

초고화질 비디오 캡처/재생 시스템을 위한 MXF 파일 포맷 기반 비압축 콘텐츠의 입출력 방법에 관한 연구

*신화선 *김제우 *최병호

전자부품연구원

*L544@keti.re.kr

Research on an I/O Method of Raw Contents based on MXF File Format For UHD Video Capture/Playback Systems

*Hwa Seon Shin *Jewoo Kim *Byeongho Choi

Korea Electronics Technology Institute (KETI)

요약

본 논문에서는 초고해상도(UHD) 비디오 캡처/재생 시스템을 위한 MXF 파일 포맷 기반 콘텐츠 입출력 방법에 대해 논의한다. 초고해상도 비디오의 경우, 기존 고해상도(HD) 대비 4배에서 16배 가량의 데이터를 송수신해야 하기 때문에 고속의 데이터 인터페이스를 필요로 할 뿐만 아니라, 디지털 방송에서 사용하는 MXF 파일 포맷에 기반한 콘텐츠 파일을 제공해야 한다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 MXF 규격에 기반한 외부 에센스 구조를 바탕으로 실시간으로 초고해상도 비디오를 캡처/재생하는 방법을 제시한다. 따라서 제안하는 방식을 적용하여 초고해상도 비디오를 실시간 캡처/재생하는 효율적인 방송 시스템을 구축할 수 있을 뿐만 아니라 압축된 비디오에 적용할 경우 더욱 향상된 성능의 시스템을 구축할 수 있게 된다.

1. 서론

최근 들어 고해상도(Full HD, FHD) 방송의 차기 기술로서 초고해상도(Ultra-HD, UHD) 방송에 대한 소비자 요구가 늘어나고 있다. 이를 반영하듯이 방송 장비를 비롯하여 가전 회사까지도 4K(3840*2160)급의 카메라, 디스플레이 등을 생산하여 발표하고 있는 상황이다. 주변 환경에 개선은 UHD 콘텐츠 제작으로 이어지고 있으며 이에 따른 콘텐츠 제작 시스템의 개발이 요구되고 있는 실정이다.

UHD 비디오의 캡처 및 재생 시스템 기술은 콘텐츠 제작에 필수적인 기술로서 FHD 콘텐츠의 4배 이상(8K의 경우 16배 이상)의 데이터 크기는 기존의 시스템을 뛰어넘는 대역폭과 성능을 필요로 한다. 이러한 시스템 부하를 최소한으로 줄이면서 실시간으로 UHD 비디오를 캡처 및 재생하기 위한 기술이 필요하다. 아울러 방송용 콘텐츠 제작은 MXF(Material eXchange Format)[1] 포맷으로 저장되어 콘텐츠 편집 및 워크플로우에서 활용되기 때문에 해당 규격에서 호환 가능한 방식이 제안되어야 한다.

본 논문에서는 이상의 문제점을 해결하여 UHD 비디오의 캡처 및 재생을 실시간으로 처리할 수 있는 MXF 파일 포맷 규격에 기반한 UHD 콘텐츠 입출력 방법을 제안한다. 구체적으로 MXF 파일에는 MXF 규격에 따른 파일 헤더(File Header)와 파일 풋터(File Footer)만을 포함하고, MXF Locator에 기반한 외부 에센스(External Essence) 형식으로 콘텐츠를 저장하고 재생하는 방법을 사용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 MXF 파일 포맷에 대해 살펴본 후, 3절에서는 초고화질 비디오 캡처/재생 시스템에 적용할 때

발생하는 문제점을 토의한다. 4절에서는 본 논문에서 제안하는 기법을 설명하고, 5절에서는 제안한 기법의 성능을 실험을 통해서 확인한다. 마지막으로 6절에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

2. MXF 파일 포맷

MXF 파일 포맷의 전체 구조는 그림 1과 같이, 파일 헤더, 파일 바디, 그리고 파일 풋터로 구성되어 있다. MXF 파일 내의 에센스 포맷 정보는 헤더 메타데이터 내에 존재하여, MXF 헤더 메타데이터를 분석하여 에센스 포맷을 알 수 있다. 실제 콘텐츠 데이터, 즉 에센스가 포함되는 부분은 파일 바디 부분이다.

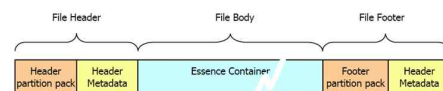


그림 1. MXF 파일 포맷 전체 구조

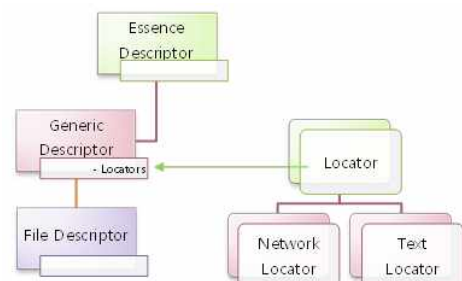


그림 2. MXF Locator 계층적 위치

MXF 파일 포맷은 외부 에센스 형태를 지원하며[2], MXF Locator를 사용하여 에센스의 외부 위치를 지정한다. MXF Locator는 그림 2와 같이 Network Locator와 Text Locator가 존재하며, Network Locator는 URLString 속성을 이용하여 주로 파일의 경로를 지정하고, Text Locator는 LocatorName 속성을 이용하여 사람이 인지할 수 있는 설명을 기재한다. 이렇게 준비된 Locator는 Generic Descriptor의 Locators 항목에 Reference 형태로 연결된다.

3. 초고화질 비디오 캡처/재생 시스템

압축되지 않은 UHD 비디오를 실시간으로 캡처/저장 및 재생하기 위해서는 고속의 데이터 처리가 필요하다. 영상은 8K 60fps(frames per second)를 지원해야 한다고 할 때, 표 1과 같이 실시간 데이터 처리를 위한 5.3GB/s의 데이터 처리량(Data Throughput)을 요구한다. 표 2와 같이 PCIe Gen-2의 경우 최대 4GB로 지원할 수 없으며, PCIe Gen-3가 최대 8GB/s를 지원하나, 데이터 접근을 위한 시간 지연(Time Latency)과 스케줄링(Scheduling)에 의한 지연으로 5.3GB/s의 데이터 전송을 안정적으로 처리하려면 보드는 2장으로 구성하는 것이 바람직하다. 이러한 상황에서 S/W에서 재 작업을 수행하면 병목이 발생하여 시스템 지연을 초래하는 문제가 발생한다.

표 1. UHD 비디오(8K)의 데이터 처리량

처리량	8bit 입출력		10bit 입출력	
	8K x 2K 60fps	8K x 4K 60fps	8K x 2K 60fps	8K x 4K 60fps
	1.99GB/s	3.98GB/s	2.65GB	5.3GB

표 2. PCIe Gen 종류에 따른 속도 분석

표준	속도
PCIe Gen-1	250MB/s per lane (8x = 8 lanes = 2GB/s)
PCIe Gen-2	500MB/s per lane (8x = 4GB/s)
PCIe Gen-3	1GB/s per lane (8x = 8GB/s)

4. 제안하는 비압축 콘텐츠 입출력 방법

UHD 비압축 콘텐츠는 4K 대용량의 영상 데이터(8K의 경우 4K 영상 x 4개)를 고속으로 저장해야 하기 때문에 저장 장치 H/W I/O 속도와 지연에 아주 민감하다. 단일 파일을 동시에 접근하여 I/O에 지연이 발생하게 되면 실시간 캡처 및 재생에 영향을 받게 된다. 이에 따라 H/W 장치 드라이버가 직접 해당 파일을 접근하여 DMA로 전달된 데이터를 고속 저장하는 루틴으로 최적 개발되어 있다. 따라서 내부 에센스(Internal Essence) 형태로 데이터를 캡처한다는 것은 현존하는 시스템 I/O를 비추어 볼 때 사실상 불가하다. 결국 UHD 비압축 콘텐츠의 캡처/저장은 별도의 파일로 수행할 수 밖에 없고, MXF 규격이 지원하는 외부 에센스(External Essence)를 고려하게 되었으며, 향상된 사용 편의성을 달성하고자 한다.

그림 3은 UHD 비압축 콘텐츠의 캡처 구조를 보여주고 있다. UHD 파일을 MXF Locator를 이용하여 캡처로 저장될 외부 에센스 파일의 경로를 보관하고, H/W 장치 드라이버는 UHD 비디오와 오디오 데이터를 각각 별도의 파일로 보관한다. 비압축된 UHD 콘텐츠의 경우

프레임 별 크기가 고정되어 있으므로 별도의 헤더가 없어도 시스템 측면에서 원하는 프레임을 구분할 수 있다. 따라서 압축된 데이터 캡처와 달리 KLV 포맷으로 가공하지 않고 그대로 저장 가능하다. UHD 콘텐츠 데이터의 프레임 구분하기 위한 UHD 콘텐츠의 포맷 정보는 MXF 헤더 메타데이터에 디스크립터 형식으로 보관한다.

그림 4는 UHD 비압축 콘텐츠의 재생 구조를 보여주고 있다. 비압축된 UHD 콘텐츠는 프레임별 고정된 크기로 구성되어 있으며, H/W 장치 드라이버가 파일로부터 직접 UHD 콘텐츠 데이터를 순차적으로 읽어 캡처 보드 H/W로 전달한다. UHD 비압축 데이터 재생 시 시작 위치를 지정하기 위해, 실시간 재생을 수행하기 전에 UHD 파일에 보관된 UHD 콘텐츠의 정보를 바탕으로 정확한 지점을 찾아서 H/W 장치 드라이버에 전달해야 한다.

- UHD Video Raw File: 4K Video Raw Data (Fixed Length)
- UHD Audio Raw File: 24ch UHD Raw Data (Fixed Length)

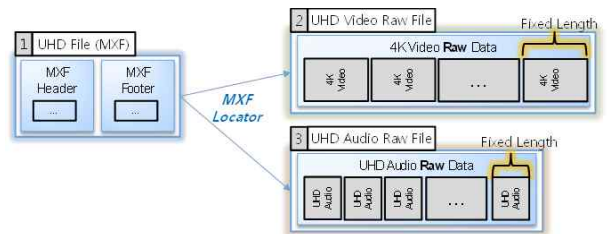


그림 3 UHD 비압축 데이터(Raw) 캡처 파일 구조

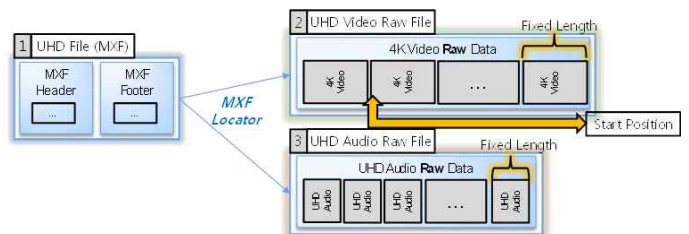


그림 4 UHD 비압축 데이터(Raw) 재생 파일 구조

5. 실험

표 3은 본 실험에서 사용된 UHD 콘텐츠 실시간 캡처/재생 시스템의 사양으로, 본 사양의 PC에서 구동하였을 때 UHD 비압축 콘텐츠의 60fps 실시간 H/W 캡처 및 실시간 H/W 재생이 가능하였다.

표 3. UHD 콘텐츠 실시간 캡처/재생 시스템 사양

분류	항목	사양
시스템	CPU	Intel i7 990X
	OS	Windows7 64bit
	BUS	PCIe
입출력	입출력	3G/HD-SDI
	해상도	2K, 4K, 8K x 2K
지원포맷	영상	1920x1080p @30/60Hz 3840x2160p @30/60Hz 7680x2160p @30/60Hz
저장	저장매체	SATA-3 지원 매체
	저장용량	19.2TB

UHD 콘텐츠 저장 포맷의 기반 클래스 라이브러리는 MXFLib 오픈 소스 [3]를 사용하였다. 본 라이브러리는 "no strings attached zlib/libpng license" 기반의 라이선스 정책을 사용하여 상업 용도와 관련 없이 임의 수정, 복제, 배포가 가능한 공개 라이브러리이다. 따라서 MXFLib 라이브러리를 기반으로 한 MXF Locator 기능의 구현을 포함하여, UHD 에센스 정의 확장 및 스트림 기반 구조 추가 등의 라이브러리 변경 및 추가 구현 작업을 수행하였다.

6. 결과

UHD 콘텐츠의 비압축 데이터를 처리하는 것은 병목 현상이 강하므로, 이를 저장용 파일 포맷과 연동하기 위해서는 고속의 데이터 처리와 함께 효율적인 저장 포맷에 관한 연구가 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 MXF 파일 포맷 규격에 정의된 MXF Locator를 활용하여 내부 에센스가 아닌 외부 에센스를 활용하여, H/W와 S/W 간 병목 현상을 줄이고 직접 입출력 접근이 가능한 시스템을 구현하고 검증하였다.

초고화질 비디오 캡처/재생 시스템의 경우, UHD 초고화질 데이터의 양을 감안할 때, 비압축된 데이터 보다는 압축된 데이터를 송수신하는 것이 보다 적절한 것으로 판단된다. 이에 따라 UHD 압축 콘텐츠에 대한 입출력 연구가 함께 계속되어야 할 것으로 판단되며, 향후 H/W 사양에 따라 유연하게 대처 가능한 시스템 구축이 함께 연구되어야 할 필요가 있다.

Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [10043450, 8K UHD 및 4K S3D(stereoscopic 3D) 콘텐츠의 획득/저장/Ingest 및 진송용 비디오 서버 기술 개발]

참고 문헌

[1] MXF (Material eXchange Format) Standards, SMPTE (Society of Motion Pictures and Television Engineers), (<http://www.smpte.org>).

[2] Bruce Devlin, Jim Wilkinson, Matt Beard, Phil Tudor, Nick Wells, The MXF Book: Introduction to the Material eXchange Format, Focal Press, April 11, 2006.

[3] Cross-platform Open Source MXF software, MXFLib (<http://www.freemxf.org>).