

# 협대역 무선 전송 네트워크를 위한 고품질 동영상 전송 시스템의 설계, 구현 및 검증

김 동 현\*, 정 방 철<sup>o</sup>

## Design, Implementation, and Verification of a High-Quality Video Transmission System for Narrow-Band Wireless Tactical Networks

Donghyun Kim\*, Bang Chul Jung<sup>o</sup>

### 요 약

본 논문은 협대역(수십kHz) 무선 전송 네트워크에서 동영상 스트리밍을 수행하는 영상 압축 및 전송 시스템의 설계, 구현 및 검증 결과에 대해 기술한다. 제안 시스템은 실시간 동영상 전송을 위한 충분한 주파수 대역폭 확보가 어려운 협대역 무선 전송 네트워크 환경에서 고품질의 동영상 서비스 제공을 목표로 설계되었으며, 이를 달성할 수 있도록 응용계층 부호화, 선택적 재전송 등의 영상전송 네트워크 기술, 소프트웨어기반 high efficiency video codec (HEVC) 코덱 및 영상 전처리 등의 영상 압축 기술 등을 통합하여 구현되었다. 구현된 시스템은 실내 및 실외 환경에서 검증되었으며 주어진 전송속도에 따라 설정된 영상 프로파일에 의해 영상품질 요구 성능을 만족하는 것을 확인하였다.

**Key Words** : Narrow-band, Video streaming, Video transmission, Wireless tactical networks, Video Compression

### ABSTRACT

This paper provides design, implementation, and verification of video compression and transmission system for narrowband (dozens of kHz) wireless tactical networks. The proposed system is designed for video streaming in the narrowband wireless tactical environment that cannot acquire sufficient bandwidth. To achieve this objective the system adapts video transmission network technology including application layer forward correction encoding (AL-FEC), selective re-transmission, and video compression technology including software-based high-efficiency video codec (HEVC), and video pre-processing. The implemented system is also verified in terms of the performance both in indoor and outdoor environments, where the proposed system achieves the target video quality requirement based on configured data-rate (bandwidth).

\* First Author : Department of Electronics Engineering, Chungnam National University; 2-1 directorate, Agency for Defense Development, dhkim.c2@gmail.com, 정회원

<sup>o</sup> Corresponding Author : Department of Electronics Engineering, Chungnam National University, bcjung@cnu.ac.kr, 종신회원  
논문번호 : 202012-327-D-RN, Received December 26, 2020; Revised January 10, 2021; Accepted January 11, 2021

## I. 서 론

군 전송환경에서 획득되는 동영상 정보는 지휘관의 상황 인지에 큰 도움을 주는 정보 중 하나다. 감시정찰 전용 플랫폼의 경우(예: 무인정찰기 등) 일반적으로 성능 목표를 달성할 수 있는 만큼의 주파수 대역폭이 할당되고 이를 활용하여 감시정찰 정보의 전송을 수행한다. 하지만, 모든 영상획득 장비(카메라 등)에 대해서 영상 전송을 위한 대역폭을 별도로 할당하고 이를 활용하는 것은 현실적으로 큰 어려움이 따른다. 본 구현 논문에서 소개하는 “협대역 특성을 갖는 고품질 동영상 스트리밍 시스템” (UNSS: Ultra Narrowband Streaming System)에서는 감시정찰 전용 플랫폼이 아닌, 최소한의 주파수 자원만 할당되는 전송망 환경에서 획득된 영상정보의 스트리밍을 목표로 기술개발을 수행하였다.

협대역 환경은 일반적으로 그 신호가 차지하는 대역폭이 반송파 주파수보다 훨씬 작은 경우를 칭한다. 보다 구체적으로, 무선설비규칙 제3장 제7조 관련 [별표3]에 언급된 협대역/광대역 구분은, 30MHz~1GHz 주파수 범위에서는 25kHz 기준 62.5kHz까지이며, 1GHz~3GHz 주파수 범위에서는 100kHz 기준 250kHz까지 이다<sup>[1]</sup>. 협대역 기준이 사용 대역에 따라 범위가 바뀌기는 하나, 일반적인 통신장비가 많이 사용하는 대역을 고려할 때, 수십kHz 수준의 대역폭을 협대역으로 볼 수 있을 것이다. 본 논문에서는 점유대역폭 100 kHz 미만의 전송속도를 기준으로 협대역 동영상 스트리밍 시스템을 구현하였다.

협대역 전송환경에서 운용되는 선진국의 스트리밍 시스템으로는 Harris사(미)의 RF-7400E-VP 장비와 독일의 VTQ 등이 있다. RF-7400E-VP 장비는 전장 환경의 동영상을 H.264 기반으로 압축 후 별도의 전송 무전기를 이용하여 64 kbps ~ 2 Mbps 전송속도로 전송하는 장비이다<sup>[2]</sup>. 이와 유사하게, VTQ사(독) 장비는 H.265 기반으로 압축 후 자체 송수신기를 이용하여 250 kbps로 전송하는 장비도 존재한다<sup>[3]</sup>. 이들 장비는 영상 품질에 대한 성능 규격이 없고, 하드웨어 기반 시스템으로 적용된 기술을 타 장비에 이식하기 어려운 점이 있다. 열악한 환경에서 동영상 스트리밍을 수행하기 위한 기술요소는 처리 순서에 따라서 획득된 영상정보의 양을 최소화하는 전처리 및 영상압축/복원 기술과 신뢰도가 보장되지 않는 채널환경에서 안정적인 영상정보의 전송이 가능하도록 하는 영상 전송 기술로 구분할 수 있다.

영상 전송이 수신자 입장에서 성능의 열화를 일으

키는 것은 크게 패킷 loss 와 delay를 들 수 있다. 수신측에서 재생 버퍼를 두는 것을 고려할 때, 패킷 loss 가 더 큰 영향을 준다고 볼 수 있는데, 이를 극복하기 위해 수신된 영상정보 중 필요한 정보를 재전송하는 선택적 재전송 기법<sup>[4]</sup> 또는, 일부 패킷 loss를 감내할 수 있도록 응용계층에서 redundancy를 반영하여 전송하는 응용계층 부호화 기법<sup>[5,6]</sup> 등을 활용하는 연구가 많이 진행되어 왔다.

영상압축/복원 코덱 관련해서는 ISO와 ITU의 주도하에 발달이 진행되어 왔다. ITU는 H.261, H.263 계열로 발전되어 왔으며, ISO 계열에서는 MPEG 계열로 발전이 되어왔었는데, H.264의 경우부터는 두 계열이 joint team을 이루어 개발이 진행되어 왔고, 현재는 H.265 (HEVC) 까지 개발이 이루어져 왔다<sup>[7]</sup>.

이러한 영상 관련 기술들을 통합한 영상 스트리밍 시스템 관련해서는 과거 ISDN (Integrated Service Digital Network) 기반 화상회의 시스템<sup>[8]</sup> 및 CDMA (Code Division Multiple Access) 기반 영상 전송<sup>[9]</sup> 등에 이어 현재는 WLAN (Wireless Local Area Network) 기반 통신망<sup>[10]</sup> 및 다중접속 통신망<sup>[11]</sup> 환경에서의 영상 전송 등 연구가 진행되어 왔다. 하지만 시대의 흐름에 따라 근래에는 광대역 고해상도 영상 중심으로 개발이 진행되었으며, 본 과제에서 고려하는 협대역 저해상도 영상에서 영상품질 요구사항을 만족하는 스트리밍 시스템에 대한 연구 개발은 진행되지 않고 있다.

본 논문의 순서는 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 시스템의 전체적인 구조, 3장에서는 웨이브폼 설계 및 시뮬레이션 결과, 4장에서는 영상 스트리밍을 위한 압축/복원 기술, 5장에서는 시스템 검증결과를 보여주고, 6장에서는 최종 결론을 맺는다.

## II. 시스템 설계

여기서는 제안하는 시스템의 전반적인 구조 및 설계에 대해 다룬다. 시스템을 구성하는 구성요소로는 크게 4가지 요소가 있다. 첫 번째는 영상을 획득하는 영상센서모듈, 두 번째는 획득된 영상정보를 전처리, 압축, 패킷화 등을 수행하는 영상압축 및 전송제어 모듈, 세 번째는 영상정보 패킷을 변/복조 수행하여 RF 송/수신 하는 영상 송/수신 모듈, 마지막으로 네 번째는 스트리밍된 영상 데이터를 복원하여 사용자가 볼 수 있게 해 주는 영상 수신 및 복원 모듈이다.

영상센서모듈은 소형 영상센서모듈과 중형 영상센서 모듈의 2종으로 개발되었으며, 각각 EO 센서와 IR

센서를 모두 탑재하여 사용자 선택에 따라 EO, IR, EO-IR 정합 (Registration) 영상 중 하나가 스트리밍 될 수 있도록 개발되었다.

영상 압축 및 전송제어 모듈은 그림 1과 같은 형상이며, Qualcomm Snapdragon 기반 HW 설계에 Android 기반 SW가 탑재되었으며, 영상 수신 및 복원모듈 SW도 동시 탑재되어 사용자에게 따라 모듈 역할을 변화할 수 있도록 설계되었다. 영상센서로부터의 영상데이터 획득을 위해서는 Cameralink interface를 dual channel로 적용하였다.

영상 송/수신 모듈은 고속 연산이 필요한 채널 부호화/복호화 등은 FPGA에서 수행하고 변/복조는 RF transceiver를 활용하는 설계를 수행하였다. 또한, 변조된 신호는 통달거리 만족을 위해 Power Amplifier에 의해 증폭되었고, 수신단에서는 대역필터, 저잡음 증폭기 등을 거친 후 RF transceiver로 전달되는 구조가 적용되었다.

영상 수신 및 복원 모듈은 핸드헬드형과 노트북형의 2종으로 개발되었으며, 다양한 OS로의 적용성을 검증하기 위해 노트북형은 상용 견고화 노트북 기반의 Windows 환경에서 개발이 이루어졌다. 영상 수신 및 복원모듈 노트북형에서는 Deep learning 기반의 초해상화 기법이 적용되었으며, 이를 위해 Nvidia GTX950M GPU가 탑재된 견고화노트북을 적용하였다.

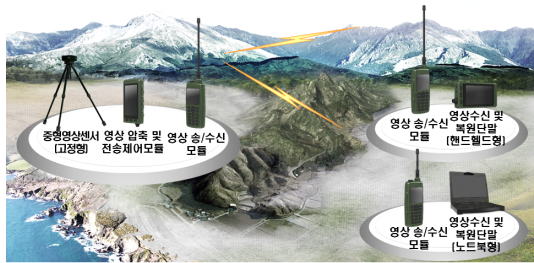


그림 1. 시스템 운용개념  
Fig. 1. Operation Concept of Developed System

### III. 영상전송 스트리밍 웨이브폼 설계

본 장에서는 UNSS에서 적용된 영상정보 전송 관련 설계 결과에 대해 기술한다. 제안하는 시스템은 TDMA 기반으로 구현되었으며, 물리계층, Link/MAC 계층, 응용계층(영상전송제어)으로 구분된다.

#### 3.1 물리계층/MAC 계층 설계

UNSS 웨이브폼은 주파수 사용의 용이성으로

2.4GHz 대역 ISM 밴드를 선정하여 설계하였다. 사용 대역은 ISM 밴드 전체를 활용 할 수 있도록 설계되었으며, 사용자가 영상 송/수신 모듈에서 설정한 1개의 채널을 활용하여 송/수신을 수행하는 구조로 설계되었다. 개발된 시스템은 타 사용자로의 영향성을 최소화 하기 위해, 규정된 출력 및 대역을 준수하도록 개발되었고, 야외 시험은 전파 환경이 통제된 환경에서 진행되었다. 물리계층 개략 구조도는 그림 2와 같다. 채널 부호화는 Convolutional Turbo Code를 사용하였으며, 부호화된 데이터는 QPSK 변조방식을 활용하여 변조되고, Preamble 등을 더해진 후 RF 신호로 송신되는 구조를 가진다.

MAC 설계는 TDMA를 기반으로 하고, 노드 간 계층을 가지는 구조로 설계하였다. 이는 시스템의 운용 개념과 연관이 있는데, 영상 획득을 수행하는 사용자와 영상 보고를 받는 사용자로 구분하여 영상정보 (downlink)와 제어정보(uplink)를 구분하여 전송할 수 있도록 설계하였다. 따라서 지휘관 노드가 망 중심에서 시간동기 정보 공유 및 자원 할당을 수행하는 Base Station (BS) 역할을 수행하고, 운용자 노드가 Mobile

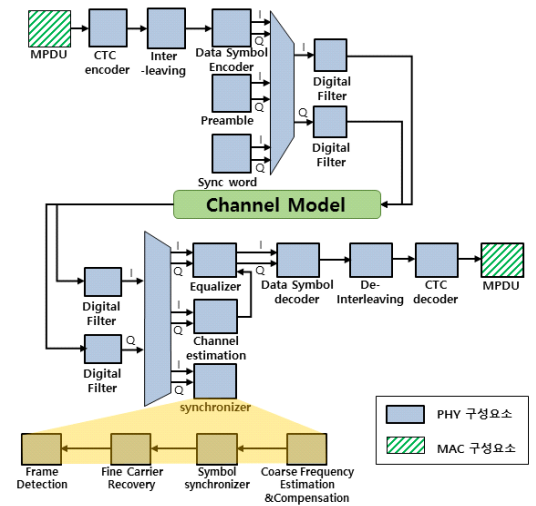


그림 2. 기저대역부 블록 다이어그램  
Fig. 2. Block Diagram of Baseband

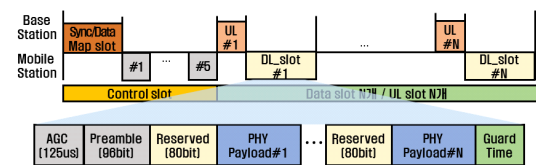


그림 3. 프레임 구조  
Fig. 3. Frame Structure

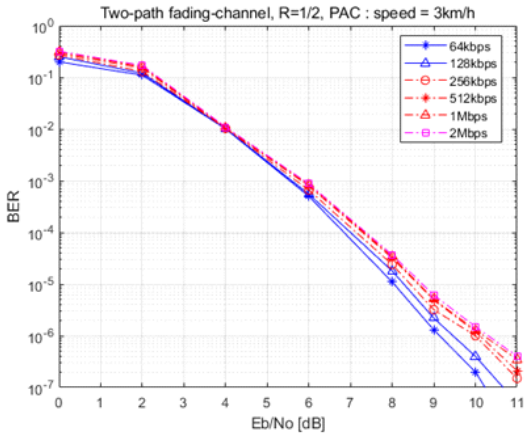


그림 4. BER 시뮬레이션 결과  
Fig. 4. BER Simulation Result

Station (MS) 역할을 수행하게 된다. 이러한 운용개념을 바탕으로 하는 TDMA Frame 구조는 그림 3과 같다. 적용된 물리계층/MAC계층 설계결과를 반영한 시뮬레이션 결과는 그림 4와 같다.

### 3.2 영상 전송제어 설계

영상의 안정적인 스트리밍은 물리/MAC 계층 기술만으로는 항상 만족하기 어렵다. 이유는 무선채널 환경은 계속 변화하고, 변화하는 환경에서 적용할 수 있는 물리/MAC 계층 기법에는 한계가 존재하기 때문이다. 특히, 영상정보의 경우 복호화에 필수적인 헤더정보나 I-frame (Intra-frame)와 같은 중요 데이터에 대한 전송 안정성이 보장되지 않으면 사용자 경험 측면에서 만족도를 크게 열화시키는 요인이 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 UNSS에서는 계층교차설계 기반의 2가지 기법 기반으로 그림 5와 같은 영상 전송제어 설계를 적용하였다. 첫 번째로는 응용계층 부호화 (AL-FEC: Application Layer Forward

Error Correction)의 적용이다. 좁은 대역을 다수의 사용자가 공유하고 주기적인 메시지를 많이 공유할 뿐 아니라 전파 환경이 열악한 전송네트워크 특성을 고려하여 영상 데이터의 전송률을 다소 감소시키더라도 재전송 가능성을 줄이기 위해 AL-FEC기반의 기술구조를 적용하였다. 구체적으로 적용된 AL-FEC는 Fountain Code 기반의 Raptor Code를 적용하였다. 이때 적용되는 code rate 등은 채널 환경 및 수신측 buffer size 등을 고려하여 변경된다. 보다 구체적으로, Code rate는 다음 같은 기준으로 설정된다.

$$c^* = \arg \min_{0 < c \leq 1} (\Phi_i^{\max} - \Psi^{dec}(s, k, c)) \quad (1)$$

여기에서  $\Phi_i^{\max}$ 는 패킷 중요도 별 차등 적용된 허용 가능 AL-FEC 디코딩 실패율,  $\Psi^{dec}(s, k, c)$ 는 추정된 패킷 유실률 (packet loss rate)에 기반하여 추정된 AL-FEC 디코딩 실패율이다.

두 번째로는 선택적 재전송 기법이다. 선택적 재전송 기법은 중요 데이터로 식별된 데이터의 경우 패킷 유실 시 재전송을 통해 성능 영향성을 줄이는 방법이다. 모든 중요데이터가 누락되었다고 해서 항상 재전송을 할 경우, 종단간 지연 등에 영향을 주기 때문에 본 시스템에서는 수신단 영상복원 버퍼 상황, 전송 지연, 패킷 중요도 등을 복합적으로 고려하여 선택적 재전송 기능을 수행하는 알고리즘을 적용하였다. 보다 구체적으로, 전송되는 패킷의 헤더에 패킷 타입을 기록하여, 이에 기반한 중요도를 확인하고, 다음 식이 만족할 경우에만 재전송을 수행한다.

$$t^{retx} + t^{proc} \leq \frac{\alpha B}{V_R} \quad (2)$$

여기에서  $t^{retx}$ 는 AL-FEC 인코딩 블록을 만드는 최소시간,  $t^{proc}$ 는 전송지연 및 디코딩 시간,  $\alpha$ 는 조정계수,  $B$ 는 버퍼 내 잔여 영상데이터량  $V_R$  영상 인코딩 레이트이다.

## IV. 영상 압축/복원 설계

본 장에서는 UNSS에서 적용한 영상 압축/복원 관련 설계 결과에 대해 기술한다. 제안하는 시스템은 SW기반 HEVC 계열의 코덱을 적용하였으며, 전송속도별 영상 프로파일 설계, 영상 코덱부 설계, 초해상

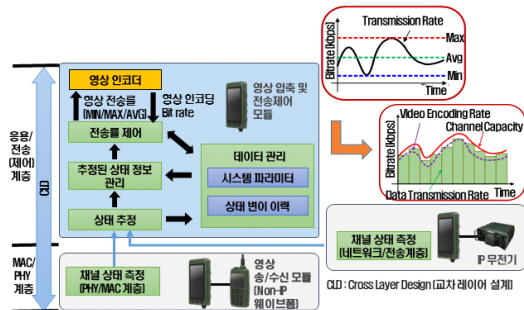


그림 5. 영상 전송 기술 구조  
Fig. 5. Video Transmission Technology Architecture

화부 설계에 대해 기술한다.

### 4.1 영상 프로파일 설계

UNSS는 협대역 환경에서 영상 스트리밍을 하는 것을 기본적인 목표로 갖고 있으나, 시스템의 적용성을 향상시키기 위해 최대 2Mbps 전송속도를 지원할 수 있도록 확장 설계/구현되었다. 이에 따라, 전송속도를 구분하여 표 1과 같이 총 6종의 프로파일을 적용하였다.

표 1. 영상 전송 프로파일  
Table 1. Video Transmission Profile

프로파일	1	2	3	4	5	6
물리계층	64kbps	128kbps	256kbps	512kbps	1Mbps	2Mbps
응용계층 (kbps)	최저	45.61	98.61	207.73	414.21	828.43
	최대	53.66	116.01	240.85	487.31	974.62
고정영상 해상도	CIF (352x288)	CIF (352x288)	VGA (640x480)	VGA (640x480)	HD (1280x720)	HD (1280x720)
	FPS	5	7	5	6	2
이동영상 해상도	QCIF (176x144)	QCIF (176x144)	CIF (352x288)	CIF (352x288)	VGA (640x480)	VGA (640x480)
	FPS	10	12	6	8	4

### 4.2 영상 코덱 설계

UNSS에서 적용된 영상 코덱은 구현 결과물의 다양한 체계로 이식성을 높이기 위해 HW 의존성이 적은 SW 기반 코덱으로 구현되었다. 코덱의 기본 구조는 일반적인 동영상 압축 코덱과 유사한 구조를 가지며, 협대역 환경, SW기반 동작 등의 요소를 고려하여 설계/구현/검증 되었다. 구체적으로 할당된 응용계층 bit rate에 최대한 근사하게 영상 데이터를 생성하는 rate control, 전송 지연 시간 및 압축률 목표 달성을 위한 group of picture 선정, prediction, coding tree block 선정 등에서의 fast algorithm 적용 등을 수행하였다.

### 4.3 Deep Learning 기반 초해상화

UNSS에서는 Deep Learning 기반 초해상화 기능을 구현하여 협대역 환경에서의 전송 데이터 감소의 가능성을 확인하였다. 적용된 초해상화 기능은 그림 6과 같이 10 layer를 가지는 Deep Learning 네트워크를 사전 학습시킨 후, 이를 활용하여 QCIF 영상을 CIF 영상으로 초해상화 수행하여 사용자 모듈에 시현한다. 초해상화를 적용할 경우 CIF 해상도의 시현을 위해 QCIF 해상도의 영상만 전송해도 됨에 따라 추가적인 전송 데이터의 감소 효과를 가져 올 수 있다. 학

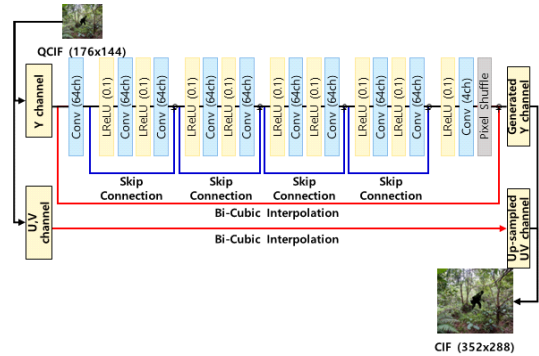


그림 6. Deep-learning 기반 초해상화 개념  
Fig. 6. Deep-learning Based Super Resolution Concept

습에 사용된 데이터는 전송환경에서 주로 접할 산악/야지 데이터 뿐 아니라 다양한 학습 데이터 (영상 시퀀스)를 활용하였다. 이를 활용한 초해상화 결과는 그림 6과 같다. 초해상화를 활용할 경우에는 주관적 화질 해상도는 좋아진다 하더라도, 기본적으로 없는 픽셀데이터를 생성하는 구조이므로 픽셀단위 오류가 발생할 수 있다. 따라서, UNSS 시스템의 실 체계 적용 시에는 적용적인 기법의 적용으로 표적 탐지/식별등이 필요한 경우에는 초해상화 미적용 영상을 활용할 수 있도록 반영하여야 할 것으로 판단된다.

## V. 시스템 검증

본 장에서는 제안하는 시스템의 성능을 검증하기 위해 수행한 시험 결과에 대해 다룬다. 시스템 검증은 크게 2개의 단계로 수행되었다. 첫 번째는 구성품별 단품수준의 요구 규격 만족여부를 체크기 등을 활용하여 확인하고, 구성품들의 통합 후 표준 시험영상을 활용하여 검증하는 실내시험, 두 번째로 변화하는 무선 환경에서 영상센서로 획득된 영상정보를 스트리밍 하여 요구 성능을 만족하는지 확인하는 실외시험이다.

### 5.1 실내 시험

실내 시험의 구성은 그림 7과 같다. 개발된 시스템의 주 기능은 영상 스트리밍 기능이고, 이에 대한 영상품질 성능 척도로 수신 영상의 평균 PSNR 30dB 이상 이다. 본 절에서는 구체적인 검증 방법에 대해 다룬다.

본 시스템의 영상 화질 측정은 측정의 객관성을 높이기 위해 PSNR을 적용하였다. PSNR은 원본 대비 복원본의 각 픽셀값 변화의 mean square error를 분자



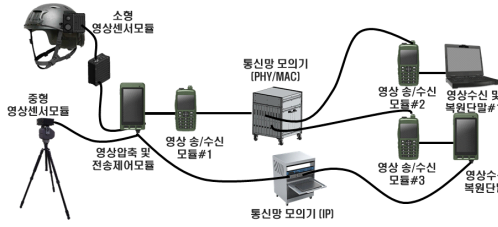


그림 7. 실내 테스트베드 구성  
Fig. 7. Indoor Testbed Configuration

로, 각 픽셀이 가질 수 있는 최대값을 분모로 하여 측정된다. 따라서, 어떤 사람이 측정하더라도 동일한 결과를 얻게 되는 장점이 있다. UNSS에서는 칼라 영상의 각 픽셀정보를 표현하는 방법으로 Y (luminance), U (blue projection), V (red projection) channel을 이용하며, 칼라 영상의 PSNR 측정 시 Y, U, V channel들의 비율을 6:1:1로 하여 평균 PSNR을 측정하였다.

영상 스트리밍 시스템의 검증 관련하여 영상 전송 품질 평가방법(PSNR) 뿐만 아니라, 평가 영상(sequence)도 중요하다. 너무 단순한 영상을 활용하게 된다면 PSNR 측정치가 너무 좋게 나오는 문제가 있으므로, 테스트 영상 후보군에 대해 시간(TV)/공간적(SV) 복잡도를 기준으로 분류하여, 선택된 영상 기반으로 PSNR 측정을 수행하였다. 그림 8은 선정된 test sequence 중 일부이다. 실제 성능평가 시에는 64kbps 전송속도용 프로파일의 경우 총 62종의 test sequence를 활용하여 PSNR을 측정하였고, 모든 sequence에서 평균 PSNR 30dB 이상 고품질의 영상 스트리밍이 가능함을 확인하였다.

설계 구현된 시스템의 변화하는 무선환경 하에서의 강건성을 확인하기 위해, IP 기반 Network Emulator를 활용하여 PER (Packet Error Rate)의 변화에 따른



그림 8. 선정된 Test Sequences  
Fig. 8. Selected Test Sequences

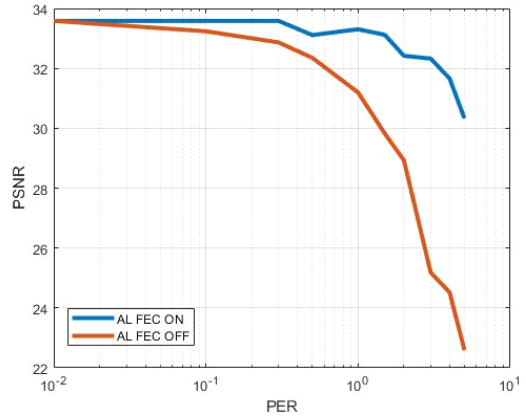


그림 9. PER 변화에 따른 PSNR 변화  
Fig. 9. PSNR variation due to PER variation

평균 PSNR 영향성을 시험하였는데, 그 결과는 그림 9와 같다. 그림에서 확인할 수 있듯이 PER이 증가함에 따라 영상 데이터의 누락이 발생하므로 PSNR이 감소한다. 그러나 AL-FEC가 적용된 UNSS가 높아지는 PER 상황에도 불구하고도 PSNR 값이 어느 정도 유지되는 것을 확인할 수 있다.

### 5.2 실외 시험

야외 환경에서도 영상 스트리밍 (1:1, broadcasting), 영상 품질(PSNR) 등에 대해서 검증을 수행하였다. 시험은 산악 지형 및 개활지에서 수행하였고, 영상 품질 시험의 경우 실제 영상센서에서 획득된 영상을 송신 모듈에 저장하고 (비 압축 영상), 수신측에서 수신된 영상도 수신 모듈에 저장하여 (비 압축 영상) 송-수신 영상간 PSNR을 비교하는 방식으로 수행하였다. 그림 10은 실외시험간 측정된 영상 중 일부이다. 모든 시험은 EO 및 IR 영상 모두에 대해 수행되었으며, 협대역 환경하에서 원활한 스트리밍, 영상 품질 기준 만족 (평균 PSNR 30dB 이상)을 확인하였다.



그림 10. 야외시험 영상  
Fig. 10. Outdoor Test Results

## VI. 결 론

본 논문에서는 협대역 전송망 환경하에서 동영상 스트리밍 기능을 수행하는 영상 스트리밍 시스템의 설계/구현 및 시험결과에 대해 기술하였다. 개발된 시스템은 영상 데이터의 보다 효율적인 전송을 위한 웨이브폼 기술, 합리적인 영상 품질을 제공하면서도 협대역 환경에 적용될 수 있는 영상 압축 기술을 통합 설계/구현되었고, 실내 및 실외 시험을 통해 그 운용성을 입증하였다. 향후 개발된 기술을 다양한 대상 체계에 적합하도록 최적화하는 업무 및 관련 기술의 지속적 발전을 위한 연구를 진행할 예정이다.

## References

[1] Wireless Facilities Rules [Table 3] Boundary Criteria of System Spurious in Narrowband · Wideband System (Related to article 7)

[2] *RF-7400E-VP Tactical video processor* (2020), <http://13harris.com/allcapabilities/rf-7400e-vp-tactical-video-processor-tvp>

[3] *Civil Protection* (2020), <http://vtq.de/index.php/katastrophenschutz-kopie.html>

[4] T. Chung, C. Chung, and J. Kim, "Cross-layered video information sharing method and selective retransmission technique for the efficient video streaming," *J. Korea Multimedia Soc.*, vol. 18, no. 7, pp. 853-863, 2015.

[5] H. Lee, T. Jung, S. Shim, J. Kim, and K. Seo, "Design and performance analysis of exclusive-OR based FEC coding system for error resilient SVC video transmission," *J. Broadcast Eng.*, vol. 18, no. 6, pp. 872-883, 2013.

[6] J. A. Park, D. Y. Suh, J. Y. Lim, Y. H. Joo, and K. M. Kim, "Adaptive transmission of scalable video using RAPTOR code," in *Proc. Symp. KICS 2009*, pp. 1548-1549, Jeju Island, Korea, Jun. 2009.

[7] S. Park and K. Shim, "Ultra high efficient video codec technical development forecast," *J. KICS*, vol. 34, no. 7, pp. 3-9, 2017.

[8] S. G. Chang and D. Y. Suh, "A study on teleconference data traffic of variable bit rate,"

*J. KICS*, vol. 20, no. 7, pp. 1851-1863, 1995.

[9] Y. Lee, J. Song, I. Kim, and H. Shin, "Real-time MPEG-4 video encoder for live video service over CDMA network," *J. KICS*, vol. 31, no. 8B, pp. 707-715, 2006.

[10] N. Kim, T. Song, W. Kim, and S. Park, "A scalable video coding (SVC)-Aware retransmission scheme for multimedia streaming in IEEE 802.11 WLANs," *J. KICS*, vol. 39, no. 2, pp. 95-101, 2014.

[11] D. Kwon, H. Je, H. Kim, and H. Ju, "Autonomous Ad hoc network construction method for scalable media streaming between mobile smart devices," *J. KICS*, vol. 40, no. 3, pp. 516-528, 2015.

김 동 현 (Donghyun Kim)



2009년 2월 : 연세대학교 전기전  
자공학부 졸업

2011년 2월 : 연세대학교 전기전  
자공학부 석사

2011년 6월~현재 : 국방과학연  
구소 제2기술연구본부

2019년 3월~현재 : 충남대학교  
전자공학과 박사과정

<관심분야> 데이터링크, 전송통신, 영상전송시스템  
[ORCID:0000-0002-2136-5944]

정 방 철 (Bang Chul Jung)



2002년 2월 : 아주대학교 전자공학부 (공학사)

2004년 8월 : 한국과학기술원 전자전산학과 (공학석사)

2008년 2월 : 한국과학기술원 전자전산학과 (공학박사)

2008년 3월~2010년 3월 : 한국과학기술원 IT융합연구소 팀장

2010년 3월~2014년 2월 : 국립경상대학교 정보통신공학과 조교수

2014년 3월~2015년 8월 : 국립경상대학교 정보통신공학과 부교수

2015년 9월~현재 : 충남대학교 전자공학과 정교수

<관심분야> Wireless Communication, Stochastic Signal Processing, Information Theory, Compressed Sensing, Mobile Communication, Spectrum Sharing.

[ORCID:0000-0002-4485-9592]