



고속 이미징 애플리케이션을 위한 워크 플로우 최적화

저자 Toni Lucatorto 및 Frank Mazella, Vision Research

요즘 고속카메라는 사람의 눈으로 볼 수 없는 빠른 움직임의 이벤트 현상을 촬영하는데 사용됩니다. 고속으로 촬영한 영상은 믿을 수 없을 만큼 훌륭한 반면에 높은 프레임 속도와 픽셀 해상도로 인해 엄청난 양의 데이터가 짧은 시간 안에 만들어질 수 있습니다. 따라서, 이처럼 가까운 미래의 이터 응용분야에는 고속촬영 워크플로우를 반드시 최적화해야 합니다.

카메라의 RAM에서 이미지를 다운로드하는 가장 좋은 방법은 각 샷 사이의 사용 가능한 시간과 카메라가 컴퓨터에 연결되어 있는지, 독립적으로 사용하는지, 또는 다중 카메라 설치의 일부분으로 사용하는지에 따라 다릅니다. 실험실, 야외 또는 영화 세트장에서의 촬영할 경우에는 최상의 결과들을 얻으려면 효율적인 작업 흐름을 계획하는 것이 중요합니다.

효율적인 실험실 작업 워크플로우 만들기

과학자들은 고속카메라를 이용해서 매일 새로운 것을 발견합니다. 실험실에서 고속카메라의 사용은 보통 이더넷으로 연결되어진 컴퓨터로 카메라를 제어합니다. 고속카메라로 영상을 촬영하고 저장한 이후에, 영상파일의 raw파일을 연결된 컴퓨터 하드드라이브에 바로 저장될 수 있습니다. 고속카메라의 소프트웨어는 특정실험에서 사용한 설정 값들을 저장하고 다시 불러올 수 있으며 즉시 기본적인 분석을 할 수 있습니다. 분석이 완료된 후에는 그 파일들을 AVI나 QuickTime로 변환할 수 있고 이 변환된 파일을 프리젠테이션 및 출판물로 사용될 수 있습니다.

공기 중에서 액체의 한방울과 입자의 상호작용 포착을 포함한 실험실의 입자충돌 연구에서 고속카메라가 핵심이었습니다. ¹ 이 연구를 위해 연구원들은 초당 4,000장 고속카메라를 사용하여 방울들과 다양한 재질의 주변에 형성되는 물방울의 정면과 측면을 촬영했습니다. 입자 흡윤 연구에서 얻은 정보는 제약 업계에서의 정제 코팅 및 특정 유형의 중유 정제와 같은 다양한 분야들에 매우 중요합니다. <https://youtu.be/fGtwid4QZN8>

파일 유형 문제들

고속 카메라의 센서는 이미지 처리가 메타 데이터로 적용된, 원시 데이터를 기록합니다. 원시 파일들은 카메라의 디지털 네거티브로 간주될 수 있습니다.

과학 및 산업 분야에서, 데이터의 무결성을 보장하기 위한 측정을 위해 원시 형식의 이미지들을 사용하는 것이 중요합니다. 영화 산업의 경우, 고화질 이미지들을 제공하기 때문에, 편집을 위해 원시 형식이 선호됩니다.

원시 파일들을 보관되거나 압축된 형식들로 변환하는 것도 또한 장점들이 있습니다. 파일 형식 및 알고리즘에 따라 파일들의 크기를 훨씬 더 쉽게 관리할 수 있으며, 일반적인 비디오 플레이어 및 편집 프로그램들과의 호환성이 보장됩니다.

How much data gets generated in 1 second at 1,000 fps?		
Camera Resolution (12-bit)	Recorded Duration	Size of Data (Gigabytes)
1 Megapixel	1 Second	1.5
4 Megapixels	1 Second	6
9 Megapixels	1 Second	13



고속 이미징 애플리케이션들을 위한 워크 플로우 최적화

탄도 연구와 같은 어플리케이션에서, 고속 카메라는 발사체가 물체 또는 대상체에 충격을 주는 순간과 공기 중에서 발사체가 회전하며 이동하는 순간을 캡처할 수 있습니다. 총알은 연속적으로 빠르게 반복해서 발사될 수 있기 때문에, 모든 이미지들을 획득해야만 측정을 수행할 수 있습니다. 이러한 경우에는 분할이 가능한, 더 큰 RAM메모리 용량을 가진 카메라를 선택하는 것이 좋습니다. 여러 장의 사진을 연속적으로 촬영한 다음 추후 분석을 위해 저장할 수도 있습니다.

현장 이벤트를 순식간에 촬영하기

고속 카메라는 야외에서도 종종 사용되어집니다. 이러한 환경에서 일반적으로 영상을 촬영하고 카메라에 저장시킨 후에 안전한 분리형 미디어에 빠르게 저장합니다.

고속 카메라 제품들은 일반적으로 특정 유형의 미디어로 작동하도록 설계되었지만,

카메라의 RAM에서 데이터를 신속하게 다운로드하기 위해 다양한 유형의 저장 매체를 사용할 수 있습니다. 미디어 유형은 특정 고속카메라에서 최대의 데이터 전송 속도를 높이기 위해 설계된 전용제품에서부터 어떤 카메라의 워크 플로우에 포함되어진 일반 제품까지 다양합니다. 일반 미디어들은 대부분 비싸지는 않지만, 전용 제품만큼 데이터를 빠르게 전송할 수 없습니다.

번개치는 순간을 예측하기 어렵고 얼마나 번개가 연속해서 일어날지 모르기 때문에 번개와 같은 야외 현상은 캡처하기가 어려울 수 있습니다. 최적화된 워크 플로우로 연구원들은 두 건물의 맨 위 피뢰침까지 연결되어 있는 번개를 캡처할 수 있었습니다.²

연구원들은 피뢰침에 번개가 치는 극도로 빠른 현상을 캡처하기 위해 40,000

fps와 7,000 fps의 고속 카메라들을 사용했습니다. 곧바로 그들은 카메라 RAM에서 분리형 미디어로 그 장면을 다운로드하고 다음 번개 촬영할 준비가 되었습니다. 연구원들은 촬영한 장면을 이용하여, 폭풍우 구름에서부터 흘러 내려오고 피뢰침에서 올라가는 방전 거리와 속도를 계산했습니다. 이 정보는 피뢰침들이 어떤 역할을 하고 얼마나 안전한지 더 잘 이해할 수 있습니다.

10Gb-E 로 더 빠르게 일하세요

실험실에서든, 야외에서든 연결된 설정은 파일 전송에 10Gb 이더넷을 사용하면 도움이 됩니다. 이 유형의 이더넷 연결은 원시 이더넷 데이터를 카메라 RAM에서 기존 이더넷 연결들로 최대 10 배 더 빠른 속도로 이동시킵니다.

시간을 크게 절약할 수 있습니다. 예를 들어, 1,000 fps에서 5 초의 4K 클립은 약 60GB가 됩니다. 이 파일은 좋은 컴퓨터로 저장하는 데 약 20 분이 걸립니다; 그러나, 10Gb-E 연결로 이 동일한 파일은 2 분 안에 저장됩니다.

이 시간 절감은 테라 바이트 급의 데이터를 저장하는 대형, 휴대용 미디어 드라이브들에서 데이터를 오프 로드하는 영화 촬영 산업에 매우 중요합니다.

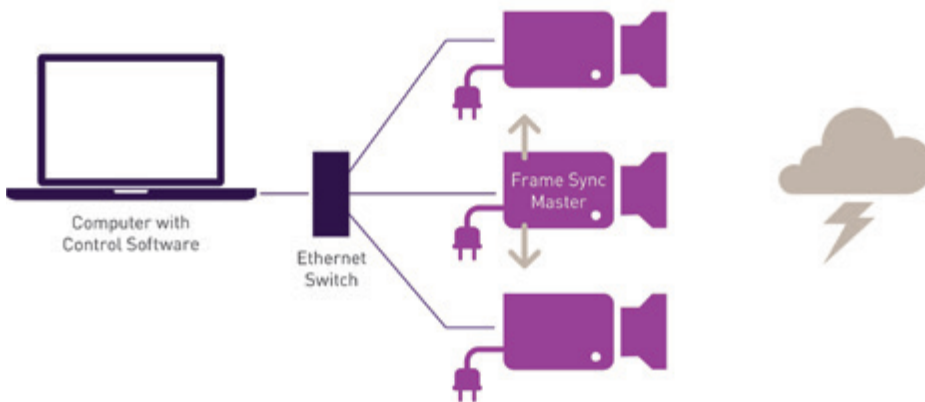
10Gb 이더넷의 전송 속도를 최대화하려면, 다음을 기억하십시오:

- 10Gb-E 네트워킹에 권장되는 PC를 사용하십시오. 랩탑의 경우, 이것은 Thunderbolt 연결 과 Thunderbolt 변환기에 대한 10Gbase-T 이더넷 사용을 포함합니다.
- 파일들을 솔리드 스테이트 하드 드라이브, 이상적으로 SSD RAID 에 저장하십시오. 이것은 가장 빠른 지속적인 쓰기 속도를 제공합니다.
- 컴퓨터를 고속 획득 및 다운로드 전용으로 지정하십시오.

DIAGRAM OF A SIMPLE LAB SETUP



DIAGRAM OF MULTI-CAMERA TETHERED SETUP



고속 이미징 애플리케이션들을 위한 워크 플로우 최적화

대상체가 반복적이고 샷들 사이에 매우 짧은 정지 시간이 필요한 경우, 카메라의 RAM을 분할해서 연속 기록 기능을 사용할 수 있습니다. 이 기능으로, 카메라는 트리거 신호를 주면 자동으로 각각의 촬영영상을 저장하고 곧바로 다음 촬영을 위해 준비됩니다. 연속 기능을 사용할 경우, 획득할 수 있는 영상 수의 유일한 제한은 메모리에서 사용할 수 있는 공간입니다. 이러한 기능을 사용할 땐, 전체 이벤트가 저장되도록 이벤트 지속시간을 아는 것이 중요합니다.

많은 외부현장에서는 네트워크된 여러 대의 카메라를 하나의 컴퓨터로 제어하도록 설치해야 합니다. 멀티 카메라 설정기능을 사용하면, 카메라들을 모두 하나의 마스터 카메라에 동기화됩니다. 이 동기화는 카메라들 중에서 하나일 수도 있고, 또는 타임 코드 소스일 수도 있습니다. 때로는 프레임 지연시켜서 카메라들 중 하나가 유리나 다른 고체 재료들의 균열 전파와 같이, 매우 빠른 이벤트를 캡처할 수 있습니다. 지연은 하나의 카메라가 기록할 수 있는 것보다 더 오래 지속되는 이벤트를 위해 사용될 수 있습니다. 이런 경우, 각 카메라를 첫 번째 카메라 이후 다양한 간격으로 녹화하도록 설정되므로, 전체 녹화 시간이 이벤트를 캡처할 수 있을 정도로 길어집니다.

무선설치는 과학적 현장 작업, 화학 공장 검수 또는 파이프 라인 검사, 야생 동물 기록 그리고 익스트림 스포츠와 같은 외부 애플리케이션들에서 주로 사용됩니다. 이러한 애플리케이션에는 배터리 전원, 뷰파인더 또는 비디오 모니터가 연결되어 있는 on-camera control, 및 분리형 미디어가 필수적입니다. 반복되는 지속 시간들이 있는 이벤트들의 경우, 카메라의 자동 저장 기능을 사용하여 RAM 버퍼가 가득하면 분리형 미디어로 데이터를 자동적으로 저장합니다. 이 기능은 정전시 이벤트 손실없이 정보를 안전하게 많은 양의 영상을 포터블 미디어에 저장시킬 수 있기 때문에 반드시 놓쳐서는 안되는 중요한 정보가 들어있는 반복적인 실험에서도 매우 이상적입니다.

DIAGRAM OF A SIMPLE STUDIO SETUP



DIAGRAM OF UNTETHERED SETUP



영화 세트에서 시간 단축하기

여전히 미디어산업에서 특별한 카메라들을 고려하고 있지만, 상업광고에서부터 현실감 넘치는 효과를 표현하기 위한 장편영화까지 모든 분야에 고속카메라를 사용하고 있습니다. 고속 카메라들은 일반적인 영화 촬영 카메라들 보다 최대 30 배 빠른 속도로 촬영하기 때문에, 종종 전투 장면이나 폭발 장면에서 섬세하면서 드라마틱한 움직임을

촬영하는데 사용됩니다.

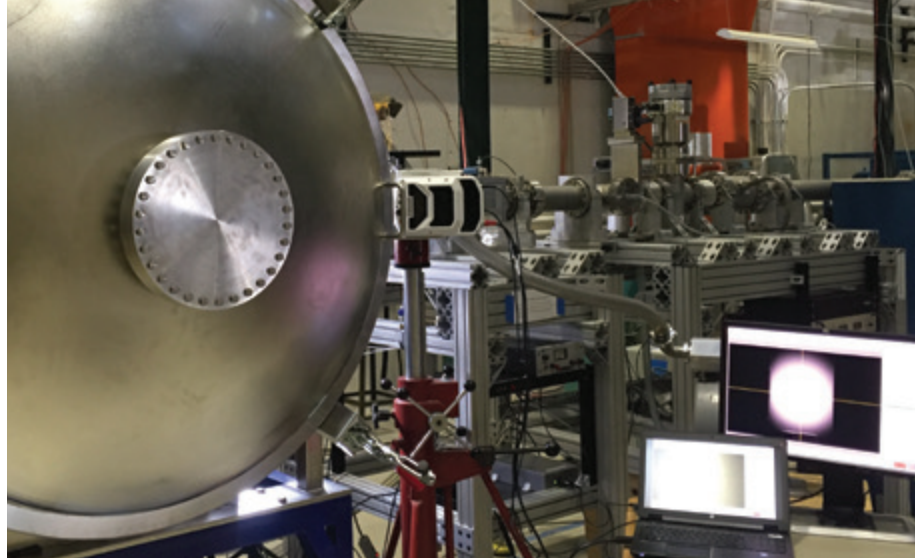
이 설정의 경우 카메라는 일반적으로 on-camera controls 혹은 전용 remote-control unit을 사용해서, 여러 비디오 모니터들과 뷰파인더로 촬영 구도를 잡고 초점과 노출을 모니터링합니다. RAM에서 영상을 검토한 후, 최대 2TB의 RAW 데이터를 저장할 수 있는 빠르고, 안전한, SSD 포터블 미디어 장치에 전송됩니다.

고속 이미징 애플리케이션들을 위한 워크 플로우 최적화

영화 세트장에서 중단시간은 이미 수백만 달러에 달하는 영화 예산에 상당한 추가비용을 발행할 수 있습니다. 이러한 이유로, 고속 카메라의 핵심 선택 기준은 컴퓨터없이 카메라를 작동시키고 전용 다운로드 스테이션을 통해 파일을 개별적으로 다운로드하는 매우 빠른 카메라 워크플로우를 지원하는 성능입니다. 궁극적으로, 이 워크 플로는 제작 시간과 비용을 절감해 주며, 이는 렌탈과 정해진 일정에 크게 의존하는 산업에서 중요합니다.

포터블 미디어 드라이브가 가득 차면, 다운로드 스테이션을 사용하여 데이터를 안전한 위치에 저장합니다. 1TB의 데이터를 저장하는 미디어 드라이브를 다운로드할 때 빠른 10Gb 이더넷 연결을 사용하는 것이 중요합니다. RAW 파일의 복사본은 기록 저장소와 예방책을 제공하기 위해 두개의 드라이브들에 저장됩니다. 비록 RAW 파일들은 궁극적으로 색상 그레이딩 및 초기 편집에 사용되지만, 감독이 매일 촬영한 영상을 검토할 수 있도록 압축된 버전으로 저장됩니다.

빠른 분리형 미디어를 지원하는 고속 카메라들에는 종종 카메라의 RAM 메모리에 저장하지 않고 직접 미디어에 기록 모드를 갖추고 있습니다. 이렇게 하면 프레임 속도는 약 120 fps로 제한되지만 레코딩 시간들이 훨씬 더 길어지므로 "전문" 카메라를 일반 비디오 카메라처럼 작동합니다. 직접-기록 모드를 사용하면 보통의 촬영뿐만 아니라, 효과를 위해 하나의 카메라를 사용할 수 있으므로, 모든



고속 마이크로-전기 스파크를 연구하는 "간단한 실험실 환경"에서의 v2511

장면을 하나의 카메라로 촬영해야 하는 프로젝트에 유용합니다.

참고 문헌

1. 비전 연구 사례 연구: "방울과 고체 입자들 사이의 공중 충돌 결과들,"

<https://www.phantomhighspeed.com/Solutions/Case-Studies/outcomes-of-mid-air-collisions-between-drops-and-solid-particles>

2. 비전 연구 사례 연구: "번개와 피뢰침이 연결될 때,"

<https://www.phantomhighspeed.com/Solutions/Case-Studies/when-lightning-and-lightning-rods-connect>

Miro LC를 사용하여 Peter Nelson이 제작한 '꿀벌의 춤 (Dance of the Honey Bee)'에서 이미지 복사.

VISION
RESEARCH

AMETEK[®]
MATERIALS ANALYSIS DIVISION



VISION RESEARCH 소개

Vision Research는 다양한 전문 산업 및 응용 분야에 사용되는 디지털 고속 카메라를 설계 및 제조합니다. Vision Research는 AMETEK Inc.의 재료 분석 부서의 사업부입니다.

AMETEK Vision Research의 일부 Phantom 카메라는 수출허가를 받아야 합니다. 자세한 내용을 보려면 다음으로 이동하십시오: www.phantomhighspeed.com/export