

# HDTV를 위한 MPEG-4 비디오 디코딩 복잡도의 평가에 관한 연구

안성렬\* · 박원우\*

\*금오공과대학교

## A Study on the Evaluation of MPEG-4 Video Decoding Complexity for HDTV

Seong-Yeol Ahn\* · Won-Woo Park\*

\*Kumoh National Institute of Technology

E-mail : knutair@kumoh.ac.kr

### 요 약

MPEG-4 Visual은 객체 기반의 동영상 압축 국제 표준으로서 멀티미디어 통신에서부터 HDTV에 이르는 광범위한 응용 분야를 지원하기 위해 설계되었다. MPEG-4 표준안은 디코더에서 처리 가능한 디코딩 복잡도를 제한하기 위해 3가지 Video Buffering Verifier 모델을 정의하고 있다. 그 중 VCV 모델은 비트스트림을 매크로블록 단위로 디코딩하는 처리 속도에 대한 제한을 정의하고 있으며, 경계와 비경계 MB 두 가지만을 구별하는 VCV와 B-VCV 모델이 있다. 본 논문에서는 최적화된 MPEG-4 Reference Software를 이용하여 직사각형 객체와 임의 형상 객체 그리고 HDTV 해상도를 지원하는 다양한 코딩 타입에 대한 MB 디코딩 시간을 측정하여 디코딩 복잡도를 평가하였다. 실험 결과 디코딩 복잡도가 코딩 타입에 따라 많은 차이가 있으며 디코더에서 이용 가능한 리소스의 더욱 효율적인 사용이 가능함을 보여주었다.

### ABSTRACT

MPEG-4 Visual is, an international standard for the object-based video compression, designed for supporting a wide range of applications from multimedia communication to HDTV. To control the minimum decoding complexity required at the decoder, the MPEG-4 Visual standard defines the co-called video buffering mechanism, which includes three video buffer models. Among them, the VCV(Video Complexity Verifier) defines the control of the processing speed for decoding of a macroblock, there are two models: VCV and B-VCV distinguishing the boundary and non-boundary MB. This paper presents the evaluation results of decoding complexity by measuring decoding time of a MB for rectangular, arbitrarily shaped video objects and the various types of objects supporting the resolution of HDTV using the optimized MPEG-4 Reference Software. The experimental results shows that decoding complexity varies depending on the coding type and more effective usage of decoding resources may be possible.

### 키워드

MPEG-4 Visual, Decoding Complexity, HDTV, Video Complexity Verifier(VCV)

## 1. 서 론

MPEG-4 Visual<sup>[1]</sup>은 자연 비디오뿐만 아니라 객체 기반 비디오를 코딩 할 수 있는 비디오 압축 국제 표준이다. 멀티미디어 통신에서부터 HDTV(High Definition TV)에 이르는 광범위한 응용 범위를 지원하기 위해 프로파일@레벨의 조합을 통해 다양한 코딩 도구들을 제공하고 있다.

MPEG-4 표준안은 디코더에서 처리 가능한 디코딩 복잡도를 제한하기 위해 세 가지 Video

Buffering Verifier 모델을 정의하고 있다. 그 중 VCV(Video Complexity Verifier)는 디코딩 처리 속도에 관한 제한으로서 경계 MB(Macroblock)에 적용되는 B(Boundary)-VCV와 모든 MB에 적용되는 VCV 모델 두 가지를 정의하고 있다. 인코더는 VCV 모델을 이용하여 미리 결정된 디코더 처리 능력으로 디코딩 할 수 있는 비트스트림 만드는 것을 억제할 수 있다.

MPEG-4 Visual은 다양한 코딩 도구들을 제공하므로 MB 코딩 타입에 따라 처리 속도가 매우

다양하다<sup>[2]</sup>. 코딩 종류 중 디코딩 복잡도가 작은 코딩의 경우 경계와 비경계 MB만을 구분하는 복잡도 모델은 디코더가 처리 할 수 있는 능력을 가지고 있음에도 VCV 제한으로 디코더의 리소스를 낭비하는 경우가 생길 것이다.

본 논문에서는 직사각형 객체와 임의 형상 객체 그리고 HDTV 해상도를 지원하는 다양한 코딩 도구들에 대한 디코딩 시간을 측정하여 디코딩 복잡도를 평가하였다.

## II. MPEG-4 Visual

MPEG-4는 기존의 비디오, 오디오 신호의 인코딩은 물론 정지 이미지, 컴퓨터 그래픽스, 합성 오디오 및 텍스트도 포함하는 종합 멀티미디어 규격을 목적으로 하고 있다. 장면을 구성하는 각 객체는 개별적으로 최적화된 인코딩 방식이 적용되어 높은 인코딩 효율을 실현하였고, 전송 오류에 강한 인코딩 방식으로 디지털 무선 전송 같은 높은 에러 환경에서도 오류를 최소화하였으며 재생 측에서 사용자가 객체 조작을 가능하게 하고 있다.

MPEG-4 Visual 표준안에는 비디오 객체의 디코딩 방법 및 비트스트림 선택스 그리고 선택스를 구성하는 요소들의 의미 등 각종 정보에 대한 내용을 담고 있다. MPEG-4 Visual은 직사각형 객체, 임의 형상 영역의 객체, 2D와 3D Mesh 객체, 사람의 얼굴 및 몸통 애니메이션, 정지 이미지 등 다양한 종류의 객체를 사용할 수 있다.

MPEG-4 Visual은 프로파일과 레벨의 조합을 통해 다양한 코딩 기능의 집합과 제한을 정의하고 있다<sup>[3]</sup>. 일련의 의미 있는 처리 단위로 모은 도구의 조합을 객체라 하며, 이 객체를 단독 또는 복수로 조합한 것을 프로파일이라고 한다. 같은 프로파일을 적용한 어플리케이션이라도 응용 영역과 사용 환경이 서로 다르므로 프로파일 내에서도 다양한 레벨을 정의하여 응용 영역의 폭을 넓히고 있다.

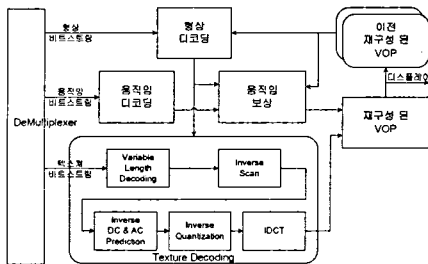


그림 1. MPEG-4 Visual Decoder의 흐름도

MPEG-4 Visual 디코더의 기본 구조는 그림 1과 같이 형상 코딩, 움직임 코딩 그리고 텍스처 코딩의 3가지 주요 구성으로 되어 있다. 코딩 종류에 따라 개별적인 코딩을 수행한 후 모든 정보를 합쳐 하나의 영상을 구현하는 독립적인 구조로 되어 있다.

## III. MPEG-4 Visual 디코딩 복잡도 모델

디코딩 리소스의 효율적인 사용은 모바일 제품과 같이 리소스가 부족한 환경에서 매우 중요한 의미를 가진다. 또한 HDTV에서는 매우 많은 데이터를 고속으로 처리하기 때문에 정확한 디코딩 복잡도 모델은 하드웨어 설계에도 많은 영향을 미친다.

MPEG-4 Visual 표준안에는 VBV(Video Buffer Verifier), VCV, VMV(Video Reference Memory Verifier)의 세 가지 비디오 검증 모델을 정의하고 있다<sup>[1]</sup>. 그 중 VCV는 디코더에서 요구되는 처리 능력의 크기가 규정된 초당 MB 복잡도 측정값보다 작다는 것을 검증하기 위한 비트스트림 검사 알고리즘으로서 모든 MB에 적용된다.

디코더의 계산 능력은 경계 MB 수를 기억하는 B-VCV와 모든 MB 수를 기억하는 VCV, 이 두 개의 버퍼에서 초당 MB 수(MB/s)로 방출되는 속도로 정의하며, 프로파일@레벨에 따라 VCV decoder rate(MB/s)와 VCV Boundary MB decoder rate(MB/s)로 정의되어 있다. 디코더는 MB 코딩 타입에 따라 독립적으로 주어진 프로파일@레벨에 대해 VCV가 넘치지 않는 어떠한 MB든지 디코딩 할 수 있어야 한다.

텍스처 코딩에 관련된 MB 코딩 타입에는 움직임 보상의 수행에 따라 Intra, Inter 코딩으로 크게 나누어지며, 4개의 움직임 벡터를 사용하는 Inter 4MV도 포함된다. 임의 형상 객체에서는 비디오에서 객체를 분리하기 위한 투명, 불투명 형상 정보와 NoUpdate, CAE(Context-based Binary Arithmetic Encoding) 코딩 등이 있다. Main 또는 ACE (Advanced Coding Efficiency) 프로파일은 HDTV를 위한 비일주사와 1/4-픽셀 움직임 보상, GMC(Global Motion Compensation) 등의 도구들을 지원하고 있다.

## IV. 실험 및 결과

디코딩 복잡도는 Simple, Core, Main, ACE 프로파일로 인코딩된 QCIF, CIF, HDTV의 해상도를 가지는 다양한 영상을 31가지의 코딩 타입 조합에 따라 MB 단위로 처리되는 디코딩 시간을 MPEG-4 표준안의 Reference Software를 이용하여 측정함으로써 평가하였다. MB 디코딩 시간은 DCT 계수가 없는 경우 디코딩 시간 분포로, DCT 계수가 있는 경우 MB에 대한 DCT 계수의 개수(Number of DCT Coefficients) 함수로 표현하였다.

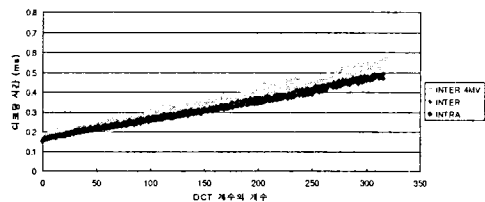


그림 2. 직사각형 객체에 대한 MB 디코딩 시간

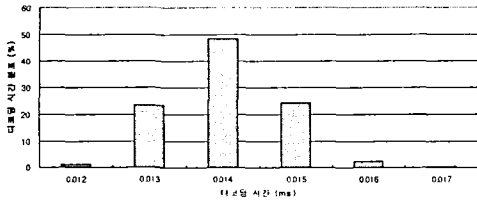


그림 3. Skip된 Intra MB 디코딩 시간

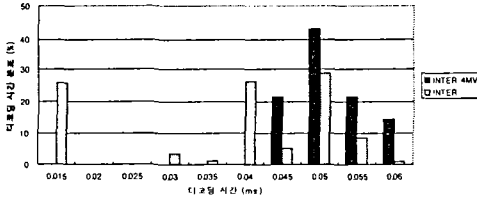


그림 4. Skip된 Inter/Inter4MV MB 디코딩 시간

그림 2~4는 직사각형 객체에 대한 디코딩 시간을 나타내고 있다. 그림 2는 DCT 계수가 같은 값에 대해 최대 디코딩 시간이 Inter4MV에서 가장 많고, DCT 계수의 개수가 증가함에 따라 디코딩 시간도 선형적으로 증가하고 있음을 나타내고 있다. 그림 3에서 Skip된 MB 디코딩 시간은 텍스처 디코딩 부분을 수행하지 않아 매우 빠르게 디코딩 되었다. 그러나 그림 4는 Inter 모드에서 움직임 보상을 수행하여 좀 더 많은 디코딩 시간이 소요되고 있음을 나타내고 있다.

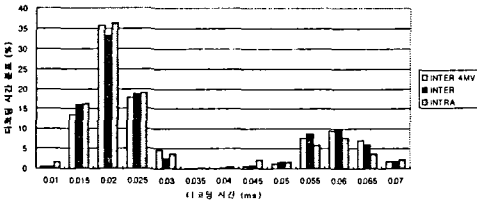


그림 5. Transparent(투명) MB 디코딩 시간

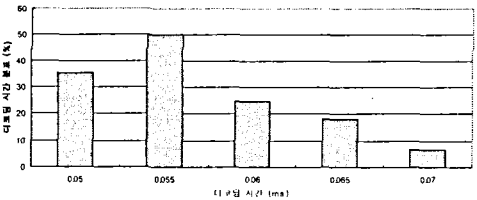


그림 6. Skip+Opaque(불투명) MB 디코딩 시간

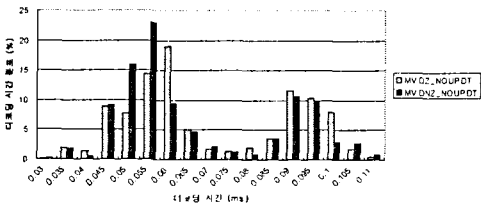


그림 7. Skip+NoUpdate MB 디코딩 시간

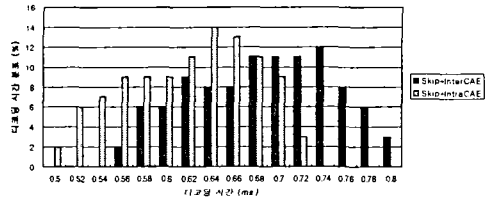


그림 8. Skip+IntraCAE/InterCAE MB 디코딩 시간

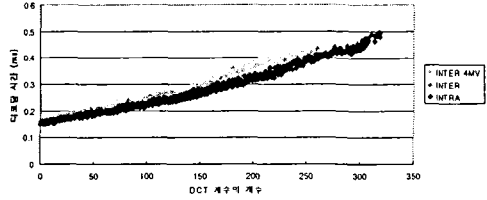


그림 9. Opaque MB 디코딩 시간

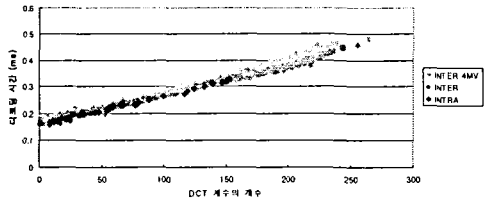


그림 10. NoUpdate MB 디코딩 시간

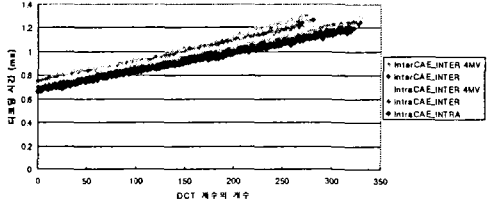


그림 11. IntraCAE/InterCAE MB 디코딩 시간

그림 5~11은 임의의 형상 객체에 대한 디코딩 시간을 나타내고 있다. 그림 5는 투명 영역이 텍스처 정보를 가지고 있지 않지만, 확장 패딩과 일정 값 패딩에 따라 MB 디코딩 시간이 두 부분으로 나누어 졌음을 나타내고 있다. 그림 6에서의 Skip된 불투명 영역은 형상 정보의 디코딩 시간으로 좀 더 많은 디코딩 시간이 소요되었다. Skip된 NoUpdate는 형상 헤더뿐만 아니라 패딩된 MB와 패딩 없는 MB 타입으로 구분되는 지난 VOP도 이용하므로 그림 7과 같은 결과를 나타내고 있다. CAE 코딩은 텍스처 정보가 없음에도 그림 8과 같이 많은 MB 디코딩 시간이 소요되었다.

그림 9는 불투명 영역에 대한 디코딩 시간으로서 일정한 값(1)을 가지는 형상 정보 디코딩 시간이 매우 작아 직사각형 객체의 디코딩 시간과 비슷한 결과를 나타내고 있다. 그림 10에서 NoUpdate는 이전 VOP의 이전 알파 맵으로부터 BAB(Binary Alpha Mask)를 복사해서 움직임 보상을 수행하여 임의의 형상 코딩, 텍스처 MB 및 움직임

입 보상을 수행하므로 MB 디코딩 시간이 많이 소요되었다. 그림 11은 CAE가 컨텍스트 계산과 산술 연산의 소수점 연산 등을 수행하여 디코딩 복잡도에 상당히 큰 영향이 미침을 나타내고 있다.

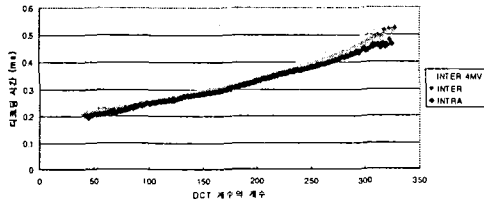


그림 12. 비월주사 도구를 적용한 MB 디코딩 시간

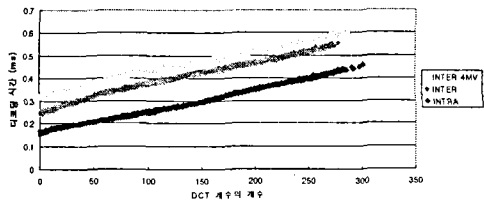


그림 13. 1/4-픽셀 MC를 적용한 MB 디코딩 시간

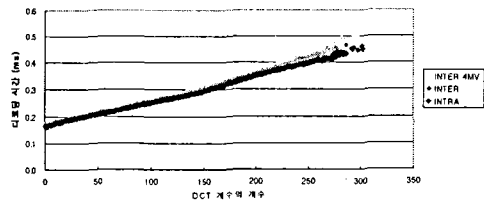


그림 14. GMC를 적용한 MB 디코딩 시간

그림 12~14는 HDTV를 위한 코딩 도구들의 디코딩 시간을 나타내고 있다. 그림 12는 비월주사 방식이 한 개의 프레임을 디코딩하는 속도는 2배 빠르지만 한 개의 MB에 대한 디코딩 시간은 기본 텍스처 코딩 시간과 비슷함을 나타내고 있다. 그림 13은 1/4픽셀 움직임 보상이 소수점 연산과 많은 검색 범위를 수행하는 것으로 Intra 모드에서는 기본 텍스처 디코딩 시간과 같지만 Inter 모드에서 독특한 디코딩 시간 특징을 나타내고 있다. 그림 14는 GMC가 전역 MV를 각각의 MB에 적용하는 방식으로 디코딩 시간에 큰 영향을 미치지 않음을 나타내고 있다.

표 1은 본 논문에서 측정된 31가지의 MB 코딩 타입 조합에 대한 최대 디코딩 시간과 그 중 가장 큰 디코딩 시간을 가지는 IntraCAE+Inter4MV 시간을 100으로 하여 매 각각의 디코딩 시간을 백분율로 나타내고 있다. 가장 복잡도가 큰 타입과 가장 작은 타입의 디코딩 시간 차이는 73배로 코딩 타입에 따라 디코딩 복잡도에 많은 차이가 있음을 알 수 있었다.

표 1. MB 코딩 타입에 따른 31가지의 최대 디코딩 시간과 백분율 결과

텍스처 MB	디코딩 시간(ms)	백분율	임의 영상 MB	디코딩 시간(ms)	백분율
Skip+Intra	0.017	1	Transparent	0.07	5
Skip+Inter	0.06	5	Skip+Opaque	0.07	5
Skip+Inter4MV	0.065	5	Opaque+Intra	0.482	37
Intra	0.49	38	Opaque+Inter	0.44	34
Inter	0.506	39	Opaque+Inter4MV	0.43	33
Inter4MV	0.522	41	Skip+NoUpdate	0.11	9
			NoUpdate+Intra	0.33	26
Interlace+Intra	0.479	37	NoUpdate+Inter	0.46	36
Interlace+Inter	0.522	41	NoUpdate+Inter4MV	0.486	38
Interlace+Inter4MV	0.536	42	Skip+IntraCAE	0.7	54
1/4-pelMC+Intra	0.46	36	IntraCAE+Intra	1.194	93
1/4-pelMC+Inter	0.555	43	IntraCAE+Inter	1.249	97
1/4-pelMC+Inter4MV	0.621	48	IntraCAE+Inter4MV	1.287	100
GMC+Intra	0.46	36	Skip+InterCAE	0.8	62
GMC+Inter	0.462	36	InterCAE+Inter	1.23	96
GMC+Inter4MV	0.513	40	InterCAE+Inter4MV	1.248	97

## V. 결론

본 논문에서는 MPEG-4 Visual 비디오에 대한 31가지의 다양한 MB 코딩 타입에 대한 디코딩 복잡도를 측정하여 코딩 타입에 따라 디코딩 복잡도에 많은 차이가 있음을 확인하였다. 하나의 장면은 복잡도가 큰 MB 뿐만 아니라 복잡도가 낮은 MB들도 포함되므로 디코더에서 이용 가능한 리소스가 남아 있음을 알 수 있다. 모든 MB에 동일한 디코딩 복잡도를 적용하는 MPEG-4 Visual VCV 모델이 이용 가능한 디코딩 리소스에 많은 손실을 가져옴을 알 수 있었다.

## 참고문헌

- [1] ISO/IEC, "Information Technology - Coding of Audio - Visual Objects Part 2 : Visual" ISO/IEC 14496-2, 2001
- [2] J. Valentim, P. Nunes, F. Pereira, "Evaluating MPEG-4 Video Decoding Complexity", 2nd Workshop and Exhibition on MPEG-4, San Jose - USA, pp29-33, June 2001
- [3] R. Koenen, "Profiles and Levels in MPEG-4 : Approach and Overview", Signal Processing : Image Comm. Vol 15, pp463-478, Jan. 2000