

# 인터넷상의 실시간 오디오 방송 서비스 구현

정희원 박 준 석\*, 고 대 식\*\*

## Implementation of an Audio Broadcasting Service over the Internet

Jun Sok Park\*, Dae Sik Ko *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 인터넷상에서 트래픽이 심한 상황에서도 만족할만한 오디오 품질을 유지할 수 있는 실시간 오디오 방송 서비스 시스템을 개발하였다. 신뢰성 있는 실시간 데이터 전송의 구현을 위하여 TCP/IP와 UDP/IP의 전송특성을 비교분석하였고 손실패킷의 복구방법으로 잉여오디오 정보를 이용한 패킷 복구 알고리즘과 연접 에러를 분산시켜주는 인터리빙 기법을 적용하였다. 실험결과, TCP/IP를 이용한 경우, 불규칙한 수신률 때문에 음성재생시 끊기는 현상이 나타났으며 UDP/IP를 이용한 경우는 일정한 수신률을 보였으나 패킷손실로 인한 음질저하현상이 나타났다. 잉여오디오 정보와 인터리빙을 이용한 손실패킷 복구율은 그림 9와 같으며 그에 따른 지연시간은 그림 4와 같다.

### Abstract

In this paper, a real-time audio broadcasting service system which is robust to loaded traffic on the Internet is developed. For implementing reliable real-time data transfer, the transfer characteristics of TCP/IP and UDP/IP was compared and analyzed. For lost packet recovery, redundant audio data algorithm was used and interleaving technique was applied for scattering consecutive packet loss. Test results showed, when using TCP/IP, pause occurred during playback, and when using UDP/IP, a stable receive rate was noticeable but the quality of the sound was lower than that of using TCP/IP. The recovery rate using redundant audio data and interleaving technique is shown in Fig. 9 and the delay is shown in Fig 4.

### I. 서 론

인터넷방송 시스템은 인터넷을 이용하여 실시간으로 오디오 정보를 전송할 수 있는 시스템이다. 인터넷을 이용하여 실시간 데이터를 전송할 경우 발생하는 특성으로는 종단간 지연, 지연의 변화인 지터, 패킷 손

실, 비순차 패킷 등이 있다. 이 중에서 종단간 지연이나 지터는 수신측에서 버퍼링을 이용하거나 재생 시간을 지연시킴으로써 대부분 해결할 수 있지만 손실된 패킷을 복구하기 위해서는 추가적인 복구 알고리즘이 필요하다 [1][2]. 또한, 패킷의 크기나 전송률에 따라라도 패킷 손실 특성이 크게 달라지게 되므로 이에 대한 고려도 충분히 이루어져야 한다[3].

이와 같이 인터넷상에서 실시간 데이터를 전송하였을 때 만약 트래픽이 심하다면 목적지의 수신자가 수신 정보를 획득할 수 없을 정도로 커다란 패킷손실이

\* 목원대학교 부설 자연과학연구소 연구원

\*\* 목원대학교 전자공학과 부교수

論文番號 : 97025-0115

接受日字 : 1997年 1月 22日

나타날 수 있다. 이러한 경우를 위하여 여러 복구 방법들이 발표되고 있는데 대표적인 것은 ARQ(Automatic Repeat reQuest)와 FEC(Forward Error Correction)이다. 이 중에서 ARQ 메카니즘은 목적지에서 수신하지 못한 손실 패킷을 송신측에서 재전송하는 것을 기반으로 하는 페루프 메카니즘이기 때문에 완전한 데이터로 복구할 수 있는 장점이 있지만 재전송으로 인한 지연이 증가하여 실시간 데이터 전송에는 부적합한 단점이 있다.

반면에 FEC 메카니즘은 손실된 패킷을 복구하기 위하여 송신측에서 원래의 정보에 잉여정보를 추가하여 전송하고 수신단에서 이 잉여 정보를 이용하여 손실 패킷을 복구하는 것을 기반으로 하는 개루프 메카니즘이다. FEC는 최소한의 지연만으로 여러 복구와 신뢰성을 확보할 수 있는 메카니즘이기 때문에 실시간 데이터 전송이 요구되는 응용분야에 있어서는 매우 중요한 기술이다. 하지만 FEC의 패킷 손실에 대한 복구능력은 네트워크 상에서의 패킷 손실 특성, 즉 손실 패턴에 크게 의존하게 되므로 네트워크 상태나 트래픽 상황에 맞게 손실 복구 알고리즘을 개발할 필요가 있다. FEC 메카니즘은 패킷 단위의 간단한 XOR 연산에 의한 복구 방법[4], 잉여 오디오 정보를 이용한 방법[5][6], Erasure 코드를 이용한 방법[7], 채널 및 소스코딩을 동시에 행하는 방법[8] 등이 있으며, 각각 장단점이 존재한다. 여기서 잉여 오디오 정보를 이용한 방법은 비교적 높은 손실률을 갖는 상황에서도 좋은 복구율을 가지고 있고, 음질이 명료하며, 적은 대역폭 오버헤드를 갖는 장점이 있다[5][9].

한편, 인터리빙은 디지털 통신 시스템에서 연결 에러를 분산시키기 위해 많이 사용되는 기술이나 컴퓨터 네트워크상에서 실시간 전송시에는 매우 큰 지연을 부가시키기 때문에 사용되기 어려웠다. 그러나, 대화형 응용이 아닌 단방향성의 인터넷 방송 서비스에서는 지연이 큰 문제가 되지 않기 때문에 이를 이용하여 매우 큰 트래픽하에서 발생하는 연속 손실을 분산시킬 수 있을 것이다.

본 논문에서는 손실에 강한 인터넷 오디오 서비스를 위한 잉여 오디오 정보와 인터리빙을 함께 이용한 패킷 복구 알고리즘을 제안하였으며, 이를 바탕으로 높은 트래픽하에서도 만족할만한 오디오 품질을 보장해주는 인터넷 오디오 방송 서비스를 설계하였다. 이를 위

하여 국내 교육망과 자체개발한 데이터 전송용 소프트웨어를 이용하여 TCP/IP와 UDP/IP의 전송특성을 비교분석하였으며 UDP/IP와 손실패킷 복구 알고리즘을 이용하여 다양한 인터넷 트래픽 상황하에서의 손실패킷 복구율과 지연특성을 측정 및 분석하였다.

## II. 인터넷 오디오 방송 시스템

### 1. 실시간 데이터 전송

인터넷상에서 실시간 음성통신인 오디오방송 서비스를 구현하기 위해서는 실시간 데이터 전송기술이 요구되며 이를 위해 세가지 방법이 이용될 수 있다. 첫째는 송신측에서 이미 생성된 실시간 데이터를 수신측에서 전부 수신 받은 후에 재생하는 방법(A방법)이고 둘째는 송신측에서 이미 생성된 실시간 데이터를 수신측에서 수신 받는 동시에 재생하는 방법(B방법)이고 셋째는 송신측에서 연속적으로 생성되고 있는 실시간 데이터를 수신측에서 수신 받는 동시에 재생하는 방법(C방법)이다.

이상과 같은 세가지 방법 중에서 A 방법은 현재 웹에서 사용되는 일반적인 경우로써 데이터를 전부 수신 받은 후에 재생하기 때문에, 음성 재생시에 끊김 현상은 발생하지 않는다. 그러나, 이 방법은 데이터를 모두 전송 받은 후에야 재생이 가능하기 때문에 많은 양의 데이터를 전송할 때에는 시간이 오래 걸리고, 이미 생성된 데이터를 전송 받기 때문에 송신측과 수신측의 시간적 동기가 이루어지지 않는다. B 방법은 이미 만들어진 데이터를 수신과 동시에 재생하므로, 송신측의 많은 양의 데이터도 실시간으로 재생시킬 수 있다. 그러나, 실시간 데이터를 전송하기 위하여 필요한 최소 대역폭이 확보되지 않으면 패킷손실이 발생하기 때문에 재생시에 끊김 현상을 유발할 수 있다. 따라서, 이에 적합한 전송 프로토콜이나 전송 메카니즘이 필요하며 AOD(Audio on Demand)나 녹음 방송 시스템 등에 이용할 수 있다. 한편, C 방법은 B 방법과 유사한 특징을 갖고 있으나 송신측에서 실시간으로 생성되는 데이터를 동일한 시간에 수신측에서 재생시킬 수 있는 방법이기에 때문에 생방송 시스템이나 양방향 송수신이 이루어지는 전화 및 회의시스템에 주로 사용된다.

2. TCP/IP 와 UDP/IP의 전송특성 비교

TCP/IP는 인터넷의 기반이 되는 프로토콜로써, 데이터 손실이 없는 신뢰성 있는 연결을 보장해주는 장점이 있다. 그러나 TCP/IP를 이용하여 실시간 처리를 필요로 하는 비디오나 오디오 데이터 등을 전송할 때에는 충분한 대역폭과 일정한 전송률이 보장되지 않는다면 수신측에서 실시간 데이터를 재생할 때 음성통신의 연속성이 보장되지 않는다. 따라서, 대역폭이 LAN에 비해 상대적으로 낮고 가변적인 전송률을 갖는 인터넷상에서는 TCP/IP 만을 이용한 실시간 데이터의 전송은 제한점이 있다. 그림 1은 이러한 TCP/IP의 전송 특성을 도식적으로 나타낸 것으로써, 오디오 데이터를 전송하였을 때 트래픽이 높을 경우 발생할 수 있는 현상을 보인다.

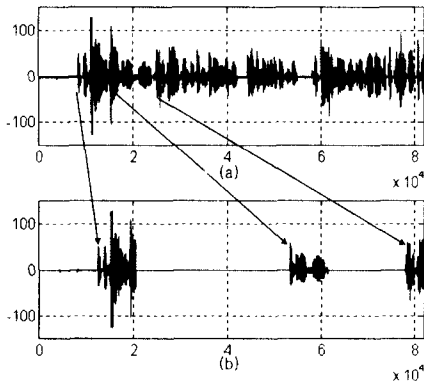


그림1. TCP/IP에서 나타나는 재생음의 끊김 현상  
Fig.1 Inconsecutiveness of audio using TCP/IP

한편, 또 하나의 인터넷 전송프로토콜인 UDP/IP는 비연결지향 프로토콜로써, 신뢰성 이 보장되지 못한 서비스를 제공해준다. 즉, UDP/IP에서는 송신측은 전송하는 데이터가 수신측에서 올바르게 받았는지 검사하지 않으며, 오류가 있다해도 재전송하지 않는다.

이러한 특징 때문에 데이터의 손실이 어느 정도는 발생하더라도 상관이 없고 오히려 송수신간의 시간적 동기가 더욱 중요한 실시간 데이터전송에 적합한 프로토콜이라고 볼 수 있다. 그러나, 트래픽이 심해지면 패

킷손실을 피할 수 없기 때문에 손실된 패킷을 복구하기 위한 처리 알고리즘이 요구된다.

3. 인터리빙을 추가한 패킷 복구 알고리즘

영어 오디오 정보를 이용한 손실패킷 복구방법은 고품질 고비트율을 갖는 코덱을 기본코덱으로 사용하고 저품질 저비트율의 코덱을 잉여 오디오 정보로 이용하는 것으로, 서로 다른 시간에 코딩된 오디오 정보를 하나로 패킷화하여 전송하며 이러한 과정을 그림 2에 나타내었다[5][6]. 패킷화된 잉여 오디오 정보는 하나 또는 그 이상 사용되어 질 수 있으며, 잉여 오디오 정보와 기본오디오 정보의 간격을 크게 둘 수도 있다. 그림 3은 기본패킷을 0, 그 다음순서의 패킷을 -1, 네 번째 뒤의 패킷을 -4라고 가정할 때 -1, -2, -4에 해당하는 잉여오디오 정보를 패킷화한 것이며, 진한 부분은 고비트율의 기본코덱 데이터이고, 점부분은 잉여 오디오 정보로 사용될 저비트율의 음성 압축 데이터이다.

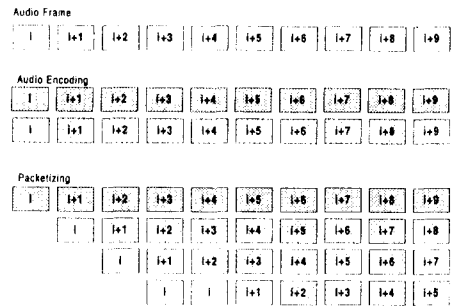


그림 2. 저비트율 잉여 오디오 정보의 패킷화  
Fig. 2 Low-bitrate redundant audio data packetization

수신측에서는 패킷을 수신하고 만일 패킷이 손실되었다면, 이전에 수신된 패킷에 포함되어 있는 저비트율의 오디오 정보를 이용하여 복구하게 된다. 이미 수신된 패킷은 최초 패킷화 과정에서 여러 개의 잉여 오디오 정보를 가질 수 있기 때문에 잉여 정보의 양만큼 손실 패킷을 복구할 수 있다. 물론, 잉여 오디오 정보와 기본 코덱이 동일한 시간에 코딩된 것이라면 기본 코덱을 이용하게 된다. 한편, 패킷 손실의 발생시 오디오 재생을 위해서는 손실된 패킷이 재생될 시간에 묵음이나 백색 잡음으로 채울 수 있으며, 또는 이전에 수신된 한두 패

킷을 복사하여 다시 재생시키는 방법이 행해진다.

컴퓨터 네트워크에서 인터리빙을 사용할 경우 가장 문제가 되는 것은 인터리빙처리로 인한 추가적인 지연이다. 이러한 지연은 화상회의나 인터넷폰 같은 대화형 응용에는 치명적인 단점으로 작용한다. 그러나, 다른 복구 방법에 비해 전송률이나 추가적인 처리에 따른 오버헤드가 전혀 없기 때문에 지연을 줄일 수 있다면, 매우 효과적인 복구방법이다. 또한, 인터리빙은 지연이 크게 문제가 되지 않는 인터넷 방송 시스템과 같은 단방향 전송만이 요구되는 서비스에서 유용하게 사용할 수 있다.

인터리빙의 일반적인 형태는 전송 패킷을  $m \times n$ 의 형태로 재배열하여, 열(row) 방향의 순서로 전송시킨다. 그림 3과 같은 형태로 인터리빙을 취한 후 패킷을 전송한다면, 전송에 필요한 지연 패킷수는 식 (1) 과 같다.

$$D_S = m \times n - (m + n) + 1 \quad (1)$$

수신 후 재생까지 필요한 지연시간은 식 (2)와 같다.

$$D_R = D_S + m \times n \quad (2)$$

따라서, 만일  $2 \times 5$  인터리빙을 행할 경우,  $D_S = 4$  패킷만큼의 전송 지연이 발생하게 되며, 수신측에서는  $D_R = 14$  패킷만큼의 지연이 필요하다. 전송 지연 시간을 예로 들면, 20ms의 오디오 프레임의 한 패킷으로 할 경우, 인터리빙에 의한 지연은 총 360ms가 된다.

생성 패킷	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	...	
인터리빙을 위한 재배열	1	2	3	4	5	11	12	13	14	15	6	7	8	9	10	16	17	18	19	20		
전송패킷	1	6	2	7	3	8	4	9	1	3	4	5	6	8	9	10						

그림 3.  $2 \times 5$  블록의 인터리빙  
Fig. 3  $2 \times 5$  interleaving

윗 식을 이용하여 인터리빙을 행할 경우, 필요한 전체 지연 패킷수를 그림 4에 보인다.

그림 5는 인터리빙을 이용한 패킷 복구 방법을 보이는 것으로써, 트래픽이 심한 7개의 연속적인 손실이 발생한 경우이다. 기본적인 복구 방법은 앞서 기술한 바와 같이 잉여 오디오 정보를 이용하여 2번과 7번 패킷

n \ m	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2									
3		~20							
4			~50						
5				~100					
6					~100				
7						100~			
8							100~		
9								100~	
10									100~

그림4. 인터리빙에 따른 추가 지연  
Fig. 4 Additional latency due to interleaving type

을 제외하고 모두 복구된다. 또한, 2번과 7번 패킷은 고립된 손실로써, 이전 패킷 복사에 의한 방법으로 대체되어질 수 있다. 따라서, 인터리빙 기법을 함께 사용하면 잉여 오디오 정보만을 이용하였을 경우보다 더 높은 복구율을 얻을 수 있다.

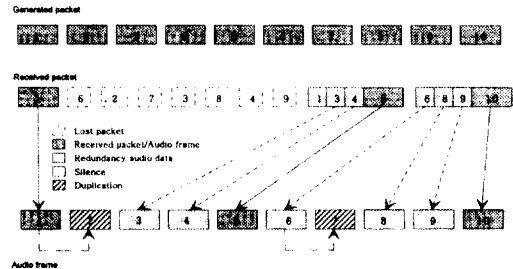


그림 5. 인터리빙처리와 잉여오디오정보를 이용한 손실패킷 복구

Fig.5 Lost packet recovery using redundant audio data and interleaving

### III. 실험 및 고찰

#### 1. 실시간 오디오 방송 서비스 시스템의 구현

잉여 오디오 정보와 인터리빙을 이용한 패킷 복구 알고리즘의 성능을 측정하기 위해 측정 소프트웨어 (Real Player)를 제작하였다. Real Player는 데이터를 전송해주는 서버 프로그램인 'tpd'와 전송 받는 동시에 디코딩 후 재생시켜주는 'ip'로 구성되며, TCP/IP와 UDP/IP를 모두 지원한다. 개발된 소프트웨어는 펜티엄 PC 기반의 리눅스용이다.

사용한 기본 코덱은 13.2kbps의 전송률을 갖는 GSM 06.10를 이용하였으며, 잉여 오디오 정보로는 2.4kbps의 전송률을 갖는 LPC-10e를 이용하였고, 인터리빙은 2x5를 취하였다. 실험은 간결성을 위해 유니캐스트만으로 행해졌으며, 가능한 전송률을 줄이기 위해 32비트의 헤더만을 갖는 새로운 패킷 형식을 설계하였다. 설계된 형식은 버전, 기본 코덱의 페이로드 번호, 잉여 오디오 정보의 페이로드 번호가 각각 4비트이며, 기본 코덱과 잉여 오디오 정보의 시간차를 알리는 오프셋이 4비트, 패킷 순차번호를 16비트로 할당하였다. 이 이후에는 기본 코덱 정보와 잉여 오디오 정보가 놓이게 된다.

2. TCP/IP와 UDP/IP의 전송특성 측정

실시간 데이터의 전송을 위해서는 일정한 수신률이 필요하다. 본 연구에서 구현된 'Real Player'의 음성 데이터 수신률을 알아보기 위하여 TCP/IP와 UDP/IP의 수신률을 측정해 보았다. GSM으로 압축된 음성 데이터를 실시간으로 디코딩하기 위해 33 bytes를 단위로 하여 원거리 전송을 행하였다. 따라서, 끊김 없는 재생을 위해서는 최소한 50개의 패킷을 수신할 수 있는 13kbps의 일정한 전송률이 요구된다.

표 1은 압축된 44초 음성데이터를 수신하는데 소요된 시간으로써 TCP/IP상에서는 매 수행마다 전송 받는 시간이 크게 변하고 있음을 알 수 있으며, 반면에 UDP/IP상에서는 거의 일정함을 알 수 있다.

표 1. GSM으로 압축된 44초 데이터의 수신 시간(초)  
Table 1. Transfer time of GSM compressed data(44 seconds)

수행	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TCP/IP	65	43	20	81	34	37	32	68	31	44
UDP/IP	45	44	43	44	43	43	44	44	44	44

그림 6과 그림 7은 각각 TCP/IP와 UDP/IP를 이용하고 상기한 조건을 가지고 GSM으로 압축된 음성 데이터를 전송시켰을 때 얻어진 수신률이다. 그림 6은 표 1에서 TCP/IP 모드를 동작시켰을 때 3, 4, 9, 10번째의 수행에서 얻어진 결과이다. 그림 6-(a)와 6-(c)는 트래픽 상황이 양호하여 13kbps에 이상의 전송률을 보일 때의 초당 수신 패킷수이고 그림 6-(b)는 트래픽 상황

이 나빠서 81초까지 지연된 것을 볼 수 있다.

이와 같이 TCP/IP 모드를 동작시키면 44초 이상의 시간이 소요된 경우에는 그에 해당하는 끊김 현상이 발생하게 된다.

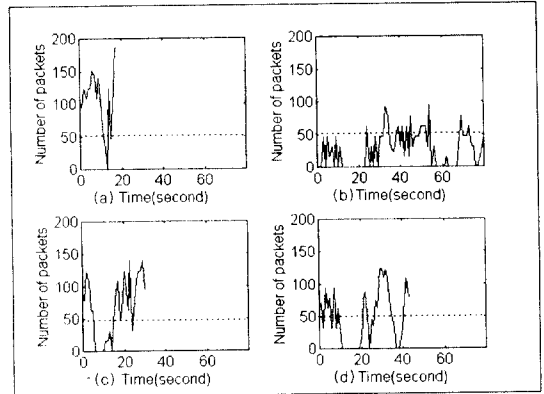


그림 6. TCP/IP상의 초당 패킷 수신수  
Fig. 6 Received packets per second in TCP/IP

그림 7은 동일한 조건에서 UDP/IP모드를 동작시켰을 때 얻어진 결과로써 UDP/IP의 경우는 그림 6의 TCP/IP 모드에 비하여 수신률의 변화가 매우 작게 나타남을 볼 수 있다. 본 연구의 실험은 트래픽 상황이 상대적으로 양호할 것으로 예측되는 오전 5시부터 7시 사이에 이루어진 것이며 UDP/IP 모드의 경우 버퍼링이나 재전송 같은 추가적인 제어기능을 전혀 고려하지

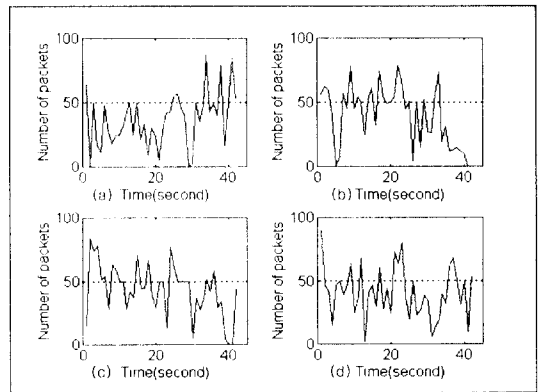


그림 7. UDP/IP를 사용할 때의 초당 패킷 수신수  
Fig. 7 Received packets per second in UDP/IP

않은 상태에서 얻어진 것으로, 끊김 현상은 거의 없으나 패킷손실로 인한 음성의 명료도는 감소하였다.

### 3. 손실패킷복구 실험

실험은 서울대와 목원대간 트래픽이 심한 시간대(오후 3시)에 행해졌으며 이때 패킷손실은 23%이었다. 그림 8은 잉여오디오 정보를 -1, -2 두 개만 사용한 경우에 대하여 인터리빙 처리여부에 따른 복구율의 변화이다. 그림에서 볼 수 있는 것과 같이 기본적인 손실 분포선이 낮게 위치함을 알 수 있으며, 특히 3~7개의 연속 손실은 인터리빙을 행함으로써, 손실 패킷 복구가 상당히 많이 이루어짐을 알 수 있다. 물론 인터리빙 처리 블록을 증가시킬수록 복구율이 증가할 것이며 이와 같은 결과를 그림 9에 나타내었다.

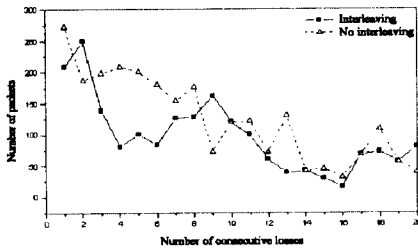


그림 8. 2x5 인터리빙과 -1, -2를 이용한 손실 패킷 복구 후의 연속 손실 패킷 분포  
Fig.8 Distribution of lost packets after 2x5 interleaving with redundant audio data(-1, -2)

m \ n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2									
3		+2%							
4			+4%						
5				+5%					
6									
7									
8							+6%		
9									
10									

그림9. 인터리빙 방법에 따른 복구율 증가  
Fig.9 Increment of recovery rate by interleaving method

## V. 결 론

본 논문에서는 잉여 오디오 정보와 인터리빙을 이용한 인터넷 실시간 오디오 방송 서비스를 구현하였다. 국내 인터넷을 이용하여 TCP/IP와 UDP/IP의 전송 특성을 비교 분석한 결과, 실시간 오디오방송 시스템의 구현을 위해서는 끊김 현상이 없는 UDP/IP를 선택하는 것이 바람직함을 확인하였으며 잉여 오디오 정보를 이용한 패킷 복구 알고리즘을 구현하였고, 추가적으로 인터리빙을 행하여 2%이상의 복구율을 높일 수 있음을 확인하였다. 또한, 인터리빙 방법에 따른 증가되는 지연 패킷수를 구한 결과 최소 360ms 정도로 생방송 오디오 방송 서비스에도 적용할 수 있다고 판단된다.

본 연구의 결과는 인터넷상의 데이터 전송 프로토콜의 국내개발에 기여할 것이며, 연구결과를 바탕으로 실시간 전송데이터에 대한 최소한의 신뢰성을 보장해줄 수 있는 UDP/IP상의 전송 알고리즘 개발과 인터넷상의 동화상 서비스, 양방향 화상회의 서비스 시스템에 관한 연구가 계속중이다.

## Reference

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, "Characterizing End-to-End Packet Delay and Loss in the Internet," In Journal of High-Speed Networks, vol. 2, no. 3, pp. 305-323, Dec., 1993.
3. H. Sawashima, Y. Hori, H. Sunahara, "Characteristics of UDP Packet Loss : Effect of TCP Traffic," INET '97
4. N. Shacham, P. McKenney, "Packet Recovery in High-speed Networks using Coding and Buffer Management," Proc. IEEE Infocom '90, San Francisco, CA, pp. 124-131, May 1990.
5. 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.
6. J. C. Bolot, A. Vega Carcia, "The case for FEC-based

- error control for packet audio in the Internet." ACM Multimedia Systems, 1997.
7. Luigi Rizzo, "Effective Erasure Codes for Reliable Computer Communication Protocols," ACM Computer Communication Review, Vol. 27, No. 2, pp. 24-36, Apr. 1997.
8. Lara-Barron M. M., Lockhart G. B. "Speech Encoding and Reconstruction for Packet-Based Networks," IEE Colloquium on Coding for Packet Video and Speech Transmission, Vol. 199, No. 3, pp. 1-4, 1992.
9. Colin Perkins, Options for Repair of Streaming Media, draft-ietf-avt-info-repair-02.txt
10. 박준석, 고대식, "저비트율 보코더를 이용한 손실 패킷 복구," '97 대한 전자 공학회 추계 학술 발표 대회



박 준 석(Jun Sok Park) 정회원

1996. 3:목원대학교 전자공학과  
공학사

1998. 2:목원대학교 전자공학 및  
컴퓨터공학과 공학석사

1998. 3F~현재:목원대학교 부설  
자연과학연구소 연구원

1996. 11:대한 전자 공학회 우수 논문 발표상 수상

※관심분야 : 신호처리, 인터넷 실시간 통신

e-mail:jspark@ee.mokwon.ac.kr



고 대 식(Dae Sik Ko) 정회원

1982:경희대학교 전자공학과 공  
학사

1987:경희대학교 전자공학과 공  
학석사

1991:경희대학교 전자공학과 공  
학석사

1995~1996:UCSB Post Doc.

1989. 9~현재:목원대학교 전자공학과 부교수

1996. 11:한국 음향 학회 학술상 수상

※관심분야 : 신호처리, 인터넷 실시간 통신, 3-D 입체  
음향

e-mail:kds@mwus.mokwon.ac.kr