

상용 인터넷 전화서비스에서의 망 경로 특성 연구

조영덕⁰ 김효곤 강량이 유승화
 아주대학교 정보통신전문대학원 정보통신공학과
 (minuet96, hyogon, castles, swyoo)@madang.ajou.ac.kr

An Experimental Study on the Characteristics of Network path in Commercial Internet Telephony

Young-Duk Cho⁰ Hyo-Gon Kim Ryang-Lee Kang Seung-Wha Yoo
 Professional Graduate School of ICT, Ajou University

요 약

본 논문은 국내 상용 인터넷 전화서비스에서의 망 경로상의 특성 즉, 패킷의 지연(Delay), 분실(Loss), 지터(Jitter)에 관한 특성을 실험적으로 접근하였다. 국내 3개의 인터넷 서비스에 대해 지역별로 패킷 지연시간과 손실률, 지터를 측정하였고, 패킷 지연시간이 가장 긴 게이트웨이에 대해 중간 경유 노드들에도 같은 실험을 하여 결과를 얻었다. 이런 결과를 바탕으로 국내 환경에 적합한 인터넷 전화망 품질 제고(提高)를 위한 방법들을 제안한다. 본 논문 이후에, 제안된 방법들에 관한 연구를 심도 있게 진행할 것이다.

1. 서론

인터넷전화는 1995 년초 VocalTec 이 인터넷전화 소프트웨어를 상용화하면서 시작되었다.

인터넷전화는 VoIP 기술을 이용하여 음성을 데이터 신호로 변조하여 인터넷회선을 통하여 전화통화를 가능하게 하는 것이다. 초기 인터넷전화가 상용화될 때 거론되던 장점 중 하나는 회선교환(circuit) 방식으로 음성이 전달될 때는 통화시간동안 계속해서 회선이 연결되어 있지만, 인터넷 회선을 이용한 음성전송에는 음성 데이터가 전달될 때에만 연결되어 있기 때문에 회선사용이 효율적이라는 점이다. 반면에 일반 전화보다 통화 품질이 떨어진다는 단점이 있다.

국내에서는 2000 년 1 월, 새롭기술의 다이얼패드 가 무료 음성통신 서비스를 시작하면서 VoIP 에 대한 관심이 확대되기 시작했다. 이후 다양한 형태의 무료 VoIP 서비스가 되고 있다. 무료 인터넷 전화에 대한 관심과 호응이 고조되면서, 인터넷 전화의 통화 품질의 개선이 더욱 절실히 요구되고 있다. 따라서, 국내 환경에서 인터넷 전화망의 특성을 안다면, 그에 적절한 품질 개선 방법을 제시할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 국내 환경에서 인터넷 전화망의 특성을 실험적으로 접근하였다.

패킷의 지연, 손실, 지터에 관한 실험을 통해, 아직 보고되지 않은 국내 인터넷 전화망에서의 특성을 분석하고, 인터넷 전화의 통화 품질 제고를 위한 방향을 제시하고자 한다.

2. 실험 방법

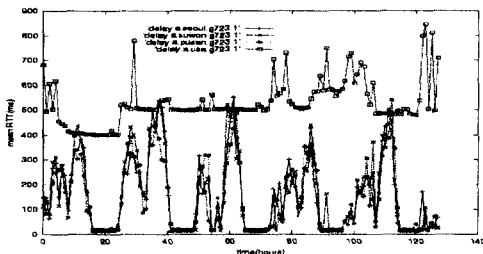
실험은 국내 무료 인터넷 사업자 중 <표 1>과 같이 3개의 사업자를 대상으로 하였다.

서비스명	게이트웨이 IP		Hop 수	코덱 (Codec)
A	서울	211.44.120.*	8	G.723.1
	수원	210.217.184.*	10	
	부산	210.94.28.*	10	
	미국	4.2.64.*	17	
B	서울	211.115.1.*	11	G.723.1
	수원	211.115.1.*	11	
	부산	211.115.1.*	11	
	미국	211.15.1.*	11	
C	서울	211.44.120.*	8	G.729
	수원	210.217.184.*	10	
	부산	210.94.28.*	10	
	미국	209.10.236.*	17	

<표 1> 각 서비스별 게이트웨이 IP 주소와 Hops 수

우선 측정노드에서 A,B,C 서비스의 웹사이트에서 지역별로 일반 전화번호로 전화를 건다. 네트워크 모니터링 도구인 스니퍼로 통과하는 게이트웨이의 IP와 게이트웨이까지의 Hop 수, 코텍의 정보를 알아낸다. 그리고 측정노드에서 <표1>의 각 게이트웨이로 패킷을 매 시간마다 30초 동안 보내는 시뮬레이션을 한다. 보내진 패킷이 측정노드로 되돌아오는 시간(Roundtrip time) 및 시퀀스번호를 파일로 저장한다. A와 B서비스의 경우, G.723.1 방식의 코텍을 사용하고 있었다. G.723.1은 5.3-6.3kb/s의 bandwidth이고, 24 바이트의 프레임을 30ms 간격으로 압축하여 보낸다. C서비스의 경우, G.729a의 코텍을 사용하였다. G.729a 방식은 8kb/s의 bandwidth로 10 바이트의 프레임을 10ms 간격으로 압축한다. 실제로 패킷을 캡처해 본 결과, A와 B서비스는 표준과 같은 결과를 보였으나, C서비스는 20 바이트의 프레임을 19.5ms 간격으로 보냈다. 이 실제 관찰치를 시뮬레이션 파라미터 값으로 사용하였다. 즉, A와 B서비스의 경우, 30ms 간격으로 패킷에 36 바이트의 ICMP Echo 패킷의 Payload를 붙여 매 시간 30초에 해당하는 1000개의 패킷을 보냈다. C서비스에는 19.5ms 간격으로 패킷에 32바이트의 ICMP Echo 패킷의 Payload를 붙여 매 시간 30초에 해당하는 1538개의 패킷을 보냈다. 이 실험은 2000년 8월 25일 오후 11시부터 9월 1일 오후 11시까지 수행되었다. 또 다른 실험에서는, 가장 긴 hops수를 가진 [4.2.64.*]의 IP 주소를 traceroute하여 경유 노드의 IP 주소를 알아낸다. 이 각각의 경유 노드에 A서비스와 같은 실험을 8월 28일 오전 9시, 오후 12시, 오후 5시, 오전 12시, 오전 5시에 실험하였다.

3. 실험 결과 및 분석

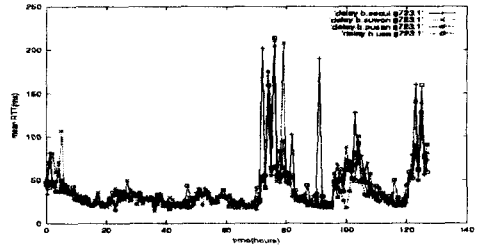


<그림 1> A서비스의 “ 시간 대 평균 RTT ”

[X축은 0는 오전 11시에 시작함을 의미하고 매 한시간 단위의 평균 RTT 값을 Y축상에 표시한다. 위 그림은 8월 25일 금요일 오전 11시부터 8월 30일 오전 11시까지의 결과이다.]

<그림 1>은 시간당 평균 RTT를 나타낸 것이다. 하루 동안의 변화가 매일 거의 같은 패턴(Diurnal Pattern)을 나타내고 있다.

국내는 늦은 오후 시간부터 자정 무렵까지는 평균 RTT가 400ms~600ms에 이른다. 미국의 경우 국내와는 다른 시간대에 최고 800ms가 넘는 평균 RTT 값을 보인다.

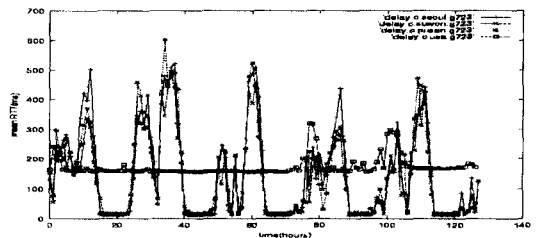


<그림 2> B 서비스의 “ 시간 대 평균 RTT ”

[X축은 0는 오전 11시에 시작함을 의미하고 매 한시간 단위의 평균 RTT 값을 Y축상에 표시한다. 위 그림은 8월 25일 오전 11시부터 8월 30일 오전 11시까지의 결과이다.]

<그림 2>는 B서비스의 시간당 평균 RTT를 나타낸다. 평균 RTT가 월요일 오전부터 급격히 증가함을 보여준다.

같은 방식의 코텍을 사용하고, 경유 노드의 수도 크지만 국내 지역의 평균 RTT 값이 A 서비스 보다 작은 값을 보인다. 그리고 미국으로 연결되는 게이트웨이가 국내에 위치하기 때문에 다른 국내지역의 게이트웨이와 같은 분포의 평균 RTT를 보인다.

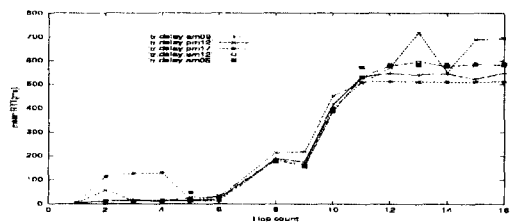


<그림 3> C 서비스의 “ 시간 대 평균 RTT ”

[X축은 0는 오전 11시에 시작함을 의미하고 매 한시간 단위의 평균 RTT 값을 Y축상에 표시한다. 위 그림은 8월 25일 오전 11시부터 8월 30일 오전 11시까지의 결과이다.]

<그림 3>은 C서비스의 시간당 평균 RTT를 나타낸다. 국내 지역의 평균 RTT는 A서비스와 비슷한 분포를 보인다. 그런데 평균 RTT 값은 A서비스보다 작다. 미국으로 연결되는 게이트웨이의 경우에는 같은 hop 수를 갖지만 평균 RTT 값이 A와 비교해 월등히 낮다.

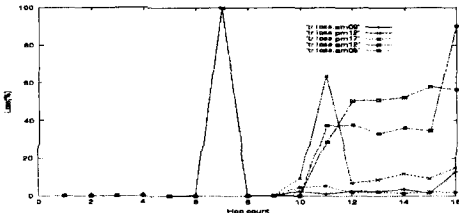
패킷 손실률(Loss Rate)에서는 3개 서비스들이 국내 지역에서는 대부분의 시간에 0%의 비율을 보였다. 미국으로 통하는 게이트웨이의 패킷 손실률은 국내 지역의 패킷 손실률에 비해 높았고, A서비스의 경우 최고 60%가 넘는 패킷 손실률을 보였다.



<그림 4> [4.2.64.*] 게이트웨이의 경유 노드들의 시간별 평균 RTT

[X축은 게이트웨이까지의 중간 경유 노드를 의미하고 한 개의 점은 각 시뮬레이션 시간의 평균 RTT를 의미한다.]

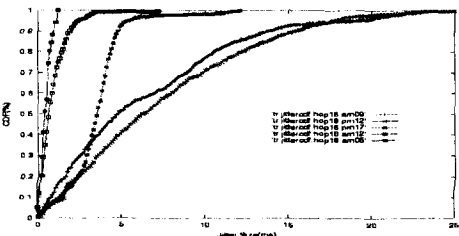
<그림 4>에서 노드 7의 경우, 모든 실험에서 100%의 패킷 손실률을 보였다. 이는 해외로 나가는 관문적인 노드의 특성에 비롯된다.



<그림 5> [4.2.64.*] IP 주소를 갖는 게이트웨이의 경유 노드들의 시간별 패킷 손실률

[X축은 게이트웨이까지의 중간 경유 노드를 의미하고 한 개의 점은 각 시뮬레이션 시간의 패킷 손실률을 의미한다.]

<그림 4>와 <그림 5>에서 국내 환경에서의 패킷 지연시간과 손실률은 비슷한 분포를 보이는데 반면, 국내 망에서 해외로 나가는 경로상의 노드 즉, Hop 6 ~ Hop 8에서 평균 RTT와 패킷 손실률이 급격히 증가하였다. 그리고 노드 9 ~ 노드 11에서도 패킷 지연시간이 눈에 띄게 늘었음을 보였다. 이 곳의 패킷 지연 이유는 미국 내의 한 ISP에서 다른 ISP를 지나기 때문이다. 실제로 *traceroute*를 해본 결과, 노드 8과 노드 9는 PSINET 소속의 노드였고, 노드10 ~ 노드 16은 BBN Planet 소속의 노드였다.



<그림 6> [4.2.64.*] IP 주소를 갖는 게이트웨이의 시간별 평균 지터 크기의 CDF(Cumulative distribution function)

인터넷 전화의 품질을 평가할 수 있는 요인 중 하나인 지터를 참고문헌[7], [8]의 "Jitter calculation equation"을 통해 계산하였음을 밝힌다.

<그림 1>에서 A서비스의 미국으로 통하는 게이트웨이는 시간당 평균 RTT가 400~800ms로 상당한 패킷 지연시간을 보였다. <그림 6>은 A서비스의 미국으로 통하는 게이트웨이에서 시간별 지터 크기의 CDF이다. 시간별 지터 크기의 분포가 매우 큰 폭의 차이를 보이고 있다.

<그림 6>에서, 지터 크기의 분포가 시간에 따라 0 ~ 25.1 ms의 분포를 보였다.

이런 변화하는 네트워크 특성에 동적으로 작동되는 적절한 Dejittering Buffer 크기는 인터넷 전화의 품질 제고라는 측면에서 고려해 볼 만하다

4. 결론 및 앞으로의 연구 방향

<그림 1>과 <그림 2>에서 미국으로 연결되는 게이트웨이 평균 RTT값이 차이가 나는 이유는 경유하는 노드 수의 차이라고 볼 수 있다. 경유하는 노드 수를 줄일 수 있다면 패킷 손실률이나 지연 시간 등을 어느 정도 줄일 수 있겠지만, 반면에 공중전화망을 지나는 경로가 길어져 서비스 사업자의 부담은 커질 수 밖에 없다.

패킷 지연을 개선시킬 수 있는 방법으로 IP 헤더의 TOS(Type of Service) 필드의 Precedence bits의 조작을 제안한다. 일방향 지연이 150ms 이내이면 인터넷 전화 사용자가 불편을 느끼지 않기 때문에 음성을 실는 패킷의 IP 헤더내 TOS필드의 Precedence bits 값을 조정하여 다른 종류의 패킷과 달리 전달에 우선순위를 두는 것이다. 만일 전략적 위치 즉, 체증현상이 빈번히 일어나는 라우터가 Precedence bits 값이 높은 패킷을 우선적으로 처리할 수 있다면, 망내에서 패킷의 버퍼 지연(queueing delay)을 줄일 수 있다.

또 다른 방법으로는 Alternate Routing이다. 인터넷을 통과하는 패킷은 기본적으로 최소한의 경유 노드를 가진 경로를 지난다. 참고 문헌 [4]에 따르면, 최상의 우회경로가 기본경로보다 작은 지연값을 가질 확률이 30~80%라고 밝히고 있다. 이런 우회경로로 패킷을 라우팅한다면 지연시간을 줄이는 효과를 볼 수 있을 것이다. 좋은 우회 경로를 선택하기 위해 인터넷 전화망 내의 게이트웨이를 모니터링하는 Proxy를 두고, 최상의 우회경로를 찾도록 하는 방법을 제안한다.

지금까지 국내 인터넷 전화서비스의 망 경로상의 특징을 실험적으로 접근하여 알아 보았다. 실험 결과를 통해 인터넷 전화의 품질이 공중전화망에 비해 훨씬 뒤떨어짐을 확인했고 이를 개선하기 위한 몇 가지 방법을 제안하였다. 본 논문 이후에, 제안된 방법들에 관한 연구를 심도 있게 진행할 예정이다.

5. 참고 문헌

- [1] Jean.C.Bolot, "Characterizing End-to-End Packet Delay and Loss in The Internet", Proc.ACM SIGCOMM 1993.
- [2] D.Sanghi, A.K.Agrawala, "Experimental Assessment of End-to-end Behavior on Internet", IEEE INFOCOMM 1993.
- [3] V.Ozdemir, S.Muthukrishnan and I.Rhee, "Scalable, Low-Overhead network Delay Estimation", IEEE INFOCOM 2000.
- [4] S.Savage, A.Collins and E.Hoffman, "The End-to-End Effects of Internet Path Selection", Proc ACM SIGCOMM 1999.
- [5] Vern Paxson, "End-to-End Routing Behavior in the Internet",
- [6] Bill Douskalis, "IP Telephony", HP Professional Books p.128~129.
- [7] Uyless Black, "Voice Over IP", Prentice-Hall p.226~227.
- [8] H. Schulzrinne, GMD Fokus and S.Casner, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", RFC 1889.