

비디오 디코더의 프레임 메모리를 줄이는 알고리즘 및 성능 분석

김 이 랑 , 이 동 호
한양대학교 전자전기제어계측공학과

Methods reducing frame memories of a video decoder and its comparisons

I-Rang Kim and Dong-Ho Lee

Department of Electronic,Electrical,Control & Instrumentation Engineering of Hanyang University

E-mail: rang0126@image.hanyang.ac.kr

요 약

본 논문에서는 프레임 메모리를 줄이는 간이형 비디오 디코더의 다섯가지 알고리즘을 연구하여 성능을 비교한다. fixed-length ADPCM 기법을 적용하여 메모리를 줄이는 알고리즘과 수평 방향으로 decimation 하는 방법, 그리고 DCT 계수를 filtering 하는 방법을 구현하고, 이보다 더 압축률을 높여서 수평 방향으로 decimation 하거나 DCT 계수를 filtering 하는 방법에 ADPCM 기법을 결합한다. 이렇게 함으로써 원래의 비디오 디코더 프레임 메모리의 25% 까지 메모리를 줄일 수가 있다. 메모리 크기를 줄이는 이점 이외에, 하나의 비디오 디코더 구조가 몇가지 압축 모드를 구성하므로 원하는 복잡도와 메모리 크기에 따라 응용이 자유롭다.

제 1 장 서론

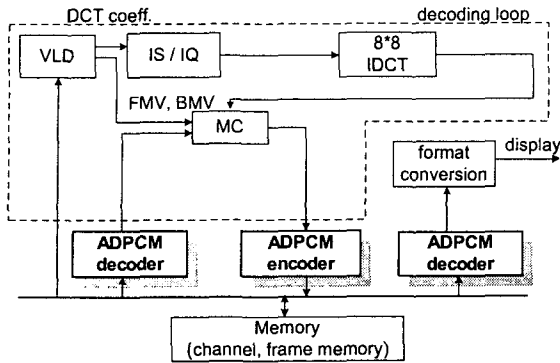
50인치 미만의 작은 크기의 화면을 갖는 DTV 수상기에는 영상의 해상도를 약간 떨어뜨린다 해도 큰 문제가 되질 않고, 만약 저가로 공급할 수 있다면 경쟁력을 갖출 수 있을 것이다. 또한 DTV 방송시 DTV와 NTSC를 동시에 방송 하지 않을 경우, 기존의 NTSC 수상기로 DTV를 시청할 수 있어야 하는데, HD 급 비디오 디코더를

적용한다면 변환 장치의 가격은 상당히 높을 것으로 예측된다. DTV 수상기에서 PIP (Picture In Picture) 기능을 지원한다면 Sub Picture용 디코더 또한 HD 급의 디코더를 적용할 필요가 없을 것이다. 이러한 응용에 간이형 비디오 디코더를 적용한다면 매우 간단하게 구현할 수 있기 때문에 나름대로 경쟁력을 갖는 상품이 될 것이다. 본 논문에서는 디코더의 구조를 크게 변화시키지 않고 프레임 메모리를 효과적으로 줄일수 있는 몇가지 알고리즘을 적용함으로써 얻을 수 있는 이득과 문제점을 살펴 보았다.

제 2 장 간이형 비디오 디코더

2.1 ADPCM 적용 간이형 디코더

비디오 디코더에서 Anchor Frame 을 프레임 메모리에 저장하기 전에 ADPCM 을 적용하여 압축을 수행해서 메모리에 저장하면 프레임 메모리를 거의 절반 가까이 줄일 수가 있다. 일반적으로 이 알고리즘은 압축률 즉 프레임 메모리 크기 와 복잡도 간의 trade off 를 갖는다. 최근에는 스칼라 양자가 벡터 양자화로 대체되어 복잡도를 줄이면서 성능 즉 화질열화를 개선하고 있다. Generalized Lloyd Algorithm (GLA)에 의한 코드북을 설계할 때 Tree structured vector quantizer (TSVQ)를



< 그림 1 > ADPCM 을 적용한 간이형 디코더의 블록도
적용함으로써 복잡도를 줄일 수가 있다.

Fixed-length ADPCM 을 수행할 때, 가장 먼저 각 매크로블록을 여섯 개 (4-luminance, 2-chrominance) 의 8*8 블록으로 나눈다. 그리고 비월주사식 영상을 고려해서 한 블록을 두개의 8*4 서브블록으로 나눈다. 처음에 모든 서브블록 각각에 대해서 variance 를 계산하고, GL 알고리즘에 의해서 6비트로 양자화한다. Prediction value 는 (식 1)과 같이 주변의 세 화소값을 이용해서 계산한다.

$$f[y][x] = \frac{3}{4}f[y-1][x] - \frac{1}{2}f[y-1][x-1] + \frac{3}{4}f[y][x-1] \quad (\text{식 1})$$

원래의 화소값은 임의의 mean 값과 variance 값을 갖는 분포를 갖겠지만, 이렇게 계산된 Prediction 값은 Laplacian 분포를 가지므로 Laplacian pdf에 적합한 Nonuniform MAX quantizer 를 가지고 양자화를 한다. 이때 각 서브블록마다 첫번째 화소값은 PCM-encoding(8 bits/pixel) 하고, 나머지 31개의 화소값은 16 레벨 (4 bits/pixel) 로 양자화 한다. 원래의 비디오 디코더에서는 Anchor Frame 의 모든 화소값을 8bits 로 프레임 메모리에 저장하고, ADPCM 을 적용한 간이형 비디오 디코더에서는 Anchor Frame 에서 각 화소의 Prediction error 값의 4비트로 양자화된 값과, 6비트로 양자화된 variance 값을 프레임 메모리에 저장하게 된다. 따라서 메모리 크기를 비교해 보면 4:2:0 format 인 경우, 원래의 비디오 디코더에서 필요로 하는 메모리 크기는 $(\text{Horizontal_size}) * (\text{Vertical_size}) * \{1.5(4:2:0)\} *$

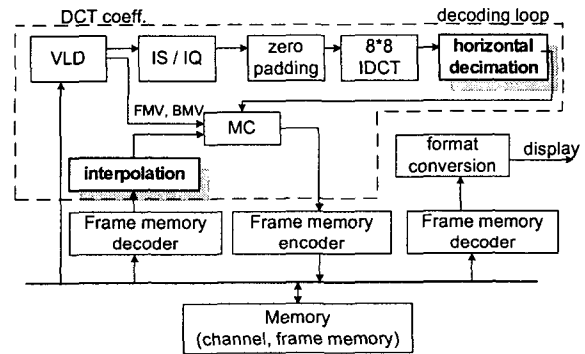
[8bits]이고, ADPCM 을 적용한 간이형 비디오 디코더의 메모리 크기는

$$\begin{aligned} & [(\text{Horizontal_size}) * (\text{Vertical_size}) * \{1.5(4:2:0)\} * \\ & \{8\text{bits} + 31 * 4\text{bits}\} / 32] (\text{Predictionerror}) \\ & + [(\text{Horizontal_size}) * (\text{Vertical_size}) * \{1.5(4:2:0)\} * \\ & \{6\text{bits}\} / 32] (\text{variance}) \end{aligned}$$

이다. 따라서 원래의 비디오 디코더가 요구하는 메모리 크기의 54% 정도로 메모리 크기를 줄일 수가 있다.

2.2 Horizontal_Decimation 적용 간이형 디코더

Anchor frame 에 대해서 각 매크로블록 단위로 기수열의 화소값은 보존하고, 우수 열의 화소값을 버려서 메모리에 절반으로 줄어든 프레임들을 저장해서 프레임 메모리 크기를 절반으로 줄일 수가 있다.

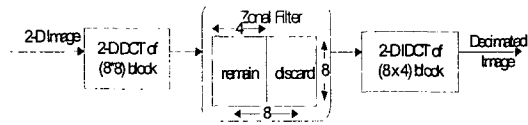


< 그림 2 > Horizontal_Decimation 적용 간이형 디코더

위의 방법을 수행하면 절반의 화소값은 그대로 보존되기 때문에 버려진 화소값을 잘 보간하면 화질을 상당히 개선할 수 있다. 본 논문에서는 버려진 우수열을 양쪽의 화소의 평균값으로 보간해서 디코딩 하는 방법을 검토했다.

2.3 IDCT_Decimation 적용 간이형 디코더

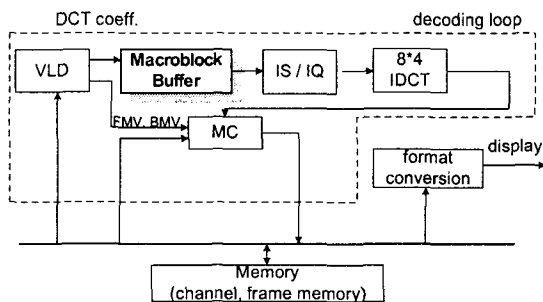
일반적으로 DCT는 영상 압축에 적용하는 것 이외에도 영상 신호의 Decimation 에 적용을 하기도 하는데, 그 방법을 아래 그림에 나타내었다. 공간 영역의 입력 영상 신호는 DCT 를 거쳐 DCT 영역의 계수들로 변환 되는데, 이때 저주파 성분들은 DCT 블록의 좌상단에 밀



< 그림 3 > Zonal Filter 의 coeff. 선택

집하는 특성을 가지기 때문에 <그림 3> 에서와 같이 Zonal Filtering을 행한 후 그 크기에 맞는 IDCT를 취하면 Decimation된 영상을 얻을 수 있다.

본 논문에서는 이러한 기법을 비디오 디코더에 적용하여 Decimation된 영상을 출력하게 한다. 비디오 엔코더에서는 8x8 블록 단위로 DCT를 수행하고, 디코더의 IDCT에서 블록 크기를 8*4로 조절함으로써 그에 맞게 Decimation된 영상이 출력되고 구현상의 하드웨어의 양도 그에 비례하여 줄게 된다. 영상의 수직 해상도는 그대로 유지하고 수평 해상도만을 1/2로 Decimation된 영상을 출력하는 간이형 디코더의 블록도를 다음 <그림 4> 에 나타내었다.



< 그림 4 > IDCT Decimation 적용 간이형 디코더

Zonal Filter를 수행하기 위해서 역양자화 하기 이전에 Macro Block Buffer를 이용하여 블록 중에서 원하는 영역만을 선택 하게끔 하였다. IDCT의 Function은 Zonal Filter에서 선택한 영역에 따라 (식 2)와 (식 3)과 같이 바뀌어야한다.

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{16} \quad (식2)$$

$$f(x, y) = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^3 \sum_{v=0}^7 C(u)C(v) F(u, v) \cos \frac{(4x+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{16}$$

$$where C(u), C(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & for \ u, v = 0 \\ 1 & otherwise \end{cases} \quad (식 3)$$

(식 2) 에는 엔코더에서 수행한 8x8단위의 DCT를 나타내었다. (식 3) 에는 수평으로 1/2로 Decimation된 영상을 출력하기 위해 Zonal Filter에서 선택한 경우의 2-D IDCT 함수를 나타낸다.

IDCT 구현 시 필요한 연산의 양은 블록 크기의 제곱에 비례하므로 8x4 IDCT에는 1/4로 줄게 된다. 움직임 보상과 Frame Reordering에 필요한 프레임 메모리의 크기도 역시 1/2로 줄어들게 된다. 이렇게 decimation된 영상은 원래 영상의 해상도를 유지하기 위해서 7_tap FIR filter를 이용하여 보간하였다. 화소값을 Decimation을 하거나 IDCT 단에서 Decimation 하는 알고리즘에 ADPCM을 적용하여 메모리 크기를 원래 크기의 약 25% 정도로 줄일 수가 있다.

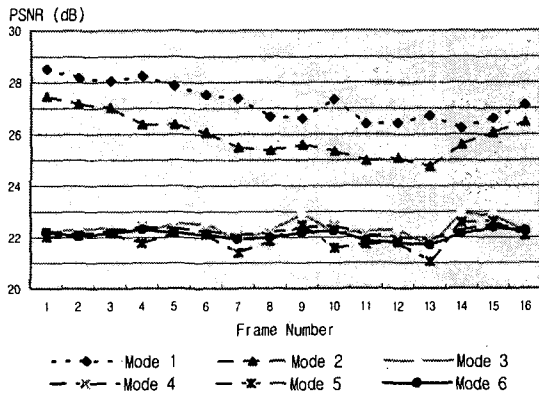
제 3 장 컴퓨터 시뮬레이션 결과

이번 장에서는 여러가지 간이형 디코더를 다양한 테스트 영상에 적용하여 시뮬레이션 한 결과를 보인다. 각 디코더를 편의상 6가지 모드로 나누어 결과를 분석한다.

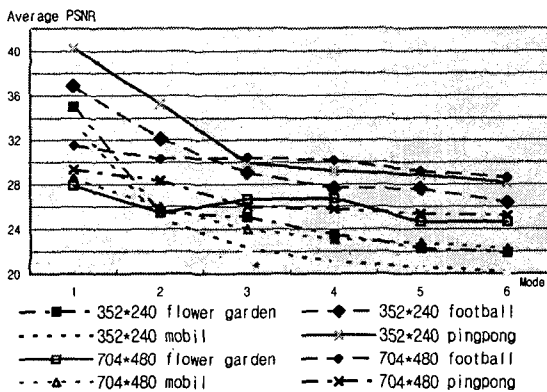
- Mode 1 : 원래의 비디오 디코더
- Mode 2 : ADPCM 적용 간이형 비디오 디코더
- Mode 3 : Horizontal_Decimation
& Line average_Interpolation
- Mode 4 : IDCT_Decimation
& 7-tap FIR filter_Interpolation
- Mode 5 : Mode 2 + Mode 3
- Mode 6 : Mode 2 + Mode 4

위의 6가지 모드를 704*480 Pingpong Image에 적용시킨 결과영상에 대한 원영상과의 PSNR 값을 그래프로 보면 <그림 5> 와 같다.

<그림 6> 은 각각의 테스트 영상에 대해서 여섯가지 모드의 디코더로 디코딩 한 영상의 50개 프레임의 평균 PSNR을 나타낸다



< 그림 5 > 704 * 480 Pingpong Image 의 PSNR



< 그림 6 > 모드별 Average PSNR 변화

그리고 원래 비디오 디코더에 대한 간이형 디코더의 메모리 압축률을 < 표 1 >에 계산하였다.

< 표 1 > 각 MODE 에 따른 Frame Memory

MODE	Frame Memory
Mode 1	100 %
Mode 2	53.91%
Mode 3	50%
Mode 4	50%
Mode 5	26.96%
Mode 6	26.96%

제 4 장 결론

지금까지 여러 가지 간이형 비디오 디코더 알고리즘을 테스트 영상에 적용한 결과를 살펴보았다. 각 영상에 대해서 Mode 2, 3, 4, 5, 6 의 순으로 PSNR 이 점차

감소되는 것으로 나타났다.

위의 시뮬레이션 결과 에서 볼 수 있듯이 대체적으로 ADPCM 만 적용한 간이형 비디오 디코더로 디코딩 한 영상이 나머지 방법으로 디코딩 한 영상 보다 화질이 우수하다. 그러나 Flower garden 이나 Mobil 영상처럼 고주파 성분이 많을수록 화질열화가 증가한다. 또한 영상 크기 측면에서 살펴볼 때, 352 * 240 영상보다 704 * 480 영상에서 화질 열화가 현저하게 감소한다.

여러가지 Mode 로 디코딩 한 영상과 원래 영상과의 차이 영상을 구해보았을 때, edge 부분, 특히 대각선 edge 와 고주파 성분을 많이 포함한 부분에서 화질 열화가 발생함을 알 수 있었다. IDCT 단에서 decimation 을 하는 경우, 영상의 고주파 성분을 버리게 되므로 고주파 성분을 많이 포함한 부분에서는 다른 간이형 디코더 보다 더 화질이 열화된다. 또한 한 GOP 내에서 끝으로 갈수록 화질 열화가 누적되어 마지막 P 프레임 바로 전의 B프레임 에서 가장 좋지 못한 영상을 보이게 되는데, 움직임이 많은 Flower garden 이나 Football 영상에서 화질 열화가 많이 누적된다.

참고문헌

- [1] Seung-Jong Choi, Jin_Gyeong Kim, Hwa-Young Lyu, and Hong-Seok Park(LG Electronics Inc., Korea), "Frame Memory Reduction for MPEG-2/DTV Video Decoding," International Workshop on HDTV ' 98, pp. 293-300, Oct. 1998
- [2] Dong-Ho Lee, Jong-Seok Park and Yung-Gil Kim, "HDTV video decoder which can be implemented with low complexity," *IEEE Journal*, pp. 6-7, 1994.
- [3] N. Jayant and P. Noll, "Digital coding of Waveforms," Prentice-Hall.
- [4] Khalid Sayood, "Instruction to Data Compression," Morgan Kaufmann Publishers.
- [5] S. B. Ng, "Lower resolution HDTV receivers," US patent 5,262,854.