

# 네트워크 시뮬레이터를 이용한 PESQ 기반 VoIP QoS 보장 네트워크 조건 모델링

김 선 미\*, 김종 성\*\*, 안 석 환\*\*\*

## VoIP QoS Network Modeling using Network Simulator

Sun-mi Kim\*, Jong-seong Kim\*\*, Suk-hwan An\*\*\*

### 요 약

인터넷이 급속도로 발달함에 따라 기존의 PSTN 망과 최근에 널리 보급되고 있는 인터넷 망의 연계를 통해 VoIP 서비스가 제공되고 있다. 또한, 인터넷 망을 통한 VoIP의 보급으로 인해 서비스 품질에 대한 관심이 증가하고 있다. 기존에는 주로 제공업체의 관점에서 서비스 품질 개선을 위해서 연구가 진행되었으나, 최근에는 소비자들의 관심이 증가함에 따라 서비스 제공업체가 소비자들에게 제시할 수 있는 객관적인 기준이 필요하게 되었다. 본 논문에서는 서비스 품질 파라미터인 PESQ를 기준으로 분석을 하였다. 마지막으로 현재 한국정보통신기술협회에서 이상적인 지표로 제시한 데이터와 실제 측정을 통한 데이터의 비교 분석을 통해서 실험의 유의성을 검증하고, 최종적으로 통화품질 조건 모델링을 제시한다.

### ABSTRACT

As rapid development of the Internet, there are increasing interests about quality of service of VoIP using the Internet network and established PSTN. There was some study going on to improve the quality of service from the point of view of supplier's mainly. However recently, the demand for setting up the objective standards that service provider can offer to customers is needed as the interests from customers has been going up. In this study, we analysed the results from the test using PESQ which is a parameter of quality of service. we offer the conditions of network which guarantees the minimum quality of phone call using VoIP.

**keywords** : VoIP, QoS, PESQ, network, PSTN

### 1. 서 론

최근 VoIP를 이용하는 인터넷 서비스의 보급이 증가함으로 인해, 기존 PSTN(Public Switched Telephone Network)을 이용했을 때와 같은 품질을 VoIP 서비스에서도 요구하는 경향이 증가하고

있다 그러나 VoIP의 망을 구축하는 통신사업자와 장비를 제공하는 제조사의 입장에서는 VoIP QoS(Quality of Service)의 영향을 미치는 환경변수 간의 상호관계와 일정 수준의 QoS를 보장하기 위한 네트워크 설계방안은 미흡한 수준이다.

본 논문에서는 QoS에 주로 영향을 미치는 환

\*, \*\*, \*\*\* 건국대학교 전자공학부 학사과정 ([predict0707@nate.com](mailto:predict0707@nate.com))

접수일자 : 2012년 7월 9 일, 수정일자 : 2010년 8월 7일, 심사완료일자 : 2010년 8월 10일

경 변수인 Jitter, Delay, Packet loss를 네트워크 시뮬레이터를 이용해 조절하여 변수들과 VoIP QoS와의 상관관계를 파악하여 한국정보통신기술 협회에서 권고한 최소한의 통화품질을 보장하는 네트워크 환경을 모델링하였다. 통화품질 측정 방식에는 PESQ, E-Model, MOS 측정 방식이 있는데, 본 논문에서는 PSTN과 IP망을 결합한 통신 환경에서 실험하였기 때문에 Reference 방식인 PESQ로 결과를 분석하였다.[1][10][11][12]

## II. VoIP 서비스를 위한 음성 품질 평가 기술

### 1. MOS 평가방법

MOS(Mean Opinion Score)는 사용자들의 평균 의견을 이용하여 음성의 품질의 기준을 점수화한 값을 의미한다. 표 1은 사용자의 만족도를 MOS 값으로 나타내고 있다.

표 1. MOS 값에 따른 품질 등급  
Table 1. Quality grade about MOS score

MOS 값	품질등급
5	Excellent
4	Good
3	Fair
2	Poor
1	Bad

MOS 방법은 많은 사용자들이 통화를 통해서 느끼는 음성 품질의 평균값을 단지 만족감을 수치로 표현하기 때문에 이 값은 객관적이기 보다는 주관적인 성향이 짙을 뿐만 아니라, 사용자와 환경이 동일할 지라도 테스트를 통해서 얻은 결과가 항상 동일하지는 않으며, 설사 동일한 환경을 이용하는 사용자들 사이에서도 다소 다른 점수를 줄 수 있다. 또한 매년 측정을 하기에는 비용적인 측면에서 비효율적이기 때문에 최근에는 객관적인 방법들이 선호되고 있다.[2][3]

### 2. PESQ 평가방법

PESQ(Perceptual Evaluation of Speech Quality)는 그림 1과 같이 원 신호와 이 신호가 통신 시

스템을 통과하여 나온 결과인 감쇄된 신호를 비교하는 평가 방법이다. 원음성과 감쇄음성을 입력한 경우, 양측의 신호 특성량의 차이를 이용하여 음성의 수신 청취 품질을 측정하는 객관 평가법인 PSQM을 바탕으로 패킷 손실 등에 대응하기 위해서 인지 모델을 개량한 객관적인 평가 방법이다. PESQ 값은 0.5부터 4.5 사이이며 일반적으로 1.0에서 4.5 사이의 값을 갖는다.

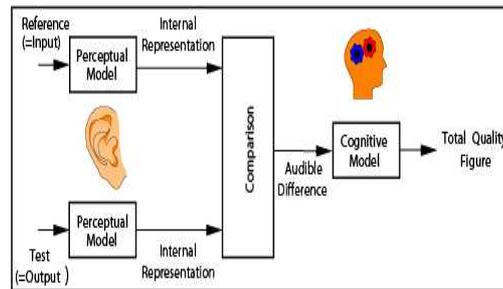


그림 1. PESQ 측정 구조  
Fig 1. A method measuring PESQ

PESQ는 단 방향인 청취 음성 왜곡 및 잡음을 측정할 수 있지만 loudness loss, 지연, 측음, 에코 등 전송 품질은 반영하고 있지 않다. 따라서 PESQ 값이 높더라도 양방향 대화형 품질인 통화 품질은 지연에 민감하기 때문에 지연을 고려하는 경우에는 통화품질 자체는 낮을 수 있다.[2][6]

### 3. E-Model 평가방법

E-Model은 ETSI STQ에서 1993년에 표준화되었으며 ITU-T에서 G.107로 표준화하였다. EModel은 망을 설계하고자 하는 사람이 실제 망을 설치하기 전에 미리 망의 품질을 계산식을 통해 추정하기 위한 설계 도구로서 개발되었다. E-Model은 데이터망 특유의 손실, 지연 등에 대하여 고려하고 있기 때문에 PSTN의 전화망뿐만 아니라 데이터망의 음성 품질 평가에도 적용되고 있다. E-Model이 개발됨에 따라 망의 손실 정도를 달리하는 많은 주관적인 실험이 진행되었으며 이 테스트의 실험 결과는 객관적인 계산을 위한 E-Model의 입력 값으로 사용되었다.

표 2. E-Model 계산식에 사용되는 파라미터  
Table 2. Parameters for the E-Model equation

파라미터	내용
$R_o$	Signal to noise ratio
$l_s$	Impairments simultaneous to voice signal transmission
$l_d$	Impairments delayed after voice signal transmission
$l_e$	Effects of Equipment (e.g. codecs)
A	Advantage factor (attempts to account for caller expectations)

E-Model의 계산 결과는 종합 음성전송 품질을 나타내는 R 값이라고 불리는 단일 값이 산출된다. E-Model 값을 계산하기 위해서는 신호 대 잡음비를 품질의 정도라고 간주한 후 그 정도에서 음성 신호, 지연, 주변장치(e.g. 코덱) 등이 품질에 미치는 손상 값을 차례로 빼나가는 형태이다. 일단 R값이 산출되면 추정 MOS(Estimated MOS)

4. PESQ와 E-Model 비교

표 3. PESQ와 E-Model 비교  
Table 3. Comparison between PESQ and E-Model

	PESQ	E-Model
특징	1. End to end 측정 2. 음질의 직접 실험(원음과 왜곡음을 비교) 3. PESQ 값은 MOS-LQO로 환산	1. IP Network 구간 측정 2. MOS의 간접 추정(네트워크 성능/품질을 측정하여 음성품질을 예측) 3. R값은 MOS-LQE 혹은 MOS-CQE로 환산
장점	1. Mouth to ear 구간 전체 반영 2. 실제 청취 체감 품질 측정 - 발/착신자의 입에서 귀에 이르는 단대단 구간(IP 망구간, 무선구간, 단말구간 등) 모든 품질저하요소가 반영됨	1. 측정 편의성 및 객관성 확보 - 단순한 IP망구간 품질 항목(loss, delay, jitter 등) 측정을 통한 R값 산출 및 MOS로 추정이 가능 2. 양방향의 대화 품질 측정 가능
단점	1. 청취 품질(MOS-LQO)만 측정 가능(대화 품질은 측정 불가)	1. IP 망구간 내 전송품질만 확인 가능 2. 서킷망으로 핸드오버 이후 측정 불가

PESQ와 E-모델은 상호간의 차이에 의한 뚜렷한 장단점을 가지고 있다. 우선 PESQ는 실제 음성의 음질을 측정하는 반면 E-모델은 네트워크 전송 품질을 측정한다는 점에서 PESQ가 실제 음성 품질을 정확하게 반영할 수 있고, 최종 단말기를 통해 전달되는 음성을 기준으로 측정하므로 하부 전송 네트워크가 IP 기반인지 회선 기반인지의 여부에 관계없는 측정이 가능하다는 장점이

있으므로 변환될 수 있다. 다음 식은 E-Model의 R 값을 산출하기 위한 수식 (1)을 나타낸다.

$$R = R_o - l_s - l_d - l_e + A \quad \dots\dots (1)$$

표 2는 E-Model의 계산식에 사용되는 파라미터이다.

현재 E-Model은 랜덤 패킷 손실만을 반영하고 있으나 버스트 패킷 손실을 예측하도록 E-Model을 확장하기 위한 개정작업은 ITU-T에서 진행 중에 있다. 또한 E-Model은 핸드셋(handset) 터미널을 기준으로 모델링하고 있으며 핸드프리 터미널, PC+헤드셋, PC+라우드 스피커 마이크로폰 등의 터미널을 접속하는 경우의 품질은 ITU-T SG12 WP1에서 연구 진행 중에 있다. 그러나 E-Model은 E-Model의 실제 측정 시 음성품질의 측정 기기나 측정방법의 차이로 인해 객관적인 평가가 어려운 문제점이 존재한다.[2][4][5]

있다. 그러나 PESQ는 측정을 위해서 반드시 시험 음성 입력(reference speech)이 필요한 주입식 방식(intrusive method)이기 때문에 일반 단말기를 통한 측정이 다소 어려울 수 있고 특히 실제 통화에 대한 측정이 아니라 시험 음성 입력에 대한 단방향 측정만 가능하다는 단점이 있다.

반면 E-모델은 비주입식 방식(Non-intrusive method)이므로 별도의 시험 입력을 가하지 않고

서도 측정 가능하기 때문에 일반 단말기에서 실제 이루어진 통화의 품질을 측정할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 E-모델은 네트워크에서 발생하는 손실이나 지연을 기반으로 추정하는 방식이기 때문에 유무선에 관계없이 인터넷 전화 서비스의 종단간 품질 측정이 가능한 반면에 인터넷 전화와 기존의 회선 기반의 유선 전화 혹은 이동 전화 간 품질 측정은 일부 구간에 대해서만 가능하다는 단점이 있다.[6][9]

### III. 가상 네트워크 환경 구축

PSTN을 이용하는 전화기에서 아날로그 신호가 발생하게 되는데, 이는 VoIP 전용 게이트웨이를 통해 패킷의 형태로 변환된다. 기존의 PSTN과 연결된 VoIP provider가 이 패킷 신호를 다시 아날로그 신호로 변환하여 일반 전화와의 통화가 가능해진다.

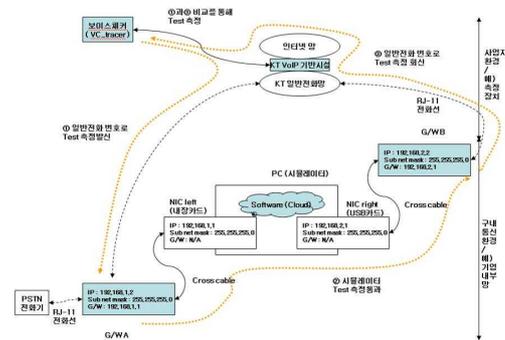


그림 2. 송수신 사이의 loop를 이용한 Test-bed  
Fig 2. Test-bed using a loop between caller and callee

G/W와 PC를 함께 연결하여 가상 네트워크 환경을 구축하였다. 시뮬레이터인 Shmuna Cloud 프로그램을 이용하여 가상 네트워크 환경에서 Jitter, Delay, Packet loss를 변화시켜서 VoIP QoS를 측정하도록 한다.

VoIP QoS를 측정하기 위해서 수신자의 역할로 (주)뉴브로드테크놀로지사의 Voice Checker Tracer를 이용하였다. 송수신자 사이에 loop를 형성하여 Test-bed를 구축하였다.

이로 인해 송신자 측의 원 신호와 가상 네트워

크 환경을 통과하여 최종적으로 나오는 수신자 측의 감쇄된 신호를 이용하여 송수신자 사이의 직접적인 신호 비교를 할 수 있게 되었다. 즉, PESQ 방식을 기반으로 VoIP QoS를 측정하였다. 또한, 실험을 함에 있어 네트워크 환경의 변화 요소인 Jitter는 0~150ms (30ms 간격), Delay는 0~150ms (50ms 간격), Packet loss는 0~30% (15% 간격)로 설정하고 결과를 도출할 것이다.

### IV. 결과 분석

그림 2의 Test-bed 실험 환경을 보면 KT 회사의 PSTN으로 시작하여 중간에 IP망을 걸쳐 다시 PSTN 망으로 나오게 구성되어 있다. 실제 음성의 quality를 비교하는 PESQ을 채택하였기 때문에 환경변수 중의 하나인 Delay에 의한 영향은 배제되었다.

#### 1. Delay 배제 이유

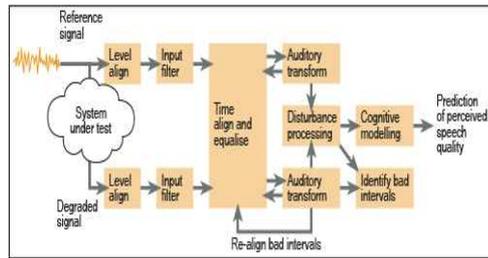


그림 3. PESQ 알고리즘  
Fig 3. PESQ algorithm

PESQ 방식의 알고리즘을 살펴보면 Time-alignment part는 내부 조건에 적합하게 신호 간의 시간 지연을 조정하는 기능을 한다. 이는 처음이나 중간의 묵음 신호를 제거하고, packet을 time line 상에 나열하여 비교를 하는 것이다. 이 때문에 reference 신호와 test 신호 사이의 비교를 하여 나온 결과 값은 delay 수치는 배제되고 packet loss 와 jitter 수치만 나오게 된다.

#### 2. Packet loss와 Jitter 간의 관계

Voice checker를 통해 도출한 결과는 표 4과 같다.

표 4. Packet loss와 Jitter의 관계  
Table 4. Relations between Packet loss and Jitter

PESQ	Packet Loss (%)		
	0	15	30
Jitter (ms)			
0	4.14	2.94	2.22
30	3.96	2.89	2.13
60	3.91	2.86	1.86
90	3.84	2.68	1.80
120	3.41	2.32	1.76
150	2.94	2.27	1.76

표 4와 같이 PESQ는 Jitter와 Packet loss가 증가함에 따라 통화 품질이 떨어지는 경향을 보였다. 표 1을 참조하였을 때, Jitter 0 ms, Packet loss 0 %에서는 PESQ 4.14로 Good 품질이 측정되었고, Jitter 150 ms, Packet loss 30 %에서는 PESQ 1.76으로 Bad 품질이 측정되었다.

그림 4는 실험 결과 값을 토대로 보간법을 적용하여 도출한 Jitter와 Packet loss 간의 2차원 그래프이다.

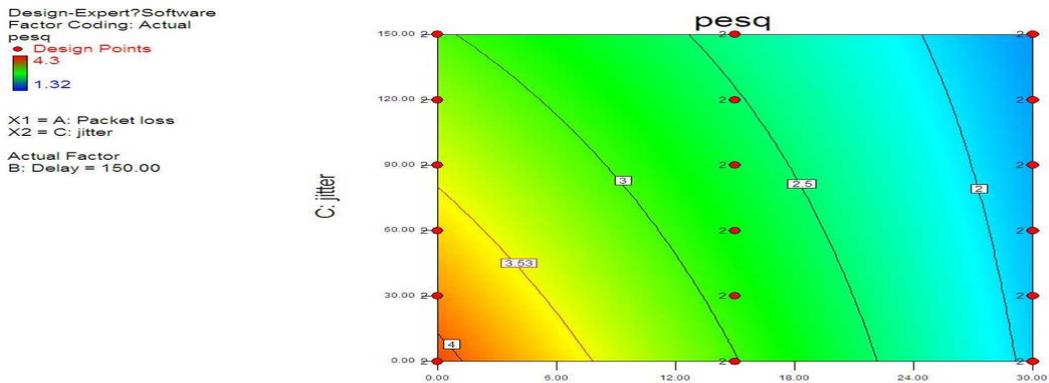


그림 4. Jitter와 Packet Loss에 의한 2차원 PESQ 그래프  
Fig 4. The graph of PESQ with Jitter and Packet loss

그림 4를 통해서 한국방송통신협회에서 권고한 최소한의 통화품질 수치를 만족하는 네트워크 조건을 도출해 낼 수 있었다.

loss 8.31 % 만족해야 한다. 이를 토대로 Jitter와 Packet loss 간의 상관식을 도출할 수 있었다.

표 5. Jitter의 값(Packet loss 0%)  
Table 5. Score of Jitter(Packet loss 0%)

Packet Loss (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)	PESQ
0.00	0.00	85.17	3.53

Final Equation in Terms of Actual Factors :

$$\begin{aligned}
 PESQ = & 4.12685 \dots\dots\dots (2) \\
 & - 0.071813 \times Packet\ Loss \\
 & - 7.0079 \times 10^{-3} \times Jitter \\
 & + 1.94365 \times 10^{-4} \times Packet\ Loss \times Jitter
 \end{aligned}$$

표 6. Packet loss의 값(Jitter 0ms)  
Table 6. Score of Packet loss(Jitter 0ms)

Packet Loss (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)	PESQ
8.31	0.00	0.00	3.53

수식 (2)를 보면 Jitter와 Packet loss의 각각의 요소에 의한 영향과 요소들 간의 상호작용의 의한 영향이 함께 나타남을 알 수 있다. 결과적으로 PESQ는 Jitter와 Packet loss의 요소간의 영향을 동시에 받는 것을 확인하였다.

한국방송통신협회에서 권고한 수치인 PESQ 3.53을 만들기 위해서는 Jitter와 Packet loss의 절대 값은 표 5와 6처럼 Jitter 85.17 ms, Packet

## V. 결론

본 논문에서는 VoIP QoS에 영향을 미치는 요소인 Jitter, Delay, Packet loss의 상관관계를 확인하고자 가상 네트워크 환경에서 시뮬레이터인 Shnuna로 각 요소를 변화시켜가며 VoIP QoS를 확인하였다.

실험을 통해 PESQ가 Jitter와 Packet loss에 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 이때, Delay는 앞서 논의한 바와 같이 PESQ algorithm의 time-alignment 기능 때문에 Delay는 통화품질 조건 변수에서 배제되었다. 하지만 통화품질에서 Delay 또한 중요 변수로 작용하기 때문에 향후 MOS나 E-Model 통화 품질 측정 방식으로 논의해 볼 필요가 있다.

최종적으로는 각 요소들 간의 영향에 의거해서 한국정보통신기술협회에서 채택한 PESQ의 최소 통화품질 수치를 도출 할 수 있었다. 수식 2를 통해서 Jitter와 Packet loss가 상호작용하여 VoIP QoS에 영향을 미치는 것을 확인하였고, 이로써 Jitter와 Packet loss의 절대 값을 토대로 VoIP QoS 보장 기준을 제시할 수 있게 되었다.

## 참고 문헌

[1] 허다혜. "VoIP 시장 동향," 동향 제21권 23호 통권 476호

[2] 정옥조, 박주영, 강신각. "VoIP 서비스를 위한 음성 품질 평가 기술 동향," 전자통신동향 분석 제 19권 4호 2004

[3] ITU-T P.800. "Methods for subjective determination of transmission quality" 1996

[4] ITU-T G.107. "The E-model, a computational model for use in transmission planning" 2000

[5] 정재일. "인터넷 QoS와 정보보호 연계방안 연구" 2009

[6] 김동연, 김범준. "와이브로를 통한 모바일 VoIP 서비스의 측정 기반 품질 평가 방안," 한국전자통신학회논문지 5권 5호 2010

[7] SHUNRASoftware Ltd. "SHUNRA\Cloud WAN Emulator "

[8] 뉴브로드테크놀러지. "Voice Checker(보이스 체커)"

[9] 한국정보통신기술협회 회장, 모바일 인터넷 전화 통화품질 기준, 한국정보통신기술협회, 2009

[10] 김미나, VoIP에서 Voice QoS품질 향상을 위한 알고리즘분석에 관한 연구 "건국대학교 정보통신대학원, 2006"

[11] 정옥조, 강신각 "인터넷 전화 서비스 품질 기준 연구", 한국 해양 정보 통신 학회

[12] 박진삼, 민삼원, "VoIP 망에서의 QoS 성능측정에 관한 연구," 한국통신학회논문지 제34권 제4호 2009"

## 저자약력

김 선 미(Seon-Mi Kim)

학생회원



2013년 건국대학교  
전자공학부 학사

<관심분야> VoIP 서비스

김 종 성(Jong-Seong Kim)

학생회원



2013년 건국대학교  
전자공학부 학사

<관심분야> VoIP 서비스

안 석 환(Suk-Hwan An)

학생회원



2013년 건국대학교  
전자공학부 학사

<관심분야> VoIP 서비스