

Blitzschnell bis zur Klemme



Bei EtherCAT bleibt das Ethernet-Protokoll bis in die einzelne Klemme erhalten. Das Echtzeit-Ethernet-Netzwerk lässt sich so besonders kostengünstig ausführen und ersetzt aufwändige Ethernet-Sterntopologie durch einfache Linienstruktur. Und: Wenn Beckhoff die Entwicklungsarbeiten abgeschlossen hat, will man in Verl diese Technik offen legen.

Echtzeit-Ethernet sichert vollständige Durchgängigkeit

Es sorgt auf der SPS/IPC/Drives für Gesprächsstoff: EtherCAT – das neue Echtzeit Ethernet Netzwerk von Beckhoff. Ausgeklügelte Performance, einfachste Verdrahtung und Offenheit für andere Protokolle sind die wichtigsten Merkmale. Wo herkömmliche Feldbussysteme an ihre Grenzen kommen, setzt das Echtzeit-Ethernet-System Maßstäbe.

EtherCAT von Beckhoff steht für Ethernet for Control Automation Technology und überwindet prinzipielle Begrenzungen anderer Ethernet-Lösungen. Das Ethernet-Paket wird nicht mehr in jeder Anschaltung zunächst empfangen, dann interpretiert und die Prozessdaten weiterkopiert. Die FMMU - Fieldbus Memory Management Unit - in jeder I/O-Klemme entnimmt die für sie bestimmten Daten, während das Telegramm das Gerät durchläuft. Ebenso werden

Eingangsdaten im Durchlauf in das Telegramm eingefügt. Die Telegramme werden dabei nur wenige Mikrosekunden verzögert.

Das Ethernet-Protokoll selbst bleibt bis in die einzelne Klemme erhalten, der Sub-Bus entfällt. Lediglich die Übertragungsphysik wird im Koppler von Twisted-Pair oder Lichtleiterphysik auf E-Bus gewandelt, um den Anforderungen der elektronischen Reihen-klemme zu entsprechen. Die Signalform innerhalb der Klemmenrei-

he (E-Bus) eignet sich für kurze Strecken - bis 10 m - auch zum Übertragen auf verdrehter 2-Draht-Leitung. Damit kann der Anwender die Klemmenreihe besonders kostengünstig verlängern - wobei der anschließende Wechsel auf Ethernet jederzeit möglich ist. Der TwinCAT-Y-Treiber für Ethernet ergänzt die FMMU-Technik steuerungsseitig. Ein solcher Treiber bindet sich transparent in das System ein, sodass er als betriebssystemkonformer Netzwerk-

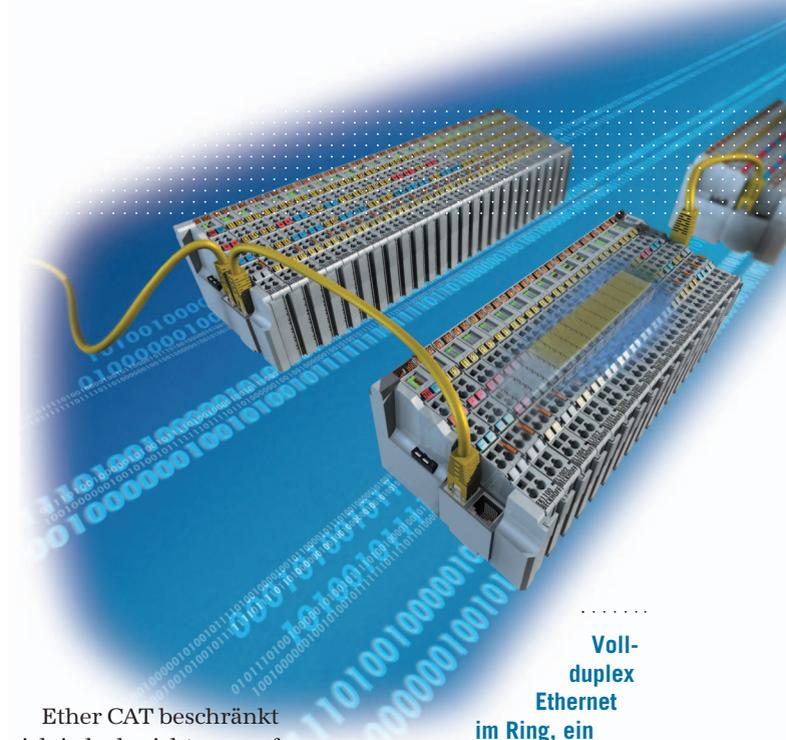
treiber und zusätzlich als TwinCAT-Feldbuskarte erscheint. Internes Priorisieren und Puffer stellen auf der Sendeseite sicher, das Ethernet-Frames aus dem Echtzeitsystem immer dann eine freie Sendeleitung vorfinden, wenn sie „an der Reihe“ sind. Die Ethernet-Frames des Betriebssystems werden erst danach in den „Lücken“ verschickt, wenn entsprechend Zeit ist. Das TwinCAT-I/O-System überprüft auf der Empfangsseite alle empfangenen Ether-

net-Frames und filtert die echtzeitrelevanten heraus. Alle anderen Frames überprüft das System außerhalb des Echtzeitkontextes und übergibt sie an das Betriebssystem. Als Hardware in der Steuerung lassen sich preiswerte handelsübliche Standard-Netzwerk-Interface-Karten (NIC) einbauen. Auf der gleichen Architektur basieren Beckhoff-Karten, die bis zu vier Ethernet-Kanäle auf einem PCI-Steckplatz bündeln. Allen diesen Interface-Karten ist gemeinsam, dass der Datentransfer zum PC per DMA (Direct Memory Access) abläuft – CPU-Performance für den Netzwerkzugriff geht somit nicht verloren.

Optimiertes Protokoll im Ethernet-Frame

Weil die Ethernet-Funktionalität des Betriebssystems vollständig erhalten bleibt, lassen sich alle betriebssystemkonformen Protokolle parallel auf demselben physikalischen Netzwerk betreiben. Dies

umfasst nicht nur Standard-IT-Protokolle, wie TCP/IP, HTTP, FTP oder SOAP, sondern auch praktisch alle Industrial-Ethernet-Protokolle wie Modbus TCP, Profinet oder Ethernet-IP. Das für Prozessdaten optimierte Ethernet-Protokoll lässt sich dank eines speziellen Ethernet-Typs direkt im Ethernet-Frame transportieren. Es kann aus mehreren Subtelegrammen bestehen, die jeweils einen Speicherbereich des bis zu 4 GByte großen logischen Prozessabbildes bedienen. Die datentechnische Reihenfolge hängt dabei nicht von der physikalischen Reihenfolge der EtherCAT-Klemmen im Netz ab, der Anwender kann wahlfrei adressieren. Broadcast, Multicast und Querkommunikation zwischen Slaves sind möglich. Ein Übertragen direkt im Ethernet-Frame wird dann eingesetzt, wenn Ethernet-Komponenten mit TwinCAT und im gleichen Subnetz wie die Steuerungsrechner arbeiten sollen.

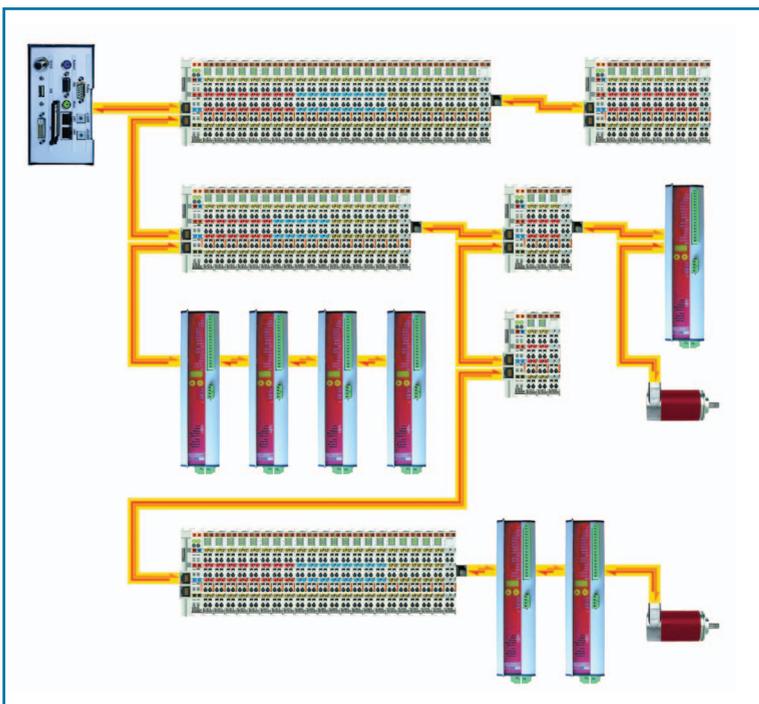


Voll-duplex Ethernet im Ring, ein Telegramm für viele Teilnehmer. EtherCAT kann der Anwender wahlweise mit oder ohne Switch verkabeln, um andere Ethernet-Teilnehmer zu integrieren.

EtherCAT beschränkt sich jedoch nicht nur auf TwinCAT als Steuerungssystem: EtherCAT UDP verpackt das EtherCAT-Protokoll in UDP/IP-Datagramme. Hiermit kann jede Steuerung mit Ethernet-Protokoll-Stack EtherCAT-Systeme ansprechen. Selbst die Kommunikation über Router hinweg ist möglich. Selbstverständlich hängt die Leistungsfähigkeit des Systems in dieser Variante von den Echt-

zeiteigenschaften der Steuerung und ihrer Ethernet-Protokollimplementierung ab. Die Antwortzeiten des EtherCAT-Netzwerks an sich sind jedoch nur minimal eingeschränkt: Lediglich in der ersten Station ist das UDP-Datagramm zu entpacken.

Dank FMMU in der Klemme und DMA-Zugriff auf die Netzwerkkarte im Master läuft die gesamte Protokollbearbeitung in Hardware ab und hängt somit weder von der Laufzeit des Protokoll-Stacks ab noch von der CPU-Performance oder der Software-Implementierung. 1000 I/Os lassen sich in nur 30 µs updaten – einschließlich Klemmendurchlaufzeit. Ein einziges Ethernet-Frame kann bis zu 1486 Byte Prozessdaten austauschen – das entspricht fast 12 000 digitalen Ein- und Ausgängen. Es dauert nur 300 µs, um diese Datenmenge zu übertragen.



Maximale Flexibilität beim Verdrahten: Linien und Baumtopologien sind frei wähl- und kombinierbar. Kostengünstige Twisted Pair-Kabel – die Auswahl der Übertragungsphysik erfolgt je nach Anforderung. Die Adressvergabe läuft automatisch ab, so dass sich das Einstellen der IP-Adresse erübrigt.

Zur Kommunikation mit 100 Servoachsen sind nur 100 μ s nötig. In dieser Zeit bekommen alle Achsen ihre Sollwerte und Steuerdaten und melden ihre Istposition und ihren Status. Aufgrund des Distributed-Clock-Verfahrens lassen sich die Achsen dabei mit einer Abweichung von deutlich weniger als 1 μ s synchronisieren.

Die sehr hohe Performance der EtherCAT-Technologie ermöglicht Konzepte zum Steuern und Regeln, die sich mit klassischen Feldbussystemen nicht realisieren lassen. So kann der Anwender nicht nur die Geschwindigkeit regeln, sondern er kann auch den Strom verteilter Antriebe über das Ethernet-System regeln. Die große Bandbreite erlaubt es, zu jedem Datum zum Beispiel auch Statusinformationen zu übertragen. Ethernet gilt als eine Kommunikationstechnik, die zugeschnitten ist auf die besondere Rechen-

leistung moderner Industrie-PCs. Das Bussystem ist nun nicht mehr der „Flaschenhals“ im Steuerungskonzept. Verteilte I/Os lassen sich schneller erfassen als dies mit den üblichen lokalen I/O-Schnittstellen möglich ist. Die EtherCAT-Technik ist skalierbar und nicht an die Baudrate von 100 MBaud gebunden – eine Erweiterung auf GBit-Ethernet ist möglich.

Beliebige Topologie – maximale Flexibilität

Linie, Baum oder Stern: EtherCAT unterstützt beliebige Topologien. So ist die von den Feldbussen her bekannte Bus- oder Linienstruktur damit auch für Ethernet verfügbar. Besonders praktisch beim Verdrahten von Anlagen ist die Möglichkeit, unterschiedliche Strukturen wie Linie und Abzweige und Stichleitungen zu kombinieren: Die erforderlichen Schnittstellen sind auf den

Kopplern vorhanden, zusätzliche Switches sind nicht erforderlich. Der Anwender kann auch die klassische switch-basierte Ethernet-Sterntopologie nutzen. Weil der Anwender zwischen den unterschiedlichsten Leitungen wählen kann, sichert ihm das eine maximale Flexibilität beim Verdrahten. Flexible und sehr preiswerte Standard-Ethernet-Patch-Kabel übertragen die Signale wahlweise auf Ethernet-Art (100BaseTX) oder in der E-Bus-Signaldarstellung. Kunststoff-Lichtwellenleiter (POF) ergänzen das System für spezielle Anwendungsfälle. Die gesamte Bandbreite der Ethernet-Vernetzung – wie verschiedenste Lichtleiter und Kupferkabel – kann der Anwender in der Kombination mit Switches oder Medienumsetzern nutzen.

Die Fast-Ethernet-Physik erlaubt eine Leitungslänge von 100 m zwischen zwei

Teilnehmern, die E-Bus-Leitung ist für Abstände bis 10 m vorgesehen. Für jede Leitungsstrecke lässt sich die Signalvariante individuell auswählen. Weil bis zu 65 535 Teilnehmer anschließbar sind, ist die gesamte Netzausdehnung nahezu unbeschränkt.

Exakt synchronisieren bei verteiltem Prozess

Ein exaktes Synchronisieren ist immer dann besonders wichtig, wenn räumlich verteilte Prozesse gleichzeitige Aktionen erfordern. Das kann zum Beispiel in Applikationen der Fall sein, wenn mehrere Servoachsen gleichzeitig koordinierte Bewegungen ausführen sollen.

Als leistungsfähigster Ansatz zum Synchronisieren gilt der exakte Abgleich verteilter Uhren – wie im Standard IEEE 1588 beschrieben. Im Gegensatz zur vollsynchronen Kommunikation, deren Synchronisationsqualität bei Kommunikationsstörungen sofort leidet, verfügen verteilte abgegliche Uhren über ein hohes Maß an Toleranz gegenüber möglichen störungsbedingten Verzögerungen im Kommunikationssystem.

Anders bei EtherCAT: Hier basiert der Datenaustausch vollständig auf einer reinen Hardwaremaschine. Weil die Kommunikation eine logische (und dank Vollduplex-Fast-Ethernet auch physikalische) Ringstruktur nutzt, kann die „Mutteruhr“ den Laufzeitversatz zu den einzelnen „Tochteruhren“ einfach und exakt ermitteln – und auch umgekehrt. Auf Basis dieses Wertes lassen sich die verteilten Uhren nachführen, und es steht eine hochgenaue netzwerkweite Zeitbasis zur Verfügung, deren

Produkte zum Thema

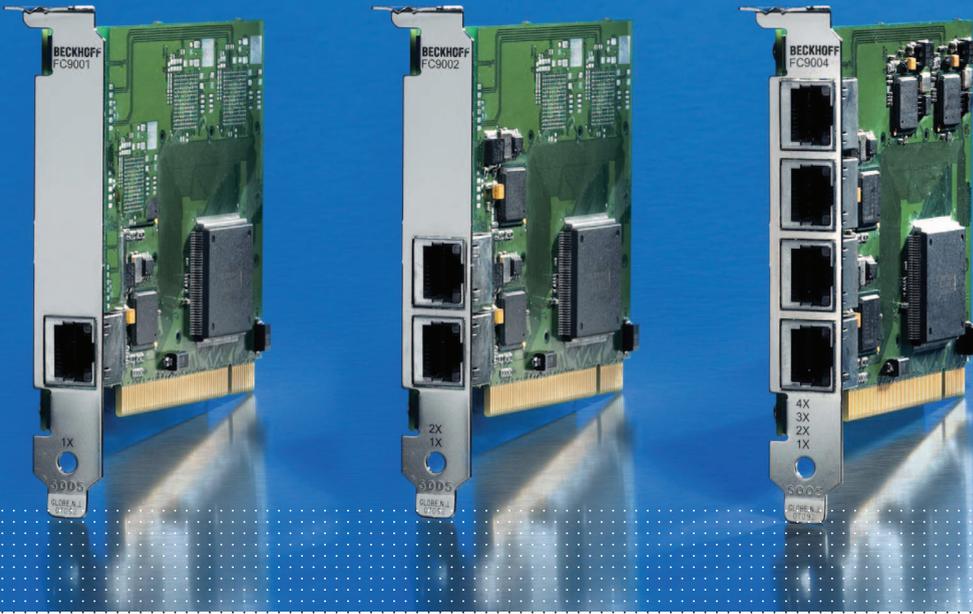
Komponenten für das industrietaugliche Ethernet

Es etabliert sich in der Automatisierungstechnik zunehmend als Standard-Kommunikationsmedium: Ethernet. So ergänzt Beckhoff seine Systemlösung EtherCAT jetzt um PCI-Ethernet-Karten und Ethernet-Switches. Sie sind überall dort einbaubar, wo robuste, industrietaugliche Technik gefragt ist.

Die Ethernet-PC-Netzwerkkarten FC900x sind sowohl für den Einsatz im Büro als auch in Automatisierungsnetzwerken geeignet. Bis zu vier Ethernet-Kanäle sind auf einem Steckplatz gebündelt, das spart Platz und Kosten. Die Ethernet-Netzwerkkarten haben ein Plug & Play-Interface und sind unter Verwendung eines Standard-Betriebssystemtreibers einsetzbar. Die Baudrate beträgt 10/100 MBaud im Vollduplex-Betrieb. Die PC-Karten unterstützen sämtliche Ethernet-basierten Protokolle. Pro Kanal steht eine RJ45-Buchse als Interface zur Verfügung. Die Karten lassen sich – oder auch einzelne Kanäle

darauf – mit TwinCAT-Treibern – und damit in Echtzeit – betreiben.

Die Ethernet-Switches ES2008 und ES2016 bieten 8 oder 16 RJ45-Ethernet-Ports. Switches leiten eingehende Ethernet-Frames gezielt an die Zielports weiter und vermeiden im Vollduplex-Modus Kollisionen. Sie sind universell in Automatisierungs- und Büronetzwerken einbaubar. Zur Montage sind anwenderfreundlich integrierte Hutschienenadapter vorhanden. Für den Einsatz im Industrieumfeld spricht das industrietaugliche Design, das heißt die kompakte Bauform im Edelstahlgehäuse und die einfache und schnelle Montage auf der Hutschiene. Die Baudrate beträgt 10/100 MBaud, im Halb- oder Vollduplex-Betrieb, mit automatisierter Baudratenerkennung und Einstellung. Den speziellen Anforderungen echtzeitfähiger Industrial-Ethernet-Lösungen entsprechen die Switches dank einiger besonderer Merkmale. (klu)



Ethernet etabliert sich in der Automatisierungstechnik als Medium für die Standard-Kommunikation. Mit leistungsfähigen Komponenten erweitert Beckhoff diesen Markt um die PCI-Ethernet-Karten FC900x (1-, 2- und 4-Kanal) und um Ethernet-Switches ES20xx (8 bzw. 16 Ports). Die Ethernet-Komponenten ergänzen zum einen die Beckhoff Systemlösung (beispielsweise EtherCAT); sie sind aber auch, unabhängig von der Automatisierung in IT-Anwendungen, überall dort einsetzbar, wo robuste, industrietaugliche Technik gefragt ist.

Jitter deutlich unter 1 μ s liegt.

Hochauflösende verteilte Uhren synchronisieren nicht nur, sondern liefern auch exakte Informationen über den lokalen Zeitpunkt der Datenerfassung. Steuerungen berechnen beispielsweise häufig Geschwindigkeiten aus nacheinander gemessenen Positionen. Speziell bei sehr kurzen Abtastzeiten führt schon ein kleiner zeitlicher Jitter in der Wegerfassung zu großen Geschwindigkeitssprüngen. Beckhoff führt mit EtherCAT konsequenterweise auch erweiterte Datentypen ein (Time-stamp Data Type, Oversampling Data Type). Mit dem Messwert wird die lokale Zeit mit einer Auflösung von bis zu 10 ns verknüpft – die große Bandbreite von Ethernet macht das möglich. Damit hängt dann die

Genauigkeit einer Geschwindigkeitsberechnung nicht mehr vom Jitter des Kommunikationssystems ab. Sie ist um Größenordnungen besser als diejenige von Messverfahren, die auf Jitter-freier Kommunikation basieren.

Flexibel ausbaubar, rasch reagieren

So manche Applikation erfordert das Ändern der I/O-Konfiguration während des Betriebs. Beispiele sind Bearbeitungszentren mit wechselnden, sensorbestückten Werkzeugsystemen oder Transfereinrichtungen mit intelligenten, flexiblen Werkstückträgern. Die Protokollstruktur trägt diesen Anforderungen Rechnung: Die Hot-Connect-Funktion erlaubt es, Teile des Netzwerkes „on the fly“ anzukoppeln und abzukoppeln, umzu-

konfigurieren und so flexibel auf wechselnde Ausbaustufen zu reagieren.

Die Erfahrungen von Beckhoff mit Feldbussystemen zeigen, dass die Verfügbarkeit und Inbetriebnahmezeiten entscheidend von der Diagnosefähigkeit abhängen. Nur eine schnell und präzise erkannte und eindeutig lokalisierbare Störung lässt sich rasch beheben. Deshalb hat Beckhoff beim Entwickeln des Systems besonderen Wert auf vorbildliche Diagnoseeigenschaften gelegt. Bei der Inbetriebnahme gilt es zu prüfen, ob die Istkonfiguration der I/O-Klemmen mit der Sollkonfiguration übereinstimmt. Auch die Topologie sollte der Konfiguration entsprechen. Durch die eingebaute Topologieerkennung bis hinunter zu den einzelnen Klemmen kann nicht nur diese Überprüfung beim

Systemstart stattfinden – auch ein automatisches Einlesen des Netzwerks ist möglich (Konfigurations-Upload).

Beim Auswerten der CRC-Prüfsumme lassen sich Bitfehler in der Übertragung zuverlässig erkennen. Neben dem Erkennen und Lokalisieren von Bruchstellen erlauben Protokoll, Übertragungsphysik und Topologie das individuelle Überwachen der Qualität jeder einzelnen Übertragungsstrecke. Das automatische Auswerten der entsprechenden Fehlerzähler ermöglicht das exakte Lokalisieren kritischer Netzwerkabschnitte.

Schleichende oder wechselnde Fehlerquellen wie EMV-Einflüsse, fehlerhafte Steckverbindungen oder Kabelschäden sind somit erkennbar und lokalisierbar, auch wenn sie die Selbstheilungsfähigkeit des Netzwerkes noch nicht überfordern.

Neben den EtherCAT-Klemmen mit E-Bus-Anschluss lassen sich auch sämtliche Komponenten mit K-Bus-Anschluss aus dem Busklemmenprogramm von Beckhoff anschließen. Dies umfasst entsprechende Koppler. Damit sind Kompatibilität und Durchgängigkeit zum bestehenden System gegeben, bestehende und zukünftige Investitionen sind somit geschützt. (klu) Beckhoff Fax +49(0)5246963198



www.elektrotechnik.de
Alles über EtherCAT

InfoClick 111535