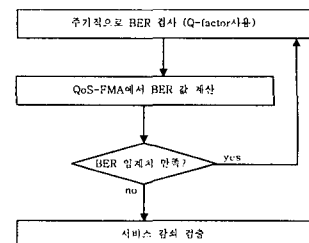
[표 1] QoS Failure 분류 및 검출방법

분류	원인	특징	검출
Traffic Contract 위배	기존의 OVPN Traffic Contract 위배	SLA 협상 결렬	QoS-TP서버의 SLA 관리기능
서비스 파괴	링크 레벨	물리적 파이버 단절	power monitoring system에서의 LOL 검출
	채널 레벨	광증폭기의 장애	
	노드 레벨	광원/광검출기 장애	
서비스 감쇠	잠음에 의한 신호 감쇠	광스위칭, 광역/다중화기 장애	정진적인 신호품질저하
		증폭기의 ASE 잡음, 레이저의 PIN 잡음	



[그림 2] QoS Failure 검출 모델

앞서 분석된 QoS Failure 중에서 Traffic Contract의 위배 여부는 SLA 협상 과정에서 검출 가능하지만 서비스 파괴나 감쇠 여부는 데이터가 광경로로 전송 중일 때 발생 가능하므로 이를 위한 검출 메커니즘이 요구된다.



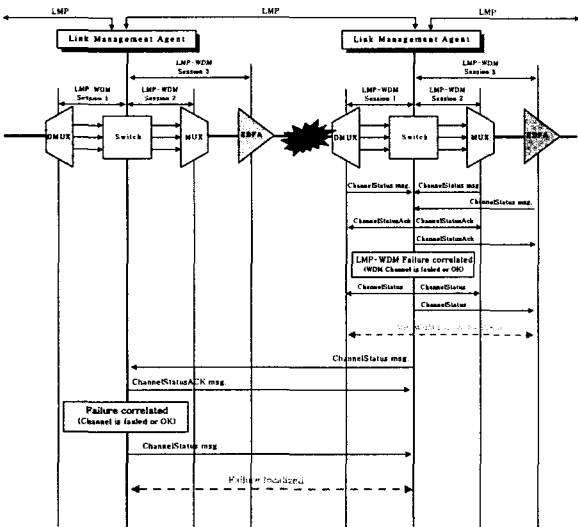
[그림 3] 서비스 감쇠 검출 메커니즘

서비스 파괴는 결국 광신호의 손실로 나타나게 되므로 [그림 2]와 같은 Failure 검출 모델의 Power Monitoring 과정에서

LOL(Loss of Light) 알람이 발생한다. QoS-FMA는 이를 수신하여 서비스의 파고를 검출하고 Recovery 수행을 요구하게 된다. 서비스 감쇠는 신호 품질의 저하로 나타나므로 [그림 3]에서와 같이 BER(Bit Error Rate) 값을 주기적으로 검사하여 검출한다. 즉, QoS-FMA는 Q-factor[3]를 사용하여 BER 값을 주기적으로 모니터링하여 광경로 설정시 요구되었던 BER 임계치 요구사항의 만족 여부를 확인 함으로써 Recovery 메커니즘의 필요 여부를 판단 한다.

이러한 QoS Failure의 검출 후의 Recovery 절차는 일반적으로 Failure Localization, Failure Notification, QoS Recovery(Protection/ Restoration)의 단계로 수행된다[4].

Failure Localization은 Failure 발생 위치를 통보하여 고장난 요소를 기존의 트래픽과 분리시키는 지역화 과정으로, [그림 4]와 같이 이웃 노드간의 링크 관리 프로토콜인 LMP와 노드와 OLS 사이의 상태 정보 교환을 위한 LMP-WDM의 Fault Management 기능을 사용한다.



[그림 4] Failure Localization 절차

[표 1]에서 정의된 Failure들이 [그림 2]와 같이 QoS-FMA에서 검출되면, LMP-WDM은 [그림 4]와 같이 ChannelStatus 메시지를 사용하여 관리 노드로 Failure의 발생을 알린다. ChannelStatus 메시지를 수신한 관리 노드는 먼저 ChannelStatusAck 메시지로 ChannelStatus 메시지의 수신에 대한 응답을 하고, 해당 WDM 채널에 또 다른 Failure 발생의 유무를 확인한다. 그 결과를 다시 ChannelStatus 메시지로 OLS들에게 알림으로써 OLS와 노드사이의 LMP-WDM Failure를 지역화 한다. 그리고 노드와 노드사이의 Failure 지역화를 위해 다운스트림(downstream) 노드는 업스트림(upstream) 노드에게 Failure의 발생을 알리기 위해 LMP의 ChannelStatus를 전송한다. 이를 수신한 업스트림 노드는 ChannelStatusAck 메시지로 응답하고 해당 LMP 채널의 Failure 상태를 다운스트림 노드에게 알림으로써 지역화 절차가 종료된다.

Failure Notification은 광경로상의 중간 노드들에게 Failure의 발생을 알리고, 해당 서비스의 이용이 불가능 함을 회복 스킴 수행의 책임이 있는 노드로 알리기 위해 GMPLS 시그널링 프로토콜의 Notify 메시지를 사용하여, 서비스 클래스에 따른 차등화된 회복 스킴(Premium 서비스: GMPLS 보호 스킴, Assured 서비스: GMPLS 복구 스킴, Best-effort 서비스: IP 레벨 복구

스킴)을 사용하여 DOQS 요구사항을 만족하는 광경로상의 QoS를 보장한다.

Premium 서비스의 경우, "Working Path Failure: Switchover Request"를 나타내는 Notify 메시지를 Ingress CE로 전송한다(그림 5의 A). 이러한 Notify 메시지를 Ingress CE에서 수신하면 미리 설정 되어있는 Protection Path로 스위칭하고(그림 5의 B), 이를 알리는 Notify Ack 메시지를 Egress CE로 전송한다(그림 5의 C). 이때 Protection path의 제어 채널 활성화를 위해 각 노드들은 LMP의 ChannelStatus 메시지를 사용하여 사용자 트래픽의 할당을 알리고 지속적인 모니터링을 요구하며, 광자원 관리를 담당하는 ORMA의 광자원 상태를 업데이트 한다(그림 5의 D-E). 그리고 새로운 protection path 설정을 위해 QoS-TP 서버로 QoS 요구사항을 만족하는 protection path의 계산을 요구한 후, 계산된 경로를 따라 자원을 예약한다(그림 5의 F-I).

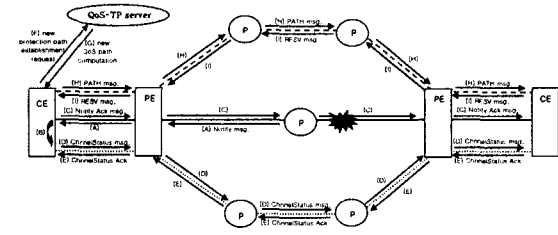


그림 5] Premium 서비스의 Recovery 절차

Assured 서비스의 경우, 노드간에 손상된 광경로를 대체하기 위한 복구경로를 동적으로 찾아야 하므로 Ingress CE로 Failure의 발생을 알리는 Notify 메시지를 전송하면 Ingress CE는 수신에 응답하는 Notify Ack 메시지를 보내고 QoS-TP 서버에게 QoS 요구사항을 만족하는 새로운 경로 계산을 요구하여 복구 경로를 설정한 후 트래픽을 스위칭한다.

Best-effort 서비스의 경우 IP 레벨 복구 스킴을 사용하므로 TCP 재전송을 통해 보상된다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 차등화된 광 QoS 서비스를 제공하는 DOQS-OVPN 모델을 제안하고, 제안된 모델에서 발생 가능한 QoS Failure 들을 분석하여 서비스 클래스별 차등화된 Recovery 메커니즘을 제시 하여 QoS 보장 프레임워크를 제안하였다.

앞으로 DOQS-OVPN 모델에서의 여러 프로토콜들(MP-BGP, OSPF-TE+/IS-IS-TE+, RSVP-TE+ /CR-LDP+, LMP+)의 구체적인 기능 확장에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] H. Ould-Brahim et al., "Generalized Provider-provisioned Port-based VPNs using BGP and GMPLS Toolkit," IETF Internet Draft, March 2003.
- [2] A. Fredette, J. Lang, " LMP for DWDM Optical Line Systems," IETF Internet Draft, March 2003.
- [3] Rec. G.976: "Test methods applicable to optical fiber 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.17.
- [4] Dimitri Papadimitriou, Eric Mannie, "Analysis of Generalized MPLS-based Recovery Mechanisms," IETF Internet Draft, May 2003.