
T-DMB/AT-DMB 비디오 서비스를 위한 스케일러블 부호화기 모델에 따른 복잡도 및 성능 분석

김진수* · 김규석* · 김필중* · 이시웅* · 김재곤** · 최해철***

Complexity and Performance Analysis of SVC(Scalable Video Coding) Encoder Models for
T-DMB/AT-DMB Video Service

Jin-soo Kim* · Kyu-seok Kim* · Pil-joong Kim* · Si-woong Lee* · Jae-gon Kim** · Hae-chul Choi***

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT성장동력기술개발사업의 일환으로 수행하였음.
[2006-S-017-01, 지상파 DMB 전송 고도화 기술 개발]

요 약

본 논문에서는 고품질-DMB(Advanced Terrestrial-DMB) 비디오 서비스를 제공하기 위해 SVC (Scalable Video Coding) 부호화기법을 다룬다. SVC 기저계층으로 T-DMB 서비스와 호환이 되도록 하면서, 향상계층은 공간 확장성을 통하여 AT-DMB 비디오 서비스를 제공할 수 있다. 그러나 SVC 부호화 기법은 매우 복잡하므로, 이를 구현하기 위해서는 SVC 부호화기의 복잡도에 따른 성능 분석이 필요하다. 본 논문에서는 SVC 부호화 파라미터에 따른 성능 변화를 조사하고, 이를 기반으로 3가지 부호화기 모델에 따른 복잡도 및 성능 특성을 모의실험을 통하여 비교 분석한다.

ABSTRACT

This paper presents the SVC (Scalable Video Coding) scheme which enables the AT-DMB (Advanced Terrestrial - DMB) video service in enhancement layer, while keeping the current T-DMB video service in base layer. But, it is very complicate to implement the SVC encoder and so it is necessary to analyze the complexity and performance for SVC encoder's structures and coding parameters. In this paper, through computer simulations, SVC coding parameters are tested and then, based on these results, three types of SVC encoder models are compared from the viewpoint of the complexity and performance.

키워드

T-DMB(Terrestrial-DMB), AT-DMB(Advanced T-DMB), SVC(Scalable Video Coding)

* 한밭대학교 정보통신전문대학원 멀티미디어공학과

접수일자 : 2007. 10. 26

** 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부

*** 한국전자통신연구원 전파방송연구단 방송미디어연구그룹

I. 서 론

현재 국내에서 서비스 되고 있는 지상파-DMB (T-DMB) 서비스는 한정된 대역폭으로 인하여 H.264/AVC 베이스라인 프로파일/레벨 1.3 을 기초로 하여 최대 CIF(352x288)급 화면 해상도까지 서비스 가능하다. 그러나 보다 나은 화질의 디지털 방송 서비스와 광대역 네트워크의 이동 멀티미디어 서비스 기술의 발달로 인하여 현재의 T-DMB 서비스와 호환성을 유지하면서 우수한 품질의 고품질-DMB (AT-DMB) 표준 개발에 대한 연구가 시급히 요구되고 있다. 본 논문에서는 현재 국내에서 제공되고 있는 T-DMB의 표준 규격인 H.264/AVC 베이스라인 프로파일/레벨 1.3을 기저계층(BL: Base Layer)으로 제공하면서, 향상계층(EL: Enhancement Layer)으로 AT-DMB 서비스를 제공할 수 있는 SVC(H.264/AVC Adm.3)에 대하여 부호화 파라미터 및 부호화 모델에 따른 복잡도 및 성능 분석을 연구하였다. 먼저, II장에서는 T-DMB, AT-DMB에 대해서 알아보고 III장에서는 현재 서비스되고 있는 T-DMB 비디오 서비스의 부호화 파라미터와 AT-DMB 비디오 서비스의 부호화 파라미터의 선택에 따른 성능 변화를 조사하고, 동시에 계산량을 조사 분석한다. 또한, 3가지 부호화 모델에 따른 기저 계층과 향상 계층의 복잡도 및 성능 변화를 영상 시퀀스별로 조사 분석하고, 끝으로 IV장에서는 결론을 맺는다.

II. T-DMB/AT-DMB 부호화 기술

네트워크를 통한 멀티미디어 서비스에서 SVC의 목적은 일정한 비트율에서 화질을 좋게 만드는 것이다. SVC는 H.264/AVC의 확장된 개념으로 H.264/AVC의 부호화는 하나의 비트스트림만을 생성한다. 이에 비하여 SVC는 H.264/AVC의 부호화 계층을 참조하여 여러 개의 계층을 추가 압축한다. 즉, H.264/AVC를 기저계층이라 한다면 추가 압축하는 계층을 향상계층이라 한다. 기저 계층이란 독립적으로 복호 가능한 비트스트림이며 향상 계층은 기저 계층에 있는 비트스트림을 개선하기 위해서 사용되는 추가 비트스트림이다. 향상계층은 독립적으로 복호할 수 없고, 기저계층을 참조하여 복호할 수 있다. SVC는 여러 개의 비디오 계층을 하나의 비

트스트림으로 부호화 가능하며, 각 층은 각각의 비트율, 프레임율, 영상크기 및 화질을 가질 수 있다. 하지만 T-DMB 고도화 망에 적합한 SVC기술을 적용하기 위해 몇 가지 고려사항을 가진다. 첫째로 기존의 T-DMB와 호환성을 유지하기위해 기저계층은 최대 CIF급 해상도에 30Hz를 지원해야하며 H.264 Base-line Profile 규격 (ITU-T Rec.H.264 | ISO/IEC 14496-10 Annex A.2.1)에 맞게 부호화 되어야 한다. 두 번째는 DMB망에서 DMB 단말의 성능 제약으로 인해 SVC가 지원하는 화질 신축성 (Scalability) 중 복잡도가 큰 FGS(Fine Granular Scalability)에 대한 실시간 복호는 고려하지 않는다. 세 번째 GOP 순서는 B프레임을 제외하고 I프레임과 P프레임으로 구성한다. SVC의 복잡한 기능들이 많이 있으나 본 실험에서는 위의 세 가지 사항을 고려해서 실험을 하였다. 또한 기저계층은 CIF급에 30Hz, 약 400Kbps의 목표 비트량으로 부호화 하며, 향상계층은 4CIF(704x576)급에 30Hz, 약 1.1Mbps로 부호화 하였다. 그림 1은 T-DMB/AT-DMB를 위한 GOP 순서[1]를 나타낸 것이고, 그림 2는 T-DMB/AT-DMB를 위한 Encoder 구조를 나타낸 것이다.

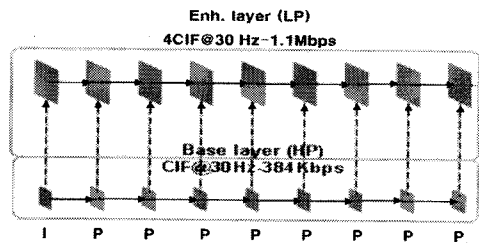


그림 1. T-DMB/AT-DMB를 위한 GOP구조
Fig. 1 GOP Structure for T-DMB/AT-DMB

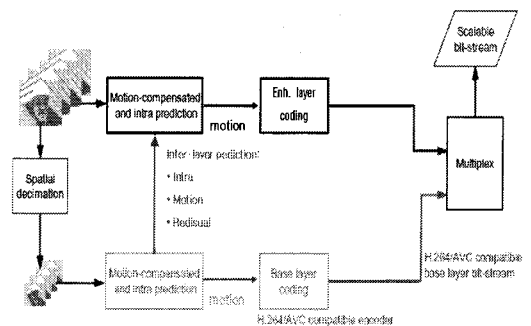


그림 2. T-DMB/AT-DMB를 위한 Encoder구조
Fig. 2 Encoder Structure for T-DMB/AT-DMB

III. 복잡도 분석

3.1 실험조건

본 실험을 위하여 SVC 코덱은 JVT 공식 Reference Software 인 Joint Scalable Video Model (JSVM) 9.1 [2]을 사용하였다. 본 실험을 위하여 사용된 실험영상의 정보를 표 1에 보였다. 모든 실험은 Intel(R) Core(TM)2 CPU 6400 @ 2.13Ghz 1.00GB RAM 컴퓨터에서 수행시간을 측정하였다.

표 1. 실험영상
Table.1 Test Sequence

Test Sequence	Crew	Soccer
Number of Frames	150	150
Frame Rate(Hz)	30	30
Resolution	CIF, 4CIF	CIF, 4CIF

본 실험에서는 비교의 기준이 되는 Anchor를 먼저 설정 하였다. 또한 SVC는 최소 두 가지 설정을 해야 한다. 먼저 공통설정을 해야 하고, 그 다음에는 계층 수만큼 계층설정을 해야 한다. 여기서 Layer0은 T-DMB용 기저 계층이고 Layer1은 AT-DMB용 향상계층을 나타낸다. 공통설정은 시퀀스 전체 계층들에 공통적으로 적용되는 값이 포함되고 계층설정은 각 계층마다 별도로 설정 가능한 값들을 포함한다.

3.2 파트별 복잡도 분석

공통설정에서 크게 3가지 파트로 나누어 실험을 하였고 마찬가지로 계층설정도 3가지 파트로 나누어 실험하였다. 표 2는 파트별 파라미터 분류를 나타낸다.

표 2. 파트별 파라미터의 분류
Table. 2 Classification of Coding Parameters

설정	파트	파라미터
공통설정	Coding Structure	Number Reference Frames, IntraPeriod
	Loop Filter	LoopfilterDisable
	Motion Search	SearchMode, SearchFuncFullPel, SearchRange
계층설정	부호화모드	SymbolMode
	H.264/AVC 확장	FRExt
	SVC 관련 파트	InterLayerPed

표 3은 Crew 영상에 대한 실험결과를 나타낸 것이고, 표 4는 Soccer 영상에 대한 실험결과를 나타낸 것이다.

표 3. Crew 영상에 대한 실험결과
Table. 3 Test Results for Crew Sequence

Parameter	변수	수행시간	비트율(kbps)		PSNR(dB)	
			BL	EL	BL	EL
NumReferenceFra	1	718.40	408.69	1220.85	33.29	33.94
	2	722.85	408.72	1220.91	33.29	33.94
	3	724.92	408.72	1220.91	33.29	33.94
IntraPeriod	4	573.68	545.37	1551.73	33.67	34.15
	16	691.64	433.69	1283.35	33.39	33.98
	32	710.34	416.88	1243.62	33.33	33.96
	64	718.40	408.69	1220.85	33.29	33.94
Loopfilter	0:On	718.40	408.69	1220.85	33.29	33.94
	1:Off	717.12	423.42	1287.23	32.87	33.65
SearchMode	0:Block	12501.2	408.92	1225.88	33.31	33.95
	4:Fast	718.40	408.69	1220.85	33.29	33.94
SearchFuncFullPel	0:SAD	718.40	408.69	1220.85	33.29	33.94
	1:SSE	720.48	408.18	1219.27	33.28	33.94
	2:HAD	1426.60	408.77	1214.42	33.32	33.95
SearchRange	3:SADYUV	864.47	406.09	1212.12	33.29	33.94
	32	718.40	408.69	1220.85	33.29	33.94
	64	1122.05	408.38	1222.38	33.28	33.94
	96	1588.20	407.96	1223.02	33.29	33.94
InterLayerPed	EL:adap	718.40	408.69	1220.85	33.29	33.94
	EL:no	320.65	408.69	1403.83	33.29	33.90
	EL:yes	95.32	408.69	1683.25	33.29	33.55
SymbolMode	EL:CAVLC	718.40	408.69	1220.85	33.29	33.94
	EL:CABAC	759.03	408.69	1134.08	33.29	33.94
FRExt	EL:Off	718.40	408.69	1220.85	33.29	33.94
	EL:On	891.94	408.69	1206.16	33.29	33.98

표 4. Soccer 영상에 대한 실험결과
Table. 4 Test Results for Soccer Sequence

Parameter	변수	수행시간	비트율(kbps)		PSNR(dB)	
			BL	EL	BL	EL
NumReferenceFra	1	668.59	367.10	1101.60	33.14	32.85
	2	623.42	367.13	1101.66	33.14	32.85
	3	642.65	367.13	1101.66	33.14	32.85
IntraPeriod	4	539.14	552.83	1699.43	33.69	33.18
	16	640.27	400.67	1206.25	33.40	33.00
	32	642.37	376.42	1129.64	33.23	33.00
	64	668.59	367.10	1101.60	33.14	32.85
Loopfilter	0:On	668.59	367.10	1101.60	33.14	32.85
	1:Off	623.42	377.88	1148.07	32.95	32.70
SearchMode	0:Block	11935.6	364.34	1093.80	33.18	32.86
	4:Fast	668.59	367.10	1101.60	33.14	32.85
SearchFuncFullPel	0:SAD	668.59	367.10	1101.60	33.14	32.85
	1:SSE	587.86	368.24	1104.04	33.15	32.84
	2:HAD	1475.97	367.29	1101.07	33.18	32.84
	3:SADYUV	779.61	367.49	1102.69	33.17	32.85
SearchRange	32	668.59	367.10	1101.60	33.14	32.85
	64	825.03	367.86	1103.93	33.17	32.85
	96	1067.67	366.41	1100.41	33.18	32.85
InterLayerPed	EL:adap	668.59	367.10	1101.60	33.14	32.85
	EL:no	279.11	367.10	1248.79	33.14	32.76
	EL:yes	79.73	367.10	1591.92	33.14	32.12
SymbolMode	EL:CAVLC	668.59	367.10	1101.60	33.14	32.85
	EL:CABAC	607.64	367.10	1026.95	33.14	32.84
FRExt	EL:Off	668.59	367.10	1101.60	33.14	32.85
	EL:On	735.29	367.10	1104.57	33.14	33.00

*실험 결과 중 색이 있는 부분이 Anchor로 기준을 잡은 모델이다.

실험결과 공통설정에서의 Loopfilter는 사용하면 수행시간은 비슷하나 비트율이나 PSNR의 성능이 좋아진다. 또한 SearchFuncFullPel은 움직임 예측시 적합한 블록을 결정하는 계산 방법을 나타낸 것이다. 총 4가지의 변수를 가지고 비교를 해보았는데 그중 HADAMARD 계산방법을 사용할 경우 수행시간은 오래 걸리지만 비트율과 PSNR이 향상되는 것을 알 수 있다. 계층설정에서의 부호화모드 관련 파라미터 SymbolMode는 부호화시 CAVLC와 CABAC에 관한 파라미터이다. 현재 국내 T-DMB는 CAVLC를 사용하기 때문에 BL은 CAVLC로 고정하고 EL은 변수를 변화시켜 비교를 하였다. 실험결과 CABAC를 사용하면 수행시간과 PSNR은 크게 차이가 없지만 비트율이 줄어든다. SVC관련 파라미터인 InterLayerPel은 공간적 계층간[3] 참조를 위한 파라미터이다. 3가지 변수가 있는데 첫 번째는 계층간 참조를 적용적으로 수행하는 경우이고 두 번째는 하위 계층이 존재 하면 강제적으로 계층간 참조를 하는 경우이다. 세 번째는 계층간 참조를 전혀 하지 않는 경우이다. 수행시간만 보면 강제적으로 참조 하는 경우가 가장 짧지만 비트가 많이 발생하는 단점이 있다. 적용적으로 사용하는 경우 비트율과 PSNR이 가장 좋은 것을 알 수 있다.

3.3 모델에 따른 복잡도 분석

3.2의 결과를 바탕으로 Simple, Medium, Complex 모델을 설정하여 복잡도를 측정하였다. 표 5는 모델 설정을 위한 파라미터들의 설정 값을 나타낸 것이다. 표 6은 Crew영상을 모델별 실험한 결과이고 표 7은 Soccer영상의 모델별 실험한 결과실험 결과이다.

표 5. 파라미터 설정값
Table. 5 Coding Parameters

	Simple Model	Medium Model	Complex Model
LoopfilterDisable	1:Off	0:On	0:On
SearchMode	4:FastSearch	4:FastSearch	0:BlockSearch
SearchFuncFullPel	0:SAD	0:SAD	2:HADAMARD
SearchRange	16	32	64
SymbolMode	EL:CAVLC	EL:CAVLC	EL:CABAC
PRExt	EL:Off	EL:On	EL:On

표 6. Crew 영상의 모델별 실험 결과
Table. 6 Test Model Results for Crew Sequence

Model	수행 시간	비트율(kbps)		PSNR(dB)		비트율 (합)	PSNR (평균)
		BL	EL	BL	EL		
Simple Model	571.96	422.7856	1285.6512	32.8485	33.6523	1708.4368	33.2504
Medium-Model	834.81	408.7216	1206.2256	33.2934	33.9751	1614.9472	33.6343
Complex-Model	50361.21	399.5568	1103.3008	33.3262	33.9803	1502.8576	33.6533

표 7. Soccer 영상의 모델별 실험 결과
Table. 7 Test Model Results for Soccer Sequence

Model	수행 시간	비트율(kbps)		PSNR(dB)		비트율 (합)	PSNR (평균)
		BL	EL	BL	EL		
Simple Model	503.85	384.1488	1161.7984	32.9334	32.6947	1545.9472	32.8141
Medium-Model	735.17	367.1264	1104.6128	33.1352	32.9961	1471.7392	33.0657
Complex-Model	52108.03	361.2544	1013.0192	33.3405	33.0311	1374.2736	33.1858

Medium모델이 Complex모델에 비해 0.1dB내외의 거의 비슷한 압축 성능을 가지면서, 약 60배나 적은 수행시간의 감소 효과를 나타내었다. 3.2의 분석결과를 건주어 보면 Block Search와 같이 수행시간에 관계없이 최고의 압축률을 갖는 부호화 방식을 모두 포함하여도 Medium 모델에 비해 0.2dB 이상의 성능을 갖지 못한다. 따라서 제안한 Medium모델이 0.2dB 이하의 약소한 압축 성능 감소 내에서 수행시간이 두드러지게 감소시킬 수 있는 장점을 확인 할 수 있다. 그림 3은 비트율의 합과 PSNR 평균을 나타낸 모델이고 그림 4는 BL과 EL을 나타낸 것이다. 그림 5는 수행시간을 나타낸 것이다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 수행시간이 많이 차이 나는 이유는 Search Mode의 BlockSearch와 SearchFuncFullPel의 HADAMARD 변환의 영향의 기인한다.

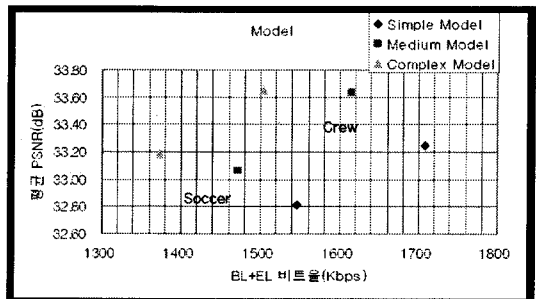


그림 3. (BL+EL) 비트율과 vs 평균 PSNR
Fig. 3 (BL + EL) Bit-Rate vs Average PSNR

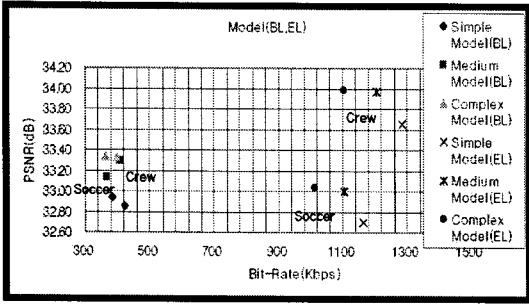


그림 4. BL, EL 비트율 vs PSNR
Fig. 4 BL/EL Bit-Rate vs PSNR

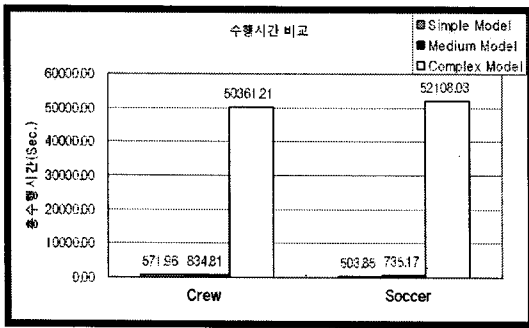


그림 5. Crew영상과 Soccer영상의 수행시간
Fig. 5 Processing Time for Crew/Soccer Sequence

IV. 결 론

본 논문은 T-DMB/AT-DMB 비디오 서비스를 위한 스케일러블 부호화기 모델에 따른 복잡도 및 성능 분석에 대하여 실험해 보았다. 실험결과 복잡도가 가장 큰 complex 모델은 medium 모델 보다 수행시간이 약 60배 이상 소요되거나 0.2dB 이하의 약소한 압축 성능 향상을 나타낸다. 그러므로 medium 모델과 같이 수행시간 대비 성능 효율이 좋은 모델이 AT-DMB의 성능 향상시킬 수 있을 것으로 본다. 본 논문에서 분석한 결과는 AT-DMB 비디오 서비스를 위한 SVC 부호화기의 표준 규격 설정에 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 전동산, 광상민 외 5인, "지상파 DMB 고도화 망에서의 스케일러블 비디오 부호화 기술," 전자공학회논문지-TC, 44권, 1호, pp.1-9, Jan. 2007
- [2] Joint Video Team, "JVM Software Manual (version JSVM 9.1)," ITU-T document, June 2007
- [3] Segall, C. A, Sullivan, G. J, "Spatial Scalability Within the H.264/AVC Scalable Video Coding Extension," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 17 no. 9, pp.1121-1135, Sept. 2007

저자소개

김진수 (Jin-soo Kim)



1991년 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1993년 한국과학기술원 전기및 전자공학과 (공학석사)

1998년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
1998년~2000년 삼성전자 선임연구원
2000년~현재 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 부교수
※관심분야: 멀티미디어스트리밍, 영상통신, SVC, 멀티미디어 컨버전스, 디지털방송

김규석 (Kyu-seok Kim)



2007년 한밭대학교 멀티미디어 공학전공 (공학사)
2007년~ 현재 한밭대학교 정보통신전문대학원 멀티미디어공학과 석사과정
※관심분야: 멀티미디어스트리밍, 영상통신, SVC

김필중 (Pil-Joong Kim)



2007년 한밭대학교 멀티미디어 공학전공 (공학사)
2007년~ 현재 한밭대학교 정보통신전문대학원 멀티미디어공학과 석사과정
※관심분야: 멀티미디어, 영상압축, 컴퓨터비전



이 시 웅(Si-Woong Lee)

1991년 경북대학교 전자공학과
(공학사)

1993년 한국과학기술원 전기및
전자공학과 졸업(공학석사)

1997년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)

1997년~2000년 삼성전자 선임연구원

2000년~현재 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 부교수

※관심분야: 멀티미디어, 영상압축, 컴퓨터비전



김 제 곤(Jae-Gon Kim)

1990년 2월 경북대학교 전자공학과
(학사)

1992년 2월 KAIST전기 및 전자공학과
(석사)

2005년 2월: KAIST전기 및 전자공학과(박사)

1992년 3월 ~ 2007년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원/
팀장

2001년 9월 ~ 2002년 11월: 뉴욕 콜롬비아대학교 연구원

2007년 9월 ~ 현재: 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신
공학부 조교수

※관심분야: 비디오 신호처리/코딩, 디지털방송 미디어, 미
디어 컨버전스, 멀티미디어 통신



최 해 철(Hae-chul Choi)

1997년 경북대학교 전자공학과
(공학사)

1999년 한국과학기술원 전기및
전자공학과 졸업(공학석사)

2004년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업
(공학박사)

2004년~ 현재: ETRI 전파방송 연구단 방송미디어연구그룹
선임연구원

2007년~ 현재: 과학기술연합대학원대학교 이동통신 및 디
지탈방송공학겸임 조교수

※관심분야 : 영상통신, 영상분할, 비디오부호화, SVC,
MPEG Video, ITU-T VCEG