

MPEG-2 TM 5 복호기의 구조와 작동

김준기, 이호석
호서대학교 컴퓨터 공학과

The overall structure and operation of MPEG-2 TM 5 decoder

Jun-Ki Kim, Ho Suk Lee
Department of Computer Engineering, Hoseo University

요약

본 논문은 MPEG-2 TM 5 비디오 복호기의 전체 구조와 처리과정을 기술한다. 주요한 MPEG-2 복호화과정으로는 비디오 syntax 분석, bitstream 복호 처리과정, quantization, DCT, scanning(zigzag 혹은 alternate scanning), 움직임 보상, frame 재구성, 화면 출력력을 위한 dithering 과정이 있다. 본 논문에서는 MPEG-2 복호기의 핵심을 복호기 전체 구조, MPEG-2 bitstream syntax, MPEG-2 복호과정, 움직임 보상과 frame 재구성 그리고 화면 출력력을 위한 dithering 으로 구분하여 소개한다.

1. 서론

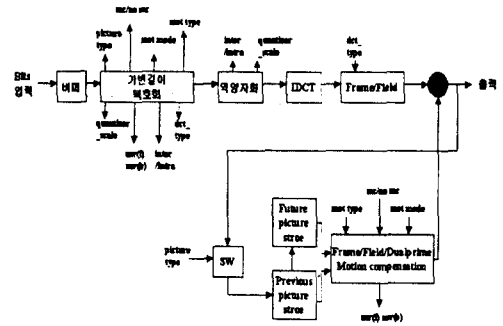
MPEG은 Moving Picture Experts Group의 약자로 정식명칭은 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11이다. MPEG-1은 1.5Mbps의 저장매체(CD-ROM)를 근간으로 하였으나 MPEG-2는 5-10Mbps 이상의 더욱 높은 비트율에서 고화질을 실현하기 위한 저장, 통신, 방송매체의 압축 표준이다. MPEG-2는 화상 압축 분야에서 가장 널리 사용되고 있다. 이렇게 사용되는 이유는 압축 부호화의 최고 수준에 달했고 특정 응용 분야를 목표로 만든 것이 아니라 화상 압축을 필요로 하는 모든 분야에 사용할 수 있도록 유연성을 주어 제작되었기 때문이다.

현재 MPEG-2 표준 문서는 4개의 주요 부분인 시스템, 비디오, 오디오와 conformance 을 포함한다. 표준 공식명칭은 시스템이 ISO/IEC 13818-1, 비디오가 ISO/IEC 13818-2, 오디오가 ISO/IEC 13818-3이다. 본 논문은 MPEG-2 비디오 부분에서 복호과정을 소개한다. 실질적으로 MPEG-2 비디오에는 부호기에 관한 세부사항, 부호기 처리과정, 부호화하는 방법이 규정되어 있지 않다. 단지 비디오 bitstream syntax와 복호과정만 표준화되어있다. 비디오 복호과정이라는 것은 부호기에서 MPEG-2 비디오 bitstream으로 출력한 데이터를 화면에 출력할 수 있는 데이터로 재구성하는 것을 의미한다. 즉 화면으로 출력하기까지에는 영상 표현 방법([R,G,B][Y,Cb,Cr]) 변환, 영상 재구성을 위한 표준화 주파수(4:2:0, 4:2:2, 4:4:4) 선택, 역양자화(inverse quantization), IDCT, scanning, 가변길이 코딩(variable length coding), 움직임 보상(motion compensation), 각각의 picture 타입(I/P/B-picture)과 화면 출력력을 위한 dithering 과정등이 필요하다[1][2].

본 논문에서는 MPEG Software Group에서 제작한 MPEG-2 TM5 복호기에 대하여 전체 구조 및 처리과정에 대하여 소개한다.

2. 전체 구조

MPEG-2 복호기의 전체구조는 <그림 1>과 같다.

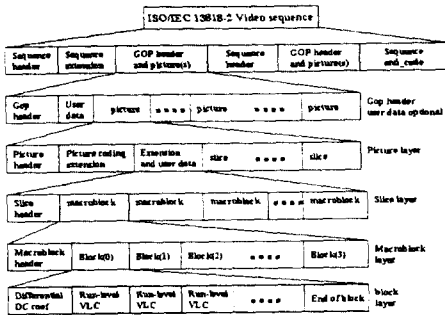


<그림 1> MPEG-2 복호기 구조

부호기에서 만들어진 입력 데이터는 복호기의 버퍼로 저장된다. 이 버퍼는 부호기에서 picture 당 가변적으로 변하는 발생 비트율을 조절하기 위한 VBV 버퍼(video buffering verifier)로서 복호기에서는 부호기에서 만든 버퍼보다 크거나 동일하여야 한다. 버퍼를 거친 데이터는 가변길이 복호화 과정에 들어 간다. 가변 길이 복호화 과정에서는 picture의 타입에 따라 각각의 매크로 블록(16x16) 타입과 모드, 양자화 스케일, DCT 타입, 움직임 타입(motion type)등을 설정한다. 다음으로 역양자화 과정과 IDCT 과정을 거치면 복호 샘플이 나오게 된다. P/B-picture에 사용되는 움직임 보상을 하기 위해서 참조 프레임은 프레임 저장 메모리로 저장되어 진다. 이후 복호 샘플들을 dithering 과정을 거쳐 화면 출력한다[2].

3. MPEG-2 video bitstream syntax

MPEG-2 비디오 데이터의 계층구조는 <그림 2>와 같다.

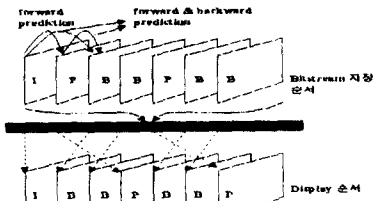


<그림 2> 비디오 데이터 계층 구조

MPEG-2 video stream syntax에는 6개의 헤더가 있다. Video sequence 층은 일련의 같은 속성을 갖는 화면그림으로서 화면 크기, 화면율등을 가지고 있다. GOP(Group of Picture)는 랜덤 액세스의 단위가 되는 화면 그림의 최소단위로 편집을 위한 정보와 sequence 시작으로부터의 시간등을 가지고 있다. Picture 층은 한장의 화면에 공통된 특성으로 화면 부호화 모드, 픽처 타입이 설정되어 있고 slice 층은 한장의 화면을 임의의 길이로 분할한 소화면에 공통된 정보 예를 들어 양자화 특성치가 포함되어 있다. 매크로 블록층은 slice 층을 더욱 분할한 화소 블록(매크로블록)에 공통적인 정보로서 움직임 보상과 움직임 벡터 값등이 포함되어 있고 마지막으로 블록층은 전송과 압축의 단위이다[3].

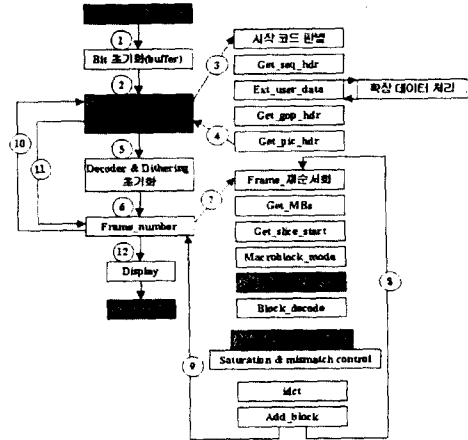
4. MPEG-2 복호 알고리즘

MPEG에서는 세가지의 picture 형식을 지원하는데, 움직임 보상을 사용하지 않는 I-picture(Intra-coded picture)와 순방향 예측만을 사용하는 P-picture(Predictive-coded picture), 그리고 순방향 예측과 역방향 예측을 모두 사용하는 B-picture(Bidirectionally predictive-coded picture)가 있다. 움직임 보상을 이용하지 않고 단순히 DCT만을 이용하는 경우를 Intra 코딩이라 하고 움직임 보상을 이용하는 경우를 Inter 코딩이라 한다. MPEG-2 bitstream의 파일 저장 형태와 picture에 따른 복호과정 및 출력순서는 <그림 3>과 같다.



<그림 3> Bitstream 저장 과 출력 순서

그림에서와 같이 I-picture는 움직임 보상을 사용하지 않고 intra 코딩되어 출력률, 하게 되고 P/B-picture는 움직임 보상을 하여 inter 코딩되어 화면에 출력하게 된다. MPEG-2에서 각각의 picture 타입에 따라 복호화하는 블록도는 <그림 4>과 같다. MPEG 파일을 열어 복호기에 필요한 버퍼와 포인터를 초기화 시킨다. Bitstream에서 각각의 요소는 start code가 있다. Sequence가 시작했다는 sequence start code, picture가 시작했다는 picture start code 등이 있다. 이 start code 들은 23개의 0과 1개의 1을 갖고 있는 prefix start code와 start code를 알리는 코드값으로 이루어져 있다. 모든 과정에서 처음에는 각 syntax의 bitstream에서 start code를 분석하게 되어 있다. 이 start code를



<그림 4> 복호과정 블록도

분석하는 루틴은 2번의 get_header 부분으로 하나의 입력 stream 으로부터 picture start code 또는 sequence의 끝이 나올때 까지 복호한다. Start_code를 찾기 위해서 Byte 단위를 정렬을 한 다음 비트 단위로 prefix start code를 판별한다. 다음으로 복호기의 초기화 부분인 파라미터와 출력하기 위한 초기화 과정을 거친다. 이후 실질적인 데이터 복호는 6번부터 11번까지 반복을 통하여 이루어진다. Picture 형식에 따라 움직임 보상이 적용되므로 8번과정에서는 현재 picture에서 각각의 매크로 블록 단위로 현 picture의 모든 매크로 블록이 복호될때까지 반복을 하는데 반복 과정에는 움직임 보상에 사용 할 참조 picture를 위해 프레임 재순서화 과정을 거치며 slice의 start code 값을 읽고 slice 안에 있는 각각의 매크로블록의 모드를 분석 한다. I-picture일 경우는 움직임 보상을 하지않고 바로 각각의 블록을 가변길이 복호화(variable length decoding) 과정을 거치며 이후 포화처리(saturation)과 불일치 제어(mismatch control) 과정을 거치는데 이과정은 계수값의 범위와 부호기의 DCT와 복호기의 IDCT가 맞지 않아 에러가 계속 누적되는 것을 방지하는 것이다. 이 과정이 끝나면 IDCT 과정을 수행하고 add-block에서는 부호기에서 수행한 DPCM 과정을 역으로 거쳐 실질적인 picture를 만들어 낸다. 이후 현재의 picture가 모두 복호되면 다시 get_header 과정을 거친다. I-picture와 다르게 P/B-picture는 움직임 벡터와 움직임 보상을 거쳐 데이터를 복호하게 되어 있다[1][2].

4.1 Bitstream 복호

Start code를 판별하기 위한 bitstream의 처리과정은 바이트 정렬로 시작된다. 이는 데이터 양을 줄이고 오류를 줄이는 역할을 하기 때문에 start code 같은 중요한 데이터의 경우는 바이트 정렬을 시킨다.

```
/* return next n bits (right adjusted) without advancing */
unsigned int showbits(n)
int n;
```

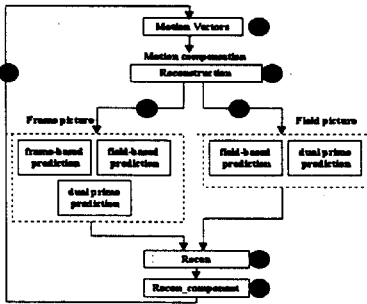
```
{
    unsigned char *v;
    unsigned int b;
    int c;
    if (b <= 0) return 0;
    //데이터를 채우는 함수
    int n;
    //b가 0에 있는 버퍼의 위치를 가르킨다. 버퍼에 있는 데이터를 4개의 배열 뒤서부터 읽어온다.
    v = b >= 0 ? b + (0x - b) : b + 3;
    //b가 0이 데이터들 순서대로 채운다.
    b = (b <= 0) ? (b <= 0) ? (b <= 0) : (b <= 0);
    //비트 단위로 데이터를 읽어온다.
    c = (b >= 0) ? (b >= 0) : (b >= 0);
    return (b >> (c - n)) & mask[n];
}
```

<그림 5> Bitstream 복호

Bitstream 복호 루틴은 <그림 5>와 같다. 바이트 정렬 이후 n 개의 비트를 읽어 복호를 수행한다. V 변수는 현재 buffer의 위치이며 B 변수는 읽은 비트를 정렬하는 부분이며 C 변수는 읽은 나머지의 비트 수를 표시한다.

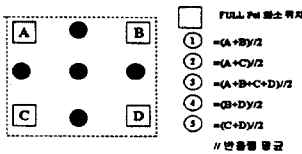
5. 움직임 보상

시간에 따라 변화하는 video sequence를 효율적으로 압축하기 위해서는 영상 데이터가 갖고 있는 2차원 공간상의 중복성(redundancy) 뿐만 아니라 시간축의 중복성 제거가 필요하다. 즉 시간축의 중복성 제거를 위하여 사용하는 방법이 움직임 보상이다. 복호기에서 움직임 보상을 하기 위해서는 부호기에서 움직인 영상의 비슷한 위치를 찾는 움직임 예측과 얼마만큼 움직였는가 하는 변위를 나타내는 움직임 벡터 값을 알아야 한다. 이후 복호기에서는 움직임 벡터 값과 참조 picture를 사용하여 새로운 picture를 만들어 낸다. 움직임 보상의 블록도는 <그림 6>과 같다.



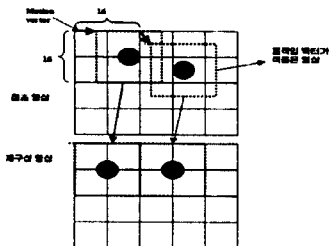
<그림 6> 움직임 보상과정 블록도

MPEG-2 움직임 보상은 각각의 매크로 블록마다 부호기에서 만들어준 1번의 움직임 벡터 값을 가지고 2번의 재구성 과정을 거친다. 여기서는 picture 형식에 따라 다른 움직임 보상처리를 한다. 6번의 Recon 부분은 각각의 컴포넌트(Y, Cb, Cr)에 따라 선택을 하며 7번의 Recon_component의 과정은 반 화소 단위의 움직임 보상된 pixel 값을 산출한다. 7번의 pixel 산출 방법은 <그림 7>과 같다.



<그림 7> half pel 움직임 보상

이후 현재 picture의 모든 매크로 블록에 대하여 8번과 같이 반복하여 움직임 보상된 새로운 picture를 생성한다. 움직임 보상의 주요 처리 형태는 <그림 8>에서 보여준다[1].



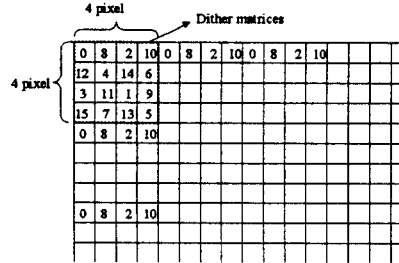
<그림 8> Frame 재구성 과정

하나의 참조 원래의 영상에 움직임 벡터의 값을 적용하여 1번의 매크로 블록을 설정하고, 매크로 블록 안에서 <그림 7>과 같은 half pel을 사용한 보상 과정을 거친 후에 재구성 영상

의 1번 매크로 블록에 보상된 pixel 값을 저장하게 된다. 모든 영상이 이와 같은 방법으로 재구성된 후 <그림 4>에서와 같이 IDCT 과정을 거친 후 add_block을 하게 되는데 이 add_block 과정은 부호기에서 picture를 생성할 때 DPCM 방법으로 생성하므로 완전한 영상을 위해서는 이전 picture의 차이값과 현재 picture의 pixel 값을 더하는 과정이다.

6. Dithering

복호기의 가장 마지막 처리 과정인 dithering은 복호된 이미지의 정보를 영상 출력 시스템에 맞추도록 변환해 주는 과정이다. MPEG-2에서는 YCbCr의 표현을 사용하는데 이렇게 하는 이유는 인간의 시각 특성상 색조 신호보다 밝기 신호에 더 민감하기 때문에 밝기 신호는 모두 사용하고 색조 신호를 반으로 줄여서 영상 압축 효율을 증가할 수 있기 때문이다. 컴퓨터에서 사용하고 있는 모니터는 RGB 표현을 사용하므로 이렇게 YCbCr 성분을 RGB로 재배열하여야 한다. <그림 9>는 영상 출력을 위한 dithering 과정이다.



<그림 9> Dithering 처리

Dithering 처리를 위해서는 먼저 복호된 YCbCr 각각의 컴포넌트를 메모리에 분리 저장한후 각 pixel에 따라서 4x4 dither matrix의 형태로 상위 라인부터 4개의 pixel씩 건너 뛰면서 영상의 모든 pixel을 변환한다. 이후 BMP 형태로 바꾸어 복호 순서에 따라 I,B,B,P,B,B,P. 순서로 화면에 출력하게 된다[1].

7. 결론

본 논문에서는 MPEG-2 TM5 복호기의 전체 처리과정을 소개하였다. 그런데 사실상 MPEG-2 부호기는 DPCM 구조상 개념적으로 복호기를 포함하고 있다. 부호기의 구조를 파악하고 나면 복호기의 구조도 파악할 수 있다.

본 논문에서는 복호과정에서 가장 중요한 부분인 DPCM, MPEG-2 복호 알고리즘, 움직임 보상, dithering에 대하여 소개하였다.

8. 참고 문헌

[1] MSSG, "MPEG-2 Source Code", 1994.
 [2] Barry G. Haskell, Atul Puri, and Arun N. Netravali, Digital Video: An Introduction to MPEG-2, Chapman & Hall, 1997.
 [3] Joan L. Mitchell, William B. Pennebaker, Chad Fogg, and Didier J. LeGall, MPEG Video Compression Standard, Chapman & Hall, 1997.
 [4] ISO/IEC, "MPEG-2 Systems Working Draft", 1995.