

연속적인 프레임 손실 상황에서의 G.729 PLC 성능개선

The Performance Improvement of G.729 PLC in Situation of Consecutive Frame Loss

홍성훈*, 김진우*, 배명진*

(Seong-Hoon Hong*, Jin-Woo Kim*, Myung-Jin Bae*)

*송실대학교 정보통신공학과

(접수일자: 2009년 9월 23일; 수정일자: 2009년 11월 19일; 채택일자: 2009년 12월 3일)

인터넷이 널리 보급이 되면서 인터넷을 이용한 다양한 서비스가 제공되고 있다. 이 중 인터넷 망을 이용한 음성통신서비스는 저렴한 가격에 그 사용비율이 점차 증가하고 있다. 그러나 기존 전화기의 회선교환방식과는 달리 패킷교환방식을 사용하기 때문에 패킷의 지연, 손실 및 지터 등으로 인해 음질 저하가 발생한다.

인터넷망에서 사용하는 음성부호화기는 자체적으로 PLC (Packet Loss Concealment) 알고리즘을 사용하고 있지만 연속적인 패킷 손실에 대해서는 취약하다. 본 논문에서는 개선된 G.729 PLC 알고리즘과 G.711 Appendix I에서 사용한 PLC 알고리즘을 이용하여 연속적인 패킷 손실 하에서 음질 저하를 개선하기 위해 LP (Linear Prediction) 파라미터 보간, 여기신호 복원, 여기신호이득 복원 방법을 제안한다. 성능 평가 결과 기존 대비 약 11% 정도 성능이 향상 되었다.

핵심용어: G.729 PLC, VoIP, 패킷 손실 개선, LP 파라미터 보간, 여기신호 복원

투고분야: 음성 처리 분야 (2,2)

As internet spread widely, various service which use the internet have been provided. One of the service is a internet phone. Its usage is increasing by the advantage of cost. But it has a falling off in quality of speech, because it use packet switching method while existing telephone use circuit switching method. Although vocoder use PLC (Packet Loss Concealment) algorithm, it has a weakness of continuous packet loss. In this paper, we propose methods to improve a lowering in quality of speech under continuous loss of packet by using PLC algorithm used in advanced G.729 and G.711. The proposed methods are LP (Linear Prediction) parameter interpolation, excitation signal reconstruction and excitation signal gain reconstruction. As a result, the proposed method shows superior performance about 11%.

Keywords: G.729 PLC, VoIP, Packet Loss Improvement, LP Parameter Interpolation, Excitation Restoration

ASK subject classification: Speech Signal Processing (2,2)

I. 서론

인터넷 서비스가 급속하게 확산되면서 인터넷을 이용한 다양한 서비스가 제공되고 있다. 그 중 대표적인 서비스로 인터넷 전화를 들 수 있다. 기존의 전화에 비해 저렴한 사용료와 다양한 서비스를 제공하고 있어 급격하게 기존의 전화기를 대체하고 있다. 인터넷 전화는 PSTN을 이용하는 기존의 전화와는 달리 IP망을 이용하는 패킷 교환 방식을 사용한다. 이는 전송 시 다양한 형태의 패킷

손실이 발생하는데, IP망에서 발생하는 패킷 손실의 종류는 지연 (delay), 지터 (jitter), 손실 (loss) 등이 있다. 이 중 지연이나 지터의 경우에는 단일 프레임 단위로 발생하지만 손실의 경우에는 연속적으로 발생하는 경우가 대부분이다. 이로 인해 음성 통신의 품질을 보장받지 못하게 된다 [1-3]. 이러한 패킷 손실로 인한 음질 저하를 막기 위해 패킷 네트워크망에 사용되는 음성부호화기들의 대부분은 자체적인 PLC 알고리즘을 보유하고 있다. PLC 알고리즘은 크게 송신단 기반의 방법과 수신단 기반의 방법으로 나뉘어진다. 송신단 기반의 방법은 손실이 발생할 것에 대비해 부가 정보를 보내는 것으로 추가 비트할당을 해야 하며 이로 인해 발생하는 지연도 감수해야

한다. 대표적인 송신단 기법의 방법으로 FEC (Forward Error Correction)이 있다 [4][5]. 이에 반해 수신단 기법의 방법은 별도의 추가 정보 없이 이전에 수신한 데이터에 의존해 손실된 데이터를 복원하는 방법으로 현재 패킷 네트워크망에서 사용하고 있는 방법이다 [7-10]. G.729와 같은 CELP (Code Excited Linear Prediction) 방식의 음성부호화기는 예측기법을 사용하기 때문에 손실로 인한 에러가 그 다음 프레임까지 전파되는 문제점이 있다 [8][9][10]. 이를 보완하기 위해 많은 연구가 있었지만 기존의 G.729 PLC 성능 개선에 대한 연구는 실제 네트워크를 통해 전송되는 RTP 패킷조건에 대한 고려 없이 G.729의 프레임 단위의 손실에 대해서만 고려하고 있다 [13]. 실험 조건을 살펴보면 패킷당 프레임 수를 1프레임/패킷으로 설정하는데 동일한 손실율에서 패킷당 음성프레임이 적을수록 MOS는 좋은 값을 갖는다. 하지만 현재 사용 중인 VoIP서비스에서는 패킷당 두 프레임 (20 ms)을 사용하고 있으며 이는 모든 서비스 사업자들이 동일하게 사용하고 있다. 현재 서비스 사업자가 요구하는 음질은 표 1과 같이 G.729의 경우 3.1 이상을 요구하나 RTP 패킷당 두 음성프레임을 적용하는 조건에서 G.729가 자체적으로 보유하고 있는 PLC 알고리즘으로는 최소 MOS 2.8의 성능밖에 나타내지 못하고 있다. RTP 패킷을 통한 음성 데이터 전송은 payload 구성 시 패킷에서 차지하는 부가정보 (overhead)를 줄이기 위해 20 ms를 기본으로 하여 음성 데이터를 전송한다. 네트워크 효율을 위해서는 RTP payload당 더 많은 압축된 음성데이터를 전송하는 것이 좋으나 그만큼의 지연이 발생하기에 두 프레임으로 한정한다. 따라서 네트워크에서 손실이 발생할 경우 음성데이터는 연속된 두 프레임단위로 손실이 발생하게 된다. 본 논문에서는 실제 서비스 중인 인터넷 전화 서비스 망의 상태를 분석하고 이에 맞는 PLC 알고리즘을 제안한다. 손실된 프레임 복원은 개선된 G.729 PLC 알고리즘

을 사용하고 프레임간의 연속성을 유지하기 위해 G.711 Appendix I의 OLA 알고리즘 [7]을 개선 적용하여 실제 인터넷 전화 서비스 조건에 맞는 음성 품질을 유지할 수 있다. 본 논문의 2장에서는 인터넷 전화 서비스의 음성 품질 조건을 설명하고 3장과 4장에서는 각각 G.711과 G.729 음성 부호화기의 PLC 알고리즘에 대해서 설명한다. 5장에서는 제안한 알고리즘을 설명하고 6장에서 실험을 통해 제안한 알고리즘의 성능을 분석하고 7장에서 결론을 맺는다.

II. 인터넷 전화의 음성 품질

현재 인터넷 전화 서비스는 기존의 인터넷 서비스 회사들과 지역 케이블 TV 사업자들이 제공하고 있다. 서비스 형태는 여러 종류가 있고 각각의 특성에 따른 조건들이 있지만 공통적으로는 지연, 음질, 지원하는 음성부호화기의 종류 등이다. 표 1은 인터넷 전화 서비스의 음성 품질 조건이다.

여기서 지연은 종간단의 지연 (End-to-End delay)를 말한다. 음질 측정은 업체마다 조금씩 차이는 있는데 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 표 1의 조건에서 측정하거나 아니면 실제 서비스 망에서 측정한다. 이때 음질 측정에 사용하는 알고리즘은 사용하는 장비에 따라 PAMS 또는 E-model을 사용한다. 패킷 손실을 2%로 정한 이유는 서비스 사업자가 요구하는 실험조건이며 실제 서비스 망에서 발생하는 순수한 패킷 손실이 평균 1.5~1.8% 사이에서 발생하기 때문이다. 지연으로 인한 손실은 프로토콜 계층 (RTP layer)에서 지터버퍼링 알고리즘을 이용하여 손실을 최소화 하기에 음성부호화기에서는 loss로 인해 발생하는 손실을 담당한다. 이때 음질 측정에 사용하는 장비는 Agilent사의 VQT 나 Head Acoustic 장비를 사용하며 네트워크 시뮬레이터는 packet storm이나 shuna storm를 이용한다. G.711이나 G.729의 경우 기본 프레임 크기가 10 ms 이나 RTP를 통해 송수신 되는 패킷의 기본 단위는 20 ms 이기에 패킷 손실 (packet loss)가 발생하면 연속적으로 2 프레임 손실이 발생한다.

그림 1은 실제 망과 네트워크 시뮬레이터에서 발생하는 패킷 손실 패턴을 나타냈다. 그림에서 나타낸 패킷 단위는 RTP 패킷 단위로 하나의 RTP 패킷 당 음성은 두 패킷단위로 묶여 있다. RTP 패킷이 네트워크를 통해 전송 중 손실이 발생할 경우 하나의 RTP 패킷이 손실될 때마다 음성패킷은 연속적으로 두 프레임이 손실된다. 결국 최소 두 프레임 이상의 음성 프레임 손실이 발생할

표 1. 음성 품질 조건 [12]
Table 1. Condition of voice quality.

종류		조건
지연 (delay)		< 150ms
음질 (MOS)	normal	G.711 : 4.1 이상 G.729 : 3.8 이상 G.723.1 : 3.9 이상
	jitter(40 ms) loss 2%	G.711 : 3.6 이상 G.729 : 3.1 이상 G.723.1 : 3.1 이상
frame size		G.711, G.729 : 20ms G.723.1 : 30ms
반복 테스트 회수		단시간 : 200회 (40분) 장시간 : 1440회 (8시간)

수 있다. 위 손실 패턴은 네트워크 시뮬레이터를 통해 발생한 패턴이다.

III. G.711 PLC 알고리즘

G.711 음성부호화기는 파형부호화방식의 부호화기로써 파형의 잉여성분만을 제거한뒤 전송, 복원하는 알고리즘을 사용한다. 전송율은 64 kbps이며 MOS 4.3이상의 음질을 갖는다 [6][7].

G.711 음성부호화기는 압축 방식에 따라 A-law, U-law로 나뉘며 현재 유선 PSTN망과 패킷 네트워크망에 표준으로 사용되고 있으며 가장 뛰어난 음질을 갖는다.

G.711 PLC 알고리즘은 과거 데이터를 저장하고 있다가 손실이 발생할 경우 과거 저장된 데이터에서 피치정보를 구한 뒤 피치 구간의 1/4 구간을 삼각차함수를 이용하여 OLA (Over Lap Add)를 사용하여 피치 구간을 반복하여 손실된 데이터를 복원한다. 연속적으로 손실이 발생할 경우에는 복원된 데이터에 이득을 20% 감소시킨다. 연속적으로 5프레임 이상 손실이 발생할 경우에는 이전 프레임간의 상관관계가 없다고 판단하여 6번째 프레임부터는 zero padding을 하여 데이터를 생성한다.

G.711 PLC 알고리즘에 대한 블록도를 그림 2에 나타냈다. 손실이 발생하지 않았을 경우에는 히스토리 버퍼에 390샘플 (48.5 ms)의 크기로 저장되며, 손실이 발생할 경우 저장된 히스토리 버퍼로부터 피치 정보를 구한 후 OLA를 통해 피치구간단위로 복원하여 손실된 데이터를

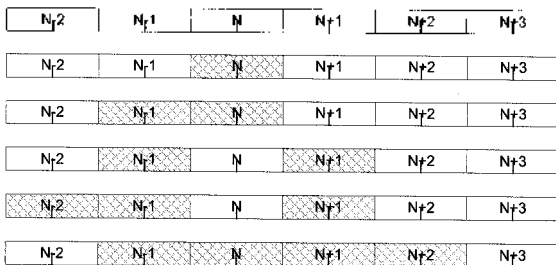


그림 1. 패킷 손실 패턴
Fig. 1. Packet loss pattern.

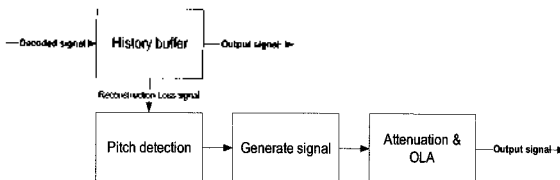


그림 2. G.711 PLC 알고리즘 블록도
Fig. 2. G.711 PLC Algorithm Block Diagram.

복구한다. 이렇게 복구된 데이터는 다시 히스토리버퍼에 저장된다.

그림 3에서는 연속적으로 손실이 발생할 경우에 대한 블록도를 나타냈다.

한 프레임 이상 연속적으로 손실이 발생할 경우 그림 3과 같이 동작한다. 첫 번째 프레임 손실 복원에서는 히스토리버퍼의 끝에서 1.25 피치 되는 구간에서부터 1피치 구간까지 OLA를 적용하여 손실된 데이터를 복구한다. 2,3번째 프레임 손실 복원에서는 각각 두 배, 세배의 피치 주기를 이용하여 데이터를 복구한 후 이득감쇄를 통해 이득을 낮춘다. 4,5번째 프레임 복구는 앞서 구한 데이터에 이득감쇄만 수행한다. 이후 6번째 이상의 프레임 손실이 발생할 경우에는 모두 0으로 채워 출력한다.

IV. G.729 PLC 알고리즘

G.729 음성부호화기는 ACELP방식의 부호화기로서 8 kHz로 표본화된 16 bits 선형 PCM 데이터를 입력 신호와 8 kbps의 전송율을 가지며, 기본 MOS는 3.85를 갖는다 [11].

4.1. 기존의 LP 파라미터 복원

기존의 G.729에서는 이전 프레임의 LP 파라미터를 그대로 사용한다. 이럴 경우 한 프레임씩 발생하는 애러에 대해서는 어느 정도 효과가 있으나 연속적으로 손실이 발생할 경우 오히려 음성이 기계음과 같은 왜곡이 발생한다. 이를 방지하기 위해서는 천천히 변하도록 LP 파라미터를 보정해야한다.

4.2. 기존의 여기신호 복원

식 (1)과 같은 방식으로 피치주기를 복원한다.

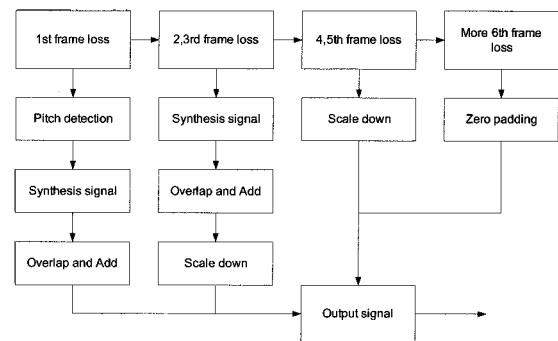


그림 3. 연속 프레임 손실에 대한 G.711 PLC 알고리즘 블록도
Fig. 3. G.711 PLC Algorithm Block Diagram about consecutive frame loss.

$$L_f = \text{MIN}(L_p + 1, L_{\text{max}}), \quad L_{\text{max}} = 145 \quad (1)$$

복원된 피치주기 L_f 는 과거 프레임의 피치주기 L_p 에 1씩 증가시킨 후 사용하며 복원된 피치주기가 피치주기 최대값 L_{max} 보다 클 경우에는 최대값을 사용한다.

고정 코드북의 인덱스와 부호는 각각의 13비트와 4비트 파라미터를 랜덤 함수를 통해 구한 뒤 복원한다.

4.3. 기존의 여기신호 이득 복원

손실 프레임에서 여기신호 이득 복원 알고리즘은 식 (2)와 같다. 적응 코드북 이득 g_p 과 고정 코드북 이득 g_c 는 이전 프레임의 각각의 이득을 감쇠시켜 얻는다.

$$\begin{aligned} g_p &= \text{MIN}(g_{p, \text{prev}} \times 0.9, 0.9) \\ g_c &= g_{c, \text{prev}} \times 0.98 \end{aligned} \quad (2)$$

V. 제안한 알고리즘

제안한 손실 패킷 복구 및 에러 은닉 방법을 G.729에 적용한 구조는 그림 4와 같다. 과거 버퍼의 데이터를 가지고 손실 패킷을 복원하는 방법은 5.1, 5.2, 5.3에 기술하였으며, 그 내용은 각각 LP (Linear Prediction) 파라미터 보간, 여기신호 복원, 여기신호이득 복원 방법이다. 제안한 알고리즘의 구성은 그림 4와 같다.

손실 없이 수신된 음성 프레임 복호화 과정에서 생성된 여기원 데이터를 별도의 버퍼 (history buffer)에 저장한다. 이후 음성프레임의 손실이 발생할 경우 앞서 저장된 버퍼로부터 pitch 정보와 여기원 파형을 예측한 후 파형의 연속성을 보존하기 위해 history buffer의 데이터와 보간 (interpolation)을 통해 새로운 여기원을 생성한다.

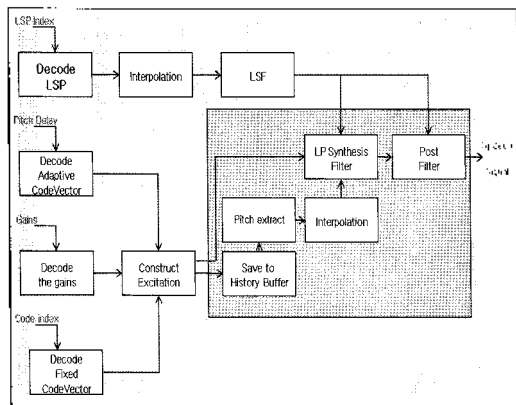


그림 4. 제안한 알고리즘의 블록 다이어그램
Fig. 4. Block Diagram of Proposed Algorithm.

이렇게 생성된 여기원과 LP 파라미터 보간을 통해 생성된 LP 파라미터와 합성하여 손실된 음성 데이터를 복원한다.

5.1. LP (Linear Prediction) 파라미터 보간

본 논문에서는 보간을 통한 대역폭 확장 방법을 적용하였다. LP (Linear Prediction) 합성 필터의 대역폭을 확장한다는 것은 필터의 피크를 약간씩 줄이고 대역폭을 조금 늘리는 것을 의미한다.

$$A(z) = 1 - \sum_{j=1}^m \beta a_j z^{-j} \quad (3)$$

식 (3)를 적용함으로써 이전 프레임으로부터 구해진 LP 합성필터는 조금 더 부드러운 형태가 된다. β 는 0.98로 고정된 값이다.

이로 인해 천천히 변화하는 음성신호의 스펙트럼 특성을 반영할 수 있다. 패킷 손실이 발생하는 매 프레임마다 LP 합성 필터의 대역폭을 확장하여 필터의 스펙트럼을 평활화 시키고, 합성음성을 보다 부드러운 음성 변화구간을 얻을 수 있다.

5.2. 여기신호 복원

G.711 PLC의 알고리즘을 적용하여 손실된 패킷의 여기신호를 복원한다. 우선 별도의 버퍼 (history buffer)를 두어 정상적으로 수신된 이전 프레임의 여기신호를 저장한다. 이후 손실된 패킷의 피치주기를 복원할 때 이전 프레임의 피치 주기를 이용하여 히스토리버퍼에서 검색 구간을 20샘플로 결정하고 교차상관도를 구한 뒤 이를 이용하여 손실된 패킷의 피치 주기를 구한다. 식 (4)에 교차상관도를 이용한 피치 검색방법을 나타냈다.

$$C(t) = \frac{\left(\sum_{n=0}^{19} e[n] \cdot e[n-t] \right)^2}{\sum_{n=0}^{19} e[n-t] \cdot e[n-t]} \quad , \quad p-2 < t < p+2 \quad (4)$$

여기서 p 는 이전 프레임의 피치주기이고 $e[n]$ 은 히스토리버퍼에 저장된 여기신호이다. 이전 피치주기의 전후 2씩의 범위에서 상관도 값이 가장 큰 지연 l 을 피치주기로 정한다. 구해진 피치 주기를 이용하여 이전 프레임과의 연속성을 유지하게 위해 G.711의 OLA (OverLap Addition)을 이용하여 여기신호를 생성한다. 과거에 수신된 피치

정보로 검색구간을 정함으로서 시스템의 복잡도를 줄일 수는 있으나 피치 주기의 반복적인 사용은 오히려 음질 저하를 가져오기에 새로 피치를 구하는 방법을 택했다. 손실 패킷의 여기신호의 생성은 찾은 피치를 기반으로 피치주기를 반복하여 사용한다. G.711 PLC에서는 처음 10 ms는 피치주기를 그대로 반복하여 사용한다. 이후 20 ms에서 두 배로 증가된 피치 주기를 사용하고, 30 ms에는 피치 주기가 한번 더 더해져 세배가 되는 방식을 사용하나 G.729에서는 10 ms 단위로 처리하여 지연을 줄이는 방식을 택했다. 그림 4에서 여기 신호 합성 방법에 대한 구성은 아래의 그림 5와 같다.

5.3. 여기신호 이득 복원

기존 G.729 embedded PLC에서는 적응, 고정 코드북 이득을 감쇠시킨다. 재귀 구조를 갖는 G.729의 특성상 여기원의 이득 감쇠가 다음 프레임에 영향을 끼치게 되어 PLC로 인한 오차가 이후까지 전파되는 결과를 낳는다. 이런 영향을 없애기 위해 이전 프레임이 정상적으로 수신되고 현재 프레임에서 손실이 발생한 경우, 즉 첫 번째 PLC 상황에서의 합성에서는 감쇄를 하지 않고 이전 프레임의 이득을 그대로 적용한다. 이후 연속적으로 패킷 손실이 발생할 경우 합성된 전체 신호에 대해서 이득을 두 번째, 세 번째 프레임에서는 15%, 네 번째부터 여섯 번째까지는 20%, 그 이후에는 참조한 정상프레임 데이터와의 연관성이 없다고 판단하여 모두 0으로 출력한다. 아래 식 (5)과 식 (6)에 최종 합성 신호에 대한 이득 조절을 나타냈다. 여기서 G_{PLC} 는 손실 프레임 카운트에 따라 갱신되며 다시 정상 프레임이 수신될 경우 1로 초기화 되고 손실 프레임 카운트 Cnt_{PLC} 도 0으로 초기화 된다.

$$s(n) = G_{PLC} \cdot s(n) \tag{5}$$

$$G_{PLC} = \begin{cases} 1 & , Cnt_{PLC} = 1 \\ 0.85 \cdot (Cnt_{PLC} - 1) & , Cnt_{PLC} = 2, 3 \\ 0.8 \cdot (Cnt_{PLC} - 3) & , Cnt_{PLC} = 4, 5, 6 \\ 0 & , Cnt_{PLC} > 6 \end{cases} \tag{6}$$

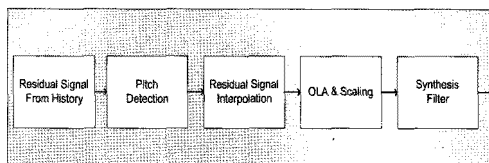


그림 5. 상세 손실 패킷 복구 및 에러 은닉 방법
Fig. 5. packet loss recovery and concealment method.

VI. 실험 및 결과

제안한 알고리즘의 성능평가를 위해 C&S Technology사의 Cronus (CSD20000)에 구현하였다. Cronus 칩은 180 Mhz의 ARM9e 와 90 MHz의 TeakLite DSP를 내장하고 있으며 VoIP용으로 개발된 칩이다. 제안한 알고리즘은 TeakLite DSP에 어셈블리로 코딩하여 적용하였으며 이에 사용된 메모리크기는 아래 표 2에 나타내었다. 사용한 데이터 메모리의 대부분은 여기신호 복원 시 이전 프레임의 데이터를 저장하기 위한 히스토리 버퍼와 여기신호 복원에 사용하는 버퍼에 사용되었으며 LP 파라미터 복원과 이득 복원에 일부 메모리를 사용하였다.

성능평가를 위해 테스트 환경을 다음과 같이 구성하였다. 제안한 알고리즘이 적용된 VoIP 전화기 두 대를 테스트 네트워크에 연결하고 그 사이에 네트워크 시뮬레이터인 shunra storm을 연결하였다. 그 다음 음질측정을 위해 Agilent사의 VQT를 VoIP 단말기의 송수화기에 연결하였다. 테스트용 네트워크에서는 지연 및 패킷 손실의 발생하지 않기 때문에 shunra storm을 이용하여 실제 네트워크 망과 유사한 조건을 조성하였다. 패킷손실 조건은 jitter 40 ms에 랜덤 손실 2%로 설정하였다. 이 조건은 KT, SK Broadband (구 하나로 텔레콤), 데이콤 등 VoIP 사업자들이 단말기의 성능 테스트하기 위한 조건이다. 테스트에 사용한 음성시료는 VQT 장비에 내장되어 있는 여러 음성 시료 중 음질이 가장 낮게 측정되는 시료로 영국식 영어발음의 남성 시료를 선택하여 수행하였다. 8 khz sampling의 25초의 길이를 갖는다. 이 시료는 여타 다른 시료 대비 MOS값이 0.1-0.2 정도 낮게 나온다.

음성시료 조건에 잡음을 첨가하지 않은 이유는 모든 VoIP 단말은 전처리/후처리 과정을 통해 유입되는 잡음을 제거하기 때문에 잡음 세기에 따른 음질측정은 측정 조건에서 제외하였다.

그림 6,은 원 신호와 여기신호 이득 복원만 적용하여 복원한 신호에 대해 나타냈다. 이득 감쇄로 인한 오류를 최소화하였으나 기존의 여기신호 복원 오류가 큰 영향을

표 2. 제안한 알고리즘의 메모리 및 계산량
Table 2. Computation rate of Proposed algorithm.

항목	사용량
코드 메모리	0.8k word
데이터 메모리	1.1k word
계산량	max. 2.58 MIPS

미침을 알 수 있다.

제안한 세 가지 알고리즘을 각각 하나씩 적용하였을 때와 모두 적용하였을 때의 음질 테스트 결과를 표 3에 나타냈다. 확인 결과 음질 개선에 가장 큰 영향을 준 부분은 여기 신호 복원 부분이고 예상과 달리 여기신호 이득 복원은 그 효과가 제일 적었다.

여기신호 이득 복원의 경우 여기 신호 복원이 제대로 이루어지지 않는 경우 이 개선 효과가 미비함을 알 수

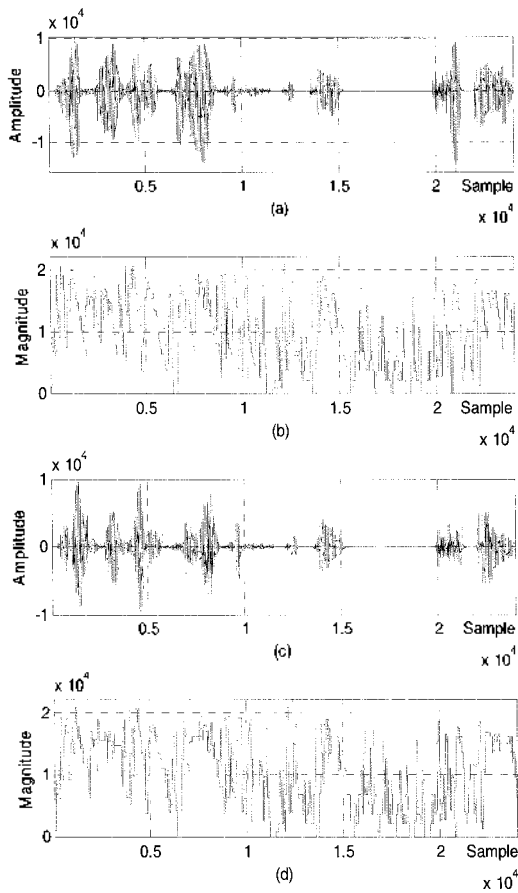


그림 6. 여기신호의 이득보상을 이용한 결과: (a) 원 신호 (b) 원 신호 g_p 값. (c) 합성신호. (d) 합성신호 g_p 값
Fig. 6. Result of (a) Original Speech, (b) Original g_p value, (c) Reconstructed Speech, (d) Reconstructed g_p value.

표 3. 알고리즘 성능비교 (MOS, Min/Avg)
Table 3. Comparison of algorithm performance.

패킷 손실 조건	jitter 40ms / loss 2%	
기존의 G.729 PLC	2.80 / 3.1	
제안한 알고리즘	LP 복원	2.85/3.1
	여기신호 복원	2.94/3.32
	여기신호이득 복원	2.82/3.1
	여기신호 & 이득 복원	3.02/3.43
	총합	3.10 / 3.5

있었으며 여기 신호에 관련하여 두 알고리즘이 조합을 이루어야 효과적으로 음질이 개선됨을 알 수 있다. 그림 7과 8에서 기존 G.729의 PLC 알고리즘과 제안한 알고리즘의 결과를 비교하였다. 그림 8에서 보듯이 기존 G.729의 PLC에 비해 제안한 알고리즘이 원 파형에 근접하게 복원함을 알 수 있다.

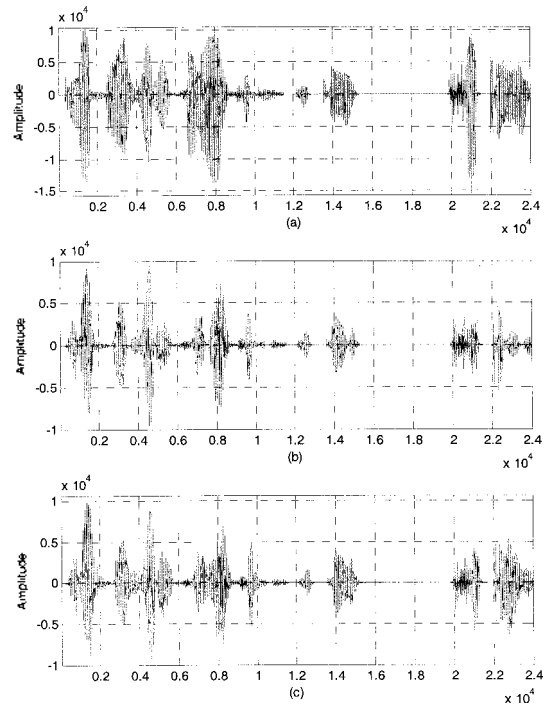


그림 7. PLC 처리 결과비교: (a) 원신호, (b) G.729 PLC, (c) 제안한 PLC

Fig. 7. The result of processed PLC: (a) Original speech, (b) G.729 PLC, (c) Proposed PLC.

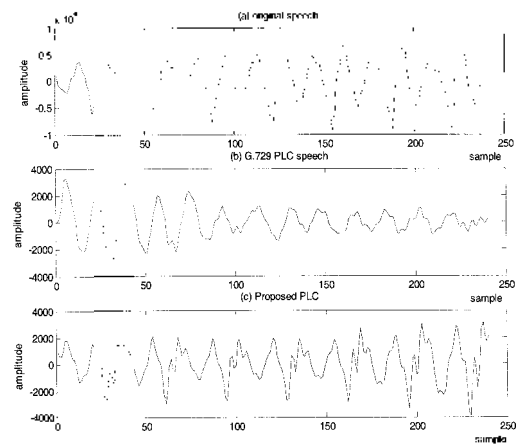


그림 8. PLC 처리 결과비교: (a) 원신호, (b) G.729 PLC, (c) 제안한 PLC.

Fig. 8. The result of processed PLC: (a) Original speech, (b) G.729 PLC, (c) Proposed PLC.

VII. 결론

인터넷이 널리 보급이 되면서 인터넷을 이용한 다양한 서비스가 제공되고 있다. 패킷교환 망에서는 단말간의 지연 조정, 패킷 지연, 지터, 패킷 손실 등 다양한 이유로 좋은 음질을 보장 받지 못하기 때문에 이런 손실을 보상하는 방법에 대한 연구가 필수적이다. 이에 본 논문에서는 수신단 기반의 CELP형 음성부호화기의 PLC 알고리즘을 새로이 제안하였다. LP파라미터 보간 방법을 통해 천천히 변화하는 LP 특성을 유지하여 반복적인 LP 파라미터 사용에 의한 음질 저하를 개선하고 G.711 PLC에서 적용한 OLA를 이용한 여기신호 복원을 통해 보다 정확한 피치검색하여 음질을 개선하였다. 추가적으로 여기신호의 이득 보상 알고리즘을 적용하여 여기신호 복원을 통한 음질개선 효과를 극대화 하였다.

송신단기반의 패킷 손실 은닉 방식을 사용하지 않기 때문에 기존 단말간의 호환이 가능하고, 추가적인 시스템 지연에 영향을 주지 않는다. 테스트 조건은 현재 VoIP 사업자들이 요구하는 테스트 (BMT: Bench Mark Test) 항목을 기준으로 하였으며 테스트 통과 조건인 worst MOS 3.1의 조건을 만족하였다.

향후 계획은 다른 CELP 기반의 음성 부호화기에 적용하여 추가 성능개선을 할 예정이며 송신단 기반의 방법이 갖는 단점을 극복하는 연구를 통해 패킷 손실 상황에서의 음질을 개선할 필요가 있다.

참고 문헌

1. J. Bolot and A. Vega Garcia, "Control Mechanisms for Packet Audio in the Internet," in *Proceeding of IEEE INFOCOM, San Francisco, CA*, pp. 232-239, March, 1996.
2. C. Perkins, O. Hodson, and V. Hardman, "A Survey of Packet Loss Recovery Techniques for streaming Audio," *IEEE Network*, vol. 12, no. 5, pp.40-48, Sep. 1998.
3. C. Romer, M. Podolsky, and S. McCanne, "Simulation of FEC-based error control for Packet Audio on the Internet," in *Proceedings of IEEE INFOCOM, Simulation of FEC-based error control for Packet Audio on the Internet*, pp. 505-511, April, 1998.
4. T. J. Kostas, et al, "Real-time voice over packet-switched networks," *IEEE Network*, vol. 12, no.1, pp. 18-27, Jan.-Feb. 1998.
5. J. C. Bolot, et al, "Adaptive FEC-based Error Control for Internet Telephony," *Proceeding INFOCOM 99*, New York, NY, pp. 21-25, March 1999.

6. ITU-T Recommendation G.711, *Pulse Code Modulation (PCM) of voice frequencies*, Nov. 1988.
7. ITU-T Recommendation G.711 Appendix I, *A high quality low-complexity algorithm for packet loss concealment with G.711*, Sep. 1999.
8. ITU-T Recommendation G.729, *Coding of speech at 8kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction (CS-ACELP)*, March, 1996.
9. ITU-T Recommendation G.723.1, *Dual rate speech coder for multimedia communication transmitting at 5.3 and 6.3 kbit/s*, Mar. 1996.
10. ETSI TS 126.091, *AMR speech Codec; Error concealment of lost frames*, Jan. 2009.
11. Jonadan Davidson and James Peter, "Voice over IP Fundamentals," Cisco Press, 2000.
12. *VoIP 음성 품질 평가 항목*, 하나로텔레콤, 2007.
13. 윤성완, 강홍구, 윤대희, "음성신호의 특성을 고려한 패킷 손실 은닉 알고리즘", *한국통신학회 논문지 31권, 7c호*, 2006.

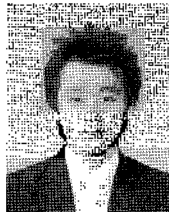
저자 약력

• 홍 성 훈 (Seong-Hoon Hong)



1997년 2월 : 송실대학교 정보통신공학과 (공학사)
 1999년 2월 : 송실대학교 정보통신공학과 (공학석사)
 1999년 2월~현재 : C&S Technology IP Telephony 사업부 수석연구원
 2004년 3월~현재 : 송실대학교 정보통신공학과 박사 과정

• 김 진 우 (Jin-Woo Kim)



2008년 2월 : 한경대학교 응용수학과 (이학사)
 2008년 3월~현재 : 송실대학교 정보통신공학과 석사 과정

• 배 명 진 (Myung-Jin Bae)



현재 송실대학교 정보통신전자공학부 교수
 한국음향학회지 제 26권 제4호 참조