

모바일 인터넷 전화 서비스의 예방적 서비스 품질 관리 체계 구축을 위한 품질 측정 소프트웨어 개발 및 신뢰성 검증

김진철[†] · 김범준^{††}

요 약

스마트폰의 등장으로 모바일 인터넷 전화 서비스의 보급이 활발하게 이루어지고 있는데 반하여 이의 품질 관리 체계에 대한 대비는 상대적으로 미흡한 상황이다. 향후 모바일 인터넷 전화 서비스가 성공적으로 정착되어 활성화되기 위해서는 철저한 품질 관리가 요구되는데 전통적인 계측기를 이용하는 방법으로는 실시간 모니터링이 불가능함으로 인한 여러 가지 한계점이 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 모바일 인터넷 전화의 예방적인 서비스 품질 관리 체계를 제안하고 이의 구현을 위한 소프트웨어를 개발하였다. 상용 소프트웨어와의 비교를 통한 개발된 소프트웨어의 검증을 위한 시험 절차가 진행되었고 시험 결과 개발된 소프트웨어의 측정 결과가 상당히 신뢰할 수 있음을 확인하였다.

키워드 : 모바일 인터넷 전화 서비스, 품질 측정 및 관리, 예방적 품질 관리 체계

A Software Development and Its Verification for Implementing a Proactive Service Quality Management System for Mobile Internet Telephony Services

Kim Chin-Chol[†] · Kim Beomjoon^{††}

ABSTRACT

Although a mobile Internet telephony service becomes popular with the rapid propagation of smart phones, its service quality management system has not been prepared enough yet. For successful settlement and deployment of the mobile Internet telephony service in future, a strict service quality management is required. The service quality management using a specific measurement equipment has limitations that real-time monitoring is impossible. In this paper, therefore, we propose a proactive service quality management system for the mobile Internet telephony service and develop a software for its implementation. The developed software is verified by comparing the measurement results from the developed software to those from the softwares commonly used, and it is proved that the developed software is quite reliable.

Keywords : Mobile Internet Telephony Service, Quality Measurement and Management, Proactive Quality Management System

1. 서 론

스마트폰의 등장으로 모바일 인터넷 전화 서비스의 보급이 활발하게 이루어지고 있다[1],[2]. 국내외에서 현재 제공되고 있는 모바일 인터넷 전화 서비스의 유형은 크게 다음과 같은 세 가지를 들 수 있다. 첫 번째는 와이파이가 전용 혹은 와이파이가 이동통신 통합형 듀얼모드 단말기를 이용

하여 와이파이 핫스팟 지역에서 인터넷 전화를 이용하는 경우이다. 두 번째는 인터넷 전화를 위한 전용 소프트웨어를 이동전화에 다운받아 이동통신 네트워크의 데이터 서비스를 통하여 전화를 하는 경우이고 마지막 세 번째는 이동통신 사업자와 인터넷 전화 서비스 사업자와의 제휴를 통하여 출시되는 인터넷 전화 전용 단말기를 이용하는 경우이다[2].

국내에서는 회선기반의 유선 전화를 대체하는 와이파이가 기반의 무선 인터넷 전화 서비스가 상당히 활성화되어 있다. 그러나 이는 와이파이 접속이 가능한 한정된 지역에서는 가능하다는 점에서 엄밀하게는 제대로 된 모바일 인터넷 전화 서비스라고 하기에 다소 어렵다. 오히려 국내에서 현재 이루어지고 있는 모바일 인터넷 전화 서비스는 와이브로기반

[†] 정 회 원 : 한국정보화진흥원 융합서비스부 품질보증팀 팀장
^{††} 정 회 원 : 계명대학교 전자공학과 조교수(교신저자)
논문접수: 2010년 11월 15일
수정일: 1차 2011년 1월 17일
심사완료: 2011년 1월 27일

방식과 HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) 기반 방식의 두 가지 유형을 들 수 있을 것이다.

여러 가지 장점에도 불구하고 VoIP (Voice over Internet Protocol) 기술을 이용한 인터넷 전화는 기존의 회선기반의 유선 전화에 비해 서비스 품질이 저하될 수 있는 단점을 가지고 있다[3]. 이는 서비스 품질 (Quality of Service; QoS) 을 보장할 수 없는 IP (Internet Protocol) 네트워크의 본질적인 문제로 인한 것이기 때문에 단 기간에 포괄적인 해결책이 제시되는 것은 거의 불가능하다. 특히 이러한 품질 저하 문제는 마지막 전송 구간이 무선 링크로 구성되는 모바일 인터넷 전화 서비스의 경우 더욱 심각해질 수 있다. 따라서 모바일 인터넷 전화 서비스가 성공적으로 정착되고 활성화되기 위해서는 철저한 품질 관리 체계를 구축하는 것이 필수적이다.

기존의 서비스 사업자들은 인터넷 전화 서비스의 품질을 측정하기 위해서 주로 계측기를 도입하고 있다[3]. 계측기를 이용하는 경우 상시 측정이 불가능하여 서비스 품질에 문제 발생 시 원인 파악 및 조치 등이 실시간이 아닌 사후에 이루어질 수밖에 없다는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 인식하여 한국정보화진흥원(National Information society Agency; NIA)[17] 모바일 인터넷 전화 서비스의 지속적인 품질 개선과 서비스 이용자의 권익 보호를 위하여 체계적으로 서비스 품질을 평가, 관리, 개선하기 위한 체계 구축에 노력해왔다. 그와 같은 노력의 일환으로 본 논문에서는 상시적인 그리고 서비스 이용자의 능동적인 측정이 가능한 예방적인 모바일 인터넷 전화 서비스의 품질 관리 방안을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 방안은 앞서 언급한 기존의 계측기 기반 품질 관리의 단점을 극복하고 더 나아가서는 사업자들의 자발적인 품질 개선을 유도할 수 있다는 점에서 미래 지향적인 모바일 인터넷 전화 서비스 품질 관리 방안이라 할 수 있다.

2. 인터넷 전화 서비스 품질 측정 방법

2.1 인터넷 전화 서비스 품질 측정에 대한 연구 동향

인터넷기반의 전화 서비스의 품질 측정과 관련된 연구와 표준화는 국내외에서 비교적 활발하게 진행되어 왔다[4-11]. 그러나 대부분의 결과물들은 유선 인터넷 전화 서비스의 품질 측정에 관한 것으로 모바일 인터넷 전화 서비스에 대한 연구는 아직 상대적으로 미미한 상황이다. 이는 모바일 인터넷 전화 서비스가 아직 도입 초기 단계에 있어 서비스 제공 사업자들이 획기적인 형태의 서비스 제공에 집중하고 있어 서비스 품질은 주요 이슈에서 소외되고 있기 때문이다. 서비스 이용자들 역시 저렴한 가격이나 이동성으로 인한 편리함을 감안하여 다소간의 서비스 품질 저하를 암묵적으로 용납하고 있다는 점도 이유로 들 수 있다. 그러나 모바일 인터넷 전화 서비스가 정착되어 본격적으로 활성화되기 위해서는 과거 유선 인터넷 접속 서비스의 사례와 같이 서비스 품질이 매우 큰 영향력을 미칠 것이다.

2.2 기존의 인터넷 전화 서비스 품질 측정 방법

기존 표준 문서에 나타난 유선 인터넷 전화의 서비스 품질을 측정 방법은 회선기반의 유선 전화 통화 품질을 측정하기 위한 방법과 크게 다르지 않다[4],[5],[6],[7],[9],[10],[11]. 이는 전화 서비스의 통화 품질을 측정하기 위한 방법이 하부 전달 네트워크가 회선기반인지 인터넷기반인지 혹은 유선인지 무선인지의 여부에 크게 상관하지 않기 때문이다. 국제적으로 표준화되어 현재 회선기반의 유선 전화 통화 품질을 측정하기 위해서 널리 사용되고 있는 방법은 크게 PESQ(Perceptual Evaluation of Speech Quality)[9],[10]와 E-Model[11]을 들 수 있다. 이 두 가지 방법은 국내 표준 문서로도 거의 그대로 수용되어 발간된 바 있다[5],[6],[7],[8].

PESQ는 원래의 신호(Reference Speech)와 그 신호가 전송 시스템을 통과하여 나온 감쇄된 신호(Degraded Speech)를 비교하여 평가하는 방식이다. PESQ에 의한 -0.5에서 4.5 사이의 결과 값은 1과 5사이의 값을 가지는 주관적 음성 품질 지표인 MOS (Mean Opinion Score)와 직접적인 비교가 불가능하므로 이를 가능하게 하기 위해서 변환하게 되는데 이 변환된 값을 MOS-LQE(MOS Listening Quality Estimated)라 한다.

반면 E-모델은 인터넷과 같은 패킷기반 네트워크에만 존재하는 패킷 손실, 전송 지연 등을 고려하기 때문에 회선기반의 전화 네트워크뿐만 아니라 패킷기반 네트워크를 통한 음성 품질 평가에도 적용될 수 있다. E-모델의 결과로 종합 음성 전송 품질을 나타내는 R 값이 산출되는데 이 값은 신호 대 잡음비를 품질의 정도라고 간주한 후 그 정도에서 음성 신호, 지연, 코덱과 같은 주변 장치 등이 품질에 미치는 모든 손실 요소들을 차례로 빼나가는 형태로 계산된다. 산출된 R 값 역시 MOS 값과의 직접적인 비교를 위해서 변환되는데 이 변환된 값은 양방향 품질을 나타내게 되어 MOS-CQE(MOS Conversational Quality Estimated)라 한다.

2.3 PESQ와 E-Model의 비교

PESQ와 E-Model은 상호간의 차이에 의한 뚜렷한 장단점을 가지고 있다. 우선 PESQ는 서비스 이용자 단말기를 통하여 전달되는 실제 음성 신호를 기준으로 측정한다는 장점이 있다. 따라서 PESQ는 실제 음성 품질을 정확하게 반영할 수 있고 하부 전송 네트워크가 패킷기반인지 회선기반인지 혹은 유선인지 무선인지의 여부에 관계없는 일관된 측정이 가능하다. 그러나 PESQ는 반드시 측정을 위한 시험 음성의 입력을 요구하는 주입식 방식(Intrusive Method)이기 때문에 현재 이루어지고 있는 실제 통화에 대해서 측정하는 것이 아니라 측정을 위해서 인위적으로 가해지는 시험 음성 입력에 대해서만 그리고 단방향의 측정만 가능하다는 단점이 있다. 또한 계측기가 아닌 일반 서비스 이용자 단말기에서는 측정이 불가능하다는 것도 단점이다.

반면 E-Model은 비주입식 방식(Non-intrusive Method)으로 네트워크 품질 지표에 기초한 측정이기 때문에 별도

시험 입력 없이 일반 단말기에서 실제 이루어지는 통화의 품질을 실시간으로 측정할 수 있다는 것이 가장 큰 장점이다. 물론 E-Model은 네트워크에서 발생하는 패킷 손실이나 전송 지연을 기반으로 추정하는 방식이기 때문에 인터넷 전화와 회선기반의 유선 전화 혹은 이동 전화간의 통화에 대해서는 음성 신호가 패킷의 형태로 전송되는 구간에 대해서만 서비스 품질이 측정 가능하다는 제한은 있다.

3. 제안하는 측정 방안

3.1 기존 방안의 문제점

현재 인터넷 전화 서비스의 품질 관리를 위해서 대부분의 사업자들은 계측기를 이용하는 방식을 도입하고 있다. 이 방식은 앞의 2장에서 살펴본 PESQ에 기초하여 시험 음성과 사용자 단말기를 통해서 수신되는 음성의 품질을 계측기를 직접적으로 비교하여 측정하게 된다. 앞서 언급한 바와 같이 이 방식은 하루 전달 네트워크의 종류에 상관없이 음성 신호 자체로 측정이 가능하다는 장점을 가진다.

그러나 계측기를 이용하는 방식은 말 그대로 반드시 계측기를 통해서만 측정이 가능하다는 점에서 큰 한계점으로 작용한다. 최근의 추세로 보아 향후 모바일 인터넷 전화 서비스가 성공적으로 정착되어 활성화되기 위해서는 상시적인 그리고 서비스 이용자의 능동적인 측정을 통한 미래지향적인 서비스 품질 관리 체계의 구축이 필수적이다. 상시적인 측정은 서비스 품질에 문제가 발생할 당시의 네트워크 및 서비스 이용자 단말기의 상태 등 서비스 품질 전반에 대한 정보를 확보하여 궁극적으로는 서비스 품질의 저하를 사전에 방지할 수 있는 예방적인 서비스 품질 관리를 가능하게 하는데 있어 반드시 필요하다. 그리고 서비스 이용자의 능동적인 서비스 품질 측정은 서비스 이용자 친화적인 편리 서비스 이용자의 서비스 품질에 대한 신뢰를 강화할 수 있다는 측면에서 중요하다. 그럼에도 불구하고 계측기만 방식은 위에서 언급한 미래지향적인 서비스 품질 관리 체계가 가져야 하는 요구 사항을 만족할 수 없는 문제점을 가진다.

3.2 제안하는 방안

앞에서 설명한 상시적인 그리고 서비스 이용자의 능동적인 측정을 통한 미래지향적인 서비스 품질 관리 체계가 지금까지 도입되지 못한 가장 큰 이유는 이를 구현할 수 있는 구체적인 방안이 제시되지 못했기 때문이다. 이를 해결하기 위해서 본 논문에서는 모바일 인터넷 전화의 서비스 품질을 측정하기 위한 목적의 소프트웨어를 서비스 이용자 단말기에 탑재하는 방식을 제안한다. 이를 통하여 모바일 인터넷 전화 서비스 품질의 상시적인 측정이 가능하기 때문에 서비스 품질에 문제가 발생한 당시에 대한 정보를 얻을 수 있고 그에 따른 조치도 실시간으로 취할 수 있다는 장점이 생긴다. 또한 품질 측정 결과를 보고하는 기능을 추가하여 필요한 경우 전수 조사를 실시해서라도 서비스 품질에 대한 방대한 정보를 획득할 수 있고 이의 분석을 통해서 서비스 품

질 저하를 미연에 방지할 수 있는 예방적인 서비스 품질 관리 체계를 구축할 수 있다. 과거에는 서비스 이용자 단말기에 가해지는 부하와 이로 인한 성능 저하 그리고 보고 과정에서 발생하는 통신료가 걸림돌로 작용하였으나 단말기 성능 저하로 인한 문제는 최근 단말기가 성능 측면에서 상당히 향상되어 상당히 완화되고 있다.

4. 품질 측정 소프트웨어

4.1 품질 측정 소프트웨어의 구성

제안하는 방안의 구현을 위해서 개발된 품질 측정 소프트웨어는 현재 모바일 인터넷 전화 서비스가 와이브로와 HSDPA 모두 가능한 점을 고려하여 양쪽 단말기에서 관련 품질 지표를 측정할 수 있도록 개발되었다. 개발은 C 프로그래밍을 이용하여 이루어졌고 Named Pipe를 통하여 와이브로와 HSDPA 모뎀 제조사인 GCT와 Qualcomm이 제공하는 관련 인터페이스와 명령어들을 이용하여 측정된 결과 값들이 반환되도록 구현하였다.

개발된 품질 측정 소프트웨어는 사용자 시스템과 측정 서버 간의 MOS 및 R 값 측정을 위한 기능과 사용자 시스템의 무선 품질 지표를 측정하기 위한 두 개의 기능으로 구성된다. (그림 1)은 개발된 품질 측정 소프트웨어의 구성을 보여준다.



(그림 1) 품질 측정 소프트웨어의 구성

4.2 품질 지표 선정

모바일 인터넷 전화 서비스 품질에 영향을 미칠 수 있는 품질 지표들은 전송 계층을 기준하여 무선 품질 지표, 네트워크 품질 지표, 그리고 VoIP 서비스 품질 지표의 세 개의 계층으로 구분하는 것이 가능하다. <표 1>에는 모바일 인터넷 전화 서비스의 품질에 영향을 미칠 수 있는 대표적인 품질 지표들 가운데 이번엔 개발된 품질 측정 소프트웨어에서 측정 가능한 품질 지표로 선정된 것들을 계층별로 정리하였다.

측정 가능한 무선 품질 지표로는 물리 계층에서 실제 전송되는 신호 단위의 품질을 나타내는 지표로서 수신 신호의 강도를 나타내는 RSSI(Received Signal Strength Indicator)와 Transmission Power를 선정하였다. 그리고 잡음 대비 유효한 신호의 세기를 나타내는 품질 지표로 와이브로의 CINR(Carrier to Interface Noise Ratio) 그리고 HSDPA의 Ec/Io(Energy per Chip over the Interface Noise)도 선정하였다.

측정 가능한 네트워크 품질 지표로는 가장 일반적으로 알려져 있는 대역폭, 지연, 지터, 패킷손실률을 선정하였다. 이들 지표의 값을 측정하기 위해서 품질 측정 소프트웨어는 RTP(Real-time Transport Protocol)와 RTCP(Real-time Transport Control Protocol)가 제공하는 정보를 이용하는 데 이에 대한 보다 구체적인 방법에 대해서는 IETF(Internet Engineering Task Force)에 의해 발간된 표준 문서 [12],[13],[14],[18],[19]와 국내 표준 문서[7]를 참조할 수 있다.

마지막으로 측정 가능한 최상위인 VoIP 품질 지표로는 R 값과 MOS를 선정하였다. 개발된 품질 측정 소프트웨어는 E-Model[11]에 근거하여 산출되는 R 값을 이용하여 MOS를 측정하도록 구현되었다. 이를 위해서 품질 측정 소프트웨어는 앞서 측정된 네트워크 품질 지표들의 값을 이용한다.

<표 1> 측정 가능한 세 계층의 품질 지표

구분	세부 품질 지표	
	와이브로	HSDPA
무선 품질 지표	RSSI(Received Signal Strength Indicator)	
	Tx Power (Transmission Power)	
	CINR(Carrier to Interface Noise Ratio)	Ec/Io(Energy per Chip over the Interface Noise)
네트워크 품질 지표	대역폭, 지연, 지터, 패킷손실률	
VoIP 품질 지표	R 값, MOS	

5. 시험 및 신뢰성 검증

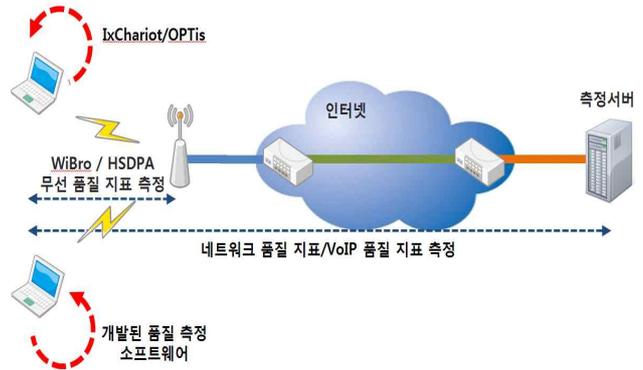
5.1 시험 환경

개발된 품질 측정 소프트웨어의 신뢰성을 시험하고 검증하기 위한 환경을 (그림 2)와 같이 구축하였다. 시험을 위한 두 개의 이동 단말은 현재 와이브로와 HSDPA를 이용한 데이터 서비스가 주로 노트북에서 이루어지고 있다는 점을 고려하여 윈도우 XP 혹은 윈도우 Vista 기반의 노트북으로 한정하였다. 윈도우 CE 혹은 윈도우 모바일 그리고 그 외의 다른 운영 체제를 사용하는 스마트폰의 경우 Active X 방식의 소프트웨어뿐만 아니라 상용 계측 소프트웨어와 패킷 분석 소프트웨어를 설치가 완벽하게 지원되지 않는 어려움이 있어 향후 추가적인 개발을 통해서 측정이 가능하도록 할 계획이다. 사용된 두 대의 노트북의 세부 규격은 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 시험 단말의 세부 규격

구분	세부 규격
운영체제	Microsoft Windows XP Home Edition Version 2002 Service Pack 3
CPU	Intel Core 2 Duo T8300 2.4GHz*2
메모리	1 GB

하나의 이동 단말에는 개발된 품질 측정 소프트웨어가 동작하고 다른 하나의 이동 단말에는 상용 품질 측정 소프트웨어가 동작한다. 두 개의 상용 소프트웨어를 이용하였는데 네트워크 품질 지표와 VoIP 품질 지표의 검증을 위해서는 IXIA사의 IxChariot[15]를 그리고 무선 품질 지표의 검증을 위해서는 Innowireless사의 OPTis[16]를 이용하였다. IxChariot은 실제 네트워크 상황을 에뮬레이션하고 TCP(Transmission Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol), RTP, IPX (Internetwork Packet eXchange) 등의 주요 프로토콜에 대한 트래픽을 생성하여 음성 서비스의 MOS와 R 값을 산출한다. OPTis는 와이브로와 HSDPA의 RSSI, TxPower, CINR, PER, Ec/Io, BLER 등의 무선 품질 지표를 측정한다.



(그림 2) 시험 및 검증 환경

(그림 2)에 나타난 바와 같이 측정 서버에서 발생한 음성 전화 트래픽은 상용 인터넷과 와이브로 혹은 HSDPA 네트워크를 통하여 이동 단말에 전송된다. 측정을 위한 음성 트래픽은 측정 서버에서 발생하도록 하여 두 개의 이동 단말에 동시에 전송되도록 하였다. 따라서 동일한 음성 트래픽에 대한 측정이 동시에 이루어질 수 있었고 최종적으로 두 이동 단말에서의 측정 결과를 비교하는 방식으로 검증이 이루어졌다.

본 시험의 첫 번째 목적이 개발된 품질 측정 소프트웨어의 신뢰성 검증이라는 점을 고려하여 시험을 위한 음성 트래픽 외에 측정 결과에 영향을 미칠 가능성이 있는 다른 트래픽은 발생시키지 않았다. 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 1>에 나타난 각 품질 지표들의 값을 5초마다 측정하여 나온 60개의 값을 평균하여 최종적인 하나의 샘플 데이터가 만들어진다. (그림 3)은 개발된 품질 측정 소프트웨어가 300초 동안의 측정이 한번 끝난 후 얻어진 각 품질 지표에 대한 샘플 데이터의 예를 보여준다. 실제 모바일 음성 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.



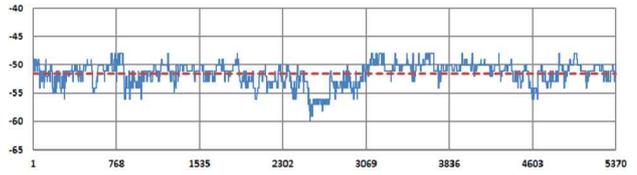
(그림 3) 300초 동안의 측정으로 얻어진 각 품질 지표의 샘플 데이터 예

5.2 시험 결과

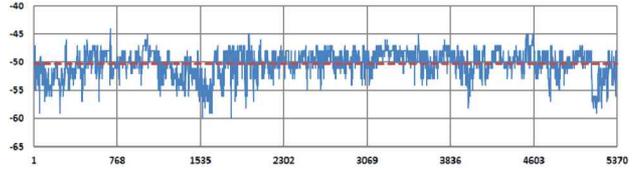
본 절에서는 앞에서 설명한 시험 환경에서의 측정 결과를 바탕으로 개발된 품질 측정 소프트웨어의 신뢰성을 검증한다. 상당히 긴 기간에 걸친 시험 결과로 각 품질 지표에 대한 방대한 샘플 데이터를 얻었으나 본 논문에서는 지면 상 대표적인 몇 개의 결과와 그로 인한 시사점을 설명하고자 한다. (그림 4)부터 (그림 9)까지의 결과에서 각 그림의 a)는 개발된 품질 측정 소프트웨어에 의한 측정 결과를 b)는 상용 소프트웨어인 OPTis 혹은 IxChariot에 의한 측정 결과를 보여준다.

(그림 4)는 와이브로의 무선 품질 지표인 RSSI의 측정 결과이다. OPTis에 의한 측정 결과가 다소 편차가 있어 다른 듯 보이지만 실제 두 측정 결과는 평균이 -51.5, -50.3 그리고 표준편차가 1.96, 2.25로 매우 유사하다.

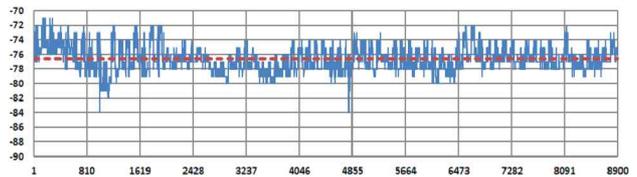
(그림 5)는 HSDPA의 무선 품질 지표인 RSSI의 측정 결과이다. (그림 5-a)는 품질 측정 소프트웨어에 의한 측정 결과이고 5-b)는 상용 소프트웨어인 OPTis에 의한 측정 결과이다. (그림 4)의 결과와 마찬가지로 두 측정 결과는 평균이 -76.6, -81.6 그리고 표준편차가 1.70, 1.21로 상당히 유사하다.



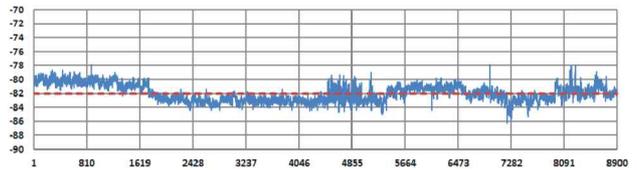
a) 개발된 소프트웨어에 의한 측정 결과



b) 상용 소프트웨어에 의한 측정 결과
(그림 4) 와이브로의 RSSI 측정 결과 (x축: 샘플 데이터 넘버, y축: RSSI (dbm))



a) 개발된 소프트웨어에 의한 측정 결과



b) 상용 소프트웨어에 의한 측정 결과
(그림 5) HSDPA의 RSSI 측정 결과 (x축: 샘플 데이터 넘버, y축: RSSI (dbm))

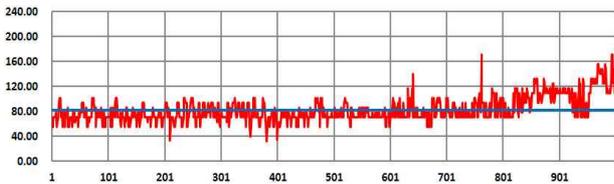
RSSI뿐만 아니라 와이브로의 다른 품질 지표에 대해서도 이루어진 측정 결과를 각 품질 지표별로 평균, 표준편차, 최대값, 최소값에 대해서 요약하여 <표 3>에 정리하였다.

<표 3> 무선 품질 지표의 측정 결과 비교

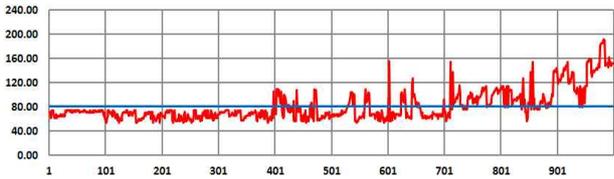
구분	품질 지표	측정 결과		
		개발된 소프트웨어	상용 소프트웨어	
와이브로	RSSI (dBm)	평균	-51.5(dBm)	-50.3(dBm)
		표준편차	1.96	2.25
		최대값	-48(dBm)	-44(dBm)
	CINR (dB)	평균	19.8(dB)	19.9(dB)
		표준편차	1.18	1.20
		최소값	13(dB)	12(dB)
TxPower	평균	15.7(dBm)	10.4(dBm)	
	표준편차	4.28	8.24	
	최대값	25(dBm)	21(dBm)	
HSDPA	RSSI (dBm)	평균	-76.6(dBm)	-81.6(dBm)
		표준편차	1.70	1.21

Ec/Io (dB)	최대값	-71(dBm)	-78(dBm)
	최소값	-84(dBm)	-86(dBm)
	평균	-10.9(dB)	-7.87(dB)
	표준편차	8.87	1.21
	최대값	38(dB)	-4.2(dB)
TxPower	최소값	-27(dB)	-12.5(dB)
	평균	2.7(dBm)	-4.4(dBm)
	표준편차	4.19	2.69
	최대값	22(dBm)	6.1(dBm)
	최소값	-15(dBm)	-14.2(dBm)

(그림 6)은 G.711 코덱을 이용해서 음성 트래픽을 전송하는 경우 와이브로에서의 전송 지연을 보여준다. 대략 확인이 가능하듯 두 측정 결과는 평균이 82.27, 81.45 그리고 표준편차가 20.41, 25.81로 매우 유사하다.

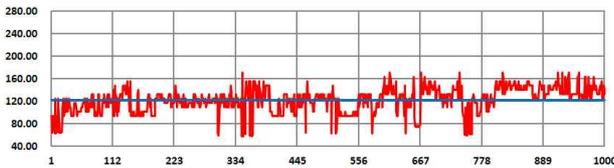


a) 개발된 소프트웨어에 의한 측정 결과

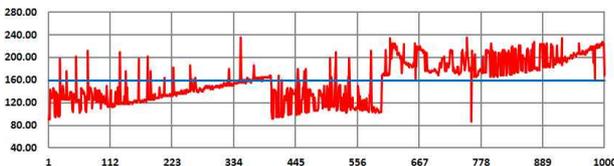


b) 상용 소프트웨어에 의한 측정 결과
(그림 6) 와이브로의 전송 지연 측정 결과(x축: 샘플 데이터 넘버, y축: 전송 지연 (msec))

(그림 7)은 G.711 코덱을 이용해서 음성 트래픽을 전송하는 경우 HSDPA에서의 전송 지연을 보여준다. (그림 6)에서 본 와이브로의 전송 지연의 측정 결과와는 달리 두 측정 결과는 평균이 122.16, 158.61 그리고 표준편차가 22.17, 36.55로 상당한 차이가 있었다.



a) 개발된 소프트웨어에 의한 측정 결과



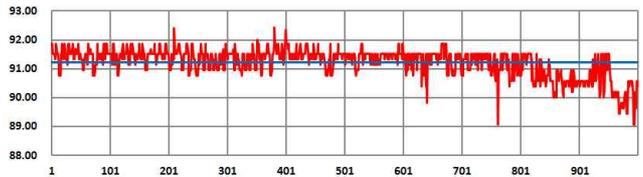
b) 상용 소프트웨어에 의한 측정 결과
(그림 7) HSDPA의 전송 지연 측정 결과(x축: 샘플 데이터 넘버, y축: 전송 지연 (msec))

<표 4> 네트워크 품질 지표의 측정 결과 비교

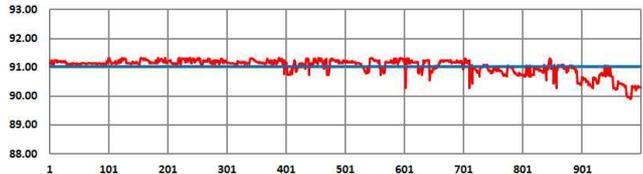
구분	품질 지표	측정 결과 (G.711)		측정 결과 (G.729)		
		개발된 소프트웨어	상용 소프트웨어	개발된 소프트웨어	상용 소프트웨어	
와이브로	전송 지연 (msec)	평균	82.27	81.45	123.76	72.66
		표준편차	20.41	25.81	8.57	7.53
		최대값	171.88	192	132.81	84
	지터 (msec)	평균	22.18	24.33	22.66	18.67
		표준편차	2.62	9.05	2.35	3.93
		최소값	35.87	40	34.99	40
HSDPA	전송 지연 (msec)	평균	122.16	158.61	129.47	95.65
		표준편차	22.17	36.55	14.83	18.74
		최대값	171.88	236	156.25	134
	지터 (msec)	평균	22.86	22.27	22.51	30.47
		표준편차	6.56	4.62	3.47	9.19
		최대값	97.65	40	83.18	40
	최소값	12.00	11	14.01	9	

전송 지연 이외의 품질 지표들에 대한 측정 결과를 평균, 표준편차, 최대값, 최소값에 대해서 요약하여 <표 4>에 정리하였다.

(그림 8)은 G.711 코덱을 이용해서 음성 트래픽을 전송하는 경우 와이브로에서의 R 값을 보여준다. 그림을 통해서도 대략 확인이 가능하듯 두 측정 결과는 평균이 91.22, 91.04 그리고 표준편차가 0.49, 0.27로 매우 유사하다.

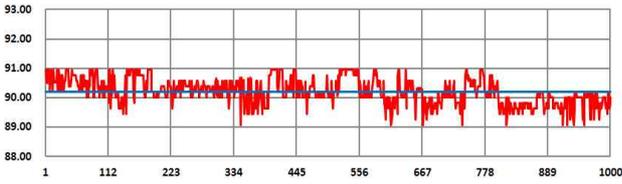


a) 개발된 소프트웨어에 의한 측정 결과

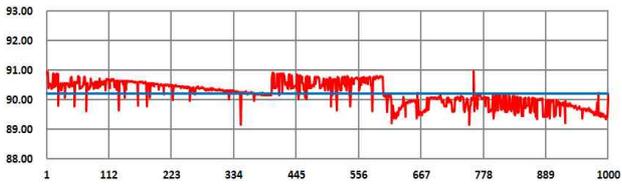


b) 상용 소프트웨어에 의한 측정 결과
(그림 8) 와이브로의 R 값 측정 결과 (x축: 샘플 데이터 넘버, y축: R 값)

(그림 9)는 G.711 코덱을 이용해서 음성 트래픽을 전송하는 경우 HSDPA에서의 R 값을 보여준다. 마찬가지로 두 측정 결과는 평균이 90.21, 90.22 그리고 표준편차가 0.44, 0.40으로 매우 유사한 결과가 나왔다.



a) 개발된 소프트웨어에 의한 측정 결과



b) 상용 소프트웨어에 의한 측정 결과

(그림 9) HSDPA의 R 값 측정 결과(x축: 샘플 데이터 넘버, y축: R 값)

R 값 이외의 품질 지표들에 대한 측정 결과를 평균, 표준 편차, 최대값, 최소값에 대해서 요약하여 <표 5>에 정리하였다.

<표 5> VoIP 품질 지표의 측정 결과 비교

구분	품질 지표	측정 결과 (G.711)		측정 결과 (G.729)		
		개발된 소프트웨어	상용 소프트웨어	개발된 소프트웨어	상용 소프트웨어	
와이브로	R 값	평균	91.22	91.04	79.63	79.92
		표준편차	0.49	0.27	0.21	0.08
		최대값	92.42	91.33	79.98	79.75
		최소값	89.07	89.89	79.41	79.51
	MOS	평균	4.37	4.37	4.01	4.01
		표준편차	0.01	0.01	0.01	0.00
최대값		4.39	4.37	4.02	4.01	
HSDPA	R 값	평균	90.21	90.22	79.45	79.39
		표준편차	0.44	0.40	0.43	0.19
		최대값	90.94	90.98	79.98	80.00
		최소값	89.07	89.17	78.42	79.01
	MOS	평균	4.34	4.34	4.00	4.00
		표준편차	0.01	0.01	0.02	0.01
		최대값	4.36	4.36	4.02	4.02
		최소값	4.32	4.32	3.96	3.99

5.3 고찰

본 논문에서 수행한 시험의 첫 번째 목적은 개발된 품질 측정 소프트웨어의 신뢰성 검증이다. 따라서 5.2절에서는 각 결과가 의미하는 바를 분석하기 보다는 개발된 소프트웨어에 의한 측정 결과와 상용 소프트웨어에 의한 측정 결과를

나열하여 개발된 소프트웨어에 의한 결과를 충분히 신뢰할 수 있는지를 우선적으로 판단하고자 하였다. 무선 품질 지표의 경우 개발된 품질 측정 소프트웨어나 상용 소프트웨어 모두 모뎀 제조사에서 제공하는 인터페이스를 이용하기 때문에 그리고 네트워크 품질 지표와 VoIP 품질 지표는 IETF와 ITU-T의 표준을 따르기 때문에 유사한 결과가 나오는 것이 정상적이다.

예상한 바와 같이 개발된 품질 측정 소프트웨어에 의한 측정 결과와 상용 소프트웨어에 의한 측정 결과는 전반적으로 유사한 경우가 더 많았다. 예를 들어 (그림 8)과 (그림 9)에 나타난 R 값의 경우 개발된 품질 측정 소프트웨어에 의한 측정 결과와 상용 소프트웨어에 의한 측정 결과가 상당히 유사함을 확인할 수 있다. 특히 800번부터 1000번까지의 샘플 데이터는 지하철에서 이동 중에 측정된 것인데 다른 샘플 데이터에 비해서 R 값이 다소 감소하는 것도 정확하게 반영되어 있다. 그 외에도 <표 4>에 나타난 R 값과 MOS의 측정 결과는 모든 경우에 대해서 개발된 품질 측정 소프트웨어에 의한 측정 결과와 상용 소프트웨어에 의한 측정 결과가 유사하다.

그러나 <표 2>, <표 3>에 정리된 측정 결과 가운데 몇몇 품질 지표의 경우 차이가 심하게 나는 경우도 있다. 예를 들어 <표 2>의 TxPower와 <표 3>의 전송 지연의 경우 큰 차이를 보이고 있다. 이의 원인으로는 품질 지표 별 측정 알고리즘의 차이로 추정하고 있다. 보다 정확한 원인 파악을 위해서는 상용 소프트웨어에 구현된 해당 지표의 측정 알고리즘을 확인하는 것이 필요한데 현재는 이것이 공개되어 있지 않아 추정 단계에 있다.

이와 같은 추정의 이유를 전송 지연의 측정을 예로 설명하고자 한다. 현재의 인터넷에서는 각 호스트들 간 시간 동기가 맞추어져 있지 않기 때문에 단방향 지연을 정확하게 측정하는 것이 상당히 어려운 일이다. 본 논문에서 개발된 측정 소프트웨어는 단방향 지연을 측정하기 위해서 IETF의 표준 문서[18]를 준수하여 RTCP SR/RR 또는 XR 패킷을 사용하도록 구현되었다. 그러나 실제로는 VoIP 트래픽의 전송 오버헤드를 줄이기 위해서 RTP를 사용하지 않고 그냥 UDP로만 전송하도록 구현하는 경우도 상당 수 있어 상용 소프트웨어에서는 이런 경우를 대비하여 ICMP (Internet Control Message Protocol) 메시지로만 전송 지연을 측정하도록 구현되는 경우도 있는 것으로 조사되었다. 따라서 이로 인한 측정 결과의 차이가 발생할 수 있다.

동일한 조건에서 지터의 측정 결과는 전송 지연에 비해서는 상당히 유사하다는 점도 이러한 추정을 뒷받침할 수 있다. 본 논문에서 개발된 측정 소프트웨어는 지터를 측정하기 위해서 IETF의 표준 문서[19]를 준수하여 RTP의 타임스탬프 필드를 이용하도록 구현되었다. 지터의 경우 상대적이 아닌 한 쪽의 단말기에서 단독 측정이 가능하기 때문에 종단의 호스트들 간 시간 동기가 없어도 측정이 가능하다. 이 점으로 인하여 지터의 측정 결과가 전송 지연에 비해 두 측정 결과가 더 유사한 이유로 분석된다.

6. 결 론

본 논문에서는 모바일 인터넷 전화 서비스의 예방적인 서비스 품질 관리 체계를 제안하였다. 제안된 서비스 품질 관리 체계를 구현하기 위한 품질 측정 소프트웨어를 개발하였고 시험 환경을 구축하여 이의 신뢰성을 측정을 통하여 검증하였다. 제안하는 방안은 상시적인 그리고 서비스 이용자의 능동적인 측정이 가능하여 서비스 품질에 문제가 발생한 경우 발생한 당시에 대한 정보를 얻을 수 있고 그에 따른 조치도 실시간으로 취할 수 있다는 장점이 있다.

5장에 나타난 결과는 품질 지표에 따라 개발된 품질 측정 소프트웨어에 의한 측정 결과와 상용 소프트웨어에 의한 측정 결과가 유사하기도 하고 차이를 보이기도 하였다. 상용 소프트웨어에 구현되어 있는 각 품질 지표 별 세부적인 측정 알고리즘을 알 수 없어 그 원인에 대한 분석에 다소 어려움이 있다. 이 문제를 해결하기 위해서 상용 소프트웨어에 구현된 측정 알고리즘에 대한 추가적인 조사를 진행 중에 있다. 특히 상용 소프트웨어를 개발한 업체의 협조를 얻을 수 있다면 명확한 원인을 파악할 수 있고 이를 통하여 개발된 품질 측정 소프트웨어의 신뢰성을 더욱 높일 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 이주영, "해외의 모바일 VoIP서비스 제공 현황," 방송통신정책, 제21권, 9호, 2009년 5월.
 [2] 김민정, "모바일 VoIP 진화와 시사점," 정보통신정책, 제18권, 4호, 2006년 3월.
 [3] 김진철외, "실측기반의 IPTV 서비스의 비디오 품질 지표들 간 상관관계," 정보처리학회논문지C, 제16-C권, 제6호, 2009년 12월.
 [4] 김동연외, "와이브로를 통한 모바일 VoIP 서비스의 측정기반 품질 평가 방안," 한국전자통신학회논문지, 제5권, 제5호, 2010년 10월.
 [5] TTA, TTAS.KO-01.0077, 인터넷전화 통화품질 지표, 한국정보통신기술협회, 2005년 12월.
 [6] TTA, TTAK.KO-01.0136, 광대역망에서의 VoIP 서비스 통화 품질 기준, 2008년 12월.
 [7] TTA, TTAS.KO-01.0138, RTP/RTCP기반 인터넷전화 중단 간 품질 측정 방법, 2008년 12월.
 [8] TTA, TTAK.KO-01.0148, 모바일 인터넷 전화 통화 품질 기준, 2009년 12월.

[9] ITU-T, Objective Quality of Telephoneband (300-3400hz) Speech Codexs, ITU-T Recommendation P.861, Aug., 1996.
 [10] ITU-T, Perceptual Evaluation of Speech Quality (PESQ): An Objective Method for End-to-End Speech Quality Assessment of Narrow-band Telephone Networks and Speech Codexs, ITU-T Recommendation P.862, Feb., 2001.
 [11] ITU-T, The E-Model, A Computational Model for Use in Transmission Planning, ITU-T Recommendation G.107, Dec., 1998.
 [12] H. Schulzrinne et al., "RTP : A Transport Protocol for Real-Time Applications," IETF RFC 3550, Jul., 2003.
 [13] G. Almes et al., "A One-way Delay Metric for IPPM," IETF RFC 2679, Sep., 1999.
 [14] G. Almes et al., "A One-way Packet Loss Metric for IPPM," IETF RFC 2680, Sep., 1999.
 [15] IxChariot website, available at: <http://www.ixchariot.com>
 [16] Innowireless website, available at: <http://www.innowireless.co.kr>
 [17] 한국정보화진흥원, available at: <http://www.nia.or.kr>
 [18] T. Friedman et al., "RTP Control Protocol Extended Reports (RTCP XR)," IETF RFC 3611, Nov., 2003.
 [19] H. Schulzrinne et al., "RTP : A Transport Protocol for Real-Time Applications," IETF RFC 3550, Jul., 2003.



김진철

e-mail : cckim@nia.or.kr
 1997년 한밭대학교(이학사)
 1999년 건국대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 2003년 건국대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
 2003년~현 재 한국정보화진흥원 팀장
 관심분야: IPTV 및 VoIP 서비스 품질 관리



김범준

e-mail : bkim@kmu.ac.kr
 1996년 연세대학교 전자공학과(학사)
 1998년 연세대학교 전자공학과(공학석사)
 2003년 연세대학교 전자공학과(공학박사)
 2004년~2006년 LG전자 이동통신기술 연구소 선임연구원
 2006년~현 재 계명대학교 전자공학과 교수
 관심분야: TCP 혼잡제어, IEEE 802.16, IPTV 및 VoIP 서비스 품질 관리 등