

무손실 영상 압축을 위한 변형된 정수 변환 계수에 대한 순방향 적응 예측 기법

Forward Adaptive Prediction on Modified Integer Transform Coefficients for Lossless Image Compression

김희경* · 유훈†
(Hui-Gyeong Kim · Hoon Yoo)

Abstract - This paper proposes a compression scheme based on the modified reversible integer transform (MRIT) and forward adaptive prediction for lossless image compression. JPEG XR is the newest image coding standard with high compression ratio and that composed of the Photo Core Transform (PCT) and backward adaptive prediction. To improve the efficiency and quality of compression, we substitutes the PCT and backward adaptive prediction for the modified reversible integer transform (MRIT) and forward adaptive prediction, respectively. Experimental results indicate that the proposed method are superior to the previous method of JPEG XR in terms of lossless compression efficiency and computational complexity.

Key Words : Reversible integer transform, Lossless compression, JPEG XR, PCT, Prediction

1. 서 론

컴퓨터 기술의 발전과 함께 메모리 저장 공간의 증가에도 불구하고 멀티미디어 기능 강화에 따른 모바일 단말기 및 다양한 기기로서의 응용을 위해 화질은 높으면서도 자유로운 영상 사용을 위한 디지털 영상 압축 기법들이 요구되고 있다.

JPEG(Joint Photographic Experts Groups)[1-2]은 가장 널리 사용되고 있는 국제 압축 표준으로 ISO/ITU-T에서 제정한 연속 톤 정지 영상 압축 기법이다. JPEG 표준은 기본적으로 Discrete Cosine Transform (DCT) 기반의 손실 압축과 예측 부호화 기반의 무손실 압축으로 구분된다[1]. 무손실 영상 압축은 손실 압축보다 압축률 면에서는 낮으나, 진단을 위한 의료 영상과 같이 영상 품질을 유지하기 위하여 압축된 데이터로부터 원 데이터로의 정확한 복원이 필요한 경우나 데이터의 정밀도가 요구되는 분야에서 그 중요성과 활용도가 강조된다. 이러한 무손실 영상 압축의 대표적인 방법으로는 JPEG-LS, JPEG 2000, JPEG XR이 있다.

JPEG-LS[3]는 JPEG의 무손실 방식의 한계를 극복하기 위해 새롭게 고안된 무손실 및 준무손실(near-lossless) 정지 영상 부호화를 위한 국제 표준으로 LOCO-I (Low Complexity LOSSless COMpression for Images)[10] 알고리즘을 기반으로 하여 적응 예측과 컨텍스트 모델링, Golomb 부호화 기법을 적용하고 있다. 이 표준은 높은 압축률을 제

공하면서 낮은 복잡성을 특징으로 한다.

JPEG 2000[4-5]은 JPEG의 블록화 현상 및 화질 저하를 개선하기 위해 Discrete Wavelet Transform (DWT) 변환 알고리즘 기법을 적용한 차세대 정지 영상 압축 표준으로, 스칼라 양자화(scalar quantization), 컨텍스트 모델링, 산술 부호화, post compression rate allocation 기반의 이미지 압축 기법을 사용한다[4]. JPEG 표준에 비해 모든 비트율에서 좋은 성능과 노이즈 감소 효과를 가져왔지만 연산량 면에 있어 복잡하다는 문제점이 있으며, 대부분의 영상에서 JPEG LS에 비해 무손실 압축 성능이 떨어진다.

이러한 무손실 압축 기법은 많은 저장 공간과 계산 자원을 요구하기 때문에 모바일이나 임베디드 환경에서는 적절하지 못하다는 단점이 있다[9]. 또한 높은 품질의 디지털 영상 응용을 위하여 색조 범위의 확장이 요구됨에 따라 낮은 복잡성과 적은 저장 공간을 요구하면서 영상 품질과 압축 성능의 최적화를 위하여 고안된 연속 톤 정지 영상 압축 기법으로 최근에 JPEG XR이 소개되었다. JPEG extended range (JPEG XR)[6-9]은 Microsoft의 HD Photo[6] 기술을 기반으로 하여 JPEG 위원회에서 표준화한 최신 영상 압축 국제 표준으로, 높은 계수 범위(high dynamic range)를 가지는 영상을 위해 고안되었으며 고해상도 영상(high definition)에 대해 높은 압축률을 보인다[7]. 또한 알파 채널을 지원함으로써 풍부한 색조 범위의 확장을 특징으로 하며, 블록 기반의 압축 기법을 적용한다. 블록 기반의 변환은 원 영상을 작은 크기의 서브 블록으로 분할하여 각각의 블록들에 대해 독립적으로 연산을 수행하는 방식으로써 블록의 경계에서 블록화 현상(blocking artifact)이 나타난다는 단점은 있지만, 메모리 사용이 작으며 블록마다 서로 다른 압축 모드를 선택할 수 있어 예측 오류를 줄일 수 있기 때

* Dept. of Computer Science, SangMyung University, Korea

† Corresponding Author : Dept. of Digital Media, SangMyung University, Seoul, Korea

E-mail : hunie@smu.ac.kr

Received : April 24, 2013; Accepted : June 10, 2013

문에 좀 더 정확한 예측을 함으로써 부호화 효율을 향상시킬 수 있다. JPEG XR의 엔트로피 부호화 방식은 고정된 지그재그 방식을 사용하고 있는 JPEG과는 달리 계수들을 적응적으로 재정렬하고, 적응적 허프만 부호화 기법(adaptive Huffman coding)을 사용하고 있다. 디지털 영상의 국제 표준 규격으로 자리를 잡고 있는 JPEG보다 높은 인코딩 효율성을 보이며 JPEG 2000과 비교해서 낮은 계산 비용으로 유사한 PSNR을 가짐으로 JPEG XR은 기술적으로 우수함을 보인다[6-9].

이러한 JPEG XR에서 기본 변환 중의 하나로 Photo Core Transform (PCT)[6]을 사용하며, 변환 후 엔트로피를 감소시키기 위해 예측 기법을 수행한다. 여기서는 역방향 적응 예측(backward adaptive prediction)기법을 적용하고 있으며, 역방향 적응 예측 기법이란 과거에 발생한 픽셀들로부터 현재 예측 방향을 계산하고 이를 적응적으로 결정하여 부호화 하는 것을 의미한다. 이 방법은 오버헤드가 추가적으로 필요하지는 않으나, 예측 방향을 정확하게 예측하지 못한다는 단점을 가지고 있다. 반면, 순방향 적응 예측(forward adaptive prediction) 기법은 현재 가장 잘 맞는 방향 검색을 통해 예측 방향을 결정하여 부호화 하는 방법으로, 추가 정보를 오버헤드로 가지고 있다. 이로 인해 인코더에서는 역방향 예측보다 다소 연산량의 부담이 있지만, 디코더에서 예측 방향을 다시 결정해 줄 필요가 없기 때문에 결과적으로 압축 성능을 향상시키는 효과를 가져 온다.

본 논문에서는 현재 사용되고 있는 정지 영상 압축 표준 중 높은 압축률을 지원하는 방법 중 하나인 JPEG XR에서 사용하고 있는 변환 및 예측 기법에 대한 성능을 향상시키기 위하여, 기존의 JPEG XR에서 적용하고 있는 역방향 적응 예측 기법 대신 순방향 적응 예측 방법을 제안한다. 본 논문에서는 2비트의 오버헤드를 가지는 순방향 적응 예측 기법을 적용하여 예측 모드를 확장함으로써 압축 성능을 향상시킨다.

또한 앞선 연구[11]에서는 무손실 영상 압축에서의 변환에 대한 효율성 문제를 고려하여 제시하였던 정수 변환인 Modified Reversible Integer Transform (MRIT)가 PCT에 비해 압축 효율 면에서 다소 우수함을 보인 바 있다[11-12]. 이에 따라 본 논문에서는 변환 방식을 복잡도가 낮으면서도 비교적 좋은 성능을 나타내는 MRIT로 변형하고, 예측 방법을 순방향 적응 예측 기법으로 대체한 압축 방법을 제시한다. JPEG XR에서 사용하는 다른 기법들은 그대로 적용 가능하기 때문에 기존의 표준 방법과의 호환도 보장되면서 향상된 효율성 및 성능을 제공한다.

본 논문에서는 제안된 방법에 대한 압축의 효율성을 보이기 위해서 PCT 변환 후 역방향 적응 예측을 한 방법과 MRIT 변환 후 순방향 적응 예측을 적용한 방법에 대해 1차 엔트로피를 통한 성능 분석 및 복잡도 비교 실험을 수행하고 그 성능을 평가한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 JPEG XR에서 사용하는 PCT 변환 및 역방향 적응 예측 기법을 살펴보고, 3장에서는 제안하는 정수 변환으로 MRIT를 소개하며 효율성을 높이기 위한 예측 방법으로 순방향 적응 예측 기법을 제안한다. 4장에서는 성능에 대한 실험 및 결과를 제시하고 5장에서 결론으로 끝을 맺는다.

2. JPEG XR에서의 PCT 및 역방향 적응 예측 기법

2.1 Photo Core Transform (PCT)

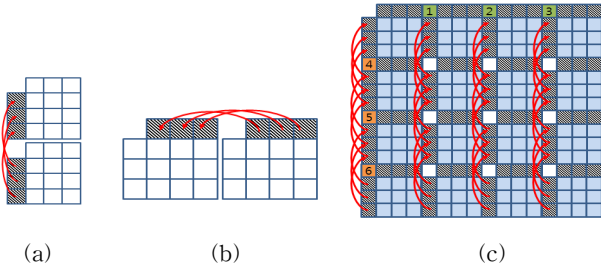
JPEG XR에서 쓰이는 기본 변환 중의 하나인 PCT는 입력된 영상 데이터를 각각의 16×16 크기의 블록 단위인 macroblock(MB)으로 분할하여 변환하는 방식을 사용하는 블록 단위의 무손실 정수 변환으로, 이를 통해 블록의 평균 값인 DC, 저주파 계수(AD), 고주파 계수(AC)에 대한 픽셀 값을 계산한다[7].

PCT는 두 과정으로 구성된다. 첫 번째 과정에서, 입력으로 들어온 MB를 16개의 4×4 크기의 블록들로 나눈 뒤 각 4×4 블록에 대해서 네 계수에 대한 2×2 변환들을 네 번 적용한다. 변환 후 이 계수들의 저주파 계수가 각 블록의 좌측 상단(top-left)에 위치하게 되는데, 이 16개의 4×4 블록들의 저주파 계수들을 하나의 4×4 DC블록으로 모은다. 이 때 남아있는 계수들을 고역 계수(high pass)라고 하며 이는 AC성분들로 구성되어 있다. 두 번째 과정에서, 첫 번째 과정으로 부터 온 4×4 DC블록에 대해 한 번 더 변환을 수행한다. 두 번째 과정 후 계수들은 입력으로 들어온 하나의 DC블록에 대하여 하나의 DC계수와 저역 계수(low pass)라고 불리는 15개의 AD성분으로 구성된 계수들로 변환된다.

2.2 역방향 적응 예측 기법 (Backward adaptive prediction)

변환 후 압축 성능을 향상시키기 위해 기존의 JPEG XR에서는 역방향 적응 예측 기법을 수행한다. 이 때 DC, AD, AC 계수들의 예측 방향은 다르게 적용되는데, DC 예측의 방향은 수평(LEFT), 수직(TOP), 수평 및 수직(LEFT and TOP)이 있으며 AD/AC 예측은 수평, 수직에 대한 방향이 있다. 예측 방향 결정 시 DC 계수는 현재 MB에 대하여 왼쪽 MB와 위쪽 MB의 DC 계수를 사용하여 방향을 결정한다. AD 계수의 예측 방향 결정은 DC 예측 모델을 따르며, AC 계수의 예측 방향은 각 MB의 AD 저역 계수에 대한 가로, 세로 방향의 가중치 계산에 의해 적절하게 예측 방향이 결정된다.

그림 1에서 AD/AC 블록에 대한 예측의 예를 제시한다. AD/AC 블록은 수직 또는 수평 방향의 블록으로부터 예측될 수 있는데, AD 예측 방향은 DC 예측 모델에 의해 결정되며 각 경우에 따라 그림 1의 (a), (b)와 같이 예측된다. 또한 AC 예측 방향은 그림 1(d)에서 제시된 의사코드에 의해서 선택되며 그림 1의 (c)는 예측 방향이 수직 방향으로 결정된 경우의 예를 보여준다. 이 때, AD/AC 블록은 예측하지 않거나, 수직 방향으로 예측하는 경우, 또는 수평 방향으로 예측하는 경우에 대한 세 가지의 예측 모드로 구성되어 있기 때문에, 예측을 수행하는 경우에는 수직 또는 수평 방향에 대해서 한 방향으로의 예측만 가능하다는 제약이 가지고 있다.



```

PSEUDO CODE :
diff_h = abs(lowpass(1)) + abs(lowpass(2)) + abs(lowpass(3))
diff_v = abs(lowpass(4)) + abs(lowpass(5)) + abs(lowpass(6))

If (diff_h * 4 < diff_v)
    highpass_DCAC_mode = Predict from TOP
Else if (diff_v * 4 < diff_h)
    highpass_DCAC_mode = Predict from LEFT
Else
    highpass_DCAC_mode = Null predict
    
```

그림 1 역방향 적응 예측 (a) TOP방향으로의 AD low pass 예측 (b) LEFT방향으로의 AD low pass 예측 (c) TOP 방향으로의 AC high pass 예측 (d) AC high pass 예측 방향 결정을 위한 의사코드

Fig. 1 Backward adaptive prediction (a) Prediction of AD low pass from TOP (b) Prediction of AD low pass from LEFT (c) Prediction of AC high pass from TOP (d) Pseudo code for deciding prediction of AC high pass

3. 제안하는 효율적인 정수 변환 및 순방향 적응 예측 기법

3.1 Modified Reversible Integer Transform (MRIT)

무손실을 보장하는 가역(reversible)변환으로써, 무손실 압축에서 민감하게 작용하는 변환 계수의 범위(dynamic range)를 줄이기 위해 제시된 변형 H.264/AVC는 변환 계수의 범위가 여전히 크기 때문에 압축의 효율성 측면에서 다소 문제점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해 제안된 Modified Reversible Integer Transform (MRIT)은 고속 연산을 수행하도록 리프팅 구조를 기반으로 설계된 변환으로 그 유용성이 이미 입증되었다[11]. 또한 앞선 연구[12]에서는

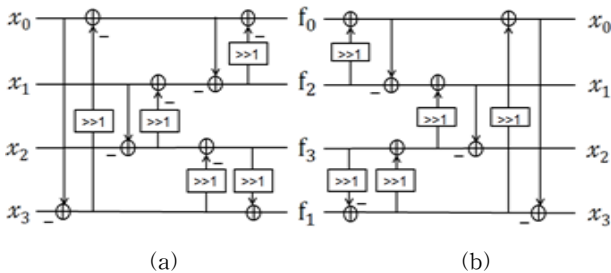


그림 2 리프팅 구조를 이용한 효율적인 정수 변환 (a) 변환 (b) 역변환

Fig. 2 Efficient integer transform using lifting structure (a) forward transform (b) inverse transform

무손실 영상 압축을 위한 정수 변환에 대한 성능 및 복잡도 비교 분석을 통해 MRIT가 PCT에 비해 효율성 면에서 다소 우수함을 보인 바 있다. 그림 2에서는 제안된 MRIT 변환의 파라미터 계수를 그 효율성을 고려하여 1/2로 근사화한 변환을 보여준다.

3.2 순방향 적응 예측 기법 (Forward adaptive prediction)

본 논문에서는 압축 성능 향상을 위하여 high pass 대역의 AC 예측 시 기존의 JPEG XR에서 사용하고 있는 역방향 적응 예측 기법을 대치하여 수직, 수평의 각 방향에 대하여 1비트 씩 오버헤드를 적용한 순방향 적응 예측 기법으로 제안한다.

순방향 적응 예측 방법이란 현재 가장 적절한 방향 검색을 통해 예측 방향을 결정하여 부호화 하는 기법으로, 본 논문에서는 2비트의 오버헤드를 줌으로써 예측 모드의 확장을 통하여 압축 성능을 향상시킨다. 기존의 JPEG XR에서 사용하고 있는 역방향 적응 예측에서는 예측 방향을 결정하기 위해 오버헤드를 사용하지 않기 때문에, 예측 모드가 널(Null)이 아닌 경우에 있어서, 수직 또는 수평 방향으로의 예측이 일어났을 때의 상황을 고려하여 그 예측 효과가 상대적으로 더 큰 한 방향에 대해서만 예측이 가능하다. 즉, 예측 모드가 널인 경우를 포함하여 세 개의 예측 모드만을 갖게 되어 예측 방향을 정확하게 예측하지 못한다는 단점이 있다. 그러나 본 논문에서 제안한 순방향 적응 예측 기법의 경우 예측 오차를 최소화하기 위한 적절한 예측 방향을 추정하기 위해 2비트를 사용하여 예측하기 때문에 그에 따라 확장된 예측 모드를 가진다.

제시한 방법에서 AC 고역 계수 예측 시, 하나의 MB에 대해 예측 방향이 수평 방향으로 추정된 경우와 수직 방향으로 추정된 경우에 대하여 예측이 일어나야 하는 위치의 픽셀로 구성된 변수벡터를 각각 r_k 와 c_k 라고 나타내고, 이 변수벡터는 아래 식(1)과 같은 행과 열벡터로 정의한다.

$$\begin{aligned}
 r_k &= f_{4k,j} \\
 c_k &= f_{i,4k}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

이 때, $z = \{x | 4 < x < 16, x \neq 8, 12, x \in N\}$ 에 대하여 $i, j \in z$ 와 $k = \{t | 0 \leq t \leq 3, t \in N\}$ 을 만족하며, 여기서 $f_{i,j}$ 는 각 MB의 (i, j) 위치에 있는 변환계수를 의미한다.

실제 예측에 앞서 수평 방향과 수직 방향의 각 방향에 대해 예측하고자 하는 위치에 해당되는 36개의 픽셀 값인 r_k 와 c_k 에 대하여 각 방향에 대해 모든 예측을 적용하기 전 각각의 픽셀에 대한 예측치의 절댓값의 합인 SAD (sum-of-absolute differences)을 구한다.

$$\begin{aligned}
 SAD_{HSB} &= \sum_{k=0}^3 \sum_{j \in z} |r_k(j)| \\
 SAD_{VSB} &= \sum_{k=0}^3 \sum_{i \in z} |c_k(i)|
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

식 (2)에서 SAD_{HSB} 는 수평 방향, SAD_{VSB} 는 수직 방향에 대

한 예측 적용 전 SAD이다. 여기서 $r_k(j)$ 는 행벡터 r_k 에서 j 번째 열의 변환계수를 의미하고, $c_k(i)$ 는 열벡터 c_k 에서 i 번째 행의 변환계수를 의미한다.

실제 모든 예측을 적용한 경우에 대한 SAD는 식 (3)과 같으며, 이 때 SAD_{HSA} 는 수평 방향, SAD_{VSA} 는 수직 방향에 대한 예측 적용 후 SAD이다.

$$SAD_{HSA} = \sum_{k=0}^3 \sum_{j \in z} |r_k(j) - r_k(j-4)| \quad (3)$$

$$SAD_{VSA} = \sum_{k=0}^3 \sum_{i \in z} |c_k(i) - c_k(i-4)|$$

하나의 MB에 대하여 위의 과정이 끝났을 때, 각 방향에 대해 예측 적용 전과 적용 후에 대한 SAD 값을 비교하여 예측이 효과가 있을 경우에만 그 방향에 대해 적응적으로 예측을 수행한다. 이 때 SAD 비교는 각 방향에 대하여 독립적으로 수행하며, 식 (4)와 같이 SAD를 최소화하는 모드로 예측 방향을 결정한다.

$$highpass_DCAC_h = \begin{cases} 1 & \text{if } SAD_{HSB} > SAD_{HSA} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

$$highpass_DCAC_v = \begin{cases} 1 & \text{if } SAD_{VSB} > SAD_{VSA} \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

따라서 이 경우에는 효과가 상대적으로 큰 한 방향에 대해서만 예측하는 기존의 방법과 달리 수직, 수평의 두 방향 모두에 대해서 예측하는 경우도 생기기 때문에 이미 한 방향으로 예측 되었다고 다시 한 번 다른 방향으로의 예측이 가능하므로 이로 인해 압축 성능을 향상시키는 효과를 가져 올 수 있다. 이 때 오버헤드에 대해 추가적인 비용이 필요하게 되는데 오버헤드를 적용하여도 성능 향상에 비해 추가적으로 요구하는 비용이 미미하므로 이를 통해 제안된 방식이 압축 성능 면에 있어 효율적임을 알 수 있다.

그림 3은 입력 영상으로부터 MB를 기본 단위로 변환 및 예측 기법 수행 과정에 대한 블록 다이어그램을 보여준다. 제안하는 방식은 JPEG XR에서 사용하는 다른 기법들은 그대로 적용 가능하기 때문에 기존의 표준 방법과의 호환도 보장되면서 향상된 효율성 및 성능을 제공한다.

4. 실험 및 결과

본 논문에서는 MRIT 변환 및 순방향 적응 예측 기법을 기존의 JPEG XR에서 사용하고 있는 PCT 변환 및 역방향 적응 예측 기법과의 비교를 통해 그 성능을 분석하고, 제안하는 방법이 기존 방법보다 성능 면에서 우월함을 보이는지에 대한 실험을 수행하였다. 실험 검증에 위해 성능과 복잡도의 두 가지 측면에서 진행하였으며, 그림 4에서 보여주는 것과 같이 실험에는 16×16 MB 크기의 제약을 받는 영상을 제외한 ISO 9000 흑백 영상 12장에 대한 테스트를 수행하였다.

먼저, 성능을 평가하기 위해 각 변환 및 예측 후 대역 별로 모아진 변환 계수들(transform coefficients)에 대한 1차 엔트로피의 평균값을 통해 무손실 변환에서의 그 성능을 분석한다. 실험에 대한 결과는 bpp(bit-per-pixel) 단위로 표 1에 제시하였으며, 여기서 순방향 적응 예측은 2비트에 대한 오버헤드를 반영한 결과 값이다.

표 1에서 볼 수 있듯이, 변환만 수행한 방법보다 기존의 JPEG XR에서 사용하고 있는 역방향 적응 예측 기법을 적용하였을 때 엔트로피 면에서 근소한 향상을 보이고 있다. 이 때 변환만 수행한 방법에서는 PCT와 MRIT의 변환 성능이 평균 4.656bpp와 4.652bpp로 대동소이했으나, 역방향 적응 예측 기법을 적용하였을 때 평균 엔트로피가 각각 4.641bpp와 4.622bpp로 감소함을 통해 제안하는 MRIT로 변환을 변형한 후 예측 기법 적용 시 더 향상된 효율을 가져올 수 있다. 또한 예측 기법의 효율성을 고려하여 본 논문에서 제시한 순방향 적응 예측 기법을 적용할 경우 엔트로피가 역방향 적응 예측 기법을 적용한 경우와 비교하여 PCT는 4.635bpp, MRIT는 4.610bpp로 더욱 감소하여, JPEG XR에서 사용하고 있는 원래의 예측 기법을 그대로 적용한 것 보다 제안하는 순방향 적응 예측 기법을 적용하는 것이 더 우수한 성능을 보임을 알 수 있다. 이는 앞서 보인 역방향 적응 예측 기법과 마찬가지로 MRIT로 변환을 변형한 후 예측 기법 적용 시 더 높은 성능을 가져옴을 실험적으로 보여준다. 따라서 궁극적으로 본 논문에서 제안하는 MRIT 및 순방향 적응 예측 기법을 수행할 경우 기존의 JPEG XR에서 사용하고 있는 PCT 및 역방향 적응 예측 기법을 적용한 변환 방법보다 평균 엔트로피를 0.031bpp 감소시킬 수 있으며, 이를 통해 제안하는 방식의 압축 성능이 더 우수함

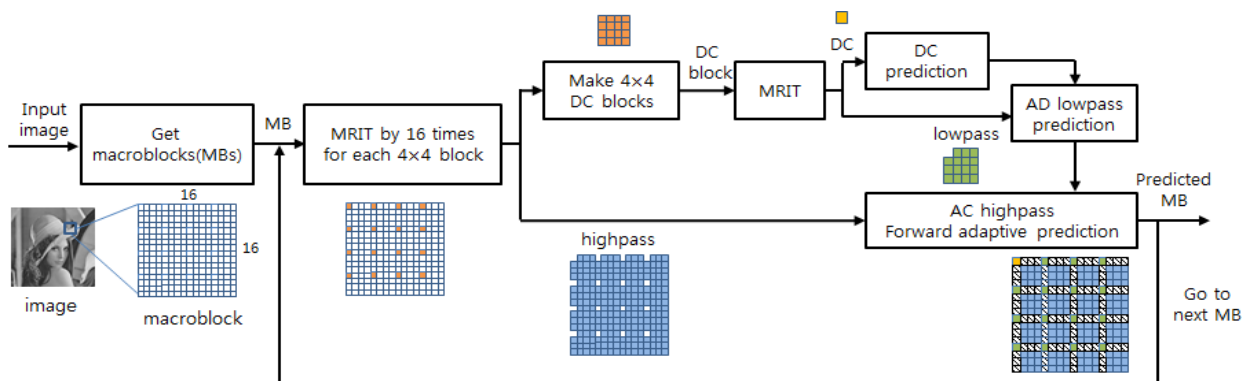


그림 3 제안된 방법의 변환 및 예측 블록 다이어그램
Fig. 3 Block diagram of proposed transform and prediction

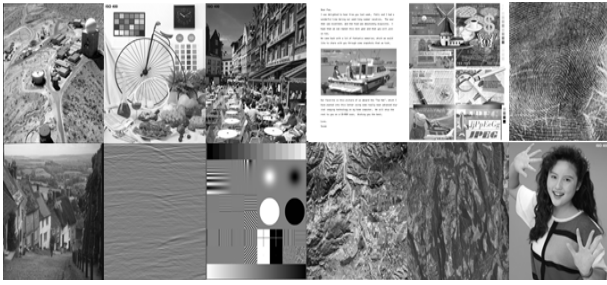


그림 4 무손실 영상 압축을 위한 ISO 9000의 실험 영상
Fig. 4 ISO 9000 image set for lossless image compression

표 1 엔트로피 실험 결과

Table 1 Experimental results for entropy 단위 : (bpp)

Images	Transform		Backward Adaptive Prediction		Forward Adaptive Prediction	
	PCT	MRIT	PCT	MRIT	PCT	MRIT
aerial2	5.512	5.517	5.508	5.509	5.510	5.509
bike	4.964	4.972	4.951	4.957	4.948	4.944
cafe	5.809	5.816	5.798	5.796	5.793	5.784
cmpnd1	2.513	2.502	2.519	2.500	2.524	2.502
cmpnd2	3.151	3.088	3.129	3.054	3.129	3.034
finger	5.672	5.719	5.674	5.719	5.677	5.717
gold	4.798	4.810	4.778	4.774	4.772	4.761
seismic	3.214	3.162	3.183	3.064	3.149	3.060
target	2.955	2.947	2.860	2.796	2.828	2.715
txtur1	6.734	6.738	6.737	6.741	6.739	6.741
txtur2	5.619	5.622	5.622	5.626	5.623	5.625
woman	4.933	4.929	4.928	4.928	4.930	4.926
ave	4.656	4.652	4.641	4.622	4.635	4.610

표 2 연산 복잡도

Table 2 Complexity of Operation

단위 : (ms)

Images	Image Resolution	Encoder				Decoder			
		Backward		Forward		Backward		Forward	
		PCT	MRIT	PCT	MRIT	PCT	MRIT	PCT	MRIT
aerial2	2048x2048	182	132	216	167	169	117	159	104
bike	2048x2560	229	164	275	205	210	145	195	128
cafe	2048x2560	229	169	276	213	216	142	197	132
cmpnd1	512x768	17	12	19	15	15	10	15	9
cmpnd2	5120x6624	1511	1097	1738	1319	1375	937	1298	852
finger	512x512	11	8	14	10	10	7	9	7
gold	720x576	18	13	21	17	17	11	16	11
seismic	512x512	11	8	14	11	10	7	10	7
target	512x512	11	8	13	10	10	7	10	7
txtur1	1024x1024	46	34	55	41	41	29	38	25
txtur2	1024x1024	46	34	56	41	43	29	39	25
woman	2048x2560	234	165	267	204	214	142	195	125
ave		212	154	247	188	194	132	182	119

을 알 수 있다.

또한, 복잡도 면에서 평가하기 위해 소프트웨어로 구현했을 때의 연산 시간을 측정하여 그 성능을 분석한다. 본 논문의 실험 환경은 쿼드코어 CPU 2.66 GHz 하드웨어 환경에서 Visual Studio 2010 C로 구현하여 디버깅 모드에서 테스트 되었으며, 표 2에 제시된 시간 복잡도는 10회 반복 수행한 결과에 대한 평균을 ms단위로 나타내었다. 또한 각 영상에 대한 해상도도 함께 제시하였다.

MRIT 변환 및 순방향 적응 예측의 수행 시간은 PCT 변환 및 역방향 적응 예측의 수행 시간보다 인코더의 경우 평균 24ms(11.3%), 디코더의 경우 75ms(38.7%)의 향상이 있는 것을 알 수 있다. 이를 통해 제안하는 방식이 시간 복잡도 면에서 기존의 방법보다 우수함을 보이고 있으며, 특히 디코더에서 상당히 효율적인 성능을 보임을 통해 제안하는 변환 및 예측 기법의 우수성을 입증한다.

따라서 무손실 영상 압축에서의 변환에 대한 효율성 문제를 고려하여 제안되었던 MRIT가 PCT에 비해 성능이 우수함에 따라 변환 방식을 MRIT로 변형하고, 예측 방법을 2비트의 오버헤드를 주더라도 순방향 적응 예측 기법을 사용하는 것이 기존의 방법에 비해 효과적인 성능을 가짐을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 JPEG XR에서 사용하고 있는 PCT 및 역방향 적응 예측 기법에 대해서 소개하고 그 효율성을 높이기 위한 방법으로 MRIT 및 2비트 오버헤드를 적용한 순방향 적응 예측 기법을 제안하였다. 또한 제안된 방법과 기존의 JPEG XR과의 비교를 통해 무손실 압축에서 변환 및 예측 기법에 대한 성능 향상을 보였다.

감사의 글

본 연구는 2013학년도 상명대학교 교내연구비를 지원받아 수행하였음.

References

- [1] G. K. Wallace, "The JPEG still picture compression standard," IEEE Consumer Electronics, Vol. 38, No. 1, Feb. 1992.
- [2] W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell, JPEG: Still Image Data Compression Standard, Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.
- [3] ISO/IEC, ISO/IEC 14495-1:1999: Information technology- Lossless and near-lossless compression of continuous-tone still images: Baseline, Dec. 1999.
- [4] D. Santa-Cruz and T. Ebrahimi, "An analytical study of JPEG 2000 functionalities," IEEE Image processing, vol. 2, pp. 49-52, Sep. 2000.
- [5] JPEG 2000 Part I, ISO/IEC JTC1/SC20/WG1 Final Committee Draft, Rev. 1.0, Mar. 2000.
- [6] Microsoft Corp., "HDPhoto_Bitstream_Spec_1.0," <http://www.microsoft.com/whdc/xps/hdphotodpk.mspx>, 2006.
- [7] C. H. Pan, C. Y. Chien, W. M. Chao, S. C. Huang, and L. G. Chen, "Architecture design of full HD JPEG XR encoder for digital photography applications," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 54, No. 3, Aug. 2008.
- [8] C. Y. Chien, S. C. Huang, C. H. Pan, C. M. Fang and L. G. Chen, "Pipelined Arithmetic Encoder Design for Lossless JPEG XR Encoder," May. 2009.
- [9] F. Dufaux, G. Sullivan, and T. Ebrahimi "The JPEG XR image coding standard," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 26, No. 6, pp.195-199, 204-204, Nov. 2009.
- [10] M. J. Weinberger, G. Seroussi, and G. Sapiro, "The LOCO-I lossless image compression algorithm: Principles and standardization into JPEG-LS," IEEE Trans. Image Processing, Vol. 9, No. 8, Aug. 2000.
- [11] H. Yoo, "Modification of the integer transform in H.264/AVC for lossless compression," J. Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 14, No. 10, pp.2255-2260, 2010.
- [12] H-G Kim and H. Yoo, "Performance analysis on modified integer transforms for lossless image compression," J. Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 16, No. 6, pp.1273-1278, 2012.

저 자 소 개



김 희 경 (金 喜 卿)

2012년 상명대학교 디지털미디어학과 졸업, 2012년 9월-현재 동대학원 컴퓨터과학과 석사과정



유 훈 (庾 勳)

1997년 한양대학교 전자통신공학과 졸업, 1999년 동대학원 공학석사, 2003년 동대학원 전자통신공학과 공학박사, 2003~2005년 삼성전자 무선사업부 책임연구원, 2005~2008년 동서대학교 컴퓨터정보공학부 조교수, 2008~2012년 상명대학교 디지털미디어학부 조교수, 2012~현재 상명대학교 디지털미디어학부 부교수, 1997년 제3회 삼성전자 휴먼테크 논문상 대회 입상, 2005년 삼성전자 위성 DMB폰과 지상파 DMB 폰 개발 및 양산
Tel : 02-2287-5494
E-mail : hunie@smu.ac.kr