

방송용 모니터 소개 - 4

: UHD 방송용 모니터의 조건

글.
신수근 (췌비덴트 (구 티브이로직) 이사

연재목록

- 1부: 디스플레이 트렌드 (CRT, PDP, LCD (다양한 BLU), OLED)
- 2부: 모니터의 종류와 차이 (컴퓨터용, 그래픽용, 방송용, 의료용)
- 3부: 모니터의 색감과 조정기능 (색감의 정의, 밝기/명암/색상/색농도+백라이트, 감마 등)
- 4부: UHD 방송용 모니터의 조건 (해상도, 프레임율, 색상수, 감마코딩, 색재현범위 등)
- 5부: HDR 방송용 모니터의 조건 (HDR 트렌드, HDR 표준, HDR 디스플레이의 요구 조건)



HD와 UHD의 해상도 차이 / 출처 : 삼성전자

들어가며 - UHD 방송 왜 필요한가?

UHD와 관련하여 우리가 흔히 접하는 설명이나 광고에서는 왼쪽의 그림을 제시하며 UHD의 해상도가 기존의 HD에 비해 어떻게 차이 나는 지를 강조하곤 한다. UHD는 Ultra High Definition의 약자이기 때문에, 그리고, 기존의 HD에 비해 4배 이상 높아진 해상도가 가장 기본이 되기 때문에 이러한 설명이 틀린 것은 아니다.

하지만, 이와 같은 설명은 일반 소비자들에게 UHD 방송이 무엇이며 왜 필요한 지를 설명하는데 있어서 오히려 방해가 되기도 한다. 왜냐하면 소비자들 입장에서는 단순히 해상도가 좋아진다는 것이 쉽게 이해는 가지만 그다지 피부에 와 닿지 않을 수도 있기 때문이다. 즉, 너무 해상도라는 용어에만 집중하다 보니 정작 더 중요한 UHD 방송의 다른 파라미터들이 주목받지 못하고 있다는 것이다. 이번 호에서는 UHD 방송의 주요 파라미터를 위주로 UHD가 왜 필요한지에 대해 살펴해보도록 하겠다.

왜 더 높은 해상도가 필요할까?

우리가 방송의 화질을 SD에서 HD로, 다시 HD에서 UHD로 높여가는 가장 근본적인 이유는 무엇일까? 이에 답하기 위해서는 텔레비전(Television)이라는 단어의 어원을 추적해 볼 필요가 있다. 텔레비전은 Tele(멀리) + Vision(보다)으로 구성되었다. Telescope(망원경)도 멀리 있는 것을 보여준다는 뜻이기는 하지만, Television은 멀리 있는 것을 보여 준다는 개념 보다는 비전(장면)을 멀리 보낸다는 뜻으로 이해하는 것이 맞겠다.

즉, 텔레비전의 역할은 멀리서 벌어진 일들을 시간과 공간을 뛰어넘어 마치 지금 내 앞에서 벌어지는 것과 같이 보여주는 것이 역할이자 기술발전의 방향성이라 하겠다. 이를 보다 익숙한 말로 바꾸자면 과학기술의 힘을 빌려 가상의 현실을 만들어내는 것이

며, 그러기 위해 인간이 가진 다섯 가지의 감각기관 중에서 시각과 청각을 활용하고 있다. 향후 좀 더 기술이 발전한다면 미각이나 후각, 촉각까지 전달해 줄 수도 있겠으나 현재까지는 시각과 청각을 통한 가상현실 구현에 집중하고 있다.

그렇다면 멀리 있는 곳에서 벌어지는 상황을 가상적으로 재구성해 준다고 할 때 가장 중요한 것은 무엇일까? 바로 현장감(Sense of being there)과 현실감(Sense of Reality)이라고 할 수 있을 것이다. 마치 내가 그곳에 가 있는 것처럼 느껴야 하고, 눈에 보이는 것들이 실제와 같다고 착각할 수 있을 정도로 느껴지기 위해서 필요한 조건은 무엇일까?

시야를 가득 채워 주어야 한다

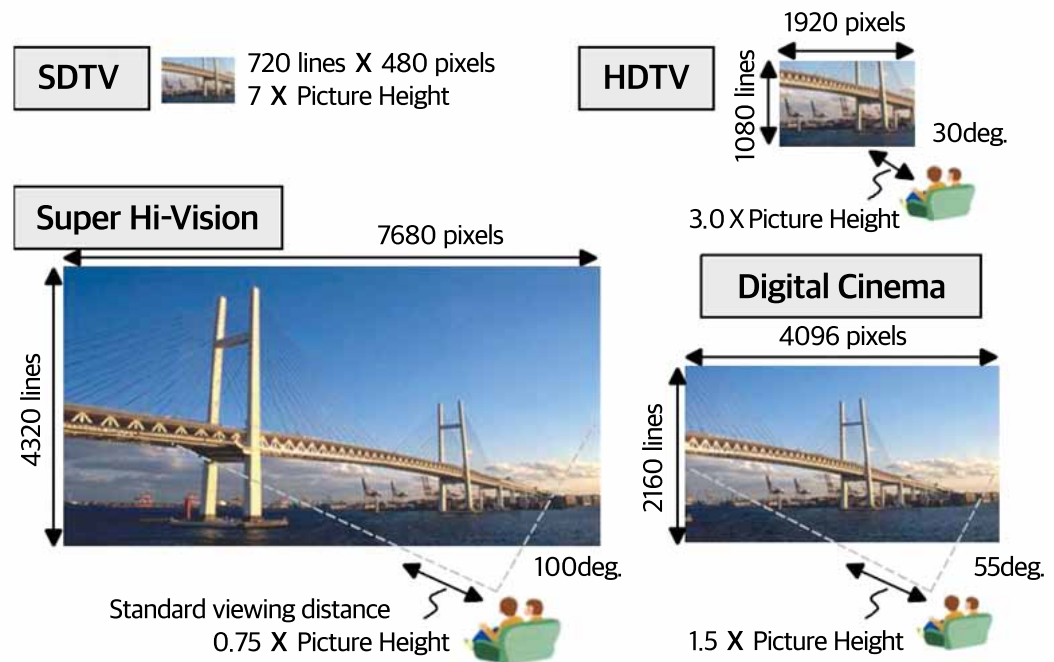
인간의 시야는 수평으로 약 120도, 그리고 수직으로 약 140도의 시야를 가진다고 한다. 실제로는 수평시야각이 더 넓지만 수평으로 두 눈이 나란히 있기 때문에 중간에 겹치는 부분을 고려하면 수평이 약 120도가 된다고 한다. 가상적인 현장감을 느끼려면 일단 현장의 장면이 우리의 눈을 가득 채워야 한다. 그래야 현장에 있는 느낌을 제대로 받을 수 있다.

시야를 가득 채우기 위해서는 더 큰 스크린이 필요하다

우리의 시야를 가득 채우는 방법은 2가지가 있다. 하나는 스크린 앞으로 바짝 다가가는 방법이고, 다른 하나는 스크린과의 거리는 일정하게 유지하되 스크린의 크기를 더욱 늘리는 것이다. 최근에 유행하고 있는 가상현실(VR) 기기는 그 불편함에도 불구하고 시야를 꽉 채우기 위해 HMD(Head Mount Display)를 활용하고 있다.

큰 스크린은 더 높은 해상도가 뒷받침되어야 자연스러운 영상이 된다

VR 기기는 사용하기도 불편하지만 혼자서만 볼 수 있기 때문에 가족이 함께 보는 기기로서의 텔레비전과는 사뭇 다르다. 방송이나 영화의 경우 더 큰 스크린으로 보는 것은 얼마든지 가능하다. 프로젝터를 사용하는 것이 가격대비 성능 면에서 가장 좋은 방법이고, 최근에는 평판디스플레이 기술의 발전으로 LCD나 OLED와 같은 직시형 TV도 적절한 가격에 꽤 큰 스크린을 제공하기도 한다. 어쨌든 화면은 커졌는데 해상도가 낮으면 사실감(Sense of Reality)이 떨어지게 된다.



화면크기, 해상도와 시야각의 관계

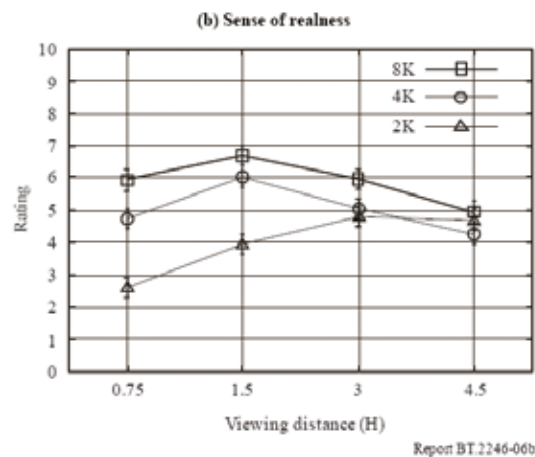
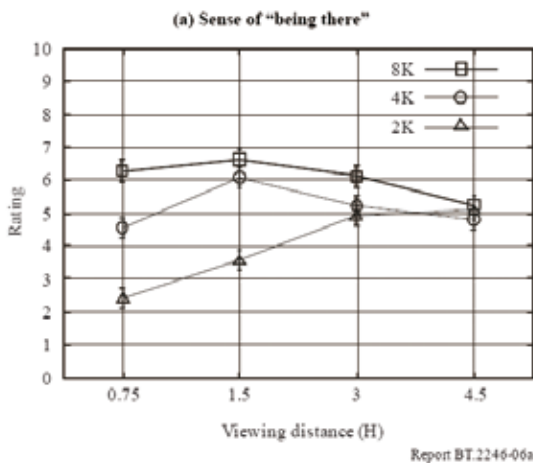
결국, 우리가 지속적으로 해상도를 높여 온 이유는 단순히 화질이 더 좋기 때문이라기보다는 현장감과 현실감을 더 제대로 느끼기 위해 더 큰 화면이 필요하고, 이에 따라 해상도 역시 더 높아져야하기 때문이라고 말할 수 있다. 앞장의 그림은 시청거리가 일정한 상태에서 화면의 크기에 따라 인간의 시야가 얼마 정도 커버되는 지를 보여 주고 있다. 필자도 몇 년 전 IBC 전시회 기간 중 NHK에서 시연하던 Super Hi-Vision을 체험해 본 적이 있는데 거대한 스크린과 8K의 해상도, 그리고 22.2 채널이 주는 느낌은 대단했다.

초고해상도의 역설

앞에서 우리 시야를 꽉 채우기 위해 더 큰 스크린이 필요하고, 이를 뒷받침하기 위해 더 높은 해상도가 필요하다고 설명 드렸다. 이렇게 하면 현장감과 사실감이 극대화될 수 있기 때문이다. 그런데, 이 말을 거꾸로 뒤집으면 현장감이나 사실감이 저하될 수 있는 요인이 무엇인지 쉽게 알 수 있다. 즉, 화면이 큰데도 해상도가 낮은 경우 사실감이 떨어질 것이다. 혹은 화면이 충분히 크고 해상도 역시 충분히 높다 하더라도 시청거리가 일정 수준 이상으로 멀어질 경우에는 시야도 꽉 차지 않게 되어 현장감이 낮아지고, 높은 해상도의 경우 인간의 시각적 한계로 인해 별다른 화질적 만족도를 주기 어려울 수 있다.

ITU-R BT.2246-2이라는 리포트에 보면 해상도와 시청거리의 상관관계를 실험한 결과가 실려 있다. 이미 비슷한 실험은 예전에도 있었고 관련 지식이 있는 분들은 충분히 추론이 가능한 것이기는 하지만, UHD 시대를 맞이하여 확인 차원에서 이루어진 실험이라는 측면에서 의미가 있다고 하겠다. 8K 해상도(7680×4320)를 가진 85인치 LCD 모니터를 활용하였고, 콘텐츠는 8K로 촬영한 후에 4K와 2K로 해상도를 낮춰 총 3가지 해상도의 콘텐츠를 준비하였다. 그리고 시청거리의 경우 화면의 수직높이의 0.75배(약 0.8m), 1.5배(약 1.6m), 3.0배(약 3.2m) 그리고 4.5배(약 4.8m)의 4가지로 설정하여 화질평가를 실시하였는데 참가자 수는 총 53명의 비전문가들이었다.

아래의 두 그림은 해상도와 시청거리의 변화에 따라 현장감과 사실감이 어떻게 다르게 느껴지는지를 보여 주고 있다. 충분히 가까운 거리인 약 0.8m(화면높이의 0.75배 거리)에서 볼 때에는 2K, 4K, 8K 해상도 간의 차이가 극명하다. 당연히 8K 해상도의 콘텐츠를 볼 때 현장감이 월등히 높았다. 하지만, 이렇게 가까워서 TV를 볼 수는 없다. 약 1.6m 떨어져서 볼 때에 오히려 현장감은 약간 더 높아졌지만 8K와 4K의 차이가 줄었다. 일반적인 시청거리라 할 수 있는 3.2m에서는 2K와 4K의 차이가 거의 없어지고, 4.8m 거리에서 볼 경우에는 2K, 4K, 8K 해상도에 따른 차별점이 거의 없어진다. 다시 말해서 시청거리가 일정 수준 이상이 되면 시야각이 줄어들고 해상도의 차이가 제대로 느껴지지 않는다는 것이다.

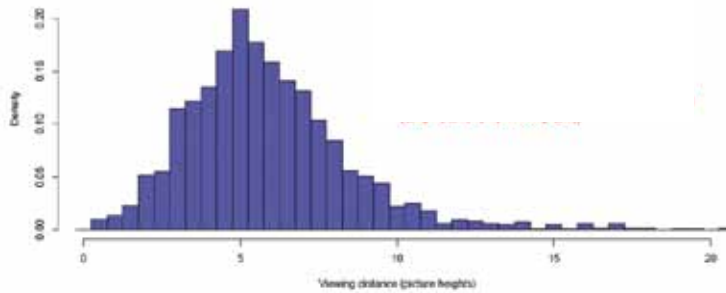


해상도와 시청거리와의 관계 (현장감)

해상도와 시청거리와의 관계 (사실감)

동서양을 막론하고 일반적인 가정에서는 TV를 거실에서 주로 시청하는데, 보통은 한쪽 벽 끝에 소파를 놓고, 반대편 벽에 TV를 설치하는 것이 일반적이라 시청거리는 대부분 거실의 크기에 따라 정해지는 편이다. 어쨌든 거실이건 침실이건 일반적으로 TV를 시청하는 거리는 3m~5m 사이라고 할 수 있다.

다음의 그래프는 2014년에 BBC에서 1만여 명의 시청자들을 대상으로 조사한 UHD 관련 설문 결과 중 일부이다. 절대적인 (평균) 시청거리는 10년 전과 비슷했지만 TV의 화면이 커지면서 상대적인 시청거리가 줄어들었다. 즉, 평균 시청거리가 화면높이의 약 8.1배에서 5.5배로 줄어든 것이다. 10년 전에는 40~46인치 LCD TV가 주력 상품이었었는데 현재는 55인치를 넘어 65인치로 올라가고 있는 추세가 반영된 것이라 하겠다. 어쨌든 이 설문이 주는 시사점은 바로 UHD 방송을 했을 때 더 높아진 해상도를 제대로 만끽할 수 있는 시청자는 전체의 1.5% 정도에 불과하다는 것이다. 향후 더 큰 화면의 TV가 보급된다고 하더라도 현실적인 거실의 크기를 감안할 때 75~85인치 정도가 한계일 것이고, 여전히 대부분의 가정에서는 40~55인치 정도의 TV를 사용할 것이다. 따라서 UHD 해상도를 충분히 즐길 수 있는 소비자들은 기껏해야 5% 정도일 것이다.



- 2014년 조사 - '상대적 시청거리' 평균값 : 약 5.5H
- 2004년 조사 - '상대적 시청거리' 평균값 : 약 8.1H
- 절대적 시청거리는 거의 같으나 화면이 커짐
- 3H 혹은 그 이상 가까이 시청하는 경우 : 약 10%
- 1.5H 혹은 그 이상 가까이 시청해야 UHD 혜택 누려 (전체 시청자의 약 1.5%에 불과)

영국 시청자들의 TV 화면 크기와 시청거리 설문 결과

UHD는 해상도가 전부가 아니다!

앞에서 살펴본 ITU 리포트나 BBC의 설문결과는 초고해상도가 주는 혜택이 현실에서는 매우 제한적일 수밖에 없다는 것을 뜻한다. 이는 UHD 방송에 대한 회의론이 들게 할 정도로 나쁜 소식일 수 있다. UHD 방송을 해상도의 관점에서만 본다면 말이다.

UHD 방송은 단지 더 높은 해상도만을 뜻하지는 않는다. 과거 SD에서 HD로 업그레이드할 때에는 해상도 이외에는 거의 의미 있는 발전이 없었다. 하지만 HD에서 UHD로 업그레이드된다는 것은 해상도는 기본일 뿐이고, 다른 주요 파라미터들도 한 차원 업그레이드된다. 먼저, UHD 방송표준인 ITU-R BT.2020의 주요 파라미터들을 살펴보자. 참고로, 이 BT.2020 문서는 국제방송연맹 (ITU)의 표준으로 BT.601(SD), BT.709(HD)에 이은 UHD 표준문서라 하겠다. 문서의 부제목은 'Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange'로 되어 있다.

Parameter	Values	
Picture aspect ratio	16:9	
Pixel count Horizontal × vertical	7680 × 4320	3840 × 2160
Sampling lattice	Orthogonal	
Pixel aspect ratio	1:1 (square pixels)	
Pixel addressing	Pixel ordering in each row is from left to right, and rows are ordered from top to bottom.	

TABLE 1 - Picture spatial characteristics

Parameter	Values
Frame frequency (Hz)	120, 60, 60/1.001, 50, 30, 30/1.001, 25, 24, 24/1.001
Scan mode	Progressive

TABLE 2 - Picture temporal characteristics

Parameter	Values		
Opto-electronic transfer characteristics before non-linear pre-correction	Assumed linear ⁽¹⁾		
Primary colours and reference white ⁽²⁾	Chromaticity coordinates (CIE, 1931)	x	y
	Red primary (R)	0.708	0.292
	Green primary (G)	0.170	0.797
	Blue primary (B)	0.131	0.046
	Reference white (D65)	0.3127	0.3290

TABLE 3 - System colorimetry

(1) Picture information can be linearly indicated by the tristimulus values of RGB in the range of 0-1.

(2) The colorimetric values of the picture information can be determined based on the reference RGB primaries and the reference white.

Parameter	Values	
Signal format	$R'G'B'^2$	
	Constant luminance $Y'C'_{BC}C'_{RC}{}^3$	Non-constant luminance $Y'C'_BC'_R{}^4$
Non-linear transfer function	$E' = \begin{cases} 4.5E, & 0 \leq E < \beta \\ \alpha E^{0.45} - (\alpha - 1), & \beta \leq E \leq 1 \end{cases}$ where E is voltage normalized by the reference white level and proportional to the implicit light intensity that would be detected with a reference camera colour channel R, G, B; E' is the resulting non-linear signal. $\alpha = 1.099$ and $\beta = 0.018$ for 10-bit system $\alpha = 1.0993$ and $\beta = 0.0181$ for 12-bit system	

Derivation Y'_C of and Y'	$Y'_C = (0.2627R + 0.6780G + 0.0593B)'$	$Y' = 0.2627R' + 0.6780G' + 0.0593B'$
Derivation of colour difference signals	$C'_{BC} = \begin{cases} \frac{B' - Y'_C}{1.9404}, & -0.9702 \leq B' - Y'_C \leq 0 \\ \frac{B' - Y'_C}{1.5816}, & 0 < B' - Y'_C \leq 0.7908 \end{cases}$ $C'_{RC} = \begin{cases} \frac{R' - Y'_C}{1.7184}, & -0.8592 \leq R' - Y'_C \leq 0 \\ \frac{R' - Y'_C}{0.9936}, & 0 < R' - Y'_C \leq 0.4968 \end{cases}$	$C'_B = \frac{B' - Y'}{1.8814}$ $C'_R = \frac{R' - Y'}{1.4746}$

TABLE 4 - Signal format

Parameter	Values		
Coded signal	$R', G', B' \text{ or } Y', C'_B, C'_R \text{ or } Y', C'_B, C'_R$		
Sampling lattice – R', G', B', Y', Y'_C	Orthogonal, line and picture repetitive co-sited		
Sampling lattice – $C'_B, C'_R \text{ or } C'_{BC}, C'_{RC}$	Orthogonal, line and picture repetitive co-sited with each other. The first (top-left) sample is co-sited with the first Y' samples.		
	4:4:4 system	4:2:2 system	4:2:0 system
	Each has the same number of horizontal samples as the Y' (Y'_C) component.	Horizontally subsampled by a factor of two with respect to the Y' (Y'_C) component.	Horizontally and vertically subsampled by a factor of two with respect to the Y' (Y'_C) component.
Coding format	10 or 12 bits per component		
Quantization of $R', G', B', Y', Y'_C, C'_B, C'_R, C'_{BC}, C'_{RC}$	$DR' = INT \left[\left((219 \times R' + 16) \times 2^{n-8} \right) \right]$ $DG' = INT \left[\left((219 \times G' + 16) \times 2^{n-8} \right) \right]$ $DB' = INT \left[\left((219 \times B' + 16) \times 2^{n-8} \right) \right]$ $DY'(DY'_C) = INT \left[\left((219 \times Y'(Y'_C) + 16) \times 2^{n-8} \right) \right]$ $DC'_B(DC'_{BC}) = INT \left[\left((224 \times C'_B(C'_{BC}) + 128) \times 2^{n-8} \right) \right]$ $DC'_R(DC'_{RC}) = INT \left[\left((224 \times C'_R(C'_{RC}) + 128) \times 2^{n-8} \right) \right]$		

TABLE 5 - Digital representation

Parameter	Values	
Quantization levels - Black level $DR', DG', DB', DY', DY'_C$ - Achromatic $DC'_B, DC'_R, DC'_{BC}, DC'_{RC}$ - Nominal Peak $DR', DG', DB', DY', DY'_C$ $DC'_B, DC'_R, DC'_{BC}, DC'_{RC}$	10-bit coding	12-bit coding
	64	256
	512	2048
	940 64 and 960	3760 256 and 3840
Quantization level assignment - Video data - Timing reference	10-bit coding	12-bit coding
	4 through 1 019 0-3 and 1 020-1 023	16 through 4 079 0-15 and 4 080-4 095

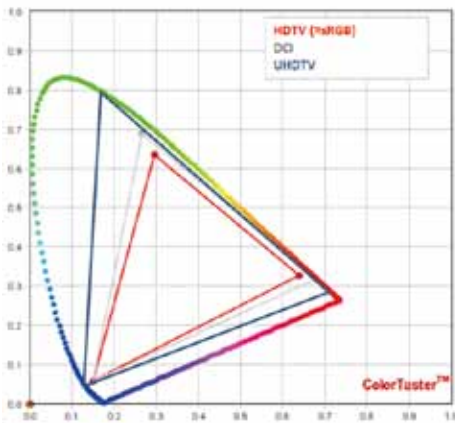
TABLE 5(end) / UHD 방송 파 미터 (ITU-R BT.2020)

이렇게 표준문서의 내용만 보면 조금 혼란스러울 수도 있기 때문에 다음의 표와 같이 SD 및 HD 방송표준과 비교를 해 보았다. 앞서 설명 드린 바와 같이 SD(BT.601)에서 HD(BT.709)로 올 때에는 해상도 이외의 파라미터들은 거의 달라진 것이 없다. 따라서 HD는 4배 더 높아진 해상도의 방송시스템이었던 것이다. UHD(BT.2020)의 경우에도 해상도만 보면 HD보다 4배 더 높아진 것은 맞지만, HD 때와는 달리 색역(Color Gamut)과 프레임율(Frame Rate), 그리고 Component Coding 측면에서 완전히 달라졌는데 이 부분은 크게 주목받지 못하고 있는 것 같다.

	ITU-R BT.601 (SD)	ITU-R BT.709 (HD)	ITU-R BT.1769 (LSDI)	ITU-R BT.2020 (UHD-1, 2)
First Version Latest Version	1982 2011 (BT.601-7)	1993 2002 (BT.709-5)	2008 (BT.1769-0)	2012 (BT.2020-0)
Resolution (Widescreen)	720×483 (858×525) 720×576 (864×625)	1920×1080 (1125/60/2:1) (1250/50/2:1)	3840×2160 7680×4320	3840×2160 7680×4320
Frame Rate (Field Rate)	29.97p (59.94i) 25p (50i)	30p (60Hz) 25p (50Hz)	24p, 25p, 30p, 50p, 60p	24p, 25p, 30p, 50p, 60p, 120p
Color Depth	8bit, 10bit	8bit, 10bit	10bit, 12bit	
Color Space Sampling	YCC 4:2:2	YCC 4:2:2	RGB 4:4:4 YCC 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0	
Component Coding	$Y' = 0.299 \times R' + 0.587 \times G' + 0.114 \times B'$ $P'B = 0.5 \times (B' - Y') / (1 - 0.114)$ $P'R = 0.5 \times (R' - Y') / (1 - 0.299)$	$Y' = 0.2126 \times R' + 0.7152 \times G' + 0.0722 \times B'$ $P'B = 0.5 \times (B' - Y') / (1 - 0.0722)$ $P'R = 0.5 \times (R' - Y') / (1 - 0.2160)$	$Y' = 0.2126 \times R' + 0.7152 \times G' + 0.0722 \times B'$ $P'B = 0.5 \times (B' - Y') / (1 - 0.0722)$ $P'R = 0.5 \times (R' - Y') / (1 - 0.2160)$	$Y' = 0.2627 \times R' + 0.6780 \times G' + 0.0593 \times B'$ + C.L. $P'B = 0.5 \times (B' - Y') / (1 - 0.0593)$ $P'R = 0.5 \times (R' - Y') / (1 - 0.2627)$
Color Gamut Ref. White OETF	SMPTE-C, EBU D65 $1.099 \times L$ (0 ≤ L < 0.099) $4.500 \times L$ (0 ≤ L < 0.018)	Rec.709, (EBU) D65 $1.099 \times L$ (0 ≤ L < 0.099) $4.500 \times L$ (0 ≤ L < 0.018)	Rec.709 D65 $1.099 \times L$ (0 ≤ L < 0.099) $4.500 \times L$ (0 ≤ L < 0.018)	Rec.2020 D65 $1.099 \times L$ (0 ≤ L < 0.099) $4.500 \times L$ (0 ≤ L < 0.018) (N.C.L. + C.L.)

방송시스템간의 파라미터 비교

위의 표에서 보면 BT.2020이라는 UHD 표준이 나오기 전에 BT.1769라는 시스템도 제안되었었다는 점이 흥미롭다. Large Screen Digital Imagery(LSDI)라고 명명되었던 이 시스템은 해상도 측면에서는 BT.2020과 같이 4K 및 8K를 규정하고 있지만, 프레임레이트는 현실적으로 60p로 약간 올렸을 뿐 나머지 파라미터들은 HD와 동일하였다. 프레임레이트를 높이는 것은 카메라, 레코더, 저장장치 등 제작단계에서부터 해결해야 할 기술적, 원가적 문제가 남아 있기 때문에 BT.1769의 60p가 당분간은 현실적일 것이다. 그리고 색역(Color Gamut)의 경우에도 BT.2020의 스펙이 너무 높아서 역시 몇 년 지나야 해결할 수 있을 것으로 보인다. 이런 측면에서 BT.1769가 현실적이긴 하지만, 앞서 설명 드린 바와 같이 초고해상도가 주는 혜택이 화면크기나 시청거리에 의해 쉽게 사라질 수 있기 때문에 BT.1769를 건너뛰고 BT.2020으로 간 것으로 보인다.



색역 비교 (HD vs DCI vs UHD)

WCG - 현실에 존재하는 모든 컬러를 담을까?

SD에서 HD로 전환할 때에는 앞서 설명 드린 바와 같이 해상도 이외에는 주요 파라미터들이 별로 업그레이드되지 않았다. 컬러의 경우 NTSC 지역에서는 SMPTE-C를, PAL 지역에서는 EBU를 사용하였지만, HD로 오면서 EBU 색역에서 아주 조금 넓어진 Rec.709를 적용하기는 하였지만 일반 소비자들이 체감적으로 느끼기에는 턱없이 부족한 수준이었다. 그나마 의미 있는 변화가 있었다면 NTSC 색역에서 계산했던 Component Coding을 (색역이 바뀌었음에도) NTSC의 것을 그대로 SD 시절에도 사용했었는데, HD로 오면서 Rec.709의 RGB 색좌표에 맞는 값으로 다시 계산해서 적용했다는 정도가 되겠다.

기존의 Rec. 709 색역은 방송뿐 아니라 인터넷을 위한 컬러 표준이라 할 수 있는 sRGB에도 채용되었지만 실제 현실세계에서 보는 물체들의 색상을 60% 정도밖에 재현하지 못한다. 이에 따라 Wide Color Gamut(WCG)에 대한 갈증이 점점 커지고 있었는데 이

제 UHD 시대로 오면서 디스플레이 기술의 발전에 힘입어 점점 더 넓은 색역을 LCD나 OLED TV에서 구현할 수 있게 되었다. 일단 BT.2020에서 규정한 색역을 기존의 HD 및 DCI (디지털 영화 규격)과 비교해 보면 그림과 같다.

기존에 비해 상당히 넓어진 이 색역은 아직은 제대로 구현할 수 있는 디스플레이가 없기 때문에 비현실적이지만 UHD가 지향해야 할 화질의 미래상을 설정했다는 차원에서 의미가 있다고 하겠다. 앞서 설명한 바와 같이 초고해상도의 혜택이 화면크기나 시청거리에 따라 쉽게 무력화되기 때문에 일단 색상에서 확 차이나는 색역을 추구한 것으로 보인다. 표준 제정과정에서 한국측은 OLED 기반으로 색역을 제안하였고, 일본측은 Laser 디스플레이를 기반으로 하여 약간 더 넓은 색역을 제안하였다. 한국측 제안이 더 현실적일 뿐 아니라 실제의 물체색 색역 커버율(Gamut Coverage)와 색역 효율성(Gamut Efficiency) 측면에서도 유리했지만 결국 최종적으로는 Red는 중간수준에서 타협되고, Green은 일본측의 안이 채택되었다. Blue는 애초 동일한 색좌표를 제안했기에 문제가 없었다.

Primary	Korean Proposal (Appendix 1 in WD-PDNR ITU-R BT.[Image-UHDTV], [Input, 19])	Japanese Proposal (Appendix 2 in WD-PDNR ITU-R BT.[Image-UHDTV], [Input, 19])	Modification 1	Modification 2
Red	0.7006, 0.2993 (625 nm)	0.7140, 0.2859 (635 nm)	0.7079, 0.2920 (630 nm)	
Green	0.1625, 0.8012 (531 nm)	0.1702, 0.7965 (532 nm)	531 nm from Korean proposal	532 nm from Japanese proposal
Blue	0.1314, 0.0459 (467 nm)			
Reference White (D65)	0.3127, 0.3290			
Gamut Coverage	96%	95%	95%	95%
Gamut Efficiency	91%	90%	90%	90%

한국 및 일본의 색역 제안내용 및 결과 / 출처 : ITU-R BT.2246-2

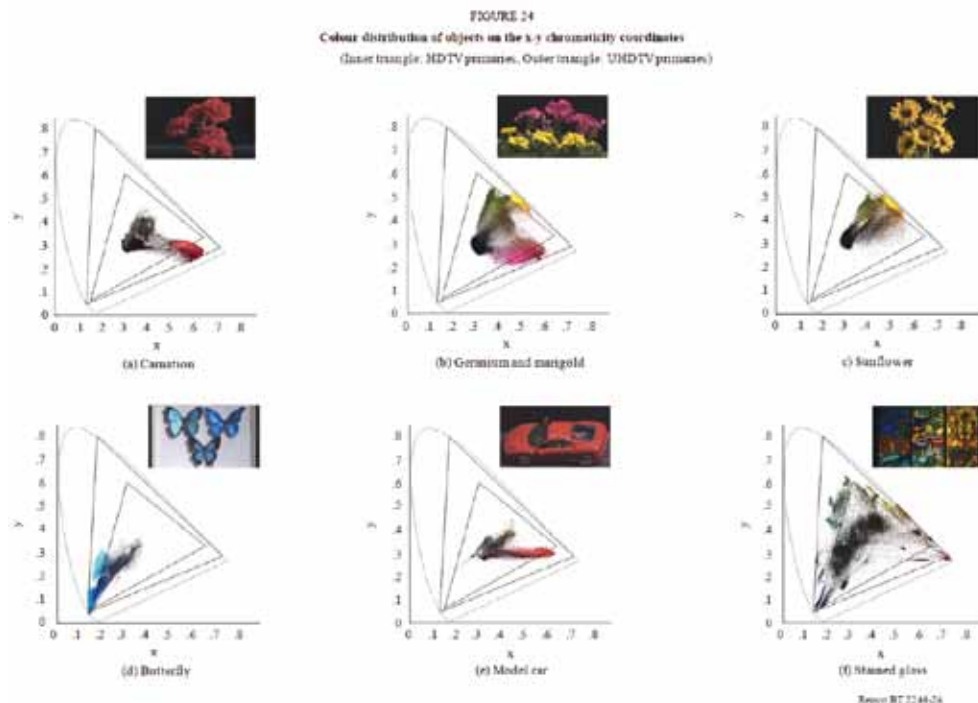
어쨌든 BT.2020의 광색역(WCG)은 기존의 BT.709에서 재현할 수 없었던 현실세계의 물체색들을 많이 보여 줄 수 있다. 다음장의 그림에서와 같이 진한 노랑색의 개나리, 선홍색의 진달래, 스테인드글라스의 녹색계열 혹은 스포츠카의 새빨간 페인트도 제대로 보여 줄 수 있다. 문제는 Laser 백라이트가 아직은 기술적으로, 그리고 원가적인 측면에서 가정용 TV에 적용되기에는 아직 해결해야 할 과제가 많다는 것이다. 다행히 카메라용 이미지 센서의 경우 디스플레이보다는 기술개발 속도가 빨라서 이미 BT.2020에 근사하게 넓은 색역을 캡처할 수 있는 카메라들이 나오기 시작했다. 디스플레이 업계의 분발을 기대한다.

HFR - 움직임이 깨끗하고 자연스러워진다!

인간의 눈이 1초에 약 50~60번 정도로 깜박이는 빛을 보면 대략 계속 켜져 있는 것으로 인식한다고 한다. 완벽하게 깜박임을 느끼지 않도록 하려면 최소 75Hz나 100Hz 이상으로 해야겠지만 영상산업의 초창기에는 크게 부담되지 않는 수준인 50~60Hz가 최소한의 한계로 조사되었던 것으로 보인다. 한편, 인간은 초당 약 30장 정도로 장면이 바뀌면 대략 자연스러운 동작으로 인식한다고 한다. 물론, 이것 역시 최소한의 수준을 얘기하는 것이며 초당 60장, 100장으로 갈수록 깨끗하고 정교한 모션(Motion)을 캡처하고 보여 줄 수 있게 된다.

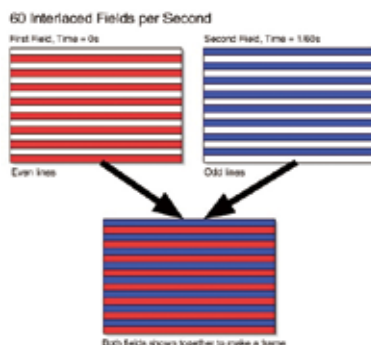
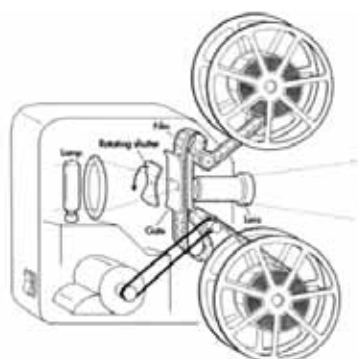
즉, 인간의 눈에 초당 50~60번 정도의 깜박임이 최소한의 Flash Rate가 되는 것이고, 초당 30장 정도의 장면(프레임)이 최소한의 Frame Rate가 된다고 하겠다. 하지만, 극장에서 상영하는 필름영화는 필름소비의 효율성 등을 고려하여 초당 30장보다 더 낮은 초당 24장으로 표준화가 되었다. 이로 인해 Motion Judder와 같은 문제가 있긴 하지만 실용성과 원가부담으로 인해 초당 24프레임

이 범용화되었다고 한다. Frame Rate는 24Hz로도 가능했지만 Flash Rate의 경우 최소 50Hz 이상은 되어야 했기에 Dual Blade Shutter와 같은 장치를 영상기에 추가함으로써 Flash Rate를 48Hz로 높일 수 있었고, 이를 통해 Flicker로 인한 눈의 피로 문제를 해결하였다.



BT.709 색역 vs BT.2020 색역

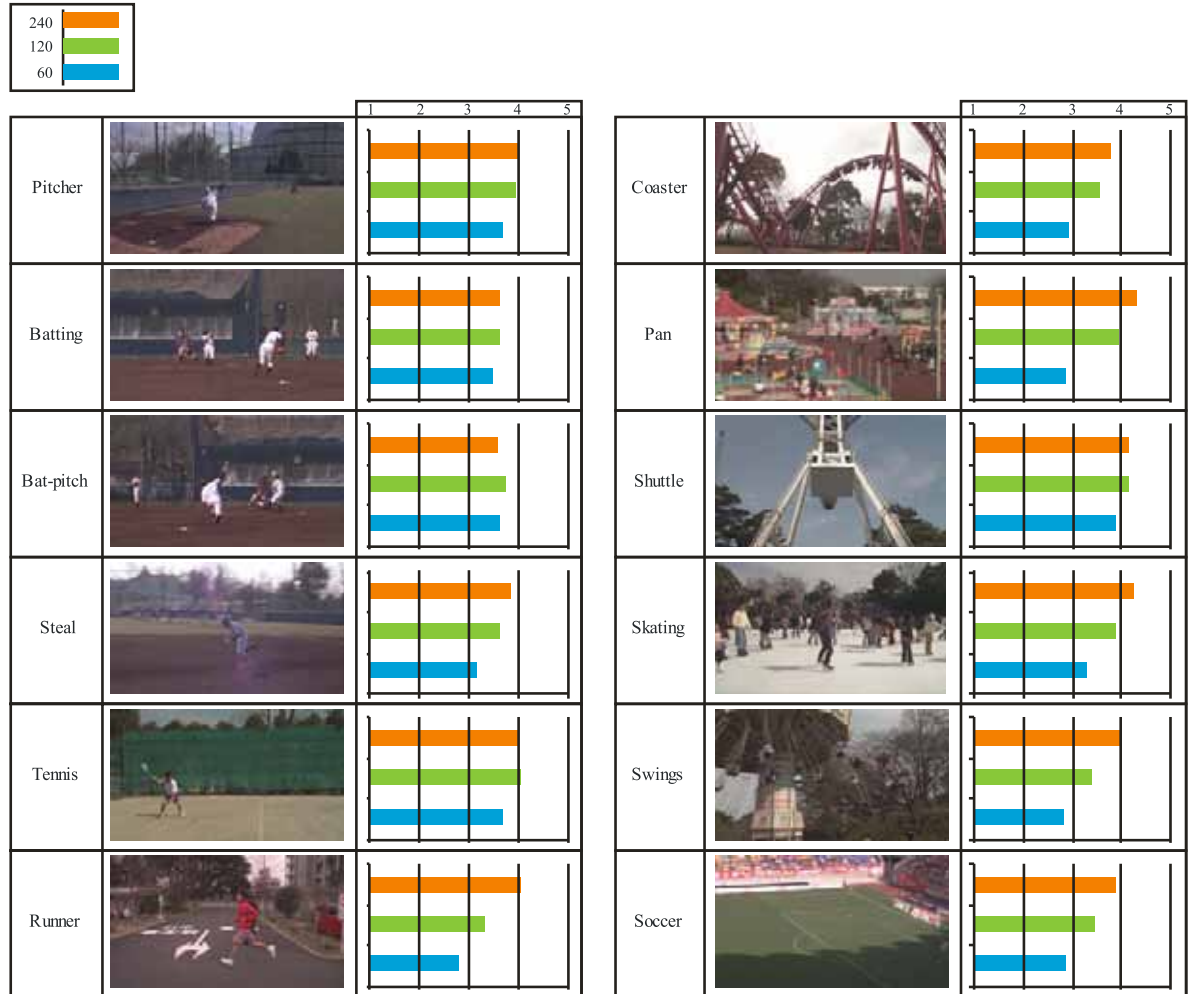
한편, CRT TV가 보급되면서 이 Flash Rate와 Frame Rate는 다시 한번 문제가 된다. 극장용 영상기는 Dual Blade Shutter와 같은 장치로 Flash Rate를 높였지만 CRT에는 다른 방법이 필요했다. 지상파 방송의 경우 영상과 음향을 전파로 날려 보내야 하기 때문에 Frame Rate를 높일 수도 없었다. 이런 필요성에 의해 고안된 것이 Interlace 시스템이다. Interlace는 수직해상도를 홀수와 짝수로 나눠 2개의 필드(Field)로 구분하여 줌으로써 30개의 프레임(Frame)을 60개의 필드로 만들어 준다. 이를 통해 데이터의 총량은 변하지 않고 Flash Rate를 60Hz로 만들어 줄 수 있게 된 것이다. 이러한 Interlace 시스템은 많은 화질적 문제에도 불구하고 현재까지도 사용하고 있다. (현재 우리가 사용하고 있는 HD 시스템이 1920×1080/60i 방식이다)



영상기의 Dual Blade Shutter / 출처 : Charles Poynton

인터레이스(Interlace) 시스템 / 출처 : Kenston.net

하지만, 과학기술의 발전에 힘입어 이제는 웬만한 카메라들은 초당 60프레임으로 HD를 촬영할 수 있게 되었고, 방송이나 영화용의 고성능 카메라들은 UHD를 60p로 촬영하거나 HD를 120p로 촬영할 수 있는 수준에 이르렀다. 이에 따라, 본격적인 High Frame Rate(HFR) 시대를 준비하게 된 것이다. 프레임레이트가 올라가면 누구나 쉽게 예상할 수 있는 동작(motion)이 많은 장면에서 훨씬 깨끗하고 정교한 영상이 재현된다. 아래의 그림은 ITU에서 실험한 결과를 요약한 것이다. 움직임이 많은 장면이라 해도 야구와 같이 상대적으로 정적인 게임보다는 달리기하는 장면이나 축구나 스케이팅 등에서 더 효과가 좋을 것을 알 수 있다.



다양한 동영상에서의 HFR 화질평가 결과 / 출처 : BT.2246

HDR - 있는 그대로의 밝기와 명암을 본다!

2012년도에 제정된 BT.2020 표준에는 HDR과 관련된 내용이 담기지 못했다. 당시에는 아직 HDR에 대한 논의가 시작단계였고, 2015년까지도 다양한 제안이 검토되고 있었기 때문에 HDR은 2016년 7월에 발표된 BT.2100에 표준화되었다. 이 BT.2022에서는 Dolby가 제안한 PQ (SMPTE 2084)와 함께 BBC-NHK가 제안한 HLG(Hybrid Log-Gamma)의 2가지가 표준화되었다. BT.2022의 내용 및 HDR을 구현하기 위한 디스플레이의 조건에 대해서는 다음 호에서 논의해 보도록 하겠다. 📺