

論文99-36S-10-9

MPEG-2 비디오 디코더 적합성 검사용 비트열의 제작

(Design of MPEG-2 Video Decoder Compliance Test Bitstreams)

金哲珉*, 李炳旭**, 朴來弘*

(Chul-Min Kim, Byung-Uk Lee, and Rae-Hong Park)

요 약

MPEG-2 비디오 표준에서는 다양성을 보장하기 위하여 많은 변수들을 조절할 수 있다. MPEG-2 비트열을 통하여 전송되는 이러한 변수들이 MPEG 비디오 디코더에서 올바르게 해석되어, 전송한 것과 동일한 영상이 수신기에서 재생되는지 확인하여야 한다. 본 논문에서는 검사할 디코더의 최종화면을 관측하여 MPEG 비디오 디코더의 정상 동작 여부를 간편하게 확인할 수 있도록 검사용 비트열을 설계하는 방식을 제안하였다. 제작된 비트열의 내부는 두 부분으로 구성된다. 하나는 검사할 변수를 변화시키며 검사 패턴을 만드는 부분이고, 다른 하나는 MPEG의 움직임 보상과 discrete cosine transform(DCT) 계수를 이용하여 이전 프레임에서 만들어진 검사 패턴을 상쇄시키는 부분이다. 이러한 원리를 적용하여 검사용 비트열을 제작하였고 소프트웨어 디코더로 분석한 결과를 제시하였다.

Abstract

In MPEG-2 video standard, there are many parameters to support profiles and levels. It is necessary to verify that a decoder is compliant with the MPEG-2 standard. This paper proposes a design principle of the test bitstreams which confirms that an MPEG video decoder is correct by observing the final image of the decoder under test. The presented test bitstream is composed of two parts. The first part generates a test pattern by varying a selected test parameter. And the following predictive coded picture generates a complementary pattern to the previous image by motion compensation and DCT coefficients. Then it will result in a uniform pattern. We present several bitstreams following the proposed principle. Also we analyze and compare the characteristics of the test bitstreams presented in the MPEG conformance test and the proposed test bitstreams.

1. 서 론

동영상 압축의 표준으로 제정된 MPEG 2는 digital versatile disk(DVD), 디지털 TV, HDTV등에 널리 사

용되고 있다. 이 MPEG-2 디코더에서는 다양한 변수들이 사용되고 있으므로 그 검사방식이 기존의 아날로그 TV의 검사방식과는 전혀 다르다. MPEG-2 디코더 적합성 검사는 디코더의 성능이 MPEG-2의 규정에서 정의된 MPEG-2 비디오 profile과 level에 기술된 요구사항을 만족하는 지 확인하는 과정이다^{1,2)}. 디코더 적합성 검사의 블록도를 그림 1에 나타내었다. 대부분의 경우 검사에 적합한 패턴을 사용하여 비디오/오디오/다중화 검사용 비트열을 제작하고, 이를 검사하려는 MPEG-2 디코더와 reference 디코더에 각각 입력하게 된다. 그리

* 正會員, 西江大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Eng., Sogang University.)

** 正會員, 梨花女子大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Eng., Ehwa Womans University.)

接受日字:1999年1月23日, 수정완료일:1999年9月3日

고 두 디코더의 출력을 서로 비교하여 MPEG-2 디코더의 이상 여부를 확인하게 된다. 여기서 사용하는 검사용 비트열은 다양한 MPEG 변수들을 가능한 모두 검사할 수 있는 것이어야 한다. 보통 하나의 비트열로 이러한 검사를 수행하기는 어렵고 효율도 나쁘기 때문에, 여러 개의 비트열로 한 부분씩 검사를 수행한다. ISO/IEC 13818-4의 MPEG conformance test에 검사 비트열이 소개되어 있으나 재생화면을 저장하여 비교하여야 하므로 별도의 장비가 필요하고 시간이 많이 소요되어 디코더의 대량 생산 시에 적용하기에 어렵다. 그 이외에 적합성 검사에 관한 연구 결과가 발표된 것의 거의 없으므로 본 논문에서 디코더의 최종화면을 관측하여 적합성을 판정할 수 있는 검사용 비트열 제작 방법을 제시한다.

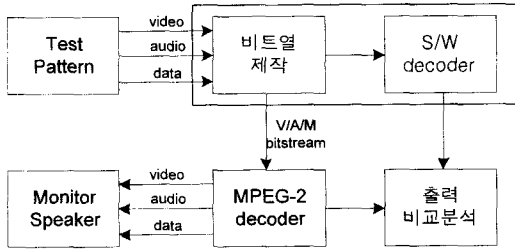


그림 1. MPEG-2 디코더의 적합성 검사 블록도
Fig. 1. Block diagram of the compliance test of MPEG-2 decoder.

II. MPEG 비디오 적합성 검사 방식

MPEG conformance standard에 의하면 비디오 디코더 적합성 검사 방식으로는 static 검사와 dynamic 검사의 2가지로 구분할 수 있다^[3]. Static 검사는 디코더가 재생한 화면을 검사하는 것으로 디코딩 과정의 정확도를 확인하는 것이다. 보통 디코더 완제품 단계에서 검사가 어려운 경우 개발과정에서 검사하기도 한다. Static 검사의 경우 검사에 사용하는 신호가 inverse discrete cosine transform (IDCT) 모듈을 통과한 것인지의 여부에 따라 그 결과 판단기준이 달라진다. IDCT 모듈을 통과시키기 전의 신호를 사용하여 검사하는 경우 이상적인 디코더의 결과와 완전히 같아야 한다. 이와 달리 IDCT 모듈까지 통과시킨 결과를 이용해 검사하는 경우 reference frame이 비록 동일하더라도 IDCT 과정에서의 오차가 발생할 수 있으므로 완전히 이상적

인 디코더와 동일한 결과를 내지 않을 수 있다. 이 경우 이상적인 디코더의 결과와의 오차의 절대값의 최대치를 비교함으로써 이상 여부를 확인하게 된다. MPEG-2 conformance 의 2.4.3.2절에 의하면 IDCT는 IEEE 표준 1180-1990을 따라야 하고, 이때 오차의 절대값이 1 이하이면 동일한 결과로 간주한다.

Static 검사를 행할 때, IDCT 모듈의 통과 여부에 관계없이 reference frame은 두 디코더가 반드시 동일한 값을 가지도록 설정해 주어야 한다. 만약 이전 frame에서의 검사 결과가 틀려져서 reference frame에서 두 디코더가 각기 다른 값을 가지게 되었다면 이후 진행되는 그 reference frame을 사용하는 모든 검사들이 의미가 없다. 이를 방지하기 위해 IDCT mismatch나 디코더의 오동작 등의 이유로 틀린 reference frame을 갖게 되면 두 reference frame을 일치 시켜야 한다. 이를 위해서 frame buffer intercept method를 사용하게 된다. 그림 2에서 이 방식을 설명하고 있다. 보통 소프트웨어로 구성된 reference 디코더의 버퍼를 조작하기 편하므로 MPEG 디코더의 reference frame의 내용을 reference 디코더에 전달한다.

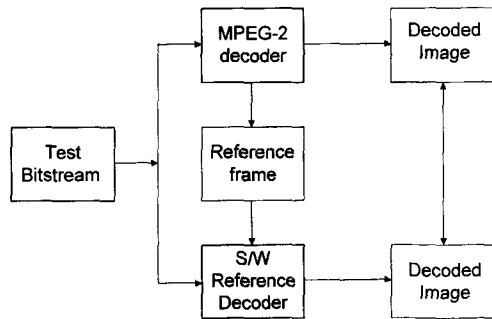


그림 2. Frame buffer intercept 방법
Fig. 2. Frame buffer intercept method.

Dynamic 검사는 static 검사와 같이 디코더가 재생한 화면을 검사하지만, 전송된 화면의 재생순서나 field 혹은 frame picture의 타이밍까지 확인하는 것을 포함한다. MPEG에서는 picture를 전송하는 순서와 이를 화면에 표시하는 순서는 일치하지 않는다. B picture의 reference frame으로 사용되는 I, P picture는 B picture보다 먼저 전송되게 되지만 화면에 표시하는 순서는 B picture가 먼저이다. Dynamic test에서는 이러한 화면 재생순서까지 확인하게 된다. 또한 디코더가 가진 버퍼

의 상태를 조사하여 overflow 혹은 underflow가 발생하는지의 여부도 확인하게 된다. 비디오 신호의 경우 사용하는 displayer의 종류에 따라 색상이 조금씩 틀리게 되는 등의 displayer의 불일치에 의한 오차를 방지하기 위해 displayer에 들어가기 전의 데이터를 저장하여 이상 여부를 판단하기도 한다.

III. 기존의 검사용 비트열

가장 널리 알려진 검사용 비트열로는 MPEG-2 표준의 conformance 부분인 ISO/IEC 13818-4에 소개된 비트열들이다^[3]. Conformance 표준안의 62쪽 표 2-1에 60 가지의 비트열이 예시되어 있다. 이들만으로 디코더 요구사항 모두를 검사할 수 없지만, 표준안에서 허용된 coding option을 살피는 static 검사나 variable length code(VLC) 테이블의 발생할 수 있는 모든 경우를 발생시키는 검사, MPEG-1 compatibility 검사 등을 수행한다. 이 중에서 대표적인 것들을 일부 소개한다.

1. Att_mismatch test bitstream

이 비트열은 MPEG-2 표준의 conformance 부분인 13818-4에 소개된 비트열이다. 이 비트열은 IDCT mismatch 현상을 검사한다. IDCT mismatch 현상은 원래 실수의 형태로 표현되는 DCT값을 정수화하여 전송 및 디코딩 함으로써 나타나는 양자화에 의한 오차이다. 보통 정수화되는 DCT값은 IDCT후에도 눈에 거슬리지 않을 정도를 유지하도록 입출력 데이터는 9비트, 계수는 12비트의 유효숫자를 할당한다. 하지만 이러한 오차들이 계속 누적되는 경우에는 원하지 않는 잡음이 나타난다. 이 비트열은 이렇게 누적되는 오차의 크기를 확인하는 역할을 한다.

Att_mismatch 비트열의 구성은 다음과 같다. 먼저 영상의 크기는 32×32 픽셀이고 전체 picture 수는 132이다. 이 132개의 picture 중에 처음 100개의 picture는 인코딩 당시 입력영상으로 임의의 무작위 영상이 사용되었고, 그 이후 이어지는 32개의 picture에서는 균일한 gray 영상을 입력으로 하였다. 또 각 picture는 첫 번째 picture만이 I picture로 설정되었고 나머지는 모두 P picture로 구성되어 있다. 일반적인 MPEG 인코더의 경우 잡음이 심한 100번째 picture와 이어지는 균일한 101번째 picture 사이는 각 macroblock 별로 연관관계가 없어서 motion vector를 사용하지 않고 intra로 코

딩하게 된다. 하지만 att_mismatch 비트열의 경우 감사를 위해 motion vector를 이용하는 형태로 코딩하였다. 그리고 motion vector에 의해 가져온 이전 영상을 입력인 균일한 영상으로 만들기 위해 필요한 DCT 계수들이 전송되는데, 데이터가 전송되는 bit rate를 맞추기 위해 이 계수들이 양자화되어 전송되므로 완전히 균일한 입력 영상과는 조금 다른 형태를 101번째 picture에서 보이게 된다. 하지만 이렇게 양자화에 의해 나타나는 현상은 102, 103, 104번째 picture로 진행할수록 적어지고 시각적으로는 균일한 영상과 차이를 느끼지 못하게 되는 영상이 된다. 하지만 보통 원래 실수 연산인 IDCT 연산을 디코더에서는 정수 연산으로 바꾸어 행하기 때문에 이 부분에서 작은 오차들이 발생하고 이로 인해 마지막 132번째 picture에서도 완전히 균일한 영상은 생성되지 않게 된다. 이 검사 비트열에서는 이러한 현상을 확인하고 마지막 picture에서 어느 정도의 잡음이 남아 있는지 확인함으로써 검사를 수행하게 된다. 만약 일정 수준 이상의 잡음이 남아 있다면 IDCT

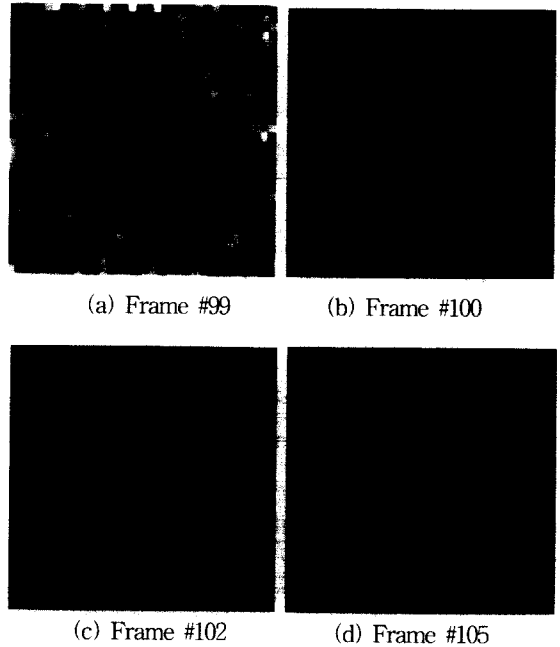
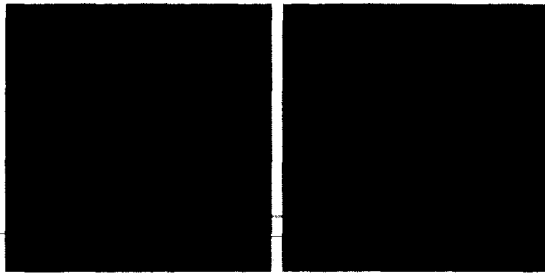


그림 3. Att_mismatch bitstream의 주요 화면
Fig. 3. Screen shot of the att_mismatch bitstream.

연산에서 표준안에서 권고한 양의 유효숫자를 사용하지 않고 있다고 판단한다. 그림 3은 이 검사 비트열을 디코딩한 영상들의 주요부분을 나타낸 것이다. (a)는 임의의 입력영상에 대한 결과를 나타내고 있고 (b)에

서부터 균일한 영상에 접근하기 시작하여 (d)에서는 기
의 균일한 영상이 됨을 확인할 수 있다.



(a) 정수 IDCT 연산시 (b) 실수 IDCT 연산시

그림 4. Att_mismatch 비트열에서의 IDCT mismatch
오차 (밝기 차이를 8 배 확장한 영상)

Fig. 4. IDCT mismatch error in att_mismatch
bitstream (contrast is exaggerated by 8
times).

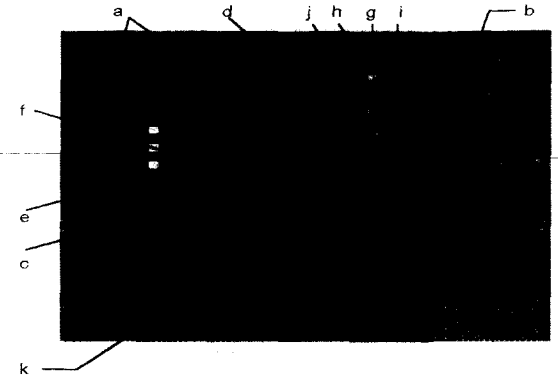
IDCT mismatch 현상을 확인하기 위해 두 가지 경우
를 설정하고 실험해 보았다. IDCT 연산을 MPEG-2에
서 설정한 유효숫자를 만족하도록 정수화하여 계산한
경우와 두 번째로 IDCT 연산을 모두 실수를 이용해
계산한 경우이다. 여기에서 사용한 MPEG-2 디코더는
MPEG-2 group에서 제공하는 소프트웨어 MPEG-2 디
코더를 사용하였다^[4]. 그림 4가 이 실험의 결과이다. 두
영상 모두 마지막 picture의 영상을 중간 밝기 값인
128을 기준으로 할 때의 차이 값을 8배 확대시켜서 나
타낸 것이다. 실수 연산의 결과가 입력된 균일한 영상
에 훨씬 더 가까움을 확인할 수 있다.

2. Teracom_vlc4 test bitstream

그림 5는 MPEG group에서 제공하는 다른 검사용
비트열의 하나로 teracom_vlc4의 한 장면이다. 이 비트
열은 ISO/IEC 13818-4에서 언급된 검사용 비트열 #8과
#27에 해당하는 것으로 모든 VLC 테이블과 IDCT
mismatch를 검사하고 있다^[3]. 또한 예약된 확장정보도
담고 있어 MPEG-2 디코더에서 이를 확인하고 처리하
는 지에 대한 확인도 한다. 전체 영상의 크기 720×576
을 각 영역별로 나누어 VLC 테이블에 존재하는 모든
경우가 연속되는 65개의 picture를 통해 최소한 한번씩
은 발생하도록 구성되어 있다. 검사 결과의 판단은 재
생된 65장의 그림을 모두 저장하여 이상적인 디코더가
재생한 화면과 하나씩 비교하는 형태로 이루어진다.

이상 소개된 비트열 이외에 Samoff에서는 MPEG 디

코더의 정상 동작 여부를 화면에 나타나는 패턴으로
판단할 수 있도록 구성된 검사용 비트열을 상용으로
제작하였으나 자세한 동작원리에 대하여 발표된 자료
가 없다.



(a) Intra/non-intra VLC (b) Coded block pattern
VLC (c) Horizontal motion vector (d) Vertical motion
vector (e) MB address increment VLC (f) DC size
VLC (g) Non-intra first coefficient VLC (h)
Oddification (i) Clipping pels (j) Clipping coefficient
(k) IDCT mismatch

그림 5. Teracom_vlc4 비트열의 한 장면

Fig. 5. Screen shot of the teracom_vlc4 bitstream.

IV. 제작한 검사용 비트열의 검사 방식

앞에서 살펴본 바와 같이 MPEG conformance test에
제공된 검사용 비트열을 사용하는 경우, 디코더가 재생
한 화면을 저장하여 이를 표준화면과 비교하여야 한다.
이러한 방식에는 많은 비용과 시간이 소요된다. 본 논
문에서 제안한 비디오 디코더 검사용 비트열들은 검사
하려고 하는 MPEG 비디오 디코더의 최종화면을 확인
하여 검사를 할 수 있도록 설계하였다.

이를 구현하기 위한 기본 원리는 다음과 같다. 먼저
검사할 변수를 가능한 전 범위에 대해 하나씩 바꾸어
가며 검사 패턴을 생성시킨다. 그 다음 이어지는
picture에서 이 생성된 패턴의 역상인 패턴을 다른 변
수를 이용해 구성한다. 그리고 이를 움직임 벡터를 이
용하여 두 값의 합을 화면에 표시하게 한다. 그러면 검
사하려고 하는 변수를 디코더가 정확하게 해석하는 경
우 두 영상이 서로 상쇄되어 균일한 영상이 된다. 그렇
지 않고 디코더에서 오류가 발생하면 두 패턴은 서로
상쇄되지 않으므로 그 차이가 화면에 남게 된다. 눈으

로 확인하기 위해서 이 화면을 어느 정도 시간동안 유지시킬 필요가 있는데, 이를 위해 이어지는 picture는 이전의 영상을 그대로 표시하도록 skipping macroblock으로 구성된 P picture를 이용한다. 그림 6은 이렇게 두 값의 합에 의해 균일한 영상이 되는 예를 도시하고 있다. DCT 계수와 움직임 보상이라는 서로 다른 두 가지 경로를 통하여 디코딩된 영상들이 서로 상쇄하여 균일한 밝기의 영상이 되는 것이다. 여기에서 검사할 변수를 디코더가 잘못 해석하더라도 역상이나 패턴을 만드는 부분에서도 역시 동일한 오류가 발생하여 앞에서 발생한 오류를 완전히 상쇄하여 균일한 영상이 생성되는 경우는 없다고 가정한다.

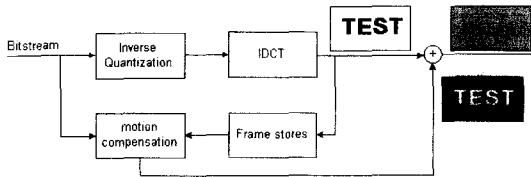


그림 6. MPEG 디코더에서 균일한 영상이 생성되는 과정

Fig. 6. Process to generate a uniform image in MPEG decoder.

위의 과정에서 필요한 역상의 패턴은 보통 DCT 계수를 이용하여 다음과 같이 얻는다. 먼저 단지 검사 패턴만을 가지고 있는 비트열을 제작한다. 제작된 비트열을 복호하면 검사 패턴에 대한 영상을 얻게 되는 데 이 영상을 반전시킨 것이 필요한 역상의 패턴이다. DCT 계수를 이용해서 역상의 패턴을 구성할 때는 이 반전 영상의 DCT 계수를 사용하면 된다. 전체적으로는 두 번의 부호화와 한번의 복호화 과정을 거쳐서 하나의 검사 비트열이 제작되는 것이다.

이러한 방식으로 비트열을 제작함에 있어 MPEG 디코더 비디오 버퍼의 underflow 및 overflow를 방지할 필요가 있다. Skipping macroblock으로 구성되는 P picture는 그 크기가 작아서 비디오 버퍼를 overflow시킬 수 있으므로 zero padding을 적용한다. 또 매우 복잡한 상쇄 패턴이 전송되어야 하는 경우 big picture가 발생하여 비디오 버퍼 underflow가 발생할 수 있으므로 이를 2~5장의 picture에 나누어 전송한다. 이 기본 원리를 이용해 제작한 몇 가지 주요 변수에 대한 검사용 비트열의 세부적인 구성을 아래에서 설명한다.

1. CBP 검사용 비트열

Coded block pattern(CBP)는 macroblock 내의 color format에 따라 6-12개의 블록들 각각이 코딩되었는가 아닌가를 나타내주는 부분이다. 이 CBP 검사용 비트열은 이 CBP의 정상동작 여부를 확인하기 위하여 제작된 것이다. 총 150 frame으로 크기는 1920×1080, profile 및 level은 MP@HL로 4:2:0 color format을 이용하였다.



(a) Frame #0 (I picture) (b) Frame #1 (P picture)



(c) Frame #2 (P picture) (d) Frame #3 (P picture)

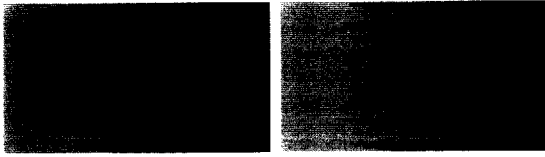
그림 7. 정상적인 디코더를 통과한 CBP 검사 비트열 결과

Fig. 7. Results of the CBP test bitstream decoded by a normal decoder.

앞에서 설명한 방식대로 구현한 이 CBP 검사용 비트열의 세부 설정은 다음과 같다. 첫 번째 영상은 그림 7(a)와 같이 I picture로 균일한 영상을 내보낸 후, 두 번째 영상은 P picture로 구성하여 그림 7(b)와 같이 전체 화면에 걸쳐서 CBP 변수 값을 하나씩 변화시키며 화면을 구성하였다. 이어지는 3번째 화면에서는 CBP값을 모든 블록이 코딩됨을 의미하는 값으로 고정시키고, 이 때 코딩되어 전송되는 DCT 계수를 조정하여 이전 picture를 상쇄하여 그림 7(c)와 같이 균일한 영상이 되도록 구성하였다. 만약 CBP 변수를 올바르게 해석하지 못하는 경우, 이 상쇄과정에서 의도한대로 상쇄되지 않으므로 균일하지 않은 영상이 남게 된다. 이후의 화면에서는 그림 7(d)처럼 바로 이전의 영상을 그대로 참조하도록 구성하여 상쇄결과를 유지하게 하고 있다.

그림 8은 비정상적인 디코더를 통과한 경우의 결과이다. CBP VLC를 코드 길이가 다른 코드로 잘못 해석하는 소프트웨어 디코더를 통과한 결과를 보여준다. VLC 특성상 틀린 코드이후의 모든 macroblock들이 의

도하지 않는 형태의 영상을 보이고 있다.

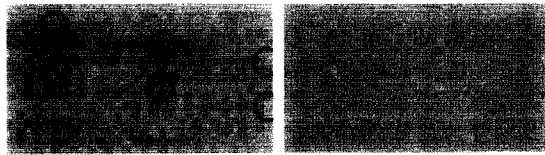


(a) Frame #1 (P picture) (b) Frame #2 (P picture)

그림 8. CBP 코드 길이를 잘못 해석하는 디코더의 CBP 검사 비트열 결과

Fig. 8. Results of the CBP test bitstream passing a decoder which incorrectly decodes a CBP code length.

MPEG conformance-용 비트열로 이 오류를 확인할 때에는 그림 7(b)와 그림 9(a)의 비교에서 볼 수 있듯이 구별이 힘든 경우가 발생한다. 검은 원 내부가 정상적인 패턴과 틀린 부분을 보여주고 있으나 이를 눈으로 확인하기는 어렵다. 하지만 새로 구성한 검사용 비트열은 두 picture간의 상쇄과정에 의해 차이를 볼 수 있으므로 그림 9(b)와 같이 쉽게 확인할 수 있다.



(a) Frame #1 (P picture) (b) Frame #2 (P picture)

그림 9. 코드 길이가 같은 CBP VLC 값이 뒤바뀐 디코더의 CBP 검사 비트열 결과

Fig. 9. Results of the CBP test bitstream passing a decoder crossed a pair of CBP code with the same code length.

2. DCT VLC 검사 비트열

DCT 계수 계산을 위해 이용되는 테이블은 ISO/IEC 13818-2 Annex B.5의 Table B-12~16에 제시되어 있다^[5]. DCT VLC 검사 비트열은 복호기가 DCT 계수 계산을 올바르게 수행하는지 알아보기 위해 각 테이블에 나와 있는 경우를 모두 발생시킨다. 이 때 하나의 화면에 테이블에 존재하는 모든 경우를 발생시킬 수 없으므로, 세 개의 비트열에 나누어 구성한다. 첫 번째 비트열은 DCT 계수중 DC 계수를 검사하는 것이다. DC값의 전송은 이전 DC값과의 차이 값이 dct_dc_size 와 $dct_dc_differential$ 에 나누어져 전송된다. 이 값 범위는 $intra_dc_precision$ 의 값에 따라 조금씩 다른데, 이 값이

2인 경우 dct_dc_size 가 10까지 변하고, 최초의 블록에서 DC값은 512로 reset 된다. 첫 번째 비트열의 구성은 첫 번째 picture에서 I picture로 각 블록마다 다른 DC값으로 모든 dct_dc_size 와 dct_diff 가 나타나도록 배열한다. 그리고 이어지는 picture에서는 이 값을 상쇄시킬 수 있는 DC값으로 설정한다. 상쇄한 후에는 결과를 눈으로 확인할 수 있도록 2~3초 정도 skipping macroblock들로 구성된 picture를 넣어 유지시킨다. 두 번째 비트열은 AC계수 중 ISO/IEC 13818-2 Annex B.5의 Table B-14~15에 나타난 것들을 검사한다. 역시 각 블록들마다 테이블에 나타난 모든 경우가 한 화면에 나올 수 있도록 DCT계수를 배치하고, 이어지는 picture에서 이를 상쇄시키는 패턴을 전송한다. 역시 상쇄한 후의 picture들은 첫 번째 비트열과 같은 형태로 구성해서 결과 화면을 유지시킨다. 마지막 비트열은 ISO/IEC 13818-2 Annex B.5의 Table 16을 검사하는 것이다. 이 테이블은 앞선 검사 비트열에서 검사한 ISO/IEC 13818-2 Annex B.5의 Table B-14~15에 속하지 않는 예외 상황에 대한 코드를 설명한 것이다. 하나의 화면에 이 예외상황이 모두 발생하도록 설정하기 어렵기 때문에 그 중 몇 가지 대표값 들만 검사하였다. 첫 번째 picture 구성 후 이어지는 picture들은 앞선 비트열과 같은 형태로 상쇄하는 picture와 결과를 유지하는 picture로 구성한다.

3. Motion vector VLC 검사용 비트열

Motion vector는 동영상의 시간적 의존성을 이용하는 것으로 MPEG에서 이 값은 이전 motion vector값을 이용해서 그 차이 값만을 전송한다. 또한 전송값 역시 코딩 효율을 높이기 위해 $motion_code$ 와 $motion_residual$ 로 나누어 VLC를 이용해 전송한다. 이외에도 motion vector 결정시 영향을 주는 변수로 탐색영역을 규정하는 f_code 외에 $frame/field$ motion type, motion vertical field select 등이 있다^[5].

이렇게 정의된 motion vector를 검사하기 위해서는 위에서 언급한 모든 제반 상황을 고려해야 한다. 하지만 이를 모두 하나의 화면에 나타내기에는 불가능하므로 몇 개의 비트열로 나누어 다룬다. 본 논문에서는 이중 f_code 가 4인 $frame/field$ picture에 대한 $motion_code$, $motion_residual$ VLC 테이블 검사용 비트열만 소개한다. Motion vector 검사용 비트열을 제작함에 있어서 하나의 picture에 $frame$ picture와 $field$ picture를 동시에 담을 수는 없기 때문에 $frame$ picture에 대한 것과

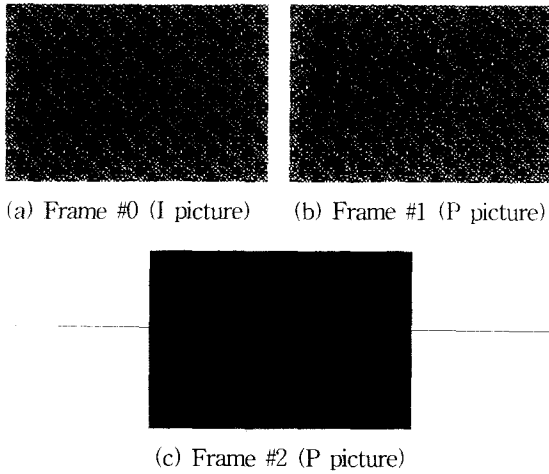


그림 10. 정상적인 디코더 통과시 frame picture용 motion vector 검사용 비트열 결과
 Fig. 10. Results of the motion vector test bitstream for a frame picture passing a normal decoder.

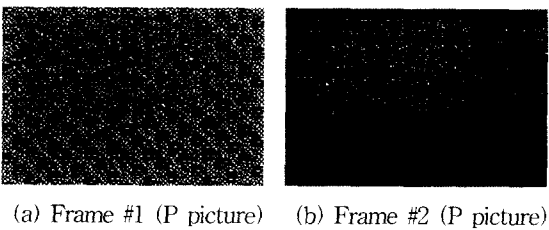


그림 11. 비정상적인 디코더 통과시 frame picture용 motion vector 검사용 비트열 결과
 Fig. 11. Results of the motion vector test bitstream for a frame picture passing an abnormal decoder.

그림 10은 frame picture용으로 제작한 motion vector 검사용 비트열의 모습을 보여주고 있다. 맨 처음 나오는 I picture는 사용한 motion vector 검사 패턴을 보여준다. 다음 이 패턴에 대해 왼쪽 상단부분에 표 1의 motion vector를 가하게 된다. 결과 그림 10(b)와 같은 형태의 영상을 얻게 된다. 이를 세 번째 picture에서 차분 DCT를 이용해 상쇄시키면 그림 10(c)와 같은 형태를 나타내게 된다. 그림 11은 비정상적인 디코더를 사용한 결과 영상을 나타낸 것이다. 비정상적인 디코더는 reference 소프트웨어 디코더에서 motion vector VLC 테이블 하나를 임의로 수정한 것을 이용했다. 그 결과는 frame #1에서부터 나타나게 되는데, 그림 10(b)와 그림 11(a)를 비교하면 분명히 다른 영상이나 쉽게

관찰하기는 어렵다. 하지만 DCT 계수로 상쇄시킨 그림 11(b)를 눈으로 확인했을 때, 사용한 디코더가 잘못된 것이라는 것을 쉽게 구별할 수 있다.

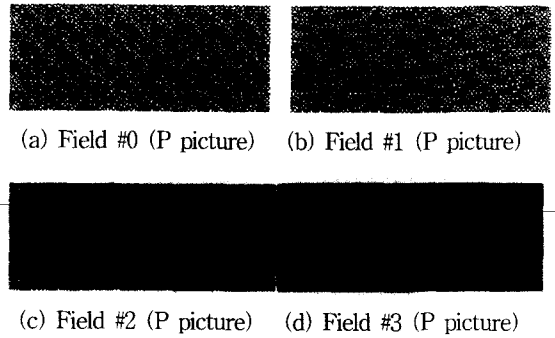


그림 12. 정상적인 디코더 통과시 field picture용 motion vector 검사 비트열의 결과
 Fig. 12. Results of the motion vector test bitstream for a field picture passing a normal decoder.

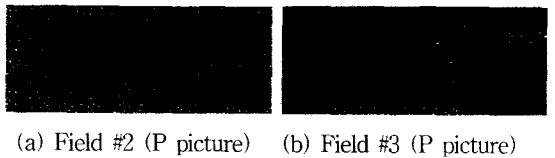


그림 13. Motion vector VLC 테이블이 잘못된 디코더 통과시 field picture용 motion vector 검사 비트열의 결과
 Fig. 13. Results of the motion vector test bitstream for a field picture passing a decoder having a wrong motion vector VLC table.

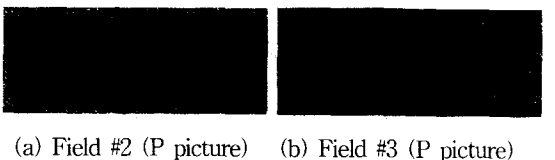


그림 14. Motion vertical field select를 잘못 해석하는 디코더 통과시 field picture용 motion vector 검사 비트열의 결과
 Fig. 14. Results of the motion vector test bitstream for a field picture passing a decoder which incorrectly decodes the motion vertical field select code.

그림 12는 형태의 실험을 field picture용 비트열에 적용한 결과이다. 영상의 크기는 frame picture용과 마찬가지로 704×480의 크기를 이용했으나 각 field별로 코딩되므로 그림처럼 높이가 반 정도인 영상이 나타난

다. Frame picture용과 다른 점으로 field picture의 경우 top field와 bottom field 모두에 motion vector로 참조할 수 있도록 두 장의 picture에 걸쳐 motion vector 검사 패턴을 넣고, 세 번째 picture에서 motion vector를 변화 가능한 전 영역에 걸쳐 변화시켰다. 그리고 네 번째는 frame picture용과 같이 DCT계수를 이용해서 상쇄시키는 역할을 한다. 이 검사용 비트열을 VLC 테이블이 잘못된 디코더에 입력시켰을 때의 결과가 그림 13에 있다. Frame picture를 위한 비트열로 실험한 결과와 유사한 결과를 나타내고 있다. 그림 14는 vertical field select 변수를 해석하지 못하는 디코더에 입력한 결과이다. Field picture의 경우 움직임 보상을 top field를 이용해서 할 것인지 bottom field를 이용해서 수행할 것인지에 대한 정보가 전송된다. 검사용 비트열에서는 이 정보를 검사하기 위해 각 slice마다 다른 값을 설정하였다. 그 결과 그림 14와 같이 일부 slice에서 에러가 발생하여 균일한 영상이 만들어지지 않는다.

4. Q_scale_type 검사 비트열

MPEG에서는 linear q_scale type과 nonlinear q_scale type의 두 가지의 q_scale type을 지원하고 있다. 이 q_scale_type을 제대로 해석하는지 확인하기 위한 비트열의 세부 구성은 다음과 같다.

첫 번째 picture에서는 linear quantiser scale로 quantiser scale을 변화시키며 임의의 DCT 계수를 보내준다. 그리고 두 번째는 nonlinear quantiser scale을 하나씩 변화시키며 첫 번째 picture를 어느 정도 상쇄할 수 있는 DCT를 전송한다. 이 때, nonlinear quantiser scale을 변화시키며 적용했으므로, 즉 quantiser scale이 1이 아니므로 완전 균일한 영상을 얻지는 못한다. 그래서 세 번째에서는 두 번째 picture를 상쇄시킬 수 있는 DCT 계수를 quantiser scale을 1로 두고 다시 한번 전송했다. 그림 15는 이 q_scale_type 검사 비트열의 주요 장면을 나타낸 것이다. Frame 3부터 AC 값이 보이지 않는, 균일한 그림을 보이고 있다.

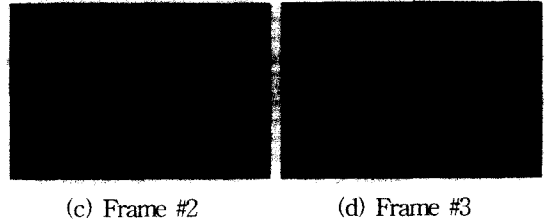
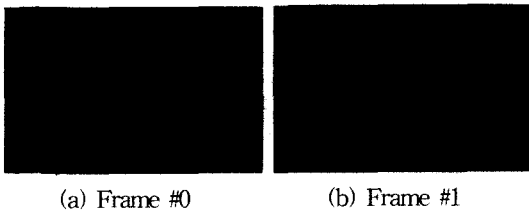


그림 15. q_scale_type 검사 비트열의 주요화면
Fig. 15. Screen shot of the q_scale_type test bitstream.

5. Scanning 방식 검사 비트열

MPEG-2의 scanning 방식에는 alternate scanning과 zigzag scanning의 두 가지 방식이 있다. 본 검사 비트열은 디코더가 위의 두 가지 방식의 scanning 방법을 올바르게 디코딩할 수 있는지 검사하고자 한다.

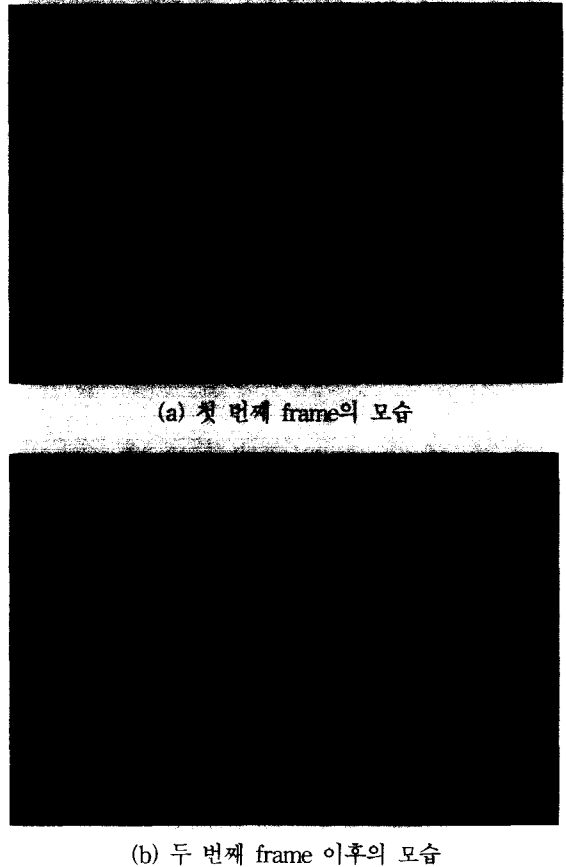
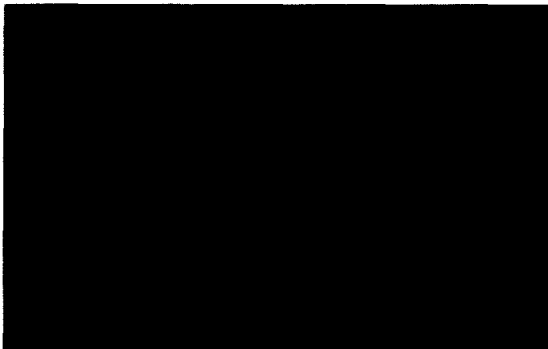
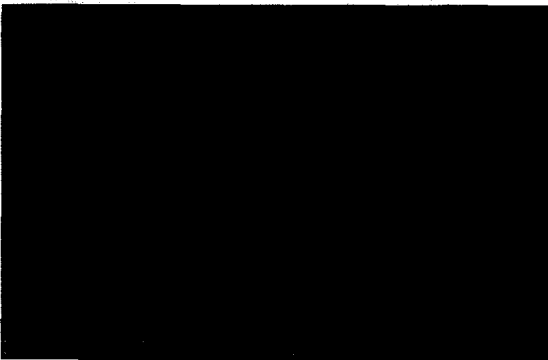


그림 16. 정상적인 디코더를 통과한 scanning 방식 검사 비트열의 주요장면
Fig. 16. Screen shot of the scanning order test bitstream when decoded by a normal decoder.

검사 방법은 앞에 제시된 기본적인 검사 방식을 이용한다. 구체적으로 살펴보면, 1 picture로 구성된 첫 번째 frame에서는 alternate scanning 방식을 이용하며, scanning 방식 검사를 위한 패턴을 DCT 계수로 전송한다. 다음의 frame은 P picture로 zigzag scanning 방식을 이용하며, DCT 계수는 이전 frame 계수를 상쇄시켜줄 수 있는 값으로 설정해준다. 그 이후의 frame부터는 모두 P picture로 skipping macroblock들로 구성된 picture를 전송한다. 이와 같이 설정함으로써, 디코더가 올바른 작동을 할 경우, 즉, scanning 순서를 잘 지킬 경우, 그림 16과 같이 두 번째 frame부터 gray 영상을 얻을 수 있게 된다.



(a) Alternate scanning 순서가 잘못된 경우



(b) Alternate scanning을 zig-zag scanning으로 처리할 경우

그림 17. 비정상적인 디코더를 통과한 scanning 방식 검사 비트열의 두 번째 frame

Fig. 17. The second frame of the scanning order test bitstream when decoded by an abnormal decoder.

만약 디코더가 이상적으로 작동하지 않는다고 했을 때 얻을 수 있는 결과를 다음과 같은 두 가지 경우에

대하여 실험해 보았다. 그림 17(a)는 alternate scanning 순서가 정해진 것과 다를 경우에 대한 것으로, 8번과 33번, 12번과 21번, 20번과 53번의 순서가 바뀌었을 때 나타나는 결과이다. 그림 17(b)는 alternate scanning을 zigzag scanning으로 잘못 처리하는 디코더의 결과이다.

V. 결 론

본 논문에서는 MPEG-2 디코더의 적합성 검사를 최종화면을 통하여 검사하는 방식을 소개하고, 제작한 검사용 비트열을 소개하였다. 영상의 경우 방대한 디지털 비디오 데이터를 저장하고 비교하는 데에 시간과 비용이 많이 소요되기 때문에 predictive-coded picture에서 별도의 방법으로 이의 반대 영상을 생성하여 서로 상쇄시켜서 밝기가 일정한 영상이 되도록 하였다. 만일 비디오 디코더에 이상이 있는 경우 화면에 불균일한 부분이 생성되어 쉽고 빠르게 적합성 여부를 판별할 수 있도록 하였다.

추후 과제로 검사 시간을 단축하기 위한 방안들에 대한 연구가 필요하고, 실제의 경우에 적용하면서 불량 확률에 대한 정보를 이용해 비용함수를 정의하고 이를 최소화시키는 최적화 작업이 필요하다.

감사의 글

※ 본 논문은 현대전자산업주식회사 정보통신연구소의 지원으로 이루어졌습니다. 본 연구를 지도하여 주신 이봉환 상무, 임재원 책임연구원, 김관후 선임연구원께 감사를 드립니다. 또한 연구에 참여한 최정구, 신혜임, 서승범, 하근희, 박수현의 노력에 감사의 뜻을 표합니다.

참 고 문 헌

- [1] 임동근, 김대회, 호요성, 양수경, 고종석, "MPEG-2 적합성 검사의 구현," 신호처리합동학술대회, Vol. 10, No. 1, pp. 79-82, 부산대학교, 1997년 9월
- [2] 일본 멀티미디어 통신연구회 저, 정제창 역, 응용 MPEG, 교보문고, 1997
- [3] ISO/IEC 13818-4, Information Technology-

Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio: Conformance, Mar. 1996.

[5] ISO/IEC 13818-2, *Information Technology- Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio: Video*, Mar. 1995.

[4] <http://www.mpeg.org/MPEG/MSSG/#source>.

[6] 대우전자 영상연구소, *MPEG 비디오*, 연암출판사, 1995

저 자 소 개

金 哲 珉(正會員) 第 35卷-S編 第12號 參照
1999년 2월 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사).
현재 삼성전자 반도체 총괄 System LSI-MEDIA팀 연구원

朴 來 弘(正會員) 第 33卷-B編 第9號 參照
현재 서강대학교 전자공학과 교수

李 炳 旭(正會員) 第 33卷-B編 第1號 參照
현재 이화여자대학교 전자공학과 부
교수