論文 98-23-8-23

인터넷상의 음성 패킷손실과 명료도 분석

정회원 고 대 식*, 박 준 석**

Analysis of the Percentage Articulation and Voice Packet Loss over the Internet

Daesik Ko*, Junsok Park** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 한국내 인터넷상의 음성패킷손실을 측정하였고 패킷손실의 변화에 따른 명료도를 분석하였다. RTP를 기반으로 하는 실시간 전송프로토콜과 통화품질 평가법을 고찰하였으며 실험을 위하여 GSM과 RTP/UDP/IP를 이용한 실시간 음성통신 시스템을 구현하였다. 명료도 평가를 위하여 선택된 음절목록은 GSM에 의하여 실시간 코딩 및 압축되었으며 각 패킷은 패킷손실의 복원과 손실률 측정을 위하여 시퀀스번호를 갖고 있다. 한국내 인터넷상의 7개 라우팅을 거친 전송 실험결과, 트래픽량에 따라 1.6%에서부터 22.5%까지의 패킷손실을 나타내었으며 시퀀스번호 재배열과 FEC 알고리즘을 통한 손실패킷의 복원률은 9%에서 35%까지 나타났고 패킷손실의 변화에 따른 단음절명료도와 2음절 이해도 평가결과는 표 4와 같다.

ABSTRACT

In this paper, we measured voice packet loss over the Korean Internet and analyzed percentage articulation by variation of the packet loss. To do this, we reviewed real-time transmission service based on RTP/UDP/IP and test method of the transmission quality. And implemented the real-time speech transmission system using GSM and UDP/IP. Monosyllable list has been chosen for the percentage articulation test, each voice packet has been coded and compressed by GSM and it has sequence number to measured packet loss and to recover out-of-order packets. In transmission results using seven router over the Korean Internet, we have shown that loss rates reached 1.6% (unload), 22.5%(load) and loss rates after packet recovery by resequencing and FEC are from 9% to 35%. Finally, we have shown that percentage articulations by variation of the network traffic are Table 4.

I. 서 론

인터넷이 대중화됨에 따라 많은 응용서비스들이 개발되고 있으며 인터넷 전화는 시외나 국제전화를 시내전화 요금수준으로 이용할 수 있는 획기적인 서비스중의 하나이다. 인터넷은 기존의 전화망과는 달리 패킷스위칭에 의한 망이기 때문에 통화자간의 네트웍

* 목원대학교 전자공학과
** 목원대학교 부설 자연과학연구소
論文番號 : 97207-0620
接受日字 : 1997年 6月 20日

환경이나 인터넷망의 트래픽 정도에 따라서 통화품질이 크게 다를 수 있다. TCP/IP는 인터넷의 기반이 되는 프로토콜로써, 데이터손실이 없는 안정한 연결을 보장해주는 장점이 있으나 인터넷을 이용하여 실시간 패킷 전송을 필요로 하는 인터넷전화, 오디오, 그리고 회상회의 시스템을 위한 데이터의 전송에는 적합하지 않다. 인터넷은 LAN에 비하여 상대적으로 낮은 전송률과 가변적인 대역폭 특성을 갖기 때문에 실시간 데이터 전송에는 많은 제한이 따르는 것이다. 하지만 동화상이나 음성 등의 실시간 데이터들은 어느 정도의 패킷손실은 무시할 수 있기 때문에, 현재 구현된 인터넷상의 실시간 서비스들은 주로 UDP(User Datagram Protocol)를 사용한다. UDP는 최소한의 데이터 전송을 위한 기본적인 프로토콜로써 TCP에서 제공하는 시간만료, 재조립, 재전송, 에러검출 등의 기능은 갖지 않기 때문에 UDP를 인터넷상에서 이용할 경우, 전송 도중에 패킷손실이 나타날 수 있으며, 시간상으로 먼저 보내어진 패킷이 나중에 도착할 수도 있다 [1,2]. 이와 같이 발생하는 패킷손실은 시퀀스 재배열이나 FEC(Forward Error Correction) 등의 손실패킷 복원 알고리즘을 이용하여 상당부분 복원할 수 있다 [3]. 그러므로 UDP를 이용하여 인터넷상에서 음성 서비스를 구현할 때 패킷 손실량이나 손실특성을 측정할 필요가 있다. 더군다나 실시간 재생이 중요한 인터넷 전화 등에서는 어느 정도의 패킷손실을 감수해야 하기 때문에 패킷손실 특성에 따른 명료도 시험이 중요한 요소이다.

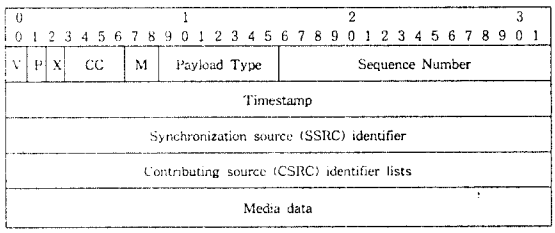
명료도는 통화품질을 평가하는 방법 중 하나로 무작위로 발성된 의미 없는 음절을 청취자가 정확하게 알아듣는 정도를 음절 명료도라고 한다. 명료도 시험은 전화통신 품질의 정량적 평가를 위해 가장 먼저 시도된 그리고 직접적이고 유익한 정보를 제공하는 청취 시험방법중의 하나이다. 국내에서는 명료도 시험법이 아직 표준화가 이루어지지 못한 상태지만 1994년 한국전자통신 연구소에서는 명료도 평가용 단음절 목록을 발표한 바 있다 [4].

본 논문에서는 RTP/UDP/IP를 이용하여 인터넷상에서의 전화서비스 시스템의 구현에 앞서 선행 연구되어야하는 패킷손실 특성과 패킷손실 변화에 따른 통화품질의 영향을 연구 분석하였다. 이를 위하여 UDP를 이용하여 실시간 오디오 전송 시스템을 구현하였으며 단음절 명료도 및 2음절 이해도 평가용 리스트를 이용하여 패킷손실 변화에 따른 명료도를 측정하였다.

II. 인터넷상의 실시간 음성데이터 전송

1. RTP에 의한 실시간 전송

RTP(Real-time Transport Protocol)는 실시간 데이터 전송을 위한 프로토콜로서 RFC 1889에 정의되어 있고, 종단간 네트웍 전송 프로토콜로써 오디오, 비디오 등의 실시간 데이터를 멀티캐스트나 유니캐스트로 전송하기에 적합한 기능을 제공해준다. RTP는 하위 전송 프로토콜의 안전성과 순차적인 전송능력에 의존하기 때문에 패킷 전송의 보증이나 정해진 시간내에 확실하게 전송시키기 위한 메커니즘을 제공하는 것은 아니다. 실시간 데이터 전송시에 발생하는 패킷손실, 패킷지연, 비순차 패킷 등은 RTP의 시퀀스번호 (sequence number)와 타임스탬프(timestamp)에 의해 재조립될 수 있으며, 정해진 시간내에서 손실된 패킷 수를 분석하여 송신측으로 보내면, 송신측은 패킷 전송률을 변경하거나 적합한 엔코딩 방법으로 정보를 재구성할 수도 있다. RTP는 일반적으로 응용프로그램 수준에서 구현되며 UDP 패킷 안으로 캡슐화되어 UDP의 다중화 및 체크섬 기능을 이용하며 그림 1은 RTP의 패킷구조이다[5].



(V:Version, P:Padding, X:Extension, CC:CSRC Count, M:Marker)

그림 1. RTP 패킷구조
Fig. 1 RTP packet structure

RTP/UDP는 비연결지향 프로토콜로써, 신뢰성없는 서비스를 제공해준다. 즉, 송신측은 전송하는 데이터가 수신측에서 올바르게 받았는지 검사하지 않으며, 오류가 있다해도 재전송하지 않는다. 이러한 특징 때문에 데이터의 손실 보다 송수신간의 시간적 동기가 중요한 인터넷 전화나 인터넷 생방송 시스템과 같은 실시간 데이터 전송에 적합한 프로토콜이라고 볼 수

있다 [5,6].

2. 명료도 시험

통화품질이란 전화서비스에 있어서 통화의 좋은 정도를 정량적으로 표현한 것이다. 여기서 통화의 좋은 정도란 "잘들린다(명료성)", "소리의 크기가 적당하다(음량감)", "자연스럽다(자연성)" 등 다양한 파라미터가 있고 이것들이 종합된 결과로서 전체의 평가가 얻어진다. 이중에서 무작위로 발성된 의미 없는 음절을 청취자가 정확하게 알아듣는 정도를 음절 명료도라고 한다. 명료도 시험은 전화통신 품질의 정량적 평가를 위해 가장 먼저 시도된 그리고 직접적이고 유익한 정보를 제공하는 청취 시험방법중의 하나이다. 이러한 명료도 시험법은 전화기, 확성전화기, 디지탈 전화기, 음성합성기뿐만이 아니라 강당 등과 같은 음향공간의 음성전달효과 및 언어장애자의 청력이나 발음 명료도를 평가하는데도 이용될 수 있다. 이와 같이 다방면으로 이용되는 명료도 시험법이 국내에서는 아직 표준화가 이루어지지 못한 상태지만 1994년 한국전자통신 연구소에서는 명료도 평가용 단음절 목록을 발표한 바 있다. 이 연구보고서에서는 언어적 특성보다는 일상생활에서 사용하는 단음절을 대상으로 목록을 구성하기 위하여 뉴스, 드라마, 대담프로, 그리고 리포트 등의 내용에서 약 10만 여자의 단음절을 녹음하여 빈도순으로 작성하였다. 대상표본으로 한 구어체 103,581자중 단음절 종류는 1,117개이고 이를 발음 단음절로 표시하였을 때 발음 단음절의 종류는 990자였다. 이들 중 변별력이 약한 음절 등을 제외한 250개의 단음절을 이용하여 50음절씩 5세트의 목록을 만들었다 [4]. 명료성을 결정하는 주 요인은 통화음성에 대한 잡음의 비율과 전송주파수 대역인 것으로 발표되고 있다. 한편 RTP/UDP/IP를 이용하여 인터넷상에 패킷전송을 수행하면 패킷손실이 나타나게 된다. 코딩방법의 종류에 따라 다소 차이가 있지만 하나의 패킷은 20ms의 크기를 가지므로 만약 10개의 패킷을 연속적으로 손실한다면 0.2초의 음성 데이터를 손실하게 되므로 통화품질에 치명적인 영향을 미칠 수 있게될 것이다.

본 연구에서는 RTP/UDP/IP를 이용한 인터넷 전화 시스템을 구현함에 있어 효율적인 손실패킷의 복원방법을 결정할 때 유용하게 사용될 수 있는 손실패킷의 특성에 따른 명료도 및 이해도를 측정하고자 한다. 본 연구를 위하여 한국전자통신 연구소에서 연구발표한 단음절 리스트 5개중 하나인 표 1와 일본 전자통신학회에서 제시한 2음절 단어 50개 단어를 리스트를 약간 수정하여 사용하였다 [7].

표 1. 실험에 사용된 단음절 목록[4]
Table 1. Monosyllable list for articulation test

랴	몽	착	력	띳	뻐	젠	률	꺽	셧
렁	례	쉽	럴	웰	협	냥	분	민	텔
깝	봤	맙	뭔	꼭	퀴	넘	딜	료	곤
던	퍼	싸	춘	뿟	욱	힏	줌	튜	콕
뻔	겸	머	눠	꾼	컬	슈	선	랄	씩

표 2. 실험에 사용된 2음절 목록[7]
Table 2. Word list for our intelligence test

아이	머리	변개	조급	일체
승진	상의	남자	정신	크다
장식	복잡	미안	가슴	살다
크림	결코	언어	높다	지식
뾰족	방향	무우	책상	충만
설대	통신	졸음	개운	다음
소식	친절	자정	목표	말씀
빗물	깊다	칭찬	가능	호칭
인정	태양	전허	능력	젖다
음성	속도	풍부	도착	상태

III. 실험 및 고찰

1. 실험시스템 제작

인터넷상의 실시간 음성 데이터의 전송시에 발생하는 음성 패킷의 손실을 측정하기 위하여 GSM 압축기술을 이용한 AV Talk(구 :Real Player)를 제작하였다 [8,910]. "AV Talk"는 음성 데이터를 전송해주는 서버 프로그램인 'avtalkd'와 전송받는 동시에 디코딩 후 재생시켜주는 클라이언트 프로그램인 'avtalk'로 구성되는데 'avtalkd'와 'avtalk'는 GCC 컴파일러를 사용하여 유닉스용으로 제작되었으며, 실험은 서버로는 선 스파, 클라이언트로는 리눅스에서 행해졌고 양쪽 모두 사운드카드, 마이크, 스피커가 필요하며 그림 2는 본 연구실에서 구현된 실시간 오디오 전송시스템의 블록선도이다.

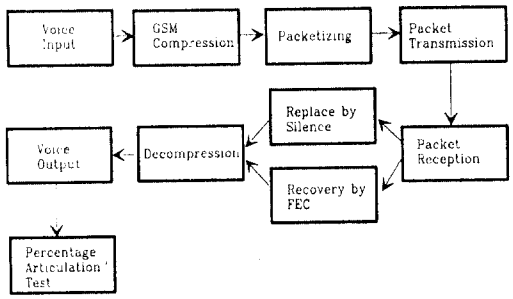


그림 2. 실시간 오디오 전송 시스템의 블록선도
Fig. 2 Blockdiagram of real-time audio transmission system

실험을 위해 한국전자통신 연구소에서 제시한 명료도 측정용 단음절 50개와 일본전자통신학회의 2음절 50개 데이터를 GSM 06.10 압축 알고리즘을 이용하여 압축하였다. GSM 압축 알고리즘은 20ms를 한 프레임으로 하여, 매 프레임당 33bytes로 코딩하므로 이 데이터 파일을 서버측에서 매초마다 50개의 패킷을 클라이언트측으로 전송시키면, 패킷 손실이 전혀 없을 경우 끊김 없는 오디오를 재생시킬 수 있다. 실험에 사용된 서버와 클라이언트의 네트웍 경로는 7개 라우팅을 포함하는 교육망이었으며 트래픽의 영향을 고려하기 위하여 네트웍 부하가 클 경우로 예상되는 시간대와 부하가 적을 것으로 예상되는 시간대를 구분하여 각각 행해졌다. 실험에 사용된 패킷의 기본적인 구조는 RTP의 패킷 구조를 이용하였으나 멀티캐스트에 관련된 SSRC와 CSRC는 생략하여 44 바이트의 크기를 갖도록 그림 3과 같이 설계하였다.

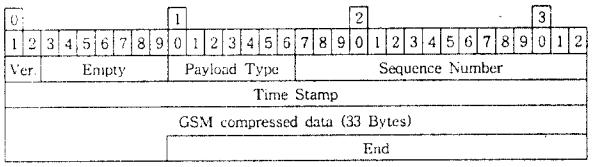
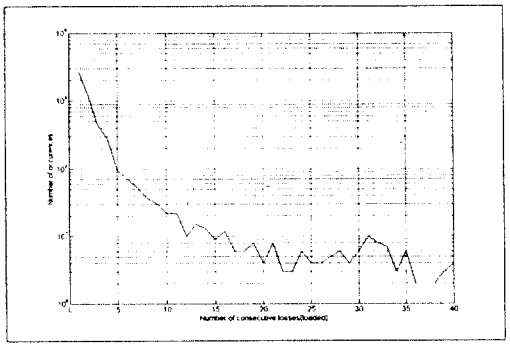


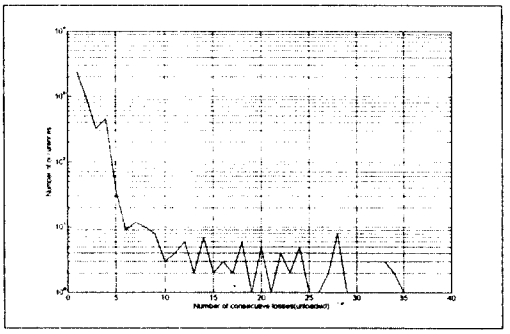
그림 3. 실험에 사용된 패킷 구조
Fig. 3 Packet structure for our experiment

2. 패킷손실 및 명료도 측정

국내 인터넷상에 7개 라우팅을 거쳐 음성패킷을 실시간으로 전송하였을 때 나타난 패킷손실을 측정하기 위하여 총 65536 개의 패킷을 전송한 실험결과, 트래픽이 심한 경우는 14756(22.52%)개, 트래픽이 심하지 않은 경우는 1061(1.6%)개의 패킷손실이 나타났으며 이중에는 패킷순서가 바뀐 패킷수(out-of-order)도 포함되어 있다. 그림 4는 트래픽이 심한 경우와 심하지 않은 두가지 경우에 대한 연속적인 손실패킷 빈도수를 구한 것이다.



(a)



(b)

그림 4. 연속적인 패킷 손실의 빈도수 (a) 22.5% loss rate (b) 14.8% loss rate
Fig. 4 Distribution of the number of consecutive lost packets (a) 22.5% loss rate (b) 14.8% loss rate

그림 4에서 역시 1개만의 패킷을 손실하는 빈도가 가장 많지만 연속적으로 50개의 패킷을 손실하는 빈도도 나타났다. 이중에서 1개의 고립된 패킷손실이나 2개의 연속적인 손실패킷은 이미 발표된 FEC 알고리즘을 이용하여 복원이 가능할 것이다.

한편 패킷손실률의 변화에 따른 단음절 명료도와 2음절 이해도를 평가하기 위하여 정상청력을 가진 남녀 대학생이 참가하였으며 이들 중 10명은 원음 즉 패킷손실이 전혀 발생하지 않은 음원(source)에 대하여 명료도 시험을 수행하고 나머지 인원은 수신단 즉 패킷손실이 발생한 데이터를 재생시킨 음원에 대하여 각각 10명씩 투입하여 실험을 행하였다. 실험은 청취전용룸이 아닌 자연 상태의 실험실에서 스피커를 통해 재생되는 여자 아나운서에 의하여 3초 간격으로 제시되는 테스트 목록음을 헤드폰 없이 단순히 받아쓰는 형식으로 주의사항과 실험방법을 설명한 후 예비실험없이 행해졌다. 표 3은 트래픽 상황변화에 따른 패킷손실률과 복원가능한 패킷수, 표 4는 패킷손실률 변화에 따른 단음절 및 2음절단어에 대한 명료도 평가결과이다.

표 3. 패킷손실 및 복원율
Table 3. Packet loss and recovery rate

전송패킷수 65536개

구 분 \ Traffic	Unload	Mid-load	Load
Raw data	1061(1.6%)	9643(14.7%)	14761(22.5%)
Resequencing	737(1.1%)	9387(14.3%)	14460(22.0%)
FEC+resequencing	686(1.0%)	8717(13.3%)	13367(20.4%)

표 4. 패킷손실율에 따른 명료도
Table 4. Percentage articulation by variation of the packet loss rate

구 분 \ playout loss rate	Replace by silence		Recovery by FEC and resequencing	
	단음절	2음절	단음절	2음절
1.6%	69.6%	98.0%	87.3%	99.3%
14.7%	50.0%	85.0%	52.9%	89.5%
22.5%	44.6%	87.0%	60.8%	82.0%

표 3에서 트래픽이 심하지 않은 경우는 손실패킷의 45%에 가까운 패킷복원이 가능하지만 트래픽이 심한 경우에는 1%의 패킷만을 복원할 수 있음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 트래픽이 심할수록 연속적으로 손실되는 패킷빈도수가 많기 때문이며 만약 50개의 패킷을 연속적으로 손실하였다면 1초에 해당하는 커다란 데이터이므로 통화품질에 치명적인 영향을 미칠 것이므로 인터넷전화시스템의 통화품질을 획기적으로 개선하기 위해서는 재전송 등의 보다 근본적인 대책이 필요하다. 표 4는 원음에 대한 평가점수를 100으로 환산하였을 때 얻어지는 평가점수이다. 원음에 대한 평가점수가 50% 정도로 낮은 이유는 우선 테스트 목록에 대한 녹음상태와 그것을 본 실험을 위하여 다시 8kHz로 샘플링한 점, 그리고 자연상태의 청취홀에서 스피커를 통한 청취시험이었기 때문인 것으로 판단된다. 그림 5는 실험결과를 종합하여 손실률 변화에 따른 단음절 명료도와 2음절 이해도 평가점수를 도식적으로 나타낸 것이다. 단음절 명료도의 경우, 손실률이 높은 경우에 오히려 명료도가 높게 나타난 경우가 한 번 있는데 이는 패킷손실이 나타나는 특성이 매우 불규칙한 원인과 청취실험에 투입된 인원이 10명으로 적은 인원이었던 때문인 것으로 판단된다.

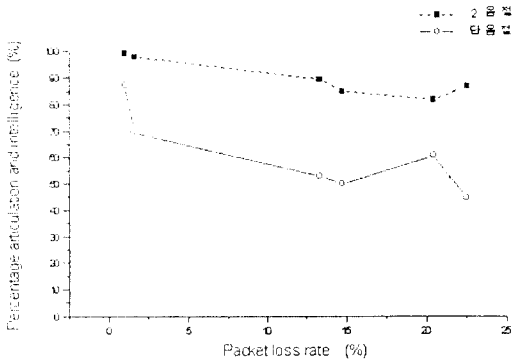


그림 5. 패킷손실률에 따른 단음절 명료도 및 2음절 이해도
Fig. 5 Percentage articulation and intelligence by variation of the packet loss rate

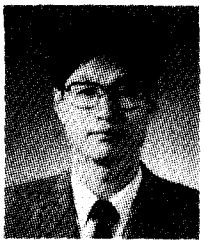
IV. 결 론

본 연구에서는 GSM 압축기술과 간략화된 RTP 패킷구조를 이용하여 인터넷상의 실시간 음성통신 시스템을(AV Talk)를 제작하였으며 패킷손실의 특성과 패킷손실률에 따른 명료도를 측정하였다. 실험결과, 총 65536개의 음성패킷을 전송하였을 때 네트웍의 트래픽 상태에 따라서 1.6%에서부터 22.5%까지의 패킷손실이 나타났으며 시퀀스재배열과 패리티패킷을 이용한 FEC알고리즘을 이용한 손실패킷의 복원은 표 3과

같았다. 이와 같은 음성 패킷손실이 통화품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 단음절 및 2음절 명료도를 측정한 결과, 각각의 패킷손실 특성에 대하여 표 4와 같은 결과를 얻었다. 그러므로 RTP/UDP/IP를 이용하여 인터넷 전화 시스템의 구현하려면 트래픽이 심하지 않은 경우는 본 연구에서 수행한 시퀀스재배열이나 FEC 알고리즘만으로도 통화가능한 이해도를 얻을 수 있지만 트래픽이 심한 경우에 대해서는 추가적인 기술을 통하여 패킷손실을 감소시켜야만 만족할 만한 이해도를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 앞으로 인터넷전화나 인터넷방송시스템의 국내개발을 위하여 LPC 등의 압축기술과 트래픽이 심한 경우에 대한 패킷손실의 복원방법에 대한 연구가 계속되어야하겠다.

Reference

1. J. Postel, "User Datagram Protocol," RFC 768. August 1980.
2. DOD Standard, "Transmission Control Protocol," RFC 761. January 1980.
3. N, Shacham, P. McKenney, "Packet Recovery in High-speed Networks using Coding and Buffer Management," Proc. IEEE Infocom '90, San Fransisco, CA. pp. 124-131, May 1990.
4. 김정환, 강성훈, 장대영, 김천덕, "명료도 평가용 단음절 목록의 개발" 한국음향학회지 13권 4호, pp. 69-76 (1994).
5. H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, "RTP:A Transport Protocol for Real-time Applications," RFC 1889, January 1996.
6. H. Schulzrinne, "RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control," RFC 1890, January 1996.
7. 三浦種敏, 聽覺と音聲, 3版, 電子通信學會, 昭和57.
8. http://wwwbs.cs.tu-berlin.de/~jutta/toast.html
9. R. Stevens, Unix Network Programming, Prentice-Hall, Inc. 1990.
10. 고대식, "인터넷상의 실시간 오디오패킷전송과 손실패킷 복원," 대한전자공학회 하계종합학술대회, 1997. 6.



고 대 식(Dae Sik Ko) 정회원

1982년 2월 : 경희대학교 전자공학과 공학사

1987년 8월 : 경희대학교 대학원 전자공학과 공학석사

1991년 2월 : 경희대학교 대학원 전자공학과 공학박사

1995년 2월 ~ 1996년 2월 : 캘리포니아주립대학(UCSB), Post-Doc.

1989년 9월 ~ 현재 : 목원대학교 전자공학과 부교수

1996년 11월 : 한국음향학회 우수연구상 수상

※주관심분야 : 인터넷실시간통신, 신호처리, 3-D입체음향

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

박 준 석(Jun Sik Park) 정회원

1996년 3월 : 목원대학교 전자공학과 공학사

1998년 2월 : 목원대학교 대학원 전자 및 컴퓨터공학과 공학석사

1998년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 부설 자연과학연구소 연구원

1996년 11월 : 대한전자공학회 우수논문발표상 수상

※주관심분야 : 인터넷실시간통신, 신호처리

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