

이동통신용 음성부호화기에서의 LSP 계산시간 감소에 관한 연구

민소연¹

A Study on the Reduction of LSP (Line Spectrum Pair) Transformation Time in Speech Coder for CDMA Digital Cellular System

So-Yeon Min¹

요약 본 논문에서는 EVRC 시스템에 사용되어지는 실근 방식의 계산량 감소 알고리즘을 제안한다. 실근 방법에서는 다항식에서의 근을 구하여 LSP로 변환하는 과정이 필요하다. 그러나, 근을 구하는 과정에서 주파수 대역을 순차적으로 검색하므로 계산시간이 많이 소요된다. LSP 파라미터의 중요한 특징은 대부분의 계수가 특정 주파수 대역에 주로 분포한다는 것이다. 그러므로, 본 논문에서는 실근 방식에서의 계산시간을 줄이기 위하여 1KHz 대역까지는 선형적이고 1KHz 대역 이상에서는 로그 스케일인 멜 스케일을 사용하였다. 실근 방식과 제안한 방법을 비교하기 위하여 두 가지를 측정하였다. 첫째, 제안한 방법에서의 LSP 파라미터의 값과 실근방식에서의 LSP 파라미터 값을 비교하였다. 둘째, 계산 시간 감소율을 측정하였다. 실험결과, LSP 파라미터의 값은 변화하지 않았으며 계산량은 약 48% 정도 감소하였다.

Abstract We propose the computation reduction method of real root method that is used in the EVRC(Enhanced Variable Rate Codec) system. The real root method is that if polynomial equations have the real roots, we are able to find those and transform them into LSP. However, this method takes much time to compute, because the root searching is processed sequentially in frequency region. But, the important characteristic of LSP is that most of coefficients are occurred in specific frequency region. So, to reduce the computation time of real root, we used the mel scale that is linear below 1kHz and logarithmic above. In order to compare real root method with proposed method, we measured the following two. First, we compared the position of transformed LSP(Line Spectrum Pairs) parameters in the proposed method with these of real root method. Second, we measured how long computation time is reduced. The experimental result is that the searching time was reduced by about 48% in average without the change of LSP parameters.

Key Words : EVRC(Enhanced Variable Rate Codec), LSP(Line Spectrum Pairs), Mel scale

1. 서론

음성부호화란 음성 신호를 디지털 부호로 변환시키는 것을 말하며 음성의 전송 또는 저장 등에 사용된다. 음성 부호화의 주된 기능은 음성 신호를 분석하여 잉여성분을 제거되지 않는 나머지 성분들을 타당한 방법을 이용하여

부호화 하는 것이다. 표준 음성 부호화기는 1972년에 ITU-T recommendation G.711로 채택된 64kbps PCM (Pulse Code Modulation) 방식으로부터 출발하여, 32kbps의 ADPCM (adaptive DPCM), 16kbps의 LD-CELP (Low-Delay CELP) 방식으로 표준화되었다. 또한, ITU-T에서는 PCS, IMT-2000등에서 사용할 수 있는 8kbps 음성부호화기에 대한 표준화 작업으로 1996년에 CS-CELP(conjugated structure algebraic CELP)를 G.729로, 그리고 인터넷폰 및 화상통신용 음성부호화기로 ACELP/MP-MLQ(algebraic CELP/Multipulse Maximum Likelihood Quantization)의 5.3/ 6.3kbps dual rate를

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2006-331-D00423)

¹서일대학 정보통신과

*교신저자: 민소연(symin@seoil.ac.kr)

G.723.1 draft recommendation으로 선정하였다[1,4-7].

국내 이동통신 표준 음성 압축기는 3가지 종류가 있다. QCELP(Qualcomm CELP, IS-96A)는 코드북을 Circular 형태로 구성하여 인접한 Code-vector 사이의 출력력을 쉽게 구하도록 한 방식으로 8.55kbps의 전송률을 갖는다. QCELP 13k(CDG-27) 방식은 QCELP와 비슷하고 단지 Bit Rate를 높여 음질을 향상시킨 방식으로 13.3kbps의 전송률을 갖는다. EVRC(Enhanced Variable Rate Codec)는 발신자의 음성이 디지털로 전환될 때, 잡음을 제거하여 원하는 소리만 전달하는 통화음질의 최적화 기술이다. 또한, IS-127 에 규정된 8Kbps 음성부호화기 규격으로 주변의 잡음을 줄이고 통화자의 음성을 더 깨끗하게 전달하기 위한 방식으로 음성의 정보량에 따라 가변적으로 음성 정보를 부호화하는 방식이다.

음성 부호화기에서 주로 사용하는 실근 방법은 근을 구하기 위해 주파수 영역을 순차적으로 검색하기 때문에 계산시간이 많이 소요된다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 음성신호의 에너지가 대개 낮은 주파수에 분포한다는 특징을 이용하여 검색대역에 멜 스케일을 이용하였다. 멜 스케일은 1000Hz 이하에서는 주파수와 선형적으로 비례하며 1000Hz 이상에서는 로그 스케일이다. 제안한 방법의 성능평가를 위해 두 단계의 실험을 하였다. 즉, 기존의 실근 방식과 제안한 방법을 사용하여 LPC(Linear Predictive Coding)에서 LSP 파라미터로 변환과정에서의 LSP 파라미터 값의 변화를 측정하였고, EVRC 시스템에서의 총 처리시간을 비교하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 EVRC 시스템에 대해 설명하고 3장에서는 LPC 계수에서 LSP 파라미터의 변환 방법중 음성 부호화기에서 가장 많이 사용되는 실근 방법에 대해 설명되어진다. 4장에서는 계산시간을 줄이기 위한 주파수 대역 조절법에 대해 설명한다. 5장에서는 실험 결과를 보이고 6장에서는 결론을 맺는다.

2. EVRC 음성부호화기의 특징

EVRC(Enhanced Variable-Rate Coder, IS-127)의 Codebook은 Multi-Pulse 구조인 Algebraic CELP 타입이며 53, 54-Sample 길이에 8개의 Pulse 만 존재한다. 또한, 각 Pulse의 위치는 정해진 곳에만 가능하고 각 Pulse의 크기는 동일한 절대값을 갖는다. 그리고 상당히 많은 종류의 Code-vector가 가능하다는 특징을 갖고 있다. 기술적인 측면에서의 EVRC 시스템의 특징을 살펴보면 압축 전에 Noise Canceling 실시하며 Pitch Period에 의한 Time-Warping 기술 사용한다. 이와 같은 배경을 토대로

하여 PCS가 처음으로 이동통신 시장에 소개되었을 때 기존 서비스와 차이점을 두기 위해 8Kbps 부호화 방식을 사용하지 않고 13Kbps 부호화 방식을 사용하여 뛰어난 음성품질을 서비스의 장점으로 내세웠다. PCS 진영이 뛰어난 음성품질을 내세우자 기존 셀룰러 사업자들은 8K 방식은 그대로 사용하되 EVRC라는 일종의 소프트웨어를 도입하여 음성품질을 높이게 되었다.

즉, EVRC 음성부호화기를 사용함으로써 부호 분할 다중 접속(CDMA) 이동 통신 시스템의 시스템 용량을 증가시키는 동시에 소비 전력도 절약할 수 있다. 이는 EVRC 알고리즘에서 PCM에서 만들어진 64Kbps의 데이터에서 목소리의 특징만을 뽑아내어 8.6Kbps, 4.0Kbps, 2.0Kbps, 0.8Kbps의 4가지 데이터 전송률 중 선택적으로 변환하기 때문이다. 즉, 말소리가 빠를 때는 8.6Kbps의 데이터 전송률로 변환 시키고, 말이 느릴 때는 4.0Kbps의 데이터 전송률로 변환시킨다. 말을 거의 하지 않는 경우는 2.0Kbps나 0.8Kbps중의 하나로 변환한다. EVRC에서는 이렇게 사람이 말을 느리게 하는 경우 데이터를 낮은 전송률로 가변적으로 변환하여 주파수를 효율적으로 사용할 수 있도록 하게 한다.

이와 같은 특징을 이용하면 기존의 셀룰러 망을 그대로 사용하면서 통화음질을 PCS 수준으로 높일 수 있다. 또한 이동통신 단말기의 배터리 소모량을 줄일 수 있으며 잡음이 심한 지역 내에서 통화하는 경우 사람의 음성을 제외한 잡음을 최소화함으로써 음질을 크게 개선할 수 있다. 따라서 EVRC 방식은 PCS QCELP(13Kbps) 방식보다 용량 면에서 30~40% 우수하다. 위의 같은 사항을 살펴보면 EVRC 음성 부호화 방식은 저전송률의 뛰어난 통화품질로 지금 이동통신 시장에서 활발하게 사용되고 있고, 앞으로도 이동통신 시장을 대부분 점유할 것으로 기대되어 진다.

그림 1에서는 EVRC 시스템의 전체 블록도를 나타내고 있다.

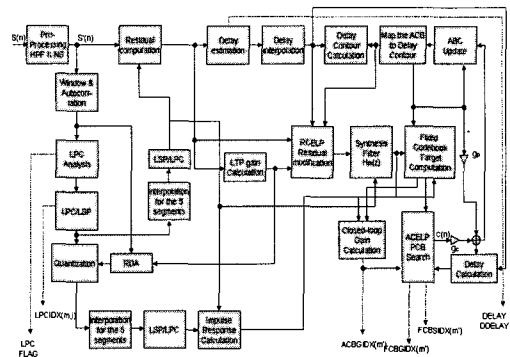


그림 1. EVRC 시스템의 블록도

3. LSP 파라미터의 추출

LSP 파라미터를 추출하기 위해서 먼저 LPC 분석이 이루어 진다[2,3,8].

$$H(z) = 1/A_p(z) \quad (3.1)$$

$$A_p(z) = 1 + \sum_{k=1}^p \alpha_k z^{-k} \quad (3.2)$$

식(3.1)에서 $H(z)$ 는 LPC 필터이고 p 는 필터의 차수이다.

LSP 파라미터를 유도하기 위해서 PARCOR(Partial Correlation) 필터를 이용하여 식(3.1)과 식(3.2)를 표현하면 다음과 같다.

$$A_{p-1}(z) = A_p(z) + k_p B_{p-1}(z) \quad (3.3)$$

$$B_p(z) = z^{-1} [B_{p-1}(z) - k_p A_{p-1}(z)]$$

여기서 $A_0(z) = 1$, $B_0(z) = z^{-1}$ 이고

$$B_p(z) = z^{-(p+1)} A_p(z^{-1}) \quad (3.4)$$

$k_{p+1} = -1$ 조건의 귀환은 입력중점에서 완전히 폐쇄되고 $k_{p+1} = +1$ 은 무한 자유공간상으로 개방된다. $k_{p+1} = \pm 1$ 인 전달함수를 $P_{p+1}(z)$ 와 $Q_{p+1}(z)$ 로 나타내면 다음과 같다.

$$k_{p+1} = 1 \text{ 일때, } P_{p+1}(z) = A_p(z) - B_p(z) \quad (3.5)$$

$$k_{p+1} = -1 \text{ 일때, } Q_{p+1}(z) = A_p(z) + B_p(z)$$

$$\Rightarrow A_p(z) = \frac{1}{2} [P_{p+1}(z) + Q_{p+1}(z)] \quad (3.6)$$

두 개의 근($k_{p+1} = \pm 1$)을 알고 있으므로 $P_{p+1}(z)$ 의 $Q_{p+1}(z)$ 의 차수를 줄일 수 있다. 즉,

$$P(z) = \frac{P_{p+1}(z)}{(1-z)} = A_0 z^p + A_1 z^{(p-1)} + \dots + A_p \quad (3.7)$$

$$Q(z) = \frac{Q_{p+1}(z)}{(1-z)} = B_0 z^p + B_1 z^{(p-1)} + \dots + B_p \quad (3.8)$$

$$\text{조건 : } A_0 = 1, B_0 = 1 \quad (3.9)$$

$$A_k = (\alpha_k - \alpha_{p+1-k}) + A_{k-1} \quad (3.10)$$

$$B_k = (\alpha_k - \alpha_{p+1-k}) - A_{k-1} \text{ for } k=1, \dots, p$$

LSP는 $0 \leq \omega_i \leq \pi$ 인 범위에서 $P(z)$ 와 $Q(z)$ 을 통해 얻어진 근의 각(angular) 위치를 나타낸다. LSP는 다음과 같은 두 가지 성질을 지닌다.

첫째, $P'(z)$ 와 $Q'(z)$ 는 단위원 상에 놓여 있다.

둘째, $P'(z)$ 와 $Q'(z)$ 의 근들이 단위원 상에 번갈아 나타난다.

$P(z)$ 와 $Q(z)$ 의 다차 방정식의 해를 구하는 방식에 따라 개발된 여러 가지 변환법 중 주로 사용되는 real root 방법의 특징은 다음과 같다.

$P(z)$ 와 $Q(z)$ 의 계수는 대칭적이기 때문에 식(3.7)의 차수는 $p/2$ 로 줄어든다.

$$P(z) = A_0 z^p + A_1 z^{p-1} + \dots + A_1 z^1 + A_0 \quad (3.11)$$

$$= z^{p/2} [A_0 (z^{p/2} + z^{-p/2}) +$$

$$A_1 (z^{(p/2-1)} + z^{-(p/2-1)}) + \dots + A_{p/2}]$$

$$Q(z) = B_0 z^p + B_1 z^{p-1} + \dots + B_1 z^1 + B_0 \quad (3.12)$$

$$= z^{p/2} [B_0 (z^{p/2} + z^{-p/2}) +$$

$$B_1 (z^{(p/2-1)} + z^{-(p/2-1)}) + \dots + B_{p/2}]$$

모든 근은 단위원 상에 있기 때문에, 아래와 같이 정의하면 단위원 상에서 식(3.11)의 값을 구할 수 있다.

$$\text{Let } z = e^{j\omega} \text{ then } z^1 + z^{-1} = 2\cos(\omega) \quad (3.13)$$

$$P(z) = 2e^{jp\omega/2} [A_0 \cos(\frac{p}{2}\omega) + \dots + \frac{1}{2} A_{p/2}] \quad (3.14)$$

$$A_1 \cos(\frac{p-2}{2}\omega) + \dots + \frac{1}{2} A_{p/2}]$$

$$Q(z) = 2e^{jp\omega/2} [B_0 \cos(\frac{p}{2}\omega) + \dots + \frac{1}{2} B_{p/2}] \quad (3.15)$$

$$B_1 \cos(\frac{p-2}{2}\omega) + \dots + \frac{1}{2} B_{p/2}]$$

$x = \cos\omega$ 를 대입하면 식(3.14)와 식(3.15)를 x 에 대해서 풀 수 있다. $p=10$ 의 경우 다음식이 얻어진다.

$$P_{10}(x) = 16A_0x^5 + 8A_1x^4 + (4A_2 - 20A_0)x^3 + (2A_3 - 8A_1)x^2 + (5A_0 - 3A_2 + A_4)x + (A_1 - A_3 + 0.5A_5) \quad (3.16)$$

$$Q_{10}(x) = 16B_0x^5 + 8B_1x^4 + (4B_2 - 20B_0)x^3 + (2B_3 - 8B_1)x^2 + (5B_0 - 3B_2 + B_4)x + (B_1 - B_3 + 0.5B_5) \quad (3.17)$$

LSP는 식(3.18)에 의해서 구해진다.

$$LSP(i) = \frac{\cos^{-1}(x_i)}{2\pi T}, \text{ for } 1 \leq i \leq p \quad (3.18)$$

real root 방법은 다른 변환 방법보다 간단하지만 계산 시간을 예상할 수 없다는 단점을 갖는다.

4. 실근 방법과 멜 스케일

LPC 계수에서 LSP 파라미터의 변환 방법 중에서 음성부호화에 많이 사용되는 실근 방법은, 홀수 번째의 계수를 먼저 찾은 후에 짝수 번째의 계수는 이미 찾아진 홀수 번째 계수 사이에서 찾는다. 그리고 실근 방법에서는 홀수 번째의 계수를 찾을 때 주파수대역을 순차적으로 검색한다. 따라서 홀수 번째의 계수를 찾는데 걸리는 시간이 변환시간의 대부분을 차지하게 되고 입력된 음성 신호의 특성에 따라 LSP 파라미터의 검색 시간을 예측하기가 힘들다.

본 논문에서는 인간의 청각특성을 고려한 멜 스케일을 이용하여 LSP 파라미터를 찾기 위한 주파수 대역을 불균등하게 조절한다. 일반적인 의미의 멜 스케일은 1000Hz 이하에서는 주파수와 선형적으로 비례하며 1000Hz 이상에서는 로그 스케일이며, 이러한 특징을 그림 2에서 나타내고 있다. 본 논문에서는 주파수 대역을 멜 스케일을 이용하여 불균등하게 조절하기 위하여 Fant에 의하여 근사화된 식을 이용하였고 식(4.1)에서 나타내었다. 식(4.1)은 멜 스케일과 주파수 사이의 관계를 나타내고 있다[9].

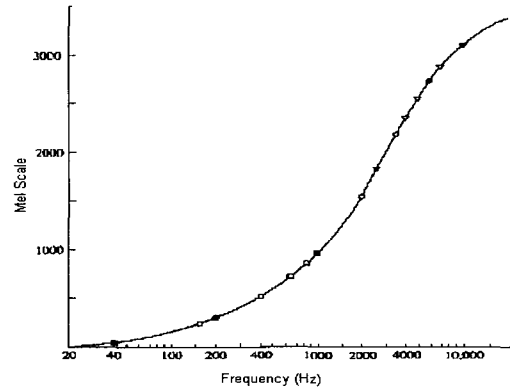


그림 2. 멜 스케일의 특성

$$F_{mel} = k * \log[1 + \frac{f}{1000}] \quad (4.1)$$

여기서, $k = 1000/\log 2$

그림 3에서는 LPC 계수에서 LSP 파라미터를 얻기 위한 과정 중, 멜 스케일을 이용하여 주파수 대역을 불균등하게 조절하여 검색시간의 단축을 가져오는 방법의 처리 과정에 대해 나타내고 있다. 즉, 음성신호가 입력되면 해밍윈도우를 사용하여 단구간 분석을 수행하게 된다. LPC 계수를 추출한 후에 LSP 파라미터를 구하는 변환 과정이 수행되는데, 이때 기존의 실근 방식에서는 전체 주파수 대역을 균일하게 800 등분하여 각 구간을 순차적으로 검색하게 된다. 이에 반하여 제안한 방법에서는 식(4.1)에서 설명한 멜 스케일을 적용하여 주파수 대역을 조절하면 LSP를 찾기 위한 주파수 대역이 불균등하게 400개의 구간으로 분할이 된다. 10개의 LSP 파라미터 중에서 홀수 번째 LSP 파라미터의 값을 먼저 구하고 이미 찾아진 홀수 번째 파라미터 사이에서 짝수 번째 근을 구하게 된다[10,11].

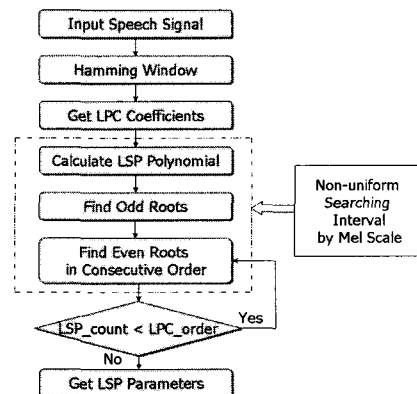


그림 3. 제안한 알고리즘의 블록도

5. 실험 결과

실험을 위해 PC에 마이크 입력이 가능한 A/D 변환기를 인터페이스 하였다. 음성시료는 실험실 환경에서 발생한 음성을 8kHz로 표본화하고 16bit로 양자화하여 사용하였다. 제안한 알고리즘의 시뮬레이션은 C-언어와 Matlab으로 구현하여 수행하였다. 실험에서 제안한 방법의 성능평가를 위하여 두 단계의 실험을 하였다. 첫 번째는 기존의 방법을 이용한 경우의 LSP 파라미터의 값과 제안한 방법을 이용한 LSP 파라미터의 값의 변화를 측정하였다.

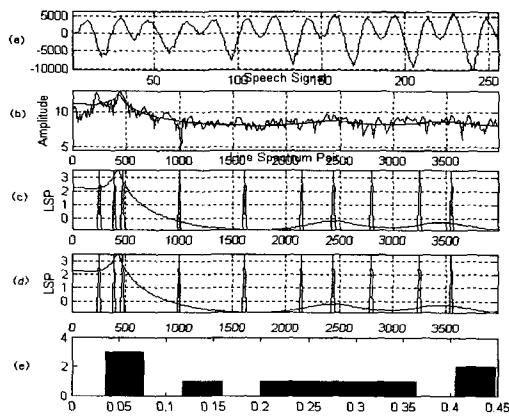


그림 4. 유성음 구간에서의 LSP 파라미터 추출결과
 (a) 시간영역 파형
 (b) 주파수 스펙트럼 분석결과
 (c) 실근방법에 의한 LSP 파라미터 추출 결과
 (d) 제안한 방법에 의한 LSP 파라미터 추출 결과
 (e) LSP 파라미터의 분포특성

그림 4에서는 유성음 구간 중 임의의 한 프레임에서의 LSP 파라미터 값을 나타낸 결과이다. 즉, 그림 4의 (a)는 임의의 유성음 구간의 한 프레임에 대한 시간 영역의 파형을 나타내었고 (b)는 시간영역에서의 음성 신호를 주파수 변환한 스펙트럼을 나타낸 결과이다. 또한 (c)는 기존의 방법인 실근 방법을 이용하여 구한 10개의 LSP 파라미터 값을 나타낸 결과이며 (d)는 제안한 방법을 이용하여 구한 10개의 LSP 파라미터 값을 나타낸 결과이다. 그림 4의 (e)는 히스토그램을 이용하여 LSP 파라미터의 분포도를 조사한 결과이다. 그림 4에서 얻어진 실험결과를 정확히 분석하기 위하여 표 1에서는 기존의 방법과 제안한 방법에서 얻어진 LSP 파라미터의 값을 나타내었다. 실험 과정에서 제안한 방법의 성능 평가를 위해 전체 음

성에 대하여 LSP distance를 측정하였지만, 기존 방법에 의한 값과 일치하기 때문에 LSP distance 자체가 의미가 없었기 때문에 한 프레임에 대하여 LSP 추출 결과를 나타내었다. 그림 4와 표 1의 실험 결과에서 볼 수 있듯이 제안한 방법을 이용하여 파라미터를 구한 경우, 기존의 방법과 같은 결과를 얻음을 알 수가 있다.

표 1. LSP 추출 결과 값의 비교

비교	LSP 값				
	LSP(1)	LSP(2)	LSP(3)	LSP(4)	LSP(5)
Real Root	0.0351	0.0521	0.0615	0.1285	0.2043
Proposed Method	0.0351	0.0521	0.0615	0.1285	0.2043
비교	LSP 값				
	LSP(6)	LSP(7)	LSP(8)	LSP(9)	LSP(10)
Real Root	0.2700	0.3081	0.3522	0.4099	0.4465
Proposed Method	0.2700	0.3081	0.3522	0.4099	0.4465

두 번째 단계에서는 LPC에서 LSP 파라미터의 변환과정에서의 계산시간을 비교하여 나타내었다. 표 2에서는 4 종류의 음성시료를 사용하여 제안한 방법의 LSP 파라미터 변환시간을 측정한 결과를 나타낸다. 실험 결과를 통해 기존의 방법과 제안한 방법을 비교하였을 때, 동일한 LSP 파라미터 값을 얻는 반면에 계산시간은 약 48% 감소를 알 수 있다.

표 2. LPC 계수에서 LSP 파라미터의 변환시간

음성시료	비교	Real Root Method	Proposed Method	계산시간 감소율
Utterance 1		1.58 [sec]	0.82 [sec]	48.10[%]
Utterance 2		1.96 [sec]	1.02 [sec]	47.95[%]
Utterance 3		2.35 [sec]	1.19 [sec]	49.96[%]
Utterance 4		2.20 [sec]	1.22 [sec]	45.45[%]

6. 결론

저전송률 음성부호화기에서의 음성신호 선형예측 방법 중 LSP 파라미터를 이용하는 방법이 가장 많이 사용되어진다. 왜냐하면, LSP 파라미터의 전송형 특징 중 낮은 전송률에서도 왜곡이 적고 선형보간 특성이 뛰어나기 때문이다. 하지만 LPC 계수를 LSP 파라미터로 변환하기 위해서는 많은 계산시간이 소요된다. LPC 계수에서 LSP 파라미터로의 변환 방법 중 가장 많이 사용되는 실근 방법은 변환시간을 예측할 수 없다는 단점을 갖고 있다.

본 논문에서는 음성부호화기에서 주로 사용되는 실근

방법의 계산시간을 단축하였다. Real root 알고리즘에서는 LSP 파라미터를 구하기 위해 균등한 800개의 주파수 대역을 순차적으로 검색한다. 그러나 제안한 알고리즘에서는 멜 스케일을 이용하여, 주파수 대역을 불균등하게 조절된 400개의 영역으로 분리하여 조절되어진 영역에서 근을 검색하게 된다. 제안한 방법의 성능평가는 전체 2단계에 걸쳐 수행되었다. 첫 번째 단계에서는 기존의 방법과 제안한 방법간의 LSP 파라미터 값을 비교하였고, 두 번째 단계에서는 변환시간을 비교하였다. 실험 결과, 각 프레임을 단위로 해서 추출된 LSP 파라미터 값은 동일하였고, 변환 시간만 약 48% 감소하였다. 향후, 제안한 알고리즘을 EVRC 시스템에 적용하여 전체적인 음성부호화의 계산량 감소에 대해 측정하고, 외국어 음성시료를 사용하여 제안한 알고리즘의 적용분야에 대해 실험이 이루어질 계획이다.

참고문헌

[1] 배명진, "디지털 음성분석", pp.95-120, 동영출판사, 1998. 4.
 [2] L. R. Rabiner, R.W. Schafer, "Digital Processing of Speech Signal", pp.38-115, Prentice Hall, 1978.
 [3] A. M. Kondoz, "Digital Speech", pp. 84-92, John Wiley & Sons Ltd, 1994.
 [4] ITU-T Recommendation G.723.1, March, 1996.
 [5] ITU-T Rec. G.729, "Coding of Speech at 8kbit/s CS-ACELP Speech Coder," 1996.
 [6] ITU-T Rec. G.729 Annex A, "Reduced Complexity 8kbit/s CS-ACELP Speech Codec," 1996.

[7] John R. Deller, Jr., John G. Proakis, John H.L. Hansen, "Discrete-Time Processing of Speech Signals", pp.124-125, Maxwell Macmillan International, 1993.
 [8] Sadaoki Furui, "Digital Speech Processing, Synthesis, and Recognition", pp129, MARCEL DEKKER, INC. 1991.
 [9] Thomas Parson, "Voice and Speech Processing", pp71-73, Mac Graw Hill.
 [10] 민소연, 정찬중, 배명진, "주파수 대역의 적응적 조절을 통한 LSP 변환 알고리즘의 성능 개선에 관한 연구", 한국통신학회, 하계종합학술 발표회 논문집, 2001년 7월 6일.
 [11] 민소연, 배명진. "LSP 파라미터 분포특성을 이용한 주파수 대역 조절법에 관한 연구", 음향학회지, 제21권, 제3호, 2002년 4월.

민 소 연(So-Yeon Min)

[종신회원]



- 1993년 2월 : 송실대학교 전자공학과 (공학사)
- 1995년 2월 : 송실대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 송실대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 서일대학 정보통신과 조교수

<관심분야> : 음성코딩, 음성신호처리, 멀티미디어 통신