

# Multicast Broadcast Single Frequency Networks 서비스 영역 개선을 위한 SVC 비디오 전송방법

## SVC Video Transmission Method Improving Multicast Broadcast Single Frequency Networks Service Coverage

조용우\*, 이용현\*, 서덕영\*, 조재형\*\*

Yong-Woo Cho\*, Yong-Hun Lee\*, Doug-Young Suh\*, and Jai-Hyung Cho\*\*

### 요 약

본 논문에서는 MBSFN (Multicast Broadcast Single Frequency Networks) 영역에서 비디오 서비스 영역 (coverage)을 SVC (Scalable Video Coding)와 계층 차별적 변조 방법을 이용하여 개선시킴을 보였다. 계층적으로 압축된 SVC 비디오 데이터의 각 계층에 따라 변조 방법을 다르게 적용하고, 또한 Raptor FEC (Forward Error Correction)를 이용함으로써 기존의 단일계층 AVC (Advanced Video Coding) 비디오를 이용하는 것 보다 최소 품질의 서비스 영역을 제공 할 수 있다는 것을 증명 하였다.

### Abstract

In this paper, a method for transmitting layered SVC streams in differentiated MBSFN channels is presented. Scalable coded video streams are transmitted in modulation channels of different efficiency that it achieves reduced resource consumption compared to non-scalable AVC stream. When utilizing with Raptor FEC, the combined effect is enhanced service coverage with providing minimum video quality at the edge of the service area, than the case of AVC.

Key words : MBSFN, SVC, modulation, resource block, Raptor code

### I. 서 론

최근 모바일 기기의 발전과 무선 네트워크의 발전으로 모바일 기기를 이용한 멀티미디어 서비스의 시장이 크게 확대되고 있다. 이로서 서비스 사업자들은 사용자 누구에게나 좋은 품질의 서비스를 하기 원하고 사용자 역시 언제 어디서든 좋은 품질의 서비스를 기대하고 있다. 그러나 경로 손실 (path loss), 페이딩

(fading) 및 간섭 (interference)과 같은 여러 가지 이유로 셀 경계 지역까지 셀 중심 부분과 동일한 품질의 서비스를 하는 것은 매우 어려운 일이다. 이에 비동기식 이동통신 표준화 기구인 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project, 3gpp.org) MBMS (Multimedia Broadcast / Multicast Service)에서는 MBSFN (Multicast Broadcast Single Frequency Networks) 방식 표준화를 진행하고 있다[1]. MBSFN 기술은 두 개 이

\* 경희대학교 전자정보대학 전자전파공학과 (College of Electronic and Information, Kyunghee University)

\*\* 한국전자통신연구원 (Electronics and Telecommunications Research Institute)

· 제1저자 (First Author) : 조용우

· 투고일자 : 2010년 11월 19일

· 심사(수정)일자 : 2010년 11월 19일 (수정일자 : 2010년 12월 22일)

· 게재일자 : 2010년 12월 30일

상의 기지국들이 상호 동기화된 시간과 주파수로 전송에 참여함으로 높은 SINR (Signal to Interference-plus-Noise Ratio) 이득을 얻는 방송 기술이다. 일반적으로 MBSFN은 주파수 재활용에 의한 단일 기지국 방송 방법보다 4~7배 이상의 SINR 개선 효과가 있는 것으로 알려져 있다[2][3].

비디오 데이터의 압축방법에 대한 연구도 활발히 진행 중인 가운데 ITU-T와 ISO/IEC JTC1 의 JVT (Joint Video Team)에서 표준화된 H.264/MPEG-4 SVC (Scalable Video Coding)는 H.264/MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding)의 구조를 확장하여 품질적, 공간적, 시간적 계층으로 부호화하고 역 부호화하는 방법에 대한 표준이다[4]. 사용자의 수신 계층에 따라 차별화된 품질의 서비스가 가능한 장점이 있다[5].

이와 같은 SVC의 장점을 이용하여 MBSFN 영역 경계 지역에서의 비디오 서비스 품질을 향상시킴으로 서비스 영역을 더욱 개선시킬 수 있음을 보인다. SVC의 계층별 우선순위에 따라 서로 다른 변조 방법을 적용함으로써 서비스 영역의 차별화가 가능하다. 이때 각 변조 방법 별 서비스 가능 영역 및 전송 효율의 차이가 있기 때문에 동일한 품질로 압축된 단일 계층의 AVC 스트림에 비해, 동일한 무선 자원을 소모하면서도 우수한 서비스 영역을 보장 할 수 있다. 또한 동등한 비디오 품질로 서비스 할 때 물리계층의 자원 블록을 더 적게 소모 할 수 있는데, 만약 같은 양의 자원 블록이 할당 된다면 SVC 스트림은 여분의 자원 블록을 FEC (Forward Error Correction)로 활용하여 셀 경계지역에서의 서비스 품질을 더욱 향상 시킬 수 있게 된다. FEC는 멀티미디어 서비스와 같은 실시간 무선 통신의 손실 복구 방안으로 고안된 기술로서 우리는 3GPP MBMS의 표준으로 채택된 Raptor code를 사용하였다[6][7].

우리는 MBSFN에서 SVC와 계층 차별적 변조 방법을 이용하여 무선으로 비디오 서비스를 제공함에 있어 기존의 방법보다 서비스 영역이 개선됨을 확인하고자 한다.

II. MBSFN Channel 성능

3GPP의 Release-10 MBMS에서 채택한 MBSFN은 동기화 전송에 참여하는 셀의 개수가 늘어 갈수록 SINR이 개선되는 특징이 있다. 표 1 은 본 실험에 사용된 4가지 MBSFN 채널의 변조 방법 및 전송률과 자원 블록의 크기를 나타내고 있다.

표 1. MCS 등급 및 데이터 전송률, 자원 블록 크기  
Table 1. MCS level, data rates and resource block size.

MCS	Modulation	Code rate	Data rate(Mbps in 5MHz)	Block Size (Byte/BLK)
1	QPSK	1/6	1.0	125
2	QPSK	1/2	3.0	375
3	16QAM	1/2	6.0	750
4	64QAM	1/2	9.0	1125

MBSFN에 참여하는 셀의 개수가 같더라도 각 변조 방법 및 채널별로 전송 효율이 다르기 때문에 전송하려는 데이터의 특성과 목적에 따라 적절한 변조 방법을 적용할 수 있다. 그림 1은 MBSFN에 참가하는 셀의 개수가 7개 일 경우의 서비스 영역 대 BLER (Block Error Rate)을 보여주고 있다. BLER은 실제 전송되는 물리계층의 자원 블록에 대한 에러율 이다.

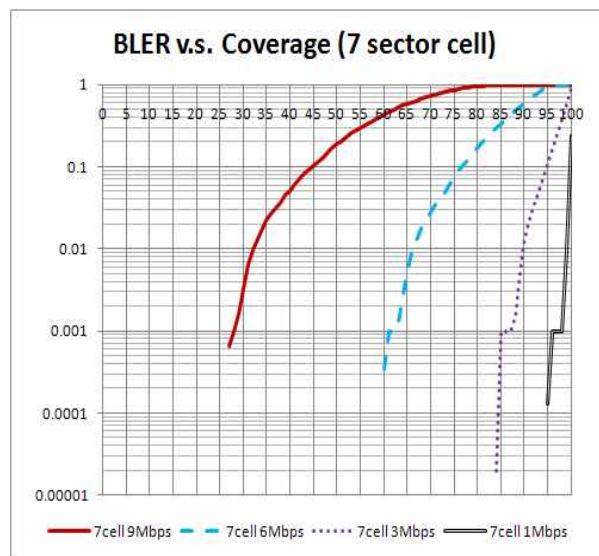


그림 1. MBSFN에 참여하는 셀이 7개 일 때 변조 방법 별 Coverage-BLER 곡선

Fig. 1. Coverage-BLER curve in 7 MBSFN sector layout.

제안하는 방법에서는 비트 율이 가장 높은 SVC의 고급계층 (Enhancement layer)은 그림1의 가장 왼쪽

곡선인 64QAM/9Mbps 채널을 사용하였고 상대적으로 적은 비트율의 기본계층 (Base layer)은 가장 오른쪽의 QPSK/3Mbps 채널을 사용하였다. 비교를 위한 기존 기술인 AVC는 16QAM/6Mbps 채널을 이용하였다.

### III. SVC 계층 차별적 변조 방법 적용

다음 그림2와 같은 방법으로 SVC의 계층에 따라 각각 다른 변조 방법을 적용시킨다. 이를 위해 응용 계층의 R-D 정보가 물리계층으로 전달이 가능해야 하기 때문에 계층 간 정보를 주고받을 수 있게 한다는 CLI (Cross Layer Interface)[8] 가 필요하게 된다.

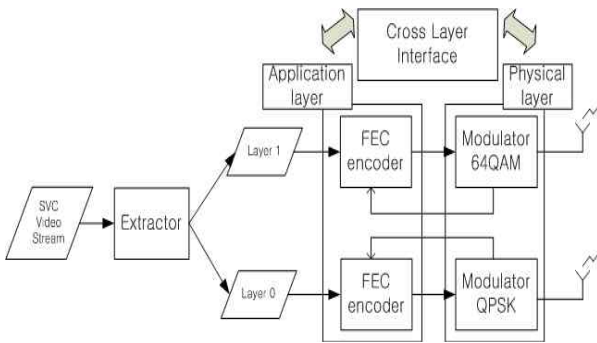


그림 2. SVC 계층별 다른 변조 방법 적용 블록도  
Fig. 2. Block diagram of SVC differentiated modulation.

각 변조 방법에 따라 하나의 자원 블록이 수용할 수 있는 비트수가 다르기 때문에 최종적으로 전송될 자원 블록의 개수에서는 차이가 나게 된다. SVC의 각 계층의 특성을 고려하여 그에 적절하게 변조 방법을 적용한다면 SVC 스트림이 AVC 스트림보다 더 적은 양의 자원 블록만으로도 서비스가 가능하게 된다. 이때 우리는 AVC에 비해 남은 자원 블록을 SVC의 FEC 블록으로 활용 할 수 있게 되면서 AVC 스트림보다 품질 좋은 서비스가 가능해 진다.

다음 표2 는 본 논문의 시뮬레이션에 사용된 비디오 데이터에 대한 정보를 나타내고 있다. 표2 에서와 같이 SVC의 비트율이 AVC의 비트율 보다 높은 것을 알 수 있다. 따라서 같은 변조 방법을 적용한다면 SVC는 AVC에 비해 특별한 이득을 얻기가 힘들다.

이에 우리는 SVC의 계층에 따라 서로 다른 변조 방법을 적용하여 최종적으로 전송될 물리계층의 자원 블록에서 SVC가 이득을 얻을 수 있게 할 수 있다.

표 2. 시뮬레이션에 사용된 영상 데이터의 정보  
Table 2. Information of video data that is used in the simulation.

Codec	AVC	SVC	
		Enh.	Base
Sequence	Soccer	Soccer	
Resolution / Frame rate	4CIF / 30Hz	4CIF / 30Hz	CIF / 30Hz
PSNR	35.2 dB	35.2 dB	27.2 dB
Bit-rate [Mbps]	2.42	2.29	0.26

다음 표3을 통해 FEC 블록이 적용되지 않았을 때의 각 변조 방법에 따른 물리계층의 블록개수와 FEC 블록이 적용되었을 때 물리계층의 블록개수를 알 수 있다.

표 3. 변조 방법에 따른 자원 블록과 FEC code rate  
Table 3. Resource block and FEC code-rate according to modulation methods.

Codec	AVC	SVC		
		Enh.	Base	Altogether
modulation (throughput)	16QAM (6Mbps)	64QAM (9Mbps)	QPSK (3Mbps)	
Block/s without parity	404	254	86	340
Block/s with parity	443	314	129	443
FEC Code rate (=k/n)	0.91	0.81	0.66	

그림 3은 위의 표를 통해 알 수 있는 물리계층의 자원 블록에 대한 구조를 나타내고 있다. 표3 과 그림3을 통하여 SVC의 계층별 다른 변조 방법을 적용하면서 얻어진 이득을 FEC 블록으로 사용하면 AVC와 SVC가 동일한 물리계층의 자원 블록을 사용하고 있음을 알 수 있다.

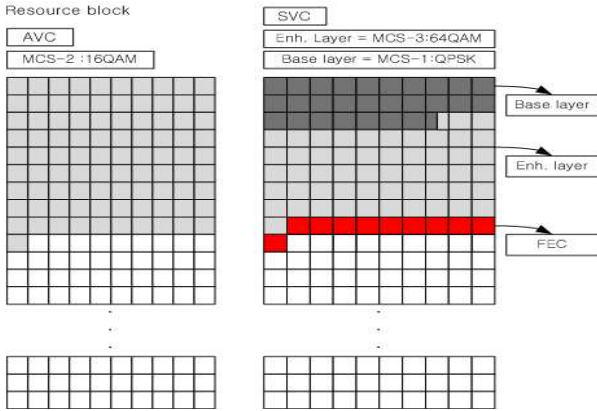


그림 3. 물리계층 자원 블록의 구조  
Fig. 3. Structure of physical layer resource block.

IV. MBSFN의 비디오 서비스 영역 확장

3GPP MBMS에 채택된 Raptor code의 손실복구에 대한 실패 확률은 다음 수식(1) 과 같다[9].

$$P_f(m, k) = \begin{cases} 1 & m < k \\ 0.85 \times 0.567^{m-k} & m \geq k \end{cases} \quad (1)$$

수식(1)에서 m은 Raptor FEC가 포함된 데이터가 채널을 통과 후 수신자에게 전달된 패킷의 개수이고 k는 송신자가 전달하고자 했던 소스 패킷의 개수를 나타낸다. 영상의 품질을 나타낼 수 있는 PSNR은 수식(1)과 2장에서 언급한 BLER을 이용하여 다음과 같은 수식(2)로 전개 할 수 있다.

$$PSNR_{Single} (dB) = \sum_{m=0}^n P_{sm} [PSNR_0 P_f(m, k) + PSNR_s (1 - P_f(m, k))] \quad (2)$$

$PSNR_0$ 는 서비스 환경이 원활하지 못했을 경우 그전 화면을 계속 보여줬을 때의 품질로 정의 된다. 그러므로 Raptor FEC를 이용해도 복구 하지 못했을 경우에는  $PSNR_0$ 의 품질이라 할 수 있다.  $PSNR_s$ 는 전송에 성공했을 경우 각 계층별 품질로 정의 된다. 다음 표4 에는 수식(1) 과 (2)에 사용된 기호들에 대한 설명을 나타내고 있다.

표 4. 수식에 사용된 기호정리  
Table 4. The symbols in the formula

$m$	전송된 패킷 수
$k$	원본 데이터 소스 패킷 수
$P_f$	Raptor FEC의 복구실패 확률
$P_{sm}$	n개의 패킷이 채널 통과 후 m개의 패킷을 받을 확률
$PSNR_{Single}$	최종 평균 PSNR
$PSNR_0$	최저 품질 PSNR
$PSNR_s$	전송 성공 시 layer 별 PSNR

시뮬레이션 결과는 그림4, 5, 6 과 같다. 그림 4는 MBSFN에 참여 하는 셀이 7개 일 때 셀 영역 별 PSNR을 나타낸다.

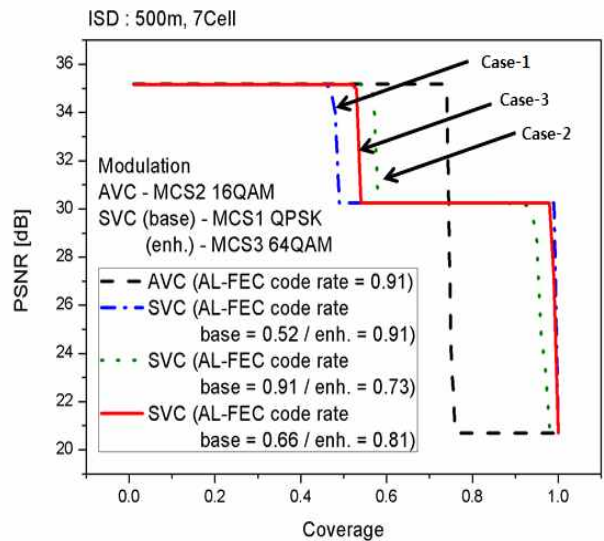


그림 4. MBSFN 참여 셀이 7개 일 때 PSNR-coverage 곡선  
Fig. 4. PSNR curves in 7 MBSFN sector layout.

그림 4를 보면 AVC와 SVC는 같은 품질의 PSNR로 서비스가 시작되어 셀 영역의 약 45% 지역까지는 동일함을 알 수 있다. 그 이후 약 75% 지역까지는 SVC가 AVC 보다 품질의 저하가 먼저 일어나게 되지만 75% 지역 이후부터는 AVC의 경우 급격하게 품질이 하락하고 있음을 알 수 있다. SVC의 경우에는 품질의 저하가 있을 경우 기본계층의 영상으로 서비스 할 수 있는 반면에 AVC는 단일 계층이므로 채널성능이 떨어지면 비디오의 품질도 최저 PSNR로 떨어지게 되는 것이다. 그림 4에서 보이는

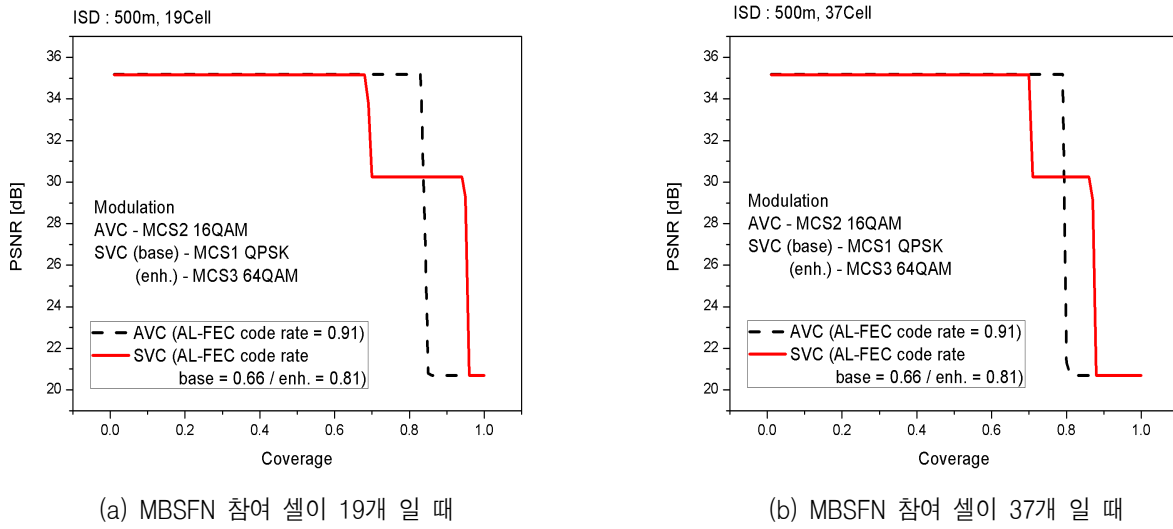


그림 5. MBSFN 참여 셀의 개수 별 PSNR-coverage 곡선

Fig. 5. PSNR curves in various MBSFN sector layout

case-1부터 case-3까지 3개의 곡선은 각 곡선마다 Raptor FEC블록의 비율차이로 FEC code-rate가 다를 때의 곡선을 각각 나타내 주고 있다. Case-3의 경우처럼 이득이 생긴 자원 블록을 SVC의 각 계층에 약 5:5로 나누어 적용했을 경우가 가장 넓은 서비스 영역이 확보됨을 알 수 있었다.

그림 5의 (a)는 MBSFN에 참여하는 셀의 개수가 19개 일 때, (b)는 37개 일 때 영역 별 PSNR곡선을 나타낸다. 7셀의 경우와 마찬가지로 SVC가 AVC 보다 먼저 서비스 품질의 저하를 보이지만 기본계층의 품질을 보여주고 있고 AVC 역시 일정 영역을 지나면 급격한 품질의 저하가 일어나고 있음을 알 수 있다.

이와 같은 결과를 통해 우리는 SVC를 사용한다면 MBSFN의 셀 경계 지역에서 AVC 보다 높은 품질의 비디오 서비스가 가능함을 확인 할 수 있다.

### V. 결 론

MBSFN 기반의 무선 통신 환경에 대해 분석하고 SVC와 계층별 다른 변조 방법을 이용하는 경우, 비디오 서비스 영역을 확장할 수 있음을 보였다.

그림4에서 기존 기술인 AVC는 비디오 서비스 영역을 셀의 약 75% 까지 확보하고 그 이후는 급격한 하락을 보인다. 반면 제안하는 SVC를 이용한 방법은 셀의 약 97% 에 가깝게 확보할 수 있음을 보였다. 현재 스마트폰 시장은 급속도로 확대 되고 있고, 그에 따라 셀룰러 네트워크로 하는 서비스도 늘어나고 있다. 그 중 멀티미디어 서비스는 큰 자리를 차지하고 있으며 QoS (Quality of Service)보장을 위한 연구도 활발히 진행 중에 있다. 이러한 흐름에 맞추어 시뮬레이션 결과를 통해 3GPP LTE와 같은 차세대 무선 네트워크 분야에서 품질 보장형 멀티미디어 전송 기술에 대한 방향성 및 가능성을 기대 할 수 있다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2010-(C1090-1011-0001))

### 참 고 문 헌

[1] 3GPP TS 25.346, "Introduction of Multimedia

Broadcast Multicast Service (MBMS) in the Radio Access Network (Rei.8)", *Mar.* 2008.

[2] Mattsson, A, "Single frequency networks in DTV", *IEEE Transactions on Broadcasting, Vol.51, Issue 4*, pp.413-422, Dec. 2004.

[3] Qualcomm Europe, "E-MBMS Performance Characterization", *R1-070819, TSG-RAN WG1 48th, St. Louis, USA*, Feb. 2007

[4] <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.264>, JVT.

[5] H.Schwarz, D. Marpe, T. Wiegand, "Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard," *IEEE Transaction on Circuits & System for Video Technology, Vol.17, Issue 9*, pp.1103-1120, Sep. 2007.

[6] <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/26346.htm>

[7] A. Shokrollahi, "Raptor Codes," *IEEE Transaction on Information Theory, Vol.52, No.6*, pp.2551-2567, June. 2006.

[8] M. Van der Schaar, N. Sai Shankar, "Cross-layer wireless multimedia transmission: challenges, principles, and new paradigms," *IEEE Wireless Communications Magazine, Vol.12, No.4*, Aug. 2005.

[9] M. Luby, T. Gasiba, T. Stockhammer, M. Watson, "Reliable Multimedia Download Delivery in Cellular Broadcast Networks," *IEEE Transactions on Broadcasting, Vol.53, Issue 1, Part 2*, pp.235-246, Mar. 2007.

조 용 우 (趙庸祐)



2010년 2월 : 경희대학교 전자공학과 (공학사)  
 2010년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자-전파공학과 석사과정  
 관심분야 : networked video, wireless data communication

이 용 헌 (李龍憲)



2006년 2월 : 경희대학교 전자공학과 (공학사)  
 2008년 2월 : 경희대학교 전자-전파공학과 (공학석사)  
 2008년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자-전파공학과 (공학박사 과정)

관심분야 : networked video, SVC, MPEG

서 덕 영 (徐德榮)



1980년 2월 : 서울대학교 핵공학과 (공학사)  
 1986년 6월 : 미국 조지아텍 핵공학과 (공학석사)  
 1990년 6월 : 미국 조지아텍 전기-컴퓨터공학과 (공학박사)

1990년 9월 ~ 1992년 2월 : 생산기술연구원 HDTV 연구단 선임연구원

1992년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자정보학부 교수  
 관심분야 : networked video

조 재 형 (趙宰亨)



2001년 5월 : 호주 모나쉬 대학교 (공학박사)  
 2005년 1월 ~ 2008년 : IEEE 802 그룹 표준화  
 2009년 2월 ~ 현재 : 3GPP SA Working Group 4 라포쳐  
 2001년 5월 ~ 현재 : 한국 전자 통신

연구원, 이동통신 연구부문, 책임 연구원  
 관심분야 : 인터넷 및 이동통신 분야 국제 표준화