

SLA

QoS

(李效津)

()

2003

SLA

QoS

QoS Parameters to Network Performance
Metrics Mapping for SLA Monitoring

QoS Parameters to Network Performance Metrics Mapping for SLA Monitoring

by

Hyo-Jin Lee

Division of Electrical and Computer Engineering

(Computer Science and Engineering)

POSTECH

A thesis submitted to the faculty of POSTECH in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in the Division of Electrical and Computer Engineering (Computer Science and Engineering)

Pohang, Korea

December 13, 2002

Approved by

Major Advisor

SLA

QoS

)

.

(

2002 12 13

()

()

()

MECE
20012052

, Hyo-Jin Lee, QoS Parameters to Network
Performance Metrics Mapping for SLA Monitoring, SLA
QoS

, Division of Electrical and Computer Engineering
(Computer Science and Engineering), 2003, 55P, Advisor:
J. Won-Ki Hong, Text in Korean.

ABSTRACT

Service Level Agreement (SLA) is formal negotiated agreement between a service provider and a customer. Today, the importance of SLA is increasing continuously on the telecommunication market. In the SLA contract, QoS parameters that specify the quality level of service that the service provider will guarantee are included.

SLA monitoring, one of functionalities of Service Level Management (SLM), involves monitoring the performance status of the offered service and provide relevant information to the SLM system. In order for the SLM system to verify whether the specified QoS parameters are being met, SLA monitoring system must gather performance data from the underlying network performance monitoring system and map such data to the QoS parameters.

In this thesis, we propose a formal mapping mechanism between QoS parameters in SLA and the network performance metrics in the network access service. And we propose a general SLA monitoring system architecture that can be used to monitor service levels for various services offered by service providers. Finally, we introduce POS-SLMS (POSTECH-Service Level Monitoring System) implemented in the POSTECH gigabit Ethernet backbone network.

목 차

I. 서론.....	1
II. 관련 연구.....	4
2.1 SLA의 개념.....	4
2.2 국내외 통신 서비스 제공 업체들의 SLA 사례 연구.....	6
2.3 SLA 관리.....	10
2.4 국내외 SLA 관리 솔루션.....	12
2.5 네트워크 트래픽 모니터링에 관한 연구.....	13
2.5.1 액티브 모니터링 방법.....	13
2.5.2 패시브 모니터링 방법.....	15
2.5.3 SNMP agent를 이용한 모니터링 방법.....	17
III. QOS 파라미터와 네트워크 퍼포먼스 매트릭.....	19
3.1 QoS 파라미터.....	19
3.2 네트워크 퍼포먼스 매트릭.....	22
IV. QOS 파라미터와 네트워크 퍼포먼스 매트릭의 매핑.....	25
4.1 NSP와 ISP 관점에서의 QoS 파라미터와 NPM 간의 매핑.....	25
4.2 일반적인 QoS 파라미터와 NPM 간 매핑의 수식화.....	30
V. SLA 평가를 위한 네트워크 성능 분석 방법.....	32
5.1 네트워크 성능 측정 관련 협력 기구.....	32
5.2 네트워크 성능을 측정하기 위한 방법 및 틀.....	34
VI. 효과적인 SLA 평가를 위한 일반화 수식.....	37
VII. SLA 모니터링 시스템.....	39
7.1 SLA 모니터링 시스템의 디자인 요구사항.....	39
7.2 SLA 모니터링 시스템 아키텍처.....	39
7.3 POS-SLMS (POSTECH SERVICE LEVEL MONITORING SYSTEM).....	41
7.3.1.1 POS-SLMS 구현 환경 및 구조.....	41
7.3.1.2 POS-SLMS 의 매핑 부분.....	43
7.3.1.3 POS-SLMS 의 SLA 평가 기준.....	46
VIII. 결론 및 향후 과제.....	49
논문 참고 문헌.....	51

그림 목차

그림 1	SLA 개념도	4
그림 2	SLA 관리 기능들	10
그림 3	NSP와 ISP 관점에서의 QoS 파라미터	21
그림 4	NSP와 ISP 관점에서의 일반적인 NPM	23
그림 5	QoS 파라미터들과 NPM들간의 측정 매핑 예	26
그림 6	일반적인 매핑 방법의 도식화	30
그림 7	측정 매핑에서 고려할 항목	31
그림 8	SLA 모니터링 시스템 아키텍처	40
그림 9	포항공대 백본망 구성도	42
그림 10	POS-SLMS 의 구조도	43
그림 11	POS-SLMS 서비스 제공자용 구현 초기 화면	47

표 목차

표 1	국내 ISP 업체의 초고속 인터넷 망 관련 SLA.....	8
표 2	WORLDCOM 사의 SLA.....	9
표 3	액티브 모니터링 프로젝트	14
표 4	패시브 모니터링 프로젝트	16
표 5	세가지 네트워크 모니터링 방법에 장단점 비교.....	17
표 6	기술 중심적 QoS 파라미터	19
표 7	서비스 중심적 QoS 파라미터	20
표 8	CAIDA 와 IPPM WORKING GROUP의 매트릭 정의	22
표 9	QoS 파라미터당 매핑 정책 예(1).....	27
표 10	QoS 파라미터당 매핑 정책 예(2).....	28
표 11	QoS 파라미터당 매핑 정책 예(3).....	29
표 12	QoS 파라미터당 일반화된 평가 수식	37
표 13	POS-SLMS를 위한 매핑(1).....	44
표 14	POS-SLMS를 위한 매핑(2).....	45
표 15	POS-SLMS의 SLA 평가 기준.....	47

I. 서론

통신 시장의 개방화와 통신 서비스의 분할로 인해 여러 통신 사업자들과 서비스 제공자들은 자신들의 서비스에 차별화 정책을 두어 경쟁력을 살리고 통신 시장을 확보하고자 노력하고 있다. 사용자들 역시 자신들의 비즈니스의 상당 부분이 통신 서비스에 의존하고 있음을 감지하고 제공받는 서비스의 품질에 관한 보장을 원하고 있다. 서비스 제공자들의 종류에는 네트워크 서비스 제공자 (Network Service Provider, NSP), 인터넷 서비스 제공자 (Internet Service Provider, ISP), 응용 프로그램 서비스 제공자 (Application Service Provider, ASP)들이 있고, 이들이 제공하는 각종 서비스들을 사용하는 주체인 사용자들에는 개인, 회사, 학교, 연구소, 공공 기업 등이 있다. 이와 같은 각각의 요구사항에 힘입어 SLA가 등장 하였다.

SLA는 Service Level Agreement의 약자로 서비스의 사용자와 서비스의 제공자들 사이에 일정 수준 이상으로 서비스의 품질 정도 (Quality of Service, QoS)를 보장하기 위해 맺는 계약이다[2, 3]. SLA를 통해 서비스 제공자들은 고객과의 관계를 돈독히 해서 다른 사업자들과의 경쟁에서 우위를 차지해 더 넓은 시장의 확보가 가능하게 되었고 사용자들은 받고 있는 서비스의 품질 정도를 확인하고 품질 저하 시에 서비스 제공자들로부터 적합한 보상을 받을 수 있게 됨으로써 제공받는 서비스에 관해 더 많은 신뢰감을 가질 수 있게 되었다.

그러나 SLA는 그 명확한 의미에 비해 적용함에 있어서는 실제로는 그리 간단한 것이 아니다. 먼저 서비스란 단순히 하나의 서비스 제공자로부터 오는 것이 아니라 여러 서비스 제공자들 사이의 연관성을 통해서 만들어지는 것이 대부분이기 때문에 이 과정에서 SLA는 복잡해질 수 밖에 없다. 즉 특정 서비스의 제공자는 다른 여러 서비스 제공자가 제공하는 서비스들을 사용하는 사용자이기도 하기 때문에 그들 사이에는 여러 종류의 SLA를 다양한 관계에서 체결할 수 있게 된다. 다

음으로 서비스의 종류에 따라서 SLA의 내용은 달라진다. 사용자의 관심이나 서비스 제공자가 제공하는 서비스에 따라서 서로 다른 QoS 파라미터들을 가지고 계약을 맺기 때문에 계약 기간이나 파라미터들을 보장할 수 있는 방법들도 달라진다. 따라서 효과적인 SLA 관리가 필요하게 되었다.

SLA 관리 (SLA Management)란 TM Forum[1]에서 제시하였듯이 SLA의 생성 주기[3]에 따라서 복잡하고 다양한 SLA를 효과적으로 관리할 수 있는 방법을 의미한다. SLA 관리의 기능들은 다음과 같다. 서비스 제공자는 서비스를 생성 (SLA Planning & Development)하고, 그 서비스에 대한 SLA를 체결하기 위해 서비스 제공자와 사용자간의 협상 (SLA Negotiation)과 더불어 주문 사항에 관해 처리 (SLA Order Handling)해서, 서비스를 구성 (SLA Service Configuration)한다. SLA 템플릿 상의 QoS 파라미터들을 보장할 수 있기 위해서는 각 파라미터에 대한 모니터링 (SLA Monitoring)이 필요하고, 주기적으로나 사용자가 요구할 때마다 그 결과를 제공 (SLA Reporting)한다. 그리고 이를 바탕으로 과금 문제를 해결하고 계약을 위반했을 때에는 사용자에게 보상 (SLA Rating & Discounting)해 주기도 한다.

이 중에 SLA의 본래 목적을 이루기 위해서는 가장 중요한 부분은 SLA 모니터링 부분이다. SLA 모니터링을 바탕으로 해서 서비스 제공자들은 그 결과를 사용자들에게 알리고 위반 사항에 관해서는 사용자들에게 보상이 가능하다. SLA 템플릿 안에 각각의 QoS 파라미터들을 모니터링 할 수 있는 방법들은 매우 다양하며 그 방법은 QoS 파라미터의 성격에 따라 달라진다. 특히 서비스의 제공자가 NSP나 ISP인 경우 네트워크 트래픽을 모니터링하고 분석함으로써 해당 QoS 파라미터들의 정보를 얻어낼 수 있다. 하지만 국내의 경우 SLA는 아직 도입 시기에 있기 때문에 SLA 관리 솔루션들의 개발은 미흡한 실정이다. 물론 지금도 네트워크 서비스 제공자들의 백본 망에서는 네트워크 트래픽에 대한 모니터링 모니터링 자체는 이루어지고 있지만 이를 SLA 관리 솔루션

선에 바로 접목시키지는 못하고 있다. 즉, 어떻게 하면 네트워크 트래픽 모니터링과 네트워크 성능 분석을 통해 어떤 QoS 파라미터를 만족시키고 그리고 이를 SLA 평가에 효과적으로 이용할 수 있는 지에 관한 해결 방안이 명확하게 제시되지 않고 있다. 국외의 경우 우리 보다 앞서 SLA의 중요성을 인식하고 관련 솔루션들을 꾸준히 개발하여 왔다. 물론 외국으로부터 기술 도입 여부를 검토 할 수도 있지만 기술 도입 시 막대한 기술료를 외국에 지급해야 한다. 국내에서도 네트워크 트래픽 모니터링에 관한 연구는 꾸준히 진행되어 왔기 때문에 이를 이용하여 우리 실정에 맞게 SLA 평가에 적용할 수 있는 방법을 연구해서 솔루션을 개발한다면 외국 기술의 도입보다는 훨씬 경제적일 것이다.

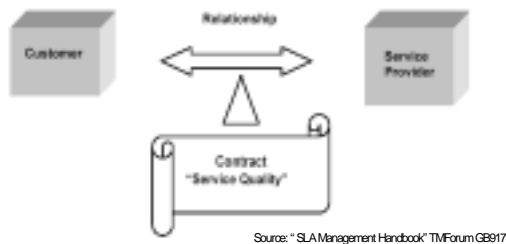
본 논문의 주제는 NSP와 ISP관점에서의 SLA 관리 및 평가를 위한 네트워크 트래픽 모니터링 및 분석 방법 중 특히 QoS 파라미터와 네트워크 퍼포먼스 매트릭 간의 매핑 방법이다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장의 관련 연구에서는 본 논문에 필요한 SLA 및 SLA 관리 개념과 더불어 국내외의 SLA 관리를 위한 연구들과 네트워크 트래픽 모니터링에 관한 연구들을 구체적으로 소개한다. 3장에서는 NSP와 ISP 관점에서의 SLA에 필요한 QoS 파라미터들을 정의하고 네트워크 트래픽 모니터링의 기준인 네트워크 퍼포먼스 매트릭 (Network Performance Metric, NPM)들을 소개한다. 4장에서는 QoS 파라미터들과 NPM들 사이에 매핑 방법을 소개하고 5장과 6장에서는 효과적인 SLA를 평가를 위해서 네트워크 성능 분석 방법 소개 및 QoS 파라미터에 따른 일반화된 평가 수식을 제시한다. 7장에서는 앞서 설명한 매핑 방법들과 SLA 관리 모듈들을 바탕으로 SLA를 위한 모니터링 시스템의 아키텍처를 제시하고 이를 바탕으로 포항공대 백분망을 대상으로 구현한 SLA 모니터링 시스템인 POS-SLMS (POSTECH-Service Level Monitoring System)을 소개 한다. 마지막으로 8장에서는 논문 내용을 요약하고 결론을 맺으며 향후 활용 방안을 제시한다.

II. 관련 연구

이 장에서는 먼저 본 논문의 바탕이 되는 SLA 및 SLA 관리의 개념을 소개한다. 더불어 국내외 업체들의 SLA 체결 사례를 조사하고 SLA 관리를 위한 개발 솔루션들을 소개한다. 그리고 본 논문의 핵심인 SLA를 위한 네트워크 트래픽 모니터링 방법 및 분석을 위해서 구체적으로 조사한 네트워크 트래픽 모니터링 방법에 대해 설명한다.

2.1 SLA의 개념

SLA는 Service Level Agreement의 약자이다. 즉 서비스 제공자와 서비스의 사용자 간에 일정 수준 이상의 서비스 보장을 위한 약속이라 할 수 있다. 그림 1은 SLA의 개념을 소개하는 데 있어서 실례로 드는 가장 일반적인 그림으로 TM Forum의 SLA Management Handbook[3]에서 발췌하였다.



1 SLA

통신 시장의 개방화와 통신 서비스의 분할로 인해 여러 통신 사업자들과 서비스 제공자들은 자신들의 서비스에 차별화 정책을 두어 경쟁력을 살리고 통신 시장을 확보하고자 노력하고 있다. 사용자들 역시 자신들의 비즈니스의 상당 부분이 통신 서비스에 의존하고 있음을

감지하고 제공받는 서비스의 품질의 보장을 원하고 있다. 서비스 제공자들의 종류로는 크게 네트워크 서비스 제공자 (NSP), 인터넷 서비스 제공자 (ISP), 응용 프로그램 서비스 제공자 (ASP)들로 나눌 수 있고, 이들이 제공하는 각종 서비스들을 사용하는 주체인 사용자들은 개인이나 회사, 학교, 연구소, 공공 기업 등이 있다. 결국 다양한 이들의 각각의 요구사항에 힘입어 SLA가 등장하였다. 또한 제공하고자 하는 서비스마다 서로 다른 SLA를 체결하고 다양한 계층을 서비스 제공자와 서비스 사용자간에 계약들이 존재 하므로 SLA의 내용 또한 다양하게 되었다. SLA 체결 시 해당 문서를 SLA 템플릿 (SLA Template)이라 하고 서비스 종류에 따라 그 내용이 달라진다. SLA 체결 시 사용자나 서비스 제공자의 관심은 과연 SLA 템플릿의 내용들을 보장할 수 있는가에 관한 것이다.

본 논문에서는 넓은 의미의 서비스의 개념을 축소시켜 네트워크 서비스나 인터넷 서비스로 서비스의 범위를 한정 지었을 때 네트워크 트래픽 모니터링 및 분석 방법에 관한 연구로서 SLA를 효과적으로 평가 및 보장할 수 있는 방법에 관해 논하는 것을 목표로 한다.

2.2 국내외 통신 서비스 제공 업체들의 SLA 사례 연구

이 절에서는 국내외의 통신 서비스를 제공하는 업체들의 SLA 적용 사례에 관해 설명한다.

국내의 경우에는 국외의 경우에 비해서 SLA의 도입시기가 늦다. 정보통신부가 2002년 8월 초 국내 초고속 인터넷 서비스만을 대상으로 품질 보장을 위한 권고안을 제시하고 각 통신 서비스 업체에서는 이를 준수하도록 지시하였다. 이는 우리나라의 보편화 되어있는 초고속 인터넷에서부터 SLA를 만족시키면서 더 나아가 SLA 도입에 있어서의 여러 가지 장점들을 살려보고자 하는 정부의 의지로 볼 수 있다. 이로써 초고속 인터넷 서비스의 최저 속도가 보장되고 장애 처리 기준이 강화되어 서비스 품질과 이용자 편의가 획기적으로 개선될 전망이다. 2002년 8월 1일부터 시행하고자 했던 권고안은 사업자들의 시범 운영 여건으로 미루어져 10월이 되어서야 대부분의 통신 서비스 제공자 측에서는 최고/최저/ 평균 속도를 각 기업 속도 책정 홈페이지의 이용약관에 명시하고 구나 도 단위에서 전국적으로 시행 영역을 확산 시키고 있다. SLA의 도입을 위한 노력은 아직 실행 측면에서 외국에 비해 적용 서비스 종류나 시행 관련한 방법들이 구체화 및 체계화 되어있지 않은 실정이다.

정보통신부에서 제시한 초고속 인터넷 품질 보장에 대한 기준은 다음과 같다.

- 프로급 서비스는 1Mbps, 라이트급 서비스는 500Kbps 수준의 최저 속도를 보장한다.
- 최저 속도 기준은 SLA 시행 성과에 따라 단계적으로 상향 조정된다.
- 최저 속도가 보장되는 구간은 초고속 인터넷 사업자 자사 구간

으로 콘텐츠 사업자 구간, 건물 구내선로, 가입자 PC환경 등은 보장 구간에서 제외된다.

- 각 사업자가 제공하는 속도 측정 도구를 통해 30분 동안 10회 이상 속도를 측정하고 측정 횟수의 60% 이상이 최저 속도에 못자랄 경우 손해배상을 해야 한다.
- 배상 기준은 하루에 한번이라도 최저 속도에 미달하게 되면 1일 이용 요금을 감면하며 최대 월 이용 요금의 30%까지 감면 받을 수 있다.
- 사업자는 장애 신고를 접수한 뒤 1시간 안에 AS요원이 고객에게 연락해 방문 일정 등을 협의하고 24시간 안에는 반드시 고객을 방문해야 한다.
- 장애 발생·서비스 지연 등에 따른 보상기준은 3시간 넘게 장애가 났을 때 손해 배상액을 해당시간 요금의 3배 이상 지급해야 한다. 또한 서비스 개통 지연에 따른 요금 할인 요건도 1개월에서 15일로 단축한다.

한편, 정보통신부는 SLA 제도를 이번 초고속 인터넷 서비스에 이어 유선전화, 이동전화 등 다른 유·무선 통신 서비스에도 단계적으로 확대 시행할 계획이다. 국내 대표적인 네트워크 서비스 사업체인 KT와 하나로 통신의 초고속 인터넷 서비스에 관한 SLA 시행 제도는 표 1 과 같이 비교 평가해 볼 수 있다. 현재 두루넷과 온세통신도 SLA 제도에 대해 대처할 준비를 하고 있다.

국외의 경우 일찍부터 사람들은 서비스의 품질 정도(QoS)에 관심이 많았다. 국외의 유명한 통신 회사로는 WorldCom[41], AT&T[42], Sprint[43], Cable & Wireless[44] 등이다. 각각의 회사들은 유명한 ISP 업체임과 동시에 네트워크 서비스를 기본으로 제공하는 NSP 업체이다. 이들 회사의 목적들이 비슷한 만큼 SLA 체결 항목도 비슷하다. 표 2 는

WorldCom사의 Private Label DSL (Access) 서비스에 관한 SLA 예제이다. 각 표에서 제시된 측정 항목 및 QoS 파라미터들에 관한 구체적인 설명들은 3장에서부터 하기로 한다.

	KT	하나로 통신
측정 항목	다운로드/업로드 속도, RTT 평균 및 최대,최소,편차, Ping Error Rate. Meg@Feel사용시 접속 품질, 인터넷 망 상태 포함.	다운로드/업로드 속도, RTT 평균 및 최대,최소,편차, 사이트 접속 시간, 패킷 손실률, 구간 품질 측정 준비중, (일반 웹사이트와 스트리밍 측정)
측정 도구	속도 테스트 페이지, SLA 보장 페이지, Meg@Feel 프로그램	속도 테스트 페이지, SLA 보장 페이지
측정 지점	인터넷 데이터 서버에서 DSLAM 장비까지, Meg@Feel 의 경우에 End to End 까지 보장이 가능하다.	인터넷 데이터 서버에서 DSLAM 장비까지
보상 기준	60분간 10회 이상의 측정 후 측정치의 60% 이상이 미달이면 1일 감면, 권고안에 따름.	KT와 동일
방법	구체적인 언급 없음	구체적인 언급 없음
비고	측정 항목 다양. Meg@Feel 같은 프로그램제공으로 주기적 SLA 통계 자료로 활용 가능. SLA에 대응에 선두 주자. SLA 보상에 있어서 절차가 까다로움	측정 지점 및 측정 항목의 다양성. 측정 방법에 대한 구체적인 언급이 없고 사용자가 원할때만 SLA 보상 여부를 판단해 주기적인 정보를 제공한다 할 수 없음.

1 ISP

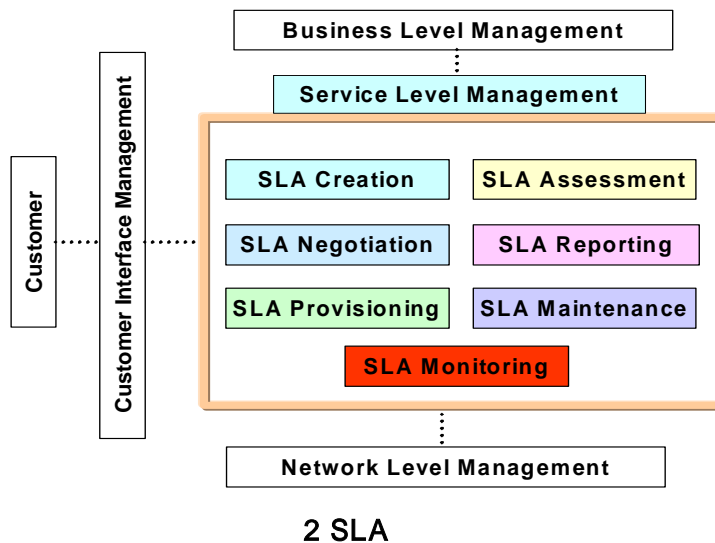
SLA

Service Name: Private Label DSL (Access) SLA				
QoS Parameter	Network Availability	Network Latency	Data Delivery	Mean Time To Restore
Guaranteed Degree	Avg. 99.7%	Avg. 30ms	Avg. 95%	24hrs-Premium 48hrs-Basic
Measuring Periods	A month	4-hour intervals for 5 consecutive days	4-hour intervals for 5 consecutive days	A month
Measuring Points	From DSLAM to WorldCom's ATM switch	From WAN interface of end user (CPE) to WorldCom's ATM switch	From WAN interface of end user (CPE) to WorldCom's ATM switch	From WAN interface of end user (CPE) to WorldCom's ATM switch
Credits	10% of the MRC	10% of the MRC	10% of the MRC	10% of the MRC
Measuring Method				
Network Availability	$(\text{Total Number of DSL Circuit} * \text{Total minutes in Month} - \text{Total Minutes DSL Circuit Outages in Month}) / \text{Circuits} * \text{Total minutes in month}$			
Network Latency	The time it takes for 64 byte packet to traverse from the WAN interface of a customer's DSL CPE. First measurement is the NMC-to-CPE network delay by PING test. Second measurement is the NMC-to-MSD network delay by PING test. $(\text{NMC-to-CPE Delay} - \text{NMC-to-MSD Delay}) / 2$, NMC: Network Management Center, MSD: Metro Service Center.			
Data Delivery	A minimum of 100 packets per measurement to ensure statistical validity. The average data delivery is then calculated as the mathematical average of all measurements			
Mean Time To Restore	WorldCom is committed to restoring DLS service within certain periods of time based on the severity of the problem in addition to whether single or multiple clients are affected.			

2 WorldCom SLA

2.3 SLA 관리

TM Forum[1]은 통신 시장의 전반적인 내용을 토론하고 그와 관련된 내용들을 표준화, 문서화함으로써 통신 시장의 기존의 서비스 제공자들의 이윤 창출과 새로 진출하는 서비스 제공자들을 위한 가이드라인 제시에 그 목적이 있다. 문서화하는 것들 중 일부분이 SLA 관리 위한 것도 포함된다. 이들은 Telecom Operation Map(TOM)[4]을 정의하고 통신 사업의 통합화와 자동화를 꾀하였다. TM Forum에서 제공하는 SLA management Handbook[3]은 SLA의 전반적인 개념과 함께 TOM Model을 기준으로 해서 SLA를 체계적으로 분석하고 풍부한 예제를 포함하는 SLA 관련 가이드라인이다. 여기서 언급하고 있는 SLA 관리 기능들은 그림 2 와 같이 7가지로 나누어 설명할 수 있다[66].



각각의 기능들의 의미는 다음과 같다.

- **SLA Creation:** SLA를 처음 생성하는 과정이다. 제공하는 서

비스나 서비스 제공자 또는 사용자에게 따라서 SLA 템플릿의 내용은 달라진다.

- **SLA Negotiation:** 사용자는 SLA 템플릿에 들어가는 QoS 파라미터와 여러가지 세부사항들을 사용자가 원하는 내용을 중심으로 서비스 제공자들과 협상 하여 선택할 수 있다. 그리고 SLA를 위반했을 때 서비스 사용자가 얼마의 벌금을 지불할 것인지, 사용자가 원하는 SLA의 보장 정도는 몇 퍼센트인지에 관한 협상도 이 단계에서 이루어진다.
- **SLA Provisioning:** 서비스 제공자는 사용자와 계약을 맺을 서비스를 잘 지킬 수 있도록 MPLS망 또는 Diffserv등의 특수 전달망을 이용할 수 있다. 물론 일반적인 IP 전달망을 사용한다 하더라도 서로의 계약을 잘 지켜가며 서비스를 제공할 수 있도록 네트워크 환경을 구축하는 것을 SLA Provisioning 또는 SLA Engineering 이라고 한다.
- **SLA Monitoring:** 주어진 QoS 파라미터들이 잘 지켜지고 있는가를 살펴보는 것이 SLA Monitoring이다. 계속 감시하고 있다가 성능의 정도가 떨어지게 되면 리포팅 하는 곳으로 프로세스를 이전하여 SLA를 보장해주고 SLA 위반되는 경우를 감시하고 있다가 나중에 과금 계산 부분에서 사용할 수 있다.
- **SLA Maintenance:** 감시 하고 있는 파라미터의 성능이 현저히 저하되거나 파라미터의 측정 불가능 상태가 될 때 유지 보수를 결정하는 모듈이다. 물리적인 네트워크 환경의 변동 사항이 필요한지 결정하여 SLA Provisioning을 요청할 수 있다.
- **SLA Reporting:** 사용자에게 감시하고 있던 파라미터들의 모니터링 후 결과를 사용자에게 알려주는 부분이 SLA Reporting이다.

- **SLA Assessment:** SLA 위반사항에 대해 사정 작업을 거쳐 사용자 입장에서는 보상 받을 수 있고 서비스 제공자 입장에서는 벌금을 지불하게 하는 모듈이다. 서비스 제공자는 내부 서비스 사항을 점검하도록 한다.

2.4 국내외 SLA 관리 솔루션

이상의 7가지 기능 중에 일부 또는 전체를 포함하면서 SLA 관리를 자동화 및 통합화 하기 위한 응용프로그램들을 SLA 관리 솔루션 (Service Level management Solution, SLS)이며 현재 상업적으로 솔루션을 제시하고 있는 경우를 조사하면 다음과 같다. CiscoWorks2000[5]은 대표적인 SLS이다. 원하는 디바이스에 Service Assurance Agent (SAA)를 심고 Management Engine 1110은 SAA로부터 가지고 오는 정보들을 모아 주는 곳이다. 이 두 곳의 통신은 SNMP를 이용한다. 그리고 Service Level Manager는 SLA 관리를 위한 통합 매니저로서 Management Engine1110에서 XML로 자료를 받아 SLA 관리를 하는 통합 어플리케이션이다. CiscoWorks2000은 모니터링 agent를 브릿지나 라우터 같은 디바이스 안에 SNMP agent와 같은 agent를 설치하고 서비스 파라미터들을 모니터링 해서 원하는 결과를 도출하는 방법을 사용하는 솔루션이다. 이와 달리 HP Openview NetMatrix[6]와 같은 제품들은 지나다니는 트래픽을 분석해서 네트워크 퍼포먼스를 데이터를 모아 분석하고 사용자들을 위해서 리포팅 정보를 제공하는 솔루션이다. 그리고 엔터프라이즈 네트워크를 위한 어플리케이션 레벨의 SLS로는 Aprisma의 SLA 통합 관리 솔루션인 SPECTRUM[7]과 BMC Software 사의 PATROL[8] 제품군 그리고 Compuware 사의 EcoSCOPE[9]가 있다. 이들 각각은 사용자가 사용하는 서버나 데이터베이스와 같은 분산된 어플리케이션을 모니터링 하고 퍼포먼스를 측정하는 데 이용한다. 이들 모두 효과적인 SLA 관리를 지원하기 위한 것이다.

국내에서는 한국인터넷정보센터(KRNIC)[10]에서 SLA에 관한 국내 관련 사이트나 국외 관련 사이트를 소개하고 있고 한국전산원[11]에서도 국내 초고속 인터넷 속도 품질 측정을 위한 사이트를 운영하고 있다. 이 밖에도 많은 논문들에서 SLA 관리의 중요성과 개념들을 언급하고 있다[12, 13, 14, 15].

2.5 네트워크 트래픽 모니터링에 관한 연구

네트워크 서비스를 제공할 때 네트워크의 상태에 관해서 모니터링 할 필요가 있다. 네트워크 기술이 발달하기 시작하면서부터 지금까지 네트워크 모니터링에 관한 연구도 계속 되어 왔다. 세부적으로 네트워크 트래픽 모니터링의 분야는 크게 세가지로 액티브 모니터링(Active Monitoring)[16, 17]과 패시브 모니터링(Passive Monitoring)[17, 18] 그리고 SNMP Agent[30, 31, 32]를 이용하는 방식으로 나뉜다.

2.5.1 액티브 모니터링 방법

액티브 모니터링(Active monitoring) 방식은 NPM의 측정 값을 구하고 싶은 구간에 테스트 할 머신을 설치하고 하나의 테스트 머신에서 다른 곳으로 일정한 테스트 패킷을 특정 시간을 간격으로 보내어서 현재의 네트워크의 상태를 알아 내는 방법이다. 이 방법은 주로 네트워크의 퍼포먼스를 구하기 위해서 사용된다. 두 대 이상의 테스트 머신이 테스트 패킷을 생성해서 보내는 쪽과 받아서 분석하는 쪽이 따로 존재한다면 이들 사이에 시간적 동기화는 필수 조건이다. 따라서 GPS[19] 신호를 받아 처리할 수 있는 칩을 머신에 장착하거나, NTP(Network Time Protocol)를 사용하여 동기화 한다[18, 20]. 액티브 모니터링에서는 측정 간격이나 기간이 결과에 미치는 영향도 크다. 대표적인 액티브 모니터링 프로젝트로는 Surveyor[19], RIPE NCC Test Traffic[5, 20], PingER [21], NLANR AMP[22], Skitter[23]등이 있다. 표 3 은 여러 액티브 모니터

링 프로젝트를 몇 가지 분류기준으로 비교 분석한 결과를 보여 준다.

	Surveyor	RIPE	Ping ER	AMF	Skitter
Measurement	1-way delay & loss	1-way delay & loss	2-way ping	2-way ping	Traceroute like
Time Sync.	GPS	GPS	NTP	NTP	NTP
Location	US, Asia, Europe	US, Europe, New Zealand	Cover all six continents	US, New-Zealand (NZ)	America, Asia, NZ, Europe
Measure Frequency	Based on request	Every 0.5 sec	Ping every 30 minutes	Traceroute every min	Hourly
Data Availability	Upon request	Upon request	Available online	Available online	Upon request
Sponsors	NSF, DARPA	CSG, Advanced	DOE	NSF, NLANR, Internet 2	NSF, DARPA, CAIDA

3

Surveyor는 IPPM 워킹 그룹으로부터의 네트워크 퍼포먼스 관련 표준들을 기반으로 하여 광범위한 인터넷 경로의 퍼포먼스를 측정하는 프로젝트이다. 현재 미국, 아시아, 유럽을 대상으로 테스트 환경을 구축해 두고 있다. RIPE NCC는 앞서 설명한 Surveyor와 같이 IPPM기반의 매트릭들을 측정하려고 하는 프로젝트이고 주로 유럽이나 뉴질랜드 쪽의 네트워크 트래픽을 모니터링 대상으로 삼고 있다. Surveyor와의 차이점은 요청이 있을 때 마다 측정하는 것이 아니라 0.5초마다 주기적으로

측정한다는 데 있다. PingER은 Ping End-to-end Reporting의 약자로 말단의 인터넷 링크들의 퍼포먼스들을 측정하기 위한 IEPM[45]의 프로젝트이다. 30분에 한번씩 양방향 Ping방식을 사용한 소프트웨어인 PingER은 세계 어느 곳이든 인터넷이 연결된 곳이라면 상호 말단(end-to-end)의 퍼포먼스의 측정을 가능하게 하는 장점을 가지고 있다. NLANR의 AMP(Active Monitoring Programming)[22]와 Skitter[23] 비슷한 목적을 가지는 액티브 모니터링을 위한 프로젝트들이며 측정 방식이나 측정 가능한 지역들이 표 3 과 같이 조금씩 다르다.

2.5.2 패시브 모니터링 방법

패시브 모니터링(Passive monitoring) 방식은 네트워크를 지나다니는 모든 패킷들을 미러링 방식을 이용해 지나다니는 패킷들을 잡아 네트워크 상태를 알아내는 방법이다. 패시브 방식은 액티브 방식과는 달리 부과되는 트래픽 없이 지나다니는 패킷의 양 그대로를 가지고 분석하기 때문에 더 실제적인 네트워크 상태를 표현할 수 있다. 하지만 네트워크 트래픽의 대용량화 및 링크 스피드의 고속화에 따라 패킷을 잡기가 어렵고, 분석 처리해야 하는 데이터가 너무 많아 웬만한 시스템으로는 감당하기 힘들다. 물론 샘플링 방법을 사용한다면 위의 문제들을 조금이나마 해결할 수 있겠지만, 정확한 네트워크 상태 파악이라는 장점은 살리기 힘들다. 또한 패시브 모니터링 방법으로 네트워크 상태나 효율성 이외에 다른 종류의 네트워크 퍼포먼스 메트릭들은 분석하기란 복잡한 면이 많다.

현재 패시브 모니터링 방법을 사용하는 프로젝트들의 예로는 다양한 용도로의 분석을 보여주는 Ntop[24], Cisco 라우터의 NetFlow 포맷을 받아들여 그래픽컬 하게 네트워크 상태를 분석하는 툴인 FlowScan [25], CAIDA에서 제공하는 모니터링 툴 개발을 위한 소프트웨어인 CoralReef[26], 뉴질랜드의 Waikato 대학의 WAND[27] 프로젝트, NLANR

의 PMA[28], Sprint의 IP-Mon[29], 우리나라의 POSTECH의 WebTrafMon [18]과 차기 버전인 NG-MON[67]이 있다. 표 4 는 몇 개의 패시브 모니터링 프로젝트들을 비교 설명하고 있다. 패시브 모니터링의 결과물은 주로 효율성(Throughput)이다. FlowScan과 같이 특정 NetFlow 포맷을 받아서 인풋 처리를 하는 경우도 있지만 대부분의 경우에 미러링등을 통한 일반 트래픽(raw traffic)을 입력으로 받아들인다. 어떤 경우에는 처리해야 하는 트래픽의 양이 많아 소프트웨어만으로 구성했을 때는 한계가 있을 수 있다. 따라서 WAND 리서치 그룹은 그들 고유의 고속 네트워크에서 패시브 모니터링을 위한 하드웨어를 제작해서 소프트웨어만의 모니터링의 한계를 극복하는 경우도 있다.

	Ntop	Flow Scan	Coral reef	Sprint IP Mon	NG-MON (POSTECH)
Input	Raw Traffic NetFlow	NetFlow	Raw Traffic	Raw Traffic	Raw Traffic
Output	Throughput	Throughput	Throughput	Packet Trace	Throughput
Link Speed	<<100 Mbps	<<155 Mbps	<<622 Mbps	10 Gbps	10 Gbps
Solution	Software	Software	Hardware+ Software	Hardware+ Software	Software
Sampling	No	Yes(device)	Configurable	No	Configurable
Analysis	On-line	On-line	On-line	Off-line	On-line

4

패시브 모니터링에서 좀 더 고려해야 하는 사항 중에 하나는 샘플링[68]이다. 샘플링을 하지 않고 트래픽을 모두 잡아 분석했을 때의 효율성은 정확한 값이지만 실제로 대용량화 되어가는 트래픽을 모두 잡는다는 것은 어려운 일이기 때문에 샘플링을 통해 대략적인 효율성을 측정할 수도 있다.

2.5.3 SNMP agent를 이용한 모니터링 방법

SNMP는 주로 네트워크 상의 디바이스들을 매니지먼트 할 때 사용하는 프로토콜이다. 이전에 네트워크 상에 구축된 디바이스들 안에는 기본적으로 SNMP agent가 내장되어 있어서 그들이 통신하는 정보를 보고 가지고 네트워크 상에 트래픽 정보들을 모니터링 할 수도 있다.

	◆ NPM	◆
	◆	◆ 가
	◆ NPM	◆ NPM
	◆	◆
SNMP agent	◆	◆ NPM

5 가

특히 RMON[30], Internet2[31]나 일본의 MAWI[32]등의 연구에서 SNMP agent를 사용하고 있다. 표 5 는 위의 세가지 모니터링 방법에 대한 장점과 단점을 비교 하였다. 이상의 관련 연구에서는 본 논문에 필요한 배경 지식에 관해 설명하였다. 각각의 개념들은 앞으로의 논문의 전개에 반드시 필요한 정보들이다. 3장부터는 본 논문에서 제시하고자 하는 SLA를 위한 네트워크 트래픽 모니터링 및 분석 방법에 관한 연구를 위해 필요한 기본 개념 정립 및 문제 제기 그리고 해결 방안들을 모색한다.

III. QoS 파라미터와 네트워크 퍼포먼스 매트릭

이 장에서는 NSP와 ISP관점에서의 SLA에 필요한 QoS 파라미터들을 소개하고 이들을 측정 및 보장하기 위해서 필요한 네트워크 트래픽 모니터링에서의 NPM (Network Performance Metric)에 대해서 설명한다.

3.1 QoS 파라미터

QoS 파라미터란 사용자들이 받고 있는 서비스가 일정 수준 이상으로 QoS를 보장하고 있는지의 여부를 사용자가 알기 쉬운 용어로 제공하는 기준을 의미한다[3]. QoS 파라미터는 서비스에 따라서 또는 서비스를 제공하는 업체나 사용자에게 따라서 달라질 수 있고, 이에 따라 SLA 템플릿 안에 내용이 달라진다. TM Forum의 SLA Management Handbook[3]에서는 QoS 파라미터들을 크게 세가지 측면으로 구분하여 설명한다.

	QoS
IP Layer	IP packet loss ratio, IP packet transfer delay, IP packet delay variation, Availability, Throughput, Utilization.
ATM Layer	CER (cell error ratio), CD (cell delay), CLR (cell loss ratio), CTD (cell transfer Delay), CDV (cell delay variation).
FR Layer	FTD (Frame Transfer Delay), Availability, FLR (Frame Loss Ratio).
xDSL Layer	System parameters of Bit rates (up and downstream), Reach, Crosstalk, Radiation.

6 QoS

기술 중심적(Technology Specific) 파라미터란 응용 단계를 서비스를

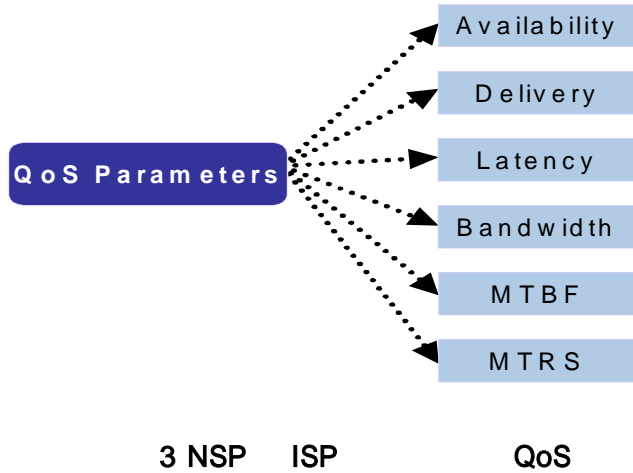
지원하기 위한 네트워크 서비스 기술과 관련된 파라미터들을 의미한다. 관련 네트워크 서비스 기술로는 ATM, Frame Relay, xDSL, IP 서비스 등 다양하며 각각에 대한 QoS 파라미터들은 표 6 과 같다.

	QoS
	Call connectivity, Attenuation, Noise, Crosstalk, echo, Distortion, Delay, Propagation delay.
	Image quality, Character error rate.
	Noise, Crosstalk, Stereo channel interface.
	Call completion rate.

7 QoS

반면에 서비스 중심적(Service Specific) 파라미터는 네트워크 서비스의 윗 단의 응용 프로그램들과 관계된 QoS 파라미터를 의미한다. 가령 서버나 데이터베이스의 유용성(Availability)과 신뢰성(Reliability) 등이 서비스 중심적 파라미터이다. 서비스에 관련해서 좀더 자세한 예를 들자면 다음의 표 7 과 같다. 기술과 서비스에 독립적인 파라미터들은 네트워크 기술이나 그 위에 응용 서비스의 기술과는 달리 주로 서비스 품질을 특정 시간을 기준으로 나타내는 파라미터들을 의미한다. 예를 들어서 사용자가 서비스를 사용할 수 없는 경우도 서비스의 품질 저하를 의미하기 때문에 서비스 복구 시간 (Mean Time To Repair, MTTR)이나 서비스 복원 시간 (Mean Time to Restore Service, MTRS) 또는 서비스 사용 불능 시간격 (Mean Time Between Failure, MTBF)들은 SLA에 있어서 중요한 QoS 파라미터들이다. 이와 같이 SLA Management Handbook에서는 각종 서비스 제공자들이 자신이 제공하는 서비스의 SLA 체결 시 필요한 QoS 파라미터들을 예제로 제시하고 있다. 물론 서비스에 따라서 더 다양한 QoS 파라미터들이 존재할 수도 있다.

본 연구에서는 TM Forum과 국외의 여러 NSP와 ISP들이 제시하는 SLA를 참고해서 QoS 파라미터의 일반적인 예를 그림 3과 같이 정리하였다.



Availability는 가용성이라고 하며 서비스를 사용하려고 액세스 할 때마다 사용 가능한가의 여부를 나타내는 파라미터이다. 이 Availability를 TM Forum의 통계적 자료에서는 사용자들이 가장 알고 싶어하는 QoS 파라미터라고 설명하고 있다. Delivery는 전달성을 의미하며 서비스를 사용해 원하는 위치로의 또는 원하는 위치에서 얼마나 정보의 손실 없이 전달 가능한가의 여부를 의미한다. Latency는 지연성으로 사용자가 서비스를 이용해 정보를 기다림 없이 전송할 수 있는가의 여부를 의미한다. Bandwidth는 사용자가 네트워크 서비스를 사용할 때 해당 링크의 최대 어느 정도를 사용할 수 있는가를 의미하는 것이다. MTBF와 MTRS는 위에서 설명한 대로의 의미이다. 실제로 사용자에게 중요한 기술과 서비스 독립적 파라미터는 MTTR이 아닌 MTRS이다. 왜냐하면 사용자는 그 서비스에 문제가 발생했을 때 서비스 제공자가 얼마 만에 그 서비스를 복구했는지 관심을 갖기 보다는 그 서비스에 문제를 알리

고 나서 얼마 만에 서비스 사용자 스스로가 다시 쓸 수 있는지에 더 관심을 가질 수 밖에 없기 때문이다.

3.2 네트워크 퍼포먼스 매트릭

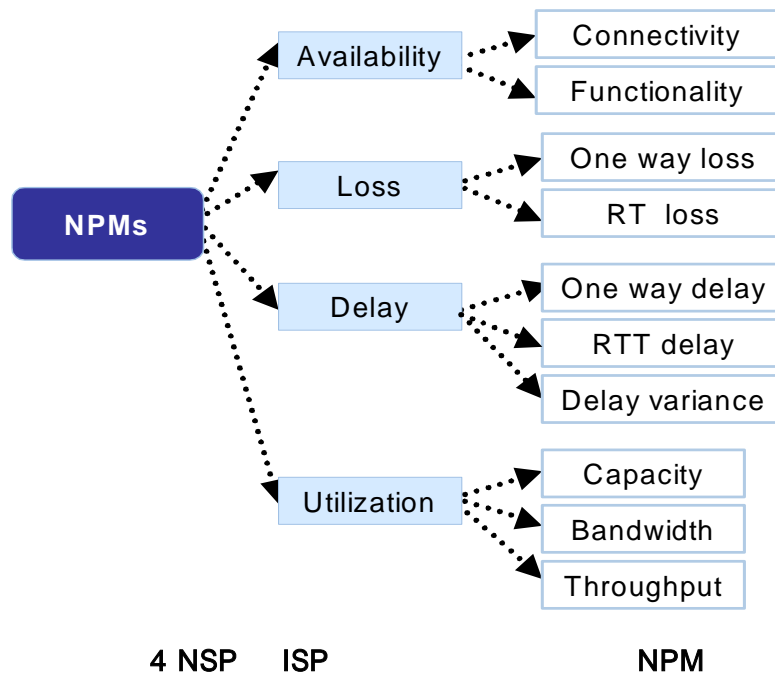
네트워크 퍼포먼스 매트릭(Network Performance Metric, NPM)이란 SLA의 QoS 파라미터들을 보장하기 위해서 사용되는 네트워크 계층에서의 성능 측정 기준을 말한다. 즉 QoS 파라미터들이 잘 지켜지는가의 여부는 거기에 관련 있는 네트워크 퍼포먼스 매트릭이 어느 정도의 수준으로 지켜지는가를 보면 알 수 있다. 표 8에서는 CAIDA Metric Working Group[33]과 IETF[55]의 IP-Performance Metrics (IPPM) Working Group[34]에서 정의한 NPM를 나누어 정리하고 있다.

CAIDA Metric Working Group	IP Performance Metrics Network Working Group
Latency	Connectivity (RFC2678)
Packet Loss Percentage	One-Way Delay (RFC2679)
Throughput	One-Way Packet Loss (RFC2680)
Link Utilization	Round Trip Delay (RFC2681)
Availability	

8 CAIDA IPPM Working group

CAIDA Metric Working Group에서 지정한 NPM은 IPPM에서 정의한 표준 NPM들 보다는 좀더 일반적이다. 예를 들어 Latency는 IPPM에서의 Round Trip Delay[38] 보다 일반적으로 많이 사용하는 용어이다. 그러나 Connectivity[35], One-Way Delay[36]나 One-Way Packet Loss[37]들도 서비스에 따라서 의미 있는 매트릭이 될 수 있다. 예를 들어 가는 라우팅 패스와 오는 패스가 다르게 설정되기 때문에 특정 목적지에 있는 서버의

서비스를 제공받는 사람이라고 하면 업로드 할 때와 다운로드 할 때의 지연 정도와 패킷 도달 정도를 네트워크 모니터링을 통해 구하고자 할 것이다. 즉 IPPM에서 정의한 단 방향성 매트릭들이 이러한 상황에서는 의미있게 되는 것이다. 본 연구에서는 일반적인 NSP나 ISP관점에서 네트워크 트래픽 모니터링으로 QoS 파라미터들을 구하고자 할 때 필요한 NPM을 그림 4 와 같이 소개한다.



NPM의 Availability와 QoS 파라미터의 Availability에는 약간의 차이가 있다. QoS 파라미터의 Availability는 서비스를 액세스 할 때 마다 그 서비스를 사용할 수 있는가의 여부를 나타내는 의미라면 NPM의 Availability는 망의 연결성(Connectivity)과 네트워크 디바이스의 기능성(Functionality)을 의미한다. Loss와 Delay는 말 그대로 패킷의 상실도와 지연성을 의미하며 IPPM에서는 좀 더 세분화하였다. Utilization은 전체

네트워크의 링크 용량 당 사용 가능한 용량의 효율성을 퍼센티지로 나타낸 것이다.

IV. QoS 파라미터와 네트워크 퍼포먼스 매트릭의 매핑

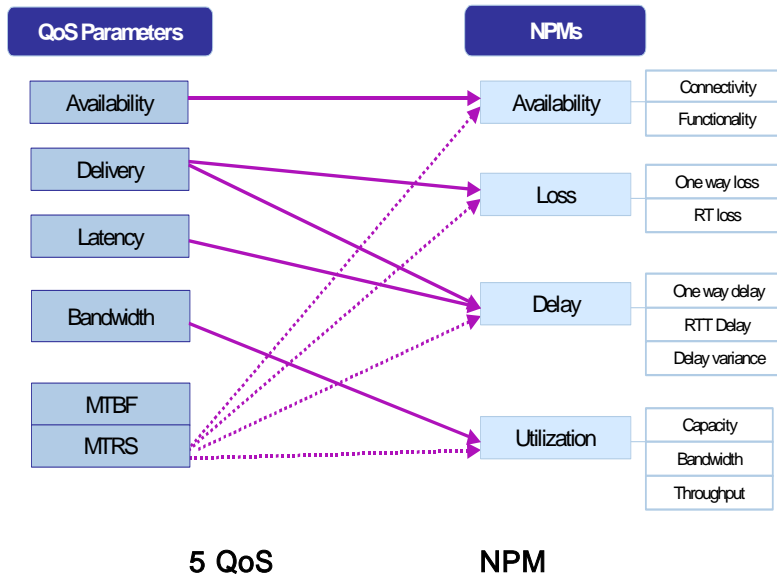
3장에서 설명한 NSP와 ISP관점에서의 QoS 파라미터의 보장 여부를 확인하기 위해 반드시 필요한 것은 네트워크 모니터링 방법으로 구할 수 있는 NPM으로 어떻게 하면 QoS 파라미터들과의 관계를 정립하여 SLA를 평가할 수 있을지의 여부를 결정하는 것이다. 즉 이들 사이의 매핑이 이루어진다면 네트워크 모니터링 방법들을 이용하여 SLA에 적극 활용할 수 있다. 그래서 각각의 서비스마다 QoS 파라미터가 정해지면 서비스 제공자는 어떤 NPM이 QoS 파라미터를 구하는 데 필요한지를 결정하고, NPM을 측정할 수 있는 방법 또는 구체화된 수식과 측정 지점 그리고 측정 기간 또는 SLA agent의 종류 등을 결정하게 된다. 여기서의 SLA agent의 종류로 Application agent, System agent, Traffic agent, Network agent로 나누어서 생각한다[12].

본 논문에서는 앞에서 설명한 사항들을 고려해서 하나의 QoS 파라미터에 하나 또는 여러 개의 NPM들을 연관 시키는 것을 측정 매핑(Measurement mapping)이라 정한다. 여기에 측정한 NPM 값을 해당 QoS 파라미터의 SLA 평가에 적용할 수 있도록 값을 내기 위한 평가 수식과 연관 시키는 일은 평가 매핑(Evaluation mapping)이라 정한다. 이상의 두 가지 매핑 작업은 서비스를 제공하는 데 있어 SLA 계약을 평가하기 위한 정책이 될 수 있다.

4.1 NSP와 ISP 관점에서의 QoS 파라미터와 NPM 간의 매핑

서비스마다 사용자가 원하는 QoS 파라미터들이 다르기 때문에 그때마다 제공되는 정책 또한 달라지게 된다. 그림 5는 NSP와 ISP간의 QoS 파라미터와 NPM 매핑 예제를 보여주고 있다. 각각의 파라미터와 NPM에 관한 내용은 앞 장에 자세히 설명했으므로 참고하도록 한다. 특히 그림 5에서 기술과 서비스에 독립적인 파라미터들인 MTBF와 MTRS

를 NPM 전체에 의존성을 준 이유는 특정 NPM을 주시하고 있다가 문제가 발생했을 때 해결할 때 까지 걸리는 시간을 측정해서 MTBF와 MTRS를 판단할 수 있는 시간 중심적인 파라미터들이기 때문이다.



본 연구에서는 QoS 파라미터와 NPM간의 매핑에 대해서 측정 매핑 (Measurement mapping)과 평가 매핑 (Evaluation mapping)의 두가지 관점에서 정의하도록 한다. 측정 매핑이란 단순히 QoS 파라미터를 구하는 데 필요한 NPM들을 할당하는 작업이 아니라 할당된 NPM을 어떠한 네트워크 모니터링 방법을 이용해서 어떤 측정 지점에서 얼마간의 측정 기간등 모두를 정의하는 것을 의미한다. 평가 매핑은 QoS 파라미터 당 SLA를 효과적으로 평가 할 수 있는 평가 수식을 정의한 것을 매핑하는 것을 의미한다. 평가 매핑으로 정의한 수식에 측정된 NPM 값을 적용하여 해당 QoS 파라미터가 SLA를 보장하고 있는지의 여부를 사용자가 알기 쉬운 수치로 값을 구한다.

QoS		
-----	--	--

가 (Availability)		가 가
	NPM	Availability ,
		.
		SAP (Service Access Point)
	가	SA% = 100% - SUA%
(Delivery)		가
	NPM	Packet Delay, Packet Loss
		100KB Timestamp
		SAP 가
	가	$100 - \frac{\text{number of lost packet}}{\text{total number of test packet}} \times 100 (\%)$

9 QoS

(1)

Qo 3		
------	--	--

(Latency)		
	NPM	One-way delay or RTT
		4 64KB Timestamp
		5
		SAP 가
	가	$\frac{\sum RTT}{\text{total number of RTT test packet}} (msec)$
(Bandwidth)		가 가 가
	NPM	Throughput, Utilization, Capacity.
		(Capacity) , (throughput)
		SAP 가
	가	— — —

10 QoS

(2)

QoS		
-----	--	--

(MTRS)		가 가
	NPM	NPM
		SAP (Service Access Point)
(MTBF)		가
	NPM	NPM
		가 가
		SAP 가

11 QoS

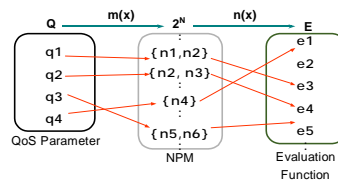
(3)

표 9, 10, 11들은 각각의 QoS 파라미터들의 SLA 보장을 위한 매핑 정책의 예를 보여준다. 각종 매핑 정책은 SLA를 보장하기 위한 전반적인 내용을 포함한다. 특히 두 가지 종류의 매핑 정책 중 평가 매핑에서는 SLA를 효과적으로 평가 할 수 있는 평가 수식 (Evaluation Function) 을 특정 서비스의 QoS 파라미터마다 일반화하고 정의 하는 과정은 쉽

지 않다.

4.2 일반적인 QoS 파라미터와 NPM 간 매핑의 수식화

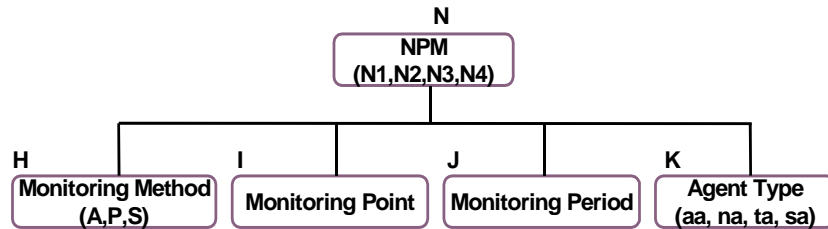
이 절에서는 집합과 함수를 사용하여 특정 서비스에 한정하기 보다는 일반적인 의미에서의 QoS 파라미터와 NPM 간의 매핑을 수식화하고자 한다. 이 수식화를 통해 본 논문의 앞에서 제시한 측정 매핑과 평가 매핑 이 두가지 매핑 개념을 실제 SLA 모니터링 시스템에서 응용할 때 명확하게 사용할 수 있다



6

그림 6은 일반적인 매핑 방법을 집합과 함수를 이용해 보여 주고 있다. 그리고 매핑의 개념을 일반화 하기 위해 집합 Q , N , E 의 세가지 집합을 정의하였다. 집합 Q 는 특정 서비스에 해당하는 QoS 파라미터를 의미하고 집합 N 은 NPM들의 집합이다. 집합 E 는 평가 수식들을 모아 둔 집합이다. 그림 6에서 나타난 것과 같이 $m(x)$, $n(x)$ 두가지 함수 중에 $m(x)$ 는 측정 매핑 (Measurement mapping)을 의미하고 $n(x)$ 는 평가 매핑 (Evaluation mapping)을 의미한다. 또한 QoS 파라미터들은 하나 혹은 그 이상의 NPM으로 매핑될 수 있다는 것을 집합 Q 에서 집합 N 의 멱집합 2^N (Powerset of N) 으로 가는 함수 표현으로 알 수 있고 각각의 NPM들을 평가 수식의 파라미터로 한 평가 수식으로의 매핑까지가 결과적으로 QoS 파라미터를 평가 할 수 있는 매핑의 전 과정을 나타내고 있다. 이중 평가 매핑의 수식을 정하는 부분은 본 논문의 6장에서 언급하기

로 하고 이 절에서는 측정 매핑에서 고려해야 할 사항을 그림 7에서와 같이 세분화 하였다.



7

측정 매핑에서는 단순히 QoS 파라미터를 위한 NPM들 만을 결정하는 것이 아니라 모니터링 방법 (Monitoring Method)을 액티브/패시브 /SNMP agent를 이용할 것인지를 결정하고 모니터링할 위치 (Monitoring point)와 모니터링 기간 (Monitoring Period) 그리고 agent 종류를 (Agent Type) 결정해야 한다.

V. SLA 평가를 위한 네트워크 성능 분석 방법

이 장에서는 네트워크 성능 측정을 위한 연구들을 하는 곳과 그곳에서 제안하고 있는 방법과 툴들에 관해서 구체적으로 알아본다. QoS 파라미터가 정해지고 이를 구하기 위해 사용되는 NPM이 매핑 방법에 의해 구체화 되면 이 장에서 제시하는 네트워크 성능 측정을 위한 여러 가지 방법들을 이용해 NPM을 구하게 된다.

5.1 네트워크 성능 측정 관련 협력 기구

Internet2[31]는 미국의 200여 개의 대학들과 산업체 그리고 정부가 함께 보다 나은 차세대 인터넷 기술들과 어플리케이션들을 개발하기 위한 공동 연구를 의미한다. 이 중 Internet2 Measurement Working Group [46]에서는 주로 차세대 인터넷 망인 Internet2에서의 QoS를 보장하기 위한 인프라스트럭처 구축에 초점을 맞추고 있다. 물론 현재의 네트워크 성능 측정에도 기여하고 있다. Internet2는 University Corporation for Advanced Internet Development (UCAID) 라고 하는 비영리 단체에서 프로젝트를 주관하고 있다.

National Internet Measurement Infrastructure (NIMI)[47]는 현재의 광범위한 인터넷상의 네트워크 성능을 측정 인프라스트럭처를 구축하기 위한 소프트웨어 시스템이면서 동시에 전체 프로젝트를 의미한다. NIMI 프레임워크는 여러 개의 호스트에서 동작하는 NIMI Probe라는 측정 서버들과 측정 정책을 구성하고 컨트롤 하는 소프트웨어로 구성되어 있다. 비록 측정하고자 하는 네트워크의 사이즈가 커진다고 해도 NIMI 프로젝트의 장점인 확장성을 바탕으로 체계적인 네트워크 측정이 가능하도록 구성되어 있다. NIMI 프로젝트는 National Science Foundation (NSF)[48]에서 부터 시작하여 현재는 Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)[49]에서 후원을 받고 있다.

National Laboratory for Applied Network Research (NLANR)[50]는 NFS가 지원하는 고성능의 네트워크 환경을 보장하기 위한 슈퍼 컴퓨팅 환경의 협력 연구 기관이다. NLANR에서는 vBNS[51]와 같은 환경에서의 기술지원과 네트워크 엔지니어링 그리고 트래픽 분석 및 측정 방법들을 연구한다. NLANR Measurement and Network Analysis Group[52]은 고성능 슈퍼 컴퓨팅 환경에서의 트래픽의 특성을 파악하기 위한 노력으로 National Analysis Infrastructure (NAI)[53]를 구성하고 그 안에서 패시브 모니터링 방식인 PMA[28]와 액티브 모니터링 방식의 AMP[22]와 SNMP와 BGP를 이용한 프로젝트들을 수행하고 있다.

Cooperative Association for Internet Data Analysis (CAIDA)[54]는 미국의 캘리포니아 대학의 협력 기구로서 광범위한 인터넷 인프라스트럭처 환경에서의 엔지니어링 기술부터 유지 및 네트워크 상태를 측정하고 분석하는 다양한 툴들을 개발하고 있다. CAIDA의 홈페이지는 네트워크 측정에 관련 된 전반적인 내용을 아주 잘 정리하고 있으며 다양한 네트워크 측정 관련 정보들을 실고 있다. CAIDA에서 제공하는 여러 가지 네트워크 성능을 측정을 위한 툴 중 대표적인 것은 skitter[23]가 있다. 이 툴은 Forward IP Path, Round Trip Time, Persistent Routing Changes등 네트워크 성능을 측정을 위한 기준을 정해 이를 측정하여 보장 여부를 판단하고 또한 네트워크에 연결성을 보여주는 역할을 한다. CAIDA에서는 이 밖에도 다양한 툴과 프로젝트들을 제공하고 있는 협력 기구이다.

IETF[55]의 IPPM 워킹 그룹에서는 인터넷상에서 IP 프로토콜에 대해서 성능 측정의 기준에 대해 구분해 놓았다. 현재 IPPM에서 제시한 기준은 연결성 (connectivity), 단 방향 지연 및 손실 (one-way delay and loss), 양방향 지연 및 손실 (round-trip delay and loss), 지연편차 (delay variation), 손실 패턴 (loss pattern), 패킷 재배열 (packet reordering), bulk transport capacity, link bandwidth capacity등이다. 네트워크 성능을 측정하고 있는 여러 기관에서는 IPPM의 다음과 같은 기준들을 적극 수용해 측정 결과를 내고 있다.

Surveyor[19]는 Advanced Network and Services[56]의 프로젝트 중 하나로서 액티브 모니터링 방식을 이용해 정확한 지연성 (delay)과 손실률 (loss) 그리고 Jitter등을 측정하는 것이 그 목표이다. 현재 전 세계적으로 42개의 지역에 테스트 할 수 있는 Surveyor box들을 설치하고 특성화 된 PC를 설치한 다음 서로에게 시간정보가 찍힌 패킷들을 보내어서 위의 매트릭들을 측정한다. 이 각각의 box에는 Global Positioning System (GPS) receiver라는 모듈이 있어 이들이 GPS로부터 시간을 받아와 시간 동기화를 한다. Surveyor 프로젝트는 IPPM에서 제정한 여러 가지 매트릭들을 측정하기 위해 노력하고 있고 이와 비슷한 프로젝트로 유럽의 RIPE Network Coordination Center (RIPE NCC)[20]가 있다.

이와 같이 전세계 여러 곳에서 네트워크의 성능을 측정하기 위한 노력이 진행되고 있으며, 약간씩 서로 다른 방법으로 네트워크 성능을 측정하고 있음을 알 수 있었다. 5.2절에서는 네트워크 성능 측정을 위한 접근 방법 및 틀에 대해서 알아보기로 하겠다.

5.2 네트워크 성능을 측정하기 위한 방법 및 틀

네트워크 성능을 측정하기 위한 구체적인 방법은 크게 네 가지로 분류할 수 있다.

1. ICMP 기반의 방법
2. TCP와 UDP 기반의 방법
3. 액티브 방식과 패시브 방식을 동시에 사용하는 방법
4. 성능 측정을 위해 새로운 프로토콜을 정의하는 방법

첫번째로, ICMP 기반의 방법은 ICMP 프로토콜의 echo request 와 reply 를 이용해서 두 지점사이의 RTT나 패킷 손실률 (packet loss) 또는 목적지까지의 도달 가능성 (reachability)을 측정한다[57, 58, 59, 60, 61].

ICMP는 패킷 정보가 단순해서 액티브 모니터링 방식에서 테스트 패킷으로 주로 사용되는 프로토콜이다. Ping 이나 Traceroute 같은 어플리케이션에서도 ICMP 프로토콜을 이용한다. 하지만 ICMP는 DOS (denial of service) 공격에 사용되기 때문에, 네트워크 측정 용으로 ICMP 패킷이 돌아다니는 것을 ISP나 NSP들이 좋게 생각하지 않는다. 또한 패킷의 특성상 중간 라우터나 스위치 같은 네트워크 디바이스에서 현저하게 드랍이 일어날 수 있어서 원거리의 네트워크 특성을 측정하는 데 정확성을 기대하기가 어렵다. 하지만 간편하고 쉬운 방법이고 네트워크 성능 측정에 있어서는 가장 대표적인 방법이라 할 수 있다. ICMP 기반 툴은 다음과 같다. 점대점 (point-to-point) bandwidth를 측정하기 위한 툴인 Bandwidth pING (BING)[57], AMP[22]에서 on-demand throughput 값을 구할 때, pchar/pathchar[58, 59]는 특정 패스의 bandwidth를 구할 때, 그리고 NIMI 에서 단방향 지연성 (one-way delay)과 성능 측정을 위한 툴인 Treno (Traceroute RENO)[60]와 Poip (poission ping)[61] 등 보통 네트워크 성능을 측정하는 툴들은 기본적으로 ICMP 패킷을 이용한다. 특히 단방향 지연성 (one-way delay)을 측정하기 위해서는 테스트할 머신과 테스트 받을 머신 사이에 시간 동기화 (time synchronization)이 중요하고 따라서 정확한 시간 동기화를 위해 이들 사이에 GPS 신호를 받아 시간을 처리할 수 있는 부분이 반드시 장착되어 있어야 한다.

두번째로, TCP나 UDP 기반의 방법이 네트워크 성능 측정에 쓰인다[62, 63]. ICMP의 낮은 우의성 때문에 정확한 네트워크 성능측정을 할 수 없는 이유로 신뢰할 수 있는 TCP 패킷이 테스트 트래픽으로 이용되는 경우이다. 그러나 3-tier 방식의 연결 오버헤드 때문에 네트워크 상에 트래픽의 성능 측정 용도로는 그 부담이 크다. UDP 패킷의 경우에는 TCP에 비해서 간단하고, ICMP에 비해 DOS 공격과 관련이 없지만 ICMP 패킷에 비해 헤더 부분이 크고 TCP에 비해서 신뢰성이 낮은 단점이 있다. 5.1절에서 설명한 네트워크 성능을 측정하는 협력기구들은 네트워크 성능 측정에 대부분 ICMP와 TCP 그리고 UDP를 필요에 따라

병행해서 사용한다. TCP와 UDP 기반의 대표적인 툴은 다음과 같다. Netperf[62] 는 TCP 와 UDP 패킷을 BSD 소켓을 통해서 내어 보내 CPU 효율성(CPU-Utilization) 과 Bulk Transfer Performance를 측정할 수 있는 클라이언트/서버모델의 네트워크 성능 측정 관련 툴이다. Sting[63]은 TCP 기반의 네트워크 성능측정 툴로서 정확한 패킷 손실률을 TCP ACK 로 측정하는 툴이다.

세번째로, 액티브 방식과 패시브 방식을 혼합하여 네트워크 성능을 측정하는 방법[64, 65]에 대해서 살펴보도록 한다. 보통 네트워크 성능은 Throughput을 제외하고 액티브 방식을 많이 쓰지만 몇몇 툴이나 프로젝트에서는 액티브와 패시브 방식을 혼합하여 사용하고 있다. Nettimer[65]는 병목현상이 일어나는 링크의 bandwidth 측정 툴이다. 네트워크 트래픽을 패시브한 방법으로 모으는 대신 크기가 다른 패킷들을 한 쌍으로 보내 받는 쪽에서 차례대로 받으면서 패킷들 사이의 시간 차를 이용해 병목 정도와 그 링크의 throughput을 측정한다.

네번째로, 최적화 프로토콜인 IP Measurement Protocol (IPMP)[69] 을 사용해 네트워크 성능을 측정하는 방법을 알아보자. 앞에서 설명한 여러 방식의 단점을 보완하고 정확한 네트워크 성능 측정을 위해서 NLANR 그룹에서는 IPMP를 정의하였다. 패킷 헤더에 시간 정보를 넣을 수 있는 Timestamp부분과 다니는 라우터의 패스를 기록할 수 있는 패스 기록부 (path recoder)부분이 들어 있어 단방향 지연성(one-way delay), 라우터 패스 등의 매트릭을 재면서도 네트워크 상에 측정 오버헤드는 줄이는 장점이 있다.

이 장에서는 네트워크 성능 측 4장에서 정한 NPM을 구하기 위해 노력하고 있는 여러 협력 기관과 실제 측정 방법에 관해 자세하게 알아 보았다. 다음으로 6장에서는 매핑 방법 중 평가 매핑에 관해 살펴보고, 네트워크 서비스에서 SLA를 평가 할 때 필요한 평가 수식을 정의한다.

VI. 효과적인 SLA 평가를 위한 일반화 수식

이 장에서는 네트워크 서비스에서 효과적인 SLA 평가를 위해 QoS 파라미터당 평가 수식을 일반화하여 정의하고자 한다. 3장에서는 이미 평가 매핑 정했고, 측정 매핑과 더불어 SLA 평가에 반드시 필요한 매핑 방법이다.

평가 매핑에서 가장 중요한 것은 특정 QoS 파라미터당 일반화 된 평가 수식을 정의하는 것이다. 다음 표 12는 앞에서 제시한 몇몇 QoS 파라미터에 따른 평가 수식의 예를 구체적으로 보여주고 있다.

QoS	NFM	가
가 (Availability)	Connectivity	$100 - \frac{\text{---}}{\text{---}} * 100(\%)$
(Delivery)	One Way loss	$100 - \frac{(\text{---} - \text{---}) - (\text{---} - \text{---})}{\text{---}} * 100(\%)$
	RT loss	$100 - \frac{(\text{---} - \text{---}) - (\text{---} - \text{---})}{\text{---}} * 100(\%)$
(Latency)	One Way delay	$\sum \left(\frac{\text{--- timestamp} - \text{--- timestamp}}{\text{---}} \right)$
	RT delay	$\sum \left(\frac{\text{--- timestamp} - \text{--- timestamp}}{\text{---}} \right)$
(Bandwidth)	On-demand throughput	$\frac{\text{---}}{\text{---}}$

12 QoS

가

표 12 에서 제시한 평가 수식의 예를 바탕으로 해서 ATM, Frame

Relay 서비스 등 네트워크 서비스 마다 특성 있게 QoS 파라미터를 켈 수 있는 수식을 구체화할 수도 있다. 예를 들어 ATM 서비스를 하고 있는 NSP 업체가 전달성(Delivery) 이라는 QoS 파라미터를 평가하려면 위의 표에서의 전달성의 정도를 가늠할 수 있는 평가 수식을 기반으로 ATM 네트워크 기술에 구체화된 평가 수식을 만들 수 있다. ATM은 패킷 대신 셀(cell) 기반의 통신 기술로 ATM에서의 전달성은 CLR(Cell Loss Ratio)로 정의하고 평가 수식은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$CLR_{ATM}(\%) = \frac{N_I \text{ Cells} - N_E \text{ Cells}}{N_I \text{ Cells}} * 100$$

여기서의 N_I 는 들어오는 셀의 수이고 N_E 는 나가는 셀 수이다. 즉, 다양한 평가 수식은 표 12에서 제시한 일반화 평가 수식을 참고해 각각의 네트워크 기술 및 서비스에 맞게 평가 수식을 맞는 방향으로 응용해서 표현할 수 있다.

VII. SLA 모니터링 시스템

이 장에서는 본 논문의 4장에서 제시한 QoS 파라미터당 NPM들의 매핑에 관한 방법들의 활용 가능성을 검증하기 위해 SLA 모니터링 시스템의 아키텍처를 제시하고 이를 포항공대 백분망 환경에 적용한 POS-SLMS (POSTECH-Service Level Monitoring System) 구현에 관해 설명한다.

7.1 SLA 모니터링 시스템의 디자인 요구사항

먼저 SLA 모니터링 시스템 아키텍처를 구성하기 전에 고려해야 할 디자인 요구 사항에 대해 살펴본다.

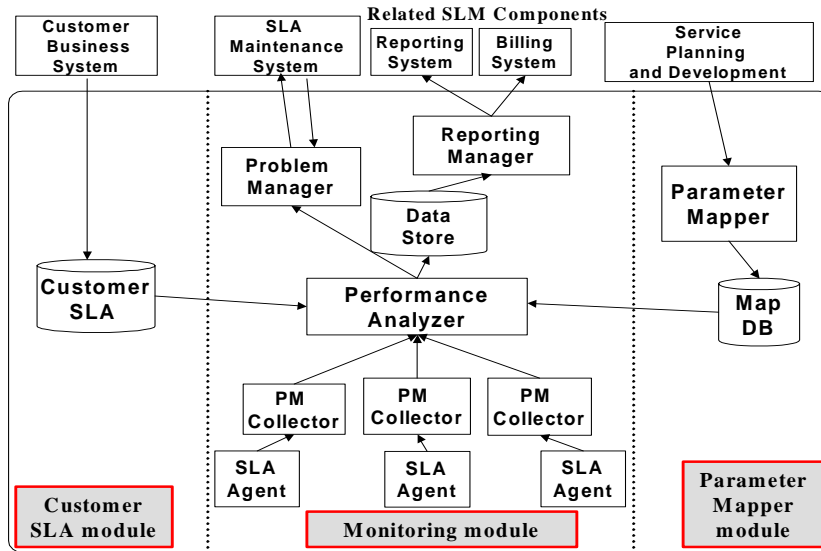
첫째, SLA 모니터링 시스템은 SLA Provisioning 기술과는 의존성이 없어야 한다. 즉 네트워크 매니지먼트 계층에서 다양한 방식의 트래픽 엔지니어링 기술[39, 70]이 사용된다고 하더라도 SLA 기반의 서비스의 질을 평가할 때는 오로지 QoS 파라미터와 관련된 NPM들의 측정값으로 판단해야 한다.

둘째, SLA 모니터링 시스템은 계층적이고 분산적이어야 한다. IP-VPN 서비스들이나 xDSL 관련 서비스를 받는 사람들은 지역마다 분산되어 있기 때문에 모니터링 시스템의 하위 기능 부분으로서 정보를 모아오는 agent 모듈들은 계층적이고 분산적이어야 한다.

이밖에도 SLA 모니터링을 위한 테스트 패킷들은 기존에 있는 네트워크에 과부하를 주어서는 안되며, SLA 모니터링 시스템의 유연성과 확장성도 반드시 고려해야 할 사항이다.

7.2 SLA 모니터링 시스템 아키텍처

7.1 절의 SLA 모니터링 시스템의 요구 사항들을 바탕으로 이 절에서는 효과적인 SLA 평가를 위해 앞서 제시한 매핑 방법들을 토대로 SLA 모니터링 시스템 아키텍처를 그림 8과 같이 제시 한다.



8 SLA

우리가 제시하는 SLA 모니터링 시스템은 다음의 세가지 부분으로 나뉘어져 있다. 우선 사용자의 SLA에 관한 정보를 저장해 두는 Customer SLA Module이 있다. 사용자 개개인의 SLA 템플릿들이 여기에 기록되어 있다. Parameter Mapper Module은 SLA 템플릿에 있는 QoS 파라미터와 NPM 사의 매핑과 QoS 파라미터 평가 수식 정보를 연결시켜 분석 시에 이용할 수 있도록 만들어 주는 부분이다. 즉 앞에서 설명했던 모든 매핑에 관련된 내용이 여기서 이루어 지는 것이다. 가운데 부분의 Monitoring Module은 SLA 평가에 필요한 각종 네트워크 정보를 모아오는 데 꼭 필요한 모듈들을 모아두었다. SLA Agent는 NPM에 따라 traffic agent, system agent, network agent, application agent로 분류할 수 있다.

Agent가 모아온 정보는 파라미터별 PM collector로 전달되고 Performance Analyzer에서는 PM collector에 따라 Customer SLA DB의 SLA 템플릿 내용과 Map DB의 매핑 내용 및 평가 수식을 이용해 SLA의 위반 여부를 알 수 있다. Performance Analyzer에서 분석한 내용은 Data Store 모듈에 저장되고 분석된 내용 중 문제가 발생하면 Problem Manager에 알린다. 또한 사용자나 서비스 제공자가 주기적으로 SLA 관련 정보를 알 수 있도록 필요한 내용들을 Reporting Manager에게 정보를 제공한다. 이들 각각의 모듈들을 모두 통합해 SLA 보장을 위한 모니터링을 위한 시스템 즉 SLA 모니터링 시스템이라 칭한다.

SLA 모니터링 시스템은 여러 분야에서 그 활용 방안을 모색할 수 있다. 모든 SLA 평가에 관련된 정보는 제일 먼저 SLA 모니터링 시스템 으로부터 나오며, 거기서부터 SLA의 기본적인 보장 여부를 확인할 수 있기 때문에 SLA 모니터링 시스템은 효과적인 SLM에 있어 반드시 필요하다. SLA 모니터링 시스템을 통해 얻은 결과 값은 과금 계산과 벌금 납부 부분 및 장애 관리와 리포팅 시스템 등 SLA를 평가하기 위한 다양한 시스템에서 사용할 수 있다. 국내 유수의 ISP 및 NSP 업체에서도 SLA 평가에 사용한다면, 지금보다 효과적이고 통합적으로 SLA의 장점을 실제 네트워크 사업에 적용할 수 있다.

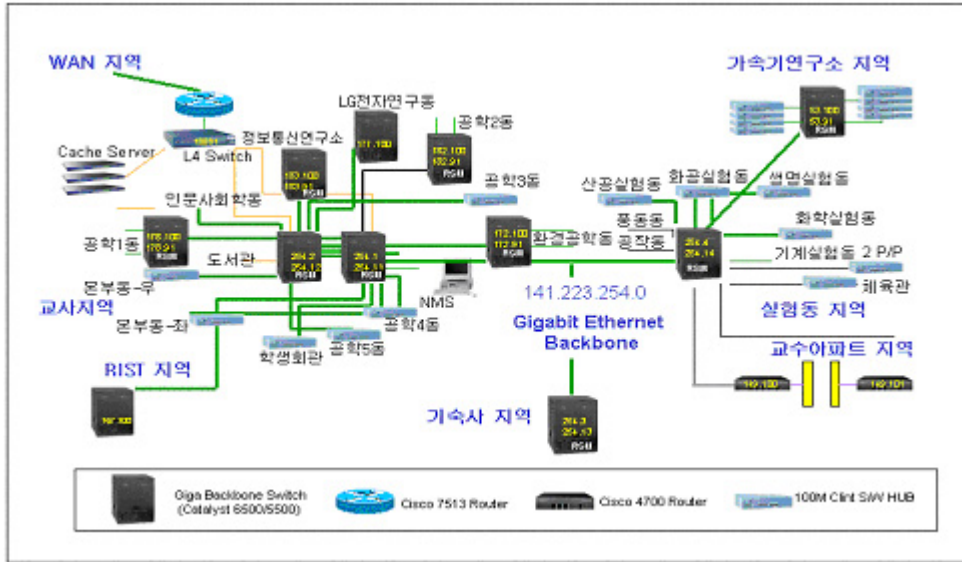
7.3 POS-SLMS (POSTECH-Service Level Monitoring System)

이 절에서는 7.2절에서 제시한 아키텍처를 포항공대 백본망에 적용한 SLA 모니터링 시스템인 POS-SLMS (POSTECH Service Level Monitoring System)에 대해 살펴본다.

7.3.1.1 POS-SLMS 구현 환경 및 구조

POS-SLMS는 가상 ISP 환경인 포항공대 백본망 환경에서 본 논문의 매핑 방법들을 적용해 효과적인 SLA 평가를 위한 활용 가능성을 검

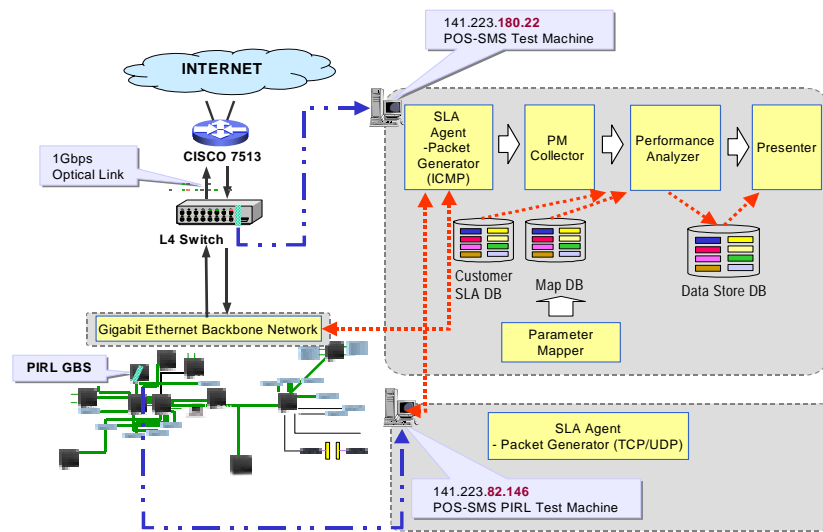
증하기 위해 만든 시스템이다. 그림 9는 포항공대 기가빗 이더넷 백본 망 구성도 이다.



9

포항공대는 보라넷(Boranet)과 코넷(Kornet) 두군데의 외부 ISP 업체에서 Metro Ethernet Service를 제공받고 있으며 내부적으로는 Cisco 7513 라우터가 있는 학교 전산소를 통해 각 건물에 있는 기가빗 백본 스위치를 거쳐 말단의 사용자가 인터넷 서비스를 받고 있다. POS-SLMS의 구현 환경은 그림 10에서와 같이 학교 전산소에 SLA 모니터링을 위한 Linux Redhat7.3 OS에 10/100 이더넷 카드를 장착한 테스트 머신을 두었고 추가적으로 One-way delay와 One-way loss를 측정할 때 필요한 같은 사양의 리눅스 머신을 정보통신연구소 건물 DPNM 연구실 안에 두었다. 백본망 서비스를 제공하는 서비스 제공자는 학교이며 교내에서 IP를 가지고 있는 모든 PC들은 그 서비스를 제공받는 사용자들이라 가정하고 QoS 파라미터와 이를 평가하는데 필요한 NPM을 가상으로 정의하였다. 교내의 기가빗 백본 스위치들을 주기적으로 모니터링 함으로써

그 스위치의 하위에 연결된 많은 말단 사용자에게는 같은 기준의 SLA 평가를 적용하고자 시도하였고 이와는 별도로 DPNM 연구실에 테스트 머신을 이용해 실제 말단 사용자와 테스트 머신 사이에 몇 가지 NPM들의 정보들을 얻을 수 있도록 구현 하였다. 그리고 본 논문의 앞부분에 제시한 매핑 방법과 평가 수식 그리고 네트워크 모니터링과 네트워크 성능 측정 방법들을 이용해 구현하였다. 주된 사용언어는 C와 PHP이다.



10 POS-SLMS

7.3.1.2 POS-SLMS 매핑 부분

표 13, 14에서는 POS-SLMS를 개발하기 위해 가정한 QoS 파라미터와 NPM 매핑을 구분하여 정리해 보았다.

가 (Availability)

	가	가 가
	NPM	NPM (connectivity)
		Ping
		(10) 가
		가 가 DPNM
가	가	$100 - \frac{\text{가}}{\text{가}} * 100(\%)$
(Delivery)		
	NPM	One-way packet loss RT Loss (Round Trip Loss)
		Ping TCP UDP
		(10)
		가 DPNM
가	One-way packet Loss	$100 - \frac{\text{가}}{\text{가}} - \frac{\text{가}}{\text{가}} * 100(\%)$
	RT Loss	$100 - \frac{\text{가}}{\text{가}} - \frac{\text{가}}{\text{가}} * 100(\%)$

13 POS-SLMS

(1)

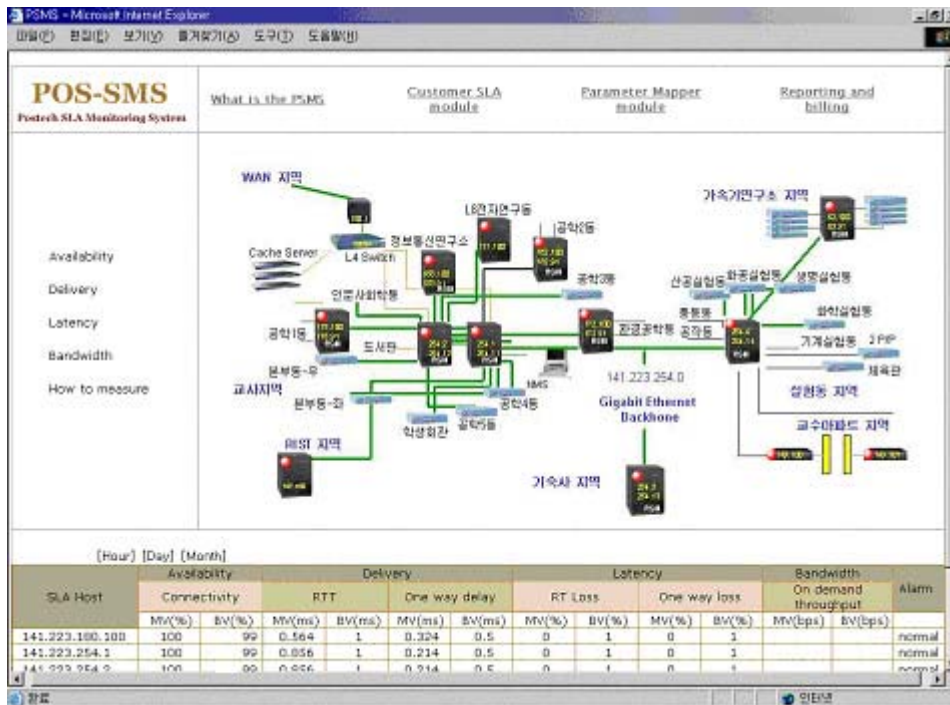
POS-SLMS은 가용성(Availability), 전달성(Delivery) 지연성(Latency) 및 효율성(Bandwidth) 등을 보여준다. 특히 지연성을 평가하기 위해 필요한 NPM인 One-way delay를 구하기 위해서 본 논문에서는 측정 방법만을 제시했을 뿐이지 정확한 데이터를 제시하지는 못했다. 왜냐하면 테스트할 구간의 머신 사이에 시간 동기화가 이루어져야 하기 때문이다. 포항공대 내에 있는 NTP[71]서버는 GPS 신호를 받고 교내의 여러 머신들은 이 서버에서 시간을 NTP로 주고 받으며 시간을 동기화 하고 있지만 NTP는 수십 ms 이상 정도부터의 정확성을 보장한다고 문서화 되어 있으므로 POS-SLMS와 같이 RTT도 1ms 이하인 환경에서는 NTP를 사용하는 것이 One-way delay를 구하는데 적당하지 않다. 만약 정확성을 위해 GPS 신호를 받으려 해도 해당 구간의 테스트 머신에 GPS 신호를 받을 수 있는 부분이 장착 되어 있어야 하기 때문에 비용면에서나 불가능하다.

7.3.1.3 POS-SLMS의 SLA 평가 기준

POS-SLMS과 같은 SLA 모니터링 시스템에서 중요한 고려 사항중 이 하나는 평가 기준이다. 이 평가 기준에 따라 SLA 위반 여부가 판단 되기 때문이다. SLA 평가 기준은 해당 ISP 업체의 망 상태나 사업 계획에 따라 달라짐으로 절대적인 기준은 제시하기 어렵기 때문에 본 논문에서의 SLA 평가 기준은 POS-SLMS에 한정하여 표 15에서 임의로 정의하였다. 이것은 SLA 위반시 리포팅 시스템 모듈에서 위반 사실을 사용자에게 알리고 나중에 과금 시스템 모듈에서 벌금 및 지불 여부를 정산하는데 사용한다.

QoS	NPM	가
가 (Availability)	Connectivity	99.999% ()
(Delivery)	One Way loss	1% ()
	RT loss	1% ()
(Latency)	One Way delay	0.5ms ()
	RT delay	1ms ()
(Bandwidth)	Throughput	.

15 POS-SLMS SLA 가



11 POS-SLMS

그림 11은 POS-SLMS의 초기 화면이다. POS-SLMS는 시간별로 또

는 QoS 파라미터 별로 SLA 평가 정도를 볼 수 있도록 구성되어 있다. 또한 사용자의 SLA 평가에 대한 히스토리 정보를 포함하고 있어 시간별, 일별 그리고 월별로 각 사용자의 QoS 파라미터 상태를 체크할 수 있다. 중앙의 그림화면은 현재 테스트 머신이 각 기가빗 백본 스위치에 물려있는 사용자들을 주기적으로 SLA를 평가하는데 사용하며 문제가 발생했을 때에 한눈에 알아보기 쉽도록 표시등을 첨부 시켰다. 또한 사용자가 볼 수 있는 서비스 화면과 서비스 제공자가 볼 수 있는 서비스 제공자 화면은 접근 권한의 문제로 인한 메뉴의 차별을 두었다. 그리고 Customer SLA module과 Parameter Mapper module을 메뉴는 7.2절에서 제시했던 기능을 Configuration 하기 위한 부분이며 Reporting and Billing 메뉴는 SLA 모니터링 시스템을 이용해 사용자에게 영향을 줄 수 있는 부분이라 항목을 추가 시켰다.

VIII. 결론 및 향후 과제

SLA는 통신 시장의 개방화와 통신 서비스의 분할로 인해 여러 통신 사업자들과 사용자들의 요구에 따라 등장하였다. SLA가 서비스에 따라 복잡해지고 다양해지면서 통합적이고 체계적인 SLA 관리가 요구되었고 이미 국외에서는 SLA 관리를 위한 솔루션들이 많이 개발되어 있는 상황이다. 국내에서는 초고속 인터넷에 관한 품질 보장을 위한 권고안을 정보통신부에서 마련하고 각 NSP 및 ISP 업체들에게 지시하고 있지만 개념의 늦은 도입과 미흡한 품질 보장 실정 등 SLA 관리를 위한 전반적인 솔루션들은 아직 초보 수준에 불과하다.

본 논문에서는 NSP와 ISP 관점에서의 SLA를 관리하고 평가하기 위해 일반적인 QoS 파라미터와 이에 필요한 NPM들을 설명하고 이들간의 매핑과, 그 매핑에 필요한 세부 사항들에 대해 설명하였다. 좀 더 구체적으로는 국내외의 SLA 관리를 위한 연구를 살펴보고 NPM들을 측정할 수 있는 방법인 네트워크 트래픽 모니터링에 관한 연구들을 소개하였다. 그리고 NSP와 ISP관점에서의 SLA에 필요한 QoS 파라미터들이 어떤 것이 있는지 조사하고 CAIDA와 IPPM에서 제시하는 NPM들을 소개하고 일반적인 경우도 더불어 제시하였다. 그리고 이들 사이에 매핑의 필요성을 제시하고 그 방법에 대해 자세하게 살펴 보았다. 그 다음으로 효과적인 SLA 평가를 위해서 정해진 NPM들의 성능 분석을 위한 네트워크 성능 분석에 관련된 협력 기관들에 관한 조사와 그 측정 방법에 관한 구체적인 방법에 대해 살펴 보았다. 또한 QoS 파라미터에 따른 NPM에 관한 매핑의 일환으로 몇몇 QoS 파라미터당 일반적인 평가 수식을 예로 제시하였다. 끝으로 SLA 평가를 위한 모니터링 시스템의 아키텍처를 제시하고 그 활용 방안에 대해서 논하였다. 이로써 본 논문은 기존의 NSP나 ISP는 물론이고 새로 시작하는 업체들에게 SLA를 적용하여 경쟁력을 확보하는데 확실한 가이드라인을 제시할 것이다.

앞으로 진행되어야 할 향후 과제는 다음과 같다. 첫째는 제안한

매핑 방법을 활용하여 ISP 업체의 백본 망에 직접 SLA 모니터링 시스템을 개발하고 적용함으로써 본 연구의 활용 가능성을 증명 하는 것이다. 여기에 덧붙여 꼭 필요한 작업은 해당 ISP에 맞는 SLA 평가 기준을 마련하는 일이다. 둘째는 서비스의 범위를 네트워크 서비스 뿐만 아니라 어플리케이션 및 콘텐츠 서비스와 호스트 서비스 등으로 확장한다고 가정 했을 때 서비스에 맞는 측정 매핑 및 평가 매핑의 방법을 모색하는 일이다. 마지막으로 본 논문 출발점으로 해서 국내에서도 국외에 버금가는 SLA 관리를 위한 총체적인 솔루션을 개발하기 위해 노력을 아끼지 않아야겠다.

참고 문헌

- [1] TM Forum, <http://www.tmforum.org/>.
- [2] TM Forum, "Performance Reporting Concepts and Definitions," TMF701 v2.0, Nov., 2001.
- [3] TM Forum, "Service Level Agreement Management Handbook," GB917 v1.5, Jun., 2001.
- [4] TM Forum, "Telecom Operation Map," GB910, v2.1, Mar., 2000.
- [5] Cisco, CiscoWorks2000, <http://www.cisco.com/warp/public/44/jump/cisoworks.shtml/>.
- [6] HP, Openview NetMetrix, <http://www.openview.hp.com/>.
- [7] Aprisma, SPECTRUM, <http://www.aprisma.com/products/servicelevel.shtml/>.
- [8] BMC Software, PATROL, <http://www.bmc.com/patrol/>.
- [9] Compuware inc., EcoSCOPE, <http://www.ecoscope.nl/uk/index.html/>.
- [10] KRNIC, <http://traffic.nic.or.kr/index.html/>.
- [11] 한국전산원, <http://speed.nca.or.kr/main/>.
- [12] Lundy L., Pradeep R., "On the migration from enterprise management to integrated service level management," IEEE Networks, volume16, issue1, Jan., 2002, pp. 8-14.
- [13] Appleby, K., Fakhouri, S., Fong, L., Goldszmidt, G., Kalantar, M., Krishnakumar, S., Pazel, D.P., Pershing, J., Rochwerger, B., "Oceano - SLA based management of a computing utility," Proc. of IM 2001, Seattle, USA, May, 2001, pp. 855-868.
- [14] CISCO, "Successful Implementation Strategies for Service Level Management," CISCO white paper, 2000.
- [15] P. Bhoj, et. al, "SLA management in federated environments," Proc. of IM'99, Boston, MA, USA, May, 1999, pp. 293-308.

- [16] Maximo Alves, Luigi Corsello, Daniel Karrenberg, Cagdas Ogut, "New Measurement with the RIPE NCC Test Traffic Measurement Setup," RIPE-NCC-New Project Group, Proc. of PAM 2002 Workshop, Colorado, USA, Mar., 2002.
- [17] Thomas Lindh, "A New Approach to Performance Monitoring in IP Networks-Combining Active and Passive Methods," Proc. of PAM 2002 Workshop, Colorado, USA, Mar., 2002.
- [18] S. H. Hong, J. Y. Kim, B. R. Cho, J. W. Hong, "Distributed Network Traffic Monitoring and Analysis using Load Balancing Technology," Proc. of APNOMS 2001, Sydney, Australia, Sep., 2001, pp. 172-183.
- [19] Surveyor, <http://www.advanced.org/csg-ippm/>.
- [20] RIPE NCC Test Traffic Measurements, <http://www.ripe.net/test-traffic/index.html/>.
- [21] Pinger, <http://www-iepm.slac.stanford.edu/pinger/>.
- [22] NLANR AMP, <http://amp.nlanr.net/AMP/>.
- [23] Skitter, <http://www.caida.org/tools/measurement/skitter/>.
- [24] Ntop, <http://www.ntop.org/>.
- [25] FlowScan, <http://www.caida.org/tools/utilities/flowscan/index.xml/>.
- [26] CoralReef, <http://anala.caida.org/CoralReef/Demos/cerfnet/link/>.
- [27] WAND, <http://wand.cs.waikato.ac.nz/wand/wits/>.
- [28] NLANR PMA, <http://moat.nlanr.net/PMA/>.
- [29] Sprint ATL, "IP Monitoring Project," <http://www.sprintlabs.com/Department/IP-Interworking/Monitor/>.
- [30] S. Waldbusser, "Remote Network Monitoring Management Information Base," IETF RFC1757, Feb., 1995.
- [31] Internet2 (I2), <http://hydra.uits.iu.edu/~abilene/traffic/>.
- [32] MAWI, <http://www.wide.ad.jp/wg/mawi/>.
- [33] CAIDA, "Network Measurement FAQ," CAIDA Metrics Working Group,

- Jan., 2002, <http://www.caida.org/outreach/metricswg/faq.xml/>.
- [34] IPPM, <http://www.advanced.org/IPPM/>.
- [35] J. Mahdavi, V. Paxson, "IPPM Metrics for Measuring Connectivity," IETF RFC2678, Sep., 1999.
- [36] G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas, "A One-way Delay Metric for IPPM," IETF RFC2679, Sep., 1999.
- [37] G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas, "A One-way Packet Loss Metric for IPPM," IETF RFC2680, Sep., 1999.
- [38] G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas, "A Round-trip Delay Metric for IPPM," IETF RFC2681, Sep., 1999.
- [39] Taesang Choi, Seunghyun Yoon, Hyungsuk Chung, Changhoon Kim, Jungsook Park, Bungjun Lee, Taesoo Chung, "Wise: Traffic Engineering Server for A Large-scale MPLS-based IP Network," Proc. of NOMS 2002, Florence, Italy, Apr., 2002, pp. 251-264.
- [40] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Services," IETF RFC2475, Dec., 1998.
- [41] WorldCom, http://www.worldcom.com/terms/service_level_guarantee/.
- [42] Sprint, http://www.sprintworldwide.com/solutions_sla.html/.
- [43] Cable & Wireless, <http://www.sla.cw.net/>.
- [44] AT&T, <http://www.ipservices.att.com/>.
- [45] IEPM, <http://www-iepm.slac.stanford.edu/>.
- [46] Internet2 Measurement Working Group,
<http://www.internet2.edu/measurement/>.
- [47] National Internet Measurement Infrastructure (NIMI),
<http://ncne.nlanr.net/nimi/>.
- [48] National Science Foundation (NSF), <http://www.nsf.gov/>.
- [49] Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA),
<http://www.darpa.mil/>.
- [50] National Laboratory for Applied Network Research (NLANR),

- <http://www.nlanr.net/>.
- [51] Very high performance Bandwidth Network Service (vBNS),
<http://www.vbns.net/>.
- [52] NLANR Measurement and Network Analysis Group, <http://moat.nlanr.net/>.
- [53] NLANR Network Analysis Infrastructure,
<http://moat.nlanr.net/infrastructure.html/>.
- [54] Cooperative Association for Internet Data Analysis (CAIDA),
<http://www.caida.org/>.
- [55] IETF, <http://www.ietf.org/>.
- [56] Advanced Network and Services, <http://www.advanced.org/surveyor/>.
- [57] Bandwidth pING (BING), <http://www.cnam.fr/reseau/bing.html/>.
- [58] Pchar, <http://www.employees.org/~bmah/Software/pchar/>.
- [59] Pathchar, <http://www.caida.org/tools/utilities/others/pathchar/>.
- [60] Treno, http://www.psc.edu/networking/treno_info.html/.
- [61] Poip, <http://www.psc.edu/networking/papers/nimi.html/>.
- [62] Netperf, <http://www.netperf.org/netperf/NetperfPage.html/>.
- [63] S. Savage, "Sting: A tcp-based network measurement tool," USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems, Boulder, CO, USA, Oct., 1999, pp. 71-79.
- [64] Thomas Lindh, "A New Approach to Performance Monitoring in IP Networks-Combining Active and Passive Methods," Proc. of PAM 2002 Workshop, Colorado, USA, Mar., 2002.
- [65] Kevin Lai, Mary Baker, "Nettimer: A Tool for Measuring Bottleneck Link Bandwidth," Proc. of PAM 2001 Workshop, Amsterdam, Netherlands, Apr., 2001.
- [66] H. J. Lee, M. S. Kim, J. W. Hong and G. H. Lee, "Mapping Between QoS Parameters and Network Performance Metrics for SLA Monitoring," Proc. of APNOMS 2002, Jeju, Korea, Sep., 2002, pp. 97-108.

- [67] Se-Hee Han, Myung-Sup Kim, Hong-Taek Ju and James W. Hong, "The Architecture of NG-MON: A Passive Network Monitoring System," Proc. of DSOM 2002, Montreal, Canada, Oct., 2002, pp. 16-27.
- [68] Tanja Zseby, "Deployment of Sampling Methods for SLA Validation with Non-Intrusive Measurements," Proc. of PAM 2002 Workshop, Colorado, USA, Mar., 2002.
- [69] IPMP, <http://watt.nlanr.net/AMP/IPMP/>.
- [70] A. Feldman, et. al, "NetScope: Traffic Engineering for IP Networks," IEEE Network, Vol.14, No 2, Mar., 2000, pp.11-19.
- [71] NTP, <http://www.eecis.udel.edu/%7emills/biblio.html/>.

감사의 글

포항공대 컴퓨터 공학과 대학원에 합격해 기뻐하던 것이 엇그제 같은데 벌써 2년이 훌쩍 지나갔습니다. 태어난 이후로 이렇게 빠르고 숨가쁘게 시간의 터널을 지나 온 것은 처음인 것 같습니다. 저에게 있어서의 대학원 시절은 여러 부분에서 참으로 많은 것을 깨달을 수 있던 변화의 시기였습니다. 앞으로 사회에 나가서도 대학원 생활 중 배우게 된 열정과 자신감을 바탕으로 열심히 생활하도록 하겠습니다.

이곳까지 저를 이끌어 주신 하느님께 감사를 드립니다. 포항에 와서 신앙 생활을 게을리 한 저를 용서하시고 늘 기도하는 마음으로 모든 일에 감사하며 이웃과의 사랑하며 살아가도록 노력하겠습니다.

DPNM 연구실에서 생활할 수 있게 해 주신 지도 교수님이신 홍원기 교수님께 감사를 드립니다. 교수님께서서는 부족한 저를 받아주시고 지난 2년 동안 열심히 지도해 주셨으며 DPNM에 가족으로 좋은 사람들을 만날 수 있게 해 주셨습니다. 앞으로 사회에 나가서도 교수님께 배운 가르침들을 바탕으로 좀 더 반듯한 사람이 되도록 노력하겠습니다.

늘 걱정과 근심 속에 사랑으로 키워주신 부모님께 진심으로 감사를 드립니다. 포항에 내려와 지내는 동안 집에 자주 가지도 못했지만 옆에 있어서 든든하다고 말씀하시고 이것 저것 챙겨주시던 부모님 덕분에 제가 석사 학위를 받을 수 있었습니다. 부모님 항상 건강하시길 바랍니다.

진경, 지은 예쁘고 착한 동생들에게도 감사 드립니다. 언제까지나 동생들에게 든든한 언니가 되도록 노력 하겠습니다.

둘도 없는 제 친구들에게도 감사를 드립니다. 친구들이 있었기에 힘든 시기를 이겨낼 수 있었습니다. 권자영, 김효진, 민다정, 박수정, 신정수, 이정아, 이현미, 여인효 선배 (가나다 순) 등 모두에게 감사를 드립니다.

DPNM 연구실의 랩장이신 명섭 선배님께 감사 드립니다. 선배님 덕택에 제가 졸업을 할 수 있었습니다. 선배님의 가르치심이 후배들의 귀감이 됩니다. 선배님의 박사학위 받으시는 날을 두 손 모아 기다리겠습니다. 그리고 재형이와 지선 언니의 건강을 빌겠습니다.

연구실의 부랩장이신 미정 선배님께 감사 드립니다. 늘 후배들 챙겨주셔서 감사드리고 함께 운전면허 따게 된 것 언제까지나 기억하도록 하겠습니다. 언니 박사학위 일찍 받으실 수 있도록 기도 드리겠습니다.

저의 동기인 훈정, 세희 선배에게도 감사를 드립니다. 두 분이 계셔서 대학원 생활 정말 재미있게 할 수 있었습니다. 사회에 나가서도 좋은 모습으로 만나볼 수 있었으면 합니다. 그리고 입학 동기는 아니지만 졸업 동기인 윤정 언니에게도 감사 드립니다. 언니의 상냥함과 따뜻한 마음을 예쁜 가운이 모습과 함께 오래도록 마음에 간직하도록 하겠습니다.

저의 하나뿐인 후배인 현미에게도 감사 드립니다. 후배이지만 같은 나이래 제게는 동기 같은 현미는 힘들었던 시기에 함께해 준 좋은 친구였습니다. 현미가 다음에 들어오게 될 후배들과 남은 일년 열심히 연구에 매진하기를 바랍니다.

은희 언니에게도 감사 드립니다. 연구실의 살림꾼이시며 늘 저희에게 부족한 부분을 채워주려고 노력하셨습니다. 정말 감사를 드립니다. 그리고 올 하반기에 연구실에 들어오신 영미 언니에게도 감사 드립니다. 비록 같이 한 시간은 오래지 않았지만 늘 밝은 언니의 모습 기억하겠습니다.

마지막으로 석사 졸업의 영광을 제가 아는 모든 분들과 나누고 싶습니다.

이 력 서

성 명 : 이 효 진

생 년 월 일 : 1978 년 8 월 27 일

출 생 지 : 강원도 강릉시

주 소 : 경북 포항시 남구 대잠동 919-3 번지

학 력

1997 - 2001 : 동국대학교 컴퓨터공학과 졸업 (학사)

2001 - 2003 : 포항공과대학교 전자컴퓨터공학부(컴퓨터공학) 졸업 (석사)

학 술 활 동

◆Conference Papers

Hyo-Jin Lee, Myung-Sup Kim and James W. Hong, "Mapping between QoS Parameters and Network Performance Metrics for SLA monitoring", Proc. of APNOMS 2002, Jeju, Korea, September 25-27, 2002, pp. 97-108.

H. T. Ju, M. J. Choi, S. H. Han, Y. J. Oh, J. H. Yoon, H. J. Lee and J. W. Hong, "An Embedded Web Server Architecture for XML-Based Network Management", Proc. of the IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS 2002), Florence, Italy, April 2002, pp. 5-18.

연 구 활 동

◆Projects

A Study on Network Traffic Monitoring and Analysis Methods for SLA (SLA를 위한 네트워크 트래픽 모니터링 및 분석방법에 관한 연구), DPNM Project, 2002

Element and Network management Using Internet and EWS Technologies (인터넷과 내장형 웹서버를 이용한 네트워크 관리), DPNM Project, 2001

