특집논문 (Special Paper)
방송공학회논문지 제17권 제5호, 2012년 9월 (JBE Vol. 17, No. 5, September 2012)
http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.5.756
ISSN 1226-7953(Print)

변형된 3차 함수와 DCT-IF를 이용한 적응적 화면내 예측 방법

이 한 식[a)], 이 주 옥[a)], 문 주 희[a)‡]

Adaptive Intra Prediction Method using Modified Cubic-function and DCT-IF

Han Sik Lee[a)], Ju Ock Lee[a)], and Joo-Hee Moon[a)‡]

요 약

HEVC의 화면내 예측은 AIP와 화면내 평활화를 사용하여 예측 화소의 값을 결정하는데, 최종적으로 예측 화소값은 참조 화소들 사이에서 1차 방정식의 형태를 가지고 계산된다. 이는 참조 화소들의 값의 차이가 큰 경우 성능을 기대하기 어렵다. 본 논문에서는 현재 HEVC의 화면내 예측에서 사용되는 1차 함수 형태의 보간 방법 외에 DCT-IF 및 3차 함수를 사용하는 적응적 예측 방법을 제안한다. 2개 이상의 참조 화소들의 주파수 성분을 이용하는 DCT-IF를 사용하고, 또한 3차 함수의 형태를 이용하여 보간하므로 기존의 1차 함수를 이용하는 것보다 예측 화소값을 정확하게 결정한다. 3차함수는 1차함수보다 기울기가 더 크다. 따라서, 3차 함수는 예측 단위 내의 에지에서 활용되어진다. HM6.0에서 부호화 시간은 3%, 복호화 시간은 1%의 증가를 보였고, 평균 BD-rate가 휘도 신호 Y에서 0.4%, 색차 신호 U, V에서 0.3%, 0.3% 감소되었다. 이를 통해 DCT-IF와 3차 함수, 그리고 기존의 방법을 적응적으로 사용할 경우 부호화 성능이 향상됨을 알 수 있다.

Abstract

In current HEVC, prediction pixels are finally calculated by linear-function interpolation on two reference pixels. It is hard to expect good performance on the case of occurring large difference between two reference pixels. This paper decides more accurate prediction pixel values than current HEVC using linear function. While existing prediction process only uses two reference pixels, proposed method uses DCT-IF. DCT-IF analyses frequency characteristics of more than two reference pixels in frequency domain. And proposed method calculates prediction value adaptively by using linear-function, DCT-IF and cubic-function to decide more accurate interpolation value than to only use linear function. Cubic-function has a steep slope than linear-function. So, using cubic-function is utilized on edge in prediction unit. The complexity of encoder and decoder in HM6.0 has increased 3% and 1%, respectively. BD-rate has decreased 0.4% in luma signal Y, 0.3% in chroma signal U and 0.3% in chroma signal V in average. Through this experiment, proposed adaptive intra prediction method using DCT-IF and cubic-function shows increased performance than HM6.0.

Keyword : Intra Prediction, DCT-IF, Cubic-function, Interpolation

Ⅰ. 서 론

세계적으로 동영상 압축 표준 기술인 HEVC(High Efficiency Video Coding)[1]의 효율적인 개발을 위하여 ITU-T VCEG(Video Coding Experts Group)과 ISO/IEC MPEC (Moving Picture Experts Group)에서 JCT-VC(Joint Collaborative Team on Video Coding)을 결성하여 표준화 회의를 진행하고 있다. 현재 HEVC에서는 부호화 기본 단위를 64x64 쿼드 트리 구조의 CU(Coding Unit)를 사용한다. 예측 부호화 단위는 PU(Prediction Unit)로 하나의 CU가 다수개의 PU로 분할될 수 있다. 화면내 예측(intra prediction)에서 예측의 정확도를 높이기 위한 화면내 평활화(intra smoothing)[2]과 예측 모드 및 화소값을 결정하는 AIP (Angular Intra Prediction)[3]를 이용하여 부호화 및 복호화를 수행한다. 화면간 예측(inter prediction)에서 사용되는 DCT-IF(Discrete Cosine Transform-based Interpolation Filter)[4][5]는 부화소값을 보간할 때 사용되고 이 보간 방법으로 인해 큰 성능 향상을 가져왔다.

본 논문에서는 화면내 예측에서 DCT-IF를 이용하여 부화소값을 생성한다. DCT-IF는 참조 화소들의 주파수 단위 분석을 통하여 화면내 예측의 정확도를 향상시킬 수 있다. 또한, HEVC에서 화면내 예측은 1차 함수의 형태를 이용하여 부화소값을 생성한다. 다시 말하면, 선형 보간(1차 함수)은 화면내 예측에서 정수 참조 화소를 이용해 부화소를 생성해내는 방법이다. 이 방법은 빠른 계산, 즉, 낮은 복잡도가 장점이다. 그러나 화소값의 변화를 선형적으로 생성하므로 영상의 에지(edge)에서는 정확한 예측 화소값을 결정하기 어렵다. 본 논문에서는 선형 함수의 기울기보다 급격한 기울기를 가진 3차 함수를 이용하여 보간하므로써 영상의 에지에서 보다 정확한 예측값을 구하도록 한다. 최종적으로는 계산된 중심값을 이용하여 기존의 방법과 3차 함수를 이용한 화면내 예측을 적응적으로 사용하여 기존의 방법을 개선하여 부호화 효율을 높인다.

Ⅱ장에서는 현재 HEVC의 화면내 부호화 기법과 DCT-IF에 대하여 설명하고 Ⅲ장에서는 제안하는 방법을 설명한다. Ⅳ장에서는 HEVC와 제안하는 방법의 성능을 비교 및 분석하고 Ⅴ장에서 결론을 맺는다.

a) 세종대학교 정보통신연구소 정보통신공학과 (Sejong University, Information and Telecommunication Research Institute, Dept. of Information and Communications Engineering)
‡ Corresponding Author : 문주희 (Joo-Hee Moon)
E-mail: jhmoon@sejong.ac.kr
Tel: +82-2-3408-3829 Fax: +82-2-3408-4330
※ 본 논문은 2009년도 세종대학교 교내연구비 지원에 의한 논문임
· Manuscript received July 20, 2012 Revised September 15, 2012 Accepted September 15, 2012

Ⅱ. HEVC의 화면내 예측 및 DCT-IF

1. AIP(Angular Intra Prediction)

HM6.0에서의 AIP는 화면내 예측의 가장 중심이 되는 기술이다. AIP는 그림 1에서와 같이 33가지 방향성과 DC모드와 Planar모드를 고려한다. AIP는 현재 예측 블록의 주변 참조 화소값을 이용하여 예측하며 예측 방향 갯수는 표 1에서와 같이 예측 블록의 크기에 따라 다르다.

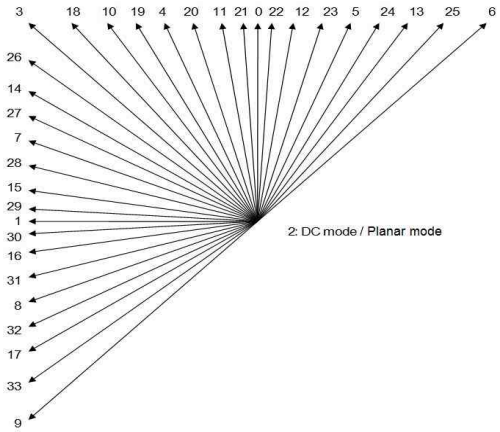


그림 1. AIP의 모드
Fig. 1 Mode of AIP

표 1. 예측 블록 크기에 따른 예측 방향의 갯수
Table 1. Number of prediction directions for PU size

PU의 크기	Intra Mode의 갯수
4x4	17
8x8	35
16x16	35
32x32	35
64x64	35

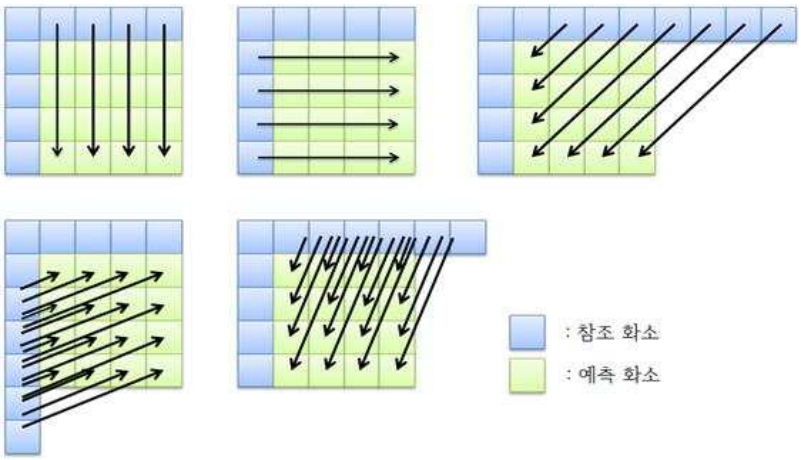


그림 2. 화면 내 예측 방법에서 참조 화소를 사용하는 방법
Fig. 2. Method to use reference pixel in intra prediction

그림 1에서 모드가 0, 1, 2인 방향을 제외한 나머지 방향들은 현재 화소 예측을 위한 부화소 위치를 찾고 화소값을 일시적으로 생성한다. 생성된 화소값은 그림 2와 같이 예측 화소에 할당한다.

부화소 위치와 값은 현재 모드의 각도 및 참조 화소들 사이의 거리와 예측 화소의 위치를 이용하여 찾는다. 부화소 위치의 값은 참조 화소값 보다 크거나 작지 않다. 부화소의 위치는 그림 3의 예에서와 같이 나타난다.

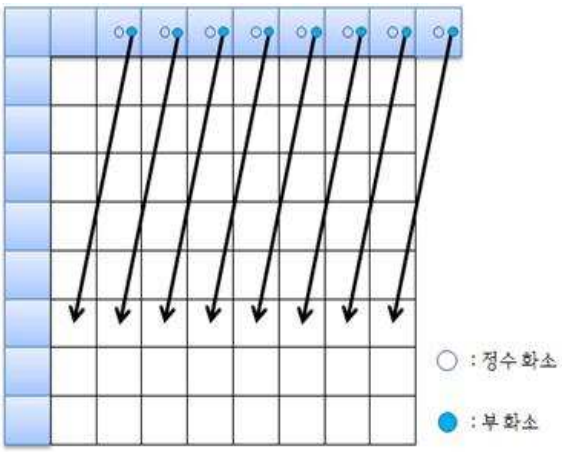


그림 3. 부화소 위치를 사용하는 예
Fig. 3. Example for using sub-pixel

2. DCT-IF(Discrete Cosine Transform-based Interpolation Filter)

HEVC의 화면간 예측에서 보간법으로 DCT-IF를 이용하고 있다. DCT-IF는 DCT변환 계수로 그림 4와 같이 주변 정수 위치의 화소에 가중치를 주어 부화소를 생성하는 기술이다. 그림 4의 흰색 사각형은 정수화소를, 회색 사각형은 보간할 부화소를 나타낸다. 즉, 정수화소 P(0)~P(7)을 이용하여 보간 화소 P(a)를 생성한다.

이 보간 기법으로 모든 부화소 위치의 값을 계산할 수 있다. 현재 DCT-IF는 휘도 신호에서는 8-tap, 색차 신호에서는 4-tap 필터 계수를 사용하고 있다. 본 논문에서는 HEVC의 화면간 예측에 사용되는 DCT-IF 필터 계수를 화면내 예측에 응용하게 된다.

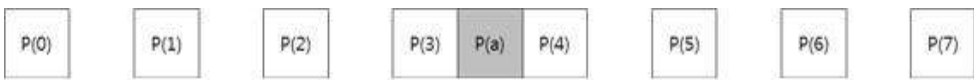


그림 4. 보간할 화소의 위치
Fig. 4. Position of interpolation

III. 제안하는 화면내 예측 방법

제안하는 방법에서는 먼저 1/2 부화소값을 유도한다. 중심값은 DCT-IF 및 기존의 방법을 이용하여 각각 계산된다. DCT-IF를 이용하여 유도된 중심값은 참조 화소값에 따라 클리핑(clipping) 되어지며, 두 중심값들을 이용해 제안하는 방법에서 적응적으로 화면내 예측방법이 선택된다. 선택될 수 있는 방법은 3가지로서 기존의 방법, DCT-IF를 이용한 1차 함수의 방법, DCT-IF를 이용한 3차 함수의 방법이다.

1. DCT-IF를 이용한 중심값 유도와 클리핑

제안하는 예측 방법을 사용하기 위해 중심값을 유도할 때 DCT-IF를 사용한다. DCT-IF는 화소 단위 분석이 아닌 주파수 분석을 통해 부화소를 보간하는 방법으로 DCT 연산 후 역변환시에 부화소 위치를 대입하면 모든 부화소 위치의 값을 계산할 수 있다. DCT-IF를 사용할 때는 표 2의 필터 계수를 이용하여 계산한다. 표 2에 나타나 있는 필터 계수는 HEVC에서 미리 계산되어 부화소들의 중심값 즉, 1/2 부화소를 생성하는 계수이며, 현재 PU크기에 따라서 각각 사용되어 진다. DCT-IF를 적용할 때, 참조 화소를 이용할 수 없는 경우에는 그림 5와 같은 방법으로 패딩하여 DCT-IF를 적용한다. 그림 5에서 A화소들은 이용 불가능한 화소를 나타내고 B화소들은 이용 가능한 화소를, C화소들은 예측 화소를 나타낸다. 즉, 이용 가능한 B를 A에 복사하여 DCT-IF를 적용한다.

표 2. 블록 크기에 따른 필터 계수
Table 2. Filter coefficient for block size

블록 크기	필터 계수
4x4	{ -4, 36, 36, -4}
8x8 이상의 블록	{-1, 4, -11, 40, 40, -11, 4, -1}

DCT-IF를 이용하여 유도된 중심값은 이후 제안하는 예측 방법에 사용될 때, 참조 화소값에 따라 클리핑한다. DCT-IF를 이용해 유도된 중심값이 두 참조 화소값의 범위 안에 들어오지 않으면 참조 화소값으로 클리핑한다. 예를 들어 참조 화소값이 100, 120이라고 할 때 유도된 중심값이 130이면 120으로 클리핑하여 적용한다.

화면간 예측에서 클리핑을 적용할 시에는 성능이 대폭 감소할 수 있다. 그러나 화면내 예측은 Intra Smoothing을 통한 참조 화소 값을 이용하므로 원래의 영상과 생성된 참조 화소 값의 차이가 있다. 따라서 Intra Smoothing의 장점을 활용하기 위해 클리핑을 적용한다.

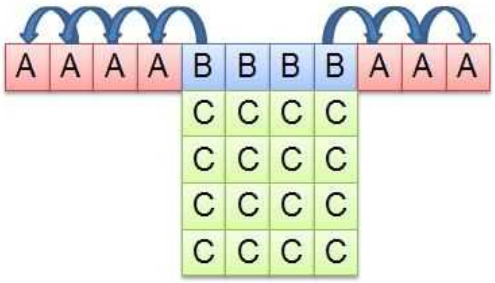


그림 5. DCT-IF를 적용하기 위한 참조 화소 패딩
Fig. 5. Padding for DCT-IF

2. 1차 함수와 DCT-IF를 이용한 예측

1차 함수의 형태는 기존의 방법과 동일하다. 하지만 중심값이 두 참조 화소값들의 평균이 아닌 DCT-IF를 이용하여 유도되었다는 점에서 다르다. DCT-IF를 이용하여 유도된 중심값을 기준으로 그림 6의 예에서와 같이 2개의 구간으

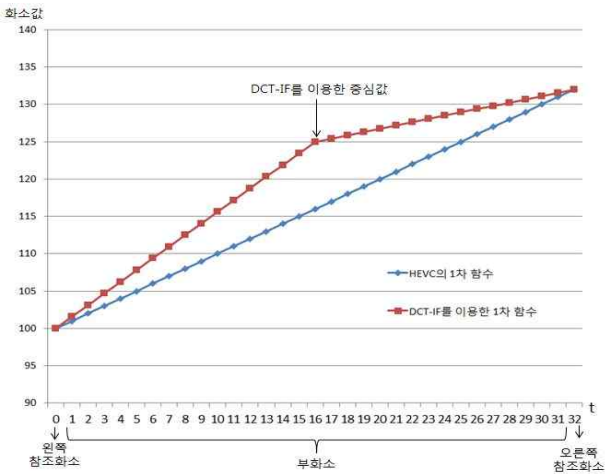


그림 6. 참조 화소 및 부화소 위치
Fig. 6. Reference pixel and sub-pixel location for intra prediction

로 나누어 1차 함수의 형태를 이용하여 예측한다.

3. 3차 함수와 DCT-IF를 이용한 예측

3차 함수의 형태는 기존의 1차 함수의 형태를 상황에 따라 대체할 수 있다. 기존의 1차 함수의 형태는 PU내의 에지에 취약할 수 있다. 따라서 기울기가 더 큰 3차 함수를 사용하여 영상의 에지부분에서 예측 효율을 높이고자 하는 방법이다. 3차 함수의 일반식(4)에서 각 계수를 유도한다.

$$f(t) = at^3 + bt^2 + ct + d \tag{4}$$

여기서 t 는 생성해야 할 부화소의 위치를 나타내며, 31개의 부화소가 있어야하는 일반적인 경우를 고려하면 $t=1$ 에서 $t=31$ 까지의 31개 부화소 위치가 그림 6과 같이 존재하게 된다. $f(t)$ 는 부화소 위치에서의 보간값을 나타낸다. 각 계수의 값은 두 가지 경우로 나누어 구해진다. 첫째, DCT-IF를 이용한 중심값이 참조 화소값의 평균보다 크거나 같은 경우이다. 이 경우에는 $t=0$ 일 때 미분값이 0이 되도록 하여 푼다. 참조 화소값과 DCT-IF를 이용하여 식(4)를 풀어 계수를 구하면 식(5)와 같이 정리할 수 있다. $y_{t=0}$, $y_{t=16}$, $y_{t=32}$ 는 각각 왼쪽 참조 화소값, 중심값, 오른쪽 참조 화소값이다.

두번째는 DCT-IF를 이용한 중심값이 참조 화소값의 평균보다 작은 경우이다. 이 경우에는 $t=32$ 일 때 미분값이 0이 되도록하여 푼다. 참조 화소값과 DCT-IF를 이용하여 식(4)를 풀어 계수를 구하면 식(6)과 같이 정리할 수 있다.

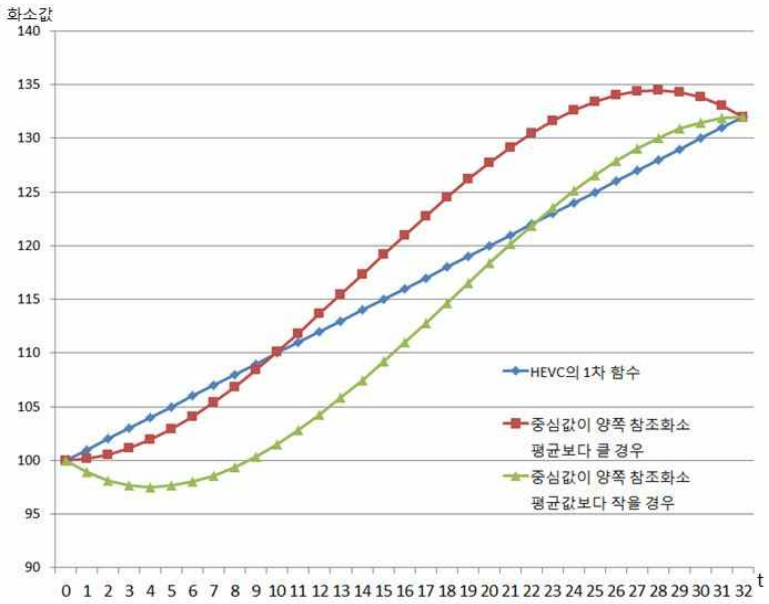


그림 7. 3차 함수와 1차 함수와의 관계
Fig. 7. Relationship between cubic-function and linear-function

$$f(t) = \left(\frac{3y_{t=0} + y_{t=32} - 4y_{t=16}}{2^{14}}\right)t^3 + \left(\frac{8y_{t=16} - 7y_{t=0} - y_{t=32}}{2^{10}}\right)t^2 + y_{t=0} \tag{5}$$

$$f(t) = \left(\frac{8y_{t=16} - 2y_{t=0} - 6y_{t=32}}{2^{15}}\right)t^3 + \left(\frac{11y_{t=32} + 5y_{t=0} - 16y_{t=16}}{2^{10}}\right)t^2 + \left(\frac{8y_{t=16} - 4y_{t=32} - 4y_{t=0}}{2^5}\right)t + y_{t=0} \tag{6}$$

그림 7에서 식(5), 식(6)과 기존의 1차 함수의 형태를 비교, 예시하였다. 그림 7에서 기존의 방법과 3차 함수의 형태는 결과적으로 큰 차이를 볼 수 있다. 이러한 형태는 잔여값의 크기를 오히려 증가시킬 수도 있기 때문에 기존의 방법과 3 이상의 차이를 나타내는 3차 함수의 결과는 기존의 방법의 결과 차이가 3이 되도록 고정하여 결과를 산출한다. 또한 3차 함수에 의한 결과가 참조 화소값 사이로 오도록 클리핑하여 결과를 유도한다. 그림 8은 3차 함수를 1차 함수와의 차이의 절대값이 3이내가 되도록 제한(limiting)한 후 참조 화소값에 따른 클리핑을 수행한 그래프의 예를 보인다.

제한의 이유는 3차함수의 그래프는 1차함수의 그래프보다 기울기가 급격하다. 이는 영상 내의 에지에서 활용하기 위한 목적이다. 그러나 블록 내에서 에지라고 판단 할 수 있는 근거는 DCT-IF를 이용한 중심값이 정수 참조 화소와 크게 다르다는 것 말고는 찾기 어려우며 31개의 부화소를 모두 DCT-IF를 이용해 찾는 것은 복잡도 면에서 성능의 저하를 유발하므로 정확히 판단하는 것은 불가능하다. 따라서 잔여값의 크기를 1차 함수를 사용하는 방법과 가깝게 하거나 줄이는데에 그 목적이 있다.

4. 제안하는 방법을 사용하기위한 적응적 화면내 예측 방법

1차 함수와 3차 함수 그리고 DCT-IF를 조합한 화면내 예측 방법은 중심값에 따라서 다음과 같이 적응적으로 사용된다. 3차 함수와 DCT-IF를 이용한 화면내 예측은 예측 블록내에서 에지가 명확하게 존재 할 때 사용하는데 그 목적이 있다. 따라서 에지가 없을 경우와 있을 경우를 분석하여 다음과 같은 적응적 방법을 제안한다.

Step 1 : DCT-IF를 이용하여 유도된 중심값과 참조 화소값 평균과의 차이가 절대값을 기준으로 2 보다 작을 경우에는 기존의 HEVC 방법을 그대로 사용한다.

Step 2 : DCT-IF를 이용하여 유도된 중심값과 참조 화소값 평균과의 차이가 절대값을 기준으로 2 보다 크고

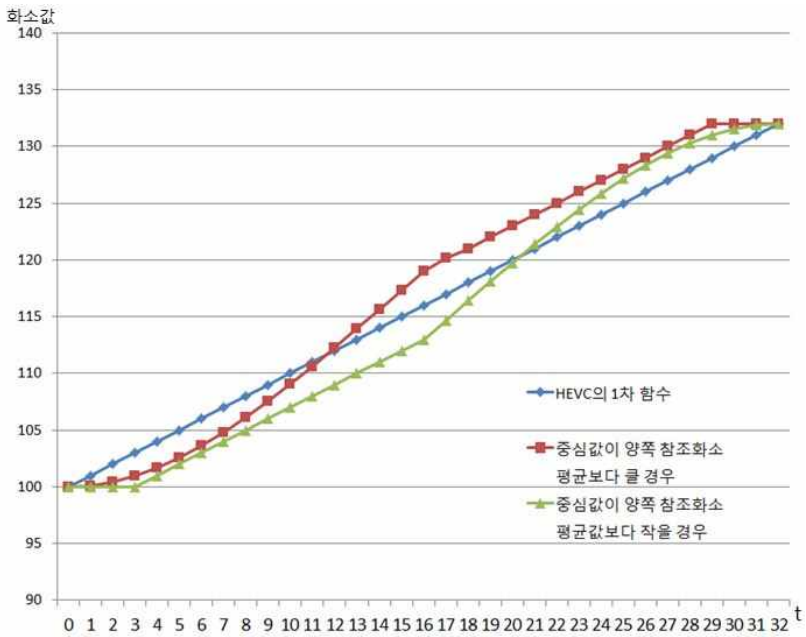


그림 8. 3차 함수와 제한 및 클리핑
Fig. 8. Limiting and clipping of cubic-function

중심값이 양쪽 참조 화소값 범위안에 들어오는 경우 1차 함수와 DCT-IF를 이용한 예측 방법을 사용한다.

Step 3 : DCT-IF를 이용하여 유도된 중심값과 참조 화소값 평균과의 차이가 절대값을 기준으로 2 보다 크고 중심값이 양쪽 참조 화소값 범위를 벗어나는 경우 3차 함수와 DCT-IF를 이용한 예측 방법을 사용한다.

표 3은 적응적 화면내 예측 방법을 정리한 것이다. 표에서 diff는 DCT-IF를 이용한 중심값과 참조 화소값 평균과의 차이의 절대값을 의미하고 max는 참조 화소값 중 큰 값을, min은 참조 화소값 중 작은 값을 정의한다.

표 3. 제안된 적응적 화면내 예측 방법
Table 3. Proposed adaptive intra prediction method

diff		예측 방법
< 2		1차 함수를 이용한 예측
≥ 2	≤ max and ≥ min	1차 함수와 DCT-IF를 이용한 예측
	> max or < min	변형된 3차 함수와 DCT-IF를 이용한 예측

Ⅳ. 실험 결과

제안하는 예측 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여 HEVC 참조 소프트웨어인 HM6.0(HEVC test Model)[6]과 비교하였고, 실험 영상은 HEVC Common Test Condition[7]에서 공지하는 영상을 사용하였다. 실험 조건은 JCTVC-H1100[7]과 동일하게 하였고 영상 모두 I-픽처를 가지는 Intra Only 예측 구조를 사용하였다.

제안하는 방법은 휘도 신호와 색차 신호 모두 적용하였고 Intra Main Profile[7]과 Intra High Efficiency 10bit Profile[7]에서 실험하였다. 그리고 제안하는 방법을 비교하기 위해 BD-rate를 구하고 비교하였다. 표 4~6에 적응적 화면내 예측 실험 결과를 정리하였다.

표 4. 적응적 화면내 예측 실험 결과
Table 4. Experimental result of adaptive intra prediction

Class	All Intra Main			All Intra HE10		
	Y	U	V	Y	U	V
A	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
B	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4
C	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.5
D	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
E	-0.8	-0.3	-0.4	-0.7	-0.8	-0.5
F	-0.4	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4
Total	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3
Enc Time(%)	103			103		
Dec Time(%)	101			101		

표 5. Class B의 적응적 화면내 예측 실험 결과
Table 5. Experimental result of adaptive intra prediction in Class B

Sequence	All Intra Main			All Intra HE10		
	Y	U	V	Y	U	V
Kimono	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
ParkScene	0.1	0.0	0.1	0.0	-0.1	-0.1
Cactus	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6
BQTerrace	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6
BasketballDrive	-0.7	-0.5	-0.8	-0.7	-0.5	-0.6

표 6. Class C의 적응적 화면내 예측 실험 결과
Table 6. Experimental result of adaptive intra prediction in Class C

Sequence	All Intra Main			All Intra HE10		
	Y	U	V	Y	U	V
RaceHorses	-0.2	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.2
BQMall	-0.5	-0.4	-0.3	-0.5	-0.4	-0.3
PartyScene	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
BasketballDrill	-1.8	-1.6	-1.8	-1.4	-1.4	-1.4

표 4에서 보이는 바와 같이 제안하는 예측 방법은 다소 작은 크기를 가지는 영상에서 성능이 나타났다. 그러나 큰 영상에서 효율이 나빠지는 것은 아니다. 표 5에서 Kimono와 ParkScene을 제외한 나머지 영상에서는 큰 폭의 성능 향상이 있었다. 이를 통해 제안하는 방법은 복잡한 구조를

가지는 물체가 많거나 혹은 그 구성이 복잡한 영상에서 성능의 향상이 있었다. 표 6에는 가장 성능이 좋았던 Class C의 각 영상별 성능을 표시하였다.

복잡도는 기존의 HM6.0보다 부호화기와 복호화기가 각각 3%, 1%씩 아주 작은 증가를 보였다. 기존의 간단했던 1차 함수의 단순한 계산보다 다소 복잡해진 3차 함수의 계산과 화면내 예측에서 사용하지 않던 DCT-IF의 사용으로 HM6.0보다 복잡도는 증가하였다. 그러나 작은 복잡도 증가에 비해 그 성능이 크게 향상됨을 결과를 통해 알 수 있다.

V. 결 론

기존의 방법과 3차 함수 그리고 DCT-IF를 이용한 화면내 예측 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 주변 참조 화소들을 DCT-IF를 이용한 주파수 분석을 통해 부화소 위치의 값을 기존의 방법보다 원 영상과 가깝게 계산하였다. 기존 보다 정확해진 중심값은 다른 부화소 위치의 값들을 계산할 때에도 영향을 주어 성능을 좋게 나타내었다. 그 결과로 휘도 신호에서 0.4%, 색차 성분 U, V에서 각각 0.3%씩 성능의 향상이 있었다. 복잡도는 부호화기에서 3%, 복호화기에서 1% 증가를 보였다.

참 고 문 헌

[1] Benjamin Bross, Woo-Jin Han, Jens-Rainer Ohm, Gary J. Sullivan, Thomas Wiegand “High Efficiency Video Coding(HEVC) Test Model 6(HM6) Encoder Description“, Joint Collaborative Team on Video Coding(JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 7th Meeting, Geneva, CH, 21-30 Nov. 2011.

[2] Kemal Ugur, Kenneth R. Andersson, Arild Fuldseth “Description of video coding technology by Tandberg, Nokia, Ericsson“, JCTVC-A119, document Apr. 2010.

[3] Ken McCann, Woo-jin Han, Il-koo Kim, “Samsung’s Responese to the Call for Proposals on Video Compression Technology“, document JCTVC-A124, Apr. 2010.

[4] Elena Alshina, Jianle Chen, Alexander Alshin, Nikolay Shyakhov and Woo-Jin Han, “CE3:Experimental results of DCTIF by Samsung“, Joint Colaborative Team of Video Coding(JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 4th Meeting, Daegu, KR, Jan. 2011.

[5] Jianle Chen, Elena Alshina and Woo-Jin Han, “CE4:Experimental results of DCTIF application for Chroma MC by Samsung”, Joint Collaborative Team of Video Coding(JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 4th Meeting, Daegu, KR, Jan. 2011.

[6] Ken McCann, Benjamin Bross, Il-Koo Kim, Kazuo Sugimoto, Woo-Jin Han, “HM6:High Efficiency Video Coding(HEVC) Test Model 6 Encoder Description”, Joint Collaborative Team on Video Coding(JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/ISEC JTC1/SC29/WG11, 8th Meeting, San Jose, CA, USA, Feb. 2012.

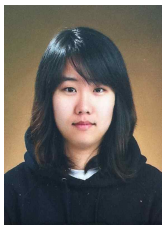
[7] Frank Bossen, “Common test conditions and software reference configuations”, Joint Collaborative Team on Video Coding(JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/ISEC JTC1/SC29/WG11, 8th Meeting, San Jose, CA, USA, Feb. 2012.

저 자 소 개

이 한 식

- 2009년 : 세종대학교 정보통신공학과 공학사
- 2011년 : 세종대학교 대학원 정보통신공학과 공학석사
- 주관심분야 : Data compression, Image coding & transmission, Digital TV, MPEG

저 자 소 개



이 주 옥

- 2009년 : 세종대학교 정보통신공학과 공학사
- 2011년 : 세종대학교 대학원 정보통신공학과 공학석사
- 2011년 ~ 현재 : 세종대학교 대학원 정보통신공학과 박사과정
- 주관심분야 : Data compression, Image coding & transmission, Digital TV, MPEG, Medical Imaging

문 주 희

- 1985년 : 서강대학교 전자공학과 학사
- 1987년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
- 1992년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사
- 1992년 ~ 1994년 : 한국과학기술원 전자정보연구소
- 1994년 ~ 1999년 : 현대전자 정보통신연구소 수석연구원
- 1999년 ~ 현재 : 세종대학교 정보통신공학과 교수
- 주관심분야 : Data compression, Image coding & transmission, Digital TV, MPEG, Medical Imaging