

論文2003-40SP-4-7

## 광대역 음성부호화기를 위한 벡터-스칼라 LSP 파라미터 양자화기 설계

### (Design of the Vector-Scalar Quantizer of LSP Parameters for Wideband Speech Coder)

申載賢\*, 李寅誠\*\*, 池德求\*\*\*, 尹炳植\*\*\*, 崔松仁\*\*\*

(Jaehyun Shin, Insung Lee, Deockgu Jee, Byung-Sik Yoon, and Song-In Choi)

#### 요약

본 논문에서는 광대역 음성 부호화기를 위한 VQ-SQ 구조의 LSP(Line Spectral Pairs) 파라미터 양자화기를 설계하였다. 16차 LPC(Linear Prediction Coefficients) 계수를 사용하며, 양자화 특성이 좋고 합성필터의 안정성의 조건을 검사하기 쉬운 LSP 파라미터로 변환<sup>[2]</sup>하여 양자화 한다. 설계된 VQ-SQ 양자화기는 첫 번째 단계에서 2단 SVQ(Split VQ)로 각각 8차씩 양자화한 뒤, 두 번째 단계에서 순서화 특성(OP: Ordering Property)을 적용한 SQ를 사용하여 잔여신호(Residual Signal)를 양자화하는 구조로 되어있다. VQ-SQ결합 양자화기의 전체적인 성능개선을 위해 벡터 양자화기에서 하나의 최적 벡터를 찾지 않고 5개의 후보벡터를 가지고 스칼라 양자화를 수행한 후, 전체적으로 본래의 LSP 파라미터에 가장 가까운 벡터 양자화기 인덱스와 스칼라 양자화기의 인덱스를 결정한다. 순서화 특성을 고려하여 설계된 적응 VQ-SQ 양자화기는 LSP 파라미터에 총 35비트를 할당하여 광대역 명료도(Wideband Transparency)인 평균 1.6dB 이하의 스펙트럼 왜곡(SD: Spectral Distortion)과 4%미만의 3dB가 넘는 프레임의 비율<sup>[1]</sup>을 만족하였으며, 기존의 VQ-SQ 양자화기보다 2-3비트를 절약할 수 있었다.

#### Abstract

In this paper, we designed an LSP(Line Spectral Pairs) parameter quantizer with cascaded structure of vector quantizer and scalar quantizer for the wideband speech coder. We have chosen the 16th-order of the LP coefficients. These coefficients are then transformed into the LSP parameters which have the excellent properties for quantization and easy stability checking condition of synthesis filter. In the first stage of quantization, input LSP parameters are split-vector-quantized using two 8-th order codebooks. In the second stage, the components of residual vector are individually quantized by the scalar quantizer utilizing the ordering property of LSP parameters. The designed adaptive VQ-SQ quantizer using 35 bits/frame shows the wideband transparency that the average spectral distortion should be less than 1.6 dB and less than 4% of the frames should have SD above 3 dB. The simulation results show that the designed quantizer provides a 2-3 bits/frame saving over the typical vector-scalar quantizer.

**Keyword** : AMR-WB, LSP Parameter Quantizer, Speech Coder, Vector-scalar Quantization

\* 正會員, 忠北大學校 電波工學科, 컴퓨터情報통신연구소  
(Dept. of Radio Science & Engineering Chungbuk National University)

\*\* 正會員, 忠北大學校 電氣電子컴퓨터工學部, 컴퓨터情報통신연구소  
(School of Electrical & Computer Engineering

Chungbuk National University)

\*\*\* 正會員, 韓國電子通信研究員 移動通信研究所  
(Mobile Telecommunication Research Laboratory Electronics and Telecommunications Research Institute)

接受日字:2003年2月26日, 수정완료일:2003年6月26日

## I. 서론

차세대 이동통신 및 인터넷 통신 시스템의 가장 큰 특징은 넓은 대역폭을 사용하며, 음성에서 동영상까지 다양한 멀티미디어 데이터를 전송할 수 있다는 것이다. 기존의 음성 위주의 통신 방법과 달리 데이터와 영상 전송이 가능하게 되며, 음성 통신에 있어서도 협대역(200Hz-3400Hz) 음성신호보다 넓은 대역폭(50-7000Hz)을 가지며 16000 samples/sec 비율로 샘플링되고, 더욱 자연스러운 음질과 높은 인지도를 나타내는 광대역 음성신호의 전송이 가능하게 된다. 앞으로 광대역 음성 부호화기는 가변 전송률을 사용함으로써 광범위한 응용분야에 사용되어질 것이다. 이러한 부호화기에서는 한정된 전송비트를 효율적으로 사용하기에 적합한 LSP 파라미터 양자화기의 설계가 필요하다. CELP(Code Excited Linear Prediction)를 포함한 대부분의 음성 부호화기들은 음성의 단시간 스펙트럴 포복선(Spectral Envelope) 정보를 전송하기 위해 선형 예측 계수들(LPC:Linear Predictive Coefficients)을 사용한다. LPC 계수들은 수학적으로 동등하며 양자화 및 보간에 좋은 성능을 갖는 LSP (Line Spectral Pairs)로 변환할 수 있다<sup>[2]</sup>. LSP 파라미터들을 양자화하기 위해 여러 가지 양자화 방법들<sup>[3-5]</sup>이 발표되었으며, 그 중에 하나의 기준이 되는 VQ 알고리즘은 Paliwal과 Atal에 의해 설계된 SVQ(Split VQ)이다<sup>[3]</sup>. 이와 달리 Grass와 Kabal이 제안한 계산량과 메모리 사용량을 줄이면서 VQ의 이점을 사용하는 양자화 기법인 VQ-SQ 알고리즘이 있다. VQ-SQ는 4.8kbps CELP 부호화기에 사용되었다<sup>[6]</sup>. 비록 VQ가 LSP 양자화에 좋은 성능을 보이지만, 계산량의 증가와 많은 메모리를 요구하는 단점을 보완하기 위한 SQ 양자화기 알고리즘으로 Sugamura와 Farvardin가 설계한 LSP 파라미터들의 순서화 특성(OP: Ordering Property)을 사용한 역방향 적응 양자화기(AQBW: Adaptive Quantization with the BackWard sequence)가 있다<sup>[7]</sup>.

본 논문에서는 VQ-SQ에 포먼트(Formant)필터의 안정성을 유지하기 위해 높은 차수 LSP 주파수 값은 낮은 차수의 LSP 주파수 값보다 커야한다는 LSP 파라미터의 순서화 특성을 이용하여 양자화하는 방법을 사용한다<sup>[7]</sup>. 본래의 LSP 파라미터 값은 벡터 양자화기의 출력을 빼고난 다음 잔여신호를 간단한 균일 스칼라 양

자화기에 의해 양자화한다. 두번째 단의 스칼라 양자화기에서 최대 양자화 영역은 바로 위 차수의 LSP 파라미터의 양자화된 값에 따라 변화하며 양자화한다. 이러한 LSP 파라미터의 순서화 특성을 이용하여 설계된 새로운 VQ-SQ 양자화기는 실제 광대역 음성 데이터를 사용하여 기존의 방법과 비교한다.

본 논문의 내용은 다음과 같다. II장에서는 간략하게 LSP 파라미터의 특성을 기술하였으며, III장에서는 VQ-SQ의 구조와 성능을 설명하였고, IV장에서는 효율적인 적응 VQ-SQ 양자화기를 제안하였으며, 마지막으로 V장에서는 결론을 기술하였다.

## II. LSP 파라미터의 특성

이동통신 시스템등에서 사용되는 순방향 적응 음성 부호화기는 매 20 ms 정도마다 음성의 포먼트 성분을 나타내는 단구간(Short term) 예측기의 계수를 전송하여야 한다. 단구간 예측기의 계수는 직류값이 제거된 음성신호로부터 자기상관(Autocorrelation) 알고리즘을 통해 얻어진다. 단구간 합성필터의 전달함수는 다음과 같이 주어진다.

$$H(z) = \frac{1}{A(z)} = \frac{1}{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_p z^{-p}} \quad (1)$$

여기서  $a_i, i=1, \dots, p$  는 단구간 예측기의 계수이고  $p$  는 필터의 차수이다. 이동통신 시스템에서의 협대역 음성신호는 보통 10차의 단구간 예측기를 사용하였으나, 광대역 부호화기에서는 넓은 주파수 대역폭을 표현하기 위하여 16차에서 20차에 걸친 단구간 예측기를 사용한다. 본 논문에서는 16차의 예측계수( $p=16$ )를 사용한다. 이러한 단구간 예측기의 계수는 양자화 특성이 좋고 합성필터의 안정성의 조건을 검사하기 쉬운 LSP 파라미터로 변환한다. 단구간 예측기 계수로부터 LSP 파라미터를 얻기 위해 다음의 두 개의 다항식을 사용한다.

$$P(z) = A(z) - z^{-(p+1)} A(z^{-1}) \quad (2)$$

$$= (1 - z^{-1}) \prod_{i=2,4,\dots,p} (1 - 2z^{-1} \cos \omega_i + z^{-2})$$

$$Q(z) = A(z) + z^{-(p+1)} A(z^{-1}) \quad (3)$$

$$= (1 + z^{-1}) \prod_{i=1,3,\dots,p-1} (1 - 2z^{-1} \cos \omega_i + z^{-2})$$

$e^{j\omega_i}$ 는  $P(z)$ 와  $Q(z)$ 의 근이 되고,  $\omega_i$ 는 LSP 파라미터의 값이 된다.  $P(z)$ 와  $Q(z)$ 의 다항식은 다음과 같은 매우 중요한 성질을 갖고 있다. 처음에  $P(z)$ 와  $Q(z)$ 의 모든 근들은 단위원(Unit Circle)에 놓이게 된다. 두 번째로  $P(z)$ 와  $Q(z)$ 의 근들은 단위원에서 서로 엇갈려 놓이게 되고 다음과 같은 LSP 파라미터 간에 특별한 관계인 순서화 특성을 얻을 수 있다.

$$0 = \omega_0 < \omega_1 < \dots < \omega_p < \omega_{p+1} = \pi \quad (4)$$

만약 위 식의 순서화 특성을 만족한다면 단구간 합성 필터의 안정성은 보장될 수 있다. 또한 이러한 순서화 특성<sup>[7]</sup>은 효율적인 LSP 파라미터의 양자화를 위해 사용될 수 있으며, 본 논문에서는 이러한 특성을 적용하였다.

### III. VQ-SQ LSP 양자화기

부호화기의 계산량과 코드북 저장 메모리를 줄이기 위해 다단 벡터 양자화기(MSVQ : Multi-Stage VQ)를 사용한 LSP 파라미터 양자화 방법이 발표되었다<sup>[4]</sup>.

그러나 실제 음성 부호화기에 적용하기에는 계산량과 메모리량이 많이 요구되는 MSVQ 양자화기보다 VQ-SQ 양자화기가 유용하다. VQ-SQ 양자화기의 구조는 <그림 1>과 같다.

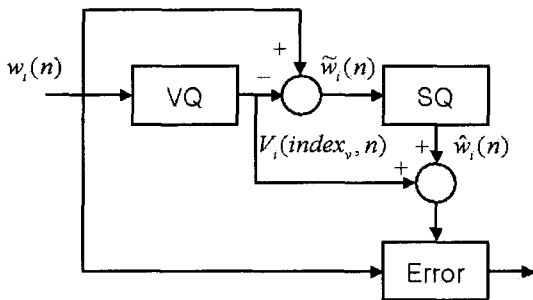


그림 1. VQ-SQ LSP 양자화기  
Fig. 1. Structure of VQ-SQ LSP Quantizer.

첫 단에서 LSP 파라미터 값은 벡터 양자화기의 코드북에 의해 양자화된다. 입력 LSP 파라미터 벡터는 벡터 양자화기의 코드북에서 최소 유클리디안 거리를 갖는 벡터를 찾는다. 전단에서 벡터 양자화된 값을 뺀 잔여 LSP 파라미터 값들은 스칼라 양자화기를 이용하여

양자화된다. 인코더는 벡터 양자화기의 인덱스값과 스칼라 양자화기의 인덱스값을 디코더에 전송하며, 디코더에서는 전송된 벡터, 스칼라 양자화기 인덱스로부터 벡터 양자화기의 출력값과 스칼라 양자화기의 출력값을 합하여 최종 양자화된 LSP 파라미터 값을 복원하게 된다. 벡터 양자화기의 코드북은 LBG(Linde Buzo Gray)알고리즘<sup>[8]</sup>을 통해 실제 음성신호 데이터로부터 설계되어진다. 학습화에 사용된 음성 데이터는 16000 samples/sec 의 샘플링 비율을 갖는 TIMIT 데이터의 남성 및 여성, 한국어 및 영어 음성 35000프레임(프레임당 길이 : 20ms)이 사용되었다. LSP 잔여값을 양자화하는 스칼라 양자화기는 간단한 균일 양자화기를 사용한다. 스칼라 양자화기는 다음과 같이 양자화한다.

$$Q_{w_i}(x) = \max[0, \min(2^N - 1, Q_B(x))] \quad (5)$$

여기서,  $Q_B(x) = \text{round}(\frac{2^N - 1}{2} \frac{x + e_{imax}}{e_{imax}})$ 로 주어진 다.  $\text{round}(x)$ 는 가장 가까운 정수로 변환하는 함수를 나타내고, N은 양자화에 할당된 비트를 나타낸다. 스칼라 양자화기의 최대 양자화 영역  $e_{imax}$ 는 <표 1>과 같이 주어진다.

표 1. 스칼라 양자화기의 최대 양자화 영역  
Table 1. Maximum quantization level in SQ.

LSP주파수	최대 양자화 영역 ( $e_{imax}$ )	LSP주파수	최대 양자화 영역 ( $e_{imax}$ )
$\omega_1$	0.0175	$\omega_9$	0.015
$\omega_2$	0.015	$\omega_{10}$	0.0125
$\omega_3$	0.015	$\omega_{11}$	0.0125
$\omega_4$	0.015	$\omega_{12}$	0.0125
$\omega_5$	0.015	$\omega_{13}$	0.01
$\omega_6$	0.015	$\omega_{14}$	0.01
$\omega_7$	0.015	$\omega_{15}$	0.01
$\omega_8$	0.015	$\omega_{16}$	0.0150.01

비교적 적은 메모리와 계산량을 갖기 위해 벡터 양자화기에는 256개(8비트)의 코드북을 사용한다. 따라서 벡터양자화기는 256개×8비트 크기를 갖는 2개의 코드북을 사용한다. 스칼라 양자화기에는 총 할당 비트수에 따라 총 비트수에서 벡터 양자화기에 할당된 비트수를 뺀 비트수가 할당된다. 여기서는 총 비트수에서 16비트를 뺀 나머지 수가 스칼라 양자화기에 할당된 비트수이다.

VQ-SQ에서 전체적 성능개선을 위해 벡터 양자화기에서 하나의 최적 벡터를 찾지 않고 여러 개의 후보벡터를 가지고 스칼라 양자화를 수행한 후 전체적으로 본래의 LSP 파라미터 값에 가장 가까운 벡터 양자화기 인덱스와 스칼라 양자화기 인덱스를 결정한다. 후보벡터의 수에 따른 전체 양자화기의 성능은 <표 2>에 나타나 있다. 후보벡터의 수가 증가함에 따라 양자화기의 성능은 증가하며 후보벡터의 수(M)가 8정도에서 포화됨을 알 수 있다. 본 논문에서는 적당한 계산량을 갖으면서 좋은 성능을 보이는 5개의 후보벡터 수를 사용한다.

표 2. 후보 벡터수에 따른 35비트에서 VQ-SQ 양자화기 성능  
Table 2. Performance of 35bits VQ-SQ quantizer according to the number of candidate vector.

후보 벡터수(M)	VQ-SQ	
	SD(dB)	SD>3dB
0	2.126092	0.07 %
1	1.824355	0.02 %
2	1.736564	0 %
3	1.709279	0 %
4	1.701524	0 %
5	1.699371	0 %
6	1.698725	0 %
7	1.698636	0 %
8	1.698623	0 %

본 연구에서 사용된 양자화 방법은 성능 비교를 위해 LPC 분석에서 많이 사용되는 평균 스펙트럼 왜곡 (SD : Spectral Distortion)을 사용하였으며, 다음과 같이 정의된다<sup>[9]</sup>. 평균 스펙트럼 왜곡 외에 고려하여야 할 성능은 스펙트럼 왜곡이 3dB 이상되는 프레임의 비율로서, 이러한 프레임은 음성 복호화시 클릭(Click) 잡음으로 나타난다. 명료한 음질을 유지하기 위해서는 3dB 이상의 스펙트럼 왜곡을 갖는 프레임의 비율이 4% 미만이어야 한다<sup>[11]</sup>.

$$SD(dB) = \frac{1}{N_f} \sum_{n=1}^{N_f} \left[ \left( \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \left[ 10 \log_{10} |A_n(e^{j\omega})|^2 - 10 \log_{10} |\hat{A}_n(e^{j\omega})|^2 \right]^2 d\omega \right)^{1/2} \right] \quad (6)$$

여기서  $|A_n(e^{j\omega})|^2$  와  $|\hat{A}_n(e^{j\omega})|^2$  는 각 프레임에서 본래의 LPC 파워 스펙트럼(Power Spectra)와 양자화 된 LPC 파워 스펙트럼을 나타내고,  $N_f$ 는 20ms(320샘플)

의 프레임 크기를 갖는 총 음성 프레임의 수를 나타낸다. 성능평가를 위해 학습시 사용되지 않은 10000프레임의 남성 및 여성, 한국어 및 영어 음성 데이터를 사용하였다.

#### IV. 적응 VQ-SQ LSP 양자화기

DPCM(Differential Pulse Code Modulation) 구조의 VQ-SQ 양자화기에서 단순한 균일 스칼라 양자화기보다 LSP의 순서화 특징을 이용하여 최대 양자화 값을 가변적으로 할당하여 양자화 오차를 줄이는 양자화 방법을 적용한다<sup>[9]</sup>. 스칼라 양자화기에서 LSP 파라미터의 스칼라 양자화는  $\omega_{16}$ 으로 시작하여 낮은 차수로 양자화된다. 이 방법을 VQ-SQ-BW(VQ SQ with the BackWard sequence) LSP 양자화기라 한다<sup>[9]</sup>.  $\omega_{16}$ 은 보통의 최대 양자화 영역을 가지고 양자화한다.  $\omega_{15}$ 부터는 LSP 파라미터의 순서화 특성을 검사하여 최대 양자화 영역을 축소시킬 수 있는가를 확인한다. 다음과 같은 검사 변수를 정의한다.

$$x = \omega_{i+1}^q(n) - V_i(\text{index}_v, n) \quad (7)$$

여기서  $\omega_{i+1}^q(n)$ 는 양자화된  $(i+1)$ 번째 차수 LSP 파라미터 값을 나타내고  $V_i(\text{index}_v, n)$ 는 예측된  $i$ 번째 차수의 LSP 파라미터 값을 나타낸다. 양자화된  $i$ 번째 차수 LSP 파라미터 값  $\omega_i^q(n)$ 는 양자화된  $(i+1)$ 번째 차수 LSP 파라미터 값  $\omega_{i+1}^q(n)$ 보다 작아야 한다는 순서화 특성을 만족하기 위해서는 잔여값  $e_i(n)$ 는  $x$  값보다 작아야 한다. 따라서 만약  $|x| < e_{i,max}$ 이면,  $e_i(n)$ 의 최대 양자화 영역을  $-e_{i,max} \sim +e_{i,max}$ 로 정하고 양자화할 필요가 없게 된다. 이런 경우 양자화 영역은  $-e_{i,max} \sim x$ 로 줄일 수 있다. 이런 줄어진 양자화 영역은

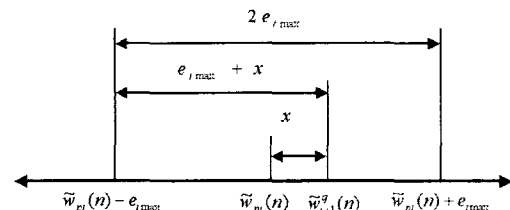


그림 2. 줄어진 최대 스칼라 양자화 영역  
Fig. 2. Maximum quantization range for SQ.

<그림 2>에 나타나 있다. 다음과 같은 스칼라 양자화 방법이 가능하다.

$$\text{If } |x| > e_{imax}, \text{ 양자화 영역은 } -e_{imax} \sim +e_{imax},$$

$$\text{else, 양자화 영역은 } -e_{imax} \sim x \text{로 주어진다.}$$

이런 가변적인 양자화 영역 설정은 고정된 양자화 영역을 갖는 스칼라 양자화기보다 양자화 오차를 줄일 수 있다. 각 비트 할당에 따라 기존의 VQ-SQ 양자화기와 적응 스칼라 양자화기를 사용한 VQ-SQ 양자화기의 성능비교는 <표 3>에 나타나 있다. 평균 SD에서 약 0.12dB 정도의 부가적 개선을 이룰 수 있었다.

표 3. VQ-SQ 구조에서 비트할당에 따른 SD 성능

Table 3. SD performance of VQ-SQ for different bit allocations.

비트수	VQ-SQ		적용 VQ-SQ	
	SD(dB)	SD>3dB	SD(dB)	SD>3dB
32	1.849344	0.05 %	1.737233	0.01 %
33	1.810549	0.04 %	1.690587	0 %
34	1.757525	0.01 %	1.636117	0 %
35	1.699371	0 %	1.575331	0 %
36	1.645418	0 %	1.516097	0 %
37	1.593473	0 %	1.460176	0 %
38	1.530061	0 %	1.401019	0 %
39	1.491146	0 %	1.360418	0 %

양자화된 후 LPC 파라미터가 명료한 음질(Transparent Quality)을 갖기 위해서는 평균 스펙트럼 왜곡이 1.6dB이하가 되어야 하고, 스펙트럼 왜곡이 3dB 이상을 넘는 프레임의 비율이 4% 미만이 되어야 하고, 5dB 이상을 넘는 프레임이 없어야 한다<sup>[1]</sup>. <표 3>에서 광대역에서의 16차 LSP 파라미터를 순서화 특성을 적용한 적응 VQ-SQ 양자화했을 경우 35비트에서 명료한 음질을 위해 요구하는 1.6dB 성능을 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 기존의 VQ-SQ 양자화기보다 스펙트럼 왜곡면에서는 35비트에서 0.12dB 정도 개선할 수 있었고, 비트면에서 2~3비트 정도 절약할 수 있었다. 특히 스펙트럼 왜곡이 3dB를 넘는 프레임의 빈도수가 상당히 낮아졌으므로 클럭 잡음 같은 것은 거의 볼 수 없었다. 기존의 MSVQ보다 코드북 메모리는 1/2 이하

로 줄일 수 있고, 계산량도 적어 쉽게 적용이 가능하다. 또한 부가적으로 순서화 특성은 양자화하는 과정에서 이미 고려되었기 때문에 양자화 후 안정성을 체크하는 루틴이 필요없다.

## VI. 결 론

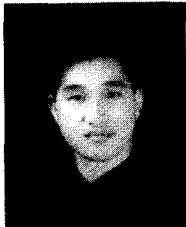
본 논문에서는 광대역 음성 부호화기에 비교적 적은 메모리와 계산량을 갖는 LSP 파라미터 양자화하는 방법을 적용하였다. LSP 파라미터의 양자화기는 벡터 양자화기와 스칼라 양자화기를 직렬로 연결하여 구성하였고, 벡터-스칼라 양자화기에 LSP 파라미터의 순서화 특징을 이용하여 스칼라 양자화기의 최대 양자화 영역을 적응적으로 변하게 함으로써 부가적인 성능 개선을 이룰 수 있었다. 설계된 양자화기의 성능을 평가하기 위하여 SD 측정치를 사용하였으며, LPC 파라미터에 총 35비트를 할당하여 명료한 음질(Transparent Quality)을 갖기 위해 요구하는 조건을 모두 만족하였다. 제안된 적응 VQ-SQ LSP 양자화기는 기존의 VQ-SQ 양자화기에 비해 평균 SD 값은 0.15dB 개선하고, 2~3비트를 절약할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] M. Ferhaoui and S. Van Gerven, "LSP quantization in wideband speech coders", IEEE Workshop on Speech Coding Processing, pp. 25~27, 1999.
- [2] F. K. Soong and B. H. Juang, "Line Spectrum and Speech Data Compression", Proc. IEEE Int. Conf. Acous., Speech Signal Processing, pp. 1.10.1~1.10.4, 1984.
- [3] K. Paliwal and B. Atal, "Efficient vector quantization of LPC parameters at 24 bits/frame", IEEE Trans. Speech and Audio Proc., Vol. 1, No. 1, pp. 3~14, Jan. 1993.
- [4] W. LeBlanc, B. Bhattacharya, S. Mahmoud, and V. Cuperman, "Efficient search and design procedures for robust multi-stage VQ of LPC parameters for 4kb/s speech coding", IEEE Trans. Speech and Audio Proc., Vol. 1, No. 4, pp. 373~385, Oct. 1993.

- [5] J. Grass and P. Kabal, "Method of improving vector-scalar quantization of LPC coefficients", in Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech Signal Processing, pp. 657~660, April. 1991.
- [6] T. Miyano, M. Serizawa, J. Takizawa, S. Ikeda, and K. Ozawa, "Improved 4.8 kb/s CELP coding using two-stage vector quantization with multiple candidates (LCELP)", in Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech sig. Processing, pp. I-321-I-324, 1992.
- [7] N. Sugamura and N. Farvardin, "Quantizer design in LSP speech analysis-synthesis", IEEE J. Selected Areas in Commun., Vol. 6, No. 2, pp. 432~440, Feb. 1988.
- [8] Y. Linde, A. Buzo, and R. M. Gray, "An algorithm for vector quantizer design", IEEE Trans. Commun., Vol. COM-28, No. 1, pp. 84~95, Jan. 1980.
- [9] Insung Lee and Hong Chae Woo, "Encoding of Speech Spectral Parameters Using Adaptive Quantization Range Method", ETRI Journal, Vol. 23, No. 1, pp. 16~22, Mar. 2001.

저 자 소 개



申 載 賢(學生會員)

1997년 2월 : 충북대학교 전자공학과 학사. 2001년 3월~현재 : 충북대학교 전자공학과 석사과정. <주관심분야 : 디지털신호처리, 음성신호처리, LSP양자화, 적응필터>

池 德 求(正會員)

1998년 2월 : 충북대학교 전자공학과 학사. 2000년 2월 : 충북대학교 전자공학과 석사. 1999년 12월~8월 : (주) DSP D&C 연구원. 2000년 8월~현재 : 한국전자통신연구원 이동A/V 연구팀 연구원. <주관심분야 : 이동통신, 음성신호처리>



李 寅 誠(正會員)

1983년 2월 : 연세대학교 전자공학과 학사. 1985년 2월 : 연세대학교 전자공학과 석사. 1992년 12월 : Texas A&M University 전기공학과 박사. 1986년 5월~1987년 7월 : 한국통신 연구개발단 전임연구원. 1993년 2월~1995년 9월 : 한국전자통신연구원 이동통신기술연구단 선임연구원. 1995년~현재 : 충북대 전기전자공학부 부교수. <주관심분야 : 음성 및 영상신호압축, 이동통신, 적응필터>

尹 炳 植(正會員)

1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사. 1992년 2월 : 경북대학원 전자공학과 석사. 1992 1월~현재 : 한국전자통신연구원 이동A/V 연구팀 선임연구원. <주관심분야 : 이동통신, 음성신호처리, 영상신호처리>

崔 松 仁(正會員)

1982년 2월 : 광운대학교 응용전자공학과 학사. 1987년 2월 : 광운대학원 전자계산기공학과 석사. 1982 7월~현재 : 한국전자통신연구원 이동A/V 연구팀 책임연구원. <주관심분야 : 이동통신, 음성신호처리, 영상신호처리>