



요 약

본 연구에서는ITU-T와 MPEG에서 공동개발중인 JVT 압축/복원방식에 대한 복잡도 분석이 수행된다. 압축률을 향상시키는 측면에서 부호화 할 때 3가지의 configuration을 설정하여 각각의 configuration이 부호기와 복호기 구현시 필요한 메모리 및 계산시간에 대한 분석을 수행한다. 복잡도분석을 위하여 ATOMIUM 분석기를 이용한 메모리 대역폭 및 처리시간의 2가지 요인에 대한 결과를 소개한다. 또한 부호기 및 복호기의 각 비디오 툴들에 대한 상대적인 계산량을 정량적으로 도시한다.

ABSTRACT

In this report, the complexity analysis of the JVT(Joint Video Team) codec, which has jointly developed the next video coding standard, is performed. Three types of configurations in terms of coding efficiency are set and the analysis of the memory band width and computation time for each configuration is performed. ATOMIUM complexity

analysis tool is used for both the memory access statistics and computation time calculation of JVT codec. Also the complexity of each video coding tool in the encoder and decoder is shown in relative complexity.

1. 서 론

본 연구는 JVT codec[1]의 Joint Model 1.7[2]에 대한 복잡도 분석의 결과를 보여준다. 본 보고서의 많은 내용은 MPEG의 ISG 그룹에서 실험한 내용 [3]을 수정 없이 보이고 있다는 점을 본론에 가기 전에 먼저 알리고 싶다. 본 실험의 목적은 앞으로 JVT codec을 구현할 연구자들이 부호화기와 복호화기를 실시간 구현시 어느 비디오 툴에 집중을 하여 구현해야 할 것인지의 실마리를 제공해 줄 수 있으리라 예측된다. 본 실험을 위한 복잡도 분석

(Complexity analysis) 소프트웨어로서 ATOMIUM/Analysis[4] 툴 및 PC가 이용되었다.

2. 실험조건

본 실험을 위하여 Joint Model(JM) 1.7이 사용되었다. 본 실험을 위하여 사용된 실험영상의 정보를 테이블 1에 보였다. 시험을 위하여 사용된 영상의 크기는 CIF이며, frame rate 및 target bitrates는 <표 1>과 같다.

< 표 1 > 실험영상 및 target bitrates

Test Case	Number of Frames	Frame rate (fps)	Bitrate (kbps)
Mother & Daughter	30	30	120
Foreman	25	25	450
Calendar & Mobile	15	15	2000
Audience	30	30	500

실험을 위하여 JVT codec의 각종 비디오 툴을 복잡도 측면에서 3가지 configuration으로 나누어 실험을 하였다. Simple configuration에서는 -16 ~ +15 움직임 영역, 16×16ME(Motion Estimation), Non-RD(Rate Distortion) 최적화, 1장의 참조 메모리, UVLC(Universal VLC)를 이용했고, medium configuration을 위하여 7가지의 가변블록 ME, RD 최적화, 2장의 참조 메모리, UVLC, B frames, Hadamard Transform을 이용하였으며, complex configuration을 위하여 medium configuration에 5장의 참조 메모리, CABAC(Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding), 1/8MC, 무제한 움직임 예측범위를 적용하였다.

<표 2>, <표 3>, <표 4>에 위에서 정의한 3가지 configuration에 대한 PSNR 및 <표 2>에서 주어진 QP에 대한 bitrates를 보인다. 표들로부터 simple

< 표 2 > Simple Configuration

Test Case	Bitrate (kbps)	QP	PSNR Y	PSNR U	PSNR V
Mother & Daughter	98.94	18	37.81	42.89	43.79
Foreman	438.08	17	35.76	40.26	42.97
Calendar & Mobile	2340.05	12	37.30	38.71	38.65
Audience	602.07	14	38.93	44.29	45.86

< 표 3 > simple versus medium configuration

Test Case	Bitrate simple	Bitrate medium	Bitrate Delta (%)	PSNR Y simple	PSNR Y medium	Quality increase
Mother & Daughter	98.94	78.68	-20.47	37.81	38.31	+ 0.5 dB
Foreman	438.08	303.38	-30.74	35.76	36.13	+ 0.37 dB
Calendar & Mobile	2340.05	1468.87	-37.22	37.30	36.71	- 0.59 dB
Audience	602.07	398.18	-33.86	38.93	38.78	- 0.15 dB

< 표 4 > medium versus complex configuration

Test Case	Bitrate medium	Bitrate complex	Bitrate Delta (%)	PSNR Y medium	PSNR Y complex	Quality increase
Mother & Daughter	78.68	82.33	+4.63	38.31	38.46	+0.15 dB
Foreman	303.38	292.83	-3.47	36.13	36.52	+0.39dB
Calendar & Mobile	1468.87	920.84	-37.3	36.71	37.76	+1.05dB
Audience	398.18	429.15	+7.77	38.78	39.28	+0.5dB

〈 표 5 〉 simple versus AVC medium

Test Case	Bitrate Delta (%)	Quality increase	Relative time simple	Relative time medium	Time delta (%)	Maccess frequency simple	Maccess frequency medium	Access frequency delta (%)
M & D	-20.47	+0.5 dB	1.20	2.92	143.33	277.62	415.36	49.61
Foreman	-30.74	+0.37 dB	2.23	3.44	54.26	384.21	475.42	23.73
C & M	-37.22	-0.59 dB	2.06	X	X	299.65	X	X
Audience	-33.86	-0.15 dB	1.79	2.99	67.03	359.48	433.25	20.52

*참고: X는 test되지 않았음을 의미한다.

〈 표 6 〉 medium versus complex

Test Case	Bitrate Delta (%)	Quality increase	Relative time medium	Relative time complex	Time delta (%)	Maccess frequency medium	Maccess frequency complex	Access frequency delta (%)
M & D	+4.63	+0.15 dB	2.92	3.16	8.12	415.36	462.05	11.24
Foreman	-3.47	+0.39 dB	3.44	4.82	40.11	475.42	654.72	37.71
C & M	-37.3	+1.05 dB		3.76	X	X	913.67	X
Audience	+7.77	+0.5 dB	2.99	3.22	7.69	433.25	480.05	10.80

configuration에서 복잡한 툴을 더 많이 이용하는 complex configuration(더욱 많은 기능들을 사용하기 위하여)으로 갈수록 전반적으로 PSNR 향상 및 bitrates의 감소가 있음을 알 수 있다. Foreman 시퀀스의 경우를 예로 들면, QP가 17일때 simple configuration과 medium configuration간에 bitrates가 30.74% 감소하고 PSNR은 0.37dB 향상되는 것을 알 수 있다. 또한 medium에서 complex configuration 간의 차이를 비교하면 bitrates는 3.47% 증가하지만, PSNR은 0.39dB 향상됨을 알 수 있다. 비록 simple, medium, complex configuration으로 갈수록 항상 bitrates가 감소되지는 않지만 이에대한 R-D(Rate-Distortion) 곡선을 그리면 어느 정도 그러한 추세를 보이리라 예측된다.

3.ATOMIUM Analysis

비디오 압축/복원은 많은 데이터 처리가 발생되는

시스템이므로, 효과적 메모리 사용 및 저장 최적화는 시스템의 전력 및 처리시간을 크게 좌우한다. [5-7]

JM1.7의 복잡도(complexity)는 ATOMIUM을 이용하여 메모리 대역폭(memory bandwidth, memory access statistics) 및 상대적인 압축시간(relative coding time)으로 비교하였다. 메모리 대역폭은 플랫폼과 상관없이 측정될 수 있는 구현상 필요한 메모리 복잡도이며 초당 메모리를 읽고 쓰는 총 word수를 의미한다. 압축시간은 Pentium-IV 1.7GHz RISC CPU를 이용하여 Windows 2000 OS하에서 상대적인 시간으로 표현하였다. 만약 상대적인 시간이 1보다 작다는 것은 실시간 구현이 가능한 것을 의미한다.

3.1 복호기(Decoder)

3.1.1 복잡도 비교

실제 상황을 고려하기 위하여 file I/O 관련 부분은 사용하지 않았고, 복원된 영상이 display메모리

로 이동되는 과정은 고려되었다. <표 5>를 보면, 메모리 대역폭 측면에서, medium configuration은 simple configuration에 비하여 최소 20%, 최대 49%증가함을 알 수 있고, complex configuration이 medium configuration에 비하여 메모리 대역폭이 최소 11%, 최대 37% 증가함을 <표 6>으로부터 알 수 있다.

상대적인 복호화 시간(relative time) 측면에서, medium configuration은 simple configuration에 비하여 최소 54%, 최대 143%증가함을 알 수 있으며, complex configuration은 medium configuration에 비하여 최소 7%, 최대 40% 증가함을 알 수 있다.

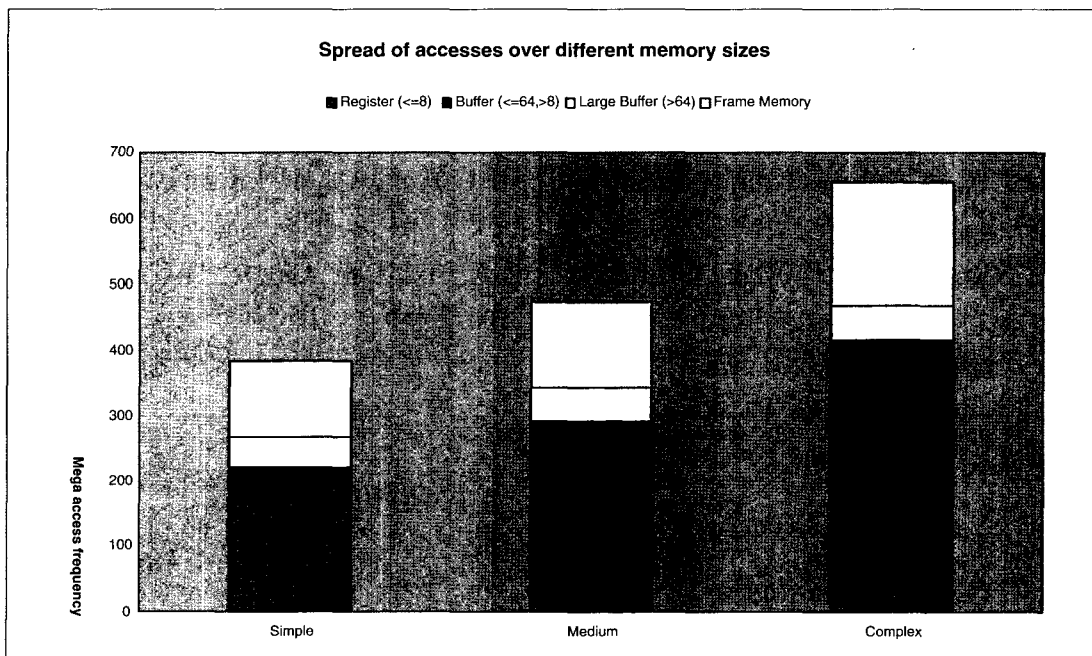
3.1.2 JM1.7의 Bottleneck Analysis

H/W 및 S/W 구현측면에서 사용될 메모리의 크기는 중요한 척도를 제공한다. 아주 작은 메모리를

읽고 쓰는 것은 S/W 측면에서 cache hit ratio를 증가 시키며, H/W 측면에서 단말기의 전력소비를 줄일 수 있음을 의미한다. <그림 1>에 4가지 메모리 크기에 대한 접근(access) 빈도수를 보여준다. 첫번째 형태는 8개의 element로서 구성할 수 있는 register, 두번째는 elements의 수가 8~64로 구성될 수 있는 buffer, 세번째는 elements의 수가 64개 이상으로 구성될 수 있는 large buffer, 마지막은 frame memory (참조영상의 크기)로 구성된다. 참고로 element의 word-length는 현재 고려되지 않았다.

<그림 1>로부터 복호기에서 대부분의 메모리 접근은 register 및 frame memory를 통해서 이루어짐을 알 수 있다.

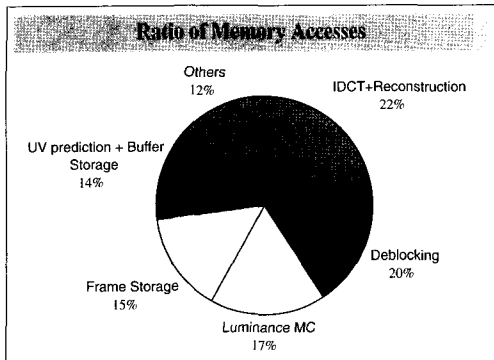
<그림 2>에서 <그림 7>까지 각 복호기의 configuration에 따른 중요 비디오 톨들의 상대적인 메모리 접근비율 및 계산시간을 분석하였다. <그림



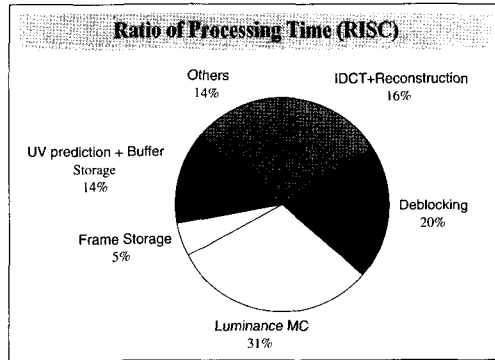
<그림 1> Most of the AVC accesses go to frame size memories and registers (Foreman)

2)와 <그림 3>으로부터 simple configuration의 경우 Luma(Luminance, 휘도성분) MC(Motion Compensation) 및 deblocking filtering의 메모리 접근비율이 다른 비디오 틀보다 많은 차지함을 알

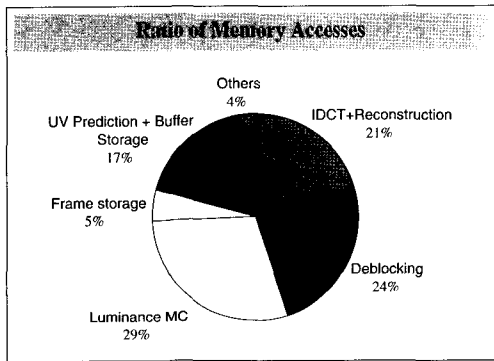
수 있으며, 처리시간 측면에서는 그림 3에서 볼 수 있듯이 모든 비디오 틀들이 거의 비슷한 비중을 차지함을 알 수 있다. <그림 2>에서 <그림 7>로부터, Simple configuration, medium configuration,



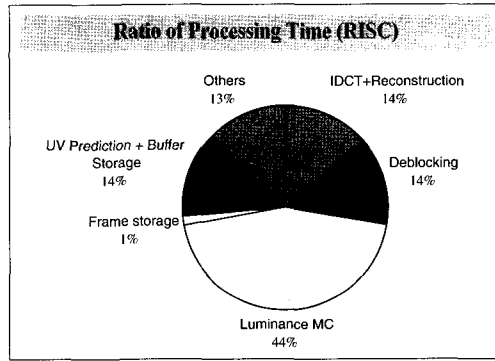
<그림 2> Simple decoder configuration



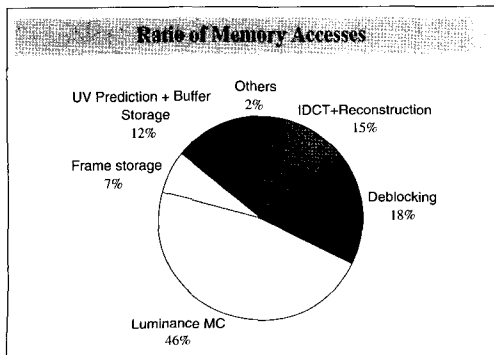
<그림 3> Simple decoder configuration



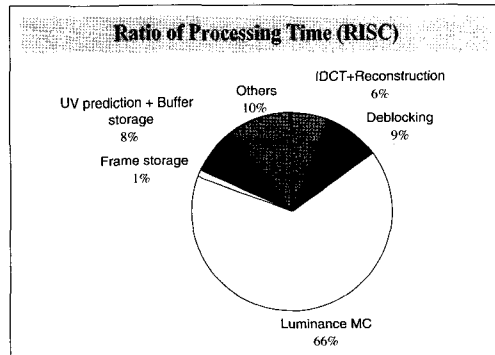
<그림 4> Medium decoder configuration



<그림 5> Medium decoder configuration



<그림 6> Complex decoder configuration



<그림 7> Complex decoder configuration

complex configuration을 보면 메모리 대역 및 처리시간 측면에서 Luma MC가 차지하는 비중이 점점 커지는 것을 볼 수 있다. 이에 대한 주된 요인은 complex configuration에서 사용되는 1/8 pel MC에 기인한다.

3.2 부호기(Encoder)

3.2.1 복잡도 비교

부호화 측면에서, <표 7>에 보인 것처럼 medium과 simple configuration을 비교하면 상대적인 압축시간은 3배정도 증가하고, 메모리 대역폭은 2.5~4배정도 증가함을 알 수 있다. 또한 <표 8>에서 알 수 있듯이 medium, complex configuration간에는 압축시간이 1.2~3.7배 증가하고, 메모리 대역폭은 0.7~1.6배 정도 증가하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 압축시간 및 메모리 대역폭의 증가는 더욱 복잡한 비디오 툴을 이용하여 더 높은 압축률을 얻기 위하여 더 많은 계산량이 요구되기 때문이다.

부호기의 <표 7> <표 8>을 복호기의 <표 5> <표 6>과 비교하면, 복원시간과 비교할 수 있는 상대적인 압축시간, 메모리 대역폭의 사용량의 증가를 알 수 있다. M&D 시퀀스의 경우 simple configuration에서 압축시간은 복원시간에 비하여 (58.37/1.2)배 증가함을 알 수 있고, 메모리 대역폭은 (13.3G/277M) 증가함을 알 수 있다.

3.2.2 JM1.7의 bottleneck Analysis

<그림 7>에서 알 수 있듯이 부호기의 경우, buffer, large buffer, frame memory에 대한 접근이 상대적으로 복호기 보다 많다. 따라서 복호기에 비하여 전력소모가 많아지게 된다.

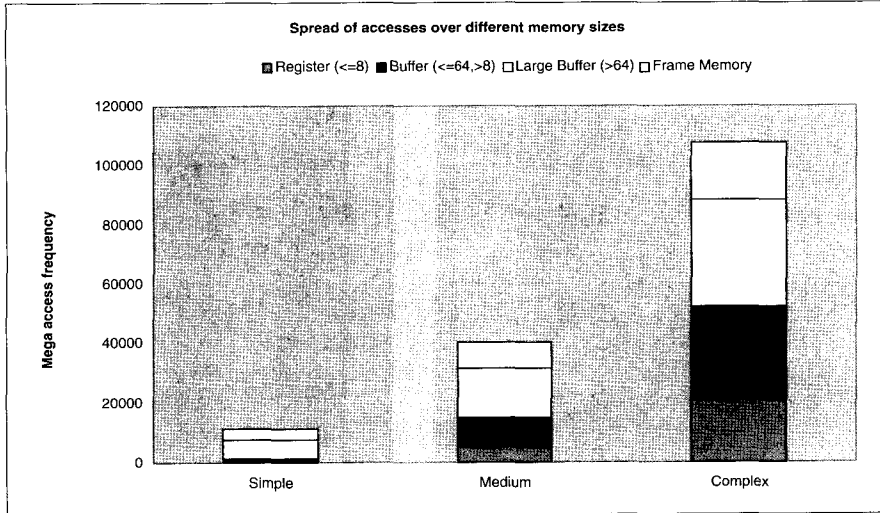
<그림 9>부터 <그림 14>까지 부호기의 각 기능적 블록에 대한 복잡도 분석의 결과를 보여준다. ME(Motion Estimation, 움직임 예측) 블록이 JVT의 병목 블록임을 쉽게 알 수 있다. 따라서 부호기의 경우 ME에 대한 효율적인 방식의 개발이 실시간 부호화를 위하여 선행 되어야 한다.

< 표 7 > AVC simple versus AVC medium

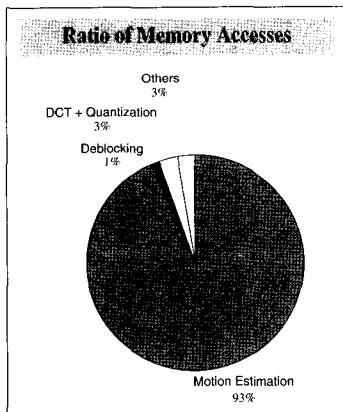
Test Case	Bitrate Delta (%)	Quality increase	Relative time simple	Relative time medium	Time delta (%)	Gaccess frequency simple	Gaccess frequency medium	Access frequency delta (%)
M & D	-20.47	+0.5 dB	58.37	227.42	289.61	13.7	X	X
Foreman	-30.74	+0.37dB	51.76	198.77	284.02	11.47	40.43	252.48
C & M	-37.22	-0.59dB	29.53	119.58	304.94	6.74	33.26	393.47
Audience	-33.86	-0.15dB	58.42	230.73	294.95	13.73	X	X

< 표 8 > AVC medium versus AVC complex

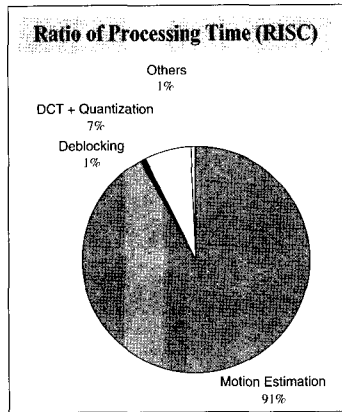
Test Case	Bitrate Delta (%)	Quality increase	Relative time medium	Relative time complex	Time delta (%)	Gaccess frequency medium	Gaccess frequency complex	Access frequency delta (%)
M & D	+4.63	+0.15 dB	227.42	521.56	129.33	X	119.78	X
Foreman	-3.47	+0.39dB	198.77	451.34	127.06	40.43	107.44	165.64
C & M	-37.3	+1.05dB	119.58	567.29	374.40	33.26	55.83	67.85
Audience	+7.77	+0.5dB	230.73	524.46	127.32	X	120.39	X



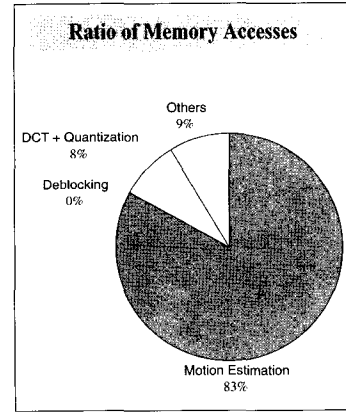
〈 그림 8 〉 Spread of accesses in encoder (Foreman)



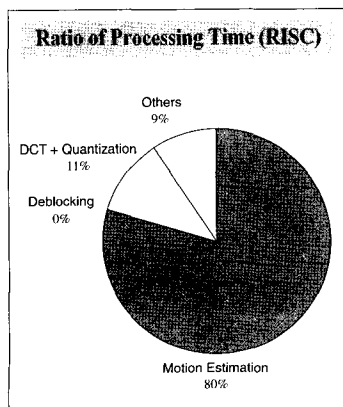
〈 그림 9 〉 Simple encoder configuration



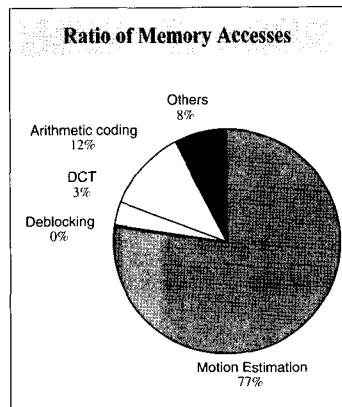
〈 그림 10 〉 Simple encoder configuration



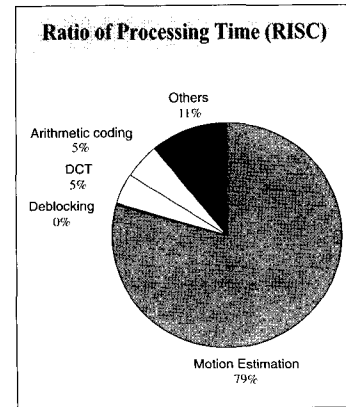
〈 그림 11 〉 Medium encoder configuration



〈 그림 12 〉 Medium encoder configuration



〈 그림 13 〉 Complex encoder configuration



〈 그림 14 〉 Complex encoder configuration

4. Conclusions

지금까지 3가지의 configuration에 대하여 부호기 및 복호기의 복잡도 분석을 했다. 복호기에서 complex configuration은 simple configuration보다 거의 2배의 메모리 대역폭 증가를 보인다. 특히 Luma MC 블록의 경우 2배 이상의 증가를 보인다는 것을 알 수 있었는데, 이는 1/8 화소 MC에 기인한다. 부호기의 경우, complex configuration이 메모리 대역폭이 simple configuration의 4배 정도 된다는 것을 알 수 있었으며, 부호기의 ME 블록 계산량은 medium에서 complex configuration으로 갈 때 상대적으로 다른 블록의 복잡도에 비해 감소된다는 것을 알 수 있었다. 앞으로 JVT version2에서는 부호기 최적화 문제들을 다룰 예정이기 때문에 부호기의 복잡도는 성능의 감소 없이 많이 향상되리라 예측된다.

모리 대역폭이 simple configuration의 4배 정도 된다는 것을 알 수 있었으며, 부호기의 ME 블록 계산량은 medium에서 complex configuration으로 갈 때 상대적으로 다른 블록의 복잡도에 비해 감소된다는 것을 알 수 있었다. 앞으로 JVT version2에서는 부호기 최적화 문제들을 다룰 예정이기 때문에 부호기의 복잡도는 성능의 감소 없이 많이 향상되리라 예측된다.

● 참고 문헌 ●

- (1) Thomas Wiegand, "Joint Final Committee Draft (JCO) of Joint Video specification (ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC)," JVT-D157, August 2002.
- (2) <http://standard.pictel.com/ftp/video-site/h26L/jm17.zip>
- (3) Carolina Blanch and Kristof Denolf, "Memory Complexity Analysis of the AVC Codec JM1.7," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG02/M8378, Fairfax, May 2002.
- (4) <http://www.imec.be/atomium>
- (5) F. Catthoor, et al., "Custom Memory Management Methodology," ISBN 0-7923-8288-9, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- (6) J. Bormans et al., "Integrating system-level low power methodologies into a real-life design flow," Proc. IEEE Workshop on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation - PATMOS '99, IEEE, pp. 19-28, Kos, Greece, 1999 (invited speech).
- (7) K. Denolf, et al., "Cost-efficient C-level design of an H.264 video decoder," Proc. of the IEEE Workshop on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation, pp.233-242, Goettingen, Germany, September 2000.

필자 소개



이영렬

- 1985년 2월 : 서강대학교 전자공학과 졸업
- 1987년 2월 : 서강대학교 전자공학과 석사
- 1999년 2월 : 한국 과학 기술원 전기 및 전자공학과 박사
- 2001년 8월 : 삼성전자 중앙연구소 DMS Lab. 수석연구원
- 2001년 9월 : 세종대학교 컴퓨터공학부 인터넷 학과 조교수
- 주관심분야 : 영상처리(압축, 복원), 영상전송, 멀티미디어 시스템