

WHITE PAPER:

SpecimONE: A Complete Hyperspectral Imaging Solution

POWERFUL HYPERSPECTRAL PLATFORM
FOR THE SORTING INDUSTRY

SPECIM

A Konica Minolta Company

Table of Contents

1. 기초 기술
2. HSI 사용자의 도전과제
3. 산업용 HSI 응용 분야
4. SpecimONE 솔루션
5. SpecimONE의 장점



01. Technology basics

하이퍼스펙트럴 이미징은 초기에는 과학적인 방법으로 개발되었으며 산업 응용에서는 상대적으로 짧은 시간 동안 사용되고 있습니다. 이는 크기, 기하학적 형상 및 색상과 같은 매개변수를 분석하여 물체의 품질을 검사하고 결함이나 불순물을 식별하는 전통적인 이미지 처리 기반 시스템과 근본적으로 다릅니다.

하이퍼스펙트럴 이미징(HSI)에 기반한 시스템은 다른 물리적 기반에서 작동합니다. 이는 분광 분석을 사용하여 테스트 대상을 조사하고 테스트 물질의 화학 구성을 인식하여 물체를 정확하게 분류할 수 있게 합니다.

이렇게 얻은 다양한 재료의 스펙트럴 응답을 살펴보면, 해당 재료에 대해 고유한 스펙트럴 곡선을 보여줍니다. 다음 그림은 다양한 직물을 예시로 들어 명확하게 보여줍니다. 1.

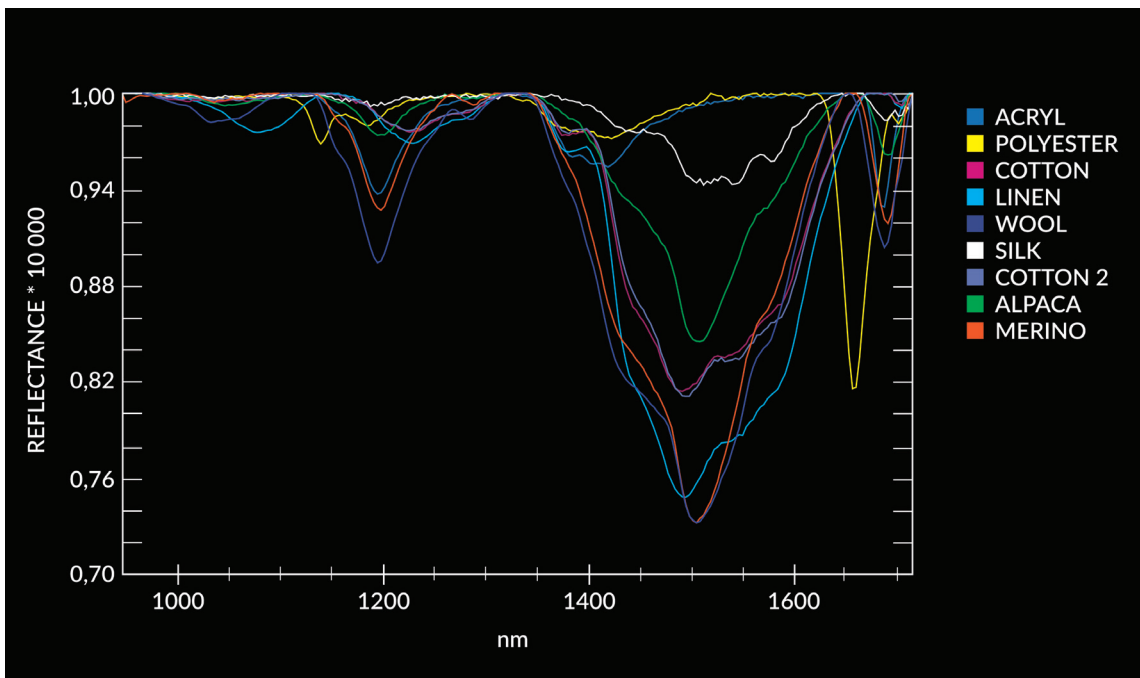


Image 1: Example of different textiles spectral response

가정해 보자면, 테스트 대상의 스펙트럴 응답이 많은 개별 점에서 기록된다고 가정해 봅시다. 이 경우 HSI 시스템은 어떤 위치에 어떤 재료 또는 재료 조합이 있는지 정밀하게 판단할 수 있습니다. 응용 분야에 따라 수백 개, 수천 개 또는 수십만 개의 이러한 스펙트럴이 하이퍼스펙트럴 시스템으로 기록됩니다. 결과는 데이터 큐브라고 불리는 세 가지 차원으로 표시됩니다.

하이퍼스펙트럴 이미지를 취득하는 다양한 방법이 있습니다. 산업 응용에서는 라인 스캔 카메라 기반 시스템이 주로 사용되며 푸시-브룸(Push-broom) 기술로 알려져 있습니다. 이러한 시스템은 대상 라인의 전체 스펙트럴 및 공간 정보를 라인별로 수집합니다. 푸시-브룸 카메라는 렌즈, 분광기 및 이미지 센서로 구성됩니다. 이러한 구성 요소들은 선택한 파장 범위에 대해 최적화되어 좋은 결과를 얻기 위해 조정되어야 합니다.

이미지를 라인별로 취득하기 위해서는 카메라와 테스트 대상 간에 상대적인 이동이 필요합니다. 많은 산업 공정에서 제품은 컨베이어 벨트와 같은 운반 시스템을 통해 한 공정 단계에서 다음으로 전달됩니다. 분석을 위한 이미지 취득은 이런 운반 단계에서 이루어질 수 있으며, 하이퍼스펙트럴 카메라를 컨베이어 벨트 위에 장착하여 테스트 대상이 카메라 아래로 통과하는 동안 라인별 이미지를 기록합니다. (image 2.)

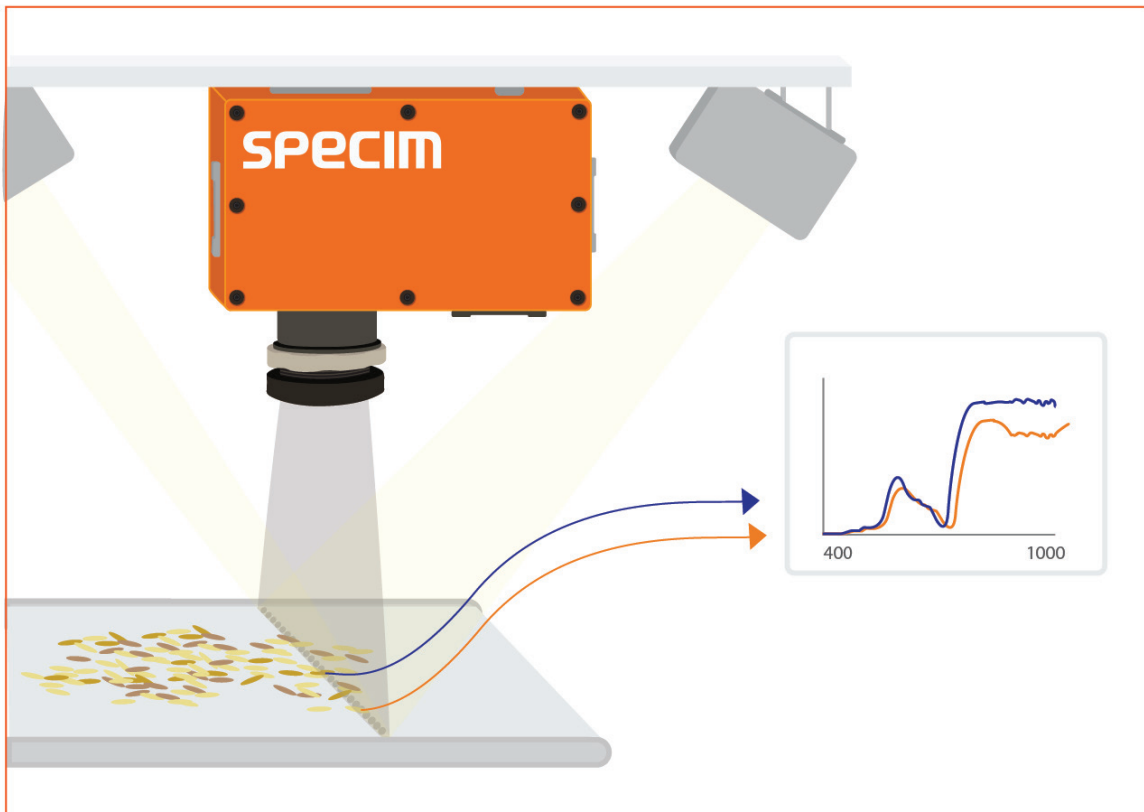


Image 2: Linescan application

02. HSI user challenges

HSI 시스템을 기계에 사용하려는 사용자들은 원하는 결과를 얻기 위해 다양한 도전 과제를 극복해야 합니다 (table 1). 예를 들어, 하이퍼스펙트럴 이미징의 주요 응용 분야 중 하나인 분류 시스템에서는 신뢰할 수 있는 분류 결과를 보장하기 위해 높은 정확도가 요구됩니다. 그러나 이러한 시스템은 때로 매우 빠른 속도로 작동하기 때문에 들어오는 이미지를 분석하기에는 시간이 매우 적습니다. 따라서 특정 객체 또는 오류를 신뢰성 있게 감지하는 것은 훨씬 더 복잡하며 견고하고 빠른 HSI 시스템이 필요합니다.

이러한 시스템은 또한 결함 부품을 제거하기 위해 후속 시스템을 신뢰성 있고 정확하게 제어하기 위해 시스템에 밀접하게 통합되어야 합니다. 기술적으로는 HSI 시스템과 기계 제어 시스템 간에 정확한 타이밍과 빠른 통신이 구현되어 검출된 결함 부품을 효과적으로 배출 또는 제거장치로 제거할 수 있어야 합니다. 종종 획득한 이미지로부터 결과를 계산하기 위해 몇 밀리초 정도의 짧은 시간만 사용할 수 있습니다.

HSI 솔루션을 개발할 때, 사용자들은 보통 적합한 구성 요소를 선택하는 어려운 과제를 직면하게 됩니다. 하이퍼스펙트럴 카메라는 올바른 파장 범위에서 작동하고 충분한 해상도와 속도를 제공해야 합니다. 또한 사용되는 조명은 현실적인 조건에 이상적으로 적합해야 합니다.

하이퍼스펙트럴 이미지를 평가하기 위한 올바른 소프트웨어를 선택하는 것도 중요합니다. HSI 기술은 일반적으로 상대적으로 높은 수준의 물리적 이해를 요구하기 때문에, 분석 소프트웨어의 개발 환경이 최대한 직관적이며 사용자를 최상의 방식으로 지원하는 것이 더욱 중요합니다.

HSI 솔루션의 필요한 속도를 달성하기 위해서는 컴퓨팅 플랫폼도 만족할 만한 성능을 갖추고 있어야 하며, 상위 시스템 제어와의 빠르고 안정적인 연결을 제공하기 위한 필요한 인터페이스를 갖추고 있어야 합니다.

HSI 사용자에게 요구되는 이러한 다양한 요건들에 추가로, 필요한 구성 요소인 하이퍼스펙트럴 카메라, 소프트웨어 및 평가용 컴퓨터는 일반적으로 서로 다른 공급업체로부터 제공됩니다. 이로 인해 구현, 업데이트 또는 오류 발생 시 변경 작업은 시간이 많이 소요되고 어려울 수 있습니다.

Challenge	Need	Things to consider
Performance	Enable high throughput of sorting machine with HSI system	Speed of moving objects and how does it relate to HSI system frame rate and processing latency
Accuracy	Better accuracy enables to detect smaller objects with higher detection rate enabling higher Return-of-Investment	HSI camera optical parameters and how many bands are available
Flexibility	HSI system can be optimized and models changed to detect different type of materials allowing more usecases	Available spectral range and modification/ optimization of classification models
Investments	Less time spend to integrate HSI technology decrease the overall costs	Easy-to-use tools with support

Table 1

03. Industrial HSI applications

하이퍼스펙트럴 이미징의 사용이 최근 몇 년 동안 급증한 산업은 중요한 부문입니다. 식품, 제약, 재활용과 같은 여러 가공 산업은 이미 스펙트럴 이미징 기술의 이점과 가치를 입증해 왔습니다. 현대 산업은 더욱 효율적인 공정과 고품질 제품을 도입하여 지속 가능한 사회를 구현하기 위해 지속적으로 새로운 사용 사례를 발굴하고 있습니다.

산업 요구 사항을 충족하는 성능 대비 비용 비율로 인해 하이퍼스펙트럴 이미징은 산업용 시각 솔루션 시장에서 X-ray, RGB, 3D와 같은 다른 기술과 함께 통합 기술로 빠르게 성장하고 있습니다. 이는 컨베이어 및 로봇 시스템과 같은 실시간으로 온라인 검사를 위한 기술로 사용됩니다. 산업 응용에서는 카메라 속도가 생산 라인의 속도에 조절 가능하고 동기화되어야 합니다. 전체 재료 스트림은 물질 자체에 어떠한 간섭도 없이 화학적으로 검사됩니다. 따라서 샘플링에 의한 낭비가 없으며, 실시간으로 스트림의 100%를 검사합니다.



하이퍼스펙트럴 기술의 주요 응용 분야 중 하나는 재활용 및 폐기물 관리와 같은 분류 공정입니다. 폐기물을 재사용 가능한 원자재로 효율적으로 재활용하는 것은 지구 온난화를 막고 자원의 과잉 개발을 막기 위해 인류의 가장 중요한 노력 중 하나입니다. 적절한 재료 처리 방법과 하이퍼스펙트럴 이미징 기술을 이용하여 다양한 재료의 효율적인 센서 기반 분류 및 재활용은 수익을 창출할 수 있습니다. 이러한 응용은 폐기물 분류 및 플라스틱, 섬유, 금속, 유리, 종이, 판지 또는 기타 재료의 분리를 위해 여러 산업에서 존재합니다.

이는 석면과 같은 유해 물질이 항상 문제가 되는 건설 폐기물에도 해당됩니다. 하이퍼스펙트럴 이미징을 사용하면 유용하고 재사용 가능한 재료인 콘크리트, 목재, 타일 등을 위험 물질에 노출시키지 않고 분류할 수 있습니다.

이러한 것들은 하이퍼스펙트럴 이미징이 이미 산업에 신뢰할 수 있는 경제적인 해결책을 제공하는 몇 가지 예시에 불과합니다. 현재의 사용 사례는 훨씬 더 많습니다. 하이퍼스펙트럴 이미징 시스템만으로 또는 가장 효과적으로 해결할 수 있는 흥미로운 응용 사례의 수는 계속해서 증가하고 있습니다.

04. The SpecimONE solution

Specim은 많은 해에 걸쳐 HSI 기술의 선두주자였으며, 산업용 응용 프로그램의 요구 사항을 충족하기 위해 명확히 설계된 FX 시리즈 카메라로 산업 스펙트럴 카메라 시장을 선도하고 있습니다. HSI 사용자의 도전에 대해 살펴보면, 하이퍼스펙트럴 카메라, 필요한 소프트웨어 및 처리 장치에 대해 다른 공급업체에 의존하는 것이 개발자들에게 큰 문제임이 분명해졌습니다. 이러한 이유로 Specim은 카메라, 소프트웨어, 컴퓨팅 성능을 통합한 완전한 솔루션을 개발하기로 결정했습니다. 이를 통해 하나의 공급업체에서 제공되는 하이퍼스펙트럴 이미징 플랫폼을 구축하였습니다. 이 독특한, 완전한 하이퍼스펙트럴 이미징 솔루션은 SpecimONE이라고 합니다. 이 조합을 통해 Specim은 HSI 기술의 사용을 크게 단순화하는 하이퍼스펙트럴 솔루션을 사용자에게 제공합니다.



SpecimONE는 세 가지 핵심적이고 완벽하게 조화된 요소로 구성되어 있습니다: FX 시리즈 카메라, SpecimCUBE 처리 장치 및 SpecimINSIGHT 소프트웨어입니다. 모든 하이퍼스펙트럴 시스템과 마찬가지로, Specim FX 시리즈 카메라는 비접촉식이고 비파괴적인 광학 과정을 사용하여 테스트 대상의 화학 구성을 감지하고 분류할 수 있습니다. FX 카메라 시리즈는 산업용으로 특별히 개발된 최초의 하이퍼스펙트럴 카메라로, 속도와 견고성 측면에서 높은 요구를 충족시켰습니다. 이러한 제품들은 Specim의 주요 사업으로 여러 해 동안 다양한 응용 분야에서 이미 효능을 입증하였습니다.

고성능 카메라인 FX 시리즈는 우수한 광학 성능과 MROI (Multiple Regions Of Interest)와 같은 기능을 갖추고 있어 특정 파장 대역에 초점을 맞추어 최대 성능과 속도를 가능하게 합니다.

FX 카메라의 많은 사용자들과 긴밀히 협력하여 Specim은 지식 기반 자료를 구축해왔습니다. 이러한 귀중한 경험들은 SpecimONE의 두 번째 구성 요소인 SpecimINSIGHT 소프트웨어에 녹아 있습니다. 이는 사용자가 효과적으로 검사 대상 물질의 분류 모델을 생성하는 데 도움을 주는 사용하기 쉬운 소프트웨어입니다. SpecimINSIGHT는 Specim의 소프트웨어 전문가들의 내부 노하우를 압축하여 사용자에게 광범위하고 검증된 알고리즘을 제공하여 하이퍼스펙트럴 솔루션의 효과적인 개발과 HSI 응용에 최적화된 처리 능력을 제공합니다.

기록된 하이퍼스펙트럴 이미지 데이터는 SpecimONE의 세 번째 요소인 강력한 산업용 컴퓨터인 SpecimCUBE로 처리됩니다. 이 컴퓨터는 정렬 산업을 위해 특별히 개발된 하이퍼스펙트럴 시스템을 위한 것입니다. GPU (그래픽 처리 장치) 구성 요소는 지연 시간이 낮은 동시에 최신 기술의 높은 컴퓨팅 성능을 제공합니다. 이를 통해 카메라 데이터를 실시간으로 평가할 수 있습니다.

Step	Time (ms)	Description
X frames received	Some ms	Depends of frame rate and how many frames are batched.
Exposure	Less than ms	Exposure time (adjustable)
Readout	Basically irrelevant	Readout time inside FX camera - static but adjustable by MROI
Aberration Correction	Basically irrelevant	Aberration correction in FPGA - static but adjustable by MROI
Transfer to GPU	Some ms	Transfer through CameraLink - static but adjustable by MROI, thread scheduler, grabber to GPU, copy to memory etc
Processing	Some ms	Actual application and latency depends of reflectance, if preprocessing is used, selected algorithms and output type.
GigeVision send	Less than ms	Memory copy, framerate simulation, sending 1920 bytes of frames roughly at the maximum 1GigE speed.
Total	Some ms	Total delay of a single frame after the whole system.

05. SpecimONE benefits

SpecimONE의 모든 세 가지 구성 요소를 한 제조업체에서 개발 및 생산된 사실은 사용자에게 상당한 이점을 제공합니다. SpecimINSIGHT 소프트웨어는 FX 카메라와 SpecimCUBE 처리 플랫폼과의 조합에 최적화되어 있습니다. 이는 운영 체제뿐만 아니라 이미지 데이터를 평가하기 위한 소프트웨어에도 해당됩니다. 이렇게 함으로써 최대 처리량과 최소 지연 및 지터(jitter)를 달성하기 위한 모든 요구 사항이 충족됩니다. 이 정밀하게 조율된 3개의 조합은 사용자가 실시간 인라인 응용 프로그램을 구현할 수 있는 이상적인 환경을 조성합니다.

SpecimONE의 주요 장점 중 하나는 HSI 응용 프로그램을 쉽게 개발할 수 있는 방법입니다. 응용 프로그램을 만들기 위해 사용자는 먼저 훈련 이미지가 필요합니다. SpecimINSIGHT 소프트웨어를 사용하여 분류기를 모델링하여 기존 요구 사항에 따라 응용 프로그램을 설계합니다.

최종 모델이 이렇게 유효성을 검증하면 SpecimCUBE에 로드되고 시스템에서 실시간 운영을 위해 사용할 수 있게 됩니다. 실제 운영에서 SpecimCUBE 컴퓨팅 플랫폼은 FX 카메라로부터 데이터를 수신합니다. 이를 기반으로 SpecimINSIGHT 소프트웨어를 사용하여 이전에 생성된 모델에 따라 결과를 처리합니다. SpecimCUBE는 이러한 결과를 공장의 후속 시스템(공간 분석 시스템이나 분류기의 논리 컨트롤러와 같은)에 전달하여 감지된 결함 부분을 분류 및 제거합니다.



필요에 따라 시스템을 적응하거나 최적화해야 할 경우, 이를 매우 신속하게 수행할 수 있습니다. 사용자는 SpecimINSIGHT에서 기존 모델을 수정하고 새로운 모델을 SpecimCUBE에 다시 로드하기만 하면 됩니다. 적응이 완료됩니다. 또한 테스트 대상을 변경하는 등 여러 모델을 처리 플랫폼에 로드하고 간편하게 전환하는 것도 가능합니다. SpecimONE 사용자에게는 인라인 하이퍼스펙트럴 이미징 시스템 운영을 위한 개체 감지를 위한 모델을 만들고 수정하는 것이 매우 간단합니다.

SpecimONE 솔루션을 개발한 것과 모든 구성 요소가 단일 소스에서 제공되는 것은 HSI 개발자들에게 큰 이점을 제공합니다. Specim은 산업용 요구 사항에 따라 이들을 설계하고 카메라와 소프트웨어를 직접 제조하며, 따라서 플랫폼의 성능을 확실히 보장할 수 있습니다.

또한, Specim은 해당 플랫폼 사용자들이 솔루션을 개발하는 과정에서 역량 있는 지원을 제공하여 시장 진입 시간을 단축시키고 투자의 빠른 회수에 이바지합니다. 사용의 편리성, 높은 유연성 및 성능으로 인해 SpecimONE은 하이퍼스펙트럴 과제를 해결하는 데 매우 매력적인 선택지입니다. 이전보다 더 빠르고 저렴하며 쉽게 이 기술에 진입할 수 있도록 도와줍니다.



SPECIM



A Konica Minolta Company

Specim – Making Spectral Imaging Easy

Specim, Spectral Imaging Ltd. is the world-leading manufacturer of hyperspectral imaging instruments and systems. Specim's success is driven by our passion for light. Today, that passion has resulted in a range of products from the most advanced remote sensing applications to the industrial OEM segment and easy-to-use handheld devices.

For more information visit www.specim.com