

主題

# 인터넷 전화 품질 평가

TTA 시험인증연구소 배성용, 신준호

차례

1. 개요
2. 인터넷 전화 서비스 품질
3. 통화 품질 평가 알고리즘
4. 통화 품질 측정 방법
5. 사례 연구

## 요약

저렴한 서비스 이용료라는 장점과 함께 통신망의 진화에 따라 인터넷 전화는 향후 차세대 네트워크의 기본 서비스로 인식되고 있다. 그러나 인터넷 전화는 낮은 서비스 품질이라는 근본적인 문제점을 안고 있다. 인터넷 전화가 성공하기 위해서는 PSTN 수준의 높은 서비스 품질을 제공할 수 있어야 한다. 본 고에서는 인터넷 전화의 품질을 평가할 수 있는 통화 품질 측정 방법과 그 결과 및 사례를 소개한다.

## 1. 개요

인터넷 전화가 성장할 수 있는 가장 큰 요인은 이동 및 유선 전화보다 상대적으로 저렴한 비용에 있다. 인터넷 인구의 증가와 값싼 서비스 이용료라는 특징으로 볼 때 분명 인터넷 전화는

성장할 수 밖에 없을 것이다. 그러나 초기의 이러한 기대와 관심과는 달리 인터넷 전화가 아직까지 대중화되지 못한 이유는 기존 전화 사업자들의 소극적인 서비스에 대한 투자와 낮은 서비스 품질에 있다. 기존의 PSTN(Public Switched Telephone Network) 전화에서 양질의 서비스를 제공 받던 서비스 이용자들이 적은 서비스 이용료라는 장점에도 불구하고 인터넷 전화를 쉽게 선택하지 않는 것은 아직까지 인터넷 전화가 PSTN 전화와 동일한 수준의 서비스 품질을 제공하지 못하기 때문이다. 이는 본래 인터넷 전화가 서비스 품질을 보장하지 않은(best effort) IP(Internet Protocol) 망을 기반 망으로 음성 데이터 서비스를 제공하기 때문에 전화 서비스 품질 또한 낮을 수 밖에 없다.

그러나 점차 기간 통신 서비스 사업자들이 차세대 네트워크 및 광대역 통합망을 도입하면서 인터넷 전화를 기본 서비스로 제공하고, 관련 법과 제도가 정비됨으로써 인터넷 전화의 활성화가

기대되고 있다. 또한 그 동안 문제가 되어 왔던 서비스 품질은 다양한 음질 개선 노력으로 인해 점차 양질의 품질을 제공하고 있다.

이처럼, 인터넷 전화에서 서비스 품질(QoS: Quality of Service)은 기술의 확산 및 이용의 증대를 위해서 반드시 그리고 지속적으로 해결하여야 할 문제이다. 인터넷 전화 품질에 영향을 미치는 요소는 매우 다양하다. 인터넷 전화 단말(terminal) 내부에서 코덱 지연 및 에코 발생을 비롯하여 IP 망 구간에서 지연(delay), 패킷 손실(packet loss) 및 지터(jitter) 등 다양한 품질 손실 요인이 있다[1]. 인터넷 전화 사업자는 양질의 인터넷 전화 품질을 제공하기 위해서 다양한 서비스 품질 손실 요인을 분석하여 이들을 최소화할 수 있어야 한다.

본 고에서는 인터넷 전화 품질 평가를 위해 먼저 서비스 품질의 종류와 해당 파라미터를 살펴보고 통화 품질을 평가하기 위한 측정 알고리즘 및 모델을 설명한다. 또한 음성 통화 품질을 평가하기 위한 측정 방법과 그 결과를 보이고 마지막으로 사례 연구를 제시한다.

## 2. 인터넷 전화 서비스 품질

일반적으로 인터넷 전화 서비스 품질(QoS)은 접속 품질과 통화 품질로 구분된다. 따라서 인터넷 전화 품질은 다음과 같은 요소로 구분할 수 있다[2].

### 가. 접속 품질(호 설정 시간)

- 내부 셋업 소요 시간
- 게이트키퍼 (혹은 소프트웨어 스위치, SIP 서버)와 게이트웨이간의 연결 소요 시간
- 인증, 과금과 같은 부가 서비스 처리를 위한 서버 접속에 소요되는 시간

### 나. 통화 품질(호 명료성)

- 종단간(end-to-end) 지연: 코덱 지연+패킷화 및 버퍼링+네트워크 전송 지연
- 통화 품질 영향 요소: 코딩 잡음, 에코, 패킷 손실, 대역폭 부족 등

〈표 1〉 인터넷 전화 서비스 품질 파라미터

구분	접속 품질 (접속 지연/접속률)	통화 품질 (호 명료성)
품질 파라미터	DTD	[주관적 파라미터]
	PDD	MOS
	CCD	[객관적 파라미터]
	Call Cut-Off Ratio	PSQM
	Call Completion Ratio	PAMS
		PESQ
		E-모델 (R-factor)

### < 참고 >

- DTD (Dial Tone Delay: 발신음 지연)
- PDD (Post Dialing Delay: 다이얼 후 접속지연)
- CCD (Call Clearing Delay: 호 해제 후 통화 단절음 지연)
- MOS (Mean Opinion Score)
- PSQM (Perceptual Speech Quality Measurement)
- PAMS (Perceptual Analysis Measurement System),
- PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality)

표 1은 인터넷 전화 서비스 품질과 관련한 주요한 품질 파라미터를 보여주고 있다.

접속 품질 파라미터에서 DTD는 사용자가 수화기를 들고(off-hook)난 후 다이얼 톤을 듣는데 까지 걸리는 시간을 나타내며, PDD는 사용자가 착신 번호 입력을 마치고 난 후 링백(ring-back) 톤을 듣는데 까지 걸리는 시간을 의미한다. CCD는 사용자가 통화를 마치고 호를 끊었을 경우

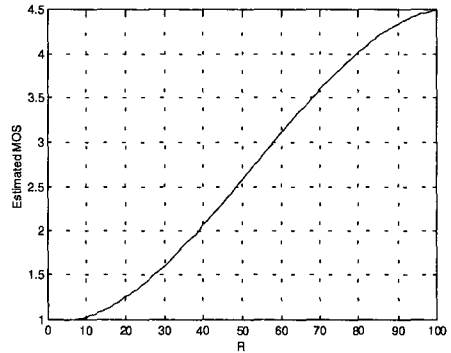
(on-hook) 통화 단절음을 듣는데 까지 걸리는 시간을 의미한다. 호 완료율(Call Completion Ratio)은 사용자가 호를 여러 번 시도하였을 경우 정상적으로 호 통화가 된 비율을 나타내며, 이와는 반대로 정상적으로 호가 연결되지 않은 비율이 호 절단율(Call Cut-Off Ratio)이다.

통화 품질은 객관적으로 평가하기에 어려움이 있으나 효율적인 네트워크 구축 및 서비스를 위해서는 이에 대한 객관적이고 과학적인 접근이 요구된다. 일반적으로 통화 품질은 MOS라는 5 단계의 평가 기준에 의해 품질 분류가 이루어져 왔다.

<표 2> MOS 평가표

점수	품질	잡음 정도
5	Excellent	Imperceptible
4	Good	Just Perceptible, not Annoying
3	Fair	Perceptible and slightly Annoying
2	Poor	Annoying but not Objectianable
1	Bad	Very Annoying and Objectianable

그러나 MOS값은 다수의 사람들이 자기 나름대로의 평가를 내리고 평균값을 구하는 방식으로 주관적이며 비효율성이 크다. 따라서 ITU-T에서는 객관적인 방법으로 통화 품질을 측정하기 위하여 PSQM, PAMS 및 PESQ 알고리즘을 제시하고 있다. 그러나 이들 방법들은 보낸 음성과 받은 음성을 단순히 비교하여 품질을 평가함으로써 음성이 지나가는 네트워크 경로의 환경 요인을 분석하여 품질을 평가할 수 없다. 따라서 ITU-T에서는 통화 품질에 영향을 끼치는 요소들을 체계적으로 분석하기 위한 새로운 방법으로 E-모델을 통한 R값을 제시하고 있다. 이 방법은 음성 샘플에 상관없이 동일한 값을 제시한다. 아래의 그림 1은 R값과 MOS와의 관계를 나타낸 것이다[3].



(그림 1) R값과 MOS값의 관계

<표 3> 음성 전송(통화) 품질의 분류

E-모델 R	품질	만족도	Estimated MOS
$90 \leq R < 100$	최상	매우 만족	4.3 이상
$80 \leq R < 90$	높음	만족	4.0 이상
$70 \leq R < 80$	중간	소수의 사용자 불만	3.6 이상
$60 \leq R < 70$	낮음	다수의 사용자 불만	3.1 이상
$50 \leq R < 60$	나쁨	거의 모든 사용자 불만	2.6 이상

### 3. 통화 품질 평가 알고리즘

#### 3.1 음성 기반 측정 알고리즘

통화 품질 평가에 처음으로 사용된 방법이 MOS(Mean Opinion Score)이다. MOS는 다수의 훈련을 받은 평가원들이 이미 정의된 평가 절차에 의해 통화 품질을 점수로 산정하여 그 평균값을 구하는 방법이다[4]. MOS값은 다른 방법의 측정값보다 직관적으로 품질 등급을 이해하기 쉽기 때문에 일반적인 평가 기준값으로 널리 사용된다. 그러나 이 방법은 근본적으로 주관적인 특성을 가지고 있으며, 평가에 많은 인력과 시간이 소요되는 단점을 가지고 있다. 따라서 적은 비용

과 객관적인 품질 평가를 위해 PSQM (Perceptual Speech Quality Measurement)이라는 새로운 평가 알고리즘이 소개되었다. PSQM은 음성 압축 코덱에 의해 영향을 받는 음성의 인지되는 품질을 측정하기 위해 고안되었다[5][6]. 따라서 이 방법은 기본적으로 데이터 네트워크 전송에서 발생하는 패킷 손실, 지연 및 지터와 같은 네트워크 손실 요소들을 반영하지 못한다. 이를 해결하기 위한 방법으로 향상된 PSQM 알고리즘인 PSQM+가 개발되었는데, 이 방법에서는 네트워크 손실을 반영한 평가 품질을 얻을 수 있다[6]. 그러나 이 방법도 여전히 인지되는 음성에 기반한 평가 결과를 제공한다는 한계를 가지고 있다. PAMS(Perceptual Analysis Measurement System)는 PSQM+와 같이 네트워크의 손실을 반영하여 품질 평가를 할 수 있으면서, PSQM과는 다른 신호 처리 모델을 사용하여 LQS(Listening Quality Score)와 LES(Listening Effort Score)라는 보다 상세한 평가 결과를 제공할 수 있다[6]. 또한 PESQ(Perceptual Evaluation of Speech Quality)는 PSQM+와 PAMS의 장점만을 취합하여 개발된 알고리즘으로서, PSQM+나 PAMS와 동일한 시험 결과를 제공한다[6][7].

### 3.2 R값 기반 E-모델

지금까지 인터넷 전화 통화 품질 평가를 위해 앞에서 설명한 여러 알고리즘이 사용되어 왔지만, 이러한 알고리즘들은 송수신된 음성에 기반하여 인지되는 음성의 품질을 평가하기 때문에 음성 샘플에 따라 품질이 달라지고, 일부 알고리즘에 대해서는 음성 전송 경로에 대한 네트워크의 환경 요소를 품질에 반영하지 못하는 문제점이 있다. E-모델은 이러한 음성 기반 평가 알고리즘들의 문제점을 해결할 수 있다.

E-모델은 ITU-T에서 정한 "전송품질평가모델

"이라고 할 수 있는데, 여기서 다루는 전송 품질의 의미는 종단간(mouth to ear)에서의 음성 전송 시 품질을 말한다. 즉, 어떤 주어진 네트워크 환경하에서 통화를 하려고 할 때 사용자가 직접 느낄 수 있는 주관적인 품질을 보편적인 인지 측면에서 최대한 객관적으로 평가하고자 착안한 모델이라고 할 수 있다. E-모델은 모든 망에서의 전송 품질을 측정하고 망 계획을 수립하기 위한 도구로서 제안되었으나, IP 전화에서의 손실(impairment)을 적절하게 수용할 수 있어 인터넷 전화 품질 평가에 널리 적용되고 있다. E-모델의 결과값은 R값이라고 불리는 스칼라(scalar)이다. R값이 가질 수 있는 범위는 50부터 100사이의 값으로 50이하의 값은 수용되지 않는 값이며, 협대역(300에서 3400Hz)의 음성 전송 품질에서 가질 수 있는 최대값은 94.7이다. E-모델은 종단간 전송 품질에 대한 특정 손실 파라미터와 이들간의 상호 작용에 관련한 몇 개의 모델들로 구성되어 있다. 전송 품질 R값을 결정하는 E-모델 수식은 다음과 같다[8].

$$R=R_0-I_s-I_d-I_e, \text{eff}+A \quad (1)$$

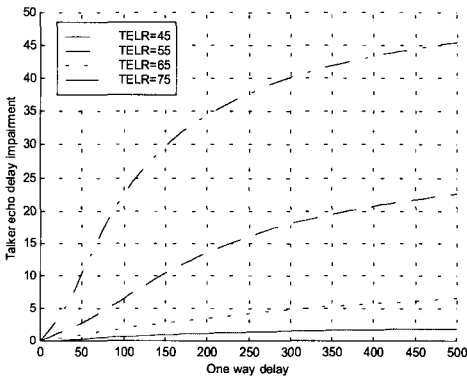
- ✓  $R_0$ : 송?수신측 신호 크기와 실내 및 회선의 전기적인 소음을 고려한 기본적인 신호 대 소음의 비율(S/N)
- ✓  $I_s$ : 신호 크기 수준, 사이드 톤(side tone), 그리고 PCM(Pulse Code Modulation) 양자화 왜곡(quantizing distortion) 등과 같은 실시간 또는 동시에 발생하는 음성 전송 손실들의 합
- ✓  $I_d$ : 송화자 에코(talker echo), 수화자 에코(listener echo) 그리고 절대 지연(absolute delay) 시간과 같은 음성 신호에 대한 지연 손실들의 합
- ✓  $I_e$ : 낮은 비트율(low bit-rate) 코딩 방식의 압축 코덱 사용에 따른 특정 장비 내에서

발생하는 장비 손실.  $I_{e,eff}$ 는 패킷 손실을 고려한 압축 코덱 사용에 따른 장비 손실을 나타낸다.

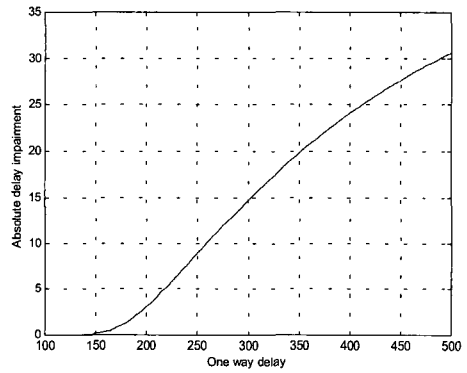
- ✓ A: 이동(mobility)이나 위성(satellite) 전화 같이 새로운 서비스 사용에 따른 이득값.

그림 2는 E-모델을 이용한 통화 품질 측정의 한 예로, 송화자 에코(talker echo)와 음성 시간 지연이 통화 품질 R값에 미치는 영향을 보여주

결과를 표시한다. HammerIT 장비를 시험 대상 게이트웨이의 FXS(Foreign Exchange Station) 포트에 연결하여 동시에 최대 8개까지의 콜을 시도하여 약 2분간 통화를 유지하면서 음질을 측정하며 같은 과정을 20분에 거쳐 반복한다. 그림 4는 이와 같은 방법으로 구해진 15종의 아날로그 전화기용 인터넷 전화 게이트웨이의 통화 품질 시험 결과이다.



(A) 에코 잡음에 따른 품질 저하



(B) 시간 지연에 따른 품질 저하

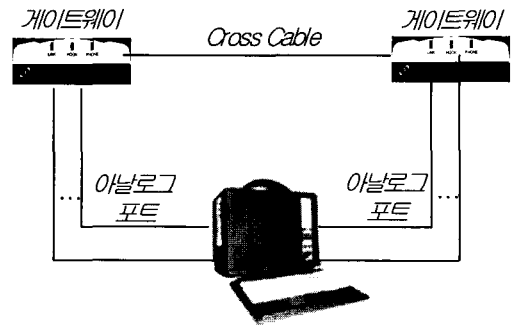
(그림 2) E-모델 통화 품질 손실 요소 분석

고 있다.

#### 4. 통화 품질 측정 방법

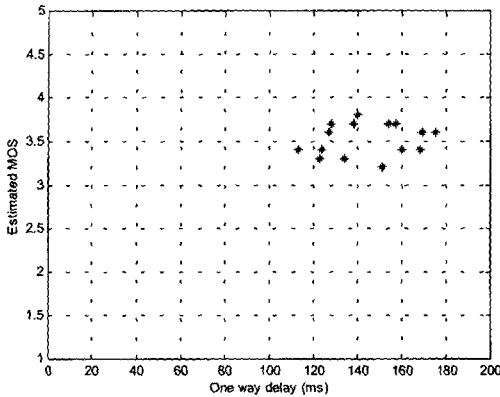
그림 3은 인터넷 전화 게이트웨이의 통화 품질 측정을 위한 시험 구성도이다.

시험에서, 모든 시험 대상 장비는 G.723.1 6.3k 코덱을 사용하고, 최소 지터 버퍼 크기는 30ms로 설정한다. 계측 장비는 Empirix사의 HammerIT 장비를 사용하고 사용한 측정 알고리즘은 PSQM이며, 이 값을 MOS값으로 치환하여



(그림 3) 인터넷 전화 게이트웨이 통화 품질 측정 시험 구성도

(그림 4) 인터넷 전화 게이트웨이 통화 품질 측정 결과



이와 동일한 조건에서 이론적인 R값과 그에 해당하는 MOS값을 구해보면 다음과 같다.

- 지연: 코덱 67.5ms + 지터 버퍼 30ms = 97.5ms
- 패킷 손실: 0%
- E-모델 R값: 75
- MOS값: 3.8

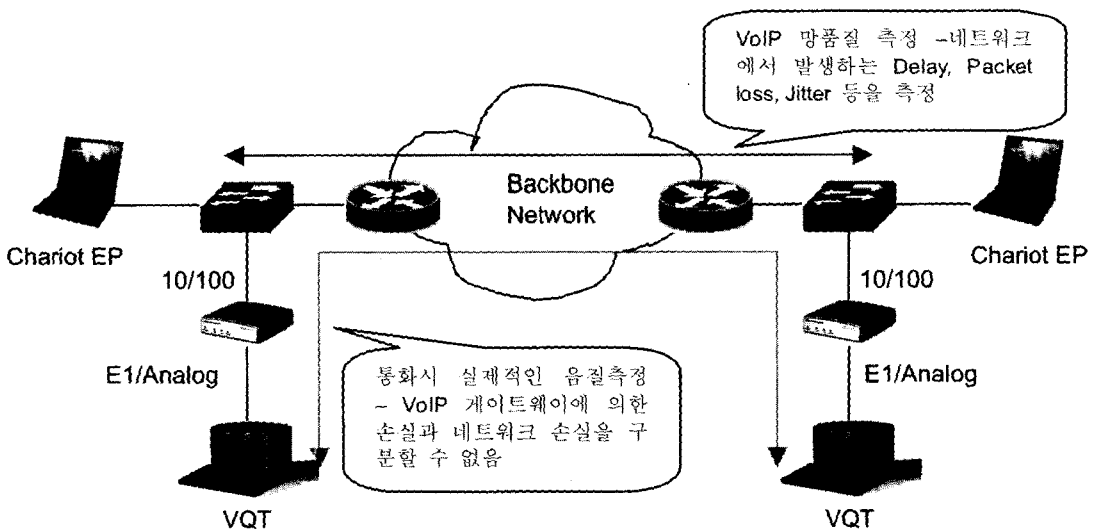
실제 시험 결과에서 얻은 결과값은 다음과 같다.

- 지연: 110ms~175ms
- MOS : 3.2 ~ 3.8

시험 결과값에서 MOS값을 R로 치환해 보면 62~75 사이가 되므로 이론적인 값과 최대 13 정도의 차이를 보여주고 있다. 이러한 차이는 신호 이득비와 지터 버퍼 특성 및 코덱 성능 차이에 기인한 것이다. 그리고, 사용 가능한 FXS 포트 로 동시에 여러 개의 통화를 시도하므로 프로세스의 성능에 따라 결과가 다르게 나올 수도 있다. E-모델에서는 장비에 의해 발생하는 손실 중 코덱과 관련한 부분만을 반영하므로 반드시 인터넷 전화 장비에 대한 성능검증을 통해 추가적으로 발생할 수 있는 품질 손실을 최소화해야 한다.

인터넷 전화 게이트웨이에서 발생하는 손실 요소를 통화 품질 측정을 통해 파악하였다면 E-모델에서 다루고 있는 네트워크 환경 요소 중 지연과 패킷 손실을 측정하는 방법에 대해 설명한다.

NetIQ사의 Chariot VoIP 프로그램을 이용하면 G.711, G.729, G.723.1 코덱에 알맞은 UDP(User



(그림 5) 네트워크 환경을 고려한 인터넷 전화 통화 품질 측정 방법

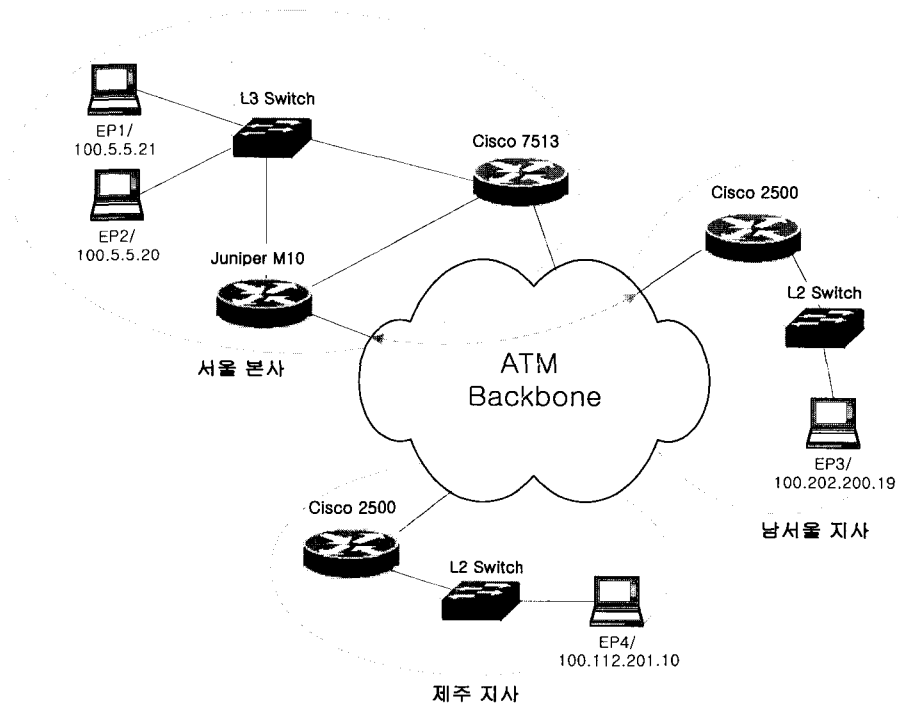
Datagram Protocol)/RTP(Real Time Protocol) 데이터그램을 전송하여 네트워크에서 발생하는 지연(delay), 지터(jitter), 패킷 손실(packet loss)과 같은 요소를 측정할 수 있다. 그림 5에서는 Chariot EP (Endpoint)간의 경로로 음성 패킷을 보내어 측정하는 간단한 예를 보여주고 있다. Chariot은 R값 도출을 위해 Id, Ie,eff의 경우 네트워크 측정치와 코덱 설정을 적용하고 나머지 변수인 Ro, Is는 ITU-T G.107의 기본값을 적용하여 R값 및 MOS값으로 결과를 알려준다. 반면, Agilent사의 VQT 장비는 인터넷 전화 게이트웨이에 연결하여 실제적인 통화 품질을 측정하는데 효과적이다.

인터넷 전화 게이트웨이의 성능은 시간에 따라 거의 변함이 없다고 가정해도 무리가 없으나 네트워크 성능의 경우에는 시간에 따라 변화가 심하다는 특성을 가지고 있으며 이는 사람들의

인터넷 접속 형태에 따라 달라진다. 그러므로 올바른 인터넷 전화 망 품질 측정을 위해서는 적용할 코덱 종류, 지터 버퍼, 음성 패킷 길이, 동시 통화량을 결정한 후 이 시나리오를 바탕으로 최소 24시간에 걸쳐 지속적으로 품질을 측정할 필요성이 있다.

### 5. 사례연구- A기업 인터넷 전화 품질 측정

위의 그림 6은 A기업의 사내망에 인터넷 전화를 구축했을 때의 품질 시험의 한 사례이다. 백본망은 ATM으로 이루어져 있고 시스코 및 휴니퍼의 에지 라우터를 통해 본사 및 지사의 망이 구성되어 있다. 측정에서 NetIQ의 Chariot 4.2 VoIP suite를 탑재하기 위하여 Endpoint (EP)로



(그림 6) A기업 인터넷 전화 품질 측정 구성도

데스크탑 또는 노트북 PC를 사용하였다. Chariot Endpoint 프로그램을 장착한 EP는 실제 인터넷 전화 게이트웨이 역할을 하며 Chariot 콘솔에서 EP 간의 RTP 음성 패킷 전송을 제어한다.

〈표 4〉 음성 패킷 전송 경로

송신	수신	경로
본사	남서울	EP1 -> L3 S/W -> (Cisco7513) -> M10 -> Cisco2500/남서울
본사	제주	EP2 -> L3 S/W -> (M10) -> Cisco7513 -> Cisco2500/제주
남서울	제주	Cisco2500/남서울-> M10 -> Cisco7513 -> Cisco2500/제주

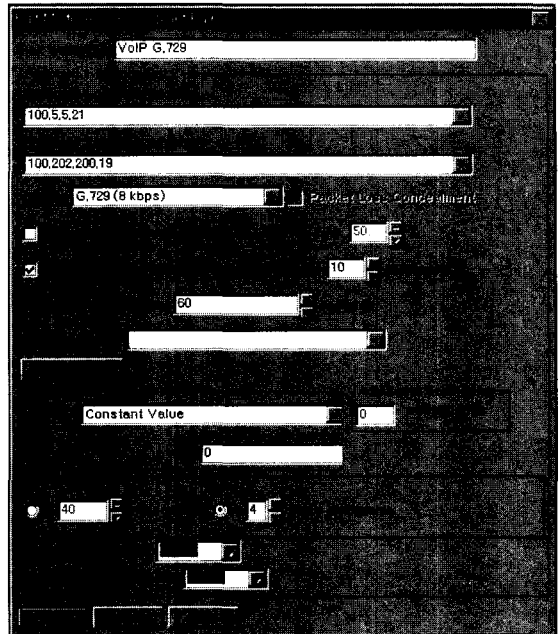
음성 신호는 표 4와 같은 경로로 전송이 이루어지며 Chariot VoIP suite을 통해 압축 코덱, 통화 수 등의 변수를 조절할 수 있다.

1) Chariot VoIP Suite 파라미터 설정

- ✓ 데이터그램 길이 : 압축 코덱에 따라 일반적인 값 설정 (최소 10ms)
- ✓ 압축 코덱 : G.729 (8kbps), G723.1 (6.3, 5.3kbps), G711(u-law, a-law)
- ✓ Silence suppression : On/Off
- ✓ 지터 버퍼: 2~4 datagram size로 설정
- ✓ 동시호 갯수 : 본사-남서울, 본사-제주, 남서울-제주 간 호 개수 조정

2) 측정 항목

- ✓ MOS: 음성의 선명도를 나타내는 지표로써 1~5의 값을 갖는다. 1은 가장 낮은 품질이고, 5는 가장 좋은 통화 품질을 의미한다.
- ✓ 단방향 지연(one-way delay): 신호가 endpoint1에서 endpoint2에 도달하는데 걸리는 시간으로 네트워크에 의해서 발생하는 지연 시간이다.



(그림 7) Chariot VoIP Pair의 파라미터 설정 예

- ✓ 종단간 지연(end-to-end delay): 단방향 지연, 패킷화 지연, 지터 버퍼 지연을 모두 포함한 지연 시간이다.
- ✓ RFC 1889 지터: 각각의 RTP 패킷에 대해서 전송 시간(보낸 시간 - 받은 시간)을 계산하고 이전 RTP 패킷에서 구한 전송 시간과의 차에 대한 평균 편차를 나타낸다. 만약  $D(i,j)$ 가 패킷  $i$ 와 패킷  $j$ 의 전송 시간 차를 의미한다고 하면 지터값  $J$ 는 다음의 식을 이용해서 구한다.

$$J = J + (|D(i-1, i)| -) / 16 \quad (3)$$

- ✓ 지터 (delay variation): 히스토그램을 통해 delay variation을 경험하는 패킷의 분포로 나타낸다. 지터(delay variation) 최대값은 Timing record 주기 동안 발생한 최대 delay variation을 나타낸다.



- ✓ 퍼센트 바이트 손실: endpoint간 전송 중 잃어버린 데이터그램의 양
- ✓ 최대 연속 손실 데이터그램: 전송 도중에 잃어버린 데이터그램 중 연속적으로 잃어버린 패킷의 최대 길이
- ✓ 지터 버퍼 손실 데이터그램: 지터 버퍼에 의해서 발생한 데이터그램 손실로써 네트워크상의 지터가 지터 버퍼 크기보다 클 때 주로 발생한다.

## 6. 맺음말

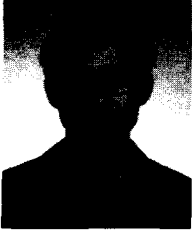
통신망이 진화함에 따라 점차 PSTN이 인터넷 전화로 흡수 통합되면서 인터넷 전화의 활성화가 기대되고 있다. 그러나 인터넷 전화의 활성화에 앞서 가장 중요한 것은 서비스 품질이다. 인터넷 전화 서비스 사업자와 제조 사업자는 VoIP 시스템 및 망에 대한 객관적인 품질 측정을 통해 일정 수준의 서비스 품질을 제공하여야 한다.

본 고에서는 인터넷 전화 품질을 측정하기 위한 방법과 결과를 소개하였고, 그 사례를 제시하였다. 본 고의 인터넷 전화 품질 평가 방법은 인터넷 전화 서비스 사업자에 있어서 적극 활용될 것으로 예상된다.

- Feb., 2001.
- [2] 이인섭, "음성 서비스 품질 표준화 동향", IT Standard Weekly, TTA, 2003-40호, 2003.10.
- [3] ITU-T G.109, Definition of categories of speech transmission quality, Sep., 1999.
- [4] ITU-T P.800, Methods for subjective determination of transmission quality, Aug., 1996.
- [5] ITU-T P.861, Objective quality measurement of telephone-band(300-3400Hz) speech codecs, Feb., 1998.
- [6] ITU-T P.861, Objective quality measurement of telephone-band(300-3400Hz) speech codecs, Feb., 1998.
- [7] Agilent Technologies Application Note 1402, Performing Pre-VoIP Network Assessments.
- [8] ITU-T P.862, Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): An objective method for end-to-end speech quality assessment of narrowband telephone networks and speech codecs, Feb., 2001.
- [9] ITU-T G.107, The E-model, a computational model for use in transmission planning, July, 2002.

## 참 고 문 헌

- [1] DaeHo Kim, SeongGon Choi, Jun Kyun Choi, "Performance Evaluation for QoS Guaranteed VoIP service with OPNET and Related QoS Technologies", ICACT'2001,



**배 성 용**

1992. 2 충남대학교 전자계산학  
과(학사)

1994.2 충남대학교 전자계산학  
과(석사)

1994.2~ 2001.11 한국전자통신  
연구원

2001.12 ~ 현재 한국정보통신기술협회 시험인증연구  
소 근무

관심분야 인터넷전화, BcN, Workflow



**신 준 호**

1999.2 포항공과대학교 전자전  
기공학과(학사)

2001.2 포항공과대학교 전자전  
기공학과(석사)

2001.3~ 2001.11 한국전자통신  
연구원

2001.12 ~ 현재 한국정보통신기술협회 시험인증연구  
소 근무

관심분야 인터넷전화, IPv6, 무선랜, 네트워크장비 시  
험인증