

HD방송제작용 고품질 LCD비디오 모니터(Grade 1급)

□ 장두준 / (주)티브이로직

I. 서론

1931년 미국에서 첫 시험방송이 시작된 이래 텔레비전 방송은 흑백방송에서 칼라 방송으로, 아날로그 방송에서 디지털 방송으로, 표준화질(SD: Standard Definition) 방송에서 고화질(HD: High Definition) 방송으로 발전해왔다. 이에 따라 공중파 방송국이나 케이블TV사업자, 포스트 프로덕션 등에서는 영상을 송출전이나 편집 등을 할 경우 기존에는 SD포맷을 사용하였으나, HD포맷으로 촬영된 영상을 사용하게 됨으로서 전통적으로 SD포맷에서 화질측정 및 방송 모니터링용으로 사용중이던 CRT(Cathode Ray Tube)모니터를 교체해야 하는 시기가 도래했다. 한편 현재의 디스플레이 방식은 일반 사용자의 경우 CRT에서 LCD(Liquid Crystal Display), PDP(Plasma Display Panel)로 전환이 이루어진 상태이고, OLED(Organic Light Emitting Diode)를 시연하고 있

는 추세이다. 이에따라 방송용 모니터도 기존CRT를 대체해서 LCD를 사용하는 추세이나 LCD의 특성상 CRT에 미치지 못하는 성능이 문제가 되어 이를 해결해야 하는 과제가 발생하였다. 본문에서는 Grade1급 방송용 모니터를 EBU(European Broadcasting Union)에서 제시하는 기준 및 방송용 LCD모니터에 적용된 기술을 설명하고 기타 부가적으로 추가되어지는 기능 등을 소개하고자 한다.

II. 방송용 모니터의 EBU 제시기준

방송용 Grade 1 모니터는 영상캡처, 촬영 후편집, 전송과 저장의 품질평가를 위한 장치로서, 장치의 품질 특성의 제어 및 인가된 사람만이 제어할 수 있도록 잠금기능(lock)이 있어야 하고, 이미지 품질을 시각적으로 평가하기 위해 입력신호를 원신호 그대로

로 재현해야 한다[1].

패턴에서 가운데 13.13% white패치에서 측정한다.

1. 휘도범위(Luminance range)

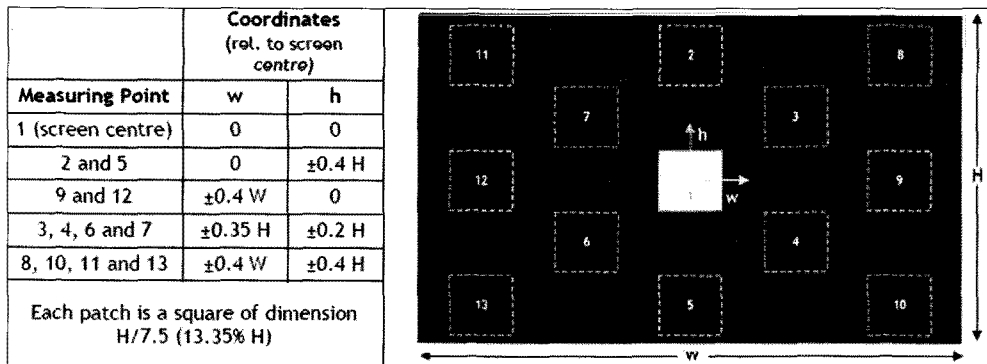
100% White(디지털 940레벨, 10bit) 입력시 70~100 cd/m² (ITU-R BT.500-11에서 domestic viewing conditions을 검사하기위해 200 cd/m² 요구) 범위 내에 표현 가능해야 하며, 조정 가능해야 한다. 또한 Super-white(109%White, 941~1019)입력시 정확히 표현되어야 하며, 이 신호를 100% White 레벨로 만들기 위한 기능조정을 추적할 수 있어야 하고, 자동 휘도 제한을 해서는 안된다.<그림 1>과 같은

2. 블랙레벨(Black level)

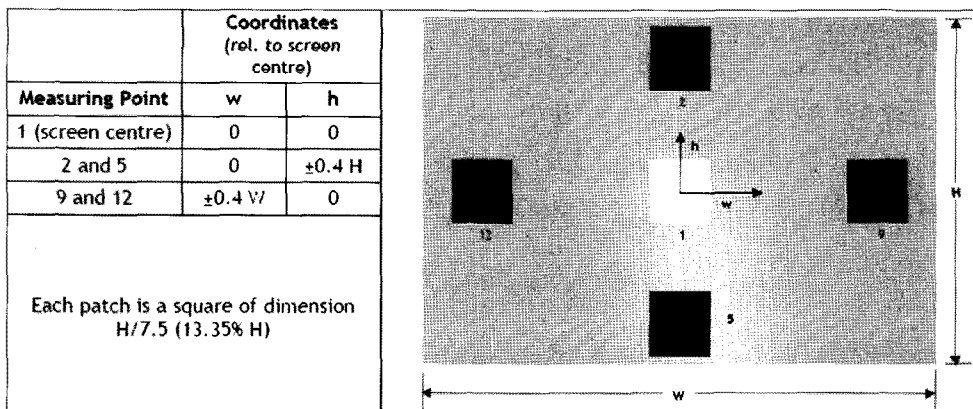
휘도신호를 블랙레벨(디지털 64레벨, 10bit)로 입력했을 때, 화면에 출력된 휘도를 측정한 값이 0.05 cd/m² 이하로 표현되도록 조정가능해야 한다.

3. 명암비(Contrast ratio)

Full screen contrast ratio는 <그림 1>과 같이 화면전체가 Black이고 중앙에 100% White패치(1%)



<그림 1> Test pattern 3, 3-1[2]



<그림 2> Test pattern 1

를 띄운 후 측정했을 때 명암비가 2000:1(70 cd/m², 100% white : 1400:1)이상이 되어야 한다.

Simultaneous contrast ratio는 <그림 2>와 같이 화면 전체가 50%Gray신호이고 화면중앙에 100% White패치, 상,하,좌,우에 Black패치를 띄운 후 측정했을 때 명암비가 200:1이상이 되어야 한다.

4. 감마특성(Gamma characteristics)

감마특성은 CRT와 동일해야 하며 값은 2.35가 사용되며, 50%입력에서 허용범위는 ±0.025 이다. 이상적인 감마특성은 10%~90%입력범위에서 허용오차가 ±0.10 이내이며, 전체 신호영역에서 단조여야 한다. 또한 10bit 일 경우 877레벨이 표현되어야 한다. Red, Green, Blue성분의 감마는 아래 6. Grey scale재현 항목의 요구조건에 부합해야 한다. 한편 BBC R&D Report RD1991/6 'Methods of measuring and calculating display transfer characteristics(gamma)' 에서 grade1 CRT 모니터 감마는 2.3~2.4 지역에 있음을 명시하고 있다. 이 특성의 규격은 추후 변경될 수 있다.

5. Grey scale 재현(reproduction)

1 cd/m² ~ 100 cd/m² 의 휘도 범위에서 허용범위는 0.5 Δu*v*이며, 1 cd/m² 이하에서는 Grey왜곡이 보여서는 안되며, Black 레벨(디지털 64, 10bit)부터

Super-white까지 Grey scale 트레킹이 유지되어야 한다.

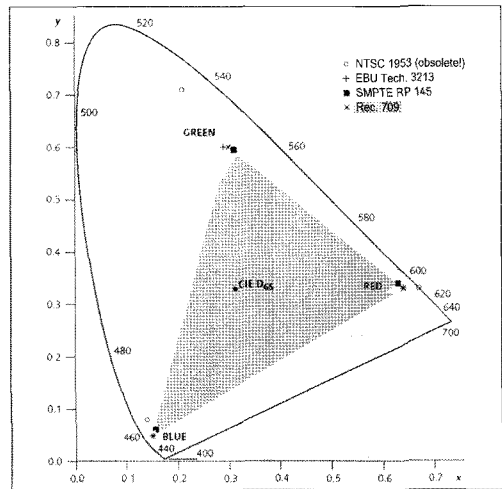
6. 색역과 색재현(Color gamut and color reproduction)

색역내의 색은 인간의 눈으로 봤을 때 Reference CRT와 동일해야 한다.

색역은 입력신호 포맷에 따라 다르며 아래 표에 기술하였다[3] [4] [5].

<그림 3>은 CIE 1931, 2° [x,y] chromaticity diagram에 각 신호 표준의 프라이머리 좌표를 표시한 것으로 SMPTE RP 145는 ITR-R BT.601, REC.709는 ITU-R BT.709와 동일하다.

EBU test 컬러의 재현은 허용범위가 4Δu*v* 이



<그림 3> CIE 1931, 2° [x,y] chromaticity diagram [6]

<표 1> 각각의 규격별 Red, Green Blue, Reference white의 프라이머리 좌표값

	Red		Green		Blue		Reference White(D ₅₀)	
	x	y	x	y	x	y	x	y
ITU-R BT.601	0.630	0.340	0.310	0.595	0.155	0.070	0.3127	0.3290
ITU-R BT.709	0.640	0.330	0.300	0.600	0.150	0.060	0.3127	0.3290
EBU Tech.3213	0.64	0.33	0.29	0.60	0.15	0.06	0.313	0.329

며, 2개의 스킨톤 테스트 컬러의 경우 허용범위가 $2.6\Delta u^*v^*$ 이다.

7. 색온도(Color temperature)

같은 크기의 신호(100%white)를 모니터에 입력했을 때 reference white 6500K를 정확히 표현해야 하며, 6500K에서 3200K까지 조정 가능해야 한다. 또한 허용범위는 $2.6 \Delta u^*v^*(\pm 0.002 \Delta u', \Delta v' \text{에 상응함})$ 이내여야 한다.

8. 시야각 의존성 (Viewing-angle dependency)

모니터 정면 수직축을 기준으로 수평 $\pm 45^\circ$, 수직 $\pm 20^\circ$ 이내에서 재현된 색의 왜곡이 사람의 눈으로 봤을 때 보여서는 안되며, 20% grey scale에서 허용범위는 $6.8 \Delta u^*v^*$ 이내여야 하며 20% grey scale, white, 모든 EBU 테스트 컬러에서 $6.0 \Delta u^*v^*$ 이내여야 한다.

명암비(Contrast ratio)는 수평 $\pm 30^\circ$, 수직 $\pm 15^\circ$ 이내에서는 20%이상 명암비가 감소해서는 안되며, 수평 $\pm 45^\circ$, 수직 $\pm 30^\circ$ 이내에서는 50% 이상 감소해서는 안된다.

9. 모션 아티팩트(Motion artifacts)

LCD패널 자체의 특성으로 인한 motion artifact는 없어야 한다. 그러나 원신호에 포함된 motion effect는 화면에 표현되어야 한다.

10. 화면 해상도(Screen resolution)

입력신호해상도 대비 같거나 많은 픽셀수이어야 한다.

11. 이미지 스케일링, 디인터레이싱, 오버스캔(Image scaling, de-interlacing and overscan)

이미지 스케일링은 과도한 링잉현상, 에일리어싱 현상, 밴딩현상 등이 없이 처리되어야 한다.

디인터레이싱은 인터레이싱, 디인터레이싱 모드를 선택할 수 있어야 하며, 프로그래시브(segmented field or film-mode)신호 입력시 이를 인식할 수 있어야 하고, 이때에는 디인터레이싱처리를 하지 않아야 한다. 또한 인터레이싱된 신호의 필드가 잘못된 순서로 입력될 때 발생하는 'Field dominance' 문제를 표현해야 한다.

기본 모드는 이미지 크기는 오버스캔 없이 전체 이미지를 재현해야 한다. 또한 영상의 가장자리 부분이 모니터 베젤에 의해서 불분명해서는 안되며, 약 2%정도의 오버스캔모드를 설정할 수 있어야 한다.

12. 지연시간(Delay time)

각각의 입력모드에서의 지연시간이 명백히 정의되어야 한다. 또한 이를 화면에 선택적으로 표시할 수 있어야 한다. 지연시간은 모니터로 입력되었을 때 시간과 화면중앙에서의 밝기가 50%되는 지점사이의 시간을 측정한다.

일반적으로 Grade2, 3모니터에서는 "Normal display mode"와 "Short delay display mode"를 구분지어 Short delay display mode에서는 디인터레이싱을 간단하게 하여 화질은 낮아지나 영상과 음성의 차이를 줄이는데 보통 10ms이하로 되어야 한다. 그러나 Grade 1 모니터는 화질이 낮아지기 때문에 "Short delay display mode"는 요구되지 않는다.

13. 화면크기(Screen size)

화면의 크기는 강제로 규정하지는 않고 사용자의 선택에 맡기나, HD화질의 적절한 모니터링을 위해서는 화면과의 거리가 화면높이의 3배정도가 적절하다.

14. 균일도(Uniformity)

균일도는 Large area uniformity와 Small area uniformity가 있다.

Large area uniformity는 13지점의 측정된 휘도값의 오차범위가 $\pm 5\%$ 이내여야 한다.

그리고 색의 균일도는 8. 시야각 의존성 항목에서 언급한 규정에 적합해야 한다.

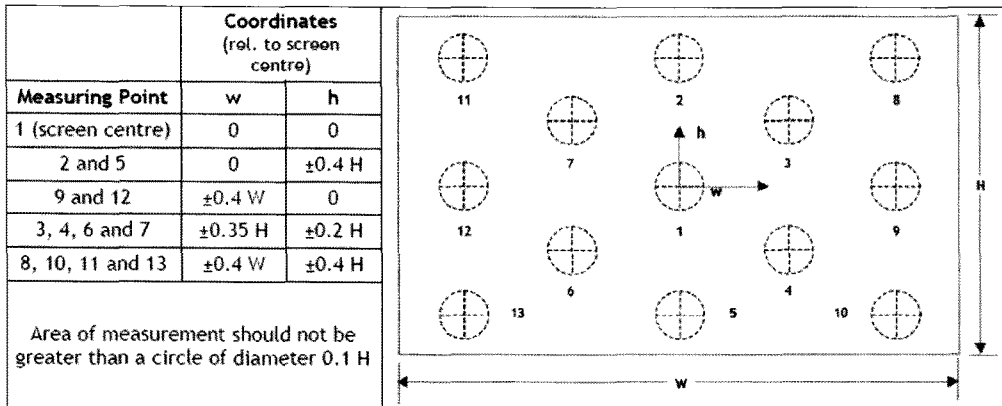
Small area uniformity는 위 지점에서의 측정값이 시간차이를 두고 변하는가를 측정하는 것으로 Large area uniformity보다 더 정확한 균일성을 측정할 수 있다.

15. Mura(Imperfections in LCD panels)

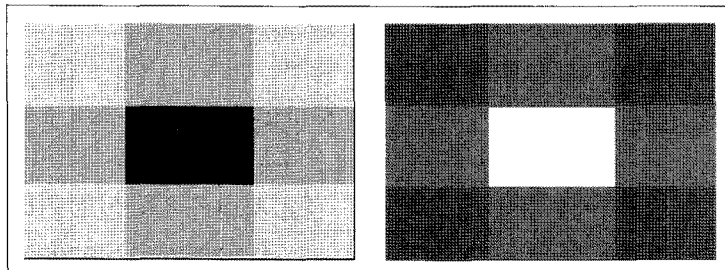
재현된 밝기 레벨이나 색농도와 상관없이 화면에 가시적으로 보여서는 안된다.

16. 휘도단차(Image streaking, also known as crosstalk, overspill or shadowing)

White 또는 Black 이미지의 외곽보다 낮은 휘도



<그림 4> 화면내의 테스트 포인트(EBU Tech.3325)



<그림 5> 휘도단차의 현상에

또는 높은 휘도로 수평 혹은 수직으로 휘도 차이가 발생하는 현상을 말하며 Crosstalk, overspill 또는 shadowing 현상이라고 한다.

<그림 5>에서 화면 중앙을 기준으로 상,하,좌,우 위치의 휘도와 바탕화면의 휘도차이가 0.5% 이내여야 한다.

17. 안정성, 환경조건(Stability and environmental conditions)

모니터 동작은 0 °C ~ +40 °C 이상의 조건에서 위에서 언급한 스펙대로 동작해야 하며, 동작시작 20분 후에는 정상 스펙으로 동작하고 그 특성이 24 시간 지속되어야 한다.

또한 동작시작 후 1분간은 주관적으로 받아들일 수 있는 정도로 영상을 재현해야 하며, 처음 20분간은 위에서 언급한 스펙의 두 배 이하의 오차범위 내에서 동작해야 한다.

온도 0 °C ~ +40 °C, 습도 10% ~ 75%, 고도 3000m 조건에서 동작시켰을 때 +20 °C ~ +45 °C 온도범위에서 오동작이 없어야 하고, 보관온도는 -35 °C ~ +70 °C이다.

18. 불량화소(Pixel defects)

불량화소는 없어야 한다[7].

19. 링잉, 언더슈트와 오버슈트 조정 (Ringing and handling of under- and over-shoot)

입력신호가 정상적인 신호일 경우 링잉이나 오버슈트가 나타나서는 안되며, 영상의 품질을 향상시키기 위한 어떠한 작업이나 선명도 조정을 해서는 안

된다. 또한 언더슈트와 오버슈트 또는 sub-black이나 super-white를 차단해서는 안된다.

20. 비정상적인 신호의 처리(Treatment of illegal signals)

나이퀘스트 주파수 범위를 벗어난 중요한 주파수 성분을 가진 신호는 본래 가지고 있는 링잉이나 에일리어싱 현상을 나타나야 한다. 즉 인터페이스 신호의 필드에 잘못된 부분이 있을 때 그 부분을 가지적으로 표현해야 한다. 방송환경에서의 광색역 신호의 표현에서 전송과 gamut 맵핑을 위한 인터페이스와 표준은 아직 확립되지 않았다. 또한 모니터가 gamut을 벗어난 신호를 어떻게 다룰지는 명확하지 않다. 그러나 grade 1, 2 모니터는 gamut 컬러를 표시할 수 있는 모드가 있어야 하며 그러한 컬러를 수정하려고 하면 안된다.

21. 잔상(Image sticking, long-term after-image)

잔상은 CRT와 비교해서 비슷하거나 더 좋아야 하며 일반적인 측정방법은 다음과 같이 <그림 6>의 화면 좌측에 90% grey, 우측에 10% grey 패턴을 놓고 1시간동안 디스플레이한 후 9, 12번 위치에 50% grey 패턴을 놓고 다시 1시간 디스플레이한다. 그리고 패턴을 바꾸기 전에 측정값 값을 도표화한다. 이미지 스티킹에 관한 지침은 아직 정해지지 않았다.

22. 지원규격과 신호 인터페이스 (Supported Standards, and signal interfaces)

〈표 2〉 Signal format and Standard

Format	Relevant standard
480i/30 (29.97)	ITU-R Rec. BT.601-5
576i/25	ITU-R Rec. BT.601-5
720p/50	SMPTE 296M-2001
720p/60 (59.94)	SMPTE 296M-2001 ITU-R Rec. BT.1543
1080i/25	SMPTE 274M-2005 ITU-R Rec. BT. 709-5
1080i/30 (29.97)	SMPTE 274, ITU 709

Format	Relevant standard
1080p/24 (23.98)	SMPTE 274, ITU 709
1080psf/24 (23.98)	SMPTE 274, ITU 709
1080p/25	SMPTE 274, ITU 709
1080psf/25	SMPTE 274, ITU 709
1080p/30 (29.97)	SMPTE 274, ITU 709
1080psf/30 (29.97)	SMPTE 274, ITU 709
1080p/50	SMPTE 274, ITU 709
1080p/60 (59.94)	SMPTE 274, ITU 709

표 3. Signal interface

	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Set design	Relevant standard
SDI *	A, at least 2	A, at least 2	A	A	SMPTE 259M, ITU-R Rec. BT.656-4
HD-SDI *	A, at least 2	A, at least 2	A	A	SMPTE 292M-1998
Dual HD-SDI ** or 3Gb/s	B	B	B		SMPTE 372M-2002 ** SMPTE 424M, 425M
HDMI 1.3 ***	B	B	B	B	High-Definition Multimedia Interface Version 1.3 (www.hdmi.org)
DVI 1.0 ***	B	B	B	B	www.ddwg.org
Component RGB, Y C,Cb	B	B	B	B	
CVBS (PAL, SECAM & NTSC)	B	B	B	B	ITU-R BT.470
RF (Analogue)			C	C	
RF (DTT)			C		DVB-T

A : 필수사항, B : 옵션으로 사용가능, C : 외부모듈로 사용가능
 * SD-SDI/HD-SDI 자동감지 되어야 함.
 ** SMPTE 372M에 따른 Dual link 보조 데이터 패킷
 *** HDCP는 영상이 항상 보여지도록 입력에서 사용가능해야 함.

표 4. Other facilities

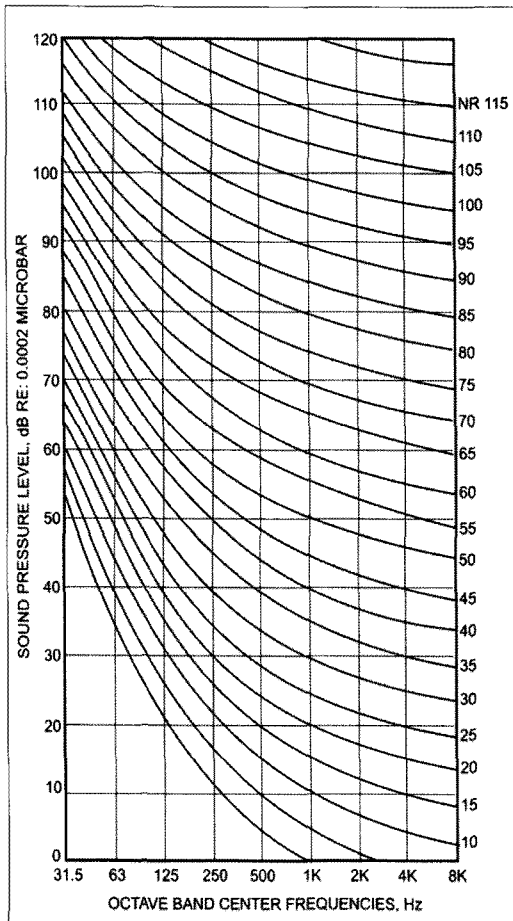
Features	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Set design
4:3 and 16:9 aspect ratio mode	M	M	M	M
safe title and aspect ratio markers	M	M		
tally lamp (red, green, yellow)	M	M	*	
RS 232 and/or GPI remote control	M	M		
over scan / full screen / 1 to 1 pixel-map modes	M	M		
H/V delay	M	M		
blue only mode	M	M		
mono mode	M	M		
ext. sync in	M	M		
Stereo loudspeaker			**	

M : 필수사항
 * 몇몇 어플리케이션에서 필요함.
 ** 몇몇 어플리케이션에서 필요하며, 오디오 스탠다드의 표시도 포함될 수 있음.

표 2의 신호, 표 3의 인터페이스 그리고 표 4의 기능 등을 지원하여야 한다. 그러나 입력되는 모든 신호를 지원할 필요는 없고 각각의 인터페이스 별로 지원되는 신호포맷을 기술해야 한다.

23. 음향 노이즈(Acoustic Noise)

음향 노이즈 표준은 <그림 6>의 Noise rating curves를 따르며 오디오 편집용, 셋트 디자인, 카메라 뷰파인더용은 NR 5이하, 스튜디오 편집용은 NR 10이하, 기술영역에서 사용하는 모니터는 NR 20이하하여야 한다.



<그림 6> Noise Rating (NR) Curves

24. 표면반사(Surface reflectivity, glare)

표면 반사율은 주변환경이 좋지않은 곳(높은 주변빛)에서 사용하는 모니터에 있어서 큰 문제이다. 그래서 grade1,2 보다 grade3에서 더 중요하다. 왜냐하면 보는 조건이 다르기 때문에 반사율에 대한 제한을 명시하기 어렵기 때문이다. 따라서 이것은 사용자들이 인지해야 하는 문제이다.

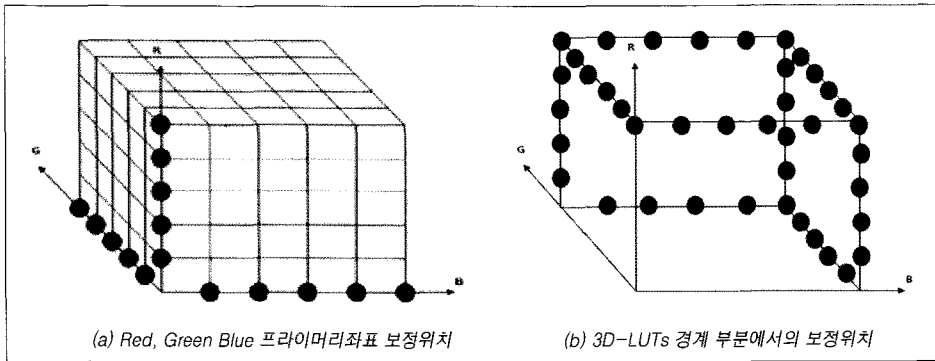
III. 적용 기술

방송용 LCD모니터에 적용시 가장 문제가 되는 부분은 색역과 색재현(Color gamut and color reproduction), 균일도(Uniformity)부분으로, 이 두 가지 부분에 적용한 기술의 소개 및 기타 부가적으로 요구되는 기능을 소개하고자 한다.

1. 색역과 색재현

표 1에서 보면 각각의 표준별로 Red, Green, Blue, White 프라이머리 좌표가 다른 것을 알 수 있다. 또한 LCD 패널도 표현할 수 있는 고유의 색좌표를 가지고 있다. 그래서 각각의 표준과 LCD패널의 색좌표가 다른 경우 각각의 표준별 색좌표를 2D-LUT를 사용해서는 표준별 색을 정확히 재현할 수 없다. 그러므로 3D-LUTs를 필수로 적용해야 하는데 현재 방송용 LCD에 적용하고 있는 기술을 살펴보고자 한다.

3D-LUTs의 구조는 17x17x17 RGB 10bit LUTs로 구성되어 있고 LUTs사이에 존재하는 값은 선형보간(Linear interpolation)으로 값이 결정된다. 각각의 LUTs위치마다 표준 좌표와 밝기가 있고, 이 부분을 측정장비로 보정해서 각각 데이터를 할당해



<그림 7>

야 하나, 전부 측정해서 보정할 경우 많은 시간이 소요되므로 특정 위치에서만 보정값을 할당한 후 나머지 위치는 보간을 통해 3D-LUTs를 구성한다. 또한 LCD는 밝기가 어두워 질수록 좌표가 중앙으로 이동하는 특성이 있어서 표준 스펙을 조정하지 못하는 경우가 있다. 이때에는 목표 좌표의 수정이 필요하다.

2. 균일도

TFT-LCD는 제조공정상 휘도가 중앙에서 가장 자리로 갈수록 낮아진다. 따라서 Grade 1기준에 부합하려면 이를 보정해야 한다. 보정방법은 <그림 8>과 같이 화면을 여러 부분으로 나눈 후 중앙13번의 휘도를 측정해서 기준으로 하고 나머지 위치의 휘도를 측정한 값을 13번의 휘도와 같도록 각각의 화면

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

<그림 8> 균일도 보정을 위한 화면분할

위치마다 보정값을 적용한 영상을 LCD에 보내 출력한다. 보정할 위치의 개수가 많을수록 균일도는 높아지나 측정해서 적용하는데 많은 시간을 요하고, 너무 적으면 화면에 블록이 생길 수 있다.

IV. 결론

현재 LCD패널을 적용한 Grade 1급 모니터를 여러 회사에서 개발중이거나 또는 개발완료하여 방송국이나 프로덕션 등에서 사용중에 있으나, LCD특성 상 위에서 언급한 모든 기준을 충족시킬수가 없어 Black level 등 특정한 기준은 다소 완화시켜 적용하고 있다. 또한 부가적으로 휘도성분과 색성분을 볼 수 있는 Waveform meter 기능, 타임코드(Time-code)기능, Closed caption(CEA-608, CEA-708), Dynamic UMD(Under monitor display), 임베디드 오디오 디스플레이 기능, 영상이나 음성신호 알람기능, GPI기능, Ethernet 및 RS422 제어기능 등 계속 기에서 사용하는 기능이나, 여대러의 모니터를 편리하게 제어할 수 있는 기능 등을 추가해서 모니터에 적용하고 있는 추세이다.

참고문헌

- [1] EBU Tech.3320, "User requirements for Video Monitors in Television Productions", Geneva July 2010
- [2] EBU Tech.3325, "Methods for the Measurement of the performance of Studio Monitors", Geneva September 2008
- [3] EBU Tech.3213-E, "E.B.U. STANDARD FOR CHROMATICITY TOLERANCES FOR STUDIO MONITORS", August 1975
- [4] Rec. ITU-R BT.601-5, "STUDIO ENCODING PARAMETERS OF DIGITAL TELEVISION FOR STANDARD 4:3 AND WIDE-SCREEN 16:9 ASPECTRATIOS", 1995
- [5] Rec. ITU-R BT.709-5, "Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange", 2002
- [6] Charles Poynton, "Digital Video and HDTV Algorithms and Interfaces" pp.237, 2007
- [7] ISO 13406-2:2001, "Ergonomic requirements for flat panel displays", "Pixel defect category", January 2002

필자소개



장두준

- 2000년 2월 : 인하대학교 전자재료공학과 공학사
- 2000년 8월 ~ 2004년 2월 : (주)뉴컴월드
- 2005년 2월 : 중앙대학교 정보대학원 정보통신학과 공학석사
- 2004년 3월 ~ 2006년 8월 : (주)에스텍컴
- 2006년 8월 ~ 2007년 11월 : (주)테버로직
- 2007년 12월 ~ 현재 : (주)티브이로직
- 주관심분야 : 방송용 LCD모니터