

인터넷폰 시스템의 음질 및 속도향상연구

(A Study on Voice Quality and Speed Upgrade for Internet phone System)

임종설* 김성호** 조남인*** 오춘석****
(Jong-Seul Lim) (Seong-Ho Kim) (Nam-In Cho) (Chun-Suk Oh)

요 약

현재 사용하고 있는 인터넷폰은 패킷교환방식으로써 패킷들은 다양한 경로로 전송되며 충분한 대역폭을 보장받을 수 없다. 사용회선상의 트래픽이 증가함에 따라 패킷전송이 지연되어 음질의 손실과 속도의 저하에 많은 영향을 끼친다. 이러한 문제점들의 해결방안으로 본 논문에서는 인터넷폰의 음질향상을 위하여 두 가지 방법을 제시한다. 첫 번째 방법으로는 음성데이터의 지연 및 손실로 인하여 저하된 음질을 향상시키는 방법으로 가변 패킷에 따른 데이터 알고리즘을 이용하여 트래픽에 따라 패킷크기를 적절히 분배하여 지연 및 손실을 최소화시키며, 두 번째 방법으로 지터 때문에 발생하는 문제를 재생버퍼를 사용하여 적절한 초기지연시간을 주어 해결하고, 이러한 지터보상방법을 사용하였을 시 음성 재생지 단절현상이 감소되어 음질이 향상된다.

ABSTRACT

The internet phones that are currently available in use adopt packet exchange system, transferring through various routes and lacking sufficient band width with a result that there is an accompanied delay for packet transmission since the traffic is increased, accordingly affecting a lot in sound quality and speed.

Two solutions for such troubles are suggested in this study to improve sound quality of internet phones. Firstly, we minimize the delay and damage regarding packet size based on traffic size by using the data algorithm from variable packets in order to supplement decreased sound quality due to the delay and damage of sound data. The second suggestion is to employ a method of Jitter compensation by giving an appropriate initial delay time with regenerating buffers to bypass troubles from Jitter. From employing the Jitter compensation method, we found that there is a sound quality improvement due to the less stoppage phenomenon.

* 정희원 : 선문대학교 정보통신공학과 교수
** 정희원 : 선문대학교 전자공학과 석사과정
*** 정희원 : 선문대학교 전자정보통신공학과 교수
**** 정희원 : 선문대학교 전자정보통신공학과 교수

논문접수 : 2002. 4. 18
심사완료 : 2002. 5. 10

1. 서론

멀티미디어의 급성장으로 인터넷 사용인구가 급속도로 증가하고 있다. 이에 따라 인터넷 서비스 분야에도 큰 변화를 가져오고 있는 실태이다. 전자우편, 파일전송, 원격로그인, 뿐만 아니라 기존의 TV, 전화, 팩스 등도 인터넷을 활용하여 서비스를 제공하고 있다. 이중 인터넷폰은 기존 전화망보다 매우 저렴한 가격으로 서비스를 이용할 수 있으며 응용 프로그램에 따라서 다양한 서비스를 제공할 수 있는 고부가가치의 통신 매체이기도 하다. 기존 전화서비스의 경우 PSTN망을 통해 회선교환방식으로 통화시 전용회선이 설정되어 항상 동일한 품질을 보장받을 수 있다. 그러나 인터넷폰에서는 음성 데이터의 전송을 패킷교환(Packet Switching) 방식으로 패킷들간 다양한 경로를 이용하여 전송하여 일정한 대역폭을 보장받을 수 없고 사용회선의 트래픽이 증가함에 따라 패킷전송이 지연되어 음질의 손실과 속도의 저하에 많은 영향을 미친다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 여러 가지 방안이 제시되어 왔다. 이러한 문제점을 해결한다면 데이터 서비스 위주의 패킷망에 음성 트래픽을 통합하여 전달함으로써 가입자 관점에서 저가의 인터넷폰을 제공할 수 있으며 망 사업자 입장에서 망 구축 및 운용비용의 절감에 따른 경쟁력확보를 보장해 줄 수 있다.

본 논문에서는 인터넷폰의 음질향상을 위하여 불규칙정한 네트워크 트래픽에 관하여 음성데이터의 지연 및 손실로 인한 음질개선을 가변 패킷에 따른 데이터 알고리즘을 이용하여 트래픽에 따라 지연 및 손실을 최소화 시켰으며 지터에 의한 재생버퍼를 보정하여 음성 재생시 단절현상을 감소시켜 음질을 향상시켰다.

2. 인터넷폰의 지연요소

2.1 송신자측면 지연요소

2.1.1 송신기록지연

호 설정이 이루어지고 인터넷전화 사용자들간에 통화가 진행되면, 마이크로 입력된 음성 데이터는

PCM 방식을 이용할 경우 125 μ sec마다 8비트씩 샘플링 되어 양자화(Quantization)된다. 양자화된 데이터는 연속적인 8비트 데이터 스트림으로 취급하지 않고 일정 크기의 프레임(Frame)을 만든 후 다음 단계로 전달된다. 프레임의 크기는 수십 ms에서 수 sec등으로 조절할 수 있으며 이러한 프레임의 크기에 따라 얼마만큼의 지연이 발생된다.

2.1.2 인코딩지연

인코딩 지연은 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 하드웨어의 처리시간으로 PCM 코딩에서 125 μ sec마다 발생하는 아날로그 음성 신호를 샘플링하고 이를 양자화 하는데 소요되는 시간이다. 코덱(codec)에서 발생하는 인코딩 시간은 보통 5ms 정도의 수준이다.

2.1.3 압축지연

한정된 전송매체의 대역폭을 공유하기 위해서는 전송 전 압축(Compression)이 필수적이다. 이러한 압축은 송신측이나 수신측에서 처리시간을 증가시키지만 인터넷을 통한 전송 지연을 감소시키기 위해서 샘플링된 프레임은 압축 과정을 거치게 된다. 압축을 통해 발생하는 데이터의 크기나 압축에 필요한 시간은 압축 알고리즘에 따라 달라질 수 있다.

2.1.4 패킷화지연

압축된 음성데이터를 인터넷을 통하여 전송하기 위해서는 PDU(Protocol Data Unit)포맷으로 만들어야 하는데, 이때 소요되는 지연이다. 패킷을 만들기 위해서는 먼저 TCP Payload 영역에 압축된 데이터를 복사하고, TCP 헤더를 첨가한 다음, IP계층으로 전달한다. IP계층에서는 IP헤더에 관련된 작업을 처리한 후 하위계층으로 전달한다. 하위 계층은 물리계층 주소 번역과 일련의 관련작업을 처리한 후 NIC(Network Interface Card)를 통하여 전송이 이루어진다. 이러한 패킷생성에 관련된 작업도 고정된 크기의 지연을 발생시킨다.

2.2 인터넷상 지연요소

2.2.1 전파지연

전파(Propagation) 지연은 전송 미디어에서 빛 속

은 전기신호의 전달속도 발생하는 지연으로 출발지와 목적지간의 거리와 미디어의 특성에 따라 조금씩 다르며, 각 매체에서의 전송 지연은 일정한 크기를 가진다.

2.2.2 교환지연

교환(Switching) 지연은 패킷이 교환기를 거쳐서 전달되는데 걸리는 시간이다. 이 지연은 교환기의 처리 속도와 교환기내에서 라우팅을 위해 추가되는 오버헤드에 따라 정도의 차이는 있지만 네트워크 체중(Congestion)이 발생하지 않는 경우 일정한 크기의 지연을 가지게 된다.

2.2.3 큐잉지연

인터넷은 패킷스위칭 방식이기 때문에 Store-and-Forward 방식으로 데이터를 전송하게 된다. 따라서 각 교환기로 유입된 패킷은 일단 버퍼링 과정을 거친 후 다른 교환기로 전달된다. 이와 같이 교환기의 버퍼에 유입된 패킷이 다른 교환기로 전송되기 전에 버퍼링 되어 있는 시간을 큐잉(Queuing) 지연이라 하며, 다른 지연요소와는 달리 지연의 크기가 네트워크 트래픽의 정도에 따라서 가변적인 크기를 가진다.

2.3 수신자측면 지연요소

2.3.1 역패킷화지연

인터넷을 거쳐 수신측에 도착한 패킷은 패킷화 과정의 역과정을 통하여 송신측에서 전송한 압축된 음성데이터를 얻게 된다. 패킷화 과정에서처럼 이 과정에서 발생하는 지연의 크기도 일정하다.

2.3.2 지터보상을 위한 버퍼링지연

데이터 전송과는 달리 인터넷 전화에서는 지연에 못지 않게 수신 패킷의 지연시간 차이가 미치는 영향이 크다. 송신측에서 일정 주기마다 생성된 패킷이 인터넷을 통해 전달되는 동안에 수많은 교환기와 라우터를 거침에 따라 지연이 발생되어 수신측에서는 주기적으로 도착하지 못하게 된다. 이러한 현상을 지터라 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 수신된 데이터를 일정시간 버퍼링한 후 처리함으로써 음성의 끊김 현상을 해결할 수 있다. 이러한 것을

지터보상이라 한다.

2.3.3 복호화지연 및 디코딩지연

압축된 음성 데이터를 원래의 양자화된 디지털 데이터로 복구하기 위해서 걸리는 시간이 복호화지연이며 이것은 압축 알고리즘에 따라 다소의 차이가 있다. 한편 송신측에서 보낸 디지털 음성 정보는 코덱을 거쳐서 아날로그 음성 정보로 복원되는데 이러한 작업에 소요되는 지연이 디코딩지연이라 한다.

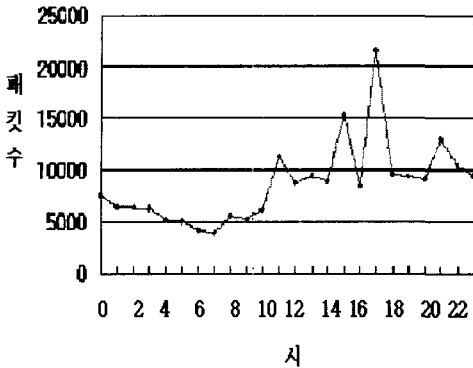
2.3.4 재생지연

수신측에서 수신한 음성정보를 재생하는데 소요되는 지연으로, 고정된 크기의 지연을 가지며 전화기를 사용하였을 경우 거의 지연이 발생되지 않는다. 인터넷은 패킷스위칭 방식이므로 Store-and-Forward 방식으로 데이터를 전송한다. 전송된 데이터는 교환기에서 버퍼링 과정을 거친 후 다른 교환기로 전달된다. 이때 교환기와 교환기간에 전송되기 전 버퍼링 되는 시간을 큐잉(Queuing)지연이라 한다. 이 지연요소는 다른 지연요소와는 달리 지연의 크기가 데이터의 정도에 따라서 가변적인 크기를 갖는다.

3. 인터넷폰 음질 및 속도 향상기법

3.1 가변 패킷에 따른 데이터 전송

현재 GSM의 비트율은 한 프레임인 20ms를 8KHz로 샘플링하고 8비트를 양자화 시킨 160바이트를 32바이트로 압축하므로 초당 1650바이트를 갖게 되며 비트율로 환산하면 13.2Kbps로 계산되는 것이다. 프레임크기도(10~40ms) 다양하기 때문에 두 가지 이상의 코딩 방법을 함께 사용할 때는 프레임 크기를 고려하여야 하며 표본화율과 양자화율도 다양하기 때문에 재생후의 음질도 많은 차이가 있지만 8KHz, 8비트 양자화가 가장 일반적이다. 본 논문에서는 인터넷상의 가변 패킷을 고려하여 음성 녹음을 8KHz에 준하여 0.1초에 800바이트 단위로 전송하여 1초에 8Kbyte로 네트워크상에서 전송한다.



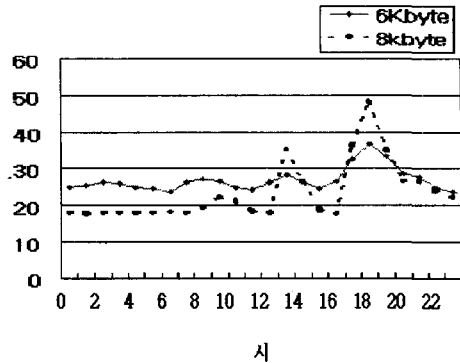
[그림 1] 시간대별 네트워크상 평균트래픽량
[Fig. 1] Avg. Traffic over the Time

만일 트래픽이 40% 이상 증가하면 패킷 크기를 6Kbyte로 하여 위의 8Kbyte 패킷과는 다른 패킷을 사용하였다. 측정은 전문대학교 LAN상에서 측정하였다. [그림 1]에서 X축은 24시간을 위주로 나타내고, 1개월 간 측정된 트래픽의 평균치를 나타내었다. Y축은 평균 트래픽량을 패킷수로 나타내었다. 11시에서 1시 사이에는 다소 트래픽이 높았다.

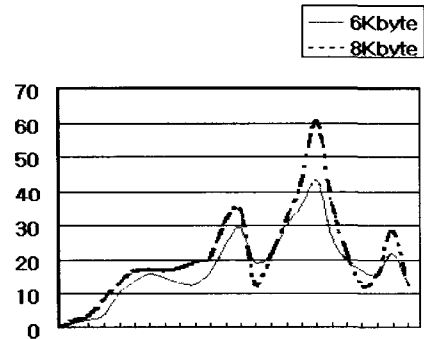
점심때는 트래픽이 작았고, 수업이 끝나는 4시부터 인터넷을 많이 사용하므로 4시에서 6시 사이가 가장 Busy한 것으로 나타났다. [그림 2]에서 보듯이 트래픽이 작으면 8Kbyte가 지연이 작아서 유리하나 오후 4시~6시경 트래픽이 커지면 큐잉지연 때문에

8Kbyte가 갑자기 지연이 많아지는 것을 볼 수 있다. [그림 3]에서는 패킷손실량은 트래픽이 많은 오후 4시~6시경 사이에서 패킷크기가 작은 6Kbyte가 8Kbyte보다 손실량이 현저히 줄어드는 것을 볼 수 있다.

따라서 송. 수신지연은 트래픽과 관계없이 일정하다고 볼 수 있다. 트래픽이 많을 경우도 큐잉지연이 패킷이 적은 것이 작게 나타났다. 그리고 패킷손실도 트래픽이 많을 경우 패킷이 작은 것이 작게 나타났다. 그러므로 트래픽이 많을 경우 작은 패킷을 사용하는 것이 유리하다. 트래픽이 작을 경우 패킷손실이 크게 문제가 안되고 큐잉지연 또한 문제가 안되므로 큰 패킷을 사용하는 것이 유리하다.



[그림 2] 패킷크기에 따른 시간대별 전송속도
[Fig. 2] Transmission Speed over the Time for Packet Size



[그림 3] 패킷크기에 따른 시간대별 평균손실량
[Fig. 3] Avg. Loss over the Time for Packet Size

먼저 가변 패킷이 트래픽을 알아보기 위하여 패킷 테스트를 수행하였다.

1초당은 8Kbyte패킷을 4회 전송하면 패킷 테스트를 수신한 후 응답을 수신측에 돌려보낸다. 패킷 테스트 결과로 구해지는 전송 속도는 식 (3.1)과 같다.

또한, 패킷 손실량은 식 (3.2)과 같다.

전송 속도와 패킷 손실량의 결과 값에 따라서 트래픽이 40% 이상 증가하면 6Kbyte로 전송하고 그 이하일 경우 기존에 1초당 8Kbyte 패킷으로 전송한다.

$$T_s = (t_{os} + t_{1s} + t_{2s} + t_{3s}) / T_{st}$$

- T_s : 패킷 전송속도
- T_{st} : 전송 패킷 수
- t_{os} : 첫 번째 패킷속도, 식 (3.1)
- t_{1s} : 두 번째 패킷속도
- t_{2s} : 세 번째 패킷속도,
- t_{3s} : 네 번째 패킷속도

$$T_{loss} = (T_{st} - T_{et}) / T_{st} \times 100$$

- T_{loss} : 패킷 평균 손실량 식 (3.2)
- T_{st} : 전송 패킷 수
- T_{et} : 수신 패킷 수

또한, 트래픽의 증가에 따라 네트워크상 지연이 많아지고 그에 따라 속도도 감소하는 현상을 알 수 있다. 이러한 사실을 근거로 하여 본 논문은 가변 패킷에 따른 데이터전송 알고리즘을 [그림 4]와 같이 구성하였다.

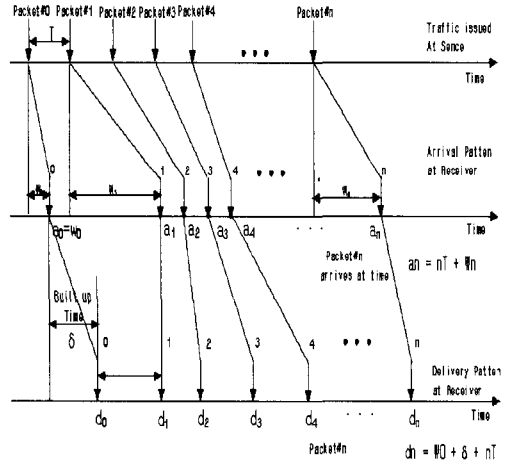
```

PacketTestTimer();
{
1. Internet Network; // Packet Test Data가 들어올 때까지 대기
2. Internet Network상에서 Packet Test Data가 들어오면 Test 시작
3. Packet Test Data에 대한 응답을 보낸다
4. Packet Test Data에 대한 결과에 따라
   { Ts = (tos + t1s + t2s + t3s) / Tst // 패킷 전송시간
     Tloss = (Tst - .Tet) / Tst × 100 // 패킷 손실량
5. if (패킷 전송시간이 > 지연 허용 공차
      패킷 손실량 > 전체 40 %)
      6Kbyte Size로 전송();
6. else if ( 패킷 전송시간이 < 지연 허용 공차
            패킷 손실량 < 전체 40 %)
      8Kbyte Size로 전송();
}
7. 각각의 이벤트를 마친다.; }
    
```

[그림 4] 가변패킷에 따른 데이터전송 알고리즘
[Fig 4] Data Transmission Algorithms for Variable Size Packet

3.2 초기지연시간을 이용한 지터문제 해결

인터넷폰에서는 지연을 발생하는 요소들이 매우 다양하다. 앞에서 열거한 여러 지연요소들 중에 가장 핵심적인 지연 지연요소라 할 수 있는 것은 큐잉 지연이라 할 수 있다. 인터넷상의 트래픽에 발생함에 따라 데이터에 불확실성, 손실 그리고 속도의 지연이 많은 문제로 나타나고 이를 위하여 많은 연구들이 진행되고 있다. 본 논문에서는 앞서 제시한 인터넷의 가변적인 트래픽을 사용하여 송신부에서 수신부로 보내는 과정에서 생기는 패킷손실량을 줄여 보았다.



[그림 5] Built-Up Time을 이용한 지터 보상법
[Fig. 5] Jitter Compensation with Built-Up Time

또 다른 요소인 수신 패킷의 지연시간의 편차 즉, 지터 또한 성능에 커다란 영향을 가져온다. 송신측에서 일정한 주기마다 생성된 패킷이 수많은 교환기와 라우터를 거침에 따라 지연이 발생하여 수신측에 데이터가 불규칙적으로 도달한다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 패킷을 일정시간 버퍼링 한 후 처리함으로써 문제를 해결할 수 있으며 이것을 지터보상이라 말한다. 송신측에서 음성 트래픽은 시간 T의 간격으로 일정하게 발생되고, 이러한 값은 수신측에 각각의 지연 값을 가지며 도착한다.

첫 번째 패킷의 도착시간을 a_0 라 할 때 $a_0=w_0$ 이 되고 $a_1=T+w_1$ 이 된다. 따라서 식 (3.3)의 $a_n =_nT+w_0$ 이다. 수신측에서 수신한 패킷을 재생하기 전에 일정한 시간(δ) 동안 초기 버퍼링 시간을 가진 후 재생을 시작한다. 이때 $d_0=W_0+\delta$ 되고, $d_1=W_1+\delta+T$ 이 되어 식 (3.4)의 $d_n=W_0+\delta+T_n$ 가 된다. n 번째 패킷경우 초기지연시간(Built-up Time) δ 은 W_n-W_0 보다 커야한다. 모든 패킷에 대해서 손실이 발생하지 않기 위해서는 77모든 n 에 대해서 식 (3.5)을 만족해야 한다. 따라서 W_n 의 최대 값을 W_{max} 라 두고 W_0 의 최소 값을 W_{min} 이라 하며 Built-up Time (δ)은 식 (3.6)으로 나타난다.

[그림 6]은 이와 같은 모습을 보여주고 있으며 그에 대한 식은 식 (3.3), (3.4) 및 식 (3.5), (3.6)서 볼 수 있다.

<표 1>에서는 이러한 경우를 적용하여 6Kbyte에서는 Built-up Time이 10ms로 나타나며, 8Kbyte에서는 30ms로 나타나는 것을 볼 수 있다. 이에 따른 알고리즘은 [그림 6]에서 구현하였다.

<표 1> 전송크기에 따른 Built-up Time

<Table 1> Built-up Time for Transmission Size

전송 크기	Built-up Time
6Kbyte	10 ms
8Kbyte	30 ms

$$a_1 = T + W_1$$

:

$$a_n = nT + W_1 \tag{3.3}$$

W_0 : 첫 번째 패킷의 지연시간

W_n : n 번째 패킷의 지연시간

BufferForJitter()

```

{
1. 인터넷상에서 음성데이터가 들어온다.
2. 인터넷상에서 음성 데이터가 들어 후 스피커에 들어
갈 수 있는 태를 모이둔 사운드 카드에서 하나에 데
이터 구조를 가져온다.
3. 그 구조에 데이터 구조에 음성 데이터를 copy한다.
4. copy 한 후 가변 패킷 데이터 알고리즘에서 나온 인
터넷상의 손실량에 따라 버퍼를 지정 그 시간만큼
음성데이터를 지연시킨다.
5. 시간만큼 지연을 시킨 후 스피커, 헤드셋으로 출력한다.
}
    
```

[그림 6] 지터보상을 위한 알고리즘

[Fig. 6] Algorithms for Jitter Compensation

$$d_0 = W_0 + \delta$$

$$d_1 = W_1 + \delta + T$$

:

$$d_n = W_0 + \delta + T_n \tag{3.4}$$

δ : 초기 지연시간

d_0 : 첫 번째 패킷의 재생 시작 시간

d_n : n 번째 패킷이 재생 시작 시간

$$\delta > W_n - W_0 \tag{3.5}$$

$$\delta = W_{max} - W_{min}$$

W_{max} : 최대지연

식 (3.6)

W_{min} : 최소지연

4. 적용된 알고리즘에 대한 성능 분석

본 논문에서는 음질 및 속도 향상을 위하여 3장에서 제시한 알고리즘을 인터넷폰에 적용하여 성능을 테스트 해보았다. 테스트는 측정자의 주관적 오차를 줄이기 위해서 남녀 25명을 선발하여 테스트를 하였다. 평가 기준은 <표 2>와 같은 점수를 주었다. <표 1>에서 보여주는 2가지 Built-up Time과 그 평균값인 20ms에 대해서 평가한 결과가 <표 3>, <표 4>에 나타난다.

<표 2> MOS 기준

<Table 2> MOS Criteria

기준	상태
5	최상
4	우수
3	양호
2	불량
1	불통

<표 3> 인터넷폰의 음질에 대한 MOS(Built-up Time 10ms인 경우)

<Table 3> MOS for Voice Quality with 10ms

Sample Site	지터 보상 전	지터보상 후 (Built-up Time 20ms인 경우)		
		6Kbyte	8Kbyte	6Kbyte+ 8Kbyte (7변적인 패킷크기)
1	5	5	5	5
2	4	4	5	5
3	4	5	4	5
4	4	5	4	4
5	5	5	5	5
6	4	4	4	5
7	5	5	4	4
8	4	5	5	5
9	5	5	5	5
10	4	5	4	4
11	4	5	4	5
12	3	4	5	5
13	4	5	4	4
14	5	5	5	5
15	3	4	5	5
16	4	5	4	4
17	4	5	5	5
18	5	5	5	5
19	4	4	5	4
20	4	5	4	5
21	4	5	5	5
22	5	5	5	5
23	4	5	4	4
24	4	5	5	5
25	5	5	5	5
평균	4.24	4.8	4.6	4.72

<표 4> 인터넷폰의 음질에 대한 MOS (Built-up Time 20ms인 경우)

<Table 4> MOS for Voice Quality with 20ms

Sample Site	지터 보상 전	지터보상 후 (Built-up Time 10ms인 경우)		
		6Kbyte	8Kbyte	6Kbyte+ 8Kbyte (가변적인 패킷크기)
1	5	5	5	5
2	4	4	4	5
3	4	5	3	5
4	4	5	4	4
5	5	5	5	5
6	4	4	4	5
7	5	5	4	4
8	4	5	5	5
9	5	5	5	5
10	4	5	4	4
11	4	5	4	4
12	3	4	3	5
13	4	5	4	4
14	5	5	5	5
15	3	4	5	4
16	4	5	4	4
17	4	5	5	5
18	5	5	5	5
19	4	4	5	4
20	4	5	4	5
21	4	5	5	5
22	5	5	4	5
23	4	5	4	4
24	4	5	5	5
25	5	5	5	5
평균	4.24	4.8	4.4	4.64

<표 3>, <표 4>에서 보듯이 Built-up Time을 주지 않은 상태에서의 음질 테스트시 MOS의 평균값은 패킷크기에 관계없이 4.24로써 최저 값을 보였으며 30ms Built-up Time (결과치 표 제시 생략함)을 사용하면 6Kbyte, 8Kbyte 및 6Kbyte + 8Kbyte(가변적인 패킷크기)모두 음질이 좋은 것으로 나타났다.

Built-up Time이 10ms에는 8Kbyte, 6Kbyte + 8Kbyte(가변적인패킷크기)은 6Kbyte보다 나쁜 것으로 나타났다.

5.a 결론

가변 패킷전송 방법은 인터넷상의 불규칙적인 트래픽을 일정 주기로 측정하여 트래픽이 클 경우 음성 패킷 크기를 작게 하여 전송하고 트래픽량이 작을 경우에는 음성 패킷크기를 크게 하여 전송하였다. 즉, 최번시에는 6Kbyte를 사용하고 그 외의 시간에는 8Kbyte를 사용하였다. 그 결과 일정한 크기로 음성 데이터를 전송하는 방법보다 가변 패킷 방법이 패킷 손실량이 줄었으며 작은 지연시간을 주는 것으로 나타났다.

또한 지터문제를 해결하기 위해서 Built-up Time (초기 지연시간)을 줄으로써 지연의 오차를 감소시키고 음성 패킷의 재생을 일정하게 유지하여 보다 나은 음질을 제공하였다. 또한 Built-up Time은 전송되는 가장 큰 패킷의 지연시간과 가장 작은 패킷의 지연시간의 차이만큼 주어졌을 때 최적의 음질이 보장되는 것을 보여 주었다. 이러한 원리 하에서 10msec, 20msec, 30msec의 3가지 Built-up Time에 대하여 6Kbyte, 8Kbyte, 6Kbyte + 8Kbyte(가변적인 패킷크기)에 대한 음질테스트를 시행하였으며, 테스트 결과는 30msec의 Built-up Time을 주었을 때 음질이 가장 좋은 것으로 나타났다. 이는 충분한 Built-up Time을 주어야 한다는 의미이다.

※ 참고문헌

- [1] 김종규, “음성통신을 위한 인터넷의 지연 특성 분석과 지터보상기법”, 1999년. 2월.
- [2] 박준식, 고대식, “인터넷폰의 설계 및 개발”, TELECOMMUNICATIONS REVIEW, 제9권 1호 1999년 1~2월.
- [3] TELEGY NETWORKS, “Voice over Packet”.
- [4] Jean-Chrysostome Bolot, Hugues Crepin, Andres Vega Garcia, “Analysis of Audio Packet Loss in the Internet”.
- [5] 김연섭, “음성의 목음 특성을 이용한 전화 상담용 CTI 시스템의 설계 및 구현”, 부산대학교, 1999년 2월.
- [6] 송광호외, “인터넷 전화/TV 표준 연구”, 한국전산원, 1997.
- [7] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick and V. Jacobson, “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications; RFC 1889”, Jan.1996.
- [8] J. C. Bolot, A. Vega-Garcia, “The Case for FEC-based Error Control for Packet Audio in the Internet”, ACM Multimedia Systems, 1997.
- [9] D. Budge, R. McKenzie, W. Mills, and P. Long, “Media-independent Error Correction Using RTP”, Internet-draft, May 1996.
- [10] V. Hardman, M. A. Sasse, M. Handley, A. Watson, “Reliable Audio] for Usa over the Internet”, Proceedings of INET’95, June 1995.
- [11] 김남균, 김영한, 신명기, 함진호, “인터넷에서 실시간 서비스를 위한 스케줄링 알고리즘의 구현 및 성능 평가”, 정보과학회논문지(A), 제26권 제1호, 1999, 1월
- [12] 최진식, “인터넷 통합 서비스를 위한 패킷 스케줄링 방식의 개발”, 한국전자통신연구원 위탁과제 최종보고서, 1997. 11월.
- [13] R. Onvural, Asynchronous transfer Mode Networks: Performance Issues, Artech House, 1994.
- [14] Voice Over IP White Paper, <http://www.voxware.com/services-vop.htm>
- [15] Lawrence R. Rabiner, “An Instruction to Computer Telephony”, IEEE Proceeding Magazine, pp.199-228, 1994. February.
- [16] 3COM, “IP Telephony: Paving the Way for Enhanced Services”
- [17] G. Q. Maguire Jr, “Voice Over IP(VoIP)”, Internetworking/ Internetteknik Winter 1999, Period 3, Kungl Tekniska Högskolan, 1999.
- [18] Poe Richard, “제3 물결 네트워크 마케팅의 시대”, 1996.
- [19] TELEGY NETWORKS, “Voice over IP(VoIP)”.

임 종 설



1979년 서울대학교 공과대학
(학사)
1986년 Polytechnic
University, New York 통
신공학(박사)
1986-91년 AT&T 벨연구소
이동통신시스템개발 책임
연구원
1991-93년 한국이동통신 연
구소 책임연구원
1993-현재 신문대학교 정
보통신공학과 교수

조 남 인



1974년 서강대학교 전자공학
과(학사)
1984년 텍사스대학교 전기
및 컴퓨터공학과(석사)
1988년 텍사스대학교 전기
및 컴퓨터공학과(박사)
1992년 - 현재 신문대학교
전자정보통신공학과 교수

김 성 호



2001년 신문대학교 공과대학
공학사
2001년-현재 신문대학교 전자
공학과 석사과정

오 춘 석



1980년 서강대학교 전자공학
과(학사)
1986년 Marquette University
컴퓨터공학과(석사)
1992년 University of Arizona
컴퓨터공학과 (박사)
1980년 -1993년 전자통신연
구원 선임연구원
1993년 - 현재 신문대학교
전자정보통신공학부 교수