

ethercat



ETG in Kürze

Ausgezeichnete Performance, flexible Topologie und einfache Konfiguration kennzeichnen Ethercat (Ethernet for Control Automation Technology) als Feldbus mit Motion Control Qualitäten. Wo herkömmliche Feldbussysteme an ihre Grenzen kommen, setzt Ethercat neue Maßstäbe: 100 Antriebe lassen sich in 100 μ s abfragen bzw. mit Daten versorgen; nahezu unbeschränkte Netzwerkausdehnung und, dank Ethernet- und Internettechnologien, optimale vertikale Integration. Kurze Zykluszeiten zusammen mit einer präzisen Synchronisation sind die Grundlage für die Verwendung des Systems in hochdynamischen Motion Control Applikationen. Die Ethercat Technology Group (ETG) verfolgt als internationale Hersteller- und Anwenderorganisation das Ziel, Ethercat sowohl als Feldbusstandard als auch technologisch weltweit voranzubringen. Über 680 Mitgliedsfirmen zeugen dabei von einem hohen Interesse, über 120 Produkteinträge im Product-Guide von einer aktiven Nutzung der Technologie.



Schnell - schneller - am schnellsten?

Ethercat als Antriebsbus



**Dr. Dirk Janssen,
Leiter der Grundlagen-
software, Beckhoff**
„Ethercat ist kein
reiner Antriebsbus,
aber erfüllt die ent-
sprechenden Anfor-
derungen mindestens um
eine Größenordnung
besser als bekann-
te, spezialisierte
Systeme.“

**Bei der Entwicklung von Ethercat stand von Anfang an die kombinierte Ein-
satzfähigkeit für Antriebstechnik und schnelle I/O-Signale im Vordergrund.
Dieser Beitrag erläutert die entsprechenden Eigenschaften des Ethercat-
Slave-Controllers und die für die Antriebstechnik relevanten Protokoll- und
Profilimplementierungen.**

Die speziellen Anforderungen der Antriebstechnik gelten für ein Feldbusssystem immer noch als besonders schwierig zu erfüllen. Kurze Zykluszeiten und hohe Synchronität, wie sie für über den Bus geschlossene Regelkreise benötigt werden, lassen sich in bisherigen Systemen nur mit speziellen „Antriebsbussen“, wie z. B. Sercos Interface, realisieren. Diese Antriebsbusse eignen sich aber nur bedingt für vermeintlich triviale Aufgaben, wie z. B. nebenbei auch noch normale I/O Signale im Zyklus der SPS auszutauschen. Die Folge sind getrennte Feldbusse für Antriebe und I/O-Signale. Soll die Steuerung auch vernetzt werden, kommt noch ein Ethernet-Anschluss hinzu. Für den Anwender ergeben sich dann drei inkompatible Netzwerke, die unterschiedlich verkabelt und parametrisiert werden – wo er doch verständlicherweise nur ein System haben möchte.

Die Anforderungen der Antriebstechnik

Die harten Anforderungen der Antriebstechnik an ein Feldbusssystem lassen sich relativ schnell aufzählen: Zykluszeit, Synchronität und Gleichzeitigkeit. Typische Werte für benötigte Zykluszeiten liegen zwischen moderaten 4 ms (zyklische Lagevorgabe mit Lageregelung im Antrieb) und in extremen Fällen 62,5 μ s (über den Bus geschlossener Stromregelkreis). Als ausreichende Anforderung an die Synchronität wird in der Antriebstechnik häufig eine Mikrosekunde angegeben. Da der Begriff der Synchronität in diesem Zusammenhang nicht klar definiert ist, sollte zusätzlich die Gleichzeitigkeit bewertet werden. Während die Synchronität den zeitlichen Jitter der Abarbeitung der Funktionen in den beteiligten Teilnehmern (Antriebe und

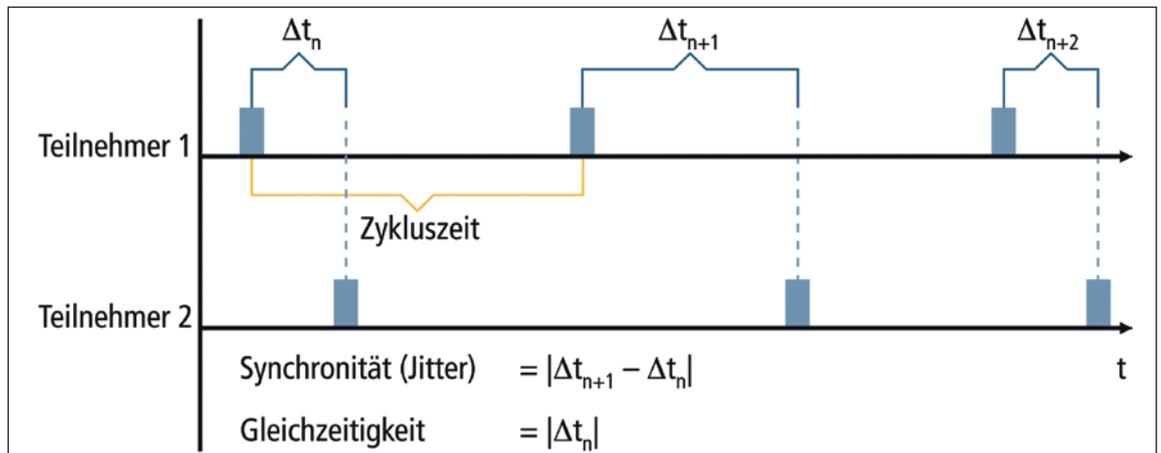


Abb. 1: Zykluszeit, Synchronität und Gleichzeitigkeit

Steuerung) angibt, definiert die Gleichzeitigkeit das Maß des zeitlichen Versatzes dieser Funktionen. Die Synchronität ist für den einzelnen Teilnehmer wichtig, damit eigene, unterlagerte Regelkreise sich auf das zyklische Signal entsprechend genau synchronisieren können. Die Gleichzeitigkeit erlaubt zudem, verteilte Teilnehmer an einer gemeinsamen Aufgabe mit der absolut selben Zeitbasis arbeiten zu lassen.

Während in der Antriebstechnik die benötigten Zykluszeiten und Synchronitäten durch die Trägheit der anzusteuern Mechaniken begrenzt sind, werden zukünftig die Anforderungen aus der Messtechnik das Einsatzspektrum eines Feldbusystems bestimmen.

Verteilte Uhren

Synchronität und Gleichzeitigkeit zwischen verteilten Systemen lassen sich auf verschiedene Art herstellen. Ein häufig angewendetes Verfahren beruht auf dem zyklischen Versenden eines Synchronisationssignals, das von einem Teilnehmer – meist dem Master – ausgesendet und quasi gleichzeitig von allen anderen empfangen wird. Das Verfahren setzt voraus, dass das Bussystem immer frei ist, wenn das Synchronisationssignal versendet werden soll und geht von einem verzögerungsfreien Empfang in den Teilnehmern aus. Aufgrund von Laufzeiten in den Teilnehmern und in den Infrastrukturkomponenten (Kabel, Switches, Netzwerk-Controller etc.) ist die Gleichzeitigkeit aber nicht gegeben. Ein 100 m langes Kabel erzeugt bereits eine Verzögerung von ca. einer halben Mikrosekunde. Das Weiterleiten

des Signals durch einen Switch kann mehrere Mikrosekunden dauern.

Ethercat nutzt für die Synchronisationsregelung einen anderen Ansatz, der auf sog. „verteilten Uhren“ basiert: Alle Teilnehmer besitzen eine eigenständige Uhr, auf Basis derer die lokalen Zyklen und Ereignisse ablaufen. Entscheidend dabei ist, dass alle Uhren gleich schnell laufen und die gleiche Basiszeit besitzen. Eine im Ethercat-Slave-Controller (ESC) integrierte Regelung stellt sicher, dass sich alle Uhren an einer Referenz-Uhr orientieren und unabhängig von Temperatur und Herstell-Toleranzen synchron laufen.

Um zusätzlich die Gleichzeitigkeit herzustellen, müssen alle Uhren die gleiche Basiszeit erhalten. Ethercat definiert hierzu eine Systemzeit mit einer Auflösung von 1 ns. Die Systemzeit wird als 64-Bit-Integer direkt vom ESC verwaltet und stellt jederzeit den absoluten zeitlichen Bezug zu Ereignissen im gesamten Netzwerk her. Da durch die Regelung alle verteilten Uhren synchronisiert sind, muss die Systemzeit nur einmalig initialisiert werden.

Um die Systemzeit entsprechend genau in allen Teilnehmern initialisieren zu können, wird eine vom ESC (d.h. hardware-) unterstützte Laufzeitmessung durchgeführt, die die Signallaufzeiten zwischen allen Ethercat-Teilnehmern ermittelt und die dann bei der Verteilung der Systemzeit berücksichtigt werden. Dazu ist u.a. die genaue Kenntnis der installierten Topologie notwendig, die bei Ethercat sehr flexibel (Linie, Stern, Baum) aufgebaut sein kann. Die Topologie ist aber vollständig auslesbar – ebenfalls vom ESC unterstützt. Eine statistische

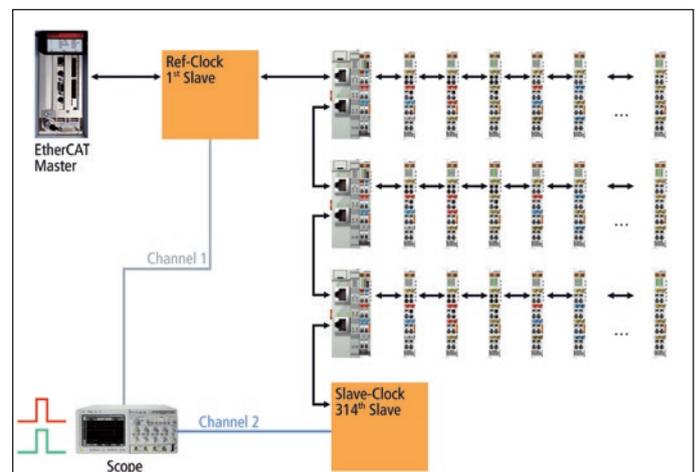


Abb. 2: Testaufbau

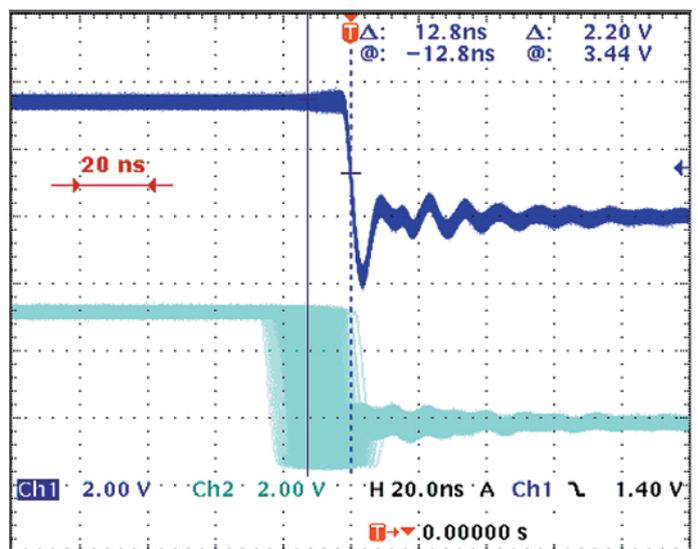


Abb. 3: Synchronität und Gleichzeitigkeit in einem Ethercat-Netzwerk

Mittelwertbildung hilft dabei, den im Kommunikationssystem vorhandenen Jitter zu kompensieren. Basierend auf den verteilten Uhren bietet der ESC eine Reihe von Funktionen und Signalen, die die

hochgenaue Zeitbasis für die jeweilige Anwendung (z.B. eines Antriebsreglers) zur Verfügung stellt. Durch Synchronisationssignale, die z.B. mit Capture/Compare-Einheiten des Anwendungsprozessors

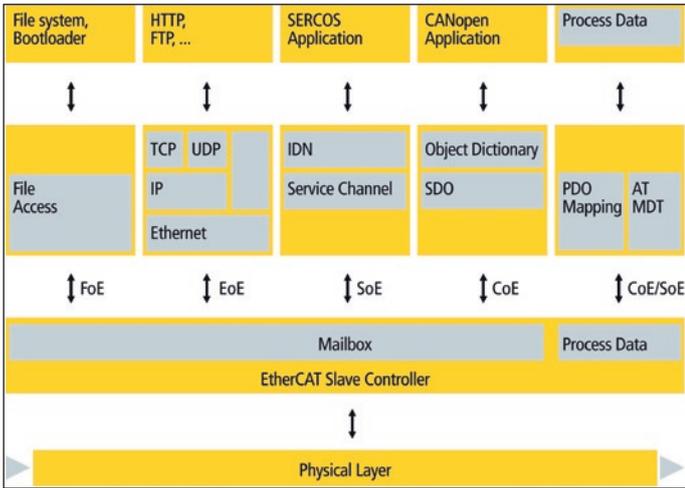


Abb. 4: Multiprotokollfähigkeit der Ethercat-Mailbox

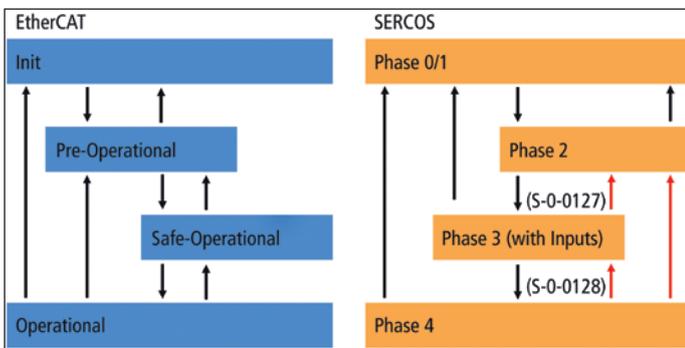


Abb. 5: Ethercat-Slave-State-Machine und deren Abbildung auf die Sercos-Phasen

verbunden sind, wird die hochgenaue Zeitbasis in der Anwendung verfügbar. Der ESC stellt auch Synchronisationseingänge zur Verfügung, mit deren Hilfe die Systemzeit für externe Ereignisse gelatcht wird. Durch Verwendung der absoluten Systemzeit können auch weit verteilte Ereignisse gemeinsam bewertet werden.

Entscheidend für die Einsetzbarkeit der verteilten Uhren sind die Qualität der Regelung und die Genauigkeit, mit der die Systemzeiten der einzelnen Teilnehmer initialisiert werden können. Selbst das Kommunikationssystem Sercos interface vernachlässigt die erforderliche Gleichzeitigkeit und geht davon aus, dass das entsprechende Synchronisationssignal in allen Teilnehmern zur selben Zeit empfangen wird. In der Realität wird das Signal aber von einem Teilnehmer zum nächsten weitergeleitet und um ca. 1 μ s verzögert. Selbst bei nur 20 Teilnehmern ergibt sich daher bereits ein entsprechender Fehler von ca. 20 μ s. Dieser Fehler kann auch nicht

automatisch kompensiert werden, da erstens die Topologie nicht auslesbar ist, zweitens die Laufzeit nicht messbar ist und drittens keine Vorkehrungen im entsprechenden Protokoll getroffen wurden.

Ethercat ist ausgelegt, um nicht nur 20 Teilnehmer, sondern mehrere hundert bzw. tausend Teilnehmer zu unterstützen. Die bereits aufgeführten Mechanismen erlauben trotzdem Ergebnisse, die um mehrere Größenordnungen besser sind. In Abbildung 2 ist ein Testaufbau dargestellt, mit dem eine Langzeit Scope-Aufnahme durchgeführt wurde (Abb. 3). Hierin werden die Synchronisationssignale zweier Ethercat-Teilnehmer gezeigt. Zwischen diesen beiden Teilnehmern befinden sich im Testaufbau über 300 weitere Teilnehmer und insgesamt ca. 120 m Kabel, die eine realistische Anwendung repräsentieren. Das Scope triggert auf das Signal des ersten Teilnehmers und zeigt unten das Signal des zweiten. Die Breite der Signalfanke entspricht dem Synchronisationsfehler

und liegt bei ca. \pm 20 ns. Die Abweichung des Mittelwertes vom Triggerpunkt des ersten Teilnehmers entspricht dem Gleichzeitkeitsfehler und liegt hier bei ca. 12 ns. Umfangreiche Messungen haben ergeben, dass sowohl der Synchronisationsfehler als auch der Gleichzeitkeitsfehler – selbst bei großen Netzwerken – deutlich unter 100 ns liegen.

Multiprotokollfähigkeit

Weitere wichtige Kriterien eines Feldbussystems zur Unterstützung der Antriebstechnik sind das verwendete Kommunikationsprotokoll und -profil, die für die Kompatibilität und den effizienten Datenaustausch zwischen Steuerung und Antrieb verantwortlich sind. Statt hier das Rad neu zu erfinden, setzt Ethercat in diesem Bereich auf bewährte Technik.

Die Kommunikationsanforderungen moderner Feldbusse (Prozessdaten, Parameterdaten, paralleles TCP/IP, Firmwareupdates, Routing zu unterlagerten Bussystemen, etc.) werden von keinem verfügbaren Protokoll alleine unterstützt. Daher setzt Ethercat auf Multiprotokollfähigkeit und führt die unterschiedlichen Protokolle in einer einheitlichen Mailbox zusammen. Dies erleichtert u.a. bestehende Geräte schnell und vollständig auf Ethercat umzusetzen. Für die Antriebstechnik relevant sind die Protokolle CANopen und Sercos Interface, die beide durch die Protokolle CANopen over Ethercat (CoE) bzw. Servodrive Profile over Ethercat (SoE) auf das Ethercat Kommunikationssystem abgebildet sind. In der IEC 61800-7-3 ist diese Abbildung der Antriebsprofile international standardisiert.

Die Ethercat-Slave-State-Machine entspricht – bis auf wenige Details – der CANopen-State-Machine. Um ein eindeutigeres Anlaufverhalten zu ermöglichen, ist ein weiterer State namens „Safe-Operational“ definiert, in den bereits gültige Eingänge übertragen werden, während die Ausgänge noch im sicheren Zustand verbleiben (Abb. 5). Die Ethercat-Slave-State-Machine lässt sich ebenfalls gut auf die Phasen des Sercos-Protokolls abbilden. „Pre-Operational“ entspricht Sercos-Phase 2, und erlaubt Servicekanalkommunikation ohne Prozessdatenaustausch. „Safe-Operational“ ist mit Phase 3 vergleichbar. Es findet die notwen-

dige Synchronisierung statt, allerdings müssen bei Ethercat bereits gültige Eingänge übertragen werden. „Operational“ entspricht wiederum exakt der Phase 4, in der der normale zyklische Datenaustausch stattfindet.

Die Protokolle Ethernet over Ethercat (EoE) und File Access over Ethercat (FoE) ermöglichen optional z.B. einen Webserver im Antrieb zu integrieren oder die Firmware bzw. Kurvenscheibentabellen effizient über den Bus auszutauschen.

Fazit

Ethercat ist kein reiner Antriebsbus, aber erfüllt die entsprechenden Anforderungen mindestens um eine Größenordnung besser als bekannte, spezialisierte Systeme. Eine Trennung von Antriebs-, I/O- und Kommunikationsbus ist nicht mehr notwendig. Selbst anspruchsvollere Aufgaben, wie z. B. aus der Messtechnik, lassen sich integrieren und erlauben, neue Funktionalitäten mit „klassischer“ Steuerungstechnik zu nutzen. Durch Verwendung bewährter Kommunikationsprofile ist eine Migration bestehender Geräte und Applikationen sehr einfach möglich. Insbesondere in der Antriebstechnik haben sich hier einige wenige Profile über Jahre hinweg entwickelt und bewährt. Außerdem können so die gesamte Toolkette und vorhandene Erfahrungen zur Parametrierung entsprechender Antriebe erhalten bleiben.

Hannover Messe, Halle17, Stand D26

KONTAKT

Beckhoff Industrie Elektronik, Verl
Tel.: 05246/963-0
info@beckhoff.de
www.beckhoff.de
www.ethercat.org