

https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.1.143

IIBC 2018-1-20

## 드론 라이브 영상의 다중 스트리밍 시스템 구현

### Implementation of Multi-Streaming System of Live Video of Drone

황기태\*, 김지나\*\*, 최용석\*\*, 김준희\*\*, 김형민\*\*, 정인환\*\*

Kitae Hwang\*, Jina Kim\*\*, Yongseok Choi\*\*, Joonhee Kim\*\*, Hyungmin Kim\*\*,  
Inhwan Jung\*\*

**요약** 본 논문은 DJI 사의 Phantom4 드론이 촬영한 라이브 영상을 여러 사용자에게 스트리밍하는 시스템을 구현한 사례를 소개한다. 스트리밍 서버는 라즈베리파이3 보드로 만들어 이동성을 높였으며, HTML5 표준 웹 브라우저를 탑재한 어떤 기기에서도 실시간으로 비디오 스트림을 재생할 수 있도록 구현하였다. 스트리밍 서버는 FFmpeg 오픈 소스를 컴파일하여 사용하였고, 전체를 제어하는 소프트웨어는 자바로 작성하였으며, 드론으로부터 비디오를 받아 스트리밍 서버로 전송하는 모듈은 안드로이드 앱으로 구현하였다. 본 논문에서 구현된 시스템은 스트리밍 서버의 낮은 처리 능력에 맞추어 148x112의 해상도에서 초당 24프레임으로 성공적으로 실시간 스트리밍을 달성하였다.

**Abstract** This paper presents an implementation of a streaming system which can forward live video stream to multiple users from a Phantom4, which is a drone made by DJI. We constructed the streaming server on Raspberry Pi 3 board for high mobility. Also We implemented the system so that the video stream can be played on any devices if the HTML5 standard web browser is utilized. We compiled C codes of FFmpeg open sources and installed in the Raspberry Pi3 as the streaming server and developed a Java application to execute as the integrated server that controls the other softwares on the streaming server. Also we developed an Android application which receives the live video stream from the drone and sends the streaming server continuously. The implemented system in this paper can successfully stream the live video on 24 frames per second at the resolution of 148x112 in considering the low hardware throughput of the streaming server.

**Key Words** : Drone, Video Streaming, Real time

## 1. 서 론

드론 산업은 군사용으로 시작하여 2015년도에 국내에 도입되었고, 현재 빠른 속도로 활성화되고 있다. 군사, 스포츠, 보안, 헬스케어, 농업, 임업 등 생활 전 분야에 걸쳐 다방면으로 연구가 활발히 이루어지고 있다[1,2,3].

많은 경우 상용 드론은 비디오 카메라를 가지고 있으

며, 이를 이용하면 사람이 가서 촬영할 수 없는 장소나 상황에서 사람을 대신하여 원격으로 영상을 얻을 수 있다. 그러므로 드론과 카메라를 활용한 방송 촬영, 시설물 유지보수 및 운영, 재난 안전 관리 및 구조 등 다양한 곳에서 응용되고 있다[2]. 하지만 대부분의 응용들은 다중 사용자를 위한 스트리밍에 초점이 맞추어져 있지는 않다.

본 논문에서는 비디오 카메라를 장착한 드론이 촬영

\*종신회원, 한성대학교 컴퓨터공학부(교신저자)

\*\*준회원, 한성대학교 컴퓨터공학부

\*\*정회원, 한성대학교 컴퓨터공학부

접수일자: 2018년 1월 4일, 수정완료: 2018년 2월 4일

게재확정일자: 2018년 2월 9일

Received: 4 January, 2018 / Revised: 4 February, 2018

Accepted: 9 February, 2018

\*Corresponding Author: calafk@hansung.ac.kr

Dept. of Computer Engineering, Hansung University, Korea

하는 라이브 영상을 여러 사용자에게 실시간으로 전송하는 스트리밍 솔루션을 설계 구현하고자 한다. 본 논문에서 개발하고자 하는 스트리밍은 크게 2부분에 초점을 맞추었다. 첫째, 스트리밍 서버를 이동이 가능하도록 임베디드 보드에 구현하며, 와이파이 무선을 이용하여 임베디드 보드 근처 와이파이 신호가 잡히는 영역 내에서 스트림을 받을 수 있게 한다. 둘째, 어떤 기기를 사용하든 HTML5[4] 표준 웹 브라우저를 이용하면 특별한 프로그램의 설치 없이 비디오 스트리밍을 받을 수 있도록 한다.

본 연구에서 개발한 비디오 스트리밍 솔루션은 드론이 촬영하고 있는 스트림을 받는 비디오 소스 부분, 스트리밍 서버 부분, 다중 사용자를 지원하기 위한 웹 부분으로 구성된다. 본 연구에서 드론은 상용으로 현재 많이 사용하고 있는 DJI Phantom 4[5]를 사용하였으며, 스트리밍 서버는 C로 작성된 FFmpeg 오픈소스[6]와 본 연구팀이 개발한 자바 프로그램으로 구축하였다. 사용자들은 스마트폰, 태블릿, PC 등 기기 불문하고 HTML5 웹 브라우저만 갖추면 비디오를 볼 수 있도록 웹 서비스로 구현하였다.

2장에서 본 논문의 연구 배경을 설명하고, 3장에서 전체 시스템의 설계에 대해 설명한다. 4장에서는 구현 및 성능 이슈를 소개하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 연구 배경

### 1. 드론과 DJI Phantom4

드론(drone)은 조종사 없이 무선전파의 유도에 의해 비행 및 조종이 가능한 비행기 혹은 헬리콥터 모양의 군사용 무인항공기(UAV·unmanned aerial vehicle)를 총칭하는 용어이다[1]. 드론은 1900년대 초반 크로아티아 출신의 전기공학자 니콜라 테슬라에 의해 처음으로 기초 이론을 설립한 것으로 알려져 있으며, 주로 군사용 무기로 개발되었다.

드론은 군사용, 농업용, 고화질 영상 촬영이 가능한 카메라를 갖추고 재선충 방제와 산불 감시, 측량 등 많은 공공사업에 사용되며, 건설, 항공 촬영, 응급 구조, 심지어는 히말라야나 아프리카 벽지 등에 드론을 공중에 띄어 놓고 인터넷을 연결하는 시스템으로 사용하려는데 이르는 등 그 활용 범위는 생활 전반에 걸쳐 있다.

현재 가장 각광받는 드론 기업으로 DJI가 있다[4]. DJI는 중국의 모형 헬리콥터의 비행조종 시스템을 만들다가

전격적으로 소비자 드론 시장에 뛰어 들었는데, 2014년 약 5억 달러 정도의 매출을 올리고 카메라를 단 Phantom 시리즈로 이 분야의 기술을 선도하고 있다. 본 논문에서도 DJI Phantom4를 타겟 드론으로 삼았다.

DJI를 비롯한 대부분의 상용 드론은 드론을 제어하는 소프트웨어를 작성할 수 있는 SDK를 제공하는데, DJI는 드론과 통신할 수 있는 안드로이드 SDK를 제공한다. 본 논문에서는 이 SDK를 활용하여 안드로이드 애플리케이션을 개발하고 이 애플리케이션이 비디오 스트리밍 서버의 소스가 되도록 하였다.

### 2. Raspberry PI

라즈베리 파이(Raspberry PI)는 영국의 라즈베리파이 재단이 학교에서 기초 컴퓨터 과학교육을 증진시키기 위한 저가형 싱글보드 컴퓨터로 브로드컴 BCM2835 단일 칩 시스템을 사용하고 있다[7]. 라즈베리 파이는 현재 많은 임베디드 시스템 애플리케이션을 탑재하는 컴퓨터로 사용되고 있는데, 그 이유는 SD(Secure Digital) 카드를 외부 기억장치로 사용하여, 테비안, 아치 리눅스 및 QtonPI 등의 리눅스 배포판을 설치하여 안정된 시스템을 구축할 수 있다는 점 때문이다. 또한 이미 개발된 풍부한 리눅스 애플리케이션이 있고, 오픈 소스가 있어 개발자들의 개발 환경에 매우 적합하다[8]. 다만 스트리밍 서버 등으로 사용하기에는 여전히 처리 능력이 떨어진다는 단점이 있지만 비교적 큰 처리 능력을 요구하지 않는 오디오 스트리밍의 경우 라즈베리파이를 스트리밍 서버로 많이 사용하고 있다[9]. 본 논문에서는 라즈베리파이3 타입 B 보드를 스트리밍 서버로 사용한다.

### 3. FFmpeg 오픈소스

FFmpeg[6]은 오디오/비디오 스트림을 저장 재생하는 오픈 소스 소프트웨어로, 사용자가 바로 사용할 수 있는 툴 혹은 응용프로그램과 개발자가 활용할 수 있는 라이브러리 형태로 배포한다. FFmpeg는 리눅스기반의 오픈 소스로 개발되었지만, C 언어로 작성되어 있기 때문에 애플, 윈도우 등 대부분의 운영체제에서 컴파일된다. FFmpeg에서 제공되는 많은 라이브러리 중 libavcodec는 H.264, H.264/MPEG-4 AVC, MPEG-1, MPEG-2, WMV 등 현존하는 대부분의 비디오 코덱과 오디오 코덱을 내장하고 있으며, 비디오 스트리밍을 다루는 많은 개발자들이 활용하고 있다.

본 연구에서는 FFmpeg에서 제공하는 여러 독립된 응용 프로그램 중에 ffmpeg 툴과 fserver 툴을 사용한다. ffmpeg는 컴파일된 응용프로그램으로서 라이브로 입력되는 오디오/비디오를 다른 타입의 오디오/비디오로 변환하며, 지시된 비디오의 크기와 비디오 전송률(video rate)에 따라 조절 가능하다. fserver는 라이브로 도착하는 오디오/비디오 스트림을 여러 클라이언트로 스트리밍하는 응용프로그램 툴이다. fserver는 ffmpeg 응용프로그램으로부터 FFM 스트림을 받아 RTP/RTSP/HTTP 프로토콜로 클라이언트에게 출력해준다. FFM은 ffmpeg에서 설계한 오디오/비디오를 담는 포맷으로 다양한 오디오/비디오 스트림을 담는다. 그림 1은 본 논문에서 드론으로부터 ffmpeg, fserver를 거치면서 스트림이 이동하는 것으로 보여준다.

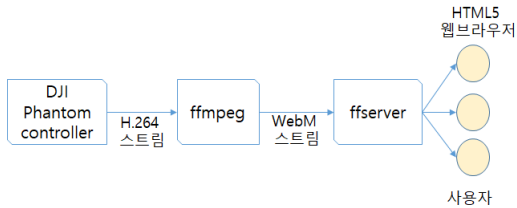


그림 1. 본 논문의 비디오 스트림 흐름  
 Fig. 1. Video Stream Flow in This Paper

### III. 시스템 설계

#### 1. 시스템 구성

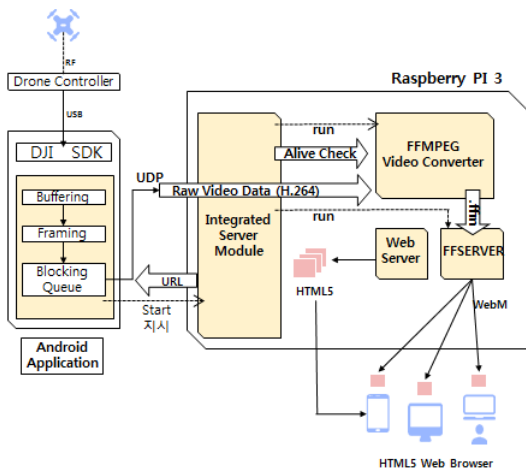


그림 2. 전체 시스템 구성  
 Fig. 2. System View

본 연구에서 구현한 전체 시스템은 그림 2와 같다. 하드웨어는 드론으로부터 스트림을 받는 안드로이드 스마트폰과, 스트리밍 서버 기능을 하는 라즈베리파이3 싱글보드 컴퓨터로 구성된다. 드론은 날아다니는 비행체이며, 드론 제어기는 드론을 제어하는 조이스틱같은 기기이다. 드론 제어기는 안드로이드 스마트폰과 USB로 연결된다.

전체 시스템의 소프트웨어는 다음과 같이 5 부분으로 구성된다.

첫째, 드론 제어기로부터 비디오 스트림을 받는 안드로이드 애플리케이션이다. 이 애플리케이션은 본 연구에서 직접 개발한 것으로 DJI SDK를 활용하여 드론 카메라로부터 스트림을 얻어온다. Phantom4에서 촬영한 비디오는 H.264 포맷이며, 본 연구팀은 드론 제어기로부터 조각난 데이터를 받아 이들을 적절히 연결하여 H.264 프레임을 구성하고, 프레임 단위로 FFMPEG Video Converter로 보낸다. FFMPEG Video Converter는 FFmpeg 오픈 소스 중에서 ffmpeg 툴을 이용하였다.

둘째, Integrated Server 모듈로서 스트리밍 서버 전체를 실행시키고, 종료시키는 등 제어하는 프로그램이다. 이 프로그램은 안드로이드 애플리케이션의 지시로 FFMPEG Video Converter와 fserver를 구동시키고, 안드로이드 애플리케이션에게 FFMPEG Video Converter의 URL을 전달하여, 안드로이드 애플리케이션이 보내오는 H.264 스트림을 FFMPEG Video Converter로 보내도록 연결한다. 또한 FFMPEG Video Converter로부터 출력되는 FFM 스트림이 fserver로 보내지도록 연결을 구성한다.

셋째, FFMPEG Video Converter로서, H.264 스트림을 HTML5 웹 표준의 비디오 포맷인 WebM 포맷으로 변환하고 이를 FFM 스트림 형식으로 만들어내는 애플리케이션 모듈이다. 이 모듈은 FFmpeg에 배포되는 ffmpeg 응용프로그램을 그대로 활용한다.

넷째, FFMPEG Video Converter로부터 FFM 스트림을 받아 클라이언트로 스트림을 전송하는 fserver 애플리케이션이다. 이것 역시 FFmpeg에 배포되는 것을 그대로 활용한다. fserver는 HTTP 프로토콜로 작동하며 사용자의 웹브라우저가 fserver에 접속하면 스트림을 받을 수 있다. 하지만 사용자가 직접 fserver에 접속하지 않으며 웹 서버의 웹 페이지에 의해 fserver에 접근되도록 하였다.

다섯째, 사용자들이 본 시스템에 접속하여 드론의 비

디오를 볼 수 있도록 웹 서버를 구축하였다. 아파치 (Apache) 웹 서버[10]를 설치하고, 사용자들이 접속하도록 HTML5 웹 페이지를 작성하였다. 이 웹 페이지에는 웹 서버에 접속한 사용자들이 비디오를 볼 수 있도록 <video> 태그를 코딩하였으며, 이 태그에 ffmpeg의 URL을 주어 ffmpeg로부터 비디오 스트림을 실시간으로 받도록 구현하였다.

## 2. 드론으로부터 라이브 영상 받기

이 절에서는 드론으로부터 들어오는 비디오 스트림을 받아 처리하는 안드로이드 애플리케이션을 설명한다. 그림3은 안드로이드 애플리케이션을 구성하는 3개의 스레드를 보여준다.

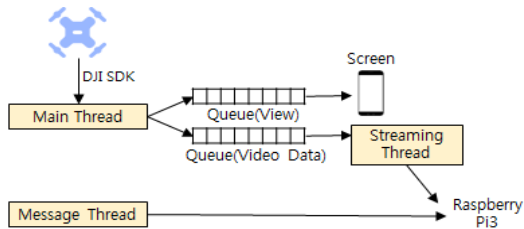


그림 3. Phantom4로부터 비디오 스트림을 받는 안드로이드 애플리케이션의 구조

Fig. 3. Internal of Android App that receives video stream from the Phantom4

이 애플리케이션은 시작 버튼을 가지고 있다. 이 버튼을 누르면 Message 스레드가 Integrated Server 모듈에 접속하여 서비스를 시작할 것을 지시한다. 다시 말해 FFMPEG Video Converter와 ffmpeg를 기동시킬 것을 지시한다. 그리고 FFMPEG Video Converter의 TCP/IP 주소와 포트 번호를 알아간다.

main 스레드는 DJI의 SDK를 이용하여 드론 제어기로부터 주기적으로 스트림을 받아 큐에 저장한다. 드론 제어기로부터 들어오는 비디오 스트림은 H.264 스트림이다. 비디오 큐는 2개를 둔다. 한 개는 안드로이드 스크린에 출력하는 목적으로 사용하고 다른 하나는 라즈베리파이3 보드의 FFMPEG Video Converter 모듈로 보내질 목적으로 다루어진다.

한편, Streaming 스레드는 비디오 큐에 들어 있는 스트림을 UDP 통신을 이용하여 라즈베리파이3 보드의 FFMPEG Video Converter로 전송한다. UDP통신을 이용하는 이유는 TCP/IP 보다 처리 속도가 빠르고, 라즈베

리파이3와 스마트폰이 동일한 와이파이 네트워크에 연결되어 있어 패킷을 잃어버릴 위험이 거의 없기 때문이다.

## 3. 비디오 스트리밍

스트리밍 서버를 구성하는 3개의 소프트웨어 모듈에 대해 설명한다. 첫째, Integrated Server 모듈은 스트리밍 서버의 서비스를 시작시키고 안드로이드 애플리케이션과 연결시키는 통합 모듈로서 Java로 작성되었다. 안드로이드 애플리케이션의 시작 지시에 따라 스트리밍 서비스가 시작된다. Integrated Server 모듈은 ffmpeg를 먼저 기동시킨다. ffmpeg는 일종의 웹 서버로 POST 방식으로 비디오 스트림을 전달받는다. 그 후 ffmpeg의 IP주소와 TCP 포트 번호를 입력으로 FFMPEG Video Converter에게 기동시킨다. 그리고 안드로이드 애플리케이션에게는 FFMPEG Video Converter의 IP 주소와 포트 번호를 알려준다. 안드로이드 애플리케이션이 스트림을 FFMPEG Video Converter로 전송하기 시작하면, FFMPEG Video Converter가 받은 H.264 스트림을 WebM 스트림으로 바꾸고 FFM 포맷을 구성하여 HTTP의 POST 방식으로 ffmpeg로 전달한다. ffmpeg는 이 스트림을 현재 HTTP 프로토콜로 연결된 다중 클라이언트에게 전달한다. 클라이언트의 웹브라우저는 스트림을 재생한다.

## 4. 웹 서버와 HTML5 웹 페이지

본 연구에서 사용자는 HTML5 웹브라우저를 이용하여 쉽게 드론이 전송하는 비디오 영상을 볼 수 있게 설계하였다. 사용자가 직접 웹브라우저에 ffmpeg의 주소와 포트번호를 입력하는 어려움을 하기 위해, 본 연구에서는 간단히 웹 서버를 설치하였다. 그리고 웹 페이지를 개발하였다.

웹 서버로는 아파치를 사용하였다. 라즈베리파이3의 메모리 및 CPU의 부담을 하기 위해, Tomcat은 설치하지 않았다. 현재 이 상황에서는 웹 서버 애플리케이션이 필요치 않기 때문에 웹 페이지만 제작하였다.

대신, 웹 페이지에 <video src="ffmpeg의 주소"> 태그를 작성하여 웹브라우저가 ffmpeg에 접속하여 비디오 스트림을 받아 재생하도록 하였다. 사용자가 웹 서버에 접속하여 웹페이지를 로드하면 웹브라우저는 곧바로 <video src="ffmpeg의 주소">의 src 속성에 들어 있는 ffmpeg로부터 스트림을 받아 재생하기 시작한다.

## 5. alive 체크

어떤 이유에서든 시스템 작동 중에 스트림이 중단될 수 있다. 네트워크 상황이 안 좋든 입력 스트림이 도착하지 않던 스트림이 중단될 수 있는 여러 상황들이 있다. 중요한 것은 이 상황을 빨리 알아채어 후속 처리를 하는 것이다.

FFMPEG Video Converter는 실행되는 동안 콘솔에 특정 메시지를 반복하여 출력하도록 작성되었다. 이 메시지가 출력되지 않으면 FFMPEG Video Converter의 작동에 문제가 생긴 것이다(이런 방식은 FFMPEG Video Converter 응용프로그램이 제작될 때부터 의도된 것으로 매뉴얼에 나타나있다.).

Integrated Server 모듈은 FFMPEG Video Converter가 콘솔에 출력하는 스트림 정보를 읽고, 15초 동안 콘솔에 출력되는 메시지가 없으면, 네트워크 등의 문제로 인해 도착하는 스트림이 없거나 스트림의 변환이 어려운 것으로 판단하고, 안드로이드 애플리케이션과 FFMPEG Video Converter, ffmpeg 등 모든 프로그램을 종료시킨다.

서 크롬 브라우저를 사용하여 스트리밍 서버에 접속하고, 비디오 스트림을 받아 재생하는 모습을 보여준다.

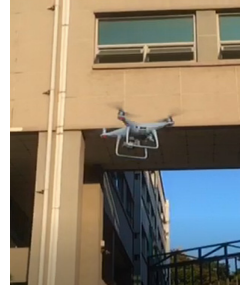


그림 4. DJI사의 팬텀4와 라즈베리파이3  
Fig. 4. DJI Phantom4 drone and Raspberry pi3

## IV. 구현 및 성능 검증

### 1. 시스템 구현

본 논문에서는 DJI사의 Phantom4를 타켓 드론으로 선택하고 DJI사에서 배포하는 SDK를 이용하여 Phantom4의 제어기로부터 H.264 스트림을 전송받도록 구현하였다. Phantom4로부터 비디오 스트림을 전송받아 스트리밍 서버로 전달하는 기기로는 삼성 갤럭시 S7을 사용하였다. 스트리밍 서버는 드론과 함께 이동이 가능하도록 라즈베리파이3에 구축하였다. 사용자는 구글 크롬 브라우저를 탑재하고 스트리밍 서버에 접속하면 모든 기기에서 스트리밍을 받을 수 있다. 본 연구에서 사용된 기기로 갤럭시 S7, 노트8, 갤럭시 탭, PC 등 다양한 기기로 테스트 하였다.

그림 4은 연구원 중 한 명이 드론을 날리고 있는 모습과 스트리밍 서버인 라즈베리파이3 보드를 보여준다. 그리고 그림 5는 Phantom4 제어기로부터 비디오 스트림을 받는 안드로이드 애플리케이션의 초기화면을 보여주며, 그림 6은 USB로 연결하여 비디오 스트림을 받고, 스트리밍 서버에게 스트리밍을 시작하도록 지시하는 안드로이드 애플리케이션을 보여준다. 그림 7은 삼성 갤럭시 탭에

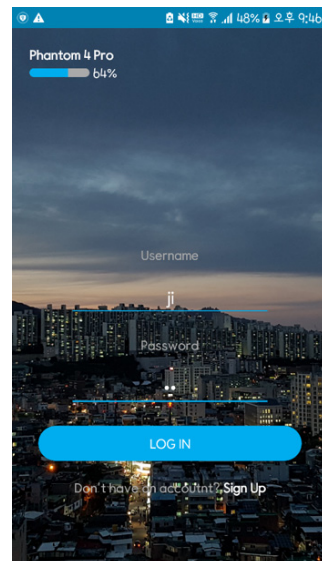


그림 5. 드론 제어기로부터 비디오 스트림을 받는 안드로이드 애플리케이션의 초기화면  
Fig. 5. Initial screen shot of Android app receiving video stream from drone controller

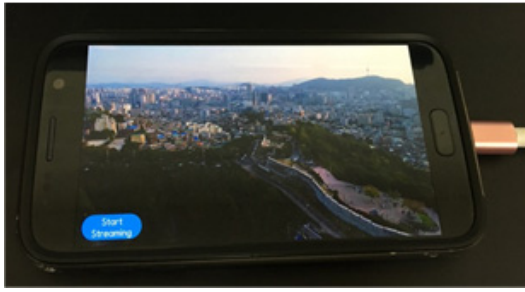


그림 6. 비디오 스트림을 실시간 재생하는 안드로이드 애플리케이션

Fig. 6. Android App playing video stream

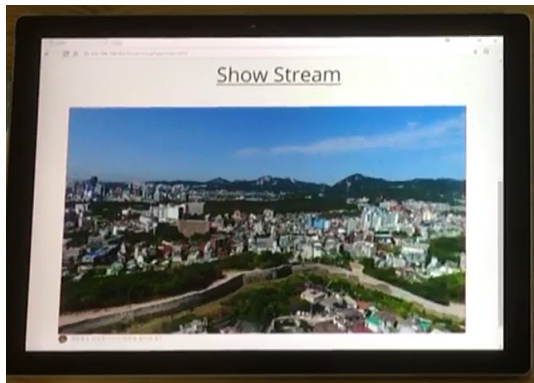


그림 7. 탭에서 크롬으로 비디오 스트림 재생

Fig. 7. chrome browser playing video stream

## 2. 성능 이슈

본 연구에서는 개발한 시스템에 존재하는 성능 이슈를 설명한다. 첫째, 스트리밍 서버를 싱글 임베디드 보드로 구축하여 이동성을 높이려고 하였고 이를 위해 라즈베리파이3를 이용하였다. 이 보드는 1.2GHz ARM Cortex-A53 MP4, 메인메모리는 LPDDR2 1GB로서, PC에 비하면 처리 능력이 현저히 낮아 스트림 처리 능력에 문제가 있었다. 둘째, HTML5 표준을 사용하는 모든 웹 브라우저에서 스트림을 출력할 수 있도록 HTML5의 표준인 WebM 포맷으로 스트림을 변환하였다. WebM 포맷에서 비디오는 vp9 코덱[11]으로 인코딩하였다. vp9는 HTML5 비디오의 표준 인코딩 타입이지만, 다른 비디오 코덱에 비해 많은 인코딩 시간을 소요하는 단점이 있다.

임베디드 보드라는 낮은 하드웨어 처리능력과 vp9 코덱의 높은 부하 때문에, FFMPEG Video Converter가 생성하는 비디오 해상도를 148x112로 낮추고 초당 24프레임으로 인코딩하게 하였다. 해상도를 320x240으로 올리

면 초당 6프레임 정도 스트리밍이 가능하지만 웹 브라우저를 통해 출력되는 비디오 영상은 자연스럽게 재생되지 않았다. 148x112의 해상도에서는 7명의 사용자가 무난히 스트리밍 서버에 접속하여 비디오를 시청하는데 어려움이 없음을 확인하였다.

추후, 스트리밍 서버의 성능을 명확히 평가 분석하여 수용할 수 있는 사용자의 최대 수를 평가할 필요가 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 DJI 사의 Phantom4 드론이 촬영하는 실시간 영상을 HTML5 웹 브라우저를 갖춘 어떤 기기에서도 볼 수 있는 다중 사용자 스트리밍 시스템의 구현 사례를 소개하였다. 높은 이동성을 확보하기 위해 라즈베리파이3 보드에 비디오 스트리밍 서버를 구축 개발하였다. 삼성 갤럭시 S7에 작성한 애플리케이션은 안드로이드 SDK를 이용하여 Phantom4로부터 H.264 비디오 스트림을 받아 라즈베리파이3에 구축한 스트리밍 서버로 보내며, 사용자들은 HTML5 웹 브라우저로 스트리밍 서버에 접속하여 비디오 스트림을 볼 수 있다. 현재 라즈베리파이3의 하드웨어 성능이 너무 낮아 148x112의 해상도에 초당 24 프레임으로 설정하였으며 무리 없이 전송됨을 확인하였다.

## References

- [1] John Villaseñor, "Drones" and the Future of Domestic Aviation, Proceedings of the IEEE, Vol. 102, No. 3, pp. 235-238, March 2014
- [2] Yeji Seo, Youngseo Jin, Taejung Park, Navigation System Using Drone for Visitors, Journal of Digital Contents Society, Vol. 18, No. 1, pp. 109-114, Feb. 2017
- [3] Jong-Min Kim, Young-Sub Kim, Eun Kim, Yun-Seok Lee, A Study on the Drone Control System Using Android SmartPhone, Proceedings of Summer Conference in KICS, pp. 615-617, June 24, 2015
- [4] <https://www.w3.org/TR/2011/WD-html5-20110525>
- [5] <https://www.dji.com>

[6] <http://www.ffmpeg.org/>  
 [7] [https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)  
 [8] C. Na, Y. Choi, S. Kim, J. Seo, K. Hwang, An Implementation of Smart Flowerpot made with 3D Printer and NodeMCUd, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 17, No. 5, pp.231-238, Oct. 2017.  
 [9] Kitae Hwang, Implementation of Embedded Live Audio Streaming System:ESCatcher, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 16, No. 5, pp.165-172, Oct. 31, 2016.  
 [10] <https://www.apache.org/>  
 [11] <https://www.webmproject.org/vp9/>

최 용 석(준회원)



• 한성대학교 컴퓨터공학부 재학  
 <주관심분야: 모바일 및 IoT 시스템>

김 준 희(준회원)



• 한성대학교 컴퓨터공학부 재학  
 <주관심분야: 모바일 및 IoT 시스템>

김 형 민(준회원)



• 한성대학교 컴퓨터공학부 재학  
 <주관심분야: 모바일 및 IoT 시스템>

저자 소개

황 기 태(중신회원)



• 서울대학교 컴퓨터공학과 학사  
 서울대학교 컴퓨터공학과 석사  
 서울대학교 컴퓨터공학과 박사  
 • 경력  
 University of Callifornia, Irvine  
 방문교수  
 University of Florida 방문 교수  
 <주관심분야: 모바일 및 IoT 시스템>

정 인 환(정회원)



• KAIST 정보및통신공학과 박사  
 • 삼성전자 시스템사업부 수석연구원  
 • 한성대학교 컴퓨터공학과 교수  
 <주관심분야: 망관리, 멀티미디어통신, IoT>

김 지 나(준회원)



• 한성대학교 컴퓨터공학부 재학  
 <주관심분야: 모바일 및 IoT 시스템>

※ 본 연구는 한성대학교 교내 학술 연구비를 지원받았음