

고속도로 현장에서 휴대형·차량탑재형 실시간 동영상 전송 시스템에 관한 연구

Study of a portable and vehicle carryable realtime video transmitting system on expressways

김 종 현*
(Jong-Heon Kim)

이 동 수**
(Dong-Soo Lee)

요 약

본 논문에서는 고속도로 상에서 발생한 사고 현장의 상황을 실시간으로 전송할 수 있는 WiFi 기반의 동영상 전송 장비를 제작하고 영상 전송 시스템을 구축하였다. 영상 장비는 H.264 비디오 코덱을 기반으로 하고 있으며 WiFi모듈을 내장하고 있으며 Wibro 단말을 이용하여 Wibro 망을 통하여 관제 센터에 영상 및 위치 기반 등의 메타 데이터들을 전송할 수 있다. 실험 결과, 영상장비를 탑재한 차량이 80 km/h로 주행 시 2~3 Mbps 전송속도로 고화질의 영상이 전송됨을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we fabricate a WiFi based video transmitting equipment and establish a video transmitting system for realtime transmitting of accident scene on expressways. The transmitting equipment is based on the H.264 video codec and embed WiFi module. The transmitting equipment can transmit video and also meta data such as location positioning through the Wibro network using a Wibro terminal. From test results, it is clear that high density videos were transmitted while the vehicle carried by the video equipment was traveling with velocity of 80 km/h.

Key words : Video transmitting, codec, transmitting system, WiFi module, Wibro

I. 서 론

최근 고속도로 교통정보 애플리케이션 및 모바일 교통정보 홈페이지 서비스를 시작하여 스마트폰과 휴대폰을 이용해 실시간으로 고속도로 교통정보

를 확인할 수 있는 서비스가 제공되고 있다. 고속도로 교통정보 애플리케이션은 스마트폰에서 운영되는 프로그램으로 전국 고속도로의 주요 정체 구간 500여 곳의 CCTV 화면을 정지영상 및 동영상으로 실시간 확인할 수 있으며, 각 노선별 정체 상황과

† 본 연구는 한국소방산업기술원의 위탁연구 사업 (과제번호:kfi2011-산지-009)의 연구결과로 수행되었으며 2012년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 일부 연구되었습니다.

* 주저자 및 교신저자 : 광운대학교 전자융합공학과 교수

** 공저자 : 엑스엔지(주)

† 논문접수일 : 2012년 03월 17일

† 논문심사일 : 2012년 04월 09일

† 게재확정일 : 2012년 04월 18일

구간별 속도 및 고속도로 주유소 정보도 확인할 수 있다[1]. 그러나 이러한 CCTV 영상 전송 방법은 CCTV가 고정형으로 설치되어 있어서 고속도로에서 차량의 고장이나 사고 등 인적 재난 발생시 이동성이 없고 사각지대에 대한 영상정보를 취득할 수 없는 단점이 있어 이를 보완할 수 있는 휴대형 영상전송 장비가 필요하다.

또한, 기존의 CCTV는 음성 전송 기능이 없어 현장 음을 들을 수 없으며 쌍방향 통신이 어려워 현장에 대한 자세한 상황을 파악하기 위해서는 한계가 있다. 영상 전송 방식도 광 케이블을 이용한 유선망을 주로 사용하고 있으며 무선망을 사용하는 경우에는 WiFi 무선 데이터 대역을 사용하는 IP 방식이 아닌 기존 영상 케이블 연결 카메라를 활용하여 케이블 구축이 어려운 구간에만 무선으로 전송하는 기술을 사용하고 있어서 영상 신호의 압축률이 낮아 화질이 떨어지는 문제점을 갖고 있다.

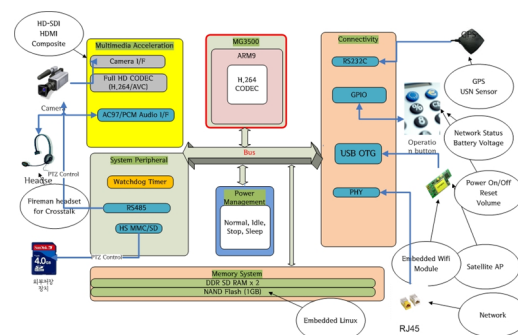
본 논문에서는 고속도로 현장에서 휴대 및 차량에 탑재가 가능한 이동형 동영상 전송 장비를 제작하고 Wibro망을 이용하여 고속 주행 시에도 끊김이 없이 HD급 동영상 전송이 가능한 실시간 동영상 전송 시스템을 구축하여 이를 실험하였다.

II. 휴대형 동영상 전송장비

<그림 1>은 본 논문에서 개발한 휴대형 영상 전송 장비의 블록 다이어그램이다. 영상 전송 장비는 크게 멀티미디어 접속부, 음성 및 영상 신호처리부, 주변 시스템 연결부, 전력 관리부, 저장 장치부 그리고 센서 및 네트워크 연결부 등으로 구성되어 있다.

멀티미디어 접속부는 HD-SDI, HDMI 커넥터를 사용하여 일반 영상 촬영용 카메라를 연결하여 카메라의 영상 신호와 오디오 신호를 영상 장비에 전달하도록 되어 있다[2]. 또한, 카메라를 조작하는 촬영자가 관제 시스템에서 영상을 시청하는 운용자와 음성으로 통신할 수 있도록 추가적으로 헤드셋을 연결할 수 있는 오디오 인터페이스를 갖는다. 그리고 관제 시스템에서 전송된 영상을 모니터링하는 운용자가 원하는 영상을 보기위하여 원격으로 카메라를 제어할 수 있도록 RS485 단자를 통해서 카메라의 PTZ (Pan,

Tilt, Zoom) 제어를 할 수 있도록 하였다.



<그림 1> 휴대용 영상 전송장비의 구성도
(Fig. 1) Block diagram of portable video transmission equipment

음성 및 영상 신호를 압축하고 복원하기 위한 신호처리를 위하여 MPEC-4기반의 H.264 CODEC 프로세서인 모빌젠의 MG3500를 사용하였으며 1920x1080 화질을 갖는다.

필요에 따라 영상 데이터를 저장할 수 있도록 외부 저장 장치와 연결할 수 있으며 저장 장치부에 임베디드 리눅스 기반의 OS를 탑재하여 영상 장비를 구동하도록 하였다[3-4].

센서 및 네트워크 연결부에는 RS232C 연결부를 통해서 영상 전송 장비의 현재의 위치를 파악할 수 있도록 GPS 수신기와 연결하였으며 필요에 따라 온도 및 습도 등 추가적인 센싱이 가능하도록 각종 센서들을 연결하여 메타 데이터 들을 수집할 수 있도록 하였다. 또한, 영상 전송 장비의 동작 상태 및 배터리의 잔량을 나타내 주는 표시 패널을 LED로 구현하였다.

본 영상 전송 장비는 리튬이온 전지를 사용하도록 되어 있으며 영상 전송 장비에 내장하여 휴대가 간편하도록 설계하였다. 영상 전송 장비의 전력 공급을 원활하고 안정되게 공급하기 위하여 충전회로 및 보호회로를 추가하였다. 리튬이온 배터리는 탈착식으로 설계하였으며 충전 후 10시간 이상 촬영이 가능하다.

본 논문에서 설계한 영상 전송 장비는 유무선 네트워크의 사용이 모두 가능하도록 설계하였으며

RJ45 단자를 통하여 Ethernet 10/100 Base-T급으로 영상 전송이 가능하며 무선 네트워크는 IEEE 802.11b/g/n 기반으로 2.4 GHz 동작 주파수와 20~40 MHz 대역폭을 갖으며 반경 25~60 m의 전송 거리 특성을 갖는 WiFi 모듈을 탑재하였다. 본 영상 전송 장비의 WiFi 모듈을 이용하여 전송 거리 내에 사용 가능한 무선 통신 네트워크와 연결이 가능한 단말기가 있을 경우 이 단말기를 통해 사용 이동통신망 (WiBro, LTE 등) 또는 위성통신망과의 연결이 가능하여 현재 사용망과의 호환성이 뛰어나도록 설계하였다. <표 1>은 영상 전송 장비의 규격을 보여준다.

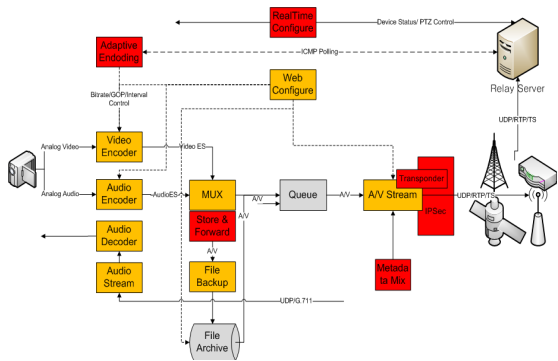
III. 네트워크 전송

<그림 2>는 소프트웨어 컴포넌트들의 관계도이며 네트워크 전송부에서 이들 컴포넌트들의 상호 연관 관계를 나타낸다. 먼저 영상 신호와 음성 신호를 각각 영상 인코더와 음성 인코더에서 인코딩하고 이 신호들을 합쳐준다. 이때 네트워크 상태를 감지하고 있다가 네트워크의 접속 상태가 나빠서 접속이 끊어지면 인코딩 된 신호들을 저장하도록 한다.

<표 1> 휴대형 동영상 전송 장비 규격
<Table 1> Specification of the portable video transmission equipment

CODEC	<ul style="list-style-type: none"> . H.264/AVC High Profile . HD 1920x1080, 60i . Audio: AAC-LC, G.711, MPEG-layer2, ER-AAC-LD
Video/Audio Interface	<ul style="list-style-type: none"> . HD-SDI(in) x 1, HD-SDI(out) x 1 . HDMI(in) x 1, HDMI(out) x 1 . Composite (in)x2, Composite(out)x1 . Stereo Audio(in) x 2, (out) x 1
Network	<ul style="list-style-type: none"> . Ethernet(RJ45) 10/100PHY . Wifi IEEE802.11n (내장) . RTP/RTSP over TCP, UDP
External Storage	<ul style="list-style-type: none"> . SD card
Data Port	<ul style="list-style-type: none"> . RS232 x 1, RS485 x 1 . DI x 2, DO x 2
Power	<ul style="list-style-type: none"> . Lithium Ion Battery (5.4 Ah) . Charger Jack (12V)
Streaming Media Server	<ul style="list-style-type: none"> . RTSP/UDP . HTTP, Flash, iPhone, Android streaming

그리고 다시 네트워크가 접속이 되면 저장했던 신호들을 전송하며 이들은 순차적으로 스트리밍하게 되며 이때 부가적인 데이터인 메타 데이터들을 믹싱하여 전송할 수 있으며 이 기능들에 대한 제어는 웹상에서 프로그램으로 제어가 가능하다[5-6]. 신호 전송 시 필요에 따라 암호화를 통해 전송 신호들의 보안 기능을 추가 할 수 있다. 통신이 잘 되지 않거나 장비가 네트워크에 잘 연결되지 않을 때 이 장비가 이상하다는 것을 출발호스트에게 알려주어서 운영체제에서 오류 메시지를 전송 받도록 하는 ICMP (Internet Control Message Protocol)를 사용하여 신호들의 인코딩을 제어할 수 있도록 하였다.



<그림 2> 네트워크 전송을 위한 소프트웨어 구성도
<Fig. 2> Schematic diagram of software for network transmission

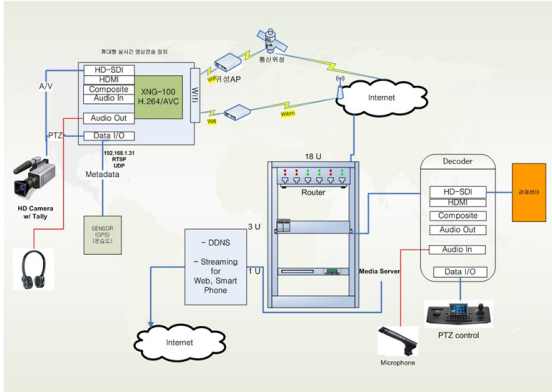
IV. 휴대형 동영상 전송시스템

본 논문에서 개발한 실시간 동영상 전송 시스템의 구성도는 그림 3과 같으며 기존의 유선 또는 무선망 또는 SNG 차량을 이용한 영상 전송 기술과 비교하여 이동성, 실시간성, 고화질 영상정보 외 메타 데이터 전송 그리고 저비용의 장점을 갖도록 하였다.

전송 시스템은 동영상 전송 장비, 무선 및 위성 단말기, 사용 기기지국, 디코더, 관제 시스템, 스트리밍 서버 등으로 구성되어 있다.

본 시스템은 실시간 휴대형 동영상 전송 시스템으로 카메라의 영상을 입력받아 H.264 고효율 압축 코덱을 이용하여 영상을 압축하고 압축된 영상을

무선 다중접속에 의한 실시간 동영상 송수신 방법을 통해 충분한 대역을 확보하여 네트워크의 환경에 알맞게 초당 1.2~3 Mbps의 속도로 전송 장비에 탑재되어 있는 Wifi 모듈을 통하여 사용 무선통신망인 Wibro, LTE 망 또는 위성망을 통해서 전송이 가능하도록 설계하였다.



〈그림 3〉 영상 전송 시스템 구성도
(Fig. 3) The block diagram of the video transmission system

본 논문에서는 Wifi 모듈을 사용하여 무선망 활용이 가능하도록 설계하였다. 분할 전송된 영상, 음향, 메타 데이터를 병합 시스템을 통해 하나의 스트림으로 만들어주었으며 릴레이서버의 디멀티플렉서 모듈은 병합 시스템으로부터 전달된 영상, 음향, 메타 데이터가 합쳐진 스트림을 개별 스트림을 분해한 후에 방송용, 관제용등 목적에 맞게 재전송을 할 수 있는 시스템을 구축하였다. 릴레이서버는 단지 트래픽 효율성을 위해 사용되는 스트리밍 서버 이외에 다양한 단말을 지원하기 위한 트랜스 코딩의 기능을 지원하며 전송된 영상은 추후 분석이 필요할 수 있으므로 메타데이터와의 동기성을 보존하기 위해 SMIL포맷으로 저장되고 검색할 수 있는 구조로 설계하였다.

본 논문에서 개발한 실시간 동영상 전송 시스템의 동작 원리는 다음과 같다:

- 영상 전송 장비의 전원을 켜
- 전송 장비의 내부 소프트웨어로 인해 현장 장비

가 Wifi 모듈을 통해 무선망에 연결됨

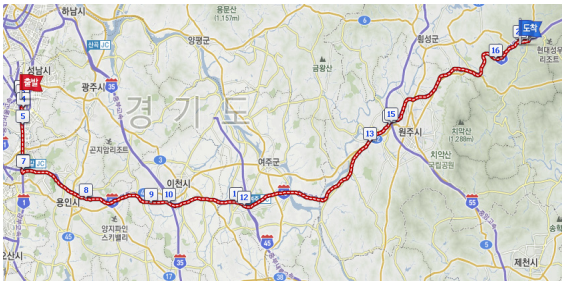
- 원격에서 웹페이지를 통해 전송 장비와 관제센터의 디코더 장비를 가동시킴
- DDNS 서버에 고유 유동 IP를 자동 등록하고 각 장비의 real IP와 mac address가 내장 소프트웨어에 의해 서버의 데이터베이스에 입력된다. (이때 주소가 입력된 시간을 통해 장비의 오작동 여부를 확인한다.)
- 카메라에서 영상신호와 음성신호가 HD-SDI 케이블과 Audio 케이블을 통해 전송 장비로 입력하여 영상신호와 음성신호를 합쳐서 압축된다.
- 전송 장비에서 압축된 신호가 Wifi 신호에 실려서 출력된다.
- Wibro 단말기를 통해 중계기를 거쳐 유선 인터넷망을 통해 관제 시스템의 디코더로 전달된다. (이때 각 장비의 주소는 서버의 DB에서 참조된다.)
- 디코더에 전달된 신호는 디코딩 되어 음성 신호와 영상신호가 각기 나누어지며 영상은 모니터를 통해, 음성은 스피커를 통해 출력된다.
- 스트리밍 서버를 갖출 경우, 디코더에 전달된 신호를 스트리밍 서버를 통해 스마트폰이나 외부 웹 브라우저를 통해 재생할 수 있다.

V. 실험 결과

논문에 제안된 시스템을 이용하여 도로교통공사 가 있는 판교에서부터 둔내까지 이동하면서 영상의 실시간 전송 실험을 하였다.

이동 경로는 <그림 4>와 같으며 왕복 279,4km 거리에서 5시간 동안 시험하였으며 주행 중 영상 전송 및 휴게소에서 15분씩 영상 전송 테스트를 하였다.

Wibro 망을 통하여 영상을 전송하였고, 중간에 일반적으로 많이 휴대하고 다니는 아이폰을 이용하여, 관제탑의 관리자에게 도로 현장영상을 전송하여, 제안한 장비와 비교 측정 하였다.



<그림 4> 장비의 실험을 위한 이동경로
(Fig. 4) Moving course for the equipment test

제안된 시스템의 경우 각 구간 별로 표 2와 같은 전송속도를 보였다. <그림 5>는 실제로 장비가 탑재된 차량에서 관제 센터에 보내온 영상을 보여주며 80 km/h로 이동 중임에도 불구하고 HD급 고품질의 영상이 전송됨을 확인할 수 있다.

<표 2> 각 구간에 따른 영상 전송속도
(Table 2) Video transmission speed in each section

이동경로	전송속도
판교 -> 용인휴게소	2Mbps
용인휴게소 -> 덕평휴게소	2Mbps
덕평휴게소 -> 용인휴게소	2~3Mbps
용인휴게소 -> 문막휴게소	2.5~3Mbps
문막휴게소 -> 횡성휴게소	2.5Mbps



<그림 5> 관제센터로 전송된 영상
(Fig. 5) Transmitted image to monitoring center

본 실험에서 영상 전송 딜레이는 1~8초 정도 발생하였으며 무선망의 신호가 약해서 영상 전송 목적 사이트까지의 왕복 시간이 많이 걸릴수록 딜레이

가 많이 생김을 알 수 있었다. 왕복 Latency가 50 ms 이상인 경우 2초정도의 딜레이가 발생하였으며 왕복 Latency가 300 ms 이상일 경우는 약 5~8초 정도 발생하는 것으로 측정되었다.

1분간 영상 전송 지연 횟수가 2회이내 또는 10분간 12회이내여서 적절한 QoS를 보장함을 알 수 있었으며 이를 초과할 경우 영상 정보에 대한 신뢰도가 저하됨을 알 수 있다.

차량속도 100 km 까지도 영상 전송률의 변화는 육안으로 판별이 되지 않을 정도로 미세하였으며 도플러 효과에 의한 영상 및 음향이 이론적으로 변형될 수 있으나 체감되지는 않았다.

영상 전송 에러가 발생하는 원인은 주로 Wibro망의 핸드오버 시 발생하는 영상의 멈춤 또는 단절이 발생할 때 생기며 지형 특성상 무선망 신호가 약할 때 같은 현상이 발생하였다.

VI. 결 론

본 논문에서는 고속도로에서 발생한 차량의 고장이나 사고 등의 현장을 중계 할 수 있는 휴대 및 차량탑재 형 실시간 동영상 전송 장비를 제작하였고 이 장비를 이용하여 영상을 실시간으로 전송할 수 있는 전송시스템을 구축하였다.

실험 결과, 망의 상태 및 접속된 망에 따라 영상의 해상도를 조절함으로써, 적은 딜레이로 영상을 전송함으로써 실시간 방송이 가능하며 적절한 QoS를 유지할 수 있어서 전송된 영상의 분석을 통해 적절한 대응이 가능할 것으로 기대된다.

또한, 측정시 Wibro 망을 사용하였지만 제안된 시스템의 장비가 802.11 b/g/n을 지원하므로 LTE망이나 위성망을 이용한 영상 전송도 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 민준영, “고속도로 CCTV 카메라 영상에서 차량 추적에 의한 교통정보 수집 알고리즘,” 디지털콘텐츠학회, *디지털콘텐츠학회지*, 제3권, 제1호,

- pp.1-9, January. 2002.
- [2] 안용범, 김응수, 이상욱, “모바일용 고화질 영상 전송 인터페이스의 설계 및 구현,” 한국해양정보통신학회, *한국해양정보통신학회논문지*, 제11권, 제8호, pp.1511-1518, August. 2007.
- [3] 김승윤, 이성준, 안광선, “임베디드 기반의 무인 감시 시스템,” *한국 정보과학회 가을 학술발표 논문집*, 제34권, 제2호, pp.390-393, November. 2007.
- [4] 장기영, 김경태, 윤희용, “원격제어 관리 및 모니터링을 위한 임베디드 시스템 구현,” 한국인터넷정보학회, *추계학술발표대회*, pp.629-633, November. 2006.
- [5] 김경환, 유해영, 이진영, “실시간 영상감시를 위한 JPEG Streamer의 설계와 구현,” 한국인터넷정보학회, 제7권, 제3호, pp.107-118, June. 2006.
- [6] 신재홍, 윤홍, 이상철, “실시간 영상정보 전송 및 영상저장 시스템 개발,” *대한전기학회, 대한전기학회 학술대회 논문집*, pp.194-198, October. 2006.

저자소개



김 종 현 (Kim, Jong-Heon)

2009년 6월 ~ 현 재 : 미국 Dali Systems Technical Advisory
 1995년 4월 ~ 현 재 : 광운대학교 전파공학과 교수
 2005년 3월 ~ 2008년 12월 : IT 국제 표준화 전문가
 2002년 1월 ~ 2007년 4월 : 캐나다 SFU Research Associate
 1994년 8월 : 독일 Dortmund Univ. 전자공학과 공학박사
 1990년 6월 : 독일 Ruhr Univ. Bochum 전자공학과 공학석사
 1984년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 공학사



이 동 수 (Lee, Dong-Soo)

1998년 : 정보문보통신 유공자 대통령표창 수여
 2007년 2월 ~ 현 재 : 엑스엔지(주) 대표이사
 1997년 2월 ~ 2005년 2월 : PSINet 기술이사
 1991년 2월 ~ 1997년 3월 : 한국경제신문사 KETEL개발팀장
 1984년 3월 ~ 1988년 3월 : (주)데이콤 주임연구원
 1977년 3월 ~ 1983년 2월 : 서울대학교 농업생명과학대학 학사