

# 선택적 3차 spline 보간법을 이용한 G.729 코덱에서의 패킷 손실 복구 방법

이동현<sup>0</sup>, 배재현, 오영환  
한국과학기술원 전자전산학과 전산학전공 음성언어연구실  
{dhlee<sup>0</sup>, jhbae, yhoh}@speech.kaist.ac.kr

## The packet loss concealment using Selective Cubic Spline Interpolation of G.729 for VoIP

Dong-Hyun Lee<sup>0</sup>, Jae-Hyun Bae, Yung-Hwan Oh  
Spoken Language Lab., CS Division, Dept. of EECS, KAIST

### 요 약

VoIP를 이용한 인터넷 전화에서 패킷 손실로 인한 음질 저하는 큰 문제이다. 본 논문에서는 VoIP에서 가장 많이 쓰이는 코덱 중 하나인 G.729에서의 기존 패킷 손실 복구 방법들을 살펴보고 성능을 개선하고자 한다. 제안한 방법은 보간법의 적용을 위해 LSP 파라미터와 FCB 이득 파라미터의 미래값을 추정하며, 연속된 패킷 손실에서의 파라미터 자연성을 높이기 위해 LSP 파라미터와 ACB 길이 파라미터를 선택적으로 3차 spline 보간한다. TIMIT 등의 환경에서 기존의 방법과 제안한 방법의 SD를 비교하여 객관적 평가를 수행하였고, 실험 결과 제안한 방법으로 성능이 개선됨을 확인하였다.

### 1. 서론

오늘날의 음성 코딩에서 중요한 이슈 중 하나는 VoIP (Voice over Internet Protocol)를 이용한 인터넷 전화 기술이다. 인터넷 전화는 저비용이고 서비스의 확장이 용이해 잠재성이 높지만, QoS(Quality of Service)를 보장하지 못한다는 단점이 있다. 그 원인은 프로토콜의 특성에 기인하며 대표적인 것에 지연(delay), 지터(jitter), 패킷 손실(packet loss)이 있다. 이 중 패킷 손실로 일어나는 음성 프레임의 손실은 음질의 심각한 저하를 가져온다.

이 문제를 개선하기 위해 VoIP와 함께 패킷 손실 복구 방법이 활발히 연구되어왔다. 패킷 손실 복구 방법이란 손실된 패킷의 음성 신호를 복원시켜 음질을 향상시키는 기술을 말한다.

본 논문에서는 VoIP에서 널리 쓰이는 G.729 코덱에서의 기존에 연구된 패킷 손실 복구 방법을 알아보고 그 성능을 개선하고자 한다.

2장에서는 기존의 연구를 살펴보고, 3장에서는 개선된 패킷 손실 방법을 제안한다. 4장에서는 제안한 방법의 성능 개선 여부를 입증하기 위한 실험 및 결과를 보이고, 끝으로 5장에서 결론을 맺는다.

### 2. G.729에서의 기존 패킷 손실 복구 방법

G.729는 VoIP를 위해서 ITU-T에서 표준화한 코덱으로 가장 널리 쓰이는 것 중 하나이다. 사용되는 코딩 방식은 8kbps CS-ACELP (Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction) 로 8kHz로 샘플링된 신호를

다룬다. 이 방식에서는 10ms를 한 프레임으로 LSP (Line Spectral Pair) 파라미터, ACB(Adaptive Codebook) 파라미터, FCB(Fixed Codebook) 파라미터를 전송한다. 이 파라미터들은 각각 복호화기(그림 1)의 Short-term filter, Adaptive-codebook, Fixed-codebook 을 조절한다[1].

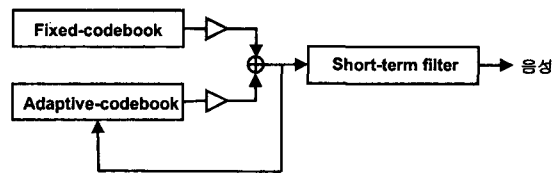


그림 1. G.729 복호화기 블록도

G.729는 반복 방법에 기반한 자체적인 패킷 손실 복구 방법을 가진다(표 1). 반복 방법이란 이전의 파라미터를 재사용하여 패킷 손실된 부분의 음성 신호를 만드는 방법을 말한다. 이 방법은 구현이 쉽고 복구로 인한 지연 시간이 짧다는 장점이 있지만, 패킷 손실이 높으면 음질이 급격히 저하된다는 단점을 가진다[2].

이 단점을 보완하기 위해 최근에는 보간 방법에 기반한 방법이 연구되었다. 보간 방법이란 손실된 패킷 전후의 손실되지 않은 패킷으로부터 손실된 패킷의 파라미터를 보간하여 복구하는 방법을 말한다. 보간 방법에는 선형 보간 방법이 대표적이다. 표 1에서 볼 수 있듯이 기존 방법은 LSP의 복구에 추가적인 비트를 사용하는 FEC(Forward Error Correction) 선형 보간법을 ACB의 복구에 선형 보간법을 적용하였다[2][3].

표 1. 기존 패킷 손실 복구 방법

	LSP 복구법	ACB 복구법		FCB 복구법	
		길이	이득	주소	이득
G.729	반복	반복	감쇠	랜덤	감쇠
기존 방법	FEC 선형 보간	선형 보간	선형 보간	랜덤	감쇠

기존의 보간 기반 방법에는 크게 2가지의 한계가 존재한다.

첫째, LSP 파라미터와 FCB 이득 파라미터의 경우 G.729의 특성에 기인하여 정확한 미래값을 얻을 수 없다는 문제가 있다. 즉, 이들 파라미터에는 기존의 선형 보간법을 사용할 수가 없다[2].

둘째, 선형 보간법만으로는 연속된 패킷 손실이 일어날 경우 자연성이 부족하다는 문제가 있다. 이는 실제 파라미터들의 변화가 선형적이지 않기 때문이다.

3장에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 개선된 패킷 손실 복구 방법을 제안한다.

### 3. 제안한 패킷 손실 복구 방법

제안한 방법은 LSP 파라미터와 FCB 이득 파라미터의 미래값을 추정하는 방법을 사용해 보간 방법을 적용할 수 있게 하고, 파라미터의 특성에 따라 선형 보간 대신에 3차 spline 보간법을 사용해 파라미터 변화의 자연성을 높인다. 3차 spline 보간법은 LSP 파라미터와 ACB 길이 파라미터의 보간에 적용한다.

#### 3.1 미래 파라미터 추정 및 갱신

G.729는 LSF(Line Spectral Frequency) 계수를 전달하기 위해 LSP 파라미터를 전송한다. 이 파라미터는 LSF 계수의 정량적 값을 나타내는 것이 아니라 이전의 4개의 프레임으로부터 얻은 파라미터들을 통한 4차 이동평균 예측값과 실제값과의 차이를 VQ(Vector Quantization)한 값을 나타낸다. 따라서 손실되지 않은 후속 프레임만 가지고는 정확한 LSF 계수를 얻는 것은 수학적으로 불가능하다.

FCB 이득 파라미터의 경우도 기존의 프레임으로부터 얻은 4차 이동평균을 이용한 예측값에 코드로 전송된 계수를 곱해서 현재 이득이 정해지므로 LSP 파라미터와 마찬가지로 후속 프레임만 가지고는 정확한 FCB 이득 값을 얻을 수 없다.

본 논문에서는 손실되지 않은 후속 프레임으로부터 얻은 코드값을 이용하여 미래의 LSF 계수와 FCB 이득을 추정하는 방법을 제안한다. 추정 방법은 현재 값을 얻는 알고리즘에 현재의 코드값 대신 미래의 코드값을 치환 적용하여 미래값을 추정하는 방법을 사용한다[4].

LSP 파라미터 보간법의 블록도는 그림 2와 같다. 후속 코드값과 내부 메모리로부터 얻은 예측값을 통해 후속 LSF 계수를 추정해 얻고, 이전 LSF 계수와 함께 보간하여 손실된 프레임의 LSF 계수를 얻는다. 그리고 얻어진 LSF 계수로 메모리를 갱신시켜서 연속적으로 손실된 프레임의 후속 LSF 계수 추정을 보정해나간다.

FCB 이득 파라미터의 경우도 LSP 복구법과 마찬가지로 미래의 이득값을 추정해 보간한다. 이것은 그림 2의 알고리즘과 같은 방법을 사용한다.

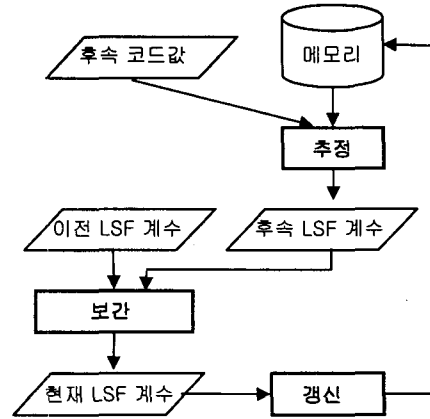


그림 2. LSP 복구법 블록도

#### 3.2 선택적 3차 spline 보간

LSP 파라미터와 ACB 길이 파라미터의 보간에 선택적으로 3차 spline 보간법을 사용하는 방법을 제안한다. 3차 spline 보간법은 기존의 그래픽스 분야에서 곡선을 표현하는데 주로 쓰였다. LSP 파라미터와 ACB 길이 파라미터는 매우 부드럽게 변화하므로 3차 spline 보간법을 적용하면 기존의 선형 보간법에 비해 자연성이 증가한다. 그러나 파라미터의 중간 중간에 튀는 값들이 있는 곳에서는 3차 spline 보간법을 사용함으로써 파라미터 에러가 커질 수 있다. 따라서 문턱치를 이용해 부드럽게 변화할 때는 3차 spline 보간법을 급격히 변화할 때는 중간값 필터방법을 적용함을 제안한다. 문턱치 값은 실험적으로 결정하였다.

### 4. 실험 및 결과

#### 4.1 실험 환경

□ 네트워크 모델: 본 논문의 실험은 패킷 손실률만을 고려하는 단순화된 시뮬레이션 환경에서 이루어졌다. 그리고 패킷 하나에는 하나의 프레임(10ms)이 있는 것으로 가정하였다. 연속된 패킷 손실의 경우를 강조하기 위해서 실험은 손실률 5~30%에 대하여 이루어졌다.

□ 사용한 DB: TIMIT, NTIMIT(Telephone Network), CTIMIT(Cellular Telephone) 에서 각각 남녀 10명씩 총 60명의 화자에 대하여 5문장씩 발화한 DB 세트를 구성하였다. 각 문장은 2~5초 정도이며 DB의 특성상 TIMIT, NTIMIT, CTIMIT의 순서대로 잡음 성분이 강해지며, 실험을 위해 TIMIT, NTIMIT의 데이터는 8kHz로 다운 샘플링 하였다.

□ 평가 방법: 객관적 테스트로 패킷 손실이 전혀 없을

때의 디코딩 결과와의 평균 root mean square SD(Spectral Distortion)를 구해 G.729 자체 방법에 비해 향상된 정도를 비교하였다.

#### 4.2 선택적 3차 spline 보간 실험

선택적 3차 spline 보간법을 적용한 결과는 그림 3, 4와 같다. 그림 3은 LSP 파라미터에 적용한 결과를 그림 4는 ACB 길이 파라미터에 적용한 결과를 보여준다. 그림 3, 4의 결과는 선택적 3차 spline 보간법이 기존의 선형 방법에 비해 음질을 좀 더 개선시킴을 보여준다.

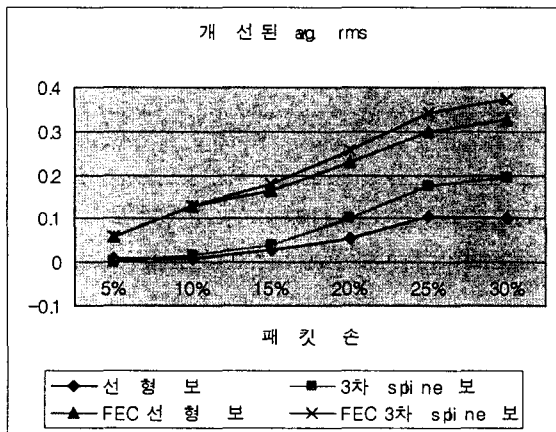


그림 3. LSP 보간 성능 비교

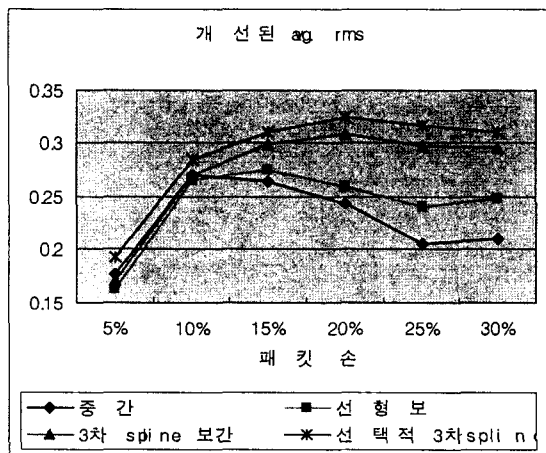


그림 4. ACB 길이 보간 성능 비교

#### 4.3 전체 성능 비교

기존의 방법과 제안한 방법의 전체 패킷 손실 복구 방법을 적용한 실험 결과는 그림 5와 같다. 제안한 방법이 기존 방법에 비해 성능이 좋음을 알 수 있다. 이는 패킷 손실률이 커질수록 더 뚜렷해진다.

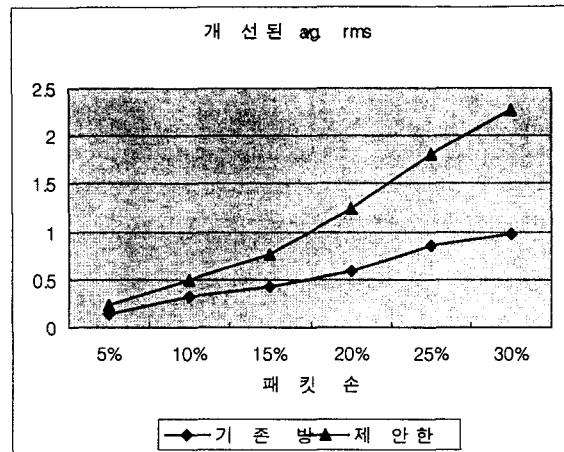


그림 5. 전체 성능 비교

#### 5. 결론

본 논문에서는 VoIP에서 많이 사용되는 G.729 코덱에 있어서 기존의 패킷 손실 복구 방법들과 그 문제점을 살펴보고, 이를 해결할 수 있는 개선된 복원 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 기존의 보간법을 바탕으로 하고 있으며, LSP 파라미터와 FCB 이득 파라미터의 미래값을 추정하여 보간하고, LSP 파라미터와 ACB 길이 파라미터의 복구 방법으로 선택적 3차 spline 보간법을 사용하는 특징을 가지고 있다. 실험 결과 제안한 방법은 기존의 방법에 비해 성능 향상이 있음을 확인하였다.

향후 연구로는 패킷 길이를 확장하여 성능을 검증해보고, 주관적 테스트를 위해 MOS를 실시할 것이다. 또한 선택적 3차 spline 보간법을 다른 코덱에 확장시켜보고 검증할 것이다.

#### 6. 참고문헌

- [1] ITU-T G.729: Coding of speech at 8 kb/s using conjugate structure algebraic-code excited linear-prediction(CS-ACELP), International Telecommunications Union, 1996.3
- [2] Juan Carlos De Martin, Takahiro Unno and Vishu Viswanathan, "Improved Frame Erasure Concealment for CELP-based Coders", Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 3, 5-9, 2000.6
- [3] Jian Wang and Jerry D.Gibson, "Parameter Interpolation to enhance the frame erasure robustness of CELP coders in packet networks", Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 2, 7-11, 2001.5
- [4] 이동현, 배재현, 오영환, "VoIP를 위한 G.729 코덱에서의 패킷 손실된 음성 복원 방법의 개선", 음성통신 및 신호처리 학회, Vol. 20 No.1, 351-354, 2003.8