

방송 CAMERA의 특성 및 제작시스템 구성

□ 이창형 / KBS

I . CAMERA 개요

1. 방송 CAMERA 특성 및 종류

방송카메라는 렌즈를 통하여 입력된 광학적인 상을 미세한 전기신호로 변화시키고 이 신호를 증폭하여 TV를 통해서 볼 수 있는 영상신호로 구현하는 시스템이다. 카메라 영상품질의 평가는 화질요소를 최적의 영상을 구현하는 것으로 피사체 영상의 변형을 최소화하는 것이다. 영상신호의 품질을 결정하는 가장 중요한 초기단계이기 때문에 영상을 구

성하는 카메라 시스템의 특성에 따라 영상품질에 큰 차이가 발생한다. 방송에 사용되는 카메라의 종류는 Standard 카메라, ENG(Electronic News Gathering), EFP(Electronic Field Production)가 주종을 이루며 최근 야외 촬영시 사용하고 있는 4K 용 RED-ONE, F65 및 C500 CAMERA 등이 있다. 카메라 시스템의 구성은 크게 카메라 헤드(HEAD)부와 제어부(CCU, Camera Control Unit)로 구분하며 카메라 헤드부에는 렌즈, 광학필터, 색분해 광학시스템, CCD 등의 촬상장치 및 영상처리장치인 HEAD 모듈로 구성된다.

〈표 1〉 스튜디오 카메라 시스템 구성

구분	구 성	구분	구 성
헤드부 (HEAD)부	렌즈, 광학필터 색분해시스템	제어부	카메라 제어(CCU) 처리 카메라 입출력신호처리
	촬상계통(CCD, CMOS)	주변장치	Pedestal, Tripod View Finder
	영상계통(광학교정, 색온도 교정, 선명도교정, 감마교정)		전원계통, 전원공급

또한 카메라 주변장치로 Pedestal, Tripod, V/F가 있으며, 제어부로서 입출력신호 처리부인 BS(BASE Station)와 Control System인 CCU가 있다. EFP는 ENG카메라와 크기와 형태가 비슷한 장비로 주로 스튜디오에서 Steady Camera용이나 야외 중계차에서 사용한다. EFP는 스탠더드 카메라와 함께 제어장치(CCU)를 사용할 수 있다. 4K용 RED ONE Camera는 RED사가 제작한 캠코더 형태이다. 본체가 작고 뛰어난 유연성과 다양한 프레임 레이트가 가능하도록 디자인 되어 있다. 녹화는 하드 디스크 드라이브와 플래시 메모리로 가능하다. CCD는 1200만 Mysterium센서이며, 최고화소는 4900 (h) x 2580 (v)이며, 유효화소는 4520 (h) x 2540 (v)이다. 본체의 무게는 가볍고, 렌즈는 35mm PL 렌즈 마운트에서 광학 줌 렌즈를 장착할 수 있다. 또한 ENG 카메라처럼 촬영, 영화 촬영에도 적용이 가능하다. 야외에서 촬영된 ‘추노’, ‘공주의 남자’ 등이 4K RED ONE 카메라로 촬영되었으며, 최근에는 ‘아이돌 특집’이나 ‘사랑과 전쟁’ 등을 4K로 촬영하여 2K HD방송에 맞게 다운로드하여 사용되고 있다. XDCAM은 Tapeless 카메라로 소니가 2003년에 도입한 비선형방식의 광디스크 기록방식이다. XDCAM HD는 프로페셔널 디스크를

기록 매체로 이용한다. XDCAM은 디스크에 바로 기록하기 때문에 빠른 파일 기반 작업을 요구하는 뉴스 취재나 고화질 영상이 중요한 엔터테인먼트 프로그램, TV 드라마 제작, 다큐멘터리와 같은 분야에 유용하다. 파나소닉사의 Tapeless 카메라인 P2카메라는 메모리칩을 활용한 P2카드를 이용해 녹화를 할 수 있는 P2HD 방송용 카메라와 SDHC 플래시 메모리를 저장하는 방식 등이 있다.

2. HD 카메라의 원리

비디오카메라는 인간의 눈의 기능과 비슷하다. 인간이 사물을 인식하는 과정을 보면, 눈을 통하여 사물을 보고, 망막에 상이 맺히며, 망막에 맺힌 사물의 형상을 뇌에 보내어 물체의 형태를 인식한다. 카메라의 경우 어떤 물체에서 반사되는 빛이 렌즈를 통하여 사물의 형상이 맺히게 되고, CCD를 통하여 빛의 신호를 전기적인 신호로 변환하여 영상신호가 만들어 진다. 어떤 사물이 빛의 반사로 눈에 들어오면, 눈의 홍채를 움직여 동공 사이즈를 조절한다. 동공을 통해 들어온 형상은 수정체로 들어오는 빛의 양을 조절하고 빛의 양에 따라 눈꺼풀을 조절하여 적절한 상이 망막에 맺히게 된다. 특히 수정



〈그림 1〉 방송용 카메라

<표 2> 카메라와 눈의 비교

구분	빛의 차단	빛의 굴절	빛의 양 조절	상의 맺힘
카메라	셔터	렌즈	조리개	CCD
눈	눈꺼풀	수정체	홍채	망막

체는 두께를 조절함으로써 물체의 원근감을 구분하며, 사물에 대한 초점을 맞추어 안정된 형상이 되게 한다. 눈의 기능과 카메라 렌즈의 기능을 비교해 보면, 빛의 굴절은 수정체와 렌즈의 기능으로 비교할 수 있으며, 빛의 양 조절은 눈의 홍채와 조리개, 형상 맺힘은 망막과 CCD이다. 지각 원리를 살펴보면, 카메라 앞에 놓인 물체로부터 반사되는 빛이 렌즈를 통하여 사물의 형상이 맺히게 되고, CCD를 통하여 빛의 신호를 전기적인 신호로 변환하여 영상 신호가 만들어 진다.

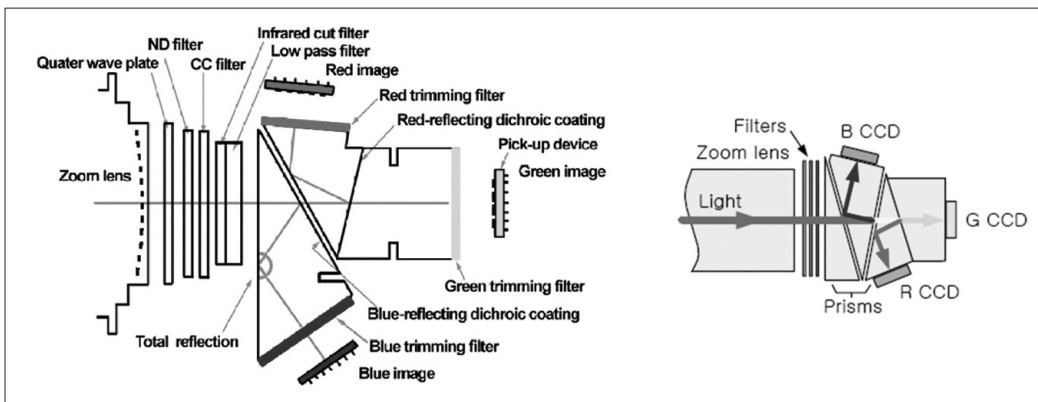
된다. 또한 카메라 헤드에는 영상처리장치 모듈(오차, 색온도, 감마, 선명도등 교정 및 보정) 등으로 구성된다. 제어부(CCU)는 BS(BASE Station, 입출력신호처리)과 Camera Control Unit(CCU)이 있다. CCU는 MSU(Master Setup Unit), CNU(Command Network Unit), RCP(Remote Control Panel) 및 Pedestal, Tripod, V/F 등으로 구성된다. 광학시스템에서 렌즈(Lens)는 영상을 획득하는 최초의 입력부분으로 매우 중요하다. 렌즈의 종류에는 표준렌즈(Standard lens), 광각렌즈

3. CAMERA 시스템구성

CAMERA 시스템구성은 카메라 헤드(HEAD)부, 제어부(CCU), 주변장치로 구분할 수 있다. 카메라 헤드에는 렌즈, 광학필터, 색분해시스템이 있는 광학시스템과 촬상장치인 CCD, CMOS 등으로 구성



<그림 2> 방송용 렌즈의 종류



<그림 3> 광학필터계와 색분해 시스템 구조

(Wide angle lens), 어안렌즈, 망원렌즈(Telephoto lens, Long focus lens), 줌 렌즈(Zoom lens), 마이크로 렌즈 (Micro lens), 연 초점 렌즈(Soft focus lens) 등이 있다.

광학필터는 1/4 Wave Plate, ND filter(neutral density filter), CC filter, Infrared cut filter, Low pass filter, Reflecting dichroic coating 및 Trimming filter 등이 있다.

CCD는 많은 광다이오드(L) 들이 모여 있는 하나의 칩이다. 각각의 광다이오드에 빛이 비추어지면 빛의 알갱이 즉 Photon의 양에 따라 전자가 생기고 해당 광다이오드의 전자량이 각각 빛의 밝기를 뜻하게 되어 이 정보를 재구성함으로써 화면을 이루는 이미지 정보가 만들어진다. 각각의 광다이오드에 생성된 전자의 양을 전달하기 위해서 여러 가지 방법이 쓰이는데 크게 IT(Interline Transfer), FT(Frame Transfer), FIT(Frame-Interline Transfer) 등이 있다. IT방식은 광다이오드의 약 30% 가량의 크기를 가진, 전자들을 전달할 수 있는 레지스터가 각각의 광다이오드 바로 옆이나 혹은 각각의 광다이오드 바로 위에 붙어있는 형식으로 이 레지스터는 빛으로부터 가려지도록 되어 있다. 소형 디지털 카메라와 디지털 캠코더는 일반적으로 디지털 SLR이나 방송용 대형 카메라에 비해 더 작은 크기의 센서(CCD)를 가지고 있으므로 빛에 덜 민감하고 노이즈에 영향을 더 받는다. 촬상소자로 CMOS를 사용하는 방식은 반도체에 아날로그 신호와 디지털 신호처리 회로를 한 곳에 집적한 것이다. CMOS는 광전 변환반도체와 CMOS 스위치로 구성되며, 빛 에너지에 의해 발생된 전하를 반도체 스위치로 읽어낸다. CMOS 방식은 전하를 저장하는데 상당한 양의 전력이 필요한 CCD 방식에 비해 전력 소비가 1/10 정도에 불과하며, 전체적으로 필요한

부분을 한 개 칩에 구현했기 때문에 소형제품의 구현이 가능하다. 반면 이미지의 선명도는 CCD에 비해 떨어진다고 한다. 주로 저 품질 디지털 카메라에 적용하며, 지속적인 기술 향상이 이루어지고 있다.

4. CAMERA 제어부

CCU(Camera Control Unit)는 카메라와 카메라(MSU와 RCP)를 셋업하기 위한 인터페이스 장치이다. MSU(마스터 셋업장치)는 카메라의 운용에 대한 전반적인 세팅 값을 변경하거나 조정하는 장치이다. MSU는 보통은 촬영하기 전에 각 카메라의 전체적인 또는 일반적인 세팅을 하기 위해 사용된다. RCP(원격 조정 장치)는 각각 카메라를 원격으로 제어하는 장치이다. 여러 대의 카메라 시스템을 사용할 경우, RCP는 일반적으로 MSU에서 만들어진 일반적인 세팅을 수정하여 주어진 카메라를 위해 적합하게 하는데 사용된다. 또한 촬영 중에 만들어지는 어떤 조정도 그것들이 각 카메라에 독점적인 것이므로 RCP 상에서 이루어진다. 주로 촬영 중일 때 IRIS, ND필터, CC 및 Cross필터 등을 조정한다. CNU(Camera Command Network Unit)는 RCP나 MSU에 오는 Data를 CCU로 보내는 장치이다. CNU는 여러 개의 RCP와 하나의 MSU의 연결이 가능하다. 이것은 유저들이 모든 리모트 패널을 단일 커넥터 패널에 연결할 수 있기 때문에 대규모 시스템에서 제어 패널의 연결을 용이하게 한다. 소규모 멀티 카메라 시스템이면, CNU를 사용하지 않고 설치할 수 있다. 이 경우에 RCP는 직접 관련되는 CCU에 연결되어야 하며, MSU로부터의 제어는 CCU간에서 하나로 이어져 있어야 한다. 조리개(IRIS)는 렌즈를 통과한 빛의 양을 조절해 주는 장치이다. 사람의 홍채와 같은 역할을 하며 f값으로

조리개 모양								
F값	F22	F16	F 8	F5.6	F4	F2.8	F2	F1.4
빛의량	1	2	4	8	16	32	64	128
심도	← 깊어진다			기본	←			→ 얕아진다

〈그림 4〉 조리개(IRIS)값 변화

표시한다. F값은 렌즈가 빛을 통과 시킬 수 있는 능력을 수치로 표시한 것이다. 또한 피사체 이미지의 밝기를 말해주는 수치이다. F값이 클수록 빛의 양은 적게 들어오고 심도는 깊어진다. 반대로 F값이 적어지면 빛의 양이 많아지고 심도는 얕아진다.

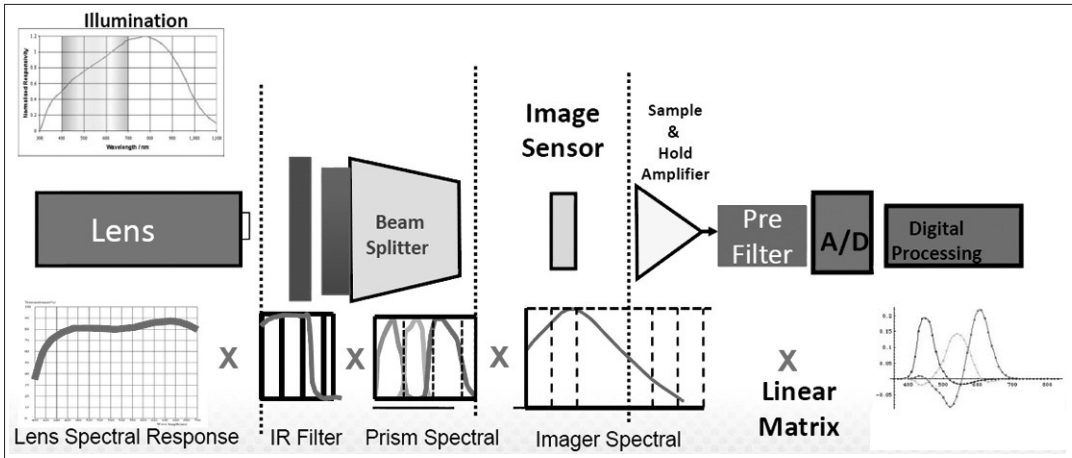
ND 필터(Neutral Density Filter)는 스튜디오 카메라로 보통 2000 Lux 정도의 밝기에서 기준 동작하는 특성을 가지고 있다. 그러나 야외의 밝기는 1만 Lux 정도로 스튜디오의 10배 이상이 되어 이러한 빛의 양을 조절하기 위해 ND filter를 사용한다. 피사체가 너무 밝아 조리개만으로 조절할 수 없는 경우 렌즈에 입사하는 광량을 균일하게 감소시키는 역할을 한다. 회색 선글라스와 같은 중성 회색의 필터로 빛이 필터를 투과하였을 때 색상의 변화는 주지 않고 빛의 양만 감소시킨다. CC(Color Compensating filter, 색보정 필터)는 투사된 조명의 색온도에 따라 다르게 표현될 수 있다. 색보정 필터를 광원 앞에 설치하면 색온도를 변화시킬 수 있으므로 필요에 따라 광원의 색온도를 바꾸는 필터이다. 즉, 색 보정 필터를 사용하면 광원의 색온도를 바꾸지 않고도 피사체의 색상을 표현 할 수 있다. 스튜디오에 사용하는 조명램프는 텅스텐으로 3200K의 색온도 특성을 기준으로 Color balance 되어 있다. 따라서 자연계의 변화하는 색온도에 대응하기 위해 필요한 filter이며 특정한 color 효과를 위해서도 사용한다. 광원의 색온도가 낮으면 붉은

색으로, 높으면 푸른색으로 색을 보정한다. 광학적인 필터를 사용, R,G,B의 상대이득을 조정하여 피사체의 색을 정확히 재현할 수 있도록 한다. Cross filter는 무색의 광학유리에 가로, 세로 선을 그어 넣은 것으로 렌즈 앞에 부착하고 조명등이나 빛을 내는 피사체를 촬영할 때 십자무늬의 선이 생긴다. 피사체가 강한 빛을 낼 때 광을 분산시키기 위해 사용하는 필터이다.

II. 카메라 영상 획득 시스템

1. 2K HD CAMERA 제작시스템

스튜디오에서 주로 스탠더드 카메라를 사용하는 데, 헤드(HEAD)부와 제어부(CCU)로 구분한다. HEAD부는 렌즈를 포함하여 광학 시스템, CCD, 프로세스 모듈, 전원부로 구성되어 있다. 영상 획득과정은 렌즈를 통하여 입력된 피사체는 빔 스플리터를 통해 색신호를 분해하고, 분해된 색신호는 CCD에서 미소 전기신호로 변환한 후, 증폭회로를 거쳐서 피사체의 영상신호를 획득하게 된다. 〈그림 5〉는 HD카메라 영상 획득과정이다. 카메라 사용횟수는 프로그램의 규모와 특성에 따라 결정되는데 대체적으로 교양프로그램에서는 카메라 대수가 5대 정도 사용하는 것이 보통이고, 드라마 프로그램의

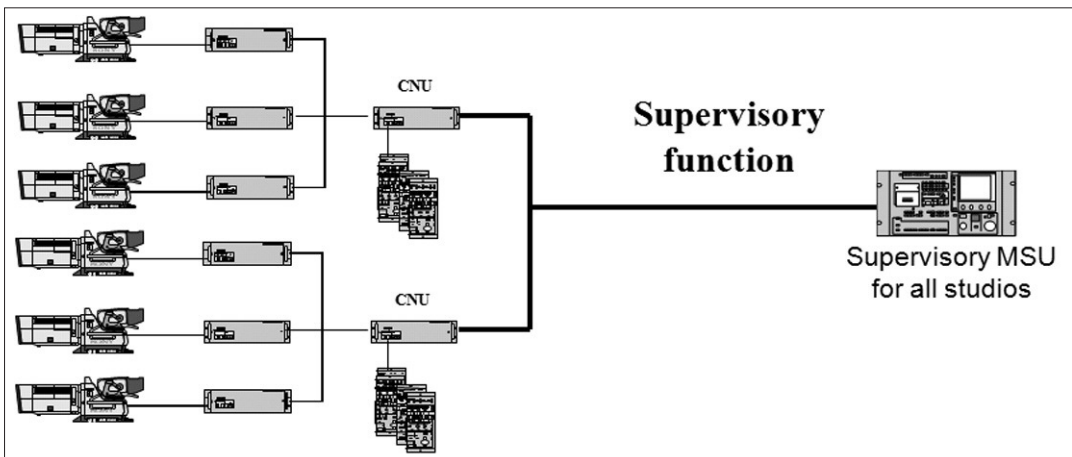


〈그림 5〉 HD CAMERA 영상 획득과정
출처: 2011 SMPTE SYMPOSIUM (The Large-Sensor Imaging Revolution) – Understanding Imaging Science / Larry Thorpe (Canon USA)

경우 3대에서 4대 정도이며, 음악프로그램 같은 대형 프로그램은 6대에서 9대, 스포츠 프로그램은 종목에 따라 10대 이상의 카메라가 사용된다.

카메라를 여러 대 사용할 경우 연결하는 시스템 구성은 카메라에서 광케이블을 이용하여 CCU에 연결하고, CCU의 출력을 스위치의 입력단자에 연결하게 된다. 카메라 제어부분은 CNU에 연결되어

MSU에서 종합적인 셋팅값을 조정하고, RCP에서 IRIS, ND필터 및 CC필터 등 셋팅값을 조정하게 된다(방법1). 또한 카메라 그룹을 서로 다른 장소에서 촬영 할 경우 CNU에서 MSU에 연결하여 각각 카메라 그룹의 종합적인 셋팅값을 조정하고, RCP에서 IRIS, ND필터 및 CC필터 등 셋팅값을 조정하게 된다(방법2).



〈그림 6〉 CAMERA 시스템구성 방법1, 방법2

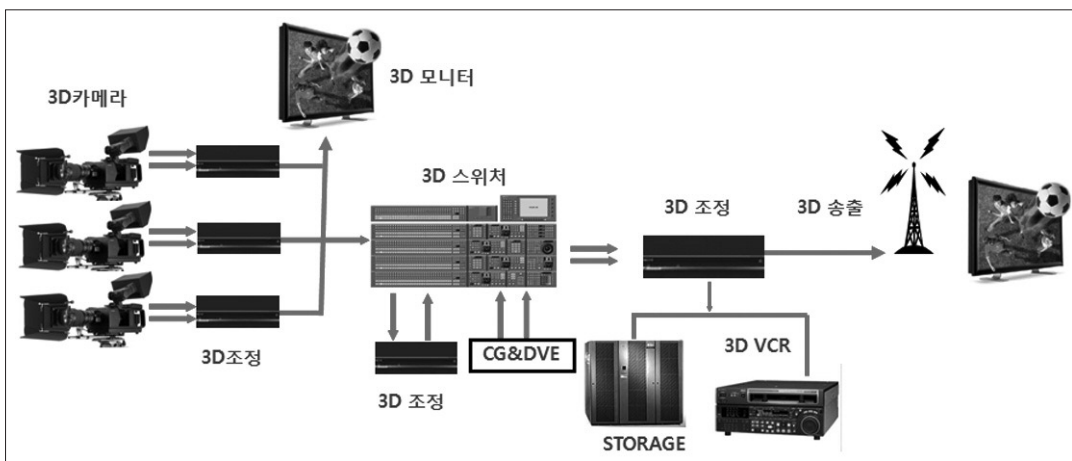
2. 3D CAMERA 제작시스템

3D 카메라는 두 대의 카메라 렌즈를 수평선상에 구성하는 수평식 카메라와 상하로 구성하는 직교식 카메라로 구성한다. 좌우 양안에 해당하는 2대의 카메라로 구성하며 카메라 렌즈와 렌즈 사이의 거리 때문에 주로 풍경과 같은 먼 거리 촬영에 사용한다. 수평식 카메라의 주시각 구성 방식에 따라 평행식, 교차식 및 폭주식 카메라구성 방식이 있다. 평행식 카메라는 두 개의 카메라 축이 평행한 방식으로 렌즈의 축간 거리의 제약으로 원거리 촬영에 사용되며 화면 좌,우에 사용할 수 없는 부분이 발생할 수 있다. 또한 직교식 카메라는 두 대의 카메라를 직교식으로 구성하고 렌즈 앞면에 하프 미러를 사용하여 카메라의 빔을 분리하여 전달하는 방식이다. 카메라 축과 45°로 하프미러를 놓고 한 대의 카메라는 다른 카메라와 90°로 상하로 구성한다. 2대의 카메라 사이의 축간거리를 촬영자가 원하는 대로 조절할 수 있어 가까운 거리를 촬영할 때 주로 사용한다. 입체 정보의 입력단인 3D용 카메라에서

좌안 우안 2개의 입체 정보가 일치하도록 조정하여 각각 MPEG-2 신호로 인코딩한다. 압축된 2개의 영상신호와 음향신호를 혼합하여 RF형태로 변조하여 송신소에 송출한다. 가정에서는 송신소에서 수신된 3D신호를 3D STB에서 영상 신호와 음향 신호로 분리하여 3DTV 수상기에 입력된다.

3. UHDTV CAMERA 특성 및 제작시스템

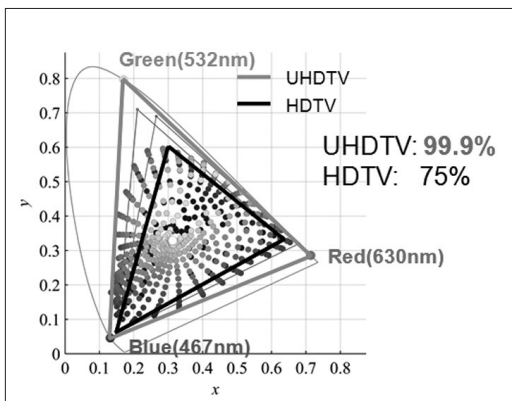
UHDTV 카메라의 가장 중요한 특성은 화질이다. 카메라의 성능 평가에서 화질요소는 최적의 영상을 구현하는 것으로 피사체 영상의 변형을 최소화하는 것이다. UHDTV의 컬러 영역은 실제 객체의 색상과 기존의 비디오 시스템의 색 영역 (HDTV, D-Cinema)의 대부분의 영역을 포함한다. 해상도를 단순하게 비교하면 Full HD에 비해 QFHD와 디지털 시네마는 4배, 슈퍼하이비전은 16배의 높은 해상도를 가진다. 또한 10bit 내지 12bit로 색을 표현하고, color format도 4:4:4 정도로 큰 화면에서 더욱 섬세하고 자연스러운 영상 표현이 가능하다.



〈그림 7〉 3D CAMERA 제작 시스템구성

〈표 3〉 HDTV와 UHDTV의 특성 비교

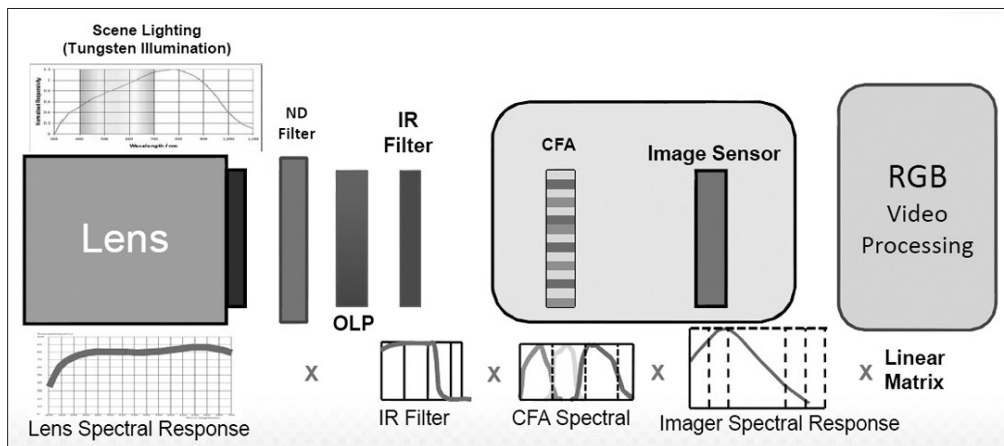
구분	HDTV 2K	UHDTV	
		4K	8K
해상도	1,280x720p 1,920x1,080i = 2K	3,840x2,160=4K	7,680x4,320=8K
	1,920x1,080i=Full HDTV	HDTV보다 4배 해상도	HDTV보다 16배 해상도
컬러포맷	4:2:0	4:2:0 / 4:2:2 / 4:4:4	



〈그림 8〉 HDTV와 UHDTV의 gamut colorimetry

UHDTV 카메라는 주로 일본 NHK의 SHV연구 프로젝트에서 활발히 개발되고 있다. NHK는 2003

년 2개의 녹색을 갖는 GGBR Four-panel Imaging소자 기반의 8K 카메라를 선보였다. 4K 카메라는 이미 시장에서 상용화되고 있다. RED ONE Digital 카메라 2종류는 각각 2006년과 2007년에 제품으로 출시되었으며, JVC와 Sony도 개발을 완료하였다. 이미 우리나라에서도 4K 수준의 UHD는 영화 ‘국가대표’와 KBS 드라마 ‘추노’에서 Red-One 카메라로 촬영되었다. Red-One 카메라 방송용 ENG 카메라처럼 촬영, 영화 촬영에도 적용이 가능하기 때문에 다양한 영화 작품들이 촬영되고 있다. KBS에서 제작된 드라마 ‘전우’의 1회 영상도 Red-One카메라로 촬영한 것이고 최근의 영화 ‘솔트’ 역시 4K Red-One 카메라로 제작되었다.



〈그림 9〉 UHDTV CAMERA 영상 획득과정

출처: 2011 SMPTE SYMPOSIUM (The Large-Sensor Imaging Revolution) – Understanding Imaging Science / Larry Thorpe (Canon USA)

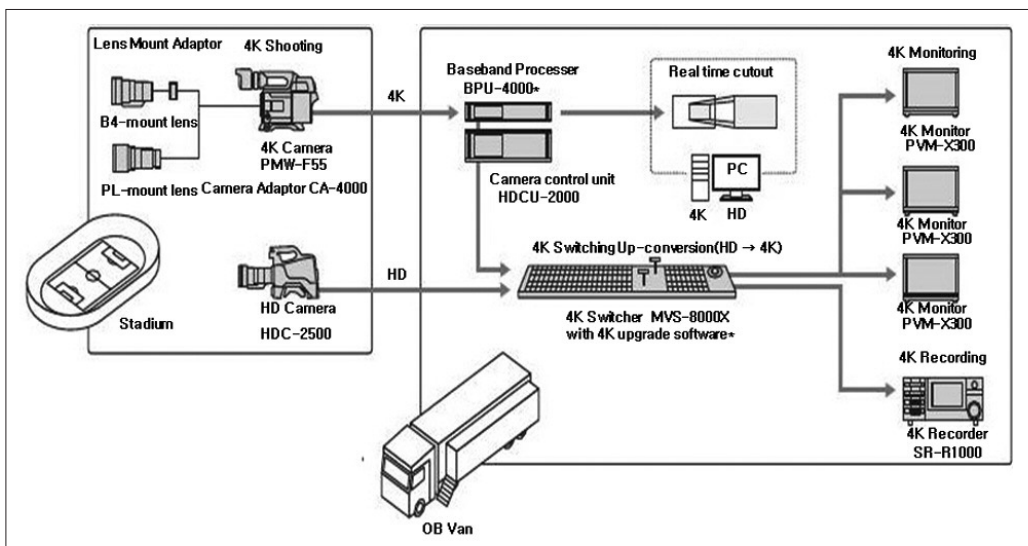
UHD용 카메라의 고성능화 및 소형, 경량화가 진행되고 있으며, 4K Digital Camera는 Digital Cinema 제작을 주목적으로 개발되고 있다. 2008년 NHK는 3,300만 화소 CMOS 센서 3개를 장착한 8K Camera 시제품을 개발하였다.

NHK는 SHV(Super Hi-Vision: 7680x4320)이라는 이름으로 연구를 주도하여 2005년 아이치현 엑스포박람회에서 최초로 UHDTV방송을 시연하였고, 2008년 IBC 위성전송을 이용한 8K방송을 시연하였다. 2012년에는 영국BBC와 공동으로 제30회 런던올림픽에서 8K 시범서비스를 실시하였다. 향후 일본 NHK는 2014년 7월에 있는 브라질 월드컵 결승 토너먼트 경기를 4K방송으로 중계예정이다. 8K(SHV)실험방송도 2016년 실시할 예정이다. 또한 일본은 2020년 도쿄 올림픽에 8K 방송을 계획중에 있다. 미국은 2013년 현재 미국 볼티모어에서 4K지상파 전송실험방송이 진행되고 있으며, 지난 2월에 열린 MWC 2013에서도 4K 실시간 전송 실험이 성공리에 실시하였다. 우리나라는 2014년~2015년에 위성을 통하여 4K 상용서비스를 실시할 예정이며, 2017년에는 위성을 통하여 8K 실험방송, 그리고 2018년 이후에는 위성을 통하여 8K 상용서비스를 계획하고 있다.

현제 지상파 방송 스튜디오에서 사용하고 있는 대부분의 카메라는 2K HD수준이다. 방송카메라 제작사인 소니, 이케가미, 파라스닉 등 대부분 HD 카메라를 개선하거나 업그레이드하는 수준에서 발표되고 있다. 3D 카메라의 경우, 2009년 말 3D영화 아바타의 열기로 한동안 지상파 방송에서도 큰 관심이 있었지만 5~6배 정도 비싼 카메라 구매 부담과 과중한 제작비, 그리고 휴먼팩트문제와 전송 채널 확보 미비 등으로 활성화되지 못하고 있는 상

III. 차세대 카메라 동향

현재 지상파 방송 스튜디오에서 사용하고 있는 대부분의 카메라는 2K HD수준이다. 방송카메라 제작사인 소니, 이케가미, 파라스닉 등 대부분 HD 카메라를 개선하거나 업그레이드하는 수준에서 발표되고 있다. 3D 카메라의 경우, 2009년 말 3D영화 아바타의 열기로 한동안 지상파 방송에서도 큰 관심이 있었지만 5~6배 정도 비싼 카메라 구매 부담과 과중한 제작비, 그리고 휴먼팩트문제와 전송 채널 확보 미비 등으로 활성화되지 못하고 있는 상



〈그림 10〉 4K Production Trial at FIFA Confederations Cup 2013 제작시스템 출처:www.scribd.com

태이다. UHD 카메라는 주로 야외촬영에서 사용되고 있으나, 아직까지 스튜디오에 적용하기에는 미비점이 많은 상태이다. HD 2K 카메라의 색재현율은 75% 정도이다. 하지만 UHD방송은 촬영/편집/인코딩(압축)에서 최적으로 하면, 색 재현율이 99%까지도 가능하다고 한다. 색 재현율이 높다는 것은 피사체의 형상을 왜곡 없이 그대로 재현할 수 있는 능력이다. HD보다 고화질 구현이 되는 4K 및 8K UHD 카메라에 대한 관심이 높아지고 있는 추세이다. 카메라 제작사들은 앞 다투어 4K카메라를 선

보였으며, 일본의 NHK는 2012년 런던 올림픽에 8K 실험방송을 성공적으로 실시하였다. 또한 최근 발표된 압축코덱인 HEVC(H.265)를 이용하면 8K UHD화질의 지상파 방송도 가능한 것으로 보인다. 디지털 기술 및 압축 기술의 발전으로 4K, 8K, 16K 및 32K 카메라들이 등장하겠지만, 이러한 카메라들을 실제 방송에 적용하기 위해서는 정책당국의 정책적 지원, 방송사의 예산확보 및 방송용 채널 대역 확보 등이 필요하다.

참고 문헌

- [1] 김광호외(2012),미디어 융합과 방송의 미래, 미래방송연구회
- [2] 이창형외(2011),디지털방송기술총람,한국방송기술인연합회
- [3] 강진모(2012),UHDTV 카메라 기술동향,KBS기술연구소 수요세미나 자료
- [4] <http://pro.sony-asia.com>
- [5] <http://www.scribd.com>

필자 소개



이창형

- 1986년 : 광운대학교 전자통신공학과 학사
- 1992년 : 연세대학교 산업대학원 전자공학 석사
- 2012년 : 서울과학기술대학교 박사과정 수료
- 현재 : TV기술국 기술감독
- 주관심분야 : 디지털방송서비스, 방송정책