

Optimierung der Arbeitsabläufe für Hochgeschwindigkeits-Abbildungsverfahren

Von Toni Lucatorto und Frank Mazella, Vision Research

Moderne Hochgeschwindigkeitskameras nehmen Phänomene auf, die mit bloßem Auge nicht sichtbar sind, indem Details von sehr schnell ablaufenden Ereignissen erfasst werden. Während die Bilder unglaublich sein können, erzeugen gleichzeitig die hohen Bildfrequenzen und Auflösungen enorme Datenmengen in sehr kurzer Zeit. Dies macht es notwendig, den Arbeitsablauf des Hochgeschwindigkeits-Abbildungsverfahrens der vorliegenden Anwendung zu optimieren.

Die besten Verfahren zum Herunterladen von Bildern aus dem RAM der Kamera hängen von der verfügbaren Zeit zwischen den einzelnen Aufnahmen ab und davon, ob die Kamera mit einem Computer verbunden ist, als Einzelgerät betrieben wird oder Teil einer Multi-Kamera-Einrichtung ist. Egal, ob die Aufnahmen im Labor, im Freien oder an einem Filmset durchgeführt werden, die Planung eines effizienten Arbeitsablaufs ist für beste Ergebnisse entscheidend.

ERSTELLEN EINES EFFIZIENTEN ARBEITSABLAUFS FÜR LABORS

Hochgeschwindigkeitskameras helfen Wissenschaftlern jeden Tag dabei, neue Entdeckungen zu machen. Im Labor ist die Kamera normalerweise über Ethernet an einen Computer angeschlossen, der zur Steuerung der Kamera verwendet wird. Nachdem die Kamera die Bilder aufgenommen und gespeichert hat, können die Rohdaten direkt auf der Festplatte des angeschlossenen Computers gespeichert werden. Die Software der Kamera kann die für ein bestimmtes Experiment verwendeten Einstellungen speichern und abrufen sowie grundlegende Messungen sofort vornehmen. Nach Abschluss der Analyse werden die Dateien häufig in einem komprimierten Dateiformat wie AVI oder QuickTime archiviert, das auch für Präsentationen und Veröffentlichungen verwendet werden kann.

Hochgeschwindigkeitskameras waren der Schlüssel für eine Laborstudie zu Tropfen-Teilchen-Kollisionen, bei der die Wechselwirkungen eines Teilchens mit einem Tropfen Flüssigkeit in der Luft aufgenommen wurden. Für diese Studie setzten die Forscher Hochgeschwindigkeitskameras mit 4.000 Bildern pro Sekunde (fps) ein, um sowohl die Vorder- als auch die Seitenansicht der Wasserformen zu erfassen, die sich um Perlen und verschiedene Materialien herum bildeten. Die aus diesen Studien zur Teilchenbenetzbarkeit gewonnenen Informationen sind für verschiedene Bereiche von grundlegender Bedeutung, darunter Tablettenbeschichtungen in der pharmazeutischen Industrie sowie verschiedene Arten der Schwerölraffination. <https://youtu.be/fGtwid4QZN8>

AUF DEN DATEITYP KOMMT ES AN

Der Sensor einer Hochgeschwindigkeitskamera zeichnet Rohdaten auf, die in der Bildverarbeitung als Metadaten angewendet werden. Die Rohdaten könnte man als die digitalen Negative der Kamera bezeichnen.

Für wissenschaftliche und industrielle Anwendungen ist es wichtig, Bilder in diesem Rohformat für Messungen zu verwenden, um die Integrität der Daten zu gewährleisten. In der Kinofilmindustrie wird das Rohformat für die Bearbeitung bevorzugt, das es Bilder in höchster Qualität liefert.

Das Konvertieren von Rohdaten in interpolierte oder komprimierte Formate bietet ebenfalls Vorteile. Je nach Dateigröße und Algorithmus können die Dateigrößen wesentlich reduziert werden und die Kompatibilität mit gängigen Videoplayern und Schnittprogrammen ist gewährleistet.

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



Optimierung der Arbeitsabläufe für Hochgeschwindigkeits-Abbildungsverfahren

In Anwendungen wie Ballistikstudien können Hochgeschwindigkeitskameras den Moment erfassen, in dem ein Projektil auf ein Objekt oder Material auftrifft oder seine Rotation während des Fluges aufnehmen. Da Projektile wiederholt in schneller Folge abgefeuert werden können, werden die Messungen erst durchgeführt, nachdem alle Bilder aufgenommen wurden. Dies legt die Auswahl einer Kamera mit einem größeren, partitionierbaren RAM nahe. Mehrere Schüsse können nacheinander aufgenommen und zur späteren Analyse heruntergeladen werden.

AUFNAHME VON FLÜCHTIGEN EREIGNISSEN IM FREIEN

Hochgeschwindigkeitskameras werden für Aufnahmen im Freien häufig über Ethernet verbunden. In dieser Umgebung wird die Aufnahme in der Regel in der Kamera erfasst und gespeichert, bevor sie schnell auf sichere Wechselmedien ausgelagert wird. Für die schnelle Auslagerung von Daten aus dem RAM der Kamera stehen verschiedene

Arten von Speichermedien zur Verfügung, obwohl Hochgeschwindigkeitskameras normalerweise für den Betrieb mit einem bestimmten Medientyp ausgelegt sind. Die Medientypen reichen dabei von proprietären Herstellerlösungen zur Optimierung der Datenübertragungsgeschwindigkeit spezieller Hochgeschwindigkeitskameras bis hin zu handelsüblichen Lösungen, die in den Arbeitsablauf einer Kamera integriert sind. Die handelsüblichen Lösungen sind dabei in der Regel kostengünstiger, übertragen Daten jedoch meist nicht so schnell wie proprietäre Lösungen.

Die Erfassung von Phänomenen im Freien, wie beispielsweise Blitzen, kann sich als schwierig erweisen, da es unmöglich ist, Zeitpunkte oder Häufigkeiten von Blitzeinschlägen vorherzusagen. Ein optimierter Arbeitsablauf ermöglichte es Forschern, Blitze zu erfassen, die zwischen Blitzableitern auf zwei Gebäuden auftraten.²

Die Forscher setzten Hochgeschwindigkeitskameras mit 40.000 fps und 7.000 fps ein, um die extrem schnell auftretenden Blitze zwischen den Blitzableitern zu erfassen. In nur wenigen Sekunden wurden die Aufnahmen aus den RAMs auf Wechselmedien heruntergeladen und die Kameras waren bereit für den nächsten Blitzschlag. Mit diesem Material war es den Forschern möglich, die Entfernung zwischen Gewitterwolke und Blitzableiter sowie die Geschwindigkeit der Entladung zu berechnen. Diese Informationen konnten dazu genutzt werden, besser zu verstehen, wie Blitzableiter funktionieren und um sie sicherer zu machen.

SCNELLER ARBEITEN MIT 10Gb-E

Netzwerk-Setups, ob im Labor oder im Freien, können von der Datenübertragung mit 10Gb-Ethernet profitieren. Mit dieser Ethernetverbindung können Rohdaten vom RAM der Kamera bis zu 10-mal schneller übertragen werden als über herkömmliche Verbindungen.

Die Zeiteinsparungen können signifikant sein. Zum Beispiel umfasst ein 5-Sekunden-Clip in 4K bei 1.000 fps ca. 60 GB. Ein guter Computer benötigt zum Speichern dieser Datei ca. 20 Minuten, über eine 10Gb-E Verbindung jedoch wird diese Datei in weniger als 2 Minuten gespeichert.

Diese Zeitersparnis ist in der Kinoindustrie entscheidend, wo Daten von großen, tragbaren Medienlaufwerken mit Terabytes an Daten ausgelagert werden.

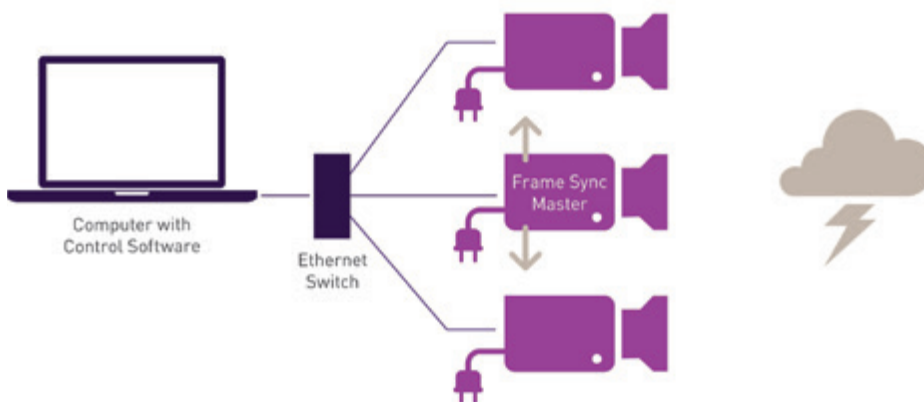
Beachten Sie Folgendes, um die Übertragungsgeschwindigkeit von 10Gb Ethernet zu maximieren:

- Verwenden Sie einen PC, der für 10Gb-E Netzwerke empfohlen ist. Bei Laptops setzt dies eine Thunderbolt-Verbindung und die Verwendung eines 10Gbase-T-Ethernet zu Thunderbolt-Konverters voraus.
- Speichern Sie die Dateien auf einer SSD-Festplatte, idealerweise einem SSD-RAID. Damit erreichen Sie die höchste Schreibgeschwindigkeit.
- Verwenden Sie den Computer ausschließlich für Hochgeschwindigkeitsaufnahmen und Downloads.

DIAGRAM OF A SIMPLE LAB SETUP



DIAGRAM OF MULTI-CAMERA TETHERED SETUP



Optimierung der Arbeitsabläufe für Hochgeschwindigkeits-Abbildungsverfahren

Bei sich wiederholenden Motiven mit sehr kurzen Ruhezeiten zwischen den Aufnahmen ist es möglich, den RAM der Kamera zu partitionieren und eine kontinuierliche Aufnahmefunktion zu verwenden. Damit speichert die Kamera automatisch nach der Auslösung jede Aufnahme und macht sich dann sofort selbst bereit für die nächste Aufnahme. Bei der kontinuierlichen Aufnahmefunktion begrenzt allein der verfügbare Festplattenspeicherplatz die Anzahl der möglichen Aufnahmen. Bei Verwendung dieser Funktionen ist es wichtig, die Dauer des Ereignisses zu kennen, um zu gewährleisten, dass das gesamte Ereignis gespeichert wird.

Viele Setups im Freien bestehen aus mehreren vernetzte Kameras, die von einem Computer gesteuert werden. Bei solchen Setups sind alle Kameras mit einer Master-Quelle synchronisiert. Dies kann entweder eine der Kameras oder eine Timecode-Quelle sein. Manchmal werden Bildverzögerungen eingesetzt, um so zu gewährleisten, dass eine der Kameras ein extrem schnelles Ereignis erfasst, wie z.B. Rissausbreitungen in Glas oder anderen Feststoffen. Verzögerungen können auch bei Ereignissen zum Einsatz kommen, die länger als die Aufnahmezeit einer Kamera dauern. In diesem Fall ist jede Kamera so eingestellt, dass sie in verschiedenen Intervallen nach der ersten Kamera aufnimmt, so dass die Gesamtdauer der Aufnahme lang genug ist, um das Ereignis zu erfassen.

Setups ohne Ethernetverbindung werden oft in Anwendungen wie wissenschaftliche Feldarbeit, Prüfungen von Chemieanlagen oder Pipelines, Naturaufnahmen oder Extremsport verwendet. Für diese Anwendungen sind Akkulaufzeit, Auslösesteuerung mit Sucher oder Videomonitor und Wechselmedien unerlässlich. Bei Ereignissen mit wiederholbarer Dauer speichert die automatische Speicherfunktion der Kamera die Daten - in einer festgelegten Größe oder vollständig - automatisch auf einem Wechselmedium, wenn der RAM voll ist. Diese Funktion ist auch ideal für Wiederholungstests, bei denen die Informationen vor Verlust geschützt werden müssen, da mehrere Aufnahmen auf tragbaren Medien gespeichert werden können und so bei Stromausfällen gesichert sind.

REDUZIERUNG VON AUSFALLZEITEN AM FILMSET

Obwohl sie in der Medienindustrie immer noch als Spezialkameras gelten, werden Hochgeschwindigkeitskameras von

DIAGRAM OF A SIMPLE STUDIO SETUP



DIAGRAM OF UNTETHERED SETUP



Werbespots bis hin zu praktischen Effekten für Spielfilme für alles eingesetzt. Da Hochgeschwindigkeitskameras im Vergleich zu herkömmlichen Kameras mit bis zu 30-facher Geschwindigkeit arbeiten, werden sie oft für detaillierte, dramatische Bewegungen in Kampfszenen und für Explosionen verwendet.

In diesem Setup wird die Kamera in der Regel mit den Steuerelementen in der Kamera oder mit einer speziellen Fernbedienung

mit mehreren Videomonitoren und Suchern bedient, um die Aufnahme einzustellen sowie Brennweite und Belichtung zu überwachen. Nachdem die Aufnahmen im RAM überprüft wurden, werden sie auf schnelle, sichere SSD-Medienlaufwerke mit Kapazitäten von bis zu 2 Terabyte Rohdaten übertragen.

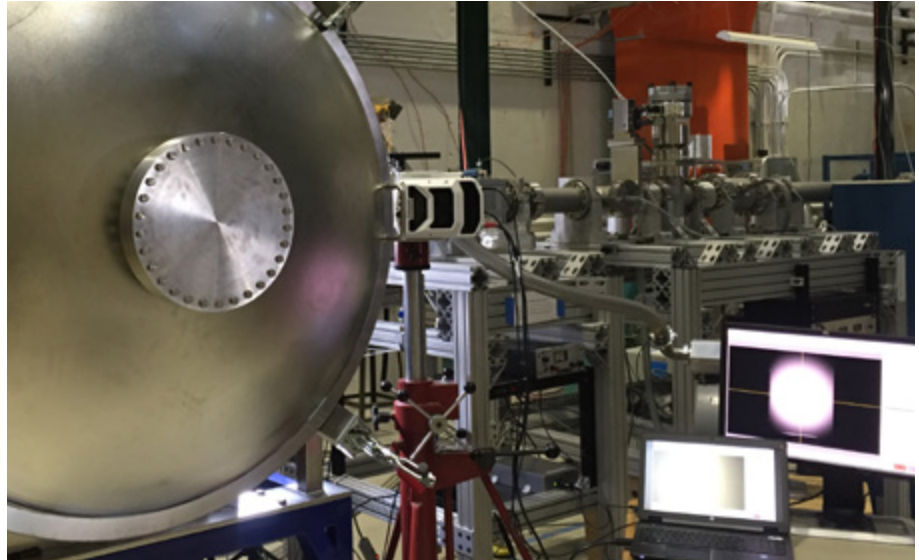
Ausfallzeiten am Filmset können bei Budgets im Millionenbereich zu erheblichen Kosten führen. Aus diesem Grund besteht die Hauptanforderung

Optimierung der Arbeitsabläufe für Hochgeschwindigkeits-Abbildungsverfahren

an die Hochgeschwindigkeitskamera in der Fähigkeit, einen sehr schnellen Arbeitsablauf in der Kamera zu unterstützen, bei dem die Kamera ohne Computer betrieben wird und der Datendownload separat an eine spezielle Station erfolgt. Letztendlich sparen diese Arbeitsabläufe die Produktionszeit und das Geld ein, was für eine Branche entscheidend ist, die stark auf Tarife und einen strengen Zeitplan angewiesen ist.

Wenn ein tragbares Medienlaufwerk voll ist, wird die Download-Station zum Speichern der Daten an einem sicheren Ort verwendet. Eine schnelle 10-Gbit-Ethernet-Verbindung ist der Schlüssel zum Herunterladen von Medienlaufwerken, die Terabytes an Daten enthalten. Zur Archivierung und zur Sicherung wird auf zwei Laufwerken je eine Kopie der Rohdaten gespeichert. Obwohl für Farbkorrektur und ursprüngliche Bearbeitung letztendlich die Rohdaten verwendet werden, wird eine komprimierte Version der Aufnahmen jedes Tages für den Regisseur gespeichert, der damit das Filmmaterial des Tages sichten kann.

Hochgeschwindigkeitskameras, die schnelle Wechselmedien unterstützen, enthalten häufig einen Direktaufnahmemodus, der den RAM der Kamera umgeht. Dies beschränkt die Bildwiederholrate auf etwa 120 fps, ermöglicht aber wesentlich längere Aufnahmezeiten, so dass die „Spezialkamera“ wie eine normale Videokamera eingesetzt werden kann. Mit dem Direktaufnahmemodus kann eine Kamera sowohl für Effekte als auch für normale Aufnahmen verwendet werden, was besonders bei Projekten von Vorteil ist, bei denen alle Aufnahmen mit einer Kamera gemacht werden müssen.



Ein v2511 in einem „einfachen Labor-Setup“ zur Untersuchung extrem schneller mikroelektrischer Funken.

Referenzen

1. Vision Research Fallstudie: „Ergebnisse von Kollisionen zwischen Tropfen und festen Teilchen in der Luft,“

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

2. Vision Research Fallstudie: „Wenn Blitz auf Blitzableiter trifft“,

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

Titelbild aus dem Making-Of von ‚Tanz der Honigbiene‘ von Peter Nelson mit einer Miro LC.

VISION
RESEARCH

AMETEK®
MATERIALS ANALYSIS DIVISION



INFORMATIONEN ÜBER VISION RESEARCH

Vision Research entwickelt und produziert digitale Hochgeschwindigkeitskameras, die in einer Vielzahl von Industriebranchen und Anwendungen eingesetzt werden. Vision Research ist eine Geschäftseinheit der Materials Analysis Division von AMETEK Inc.

Einige Phantom-Kameras der Marke AMETEK Vision Research unterliegen Exportlizenzen. Weitere Informationen hierzu finden Sie unter: www.phantomhighspeed.com/export