

논문 2015-52-2-16

ICT 융합서비스 환경에서의 종단간 인터넷 서비스 품질 평가에 관한 연구

(The Study of End-to-end Internet Service Quality Evaluation in
Convergence ICT Service Environment)

박 균*, 강 상 옥**

(Kyun Park and Sang-ug Kang[©])

요 약

ICT 기술의 발전으로 인해 IPTV, 인터넷 전화 등 다양한 서비스가 인터넷 기반으로 제공되고, 이러한 서비스가 다수의 사업자 망을 통해 전달되고 있다. 본 연구는 이러한 네트워크 환경에서 서비스의 품질에 가장 많은 영향을 미치고 이용자의 주관적 품질 판단에 결정적인 역할을 하는 종단간 인터넷 서비스 품질 평가에 관해 국제 표준을 기반으로 국내 실정에 적합한 평가 방안을 제시한다. 이 결과, 시간지연, 지연변이, 패킷 손실률이 품질 평가 지표로 선정되었으며 인터넷 서비스 제공자들 간에 정보 공유를 최소화하면서 이를 예측할 수 있는 방안을 전통적인 통계방법을 사용하여 제시한다.

Abstract

Various services such as IPTV(Internet Protocol TV), Internet Telephony are provided through multiple ISPs(Internet Service Providers) as ICT technologies are evolving. This paper suggests that the end-to-end Internet service quality evaluation method, which is optimized for domestic environment based on international standards. The end-to-end service quality determines the quality of IPTV and Internet Telephony services and is critical factor for subjective quality as well. As a result, time delay, jitter and packet loss rate are three elements for the quality evaluation. It is also shown that these factors can be predicted with traditional statistical method by sharing minimum amount of information between ISPs.

Keywords : Internet service quality, Quality factor, End-to-end evaluation

I. 서 론

Cisco 보고서^[1]은 전 세계적으로 연간 인터넷 트래픽은 2015년 말까지 1 제타바이트를 넘어설 것이고 2017년까지 1.4 제타바이트에 도달할 것이라 예상한다. 이는 지난 5년 동안 트래픽이 약 네 배 증가하였고 앞으로 5

년 동안 세 배 증가할 것임을 의미한다. 트래픽의 급증은 서비스 품질을 낮추는 주된 원인이다. 미국 AT&T에서는 아이폰 도입 이후 기존보다 약 42배 트래픽이 급증하여 통화 끊김, 문자 및 음성사서함 지연, 무선 인터넷 다운로드 속도 저하 등이 발생했다^[2]. 영국의 오랜 지 텔레콤은 아이폰 출시 이후에 트래픽이 폭주할 것을 우려하여 750MB/s로 서비스 이용을 제한하고 있어 망 고도화 추진뿐만 아니라 이용자의 서비스 편익 증진을 위한 품질관리가 필요한 실정이다. 또 다른 Cisco 보고서 [3]에 의하면 SNS, UCC 등 업로드 트래픽이 많이 발생하는 스마트 디바이스를 이용한 트래픽 비중이 2013년 21%에서 2018년 54%까지 증가하리라 예상하고

* 학생회원, ** 정회원 상명대학교 컴퓨터과학과
(Dept. of Computer science, Sangmyung Univ.)

© Corresponding Author(E-mail: sukang@smu.ac.kr)

※ 본 논문은 상명대학교 교내연구비 지원을 받아 수행된 연구임

접수일자: 2014년11월20일, 수정일자: 2015년01월22일
게재확정: 2015년01월27일

있다. HD급 영상서비스가 보편화되고, 고화질 영상기술이 발전하면서 향후 고대역의 실시간성을 요구하는 3D 영상 및 UDTV 등 인터넷을 통한 고화질의 멀티미디어 서비스가 지속적으로 활발해질 전망이다. 또한 기존에 중요하게 생각하지 않았던 업로드 트래픽이 증가하는 것은 품질관리 관점에서 커다란 위협 요인이다. 또한 IP기반의 서비스 융합이 가속화되면서 국내 일부 이동통신 사업자는 자사망에 Mobile-VoIP 서비스 허용하고 있다. 현 수준의 Mobile-VoIP는 이용자가 느낄 수 있을 정도로 품질이 떨어질 수 있지만 품질을 보장할 수 없다는 입장이라서 MVNO 등을 둘러싼 사업자간 품질논란이 발생할 소지가 다분하다.

3GPP에서 제시한 차세대 무선통신 기술은 약 1Gbps급 다운로드 속도를 보장하고 있고 인프라 기반의 서비스 품질요구 사항을 관련 표준문서인 TS 22.278^[4]에 명시하였다. 인터넷에서 제공되는 서비스의 종류가 다양해지고 다수 사업자망을 통해 제공될 경우 품질을 보장하기 위해서는 크게 두 가지 이슈가 있다. 첫째, 요구사항이 상이한 다수의 서비스를 단일 망에서 어떻게 제공할 것인가라는 문제이다. 과거에는 음성 서비스 제공을 위한 전화망, 인터넷 서비스를 위한 데이터 망, TV 서비스를 위한 방송망 등 개별 서비스의 요구사항에 최적화된 별도의 망이 구축되어 각각의 서비스를 제공해 왔다. 그러나 최근에는 단일 통신망에서 이들 서비스를 모두 제공하고 있다. 오버레이 망을 구성하거나 망 내에서 각 서비스를 구분하여 각각의 특성에 따라 트래픽을 차등 처리하여 개별 요구 사항을 만족시킨다.

둘째, 다수의 사업자망을 경유하여 서비스가 제공되기 때문에 연동 환경에서 어떻게 중단간 서비스 품질을 보장할 것인가라는 문제이다. 단일 망을 통해 서비스가 제공되는 경우 망 사업자는 모든 제어가 가능하여 서비스 품질관리 방법 중 최적의 방안을 적용하여 서비스를 제공할 수 있다. 하지만 연동 환경에서는 보다 체계적인 서비스 품질 연동 및 관리 방안이 필요하다.

본 논문에서는 통신서비스 품질 관리에 관한 다양한 방법을 분석하고 국내 환경에 적합한 다수의 사업자망간의 품질관리 방안을 제시하고자 한다.

II. 통신서비스 품질 관리

1. 통신서비스 제공 단계별 품질 이슈 분석

품질관리 관점에서 통신 서비스는 서비스 준비 및 제공, 품질 측정 및 평가 등의 네 단계로 나뉜다.

가. 서비스 준비 단계

사업자는 제공할 서비스를 결정하여 특징을 분석하고 서비스 제공에 필요한 템플릿을 구성한다. 즉, 분석된 서비스 특성에 따라 원활한 서비스 제공을 위한 단방향 지연, 패킷 손실률, 가용성 등 품질 요소의 상한값을 정량적으로 결정하고 망 내에서 개별 서비스가 생산하는 트래픽을 구별하기 위한 방안을 마련한다. 그리고 사업자는 가입자에게 서비스 품질을 보장할 것을, 가입자는 사업자에게 가입된 서비스 이외의 트래픽 발생과 협의된 양 이상의 트래픽을 인가하지 않는다는 것을 약속한다. 단일 망을 통해 서비스가 이루어지는 경우에는 서비스 클래스의 개수와 종류 및 각 서비스 클래스에 해당되는 패킷을 망 내에서 구분하는 방법 등이 사업자의 정책에 따라 자율적으로 정해진다. 그러나 사업자의 자율성은 오히려 사업자가 연동되는 환경에서 서비스 품질 연동을 어렵게 만드는 원인이 될 수 있다. 사업자의 서비스 클래스마다 보장되는 품질 수준이 상이하기 때문에 한 사업자의 서비스 클래스 X를 연동 사업자의 서비스 클래스 Y에 매핑하는 경우 각 사업자망에서의 품질 수준이 보장된다고 해도 궁극적으로 서비스가 요구하는 중단간 품질 수준이 보장되지 않을 수 있다.

나. 서비스 제공 단계

사업자는 협의된 내용에 따라 사업자망의 임의의 두 구간 사이에 약정한 서비스 품질을 보장하기 위해 망 요소를 적절히 구성하고 사용자 인증, 인입 트래픽 감시 등의 통제기능을 구현한다. 각 사업자는 자사 망의 자원에 대한 완전한 제어권을 가지고 있어 자사망 내의 임의의 두 중단 지점 사이에 원하는 수준의 품질을 보장할 수 있다. 그러나 사업자망이 연동되는 경우 중단간 QoS (Quality of Service) 경로 설정 기법들이 요구되며, 이는 연동되는 사업자 사이의 정보 공유를 의미한다. 일반적으로 망 성능 정보는 대외비에 속하기 때문에 중단간 QoS 경로 설정 기법은 사업자간 공유 정보량을 가능한 적도록 해야 현실적이다.

다. 서비스 품질 측정 단계

품질 측정에는 목적, 시간, 스케일 등에 따라 다양한

방식이 사용되며 사업자는 품질 측정을 통해 망 내부의 문제 발생 요인을 확인하고 사전 조치를 취하여 운영 중인 망의 품질을 일정 수준으로 유지한다. 품질 측정은 특정 망의 품질 수준 정보와 밀접하기 때문에 망 연동 환경에서는 가입자, 사업자, 중립기관들 사이에 침해한 이해관계가 있다. 망 사업자는 자사 망으로 타사의 품질 측정 패킷이 인가되는 것을 꺼려할 것이며, 중립적인 감독 기관은 문제가 생길 경우 문제 지점 확인을 위해 종단간 품질 측정을 의무화하려 할 것이다. 또한 사용자는 품질 수준에 따라 사업자를 선택하려 할 것이며, 서비스 사업자는 신규 서비스 개발이나 판매를 위해 품질 수준에 관심을 가진다. 따라서 품질 측정 주체, 측정 방법, 품질 측정 관리 방안 등에 대한 강제력 있는 명확한 가이드라인이 제시되어야 한다.

라. 서비스 평가 단계

이 단계에서는 1일, 1개월 등 일정 시간 동안 측정된 데이터를 이용하여 품질을 총체적으로 파악한다. 사업자는 사용자에게 계약된 품질 제공 여부를 판단하고, 용량 증설, 망 구성 변경 등의 판단자료로 활용할 수 있다. 서비스 평가는 측정된 품질 수준과 밀접한 관련이 있다. 측정 결과는 패킷 샘플에 의해 이루어지기 때문에 통계적 방식에 의해 분석된다. 즉, 일정 시간동안의 측정 결과 또는 단일 측정 데이터를 원하는 임계값과 단순 비교하는 방식으로는 평가의 신뢰성을 확보 할 수 없다. 평가 방법은 망에서 제공되는 품질 수준이 요구되는 품질 수준을 만족함에도 불구하고 만족하지 않고 판단하는 확률과 반대 경우의 확률을 정량적으로 제시하여 오판의 확률을 낮춘다.

2. 국제 표준 품질 지표 및 서비스 클래스

이용자의 실제 이용환경과 일치하는 체감형 품질 보장을 위해서 사업자 연동 구간에 대한 관리의 필요성이 생겼다. 또한 인터넷에서 제공되는 모든 서비스를 품질의 관점에서 몇 개의 그룹으로 묶어 단순화하여 품질 관리의 효율성을 제고할 목적으로 서비스 클래스라는 개념을 사용한다. 종단간 서비스 품질 평가를 위한 도구로는 품질지표를 정의한다. 품질지표는 제공되는 서비스의 품질 수준을 판단하는 데 이용되며 각 표준화 단체에서는 다양한 품질지표를 제시하고 있다.

가. IETF 품질지표

IETF (Internet Engineering Task Force) RFC2330^[5]에서 규정한 5가지 품질지표는 다음과 같다.

- △ 단방향 시간지연: 송신자가 패킷의 첫 번째 비트를 전송한 시점 T에서부터 수신자가 패킷의 마지막 비트를 수신한 시점 T+dT까지 소요된 시간 지연 dT
 - 파라미터: 송신자 IP주소, 수신자 IP주소, 시간 T
- △ 양방향 시간지연: 송신자가 패킷의 첫 번째 비트를 전송한 시점 T에서부터, 수신자가 패킷의 수신 완료 후 송신자에게 재전송하여, 송신자가 패킷의 마지막 비트를 수신한 시점 T+dT까지 소요된 시간지연 dT
 - 파라미터: 송신자 IP주소, 수신자 IP주소, 시간 T
- △ 패킷 지연변이: 송신자가 시간 T1과 T2에 패킷을 전송하고, 수신자가 시간 dT1+T1과 dT2+T2에서 각 패킷을 수신하였을 때, dT2와 dT1의 차 ddT
 - 파라미터: 송신자 IP주소, 수신자 IP주소, 시간 T1/T2, 패킷길이(bits)
- △ 단방향 패킷 손실: 송신자가 시점 T에 수신자에게 패킷의 첫 번째 비트를 전송하고, 수신자는 송신된 패킷을 수신하지 못함
 - 파라미터: 송신자 IP주소, 수신자 IP주소, 시간 T
- △ 패킷 재정렬: 송신자가 시간 SrcTime에 전송한 패킷을 수신자가 수신하였을 때, 패킷의 일련번호 S가 수신자가 수신하기를 기다리는 패킷의 일련번호 NextExp보다 작은 경우, 패킷 재정렬이 요구됨
 - 파라미터: 송신자 IP주소, 수신자 IP주소, 시간 SrcTime(송신자가 패킷을 전송한 시간), S(송신자가 송신 패킷에 할당한 패킷 일련번호), NextExp(수신자가 수신하기를 기다리는 패킷의 일련번호)
- △ 단방향 패킷 중복: 송신자가 시점 T에 전송한 패킷에 대하여 수신자가 시간 간격 [T, T+T0] 동안 하나 이상의 동일한 패킷을 수신
 - 파라미터: 송신자 IP주소, 수신자 IP주소, 시간 T, 시간 T0(수신자가 패킷이 도착하기를 기다리는 최대 대기 시간), 중복 수신 패킷 개수로 판단

나. ITU-T 품질지표

ITU-T (International Telecommunication Union)는 이종 사업자망간 연동품질을 관리하기 위해서 주로 품질 모니터링 측면에서 품질지표를 제시한다. ITU-T

Y.1540^[6]에서 규정한 8가지 품질 지표는 다음과 같다.

- △ 시간 지연: 송신자가 패킷을 전송한 시간 T1과 수신자가 해당 패킷을 수신한 시간 T2와의 차이
- △ 패킷 오류: 전송된 전체 패킷 수에 대한 전송 오류가 발생한 패킷 수의 비율. 전체 패킷 수는 전송 성공 패킷과 전송 오류 패킷을 모두 포함함.
- △ 패킷 손실: 전송된 전체 패킷 수 대비 소실된 패킷 수의 비율
- △ 의사 패킷 율: 서비스 시간당 의사 패킷의 수
- △ 패킷 재정렬: 전송된 전체 패킷 수에 대한 재정렬된 패킷 수의 비율
- △ IPSLBR: 전체 패킷 블록에 대한 심각한 패킷 손실 블록의 비율. IPSLBR은 route flapping으로 인한 사용자 응용의 성능 저하 정도를 나타냄.
- △ 패킷 중복: 패킷 중복이 발생하지 않은 패킷 수에 대한 패킷 중복이 발생한 패킷 수의 비율
- △ 복제 패킷 율: 복제 되지 않은 패킷 수에 대한 복제된 패킷 수의 비율

다. GSMA 품질지표

GSMA (Global System for Mobile communications Association)는 단순 서비스 로밍 중심의 연동 관점에서 IP 기반의 이중 사업자망간 연동 관점으로 확대하여 표준을 진행하고 있다. GSMA IR.34^[7]는 무선사업자 관점에서 IP 전달망 사업자에게 요구하는 품질 지표이며, [6]과 유사하게 시간지연, 지터, 패킷손실, 패킷오류 등 네트워크 관점의 성능지표를 제시하고 있다. [6]은 네트워크 중단간의 성능 지표를 제시한 반면에, [7]은 액세스망과 IP 전달망간의 성능지표를 제시하였다. [7]에서 제시한 사업자간 품질지표 정의는 다음과 같다.

- △ 최대지연: IP 전달망 내부를 경유하여 데이터 전송 시, 발생하는 최대 단방향 패킷 전송지연
- △ 최대 지터: IP 전달망을 경유하여 데이터를 전송할 때 발생하는 패킷의 전송 지연변이
- △ 패킷 손실: IP 전달망에서 발생하는 패킷 손실 비율
- △ 서비스 데이터 오류율: IP 전달망에서 발생할 수 있는 데이터 오류 발생 비율. 전체 전송 데이터 중 손실되었거나, 오류로 판명된 전송 데이터의 비율

라. 서비스 클래스

IETF RFC4594^[8]에 의하면 서비스 클래스란 네트워크에서 특정한 시간지연, 패킷 손실, 지연변이 특징을 요구하는 트래픽의 집합이다. 예를 들면, 웹, 이메일 같은 어플리케이션을 위한 “고 처리량 데이터 클래스”, 음성이나 전화 등과 같은 실시간 트래픽 처리를 위한 “전화 서비스 클래스” 등이 있다. 서비스 클래스를 구현할 때 서로 다른 PDB (Per-Domain Behavior)를 사용할 수 있다. 예를 들어, Diffserv 망에서 낮은 시간지연, 패킷 손실, 지연변이를 위하여 한 사업자망은 EF (Expedited Forwarding) PHB (Per-Hop Behavior)를 사용하고, 타사업자망은 AF (Assured Forwarding) PHB를 사용할 수 있다. 이로 인하여 연동 환경에서는 응용 서비스가 요구하는 중단간 성능 제공이 힘들다. 따라서 이중 사업자 사이에 일관성 있는 서비스 제공을 위해서는 해당 서비스 품질을 보장할 수 있도록 사업자간 서비스 클래스 연동 원칙을 수립해야 한다.

IETF는 패킷손실률, 시간지연, 지연변이 등 3개의 품질지표를 이용하여 응용 카테고리를 4개로 분류하고, 이에 대응하는 서비스 클래스를 10개로 세분화하였으나 각 서비스 클래스의 품질 지표에 대한 값들을 제시하지 않고 있다. ITU-T는 시간지연, 지연변이, 패킷손실률, 패킷오류율 등 4개의 품질지표에 따라 QoS 클래스를 8개로 세분화하였다. 3GPP는 무선 링크의 품질 지표를 고려하여 서비스 클래스를 4개로 분류하였으며 각 클래스와 관련된 품질지표 성능 요구사항을 기술하고 있다.

3. 제안하는 품질지표 및 서비스 클래스

가. 제안하는 품질지표

대다수의 표준화 단체에서 제시하는 공통된 품질 지표는 시간지연, 지연변이, 패킷손실률이며, 실제로도 이 지표 위주로 서비스 클래스를 구분하고 있다.

시간지연은 인터넷전화, 멀티미디어 회의시스템, 전자결제, 온라인 게임 등과 같은 응용 서비스의 성능에 악영향을 미친다. 처리율과도 관련이 있어 파일 전송이나 이메일 전달 속도에도 영향을 미친다. 전자기적인 신호의 전송 속도는 물리적 제약을 받으므로 지연은 거리에 따라 증가한다. 따라서, 중단간 서비스 클래스의 최대 지연 값을 결정하기 위해서는 중단간 거리를 반드시 고려해야 한다. 일정 기간 동안 측정된 지연은 최대

값, 최소값, 중간값, 평균값, 표준편차, 백분위수 등과 같은 통계치로 표현된다. 특정 응용 서비스는 지연의 분포에 영향을 많이 받지만 정규분포나 감마분포와 같은 정형적 분포형태를 보이지 않아 표준편차나 분산을 이용하여 지연의 분포를 나타내는 것은 바람직하지 않다. 따라서 지연의 분포는 다수의 백분위수를 사용하는 것이 바람직하다. 일반적으로 응용 서비스는 일정 수준의 지연 임계값 이하에서 원활하게 동작하므로 99.9%와 같은 높은 백분위수를 사용한다.

평균 지연과 더불어 지연변이(jitter)는 전화, 게임 등의 응용 서비스의 성능에 많은 영향을 미친다. 또한 패킷 전송 주기에 민감하지 않으며 짧은 시간 동안의 변이와 긴 시간 동안의 변이를 모두 나타낸다. 패킷손실률은 인지 품질 혹은 네트워크의 처리율에 영향을 주기 때문에 대부분의 응용 서비스에서 중요한 품질 요소다. 특히, TCP 프로토콜 기반의 응용 서비스의 처리율은 패킷 손실에 민감하다. 일반적으로 목적지에 도착하지 못하거나 과도하게 지연되어 도착되는 패킷은 손실로 간주한다. 인터넷전화의 활성화로 인해 이와 같은 망의 가용성은 중요한 품질 인자가 될 것이며, 단시간 동안의 패킷 손실은 망의 가용성을 나타내는 좋은 품질 인자가 된다. 따라서 망 연동 환경에서 종단간 품질 수준 평가를 위해서는 최소한 위에서 언급한 3개의 품질지표가 필요하다. 관련 표준화 단체에서 제시하는 시간지연, 지연변이, 패킷손실에 대한 정의가 상이하므로 국내 환경에 적용하기 위해서 다음과 같이 재정의 한다.

- △ 시간지연: 단방향 패킷 전송지연의 산술 평균값
- △ 지연변이: 단방향 패킷 전송지연 값들의 차
- △ 패킷손실률: 전송된 전체 패킷 수 대비 소실된 패킷 수의 비율

나. 제안하는 서비스 클래스

서비스 클래스가 다르다는 것은 제공하는 품질 정도가 다르다는 것을 의미한다. 트래픽이 사업자망을 경유할 때 해당 서비스에 요구되는 것보다 높은 수준의 품질을 제공하는 서비스 클래스에 매핑 되어 자원이 낭비되거나 혹은 반대의 경우에는 원하는 품질 수준을 보장받지 못한다. 따라서 소수의 공통 서비스 클래스를 제공하여 복잡한 클래스 매핑 문제를 단순화하면 사업자 간 서비스 품질 제공 기능의 빠른 포설에 도움이 된다.

표 1. 망간 품질 연동을 위한 서비스 클래스 정의
Table 1. Service class definition for end-to-end network service quality.

클래스 종류	서비스 종류	특성		
		용도	지원확보 우선순위	회선절체 우선순위
CT3	긴급 트래픽	긴급통신	높음	높음
CT2	실시간 및 보장형 미디어 트래픽	VoIP, 영상전화 및 IPTV 등	높음	높음
CT1	프리미엄 데이터 트래픽	고급 데이터	보통	높음
CT0	최선형 데이터 트래픽	최선형 데이터	낮음	낮음

서비스 클래스를 선정할 때 기술 이외의 측면도 고려해야 한다. 즉, 서비스 클래스의 수는 구현 가능성을 고려하여 제한하고 인터넷전화와 멀티미디어 스트리밍 등 가치 있는 응용 서비스에 우선순위를 둔다. 본 연구에서는 국제 표준과 국내 사업자 요구사항 및 국내 표준 TTA.KO-01.0137^[9]을 반영하여 표 1과 같이 망간 품질연동을 위한 4개의 서비스 클래스를 정의하였다.

CT3은 트래픽 전달 및 장애복구 등에 사용되어 우선순위가 가장 높은 긴급 트래픽 클래스를 나타낸다. CT2는 데이터 트래픽보다 지연이나 손실 등 품질에 민감한 특성을 가지는 실시간 및 보장형 미디어 트래픽을 위한 서비스 클래스이다. CT1은 최저보장속도가 한층 강화된 프리미엄 데이터 트래픽으로 새로운 형태의 고품질 인터넷 서비스가 이에 해당되며, CT0은 기존 인터넷서비스인 최선형 서비스를 제공한다.

사업적인 이유 등으로 인해 특정 응용 서비스는 품질이 좋은 서비스 클래스를 사용할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 즉, 동일 응용 서비스 일지라도 이를 사용하는 이용자의 목적과 기대 수준에 따라 달라질 수 있다. 예를 들면, 전화망을 대체하기 위해 이용되는 VoIP는 비록 IP통신망에서 제공되더라도 이용자는 전화망 수준의 높은 품질등급을 기대하는 반면 메신저에 의한 무료 VoIP는 기대 수준이 그리 높지 않다. 그러므로 특정 응용 서비스에 어떤 서비스 클래스를 사용할 것인가는 이용자의 선택이 중요한 요인이다.

II. 품질 연동 방안

본 장에서는 임의의 소스와 목적지 사이의 종단간 구간에서 서비스 품질 보장을 위한 망 연동 방안을 제시한다. 임의의 사용자와 사용자 또는 사용자와 서버 사이의 품질 보장을 위한 방안은 종단 경로를 구성하는 사업자의 수를 제한하고, 각 사업자망 별로 품질 수준을 미리 할당하는 품질 할당 방안과 각 사업자들 사이에 품질 보장 경로 설정을 위한 시그널링 메시지에 의한 동적 품질 경로 설정 방안 및 PDB 판매 방안으로 구분된다.

1. 품질 기준 할당 방안

품질 할당 방안은 종단간 경로를 구성하는 사업자의 수를 미리 결정하여 각 사업자별로 품질을 할당하는 방식이다. 각 사업자별 품질 할당을 위해서는 망의 종류(access, transit, etc.)와 망의 물리적인 크기를 고려해야 한다. 이와 같은 할당 방식은 종단간 경로를 구성하는 최대 사업자의 수를 미리 결정한 후, 각 망별로 품질 수준을 할당하기 때문에 임의의 두 종단 지점 사이에 원하는 품질 수준을 보장하게 된다.

종단간 경로를 3개의 사업자가 구성하는 경우 종단간 전송지연 요구사항 100ms를 각 사업자에게 할당하는 방안은 다음과 같다. 전송지연의 경우 장비의 처리지연이나 큐잉지연보다 거리에 따른 전송지연이 대부분을 차지하므로 전송지연을 각 사업자에게 할당하기 위해서는 각 망의 크기를 우선 고려해야 한다. A사업자망(A망)의 크기는 경계 사이의 직선거리가 1500km, B사업자망(B망)은 4000km, C사업자망(C망)은 900km로 가정하자. 망 포설은 직선으로 될 수 없으므로 실제 망은 경계 사이 길이가 보다 길어지며 ITU-T G.826^[10]은 통상적인 직선거리를 실제 포설 길이로 근사화하는 방안을 제시한다. 이를 적용하면 A망의 크기는 1875km, B망은 5000km, C망은 1350km가 되며 전송지연은 각각 6.25ms, 16.7ms, 4.5ms가 된다. 이와 같은 전송지연은 물리적 거리에 의해 발생하므로 사업자에게 할당할 수 있는 종단간 전송지연은 $100 - (6.25 + 16.7 + 4.5) = 72.5\text{ms}$ 이다. 전송지연 외에 종단간 지연을 구성하는 요소는 각 장비에서의 처리지연과 큐잉지연이다. ITU-T Y.1541^[11]에서는 Access GW(10ms), Distribution Router(3ms), Core Router(4ms), Interworking GW

(3ms) 등 장비의 처리지연과 전송지연 값을 제시하고 있으며, A망과 C망에서는 이들의 합이 20ms, B망의 경우 10ms가 된다. 이 비율에 따라 여분의 종단간 전송지연 72.5ms를 각 사업자에게 할당하면 A망에는 35.3ms, B망에는 31.2ms, C망에는 33.5ms가 할당된다.

한국은 망의 크기가 작고 전국망을 구성하는 사업자의 수가 적어 사업자 별로 균등하게 종단간 품질지표를 할당하는 것이 바람직하다. 품질 할당 방안은 임의의 소스, 목적지 쌍에 대한 종단간 망 구성도가 거의 변하지 않기 때문에 품질 감시 등이 용이하고 구현이 단순하지만 일반적으로 각 사업자 망에 전송되는 트래픽 양은 망의 최대 대역폭에 비해 적어 자원 이용률이 낮아져 통신 서비스 가격의 상승 요인이 된다. 또한 모든 서비스 사업자가 제공해야 할 서비스 클래스와 패킷 헤더에서 각 클래스 구분자(ex. DSCP)에 대한 협의가 선행되어야 하므로 새로운 서비스를 빠르게 수용하지 못하며 연동에 참여하는 사업자의 수가 제한된다.

2. 종단간 동적 경로 설정 방안

이 방법은 사업자별 동적인 협상을 통해 가입자로부터 인가되는 플로우의 서비스 품질 요구 사항을 만족할 수 있는 종단간 경로를 동적으로 설정한다. 각 사업자는 시그널링 프로토콜 또는 시그널링 게이트웨이를 이용하여 제공 가능한 품질 수준을 협상하고 가입자로부터 트래픽을 입력받는 사업자가 가입자 플로우의 서비스 품질 요구 사항을 만족시킬 수 있는 다수의 경로 중 하나를 선택한다.

선택된 경로의 모든 사업자는 새로 인가되는 플로우의 품질 보장을 위해 동적으로 자원을 예약하기 때문에 플로우의 종단간 서비스 품질이 만족된다. 이 방법은 요청에 따라 동적으로 자원을 관리하므로 망 자원을 효율적으로 사용할 수 있고 서비스 클래스 등을 사전 조

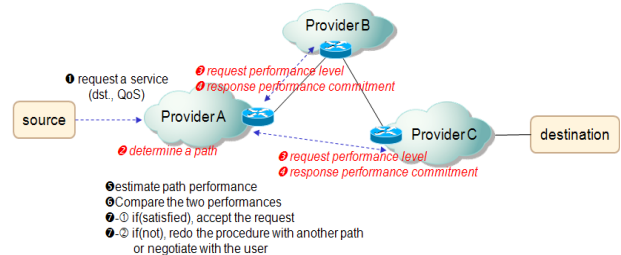


그림 1. 동적인 종단간 경로 설정 방안
Fig. 1. Dynamic end-to-end path configuration.

울할 필요가 없어 새로운 서비스를 수용하기 쉽다. 그러나 경로 설정 후 서비스가 시작되므로 서비스 요청 후 제공되기까지 초기 지연이 발생한다. 동적인 경로 설정으로 인해 임의의 시간에 사용된 종단간 경로와 이때 해당 경로의 서비스 품질이 측정되고 이 두 가지 정보를 동기화하여 관리해야만 품질 분쟁 조정 등의 품질 관리가 가능하다. 동적인 경로 설정으로 인해 특정 망을 경유하는 트래픽이 직접 연동되고 있는 망 사업자의 것만 아니라 다양한 서비스 사업자들의 트래픽이 될 수 있으므로 망 연동 사업자 사이와 망 사업자와 서비스 사업자 사이에 과금 관련 이슈가 발생할 수 있다.

3. PDB (Per-Domain Behavior) 응용 방안

PDB 응용 방안은 단일 망에서 제공하는 품질 개념인 PDB를 확장하여 망 사업자가 임의의 목적지까지 제공 가능한 서비스 클래스와 서비스 클래스별 보장 품질인 p-PDB를 광고한다. 임의의 종단 사용자들 사이에 특정 서비스 품질 보장이 필요한 경우, 망 사업자들이 제시한 p-PDB와 사용자들의 위치에 따라 연동이 필요한 사업자들 사이의 계약을 통해 종단간 서비스 품질을 보장한다. 망 사업자는 모든 목적지까지 망을 포설하지는 않으므로 임의의 목적지까지 보장 품질을 획득하는 방법은 두 가지로 구분된다.

첫째, 서비스 사업자는 단일 망 사업자와 계약하고 망 연동 사업자가 연동 품질 계약을 통해 종단간 서비스를 제공한다. 목적지와 직접 접속하고 있는 사업자가 PDB1(p-PDB1)을 광고하면 그 이후의 사업자는 광고된 p-PDB1과 자사 망 품질 수준에 의한 PDB2에 따라 자신이 광고할 p-PDB2= f(p-PDB1, PDB2)를 구성한다.

둘째, 서비스 사업자가 개별적으로 품질을 계약하는 방안이다. 망 사업자는 자사 망에서 제공 가능한 서비스 클래스와 각 클래스의 보장 품질을 광고하고, 서비스 사업자는 각 망의 PDB를 이용하여 자신의 서버와 가입자 사이의 가능한 경로 모두에 대한 p-PDB를 계산하여 자사 정책에 따른 최선의 p-PDB를 선택한다. 이후, 최선의 p-PDB를 구성하는 망 사업자들과 SLA를 맺음으로써 종단간 서비스 품질 요구사항을 충족시킨다. 이 방법은 각 자신의 필요에 부합하는 망 사업자 조합을 선택할 수 있으나, 각 망 사업자 모두와의 계약 관계를 유지해야 하며 종단간 경로를 구성하는 망 사업자 조합을 알아야 한다.

III. 품질 평가 방법

종단간 품질 수준이 기대 수준 이하인 경우 문제가 되는 구간을 빠르게 식별하는 것은 품질 분쟁 조정을 위한 중요한 기술적 이슈이다. 특히, 종단간 품질 평가 및 종단 경로를 구성하는 구간별 품질 평가 방안은 측정된 품질 데이터에 기반하여 객관적이며 확률적인 근거를 제시할 수 있어야 한다. 측정 데이터를 기반으로 종단간 품질 수준을 예측하는 방안은 측정 방법에 의존적이므로 품질 평가 방법 역시 마찬가지이다. 본 장에서는 위에서 제시한 품질 예측 방안별로 예측된 품질이 품질 요구 사항을 만족하는지 여부를 판단하는 품질 평가 기법을 기술한다.

1. 직접적인 종단간 경로 품질 측정

가. 평가 방법

종단간 경로의 품질은 종단간 측정을 통해 얻어진다. 종단간 경로의 실제 품질을 Q_e , 측정된 품질을 \hat{Q}_e , 임계값을 Q_{th} 라고 표기하면 품질 평가는 \hat{Q}_e 를 이용하여 Q_e 가 Q_{th} 를 만족하는지 여부를 판단하는 문제가 된다. \hat{Q}_e 는 실제 품질에 대한 샘플 측정이며, 통계적 특성 때문에 고전적 판별 이론을 적용하여 서비스 품질 만족 여부를 판단할 수 있다. 고전적 판별이론은 어떤 가설에 의한 파라미터 값을 인정할지 여부를 판단하고 아래와 같이 두 가지 종류가 있다.

- 제 1유형 오류: 가설이 옳음에도 틀렸다고 판단하는 경우 (오경보 확률: α)
- 제 2유형 오류: 틀린 가설을 옳다고 판단하는 경우 (간과 확률: β)

품질 만족 여부 판단은 품질 지표를 추정하기 위해 사용되는 통계치의 확률밀도함수에 근거하게 되며 다음과 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} H_0 : Q_e &= Q_{th} \\ H_1 : Q_e &\neq Q_{th} \end{aligned} \quad (1)$$

가설 H_0 가 참이고 측정 결과가 평균 Q_{th} 이며 분산이 σ^2 인 정규분포라고 가정하면 위와 같은 품질 판정

과정은 다음과 같이 주어진다. 측정된 프로브 패킷의 샘플수를 n 이라 하고 $Z = (\hat{Q}_e - Q_{th})/(\sigma/\sqrt{n})$ 로 나타내면 Z 는 평균 0, 분산 1인 표준정규분포이다. 이제 α 를 적절하게 낮은 값으로 설정한 후 식(2)를 만족하는 경계값 c_1, c_2 를 구한다.

$$\begin{aligned} P(c_1 < Z < c_2) &= 1 - \alpha = 2P(0 \leq Z < c) \\ &= 2[1 - P(Y \geq c)] \\ &= 1 - 2Q(c) \end{aligned} \quad (2)$$

이때, $Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-u^2/2} du$ 로 표준정규분포의 누적확률분포를 나타낸다. Z 는 표준정규분포를 따르기 때문에 식(2)는 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned} P(0 < Z < c) &= \int_0^c \frac{e^{-u^2/\sqrt{2\pi}}}{\sqrt{2\pi}} du \\ &= 0.5 - Q(c) \\ &= \frac{1 - \alpha}{2} \end{aligned} \quad (3)$$

즉, $c = Q^{-1}(\alpha/2)$

품질 평가를 위해 가설 H_1 이 참이라 가정하면 \hat{Q}_e 는 평균이 Q_e 이고 분산이 σ^2/n 인 정규분포를 따르게 되므로 이를 정규화하면 랜덤변수 Z 는 분산이 1이고 평균이 $\frac{Q_e - Q_{th}}{\sigma/\sqrt{n}}$ 인 정규분포를 따르게 된다. 따라서,

$$\begin{aligned} \beta(Q_e) &= P(c_1 < Z < c_2 | H_1) \\ &= P(-c < Y < c | H_1) \\ &= \int_{-c}^c \frac{e^{-0.5[y - (Q_e - Q_{th})/(\sigma/\sqrt{n})]^2}}{\sqrt{(2\pi)}} dy \end{aligned} \quad (4)$$

이 되므로 $\zeta = y - \frac{Q_e - Q_{th}}{\sigma/\sqrt{n}}$ 으로 변수치환하면 식(4)는 식(5)와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \beta(Q_e) &= \int_{-c - (Q_e - Q_{th})/(\sigma/\sqrt{n})}^{c - (Q_e - Q_{th})/(\sigma/\sqrt{n})} \frac{e^{-\zeta^2/2}}{\sqrt{(2\pi)}} d\zeta \\ &= 1 - Q\left(c - \frac{Q_e - Q_{th}}{\sigma/\sqrt{n}}\right) - Q\left(c + \frac{Q_e - Q_{th}}{\sigma/\sqrt{n}}\right) \end{aligned} \quad (5)$$

가설 H_1 은 $Q_e < Q_{th}$, $Q_e > Q_{th}$ 인 두 가지 경우를 모두 포함한 양측 검증이므로 품질 평가를 위해서는 $Q_e < Q_{th}$ 인 가정만 검증하면 된다. 따라서 식(5)를 단

측 검정으로 표현하면 식(6)과 같다.

$$\begin{aligned} \beta(Q_e) &= \int_{-\infty}^{c - (Q_e - Q_{th})/(\sigma/\sqrt{n})} \frac{e^{-\zeta^2/2}}{\sqrt{(2\pi)}} d\zeta \\ &= 1 - Q\left(c + \frac{Q_e - Q_{th}}{\sigma/\sqrt{n}}\right) \end{aligned} \quad (6)$$

이제 품질 평가 오류 α 와 β 가 주어지게 되면 식(6)에 의해 β 의 확률로 $Q_e < Q_{th}$ 인 판단을 할 수 있다. 그러나 Q_{th} 는 비교 대상이지 측정 결과의 평균이 아니다. 즉, 위와 같은 판단방법에서는 Q_{th} 가 Q_e 와 같은 경우 틀린 가설을 옳다고 혹은 옳은 가설을 틀리다고 판단할 확률이 크다. 따라서 중단간 경로 품질을 직접 측정하는 경우에도 측정값을 통해 예측된 망의 품질이 임의의 임계값 이하임을 높은 신뢰수준으로 판단하기 위한 확률적 품질 수준 평가 방안의 개발이 요구된다.

나. 사업자망의 품질을 이용한 중단간 경로 품질 예측
일반적으로 망 품질과 관련된 정보는 사업자의 대외비에 해당되어 공유되기 어렵다. 따라서 사업자가 자사망의 경계사이(edge-to-edge)에 측정된 성능 정보를 이용하여 임의의 두 중단 시스템(UNI-to-UNI) 사이의 성능을 유추하는 방안을 이용한다. 이 경우, 품질 지표별 품질 연결 방안이 필요하며 아래와 같다.

△ 패킷손실률 : n 개의 사업자가 중단간 경로를 구성하고 있고 i 번째 사업자망의 경계 사이의 패킷 손실률을 p_i 라고 표기할 때의 중단간 패킷손실률

$$p_{e2e} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i) \quad (7)$$

△ 시간지연 : n 개의 사업자가 중단간 경로를 구성하고 있고 i 번째 사업자망의 경계 사이의 패킷지연을 d_i 라고 표기할 때의 중단간 패킷지연

$$d_{e2e} = \sum_{i=1}^n d_i \quad (8)$$

지연변이는 패킷손실률이나 지연과는 통계적 특성이 달라 각 사업자망에서의 지연의 확률적 분포를 정확히 알고 있어야 하고, 각 사업자망에서 제공되는 정보를 이용해 중단간 지연변이를 예측할 수 있다. 하지만, 이와 같은 상세 정보는 공유되지 않으므로 [11]에서 제

시한 방법에 따라 각 사업자망에서 제공한 지연변이를 예측한다. [11]에서는 지연변이를 평가 구간 내에서 측정된 패킷 전송 지연의 99.9%에 해당되는 값과 최소 지연 값의 차이로 정의하고 네트워크 세그먼트 정보를 통해 종단간 지연변이(T)를 예측하는 문제를 $P(T < t) = p$ 를 만족하는 종단간 지연변이의 변위치 t 를 예측하는 문제로 변환하여 다음과 같이 세 과정으로 이루어진 예측 방안을 제시하고 있다.

[과정A] 종단간 지연의 평균과 분산 예측 : 경로를 구성하는 사업자망의 수가 n 이고 i 번째 사업자망의 평균 지연과 지연의 분산을 각각 μ_i, σ_i 라고 하면 종단간 지연의 평균과 분산은 다음과 같이 예측한다.

$$\mu = \sum_{i=1}^n \mu_i, \sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 \quad (9)$$

[과정B] 종단간 비대칭도와 3차 모멘트 예측: 경로를 구성하는 각 사업자망에서 관심 있는 확률(p)에 해당하는 지연의 변위치를 측정 후(예, $p = 0.999$) 식(10)과 같이 i 번째 사업자망의 비대칭도 γ_i 와 3차 모멘트 ω_i 를 예측한다.

$$\gamma_i = 6 \cdot \frac{x_p - \frac{t_i - \mu_i}{\sigma_i}}{1 - x_p^2}, \omega_i = \gamma_i \cdot \sigma_i^3 \quad (10)$$

표준정규분포의 누적확률분포를 $\Phi(x)$ 로 표기하면 $\Phi(x_p) = p$ 를 만족하는 x_p 는 표준정규분포표로 구할 수 있다. 예를 들어, $\Phi(x_p) = 0.999$ 를 만족하는 $x_p = 3.09$ 이다. 사업자망의 지연 분포가 독립적이라고 가정하면 종단간 지연의 3차 모멘트는 경로를 구성하는 사업자망의 3차 모멘트의 합이므로 종단간 비대칭도 γ 는 식(11)과 같다.

$$\gamma = \omega / \sigma^3 \quad (11)$$

[과정C] 종단간 지연의 p^{th} 퍼센트 t 예측: 주어진 p 에 대해 과정 A, B에서 예측된 μ, σ, γ 와 표준 정규분포표에서 얻은 x_p 를 이용하여 종단간 지연의 p^{th} 퍼센트 t 는 식(12)와 같이 예측된다.

$$t(p) = \mu + \sigma \cdot \left\{ x_p - \frac{\gamma}{6} (1 - x_p^2) \right\} \quad (12)$$

종단간 지연변이는 지연의 $1 - 10^{-3}$ 변위치에서 최소 지연을 뺀 값이므로 최소지연을 t_{\min} 으로 표기하면 종단간 지연변이는 식(13)과 같이 예측된다.

$$t(1 - 10^{-3}) - t_{\min} = \mu + \sigma \left\{ 3.090 - \frac{\gamma}{6} (1 - 3.090^2) \right\} - t_{\min} \quad (13)$$

그러나, 종단간 지터의 계산을 위해서는 각 사업자별로 평균 지연 μ_i 뿐만 아니라 지연의 분산 σ_i 를 측정해야 하므로 보다 간단한 형태의 품질 연결 방안이 ITU-T Y.1541 Amendment 2 New Appendix XI^[12]에 제안되었다. 우선, 측정된 패킷 전송 지연의 99.9%에 해당되는 값과 최소 지연값의 차이인 지연변이를 10ms 단위로 ($0 < \text{지연변이} \leq 10\text{ms}$, $10\text{ms} < \text{지연변이} \leq 20\text{ms}$, etc.) 구분하고 각 카테고리를 해당 카테고리의 상한값으로 표시한다. 이후 종단간 경로를 구성하는 망 사업자들의 최대 지연변이가 어떤 카테고리에 해당하는지를 분석하고 주어진 종단간 지연 변이의 한계 값을 만족시킬 수 있는 사업자의 수를 결정한다. 즉, 이 방법은 각 사업자망의 지연변이를 이용하여 종단간 지연변이를 직접 예측하는 것이 아니라 각 사업자망의 지연변이와 종단간 연동 사업자 수를 이용하여 종단간 지연변이 요구사항의 만족 여부를 간접적으로 판단하는 방법이다. 예를 들어 종단간 지연변이의 요구사항이 50ms일 경우, 연동되는 각 사업자망에서의 지연변이가 종단간 요구사항을 만족하는지 여부는 다음과 같이 판단한다. 종단간 경로를 구성하는 사업자망의 최대 지연 변이가 40ms인 경우, 해당 경로를 구성할 수 있는 사업자망의 조합은 $\leq 40\text{ms}$ 지연변이 카테고리에 속하는 망 1개와 $\leq 20\text{ms}$ 카테고리에 속하는 망 1개 이거나, 혹은 $\leq 40\text{ms}$ 카테고리에 속하는 망 1개와 $\leq 10\text{ms}$ 카테고리에 속하는 망 2개의 조합으로 구성될 수 있다. 여기서, 카테고리의 값을 단순히 더해서 지연변이 요구사항을 만족시키는 것은 아니다. 이 방법은 사업자가 지연변이만을 측정하고 보고하므로 첫 번째 방법보다 적용이 간단하다. 그러나 카테고리에 속하는 망을 연결했을 때 지연변이를 계산하는 방식은 해당 표준 문서에 명시되어 있지 않으며 잠정적이고 보수적으로 제시된 값이다. 또한, 동일한 종

단간 지연변이 요구사항에 대해서도 다양한 카테고리 조합이 가능하므로 한 사업자는 엄격한 지연변이를 제공하고 다른 사업자는 이보다 덜 엄격한 지연변이를 제공해도 종단간 지연변이 요구사항을 만족할 수 있게 된다. 따라서 각 사업자는 자사 망에 대해서는 덜 엄격한 지연변이를 제공하려 할 것이다. 그러므로 이와 같이 간소화된 기법을 적용하기 위해서는 사업자별로 공정한 품질 할당 방안을 마련해야 한다.

IV. 결 론

점차 다양한 형태의 데이터 서비스가 등장하고 있고 이로 인해 망 사업자와 서비스 사업자가 점점 분리되어 가는 추세이다. 이와 같은 통신 환경에서 사업자들 사이의 망 연동은 불가피하며 종단간 서비스의 품질 문제는 단일 망에서 서비스가 제공되던 환경보다 훨씬 더 복잡한 형태가 되었다. 본 연구에서는 망 연동 환경에서 종단간 품질 보장을 위한 기술적인 문제를 정의하고 이를 해결하기 위한 국내외 연구 동향을 분석한 후 국내에 적용될 수 있는 방안을 제시하였다.

국내 망 환경은 소수의 거대 사업자들이 전국 망을 소유하고 있고, 지리적인 제약으로 망 크기가 상대적으로 작다. 또한, 사업자간 시그널링에 의해 종단간 경로 품질을 만족시킬 수 있는 경로를 실시간적으로 구성할 수 있는 기술이 미약하다. 하지만, 품질 수준의 만족 여부를 판단하는 것은 효과적인 망 관리뿐만 아니라 SLA에 따른 사업자간 경제적인 문제와 직접적인 관련이 있다. 또한 망 연동 환경에서 한 사업자의 제어기는 타 사업자의 망 요소에 대한 제어권을 가지고 있지 않다. 그리고 측정된 품질 정보는 대외비이므로 타 사업자 혹은 일반에게는 공개하지 않는 것이 일반적이다. 따라서 이와 같은 이슈들을 처리할 수 있는 사업자 사이의 측정 관리 구조에 대한 정의가 요구된다.

각 사업자 망에 측정된 품질 정보를 기반으로 제3의 기관에서는 종단간 경로 품질을 예측하여 종단간 경로 품질이 제시된 임계값을 만족하고 있는지 평가하고 그 결과에 따라 적절한 조치를 취할 수 있어야 한다. 이와 같은 판단 문제는 각 사업자 망에서 측정된 정보를 기반으로 하므로 예측 오류를 포함하게 된다. 품질 수준의 판단 결과는 여러 부분에 걸쳐 영향을 줄 수 있기 때문에 판단 결과에 대한 객관적인 근거가 제시되어야

한다. 현재 측정 관리 구조와 측정 방법에 대한 연구는 활발히 이루어지고 있으나 망 연동 환경에서 각 망에서 제공한 품질 수준을 이용한 종단간 품질 수준 만족 여부 판정에 대한 기술적 연구는 아직까지 거의 이루어지고 있지 않기 때문에 추가 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] Cisco, "The Zettabyte Era—Trends and Analysis", May 2013.
- [2] KT, "Data Explosion 시대와 KT의 준비", 2010년 7월.
- [3] Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2013 - 2018, February 5, 2014
- [4] 3GPP TS 22.278 "Service requirements for the Evolved Packet System (EPS)," June 2010.
- [5] IETF RFC 2330 "Framework for IP Performance Metrics", May 1998.
- [6] ITU-T recommendation Y.1540 "Internet Protocol Data Communication Service—IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters", November 2007.
- [7] GSMA IR.34 "Inter-Service Provider IP Backbone Guidelines," March 2010.
- [8] IETF RFC 4594 "Configuration Guidelines for DiffServ Service Classes", August 2006.
- [9] 정보통신단체표준 TTA.KO-01.0137 "BcN 사업자 망간 서비스 클래스 관리 연동 기법," 2008년 12월.
- [10] ITU-T G.826, "Error Performance Parameters and Objectives for International, Constant Bit Rate Digital Paths at or above the Primary Rate", February 1999.
- [11] ITU-T Y.1541, "Network Performance Objective for IP-based Service", February 2006.
- [12] ITU-T Y.1541 Amendment 2 New Appendix XI, "Concatenating QoS values," February 2004.

— 저 자 소 개 —



박 균(학생회원)
2013년 상명대학교 컴퓨터과학과
학사 졸업.
2014년~상명대학교
컴퓨터과학과 석사과정
<주관심분야 : 비전 머신, 빅데이
터>



강 상 욱(정회원)
1993년 경북대학교 전자공학과
학사 졸업.
1996년 남가주대학교 전기공학과
석사 졸업.
2011년 고려대학교 정보보호학과
박사 졸업.
2013년~상명대학교 컴퓨터과학과 교수
<주관심분야 : 멀티미디어 보안, 빅데이터 보안>