

ITU-T 8kbit/s 음성부호화표준 CS-ACELP의 성능

Performance of ITU-T 8kbit/s Speech Coding Standard (CS-ACELP)

김정환(J. H. Kim)

정보분석실 선임연구원

본 고에서는 ITU가 수행해 온 음성 부호화 표준의 역사, 그리고 1996년 ITU-T에서 승인된 8kbit/s 음성 부호화 표준인 CS-ACELP의 구성에 대해서 분석하였다. 또한, 미래 유, 무선 통신 시스템에 있어서 핵심 음성 부호화 기술로 자리잡게 될 CS-ACELP의 품질평가와 주요 애플리케이션을 살펴보았다.

I. 서론

어떠한 품질의 열화도 없이 낮은 비트율로 음성신호를 부호화하는 음성 부호화 알고리즘은 제한된 무선주파수의 효율적 이용을 지원하고, 다양한 멀티미디어 서비스의 처리를 보다 쉽도록 하기 위해 계속 연구되고 표준화되어 왔다. ITU에서는 일찍이 64kbit/s PCM(Pulse Code Modulation), 32kbit/s ADPCM(Adaptive Differential PCM) 및 16kbit/s LD-CELP(Low-Delay Code-Excited Linear Prediction)에 대한 표준을 만들어 권고하고 있다.

1992년 일본 NTT가 32kbit/s ADPCM과 동등한 품질의 8kbit/s CS-CELP(Conjugate-Structure Code-Excited Linear Prediction)[1]를 8kbit/s 음성 부호화 표준의 후보로 ITU에 제안하였고, 이와 동시에, France Telecom과 캐나다의 University of Scherbrook

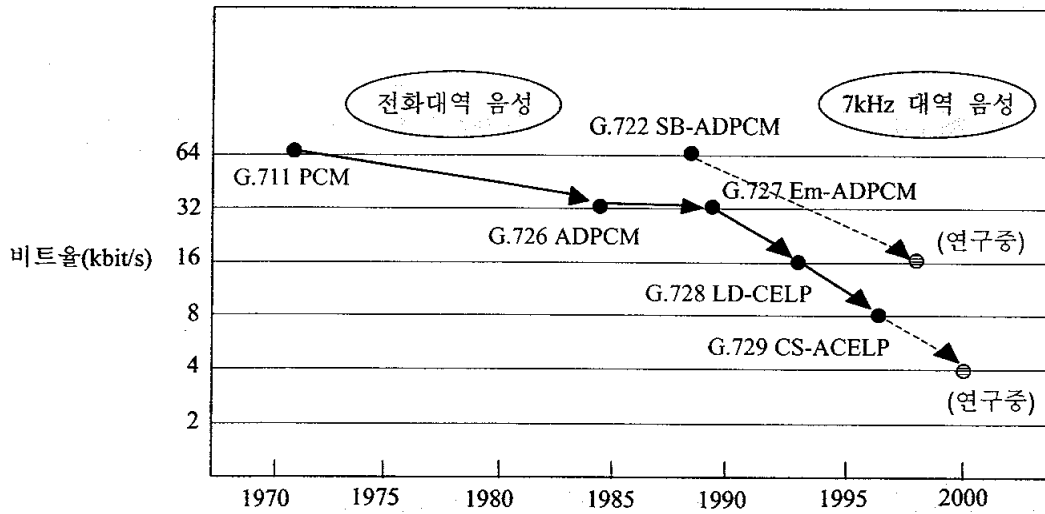
도 ACELP(Algebraic Code-Excited Linear Prediction)[2]를 제안하였다. 그 때부터 두개의 후보를 단일화하는 연구가 진행되어, 1996년 CS-ACELP가 권고 G.729로 표준화되었다.

따라서, 본 고에서는 미래의 IMT-2000을 포함한 개인통신 서비스, 영상회의, 다중화기, 그리고 다양한 멀티미디어 애플리케이션에 이용될 것으로 전망되는 CS-ACELP의 구성과 품질에 대해 살펴보았다.

II. ITU에 의한 음성 부호화 표준의 역사

1. 개요

(그림 1)은 음성 부호화의 효율성 증가에 대한 역사를 보여주고 있으며, <표 1>은 ITU가 수행한



(그림 1) 음성 부호화 표준의 역사

<표 1> ITU가 권고한 G-계열 음성 부호화 시스템

번호	부호화 시스템	설명	권고화 연도
G.711	PCM	64kbit/s 전화대역 음성 부호화	1972
G.722	SB-ADPCM	64, 56 및 48kbit/s 7kHz 대역 음성 부호화	1988
G.723.1	ACELP(5.3kbit/s) MP-MLQ(6.3kbit/s)	멀티미디어 단말을 위한 이중(5.3/6.3kbit/s) 음성 부호화	1996
G.726(G.721)	ADPCM	이전의 G.721를 포함한 40, 32, 24 및 16kbit/s 음성 부호화	1990(1984)
G.727	Embedded ADPCM	5, 4, 3 및 2 비트 샘플 할당을 하는 Embedded ADPCM	1990
G.728	LD-CELP	16kbit/s 음성 부호화	1992
G.729	CS-ACELP	8kbit/s 음성 부호화	1996

음성 부호화 표준과 관련된 G-계열 권고를 나열하고 있다.

최초의 디지털 음성 부호화 방법인 64kbit/s PCM은 1972년 ITU 권고 G.711로 표준화되었다. PCM은 아날로그-디지털 혼용망과 디지털 망에서 디지털 채널 다중화 시스템에 광범위하게 이용되고 있다. 그러나, 64kbit/s라는 비트율은 데이터 전송률보다 상당히 높기 때문에, 전반적인 음성 품질을 유지하면서 비트율을 감소시키려는 부

호화 알고리즘이 계속 연구되어왔다.

ITU-T의 7차 연구회기중(1981~1984), SG XVIII(현재 SG 13)은 PCM보다 더 낮은 비트율의 음성 부호화 기법을 표준화하기로 결정하였는데, 음성 부호화와 LSI 기술의 발달이 저비트율 음성 부호화의 상용화를 가능하게 했기 때문이다. 또한, 다양한 음성 부호화 기법간의 혼란을 방지하기 위한 표준화도 필요하게 되었다. 1981년 회의에서, SG XVIII는 32-kbit/s 음성 부호화, 64-kbit/s

확대역 음성 부호화, 그리고 16-kbit/s 음성 부호화를 표준화하기로 합의하였다.

음성 부호화 방법의 표준화는 부호화 알고리즘의 평가는 물론 품질평가를 요구한다. 따라서, 초창기부터 표준화는 부호화 알고리즘에 책임을 지고 있는 SG XVIII와 품질에 책임을 지고 있는 SG XII(현재 SG 12)가 공동으로 수행하고 있다.

음성 부호화 알고리즘에 대한 권고는 SG XVIII가 준비하였고, SG XII는 이 문제에 대한 "Question"을 성립시키는 대신, 이 문제를 다룰 SQEG(Speech Quality Expert Group)을 1986년 구성하였다. 8차 연구회기중(1985~1988) 음성 부호화에 대한 "Question"은 SG XVIII에서 SG XV(현재 SG 15)로 이관되었다.

2. 전화대역(3.4kHz) 음성에 대한 음성 부호화

32kbit/s 비트율의 ADPCM은 1984년 권고되어 시분할 다중화기(time-division multiplexer: TDM)와 PHS 서비스에 채용되어 왔다. 이 ADPCM 권고 G.721은 1990년 32kbit/s 이상 및 이하 비트율을 포함하여 G.726으로 수정되었다.

G.711-PCM은 아날로그디지털 혼용망 시대에 탠더밍을 고려하여 표준화 되었는데, 14QDU (quantizing distortion units: 양자화 왜곡에 대한 손상 단위)로 국제망(국제 접속을 위한 4QDU와 각국 접속을 위한 5QDU)에서 접속될 수 있다[3]. 32kbit/s G.726-ADPCM의 품질은 2.5QDU와 같다. 망 디지털의 진전에 의해 접속 링크의 수가 감소하기 때문에, PCM보다 적은 비트율 부호화의 품

질은 32kbit/s G.726-ADPCM의 품질을 유지한다.

LD-CELP(low-delay CELP)라고 부르는 16kbit/s 음성 부호화 기법은 1992년 권고 G.728로 표준화되었다. 이 부호화 방법의 주요 특성으로는 음성을 위한 블록 길이를 짧게 하고 역행성 예측 기법을 이용하여 시스템 지연(2ms)을 단축한 것이다. 기존의 CELP 프로세스는 음성 블록 길이가 길고 순행성 예측 기법을 사용해왔다. LD-CELP에 대한 예측 계수의 수는 CELP보다 약 5배 가량 많으며, 모뎀 신호용량도 G.711-PCM 및 G.726-ADPCM의 것과는 다르다.

3. 확대역(7kHz) 음성에 대한 음성 부호화

연구회기(1981~1984) 초기에, SG XVIII는 미래 영상회의에서의 핸드프리 통신과 ISDN을 통한 고품질 통신을 위해 64kbit/s 확대역(7kHz) 음성 부호화 기법의 표준화를 연구하기로 합의하였다. 1984년 ADPCM의 표준화에 이어, 64kbit/s 확대역 음성 부호화 방법에 대한 연구가 개시되었으며, 1988년 Sub-Band ADPCM(SB-ADPCM)이 G.722로 권고되었다.

SB-ADPCM은 7kHz 대역 음성을 위해 16kHz의 샘플링 주파수를 채택하였으며, 48과 56kbit/s의 낮은 비트율을 포함하여 64kbit/s의 기본 비트율을 가진다. 입력 음성신호는 quadrature mirror filter(QMF) 기법에 의해 고차 및 저차 주파수 성분으로 분할되며, 저차 성분에 대해서는 6비트, 고차 성분에 대해서는 2비트를 이용하여 ADPCM 알고리즘에 의해 각 성분 신호가 부호화된다. 시스템 지연은 약 6ms이며, 재구성된 음성에서 어

떠한 양자화 왜곡도 느낄 수 없었지만, 추가로 고려된 배경 음악신호의 품질은 보장할 수 없다.

III. CS-ACELP

1. CS-ACELP 권고화 과정

1981년 SG XVIII에 의해 합의된 음성 부호화의 표준화 작업은 1992년 16kbit/s LD-CELP의 표준화로 일단락되었으나, 멀티미디어와 개인 통신 서비스를 위해 보다 진보된 음성 부호화 기술을 고려한 16kbit/s 이하 비트율 부호화가 요구되었다. 1989년 브라질에서 개최된 SG 15와 SG 12의 연합 모임에서, 8kbit/s 음성 부호화 기술의 표준화를 개시하기로 합의되었다.

8kbit/s 음성 부호화 표준에 대해서는 몇 가지 위임 사항이 결정되었는데, 기본적으로 32kbit/s의 G.726-ADPCM과 동일한 품질을 제공해야 한다. (1) 무오류 조건 하에서 ADPCM보다 품질이 떨어지는 안되고, (2) 부호화-복호화 지연시간은 32ms 이하가 되어야 하며, 그리고 (3) 3%의 프레임-손실 조건 하에서 무오류 ADPCM과 비교하여 MOS 감소가 0.5 미만이어야 한다. 지연시간 요구치는 처음 10ms로 정하였으나, 이것이 너무 엄격하여 어떠한 후보 시스템도 만족시키지 못하였다. 따라서, 지연 요구치는 에코 조절 장치의 일반적인 사용을 고려하여 10ms에서 32ms로 완화되었다. ITU는 자체-확증 시험에 대한 모든 위임 사항을 만족한 제안을 받아 들었다.

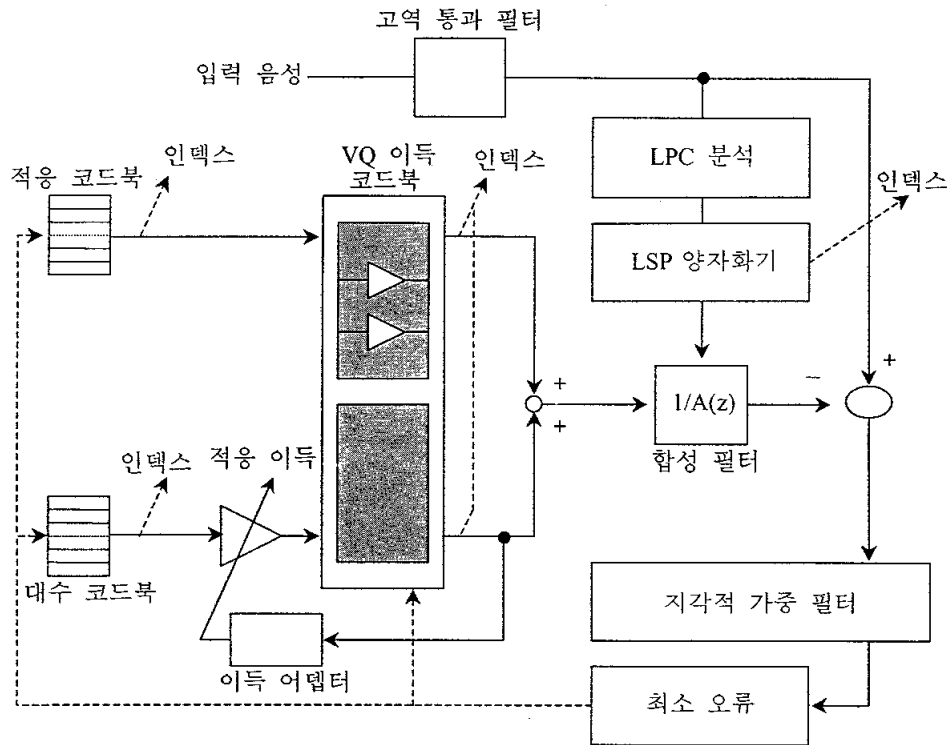
일본 NTT는 1992년 CS-CELP를 제안하고, 알고리즘이 이 요구사항의 대부분을 만족시킴을

보여 주었다. 그 후, France Telecom과 캐나다의 University of Scherbrook이 공동으로 ACELP를 제안하였다. <표 2>와 같이 몇몇 기관에서 자국어 로 이들 후보에 대한 품질 평가를 수행하여(1993년의 Qualification Phase Test), 두 후보가 배경잡음 조건 하에서의 품질을 제외하고는 모든 요구치를 만족시킴을 발견하였다. 두 후보의 제안자들은 장점을 결합하여 더 나은 통합된 알고리즘을 만들기로 합의하였다.

<표 2> ITU가 8kbit/s 음성 부호화 알고리즘에 대해 수행한 국제 실험

번호	평가 항목	설명
실험 1	음성품질 및 오류 성능	음성 품질 및 무선 오류 성능
실험 2	탠덤 접속 및 입력 레벨	32kbit/s-G.726과 G.711과 비교한 동일한 부호화 성능 및 기타 품질; 입력 레벨 변동
실험 3	프레임 손실	무선 및 버스트
실험 4	배경잡음 및 음악	차량 잡음, 버블 잡음, 다중 발화자 및 음악
실험 5	망 정보 신호	시그널링
실험 6	발화자 종속성	남성, 여성 및 어린이

AT&T는 LS-CELP 개발 경험을 가지고, 프레임-손실 조건에 대한 알고리즘 향상에 기여하기 위해 이 작업그룹에 합류하였다. 1994년 4개 기관은 공동으로 CS-ACELP 알고리즘을 제안하였다 [4]. 통합된 CS-ACELP 방법은 몇몇 기관에서 평가 받아(1994년의 Optimization Phase Test), 1995년 2월 SG 15 회의에서 채택한 모든 요구치를 만족하는 것을 확인하였다. 끝으로, CS-ACELP에 대한 고정점(fixed-point) 알고리즘이 마련되어 평가되었다(1995년의 Characterization Phase Test).



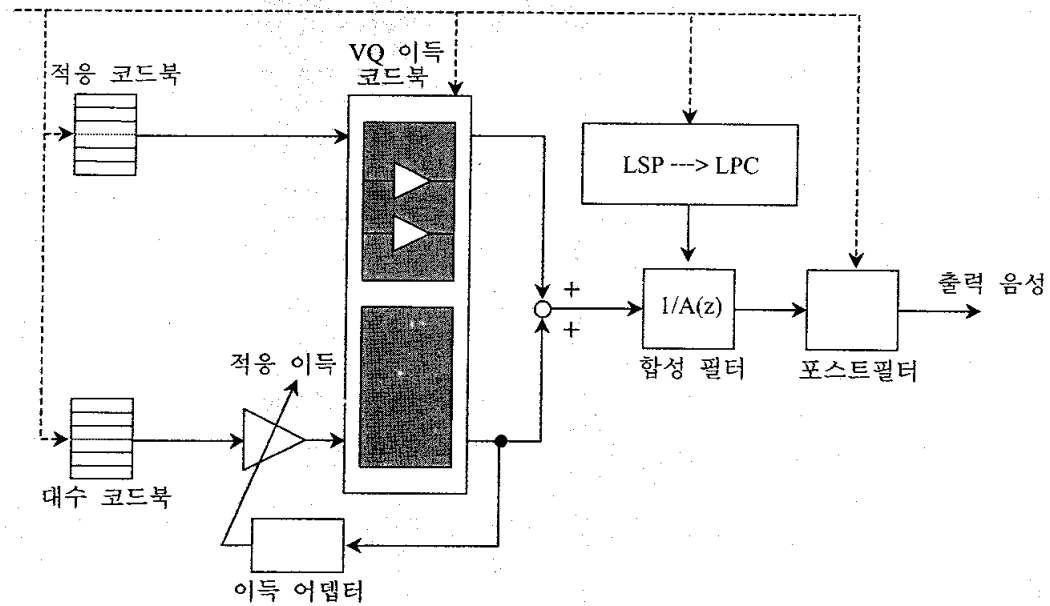
(그림 2) 부호기

2. CS-ACELP의 구성

(그림 2)에 나타난 CS-ACELP 부호기는 80개의 샘플로 구성된 10ms의 처리단위 또는 프레임 길이를 사용한다. 음성신호는 여기 소스 신호(excitation source signal)와 합성되고, 프레임 절반에서 합성필터와 합성된다. 여기 소스 신호는 음성합성 모델링에서 성도(vocal track)와 입 모양에 의한 변조효과를 제거한 후의 잔여치와 일치한다. 합성필터는 음성의 주파수 스펙트럼 봉선(envelope)을 생성한다. 합성필터의 계수는 LPC 기법에 의해 고주파통과 필터링된 입력신호를 분석함으로써 얻어진다. 주파수 스펙트럼 봉선에

대한 LPC 분석은 프레임 전방 5ms의 윈도우를 사용하는데, 이것은 25ms의 부호화-복호화 지연시간을 이끌고, 전화망에서 에코 통제를 요구한다.

여기신호는 코드북에서 40차 벡터로 미리 준비한다. 코드북에서 최상의 여기 벡터가 선정되면, 지각적으로 가중된 합성파형은 목표 음성에 대해 최소의 왜곡을 갖게 된다. 여기신호는 적용-코드북 벡터와 무선-여기 대수-코드북 벡터로 이루어진다. 적용 코드북은 과거의 음성신호를 이용하여 생성하는데, 그것의 정밀도는 여성과 어린이 음성의 단기 음높이를 정확히 나타내기 위해 샘플링 주파수의 2 또는 4배가 된다. 대수적 여기는 코드북 메모리에서 수행되는 여기의 나머지를 나타내



(그림 3) 복호기

는데, 그것은 벡터가 코드북 탐색에서 대수적으로 생성되고 산술복합으로 저장되기 때문이다. 주파수 봉선은 LSP 파라미터의 벡터 양자화를 이용하여 효율적으로 나타낼 수 있다.

활용-벡터-양자화 기법(conjugate-vector-quantization technique)은 작은 양자화 테이블을 이용하는 이득(gain)을 나타내며, 채널오류에 강한 면을 보이고 있다. 하나의 전송 프레임은 적응 및 대수적 코드벡터, 이득 벡터, LSP 벡터, 그리고 음높이 패리티를 나타내기 위해 80bit로 구성되어 있다.

(그림 3)은 복호기를 나타내며, 코드워드 복호기, 합성필터, 후위 필터(post filter) 및 프레임-손실-은폐 알고리즘으로 구성되어 있다. 후위 필터는 지각적 품질을 향상시키기 위해 주파수 스펙트럼에서 음높이 고조파(pitch harmonics)와 봉선을 강조한다. 프레임-손실-은폐 알고리즘은 음높이

이, 스펙트럼 및 이득의 삭제된 정보를 외삽한다. 이러한 처리는 무선채널에서 버스트 오류에 의해 10~100ms동안 프레임이 손상될 때 품질을 확실히 향상시킨다. 프레임 손실 모형은 손상된 프레임에서의 모든 정보는 손상되고, 채널 프레임들은 여전히 동기화 되어 음성 복호기에 프레임 손실을 알려준다는 점을 가정하고 있다.

일본 NTT는 LPC 파라미터와 여기 이득에 대한 양자화 방법을 제안함으로써, CS-ACELP 개발에서 주도적인 역할을 하였다.

IV. CS-ACELP의 음성품질

ITU-T에서 8kbit/s 음성 부호화 표준으로 승인된 CS-ACELP 알고리즘은 권고 G.726의 32kbit/s ADPCM보다 더 열악하지 않은 품질을 얻기 위

<표 3> 8kbit/s 음성부호화의 요구치 및 목표치

항목	조건	요구치	목표치
1	무오류 조건에서의 음성품질	32kbit/s G.726보다 나쁘지 않음	-
2	0.1% 무선 비트오류 3% 탐지된 무선/버스트 프레임 손실	동일조건에서 32kbit/s G.726보다 나쁘지 않음 32kb/s 무오류 G.726보다 MOS가 0.5 미만	G.728과 동등
3	-16 및 -36dBov에서의 입력레벨 독립	32kbit/s G.726보다 나쁘지 않음	가능한 한 작게
4	일방향 부호화/복호화 지연	16ms 이하의 알고리즘 지연	10ms 미만
5	발성자 독립	32kbit/s G.726과 동등	-
6	접속: 2단계 부호변환	32kbit/s G.726의 4단계 부호변환보다 나쁘지 않음	32kbit/s G.726의 3단계 부호 변환보다 나쁘지 않음
7	유휴채널 잡음	32kbit/s G.726보다 낮음	-

해 설계되었다. 본 장에서는 일본어, 영어, 불어, 독어 및 이탈리아어 음성을 이용하여 G.729 알고리즘의 특성화에 대해 수행한 주관품질 평가의 결과를 제시하고 있다. CS-ACELP는 무오류(error-free) 조건하에서 상용 전화품질 음성을 달성하였고, 2단계 코딩변환(transcoding)을 포함한 다양한 입력레벨을 위한 무선 비트-오류 조건 하에서 모든 요구치를 만족하였다. 또한, 이동 무선채널에서 발생하는 버스트 오류에 대해 ADPCM보다 덜 민감한 것으로 나타났다.

1. 품질 요구치

<표 3>의 성능 요구치는 8kbit/s 음성 부호화 알고리즘 후보들이 제출되기 전에, 다음에 제시하는 몇 가지 사항을 고려하여 ITU-T SG15/WP2의 Speech Coding Experts Meeting에서 합의된 사항이다. <표 3>에서 1,3,4,5 및 7번 항목은 (1)과 (2) 사항을 반영하고 있고, 2번은 (4), 그리고 6번은 (5)를 적용한 것이다.

(1) 무오류 채널 및 무잡음 배경조건 하에서 부

호화 시스템은 전체품질 음성을 달성해야 한다.

- (2) 입력신호는 대기신호를 포함한 음성, DT(dual tone)/MF(multi-frequency) 신호, 그리고 접속 노드간 시그널링 신호이며, 모뎀 신호와 같은 다른 신호는 고려할 필요가 없다.
- (3) 5ms 미만의 지연시간 요구는 에코소거기가 일반화되어 있으므로 의무적인 것은 아니다.
- (4) 이동 환경의 채널오류에 대해 강하다는 것은 FPLMTS(현재는 IMT-2000)와 보편 개인통신(universal personal telecommunication: UPT)에 대한 적용에 보다 중요하다.
- (5) 디지털 망에서 각 단말에 코덱이 사용되므로, 다중 부호변환(접속)의 2단계 이상이 필요하다.

2. 품질 평가

본 절에서는 후보 알고리즘의 제안자들이 수행한 검증시험, 품질평가 절차, 음성처리 및 시험 결과 분류 등을 기술한다.

8kbit/s 음성 부호기에 대한 품질평가는 각 표준화 단계에 따라 수행되었다. 각 제안자는 그들의 후보 알고리즘을 제출하기 전에 먼저 검증시험을 수행하였다. 검증 및 선택시험은 CS-CELP와 ACELP에 대해 각각 실시되었고, 특성시험은 통합된 후보인 CS-ACELP에 대해서만 수행되었다. 두 후보는 검증 및 선택시험에서 거의 모든 요구치를 만족하였다. 그러나, 두 알고리즘은 입력레벨 종속성, 접속 및 배경잡음 통제에서 향상될 필요가 있었다. 그러한 시험결과를 근거로 설계된 특성시험을 여기에서 기술한다. 초기 시험에서 직면한 문제점 대부분은 통합된 후보에서 해결되었다. 특성시험의 목적은 가장 이상적인 조건하에서 CS-ACELP의 품질특성을 결정하는 것이었다.

가. 주관 평가법

ITU-T SGI2의 SQEG은 주관평가의 결과가 사용된 방법과 시험 파라다임에 따라 종종 평가결과가 변하기 때문에 공통된 주관 평가법을 규정하였다[5]. 특성화 절차[6]는 3개의 시험을 포함한다.

시험 1: 이 시험의 기본 목적은 현재의 ITU 표준이나 다른 지역 표준에 따르는 접속조건 하에서 얻어진 품질을 명확히 하는 것이다. 절대범주 평정법(absolute category rating: ACR)이 사용되며, 시험은 ITU 권고 P.80[7]과 추록 14에 기술된 절차에 따라 수행된다.

시험 2: 배경잡음 조건 하에서 음성품질을 더 잘 평가하기 위해 비교범주 평정법(compari-

son category rating: CCR)이 사용된다. 처리된 음성과 입력음성이 비교되며, <표 4>에 제시한 7점 척도를 사용하여 평정한다.

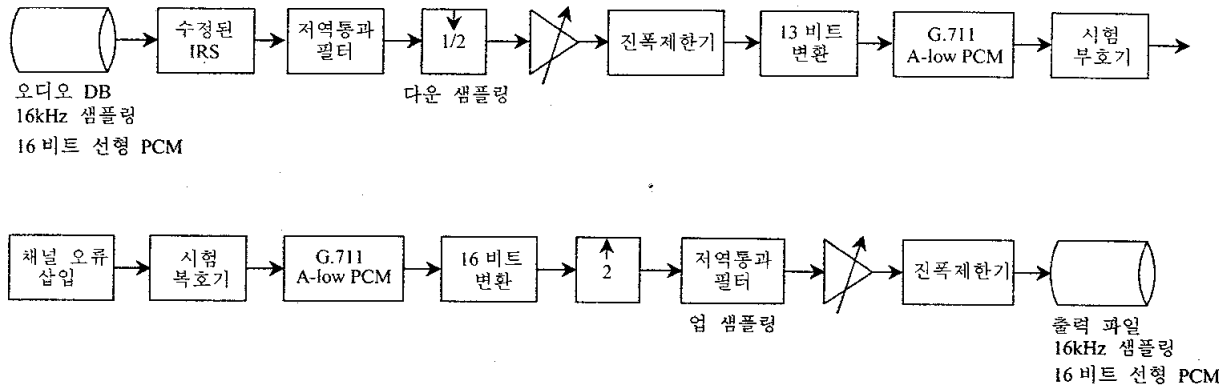
시험 3: 무선 비트오류와 무선 버스트 프레임 손상이 배경잡음 조건에 부가되어 채널 열화가 발생할 때, 추가적인 품질 손상을 평가하기 위해 ACR 시험이 수행된다.

<표 4> CCR 판단척도

척도	평정(기준과의 비교)
+3	매우 좋다
+2	좋다
+1	약간 좋다
0	거의 같다
-1	약간 나쁘다
-2	나쁘다
-3	매우 나쁘다

나. 음성처리 및 시험

(그림 4)는 주관평가를 위한 음성처리 흐름을 보여주고 있다. 소스 음성은 전화기 특성을 모사한 수정된 중간기준계(intermediate reference system: IRS)[8]의 필터를 통해 필터링된다. 음성 에 대한 샘플링 주파수는 8kHz로 변환되었고, 진폭제한기(limiter)가 어떠한 과부하도 억제시키고 있다. 음성이 G.711 부호화기-복호화기를 통해 13비트 워드로 처리된 후, 목표 부호화-복호화가 이루어졌다. 소스 음성은 아나운서나 배우와 같이 훈련된 발화자가 아닌 보통 전화 사용자를 이용하여 녹음되었는데, 이는 아나운서나 배우가 일반 사용자의 음성을 정확히 반영한다고 볼 수 없었기 때문이다. 녹음은 넓은 주파수 대역과 저



(그림 4) 코덱 시험 흐름도

왜곡 특성을 가진 콘텐서 마이크로폰을 이용하였다. 전화특성은 나중에 IRS-특성 소프트웨어 등화기[9]를 이용하여 첨가하였다. 음성자극은 각각 2~3초의 지속시간을 가진 2개의 문장으로 구성되어 있다. 문장 사이에 짧은 묵음 구간이 있어, 각 음성자극은 유희채널 및 배경잡음 효과를 포함해 정확히 평가될 수 있었다. 13 비트 정확도를 가진 3개의 최소 유의비트 마스킹(least significant bit masking)이 사용되었으며, A/D 변환이 16비트 정확도를 가졌음에도 불구하고 G.711 PCM이 항상 포함되었다. 포화 왜곡과 양자화 왜곡의 효과를 피하기 위해, 표준 레벨은 -26dBov로 하였고, 포화 레벨 이상의 모든 신호에 대해 하드 클리핑이 적용되었다. 즉, 최대치를 초과하는 어떤 데이터도 최대치로 했다. 코딩 알고리즘이 이동전화 단말을 위해 사용된다면, G.711 PCM 코딩은 필요 없다. 따라서, 몇 가지 품질향상이 G.711없이도 예측될 수 있어, (그림 4)는 문제의 소지가 있다. 그러나, 하한계에서의 품질을 충분히 고려하기 위해, G.711이 사용되었다. IRS 수신

기나 전화기 셋이 조용한 환경에서의 청취에 사용되었다. 귀 기준점(ear reference point: ERP)에서 청취 음압은 -15dBPa였고, 저레벨 불일치 효과를 피하기 위해 -64dBPa의 회선잡음이 첨가되었다.

다. 실험실과 언어

시험은 SQEG/SG12에 의해 수행되었으며, <표 5>에 실험실과 및 사용된 언어를 제시하였다. 각 실험실은 호스트 실험실(Deutsche Telekom)에 소스 음성을 제공하였고, 처리된 음성을 평가하였다.

라. 시험결과 분석

시험결과는 각 시험국가별 및 전체적으로 통계분석되었다. 국가 및 전체평균이 계산되었고, 95% 신뢰구간을 사용하여 MSD(minimum significant difference)를 이용하여 비교하였다.

$$MSD = t(95\%, 2(m-1)) \sqrt{\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{m}}$$

<표 5> 실험실 및 언어

실험번호 및 조건	실험실(국가)	언어
1 기본성능, 다른 표준과의 접속	BNR(캐나다) CNET(프랑스) DT(독일) NTT(일본)	북미 영어 불어 독어 일어
2 배경잡음	AT&T(미국) CNET(프랑스) DT(독일) NTT(일본)	북미 영어 불어 독어 일어
3 채널 감쇠	BNR(캐나다) CNET(프랑스) CSELT(이탈리아) DT(독일) NTT(일본)	북미 영어 불어 이탈리아어 독어 일어

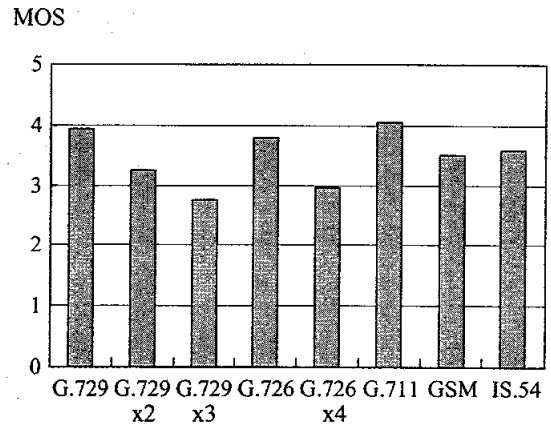
여기서 m 은 총 사례 수, $(95\%, 2(m-1))$ 은 Student T 분포에서의 95% 경계를 나타내며, σ_1 과 σ_2 는 각 자극의 표준편차를 나타낸다.

3. 특성화 시험 결과

3가지 특성화 시험[10]에 대한 결과는 아래와 같다.

- 시험 1

현재의 ITU 표준 부호화 알고리즘과의 접속은 물론 셀룰러 전화에 대한 지역 표준과의 접속을 위해, 무오류 채널 및 무잡음 조건 하에서 기본적인 성능이 평가되었다.(그림 5)는 접속 성능 및 기준이 다른 표준들과 G.729의 성능을 비교한 것이다. GSM은 유럽지역 셀룰러 전화 표준이며, IS.54는 북미의 표준 중 하나이다. G.729의 기본 및 접속 성능은 32kbit/s G.726의 것과 동등한 성능 요구치를 만족하였다. 다른 ITU 표준이나 지

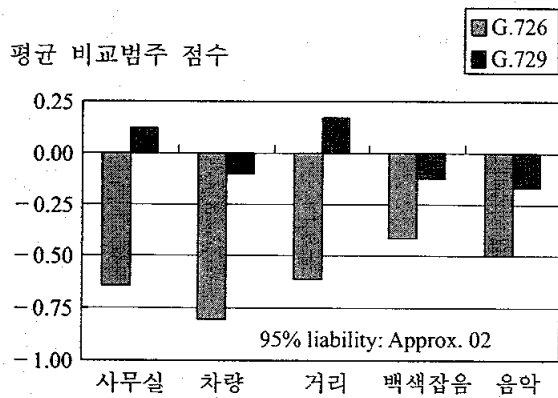


(그림 5) 기본 성능

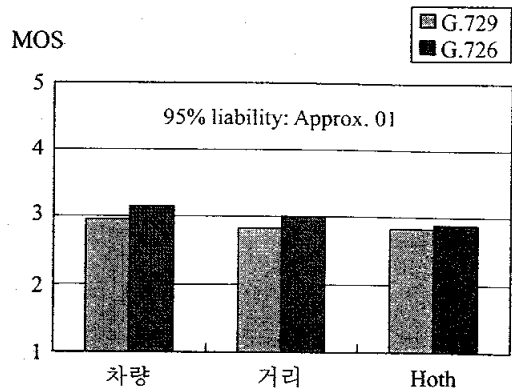
역 셀룰러 표준과의 접속시, 어떠한 예기치 않은 열화도 검출되지 않았다.

- 시험 2

(그림 6)은 평균 비교 범주법으로 살펴본 G.729와 G.726에 대한 CCR 시험의 결과를 나타낸다. 잡음은 사무실 환경과 차량 등에서 나온 것이며, 신호 대 잡음비(SNR)는 20dB였다. 그러나 낮은 SNR은 G.729에 대한 낮은 품질에 기인한 것 같다. G.726 부호화에 의한 양자화 잡음은 배경 잡음에 의해 마스크되는 경향이 있었다, 무잡음 배경인 경우와 비교해서, CCR 시험에서는 차이가 더 작게 되었다. 결과적으로, 부호화에 의한 열화는 검출되지 않았다. 그러나, 두 평균치는 배경잡음 조건하에서 “약간 나쁘다(-1)”보다는 좋았다. 시험 2는 배경잡음에 대한 G.729 부호화의 품질을 명확히 하기 위해 수행되었다, G.729 부호화가 품질 요구치를 만족하는가에 대한 결정은 다음에 기술되는 ACR 시험에 근거해서 이루어졌다.



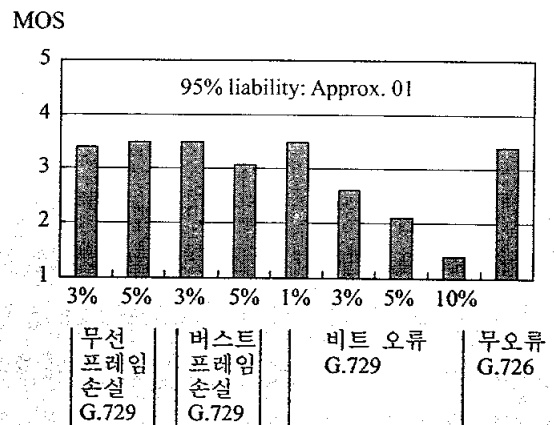
(그림 6) CCR 평가



(그림 7) ACR 평가

- 시험 3

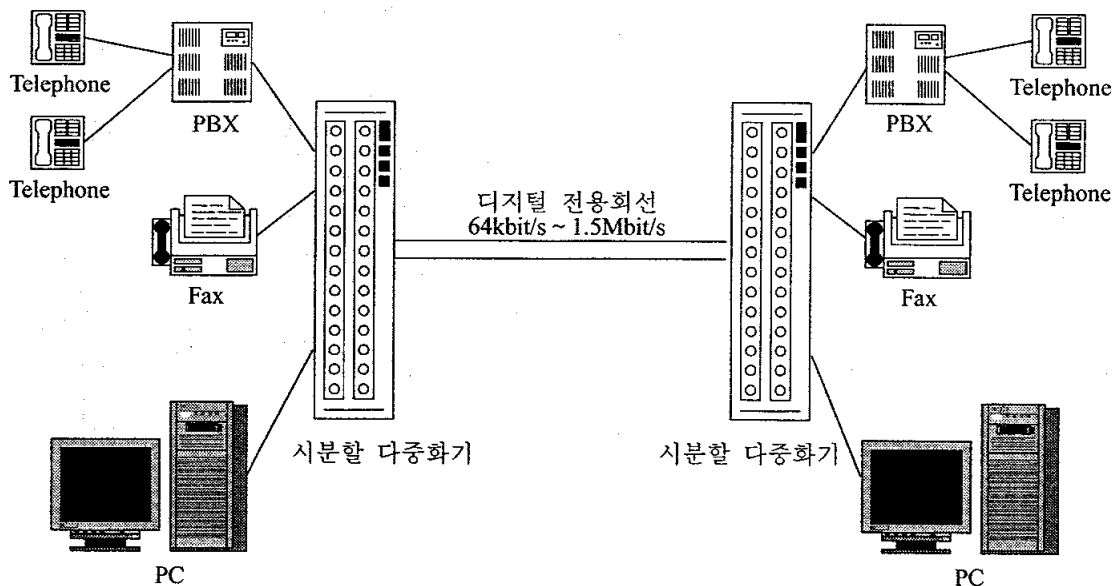
시험 3의 주요 목적은 무선 비트오류나 버스트 프레임 손실에 의한 채널-오류 조건 하에서의 열화를 평가하는 것이었다. 버스트 비트 오류가 일어날 때, 프레임 동기화가 여전히 유지되었으나, 하나 또는 연속되는 몇 개의 프레임에서 정보가 손실된다, 복호기가 프레임 손실을 인식하며, 프레임 손실은 무선 패턴이나 이동-무선 채널 환경에 의존하는 버스트 패턴 하에서 일어난다. 배경잡음은 차량, 호스, 또는 길거리 잡음이다. 배경잡음에 대한 소스 음성을 위해 20dB의 SNR이 사용되었다. (그림 7)은 G.729와 G.726에 대한 결과를 나타낸다. 32kbit/s G.726에 의해 제공되는 품질보다 더 나은 품질이 요구되며, G.729는 주어진 배경조건 하에서 품질 요구치를 만족시켰다. (그림 8)은 3% 이상의 무선 비트 오류에 의해 발생된 G.729에 대한 품질열화가 무시될 수 없음을 나타내고 있다, 그러나, 선택시험 전에 이 열화가 G.726의 것보다 작다는 것을 보여주고 있다. 만일 프레임 손실이 무선적으로 일어난다면,



(그림 8) 채널오류 하에서의 열화

열화는 잘 감추어질 것이다. 무선과 버스트-프레임-손실 두 경우에서 품질 요구치는 만족되었다, 그러나, 5%의 버스트-프레임-손실에서 좀 더 큰 열화가 있었다.

본 장에서는 품질 요구치의 정의, 선택 및 특성화를 위한 주관품질 평가법, 그리고 ITU-T del Rec. G.729 CS-ACELP에 대한 특성화 시험결과에 대해 논의하였다. 이 8kbit/s 음성 부호화 표준은 기본적으로 전체 품질 음성을 달성하였고, 몇 가



(그림 9) 시분할 다중화 시스템에 대한 애플리케이션

지 주요 언어를 이용한 전반적인 시험들이 보여준 바와 같이, 미래의 이동통신 시스템을 위한 모든 요구치를 만족하고 있다. CS-ACELP는 낮은 비트율에서 높은 품질을 지니고 있어, 매력적인 주의를 끌고 있다, 가까운 장래에 개인 및 멀티미디어 통신망에서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

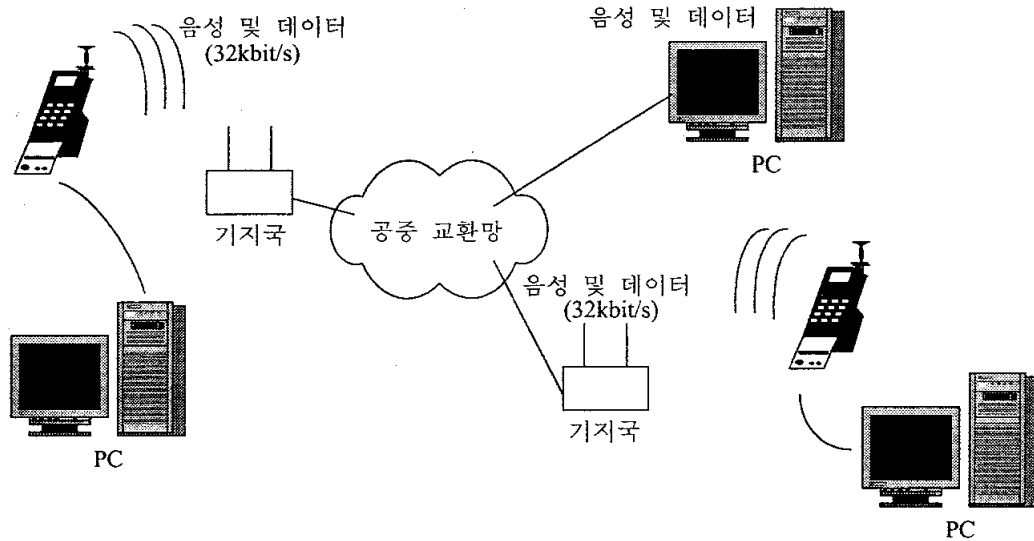
V. 주요 애플리케이션

1. 유선 시스템에 대한 애플리케이션

CS-CELP 기술이 유선 시스템에 적용될 때, 8kbit/s의 낮은 비트율에도 불구하고 고품질 및 낮은 처리 지연은 유례없이 낮은 회선 비용으로 진보된 기능을 가능케 할 것이다.(그림 9)는 시분

할 다중화 시스템에 대한 애플리케이션 예를 나타낸다. 현재 시분할 다중화 시스템에는 32kbit/s ADPCM 부호화나 16kbit/s LD-CELP가 사용된다. 이 시스템에 CS-ACELP를 적용하여 품질의 열화 없이 원 음성의 8배, ADPCM의 4배 이상 효율성을 높일 수 있다.

다른 유선 애플리케이션으로는 동일한 회선을 통해 음성과 데이터를 동시에 전송하기 위한 디지털 전송 시스템을 들 수 있다. 전화와 모뎀에 대해 ITU의 연구그룹이 이 시스템을 표준화하고 있다. 표준 기술을 이용하여, 동시에 음성과 데이터를 하나의 회선으로 전송하기 위해 PC나 다른 단말을 사용할 수 있다. 예를 들어, 영상회의 시스템에서 다른 사무실에 있는 사람들은 마치 그들이 같은 사무실에 있는 것처럼, 동일한 도표나 다른 이미지를 볼 수 있다.



(그림 10) 멀티미디어 PHS 시스템에 대한 애플리케이션

2. 무선 시스템에 대한 애플리케이션

ITU 표준 CS-ACELP가 개발된 주요 목적 중 하나는 Future Public Land Mobile Telecommunication System(FPLMTS; 현재는 IMT-2000)을 위한 애플리케이션을 위해서였다. 따라서, 전송로에서 부호화 오류에 덜 영향 받으면서, 오류 보정 코드가 낮은 비트율에서도 고품질을 얻을 수 있는 무선 애플리케이션을 위한 최적의 부호화 시스템으로 설계되었다. FPLMTS 애플리케이션 외에, 이러한 속성들은 일찍이 이동전화 및 다른 무선 시스템에 사용할 주요한 후보로 만들어 졌다. 많은 나라들이 그러한 애플리케이션을 만들고 있거나 고려 중이다. 일본은 (그림 10)에 나타낸 바와 같이, 미래의 멀티미디어 PHS 시스템에 대한 전형적인 애플리케이션을 소개하고 있다[11]. PHS는 다른 개인 디지털 셀룰러 전화 시스템보

다 넓은 32kbit/s의 대역폭을 가진 무선 통신 시스템이며, 음성과 함께 데이터, 이미지 또는 다른 정보가 전송될 수 있는 미래의 멀티미디어 통신에 사용될 잠재력을 제시하고 있다. 8kbit/s CS-ACELP 시스템에 기반을 둔 것으로 기존의 32kbit/s 음성 부호화 부분을 대체함으로써, 데이터나 이미지 통신을 위해 나머지 24kbit/s를 자유롭게 하여 멀티미디어 사용이 가능하며, 일본 연구자들은 멀티미디어 통신을 위해 PHS를 PC와 같이 사용할 날이 멀지 않았다고 주장하고 있다.

VI. 결론

본 고에서 기술한 CS-ACELP 음성 부호화 기술은 ITU에 의해 국제표준 G.729로 채택되었으며, 미래의 유선 및 무선 통신 시스템 모두에 있어서 음성 부호화 설비의 핵심을 이루어 개인통

신 시스템, 시분할 다중화 시스템, 그리고 음성과 데이터의 동시 디지털 통신에 광범위하게 적용할 것으로 전망된다. 그러한 목표에 따라, 일본에서는 이미 고정점 DSP상에 알고리즘을 구현하여, 품질 평가용으로 단일칩 코덱의 기초를 형성하였다.

한편, CS-ACELP는 일반적인 표준이므로 IMT-2000과 UPT 외에 광범위한 애플리케이션을 가지고 있다. 32kbit/s ADPCM과 같이 비트-감소 음성 부호화 알고리즘을 채택하고 있는 DCME(Digital Circuit Multiplex Equipment)는 CS-ACELP를 사용하여 4배 가량 효율성을 증진시킬 수 있다. 그리고, ITU-T SG14에서 표준화를 진행하고 있는 DSVD(Digital Simultaneous Voice and Data) 시스템에는 덜 복잡한 G.729를 채용하여 전화망과 컴퓨터망간의 음성통신에 있어서 호환성을 제공할 전망이다.

참 고 문 헌

- [1] A. Kataoka, T. Moriya, and S. Hayashi, "An 9kbit/s Speech Coder Based on Conjugate-Structure CELP," Proc. ICASSP'93, 1993, pp. 592-595.
- [2] J. P. Adoul, "Fast CELP Coding Based on Algebraic Codecs," Proc. ICASSP'87, 1987, pp. 1957-1960.
- [3] 김정환, "양자화 왜곡에 대한 음성품질 평가," 전자통신동향분석, 제10권 4호, 1996, pp.129-142.
- [4] R. Salami, C. Laflamme, J. P. Adoul, A. Kataoka, S. Hayashi, C. Lamblin, D. Massaloux, S. Proust, P. Kroon, and Y. Shoham, "Description of the Proposed ITU-T 8kbit/s Speech Coding Standard," IEEE Speech Coding Workshop, Annapolis, 1995.
- [5] ITU-T, Subjective Test Methodology for an 8-kbit/s Speech Coder, AQ-2.93, Apr. 1993.
- [6] ITU-T SG12, *Subjective Test Plan for Characterization of an 8-kbit/s Speech Coder*," Aug. 1988.
- [7] ITU Rec. P.80, *Methods for Subjective Determination of Transmission Quality*, Nov. 1988.
- [8] ITU Rec. G.191, *ITU-T Software Tools Library*, 1993.
- [9] ITU Rec. P.48, *Specification for an Intermediate Reference System*, Nov. 1988.
- [10] SQEG/SG12, *Results and Preliminary Analyses of Experiments to Characterize and Subjective Performance of Proposed Rec. G.729*, Temporary Document 66(WP2/SG15), Nov. 1995.
- [11] T. Kaneko, A. Kataoka, S. Hayashi, and T. Moriya, "CS-ACELP Speech Coding Board and Application Systems," *NTT Review*, Vol. 8, No. 4, July 1996, pp. 42-47.