

HFC망에서 VoIP의 QoS 측정에 관한 연구

*조성봉, **이경근
*하나로통신(주), **세종대학교

QoS measurements VoIP on HFC Networks

*Sung Bong Cho, **Kyung Geun Lee
*Hanaro Telecom, Inc., **Sejong University

요약

본 연구에서는 HFC망에서 음성 통화품질에 영향을 주는 파라미터들에 대한 분석과 측정을 통해 VoIP의 특성을 파악하여 향후 본격적으로 이루어질 인터넷을 통한 음성 서비스 제공에 대비하였다. 특히, VoIP QoS 기준의 정의는 QoS 파라미터의 분석을 토대로한 lab 테스트와 HFC VoIP 서비스의 필드 측정을 병행하여 연구 결과에 대한 실질적 서비스 적용에 따르는 신뢰성을 높였다.

1. 서론

요즘은 사회, 경제, 문화, 교육 등 모든 분야에 걸쳐 인터넷의 이용이 늘어나면서 기존 음성통화의 디지털화 및 데이터망으로의 흡수를 가능케하는 VoIP (Voice Over IP)[1],[2],[3] 기술에 많은 관심이 몰리고 있다. 하지만, VoIP는 인터넷 사용자들의 급증과 함께 음성데이터를 기존 데이터망에 수용하는 기술적 특성으로 인해 기존의 PSTN과 같은 수준의 음성품질(Voice Quality)을 보장하지 못함에 따라 그 성장에 한계를 나타내게 되었다.

따라서, VoIP의 성장세가 유지, 발전되기 위해서는 일반 전화와는 다른 VoIP 음성품질의 향상을 위한 각종 QoS(Quality of Service)[4],[5],[6] 기법을 적용하여 탁월한 음성 품질을 제공해야만 한다. 하지만, 국내에서는 아직까지 VoIP 음성품질에 대한 구체적인 기준이 마련되지 않았고 그로인해 사용자의 경우에도 SLA (Service Level Agreement)를 체결하여 낮은 수준의 음성 품질의 VoIP 서비스를 제공 받았을 때 손해배상등을 청구할 수 없게 되어 서비스의 신뢰성을 높일 수 없게 되었다.

본 연구에서는 음성 통화품질에 영향을 주는 파라미터들에 대한 분석과 측정을 통해 VoIP의 특성을 파악하여 향후 본격적인 서비스 제공에 대비하였다. 2절에서는 VoIP의 QoS 파라미터를 제시하고 3절에서 HFC VoIP망에서의 QoS 분석을, 4절에서 Lab 테스트를 통한 망구성요소 최적화를 기술하고 5절에서 결론을 내린다.

2. VoIP QoS 파라미터

IP망에서 VoIP와 같은 실시간 어플리케이션의 데이터를 전송하는데 있어 고려되어야 할 파라미터들에는 지연(Delay), 손실(Loss), 지터(Jitter), 에코(Echo), 코덱(Codec), 대역폭 등이 있다. 따라서, VoIP QoS를 보장한다는 것은 이들 파라미터들의 조합에 따른 적정 수준의 음성 품질을 객관적인 수치에 의해 정량화된 값(Clarity) 이상으로 보장하는 것이라 할 수 있다. 각 파라미터에 대한 특징은 다음과 같다.

2.1 지연 (Delay)

QoS forum[1]에서는 데이터 패킷이 전달되는 과정에서 전송 경로 또는 경로상의 장치(Device)에 의해 소모되는 시간을 지연(Delay)[7]이라 정의한다. 즉, 라우터에서의 지연은 패킷이 라우터로 입력되어 출력되기까지의 시간을 뜻한다.

2.2 패킷손실 (Packet Loss)

IP 망은 송신측과 수신측의 주소를 가진 패킷들을 전달하는 간단한 구조로 신뢰성 있는 전송이 불가능하다. 또한, 이러한 패킷들은 전송경로상의 장치들에 의해 폐기될 수 있으며 이러한 것을 패킷손실이라고 부른다. 일반적인 데이터 패킷의 경우 TCP,

계층의 재전송에 의해 패킷손실을 막을 수 있지만 VoIP와 같은 실시간(Real-Time) 어플리케이션의 경우 TCP기반의 재전송 구조로는 적당하지 않다. 일반적으로 패킷손실은 VoIP에서 음성품질(Voice quality)의 여러 가지 열화요인 중에서 무엇보다도 중요하고 10%보다 크지 않아야 음성통신이 가능하다.

2.3 지터 (Jitter)

패킷 네트워크에서 지터는 패킷들의 전송시간의 왜곡을 나타내는 것으로 일반적으로 패킷들의 전송시간의 차이를 말하는 것으로 지연편차(delay variance)라고 불린다. 지터는 VoIP와 같은 멀티미디어 트래픽의 실시간 응용 어플리케이션에 특히 치명적이다. 지터는 위와 같이 단말이 아닌 네트워크에서 발생한다. 왜냐하면, 단말의 지연(delay)은 기본적으로 고정되어 있으나, 네트워크의 지연은 거리와 라우팅 흡수에 따라 달라지기 때문이다. 한편, 지터를 제거하기 위해서는 올바른 순서대로 패킷들이 모두 도착할 때까지 단말에서의 버퍼링이 필요하다.

2.4 에코 (Echo)

일반적으로 에코(echo)는 2선식과 4선식의 하이브리드 연결로 인해 자체 수신 경로를 따라 통화자 자신의 목소리가 반사되어 돌아오는 것을 의미하며 음성품질의 저해요인으로 작용한다. 에코는 side-tone과 network-echo로 나눌 수 있다. Side-tone의 경우에는 보통 3 ms이내의 에코로써 음성품질에 저해요인으로 작용하지 않지만 network-echo는 네트워크 지연에 의한 요인으로 청취자의 청취 음성 품질을 저해하는 역할을 한다. 따라서, VoIP 망에서 높은 수준의 음성 품질을 보장하기 위해서는 network-echo에 대한 감쇄가 필요하고 echo-canceller가 바로 이러한 역할을 한다.

2.5 코덱 (Codec)

VoIP는 음성데이터를 디지털로 변환한 후 압축을 수행하고 이를 IP 데이터에 RTP 헤더로 감싸 안은 후 기존 데이터망에 수용되는 방식이므로 각 단말이 사용하는 음성 코덱(codec)에 따라 음성 품질에 차이가 생기게 된다.

2.7 대역폭 (Bandwidth)

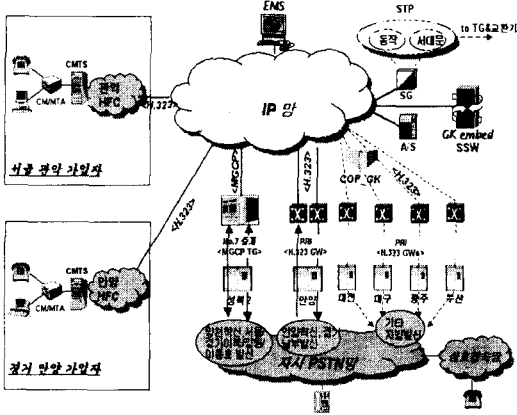
IP 망에서의 대역폭이 갖는 의미는 두 종단 점간의 전송라인을 통해 전달 될 수 있는 최대 전송 용량을 의미한다. 대역폭의 증가는 더 많은 데이터를 전송할 수 있음을 나타낸다. VoIP와 같은 실시간 응용 어플리케이션의 품질을 보장 받기 위해서는 일정 수준의 대역폭 확보가 필요하다.

3. HFC VoIP망의 QoS 분석

3.1 시험개요

HFC 매체를 이용한 VoIP 망의 성능 평가는 하나로통신의 HFC 매체를 이용한 VoIP 서비스의 필드 측정 및 구성 장비에 대한

Lab 테스트에 따른 결과를 나타낸다. HFC VoIP 서비스 지역인 안양(자가망), 양천(입차망)의 200 가입자를 대상으로 하였으며, 시험을 위한 장비는 2개사의 망장비와 2개사의 단말장비, 그리고 측정장비인 VQT(Agilent)를 사용하였고 IP에서IP 및 IP에서 PSTN간 지연(Delay)과 Clarity를 측정하였다

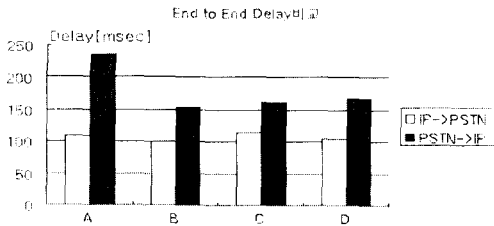


[그림1] 망 구성도

3.2 필드 측정결과

3.2.1 종단간 지연

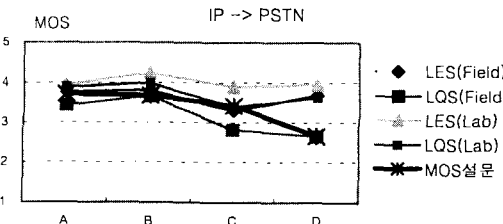
서비스에 사용된 단말별 종단간 지연(end-to-end delay)[6]에 대한 측정 결과는 그림 2와 같다. 그림에서 볼 수 있는 것과 같이 IP에서 PSTN 방향의 지연과 PSTN에서 IP 방향의 지연 4개사 단말(A,B,C,D)에 공통적으로 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이러한 것은 PSTN 지터 버퍼가 적용되는 망 장비의 지터 버퍼가 짧게 적용되고 있다고 생각할 수 있다.



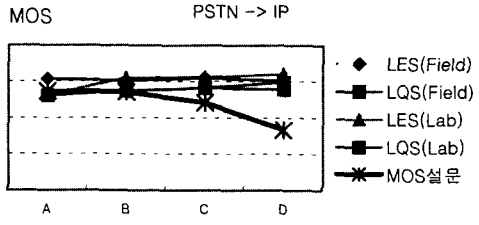
[그림2] 종단간 지연

3.2.2 음성 통화 품질 Clarity 측정결과

각 단말 제조사별 IP에서 PSTN 방향 clarity와 PSTN에서 IP 방향의 clarity 그래프는 그림3과 그림4에 나타내었다. 필드에서 측정한 clarity로는 LES(Listening Effort Score), LQS(Listening Quality Score), PQSQ(Perceptual Speech Quality Measurement) 그리고 PESQ(Perceptual Evaluation of Speech Quality)이다. 그림 3과 그림 4에 나타난 결과를 보면 전체적으로 IP에서 PSTN 방향의 clarity보다는 PSTN에서 IP 방향의 clarity가 높은 것을 알 수 있다



[그림3] 음성 통화품질 (1)



[그림4] 음성 통화품질 (2)

3.2.3 필드 측정 결과 정리

종단간 지연은 IP에서PSTN 및 PSTN에서 IP방향 모두 음성 통화에 영향을 주는 정도의 값은 나타내지 않았다. 하지만, 망에 의한 지연의 증가는 지터가 발생할 확률이 높아지며 이러한 지터의 효과를 방지하도록 망 장비의 지터버퍼를 설정하여야 한다. 음성 통화품질[8]은 PSTN에서 IP방향의 음성 통화품질은 적정 기준을 만족하였다. 그러나, IP에서 PSTN 방향의 음성 통화품질은 적정 기준을 만족하지 못했다.

위와 같이 필드 측정을 통해 두 차례의 서비스의 종단간 음성 통화품질에 대한 객관적인 평가는 가능했지만 VoIP QoS 기준에 미흡한 부분에 대한 명확한 설명을 하기에는 여러 가지 부족한 부분이 많았다. 즉, 단말간 이득(gain)의 차이에 따른 부정합, 각 단말의 QoS 관련 기능들에 대한 검증 그리고, 음성 통화품질의 열화 요인에 대한 원인분석이 불가능하다는 것이다. 따라서, 이러한 것에 대해서는 lab 테스트를 통한 망 구성 장비에 대한 분석과 QoS 기능에 대한 최적화 작업이 필요할 것으로 분석되었다.

4. Lab 테스트를 통한 망 구성요소 최적화 작업

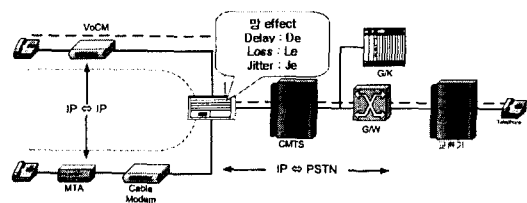
서비스의 필드 측정을 통해 나타난 종단간 음성 통화품질의 열화 요인에 대한 분석과 해결 방안을 제시하기 위해서는 실제 망의 효과(effect)를 배제한 환경에서 망 장비의 최적화 작업을 위한 lab 테스트가 필요하다. 즉, HFC 대체를 이용한 VoIP망의 성능 측정방법에 해당한다. 표1은 음성 통화품질에 대한 설문 결과와 이러한 문제에 대한 lab테스트를 통한 해결 방안이다.

[표 1] 설문 결과에 대한 검토

항목	내용	방안
울림현상	패킷 손실시 통화자는 소리가 울리는 것으로 느낌	Jitter buffer크기 증가및손실보상(PLC) 기능필요
끊김현상	VAD(CNG)기능 작동시 묵음구간을 통화자는 전화가 끊김으로 오인식 함	CNG기능 보완필요
Noise발생	다이얼 톤 및 통화시 통화자 주변의 소리가 수화기를 통해 상대방 및 자신의 전화기에 들리는 현상을 노이즈로 인식함	음성레벨 조절필요

4.1. 망 장비 최적화 테스트

Lab 테스트[9],[10]를 통한 망 구성 요소들의 QoS 성능을 알아보기 위한 실험에 사용되는 시험망은 그림 5와 같이 구성하였다. 마찬가지로, IP Network Emulator (Storm)을 통해 실제 네트워크 환경에서 발생할 수 있는 지연(delay), 손실(loss), 지터(jitter)를 생성함으로써 VoIP QoS 기준에 해당하는 망 상황에 따른 단말과 망 장비의 성능 변화를 측정하였다

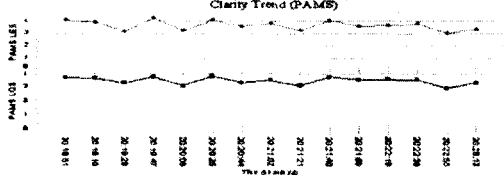


[그림 5] 망 장비 최적화 테스트를 위한 시험망

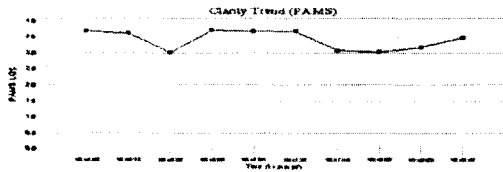
4.2 성능평가

4.2.1 지터버퍼의 성능 평가

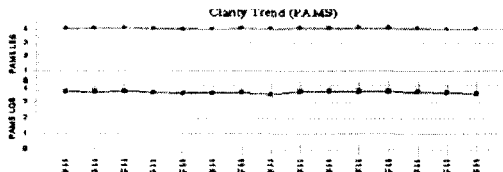
망 구성 요소 중 A형 게이트웨이(Gateway)의 지터버퍼의 성능을 알아보기 위한 테스트의 측정결과는 그림7과 같다. 여기에서 지터버퍼 최적화 설정을 위하여 필드적용 지터버퍼 파라미터인 민감도를 Dynamic range 40~200ms에서 40~400ms로 하였다. 최적화 설정 후 지터버퍼 성능은 1~3%까지 지터 버퍼에서 흡수 및 보상이 이루어졌다. 가입자 단말인 B형 VoIP단말의 경우 Dynamic range를 20~80ms로 하였을 때 그림8과 같이 지터버퍼 성능은 음성 통화품질 기준 이하인 것으로 나타났다. 그리하여 B형 가입자 단말의 지터버퍼 최적화 설정은 민감도 Static 100ms로 하였다. 최적화 설정 후 그림9와 같이 B형 단말의 경우 지터버퍼에서 1% 흡수 보상 효과가 이루어졌다.



[그림7] A형 G/W의 최적화 설정후 지터버퍼 성능 [60MS 지터]



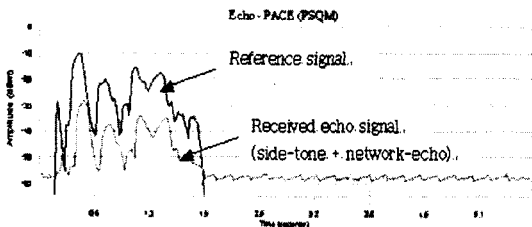
[그림8] B형 단말의 최적화 설정 전 지터버퍼 성능 [30MS 지터]



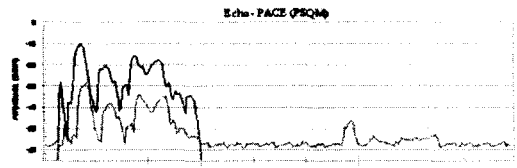
[그림9] B형 단말의 최적화 설정 후 지터버퍼 성능 [30MS 지터]

4.2.2 Echo Canceller의 성능평가

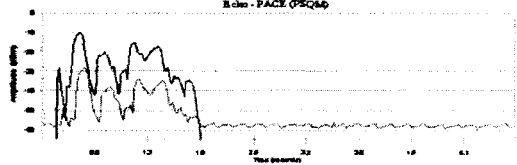
망 구성 요소들의 Echo Canceller의 성능을 알아보기 위한 테스트의 측정결과는 그림10 및 그림11에 나타내었다. 그림10은 echo canceller를 off 시켰을 때 side-tone과 network-echo 신호가 함께 나타나 있는 것을 나타내주고 있다. 이것을 IP Network Emulator(Storm)을 이용해 두 가지 에코 시그널을 분리해낸 것이 그림11에 나타나 있다. 이때, 단말의 echo canceller를 off 시키면 따라 network-echo 성분이 제거되지 않고 그대로 나타나게 되어 음성 통화품질의 저하 요인으로 작용한다. 다시, 그림12를 통해 단말의 echo canceller를 on 시켰을 때 단말은 network-echo 성분을 제거함을 알 수 있었다.



[그림10] B형 단말의 Echo Canceller 성능 [Off시]



[그림11] B형 단말의 Echo Canceller 성능 [Storm, Off시]



[그림12] B형 단말의 Echo Canceller 성능 [On시]

5. 결론

초고속 인터넷의 급격한 보급과 더불어 점차 VoIP 시장이 확대되어 가고 있고 사업자 또한 기존의 기업을 대상으로 한 VoIP 서비스를 벗어나 개인 초고속 인터넷 가입자를 대상으로 VoIP 서비스를 준비하는 시점에서 신규 시장에 대한 확실성을 가지지 못하고 있다. 이러한 현상의 주된 이유는 VoIP 서비스의 음성 통화품질이 일반 PSTN 전화의 수준으로 보장하지 못함에 따른 것으로 본 연구는 이처럼 VoIP 서비스를 제공하기 위해 필요한 음성 품질(voice quality)에 대한 종합적인 연구에 해당한다고 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 아직까지 사업자들에게 마련되지 않은 VoIP 음성품질에 대한 구체적인 기준을 마련하기 위해 음성 통화품질에 영향을 주는 파라미터들에 대한 분석과 구체적인 측정 방법을 제시하였고 그러한 방법을 통해 실험결과 서비스의 필드 측정을 통해 통신사업자의 VoIP 서비스에 대한 QoS 기준을 제시하였다. 또한, 현재 서비스중인 HFC 매체를 이용한 VoIP 서비스의 필드 측정을 통해 VoIP 음성 통화 품질을 정량적으로 나타내었다. 시험망 환경에서의 테스트를 통해 VoIP 망의 구성 요소들에 대한 개별적인 성능을 평가하였고 그러한 결과물 토대로 종단간 음성 통화품질 향상을 위한 구성 요소별 파라미터 설정을 최적화 하였다. 마지막으로 본 연구에서는 현재의 망 상태에서의 음성 통화품질 향상을 위한 기준 적용 및 파라미터 최적화를 적용하였다.

VoIP의 QoS는 양단간(End to End)의 종합적인 결과이다. 그러므로 실제적인 개선을 위해서는 단말의 QoS와 IP망의 QoS로 나누고 망 QoS 부분은 다시 가입자 망 QoS와 백본망 QoS로 나누어 생각할 수 있다. 이제까지는 주로 전체적인 QoS 기준과 최적화해야 될 변수를 살펴보았지만, 향후에는 망 QoS 부분에 대하여 별도의 추가적인 연구가 필요할 것으로 본다.

참고문헌

- [1] The QoS forum, "QoS protocols & architectures", July 8, 1999.
- [2] The IEC, "Accelerating the Deployment of VoIP and VoATM", 2001.
- [3] Bill Douskalis, "IP Telephony: The Integration of Robust VoIP Services", Prentice Hall, 2000.
- [4] Jerry Ryan "QoS in the Enterprise", ATG, 2001.
- [5] 김정대, "인터넷 상에서 QoS 관리 방안에 관한 연구", ETRI, Nov. 30, 1999.
- [6] Ashley Stephenson, "Delivering End-to-end Quality of Service for the future of IP", Bell Labs, Dec, 1999.
- [7] G. Almes, "A Round-trip Delay Metric for IPPM," RFC 2681, Sept, 1999.
- [8] The IEC, "Voice Quality(VQ) in Converging Telephony and IP Networks", Agilent Technologies, 2001.
- [9] The IEC, "Voice over Cable (VoCable)", TI, 2001.
- [10] CableLabs, "Cable Modem to Customer Premise Equipment Interface Specification", DOCSIS SP-CMC1-105-001215, 2000.