

차세대 WDM 광 인터넷 백본망에서 차등화된 광 QoS 서비스 제공에 관한 연구

이미경*, 신주동*, 윤미라*, 김성운*
*부경대학교 정보통신공학과
e-mail : lmk1204@mail1.pknu.ac.kr

A Study on Differentiated Optical QoS Service in Next Generation WDM Optical Internet Backbone Network

Mi-Kyoung Lee*, Ju-Dong Shin*, Mi-ra Yun*, Sung-Un Kim*
*Dept. of Telematics Engineering, Pu-Kyong National University

요 약

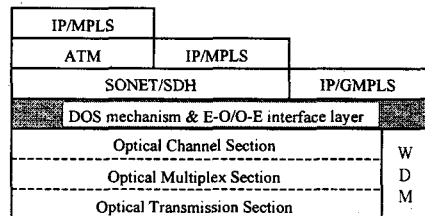
최근 인터넷 서비스는 최선형 서비스 제공 위주에서 실시간 멀티미디어 서비스들의 QoS 보장을 함께 지원하는 차등화된 서비스 형태로 발전하고 있다. 또한, 기존의 SONET/SDH 전송망에서 다중기가비트 파장을 제공하는 WDM 기술이 차세대 인터넷의 중심 기술로 부상하고 있다. WDM 백본망은 Ingress와 Egress 쌍 간에 여러 lightpath를 제공하므로 각각의 광 품질에 따라 각기 다른 광 경로를 설정하여 차등화된 광 서비스를 제공할 수 있으나, 현재의 WDM 백본망은 종단간 QoS 서비스 보장을 위한 어떠한 지원도 제공하지 못하고 있는 실정이다. 본 논문에서는 다양한 실시간 멀티미디어 서비스들을 IP over WDM 백본망에 적용하기 위해, 파장을 레이블로 사용하여 QoS 제공 기능과 트래픽 분산 기능을 용이하게 수행하는 GMPLS 기술을 차등화 서비스 기술과 같이 접목하여 새로운 형태의 차등화된 광 QoS 서비스(DOS) 제공 방안을 기술 한다.

1. 서론

지난 10년간 인터넷 트래픽은 기하급수적으로 증가하여, 인터넷 기반 프로토콜인 IP(Internet Protocol)가 데이터 뿐만 아니라 음성 및 비디오 서비스를 위한 핵심 프로토콜로 자리를 잡았고, 데이터 서비스 위주의 최선형(best-effort) 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 Multiplexing) 방식을 사용한 광 기술이 차세대 인터넷의 백본망 구축 기술로 표준화 되고 있고, 인터넷에서의 QoS 제공 서비스를 위해 IP를 연결형(connection

oriented) 서비스로 전달 가능하게 하는 MPLS(Multi Protocol Label Switching) 기술이 표준화 되고 있다. 또한, 이를 광 백본망에 적용하기 위해 GMPLS (Generalized MPLS)[3] 기술이 활발히 연구되고 있어, (그림 1)과 같이 차세대 광 인터넷 백본망의 제어 프로토콜 개념은 IP/GMPLS over WDM으로 발전해 가고 있다.



(그림 1) IP/GMPLS over WDM 제어 프로토콜 발전구조

그러나, 위에 제시된 통합 서비스 및 차등화 서비스 모델, MPLS 기술들이 IP over WDM 환경에서 QoS 제공에 적용되기에는 여러 가지 문제점들을 내포한다.

*본 연구는 정보통신연구진흥원의 대학기초연구지원 사업 과제 지원에 의하여 수행 되었음.

먼저 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 광 신호 형태의 전광으로 전송되므로, 기존의 전자 신호 전송에 적용되는 QoS 제어 기술이 더 이상 적용되지 못한다.

둘째로, 상위 클래스를 가진 트래픽 군(aggregation)에 대해 우선적으로 전송 처리를 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 전자 신호 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.

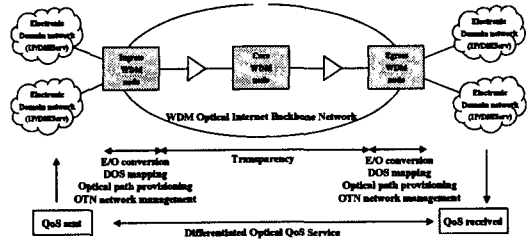
최근에 각광을 받고 있는 MPLS 기술은 이러한 통합 서비스 모델과 차등화 서비스 모델의 QoS 지원 한계를 극복할 수 있다. 이 기술은 레이블을 이용한 패킷의 클래스 식별 과정의 단순함과 특정 레이블을 가진 패킷에 대해 명시적 경로(explicit route)의 정보를 내포함으로써, QoS 제공 기능과 트래픽 분산 기능을 용이하게 수행할 수 있다. 또한 IP over WDM 백본망에 적용하기 위해 개발되고 있는 GMPLS 기술을 차등화 서비스 기술과 같이 접목하면 새로운 형태의 차등화된 광 QoS 제공 기술을 개발할 수가 있다.

본 논문에서는 차세대 인터넷에서 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(그림1의 빗금부분). 이를 위해, 2장에서는 요구되는 QoS 품질에 따라 DOS 서비스 클래스를 세부적으로 분류하고, 세분화시킨 트래픽들을 효율적으로 제어하기 위한 QoS traffic policy server 기능을 정의하여, 전체적인 차등화된 광 QoS 서비스 모델을 제시한다. 3장에서는 WDM 전송망 표준인 OTN(Optical Transport Network)에서 DOS 클래스를 정합하기 위한 방안을 기술하며, 마지막으로 4장에서는 본 연구의 간단한 결론과 향후 연구 추진 사항에 대해 정리한다.

2. 차등화된 광 QoS 서비스(DOS) 모델

(그림 2)와 같이, 제안된 WDM 광 인터넷 백본망은 IP/GMPLS over WDM 제어 프로토콜 메커니즘을 사용하며, 외부 전자 제어 도메인의 차등화 서비스 기술 기반 IP 망과 내부 광 제어 도메인의 WDM 망으로 구분된다. Ingress 및 Egress WDM 노드는 IP 트래픽을

받아 합당한 파장으로 전송하기 위해 트래픽 (de-)aggregation과 라우팅 및 광 경로 설정 기능, DOS 보장 메커니즘 등을 수행하고, core WDM 노드는 이들의 포워딩 및 파장 변환 등의 기능을 수행한다.



(그림 2) WDM 광 인터넷 백본망 구조

2.1 DOS 서비스 클래스 정의

차세대 인터넷에서 제공되어야 하는 응용서비스는 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 등급 내에서 호 설정시 협상되어지는 파라미터(지연, 지터, 대역폭 등), BER/ef.SNR/OSNR 요구조건, 망 장애 혹은 공격에 대한 생존도(survivability) 요구정도에 대한 상대성에 따라 (표 1)과 같이 세부 등급으로 나누어 각각의 DOS 클래스를 분류한다.

(표 1) DOS 서비스 클래스

Classification criteria	Class 1		Class 2				Class 3
	Premium service: Expedited Forwarding (EF) PHB	Virtual leased line service	Bandwidth pipe for data service	Minimum rate guarantee service	Qualitative Olympic service	Functional service	Best Effort (BE) service: Default PHB
Scope	(111)	(111)	(111)	(111) or (11N)	(N11) or (all1)	All	
Flow descriptor	EF, S-D IP-A	EF, S-D IP-A	AF ix	MBI	AF ix	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 (r=5, p=100%), L=0 (R+r)	R=1	R=r	Gold Silver Bronze	NA	NA	
BER (Q)	10 ⁻¹³ (7)			10 ⁻⁹ (6) - 10 ⁻⁷ (5,1)		10 ⁻⁷ (4,2)	
ef. SNR	16.9 dB			15.5 dB - 14.2 dB		12.5 dB	
OSNR (for 100MHz)	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: 150nm - 150nm)			Pre-specified percentage (30%) for this service (L band: 150nm - 162nm)		Best use of the remaining bandwidth (L band: 150nm - 162nm)	
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, Inasec - 100msec)		1 - 100 sec (Detection time: 100msec - 100sec)	

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

DOS 분류 파라미터에는 Ingress/Egress 인터페이스를 나타내는 scope, IP를 DiffServ 정보, 근원지 정보, 목적지 정보에 따라 분류하는 flow descriptor, 분류된 IP 스트림의 트래픽 특성(최대전송률, 토큰전송률, 버킷 크기 등)을 기술하는 traffic descriptor, 프로파일 초과시의 트래픽 처리를 기술하는 excess treatment, 서비

스 보장 파라미터인 지연, 지터, 처리율, 패킷 손실률을 기술한 performance parameters가 있다[4]. 또한 광 백본망의 시스템 성능을 측정하는 BER과 Q factor, 전자 SNR(el.SNR) 및 광 SNR(OSNR)의 상관관계는 식 (1), 식(2), 식(3)으로부터 구해진다[5].

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

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

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

$r = 0.15$ (extinction ratio of the transmitted optical signal)

$Be = 0.75 \times fo$ (effective electrical noise bandwidth due to bit rate fo)

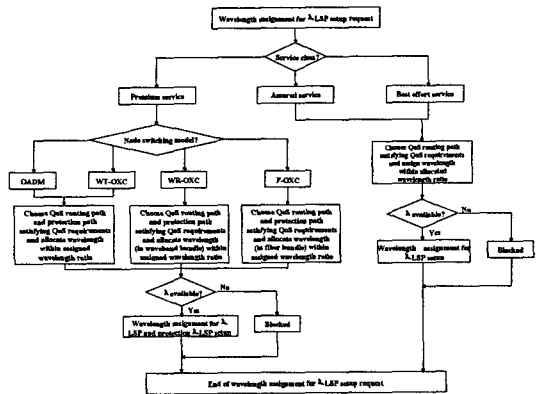
$Bd = 12.6GHz$ or $0.1nm$ (optical bandwidth for OSNR measurement)

광 신호는 데이터 용량이 크기 때문에 장애가 발생할 경우 커다란 손실을 초래한다. 따라서 광 백본망에서는 보호(protection) 및 복구(restoration)가 매우 중요하다. 음성과 같은 실시간 데이터를 전송하는 Premium 서비스는 신뢰성이 매우 높아야 하며, (표 1)에 명시된 회복 시간(recovery time) 요구사항 내에서 광 채널 레벨의 국부적 QoS 보호 메카니즘 혹은 GMPLS 백업 절차를 사용하여 보호된다. 운용 경로에 장애, 공격 혹은 전송로의 절단 등의 문제가 발견되면, 국부적 보호 내에서 50ms 이하의 시간 안에 장애점으로부터 예비 경로로의 전송이 시작된다. 이 스킴은 분산 방법에서 링크 레벨 하드웨어 보호 개념에 기반한다. 또한, Premium 서비스의 안정적인 QoS를 위해 GMPLS 백업 절차를 사용할 수 있는데, λ-LSP(Lambda Label Switched Path) 설정시 백업 경로를 미리 설정해 두어, 장애가 발견되면 백업 경로를 통해 요구된 QoS를 전송하는 이 스킴은 GMPLS 링크 라우팅을 위해 100ms 이하여야 한다. Premium 서비스의 λ-LSP와 보호 λ-LSP는 비교적 평탄하고 이득 범위가 넓은 EDFA(Erbium Doped Fiber Amplifier)를 활용하여 감쇠가 가장 적은 C-band(1530~1565nm) 대역내의 미리 할당된 파장 비율(10%) 내에서 할당되므로 우수한 광 품질의 서비스가 제공된다[6].

DOS 서비스 클래스에 따라, (그림 3)과 같은 차등화된 파장 할당 메카니즘을 이용하여 블럭킹이 적은 경로를 설정하는 것이 중요하다. Premium 서비스의 경우, λ-LSP 설정을 위한 파장 할당이 광 교환 노드의 4가지 종류에 따라 다르게 이루어진다. 이때, 물리적 광 파이버 절연 혹은 파이버 레벨에서 노드 결함을 고려하여, 다른 파이버(fiber-disjoint protection λ-LSP)에서 보호 λ-LSP의 파장을 할당하는 것이 더 좋다. 또한, 파이버 링크들을 하나의 번들(bundle)로 취급하는 파이버 번들링 및 연속하는 파장들의 집합인 파장밴드(waveband) 스킴을 활용하게 되면, 개별적인 링크/파장들에 대한 왜곡을 줄이고 개별적인 링크/파장들을 좀더 엄격하게 분리할 수 있는 장점이 있다.

Assured 서비스의 안정적인 QoS를 위해, GMPLS LSP 복구 스킴이 사용된다. λ-LSP 복구 스킴은 절단된 λ-LSP를 대체하기 위한 복구 λ-LSP가 필요하며, Ingress/Egress 노드간에 복구 λ-LSP를 동적으로 찾아야 하기 때문에 Premium 서비스보다 더 긴 회복 시간

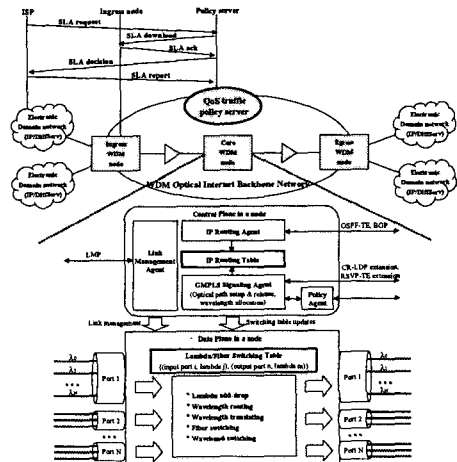
(수십~수백ms)을 가진다. 최선형 서비스는 IP 레벨에서의 LSP 복구 스킴을 제안하는데, 장애로 인해 서비스가 중단된 최선형 트래픽은 100ms~수초까지의 서비스 범위 내에서 TCP 재전송을 통해 보상된다. Assured 혹은 최선형 서비스의 경우, Ingress 노드에서 각 서비스의 QoS 요구사항을 만족하는 QoS 라우팅 경로를 선택하는데, 이 경우 파장 할당은 노드 종류에 무관하게 이루어진다. 두 서비스는 C-band 보다는 감쇠가 심한 L-band(1565~1625nm) 내의 파장을 활용한다.



(그림 3) 차등화된 파장 할당 메카니즘

2.2 QoS traffic policy server 정의

(표 1)과 같이 분류된 서비스 클래스를 광 백본망의 파장에 실기 전에, Ingress/Egress WDM 노드의 E-O/O-E 인터페이스 계층에서 차등화된 IP 트래픽 스트림별 aggregation 작업을 수행하는 효율적인 파장 이용 메카니즘이 필요하다. 본 논문에서는 위에서 세분화시킨 트래픽들을 효율적으로 제어하기 위해 QoS traffic policy server 기능을 정의한다.



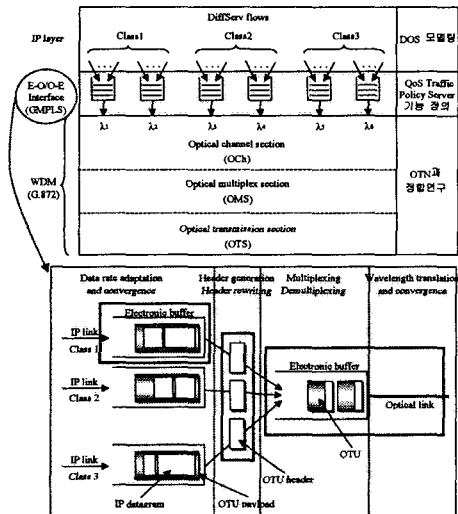
(그림 4) QoS traffic policy server에서 SLA 협상 절차

(그림 4)는 ISP(Internet Service Provider), Ingress 노드

및 policy server 간의 SLA(Service Level Agreement) 협상 절차를 도식한 그림이다. Policy server는 각 lightpath를 위해 활용 가능한 파장, 링크, 노드, 광 증폭기의 수와 lightpath의 성능을 항상 감시하고 있기 때문에, 동적인 SLA 관리 기능을 통해 새로운 서비스 특성이나 기능의 추가 및 제거 등과 같은 광 백본망의 변화에 대해 사용자측의 변화를 최소화한다. 또한, ISP와 policy server 간에 "SLA request" 메시지를 사용하여 근원지, 목적지 ISP 주소, 요구 대역폭, QoS 요구사항 등 SLA를 협상하여 Ingress 노드의 policy agent로 파라미터를 다운로드 한다. Policy agent가 GMPLS signaling agent에게 파라미터를 전달하여 λ-LSP 설정을 요구하면, GMPLS signaling agent는 routing agent에게 QoS 보장 경로를 계산하게 하고, 그 경로 상의 모든 노드에서 메시지 내의 요구 대역폭과 DOS 클래스를 검토하여 호 수락이 결정되면, Egress 노드까지의 λ-LSP가 설정되고 자원이 예약된다. 광 백본망에서 데이터 전송은 Lambda/Fiber Switching Table을 참고하여, 레이블(파장)을 교환하여 포워딩만 수행한다. 데이터 전송이 전광으로 처리되기 때문에 LMP(Link Management Protocol) 프로토콜은 광 백본망의 제어 채널과 데이터 채널의 광 신호를 감시하고 관리하는 기능을 수행하여 λ-LSP의 여러 문제들을 빠르게 발견하고 복구하게 한다.

3. IP/GMPLS over WDM에서 DOS 클래스의 정합 연구

광 백본망은 사용자의 정보를 투명하게 전송하기 위해 (그림 5)와 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 5) 차등화된 IP 서비스의 DOS 매핑 메커니즘

DiffServ 기반 IP 망은 동일한 QoS를 가지는 플로우들을 aggregation 하므로 적은 수의 플로우를 생성하여 망의 복잡도를 줄이고 플로우 군을 직접 광 채널로

매핑한다. WDM 백본망은 Ingress와 Egress 쌍 간에 여러 lightpath를 제공하므로 BER, el.SNR, OSNR, 지연, 지터, 보호 능력 등의 파라미터를 사용해 각각의 광 품질을 측정하고, IP QoS 클래스와 동등하게 lightpath들을 그룹으로 구분함으로써 차등화된 광 QoS 서비스를 제공한다. 본 논문에서 제안한 E-O/O-E 인터페이스 계층은 GMPLS 프로토콜을 기반으로 DOS 모델과 WDM 전송망 표준인 OTN과의 정합을 위해, QoS traffic policy server 기능을 사용하여 각 플로우 군에 합당한 λ-LSP를 설정하고 자원을 예약하여 DiffServ 서비스들을 DOS로 매핑한다. 이 계층은 (그림 5)에서 세분화시킨 것처럼, 상위 계층으로부터 전송되어 오는 IP 데이터를 수렴하여 OTU(Optical Transport Unit)의 페이로드 부분을 형성하고, 헤더 프로세싱 후 OTU 플로우들을 광전 변환하여 WDM 계층으로 적응시키는 기능을 제공한다. 또한, 백본망 내의 장애나, 결함, 노드의 구성, 망 성능 등을 관리하는 종단간 OTN 관리를 지원한다. OCh 계층은 클라이언트 신호들을 투명하게 운반하기 위한 광 경로의 종단간 네트워킹을 제공하며 채널 구성을 위해 파장 식별자, 포트 연결성, 페이로드 레이블, 파장의 보호 능력 등의 정보를 필요로 하는데, GMPLS 프로토콜을 사용함으로써 OCh 계층에서 필요로 하는 제어 메커니즘을 수행한다. OMS 계층은 다중 파장 광 신호를 전송하며 신호의 무결성을 보장하기 위해 multiplex section에 대한 생존 능력을 제공한다. OTS 계층은 다양한 형태의 광 전달 매체를 통해 광 신호 전달 기능을 제공한다.

4. 결론

본 논문에서는 GMPLS 기술과 차등화 서비스 기술을 접목하여, 차세대 WDM 광 인터넷 백본망에서 지연에 민감하고 높은 대역폭을 요구하는 많은 실시간 응용 서비스들에게, 향상된 서비스 품질을 제공해 주는 차등화된 광 QoS 서비스(DOS) 모델을 제시하였다. 향후 연구 과제로는 QoS 모니터링 및 QoS 보호/복구 능력을 포함한 QoS manager 기능을 정의하여, 개발된 DOS 클래스와 QoS traffic policy server 기능과 함께 전광 교환망인 ASON(Automatic Switched Optical Network) 프로토콜 구조에 정합할 수 있는 모델로 적용 연구하는 것이다.

참고문헌

[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] Peter Ashwood-Smith et al, "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Architecture", Internet Draft, IETF, November 2001
 [4] <http://www.ist-tequila.org>
 [5] Alcatel's White Contribution COM 15-33: "Electrical and optical system performance parameters for G.dsn".
 [6] C.Villamizar, "Dynamic Behavior of MPLS Traffic Engineered Networks", MPLS 2000, October 1997