



White Paper

10 GigE: High-speed für Ihre Bildverarbeitung.

Vorteile für Ihre Applikation und Anforderungen an die Systemgestaltung

10 GigE Kameras sind dank GigE Vision® konformer Schnittstelle einfach zu integrieren und eignen sich mit einer Bandbreite von 1,1 GB/s ideal für Applikationen mit hoher Auflösung oder hoher Prozessgeschwindigkeit. Sie erfüllen damit die stetig steigenden Anforderungen aktueller Bildverarbeitungsapplikationen. Das White Paper zeigt die Vorteile des 10 GigE Vision® Standards auf und gibt Empfehlungen zur Systemgestaltung.

Inhalt

1	Einleitung	3
2	10 GigE Vision®	3
2.1	Kabel	3
2.2	Alternative Schnittstellenstandards	4
2.3	Kompatibilität und Zuverlässigkeit	4
2.4	Geschwindigkeit und Latenz	4
2.5	IEE1588 PTP	4
2.6	Multicast	4
2.7	Kosten	4
2.8	Rückwärtskompatibilität und Zukunft	4
3	Ansprüche an das Host-System	5
4	Zusammenfassung	6
5	Autor	7

1 Einleitung

Immer mehr Anwendungen nutzen Bildverarbeitungssysteme als integralen Bestandteil zur Steuerung von Maschinen oder zur Qualitätssicherung. Gleichzeitig steigen die Anforderungen stetig – getrieben vor allem aufgrund der Möglichkeiten, die neue Sensoren bieten und die mit der steigenden Rechenleistung der Host-Systeme einhergehen. Applikationen, die noch vor kurzer Zeit in VGA-Auflösungen (640×480 px) umgesetzt wurden, erwarten heute mindestens HD-Auflösung (1920×1080 px). Auch Sensoren mit bis zu 50 Megapixel werden regelmässig genutzt. Zur höheren Auflösung kommt zusätzlich der Wunsch nach einer Erhöhung der Maschinengeschwindigkeit mit 100%iger Endkontrolle und damit nach einer höheren Bildrate der eingesetzten Kameras. Beides wirkt sich direkt auf die benötigte Bandbreite zwischen Kamera und Host-System aus. GigE Vision® limitiert bei solchen Applikationen die Leistung des gesamten Bildverarbeitungssystems. Um mit den steigenden Anforderungen Schritt zu halten und gleichzeitig auf existierendes Wissen und Erfahrung des weit verbreiteten Industriestandards zurückzugreifen, bietet sich 10 GigE mit einer Bandbreite von 1,1 GB/s an.

2 10 GigE Vision®

Der 10 GigE Vision® Standard ermöglicht die Nutzung von hochauflösenden Sensoren und sehr hohen Bildraten im Mainstream-Bereich industrieller Bildverarbeitung. Durch die Steigerung der Bandbreite um Faktor 10 auf 1,1 GB/s kann der etablierte und weit verbreitete GigE Vision® Standard so auch die nächste Generation von Applikationen zuverlässig unterstützen.

2.1 Kabel

Mit den bekannten und weit verbreiteten Kupferkabel-Standards (Cat 6, Cat 6a und Cat 7) unterstützen auch 10 Gigabit Verbindungen Kabellängen bis 100 m. Bis zu einer Kabellänge von 55 m können Cat 6-Kabel verwendet werden. Darüber hinaus sind Cat 6a oder Cat 7 Kabel erforderlich. Die Nutzung von Glasfaserkabeln eröffnet darüber ausserdem grössere Distanzen und stellt auch im schwierigem Umfeld eine sichere Datenübertragung aufgrund der Unempfindlichkeit gegenüber elektrischen und elektromagnetischen Feldern sicher.

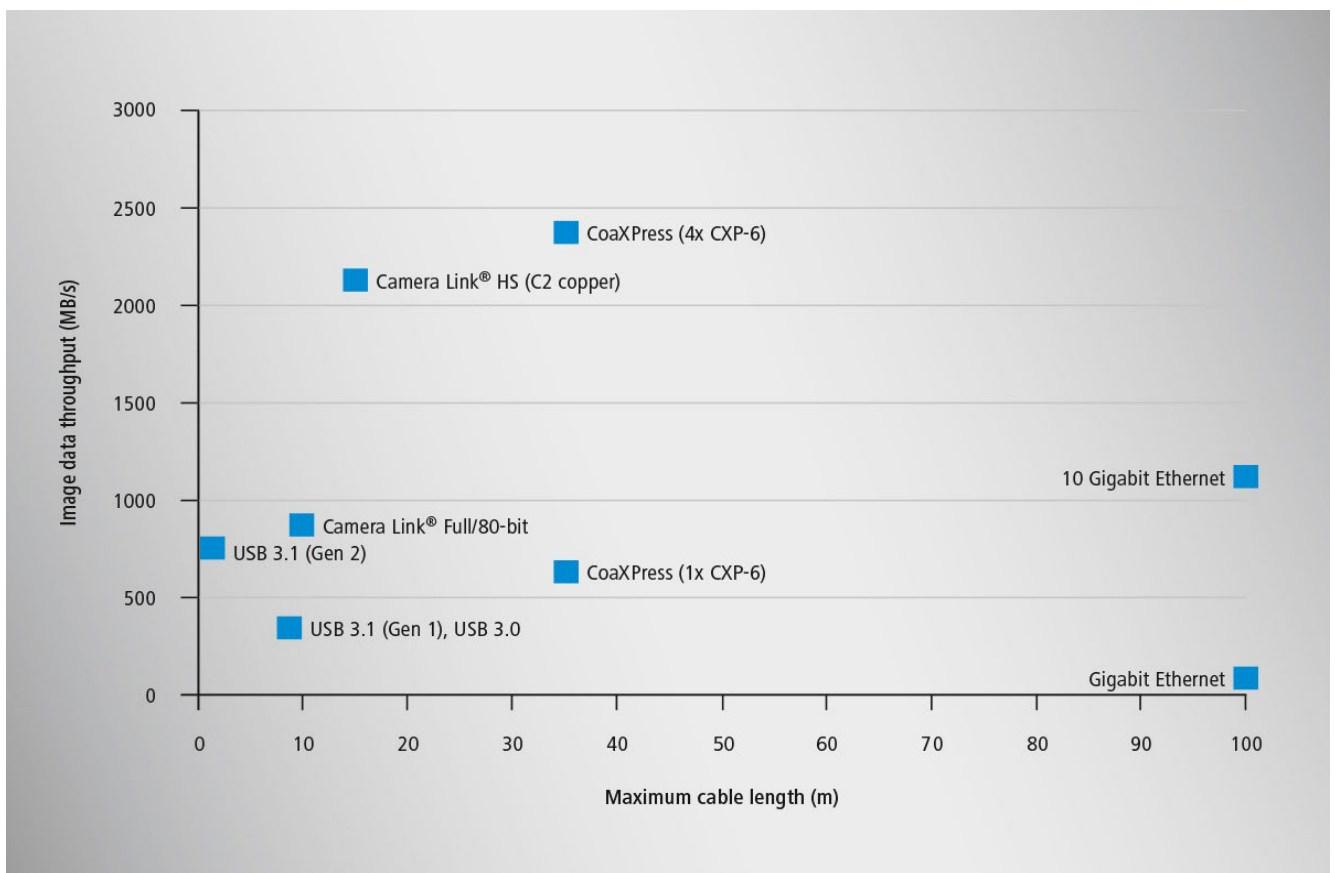


Abbildung 1: Übersicht Datendurchsatz und maximale Kabellänge bei Verwendung verschiedener Schnittstellen

Um den Aufwand für den Anschluss von Kameras zu reduzieren, unterstützt 10 Gigabit Ethernet auch Power-over-Ethernet (PoE+). Dies reduziert die Kosten und auch die Fehleranfälligkeit im System, da die Zahl der benötigten Kabel pro Kamera reduziert wird.

2.2 Alternative Schnittstellenstandards

Traditionell wurde für Anwendungen mit sehr hohen Ansprüchen hinsichtlich Bandbreite auf Standards wie Camera Link® oder CoaXPress zurückgegriffen. Diese sind allerdings komplex und durch die notwendigen Framegrabber und vorkonfektionierten Kabel hinsichtlich Anschaffung und Integration ins Gesamtsystem kostenintensiv. Ein Einsatz für den Mainstream-Bereich ist daher nicht empfehlenswert. Auch aktuelle Entwicklungen wie „computing-at-the-edge“ mit der Nutzung von kleinen ARM®-basierten Boards können aufgrund der notwendigen Framegrabber nur unzureichend abgedeckt werden.

2.3 Kompatibilität und Zuverlässigkeit

Da 10 Gigabit Ethernet schon seit vielen Jahren in grossen Rechenzentren, sogenannte Data-Center, verwendet wird, ist die Technologie bereits ausgereift. Viele Anbieter haben hochwertige und getestete Netzwerkkomponenten wie Switches und Adapterkarten im Angebot. Diese etablierten Produkte können im Bereich industrieller Bildverarbeitung direkt genutzt werden, ohne mit den typischen Problemen eines „Early Adopters“ konfrontiert zu werden. Der GigE Vision® 2.0 Standard hat 10 GigE bereits 2011 beschrieben, die Änderungen zur Version 1 sind allerdings vernachlässigbar, so dass auch Kameras nach dem GigE Vision® 1.0 Standard oft problemlos über 10 Gigabit Ethernet betrieben werden können. Eine Änderung der Anwendungssoftware ist bei der Kameraintegration nicht notwendig, da diese vollständig unabhängig von der physikalischen Ethernet-Schnittstelle realisiert ist. Bildverarbeitungsanwendungen müssen sehr zuverlässig und stabil arbeiten. Jedes einzelne Bild muss im 24/7-Betrieb auf dem Host-System ankommen, um die gewünschte Inspektionsaufgabe wahrzunehmen. Um das sicherzustellen, nutzt 10 GigE den aus dem GigE Vision® Standard bekannten, Packet-Resend-Mechanismus, mit dem einzelne verlorene Pakete wiederholt gesendet werden können (Forward Error Correction).

2.4 Geschwindigkeit und Latenz

Der Hauptgrund für die Nutzung von 10 GigE ist sicherlich die Notwendigkeit einer höheren Übertragungsgeschwindigkeit für das System. Die Schnittstelle ist mit 1,1 GB/s 10-mal schneller als GigE Vision® und um 35 % schneller als Camera Link® Full. Neben der hohen Bandbreite wurde auch die Latenz, also die Verzögerung zwischen einer Anfrage vom Host bis zum Eintreffen der Antwort, deutlich verbessert. Während sie im GigE System typischerweise zwischen 50 µs und 125 µs liegt, ermöglicht 10 GigE Latenzen im Bereich von 5 µs bis 50 µs.

2.5 IEEE1588 PTP

Präzise Zeitsynchronisierung ist für viele Anwendungen mit Multi-Kamera-Systemen heute unerlässlich und wird durch die Verbreitung von Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge (IoT) weiter an Bedeutung gewinnen. Der Ethernet-Standard – und damit auch 10 GigE Vision® – implementiert dafür das Precision-Time-Protocol (IEEE1588 PTP). Das PTP ermöglicht die Synchronisation verschiedener Systemkomponenten bis auf wenige hundert Nanosekunden genau und minimiert vorhandene Jitter.

2.6 Multicast

GigE als Netzwerkstandard bietet einige weitere Möglichkeiten, die speziell bei hohen Bildraten interessant werden. Mittels Multicast kann ein Ethernet-Client Datenpakete an mehrere Empfänger schicken. Dies stellt eine sehr einfache Möglichkeit dar, um die Rechenleistung zur Verarbeitung der Bilder auf mehrere Host-Systeme zu verteilen. So kann zum Beispiel ein System Features im Bild detektieren, während parallel ein Weiteres Bilder archiviert oder als Monitor agiert.

2.7 Kosten

10 Gigabit Ethernet benötigt keine Framegrabber und wurde von Anfang an als Low-Cost-Standard entwickelt. Leistungsfähige Standard-Netzwerkkadaper mit bis zu 4 Ports sind preiswert und von vielen Anbietern erhältlich. Auch die verbreiteten Kupferkabel sind kostengünstig und lassen sich einfach vor Ort konfektionieren. Die Möglichkeit, jederzeit die passenden Kabel selbst zu erstellen, senkt die Systemkosten und reduziert gleichzeitig das notwendige gelagerte Material im Vergleich zu anderen Schnittstellen deutlich. Im Fehlerfall kann ein Kabel zudem sofort und einfach vor Ort ersetzt werden. Ein weiterer Kostenvorteil liegt in der GenICam™ Kompatibilität. Durch die sehr hohe Verbreitung in der Bildverarbeitungsbranche existieren zahlreiche Use-Cases, die für die spezielle Anwendung lediglich konfiguriert werden müssen. Mit der langjährigen Erfahrung können gleichzeitig kundenspezifische Software-Projekte gut abgeschätzt und mit geringem Risiko umgesetzt werden.

2.8 Rückwärtskompatibilität und Zukunft

Wie im Ethernet-Netzwerk üblich, bestimmt die langsamste Netzwerkkomponente (z.B. Netzwerkkadaper, Switch, Router, Kamera) die maximal erreichbare Übertragungsbandbreite. Auch 10 GigE Vision® ist hier keine Ausnahme, wenn es um Kompatibilität geht. Investitionen in eine neue Technologie sind immer auch eine Investition in die Zukunft. 10 GigE ist nur ein nächster Schritt im Ethernet-Standard und aufgebaute Erfahrungen sind natürlich für folgende Standards von Nutzen. Seit der Verabschiedung von 10 Gigabit Ethernet 2010, hat sich der Ethernet-Standard schon wesentlich weiterentwickelt.

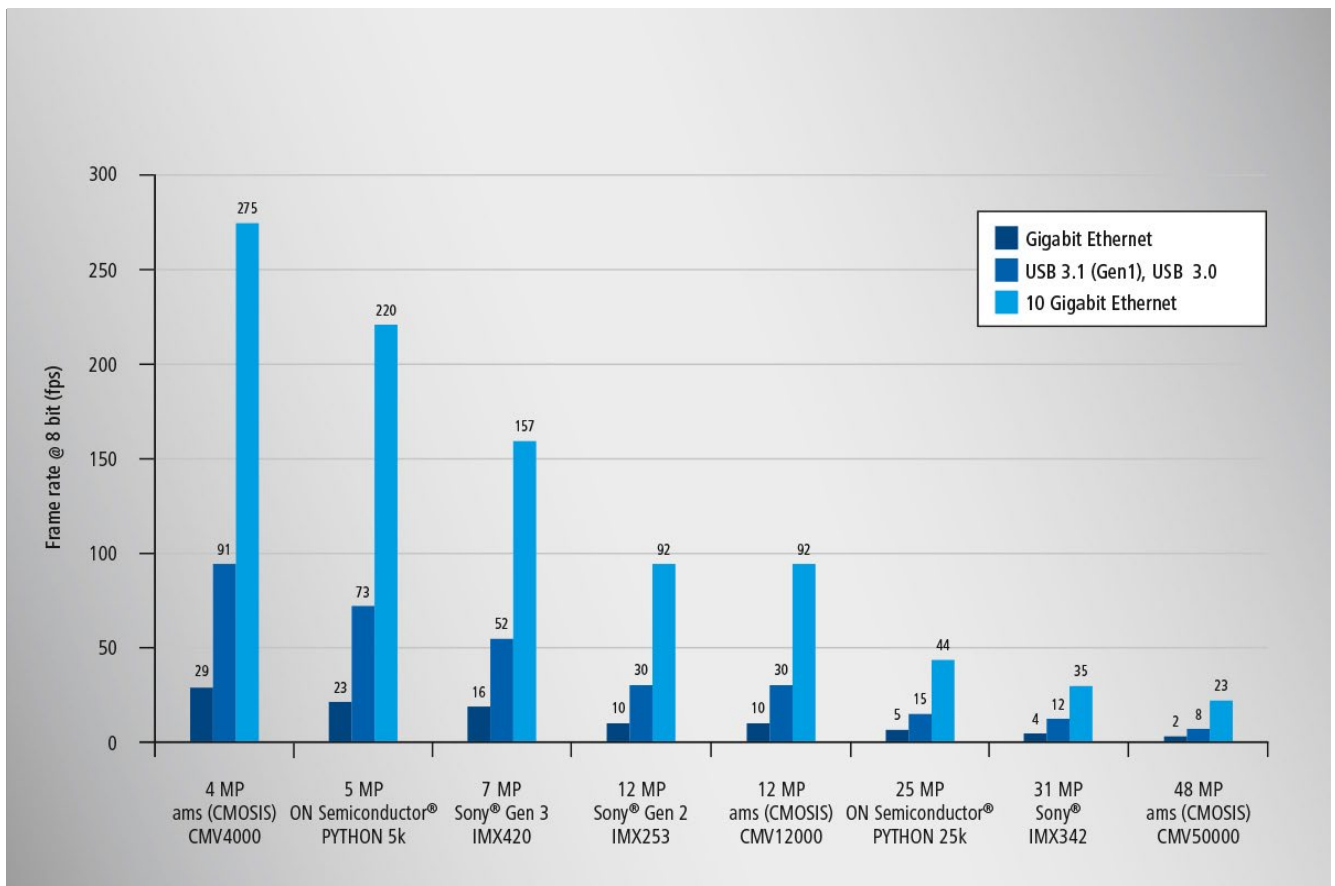


Abbildung 2: Übersicht Bildrate bei verschiedenen Sensoren und Schnittstellen

In Data-Centern weltweit werden heute schon 40 Gigabit Ethernet Netzwerke betrieben und auch die Entwicklung von 100 Gigabit Ethernet wird stetig vorangetrieben. Angestoßen durch grosse Internet Service Anbieter wie Google werden auch wesentlich höhere Geschwindigkeiten unter dem Namen Terabit-Ethernet aktiv diskutiert.

3 Ansprüche an das Host-System

Die hohe Übertragungsrates, verbunden mit der Notwendigkeit einer 100%igen Übertragung aller Bilddaten im 24/7-Betrieb, ist bei der Auswahl eines Host-PCs zu beachten. Schon eine kurze Unterbrechung der Bearbeitung auf dem Host-System, zum Beispiel durch einen weiteren Prozess, kann zu verlorenen Paketen und im schlimmsten Fall zu verlorenen Bildern führen. Wichtig ist, dass die gesamte Kette der genutzten Komponenten in der Lage sein muss, mit den immensen Anforderungen an die Bearbeitung eines 10 GigE Datenstroms umzugehen. Tests mit der vollen 10 GigE Bandbreite auf einem System mit i7-7820X Prozessor haben gezeigt, dass ca. 5 % der gesamten Prozessorleistung für den Bildempfang benötigt werden. Dieser Prozessor ist lediglich nur eine mögliche Alternative, überzeugt aber durch sein Preis-Leistungs-Verhältnis sowie eine hohe Taktrate und

Turbofrequenz. Auch der Arbeitsspeicher muss in der Lage sein, die notwendige Bandbreite bereitzustellen. Ein DDR3-1866 Speichermodul hat eine maximale Datenrate von 14,9 GB/s. Da nicht nur die Bildübertragung diesen Speicher nutzt, sondern auch alle anderen Prozesse und das Betriebssystem selbst, sollte die Speicherbandbreite bei der Systemkonfiguration stets beachtet werden. Ein weiterer Faktor für die maximal erreichbare Bandbreite des Systems ist die Anbindung der Netzwerkkarte. Hier wird der PCIe-Bus genutzt. Die verschiedenen Ausbaustufen (PCIe gen 1, 2, 3 und 4) sowie die möglichen Bandbreiten von 1 bis 16 Lanes können verwirren. Es ist deswegen darauf zu achten, die Netzwerkkarte in einem Slot zu installieren, der mindestens mit PCIe gen 3 arbeitet und 4 Lanes bereitstellt. Dieser Slot sollte weiterhin möglichst direkt an die CPU angebunden sein und nicht über den Chipsatz. Das Handbuch des Mainboards beschreibt typischerweise die Eigenschaften der verschiedenen PCIe-Slots. Entstehende Übertragungsfehler sind häufig auf separate Prozesse des Betriebssystems zurückzuführen. Besonders Antivirus-Software und Indexing-Dienste können die Systemleistung des Gesamtsystems durch Bursts deutlich beeinflussen und sollten deswegen ebenfalls betrachtet werden.

4 Zusammenfassung

Auch wenn die Verarbeitung von Datenmengen, wie sie durch die Bandbreite von 10 Gigabit Ethernet möglich ist, sicher eine Herausforderung ist – der Umgang mit den dazu gehörigen Standard-Netzwerkkomponenten ist es nicht. Eine grosse Anzahl von Komponentenherstellern, günstige Preise sowie die generelle Flexibilität des Ethernet-Standards sprechen für den Einsatz von 10 GigE Kameras wie die der LX- oder QX-Serie von Baumer für High-speed Bildverarbeitungsapplikationen. Die aktuell laufenden Entwicklungen für Terabit-Ethernet zeigen, dass der Ethernet-Standard auch in Zukunft die dann geforderten Bandbreiten erfüllen kann und damit die Sicherheit bietet, aufgebautes Know-how auch bis in die nächsten Machine Vision Generationen hinein zu nutzen.

5 Autor



Peter Felber
Product Management

Baumer Optronic GmbH
Badstrasse 30
DE-01454 Radeberg
Phone +49 3528 4386 0
Fax +49 3528 4386 86

Baumer Group

Die Baumer Group ist einer der international führenden Hersteller von Sensoren, Drehgebern, Messinstrumenten und Komponenten für die automatisierte Bildverarbeitung. Baumer verbindet innovative Technik und kundenorientierten Service zu intelligenten Lösungen für die Fabrik- und Prozessautomation und bietet dafür eine einzigartige Produkt- und Technologiebreite. Das Familienunternehmen ist mit rund 2.700 Mitarbeitern und Produktionswerken, Vertriebsniederlassungen und Vertretungen in 38 Niederlassungen und 19 Ländern immer nahe beim Kunden. Mit weltweit gleichbleibend hohen Qualitätsstandards und einer grosser Innovationskraft verschafft Baumer seinen Kunden aus zahlreichen Branchen entscheidende Vorteile und messbaren Mehrwert. Weitere Informationen im Internet unter www.baumer.com.