

인터넷 전화의 동적 서비스 품질 측정에 관한 연구

김태준, 유시영
공주대학교 정보통신공학부
e-mail:tjkim@kongju.ac.kr

A Study on the Measurement of Dynamic Quality of Service for Voice over Internet Protocol

Tae-Joon Kim, Si-Yeong Ryoo
Dept. of Inform. and Commun., Kongju National University

요 약

대표적인 실시간 멀티미디어 통신 서비스인 인터넷 전화는 전자우편이나 웹 검색 서비스와는 달리 서비스 품질 지원, 특히 수 퍼센트 이내의 패킷 손실률과 150ms 이내의 엄격한 종단간 패킷 지연시간을 요구한다. 현재 RTCP(Real-time Transport Control Protocol) 수신 보고 메시지를 통해 보고하는 누적 패킷 손실률과 평균 지터 및 종단간 평균 지연시간 값으로 서비스 품질 제어를 하고 있으나 이들 데이터는 모두 보고 주기 동안의 평균치로 정적 서비스 품질 지원에 제한된다. 그러나 서비스 이용자들은 시시각각 변하는 체감 품질에 매우 민감하므로 동적 서비스 품질 지원에 대한 대책이 필요하다. 이러한 배경으로 본 연구에서는 인터넷 전화의 동적 서비스 품질 측정방법에 대해 고찰한다.

1. 서론

인터넷의 급속한 확산과 더불어 음성·영상 정보원에 대한 디지털화 및 압축기술의 발전 덕분에 이제 인터넷에서 제공하는 음성 서비스인 인터넷 전화가 널리 확산되고 있다. 그러나 인터넷 전화는 실시간 멀티미디어 서비스로서 종래의 비 실시간 인터넷 서비스와는 달리 엄격한 품질을 담보해야 하는데, 구체적으로 95% 이상이 호 연결 성공률과 150ms 이내의 종단간 지연시간을 요구하고 있다[1]. 서비스 품질 개념이 없었던 종래의 무료 인터넷 서비스와 달리 인터넷 전화는 기본적으로 유료 서비스로서 요금을 받는 대신 가입자와의 서비스 품질을 약속하고 이를 지켜야 하는데, 이러한 약속사항과 약속을 어길 경우의 벌칙 등이 담긴 SLA(Service Level Agreement) 문서로 서비스 이용자와 제공 사업자 사이에 계약이 이루어진다. 따라서 이러한 계약이 제대로 이행되고 있는지 확인하고, 특히 가입자의 품질 불만에 원할하게 대처하기 위해서는 정확하고 즉각적인 통화 품질의 측정이 매우 중요하다. 더불어 사업자가 제공하는 서비스의 품질상태를 파악하고 부족한 자원을 확충하여 품질 사고를 미연에 방지하기 위해서도 이러한 측정이 필요하다.

종단간 지연시간 측정방법은 기본적으로 RTCP 송·수신 보고 메시지에 담겨 있는 정보로 왕복 지연시간을 측정한 후

이를 반으로 나눈 값을 지연시간으로 산정하는 방식으로 국내 표준에 적용되어 있다[2]. 그러나 이 방식은 상·하향 인터넷 속도가 동일하지 않는 대부분의 비대칭 환경에서 그 정확도가 높지 않다. [3]에서 SSPS(Sync & Sense of Periodic Stream)알고리즘으로 송·수신측 사이의 가상적 동기를 형성하여 지연시간을 측정하는 방식을 제안하였으나 복잡할 뿐만 아니라 정확도가 떨어지는 문제점이 있다. [4]에서 송·수신측 사이의 타임스탬프 동기가 필요함을 제기하였으나 구체적인 방안 제시는 없다. [5]에서 GPS 타임 스탬프 기반 종단간 지연시간 측정방법을 제시하였으나 이 역시 정적인 품질 측정에 한정된다. 이러한 배경으로 본 연구에서는 GPS 타임 스탬프 기반 종단간 지연시간 측정 방법에 기초하여 동적 서비스 품질 측정방법을 강구한다.

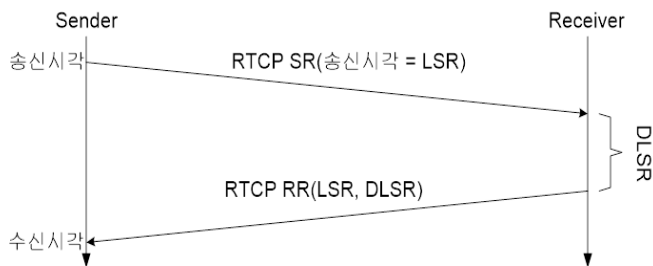
2. 종래의 지연시간 측정방법

[2]에 제시한 종단간 지연시간(one-way delay) 측정 방법의 개념은 그림 1에 도시되어 있다. 송신측에서 보고시점의 시각을 담은 RTCP 송신측 보고(SR: Sender Report)를 수신측으로 보낸다. 이때 보고시점의 시각은 RTCP SR의 LSR>Last SR) 영역에 실려 통보된다. 수신측은 RTCP 수신측 보고(RR: Receiver Report)를 송신측으로 전달할 때 최근 RTCP SR 메시지를 수신한 시점 이후의 경과시간을 RTCP

RR의 DLSR(Delay since LSR) 영역에 담아 송신측으로 통지한다. 이때 최근에 받은 RTCP SR 메시지에 LSR 영역의 값도 RTCP RR 메시지에 같이 담아서 송신측으로 전달한다. 그러면 송신측은 LSR 영역의 값이 지시하는 시각부터 RTCP RR 수신시각까지의 시간 간격에서 DLSR 영역의 값이 지시하는 시간간격을 제외함으로써 왕복 지연시간 즉 RTT(Round-Trip Time)를 계산할 수 있다. 이렇게 계산된 왕복 지연시간 값을 반으로 나누어 단방향 지연을 구한다. 즉

$$\text{one-way delay} = \text{RTT} / 2,$$

여기서 $\text{RTT} = \text{RTCP RR 수신시각} - \text{DLSR} - \text{LSR}$.



[그림 1] RTCP SR과 RR 메시지 기반 왕복 지연시간 측정 개념도

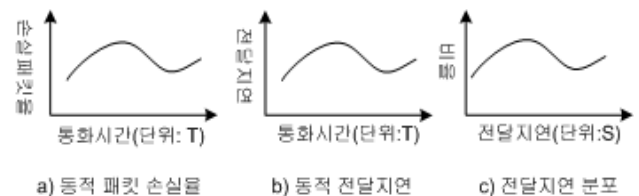
왕복 지연시간을 반으로 나누어 구하는 이러한 방식은 발신측에서 수신측으로의 순방향 전달지연과 반대의 역방향 전달지연이 동일한 대칭형 네트워크를 전제로 한 것이다. 하지만 실제 네트워크는 대부분 비대칭형이다. 예로 스마트폰에서 인터넷 속도를 측정할 때 다운로드 속도는 업로드에 비해 몇 배 빠른 경우가 대부분으로 이에 따라 전송시간도 달라지므로 단방향 전달지연이 정확하지 않을 수 있다. 또한 음성을 실어 나르는 RTP 패킷에 대한 지연이 아니라 RTCP SR과 RTCP RR 메시지에 대한 지연시간으로 엄밀하게 따지면 인터넷 전화 음성의 단방향 지연과는 다소 거리가 있다. 게다가 이러한 메시지의 보고 주기가 아주 길어 즉각적이고 실시간적인 측정이 용이하지 않은 문제점도 내포되어 있다.

한편 [5]에서 정확한 측정이 가능한 GPS time-stamp 기반의 인터넷 전화 음성의 종단간 지연시간 측정방법을 제시하였다. GPS time-stamp 헤더를 추가하기 위해 RTP 패킷의 헤더를 확장하였는데, 헤더 확장을 의미하는 X 비트와 Header Extension 영역을 사용하여 해당 RTP 패킷 전송시점의 송신측 GPS 시각을 GPS time-stamp 헤더에 실어 보낸다. 구체적으로 Header Extension 영역은 1 바이트 확장과 3바이트 데이터로 구성하여 4바이트의 오버헤드로 GPS 타임스탬프 값을 RTP 패킷 헤더에 실을 수 있도록 한다. 3바이트, 즉 24비트의 데이터 영역은 초 단위 6비트와 초 이하 18비트로 나누는데 그러면 최대 64초까지 수용할 수 있고, 시간 해상도는 3.8us가 된다. 참고로 3.8us의 오차는 ms 단위의 one-way

delay에 비해 무시할 수 있는 수준이다. 수신측은 매 RTP 패킷을 받을 때마다 먼저 확장 헤더를 체크하여 GPS time-stamp 헤더인 경우 확장 헤더내 GPS 타임스탬프 값과 이 패킷을 받은 시점의 GPS 시각의 차이로 해당 RTP 패킷의 종단간 지연시간을 측정할 수 있다. 그리고 수신측에서 측정된 단방향 지연시간의 평균과 분산값을 송신측에 보고할 수 있도록 RTCP 수신측 보고 블록의 LSR과 DLSR 영역의 용도를 확장하였으며 SIP 세션 설정 단계에서 GPS 타임스탬프를 사용할 것인지를 송·수신측이 상호 협상할 수 있도록 SDP에 GPS time-stamp 세션 속성을 추가토록 하였다. 그러나 평균 지연과 평균 지연 편이 등의 정적인 품질 지표만을 대상으로 하고 있어 동적 서비스 품질 특성에 민감한 체감 품질 활동에 대처하기에는 제약이 많다.

3. 제안방식

먼저 측정할 동적 품질 지표에 대해 살펴보자. 제안되는 측정 대상 품질 지표는 동적 패킷 손실율, 동적 전달지연 및 전달지연 분포의 3 가지로 이들의 개념도는 그림 2와 같다. 동적 패킷 손실은 전체 통화시간 동안 패킷 손실율의 실시간 변화 분포를 파악하기 위한 것으로 시간 축은 단위시간 T 단위이고 측정값은 해당 T 동안의 평균 패킷 손실율이다. 동적 전달지연과 전달지연 분포는 종단 간 패킷 전달 지연시간에 대한 것으로, 전자는 전체 통화시간 동안 종단간 전달 지연시간의 실시간 변화 분포를 파악하기 위한 것으로 시간 축은 단위시간 T 단위이고 측정값은 해당 T 동안의 평균 전달 지연시간이다. 전달지연 분포는 종단간 전달 지연시간의 스펙트럼을 파악하기 위한 것으로 시간 축은 단위시간 S의 단위이고 측정값은 해당 시간의 지연값을 갖는 패킷들의 백분율 값이다.

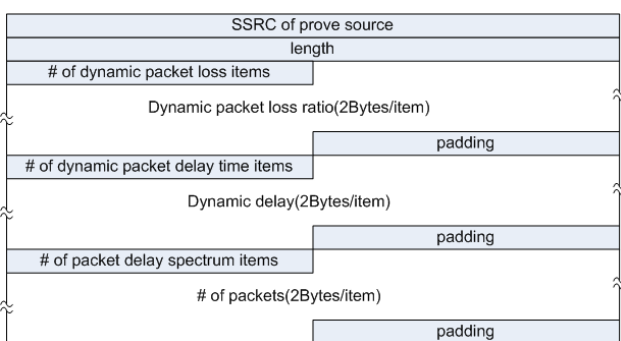


[그림 2] 동적 서비스 품질 지표 개념도

측정된 품질 지표 데이터는 수신측에서 수집하여 주기 R마다 송신측에 RTCP 메시지로 보고토록 한다. 측정 데이터의 정밀도와 측정 데이터의량은 단위시간 T와 S에 의해 결정되는데, T는 시간 해상도, S는 스펙트럼 해상도가 된다. PCM 음성의 샘플링 간격은 125us 이고 음성 패킷은 최소한 80 바이트 이상의 음성 샘플을 탑재하므로 T는 10ms의 배수

가 되도록 한다. 두 바이트의 T 값을 사용하면 10ms부터 650여초까지 10 ms 단위로 T 값을 조정할 수 있다. 동적 패킷 손실율의 경우 T 시간 동안 발생한 패킷에 대해 평균 패킷 손실율을 두 바이트의 값으로 표현한다. 주어진 T 값 동안 도착한 패킷들의 평균 지연시간 값은 두 바이트, 즉 16 비트로 상위 4비트로 초 단위, 하위 12비트로 초 이하 값을 표현하면 약 1ms 단위로 최대 16초까지의 종단간 지연시간을 나타낼 수 있다. 150 ms의 인터넷 전화의 종단간 지연시간 규격을 고려할 때 이러한 범위와 해상도이면 충분할 것으로 판단된다. 그러면 보고 주기 R과 시간 해상도 T에 대해 R 시간 동안 2R/T 바이트 만큼의 동적 패킷 손실 측정 데이터와 2R/T 바이트 만큼의 동적 지연 측정 데이터가 발생한다. 한편 80바이트 이상의 음성 패킷에 대해 보고 주기 R 동안 발생 패킷 수는 R/10ms로 최대 10분의 보고 주기일 경우 최대 6만 패킷이 발생하므로 단위 지연시간 S에 대한 패킷 수는 두 바이트로 표현 가능하다. 따라서 최대 전달지연 Dmax에 대해 보고주기 R 동안 발생하는 지연시간 분포 측정 데이터는 2Dmax/S 바이트가 된다. 이의 최대값은 10ms의 S와 16초의 Dmax의 경우 1600로서 두 바이트로 나타낼 수 있다.

수신측 단말에서 송신측 또는 원격품질관리 센터로 보고하는 RTCP 보고 메시지 형식은 그림 3과 같다. 동적 패킷 손실율의 경우 항목 수는 R/T로 10ms의 최소 T값과 10분의 최대 R값에 대해 60000의 값으로 두 바이트로 표현 가능하고, 각 항목에 대한 손실율 역시 2 바이트로 충분히 표현 가능하다. 동적 지연의 경우도 마찬가지로 두 바이트로 항목 수를 나타낼 수 있다. 패킷 지연 분포의 경우도 두 바이트로 항목 수를 나타낼 수 있고, 역시 두 바이트로 패킷 수를 나타낼 수 있다.



[그림 3] 동적 품질 측정 데이터 보고 형식

SIP 세션 협상 시 먼저 동적 품질 데이터의 측정 여부와 속성을 결정한다. 이를 위해 SDP 프로토콜에 동적 품질 측정 속성 “dqs”를 추가한다.

dqs=(수신처 D, 보고주기 R, 시간해상도 T, 스펙트럼 해상도 S),

여기서 수신처 D는 동적 품질 데이터를 보낼 곳을 의미하는

데 송신측이나 원격 트래픽 관리 센터가 해당될 수 있다. 보고주기 R은 RTCP 동적 품질 데이터 시간 간격을 결정하는 것으로 그 시간 간격 동안 측정된 동적 결과를 보고하도록 한다. 연결시 offer/accept 기반의 SDP 협상 과정을 통해 dqs 속성을 결정한다. 참고로 본 제안 방식은 [5]에서 제시한 GPS 타임스탬프 기반 지연시간 측정 방식에 기초하므로 [5]에서 정의한 GPS 타임스탬프 세션 속성 “ts”을 사용해야 한다.

4. 결론

본 연구에서는 인터넷 전화의 동적 서비스 품질 측정 방안을 모색하기 위해 동적 패킷 손실율, 동적 전달지연 및 전달지연 분포의 3 가지 동적 품질 지표를 제시한 후 이들 품질 지표의 측정 방법을 제안하였다. 시간 해상도 T 값으로 동적 패킷 손실율과 동적 전달지연의 해상도를 조정할 수 있게 하였고, 스펙트럼 해상도 S 값으로 전달 지연 분포의 해상도를 조정할 수 있게 하였다. 동적 전달지연과 전달 지연분포의 측정은 GPS 타임스탬프 기반 RTP 패킷 지연 측정 방법에 기초하였다. 측정된 동적 품질 데이터는 RTCP 메시지를 통해 송신측이나 원격 품질 관리센터로 보고하도록 설계하였다. 시간 해상도 T와 스펙트럼 해상도 S는 SIP 세션 연결시 dqs 속성 협상을 통해 결정할 수 있도록 하였다. 제안된 동적 서비스 품질 측정 방법은 시시각각 변하는 채 품질에 매우 민감한 서비스 이용자의 품질 요구에 능동적으로 대응하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] TTA.KO-01.0148, “모바일 인터넷 전화 통화품질 기준”, TTA, 12월, 2008.
- [2] TTA.KO-01.0138, “RTP/RTCP 기반 인터넷전화 종단간 품질측정 방법”, TTA, 12월, 2008.
- [3] B. Ngamwongwattana and R. Thompson, “Measuring one-way delay of VoIP packets without clock synchronization”, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, May, 2009.
- [4] B. Heyi, “Voice over IP End-to-End Delay Measurements”, American Journal of Networks and Communications, Vol. 4, Issue 4, pp. 85-89. Aug., 2015.
- [5] 김태준, 장은영, “GPS 타임스탬프 기반 인터넷 전화 음성의 종단간 지연 측정에 관한 연구”, 한국산학기술학회 추계 학술대회, pp. 512-514, 12월, 2021.