

## QCELP 음성부호화기의 양방향 실시간 구현

°강석진\*, 이원명\*, 임명섭\*, 윤병우\*\*  
\* 한국전사통신연구소, \*\* 경상대학교 전기공학과

### The Full-Duplex and Real-Time Implementation of QCELP Vocoder

Seokjin Jang\*, Wonmyung Lee\*, Myungseop Lim\*, and Byungwoo Yoon\*\*  
\* ETRI, \*\* Dept. of Electrical Eng., Kyungsu University

#### 요약

본 논문은 CELP (Codebook Excited linear Prediction) 계열인 QCELP (Qualcomm CELP)의 성능 평가와 설계된 효율적인 구조, 구현된 양방향 실시간 시스템에 대해 기술한다. 공인된 음성 샘플을 이용 SNR (Signal to Noise Ratio)과 분할(Segmented) SNR의 객관적 테스트를 수행하여 QCELP의 성능을 확인하였다. 본 실에서는 QCELP 알고리즘이 하나의 DSP 칩에 이식되고, 무선 환경에서 실시간으로 음성부호화 과정을 수행할 수 있도록 새로운 구조를 설계하였다. 다음에 본 실에서는 양방향 통신의 하드웨어 플랫폼을 구성하여 설계된 QCELP 구조의 타당성을 입증하였다. 본 실에서 구현된 QCELP 음성부호화기는 현재 ETRI에서 개발된 디지털 이동통신 시스템인 CMS(CDMA Mobile System)-2에 사용되어 그 성능이 입증되었다.

#### 1. 서론

현재 ETRI 연구소는 아날로그 이동통신의 한계를 극복하기 위해 CDMA (Code Division Multiple Access) 방식을 이용한 디지털 이동통신 시스템인 CMS-2를 개발하였다. 이러한 디지털 이동통신 시스템에서는 디지털 변환된 음성 신호의 전송 대역폭을 줄이기 위해 음성 부호화기가 사용된다. 디지털 이동통신 시스템에서 사용되는 음성 부호화기는 주파수 사용 효율을 높이기 위해 낮은 전송율에서 고품질의 음성 서비스가 가능하여야 하며, 이동통신 채널 환경에 강인하여야 하고, 낮은 복잡도를 가져 실시간 처리가 가능하여야 한다.<sup>[1]</sup> 미국에서는 CDMA 디지털 이동통신의 음성부호화 방식으로 퀄컴(Qualcomm)사가 제안한 QCELP 음성부호화를 상징표준인 IS(Interim Standard)-96<sup>[2]</sup>으로 채택하였다. 본 연구소에서도 채택된 이 음성 부호화 방식은 CMS-2에 사용되기 위해 QCELP의 성능 평가와 실시간 구현이 필요하게 되었다. 따라서 본 실에서는 4 세트의 음성 샘플을 이용하여 QCELP의 음성 특성을 수행하였다. 본 논문은 이때 측정된 SNR과 분할 SNR의 객관적 테스트 값을 보여준다. 또한 본 논문은 QCELP가 하나의 DSP 칩에서 실시간으로 동작할

수 있도록 설계된 구조도 보인다. 마지막으로 본 논문은 이 설계된 구조의 타당성을 입증하기 위해 구성된 하드웨어 플랫폼에 대해서 기술한다. 이상의 결과로 이 논문은 현재 본 실에서 구현된 QCELP 음성부호화기가 디지털 이동통신 시스템에 충분히 이용될 수 있음을 보였다.

#### 2. QCELP의 개요 및 성능평가

##### 2.1 QCELP의 개요

AT&T의 CELP 알고리즘은 입력된 음성신호의 LPC(Linear Predictive Coefficient)를 추출하고, 분석/합성(Analysis by Synthesis)에 의해 피치(Pitch) 및 코드북(Codebook) 파라미터를 구함으로써 음성 신호를 부호화한다.<sup>[3]</sup> 디지털 이동통신에서는 무선 대역폭의 제약 때문에 8 kbps 이하의 낮은 전송율에서 고품질의 음질을 낼 수 있는 음성부호화기를 필요로 한다. 미국의 확장은 이러한 조건을 만족시키기 위해 CELP 구조에 가변 전송율 전송 개념을 도입한 QCELP 알고리즘을 제안하였다.<sup>[2], [4]</sup> 설계 QCELP 가변 전송율 음성부호화 방식은 양방향 통신 방식인 통화 시스템에서 목음시간이 전체 통화의 60-70% 정도를 차지한다는 점을 이용하여 음성품질의 저하 없이 낮은 전송율로써 음성신호를 부호화할 수 있다는 장점이 있다.<sup>[1]</sup> QCELP는 입력된 음성 신호의 에너지 레벨에 따라 표 1처럼 4개의 패킷 형태로 가변 전송을 한다.

표 1. 가변 전송되는 4개의 패킷<sup>[1]</sup>

패킷 형태	전송 비트 수	전송율 (bps)
전송율 1	171	9600
전송율 1/2	80	4800
전송율 1/4	40	2400
전송율 1/8	16	1200

QCELP에 의한 가변 전송 통화시 평균 8kbps 이하의 전송을 한다.

##### 2.2 QCELP의 성능 평가

QCELP 음성부호화기의 양방향 실시관 구현

표 2는 팔컴사가 발표한 QCELP의 주관적 음질 테스트 결과를 보이고 있다.

표 2. QCELP의 음질 평가 표 (Qualcomm사)<sup>1)</sup>

	이동 단말기 속도	MOS (9600 bps)	MOS (가변 전송)
		QCELP	0 mph
	30 mph	2.66	2.50
FM 아날로그	0 mph	3.62	
	30 mph	1.79	

위의 표에서는 QCELP가 9600 bps 전송속도와 가변 전송에서 아날로그 음질 이상의 성능을 나타냄을 보이고 있다. 팔컴사는 주관적 음질 테스트인 MOS(Mean Opinion Score) 평가를 통해서 이를 보였다. 본 실에서는 이와 별도로 객관적 음질 테스트를 통하여 QCELP의 성능을 평가하였다. 8 kHz로 표본화된 4 세트의 한국어 문장을 사용하여 IBM PC 상에서 C 코딩 소숫점 시뮬레이션을 수행하였다. 표 3은 이때 얻어진 SNR과 분할 SNR 값을 보이고 있다.

표 3. C 코딩 소숫점 시뮬레이션의 객관적 평가

이용된 음성 샘플	SNR / 분할 SNR (dB)	평균전송율 (Kbps)
KF 1	18.804/11.088	6.886
KM 1	13.101/8.406	6.225
KF 2	16.557/10.611	6.575
KM 2	11.753/7.832	6.443
KF 3	18.391/12.870	6.881
KM 3	12.945/9.525	6.028
KF 4	15.094/12.012	6.819
KM 4	13.845/8.146	6.258

- 문장 1: 이는 매우 한결같 차이 없습니다.
- 문장 2: 이번 기술은 예전과 달리 조금합니다.
- 문장 3: 오히려 전 인물의 죽제입니다.
- 문장 4: 말 한마디로 천냥빚을 갚는다.

이의 표에서 보듯이 SNR 값을 비교시 높은 값을 얻을 수 있었으나, 분할 SNR의 성능은 별로 좋지 않았다. 이는 북음 부분에서의 SNR이 좋지않음으로써 전체 분할 SNR의 감소를 초래한 것이다. 따라서 QCELP는 낮은 전송율에서 부호화의 정확도가 약간 떨어지며, 음질 개선을 위해서 낮은 전송율의 음성 파라미터에 할당된 비트수를 증가시킬 필요가 있다고 판단된다.

3. 설계된 QCELP 구조

본 실에서는 QCELP 알고리즘이 하나의 DSP 칩에 포팅(Porting)되어 실시간으로 동작하도록 구조를 설계하였다. 여기서 사용된 DSP 칩은 TMS320C50 고정소숫점 프로세서이다. 설계된 QCELP의 구조는 그림 1에 나타난 것처럼 크게 부호 및 복호부, 직렬 포트(Port) 처리부, 외부 명령 처리부로 구성된다. 부호 및 복호부는 순수한 QCELP 알고리즘을 나타낸다. 직렬 포트 처리부는 PCM 데이터의 송수신을 담당하며, 부호부의 시작 시점, 부호화된 데이터의 전송 시점, 부호부에서 복호부로 전환되는 시점을 제어 한다. 외부 명령 처리부는 부호화된 음성 데이터의 전송 및 수신 제어와 음성부호화의 초기화 및 동작 등의 외부 명령을 처리한다. 이를 위해서 TMS-320C50 칩의 인터럽트 핀 2개(INT1, INT3) 와 XF(External Flag) 핀을 사용했다.

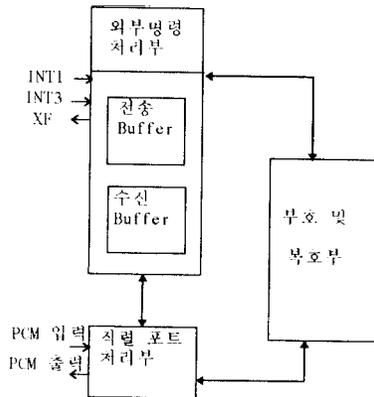


그림 1. QCELP의 설계된 구조

직렬 포트 처리부는 부호화된 데이터의 전송과 부호부의 시작점을 위해 PCM 입력 샘플수를 이용한다. 또한 부호부에서 복호부로 전환을 위해 PCM 출력 샘플수를 이용한다. 그림 2 와 3은 이 과정들을 나타냈다.

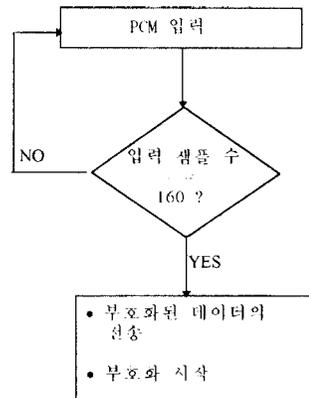


그림 2. 부호부의 시작 및 데이터의 전송

위 그림에서 PCM 입력은 부호 및 복호화 과정중 8 KHz 마다 한번씩 일어난다. 데이터 전송과 부호화 시작은 PCM 입력 샘플이 160 개가 되는 시점, 즉 20ms 마다 수행된다.

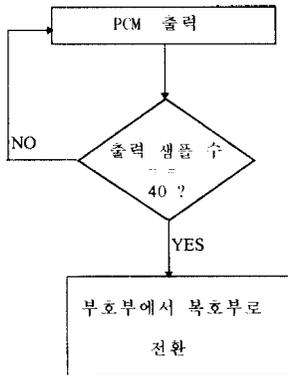


그림 3. 부호부에서 복호부로의 전환

위 그림에서 PCM 출력은 부호 및 복호화 과정중 8KHz 마다 한번씩 일어난다. 부호부에서 복호부로 전환은 PCM 출력 샘플이 40 개가 되는 시점 즉, 4ms 마다 수행된다. 다음 표 4는 이런 구조로 설계된 QCELP를 TMS320C50 칩에 포팅하여 구동시켰을때 소요된 MIPS를 보이고 있다.

표 4. QCELP 의 사용 MIPS

구동 블록	MIPS
부호부	34
복호부	2.3
기타(외부명령 처리부, 칠편로트 처리부)	1

위의 표에서 보듯이 총 37.3 MIPS 가 소요되고 있다. TMS320C50의 명령어 수행능력이 40 MIPS 이기때문에 설계된 QCELP 구조는 실시간 수행에 적합하다.

#### 4. 구성된 하드웨어 플랫폼

본 실에서는 이렇게 설계된 QCELP가 실제 이동통신 망에 장착되어 사용될때의 상황을 시뮬레이션하기 위하여 양방향 통신의 하드웨어 플랫폼을 구성하였다. 그림4는 구성된 양방향 통신 시스템의 블럭도이다. 이 그림에 있는 Host A, B로는 486 DX-66 PC를 사용하였다. 이 Host 는 이동통신 시스템에서 이동 단말기나 기지국을 나타낸다. 구현된 QCELP가 장착된 보드(Board)는 TMS320C50 칩을 탑재한 상용보드인 TIGER 5XF 이다. PCM 입출력은 TIGER 5XF가 갖고있는 전화라인 인터페이스 모듈(Module)을 이용하였다. 부호화된 데이터 전송은 TIGER 5XF에 있는 RS232 전송 모듈을 이용하였다. 무선 채널에서의 데이터 양방향 전송을 RS232 라인(line)으로 대신하였다. 본 실에서는 구현된 QCELP가 장착된 플랫폼을 이용하여 양 화자가 동시에 실시간으로 통화할 수 있음을 확

인하였다.

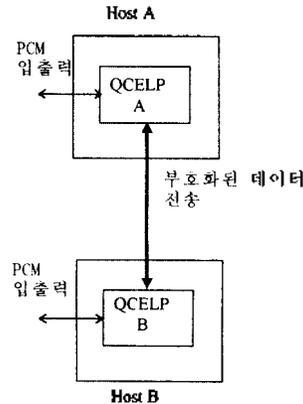


그림 4. 구성된 하드웨어 플랫폼

#### 5. 결론

본 실에서는 EIRI에서 개발한 디지털 이동통신 시스템인 CMS-2에서 사용되는 QCELP의 성능을 평가하였고, 하나의 DSP 칩에서 실시간으로 동작되도록 구조를 설계하였으며, 양방향 통신 플랫폼을 구성하여 구현된 QCELP의 타당성을 검증하였다. 현재 구현된 QCELP는 CMS-2에 사용되고있으며, 최적화 결과 34 MIPS 이하에서 동작하고 있다. 계속되는 최적화로 하나의 DSP 칩에 음성부호화기와 반향제거기를 포팅하는것이 가능하다. 본 실에서는 QCELP의 주관적 음질테스트인 MOS 평가불하여 더욱 정확한 성능평가를 수행할 예정이다. 수행결과를 추후 발표할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] 김재원, "TMS320C50을 이용한 CDMA 디지털 이동통신용 음성부호화기 구현", 대한전자공학 추계종합학술대회논문집 제 17권 제2호, pp.208-210, 1994.11.
- [2] TIA/EIA Interim Standard 96, April 1994
- [3] M.R.Schroeder and B.S. Atal, "Code-Excited Linear Prediction (CELP): High-Quality at Low Bit Rates", in Proc. IEEE Int. Conf. Acous., Speech, Sig. Processing, pp.937-940, March 1985.
- [4] J.S. Lee and S.Y. Kwon, "Analysis of Qualcomm's CDMA System", ETRI, April 1994
- [5] B.S. Atal, "Speech and Audio Coding for Wireless and Network Applications", Kluwer Academic Publishers, 1993