



Halle 1,
Stand 133

Ethernet-Kommunikation in Echtzeit

Echtzeit ohne Isolation

Alle funktionsfähigen Ansätze für Echtzeit-Ethernet manövrieren sich irgendwo in die Ecke proprietärer Systeme. Beckhoff hat nun ein Konzept vorgestellt, das trotzdem den Anschluss ans offene Fahrwasser nicht verliert: Hinsichtlich Hardware sind die für eine Implementierung notwendigen Schlüsselkomponenten bereits verfügbar, durch die Einbindung in das Automatisierungssystem TwinCAT bestehen Brücken zu vielen Betriebsarten und Protokollen. Damit steht dem Einsatz von Ethernet als echtem Feldbus nichts mehr im Weg.

Die mangelnde Echtzeitfähigkeit hat bis heute weitgehend verhindert, dass Ethernet in der Automatisierung in die Bereiche klassischer Feldbusse vordringen konnte. Es existieren zwar einige Ansätze mit einem gewissen Grad an Echtzeitfähigkeit, sie basieren aber auf proprietären Systemen und schließen daher den Einsatz von Standard-Komponenten und -Protokollen aus.

Echtzeitfähigkeit ist ein dehnbarer Begriff, er hängt stark von den Anforderungen der Applikation und den Regelkreisen der eingesetzten Automatisierungskomponenten ab. Die härtesten Anforderungen liegen bei Zykluszeiten um 50 μ s und zulässigen Jitterzeiten um 10 μ s. Härtere Anforderungen werden z. Zt. noch mit spezieller Hardware und nicht direkt über Feldbusse abgewickelt. Typische Zykluszeit-Anforderungen beim Einsatz lage geregelter Antriebe liegen etwa zwischen ein und vier Millisekunden, die Jitterzeiten sollten dabei unter 20 μ s liegen.

Reine SPS-Anwendungen benötigen oft Zykluszeiten erst ab 10 ms; auch sind Jitterzeiten im Millisekunden-

bereich tragbar. Die Datenkommunikation zwischen Steuerung und Leitsystem kommt in der Regel sogar mit Zykluszeiten im Sekundenbereich aus. Sie ist normalerweise auch nicht zyklisch, sondern eher ereignisgesteuert projektiert. Ebenfalls andere Schwerpunkte ergeben sich bei der Fernwartung und -diagnose. Hier spielen weniger Zyklus- und Jitterzeiten eine Rolle, sondern vielmehr die Reaktionszeiten sowie die durchgängige Möglichkeit, über Netzwerkgrenzen hinweg zu kommunizieren.

Mit der neuen Echtzeit-Ethernet-Einbindung in die Automatisierungs-Software TwinCAT sind alle aufgeführten Kommunikationsanforderungen mit ein und derselben Technologie nutzbar, sowohl aus Gerätesicht als auch bei den eingesetzten Protokollen. Der Netzwerkkartentreiber bindet sich so in das System ein, dass er als betriebssystemkonformer Netzwerktreiber und zusätzlich als Feldbuskarte erscheint. Auf der Sendeseite wird über interne Priorisierung und Puffer sichergestellt, dass Ethernet-Frames aus dem Echtzeitsystem im-

mer dann eine freie Sendeleitung vorfinden, wenn sie an der Reihe sind. Das Senden der Ethernet-Frames des Betriebssystems findet erst danach statt, und zwar in zeitlichen Leerräumen.

Koexistenz mit anderen Protokollen möglich

Auf der Empfangsseite überprüft das I/O-System der Automatisierungs-Software alle eingegangenen Ethernet-Frames und filtert die echtzeitrelevanten Frames heraus. Alle anderen Frames gehen außerhalb des Echtzeitkontextes an das Betriebssystem weiter. Für das kollisionsfreie Weiterleiten der gesendeten Frames mit einer konstanten



Dr. Dirk Janssen ist Leiter der Software-Entwicklung bei Beckhoff in Verl

Verzögerung kommen handelsübliche Switche zum Einsatz. In einem zyklischen Steuerungssystem ist es daher ausreichend, wenn alle relevanten Eingangsinformationen vor Beginn des nächsten Zyklus eingetroffen sind. Wann und in welcher Reihenfolge sie eintreffen, hat keine Bedeutung. Wird nun noch die Teilnehmerzahl bzw. Frame-Rate in Korrespondenz zur benötigten Zykluszeit eingeschränkt, sind die Voraussetzungen für eine echtzeitfähige Ethernet-Kommunikation gegeben. Im Gegensatz zu den weit verbreiteten Protokollen TCP/IP und UDP/IP,

KOMPAKT

Das Konzept erfüllt die Kommunikationsanforderungen für SPS-Anwendungen, für den Datenaustausch zwischen SPS und Leitsystemen sowie für Fernwartung und -diagnose. Durch die Einbindung in die Automatisierungs-Software TwinCat ist in allen Fällen die gleiche Technologie nutzbar, sowohl aus Gerätesicht als auch bei den eingesetzten Protokollen. Der gewählte Protokollaufbau erleichtert die Integration der üblichen und auch sonstiger Betriebsarten. Auch ist die Koexistenz mehrerer Betriebsarten ohne Probleme möglich.

**TwinCAT
Echtzeit-Ethernet**

767

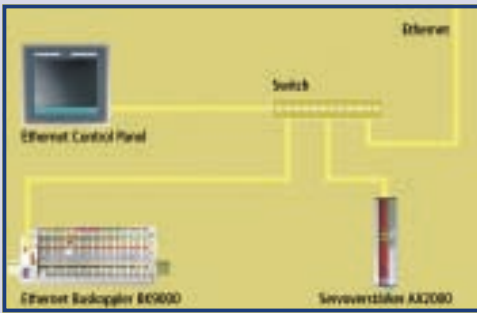
werkkarten. Durch den Aufbau der Ethernet-Frames ist trotzdem immer eine Koexistenz mit anderen Protokollen sichergestellt. Selbst Echtzeit-Frames können bei Bedarf mit TCP oder UDP außerhalb des eigenen Sub-Netzes verschickt werden. In der Steuerungstechnik gibt es im Prinzip drei Betriebsarten, die für unterschiedliche Kommunikationsaufgaben und natürlich auch gleichzeitig einsetzbar sind. Hier ist einmal die Master-Slave-Prozessdatenkommunikation zu nennen. Sie ist der typische Einsatzfall heutiger Feldbusse, wenn es um die zyklische oder ereignisgesteuerte Übertragung von I/O-Daten geht.

Bei dem Modell der Publisher-Subscriber-Prozessdatenkommunikation dienen die Prozessdaten zur regelmäßigen Kommunikation zwischen Steuerungen, bei denen eine feste Master-Slave-Beziehung keinen Sinn macht. Der Publisher verschickt seine Informationen, ohne sich um die ordnungsgemäße Zustellung zu kümmern. Erst im Subscriber findet die Kommunikationsüberwachung statt. Gegenseitige Publisher-Subscriber-Beziehungen ermöglichen bi- und multidirektionale Kommunikationen. Beim Publisher kann ein Versenden der Daten alternativ per Broadcast, Multicast oder Unicast erfolgen. Multicasts entlasten die Empfangsqueues der Teilnehmer, da sie bereits im Ethernet-Controller ausgewertet werden. Erst die Nutzung von Unicasts erlaubt dem Switch, auch ohne aufwändige Konfiguration parallele Kommunikationspfade zu öffnen und die nutzbare Bandbreite zu erhöhen. Den dritten Fall, die Bedarfsdatenkommunikation, deckt das TwinCAT-System durch die ADS-Kommunikation ab, um Kommunikationsstrings von einem Teilnehmer zum anderen

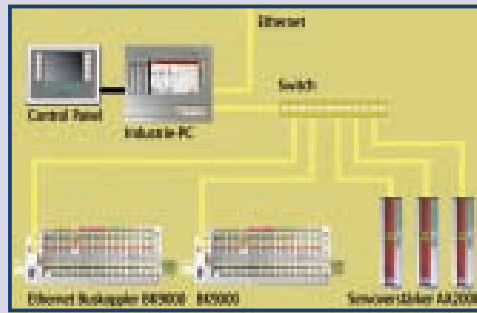
die für die weltweite Zustellung einzelner Ethernet-Frames zuständig sind, spielt sich bei der Echtzeitkommunikation alles im eigenen Sub-Netz ab. Der Overhead von TCP/IP und selbst der von UDP/IP kann entfallen, die Adressierung der Teilnehmer erfolgt direkt auf den Hardware-Adressen (MAC-ID) der Netz-



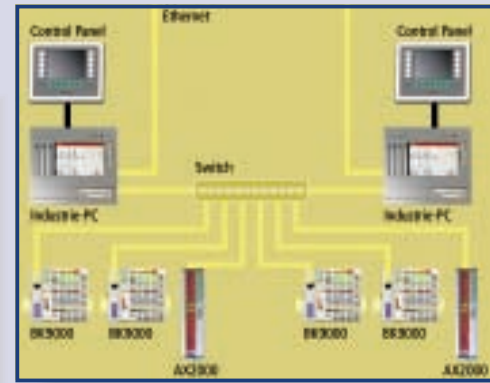
Der Servoverstärker AX2000-B900 und der Ethernet-Buskoppler BK9000 sind bereits für den Echtzeit-Ethernet-Betrieb erweitert worden



Einfachere Applikationen kommen mit einem einzigen Ethernet-Anschluss aus, sowohl für die Echtzeitkommunikation zur E/A-Ebene als auch für die übergeordnete Kommunikation zur Administration und Ferndiagnose



Größere Applikationen nutzen einen zweiten Ethernet-Anschluss und teilen die Echtzeitkommunikation und die übergeordnete Kommunikation auf zwei Netze auf; das Routing wird ohne Umsetzung auf ein proprietäres Protokoll automatisch vom IP-Stack des Betriebssystems übernommen



Sehr große Applikationen, die selbst mit der Rechenleistung eines 3 GHz-Systems nicht auskommen, können die Steuerungsaufgaben auf mehrere PC-Steuerungen verteilen und über die echtzeitfähigen Netzwerkvariablen auch größere Datenmengen quasi zyklussynchron (auch im Sub-Millisekundenbereich) austauschen

zu versenden. Zweck ist die Ausführung von Diensten und der Austausch von Parametern.

Kein Mangel an kompatiblen Komponenten

Durch den für die Echtzeit-Ethernet-Einbindung gewählten Protokollaufbau sind weitere Betriebsarten bzw. Kommunikationsprofile in Zukunft leicht integrierbar und können problemlos mit den bestehenden koexistieren.

Als erste Komponenten aus dem Beckhoff-Produktspektrum ist der Ethernet-Buskoppler BK9000 und der Antriebsregler AX2000-B900 für den Echtzeit-Ethernet-Einsatz erweitert worden. Diese beiden Komponenten erschließen eine nahezu vollständige Palette an industriellen Signalen und Einsatzfällen.

Alle TwinCAT-Steuerungen (ab Version 2.9) sind kompatibel und können sowohl als Feldbus-Master als auch an der Kommunikation mit Netzwerkvariablen teilnehmen. TwinCAT unterstützt alle Ethernet-Controller der Intel 8255x-Familie. Die neue Beckhoff-Kleinsteuerung CX1000 ist von Haus aus mit dem entsprechenden Ethernet-Controller ausgestattet.

Die Leistungsfähigkeit eines Feldbusystems nur anhand der Baudrate zu beurteilen, ist sicher zu einfach. Eine solche Betrachtung lässt andere Kommunikationsparameter, z. B. Effizienz der Protokolle, Reaktionszeit, Jitter, min. Telegrammlänge oder Pausenzeiten, außen vor. Nichtsdestotrotz erlauben 100 MBaud eine deutlich schnellere Datenübertragung als heute in der Feldbuswelt üblich. Außerdem steigt mit den verwendeten Protokollen die Effizienz gegenüber einer TCP- oder UDP-Kommunikation an, insbesondere bei kurzen Datentelegrammen.

Ebenfalls häufig unbeachtet bleibt die Datenübertragung von der Steuerungs-CPU zum Kommunikations-Chip bzw. Prozessor oder – genauer ausgedrückt – vom Speicher des Host-Systems zum Speicher des Sub-Systems. Bei PC-basierten Steuerungen werden die Daten in der

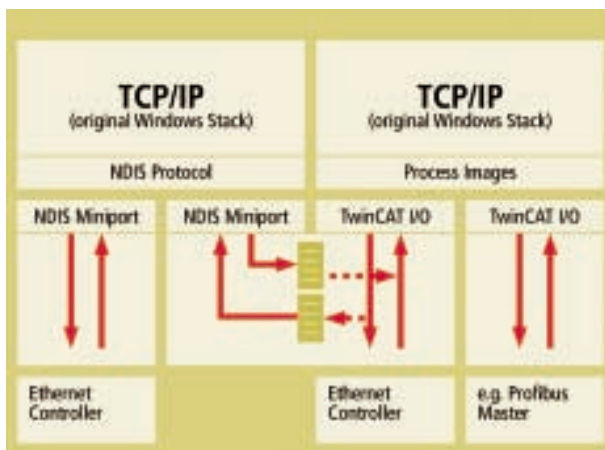
Regel über den ISA- oder PCI-Bus in das DPRAM einer Feldbusmasterkarte kopiert und umgekehrt. Bei PC-Prozessoren mit bis zu 3 GHz stellt das kein Problem dar, anders dagegen beim PCI-Bus. Hier entsteht schnell ein Flaschenhals, durch den in größeren Applikationen 20 bis 30% der CPU-Leistung für PCI-Transfers verloren gehen.

Moderne Netzwerk-Controller arbeiten im so genannten Bus Master DMA-Modus und greifen eigenständig auf den Speicher des Host-Systems zu. Dies findet parallel zu anderen Aufgaben der CPU statt und entlastet diese daher deutlich.

Das Ende für Feldbusse?

Die hohe Übertragungsleistung, die Echtzeitfähigkeit und die verwendeten Protokolle decken alle Kommunikationsanforderungen einer schnellen Maschinensteuerung ab. Daraus könnte man nun ableiten, dass die klassischen Feldbusse ausgedient haben.

Vorher muss sich die Ethernettechnik aber noch in der Feldebene bewähren. Und sie muss auch allen Anforderungen bezüglich Installation, Konfiguration, Kompatibilität untereinander, EMV-Festigkeit und nicht zuletzt Effizienz und Kosten der Teilnehmer den industriellen Gegebenheiten entsprechen. Auf Grund der aktuellen Verbreitung klassischer Feldbusse und der Verfügbarkeit entsprechender Geräte werden, diese jedoch weiterhin eine hohe Marktbedeutung haben. □



Funktionsprinzip der Echtzeit-Ethernet-Lösung