

MPEG-2 비디오 디코더 적합성 검사용 비트열

MPEG-2 Video Decoder Compliance Test Bitstream

김철민*, 최정구**, 이병욱***, 박래홍*, 조동섭**

* 서강대학교 공과대학 전자공학과

** 이화여자대학교 공과대학 전자계산학과

*** 이화여자대학교 공과대학 전자공학과

Chul-Min Kim*, Jeong-Ku Choi**, Byung-Uk Lee***, Rae-Hong Park*, and Dong-Sub Cho**

* Dept. of Electronic Engineering, Sogang University

** Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

*** Dept. of Electronic Engineering, Ewha Womans University

요약

MPEG-2 비디오 표준에서는 좀 더 고품위의 화질을 유지하기 위해 많은 변수들을 조절할 수 있도록 한다. MPEG-2의 header를 통해 전송되는 이러한 변수들이 MPEG 비디오 디코더에서 올바르게 해석되어야 전송한 영상 신호와 동일한 신호를 수신자가 볼 수 있을 것이다. 본 논문에서는 MPEG 비디오 디코더의 정상 동작을 검사할 디코더만을 이용해 확인할 수 있도록 제작한 검사용 비트열을 소개한다. 또 공개되어 있는 검사용 비트열의 특성과 제작한 비트열의 검사방식을 software 디코더의 결과로 비교 분석한다.

비트열은 MPEG-2 화질을 개선하는 데 작용하는 많은 MPEG 변수들을 가능한 모두 검사할 수 있는 것이어야 한다. 보통 하나의 비트열로 이러한 검사를 수행하기는 어렵고 효율도 나쁘기 때문에 여러개의 비트열로 한 부분씩 검사를 수행한다. MPEG-2 비디오 디코더 적합성 검사 방식은 디코딩 과정의 정확도를 확인하는 static test와 화면의 재생순서나 field 혹은 frame picture의 timing, buffer의 상태까지 확인하는 것을 포함하는 dynamic test의 2가지로 구분한다. 또한 frame buffer intercept method를 사용하여 비교하는 두 디코더의 reference frame을 일치시키는 과정이 필요하다 [3].

II. 기존의 검사용 비트열

I. 서론

MPEG-2 디코더 적합성 검사는 디코더의 성능이 MPEG-2의 규정에 해당하는 MPEG-2 video profile, level에 기술된 요구사항을 만족하는 지 확인하는 과정이다 [1-2]. 그림 1은 이 디코더 적합성 검사의 블록도이다. 보통검사에 적합한 패턴을 이용하여 비디오/오디오/다중화 검사용 비트열을 제작하고, 이를 검사하려는 MPEG-2 디코더와 reference software 디코더에 각각 입력하게 된다. 그리고 두 디코더의 출력을 서로 비교하여 MPEG-2 디코더의 이상 여부를 확인하게 된다. 여기서 사용하는 검사용

2.1. MPEG compliance

가장 널리 알려진 검사용 비트열로는 MPEG group에서 제공하는 것으로 MPEG-2 standard의 conformance 부분인 13818-4에 소개된 비트열들이다 [3]. 이들만으로 디코더 요구사항이 모두 검사할 수는 없지만, 표준안에서 허용된 coding option을 살피는 static test나 variable length code (VLC) table의 발생할 수 있는 모든 경우를 발생시키는 test, MPEG-1 compatibility test 등을 수행한다.

그림 2는 MPEG group에서 제공하는 검사용 비트열의 하나로 teracom_vlc4의 한 장면이다. 이 비트열은 13818-4에서 언급된 검사용 비트열 #8과 #27에 해당하는 것으로 모든 VLC table과 inverse discrete cosine transform (IDCT) mismatch를 검사하고 있다. 또한 예약된 확장정보도 담고 있어 MPEG-2 디코더에서 이를 확인하고 처리하는 지에 대한 확인도 한다. 전체 영상의 크기 720×576을 각 영역별로 나누어 VLC table에 존재하는 모든 경우가 연속되는 65개의 picture를 통해 최소한 한번씩은 발생하도록 구성되어 있다. 검사 결과의 판단은 재생된 65장의 그림을 모두 저장하여 reference 디코더가 재생한 화면과 하나씩 비교하는 형태로 이루어진다.

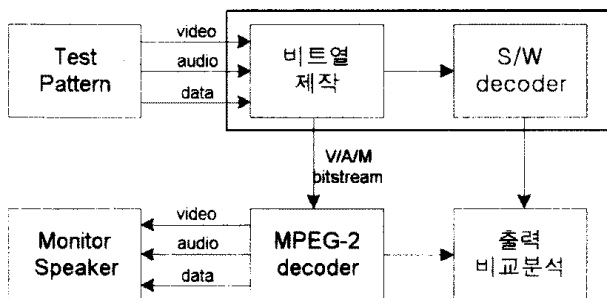
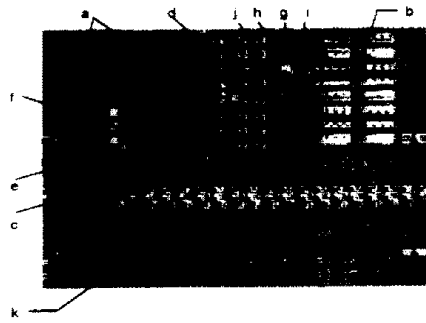


그림 1: MPEG-2 디코더의 적합성 검사 블록도



- (a) Intra/non-intra VLC (b) Coded block pattern VLC
- (c) 수평 움직임 벡터 (d) 수직 움직임 벡터
- (e) MB address increment VLC (f) DC size VLC
- (g) Non-intra first coefficient VLC (h) Oddification
- (i) Clipping Pels (j) Clipping Lipping coefficient
- (k) IDCT mismatch

그림 2: teracom_vlc4 비트열의 한 장면

2.2. Sarnoff

MPEG group에서 제공하는 비트열 이외에 Sarnoff에서는 MPEG 디코더의 정상 동작 여부를 화면에 나타나는 패턴으로 판단할 수 있도록 구성한 검사용 비트열을 제시하였다. MPEG group에서 제공하는 비트열의 경우에는 대부분 재생한 화면을 저장하여 이를 reference 디코더가 재생한 화면과 한 장씩 비교하는 형태로 검사한다. 이 경우 틀린 부분을 정확하게 확인하고 고칠 수 있지만, MPEG 비디오 디코더가 재생하는 화면을 저장할 수 없는 환경에서는 사용할 수 없는 단점이 있다.

Coded block pattern (CBP)는 하나의 macroblock (MB)에 있는 block들 중에서 어느 block들이 코딩되어 있는지를 나타내는 변수이다 [4-5]. 그림 3은 이를 검사하는 Sarnoff의 CBP 검사용 비트열의 주요화면이다. 352×240의 크기의 비트열은 title 화면, test 화면, verify 화면의 순으로 총 120장의 picture로 구성되어 있다. Title 화면은 이 비트열이 무엇을 검사하는지를 알려주는 글 등이 배치

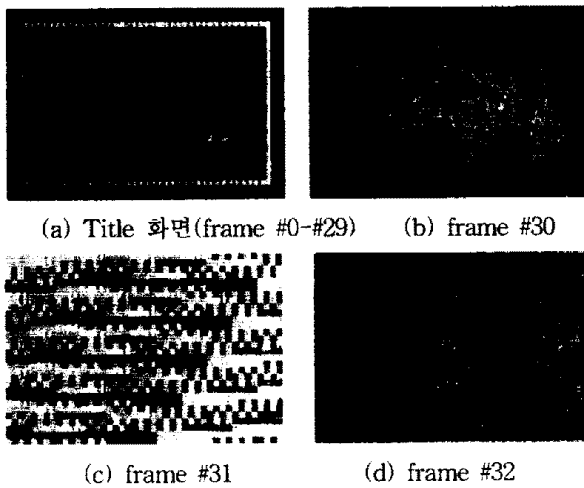
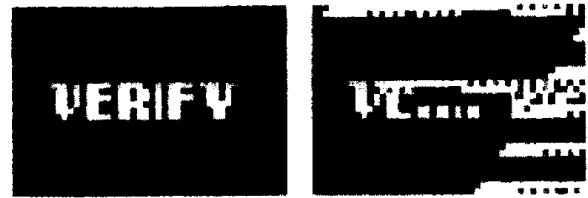


그림 3: Sarnoff CBP 검사용 비트열의 주요화면



- (a) 정상적인 디코더가 재생한 frame #33이후 화면
- (b) 비정상적인 디코더가 재생한 frame #33이후 화면

그림 4: 두 디코더를 이용한 Sarnoff CBP 검사용 비트열의 결과 비교

되고, test 화면에서 전체화면 영역에 걸쳐서 검사하려는 CBP 변수값을 하나씩 변화시키며 검사를 수행한다. 마지막 verify 화면은 test 결과 화면을 일정시간 유지하여 사용자가 확인할 수 있도록 하기 위해 존재하게 된다.

정상 동작하는 MPEG 디코더를 통과하는 경우 재생되는 화면은 처음 title 화면이 나온 후 그림 4(a)와 같이 "Verify"라고 적힌 회색의 화면을 관찰하게 될 것이다. 하지만 CBP를 잘못 처리하는 경우에는 그림 4(b)처럼 CBP 검사 결과 왜곡된 영상들이 계속 화면에 나타나게 된다.

III. 제작한 검사용 비트열의 검사 방식

제작한 비디오 디코더 검사용 비트열들은 기본적으로 검사하려고 하는 MPEG 비디오 디코더만을 이용해서 검사를 수행한다. 즉 MPEG group에서 제공하는 것과 같이 비디오 디코더가 재생한 화면을 저장하는 등의 과정 없이 단지 재생되는 화면을 확인함으로써 MPEG 비디오 디코더의 정상 동작 여부를 판단할 수 있는 것이다.

이를 구현하기 위한 기본적인 idea는 다음과 같다. 먼저 검사할 변수값을 가능한 진 범위에 대해 하나씩 바꾸어 가며 임의의 패턴을 생성시킨다. 그 다음 이어지는 picture에서 이 생성된 패턴의 역상인 패턴을 다른 변수를 이용해 구성한다. 그리고 이를 motion vector를 이용해 두 값의 합을 화면에 표시하게 한다. 그러면 test하려고 하는 변수를 디코더가 정확하게 해석하는 경우 두 값은 서로 상쇄가 될 것이고, 그렇지 않으면 두 패턴은 전체 혹은 일부

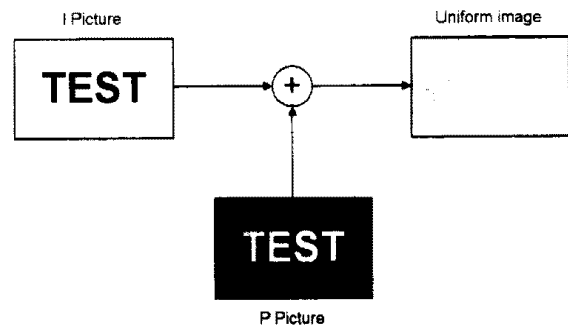


그림 5: Uniform한 영상이 되는 과정

가 다르므로 그 차이만큼이 화면에 남게 된다. 눈으로 확인하기 위해서 이 화면을 어느 정도 시간동안 유지시킬 필요가 있는데, 이를 위해 이어지는 picture는 이전의 영상을 그대로 표시하도록 skipped macroblock으로 구성된 P picture를 이용한다. 그림 5는 이렇게 두 값의 합에 의해 uniform한 영상이 되는 것을 도시하고 있다.

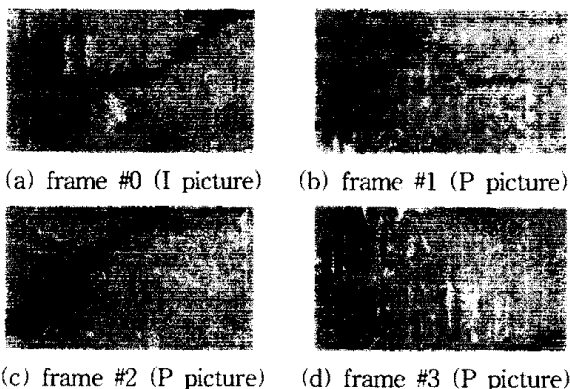
이 기본 원리를 이용해 제작한 몇 가지 주요 변수에 대한 검사용 비트열의 세부적인 구성을 알아보도록 한다.

3.1. CBP 검사용 비트열

CBP 검사용 비트열은 CBP의 정상동작 여부를 확인하기 위하여 제작된 것이다. 총 150 frame으로 크기는 1920 × 1080, profile 및 level은 MP@HL로 4:2:0 color format을 이용하였다.

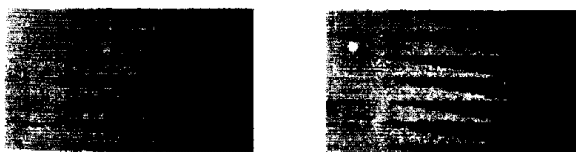
앞에서 설명한 방식대로 구현한 이 CBP 검사용 비트열의 세부 설정은 다음과 같다. 첫 번째 영상은 그림 6(a)와 같이 I picture로 uniform한 영상을 내보낸 후, 두 번째 영상은 P picture로 구성하여 그림 6(b)와 같이 전체 화면에 걸쳐서 CBP 변수값을 하나씩 변화시키며 화면을 구성하였다. 이어지는 3번째 화면에서는 모든 block이 코딩됨을 의미하는 CBP값으로 고정시키고, 이 때 코딩되어 전송되는 discrete cosine transform (DCT) 계수를 조정하여 이전 picture를 상채하여 그림 6(c)와 같이 uniform한 영상이 되도록 구성하였다. 만약 CBP 변수를 올바르게 해석하지 못하는 경우, 이 상채과정에서 의도한대로 상채되지 않으므로 uniform하지 않은 영상이 남게 된다. 이후의 화면에서는 그림 6(d)처럼 바로 이전의 영상을 그대로 참조하도록 구성하여 상채결과를 유지하게 하고 있다.

그림 7은 비정상적인 디코더를 통과한 경우의 결과이다. CBP VLC table의 한 값의 code length를 임의로 바꾼



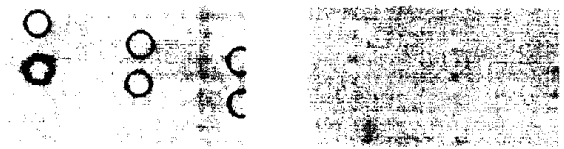
(a) frame #0 (I picture) (b) frame #1 (P picture)
(c) frame #2 (P picture) (d) frame #3 (P picture)

그림 6: 정상적인 디코더의 CBP 검사 비트열 결과



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

그림 7: CBP code length가 틀린 디코더의 결과



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

그림 8: Code length가 같은 CBP VLC 값이 바뀐 디코더 결과

software decoder를 통과한 결과로 VLC 특성상 틀린 코드이후의 모든 macroblock들이 의도하지 않는 형태의 영상을 보이고 있다.

그림 8의 경우는 code length가 같은 두 CBP 코드가 뒤바뀐 경우의 결과이다. 이 경우는 앞에서 소개한 Sarnoff의 검사용 비트열로는 검출되지 않는 경우이고, MPEG group에서 제공하는 검사용 비트열로는 그림 6(b)와 그림 8(a)의 비교에서 확인할 수 있듯이 구별이 힘든 경우이다. 검은 원 내부가 정상적인 패턴과 틀린 부분이지만 이를 눈으로 확인하기는 어렵다. 하지만 새로 구성된 검사용 비트열은 두 picture간의 상채과정에 의해 차이를 볼 수 있으므로 그림 8(b)와 같이 쉽게 확인할 수 있다.

3.2. Motion vector 검사용 비트열

Motion vector는 동영상의 공간적 의존성을 이용하는 것으로 MPEG에서 이 값은 이전 motion vector값을 이용해서 그 차이값만을 전송한다. 또한 전송값 역시 코딩 효율을 높이기 위해 motion_code와 motion_residual로 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 [6].

이렇게 정의된 motion vector를 검사하기 위해서는 위에서 언급한 모든 제반 상황을 고려해야 한다. 하지만 이를 모두 하나의 화면에 나타내기는 불가능하므로 몇 개의 비트열로 나누어 다룬다. 본 논문에서는 이중 f_code가 4인 frame picture에 대한 motion_code, motion_residual VLC table 검사용 비트열만 소개한다. 소개한 방법을 동일하게 적용하면 다른 변수값에 대한 검사용 비트열도 쉽게 구성할 수 있다.

표 1과 표 2는 사용한 motion vector값의 수직, 수평 성분을 나타낸 것으로 f_code가 4인 경우의 모든 가능한 motion_code, motion_residual이 나타나며 참고하는 영상이 화면밖에 생기지 않도록 정한 것이다. 표시된 작은 사각형은 각각 하나의 macroblock을 의미한다.

표에 제시된 것과 같은 motion vector를 사용한 검사용 비트열의 영상의 크기는 704×480으로 두었다. 이때 전체 macroblock의 수는 가로로 44개 세로로 30개로 표 1과 표 2의 값 전체가 들어가기에 충분한 크기이다. 전체적인 비트열의 구조는 첫 frame은 I picture로 임의의 패턴을 주

표 1: Motion vector의 수직 성분

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127
128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143
144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207
208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223
224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255

표 2: Motion vector의 수평 성분

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127
128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143
144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207
208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223
224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255

고 다음에 P picture로 검사하려는 변수인 motion vector를 표와 같이 변화시키며 준 후에 이어지는 두 번째 P picture에서 이를 DCT 계수를 이용해 상채시키는 형태로 구성하였다. 그리고 이후의 picture에서는 모두 skipped macroblock으로 구성하여 앞의 차영상을 유지한다.

그림 9는 frame picture용으로 제작한 motion vector 검사용 비트열의 모습을 보여주고 있다. 맨 처음 나오는 I picture는 바둑판 무늬 형태의 임의의 패턴들이 계속해서 반복되게 구성했다. 다음 이 패턴에 대해 왼쪽 상단부분에 표 1과 표 2의 motion vector를 가하게 된다. 결과 그림 9(b)와 같은 형태의 영상을 얻게 된다. 이를 세 번째 picture에서 DCT를 이용해 상채시키면 그림 9(c)와 같은 형태를 나타내게 된다. 그림 10은 비정상적인 디코더를 사용한 결과 영상을 나타낸 것이다. 비정상적인 디코더는 reference software 디코더에서 motion vector VLC table



(a) frame #1 (P picture) (b) frame #2 (P picture)
 그림 10: 비정상적인 디코더를 통과시 frame picture용 motion vector 검사용 비트열 결과

하나를 임의로 수정한 것을 이용했다. 그 결과는 frame #1에서부터 나타나게 되는데, 그림 9(b)와 그림 10(a)를 비교하면 분명히 다른 영상이나 쉽게 관찰하기는 어렵다. 하지만 DCT 계수로 상채시킨 frame #2 영상을 눈으로 확인했을 때, 사용한 디코더가 잘못된 것이라는 것을 쉽게 구별할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 MPEG-2 디코더의 적합성 검사를 위해 제작한 검사용 비트열을 소개하였다. 영상의 경우 방대한 digital video data를 capture하고 비교하는 일이 시간과 비용이 많이 소요되기 때문에 대부분의 경우 I picture로 test pattern을 보내고 B, P picture에서 다른 방법으로 이의 반대 영상을 생성하여 밝기가 일정한 영상이 되도록 하였다. 만일 비디오 디코더에 이상이 있는 경우 화면에 불균일한 부분이 생성되어 쉽고 빠르게 적합성 여부를 판별할 수 있도록 하였다. 검사 시간을 단축하기 위한 방안들에 대한 추후 연구가 필요하고, 실제의 경우에 적용하면 시 불량확률에 대한 정보를 이용해 비용합수를 정의하고 이를 최소화시키는 최적화 작업이 필요하다.

참고문헌

- [1] 임동근, 김대회, 호요성, 양수경, 고종석, "MPEG-2 적합성 검사의 구현," *신호처리학술대회*, Vol. 10, No. 1, pp. 79-82, 부산대학교, 9월, 1997.
- [2] 일본 멀티미디어 통신연구회 저, 정제창 역, *응용 MPEG*. 교보문고, 1997.
- [3] ISO/IEC 13818-4 (1996), "Information technology- Generic coding of moving pictures and associated audio: conformance," March 1996.
- [4] ISO/IEC 13818-2 (1995), "Information technology- Generic coding of moving pictures and associated audio: conformance," March 1995.
- [5] 대우전자 영상연구소, *MPEG 비디오*. 연암출판사, 1995.
- [6] 일본 멀티미디어 통신연구회 저, 정제창 역, *최신 MPEG*. 교보문고, 1997.



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



(c) frame #2 (P picture)

그림 9: 정상적인 디코더를 통과시 frame picture용 motion vector 검사용 비트열 결과