

Vergleich der gängigsten digitalen Schnittstellentechnologien in der industriellen Bildverarbeitung

Camera Link®, USB3 Vision, GigE Vision, FireWire

Konzipiert man ein Kamerasystem, ist die Wahl der Schnittstellentechnologie eine der ersten Entscheidungen. Kunden, Integratoren und Hersteller müssen eine Reihe von Faktoren berücksichtigen, um die optimale Balance zwischen Leistungsfähigkeit, Kosten und Zuverlässigkeit zu finden.

Inhalt

- 1. Gigabit Ethernet –**
Flexible Schnittstelle ohne Framegrabber, hervorragende Multi-Kamera-Eignung, lange Kabel 1
- 2. USB3 Vision – High-Speed-Schnittstelle**
ohne Framegrabber, niedrige CPU-Last, einfaches Handling 2
- 3. FireWire – ältere Schnittstelle**
mit Einschränkungen 2
- 4. Camera Link – sehr hohe Datenübertragung,**
aber komplexer Systemaufbau 3
- 5. CPU Load vergleich** zwischen FW, USB3 Vision
und GigE Vision 4
- 6. Zusammenfassung und Ausblick**..... 4

Gigabit Ethernet – Stärken im Multi-Kamera-Setup, lange Kabel, flexible Schnittstelle ohne Framegrabber



Gigabit Ethernet (GigE) ist seit 2006 ein etablierter Standard in der industriellen Bildverarbeitung. Gemessen an der Zahl der installierten Anwendungen, ist es derzeit die am schnellsten wachsende Schnittstellentechnologie für industrielle Digitalkameras. Seine Popularität verdankt Gigabit Ethernet der Fähigkeit, einige zentrale Probleme effektiv zu lösen. Einschränkungen bei Kabellängen, wie sie bei älteren Schnittstellen üblich waren, sind mit Gigabit Ethernet kein Problem. Zudem ist die Kombination mehrerer Kameras mit einem PC deutlich einfacher. Datenübertragungsraten von mehr als 100 MB/s und maximale Kabellängen von bis zu 100 Metern machen Gigabit Ethernet zu einer universell einsetzbaren digitalen Schnittstelle, die zudem ohne Framegrabber auskommt. All das reduziert die Kosten erheblich. GigE ist somit hervorragend geeignet, unter anderem analoge Kamerasysteme in zahlreichen Anwendungen reibungslos zu ersetzen.

Der GigE Vision Standard arbeitet Hand in Hand mit der physischen Schnittstelle, die durch den Gigabit Ethernet Standard definiert ist. Dank dieser Vereinheitlichung folgt die Implementierung einer klar nachvollziehbaren Logik und unterstützt die einfache Integration in alle Bildverarbeitungsprogramme auf der Basis von Software-Bibliotheken. Sollen GigE Vision-kompatible Kameras durch neue Modelle ersetzt werden, sind keinerlei Änderungen in der Software notwendig. Neuinvestitionen und Folgekosten lassen sich daher gut abschätzen und verbindlich planen.

Gigabit Ethernet dominiert schon zahlreiche Bereiche der Bildverarbeitung, von der Produktion bis hin zu intelligenten Verkehrssystemen. Dennoch müssen Systemhersteller bei der Implementierung einige Punkte beachten. Bedacht werden sollte die CPU-Last, die der Bildeinzug in Anspruch nimmt. Sie liegt typischerweise bei 3% bis 8%, sofern optimierte Treiber wie Basler pylon genutzt werden. Wichtig ist auch das benötigte Trigger-Intervall. Die Gigabit Ethernet-Schnittstelle kann GigE-Kameras innerhalb etwa einer Millisekunde triggern, was für eine Vielzahl von Anwendungen ausreicht. Nutzer, die ihre Kamera im Bereich von Mikrosekunden einsetzen wollen, können den Hardware I/O (Input) zum Triggern verwenden.

Zusammenfassung Gigabit Ethernet/GigE Vision:

Geschwindigkeit: 100 MB/s net

Kabellänge: bis zu 100 Meter passiv

Vorteile:

- Standard-Schnittstelle bei fast jeder PC Hardware
- Einfache Infrastruktur für Multi-Kamera-Einsatz
- Lange Kabeldistanzen
- Ein-Kabel-Lösung möglich (POE – Power over Ethernet)

Einschränkungen: CPU-Last muss optimiert werden

USB 3.0 – High-Speed-Schnittstelle ohne Framegrabber, niedrige CPU-Last, einfaches Handling



USB
VISION

Seitdem USB 3.0 ein verbreiteter Standard im Consumer Markt geworden ist, unterstützt ein Großteil der Hardware USB 3.0. Im Vergleich zum USB 2.0-Vorgänger bietet USB 3.0 eine neunmal höhere Bandbreite, besseres Fehlermanagement, höhere Stromzufuhr, größere Kabellängen, sowie kurze Latenzzeiten und höhere Jittergenauigkeit. USB 3.0 verfügt außerdem über ein natives Energie-Managementssystem, mit dem der Host die Kamera in einen Ruhemodus (Suspend Mode) umschalten kann. Dieser Suspend Mode ist konfigurierbar und spart beim Einsatz im Außenbereich oder in batteriebetriebenen Kameraanwendungen Energie.

Anfang 2013 im Markt eingeführt, definiert der USB3 Vision Standard alle notwendigen Elemente, die USB 3.0 tauglich für industrielle Bildverarbeitungsanwendungen machen. Neben Anschlüssen und Kabelcharakteristika definiert er die Kommunikation zwischen einem USB3 Vision-Gerät und USB3 Vision-konformer Software. Wie auch bei GigE Vision, profitieren Kunden mit diesem neuen Standard von langfristiger Verbindlichkeit und Sicherheit bei ihrer Schnittstellenwahl.

Die wichtigsten Vorteile von USB 3.0 sind hohe Bandbreiten von über 350 MB/s und kein zusätzlicher Kostenaufwand für einen separaten Framegrabber. Eine weitere Stärke von USB 3.0 ist Plug-and-play, was besonders bei Anwendungen, die auf unterschiedlichen PC-Setups basieren, mehr Flexibilität bietet. USB 3.0 Hardware ist flächendeckend verfügbar: Die meisten Neugeräte - vom PC bis hin zur kleinsten PC-Karte - besitzen USB 3.0 embedded Anschlüsse. Der direkte Speicherzugriff (Direct Memory Access, DMA) reduziert die CPU-Last beim Datentransfer auf ein Minimum. So bleibt mehr Rechenkapazität für Bibliotheken und SDK Software. Geringe Latenzzeiten und Jitterverhalten im USB 3.0-Protokoll, machen USB 3.0 zu einem geeigneten Nachfolger für ältere digitale Schnittstellentechnologien wie FireWire oder USB 2.0.

Zusammenfassung USB 3.0/USB3 Vision:

Geschwindigkeit: 350 MB/s net

Kabellänge: bis zu 8 Meter passiv

Vorteile:

- USB 3.0 ist eine standardisierte Hardware-Schnittstelle
- Einfache Handhabung durch Plug & Play-Funktionen
- Geringe CPU-Last, Signallatenz und Jitter (Echtzeitfähigkeit)
- Energie-Management mit niedrigem Stromverbrauch und Suspend-Modus
- Ein-Kabel-Lösung (Strom über USB 3.0 Kabel)

Beschränkungen:

- Kabellängen
- Komplexer Multi-Kamera-Aufbau schwierig

FireWire – ältere Schnittstellentechnologie mit Einschränkungen



FireWire

FireWire (auch bekannt als IEEE 1394) war viele Jahre lang eine sehr erfolgreiche digitale Schnittstelle. Warum war FireWire so beliebt? Weil es einen sehr klar definierten Standard mit DCAM bot und weil das Zusammenspiel von Software und Gerät gut funktionierte. Die Stromversorgung pro Port war ausgezeichnet und der Markt bot eine breite Vielfalt an Kameraoptionen.

Trotzdem sinkt der Marktanteil von FireWire stetig. Das hat verschiedene Gründe: zum einen unterstützt FireWire nur bis maximal 64 MB/s (IEEE 1394b), was Auflösung und Bildrate drastisch einschränkt. Auch ist die offizielle Kabellänge mit 4,5 Metern sehr kurz bemessen. Mittlerweile verschwindet FireWire nach und nach vom Massenmarkt. Höhere Preise, eingeschränkte Verfügbarkeit von Hardware und Software Support sind die Folgen.

Das Fazit daraus: bei der Planung neuer Setups sollte FireWire nicht mehr länger als Schnittstelle für Bildverarbeitung in Betracht gezogen werden. Als passender Ersatz mit ähnlichen Eigenschaften bei deutlich höherer Bandbreite bietet sich USB 3.0 an.

Summary of FireWire

Geschwindigkeit:

- IEEE 1394a: max 32 MB/s
- IEEE 1394b: max 64 MB/s

Kabellänge: max. 4,5 Meter

Vorteile:

- Geringe CPU-Last
- Geringe Signallatenz und Jitter (Echtzeitfähigkeit)

Einschränkungen:

- Abnehmender Hardware- und Software-Support
- Kabellänge
- Bandbreite

Camera Link – sehr hohe Datenübertragungsraten, aber komplexer Systemaufbau



Camera Link ist und bleibt eine extrem robuste und leistungsfähige Schnittstelle für Industriekameras in allen Anwendungsbereichen. Die meisten Kameramodelle sind heute in einer Version verfügbar, die über Framegrabber mit einem Computer verbunden werden können. Camera Link-Modelle umfassen eine Vielzahl von Formaten: von sehr kleinen Kameras im „Sugar Cube“-Format bis hin zu Modellen mit mehreren Megapixel Auflösung und Geschwindigkeiten von oftmals Hunderten von Bildern pro Sekunde.

In Full-Konfiguration erreicht Camera Link Datenraten bis zu 850 MB/s. Aufgrund der hohen Zeilenraten und enormen Datenvolumina ist Camera Link die typische Schnittstelle für Zeilenkamera-Anwendungen.

Speziell für Industriekameras konzipiert, bietet Camera Link klare Vorteile: extrem hohe Bandbreite, relativ einfache Handhabung und hohe Datensicherheit. Sämtliche Komponenten einer Camera Link-Anwendung müssen dabei dem Camera Link-Standard entsprechen. Kabel, Anschlüsse und Framegrabber-Karten nach Camera Link-Standard werden nur selten für Anwendungen außerhalb der industriellen Bildverarbeitung eingesetzt. Das macht die einzelnen Komponenten, und folglich das gesamte Camera Link-System, zu einer vergleichsweise teuren Lösung. Hinzu kommt, dass sämtliche Komponenten vom Hersteller zertifiziert und mit den übrigen Komponenten einer Anwendung kompatibel sein müssen. Nur dann ist ein reibungsloser Betrieb sichergestellt.

Detaillierte Informationen zum Systemaufbau mit Power over Camera Link (PoCL) finden Sie auch im Basler White Paper „Einfacher als je zuvor – was Sie in modernen (Po)CL-Kamerasystemen beachten sollten (Setup, Vorteile, Kosten)“.

Zusammenfassung Camera Link:

Geschwindigkeit:

- Base (max. 24 bits per clock) – z.B. 255 MB/s
- Medium (max. 48 bits per clock) – z.B. 510 MB/s
- Full (max. 85 bits per clock) – z.B. 850 MB/s

Kabellänge: bis zu 10 Meter für 85 MHz

Vorteile:

- Geprüfter Standard
- Hohe Datenübertragung
- Ein-Kabel-Lösung möglich (PoCL – Power over Camera Link)

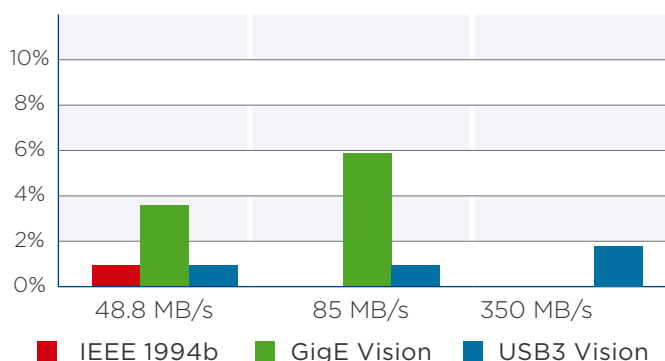
Einschränkungen:

- Benötigt speziellen Framegrabber
- Hochpreisiges Zubehör (Grabber + Kabel)
- Kabellänge

Vergleich der CPU-Last bei FireWire, USB3 Vision und GigE Vision

Die folgende Grafik vergleicht die unterschiedliche CPU-Last bei diesen drei framegrabber-losen Schnittstellen. Basierend auf gleich hohen Bildübertragungsraten bleibt die CPU-Last bei FireWire und USB 3.0 gering, weil beide Schnittstellen mit DMA (Direct Memory Access) arbeiten. GigE hingegen arbeitet mit Copy Processing, dadurch ist die CPU-Last geringfügig höher.

CPU Last in %



Grafik 1 - CPU-Last-Vergleich für FW, GigE, USB3 Vision

Zusammenfassung und Ausblick

Die ultimative "Eine für alle"-Lösung für digitale Industriekameras gibt es nicht. Allerdings empfehlen sich einige Kandidaten für zukünftige Anwendungen.

Marktbeobachter erwarten, dass einige Schnittstellentechnologien weiter an Bedeutung verlieren und im Laufe der Zeit endgültig aus der industriellen Bildverarbeitung verschwinden werden. Dies betrifft insbesondere auf FireWire zu, das bereits aus dem Massenmarkt verschwunden ist, und USB 2.0 aufgrund seiner eingeschränkten Stabilität in der Bildübertragung. Mit ihrer geringen Bandbreite können beide Schnittstellen auch beim aktuellen Trend zu höherer Auflösung und Geschwindigkeit nicht mithalten.

Gigabit Ethernet ist die Schnittstelle mit der größten technologischen Flexibilität hinsichtlich Kabellänge und Multi-Kamera-Funktionalität. Daher wird sie weiterhin eine wichtige Rolle in allen möglichen Anwendungsarten spielen. Zusätzlich wird sich das USB 3.0-Interface dank seiner Stabilität weiter im Markt etablieren, das es durch den USB3 Vision-Standard erreicht. USB3 Vision vereint hohe Geschwindigkeit und niedrige CPU-Last mit geringen Systemkosten. Zudem wird USB 3.0 hauptsächlich ältere Systeme mit FireWire oder USB 2.0 ersetzen.

Anwendern, deren höchste Priorität auf Geschwindigkeit und Auflösung liegt, sollten sich für Camera Link Full entscheiden. Ein weiterer Trend, der sich abzeichnet, ist die Ablösung von Camera Link Base und Medium durch USB 3.0 (aus Kostengründen) oder durch Camera Link Full (wegen Geschwindigkeit/Auflösung). Auch andere Hochgeschwindigkeitsschnittstellen haben Vorteile, konnten sich bisher aber aufgrund ihrer hohen Systemkosten nicht im Markt etablieren.

GigE, USB 3.0 und Camera Link Full werden voraussichtlich die zukünftige Schnittstellenlandschaft dominieren. Basler macht seinen Kunden die Wahl der passenden Schnittstelle so einfach wie möglich, indem wir Kameras in mehreren Schnittstellenvarianten zur Verfügung stellen - von kleinen Flächenkameras bis zu Zeilenkameras. Alle Kameras arbeiten zudem mit der gleichen Software-Plattform, Basler pylon. Alle diese Faktoren kombiniert ergeben höchstmögliche Flexibilität und geringstmöglichen Integrationsaufwand beim Wechsel zu einer neuen Schnittstelle.

Die folgende Tabelle fasst die Inhalte dieses White Papers zusammen.

Interface	Kabel-längen	Bandbreite max. in MB/s.	Multi-Kamera	Kabel-Kosten	„Real-time“	„Plug & Play“
USB 2.0	5m	40	Orange	Orange	Red	Green
FireWire	4.5m	64	Orange	Orange	Green	Green
GigE VISION	100m	100	Green	Green	Orange	Orange
USB VISION	8 m	350	Orange	Orange	Green	Green
Camera Link	10 m	850	Red	Red	Green	Red

Tabelle 2 - Zusammenfassung Schnittstellenvergleich



Author

René von Fintel ist verantwortlich für die Basler ace Kamera-Plattform und koordiniert die Markteinführung neuer Technologien wie USB3 Vision. Er besitzt ein Diplom in Wirtschaftsingenieurwesen und Betriebswirtschaft. Vor seiner Tätigkeit bei Basler arbeitete

René acht Jahre lang im Vertrieb und Marketing eines bekannten deutschen Medizintechnik-Herstellers.

Kontakt

René von Fintel - Senior Product Manager

Tel. +49 4102 463 332

Fax + 49 4102 463 46 332

E-Mail: rene.vonfintel@baslerweb.com

Basler AG

An der Strusbek 60-62

22926 Ahrensburg

Germany

Über Basler

Basler ist ein führender Entwickler und Hersteller von hochwertigen digitalen Kameras für Anwendungen in Industrie, Videoüberwachung, Medizin und Verkehr. Die Produktentwicklung wird von den Anforderungen aus der Industrie gesteuert. Die Kameras bieten einfache Integration, kompakte Größen und ein hervorragendes Preis-Leistungs-Verhältnis. Basler verfügt über 25 Jahre Erfahrung im Bereich der Bildverarbeitung und entwickelt und produziert seit 15 Jahren qualitativ hochwertige digitale Kameras. Das Unternehmen beschäftigt rund 300 Mitarbeiter an seinem Hauptsitz in Ahrensburg und an Standorten in den USA, Singapur, Taiwan und Korea.

Basler AG

Germany, Headquarters

Tel. +49 4102 463 500

Fax +49 4102 463 599

sales.europe@baslerweb.com

www.baslerweb.com

USA

Tel. +1 610 280 0171

Fax +1 610 280 7608

sales.usa@baslerweb.com

Asia

Tel. +65 6425 0472

Fax +65 6425 0473

sales.asia@baslerweb.com