

CMOS 영상 센서 및 관련 프로세싱의 발전

글.

Larry Thorpe, Customer Experience Innovation
Division, Canon U.S.A., Inc.

개요

이번 글에서는 CMOS 영상 센서의 기술 혁신과 모션 이미지 제작을 눈에 띄게 증진시킨 관련 디지털 프로세싱에 대해 살펴보고 이와 관련된 기술에 대해 상세하게 논의해보도록 하겠습니다.

새로운 슈퍼 35mm CMOS 영상 센서는 HDR 모션 이미지 제작을 위해 개발된 것입니다. 각 포토사이트 내에 있는 두 개의 분리된 포토다이오드의 활용이 15스톱 다이내믹 레인지 실현의 핵심입니다. 이 이중 포토다이오드는 독자적인 센서 안 위상 검출 전략을 지원하여 시네 렌즈 주변의 포커스 컨트롤 루프를 차단하는 강력한 데이터 프로세싱을 수반합니다. 또한 수동 초점 조작을 선호하는 이를 위해 별개의 데이터 프로세스가 신호를 전달함으로써 포커스 가이드를 제공하여 뷰파인더가 정밀한 초점 조작을 할 수 있도록 합니다.

두 번째는 일반적인 1920(H)X1080(V) 크기의 공간 샘플링으로 대형 35mm 풀 프레임 CMOS 영상 센서를 활용하여 19um X 19um의 독자적인 대형 포토사이트를 구현하는 기술입니다. 이 기술은 전무후무한 감도의 HD 카메라 개발을 촉진시켰습니다. 최대 ISO 4,000,000 설정값을 가진 최종 작동 사양은 혁신적인 영상 촬영의 스펙트럼을 더욱 넓히는 HD 카메라를 생산해냈습니다. 다양한 야생 동물(대부분의 경우 야행성)의 야간 촬영, 조명이 필요 없는 심해 영상 촬영, 천체 촬영, 독자적인 다큐멘터리 제작 및 다양한 형태의 감시카메라 영상 등이 이 스펙트럼에 포함됩니다.

새로운 슈퍼 35mm CMOS 영상 센서

알고리즘적 변환의 대안 - 직접 컴포넌트 판독

기존의 베이어 영상 센서의 단일 와이어 출력[그림 1]은 일련의 데이터 스트림을 카메라 설계자가 선호하는 파일 포맷으로 형성하는 과정을 포함하고 있습니다. 이는 추후에 디코딩하여 개별적인 RGB 프레임의 생성해야 합니다. 이러한 디코딩 과정에는 매우 정교한 알고리즘이 필요하며, 아무리 좋은 알고리즘이라도 잔여 오차는 어느 정도 발생하게 됩니다.

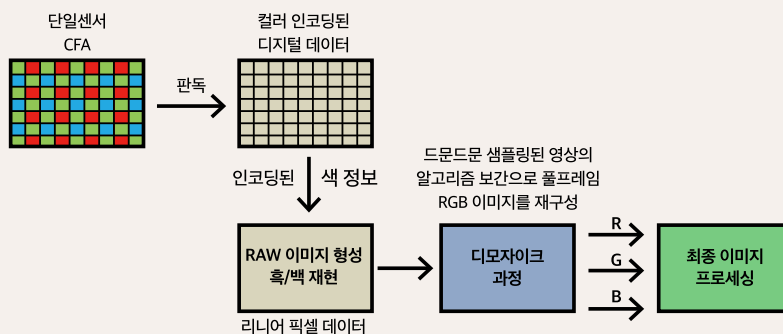


그림 1. 베이어 인코딩 신호의 기존 단일 와이어 판독 과정

다음 [그림 2]에서 간단히 설명한 것과 같이, 오리지널 EOS C300 카메라에서는 특수 개발된 캐논 4K CMOS 영상 센서의 다중 채널 판독 구조 기능이 4K 베이어 샘플링 구조로 구성된 4개의 2K 구성 요소에 대한 직접 병렬 판독을 실행합니다.

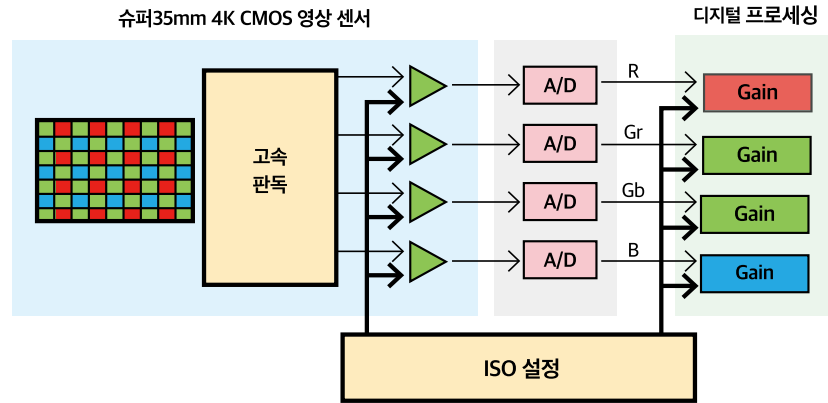


그림 2. 4개의 2K 요소(4K 베이어 컬러 샘플링의 직접 디코딩으로 구성)의 영상 센서 내 병렬 판독 원리 설명

제2세대 C300 Mark II용으로 개발된 완전히 새로운 슈퍼 35mm 4K 영상 센서는 기존의 C300 카메라 영상 센서의 판독 전략과 동일한 전략을 활용합니다. CMOS 영상 센서의 뛰어난 판독 기능은 접근을 픽셀 레벨까지 가능하게 하였으며, 이로 인해 4K 베이어 인코딩을 4개의 2K 구성 요소인 R, Gr, Gb, B로 정밀하게 분할할 수 있게 되었습니다. 그 결과 디버어링 시 다운스트림 알고리즘 디코딩이 필요 없게 되었고, 기존 방식에서 발생하던 관련 오차도 완전히 제거되었습니다.

듀얼 픽셀 전략 - 다이내믹 레인지의 향상

EOS C300용으로 개발되었던 슈퍼 35mm CMOS 영상 센서의 수많은 설계 전략 중에서는 새롭고 혁신적인 포토사이트 설계가 있었는데, 이는 두 개의 분리된 포토다이오드(각 6.4 x 3.2 마이크로미터 크기)를 채용한 방식이었습니다. 편의상 이러한 설계 구조를 듀얼 픽셀 CMOS 영상 센서(Dual Pixel CMOS image sensor)라고 지칭합니다.

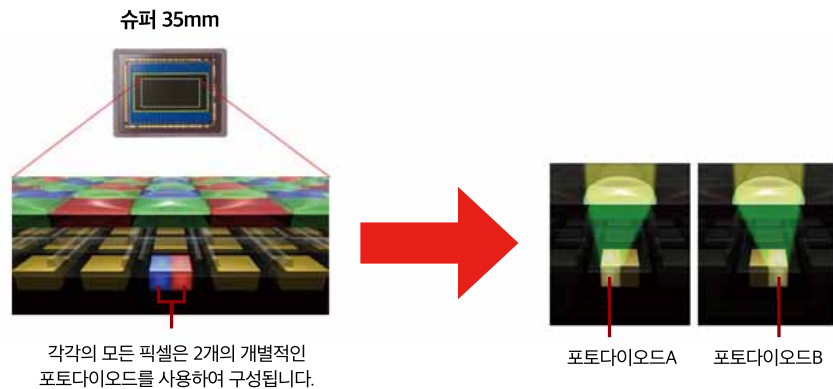


그림 3. 2개의 포토다이오드 모두에 입사광을 최적으로 포커싱하는 특수 설계 마이크로 렌즈와 듀얼 픽셀 CMOS 영상 센서

각 포토다이오드의 측면 중 작은 쪽은 더 높은 전하이동효율을 지원하여 영상을 리셋하는 동안 축적된 전하를 매우 빠른 속도로 완벽하게 비워낼 수 있도록 합니다 (두 전하는 추후 판독 및 A/D 변환 이후 합해집니다). 이외에도 포토다이오드는 채도 전자의 수를 더 상승시키는 높은 농도의 N 타입으로 설계되었습니다. 이러한 전략들의 조합으로 각 포토사이트의 전체적인 다이내믹 레인지가 더 높아지게 되었습니다.

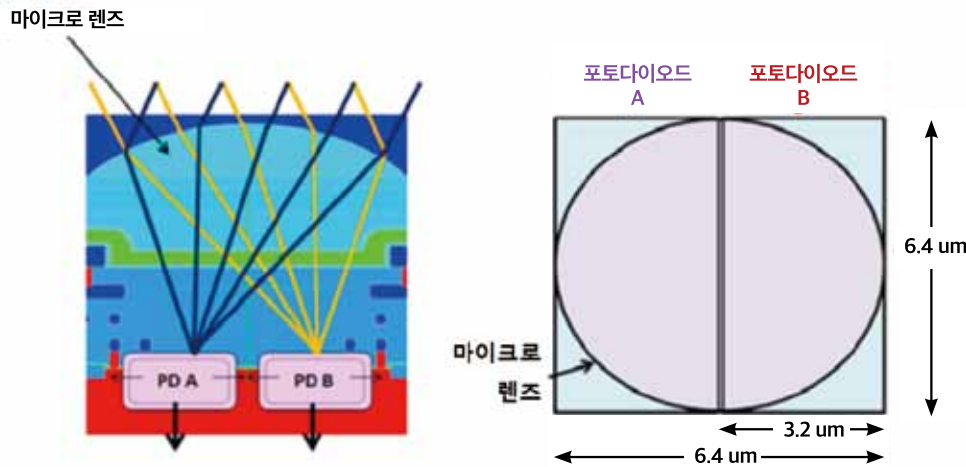


그림 4. Cinema EOS 카메라에 사용된 4K CMOS 영상 센서 내 포토사이트 1개의 듀얼 포토다이오드 구조

2세대 듀얼 픽셀 CMOS 영상 센서 - 15 스톱 DR

C300 Mark II에는 기존과 동일한 포토사이트당 듀얼 포토다이오드를 기반으로 한 차세대 슈퍼 35mm CMOS 센서가 탑재되었습니다. 포토다이오드 설계의 새로운 혁신 요소는 새로운 온칩 노이즈 제거 기술과 함께 노이즈 플로어를 감소시키고, 채도 레벨을 더욱 높였습니다. 또한 완전히 새로운 마이크로 렌즈 설계로 두 개의 포토다이오드에 도달하는 빛의 방향 효율성을 향상시켰으며, 각 포토다이오드의 출력 분리도 개선하였습니다.

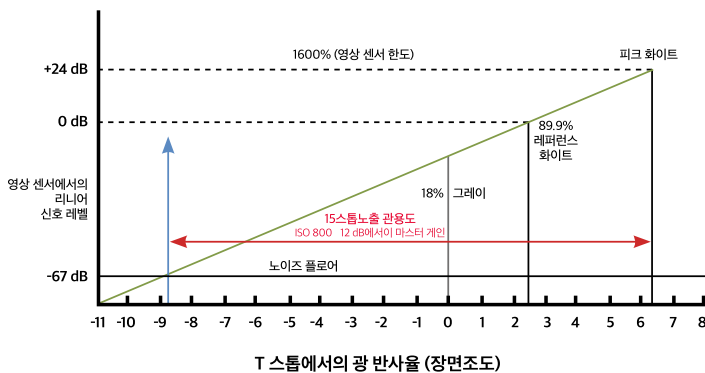


그림 5. 신규 CMOS 영상 센서의 리니어 아날로그 신호 레벨 기능

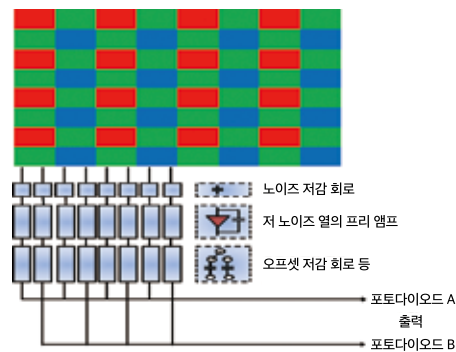


그림 6. 각 포토사이트의 듀얼 출력 원리와 영상 센서 자체에서 발생하는 관련 아날로그 프로세싱

이 새로운 두 설계 전략들의 결합은 효율적인 포토사이트 다이내믹 레인지를 두 배 이상 향상시키는데 기여합니다. 이는 새로운 영상 촬영 카메라에 명확한 15 스톱 다이내믹 레인지 기능을 제공하여 상위 영역에서는 C300의 다이내믹 레인지보다 1스톱 이상이며 하위 영역에서는 C300의 다이내믹 레인지보다 2스톱 이하인 넓은 범위를 제공합니다. 또한 더욱 개선된 노이즈 플로어 컨트롤 기능은 ISO 감도를 최대 ISO 102,400까지 확장시킵니다.

지난 2014년 캐논은 C300 및 C100과 동일한 슈퍼 35mm 4K CMOS 영상 센서를 탑재한 차세대 C100 Mark II를 선보였습니다. 하지만 이 카메라는 각 포토사이트 내에 별도의 포토다이오드를 2개 채용함으로써 영상에서 디포커스 정도를 인식하는 위상 검출 시스템을 강화하여 더욱 혁신적인 신 고정밀 오토포커싱 시스템을 탑재할 수 있도록 하였습니다. 최초로 탑재된 이 기술은 일

반 촬영 조건에서 매우 효과적임이 입증되었습니다. 아래에서는 듀얼 픽셀 CMOS 오토포커스 시스템의 기본적인 내용을 C100 Mark II 카메라에 최초 탑재된 것을 토대로 설명할 것입니다.

듀얼 픽셀 CMOS 오토포커스 시스템

C100 Mark II는 강력한 오토포커스 시스템을 채용하고 있어 영상 센서 포토사이트 자체에서 정확한 초점을 감지할 수 있습니다. 각 포토사이트 내에 있는 듀얼 포토다요드를 통해 2개의 개별 영상을 생성하여 디포커싱 정도를 나타내는 위상 검출 시스템을 활성화합니다.

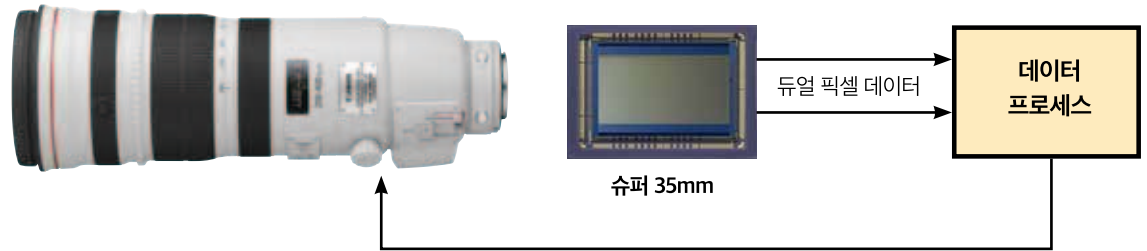


그림 7. 각 포토사이트 내 듀얼 포토다요드의 데이터가 위상 비교를 구성하는 오토포커스 컨트롤 시스템의 원리.
위상 비교는 렌즈 포커스를 위한 제어 신호를 창출하는데 처리됨

[그림 8]은 CMOS 영상 센서로부터의 듀얼 픽셀 출력이 캐논에서 개발한 DIGIC DV5 프로세싱 마이크로 회로로 전송되는 방식을 설명합니다. 이 프로세서 내에서 해당 스트림은 원색 RGB 비디오 프로세싱 시스템(두 개의 포토다요드 신호가 합쳐지는 곳)으로 들어가고, 오토포커스 시스템과 관련된 모든 의사결정과 데이터 프로세싱을 하는 데이터 프로세싱 시스템에 개별적으로 전달 됩니다.

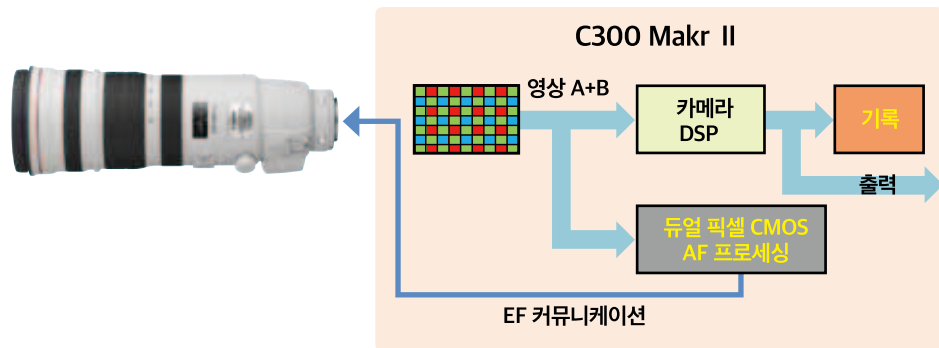


그림 8. DIGIC DV5 프로세서의 첫 단계에서 영상 센서로부터의 듀얼 픽셀 데이터를 개별적으로 처리 (영상 및 오토포커스)

8백만 개의 포토사이트 모두 “듀얼 픽셀” 데이터를 전송하긴 하지만 오토포커스의 작동 요소들은 언제나 정해진 수의 포토사이트 만 활성화되도록 지시합니다. 그 이유는 전체 프레임 내에서 어떤 피사체에 초점을 가장 선명하게 맞출 것인가는 카메라를 조작하는 사람이 결정하는 것이기 때문입니다. 따라서 이러한 선택을 쉽게 할 수 있도록 커서 타입의 시스템을 도입해야 합니다.

듀얼 픽셀 CMOS 오토포커스(편의상 AF로 통칭) 시스템의 최초 도입 시 ‘커서’는 영상 프레임 중앙에 고정되었으며, 프레임의 크기는 광범위한 테스트를 통해 선택되었습니다.

위상 검출 샘플링 격자는 포토사이트에서 선택된 다수의 (N) 인접 수직 표본들로 구성되어 있습니다. 이들은 각각 하나의 AF 샘플링 라인을 구성하고 있으며 이러한 샘플링 라인의 M은 전체 수직 표본을 구성합니다.

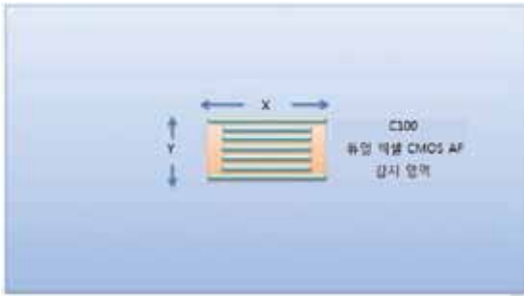


그림 9. C100 Mark II의 오토 포커스를 위해 중앙에 활성화된 듀얼 픽셀. 카메라가 해당 범위 내에 있는 피사체를 선택.

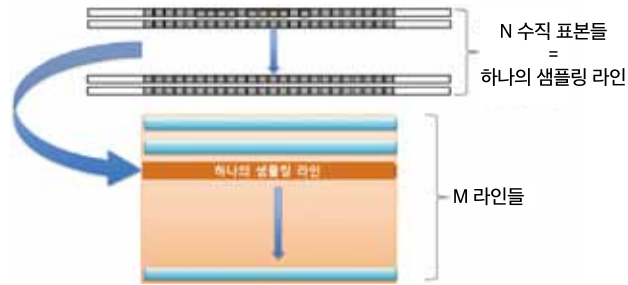


그림 10. CMOS 영상 센서 내 오토 포커스 샘플링 격자의 공간 구조

이 시스템은 C100 Mark II에서 훌륭하게 작동하였습니다. 그러나 실제 프로그램 제작 시 다양한 촬영 상황에서 비롯된 경험들은 듀얼 픽셀 CMOS AF 시스템의 안정적인 성능에 문제가 있다는 사실을 발견하게 되었습니다. 이러한 문제들을 분석한 결과 다음과 같은 권고 사항을 도출해낼 수 있었습니다.

- ① 주어진 장면 내의 다양한 피사체 중에서 피사체를 선택하여 선명하게 초점을 맞출 수 있도록 샘플링 영역에서 공간적인 이동성을 제공해야 한다.
- ② 장면 조도가 낮은 상황에서의 폭넓은 성능 개선이 필요하다.
- ③ ISO 설정값이 높을수록 시스템의 정확도도 향상되어야 한다.
- ④ 오토포커스는 실시간으로 작동할 수 있도록 (또는 실시간에 근접하도록) 계산 속도를 증가시켜야 한다.
- ⑤ 알고리즘 계산을 개선하여 신뢰성을 향상시켜야 한다.



그림 11. C300 Mark II 영상 센서의 AF 감지를 구성하는 더욱 커진 샘플링 격자

차세대 C300 Mark II를 위한 새로운 슈퍼 35mm 4K 영상 센서의 개발의 일환으로 완전히 새로운 듀얼 픽셀 CMOS AF 시스템이 개발되었습니다. 다양한 장면 조도와 카메라의 ISO 설정에 대한 감도와 정확도를 높이기 위해 더욱 높은 밀도의 샘플링 격자가 개발되었습니다. 이 새로운 샘플링 격자는 [그림 11]과 같이 9개의 인접한 포토사이트 배열로 구성된 매트릭스입니다.

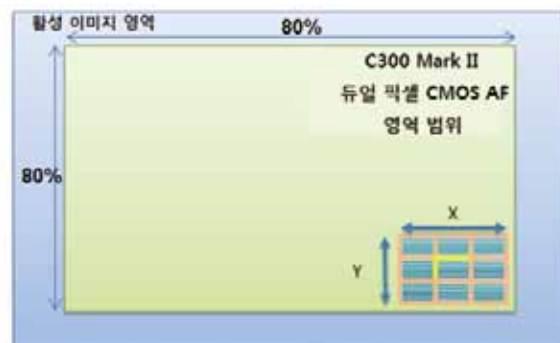
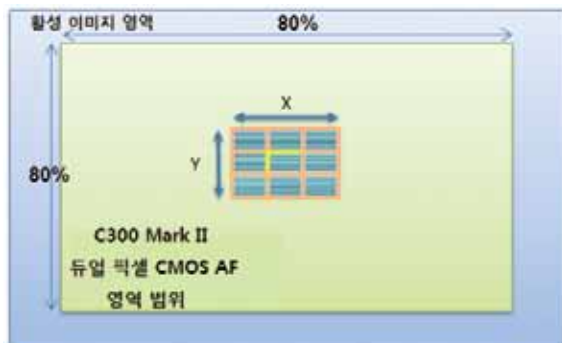


그림 12. 듀얼 CMOS AF 선택 영역을 활성 이미지 프레임의 80%에 걸쳐 이동할 수 있어 장면 내 다양한 피사체를 선택하여 초점을 선명하게 맞출 수 있음

각 서브 배열은 Y선으로 증가하였습니다(이전 시스템의 N선과 비교하였을 때). 이 같은 9개의 배열은 총 9xY개의 포토사이트의 선택된 라인이 됩니다. [그림 12]에서와 같이 영상 센서의 전체 포토사이트 구조의 80%에 걸쳐 샘플링 격자를 재배치할 수 있도록 함으로써 (제어 조이스틱을 통해) 동작의 유연성 또한 더욱 넓어졌습니다.

듀얼 픽셀 CMOS 오토포커스의 데이터 프로세싱

상당히 정교한 데이터 프로세싱이 요구됩니다. 두 개의 영상이 각 포토사이트 내에 있는 두 개의 포토다이오드에서 별개로 생성되어 RGB 비디오 프로세싱 시스템으로 옮겨지며 듀얼 픽셀 CMOS AF 샘플링 영역 내의 해당 포토사이트를 추출하도록 처리됩니다. 이러한 표본 영상 A와 B에는 다양한 보정과 조정이 적용되며 이 작업은 렌즈의 설정에 따라 감지의 정밀도를 보조합니다. 그 후 상호적인 프로세싱을 실행하여 처리된 이미지의 공간적인 분리를 파악하게 됩니다(본 감지에 기저를 이루는 위상 변화 원리). 결과는 필수 보정 신호를 계산하는 마이크로 컴퓨터로 전달됩니다. 첫 듀얼 픽셀 CMOS AF 시스템을 통해 산출한 경험들은 인식된 데이터의 신뢰도를 테스트하는 알고리즘 설계를 향상시키는데 크게 기여했습니다. 또한 마이크로 컴퓨터는 샘플링 듀얼 픽셀 CMOS AF 영역을 이동시키고 포토사이트의 다양한 공간 선택을 실행하는 조이스틱으로부터 제어 신호도 수용합니다.

듀얼 픽셀 CMOS 오토포커스 동작에 대한 작동 제어

C100 Mark II 카메라의 듀얼 픽셀 CMOS AF에서 비롯한 초기 경험들은 렌즈 제어 루프에서 허용되는 작동 속도와 관련하여 많은 창의적 요구가 존재한다는 사실을 대두시켰습니다. 렌즈의 구동 속도는 제작 유형이나 촬영자의 개인적인 열망에 따라 달라집니다. 이전에 프로젝트마다 추구하는 렌즈 구동 속도가 다르다고 설명했었습니다. 많은 이들은 1세대 오토포커스 렌즈의 구동 속도가 단순히 너무 빠르기만 하다는 점에 동의했습니다. TV 드라마나 영화 제작 시 일부 감독 및 촬영 감독이 랙 포커스의 첫 부분을 “페더링”으로 제어하는 것을 선호하는 경우도 있듯이, 오토포커스의 첫 구동 속도에 어느 정도의 선택권이 제공되어야 한다는 점에 의견이 일치되었습니다.

C300 Mark II의 새로운 듀얼 픽셀 CMOS AF 시스템은 반응 시간을 두 단계로 “튜닝”할 수 있는 메뉴를 제공합니다. 포커싱 속도 또한 메뉴의 SPEED에서 10가지로 선택이 가능합니다. SPEED 메뉴는 표준 속도, 표준보다 더 빠른 2개의 속도 옵션과 표준 속도보다 더 느린 7개의 느린 속도 옵션으로 구성되어 있습니다. 이 기능은 저속 구동이 가능한 EF 렌즈에서만 사용이 가능합니다. RESPONSE라는 설정은 포커싱 동작을 실행하는 속도를 선택할 수 있는 별개의 설정입니다. 이 설정을 사용하면 한 장면 내에 있는 두 피사체 간에 랙 포커스를 수행할 때 창의적인 느낌을 가미할 수 있습니다.

포커스 가이드 시스템

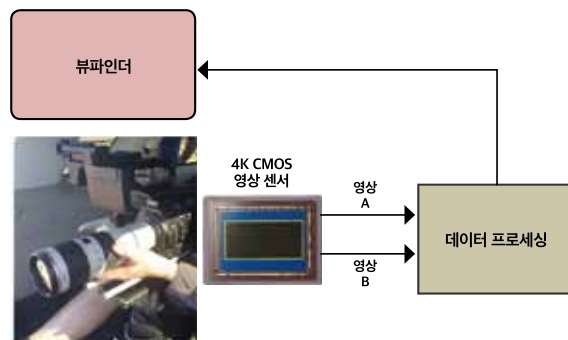


그림 13. 포커스 가이드 시스템의 원래 개요 - 렌즈 포커스 컨트롤의 수동 구동이 영상 센서에 의해 감지되어 데이터 프로세싱에서 뷰파인더로 신호를 전송

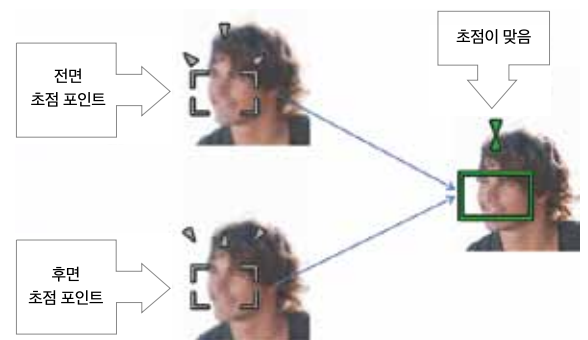


그림 14. 가이드 커서 상세 설명. 3개의 화살표가 사용자에게 포커스 제어를 돌려야 하는 방향을 제시. 선택한 피사체에 초점이 정확하게 맞으면 커서가 녹색으로 변경됨

전통적이고 창의적인 수동 초점 조작을 선호하는 영화 촬영감독의 경우에는 듀얼 픽셀 시스템을 오토포커스 제어 루프에서 오픈 루프 시스템으로 전환하여 듀얼 픽셀 CMOS AF 데이터 처리에서 카메라의 뷰파인더로 정확한 신호를 전송할 수 있도록 활용할 수 있습니다.

[그림 14]는 카메라 뷰파인더 내의 신호 특성에 대해 설명합니다. 이 모드에서는 초점을 맞추기 위해 선택한 피사체 중앙의 박스 커서 주변에 3개의 회색 화살표가 나타납니다. 이 화살표의 방향은 선명한 초점을 실현하기 위해 포커스 링을 돌려야 하는 방향을 나타냅니다. 초점이 정확하게 맞으면 뷰파인더 커서와 표시되는 화살표가 녹색으로 바뀝니다.

포커스 가이드 시스템의 실행은 [그림 15]에 설명되어 있습니다.

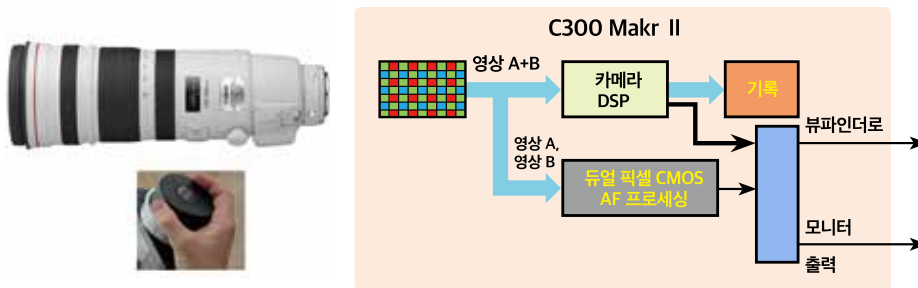


그림 15. 작동 포커스 가이드 모드 - 렌즈 제어 루프를 열어 데이터 프로세싱에서 뷰파인더로 신호를 전송하고 수동 포커스 동작을 안내하는 출력 피드를 모니터함

고감도 풀 프레임 35mm HDTV 영상 센서

단일 CMOS 영상 센서는 외부 면적이 36mm X 24mm인 풀 프레임 S35mm로 16:9의 화면 비율로 풀 컬러 HDTV를 생성할 수 있도록 설계되었습니다. 활성 영상 영역은 [그림 16]에 나타난 것처럼 가로 36mm, 세로 20.5mm입니다.

대형 영상 포맷 크기와 1920 (H) X 1080 (V) HDTV 포맷의 제한된 영상 샘플링 격자가 결합하여 전체적으로 큰 포토사이트를 생성합니다. [그림 17]에서 두 개의 대표적인 영상 포맷의 비교를 통해 크기를 확인할 수 있습니다.

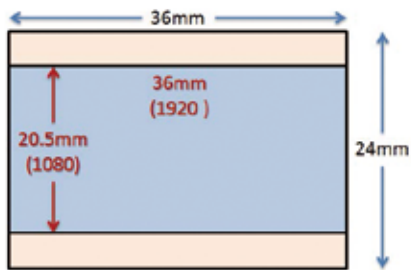


그림 16. ME20F-SH의 풀 프레임 35mm CMOS 영상 센서 내 활성 영상 영역 면적

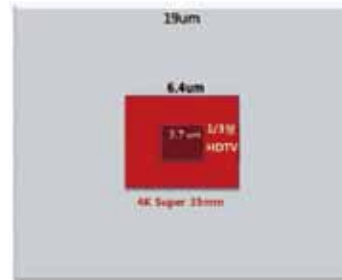


그림 17. 풀 2개의 대표적인 픽셀 크기인 4K 슈퍼 35mm의 6.4μm와 HDTV 1/3형 포맷의 2.7μm과 비교한 풀 프레임 픽셀의 상대적인 크기 표시

가시광선 파장이 특수 실리콘을 피착한 반도체 성분에 닿으면 전자는 포토다이오드 표면에 충돌하는 광자 flux 밀도에 비례하여 발산됩니다. 실제로 생산되는 전하량은 파장의 기능과 반도체를 자극하는 빛의 강도입니다.

신규 포토사이트

영상 센서 설계는 포토사이트의 세 가지 핵심 특성의 최적화를 추구합니다.

- ① 감도 - 포토사이트의 양자 효율성에 의해 결정
- ② 포화전하량 (full well capacity라고도 함) - 다이내믹 레인지를 결정

③ 전하 이동의 효율성 (전환 이득(Conversion Gain)이라고도 함) - 각 리셋 시기 동안 최대 감도를 보장하기 위해서 전하를 모두 이동하고자 하는 목표

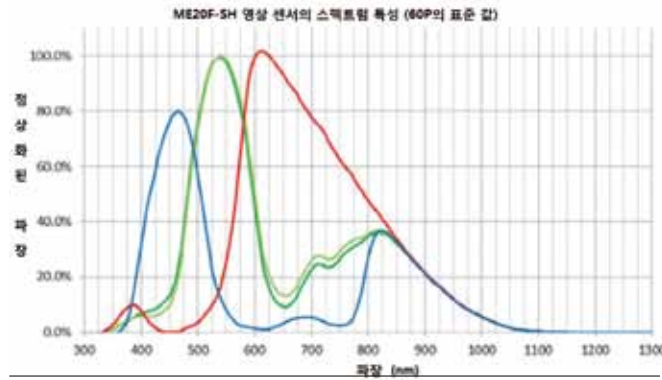


그림 18. 영상 센서의 스펙트럼 특성

정의됩니다. [그림 18]에서는 영상 센서의 특성을 설명하고 있습니다. ME20F-SH의 출력된 포토사이트의 유효 모노크롬 양자 효율성은 500nm에서 70%입니다.

그러나 대형 포토사이트에는 전하 이동을 효율적으로 실현하는데 있어 문제점이 있습니다. 포토다이오드 상에서 각기 다른 곳에 위치한 전자들은 그들에게 적용되는 포텐셜에 따라 각기 다른 속도로 이동합니다. 이동하는 전자 주변에 있는 포텐셜이 가장 높습니다.

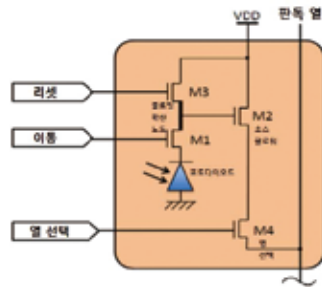


그림 19. 단일 유효 픽셀의 회로 구성

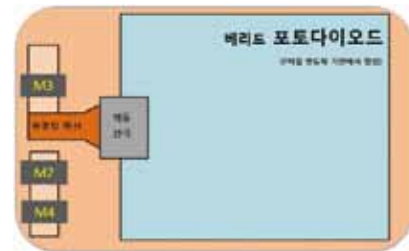


그림 20. 포토사이트에서 입사광 방향에 나타난 개별 픽셀 구조의 평면도 - 포토다이오드의 매우 넓은 영역을 표시

전례 없는 수준의 영상 감도를 실현하는 데에는 매우 큰 포토사이트가 핵심이지만, 이러한 감도를 실제로 실현하려면 극복해야 할 기술적인 문제가 있습니다. 바로 전하 축적 시기 동안 광전환 과정에 의해 발산된 전자들이 모두 수거되어 뒤이은 리셋 기간 완전히 이동해야 한다는 것입니다. 전자들은 전하 기간 포토다이오드 내에서 자유롭게 돌아다니는데, 적절한 전기장을 적용하여 이들을 신속하게 담아야 합니다.

MOS 트랜지스터 M1이 도전상태(conductive state)로 전환하면 전하 이동 채널이 열리는데, 이때 전하가 플로팅 확장 영역으로 이동하게 됩니다. 이동 게이트에서의 고전위는 게이트 주변에 있는 전자들을 빠르게 이동시킵니다. 그러나 멀리 떨어져 있는 전자들은 전위가 낮기 때문에 이동 효율성이 상대적으로 더 낮아지게 됩니다.

캐논 영상 센서 엔지니어팀이 이에 대해 고안해낸 해결책은 포토사이트 전반에 걸쳐 점진적으로 증가하는 전기장을 생성하여 공간적으로 떨어져 있는 전자들의 이동성을 촉진하는 것이었습니다. 이러한 혁신적인 설계에는 두 가지의 요소가 있었는데, 첫 번째는 전기장 자체, 그리고 두 번째는 이러한 이질적인 필드의 공간분포였습니다. 포토다이오드 표면에 P 타입 불순물의 주입률을 제어하여 표면 영역에 각각의 전기장을 생성하였습니다.

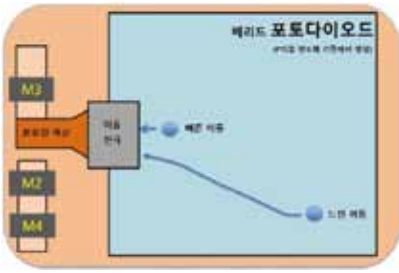


그림 21. 전자 이동 속도 차이는 이동 전극으로부터의 거리의 기능을 나타냄

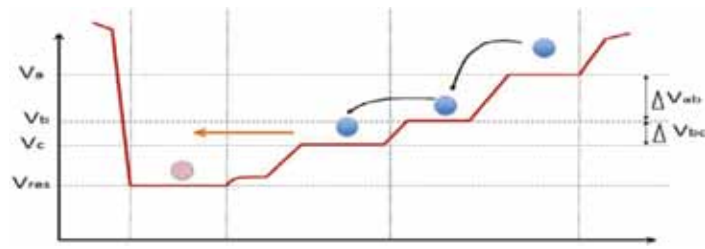


그림 22. 세 가지의 전위 레벨 및 전위 차로 생성된 전기장에 의해 이동 전극에서 멀리 떨어진 전자의 진행적인 이동 표시

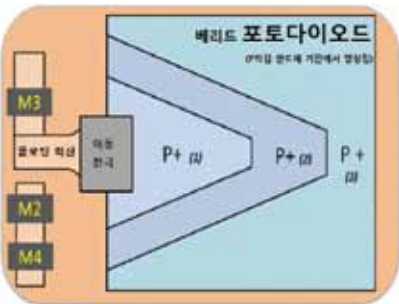


그림 23. 포토사이트와 관련 회로의 평면도 및 사다리꼴형 인 이동 전극에서 가장 가까운 두 개의 반도체 영역 표시

이동 전극 인근에서 방출된 전자는 리셋 볼트 V_{res} 에 따라 높은 전계의 영향을 받아 부동중인 분산 노드 쪽으로 빠르게 이동합니다. 방출된 전자 중 이동 전극에서 가장 멀리 떨어진 전자는 전하 축적 지역에서 가장 낮은 전력 V_a 를 갖고 있으며 델타 V_{ab} 와 델타 V_{bc} 로 인해 전계에 닿기 전까지는 확산에 의해서 움직입니다. 이동 효율성, 포화 전하량, 감도 간의 복잡한 관계가 존재합니다. 이 세 가지 파라미터의 중요도는 델타 $V_{ab} > \text{델타 } V_{bc}$ 일 때 최적입니다.

세 개의 반도체 구역의 공간 배열은 포토다이오드 전반의 이종 전이 집합과 유동 중인 분산 노드 쪽으로 신속하게 이동하는 것이 가장 중요합니다. 캐논 영상 센서 연구원이 설계한 공간 배열은 [그림 23]과 같습니다.

ME20F-SH 카메라

이러한 독자적인 CMOS 영상 센서 설계를 통해 캐논은 고감도 카메라 ME20F-SH를 개발했습니다. ME20F-SH는 EF 마운트를 활용하여 넓은 이미지 씨클을 아우르는 다양한 렌즈의 사용을 지원합니다. ME20F-SH는 [그림 25]와 같이 특히 극저조도에서도 다양한 범위의 장면 조도를 지원하는 기능을 보유하고 있습니다.



그림 24. 16:9의 활성 영상의 풀 프레임 35mm 영상 센서를 채용한 ME20F-SH 고감도 HDTV 카메라

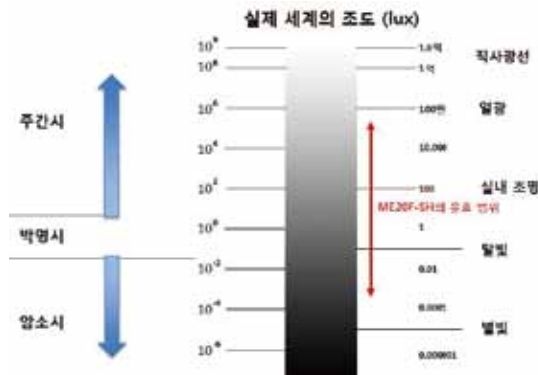


그림 25. ME20F-SH 카메라 장면 조명 레벨의 작동 범위

ME20F-SH의 공칭 감도는 다음과 같습니다. 2000룩스, 3200켈빈도의 조도에서 루마 100 IRE (감마 0.45, 마스터 게인 0dB)를 실현할 수 있는 렌즈 설정값은 F-10입니다.

ME20F-SH 카메라는 2개의 ND 필터를 채용하고 있는데, 이 ND 필터들은 각각 +3 스톱과 +6 스톱을 가지고 있습니다. 카메라는 이 필터들의 조합 (고조도 장면을 처리하기 위해)과 최대 75dB의 마스터 게인 범위(3dB 스텝)를 통해 점점 낮아지는 장면 조도 레

벨을 처리함으로써 매우 광범위한 장면 조도에서도 조작성 가능합니다. 이 조도 범위는 [그림 25]에 요약되어 있으며, [그림 26]에서 더욱 상세히 설명되어 있습니다.

조명	조도 (룩스)	렌즈 조리개	마스터 게인	ND 필터
밝은 태양	619,520 77,440			+6스톱 +3스톱
안개 낀 태양				
구름이 낀 날	9,680	F-22		클리어
구름이 많고 흐림	4,840	F-16		
	2,420	F-11.0		
	2,000	F-10		
	1,210	F-9.0		
구름이 매우 많고 흐림	605	F-5.6		
	303	F-4		
일몰	151	F-2.8		
황혼	76	F-2		
	27	F-1.2		
망거미	9.58	F-1.2	+9dB	
	2,395		+21dB	
달빛	0.5987		+33dB	
	0.1497		+45dB	
어둠	0.0374		+57dB	
	0.0094		+69dB	
	0.0047		+75dB	

그림 26. 실제 세계의 조도 레벨 범위에서의 ME20F-SH 카메라의 작업 감도 기준

요약

지금까지 본 글에서 두 개의 각기 다른 CMOS 영상 센서 설계에 대해 살펴보았습니다. 첫 번째는 극장 상영용 영화 제작 및 하이엔드 텔레비전 프로그램 제작의 슈퍼 35mm 디지털 모션 이미징 카메라의 전반적인 성능을 개선하기 위해 특별히 고안된 영상 센서이며, 두 번째는 작동 감도에 돌파구를 제공하여 HDTV 카메라의 기능을 확장하기 위해 설계된 센서입니다.

첫 번째 영상 센서는 4K 슈퍼 35mm 센서로 4K(4096X2160, 화면 비율 17:9)와 UHD(3840X2160, 화면 비율 16:9) 공간 샘플링 간에 전환이 가능합니다. 각각의 약 8백만 포토사이트가 두 개의 포토다이오드를 활용합니다. 이 이중 구조는 성공적으로 판독된 전하를 효율적이고 신속하게 처리함으로써 다이내믹 레인지의 효과적인 증가를 보장합니다. 본 영상 센서는 C300 Mark II 카메라에서 HDR 기능에 대응하는 15스톱 다이내믹 레인지를 제공합니다. 또한, 이러한 포토다이오드의 이중성을 통해 인센서 위상 검출도 제공하여 카메라 렌즈 주변부의 컨트롤 루프를 차단하여 매일 정밀한 오토 포커스 시스템을 지원합니다.

두 번째 CMOS 영상 센서는 극저조도의 레벨에서도 풀 컬러 이미지를 전달할 수 있는 HDTV 카메라의 도입을 위해 특별히 개발된 센서입니다. 단일 35mm 풀프레임 영상 센서(베이어 컬러 필터 어레이 채움) 내에서 16:9 샘플링 격자를 사용하여 초대형 포토사이트도 지원할 수 있습니다. 그 결과 광전환 과정 중 대량으로 발산되는 전자를 제공합니다. 또한, 특수 설계 전략을 사용하여 리셋 시 이러한 전자들을 모두 효율적으로 포착할 수 있도록 함으로써 매우 뛰어난 감도를 가진 HDTV를 탄생시켰습니다. ME20F-SH 다목적 HDTV 카메라는 다방면에서 확용할 수 있는 카메라로 기대를 모으고 있습니다. 다큐멘터리 제작, 자연사(특히 야행성 동물이나 심해 동물의 촬영), 영화 및 텔레비전 시리즈물의 특정 장면 제작, 각종 군대 및 법률 집행 등 극도의 저조도의 상황을 수반하는 다양한 경우에서 활용할 수 있는 카메라로 각광받고 있습니다. 📷

참고문헌

R.B. Wheeler and N. Rodriguez

"The Effect of Single-Sensor CFA Captures on Images Intended for Motion Picture and TV Applications" SMPTE J., 2007