

효율적인 End-to-End QoS 관리를 위한 QoS 인자 Metrics 에 관한 연구

이상영*, 손진호**, 안계순*, 황선하*, 정태명*
*성균관대학교 정보통신공학부
**LG 전자기술원 정보기술연구소
e-mail : sylee@imtl.skku.ac.kr

The Study of QoS Parameter Metrics For Efficient End-to-End QoS Management

Sang Young Lee*, Jin Ho Sohn**, Gae Soon Ahn*, Sun Ha Hwang*, Tai-Myoung Chung*
*School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University
**Information Technology Laboratory, LG Electronics Institute of Technology

요 약

이동통신 기술이 발전함에 따라 이동통신 네트워크를 통한 서비스들이 다양해지고, 사용자들의 수는 점점 늘어가고 있다 또한 사용자들은 일반적으로 이동통신 서비스에 대해 유선 망과 동등한 수준의 품질을 기대한다. 그러나, 이동통신망은 유무선 통합망으로 구성되어 있으며, 이들 복잡한 구성을 갖는 네트워크에 대한 서비스 품질 보장은 유선망에 비해 훨씬 어렵다. 이의 결과로, 이동통신 서비스 네트워크의 트래픽은 과거에 비해 폭발적으로 증가하였다. 따라서, 네트워크 사업자와 서비스 제공자들은 서비스의 성능 문제에 직면하고 있으며, 네트워크 사업자나 서비스 제공자들은 효과적인 서비스 품질관리 기술을 강력하게 요구하고 있다. QoS 감시는 QoS 제공과 보장을 위한 기본적인 기술로서, 실제 네트워크에서 QoS 감시를 위해서는 네트워크 및 서비스 성능 인자들과 QoS 인자들의 관계를 식별해야 한다. 본 논문에서는, 서비스와 네트워크 성능인자 그리고, QoS 인자들 간의 관계를 QoS metrics 로 정의하며, 각 인자들의 관계는 계층적인 그래프로 나타낸다. QoS metrics 의 정의와 이에 따른 계층적 그래프의 구성을 통해 세 가지 이점을 기대 할 수 있다. 첫째, 네트워크 사업자들은 QoS 저하의 주요 원인을 신속하게 식별 할 수 있다. 둘째, 네트워크 사업자와 서비스 제공자들은 주관적인 QoS 를 수치 적인 성능 지표를 통해 측정이 가능하다. 마지막으로, QoS metrics 는 네트워크 사업자와 서비스 제공자들이 QoS 감시 활동의 결과에 따라 그들의 네트워크를 재구성하는 데 도움을 주며 E2E QoS 제공에 효율성을 가져다 준다.

1. 서론

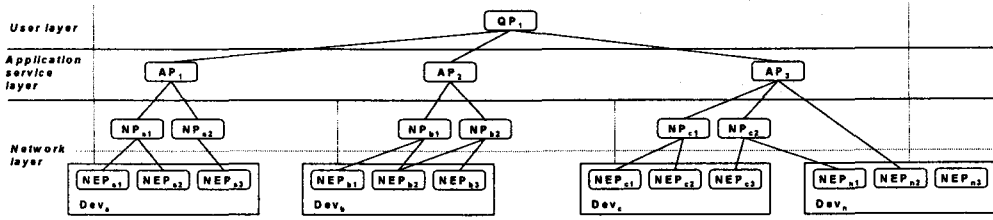
1960 년도 인터넷의 등장과 이동 통신 기술의 출현 이후 전세계 통신 환경은 혁신적인 발전을 해왔다 [1]. 특히 이동 통신 환경의 발전은 시간과 장소에 구애 받지 않는 네트워크 환경을 제공함으로써, 사용자로 하여금 언제 어디서나 네트워크 서비스를 받을 수 있게 하였다. 그러나 네트워크와 네트워크 구성 요소가 폭발적으로 증가하는 것에 비하여, 서비스 및 서비스 품질 관리 기술의 발전은 미미하였다. 또한 근래에 들어 이동 통신 뿐만 아니라 모든 통신 서비스, 나아가 모든 서비스 영역에서 서비스의 종류와 그 수준이 다양해 졌고, 서비스 제공자들 또한 동종의 서비스 영역에서 그 수가 눈에 띄게 증가하였다. 이에 따라 사용자들은 과거와 같이 제공되는 서비스의 내용에 의해 서비스를 선택하기보다는 서비스의 품질에 따라 서비스를 선택하려는 경향이 강해지

고 있다. 결과적으로 서비스 제공자들과 네트워크 운영자들은 그들이 제공하는 서비스의 품질(QoS)을 고려하지 않으면 안될 시기에 접어들었다.

QoS 는 사용자의 주관이 크게 작용하는 결과로서, 서비스 제공자의 일방적인 평가만으로는 의미가 없다. 따라서 이를 명백한 평가의 근거를 제공하기 위해서는 보다 객관적이고 수치적인 평가지침 혹은 기준이 필요하다. 또한 종단 사용자(End User)에 의하여 서비스 품질이 좋고 나쁨을 평가 받기 때문에, End-to-End QoS(E2E QoS) 관리를 통해서 QoS 관리 혹은 개선을 얻어낼 수 있다.

본 논문에서는 무선 인터넷 환경에서, 특히 이동 단말을 이용한 무선 인터넷 서비스에서 QoS metrics 를 구성함으로써, 실제적인 E2E QoS 관리 방안을 모색하고, 각 계층별 성능 인자들과 QoS 의 관계를 분석하여 QoS 관리 기술의 기초를 제시하고자 한다. 2 장에서는 QoS 와 QoS metrics 에 대한 설명을 하고, 3 장에서는 QoS 인자

QP : QoS Parameter
 AP : Application Performance Parameter
 NP : Network Performance Parameter
 NEP : Network Element Parameter



(그림 1) 네트워크 계층과 QoS 인자 관계

(parameter)와 서비스/네트워크 성능 인자를 살펴본다. 그리고 4 장에서는 이전 장에서의 인자들간의 연관 관계를 사상(mapping)하여, QoS metrics 를 구성한다. 마지막 장에서는 QoS metrics 를 이용한 QoS 관리 모델의 개요와 향후 구현 계획에 대하여 알아본다.

2. QoS 와 QoS Metrics

2.1 QoS(Quality of Service)

QoS(Quality of Service)란 서비스에 대해서 네트워크 자원을 할당하는 능력과 서비스가 필요로 하는 자원을 정확하게 제공하는 네트워크의 신뢰성으로 나타난 서비스 결과의 수준이라 정의할 수 있다. 이는 서비스에 대한 자원 할당을 결정하는 능력을 평가하는 기준이 되며, 서비스가 요구하는 자원과 환경을 제어한 결과로 나타나는 네트워크 서비스의 신뢰성과 예측 가능성을 평가하는 척도로서 이용될 수 있다 [2][3].

QoS 는 사용자의 주관이 크게 작용하는 결과로서, 즉 중단 사용자가 서비스 품질의 좋고 나쁨을 판단하기 때문에, 제공자가 일방적으로 평가해서는 무의미하다. 따라서 이를 효율적으로 관리, 제어, 향상하기 위해서는 보다 객관적이고 수치적인 평가지침 혹은 기준이 필요하다.

2.2 QoS Metrics

본 논문에서 QoS metrics 는 QoS 에 영향을 미치는 인자를 네트워크 구조, 서비스 경로, 서비스 종류 등에 따라 계층별로 분류하여 사상(mapping)한 것으로 정의한다. 사용자 수준의 QoS 인자부터 응용 서비스, 네트워크 계층의 성능 인자까지 사상함으로써, 사용자 수준에서 중단 사용자가 어떤 서비스 품질의 저하를 인식할 때, 그 품질에 영향을 미치는 하위 계층의 성능 인자를 알 수 있도록 한다. 즉, 사용자 수준의 QoS 인자는, (그림 1)과 같이, 여러 개의 응용 서비스 계층 성능 인자와 사상되어 있으며, 마찬가지로 어플리케이션 계층 성능 인자는 여러 개의 네트워크 계층의 성능 인자와 사상되어 있다. 따라서 각 인자간의 영향 관계는 도표화될 수 있으며, 관리자 입장에서 문제에 대한 효율적인 대응을 가능하게 한다. 이러한 metrics 가 가능한 이유는, 사용자 수준의 E2E QoS 와 응용 서비스 계층의 성능은 네트워크 계층의 성능과 구분하여 생각할 수 없기 때문이다 [5][6]. 즉, 네트워크 계층의 성능이 사용자 수준의 E2E QoS 와 응용 서비스 계층의 성능에 영향을 미치며, 네트워크 계층 성능 인자의 산술적 혹은 논리적 합으로 응용 서비스 계층 성능 인자와 사용자 수준의 E2E QoS 인자를 유추할 수 있다는 이유에서이다.

(그림 1)은 QoS metrics 에서 사용자 수준의 QoS 인자로부터 네트워크 요소(network element)의 성능 인자까지

의 영향 관계를 사상한 예이다. 특정 서비스에 대한 논리적인 경로와 네트워크 구성요소, 그리고, 사용자 수준의 QoS 인자와 네트워크 요소까지의 성능 인자의 관계를 개념적으로 보이고 있다. (그림 1)과 같은 사상도(mapping diagram)는 사용자 입장에서 E2E QoS 인자들에 대한 응용 서비스 수준, 네트워크 수준 인자들의 상관 관계는 계층적 그래프(hierarchical graph) 구조를 보인다. 최상위의 사용자 수준 QoS 인자는 직접적인 하위 계층인 응용 서비스 수준의 성능 인자들의 영향을 받으며, 응용 서비스 수준의 성능 인자들은 다시 네트워크 구간 성능 인자, 네트워크 구성요소 성능 인자들과 관계를 맺고 있다.

위에서 살펴본 바와 같이, QoS Metrics 는 네트워크 혹은 서비스 제공자 입장에서 서비스 품질에 대한 연관 관계를 파악함으로써, 성능 관리의 있어 편리성을 제공한다.

3. QoS 인자와 성능 인자

이전 장에서 QoS 와 QoS metrics 에 대하여 살펴보았다. 이 장에서는 QoS metrics 를 구성하는 각 계층별 QoS 인자와 성능 인자에 대하여 알아본다.

서비스 제공을 위한 네트워크 구조는 수직적인 계층 구조(응용 서비스 계층, 네트워크 계층)로 나타낼 수 있으며, QoS 인자간 연관 관계를 나타내기 위하여, 사용자 수준의 QoS 계층이 포함된다. 따라서 QoS 인자와 서비스/네트워크 성능 인자를 다음과 같이 세 부분으로 나누어 고려한다.

3.1 사용자 수준의 E2E QoS 인자

E2E QoS 인자는 QoS 가 의도된 수준으로 유지되는 지를 감시하거나 평가하기 위해서 필요하며, 이를 기반으로 이동 통신 환경에서의 무선 인터넷 서비스 품질을 나타낼 수 있다. 사용자 수준의 QoS 인자는 추상적인 개념들로 이루어져 있고, 서비스에 대한 중단 사용자의 평가이다.

사용자 수준의 E2E QoS 인자는 <표 1>과 같이 8 가지로 정의할 수 있다.

<표 1> 사용자 수준의 E2E QoS 인자

Parameter	Description
Availability	사용자가 이용하고자 하는 시간에 서비스가 이상 없이 제공되는가에 대한 척도
Reliability	서비스 내용/정보가 올바른 정보인가에 대한 정도
Speed	전송 데이터의 전달 속도
Confidentiality	End-to-End 의 암호화 유무 및 암호화 알고리즘의 강도
Integrity	End-to-End 간 전송시, 전송 데이터가 원치않

	는 변경없이 전달되었는지의 여부
Visibility	무선 인터넷 단말을 통한 영상 인식 용이성의 정도
Audibility	무선 인터넷 단말을 통한 음성 인식 용이성의 정도
Adjustment	사용자가 서비스의 인터페이스 등을 취함에 맞게 조절하거나 요청할 수 있는 정도

3.2 응용 서비스 계층의 성능 인자

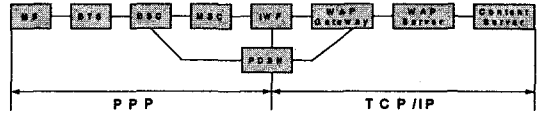
응용 서비스 계층은 응용 프로그램, 서비스 성능 인자들이 포함되는 계층으로, 응용 서비스 수준의 인자들은 사용자의 인지에 의존하기 보다는 수치적으로 측정될 수 있는 성능 인자들 중 응용 서비스의 성능을 평가하는 데 적합한 인자들로 정의한다. <표 2>는 응용 서비스 계층의 성능 인자를 정리한 것이다.

<표 2> 응용 서비스 계층의 성능 인자

Parameter	Description
Frame Rate	중단 사용자가 초당 전송 받는 영상, 음성 프레임 수
Frame Delay	중단 사용자가 일정 세션 내에서 전송 받아야 하는 영상, 음성 프레임의 지연 시간
Frame Jitter	단말기로 전송되는 영상, 오디오 프레임 전송 지연의 변화율
Audio Frame Error Rate	단말기로 전송받은 총 오디오 데이터중 손상되거나 손실된 오디오 데이터율
Video Frame Error Rate	단말기로 전송받은 총 비디오 데이터중 손상되거나 손실된 비디오 데이터율
Playout Delay	중단사용자에게 전송되는 데이터를 재생하는데 생기는 지연
Audio/Video Synchronization	단말기의 화면에 보여지는 영상과 오디오의 동기화 정도
Cache Hit Ratio	Cache의 적중률
Process CPU Occupation Rate	한 프로세스가 점유하는 CPU 비율
Process Memory Occupation Rate	한 프로세스가 점유하는 Me-mory 비율
Server Connection Trial Number	사용자가 최대 접속 시도 가능한 횟수
Server Connection Failure Rate	사용자가 서비스 이용 도중 컨텐츠 서버와의 접속이 실패하는 비율
Service Response Time	사용자가 컨텐츠에 접속하기 위해 소모되는 시간
Contents Download Time	사용자가 단말기로 컨텐츠를 다운로드 받는 데 걸리는 시간
DNS Response Time	서비스에 접속하기 위해 DNS가 응답하는 시간

3.3 네트워크 계층의 성능 인자

현재 무선 인터넷 서비스는 기존의 이동 통신 네트워크와 유선 데이터 네트워크를 병행 사용하기 때문에, 네트워크를 특성에 따라 구분할 필요가 있다. 또한 이들 네트워크에서는 전송 프로토콜로 각각 PPP와 TCP/IP를 사용하고 있다. 이에 따라 네트워크 계층의 성능 인자 역시 네트워크와 프로토콜 별로 다르게 정의한다. (그림 2)은 무선 인터넷 서비스를 제공하는 네트워크 기본 구성 요소와 전송 프로토콜을 나타내고 있다. <표 3>은 PPP 네트워크, <표 4>는 TCP/IP 네트워크의 성능 인자를 나타낸 것이며, <표 5>는 TCP/IP 네트워크 구성 요소의 성능 인자를 나타낸 것이다.



(그림 2) 무선 인터넷 서비스의 네트워크 계층 전송 프로토콜

<표 3> PPP 네트워크의 성능 인자

Parameter	Description
Call Setup Failure Rate	호 설정 과정 중, 발생하는 문제로 인하여 호 설정이 실패할 확률
Call Setup Delay	이동 단말기에서의 호 설정 요청이 수락할 때까지의 시간
Call Drop Rate	이동 단말기가 정상적인 종료 절차를 거치지 않고 중단된 확률
Current Call Count	현재 연결된 Call의 개수
Current Session Count	현재 열린 Session의 개수

PPP 네트워크의 성능 인자와 구성 요소의 성능 인자는 TCP/IP 네트워크의 성능 인자를 포함한다.

<표 4> TCP/IP 네트워크의 성능 인자

Parameter	Description
Throughput	단위 시간당 처리할 수 있는 데이터 양, 즉 처리량
Transmission Error Rate	데이터 전송중 발생하는 에러의 비율
Availability	네트워크, 장비, 시스템 혹은 응용 프로그램의 사용 가능함의 정도
Response Time	두 지점(Source-Destination)을 왕복하는데 필요한 시간
Jitter (Delay Variation)	지연의 변화율
Network Utilization	주어진 시간 동안 실제로 네트워크가 이용된 비율
CPU Utilization	주어진 시간 동안 실제로 CPU가 이용된 비율

<표 5>는 TCP/IP 네트워크 구성 요소의 성능 인자로서, 각 구성 요소 자체에서 측정 가능하거나, 홉(Hop) 간에 측정 가능한 인자이다. 따라서 <표 5>의 성능 인자의 산술적/논리적 합이 <표 4>의 네트워크 성능 인자로 정의된다.

<표 5> TCP/IP 네트워크 구성 요소의 성능 인자

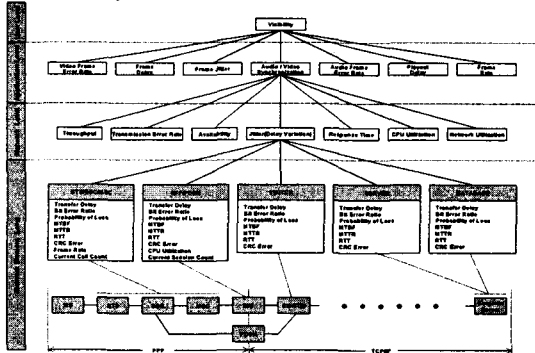
Parameter	Description
Transfer Delay	한 데이터 패킷을 한 지점(S-source)에서 다른 지점(Destination)으로 보내는데 소요되는 시간
Probability of Loss	데이터(패킷)가 네트워크 전송 중에 손실되는 비율
Bit Error Ratio	2진 데이터가 네트워크 혹은 노드에서 잘못된 데이터로 전송된 확률
MTBF	평균 고장 간격
MTR	평균 복구 시간
RTT	왕복 시간
CRC Error	Cyclic Redundancy Check(순환 중복 검사) 에러

4. 인자 사상(Parameter mapping)과 임계값(Threshold)

QoS metrics를 구성하기 위해서는 인자간 연관관계에 따라 각 계층별 인자를 사상하여야 한다. QoS metrics, 즉 사용자 수준의 QoS 인자로부터 네트워크 계층의 성능 인자까지 사상함으로써, 서비스 품질의 문제 발생시

용 서비스 혹은 네트워크 계층의 원인과 대처 방안을 찾고 응용 서비스 혹은 네트워크 계층의 성능을 개선함으로써 중단 사용자가 느끼는 서비스 품질을 향상시키는 등의 E2E QoS 관리를 수행할 수 있다.

(그림 3)은 이동 단말을 통한 VoD Streaming 서비스의 QoS 인자 Visibility와 하위 계층의 성능 인자들과의 사상을 나타낸다. Visibility는 무선 인터넷 단말을 통한 영상 인식 용이성의 정도를 의미하며, 영상의 낮은 해상도, 적은 초당 프레임수, 영상과 음성의 동기화 불량, 재생 지연 등의 문제로 Visibility를 정의할 수 있다. 따라서, (그림 3)과 같이, 응용 서비스 계층은 6가지의 성능 인자가 Visibility와 사상된다.



(그림 3) VoD Streaming Service의 사용자 수준의 QoS 인자 관계 - Visibility

응용 서비스 계층의 Audio/Video Synchronization은 네트워크 계층의 모든 성능 인자와 관계된다. Audio/Video Synchronization뿐만 아니라, 이외의 응용 서비스 계층의 성능 인자는 대부분 네트워크 계층의 모든 성능 인자와 사상이 된다. 이는 응용 서비스 계층의 성능 인자는 네트워크 계층의 일반적인 성능에 영향을 받기 때문이다. 또한 네트워크 특성상 어떤 성능 인자의 값이 증가하거나 임계값을 초과할 때, 또 다른 네트워크 계층의 성능에 영향을 주기 때문이다. 예를 들어, Throughput이나 Network Utilization이 증가하면, Response Time이나 Delay, Jitter가 증가한다.

그러나 각 사상에는 중요도의 차이가 있다. 예를 들어 (그림 3)의 경우, 응용 서비스 계층의 Audio/Video Synchronization은 네트워크 계층의 성능 인자 Availability에 영향을 받아, 서비스를 제공할 수도 있고 못할 수도 있다. 또한 Network Utilization과 Jitter의 영향을 많이 받는 반면, Transmission Error Rate의 영향은 적다.

네트워크 계층과 네트워크 구성 요소의 사상은 응용 서비스 계층과 네트워크 계층의 사상과 마찬가지로, 대부분의 네트워크 구성 요소의 성능 인자와 사상이 된다. 이는 네트워크 구성 요소의 성능의 향상과 저하는 네트워크의 모든 성능 인자에 영향을 주고 있다는 것을 뜻한다. 예를 들어 (그림 3)에서 네트워크 계층의 Jitter는 각 네트워크 구성 요소와 연관 관계를 가지고 있으며, 특정한 구성 요소에서 장애나 데이터 애러를 증가시 전체 네트워크의 데이터 전송이 지연되는 등의 문제가 발생하는 것을 알 수 있다.

네트워크 특성과 구성 요소의 특성에 따라 성능 인자

의 사상은 차이가 있으며, 사상에 있어서의 중요도는 성능 인자의 성능 임계값을 설정하는 것에도 관여를 한다. 예를 들어 VoD Streaming 서비스의 경우 Transmission Error Rate의 임계값은 0.5%라면, eCommerce 서비스의 경우는 0%이어야 하기 때문이다.

이와 같이 계층별 사상은 서비스와 성능 인자의 중요도와 임계값에 따라 다르게 이루어진다. 이렇게 QoS metrics를 구성함으로써, QoS 인자의 품질 저하 시, 계층별 사상을 통하여 네트워크 구성 요소의 장애나 성능 저하까지 판단할 수 있다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 QoS metrics와 계층별 QoS 및 성능 인자에 대하여 살펴보았다. QoS metrics는 사용자 수준의 QoS 인자부터, 네트워크 계층의 성능 인자까지, 연관 관계에 따라 분류, 사상한 것이다.

네트워크/서비스 제공자는 QoS metrics를 이용하여 서비스 품질에 대한 객관적인 평가를 할 수 있다. 이는 하위 계층, 즉 네트워크 계층으로부터의 성능인자 측정값과 그 임계값의 수치적, 논리적 관계로서 사용자 수준의 QoS 인자를 정의할 수 있기 때문이다.

앞으로 지속적인 연구를 통하여 인자간 연관 관계와 임계값을 도출하고, DB 화하여 자동화된 도구로 구현할 계획이다. 또한 웹(Web) 혹은 응용 프로그램으로 네트워크 토폴로지 상에서 인자 관계를 표시하며, 각 인자를 측정하여 서비스 품질 저하나 네트워크 구성 요소의 장애 발생시 대처 방안을 제시할 수 있는 QoS 관리 도구를 구현할 것이다.

QoS metrics는 인자간 연관 관계와 임계값이 증명되고, 자동화된 응용 프로그램으로 완성된다면, 단말기와 무선 이동 통신 환경에서, 수치화되지 않고 피상적인 E2E QoS 관리의 효율을 높이고 종합적인 네트워크 성능 향상에 큰 성과를 이룰 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] Michael Hauben, "History of ARPANET", <http://www.dei.isep.ipp.pt/docs/arpa-Contents.html>.
- [2] Paul Ferguson, Geoff Huston, 'Quality of Service', Wiley Computer Publishing, 1998.
- [3] Geoff Huston, 'Internet Performance Survival Guide: QoS Strategies for Multiservice Networks', John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- [4] ITU-T Recommendation E.800, "Quality of Service and Dependability vocabulary".
- [5] ITU-T Recommendation I.350, "General Aspects of Quality of Service and Network Performance in digital networks, including ISDNs".
- [6] ITU-T Recommendation I.380, "Internet Protocol Data Communication Service - IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters".
- [7] 3GPP, TR 22.925, "Quality of Service and Network Performance".
- [8] 3GPP2 S.R0021, "Multimedia Streaming Services - Stage 1".