

Ethernet-Kommunikation in Echtzeit



Bild 1: Grenzenlose Kommunikation mit Ethernet: Nun auch in Echtzeit als Feldbusalternative

Auf der Nürnberger SPS/IPC/DRIVES hat Beckhoff sie vorgestellt: Eine echtzeitfähige Ethernetlösung, die als vollwertiger „Feldbus“ in das Beckhoff Steuerungssystem TwinCAT integriert ist und neben harten Echtzeitanforderungen auch den gleichzeitigen Einsatz von Standardkomponenten „am selben Draht“ erlaubt. Wir zeigen, wie es funktioniert.

Die Ethernet-Produktpalette von Beckhoff ist seit Jahren im Einsatz und erfreut sich steigender Beliebtheit. Die Vorteile, den Kommunikationsstandard aus der Bürowelt auch in industrieller Umgebung zu nutzen, liegen auf der Hand:

- Nutzung von Standard-Hardwarekomponenten
- Nutzung von Standard-Protokollen
- Hohe Datenübertragungsraten
- Einfache Vernetzungsmöglichkeiten bis ins weltweite Internet
- Fernwartung und -diagnose

Inzwischen ist die Ethernet-Kommunikation auch in der industriellen Automatisierung akzeptiert und viele Gruppen und Gremien befassen sich mit diesem Thema. Insbesondere die mangelnde Echtzeitfähigkeit wird aber als Problem angesehen, so dass Ethernet bisher nur wenig in die Bereiche klassischer Feldbusse vordringen konnte. Einige Ansätze erlauben zwar einen gewissen Grad an Echtzeitfähigkeit, basieren aber auf proprietären Systemen, ohne die

Möglichkeit, gleichzeitig Standard-Komponenten und Protokolle, einzusetzen. Echtzeitfähigkeit ist ein dehnbare Begriff und hängt stark von den Anforderungen der Applikation und den Regelkreisen der eingesetzten Automatisierungskomponenten ab. Aus dem Blickwinkel der Automatisierungstechnik und mit dem Erfahrungshintergrund der Feldbus-Firma Beckhoff kann man aber eine grobe Einteilung wagen:

- Die härtesten Anforderungen liegen bei Zykluszeiten um 50µs und zulässigen Jitterzeiten (Abweichungen von der gewünschten Zykluszeit) um 10µs. Noch härtere Anforderungen werden z. T. noch mit spezieller Hardware und nicht direkt über Feldbusse abgewickelt.
- Typische Zykluszeit-Anforderungen beim Einsatz lagegeregelter Antriebe liegen im Millisekundenbereich (1-4ms), wobei die Jitterzeiten unter 20µs liegen sollten.
- Reine SPS-Anwendungen benötigen Zykluszeiten häufig erst ab 10ms; hierbei sind auch deutlich höhere Jitterzeiten im Millisekundenbereich zulässig.
- Datenkommunikation zwischen Steu-

erung und Leitsystem kommt in der Regel mit Zykluszeiten im Sekundenbereich aus bzw. ist nicht zyklisch sondern eher ereignisgesteuert projektiert.

- Auch die Fernwartung und -diagnose sollten erwähnt werden, bei denen weniger Zyklus- und Jitterzeiten als eher Reaktionszeiten und die durchgängige Möglichkeit, über Netzwerk-grenzen kommunizieren zu können, eine Rolle spielen.

Mit der neuen Echtzeit-Ethernet Einbindung in der Automatisierungssoftware TwinCAT werden nun auch die schnellsten Zykluszeiten mit Ethernet realisierbar. Damit steht ein durchgängiges System für alle Anforderung auf ein und derselben Technologie zur Verfügung, sowohl aus Gerätesicht als auch bei den eingesetzten Protokollen.

Funktionsprinzip

Der TwinCAT Netzwerkkarten-Treiber bindet sich so in das System ein, dass er als betriebssystemkonformer Netzwerktreiber und zusätzlich als TwinCAT Feldbuskarte erscheint. Auf der

Bild 2: Das TwinCAT I/O-System selektiert echtzeitrelevante Ethernet-Frames und leitet andere Frames außerhalb des Echtzeitkontextes an das Betriebssystem weiter.

Sendeseite wird über interne Priorisierung und Puffer sichergestellt, dass 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. Auf der Empfangsseite werden alle empfangenen Ethernet-Frames vom TwinCAT I/O-System überprüft und die echtzeitrelevanten herausgefiltert. Alle anderen Frames werden nach der Überprüfung außerhalb des Echtzeitkontextes an das Betriebssystem übergeben. Über handelsübliche Switche, die bei 100MBaud alle den Full-Duplex-Betrieb unterstützen, werden die gesendeten Frames mit einer konstanten Verzögerung an den Empfänger weitergeleitet. Ein Switch stellt sicher, dass es zu keinen Kollisionen sondern nur zu Verzögerungen kommt. In einem zyklischen Steuerungssystem muss daher nur sichergestellt werden, dass alle relevanten Eingangsinformationen vor dem Beginn des nächsten Zyklus eingetroffen sind. Wann bzw. in welcher Reihenfolge sie eintreffen, ist nicht von Bedeutung. Wird die Teilnehmerzahl bzw. Frame-Rate in Korrespondenz zur benötigten Zykluszeit eingeschränkt, ist die Voraussetzung für eine echtzeitfähige Ethernet-Kommunikation gegeben.

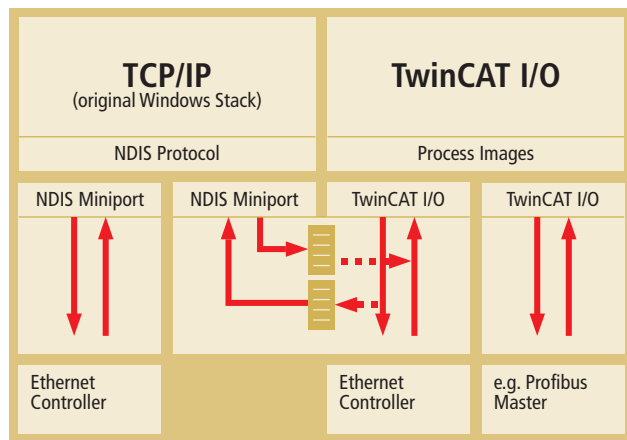
Betriebsarten/Protokolle

Im Gegensatz zu den weit verbreiteten Protokollen TCP/IP und UDP/IP, die für die welt-

weite Zustellung einzelner Ethernet-Frames zuständig sind, wird bei der Echtzeitkommunikation das eigene Sub-Netz nicht verlassen. Der Overhead von TCP/IP und selbst der von UDP/IP kann entfallen, und die Adressierung der Teilnehmer erfolgt direkt auf den Hardware Adressen (MAC-ID) der Netzwerkkarten. Durch den Aufbau der Ethernet-Frames ist immer eine Koexistenz mit anderen Protokollen sichergestellt und selbst die „Echtzeit-Frames“ können bei Bedarf mit TCP oder UDP verschickt werden, wenn sie das eigene Sub-Netz verlassen sollen. Für den Einsatz in der Steuerungstechnik sind mehrere Betriebsarten definiert worden, die unterschiedlichen Kommunikationsaufgaben dienen und natürlich auch gleichzeitig verwendet werden können:

- Master-Slave Prozessdatenkommunikation
- Zyklische oder ereignisgesteuerte Übertragung von I/O-Daten (der typische Einsatzfall heutiger Feldbusse)
- Publisher-Subscriber Prozessdatenkommunikation

Prozessdaten nach dem Publisher-Subscriber Modell (auch als Netzwerkvariablen bezeichnet) dienen zur regelmäßigen Kommunikation zwischen Steuerungen, bei denen keine festen Master-Slave Beziehungen sinnvoll sind. 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 konfiguriert werden, ob die Daten per Broadcast, Multicast oder Unicast verschickt werden. Multicasts entlasten die Empfangsqueues der Teilnehmer, da sie bereits im Ethernet-Controller ausgewertet werden. Erst die Nutzung von Unicasts erlaubt dem Switch (ohne aufwendige Konfiguration), parallele Kommunikationspfade zu öffnen und die nutzbare Bandbreite zu erhöhen.

Bedarfsdaten-kommunikation

Eine Kommunikationsart, die im TwinCAT System durch die ADS-Kommunikation abgedeckt wird, und „bei Bedarf“ Kommunikationsstrings von einem Teilnehmer zum anderen versendet. Hierüber werden Dienste und Parameter ausgeführt bzw. ausgetauscht. Durch den gewählten Protokollaufbau sind weitere Betriebsarten bzw. Kommunikationsprofile in Zukunft leicht integrierbar und können problemlos mit den bestehenden koexistieren.

Kompatible Komponenten

Als erste Komponenten aus dem Beckhoff Produktspektrum sind der Ethernet-Buskoppler BK9000 und der Antriebsregler AX2000-B900 für den Echtzeit-Ethernet-Einsatz erweitert worden. Mit diesen beiden Komponenten erschließt sich 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. Dies ist einer der am weitesten verbreiteten Ethernet-Controller und ein Bestandteil der neuesten Intel-Chip-Sätze, die einen kompatiblen Netzwerkanschluss gleich mitbringen. Die Unterstützung weiterer Ethernet-Controller ist in Zukunft denkbar - aufgrund der starken Verbreitung der Intel-Familie und auch deren Kompatibilität selbst zu Gigabit-Ethernet (Intel 8254x Familie) aber nicht zwingend notwendig. Der neue Embedded-PC CX1000 ist von Haus aus mit einem entsprechenden Ethernet-Controller ausgestattet. ■

www.beckhoff.de

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