

QoS 서비스의 사례 연구

김학용 - 코어세스 연구소

Tel: 02-3016-6702

1. 머리말

‘QoS (Quality of Service)’ 혹은 ‘QoS 서비스’라는 용어가 통신 서비스 분야에서 회자(膾炙)되기 시작한 이래 지금까지 많은 관심이 받은 적은 없었던 것 같다. 사실 여부와 상관 없이, 모든 네트워크 장비들의 팜플렛에는 ‘강력한 QoS 기능 지원’이 상용구처럼 등장하고 있으며, ADSL을 위시한 다양한 형태의 통신 서비스들도 공공연히 ‘QoS 제공’을 말하고 있다.

그러나 현실은 어떠한가? 결론부터 말하자면, 아직까지 그들이 소리 높여 떠들어대는 완벽한 QoS 서비스를 제공하는 사례는 좀처럼 찾아볼 수가 없다. 그렇다면, 네트워크 벤더들과 통신 서비스 프로바이더가 그토록 주창하던 QoS 서비스는 화려한 네온사인에 불과했던 것이며, 우리 눈앞에 구체화 될 수 없는 환영에 불과한 것이란 말인가?

이 글에서는 QoS 서비스의 현황에 대해서 살펴볼 것이다. 현재 실시되고 있는 QoS 서비스에는 어떤 것들이 있으며, 인터넷에서 QoS 서비스를 제공하기 위해 진행되고 있는 노력에는 어떤 것들이 있는지 살펴볼 것이다. 또한, QoS 서비스가 확산되는 것을 막는 요인들은 어떤 것들이 있는지를 분석해 보고, 앞으로의 전망에 대해 생각해 보고자 한다. 본 문서의 구성은 다음과 같다.

1. 머리말	1
2. QoS 서비스	2
2.1. QoS 서비스의 정의 및 필요성	2
2.2. QoS 서비스에 대한 접근 방법	4
2.3. SLA, SLS, TCA, 그리고 TCS.....	4
3. QoS 서비스 현황 및 적용	8
4. QoS 서비스 구현 사례	9
4.1. SBC의 QoS 서비스 [6].....	9
4.2. Deutsche Telekom의 QoS 서비스	10
4.3. AT&T의 IP VPN QoS 서비스	10
4.4. Infonet의 IP VPN QoS 서비스.....	11
4.5. 기타 VPN QoS 서비스 사례	11
4.6. Yahoo BB의 TPS 서비스	12
5. IP QoS 프로젝트 사례	12
5.1. IST의 Premium IP Project	13

5.2. pan-European GÉANT.....	16
5.3. 영국의 JANET QoS.....	18
6. QoS 서비스 구현 사례가 적은 이유 및 향후 과제들	20
7. QoS 서비스 전망.....	22
8. 맺음말	23
9. 참고 문헌.....	23

2. QoS 서비스

QoS 서비스의 구체적인 구현 사례 및 현황, 그리고 QoS 서비스 구현을 가로막는 요인들에 대해 살펴보기에 앞서 QoS 서비스에 대해 간단히 살펴볼 필요가 있다. 이 절에서는 먼저 QoS 서비스에 대한 정의를 살펴보고, QoS 서비스를 위한 두 가지 접근 방법을 살펴 볼 것이다. 마지막으로, QoS 서비스를 제공하는데 있어서 서비스 품질에 대한 판단 기준이 되는 SLA (Service Level Agreement)에 대해 살펴볼 것이다.

2.1. QoS 서비스의 정의 및 필요성

QoS 서비스에 대해서는 보는 관점에 따라 다양한 방식으로 정의될 수 있다. 기본적으로 서비스 프로바이더의 입장에서 QoS 서비스를 바라볼 때와 서비스 사용자의 입장에서 QoS 서비스를 바라볼 때, 그 정의는 달라질 수 있다. 그러나, 일반적으로 서비스 프로바이더의 관점에서의 QoS 서비스에 대한 정의, 즉 ‘동일한 네트워크를 사용해서 서로 다른 서비스 요구사항을 갖는 다양한 서비스들을 제공하는 것’을 QoS 서비스로 이해한다. 달리 말하면, 동일한 네트워크를 통해 전달되는 사용자의 트래픽을 구분/차등화해서 서로 다르게 처리하며, 다른 비용을 지불하도록 함으로써 새로운 수익을 창출하도록 하는 것을 QoS 서비스라 할 수 있다.

그렇다면, 지금까지 인터넷을 비롯해서 다양한 통신 서비스를 그럭저럭 잘 사용해 오고 있었는데, 무슨 이유로 QoS 서비스가 필요하다고 하는 것일까? 이에 대한 대답 역시 여러 가지가 존재할 수 있으나, 기본적으로 인터넷과 같은 단일 통합 네트워크를 통해 보이스와 비디오 어플리케이션을 포함하는 여러 유형의 서비스를 그 특성을 유지하며 제공하기 위해서 필요하다고 할 수 있다. (현재도 인터넷이라는 단일 네트워크를 통해 다양한 서비스가 제공되고 있지만, 각 서비스의 특성을 보장하지 않고 모두 동일하게, 즉 베스트 에포트(best effort)로 서비스를 하고 있기 때문이다.) 일반적으로, 네트워크가 혼잡하지 않은 경우에는 각 서비스의 특성을 유지하기 위한 별도의 장치가 없더라도 모든 서비스는 각 서비스의 특성을 보장 받으며 서비스 된다. 하지만, 혼잡이 존재하는 경우는 그렇지 않으며, 따라서 혼잡한 경우에도 각각의 서비스 특성을 보장해 주기 위해 QoS를 보장해 줄 필요한 발생하는 것이다.

QoS 서비스가 필요한 또 다른 이유 중의 하나는 방송이나 VoD 같은 새로운 네트워크 어플리케이션 서비스들은 많은 대역폭을 필요로 한다는 것이다. 이러한 특성은 네트워크에서 혼잡이 일어날 가능성을 증가시키게 되며, 이의 해결을 위해서는 추가적인 대역폭의 증가를 필요로 한다. 그러나, 현실적으로 네트워크의 용량을 증가시키는 것은 많은 시간과 비용을 필요로 하기 때문에 쉬운 일이 아니며, 따라서 네트워크 자원을 효율적으로 사용할 필요가 발생하게 된다. 이러한 이유로 QoS 기술 및

QoS 서비스가 필요하다.

LAN 링크와 WAN/Metro 링크 사이의 대역폭의 불일치 및 WAN/Metro 링크의 대역폭에 대해 경쟁하는 트래픽 양의 증가도 QoS 서비스가 필요한 이유가 된다. 일반적으로 캠퍼스나 기업의 LAN은 다수의 사용자가 100 Mbps의 고속 통신 서비스를 이용하고 있으며, 이런 LAN이 WAN/Metro 네트워크와 거의 비슷한 대역폭을 가진 링크로 연결되어 있다. 따라서, 다수의 사용자가 동시에 LAN 밖의 외부와의 트래픽 교환을 시도하는 경우 혼잡 현상이 발생하게 되며¹, 이런 경우에도 QoS 서비스를 사용해서 문제들을 해결할 수 있다.

이 외에도 QoS 서비스를 필요로 하는 여러 가지 이유가 있을 것이다. 그러나, 엄밀한 의미에서 이러한 이유들은 서비스 프로바이더들의 명분에 불과할 뿐이다. 실제로는 전통적인 방식으로 단순히 대역폭만 팔아서는 별로 남는 것이 없으며, 따라서 새로운 수익을 창출해 낸다는 관점에서 QoS 서비스가 절실히 요구되는 것이라 할 수 있다. [그림 1]은 이러한 서비스 프로바이더의 시각을 잘 나타내 주고 있다. 그림에서는 10 Mbps의 대역폭을 사용할 수 있는 세 가입자가 20 Mbps의 속도로 서비스가 가능한 서비스를 받고 있다. 세 경우 모두 사용자의 만족도(전체 서비스 받는 대역폭의 양)의 합이 동일하다고 할 때, 서비스 프로바이더는 Case III와 같이 가입자 수를 유지하며 수익을 극대화 하는 서비스 모델을 선택하게 된다. Case II의 경우는 만족도의 관점에서는 다른 경우들과 같지만, 전혀 서비스를 못 받는 가입자의 탈퇴가 예상되므로 그다지 바람직한 서비스 모델이 되지 못한다.

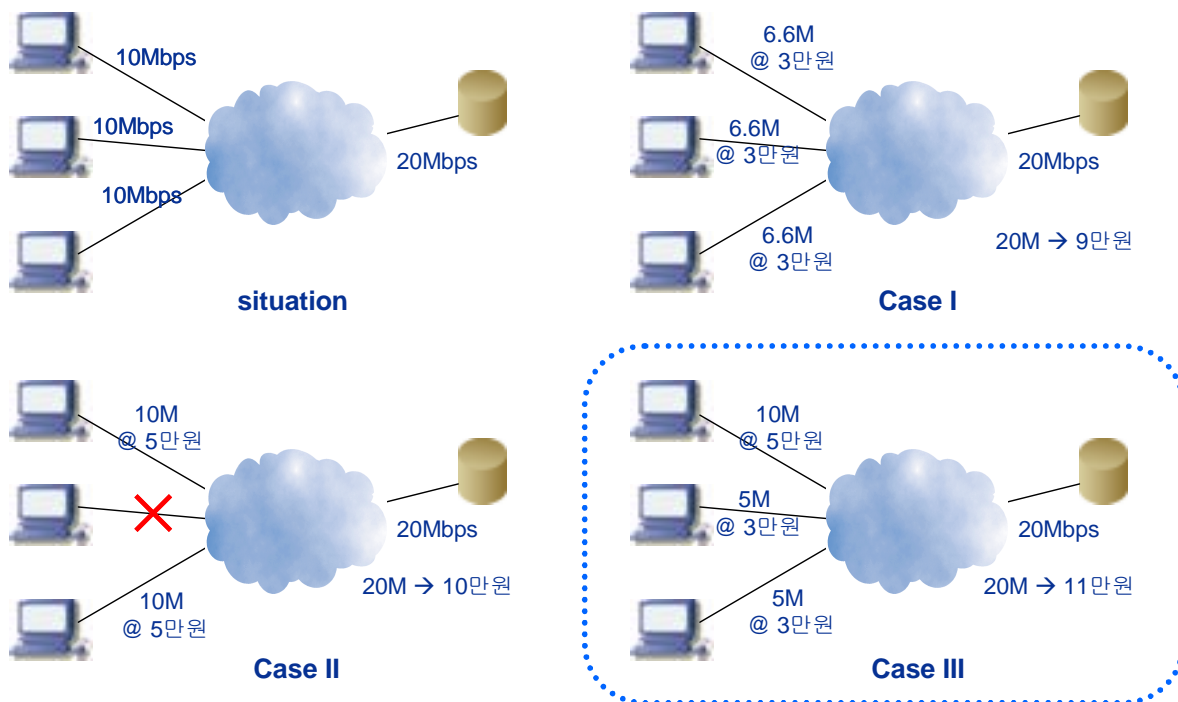


그림 1. QoS 서비스에 대한 다양한 시각

¹ 통계 조사 자료에 의하면 LAN 내에서 생성되는 트래픽의 80%는 LAN 내부에 머무르며, 나머지 20%는 외부로 나가게 된다. LAN에서 생성되는 트래픽의 특성 역시 80%가 업무와 관련된 것이며, 나머지 20%는 비업무용이라고 한다. 단지 MSN Messenger의 트래픽은 업무와 관련된 것이 20%이고 비업무용이 80%라고 한다.

2.2. QoS 서비스에 대한 접근 방법

단일 통합 네트워크에서 다음과 같은 두 가지 방식을 통해 다양한 서비스에 대해 서비스 품질을 보장해 줄 수 있다.

- Over-provisioning
- Explicit resource management

즉, QoS의 문제는 네트워크에 혼잡이 발생하는 경우에 발생하는 것으로 생각할 수 있으므로 네트워크 혼잡 상태에 빠지지 않도록 충분한 대역폭을 제공(over-provisioning)하는 것이 하나의 방법이다. 또 다른 방법은 네트워크에 혼잡이 발생하지 않도록 네트워크 자원을 잘 관리(explicit resource management)하는 것이다.

Big bandwidth 혹은 big pipe 방법이라고도 불리는 over-provisioning은 말 그대로 네트워크에 충분한 대역폭을 제공함으로써 혼잡 발생을 피하며 결과적으로 서비스의 품질을 보장하게 된다. 이를 위해서는 대용량 네트워크 장비 및 전송 링크를 사용해서 대용량 네트워크를 구축해야 한다. 개념적으로는 아주 간단한 방법이지만, 시스템을 대용량화 하는 것은 단기간에 해결할 수 있는 단순한 문제가 아니며 더불어 많은 비용을 필요로 한다. 따라서, over-provisioning 방법 보다는 네트워크의 자원을 효율적으로 관리함으로써 QoS를 보장하는 것이 선호되고 있다.

효율적으로 네트워크 자원 관리를 위해서는 이를 위한 기술들이 필요하게 된다. 적게는 네트워크의 특정 노드에서 자원을 관리하는 (그럼으로써 서비스 품질을 유지할 수 있도록 하는) 기술들이 필요하며, 크게는 네트워크 차원에서 QoS를 보장할 수 있는 서비스 제공 방식/구조가 필요하다. 더 나아가 서로 다른 네트워크 도메인 사이에서 QoS를 보장하는 것도 고려해야 한다.

대표적인 QoS 제공 구조에는 IntServ와 DiffServ가 있으며, IEEE 802.1p를 사용해서도 서비스 차등화의 목적을 달성할 수 있다. 비록 QoS 제공 구조는 아니지만, MPLS를 통해 QoS를 제공하려는 노력이 현재 광범위하게 진행되고 있다. 이러한 QoS 제공 구조는 클래시피케이션, 폴리싱/드래핑, 셰이핑, 마킹, 큐잉 및 스케줄링, 그리고 흐름 제어와 같은 QoS 구현 기술들을 통해 구성된다. QoS 구현 기술에 대해서는 참고문헌 [1]를 참고하기 바란다.

이러한 QoS 서비스는 기본적으로 서비스 프로바이더에 의해 구현되는 것으로 이해된다. 즉, 서비스 프로바이더가 네트워크의 용량을 증가시키거나 혹은 네트워크의 자원 관리를 수행하게 된다. 그러나, 사용자가 자신이 필요로 하는 네트워크 자원을 직접 증가시키거나 특정 어플리케이션 트래픽에 대해 높은 우선순위를 할당함으로써 QoS 서비스를 구현할 수도 있다. 어느 개체에 의해 QoS 서비스의 구현되던 간에, 네트워크 장비는 QoS를 지원할 수 있는 기능을 포함하고 있어야 한다.

2.3. SLA, SLS, TCA, 그리고 TCS

2.3.1. SLA, SLS, TCA, TCS의 구성

[그림 2]은 SLA (Service Level Agreement), SLS (Service Level Specification), TCA (Traffic Conditioning Agreement), 그리고 TCS (Traffic Conditioning Specification)을 나타낸다. 그림에서 보이는 것처럼, SLA 및 TCA는 각각 SLS와 TCS를 포함하고 있으며, SLA는 다시 TCA를 포함하고 있다.

SLA는 고객과 서비스 사이의 서비스 수준(Service Level)에 대한 협약/약속(Agreement)으로 서비스 프로바이더가 고객에게 제공해야 하는 서비스 특성 및 그와 관련된 성능 측정 기준을 명시한 문서다. 일반적으로, 제공되는 서비스의 이름이나 서비스 클래스의 종류, 서비스에 대한 가용성/신뢰

성, 관련 QoS 파라미터, 인증, 서비스 만료, 서비스 측정 방법 및 기준, 비용 지불 및 협약 위반에 따른 배상이나 책임 등의 사항들을 포함하고 있다. 또한, 서비스 사용에 대한 보고서의 양식 및 보고서 제공의 빈도 등도 규정한다. SLA는 고객이 서비스 프로바이더 네트워크의 잉그레스(ingress) 라우터로 트래픽을 내보내는 지점, 즉 액세스 라우터나 집선 장치에서 정의된다.

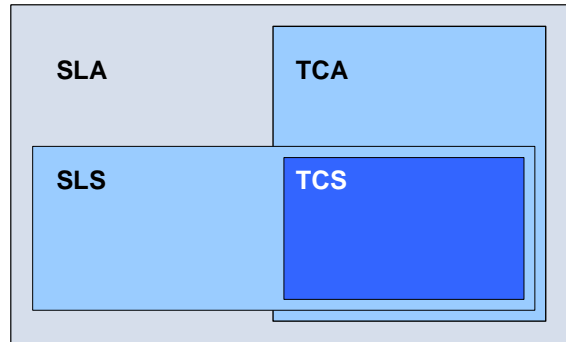


그림 2. SLA, SLS, TCA, 그리고 TCS의 상관 관계

SLA는 고객과 서비스 사이의 서비스 수준(Service Level)에 대한 협약/약속(Agreement)으로 서비스 프로바이더가 고객에게 제공해야 하는 서비스 특성 및 그와 관련된 성능 측정 기준을 명시한 문서다. 일반적으로, 제공되는 서비스의 이름이나 서비스 클래스의 종류, 서비스에 대한 가용성/신뢰성, 관련 QoS 파라미터, 인증, 서비스 만료, 서비스 측정 방법 및 기준, 비용 지불 및 협약 위반에 따른 배상이나 책임 등의 사항들을 포함하고 있다. 또한, 서비스 사용에 대한 보고서의 양식 및 보고서 제공의 빈도 등도 규정한다. SLA는 고객이 서비스 프로바이더 네트워크의 잉그레스(ingress) 라우터로 트래픽을 내보내는 지점, 즉 액세스 라우터나 집선 장치에서 정의된다.

SLS는 SLA에서 정의된 서비스를 정의하는 파라미터와 그들의 값을 규정한다. 즉, SLS에서 정의된 파라미터들을 사용해서 고객이 현재 받고 있는 서비스를 정량적으로 혹은 정성적으로 측정할 수 있도록 해 준다. 대표적인 파라미터들은 대역폭, 딜레이, 지터, 패킷 손실 등이 있으며, 가용성(Availability) 파라미터인 MTTR(mean time to repair)도 이에 포함된다. SLS의 기초적인 내용을 구성하는 기본적인 파라미터 셋(parameter set)을 규정하기 위한 노력이 IETF를 통해 이루어진 바 있다 [5].

TCA는 패킷 분류 규칙이나 트래픽 프로파일을 트래픽 스트림의 순간적인 특성들로써 규정한 것이다. 즉, SLA에서 규정된 서비스를 제공하기 위해 필요로 하는 트래픽 클래시피케이션 및 미터링, 마킹, 드래핑, 셰이핑 규칙을 규정한다. 일반적으로 TCA에서 규정되는 규칙들은 SLA에서 정의된 서비스에 의해 묵시적으로 알 수 있기 때문에 별도로 TCA를 작성하지 않을 수 있다.

TCS는 SLS와 유사하게 TCA에 정의된 트래픽 컨디셔닝 규칙들에 대해 필요한 파라미터와 그 파라미터들의 값을 규정한다. 속도나 버스트 사이즈가 대표적인 파라미터

2.3.2. SLA의 적용 사례 - 국내 ADSL

국내의 경우 아직까지 구체적으로 QoS 서비스를 제공하는 사례는 확인되고 있지 않다. 다만 일부 서비스 프로바이더를 중심으로 QoS 서비스를 위한 테스트 및 준비가 진행중이다. 따라서, QoS 서

비스에서의 SLA의 적용 사례를 제시하는 것은 불가능하다.

그러나, ADSL 서비스에서 SLA를 적용한 사례는 쉽게 발견된다. 이는 2002년 10월부터 대부분의 ADSL 서비스 프로바이더가 SLA를 적용하기 시작했기 때문이다. 이들 프로바이더들은 약간의 차이는 있지만 거의 대동소이한 SLA 규정을 적용하고 있으며 다음과 같다. 편이상 ADSL 서비스의 종류는 보통과 고급으로 구분하였다.

- 서비스 평균 속도
 - 고급: 1 Mbps
 - 보통: 500 Kbps
- 배상 규정 및 방식
 - 측정: 30분/60분 동안 10회 속도 측정 실시
 - 기준: 측정 회수의 60% 이상이 최저 속도에 미달할 경우 손해 배상 실시
 - 배상 범위: 월 기본 서비스 이용료의 30% 범위 내에서 배상

[그림 3]은 국내 모 ADSL 서비스 프로바이더의 서비스 품질 측정 도구의 모습을 보여주고 있다. ‘보통’ 급에 해당하는 서비스이지만 평균 하향 속도가 1.5 Mbps가 나오기 때문에, 이번 테스트에서는 SLA 조건을 만족하고 있음을 알 수 있다. [그림 4]은 [그림 3]의 측정 도구를 사용해서 서비스 품질을 측정된 결과를 보고서 형태로 고객에게 제시하는 화면을 보여주고 있다. 서비스 품질 측정 결과는 서비스 프로바이더의 데이터 베이스에 저장해 놓고 차후 측정 결과와 비교할 수 있다.

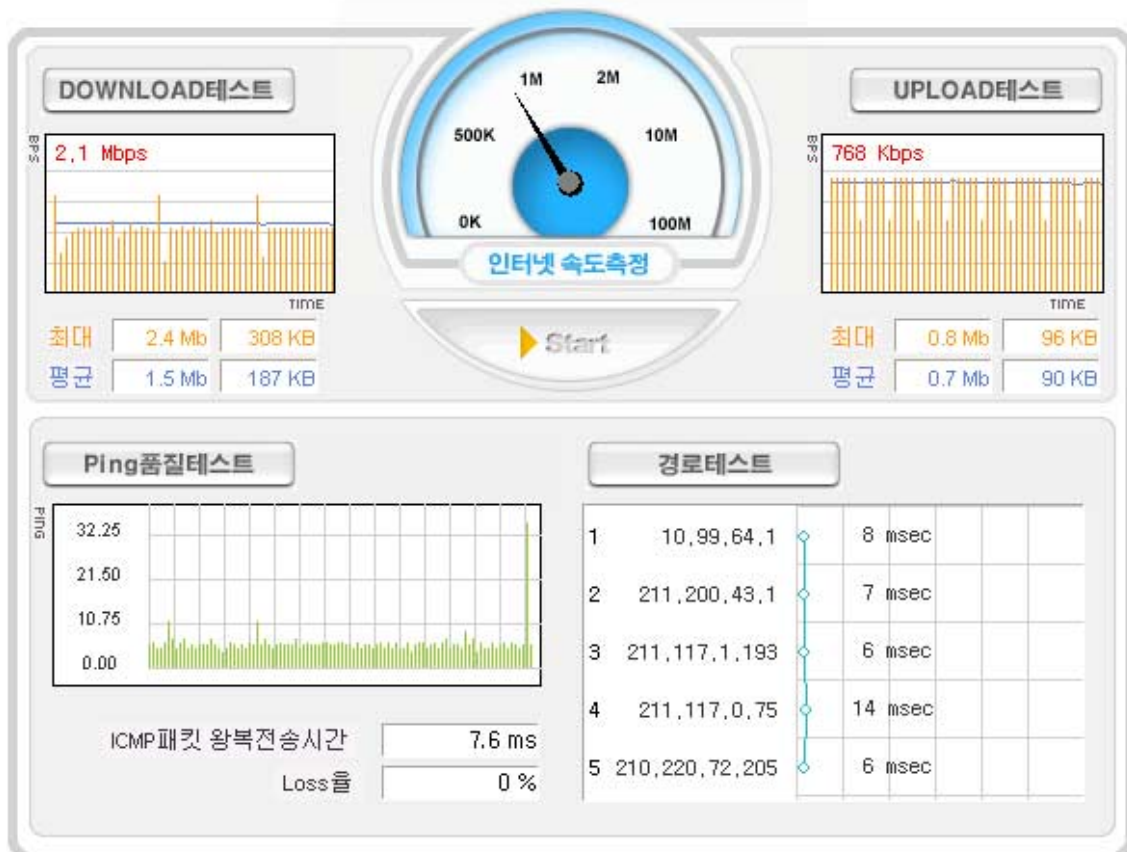


그림 3. 서비스 품질 측정 도구의 예

```

***** 고객품질정보 *****
다운로드 평균속도 : 1.5 Mbps(187 KB/s)
다운로드 표준편차 : 0.3 Mbps(32 KB/s)
업 로 드 평균속도 : 0.7 Mbps(90 KB/s)
업 로 드 표준편차 : 0.1 Mbps(12 KB/s)
RTT(패킷왕복시간) 95% 유효값 평균지연 : 7.6 ms
Loss Rate(손실률) : 0 %

***** 측정환경정보 *****
ID :
이름 : 김학용
측정일시 : 2003-06-10 오전 12:37:00
우편번호 : 138171
상품명 : 초고속인터넷(케이블) V Lite

***** TCP/IP설정정보 *****
DefaultRcvWin : 설정되지 않음
MaxMTU : 설정되지 않음
IP 주소 : 211.211.39.75

***** 경로정보 *****
1 : 10.99.64.1(8 ms)
2 : 211.200.42.1(7 ms)

```

그림 4. 서비스 품질 측정 보고서의 예

2.3.3. SLA의 적용 사례 - 해외

국내의 경우와 마찬가지로 외국의 경우도 아직까지 QoS 서비스가 그다지 보급되지 않은 상태이기 때문에 QoS 서비스에 대한 SLA를 찾아보는 것은 쉬운 일이 아니다. 그러나, 미국의 AT&T와 Cogent Communications 그리고 일본의 IJ (Internet Initiative Japan)의 경우 구체적인 SLA를 제시하고 있다.

이 중에서 대표적인 것이 Cogent Communications의 SLA로 [표 1]에 보이는 것과 같은 항목들에 대해 규정하고 있다. 2.3.2절에서 살펴본 국내 ADSL 서비스 프로바이더들의 SLA의 경우 아직까지는 평균 속도만을 규정하고 있으나, Cogent의 경우는 패킷 지연 및 가용성(availability)을 규정하고 있으며, 서비스 신청 후 제공까지의 시간 및 정전 및 관리 목적에 의해 서비스가 중지되는 것에 대한 항목들도 포함하고 있다. Cogent의 경우 SLA에서 속도가 규정되지 않고 있는데, 이는 특정한 서비스에 대한 SLA가 아닌 Cogent의 모든 서비스에 대한 공통적인 SLA이기 때문이다. AT&T²나 IJ도 Cogent와 비슷한 방식으로 SLA를 규정하고 있다.

² AT&T의 경우 아직까지 구체적인 수치로 서비스 특성을 규정한 SLA를 발견하지 못했으며, SLA 보고서가 어떤 내용을 담고 있어야 하는가에 대한 내용만이 알려지고 있다. 구체적인 내용은 자료가 입수되는 대로 향후 추가할 것이다.

SLA 항목	목표값
Installation guarantee	17 days or less
Avg. US round trip latency	55 msec
Network availability	99.99%
Packet delivery	99.9%
Proactive outage notification	Within 15 minutes
Scheduled maintenance advance notification	48 hours

표 1. Cogent Communications의 SLA 항목 및 목표값

3. QoS 서비스 현황 및 적용

2.2절에서 QoS 서비스를 제공하는 방법에는 크게 over-provisioning 방법과 explicit resource management의 두 가지 방법이 있다고 했다. Over-provisioning 방법을 통해 소기의 목적을 달성한 사례가 일부 소개되고 있기는 하지만³, 이곳에서는 후자인 explicit resource management를 통해 QoS 서비스를 제공한 사례에 대해 초점을 맞출 것이다.

Explicit resource management를 통해 QoS 서비스를 제공하기 위해서는 QoS 구조 및 그러한 QoS 구조를 구성하는 구현 기술들이 완벽하게 정의되어 있어야 한다. 현재, 인터넷을 위한 QoS 구조로는 IntServ[2]와 DiffServ[3][4]가 있으며, 두 가지 모두 이미 표준화가 완료된 상태다. 또한, IEEE 802.1p/Q 표준은 L2에서 트래픽을 차등화 하는데 사용되고 있다.

QoS 서비스를 일반적으로 다음과 같은 3 단계를 거쳐 적용된다.

- 2~4주 정도 고객의 트래픽을 모니터링
- 고객의 트래픽을 다수의 클래스로 분류
- Mission-critical/Business-critical 트래픽에 대해서는 항상 서비스 품질이 보장되도록 대역폭을 할당

첫번째 고객의 트래픽 모니터링은 세분화된 기준(어플리케이션 종류, 업무와의 연관성 등)에 따라 이루어져야 한다. 이 결과를 고객의 요구 및 트래픽의 중요성에 따라 보통 3 개 이상의 트래픽 클래스로 분류를 하게 된다. 이렇게 분류된 클래스 중에서 가장 높은 우선순위를 갖는 한 개 혹은 두 개의 클래스 트래픽은 우선적으로 처리될 수 있도록 한다.

이처럼 QoS 서비스를 적용하는 과정에서 가장 중요한 단계는 두 번째 단계다. 즉, 트래픽 모니터링 결과를 바탕으로 클래스의 개수를 정하고 고객의 트래픽을 여러 클래스로 분류하는 과정이다. 일반적으로 클래스의 개수는 4 개가 가장 보편적이며, 고객의 트래픽을 분류하는 것은 업무의 연관성 및 가입한 서비스의 성능 특성을 중심으로 이루어진다. 일반적으로 정의되는 4 개의 클래스는 프로바이더마다 서로 다른 이름으로 구분되지만, 각각 다음과 같은 특성을 갖는다.

- Low Latency and Low Jitter Class

³ 미국의 Sprint는 백본을 구성하는데 over-provisioning 방식을 적용, 70 msec 이하의 RTT 및 0.01% 이하의 패킷 손실률을 보장하고 있다.

- Low Latency Class
- Low Loss Class
- Best Effort Class

첫번째 나오는 클래스가 가장 높은 우선순위를 가지며, 마지막 BE 클래스는 가장 낮은 우선순위를 갖는다.

4. QoS 서비스 구현 사례

6절에서 소개될 것처럼, 여러 이유들로 아직까지 알려진 QoS 서비스의 구현 사례들은 그다지 많지 않지만, 이 절에서는 현재까지 알려진 QoS 서비스 구현 사례들을 소개할 것이다. QoS 서비스와 관련된 프로젝트 사례에 대해서는 5절에서 별도로 다루고 있다.

4.1. SBC의 QoS 서비스 [6]

[그림 5]는 2002년 8월부터 시작된 SBC의 QoS 서비스 구현 구조를 보여주고 있다. SBC의 QoS 서비스 구조의 특징은 뒤에서 소개될 다른 사례와는 달리 CPE 기반의 QoS 솔루션이라는 것이다. 즉, 일반적으로 서비스 프로바이더가 QoS 서비스를 위한 설정을 하는 것과는 달리, SBC의 QoS 서비스에서는 고객이 직접 QoS 설정을 하게 된다.

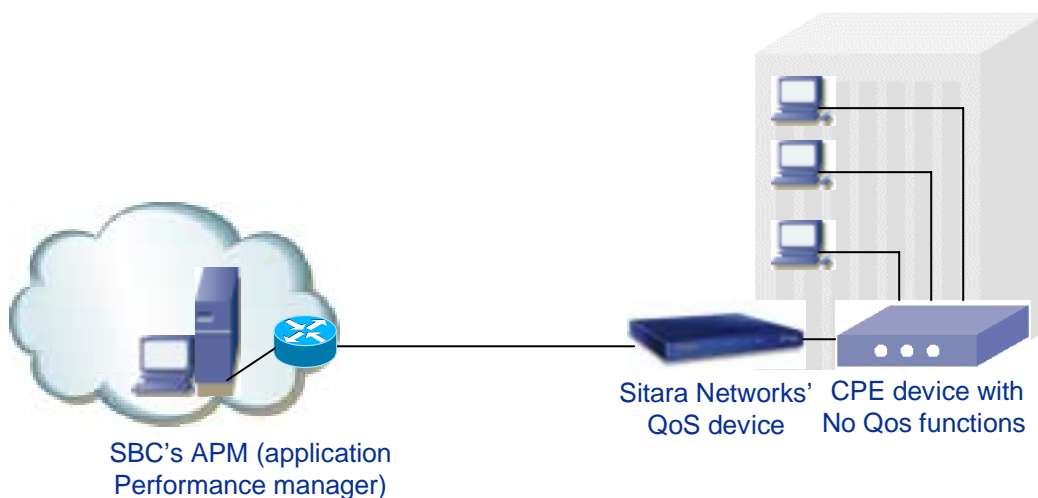


그림 5. SBC의 QoS 서비스 구현 구조

SBC는 이를 위해 WAN의 egress router에 있는 네트워크 트래픽 관리 서버에 APM (Application Performance Manager)을 설치해서 WAN으로 들어가는 고객의 트래픽(데이터, 보이스, 비디오)에 대한 분석 및 각 어플리케이션에 대한 대역폭 및 사용할 폴리시를 결정해서 통보하게 된다. 이러한 설정 내용은 가입자의 CPE 장비에 연결된 Sitara의 QoS 장비에 저장된다. 또한, 웹 브라우징과 같이 항상 대역폭을 필요로 하는 베스트 에포트 어플리케이션을 위해 캐시 기능을 제공하기도 한다. 이러한 캐시 기능은 자주 접속되는 웹 페이지들을 로컬 캐시에 저장해 놓고 서비스 해 줌으로써 사용자가 동일한 페이지를 액세스 하기 위해 빈번하게 WAN으로 드나드는 것을 막게 된다. 캐시 기능은

WAN으로의 트래픽을 줄여줄 뿐만 아니라, 중단 사용자에게 대한 응답 특성을 향상시키게 된다.

End-to-end QoS를 보장하기 위해 APM은 MPLS와 연동되어 동작된다. SBC는 서비스 클래스를 Business Critical, Business Important, 그리고 Best Effort의 세 클래스로 구분하고 있다.

이 서비스 방식은 QoS 관리의 부담을 고객에게 떠넘기는 형태로, 고객들의 기대와는 어긋나는 것이다. 게다가, 이런 형태의 QoS 구현 방식은 오히려 네트워크를 복잡하게 하므로 그리 오래갈 것으로 기대하지는 않고 있다.

4.2. Deutsche Telekom의 QoS 서비스

[그림 6]은 Deutsche Telekom(DT)의 QoS 서비스 제공 구조를 보여주고 있다.⁴ 2002년 Q1부터 시작한 DT의 QoS 서비스는 기본적으로 DiffServ 망에 바탕을 두고 있다. 그림에서 보이는 것처럼 서비스 클래스를 4 개로 구분해서 차등화 된 서비스를 제공한다. 4개의 서비스 클래스는 다음과 같다.

서비스 클래스	특성 및 대상 어플리케이션
Premium Voice	Real-time delay and jitter / Voice applications
Premium I	Loss sensitive
Premium II	Delay sensitive
Standard	Price efficient / Best Effort applications

표 2. DT의 QoS 서비스 클래스의 종류 및 특성 [7]

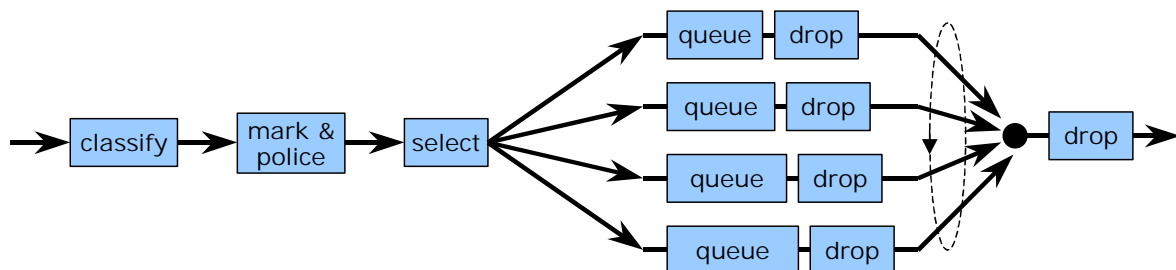


그림 6. DT의 QoS 서비스 모델 [7]

[그림 6]에 보이는 QoS 서비스 모델은 그다지 특이한 것이 없다. DiffServ에 바탕을 두고 있기 때문에 입력되는 트래픽을 분류하고 마킹 하거나 폴리싱 처리를 한 후 해당 클래스 큐에 저장하는 구조다. DiffServ 구조를 사용하고 있지만, 오직 4 개의 클래스만 사용하고 있다.

4.3. AT&T의 IP VPN QoS 서비스

현재 제공되고 있는 QoS 서비스의 상당수는 VPN 서비스를 기반으로 하고 있다. 그 중 가장 먼저 VPN 기반 QoS 서비스를 제공하기 시작한 것이 AT&T다. AT&T는 2001년 9월 NetWorld+Interop 전시회에서 처음으로 MPLS 기반 VPN QoS 서비스를 소개한 이래, 2002년 6월부터 Australia에서 본격

⁴ DT는 유럽에서 가장 크며, 전 세계적으로 세 번째로 큰 캐리어다.

적인 서비스에 들어갔다. 코어에서는 MPLS를 사용하며, 패킷 마킹을 위해서는 DiffServ 기술을 부분적으로 사용하고 있다.

2001년 N+1 전시회에서는 세 개의 클래스를 사용하였으나, 2002년 실제로 상용 서비스를 시작할 때는 4 개의 클래스를 사용하고 있다. [표 3]는 AT&T의 QoS 서비스 클래스 종류 및 특성을 정리하고 있다.

서비스 클래스	특성 및 대상 어플리케이션
Real-time	VoIP, Video conferencing
High Priority	Mission-critical application: Enterprise Resource Planning Package
Medium	Human Resource Web Site, Enterprise E-mail
Low Priority	Internet browsing

표 3. AT&T의 QoS 서비스 클래스 종류 및 대상 어플리케이션

4.4. Infonet의 IP VPN QoS 서비스

이미 10여년간 VPN 서비스를 제공해 오고 있는 Infonet의 경우, 2002년 9월부터 MPLS 기반의 VPN 서비스를 실시하고 있다. AT&T의 IP VPN QoS 서비스와 마찬가지로, 코어에서는 MPLS 구조를 사용하고 있고 패킷 마킹을 위해서 DiffServ 기술을 부분적으로 사용하고 있다.

Infonet 역시 서비스 클래스를 4 개로 구분해 놓고 있다. 해당 서비스 클래스의 종류 및 특성은 [표 4]에 보이는 것과 같다.

서비스 클래스	특성 및 대상 어플리케이션
Real-time	Voice and Video applications
Interactive	Mission-critical applications (CRM, ERP)
LAN2LAN	Less delay-sensitive applications
Access	File transfer, e-mail, web-browsing

표 4. Infonet의 QoS 서비스 클래스의 종류 및 대상 어플리케이션

4.5. 기타 VPN QoS 서비스 사례

AT&T 및 Infonet의 VPN 기반의 QoS 서비스 사례 외에도 유사한 서비스 사례가 발표되고 있다. 영국의 Neos는 영국 내의 28개 도시를 MPLS 망으로 엮어 VPN 기반 QoS 서비스를 제공하고 있다. 스웨덴의 Utfors 역시 MPLS VPN 기반 QoS 서비스를 제공하고 있다. Utfors의 VPN QoS 서비스의 특징은 보이스 트래픽을 다른 트래픽과 분리해서 처리한다는 것이다.

국내 서비스 프로바이더의 경우 KT나 데이콤 등이 MPLS BGP VPN 기반 QoS 서비스를 제공하기 위한 준비를 하고 있는 것으로 알려져 있다.

4.6. Yahoo BB의 TPS 서비스

TPS(Triple Play Service)는 야구에서 한꺼번에 세 명의 타자 및 주자를 아웃 시키는 것을 일컫는 용어로, 원래는 미국의 MSO(multi-system operator)들이 HFC 망을 통해 방송은 물론 인터넷과 보이스 서비스를 함께 제공하는 데에서 시작되었다. 즉, 하나의 액세스 라인으로 세 가지 서비스를 함께 제공한다는 개념이다. 최근 들어 TPS 서비스를 개시하려는 시도들이 진행 중에 있으며, 이러한 시도 중 대표적인 것이 일본의 Yahoo BB의 사례다.

일본 Yahoo BB의 경우, 2001년 9월부터 서비스를 시작한 ADSL 라인을 통해 인터넷 및 VoIP 서비스(BBPhone)를 제공해 오고 있었으며, 동일한 ADSL 라인을 통해 2003년 3월부터 Cable TV 서비스(BBCableTV) 서비스를 제공함으로써 명실공히 TPS 서비스를 실시하게 된 것이다.

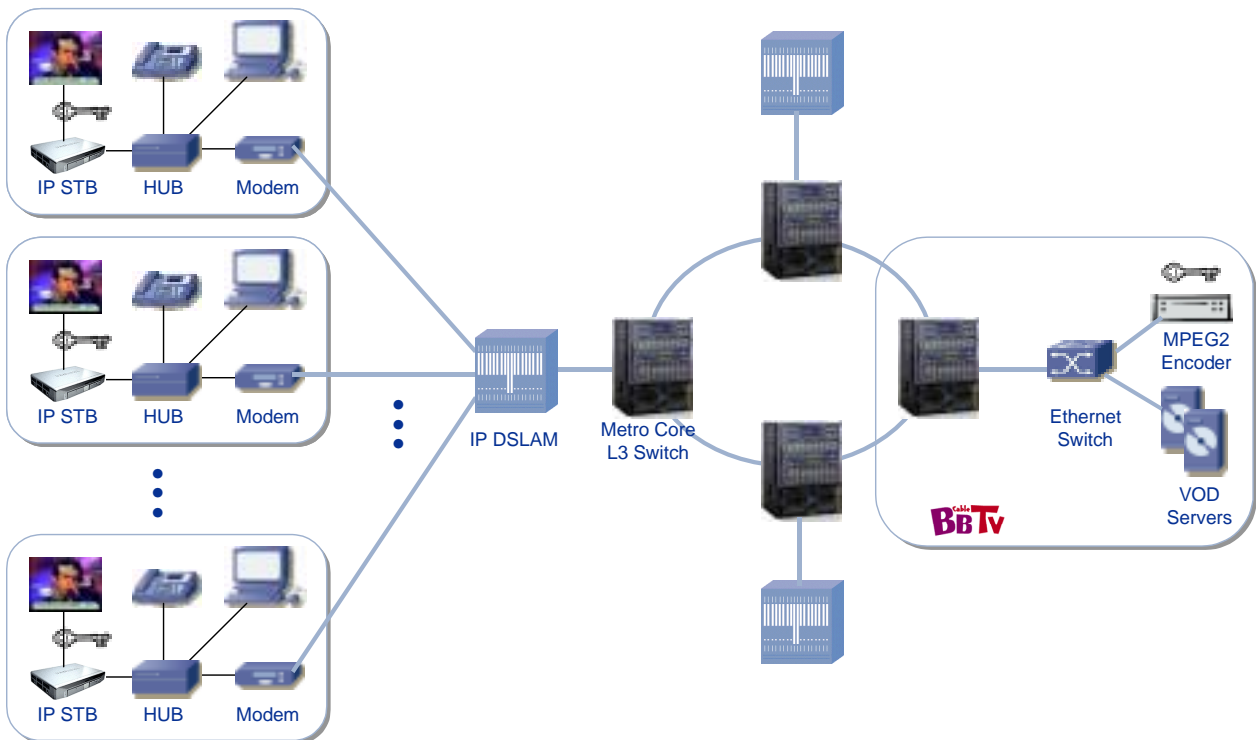


그림 7. Yahoo BB의 TPS 서비스 모델

[그림 7]은 BBCableTV를 제공하기 위한 네트워크 구조를 보여주고 있다. 기존의 DSLAM과 메트로 장비를 그대로 이용하고 있으며, 방송 및 VoD 서비스를 제공하기 위해 별도의 서버를 사용하고 있다. Yahoo BB의 TPS 서비스에 대해서는 [8]를 참고하기 바란다.

5. IP QoS 프로젝트 사례

이 절에서는 전세계적으로 진행되고 있는 QoS 서비스 관련 프로젝트들을 살펴볼 것이다. 현재 진행되고 있는 프로젝트를 살펴봄으로써 QoS 서비스를 제공하는 접근법 및 QoS 서비스 구현 과정에서 발생하는 문제들을 살펴보고자 한다.

5.1. IST의 Premium IP Project⁵

EU는 대규모 IP 네트워크에서 QoS를 지원하기 위해 IST의 기본 구조 프로그램의 일환으로 세 개의 연구 프로젝트를 만들었다. [그림 8]에 보이는 AQUILA, TEQUILA, 그리고 CADENUS가 그것이다. (2002년 11월 이후 MESCAL 프로젝트도 포함시키고 있다.) 이 세 가지 프로젝트는 차세대 네트워크(NGN)을 위한 기본적인 단계로써 IP QoS 서비스와 같은 IP 프리미엄 서비스를 제공하기 위한 솔루션들을 개발한다는 측면에서는 동일한 목적을 갖고 있다. 이 세 가지 프로젝트는 서로 다른 특정한 이슈들에 초점을 맞추고 있으나, [그림 9]에 보이는 것처럼 해당 이슈들의 문제와 솔루션 영역에서는 일부 겹치는 부분도 있다.

더 진보된 서비스를 제공하기 위해서는 논리적으로 타당하며 잘 구성된 비즈니스 모델을 필요로 한다. 이러한 비즈니스 모델은 자동화된 방식으로 서비스들을 규정하고 관리하기 위한 기술적 가능성들과 합쳐져 동작되어야 한다. 일단 서비스가 규정되면, 실제로 서비스를 구현하기 위해 IntServ나 DiffServ 같은 QoS 프로비저닝 구조들에 대한 입력으로 사용될 수 있다. 이어지는 작은 소절들에서는 서비스와 네트워크 관리 측면에 초점을 두어 앞서 언급된 세 가지 프로젝트들을 간단히 설명할 것이다.

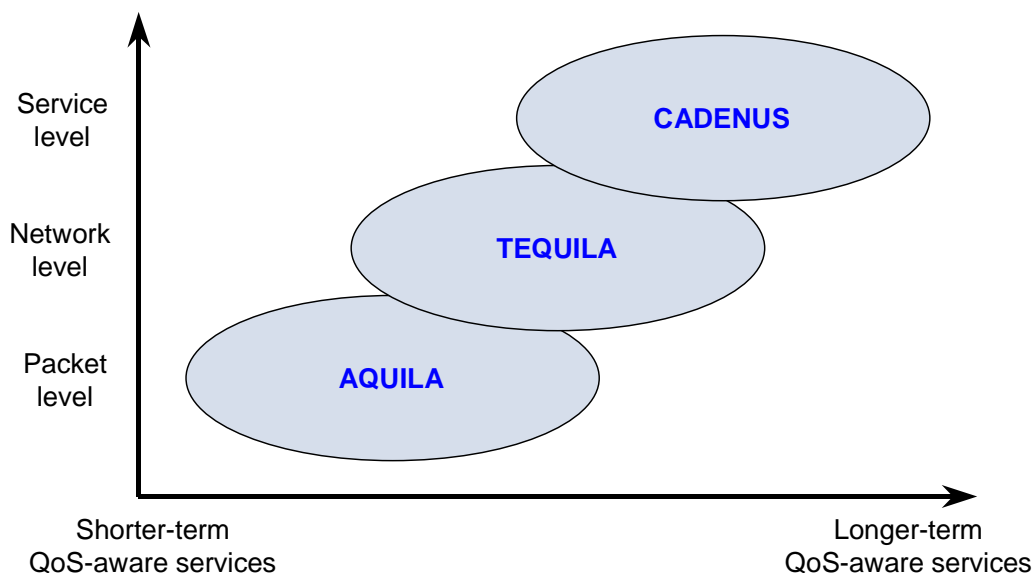


그림 8. CADENUS, TEQUILA, AQUILA 프로젝트의 QoS 관련 분야 [9]

5.1.1. 서비스 정의 및 서비스 관리

새로운 서비스를 생성할 때 가장 중요한 행위는 비즈니스 프로세스를 규정하는 것이다. CADENUS 프로젝트는 현재의 비즈니스 프로세스와 연관된 것들을 고려하며, 이에는 SLA와 SLS에서의 서비스의 정의, 증가된 유연성 및 동적 특성들을 포함한다. CADENUS 구조의 기본적인 측면은 서비스 프로바이더와 네트워크(혹은 리소스) 프로바이더의 분리다. 이런 방식으로, 리소스의 측면은 서비스 프로바이더에 의해 감추어지므로, 리소스인 측면은 오직 추상적인 면만을 갖게 된다. CADENUS는 그 구

⁵ 5.1.1~5.1.4절의 내용은 참고문헌 [9]의 일부분을 번역해 놓은 것이다. 따라서, CADENUS, TEQUILA, 그리고 AQUILA 프로젝트에 대해 좀더 구체적으로 관심이 있는 사람은 [9]를 참고하기 바란다.

조를 단순화하면서 강인성(robustness)을 더하기 위해 다른 레벨들을 포함하기도 한다. CADENUS는 자신의 구조를 Telecommunications Management Forum (TMF)의 비즈니스 프로세스로 매핑을 시킨다. 이것은 레지던셜 및 비즈니스 종단 시스템을 포함해서 전체 환경(액세스, 서비스, 그리고 대량판매)을 고려한다.

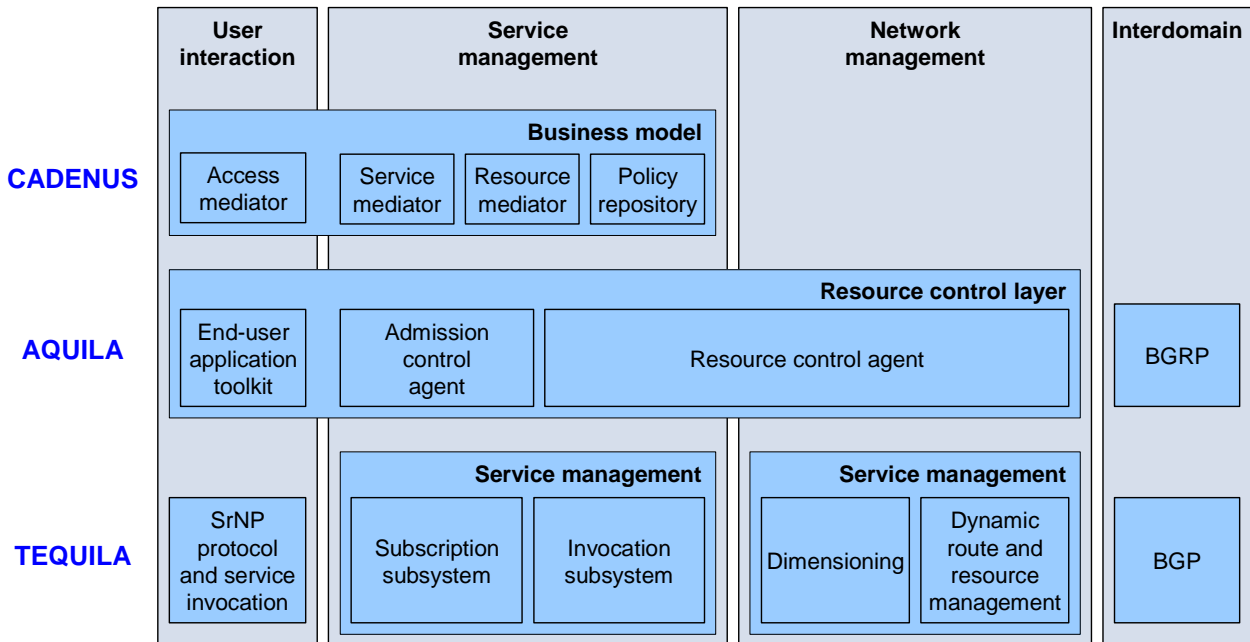


그림 9. CADENUS, TEQUILA, AQUILA의 구조적 개관 [9]

AQUILA와 TEQUILA는 이미 정의된 서비스가 시스템에 대한 입력으로 주어진다고 가정한다. 따라서, AQUILA는 QoS 특성에 종단 사용자 어플리케이션들에 대한 액세스를 제공할 목적으로 End-user Application Toolkit (EAT)을 개발해오고 있다. EAT는 종단 사용자 어플리케이션과 네트워크 하부 구조 사이의 미들웨어다. EAT는 (QoS-unaware의) 기존 어플리케이션과 QoS-aware의 어플리케이션의 두 가지 주된 유형의 (인터넷) 어플리케이션을 지원한다. AQUILA 네트워크는 네트워크의 고객에게 서로 다르게 정의된 QoS 특성을 가진 서로 다른 네트워크 서비스를 제공한다. 이런 서비스는 서로 다른 트래픽 클래스에 의해 내부적으로 구현된다. 네트워크 서비스들은 XML 데이터로써 중앙 디렉토리 서버에 저장된다. QoS 관리 툴은 네트워크 운용자들에게 네트워크 서비스에 대한 액세스를 제공한다.

TEQUILA는 고객과 프로바이더 사이의 관계를 고려함으로써 분리(make abstraction)하게 된다. 프로바이더는 네트워크 프로바이더이며 고객은 네트워크 서비스를 받고 있는 기업, 주거 사용자, 어플리케이션 프로바이더, 다른 프로바이더, 혹은 법적인 개체가 될 수 있다. TEQUILA 네트워크 구조는 서비스의 구독(subscription)과 서비스의 개시(invocation)라는 두 가지 중요한 사건에 있어서의 서비스 요구 사항들을 활성화 할 것을 기대한다. 서비스 구독에 있어서, 서비스는 SLS 형태로 규정될 것이며 사용자로부터 TEQUILA 구조로 전송될 것이다. 이를 위해 일반적인 세션 지향형 Service Negotiation Protocol이 개발되었다. 이 프로토콜은 서비스 계약의 설정, 변경 및 종료하는데 사용된다. 실제로 서비스의 실시(activation or invocation)는 프로바이더의 에지 장비에 이러한 정보들을 RSVP와 같은 기술을 사용해서 알림으로써 (항상 ON 상태에 있는 서비스에 대해서는) 묵시적이거나

분명한 방식으로 이루어진다.

5.1.2. 네트워크 자원 관리와 트래픽 엔지니어링

일단 어플리케이션의 요구 사항들이 서비스로 옮겨지면, 이에 대한 자원 관리가 네트워크 구성으로 옮겨져야 한다. 이것은 네트워크에서 사용할 수 있는 DiffServ나 MPLS와 같은 기술과 이들을 구성하기 위한 관리 기술, 그리고 제공된 서비스를 검증하고 선택적으로 관리 전략을 변경하기 위한 측정 기술들을 바탕으로 구축된다.

세 가지 프로젝트는 장기간의 집중화 된 측면과 단기간의 분산된 측면 모두로부터 트래픽 엔지니어링을 사용해서 QoS 프로비저닝을 처리한다. 특히, CADENUS와 TEQUILA는 자원 관리를 폴리시 기반의 접근법에 바탕을 두고 있다. CADENUS는 SLA를 네트워크 장비들을 설정하는 명령어들의 집합으로 해석하는 것에서 시작해서 다양한 레벨에서의 폴리시들을 소개하고 있다. 이러한 폴리시들은 리소스 저장고에 저장되며 자원을 다루는 개체들에 의해 액세스가 가능해진다.

TEQUILA에서, 하이 레벨 폴리시의 사용은 트래픽 엔지니어링 알고리즘을 구동하는데 있어 중요한 요소다. 특히, 이것은 네트워크 디멘셔닝을 위해 사용되는데, 이것은 네트워크 상태 정보, 현재 및 예측 서비스의 구독을 바탕으로 장기간의 네트워크 구성에 관한 설계를 가능하게 해 준다. TEQUILA는 신중한 계획, 디멘셔닝, 그리고 DiffServ나 MPLS 같이 인터넷 내에서 확장성이 있고 단순한 트래픽 관리 기술에 대한 동적 제어를 통해 정량적인 E2E QoS 보장을 위해 일단의 서비스 정의와 트래픽 엔지니어링 도구들을 제안했다.

AQUILA는 폴리시를 사용하지 않지만 자원 제어 에이전트(RCA: resource control agent)를 통해 글로벌한 자원 관리를 수행한다. RCA는 네트워크 내의 자원을 감시, 제어, 분배한다.

더군다나, 장기간의 자원 관리 접근법에 더해, 세 가지 프로젝트는 동적인 방식으로 짧은 기간 동안 백본의 자원을 처리하는 접근법들을 제안하고 있다. 이와 같은 두 단계의 트래픽 엔지니어링 접근법은 확장성 있고 유연한 방식으로 QoS를 제공하기 위해 필요하다. 이 방법은 단일한 대역폭 브로커(BB)를 사용하는 것과는 달리 단기간의 트래픽 엔지니어링 결정을 링크에 접한 컴포넌트들에게 위임하게 된다. TEQUILA는 네트워크 디멘셔닝에 의해 설정된 경계 조건 내에서 동작하는 동적인 경로 및 자원 관리뿐만 아니라 동적인 수락 제어를 수행한다. 서비스와 자원을 처리하는 개체들 사이의 통신은 서비스의 등록과 실시 시점에 동적인 수락 제어를 허용한다. 마지막으로, AQUILA는 네트워크 에지에 계층적인 구조의 리소스 풀(resource pool)을 사용해서 동적으로 자원을 처리하며, 자원 관리와는 독립적으로 플로우 단위를 기반으로 수락 제어를 수행한다. 수락 제어 에이전트(ACA: admission control agent)는 폴리시 제어와 수락 제어를 수행함으로써 네트워크에 대한 액세스를 제어한다. EAT, ACT, 그리고 RCA가 함께 DiffServ 코어 네트워크 위에 오버레이 네트워크인 자원 제어 계층(RCL: resource control layer)를 구성한다. 이 방식으로 RCL은 아래 계층의 분리(abstraction)를 제공한다.

5.1.3. 모니터링

이 세 가지 프로젝트들은 이질적인 네트워크 환경에서 진보된 QoS 서비스를 제공하는 것을 목표로 하기 때문에, 네트워크 모니터링은 중요한 역할을 한다.

CADENUS에서, 모니터링과 측정(measurement)은 중재자 사이의 모든 인터페이스에서 수행된다. TEQUILA는 자원을 효율적으로 할당하는데 있어 트래픽 엔지니어링을 보조하고 장단기 변화에

대해 네트워크를 디멘셔닝 할 목적으로 모니터링 구조를 연구하고 있다. 트래픽과 QoS 성능 특성의 서비스 관점에서의 검증은 고객에 대해 독특한 SLS를 모니터링 함으로써 이루어진다. AQUILA는 분산된 측정 구조를 정의하고 구현한다. 이 구조는 다음의 두 가지 주된 임무를 위해 사용된다. 첫 번째 임무는 네트워크 오퍼레이터를 통해 수행되는 네트워크의 동작과 자원 관리를 지원하는 것이다. 이것은 측정 기반의 수락 제어(measurement-based admission control)를 가능하게 하고 네트워크 오퍼레이터에게 네트워크 내에서의 현재의 상태를 알 수 있게 하는데 사용된다. 두 번째 임무는 네트워크 서비스의 E2E QoS의 평가와 수락 제어의 검증을 포함해서 구현된 QoS 구조를 검증하는 것이다. 이것은 모니터링 알고리즘과 관련 파라미터들을 설계하는데 있어서 트래픽 엔지니어링을 지원하기 위해 사용된다.

5.1.4. 도메인 사이의 QoS

E2E QoS 프로비저닝은 관리 경계를 가로질러 이루어져야 한다. AQUILA는 [10]에 소개된 BGRP 구조에서 시작해서 도메인 간의 QoS 적용을 위해 자신의 QoS 모델을 확장하는 연구를 수행했다. 여러 도메인에 걸친 동적인 예약이 지원된다. 확장성의 문제를 강조하기 위해, Border Gateway Reservation Protocol (BGRP)은 유지되어야 하는 상태 정보를 제한하며 목적지 도메인을 고려하여 여러 도메인에 걸치는 예약들을 합친다. 줄곧 소스에서 목적지로의 경로를 따라 이동하는 각 예약에 대한 시그널링을 피하기 위해 시그널링의 부담을 줄여주는 일부 메커니즘들은 정의되기도 한다. BGRP는 전통적인 도메인 간의 라우팅 프로토콜(BGP)에 의해 제공되는 라우팅 정보에 의존한다. 기본적으로 BGRP는 수락 제어 메커니즘이기 때문에 라우팅은 영향을 받지 않는다.

TEQUILA는 경로상의 주어진 목적지에 대해 패킷들이 경험하게 되는 딜레이와 로스 같은 QoS와 관련된 정보를 운반하기 위해 BGP 프로토콜을 향상시킴으로써 보완적인 접근 방법을 사용한다. 이 정보는 도메인 간의 E2E QoS 경로를 구축한다는 목적 하에서 QoS 요구 사항에 따라 라우팅을 수정하는데 사용될 수 있다.

5.2. pan-European GÉANT

GEANT는 4년짜리 프로젝트로 유럽의 27개 연구 및 교육망 (National Research and Education Networks: NREN) 컨소시엄에 의해 착수되었다. EC(European Commission)에 의해 Framework V Programme의 일부로써 함께 설립된 GEANT의 목적은 기가비트 속도를 갖는 백본을 형성함으로써 pan-European research network의 이전 세대인 TEN-155를 향상시키는 것이다. (자세한 내용은 인터넷 사이트 <http://www.dante.net/geant/geant-brochure-dec01.html>를 참조.)

이전의 pan-European research network TEN-155로부터 인계 받은 GEANT 네트워크는 2001년 12월 1일부터 서비스를 시작하였다. 30여 개국의 3000여 연구 및 교육 기관을 포함하는 GEANT는 고용량을 제공하며 대단한 지리적인 범위를 커버한다. 이 네트워크는 연구자들을 지원하기 위한 인프라를 제공하는 것과 네트워크 연구 그 자체를 위한 인프라를 제공하는 두 가지 목적을 동시에 지니고 있다.

네트워크의 코어에서는 10개의 회선이 10Gbps의 속도로 동작하며 다른 11개는 2.5Gbps의 속도로 동작한다. 이미 TEN-155에 연결되어 있던 나라들에 더해, EC에 의해 정의된 대로 Estonia, Latvia, Lithuania, Malta, Romania, 그리고 Slovak Republic을 포함하는 다수의 Accession States에 서비스를 제공하고 있으며, Turkey에 대한 연결은 2002년 12월 5일에 설정되었다.

QoS의 보장은 프로젝트의 필요성 및 연구단체를 지원하기 위해 VPN을 형성하는 것에 대해서뿐만 아니라 새로운 어플리케이션을 제공하는데 있어서도 아주 중요한 일이다. IP와 ATM 기술을 조합해 사용함으로써 TEN-155의 특징 중의 하나였던 Managed Bandwidth Service는 이러한 필요를 강조해 왔다. 새로운 백본에서는 더 이상 ATM을 지원하지 않는다. 그 결과로 보장된 QoS에 대한 새로운 수단을 제공하기 위해 GEANT는 IP QoS에서의 발전과 더불어 이러한 업적을 구축하게 될 것이다.

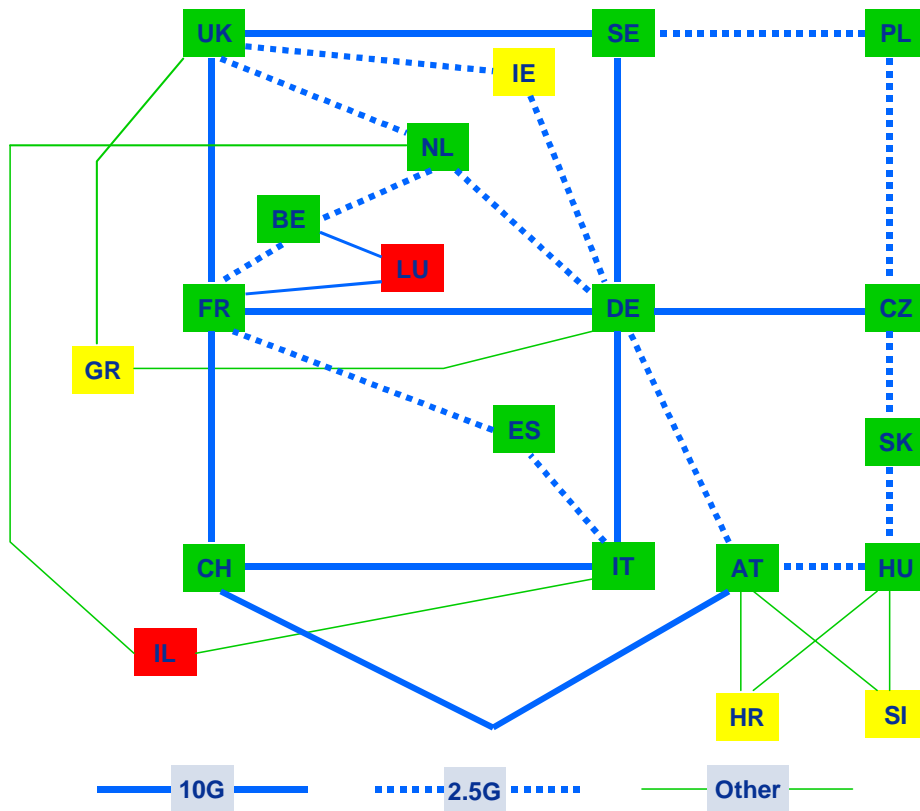


그림 10. GÉANT 네트워크 구조

Service	DSCP value	TOS value	Juniper Alias	ToS in HD	DSCP-TOS Binary
Premium IP	46	184	ef	B8	101110 – 101110xx
Less than BE	8	32	cs1	20	001000 – 001000xx
DWS	32	128	cs4	80	100000 – 100000xx
Network Ctrl	48	192	cs6	C0	110000 – 110000xx
Network Ctrl 2	56	224	cs7	E0	111000 – 111000xx

표 5. GÉANT의 클래스에 할당된 DSCP 및 ToS 값

GÉANT에서는 Premium IP, DWS, Best Effort, 그리고 Less than Best Effort (LBE)의 네 개의 서비스 클래스를 사용하고 있다. [표 5]에 보이는 것처럼 Premium IP 클래스는 DiffServ의 EF에 해당하며 따라서 DSCP 46 (101110)을 사용한다. DWS는 DSCP 32(100000)를 사용하며, LBE는 DSCP 8

(001000)을, BE는 DSCP 0 (000000)을 사용한다. [그림 11]에서 녹색으로 표시된 라우터는 4 가지 클래스를 모두 지원하며, 노란색으로 표시된 라우터는 주로 Juniper M-40이며 3 가지 클래스를 지원한다. 빨간색으로 표시된 라우터는 Cisco 7500을 사용하고 있으며, 현재 오직 베스트 에포트 서비스만을 지원하고 있다.

Service	Incoming DSCP value	New value (rewritten)
Authorized Premium IP	46	46/drop (*)
Un-authorized Premium IP	46	0/5 (**)
DWS	32	0
Less than Best Effort	8	8
Network Control	48/56	48
Best Effort	Other values	Unchanged

표 6. GEANT의 리마킹 규칙

[표 6]은 GEANT에서의 리마킹 규칙을 설명하고 있다. Un-authorized Premium IP 클래스 및 DWS 클래스에 속하는 트래픽이 리마킹 될 때는 DSCP 0으로, 즉 BE 클래스로 리마킹 된다. [표 6]에서 (*)로 표시된 Authorized Premium IP 패킷들은 폴리서에 대해 평가된다. 즉, 사전에 약속된/협약된 값에 순응하면 패킷에 태깅된 값이 변하지 않고 그대로 받아들여진다. 그러나, 사전에 약속된 값에 순응하지 않으면, 버려진다. (**)로 표시된 Un-authorized Premium IP 패킷들은 []에서 녹색으로 표시된 라우터에 입력될 때 DSCP 값이 0으로 설정되며, 노란색으로 표시된 라우터에 입력될 때는 DSCP 값이 5로 설정된다.

GEANT 네트워크에 대한 좀더 자세한 내용은 [11]를 참고하기 바란다.

5.3. 영국의 JANET QoS

JANET는 영국의 교육 및 연구망으로 UKERNA (United Kingdom Education and Research Networking Association)에 의해 운영 관리되고 있다. [그림 11]에 보이는 것처럼 8 개의 대도시를 10 Gbps WDM으로 연결하고 있으며, 20개의 액세스 라우터를 연결하고 있다.

JANET은 현재 일반 인터넷 서비스를 제공 중에 있으며, 2003년 말을 목표로 2002년 초부터 QoS 서비스를 위한 프로젝트를 진행 중에 있다. [표 7]에 보이는 것처럼 기본적으로 네 개의 서비스 클래스를 가정하고 있으며, DiffServ 기술을 사용하려 하고 있다. 초기 단계에는 전체 대역폭의 90%를 기존의 베스트 에포트 서비스에 할당할 계획을 세우고 있다.

네 개의 서비스 클래스 중에서 가장 높은 우선순위를 갖는 클래스는 Premium 클래스로 DiffServ의 EF 특성을 갖는다. 이 클래스는 H.323 Videoconferencing이나 VoIP 같은 time-sensitive 한, 즉 low latency와 low jitter를 요하는 어플리케이션을 대상으로 하고 있으며, 전체 대역폭의 5%를 할당할 예정이다. 그 다음 클래스는 Near-Premium 클래스로 일컬어지기도 하는 IP+ 클래스로 DiffServ의 AF 특성을 갖는다. 이 클래스는 스트리밍 비디오나 인터랙티브 어플리케이션을 대상으로 하고 있으며, Premium 클래스와 마찬가지로 전체 대역폭의 5%를 할당할 예정이다. 세 번째 클래스

는 기존의 BE 클래스에 해당하며, 전체 대역폭의 89%를 할당할 예정이다. 가장 우선순위가 낮은 클래스는 Less than Best Effort (LBE) 클래스로 가장 우선순위가 낮으며 중요하지 않은 어플리케이션을 대상으로 한다. 대표적인 예는 과부하 상태에서 TCP 커넥션을 중단시키지 않거나 오랜 시간이 걸리는 FTP를 취소시키지 않도록 하는데 사용할 수 있다. 이렇게 함으로써, 최소한의 서비스를 유지하면서 보다 높은 우선순위를 갖는 중요한 데이터에 대한 서비스 품질을 향상시키는 것을 목적으로 하고 있다. 이 서비스 클래스는 QBone/ Internet2의 관점에서 Scavenger Service (QBSS)에 해당한다. 이들 네 개의 클래스와는 별도로 네트워크 제어 목적으로 DSCP 48과 56을 할당해 놓고 있다.

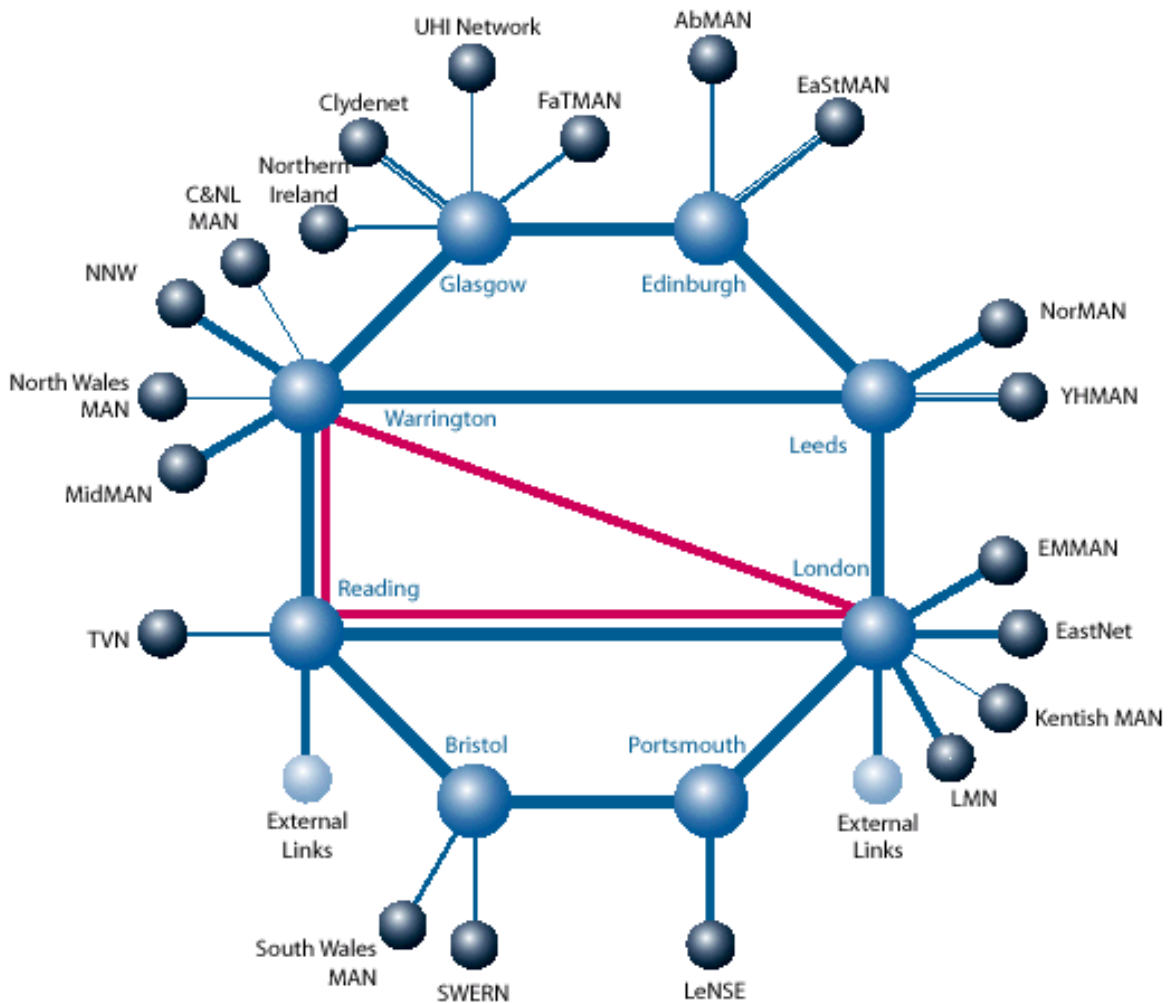


그림 11. JANET의 백본 구조

JANET에서 QoS 서비스의 구현에 있어, 각 클래스에 속한 트래픽들은 각기 서로 다른 취급을 받게 된다. 만약 다중 큐를 사용하는 경우라면, Premium 클래스에 속한 트래픽이나 LBE 클래스에 속한 트래픽은 별도의 큐에 저장되는 것이 바람직하다. 또한, Premium 클래스에 속한 트래픽에 대해서는 지터를 최소화 하기 위해 Tail-Drop에 의한 혼잡제어가 선호되지만, BE 및 LBE에 속한 트래픽들에 대해서는 WRED에 의한 혼잡제어가 더 적합하다.

서비스 클래스	특성 및 대상 어플리케이션	DiffServ 클래스	CoS	대역폭
Premium	Time-sensitive applications	EF (101110)	5	5%
IP +	Streaming video / interactive applications	AF (40~45, 47)	-	5%
Best Effort	Service currently provided on JANET	DSCP 0 (000000)	0	89%
LBE	Lower-priority, non-critical traffic	DSCP 8 (001000)	1	1%

표 7. JANET의 서비스 클래스 및 특성

기존의 JANET 네트워크에 QoS 서비스를 구현하는 과정에서 발생 가능한 문제들에 대한 위험 분석(Risk Analysis)가 이미 실시되었으며, 그 결과를 바탕으로 JANET 네트워크와 별도로 테스트 베드를 구성해서 QoS 서비스 구현이 미치는 영향에 대해서도 검토를 진행 중에 있다. [그림 11]에서 붉은 색으로 표시된 삼각형의 네트워크가 이 테스트 베드에 해당한다. 그림에서 External Links로 표시된 두 개의 노드는 절에서 소개된 pan-European GÉANT 네트워크에 연결된다.

살펴본 바와 같이 JANET의 QoS 프로젝트가 의미를 갖는 것은 서비스 클래스의 정의 및 대역폭 분배 방식 등이 다른 QoS 서비스 혹은 프로젝트들과 다를 뿐만 아니라 위험 분석을 통해 기존의 망의 안정성을 유지하면서 QoS 서비스를 제공하려고 노력한다는 점이다.

6. QoS 서비스 구현 사례가 적은 이유 및 향후 과제들

4절 및 5절에서 서비스 프로바이더들에 의한 QoS 서비스의 구현 사례 및 QoS 서비스를 위한 프로젝트 사례들을 살펴 보았다. 그러나, 서비스 프로바이더들에 의한 QoS 서비스의 경우 대부분이 대략적인 내용들만 공개되어 있으며, QoS 서비스를 위한 프로젝트 사례에서 일부 구체적인 사항들이 확인되고 있을 뿐이다.

이처럼 오랫동안 QoS 서비스에 대해 이야기가 되어오고 있으면서도 실제로 구현 사례가 적은 까닭은 무엇일까? 그 이유는 다음과 같은 것들로 요약될 수 있다.

- 인터넷의 기본 원칙 위반
- 인터넷의 예측 불가능성
- QoS 서비스로 인한 특별한 득이 없음
- 구체적인 구현 사례의 부재
- QoS 서비스 구현의 어려움
- 서비스 및 서비스 클래스의 정의의 어려움
- 서로 다른 서비스/네트워크 프로바이더 사이의 일관된 원칙이 부재

인터넷의 기본 원칙 위반

QoS의 보장을 위해서는 각 라우터에서 플로우 단위의 상태 정보를 필요로 한다. 이 정보를 바탕으로 플로우마다 서로 다른 처리를 받게 된다. 플로우에 대해 서로 다른 처리를 한다는 것이 결국은 서비스 차등화로 이어지는 것이다. 그러나 이와 같은 인터넷 트래픽의 차별화는 모든 트래픽을 똑같이 최선을 다해서 처리한다는 인터넷의 기본 철학에 위배된다. 또한, 차별화의 개념이 도입됨으로써 전통적인 인터넷의 단순성, 일반성, 강인성, 그리고 확장 가능성이 심하게 훼손되기 때문에 QoS의 도입을 꺼려하게 된다.

인터넷의 예측 불가능성

아직까지 인터넷은 예측 불가능하기 때문에 안정적인 서비스에 대해 의심스러워 한다. 즉, 어떤 치명적인 손해를 입을지 모른다는 불안감은 QoS 서비스의 보급을 지연시키고 있다. 또한, SONET 기반 전송 네트워크에서와 같은 빠른 복원 능력(restoration)도 갖추지 못하고 있다.

QoS 서비스로 인한 특별한 득이 없음

많은 경우에 있어 전통적인 음성 전화 서비스 프로바이더들이 인터넷 서비스를 제공하고 있다. 이런 경우 QoS가 보장되는 인터넷 서비스로 인해 기존의 전화 서비스의 수익이 급감하게 된다. 사용자의 경우 어플리케이션을 사용해서 트래픽을 제어하는 것보다 대역폭을 증가시키는 것이 훨씬 쉽다고 판단하고 있다. 특히, 인터넷에서 보이스 서비스를 수용하는 것은 더 이상의 비용적인 이점을 제공하지 못하고 있다. 따라서, NGN 통합 네트워크로 가는 하나의 과정으로 이해하고 있다.

구체적인 구현 사례의 부재

어떤 서비스가 확산되기 위해서는 그 서비스를 통해 확실한 수익을 보장 받을 수 있어야 한다. 그러나, 아직까지 QoS 서비스를 제공함으로써 눈에 띄는 수익을 창출한 사례가 보고되고 있지 않다. 미국의 경우 최근(2003년 2월)까지도 QoS 서비스의 기본이 되는 이더넷 서비스에 대한 제약이 있어서 활성화 될 수 없었다. 최근 FCC의 결정에 의해 RBOC (Regional Bell Operating Company)들이 어떤 종류의 이더넷 서비스도 할 수 있게 됨으로써, 2004년을 QoS 서비스에 대한 확산기로, 2005년 이후를 정착기로 생각하고 QoS 서비스를 준비 중에 있다.

또 하나 구현 사례가 적은 이유 중의 하나는, 상당수의 국가에서 아직까지 56K 모뎀을 사용해서 서비스를 제공하고 있으며, 이런 속도의 통신환경에서 QoS 서비스는 특별한 의미를 갖지 못하고 있다. 따라서, 우리 나라와 같은 통신 인프라가 좋은 나라를 중심으로 QoS 서비스가 보급될 것이다.

QoS 서비스 구현의 어려움

앞에서도 언급되었듯이, QoS 서비스를 제공하기 위한 QoS 제공 구조 및 구현 기술들은 이미 완벽하게 구현되고 있다. 그러나, 이런 다양한 기술들을 혼합하여 하나의 QoS 서비스를 제공하는 것은 예상치 않은 많은 문제들을 야기할 수 있다.

서비스 및 서비스 클래스의 정의의 어려움

QoS 서비스를 서비스에 의한 효과로 정의할 것인지 아니면 그 서비스를 구성하는 메커니즘으로 정의할 것인지를 결정해야 한다. 현재 대부분의 경우 메커니즘 보다는 효과를 바탕으로 서비스를 정의하고 있다. 그러나, 그 효과의 범위를 사용해서 서비스를 여러 개로 나누는데 어려움을 겪고 있다. 즉, 서비스 모델의 선정이나 SLA의 작성 등에서 어려움이 존재한다.

서로 다른 서비스/네트워크 프로바이더 사이의 일관된 원칙이 부재

특정한 프로바이더 도메인 내에서 QoS 서비스가 완벽하게 정의되고 구현되었다 할지라도, 다른 서비스 프로바이더 도메인에서 QoS 서비스가 제대로 정의되거나 구현되지 않았다면, 여러 서비스 도메인을 경유하는 트래픽에 대해서는 완벽한 E2E QoS를 보장할 수 없다. 또한, 모든 프로바이더들이 완벽하게 QoS 서비스를 정의하고 구현하고 있을지라도, 다른 프로바이더들의 그것과 일관된 원칙을

가지고 연동을 시킬 수 없다면, 역시 완벽한 E2E QoS를 보장할 수 없게 된다.

지금까지 살펴 본 것 외에도 QoS 서비스의 구현을 어렵게 하는 요인들이 존재한다. 예를 들면, 가입자 인증, 요금 청구, QoS 시그널링, QoS 성능 측정 및 감시 등이 이에 해당한다. 이러한 요인들 중 상당수는 QoS 서비스 구현을 위해 반드시 선행되어야 하는 것들이다.

7. QoS 서비스 전망

QoS 서비스의 미래에 대해서는 현 시점에서 어떤 전망을 제시하는 것은 무의미 하다. 아직까지 QoS 서비스에 대한 수요가 불확실하며, QoS 서비스 구현과 관련된 모든 이슈들을 해결하는데 어느 정도의 시간이 더 필요할지 알 수 없기 때문이다.

그러나, 방송이나 비디오 서비스 혹은 기업 PLM (Product Lifecycle Management) 같은 킬러 어플리케이션의 보급이 확산되고, 기업들이 네트워크(엄밀히 말하면 링크의 대역폭)에 대한 지출을 줄이거나 혹은 본격적으로 대역폭 집중적인(bandwidth-intensive) 어플리케이션을 사용하게 되면 QoS 서비스에 대해 재고하기 시작할 것으로 전망하고 있다. 또한, 시간이 지나면서 QoS 서비스에 대한 개념의 보편화, 그리고 QoS 서비스를 경험해 본 사람들에 의한 서비스 확산 등에 대한 전망도 QoS 서비스의 미래를 긍정적인 것으로 만들고 있다.

기술적인 측면에서 QoS 서비스는 [그림 12]에 보이는 것처럼 대역폭 관리 → 어플리케이션 서비스 → 폴리시 제어의 방향으로 진화해 나갈 것으로 예측된다. 또한, QoS 서비스의 구현에 있어 기본이 되는 서비스 클래스에 있어서는 다음과 같은 방향으로 발전해 나갈 것이다.

클래스의 개수: 소수의 서비스 클래스 → 다수의 서비스 클래스
 클래스의 적용: 모든 사용자에게 공통된 클래스 적용 → 각 가입자별 클래스 적용
 클래스의 구분: 트래픽 유형에 따라 구분 → 트래픽 및 사용자 유형에 따라 구분

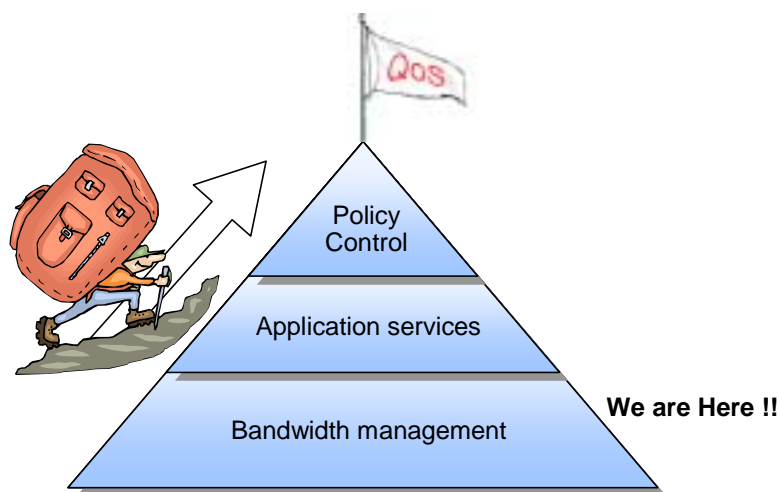


그림 12. 기술적인 측면에서 QoS 서비스의 진화 방향

또한, 지금까지는 서비스 가입자에 대해 QoS 서비스의 개념을 적용해 왔으나, 앞으로는 서비스 가입자와 더불어 콘텐츠 프로바이더에 대해서도 QoS의 개념을 동시에 적용하는 방향으로 전개될 것으로 예상된다. 즉, 비용을 많이 낸 업체의 콘텐츠를 높은 우선순위로 처리하고 전송함으로써 실제로 제공되는 서비스에 대한 차별화를 구현할 것이다.

8. 맺음말

QoS 서비스의 구현은 허들 경기와 같다고 할 수 있다. 즉, 하나의 장애물을 넘어서면 또 다른 장애물이 나타나 QoS 서비스의 구현을 어렵게 하고 있다. 그러나, 허들 경기에 결승점이 있듯이, 언젠가는 QoS 서비스도 최종 목적지에 도달할 것이다. 문제는 언제 그 목적지에 도착할 것이며, 지금 우리는 어느 정도의 위치에 와 있고 따라서 어떤 일들을 해나가야 하는 가를 분명히 하는 것이다.

9. 참고 문헌

- [1] 김학용, "Understanding QoS Technology," Netmanias white paper, 2003년 2월 3일.
- [2] R. Braden, D. Clark and S. Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture," IETF RFC1633, 1994년 6월.
- [3] K. Nichols, S. Blake, F. Baker, and D. Black, "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers," IETF RFC 2474, 1998년 12월.
- [4] S. Blake, D. Black, M. Carlson, et al., "An Architecture for Differentiated Services," IETF RFC2475, 1998년 12월.
- [5] D. Goderis, Y. T'joens, et al., "Service Level Specification Semantics, Parameters, and Negotiation Requirements," draft-tequila-sls-01.txt, June 2001.
- [6] Light Reading article, "SBC Delivers QoS Control," 2002년 8월 26일
http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=20241&site=lightreading
- [7] H. Wiltfang and J. Rosenow, "Deutsche Telekom's Global MPLS-VPNs Deployment and QoS enabled Networks Design and Implementation," OFC 2002.
- [8] 손장우, "Yahoo! BB's IP TV/VoD Service based on Metro Ethernet," Netmanias white paper, 2003년 4월 13일.
- [9] S. Giordano, S. Salsano, S. Van den Berghe, G. Ventre, and D. Giannakopoulos, "Advanced QoS Provisioning in IP Networks: The European Premium IP Projects," IEEE Commun. Mag., Jan 2003, pp. 30-36.
- [10] P. P. Pan, E. L. Hahne, and H. G. Schulzrinne, "BGRP: Sink-Tree-Based Aggregation for Inter-Domain Reservations," KICS 2000.
- [11] GEANT Network, <http://www.dante.net/geant/about-geant.html>

문서 업데이트 정보

- 2003년 6월 21일 - 문서 작업 개시
- 2003년 6월 30일 - 1차 완료