

# 스케일러블 비디오 부호화와 AT-DMB

김재곤\*, 김진수\*\*, 최해철\*\*\*, 강정원\*\*\*  
\*한국항공대학교, \*\*한밭대학교, \*\*\*ETRI  
jgkim@kau.ac.kr

## Scalable Video Coding and its Application to AT-DMB

Jae-Gon Kim\*, Jin-soo Kim\*\*, Haechul Choi\*\*\*, and Jung Won Kang\*\*\*  
\*Korea Aerospace University, \*\*Hanbat National University, \*\*\*ETRI

### Abstract

This paper presents a brief overview of scalable video coding (SVC) with a focus on spatial scalability and its application to Advanced Terrestrial-DMB (AT-DMB). By adopting SVC with two spatial-layers and hierarchical modulation, AT-DMB provides standard definition (SD)-level video while maintaining compatability with the existing CIF-level video. In this paper, we suggest a layer-configuration and coding parameters of SVC which are well suit for an AT-DMB system. In order to reduce extremely large encoding time resulted by an exhaustive search of a macroblock coding mode in spatial scalability, we propose a fast mode decision method which excludes redundant modes in each layer. It utilizes the mode distribution of each layer and their correlations. Experimental results show that a simplified encoding model with the method reduces the computational complexity significantly with negligible coding loss.

### I. 서론

스케일러블 비디오 부호화(SVC: Scalable Video Coding)는 H.264/AVC의 확장 표준으로 ISO/IEC MPEG과 ITU-T VCEG의 JVT(Joint Video Team)에 의해 2007년 7월 표준이 완료되었으며[1], 일부 추가적인 기술들에 대한 Phase 2 표준화가 현재 진행 중이다.

SVC는 시간, 공간, 화질 영역에서의 다차원의 복합 스케일러블리티를 제공하며, 다양한 네트워크 특성, 이종의 단말 성능, 사용자의 선호도 등으로 특징지어지는 컨버전스 환경에 적합한 새로운 비디오 부호화 방식이다. 즉, SVC는 단일 압축 비디오에 시간, 공간, 화질 영역에서의 다 수의 계층을 내재함으로써 아주 간단한 적응(adaptation) 처리만으로 이종 소비환경에서 요구되는 다양한 비트율, 화면 해상도, 시간 해상도의 비디오에 해당하는 비트스트림을 추출, 재생할 수 있게 한다.

또한 SVC의 가장 낮은 공간 해상도를 가지는 공간적 기본계층(base layer)은 H.264/AVC와 완벽한 호환성을 가진다. 단일계층의 H.264/AVC 대비 10% 이내의 유사한 압축효율을 가지면서 다차원의 복합 스케일러블리티를 제공함으로써 기존의 MPEG-2, MPEG-4의 스케일러블리티의 압축효율 저하 및 제한된 범위의 스케일러블리티 제공 등의 문제점을 해결하였다. 따라서 SVC는 통방융합의 컨버전스 환경에 적합한 고압축효율의 스케일러블 코덱으로 모바일 TV, 무선 스트리밍 응용 등에 널리 채택될 것으로 기대된다.

지상파 DMB(T-DMB: Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting)는 2005년 말 수도권에서 상용 서비스를 시작하여, 현재 고음질, 다채널의 오디오와 CIF급 비디오뿐만 아니라 데이터 서비스까지 제공하는 새로운 모바일 멀티미디어 방송으로 자리 잡고 있다. 세계적으로도 T-DMB와 함께 DVB-H 및 MediaFLO 등의 모바일 방송 서비스가 확산되고 있다.

모바일 방송 서비스가 확산됨에 따라 고해상도 단말을 수용하기 위한 고화질 서비스에 대한 요구가 증대되고 있다. 이에 따라 T-DMB의 유효 데이터 전송률의 증대를 통한 SD(Standard Definition)급의 고화질

비디오 서비스를 제공하기 위한 Advanced T-DMB (AT-DMB) 기술이 개발되고 있다[3]. AT-DMB는 계층변조(hierarchical modulation)를 통하여 T-DMB의 유효 데이터 전송율을 갖는 HP(High Priority) 채널 외에 추가적으로 동일한 유효 데이터 전송율의 LP 채널을 얻을 수 있다[3][4].

계층변조에 의해 추가 확보된 LP 채널은 추가 서비스 채널로 활용할 수 있지만, AT-DMB는 SVC의 공간 스케일러빌리티를 채택하여 기존 T-DMB에 해당하는 VGA급 해상도를 기본계층으로 하고 SD급 해상도를 향상계층(enhancement layer)으로 구성하여 2-공간계층으로 부호화함으로써 T-DMB와 역호환성을 유지하면서 고화질의 비디오를 서비스를 가능하게 한다. 즉, T-DMB 단말로는 QVGA 품질로, AT-DMB 단말로는 VGA 품질의 비디오 서비스를 제공받게 된다.

본 논문에서는 최근 표준화가 완료된 SVC 표준을 공간 스케일러빌리티를 중심으로 간략히 소개하고, 이를 AT-DMB에 적용하기 위한 부호화 기법을 기술한다. 특히, SVC의 공간 스케일러빌리티는 계층간 예측이 추가됨으로써 향상계층의 부호화의 복잡도가 급격히 증가함에 따라 복잡도를 줄이기 위한 고속 부호화 기법에 대해서 기술한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 SVC의 공간 스케일러빌리티 부호화 기법을 소개하고, 3 장에서는 AT-DMB를 위한 SVC 부호화기의 구성과 복잡도 분석에 대해서 기술한다. 4 장에서는 복잡도를 고려한 AT-DMB용 SVC 부호화기 모델을 제안하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 스케일러블 비디오 부호화

### 2.1 SVC 개요 및 표준화 동향

SVC 표준화는 2003년 3월 ISO/IEC MPEG-21 (Part 13)에서 표준화를 시작하여, 2005년 1월 홍콩 회의에서부터 JVT에서 MPEG-4 Part 10 AVC(H.264) Amd. 3으로 표준화가 진행되어 2007년 7월 스위스 로잔 회의에서 1 단계 표준에 대한 개정 표준안(FDAM: Final Draft Amendment)[1][2]을 완료하였다.

SVC는 계층 부호화 기법과 비트플레인(bitplane) 산술부호화(arithmetic coding) 기법을 기반으로 시간, 공간, 화질적 스케일러빌리티를 제공한다. 계층 부호화 기법은 기본계층은 각각 축소된 시공간 해상도 및 화질을 포함하고 향상계층은 기본계층간 예측 및 화면간 예측을 통하여 부호화 된다. 공간적 스케일러빌리티(spatial scalability)는 입력 영상 시퀀스를 하향 표본화를 통해 하위 공간 해상도의 시퀀스를 구성하고 하위계층에 입력한다. 시간적 스케일러빌리티(temporal

scalability)는 각 공간 해상도 계층의 입력 비디오에 Hierarchical B picture를 적용하여 지원한다. 화질적 스케일러빌리티(quality scalability)는 CGS(Coarse Grain Scalability)의 경우, 각 계층이 동일한 공간 해상도를 갖는 특별한 경우의 공간적 스케일러빌리티로 각 계층마다 양자화 계수만을 변경하여 화질적 계층을 제공한다. 반면에 MGS(Medium-Grain Quality Scalability)는 하나의 공간 해상도 계층에서 양자화 오차신호를 하위 화질계층 보다 작은 양자화 계수 값으로 보정하여 화질을 계층별로 향상하는 부호화하는 방식으로 보다 다양한 비트율을 제공한다. FGS(Fine-Grain Scalability)는 2 scan 기법 및 cyclic 부호화 기법을 이용하여 부호화함으로써 전체 프레임에서 각 블록별로 낮은 주파수의 값들부터 순서대로 전송하여 점진적인 화질 향상이 가능하도록 하는 것으로 Phase 2에서 표준화 중이다.

### 2.2 공간적 스케일러빌리티

공간적 스케일러빌리티는 공간 해상도에 따라 작은 해상도에서 큰 해상도로 피라미드 형태의 계층을 구성하고 각 공간적 계층 부호화기로 부호화한다. 이 때 각 계층은 독립적으로 부호화할 수도 있지만 하위계층의 부호화 결과인 복원된 화소값, 움직임 정보, 잔여신호(residual) 및 구문정보(syntax elements) 등을 상위 계층에서 이용하는 계층간 예측(inter-layer prediction)으로 부호화 효율을 높인다. 이를 각각 계층간 화면내(intra) 예측, 계층간 움직임 예측, 계층간 잔여신호 예측이라고 한다.

계층간 화면내 예측은 현재 매크로블록(MB)에 대응된(co-located) 하위계층의 8x8 부매크로블록(sub MB)이 이 화면내 부호화된 경우 이를 상향 표본화하여 향상계층의 예측 신호로 사용한다(I-BL mode). 이때 하위계층의 화면간 블록은 사용하지 않으므로써 복잡도 증가를 방지하는 single-loop decoding만 사용한다.

계층간 움직임 예측은 대응 하위계층이 화면간 부호화된 경우 하위계층의 매크로블록 분할(partitioning) 정보와 움직임 벡터를 재사용 한다. 이때 움직임 벡터는 두 계층의 해상도 비율에 따라 크기를 조정하고 이를 포함한 모든 움직임 정보를 향상계층에서 그대로 사용하거나 움직임 벡터의 예측값으로 사용한다. 계층간 잔여신호 예측은 하위계층의 잔여신호를 상향 표본화하여 현재 계층의 잔여신호의 예측값으로 선택적으로 사용한다.

이와 같이 공간적 스케일러빌리티 부호화에서는 윌-왜곡 비용(rate-distortion cost)을 최소화하도록 하위계층의 예측 부호화를 선택적으로 부호화하여 부호화 효율을 높일 수 있다. 그러나 반복적인 RD-cost의 계산

으로 인한 많은 계산량이 요구됨에 따라, 하위계층의 부호화 정보를 활용하여 RD 성능을 저하하지 않으면서 불필요한 계산을 줄이는 연구가 필요하다.

### III. AT-DMB용 SVC 부호화기

#### 3.1 공간 확장성 SVC 부호화기

그림 1은 AT-DMB의 서비스 구성 예를 도시한 것이다. 계층변조에 의한 HP 채널 및 LP 채널의 전체 가용 데이터 전송율은 2 Mbps이고 이중에서 LP 채널은 0.9~1.1 Mbps이다. 이와 같은 대역할당에서 2-계층의 공간 스케일러빌리티를 갖는 SVC를 채택하여 T-DMB와 호환성을 유지하면서 SD 급의 비디오를 제공한다.

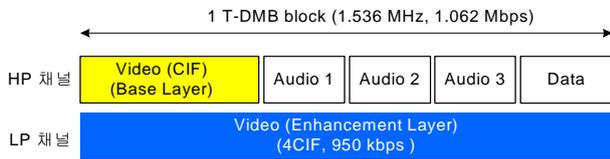


그림 1. AT-DMB의 서비스 구성예

그림 2와 같이 기본계층은 T-DMB 비디오 표준인 H.264/AVC 베이스라인 프로파일의 레벨 1.3과 호환성을 갖도록 CIF@30Hz로 하고 향상계층은 4CIF@30 Hz의 시공간 해상도를 갖도록 구성한다. 주어진 가용 전송율에서 CIF 및 4CIF 해상도의 비디오를 계층적으로 제공하기 위해서 향상계층은 화면내, 화면간 예측뿐만 아니라 계층간 예측을 효과적으로 이용하여 부호화 효율을 극대화 한다.

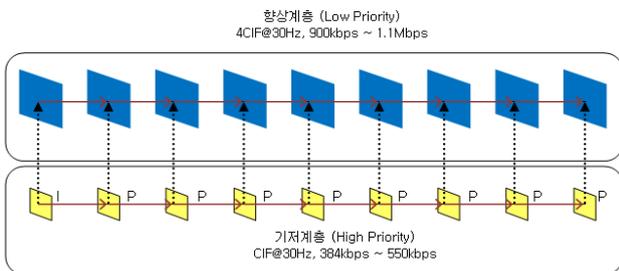


그림 2. 2-공간계층 SVC 프레임 구성

SVC의 공간적 스케일러빌리티를 이용한 AT-DMB 비디오 부호화에서 다음의 문제점들을 고려하여야 한다. 우선 각 계층간의 최적의 동적 대역할당을 고려할 수 있으며, 본 논문에서는 비교적 간단한 부호화기의 구현과 전송을 양 계층의 비트열 처리를 위하여 그림 2와 같이 계층간 고정 대역할당을 가정한다. 더불어

계층간 대역할당을 위한 율 제어가 요구된다. 본 논문의 실험에서는 MPEG-2 TM 5에 기초한 간단한 고정 비트율 제어기법을 적용하였다. 또한 언급한 바와 같이 공간 스케일러빌리티에서의 매크로블록 레벨의 모드 결정을 위한 과도한 복잡도 증가는 SVC의 실제적인 적용을 어렵게 할 수 있다.

#### 3.2 부호화 모드의 통계적 특성

공간적 스케일러블 SVC에서 부호화 모드의 통계적 특성에 기반한 고속 모드 결정에 대한 연구로 일반적인 공간적 스케일러빌리티에서 특정 모드에 대한 향상계층의 고속 결정 기법을 제시하였다[5][6]. 본 논문에서는 3.1에서 제시한 AT-DMB용으로 구성된 2-공간계층 SVC 부호화의 각 계층의 부호화 모드의 통계적 분포 및 계층간의 상관성(correlation)을 분석하고, 이를 바탕으로 매크로블록 부호화 모드 제한을 통한 고속 부호화 모델을 제시한다. 부호화 모드의 통계적 특성을 추출하기 위하여 다음 표 1과 같은 실험조건을 사용하였으며, 부호화 파라미터는 T-DMB 규격을 만족하도록 설정하였다.

표 1. 실험조건

coding rate	Base	550 kbps
	Enhancement	950 kbps
spatial/temporal resolution	Base	CIF, 30 Hz
	Enhancement	4CIF, 30 Hz
coding option used	reference frame number is 1 MV search range is 32 CAVLC, loop filter, adaptive inter-layer prediction	
test sequences	City (300 frames), Harbour (300 frames), Ice (300 frames)	
Codec	JSVM 9.1	
test platform	Intel Core2@2.13 GHz, 1 GB RAM	

그림 3은 P 슬라이스에 대한 기본계층(CIF 해상도)과 향상계층(4CIF 해상도)의 부호화 모드의 빈도를 나타내고 있다. CIF 계층에서는 대부분의 블록들이 화면간 예측 부호화로 결정되며 이로 인한 skip 모드가 많은 부분을 차지한다. 4CIF 계층에서는 CIF 계층에 많은 의존성을 가지고 있으며 잔여신호 부호화 결과가 매우 많이 반영됨을 알 수 있다.

이러한 기저계층과 향상계층의 부호화 모드 분포의 상관성의 분석을 통하여 향상계층의 부호화 모드가 기저계층의 결과에 크게 의존적임을 확인하였다[7]. 즉, 그림 5의 예에서와 같이 결정된 기저계층의 부호화 모드에 따라 향상계층에서 3-8 가지의 부호화 모드가 90% 이상을 차지함을 알 수 있다.

V. 결론

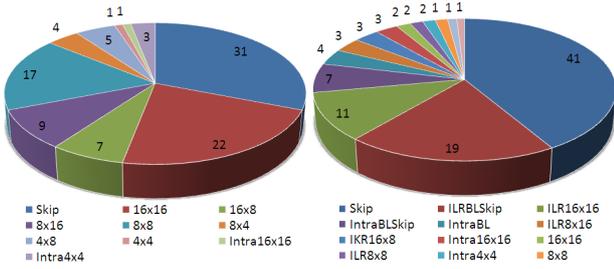
본 논문에서 최근 표준화가 완료된 SVC 기술을 공간적 스케일러빌리티를 중심으로 간략히 소개하고, 이를 AT-DMB에 적용하여 기존 T-DMB의 CIF 급 화질과 SD 급의 고화질을 계층적으로 서비스하기 위한 SVC 부호화기의 규격 및 구조를 제시하였다. 공간 확장성으로 인한 복잡도 감소를 위해서 AT-DMB용으로 구성된 2-공간계층 SVC 부호화기에서 각 계층의 부호화 모드 분포 및 계층간의 통계적 상관성 분석하고, 이를 바탕으로 각 계층에서의 후보 부호화 모드를 제한함으로써 계산량을 반 이상 줄이면서 부호화 효율을 유지할 수 있는 부호화 모델을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 ETRI [2006-S-017-01, 지상파 DMB 전송 고도화 기술 개발]과 GRRC 「차세대방송미디어기술 연구센터」의 지원으로 수행되었음.

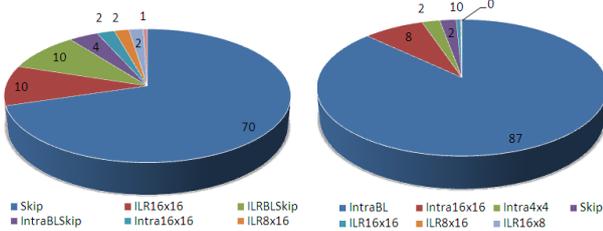
참고문헌

- [1] T. Wiegand, G. J. Sullivan, J. Reichel, H. Schwarz, and M. Wien, *Joint Draft 11 of SVC Amendment*, Joint Video Team, Doc. JVT-X201, July 2007.
- [2] J. Reichel, H. Schwarz, and M. Wien, *Joint Scalable Video Model 11 (JSVM 11)*, Joint Video Team, Doc. JVT-X202, July 2007.
- [3] 이광순, 임종수, 이수인, "Advanced T-DMB 기술", 한국통신학회지, 제25권, 4호, pp. 56-61, 2008년 3월.
- [4] 전동산 외, "지상파 DMB 고도화 망에서의 스케일러블 비디오 부호화 기술", 대한전자공학회 전자공학회지, 제44권, 1호, pp. 1-9, 2007년 1월.
- [5] 이범식 외, "공간적 스케일러블 비디오 부호화에서 계층간 모드 고속 결정 방법", 방송공학회논문지, 제4권, 7호, pp. 360-372, 2007년 12월.
- [6] H. Li, Z. Li and C. Wen, "Fast mode decision algorithm for inter-frame coding in fully scalable video coding," *IEEE Trans. Circuits and Syst. Video Technol.*, vol 16, no. 7, pp. 889-895, July 2006.
- [7] 김규석 외, "T-DMB/AT-DMB 비디오 서비스를 위한 스케일러블 부호화기 모델에 따른 복잡도 및 성능 분석", 한국해양정보통신학회논문지, 제11권, 11호, pp. 2015-2020, 2007년 11월.



(a) 기본계층(CIF) (b) 향상계층(4CIF)

그림 3. P 슬라이스의 부호화 모드 빈도



(a) 기저계층: skip (b) 기저계층: Intra16x16

그림 4. 기저계층 모드에 따른 향상계층 부호화 모드

IV. 부호화기 모델 및 성능

3 장에서의 기술한 부호화 모드의 통계적 분포 및 계층간 통계적 상관성을 바탕으로 기본계층과 향상계층의 부호화 모드를 제한함으로써 복잡도를 줄일 수 있는 AT-DMB용 SVC 부호화기의 모델을 제시하고 그 성능을 분석한다.

우선 복잡도에 따라 simple, medium, complex의 3 가지 모델을 설정한다. complex 모델은 모든 부호화 모드를 포함하는 JSVM 9.1을 그대로 이용한 경우이고, simple 모델은 각 계층에서의 전술한 부호화 모드의 분포에 따라 그 빈도수가 80%를 포함하는 모드만으로, medium 모델은 95%를 포함하는 모드만으로 제한한 경우이다. 이때, 기본계층은 기본계층에서의 모드 빈도를 기준으로, 향상계층은 기본계층에서 결정된 각 모드에 대한 향상계층의 모드 빈도(즉, 계층간의 상관성)를 기준으로 하여 모델을 구성한다.

표 2. 부호화기 모델 R-D 성능 및 복잡도 비율

sequence	model	bitrate (kbps)	PSNR (dB)	time saving (%)
crew	simple	-11.7	-0.48	86.1
	medium	-0.1	-0.10	55.4
	complex	1502	34.96	1386 sec
soccer	simple	2.4	-0.35	86.1
	medium	-1.9	-0.10	55.4
	complex	1502	34.96	1538 sec