

칼럼

8K UHD 및 4K S3D(Stereoscopic 3D) 콘텐츠의 획득/저장/인제스트 및 전송용 비디오 서버 기술

Video Server Technology for Capturing, Ingesting, Editing and Transmitting 8K and S3D 4K UHD Contents



김 제 우
전자부품연구원



신 화 선
전자부품연구원



장 성 준
전자부품연구원



이 상 설
전자부품연구원



강 주 형
전자부품연구원

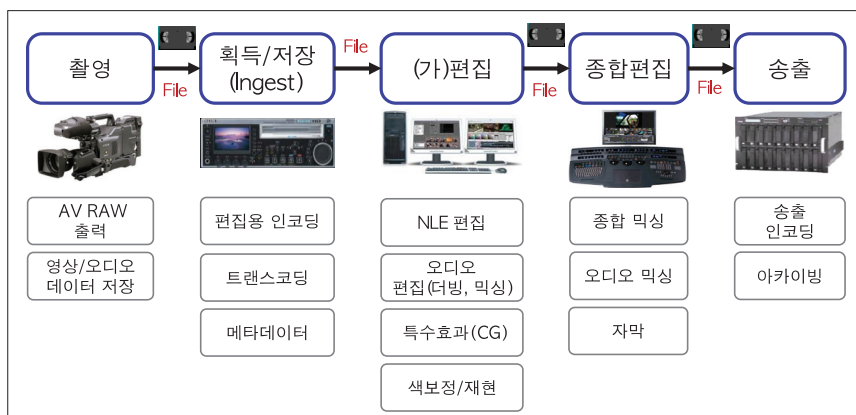


최 병 호
전자부품연구원

1. 서론

최근 방송 산업은 HDTV 이후의 방송 서비스로 UHDTV 방송 서비스를 우선적으로 고려하면서 관련 기술 및 서비스 개발에 집중하고 있다. HDTV에 익숙해진 시청자에게 몰입감 및 현장감을 극대화하는 초고화질 및 초고해상도를 지원하는 UHDTV 방송

※ 이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원(10043450, 8K UHD 및 4K S3D 콘텐츠의 획득/저장/Ingest 및 전송용 비디오 서버 기술 개발)과 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (B0126-15-1027, UHD 방송용 통합 콘텐츠 제작 서버 기술 개발)



〈그림 1〉 UHD 콘텐츠 제작 워크플로우 (예, 방송 프로그램)

서비스는 HDTV에 비해 4배(3840x2160)에서 16배 이상(7680x4320) 선명한 초고화질 해상도의 비디오와 10채널 이상의 다채널 오디오로 극장급의 초고품질 서비스를 제공하여 소비자의 고품질 욕구를 만족시킬 수 있는 차세대 방송 서비스로, 일본을 비롯한 선진국에서 관련 기술의 표준화 및 서비스 개발을 주도하고 있으며, 대한민국에서도 매체별 방송 표준화 및 기술 개발을 진행 중이다[1].

대한민국은 2013년부터 지상파, 케이블, 위성 매체별로 4K UHD TV 실험방송을 진행하여, 케이블과 위성에서는 4K UHD TV 방송 상용서비스를 하고 있다. 하지만 아직 UHD TV 방송 서비스는 시작 단계에 있으며, UHD 콘텐츠의 촬영, 편집 등 UHD 콘텐츠 제작 환경은 기존 HD 콘텐츠에 비해 많은 데이터량으로 인해 시간이 오래 걸리고 높은 비용이 요구되어 범용화를 위해서는 관련 기술의 개발이 필요하다.

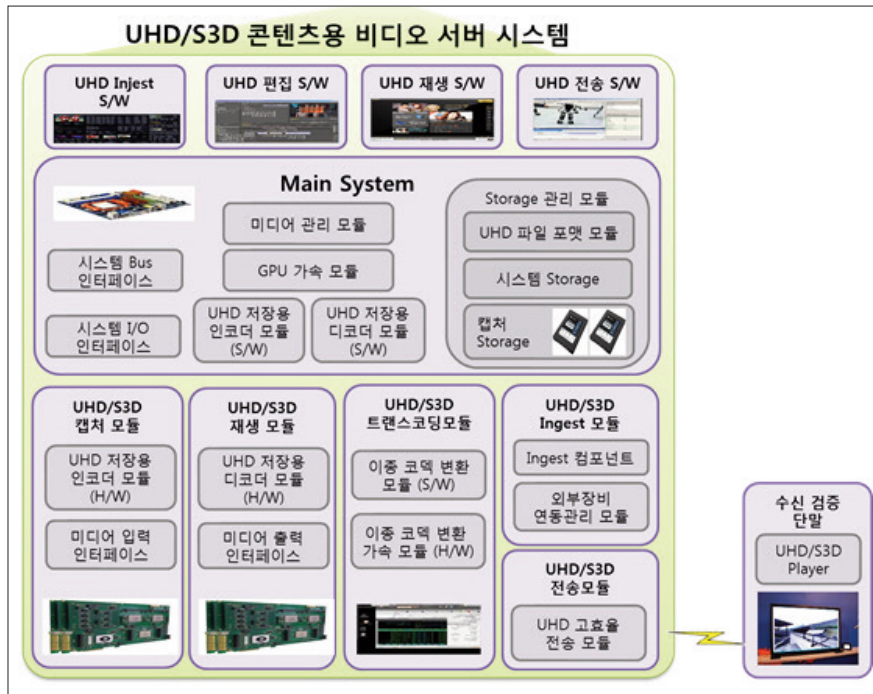
UHD TV 방송 서비스는 <그림 1>에 보인 것과 같이 기존 HDTV 방송 서비스와 거의 동일한 제작 워크플로우를 갖는다. 즉, 기존 FHD급(1920x1080) 콘텐츠 대신 UHD 콘텐츠를 카메라를 통해서 촬영하고, 촬영된 영상을 인제스트 장비를 통해서 저장(인제스트)하고, 이를 방송프로그램으로 편집한 후 방송국 주조정실에서 송출하는 단계를 거쳐, 시청자들은 방송 프로그램을 시청하게 된다[2]. 제작 워크플로우에서 UHD 콘텐츠 저장 및 Ingest는 워크플로우 맨 앞에 위치하면서 모든 촬영된 영상과 데이터를 디지털화 및 원하는 형태로 가공하여 저장하는 과정으로, 원활한 콘텐츠 제작을 위해서는 우선적으로 갖추어져야 할 장비이고, 뿐만 아니라 녹화된 콘텐츠를 방송 프로그램으로 편집하는 편집 장비, 그리고 인제스팅할 때 또는 편집된 프로그램을 최종 출력(export)하기 위한 포맷 트랜스코딩 장비 등이 UHD 방송 제작을 위해서는 우선적으로 필요하다.

본 고에서는 국책과제로서 수행된 최대 8K UHD 콘텐츠를 실시간으로 입력받아 스튜디오 편집용 코덱으로 압축하여 인제스트 및 저장하고, 이를 상용 편집 톨과 연동하여 UHD 콘텐츠를 제작하기 위한 비디오 서버 시스템의 설계 및 구현에 대해 기술한다. 먼저 과제에서 개발된 8K UHD 콘텐츠용 비디오 서버 시스템의 설계와 구현 방법에 대해 기술하고, 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 본 론

1. 8K UHD 콘텐츠의 인제스트/편집 및 전송용 비디오 서버 설계

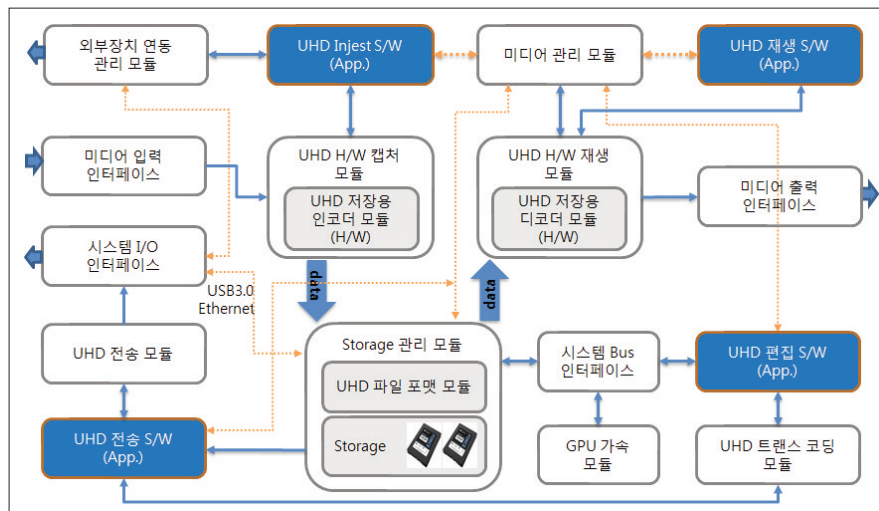
본 고의 8K UHD 콘텐츠의 인제스트/편집 및 전송용 비디오 서버 시스템은 미래창조과학부와 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송연구개발사업의 일환으로 2012년부터 3년 간 수행된 과제로서, 최대 8K(7680x4320) 해상도와 스테레오 3D 4K(3840x2160) 해상도를 지원하는 UHD급 영상과 다채널 오디오 데이터를 실시간으로 획득·저장·인제스트하고, 편집된 UHD급 콘텐츠를 사용자에게 배포하기 위한 트랜스코딩 및 전송 기능을 지원하는 UHD/S3D 콘텐츠용 비디오 서버 기술의 개발을 목



〈그림 2〉 UHD 콘텐츠용 인제스트/편집 및 전송용 비디오 서버 시스템 구성도

표로 하였다.

개발 목표인 비디오 서버 시스템은 ‘UHD 획득 및 인제스트’, ‘UHD 편집’, ‘UHD 스토리지 관리’, ‘UHD 재생’, ‘UHD 전송’ 등 5가지 기능 및 시스템 요구사항을 도출하였다. UHD 획득 및 인제스트 기능은 UHD 카메라, 3D 카메라, UHD-VCR 등으로



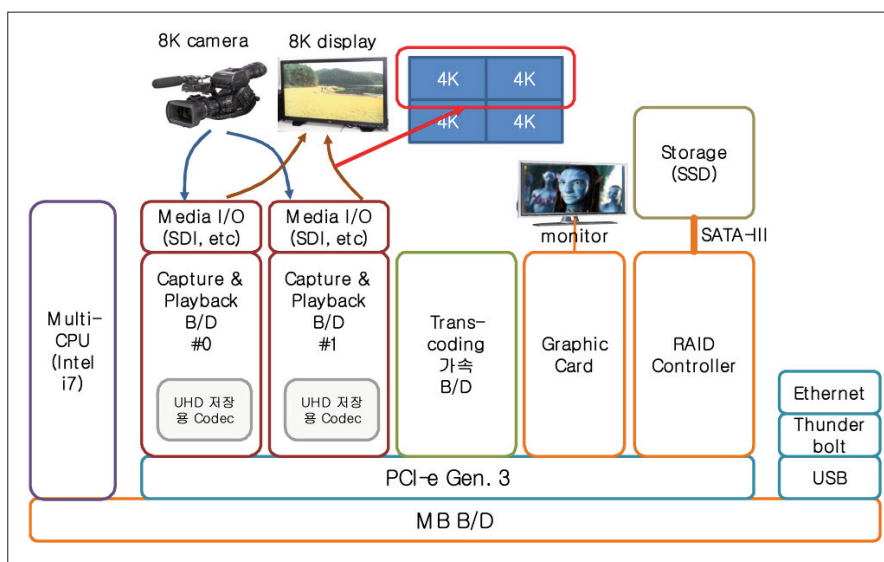
〈그림 3〉 UHD 콘텐츠용 인제스트/편집 및 전송용 비디오 서버 시스템 컴포넌트 구성 및 흐름도

부터 비디오/오디오를 획득하고, 획득된 콘텐츠의 Metadata를 부가하여 등록 및 관리하는 기능으로, 획득/인제스트 중인 파일은 다른 모듈이 접근하지 않으며, 기능적 요구사항으로는 실시간 캡처, 획득/저장된 파일의 재생 기능, Time Code 및 별도 정의된 Metadata 삽입 기능, 외부장비 연동 기능, 파일의 복사/이동 기능 등이 포함된다. UHD 편집 기능은 인제스트된 콘텐츠를 편집하는 기능으로서 Proxy 편집 NLE 기능, Craft 편집 NLE기능과 타임라인 편집 기능, 비디오 트랜스코딩과 같은 미디어 변환 기능으로 구성되며, 편집 기능은 상용 편집 S/W를 기반으로 한다. UHD 스토리지 관리 기능은 비디오 서버 시스템 내 로컬 스토리지에 보관된 콘텐츠를 관리하고 시스템의 고유파일 포맷을 인지하고 다루는 기능으로, UHD 콘텐츠의 실시간 저장 및 재생이 가능하여야 하고, 시스템 고유포맷을 가지는 파일의 생성/열기/닫기/삭제 등의 관리 기능을 제공한다. UHD 재생 기능은 콘텐츠를 VTR처럼 외부 디스플레이 장치에 유연하게 재생하는 기능으로, 로컬 미디어 파일만을 대상으로 한다. UHD 전송 기능은 MPEG-2 TS 또는 MMT 3 와 같이 전송 스트림을 외부 송출 장비로 전송하는 기능으로, IP 환경에서 미디어 전송 스트림의 송수신 기능을 지원한다.

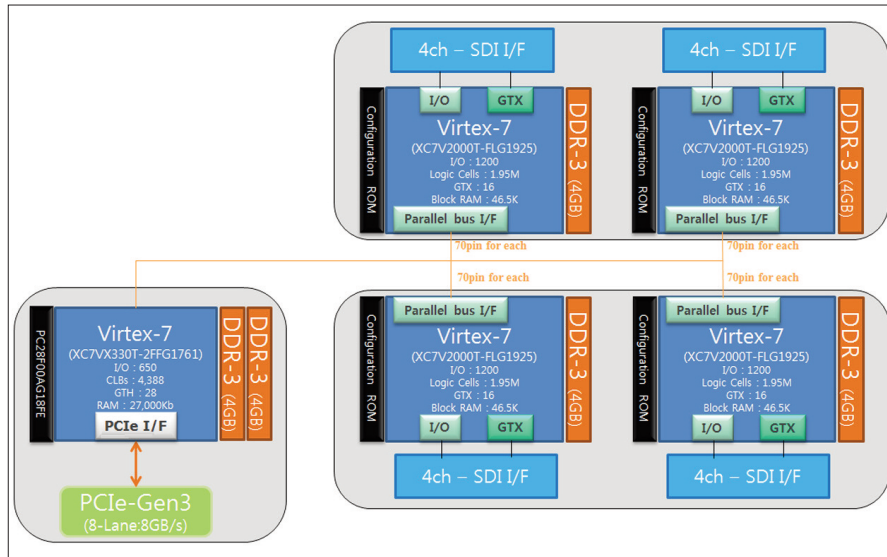
도출된 요구사항을 만족하기 위해 비디오 서버 시스템은 <그림 2>에 보이는 것과 같이 하드웨어 모듈인 ‘UHD 캡처 모듈’, ‘UHD 재생 모듈’을 중심으로 인제스트 모듈, 트랜스코딩 모듈, 전송 모듈, 그리고 스토리지 관리 모듈 등의 기능 컴포넌트들과 사용자가 접근할 수 있는 인제스트 S/W, 편집 S/W, 재생 S/W 그리고 전송 S/W 등으로 구성된다.

각 핵심 컴포넌트들 간의 동작 및 구성은 <그림 3>에 보이고 있다. 즉, 인제스트 S/W, 재생 S/W 등 애플리케이션 S/W는 독립적인 애플리케이션으로 인제스트, 편집, 재생, 전송 등 기능을 수행하는 핵심 컴포넌트들의 동작, 제어, 관리를 통해서 기능을 수행하도록 설계하였다. 예를 들어, UHD 재생을 위해서 제어 흐름은 UHD 재생 S/W → 미디어 관리 모듈 → Storage 관리 모듈로 제어를 하고, 데이터는 Storage 관리 모듈 (물리적 Storage) → UHD 저장용 디코더 모듈 → 미디어 관리 모듈 → UHD 재생 S/W 로 데이터를 보내 디스플레이한다.

<그림 4>는 UHD 콘텐츠용 인제스트/편집 및 전송용 비디오 서버 시스템의 하드웨어 구성도를 보인 것이다. 비디오 서버 시스템의 전체 구성은 워크스테이션 기반의 서버 형태로, 메인 CPU와 메인 보드를 중심으로 PCI-e Gen. 3 Bus[4] 인터페이스를 각 하드웨어 모듈 간의 인터페이스로 적용하였다. 8K UHD 콘텐츠를 획득/저장하기 위해서 두 개의 UHD 저장/재생 HW B/D, 트랜스코딩 및 디스플레이 가속을 위한 GPU B/D, 그리고 대용량 UHD 콘텐츠의 reading/writing을 지원하기 위한 RAID로 구성된 저장 매체 등으로 서버 시스템은 구성되고, 핵심 기능 컴포넌트를 하드웨어 또는 소프트웨어 형태로 탑재하도록 설계하였다.



<그림 4> UHD 콘텐츠용 인제스트/편집 및 전송용 비디오 서버 시스템 하드웨어 구성도



〈그림 5〉 UHD 저장/재생 HW 모듈 블록도

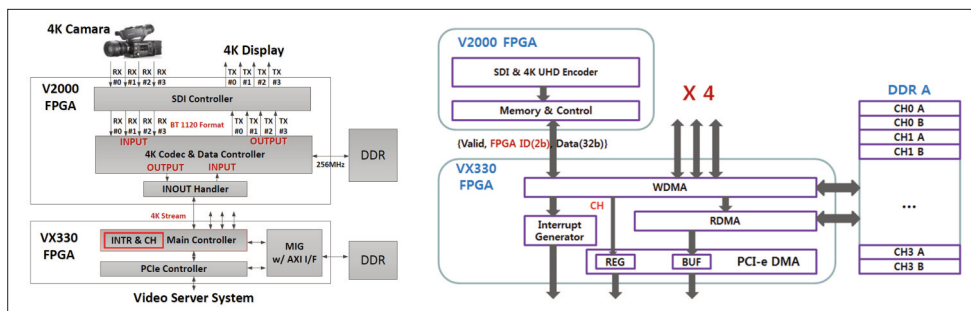
설계된 비디오 서버 시스템에서 8K@60p UHD 콘텐츠를 실시간으로 인제스트(획득/저장)하고, 재생하는 핵심 기능은 두 개의 UHD 저장/재생 HW B/D를 통해서 실현되는데, 이 보드는 전송한 UHD H/W 캡처 모듈과 UHD H/W 재생 모듈에 해당한다. 각각의 HW B/D는 4K S3D(Stereoscopic 3D, 7680 x 2160) 콘텐츠를 획득/저장, 그리고 재생이 가능하도록 입출력 신호 인터페이스, 편집용 코덱, 데이터 제어 모듈 등을 설계하였다. 획득된 8K UHD 콘텐츠는 무압축 저장 대신 스튜디오용 편집 코덱인 AVC-Intra[5][6] 및 HEVC Intra only 코덱[7]을 적용하여 압축 저장 및 복원 재생된다. 현재까지 UHD 신호 인터페이스는 하나의 물리적인 인터페이스가 상용화되지 않아 HDTV 방송장비에서 널리 사용되고 있는 (3G-)SDI 인터페이스[8]를 다중으로 사용하여 UHD 콘텐츠의 입출력 신호 인터페이스로 적용하였다.

3. 8K UHD 콘텐츠의 인제스트/편집 및 전송용 비디오 서버 구현

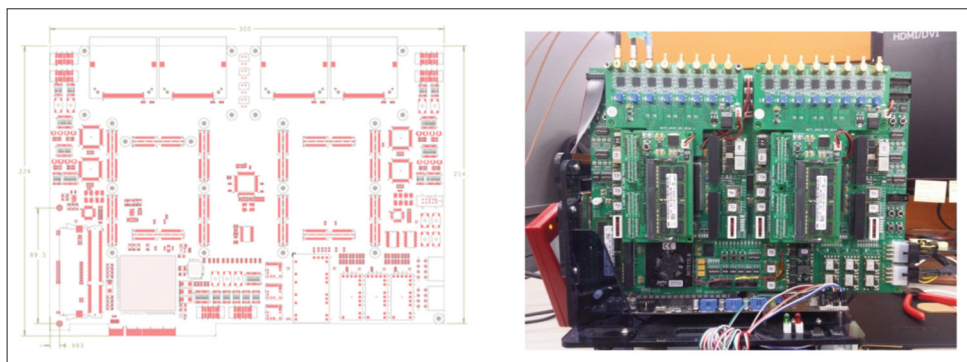
8K UHD 콘텐츠의 인제스트/편집 및 전송용 비디오 서버는 ‘UHD 저장/재생 HW 모듈’, ‘편집용 코덱 HW IP’, ‘UHD 인제스트 S/W 모듈’, ‘UHD 콘텐츠 저장 포맷 및 편집 S/W 모듈’, ‘UHD 트랜스코딩 모듈’, 그리고 ‘대용량 미디어 전송 모듈’ 등 6개의 핵심 기능 블록으로 분류하여 개발하였고, 개발된 모듈들을 통합하여 비디오 서버 시스템을 구현하였다. 각 핵심 모듈은 전자부품연구원, (주)칩스앤미디어, (주)문화방송, (주)픽스트리, 그리고 한국전자통신연구원 등이 참여하여 개발하였고, 전자부품연구원에서 8K UHD 콘텐츠용 비디오 서버 시스템을 통합하여 개발하였다.

UHD 저장/재생 HW 모듈은 (주)칩스앤미디어에서 개발한 편집용 코덱 HW IP를 탑재하여 UHD 콘텐츠를 실시간으로 획득하고, 획득된 콘텐츠를 편집용 인코더로 압축한 후 서버의 저장 매체에 실시간으로 저장하고, 서버에 저장된 UHD 콘텐츠를 편집용 디코더로 복원한 후 UHD 디스플레이로 UHD 콘텐츠를 실시간 재생하는 핵심 모듈이다. 개발된 UHD 저장/재생 HW 모듈은 <그림 5>에 보이는 것과 같이 SDI 기반 UHD 신호 입출력 인터페이스, PCIe 인터페이스를 위한 VX330 FPGA, 편집용 코덱 HW IP를 탑재하기 위한 V2000 FPGA들, 그리고 데이터 전송/저장을 위한 DDR-3 인터페이스 등으로 구성된다. 그리고 FPGA간 통신은 70비트 parallel 버스를 자체적으로 설계하여 적용하였다.

UHD 신호 입출력 인터페이스는 V2000 FPGA 모듈과 직접 연결되도록 daughter B/D 형태로 제작하였으며, 4K UHD 콘텐츠가 4K@60p raw 데이터 형태로 입출력하도록 입력 전용포트 4개 및 출력 전용포트 4개로 구성된 8개의 3G-SDI 인터페이스를 구현하였다. PCI-e 인터페이스는 Gen-3 8-lane으로 구현하였다. PCI-e 인터페이스는 VX330 FPGA의 핀으로 바로 연



〈그림 6〉 UHD 저장/재생 HW 모듈의 구성도 (좌: 기능 IP 블록도, 우: 데이터 흐름도(저장))



〈그림 7〉 UHD 콘텐츠 저장/재생 H/W 모듈의 설계도 및 제작된 모습

결되며, 통신을 위한 레퍼런스 클록은 125Mhz 오실레이터를 사용하고, PCI-e와 연결되는 FPGA 핀은 고속 데이터 전송을 위한 GTX핀을 사용한다.

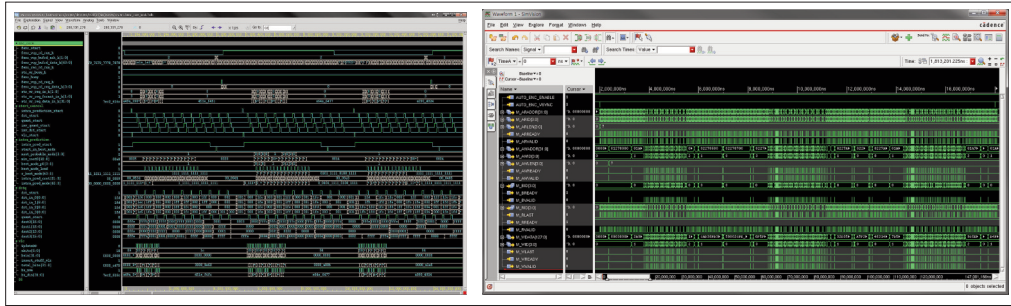
편집용 코덱 HW IP는 개별 V2000 FPGA 내에 4K AVC-Intra 인코더 또는 디코더, 그리고 FHD HEVC intra only 코덱이 탑재된다. 즉, 개별 UHD 저장/재생 HW 모듈은 AVC-Intra 기반 8K UHD 압축 저장, AVC-Intra 기반 8K UHD 복원 재생, 그리고 HEVC 기반 4K 압축 저장 및 복원 재생의 기능을 제공한다.

<그림 6>의 좌측은 각 FPGA 내의 기능 블록 IP들의 구성을 보인 것으로, 각 V2000 FPGA에는 SDI 컨트롤러와 4K 편집용 코덱 및 코덱 컨트롤러, 그리고 DDR 컨트롤러가 탑재되고, VX330 FPGA에는 메인 컨트롤러, 버스 인터페이스, DDR 컨트롤러, 그리고 PCI-e 컨트롤러 등이 탑재된다.

메인 컨트롤러의 주 기능은 콘텐츠 스트림의 흐름을 전송 제어하는 것으로, 예를 들어 <그림 6>의 우측에 보이는 것과 같이 V2000 FPGA에서 압축된 스트림은 메인 컨트롤러의 WDMA를 통해서 DDR A로 더블 버퍼링되고, 서버에서 SW 인터럽트 신호에 의해서 메인 컨트롤러는 RDMA를 통해 DDR A의 스트림을 라운드로빈 방식으로 읽어 PCI DMA를 통해 UHD 콘텐츠 스트림을 서버의 저장 매체로 전송한다.

<그림 7>은 구현된 UHD 저장/재생 H/W 모듈의 설계 아트웍과 실제 제작된 모듈 모습을 보인것이다. 실제 제작된 H/W 모듈은 VX300 FPGA를 내장한 Base B/D와 V2000 FPGA를 개별적으로 탑재한 4개의 모듈 B/D, 그리고 SDI 인터페이스 보드로 구성되어 구현하였다. 제작된 H/W 모듈은 저장용 코덱을 적용한 모듈 B/D와 SDI 신호 인터페이스 보드로 인하여 6U 정도의 높이를 갖고 있어, 서버 시스템은 9U Rack 형태로 개발하였다.

일반적으로 카메라로 촬영된 콘텐츠를 방송 프로그램으로 제작하기 위해서 콘텐츠를 인제스트할 때 편집용 코덱을 사용한다[9]. 편집용 코덱은 방송, 영화 등에서 raw 데이터를 그대로 저장하기에는 데이터 용량이 크기 때문에 저장 효율을 높이고 편집이 용이



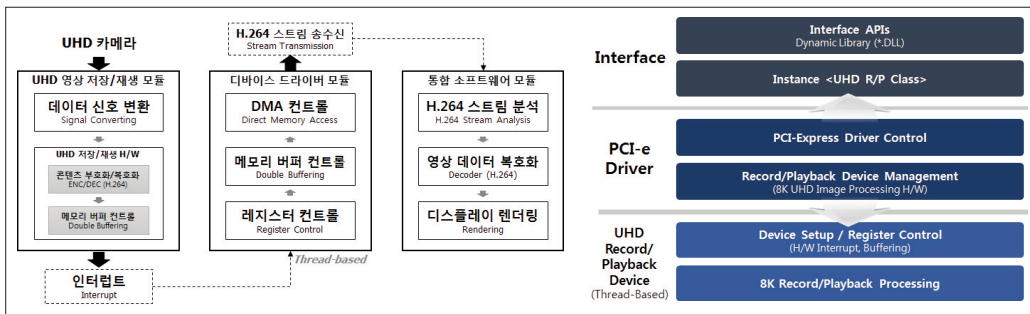
〈그림 8〉 UHD 콘텐츠 편집용 코덱 시뮬레이션 검증 모습 (좌 : AVC-Intra, 우 : HEVC intra only 코덱)

하도록 한 프레임마다 random access가 가능하고 시각적으로 무손실로 압축하는 코덱을 의미하고, UHD 영상의 경우, 대부분 H.264 기술에 기반한 XAVC, AVC-Intra, Apple ProRes[10] 등이 사용되고 있다. 본 과제에서는 ㈜칩스앤미디어에서 AVC-Intra 코덱과 더불어 차세대 압축 기술인 HEVC 기술 중에서 편집용 코덱에 적합한 intra only coding tool을 적용한 편집용 코덱을 HW IP로 개발하여 비디오 서버에 적용하였다.

〈그림 8〉은 편집용 코덱인 AVC-Intra 코덱과 HEVC intra only 코덱 HW IP를 시뮬레이션하여 기능 검증을 수행하는 모습을 보인 것이다. 편집용 코덱은 UHD 저장/재생 HW 모듈 내의 V2000 FPGA에 타겟팅을 하였다. AVC-Intra의 경우 V2000 FPGA 한 개당 4K 인코더 또는 4K 디코더를 타겟팅하였고, HEVC의 경우에는 V2000 FPGA 한 개당 FHD 코덱(인코더와 디코더)을 타겟팅하여 성능을 검증하였다. 구현된 HW IP는 AVC-Intra의 경우 4K@60p 콘텐츠를 최대 800Mbps로 압축/재생하는 성능을 검증하였고, HEVC는 600Mbps급의 압축 및 재생 성능을 검증하였다.

UHD 저장/재생 HW 모듈은 PCI-e 인터페이스를 통해 서버 시스템에서 동작하기 위해서 구동 디바이스 드라이버 및 API를 지원해야 한다. 개발된 저장/재생 HW 모듈의 펌웨어는 〈그림 9〉의 좌측에 보이는 것과 같이 기능 특성에 따라 크게 UHD 영상 저장/재생 모듈, PCIe 버스 기반 커널 인터페이스를 지원하는 디바이스 드라이버 모듈, 그리고 스트림을 분석 및 저장/로딩 등을 지원하는 통합 소프트웨어 모듈 등 3개의 모듈로 구성된다. 디바이스 드라이버 모듈은 〈그림 9〉의 우측에 보이는 것과 같이 3개의 계층으로 나누어 소프트웨어 아키텍처를 설계 및 구현하였다. 최상위 계층으로 통합 소프트웨어에서 UHD 콘텐츠의 저장 및 재생 기능을 제어할 수 있는 디바이스 드라이버 인터페이스 계층, PCIe 인터페이스 제어 및 UHD 영상처리 장치를 관리하는 PCIe 드라이버 계층, 마지막으로 레지스터 컨트롤과 스트림 전송 등의 UHD 콘텐츠의 획득 및 재생 기능을 담당하는 재생 및 전송 프로세스 계층으로 구성하여 관련 API를 정의하고 구현하였다.

일반적으로 제작을 위한 비디오 서버는 비디오는 편집용 코덱을 통해 압축 저장하고, 오디오는 PCM raw 데이터를 채널별로 원본 저장하는데, 최근 방송 장비에서는 저장 포맷으로 MXF[5] 포맷을 범용적으로 사용하고 있어, 8K UHD 콘텐츠의 저장 포맷



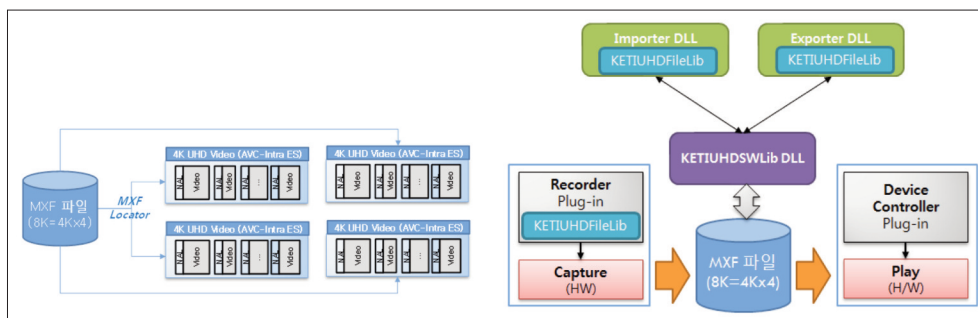
〈그림 9〉 8K 콘텐츠 획득/저장 및 재생 플랫폼용 디바이스 드라이버 모듈 구조

으로 MXF 포맷[11]을 선정하고 <그림 10>의 좌측에 보이는 것과 같이 기존의 MXF 포맷을 확장하여 8K UHD 콘텐츠를 저장하고, 편집용 포맷으로 적용하였다.

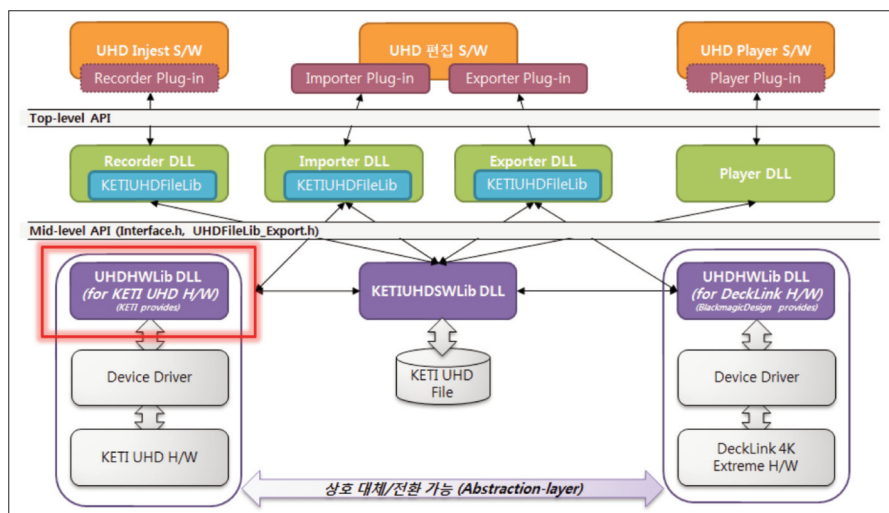
8K UHD 콘텐츠는 4개의 비디오 ES를 MXF locator를 통해 구성하고 4K 비디오를 개별적으로 저장하는 형태로 설계하였다. UHD 콘텐츠는 단일 또는 연동 파일로의 동작을 위한 UHD AV descriptor, MXF Locator, AVC-Intra, HEVC 디스크립터 등을 확장한 MXF 파일 형태로 저장되고, 이를 위해 <그림 10>의 우측과 같이 UHD MXF 파일 엑스와 디믹스 라이브러리를 구현하여 KETIUHDSWLib.DLL과 KETIUHDSWLib.DLL로 구현하였다. 구현된 라이브러리는 디바이스 드라이버 모듈과 통합하여 UHD 저장/재생 HW 모듈, 인제스트 S/W, 편집 S/W와 연동하였다.

<그림 11>은 개발된 라이브러리들과 상위 애플리케이션들이 연동하는 통합 설계 모습을 보인 것으로, 먼저 인제스트 S/W 및 편집 S/W의 기능 구현을 위해 Blackmagic사의 Decklink 4K B/D를 적용하여 관련 API를 구현하고, 이를 개발된 UHD 저장/재생 HW 모듈로 대체하여 기능을 검증하였다. 상위 애플리케이션은 하위 라이브러리를 플러그인 형태로 라이브러리들을 구동시키고, 개발된 플러그인은 크게 저장, 재생, import, export 등의 기능으로 구현하였다.

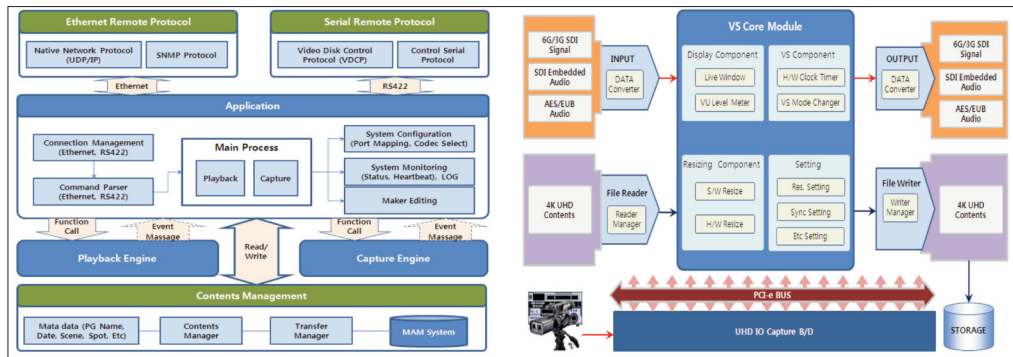
인제스트 S/W는 UHD급의 영상과 오디오를 실시간으로 녹화하여 비압축 또는 압축 포맷 파일로 저장하고 재생할 수 있는 비디오 서버의 애플리케이션 S/W로서, 본 과제에서는 (주)문화방송이 참여하여 개발하였다. 인제스트 S/W의 전체 구조는 <그림 12>의 좌측에 보이는 것과 같이 비디오 입출력을 담당하는 엔진부가 있고 엔진을 제어하는 애플리케이션부가 있다. 엔진부는 본 과제



<그림 10> 8K 콘텐츠용 MXF 포맷 구성 및 MXF 파일 라이브러리 구조도



<그림 11> 인제스트 S/W 및 편집 S/W와 하위 라이브러리 간의 연동 구성도



〈그림 12〉 UHD 인제스트 S/W 구성(좌) 및 구조도(우)

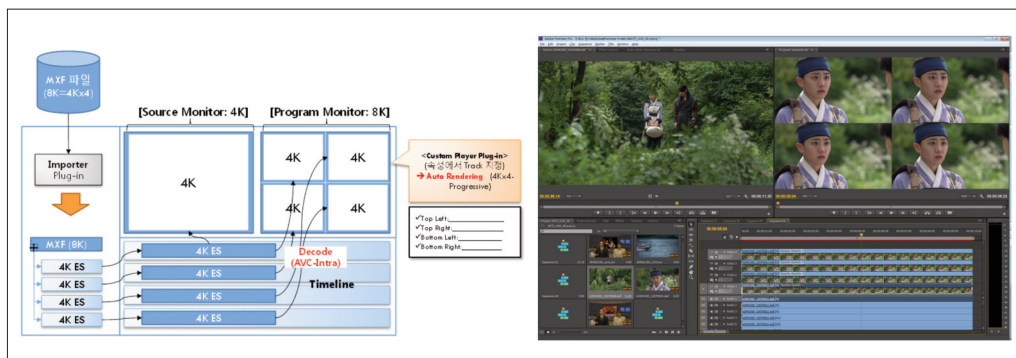
의 UHD 저장/재생 HW 모듈에 해당하고, 기능 검증을 위해서 Decklink 4K B/D를 사용하였다. 애플리케이션 파트는 전체 프로세스를 제어하며, 외부 연동을 위한 네트워크(UDP/IP)와 시리얼 포트(VDCP)를 지원하고 인제스트된 콘텐츠를 관리한다. 인제스트 애플리케이션은 Playback 및 Capture 모듈로 구성되며, Playback/Capture Engine과 통신하여 콘텐츠를 생성(저장) 및 재생할 수 있다. 또한, Ethernet 및 RS422 제어 신호를 이용하여 외부 장비 연동이 가능하도록 구성되며, 콘텐츠 Management 모듈을 이용하여 콘텐츠를 저장 및 재생할 수 있도록 구성된다. 외부 시스템 연동 모듈은 비디오 서버를 외부 장비를 이용하여 제어할 수 있도록 원격 제어용 Native 및 표준 Protocol을 지원하고, 콘텐츠 관리 모듈은 비디오 서버에서 생성된 콘텐츠를 저장 또는 불러올 때 사용된다.

<그림 12>의 우측 그림은 인제스트 S/W의 구조를 보인 것으로, UHD급의 영상과 오디오 신호 입력 제어를 담당하는 Input/Output 인터페이스 모듈, 파일 입출력을 담당하는 File Reader/Writer, 각 컴포넌트를 통합 제어하는 VS Core 모듈로 구성되어 있다.

본 과제에서는 <그림 13>과 같이 4K UHD 녹화 S/W, 재생 S/W를 개별적으로 구현하고, 이를 하나로 통합하여 단일 애플리케이션으로 최적화하고, 사용자 편의성을 높이기 위한 인터페이스를 보완하였다. 그리고 4K S3D 인제스트 S/W도 동일한 과정으로 개발하였으며, 최종적으로 8K UHD 인제스트 S/W는 녹화 S/W와 재생 S/W 형태로 구현하여 비디오 서버 시스템에 통합하였다.



〈그림 13〉 UHD 인제스트 S/W 구현 모습 (4K, 4K S3D, 8K)

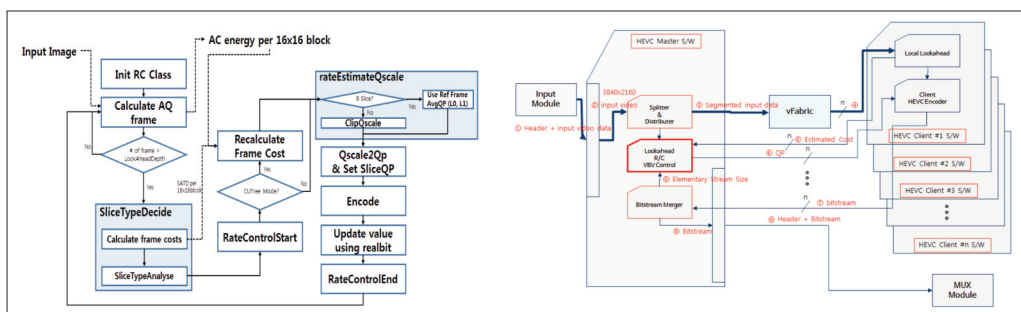


〈그림 14〉 편집 S/W와 플러그인의 연동 구조 및 구현 모습

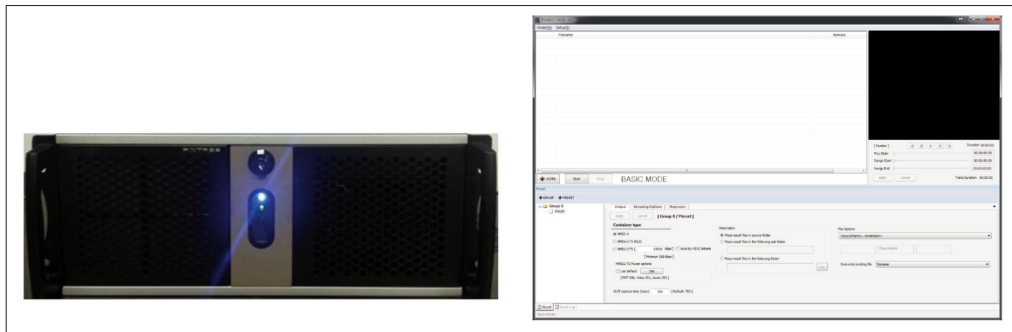
본 과제의 UHD 편집 S/W는 상용 편집 프로그램인 Adobe Premier C6 프로그램[12]을 기반으로 개발된 UHD 저장/재생 HW 모듈 플러그인, 8K UHD MXF 포맷 플러그인, 트랜스코딩 플러그인 등이 연동하여 편집 프로그램에서 원활히 8K UHD 콘텐츠를 편집할 수 있도록 라이브러리로 구현하였다. 뿐만 아니라 8K UHD 콘텐츠가 편집 S/W에서 원활히 재생 및 렌더링을 지원하기 위해서 커스텀 Player 플러그인과 UHD 영상 합성 과정에서 GPU를 활용하였다. <그림 14>는 8K UHD 콘텐츠를 편집 S/W와 Player 플러그인이 연동하는 모습을 보인 것이다.

UHD 트랜스코딩 모듈은 인제스트 후 편집된 방송 프로그램을 외부의 장비로 export 또는 방송 송출을 위한 파일 포맷으로 콘텐츠의 압축 방식 및 저장 포맷을 변환하는 기능으로, 꺾쇠스트리가 참여하여 개발하였다. UHD 트랜스코딩 모듈은 AVC 기반 UHD 트랜스코딩과 HEVC 기반 트랜스코딩 모듈 등 두 종류의 트랜스코딩 모듈을 개발하였다. AVC 트랜스코딩 모듈은 오픈 소스 코딩인 x264 인코더를 기반으로 속도 개선을 위한 코드 최적화, CUDA GPU 활용, 그리고 Intel의 QuickSync 기술을 활용하여 개발하여, 4K급 UHD 콘텐츠를 실시간으로 트랜스코딩하는 성능을 검증하였다.

HEVC 트랜스코딩 모듈은 HEVC 레퍼런스 소프트웨어인 HM10.0[13]을 분석하여 코딩 툴들의 복잡도 및 성능을 분석한 후 HEVC 인코더의 구조, 코딩 툴, 그리고 인터페이스 등을 자체적으로 개발하였다. 그리고 최대 8K UHD 콘텐츠의 트랜스코딩을 지원하기 위해서 메모리, 데이터 구조 등을 확장하였고, 멀티코어 CPU를 이용하여 Coding Tool별로 서로 분산 처리할 수 있도록 구성하여 각 모듈을 다른 CPU에서 동작시키는 방법과 처리 단위별(Slice, Tile, CTB Row단위)로 CPU Core에 할당하여 병렬화할 수 있도록 구성하는 방법 등 두 가지 방법으로 속도 최적화를 수행하였다. 더불어 <그림 15>의 좌측과 같이 HEVC 윌 제어 방법을 기반으로 slice type 선정에 따른 버퍼 모델링의 변화를 통해 QP scale을 조정하고, 슬라이딩 윈도우를 적용하여 delta QP를 적용하는 방식을 통해 화질을 개선하였고, <그림 15>의 우측에 보이는 것과 같이 8K UHD 영상의 분산 처리를 위해 다중 CPU에 적용하기 위해 입력 영상을 분할하는 부분과 분할된 영상을 각 CPU에 전송하는 부분 및 분할된 영상간의 균일한



〈그림 15〉 HEVC 트랜스코딩의 최적화 기법(좌 : 윌 제어 방법, 우 : 다중CPU 기반 트랜스코딩 기법)



〈그림 16〉 UHD 트랜스코딩 시스템과 UI

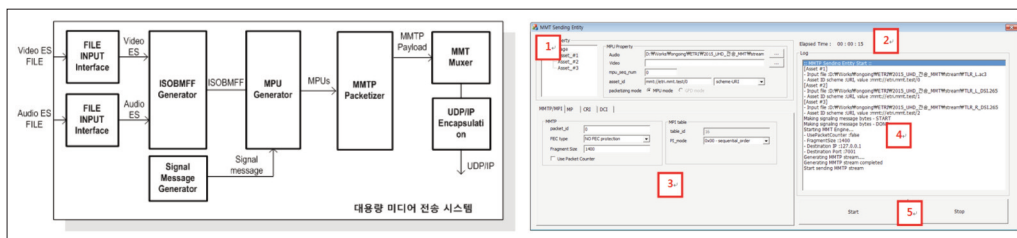
화질을 보장하기 위한 Lookahead를 수행하여 전체가 통합된 율제어 적용을 통해 Slice / Tile / WPP 등으로 분할된 영상을 처리하여 FHD급 영상의 실시간 트랜스코딩을 지원한다.

구현된 UHD 트랜스코딩 모듈은 시스템 형태로 서버와 통합을 진행하였다. 트랜스코딩의 계산량 및 연산부하가 많기 때문에 비디오 서버 시스템에 탑재하는 것보다는 개별 시스템으로 네트워크를 통해 편집 S/W와 플러그인 방식으로 통신하여 트랜스코딩을 하고, 결과를 비디오 서버로 전송하는 방식을 적용하였다. <그림 16>은 UHD 트랜스코딩 시스템과 UI를 보인 것이다.

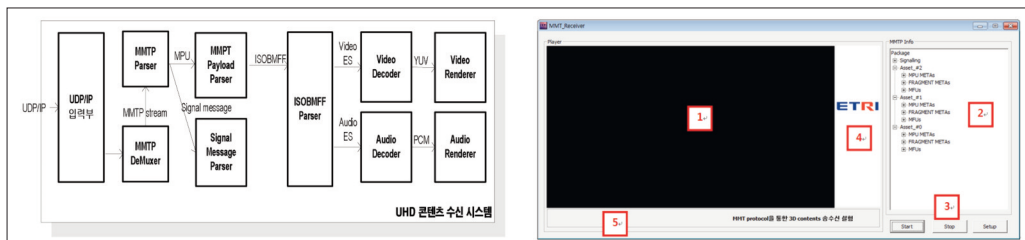
최종 편집 및 트랜스코딩이 완료된 프로그램은 방송 송출 또는 스트리밍 서비스 등을 위해 전송되어야 하는데, 본 과제에서는 기존 MPEG-2 TS를 대신하여 최근 MPEG 표준화 그룹에서 표준이 완료된 MMT기술을 적용하여 대용량 전송 모듈과 수신 검증 단말을 구현하였고, 한국전자통신연구원에서 참여하여 개발하였다. 대용량 미디어 전송 모듈은 <그림 17>의 좌측과 같이 ISOBMFF[14] Generator, MPU 및 MMTP 생성 블록, Signalling message를 담당하는 Signal Message Generator, 그리고 생성된 MMTP 패킷을 다중화하고 IP망으로 전송하기 위한 MMT Muxer, 그리고 UDP/IP Encapsulation 등으로 구성되어, 이를 구현하였으며, <그림 17>의 우측은 구현된 전송 모듈의 UI를 보인 것이다.

UHD 수신검증 단말 S/W는 전송 모듈의 기능을 검증하기 위해서 구현한 S/W로 <그림 18>에 보이는 것과 같이 전송 모듈의 반대 과정인 UDP/IP 입력 블록, MMTP DeMuxer 블록, MMTP parser 블록, MMT 기반 UHD 스트림 파서 블록, 그리고 비디오/오디오 디코더 블록 및 렌더러 등으로 구성되고, <그림 18>의 우측과 같이 구현하여 4K UHD 콘텐츠를 실시간으로 전송하고 수신하여 재생하는 기능을 테스트하였다.

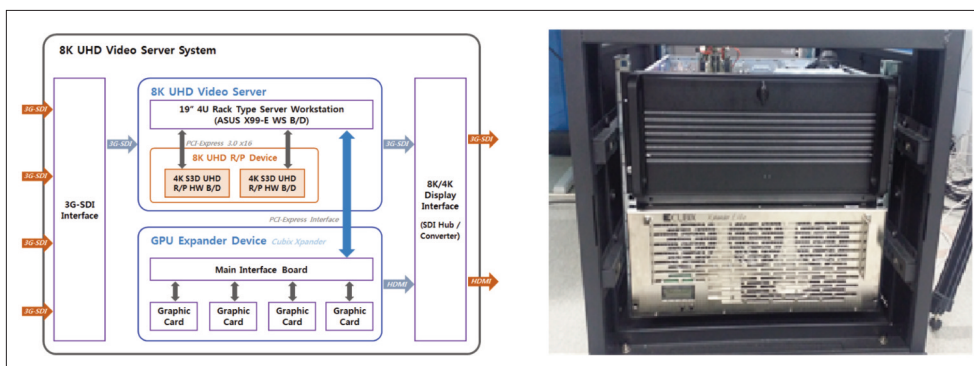
구현된 8K UHD 콘텐츠의 인제스트/편집 및 전송용 비디오 서버 시스템은 <그림 4>의 구성도에 보인 것과 같이 워크스테이션 메인보드와 인텔 CPU 환경에서 동작하고, 각각 4K S3D 영상을 저장/재생할 수 있는 UHD 저장/재생 HW B/D 2장과 GPU B/D 4장, RAID 기반 저장 매체 등으로 구성된다. 구현된 비디오 서버 시스템은 <그림 19>에 보이는 것과 같이 워크스테이션 서버 내에 탑재된 구현된 UHD 저장/재생 HW 모듈이 넓기 때문에 GPU 등 다른 모듈이 탑재가 되지 않기 때문에 PCI-e Expander를 추가하여 GPU B/D들을 탑재하는 구성으로 구현하였다. <그림 20>은 구현된 비디오 서버 시스템의 모습과 통합



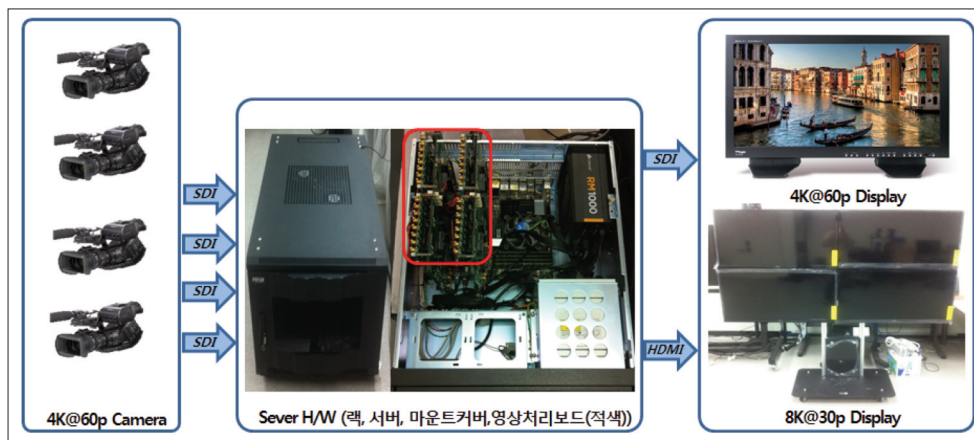
〈그림 17〉 대용량 전송 모듈의 구성 및 구현 모습



〈그림 18〉 수신검증 단말 S/W의 구성 및 구현 모습



〈그림 19〉 8K UHD 콘텐츠용 비디오 서버 시스템 구성 모습



〈그림 20〉 8K UHD 콘텐츠용 비디오 서버 시스템 구현 모습 및 테스트 환경

검증을 위한 테스트 환경을 보인 것이다. 서버 시스템의 외관은 9U Rack을 이용하여 내부에 워크스테이션 서버와 PCI-e Expander 시스템을 탑재하였고, 컨버터 및 인터페이스 모듈들을 탑재하였다. 전체 시스템의 검증은 4개의 4K UHD 카메라를 통해서 8K UHD 콘텐츠를 생성하여, 이를 비디오 서버 시스템과 연결하여 인제스트 및 편집 기능을 검증하였고, 8K 디스플레이 및 방송용 4K 디스플레이를 통해 재생 등의 기능을 검증하였다. <표 1>은 구현된 비디오 서버 시스템의 사양을 보인 것으로, 최대 8K@60p 콘텐츠를 실시간 인제스트 및 재생할 수 있으며, 저장된 콘텐츠를 편집 및 트랜스코딩, 그리고 전송 기능까지 지원한다.

〈표 1〉 UHD 콘텐츠 획득/저장/편집 시스템 사양

분류	항목	사양
시스템	CPU	Intel i7-5960X Octa-core
	OS	Windows7 64bit
입출력	입력	3G(HD)-SDI, HDMI(by converter)
	출력	3G(HD)-SDI, HDMI(by converter)
	해상도	2K, 4K, 4K S3D, 8K
	오디오	최대 22.2채널
지원포맷	영상	2K(1920x1080p)@30/60Hz, 4K(3840x2160p)@30/60Hz, 4K S3D@30/60p, 8K(7680x4320p)@30/60Hz
	오디오	22.2채널 16bit 48kHz
저장	저장매체/용량	SSD (RAID0) 2TB
지원기능	응용 App.	인제스트 S/W, 재생 S/W, 전송 S/W, (상용)편집 S/W
	압축 포맷	AVC-Intra, HEVC intra only coding / MXF
	변환 포맷	AVC, HEVC / MP4
	전송 포맷	MMT
	인제스트	Recording, Playback, Timecode, 외부장치 호환
기타	사이즈	9U Rack Type

II. 결론

UHD 콘텐츠는 HD 미디어를 대체하는 미디어로 급부상하고 있으며, 특히 영화, 방송 등 콘텐츠 제작은 이미 UHD급 콘텐츠 제작으로 패러다임이 변화하고 있다. 이러한 패러다임의 변화에 대응하여 일본, 유럽 등 선진국뿐만 아니라 대한민국도 UHDTV 방송 서비스를 위한 기술 개발에 집중하고 있다. 이의 일환으로 본 고에서는 8K UHD 콘텐츠용 인제스트/편집 및 전송용 비디오 서버 기술에 대해서 소개하였다. 개발된 비디오 서버는 하나의 시스템에서 8K급 UHD 콘텐츠를 실시간으로 인제스트, 편집 및 전송을 수행할 수 있는 시스템으로, 현재 4K급 UHD 콘텐츠뿐만 아니라 향후의 UHD 시장에 선제적으로 대응할 수 있는 기술 개발이다.

전 세계의 미디어 산업은 본격적으로 UHD급 미디어 시대로 접어들고 있으며, UHD급 미디어를 적용한 다양한 서비스와 비즈니스 모델을 고민하고 있다. 대한민국은 방송 산업을 중심으로 UHD급 콘텐츠의 서비스가 확산될 것으로 전망되며, 이를 보다 가속화하고 차세대 미디어 산업을 선점하기 위해서는 제작 기술, 장비, 관련 서비스 기술의 개발에 집중해야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] 조숙희, 김제우, 최진수, "UHDTV 방송 서비스를 위해 요구되는 비디오 부호화기의 성능 분석", 방송공학회지, 제18권, 제2호, 2013년 4월
- [2] 김제우, 신화선 외, "8K UHD 콘텐츠 인제스트 및 편집 비디오 서버의 구현", 한국방송공학회 2015 하계학술대회 논문집, W.1.4-7, 2015년 7월.
- [3] ISO/IEC 23008-1:2014, "Information technology - High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments - Part 1: MPEG media transport (MMT)", Jun, 2014.
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/PCI_Express (keyword : PCI Express),
- [5] Panasonic Broadcast & Television Systems Company, "AVC-Intra (H.264 Intra) Compression Technical Overview", Jan. 2007.
- [6] <http://en.wikipedia.org/wiki/AVC-Intra> (keyword : AVC-Ultra, AVC-Intra)
- [7] ISO/IEC 23008-2:2015, "Information technology - High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments - Part 2: High efficiency video coding", Dec, 2013
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Serial_digital_interface (keyword : SDI)
- [9] 김제우, 김동순, 신화선, 최병호, "UHD 콘텐츠용 실시간 획득, 저장 및 편집 시스템 기술", 한국방송공학회지, 제17권, 제4호, 2012년 10월
- [10] Apple, "Apple ProRes white paper", July. 2009.
- [11] SMPTE 377M-2004, "Material Exchange Format (MXF)- File Format Specification", Sep, 2004
- [12] <http://http://www.adobe.com/kr/products/premiere.html>
- [13] <https://hevc.hhi.fraunhofer.de/HM-doc/>
- [14] ISO/IEC 14496-12:2008, "Information technology - Coding of audio-visual objects - Par 12: ISO base media file format", retrieved July. 2009