

DECT기지국용 4채널 ADPCM 코덱과 반향제거기의 실시간 구현

연구철*, 한철희*, 박연춘**, 안재선**, 윤대희*

*연세대학교 전기전자공학과, **삼성전자

A Real-Time Implementation of 4 Channel ADPCM CODEC & Echo Canceller for DECT Base Station

K.C. Yeon, H.C. Han, Y.C. Park, J.S. Ahn, D.H. Youn

*Dept. of Electrical and Electronic Eng., Yonsei University, **Samsung Electronics

E-mail : scaee@mcsp.yonsei.ac.kr

요 약

본 논문에서는 DECT 기지국에서 사용하기 위한 4 채널 음성 코덱과 반향제거기를 TMS320VC5402 DSP 칩을 이용하여 실시간 구현하였다. 코드 최적화를 통하여 4채널 G.726 ADPCM 코덱과 반향제거기를 76MIPS의 연산량 이내로 실시간 동작 가능하도록 구현하였다.

본 논문에서 구현한 ADPCM 코덱은 ITU-T G.726 Appendix II에서 정의된 모든 테스트 샘플로 검증하였다. 반향제거기는 모의실험 결과 반향신호를 약 20dB 정도 감쇠시켰으며, 실시간 시스템 통화시험을 통해 전체시스템의 안정적인 동작을 확인하였다.

I. 서론

최근들어 유선 및 무선통신을 위한 다양한 통신시스템이 개발되고 있으며, 특히 사용자의 공간적 제약이 없는 무선 이동 통신 시스템에 대한 관심이 고조되고 있다. 이 중에서 DECT(Digital Enhanced Cordless Telecommunications)는 유럽지역에서 가정용, 기업용 및 공중용으로 널리 사용되는 대표적인 무선 통신시스템이다.

DECT시스템을 통해 무선통신을 할 때, DECT 기지국과 연결되는 내선용 사설 교환기 또는 PSTN (Public Switched Telephone Network)의 하이브리드 회로에 의해 선로반향이 발생하게 된다. 이러한 반향신호는 통화품질을 저하시키기 때문에 DECT시스템에서는 반향제거기에 대한 표준안도 포함하고 있다[1].

기존의 DECT 시스템에서는 고가의 전용칩을 사용하

였으며, 타이밍 보상을 위하여 추가로 FPGA를 사용하여 시스템 비용이 증가하는 단점이 있다.

본 논문에서는 DECT 시스템에서 음성 전달에 필수적인 음성코덱과 통화품질을 향상하는 반향제거기를 저가의 16비트 고정 소수점 DSP(Digital Signal Processor)인 Texas Instruments 사의 TMS320VC5402를 사용하여 실시간 구현하였으며, 실제로 DECT 기지국에 적용하여 성능을 확인하였다.

II. DECT에서의 코덱과 반향제거기

DECT 기지국은 ADPCM을 사용하는 무선 단말기와 64kbps PCM을 사용하는 PSTN 사이에 연결되어 음성 신호의 부/복호화 과정을 수행하는 시스템이다(그림1참조). DECT시스템은 크게 다음과 같은 4부분으로 구성되어 있다.

- 음성전달을 위한 부분
- 무선통신을 위한 부분
- PSTN과의 접속을 위한 부분
- 제어를 위한 부분

DECT 기지국에 대한 표준안은 EN 300 175-8, TBR-10에 정의되어 있으며, 음성 코덱과 반향제거기의 성능에 대한 표준안은 EN 300 175-8, TBR-10 Part 8에 정의되어 있다. 음성 코덱은 ADPCM 방식으로 ITU-T에서 표준안으로 정한 G.726중에서 32kbps의 비트율만을 사용하며, 반향제거기에 대해서는 표1과 같이 4ms 이내의 반향에 대해서는 TELR(Talker's Echo Loudness Rating)를 24dB이상, 60ms 이내까지는 추가적인 반향 손실을 9dB이상 주도록 성능을 규정하고 있다[1].

표 1. DECT 반향제거기 요구사항

반향 경로 지연	요구사항
Req.1: 0ms to 4ms	TELR \geq 24dB
Req.2: 0ms to 60ms	Extra echo loss \geq 9dB

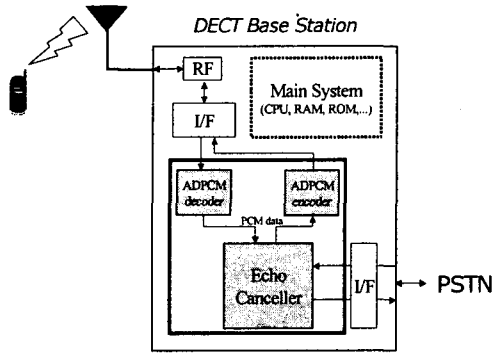


그림 1. DECT 기지국 블록도

2.1 ADPCM 코덱 (G.726)

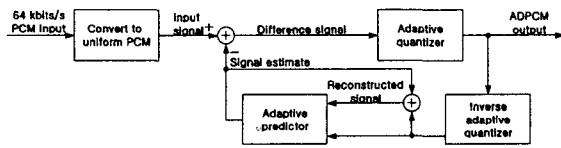


그림 2. ADPCM 부호화기

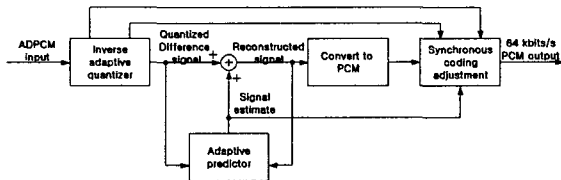


그림 3. ADPCM 복호화기

ADPCM 부호화기는 입력으로 64kbps PCM신호를 받고 적응 예측기를 통해서 입력 신호를 예측한 신호와 실제 입력 신호의 차를 계산한다. 계산된 차이값을 적응 양자화기를 통하여 양자화하여 ADPCM 부호화된 출력으로 내보낸다. ADPCM 복호화기는 ADPCM 부호화기의 역과정을 수행하여 PCM신호를 내보낸다.

ITU-T에서 표준안으로 정한 G.726에서는 A-law나 μ -law 64kbps PCM신호에 대해 부호화/복호화가 가능하며, 16, 24, 32, 40kbps등 다양한 비트율을 가지는 ADPCM신호에 대해 부호화/복호화가 가능한 ADPCM 코덱의 종류와 구조를 정하고 있다[2].

2.2 반향제거기

통신 채널에서의 반향을 효과적으로 제거하기 위한 방법으로는 적응필터를 사용하여 반향경로를 연속적으로 추정하는 적응반향제거기가 주로 사용된다[4]. DECT에서는 적응반향제거기와 함께 추가적인 반향 감쇄를 위하여 반향억압기(Echo suppressor)를 사용할 것을 권고하고 있다[1]. 본 논문에서는 일반적으로 선로반향 제거를 위해 가장 널리 사용되는 NLMS (Normalized Least-Mean Square) 알고리즘을 이용한 적응반향제거기와 잔여반향신호의 추가적인 감쇄를 위한 선형 반향억압기를 구현하였다[4][5][6].

모의실험 단계에서는 반향제거기의 동작확인 과 파라미터 설정을 위하여, 기존의 DECT 기지국시스템 반향제거기의 입력신호를 DAT를 이용하여 스테레오의 좌/우 채널에 48kHz/16-비트로 녹음한 후, 간축과 적절한 스케일링을 통하여 DECT에서 사용되는 선형 PCM 신호와 같이 14-비트 범위에 들도록 수정된 신호를 얻었다. 그림4는 녹음된 신호를 이용한 반향 제거 실험 결과이다. 시외 및 이동전화시 녹음된 DECT 기지국의 반향은 거의 대부분 사설교환기에서 발생한 짧은 지연 시간을 갖는 반향으로 그림4에서와 같은 크기와 모양의 충격응답을 갖고 있다.

본 논문에서는 구현한 적응반향제거기는 3,4,5,6,7,8 ms의 길이를 갖는 반향경로를 처리할 수 있도록 구현되었다. 특히 3ms일 때는 실측데이터에 대한 모의실험 결과에서 보는 바와 같이 반향경로의 충격응답 중 뒷부분을 모델링 할 수 없기 때문에 1ms의 dead time을 두었다.

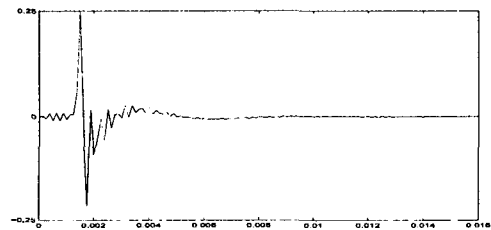


그림 4. 측정된 DECT 기지국의 반향경로 특성

III. 실시간 구현

3.1 ADPCM(G.726) 코덱 구현

음성 코덱인 G.726이 다채널을 지원하기 위해서는

프로세서의 연산량을 감소시켜야 한다. 본 논문에서는 연산량 감소를 위하여 코드 최적화를 수행하였다.

G.726에서 예측된 신호와 입력신호의 차이를 $D=(SLI+65536-SEI)\&65535$ 의 방법으로 연산한다. 본 논문에서는 $D=(SLI-SEI)\&65535$ 로 대체하여 사용하였다. G.726의 여러 부분(fmult, limd, mix, subta등)에 적용하여 연산량 감소하였다[10].

G.726에서 연산의 정확도를 위해서 양자화된 차이 신호와 복원된 신호에 대하여 부동소수점 연산을 수행한다. G.726에서는 부동소수점을 하나의 변수에 1비트의 부호(sign), 4비트의 지수(exponent), 7비트의 가수(mantissa)로 표현하도록 되어 있어, 고정소수점 DSP에서 부동소수점 연산을 하기 위해서는 데이터 형식간의 변환과정이 필요하게 된다. 데이터 형식의 변환의 감소를 위하여 부동소수점 표현을 위한 변수의 부호, 지수, 가수를 하나의 변수로 저장하여 고정소수점 DSP에서 부동소수점 연산에 적은 연산량으로 구현하였다 [2][8]. 부호, 지수, 가수를 각각 하나의 변수로 사용하게 되어 16워드의 증가가 있게 되지만, 연산량의 감소를 위하여 본 방법을 사용하였다.

양자화과정은 부호화기의 양자화기와 복호화기의 동기 부호화 적응기(synchronous coding adjustment)에서 수행된다. 양자화 과정을 조건분기로 수행을 하게 되면 입력신호에 따라서 연산량의 차이가 많아지게 된다. 본 논문에서는 양자화 테이블과 2진 검색방법을 사용하여 입력신호에 따른 연산량의 차이를 줄여 실시간 구현을 가능하게 하였다[2][8].

G.726에 정의된 Expand 블록은 ADPCM 부호화기와 반향제거기의 입력인 선형 PCM신호를 만드는 두 부분에서 사용되어 연산량 감소에 효과적인 부분이다. 본 논문에서는 조건분기를 사용하지 않고 256워드의 테이블을 사용하여 연산량의 감소하였다.

3.2 반향제거기

적용반향제거기의 안정적인 동작을 위해 반드시 필요한 동시통화 검출기는 상호상관도를 이용한 알고리즘을 사용하였다. 상호상관도를 이용한 알고리즘은 적응필터가 수립한 후에만 제대로 동작하므로 초기에는 입력신호의 크기비교를 통하여 적응여부를 결정하도록 하였다. 또한, 선로반향의 특성상 반향경로에 의한 신호감쇠율이 변화가 없으므로 수립 후에도 보다 빠른 동시통화 검출을 위하여 동시통화 시작점 검출시 크기비교를 함께 사용하였다.

DECT 표준안의 요구조건에 따라 선형 반향억압기는 적응반향제거기 통과 후 잔여반향신호를 일정한 양만큼 추가로 감쇠시켜주는 목적으로 사용되었다. 반향억압기

는 입력신호의 유무 및 크기비교를 통하여 7가지 상태를 갖도록 구현하였고, 이 중에는 행오버(hangover)상태들을 포함시켜서 억압기에 의한 chopping 및 clipping이 적게 일어나도록 하였다[7].

3.3 4채널 ADPCM 코덱과 반향제거기 구현

구현된 1채널 ADPCM 코덱과 반향제거기를 그림 5에 나타내었다. 본 논문에서 구현된 반향제거기는 하이브리드 회로가 있는 PSTN망에서 발생하는 반향에 대해서 동작하게 된다.

DECT 기지국 시스템에 실제로 적용된 후에 프로그램의 업그레이드가 용이하도록 내부 ROM을 사용하지 않고, 시스템 초기 동작시 마이크로프로세서의 제어에 의해 외부의 플래시메모리로 내부의 RAM으로 프로그램로 다운로드한다. 다운로드 후 프로그램이 RAM에 존재하게 되므로 RAM의 활용도를 위해서 프로그램의 길이를 줄이는 것이 필요하다. 본 논문에서는 데이터 페이지 어드레싱을 사용하여 메인 프로그램을 각 채널이 공유하게 됨으로 채널의 확장으로 인하여 메모리의 증가를 최소화하였다. 데이터 페이지 어드레싱을 적용하기 위해서 그림6과 같이 ADPCM 코덱과 반향제거기에서 사용하는 변수를 각각 하나의 데이터 페이지내에 존재하도록 하여 데이터 페이지별로 전환이 가능하도록 했다.

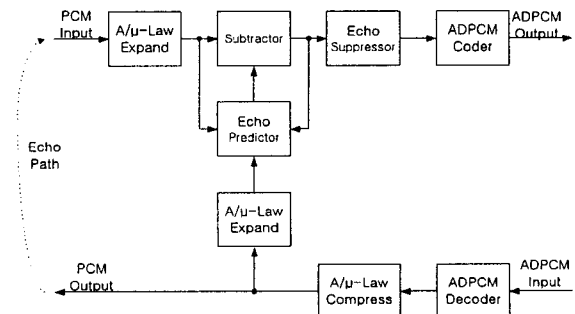


그림 5. DECT 기지국 DSP 블록도

구현된 ADPCM 코덱과 반향제거기를 DECT 기지국 시스템에 적용 하기 위해서는 DECT 제어부분, PSTN과 접속하는 부분, 무선통신을 위한 부분과의 인터페이스가 필요하다. 본 논문에서는 제어부분인 마이크로프로세서와의 인터페이스를 위하여 HPI(Host-Port Interface) 프로토콜을 이용하였으며, PSTN과 무선통신을 위한 부분의 인터페이스를 위하여 직렬 포트(serial port)를 이용하였다[9]. 구현된 ADPCM 코덱과 반향제거기를 위한 마이크로프로세서의 제어신호로는 반향제거기의 적응필터 탭수, 반향제거기 및 억압기 동

작 여부, 반향 억압기의 억압레벨 등이 있다.

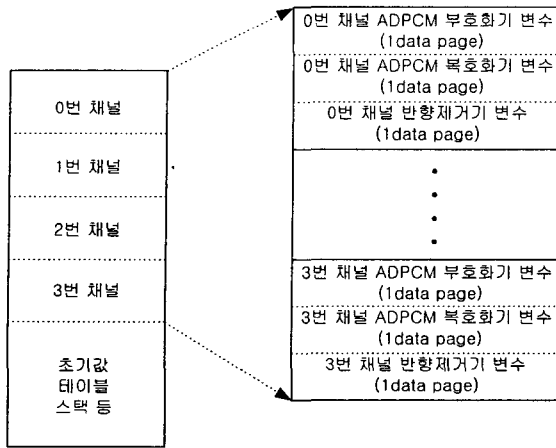


그림 6. DSP 데이터 RAM 메모리

IV. 시스템 성능

ADPCM 코덱은 C언어와 어셈블리어를 사용하여 모의실험을 하였으며 ITU-T에서 제공한 모든 테스트 샘플을 적용하여 부호화기와 복호화기에 대해 검증하였다 [3]. ADPCM 코덱의 성능은 DECT시스템에서 요구하는 ADPCM 비트율 32kbps를 기준으로 하였으며, 잔향 제거기의 입력인 선형 PCM을 만들기 위한 expand의 부분이 포함되어 있다. 반향제거기는 DECT시스템에 사용가능한 성능을 가지며, 8ms의 반향을 위한 64 탭 길이를 기준으로 반향억압기까지 포함해서 6.8MIPS의 계산량으로 구현하였다.

실제 구현된 DECT 시스템에 적용하여 실시간 동작 검증을 하였으며, DECT 시스템에 사용가능한 음질 성능을 얻었다.

표 2. 4채널 ADPCM 코덱과 반향제거기

	MIPS	CODE (K Word)	DATA(K word)	
			Var.	Table
ADPCM 코덱	47.2	1.5	1	0.6
반향제거기	27.3	0.5	0.5	0.13
전 체	75.4	2	1.5	0.73

V. 결 론

본 논문에서는 16비트 고정 소수점 DSP 인 TI사의 TMS320VC5402를 이용하여, DECT 기지국용 4채널 G.726 ADPCM 코덱과 잔향제거기를 구현하였으며,

DECT 기지국에 적용하였다. 실시간 구현된 ADPCM 코덱과 잔향제거기는 76MIPS성능이고, 메모리는 4.3K 워드를 사용하고 있다. 음성코덱인 ADPCM 코덱은 ITU-T에서 제공한 테스트 샘플로 검증하였으며, 반향제거기는 DECT의 표준안에 만족하는 성능을 가진다. 개발된 4채널 ADPCM 코덱과 반향제거기는 DECT 기지국 시스템에 적용하여 실시간 구동을 검증하였으며, 고가의 기존 상용칩을 대체할 수 있는 효율적인 시스템임을 확인하였다.

참고문헌

- [1] European Standard EN 300 175-8 : Digital Enhanced Cordless Telecommunication (DECT) ; Common Interface(CI) ; Part 8: Speech coding and transmission
- [2] ITU-T Recommendation G.726 : 40, 32, 24, 16kbps ADPCM
- [3] ITU-T Recommendation G.726 Appendix II : ADPCM Test Vectors
- [4] Messerschmitt, D. G., "Echo cancellation in speech and data transmission," IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Mar. 1984.
- [5] Widrow, B., McCool, J. M., Larimore, M. G., and Johnson, C. R., "Stationary and nonstationary learning characteristics of the LMS adaptive filter," Proc. IEEE, August, 1976
- [6] Widrow, B., and Stearns, S.D., Adaptive Signal Processing, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1985
- [7] Sondhi, M.M., B., and Berkley, D.A., "Silencing Echos on the Telephone Network", Proceedings of the IEEE, Vol.68, No.8, Aug. 1980
- [8] Texas Instrument Inc., *Implementation Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM) on TMS320C54x DSP* July, 1997
- [9] Texas Instruments Inc., *TMS320C54x DSP Reference Set : Volume 5: Enhanced Peripherals* June 1999
- [10] Anil Sharma, and C.P. Ravikumar, "Efficient Implementation of ADPCM Codec" VLSI Design 2000 Thirteen International Conference on, pp.456-461, 2000

* 본 논문은 삼성전자(주)의 지원으로 수행되었음.