

# LSP 벡터 양자화의 성능 분석과 성능이 향상된 새로운 LSP 벡터 양자화 방법

## Performance Analysis of LSP Vector Quantization and New Improved LSP Vector Quantization Method

박 호 중\*  
(Ho Chong Park\*)

### 요 약

본 논문에서는 LSP 벡터 양자화의 성능에 대하여 분석하고 성능이 향상된 새로운 LSP 벡터 양자화 방법을 제안한다. 먼저, 10msec 프레임 구조를 가지고 Moving Average 예측 필터를 사용한 LSP Split 벡터 양자화의 성능을 여러 훈련 방법과 벡터 Split 방법 및 Bit 할당 방법에 따라 비교한다. 다음, Split 벡터 양자화의 문제점을 해결하기 위하여 새로운 Split 벡터 양자화 검색 방법을 제안한다. 스펙트럼 왜곡지수를 이용한 양자화 성능 측정 결과 새로 제안된 방법이 기존의 방법보다 우수한 양자화 성능을 보인다.

### ABSTRACT

This paper analyzes the performance of LSP vector quantization and proposes a new improved method for LSP vector quantization. First, it shows the performance of LSP split vector quantization with various methods of training, vector split and bit assignment, where the frame size is 10msec and the "Moving Average" predictor is used. Then, it proposes a new search method in order to solve some problems of split vector quantization. The performance measure by spectral distortion shows that the proposed method results in better quantization performance than the conventional one.

### I. 개 요

음성 압축기에는 음성의 단기간 주파수 특성을 표현하기 위하여 LPC(Linear Predictive Coding) 필터가 많이 사용된다. 이 필터는 입력 음성 신호를 프레임 단위로 나누어 각 프레임 별로 예측 오차의 에너지를 최소화시키는 최적 계수를 구하여 얻어진다. LPC 필터는 일반적으로 10차 필터이고, 이와 같이 많은 계수들의 양자화를 위하여 많은 Bit가 필요하다. 예로 CDMA 이동 통신 시스템에 사용되는 음성 압축기인 IS-96A QCELP는 전체 Bit의 25%를 LPC 양자화에 사용한다[1]. 그 동안 많은 종류의 효율적인 LPC 양자화 방법이 개발되었고, 실제로 음성 압축기에 다양한 양자화 방법들이 사용되고 있다.

LPC 필터의 계수를 직접 양자화 할 경우, 필터의 특성이 계수의 양자화 오차에 매우 민감하고 계수 양자화 후의 LPC 필터의 Stability가 보장되지 않는 문제점이 있다. 따라서 LPC 계수를 양자화 성질이 좋은 다른 파라미터

로 변환하여 양자화 하여야 하며, 주로 Reflection Coefficient[2] 또는 Line Spectrum Pair(LSP)[3]로 변환하여 양자화 한다. 특히 LSP 값은 음성의 주파수 특성과 밀접하게 연관되는 성질이 있어 최근에 개발된 표준 음성 압축기들은 대부분 LSP 양자화 방법을 사용한다[1, 4, 5, 6].

효율적인 양자화를 위하여 프레임 사이의 LSP 상관관계를 이용할 수 있다. 즉, 현재 프레임의 LSP를 직접 양자화하지 않고 과거 프레임의 정보로부터 현재 프레임의 LSP를 예측하고 예측 오차를 양자화 하는 것이다. LSP 값은 음성 신호의 주파수 특성과 밀접한 관계가 있으며, 따라서 시간적으로 예측이 가능하고 상당히 큰 예측이득을 얻을 수 있다. 예측 방법은 AR(Auto-Regressive) 필터와 MA(Moving Average) 필터를 사용하는 두 가지 방법이 있는데, AR 필터는 예측 성능이 우수한 반면 계수 전달 오류의 영향이 수신측에서 프레임의 진행에 따라 계속 전파되는 단점이 있다. MA 필터는 AR 필터에 비하여 예측 성능은 떨어지지만 전달 오류의 영향이 시간적으로 제한되는 장점이 있다. 따라서 무선 통신과 같이 전달 오류가 많이 발생하는 환경에 사용되는 CS-ACELP[4], EVRC[5] 등의 음성 압축기에는 MA 필터를 이용한 예측

\*광운대학교 전자공학과  
접수일자: 1998년 2월 2일

이 이용된다. 프레임 사이의 LSP 예측 이외에 프레임 내에서 이웃한 LSP 사이의 차이를 이용한 양자화 방법도 개발되었다[6]. LSP 값들은 항상 오름차순 성질을 만족하므로 이 방법을 이용하면 양자화의 효율을 증대시킬 수 있다.

양자화 방법은 크게 Scalar 양자화와 벡터 양자화의 두 가지로 나눌 수 있다. LSP의 Scalar 양자화에 대한 연구는 [7]에서 심도 있게 다루어져 있고, 최적 양자화에 대한 방법이 제시되어 있다. QCELP[1]는 LSP의 Scalar 양자화 방법을 사용하는데, 각각의 LSP에 같은 수의 Bit를 할당하는 등 최적화 되지 못한 방법을 사용하여 성능에 비해 많은 Bit(40 Bits)를 사용하는 단점이 있다. 최근에는 보다 효율적인 양자화를 위하여 벡터 양자화가 많이 사용되며 [8]에 아주 자세하게 연구되어 있다.

벡터 양자화에서 전체 벡터를 한꺼번에 양자화 하는 것은 벡터 테이블의 크기가 너무 커지고 검색 시간이 많이 소요되므로 사용 불가능하다. 이를 해결하기 위하여 전체 벡터를 여러 개의 부분벡터로 나누어 각각을 독립적으로 벡터 양자화 하는 방법이 개발되었는데 이를 Split 벡터 양자화라 한다[8]. 예로, 20 Bits를 이용한 10차 벡터 양자화에서, 한번에 양자화 할 경우 벡터 테이블의 크기가  $10 \times 2^{20}$ 이 되지만 2개의 5차 부분벡터로 나누어 각각 10 Bits 씩 할당하는 Split 벡터 양자화 방법을 이용하면 벡터 테이블의 크기가 단지  $5 \times 2^{10} \times 2$ 로 된다. 보다 많은 부분벡터로 나누면 벡터 테이블의 크기가 줄어들어 메모리를 절약할 수 있고 검색 시간을 줄일 수 있는 장점이 있으나, 벡터 값들의 상관 관계를 충분히 활용하지 못하여 성능이 떨어지는 단점이 있다. 극단적으로 10개의 1차 벡터로 나누면 Scalar 양자화가 된다. [8]의 연구에 의하면 Split 벡터 방법을 이용하고 20msec 프레임 사이의 LSP 예측 없이 LSP를 직접 양자화 할 경우 24 Bits로 필요한 양자화 성능을 얻을 수 있다고 한다. 그러나 Split 벡터 양자화 방법은 각 부분벡터를 독립적으로 양자화 하므로 부분벡터 사이의 상관 관계를 충분히 이용하지 못하고 전체 벡터에 대한 최적화를 하지 못하는 단점이 있다.

이 외에도 벡터 양자화를 여러 단계로 나누어 하는 방법(Multi-Stage)[9], 두 개의 테이블을 이용하여 선택적으로 양자화 하는 선택적 벡터 양자화 방법[10], 각 부분벡터의 경계값을 보고 사용할 테이블을 선택하는 Linked Split 벡터 양자화 방법[11] 등이 개발되었다.

본 논문에서는 10msec 프레임 구조에서 MA 필터를 사용한 LSP 예측 오차를 Split 벡터 양자화 하는 방법에 대하여 고찰하고, 할당된 Bit 수, Split 방법, 벡터 테이블 혼련 방법, 양자값 선택 방법 등에 따른 성능 차이에 대하여 분석한다. 또한 Split 벡터 양자화의 문제점을 해결하기 위하여 기존 방법과 호환되는 새로운 양자화 검색 방법을 제안하고 이 방법을 이용할 경우의 성능 향상에 대하여 설명한다. 2장에서는 본 논문에 사용되는 LSP의 계산 방법과 프레임 사이의 예측값을 구하는 방법, 그리고 성

능 측정 방법에 대하여 설명한다. 3장에서는 2장에서 만들어진 혼련 테이블을 가지고 벡터 테이블을 혼련시키는 방법을 설명하고, 4장에서는 여러 경우에 대하여 양자화의 성능을 분석한다. 5장과 6장에서는 성능이 향상된 새로운 양자화 방법을 제시하고 이것의 성능을 측정하여 기존의 방법과 비교하고, 7장에서 결론을 내린다.

## II. 데이터 생성 및 성능 측정 방법

디지털 통신 시스템에서 음성 압축기에 의한 음성 전달 지연을 줄이기 위하여 프레임의 크기를 과거의 20msec에서 10msec로 줄이는 경향에 따라 본 논문에서는 음성 분석 프레임의 크기를 10msec로 한다[4, 12]. 10차 LPC 필터 계수는 자기상관 방법으로 구하고 계수의 대역폭 확장을 거쳐 10개의 LSP를 얻는다. 아래 식과 같이 각 LSP에서 해당 평균값을 빼고 4차의 MA 필터를 이용하여 예측 오차  $\delta_i(n)$ 를 얻으며, 이 값이 최종적으로 양자화 된다.

$$w_i(n) = LSP_i(n) - \sigma_i$$

$$\delta_i(n) = w_i(n) - \sum_{j=1}^4 a_{ij} \delta_{ij}(n-j)$$

여기서  $n$ 은 프레임 번호,  $i$ 는 LSP Index로  $i=1, \dots, 10$ 이다.  $LSP_i(n)$ 은  $n$ -th 프레임의 LSP 값들,  $\sigma_i$ 은 각 LSP 값들의 평균값,  $w_i(n)$ 은 평균이 제거된 LSP 값,  $\delta_i(n)$ 은 예측 오차,  $\delta_{ij}(n)$ 은 양자화 된 예측 오차, 그리고  $a_{ij}$ 는 예측 필터의 계수들이다.  $\sigma_i$ 와  $a_{ij}$ 들은 혼련을 통하여 미리 얻어진 고정값들이다.

$\delta_i(n)$ 은 Split 벡터 양자화 방법으로 양자화 되며 양자화 후의 값을  $\delta q_i(n)$ 라 하면, 수신측에서 얻어지는 양자화 된 LSP 값은 아래와 같이 주어진다.

$$LSP q_i(n) = \delta q_i(n) + \sum_{j=1}^4 a_{ij} \delta q_i(n-j) + \sigma_i$$

즉, 양자화 된 LSP 값은 4차 Moving Average 예측값과 전달된 양자화 된 예측 오차, 그리고 고정된 평균값의 합으로 표현된다.

양자화의 성능은 양자화 전과 후의 계수로 정의되는 LPC 필터의 주파수 특성 왜곡(Spectral Distortion, SD)으로 측정되며, 아래 식으로 표현된다.

$$SD(dB) =$$

$$\sqrt{\frac{1}{F_1 - F_0} \int_{F_0}^{F_1} \left( 10 \log_{10} \frac{1}{|A(f)|^2} - 10 \log_{10} \frac{1}{|Aq(f)|^2} \right)^2 df}$$

여기서  $A(f)$ 와  $Aq(f)$ 는 각각 양자화 전과 후의 LPC 필터의 Spectrum을 나타내고,  $F_0$ 와  $F_1$ 은 SD를 계산하는 주파수 영역을 나타내며 본 논문에서는  $F_0 = 0\text{Hz}$ ,  $F_1 =$

3000Hz를 사용한다[8]. 위에서 정의된  $SD$ 는 매 프레임마다 계산되며 전체 측정 프레임에 대한 평균  $SD$ 를 구한다. 고성능 음성 압축기에서 원하는 LSP 양자화의 성능 기준은 LSP 양자화에 의한 음성 압축기의 성능 저하가 없어야 하는 것인데, 다음의 3가지 조건을 모두 만족하여야 한다[8]: (i) 평균  $SD$ 가 1.0dB 이하, (ii)  $SD$ 가 2dB~4dB 사이인 프레임이 전체 프레임의 2.0% 이내, (iii)  $SD$ 가 4dB 보다 큰 프레임이 0.0%. 본 논문에서는 이 조건을 기준으로 하여 여러 상황에서의 양자화 성능을 비교, 분석한다.

### III. 벡터 테이블 훈련 및 설계

벡터 테이블은 영어와 한글로 구성된 음성 데이터 베이스를 이용하여 표준 LBG 방법으로 구한다[13]. 벡터 테이블을 훈련시키고 양자화를 할 때, 각 벡터의 양자화 오차를 정의하는 척도(Measure)가 필요한데, 주로 입력 벡터와 양자화 된 벡터 사이의 단순 거리를 이용하는 Euclidean Distance와, 각 LSP별로 다른 가중치를 주고 거리를 구하는 Weighted Euclidean Distance가 사용된다. 가중치는 LSP-Difference Weight와 Spectrum Weight가 주로 사용되며, 두 방법 모두 음성 스펙트럼의 포먼트 위치에 가중치를 더 많이 두어 포먼트 특성을 더 잘 보존하도록 하기 위한 것이다. LSP-Difference Weight[14]와 Spectrum Weight[8]는 각각 아래의 식으로 표현된다.

$$weight_i = \frac{1}{LSP_i - LSP_{i-1}} + \frac{1}{LSP_{i+1} - LSP_i}$$

$$weight_i = |A(f_i)|^r$$

LSP-Difference Weight에서  $LSP_0$ 와  $LSP_{11}$ 는 각각 LSP 값의 최소값 및 최대값으로 가정하고, Spectrum Weight에서  $A(f_i)$ 는 LSP 값에 해당하는 주파수  $f_i$ 에서의 LPC 필터 Spectrum 값이고  $r=0.15$ 를 사용한다.

본 논문에서는 10차 벡터를 하위 5차 벡터와 상위 5차 벡터로 나누는 5-5 Split와 하위 3차, 중간 3차, 상위 4차로 나누는 3-3-4 Split 방법만을 고려한다. 먼저, 훈련을 위한 음성 데이터로부터 2장에 설명된 방법으로 10차 LSP 벡터 및 10차 예측 오차 벡터를 구하고 이를 5-5 Split와 3-3-4 Split 방식으로 부벡터로 나눈다. 다음, 5-5 Split와 3-3-4 Split 각각에 대하여 여러 종류의 Bit 할당 방법과 사용 척도에 따라 해당 벡터 테이블을 만든다. 이때 훈련 데이터와 테이블 훈련방식은 항상 동일한 것을 이용한다.

### IV. 양자화 성능 비교

여러 종류의 양자화 오차 척도, Split 방법, 할당된 Bit 수에 따른 양자화 성능의 결과가 표 1과 표 2에 정리되어

있다. 표 1은 20 Bits를 이용한 5-5 Split 벡터 양자화의 결과이며, 훈련과 양자화에서 사용된 각각의 척도별로 성능을 구하였다. 훈련과 양자화 모두 Spectral-Weighted-Euclidean Distance를 사용하였을 때의 성능이 가장 우수하였다. 그러나 20 Bits로는 아직 원하는 수준의 양자화 결과를 얻지 못하였으며, 특히  $SD$ 가 2dB 이상인 빈도가 많이 발생하였다.

표 2는 3-3-4 Split 벡터 양자화에서 각 부벡터에 할당된 Bit 수에 따른 성능을 정리한 것이다. 여기서 훈련과 양자화 모두 Spectral-Weighted-Euclidean Distance를 척도로 사용하였다. 이 표에 의하면 원하는 수준의 양자화를 위하여 23 Bits가 필요하며, 22 Bits를 사용할 경우  $SD$ 가 2dB 이상인 경우가 조건보다 높게 나왔다.

두 표에서 보듯이 평균  $SD$ 는 만족되나  $SD$ 가 2dB 또는 4dB 이상인 빈도가 기준보다 높은 경우가 많다. 즉, 평균 성능은 만족되나  $SD$ 가 매우 큰 프레임이 기준 빈도보다 많이 발생하는데, 그 이유 중에 하나는 Split 양자화에서 각 부벡터별로는 최적화 되었지만 전체 벡터 단위로 최적화 되지 못하여 양자화 성능이 매우 떨어지는 경우가 많이 발생하기 때문이다. 이와 같은 Split 벡터 양자화의 문제점을 해결하기 위하여 다음 장에서 새로운 Split 벡터 양자화 검색 방법을 제안한다.

### V. 새로운 양자화 방법

Split 벡터 양자화의 문제점을 해결하여 양자화 성능을 향상시키고 이를 통하여 음성 압축기의 성능을 향상시키기 위하여 새로운 LSP의 Split 벡터 양자화 방법을 제안한다. 이 방법은 표준 음성 압축기에서 주어진 벡터 테이블과 양자화 구조를 그대로 사용하고 단지 최적의 양자화 값 검색 방법을 향상시키므로 기존의 표준 음성 압축기와 호환성이 유지된다. 따라서 현재 사용되고 있는 시스템에서 약간의 소프트웨어 변경으로 음질을 향상시킬 수 있다.

앞에서 언급된 것처럼 Split 벡터 양자화는 각 부벡터를 독립적으로 양자화 하므로, 벡터의 양자화가 전체적인 최적화 과정을 거치지 못하고 이루어지게 된다. 또한 양자화 후에 부벡터들 사이의 경계에서 LSP 값의 순서가 바뀌는 등의 경계 문제가 발생하게 되는데, 이 문제는 곧 필터의 Stability로 이어지므로 반드시 피하여야 한다. 이를 해결하기 위하여 차선의 다른 양자화 값을 선택하거나, 인위적으로 경계에서의 LSP 순서를 맞추어 주어야 하는데, 이를 위한 절대적인 기준과 최적의 방법이 없다.

또한, 4장에서 보여준 것처럼 양자화에 사용되는 척도에 따라 양자화의 성능이 크게 변한다. 기존의 척도는 기본적으로 LSP Domain에서 각 LSP의 오차를 독립적으로 구하여 사용한다. 그러나 LSP는 음성의 단기간 주파수 특성을 표현하는 것이므로 10차 벡터 전체로 정의되는 주파수 특성의 오차가 보다 의미 있는 척도가 된다. 따라

표 1. 5-5 Split 벡터를 이용하고, 각 부벡터에 10 Bits씩 할당하여 총 20 Bits를 사용할 때의 양자화 성능. 여러 척도를 사용하여 혼련 및 양자화를 한 경우의 성능 차이를 보여준다

양자화 척도	Euclidean Distance			Spectral-Weighted-Euclidean Distance		
	평균 SD (dB)	2 < SD < 4 (%)	4 < SD (%)	평균 SD (dB)	2 < SD < 4 (%)	4 < SD (%)
Euclidean Distance	1.08	3.26	0.01	1.10	3.29	0.01
Spectral-Weighted-Euclidean Distance	1.03	2.48	0.00	1.04	2.37	0.00
LSP-Difference-Weighted-Euclidean Distance	1.07	3.08	0.01	1.08	2.87	0.00

표 2. 3-3-4 Split 벡터를 이용할 경우, 여러가지 Bit 할당에 따른 양자화 성능 비교. 혼련과 양자화 모두 Spectral-Weighted-Euclidean Distance를 이용한다. "6 + 7 + 8 = 21 Bits"는 첫 3차 벡터에 7 Bits, 두번째 3차 벡터에 7 Bits, 세번째 4차 벡터에 8 Bits가 할당된 것을 나타낸다

혼련 및 양자화 척도	Spectral-Weighted-Euclidean Distance		
	평균 SD (dB)	2 < SD < 4 (%)	4 < SD (%)
Split 방법			
7 + 7 + 6 = 20 Bits	1.17	4.85	0.06
6 + 7 + 7 = 20 Bits	1.13	4.25	0.04
7 + 7 + 7 = 21 Bits	1.08	3.17	0.02
6 + 7 + 8 = 21 Bits	1.07	3.17	0.04
7 + 8 + 7 = 22 Bits	1.01	2.36	0.01
7 + 7 + 8 = 22 Bits	1.00	2.29	0.02
7 + 8 + 8 = 23 Bits	0.93	1.77	0.00

서 양자화 전과 후의 LPC 스펙트럼 차이, 즉 Spectral Distortion을 척도로 사용하면 더욱 우수한 양자화 결과를 얻을 수 있다. 따라서 Split 벡터 양자화의 부벡터 경계에서의 문제를 해결하고 SD를 이용하여 양자화 성능을 향상시키기 위하여 새로운 양자화 검색 방법을 다음과 같이 제안한다.

새로운 Split 벡터 양자화 검색 방법은 먼저 각 부벡터에 대하여 최적 양자화 벡터 후보를  $N$ 개 구하고, 다음 선택된 각 후보들의 조합으로 얻어지는 다수의 전체 10차 벡터 중에서 최적의 조합을 최종적으로 구하는 두 단계 검색 방법을 이용한다. 첫 번째 단계의 부벡터 양자화는 기존의 방법으로 구하고, 두 번째 단계에서는 10차 벡터 단위로 검색이 이루어지며 이때의 오차 척도로 SD를 사용한다. 즉, 각 조합으로부터 구하여진 스펙트럼과 원 스펙트럼과의 SD를 구하여 최소화되는 조합을 하나 선택한다. 이렇게 하면 10차 벡터 전체를 하나의 단위를 최적화 시키고 Split된 각 부벡터의 경계에서의 단절 현상을 제거할 수 있는 장점이 있다. 단, 경계에서 LSP 순서가 바뀔 경우는 최종 선택에서 제외하도록 하고, 모든 조합

에 대하여 이 현상이 나타날 경우 각 부벡터에서 최적 양자화 후보를 더 구하여 최종 순서가 올바른 최적의 양자화 된 벡터를 구한다. 예로 5-5 Split에서  $N=2$ 인 경우, 각 5차 부벡터에서 2개씩의 후보를 구하고 이들의 조합으로 얻어지는  $2 \times 2 = 4$ 개의 10차 벡터 중에서 SD가 최소가 되는 것을 최종 양자화 결과로 선택한다. 이 방법을 사용하면 SD를 구하기 위한 추가 계산이 필요하며, 각 부벡터의 후보의 수  $N$ 을 조정하여 계산량을 조절 할 수 있다. 또한 매 프레임마다  $N$  값의 변경이 가능하여 상황에 따라 프레임별 계산량을 가변적으로 조절할 수 있으며, 또한 부벡터별로 상이한  $N$  값을 사용할 수도 있다.

## VI. 새로운 양자화 방법의 성능

위에서 제안된 새로운 양자화 방법의 성능을 두 가지 관점에서 분석한다. 첫 번째는 LSP 양자화만의 성능을 2장에서 정의된 Spectral Distortion으로 구하고, 두 번째는 음성 압축기에 새로운 LSP 양자화 방법을 적용하여 음성 압축기의 성능을 Segmental SNR(SNRseg)로 분석한다.

표 3은 새로운 방법을 이용한 LSP 양자화 성능을 SD로 분석한 결과이다. 모든 조건과 사용되는 데이터, 벡터 테이블, 오차 척도는 표 1과 표 2에서 사용한 것과 동일한 것을 이용하였으며, 따라서 성능 향상은 단지 제안된 양자화 검색 방법에 의하여 얻어지는 것이다. 5-5 Split 벡터의 경우, 기존의 방법으로는 20 Bits로 성능 기준을 만족시키지 못하지만, 제안된 방법을 사용하면 20 Bits로 이 기준을 충분히 만족시킨다. 3-3-4 Split 벡터에서도 마찬가지로 상당한 성능 향상을 가져왔으며, 22 Bits로 성능 기준을 만족시킨다. 즉, 기존의 방법보다 1 Bit 적게 사용하여도 원하는 성능을 얻을 수 있다.

제안된 양자화 방법을 이용하면 모든 항목에서 성능이 향상되었으며, 특히 SD가 2dB 이상이 되는 경우가 많이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 또한,  $N$  값을 증가시키면 SD가 2dB 이상이 되는 경우가 다른 항목에 비해 많이 감소하는 현상이 나타난다. 이는 기존 방법에서 각 부벡터별로는 최적이지만 여러 개의 부벡터를 합하여 전체 벡터

표 3. 제안된 Split 벡터 양자화 방법과 기존 방법의 성능 비교

양자화 방법 Split 및 Bit 할당 방법	제안된 양자화 방법			기존의 양자화 방법		
	평균 SD (dB)	$2 < SD < 4$ (%)	$4 < SD$ (%)	평균 SD (dB)	$2 < SD < 4$ (%)	$4 < SD$ (%)
(5, 5) Split, $N=2$ 10 + 10 = 20 bits	1.02	1.80	0.00	10.4	2.37	0.00
(5, 5) Split, $N=3$ 10 + 10 = 20 bits	1.00	1.67	0.00			
(3, 3, 4) Split, $N=2$ 7 + 8 + 7 = 22 bits	0.99	1.94	0.00	1.01	2.36	0.01
(3, 3, 4) Split, $N=2$ 7 + 7 + 8 = 22 bits	0.97	1.87	0.00	1.00	2.29	0.02

로 분석하면 SD가 매우 커지는 경우가 많다는 것이며, 제안된 새로운 방법은 이와 같은 문제를 해결하고 있음을 보여준다. 이번 성능 측정에서 모든 조합 후보에 대하여 부벡터 경계에서의 LSP 순서가 바뀌는 경우는 한번도 없었다. 물론 LSP 순서가 바뀌는 조합은 많이 있으며 이들은 최종 선택에서 제외된다.

표 4는 음성압축기의 성능을 사용하는 LSP 양자화 방법에 따라 구한 것이다. 여기서 사용된 음성 압축기는 일반적인 CELP 압축기로서 10msec 프레임 크기를 가지고 LSP의 MA 예측 오차를 5-5 Split 벡터 양자화 하고 각 부벡터에 9 Bits씩 할당되는 구조를 가진다[12]. 제안된 양자화 방법을 사용하면 SNRseg로 표현되는 음성압축기의 성능이 향상되는 것을 볼 수 있으며,  $N$ 의 값이 커지면 성능이 더욱 향상되나 향상의 정도는 그리 크지 않다. 따라서, 제안된 새로운 방법의 LSP 양자화 방법을 이용하면 기존의 표준 음성 압축기와 호환성을 유지하면서 LSP 양자화의 성능을 향상시켜 음성 압축기 성능을 향상시킬 수 있다.

표 4. LSP 양자화 방법에 따른 음성압축기의 성능 비교

	기존 방법을 사용한 음성압축기	제안된 방법을 사용한 음성 압축기	
		$N=2$	$N=3$
SNRseg(dB)	11.801	11.962	11.976

## Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 10msec 프레임 구조를 가지는 LSP 양자화에서 MA 예측 필터를 이용하고 Split 벡터 양자화 방법을 이용할 때의 양자화 성능을 SD를 이용하여 분석하였다. Spectrum 가중치 거리를 양자화 오차 척도로 사용할 경우 성능이 가장 우수하였고, 평균 성능은 만족되나 SD가 큰 프레임의 발생 빈도가 기준보다 높은 경우가 많이 발생하였다. 이를 해결하기 위하여 기존의 벡터 테이블과 구조를 그대로 사용하여 호환성을 유지하면서 LSP

양자화위 성능을 향상시키는 새로운 양자화 검색 방법을 제안하였다. Split된 각 부벡터에서 최적의 양자화 된 벡터를  $N$ 개 구하고, 전체 벡터의 조합에 대하여 SD를 최소화시키는 벡터를 구한다. 이 방법을 사용하면 기존의 방법에 비하여 양자화의 성능이 상당히 향상되었고, 특히 SD가 커지는 빈도가 상당히 줄어들었다. 또한 제안된 LSP 양자화 방법을 음성 압축기에 적용하여 음성압축기의 음질이 향상되는 것을 SNRseg로 확인하였다.

## 참 고 문 헌

1. TIA/EIA/IS-96A, *Speech Service Option Standard for Wideband Spectrum Digital Cellular System*, 1994.
2. I. Gerson and M. Jansjuk, "Vector sum excited linear prediction(VSELP) speech coding at 8kb/s," *Proc. ICASSP*, pp. 461-464, 1990.
3. Itakura, "Line spectrum representation of linear predictive coefficients of speech signals," *J. Acoustic Soc. America*, vol. 57, Apr. 1975.
4. ITU Recommendation G.729, *Coding of speech at 8kbit/s using Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear Predictive(CS-ACELP)*, 1996.
5. TIA/EIA/IS-127, *Enhanced Variable Rate Codec, Speech Service Option 3 for Wideband Spread Spectrum Digital Systems*, 1997.
6. CDG-27, *High Rate Speech Service Option for Wideband Spread Spectrum Communications Systems*, Jan., 1996.
7. F. K. Soong and B. -H. Juang, "Optimal quantization of LSP parameters," *IEEE Trans. on Speech and Audio Processing*, vol. 1, no. 1, Jan. 1993.
8. K. K. Paliwal and B. S. Atal, "Efficient vector quantization of LPC parameters at 24 bits/frame," *IEEE Trans. on Speech and Audio Processing*, vol. 1, no. 1, Jan. 1993.
9. W. P. LeBlanc, B. Bhattacharya, S. A. Mahmoud and V. Cuperman, "Efficient search and design procedures for robust multi-stage VQ of LPC parameters for 4kb/s speech coding," *IEEE Trans. on Speech and Audio Processing*, vol. 1, no. 4, Oct. 1993.

10. M. Yong, G. Davidson and A. Gersho, "Encoding of LPC spectral parameters using switched-adaptive interframe vector prediction," *Proc. ICASSP*, 1988.
11. M. Y. Kim, N. K. Ha and S. R. Kim, "Linked split-vector quantizer of LPC parameters," *Proc. ICASSP*, May 1996.
12. S. Y. Kwon, H. Park and H. Chang, "A high quality BI-CELP speech coder at 8kbit/s and below," *Proc. ICASSP*, April 1997.
13. Y. Linde, A. Buzo and R. M. Gray, "An algorithm for vector quantizer design," *IEEE Trans. on Communications*, vol. 28, no. 1, Jan. 1980.
14. R. Laroria, N. Phamdo and N. Farvardin, "Robust and efficient quantization of speech LSP parameters using structured vector quantizers," *Proc. ICASSP*, 1991.

▲박 호 중(Hochong Park)

1986년 2월: 서울대학교 전자공학과(공학사)

1987년 12월: University of Wisconsin-Madison, Dept. of Electrical and Computer Engineering(M.S.)

1993년 5월: University of Wisconsin-Madison, Dept. of Electrical and Computer Engineering(Ph.D.)

1993년 9월~1997년 8월: 삼성전자 정보통신본부 선임연구원

1997년 9월~현재: 광운대학교 전자공학과 조교수

※주관심분야: 음성 및 영상 신호처리, 비선형 신호처리