

# 13kbps QCELP에서 8kbps QCELP로의 음성 패킷 변환 기술

## Voice Packet Conversion from 13kbps QCELP to 8kbps QCELP Speech Codecs

박 호 중\*, 권 상 철\*  
(Ho Chong Park\*, Sang Chul Kwon\*)

※ 본 연구는 정보통신부에서 지원하는 1998 대학기초연구지원사업으로 수행되었음.

### 요 약

디지털 이동 통신 시스템에서 서로 다른 음성 압축기를 사용하는 단말기 사이의 통신은 음성 신호를 두 번의 압축/복원 과정을 거쳐 전달하므로 음질 저하, 계산량 증가, 전달 지연 증가 등의 문제를 발생시킨다. 본 논문에서는 이와 같은 단말기 사이의 통신에서의 문제점을 해결하기 위하여 음성 패킷 변환 방법을 제안하고, 13kbps QCELP 패킷을 8kbps QCELP 패킷으로 변환하는 방법을 개발한다. 여러 음성 신호를 이용한 모의 실험 결과, 본 논문에서 개발된 패킷 변환기가 짧은 음성 전달 지연과 약 33%의 계산량으로 일반적인 이중 압축 방법과 동등한 음질의 음성 신호를 합성하는 것을 확인하였다.

### ABSTRACT

In digital cellular communication systems, tandem coding occurs in communications between mobile phones with different speech codecs, resulting in poor voice quality, high computational load, and long transmission delay. In this paper, voice packet conversion technique is proposed to solve the tandem coding problems, and packet conversion algorithm from 13kbps QCELP to 8kbps QCELP is developed. Simulations using various speech data show that the proposed packet conversion method produces voice quality which is equivalent to that by the conventional tandem coding method with shorter transmission delay using about 33% computational load.

### 1. 개 요

국내 디지털 이동 통신 서비스의 가입자가 급격히 증가함에 따라 일반 유선 전화와 이동 단말기 사이의 통신 이외에 단말기와 단말기 사이의 직접적인 통신량이 매우 빠른 속도로 증가하고 있다. 단말기와 단말기 사이의 통신은 단말기와 유선전화 사이의 통신에 비하여 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. 첫째, 그림 1과 같이 단말기A와 단말기B 사이의 통신을 위하여 음성 신호가 두 번의 압축/복원 과정을 거치므로 일반 통화에 비하여 음질이 저하된다. 둘째, 현재 통신 시스템은 하나의 DSP 칩으로 한 음성 압축기를 동작시키므로 한 통화를 위하여 두 개의 DSP 칩이 필요하게 되어 시스템이 제공할 수 있는 통화량이 줄어든다. 셋째, 음성 신호가 음성 압축기를 통과하면 Look-Ahead 버퍼링으로 인하여 음성 전달에 지연이

발생하는데, 두 번의 음성 압축을 하므로 전달 지연이 더 길어지고 양자 통화의 품질이 저하된다.

이와 같은 단말기 사이의 통화 품질 저하의 근본적 원인은 통신 경로에서 음성 신호가 음성 압축기를 두 번 통과하기 때문이며, 두 번의 압축 과정(이를 이중 압축이라 함)을 거치지 않고 단말기 사이의 통신을 가능하게 하는 새로운 방법의 개발이 필요하다. 문제 해결을 위한 방법 중에 하나가 음성 패킷(Voice Packet: 음성 신호를 음성 압축기로 압축한 결과)을 Bypass 하는 방법이다. 즉, 수신된 음성 패킷을 음성 신호로 복원 후에 다시 압축하여 전달하는 것이 아니라, 수신된 패킷을 바로 상대방으로 전달하여 통신을 하는 것이다. 그러나 이 방법은 두 단말기가 동일한 음성 압축기를 사용할 때만 적용할 수 있는 제한이 있다. 현재 국내에서는 IS-96A 8kbps QCELP(이하 QCELP8k라 함)[1], CDG-27 13kbps QCELP(이하, QCELP13k라 함)[2], 그리고 IS-127 EVRC[3] 등 세 종류의 표준 음성 압축기가 동시에 사용되고 있으며, 서로 다른 종류의 단말기 사이의 통화량이 매우 많고, 따라서 서로

\* 광운대학교 공과대학 전자공학과

접수일자: 1999년 5월 16일

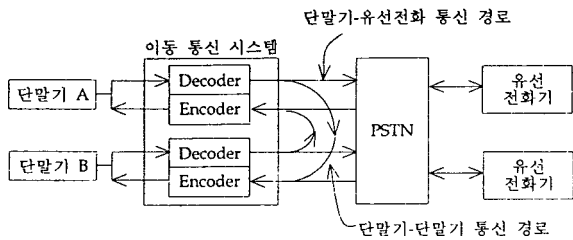


그림 1. 이동 통신 시스템의 음성 전달 경로  
Fig. 1. Speech transmission path of digital cellular systems.

다른 음성 압축기를 사용하는 단말기 사이의 고품질 통신을 위한 새로운 기술 개발이 필요하다.

본 논문에서는 패킷 변환 기술을 이용하여 단말기 사이의 통신 품질을 향상시키는 방법을 제안한다. 즉, 그림 2와 같이 QCELP13k를 사용하는 단말기A로부터 QCELP8k를 사용하는 단말기B로의 통신에서, 이중 압축 방식은 (a)와 같이 이동 통신 시스템이 수신한 QCELP13k 패킷을 PCM 신호로 복원 후 이 신호를 다시 QCELP8k 압축기로 압축하여 QCELP8k 패킷을 만들어 전송하고, 제안한 패킷 변환 방법은 (b)와 같이 이동 통신 시스템이 수신한 QCELP13k 패킷을 바로 QCELP8k 패킷으로 변환하여 단말기B로 전달한다. 이때, 패킷 변환을 위한 계산량은 이중 압축을 위한 계산량보다 작아 하나의 칩으로 통화를 할 수 있도록 하여야 하며, 패킷 변환에 의하여 최종적으로 합성되는 음성의 음질이 이중 압축에 의하여 전달된 음성에 비하여 떨어지는 안 되고, 또한 음성 전달 지연이 증가하여서도 안 된다.

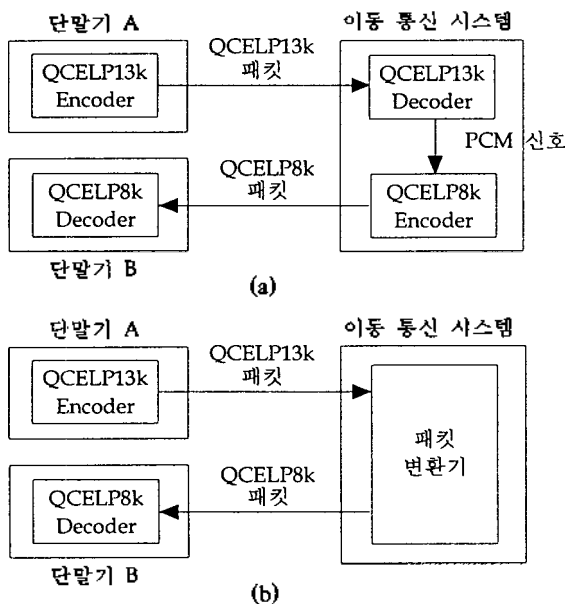


그림 2. 단말기 사이의 통신 방법. (a) 이중 압축에 의한 통신. (b) 패킷 변환기에 의한 통신  
Fig. 2. Communication between mobile phones; (a) Tandem Coding (b) Packet Conversion.

현재 국내의 현황은 서비스 업체에 따라 동일 음성 압축기에 대한 패킷 Bypass 기능을 적용한 경우가 있고, 유럽의 GSM에서는 이중 압축 문제를 해결하기 위한 노력이 진행되고 있다[4]. 그러나 다른 종류의 압축기 사이의 패킷 변환 방법이 서비스에 적용된 사례는 아직 없으며, 패킷 변환 기술의 개발을 통하여 이동 통신 시스템의 품질 경쟁력을 향상시킬 수 있을 것이다.

본 논문에서는 패킷 변환에 대한 첫 연구로서 QCELP13k 패킷을 QCELP8k 패킷으로 변환하는 방법을 개발하고, 패킷 변환기를 통하여 전달된 음성 신호의 음질을 측정하여 이중 압축에 의한 음질과 비교하고, 계산량과 성능의 관계를 살펴본다. 2장에서는 두 음성 압축기의 구조를 간단히 알아보고, 3장에서는 제안한 패킷 변환 방법을 설명하고 4장에서는 패킷 변환기의 성능을 측정하고 이중 압축 방법의 성능과 비교한다.

## II. QCELP13k와 QCELP8k 음성 압축기

QCELP13k와 QCELP8k 음성 압축기는 모두 CELP 기반 음성 압축기로서 전체 구조는 매우 비슷하며, 음성 신호를 LPC 계수, 피치 파라미터, 코드북 파라미터로 부호화한다. 또한 두 음성 압축기는 모두 입력 신호의 특성에 따라 네 가지의 전송률을 가지는 가변 전송률 음성 압축기이며, 20msec의 프레임, 10차 LPC 필터, LSP 양자화, 1-탭 피치 필터 등을 사용하는 구조적 공통점이 있다.

이와 같이 두 음성 압축기는 같은 구조와 같은 특성 파라미터를 가지지만 근본적인 차이점은 각 파라미터의 양자화 방법에 있다. QCELP13k는 QCELP8k 보다 더 많은 Bit를 사용하므로 각 파라미터의 양자화에 더 많은 Bit를 할당하여 양자화 오차를 줄이거나, 또는 보다 우수한 성능의 양자화기를 사용하여 음질의 향상을 가져온다. 예로, QCELP13k는 QCELP8k에 비하여 코드북 부프레임의 크기를 반으로 줄여 여기 신호의 양자화를 더 작은 단위로 하여 양자화 오차를 줄이고, LSP의 양자화를 Split 벡터 양자화 방법으로 하여 성능을 향상시키고, 피치 주기를 1/2 샘플 단위로 양자화 하여 보다 정확한 피치 주기를 표현하며, 코드북 이득의 양자화를 보다 많은 Bit로 하여 오차를 줄인다.

QCELP13k와 QCELP8k는 모두 Full, 1/2, 1/4, 1/8의 네 가지 전송률을 지원한다. 그러나 QCELP8k에서는 Full Rate만 음성 구간이고 나머지는 묵음 또는 Rate 천이 구간이지만 QCELP13k에서는 Full, 1/2 Rate 모두 음성 구간을 나타낸다.

## III. 패킷 변환 방법

QCELP13k와 QCELP8k는 전체 구조와 파라미터의 종류에서는 동일하지만 각 파라미터를 서로 다른 방법으로 양자화 하는 차이점을 가진다. 따라서 각 파라미터에 대하여 하나의 방법으로 양자화된 결과를 다른 방법으로 양자화된 결과로 변환시켜주는 것이 필요하며 이 과정이

패킷 변환의 핵심 연구 내용이다. 이때 음질의 저하를 최소화하고 계산량을 작게 하는 것이 필요하다.

### 3.1 전송률

두 음성 압축기의 각 전송률이 의미하는 내용이 다르므로 QCELP13k의 전송률을 그대로 QCELP8k에 적용하면 음질의 저하가 매우 심하게 되며, 따라서 표 1과 같은 전송률 변환 규칙을 정한다. 전송률 변환 규칙의 동작 성능을 검증하기 위하여 특정 입력 신호에 대하여 위의 규칙을 적용한 패킷 변환기에 의한 QCELP8k 패킷의 평균 전송률과, 이중 압축 방식에서의 QCELP8k 패킷의 평균 전송률을 구하였으며, 각각 5.648kbps와 5.672kbps로 거의 같은 값을 얻었고 이로부터 변환 규칙의 동작 성능을 검증할 수 있다.

표 1. 전송률 변환 규칙  
Table 1. Rate conversion rule.

QCELP13k	QCELP8k
Full	Full
1/2	Full
1/4	1/4
1/8	1/8
Blank	Previous
Erasure	Previous

QCELP13k은 4가지 정상적인 전송률 이외에 "Blank"와 "Erasure"를 가진다. Blank는 Encoder에서 음성 패킷을 보내지 않은 경우이고, Erasure는 패킷 전달에 오류가 발생한 경우이며, 두 경우 모두 패킷 변환기가 정상적인 패킷을 받지 못하기 때문에 패킷 변환기는 새로운 전송률을 정하지 않고 이전의 정상 전송률을 반복하여 사용한다.

### 3.2 LPC 계수

두 음성 압축기의 LSP 양자화 방법이 완전히 다르므로 직접적인 변환은 불가능하다. QCELP8k의 LSP 양자화는 각 LSP를 4Bit로 독립적으로 스칼라 양자화하며, 양자화 성능이 QCELP13k 방법에 비하여 매우 떨어진다. 따라서 QCELP13k의 양자화된 LSP 값을 실제 LSP 값으로 가정하고 다시 QCELP8k 양자화 방법으로 양자화 하는 단순한 방법을 사용한다. 즉, QCELP13k 패킷으로부터 10개의 양자화된 LSP 값을 구한 후, 이를 다시 QCELP8k LSP 양자화기를 통하여 양자화 하여 QCELP8k 패킷을 위한 LSP 코드를 구한다.

이와 같이 QCELP8k에서 새로 LPC와 LSP를 구하지 않고 QCELP13k의 LSP를 그대로 이용하므로, LPC 계산을 위한 Autocorrelation, Durbin Recursion, 5차 다항식의 근을 구하는 과정 등이 필요 없게 되어 이중 압축에 비하여 계산량이 줄어든다. 더욱이 이 방법은 LPC 계산을 위한 Windowing 동작에 필요한 60샘플 Look Ahead 버퍼링이 필요 없어 이중 압축 방식에 비하여 음성 전달 지연을

줄이고, QCELP13k에 의하여 왜곡된 음성 신호로부터 LPC를 구하지 않고 원 음성신호에서 구한 양자화된 LPC를 사용하므로 우수한 성능을 가진다.

### 3.3. 피치 파라미터

피치 파라미터는 피치 주기와 피치 이득으로 구성되며, 두 음성 압축기 모두 17샘플부터 143샘플까지의 피치 주기를 가진다. 그러나 QCELP13k는 1/2단위의 피치 주기를 가지며, 두 음성 압축기의 피치 필터 입력 신호가 다르므로 이로 인하여 피치 필터의 메모리 값이 서로 다르게 진행된다. 따라서 QCELP13k에서의 최적의 피치 주기가 QCELP8k에서는 더 이상 최적이지 아니며, QCELP13k 피치 주기를 QCELP8k에 그대로 적용할 경우 음질의 저하가 발생하는 것을 확인 할 수 있다.

피치 주기는 입력 음성의 고유 특성이므로 피치 메모리 값의 차이가 발생하더라도 그에 따른 피치 주기의 변화량이 많지 않으며, 따라서 QCELP8k에서의 최적 피치 주기는 주어진 QCELP13k 피치 주기 주변 값일 확률이 매우 높다. 또한 QCELP13k 피치 주기가 1/2단위로 주어질 경우 QCELP8k은 이 값을 지원하지 못하므로 그 값의 두 배 위치에 QCELP8k 최적 피치 주기가 있을 확률이 높다. 따라서 QCELP8k 피치 주기를 완전히 새롭게 검색하지 않고 QCELP13k 피치 주기와 그것의 두 배 주변에서만 검색을 한다. 또한 한 부프레임 이전의 피치 주기와 그 값의 두 배 주변도 검색을 하는데, 이는 QCELP8k 피치 주기를 너무 좁은 영역에서 검색하여 잘못된 피치 주기를 찾는 것을 방지하기 위함이다. 이와 같이 한정된 영역에서의 검색을 통하여 매우 적은 계산량으로 최적 피치 주기를 찾고 그 때의 최적 피치 이득을 구하여 QCELP8k 피치 파라미터를 구한다. 본 논문에서 사용하는 피치 검색의 범위는 QCELP13k의 현재 및 한 부프레임 이전 피치 주기의 정수값의  $\pm 2$ 샘플 영역과 두 배 값의  $\pm 4$ 샘플 영역 등 총 28샘플 영역이다.

주어진 영역에서의 최적 피치 검색은 일반 압축기와 같이 Analysis-by-Synthesis 방법을 이용하는데, 이를 위하여 목표 신호가 주어져야 한다. 그러나 파라미터 값들만 가지고 이 목표 신호를 정의할 수 없으므로, 본 논문에서는 QCELP13k 복조기를 통하여 음성 신호를 복원하고 패킷 변환기는 이 신호를 입력 신호로 가정하고 피치 검색을 위한 목표 신호를 정의한다. 즉, 패킷 변환기 내부에 QCELP13k 복조기가 포함된 구조를 가진다. 그러나 복조기의 계산량은 압축기에 비하여 매우 적으므로 패킷 변환기의 계산량이 크게 증가하지는 않는다.

만일 전송률이 1/4이면 QCELP13k은 피치 파라미터를 가지지 않으며, 이 경우 QCELP8k 피치 이득을 0으로 하여 피치 필터링을 하지 않도록 하며, 이렇게 하여도 음질에는 거의 영향을 주지 않는다.

### 3.4. 코드북 파라미터

코드북 검색은 CELP 음성 압축기에서 가장 많은 계산량을 차지하는 부분이고 또한 음질에 가장 많은 영향을

주는 부분이므로 코드북 파라미터의 변환 방법이 계산량 및 성능을 결정하는 매우 중요한 부분이다. 두 음성 압축기에서 사용하는 코드북은 완전히 다른 코드북이므로 QCELP13k 코드북 인덱스는 QCELP8k 코드북 검색에 대한 아무 정보도 주지 못한다. 그러나 QCELP8k 코드북을 완전히 새로 검색하면 계산량이 너무 많아지는 문제점이 발생하므로 검색 구간을 정하여 검색을 하도록 한다.

QCELP13k와 QCELP8k 모두 동일한 음성 신호를 합성하므로 QCELP13k의 코드벡터와 특성이 비슷한 코드벡터가 QCELP8k에서도 선택될 가능성이 높다. 따라서 주어진 QCELP13k 코드벡터와 가장 비슷한 특성을 가지는 QCELP8k 코드벡터를 상관 관계(Correlation)를 이용하여 찾는다. 즉, 주어진 QCELP13k 코드벡터와 모든 QCELP8k 코드벡터와의 상관 관계를 구하고, 상관 관계 절대값이 큰  $N$ 개의 코드벡터 후보를 정하고,  $N$ 개의 코드벡터 후보 중에서 최적의 코드벡터를 Analysis-by-Synthesis 방법으로 찾는 기본 구조를 가지며, 피치 검색과 동일하게 QCELP13k 복조기로 복원된 신호를 이용하여 목표신호를 정의한다. 이때 코드벡터의 부호는 코드벡터 이득의 부호로 조정되므로 상관 관계의 부호는 무시하고 절대값의 크기만을 조사한다. 그러나 모든 코드벡터와의 상관 관계를 직접 구하고 크기가 큰  $N$ 개를 선택하는 것은 많은 계산량을 요구하므로 다음과 같은 방법으로 계산량을 줄이도록 하며, 전송률에 따라 서로 다른 형태를 가진다.

(1) 1/2 전송률: QCELP13k 전송률이 1/2이면 QCELP8k Full 전송률로 변환되며, 이 경우 부프레임의 길이가 40에서 20으로 줄어들며, 다음과 같이 표를 이용하여 간단하게  $N$ 개의 후보를 구한다. QCELP13k의 각 인덱스에 해당하는 40-샘플 코드벡터를 두 개의 20-샘플 코드벡터로 나누고, 각 20-샘플 벡터에 대하여 QCELP8k의 모든 코드벡터와의 상관 관계를 구하고 절대값이 큰  $N$ 개의 QCELP8k 코드벡터 후보를 선택하여 인덱스 후보 표를 미리 만든다. 이와 같은 인덱스 후보 표를 이용하면 상관 관계 계산과  $N$ 개의 후보를 선택하는 과정이 전혀 필요 없게 된다.

(2) Full 전송률 : QCELP13k가 Full 전송률이면 QCELP8k도 Full 전송률이 되고, 이 경우 부프레임의 길이는 10에서 20으로 변경된다. 따라서 QCELP13k 코드벡터가 두 개 연결된 벡터와 QCELP8k 코드벡터와의 상관 관계를 구해야 하는데, 이 경우 동일한 QCELP13k 인덱스에 대하여 코드벡터의 이득의 조합에 따라 QCELP8k 코드벡터와의 상관 관계가 변하므로 1/2전송률의 경우와 같이 후보 표를 구현할 수 없고, 단지 상관 관계를 쉽게 구하기 위하여 표를 이용한다.

연결된 두 개의 QCELP13k 코드벡터 인덱스  $i, j$ 에 해당하는 코드벡터와 이득을 각각  $cb_i[n]$ ,  $cb_j[n]$ 와  $G_i$ ,  $G_j$  라 하고, QCELP8k 코드벡터  $y_k[n]$ 를 길이 10인 두 개의 벡터  $y_{k1}[n]$ 과  $y_{k2}[n]$ 의 합으로 표시하면, 두 벡터의 상관 관계

는  $G_i \sum_{n=0}^9 cb_i[n] y_{k1}[n] + G_j \sum_{n=0}^9 cb_j[n-10] y_{k2}[n]$ 가 되어 10-샘플 벡터의 상관 관계의 선형 합으로 표시된다. 따라서 10샘플 단위의 상관 관계를 미리 구하여 표를 만들고, 부프레임마다 이득이 주어지면 표를 이용하여 쉽게 전체 상관 관계를 계산할 수 있다.

모든 QCELP8k 코드벡터와의 상관 관계를 구한 후, 크기가 큰  $N$ 개의 QCELP8k 인덱스 선택은 다음과 같은 간략한 방법을 사용한다. 모든 상관 관계의 최대값을  $max$ 라 하고, 상관 관계의 크기가  $Threshold \times max$  보다 큰 인덱스를 선택한다. 만일 선택된 수가  $N$ 보다 크면 상관 관계가 큰 일부 코드벡터가 검색에서 제외되는 위험이 있으므로  $Threshold$  값을 약간 증가시켜 다시 검색을 하고 만일  $N$ 보다 적게 선택되면  $Threshold$ 를 감소시켜 모자라는 숫자만큼의 인덱스를 더 선택한다. 이와 같이 부프레임이 진행됨에 따라  $Threshold$  값을 조정하면 실험 결과 초기값에 관계없이 매우 효과적으로 인덱스를 선택하는 것을 확인하였다. 또한 표 2에서 볼 수 있듯이 정확한 Sorting을 통하여  $N = 32$ 개의 인덱스를 정확하게 선택하는 경우와 제안한 방법으로  $N = 32$ 개의 인덱스를 선택하는 경우 SNRseg로 측정된 성능의 차이가 거의 없으며, 이로부터 제안한 인덱스 선택 방법이 적은 계산량으로 매우 효과적인 동작을 하는 것을 알 수 있다.

(3) 1/4와 1/8전송률: 전송률이 1/4인 경우 QCELP13k는 랜덤 신호를 만들어 코드벡터로 사용하므로, 상관 관계를 이용하여 코드북 검색 영역을 정하지 않고 패킷 변환기가 임의로  $N$ 개의 검색 영역을 정하여 코드북을 찾는다. 전송률이 1/8이면 QCELP8k는 코드북 검색이 아니라 랜덤 신호를 만들어 사용하므로 코드북 변환이 필요 없다.

표 2.  $N$ 개의 인덱스 선택을 위한 Sorting 방법과 제안한 방법의 성능 비교

Table 2. Performance of the proposed method and sorting method for  $N$  indices selection.

입력 신호		문장 1	문장 2
SNRseg (dB)	Sorting 방법	11.64	11.20
	제안한 방법	11.62	11.21

### 3.5 Erasure 및 Blank 처리

패킷 변환기로 입력되는 QCELP13k 패킷이 Erasure 또는 Blank이면 패킷 변환기는 QCELP13k 패킷에 대한 아무런 정보를 얻지 못하므로 앞에서 설명한 방법으로 파라미터를 구할 수 없다. 그러나 패킷 변환기 내부에 QCELP13k 복조기가 있어 음성 신호를 합성하는데, Erasure 또는 Blank 인 경우 표준안에서 제시하는 방법으로 이전 프레임의 정보를 이용하여 음성 신호를 합성하며, 이 때 사용하는 LSP, 피치, 코드북 파라미터 값을 마치 실제 전달된 QCELP13k의 파라미터로 가정하여 위에서 설명한 방법으로 QCELP8k 파라미터를 구한다.

### IV. 제안된 패킷 변환기의 성능

본 논문에서 제안한 패킷 변환기의 성능을  $SNR_{seg}$  (Segmental SNR)로 측정하고 이중 압축 방법의 성능과 비교한다. 성능 측정 및 비교를 위한 실험의 구성은 그림 3과 같이 입력 신호를 QCELP13k 패킷을 만들고 이를 제안한 패킷 변환기로 입력하여 QCELP8k 패킷을 만들고 이를 QCELP8k 복조기를 통하여 최종 음성 출력을 구하여 입력 신호와의  $SNR_{seg}$ 를 구한다. 이중 압축에 의한 결과는 위에서 사용한 동일한 QCELP13k 패킷을 QCELP13k로 복원한 후 이를 QCELP8k로 압축/복원하여 출력신호를 만들어  $SNR_{seg}$ 를 구한다.

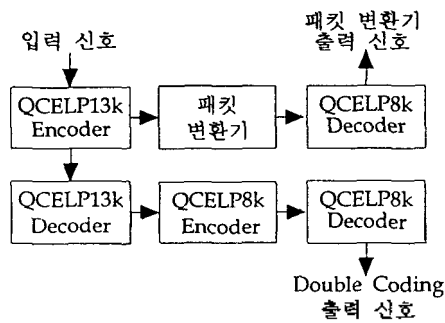


그림 3. 제안된 패킷 변환기의 성능 측정 및 비교 방법  
Fig. 3. System for performance measurement of the proposed packet conversion method.

표 3은 코드북 인덱스 검색 수  $N$ 에 따른 패킷 변환기의 성능과 이중 압축의 성능을 각 입력 신호별로 정리한 것이다.  $N = 48$ 이면 패킷 변환기는 약 33%의 계산량으로 이중 압축과 동등한 성능을 제공하며,  $N = 64$ 이면 약 40%의 계산량으로 오히려 이중 압축에 비하여 향상된 성능을 제공하며, 만일 코드북에 대한 전체 검색을 실시하면, 즉  $N = 128$ 이면 매우 향상된 성능을 제공하는 것을 보여준다.

표 3. 제안한 패킷 변환기의 성능 및 이중 압축 방식과의 성능 비교

Table 3. Performance of the proposed packet conversion method and double coding method.

입력 음성신호	여성 영어	남성 영어	여성 한글	남성 한글	
길이(초)	144	141	304	298	
$SNR_{seg}$ (dB)	이중압축	12.14	11.44	13.20	12.64
	$N=32$	11.62	11.21	12.72	12.42
	$N=48$	11.99	11.58	13.13	12.80
	$N=64$	12.22	11.79	13.36	13.03
	$N=128$	12.67	12.20	13.87	13.53

패킷 전달 Error에 대한 패킷 변환기의 성능 측정은, 패킷 Error가 발생하면  $SNR_{seg}$ 의 의미가 없어지므로  $SNR_{seg}$ 를 사용하지 않고 주관적인 음질 평가를 이용한다. QCELP13k의 Frame Error Rate를 1%, 5%, 10%로 변경하고  $N = 48$ 을 사용하는 패킷 변환기에 의한 음성과 이중 압축에 의한 음성의 음질 측정 결과 모든 경우에 대하여 음질의 차이를 느낄 수 없었다.

이와 같이 패킷 변환기의 성능 측정을 통하여, 본 논문에서 개발된 패킷 변환기를 이용하면 적은 계산량과 짧은 음성 전달 지연을 가지고 이중 압축 방법과 동등한 음질의 음성을 합성할 수 있으며, 계산량을 증가시키면 이중 압축 방법에 비하여 매우 향상된 음질의 음성을 제공할 수 있는 것을 알 수 있다.

### V. 결론

디지털 이동 통신 서비스의 가입자가 증가함에 따라 이동 단말기 사이의 통화량이 증가하는 추세이다. 그러나 단말기 사이의 통신은 통신 경로에 두 번의 음성 압축/복원 과정을 가지므로 음질 저하, 계산량 증가, 음성 전달 지연 증가 등의 여러 문제점을 가진다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 음성 패킷 변환 방법을 제안하였고, 첫 결과로 QCELP13k 패킷을 QCELP8k 패킷으로 변환하는 방법을 개발하였다. 다양한 음성 신호를 이용한 모의 실험 결과 패킷 변환기는 약 33%의 계산량으로 이중 압축과 동등한 음질을 제공하며, 그 이상의 계산량을 사용하면 음질이 더욱 향상되는 것을 확인하였다. 또한 LPC 계산을 새로 하지 않으므로 음성 전달 지연이 이중 압축에 비하여 줄어들게 된다. 따라서 개발된 패킷 변환기는 단말기 사이의 통신 품질을 향상시켜 주며 이를 적용한 시스템의 경쟁력을 향상시켜 줄 것으로 기대된다. 현재 QCELP8k 패킷을 QCELP13k 패킷으로 변환하는 연구가 진행 중이며, EVRC와 QCELP8k, EVRC와 QCELP13k 사이의 패킷 변환에 대한 연구도 진행 중이다.

### 참고 문헌

1. TIA/EIA/IS-96A, *Speech Service Option Standard for Wideband Spread Spectrum Digital Cellular System*, 1994.
2. CDG-27, *High Rate Speech Service Option for Wideband Spread Spectrum Communications Systems*, 1996.
3. TIA/EIA/IS-127, *Enhanced Variable Rate Codec, Speech Service Option 3 for Wideband Spread Spectrum Digital Systems*, 1997.
4. GSM TR 06.85, "Subjective tests on the interoperability of the HR/FR/EFR speech codecs: single, tandem and tandem free operation," 1998.

**▲박 호 종(Ho Chong Park)**

1986년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1987년 12월 : Univ. of Wisconsin-Madison 전기공학과  
졸업(공학석사)

1993년 5월 : Univ. of Wisconsin-Madison 전기공학과  
졸업(공학박사)

1993년 9월~1997년 8월 : 삼성전자 선임연구원

1997년 9월~현재 : 광운대학교 전자공학과 조교수

※ 주관심 분야 : 음성 및 영상 신호처리, 비선형 신호  
처리

**▲권 상 철(Sang Chul Kwon)**

1999년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1999년 3월~현재 : 광운대학교 전자공학과 석사과정

※ 주관심 분야 : 음성 신호처리