

JPEG2000 정지영상 부호화 기술 개요

Overview of JPEG2000 Still Image Coding Technology

김재준(J.J. Kim)

방송컨텐츠보호연구팀 선임연구원

홍진우(J.W. Hong)

방송컨텐츠보호연구팀 책임연구원, 팀장

멀티미디어 기술의 이용 증가와 더불어, 영상 압축은 새로운 기능과 보다 나은 성능을 필요로 한다. 정지 영상 인코딩 분야에서 이 기술을 언급하기 위하여 JPEG2000이라 하는 새로운 표준이 최근 개발되고 있다. JPEG2000 기술은 기존의 표준기술보다 유효율, 영상성능 면에서 우수성을 제공할 뿐 아니라 또한 현재의 표준들이 언급할 수 없는 특징이나 기능들을 제공해준다. JPEG2000의 대표적 기술적인 특성으로는 무손실/손실 압축, 무손실 코딩에의 내포된 손실, 화소 정확성과 해상 등에 의한 진보적인 전달, 비트 에러 그리고 관심영역 부호화의 견고함 등이 있다. JPEG2000의 필요성이 강조되는 다양한 응용분야로는 인터넷, 컬러 팩스, 인쇄, 스캐닝, 디지털 사진, 원격 탐사, 이동식 적용, 의학 영상, 전자 도서관과 E-commerce 등이 있다.

I. 서론

정보화 사회에 있어서 멀티미디어 및 정지 영상 정보를 효율적으로 압축하여 얼마나 빠르게 에러 없이 방대한 데이터를 처리하는가 하는 문제가 대두되고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 1992년에 JPEG(Joint Photographic Expert Group)이 국제 표준으로 채택된 이후 이 표준은 다양한 멀티 미디어 응용분야에 사용되고 있다. 그러나 JPEG은 구현이 쉽다는 장점에도 불구하고 손실과 무손실 압축이 단일화되어 있지 않고 잡음이 많은 저 비트율 환경에서 뚜렷한 성능 열화를 보이고 있다. 최근 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 JPEG의 표준화 작업을 담당하고 있는 ISO/IEC 산하의 JTC1/SC29/WG1 그룹에서는 JPEG2000이라 하는 새로운 표준 개발이 착수되었다[1].

이 프로젝트(JTC2 1.29.14(15444))는 여러 종류의 정지 영상을 단일 시스템 안에서 지원하는 새로운 영상 코딩 체계를 만들 의도였다. 이 코딩

시스템은 많은 특징들을 동시에 이용함으로써 기존의 표준보다 더 우수한 양질의 성능과 유효율(rate-distortion)의 저 비트율을 제공해야 한다. 이러한 지속적인 개발과 함께 표준위원회의 목표 중 하나는 로열티 없이 무료로 사용하는 것이었다. 이것은 허프만 코딩(Huffman coding)과 더불어 오늘날 많이 사용하고 있는 JPEG과 마찬가지로 표준으로 널리 사용되기 위해 중요한 성격을 가지고 있다.

표준화 과정은 JTC1/SC29/ISO/IEC3의 WG1에 의해 2000년 8월에 최종 국제 규격안(이미 만들 어짐)과 12월에 국제 표준 기준(IS)이 예정돼 있다. 단지 부분적인 변경이 현 단계에서 필요할 뿐 기술적이거나 기능적인 변경은 규격 기준인 Part 1에서는 없을 것이다.

II. JPEG2000의 표준 특징

JPEG2000 표준은 새로운 기술의 장점을 취하고 많은 하이엔드(high-end)와 다양한 응용 분야에

중점을 두고 있다. 현재의 표준은 최고의 화질 또는 성능을 만들지 못하는 분야와 압축을 현재 사용하지 않는 분야에 여러 가능성을 제공하고 있다. 그러나, JPEG2000 표준에 명시된 요구사항을 만족시키는 대안으로서 JPEG2000 표준화 그룹은 웨이브렛 변환을 이용한 정지영상 압축방법을 채택하였다. 이에 대한 중요사항을 정리해 보자[2].

- 높은 압축률 성능

JPEG2000 표준은 낮은 비트율(0.25bpp 이하)로 현재의 표준보다 우수한 성능을 제공해야 한다. 이러한 특징을 필요로 하는 응용분야로는 네트워크 영상 전송과 원격 탐사 등이 있다.

- 무손실/손실 압축

점진적인 디코딩 과정에서는 무손실/손실 압축을 제공할 수 있어야 한다. 고화질을 필요로 하는 의료 영상, 디스플레이, 네트워크 응용 등은 무손실/손실 압축 기술의 적용분야로 볼 수 있다.

- 픽셀 정확도와 해상도에 의한 점진적 전송

영상의 픽셀 정확도 또는 공간 해상도를 복원하기 위해 점진적 전송은 여러 응용분야에 있어 필수적이다. 여러 용도의 디바이스를 위해, 필요에 따라 이 특징은 여러 해상도와 픽셀 정확도를 가지고 영상을 복구해야 한다. 적용 예로는 월드 와이드 웹, 영상기록과 프린터를 들 수 있다.

- 관심영역(region of interest) 부호화

영상에서 사용자가 특정 ROI를 정의 및 부호화하고, 더 좋은 화질과 영상의 나머지보다 적은 왜곡을 보내는 것이다.

- 랜덤 코드열 액세스(random codestream access)와 처리

사용자에게 랜덤한 영상의 ROI를 정의하고 또는 영상의 나머지보다 적은 왜곡을 가지고 복원되게 한다. 또한, 랜덤 코드열 처리는 회전, 번역, 필터링, 특징 추출과 스케일링 같은 기능을 제공할 수 있다.

- 비트에러에 대한 견고함

코드열을 디자인하는 동안에 비트 에러에 대한 견고함을 고려하는 것은 바람직하다. 하나의 응용 분야로는 무선 통신 채널의 전송이다. 코드열의 일 정부분은 디코딩된 영상 화질을 결정하는 데 있어 중요한 역할을 하고, 에러 정정 시스템 안에서 비트 에러에 강한 최적의 디자인이 필요하다.

- 오픈 아키텍처(open architecture)

고도의 적응성을 가진 코딩 툴을 사용하는 응용 분야나 서로 다른 형태의 영상에 적합하여 오픈 아키텍처로 구현된다.

- 콘텐츠 기반의 기술

영상을 기록하고 색인을 붙이고 검색하는 것은 영상 처리의 중요한 분야이다. MPEG-7에서도 이를 다루고 있으며 압축 시스템의 일부로 이용할 수 있다[3].

- 사이드 채널 공간 정보(side channel spatial information)

알파 평면과 투명 평면과 같은 사이드 채널 공간 정보는 정보를 전송하고 영상을 전시, 인쇄, 편집하는 데 도움이 된다. 이것의 예는 월드 와이드 웹 적용에서 사용되는 투명 평면이다.

- 영상보호

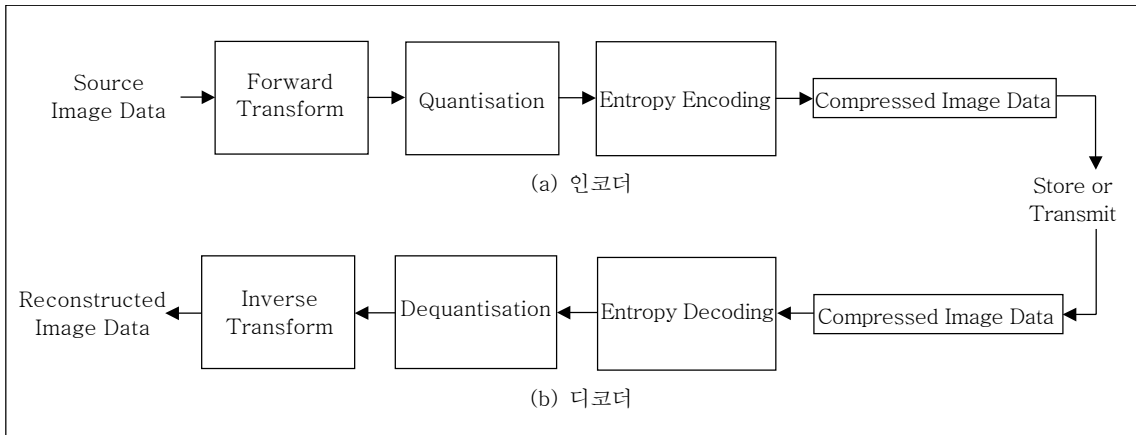
디지털 영상의 보호는 워터마킹, 라벨링, 스탬핑(stamping)과 암호화에 의해 이뤄진다. 라벨링은 이미 SPIFF에서 구현되었고 JPEG2000 영상 파일과 호환을 이뤄야 한다.

- 연속톤과 2중 레벨의 압축

연속톤과 2중 레벨의 압축으로 문서의 합성 및 컴퓨터 영상, 팩시밀리, 오버레이(overlay)가 있는 의학 영상, 이진수 영역의 그래픽 영상 등에 응용할 수 있다.

III. JPEG2000의 표준 구조

JPEG2000 인코더/디코더의 블록 그림은 (그림 1)에서 설명된다[4]. 그림에서 볼 수 있듯이 이산



(그림 1) JPEG2000의 블록도

웨이브렛 변환(discrete wavelet transform)[5]은 소스 영상 데이터에 적용되고 변환된 계수는 양자화를 거쳐 코드열을 생성하기 전에 엔트로피 부호화 과정을 거친다. 디코더는 인코더의 반대이다. 각 단계의 동작을 세부적으로 살펴보기 전에 전체적인 부호화의 동작을 간단히 살펴보면 다음과 같다[6],[7].

- 영상을 각 구성 성분별로 분해한다.
- 영상과 그 성분은 정사각형의 타일로 분해된다.
- 각 타일에 웨이브렛 변환이 적용된다.
- 타일은 여러 해상도의 레벨로 분해되고 분해 레벨은 주파수특성을 설명하는 부대역 계수로 구성된다.
- 이 부대역 계수들은 양자화를 거쳐 코드-블록의 정사각형 배열로 만들어진다.
- 코드-블록 안에서 계수들의 비트-평면들은 엔트로피 부호화된다.
- ROI가 정의되면 관심 영역에 포함되어 있는 계수들이 먼저 부호화되는 처리가 수행된다. 마커(marker)는 비트열에 에러 복원을 위해 추가된다.
- 계층화된 코드열을 이용하여 패킷을 형성한다.
- 옵션 파일 포맷은 애플리케이션과 관련하여 영상과 성분을 기술한다.

JPEG2000의 기본적 인코딩 엔진은 EBCOT

알고리즘을 근거로 한 점을 주목해야 한다.

1. 타일링

‘타일링(tiling)’은 정사각형의 비중복된 블록(타일)이 별개의 영상이었던 것처럼 최초 영상의 분할을 의미한다. 성분 혼합, 웨이브렛 변환, 양자화(quantization)와 엔트로피 코딩을 포함한 모든 기능은 영상 타일 위에서 독립적으로 작동된다. 타일링은 메모리 필요 조건을 줄이고 그들은 또한 독립적으로 복구되기 때문에 전체 영상 대신에 영상의 특정 부분을 디코딩 하기 위해 사용될 수 있다.

2. 이산 웨이브렛 변환

각각의 분리된 타일 성분은 웨이브렛 변환이 적용된다. 타일 성분의 수평, 수직의 공간 주파수 특징을 기술하는 웨이브렛 변환은 2의 멱수 분해 레벨(다이애딕(dyadic) 분해)로 분해된다. DWT는 가역/비가역 변환을 할 수 있는데 디폴트 비가역 변환은 Daubechies 9-tap/7-tap 필터에 의해서 실행되고 가역 변환은 5-tap/3-tap 필터에 의해서 실행된다.

규격 표준은 2개의 필터링 모드(컨벌루션/리프팅 근거)를 지원한다. 컨벌루션을 바탕으로 하는 필터링은 2개의 필터 마스크와 확장된 1D의 신호 사이에서

일련의 dot products를 수행하고 리프팅을 근거로 하는 필터링은 신호를 교대로, 즉 홀수번째 샘플 값이 짝수번째 샘플 값의 가중치 합계와 함께 갱신되는 매우 단순한 필터링으로 구성되고 짝수번째 샘플 값은 홀수번째 샘플 값의 가중치 합계와 함께 갱신된다.

JPEG2000은 통합화된 손실/무손실 압축방법을 제공하는데 무손실 압축의 경우에는 이산 웨이브렛 변환에서 손실이 발생하지 않도록 저주파/고주파 대역 필터에서 정수형 필터를 사용한다. 반면에 5/3 필터링하는 다이애드 분해 방법은 손실이 발생하더라도 어떤 추가 손실 없이 영상을 반복적으로 코딩 또는 디코딩한다. 이 경우에는 정수형(5/3) 또는 소수형(9/7) 필터 모두 사용할 수 있다.

3. 양자화

이산 웨이브렛 변환 후 양자화 과정은 모든 계수들을 양자화 시킨다. 규격 표준의 Part 1에서는 scalar 양자화가 사용된다. 양자화 단계가 1 이든지 계수가 정수 값(가역 정수 5/3 웨이브렛에 의해 생성된 것처럼)을 갖지 않는 한 이 과정은 손실이 있다. 다이애드 범위는 원 영상 타일 성분을 표현하는 비트수에 따라 다르다. 모든 양자화된 변환 계수는 사인부호(+ 또는 -) 값이다. 이 계수는 코딩 되기 전에 부호 절대치 표현에서 나타내게 된다. 가역 압축에 대해 양자화 스텝폭은 1이 요구된다. 반면, 비가역 압축의 경우에는 양자화 스텝 크기를 자유롭게 결정할 수 있다.

4. 구성 성분 변환

JPEG2000은 다양한 성분으로 구성된 영상을 지원한다. 규격 표준은 2개의 다른 구성 성분 변환(component transformation), 비가역/가역 성분 변환(irreversible/reversible component transformation)이 있다. ICT는 손실이 있는 코딩에만 사용되기 때문에 9/7 비가역 웨이브렛 변환과 함께 사용되는 반면 RCT는 손실 또는 무손실 코딩에

이용되기 때문에 5/3 가역 웨이브렛 변환과 함께 사용된다. RCT는 영상의 첫번째 3개의 성분에 적용되는 비상관 변환이다. 이 변환에 의해 이뤄지는 3개의 목표로는 효율적인 압축을 위한 컬러 비상관성, 양자화를 위한 human visual system에 관한 합리적인 컬러 공간과 무손실 압축 능력이다. 일반적인 영상의 경우 색상 정보를 RGB 성분으로 구성하는데 RCT는 YUV 변환의 근사라고 추정할 수 있고 비가역 성분 변환의 경우는 YCbCr 변환의 근사라고 생각할 수 있다.

JPEG에서 데이터의 양을 줄이는 효과적인 방법은 YCrCb 비상관성 변환에 RGB를 사용하고 크로미넌스 성분의 부분 샘플링을 이용하는 것이다. 그러나 이것은 웨이브렛 변환의 멀티해상도 성질이 같은 효과를 이루기 위해 사용될 수도 있기 때문에 JPEG2000에서는 추천되지 않는다.

5. Precints-계층-패킷

양자화 후 각 부대역은 겹쳐지지 않는 정사각형 블록으로 나뉘지고 각 패킷 분할 위치(또는 precinct)는 엔트로피 코더의 입력인 '코드-블록'으로 세분화된다. 코드-블록에서 계수의 각 비트-평면은 3개의 코딩 패스 내에서 부호화된다. 이러한 코드-블록 내의 계수들은 비트 평면 정보를 이용하는 3개의 코딩 패스, 즉 중요도 전파, 크기 정제와 클린업으로 구성된다. 각 패스에서는 산술 코더로 제공되는 컨텍스트들이 만들어진다. 이때 계산되는 컨텍스트는 JPEG2000 표준이 정하는 규칙에 따라 각각 단계에서 다른 방법을 이용하여 계산된다.

중요도 전파 패스 동안, 만일 그 위치가 중요하지 않으면 비트는 부호화된다. 그러나 그 eight-connect 된 이웃 중 적어도 하나는 중요하다. 만일 계수가 중요하면 그것은 컨텍스트의 생성에 대해 1의 값을 주고 그렇지 않으면 0의 값을 준다. 컨텍스트의 매핑 또한 주어진 분해 레벨에서 코드 블록이 어느 부대역에 있는가에 달려 있다. 중요도 전파 패스는 중요도 비트가 아직 만나지 않은 계로 이외의 컨텍스트를 가지고 있는 계수만을 포함한다.

컨텍스트는 비트열을 따라 산술 디코더에 전달되고 디코드된 계수 비트가 되 돌아온다. 만일 이 비트값이 1이면, 중요도 상태는 1에 맞춰지고 디코드되는 바로 다음 비트는 계수를 위한 부호 비트이다. 그렇지 않으면 중요도 상태는 0으로 남아 있다.

두번째 패스는 크기 정제 패스이다. 이 패스 동안, 이전의 비트평면에서 중요하게 되었던 모든 비트가 인코드된다. 크기 정제 패스는 방금 전 중요도 전파 패스에서 중요하게 되었던 것을 제외한 계수로부터 오는 비트를 포함한다. 사용된 컨텍스트는 수평, 수직, 그리고 대각 이웃들의 중요도 상태의 합에 의해 결정된다. 이러한 것들은 현재 디코더에게 알려져 있는 상태이지 중요도 디코더 패스 전에 사용된 상태가 아니다.

마지막 패스는 이전 패스가 인코드되는 동안 모든 비트가 인코드 되지 않는 클린업 패스이다. 클린업 패스는 이웃하는 컨텍스트 뿐 아니라 run-length 컨텍스트도 이용한다.

6. 산술코딩

위에서 언급한 것처럼 모든 코딩은 컨텍스트에 의존하는 2진 산술 디코딩을 이용한다. Elias 코딩의 재귀적인 확률 간격 부영역은 2진 산술 코딩(arithmetic coding) 과정의 초석이 된다. 각 이진수의 결정과 더불어, 현재의 확률 구간은 2개의 부구간으로 나뉘지고 코드열은 심벌에 할당된 부분구간 확률의 기초(base)를 가리키도록 수정된다. 코딩 과정이 정수 코드워드의 연결보다 오히려 일부 이진수의 합을 포함하기 때문에 이진 결정은 흔히 결정 당 한비트 보다 훨씬 적은 코스트로 부호화될 수 있다.

JPEG2000은 9개 이상의 컨텍스트를 사용하지 않는다. 컨텍스트 모델은 항상 각 코드-블록의 시작단계에 초기화되고 산술 코더는 항상 각 블록의 끝에 결정된다. 이것은 에러 적응력에도 유용하다. 또한 lazy 코딩 모드는 산술적으로 부호화되는 심볼 수를 줄이기 위해 사용되는데 이 모드에 따르면 네번째 비트 평면이 코드화되고 난 후에, 첫번째와 두번째 패스는 압축되지 않은 각 비트 평면의 세번째

코딩 패스가 산술 코딩을 사용하는 동안 데이터로 포함된다.

7. 계층화된 비트열 생성

JPEG2000에서 비트열은 연속적인 계층으로 구성되고 각 계층은 각 코드-블록에서 추가적인 공헌도를 포함한다. 각 코드 블록에서 끝을 잘라낸 점들은 비율 왜곡 최적화를 사용하면서 할당된다. 규격 표준의 Part 1에서는 대략 50개의 계층이 지원된다. 만일 비트열이 하나의 계층점에서 정확하게 끝을 단축하게 되면, 그것은 비율 왜곡면에서 최적일 것이다. 그러나, 비트열이 한 계층을 통해 잘려진 일부 길이라면 많은 계층들이 사용되었기 때문에 그 결과는 최적이지 않을 것이다.

IV. 표준의 주요 특징

JPEG2000 표준은 한 영상의 ROI를 정의하기 위한 중요한 가능성, 공간과 SNR 스케일러빌리티 (scalability), 에러 적응력(error resilience)과 지적 소유권 보호와 같은 많은 특징을 보여준다. 이 특징을 살펴보면 다음과 같다[8].

1. 관심영역

ROI의 기능은 영상의 특정 부분이 다른 부분보다 높은 중요성을 가진 응용분야에서 이용한다. 그러한 경우, 이 영역은 배경보다 높은 화질에서 인코드되고 영상을 전달하는 동안 ROI 부분들은 첫번째 또는 높은 우선도로 보내질 필요가 있다. 규격표준의 Part 1에서 ROI 코딩 기술은 MAXSHIFT 방법을 이용한다. MAXSHIFT 방법은 일반적인 ROI 스케일링 코딩 방법의 연장이다. 일반적인 ROI 스케일링 코딩 방법의 원리는 ROI와 관련된 비트가 배경과 관련된 비트보다 높은 비트 평면에 놓이게 되도록 계수를 이동하는 것이다. 그 다음, embedded 코딩 과정 동안 가장 중요한 ROI 비트 평면은 영상의 배경 비트 평면 전에 있는 비트열에 놓인다. 그래서 ROI는

영상의 나머지에 적용되기 전에 디코드되고 정제된다. JPEG2000에서 일반 스케일링 방법은 다음과 같다:

- 웨이브렛 변환이 계산된다.
- 만일 ROI가 선택되면 무손실 ROI가 복구될 때까지 필요로 하는 계수를 가리키는 마스크(ROI 마스크)가 유도된다.
- 양자화 과정을 거친 웨이브렛 계수는 부호 크기 표현에 저장된다.
- ROI 영역 밖의 계수는 특정 스케일링 값에 의해 다운스케일 된다.
- 결과로서 생기는 계수는 인코드된 엔트로피이다.

디코더는 영상을 복구하기 위해 이 단계를 역으로 한다. 일반 스케일링 방법은 ROI에 할당하게 되는 스케일링 값과 ROI의 좌표가 비트열에 추가하게 되는 것을 필요로 한다. 디코더는 또한 ROI 마스크 생성을 수행하지만 최초의 계수를 다시 만들기 위해 배경의 계수를 스케일 업(up)한다. MAXSHIFT 방법에 따르면 스케일링 값은 디코더에 형태 정보를 전송할 필요 없이 임의의 모양으로 구성된 ROI를 갖도록 하는 방법으로 계산된다. 이것은 또한 디코더가 ROI 마스크 생성을 수행할 필요가 없다는 것을 의미한다. MAXSHIFT 방법에서 인코더는 양자화되었던 계수를 스캔하고 ROI에 있는 최소 계수가 배경의 최대 계수보다 큰 값을 스케일링 값(σ)으로 선택한다. σ 값보다 작은 모든 계수는 BG에 속하고 스케일 업한다. 디코더가 해야 할 유일한 일은 받은 BG 계수를 업스케일링하는 것이다.

MAXSHIFT 방법에서 ROI에 속해 있는 정보를 가진 비트 평면이 BG에 속해 있는 정보와 완전히 분리되기 때문에 ROI와 BG에 대한 비트 평면의 수는 독립적으로 선택될 수 있다. 이것은 ROI와 BG에 대한 여러 비트율을 선택할 수 있게끔 한다. 이렇게 하기 위해 ROI와 BG의 중요도가 가장 낮은 비트 평면은 무시된다. 원래의 스케일링 기반 모드를 가지고는 독립적으로 이러한 숫자를 제어할 수

없다. 실험은 ROI가 있는 영상의 무손실 코딩에 대해, MAXSHIFT 방법이 ROI 없는 영상의 무손실 코딩과 비교되었을 때 보다 대략 1% 정도 비트율을 늘리는 것으로 나타났다.

형태 정보가 비트열에서 포함될 필요가 있는 임의의 형태 영역에서 일반 스케일링 방법과 MAXSHIFT 방법은 유사한 비트율을 이룬다. MAXSHIFT 방법은 인코더의 작성자에게 compliant 디코더로 지원 받는 많은 기능을 이용하는 것을 허락한다. 예를 들면, MAXSHIFT 방법을 ROI와 배경에 대해 다른 화질과 함께 영상을 인코드화하기 위해 사용하는 것은 가능하다. ROI가 원하는 화질을 얻기 위해 영상은 양자화되고 MAXSHIFT 방법이 적용된다. 만일 영상이 계층 방법으로 점차적으로 인코드되면, 배경에 속해있는 웨이브렛 계수의 모든 계층은 인코드될 필요가 없다. 이것은 ROI와 배경을 위해 다른 양자화 단계를 사용하는 것에 대응한다.

◆ ROI 코딩의 참고사항

명백히 ROI 코딩은 인코더에서 한다. 인코더는 배경보다 좋은 화질에서 부호화했던 ROI가 어느 것인가를 결정한다. 만일 ROI를 인코딩 과정 전에 모르면 디코더가 상호 교환적인 ROI 선택 방법을 요구하는 데이터만 받을 가능성이 있다. 비록 가장 단순한 방법이 타일링이지만, 이것은 영상이 타일링 모드에서 인코드되는 것을 필요로 한다. 또 다른 방법은 비트열에서 패킷 분할을 추출한다. 길이 정보가 헤더에 보관되기 때문에 쉽게 될 수 있다. 필터 충격 응답길이 때문에, 관심사는 ROI를 디코드하기 위해 필요한 모든 데이터를 추출하는 것이다. 패킷 분할 위치의 경우처럼 픽셀위치에 영향을 주는 코드블록을 결정하는 것이 필요하다. 이 코드 블록에 영향을 미치는 정확한 패킷은 진행 순서 정보로부터 결정될 수 있다. 그리고 압축된 데이터 위치는 패킷 헤더를 디코딩함으로써 결정될 수 있다.

계수 스케일링 과정은 제한된 실험 정밀도 때문에 오버플로 문제를 일으킬 수도 있다. JPEG2000에서

이 문제는 BG 계수가 ROI 계수를 스케일업 하는 것보다 오히려 스케일다운 되기 때문에 최소화된다. 그래서 만일 실행 정밀도가 초과된다면 BG의 최소 중요 비트 평면은 손실될 것이다. 따라서, 배경의 화질은 떨어지나 영상의 가장 중요한 부분이 고려되는 ROI는 최적으로 다뤄진다는 점이 장점이다.

2. 스케일러빌리티와 비트열 파싱 (Bitstream Parsing)

다양한 해상도와 화질을 동시에 디코딩 할 수 있는 영상을 필요로 하는 JPEG2000 압축 시스템은 scalability를 지원한다. 일반적으로, 정지 영상을 스케일 할 수 있는 코딩은 1개 이상의 해상도나 화질을 동시에 이루는 능력을 의미한다. 비트열 scalability는 디코드된 비트열과 동등한 해상도나 화질의 그림을 완전히 생성하기 위해 비트열의 적당한 부분 집합 안에서 디코딩하는 것이다. 만일 비트열이 정말로 스케일 할 수 있다면, 여러 다른 복잡도를 가진 디코더가 공존할 수 있다. 저성능 디코더가 기초적인 화질을 생산하고 있는 비트열의 단지 적은 부분만 디코딩하는 반면 고성능 디코더는 더 많이 디코딩을 하고 고화질을 생산할 수 있다. Scalability의 가장 중요한 타입은 SNR scalability와 공간 scalability이다. Scalability의 주목할 만한 장점은 전송에러의 적응성을 제공해주는 능력이다. SNR과 공간 scalability 타입은 현재의 JPEG에서 정의되는 진보적이고 계층적인 코딩 모드를 포함하지만 그들은 좀더 일반적이다.

가. SNR scalability

SNR scalability는 영상 화질의 최저 2개 계층이 필요한 시스템에서 쓰여진다. SNR scalability는 하나의 영상 소스로부터 적어도 2개의 영상 계층에서 똑같은 공간 해상도를 생성한다. 하위 계층은 그 자체에 의해 기초적인 영상 화질을 제공하기 위해 부호화되고 강화 계층은 하위 계층을 강화하기 위해 코드화된다. 하위 계층이 뒤로 더해질 때 강화

계층은 입력되었던 영상의 더 높은 화질을 재생시킨다.

나. 공간 scalability

공간 scalability는 공간 해상도의 최소 2개의 계층이 필요한 시스템에서 쓰여진다. 공간 scalability는 하위 계층이 기본적 공간 해상도를 제공하기 위해 자체적으로 코드화되는 한 개의 소스로부터 최소한 두 개의 공간 해상도 계층에서 생성되는 것을 포함한다. 또한 강화 계층은 공간적으로 삽입된 하위계층을 이용하고 입력된 영상 소스의 전체 공간 해상도를 싣는다. 공간 scalability는 여러 다른 해상도를 디스플레이와 대역폭 능력 관점에서 다른 능력을 지닌 터미널에 보낼 뿐 아니라 빠른 데이터 베이스 접근을 위해 도움이 된다.

다. 비트열 파싱

비트열은 비트열의 진행 타입을 확인하는 마커를 포함한다. 패킷에 저장된 데이터는 사용되는 scalability의 타입에 관계없이 동일하다. 그러므로 진행 타입을 바꾸거나, 어떤 필수의 데이터라도 비트열로부터 빼내는 것은 당연하다. 해상도에 의해 진행을 SNR에서 progressive까지 바꾸기 위해 파서는 표시를 읽을 수 있고, 마커의 진행 타입을 바꿀 수 있으며, 그 다음 새로운 순서로 새로운 마커를 쓸 수 있다. 이처럼 비트열의 빠른 트랜스코딩은 서버 또는 입구에서 영상을 디코딩/재인코딩하지 않을 뿐 아니라 MQ-코더와 컨텍스트 모델링을 이용하지 않고 이뤄질 수 있다.

3. 선 변환(Line Based Transformation)

전통적인 웨이브렛 변환 실행은 전체의 영상이 버퍼되고 수직/수평 방향에서 수행되는 필터링 작업을 요구한다. 수평 방향으로 필터링되는 것은 매우 단순한 반면 수직 방향에서 필터링되는 것은 아주 부담이 된다. 하나의 행을 따라 필터링되는 것은 읽혀지기 위해 1개의 행이 필요하지만 컬럼을 따라

필터링되는 것은 전체의 영상에 적용되는 것을 요구한다. 선에 기반을 둔 웨이브렛 변환은 전통 웨이브렛 변환 실행처럼 똑같이 정확한 변환 계수를 제공하는 어려움을 극복한다. 그러나, 선에 기반을 둔 웨이브렛 변환은 JPEG2000을 위해 완전한 선에 기반을 둔 인코딩 패러다임을 혼자서 제공하지 않는다. 완전한 행에 근거하는 코더는 엔트로피 코딩 1까지 모든 연속적인 코딩 단계를 고려해야 한다.

4. 시각적 주파수 가중치

Human visual system에서 시스템 디자이너와 사용자는 대조 감각 기능(contrast sensitivity function)에서 측정된 것처럼 공간 주파수에 대한 다양한 시각적인 시스템을 이용할 수 있어야 한다. CSF 가중치는 변환 계수의 시각적 주파수에 의해 결정되기 때문에 웨이브렛 변환에서 부대역 당 1개의 CSF 가중치가 있을 것이다. CSF 가중치의 디자인은 인코더 이슈이다. JPEG2000에서 지원이 되는 시각적 주파수 가중치(visual frequency weighting) 2개의 타입은 Fixed Visual Weighting(FVW)과 Visual Progressive Coding(VPC)이 있다. FVW에서 한 세트의 CSF 가중치가 선택되고 시각조건에 따라 적용된다. VPC에서는 다른 가중치가 embedded 코딩의 여러 단계에서 사용된다. FVW는 VPC의 특별한 경우로 간주될 수 있다.

5. 에러 적응성

에러가 나기 쉬운 채널에서 압축된 영상을 보내는 능력을 향상시키기 위해 에러 적응 비트열 구분과 기능은 JPEG2000의 규격표준에 포함된다. 에러 적응력 도구는 다음 접근방법을 이용하여 채널 에러와 함께 다룬다. 예를 들면 데이터 분할 그리고 재동기, 에러 검출과 은닉 전달, 화질 보증 서비스(QoS)를 들 수 있다. 에러 적응력은 엔트로피 코딩 레벨에서 그리고 패킷 레벨에서 이뤄진다(<표 1> 참조)[9].

양자화된 계수의 엔트로피 코딩은 코드-블록 내

<표 1> 오류복원 형태와 기능

형태	기능
엔트로피 부호 레벨	<ul style="list-style-type: none"> • 코드 블록 • 각 보호화 패스에서 산술코더의 종결 • 각 코딩 패스 이후의 컨텍스트 초기화 • 선택적인 산술코딩 바이패스(bypass) • 분할 심벌
패킷 레벨	<ul style="list-style-type: none"> • 짧은 패킷 포맷 • 재동기 마커를 포함하는 패킷

에서 수행된다. 코드-블록의 인코딩과 디코딩은 독립적인 과정이기 때문에 코드-블록에 있는 비트 열의 비트 에러는 그 코드-블록 내에서 제한될 것이다. 에러 적응력을 늘리기 위해 산술코더의 종료는 모든 코딩 패스 뒤에 허용되고 컨텍스트는 각 코딩 패스 뒤에 초기화된다. 비록 에러가 일어났다 해도 이것은 산술 디코더로 하여금 디코딩과정을 계속하게 한다.

“lazy 코딩” 모드 또한 에러 적응력에 도움이 된다. 선택적인 산술코딩 바이패스 형태는 산술코딩 없이 비트열에 미가공의 비트를 삽입할 수 있도록 해준다. 이것은 가변 길이 코딩에 영향을 받기 쉬운 여러 종류의 에러 전파를 막아준다.

패킷 레벨에서 재동기 마커가 있는 패킷은 공간 분할과 재동기를 가능하게 해준다. 이것은 제로에서 시작하는 수열을 가진 타일의 모든 패킷 앞에 놓인다.

6. 지적 재산을 가진 새로운 파일 포맷

규격 표준에서 정의되는 JPEG2000의 새로운 파일 포맷(JP2 형식)은 영상을 디스플레이하기 위해 필요로 하는 JPEG2000 코드열과 관련하여 특정 데이터(메타데이터)를 저장하는 근거를 제공한다. 이 포맷은 영상과 메타데이터에 대한 규정을 인지하고 영상특징을 가리키는 메커니즘을 특화한다. 메타데이터는 영상에 관한 정보를 빼내기 위해 독자에게 기회를 주고 가장 빠른 텍스트 검색을 허용한다. 컬러 공간을 지정하는 것 이외에 규격 표준은 하나의 구성요소 영상을 디코딩하는데 이러한 영상은 하나의 구성요소를 컬러 팔레트 색인으로

표현한다. 팔레트에서 압축이 안된 샘플의 입력은 하나의 값을 다양한 성분 형태로 변환한다.

요약하면 파일 포맷은 영상사이즈, 비트 깊이가 모든 성분을 걸쳐 일정하지 않은 경우에서 파일 성분의 비트 깊이, 영상의 색채 공간, 다양한 성분 영상의 색인 공간에서 하나의 성분을 매핑하는 팔레트, 코드열 내에서 구성성분의 타입과 순서, 영상의 해상도, 영상이 캡처되는 해상도, 이미지가 디스플레이 되는 해상도, 코드열, 이미지의 지적재산 정보, 판매인이 JP2 파일로 XML 포맷된 정보를 추가할 수 있는 도구를 포함한다.

V. 표준의 미래

JPEG2000 표준화는 Part 2 부터 Part 7에 걸쳐 앞으로 해야 할 일이다. Part 1에서는 핵심 코딩 시스템을 기술하였고 Part 2(연장)는 모든 실행을 위해 필요하지 않은 옵션의 기술로 이루어져 있다. 예를 들면, Trellis 코드화된 양자화, 사용자 정의된 웨이브렛, 패킷과 여러 다른 분해, 일반 스케일에 근거하는 ROI 방법, 혼합한 고정 길이 코딩과 가변 길이 코딩, 진보된 에러 적응성 기술 등이 Part 2에 포함될 것이다. Part 3는 모션 JPEG2000(MJP2)을 정의한다. MJP2는 많은 분야에서 사용되는데 특히 고급의 영화-의학용 이미징, 영화 제작, 무선과 인터넷 같은 에러가 나기 쉬운 환경에서 정지 사진과 연속적인 모션 등을 들 수 있다. 규격 기준은 하나 이상의 JPEG2000으로 압축된 영상 시퀀스, 동기화된 음성과 모션 JPEG2000의 파일 형식(MJ2)에 보관되는 메타 데이터에 적용할 것이다. 마지막으로 모션 JPEG2000은 JPEG2000 파일 형식(JP2)과 MPEG-4 파일 형식(MP4)과 함께 정보 처리 상호 운용을 목표로 하고 있다.

규격 표준의 Part 4는 conformance 테스트를 정의하고 Part 5는 고화질 무료 소프트웨어로서 참고용 소프트웨어를 정의할 것이다. 최근에 2개의 참고 소프트웨어가 있다. 캐논 리서치에 의해 개발된 JJ2000 소프트웨어는 JPEG2000의 Java 실행

이고 JasPer 소프트웨어는 압축 알고리즘의 기능성에 관한 C Evaluation이다. Part 6은 합성 영상 파일 포맷을 정의하고 Part 7은 Part 1의 최소 지원 기능의 가이드라인을 포함한 기술적 보고서이다.

VI. 결론

본 논문은 정지 영상 압축을 위한 새로운 JPEG2000 표준에 대해 살펴보았다. JPEG2000은 압축기술을 위해 새로운 골격과 완전한 툴박스의 더 많은 수요를 제공하고 인터넷, 컬러 팩스, 인쇄, 스캐닝, 디지털 사진, 원격 탐사, 이동식 적용, 의학 영상, 전자 도서관과 E-commerce처럼 광범위한 기능을 정지 영상에 적용한다. 무손실/손실 코딩, embedded 된 손실/무손실, 해상도와 양질의 점진성, 높은 압축 능력, 에러 적응성, 그리고 무손실 컬러 변환은 JPEG2000의 대표적인 특성들이다. 이와 같은 특성을 가지고 정지영상과 관련된 모든 멀티미디어 서비스 분야에 사용되는 JPEG2000은 국제표준(IS)에서 매우 큰 영향력을 행사한다. 그러나 기존의 정지 영상 압축 표준보다 더 우수한 결과를 보여주는 JPEG2000은 실행 시 최적화 문제를 개선해야만 할 것이다.

참고 문헌

- [1] W.B. Pennebaker and J.L. Mitchell, "JPEG: Still Image Data Compression Standard," Van Nostrand Reinhold, 1993.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N390R, "New Work Item: JPEG 2000 Image Coding System," Mar. 1997.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N3464, "MPEG-7 Multimedia Description Schemes XM(version 4.0)," Aug. 2000.
- [4] A. Skodras, C. Christopoulos, and T. Ebrahimi, "The JPEG2000 Still Image Compression Standard," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 18, Issue. 5, Sep. 2001, pp. 36 - 58.
- [5] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies: "Image Coding Using the Wavelet Transform," *IEEE Trans. Image Proc.*, April 1992, pp. 205

- 220.
- [6] ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1359, "Information Technology - Coded Representation of Picture and Audio Information - Lossy/Lossless Coding of Bilevel Images," 14492 Final Committee Draft, July 1999.
- [7] C. Christopoulos(editor), "JPEG2000 Verification Model 8.0(technical description)," *ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1822*, July 21, 2000.
- [8] C. Christopoulos, J. Askelof, and M. Larsson, "Efficient Region of Interest Encoding Techniques in the Upcoming JPEG2000 Still Image Coding Standard," *Proc. IEEE Int. Conference Image Processing*, Invited paper in Special Session on JPEG2000, Vancouver, Canada, Sep. 2000.
- [9] M. Boliek, C. Christopoulos, and E. Majani(editors), "JPEG2000 Part I Final Draft International Standard," (ISO/IEC FDIS15444-1), *ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1855*, Aug. 18, 2000.