

## HD 급 방송용 실시간 H.264 인코더 화질 비교

곽경철, 양진영, 배성포, 권동현, 정인명  
한국정보통신기술협회  
kc.kwak@tta.or.kr

### Video Quality Assessments and Comparisons of Real-time H.264 Encoders for HD Broadcasting Service

Kyungchul Kwak, Jinyoung Yang, Sungpo Bae, Donghyun Kwon, Inmyoung Jeong  
TTA(Telecommunications Technology Association)

#### 요 약

본 논문에서는 시장 점유율 상위를 차지하는 3 종의 해외 유명 제조사의 상용 HD 급 실시간 방송용 H.264 인코더의 화질 성능에 대해 전 기준 화질 평가를 통해 비교한다. 이를 위해 VQEG(Video Quality Experts Group) 등에서 배포하는 9 종의 기준영상을 이용하여 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 측정하였으며 인코더 별 성능 비교를 위해 9 종의 기준영상에 대한 평균 PSNR 과 인코더/디코더의 전체 지연시간을 측정하였다. 그 결과 장비 별로 조금씩 다른 특성 결과와 현재 H.264 인코더 시험 시 성능 평가의 애매한 부분이었던 화질에 대한 벤치마크 결과를 얻을 수 있었다. 본 논문의 실험 결과는 국산 방송용 인코더의 객관적인 성능 평가를 위한 지표로 사용될 수 있을 것으로 예측된다.

#### 1. 서론

급격한 방송 통신 기술의 발전으로 인해 최근 고품질 영상/음성을 웹, 공중파, 케이블, 위성 등 다양한 경로를 통해서 언제 어디서나 제공받을 수 있다. 또한, 이러한 콘텐츠를 휴대용 단말에서 대형 스크린에 이르기까지 다양하게 감상할 수 있다. 이와 같이 디지털 콘텐츠를 제한된 대역폭에 압축하여 효율적으로 전송하기 위한 인코더는 기존의 방송국에서만 아니라 구내/전관 방송 등으로 그 사용이 점차 확대되고 있다.

인코더 및 디코더에서 수행하는 동영상의 압축과 복원과정에는 손실압축으로 인해 일정부분 화질의 열화가 발생하게 된다. 따라서, 인코더로 인해 발생한 화질 열화를 측정하는 영상 화질평가 연구가 그간 이루어져 왔다[1] [2].

영상 화질평가 연구에서는 영상에 대한 최종적인 소비자가 인간이므로 발생한 화질 열화를 인간이 얼마나 인지할 수 있는지를 확인하는 주관적 화질평가가 필요하다. 하지만, 이러한 주관적 화질평가는 평가를 주최하는 모집단에 의존하고 시간과 비용 측면에서 많은 부담이 되며 모든 영상 콘텐츠를 인간이 사전에 화질 평가한다는 것은 불가능하므로 그 한계를 분명히 가지고 있다. 따라서, 이를 위해서 여러 가지 주관적 화질평가를 객관화하기 위한 기법들이 제안되었지만[3] [4] 현재까지 절대적인 기준으로 인정받지는 못하고 있다.

반면 객관적인 화질평가는 일반적으로 기준이 되는 '기준 영상'의 존재에 따라 전 기준(Full reference), 감소 기준(Reduced reference), 무 기준(No reference)로 나눌 수 있다[5]. 이중 본 고에서는 전 기준 화질 평가를 기반으로 실제

방송사 등에서 사용되고 있는 실시간 H.264 인코더의 화질을 비교하고자 한다.

전 기준 화질 평가 시에도 인간의 인지를 반영하는 여러 평가지표들이 있지만 본 논문에서는 최대한 객관화된 수치를 적용하기 위해 다양한 기준영상에 대한 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)를 이용하여 비교 분석한다.

TTA 에서는 2010 년부터 방송장비 시장 활성화를 지원하기 위해 방송장비시험인증센터를 운영 중이다[6]. 방송장비의 시험인증을 위해서 방송사, 제조사 및 관련 전문가들이 모여 실제적이고 의미 있는 인증기준을 제/개정해 왔으며 이중 영상/음성 압축을 위한 인코더와 관련된 인증기준은 현재 H.264 인코더/MPEG-2 인코더/N 스크린용 트랜스코더의 인증기준들이 있다[7] [8] [9].

인코더 인증기준에서는 화질과 지연시간 등 몇 가지 항목에서 합격/불합격을 위한 기준대신 측정치를 기록하는 것으로 기준을 대신하고 있는 항목들이 있다. 따라서, 방송장비 시험인증센터에서는 본 논문을 통해서 얻어진 결과를 이용하여 그간 인코더 인증기준에서 보완이 필요했던 화질평가에 대한 기준을 보완하고자 한다.

본 논문의 구성은 2 절에서 TTA 에서 제정한 'HD 급 방송용 H.264 인코더 TTA Verified 인증기준'을 간략히 소개하고 3 절에서 본 논문에서 사용하고 있는 화질평가 기법을 살펴 본 후, 4 절에서 화질 평가 결과를 소개한다. 끝으로 5 절에서 본 논문의 결론을 맺는다.

[표 1] H.264 인코더 시험항목 표

용도	분야	시험항목	시험내용	용도	분야	시험항목	시험내용
공통	외부 인터페이스	비디오 인터페이스	HDMI, SMPTE 292M, 259M, component, composite	공통	성능/품질	Lip Sync	비디오 오디오 간의 출력 시간 차
		오디오 인터페이스	HDMI, SDI/HD-SDI embedded, 아날로그 오디오			비디오 품질 측정	비디오 PSNR 측정
		출력 인터페이스	ASI, IP, RF 지일 확인 시험			인코더 지연시간 측정	소스 입력부터 인코더 출력까지 지연시간
		ASI/IP/RF출력	각 출력 인터페이스 별 영상 확인 시험			오디오 품질 측정	디코딩된 오디오 품질 측정
		전원	전원확인시험			다중화	다중화전송기능
	비디오 기능	파라미터 설정기능	인코딩 부호화, 시스템 파라미터 설정기능 시험	환경 시험	안정성		장시간 동작 시 안정성 시험
		비디오 부호화 기능	코덱의 Profile/Level 설정기능 시험		온습도	온습도 변화 시 동작 시험	
		비디오 포맷	해상도, scan방식, 화면비율, frame rate	HD급 방송용 H.264 추가	오디오 기능	복수 오디오 부호화	다수의 오디오 입력의 동시 부호화 시험
		GOP 구조	GOP size/GOP mode			오디오 pass-through	오디오 데이터의 pass-through
		압출률 범위 설정	지일 해상도별 압출률 설정 후 동작시험			자막 인터페이스	RS-232, HD-SDI
	CBR 설정	Constant Bit Rate	자막 부호화	자막 부호화 기능 시험			
	오디오 기능	오디오 부호화	오디오 부호화 방식	기타	동기신호입력	외부 동기신호, 비디오 동기신호, 자체 동기신호 시험	
		오디오주파수/채널비트율	부호화 별 샘플링 주파수, 비트율 시험		이중전원	이중전원 공급	

## 2. HD 급 방송용 H.264 인코더 TTA Verified 인증기준

H.264 인코더 시험인증규격개발을 위해 방송장비 시험인증센터는 방송사, 제조사, 학계 전문가로 구성된 H.264 시험규격개발위원회를 구성하였으며 총 9 회의 시험규격개발위원회 회의를 개최하여 H.264 인코더의 시험인증에 필요한 기준 및 절차를 일반용과 방송용으로 나누어 마련하였다. 이후 방송용, 일반용 각각 네 차례, 세 차례의 개정을 거쳐 시험인증 서비스를 제공 중이다[7].

시험인증 규격개발에 방송사와 제조사를 포함시킴으로 방송장비의 생산자와 소비자의 요구사항을 동시 반영함은 물론 이 과정에서 방송사에서 사용하고 있는 외산 장비의 사양과 비교해도 손색이 없도록 인증기준을 선정하여 추후 인증 받은 장비의 신뢰도 제고를 꾀할 수 있게 되었다.

H.264 인코더의 시험항목은 방송용과 일반용이 조금 다르지만 공통적으로 외부 인터페이스, 비디오 기능, 오디오 기능, 다중화, 기타, 성능/품질, 환경시험의 7 개 분야로 나눌 수 있다. 각각의 분야별 시험항목과 시험 내용에 대한 개괄적인 요약은 [표 1]에 정리되어 있다.

## 3. 전 기준 화질 평가 방법

앞서 언급한 바와 같이 본 논문에서는 전 기준 화질 평가 방법을 이용하여 실제 방송장비로 사용중인 실시간 H.264 인코더의 화질을 비교해 보려 한다. 이에 앞서, 본 논문에서 고려하고 있는 화질 분석 시험 구성은 [그림 1]과 같다.

그림에서 볼 수 있듯이 전 기준 화질 평가의 여러 수치 중 PSNR 을 이용하여 화질 평가 및 비교를 수행한다. 시험의 진행은 다음과 같다. 우선, PSNR/지연시간 분석기에서 전 기준용 영상을 HD-SDI(High-Definition Serial Data

Interface)로 인코더에 입력하고 인코더 출력을 디코더에서 디코딩하여 계측기에 입력해 원본과 비교하여 화질을 측정한다. 이때, TS/ES 분석기를 통해 인코더의 압출 설정이 제대로 되었는지 확인하며 방송용 모니터를 통해 디코더 출력이 정상적인지 동시에 확인한다.

PSNR 은 두 개의 기준영상과 시험영상간의 절대적 차이를 측정한 값이며 MSE(Mean Square Error)와 PSNR 계산의 두 단계 계산을 통해 얻어진다.

MSE 값은 영상의 모든 필드 혹은 프레임에서 모든 픽셀에 대해 계산되며 그 방법은 아래 식 (1)에서 정의된다.

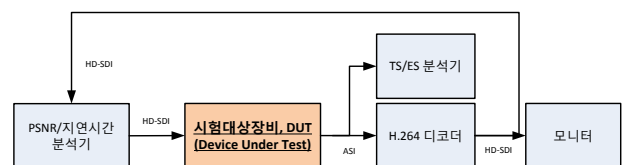
$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{y=1}^M \sum_{x=1}^N [I(x, y) - R(x, y)]^2, \quad (1)$$

여기서, M 은 영상의 수직 축 라인의 수이며 N 은 수평 축 라인의 수이다. 또한,  $I(x, y)$  과  $R(x, y)$  는 각각 영상의  $(x, y)$  좌표 위치에서의 기준영상의 값과 시험영상의 값이다. 따라서, MSE 값이 적을수록 두 영상간 차이가 작다고 볼 수 있다.

아래 수식 (2)는 위에서 계산된 MSE 값을 dB 단위 PSNR 로의 변환을 나타낸다.

$$PSNR = 20 \log_{10} \left( \frac{255}{\sqrt{MSE}} \right). \quad (2)$$

식(2)의 255 는 8bit 픽셀 데이터에 대해서 유효하며 시험에 사용되는 영상이 10bit 의 해상도를 가지면 이 값은 1023 으로 변경하여 계산 가능하다.



[그림 1] 전 기준 화질 분석 시험 구성

[표 2] 사용된 PSNR 측정 기준영상들

영상순서	영상 제목	영상 포맷	길이
영상#1	Aspen	1080p 30fr	19 sec
영상#2	ControlledBurn		
영상#3	RedCayak		
영상#4	RuchFieldCuts		
영상#5	SnowMnt		
영상#6	SpeedBag		
영상#7	TouchdownPass		
영상#8	WindEasy		
영상#9	Omnitek	1920x1080	194 images

[표 3] 측정 시 사용된 인코더 설정

인코더 종류	압축률설정 (Mbps)		GOP 길이	GOP 구조	Profile/level	Rate Control
	공통	추가				
Encoder A	3/4/6/7.5	24/30	90	IBBP	High/L4.0	CBR
Encoder B	/9/12/15	-				
Encoder C	/18/20	24				

일반적인 PSNR 수치는 20~50dB 사이에 존재하게 되며 PSNR 이 높을 수록 기준 영상과 복원 영상 사이의 영상 데이터 차이는 적다고 할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 PSNR 값을 휘도와 색도신호로 각각 나누어 측정하고 있다.

실제 측정에 사용되는 기준영상에 따라 인코더의 PSNR 성능은 크게 좌우될 수 있다. 따라서, 영상의 컬러 다양성과 화면 전환 속도 등 여러 가지를 고려하여 장비의 성능을 확인하기 위해서는 다양한 특성을 갖는 기준영상을 활용하여야 한다. 본 논문에서는 비디오 화질 연구를 위해 2008년 NTIS/ITS 에서 제작한 영상 8 종과 시험 계측기 제조사 제공 영상 1 종, 총 9 종의 기준 영상에 대해서 측정을 실시하였다[10][11].

[표 2]는 사용된 기준영상에 대한 간략한 설명이다. 이 영상들은 VQEG(Video quality experts group)에서 HDTV 화질 테스트용으로 사용하고 있다.

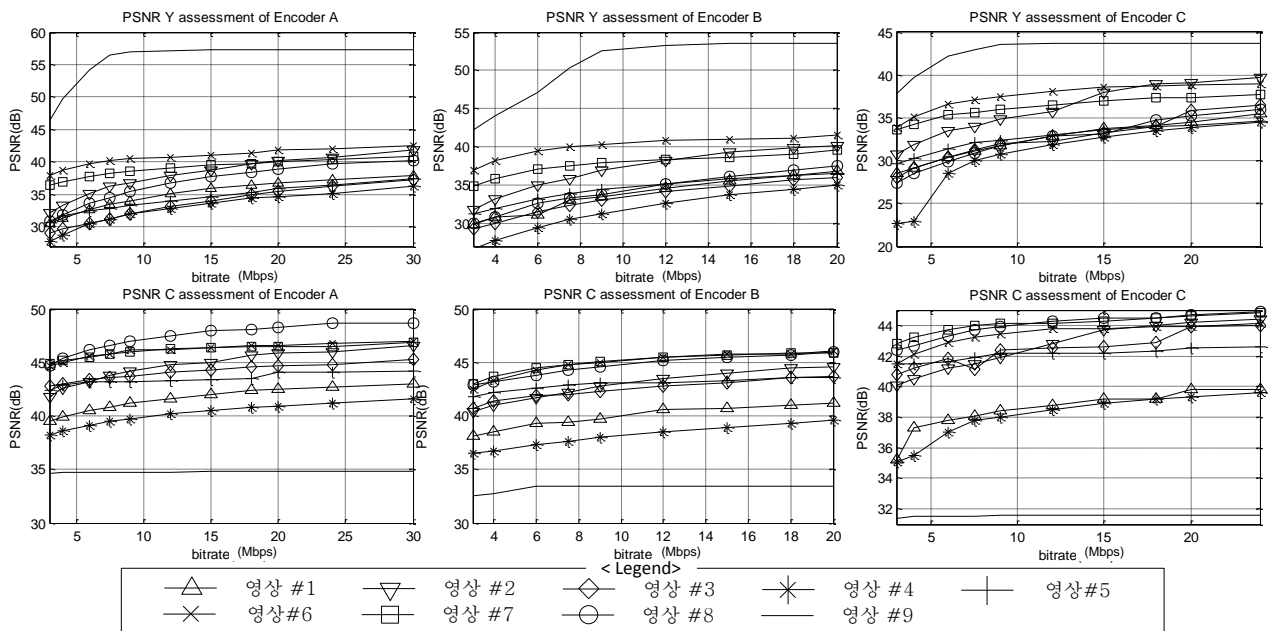
### 4. 화질 평가 결과

본 절에서는 3 가지 서로 다른 제조사에서 제조한 HD 급 방송용 실시간 H.264 인코더에 대한 PSNR 측정 결과를 제시하고 이를 비교하려 한다. 편의상 이들 세 장비를 'Encoder A', 'Encoder B', 'Encoder C'라고 칭하며 그림 1 에서 보듯이 화질 확인을 위해서는 디코더가 필수적이므로 사용되는 디코더는 같은 제조사의 제품을 이용하여 수행하였다. 또한, 측정 장비는 OmniTek 에서 개발한 PQA(Picture Quality Assessment)를 이용하였다[11].

또한, 실험에 사용된 인코더 설정은 [표 3]과 같이 정리할 수 있다. [표 3]에서 보듯이, 인코더 설정의 한계로 'Encoder B'는 최대 20Mbps 의 압축률까지 'Encoder C'는 최대 24Mbps 까지 측정하였다.

그림 2 는 세 인코더의 기준영상에 따른 PSNR 을 비디오 압축 비트율에 따라 휘도(Y)와 색도(C)를 나누어 도시하고 있다. 보는 바와 같이 영상#9 를 제외하고는 대체로 색도의 PSNR 이 세 인코더 모두 휘도의 PSNR 보다 높으며 영상#9 는 색도와 휘도 모두 PSNR 의 값이 다른 기준영상에 비해 낮은 비트레이트 설정에서도 안정화되는데 이는 영상의 특성이 다른 영상보다 정적이기 때문이다. 이러한 PSNR 성능은 결국 인코더의 고유 압축 알고리즘에 기인하며 결국 인코더 설정에 따라 변할 수 있지만 전반적으로 인코더간 성능을 살펴보면 동일한 압축비트를 설정에서 대체적으로 'Encoder A'의 성능이 'Encoder B', 'Encoder C'에 휘도와 색도 PSNR 측면에서 우수하다.

인코더간 성능을 좀 더 비교해보기 위해 압축 비트율에 따른 9 개의 영상 PSNR 의 평균 수치와 각 인코더 별 압축비트에 따른 PSNR 의 표준편차를 각각 [그림 3]과 [그림 4]에서 정리하였다.



[그림 2] Encoder A,B,C 의 기준영상에 따른 PSNR 성능 결과

[그림 3], [그림 4]에서 점선과 실선은 각각 휘도와 색도의 PSNR 결과이며 사각, 원, 별 기호는 각각 'Encoder A,B,C'의 결과를 나타낸다. [그림 3]에서 볼 수 있듯이 평균 PSNR 측면에서 'Encoder A'가 다른 영상에 비해 우수하며 그 값은 휘도의 경우 33.5~41.3dB 이며 색도의 경우 41.5~44.2dB 로 압축비트율 상승에 따른 PSNR 개선효과는 휘도에서 더 크다. 또한, [그림 4]를 보면 휘도 PSNR의 경우, 압축률이 증가함에 따라 영상 별 편차가 줄어들으나 색도 PSNR은 그 편차가 압축률 증가에 따라 조금씩이나마 증가하고 있다. 그리고, 'Encoder A'는 다른 인코더와 비교 시 평균 PSNR 측면에서는 우수하나 영상 별 편차는 큰 편임을 확인할 수 있다.

인코딩 시 영상화질, 지연시간, 그리고 압축비트율에는 각 제조사마다 고유의 알고리즘에 기인한 상관관계가 존재한다. 이를 확인하기 위해 본 논문에서는 9 개 기준영상에 대한 평균 지연시간을 압축 비트율에 따라 [그림 5]에서 도시하였다. 지연시간 측정에는 디코더의 디코딩 시간이 포함되며 통상적으로 200~300msec의 디코딩 시간이 포함되어 있다.

그림에서 보는 바와 같이 'Encoder C'의 경우, 'Encoder A, B'와 달리 비트율의 증가에도 불구하고 지연시간이 동일하게 유지되고 있다. 반면, 'Encoder A, B'는 압축비트율의 증가에 따라 지연시간이 감소하고 있으며 압축 비트율이 약 8Mbps 보다 적은 경우에는 'Encoder C'의 지연시간이 가장 짧다. 물론, 지연시간과 화질의 관계를 정확히 관찰하기 위해서는 다양한 GOP 구조에 대해 실험이 필요하며 분량의 한계로 이는 추후 논의가 필요하다.

### 5. 결론

본 논문에서는 실제 사용중인 해외 유명 제조사의 HD 방송용 실시간 H.264 인코더의 화질 평가를 전 기준 화질 평가의 지표 중 PSNR 을 이용하여 실시하였다. 전 기준 영상의 공정성을 얻기 위해 본 논문에서는 VQEG 에서 사용중인 영상을 포함한 9 종의 영상에 대해 각 영상에 대한 PSNR 과 9 종 영상의 평균에 대해서도 도시하였다. 그 결과 인코더 별로 성능 차는 분명히 존재하며 이 결과를 바탕으로 추후 HD 급 방송용 H.264 인코더 TTA Verified 인증기준 개정 시 성능평가를 위한 참고자료로 활용할 것이며 이를 이용한 구체적인 인증기준의 개정은 차후 시험 규격개발위원회 회의의를 통해 확정될 예정이다.

### <감사의 글>

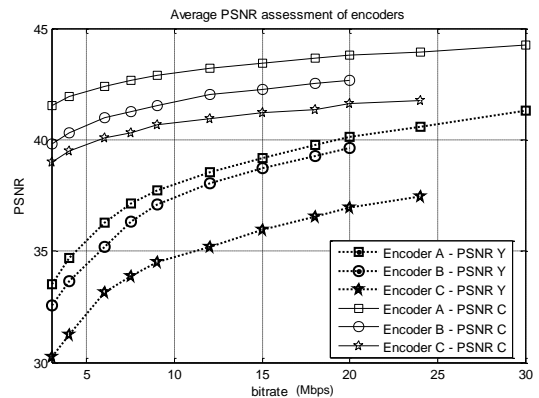
본 연구는 미래창조과학부의 "차세대 방송장비 인증 인프라 조성" 과제의 연구결과로 수행되었습니다.

### 참고문헌

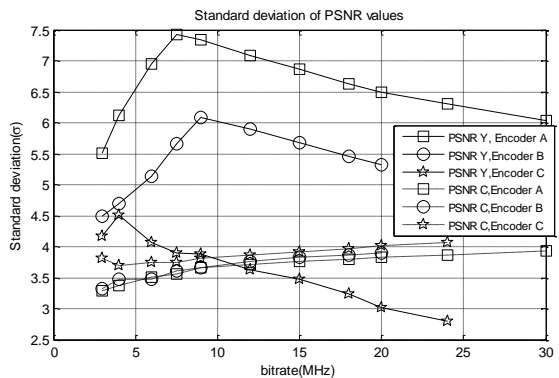
[1] ITU-R BT.500, "Methodology for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures"  
 [2] VQEG, "Final Report from the Video Quality Experts Group on the Validation of Objective Models of Video Quality Assessment", <http://www.vqeg.org>, Mar.2000  
 [3] ITU-T J.144, "Objective Perceptual Video Quality Measurement Techniques for Digital Cable Television in the Presence of a Full Reference"  
 [4] ANSI T1A1.5/96-121, "Objective and Subjective

Measures of MPEG Video Quality"

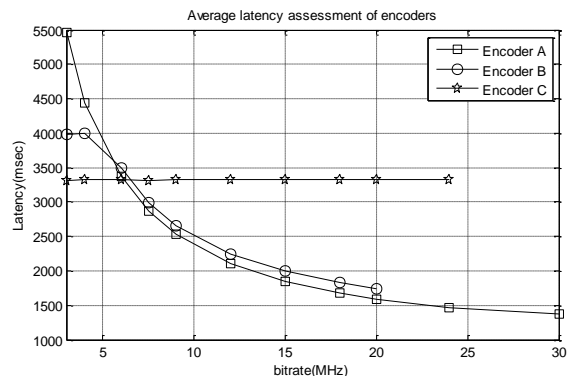
[5] Z. Wang and A.C. Bovik, "The Handbook of Image and Video Processing", 2nd ed. Academic Press, June 2005  
 [6] 방송장비시험인증센터 홈페이지, <http://ebtc.tta.or.kr/introduction/certification.php?pageNum=1&subNum=4>  
 [7] TTA, "TCB-0023(04), HD 급 방송용 H.264 인코더 TTA Verified 인증기준", Jan. 2013  
 [8] TTA, "TCB-0033(02), 방송용 MPEG-2 인코더 TTA Verified 인증기준", Aug. 2012  
 [9] TTA, "TCB-0040(00), 방송용 N 스크린 트랜스코더 TTA Verified 인증기준", Aug. 2012  
 [10] VQEG, [ftp://vqeg.its.bldrdoc.gov/HDTV/NTIA\\_source/](ftp://vqeg.its.bldrdoc.gov/HDTV/NTIA_source/)  
 [11] <http://www.omnitek.tv/products/video-test-measurement/pqa.html>



[그림 3] 인코더 별 압축비트율 설정에 따른 평균 PSNR



[그림 4] 인코더 별 압축비트율 설정에 따른 PSNR 표준편차



[그림 5] 인코더 별 압축비트율 설정에 따른 평균 지연시간