

TMS320C542 를 이용한 2.4kbps MELP 보코더의 실시간 구현

*박영호, **정찬중, **배명진

*송실대학교 전자공학과, **송실대학교 정보통신공학과

Real-time Implementation of 2.4kbps MELP vocoder using the TMS320C542

*Young-Ho Park, **Chan-Joong Jung and **Myung-Jin Bae

*Dept. of Electronics Engineering, Soongsil University

**Dept. of Info. and Telecomm., Soongsil University

yhpark@assp.ssu.ac.kr

요 약

본 논문은 범용 16bit Fixed-point DSP 를 이용한 새로운 미국 DoD 2.4kbps MELP(Mixed Excitation Linear Predictive)보코더의 실시간 구현에 관한 것이다. 구현된 MELP 보코더는 ROM 32.6Kword, RAM 12.2kword 를 가지며 40MIPS DSP 에서 약 29MIPS 를 필요로 하였다. 출력된 파형은 C simulator 와 Bit Exact 한 출력 결과를 보여주었다. 실시간 구현된 MELP 를 동일전송율의 2.4kbps AMBE 와 음질 비교한 결과 AMBE 보다는 MOS 0.2 음질이 떨어졌다.

1. 서론

통신이 발전함에 따라 인간의 가장 기본적인 정보원인 음성을 원음 그대로 전달하고 인식하는 분야에 대해 많은 연구가 행해지고 있다. ADPCM, DPCM, CVSD 와 같은 파형부호화방식은 저지연, 빠른 프로세싱시간과 고음질을 가지는 장점이 있는 반면 16kbps 이하 전송율에서 음질이 심하게 왜곡되는 현상이 있다. 반면 MPLPC, CELP, RPLPC 와 같은 혼성부호화방식은 4 - 9.6kbps 의 중대역에서 고음질을 가지나 많은 계산량과 고지연을 가진다. 또한 LPC-10 과 같은 소

스부호화방식은 1 - 2kbps 의 낮은 전송율에서 MOS 약 2.7 정도의 낮은 음질을 가지며 주로 군 사용이나 적은 메모리를 필요로 하는 완구류, 휴대용 전자제품에 사용되고 있다.

1996 년에 미국방성에서는 FS1015 와 FS1016 을 대체할 새로운 보코더를 발표하였다. MELP 라고 명명한 이 보코더는 2.4kbps 의 전송율에서 4.8kbps CELP 보다 좋은 음질을 가진 소스부호화 방식의 보코더로 LPC 기반에 multiband 와 5 가지 기능을 추가하여 성능을 향상시켰다. 본 논문에서는 이 MELP 알고리즘을 실시간 구현하고 기존에 구현되어져 있는 동일 전송율의 DVSI 사 2.4kbps AMBE 와 성능을 비교하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 MELP 알고리즘에 대해 논하고 3 장에서는 TI 사의 TMS320C-542 를 이용한 MELP 의 실시간 구현에 대해 설명한다. 4 장에서 그 결과와 AMBE 와의 성능을 비교하고 5 장에서 결론을 맺는다.

2. 2.4kbps MELP vocoder 알고리즘

MELP 보코더 모델은 전통적인 LPC 보코더구조를 그 기반으로 하고 있다. 그러나 합성단에 다음과 같은 5 가지의 기능이 추가되어 자연스러

은 인간음성에 더 근접시켰다.

1. Mixed pulse and noise excitation
2. Periodic or Aperiodic impulses
3. Adaptive spectral enhancement
4. Pulse dispersion filter
5. Fourier magnitude modeling

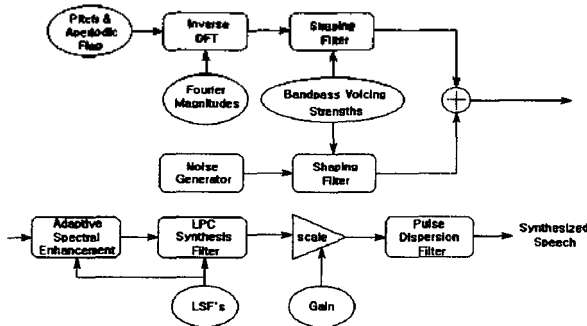


그림 1. MELP Decoder 블록도

22.5ms 단위로 입력프레임을 받아 BPF 통과한 음성은 고정된 대역폭을 가진 5 개의 서브밴드필터를 통과하여 주파수 의존적인 voicing 을 계산한다. 이것은 LPC-10 에서 주된 문제점이었던 buzzy 음을 제거하기 위함이며 해당 프레임이 유성음일 경우 주기적 또는 비주기적 펄스를 사용하여 합성한다. 또한 음질을 개선하기 위하여 예측잔차 신호의 푸리에 진폭코딩을 벡터양자화로 수행한다. MELP 의 다른 구성은 아래와 같다. 그림 1 은 MELP 의 복호단의 블록도이다.

- 고대역필터 : 4th order Chebyshev type II
- Cutoff Frequency 60Hz
- StopBand Rejection : 30dB
- 에러 정정코드 : 3 Hamming(7,4)
1 Hamming(8,4)
- 대역필터 Voicing 분석 : 6th Butterworth Filter
 - 0 - 500Hz
 - 500-1000Hz
 - 1000-2000Hz
 - 2000-3000Hz
 - 3000-4000Hz

표 1. 비트할당

파라미터	Voiced	Unvoiced
LSF's	25	25
Fourier magnitudes	8	-
Gain(2/frame)	8	8
Pitch, overall voicing	7	7
Bandpass Voicing	4	-
Aperiodic Flag	1	-
Error Protection	-	13
Sync Bit	1	1
Total Bit	54	54

3. 구현 및 결과

2 장에서 상술한 MELP 알고리즘을 범용 16bit fixed-point DSP 를 이용하여 실시간 구현하였다. 먼저 구현할 대상 DSP 선정을 위해 한국에서 많이 사용되는 OAK DSP, TI TMS320C542, 아날로그 디바이스사의 ADSP-218x 에 대해 다음과 같은 사양을 가지고 성능 조사를 실시하였다.

- MIPS 당 Power 소비량
- MIPS 당 코스트
- 내장형 ROM/RAM 의 유무 및 크기
- Chip size 및 개발환경

조사결과 TI 의 TMS320C542 가 위의 요구조건에 대해 MELP 를 개발하는데 가장 적합하며 542DSPLIB 를 이용하면 짧은 시간에 개발이 완료될 것으로 판단되었다[1]. TMS320C542 의 칩셋은 다음과 같다.

- 2k word program ROM / 10k word DARAM
- 3V power supply / 25ns speed (40MIPS)
- 2 개의 40 bit Acc / Barrel shifter
- 17 * 17 bit multiplier / 40 bit Adder

MELP 실시간 구현에 사용된 보드는 DSP Research 사의 Tiger TMS320C542 board 로서 TMS320C542 칩과 256kbyte 의 zero-wait 외부램을 가지고 있다. 또한 McBSP 에 CS4213-KL 오디오 칩이 연결되

어있으며 JTAG 포트를 통해 XDS510 을 이용하여 디버깅 및 코드의 다운로드가 용이하다. MELP 보코더의 개발순서는 다음과 같이 실시하였다. EVM 보드를 사용하여 MELP Fixed-point C 소스를 먼저 DSP 상에서 비실시간 동작되도록 구현하였다. 비실시간 동작된 소스에 대해 루틴별로 MIPS 를 측정하고 함수들의 통합 및 불필요한 메모리 할당을 제거하여 C 언어레벨에서 최적화를 하였다. 대부분 DSP 의 프로그램은 loop 부분에서 많은 계산량을 차지하므로 이 부분의 C 코드 최적화에 주안점을 주었다. 사용된 Loop unrolling 은 코드사이즈와 계산량과의 trade-off 를 필요로 하므로 전체 메모리맵을 사전에 구상하여 그에 적절한 코드최적화가 필요하다. 최적화된 C 언어는 54DSPLIB 를 사용하여 부분적인 MIPS 최적화를 수행하였다. 이단계까지 수행하였을 경우 40MIPS DSP 에서 실시간으로 동작이 가능하였다. 그러나 실제코드와 내부 스케일 인자(Q format)의 차이로 PC 와 Bit Exact 하지는 않았다. 따라서 542DSPLIB 로 바꾼 부분 중 극소수의 부분만을 제외하고 핸드 어셈블리어로 수정하였다. 전체코드 중 30%는 C 로 나머지 70%는 어셈블리어로 변경하였다. 핸드 어셈블 작업에 들어가기전에 542 는 개선된 하버드 구조를 가지고 있기 때문에 효율적으로 메모리를 관리하고 수행최적화를 이루기 위해서는 변수들의 메모리 할당과 파이프라인 충돌에 주의해야 한다. 따라서 어셈블리 작업에 들어가기 전에 메모리 할당과 함수간 인자전달방법에 대해 명백한 사전정의를 하였다. 마지막으로 음성의 입력 및 출력은 Pingpong 방식을 사용하였다. 두개의 버퍼를 두고 ping 버퍼가 full 되었으면 이 버퍼에 대해 압축을 수행하고 압축하는 동안 pong 버퍼에 새로운 데이터를 받는 방식으로 동작한다. McBSP 로부터 들어온 데이터는 DMA 를 이용하여 버퍼에 써넣어지며 22.5ms 샘플이 차면 DSP 에 인터럽트를 걸어 DSP 는 백그라운드 작업

에 무관하게 적은 로드로 작업을 할 수 있다.

4. 2.4kbps AMBE 와의 성능비교

MELP 와 유사한 전송율에서 현재 관심의 대상이 되고 있는 것은 2.4kbps AMBE 와 2.4kbps EWI 방식이다. 본 논문에서는 DVSI 사에서 발표한 2.4kbps AMBE 와 MELP 의 실시간 구현시 음질을 비교 평가 하였다. AMBE 는 2.0kbps 에서 9.6kbps 까지 multimode 방식으로 구성되어 있으며 VAD/Comfort Noise 와 14MIPS 이하의 계산량을 가지고 있다. 두개의 보코더를 가지고 다음의 음성에 대해 음질비교를 수행하였다.

- 1 여기는 숭실대학교 정보통신공학과 음성통신연구실이다.
2. 영일이삼사오육칠팔구십
3. 국내이동통신은 현재 천만명의 가입자를 유치하고있습니다.

음질은 MOS 의 보다 객관적인 평가를 위하여 전화기 특성을 모델링한 IRS Weighting Filter 를 통과하였고 P.56 speech level meter 를 사용하여 dBov 를 측정하였다. 또한 MNRU 를 5dB 간격으로 첨가하여 보다 객관적인 평가를 수행하였다.

표 2. 주관적 평가(MOS) [MNRU : dB]

코덱 \ MNRU	15	20	25	30
MELP 음성 1	2.9	3.0	3.3	3.4
AMBE 음성 1	3.0	3.2	3.3	3.6
MELP 음성 2	2.7	3.0	3.2	3.4
AMBE 음성 2	2.9	3.2	3.3	3.6
MELP 음성 3	2.9	3.0	3.2	3.5
AMBE 음성 3	3.1	3.3	3.5	3.7

평가 결과 모든 MNRU 에 대해 AMBE 가 MELP 보다 음질이 MOS 약 0.2 정도 나왔다. 아직까지 MELP 가 개선할 사항이 많으며 특히 고정대역폭

으로 U/V 분리는 AMBE 에 대해 음질저하의 주된 원인으로 지적된다.

표 3 에 MELP 의 계산량을 나타내었다. MSVQ 검색과 BPF/voicing, Fourier module, 파치검색이 많은 계산량을 요구하였다.

표 3. 분석단 계산량

모듈	TMS320C542 MIPS
LPC module	0.48
Fourier module	3.49
Peakiness	0.03
Global Pitch search	1.24
Fine Pitch search	2.64
BPF / voicing	6.40
Gain module	0.32
LPC to LSP conversion	0.94
MSVQ	4.24
DC Removal Filter	0.43
Total	20.21

5. 결론

본 논문에서는 미국방성에서 새롭게 표준화된 2400bps 전송율을 가진 MELP 를 일반 16bit fixed-point DSP 를 이용하여 실시간 구현하였다. 구현되어진 MELP vocoder 는 TI 사의 TMS320C542 DSP 상에서 전체 29MIPS 의 계산량 가졌다. 구현된 MELP 를 유사한 전송율의 AMBE 와 음질 비교결과 AMBE 가 clean 음성에 대해 MOS 0.2 만큼 음질이 나았다. 현재 본 연구실에서 개발중인 1.7kbps 이하의 VBR-MELP 와 더불어 가전 및 정보통신분야에 많은 응용이 기대된다.

참고문헌

- [1] Berkeley Design technology, Inc., " Buyer's Guide to DSP Processors", 1997
- [2] NIST, "Draft FIPS Publications on MELP", USA, June 4, 1997
- [3] TIA/EIA/IS-641, "TDMA Cellular/PCS-Radio Interface EFR Speech Codec", May, 1996

[4] Texas Instruments, "TMS320C54x DSP-optimizing C compiler", 1998

[5] Texas Instruments, "TMS320C54x Assembly Language Tool", 1998

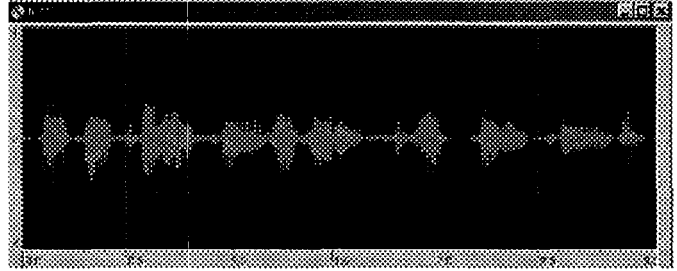


그림 2. 원파형

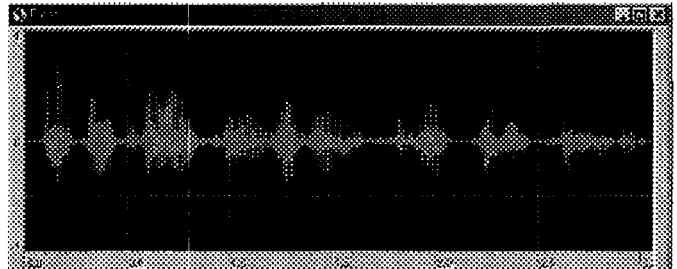


그림 3. Floating 파형(PC 파형)

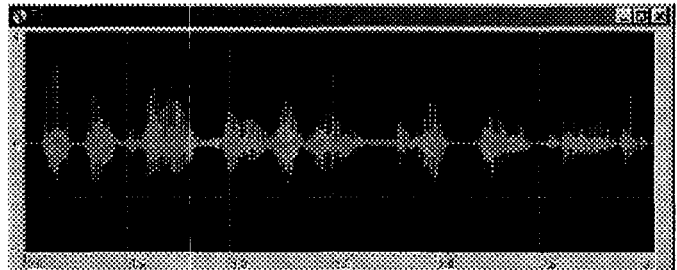


그림 4. TMS320C542 의 출력 파형

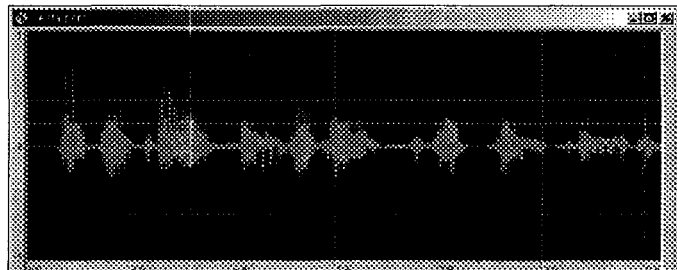


그림 5. 2.4kbps AMBE 출력 파형