일반논문-08-13-1-12

DCI 규격을 만족하는 디지털시네마 배급을 위한 시각적 무손실 압축 연구

김 철 현[a)‡], 백 준 기[a)]

Visually Lossless Image Compression for Digital Cinema Distribution Based on DCI Specification

Chul-Hyun Kim[a)‡], and Joon-Ki Paik[a)]

요 약

본 논문에서는 디지털시네마의 효율적인 배급을 위해서 시각적 무손실 압축 개념을 도입하여 정리하고 효과를 분석한다. 최근 디지털시네마 배급은 DCI에서 채택한 JPEG 2000을 영상 압축 표준으로 이루어지고 있다. 따라서 DCI 규격에 정의된 JPEG 2000의 특징을 살펴본 후, 디지털시네마에서 중요한 시각적 무손실 개념을 정리한다. 실험을 통해 DCI 규격에서 규정한 방식으로 JPEG 2000의 압축성능을 시각적 무손실 관점에서 평가했으며, 그 결과 영화 배급에 필요한 품질 기준을 만족하는 것으로 판단된다.

Abstract

This paper analyzes the effect of visually lossless image compression for efficient distribution of digital cinema . Currently, distribution of digital cinema is carried out based on JPEG 2000 standard that has been selected by DCI. We first summarize characteristics of JPEG 2000, and then define the concept of visually lossless coding that plays an important role in digital cinema distribution. We provide a test for JPEG 2000 compression performance according to DCI specification for visually lossless. Based on the experiment, the result satisfies high quality for cinema distribution.

Keyword: 디지털시네마, JPEG 2000, 무손실압축

Ⅰ. 서 론

1895년, 뤼미에르 형제가 필름을 이용해 동영상을 만들면서부터 100년 이상 영화는 필름을 주 매체로 하여 제작, 상영되었다. 이후 HD영상 제작이 본격화되면서 필름의 화질을 능가하는 디지털 영상 제작이 가능해졌으며, 이를 기반으로 디지털시네마가 표준화를 거쳐 실용화 단계에 안착하고 있다. 하지만 일반 대중들 사이에서 디지털시네마는 현란한 computer graphic (CG)이 들어간 영화로 오해받고 있으며, 일부 영화인마저 HD카메라로 촬영하는 것이 디지털시네마라고 잘못 이해하고 있다.

먼저 디지털시네마라 함은 촬영-편집-배급의 전 과정이 디지털화되는 것을 의미한다. 이중 압축은 편집 후 배급에서 반드시 필요한 과정이며, 기존 영상 압축 연구와의 차이점은 2K급 이상의 고해상도 영상을 압축 대상으로 하는 것이다.

영화 제작자는 작업을 하는 동안 무압축을 선호하며, 실

a) 중앙대학교 첨단영상학원 첨단영상학과
Graduate School of Advanced Imaging Science, Multimedia, and Film, Chung-Ang University
‡ 교신저자 : 김철현(windows286@gmail.com)
* 본 연구는 영화진흥위원회의 첨단디지털 영상기술 개발사업, 서울시산학연협력사업 및 교육부의 BK21사업자원으로 수행되었습니다.

제 작업도 무압축으로 이루어지고 있다. 하지만 상영에 있어서는 문제가 다르다. 현재 디지털시네마를 주도하는 미국의 디지털시네마추진협의회 (Digital Cinema Initiatives; DCI)는 4K 해상도를 가진 디지털시네마를 적극 권장하고 있다. 이 기준에 따르면 한 프레임의 해상도는 4,096 × 2,160이며, 한 화소당 12-비트를 가질 경우 318,504,960비트에 이르게 된다. 이는 프레임당 약 38메가에 달하는 용량이다. 2시간 영화가 172,800프레임 (24프레임× 60초× 120분)을 가진다고 가정하면 약 6.4TB의 용량을 가지게 된다. 오늘날 컴퓨터 환경에서 6.4TB는 보유가 가능하며, 실제 전문적인 후반 작업실에서는 이 같은 용량 이상을 보유하고 있다[1].

하지만 모든 스크린이 6.4TB의 용량을 가지기는 어려운 것이 현실이며, 멀티 상영관이 주류를 이루는 극장 환경을 고려해 볼 때, 10개의 상영관을 보유한 극장의 서버는 최소 64TB 이상을 확보해야 하는 문제가 발생한다. 따라서 디지털시네마 배급을 위한 digital cinema distribution master (DCDM)단계에서 배급을 효율적으로 하기 위해서는 압축 기술이 반드시 필요하다.

DCI는 디지털시네마의 압축 표준으로 JPEG 2000을 선정했다[2]. JPEG 2000은 하나의 코드 스트림에서 2K, 4K가 선택적으로 디코딩 가능하며, 인트라 프레임 압축에 있어서 탁월한 성능을 보인다. 또한 공개 표준으로 디지털시네마 장비업체가 사용하기에 유용하다. 화소당 12비트를 지원하며, X'Y'Z' 색공간을 크로마 서브샘플링 없이 지원한다는 특징 등이 있다.

디지털시네마의 압축에 있어서 또 다른 고려사항은 시각적 무손실 압축이다. 앞서 말했듯이 손실압축은 디지털시네마에서 반드시 필요하지만 어느 정도 압축을 해야하는가의 문제가 남아있다. 원영상에 손실이 발생하는 것은 피할 수 없지만 시각적으로 지각하기 어렵도록 하는 것을 목표로 하며, 이를 시각적 무손실이라 부른다[1]. 그러나 시각적 무손실이라는 것은 주관적인 것이며 객관화시키기 어려운 문제가 있다.

디지털시네마 배급을 위해서 또 다른 고려사항은 표준화의 문제이다. 현재 제시된 표준안은 DCI가 만든 규격 1.1이 있으며, 대부분의 디지털시네마 제작, 배급은 이 규격을 따르고 있다.

본 논문은 고해상도 영상압축을 필요로 하는 디지털시네마에서 JPEG 2000을 기반으로 하는 DCI규격에 대하여 살펴보고 이 규격에 맞는 범위안에서 적절한 압축의 범위를 연구하는 것이 목적이다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 DCI 규격에 대한 소개와 여기서 규정한 디지털시네마의 압축 방식에 대하여 설명한다. 3절에서는 시각적 무손실의 개념에 대한 설명과 디지털시네마에서 가지는 의의, 문제점을 지적하고 대안을 제시한다. 4절에서는 앞에서 소

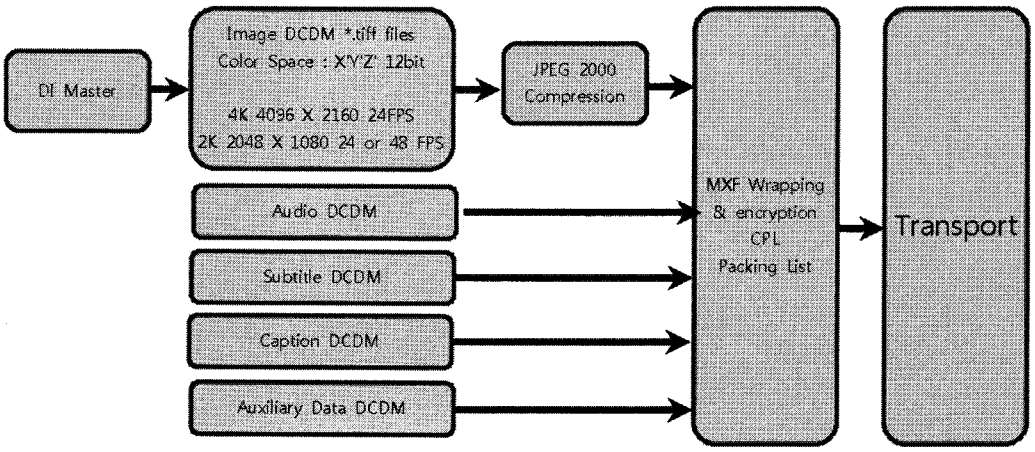


그림 1. 마스터 콘텐츠에서 배급까지 가는 과정
Fig. 1. The contents distribution process from DI master

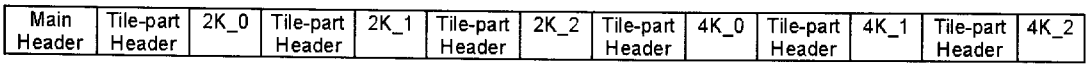


그림 2. 코드스트림 구조 - 메인 헤드 다음에 6개의 타일 파트가 있으며 앞에 3개는 2K, 뒤에 3개는 4K로 구성되어 있다
Fig. 2. Codestream Structure - Main Header and 6 tile parts, the first 3 tile parts for 2K, the next 3 tile parts for 4K

개된 내용을 중심으로 실험을 하며, 5절에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. DCI규격 1.1 개요

이 절에서는 미국의 DCI가 지난 2005년 7월에 발표한 규격 1.0과 올해 4월에 발표한 규격 1.1에 대해 살펴볼 것이다. DCI 규격은 디지털시네마의 배급과 상영에 대한 표준안을 제시하고 있다. 이중 배급 단계에서는 JPEG 2000을 이용해 압축을 수행 하고 상영단계에서는 디지털 영사시스템을 사용한다. 이 과정에서 부호화(encoding)된 콘텐츠를 복호화(deconing)하는 서버기술이 필요하다. 서버는 디지털 파일로 저장된 디지털시네마 콘텐츠를 영상으로 재생하는 역할을 하며, 영사시스템은 재생된 영상을 극장 스크린에 투사하는 역할로 통상 Digital Light Processing (DLP)기술이 주로 사용된다.

1. DCI규격 1.1의 디지털시네마 압축

디지털시네마의 제작 단계는 촬영-편집-전송-상영의 순서로 구분할 수 있다. 편집이 끝난 콘텐츠는 DCDM 단계에서 digital mastering (DM)을 하게 된다. 이 과정에서 배급을 위한 적절한 크기를 얻기 위해 손실압축을 해야 한다. DCI 규격 역시 손실압축을 전제로 압축 규격을 제시하였다.

편집이 끝난 마스터 콘텐츠를 배급에 적절하게 압축하는 것이 부호화의 목적이다. 그림 1에서 대표적인 digital intermediate (DI) 마스터에서 배급까지의 과정을 요약하였다.

DCDM은 편집이 끝난 콘텐츠이다. 이 콘텐츠는 tiff파일 형식이며 2K, 4K 중 하나의 해상도를 선택할 수 있고 JPEG 2000 부호기를 이용해 압축된다. 비디오외에도 오디오 DCDM, 자막 DCDM, 부가 DCDM, 캡션 DCDM이 있으며 이는 material exchange format (MXF)로 랩핑되어 배급단계에 들어간다. 배급단계에서는 digital right management (DRM)를 위한 암호화가 설정된다[2].

DCDM 단계에서 영상은 메타데이터를 지원하는 MXF 포맷으로 랩핑된다. 복호기에서 2K는 2048 X 1080 해상도의 프레임을 초당 24 또는 48개를 지원해야 하며(frame per second; FPS), 4K는 4906 X 2160, 24 FPS를 지원해야 한다. 이렇게 압축된 데이터는 그림 2에 보인 DCI가 지정한 코드스트림 규격을 지켜야 한다[2].

디지털 콘텐츠가 배급되어 서버에 디지털 파일 형식으로 저장된 이후, 연결된 디지털 영사시스템을 통해 상영되는 과정에서 서버는 전달된 콘텐츠를 재생하고 관리가 가능해야 한다. DCI 규격에서 제시한 부호기와 서버 관련 사항은 표 1에 요약하였다.

표 1. 부호기, 서버 시스템과 관련된 DCI 규격의 내용
Table 1. Summary of DCI specification for encoder and server system

장	내용	비고
3장 디지털시네마 배급 마스터(DCDM)	디지털시네마 소스 마스터(DSM)으로부터 DCDM획득 방법	
4장 압축	표준압축은 J2K을 사용. 디코더는 2K, 4K를 선택적으로 가능. DCDM의 코드스트리밍 규격 등등	
5장 패키징	패킹징을 이용해 각각의 서브 콘텐츠를 구성하는 Play List 구성.	암호화 부분 포함
7장 극장 시스템 개요, 영화상영리스트, 극장시스템 구조	극장 시스템의 기본 요건에 대한 설명. 영화상영리스트 운영 / 위성 수신기 등의 연결	

이외에도 복호기 요구조건에는 다음과 같은 것이 있다[3].

① 디코더들은 동일한 컬러/컴포넌트 대역폭을 가지고 샘플당 12비트로 각 컬러 성분들을 독립적으로 디코딩 한다. 또한 크로마(chroma) 성분을 서브 샘플링 하지 않는다.

② 2K 디코더는 2K 배급을 디코더 할 수 있으며, 4K 배급은 4K, 2K로 디코딩 가능해야 한다.모든 디코더들은 최소한 16비트 고정 소수점 정밀도로 9/7 역 웨이블릿 변환(inverse wavelet transform)을 구현해야 한다.

③ 모든 디코더들은 최소한 16비트 고정 소수점 정밀도로 역 비가역적 컬러 변환을 구현해야 한다.

좀 더 구체적인 JPEG 2000의 코드 스트림 규격을 다음 절에 소개하였다.

2. DCI 규격의 코드스트림 규격

DCI 규격 4장, 압축에서는 JPEG 2000의 코드스트림 규격을 명시하고 있다. 여기서 JPEG 2000에서 사용가능한 여러 가지 옵션을 제약한다. 제약 내용과 규격은 다음과 같다[3].

① 모든 영상 프레임은 단일 타일이며, 타일 원점은 (0,0)이다.

② 2K 콘텐츠에는 5개 웨이블릿 변환 레벨, 4K 콘텐츠에서는 6개 웨이블릿 변환 레벨을 넘지 않도록 하여야 한다. 4K 콘텐츠에서는 웨이블릿 변환 레벨이 1개 이하여서는 안 된다. 그리고 한 배급 안에 모든 프레임의 모든 컬러 성분들은 같은 수의 웨이블릿 변환 레벨을 가져야 한다.

③ 코드 블록은 32X32 크기 이어야 한다.

④ 모든 해상도에서 모든 구역 크기는 256X256 이지만 최하위 주파수 서브 밴드는 예외적으로 128X128이어야 한다.

⑤ ROI는 허용되지 않는다.

⑥ 2K 배급의 진행 순서는 컴포넌트 - 위치 - 해상도 - 레이어 (Component - Position - Resolution - Layer: CPRL) 이어야 한다.

⑦ 2K 배급은 각각의 압축된 프레임은 정확히 3개의 타일 파트를 가지며 각 타일 부분은 한 컬러 성분들의 모든 데이터를 포함해야 한다.(그림 2 참조)

⑧ 4K 배급의 각각의 압축된 프레임은 정확히 6개의 타일 파트를 가지며 처음 3개 타일 파트는 각각 한 개의 2K 컬러 성분들을 디코딩 하는데 필요한 모든 데이터를 포함한다. 다음 3개의 타일 부분은 4K 컬러 성분들을 디코딩 하는데 필요한 모든 데이터를 포함해야 한다.(그림 2 참조)

⑨ 2K 배급은 프레임당 최대 1,302,083바이트(3개 컬러 성분들을 합해서)이어야 하며, 4K도 동일하다. 2K 48FPS는 프레임당 최대 651,041바이트이어야 한다.

이상과 같은 규격의 JPEG 2000 압축 이미지를 생성하기위해 본 논문에서는 참조 소프웨어로 Kakadu 5.2.1을 이용하였다. 표 2에 Kakadu를 이용한 파일 생생법을 설명하였다.

Ⅲ. 시각적 무손실 압축

시각적 인지와 관련된 화질은 주관적으로 결정되기 때문에 객관화된 수치로 표현하는데 어려움이 있다. 3절에서는

표 2. Kakadu 5.2.1을 이용해 DCI 규격에 적합한 jp2 생성 옵션 설명
Table 2. Generation of jp2 using Kakadu 5.2.1 based on DCI specification

전체명령행	kdu_compress -i <input file> -o <output file> -rate <R> Cycc=no Ckernels=W9X7 Corder=CPRL Cblk={32,32} Cprecincts={256,256},{256,256},{256,256},{256,256},{256,256},{128,128} ORGtparts=C ORGgen_tlm=3 Sprofile=CINEMA2K		
kdu_compress	Kakadu 압축실행프로그램	Cycc = no	RGB영상을 YCC로 변환하지 않음
Ckernwls=W9X7	9/7 웨이블렛 변환을 수행함	Corder=CPRL	코드스티림 패킷을 CPRL로 만듬
Cblk={32,32}	코드블록 사이즈를 32X32로 지정함	ORGtparts=C	타일 사용 방법지정
Cprecincts={256,256},{256,256},{256,256},{256,256},{256,256},{128,128}			precinct 구역 정의
ORGgen_tlm=3	tile-part-length 지정	Sprofile=CINEMA2K	CINEMA2K 프로파일 사용

시지각 인식에 비교 연구를 수행하고 디지털시네마의 적용 여부를 DCI 규격과 비교하여 제시한다.

1. 시각적 무손실의 필요성

극장 영사 환경에서 손실 압축된 영상이 디지털시네마의 근본적인 기준과 목적에 부합하는지 여부를 판단하는 것은 매우 어려운 일이다. 지속적으로 발전을 거듭하고 있는 영상압축 기술의 경험에 근거하면 손실이 발생했다하더라도 영상이 관객의 경험에 영향을 미치지 않는 것이 중요하며, 도리어 무손실 데이터가 관객의 시각에 인지되는 않는 불필요한 세부정보를 포함하는 비효율성이 존재할 수 있다. 결론적으로 손실 압축을 통해 시지각적으로 인식 불가능한 미세한 손실들은 콘텐츠 감상에 문제가 되지 않는다[4].

디지털시네마 규격을 만들기 위해서 전문가들은 압축은 최소한 시각적으로 손실이 없어 보이도록 해야 한다고 권해 왔다. 찰스 스와츠는 시각적 무손실 압축을 다음과 같이 설명하고 있다. "시각적으로 손실이 없어 보이는 압축은 압축을 해제한 후 재구성된 영상들이 극장의 전형적인 관람 조건에서 관객이 영화를 볼 때 오리지널과 차이를 갖고 보여져서는 안 된다. 그리고 라이브 액션이나 컴퓨터 그래픽 영상과 같은 여타의 콘텐츠에서도 마찬가지이다[4]".

2. 눈-추적(eye-tracking)에 의한 시네마 압축

눈-추적에 의한 시네마 압축은 인간의 시지각적 특성과 영상문법을 결합하는 방식이다. 일반적으로 사람이 한번에 인식 가능한 영역은 한계가 있으며 영상 전체에서 관찰자의 시각적 관심점을 추적하고, 이에 근거하여 관심점을 중심으로 손실을 적게 하며 비관심점은 높은 손실을 사용하는 방식이다[5].

일반적으로 영상 문법은 이미지라인(Image Line)안에서 영상을 촬영해야 하며 이 경우 유력한 피사체의 위치를 각 컷마다 다른 위치에 두고 관찰자의 시각 운동을 많이 일으킴으로 흥미를 유발하는 원리이다[6]. 이런 일반적인 영상문법의 원리는 관찰자의 시각적 관심점 실험을 통해 증명할 수 있다.

이런 실험을 위해서는 눈-추적 장비가 필요하다. 이 장비는 눈동자의 움직임을 추적해 현재 영상에서 관심영역의 위치를 식별할 수 있다. 실험 결과 관찰자의 관심점은 피사체의 크기, 운동 등과 밀접한 관계가 있었다. 영상문법의 이론대로 주요 피사체에게 관찰자의 관심이 모아졌으며,

그림 3. 영화 쇼생크탈출(The Shawshank Redemption, 1994)에서 주인공 앤디 듀프레인이 클로즈업된 장면, 좌상단은 관찰자의 초점 영역이며, 십자선이 영화 장면과 일치하는 부분[5].

Fig. 3. Screen-shot of The Shawshank Redemption, showing close-up of character Andy Dufresne. Top-left side shows viewer's point of attention and cross-line on screen represents the same point.

특히 대사를 하거나 액션이 있는 배우의 얼굴에 관심점이 집중되었다.

그림 3의 장면은 영화 연출시 빈번이 사용되는 over-shoulder컷이다. 이 경우 영상 전체에서 관찰자는 연기를 하는 주요 피사체에게 초점이 모아지며, 다음 컷에서 주요 피사체가 화면의 반대편에 위치해도 즉시 관심점이 이동된다. 이러한 실험은 고전적으로 내려오는 영화문법 이론과 일치하는 것이다[6].

시각적 관심점을 반영한 영상압축을 구현하면 그림 4와 같이 된다. 원 영상에서 관심점인 얼굴주위와 비관심점 영역을 구분하고 각각의 압축률로 압축한다[7].

그러나 이 같은 연구와 영상문법적 요소는 DCI 규격으로 구현하는 것은 불가능하다. DCI 규격에서는 ROI를 지원하지 않기 때문이다. 또한 외화를 볼 경우 자막과 주요피사체를 번갈아가면서 봐야하는 국내 환경에는 시각적 관심영역이 분산되기 때문에 적용에는 다소 어려움이 있을 것으로 예측된다.

ROI와 비ROI 역영에 대한 정량화를 위해 standard estimation material(StEM)영상 중 4프레임을 축출하여 영역마다 분산을 구하는 실험을 하였다. 결과는 표 5에 제시하였다.

굵은 글씨가 더 큰 값을 표시한 것으로 ROI와 비ROI 사이에 정량적인 특징을 찾기는 다소 어려움이 보인다. 특히 3173번과 같이 전체 검은 배경에 화면의 일부만 나타난 경우 결과의 차이가 매우 크게 나타났다. 그러므로 ROI는 영상문법 이론에 근거하여 찾는 것이 디지털 시네마 배급에는 더 적합한 것으로 판단된다.

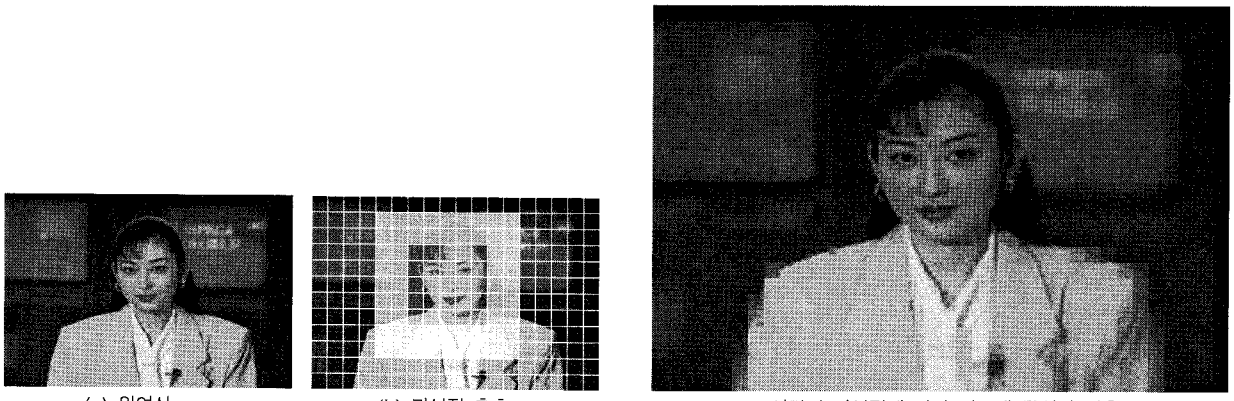
표 5. StEM영상의 ROI와 비ROI의 Variance측정
Table 4. Variances of ROI and Non-ROI on StEM

StEM	ROI R	ROI G	ROI B
	NonROI R	NonROI G	NonROI B
4304	**781206.31**	**662102.25**	**910346.81**
	663309.25	495482.00	682370.25
3173	**975912.81**	**747603.06**	**708003.63**
	11.31	11.98	3.00
2646	879106.81	**738338.81**	**921703.25**
	901073.75	701124.94	828528.44
1934	532010.25	374112.81	405911.94
	834831.00	**640608.56**	**654339.38**

3. 육안에 의한 관찰

정지영상 압축에 있어서 보다 높은 성능을 원하는 의료영상의 경우 JPEG 2000을 많이 사용한다. 의료 영상에서도 적절한 압축률을 찾기 위해 다양한 시도가 되고 있으며, 대부분의 경우 전문적 사용자의 주관적인 인식에 많이 의존한다[1].

의료 영상의 경우 사용자가 의사라는 특성과 CT영상 등



(a) 원영상 (b) 관심점 추출 (c) 시각적 관심점에 따라 다르게 구현된 압축률

그림 4. 시각적 관심점에 따른 영상 압축. (b)의 관심영역(빨강색)은 무손실로 관심영역 주위(연두색)는 낮은 손실로, 그 외 지역은 높은 손실 압축을 적용하였다[7].
Fig. 4. Image compression based on point of attention. At image (b), red area uses lossless compression. Green area uses lossy, high bit-rate compression and outside uses lossy, low bit-rate.

한정된 영상을 사용하기 때문에 의료진에 의한 검증이 우수한 방법이지만 디지털시네마의 경우는 다르다. 다양한 관객과 다양한 콘텐츠 그리고 여러 가지 영사 환경이 주어지기 때문에 관찰자의 주관적 인식에 의한 접근은 또 다른 문제를 야기할 수 있다.

이외에도 MPEG에서 시행한 다양한 화질비교 실험 등이 있으나 디지털시네마 환경과는 다소 거리감이 있다. 결국 디지털시네마는 현실적인 문제를 고려하여 DCI 규격이 제안한 범위안에서 가장 효율적인 압축범위를 찾는 것이 적절한 대안이다.

표 6. 실험환경
Table 6. Experimental environment

사용소프트웨어	JPEG 2000 압축: Kakadu 5.2.5 PSNR 측정: 2K 12bit 측정프로그램 12비트 변환, Resize: Imagemagick 6.3.4
비트/화소(bpp)	0.1 - 8.0 (0.1씩 증가 80가지로 압축)
ISO 12233	Canon D 100으로 획득, 12비트 변환, 크기 2952X1720
StEM	01246, 01986, 2664, 3173, 3372, 3716, 4120 (2K, 4K)

Ⅳ. 실 험

앞서 언급한 것과 같이 본 논문에서는 DCI 규격이 정한 범위 안에서 가장 우수한 화질을 제시하는 것을 목표로 하고 있다. 실험에서는 먼저 테스트 차트인 ISO 12233차트를 이용해 다양한 압축률로 압축을 하고, 이를 근거로 미국영화 텔레비전 기술인협회(Society of Motion Pictures and Television Engineers; SMPTE)에서 디지털시네마 표준영상으로 선정한 StEM으로 다시 실험을 하였다. 실험환경은 표 2에 요약하였다. DCI 규격의 기본 2K는 2048X1080인데 StEM은 2048X857이고, 4K의 경우 DCI 기본 규격은 4096X2160인데, StEM은 4096X1714이다.

1. ISO 12233 실험

실험결과 PSNR값은 화소당 2.1bpp이전까지 일정하게 낮아졌으나 이후부터 화질 영화가 조금 더 심하며, 1.3bpp 이하부터 급격히 열화가 심해졌다. 1.1bpp에서 PSNR값은 R이 31.886341dB, G가 31.519556dB, B가 31.571831dB이며 1.3bpp에서는 R이 33.022626dB, G가 32.744465dB, B는 32.75417dB로서 0.2bpp차이에서 PSNR값은 차이가 크게 났다. 1.50bpp이전에는 0.5이상의 변화가 없었으나 이

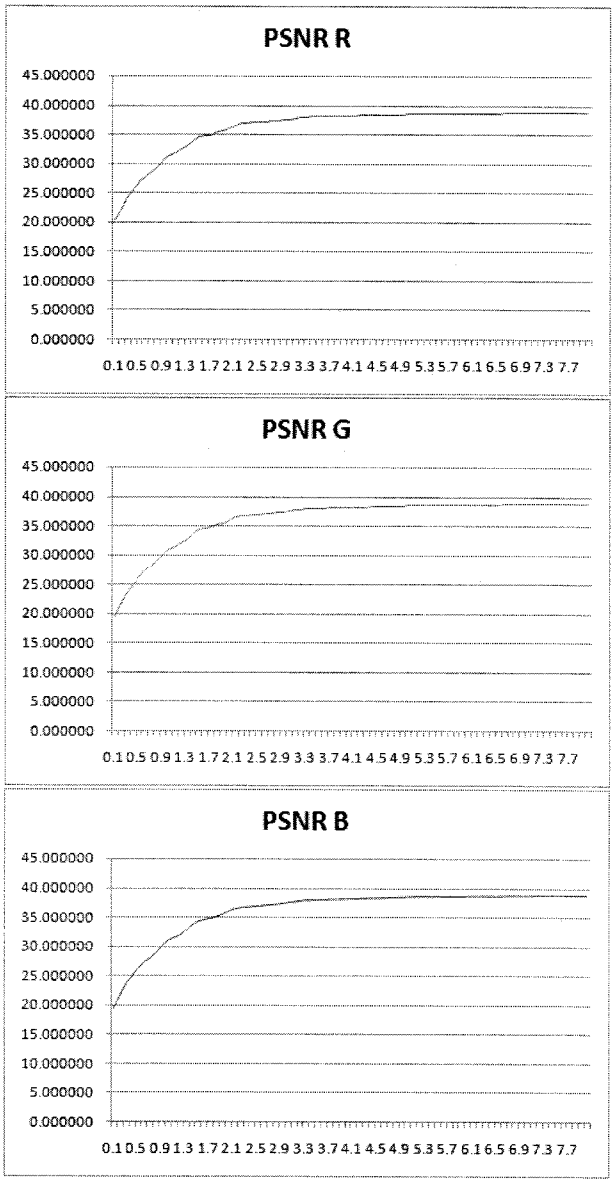


그림 5: ISO 12233의 PSNR변화
Fig. 5. PSNR variation on ISO 12233

시점부터 R, G, B 모두 0.5부터 0.6 정도의 차이가 나타났으며 0.9bpp에서는 0.9 정도의 변화가 나타났다. 그림 5에 실험결과를 정리하였다.

이 실험을 근거로 JPEG 2000 압축은 1.5bpp이하 압축은 피하는 것이 좋으며 특히 1.2bpp이하는 화질 열화가 심각함을 알 수 있다. 그러므로 영화와 같이 시각적인 부분을 고려할 경우 이 값 이상을 사용하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

2. StEM영상 실험

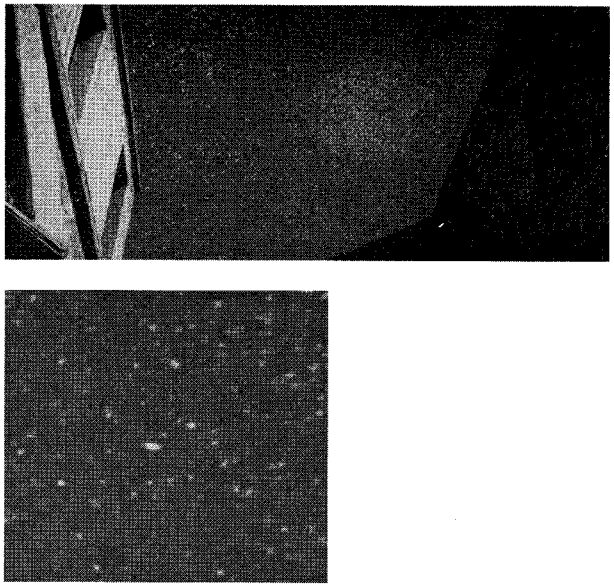


그림 6. StEM의 1246번 영상 - 전체(상), 부분확대(하)
Fig. 6. The 1246th frame of StEM - Whole Image(top), partially zoom(bottom)

StEM에서 첫 번째 영상으로 1246번 프레임을 선택하였다. 이 영상은 오프닝 장면으로서 미세한 꽃가루가 날리는 고주파 성분이 많은 영상이다. 1246번의 실험 결과는 ISO 12233과는 다소 차이가 있었다. 1.30bpp부터 급격한 변화가 있었던 것에 비해, 0.06bpp까지 편차가 지속적으로 일어났다. 특히 B채널의 경우 PSNR 감소율이 압축률에 따라 큰 차이를 가져와 다른 두 채널과는 차이를 보였다. 그러나 두 영상 모두 일정한 값 이하에서 PSNR 값이 급격히 낮아지는 공통적인 특성을 보였다.

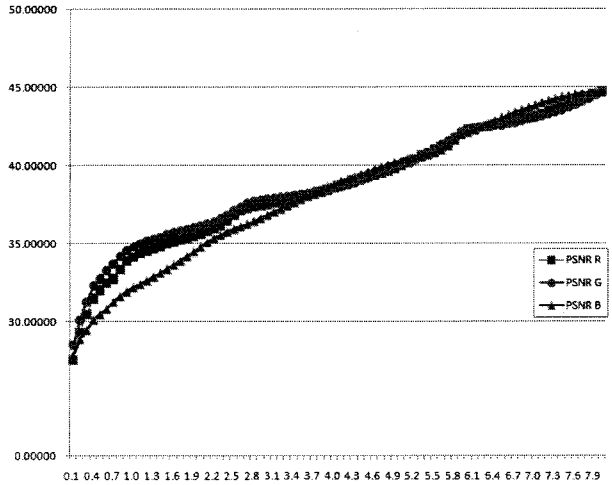


그림 7. StEM 01246의 PSNR
Fig. 7. PSNR of StEM 01246

7개의 2K StEM영상에서 35dB, 40dB, 45dB에서 나타난 값을 표 7에 정리하였다. 1246번 프레임이 압축성능이

표 7. StEM 2K에서 주요 PSNR 값 측정
Table 7. Major PSNR values of StEM 2K

frame	bpp	R (dB)	G (dB)	B (dB)	file size (Byte)
1246	2.1	35.79	36.27	35.08	460,771
	5.1	40.19	40.23	40.37	1,118,640
	8.0	44.71	44.76	44.64	1,755,153
1986	0.6	38.40	39.00	35.18	131,671
	2.0	41.36	42.10	40.01	438,823
	4.7	45.07	45.21	45.08	1,031,191
2664	1.7	36.54	36.74	35.06	372,969
	4.1	40.63	40.67	40.05	899,557
	7.9	45.52	45.82	45.26	1,733,236
3173	0.2	42.93	43.04	43.25	43,919
	0.4	46.32	46.32	46.73	87,791
3372	1.7	36.61	37.07	35.31	373,014
	4.1	40.75	40.88	40.15	899,558
	8	45.22	45.37	44.99	1,755,178
3716	1	38.02	38.22	35.22	219,438
	2.5	40.79	40.99	40.12	548,532
	5.4	46.14	46.11	45.05	1,184,768

가장 낮으며 3173번이 가장 좋았다. 3173번은 화면의 대부분이 검정으로 중복성이 많아 압축률이 좋았다. 이 경우 0.01bipp에서도 40dB이상의 높은 압축률을 보였다. 그러나 1246번과 같이 고주파 성분이 많은 경우에는 40dB이상을 확보하려면 4.6bpp 이상이 필요하다. DCI 규격에서 정한 최대 프레임 사이즈인 1,302,083바이트를 고려할 경우 StEM영상은 평균적으로 약 40dB정도 가능하다.

이상과 같은 실험을 근거로 StEM영상중 타이틀 시퀀스에 해당하는 꽃가루 영상이 있는 01191번부터 01291번까지 100프레임과 신랑 신부가 입장하는 02422-02522번까지 100프레임을 각각 1.0, 2.0, 3.0 bpp로 테스트하였고 그 결과를 표 8에 정리하였다.

표 8. 시퀀스별 PSNR 결과
Table 8. PSNR results of each sequences

Frames	bpp	PSNR R	PSNR G	PSNR B	Total
01191 - 01291	1.0	37.60	38.31	36.01	37.31
	2.0	39.31	40.01	37.35	38.89
	3.0	40.14	40.83	38.02	39.66
02422 - 02522	1.0	38.26	38.80	35.50	37.52
	2.0	39.35	40.18	36.84	38.89
	3.0	40.84	41.09	37.39	39.77

V. 결 론

실험결과 DCI가 제안한 프레임 크기를 고려할 때 2K는 약 6bpp 이상의 값을 가질 수 있으며, 이 경우 PSNR은 약 42.5dB 이상을 확보할 수 있었다. SMPTE의 디지털시네마 표준영상인 StEM이 DCI의 규격중 16:9 사이즈를 고려할 때, 제안된 값들 보다 조금 더 낮아질 것으로 예측된다.

기존 필름이 시간이 지남에 따라 색바램, 먼지, 필름 그래인 등 다양한 화질 열화 요소가 있는 점을 감안하면 비록 PSNR값이 좀 낮아도 기존 필름보다 극장경험을 더 증가시킬 것이라는 사실은 변함이 없다.

DCI 규격이 현재 디지털시네마 표준으로 통용되고 있지만 시각적 무손실 압축과 관련된 다양한 연구결과를 수용하기에는 어려움부분도 있다. 특히 눈-추적에 의한 관심영역과 비관심영역의 압축률 변화는 JPEG 2000에서 ROI로 구현가능함에도 불구하고 DCI규격은 이를 배제하고 있다.

디지털시네마의 효과적인 압축 연구를 위해서는 본 논문에서 실시한 PSNR 측정도 중요하지만 다양한 영사환경을 가지는 극장 환경을 고려한 시각적 무손실 압축연구도 필요할 것이다.

참고문헌

[1] 김철현, 강남오, 김용환, 정수연, 임상희, 백준기, "디지털시네마 영상의 최적 압축을 위한 H.264/AVC와 JPEG-2000 비교 연구", 한국방송공학회 학술대회 논문집, pp. 101-109, 2006, 10월.

[2] Digital Cinema System Specification V.1.1 , www.dcimovies.com, California, pp. 23-25, April, 2007.

[3] 강남오, 김철현, 정수연, 임상희, 백준기, 김용환, 이주현, 정제창, "한국형디지털시네마 영상압축 핵심기술", 학국통신학회지 24권 4호, pp. 76-82, 2007년, 4월.

[4] Charles S. Swartz, "Understanding Digital Cinema", Focal Press, Massachusetts, pp. 122-126, 2005.

[5] Jennifer Treuting, "Eye Tracking and the Digital Cinema : A study of Film of Theory and Visual Perception", SMPTE Motion Imaging Journal, pp. 31-40, January, 2006.

[6] Steven D. Katz, "영화연출론 Shot by Shot", 시공사, 서울, pp. 133-147, 1998.

[7] Fionn Murtagh, M. Farid, F. Kurugollu, "Adaptive wavelet eye-gaze based video compression" Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 4877, pp. 255-263, January, 2002.

저 자 소 개

김 철 현

- 1995년 : 침례신학대학교 신학과 졸업(학사)
- 1998년 : 침례신학대학원 신학과 졸업(석사)
- 2007년 : 중앙대 첨단영상대학원 졸업(석사)
- 2007년 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 박사과정

백 준 기

- 1984년 : 서울대학교 제어계측공학과 졸업(학사)
- 1987년 : 노스웨스턴대학교 전기및컴퓨터공학과 졸업(석사)
- 1990년 : 노스웨스턴대학교 전기및컴퓨터공학과 졸업(박사)
- 1990년 - 1993년 : 삼성전자 반도체부문 마이크로사업부(선임연구원)
- 1993년 ~ 1999년 : 중앙대학교 전자공학과(교수)
- 1999년 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원(교수)