

Comfort Noise를 이용한 다중 적응 코드북 기반 패킷 손실 은닉 알고리즘

박남인, 김홍국
광주과학기술원 정보통신공학과

e-mail : {naminpark, hongkook}@gist.ac.kr

A Packet Loss Concealment Algorithm Based on Multiple Adaptive Codebooks Using Comfort Noise

Nam In Park and Hong Kook Kim

Department of Information and Communications, GIST

Abstract

In this paper, we propose a packet loss concealment (PLC) algorithm for CELP speech coders, which is based on multiple adaptive codebooks by using comfort noise for the lost packet recovery. The multiple adaptive codebooks are composed of a conventional adaptive codebook to model periodic excitation of speech and another adaptive codebook to provide a better estimate of excitation when packets are lost in the speech onset region. The performance of the proposed PLC algorithm is evaluated by implementing it into the G.729 decoder and compared with that of the PLC algorithm employed in the G.729 decoder by means of perceptual evaluation of speech quality (PESQ). It is shown from the experiments under different burstiness of packet loss rates of 3% and 5% that the proposed PLC algorithm provides higher PESQ scores than the G.729 PLC algorithm.

I. 서 론

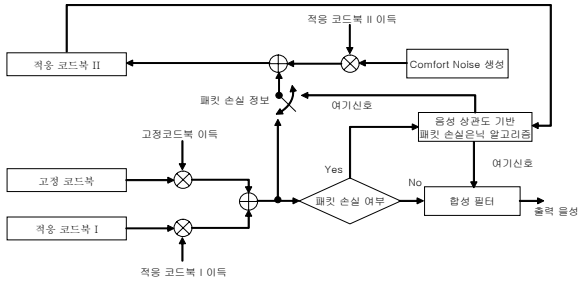
인터넷이 대중화되면서 음성통화와 IP 네트워크의 결합인 VoIP, VoWiFi가 일반화되었다. IP 네트워크 상의 음성통화는 실시간 통신을 위하여 UDP/RTP 기반에서 개발되었으나, UDP/RTP는 실시간 음성 통화에 적합한 프로토콜인 반면 음성 전송 시 QoS를 보장하지 않는다. 그러므로 통신 채널의 잡음이나 채널 지연에 의해 발생하는 패킷 손실에 의해 음질 열화가 발생하기 쉬우며, 특히, 음성이 시작되는 구간인 voice

onset 시에서의 패킷 손실은 급격하게 음질을 열하시킨다 [1].

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 comfort noise[2]를 이용한 다중 적응 코드북 기반 패킷 손실 은닉 (PLC) 알고리즘을 제안한다. 제안된 다중 적응 코드북 기반 알고리즘은 연속적인 패킷 손실이 있는 경우 성능 향상을 위해 기존의 음성 상관도 기반 PLC 알고리즘[3]에 추가적으로 구현된다. 제안된 PLC 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 ITU-T 표준 코덱인 G.729[4]에 이를 구현한다. 또한 G.729에 이미 구현되어 있는 PLC 알고리즘 그리고 음성 상관도 기반 PLC 알고리즘과 제안된 PLC 알고리즘 각각의 성능을 복원된 파형 및 PESQ를 통한 음질측정을 통해 비교한다.

II. 다중 적응 코드북 기반 PLC 알고리즘

제안된 다중 적응 코드북 기반 PLC 알고리즘을 갖는 음성 복호화기는 그림 1과 같다. 즉, 복호화기는 기존의 고정 코드북 및 적응 코드북 (여기서는 적응 코드북 I로 명명함) 이외에 추가적인 적응 코드북(적응 코드북 II)으로 이루어져 있다. 고정 코드북과 적응 코드북 I은 패킷 손실이 발생하지 않았을 경우, 여기신호 생성을 위해 사용된다. 반면에, 새로운 적응 코드북 II는 고정 코드북과 적응 코드북 I에 의해 만들어진 여기신호에 comfort noise를 더해줌으로써 생성된다. 음성 onset (음성이 시작되는 구간)에서의 패킷 손실이 발생할 경우, 손실 이전 프레임의 적응 코드북 I은 여기신호의 크기가 매우 작다. 따라서 onset에 해당하는 현재 프레임의 여기신호를 예측하기가 매우 어렵게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 손실 onset 프레임에 대한 여기신호는 comfort noise에 의해 생성된 적응 코드북 II를 기반으로 예측된다. 즉, 적응 코드북 II를



<그림 1> 제안된 다중 적응 코드북 기반 PLC 알고리즘을 갖는 CELP 형 복호화기의 구조.

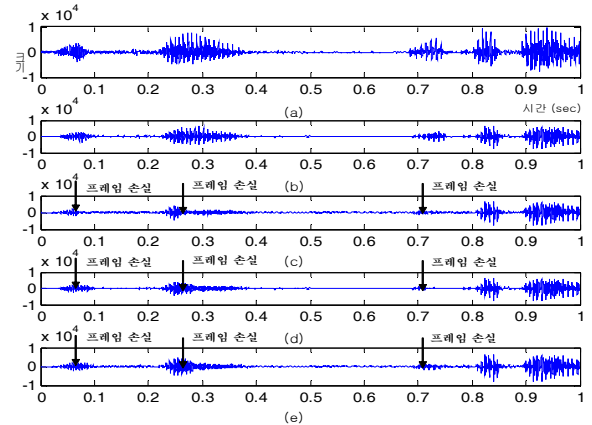
이용하여 음성 상관도에 의해 여기신호를 생성한다 [3]. 이때, 적응 코드북 II의 이득은 음성 onset 구간 외의 comfort noise의 영향을 최소화하기 위해 고정 코드북의 이득으로 조절된다. 또한 음성 상관도에 의해 얻어진 여기신호는 다시 comfort noise와 섞여 적응 코드북 II를 갱신하는 데 사용되며, 합성 필터링에 의해 음성을 복원한다. 결론적으로, 제안된 방법에서는 comfort noise를 사용하여 적응 코드북을 구성하고 이를 통해 여기신호를 예측함으로써, 무음구간에서 음성이 시작하는 구간에서의 패킷 손실에 의한 음질 열하를 개선할 수 있게 된다.

III. 성능 평가

본 논문에서 제안된 PLC 알고리즘의 성능 평가를 위해 NTT-AT 데이터베이스에 있는 8초 길이의 한국인 남성, 여성 음성 각각 20 개씩을 테스트 데이터로 선정하였다. 패킷 손실 환경을 위해 ITU-T 표준 G.191에 정의된 Gilbert-Elliott 모델을 사용하여 패킷 손실률이 각각 3%와 5%인 손실패턴을 발생시켰다. 이때 각각의 패킷 손실률에서 연속 패킷 손실 환경을 모의시험하기 위하여 채널모델에서 burstiness에 해당하는 γ 를 0, 0.5, 1.0이 되도록 하는 3가지 손실패턴을 얻었다. 성능 평가 방법으로는 ITU-T P.862로 정의된 객관적 음질평가 방법인 PESQ를 사용하였으며, G.729 표준으로 구현되어 있는 PLC, 음성상관도 기반 PLC 및 제안된 PLC 알고리즘의 성능을 상호 비교하였다.

그림 2는 G.729 표준 PLC, 음성 상관도 기반 PLC 및 제안된 PLC 알고리즘으로 복원된 파형을 비교한 것이다. 실험 결과, 그림 2(a)의 원음을 패킷 손실이 없는 경우 G.729 부호화기로 복호화된 파형은 그림 2(b)와 같다. 반면, G.729 표준 PLC, 음성 상관도 기반 PLC 및 제안된 PLC 알고리즘으로 복원된 파형은 각각 그림 2(c), (d), (e)와 같다. 그림에서 첫 번째와 세 번째 화살표는 음성의 onset 구간에서 패킷 손실이 발생한 경우이고 두 번째 화살표는 음성 중간에 패킷 손실이 발생한 경우이다. 그림에서 보여준 바와 같이 G.729 및 음성 상관도 기반 PLC 알고리즘에 비해 제안된 PLC 알고리즘이 세가지 경우 모두 원음과 유사하게 음성을 복원하는 것을 확인할 수 있었다.

표 1은 3%, 5% 손실률에서 연속 패킷 손실 정도를 나타내는 γ 값을 0, 0.5 그리고 1.0으로 변화시키면서 G.729 PLC, 음



<그림 2> 각각 패킷 손실은닉 알고리즘에 따른 파형; (a) 원 음성 파형, (b) 손실없이 복호화된 음성 파형, (c) G.729 PLC, (d) 음성 상관도 기반 PLC, 그리고 (e) 제안된 PLC 알고리즘으로 복호화된 음성 파형.

<표 1> PLC 방법들의 PESQ (MOS) 성능 비교

Burstiness (γ)	3% 손실률			5% 손실률		
	G.729 PLC	음성 상관도 PLC	제안된 PLC	G.729 PLC	음성 상관도 PLC	제안된 PLC
No Loss	3.635					
0.0	3.314	3.337	3.343	3.197	3.234	3.236
0.5	3.346	3.379	3.389	3.207	3.256	3.261
1.0	3.428	3.415	3.446	3.376	3.371	3.385

성 상관도 기반 PLC와 제안된 PLC 알고리즘의 PESQ를 보여준다. 표에서 볼 수 있듯이, 제안된 PLC 알고리즘은 G.729 및 음성 상관도 기반 PLC 알고리즘에 비해 각각 평균적으로 0.032, 0.011의 MOS 향상을 보였다.

IV. 결론

본 논문에서는 comfort noise를 이용한 다중 적응 코드북 기반 패킷 손실은닉 (PLC) 알고리즘을 제안하였다. 제안된 PLC 알고리즘은 특히 음성이 시작되는 구간 (onset)에서 comfort noise를 이용한 새로운 적응 코드북에 의해 여기신호를 생성함으로써, 기존의 G.729 PLC 알고리즘에 비해 성능을 향상시킬 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 광주과학기술원 과학기술융용연구소 (GTI)의 실용화 연구 개발비 지원과 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행되었습니다.(R01-2008-000-10243-0)

참고 문헌

- [1] B. A. Forouzan, *TCP/IP Protocol Suite*, McGraw-Hill Higher Education, 2003.
- [2] ITU-T Recommendation G.729 Annex B, *A Silence Compression Scheme for G.729 Optimized for Terminals Conforming to Recommendation V.70*, Nov. 1996.
- [3] 조충상, 이영한, 김홍국, "연속적인 프레임 손실에 강인한 G.729 프레임 손실 은닉 알고리즘," *대한음성학회 추계학술대회논문집*, pp. 307-310, 2007년 5월.
- [4] ITU-T Recommendation G.729, *Coding of Speech at 8 kbit/s Using Conjugate-Structure Code-Excited Linear Prediction (CS-ACELP)*, Feb. 1996.