

TurboDrive™

Mit den vor Kurzem herausgebrachten Linea GigE™-Zeilenkameras setzt Teledyne DALSA erneut die Messlatte für Innovationen höher.

Die Linea GigE ist die erste Kamera von Teledyne DALSA mit TurboDrive. Diese Technologie macht es möglich, dass die Kamera Informationen mit einer Geschwindigkeit überträgt, welche die Beschränkungen von Gigabit-Ethernet übersteigt. TurboDrive ist eine zum Patent angemeldete Innovation, die fortschrittliche Datenkodierungstechniken nutzt, die sich auf die Redundanz der ausgehenden Daten des Sensors stützen. Dabei wird eine Kodierung mit zugrunde liegender Bildentropie angewendet, um Pixelinformationen ohne Verlust abzubilden. Dies ermöglicht eine schnellere Datenübertragung, da jedes Pixel zur Kodierung aus weniger Bits besteht.

Mit neuen CMOS-Sensoren wird beim Versuch, die Übertragungsgeschwindigkeit zu erhöhen, die verfügbare Bandbreite an der Kameraschnittstelle oftmals zur Engstelle. Framegrabber ohne Kameraschnittstellen, wie GigE Vision und USB3 Vision, sind in der Regel erschwinglich, bieten aber keinen erhöhten Durchsatz, der durch die Nutzung von Framegrabbern mit Kameraschnittstellen wie Camera Link, Camera Link HS und CoaXPress verfügbar ist. Die TurboDrive-Technologie von Teledyne DALSA ist eine effiziente Herangehensweise, um die Übertragungsgeschwindigkeit der Kamera ohne das Hinzufügen eines Framegrabbers in das System zu erhöhen, wobei diese Technologie ebenfalls auf jedes verlässliche Übertragungsmedium anwendbar ist (d. h. die Kommunikationsverbindung ermöglicht eine Vorwärtsfehlerkorrektur oder einen erneuten Versand eines Pakets).

Bildverarbeitungskameras nutzen üblicherweise eine absolute Kodierung von 8 bis 16 Bit, um Bildinformationen zu übertragen. Bei 8 Bit nimmt jedes Pixel beispielsweise einen Wert von 0 (schwarz) bis 255 (weiß) an. TurboDrive basiert auf der lokalisierten relativen Kodierung, um jedes Pixel in seinem Kontext zu untersuchen, bevor es kodiert wird. Dadurch entsteht eine kompaktere Kodierung der Pixelinformationen, wodurch TurboDrive effizienter die gleichen Informationen in weniger Bits packt. Durch die Kombination mit einem zuverlässigen Übertragungsweg können die TurboDrive-Geschwindigkeiten von 120 bis 235 % der nominalen Kanalgeschwindigkeit ansteigen.

Dieser Primer soll erklären, wie TurboDrive Ihre Anwendung unterstützen und die Übertragungsgeschwindigkeit relativ

zur gemessenen Bildentropie für einen großen Satz von typischen industriellen Inspektionsbildern erhöhen kann. Dazu wird ein mathematisches Modell genutzt, um die erwartete Durchsatzerhöhung darzustellen, die mithilfe von TurboDrive realisiert werden kann.

Bildentropie

Die Bildentropie misst den Grad der Zufälligkeit in einem Bild: Je gleichmäßiger ein Bild ist, desto einfacher kann es kodiert werden. Eine sehr hohe Bildentropie bedeutet, dass das Bild sehr viele Informationen enthält, wodurch es schwerer ist, es kompakt zu kodieren.

Stellen Sie sich eine Datenquelle (den Sensor) vor, bei der jedes aufgenommene Pixel unabhängig vom zuvor aufgenommenen Pixel ist. Jeder mögliche Pixelwert hat eine Eintrittswahrscheinlichkeit P_i . Die Menge der von einem Pixel mit niedriger Eintrittswahrscheinlichkeit P_i bereitgestellten Informationen (also ein Pixel, das sich von der Masse unterscheidet) ist folglich höher als die Informationen eines Pixels mit einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit.

In diesem Dokument definieren wir die Bildentropie mithilfe der folgenden Gleichung:

$$Image\ Entropy = - \sum_i P_i \times \log_2(P_i)$$

Gleichung 1: Bildentropie

Wobei P_i für die Wahrscheinlichkeit steht, mit welcher der Pixelwert gleich „i“ ist, und \log_2 für den Logarithmus zur Basis 2. Für Wahrscheinlichkeiten kleiner als 1 ist \log_2 somit negativ. Deshalb muss ein Minuszeichen vor das Sigma gesetzt werden. Je höher die Wahrscheinlichkeit ist, desto näher liegt \log_2 an 0 (denken Sie daran, dass eine Wahrscheinlichkeit immer kleiner oder gleich 1,0 ist). Das zeigt, dass Pixelwerte mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit den größten Beitrag zur Bildentropie leisten.

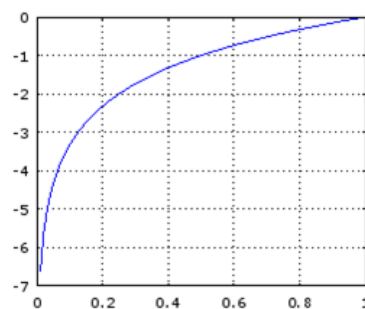


Abbildung 1: $\log_2(x)$

Fortsetzung >

Eigentum von Teledyne DALSA. Keine unerlaubte Veröffentlichung oder Vervielfältigung.

Copyright © 2015 Teledyne DALSA. Alle Rechte vorbehalten.

Die obige Gleichung kann direkt aus dem Bildhistogramm berechnet werden. Ein Histogramm ist die Darstellung der Pixelverteilung in einem gegebenen Bild. Jedes Mal, wenn ein bestimmter Wert im Bild auftritt, erhöht sich die Histogrammspalte für diesen Wert um 1. Das Histogramm kann somit verwendet werden, um die Wahrscheinlichkeitsverteilung jedes möglichen Pixelwertes anzugeben.

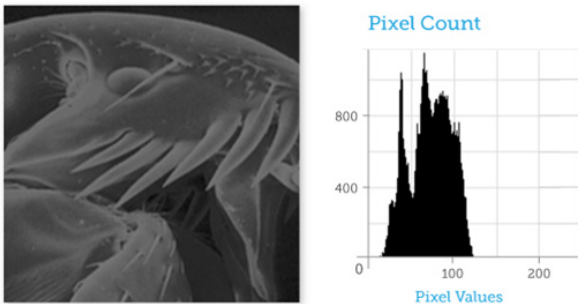


Abbildung 2: Beispiel eines Histogramms

Aus dem obigen Diagramm ergibt sich, dass bei einem gleichmäßigen Bild mit einer einzigen Intensität alle Pixel den gleichen Wert annehmen würden. Das dazugehörige Histogramm würde folglich einen einzigen Spitzenwert enthalten. Entsprechend wäre die Bildentropie gleich 0, da die Eintrittswahrscheinlichkeit diesen einzigen Wertes gleich 1,0 und $\log_2(1,0) = 0$ wäre. Um ein derartiges Bild vollständig zu beschreiben, muss man nur den gemeinsamen Wert aller Pixel kennen. Sie sehen also, dass die Kodierung dieses Bildes nur wenige Informationsbits erfordert. Echte Bilder sind jedoch nicht so simpel und viele von ihnen sind redundant. Das heißt, dass bestimmte Pixelwerte eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit aufweisen. Dieses Prinzip ist einer der Grundbausteine von TurboDrive.

Kurz gesagt stellt die Bildentropie die theoretische untere Grenze der durchschnittlichen Bitanzahl dar, die zur Kodierung jedes Bildpixels erforderlich ist. Also je niedriger der Wert ist, desto effektiver ist die Komprimierung, die durch TurboDrive erreicht werden kann.

TurboDrive-Prinzip 1 Bildentropie

Verschenden Sie keine Bits, um Informationen zu kodieren, die viele Pixel gemeinsam haben. Berücksichtigen Sie nur die Anzahl der Bits, die notwendig sind, um die Pixel basierend auf der Bildentropie zu kodieren.

Nutzung des Nachbarschaftseffekts

Bildentropie ist das erste für TurboDrive genutzte Prinzip. Um die Bitanzahl, die zur Kodierung der Pixelinformationen notwendig ist, (ohne Informationsverlust) noch weiter zu verringern, berücksichtigt TurboDrive den Nachbarschaftseffekt. Die Nachbarschaft eines Pixels ist die Sammlung der Pixel, die es umgeben. Obwohl der genaue Abstand eines Nachbarn variieren kann, beschränken wir unser Beispiel in dieser Analyse auf die angrenzenden Pixel (d. h. die Pixel, die das Referenzpixel direkt berühren).

Für die meisten Pixel besteht eine geringe Pixel-zu-Pixel-Abweichung und eine hohe Redundanz. Deshalb ist es möglich, die Informationen der angrenzenden Pixel effizient zu nutzen, um das Referenzpixel noch effizienter zu kodieren.

Eine Herangehensweise ist die Verwendung eines 2D-Hochpassfilters, der mithilfe einer Konvolution implementiert wird. Für einen einfachen Hochpassfilter beträgt die Summe aller seiner Koeffizienten 0. Der Filter, den wir in unserem Modell verwenden, besitzt eine 3 × 3-Maske und legt den Schwerpunkt auf das Mittelpixel.

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

Abbildung 3: 2D-Hochpassfilter

Das Ergebnis dieses Filters zeigt den Unterschied zwischen dem Referenzpixel in der Mitte und den vier direkten Nachbarn. Somit kann für ein gleichmäßiges Bild festgestellt werden, dass die 9 Pixel den gleichen Wert haben und das Ergebnis dieses Filtervorgangs 0 ist. Im Grunde gilt, dass je geringer die Pixel-zu-Pixel-Abweichung ist, desto geringer ist der Wert, der durch diesen Hochpassfilter ausgegeben wird. Man kann unmittelbar erkennen, dass im Gegensatz zu einem größeren Wert weniger Bits notwendig sind, um einen kleinen Wert zu kodieren. Natürlich kann mit den Gewichtungen der 9 Filterkoeffizienten dieses Modells gespielt werden, um den Bildinhalt anzupassen.

Fortsetzung >

Eigentum von Teledyne DALSA. Keine unerlaubte Veröffentlichung oder Vervielfältigung.

Copyright © 2015 Teledyne DALSA. Alle Rechte vorbehalten.

TurboDrive-Prinzip 2 Nachbarschaftseffekt

Nehmen wir an, dass eine geringe Pixel-zu-Pixel-Abweichung besteht. Es werden nur die zusätzlichen Informationen kodiert, die für das Referenzpixel spezifisch sind.

Durch die Nutzung der Bildgleichmäßigkeit verwendet TurboDrive eher die lokalisierte relative Kodierung als die absolute Kodierung. Das ist effizienter, wenn Nachbarpixel eine höhere Korrelation aufweisen. Das Ergebnis dieses Hochpassfiltervorgangs wird anschließend als Eingabewert für den Bildentropieschritt verwendet, um eine weitere Minimierung der Kodierungsgröße des Bildes zu erreichen. Dadurch wird eine kompakte Darstellung sichergestellt, die alle Informationen des Originalbildes beibehält. Mit dieser Herangehensweise erfolgt die theoretische Durchsatzverbesserung auf dem Übertragungsmedium bei lokalisierter relativer Kodierung durch:

$$\text{Throughput increase} = \frac{\# \text{ bits}_{\text{abs. encoding}}}{\text{image entropy}_{\text{rel. encoding}}}$$

Gleichung 2: Durchsatzerhöhung

In der obigen Gleichung ist der Zähler typischerweise gleich 8 Bits, während der Nenner durch das Ergebnis von Gleichung 1 bestimmt wird, nachdem der 2D-Hochpassfilter aus Abbildung 3 angewendet wurde.

Anforderungen an den Übertragungsweg

Eine typische Kamera zur industriellen Bildverarbeitung kodiert die Pixelinformationen mithilfe der absoluten Kodierung. Das heißt, dass jedes Pixel vollständig durch sich selbst beschrieben wird und keine zusätzlichen Informationen zur Kodierung notwendig sind. Der numerische Wert stellt die Pixelintensität dar. Diese Herangehensweise hat den Vorteil, dass bei einer fehlerhaften Übertragung der Empfänger einfach die fehlerhaften Pixel überspringen kann. Der Nachteil ist, dass diese Art der Kodierung mehr Bits erfordert, als basierend auf dem zuvor erläuterten Prinzip der Bildentropie wirklich notwendig sind.

Wenn also eine absolute Kodierung suboptimal ist, warum wird sie so oft zur industriellen Bildverarbeitung eingesetzt? Dies ergibt sich aus ihrer Einfachheit und dem Fakt, dass Analog und Camera Link einen Übertragungskanal bieten, der Übertragungsfehler ignoriert.

Lassen Sie uns das Beispiel von Camera Link verwenden. Diese Kameraschnittstelle wurde im Oktober 2000 eingeführt und ist seit dem sehr beliebt, hauptsächlich aufgrund des schnellen Datendurchsatzes von bis zu 850 MB/s. Ein weniger bekannter Aspekt ist allerdings, dass Camera Link keine Stabilität bietet, wenn Bitfehler auftreten: Wenn ein Bit während der Übertragung beschädigt wird, hat der Framegrabber keine Möglichkeit, das Problem zu erkennen oder die Anwendung zu benachrichtigen. Das betroffene Pixel nimmt daraufhin einen falschen Wert an. Das Ausmaß dieses Effekts hängt davon ab, ob das beschädigte Bit näher am signifikantesten Bit (großes Ausmaß) oder näher am unwichtigsten Bit (geringes Ausmaß) liegt. Camera Link bietet keine Prüfsumme, erneute Datenübertragung oder Vorwärtsfehlerkorrektur. Aber denken Sie nicht, dass eine zuverlässige Übertragung die Eigenschaft von älteren Kameraschnittstellen ist. Selbst CoaXPress 1.1, eine neuere Kameraschnittstelle, ist auf die Fehlererkennung beschränkt ohne die Garantie einer Bildübertragungsstabilität.

Abbildung 4 stellt dieses Problem für ein 8-Bit-Pixel dar: Eine Kamera überträgt den Binärwert 11010001b = 209d. Während der Datenübertragung wechselt Bit 6 von 1 zu 0. Der Empfänger erkennt den Binärwert somit als 10010001b = 145d. Das angezeigte Pixel ist dadurch auf einer Skala von 256 Stufen um 64 Graustufen dunkler als das vom Sensor erfasste Pixel. Das ist ein wesentlicher Fehler, der im Bild eindeutig sichtbar sein würde.

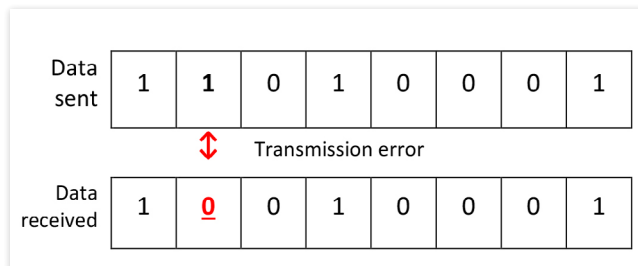


Abbildung 4: Bitfehler während der Übertragung

Aufgrund der Abhängigkeit von den angrenzenden Pixeln erfordert TurboDrive zuverlässige Übertragungskanäle, die sie durch GigE Vision, USB3 Vision und Camera Link HS bereitgestellt werden. Jeder Übertragungsfehler wird dann auf dem Übertragungslayer verwaltet. Das heißt, dass die Dekodierungsengine von TurboDrive immer ein fehlerfreies digitales Signal empfängt. Falls der Kanal nicht zuverlässig ist, würde sich ein Übertragungsfehler in einem Pixel auf seine Nachbarn ausbreiten und dadurch ein Cluster aus falschen Werten erzeugen. Das ist der Grund, warum TurboDrive entwickelt wurde, um mit zuverlässigen Übertragungsmedien genutzt zu werden.

Fortsetzung >

Eigentum von Teledyne DALSA. Keine unerlaubte Veröffentlichung oder Vervielfältigung.

Copyright © 2015 Teledyne DALSA. Alle Rechte vorbehalten.

TurboDrive-Prinzip 3 Zuverlässiger Kanal

Verwenden Sie nur ein zuverlässiges Übertragungsmedium. Anderenfalls könnte sich ein einzelner Fehler auf angrenzende Pixel ausweiten.

TurboDrive basiert auf der relativen Kodierung. Folglich sind die in einem Pixel kodierten Informationen nicht ausreichend, um das Pixel vollständig zu beschreiben (im Gegensatz zur absoluten Kodierung). Deshalb sind zusätzliche Informationen notwendig, um das Pixel zu rekonstruieren. Die Daten sind vor und nach der Kodierung identisch. Es kann jedoch eine effizientere Datenkomprimierung erzielt werden, indem der Nachbarschaftseffekt berücksichtigt wird.

Durchbrechen der Bandbreitenbarriere

Die obigen 3 Prinzipien sind ausreichend, um TurboDrive zu implementieren. Sie reichen jedoch nicht aus, um den maximalen Durchsatz der Kameraschnittstelle zu überschreiten. Die meisten Bildverarbeitungskameras wurden entwickelt, um Bilder mit einer Bildrate zu empfangen, die nicht die Kapazität des Übertragungsweges überschreitet. Der Bildempfang wird dadurch nicht von der Bildübertragung entkoppelt. Diese Herangehensweise stammt wiederum von Analog- und Camera Link-Kameras.

Um den Vorteil von TurboDrive voll zu nutzen, muss die Kamera mit einer Geschwindigkeit empfangen, die höher als die nominale Übertragungsgeschwindigkeit ist, wenn eine absolute Kodierung angewendet wird. Wir nennen dies den „Burst-Modus“. Die Kamera kann anschließend das lokalisierte relative Kodierungsschema von TurboDrive nutzen, um zusätzliche Informationen auf dem Übertragungsweg zu komprimieren. Dadurch werden der Empfang und die Übertragung von Bildern beschleunigt. Eine GigE Vision-Kamera kann somit eine Geschwindigkeit von 115 Megabit pro Sekunde überschreiten, da jedes Pixel bei der Kodierung weniger als 8 Bit erfordert.

Zur Nutzung dieses Vorteils muss die Kamera integrierte Puffer besitzen. Diese Puffer sammeln die Pixelinformationen. Das hat den Vorteil, dass Abweichungen in der Kodierungsstufe kompensiert werden: Puffer korrigieren Kodierungsabweichungen, um eine gute durchschnittliche Übertragungsgeschwindigkeit zu erreichen, die innerhalb der Grenzwerte des maximalen Durchsatzes der Kameraschnittstelle liegt. Des Weiteren kann die Kamera

TurboDrive-Prinzip 4 Burst-Modus

Empfangen Sie mit einer höheren Geschwindigkeit als das Übertragungsmedium. Verlassen Sie sich auf eine relative Wertekodierung, um die Pixelinformationen innerhalb der verfügbaren Bandbreite unterzubringen.

Totzeiten zwischen Bildern nutzen, um die Übertragung fortzusetzen und die internen Puffer zu leeren. Dadurch wird der Übertragungsweg weiterhin ausgelastet.

Wenn ausreichende Puffer zur Verfügung stehen, ist das Ziel ein durchschnittlicher Durchsatz nach der relativen Kodierung einschließlich der Totzeiten, um der maximalen Übertragungsgeschwindigkeit der Kameraschnittstelle zu entsprechen. Alle Kameras mit TurboDrive von Teledyne DALSA unterstützen das 4. Prinzip, um Ihnen eine verbesserte Empfangsgeschwindigkeit zu bieten, welche die maximale Leistung des Sensors sicherstellt.

Leistungsanalyse

In diesem Abschnitt vergleichen wir TurboDrive mit dem theoretischen mathematischen Modell, das oben beschrieben wird. Das Ziel ist die Charakterisierung der tatsächlichen Durchsaterhöhung von TurboDrive, wenn es für typische industrielle Bildverarbeitungen verwendet wird. Zur Umsetzung verwenden wir Octave, eine kostenlos erhältliche, interpretierte Sprache für numerische Berechnungen ähnlich Matlab®. Octave soll die Durchsatzverbesserung für das mathematische Modell berechnen. Teledyne DALSA stellt ein Tool zur Verfügung, mit dem die Durchsatzverbesserung mithilfe von TurboDrive bestimmt wird. Durch die Speisung der gleichen Bilder in das mathematische Modell und TurboDrive wird eine lineare Beziehung zwischen den beiden Ansätzen geschaffen. Diese Gleichstellung kann anschließend als Prädiktor genutzt werden, um die erwartete Leistungsverbesserung von TurboDrive zu ermitteln, indem das einfachere mathematische Modell verwendet wird.

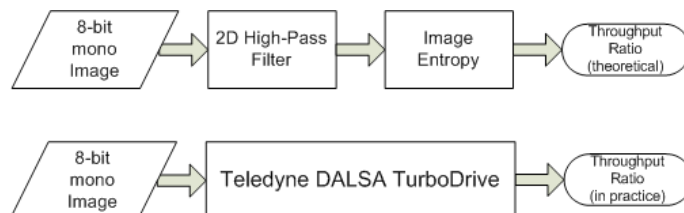


Abbildung 5: TurboDrive im Vergleich mit dem Modell

Fortsetzung >

Eigentum von Teledyne DALSA. Keine unerlaubte Veröffentlichung oder Vervielfältigung.

Copyright © 2015 Teledyne DALSA. Alle Rechte vorbehalten.

Die folgende Liste stellt die Skriptdatei von Octave dar, welche die erreichbare theoretische Durchsatzverbesserung berechnet, indem das mathematische Modell dieses Primers angewendet wird. Alle zu untersuchenden Bilddateien müssen sich in einem Ordner befinden. Das Skript durchläuft diese Dateien und meldet die Durchsatzverbesserung.

```
# Mathematical model
pkg load image
my_filter = [ 0, -0.25, 0;
             -0.25, 1, -0.25;
             0, -0.25, 0];
FILES = readdir ("C:/Images");
for i = 3:size(FILES)
    # Load image file
    filename = char(FILES(i))
    orig_image = imread (filename);
    # Step 1 - 2D high pass filter (rel. encoding)
    new_image = conv2 (orig_image, my_filter, "valid");
    # Step 2 - image entropy
    new_entropy = entropy (new_image)
    # Step 3 - throughput increase (8-bit images)
    increase = 8 / new_entropy
endfor
```

Abbildung 6: Mathematisches Modell

Die gleichen Bilder werden in das TurboDrive-Tool eingespeist, um die Durchsatzverbesserung mithilfe der TurboDrive-Implementierung zu bestimmen.

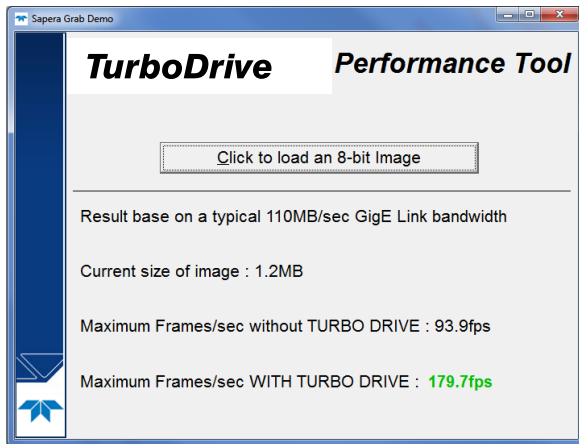


Abbildung 7: TurboDrive-Tool

Wir haben beide Methoden auf 98 Bilder angewendet, die mithilfe von verschiedenen Bildverarbeitungsanwendungen erfasst wurden: Strichcode, OCR, ITS, elektronische Prüfverfahren usw. Das untere Diagramm vergleicht das Durchsatzverhältnis von TurboDrive (Y-Achse) mit dem mathematischen Modell (X-Achse).

TurboDrive vs Modell

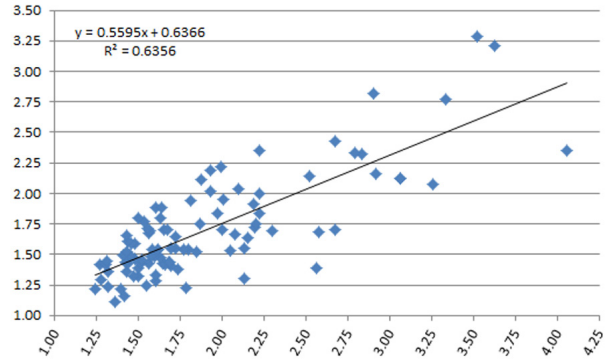


Abbildung 8: Durchsatzverbesserung

Diese Grafik zeigt eine signifikante lineare Beziehung zwischen TurboDrive und dem mathematischen Modell. Die Korrelation ist ausreichend hoch, so dass das Modell als guter Prädiktor der TurboDrive-Leistung genutzt werden kann.

Mit diesen Daten führen wir eine einfache lineare Regression durch. Dadurch ergibt sich eine Gleichung zwischen TurboDrive und dem mathematischen Modell, indem die Kleinstquadratschätzfunktion angewendet wird.

$$Throughput_{TurboDrive} = b_0 + b_1 \times Throughput_{modell}$$

Gleichung 3: Einfach lineare Regression

Basierend auf den analysierten Bildern extrahieren wir den folgenden Wert für b_0 und b_1 aus Abbildung 8.

$b_0 = 0,6366$ (Schnittpunkt)

$b_1 = 0,5595$ (Steigung)

$$Throughput_{TurboDrive} = 0.637 + 0.560 \times Throughput_{modell}$$

Gleichung 4: TurboDrive-Durchsatzverbesserung

Der Bestimmungskoeffizient (R^2) entspricht 0,636. Dieser Koeffizient gibt an, wie gut die Daten in das statistische Modell passen. In diesem Fall können 63,6 % der Abweichung in der TurboDrive-Durchsatzverbesserung aus dem Modell vorhergesagt werden.

Gleichung 4 gilt, wenn sich der Durchsatz_{Modell} im Bereich von 1,25 bis 4,0 befindet. Sie können diese Gleichung kombiniert mit dem mathematischen Modell verwenden, das in Abbildung 6 dargestellt ist, um eine grobe Schätzung der durchschnittlichen

Fortsetzung >

Eigentum von Teledyne DALSA. Keine unerlaubte Veröffentlichung oder Vervielfältigung.

Copyright © 2015 Teledyne DALSA. Alle Rechte vorbehalten.

Durchsatzsteigerung zu erreichen, die TurboDrive für die gegebene Bildklasse erreichen sollte. Mit diesem Wert können Sie schätzen, inwiefern TurboDrive Ihre Anwendung beschleunigen kann.

Vorteile von TurboDrive

Teledyne DALSA führte TurboDrive mit dem Release der Linea GigE-Zeilenkamera und Sapera LT 8.0 im Frühling 2015 ein. Durch die Nutzung der Techniken, die in diesem Primer beschrieben sind, kann Linea GigE den für diese Produktklasse typischen Durchsatz von 115 MB/s übertreffen.



Abbildung 9: Linea GigE von Teledyne DALSA

Die Linea Mono 4K GigE ist beispielsweise aufgrund der Gigabit-Ethernet-Verbindungsgeschwindigkeit auf 26 kHz beschränkt. Durch die Aktivierung von TurboDrive und die Berücksichtigung der Totzeit zwischen virtuellen Bildern kann die Zeilenrate für Szenen mit niedriger Bildentropie 80 kHz erreichen. Das ist die gleiche Zeilenrate, die vom Linea Camera Link-Modell geboten wird. Es besteht jedoch der zusätzliche Vorteil des GigE Vision-Langkabels und der niedrigen Systemkosten (es ist kein Framegrabber für GigE Vision erforderlich).

Linea Camera Models				
	Model	Resolution	Pixel Size	Line Rate
	Linea Mono 2k CL	2048 x 1	7.04 µm	80 kHz
	Linea Mono 4k CL	4096 x 1	7.04 µm	80 kHz
	Linea Mono 8k CL	8192 x 1	7.04 µm	80 kHz
	Linea Mono 2k GigE	2048 x 1	7.04 µm	52 kHz *
	Linea Mono 4k GigE	4096 x 1	7.04 µm	26 kHz *

* Up to 80 kHz with TurboDrive™

Abbildung 10: Linea-Kameramodelle

Ein wichtiger Vorteil ist, dass TurboDrive für den Anwendungsquellcode absolut transparent ist: Alle Vorgänge erfolgen innerhalb des Teledyne DALSA GigE Vision-Treibers, einem Baustein von Sapera LT. Zur Aktivierung von TurboDrive muss die Funktion Turbo Transfer Mode in CamExpert (siehe Abbildung 11) einfach auf TRUE gesetzt werden. Alternativ kann direkt auf die GenICam-Funktion *turboTransferEnable* zugegriffen werden. Nach der Aktivierung von TurboDrive kommuniziert Sapera LT mit der Kamera, um zu bestimmen, welche Version von TurboDrive unterstützt wird und welches Kodierungsschema verwendet werden soll. Das heißt, dass eine vorhandene Sapera LT-Anwendung direkt von TurboDrive profitieren kann, ohne deren Quellcode neu übersetzen oder ändern zu müssen. Die in den Host-Puffer gespeicherten Daten sind identisch, egal ob TurboDrive aktiviert oder deaktiviert ist. Der Unterschied besteht jedoch im maximal erreichbaren Durchsatz.

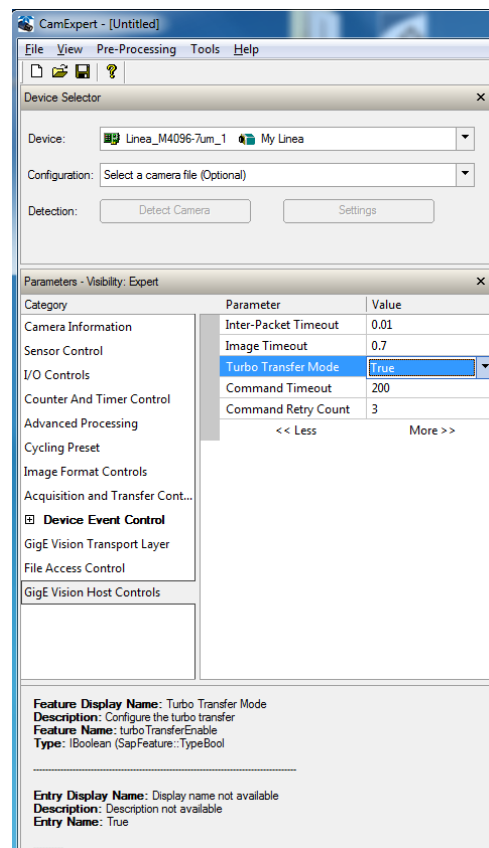


Abbildung 11: Aktivierung von TurboDrive in CamExpert

Eine weitere Anwendung von TurboDrive findet sich in Multi-Kamera-Systemen. Mithilfe eines Ethernet-Switches ist es möglich, Bild-Streams von mehreren Kameras in einer einzigen Netzwerkkarte (NIC) zu kombinieren. Dabei darf der aggregierte Durchsatz dieser Kameras nach der TurboDrive-Kodierung die maximale Verbindungsgeschwindigkeit von 115 MB/s für GigE Vision nicht überschreiten. In einigen Bildverarbeitungssystemen könnte dies kosteneffektiver als die Verwendung von mehreren NIC sein.

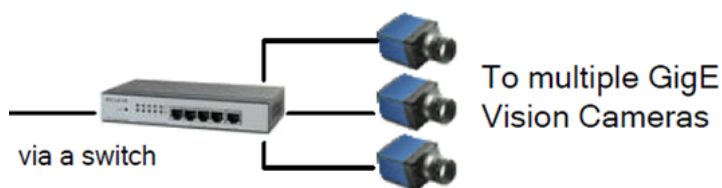


Abbildung 12: Ein Multi-Kamera-System

Fazit

Bei der Verwendung eines zuverlässigen Mediums, wie GigE Vision, es ist möglich, von der traditionellen absoluten Kodierung, bei der jedes Pixel durch seine Intensität dargestellt wird, zur effizienteren Datenkodierung basierend auf Redundanz zu wechseln, wobei keine Informationen verloren gehen, da das dekodierte Bild Bit für Bit mit dem erfassten Bild identisch ist. TurboDrive nutzt den kombinierten Effekt der Bildentropie und der Abweichung angrenzender Pixel, um den Kameradurchsatz zu erhöhen. Wir haben gezeigt, dass die verbesserte Leistungsstufe für die in diesem Experiment verwendeten Bilder typischerweise zwischen 120 % und 235 % liegt. Für eine Geschwindigkeit von 115 MB/s, wie sie standardmäßig für GigE Vision über eine Gigabit-Ethernet-Verbindung verfügbar ist, stellt dies eine äquivalente Übertragungsbandbreite von 138 MB/s bis 270 MB/s bei aktiviertem TurboDrive dar. Und TurboDrive ist für die Anwendung absolut transparent.