

프리즘 기술은 어떻게 우수한 컬러 이미지 품질을 제공할 수 있을까요?

우수한 이미지 품질을 위해서는 모든 채널에 대한 실제적이고 완전한 색상 깊이, 향상된 색상 대비 및 색상 구별, 낮은 채널 간 크로스토크 및 노이즈 수준이 필요합니다. 이러한 중요 이미지 품질 요소는 프리즘 기술의 고유한 장점을 통해 구현할 수 있습니다. Bayer 패턴 센서 기반 카메라는 광 필터링 프로세스의 특성으로 인해 센서에 떨어지는 빛의 일부를 차단합니다. 이러한 이유로 시장에 나와 있는 여러 카메라 기술은 이미지 품질을 고치기 위해 FPGA 기반 이미지 처리에 크게 의존하고 있습니다. 반면, 프리즘 기반 카메라의 경우 신호 강도의 손실을 방지하는 혁신적인 방식을 통해 입사광을 분리합니다. 또한 프리즘 기술은 우수한 이미지 품질을 제공하기 위해 가장 중요한 점은 이미지 센서에 빛이 캡처되는 방식이라는 것을 증명합니다.

1. 배경 및 동기

머신 비전의 출현 이후, 카메라 기술은 머신 비전 성장의 중심에 있어 왔습니다. 이러한 카메라에 사용되는 이미지 센서는 기하급수적으로 발전했습니다. 현재 사용 가능한 몇 가지 CMOS 센서(2세대 Sony IMX Pregius 시리즈 등)는 일부 CCD 센서보다 더 뛰어난 SNR, 안정성 및 선형성을 제공하고 있습니다. 현재 이미징의 많은 부분을 차지하고 있는 것은 흑백 카메라이지만 컬러 카메라의 점유율은 예상보다 훨씬 빠르게 증가하고 있습니다. 컬러 이미징의 많은 부분은 "Bayer 패턴 센서"를 기반으로 하고 있습니다. 흑백 센서와 Bayer 센서의 가격 차이가 크지 않기 때문에 Bayer 카메라는 색상 요구 사항이 복잡하지 않은 많은 저비용 애플리케이션에서 흑백 카메라를 성공적으로 대체했습니다. 카메라 제조업체는 이러한 개발을 최대한 활용해 상대적으로 쉽게 Bayer 센서를 간단한 카메라 하우징에 조립하고 신호 처리 및 데이터

인터페이스를 추가할 수 있게 되었습니다. 우수한 컬러 이미지 품질에 대한 시장 수요가 증가함에 따라 Bayer 패턴에서 발생하는 아티팩트(영상의 일부가 아닌 빛나간 화소(pixel)들의 모임)를 고치기 위해 카메라 헤드에 지능형 이미지 처리 알고리즘을 추가하려는 많은 시도들이 있었습니다. 그러나 이러한 개선을 위해서는 선명도, 색 정확도, 이미지 노이즈 및 속도와 같은 중요한 요소의 희생이 필요합니다.

반면에 멀티 센서 프리즘 기반 카메라는 정교합니다. 프리즘 블록과 함께 센서를 조립하려면 매우 높은 정밀도, 깊이 있는 노하우 및 기술이 필요합니다. 이 기술의 장점은 이미지 수정이 필요없는 우수한 이미지 품질을 제공한다는 것입니다. 본 백서는 멀티 센서 프리즘 기반 카메라 기술에 중점을 두고

기술의 장점과 머신 비전 컬러 이미징의 미래를 선보이고자 합니다.

2. 멀티 센서 프리즘 기반 vs. 싱글 센서 카메라

2.1 빛의 전파

프리즘 기반 카메라 내부의 광학 시스템으로 입사하는 광자는 센서와 상호 작용하기 전 프리즘을 통해 전파됩니다.

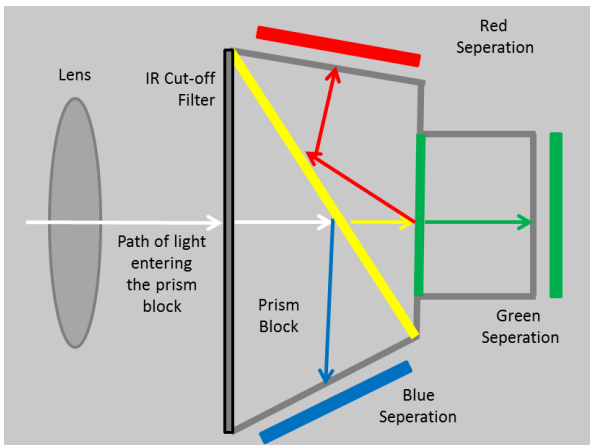


그림. 1 - 프리즘 블록 내부의 광 분리

프리즘 블록은 빛의 분리를 돕는 단단한 이색성(dichroic) 코팅이 장착된 여러 개의 프리즘으로 구성되어 있습니다. 그림. 1은 프리즘 블록 내부의 빛의 분리를 보여줍니다. 짧은 파장(스펙트럼의 청색 영역)이 먼저 분리되고 그 후 적색이 분리되며 녹색은 프리즘을 통과합니다. 빛은 센서와 상호 작용하기 전에 분리됩니다. 이러한 방식은 신호 강도의 손실을 최소화합니다. 파장은 주파수에 반비례하기 때문에 프리즘 설계는 청색 구성 요소의 전파 거리가 적색보다 더 짧도록 최적화되어 있습니다. RGB 카메라의 경우

프리즘 블록 상단에 있는 적외선 차단 필터가 가시광선과 적외선 성분을 분리합니다. 또한 청색 및 녹색 채널의 아티팩트(영상의 일부가 아닌 빛나간 화소(pixel)들의 모임)를 방지할 수 있도록 도와줍니다.

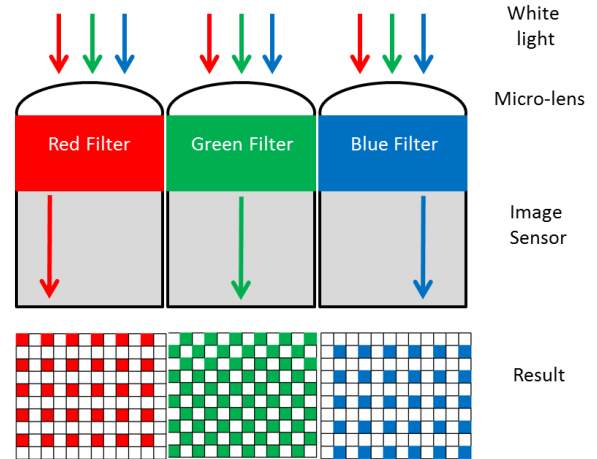


그림. 2 - Bayer 센서의 광 필터링

싱글 센서 Bayer RGB 카메라의 경우 백색광은 Bayer 패턴을 통해 전파됩니다. 주어진 픽셀을 오버레이 하는 필터의 색상에 따라 입사광 중 해당 스펙트럼 대역 내의 부분만 포토다이오드에 도달하고 해당 픽셀의 신호 값을 생성합니다.

2.2 트루 컬러 vs. 추정 컬러

프리즘 카메라는 카메라의 광학 구조로 인해 트루 컬러 정확도가 자연스럽게 따라옵니다. 멀티 센서 프리즘 기반 카메라는 색 분리당 1 개의 이미지 센서(RGB의 경우 흑백 센서 3 개, RGB + NIR의 경우 흑백 센서 4 개)로 구성됩니다. 모든 픽셀은 전체 비트 심도(bit depth)에서 트루 컬러 정보를 캡처합니다. 트루 컬러는 더 뛰어난 색상 구별을 위한 기반을 형성하여 잘못된 색상 표현을 방지하고

메타메리즘(조건등색)을 줄이며 더 뛰어난 이미지 대비를 제공합니다.

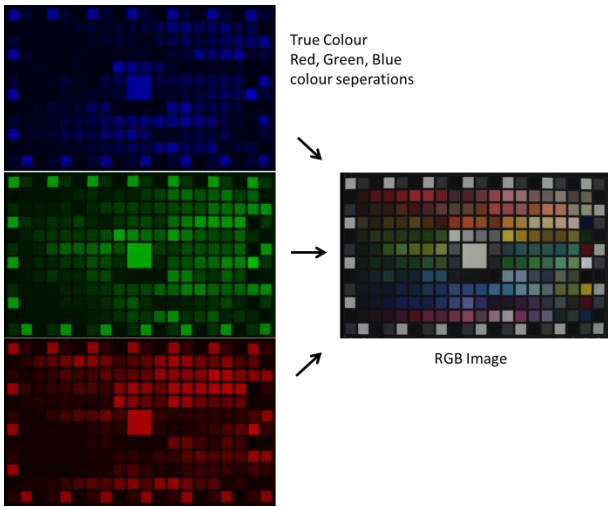


그림. 3 - 멀티 센서 프리즘 카메라를 통한 트루 컬러 이미징

모방하기 위해 녹색 픽셀의 수는 일반적으로 적색과 청색의 두 배로 구성됩니다. 각 픽셀은 세 가지 색상 중 하나만을 기록하도록 지정됐기 때문에 각 픽셀의 출력은 누락된 적색, 녹색 및 청색 정보를 자체적으로 완벽하게 표현할 수 없습니다.

따라서 전체 색상 정보는 인접 픽셀에서 누락된 정보를 보간해 추정을 제공하는 디베이어링(Debayering) 알고리즘을 사용해야만 얻을 수 있습니다. 이 프로세스에는 이미지 처리가 포함되기 때문에 디베이어링 매트릭스가 3x3 또는 5x5 를 초과하는 경우 카메라에는 더 큰 FPGA 용량이 필요하게 됩니다. 5x5 디베이어링 프로세스의 경우 가장자리 및 이미지 아티팩트(영상의 일부가 아닌 빛나간 화소(pixel)들의 모임)에서 약간의 개선을 보여줍니다.

그러나 디베이어링 프로세스는 종종 이미지 품질의 잘못된 표현으로 이어집니다. 추정 알고리즘의 기본 특성을 반영하는 좋은 결과가 나온다는 보장이 없으며 속도와 보간 품질 사이에서 절충이 필요합니다.

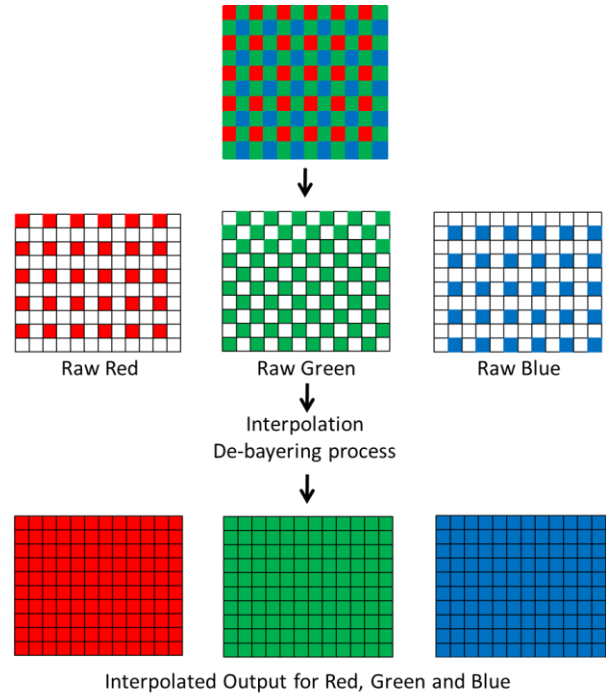


그림. 4 - Bayer RGB 를 사용한 추정 컬러 출력

2.3 스펙트럼 분리 및 컬러 크로스토크

안료로 구성되어 있습니다. 이러한 재료의 특성으로 인해 청색의 스펙트럼 분포는 녹색과 적색으로, 녹색은 청색과 적색으로, 적색은 녹색으로 확장됩니다. 더 뛰어난 스펙트럼 구별이 필요한 대부분의 머신 비전 애플리케이션에서 이러한 확장은 원치 않는 신호로 인한 컬러의 오염으로 귀결됩니다. CFA 뿐만 아니라 CMOS 센서 역시 센서 특성으로 인해 한 픽셀에 떨어지는 광자가 주변 픽셀에 의해 잘못 감지되는 경우 컬러

크로스토크로 이어지게 됩니다. 컬러 크로스토크의 효과는 디베이어링 프로세스 중 잘못된 픽셀 값이 보간에 사용되는 경우 더 확실하게 나타납니다.

센서 해상도가 지속적으로 증가함에 따라 특히 CFA의 픽셀이 작은 경우 크로스토크를 보정하는 것이 매우 어려워집니다. 그림 5는 일반적인 Bayer 패턴 센서의 컬러 크로스토크를 보여줍니다. 크로스토크로 인해 청색 영역의 신호가 녹색과 적색에서도 감지되어 스펙트럼 구별이 어렵다는 것을 분명히 확인할 수 있습니다. 마찬가지로 녹색은 청색과 적색에서 감지되고 적색은 청색과 녹색에서 감지됩니다.

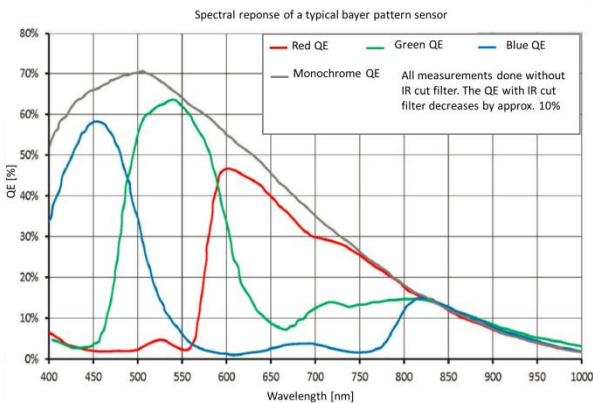


그림 5 - Bayer 패턴 RGB 센서의 스펙트럼 분리

반면, 멀티 센서 프리즘 기반 카메라의 경우 컬러 크로스토크가 낮아 더 뛰어난 스펙트럼 구별을 제공합니다. 이는 그림 6에서 확인할 수 있습니다.

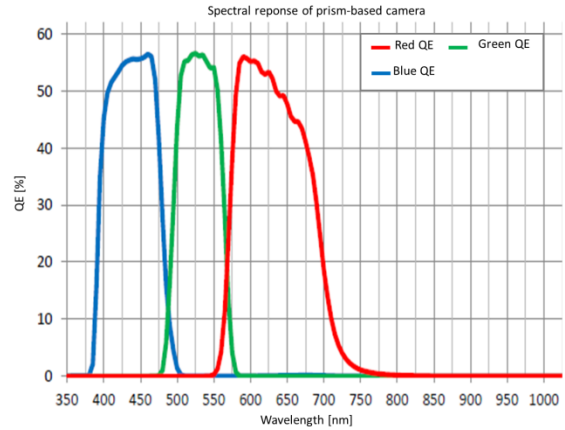


그림 6 - IR 차단 필터가 탑재된 프리즘 기반 카메라의 스펙트럼 분리

이색성(dichroic) 간섭 필터는 특성상 명확하며, 안료 또는 염료 기반 필터보다 더 효율적인 필터링을 제공합니다. 이러한 필터는 단단한 미세 층 구조에 색상이 내재되어 있기 때문에 수명이 훨씬 더 깁니다. 프리즘 기반 카메라는 센서 응답이 곧 카메라 응답인 Bayer RGB 카메라와는 다릅니다. 스펙트럼 응답은 센서의 기능일 뿐만 아니라 프리즘을 통한 빛의 투과이기도 합니다.

이는 RGB 카메라의 예시이기 때문에 IR 차단 필터가 포함되어 있습니다. 또한 프리즘의 투과 특성과 코팅 특성은 다양한 애플리케이션의 필요에 따라 변화시킬 수 있습니다. 예를 들어 일부 카메라의 프리즘 스펙트럼 특성은 더 뛰어난 화이트 밸런스를 구현하기 위해 최적화되어 있습니다.

2.4 노출 및 이득 제어

카메라 기술에서 이득은 신호의 증폭입니다. 그림. 7은 싱글 센서 Bayer RGB 카메라의 일반적인 상황을 보여줍니다. 녹색 채널이 화이트 밸런스를 구현하기 위해 필요한 최대 신호 강도에 도달한 경우의 이미징 설정이 나타나 있습니다. 신호 강도는 빛의 파장에 따라 확연히 달라집니다. 스펙트럼의 녹색 영역이 더 강한 조명에서 일반적인 녹색 우세(dominance)가 발생할 수 있습니다. 이는 청색과 적색 신호 레벨의 부족으로 이어집니다. 녹색과 유사한 신호를 얻는 유일한 방법은 나머지 두 채널을 증폭하는 것입니다. 디지털/아날로그 이득은 노이즈를 포함한 전체 신호를 증폭하게 됩니다. 싱글 센서 카메라는 모든 채널에서 공통된 노출 시간을 가지기 때문에 채널에 따른 노이즈를 최적화할 수 없습니다.

이와 대조적으로 프리즘 기반 멀티 센서 카메라는 모든 색상 채널에 별도의 센서가 장착되어 있습니다. 따라서 아날로그 이득은 모든 싱글 색상 채널에서 독립적으로 최적화될 수 있습니다. 또한 멀티 센서 카메라의 경우 각 센서의 노출 시간을 개별적으로 조정할 수 있습니다. 따라서 모든 색상 채널이 최적의 신호 대 노이즈 비율을 갖도록 각 색상 채널의 이득 및 노출 시간을 최적으로 조정할 수 있습니다.

밝은 장면의 SNR은 전자 수의 제공근으로 정의되는 샷 노이즈에 의해 좌우됩니다. 이는 노이즈가 카메라 이득에 정비례한다는 것을 의미합니다.

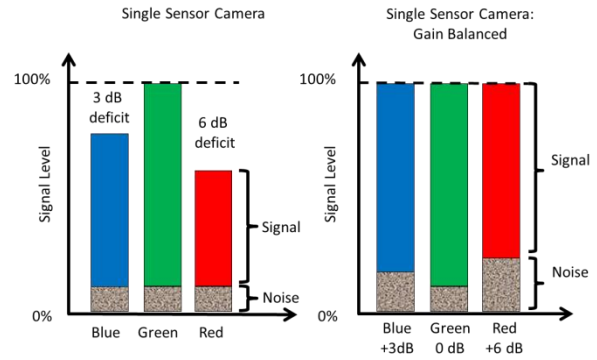


그림. 7 - 싱글 센서 카메라의 디지털/아날로그 이득을 통한 그레이 레벨 밸런싱

그러나 이득 전에 개별 노출을 최적화하는 경우 공통 노출을 사용하는 것보다 더 뛰어난 SNR을 보여줍니다. 멀티 센서 프리즘 기반 카메라는 우수한 이미지 품질을 구현하기 위해 두 가지 기능을 모두 갖추고 있습니다. 이는 그림. 8에서 확인할 수 있습니다.

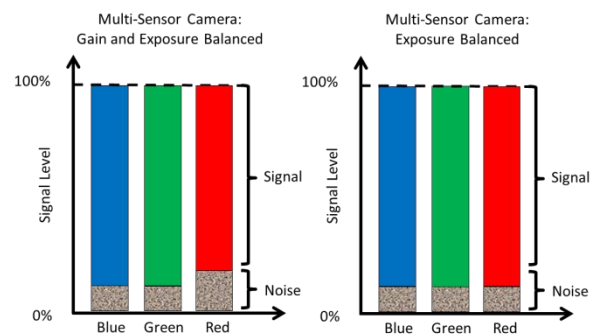


그림. 8 - 멀티 센서 프리즘 카메라의 디지털/아날로그 이득 및 노출 시간을 통한 그레이 레벨 최적화

2.5 해상도

머신 비전에서 해상도는 종종 카메라가 제공하는 픽셀 수로 측정됩니다. 컬러 카메라의 경우 이 수치는 싱글 센서 Bayer 패턴 컬러 카메라가 2x2 픽셀(또는 그 이상) 매트릭스에서 모든 픽셀의 이미지 정보를 보간하기 때문에

오해의 소지가 있을 수 있습니다. 본 백서는 공간 해상도와 FOV 측면에서 해상도를 구별합니다.

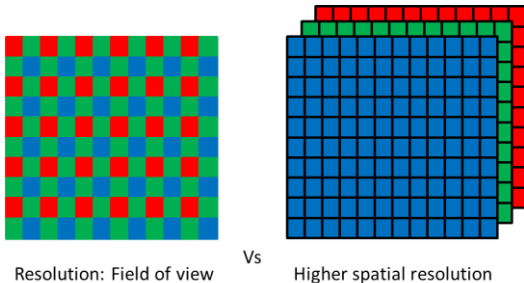


그림. 9 : Bayer RGB vs 멀티 센서 카메라 해상도

동일한 초점 거리의 렌즈를 사용한다고 가정하면 카메라의 FOV는 픽셀 수에 정비례하는 센서 크기에 따라 달라집니다. 따라서 픽셀 수가 높은 카메라는 더 넓은 FOV를 커버할 수 있습니다.

반면에 공간 해상도는 픽셀 크기에 의해 결정됩니다. 픽셀의 크기가 작을수록 해상도가 높아집니다. 위에서 설명한 것과 같이 Bayer 패턴 카메라의 경우 픽셀 크기를 결정하고 해상도를 계산할 때 디베이어링에 사용되는 매트릭스를 고려해야 합니다. 일반적인 2x2 Bayer 패턴 센서의 경우 공간 해상도는 청색과 적색의 경우 4 배, 녹색 채널의 경우 2 배가 감소합니다.

멀티 센서 카메라는 프리즘의 크기로 인해 센서 크기가 제한되기 때문에 일반적으로 픽셀 수가 더 낮습니다. 멀티 센서 카메라의 FOV는 종종 Bayer 패턴 카메라보다 작습니다. 그러나 낮은 픽셀 수에도 불구하고 공간 해상도는 픽셀

크기가 동일한 Bayer 패턴 카메라보다 높습니다. 멀티 센서 프리즘 설계 덕분에 색상 채널당 하나의 센서를 사용하여 동일한 FOV를 커버할 수 있습니다. 따라서 모든 색상 채널이 센서의 전체 픽셀 해상도로 이미징 됩니다.

아래의 표 1은 JAI AP-3200C-USB 프리즘 카메라와 Bayer 패턴 IMX 265(3.2MP) 및 IMX 253(12.3MP)을 비교한 표입니다. JAI AP-3200T-USB에는 3개의 3.2MP 소니 IMX-265 흑백 센서가 장착되어 있습니다.

픽셀 수에 따라 FOV가 확실히 증가하는 것을 표 1에서 확인할 수 있습니다. 그러나 공간 해상도의 경우에는 다릅니다. IMX-253 센서의 훨씬 더 높은 픽셀 수에도 불구하고 공간 해상도는 훨씬 낮은 IMX-265 Bayer 패턴 센서가 장착된 카메라와 동일합니다. 두 카메라의 해상도는 청색 및 적색 채널보다 높은 해상도를 가지는 녹색 채널에 의해 결정됩니다.

반면 AP-3200T 프리즘 카메라는 Bayer 패턴 카메라에 비해 평균적으로 3 배 높은 공간 해상도를 보여줍니다. 이는 프리즘 기반 카메라의 총 3x3.2MP 수보다 더 높은 픽셀 수를 제공하는 IMX-253 Bayer 패턴 카메라와 비교하는 경우에도 마찬가지입니다.

	AP-3200T 프리즘 기반 카메라	IMX-265 Bayer 패턴 카메라	IMX-253 Bayer 패턴 카메라
픽셀 수	3x 3.2MP	3.2MP	12.3 MP
FOV	2048x1536 (x 3.45μm)	2048x1536 (x 3.45μm)	4096x3000 (x 3.45μm)
공간 해상도	3.45μm	Green: 6.9μm Blue/Red: 13.8μm	Green: 6.9μm Blue/Red: 13.8μm

표 1 - 다양한 픽셀 수의 프리즘 기반 및 Bayer 패턴 기반 카메라의 FOV 및 공간 해상도 비교. 모든 카메라에는 3.45μm 픽셀 크기의 센서가 탑재되어 있습니다. FOV 및 공간 해상도 값은 물체 크기가 센서의 이미지 크기에 1:1로 투영되는 렌즈를 가정한 값입니다.

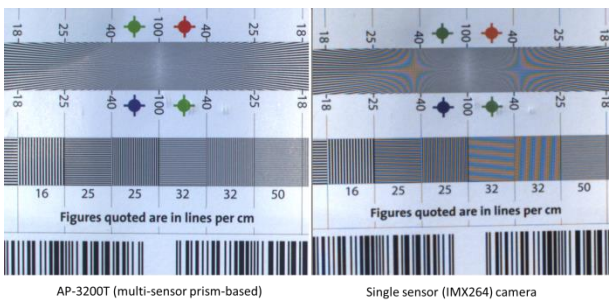


그림. 10 - 프리즘 vs. Bayer 이미지 (무아레 패턴)

설명된 차이점은 공간 흑백 테스트 차트의 컬러 이미지에서 확인할 수 있습니다(그림. 10). Bayer 패턴 카메라로 촬영한 이미지에는 청색 및 적색 간섭(무아레) 패턴(최저 해상도의 색상)이 나타나 있지만 멀티 센서 카메라로

촬영한 이미지에서는 이러한 아티팩트(영상의 일부가 아닌 빛나간 화소(pixel)들의 모임)가 보이지 않습니다.

따라서 멀티 센서 프리즘 기반 카메라는 인쇄 검사 또는 현미경과 같이 뛰어난 공간 해상도가 필수적인 애플리케이션의 경우 확실히 우수합니다.

3. 이미지 품질

컬러 머신 비전 시스템 설계자로서 위에 설명된 차이점을 모두 고려하면 이미지 품질이 가장 중요한 애플리케이션의 경우 프리즘 카메라가 전반적으로 더 우수합니다.

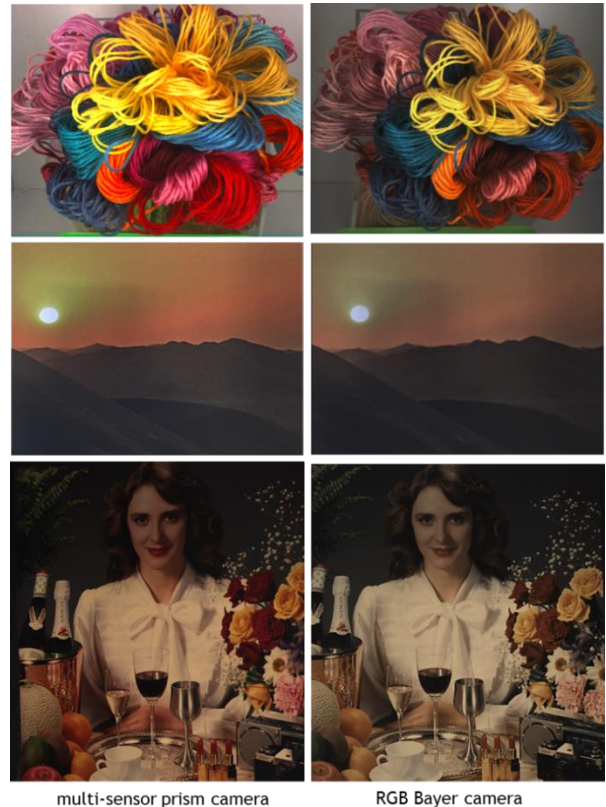


그림. 11 - RGB 멀티 센서 프리즘 기반 카메라와 싱글 센서 Bayer RGB 카메라의 이미지 비교

그림. 11 은 JAI AP-3200T-USB 프리즘 카메라(왼쪽 열)와 JAI GO-5100C-USB Bayer 카메라(오른쪽 열)로 캡처한 이미지입니다. 왼쪽 열의 이미지가 더 뛰어난 색상 구별 및 대비, 선명한 색조, 우수한 이미지 깊이 등 우수한 이미지 품질을 보여주는 것을 확실히 확인할 수 있습니다.

4 멀티 센서 프리즘 카메라를 최대한 활용하기 위한 기타 매개변수

4.1 올바른 렌즈 선택

일부 표준 머신 비전 렌즈도 잘 동작하지만 특수 렌즈를 사용하면 프리즘 기반 카메라에서 최상의 이미지 품질을 얻을 수 있습니다. 멀티 센서 카메라는 렌즈 설계에 추가적인 제약이 있는 프리즘을 사용합니다. 프리즘을 통해 센서에 도달하는 광경로가 더 길다는 점 외에도 렌즈는 센서 형식과 잘 맞아야 합니다. 렌즈의 이미지 서클이 센서보다 작으면 색상 음영이 가시적 결과로 나타납니다. 프리즘의 이색성(dichroic) 코팅으로 인해 프리즘 카메라의 경우 음영 효과의 가시성이 높아집니다. 이는 정확한 화이트 밸런스의 구현을 힘들게 합니다. 멀티 센서 프리즘 카메라용으로 설계된 렌즈는 사출동공(exit pupil)이 크기 때문에 다이크로익 프리즘을 통과하는 광선의 각도가 작아집니다. 또한 엣지를 따라 변조 전달 함수(MTF)가 크게 저하되지 않습니다.

프리즘 기반 카메라용 렌즈 제조업체에는 VS Technology, Kowa, Fujinon, Myutron, Goyo Optical, Azure 및 Blue Vision 등이 있습니다.

4.2 카메라 내장 기능

JAI 는 프리즘 컬러 카메라의 선두 공급업체로서 다양한 애플리케이션의 필요에 따라 이미지 정보를 더욱 향상시키기 위해 프리즘 카메라에 몇 가지 추가 기능을 제공하고 있습니다. 예를 들어, 색상 변환 알고리즘은 일반 RGB 출력을 sRGB, Adobe RGB, HSI 및 CIEXYZ 와 같은 기타 3 차원 색상 공간으로 변환할 수 있도록 지원합니다. 프리즘 카메라의 우수한 이미지 품질의 효과는 이러한 변환 품질에서도 확인할 수 있습니다. Bayer RGB 를 기반으로 하는 색상 변환은 RGB 프리즘 기반 카메라를 기반으로 하는 변환보다 정밀도가 떨어집니다. 색상 온도 사전 설정 및 애플리케이션에 따른 룩업 테이블을 기반으로 카메라 RGB 를 맞춤형 RGB 로 변환하는 경우에도 카메라에 따라 위와 유사한 변환 정밀도 차이가 발생합니다. 프리즘 기반 카메라를 최대한 사용하기 위한 추가 기능에는 색상 및 엣지 향상 기능, 픽셀 비닝, ROI 기반 음영 보정, 자동 이득 및 셔터 제어, 싱글 및 멀티 ROI 기능, 각 이미지의 패키지정보(Chunk) 데이터 등이 있습니다.

5 결론 및 향후 계획

본 백서에는 머신 비전 애플리케이션에서 싱글 센서 RGB Bayer 카메라보다 뛰어난 프리즘 기반 카메라의 장점이 요약되어 있습니다. 또한 이런 장점은 트루 컬러, 높은 공간 해상도, 낮은 스펙트럼 크로스토크 및 SNR, 더 뛰어난 대비 및 색상 구별과 같이 우수한 이미지 품질의 구현을 위한 매개변수와 동일합니다. 본 백서는 Bayer RGB 이미지를 고치기 위해 필요한 온보드 이미지 처리 정도와 상관없이 가장 중요한 점은 광 신호가 이미지 센서에 기록되는 방식이라는 것을 강조하고 있습니다.

본 백서는 프리즘 기술에 대한 백서 시리즈의 일부로 멀티 센서 에어리어 스캔 카메라용 프리즘 기술의 기본 개념을 다루고 있습니다. 이 시리즈는 기본 개념을 다루는 것 외에도 애플리케이션, 계측 지식 및 멀티 센서 프리즘 기반 카메라를 최대한 활용하기 위한 카메라 기능 사용 방법을 공유하는 것을 목표로 하고 있습니다.

저자 소개



Paritosh Prayagi
Global Product Manager –
Line Scan Portfolio
Product Manager - EMEA

Paritosh 는 2017 년 4 월부터 JAI 제품 관리 팀에서 근무하고 있습니다. 독일 Chemnitz University of Technology 에서 인쇄 및 미디어 기술을 공부했으며 전문 분야는 고속 애플리케이션용 멀티 스펙트럼 카메라 시스템입니다. 제지 기술, 카메라 개발, 3D 및 스펙트럼 카메라의 애플리케이션 관리 및 판매를 위한 R&D 팀에서 근무했던 경험을 통해 광범위한 관점을 제시합니다.



Yizhe Wang
Global Product Manager –
Area Scan Portfolio
Product Manager – APAC

Yizhe 는 2017 년 8 월 JAI 제품 관리 팀에 합류했습니다. Shanghai Institute of Foreign Trade and Commerce 에서 법학을 공부했으며 후에 일본 와세다 대학에서 국제 상업 및 법률을 전공했습니다. 중국과 일본 시장의 감시 렌즈 판매를 광범위하게 담당했으며 후에 감시 카메라에 대한 제품 계획 및 글로벌 마케팅을 담당했습니다.



Shuichi Shibui
Director – Global Marketing
Product Management

Shuichi 는 2015 년 JAI 에 합류했습니다. 이미지 센서 및 반도체 분야에서 20 년 이상의 경험을 보유하고 있으며 주요 반도체 및 이미지 센서 제조업체에서 다양한 직책을 역임했습니다. 일본 도카이 대학에서 전자공학 학위를 취득했으며 그 후 몇몇 주요 이미지 센서의 시장 출시를 담당했습니다.



See the possibilities

JAI 소개

JAI 는 산업용 머신 비전, 의료 이미징 및 고급 감시 시스템 응용을 위한 혁신적인 디지털 CCD/CMOS 카메라 기술과 지능형 교통 시스템(ITS)의 교통 이미징/차량 인식을 위한 완벽한 솔루션을 제공합니다. JAI 는 덴마크, 독일, 일본, 중국, 미국의 기업과 35 개국 이상의 유통 파트너를 통해 글로벌 입지를 다지고 있습니다.

JAI 의 비전 시스템은 제품의 품질 및 정확성 향상, 생산 라인 검사 비용 절감, 생산 수율 증대 또는 도로 교통의 효율성 향상 등 다양한 방식으로 고객 비즈니스를 개선하기 위한 도움을 제공하고 있습니다. 전 세계의 모든 JAI 고객은 JAI 의 장기적 생존능력을 바탕으로 한 입증된 기술, 높은 안정성, 일관된 품질 및 우수한 이미지 재현성과 같은 제품의 상표 특성을 높이 평가하고 있습니다.

JAI 연락처

유럽, 중동 & 아프리카

JAI A/S
이메일: camerasales.emea@jai.com
전화: +45 4457 8888

아시아

일본
JAI Ltd.
이메일: camerasales.japan@jai.com
전화: +81 45-440-0154

미국

JAI Inc.
이메일: camerasales.americas@jai.com
Phone (Toll-Free): 800 445 5444
전화:+ 1 408 383 0300

독일

JAI A/S
이메일: camerasales.emea@jai.com
전화: +49 (0) 6022 26 1500

중국

JAI Technology (베이징) Co., Ltd.
이메일: camerasales.apac@jai.com
전화: +86 10-8588-0278

한국

JAI Inc.
이메일: camerasales.apac@jai.com
전화: +82 2 6138 3830



See the possibilities

www.jai.com