카메라모듈의 최신 광학측정 및 포커싱조정 기술 동향

카메라 광학을 측정한다는 것은 워낙 광범위하기 때문에 이러한 내용을 소개함에 앞서 우선 영상 렌즈가 장착되어야 할 카메라 센서가 정의되어 있는지, 아닌지를 설명해야 할 것 같다. 이 글은 카메라 센서가 정확히 사전에 정의된 카메라 모듈 –주로 휴대폰, 스마트패드, 노트북 등에 장착되는 –로 한정하여 광학 측정 및 그에 따른 포커싱 조정 기술 동향을 소개하고자 하는 것이다. 카메라 센서가 정의되어 있다는 것은 카메라 렌즈만을 놓고 측정하는 것이 아닌, 카메라 렌즈와 센서가 조립된 상태, 또는 최적으로 조립하기 위한 광학 측정 기술을 소개하려고 한다.

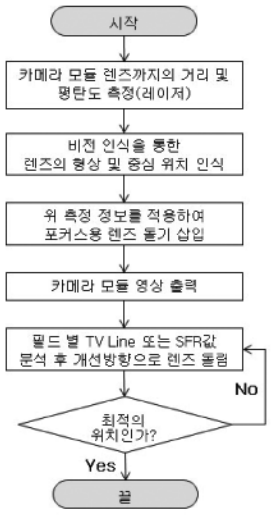
크게 카메라 모듈군에서는 저해상도인 CIF(352x288)부터 2Mega(1600x1200)급 정도에서 주로 사용되는 고정용 단초점 렌즈와 3Mega~5Mega급에 주로 사용되는 VCM 방식의 Auto Focus렌즈, 그리고 8Mega이상급에서는 Stroke가 짧고 Tilt에 취약한 VCM을 대신한 Auto Focus체계를 갖추면서 정밀 조립을 요구하는 Auto Focus렌즈가 장착되고 있다. 고정용 단초점 렌즈를 장착한 카메라모듈에서의 광학 측정 기술은 이미 오래전부터 적용해오던 바고 지면의 관계상 VCM방식의 Auto Focus렌즈를 장착하는 카메라 모듈의 광학 측정 기술과 최신 과제로 떠오르고 있는 8Mega 이상급에서의 정밀 조립을 요구하는 카메라모듈의 광학 측정 기술에 대해서 언급하겠다.

1. VCM방식의 카메라모듈 광학 측정 및 포커싱 조정

VCM방식의 카메라모듈은 우선 생산과정에서 센서보드위에 VCM을 마운트(Mount)시키고 조립된 VCM뭉치에 렌즈를 돌려서 삽입하는 Z축 선상에서 렌즈의 최적 위치를 찾아 고정하게 된다. 이때 최적 위치를 측정하는데 광학 측정 기법과 모션 제어 기술이 적용되게 된다.

그림1과 같이 VCM 렌즈를 구동부에 손상을 최소화하면서 렌즈부만 정밀하게 조정하기 위해서는 렌즈를 돌리는 돌기부는 기본4개의 모션(X,Y,Z,R)으로 제어되며 비전인식 카메라 및 초기 Lens 높이를 측정하기 위한 레이저 거리 측정기가 부착되어 있다.

(1)전체 광학 측정 및 포커싱 조정의 검사 흐름도



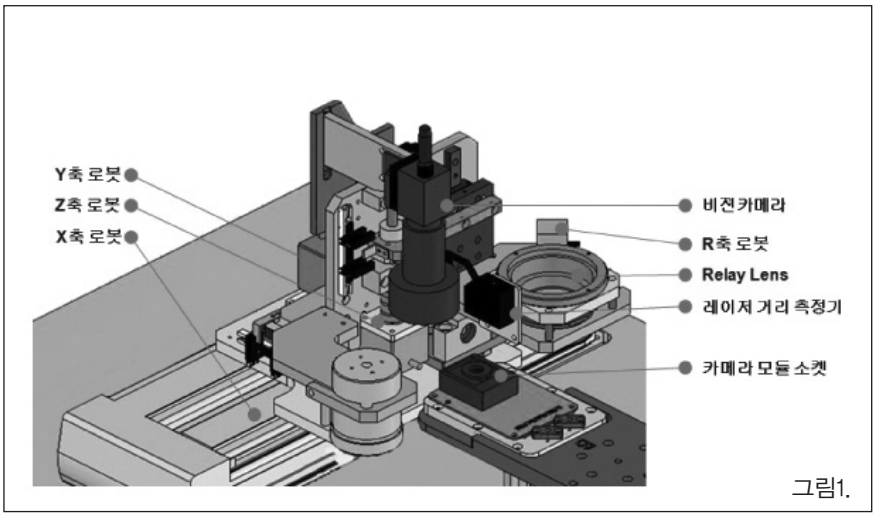


그림1.

(2)사전준비 작업

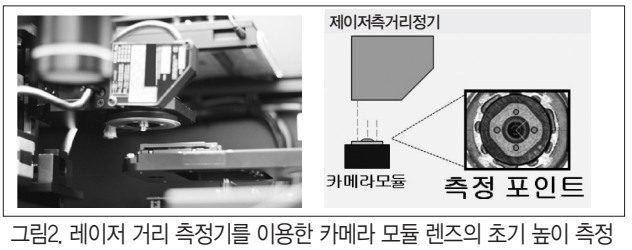


그림2. 레이저 거리 측정기를 이용한 카메라 모듈 렌즈의 초기 높이 측정

위와 같이 투입된 카메라 모듈의 렌즈 높이 및 평탄도를 측정한다. 초기 렌즈 높이는 모션에 반영되지만, 일정 수치 이상의 평탄도 문제가 있는 것으로 측정되면 자재상의 문제로 인식하고 자재를 재 투입하도록 지시해야 한다. 비전카메라를 이용한 카메라 모듈의 중심위치 및 렌즈의 형상을 인식하여 렌즈 돌리개의 돌기가 정확히 삽입될 수 있도록 정보 취득한다. 이 부분의 중요성은 카메라 모듈을 대량으로 조정함에 있어서 카메라 모듈의 외곽 PCB부분의 싱귤레이션 잔류 찌꺼기 등으로 인해 카메라 모듈을 조립하는 소켓을 공차 없이 제작하는데 한계가 있는 데에서 기인한다. 모든 생산용 카메라 모듈을 수용할 수 있는 소켓을 제작하려면

그만큼 여유 공차가 발생하여 카메라 모듈을 장착해서 보면 카메라 모듈의 중심이 제각각 틀어지게 되므로 렌즈 돌리개의 돌기가 중심에 정확히 삽입될 수 없게 된다. 따라서 비전인식으로 카메라 모듈의 중심을 측정하고 렌즈 돌리개를 그 위치에 맞추어 삽입하기 위해서는 최소 XY의 로봇이 필요해지게 되는 것이다.

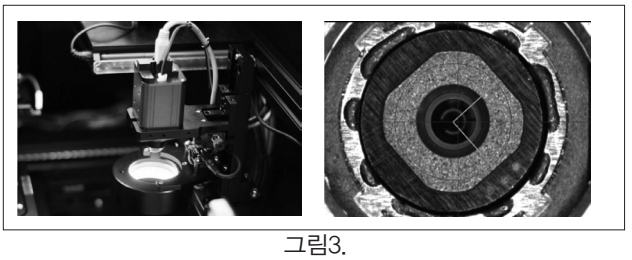


그림3.

(3)소프트웨어로 차트 영상 분석하기

앞의 사전 준비과정으로 통해 모션이 부착된 포커스용 렌즈 돌리개의 돌기는 카메라 모듈 렌즈를 돌릴 수 있도록 해당 위치에 정확히 안착될 수 있고, 다음 과정은 실제 카메라 모듈이 렌즈를 통해 출력되는 차트 영상 이미지를 PC로 전송하여 실제 최적의 포커스 위치를 추적 분석하게 되는데, 여기서는 카메라 모듈의 해상력에 맞게 수정된 EIAJ 해상력 차트를 활용한 분석 예를 설명하겠다.

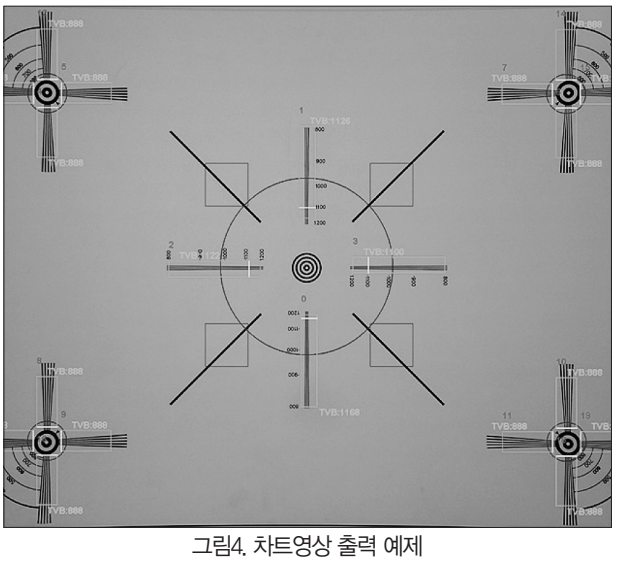


그림4. 차트영상 출력 예제

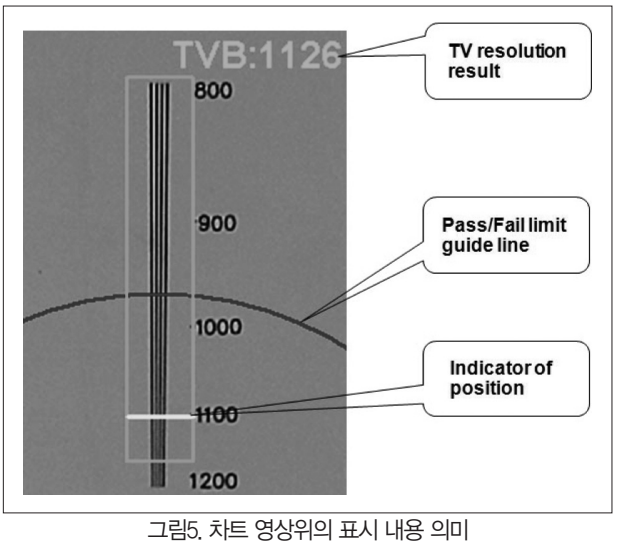


그림5. 차트 영상위의 표시 내용 의미

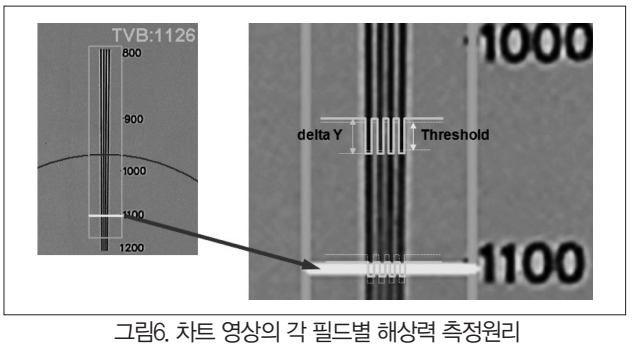


그림6. 차트 영상의 각 필드별 해상력 측정원리

기본적으로 해당 선이 구분되는가 안 되는가를 결정하는 데는 MTF(Modulation Transfer Function)측정 방식이 적용되며 일정 수치 이상의 MTF가 측정되면 해당 선은 SW적으로 구분된다고 인식할 수 있다. 이때 사전에 설정된 MTF값을 임계치(Threshold Value)라고 부르고, 차트 영상으로부터 측정된 MTF값을 Delta Y라고 부르기로 하자.

Delta Y가 미리 설정된 임계치(Threshold Value)보다 높다면 해당 Line Pair는 구분되는 것으로 인식하고 임계치보다 낮으면 그 지점부터 구분되지 않는 것으로 인식할 수 있으며, 그 경계선상이 해당 카메라 모듈의 최대 해상력 구분 지점으로 판정할 수 있는 것이다. 여기서 임계치는 프로그램 창에서 사용자가 설정 및 수정 가능하다.

(4)최적의 위치(Best Focus) 찾기

그림7과 같이 실제 차트 영상의 해상력 수치를 분석하면서 렌즈를 회전시키면 중심부위 필드와 외곽 부위의 필드가 다른 경향으로 추적된다. 최적의 위치를 찾기 위해서는

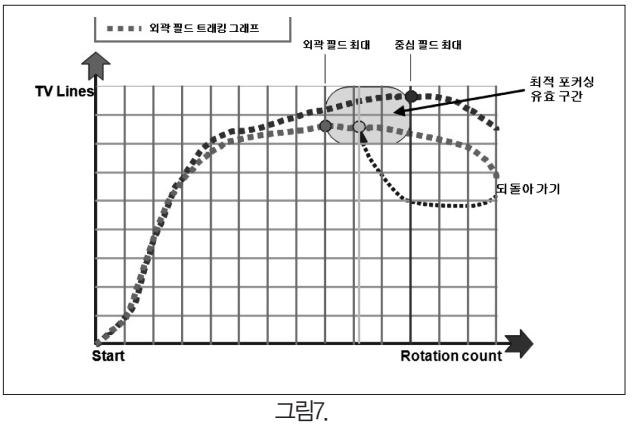


그림7.

그림7의 그래프와 같이 렌즈를 돌리는 회수에 따라 해당 중심필드의 해상력 수치와 외곽필드의 해상력 수치를 SW로 기억하면서 돌려야 한다. 그리고 각각 최고의 해상력 수치를 넘어서면 다시 하향 곡선을 그리기 시작하는데 이때 SW는 최적의 위치를 지나쳤다고 인식하도록 되어 있으며, 이전 해상력 수치 가운데 최적의 위치(중심 필드 가중치 또는 외곽 필드 가중치 적용 가능위치)로 렌즈 위치를 되돌려 최적의 위치를 찾아내는 것이다.

최적의 위치에 포커싱된 Lens는 더 이상 움직이지 않도록 구동부와 Lens를 Dispenser를 이용하여 부착시키면 된다. 부착 이후, 구동부와 Lens는 한 몸체로 구동되어 Auto Focus 기능을 하게 된다.

2.실시간 중심축 조정 방식(Active Align)의 카메라 모듈 광학 측정 및 포커싱 기술

8Mega이상급에 적용되는 Auto Focus렌즈 및 구동 장치는 VCM보다 개선된 타입들이 적용되는 양상이다. 매스컴에 소개된 피에조, 엔코더, 멤스 방식 등 VCM의 짧은 Stroke (렌즈 이동 거리) 및 상대적으로 치우침(Tilt)에 취약한 구조를 개선한 방식이 속속 소개되고 있으나 아직 어느 쪽이 대세를 이루고 있다고 이야기하기에는 시기상조이며, 지금도 고해상도 카메라 모듈에 적합한 여러 구동 방식이 개발되고 있다.

어느방식이든 고해상도 카메라 모듈에 적용되는 구동방식 및 렌즈는 그 이전방식인 VCM마운트 후 렌즈의 Z축 상하 이동만으로 광학 측정 및 포커싱 조정을 하던것과 달리 렌즈부

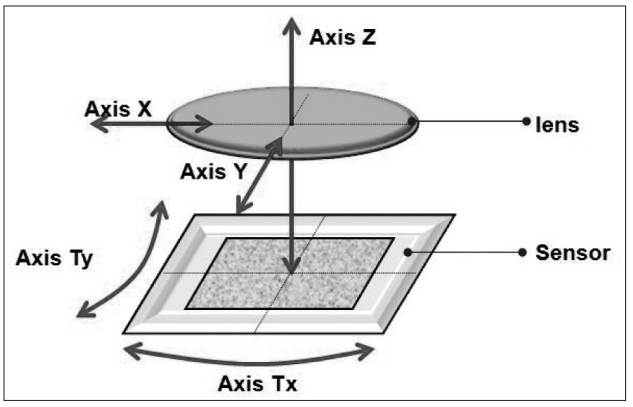
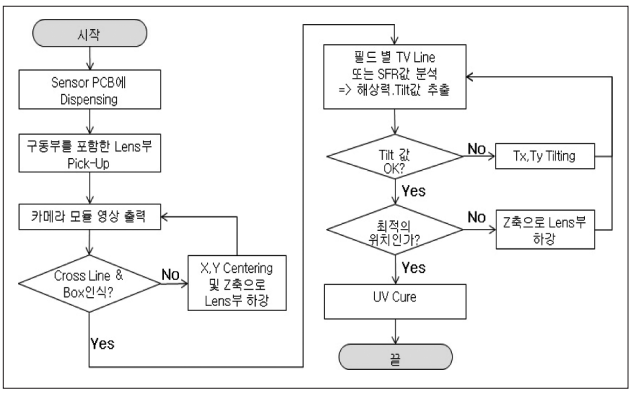


그림8.

또는 구동부 전체를 정밀하면서도 다양한 각도로 조정하여 센서부와 광축일치 작업이 요구되어지고 있다.

이것을 위해서 기본적으로 광학의 중심축과 센서의 표면 축을 정확히 일치시키면서 최적의 포커스 광학 위치를 찾기 위해서는 5축으로 이루어진 정밀 스테이지를 적용하고 있다. 이 환경하에서 실제 카메라 모듈로부터 출력되는 피사체인 차트의 영상을 분석하여 정보를 추출하면서 중심축 조정을 하게 된다.

(1)전체 광학 측정 및 Active Align포커싱 조정 흐름도



(2)차트 영상

광축 일치 여부를 판정하는데 사용되는 차트는 영상의 Shifting, 치우침(Tilting), 전체적인 해상도 균등 여부 등을 보다 자세히 파악할 수 있도록 구성되는 것이 일반적이다. 즉, 영상의 어느 쪽 방향의 해상도가 무너지거나 저하되는지 쉽게 파악할 수 있도록 구성하는 것이다. 여기서는 SFR(Spatial Frequency Response)방식의 트를 예제로 들도록 하겠다. (*SFR은 ISO12233에 정의된 것)

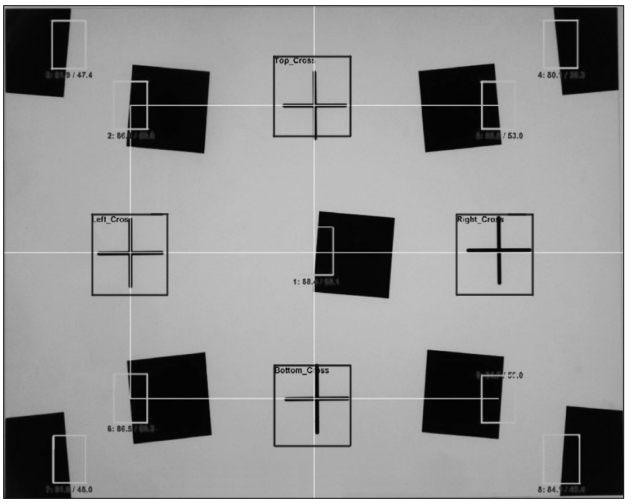


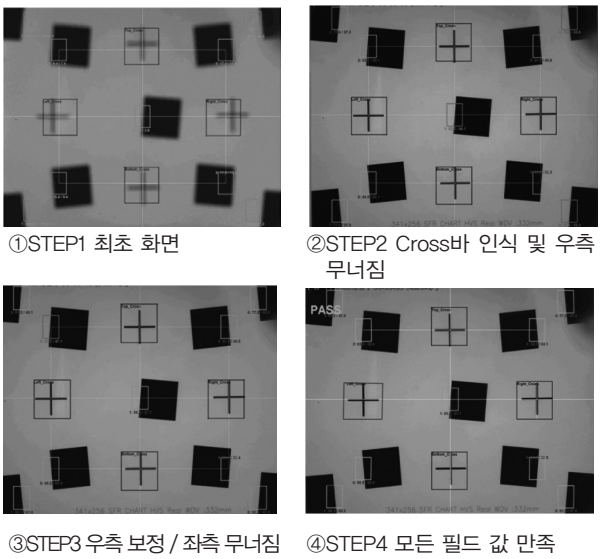
그림9. SFR(Spatial Frequency Response)방식의 차트 예제

(3) 동작설명

최초 4개의 Cross Line이 인식될 때까지 Z축을 조정하여 Cross Line이 인식되도록 하는데, 이때 최초 XY위치 및 영상의 Shifting정도를 파악할 수 있다.

그 다음은 각각의 필드별 해상력을 측정하면 Tilting정도를 분석할 수 있고 Tilting의 편차를 줄여나가는 과정과 함께 최적의 해상력 위치에 도달하게 되면 전체 필드의 값이 모두 만족하게 되며, Active Align 조정작업은 완료된다.

그리고 Active Align 조정작업이 완료된 상태에서 UV Cure 등을 실행하여 Lens부와 Sensor PCB를 고정하면 모든 작업이 완성되게 된다.



①STEP1 최초 화면 ②STEP2 Cross바 인식 및 우측 무너짐

③STEP3 우측 보정 / 좌측 무너짐 ④STEP4 모든 필드 값 만족

그림10.

(4)Active Align 구동부

그림11. Active Align 구동부

그림11의 실제 구동부의 모습을 보듯이 렌즈부와 센서부는 완전히 별개로 분리되어 조정이 이루어지게 된다. 물론 카메라 모듈의 방식에 따라서는 렌즈부와 센서부가 완전 분리되지 않은 것처럼 보이는 방식도 있지만, 이 또한 내부적으로 유심히 살펴보면 별개로 조정될 수 있는 구조를 갖고 있어 이와 크게 다르지 않다.

Active Align기술에 대하여는 앞으로도 개발의 과제인 경우가 많아 이 지면에서 모든 것을 설명하는 것은 역부족이라 느껴진다.

3.맺음말

카메라 모듈의 광학부를 측정하고 포커싱을 조정하는 방법은 많은 진화를 거듭해 오면서 대량 생산과 일정한 결과값이라는 목표를 동시에 만족하는 방향으로 진보되었다. 아직도 카메라 모듈부의 사양은 표준화 되어지기 보다는 계속적으로 발전을 거듭하고 있는 단계로 그 광학 측정 방식과 포커싱 방식 또한 당분간 계속 발전하는 추세로 판단된다. Active-Align방식이 8Mega이상급에서는 대세를 이룰 것이 확실하나 기존 VCM방식에서도 Active-Align 포커싱 방식이 접목될 수 있어 이를 적용한 고화소급 카메라 모듈 제조 여부도 관심사이다. 또한 점점 센서 픽셀크기가 줄어들고 있는 현시점에서 저화소급에서도 Center Align이 힘들어지고 있는 것을 감안하면 기존 단초점 카메라 모듈부까지 일부 Active Align의 적용 여부가 계속 논의 및 검토 중에 있다고 보여진다.

최두원

93년 아남전자 HD개발팀 근무를 시작으로 한솔전자 멀티미디어팀과 하이닉스 반도체 시스템 IC 이미지센서 응용개발팀 등에서 개발업무를 담당했으며, 2002년 5월 ㈜하이비젼시스템을 설립하여 현재 대표이사를 맡고 있다.

잠깐뉴스

'1인 1프로젝터' 시대 온다

'1인 1프로젝터' 시대가 온다. 그동안 프로젝터는 고가의 묵직한 사무기기라고만 인식돼 왔지만, 초소형 프로젝트를 기본 사양으로 탑재한 콤팩트 카메라, 캠코더, 노트북, 도킹 시스템 등의 IT 기기가 대거 출시되면서 언제 어디서든 쉽게 프로젝터를 활용할 수 있게 됐다. 프로젝터를 내장한 스마트폰 역시 내년께 중국에서 생산될 예정이어서 프로젝터의 '모바일화'는 더욱 가속화될 전망이다.

아이폰 두 대 무게에 불과한 '피코 프로젝터' 시장도 활짝 열렸다. 피코 프로젝터는 초소형 프로젝터 제품 중에서도 배터리 포함 무게가 250g 이하인 제품을 말한다.

시장조사기관인 PMA의 자료에 따르면 올해 피코 프로젝터를 포함한 초소형 프로젝터 출하량은 300만대를 넘어설 전망이다. 이 중 피코 프로젝터 출하량이 236만 여대로 약 70%를 차지하며 매년 두 배 이상의 성장세를 보이는 중이다.

프로젝터 브랜드인 옵토마 역시 지난해 손 안에 들어오는 피코 프로젝터 'PK301'를 출시한 데 이어 올해는 피코 프로젝터를 탑재한 아이폰 및 아이팟 전용 사운드 도킹 시스템 '네오아이(Neo-i)'를 출시했다. 이 밖에 엡손 · 삼성 등의 제조사 역시 피코 프로젝터를 생산하며 해당 시장을 확대하고 있다.

콤팩트 카메라, 캠코더 등의 가전에도 피코 프로젝터가 기본 사양으로 탑재되고 있다. 니콘은 최근 업계 최초로 프로젝터가 내장된 콤팩트 카메라 '쿨픽스 S1100pj'를 출시했다. 이 제품은 14 안시루멘 밝기의 프로젝터가 내장돼 있어 촬영한 직후 그 자리에서 벽이나 흰색 종이 등에 비춰 사진이나 동영상을 확인할 수 있다. 이 제품은 USB 케이블을 통해 PC 화면과 연결할 수 있으며 파워포인트 파일을 JPEG 형식으로 변환해 카메라 SD 메모리카드에 저장하면, 프레젠테이션에 이용할 수 있어 비즈니스용 프로젝터로 활용도 가능해진다.

소니는 지난 3월, 프로젝터 내장 캠코더 'HDR-PJ30'을 선보였다. 10 안시루멘 밝기의 프로젝터 기능을 탑재했으며 촬영한 영상은 최대 60인치까지 풀 HD로 감상할 수 있다.