

음성응답과 기록을 통한 가정 방문객 관리 시스템의 구현 -쌍 1차 차분을 통한 음성 파형부호화용 예측기-

On Realizing the Voice Response and Recoding System for a Home Visitor

-A Predictor for the Waveform Coding of Speech Signals by using the Dual
First-Order Difference Values-

배 명 진*, 이 미 숙*, 임 운 천*

(Myungjin BAE,* Misuk LEE,* Unchun LIM*)

이 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

요 약

음성표본간의 자기상관관계를 살펴보면 인접한 양쪽 표본의 자기상관관계가 시간지연된 여러 차수의 것보다는 크게 나타난다. 그러므로 현재표본을 기준으로 몇 차 지연된 과거값을 이용하여 현재값을 예측하는 것보다는 바로 인접한 과거 및 미래의 표본에 의해 현재의 표본값을 예측하는 것이 더 효과적이다. 따라서 본 논문에서는 한 표본 미래값과 한 표본 과거값을 취하여 현재의 표본을 예측하는 파형부호화용 예측기를 새로이 제안하였다. 제안된 예측기는 CCITT 표준 ADPCM보다 예측이득이 최고 9dB까지 높게 얻어졌다.

Abstract

We can see the fact in the autocorrelation of the speech samples that the autocorrelation of adjacent past and next sample is larger than the autocorrelation of several order time delayed samples. It is more effective to use the adjacent past and next sample for prediction of present sample than only use the several order time delayed past. Thus, in this paper, we proposed a new predictor for the waveform coding that predict the present sample by using the one past and next samples. The proposed predictor has higher prediction gain up to 9dB than that of the CCITT ADPCM.

1. 서 론

사회가 고도로 산업화되는 지금에는 가정의 모든 관리를 자동화하는 홈오토메이션 분야가 크게 부각되고 있다. 그의 일환으로 가정 방문객의 안내 및 기록 관리가 요구되고 또한 가정 진입 범피로부터의 예방 활동이 필요하게 되었다.

종래의 초인종은 방문하려는 외부인이 출입문에 와있음을 알리는 수단으로 사용되어왔지만 방문객에 대한 정보를 파악하거나 기록하여 차후에 조사할 수 있는 방법이 없기 때문에 방법에 어려움이 많았다. 또한 부재 중에 초인종을 누르면 아무런 응답을 할 수 없기 때문에 어떤 사람이 방문하였는지 알 수 없는 등 부족한 면이 많았다. 따라서 이러한 결점을 해소하기 위하여 가정방문객 관리시스템을 제안하였다.

*호서대학교 전자공학과
접수일자: 1991. 12. 27.

음성응답과 기록을 통한 가정 방문객 관리 시스템의 구현

이 시스템은 초인종이 눌러지면 기계로 합성된 음성을 통해 안내하고, 이때 방문객이 목소리로 응답을 하면 그 목소리와 초인종이 눌러진 시각등을 기록한다. 따라서 외출 중에 방문하였거나 이미 방문했던 여러 방문객의 인적 정보를 재검토 할 수 있으므로 중요한 업무나 일처리를 놓치지 않고 처리할 수 있으며 동시에 출입문을 통한 방문객의 출입을 예비로 증거보존할 수 있다.

방문객이 응답한 목소리를 메모리나 별도의 기억 장치에 저장하기 위해서는 부호화가 필요하다. 지금까지 제안된 부호화법은 다음과 같이 크게 세 가지로 분류할 수 있다.

파형부호화법은 음성파형 자체의 반복적이고 불필요한 잉여성분을 제거한 후에 저장 및 합성하는 방법이며 DPCM, ADM, ADPCM 등이 있다¹¹⁾. 최근에는 디지털 신호처리 전용칩의 제조기술과 파형부호화법의 분석 및 합성 알고리즘이 잘 개발되어 32k bps 전송율을 갖는 ADPCM의 표준화가 실현되었다. 또한 파형부호화법은 인간의 개성과 감정을 대별해 주는 여기정보와 언어의 의사전달을 나타내는 여파기정보를 분리시키지 않고 처리하므로, 고음위의 음질과 개성을 유지할 수 있다.

소스부호화법은 음성의 발생모델에 근거하여 여기 정보와 여파기정보를 분리시켜서 부호화하는 방법으로 LPC, PARCOR, LSP 등이 있다¹²⁾. 이들 알고리즘은 10k bps 이내로 전송율을 낮출 수 있기 때문에 낮은 전송대역폭에 효율적인 방법이다.

소스부호화의 메모리 효율성과 파형부호화의 자연성 및 명료성을 유지하기 위해 이 두 가지 부호화기법을 결합시킨 혼성부호화법으로는 MLPC, RELP, VFIP 등의 기법이 제안되어져 있다¹³⁾. 그렇지만 혼성부호화에서는 음원정보의 부호화에는 파형부호화법을 적용하고, 성도의 여파기정보에 대해서는 소스부호화법을 주로 적용하고 있다. 따라서 합성음은 기존의 소스부호화법에 비하여 개선되었으나 음원의 변경이 용이하지 못하므로 규착에 의한 합성법으로 적용하기에는 비관적각해보인다.

최근에는 칩당 메모리의 용량이 크게 향상되었고, 광섬유(optical fiber)의 사용으로 인해 채널의 대역폭이 또한 증가되어 이들 용량의 진보다 높은 음질을 높이는 방법에 대한 연구가 필요하게 되었다. 음질을

높이기 위해서는 파형부호화법이 적합하다.

따라서 본 논문에서는 가정 방문객 관리시스템에서 방문객의 응답을 저장하기 위해 우수한 음질을 유지하면서 메모리의 용량을 절약할 수 있는 파형부호화용 예측기틀을 새로이 제안하고자 한다. 제안한 예측기는 음성파형의 자기상관관계를 이용하였다. 먼저 ADPCM과 CCITT-표준 ADPCM 파형부호화용 예측기에 대하여 알아보고, 본 논문에서 제안한 예측기에 대해 설명하기로 한다. 그런 다음 실제 음성에 대하여 본 논문에서 제안한 예측기, DPCM의 예측기 그리고 CCITT-표준 ADPCM의 예측기에 대한 결과들을 비교 및 평가하기로 한다.

II. ADPCM 파형부호화법

부호화법에서는 음질을 우수하게 유지하면서 동시에 가능한한 비트율을 낮추어야 한다. 그러나 디지털 음성신호를 메모리에 저장하거나 전송하기 위해 필요한 정보용량은 식 (1)과 같이 이미 정해져 있다.

$$I = B \cdot F_s \quad (1)$$

여기서 F_s 는 표본율이고 B 는 표본당 비트의 수이다. 따라서 적당한 음질을 유지하면서 정보용량을 낮추는 방법에는 다음과 같은 두 가지 방법이 있다: 1. 표본율은 나이퀴스트의 표본율보다 2~4배 정도 높게 하고 표본당 비트는 1비트로 고정하는 방법(DM, ADM); 2. 표본율은 나이퀴스트의 표본율로 고정시키고 표본당 비트를 압축하는 방법(ADPCM, DPCM). 본 논문에서는 두번째 방법을 취하여 ADPCM의 예측기틀을 개선하였다.

PCM은 Antialias 저역통과 여파기불 거친 신호를 표본하여 양자화하는 방식이다. 여기서 양자화 범위는 응용에 따라 다양한 방법으로 선택할 수 있다.

DPCM에서는 대역제한 후에 나이퀴스트 표본율로 표본된 입력 음성신호가 귀환회로의 예측기에 의해 예측되고, 그 후 잔차가 양자화기에 의해 양자화된다. 이러한 두 신호의 차를 회소로 하기 위해서는 양자화기나 예측기를 적응성있게 만들 필요가 있다. 이렇게 양자화기나 예측기가 입력신호에 대해 적응하도록 하는 것을 ADPCM이라고 한다.

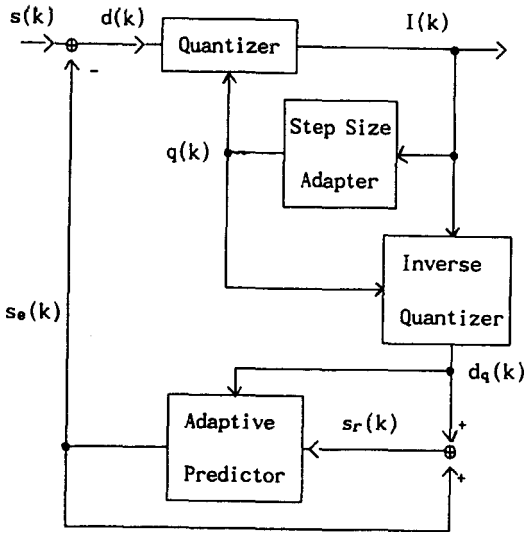


그림 1. ADPCM의 전송부에 대한 블록도.
Fig. 1 ADPCM Transmitter Block Diagram.

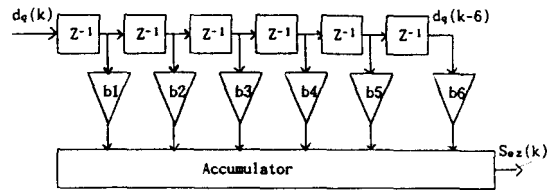
적응 양자화기는 입력신호의 진폭변화에 따라 양자화 스텝의 폭을 변경하거나 신호레벨을 표준화한다. 적응 예측기에는 순방향 예측법과 역방향 예측법이 있다. 이러한 ADPCM의 블록도는 그림 1과 같다. 그러나 예측기와 양자화기를 둘 다 적응하도록 만들 경우에는 성능은 좋지만 구현하기가 복잡하기 때문에 경우에 따라서는 둘중 하나만을 적응시키고, 다른 하나는 고정시키는 방법을 사용하기도 한다.

CCITT-표준 ADPCM에서 사용하고 있는 예측기는 신호를 예측하기 위해 2-극점, 6-영점을 갖는 여파기를 사용하고 있다. 6-영점은 여파기를 안정하게 하고 발진을 막기 위해 사용된다. 예측된 신호 $S_e(k)$ 는 극점 여파기와 영점 여파기 출력의 합이며, 영점 여파기 출력의 합이 극점의 계수를 결정하는데 사용되기 때문에 $S_{ez}(k)$ 는 독립적으로 추출되어야 한다. 수신측의 출력인 합성된 신호 $S_r(k)$ 는 양자화된 차분신호 $d_q(k)$ 와 예측된 신호 $S_e(k)$ 의 합으로 결정된다. 이 예측기의 입·출력신호는 다음식과 같다.

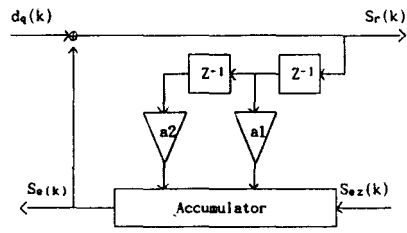
$$S_e(k) = \sum_{i=1}^2 a_i(k) S_r(k-i) + S_{ez}(k) \quad (2)$$

$$S_{ez}(k) = \sum_{i=1}^6 b_i(k-1) d_q(k-i) \quad (3)$$

$$S_r(k-i) = S_e(k-i) + d_q(k-i) \quad (4)$$



(a)



(b)

그림 2. CCITT 표준 ADPCM의 예측기:
(a) 6차 영점 여파기; (b) 2차 극점 여파기.
Fig. 2 Predictor of CCITT Standard ADPCM:
(a) 6-order zeros filter; (b) 2-order poles filter.

이 기법은 과형을 예측하는데 있어서 과거값의 선형조합에 의해 현재의 값을 예측하는 순방향 예측법을 사용하고 있다. 그러나 음성신호의 자기상관관계는 현재의 표본을 기준으로 해서 지연시간이 길어질수록 계속해서 감소하게 된다. 따라서 상관관계를 신호예측에 이용함에 있어서 4차 이상 지연된 값을 사용하는 것은 의미가 없다^[1].

III. 쌍 1차 차분을 이용한 예측기

음성 과형을 분석해 보면 표본과 표본사이에는 자기상관관계가 존재한다. 이전의 조음상태에서 현재 조음상태로의 변화를 나타내는 상관관계는 시간의 지연에 따라 다르게 나타난다. 지연에 따른 특성을 살펴보면 바로 인접한 표본에서는 상관관계가 높게 나타나지만 지연시간이 길면 갈수록 낮아진다. 또한 시간에 따라 표본간의 레벨(진폭) 변화가 느리기 때문에 유성음 구간에서는 표본간 레벨의 상관관계가 높게 나타난다. 시간지연에 따른 음성신호의 자기상관관계는 식(5)와 같고 이것을 그림 3에 나타내었다.

$$R(m) = 1/L \sum_{n=0}^{L-1-m} x(n)x(n+m) \quad (5)$$

(단, $0 \leq |m| \leq L-1$)

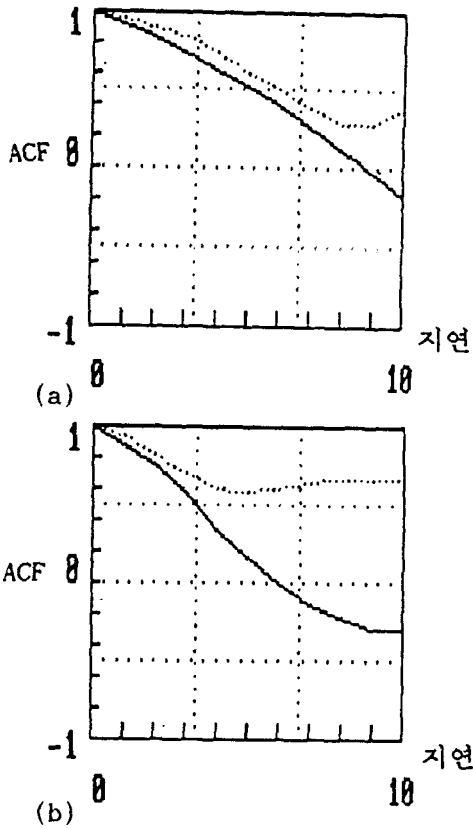


그림3. 음성신호의 자기상관함수 :
 (a)여성화자에 대하여 ; (b)남성화자에 대하여.
 Fig. 3 Autocorrelation function(ACF) of Speech Signals :
 (a)For the female speaker ;
 (b)For the male speaker.

표 1 과거치만 고려한 자기상관함수와 과거 및 미래치를 함께 고려한 이중자기상관함수의 비교.

Table 1 Comparison between the ACF with Post Samples and the dual ACF with Post and Next Samples.

차 수	여 성(%)		남 성(%)	
	ACF	Dual-ACF	ACF	Dual ACF
1	92.1	96.9	88.4	94.5
2	84.3	90.6	75.8	81.6
3	74.1	84.0	58.2	70.0
4	63.1	74.9	35.4	60.9
5	52.0	61.1	16.1	57.8
6	40.0	50.2	7.2	46.0
7	27.1	38.9	14.8	33.0
8	12.6	29.1	22.6	35.6
9	2.92	29.2	30.3	36.0
10	18.4	37.8	31.0	36.5

그림 3은 8KHz로 양자화된 음성신호의 자기상관 관계를 나타내는데, 실선은 시간지연에 따른 과거치들의 상관관계를 나타내고 점선은 시간지연에 따른 과거치와 미래치의 평균에 대한 현재 표본과의 상관관계를 나타낸다. 표 1에는 이러한 상관관계를 남녀 각각에 대해 수치로 나타내었다. 그림과 표를 살펴보면 인접한 표본간의 자기상관관계가 다른 표본에 비해 아주 높고, 지연시간이 길면 갈수록 신호간의 상관관계는 아주 빠르게 감소된다¹⁾. 따라서 현재 표본으로부터 시간지연된 몇 개의 표본보다는 바로 인접한 두 표본값을 이용하여 현재의 값을 예측하는 것이 더 바람직하다.

이제까지의 예측기는 과거값에 무게치를 주어서 현재표본을 예측하였지만 본 논문에서는 자기상관관계가 가장 높은 바로 인접한 표본에 의해 실제 표본값을 예측하고자 한다. 즉, 예측하고자 하는 표본을 기준으로 해서 한 표본 과거값과 한 표본 미래값을 이용하여 신호를 예측하는 방법을 제안하였다. 현재의 표본에 대해 예측값 $s(n)$ 은 인접한 원래 표본의 과거값 $s(n-1)$ 과 미래표본 $s(n+1)$ 의 평균값을 사용하였다. 이때 예측오차 $e_p(n)$ 은 다음과 같다.

$$e_p(n) = s(n) - \hat{s}(n) \\ = s(n) - [s(n+1) + s(n-1)] / 2 \quad (6)$$

그렇지만 수신기에서는 미래값을 알아야 이러한 예측법으로 현재값을 복원할 수 있기 때문에, 예측된 현재값에 미래값과의 차이를 보정하여 미래값으로 사용하였다. 따라서 부호화시에는 현재값에 대한 예측오차 $e_p(n)$ 에 미래값들의 취차 $e_s(n)$ 을 식(7)과 같이 보정해 준다.

$$d(n) = e_p(n) + e_s(n) \\ = e_p(n) + [s(n+1) - s(n-1)] / 2 \quad (7)$$

이 보정된 예측오차 $d(n)$ 은 부호기에 의해 부호화 되면서 다지침에 따른 오차 $e_s(n)$ 이 부가되어 전송 또는 저장된다. 음성시에는 부호화되었던 예측오차가 부호화되면서 이에 따른 오차 $e_p(n)$ 이 부가된다. 따라서 부호화 및 부호화를 수행한 예측오차 $\hat{d}(n)$ 은 식(8)과 같다.

$$\hat{d}(n) = d(n) + e_q(n) + e_e(n) \quad (8)$$

이때 수신기에서 복원될 미래신호 $s^*(n+1)$ 은 복원되었던 두 과거의 신호 $s^*(n)$ 과 $s^*(n-1)$, 그리고 현재 표본과의 예측오차에 의해 식(9)와 같이 합성될 수 있다.

$$\begin{aligned} s^*(n+1) &= 2s^*(n) - s^*(n-1) - 2\hat{d}(n) \\ &= 2s^*(n) - s^*(n-1) - 2\{e_q(n) + e_e(n)\} - 2s(n) \\ &\quad + s(n+1) + s(n-1) - s(n+1) + s^*(n+1) \quad (9) \end{aligned}$$

식(9)에서 양자화나 부호화시의 오차가 신호값에 비해 무시될 정도로 적다면 복원된 신호와 원래의 신호는 거의 같게 되어 복원될 미래값은 다음식과 같아진다.

$$s(n+1) = s(n+1) - 2\{2\{e_q(n) + e_e(n)\}\} \quad (10)$$

따라서 복원될 신호는 원래신호와 근접하게 된다. 그렇지만 복원된 신호의 잡음은 부호기나 복호기의 오차에 두 배로 민감하게 되므로, 이 예측기는 전송 형에서 보다는 메모리형 합성기법에 적합하다.

IV. 실험 및 결과

이상의 과정을 시뮬레이션하기 위해 12-비트 아날로그-디지털 변환기를 이용하여 남성화자와 여성화자의 다음 발성음을 8KHz율로 양자화하면서 저장하였다. 이러한 발성음에는 이미 마이크 입력시에 배경 잡음이 섞인 것으로 구간에 따라서는 잡음만 있는 경우도 있다.

발성 1) 28세 남성화자: "호서대 전자공학과 음성 신호처리 연구"

발성 2) 27세 여성화자: "감사합니다."

발성 3) 23세 여성화자: "지금거신 전화는"

발성 4) 32세 남성화자: "예수님은 천지창조의 교훈을 말씀하셨다."

발성 5) 24세 남성화자: "인수대 꼬마기 천재소년을 좋아한다."

한 프레임의 길이를 512표본으로 하여 그림 4와 같이 처리하였다. $s^*(n)$ 을 구하기 위해 원래 표본에서 $s(n)$ 의 한 표본 과거값과 한 표본 미래값의 평균을

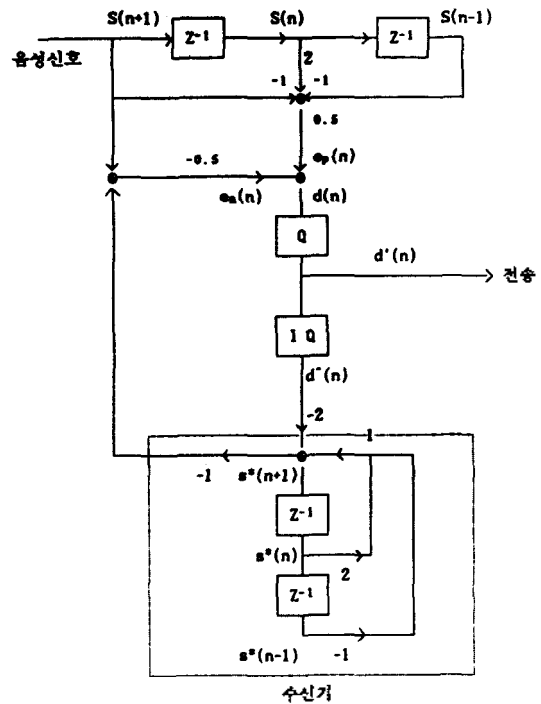


그림4. 쌍 1차 차분 예측기를 이용한 부호화기.
Fig. 4 Encoder with the Predictor using Dual First Order Difference Values.

취한 후에 오차를 더한다. 그런 다음 $s(n)$ 과 $s^*(n-1)$ 의 관계를 이용하여 $s^*(n+1)$ 를 구한다. 한 프레임구간에 대하여 $s^*(\cdot)$ 과 $e(\cdot)$ 을 구한다.

그림 5(a)와 6(a)는 원래신호의 한 프레임에 대한 파형이고, 5(b)와 6(b)는 본 논문에서 제안한 쌍 1차 차분신호에 의한 오차의 진폭분포도이다. 그림 5(c)와 6(c)는 DPCM에 대한 것이다.

예측신호와 원래신호와의 오차가 적을수록 오차진폭분포도의 곡선은 영값을 중심으로 더욱 첨예해진다. 그리고 오차진폭분포도 곡선이 첨예하게 나타날수록 저장을 위한 메모리 양은 감소된다. 5(b)와 6(b)의 오차신호의 진폭분포도는 그림 5(c)와 6(c)에 비해서 더 첨예하고 분산도 줄어들었다.

또한 프레임의 길이를 256표본으로 하여 CCITT 표준 ADPCM의 예측기, DPCM에서 이용하고 있는 1차 차분예측기 그리고 본 논문에서 제안한 쌍 1차 차분예측기에 대한 예측이득을 구하여 그림 7과 8에 결과로 나타내었다. 표 2에는 이러한 예측이득을 수치로 나타내었다. 즉, 같은 입력 조건하에서 각 예측

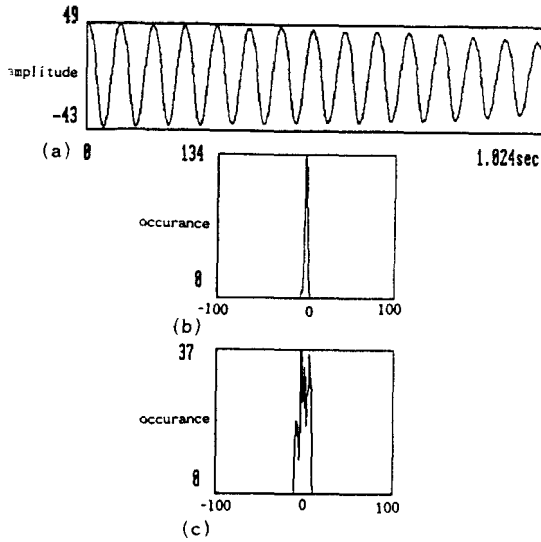


그림5. 발성 1의 /ou/ 부분에 대한 오차전폭도 :
 (a) 발성 1)의 /ou/ 부분에 대한 음성파형 ;
 (b) 오차신호의 분포도 ;
 (c) DPCM 오차신호분포도.

Fig. 5 Error Distribution for 'ou' of Utterance 1 :
 (a) Speech waveform ;
 (b) Magnitude distribution for error signal ;
 (c) Magnitude distribution for pre emphasized speech waveform.

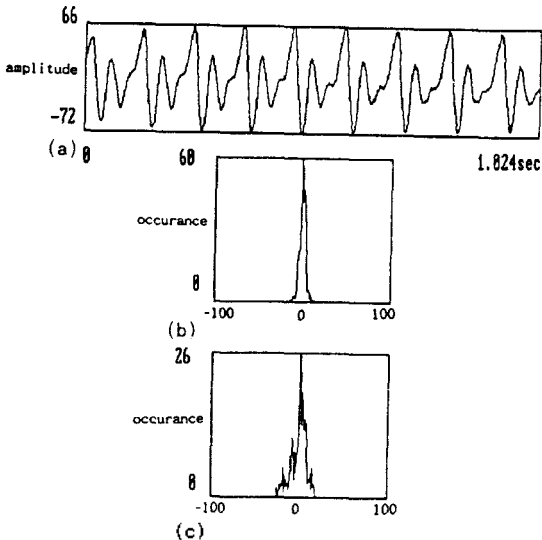


그림6. 발성 1의 /m/ 부분에 대한 오차전폭도 :
 (a) 발성 1)의 /m/ 부분에 대한 음성파형 ;
 (b) 발성 1)에 대한 예측기에서 얻은 오차신호의 분포도 ;
 (c) DPCM에 대한 오차신호의 분포도.

Fig. 6 Error Distribution for 'm' of Utterance 1 :
 (a) Speech waveform ;
 (b) Magnitude distribution for error signal ;
 (c) Magnitude distribution for pre emphasized speech waveform.

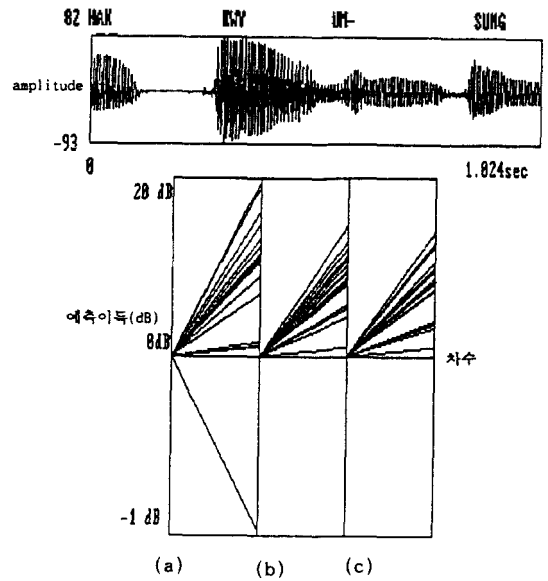


그림7. 발성 1)에 대한 예측이득 ;
 (a) 제안된 방법 ; (b) DPCM ; (c) CCITT.
 Fig. 7 Prediction Gain for Utterance 1 :
 (a) proposed method ; (b) DPCM ; (c) CCITT

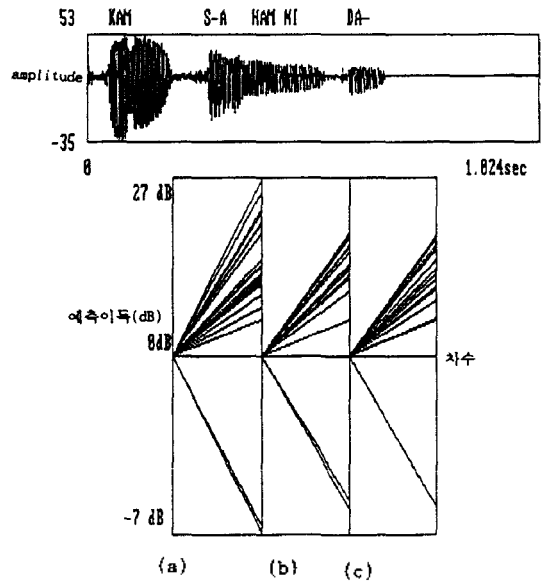


그림8. 발성 2)에 대한 예측이득 ;
 (a) 제안된 방법 ; (b) DPCM ; (c) CCITT.
 Fig. 8 Prediction Gain for Utterance 2 :
 (a) proposed method ; (b) DPCM ; (c) CCITT

기의 출력신호를 서로 비교해 놓았다.

실험 결과를 살펴보면 제안한 영 1차 차분에측기는 CCITT 표준 ADPCM의 예측기보다 계산 시간이 짧

표 2 세 가지 예측기의 예측이득 비교

Table 2 Comparison of prediction gain among three predictor.

예측이득(dB)	DPCM	CCITT-ADPCM	Dual-ACF
발 성 1)	9	9.14	9.29
발 성 2)	15.2	16.4	20.8
발 성 3)	11.9	11.8	20.3
발 성 4)	12.0	12.3	14.2
발 성 5)	9.5	10.7	13.3
총 계	57.9	60.34	77.89

으며 예측이득도 높게 나타났다. 특히 유성음 구간에서는 최고 9dB까지 높게 나타났다. 또한 여러 음성신호에 대하여 실험한 결과 μ -식 PCM보다 약 40-50% 정도의 메모리 용량이 감축되었다.

한편, 예측곡선을 살펴보면 음(-)으로 떨어지는 경우가 발생하는데 이것은 자기상관관계가 낮은 잡음 또는 무성음 구간의 경우이다. 음의 예측 이득을 갖는 경우에 제안한 예측기는 CCITT-표준 ADPCM의 예측이득보다 낮는데 이러한 이유는 본 논문에서 제안한 예측방법이 현재값을 근거로 하여 미래값을 예측하기 때문이다. 따라서 CCITT 표준 예측기의 경우보다 잡음에 약한 단점이 있다. 따라서 이 예측기는 전송형보다 메모리형 예측기로 바람직하다.

그렇지만 예측하는 방법이 미래값을 계속 추정해가기 때문에 일반적인 선형예측기에서 필연적으로 나타나는 불안정성이나 수렴속도의 문제는 나타나지 않는 장점이 있다.

V. 결 론

음성표본간의 자기상관관계를 살펴보면 인접한 양쪽 표본의 자기상관관계가 시간지연된 여러 차수의 것보다 크게 나타난다. 그러므로 현재표본을 기준으로 해서 몇 차 지연된 과거값을 이용하여 현재값을 예측하는 것보다 바로 인접한 과거 및 미래의 표본에 의해 현재의 표본값을 예측하는 것이 더 효과적이다. 따라서 본 논문에서는 한 표본 미래값과 한 표본 과거값을 취하여 현재의 표본을 예측하는 새로운 메모리형 예측기를 제안하였다.

제안한 예측기는 예측에 필요한 수렴시간이 불필

요하였고, 기존의 예측기에 비해 예측이득도 높았는데 특히, 유성음 구간에서는 CCITT-표준 ADPCM에 비하여 최고 9dB까지 높았다. 또한 여러 음성신호에 대하여 실험한 결과 μ -식 대수형 PCM보다 40-50%정도 메모리 용량의 압축이 얻어졌다.

References

1. L.R. Rabiner & R.W. Schafer, *Digital Processing of Speech Signals*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1978.
2. Douglas O'Shaughnessy, *Speech Communication(Human and Machine)*
3. P.E.Papamichalis, *Practical Approaches to Speech Coding*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1987.
4. N.S.Jayant, Peter NOLL *Digital Coding of Waveforms-Principles and Applications to Speech and Video*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1984.
5. Jan P. van Hemert, "Automatic Segmentation of Speech," *IEEE trans Acoust., Speech, and Signal Proc.*, vol ASSP-39, No.4, pp.1008-1012, April 1991.
6. 신동진, 임운천, 배명진, 안수길, "1차 차분신호의 영버트 제거에 의한 음성신호의 패치부호화에 관한 연구," *한국 음향학회지*, 제 8권, 제 4호, 1989년 8월
7. 강동규, 김윤제, 배명진, 안수길, "음성파형의 halving 기법에 의한 과형부호화의 퍼치 변경에 관한 연구," *국제 음향학술 발표회 논문집*, pp.107-111, 1990.11.9.
8. 이을재, 민경중, 배명진, 안수길, "음성신호의 전이구간에 따른 양자화 레벨 변경 합성," *국제 음향학술 발표회 논문집*, pp.93-97, 1990.11.9.

▲배 명 진(정회원)

: 현 호서대학교 전자공학과 조교수(9권 1호 참조)

▲임 운 천(정회원)

: 현 호서대학교 전자공학과 부교수(9권 1호 참조)

▲이 기 숙(학생회원)

1991년 2월 : 호서대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1991년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 대학원 전자공학과 석사과정