

와이브로를 통한 음성서비스의 품질과 무선 채널 품질과의 통계적 상관관계 분석

김범준*

The analysis of the relation between the quality of voice service and the quality of the wireless channel over a WiBro network

Beom-Joon Kim*

요 약

본 논문은 사용자 체감 품질에 관한 것으로서 특히 주관적인 측면을 포함하는 사용자 체감 품질을 어떻게 객관적인 방법으로 평가할 수 있는지에 관한 것이다. 본 논문은 현재 상용화되어 사용되고 있는 와이브로 무선 접속 인터페이스를 통해서 음성 서비스가 제공되는 경우에 다양한 품질 지표들의 값의 변화를 실제 측정하고 이들 간의 상관관계를 분석하여 음성 서비스의 사용자 체감 품질을 객관적으로 평가하고자 한다. 분석 결과 와이브로를 통한 음성 서비스의 사용자 품질은 네트워크 계층에서 측정되는 전송 지연과 높은 상관관계를 보였고 다시 전송 지연은 무선 채널의 RSSI와 높은 상관관계를 가진다는 점을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

This paper addresses quality of experience(QoE) and how to measure and evaluate QoE including its subjective aspects. Adopting the real measurements on the field, a various quality metric have been measured for VoIP(voice over IP) service provided through a wireless interface of WiBro(Wireless Broadband). By analyzing the measured values and correlation between the metrics, we attempt to find a method to evaluate QoE of the VoIP service in a objective way. As a result, it has been shown that QoE of the VoIP service through WiBro network has close relation to the packet-level end-to-end delay, and the delay has close relation to received signal strength indicator(RSSI).

키워드

QoE(Quality of Experience), VoIP(Voice over IP) Service, WiBro(Wireless Broadband), Measurement, Correlation, RSSI(Received Signal Strength Indicator), MOS
사용자 체감 품질, VoIP 서비스, 와이브로, 품질 측정, 상관관계, RSSI, MOS

1. 서 론

작년 말 정부의 미래창조과학부 산하 방송통신위원회에서는 국내 이동통신 3사가 제공하는 이동통신 서

비스에 대한 품질 평가를 실시하고 그 결과를 ‘2013 통신서비스 품질평가 보고서’를 발표한 바 있다. 이를 살펴보면 품질 평가의 가장 중요한 기준으로서 평균 전송 속도를 선정하고 이에 대한 측정 결과를 품질로

* 교신저자(corresponding author) : 계명대학교 전자공학과(bkim@kmu.ac.kr)

접수일자 : 2014. 04. 01

심사(수정)일자 : 2014. 05. 21

게재확정일자 : 2014. 06. 16

제시하고 있다.

평균 전송 속도를 통신 서비스의 품질로 인식하게 된 것은 상당히 오래 전 일이다. 과거 1990년대 중반 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) 등을 통한 가정에서의 고속 인터넷 접속 서비스가 시작되면서 이의 서비스 품질을 평가하기 위한 대표적인 지표로서 평균 전송 속도가 도입되었고 이후 유선 접속인지 무선 접속인지의 여부에 관계없이 지금까지 지속적으로 ‘통신 서비스의 품질 = 전송 속도’라는 등식이 성립되고 있다.

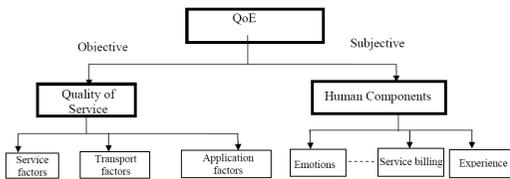


그림 1. QoE와 QoS의 관계
Fig. 1 Relationship between QoE and QoS

그런데 최근 이메일, 파일 다운로드, 웹 등과 같은 일반 데이터 외에 인터넷을 통해서 제공되는 음성이나 영상과 같은 실시간 멀티미디어 서비스에는 위의 등식은 더 이상 적합하지 않게 되었다. 영상 서비스를 예로 들어 보면 1시간 동안 원활하게 나타났던 화면이 결정적인 아주 짧은 순간에 멈추거나 깨져버리는 경우가 발생한다면 과연 이 영상 서비스의 서비스 품질이 좋다고 할 수 있을까? 아마 1시간 동안 평균 전송 속도는 매우 높은 값을 유지했을 가능성이 있음에도 불구하고 답은 ‘그렇지 않다’일 것이다.

위의 한 극단적인 예에서 살펴본 바와 같이 최근에는 단순히 전송 속도가 아닌 실제 사용자가 느끼는 서비스 품질에 대한 관심이 크게 증가하고 있는데 이를 흔히 사용자 체감 품질(Quality of Experience; QoE)라고 한다[1]. QoE는 IP 네트워크상에서 전송되는 패킷 단위로 측정되는 서비스 품질(Quality of Service ; QoS)[2-3]에 사용자의 주관적인 서비스에 대한 느낌이나 경험이 추가적으로 반영되는 상위 개념이라 할 수 있다. 즉, 그림 1에서 나타난 바와 같이 어떤 서비스에 대한 QoE는 QoS라는 객관적인 요소와 사용자의 감정과 같은 주관적인 요소로 구성되는 것으로 이해할 수 있다. 만약 그렇다면 QoS의 저하가

QoE의 저하로 이어지는 것은 매우 당연한 현상이다.

IP 네트워크를 통한 패킷 기반 서비스의 제공은 전송 효율의 극대화라는 장점에도 불구하고 일정한 수준의 QoS를 보장할 수 없다는 단점을 가지고 있다 [4]. 이러한 문제점은 IP 서비스의 본질적인 BE (Best Effort) 특성으로 인한 것이기 때문에 IP 네트워크를 통해서 서비스가 이루어지는 한 이를 근본적으로 해결하는 것은 쉽지 않다. 지금도 인터넷에서는 이로 인한 서비스 품질 저하 현상이 심심찮게 발생하고 있지만 웹이나 파일 전송과 같은 실시간성을 띄고 있지 않은 데이터 서비스의 경우 이는 그다지 큰 문제로 작용하지 않는다. 그러나 전화나 IPTV와 같이 실시간으로 제공되는 서비스의 경우 IP 네트워크 상의 QoS의 저하는 결과적으로 QoE의 저하로 이어질 수 있다[4].

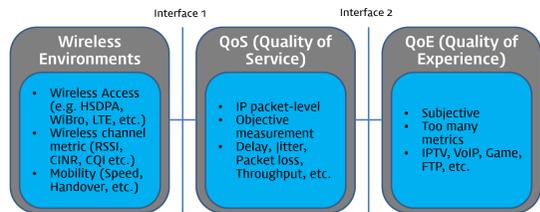


그림 2. 본 논문의 연구 범위
Fig. 2 The research scope of this paper

앞에서 살펴본 QoS의 저하로 인한 QoE의 저하는 3G HSPA (High-Speed Packet Access)[5], 와이브로 (WiBro), LTE (Long-Term Evolution)와 같은 무선 접속 네트워크를 통해서 서비스가 제공되는 경우 더 심각한 문제가 될 수 있다. 왜냐하면 무선 채널 상에서 전송되는 신호는 감쇄, 왜곡, 페이딩, 단말의 이동 등 다양한 요인에 의해서 신호의 품질이 저하될 수 있기 때문이다[1].

지금까지 무선 접속을 통해서 제공되는 서비스의 QoE에 대한 많은 연구가 이루어져왔다[6-7]. 이들 대부분은 객관적으로 측정 가능한 QoS의 변화에 따른 QoS를 추정하기 위한 것이었다. 그러나 수많은 QoS 지표들 가운데 어떤 것이 QoE에 결정적인 영향을 미치는 지에 대해서는 아직도 명확하게 밝혀진 바 없으며 특히 실제 사업자가 주로 측정하는 무선 품질 지표가 QoE에 어떤 영향을 미치는 지에 대해서도 거의

연구가 이루어져 있지 않다. 따라서 그림 2에 나타난 바와 같이 무선 환경과 QoS와의 상관관계(인터페이스 1)를 분석하고 다시 QoS와 QoE와의 상관관계(인터페이스 2)를 분석함으로써 무선 환경에서 제공되는 서비스의 QoE를 분석하기 위한 기본 원리를 이해하고자 하는 것이 본 논문의 목적이라 할 수 있다. 이를 위해서 본 논문에서는 실제 와이브로 네트워크에서 패킷 기반의 음성 서비스[2],[8]가 제공되는 경우에 대해서 다양한 품질 지표에 대한 측정을 실시하였으며 그 결과를 분석하여 품질지표들 간의 상관관계를 도출하였다.

II. 기존 연구에 나타난 QoE와 QoS의 관계

지금까지 QoS와 QoE와의 상관관계를 도출하기 위한 많은 연구가 이루어져 왔다[6-7]. 이들 대부분은 그림 1에 나타난 바와 같이 객관적인 측정이 가능한 QoS를 QoE를 이루는 하나의 구성 요소로 간주하고 QoS를 측정함으로써 QoE를 추정하고자 하고 있다. 즉 객관적이고 정량적으로 측정이 가능한 QoS를 통해서 사용자가 인식하는 QoE의 수준을 유추하고 이를 기반으로 사용자가 일정한 수준 이상의 품질을 체감할 수 있는 QoS를 기준으로 네트워크 전반을 관리하는 체제를 구축하자는 것이다. 이 과정에서 도출된 QoE와 QoS의 일반적인 상관관계는 그림 3과 같다[7].

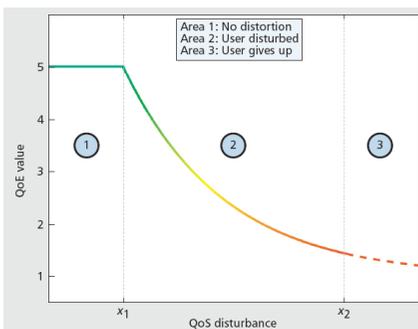


그림 3. QoE의 모형과 구성요소
Fig. 3 QoE model and component

그림 3에 나타난 QoE의 변화는 x축의 QoS의 변화에 따라서 다음과 같이 크게 세 단계로 구분될 수 있다.

- ①단계 : QoS의 저하가 QoE에 영향을 미치지 않는 단계
- ②단계 : 어떤 임계값(X_1)를 넘어선 QoS의 저하가 직접적으로 QoE에 영향을 미쳐 QoE 역시 감소하는 단계
- ③단계 : QoS가 두 번째 임계값(X_2)를 넘어서서 QoE는 사용자가 받아들이기 어려운 수준으로 감소하여 이 후로는 거의 변화하지 않는 단계

이와 같은 모델이 성립한다면 QoS를 적절하게 제어하여 QoE가 항상 ①의 영역에 머무를 수 있도록 하는 것이 이상적이라 할 수 있다.

그러나 위와 같은 관계에 의해서 네트워크를 유지 및 관리하는 것은 간단한 문제가 아니다. 특히 물리적인 매체를 통한 신호의 전송이 매우 안정되어 있는 유선 네트워크와는 달리 라디오 전파라는 무선 전송 매체를 사용하는 무선 접속 네트워크를 이용하여 서비스를 제공하는 경우 QoS는 매우 많은 요인에 의해서 영향을 받을 수 있고 그 결과 QoE에도 영향을 미칠 것이다. 예를 들어 3G 시스템의 경우 수십 개 이상의 무선 채널을 품질을 나타내는 품질 지표가 존재하기 때문에 모든 품질 지표들을 대상으로 그림 3에서와 같은 관계를 모니터링 하여 관리한다는 것은 거의 불가능에 가깝다[9].

표 1. 측정 대상 품질 지표
Table 1. Quality metrics for measurement

Quality metric	
Wireless Metric	RSSI (Received Signal Strength Indicator)
	Tx Power (Transmission Power)
	CINR (Carrier to Interference-Noise Ratio)
Network Metric	Bandwidth, Delay, Jitter, Packet loss ratio
VoIP Metric	R-value, MOS (Mean Opinion Score)

III. 품질 지표 선정 및 측정

3.1 대상 서비스 및 품질 지표의 선정

무선 접속을 통한 음성 서비스의 품질에 영향을 미칠 수 있는 품질 지표들을 전송 계층을 기준하여 무선 품질 지표 (wireless metric), 네트워크 품질 지표 (network metric), 그리고 VoIP 서비스 품질 지표 (VoIP metric)의 세 개의 계층으로 구분하였다[9]. 표 1에는 와이브로 시스템을 통한 음성 서비스의 품질에 영향을 미칠 수 있는 여러 품질 지표들 가운데 측정 가능한 대표적인 품질 지표로 선정된 것들을 계층별로 정리한 것이다.

무선 품질 지표로는 물리 계층에서 실제 전송되는 신호 단위의 품질을 나타내는 지표로서 수신 신호의 강도를 나타내는 RSSI (Received Signal Strength Indicator)와 Tx Power (Transmission Power)를 선정하였다. 그리고 잡음 대비 유효한 신호의 세기를 나타내는 품질 지표로서 CINR (Carrier to Interference Noise Ratio)를 선정하였다[9-10].

네트워크 품질 지표로는 가장 대표적이면서도 가장 일반적으로 알려져 있는 대역폭, 지연, 지터, 패킷손실률을 선정하였다. 이들 지표의 값을 측정하기 위해서 IETF (Internet Engineering Task Force)에 의해 발간된 표준 문서를 참조하여 RTP (Real-time Transport Protocol)와 RTCP (Real-time Transport Control Protocol)가 제공하는 정보를 이용하도록 하였다.

마지막으로 최상위 품질 지표인 VoIP 품질 지표로는 R 값(R-value)과 MOS (Mean Opinion Score)를 선정하였다. 측정된 네트워크 품질 지표들의 값을 이용하여 E-Model에 근거한 R 값을 산출하고 이를 근거로 최종적으로 MOS 값을 산출할 수 있다.

3.2 MOS 값의 측정

음성 서비스의 사용자 체감 품질을 측정하기 위한 방법으로는 PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality)와 E-Model 두 가지 방법이 있다[9]. 두 가지 방법 모두 ITU-T에 의해서 표준 권고안으로 발간되었기 때문에 상황에 따라서 두 가지 가운데 하나를 선택하여 사용하는 것이 가능하다.

본 논문에서는 특정 소프트웨어를 사용자 단말에 설치하여 음성 서비스의 MOS를 측정하는 방식이기 때문에 시험 음성의 입력을 요구하는 PESQ는 적용하는 것이 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 E-Model

에 기반하여 MOS를 측정하였다.

E-Model은 인터넷과 같은 데이터 네트워크 특유의 손실, 지연 등을 고려할 수 있기 때문에 데이터 네트워크를 통한 음성 품질 평가에 적용될 수 있다. E-Model은 전체 전송과 관련한 다양한 독립적인 요소들을 각각의 파라미터로 분류하여 이들 파라미터간의 관계를 이용하여 사용자체감품질을 평가하게 된다. 그 결과 R 값이라고 불리는 단일 값이 산출되는데 이는 종합적인 음성 서비스의 전송 품질을 나타낸다. R 값은 아래의 식 (1)과 같이 신호 대 잡음비를 품질의 정도라고 간주한 후 그 정도에서 음성신호, 지연, 주변장치(예: 코덱) 등이 품질에 미치는 모든 손실 요소들을 차례로 빼나가는 형태로 산출되게 된다.

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_{e-eff} + A \quad (1)$$

- R_0 : 회선 잡음, 송신/수신실 내 경음, 가입자 선 잡음에 의한 주관적인 품질저하
- I_s : OLR (Overall Loudness Rating), sidetone, 양자화 변형에 의한 주관적인 품질 저하
- I_d : 송신한 사람의 예코, 수신한 사람의 예코, 절대지연에 의한 주관적 품질 저하
- I_{e-eff} : 저비트율 부호화, 패킷/ 셀 손실 등에 의한 주관적 품질 저하
- A : 모바일 통신 등의 편리성이 주관적 품질(만족도)에 끼치는 영향을 고려한 값

위 식 (1)에 의해서 산출되는 R 값은 다음 관계식 (2)에 의해 MOS 값으로 변환되는데 특히 이 경우의 MOS 값을 MOS-CQE (Conversational Quality Estimated)라 한다.

$$MOS = \begin{cases} 1, & \text{for } R \leq 0 \\ 1 + 0.035R + R(R - 60) \\ \quad \times (100 - R)7 \times 10^{-6}, & \text{for } 0 < R < 100 \\ 4.5, & \text{for } R \geq 100. \end{cases} \quad (2)$$

3.3 품질 측정 소프트웨어

와이브로 네트워크를 통해서 제공되는 음성 서비스의 품질을 측정하기 위하여 서비스 품질을 사용자 단말에서 직접 측정할 수 있도록 개발된 품질 측정 소프트웨어를 활용하였다[9]. 한국정보화진흥원(NIA)에서 개발한 이 품질 측정 소프트웨어는 현재 국내에

상용화된 패킷기반의 무선접속 시스템인 와이브로 시스템을 지원하여 사용자 단말기에서 다양한 품질 지표를 측정하는 것이 가능하다.

3.4 측정 환경

와이브로 시스템을 통한 패킷기반 음성 서비스의 품질 측정을 수행하기 위한 측정 환경을 다음과 같이 구축하였다.

측정을 위한 이동 단말은 노트북으로 구현하였다. 이는 윈도우즈 모바일과 그 외의 다른 운영 체제를 사용하는 스마트폰의 경우 아직 Active X 방식의 품질 측정 소프트웨어의 설치가 불가능한 어려움이 있기 때문이다. 이와 관련하여서는 향후 추가적인 보완이 이루어질 예정이다.

음성 서버에서 발생한 음성 전화 트래픽은 상용 인터넷과 와이브로 네트워크를 통하여 이동 단말에 수신된다. 음성 트래픽이 발생하도록 함에 있어 현재 사용되고 있는 코덱들 가운데 가장 통화 품질이 좋은 64kbps의 G.711과 압축률이 높아 스마트 폰이나 인터넷 전화에서 가장 보편적으로 사용되는 8kbps의 G.729의 두 가지 대표적인 코덱을 선정하였고 일정한 양의 데이터가 일정한 주기로 발생하는 음성 트래픽의 특징을 모델링하여 구현하였다.

한 번의 측정 시간인 300초 동안 표 1에 나타난 각 품질 지표들의 값을 5초마다 측정하여 나온 60개의 값을 평균하여 최종적인 하나의 샘플 데이터가 만들어진다. 실제 인터넷 이동 전화 서비스가 이루어지는 실제 환경에 가까운 측정을 위해서 실내/정지, 실내/이동, 실외/정지, 실외/이동(도보), 실외/이동(지하철)의 총 다섯 가지 시나리오를 설정하였으며 각 시나리오 별 반복적인 측정을 통하여 대량의 샘플 데이터를 얻을 수 있었다.

IV. 측정 결과 및 분석

4.1 측정 결과 요약

표 2에는 각 품질 지표 별로 측정을 통해서 얻은 1,000개의 샘플에 대한 결과를 요약하였다. 음성 트래픽이 G.711 코덱과 G.729 코덱을 통해서 발생하는 두 가지 경우에 대해서 총 7개의 품질 지표들에 대하여 측정된 최대값, 최소값, 평균값을 보여준다.

측정된 대역폭은 평균적으로 업링크의 경우 2Mbps 이상의 값을 보였고 다운링크의 경우 7Mbps 내외였다. 이는 G.711 코덱이 64kbps, G.729코덱이 8kbps의 비율로 음성 트래픽을 발생시킨다는 점을 고려할 때 이들을 전송하기에 충분한 대역폭이라 할 수 있다. 그 결과 측정된 MOS 값 역시 평균적으로 4를 넘는 좋은 결과가 나왔음을 확인할 수 있다. G.729 코덱의 경우 측정된 MOS 값이 4를 넘지 못했는데 이는 압축을 사용하기 때문에 네트워크의 전송 상태와 상관없이 음원 자체적인 것으로 해석할 수 있다.

4.2 품질 지표 간 상관관계

표 3은 각 품질 지표 별로 측정된 값들 간 상관관계를 정리한 것이다. 상관관계는 절대 값을 기준으로

표 2. 측정 결과 요약
Table 2. Summary of the measured results

와이브로 네트워크		G.711	G.729
RSSI (dBm)	Max.	-48.00	-47.00
	Min.	-55.00	-56.00
	Avg.	-49.86	-49.90
Tx Power (dB)	Max.	23.00	21.00
	Min.	6.00	5.00
	Avg.	14.77	14.83
CINR (dB)	Max.	21.00	22.00
	Min.	17.00	18.00
	Avg.	20.36	20.30
Average bandwidth (Mbps)	Uplink	2.26	2.44
	Downlink	7.07	7.09
Delay (msec)	Max.	171.88	156.25
	Min.	58.00	109.36
	Avg.	122.16	129.47
Jitter (msec)	Max.	97.65	83.18
	Min.	12.00	14.01
	Avg.	22.86	22.51
MOS	Max.	4.36	4.02
	Min.	4.32	3.96
	Avg.	4.34	4.00

표 3. 품질 지표 간 상관관계
Table 3. Correlation between the metrics

상관관계		G.711				G.729			
		MOS	R-value	Delay	Jitter	MOS	R-value	Delay	Jitter
와이브로 Wireless Metric	RSSI	0.18039	0.12622	0.93420	0.07122	-0.21981	0.03499	-0.03499	0.04907
	CINR	0.00424	-0.01170	0.01144	0.07668	-0.21981	0.04522	-0.04522	0.04810
	TxPower	0.03178	0.01297	-0.01209	-0.06964	0.00000	-0.00600	0.00600	0.04488
G.711	MOS		0.93420	-0.93440	0.20932				
	R-value			-0.99978	0.22233				
	Delay				-0.21981				
	Jitter								
G.729	MOS					0.00000	0.00000	0.00000	
	R-value						-1.00000	0.26630	
	Delay							-0.26630	
	Jitter								

0과 1사이의 값을 가지고 1에 가까울수록 상관관계가 높은 것으로 해석이 가능하다. 예를 들어서 G.711의 MOS와 R-value의 상관관계는 0.934로 매우 높은 상관관계를 가지는 것을 볼 수 있는데 이는 MOS가 R-value로부터 유도된다는 점을 생각하면 당연한 결과라 할 수 있다.

G.711 코덱을 사용하는 경우와 G.729 코덱을 사용하는 경우 전송되는 데이터 양이 달라질 수 있고 그에 따른 지연, 지터 등에도 변화가 있을 수 있어 별도로 상관관계를 산출하였다. G.729 코덱을 사용하는 경우에도 동일한 이유에 의해서 MOS와 R-Value는 0.9 이상의 아주 높은 상관관계를 나타내었다.

한 가지 흥미로운 점은 두 개의 코덱을 사용하는 경우 모두 MOS와 전송 지연이 0.9이상의 아주 높은 상관관계를 보인다는 점이다. 따라서 음성 서비스의 사용자 체감 품질에 가장 큰 영향을 미치는 네트워크 레벨의 품질 지표를 전송 지연이라 할 수 있다는 것인데 음성 서비스가 실시간 서비스이면서도 양쪽에서 상호 주고받는 서비스임을 고려하면 매우 타당한 결과라 할 수 있다. 즉 전송 지연이 큰 경우 상대방의 응답이 더디게 느껴지고 이로 인하여 사용자 체감 품질은 떨어질 수 있다.

본 연구를 통해서 풀고자 했던 또 다른 중요한 질문은 “음성 서비스의 사용자 체감 품질인 MOS 값에 어떤 무선 품질 지표가 가장 큰 영향을 줄 것인가”였다. 이에 대한 해답을 얻기 전에는 아마도 Ec/Io가 MOS와 가장 큰 상관관계를 가지지 않을까라고 예상했다. 왜냐하면 RSSI는 잡음이나 간섭을 포함한 신호 자체의 세기를 나타내는 지표인 반면 Ec/Io는 잡음 대비 실제 신호의 세기의 비를 나타내는 - 신호의 품질을 나타내는 - 품질 지표이기 때문이다.

그러나 실제로는 RSSI의 영향이 더 크다는 것을 알 수 있었는데 G.711 코덱을 사용하는 경우 RSSI와 전송 지연은 0.96482라는 높은 상관관계를 가지고 다 시 전송 지연과 MOS는 -0.96316이라는 높은 상관관계를 가지는 것을 확인할 수 있었다. 이에 대한 원인은 분석 중에 있는데 현재로서는 표 2에서 본 바와 같이 측정 과정에서 CINR이 충분히 높은 값을 유지하였고 그에 따라서 다운링크, 업링크 속도가 음성 트래픽을 서비스하는데 필요한 64kbps보다 훨씬 더 높은 전송속도를 제공한 것과 연관이 있을 것으로 판단하고 있다. G.729 코덱을 사용하는 경우에는 어떤 무선 품질 지표와도 일정 수준 이상의 상관관계를 보이지 않았는데 이 역시 G.729 코덱이 요구하는 전송속

도를 훨씬 상회하는 대역폭이 제공되었기 때문으로 짐작하고 있다.

V. 결론

본 논문에서는 와이브로 네트워크에서 제공되는 음성 서비스에 대한 다양한 품질 지표의 측정을 통해서 각 품질 지표들 간의 상관관계를 분석하였다. 결과를 통해서 알 수 있었던 것은 RSSI와 전송지연이 높은 상관관계를 가지고 다시 전송지연은 음성 서비스의 사용자 체감 품질인 MOS와 높은 상관관계를 가진다는 것이다. 즉 이는 무선 접속 네트워크를 통해서 음성 서비스가 제공되는 경우 RSSI가 음성 서비스의 사용자 체감 품질에 영향을 미치는 가장 중요한 지표가 될 수 있다는 점이다.

그런데 와이브로 네트워크를 통한 무선 접속 인터페이스가 제공하는 전송 속도는 수 Mbps로 음성 서비스를 위해서 요구되는 최소 전송 속도 - G.711코덱의 경우 64kbps - 보다는 훨씬 높기 때문에 사용자 체감 품질과 무선 품질 지표와의 상관관계를 정확하게 도출하기에는 한계가 있다고 판단된다. 따라서 추후에는 음성 서비스보다는 훨씬 더 높은 IPTV와 같은 영상 서비스에 대한 사용자의 체감 품질과 무선 품질 지표 간 상관관계에 대한 연구를 진행할 계획이다.

References

- [1] S. Barakovic and L. Skorin-Kapov, "Survey and Challenges of QoE Management Issues in Wireless Networks," *J. of Computer Networks and Communications*, vol. 2013, Hindawi Publishing Corporation, 2013.
- [2] Y. Kim, "Performance of VoIP traffics over MANETs under DDoS Intrusions," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 4, 2011, pp. 493-498.
- [3] H.-J. Suh, "An Improved Algorithm of Distributed QoS in Real-time Networks," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 1, 2012, pp. 53-60.
- [4] S. Ickin, K. Wac, M. Fiedler, L. Janowski, J.-H. Hong, and A. K. Dey, "Factors Influencing Quality of Experience of Commonly Used Mobile Applications," *IEEE Communications Mag.* vol. 50, issue 4, Apr. 2012, pp. 48-56.
- [5] M. Wrulich, W. Weiler, and M. Rupp, "HS-DPA Performance in a Mixed Traffic Network," In *Proc. VTC Spring 2008*, 2008, pp. 2056-2060.
- [6] S.-Y. Bae, S.-K. Lee, and K.-W. Park, "Multipath Routing Method for QoS Support in WMSNs," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 3, 2013, pp. 453-458.
- [7] M. Fiedler, T. Hossfeld, and P. Tran-Gia, "A Generic Quantitative Relationship between Quality of Experience and Quality of Service," *IEEE Network*, vol. 24, issue 2, Mar. 2010, pp. 36-41.
- [8] Y. Kim, "End-to-end performance of VoIP traffics over large scale MANETs," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 1, 2011, pp. 49-54.
- [9] B. Kim, "Software-based Measurement of Mobile Internet Telephony Services," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 1, 2011, pp. 55-60.
- [10] S.-S. Hwang, "Output SINR Analysis of GPS Adaptive Interference Canceler Based on Modified Despreader," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 2, 2014, pp. 195-202.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부·한국산업기술진흥원 지정 계명대학교 전자화자동차부품지역혁신센터(B0008866)의 지원에 의한 것입니다.

저자 소개



김범준(Beom-Joon Kim)

1996년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1998년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2003년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

계명대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 사용자 체감 품질, TCP 성능 개선