

EXPERT
KNOW-HOW디지털 영상의 화질평가 ①
디지털 영상의 특징

+ 서정호 KBS TV기술국(NPS 관리자)

- ① 디지털 영상의 특징
- ② 주관적 화질평가
- ③ 객관적 화질평가



디지털 영상

파일기반에서 사용되는 디지털 영상은 다양한 색정보를 여러 변수를 통해서 나타내게 됩니다. 이런 변수는 다양한 형태의 컬러모델을 통해 표현되기도 하는데 RGB, CMY(K), HSI, YCrCb, YUV 등의 모델들을 그 예로 들 수 있습니다. 일반적으로 디지털 영상은 아날로그 신호로부터 표본화, 양자화, 부호화의 3단계를 거쳐 생성되게 됩니다.

[그림 1]에서 보는 것과 같이 디지털 영상신호의 경우 1과 0으로 신호를 표현하기 때문에 신호 중간에 노이즈가 발생하더라도 0과 1사이의 값은 무시되

어 신호재생 시 손실을 줄일 수 있습니다. 이는 디지털 영상신호의 큰 장점입니다. 영상콘텐츠를 복제할 때 디지털 영상신호는 손실이 없지만 아날로그 영상신호의 경우 복사를 하면 할수록 노이즈도 그에 비례하여 부가되기 때문에 영상에 열화를 가져오게 됩니다. 이렇게 디지털 영상신호를 이용하여 과거 아날로그 영상보다 손실 없는 영상을 사용할 수 있게 되었습니다.

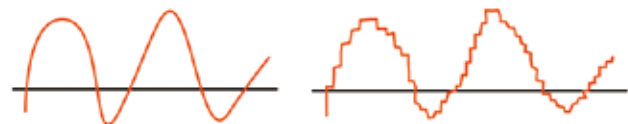


그림 1. 아날로그 영상신호와 디지털 영상신호

영상압축

디지털 신호를 가장 잘 표현하는 방법은 있는 그대로 사용하는 것입니다. 이는 신호자체에 어떠한 조작도 가하지 않는 상태로 표현한다는 것입니다. 예를 들어 1920×1080 해상도의 블랙화면에서 모든 픽셀은 동일한 정보값(0)을 가지고 있습니다. 각각 픽셀의 정보를 개별적으로 표현한다면 동일한 값을 2,073,600번 저장해야 합니다. 만약 아래 [그림 2]와 같이 이를 단순히 “정보값(0)이 2,073,600번”이라고 표현할 수 있다면 정보량을 줄일 수 있습니다.

(0), (0), (0), (0), (0), (0), (0), (0), (0), ---- [(0), 2073600]

그림 2. 압축과 정보량

영상에서도 마찬가지입니다. 영상의 정보를 줄이지 않고 그대로 표현한 것을 무압축신호(Uncompressed Signal)라고 이야기합니다. 무압축신호(Uncompressed Signal)는 데이터양이 크기 때문에 이를 그대로 이용하기 위해서는 고사양의 장비를 이용할 수밖에 없습니다.

따라서 실제 무압축신호(Uncompressed Signal)를 그대로 사용하는 경우는 한정되어 있으며 대부분 신호를 압축하여 사용하게 됩니다. 우리가 흔히 듣게 되는 코덱(Codec)이 바로 그런 의미입니다. 코덱은 압축(Compression)과 복호(Decompression)의 뜻을 나타냅니다.

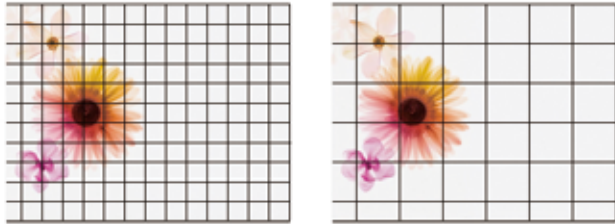


그림 3. 영상압축과 매크로블록

코덱은 영상을 특정한 그룹인 매크로블록(Macro-block)으로 분해한 후 해당 매크로블록에 대해 압축을 하게 됩니다. 이 매크로블록을 얼마나 잘 분해할 수 있는가가 코덱의 성능을 나타내기도 합니다.

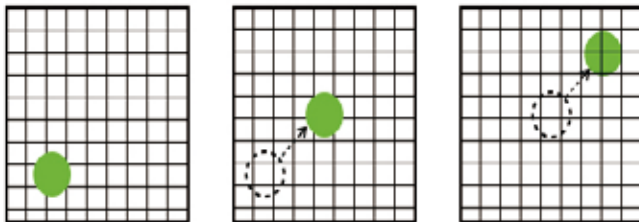


그림 4. 시공간 개념의 영상압축

실제 비디오 영상의 압축은 정지영상이 아니고 움직이는 영상이기 때문에 시공간의 개념도 같이 고려해야 합니다. [그림 4]와 같이 공이 날아가는 영상에서 중요한 것은 배경이 아니라 공의 위치가 시간에 따라 변화하는 것입니다. 이때 배경은 동일하기 때문에 공의 위치변화 차이만 고려하여 압축하면 적은 데이터량으로도 영상을 복원할 수가 있습니다.

손실압축(Lossy Compression)과 무손실압축(Lossless Compression)

영상에 대한 압축 시에도 손실압축과 무손실압축으로 나눌 수 있습니다. 무손실압축은 압축을 하고 압축을 풀었을 때도 해당 원본데이터와 정확하게 일치하게 됩니다.

무손실압축의 경우 데이터량이 높을 수밖에 없으며 압축률이 떨어지는 경

우에는 비압축상태와 거의 비슷한 데이터량을 가질 수도 있습니다.

손실압축은 이와 달리 압축을 하고 다시 압축을 풀었을 때 원본과 동일하지 않습니다. 동영상을 압축할 때 주로 손실압축을 사용하게 됩니다. 이는 인간의 감각이 생각보다 예민하지 않기 때문에 오디오나 비디오를 손실압축하는 것입니다. 특히 비디오 영상편집 후 다양한 형태의 최종물을 만들 때 손실압축을 하게 됩니다. DVD나 Web 혹은 모바일디바이스 같은 곳에 영상을 보낼 때 손실압축된 영상을 사용하는 것입니다.

방송용 영상은 보통 손실압축 코덱입니다. 색보정이나 특수영상 작업 같은 곳에서는 무손실압축코덱을 사용하기는 하지만 일반적인 편집코덱은 손실압축된 형태를 가지고 있습니다. 하지만 손실압축되었다 하더라도 아주 높은 비트레이트를 가지고 있기 때문에 방송용으로 사용되고 있습니다.

주요 방송용 코덱

가. I-Frame 코덱 vs Long-Gop 코덱

방송사에서는 다양한 형태의 코덱을 사용하고 있습니다. 코덱을 결정하는 요소는 여러 가지가 있지만 가장 중요한 요소는 해당 코덱이 지향하는 목표입니다. 방송사에서 사용하는 코덱은 크게 두 가지로 나눌 수 있습니다. I-Frame 계열의 코덱과 Long-GOP 계열의 코덱입니다.

I-Frame 코덱은 Intra-Coded Frame이라고 하며 JPEG 같은 방식으로 소스를 직접 압축합니다. [그림 5]에서처럼 각각의 프레임별로 정보를 포함하고 있어서 영상편집을 할 경우 해당 프레임의 영상만 디코딩을 하면 정보를 손쉽게 얻을 수 있습니다. 프레임별로 정보가 모두 들어있기 때문에 전체적인 비트레이트는 높아지지만 고품질의 영상 구현이 가능합니다. 대표적인 코덱은 DVCPRO, ProRes, AVC-I 계열의 코덱을 들 수 있습니다. I-Frame 계열의 코덱은 매 프레임마다 압축을 해서 데이터량이 높긴 하지만 편집에 용이합니다.



그림 5. I-Frame 코덱

Long-GOP 계열의 코덱은 각 프레임이 아닌 일부 프레임에 대해서만 정보를 압축하며 나머지 영상프레임은 서로의 상관관계를 통해 영상을 복원해냅니다. Long-GOP 계열은 I 프레임뿐만 아니라 B, P 프레임이 존재합니다.

P 프레임은 Previous 또는 Predicted Frame이라고 불리며 프레임을 바탕으

로 구성된 프레임입니다. 화질과 용량이 I 프레임에 비해 중간 정도입니다. B 프레임은 Bidirectional Frame의 약자로 I, P 프레임을 바탕으로 구성된 프레임입니다. 화질과 용량이 I 프레임에 비해 훨씬 작습니다. 하지만 B 프레임의 경우 영상을 구성하기 위해 디코더 버퍼메모리가 I, P에 비해 많이 필요합니다.



그림 6. Long-GOP 코덱

이런 이유로 인해 Long-GOP 계열 코덱의 용량은 적습니다. 실제 대표적인 XDCAM HD 코덱은 50Mbps로 Full-HD 영상이 구현이 가능합니다. 하지만 Long-GOP 계열의 특성상 영상편집을 할 때보다 많은 Processing Power가 NLE에서 필요하게 됩니다. Long-GOP 계열의 대표적인 코덱은 HDV, XDCAM EX, XDCAM HD를 들 수 있습니다.

나. 방송사 주요코덱

방송사에서 사용되는 코덱은 제작 쪽에서 사용되는 편집기에 따라 주로 결정됩니다. 송출 쪽과의 연계를 고려하여 송출단과 코덱을 맞추기도 하거나 또는 편집의 원활한 워크플로우를 위한 코덱을 선택하기도 합니다.

주로 방송사에 사용되는 NLE 소프트웨어는 Apple Final Cut Pro, AVID Media Composer, Adobe Premiere, Grass Valley Edius가 있습니다. 이 소프트웨어에서 주로 사용되는 코덱을 살펴보기로 하겠습니다. 각각의 코덱별로도 다양한 세부옵션을 통해 구분할 수 있지만 방송에서 사용되는 1920×1080, 29.97를 기준을 현장에서 가장 많이 사용하는 코덱만을 다루도록 하겠습니다.

(1) XDCAM

Long-GOP 계열의 대표적인 코덱이며 여러 해상도 모드가 있지만 XDCAM HD422 1920×1080 모드가 방송사에서 가장 많이 쓰이는 모드입니다. 또한 기존 SD를 대체하기 위한 XDCAM IMX50 포맷도 사용되고 있습니다. 이 코덱은 카메라 자체 코덱이며 송출서버도 해당 코덱을 지원하고 있어 XDCAM으로 편집할 경우 별도의 트랜스코딩 없이 송출을 할 수 있는 장점이 있습니다.

만약 XDCAM 코덱으로 파일기반 워크플로우를 구성한다면 화질열화가 거의 발생하지 않으며, 편집이 많지 않은 프로그램의 경우 XDCAM으로의 구성을 고려해 볼 수 있습니다. 단 이를 위한 충분한 성능의 편집기는 뒷받침이 되어야 합니다.

Format Name	Container	Bit Depth	Color Sampling	Frame Size	Frame Rate	Bit Rate(Mbps)
MPEG HD422	MXF	8	4:2:2	1920×1080	29.97i	50(CBR)
MPEG IMX	MXF	8	4:2:2	720×480	29.97i	50(CBR)

표 1. XDCAM 주요 특성

(2) DVCPRO HD

DVCPRO HD는 몇 년 전까지만 해도 가장 많이 쓰였던 코덱으로 DVCPRO HD로 알려져 있으며 DV포맷의 4배인 100Mbps의 데이터량을 가지고 있는 I-Frame 기반의 고휘상도 비디오코덱입니다. DVCPRO HD는 960×720(720p), 1280×1080(1080i/59.94i)을 지원하기 때문에 HD 영상을 표현하기 위해 업샘플링을 해야 합니다.

다음은 DVCPRO HD 코덱의 주요특성과 프레임 사이즈를 나타내고 있습니다.

Format Name	Container	Bit Depth	Color Sampling	Frame Size	Frame Rate	Bit Rate(Mbps)
DVCPRO HD	mov	8	4:2:2	1280×1080	29.97i	100(CBR)
DVCPRO HD	mov	8	4:2:2	960×720	59.94p	100(CBR)

표 2. DVCPRO HD 특성

(3) ProRes

ProRes 코덱은 Apple사에서 만든 I-Frame 계열의 코덱으로 초기에는 편집용 코덱만으로 사용할 수 있었으나 현재 Arri Alexa 카메라가 ProRes 코덱을 사용하고 AJA나 Blackmagic 사 I/O 관련 제품들도 ProRes 코덱을 직접적으로 지원하고 있습니다. 또한, 모든 NLE 소프트웨어를 지원하고 다양한 형태의 비트레이트를 선택할 수 있습니다. 단순한 영상에서 고품질의 영상 지원까지 가능합니다.

Format Name	Container	Bit Depth	Color Sampling	Frame Size	Frame Rate	Bit Rate(Mbps)
ProRes LT	mov	10	4:2:2	1920×1080	29.97i	100(VBR)
ProRes 422	mov	10	4:2:2	1920×1080	29.97i	145(VBR)
ProRes HQ	mov	10	4:2:2	1920×1080	29.97i	220(VBR)
ProRes 4444	mov	12	4:4:4	1920×1080	29.97i	330(VBR)
ProRes Proxy	mov	10	4:2:2	1920×1080	29.97i	36(VBR)

표 3. ProRes 주요 특성

(4) AVC-Intra

AVC-Intra 코덱은 Panasonic P2 카메라에서 기록되는 형식으로 포맷은 H.264 압축방식을 사용하고 있으며 I-frame 계열의 코덱입니다. OP-Atom 형식의 코덱으로 오디오와 비디오가 분리되어 저장됩니다.

Format Name	Container	Bit Depth	Color Sampling	Frame Size	Frame Rate	Bit Rate(Mbps)
AVC-I 50	MXF	10	4:2:0	1440×1080	29.97i	50(VBR)
AVC-I 100	MXF	10	4:2:2	1920×1080	29.97i	100(VBR)

표 4. AVC-Intra 코덱 특성

(5) DNxHD

DNxHD 코덱은 Avid 사의 코덱입니다. ProRes와 마찬가지로 다양한 비트 레이트의 선택이 가능하여 오프라인 Proxy 편집에서 고화질의 편집까지 지원하고 있습니다. Arri Alexa와 같은 카메라는 2011년부터 DNxHD를 지원하고 있고 Blackmagic Design 사의 제품도 DNxHD 코덱을 지원하며, 대부분의 NLE도 지원하고 있는 상태입니다.

Format Name	Container	Bit Depth	Color Sampling	Frame Size	Frame Rate	Bit Rate(Mbps)
DNxHD 36	MXF	8	4:2:2	1920×1080	29.97i	36(CBR)
DNxHD 100	MXF	8	4:2:2	1920×1080	29.97i	100(CBR)
DNxHD 145	MXF	8	4:2:2	1920×1080	29.97i	145(CBR)
DNxHD 220	MXF	10	4:2:2	1920×1080	29.97i	220(CBR)
DNxHD 444	MXF	10	4:4:4	1920×1080	29.97i	440(CBR)

표 5. DNxHD 코덱 특성

(6) Canopus HQX

Canopus HQX 코덱은 Grass Valley 사의 코덱입니다. Canopus HQX는 Edius NLE에서 사용되며 시스템 코덱이 아닌 편집을 위한 Intermediate 코덱입니다. 고정된 압축률이 아닌 사용자가 원하는 압축률을 지정하여 자유롭게 비트레이트를 조정할 수 있으며, 별도의 정형화된 코덱의 비트레이트가 아닌 사용자에게 의한 코덱 비트레이트입니다.

Format Name	Container	Bit Depth	Color Sampling	Frame Size	Frame Rate	Bit Rate(Mbps)
Canopus HQX	AVI, MXF	10	4:2:2	1920×1080	29.97i	45 to 600(VBR)

표 6. Canopus HQX 코덱 특성

다. 코덱요소

앞에서 설명한 각각의 코덱에 나타난 기본적인 요소에 대해 간단히 짚고 넘어가도록 하겠습니다.

(1) Container

영상파일은 파일에 대한 전체적인 형식을 나타내는 컨테이너(Container)와 실제 압축된 영상을 나타내는 에센스로 구분할 수 있습니다. XDCAM, DVCPRO HD, ProRes, DNxHD와 같은 것은 에센스를 의미하고 mov, mxf, avi는 컨테이너를 의미합니다.

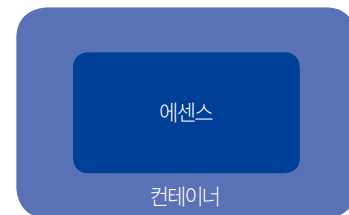


그림 7. 영상파일구조

(2) Bit Depth

영상에 대한 보다 정확하게 색감을 표현하는가에 관한 요소입니다. 8bit의 Bit Depth를 가지고 있다는 것은 색인호를 2^8 인 256단계로 표현할 수 있다는 것을 의미합니다. 만약 10bit의 Bit Depth를 가진다면 2^{10} 인 1024단계로 영상을 표현할 수 있습니다. 따라서 Bit Depth가 높으면 높을수록 색을 보다 정확하게 나타낼 수 있습니다.

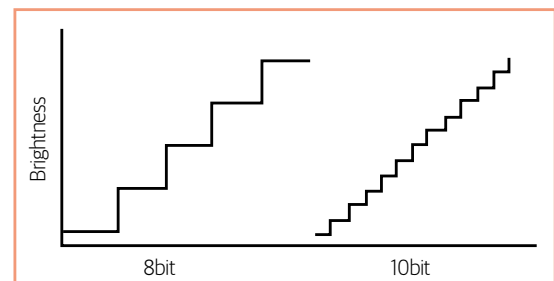


그림 8. Bit Depth

(3) Color Sampling

흑백인 Luma(Y) 신호대비 컬러신호인 Chroma(C_B, C_R) 신호에 대한 비율을 의미합니다. 일반적으로 사람의 눈은 흑백신호보다 컬러신호에 덜 민감하기 때문에 컬러신호를 줄여 압축의 효율을 더 좋게 합니다. 예를 들어 4:2:2의 경우 라인의 첫 번째 픽셀은 Y, C_B, C_R 신호를 모두 가지고 있으나 다음 픽셀은 Y신호만 가지고 있습니다.

(4) Frame Size

Frame Size는 실제 한 화면을 채우고 있는 픽셀의 개수를 의미합니다.

Full-HD 코덱의 경우 1920×1080의 Frame Size를 가지고 있는데 이것은 가로로 1920개의 픽셀, 세로로 1080개의 픽셀이 있다는 것을 의미합니다.

DVCPRO HD 같은 코덱은 1280×1080으로 가로의 픽셀이 1920개가 아닌 1280개로 구성되어 있습니다. 이는 실제 1920×1080의 Full-HD를 구현하기 위해 가로의 픽셀을 스케일업한다는 것을 의미합니다. 이는 다른 코덱과 같이 사용할 경우 편집과정 중 Generation에 의한 열화가 생길 수도 있습니다.

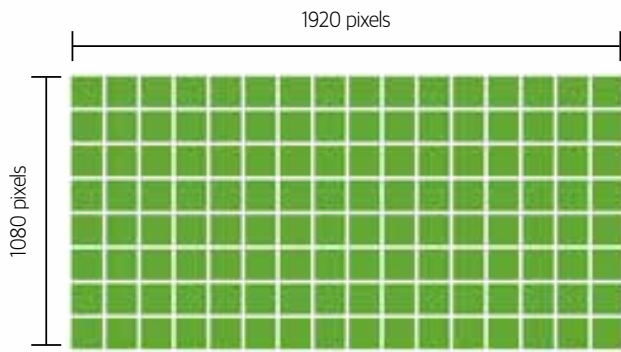


그림 9. Full-HD Frame Size

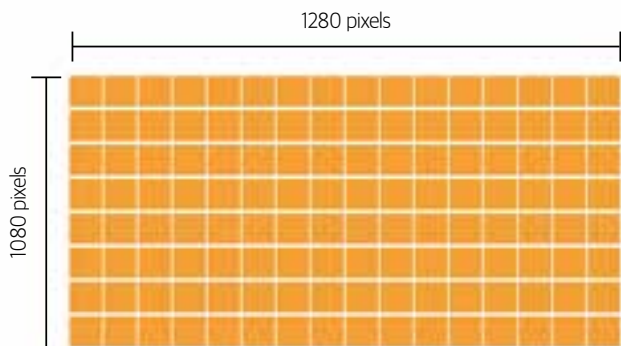


그림 10. DVCPRO HD Frame Size

(5) Frame Rate

1초당 프레임의 개수를 나타냅니다. 방송용 영상은 통상 초당 30프레임을 나타내고 영화의 경우 24프레임을 나타냅니다.

(6) CBR & VBR

CBR(Constant bitrate)은 영상압축 시 일정한 비트로 압축을 하는 것을 말하며 VBR(Variable Bitrate)은 가변적인 비트로 영상압축을 진행하는 것을 의미합니다.

CBR은 항상 일정한 비트레이트를 사용하기 때문에 구현하기는 VBR보다는 쉬우나 그에 비해 데이터의 낭비가 있을 수도 있습니다. VBR은 영상에 대한 비트레이트를 가변하여 정적인 영상에는 낮은 데이터율을 동적인 영상에는 높은 데이터율을 가지게 됩니다. CBR에 비해 데이터가 가변하기 때문에 그에 대한 내부적인 연산이 추가적으로 필요하게 되지만 영상에 대한 효율적인 비트할당이 가능하여 영상을 보다 더 정교하게 표현할 수 있습니다.

라. 시스템 코덱 선정 시 고려사항

실제 파일기반 제작시스템 내 코덱을 선정할 때는 여러 가지 고려사항이 있습니다. 단순히 편집만을 고려하는 것이 아니고 전체적인 워크플로우를 고려하여 선정을 해야 합니다.

예를 들어 파일기반 제작편집시스템은 고화질의 영상을 선호하기 때문에 그에 대한 고려가 필요한 반면 아카이브시스템은 화질에 대한 고려뿐만 아니라, 스토리지공간과 콘텐츠에 대한 전송시간도 고려해야 합니다.

이를 위해서는 각각의 코덱에 대한 성능비교가 이루어져야 합니다. 위에서 언급한 코덱요소 중 여러 가지가 있지만 크게 시스템 설계관련 요소와 화질 관련 요소로 나눌 수 있습니다.

Bit Rate는 시스템 설계관련 요소이고 Bit depth, Color Sampling은 화질관련 요소로 이야기할 수 있지만 이 두 가지가 별개의 요소는 아닙니다.

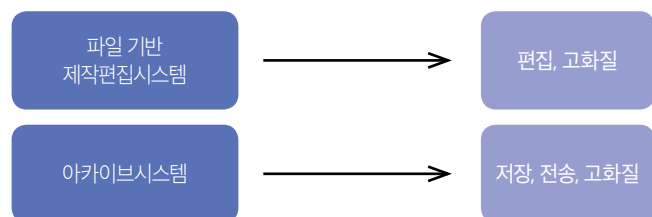


그림 11. 시스템별 고려사항

Bit Rate가 높으면 화질이 좋아지고 반대로 화질을 좋게하면 비트레이트가 높아질 수 있습니다.

Bit Rate가 가장 영향을 끼치는 부분은 스토리지입니다. Bit Rate가 높으면 높을수록 스토리지에 대한 요구가 많아집니다. 시스템 간 전송에 있어 Bit Rate에 따라 전송시간이 달라지게 됩니다. 대형 방송사들은 파일기반의 편집시스템과 그에 대한 아카이브 시스템을 가지고 있습니다. 제작이 끝난 콘텐츠는 아카이브시스템으로 전달되어 향후 제작에 사용됩니다. 만약 편집시스템에서 사용한 코덱이 Bit Rate가 높을 경우 요구되는 스토리지 및 그에 대한 네트워크에 대한 수준도 높아지게 됩니다.

화질과 관련해서는 Bit Depth와 Color Sampling이 있습니다. 쉽게 말하면 색의 단계를 몇 단계로 할 것인가가 Bit Depth이고 나누어진 색의 단계를 얼마나 잘 표현할 것인가가 Color Sampling입니다. 높은 Bit Depth와 Color Sampling의 코덱은 편집단계에서 발생하는 여러 번의 Generation에도 화질이 열화 되지 않습니다.

이와 관련된 Generation 예를 들어보도록 하겠습니다.



그림 12. Generation이 없는 경우

[그림 12]는 Generation이 없는 경우를 나타내고 있습니다. 촬영을 XDCAM HD422로 하고 편집과 아카이브 모두를 동일한 코덱을 사용하고 진행하기 때문에 Generation이 발생하지 않습니다.

따라서 각 단계에 따른 화질열화도 없습니다. 가장 이상적인 경우라고 할 수 있습니다. 하지만 실제 시스템은 이보다 더 복잡합니다. 촬영과 편집단계에서 다양한 형태의 장비와 코덱이 사용되기 때문입니다.

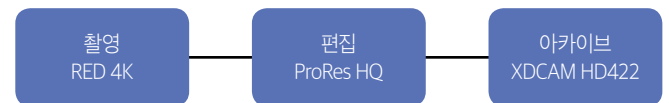


그림 13. Generation이 발생하는 경우

[그림 13]은 단계별로 다양한 코덱이 사용되는 경우를 나타내고 있습니다. 4K RED로 촬영한 콘텐츠를 ProRes HQ로 변환한 후 최종물은 XDCAM HD422로 아카이브를 하고 있습니다. 이는 각 단계별로 Generation이 발생하지만 내부 워크플로우는 보다 더 효율적으로 구성을 할 수 있습니다. 실제 현장에서는 이보다 더 복잡한 워크플로우를 가질 수도 있습니다.

여기서 주목할 것은 다양한 워크플로우를 거치게 되면서 Generation은 필수적으로 발생하게 됩니다. 따라서 코덱을 선정함에 있어 Generation을 고려한 코덱별 화질비교가 필수적입니다.

다음 호에서는 영상화질 비교를 위한 장비에 의한 객관적 화질비교와 사람에게 의한 주관적 화질비교에 대해 좀 더 알아보도록 하겠습니다. 📺

