

GPS 타임스탬프 기반 인터넷 전화 음성의 종단간 지연 측정에 관한 연구

김태준*, 장은영**

*공주대학교 정보통신공학부

**공주대학교 전기전자제어공학부

e-mail:tjkim@kongju.ac.kr

A Study on the GPS time-stamp based end-to-end delay measurement of Voice over Internet Protocol

Tae-Joon Kim*, Eun-Young Chang**

*Div. of Inform. and Commun. Eng., Kongju National University

**Div. of Electrical and Electronic Control Eng., Kongju National University

요 약

대표적인 실시간 멀티미디어 통신 서비스인 인터넷 전화는 고품질을 요구하며 특히 종단간 지연시간이 150ms 이내로 매우 엄격하다. 따라서 원활한 인터넷 전화 서비스 품질 활동을 위해서는 종단간 지연시간의 정확한 실시간 측정이 요구된다. 그러나 현재 측정 방법으로 제시된 RTCP(Real-time Transport Control Protocol) 송신 및 수신 보고 메시지로 왕복 지연시간을 측정한 후 이를 반으로 나눈 값으로 산정하는 종단간 지연 시간은 상·하향 인터넷 속도가 동일하지 않는 대부분의 비대칭 환경에서 그 정확도가 높지 않다. 본 연구에서는 GPS(Global Positioning System) 타임스탬프를 도입하여 실시간으로 정확하게 계산이 가능한 종단간 지연 시간 측정 방법을 살펴보고자 한다.

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 원활하게 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 측정 방법은 기본적으로 RTCP 송·수신 보고 메시지에 담겨 있는 정보로 왕복지연시간을 측정한 후 이를 반으로 나눈 값을 종단간 지연시간으로 산정하는 방식

으로 국내 표준인 [2]에 적용되어 있다. 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 구체적 방안 제시는 없다.

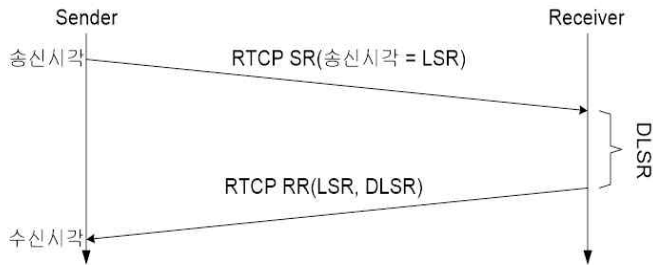
한편 반도체 기술의 발전으로 GPS 칩의 가격이 날로 떨어져 이제 보급형 휴대단말기 뿐만 아니라 사물인터넷 단말에도 널리 장착되고 있으며 앞으로 대부분의 인터넷 단말에 장착될 것으로 기대된다. 그리고 GPS 시간의 정확도는 나노초 이하의 단위로 마이크로 단위의 인터넷 전화의 종단간 지연시간에 비해 극히 작으므로 GPS 시간의 오차는 무시할 수 있다. 따라서 이제 [4]에서 제기한 송·수신측 사이의 물리적으로 동기화된 타임스탬프를 사용할 수 있는 여건이 되었다고 볼 수 있다. 이러한 배경으로 본 연구에서는 먼저 종래의 RTCP 송·수신 보고 기반 측정 방식을 살펴본 후 GPS 타임스탬프 기반의 정확하고 실시간적 종단간 지연시간 측정 방법을 제시한다.

2. 종래의 RTCP 송·수신 보고 기반 측정방법

[2]에 제시되어 있는 종단간 지연 시간 측정 방식과 그의 문제점을 살펴보자. 송신측에서 수신측으로 배달되는 콘텐츠 패킷에 대한 종단간 지연(end-to-end delay), 이는 단방향 지연(one-way delay)을 의미함, 의 측정 개념은 그림 1에 도시되어 있다. 송신측에서 보고 시점의 시각을 담은 RTCP 송신측 보고(SR; Sender Report)를 수신측으로 보낸다. 이때 보고 시점의 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 메시지내 LSR 영역의 값도 RTCP RR 메시지에 같이 담아서 송신측으로 전달한다. 그러면 송신측은 LSR 영역의 값이 가리키는 시각부터 RTCP RR 수신시각까지의 시간 간격에서 DLSR 영역의 값이 가리키는 시간 간격을 제외함으로써 왕복 지연시간 즉 RTT(Round-Trip Time)를 계산할 수 있다. 이렇게 계산된 왕복지연시간 값을 반으로 나누어 단방향 지연을 구한다. 즉

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

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



[그림 1] RTCP SR과 RR 메시지 기반 왕복지연시간 측정 개념도

이러한 방식으로 왕복 지연시간을 구하는 예제가 그림 2에 도시되어 있다.

```

[10 Sep 2021 11:33:41.125]
송신측      SR(n)      P=0xb715:2000 (46869.125 s)

ntp_sec=0xb44db709
ntp_frac=0x40000000
(3024992020.25 s)

DLSR=0x0002:8000 ( 2.5 s)
lsr = 0xb709:4000 (46857.25 s)

수신측      RR(n)

DLSR
(2.5 s)
P 0xb715:2000 (46869.125 s)
DLSR -0x0002:8000 ( 2.5 s)
Lsr -0xb709:4000 (46857.25 s)
delay 0x 9:6000 ( 9.375 s)
  
```

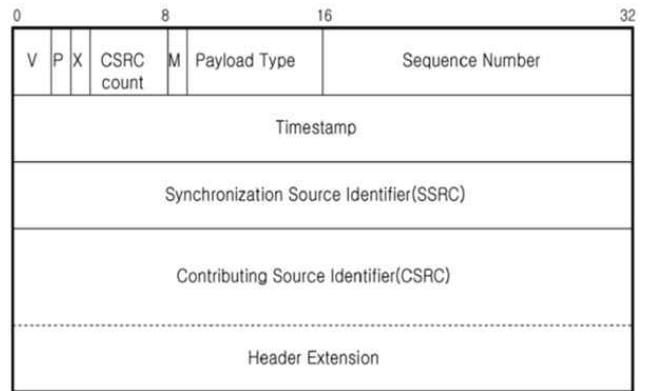
[그림 2] RTCP SR과 RR 메시지 기반 왕복 지연시간 측정 예

왕복 지연시간을 반으로 나누어 구하는 이러한 종래의 측정방식은 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 콘텐츠를 실어 나르는 RTP 패킷에 대한 지연이 아니라 RTCP SR과 RTCP RR 메시지에 대한 지연시간으로 엄밀하게 따지면 인터넷 전화 음성 등의 단방향 지연과는 다소 거리가 있다. 게다가 이러한 메시지의 보고 주기가 아주 길어 즉각적이고 실시간적인 측정이 용이하지 않은 문제점도 내포되어 있다.

3. 제안방식

[1]에서 제시한 150ms이내의 종단간 지연은 통화 품질에 대한 것으로 이는 통화 내용을 실어 나르는 RTP 패킷의 지연에 대한 것이다. 따라서 종래 방식의 RTCP 메시지 대신 RTP 패킷 자체의 단방향 전달 지연 측정에 대한 방법을 모색한다.

먼저 RTP 패킷 형식에서 GPS time-stamp 헤더를 추가하기 위해 헤더를 확장한다. RTP 패킷의 헤더 형식은 그림 3과 같다.



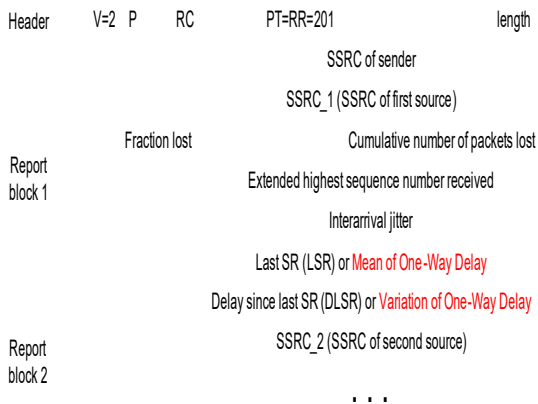
[그림 3] RTP 패킷의 헤더 형식

여기서 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 구성되어 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. 참

고로 3.8us의 오차는 ms 단위의 one-way delay에 비해 무시할 수 있는 수준이다.

수신측은 매 RTP 패킷을 받을 때 마다 먼저 확장헤더를 체크하여 GPS time-stamp 헤더인 경우 확장 헤더내 GPS 타임스탬프 값과 이 패킷을 받은 시점의 GPS 시각의 차이로 해당 RTP 패킷의 종단간 지연 시간을 아주 간단하게 즉각 측정할 수 있다. 종단간 지연은 매 패킷마다 또는 샘플 패킷에 대해서 측정할 수 있는데 헤더 확장으로 인해 RTP 패킷이 커지므로 트래픽 부담을 줄이기 위해 송신측에서 인터넷의 혼잡상황과 RTP 세션의 부하 상태에 따라 측정 주기를 조절할 수 있다.

다음은 수신측에서 측정한 종단간 지연 값을 송신측에 전달할 수 있도록 해야 한다. 이를 위해 그림 4와 같이 RR 메시지내 RR 블록의 형식을 변경한다. 구체적으로 기존의 LSR과 DLSR 영역을 각각 종단간 지연의 평균과 분산 값을 실어나르는 MOWD(Mean of One-Way Delay)과 VOWD(Variation of One-Way Delay)영역으로도 사용할 수 있도록 용도를 확장한다.



[그림 4] 제안된 RR 블록의 형식

RR 블록내 LSR과 DLSR 영역은 종단간 지연시간의 측정을 종래 방식으로 할 것인지 제안된 GPS 타임스탬프 방식으로 할 것인지에 따라 그 의미가 달라진다. GPS 타임스탬프 방식으로 할 경우 GPS time-stamp 확장 헤더가 추가되므로 RTP 세션을 연결할 때 협상을 통해서 어떤 측정 방식을 사용할 것인지 결정해야 한다. 이를 위해 SDP 프로토콜에 GPS 타임스탬프 세션 속성 “ts”를 추가한다. SIP 연결시 offer/accept 기반의 SDP 협상 과정을 통해 ts 속성을 종래의 측정방식과 GPS 타임스탬프 방식 중 하나를 선택하면 된다.

4. 결론

본 연구에서는 GPS 칩이 저렴해져 보급형 휴대폰 뿐만 아

니라 사물 인터넷 단말에도 널리 보급되고 있는 추세에 따라 매우 정확하고 실시간적으로 측정이 가능한 GPS 타임스탬프 기반의 인터넷 전화 음성의 종단간 지연시간의 측정방법을 제시하였다. 먼저 인터넷 전화 음성을 실어나르는 RTP 패킷에 GPS time-stamp 확장헤더를 추가하고 수신측에서 측정한 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.

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, Volume 4, Issue 4, pp. 85-89. Aug., 2015.