

# 음성 패킷을 이용한 채널의 에러 정보 전달

## Transmission of Channel Error Information over Voice Packet

차 성 호\*, 박 호 종\*  
(Sung-Ho Cha\*, Hochong Park\*)

\*광운대학교 전자공학과

(접수일자: 2002 1월 28일; 채택일자: 2002년 4월 8일)

디지털 음성 통신에서 송신하는 음성 패킷의 전송 어려움을 알면 송신 채널 상황에 적합한 압축 동작을 통하여 전체 통신의 품질을 향상시킬 수 있다. 그러나 현재의 이동통신과 인터넷 통신에서는 음성 패킷의 전송 에러 정보를 알려주는 프로토콜이 지원되지 않는다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 채널의 전송 에러 정보를 음성 패킷에 삽입하여 실시간으로 전달하는 방법을 제안한다. 제안하는 채널 에러 정보 삽입 방법은 ACELP (algebraic code-excited linear predictin) 코드벡터의 펄스 위치의 상관 관계를 이용하며, 이를 통하여 추가 정보 삽입에 의한 음질 저하를 막고 오인식율을 줄일 수 있다. 다양한 음성 데이터를 이용하여 제안한 방법의 성능을 측정하였으며 음질의 저하가 거의 발생하지 않고 정보의 검출 능력과 오인식율에서 만족할 만한 성능을 가지는 것을 확인하였다.

**핵심용어:** ACELP 음성 부호화기, 채널 에러 정보, 음성 패킷, 정보 삽입

**투고분야:** 음성처리 분야 (2,2)

In digital speech communications, the quality of service can be increased by speech coding scheme that is adaptive to the error rate of voice packet transmission. However, current communication protocol in cellular and internet communications does not provide the function that transmits the channel error information. To solve this problem, in this paper, new method for real-time transmission of channel error information is proposed, where channel error information is embedded in voice packet. The proposed method utilizes the pulse positions of codevector in ACELP speech codec, which results in little degradation in speech quality and low false alarm rate. The simulations with various speech data show that the proposed method meets the requirement in speech quality, detection rate, and false alarm rate.

**Keywords:** ACELP speech codec, Channel error information, Voice packet, Bit embedding

**ASK subject classification:** Speech signal processing (2,2)

### I. 개요

디지털 이동 통신과 인터넷 통신 등의 디지털 음성 통신에서는 통신 시스템의 표준 음성 압축기를 사용하여 음성 신호를 "음성 패킷"으로 압축하여 전달하고, 수신측은 음성 패킷을 받아 표준 음성 압축기의 복원 과정에 의하여 음성 신호를 복원한다. 그러나 일반적으로 실시

간 음성 통신의 음성 패킷 전달 프로토콜은 실시간 통신의 제약으로 인하여 보낸 음성 패킷이 정확히 전달되는지를 검증하는 기능을 제공하지 않으며, 이로 인하여 송신측은 송신 채널의 신뢰도를 알 수 없고 채널 환경에 적응하여 보다 효율적인 통신을 할 수 있는 기술을 활용할 수 없다.

그러나 표준으로 정해진 통신 프로토콜을 변경하지 않고, 실시간으로 전달되는 음성 패킷에 한 비트로 표시되는 채널 에러 정보를 추가로 삽입하여 전달하면 그림 1과 같은 방법으로 송신 채널의 전송 에러 상태를 정확히 알

책임저자: 박호종 (hcpark@mail.gwu.ac.kr)  
139-701 서울시 노원구 월계동 447-1  
광운대학교 전자공학과  
(전화: 02-940-5104; 팩스: 02-942-0107)

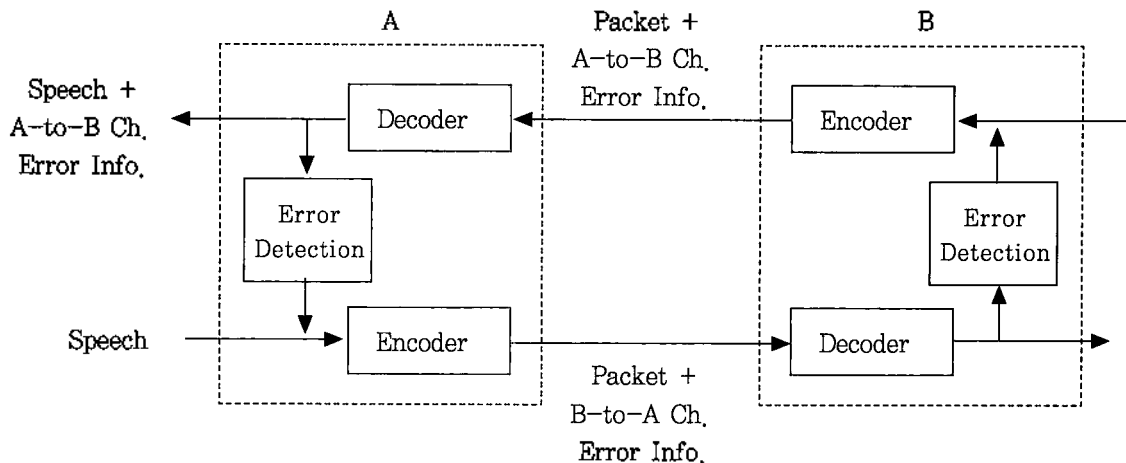


그림 1. 음성 패킷에 채널의 에러 정보를 삽입하는 방법을 사용하여 송신 채널의 에러 상태를 알 수 있게 하는 통신 구조  
 Fig. 1. Proposed communication structure for transmitting channel error information using information embedding into voice packet.

수 있다. A와 B가 통신을 하는 경우에 A는 A-to-B 채널의 에러 상태를 알 수 없다. 그러나 B는 B가 수신하는 음성 패킷의 에러 여부를 확인하여 A-to-B 채널의 에러 상태를 알 수 있고, 만일 B가 수신하는 모든 음성 패킷에 대한 에러 정보를 B가 A로 보내는 음성 패킷에 삽입하여 실시간으로 전달하면 A는 바로 전에 보냈던 음성 패킷의 전달 상태를 실시간으로 알 수 있고, A-to-B 채널의 신뢰도를 정확히 측정할 수 있다. 동일한 방법으로 B는 B-to-A 채널의 상태를 알 수 있다. 이와 같이 송신 채널의 전송 신뢰도를 알면 이 정보를 이용하여 송신측은 압축기의 전송율을 감소시키거나 비트 보호를 강화하는 방법을 사용하여 채널 에러에 보다 강인하게 음성 패킷을 전달할 수 있으며 전체 음성 통신의 품질을 향상시킬 수 있다.

물론 위에서 설명한 채널의 에러 상태 전달은 W-CDMA와 같이 별도의 표준으로 정의된 방법을 이용하여 구현할 수 있으며, VoIP 등에서는 특정 헤더를 이용하여 전달할 수 있다[1,2]. 그러나 제안된 방법과 같이 음성 패킷에 원하는 정보를 삽입하여 전달하는 방법을 사용하면 채널의 에러 정보뿐만 아니라 사용자가 원하는 어떠한 내용의 정보도 추가적으로 쉽게 전달할 수 있어 더 넓은 분야에 응용될 수 있다. 예로 G.729 음성 압축기의 음성 패킷에 한 비트의 추가 정보를 삽입하는 방법이 제공되면, G.729를 사용하는 모든 통신 시스템에서 100 bps의 임의의 추가 정보를 실시간으로 전달할 수 있다[3]. 또한 추가 정보의 전달을 위하여 새로운 통신 프로토콜을 정의하지 않아도 되며 기존의 모든 시스템에 쉽게 적용 가능하고, 전달

하는 비트의 양이 증가하지 않는 장점을 가진다.

모든 표준 음성 압축기의 음성 패킷의 구조는 표준에 의하여 정의되어 있고 모든 비트는 각각의 고유 역할을 가지고 음성 신호의 복원에 영향을 준다. 따라서 추가 정보를 임의의 방법으로 음성 패킷에 삽입시키면 원래의 음성 패킷 정보가 변형되므로 음질의 저하가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 음질의 저하를 최소화 하고 전달하는 정보에 대한 검출 오류가 발생하지 않도록 음성 패킷에 한 비트의 추가 정보를 삽입하는 방법을 개발하고, 특히 가장 널리 사용되고 있는 표준 음성 압축기인 G.729 음성 압축기를 기준으로 정보 삽입 방법을 개발한다. 이 방법은 ACELP 코드북의 특성을 이용하므로 ACELP 구조의 다른 음성 압축기에도 쉽게 적용될 수 있는 방법이다. 마지막으로 제안한 방법을 다양한 음성 신호에 적용하여 음질과 정보 전달의 성능을 측정하여 음성 패킷을 이용한 채널의 에러 정보 전달 방법의 적용 가능성을 확인한다.

## II. 음성 패킷에의 정보 삽입 방법의 조건

본 논문에서 연구하는 음성 패킷에의 정보 삽입 방법은 통신 시스템의 표준으로 정해져 모든 시스템 및 단말기가 제공하는 기능이 아니라, 원하는 사용자가 임의로 구현하여 사용하는 추가 기능 (Option)이므로 이 기능을 제공하지 않는 사용자와의 통신에서도 문제가 발생하지 않아야 하며, 또한 전화가 연결되는 과정 (Call Set-Up 과정)에서 상대방이 이 기능을 사용하는지를 미리 알지 않아도

정상 동작하여야 한다. 따라서 음성 패킷에의 정보 삽입 방법이 다양한 환경에서 정상적으로 동작하기 위해서는 다음 조건이 만족되어야 한다.

- ① 정보 삽입에 의한 음질 저하 없음
- ② 전달된 정보의 정확한 검출
- ③ 보내지 않은 정보의 오인식 (False Alarm) 없음

첫 번째 조건은 가장 기본적인 것이며 음성 패킷의 모든 비트가 음성 신호를 복원할 때 사용되므로 추가적인 정보 삽입에 의한 음성 패킷의 왜곡으로 인하여 음질 저하가 발생하지 않아야 한다는 것이다. 두 번째 조건은 채널 에러 정보 전달 기능을 제공하는 두 명의 사용자가 통화할 때, 상대방이 전달한 정보를 오류없이 정확히 검출하여야 하는 것을 의미한다. 물론 음성 패킷 자체에 에러가 발생하면 전달된 정보를 검출할 수 없다.

세 번째 조건은 한 쪽만 채널 에러 정보 전달 기능을 제공하는 경우, 예로 A와 B 사이의 통화에서 B는 채널 에러 정보 전달 기능을 제공하지만 A가 그렇지 않을 경우에 정상적인 통신을 보장하기 위한 조건이다. 즉 A는 음성 패킷을 통하여 채널 에러 정보를 전혀 전달하지 않는 상황이므로 B가 이 패킷으로부터 A가 의도하지 않는 채널 에러 정보를 오인식 (False Alarm)하지 않아야 하는 것을 의미한다. 위에서 언급하였듯이 항상 이 기능을 제공하는 사용자끼리만 통화를 하는 것이 아니고, 통화의 초기 연결 과정에서 이 기능의 사용 여부를 서로 확인하는 과정이 없으므로 오인식율 (False Alarm Rate)이 중요한 성능 항목이 된다. 이 경우 물론 A는 B가 전달한 정보를 인식할 수 없다.

만일 세 번째의 오인식 조건이 없으면 음성 패킷의 전체 비트 중에서 가장 중요도가 낮은 비트를 "0" 또는 "1"로 하여 채널 에러 정보를 매우 간단하게 전달할 수 있다. 그러나 송신측에서 이러한 기능을 제공하지 않을 경우 이 비트는 음성 패킷의 원래의 의미에 따라 정해지고 수신측에서 잘못된 정보를 인식하게 되므로 이 방법은 위에서 정의한 통신 환경에서는 사용할 수 없다.

### III. 제안한 채널의 에러 정보 삽입 방법

#### 3.1. 정보 삽입 조건

2장에서 언급하였듯이 제안한 정보 전달 방법이 모든 통신 환경에서 정상 동작하기 위하여 오인식율이 중요한

성능 항목이 되며, 본 논문에서는 오인식율을 고려하여 단순히 음성 패킷의 특정 비트에 정보를 할당하는 방법이 아니라 음성 패킷의 특정 파라미터의 상관 관계를 이용하여 정보를 삽입하는 방법을 사용한다. 즉 "Error" 정보를 삽입할 경우 이 파라미터들이 특정한 조건 (이를 "검출 조건"이라 함)을 만족하도록 인위적으로 조정하여 음성 패킷을 만들고, "No Error" 정보를 삽입할 경우 원래의 음성 패킷을 변경없이 그대로 전달한다. 이 때 정상적인 상태에서는 검출 조건이 만족되는 경우 (즉 추가 조작없이 자동으로 이 조건이 만족되는 경우)가 없어야 오인식이 없으며, "Error" 정보를 삽입하기 위하여 정상적인 음성 패킷을 인위적으로 변경하는 과정에서 음질의 저하가 발생하지 않아야 한다. 따라서 본 논문에서 연구하는 내용은 다음을 만족하는 음성 패킷의 파라미터에 대한 검출 조건을 정의하는 것이다.

- ① 검출 조건이 만족되도록 음성 패킷을 변경할 때 음질 저하가 없어야 함
- ② 검출 조건의 만족 여부를 판정하는데 오류가 없어야 함
- ③ 정상적인 음성 패킷에서는 검출 조건이 만족되지 않아야 함

이와 같은 정보 삽입 방법을 사용하는 A와 B의 통신에서, 만일 B는 채널 에러 정보 전달 기능을 제공하고 A는 이 기능을 제공하지 않을 경우 A가 전달하는 모든 음성 패킷은 검출 조건을 만족하지 못하므로 B는 항상 "No Error" 정보로 판단하게 된다. 또한 A와 B가 모두 이 기능을 제공하면 A는 "Error" 정보를 보내고자 할 때만 검출 조건이 만족되도록 음성 패킷을 변형하여 전달하며 B는 수신된 음성 패킷을 분석하여 검출 조건을 확인하여 송신 채널의 에러 상태를 알 수 있다.

#### 3.2. 정보 삽입 방법

앞에서 언급하였듯이 검출 조건을 만족시키기 위하여 특정 파라미터의 변경이 필요하며 이에 따른 음질의 저하가 최소화되어야 한다. 따라서 음성 파라미터 중에서 음질에 가장 영향을 적게 미치는 것을 선정하고, 이들의 상호 관계를 이용하는 검출 조건을 정하여야 한다. 일반적인 ACELP 구조의 음성 압축기에서 사용하는 음성 정보 파라미터는 LPC 정보, 피치 정보, 코드북 정보 (코드벡터 펄스 위치와 이득)로 구성되며 이 중에서 코드벡터의 펄스 위치가 음성 신호와 직접적인 관련이 없고 음질에 가장 적은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[4]. 즉 주어진

음성 신호를 합성하기 위한 최적의 펄스 위치를 선택하지 않고 특정한 조건을 만족하도록 약간 변형된 펄스 위치를 선택하여도 큰 음질의 저하가 발생하지 않는다. 따라서 본 논문에서는 코드벡터 펄스 위치를 이용하여 “검출 조건”을 정의하고, 수신측에서는 펄스의 위치를 분석하여 삽입된 정보를 추출하는 방법을 제안한다. 이 때 펄스 위치에 대한 검출 조건은 일반적인 패킷에서는 만족되지 않도록 하여 오인식이 없도록 하고, 최적의 펄스 위치를 사용하지 않지만 이로 인한 음질의 저하는 최소화되어야 한다.

G.729에서 최적의 코드벡터는 표준안에 정의된 방법에 따라 4개의 펄스 위치를 검색하여 구하며, 각 펄스의 부호는 식 (1)에 정의된  $d[n]$ 의 부호를 사용한다.

$$d[n] = \sum_{i=n}^{39} x[i]h[i-n], \quad n=0, \dots, 39 \quad (1)$$

여기서  $x[i]$ 는 검색을 위한 목표 신호,  $h[n]$ 은 가중치 포먼트 필터이다. 실험에 의하면 최적의 펄스 위치는  $d[n]$ 의 모양과 밀접한 관계가 있으며, 그에 따라 펄스 검색 과정에서 각 펄스의 부호를  $d[n]$ 의 부호와 동일하게 사용하였다. 따라서 제안한 정보 삽입 방법에서는 4개의 펄스 중에서  $d[n]$ 값이 큰 위치에 있는 펄스를 더 중요한 펄스로 인정하여 중요도가 큰 2개의 펄스의 위치는 항상 고정시키고, 중요도가 작은 나머지 2개의 펄스는 제거하고 주어진 검출 조건이 만족되도록 새로운 펄스 위치를 다시 찾는 방법을 사용한다.

이상의 과정에 대한 예가 그림 2에 있다. 특정 음성 신호에 대하여 정상적인 코드북 검색 결과 (a)와 같이  $n = 5, 16, 22, 29$ 에 펄스가 위치하는 최적의 코드 벡터를 얻었으며, (b)에 주어진 각 위치에서의  $d[n]$  값을 비교하여  $n = 5, 22$ 에 위치한 펄스를 더 중요한 펄스로 선택하고 나머지 펄스는 제거하여 (c)를 임시로 얻는다. 다음 2개의

펄스를 주어진 검출 조건이 만족되도록 다시 구하여 4개의 펄스로 구성된 새로운 코드벡터를 최종 완성한다.

논문에서 제안하는 검출 조건은 2개 또는 3개의 펄스가 서로 인접하는 성질로 정의하며, 이 조건이 만족되도록 2개의 새로운 펄스를 구하면 원하는 정보가 삽입된다. 단 피치 주기에 따라 두 종류의 검출 조건을 사용하는데 그 이유는 G.729에서는 피치 주기가 부프레임의 크기 (40 샘플)보다 작으면 음질의 향상을 위해 4개의 펄스를 피치 주기에 따라 반복시켜 8개의 펄스를 가지는 코드벡터를 만들어 사용하는데 그로 인해 새로 지정된 2개의 펄스가 피치 주기에 따라 반복되는 영향을 줄이기 위함이다. 본 논문에서 제안하는 피치 주기에 따른 검출 조건과 이를 만족시키기 위하여 2개의 펄스를 추가하는 방법은 다음과 같다.

- 피치 주기가 40보다 작을 경우:

검출 조건: 4 개의 펄스가 두 개씩 인접하여 위치함  
 삽입 방법: 고정된 두 개의 펄스에 인접하여 나머지 두 개의 펄스를 각각 위치시킨다. 이 때 각 고정 펄스 좌우에 새로운 펄스를 위치시킬 수 있으며, 가능한 모든 경우 중에서 코드북 검색 규칙에 따라 최적인 코드벡터를 선택한다.

- 피치 주기가 40 이상일 경우:

검출 조건: 세 개의 펄스가 연속하여 위치함  
 삽입 방법: 고정된 두 개의 펄스 중에서  $d[n]$  값이 가장 큰 위치에 해당하는 펄스를 선택하고 그 펄스를 포함하여 3개의 펄스가 연속적으로 위치하도록 2개의 펄스를 추가하여 최종 코드벡터를 구한다.

그림 3은 제안한 검출 조건에 따라 두 개의 펄스를 새롭

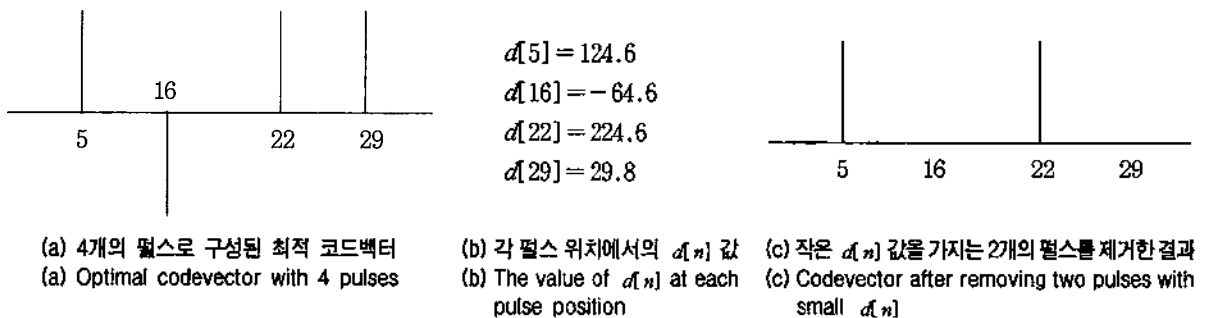


그림 2. 최적 코드벡터로부터 2개의 펄스를 제거하는 과정  
 Fig. 2. Removing two pulses from the optimal codevector.

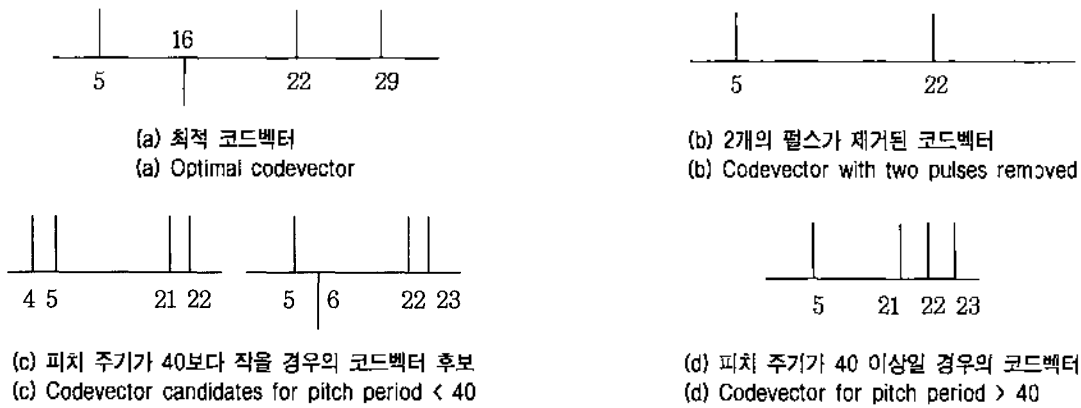


그림 3. 정보 삽입을 위한 펄스 위치 결정 예  
Fig. 3. Example of pulse selection for information embedding.

재 위치시켜 정보가 삽입된 코드벡터를 구하는 예를 보여 준다. (a)가 초기의 최적 코드 벡터이며 “No Error”를 전달할 경우 이 코드벡터를 그대로 전달하고, “Error” 정보를 전달할 경우 다음과 같이 펄스를 변경한다. 먼저 중요한 두 개의 펄스만 남겨 (b)를 얻고, 만일 피치 주기가 40보다 작으면 (b)의 각 펄스에 인접하여 두 개의 펄스를 위치시키며 (c)와 같이 모두 2 가지 경우가 가능하다. 이 때 G.729에서 정의된 코드북 트랙 규정에 따라 이미 트랙0 ( $n = 5$ )과 트랙2 ( $n = 22$ )에 펄스가 있으므로 나머지 펄스는 반드시 트랙1과 트랙3에 존재하여야 하고, 이를 만족하고 2개의 펄스가 인접하는 경우는 (c)의 두 가지만 존재한다. 마지막으로 이 중에서 G.729 표준안에 명시되어 있는 최적 조건에 따라 하나의 코드벡터를 최종적으로 선택한다. 만일 피치 주기가 40 이상이면  $n = 22$ 에 위치한 가장 중요한 펄스에 인접하여 3개의 펄스를 위치시키며 (d)와 같이 G.729 트랙 규정을 만족시키는 코드 벡터를 선택한다.

제안한 채널의 에러 정보 전달 방법은 코드북 부프레임 단위로 적용되고 G.729의 한 프레임은 두 개의 코드북 부프레임으로 구성되므로 제안한 방법을 사용하여 실제로 한 프레임에 대하여 두 번의 정보 전달이 가능하다. 따라서 오인식율을 줄이기 위하여 “Error” 정보를 전달하는 경우 두 개의 코드북 부프레임에서 모두 검출 조건이 만족되도록 코드벡터를 구한다.

### 3.3. 전달된 정보 판정 방법

제안한 검출 조건은 2개 또는 3개 펄스의 인접 성질에 따라 판정되므로 수신측에서는 전달된 코드벡터의 각 펄스의 위치를 분석하여 전달된 정보를 판정한다. 먼저 피치 주기가 40보다 작으면 코드 벡터의 펄스가 두 개씩 서로 인접하는가를 확인하여 정보를 판정한다. 물론 4개

의 펄스가 모두 인접하여 있으면 이 조건은 만족된다. 피치 주기가 40 이상이면 3 개의 펄스가 연속하여 존재하는지를 확인하여 정보를 판정하며 역시 4개의 펄스가 인접하여도 조건이 만족된다. 이와 같이 각 코드북 부프레임에 대하여 검출 조건을 판정하며, 두 부프레임에서 모두 검출 조건이 만족되면 전달된 정보가 “Error”이고 나머지 경우는 “No Error”로 판정한다.

## IV. 성능 측정

제안한 음성 패킷을 이용한 채널의 에러 정보 전달 방법의 성능을 음질 저하, 검출 확률, 오인식율 항목으로 측정하였다. 영어와 한글에 대하여 각각 5명의 남성과 여성 화자의 음성을 실험 데이터로 사용하였으며, 각 음성 샘플에 대하여 음성 패킷의 에러 발생 위치를 다르게 하여 5번 반복 실험에 대한 평균 성능을 구하였다. 따라서 총 실험 회수는 2 언어  $\times$  2 성별  $\times$  5 명  $\times$  5 번 = 100 번이다. 실험에 사용한 음성 데이터의 길이는 표 1에 정리되어 있다.

채널의 에러 정보 삽입에 의한 음질 저하는 분절 신호대 잡음비 (Segmental SNR)를 사용하여 객관적으로 측정하

표 1. 실험에 사용된 음성 데이터의 길이 (단위: 초)  
Table 1. Length of speech sentence used in experiments (unit: second).

		#1	#2	#3	#4	#5
Korean	Male	5.35	4.09	5.22	5.13	5.34
	Female	5.00	4.45	4.74	5.32	5.32
English	Male	3.95	4.64	5.48	5.70	4.92
	Female	4.66	5.42	4.72	4.64	5.41

표 2. 제안한 채널의 에러 정보 전달 방법에 의한 분절 신호대잡음 비 (Segmental SNR)의 감소량

Table 2. Segmental SNR degradation due to the proposed information transmission method.

Sentence	FER	Korean		English	
		1%	5%	1%	5%
Degradation in terms of Segmental SNR (dB)	Male #1	-0.029	0.103	0.012	0.101
	Male #2	0.023	0.189	0.016	0.166
	Male #3	0.089	0.181	0.097	0.190
	Male #4	0.043	0.069	0.047	0.169
	Male #5	0.036	0.151	0.005	0.082
	Female #1	0.039	0.154	0.048	0.131
	Female #2	0.059	0.240	0.022	0.131
	Female #3	0.083	0.200	0.045	0.194
	Female #4	0.075	0.154	0.073	0.171
	Female #5	0.015	0.100	0.038	0.210
Total Average		0.043	0.138	0.040	0.154

였다. 표 2에 1%와 5%의 채널 에러율 (FER: Frame Error Rate)에 대하여 정보가 삽입된 복원 음성 신호의 SNRseg 과 정보 삽입을 하지 않는 정상 상태의 SNRseg이 비교 정리되어 있다. 정보 삽입에 의한 음질 저하는 매우 작아 실제 통신에서 충분히 사용할 수 있는 성능을 가진다.

제안한 방법에 대한 검출 확률은 전달되는 음성 패킷에 에러가 발생하지 않을 경우 항상 100%이다. 즉 전달한 정보를 검출하지 못하는 경우가 발생하지 않는데, 이는 수신측에서 코드벡터의 펄스 위치가 검출 조건을 만족하는 지를 확인하는 것은 항상 오류없이 구현되기 때문이다.

제안한 방법의 오인식율은 표 3에 정리되어 있다. 각 문장에 대하여 5번 반복 실험에 의한 총 오인식 회수율

표 3. 제안한 채널의 에러 정보 전달 방법의 오인식 발생 빈도  
Table 3. The number of false alarms for the proposed information transmission method.

Sentence	FER	Korean		English	
		1%	5%	1%	5%
Number of False Alarms in 5 Trials	Male #1	4	4	0	0
	Male #2	0	0	4	3
	Male #3	0	2	0	0
	Male #4	0	0	1	1
	Male #5	0	0	2	0
	Female #1	2	3	0	0
	Female #2	0	0	0	0
	Female #3	1	1	8	8
	Female #4	1	2	0	0
	Female #5	1	2	1	1
Total		9	14	16	13

정리한 것으로 전체 통계를 구하면 총 (한글 49.96초 + 영어 49.54초) × 5회 = 497.5초 동안에 52번의 오인식이 발생하여 전체 오인식율 = 0.104회/sec = 0.001회/Frame 이 되어 매우 낮은 것을 알 수 있다. 여기서 문장에 따라 오인식율이 다른 것은 음성의 특성에 따라 정상 패킷에서 검출 조건이 만족되는 빈도가 다르기 때문이다.

세 가지 항목의 성능 측정 결과 본 논문에서 개발한 방법을 이용하여 채널의 에러 상태를 높은 신뢰도로 전달할 수 있으며 이에 따른 음질 저하는 거의 없는 것을 확인할 수 있다.

### V. 결론

본 논문에서는 G.729 음성 패킷에 추가 정보를 삽입하는 기술을 통하여 채널의 에러 정보를 전달하는 방법을 제안하였다. ACELP에서 음성 신호와 직접적인 관련이 가장 적은 코드벡터의 펄스 위치를 이용하여 정보를 삽입하며, 구체적으로 G.729의 각 코드북 부프레임마다 4개의 펄스로 구성된 코드벡터에서 2개 또는 3개 펄스가 서로 인접하도록 조정하여 원하는 정보를 삽입하며, 수신측에서는 펄스의 위치를 분석하여 정보를 검출한다. 다양한 음성 신호를 이용하여 제안한 방법의 성능을 측정하였으며 음질 저하, 검출 확률, 오인식율에서 원하는 성능을 얻을 수 있었다. 현재 음질 저하를 줄이는 방법과 음성 패킷에 더 많은 양의 정보를 삽입하는 방법에 대한 연구가 진행 중이다.

### 감사의 글

본 연구는 광운대학교 2001학년도 교내 학술 연구비의 지원으로 이루어졌습니다.

### 참고 문헌

- GSM 06,90, "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Adaptive multi-rate (AMR) speech transcoding," 1996.
- D. Collins, *Carrier Grade Voice over IP*, McGraw-Hill, chap. 2, 38-71, 2001.
- ITU Recommendation G.729, "Coding of speech at 8kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear-prediction (CS-ACELP)," 1996.
- GSM 05,03, "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Channel coding," 1997.

---

### 저자 약력

---

● 차 성 호 (Sung-Ho Cha)

1999년: 광운대학교 전자공학과 (공학사)

2001년: 광운대학교 전자공학과 (공학석사)

2001년~현재: 지트랜코리아 연구원

※ 주관심분야: 음성/오디오 신호처리, 임베디드 시스템

● 박 호 중 (Hochong Park)

1986년: 서울대학교 전자공학과 (공학사)

1987년: Univ. of Wisconsin-Madison, 전자공학과 (M.S.)

1993년: Univ. of Wisconsin-Madison, 전자공학과 (Ph.D.)

1993년~1997년: 삼성전자 선임연구원

1997년~현재: 광운대학교 전자공학과 부교수

※ 주관심분야: 음성/오디오 신호처리, 통신 신호처리, 영상 신호처리