

심리 음향 겹스트림 평균 차감법을 이용한 이동 전화망에서의 음질 평가

정회원 윤종진*, 박상욱**, 박영철***, 안동순****, 윤대희**

Speech Quality Measure in a Mobile Communication System using PLP Cepstral Distance with CMS

Jon Jin Yun*, Sang-Wook Park**, Young-Cheol Park***, Dong-soon Ahn**** and Dae-Hee
Youn** *Regular Members*

요약

본 논문에서는 기존의 음질 평가 방법들보다 우수할 뿐 아니라 다양한 채널 경로의 음성 신호에 대해서도 일관된 성능을 갖는 새로운 음질 평가 방법 PLP-CMS(Perceptual Linear Predictive-Cepstral Mean Subtraction)를 제안한다. CDMA PCS 이동 전화 환경에서 음성 신호의 주관적 음질을 효과적으로 예측할 수 있는 PLP-CMS는 심리 음향 선형 예측 분석(PLP Analysis: Perceptual Linear Predictive Analysis)을 이용하여 주관적 음질과의 상관 관계를 높였으며, 겹스트림 평균 차감(CMS: Cepstral Mean Subtraction) 과정을 통하여 PSTN 경로에 무관하게 일관된 성능을 갖음을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new speech quality measure, PLP-CMS(Perceptual Linear Predictive-Cepstral Mean Subtraction) that has a better and robust performance for the speech of various channel effects than the conventional speech quality measures. PLP-CMS has a high correlation with subjective speech qualities owing to PLP analysis and show a robust performance not being influenced by PSTN channel effects due to CMS(Cepstral Mean Subtraction).

I. 서론

시간과 장소에 구애받지 않고 자유로운 통신을 하고자하는 인간의 욕구에 부합하여 최근 몇 년간 이동 전화가 매우 보편화되었다. 이러한 이동 전화의 품질을 결정하는 가장 중요한 요소는 통화 성공률과 통화 품질이며, 이동 전화망의 설치 및 유지, 보수를 위해서는 이에 대한 지속적인 평가가 반드시 필요하다. 현재 이동전화망을 통해 전송되는 음성 신호는 음성 부호화기로 압축된 디지털 신호들

로 표현되며, 이 신호들이 재생되는 음성 신호의 음질에서 차지하는 중요도는 크게 차이가 있다. 뿐만 아니라 통화 품질은 사용자의 청각에 따른 주관에 의해 결정된다. 그러므로 이동 전화망의 음질은 음성 신호의 특성을 고려한 방법으로 평가하여야 한다. 음질 평가는 기본적으로 여러 음질 평가자의 반복 청취실험을 통한 주관적 음질 평가 방법에 의해 이루어질 수 있다. 하지만 이 방법은 이용자의 체감 음질과 직접적인 관계가 있다는 장점에도 불구하고, 많은 시간과 노력, 비용이 소모되므로 다양한 환경에서 반복해서 수행하기에는 적합하지 않다. 따라서

* 삼성전자 정보통신총괄 무선사업부 (jongjin@samsung.co.kr)

** 연세대학교 전기전자공학과 음향·음성·신호처리 연구실 (latest@assp.yonsei.ac.kr)

*** 연세대학교 신호처리연구센터 (young@assp.yonsei.ac.kr)

**** 목포대학교 컴퓨터공학과

논문번호: 00048-0207, 접수일자: 2000년 2월 7일

주관적 음질과 상관관계가 높은 객관적 음질 평가 방법으로 주관적 음질을 예측하는 것이 바람직하다. 그러나 본 논문에서 실제 CDMA (Code Division Multiple Access) PCS (Personal Communication System) 이동 전화망에서 얻은 음성 신호에 대해 주객관적 음질 평가를 수행한 결과, 실제 전화망에서의 음질 평가를 위해서는 채널에 의한 영향을 고려할 필요가 있음을 확인하였다. 제안된 PLP-CMS는 심리 음향 선형 예측 분석을 통하여 단일 채널 경로의 음성 신호에 대한 주관적 음질과 높은 상관관계를 가질 뿐 아니라 잭스트림 평균 차감법을 이용하여 상이한 채널 경로에 따른 음성 신호의 왜곡에도 효과적으로 대응할 수 있도록 하였다. 기존의 음질 평가 방법, PLP-CD (Perceptual Linear Predictive-Cepstral Distance)^[1]과 PSQM (Perceptual Speech Quality Measure)^[2]와 성능을 비교한 결과 기존의 방법들이 채널 경로에 따른 음성 신호의 왜곡으로 인해 심한 성능 저하를 보인 반면, 제안된 PLP-CMS (Perceptual Linear Predictive - Cepstral Mean Subtraction)는 이러한 영향에 무관하게 일관된 성능을 유지하였다.

II. 음질 평가 방법

음질 평가는 평가하고자 하는 음성 신호를 음질 평가자가 직접 듣고 주관적 판단에 따라 음질을 평가하는 주관적 음질 평가 방법과 계산에 의한 원음성 신호와 왜곡 음성 신호의 대수적 차이를 이용하는 객관적 음질 평가 방법이 있다. 주관적 음질 평가는 실시 방법과 목적에 따라 여러 가지가 있으며, 특히 MOS(Mean Opinion Score)평가 방법이 일반적으로 사용된다. MOS 평가 방법은 실험자가 왜곡된 음성 신호를 들은 후, 음성 신호의 왜곡정도를 1점에서 5점의 5단계로 평가하는 방법이다^{[3][4][6]}. 본 논문에서도 실제 전화 이용 환경과 가장 유사하게 비교 음성 신호 없이 음질 평가를 실시하는 MOS 평가 방법을 이용하였다. 객관적 음질 평가 방법은 평가가 이루어지는 영역에 따라 시간 영역에서의 평가, 주파수 영역에서의 평가 및 심리 음향 영역에서의 평가로 분류할 수 있다. 특히 심리 음향 영역에서의 평가는 음성 신호의 스펙트럼에 인간의 청각적 특성을 반영한 심리 음향 모델을 적용하여 음성 신호의 왜곡정도를 측정하는 방법으로 BSD(Bark Spectral Distortion)^[5], PLP-CD¹⁾, MNB (Measuring Normalizing Blocks)^[2], PSQM등이 있

다. 이중 PSQM과 MNB는 ITU-T의 권고안, P.861^[2]로 PSQM은 4kbps이상의 음성 부호화기의 성능 평가에, MNB는 4kbps미만의 음성 부호화기와 비트 에러, 프레임 삭제가 발생하는 음성 부호화기의 성능 평가에 적합하다.

III. 채널 영향에 따른 음성 신호의 왜곡

본 장에서는 본 논문의 실험에서 녹음한 음성 신호 데이터베이스에 대해 설명한 뒤, 채널 영향에 따른 음성 신호의 스펙트럼 왜곡에 대해 관찰한다. 또한 이러한 음성 신호의 왜곡으로 인한 기존 음질 평가 방법들의 성능 저하에 대해 기술한다. 그리하여 이동 전화망에서 음질 평가를 위해서는 채널 경로에 강인한 새로운 음질 평가 방법이 필요함을 확인한다.

1. 음성 데이터 베이스

본 논문에서의 실험은 이동 전화의 사용량이 많고 다양한 전파 환경이 있는 서울에서 실시하였으며, 가능한 모든 실제 이동 전화 사용 환경을 고려하기 위하여 차량이동 환경과 도보 이동 환경등 모든 조건에서 고르게 실시하였다. 핸드 프리킷을 이용하여 DAT(Digital Audio Tape)에 연결된 이동 전화 단말기를 통해 원 음성 신호를 재생하여 전송하면, PSTN의 반대편에서는 수신된 음성 신호를 DAT에 녹음하였다. 이렇게 얻은 음성 신호 데이터를 두 종류로 분류하였는데, 일반 교환기뿐 아니라 사설 교환기를 더 거치는 과정에서 선형 필터링으로 인해 채널의 영향을 많이 받은 음성 신호들을 A set, 일반 교환기만을 거친 음성 신호들을 B set으로 하였다. 이렇게 얻은 음성 신호들을 각 set별로 왜곡 정도가 다양한 음성 신호들을 고르게 분류하여 40개씩, 총 80개의 음성 신호에 대하여 MOS 평가를 수행하였다. MOS 평가에는 이동 전화사용자 30여명이 참여하였다.

2. 선형 필터링에 의한 스펙트럼 왜곡

일반적인 이동전화 환경에서 음성 신호는 주로 그림 1과 같은 경로를 통해 전달된다. 실험에서 양쪽이 모두 이동 전화 환경인 경우 왜곡의 발생이 어느 이동 전화의 환경으로 인한 것인지 알 수 없기 때문에 음질 평가 실험 역시 그림 1과 같은 경로를 설정한다

이러한 전송 과정에서 디지털 시스템 영역에서는

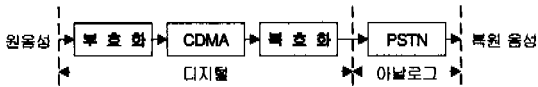


그림 1. 이동 전화 통화 경로

음성 패킷 손실 등에 의한 음질 저하가 발생하며, 아날로그 시스템 영역에서는 PSTN 경로 과정에서 선형 필터링으로 인해 스펙트럼 왜곡 등의 음질 저하가 생기게 된다. 이러한 왜곡 중 PSTN 경로에 따른 채널 영향에 의한 음질 저하는 주관적 음질에 크게 영향을 미치지 않으며, 모든 시간 영역에 존재하는 특성으로 인해 전화 사용자들에게 있어서는 미미한 왜곡으로 인식되거나 심지어 전혀 인식되지 않기도 한다. 실제로 상이한 주파수 특성의 채널 경로를 통하여 통화를 할 때도 사용자는 통화하는데 있어 큰 차이를 느끼지 못하며, 심한 경우에도 그다지 통화 자체에 어려움을 겪지는 않는다. 그러나 주파수 영역에서 이러한 음성 신호를 비교하여보면 그림 2와 같이 서로 다른 특성을 갖고 있음을 알 수 있다.

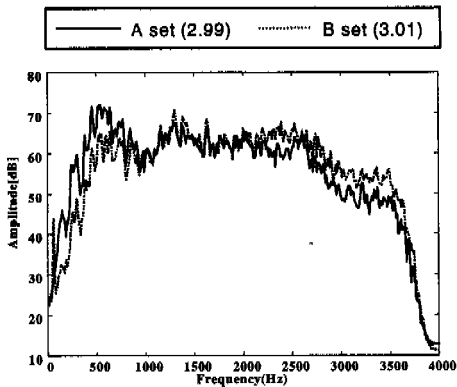


그림 2. 채널 환경에 따른 음성 신호의 파워 스펙트럼 차이.

그림 2는 A set의 MOS 점수 2.99인 음성 신호의 스펙트럼과 B set의 MOS 점수 3.01인 음성 신호의 스펙트럼을 보이고 있다.

본 논문에서의 주관적 음질 평가에 의하면 다른 채널 경로의 영향으로 인해 스펙트럼의 포락선이 그림 2와 같이 크게 다른 두 음성 신호에 대하여 평가자들은 거의 동일한 MOS 점수를 부여함을 확인하였다. 그러나 그림 2와 같은 스펙트럼의 차이는 매우 상이한 객관적 음질로 평가될 뿐 아니라, 이는 기존의 객관적 음질 평가 방법의 결과에 큰 영향을

미치며, 성능 저하를 야기할 수 있다. 이러한 현상으로 인해 PSTN 경로가 다른 것 이외에는 모든 녹음 환경이 동일한 A set과 B set의 음성 신호에 대해 MOS와 PSQM 및 PLP-CD 결과의 분포도 그림 3을 보면, 각 set의 음성 신호들은 유사한 MOS 점수의 분포를 보이고 있으나 PSQM과 PLP-CD의 결과값들은 각 set에 따라 확연히 이원화된 분포를 보인다. 그림 3에서 가로축은 MOS 점수, PSQM 값, PLP-CD 값을 나타내며, 세로축은 각 값의 발생 빈도를 나타낸다. 단, MOS 점수는 점수가 클수록 양질의 음질이나 PSQM 값과 PLP-CD 값은 왜곡된 음성 신호의 왜곡 정도를 나타내므로 값이 작을수록 좋은 음질임을 의미한다.

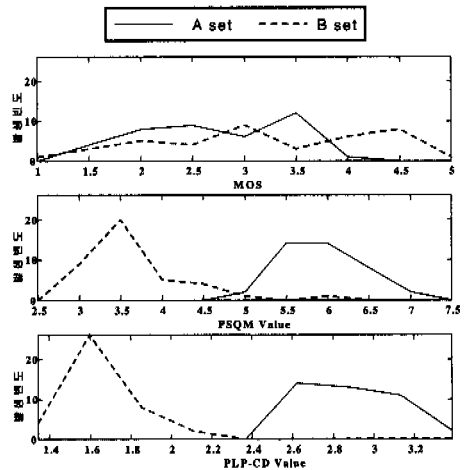


그림 3. CDMA 음성 신호에 대한 MOS와 PSQM, PLP-CD의 분포

그림 3의 결과에 따르면 평가자들은 A set과 B set에 대하여 유사한 MOS 점수를 부여했으나 기존의 객관적 방법들은 채널 경로에 의한 A set과 B set의 스펙트럼 차이로 인해 A set과 B set에 대하여 매우 상이한 점수로 계산함을 알 수 있다. 즉, PSQM의 경우 B set에서 음질이 가장 좋지 않은 음성 신호는 PSQM 값이 5이나 이는 A set에서는 음질이 가장 좋은 값에 해당하여, A set의 MOS 4점의 음성 신호와 B set의 MOS 1점의 음성 신호와 유사한 음질의 음성 신호로 평가하고 있다. PLP-CD 역시 유사한 특징의 결과를 보이고 있다. 그러므로 PSQM과 PLP-CD의 경우 혼란 과정이 이루어진 채널 환경이 아닌 다른 환경에서 성능을 평가 할 경우 채널 영향의 변화로 큰 성능 저하가 발생하게 된다. 이러한 현상은 다양한 채널 환경의 이

동 전화망에서 음질 평가 수행시 음질 평가 알고리즘의 성능에 큰 영향을 주게된다. 이는 음성 부호화기의 성능 평가를 목적으로한 기존의 음질 평가 알고리즘에서는 고려하지 않은 점으로 전화망에서의 음성 인식에서는 이미 주지되고 있다⁷⁾.

IV. PLP-CMS

본 논문에서는 단일 경로의 음성 신호에 대해서 우수한 성능을 보일 뿐 아니라 다양한 채널 환경의 음성 신호에 대해서도 일관된 성능을 갖는 새로운 음질 평가 방법, PLP-CMS를 제안한다. PLP-CMS는 지연 측정 및 동기화, 심리 음향 분석(PLP Analysis: Perceptual Linear Predictive Analysis), 캡스트럴 평균 차감(CMS: Cepstral Mean Subtraction) 그리고 거리 계산의 네 단계로 이루어졌다. PLP-CMS는 원 음성에 대한 왜곡 음성의 지연 시간을 측정하여 두 음성 신호를 동기화 시키며, 입력 음성 신호의 스펙트럼에 인간의 청각적 특성을 반영한다. 또한 캡스트럴 평균차감단에서는 음성 신호 전구간에 걸쳐 영향을 주고 있는 채널에 의한 영향을 제거하며, 마지막으로 두 음성 신호의 PLP 캡스트럴 거리를 계산하여 입력된 음성의 왜곡 정도를 측정한다.

1. 지연측정 및 동기화

객관적 음질 평가 수행에 있어 원 음성 신호와 왜곡된 음성 신호의 동기화는 매우 중요하며, 두 음성 신호의 동기화가 이루어지지 않았다면 정상적으로 음질을 평가할 수 없다. 일반적으로 두 음성 신호의 상호 상관정도를 이용하여 입력신호의 지연 시간을 측정한다. 그러나 CDMA PCS 음성 신호는 음성 부호화기, 채널 에러와 PSTN의 복합적인 영향으로 원 음성 신호의 특성이 유지되지 않으며, 부분적으로는 음성 신호가 전혀 복원되지 않는 경우도 있다. 따라서 본 논문에서는 ANSI Standard T1.801. 04-1997⁶⁾의 알고리즘을 실험에 적합하게 개선하여 이용하였다. 즉, CDMA 이동 전화망에서도 대체적으로 유지되는 음성 신호의 포락선을 이용하여 넓은 영역에 대해 낮은 분해능으로 대체적인 지연 시간을 측정으로써 계산량을 줄였으며, 시간 영역에서 두 음성 신호의 전구간 상호 상관 관계를 이용하여 세밀한 지연 시간을 계산하였다. 이러한 과정을 통하여 CDMA 망에서 얻은 모든 음성 신호에 대하여 정확한 동기화를 수행할 수 있었다.

2. 심리 음향 선형 예측 분석

심리 음향 선형 예측 분석단에서는 많은 실험에 의해 입증된 인간의 청각 모델¹¹⁾을 이용하여 제안된 알고리즘이 보다 높은 상관관계를 갖고 주관적 음질을 예측할 수 있도록 하였다.

인간의 귀는 저주파 대역에서는 세밀한 청각 분해능을 갖으나 고주파 대역에서는 그렇지 못하며, 일정한 임계 주파수 영역에서는 각 주파수별 에너지가 상호 영향을 끼친다고 알려져 있다. 이러한 특성을 고려한 것이 임계 대역 분석이다. 또한 사람의 귀는 주파수 별로 자극에 대해 다르게 민감하다. 예를 들면 100Hz의 톤이 1000Hz의 톤과 동일한 크기로 들리려면 35dB 더 큰 세기(intensity)를 가져야 한다. 이러한 특징을 고려하여 각각의 주파수에 대하여서도 사람에게 의해 지각되는 소리의 크기가 동일하도록 보정할 필요가 있는데, 이를 표현한 것이 등감 곡선이며 이에 의한 소리의 단위를 폰(phon)이라 한다. 뿐만 아니라 폰 단위의 물리적 소리 크기 변화는 실제로 사람이 인지하는 손(sones) 단위의 소리 크기의 변화와는 주파수 대역별로 다른 특성을 보이는데, 이를 비선형 관계로 모델링하여 보정하였다.

3. 캡스트럴 평균 차감 및 거리 계산

제안된 PLP-CMS는 두 음성 신호간의 거리 측정 인자로 PLP 캡스트럴 계수를 이용한다. PLP 캡스트럴 계수는 인간의 청각적 특성을 고려한 스펙트럼 포락선을 표현하는 계수이다. 또한 PLP-CMS는 이러한 PLP 캡스트럴 계수에 대해 캡스트럴 평균 차감법을 이용함으로써 다양한 PSTN 채널 영향에 의해 음성 신호 전구간에서 발생하는 스펙트럼 왜곡을 제거하여 어떠한 PSTN 경로를 거친 음성 신호에 대해서도 신뢰할 수 있는 객관적 음질 평가를 수행하도록 하였다. 따라서 PLP-CMS는 캡스트럴 평균 차감법을 이용한 PLP 캡스트럴 거리 계산으로 k 번째 프레임의 원 음성 신호에 대한 왜곡된 음성 신호의 왜곡 정도를 식 (1)과 같이 계산한다.

$$PLP-CMS^k = \frac{10}{\log_{10}} \sqrt{2 \sum_{n=0}^{N-1} (C_{x_{cms}}^k(n) - C_{y_{cms}}^k(n))^2} \quad (1)$$

여기서, $C_{x_{cms}}^k[i] = C_{x[i]}^k - E(C_{x[i]}^k)$, $C_{y_{cms}}^k[i] = C_{y[i]}^k - E(C_{y[i]}^k)$ 이며, $C_{x[i]}^k$ 와 $C_{y[i]}^k$ 는 각각 원 음성 신호와 왜곡된 음성 신호의 k번째 프레임의 i번

재 PLP 캡스트랄 계수, $E(C_s[i])$, $E(C_s[j])$ 는 원 음성 신호와 왜곡된 음성 신호의 모든 프레임의 평균 PLP 캡스트랄 계수, N 은 PLP 캡스트랄 계수의 차수이다.

V. 결과 및 분석

본 논문에서는 제안된 PLP-CMS 성능 평가를 위하여 회귀 분석을 실시하였다. 객관적 음질 평가의 성능을 일반적으로 상관계수로서 나타내며 이는 객관적 음질 평가척도와 주관적 음질인 MOS와의 상관정도를 나타내며 1에 가까울수록 강한 상한 상관정도를 나타낸다. 회귀함수로는 일반적으로 널리 사용되는 2차함수를 사용하였다.

표 1에 기존 객관적 음질 평가법인 PSQM과 PLP-CD 그리고 제안된 PLP-CMS의 상관계수를 나타내었다. 서로 다른 채널 경로의 음성 신호, A set과 B set 각각에 대하여 PSQM과 PLP-CD의 객관적 음질 평가 결과를 비교하면, PSQM은 A set에 대해서는 0.79, B set에 대해서는 0.92의 매우 높은 주관적 음질과의 상관 관계를 보이고 있다. 또한 PLP-CD는 A set에 대해서는 0.51, B set에 대해서는 0.80의 상관 관계를 보인다. PLP-CD의 경우 상대적으로 채널의 영향을 많이 받은 A set의 음성 신호에 대해 낮은 상관 관계를 갖는 것으로 보아 채널 환경이 좋지 않은 환경에서는 더욱 나쁜 성능을 갖음을 예상할 수 있다. 이러한 기존의 두 가지 객관적 음질 평가 방법에 대해 A set과 B set 모두에 대해 주관적 음질과의 상관관계를 비교한 결과가 표1의 4열(A+B)이다. 이 경우 PSQM은 0.59, PLP-CD는 0.49의 매우 낮은 상관 관계를 보이고 있으며, 이는 앞의 각 set에 대한 상관계수와 비교할 때 채널 환경의 변화에 따른 영향으로 극심한 성능저하가 발생했음을 알 수 있다. 이러한 결과는 그림 2, 3에서 관찰한 바와 같이 채널 경로에 따른 스펙트럼의 변화가 각각 다르기 때문인 것으로 보인다. 따라서 단순히 스펙트럼의 거리만을 측정하는 기존의 음질 평가 방법인 PSQM과 PLP-CD는 채널 경로가 다양한 이동 전화 환경에서 사용할 수 없으며 이에 대한 대안이 필요하다.

제안된 알고리즘 PLP-CMS의 경우 A set과 B set에 대해 각각 0.89와 0.88의 매우 높은 상관관계를 보이고 있다. 특히 A set의 상관 관계를 PLP-CD의 경우 0.51이었음에 반해 PLP-CMS의 경우 0.89로 비교적 채널 환경이 양호한 B set의 결

표 1. 음성 신호와 객관적 음질 평가 방법별 상관 계수.

	상관 계수		
	A	B	A+B
PSQM	0.79	0.92	0.59
PLP-CD	0.51	0.80	0.49
PLP-CMS	0.89	0.88	0.89

과와 유사하다. 이를 통해 PLP-CMS의 심리 음향 선형 예측 분석 적용이 적절했음을 뿐만 아니라 캡스트랄 평균 차감법의 이용으로 채널 영향을 최소화했음을 의미한다. 또한 MOS 점수와 PLP-CMS 결과의 분포도 그림 4를 보면 PSQM이나 PLP-CD와는 다르게 A set의 결과와 B set의 결과가 MOS 분포와 같이 거의 동일한 영역에 분포한다.

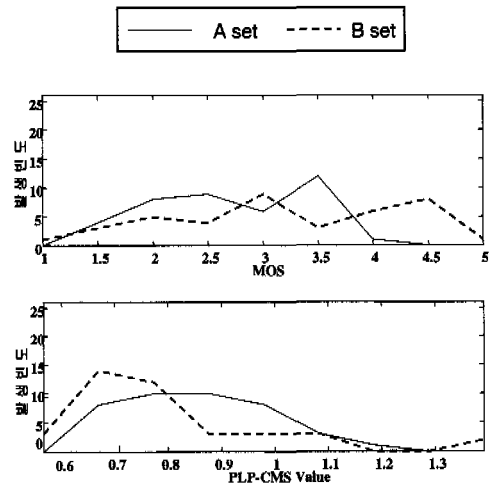


그림 4. CDMA 음성에 대한 MOS와 PLP-CMS 분포

특히 PLP-CMS와 PLP-CD를 비교하면 그림 3에서 본 바와 같이 A set과 B set의 채널 영향이 서로 달랐음에도, PLP-CMS는 PLP-CD에 비해 캡스트랄 평균 차감법의 적용으로 채널 경로의 영향을 효과적으로 제거함을 알 수 있다. PSQM과 PLP-CD와는 달리 A set과 B set의 분포가 이원화되지 않고 하나의 회귀 분석 함수의 곡선을 중심으로 일관되게 분포하며 이에 따라 PSQM과 PLP-CD는 이 경우 0.59와 0.49로 매우 작은 상관 계수를 보인 반면 PLP-CMS는 0.89의 높은 상관 계수를 보이고 있다. 이로 보아 PLP-CMS는 채널 환경이 다른 음성 신호에 대해서도 우수한 성능을 일관되게 유지함을 확인할 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 채널 경로에 따른 음성 신호의 왜곡에 강인한 새로운 음질 평가방법, PLP-CMS를 제안하였다. PLP-CMS는 인간의 청각적 특성을 고려한 심리 음향 선형 예측 분석과 채널에 대한 영향을 고려하여 켈스트럼 평균 차감법을 이용한다. 제안된 PLP-CMS는 단일 채널 경로의 음성 신호뿐만 아니라 서로 다른 채널 경로의 음성 신호들에 대해서 PSQM이나 PLP-CD보다 주관적 음질과 높은 상관 관계를 일관되게 보임을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] Nynek Hermansky, "Perceptual Linear Predictive(PLP) analysis of speech", *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 87, pp1738-1752, April 1990
- [2] ITU-T Rec. P.861, "Objective Quality Measure of Telephone-band (300-3400Hz) Speech Coders," 1998
- [3] 윤종진, 박상욱, 박영철, 차일환, "심리 음향 켈스트럼 평균 차감법을 이용한 CDMA 망에서의 음질 평가," 제12회 신호처리합동학술대회, 포항공과대학, pp.851-854, 1999년 10월 2일
- [4] ITU-T Rec. P.800, "Methods for Subjective Determination of Transmission Quality," 1996
- [5] S. Wang, A. Sekey, A. Gersho, "An Objective Quality Measure for Predicting Subjective Quality of Speech Coders", *IEEE J. on Select Areas in Comm*, vol.10, no.5, pp. 819-829, 1992
- [6] ANSI Standard T1.801.04-1197, "Multimedia Communications Delay, Synchronization, and Frame Rate Measurement," New York, 1997
- [7] ITU-T Rec. P.830, "Subjective Performance Assessment of Telephone-Band and Wideband Digital Coders," 1996
- [8] Richard J. Mammone, Xiaoyu Zhang, Ravi P. Ramachandran, "Robust Speaker Recognition", *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 58-71, Sep. 1996

윤 종 진(Jong Jin Yun)

정회원

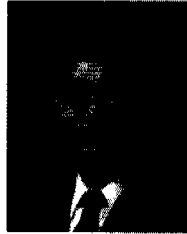


1998년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업
2000년 2월 : 연세대학교 전기컴퓨터 공학과 석사
2000년 2월~현재 : 삼성전자 무선 사업부 S/W 개발 그룹

<주관심 분야> 음성신호처리, 음질평가, 음성부호화

박 상 욱(Sang Wook Park)

준회원



1996년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업
1998년 2월 : 연세대학교 전기컴퓨터 공학과 석사
1998년 3월~현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정

<주관심 분야> 음성신호처리, 음질평가, 음성부호화

박 영 철(Young-Cheol Park)

정회원

한국통신학회논문지 제25권, 제6B호,
2000년 6월 참조

안 동 순(Dong-soon Ahn)

정회원

목포대학교 컴퓨터공학과 교수

윤 대 회(Dae-Hee Youn)

정회원

한국통신학회논문지 제25권, 제6B호,
2000년 6월 참조