

論文98-35S-7-1

저비트율 잉여오디오 정보를 이용한 손실 패킷 복구 방법의 구현 및 성능 평가

(Implementation and Evaluation of Lost Packet Recovery Using Low-bitrate Redundant Audio Data)

朴 竣 奭 * , 高 大 植 *

(Jun-Sok Park and Dae-Sik Ko)

요 약

본 논문에서는 인터넷상의 연속적인 패킷손실을 복구하기 위하여 고비트율(GSM)과 저비트율의 오디오코덱(LPC)을 갖는 복구방법을 구현하였다. LPC는 손실 패킷복구를 위한 잉여오디오 정보로 이용되었고 이를 수용하기 위하여 RTP 패킷을 수정하였다. 랜덤한 패킷손실을 발생시켜 손실을 변화에 따른 손실패킷 복구율을 측정된 결과, 잉여오디오 정보를 3개 갖는 경우, 50% 이상의 패킷손실에 대해서도 80%의 높은 복구율을 보였다. 손실패킷 복구를 위한 지연은 200ms 이었기 때문에 본 연구의 결과는 인터넷 전화와 같은 인터넷 실시간 서비스에 이용할 수 있다.

Abstract

In this paper, recovery method with high-bitrate and low-bitrate coder was implemented in order to recover consecutive packet loss over the Internet. LPC was used as redundant audio data for recover of lost packets and RTP packet format was modified for accommodation of redundant data. In measuring results using random packet loss rate with three redundant data in every packet, it has shown that recovery rate was 80% in loss rate of 50%. Since the processing delay for recovery of the lost packet was 200ms, this recovery method can be applied to real-time Internet service such as Internet phone.

I. 서 론

인터넷상에서의 음성이나 동화상 같은 실시간 정보를 전송하기 위해서는 재전송 기반의 TCP보다는 UDP가 주로 사용되며, 최근에 RTP가 실시간 전송 프로토콜로써 표준화되었다^[1]. RTP는 주로 UDP의 상위 계층에서 동작하도록 설계되었기 때문에 안정적인 전송을 보장받지 못하며, 따라서 패킷 손실을 피할 수 없다. 이러한 손실된 패킷을 복구하기 위한 방법으로 사

용되는 알고리즘으로는 ARQ(Automatic Repeat Request)와 FEC(Forward Error Correction)가 있다. ARQ는 재전송기반의 가장 단순하고 정확한 방법이지만, 종단간 지연이 크기 때문에 멀티캐스트나 인터넷폰과 같은 대화형 전송에는 적용하기 어렵다. FEC는 송신측에서는 추가적인 잉여패킷을 생성하여 전송하고, 수신측에서 잉여패킷을 이용해 손실된 패킷을 복원하는 기술이다. 따라서, ARQ와 같은 추가적인 지연은 없으며, FEC 방법 및 적용 정도에 따라 전송 비트율을 다양하게 조정할 수 있다^{[2][3]}. 하지만 인터넷상의 패킷손실 중에는 수개 이상 연속된 것이 많기 때문에 트래픽이 심할 경우에는 FEC에 의한 복구율은 매우 낮게된다.

* 正會員, 牧園大學校 電子工學科

(Dept. of E.E., Mokwon University)

接受日字:1997年11月28日, 수정완료일:1998年5月26日

한편, V. Hardman 등이 제안한 잉여 오디오 정보를 이용한 오디오 복구 방법은 저비트율 저음질의 오디오 코딩과 고비트율 고음질의 오디오 코딩을 함께 패킷화하여 전송함으로써, 수신측에서 손실된 부분을 저비트율의 오디오 데이터로 채워 복구를 가능하게 하는 방법이다^[4]. 따라서, 송신측의 이중 오디오 인코딩으로 인한 처리 부하가 많이 걸리는 단점이 있으나 FEC에 비해 비교적 적은 비트율로 오디오 복원이 가능하다. 이러한 복원 방법들에 따른 장단점을 상대적으로 비교해보면 표 1과 같다^[5].

표 1. 복원 방법에 따른 오버헤드
Table 1. Overhead for recovery method.

	지연	전송률	처리
잉여 오디오 정보	작음	가변	가변 (높음)
재전송	중간	가변	높음
FEC	높음	높음	적음
인터리빙	높음	없음	적음

본 논문에서는 인터넷상의 연속적인 패킷손실을 복구하기 위하여 GSM과 LPC를 갖는 혼합 오디오 코딩 알고리즘을 구현하고 그 성능을 평가하였다. 실험을 위하여 UDP/IP를 이용한 수정된 RTP 패킷을 설계하였으며 랜덤 손실패킷 발생기를 개발하여 패킷손실률 변화에 따른 복구율을 측정하였다.

II. 잉여오디오 정보를 이용한 손실 패킷 복구

1. 인터넷상의 패킷손실특성

실시간 데이터를 인터넷상으로 전송할 경우 발생할 수 있는 패킷손실들을 그림 1에 나타내었다^[6, 7].

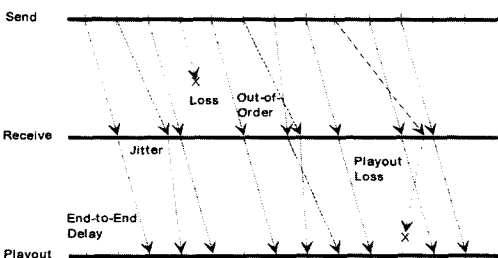


그림 1. 오디오 패킷 전송 특성
Fig. 1. Transmission characteristic of audio packet.

그림 1은 오디오 패킷을 전송할 경우 송신자의 패킷 전송 시간, 수신자의 패킷 수신 시간 그리고 수신후 재생 시간을 보여주고 있다. 오디오의 경우는 오디오 프레임이 일정하기 때문에 송신측의 전송 간격이 일정하나 비디오의 경우는 시간에 따라 압축률이 일정하지 않기 때문에 그림 1과는 다르게 표현되어야 한다.

패킷 전송시 발생하는 특징들은 그림 1에서와 같이 종단간 지연(end-to-end delay), 지연의 변화(jitter), 손실(loss), 비순차패킷(out-of-order) 등이 있으며, 패킷 복구를 위해서 연속적인 패킷 손실 및 손실 패턴 등이 측정되어야 한다. 또한 패킷의 크기 및 전송률에 따라서 손실 특성이 크게 달라진다. 그림 2는 국내 인터넷상(서울대와 목원대 교육망)에 음성데이터를 실시간으로 전송하였을 때 나타난 패킷손실의 분포중 트래픽이 심한 경우(오후 3시)와 심하지 않은(오전 3시) 실험결과이다.

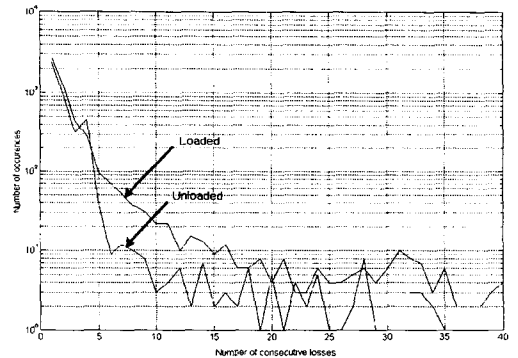


그림 2. 연속적인 패킷 손실 분포도
Fig. 2. Distribution of the consecutive lost packet.

그림 2에서 1개나 2개가 손실되는 경우가 가장 빈도가 높지만 10개 이상으로 연속적으로 패킷이 손실되는 경우도 빈번하게 발생하는 것을 볼 수 있다.

2. 저비트율 보코더를 이용한 손실패킷 복구

저비트율 보코더를 이용한 음성 복구방법은 고음질 고비트율을 갖는 음성 코딩과 저음질 저비트율의 음성 코딩을 동시에 행하고, 서로 다른 시간에 코딩된 하나 이상의 음성 압축 데이터를 하나로 패킷화하여 전송한다^[8]. 이러한 과정을 그림 3에 나타내었다. 여기서, 진한 부분은 고음질의 고비트율 압축 데이터이고, 점 부분은 잉여 오디오 데이터로 사용될 저음질 저비트율

의 음성 압축 데이터이다.

수신측에서는 패킷을 수신하고 만일 패킷이 손실되었다면, 이전에 수신된 패킷에 포함되어 있는 저비트율의 오디오 정보를 이용하여 재생하게 된다. 한편, 패킷 손실의 발생시 오디오 재생을 위해서는 손실된 패킷이 재생될 시간에 묵음이나 백색잡음으로 채울 수 있으며, 또는 이전에 수신된 한두 패킷을 다시 재생시키는 방법이 기본적으로 행해진다. 이러한 방법들을 이용하여 7개의 연접머리가 발생하였을 경우, 손실패킷복구 방법을 그림 4에 나타내었다.

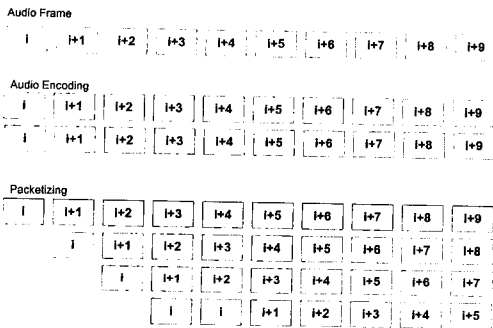


그림 3. 저비트율 잉여 음성 압축 데이터를 이용한 패킷화 과정

Fig. 3. Packetization using redundancy audio data of the low-bitrate.

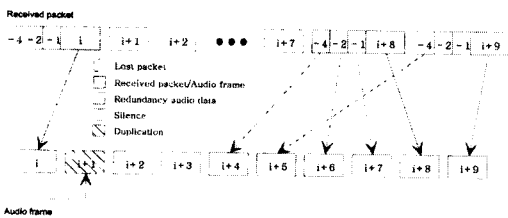


그림 4. 저비트율 잉여 음성 데이터를 이용한 손실 패킷 복구

Fig. 4. Lost packet recovery using redundant audio data of low-bitrate.

III. 실험 및 고찰

1. 실험 시스템의 구현

저비트율 보코더를 이용한 재생 음성 복구의 복구율을 측정하기 위해서 음성 코딩, 패킷화, 패킷 전송의 기능을 갖는 서버와 패킷 수신, 음성 디코딩, 패킷 복

구, 음성 재생의 기능을 갖는 클라이언트 프로그램을 제작하였다. 본 프로그램은 펜티엄 PC 기반의 Linux 운영체제에서 개발 및 실험되었으며, 패킷손실률에 따른 복구율을 구하기 위한 실험에서 다양한 패킷 손실률을 얻을 수 없기 때문에, 로컬 네트워크에서 송신시 패킷 손실률을 원하는 만큼 랜덤하게 발생시키는 방법을 택하였다. 따라서, 실제 인터넷상에서 발생하는 지터나 비순차패킷 상황은 배제되었다.

저비트율 보코더를 이용한 재생 음성 복구의 복구율을 측정하기 위해 RTP 패킷을 수정하여 그림 5와 같은 패킷을 설계하였다. Version, PT 1, PT 2, Offset은 각각 4비트의 크기를 갖고 있으며, 여기서 PT는 음성 코딩방법을 나타내는 페이로드 형식을 말한다. Offset 필드는 잉여 음성 데이터가 어느 부분에 위치할 것인가를 나타내는 곳으로써, 현재 시점에서 과거의 상대적인 위치를 나타낸다. 또한, 잉여 오디오 정보는 Offset에 따라 가변적인 크기를 갖게 되며 본 연구에서는 잉여오디오 정보를 -1, -2, -4 로 갖도록 설계하였다. 설계된 패킷 형식은 비트율을 낮추어 손실률을 최소화하기 위해 오디오 전송에 필요한 필드들로만 구성되었기 때문에 기존의 RTP와는 호환되지 않는다. 그러나, RTP를 최소한으로 구성했을 경우보다 패킷당 12 바이트가 더 작기 때문에 동일한 음성 코딩시에도 전송 비트율을 낮출 수 있다. 따라서, 이러한 구성은 호환성이 요구되는 범용적인 응용보다 국부적이지만 안정성을 더 필요로 하는 인터넷 전화와 같은 응용에 이용될 수 있다.

실험은 GSM^[9]을 주 코딩으로, LPC^[10]를 잉여 음성 코딩으로 사용하였다. GSM과 LPC 모두 20ms의 프레임 크기를 갖도록 수정하였으며, 각각 프레임당 33 바이트와 7바이트를 갖는다. 따라서, 헤더 4 바이트를 더한 전체 패킷 크기는 58 바이트이다.

0			1			2			3																														
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Version			PT 1			PT 2			Offset			Sequence Number																											
GSM (33 bytes)																																							
LPC Redundancy audio data(Variable size)																																							

PT 1, 2(Payload Type) : 0000(None), 0001(ADPCM), 0010(GSM), 0011(LPC), ...
Offset : 0000(No redundancy), 0001(-1 redundancy), 1011(-1, -2, -4 redundancy), ...

그림 5. 설계된 패킷 구조
Fig. 5. Designed packet format.

2. 결과 및 고찰

실험 결과, 그림 6과 같은 패킷 손실률에 따른 잉여 오디오 패킷의 복구율을 얻었다. 패킷손실이 증가할수록 패킷 복구율 또한 증가하여 전체적인 손실을 상당히 감소시키는 것을 알 수 있으며, 패킷 손실이 50% 정도일 경우에도 40%를 복구하여 전체 패킷 손실을 10% 이내로 줄일 수 있었다. 패킷 손실만을 고려해 본다면, [11]에 의한 패킷 손실에 따른 명료도를 크게 높일 수 있을 것으로 기대한다.

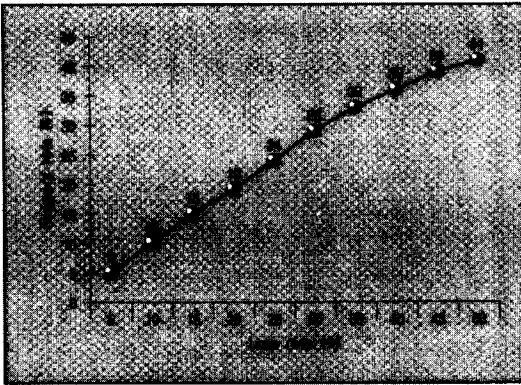


그림 6. 잉여 오디오 데이터에 의한 복구율
Fig. 6. Recovery rate using redundant audio data.

또한, 그림 7에서 보여지듯이 잉여오디오 정보로도 복구하지 못하는 손실에 대하여 이전 패킷 복사의 방법을 이용할 경우, 남아 있는 10%의 손실도 상당수 감소시키고 있다. 이러한 결과는 실제 음성 청취시 단순 묵음처리되는 상황에 비해 음성의 끊어짐을 막아 음성의 흐름을 유지하는 효과를 갖게 된다.

앞서 실험과 동일한 환경하에서 남자 10명을 대상으로 [11]에 제시된 문장을 MOS(Mean of Opinion Score) 테스트 결과, 패킷손실이 20% 이상일 때에도 복구율을 계속 증가하지만 이와 비례한 높은 점수는 얻지 못했다. 이는, 본 실험에서 패킷 크기를 최소화 작게 만들기 위해서 오디오 한 프레임의 한 패킷으로 설정하였으나, 패킷당 포함하는 프레임수가 작을수록 수십 밀리초 단위로 잉여 오디오 데이터와 원 오디오 데이터가 혼합되어질 경우 오히려 명료성을 떨어뜨리는 것으로 판단된다.

끝으로, 랜덤한 손실형태와 약간의 차이가 있는 실제적인 패킷손실에 대하여 잉여오디오 정보를 이용한 복구성능을 확인하기 위하여 그림 2의 측정결과를 이용하였다.

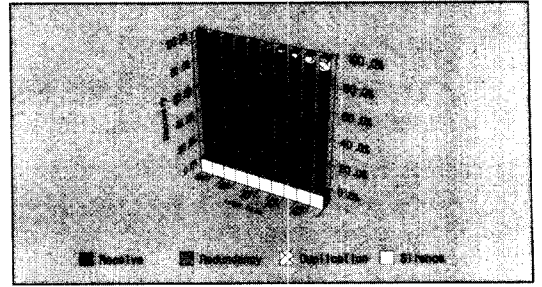


그림 7. 패킷 손실율에 따른 손실패킷 복구율
Fig. 7. Recovery rate by variation of the lost rate.

IV. 결 론

본 논문에서는 실시간 오디오 정보를 인터넷상으로 전송할 경우에 가장 큰 문제가 되는 연속적인 패킷손실을 복구하기 위하여 GSM과 LPC를 갖는 혼합 오디오 코딩 알고리즘을 구현하고 그 성능을 분석하였다. 랜덤한 패킷손실을 발생시켜 손실률 변화에 따른 손실 패킷 복구율을 측정하고, 잉여오디오 정보를 3개 갖는 경우, 40% 이상의 패킷손실에 대해서도 80%의 높은 복구율을 보였다. 잉여오디오 정보로도 복구하지 못하는 손실에 대하여 이전 패킷 복사의 방법을 이용할 경우, 남아 있는 10%의 손실도 상당수 감소시키고 있다. MOS 테스트 결과, 패킷손실이 20%를 초과하게 되면 잉여 오디오 데이터에 의한 복구가 상대적으로 증가하여 높은 점수를 얻지 못했다.

끝으로, 랜덤한 패킷손실보다 연속적인 패킷손실 특성이 많이 나타나는 실제적인 22.3%의 패킷손실에 대해서도 효율적인 복구 성능을 보였다. 수신단에서 손실패킷 복구를 위한 처리는 10개 패킷으로 하였기 때문에 지연은 200ms이므로 본 연구의 결과는 인터넷 전화와 같은 양방향성 인터넷 실시간 서비스 시스템에도 이용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick and V. Jacobson; RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications; RFC 1889, January 1996
- [2] J. C. Bolot, A. Vega Garcia, "The case for FEC-based error control for packet

- audio in the Internet," ACM Multimedia Systems, 1997.
- [3] D. Budge, R. McKenzie, W. Mills, and P. Long; Media-independent error correction using rtp, Internet-draft, May 1996.
- [4] V. Hardman, M. A. Sasse, M. Handley, A. Watson, "Reliable Audio for Use over the Internet," in Proceedings of INET'95 June 1995, Honolulu, Hawaii.
- [5] Colin Perkins; Options for Repair of Streaming Media, Internet-draft, August 1997.
- [6] 박준석, 고대식, "인터넷전화 구현을 위한 FEC 기반 손실패킷 복구," Telecommunications Review, Vol. 7 No. 3, pp. 334-343, SK Telecom, 1997.
- [7] 박준석, 최용훈, 고대식, "인터넷 실시간 데이터 전송을 위한 네트워크 시뮬레이터(RTPing) 개발," 한국해양정보통신학회, 추계학술발표대회, 1997
- [8] 박준석, 고대식, "저비트율 보코더를 이용한 손실패킷 복구," 대한전자공학회 추계논문발표회, 1997
- [9] <http://www.bs.cs.tu-berlin.de/~jutta/toast.html>
- [10] <ftp://ftp.super.org/speech/>
- [11] Daesik Ko, Junsok Park, "Implementation of the Real-time Speech Communication over the Korean Internet and Quality Assessment Tests," in Proceedings of ICSP '97, August 1997, Seoul, Korea.

 저 자 소 개



朴 俊 奭(正會員)

1996년 3월 목원대학교 전자공학과 공학사. 1998년 2월 목원대학교 전자공학 및 컴퓨터공학과 공학석사. 1998년 3월~현재 목원대학교 부설 자연과학연구소 연구원. 1996년 11월 대한전자공학회 우수 논문 발표상

수상. 관심 분야: 신호처리, 인터넷 실시간 통신



高 大 植(正會員)

1982년 경희대학교 전자공학과 공학사. 1987년 경희대학교 전자공학과 공학석사. 1991년 경희대학교 전자공학과 공학박사. 1995년 2~1996년 2월 UCSB, Post Doc.

1989년 9월 ~ 현재 목원대학교 전자공학과 부교수. 1996년 11월 한국음향학회 우수연구상 수상. 관심 분야: 신호처리, 인터넷 실시간 통신, 3-D 입체음향