

技術論文

J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 43(8), 748-756(2015)

DOI:http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2015.43.8.748

ISSN 1225-1348(print), 2287-6871(online)

ADV212와 FPGA를 이용한 임베디드 기반 실시간 Motion JPEG 2000
영상부·복호화 시스템 개발

유제택*, 나성웅**, 현명환*

A Development of Real Time Video Compression System Based on
Embedded Motion JPEG 2000 Using ADV212 and FPGA

Jae Taeg Yu*, Sung Woong Ra** and Myung Han Hyun*

Agency for Defense Development*, Chungnam National University**

ABSTRACT

In this paper, we developed a miniaturized real time video compression system satisfying the military environment using ADV212 and FPGA. We present an efficient hardware design scheme for the weight reduction of the device and also a software solution to deal with noisy image signals. Experimental results show that the frame delay is reduced by a factor of 2 or 3 and the device's weight is decreased by a factor of 6 to 7. In order to prove the reliability for the military usage of this development, we examine the environmental test (MIL-STD-810G) and EMI test (MIL-STD-461F). Experimental results show that the developed system satisfies the requirements.

초 록

본 논문에서는 실시간 전송 및 군용환경을 만족하는 소형, 경량 임베디드 영상부·복호화 시스템을 개발하였다. 제안하는 시스템은 ADV212와 FPGA를 기반으로 개발하였다. 본 논문에서는 장치 소형화를 위한 최적 하드웨어 설계방법, 노이즈가 포함된 입력 영상신호에 강인한 소프트웨어 설계방법 등을 제안한다. 실험 결과에서 알 수 있듯이, 본 장치는 국내 기 개발하여 운용중인 DSP를 이용한 Motion JPEG 2000 영상압축장치 이용한 동일 구현방법 보다 6~7배 정도 경량이고, 압축복원시 영상프레임의 지연 시간도 대략 2~3배 이상 빠르다. 군용장치 장비로서의 신뢰도 입증 위해 수행한 환경시험규격(MIL-STD-810G) 및 전자파간섭시험규격(MIL-STD-461F)에서도 규격을 만족함을 입증하였다.

Key Words : Motion JPEG 2000(동영상 JPEG 2000), Video Compression System(비디오 압축시스템) , ADV212(ADV212)

1. 서 론

동영상 압축 및 전송 시스템에 적용되고 있는

표준은 ISO/IEC의 MPEG과 ITU-T의 H.26X 계열이 있다. 그러나 이와 같은 기존의 동영상 표준은 뛰어난 압축 성능에 비하여 에러에 약한 약

† Received : March 3, 2015 Revised : June 18, 2015 Accepted : July 7, 2015

* Corresponding author, E-mail : uncle0421@hanmail.net

점이 있어 에러가 많은 무선 채널에 적합하지 않다. 기존의 동영상 표준이 에러에 약한 근본적인 이유는 Inter-frame 간의 정보를 기준 정보로 압축을 하여서 하나의 frame에 에러가 발생할 경우 기준 정보를 손실하게 되고, 이로써 인접 여러 frame들을 복원할 수 없는 문제가 있기 때문이다.

반면에 ISO/IEC 산하의 JTC1/SC29/WG1 그룹에서는 JPEG 2000이라 하는 새로운 표준 개발을 완료하였고, 이 표준은 높은 압축률 및 데이터 전송 시 발생할 수 있는 에러에 대한 효과적인 에러 Resilience 같은 장점을 갖추고 있다. 이러한 다양한 장점들로 인해 JPEG 2000 표준은 Digital photography 나 Digital image library, Visual security system 등에 이용이 가능하다.

항공기처럼 빠르게 영상화면이 변화하는 경우와 실시간으로 데이터를 획득하고자 하는 경우에는 MPEG 계열의 압축 방식보다도 JPEG 2000이 더 신뢰도 높은 영상 획득에 유용한 것으로 판단되었다. 따라서 보다 에러에 강한 동영상 압축 및 전송 시스템을 구현하기 위해서는 각각의 frame마다 독립적으로 부호화 되는 Motion JPEG 2000 형태의 동영상 압축 알고리즘이 요구되어, 영상센서 비디오 압축처리 전송에 필요한 Motion JPEG 2000 영상부·복호화시스템을 개발하였다. 본 시스템은 영상의 실시간 압축 및 전송이 가능하고 군용 환경 조건을 만족한 고신뢰도 장치이다[1][2]. 개발한 영상부·복호화 시스템은 영상압축 코덱인 Analog Device 사의 ADV212와 데이터 제어를 위한 Xilinx 사의 FPGA로 구성 되었고, 최소공간 설계에 적합하도록 최적설계방법 및 데이터처리기법을 제안, 적용하였다. 이는 기 개발하여 운용중인 DSP적용 Motion JPEG 2000영상압축 장치(DSP JP2000)[3]보다 경량이고(기존장치 500g, 본 개발 장치 76g), 압축복원시 영상 지연시간(기존장치 230ms, 본 개발 장치 100ms)이 2배 이상 빠르다.

본 논문의 제 2장에서는 JPEG 2000 표준의 특성을 분석 및 소개하고, 제 3장에서는 본 개발에서 제안하는 영상압축장치의 하드웨어 구성 및 설계제안 방법을 기술하며, 제 4장에서는 본 개발에서 제안하는 소프트웨어 설계방법을 기술한다. 제 5장에서는 기존장치와 본 개발 장치의 성능평가를 통하여 실험결과를 분석하고, 마지막으로 결론을 제시한다.

II. JPEG 2000의 특징

JPEG 2000 표준은 새로운 기술의 장점을 취하고 많은 하이엔드(High-end)와 다양한 응용분야

에 중점을 두고 있다. 현재의 표준은 최고의 화질 또는 성능을 만들지 못하는 분야와 압축을 사용하지 않는 분야에 여러 가능성을 제공하고 있다. 그러나 JPEG 2000 표준에 명시된 요구사항을 만족시키는 대안으로서 JPEG 2000 표준화 그룹은 웨이블릿(Wavelet) 변환을 이용한 정지영상 압축방법을 채택하였다. 높은 압축률 성능의 JPEG 2000 표준은 낮은 비트율 (0.25bpp 이하)로 현재의 표준보다 우수한 성능을 제공하고 있다. 이러한 특징을 필요로 하는 응용분야로는 군사용 영상전송과 원격탐사 등이 있다. JPEG 2000 표준에서는 점진적인 디코딩 과정을 통해 손실 압축에서부터 무손실 압축까지 다양한 화질의 디코딩 영상을 제공한다. 고화질을 필요로 하는 의료영상, 디스플레이, 네트워크 응용 등은 무손실/손실 압축 기술의 적용분야로 볼 수 있다. 본 표준은 관심영역(Region of interest) 부호화, 랜덤 코드스트림 액세스(Random code stream access)와 처리, 비트 에러에 대한 견고함, 오픈 아키텍처(Open architecture), 콘텐츠 기반의 기술, 사이드 채널 공간 정보(Side channel spatial information), 영상보호, 연속톤과 2중 레벨의 압축 등 우수한 특징요소를 다양하게 지원하고 있다[4][5][6][7][8][9].

2.1 JPEG 2000의 기본 구조 블록

일반적인 JPEG 2000 인코더의 기본 구조 블록은 Fig. 1과 같다. JPEG 2000 인코더를 이루고 있는 구성요소는 전처리, DWT, 양자화, 산술부호화(Tier-1), 그리고 비트열 생성(Tier-2)등이 있다.

JPEG 2000의 입력 영상은 하나 또는 그 이상의 성분을 포함하고 있을 수 있다. 비록 일반적인 칼라 영상은 세 가지 성분(RGB 또는 YCbCr)을 가지고 있지만 멀티스펙트럼이나 다른 형식의 영상 성분들을 포함할 수 있다. 각 성분들의 샘플 값은 비트 Depth가 1부터 38비트인 정수로 부호가 있

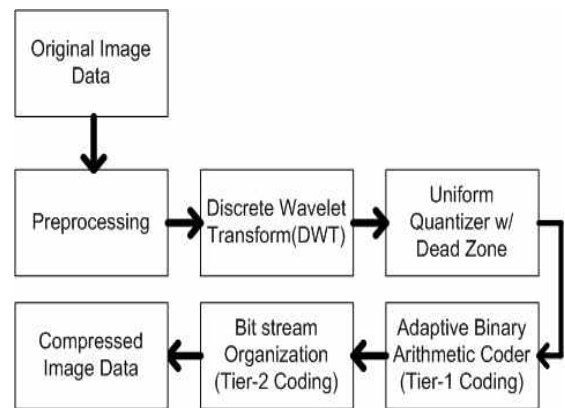


Fig. 1. Block diagram of JPEG 2000



Fig. 2. Comparison of VCS

을 수도 없을 수도 있다. 비트 Depth가 B인 샘플 값은 부호가 없는 경우 0부터 2B-1까지 값을 가질 수 있는 반면 부호가 있는 경우 -2B-1부터 2B-1-1까지의 값을 가질 수 있다. JPEG 2000에 들어가는 각 성분들은 다양한 비트 Depth, 해상도, 부호 유무를 가질 수 있으며 또한 다른 비트 Depth나 해상도 또는 부호 유무를 갖는 성분들이 하나의 JPEG 2000 스트림에 섞여 있을 수도 있다.

2.2 압축코덱 에러 강인성 비교

영상표준의 선택기준으로 보통 압축 성능이 가장 중요한 선택 기준이 되며 그 다음은 호환성이다. 대기 시간은 보통 세 번째 요소로 고려된다. ADV212는 HD 실시간 비디오 압축(720p, 1080i)을 단 1-2 프레임트랙으로 수행할 수 있다. 따라서 전송 오류에 대한 JPEG 2000의 안정성이 MPEG계열 보다 유리하므로 무선전송 또는 장거리유선 연결에 유용하다.

패키징, 전체 스트림을 압축 해제하지 않고도 스트림에서 이미지를 추출할 수 있는 능력, 무손실 압축 필요성 등 JPEG2000의 수많은 고유한 기능들 모두가 중요하다고 할 수 있다. 성능만을 고려한다면 JPEG 2000이 MPEG-2 I frame Only (임시 압축 없는)보다 우수하다고 단언할 수 있다. 전문가들은 결과가 20%에서 25% 좋은 것으로 평가한다. 그러나 임시 압축 포함 MPEG-2(또는 IPB 프레임)는 JPEG2000 보다 높은 압축률 및 그에 따른 낮은 데이터 속도로 유리하다. 또한, 에러-왜곡 정도를 시각적인 판단 방법으로 비교하였을 때에 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 Motion JPEG 2000이 압축방식 다른 압축방식에 비해 에러-왜곡도가 덜 함을 판단할 수 있다.

III. 영상부·복호화 시스템 하드웨어 설계

본 논문에서는 설계공간의 제한성 때문에 최소 구성품을 사용한 설계방법을 제안하였다. 일

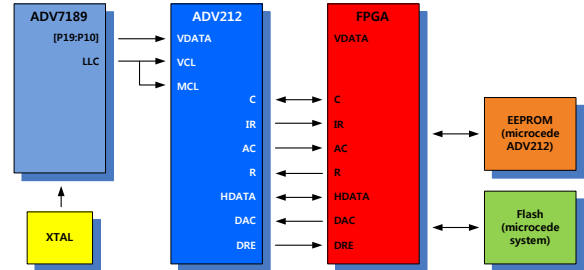


Fig. 3. Block diagram of video processing

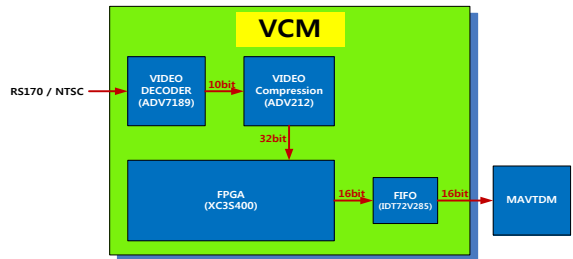


Fig. 4. Block diagram of VCM

반적으로 영상 프레임 데이터를 저장하기 위한 별도의 외부 메모리 없이, ADV212 프로세서와 FPGA를 기반으로 한 Fig. 3과 같은 비디오 처리 방식을 구성하였다. 이 방식을 사용함으로써, 영상압축시스템으로 입력되는 영상은 NTSC방식으로 하나의 ADV212 칩을 사용하여 시스템을 구성할 수 있었으며, 외부 메모리는 생략 되었다. ADV212는 13mm BGA 패키지에 캡슐화 되어 있으며 약750mW 가량의 전력을 소비한다. ADV212는 픽셀 포트 및 HOST 포트, 두 개의 양방향 버스를 제공하는데, 픽셀 포트는 압축되지 않은 비디오의 I/O를 처리하며, HOST 포트는 압축된 데이터의 전송을 처리하며 DMA 메커니즘을 통해 컨트롤 버스로서의 역할도 수행한다.

본 시스템의 영상압축처리 모듈(VCM, video compression module)의 하드웨어 구성은 Fig. 4와 같이 설계하였다. JPEG2000 영상부·복호화 IC인 ADV212와 비디오 디코더 ADV7189, Xilinx社의 FPGA인 SPARTAN3 XC3S400, 영상압축신호와 원격측정신호를 통합 처리하는 엔코더인 MAVTDM, 데이터 인터페이스를 위한 IDT社의 IDT72V285 FIFO를 사용하였다[10][11].

아날로그 NTSC 데이터는 비디오 디코더(ADV7189)에 입력되고, 비디오 디코더에서는 이 데이터를 10비트의 디지털 데이터로 변환하게 된다. 이 데이터는 영상 압축소자인 ADV212의 VDATA 버스로 입력되어 압축과정을 거친 후에 HDATA버스를 통해 FPGA로 출력된다. FPGA에서는 16비트 FIFO 인터페이스를 통해 압축된 영

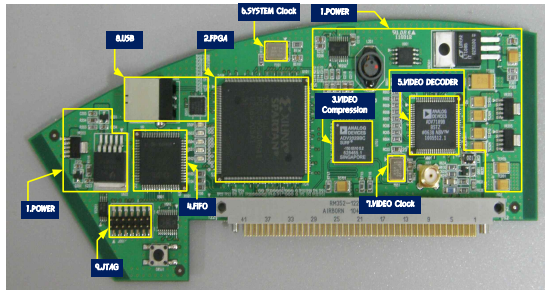


Fig. 5. Hardware of development VCM

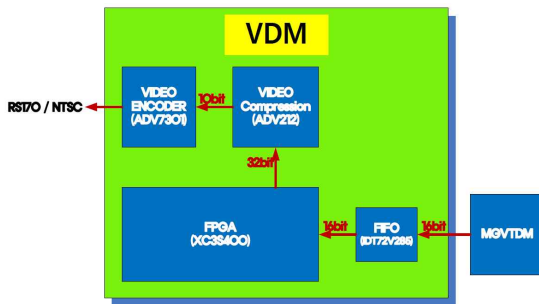


Fig. 6. Block diagram of VDM

상 데이터를 영상원격통합모듈(MAVTDM)으로 전달하며, MAVTDM은 압축된 영상 데이터와 원격측정 데이터를 통합처리 하여 무선RF신호로 지상으로 실시간 전송한다.

실시간으로 전송된 결과는 통합분리처리장치(MGVTDM)을 거쳐서 영상신호와 원격측정신호를 분리한 후 영상신호 복원처리모듈(VDM: video decompression module)에서 영상신호를 실시간으로 복원처리 한다. 복원처리모듈 하드웨어 구성은 Fig. 6과 같이 ADV212와 비디오 인코더 ADV7301, Xilinx 社의 FPGA인 SPARTAN3 XC3S400, MGVTDM과의 인터페이스를 위한 IDT 社의 IDT72V285 FIFO, 그리고 확장성을 고려하여 CYPRESS 社의 CY7C1061 SRAM으로 구성하였다.

3.1 하드웨어 구성품의 특성

전원은 +5V이며, 각 소요전원은 Regulator를 사용하여 생성한다. 운용 시 소비전류는 대략 800 ~ 850mA(+5V 기준) 이다. 아날로그 전원(A5V, A3V3, A1V8)은 A3V3만 Regulator를 이용하여 생성하였고, A5V와 A1V8은 Bead를 사용하여 P5V_E, P1V8과 분리하는 형태로 설계하였다. Table 1은 사용된 FPGA의 특성을 나타낸다.

ADV212는 ISO-IEC15444-1 영상 압축 표준인 JPEG 2000을 단일 칩으로 구현한 것으로 영상 및 이미지에 대한 압축/복원 기능을 수행하고, Fig. 7과 같은 구조를 가지며 메모리가 탑재된

Table 1. Specification of FPGA

Device	System Gates	Logic Cells	Distributed RAM Bits	Block RAM Bits	USER I/O
XC3S400	400K	8,064	56K	288K	141

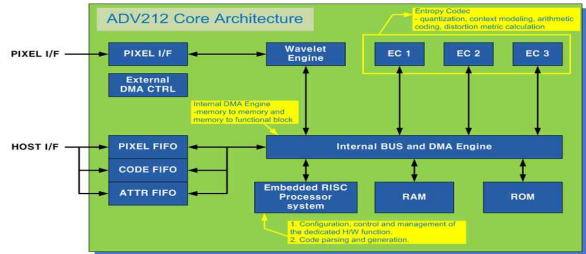


Fig. 7. ADV 212 core Architecture

CPU core 프로세서의 역할을 수행하는 핵심소자이다. ADV212는 JPEG 2000 코드스트림 생성을 비롯해 Rate control 등 압축이 진행되는 일련과정의 세부사항들을 조절할 수 있는 기능을 가진다.

FIFO(IDT72V285)는 MGVTDM과 인터페이스를 위해 사용되는데, 메모리 구성은 65,536×18이며, read/write cycle time은 10ns, 6.5ns의 access time을 갖는다. 이 시스템에서는 16비트 인터페이스로 구현되었다.

비디오 디코더(ADV7189)는 아날로그 영상을 디지털 데이터로 변환하는 역할을 담당한다. 출력 영상의 아날로그 잡음을 제거하기 위해 Anti-aliasing filter를 구성하였으며, 데이터 출력은 10비트로서 ADV212의 VDATA 버스와 인터페이스 한다.

VCM에서 사용되는 Clock은 50MHz와 27MHz이며, 50MHz는 FPGA 구동을 위한 시스템 Clock으로 사용되며, 27MHz는 비디오 소자(ADV212, ADV7189)들의 구동 및 인터페이스를 담당한다. 적용된 오실레이터는 SUNNY 社의 SCO-103이다. USB파트는 FPGA의 UART 통신용으로 구현하였다.

3.2 제안하는 하드웨어 설계방법

본 논문에서는 영상부·복호화 시스템 개발 시 식별한 하드웨어 부분의 문제를 총 3가지로 구분하였고 하드웨어 최적 설계를 통한 해결책을 제시하여 데이터 처리 속도 및 화질 향상을 달성하였다.

3.2.1 부품배치 최적화 설계기법

Figure 8과 같은 부품배치는 데이터 흐름을 고려치 않은 설계방법으로 배선이 복잡하다. 결론

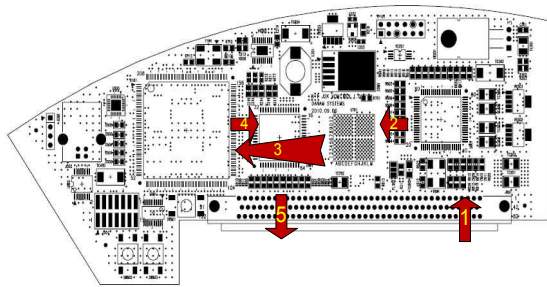


Fig. 8. Bad layout of the components

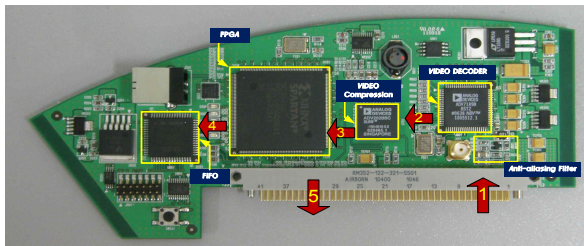


Fig. 9. Good layout of the components

적으로 Fig. 9와 같이 데이터 흐름을 고려한 부품 배치를 통하여 데이터 처리의 효율성을 제고하였다. 즉, 동일한 데이터 버스간의 배선길이의 차를 발생시켜 데이터간의 타이밍 조절에 영향을 줄 수 있다. 따라서 본 개발에서는 조금이라도 전송 처리에 영향을 주는 요소는 배제하여야 원하는 타이밍 내에 데이터 처리가 가능함을 실험적으로 확인하였다.

3.2.2 저항을 이용한 최적화 설계기법

Damping 저항이란 주파수가 높은 신호 라인에 직렬로 연결되는 저항을 의미하는 것으로, 잡음 제거 및 임피던스 매칭에 효율적으로 쓰일 수 있다. 데이터 라인의 주파수가 높아지면 임피던스 매칭(출력임피던스=라인임피던스=입력임피던스)이 쉽지 않게 된다. 정확한 임피던스 매칭이 이루어지지 않은 경우에는 입력단에서 반사파가 발생하고 그로 인해 신호가 왜곡되어 데이터 오류가 발생할 수 있다. 따라서 중요한 신호 라인에 대해서는 입력 파형이 가장 깨끗하게 들어올 수 있도록 저항 값을 설정할 수 있도록 하는 것이 좋다. Fig. 10은 실제 설계에서 Damping 저항의 중요성을 나타내 주는 한 예이다.

ADV7189-LLC의 27Mhz신호는 비디오디코더(ADV7189)와 비디오 압축소자(ADV212)의 데이터 인터페이스를 위한 VIDEO Clock 이다. VIDEO Clock 라인에 Damping 저항값이 33 Ohm 이하로 떨어질 때는 Fig. 11과 같이 복원된 영상데이터에 눈에 띄는 아날로그 노이즈가 발생

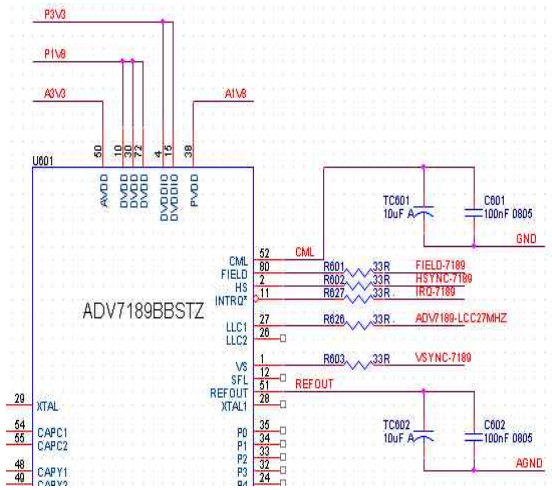


Fig. 10. Circuit diagram using resistors



Fig. 11. Noise in miss matching Impedance

한다. 따라서, 본 개발에서는 복원영상의 영상 잡음을 제거하기 위하여 33 Ohm 이상의 저항을 사용해야 함을 실험적으로 확인 하였다.

3.2.3 소자 간 배선길이 최적화 설계기법

ADV212를 이용한 비디오 압축시스템의 하드웨어 설계에서 가장 중요한 부분은 비디오 디코더와의 인터페이스이다. 비디오 디코더에서 출력되어 ADV212로 입력되는 모든 라인의 길이는 동일하게 맞추어야 한다. 라인 길이를 고려하지 않고 배선했을 때는 ADV212 자체가 동작을 하지 않음을 실험적으로 확인하였다. 다수의 설계 경험에서 나온 결과는 라인간의 길이 차이가 수 mm 이내여야만 한다. 라인길이가 수십mm 이상일 때는 원활한 압축 동작의 수행을 나타내는 Interrupt request 신호가 ADV212에서 나오지 않는다. 이로써, ADV212는 비디오 디코더로부터 제대로 된 데이터가 들어오지 않는다고 판단하여 계속적으로 대기하고 있는 현상을 나타낸다. 그렇기 때문에 비디오디코더와 ADV212 간의 데이터 배선 길이가 Fig. 12와 같이 최소화 될 수 있는 디바이스 배치도가 중요한 설계기술이다. 두 디바이스는 가깝게 배치해야 하며 가장 긴 라인

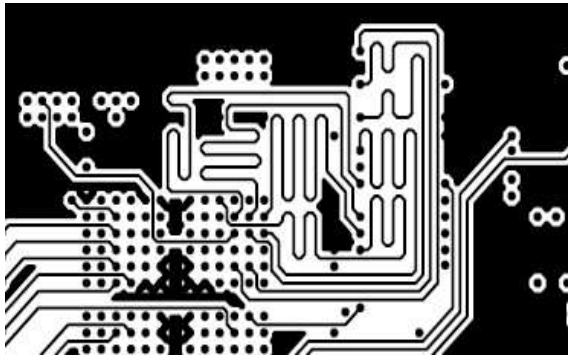


Fig. 12. Optimal pattern lines

Table 2. Length of the pattern lines

신호명	배선 길이(mm)
FIELD-7189	31.63
HSYNC-7189	31.64
VSYSNC-7189	31.63
7189-LLC27MHz	31.67
7189-P0~P9	31.77~31.19

길이를 기준으로 라인들의 길이를 Table 2와 같이 동일하게 맞추는 설계가 이뤄져야 한다. 길이를 맞춰야 하는 신호라인은 동기신호(HSYNC, VSYSNC, FIELD), VCLK (ADV7189-LLC27MHz)와 VDATA (7189- P0~7189-P9) 라인이다.

IV. 영상압축시스템 소프트웨어 설계

영상압축모듈의 FPGA프로그램은 각 단계별로 중요한 상태들을 확인하는 단계를 거치게 되어 있고, 주기적으로 주요부분에 대한 상태를 점검하게 되어있는 구조이다. 이렇게 각 단계별로 상태를 확인하는 프로그램 구조를 갖게 된 이유는, 잡음과 같은 비정상 입력 영상신호로 인하여 수직동기신호에 잡음이 발생하는 경우가 종종 있기 때문이다.

이러한 잡음이 발생할 경우, ADV212에서는 아날로그 영상입력신호가 존재함에도 불구하고, 인식하지 못해 Interrupt request 신호를 내보내지 않으므로, 결과적으로 영상복원이 안 되는 문제점이 간헐적으로 발생한다. 따라서 ADV7189에서는 정상적으로 영상을 디코딩하지 못하기 때문에 ADV212에서도 정상적인 압축수행을 못하게 되는 현상이 발생되고 결국 영상압축모듈이 Idle상태에 빠지게 되며, 순간의 영상 데이터 확보가 필수적인 군용 항공 플랫폼에서 심각한 문제가 된다.

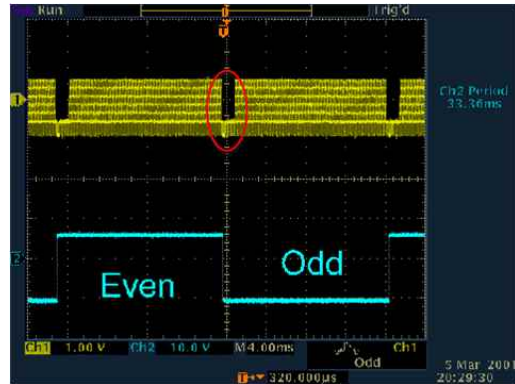


Fig. 13. Vertical Sync. signal noise

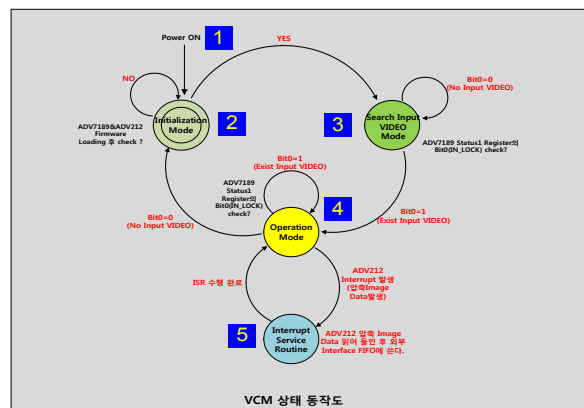


Fig. 14. Program status diagram

본 논문의 영상부·복호화시스템에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 FPGA 프로그램에 소프트웨어 적인 구성을 통한 해결방안을 고안하였고, 이는 앞에서 기술한 주기적으로 주요부분에 대한 상태를 점검하는 방법이다.

점검하는 주요 부분은 시스템 초기화 부분, 영상입력상태 확인 부분, ADV212 동작상태 확인 부분이다. 주기적으로 주요부분에 대한 상태를 점검하는 방법은 크게 다섯 부분으로 나뉘며 Fig. 14와 같다. 첫째는 Power On 부분, 둘째는 Initialization mode 부분, 셋째는 Search input VIDEO mode 부분, 넷째는 Operation mode 부분, 다섯째는 Interrupt service routine 부분이다.

첫째로 Power On 부분에서는 강제적으로 영상압축장치의 전원을 reset하는 역할을 한다.

둘째로 Initialization Mode 부분에서는 ADV7189와 ADV212의 펌웨어 로딩 여부를 확인하는 단계, 펌웨어의 초기화가 확인되지 않을 경우에는 Initialize mode에서 대기하는 단계를 포함한다.

셋째로 Search input VIDEO mode 부분에서는 펌웨어의 로딩이 확인되면 비디오 신호의 입

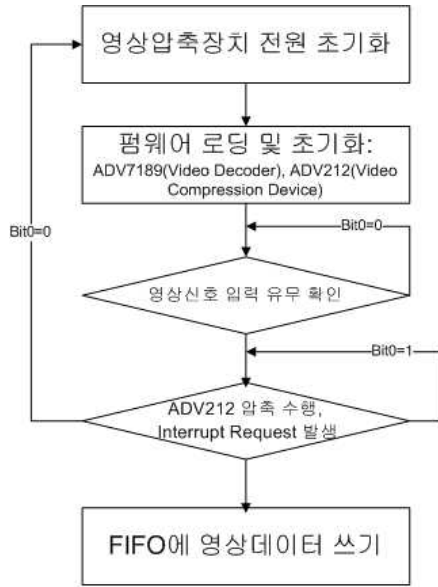


Fig. 15. Flow chart

력을 확인하는 단계, ADV7189의 Status1 register의 Bit0(IN_LOCK) 상태를 확인하는 단계, Bit0=0 이면 영상이 입력되지 않는 상태로 영상이 입력될 때 까지 대기하는 단계, Bit0=1 이면 영상 신호가 정상적으로 입력되고 있는 상태로 Operation mode로 이동하는 단계를 포함한다. 이때 영상 신호의 인식은 입력되는 영상의 수직동기(Vertical synchronization) 정보로 판단한다.

넷째로 Operation mode 부분에서는 ADV212가 영상압축 과정을 수행하고 FPGA에 Interrupt request 신호와 압축된 데이터를 전달하는 단계, 주기적으로 Status1 Register Bit0의 상태가 1인지 확인단계, Bit0의 상태가 0이면 다시 Initialization mode로 이동하여 POWER ON Reset과 동일한 과정을 수행하는 단계를 포함한다.

다섯째로 Interrupt service routine 부분에서는 Interrupt request 신호가 들어올 때 마다 FPGA에서는 원격측정장치 엔코더와의 인터페이스를 위한 FIFO(IDT72V285)에 영상데이터를 쓰는 과정을 반복 수행하는 단계를 포함한다. Fig. 15는 상태점검 순서도이다. 결론적으로 소프트웨어 구성을 통한 해결방안은 수직동기 이상으로 비정상적인 영상입력이 들어오는 경우에도 영상압축시스템을 안정적으로 운용할 수 있다.

V. 실험결과

실험결과 분석을 위한 실험구성은 Fig. 16과 같으며 실험방법은 다음과 같다.



Fig. 16. Block diagram of experiment



Fig. 17. Measurement of delay time

- ① 전송하고자 하는 입력영상은 프레임 구분을 위해 각 프레임마다 프레임카운트를 추가한 영상이다.
- ② 각각의 원격측정장치에서 전송된 압축영상을 점검 장비(영상복원모듈이 장착된 장치)에서 복원한다.
- ③ 입력 영상을 보여주는 레코더와 출력영상을 보여주는 레코더를 동시에 촬영하여 프레임카운트 차이를 통해 지연시간을 측정한다. 최종적으로
- ④ 프레임카운트를 통해 같은 프레임을 찾고 입력-복원 영상의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 계산한다. Fig. 16은 영상부-복호화 시의 지연시간측정을 위하여 입력 및 출력 영상을 동시에 촬영하는 장면을 보여준다.

NTSC영상은 FPS(Frame Per Sec)가 30이므로 식 (1)에 의해 지연시간을 계산 할 수 있다.

$$\frac{\text{차이}}{30} * 1000 \quad (\text{msec}) \quad (1)$$

본 개발 장치와 기존장치(DSP JP2000)로 영상 지연시간을 측정하기 위하여 총 4장씩 입출력 영상의 프레임 차이를 구했고, 지연시간을 Table 3, Table 4에 정리하였다. 결과에서 알 수 있듯이, 본 개발 장치의 지연시간은 대략 100ms, 기존장치의 지연시간은 대략 200ms 정도가 되었고, 이로써 본 개발 장치의 성능이 2배정도 뛰어난을 확인하였다.

입력영상 및 각 장치별 복원영상에서 영상 프레임카운트를 통해 같은 프레임을 캡처하여, 식 (2)에 의해 MSE를 계산하고, 식 (3)에 의해 PSNR을 계산한다. Table 5는 본 개발 장치와 기존 개발 장치의 PSNR 비교표이다. 실험결과에서 알

Table 3. Delay time of ADV 212 development

	입력영상 프레임 카운트	출력영상 프레임 카운트	차 이	지연 시간 (msec)
1	4135	4132	3	100
2	4142	4139	3	100
3	3931	3928	3	100
4	4402	4399	3	100



Fig. 18. Input video signal (816 frame)

Table 4. Delay time of DSP JP2000 development

	입력영상 프레임 카운트	출력영상 프레임 카운트	차 이	지연 시간 (msec)
1	1673	1667	6	200
2	1700	1693	7	233
3	1953	1947	6	200
4	2056	2050	6	200



Fig. 19. Reconstructed video signal of ADV 212 development (816 frame)

Table 5. PSNR of ADV212 and DSP JP2000

	영상 프레임 카운트	복원영상 (본 개발) PSNR (dB)	복원영상 (DSP JP2000) PSNR (dB)
1	28	21.520	19.387
2	816	24.622	20.682
3	1813	23.615	20.749
4	2902	20.431	17.466

Figure 17, Fig. 18는 입력 원 영상, 본 개발 장치의 복원영상을 나타낸다.

VI. 결 론

본 논문의 영상부·복호화 시스템은 ADV212와 FPGA를 구성하여 하드웨어 및 최적 데이터 처리 설계기법을 적용하였다. 본 장치는 기존의 DSP JP2000 장치보다 경량으로 구현 하였으며, 실시간 처리 지연시간은 100ms 정도로 기존의 장치보다 2배 ~ 3배 이상 빠름을 실험결과에서 알 수 있었다. 복원된 영상화질에서도 평균 22.547dB의 PSNR 결과가 나왔고, 이는 기존 장비보다 3dB 정도 화질 개선된 결과이다. 이러한 형태의 영상전송장치는 지속적으로 군사 및 우주 분야에 적용가능 하리라 사료된다.

Table 6. EMI/ Environmental test result

규격	결과
진동(MIL-STD-810G, Method 514.6)	Pass
충격(MIL-STD-810G, Method 516.6)	Pass
온도(MIL-STD-810G, Method 501.4)	Pass
EMI(MIL-STD-461F, CE/CS/RE/RS)	Pass

Reference

- 1) MIL_STD_810G, "Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests," 500.5 ~ 516.6, Oct., 2008.
- 2) MIL_STD_461F, "Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment," Dec., 2007.

수 있듯이 본 개발을 통해 대략적으로 3dB정도 화질 개선이 되었으므로 확인할 수 있었다. 여기서 I_r, I_g, I_b 는 원영상의 R, G, B 값이며, O_r, O_g, O_b 는 복원영상의 R, G, B 값이다. height 는 영상의 높이, width는 영상의 폭이다.

$$mse = \frac{\sum(I_r - O_r)^2 + \sum(I_g - O_g)^2 + \sum(I_b - O_b)^2}{3(\text{height} \times \text{width})} \quad (2)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255 * 255}{mse} \right) \quad (3)$$

- 3) Jae Taeg Yu, Myung han Hyun, Ju hun Nam, "A Co-design method for JPEG2000 Video Compression System In Telemetry using DSP and FPGA," Journal of KSASS, Vol.39-9, 2011, pp896~903
- 4) Qu Yu, Song Zuxun, "UAV Image Compression System Based on M-JPEG2000," Proceedings of the IEEE International Conference on ICICEE, Xi'an, Aug., 2012, pp. 1074~1077
- 5) M.D. Adams and F. Kossentini, "JasPer: A Software-based JPEG-2000 Codec Implementation," Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing, Vancouver, CA, Sep., 2000.
- 6) M. D. Adams, H. Man, F. Kossentini, and T. Ebrahimi, "JPEG2000: the Next Generation Still Image Compression Standard," ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1734, June, 2000.
- 7) M. Rabbani and R. Joshi, "An Overview of the JPEG2000 Still Image Compression Standard," Signal Processing: Image Communication, vol. 17, no. 1, pp. 3-48, Jan., 2002.
- 8) D. S. Taubman and M. W. Marcellin, "JPEG2000: Image Compression Fundamentals, Standards and Practice," Kluwer Academic Publishers, 2002.
- 9) T. Acharya, P. S. Tsai, "JPEG2000 Standard for Image Compression," John Wiley & Sons, Inc., 2005
- 10) Analog Devices, "ADV212 JPEG2000 Video Processor User's Guide," 2007
- 11) Analog Devices, "How to Use the ADV212 Application note," 2007