

4K UHD 디스플레이 모니터 평가를 위한 테스트 패턴 설계

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

Design of Test Pattern for Evaluating 4K UHD Display Monitors

Kyungchul Kwak, Sungpo Bae, Chaeheon Lim, Donghyun Kwon
Telecommunications Technology Association

요 약

본 논문에서는 4K UHD (Ultra High Definition) 디스플레이 기기들의 품질 측정을 위해 TTA 4K 방송용 비디오 모니터 테스트 항목과 내용을 소개한다. 이를 통해서 테스트 패턴 설계에 대한 요구사항을 정리하여 4K 디스플레이에 적용 가능한 계측용 테스트 패턴과 육안확인용 테스트 패턴을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 테스트 패턴을 통해 4K UHD 디스플레이 기기들의 적절한 평가와 성능 측정이 가능해지며 아울러 관련 장비를 개발하는 입장에서 객관적 측정 평가뿐만 아니라 육안평가도 손쉽게 할 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

급격한 방송 통신 기술의 발전에 힘입어 최근 고화질(HD, High Definition) 영상/음성을 웹, 공중파, 케이블, 위성 등 다양한 경로를 통해서 언제 어디서나 제공받을 수 있다. 또한, 대화면 디스플레이 장치들이 산업을 넘어 가정에 까지 보급되면서 초고화질(UHD, Ultra High-Definition) 방송 및 콘텐츠에 많은 관심이 쏠리고 있다[1].

유럽에서 정의하고 있는 UHDTV 는 두 단계로 진행되며 기존의 HD 방송의 색역(Color gamut)을 벗어나지 않는 수준에서 해상도를 4K 급(3840x2160)으로 증대시키는 단계와 진정한 초고화질을 위해 해상도 뿐만 아니라 색역과 프레임률을 증가시키는 단계로 나눌 수 있다[2].

초고화질 방송 및 콘텐츠 소비는 디스플레이 기기들에서 이뤄지므로 이들의 품질 평가는 매우 중요하다. 기기들의 품질관리가 제대로 되지 않는다면 의도치 않는 콘텐츠 품질 저하와 동시에 UHD 방송 및 콘텐츠를 통한 새로운 시장에 대한 안 좋은 인식을 널리 퍼트릴 수 있는 부작용이 있기 때문이다.

따라서, 콘텐츠 제작에서 최종 소비까지 콘텐츠의 상태를 모니터링 할 때 제대로 된 장비의 활용이 필수적임은 당연하다. 이를 확인하기 위해서 기본적인 테스트 패턴이 패턴 발생기 또는 메모리 기기를 통해 재생되고 그 콘텐츠가 실제 디스플레이에서 올바르게 재현되는지 확인하는 과정이 필요하며 주요 디스플레이의 특성은 휘도, 색재현, 색온도, 응답시간 등이다[3][4].

우선, 패턴을 구분하면 패턴의 정지와 움직임 여부에 따라 정지패턴과 동적패턴, 패턴의 그래픽여부에 따른 그래픽 패턴과 실사패턴 등으로 간략히 분류할 수 있다. 현재 EBU(European Broadcasting Union)에서 HD 급 평면 디스플레이 장치의 성능 측정을 위한 여러 패턴들이 정의되어 있으나 4K UHD 영상에 대한 평가 및 측정 패턴은 개발이 진행되고 있는 상황이다[5].

본 논문에서는 그래픽 정지패턴을 다룰 것이며 목적에 따라 계측용 패턴과 육안 확인용 패턴으로 구분하여 4K UHD

디스플레이 모니터를 위한 패턴을 소개하고자 한다.

본 논문의 구성은 2 절에서는 4K 디스플레이 평가내용을 살펴보고 이를 통해 3 절에서 기존의 HD 급 EBU 패턴을 활용한 계측용 패턴과 육안 확인용 테스트 패턴의 설계를 위해 필요한 사항들을 정리한다. 4 절에서 제안하는 육안확인용 테스트 패턴을 소개하고 5 절에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 4K UHD 방송용 비디오 모니터 시험 항목

본 절에서는 테스트 패턴 개발에 앞서 실제 4K UHD 방송용 비디오 모니터의 시험항목을 살펴보고 이를 통해 계측을 통한 평가를 위한 테스트 패턴에 대해서 알아 본다.

최근 제정된 4K UHD 방송용 비디오 모니터 TTA Verified 인증 기준의 시험대상장비는 해상도, 색역, 프레임률, 감마 값에 따라 DCI(Digital Cinema Initiatives), QFHD(Quad Full High Definition), UHDTV1 의 세가지 종류로 구분되며 주요 특징은 표 1 과 같이 정리할 수 있다[6].

또한, 4K UHD 방송용 모니터는 두 가지 인증등급이 존재하며 카메라 컨트롤, 컬러측정, 품질 컨트롤 등 영상의 평가용으로 사용되는 “레퍼런스 급” 과 콘텐츠 제작 시 사용되는 모니터로 주조 또는 부조실에서 모니터링 용도로 사용되는 “스튜디오 급” 으로 구분된다.

표 2 는 4K UHD 방송용 비디오 모니터 TTA Verified 인증기준 요약표로 시험항목과 내용을 정리하였다[6]. 총 16 가지 항목의 시험을 실시하며 이중 HD-SDI(High Definition- Serial Digital Interface) 출력 인터페이스 성능

표 1. 세가지 4K 영상 규격

	DCI	QFHD	UHDTV1
해상도	4096x2160	3840x2160	
색역 프레임률, 감마기준	SMPTE RP431-2	ITU-R BT.1769	ITU-R BT.2020

표 2. 4K UHD 방송용 비디오 모니터 TTA Verified 시험 요약

시험항목	시험내용	비고
휘도	휘도 오차와 기준 부합 확인	필수
명암비	백색휘도와 흑색휘도 비율 측정 후 기준 부합 확인	필수
EOTF 특성	Gray 휘도 측정하여 톤 재현 특성 기준 부합 확인 *Electro-optical transfer function	필수
그레이레벨	Gray 색 좌표를 측정 후 색 재현성 기준 부합 확인	필수
색재현	칼라 값을 측정하여 색 재현성의 기준 부합 확인	필수
색온도	백색을 측정하여 색온도 기준 부합 확인	필수
응답시간	그레이-그레이 응답시간을 측정하여 기준 부합 확인	필수
균일성	100% 백색 신호를 이용하여 디스플레이 패널의 밝기가 균일한지 확인	필수
안전성	일정시간 동안 화면 품질을 유지 확인 (백색의 휘도 및 색온도를 측정)	레퍼런스 필수
온습도	규정된 온도 습도 범위 내에서 동작 확인	필수
저온보관/동작확인	보관온도 -20℃, 동작온도 -10℃에서 정상동작을 하는지 확인	필수
오버/언더슈트	under-shoot 와 over-shoot(sub-black 과 super-white) 지원 확인	필수
지원표준	표준을 따르는 입력 포맷을 지원하는지 확인	필수
SDI 수신거리	SD/HD/3G-SDI 신호에 대해 최대 수신거리가 기준에 만족하는지 확인	필수
출력 인터페이스 성능	3G-SDI/HD-SDI 출력신호가 ST 424M/ST 292M 표준 규격에 적합한지 확인	조건부 필수

시험과 3G-SDI(3Gbps-Serial Digital Interface) 출력 인터페이스 성능 시험의 2 개 항목은 조건부 필수로 처리되어 있다. 이 두 개의 시험항목은 시험대상장비가 출력하는 HD-SDI 및 SD-SDI 신호가 각각 SMPTE 표준에서 정의하고 있는 peak-to-peak 신호 크기, dc offset, rise/fall time, overshoot/undershoot, timing jitter, alignment jitter 에 대한 기준에 따른 시험으로 시험대상장비가 HD-SDI/3G-SDI 출력 인터페이스를 지원하는 경우에만 시험하도록 되어 있다. 표 2 의 16 개 시험항목 중 특정한 테스트 패턴을 필요로 하는 시험항목은 출력 인터페이스에 관한 시험과 SDI 수신거리, 온습도, 저온보관 및 동작확인 시험 등을 제외한 11 개 항목이다. 따라서, 11 개 측정 항목에 대해서 항목별로 특정 테스트 패턴이 필요하다.

3. 용도별 테스트 패턴 분류 및 패턴 요구사항

모니터 특성의 측정을 위해서 계측용 테스트 패턴뿐만 아니라 완성된 제품의 주관적 화질 확인을 위한 테스트 패턴 역시 필요하다. 본 절에서는 두 가지 용도별 테스트 패턴인 계측용 테스트 패턴과 육안 확인용 테스트 패턴을 다루고자 한다. 이를 위해 표 3 에서 여러 가지 테스트 패턴을 용도별/시험대상 별로 정리하였다.

가. 계측용 테스트 패턴

EBU 에서는 모니터의 사용 목적에 따라 품질 등급을 3 등급(Grade 1, Grade 2, Grade 3)으로 나누고 대화면 모니터가 평면 LCD(Liquid Crystal Display) 기반인 현재의 기술 상황을 고려하여 품질 기준 및 측정 방법을 기술하고 있다[3]. 이는 HD 급에서 UHD 급으로 변화하더라도 기존의 LCD 기반의 평판 디스플레이를 지속적으로 사용하는 한 측정 방법과 항목에 있어서의 변화는 없으며 다만 품질의 기준에서의

표 3. 용도별 테스트 패턴

육안 확인용		계측용
화면해상도	저스트스캔/오버스캔	휘도
프레임률	문자가독성	그레이레벨
색변환	수평주사선	색재현
모아레	수직주사선	균일성
스케일링	좌우대칭	오버슈트/언더슈트
문자가독성	중합 화질	

차이는 분명히 존재하게 될 것이다. 따라서, 4K UHD 방송용 TTA Verified 인증기준에서도 측정을 위한 UHD 용 테스트 패턴은 기존의 EBU 패턴을 활용하도록 명시하고 있다.

그림 1 은 모니터 특성 측정을 위한 EBU 에서 정의된 측정 위치이며 해당 위치 및 측정영역은 표 4 와 같이 표현할 수 있다. 사용되는 패턴은 각 측정위치에서 수직 해상도의 13.35% 크기를 한 번으로 하는 정사각형 형태의 패치에 색상을 배치하여 구성되며 휘도 계측을 위해서 EBU pattern 1(50% 그레이 색상 배경, 2, 5, 9, 12 위치에서 100% black 색상 패치, 1 번 위치에서 100% white 색상 패치)과 EBU pattern 3-1~13(100% black 배경, 해당 패턴 번호의 패치만 100% white)이 사용되고 있다[5].

또한, 명암비 측정을 위해서는 EBU pattern 3-1~13 외에서 전체 측정 위치에서 black 인 EBU pattern 3 black 패턴이 사용되고 있다[5].

그레이레벨 측정을 위해서 사용되는 패턴은 EBU pattern 4-2~20 이며 이는 1 번 패치 위치에 19 가지 다양한 레벨의 그레이레벨을 표시하고 있다[5]. 그레이레벨 측정을 통해서 모니터의 감마(Gamma) 특성 역시 측정 가능하다.

색역계와 색재현 정확성 시험을 위해서 EBU 에서는 RGB 삼원색의 측정 외에도 여러 가지 피부톤을 포함한 15 가지 측정 색상을 정의하고 있다[5]. 색온도 측정을 위해서는 EBU Test pattern 3-white 를 이용하여 측정 점 위치 1 에서 색온도를 측정한다. 또한, 언더슈트(sub-black)와 오버슈트(super-white)를 잘 표현하는 지 확인하기 위해서 109% white pattern 과 -5% black pattern 이 사용된다[5].

이외에도 gray-to-gray 응답시간 측정을 위한 패턴 등이 있지만 패턴 발생장비와 측정장비 간 의존성(gray 레벨 변화 설정 및 측정 자동화)으로 인해 일반적인 패턴 발생기에서는 이를 지원하지는 않는다.

가. 육안 확인용 테스트 패턴 상세 고려사항

표 3 에서 확인된 육안 확인용 패턴의 용도별 별도 패턴을 설계할 수 있지만 본 논문에서는 분량의 한계로 인해 육안 확인의 목적을 모두 충족할 수 있는 중합 패턴에 대해서 상세 설계 고려사항을 소개하고자 한다. 실제로 개별 패턴을 제작

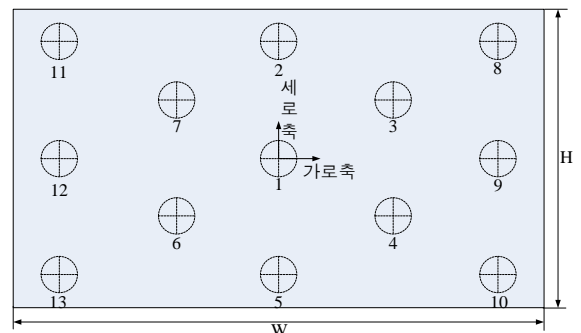


그림 1. 디스플레이 모니터 측정 위치

표 4. EBU pattern 측정점 위치

측정 위치	일반좌표(화면중심기준)		4K UHD 좌표(화면중심기준)	
	가로축	세로축	가로축(pixel)	세로축(pixel)
1	0	0	0	0
2, 5	0	± 0.4H	0	± 864
9, 10	± 0.4W	0	± 1536	0
3, 4, 6, 7	± 0.35H	± 0.2H	± 756	± 432
8, 10, 11, 13	± 0.4W	± 0.4H	± 1536	± 864
최대지름	0.1H		216	

표 5. 종합 테스트 패턴 상세 고려사항

육안 확인 사항	상세 설계 고려 사항
해상도	3840x2160 및 4096x2160 지원
수평주사	주사선의 두께, 간격, 주기
수직주사	주사선의 두께, 간격, 주기
수평수직 혼합해상력	대각방향 직선, 곡선, 교차선
프레임률	60/59.94, 50, 30/29.97, 25, 24/23.976 fps
색변환	SMPTE 303M 정의된 색상 칼라바 패턴
모아레	반복형태(사각, 원형 등), 반복회수
저스트/오버스캔	화면 최 외곽선(두께, 색상)
좌우대칭	패턴의 좌우 대칭형 구성
문자가독성	폰트, 서체, 크기, 구성 텍스트
휘도	100% white/black, 50% gray 구성
그레이레벨	EBU pattern 4-1~4-20 계조 포함
색재현	RGB 색상 및 15가지 EBU test 색상 포함

시에는 아래의 고려 사항들을 고려하여 각각의 패턴 설계에 적용이 충분히 가능하다.

상세 설계 고려사항을 정리하면 표 5 와 같이 정리할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 패턴이 고려하고 있는 사항은 표 3 의 17 가지 용도 중 14 가지 내용을 포함하고 있다. 포함되지 않은 3 가지는 오버/언더슈트, 균일성과 스케일링이다.

이중 스케일링에 대해서는 좀 더 고민이 필요한데 그 이유는 현재의 대부분의 콘텐츠가 HD 급임을 고려하면 HD 급 콘텐츠에 대한 업스케일링(Upscaling) 지원 시 화소간 보간기법에 따라 화질의 차이가 분명 발생하기 때문이다. 실제 UHDTV 제품을 구입한 소비자들에게 가장 큰 불만 사항이자 제조사에서 신경쓰는 문제 중 하나이다[7]. 간단하고 손쉬운 스케일링을 위한 종합 패턴은 4K UHD 용 종합 패턴의 전체적인 파라미터(크기, 간격과 관련된 파라미터)들을 절반으로 줄이는 방법이 될 것이나 본 논문에서는 분량의 한계로 설계에 스케일링을 고려한 요소는 반영되지는 못했다.

또한, HD 급과 UHD 급 영상에 있어 가장 큰 차이점은 해상도 뿐만 아니라 색역의 확장으로 인한 색재현 능력차이에 있다. 현재는 패널의 한계로 인해 기존 HD 급과 동일한 색역과 그것에서 조금 확장된 색역으로 색이 표현되고 있지만 보다 나은 품질의 UHD 서비스를 위해서는 ITU-R BT.2020 에서 정의된 색역이 지원되어야 한다[8]. 색재현 확인을 위한 패턴에는 반드시 이를 지원하는 색역으로 구성되어야 한다.

4. 제안하는 육안확인용 종합 테스트 패턴

3 절에서 논의한 요구사항을 바탕으로 본 논문에서 제안하는 육안확인용 종합 테스트 패턴을 도시하면 그림 2 와 같이 도시할 수 있으며 이를 설계하기 위해 표 5 의 상세

고려사항을 반영한 내용은 표 6 과 같이 정리할 수 있다.

각 항목별로 세부 내용을 살펴보면 다음과 같다. 해상도는 전체 패턴의 가로축과 세로축 길이에 반영하였으며 이를 출력되는 패턴의 명칭을 통해서 확인할 수 있으며 주사선 확인을 위해서 수직 및 수평 주사선과 대각 직선을 화면의 최외곽, 중앙부 그리고 화면의 좌측 일부를 할애하여 나타내었다. 최외곽선은 디스플레이 기기가 화면 크기를 조절하는지 전체를 다 보여주는 지 확인하기 위해서도 사용되며 중앙부의 7 개의 수직 분리 선은 화면의 좌우 대칭 정도를 확인하기 위해서도 사용된다.

수평 수직 해상도 확인을 위해서 선 폭이 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 인 직선을 이용하여 선의 굵기가 일정한지와 각 선의 차이를 육안으로 확인 가능한지 확인한다. 또한 수평 수직 혼합은 연속된 사각형과 연속된 대각선으로 확인이 가능하다. 모아레 패턴은 2 종의 원형 모아레와 2 종의 직선기반 모아레로 구성하였으며 문자가독성 확인을 위해서 다양한 폰트와 영문, 한글 자모, 특수기호를 도시하고 있다. 휘도 확인을 위해서 100% white/black, 50% gray 로 구성된 패치를 포함하고 있으며 그레이레벨 확인을 위해서 EBU pattern 4-1~20 에서 정의한 그레이레벨을 패치로 적용하여 화면의 좌, 우측에 대칭적으로 배치하였다.

색변환을 확인하기 위한 표준 칼라바대 패턴인 SMPTE 303M[9]을 화면 우측 하단에 배치하였으며 RGB 와 EBU color 1~15 의 각 색을 띄는 패치를 화면에 배치하고 각 색상을 색역에 맞게 처리함으로써 색재현을 확인할 수 있다. 현재 패턴에 사용중인 색역은 패턴의 명칭에서 확인이 가능하다.

5. 결론

본 논문에서는 4K UHD 방송 및 콘텐츠의 최종 소비 장비인 디스플레이 특성을 평가하기 위한 테스트 패턴을 제작을 위한 패턴과 육안 확인을 위한 패턴으로 나누어 제시하였으며 이를 위해서 육안 확인 시 상세 요구사항 도출을 통해 패턴 설계에 이를 적용하였다. 본 논문에서 제시된 종합 패턴을 활용하여 여러 개별 패턴 개발에 응용할 수 있을 것이다.

6. 참고문헌

- [1] K. Arai, et al., " Newly developed UHDTV camera system" , The Best of IET and IBC, Vol.2, pp.19-24, 2010
- [2] Elena Puigrefagut, " The Roadmap for UHDTV" , ITU-D Regional Seminar for Europe, 29-31 Jan. 2014
- [3] EBU-TECH 3325, "Methods for the Measurements of the performance of Studio Monitors", 2008
- [4] EBU-TECH 3320, "User requirements for Video Monitors in Television Production", Version 2.0, 2010
- [5] EBU-TECH 3325s, " Studio monitor measurements- test patterns" , 2008
- [6] TTA, "4K UHD 방송용 비디오 모니터 TTA Verified 인증기준" , July 2014
- [7] 방송과 기술, "UHD 업스케일링 뜨거운 감자 부상" , 2014.8.1
- [8] ITU-R BT.2020, " Parameter Values for Ultra-High Definition Television Systems for Production and International Programme Exchange" , 2012
- [9] SMPTE 303M-2002, " Television-Color Reference Pattern" , 2002

표 6. 종합 테스트 패턴 상세 설계 사항

확인사항	설계 시 반영 사항	
해상도	전체 패턴의 가로축 길이와 세로축 길이에 반영	
수평주사	[최외곽선] 두께 4, 간격 10, 개수 3, 형태 사각형, 색상 Wh	
수직주사	[수직선] 두께 4, 간격 (W/8-4), 개수 3, 색상 Wh	
	[수평선] 두께 4, 간격 (H/4-4), 길이 (W-35), 개수 3, 색상 Wh	
수평수직 혼합해석	[화면중앙분리선] 두께 10, 개수 7, 색상 (좌측) B-G-R-W-R-G-B	
	[수평1] 길이 (W/4-100), 두께 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 간격 50, 시작선 위치 (W/2+50, 5H/6)	
	[수평2] 길이 (W/4-100)-(W/40-5)xD, 두께(D): 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 시작선 위치 (3W/4+50, 5H/6)	
	[수직1] 길이 (H/4-80), 두께 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 간격 50, 시작선 위치 (3W/4-350, H/4-80)	
	[수직2] 길이 (W/4-100)-30xD, 두께(D): 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 시작선 위치 (3W/4+50, H/4-80)	
	[대각] (분할선 없는 대각선) 시작 위치 (W/8, 5H/6), 끝 위치(W/32, 2H/3), 두께 4, 간격 10, 색상구상 W-R-G-B-W-R-G-B, (추가대각선) 구역 별 등분할수 0-3-6-30(화면 위쪽에서 아래쪽 순서), 첫번째 대각선 모음에 대한 대칭형 구성	
	[사각] 중심 위치 (3W/8+[(W/8-35)/2], H/8), 두께 4 픽셀 한 변 길이: 최대 200에서 20씩 감소, 색상: 최외곽부터 Wh-R-G-B-Wh-R-G-B	
	패턴 발생장비에서 지정된 프레임률로 출력 설정	
	색변환	[SMPT E 303M 패턴] 시작위치 (W-752, H/4+10)
	모아레	[직선기반 모아레] (교차선 1) 두께 2, 간격 2, 색상 W, 길이 H/4, 반복 개수 $\lfloor (W/8-50)/4 \rfloor$, (교차선 2) 교차선 1의 무게중심을 기준 교차선 1을 5도 회전, 색상 R
[격자기반 모아레] (격자 1) 외곽 경계 (W/8-100) 길이의 직선을 한		

변으로 하는 정사각형(중삼 5W/16, 11H/16), 격자선 두께 2, 간격 2, 색상 Wh(격자 2) 격자 1의 중심을 기준으로 10도 회전, 색상 B	[원형 1] 원 중삼 (3W/16±2/3D, 11H/16±2/3D), 지름 3H/32, 원 분할 각도 10도, 선 두께(D): 2
	[원형 2] 원 중삼 (7W/12±2/3D, H/8), 최외곽 지름 400, 지름 차야 4씩 감소, 선 두께 2
저스트/오버스캔	화면 최외곽선 활용
좌우대칭	중앙 분리선 활용 및 그레이 레벨 좌우 대칭형 구성
문자특성	[영문 대문자] 폰트 Arial, 세로길이 H/40, 색상 Wh-R(교차선)
	[영문 소문자] 폰트 TimesNewRoman, 세로길이 H/40, 색상 G-Wh(교차선)
	[한글 자음] 폰트 휴먼고딕, 세로길이 H/50, 색상 Wh-B(교차선)
	[한글 모음] 폰트 휴먼고딕, 세로길이 H/50, 색상 50% Gray
	[특수기호] 폰트 Arial, 세로길이 H/30, 색상 50% Y
	[숫자] 폰트 TimesNewRoman, 세로길이 H/20, 색상 50% P
휘도	[100% white/50% gray 패치] 크기 (가로:W/6, 세로:H/5), 중심위치 (3H/4±W/6, 3H/8)
그래프 레벨	색상: EBU pattern 4-1~4-20과 같은 그레이 레벨 구성 전체 패턴 크기 (가로: W/2-150, 세로: H/8) (각 패치는 등 간격)
색재현	색상: RGB 색상 및 15가지 EBU test 색상, 패치 크기 (가로:W/8-10, 세로:250)

*표 참조

W: 가로축 해상도, H: 세로축 해상도, R: 100% Red, G: 100% Green, B: 100% Blue, Wh: 100% White, P: Purple (R: 0.4, G: 0, B: 0.6), Y: Yellow (R: 1, G: 1, B: 0)

길이, 두께, 간격, 위치의 단위는 모두 픽셀이며 위치의 기준점은 그림 2의 좌측 하단 모서리임

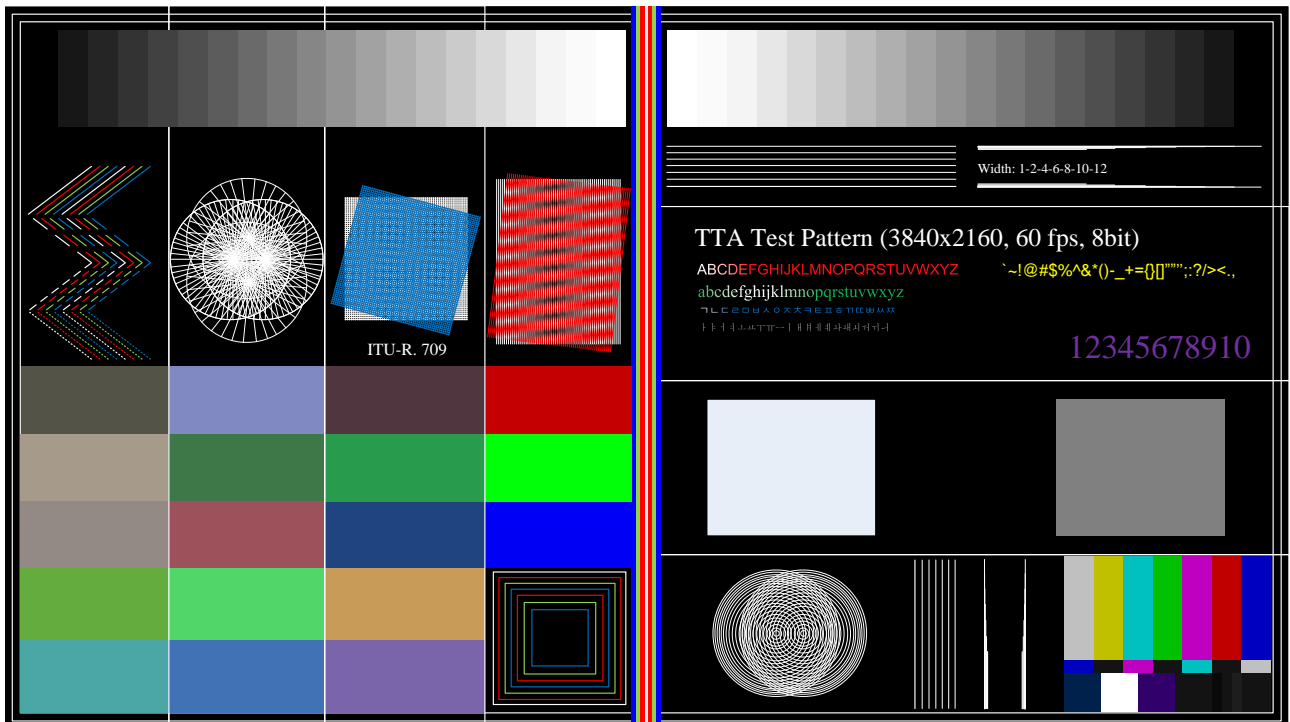


그림 2. 제안하는 종합 테스트 패턴 예 (QFHD 용)