

UHD TV 방송을 위한 인코더 기술 현황 및 전망

□ 신재섭 / (주)픽스트리

요약

본 고에서는 차세대 UHD TV(Ultra High Definition TV) 방송 서비스의 핵심으로 주목 받고 있는 HEVC(High Efficiency Video Coding) 기술을 활용하는 비디오 인코더의 핵심 기술 요소와 향후 발전 전망에 대해 살펴보고자 한다. 더불어, 현재까지 전 세계적으로 개발이 진행되고 있는 UHD용 상용 인코더의 출시 현황 및 향후 발전 전망도 함께 조망해 봄으로써 이 분야에 연구, 개발을 진행하고 있거나 관련되는 사업을 추진하고 있는 독자들에게 미력하나마 도움이 되기를 바란다.

1. 서론

방송 서비스의 고도화가 진행되면서 2000년대 후반 아날로그 TV에서 완전 디지털 TV로 전환된 지 채 10년이 지나지 않았음에도 최근 4K 해상도를 갖는 UHD TV에 대한 관심이 고조되고 있는데 이는 방대한 데이터의 전송을 가능하게 해주는 압축기술

이 2013년 1월 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11(MPEG) 그룹에서 HEVC라는 이름으로 비디오 코딩 표준 기술이 완성이 되므로 서 가능하게 되었다. 4K 서비스는 기존 Full-HD 서비스에 비해 4배의 향상된 해상도 영상을 서비스할 뿐만 아니라 기존의 MPEG-2 혹은 MPEG-4 AVC(Advanced Video Coding)/H.264 서비스에 비해서도 2배 이상의 화질이 향상된 서비스를 제공해 주기 때문에 고해상도 동영상 서비스에 최적의 기술이라고 알려져 있다.

일반적으로 RGB 각각 8bit의 4K 해상도를 갖는 동영상을 초당 60장씩 제공하기 위해서는 초당 약 12 Gbps(Giga Bit Per Second)의 데이터량을 전송해야 하는 부담이 있게 된다. 12 Gbps가 어떻게 나오는지는 아래와 같은 수식에서 쉽게 유도해 낼 수 있다[1].

$$3840 \times 2160 \times 60 \times 3 \times 8 = 11,943,936,000 \text{ bits (1)}$$

영상을 구성하는 데이터의 해상도와 프레임 수에 따라 HEVC에서 사용하는 Yuv 포맷으로 변환하고 초당 30프레임만을 보낸다고 가정할 경우에 아래 <그림 1>에서와 같이 각각의 해상도에 따르는 최소 정보량을 확인해 볼 수 있다. 이와 같은 정보량을 그대로 보내기에는 현재까지의 전송기술에 한계가 있고 효율성도 떨어지기 때문에 송신단과 수신단에서 서로 알고 있는 규약으로 데이터를 압축하여 보내주고 이를 받아서 순서에 따라 복원을 한 후 디스플레이에 보내주면 원래의 영상을 재생하는데 문제가 없으므로 대부분의 영상 서비스에서는 데이터 압축 및 복원이라는 기술을 사용해서 영상데이터를 주고 받게 된다.

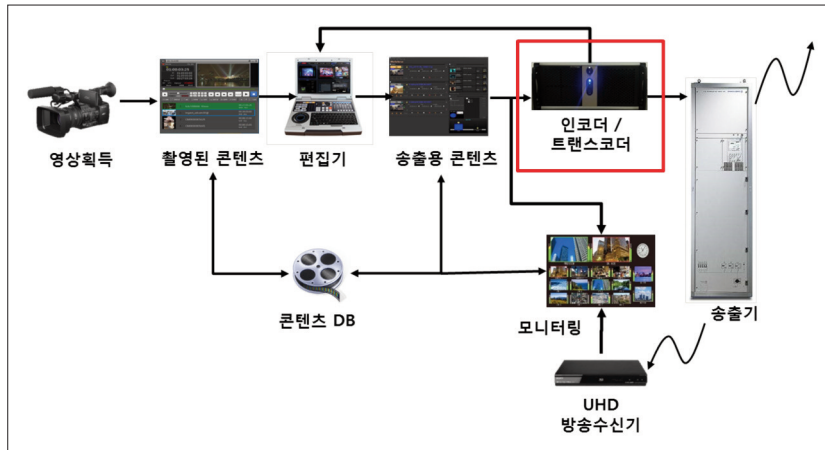
그럼, 데이터 압축이라는 것은 무엇인가?

<그림 2>에서 보는 바와 같이 영상 소스(카메라 혹은 파일)는 사람이 인지하는 그림과 소리로 구성되어 있다. 이는 디지털 형태의 0과 1로 이루어진 데이터인데, 이 데이터를 바탕으로 영상과 소리

에 포함되어 있는 최소한의 필요한 데이터만을 남기고 사람의 시각과 청각에 민감하지 않은 데이터를 제거하여 데이터량을 줄이는 기술을 압축 혹은 코딩(coding)이라고 한다. 압축에는 무손실 압축과 손실 압축이 있는데 HEVC는 손실 압축이라는 부류에 속하는 것으로 보통 사람이 인지하지 못하는 정도의 화질 손상을 허용할 경우, 수십 ~ 백배 이상의 데이터량 축소 효과를 가져다 준다. 이렇게 압축된 데이터를 우리는 “압축 스트림”이라고 부르며 이것이 송신단의 전송 메커니즘을 통해 수신단에 전달이 되게 되며 이렇게 전달된 압축 스트림을 표준에서 약속된 규약으로 해제하는 것을 복원 혹은 디코딩(decoding)이라고 한다. 복원된 영상은 다시 디스플레이가 알 수 있는 포맷으로 변환되어 화면에 전달되게 되는데 이 데이터는 원본 데이터에 비해서는 다소 손상이 있지만 사람이 인지할 수 있는 그림과 소리로 나타나게 된다.

SD			FHD	UHD@4K	UHD@8K
					
Video Formats				Raw Data Rates	
SD	720x480,	YUV4:2:0, 8bits,	30fps	124Mbps	
FHD	1920x1080,	YUV4:2:0, 8bits,	30fps	746Mbps(SD의 약 6배)	
UHD (4K)	3840x2160,	YUV4:2:0, 8bits,	30fps	3Gbps (FHD의 약 4배)	
UHD (8K)	7680x4320,	YUV4:2:0, 8bits,	30fps	12Gbps (FHD의 약 16배)	

<그림 1> 해상도에 따르는 원본 데이터의 요구량



〈그림 3〉 UHDTV 서비스를 위한 송출 시스템 구성의 예

집 시스템, 인코더/트랜스코더, 모니터링 장비 및 송출 장비들을 방송국 내에 구축해야 할 것이고 이 시장은 단순한 인코더/트랜스코더에 비해 수배에서 수십배에 이르는 시장을 형성할 것으로 예측이 된다.

이와 같은 방송 서비스 인프라 구축을 위해 필요한 카메라, 인코더/트랜스코더 및 모니터/디코더 등을 연구개발하고 있거나 상용제품을 소개하고 있는 회사들은 아래와 같다.

- 4K 카메라: 소니, 파나소닉, 캐논, 블랙매직, Love High Speed
- 인코더/트랜스코더: Allegro DVT, Ateame, Ericsson(이상 유럽), NEC(일본), Elemental, Envivio, Harmonic, Thomson, Media Excel, Vanguard, Cisco, Telestream(이상 미국), 픽스트리, TMI, 갤럭시아킴즈, 카이미디어(이상 한국)
- Monitor/디코더: Evertz(캐나다), 브로드컴, 쉘컴(이상 미국), 삼성, 픽스트리, TV로직(이상 한국)

시장이 형성되기 위해서는 서비스를 제공할 수 있는 규격이 완성이 되어야 하고 규격이 존재한다는 것은 서비스가 곧 개시될 준비가 되고 있다는 것을 의미한다. 현재까지 국, 내외 UHD 서비스 관련 표준 규격 제정 현황을 살펴 보면 아래와 같다.

〈국내 표준 규격 제정 현황〉

- 차세대방송표준포럼과 지상파 방송 PG에서는 케이블/위성/지상파 방송매체 공통으로 사용할 수 있는 “UHDTV 서비스 시나리오 기술”에 대한 기술보고서를 2013년 말에 완료하였음
- 국내에서의 4K UHDTV 방송 서비스 도입을 위하여 TTA PG803에서는 “케이블기반 UHDTV 송수신정합 규격”에 대한 논의를 2012년 상반기부터 시작하여 2013년 표준안 개발을 완료하였으며, 지상파기반의 UHDTV 송수신정합 규격 마련을 위하여, TTA PG802는 2013년 8월 RF전송기술 실무반과 코덱 및 시스템 기술 실무반을 신설하여 표준안 개발 시작

- 4K UHDTV 방송 서비스 국내 조기 도입을 위해 TTA 위성방송 PG805에서는 UHD 위성 실험방송에 적용할 “위성 UHDTV 송수신 정합” 표준을 2013년 말에 완료하였으며, 기술발전 단계까지 고려한 위성기반 UHDTV 송수신 정합 표준을 2014년부터 착수할 예정임

〈국외 표준 규격 제정 현황〉

- 2007년 SMPTE 2036-1-2007 UHDTV 비디오 신호규격 표준 제정. 2009년에 표준 개정 (SMPTE 2036-1-2009 UHDTV 비디오 신호 규격)
- 2008년 SMPTE 2036-2-2008 UHDTV 오디오 신호규격 표준 제정
- 2010년 SMPTE 2036-3-2010 UHDTV 인터페이스규격 표준 제정
- 2012년 ITU-R BT,2020 UHDTV 비디오 신호

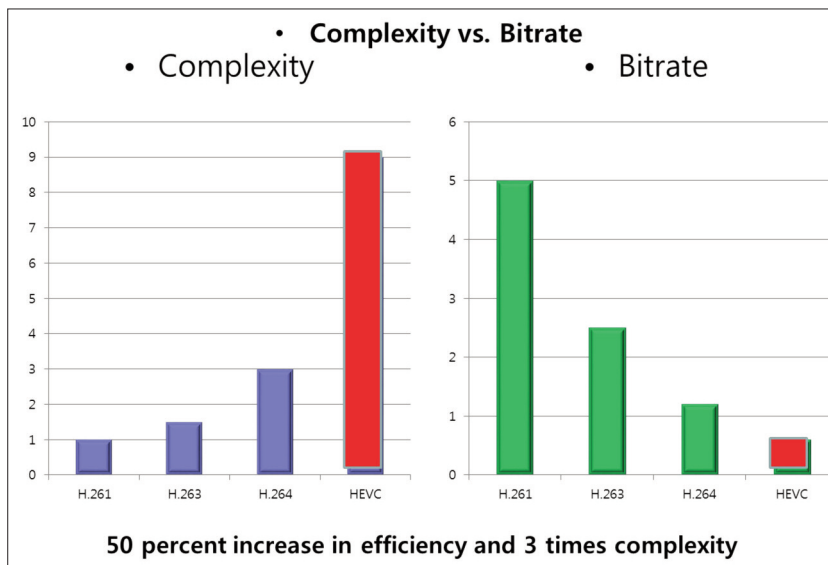
규격 표준 승인

- 2013년 ITU-T Rec. H,265 | ISO/IEC 23008-2 HEVC 비디오 부호화 기술 표준 완료
- UHDTV에 적용할 수 있는 오디오 부호화 기술인 USAC(Unified Speech and Audio Codec)는 MPEG에서 표준화가 진행되어, 2012년에 국제표준으로 승인

Ⅲ. UHDTV 인코더 설계시의 고려 사항

일반적으로 MPEG에서 표준화된 기술들이 갖고 있는 압축 성능대비 복잡도에 대한 그림을 아래 〈그림 4〉에 표시하였다.

〈그림 4〉에서 보는 바와 같이 MPEG 그룹에서 최근 표준화된 MPEG-4 AVC/H.264에 대비하여



〈그림 4〉 MPEG 표준기술의 성능대비 복잡도 관계

HEVC는 성능면에서는 약 2배가 향상된 반면 복잡도에서는 3배 이상 복잡한 것으로 알려져 있다. 상용화 측면에서는 플랫폼에 구현된 하드웨어의 제한이 있기 때문에 복잡도는 더욱 증가하는 것이 사실이다. 그렇다면 왜 이같이 복잡한 것일까? 그것은 HEVC를 구성하고 있는 툴(Tool)들이 매우 정교하게 구성이 되어 있기 때문이다. 또한, 인코더의 성능을 결정하는 중요 요소인 RDO(Rate-Distortion Optimization) 및 비트레이트 제어(Rate control) 등과 같이 새로 구성된 기술들이 다양한 영상의 조건에 맞도록 설계되어 있기 때문이다. <표 2>는 MPEG-4 AVC/H.264 툴과 HEVC의 툴들 중에서 성능에 차이가 나는 중요 툴들의 차이점을 비교해 놓은 것이다.

<표 2>에서도 볼 수 있듯이 중요 차이점은 아래와 같다. HEVC 관점에서 어떤 것이 개선되었는지

에 대해 기술한다.

- 압축의 기본이 되는 블록의 크기가 영상의 특성을 반영할 수 있도록 가변적(8x8 ~ 64x64)이다.
- 블록을 분할하는 깊이(depth)도 4단계로 분류되어 있다.
- 트랜스폼 변환 사이즈도 4단계로 가변 구조를 가지고 있다.
- 인트라 프레임 예측을 위한 방향성 정보도 최대 34가지를 제공한다.
- 트랜스 폼에 최소 단위에서 4x4 DST도 가능하게 하고 있다.
- 인터폴레이션(Interpolation)을 위한 필터의 계수도 최대 8tap까지 지원한다.
- SAO(Sample Adaptive Offset)를 사용하여 영

<표 2> MPEG-4 AVC/H.264와 HEVC 중요 툴들의 차이점 비교

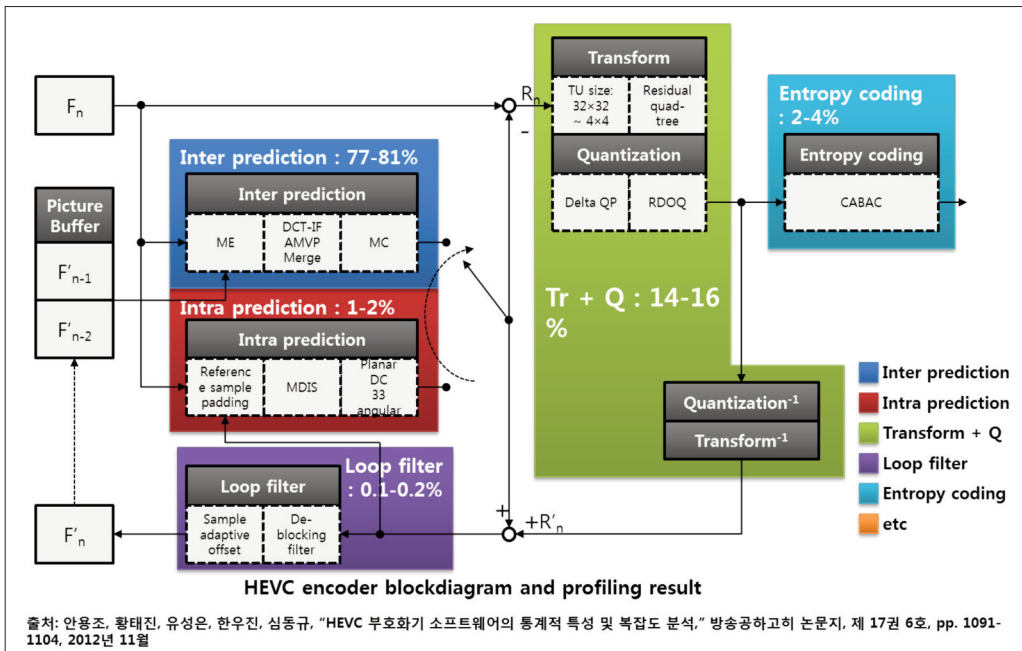
Category	Coding tool	AVC/H.264	HEVC/H.265
structure	Basic block	Macroblock (16x16, fixed)	CU (flexible, 8x8~64x64)
structure	Quad-tree depth	2 (fixed)	Flexible (2-4)
structure	Motion partition shape	Square + symmetric rectangle	Square + symmetric rectangle + asymmetric rectangle
structure	Transform size	4x4, 8x8	4x4, 8x8, 16x16, 32x32
structure	Relationship between Prediction and transform	Transform size should be same or smaller than prediction size	TU can be larger than PU
Intra	# of directions (luma)	4x4 (9), 8x8 (9), 16x16 (4)	4x4 (17), 8x8 (34), 16x16 (34), 32x32 (34), 64x64 (3)
Intra	# of directions (chroma)	4 (independent from luma)	6 (including derived mode from luma)
Intra	Context pixel smoothing	8x8 only, always	Mode dependent smoothing (size, direction)
Intra	Context pixel Interpolation	-	Bi-linear
Transform	Additional transform	-	4x4 DST
Interpolation	Luma	6 tap + bi-linear	8 tap
Interpolation	Chroma	Bi-linear	4 tap
In-loop filter	Sample adaptive offset	-	Edge offset, Band offset

상의 부드러움을 재현하도록 한다.

물론, 이외에도 여러 가지가 있으나 모두 열거하기에는 본 고의 성격이 맞지 않아 생략하기로 한다. 상기에서도 알 수 있듯이 성능은 개선되지만 이와 같은 것을 모두 구현하게 되면 시스템이나 소프트웨어의 구조가 매우 복잡해 질 것이 명확하므로 인코더를 구현하기가 그렇게 쉬운 것이 아니기 때문에 구현하는 사람에 따라 적절한 취사선택의 문제가 있게 된다. 그럼 어떤 부분에서 시스템의 성능에 가장 큰 영향을 미칠 것인지 살펴보자. 아래 <그림 5>는 방송공학회논문지 제 17권 6호(2012년 11월)에 게재되었던 광운대학교 심동규 교수 팀의 HEVC 인코더 툴들의 복잡도 상관관계를 각각의 블록들이 차지하는 연산량들로 상대 평가하여 도식

한 것이다[3].

<그림 5>에서 볼 수 있듯이 대부분의 연산은 모션 정보를 찾고 코딩 모드를 결정지어야 하는 Inter frame prediction에 할애가 되며, 다음으로 모션에 의해 보정된 영상과 원영상의 차이에 의해 발생하는 에러 데이터를 전송하기 위해 사용하는 트랜스폼(Transform) 및 양자화(Quantization)에 소비되는 연산량이 높은 것으로 되어 있다. 다음으로 스트림을 만들기 위해 사용되는 가변 길이 부호화인 CABAC(Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding)의 순으로 복잡한 것으로 알려져 있다. 이외에도 복잡도에 영향을 미치는 여러 요인들이 있으나 구현의 방법에 따라 그 복잡도의 정도는 극복할 수 있을 것으로 본다. 이와 같은 차이에도 불구하고 결과적으로는 각각의 압축 모드에



<그림 5> HEVC 구성 툴들의 연산량 상대 비교를 통한 복잡도 비교

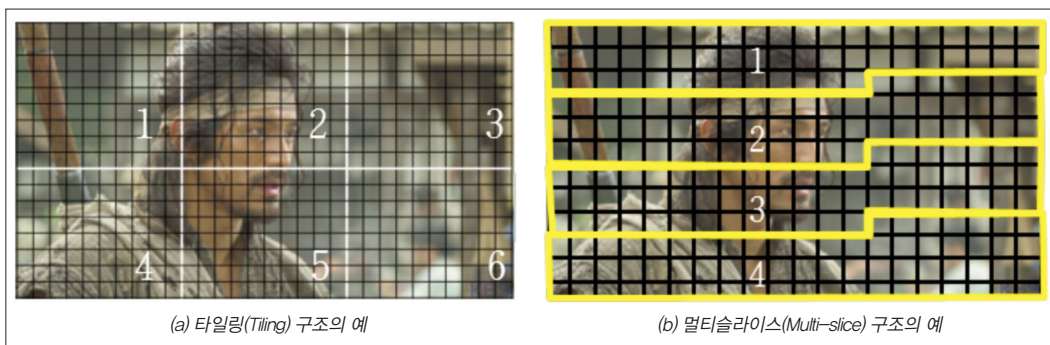
대한 모든 경우의 수를 다 해보고 RDO를 가장 최적으로 만들어 주는 모드를 선택해야 압축의 성능이 높아지기 때문에 생각할 수 있는 연산의 양은 상상을 초월하게 된다. 하지만, 실시간 방송에서는 이와 같은 모든 경우의 수를 전부 수행한 후 가장 최적의 모드를 선택한다는 것은 불가능하며 바람직하지도 않다. 그러므로, 알고리즘 최적화 및 연산량 최적화 방법 등을 적용하여 실시간으로 비디오를 압축하여 전송할 수 있어야만 실시간 인코더 상품화가 가능해진다. 필자가 속한 조직에서 다양한 실험과 구조 개선을 통해 살펴본 바로는 다음과 같은 최적화 방법 등이 인코더의 성능을 개선하는데 기여하였다고 생각한다.

- 프로세서향 고속 어셈블리 프로그래밍 혹은 SIMD 연산으로 변환
- 고속 CU 결정방법 적용(사전 정의된 몇 개의 시나리오를 적용하여 빠르게 CU 모드 결정)
- 고속 PU 결정방법 적용(CU 결정시 활용된 정보와 상위 PU의 결과를 활용한 PU 모드 결정)
- 고속 움직임 정보 추출 방법 적용
- 고속 Intra 모드 결정 방법 적용
- CU/PU 결정 시의 정보를 바탕으로 선별적

RDOQ 적용

- 프로세서 구조에 적합하도록 고속 Entropy coding 방법 적용
- 큰 블록에서의 고주파 영역 일부 데이터 처리에 의한 연산량 감소 기법 적용

단순히 동영상의 한 프레임만 놓고 볼 때에는 한 프레임의 전체를 처리해야 다음 프레임으로 넘어갈 수 있기 때문에 인코딩 지연이 문제가 되는 시스템에서는 반드시 프레임 단위의 처리를 주어진 제한된 시간 내에 끝내야 한다. 그러므로 프로세서가 여러 개의 코어를 가진 멀티코어(Multi-core) 구조인 경우에는 각각의 단위 블록으로 순차적으로 하지 않더라도 화질의 손해는 조금 있겠지만 아래 <그림 6>과 같이 두 가지의 병렬화 처리 기법을 적용할 수 있도록 HEVC에서는 규격을 만들었다. 먼저 <그림 6>(a)에서 보여주는 것처럼 화면을 균등한 몇 개의 영역으로 나누어 독립적으로 인코딩 하는 타일링(Tiling) 기법이라는 것이 있고 <그림 6>(b)처럼 위에서부터 순차적으로 여러 개의 CU들을 묶어서 하나의 독립된 코딩 단위로 만들어 주는 멀티 슬라이스(Multi-slice) 기법을 적용함으로써 인코딩의 속도 향상이 가능하도록 하고 있다.



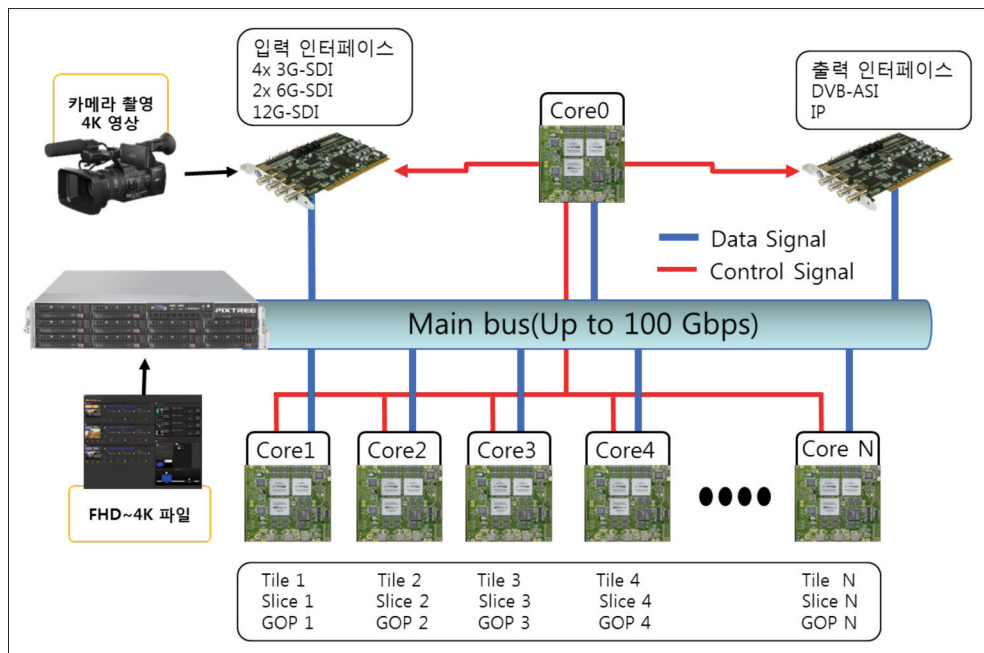
<그림 6> Multi-slice 및 Tiling에 의한 고속 인코딩 처리

물론, 이외에도 다양한 기법들이 적용되어야만 방송 화질의 인코더 구현이 가능할 것으로 생각한다. HEVC 기술은 상용화 측면에서는 아직도 시작 단계이기 때문에 어떤 플랫폼에서 구현할 것인가에 따라 다양한 기법이 적용될 수 있을 것으로 본다. 또한, 이것은 장비를 제작하는 회사의 노하우와 경험의 정도에 따라 제품의 퀄리티의 정도가 결정될 것이다.

IV. UHDTV 방송용 인코더의 향후 전망 및 대응 방안

앞 장에서 HEVC 기술을 활용한 4K 방송용 인코더 구현에 관한 기술적인 내용들을 살펴보았다. 서비스 대상이 되는 영상이 4K 해상도이고 압축하는

규격이 매우 까다롭고 복잡하기 때문에 아직도 완벽한 실시간 인코더의 등장은 이루어지지 않고 있다. 하지만, 전 세계적으로 엄청난 규모의 시장이 될 것임에는 확실하므로 많은 기업들이 사활을 걸고 경쟁사보다 우수한 성능을 갖는 인코더를 출시하기 위해 모든 노력을 동원하고 있는 것임에는 틀림이 없다. 그렇다면 어떤 구조를 갖는 인코더가 향후 시장에서 경쟁력을 갖고 오랫동안 사용자의 사랑을 받을 수 있을까? 사용하는 분야에 따라 적합한 인코더는 반드시 존재하겠지만 다양한 분야에 골고루 활용될 수 있는 인코더라면 시장 점유율을 넓히는데 확실히 유리할 것이다. 그러므로 우수한 성능의 하드웨어 인코더도 중요하고 향후 목적에 따라 업그레이드나 성능 개선이 용이한 소프트웨어 성향의 프로그래머블한 인코더의 요구도 매우 필요



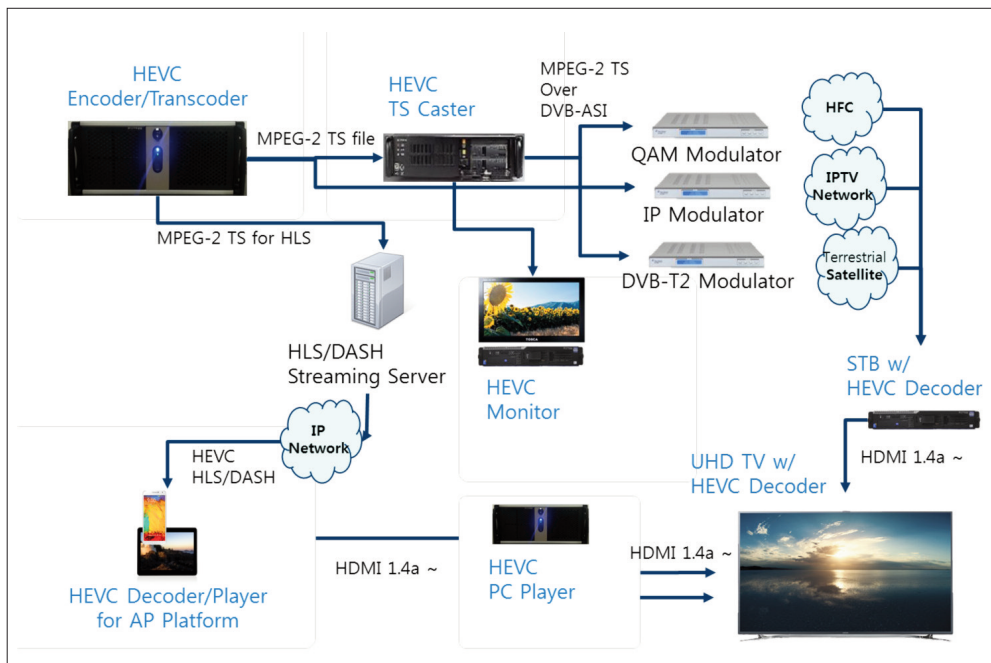
〈그림 7〉 방송용 인코더 구조의 예

하다고 볼 수 있겠다.

〈그림 7〉은 하드웨어 설계를 하든지 기존의 서버 기반의 소프트웨어 설계에 의한 인코더를 만들든지 간에 기본적으로 구성되어야 하는 구조를 예시한 것이다. 4K 해상도에 맞도록 데이터의 흐름이 원활해야 할 것이며 동시에 입, 출력 인터페이스를 방송 규격에 맞도록 지원하고 압축 알고리즘에서 가장 연산량이 많이 들어가는 Inter frame 코딩을 위한 Interpolation이 다른 연산과 별개로 이루어지도록 하는 메모리 구조 설계 등을 반영하여 시스템을 꾸민다면 좋은 성능의 인코더를 만들어 낼 수 있을 것으로 생각한다.

지금까지 UHDTV 방송용 인코더 기술과 시장에 대한 현황 및 향후 전망을 잠시나마 살펴보았다. 하지만, 인코더가 출시된다고 하더라도 4K 서비스를

하기 위한 필수 장비들이 동시에 준비되지 않으면 완전한 서비스를 제공하기에는 어려움이 따른다. 그러므로 필자는 인코더와 함께 송출을 위한 캐스터, 방송서비스를 받아볼 수 있는 단말기에서의 디코더 및 플레이어 등도 동시에 고려하여 시장이 원하는 제품이 원하는 시기에 원활하게 공급이 된다면 시장에서 선택을 받게 될 것으로 생각하며 그렇게 진행하고 있다. 〈그림 8〉은 필자가 속한 조직에서 HEVC를 활용하는 4K 해상도까지 지원하는 서비스를 제공하는데 필요한 다양한 제품들의 개발 현황과 향후 방송 서비스에 어떤 형태로 적용이 될 것인지를 도식하여 놓은 것이다. 이 분야에 종사하시는 분들께도 참조가 되고 보다 좋은 제품을 개발하여 우리나라 방송장비 산업의 발전에 기여하시는 계기가 되기를 바라면서 본 고를 마치고자 한다.



〈그림 8〉 방송 서비스를 위한 장비 및 수신 단말간의 관계를 도식한 그림

참고 문헌

- [1] 심동규, 조현호, "HEVC 표준 기술의 이해", 홍릉과학출판사, 2014년 1월
- [2] ETRI 사업화본부, "기술사업화촉진을 위한 '13 ETRI 기술예고", 2013년 7월
- [3] 안용조, 황태진, 유성은, 한우진, 심동규, "HEVC 부호화기 소프트웨어의 통계적 특성 및 복잡도 분석," 방송공학회 논문지, 제 17권 6호, pp. 1091-1104, 2012년 11월

필자 소개



신재섭

- 1985년 2월 : 서강대학교 전자공학과 학사
- 1987년 2월 : 서강대학교 전자공학과 석사
- 1987년 2월 ~ 2000년 5월 : 삼성종합기술원 전문연구원
- 2002년 7월 ~ 현재 : ㈜픽스트리 대표이사/사장
- 1995년 3월 ~ 현재 : MPEG 포럼 부의장 / SC29Korea 전문위원
- 2014년 1월 ~ 현재 : 방송공학회 재무이사
- 2014년 1월 ~ 현재 : 공과대학 혁신위원회 위원
- 주관심분야 : 디지털 방송, 비디오 인코더/디코더, 멀티미디어 솔루션