

상용망에서 VoLTE와 VoIP 트래픽 특성 실험적 비교

민경현, 소재우*

서강대학교

ghmin@sogang.ac.kr, *jwso@sogang.ac.kr

Empirical Comparison of VoLTE and VoIP Traffic Characteristics in Commercial Networks

Gyeonghyeon Min, Jaewoo So*

Sogang Univ.

요약

이동통신 무선 구간에서 비화 트래픽을 분석하는 것은 보안 위협 탐지 및 예방을 위해 매우 중요하다. 이동통신 단말과 기지국 사이의 무선 구간에서는 데이터가 암호화되어 송·수신된다. 따라서 기존 IP 주소 기반의 패킷 분석 기법은 이동통신 비화 트래픽 분석에 한계가 있다. 본 논문은 LTE 상용망의 무선 구간 VoLTE 트래픽과 유선망의 VoIP 트래픽의 특성을 비교 분석한다. 이동통신 LTE 무선 구간과 VoIP 유선망에서 각각 음성 트래픽을 수집하고, 음성 활성화, 송·수신 패킷 크기 간의 상관성을 비교한다. 실험을 통해 VoLTE 트래픽과 VoIP 트래픽 간의 유의미한 상관성을 보이는 것을 확인하였으나, 트래픽 발생 빈도 및 발생한 트래픽의 크기는 서로 다를 것을 확인하였다.

I. 서론

유선망에서 사용하는 인터넷 전화는 VoIP(Voice over IP) 기술을 사용하고 있다. 기존 유선 전화 시스템과 달리 음성 트래픽은 인터넷을 통해 IP 패킷으로 전달된다. 반면 LTE 이동통신망에서는 VoLTE(Voice over LTE) 기술을 사용하여 음성 트래픽을 전송한다. 두 기술 모두 음성 데이터를 패킷으로 전송하지만, 전송 경로, 스케줄링 자원 할당, 전송 블록 등의 차이로 인해 트래픽 특성 차이를 보인다. 특히, VoIP는 유선 인터넷망에서 IP 패킷으로 전송되지만, VoLTE 패킷은 LTE 무선 구간에서 기지국의 스케줄링 시점 및 자원 할당에 따라 전송 시점 및 전송 블록 크기가 결정된다.

이동통신 무선 구간에서는 데이터가 암호화되어 송·수신된다. 그러나 이동통신 기지국이 단말 스케줄링에 사용하는 DCI(Downlink Control Information)를 활용하여 무선 구간의 트래픽을 분석할 수 있으며, 최근 DCI를 이용한 트래픽 분류가 연구되고 있다[1-3]. 무선 구간의 이동통신 비화 트래픽 특성을 파악하기 위해서는 유선 구간 트래픽과의 비교 분석이 필요하다.

II. VoLTE 및 VoIP 프로토콜

VoLTE는 3GPP에서 정의한 IMS(IP Multimedia Subsystem) 아키텍처 기반의 SIP(Session Initiation Protocol) 시그널링을 통해 음성 통화 세션을 설정 및 제어한다. 또한 이동통신 단말과 EPC(Evolved Packet Core)의 P-GW(PDN Gateway) 사이에서의 QoS를 보장하기 위해 전용 QoS bearer를 설정하고, SRVCC(Single Radio Voice Call Continuity)를 통해 음성 통화 중에도 3G 음성망으로의 핸드오버를 지원함으로써 연속적인 사용자 경험을 제공한다. 음성 데이터는 RTP(Real-time Transport Protocol)를 통해 실시간으로 전송한다.

VoIP는 주로 유선 인터넷망에서 SIP를 이용해 음성 통화 세션을 설정한다. 음성 데이터 전송에는 VoLTE와 동일하게 RTP를 사용하지만, QoS 보장이 어려운 인터넷망의 best-effort 방식으로 동작하기 때문에 패킷 지연, 패킷 손실과 같은 다양한 네트워크 환경 변수에 영향을 받는다. 표 1은 VoLTE와 VoIP의 주요 차이점을 요약한다.

표 1. VoLTE와 VoIP 비교

항목	VoLTE	VoIP
서비스 환경	LTE 이동통신망	주로 유선 인터넷망
네트워크 아키텍처	IMS	IP 네트워크
시그널링 프로토콜	SIP (IMS 기반)	SIP
음성 전송 프로토콜	RTP	RTP
QoS 보장	QoS bearer	Best-effort

III. 실험 방법

VoLTE와 VoIP 트래픽 특성을 실험적으로 비교하기 위해 이동통신 무선 구간에서 VoLTE 트래픽을 수집하고, 유선 인터넷망에서 VoIP 트래픽을 수집한다. 이때, 사용하는 음성 통화¹⁾는 동일하다. LTE 무선 구간에서 수집한 VoLTE 패킷들의 UL/DL(Uplink/Downlink) TBS (Transport Block Size)와 유선 인터넷망에서 수집한 VoIP 패킷들의 송·수신 패킷 페이로드 크기를 패킷 발생 시점과 크기 관점에서 비교한다.

VoLTE 트래픽은 상용 KT(MCC: 450, MNC: 08) 통신망에서 수집한다. USRP N310과 오픈소스 소프트웨어 FALCON[4]으로 중심 주파수 1854.4 MHz의 LTE PDCCH(Physical Downlink Control Channel)를 수신·복호화하고 DCI를 추출하여 시간에 따른 UL/DL TBS 할당 값을 획득한다. 이때, 해당 전화 통화 단말의 RNTI(Radio Network Temporary Identifier)를 식별하기 위해 1GB 크기의 테스트 파일을 업로드하여 해당 단말을 식별한 후, RNTI를 추적한다[3].

VoIP 트래픽은 상용 Skype로 음성 통화를 수행하여 수집한다. 음성 통화 중에 발신자 PC에서 패킷 분석 프로그램 Wireshark을 이용하여 송·수신 IP 패킷을 스니핑하고, 송·수신 패킷의 페이로드 크기를 획득한다.

수집한 VoLTE 트래픽과 VoIP 트래픽 간의 상관성 분석은 먼저, 음성 통화 데이터를 VAD(Voice Activity Detection)기반으로 이진화하여 각 시간 단위에서 음성을 활성/비활성으로 구분한다. 그리고 수집한 VoLTE 트래픽의 UL/DL TBS 크기 데이터와 VoIP의 송·수신 패킷 페이로드 크기 데이터를 시계열로 정렬하고 데이터 범위를 정규화한다. 1초 간격으로

1) AI-Hub(<https://aihub.or.kr>)에서 제공하는 ‘감정이 태깅된 자유대화(성인)’의 샘플 데이터 중, “2_1402G2A2_1403G2A3_T1_2D06T0258C000299_005320.wav” 파일을 가공하여 활용한다. 해당 데이터는 한국지능정보사회진흥원(NIA)에 의해 공개되었으며, 연구 목적으로 자유롭게 이용 가능하다.

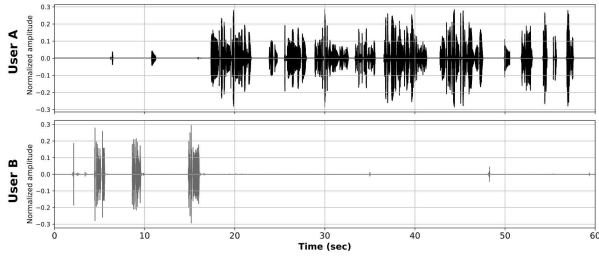


그림 1. 사용자 A와 B 간의 음성 통화 진폭 파형

binning하고 각각의 쌍별 Pearson 상관계수를 계산하여 상관성을 비교한다. 변수 x , y 간의 Pearson 상관계수 r 은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

여기서 x_i , y_i 는 각 변수의 시점 i 관측값, \bar{x} , \bar{y} 는 각 변수의 평균값이다.

IV. 실험 결과

그림 1은 실험에서 사용한 사용자 A와 사용자 B 간의 음성 통화 진폭 파형이다. 60초의 통화 시간 동안 사용자 A의 음성 활성 비율은 52.46%, 사용자 B는 11.48%이다. 본 실험에서는 사용자 A의 송·수신 트래픽을 사용한다.

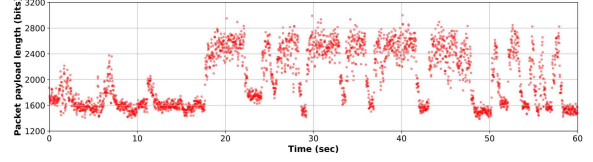
그림 2는 유선 인터넷 망에서 수집한 VoIP 트래픽을 보여준다. 그림 1의 사용자 A가 말하는 구간에서 그림 2(a)의 사용자 A가 송신하는 IP 패킷들이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 그림 1의 사용자 B가 말하는 구간에서 그림 2(b)의 사용자 A가 수신하는 IP 패킷들이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 2에서 VoIP 패킷들은 20 ms 간격으로 일정하게 발생하며, IP 패킷의 크기는 가변임을 확인할 수 있다.

그림 3은 KT 이동통신 무선 구간에서 수집한 VoLTE 트래픽을 보여준다. 그림 1의 사용자 A가 말하는 구간에서 그림 3(a)의 사용자 A가 송신하는 UL TBS 블록들이 다수 발생하는 것을 확인할 수 있으나, 그림 1의 사용자 A가 말하지 않는 구간에서도 UL TBS 블록들이 다수 발생하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 UL TBS의 크기는 사용자 A가 말하는 구간에서 더 큰 것을 확인할 수 있다. 특히 VoLTE UL TBS 블록들의 발생은 10 ms 또는 20 ms 간격이 있었으며, 해당 블록들의 크기는 다름을 확인하였다. 그리고 그림 1의 사용자 B가 말하는 구간에서 그림 3(b)의 사용자 A가 수신하는 DL TBS 블록들이 다수 발생하는 것을 확인할 수 있으나, 그림 1의 사용자 B가 말하지 않는 구간에서도 DL TBS 블록들이 다수 발생하는 것을 확인할 수 있다. 특히 VoLTE DL TBS 블록들의 발생은 불규칙한 시간 간격이었다.

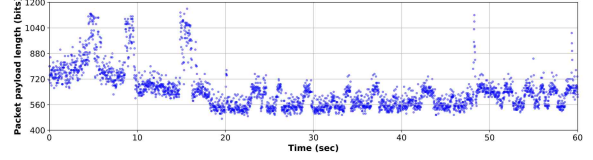
표 2는 그림 1의 사용자 A가 말할 때, 사용자 A가 송신하는 VoIP 패킷과 VoLTE 패킷을 비교하였다. 그리고 그림 1의 사용자 B가 말할 때, 사용자 A가 수신하는 VoIP 패킷과 VoLTE 패킷을 비교하였다. 그리고 VoLTE 트래픽 발생과 VoIP 트래픽 발생의 상관성을 분석하였다. 표 2에서 VoLTE 트래픽과 VoIP 트래픽은 송신시 0.707 그리고 수신시 0.600의 Pearson 상관도를 보였다.

V. 결론

본 논문은 유선 인터넷망의 VoIP 트래픽과 이동통신 무선 구간 VoLTE 트래픽 간의 특성을 실제 상용망에서 수집한 트래픽을 사용하여 비교 분석하였다. VoIP 트래픽은 음성이 활성화되는 구간에서, 20ms 간격으로 가변 길이의 패킷이 발생하였다. 그러나 VoLTE 무선 구간 트래픽은 음성이 활성화되는 구간에서, 10ms 또는 20ms 간격으로 고정 길이의 블록이

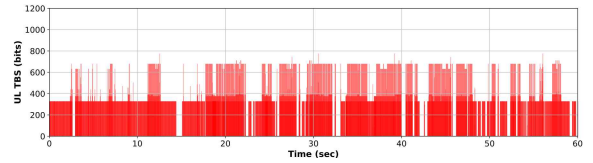


(a) 사용자 A가 송신한 IP 패킷의 페이로드 크기

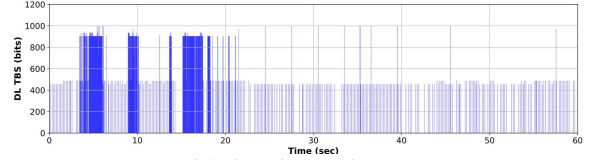


(b) 사용자 A가 수신한 IP 패킷의 페이로드 크기

그림 2. 유선 인터넷망에서 수집한 VoIP 트래픽



(a) 사용자 A가 송신한 UL TBS



(b) 사용자 A가 수신한 DL TBS

그림 3. 이동통신 무선 구간에서 수집한 VoLTE 트래픽

표 2. 각 비교 변수 쌍별 Pearson 상관계수

Comparison			r
User A's Voice activity	↔	VoIP IP length from A	0.658
User A's Voice activity	↔	VoLTE UL TBS from A	0.609
VoLTE UL TBS from A	↔	VoIP IP length from A	0.707
User B's Voice activity	↔	VoIP IP length to A	0.615
User B's Voice activity	↔	VoLTE DL TBS to A	0.764
VoLTE DL TBS to A	↔	VoIP IP length to A	0.600

발생하였으며, 음성이 없는 구간에서도 불규칙적으로 고정 길이의 블록이 발생하였다. 또한 VoLTE 트래픽과 VoIP 트래픽은 0.6 이상의 Pearson 상관도를 보였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문의 교신저자는 소재우 임 (이메일: jwso@sogang.ac.kr).

참 고 문 헌

- [1] C. V. Anamuro and X. Lagrange, "Mobile traffic classification through burst traffic statistical features," in *Proc. IEEE VTC-Spring*, Florence, Italy, 2023, pp. 1-5.
- [2] L. Zhai, Z. Qiao, Z. Wang and D. Wei, "Identify what you are doing: Smartphone apps fingerprinting on cellular network traffic," in *Proc. IEEE ISCC*, Athens, Greece, 2021, pp. 1-7.
- [3] H. D. Trinh, Á. Fernández Gambín, L. Giupponi, M. Rossi and P. Dini, "Mobile traffic classification through physical control channel fingerprinting: A deep learning approach," *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.*, vol. 18, no. 2, pp. 1946-1961, Jun. 2021.
- [4] R. Falkenberg and C. Wietfeld, "FALCON: An accurate real-time monitor for client-based mobile network data analytics," in *Proc. IEEE Globecom*, Waikoloa, HI, USA, 2019, pp. 1-7.