

JPEG XL 이미지 부호화를 위한 SML 기반의 DCT 블록 분할 방법

조준형, 권오진, 최승철

세종대학교 전자공학과

whwnsgud510@sju.ac.kr, ojkwon@sejong.ac.kr, choisc@sju.ac.kr

DCT Block Partitioning Method based on Sum Modified Laplacian for JPEG-XL Image Coding

Joonhyung Cho, Oh-Jin Kwon, Seungcheol Choi

Sejong University

요 약

JPEG 위원회는 JPEG XL 이라 불리우는 차세대 이미지 코딩의 표준화를 진행하였다. JPEG XL 은 기존 JPEG 에서 사용하는 8×8 크기의 블록뿐만 아니라, 최소 2×2 부터 최대 32×32 크기의 블록을 유동적으로 사용함으로써 부호화 성능의 개선을 가능하게 한다. 부호화기 구조 내의 DCT 블록 분할은 부호화 성능을 결정하는 주요한 요소 중 하나이다. 본 논문에서는 SML(Sum Modified Laplacian)을 기반으로 하는 DCT 블록 분할 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 이미지에서 상대적으로 변동이 적거나 균일한 영역을 선택하기 위해 SML 을 활용하였으며, 이 영역에서는 큰 DCT 블록으로 부호화하여 기존 부호화기의 성능을 개선하였다.

1. 서론

최근 정보 통신 기술의 발달과 함께 네트워크를 통해서 수많은 이미지 데이터가 사회의 다양한 분야에서 전송되고 있다. 이미지 데이터는 다른 데이터에 비해 상대적으로 용량이 크기 때문에 압축에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다. 이러한 요구에 응하여 JPEG 위원회는 JPEG 과 같이 널리 사용되는 기존 이미지 포맷보다 실질적으로 더 나은 압축 효율을 제공하는 이미지 코딩을 목표로 JPEG XL[1]의 표준화를 진행하였다.

이미지를 압축하는 방법에는 크게 비손실 압축 방법과 손실 압축 방법으로 나눌 수 있다. 비손실 압축 방법은 원래의 이미지를 그대로 복원하고, 손실 압축 방법은 인간이 지각하기 힘든 범위의 데이터를 버리고 압축한다. 이 중 손실 압축 방법을 사용하는 많은 이미지 포맷이 DCT 를 사용하며 가장 널리 사용되는 이미지 포맷인 JPEG 은 고정된 크기의 8×8 블록 DCT 를

기반으로 한다. JPEG XL 손실 모드는 32×32 블록부터 2×2 블록까지 가변 크기의 DCT 블록을 사용한다. 가변 크기의 DCT 블록 기반의 JPEG XL 은 32×32 블록을 어떻게 나누는지에 따라 압축 효율이 달라진다.

본 논문에서는 우선 균일한 영역에서 상대적으로 큰 DCT 블록이 압축에 효과적임을 실험으로 제시한다. JPEG XL 은 압축 퀄리티가 높을 때 주로 작은 DCT 블록을 사용하는데 위 실험을 바탕으로 SML 기반의 DCT 블록 분할을 사용하여 상대적으로 큰 DCT 블록을 사용함으로써 압축 효율이 높아지는 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 JPEG XL 의 DCT 블록 분할에 대해 살펴본 후, 균일한 영역에 대하여 JPEG XL 의 DCT 블록 중 가장 큰 32×32 블록의 실험 및 관찰하고 이를 바탕으로 SML 기반의 DCT 블록 분할 알고리즘을 설명한다. 3 절에서는 제안한 알고리즘에 대한 실험 및 평가를 하며, 4 절에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

2. DCT 블록 분할

2.1 JPEG XL 의 DCT 블록 분할

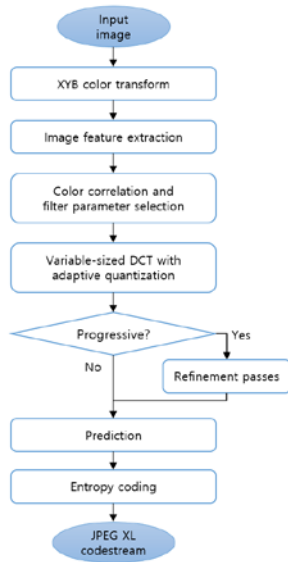
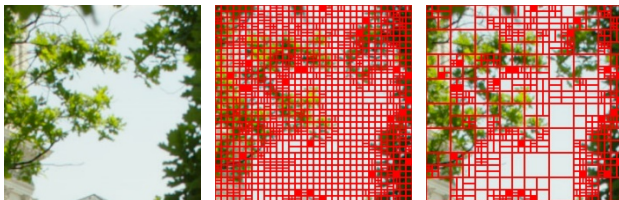


그림 1. JPEG XL 표준 부호화기 구조[2]



(a) (b) (c)

그림 2. JPEG XL 의 DCT 블록 분할: (a) 원본 이미지, (b) Butteraugli distance 1.0, (c) Butteraugli distance 8.0

JPEG XL 은 위 그림 1 과 같은 부호화기 구조를 가지고 있다. 본 논문에서는 DCT 를 기반으로 하는 JPEG XL 의 손실 모드에 대해 다룰 것이다. JPEG XL 은 압축 품질 지표로 Butteraugli distance 를 사용한다. Butteraugli[3]는 이미지 간의 시각적 거리를 측정하는 객관적 메트릭이다. Butteraugli distance 는 이미지 원본과의 시각적 거리를 뜻하며 0.125 에서부터 15.0 까지의 범위를 가진다. 그러므로 이 값이 낮을수록 높은 압축률을 의미한다. 그림 2 는 512×512 크기의 이미지에 대하여 Butteraugli distance 에 따른 JPEG XL 의 블록 분할을 빨간색으로 표시한 이미지들을 나타낸다. 그림 2(b)와 같이 낮은 Butteraugli distance 에서 상대적으로 작은 DCT 블록이, 그림 2(c)와 같이 높은 Butteraugli distance 에서 큰 DCT 블록이 사용되는 것을 볼 수 있다.

2.2 균일한 영역에서의 실험 및 관찰

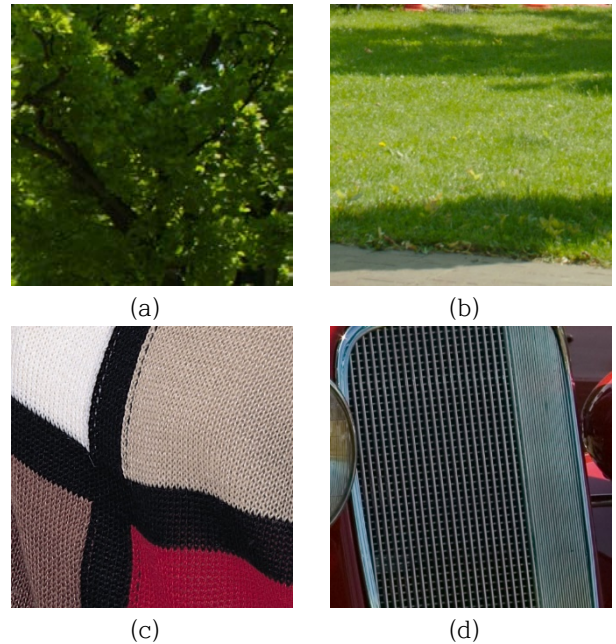


그림 3. 균일한 영역의 이미지

그림 3 은 512×512 크기의 균일한 영역의 이미지들이다. 균일한 영역에 대해 32x32 DCT 블록만을 사용할 때의 성능을 보기 위해 JPEG XL Common Test Conditions[4]를 기준으로 실험을 진행하였다.

표 1. 균일한 영역의 이미지들에 대한 실험 결과

	(a)	(b)	(c)	(d)
JPEG XL	0.877	0.711	1.394	0.934
DCT32×32	0.845	0.680	1.289	0.756
DCT32×32/ JPEG XL	0.963	0.957	0.925	0.809

위 표 1 은 각 이미지들에 대하여 JPEG XL 의 DCT 블록 분할과 32x32 DCT 블록만을 사용한 블록 분할의 Butteraugli 값과 이들의 비율을 나타낸다. 이 비율은 JPEG XL 의 성능을 기준으로 나눈 값이므로 같은 성능이 1 이고, 이를 기준으로 작은 값은 성능 향상, 높은 값은 성능 하락을 의미한다. 따라서 위 실험으로 균일한 영역에 대하여 상대적으로 큰 DCT 블록이 압축 효율이 좋다는 결과를 얻을 수 있다.

2.3 SML 기반 DCT 블록 분할

이미지의 픽셀은 휘도의 디테일, 대조와 채도와 같은 다양한 특징을 가지고 있으며 이를 측정하는 여러 메트릭이 제시되었다. 이 중 픽셀의 휘도 성분의 디테일을 측정하는 메트릭으로 SML 이 있다[5]. JPEG XL 은 RGB 색공간을 XYZ 색공간으로 변환하여 부호화를 진행하는데, XYZ 색공간에서 Y 성분은 휘도와 비슷한 역할을 한다[6]. $M \times N$ 크기의 Y 성분 이미지의 모든 픽셀 $p(x, y)$ 에 대하여 식(1)과 같이 SML 값인 $v(x, y)$ 을 구한다.

$$v(x, y) = \{2 * p(x, y) - p(x + 1, y) - p(x - 1, y)\} + \{2 * p(x, y) - p(x + 1, y) - p(x - 1, y)\},$$

$$0 \leq x < M, 0 \leq y < N. \quad (1)$$

이 때 32×32 블록내의 SML 평균값이 미리 정해진 임계 값보다 작다면 기존의 JPEG XL 의 블록 분할을 그대로 사용하며, 반대의 경우 제안하는 SML 기반의 DCT 블록 분할을 사용한다. SML 기반의 DCT 블록 분할은 32×32 블록을 수평으로 나누어 두 블록 간의 SML 평균값의 비율을 구한다. 이 비율은 항상 1 이상이어야 하며, 수직으로 같은 과정을 진행한다. 각 비율이 미리 정해진 임계 값보다 크다면 수평 또는 수직으로 블록을 분할한다. 이와 같은 과정을 32×32 블록에서부터 4×4 블록까지 반복적으로 진행한다.

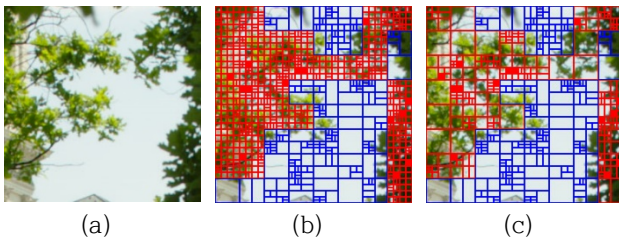


그림 4. 균일 영역에 대한 SML 기반의 DCT 블록 분할 적용: (a) 원본 이미지, (b) Butteraugli distance 1.0, (c) Butteraugli distance 8.0

그림 4 는 균일한 영역이라고 판단되지 않은 경우 빨간색 블록과 같은 JPEG XL 의 블록 분할을, 이와 반대로 균일한 영역이라고 판단된 경우 파란색 블록과 같은 SML 기반의 블록 분할을 사용한다는 것을 나타낸다. SML 기반의 블록 분할은 Butteraugli distance 과 상관없이 항상 같은 크기의 블록을 사용하는 것을 볼 수 있다.

3. 실험 및 평가

SML 기반의 DCT 블록 분할의 성능을 실험하기 위해 JPEG XL reference software[7]를 사용하였다. 테스트 이미지는 JPEG XL Common Test Conditions 에 정의되어 있는 8 비트

SDR 이미지를 사용하였다.

표 2. SML 기반의 DCT 블록 분할 성능 평가

Image	Ratio of Butteraugli
APPLE_BasketBallScreen	0.991
ARRI_PublicUniversity	0.962
BIKE	0.990
BLENDER	0.974
CAFE	0.999
FemaleStripedHorseFly	0.987
p06	0.970
WOMAN	0.975
Average	0.981

표 2 는 각 이미지의 SML 기반의 DCT 블록 분할 Butteraugli 값을 JPEG XL 블록 분할 Butteraugli 값으로 나눈 비율을 나타낸다. 위 실험으로 SML 기반의 DCT 블록 분할은 약 2%정도의 압축 효율이 개선됨을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 새로운 JPEG XL 이미지 부호화기를 위하여 이미지의 균일 영역에 대한 SML 기반의 DCT 블록 분할 방법을 제안하였다. 균일한 영역이라고 판단된 32×32 블록에 대해서는 SML 기반의 블록 분할 알고리즘을 적용함으로써 압축 효율 개선을 확인할 수 있었다.

또한, 제안된 SML 이외에 이미지의 특성을 측정할 수 있는 지표로 zero-crossings(ZC), colorfulness 등이 발표되었으며[5], 향후 이 지표들을 활용한 DCT 분할 방법이 연구된다면 JPEG XL 부호화기의 더 나은 개선이 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2020 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2017-0-01667, 차세대 360 도 이미지/비디오 포맷 개발)

참고 문헌

[1] URL <https://jpeg.org/jpegxl/index.html>
 [2] J. Wassenberg and J. Sneyers, "JPEG XL Whitepaper," in

JPEG (ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1) 87th Meeting, N87021, Erlangen, Germany, 25-30 Apr. 2020.

[3] Jyrki Alakuijala et al. Butteraugli, 2016. URL <https://github.com/google/butteraugli>.

[4] J. Wassenberg and J. Sneyers, "JPEG XL Common Test Conditions 2.0," in JPEG (ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1) 84th Meeting, N84042, Brussels, Belgium, 13-19 Jul. 2019.

[5] S. Choi, O. J. Kwon, and J. Lee, "A method for fast multi-exposure image fusion," IEEE Access, vol. 5, pp. 7371-7380, Jun. 2017

[6] J. Wassenberg and J. Sneyers, "JPEG XL Committee draft," in JPEG (ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1) 84th Meeting, N84043, Brussels, Belgium, 13-19 Jul. 2019.

[7] URL <https://gitlab.com/wg1/jpeg-xl>