

RPE-LTP와 VSEL P 음성부호화기의 비교에 관한 연구

正會員 朴 大 德* 正會員 金 和 俊** 正會員 沈 載 勳*
正會員 柳 在 熙* 正會員 鄭 夏 奉* 正會員 徐 梃 河*

The Study of Comparison between RPE-LTP and VSEL P Speech Coder

Dae Duck Park*, Hwa Joon Kim**, Jae Hoon Shim*,
Jae Hee You*, Ha Bong Jung*, Jung Ha Suh* *Regular Members*

要 約

현재 북미, 유럽, 일본 등에서는 디지털 이동 통신용 음성부호화 방식의 표준을 확정하여 세부기술을 경쟁적으로 개발하고 있으나, 아직까지 우리나라는 이를 확정하지 못하고 있는 실정이다. 본 논문에서는 유럽 표준인 RPE-LTP와 북미 표준인 VSEL P 알고리즘을 소스 코딩에 중점을 두어 연구, 비교 및 검토하였다. 각 음성부호화기에 대해 종합적으로 분석 및 비교한 후, 성능 개선 방안에 대하여 논의하였다. 또한, 실시간 처리에 가장 큰 영향을 미치는 연산 횟수를 계산, 비교하였다. 아울러 각 부호화기의 알고리즘을 구체화하여 한국어 음성데이터에 대하여 모의 실험을 수행하였으며, 모의 실험 평가결과로서 구간 신호대 잡음비와 5-포인트 MOS를 비교하였다.

연산횟수는 VSEL P 부호기의 합성연산횟수가 가장 많은 것으로 나타났다. 26가지 음성 데이터에 대하여 구간 신호대 잡음비는 VSEL P가 RPE-LTP에 비해 큰 것으로 계산되었고, 5-포인트 MOS 실험을 실시한 결과 VSEL P가 RPE-LTP에 비해 음질이 동등하거나 보다 우수한 것으로 평가되었다.

ABSTRACT

Until recently, they decided the standard of the digital mobile communication speech coding method and competively developed the more detailed techniques in North America, Europe, Japan, etc. But, we have not yet determined. In this paper, we compared the RPE-LTP speech coding algorithm, standard in Europe, with the VSEL P speech coding algorithm, standard in North America, with respect to the source coding. We described the comprehensive verification and comparison with each speech coder, and discussed the improvement plan. Next, we also compared the num-

*홍익대학교 전자공학과
**대한전선 주식회사 정보통신연구소
論文番號 : 94196
接受日字 : 1994年 7月 25日

ber of computations which affects the real time processing seriously. Moreover, we performed the simulation with the Korean speech data, concreting the algorithm of each speech coder. Finally, we compared the performance of each speech coder with segmental SNR and 5-point MOS.

The number of computations was calculated, and the result was that the number of multiplication computing times of VSELP speech encoder was the largest. With 26 speech data, the segmental SNR of VSELP was calculated larger than that of RPE-LTP. The 5-point MOS test was performed, and the result was that the basic speech quality of VSELP was equivalent or better than that of RPE-LTP.

I. 서 론

언제, 어디서, 누구와도 통화함을 지향하는 이동 통신의 필요성은 근래에 와서 세삼 강조할 필요없이 중요해졌으며 현재의 아날로그 방식에서 차세대 디지털 방식으로의 전환이 이루어지고 있다. 이를 위해 미국, 일본, 유럽에서는 최근 각기 표준을 확정, 세부기술을 경쟁적으로 개발하고 있다. 따라서 선진 각국과 경쟁하여 이동 통신 시장에 참여하기 위하여 우리나라의 이동통신 발전이 시급하다고 생각된다. 특히 폭증하는 이동 통신의 수요를 제한된 주파수대역에서 모두 수용하기 위해서는 음성신호의 효과적인 압축 기술, 즉 음성신호의 부호화 방식에 대한 개발이 선결과제이다.

이동통신용 음성부호화를 위해서는 다음과 같은 조건을 만족시키는 부호화방식을 선택하여야 한다. 1. 첫째, 가능한 한 최소의 전송속도로 실제음과 가장 가까운 음을 전달하고, 둘째, 실제구현시 복잡도가 낮고 현재의 제반기술을 바탕으로 제조비용을 최소화하며, 셋째, 부호/복호기로 인한 지연이 적고 소형, 경량화 조건을 갖추어야 한다.

현재 아날로그 셀룰러 전화 시스템은 채널용량을 증가시키기 위하여 디지털 방식으로 급격히 변화되고 있는 실정이다. 디지털 시스템은 채널용량을 증가시킬 뿐 아니라 암호화에 용이하고 잡음의 영향을 적게 받는다는 장점이 있기 때문이다.

일반적으로, 음성부호화 방법은 파형 부호화(waveform coding), 음원 부호화(vocoding), 복합 부호화(hybrid coding)로 분류한다. 파형 부호화기는 높은 음질을 재생시키는 장점이 있지만 높은 압축률을 얻기 어려워 큰 전송률이 필요하다는 단점이 있다. 한정된 채널용량에 큰 전송률이 필요하다는 것은 적어도 이동통신에서는 치명적이다. 파형 부호화기로는 PCM, DPCM, ADPCM, ADM, ADPCM-

MQ, VQ, APC, APC-VQ, APC-MLQ, SBC-APCM, SBC-ADPCM, SBC-APC, APC-AB, SBC-VQ, ATC, ATC-VQ 등이 있다. 음원 부호화기는 4.8kbps 이하의 전송률을 가지나 합성된 음의 음질이 좋지 않다는 단점이 있다.

비교적 최근에 이 두 방식의 장점을 혼합한 복합 부호화기가 제안되었다. 이것은 음질이 좋은 파형 부호화기의 장점에 음원 부호화기의 LPC방식을 적절히 혼합한 것으로써 RELP, VSELP, APC-HFG, RELP-ATC, RELF-SBC, TDHS, APC-PI, MPE-LPC, RPE-LPC, CELP, RPE-LTP, QCELP 등이 있다.

디지털 셀룰러 시스템은 현재 유럽의 GSM과 북미의 TDMA, CDMA 방식으로 크게 구별된다. 음성부호화기로서 유럽의 GSM 방식은 RPE-LTP를 표준으로 확정하였고 북미의 TDMA 방식은 VSELP를 CDMA 방식은 Variable Rate QCELP를 표준으로 확정하였다.

본 논문에서는 디지털 이동 통신용 음성부호화 방식 중에서 유럽 표준인 RPE-LTP(Regular Pulse Excitation-Long Term Prediction)와 북미 표준인 VSELP(Vector-Sum Excited Linear Predictive) 알고리즘을 소스 코딩에 중점을 두어 연구, 비교 및 검토하였다. 각 음성부호화기에 대한 종합적인 분석 및 비교한 후 성능 개선 방안에 대하여 논의하였다. 또한, 실시간 처리에 가장 큰 영향을 미치는 연산 횟수를 비교하였다. 아울러 각 부호화기의 알고리즘을 구체화하여 한국어 음성데이터에 대하여 모의 실험을 수행하였으며, 모의실험 평가결과로서 구간 신호대 잡음비와 5포인트 MOS를 비교하였다.

II 절에서는 RPE-LTP 및 VSELP 알고리즘에 대하여 설명하였고, III 절에서는 두 알고리즘의 주요 사항을 정리하고 알고리즘 개선 방안을 논의하였다. 그리고, IV 절에서는 각 부호화기의 연산횟수와 모의실험을 통한 구간 신호대 잡음비와 MOS 평가 결과

보였다. 마지막으로 V 절에서는 III, IV 절에 대하여 결론지었다.

II. 음성부호화기의 알고리즘

1. RPE-LTP 음성부호화기^{2,4,5,6,7)}

입력음성신호를 분석하기 이전에 전처리 과정을 통하여 전송될 입력음성신호를 보강한다. 오프셋 보강 블록에서 적률성분을 제거하기 위하여 notch이과한 후 1차 FIR 필터애플리셔스 역과기를 이용하여 보수과 부분을 미리 강조하여 처리한다. 분절화 블록에서는 전처리 과정을 기친 음성신호가 20ms(160샘플) 미만 분절화되어 LPC 계수들이 계산될 때까지 버퍼에 저장된다. 반사계수를 구하기 위하여 이 분절화 버퍼에서의 음성신호는 자기상관 과정으로 전달된다. 인접 샘플간의 상관관계를 제거하기 위해 슈어회귀(Schur recursion) 블록으로 부터 반사계수 $r(i)$ 가 구해진다. 음성 신호는 인접 샘플간의 상관관계를 제거하여 전송 데이터의 양을 압축시키며 자세한 블록도는 그림 1과 같다. 즉, 먼저 LPC 분석 부분에서 음성 신호의 인접 샘플간의 상관관계를 제거한 후 장기 예측 과정에서 피치 샘플간의 상관관계를 제거하여 백색 잡음에 가까운 잔여신호를 얻는다. 마지막으로 RPE 부호화 부분에서 펄스율을 간주(decimation)하여 일정 간격의 펄스율을 선택한 후 RPE 펄스 위치와 샘플들, 그리고 블록 최대값을 전송한다. 프레임 형태는 그림 2와 같으며, 전송된 프레임은 그림 3과 같은 RPE LTP 복호기에 의하여 합성음으로 변환된다.

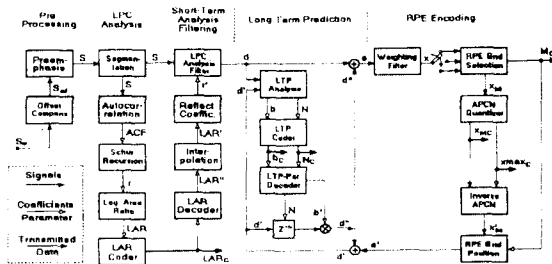
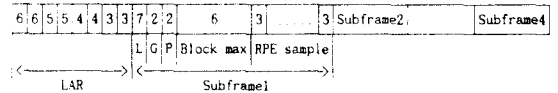


그림 1. RPE-LTP 부호기
Fig 1. RPE LTP encoder



L: LTP Lag [delay]
G: LTP Gain
P: Grid Position

그림 2. RPE LTP 음성부호화기의 프레임 형태
Fig 2. Frame type of RPE LTP speech coder

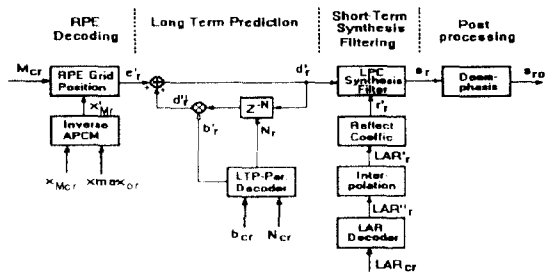


그림 3. RPE LTP 복호기
Fig 3. RPE LTP decoder

2. VSELP 음성부호화기^{8,9,10,11,12)}

그림 4는 8kbps VSELP 부호기이다. 표본화된 음성신호를 4차 체비셰프(Chebyshev) II 코덱블록이과기를 통과하게 된다. 이 역과된 신호 $s(n)$ 로부터 공분산 행렬이 얻어진다. LPC 분석이 행해지기 전에 역합성을 사용하는 SST(Spectral Smoothing Technique)가 공분산 행렬에 이용된다. 프레임 에너지는 SST 전에 공분산 행렬로부터 구하여 매 프레임마다 계산된다. 이 프레임 에너지는 양자화 된 후, 모간되어서 매니 양자화와 이득의 부호화 과정에서 쓰여지게 된다. FLAT(Fixed point covariance Lattice)알고리즘을 이용하여 반사계수를 구하여 전송한다. 반사계수로 부터 재환식을 이용하여 예측계수를 구한다. 예측계수는 무프레임당 모간되어 가중된 LPC 원형 이과기에 사용된다. VSELP는 1개의 직용형코덱, 2개의 코덱, 1개의 이득 코덱블록을 사용하여 무프레임당 가중된 음성 신호와 비교하여 순차적으로 코덱블록을 탐색하여 최소 에러를 산출하는 코덱메타가 선택하여 이에 해당하는 코덱워드가 전송된다. 프레임 형태는 그림 5와 같으며, 전송된 프레임은 그림 6과 같은 VSELP 복호기에 의하여 합성음으로 변환된다. VSELP 부호기에는 합성된 음질을 향상시키기 위해 Levinson LPC 분석방법¹³⁾에 의해

새로운 예측계수를 구하여 적응 스펙트럼 후단 여파기(adaptive spectral postfilter)에 사용된다.

III. 알고리즘의 비교

1. 알고리즘의 비교 및 분석

지금까지 음성부호화기에 관한 연구 및 표준 설정면에서 북미 및 유럽 지역 각각이 경쟁하듯이 이루어진 관계로 그 방식에서 차이점이 존재한다. 물론 '합성에 의한 분석'방법이나 입력음성의 표본화율 및 프레임 길이 등의 대원리는 공통점을 갖고 있으나 알고리즘을 다루는 많은 방법에 다음과 같은 차이가 있다.

먼저 가장 큰 차이로는 코드북의 사용여부이다. 즉, VSELP 음성부호화기의 경우 적응코드북, 코드북1, 코드북2 및 이득 코드북을 사용하여 여기신호를 발생시킨후 각 코드북의 코드워드를 전송한다. 반면 RPE-LTP 음성부호화기는 원신호로부터 직접 음성특징 정보와 잔여신호를 전송하게 된다. 이러한 차이로 인하여 양음성부호화기는 각각 8kbps 및 13kbps의 정 전송률(net bit rate)에 차이가 생긴다.

그러나 VSELP 음성부호화기와 같은 CELP형의 방식은 전송률이 낮은 반면 코드북 탐색으로 인한 연산량의 증가로 지연시간이 매우 크므로 효율적인 코드북 탐색의 과정이 실시간처리를 위해서는 필수 불가결하다. 이에 따라 VSELP 음성 부호화기는 고속 코드북 탐색과정을 가지게 된다. 그럼에도 IV.1절에서 그 연산량에 대한 비교가 보여지겠지만, VSELP 음성부호화 방식은 연산횟수가 여전히 RPE-LTP 음성부호화 방식에 비해 매우 크다.

RPE-LTP 음성부호화기는 잔여신호를 3으로 간축하여 전송함에도 불구하고 전송률이 크다. 그러나 이러한 간축 과정으로 인하여 복호기에서 음성 합성시 어느 정도의 오차가 발생하게 되어 합성음성의 음질에 영향을 미치게 된다.

그 밖에 신호처리의 단계를 거치면서 쓰이는 방법상의 차이 및 공통점을 종합적으로 정리하면 표 1과 같다.

2. 알고리즘의 개선 방안에 대한 논의

III.1절의 알고리즘 비교 및 분석에서 보여지듯이 RPE-LTP 음성부호화기의 최대 단점은 간축 과정에서 생기는 오차이다. VSELP 음성부호화기의 경우 프레임 단위로 비퍼링된 입력신호 모두를 이용하여 코드북을 탐색하게 된다. 그러나 RPE-LTP 음성부

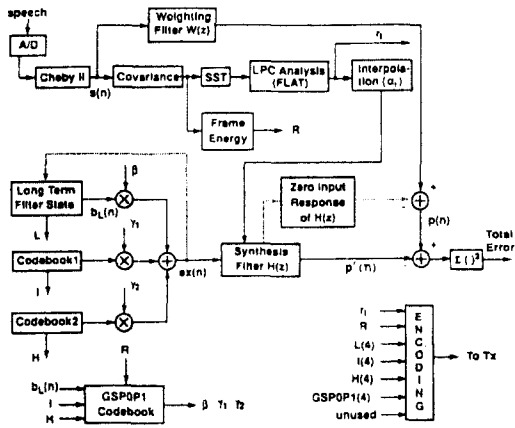


그림 4. VSELP 부호기
Fig 4. VSELP encoder



그림 5. VSELP 음성부호화기의 프레임 형태
Fig 5. Frame type of VSELP speech coder

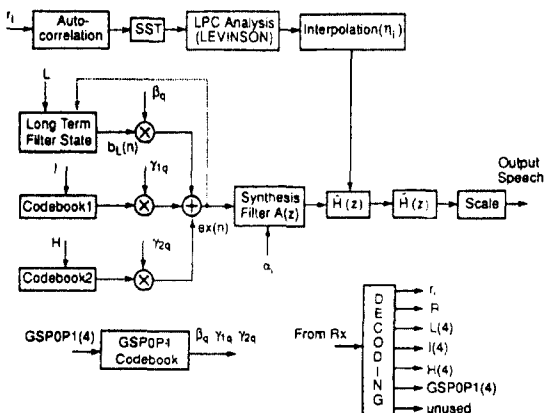


그림 6. VSELP 복호기
Fig 6. VSELP decoder

표 1. RPE-LTP와 VSELP 알고리즘의 비교
Table 1. Comparison of RPE-LTP and VSELP algorithm

비교항목	RPE-LTP 음성부호화기	VSELP 음성부호화기
전처리	dc오프셋보상(노치여파기) 프리앰퍼시스(1차 FIR)	채비제퍼(4차 IIR)
분할화	160샘플 버퍼링	오버랩(170샘플 버퍼링) 80Hz 대역폭의 이형성
LPC 분석 알고리즘	슈어 회귀	FLAT
LPC 차수	8차	10차
실정모간	샘플단위(0, 12, 13, 26, 27, 39, 40, 159 샘플)	프레임 단위(1나 프레임)
LTP	레퍼드 방법	직접 코딩 방법
잔여신호	데시메이션 후 APC 신호	코드북 이용
후처리	디앰퍼시스	직용후처리나 스케일링
장 전송률	13kbps	8kbps
기타		1. 노이즈레벨을 3가지 위와 LEVINSON 알고 리즘이 활용되지만 2. 프레임 에너지 구형 3. 코딩 코드북 탐색 알고 리즘 이용
공통	*합성에 의한 분석방법 이용 8kHz 표본화 1프레임 = 160 샘플, 20msec 가중여파(가중계수 0.8) 적용	

호화기의 경우 간축 과정에서 무프레임 40개의 샘플 중 최대 에너지를 가진 13개의 규칙적인 펄스만을 구하게 된다. 그러므로 부호기에서 합성된 신호를 입력 음성과 비교해 볼때 적지않은 오차를 발견할 수 있다. 그 과형비교는 다음 IV.2절의 모의실험 결과에서 보여질 것이다.

RPE-LTP 음성부호화기의 개선 방안으로서, 부호기에서 여기될 잔여신호를 여기 이전에 부호기에서처럼 직접 합성시킨다. 이 합성된 신호를 입력음성과 비교하여 최대한 오차를 줄일 수 있는 알고리즘을 통하여 간축된 잔여신호의 진폭을 최적화하는 모델을 구하는 방법을 고려할 수 있을 것이다.

VSELP 음성부호화기는 북미의 표준이므로 여기 신호를 발생시키는 코드북들 중 코드북1, 코드북2, 그리고 이들 코드북은 미국인의 음성을 기준으로 설계되었다. 따라서 VSELP 음성부호화기를 우리나라에서 채택하기 위해서는 한국인의 음성에 맞는 코드

북 설계가 필요하게 된다. 코드북 설계는 매우 광범위한 실험이 필요하며 이에 따른 결과로서 LPC 여파기의 차수를 10이 아닌 다른 차수로써도 고려할 수 있을 것이다.

본 논문의 목적은 기존의 음성부호화방식을 비교하는데 있다. 그러므로 여기서 논의한 개선 방안은 앞으로 연구하여야 할 부분이며 본 논문의 범위를 벗어난다.

IV. 시뮬레이션 결과 및 논의

1. 요구되는 연산 횟수

부호화(encoding) 및 복호화(decoding)에 요구되는 각 연산횟수가 실시간 처리에 중요한 영향을 미친다. 일반적으로 부호화는 소스코딩을 위한 최적화 과정을 거치기 때문에 부호기보다 요구되는 연산횟수가 많아지므로 그만큼 처리시간이 길어진다.

본 연구에서는 가산기, 감산기, 승산기, 제산기 및 비교기 등에 대하여 연산횟수를 고려하였다. 이때 고려사항 및 제약조건은 다음과 같다.

- 1) 하나의 부호기(혹은 복호기)내의 연산장치로서 가산기, 감산기, 승산기, 제산기, 및 비교기가 각각 1개씩 있다.
- 2) 연산횟수는 1프레임 단위로 계산한다.
- 3) 상수로 치환가능한 것들은 연산과정을 거치지 않는다(예, 프레임 에너지의 분모항 $2(N_A - N_B)$).
- 4) 인덱스(index)는 연산과정에서 제외한다(예, $X(k_i + m + i * 3)$ 의 인덱스 $k_i + m + i * 3$).
- 5) 특수 연산은 고려대상에서 제외시킨다(예, 로그연산, 제곱근연산 등)

이때, 위의 5가지 고려사항 및 제약조건에 대해 최악의 경우(worst case)에 대하여 각각의 연산횟수는 표 2에 계산결과를 요약하였다. 표 2에서 보는 바와 같이 4개의 부-복호기는 공통적으로 곱셈연산의 횟수가 나머지 연산횟수에 비해 큰 것으로 나타났다. 또한, 부호기가 복호기보다 전체적인 연산횟수가 많은 것으로 계산되었다. 범용 DSP 프로세서는 일반적으로 사칙연산을 포함한 기본연산을 동일한 싸이클내에 수행하므로 부호기의 승산연산이 실시간 처리에 가장 큰 영향을 미칠 수 있다. 특히, VSELP 부호기의 승산연산횟수는 RPE-LTP 부호기보다 5배 정도 많은 것으로 계산되었다.

표 2. 연산횟수의 계산 결과

Table 2. Calculation result of operation number

	가산기	감산기	승산기	제산기	비교기
RPE-LTP부호기	16907	1688	17844	1361	132
RPE-LTP복호기	1291	8	1548	8	0
VSELP 부호기	55625	6762	88586	6516	3911
VSELP복호기	7120	1923	9181	22	10

(iteration / frame)

2. 모의실험 결과 및 논의

본 연구팀의 모의실험을 수행하기 위하여 RPE-LTP 및 VSELP의 소스코딩 프로그램을 구현하였고 이를 PC-486(DX2, 33MHz)에서 모의실험하였다. 또한, 한국어 음성의 데이터를 얻고 모의실험

표 3. 모의실험에 사용된 음성 데이터

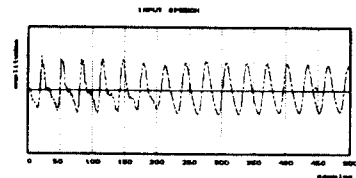
Table 3. Speech data for simulation

예1. (여)“여보세요! 홍대 전자과인데요 홍길동씨 계십니까?”
예2. (여)“올 가을은 따뜻했으면 좋겠다”
예3. (여)“그치지 않아야 할때 그치는 자는 이루는 일이 없다”
예4. (여)“이 청년은 김디다 못해 이 직장에 사표를 제출한 것입니다”
예5. (여)“주님, 바른 길로 갈 수 있도록 인도하십시오”
예6. (여)“재혼이 모처럼 날 보자고 하니 안좋은건 시키는구나”
예7. (여)“매양 저물때 저희가 싱망으로 나가더라”
예8. (여)“어디에 쓰일지도 모르는데 이렇게 목소리를 높히도 되는 걸까?”
예9. (여)“최항의 경국대전”
예10. (여)“원산총과업 일제하 최대규모의 노동쟁의”
예11. (여)“여보세요 전자공학과입니다”
예12. (여)“내 목소리는 시험당하고 있다”
예13. (남)“친구를 사귀되 내가 이롭기를 바라지 말라”
예14. (남)“남이 내듯대로 순종해주기를 바라지 말라”
예15. (남)“용마구두약 보혀, 방수는 물론 산뜻한 광택을 내줍니다”
예16. (남)“110년전 조선 개화파가 찾은 땅, 설리콘밸리로 가다”
예17. (남)“믿음과 소망과 사랑중에 그중에 제일은 사랑이라”
예18. (남)“적색경보! 전 대원은 출동준비하라”
예19. (남)“집은 곧 국가요 법이니라”
예20. (남)“무엇이든지 지도하고 구하는 것은 밝은줄로 번으라”
예21. (남)“양약은 고어구나 이리어 병이라”
예22. (남)“눈내리는 밤은 언제나, 참기힘든 지난 추억이”
예23. (남)“재혼이 왜 내 목소리는 샘플링 안하는 사이”
예24. (남)“오늘도 휴강, 내일도 휴강, 항상 휴강”
예25. (남)“영원한 것은 아무것도 없다. 순간에 충실하자”
예26. (남)“생각하는 삶을 살자”

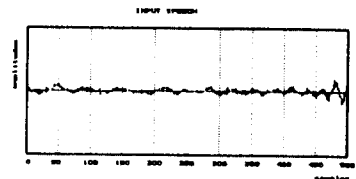
의 결과인 합성음 데이터를 음성출력하기 위해 사운드 카드 SB-16을 이용하였다. 한국어인 남녀의 음성 데이터 26가지에 대하여 구간 신호대 잡음비를 구하였고, 대학원생 17명을 대상으로 MOS를 평가하였다. 음성 데이터들은 8kHz로 표본화된 후 16비트로 양자화되었다.

한국인 남녀의 음성 데이터 26가지의 목록을 표 3에 보였다.

각 음성부호화기의 합성과정과 입력음성파형을 비교하기 위하여 표 3의 예1. 과 예13.를 사용하였다. 아래에 500개의 데이터(62.5ms)에 대하여 예문의 입력음성, RPE-LTP 음성부호화기의 합성음성, VSELP 음성부호화기의 합성음성에 대한 각각의 음성음, 무성음 파형을 수록하였다.

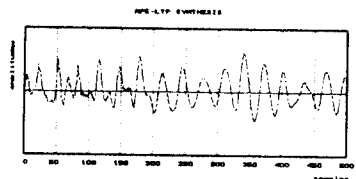


유성음

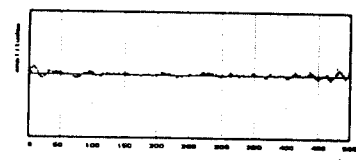


무성음

(1) 입력음성파형

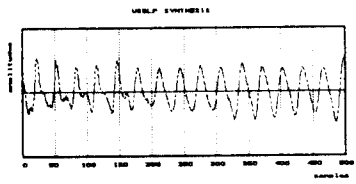


유성음

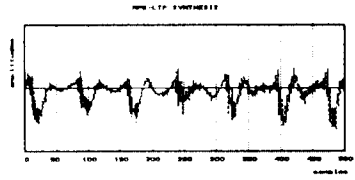


무성음

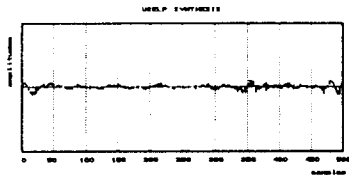
(2) RPE-LTP 합성파형



유성음

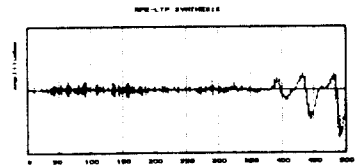


유성음



무성음

(3) VSELP 합성파형

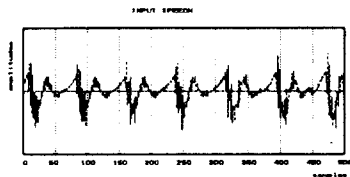


무성음

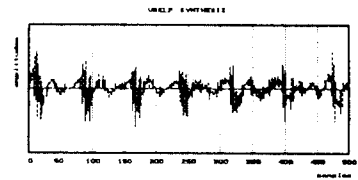
(2) RPE-LTP 합성파형

그림 7. 예문 1에 대한 입력음성파형, RPE-LTP 합성파형 및 VSELP 합성파형

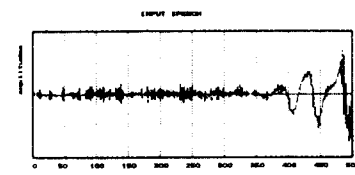
Fig 7. Input speech waveform, RPE-LTP synthesis waveform, and VSELP synthesis waveform for example 1.



유성음

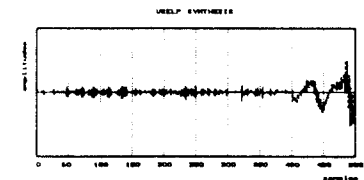


유성음



무성음

(1) 입력음성파형



무성음

(3) VSELP 합성파형

그림 8. 예문 13에 대한 입력음성파형, RPE-LTP 합성파형 및 VSELP 합성파형

Fig 8. Input speech waveform, RPE-LTP synthesis waveform, and VSELP synthesis waveform for example 13.

객관적인 평가기준으로 사용된 구간 신호대 잡음비의 결과는 표 4와 같다.

표 4. 각 음성부호화기의 구간 신호대 잡음비
Table 4. Segmental SNR of each speech coder

음성부호화기	평균 SNRSEG [dB]
RPE-LTP	2.23
VSELP	6.34

주관적인 평가기준으로 사용된 5-포인트 MOS¹⁾ 결과는 표 5와 같다.

표 5. 합성음성의 MOS
Table 5. MOS of synthesis speech

음성부호화기	MOS 평가분포					평균 MOS
	5	4	3	2	1	
RPE-LTP	0.23%	9.05%	49.54%	35.75%	5.43%	2.63
VSELP	0.94%	28.50%	47.05%	20.35%	3.17%	3.04

객관적 평가방법인 구간 신호대 잡음비는 VSELP가 표 4와 같이 RPE-LTP에 비해 큰 것으로 나타났다. 또한 주관적 평가방법인 MOS 평가에서도 VSELP가 표 5와 같이 RPE-LTP에 비해 동등하거나 보다 우수한 것으로 나타났다.

1) MOS (Mean Opinion Score) : 주관적인 음성평가의 한 방법으로써 평가의 단계를 5가지 단계로 구분한다. 다음표는 평가기준이다¹⁴⁾.

표 6. MOS 평가기준
Table 6. MOS evaluation level

평가숫자	음 질	설명
5	Excellent	Imperceptible
4	Good	(Just) Perceptible but not Annoying
3	Fair	(Perceptible and) Slightly Annoying
2	Poor	Annoying (But not Objectionable)
1	Unsatisfactory (Bad)	Very Annoying (Objectionable)

V. 결 론

본 연구에서는 디지털 이동통신용 음성부호화 방식 중에서 유럽 표준인 RPE-LTP와 북미 표준인 VSELP를 소스코딩에 중점을 두어 비교, 분석하였다. 각 음성부호화기에 대해 실시간 처리에 가장 큰 영향을 미치는 연산횟수를 비교하였으며, 모의실험을 통하여 한국어 음성데이터에 대한 구간 신호대 잡음비 및 5-포인트 MOS 실험 비교를 수행하였다.

연산횟수는 각각의 부·복호기에 공통적으로 곱셈 연산횟수가 나머지 연산에 비해 많은 것으로 계산되었고, 그중 VSELP 부호기의 곱셈연산횟수가 가장 많은 것으로 나타났다. 또한, 정 전송율(net bit rate)면에서 RPE-LTP 음성부호화기에 비해 VSELP 음성부호화기가 37.5% 만큼의 높은 압축율을 가지며, 26가지 음성 데이터에 대하여 구간 신호대 잡음비는 VSELP가 RPE-LTP보다 높은 것으로 계산되었고, 5-포인트 MOS 실험을 실시한 결과 VSELP가 RPE-LTP에 비해 음질이 동등하거나 보다 우수한 것으로 평가되었다.

참 고 문 헌

1. 정종태, 김영일, "디지털 이동통신을 위한 음성 부호화 기술", 전자통신동향분석, vol. 4, no. 3, pp. 3-12, Oct. 1989.
2. 김선영, 김진업, 정종태, 김영식, "디지털 이동통신용 RPE-LTP 음성 부호화기," 전자통신동향분석, pp. 42-59, Jan. 1991.
3. Sadaoki Furui and M. Mohan Sondhi, "Advances in speech signal processing," Dekker, pp. 86-89, 1991.
4. P. Vary, K. Hellwig, R. Hofmann, R.J. Sluiter, C. Galand and M. Rosso, "Speech codec for the European mobile radio system," ICASSP, pp. 227-230, 1988.
5. K. Hellwig, P. Vary, D. Massaloux, J.P. Petit, C. Galand and M. Rosso, "Speech codec for the European mobile radio system," 1989 IEEE GLOBECOM, pp. 1065-1069, 1989.
6. Christopher J. Zarowski and Howard C. Card, "Finite precision arithmetic and the Schur al-

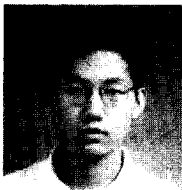
- gorithm," IEEE T-ASSP, vol. 38, no.8, pp. 1475-1478, Aug. 1990.
7. N. Kalouptsidis and S. Theodoridis, "Adaptive system identification and signal processing algorithms," Prentice Hall pp. 43-46, 1993
 8. Motorola Inc., "Principle of Vector Sum Excited Linear Predictive(VSELP) speech coder and its implementation on the DSP56156," Austin, Texas, 1991
 9. 나중래, 김선영, 강상원, 이희재, 이영규, "이동통신 음성부호화기 VSELP의 구조와 실시간 구현," 주간기술동향, pp. 268-302, Sept. 1992.
 10. EIA/TIA INTERIM STANDARD, "Cellular system dual-mode mobile station-base station compatibility standard," IS-54 B, 1992.
 11. B.S. Atal, V. Cuperman and A. Gersho, "Advances in speech coding," Kluwer Academic Publisher, pp.69-79, 1991.
 12. I.A. Gerson and M.A. Jasiuk, "Vector Sum Excited Linear Prediction (VSELP) speech coding at 8kbps," pp. 461-464, 1990.
 13. L.R. Rabiner and R.W. Schafer, "Digital processing of speech signals," Prentice-Hall, pp. 411-413, 1978.
 14. A. Coleman, N. Gleiss, J. Sotscheck, P. Usai and H. Scheuermann, "Subjective performance evaluation of the RPE LTP codec for the Pan European cellular digital mobile radio system," pp. 1075-1079, 1989.



朴大德(Dae Duck Park) 준회원
1993년 2월: 홍익대학교 전자공학과(공학사)
1993년 3월 ~ 현재: 홍익대학교 대학원 전자공학과(석사과정)
※주관심분야: 신호처리, 부호이분



金和俊(Hwa Joon Kim) 정회원
1992년 2월: 홍익대학교 전자공학과(공학사)
1994년 2월: 홍익대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1994년 ~ 현재: 대한전선 주식회사 정보통신연구소 연구원
※주관심분야: 음성부호화, 전송방식



沈載勳(Jae Hoon Shim) 정회원
1991년 2월: 홍익대학교 전자공학과(공학사)
1993년 2월: 홍익대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1993년 3월 ~ 현재: 홍익대학교 대학원 전자공학과(박사과정)
※주관심분야: 반도체 소자, VLSI & CAD 등



柳在熙(Jae Hee You) 정회원
1985년 2월: 서울대학교 전자공학과(공학사)
1990년 2월: Cornell대학교 전기공학과(공학박사)
1990년 3월 ~ 1991년 3월: Texas Instruments, Dallas VDL Lab. 연구원(64MEG DRAM 설계)
1991년 3월 ~ 현재: 홍익대학교 전자공학과 조교수
※주관심분야: Image, Speech signal processing VLSI 아키텍처 및 시스템 설계, DRAM, SRAM 회로설계 등



鄭夏奉(Ha Bong Jung) 정회원
1981년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학사)
1985년 1월 : 미국 남가주 대학(VSC) 전기공학과(공학석사)
1988년 7월 : 미국 남가주 대학(VSC) 전기공학과(공학박사)
1988년 8월 ~ 1991년 8월 : 미국 뉴욕 주립대(SUNY Buffalo) 전기공학과 조교수

1991년 8월 ~ 현재 : 홍익대학교 전자공학과 조교수
※주관심분야 : 디지털통신, 부호이론, 정보이론, 암호학



徐 祚 河(Jung Ha Suh) 정회원
1970년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학사)
1975년 2월 : 서울대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1979년 9월 ~ 1980년 8월 : 미국 미네소타대 객원연구원
1982년 2월 : 서울대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1985년 8월 : 미국 펜실바니아대(Post Doc.)
1978년 3월 ~ 1982년 2월 : 홍익대학교 전자공학과 조교수
1982년 3월 ~ 1987년 2월 : 홍익대학교 전자공학과 부교수
1987년 3월 ~ 현재 : 홍익대학교 전자공학과 교수
※주관심분야 : 반도체 소자, 회로설계 등