

블루투스 사용이 모바일 비디오 스트리밍의 체감 품질에 미치는 영향에 대한 연구

이중호* **, 최재혁*

*가천대학교 소프트웨어학과

**와이즈넷 기술연구소

e-mail:lleejong@gmail.com, jchoi@gachon.ac.kr

On the Performance of Dynamic Adaptive Video Streaming under Active Bluetooth Connection

Jongho Lee* **, Jaehyuk Choi*

*Department of Software, Gachon University

**WISEnut R&D Center

요 약

스마트 폰과 같은 모바일 기기에서 사용자의 다양한 요구 사항을 충족해야하는 요구가 늘어남에 따라, Wi-Fi, Bluetooth 등의 이중 무선 라디오가 단일 칩에 통합된 Wi-Fi 및 Bluetooth 콤보 모듈이 보편화 되었다. 본 연구에서는 Wi-Fi / Bluetooth 콤보 통신 모듈을 장착한 모바일 기기에서 모바일 스트리밍을 이용할 경우, Bluetooth 사용이 사용자 체감 품질(Quality-of-Experience)에 미치는 영향을 조사한다. 실측을 통한 실험 결과, Wi-Fi와 블루투스를 동시에 사용하는 환경에서는 Wi-Fi만을 이용하는 환경에 비해 최대 55 %의 성능 저하를 보인 것으로 나타났다. 이 연구는 이기종 통신 모듈의 사용에 따른 물리 및 링크 계층의 전송 스케줄링이 최상위 사용자 계층의 성능에 미치는 영향을 밝혀냈다는 중요성을 갖는다.

1. 서론

최근 시스코(CISCO)가 전세계 글로벌 모바일 트렌드를 예측한 '2016-2021 시스코 모바일 비주얼 네트워킹 인덱스'에 따르면, 2021년 한국 시장의 경우는 1인당 월간 모바일 트래픽이 23기가바이트(GB)이상으로 늘어날 것이라는 관측을 하였다 [1]. 이러한 모바일 트래픽의 증가는 주로 모바일 비디오 콘텐츠가 전체 트래픽의 75%를 차지할 것을 전망하고 있기 때문이며, 이는 무엇보다도 모바일 비디오 콘텐츠 파일 자체의 크기가 다른 모바일 콘텐츠에 비해 상대적으로 크기가 크기 때문이다. 사용자들은 지속해서 더 좋은 품질의 비디오 영상을 원하기 때문에, 비디오 파일의 크기는 앞으로도 더 커질 것으로 전망된다.

모바일 비디오 스트리밍 서비스에 대한 사용자들의 수요가 지속적으로 증가함에 따라, 이에 관련한 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히, 최근에는 HTTP 기반 적응적 비디오 스트리밍 기법(HTTP Adaptive Streaming)이 주목 받고 있다. 이 기법은 변화하는 네트워크 상황 속에서 미래의 네트워크 상황을 예측하여, 끊김 현상이 없는 선에서 사용자가 최고 품질의 영상을 제공 받을 수 있도록 하는 기술이다. 최근 비디오 스트리밍 서비스들은 대부분 이 기법을 사용하고 있다. 하지만, 최근 연구들을 통해서 HTTP 기반 적응적 비디오 스트리밍 기법이 가지는 여러 문제점들이 보고되고 있으며, 이와 관련한 연구가 지속적으로 활발히 진행되고 있다 [2].

본 논문에서는 Wi-Fi / Bluetooth 콤보 통신 모듈

(Combo-module)을 이용한 모바일 기기를 이용하여 모바일 스트리밍을 수행하는 사용 시나리오를 대상으로 성능 평가를 수행한다. 즉, Wi-Fi를 통해서 재생을 위한 비디오 영상들을 다운로드하고, Bluetooth를 통해서 연결된 오디오 장비(이어폰 또는 스피커 등)로 영상의 소리를 전송하는 일반적인 유스케이스 (use case)의 성능을 실제 실험을 통해 검증한다.

2. 배경 지식

2.1. HTTP 기반 적응적 비디오 스트리밍 DASH

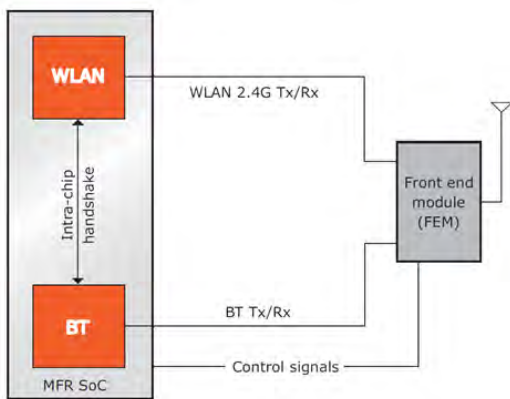
현재 널리 사용되고 있는 모바일 기기용 비디오 스트리밍 방법은 MPEG의 Dynamic Adaptive Streaming Over HTTP(DASH)을 포함한 HTTP 기반 적응적 비디오 스트리밍(HAS: HTTP Adaptive Streaming) 기술이다[2]. 주된 동작 원리는 미디어 서버에서는 비디오를 여러 개의 화질, 즉 여러 개의 비트레이트로 인코딩한 다음, 특정 길이의 작은 세그먼트 단위로 분할하여 준비 한 후, 이를 HTTP를 통해서 클라이언트가 자신의 상태에 맞는 최적의 화질을 요청하고 해당 세그먼트를 전송하여 스트리밍을 행하는 방식이다.

클라이언트가 다음 세그먼트의 화질을 요청하는 방식으로, 크게 처리량 기반 (Throughput-based) 방식[3]과 버퍼 점유율 기반(Buffer-based) 기반 방식[4], 두가지를 혼합한 방식 [5]으로 나뉠 수 있다. 본 논문에서는 [3], [4]에 제시

된 처리량 기반 방식, 버퍼 점유율 기반 방식에 대한 성능을 비교 검증 한다.

2.2. Wi-Fi / Bluetooth Combo Module

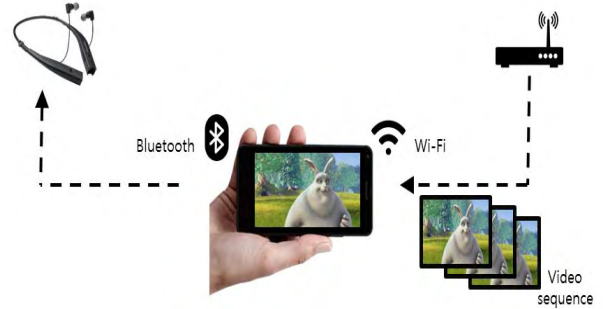
광범위한 목적의 애플리케이션이 동작하는 스마트 폰과 같은 모바일 장치에서 사용자의 다양한 요구 사항을 충족해야 하는 상황이 늘어남에 따라, Wi-Fi, Bluetooth, 또는 Cellular 칩 등 두 개 이상의 이종 무선 라디오를 단일 칩에 통합된 Wi-Fi 및 Bluetooth 콤보 모듈이 보편화 되었다. 이 같은 콤보 지원 장치에서는 Wi-Fi 및 블루투스는 일반적으로 폼 팩터(form factor)는 물론 상호 간섭문제, 에너지 소비 및 비용을 줄이기 위해 2.4GHz 대역의 전송은 (그림1)에서와 같이 하나의 안테나를 공유하여 전송한다. 안테나는 시분할 방식(TDM : Time Division Multiplexing)을 이용하여, Wi-Fi와 Bluetooth를 시간을 슬롯 단위로 나누어 번갈아 가며 사용한다. TDM 방식 기반의 콤보 모듈 작동 방식에 대한 자세한 설명은 논문 분량 제약으로 생략하며, 이에 대한 자세한 설명은 참조논문 [6]에서 찾아볼 수 있다.



(그림 1) 콤보 모듈의 하드웨어 구현 개념 [6]

3. 구현 내용 및 실험 방법

콤보 모듈이 미치는 영향에 대해서 파악하기 위해, Broadcom BCM 4330 콤보 모듈을 탑재하고 있는 Google Nexus 7을 실험군으로 사용하였다. 대조군으로는 삼성 Galaxy Tab S2를 사용하였다. 두 개의 모바일 기기는 기본적으로 Wi-Fi를 통해서 비디오 스트리밍을 수행하였으며, 콤보 모듈의 영향에 대해 비교하기 위해서 Nexus 7은 Bluetooth를 켜둔 상태로 실험을 진행하였고, JBL FLIP2 Bluetooth 스피커와 페어링 된 상태로 실험이 진행되었다. Galaxy Tab S2는 Bluetooth를 꺼둔 상태로 설정하였다. 콤보 모듈이 제대로 사용되기 위해서는 Wi-Fi를 ISM 밴드인 2.4GHz로 제한해야 되기 때문에, 공유기의 설정을 IEEE 802.11g로 설정하였다. (그림2)에 실험 환경을 묘사하였다.



(그림 2) 실험 시나리오: Wi-Fi를 통한 비디오 콘텐츠 전송시 Bluetooth를 이용해서 음성 재생

실험을 위한 구현은 안드로이드 기반의 어플리케이션인 Google Exoplayer를 수정하여 구현하였다. 처리량 기반 기법과 버퍼 점유율 기반 기법의 비디오 품질 조절 기법을 평가하기 위해, 처리량 기반 기법은 Exoplayer에 기본적으로 내장 되어있는 MPEG-DASH를 사용하였고, 추가적으로 버퍼 점유율 기반인 BBA2[4]를 MPEG-DASH 기반으로 구현하여 사용하였다. 추가적으로, 반복적인 실험을 수행할 수 있도록 수정하였고, 정의한 체감 품질을 기록하는 기능을 구현하였다.

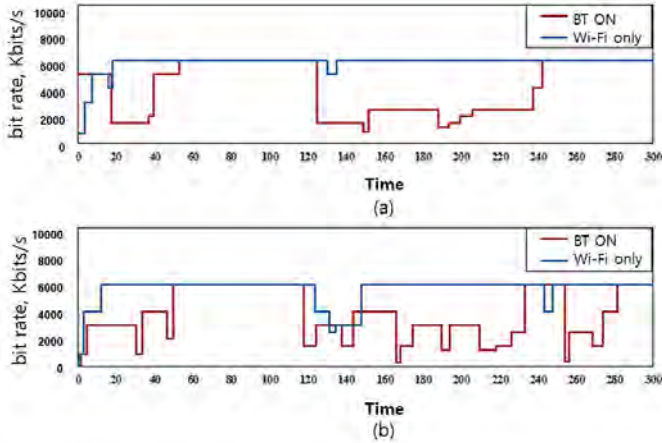
사용한 비디오 데이터 셋은 ITEC-DASH에서 제공하는 Red Bull Playstreets를 CentOS 내 Apache 서버를 이용하여 서버로 사용하였다. 비디오의 품질은 100kbps부터 6Mbps까지 총 17개로 나누어져 있으며, 사용 가능한 비디오 세그먼트의 길이는 2초, 10초로 2개 군에 대해 비교 하였다.

4. 실험 결과

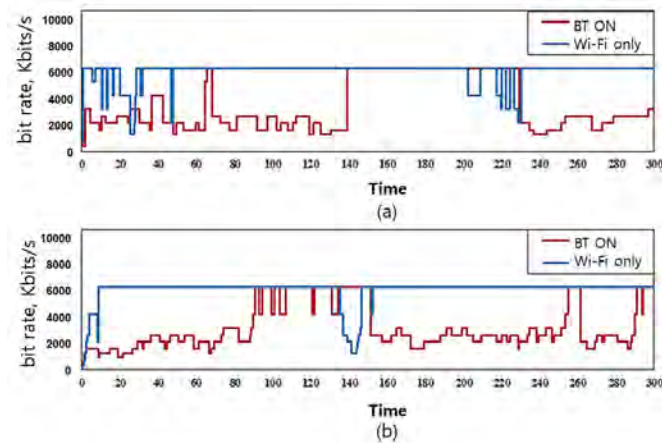
실험의 목표는 크게 두 가지이다. 첫째는 비디오 품질 조절 기법인 처리량 기법과 버퍼 기반 기법이 보여주는 성능 차이의 파악, 둘째는 세그먼트의 길이에 따른 성능 차이를 비교하는 것이다. 기본적으로 콤보 모듈이 사용자 체감 품질에 미치는 영향에 대해 조사하는 것은 동일하다.

(그림 3)과 (그림 4)는 각각 2초와 10초의 두 세그먼트 길이에 대해 Bluetooth 사용 여부에 따른 결정하는 비트 레이트 성능 비교를 나타낸 것이다. (a)는 처리량 기반, (b)는 버퍼 점유율 기반을 뜻한다.

실험 결과를 통해 발견한 사실은 다음과 같다. 첫째, Wi-Fi와 Bluetooth를 함께 사용하는 상황에서는 그렇지 않을 때에 비해 성능이 떨어진다는 것이다. (그림3, 4)에서 확인 할 수 있듯이, 콤보 모듈에서 Wi-Fi와 Bluetooth의 사용할 경우, 그렇지 않은 경우에 비해 처리량 기반, 버퍼 점유율 기반 기법 모두에서 현저히 낮은 성능을 나타냄을 확인 할 수 있다.



(그림 3) 비트레이트 결정 성능 비교, (a) 처리량 기반(Throughput-based), (b) 버퍼 점유율 기반(Buffer-based) 세그먼트 길이 = 2초



(그림 4) 비트레이트 결정 성능 비교, (a) 처리량 기반(Throughput-based), (b) 버퍼 점유율 기반(Buffer-based) 세그먼트 길이 = 10초

두 번째 발견은 성능 저하의 유형이 세그먼트 길이에 따라 달라진다는 것이다. 세그먼트의 길이를 2초와 10초로 비교해본 결과, 세그먼트 길이가 짧을 때는 잦은 품질 변경이 발생하는 성능 저하를 일으켰다. 반면, 세그먼트 길이가 길 때는 품질 변경은 자주 일어나지 않지만, 평균적으로 낮은 품질을 선정하여 전체 평균 비트 전송률이 감소하는 것으로 나타났다.

5. 결론 및 향후 연구 내용

본 연구에서는 모바일 비디오 스트리밍 서비스의 사용자 경험 품질에 대한 콤보 모듈을 이용한 모바일 장치의 영향을 조사 하였다. 이를 위해 우리는 콤보 모듈의 효과를 이해할 수 있는 실험 환경을 설계하고 사용자의 인식

품질를 측정하는 응용 프로그램을 구현하였다. 콤보 모듈이 사용되는 환경에서, 처리량 기반 및 버퍼 점유율 기반의 두 기법의 DASH 기법에 대해 성능 비교를 진행하였다. 실험 결과에 따르면 TDM 기반 콤보 모듈은 이기종 무선 네트워크 인 Wi-Fi 및 Bluetooth를 사용하는 환경에서 사용자 경험 품질을 크게 저하시킴을 알 수 있었다.

이러한 성능 저하에 대한 근본적인 해결책으로는 TDM 방식의 콤보 모듈이 이기종 무선 네트워크를 함께 동시에 사용하는 환경에 대한 성능이 개선되어야 할 것으로 보인다. 향후, 콤보칩 환경에서 성능을 향상 시킬 수 있는 방안에 대해 연구를 진행할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 (No. NRF-2017R1D1A1B03034915)과 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 SW중심대학(가천대) 사업의 연구결과로 수행되었음 (2015-0-00932).

참고문헌

- [1] Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016?2021 White Paper, 2017.
- [2] Thomas Stockhammer, "Dynamic adaptive streaming over HTTP -- standards and design principles." *Proceedings of the second annual ACM conference on Multimedia systems*, ACM, 2011.
- [3] Huang, Te-Yuan, et al. "Confused, timid, and unstable: picking a video streaming rate is hard." *Proceedings of the 2012 ACM conference on Internet measurement conference*, ACM, 2012.
- [4] Huang, Te-Yuan, et al. "A buffer-based approach to rate adaptation: Evidence from a large video streaming service." *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 44, issue 4, pp. 187-198, 2015.
- [5] Yin, Xiaoqi, et al. "A control-theoretic approach for dynamic adaptive video streaming over HTTP." *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 45, issue 4, pp. 325-338, 2015.
- [6] Chokshi, Ronak. "Yes! Wi-Fi and Bluetooth Can Coexist in Handheld Devices." *Marvell White paper*, 2010.