

CDMA 통신망에서의 객관적 음질평가척도에 관한 연구

A Study on Objective Speech Quality Measure under CDMA Telephone Networks Environment

김광수, 김민정, 석수영, 정호열, 정현열

Kwang-Soo Kim, Min-Jung Kim, Soo-Young Suk, Ho-Youl Jung, Hyun-Yeol Chung

요약

이동전화망을 위한 신뢰성 높은 객관적 통화품질평가 척도개발을 위하여 Bark Spectral Distortion, Perceptual Speech Quality Measure의 성능을 분석하여 이 척도들을 실제 환경에서 수집된 음성 데이터에 대해서 실험한 결과, 성능의 저하가 나타났다. 본 논문에서는 인간의 심리음향학적 특성인 마스킹을 적용하는 방안을 제안하여 그 유효성을 실험으로 확인하였다. 이때, Masking threshold 계산에 tone 신호를 사용하기 때문에 음성신호에 대하여 계산할 경우 문제점이 있을 수 있으므로 scaling을 적용하는 기법을 새로이 제안하였다. 디지털 이동통신망에서 수집된 음성 데이터에 대한 성능평가 결과, 기존의 척도들 보다 더 높은 성능을 보임을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, to develop objective speech quality measure for CDMA telephone network environments, recent developed measures are investigated first. But, those measures show low performances in CDMA telephone networks. To solve this problem, new objective speech quality measure adopting noise masking threshold is proposed and studied. To acquire better performance, scaled noise masking threshold calculation for speech signals is employed instead of conventional tone signals. To verify effectiveness of proposed method, performance comparison experiments are carried out for CDMA telephone network speech databases. From the results, proposed methods show improved performances compared to existing measures.

Key words : Objective Speech Quality Measure, Speech Quality Assessment, Speech Vocoder, Psychoacoustics

1. 서론

일반적으로 이동 전화 사용자가 체감하는 통화품질을 알기 위해서는 반복 청취실험에 의한 주관적인 평가를 실시해야 하지만, 이러한 방법은 시간과 비용이 많이 소요되기 때문에 신속하게 음질을 평가하는 데에는 많은 제한이 따르며, 또한 평가 결과의 일관성이 부족하다는 단점이 있다[1,2]. 따라서 객관적 음질평가 척도를 이용하여 주관적 음질을 예측하는 기법의 개발이 요구되어 오고 있다. 효과적인 객관적 음질 평가 척도가 되기 위해서는 다양한 형태의 왜곡환경과 음성의 부호화 알고리즘에 대해 주관적 음질과의 상관관계가 높아야 한다. 현재까지 여러 객관적 음질척도가 개발되어 통신 시스템, 코덱의 개발 및 평가에 주로 이용되어 왔다. 이러한 척도들은 크게 시간영역, 스펙트럼 영역, 지각적 영역 척도 등으로 구분된다. 초기에 개발되었던 SNR, Segmental SNR 등은 시간 영역 척도에 속하는데, 주로 파형 부호화기의 음질

을 평가하는 데 사용되어 왔다. 이후에 개발된 스펙트럼 영역 척도들은 시간 영역 척도들보다는 좀 더 신뢰할 수 있으나 그 성능이 매우 제한되어 있다. 최근 들어서는 주관적 음질과의 상관성을 높이기 위하여 인간의 청각적인 특징을 이용하는 심리음향학적인 모델에 기반한 객관적 척도들이 주로 연구가 이루어져 오고있다[2]. 이를 지각적 영역 척도라고 하며, BSD(Bark Spectral Distortion)가 가장 먼저 개발된 척도이다[3]. 가장 최근에는 이 외에 낮은 진송률을 가지는 음성 부호화기에 대한 연구가 진행, PSQM(Perceptual Speech Quality Measure)이 ITU-T 권고안 P.861으로 채택되었다[4]. 그러나 이러한 기존의 척도들은 대부분 부호화기의 평가를 그 목적으로 하고 있기 때문에, 실제 환경에서 발생하는 여러 왜곡 요인들이 없는 경우에만 한정되어 있다. 그러나, 이동 전화와 같은 무선 전송채널 환경에는 채널의 대역 통과 특성, 부가 잡음, 다중 경로 페이딩, frame erasure, variable delay 등이 복합적으로 존재한다. 그러므로 본 논문에서

는 이러한 다양한 상황을 고려하여, 이동 전화의 주관적 음질을 간접적으로 예측할 수 있는 음질 자동평가 척도를 개발하고자 한다. 우선 기존의 척도에 대한 평가를 실시하고, 성능의 개선을 위하여 인간의 심리음향학적 현상인 마스킹을 고려한 새로운 척도를 제안, 그 유효성을 확인하고자 하였다. 이동통신 환경에서 수집된 데이터에 대한 실험결과 성능의 우수성이 보고되어온 기존의 BSD와 ITU-T P.861 권고안 PSQM보다 향상된 성능을 보임을 확인하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 주관적 음질 척도와 기존의 객관적 음질 척도를 소개하고 그 장점과 단점을 기술하고, 3장에서는 성능의 향상을 위한 새로운 척도를 제안한다. 4장에서는 실험 및 성능 평가결과를 검토하고, 5장에서 그 결론을 맺는다.

II. 음질의 평가방법

음질의 평가방법에는 청취자들이 직접 듣고 판단하는 주관적 음질 평가방법과 원래의 음성과 왜곡된 음성과의 수학적 계산량의 차이를 이용하는 객관적 음질 평가방법이 있다.

2.1 주관적 음질 척도

청취자의 주관적 등급에 기반하고 있는 음질 척도를 주관적 음질 척도라고 부른다. 이 척도들은 객관적 음질의 성능이 주관적 품질을 예측하는 능력에 의하여 평가되므로 매우 중요한 역할을 한다. 청취자들은 정의된 등급에 따라 음성을 듣고 등급을 부여한다. 이 절차는 간단하기는 하나 시간과 비용이 매우 많이 소모된다. 주관적 품질 척도는 청취자 대부분의 청각적인 반응이 비슷하기 때문에 적절한 숫자의 청취자들에 의한 평가가 모든 청취자들을 대표할 수 있다고 가정한다. 가장 널리 사용되는 주관적 음질 척도는 MOS(Mean Opinion Score)와 DMOS(Differential MOS)이다.

2.1.1 MOS

MOS는 음질을 추정하는 데에 가장 널리 쓰이는 방법이며 절대 음질 평가법(ACR : Absolute Category Rating)을 사용한다. 청취자들은 표1과 같은 5가지 등급을 사용하여 원래의 음성을 듣지 않고 평가대상이 되는 음성에 대한 품질등급을 부여한다.

표1. MOS와 음질 등급
Table 1. MOS and speech quality grade

등급	음질
5	Excellent
4	Good
3	Fair
2	Poor
1	Bad

MOS의 장점은 음질에 대한 등급부여가 자유로운 반면에 청취자들에 의한 등급의 변동이 매우 크다는 단점을 가지고 있다. 그래서 적어도 40명 이상의 평가자에 의한 MOS 점수를 사용하도록 권고하고 있다[5].

2.2 객관적 음질 척도

객관적 음질 척도는 여러 가지가 있으나 척도의 성능 평가시스템의 기본 구조는 그림1과 같다.

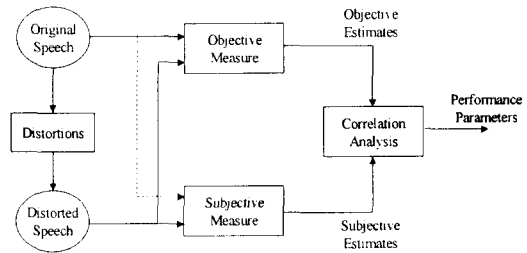


그림1. 객관적 음질평가 시스템

Fig 1. Objective speech quality measure system

표2는 객관적 음질 평가척도를 분류한 것이다.

표2. 객관적 음질 평가 척도

Table 2. Objective speech quality measures

과형 왜곡 척도	음성의 과형 특성을 고려	SNR-based measures -SNR, Segmental SNR
스펙트럼 왜곡 척도	스펙트럼 전체적 특성을 고려	Spectral Distance-based measures -eD(Cepstral Disance)
스펙트럼 포락선 왜곡 척도	스펙트럼 포락선 특성을 고려	LPC-based measures -LPC, Log LPC
지각적 왜곡 척도	청각특성을 고려	Perceptual based-measures -MSD, BSD, PSQM

객관적 품질 평가척도는 평가가 이루어지는 영역에 따라 시간 영역에서의 과형 왜곡 척도, 스펙트럼 영역 및 스펙트럼 포락선 영역에서의 척도, 지각적 왜곡 영역에서의 척도로 분류된다. 과형이나 스펙트럼 왜곡척도는 과형 부호화기의 평가에서는 많이 이용되어 왔다. 그러나, 최근의 부호화기는 단순한 음성과형의 재생보다는 음성발성 모델을 적용하여 원래의 음성과 동일한 음성을 합성하도록 설계되어 있기 때문에 거의 사용되지 않는다. 최근의 지각적 왜곡 척도는 원음성과 왜곡된 음성에 인간의 청각적 현상을 반영한 심리음향 모델을 적용하여 두 신호의 왜곡정도를 측정하는 방법이다. 이 척도는 다음과 같은 세 가지 단계의 심리음향학적인 인간의 청각 특성을 이용한다[6].

- 1) 임계대역 분석
- 2) 등감곡선 보정
- 3) 주관적 세기보정

각각에 대하여 간략히 설명하면 아래와 같으며 이러한

특성을 반영하여 개발된 것이 지각적 왜곡척도이다. 인간의 청각 시스템을 넓은 스펙트럼들을 임계 대역으로 분석한다. 인간의 귀에서 내이는 주파수를 분리하는 역할을 하며, 각각 다른 주파수들의 에너지는 기저막을 따라 서로 다른 위치로 전달된다. 따라서 내이는 주파수 대역에 대해 비대칭성을 가지는 일련의 대역통과 필터들로 구성된 시스템으로 볼 수 있다. 일정한 임계대역 주파수에서의 에너지가 서로 영향을 준다고 알려져 있는데 이러한 특성을 고려한 것이 임계대역 분석이다. 즉, 인간의 귀는 저주파수 대역에서는 세밀한 청각적 분해능을 가지고 있으나 고주파 대역에서는 그렇지 못하다고 알려져 있다. 인간의 귀는 주파수별로 자극에 대하여 다르게 반응한다. 예를 들어 100Hz tone 신호가 1000Hz tone과 같이 들리려면 35dB 더 큰 세기를 가져야만 한다. 이러한 청각적 특징을 고려하여 사람에게 의하여 지각되는 소리의 크기가 동일하도록 등감곡선으로 보정한다. 주관적 세기보정은 인간이 소리의 크기에 따라 비선형적으로 반응하는 특징을 반영한 것이다.

2.2.1 지각적 왜곡척도

스펙트럼 또는 스펙트럼 포락선 왜곡 척도들은 음성의 발생모델에 의하여 그 성능이 제한되어 있다. 그러나 지각적 왜곡 척도들은 인간의 심리음향학적인 청각특성 모델에 그 기반을 두고 있다[3,4]. 이 척도에서는 음성신호를 라우드니스 영역 또는 Bark 영역과 같은 지각적 영역으로 변환하고 청각 모델을 결합시킨다.

2.2.1.1 Bark Spectral Distortion(BSD)

BSD는 음질과 음성 라우드니스가 직접 관련되어 있다는 가정에 기초하고 있다. 소리에 대한 임계대역 특성을 Bark scale로 나타내는데 이 과정에서는 앞 절에서 설명한 심리음향학적 청각모델의 3단계를 거쳐 소리의 전력 스펙트럼 $P(f)$ 가 Bark 스펙트럼 $B(z)$ 으로 변환한다. BSD 척도는 원 음성과 왜곡된 음성의 Bark 스펙트럼 차이를 계산하며 식(1)과 같이 구해진다.

$$BSD(i) = \frac{\sum_{l=1}^N dis\{B_x^l(i), B_y^l(i)\}}{\sum_{l=1}^N \sum_{i=1}^b [B_x^l(i)]^2} \quad (1)$$

$B_x^l(i), B_y^l(i)$: 임,출력프레임 l 의 Bark 스펙트럼

N : 음성 프레임의 수, b : 임계 대역 수

BSD척도의 계산과정은 그림2와 같다.

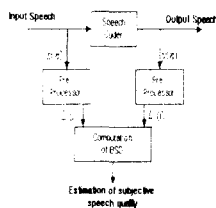


그림2. BSD척도 계산과정

Fig 2. BSD measure calculation process

2.2.1.2 Perceptual Speech Quality Measure(PSQM)

PSQM은 ITU-T Recommendation P.861로 채택된 척도이다. 이 척도의 성능은 부호화에 의한 왜곡만이 존재한다고 가정하며 그 성능은 매우 우수하다. PSQM은 정교한 심리음향모델과 인지모델을 이용하여 왜곡된 음성신호의 음질을 평가한다. 왜곡된 음성의 라우드니스와 원 음성의 라우드니스의 차이는 noise disturbance(ND)라는 용어를 대신 사용한다. 그림3은 PSQM의 계산과정을 나타낸다.

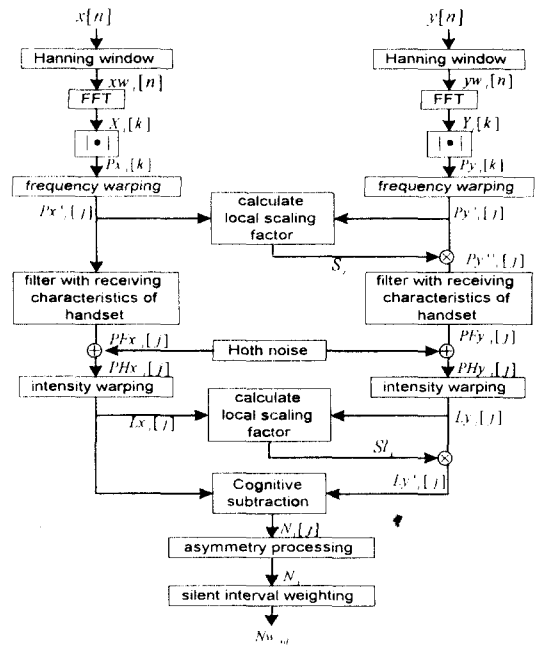


그림3. PSQM 계산과정

Fig 3. PSQM calculation

2.3 객관적 척도의 평가[2]

객관적 음질척도로부터 주관적 음질(MOS)을 예측하기 위하여 통계적인 회귀분석을 수행하는데, 통상 식(2)와 같은 이차 회귀 함수를 사용한다.

$$\hat{y} = ax^2 + bx + c \quad (2)$$

x : 객관적 척도

\hat{y} : 예측된 MOS값

객관적 음질 척도와 주관적 음질 척도와의 상관계수는 객관적 음질 척도를 평가하는 기준으로 사용되어 왔다. MOS값과 예측된 MOS값 사이의 상관계수(ρ)는 식(3)에 의하여 구해진다.

$$\rho = \sqrt{\frac{\sum (\hat{y}_i - m_y)^2}{\sum (y_i - m_y)^2}} \quad (3)$$

m_y : 평균 MOS 값

\hat{y}_i, y_i : 예측 및 측정된 MOS 값

$\rho = 1$ 일 경우, MOS 예측 오차가 없음을 의미한다.

III. 제안된 방법

3.1 Noise Masking Threshold의 고려

사람의 청각은 음성신호에서 masking된 부분은 지각하지 못한다. 이러한 masking effect는 MPEG에 도입되어 오디오 데이터의 압축에 성공적으로 사용되어왔다. 그러나, 오디오 신호가 아닌 음성과 같이 대역제한된 경우에는 거의 적용되지 않고 있으며 객관적 음질평가 척도에도 고려되어오지 않았다[7]. 그러나, 코덱만의 성능평가가 아닌 실제 이동통신 환경 하에서는 배경잡음과 여러 형태의 왜곡이 존재하게 되며, 이러한 왜곡들 중에는 실제로 귀에는 들리지 않으나, 객관적 평가척도의 계산과정에 포함될 수 있다. 따라서, 수학적인 왜곡량 계산시 audible distortion만을 계산하도록 하기 위해 noise masking threshold 개념을 도입하였다. 따라서 noise masking 이하의 라우드니스는 들리지 않는다고 가정하여 지각적인 왜곡량의 계산과정에서 제외하게 된다. Noise masking threshold 계산에서는 임계대역 분석, spreading 함수의 적용, noise masking threshold의 계산, absolute threshold를 고려하여 추정하는데, 그림4에 나타내었다.

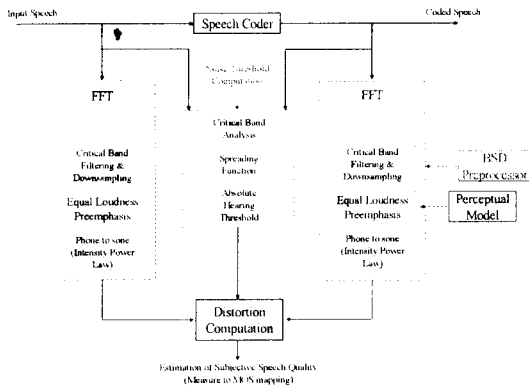


그림4. Noise masking threshold의 적용

Fig 4. Noise masking threshold application

이때, MPEG에서 사용된 정밀하고 복잡한 방법 대신 BSD에서 사용된 간략화된 인지모델(perceptual model)을 적용하였다.

3.2 Scaled Noise Masking Threshold의 적용

일반적인 noise masking threshold의 계산은 음성신호가 아닌 tone 신호 또는 협대역 잡음과 같은 정상상태 신호를 사용한 심리음향학적 실험에 기반하고 있다. 엄밀히 말해서, tone과 같은 신호를 사용하여 계산되는 noise masking threshold는 음성과 같은 비정상신호에 대하여

적용하는 것은 적절하지 못하다고 볼 수 있다. 따라서 본 논문에서는 음성신호에 더욱 적절하도록 noise masking threshold에 scaling factor를 적용하는 척도를 제안한다. 실험적으로 0.0에서 1.0까지 0.01씩 변화시켜서 적합한 factor를 조사한 실험 결과, 0.76의 factor인 경우 가장 우수한 성능을 나타내어 이 값을 적용한 실험결과를 4절에 나타내었다. 이 제안된 척도를 그림5에 나타낸다. 각 음성 프레임은 Hanning window를 거치며, $x(n)$ 과 $y(n)$ 은 원래의 음성과 왜곡된 음성의 프레임을 나타낸다. $L_x(n)$ 과 $L_y(n)$ 은 원래의 음성과 왜곡된 음성의 라우드니스 벡터이다. $D_{xy}(n)$ 은 라우드니스 벡터 사이의 차이이고, $NMT(n)$ 는 원래의 음성으로부터 계산된 noise masking threshold이다. 이 척도는 크게 라우드니스의 계산과 noise masking threshold의 계산의 두 가지 단계로 나누어진다. 라우드니스 계산에서는 음성신호를 라우드니스 영역으로 변환하는데 앞에서 설명한 방법과 동일한 절차를 거친다. 이 과정까지는 그림4에서 설명된 것과 동일하며, 제안하는 scaled noise masking threshold를 적용한 부분은 그림에 modified noise masking threshold로 나타내었다.

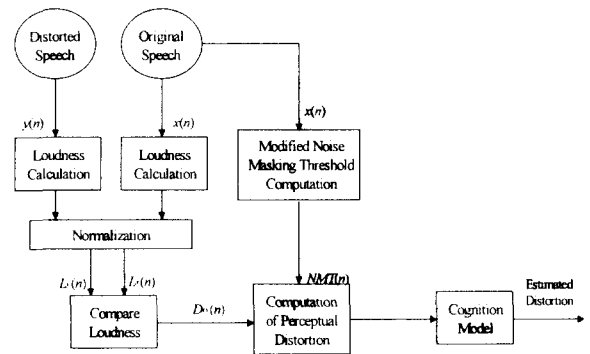


그림5. 제안된 객관적 음질 평가척도

Fig 5. Proposed objective speech quality measure

IV. 실험데이터와 실험결과

본 연구에서 객관적 척도의 음질 평가 성능을 비교 분석하기 위해 수행한 과정은 다음과 같다. 원 음성은 연속 음성 데이터베이스에서 각각 남성화자 2인과 여성화자 2인이 발성한 8초 정도의 길이를 가진 5문장을 선택하였다. 디지털 셀룰라 이동전화망을 통과한 실제의 음성데이터를 수집하였다. 이때 주·야간 각3회에 걸쳐 차량을 정지 또는 정속 운행(60km 정도)하면서 이동전화의 사용량이 많고 전파환경이 다양한 대도시인 서울과 대구에서 수집하였다. DAT(Digital Audio Tape recorder)에 연결된 이동전화 단말기를 통하여 원 음성을 전송한 후, 일반전화망에 연결된 유선 전화를 통하여 DAT로 녹음하여 데이터베이스를 구축하였다. 주관적인 음질 평가는 MOS

평가법을 이용하였다. 청취시험에는 40명의 남녀 사용자가 참여하였다. 객관적 음질평가 척도의 성능은 주관적 음질평가결과의 상관도분석을 통하여 이루어지며, 거의 모든 문헌에서 이 방법을 적용하고 있으므로 본 논문에서도 상관계수에 의한 평가방법을 사용하였다.[2,3,4] 디지털 샘플라 이동전화망 환경을 통해 수집된 실제 음성에 대해 척도별로 얻어진 MOS와의 상관계수는 그림6과 같이 나타났으며 상관계수의 평균값은 표3과 같다. 표에서는 비교적 우수한 성능을 보인 상위 3개의 지각적왜곡척도들의 성능만을 나타내었다.

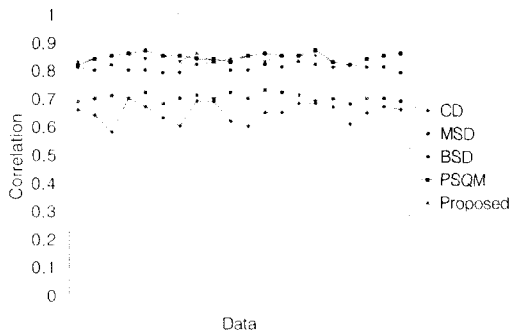


그림6. MOS와 척도별 상관계수

Fig 6. MOS and correlation coefficients

표3. MOS와 척도별 평균 상관계수

Table 3. MOS and correlation coefficients

	평균 상관 계수
BSD	0.833
PSQM	0.872
Proposed	0.902

실험 결과 BSD, PSQM척도는 CD, MSD(Mel Spectral Distortion)와 같은 스펙트럼 왜곡 척도에 비하여 높은 상관성을 보여 주관적 음질을 더 잘 예측할 수 있음을 알 수가 있으며 이동전화망에 있어서는 지각적 척도가 가장 효과적인 객관적 척도임을 확인할 수 있었다.

또한, scaled masking을 적용하는 제안된 방법의 경우, 기존의 방법보다도 더욱 우수한 성능을 보여 이동통신 환경에서 가장 유효한 객관척도임을 확인할 수 있었다.

V. 결론

본 연구에서는 디지털 이동전화의 음성에 대해 사용자의 음질 평가를 잘 예측하는 객관적 척도개발을 위하여, 실제 전화환경에서 채된 음성데이터를 수집하여 MOS와의 상관성 비교를 통해 기존의 객관적 음질 척도들인 CD, MSD, BSD, PSQM 척도의 성능을 비교 분석하였다. 실험 결과, BSD, PSQM 척도가 각각 0.833, 0.872의 성능을 보이며, 이동통신 환경에서의 통화품질 평가척도로서는 지각적 척도들이 가장 유효함을 확인할 수 있었다. 또한, 인간의 심리음향학적 현상인 masking을 고려하였으며

tone에 의한 전통적인 noise masking threshold의 약점을 보완하기 위하여 scaled noise masking threshold를 적용하는 객관적 음질 평가 척도를 제안하였으며, 실험결과 기존의 방법인 BSD와 PSQM에 비해 더욱 향상된 성능을 보였으므로 제안한 척도의 유효성을 확인할 수 있었다. 향후, 본 연구의 이러한 결과를 근거로 하여 향후 더욱 많은 이동전화 음성데이터를 대상으로 하여 심리 음향적 모델을 기반으로 한 척도 알고리즘을 연구하고 다양한 환경요인에 따른 성능비교 분석을 통해 더욱 높은 상관성을 나타내는 강건한 음질 척도 연구가 진행될 예정이다. 또한, 이동 통신 채널환경에서의 전송 품질 왜곡 요인인 다중 경로 페이딩, frame erasure, BER등을 고려하여 통화품질 척도의 개발 측면에서 평가척도의 성능에 어느 정도 영향을 미치는지를 확인하고 그 해결책을 모색, 디지털 이동전화망에서의 강건한 객관적 음질 평가척도를 개발하고자 한다.

접수일자 : 2001. 10. 5

수정완료 : 2001. 10. 25

참고문헌

- [1] J. G. Beerends and J. A. Stemerdink, "A perceptual audio quality measure based on psychoacoustic sound representation." *J. Audio Eng. Soc.*, vol.40, pp.963-978, Dec. 1992
- [2] J. G. Beerends and J. A. Stemerdink, "A perceptual speech quality measure based on psychoacoustic sound representation." *J. Audio Eng. Soc.*, vol.42, pp.115-123, Mar. 1994
- [3] S. Wang, A. Sekey, and A. Gersho, "An objective measure for predicting subjective quality of speech coders," *IEEE J. Select. Areas Comm.*, vol.10, pp.819-829, June 1992
- [4] ITU-T Recommendation P.861, "Objective quality measurement of telephone band (300-3400 Hz) speech codecs," Geneva, 1996
- [5] ITU-T Recommendation P.800, "Methods for subjective determination of transmission quality," Geneva, 1996
- [6] S. R. Quackenbush, T. P. Barnwell III and M. A. Clements, "Objective Measures of Speech Quality," Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1988
- [7] J. Johnston, "Transform coding of audio signals using perceptual noise criteria," *IEEE J. on Select. Areas in Comm.*, vol.6, pp.314-323, 1988
- [8] N. S. Jayant and P. Noll, "Digital Coding of Waveforms : Principles and Applications to Speech and Video," Prentice Hall, 1984
- [9] C. Jin and R. Kubichek, "Vector Quantization

Techniques for Output-Based Objective Speech Quality," *Proc. ICASSP*, pp.491-494, 1996

[10] N. Kitawaki, H. Nagabuchi, and K. Itoh, "Objective quality evaluation for low-bit rate speech coding systems," *IEEE J. Select. Areas Comm.*, vol.6, pp.242-248, Feb. 1988

[11] K. Lam, O. Au, C. Chan, K. Hui, and S. Lau, "Objective speech quality measure for cellular phone," *Proc. ICASSP*, vol.1, pp.487-490, 1996

[12] M. M. Meky and T. N. Saadawi, "A perceptually based objective measure for speech coders using abductive network," *Proc. ICASSP*, vol.1, pp.479-482, 1996

[13] S. Voran and C. Sholl, "Perception-based objective estimators of speech quality," *IEEE Speech Coding Workshop*, pp.13-14, Annapolis, 1995

[14] E. Zwicker and H. Fastl, "Psychoacoustics Facts and Models," Springer-Verlag, 1990

[15] 김광수, 정호열, 정현열, "시간/주파수 마스크를 이용한 이동전화망에서의 객관적 음질평가척도에 관한 연구," 제 17회 음성통신 및 신호처리 학술대회 논문집, 2000



석수영(Soo-Young Suk)

准會員

1998년 계명대학교 물리학과(이학사)

2000년 영남대학교 멀티미디어

통신공학과(공학석사)

2000년 3월-현재:영남대학교 정보통신공학과(박사과정 재학중)

관심분야: 디지털 신호처리, 문자인식, 음성인식



정호열(Ho Youl Jung)

正會員

1988년 아주대학교 전자공학과(공학사)

1990년 아주대학교 전자공학과

(공학석사)

1993년 아주대학교 전자공학과

(박사수료)

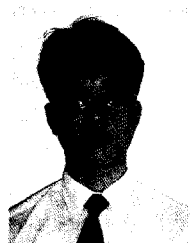
1998년 (프)리온-국립응용과학원

전자공학전공(공학박사)

1998년 4월-1998년 12월 (프)CREATIS Post Doc

1999년 3월-현재 영남대학교 전자정보공학부 조교수

관심분야: 음성·영상 신호처리, 인공지능, 디지털 워터마킹 등



김광수(Kwang-Soo Kim)

正會員

1994년 경남대학교 전자공학과(공학사)

1998년 영남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1998년 3월 현재 영남대학교 대학원 전자공학과(박사수료)

2001년 3월 현재: 경운대학교 컴퓨터 전자정보공학부 전임강사

관심분야: 음성분석 및 인식, 음성 및 오디오 신호처리, 음질평가 등



정현열(Hyun-Yeol Chung)

正會員

1975년 영남대학교 전자공학과(공학사)

1989년 일본 동북대학교 정보공학과

(공학박사)

1989년 3월-현재 영남대학교

전자정보공학부 교수

1992년 7월-1993년 7월 미국 CMU Robotics 연구소 객원 연구원

1994년 12월-1995년 2월 일본 토요하시기술과학대학 외국인 연구자

2000년 6월-2000년 8월 미국 Quicomm Inc.

수석 엔지니어

관심분야: 음성인식, 화자인식, 음성합성 및 DSP 응용분야



김민정(Min-Jung Kim)

准會員

1999년 영남대학교 일반대학원

멀티미디어 통신공학과(공학석사)

1999년 현재 영남대학교 일반대학원

정보통신공학과(박사과정)

관심분야: 디지털신호처리, 음성처리, 음성인식, 화자인식