

open automation REPORT

Eine Publikation in Zusammenarbeit mit der Ethercat Technology Group



Martin Rostan
**Ethercat auf
Überholspur** S. 6



Prof. Dr. Schwager
**Echtzeit-Ethercat
in zahlreichen
Varianten** S. 10



Dieter Hess
**Wie funktioniert
die ETG?** S. 27



EtherCAT-Klemmen. Das schnelle All-in-One-System für alle Automatisierungsfunktionen.

EtherCAT®

Das Beckhoff-I/O-System integriert Klemmen für:

- Alle digitalen/analogen Standardsignaltypen
- Antriebstechnik, wie z. B. Schrittmotoren, AC/DC-Motoren
- Gateways zur Einbindung unterlagerter Feldbussysteme
- Hochpräzise Messtechnik, Condition Monitoring
- TwinSAFE PLC und Safety-I/Os
- Highspeed-Automation (XFC)



www.beckhoff.de/EtherCAT-Klemmen

- Echtzeit-Ethernet bis zur I/O-Ebene
- Geringe Systemkosten
- Flexible Topologie
- Maximale Performance
- Einfache Konfiguration
- Feldbussysteme und Safety-Geräte integrierbar



IPC

I/O

Motion

Automation

Ethernet bis in die Klemme: mit Vollduplex-Ethernet im Ring und einem Telegramm für mehrere Teilnehmer. Anschluss direkt am Standard-Ethernet-Port.

New Automation Technology

BECKHOFF

Erfolgsstory Ethercat

Es gibt immer mal wieder Spezialisten im Markt, die meinen, ein Déjà-vu erleben zu wollen: Auch Interbus war in den 1990er-Jahren ein ausgereiftes Feldbussystem mit einigen klar definierten Vorteilen gegenüber Profibus zu jener Zeit, so zum Beispiel im Bereich der Diagnose. Trotzdem hat sich Profibus unter den Feldbussystemen weitgehend durchgesetzt, nicht zuletzt deshalb, weil es mehr und größere Unterstützer dafür gab/gibt.



Im Jahr 2003 wurde mit Industrial Ethernet eine neue Ära eingeleitet. Mit Profinet existiert ein weitverbreitetes Industrial-Ethernet-System, hinter dem wichtige Marktteilnehmer stehen. Wird Ethercat ein ähnliches Schicksal im Bereich der Industrial-Ethernet-Protokolle wie Interbus als Feldbus ereilen?

Mitnichten: Zehn Jahre nach der Gründung kann die Ethercat Technology Group (ETG) weltweit die größte Anhängerschaft aller industriellen Kommunikationsprotokolle für sich reklamieren. Mittlerweile zählt die ETG mehr als 2500 Mitglieder. Die Lösungsvielfalt ist beachtlich und zieht sich von der Geräteebene über die Maschinenautomatisierung bis zur fabrikweiten Vernetzung.

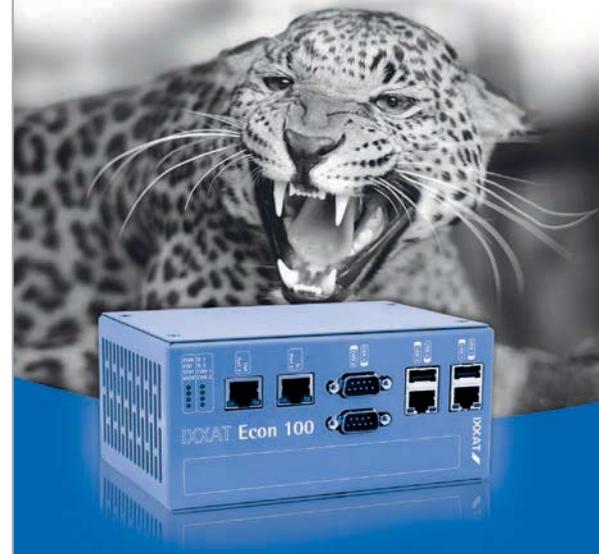
In vielen Branchen, zum Beispiel in der Halbleiterindustrie, ist Ethercat erklärter Standard der wesentlichen Player. Unterschätzt werden darf auch nicht das rasante Wachstum der industriellen Kommunikation insgesamt. Selbst Feldbusse wie Profibus weisen heute noch absolute Wachstumszahlen auf, von denen so manches Industrial-Ethernet-Protokoll nicht zu träumen vermag. Da gibt es für die Industrial-Ethernet-Verfechter ungeahnte Potenziale.

Mit Industrie 4.0 steht darüber hinaus ein Projekt auf der Tagesordnung, bei dem die Konvergenz von Informations- und Automatisierungstechnologie Kernpunkt ist. „Ethercat verkörpert geradezu die Fusion von IT-Welt und Produktion: durchgängige vertikale und horizontale Kommunikation auf Basis von Ethernet mit harten Echtzeiteigenschaften, wie sie in der Fertigungsautomation gefordert sind; aber eben ohne die Komplexität vieler IT-Technologien“, betont Martin Rostan, Executive Director der ETG. Daher bringt das Kommunikationssystem auch für dieses Zukunftsprojekt beste Voraussetzungen mit, um als Backbone für reibungslosen Datenaustausch über alle Ebenen und Systemgrenzen hinweg zu sorgen.

Diese in die Zukunft reichende Erfolgsstory war für uns Anlass, zusammen mit der ETG zu ihrem zehnjährigen Bestehen den vorliegenden openautomation Report herauszugeben, der einen Einblick in wesentliche Technologietrends und in die große Lösungsvielfalt rund um Ethercat gibt.

Ronald Heinze

E-Mail: ronald.heinze@vde-verlag.de



Damit Sie bei Ihrem EtherCAT-Projekt keine böse Überraschung erleben!

IXXAT Econ 100

Leistungsfähiger und kostengünstiger EtherCAT Master für die Hutschiene. Universell einsetzbar durch vielfältige Schnittstellen und Erweiterungsmöglichkeiten.

EtherCAT-Protokollsoftware

Schnelle und einfache Realisierung von Master-Geräten auf unterschiedlichsten Plattformen.

EtherCAT-IO-Modul

IO-Modul mit analogen und digitalen Ein-/Ausgängen – auch als Board-Level-Produkt.

OEM-Lösungen und Dienstleistungen

Als erfahrener Dienstleister entwickeln und liefern wir Hard- und Softwarelösungen im Kundenauftrag oder passen Produkte an Ihre Anforderungen an.

sps ipc drives

Besuchen Sie uns auf der Messe
26.-28. Nov. 2013, Halle 6, Stand 222



IXXAT

Member of the HMS group

IXXAT Automation GmbH

Leibnizstr. 15 · 88250 Weingarten

Tel.: +49 751 56146-0 · Internet: www.ixxat.de

6



Auf der Überholspur

Vor zehn Jahren wurde Ethercat erstmalig der Fachwelt vorgestellt und hat sich seitdem weltweit in zahlreichen Branchen als Standard etabliert. openautomation interviewte Martin Rostan, Executive Director der Ethercat Technology Group, über Rückblick und Ausblick.

10



Echtzeit-Ethernet in zahlreichen Varianten

Die Hannover Messe 2003 kann als Startschuss für den Wettkampf zwischen den konventionellen Feldbussen und den Ethernet-basierten Kommunikationssystemen bezeichnet werden. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Entwicklungen der vergangenen zehn Jahre und schließt mit einem Ausblick.

14



„Size & Speed matter“

Des Öfteren heißt es, auf die Geschwindigkeit der industriellen Kommunikation käme es gar nicht so sehr an. Im Gespräch mit Angelo Bindi, Leiter Industrial SW Engineering bei Continental, Division Chassis & Safety, konnten wir erfahren, dass die Performance aber doch ausschlaggebend ist.

31



Echtzeit auf dem Acker

Bei der Verteilung von Energien zwischen landwirtschaftlichen Zugmaschinen und Anbaugeräten setzt der führende Landmaschinenhersteller John Deere auf eine elektrische Schnittstelle mit Ethercat als Kommunikationssystem.

50



Kuka-Robotersteuerung KR C4 setzt auf Ethercat

Als die Planungen für eine neue Generation der Robotersteuerung anstanden, war es naheliegend, neben Windows und PC eine weitere, ausgereifte Technologie aus der IT-Welt in die Automatisierungswelt zu übernehmen: die durchgängige Kommunikation über Ethernet. Seit 2010 bewährt sich Ethercat in den Kuka-Steuerungen für alle Roboter.

Impressum

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar. (openautomation Report 2/2013)

ISBN 978-3-8007-3559-4
ISSN 1867-0059

© 2013 VDE VERLAG GMBH. Alle Rechte vorbehalten.

Dieser **openautomation** Report entstand in Kooperation mit der **Ethercat Technology Group, Ostendstraße 196, D-90482 Nürnberg, www.ethercat.org**

Eine Haftung des Verlags für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Programme, Schaltungen und sonstigen Anordnungen oder Anleitungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts der veröffentlichten Aufsätze und sonstigen Beiträge ist ausgeschlossen. Die gesetzlichen und behördlichen Vorschriften sowie die technischen Regeln (z. B. das VDE-Vorschriftenwerk) in ihren jeweils geltenden Fassungen sind unbedingt zu beachten. Aus der Veröffentlichung kann nicht geschlossen werden, dass die beschriebenen Lösungen oder verwendeten Bezeichnungen frei von gewerblichen Schutzrechten sind.

Druck: H. Heenemann GmbH & Co. KG, Bessemerstr. 83–91, 12103 Berlin

Übersicht

Trends & Technologien

Interview mit Martin Rostan: Auf der Überholspur	6
Prof. Jürgen Schwager: Echtzeit-Ethernet in zahlreichen Varianten	10
ETG: „Processing on the fly“ – das Funktionsprinzip	13
Continental: „Size & Speed matter“	14
ETG: Ethercat für die mobile Automation	18
ETG: Flexible Topologie mit Ethercat	21
ETG: Funktionale Sicherheit mit Safety-over-Ethercat	22
ETG: Diagnose und Fehlerlokalisierung mit Ethercat	24
ETG: Weltweit aktiv	26
3S-Smart Software Solutions: Flotte Weiterentwicklung trotz Stabilität im Kern	27

Applikationen & Lösungen

Beckhoff: Perfekte Symbiose von Technik und Kunst	28
John Deere: Echtzeit auf dem Acker – Mobile Automatisierung	31
Deutschmann: Kurze „Time-to-Market“ mit einbaufähigen Ethercat-Busnoten	34
Assembléon: Ethercat-basierter Bestückungsautomat für hohen Produktmix	36
Shadow Robot: Mit Ethercat komplexe Roboter steuern	38
koenig-pa: Motoren-Prüfstand mit Ethercat effektiv vernetzt	40
Sick: Schachteln zählen mit Ethercat-Encodern	44
Applied Materials: Perfektes Netzwerk für die Halbleiterindustrie	47
Kuka Roboter: Kuka-Robotersteuerung KRC4 setzt auf Ethercat	50
Multivac: Perfekt verpacken mit Ethercat	52

Impressum	4
------------------	---

Bildnachweise Titelseite

Linke Spalte, Bild 2: Fotolia.com © beermedia (Stoppuhr), © Péter Mács
 Hauptmotiv: Reihe 1, Bild 1: Changi Airport Group Singapore; Reihe 1, Bild 4: MKT AG;
 Reihe 2, Bild 3: KUKA Roboter GmbH; Reihe 3, Bild 3: Fliegl Agrartechnik GmbH

Realtime Industrial Ethernet Technology

EtherCAT-Master-Selector
EtherCAT Slave Interface
EtherCAT Slave Bridge



EtherCAT

ECX-Master-Selector

- Umschaltung mittels elektrischem Signal zwischen zwei **redundanten EtherCAT Mastern**
- kompatibel **zu allen Ethernet** basierten Systemen und Feldbus-Standards
- Unterstützt **EtherCAT Kabelredundanz**

ECS-PCIe/1100

- macht jeden PC zum **EtherCAT Slave**
- Konfiguration über EtherCAT Master (ESI Datei)
- Direkte Abbildung des **ET1100 ESC** Adressraums auf den PCI Express Adressraum

ECX-EC

- **EtherCAT Slave Bridge**
- Prozessdatenaustausch zwischen zwei unabhängigen EtherCAT Netzwerken
- Konfiguration über **CoE**
- Switchportfunktion **EoE**
- Zeitsynchronisation (**DC**) zwischen den EtherCAT Mastern
- Firmware-Update über **FoE**
- EtherCAT Prozessabbild vielfältig konfigurierbar



esd gmbh
 Vahrenwalder Str. 207
 30165 Hannover
 Tel.: 0511 / 37 29 80
 Fax: 0511 / 37 29 8-68
 info@esd.eu
 www.esd.eu



Auf der Überholspur

Vor zehn Jahren wurde Ethercat erstmalig der Fachwelt vorgestellt und hat sich seitdem weltweit in zahlreichen Branchen als Standard etabliert. In der internationalen Anwender- und Herstellervereinigung Ethercat Technology Group sind mittlerweile über 2500 Mitglieder vereint, die die Ethercat-Technologie unterstützen, verbreiten und weiterentwickeln. openautomation interviewte Martin Rostan, Executive Director, über Rückblick und Ausblick.

Ronald Heinze

Was ist Ethercat überhaupt: ein Feldbus oder ein Ethernet-Protokoll?

M. Rostan: Ethercat ist ein Ethernet-basierter Feldbus und in der Handhabung so einfach wie ein klassischer Feldbus, sodass der Anwender auch ohne das Know-how der IT-Abteilung auskommt. Aber Ethercat ist natürlich auch eine Ethernet-Technologie mit Standard-Ethernet-Port im Master, Standard-Ethernet-Frame, Standard-Kabel sowie Übertrager-Chips und bei Bedarf natürlich auch mit allen Internettechnologien und -protokollen.

Ursprünglich war Ethercat als Maschinensteuerungsbus gedacht. Wo liegen heute die Anwendungsfelder?

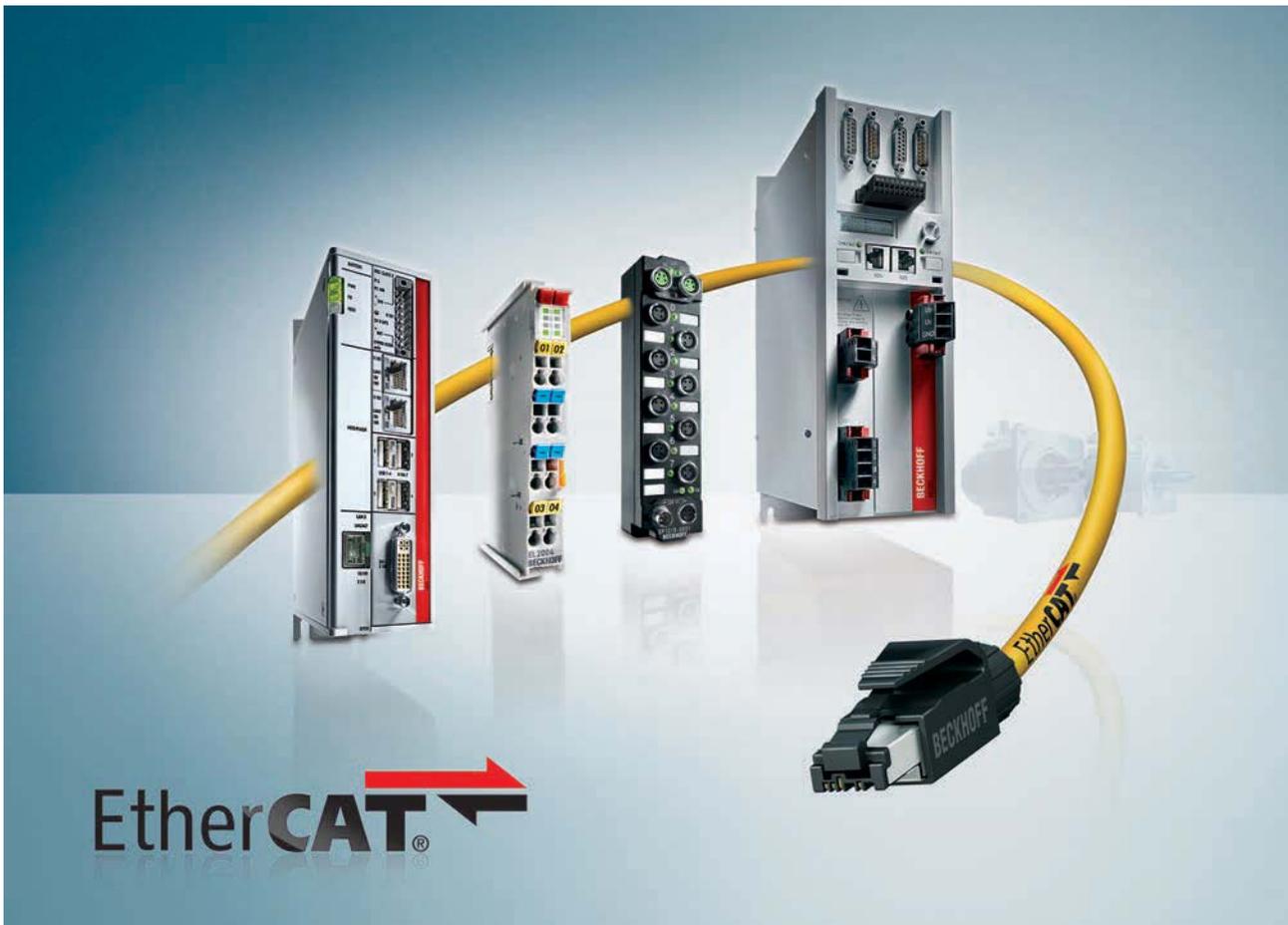
M. Rostan: Natürlich ist Ethercat im Maschinensteuerungsumfeld besonders stark, ist aber auch über diesen Bereich hinaus weit verbreitet. Wir finden Ethercat heute in Embedded-Systemen, in der Bühnentechnik und bei Unterhaltungsshows, in Kraftwerken und Schaltanlagen, in Traktoren und Erntefahrzeugen, medizinischen Geräten, Test- und Prüfsystemen und natürlich in der ganzen Vielfalt des Maschinenbaus.

Ein Argument der Kritiker lautet: Ethercat ist nur dann der schnellste Bus, wenn bestimmte Konstellationen eintreffen. Unter anderen Bedingungen liefern andere Protokolle eine schnellere Datenübertragung. Stimmt das?

M. Rostan: Ja, das stimmt. Ethercat ist nur dann der schnellste Bus, wenn das Netzwerk mehr als drei Teilnehmer aufweist und die Teilnehmer im Schnitt weniger als 500 Bytes pro Zyklus übertragen. Mit anderen Worten: In praktisch allen Konstellationen, auf die das Wort Feldbus zutrifft, ist Ethercat der schnellste Bus.



Martin Rostan ist Executive Director der Ethercat Technology Group.



Ethercat als schnellster Feldbus für fast alle Konstellationen der Automatisierungstechnik.

Andere behaupten wiederum: So viel Schnelligkeit braucht kein Anwender. Sehen Sie das auch so?

M. Rostan: Nein. Zum einen gibt es tatsächlich viele Anwendungen, welchen die Performance der klassischen Feldbusse und auch diejenige der anderen Systeme nicht ausreicht, zum anderen profitieren auch vergleichsweise langsame Anwendungen von einem schnellen Bussystem. Reaktionszeiten werden verkürzt, wodurch die Wartezeiten bei Weberschaltbedingungen reduziert und der Durchsatz der Maschine oder Anlage erhöht wird. Außerdem sollte man Ethercat nicht alleine auf seine überragende Performance reduzieren: viele setzen die Technologie ein, weil sie einfach zu handhaben und flexibel einzusetzen ist und von sehr vielen Geräteherstellern unterstützt wird. Andere, weil sie schlicht und ergreifend preislich überzeugt.

Mit der hohen Geschwindigkeit stellt Ethercat auch eine wesentliche Voraussetzung für Scientific Automation. Wird Ethercat auch zu einem Messtechnik-Bus?

M. Rostan: Ethercat ist bereits ein Messtechnikbus! 2009 haben wir mit

der Ethercat Technology Group auf der Messe Sensor und Test ausgestellt, um dann festzustellen, dass wir Eulen nach Athen tragen: sehr viele Aussteller hatten Ethercat bereits implementiert und viele andere hatten eine Implementierung in Vorbereitung. Heute ist Ethercat aus der Messtechnik gar nicht mehr wegzudenken.

Weitere Kritiker zweifeln an der Marktrelevanz von Ethercat und ziehen hier Studien von Marktforschern hinzu, nach denen Ethercat unter den führenden Industrial-Ethernet-Systemen nur einen hinteren Platz belegt.

M. Rostan: Die meisten Marktforscher ermitteln ihre Zahlen aufgrund von Umfragen bei den Nutzerorganisationen. Und weil wir keine Knotenzahlen veröffentlichten, werden wir hier regelmäßig abgestraft. So wurden uns in einer der jüngsten Studien Knotenzahlen zugebilligt, die wir alleine schon mit den Ethercat-Knoten eines einzigen Roboterherstellers übersteigen. Wer an der Marktrelevanz von Ethercat zweifelt, war offenbar schon lange nicht mehr auf einer Automatisierungsmesse. Die Vielfalt der

Firmen und Produkte, die Ethercat unterstützen, ist einzigartig. Und die Hersteller implementieren unsere Technologie ja nicht uns zuliebe, sondern weil ihre Kunden danach fragen und die Produkte kaufen.

Wie hoch sind denn nun die tatsächlichen Knotenzahlen?

M. Rostan: Das wissen wir nicht, weil sich viele Ethercat-Slave-Geräte der FPGA-Technik bedienen. Und hier können wir keine Chips zählen. Auch braucht man für einen Ethercat-Master lediglich einen Standard-Ethernet-Port und auch die können wir nicht zählen. Wenn wir die Gerätevielfalt und die uns zugänglichen Zahlen betrachten, kommen wir zu der Einschätzung, dass Ethercat weltweit auf Platz zwei liegen dürfte.

Ohne Kritik bleibt die hohe Konstanz: Noch die ersten Ethercat-Asics sind voll kompatibel. Wie haben Sie es geschafft, von Anfang an ein Protokoll aufzusetzen, für welches nicht gleich neue Versionen erforderlich werden?

M. Rostan: Nun, entscheidend ist sicherlich das einzigartige Funktionsprin-

zip, dass so viele Vorteile mit sich bringt, dass wir nicht andauernd nachbessern müssen. Das Funktionsprinzip – die Verarbeitung im Durchlauf – haben wir vom Beckhoff Lightbus übernommen und mit Ethernet kombiniert. Darauf haben wir ein sauber strukturiertes Protokoll aufgesetzt, das Raum für Erweiterungen ohne Änderungsbedarf liefert. Hierbei hat uns sicherlich unsere Erfahrung mit der Vielzahl der Feldbus-Protokolle geholfen, die von Beckhoff-Produkten unterstützt werden. So konnten wir einerseits Limitierung vermeiden, und andererseits bewährte Lösungen in den höheren Protokollschichten übernehmen: die zentralen CANopen-Protokolle finden sich auch bei Ethercat wieder.

Ein Trendthema derzeit ist Industrie 4.0. Wie passen Industrie 4.0 und Ethercat zusammen?

M. Rostan: Kernpunkt von Industrie 4.0 ist ja die Konvergenz von Informations- und Automatisierungstechnologie. Ethercat verkörpert geradezu die Fusion von IT-Welt und Produktion: durchgängige vertikale und horizontale Kommunikation auf Basis von Ethernet mit harten Echtzeiteigenschaften, wie sie in der Fertigungsautomation gefordert sind; aber eben ohne die Komplexität vieler IT-Technologien.

Warum passt Ethercat so gut zur PC-basierten Steuerung?

M. Rostan: Zum einen, weil Ethercat harte Echtzeit-Kommunikation ohne zusätzliche Schnittstellen-Hardware im PC ermöglicht, da der stets vorhandene Ethernet-Port hier genügt. Zum anderen bringt Ethercat die Performance der leistungsfähigen PC-basierten Steuerungstechnik tatsächlich in die Anlage. Was nützt mir die Rechenleistung eines schnellen PCs, wenn der Feldbus einen Flaschenhals darstellt? Und Ethercat ist auch zehn Jahre nach der Einführung immer noch schneller als die aktuellen CPUs: wir können mit Ethercat zwar im 100-µs-Takt mit 100 Servoachsen voll-duplex reden, noch nicht aber deren Sollwerte alle 100 µs berechnen. Ethercat hat sozusagen Moore's Law schon zehn Jahre in Folge geschlagen ...

Lassen sich Ethercat-Protokolle auch wireless übertragen?

M. Rostan: Ja, wir können Geräte auch wireless ins Ethercat-System integrieren. Allerdings verzichten wir darauf, den gesamten Nachrichtenverkehr über die Funkstrecke zu übertragen, weil wir sonst die Echtzeiteigenschaften der Funk-

strecke zum Maßstab des Netzwerks machen müssten. Also fügen Wireless-Schnittstellen die Daten in den zyklischen Datenverkehr ein, ohne diesen zu verzögern.

Wie offen ist Ihr Safety-over-Ethercat?

M. Rostan: Safety-over-Ethercat ist international genormt, vom TÜV zertifiziert und die Lizenz ist kostenlos erhältlich. Das Protokoll darf auch über andere Bussysteme übertragen werden. Für die Implementierung steht die ganze Bandbreite an Unterstützung zur Verfügung, bis hin zum ebenfalls zertifizierten Testtool und Testlabor, mit deren Hilfe die Freigabe der Geräte deutlich vereinfacht und damit beschleunigt wird. Apropos beschleunigt: weil das Safety-over-Ethercat-Protokoll besonders schlank ist, lässt es sich auch besonders schnell berechnen. Dadurch verkürzen sich die Stack-Durchlaufzeiten und wir erreichen auch im Bereich Safety außerordentlich kurze Reaktionszeiten.

Praktiker fragen sich oft: Lassen sich für Ethercat wirklich Standard-Ethernet-Cat.5-Leitungen verwenden?

M. Rostan: Alle unsere Messedemos verwenden preiswerte Cat.5-Leitungen. Für Industrieanlagen empfehlen wir jedoch aus grundsätzlichen Überlegungen, vernünftig geschirmte Leitungen einzusetzen – also Standard-Industrial Ethernet-Leitungen, wie sie für jeden industriellen Einsatz von Ethernet empfohlen werden. Industrielle CAN-Netzwerke verdrahtet man ja auch nicht mit Klingeldraht, obwohl das prinzipiell durchaus funktioniert ...

Ist mit Ethercat Hot Connect möglich?

M. Rostan: Ja. Einzelne Geräte oder auch ganze Netzwerksegmente lassen sich im laufenden Betrieb ab- und wieder ankoppeln, auch an anderer Stelle im System. Natürlich muss dies in der Systemkonfiguration vorgesehen werden, damit die Steuerung entsprechend reagieren kann.

Mit dem Einzug der Ethernet-Protokolle in die Produktion wachsen auch die Anforderungen an die Diagnose. Was wird hier für Ethercat getan?

M. Rostan: Auf vollständige Diagnoseeigenschaften haben wir bei der Entwicklung von Ethercat besonderen Wert gelegt. So können wir eventuelle Bitfehler nicht nur zuverlässig erkennen, sondern auch lokalisieren: das erleichtert die Fehlersuche ganz massiv und ist ein weiteres Alleinstellungsmerkmal unserer Tech-

nologie. Selbst seltene Ausreißer im zyklischen Verhalten des Masters werden von den Slave-Chips erkannt – versuchen Sie mal Timing-Verletzungen in Switch-basierten Systemen zu diagnostizieren! Die Diagnosemöglichkeiten bei Ethercat beschränken sich dabei aber nicht nur auf das Netzwerk selbst. Protokoll und Performance unserer Technologie erlauben es beispielsweise auch, eine Vibrationsanalyse fürs Condition Monitoring mit einfachen Analogeingängen parallel zur Steuerungsaufgabe auf dem gleichen System zu fahren. Auch ist die Online-Diagnose von Antriebsreglern selbst bei kürzester Zykluszeit möglich.

Wie stehen Sie zu Gigabit-Ethernet?

M. Rostan: Gigabit-Ethernet wird irgendwann auch in der Feldebene Einzug halten, das ist der Lauf der Dinge. Ethercat funktioniert prinzipiell auch mit Gigabit, das haben wir ausprobiert. Solange die CPU-Leistung der PCs und Steuerungen nicht mit Ethercat Schritt halten kann, sehe ich allerdings keinen Grund für Gigabit-Technologie: Ethercat hat in absehbarer Zeit kein Performance-Problem.

Zehn Jahre ETG: Was waren die Highlights?

M. Rostan: 2005 war es die Vorstellung von Safety-over-Ethercat und die Veröffentlichung der Spezifikation durch die IEC, gefolgt von der Internationalen Norm 2007. Das 1000ste Mitglied konnten wir 2009 in der ETG willkommen heißen, im gleichen Jahr haben wir die Konformitäts-Testcenter in Deutschland und Japan eröffnet. 2011 hielt die Ethercat Slave-Schnittstelle erstmals Einzug in Standard-Mikroprozessoren, was eine ganz neue Qualität der Verbreitung darstellte. Und dieses Jahr haben wir ein Testcenter in China eröffnet und die Schwelle von 2500 Mitgliedsfirmen überschritten.

Wo sehen Sie Ethercat und die ETG in zehn Jahren?

M. Rostan: In zehn Jahren wird man nicht mehr über Ethercat diskutieren, weil der Standard selbstverständlich geworden ist und von praktisch allen Herstellern und Geräten unterstützt wird. Nachdem sich das Mitgliederwachstum der ETG bisher stets beschleunigt hat – mittlerweile haben wir über 400 Neumitglieder pro Jahr –, wird der schon jetzt weltgrößte Feldbusverband wohl noch eine ganze Weile noch größer werden.

www.ethercat.org

high speed ioCONTROLLER

ein Quantensprung für die **superschnelle** Automatisierung

ioCONTROLLER:

- 100fach schneller als jede SPS
perfekt, wenn es um Mikrosekunden gehen muss
- eine Hardware für alle Anwendungen
die zu jeder SPS passt, die ideale Prozess-UNIT für alle PCs
- Profi für außergewöhnliche Applikationen
wo die SPS zu Ende ist, legt der ioCONTROLLER so richtig los
- extrem flexibel, weil programmierbar
wahlweise per 'C', VDHL oder AWL/KOP/FUP
- versteht alle wichtigen Busse und Netze

PROFI[®] BUS PROFI[®] NET[®] Modbus CANopen EtherCAT[®] ETHERNET[®] POWERLINK

... UND ICH BEDIENE
ALLES GANZ OHNE KABEL,
EINFACH MIT MEINEM PAD ...

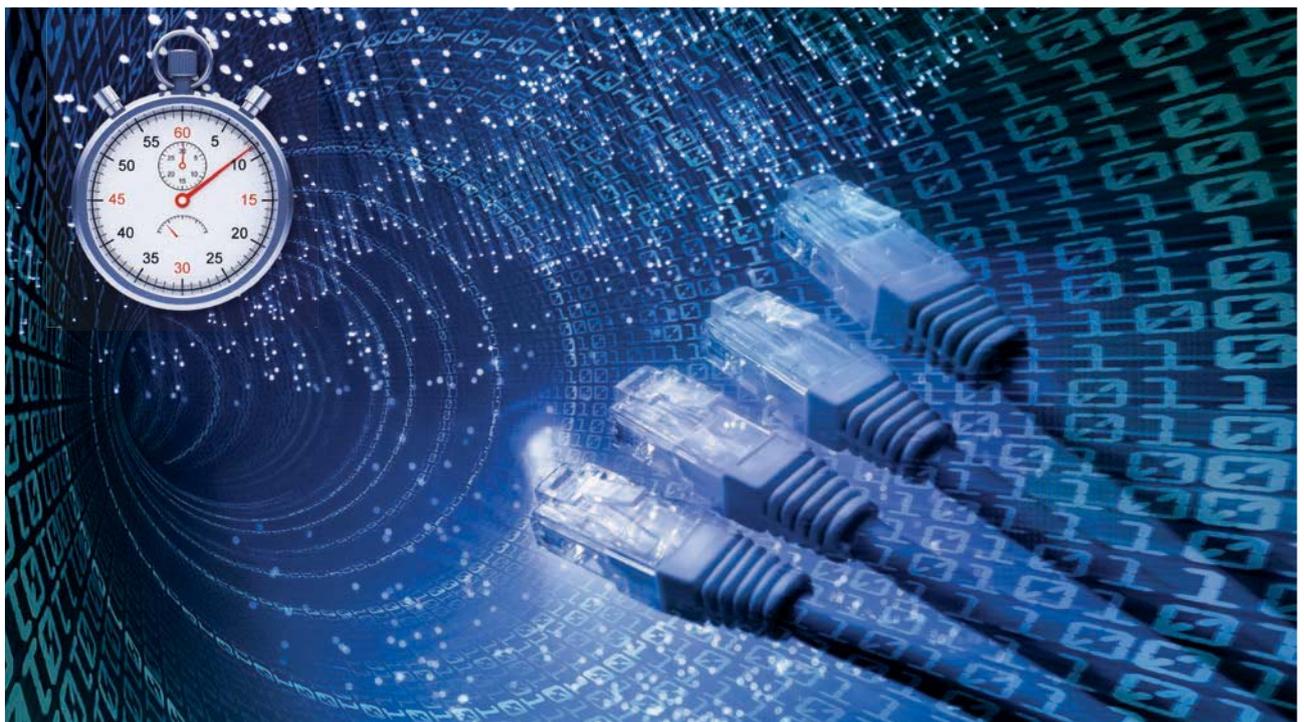
unidor
TRsystems gmbh

Mehr unter: www.io-controller.de

Echtzeit-Ethernet – in zahlreichen Varianten

Die Hannover Messe 2003 kann als Startschuss für den Wettkampf zwischen den konventionellen Feldbussen und den Ethernet-basierten industriellen Kommunikationssystemen bezeichnet werden. Zwar gab es schon vorher Entwicklungen einzelner Firmen und Bestrebungen, diese zu vereinheitlichen. Doch die Zahl fünf auf der Messe präsentierter Lösungen für Echtzeit-Ethernet machte deutlich, dass mit einer einheitlichen Lösung nicht mehr zu rechnen war. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Entwicklungen der vergangenen zehn Jahre und schließt mit einem Ausblick auf bevorstehende Entwicklungen ab.

Jürgen Schwager



Fotolia.com: © beermedia (Stoppuhr), © Péter Mács

Die Grundgedanken von Ethernet hat der heute 67-jährige US-Amerikaner Bob Metcalfe 1973 in seiner Dissertation beschrieben, also schon vor 40 Jahren. Seine Lösung für das Zugriffsproblem vieler Teilnehmer auf ein Buskabel bestand darin, nach einer Datenkollision eine zufällige Zeit zu warten und erst danach einen neuen Verbindungsversuch zu starten. Auch heutige Ethernet-Controller besitzen noch diesen Zufallszeit-generator. Und noch im Jahr 2000 galt

zweifelsfrei die Lehrmeinung „Ethernet ist für die Kommunikation mit Echtzeitanforderungen nicht geeignet“.

Ethernet wird echtzeitfähig

Ende der 1990er-Jahre entstand der Wunsch, das im Bürobereich und in der Leitebene von Automatisierungsanlagen weltweit verbreitete Netzwerk Ethernet auch in den unteren Automationsebenen anstelle der dort üblichen Feldbusse einzusetzen. 1999 wurde in Japan bereits

eine Token-Passing-basierte Echtzeitlösung für Ethernet unter dem Namen FL-net veröffentlicht. Im gleichen Jahr gründeten Automatisierungshersteller in den USA und Europa „IAONA“ (Industrial Automation Open Networking Alliance) genannte Vereinigungen mit dem Ziel, Ethernet für die prozessnahe Kommunikation in Automatisierungssystemen einsetzbar zu machen (ihre Arbeit wurde 2006 beendet).

Als im Jahr 2003 fast monatlich neue Lösungen für das Echtzeit-Problem von

Ethernet veröffentlicht wurden, war klar, dass es keine herstellerübergreifende Lösung geben würde. Denn fast alle Hersteller hofften, mit einer eigenen Lösung einen möglichst großen Anteil dieses Zukunftsmarkts zu gewinnen.

Im Juni 2003 stellte ich die erste Version des Internetportals www.real-time-ethernet.de vor. Es umfasste Links zu den fünf auf der Hannover Messe vorgestellten Lösungen CIP Sync, Ethercat, Ethernet Powerlink, Jetsync und Profinet. Schon am Ende des Jahres 2003 hatte sich zu meinem Erstaunen die Anzahl der Echtzeitvarianten auf zehn verdoppelt. Und Ende 2004 waren schon 16 Lösungen mit Links zu Fachaufsätzen in der Liste. Ich habe die Seite bis 2009 regelmäßig aktualisiert, die letzte Lösung hatte die laufende Nummer 29. Erst im September 2013, bei der Erstellung dieses Rückblicks, habe ich die neuen Lösungen AVB und White Rabbit hinzugefügt.

Akademisch betrachtet ist diese Vielzahl von Lösungen des Echtzeit-Problems interessant. Es gibt Lösungen, in denen ein Master wie bei Feldbussen seine Slaves mit einem Request aufruft. Es gibt Lösungen mit Standard-Buscontrollern und solche mit Spezialbausteinen. Diese sind in manchen Lösungen als Switch ausgebildet, der den Anschluss von weiteren Geräten ermöglicht. Auch der Telegrammaufbau ist unterschiedlich: Es gibt Lösungen, in denen ein Telegramm wie üblich nur die Daten für einen Teilnehmer enthält, und andere, in denen die Daten mehrerer Teilnehmer gemeinsam in einem Telegramm untergebracht werden. Aus wissenschaftlicher Sicht ist diese Vielfalt zwar interessant, aus Sicht des Anwenders sind diese Unterschiede jedoch sehr unerfreulich: Die zahlreichen Varianten basieren zwar (mehr oder weniger) auf Ethernet, sie sind aber in der Regel untereinander nicht kompatibel.

Wettstreit um die Technologieführerschaft

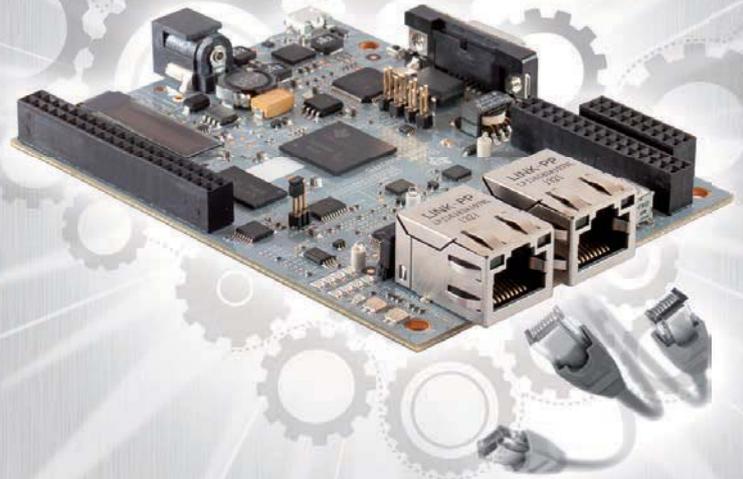
Für die Hersteller von Automatisierungsanlagen ist dies sehr unbefriedigend, denn hier ist die Forderung nach dem Zusammenspiel von Komponenten verschiedener, oft sehr spezialisierter Hersteller an der Tagesordnung. Andererseits hat diese Vielfalt aber auch einen positiven Aspekt. Sie führt zu einem Technologiewettstreit, bei dem die Hersteller größte Anstrengungen unternehmen, um der Technologieführer zu sein. Dies ist – insbesondere bei großen Herstellern – nicht selbstverständlich. Die vermehrten Anstrengungen der Industrie bezüglich der innovativen Technologieweiterentwicklung kommen letztlich den Anwendern zugute.

Die Tabelle zeigt 20 der 31 Varianten von Echtzeit-Ethernet. Die ersten zwölf sind die wichtigsten der 17 in der Normengruppe DIN EN 61784 aufgeführten Lösungen [1]. In den Zeilen 13 bis 18 stehen weitere herstellerspezifische Varianten. Zeile 19 enthält die oben genannte frühe Lösung eines japanischen Firmenkonsortiums. Interessant ist die weltweite Verteilung der Firmen, die hinter diesen Lösungen stehen. Zehn Lösungen stammen aus Europa, Asien folgt mit acht Kandidaten, Amerika ist mit nur einem Eintrag vertreten.

Ethercat und Profinet liegen vorn

Nicht alle aufgeführten Lösungen sind in der Praxis verbreitet. Eine besonders große Verbreitung haben die Systeme Ethercat und Profinet. Die Anwender schätzen an Ethercat besonders die große Zahl von Herstellern kompatibler Geräte. Kürzlich wurden auf einer Messe 35 verschiedene Achsantriebe von 24 verschiedenen Herstellern in einem Ethercat-Netzwerk vorgestellt. Dies wird von der Ethercat-Nutzerorganisation ETG als Weltrekord bezeichnet. Interessant ist, dass sogar mehrere außereuropäische Hersteller Ethercat als Systembus für eigene Produkte definiert haben. Beispiele sind National Instruments

Industrial Communications Engine from TI



EtherCAT[®]
Conformance tested

sps ipc drives



Elektrische Automatisierung
Systeme und Komponenten
Internationale Fachmesse und Kongress
Nürnberg, 26. – 28.11.2013

**Besuchen Sie TI
Halle 6, Stand 136**

20 verschiedene Lösungen für Real-time Ethernet

Nr.	Name	Profil-Nr. (CP) der Norm IEC 617854	Haupthersteller/Land
1	CIP	2	Rockwell/USA
2	Profibus/Profinet	3	Siemens/Deutschland
3	CC-Link IE	8	Mitsubishi/Japan
4	Vnet/IP	10	Yokogawa/Japan
5	TC Net	11	Toshiba/Japan
6	Ethercat	12	Beckhoff/Deutschland
7	Ethernet Powerlink	13	B&R/Österreich
8	EPA	14	Supcon/China
9	Modbus-RTPS	15	Schneider Electric/Frankreich
10	Sercos	16	–/Deutschland
11	Rapienet	17	Hanyang University/Korea
12	SafetyNet p	18	Pilz/Deutschland
13	Drive-Cliq		Siemens/Deutschland
14	Varan		Sigmatek/Österreich
15	TT Ethernet		TTTech/Österreich
16	RTEX		Panasonic/Japan
17	Mechatrolink III		Yaskawa Electric/Japan
18	Fast Track Switching		Harting/Deutschland
19	FL-Net		–/Japan
20	AVB		IEEE 802.3

und Danaher in den USA sowie Omron und Hitachi in Japan. Auf diese Anerkennung können die Ethercat-Entwickler zweifellos stolz sein.

Profinet ist besonders in der deutschen Automobilindustrie verbreitet, nachdem im November 2004 ein Zusammenschluss von vier großen deutschen Automobilherstellern die Verwendung dieser Technologie für Industrial-Ethernet-Anwendungen bekanntgegeben hat. Das von Siemens entwickelte System Profinet wird außerdem von zahlreichen Maschinenbau-Unternehmen eingesetzt, die es schätzen, Steuerungen, Antriebe und auch das Kommunikationssystem aus einer Hand zu beziehen.

Lösung aus dem Bereich der AV-Übertragung

Den meisten Lesern dürfte die Lösung in Zeile 20 unbekannt sein. AVB steht für Audio Video Bridging. Diese Abkürzung beschreibt eine Echtzeit-Lösung, die zurzeit von der internationalen Arbeitsgruppe IEEE 802 (Institute of Electrical and Electronics Engineers) erarbeitet wird, die bekanntlich für die laufende Weiterentwicklung des Standard-Ethernets ver-

antwortlich ist. Nachdem nicht nur Anwender aus der Automatisierungstechnik, sondern auch Anwender aus dem Bereich Audio- und Videoübertragung die Forderung nach harter Echtzeit stellten, wurden mehrere Arbeitsgruppen innerhalb des Bereichs 802.1 des IEEE gebildet, die sich mit „Time-Sensitive Applications“ beschäftigen [2]. Nach Meinung von Experten ist mit der Fertigstellung der Spezifikation erst im Jahr 2015 oder 2016 zu rechnen. Entsprechende integrierte Schaltungen können erst danach entwickelt werden.

Die Bedeutung dieser Entwicklung für die Automatisierungstechnik wird von Experten unterschiedlich gewertet. Es gibt Firmenvertreter, die vermuten, dass die neue „Standard“-Lösung die Bedeutung der bestehenden Echtzeit-Ethernet-Lösun-

gen reduzieren wird. Andere Fachleute sind dagegen der Meinung, dass die AVB-Konzepte für Anwendungen im Bereich Motion Control, der durch höchste Anforderungen an Zykluszeit und Jitter gekennzeichnet ist, keine ausreichende Performance bieten werden. Eine Entscheidung, welche Voraussage tatsächlich eintreffen wird, ist aufgrund des oben genannten Zeitplans erst in einigen Jahren zu erwarten. Mit einem Nachlassen der Anstrengungen der Hersteller, im Technologiewettbewerb der bestehenden Echtzeitlösungen Pluspunkte zu sammeln, ist dagegen durch diese neuen Spezifikationen nicht zu rechnen. Es wird daher spannend sein, die weiteren Entwicklungen zu verfolgen.

www.real-time-ethernet.de

Literatur

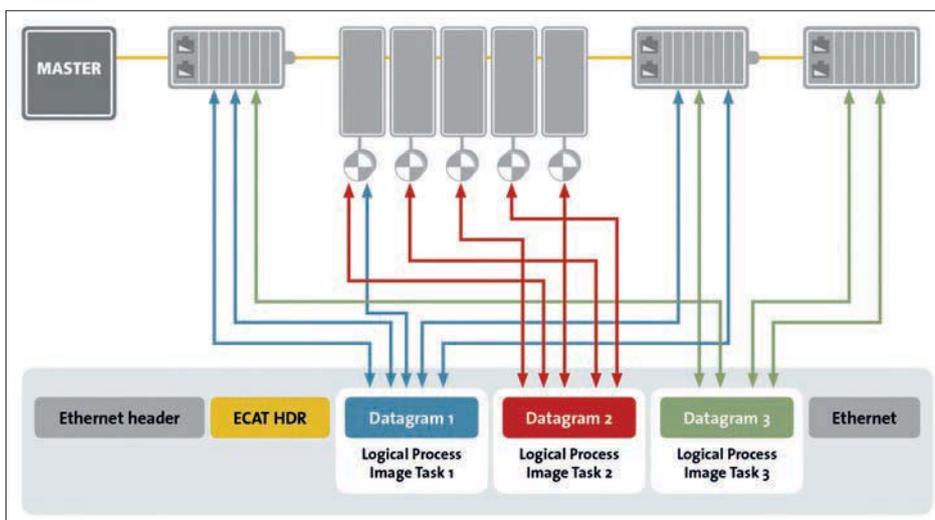
- [1] „Informationen zur internationalen Feldbusnormenreihe“ auf der Homepage der DKE, Stand 25.10.2010, gelesen am 20.8.2013: www.dke.de/de/Service/Nachrichten/Seiten/IEC%2061158.aspx
- [2] Fröhlich, P.; Boiger, C.; Kleineberg, O.: Echtzeit-Ethernet – neu definiert: Deep Impact. IEE (2013) H. 2, S. 46–49 www.all-electronics.de/texte/anzeigen/49351/Deep-Impact



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schwager vertritt das Fachgebiet Industrielle Kommunikationssysteme im Studienbereich Mechatronik der Hochschule Reutlingen. E-Mail: juergen.schwager@reutlingen-university.de

„Processing on the fly“ – das Funktionsprinzip

Klassische Automatisierungsnetzwerke sind durch kleine Datenraten pro Knoten gekennzeichnet; für gewöhnlich kleiner als die minimale Nutzlast eines Ethernet-Frames. Die Verwendung eines Frames pro Knoten, Richtung und Zyklus führt daher zu geringer Bandbreitennutzung und in der Folge zu unzureichender Netzwerkleistung in ihrer Gesamtheit. Ethercat verfolgt da einen anderen Ansatz.



Prozessdaten werden im Durchlauf in das Telegramm eingefügt.

Die Besonderheit von Ethercat liegt darin, wie die Knoten Ethernet-Rahmen (Frames) verarbeiten: Jeder Knoten liest die Daten, die an ihn adressiert sind, und schreibt wiederum seine Daten in den selben Frame, während das Telegramm das Netzwerk durchläuft. Dadurch wird

die Bandbreitennutzung erhöht (ein Frame pro Zyklus ist für die Kommunikation oft ausreichend), zusätzliche Switches und Hubs sind nicht nötig.

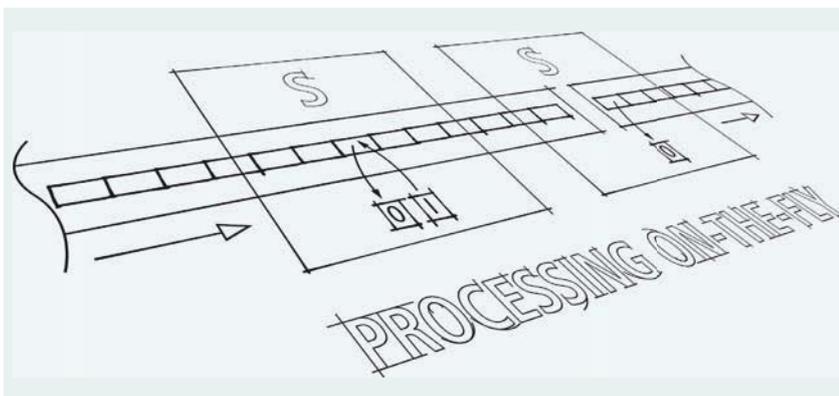
Der letzte Teilnehmer eines Segments oder Abzweigs im Netzwerk erkennt einen offenen Port und sendet das Tele-

gramm zum Master zurück, wobei die Full-Duplex-Eigenschaft der Ethernet-Verbindung ausgenutzt wird. Verzögert wird das Telegramm im Prozess lediglich durch die Hardware-Durchlaufzeiten. Dadurch liegt die maximale Nutzdatenrate eines Telegramms bei über 90 %, die theoretische effektive Datenrate durch Ausnutzung der Full-Duplex-Eigenschaft sogar bei über 100 Mbit/s (> 90 % von zweimal 100 Mbit/s).

Der Ethercat-Master darf als einziger aktiv einen Ethercat-Frame versenden, während alle anderen Teilnehmer im Segment die Frames nur weiterleiten. Dies vermeidet unvorhersehbare Verzögerungen

und garantiert so die Echtzeitfähigkeit. Der Master nutzt einen Standard-Ethernet-MAC (Medium Access Controller) ohne zusätzlichen Kommunikationsprozessor. Dies ermöglicht die Installation eines Masters auf jedweder Hardware-Plattform mit Ethernet-Port. Das verwendete Echtzeitbetriebssystem sowie die Applikations-Software sind dabei unerheblich. Die Ethercat-Slaves nutzen für die Verarbeitung des Telegramms im Durchlauf einen Ethercat Slave Controller (ESC). Der Datenprozess läuft demnach vollkommen in Hardware ab, wodurch die Netzwerkleistung berechenbar wird und nicht von der Implementierung der einzelnen Slaves abhängt.

Diese einzigartige Art, die Datentelegramme im Durchlauf, sprich „on the fly“ zu verarbeiten, macht Ethercat so besonders schnell: Keine andere Industrial-Ethernet-Technologie übertrifft die Bandbreitennutzung von Ethercat oder die damit einhergehende Leistung.



Datenverarbeitung „on the fly“

„Size & Speed matter“

Des Öfteren heißt es, auf die Geschwindigkeit der industriellen Kommunikation käme es gar nicht so sehr an. Im Gespräch mit Angelo Bindi, Leiter Industrial SW Engineering bei Continental, Division Chassis & Safety, konnten wir erfahren, dass die Performance aber doch ausschlaggebend ist.

Ronald Heinze



Angelo Bindi ist Leiter Industrial SW Engineering bei Continental

Die Continental-Division Chassis & Safety entwickelt und produziert elektronische und hydraulische Brems- und Fahrwerkregelsysteme, Sensoren, Fahrerassistenzsysteme, Airbagelektronik und -sensorik, Scheibenreinigungs- sowie elektronische Luftfedersysteme. Kernkompetenz ist die Integration aktiver und passiver Fahrsicherheit in dem vorausschauenden skalierbaren System „ContiGuard“. Die Division agiert an 78 Standorten in 20 Ländern. Im Jahr 2012 erwirtschafteten rund 34 500 Mitarbeiter einen Umsatz in Höhe von 7,1 Mrd €.

In Frankfurt/M. werden die Montageanlagen für den weltweiten Einsatz an allen Standorten engineert, mit welchen der Geschäftsbereich Vehicle Dynamics elektronische Assistenzsysteme wie ESP und ABS für nahezu alle Automodelle produziert. „In all diesen Anlagen kommt Ethercat zum Einsatz“, stellt A. Bindi heraus. „Und auch unsere Kollegen von der Reifenfertigung setzen auf Ethercat als industrielle Kommunikationstechnologie.“

Konkret wird Ethercat in den Montageanlagen in der Antriebstechnik, den Bus-

klemmen sowie zur übergreifenden Steuerelementierung genutzt, außerdem auch für Sensoren, sofern eine Ethercat-Implementierung vorhanden ist. „Wir setzen zum Beispiel RFID-Systeme mit Ethercat-Anschluss von Pepperl+Fuchs für die Identifizierung von Paletten – Stichwort Tracking und Tracing – und zur Werkzeugkontrolle ein. Unser Bestreben ist es, dass unsere Zulieferer Komponenten mit Ethercat-Schnittstelle zur Verfügung stellen“, betont der Continental-Manager. In allen Fertigungsbereichen kommt inzwischen Ethercat zum Einsatz. „Und es



Bild: Continental

Motor- und Getriebedrehzahlensensoren: Für das Motorenmanagement liefern Drehzahlensensoren Informationen über die exakte Position der Kurbel- bzw. Nockenwelle.

wird – abhängig vom Vorhandensein der Ethercat-Klemmen für alle Funktionalitäten – sukzessive mehr“, schließt er an.

„Die Montageanlagen für den weltweiten Einsatz sind standardisiert“, setzt A. Bindi fort. „Die verschiedenen Konzepte reichen je nach Einsatzgebiet von hochautomatisiert bis zu einem höheren Anteil an manueller Arbeit.“ Bei allen skalierten Anlagenkonzepten ist Ethercat der Kommunikationsstandard. Die Steuerungs-Hardware passt sich der Anlagenkonfiguration an. „Die Ausführungen sind abhängig von der Komplexität der Anlage“, schließt A. Bindi an. „Genutzt wird mit TwinCAT dasselbe Engineering-Tool.“

Bussystem modernisieren

In 2003 ging es darum, das Bussystem für die Anlagen zu modernisieren. „Bis dahin war ein klassisches Feldbus-

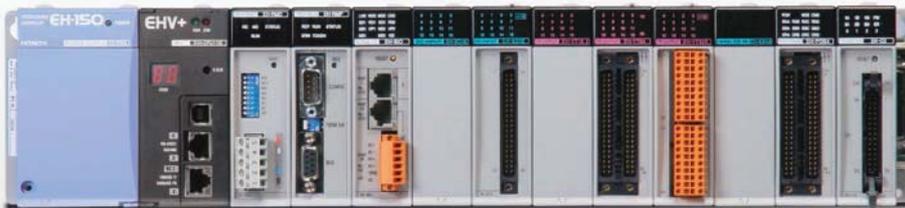
system für die Kommunikation zuständig“, berichtet A. Bindi. „Dies war allerdings für die gestiegenen Anforderungen zu langsam. Außerdem ließ es sich im Vergleich zu den Ethernet-Protokollen schlecht diagnostizieren. Auch die Konfektionierung war aufwendiger und die Verlegung aufgrund empfindlicher Radien schwieriger.“

Die Entscheidung fiel daher für Industrial Ethernet. „Wir haben mit einem proprietären Realtime-Ethernet von Beckhoff begonnen“, erinnert sich der Leiter Engineering. „Damals startete Beckhoff gerade mit Ethercat. Es standen aber nur FPGAs und noch keine Asics zur Verfügung.“

Auf Ethercat wurde daher erst etwas später gesetzt. „Ethercat ist wesentlich besser zu diagnostizieren“, weiß A. Bindi. „Während früher teure Feldbustester er-

forderlich waren, können wir heute auf handelsübliche Werkzeuge zurückgreifen.“ Genutzt werden Open-Source-Werkzeuge, die ursprünglich aus der Office-Welt kommen, und sich wie etwa das kostenlose Tool Wireshark auch für die Diagnose von Ethercat-Telegrammen eignen. Ein wichtiger Grund für die Ausrichtung auf Ethercat: Geschwindigkeit. Eine Produktionslinie besteht aus der Montage- und der Prüfwelle. „In beiden wollen wir schneller werden“, erläutert A. Bindi. „Jede Montagezelle besteht aus bis zu 150 Stationen, wobei jede Station im Durchschnitt über drei Servoantriebe mit je etwa 50 Busklemmen, überwiegend Ethercat-Klemmen, verfügt.“ Als Servoantriebe kommen AX5000 der Firma Beckhoff zum Einsatz, teilweise sind auch noch ältere Systeme der Serie AX2500 vorhanden. „Der Ethercat-Stack

Hitachi EHV+ Serie



Kommunikationsschnittstellen

- Ethernet (10BASE-T/100BASE-TX)
- USB Schnittstelle (Ver. 2.0 Full Speed 12 Mbps)
- Serielle Schnittstelle (RS-232C/RS-422/RS-485)

Programmierung

- Kommunikationsprotokoll CoDeSys V3
- Programmiersprachen IEC 611-31-3: KOP, AWL, FUP, ST, SFC, CFC

Anwenderspeicher

- Anwenderprogrammspeicher (RAM) / Boot project (Flash) bis zu 2048 kByte
- Source File (Flash) bis zu 5 MByte
- Datenspeicher 256 kByte

Kommunikationsprotokolle

- Modbus TCP Client
- Modbus RTU Master
- EtherCAT Master

NEU

Unbegrenzte Erweiterungsmöglichkeiten mit dem neuen EtherCAT Slave Modul!





Der Ausweichassistent hilft Autofahrern, wenn es beim Bremsen knapp wird.

Bild: Continental

ist sehr kompakt und wird daher in der Klemme schnell abgearbeitet“, erklärt sich A. Bindi die hohe Geschwindigkeit des Protokolls.

„Wir sind auch froh, dass hinter Ethercat eine Organisation wie die ETG steckt“, freut sich A. Bindi. „Denn diese sorgt für ein offenes System, für die Weiterentwicklung auch in Bezug auf Anforderungen aus ganz anderen Anwendungsbereichen.“ Das Setzen auf Standards vereinfacht auch die Qualifikation der Mitarbeiter.

Warum sind schnelle Kommunikationssysteme für die Continental-Montageanlagen besser geeignet? „Unsere Montageanlagen arbeiten schrittkettenbasiert“, erläutert der Automatisierungsspezialist. „Das heißt, dass das Prozessabbild des Automaten generiert wird, daraus die Entscheidung des Zustands des Automaten folgt und dann über eine Weiterschalt-

bedingung entschieden wird, wie weiter geschaltet wird. Dabei gibt es in einem Zyklus nur einen aktiven Schritt, um sicher zu gehen, dass alle Randbedingungen konsistent sind.“ Daraus folgt: Die Zykluszeit der Steuerung ist ausschlaggebend für die gesamte Produktionsgeschwindigkeit.

Allerdings mache es seiner Meinung nach keinen Sinn, eine Steuerung mit einer Zykluszeit zum Beispiel von 500 μ s einzusetzen, wenn der Bus es dann aber nicht schafft, das geänderte Prozessabbild in weniger als 500 μ s zu übermitteln. Kurz: Die Übertragungszeit des Buses muss geringer als die Zykluszeit der Steuerung sein. Somit sorgt erst ein schneller Bus dafür, dass eine kurze Zykluszeit der Steuerung Einfluss auf die Verarbeitungsgeschwindigkeit hat.

Da mit PC-basierten Steuerungen immer schnellere Zykluszeiten erreicht

werden, ist es sinnvoll, den schnellstmöglichen Bus einzusetzen. Ein schneller Bus nutzt laut A. Bindi aber auch der Antriebstechnik, da die Regelgüte über die Geschwindigkeit verbessert wird: „Die Abtastrate ist höher – der Servoantrieb kann daher schneller geregelt werden.“

Kosten- und Engineering-Vorteile

Die Schnelligkeit von Ethercat ermöglicht, auch zunehmend Aufgaben der PC-basierten Messtechnik in die Steuerung zu verlagern. Dies führt zu Kosten- und Engineering-Vorteilen. „Früher kamen bei uns separate PC-Systeme mit DAC-Boards zum Einsatz“, so A. Bindi. „Heute haben wir das alles im Automatisierungssystem über Ethercat integriert. Scientific Automation gibt es in unseren Anlagen sozusagen schon seit zehn Jahren.“

Airbagsteuergerät mit integriertem Sensorcluster

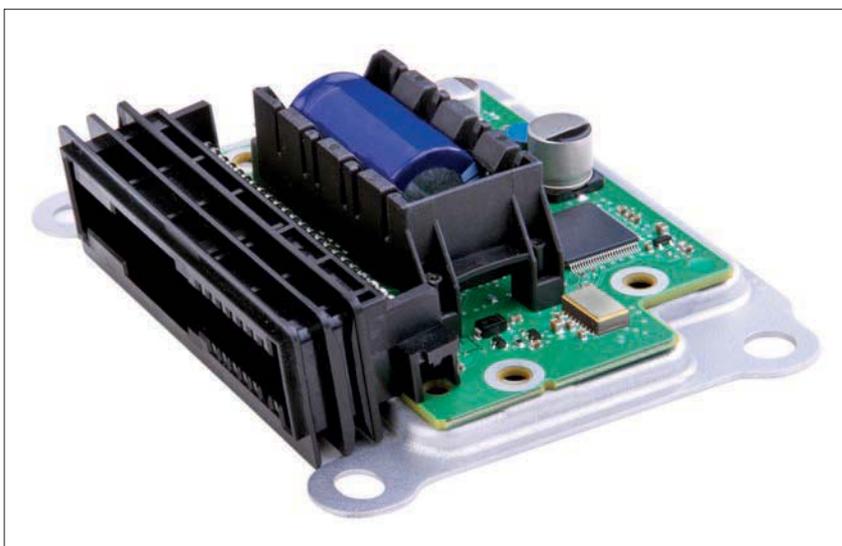


Bild: Continental



Angelo Bindi: „Mit Ethercat ist unsere Steuerung etwa zwischen 10 und 15 Prozent schneller, womit wir ungefähr 5 Prozent der Produktionszeit sparen.“

Die Ethercat-Klemmen stellen die erforderlichen schnellen Abstraten zum Beispiel für kraft- und wegüberwachte Prozesse zur Verfügung. „Auch diese Integration erleichtert wiederum das Engineering“, berichtet A. Bindi. „Unsere Ingenieure arbeiten mit der vertrauten Umgebung der Steuerung und müssen kein separates PC-basiertes Messsystem aufsetzen.“ Dies reduziert den Hardware-Einsatz, was in den kompakten Anlagen auch wieder Platz spart. Auch Twinsafe profitiert laut A. Bindi von Ethercat: „Da Ethercat für die Übertragung der Konfigurationsdaten zuständig ist, werden auch diese schneller übertragen.“

Ethercat spielt bei den Continental-Anlagen auch für die fabrikweite Vernetzung eine Rolle und hält damit Einzug in die MES-Welt: „Eine Station stellt den Abstand zweier Komponenten zueinander ein, was wiederum Einfluss auf die etwa 100 m entfernte Prüfstation hat“, erläutert A. Bindi. „Die Prüfstation gibt wiederum die Daten in Echtzeit zurück an die Einstellstation.“ Genutzt wird dafür die Publisher-Subscriber-Funktionalität vom Ethercat Automation Protocol. „Unsere MES brauchen eine schnelle Kommunikation zu den Steuerungen, um qualitätsrelevante Informationen schnell zur Verfügung zu stellen und um diese bewerten zu können“, begründet der Automatisierungsspezialist den Einsatz von Ethercat auch auf dieser Ebene.

„Mit Ethercat ist unsere Steuerung etwa zwischen 10 und 15 Prozent schneller, womit wir ungefähr 5 Prozent der Produktionszeit sparen“, fasst A. Bindi zusammen. „Gleichzeitig werden die Kosten gesenkt, da wir weniger Hardware benötigen. Nicht zuletzt ist das Engineering vereinfacht und die Engineering-Zeit verkürzt.“

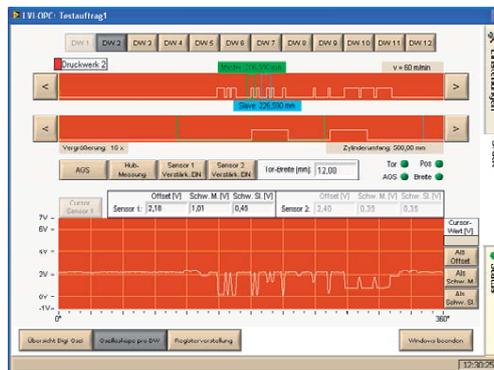
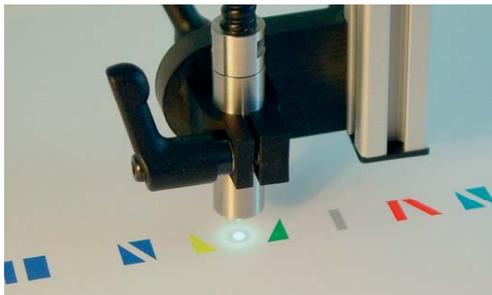
www.continental-corporation.com

Intelligenter Druckmarkensensor IDS

WIEDEG
ELEKTRONIK

Intelligenter Druckmarkensensor zur Realisierung integrierter Registerregelungen in PROFINET- und EtherCAT-Antriebssystemen

- Direkte Einbettung in das Antriebssystem zur Realisierung leistungsfähiger und kostengünstiger Registerregelungen – einfach und effizient
- Praxiserprobt in PROFINET-Antriebssystemen – z.B. eingesetzt in der SIMOTION TRC1000 Registerregelung der Fa. SIEMENS
- Jetzt neu auch für das große Spektrum der EtherCAT-Antriebssysteme
- Abtastung der Materialbahn über Lichtwellenleiter und Mikroobjektiv – Genauigkeit im Bereich weniger µm bei Bahngeschwindigkeiten bis 1000 m/min.
- Erkennung aller gebräuchlichen klassischen Druckmarken – alle gängigen Keil- und Blockmarken, mit parametrierbaren Abmessungen
- Neben den Sensorbaugruppen Bereitstellung aller weiteren, für eine komplette Registerregelung benötigten Hard- und Software – von der Funktionsbibliothek über die Bedienoberfläche bis zum Halterset für das Mikroobjektiv



- Ausgezeichnete Produkt-Unterstützung auf Basis langjähriger Erfahrung – sowohl bei der Integration als auch der Anwendung der Registerregelung

WIEDEG Elektronik GmbH

Müllbacher Str. 14
51709 Marienheide
Tel.: 02264/4577-0
Fax: 02264/4577-29
www.wiedeg.de
info@wiedeg.de



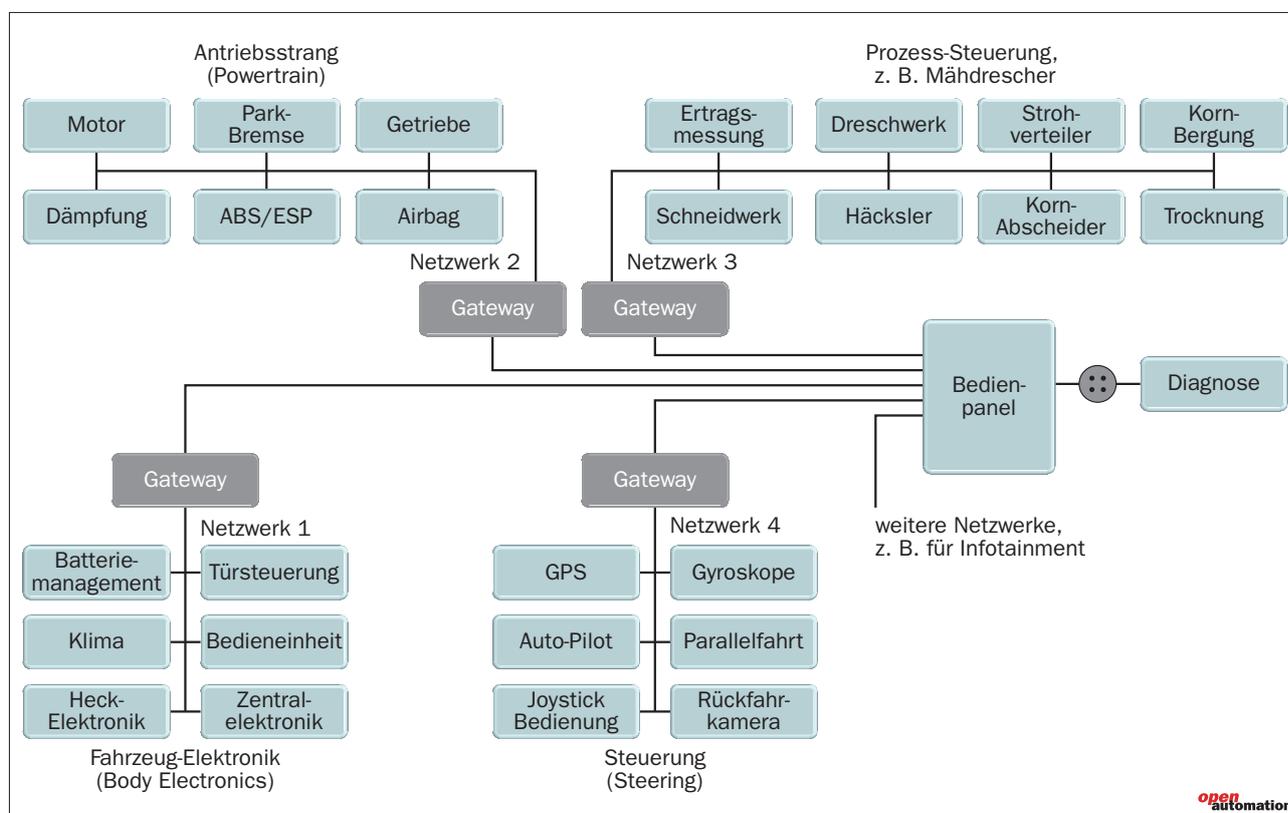
- Weißlicht-Sensor mit hochauflösender Grauwertauswertung – sichere Erkennung feiner Farb- und Reflexionsunterschiede

- Abdeckung praktisch aller Anwendungen mit Keil- und Blockmarken – preissensitive Segmente wie registerhaltiges Beschichten/Laminieren ebenso wie anspruchsvollster Flexo- und Tiefdruck

Ethercat für die mobile Automation

Die Nutzung von Automatisierungs- und Informationstechnik im Bereich mobiler Automation führt dank neuer Funktionalitäten zunehmend zu erhöhten Erträgen sowie gesteigerter Energieeffizienz. Als Ethernet-Feldbus ist Ethercat für den mobilen Einsatz bestens geeignet.

Guido Beckmann



Heutige Bordnetze stoßen an ihre Grenzen. Inhomogene Netzwerkstrukturen werden über Gateways gekoppelt.

Mobile Anwendungen erfordern heute eine hohe Komplexität der Bordnetzarchitekturen. Software-Lösungen ersetzen zunehmend Hardware-Lösungen, was eine Vielzahl an Sensorinformationen erfordert, um die flexible Einstellung auf unterschiedliche Arbeitssituationen zu ermög-

lichen. Erste Ethernet-Anwendungen im Kraftfahrzeug sind bereits heute in Serie. Beispiele finden sich im Bereich der Diagnoseschnittstelle und beim Flashen der Steuergeräte über eine einheitliche Ethernet-Schnittstelle. Als offenes, echtzeitfähiges Kommunikationssystem eignet sich Ethercat bestens für den Einsatz auch in mobilen Anwendungen.

Einheitliche Bordnetzarchitektur

Bordnetze bestehen heute meist aus mehreren gekoppelten Kommunikationssystemen. Die Steuergeräte in Fahrzeugen

werden über verschiedene Systembusse (CAN, LIN, Most, Flexray) verbunden, was neben dem Know-how zur Installation und Wartung der verschiedenen Systeme auch den Einsatz von Gateways erfordert. Heutige Traktoren oder Mähdrescher besitzen oft mehr als 30 miteinander kommunizierende Elektronikmodule.

Ethercat ermöglicht die Reduzierung der Bordnetzarchitektur auf einen leistungsfähigen und zukunftssicheren Standard, bei dem die Bandbreite der 100 Mbit/s Vollduplex-Übertragung bis zu 97 % genutzt werden kann. Kurze Zyk-



Dr. Guido Beckmann ist Chairman des Technical Committee bei der Ethercat Technology Group.
E-Mail: g.beckmann@ethercat.org

luszeiten von weniger als 50 µs ermöglichen es, hochdynamische Regelkreise über den Bus zu schließen.

Geräte mit besonders harten Echtzeitanforderungen lassen sich ohne gegenseitige Beeinflussung mit weniger kritischen Geräten, zum Beispiel einer Rückfahrkamera, im selben Netzwerk betreiben. Unter Vermeidung von Subbussystemen entsteht so eine bordnetzweite Kommunikation und Deterministik. Prozess- sowie Parameter- und Bedarfsdaten können über den gleichen Draht übertragen werden (One Wire Solution). Dies vereinfacht die Architektur erheblich und spart Kosten zur Kopplung durch Gateways.

Ethercat unterstützt die präzise Synchronisierung von Geräten über den Bus. Dadurch kann etwa ein zentraler elektrischer Antriebsregler auf dem Zugfahrzeug Motoren auf unterschiedlichen Anbaugeräten mit exakt der Leistung versorgen, die jeweils benötigt wird, und auch die Bewegungssteuerung übernehmen. Zudem können neue Algorithmen zur Ertragssteigerung angepasst und nachgerüstet werden.

Der Einsatz hybrider Antriebssysteme aus Verbrennungsmotoren und elektrischen Antrieben sowie Generatoren bietet die Möglichkeit zur Energierückspeisung, was den Kraftstoffverbrauch senkt. Ethercat überträgt Energiemanagementdaten in Echtzeit und trägt somit zur Steigerung der Effizienz und damit auch zur Emissionsreduktion bei.

Flexibilität im Lifecycle

Da Ethercat weder Switches noch Hubs im Netzwerk benötigt, gibt es praktisch keine Einschränkungen hinsichtlich der Bustopologie. Linie, Baum, Stern und jede Kombination daraus sind bei nahezu beliebiger Knotenzahl möglich. Eine kostenoptimierte Anpassung an Fahrzeugausbaustufen auf Basis einheitlicher Plattformarchitekturen ist somit möglich, da in jeder Phase der Entwicklung, Erprobung und in Serie die Topologie flexibel und rückwirkungsfrei erweitert werden kann.

Der automatische Netzwerk-Scan bei Ethercat ersetzt eine manuelle Bordnetzplanung der Busteilnehmer, die beim Hochlauf erkannt und initialisiert werden. Dank automatischer Link-Erkennung können Knoten und Netzsegmente mittels Hot Connect im laufenden Betrieb ab- und wieder angekoppelt werden. Diese Funktion lässt sich für optionale bzw. austauschbare Anbaugeräte an Traktoren oder Werkzeugen bei Baggern und Radladern nutzen.

Um eine Leitungsredundanz im Netz zu realisieren, lässt sich eine Linientopologie zum Ring ergänzen. Der Master benötigt hier lediglich einen zweiten Ethernet-Port, Slave-Geräte unterstützen dies von vornherein. Auch Master-Redundanz mit Hot-Standby-Funktionen kann mit Ethercat realisiert werden, wodurch die Verfügbarkeitsanforderungen mobiler Anwendungen erfüllt werden. Durch die verfügbare Bandbreite können klassische Feldbussysteme über ein Ethercat-Gateway als Subbussystem genutzt werden. Die schrittweise Umsetzung auf Ethercat und die Einbindung von Komponenten, die keine Ethercat-Schnittstelle unterstützen, sind somit möglich.

Diagnose und Condition Monitoring

Neben dem Einscannen und Vergleichen der Topologie beim Hochlauf unterstützt Ethercat systeminhärent viele weitere Diagnoseeigenschaften. Der Ethercat Slave Controller prüft mittels Prüfsumme das durchlaufende Telegramm in jedem Slave. Fehlerhafte Telegramme inkrementieren einen Zähler im betroffenen Slave und werden für die folgenden Teilnehmer entsprechend gekennzeichnet. Durch Analyse der Fehlerzähler kann der Master Störeinflüsse erkennen und exakt lokalisieren, noch bevor diese den Maschinenbetrieb beeinflussen. Der Master prüft zyklussynchron, ob alle Teilnehmer die Daten bearbeitet haben und ermittelt mittels Status- und Fehlerinformationen sowie gegebenenfalls des Link Status den Grund für das unerwartete Verhalten. Ethernet-Netzwerkverkehr kann mit Hilfe kostenfreier Software Tools aufgezeichnet werden, die sich auch für Ethercat eignen, da das Protokoll Standard-Ethernet-Telegramme nutzt.

Auf Applikationsebene werden zur Realisierung einer präventiven Wartung die Informationen aller Sensoren genutzt. Diese nehmen Schwingungen auf, um durch Analyse der Werte Schädigungen schon vor einem Stillstand zu erkennen und so Ausfälle zu vermeiden oder Wartungsintervalle zu verlängern. Gerade, wenn viele Daten unterschiedlicher Teilnehmer analysiert oder Schadfrequenzen drehzahlabhängig bewertet werden müssen, ist Ethercat von Vorteil, da Spezial-Hardware durch Software-Module in der Steuerung ersetzt werden kann.

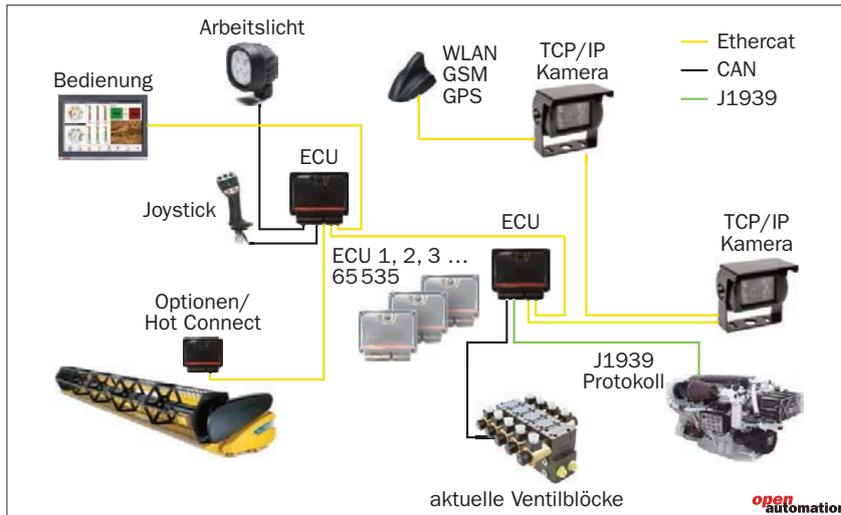
Sicherheit inklusive

Dank Safety-over-Ethercat (FSoE) ist funktionale Sicherheit als integraler Bestandteil der Netzwerkarchitektur kein Problem. FSoE ist in der IEC 61784-3 inter-

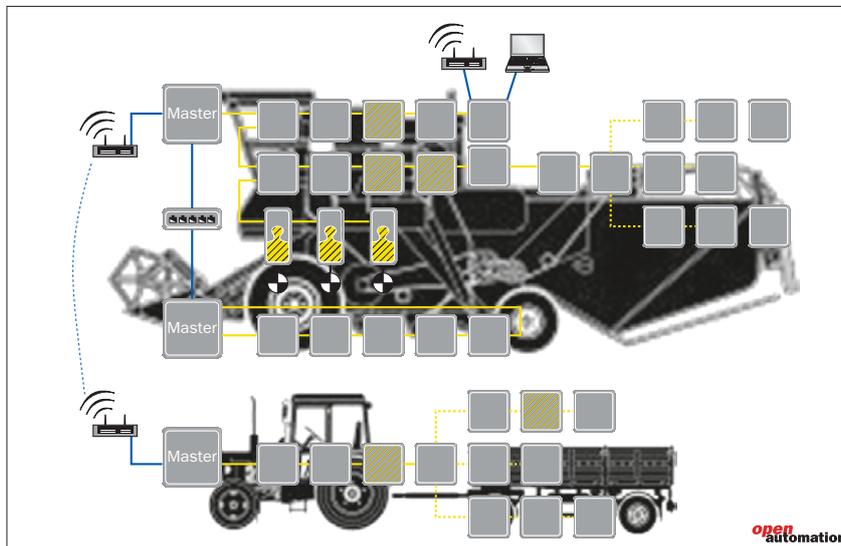


CODESYS® EtherCAT

- Konfigurator und portabler Protokollstack nahtlos integriert in der marktführenden IEC 61131-3 Automatisierungssoftware
- Unterstützt Bus-Diagnose, Gateway-Klemmen (IO-Link, Profibus, CAN, Safety), Distributed Clocks und EtherCAT-Redundanz
- Zahlreiche Schicht 7-Protokolle (CoE, EoE, SoE, FSoE, FoE, VoE)
- EtherCAT_IO-Link Terminal erhältlich im CODESYS Store



Schrittweise Migration durch Einbindung von vorhandenen Netzwerken in das Ethercat-Netz



Ethercat als leistungsfähiges Netzwerk mit flexibler Topologie ermöglicht die Vereinfachung der Bordnetzarchitektur. Fahrzeuge können miteinander, zum Beispiel über Funk, gekoppelt werden.

national standardisiert, erfüllt die Anforderungen der ISO 26262 ASIL C, IEC 61508 SIL 3 und ist ISO 13849 PLe ready.

Das Transportmedium wird bei FSoE als „Black Channel“ betrachtet und ist nicht Teil der Sicherheitsbetrachtung. Das Kommunikationssystem bleibt einkanalig und überträgt nebeneinander sichere und Standardinformationen. Die Übertragungsstrecke ist beliebig und nicht auf Ethercat beschränkt. Auf elektrischen Leitungen, Lichtwellenleitern oder auch via Funk können Feldbussysteme, Ethernet oder ähnliche Strecken zur Übertragung eingesetzt werden.

Connectivity

Der Zugriff auf die Informationen des Fahrzeugs möglichst zu jeder Zeit und online wird heute vom Anwender erwartet. Ethercat bietet Komponenten für Engineering, Systemtest und Datalogging mit einer einheitlichen Schnittstelle. Testsys-

teme und Prüfstände in den Labors, der Fertigung und den Werkstätten werden häufig mit Ethercat ausgestattet, sodass sich die Ankopplung durch das gleiche Kommunikationssystem vereinfacht. Ein Durchgriff auf alle Komponenten ist ebenfalls gewährleistet und dank der genutzten Protokolle, beispielsweise CAN application protocol over Ethercat (CoE) auch kostengünstig implementierbar.

Mit dem Ethernet over Ethercat-Protokoll (EoE) kann zudem beliebiger Ethernet-Datenverkehr im Ethercat-Segment transportiert werden. Standard-Ethernet-Geräte werden innerhalb des Segments via Switchport angeschlossen und die Ethernet Frames per EoE getunnelt. Dies dient der Fernwartung und Diagnose per TCP/IP und Webserver. Die Kopplung mit anderen Fahrzeugen benötigt eine Funkkommunikation und hat weniger harte Echtzeitbedingungen, die das Ethercat Automation Protocol (EAP) erfüllt. Es de-

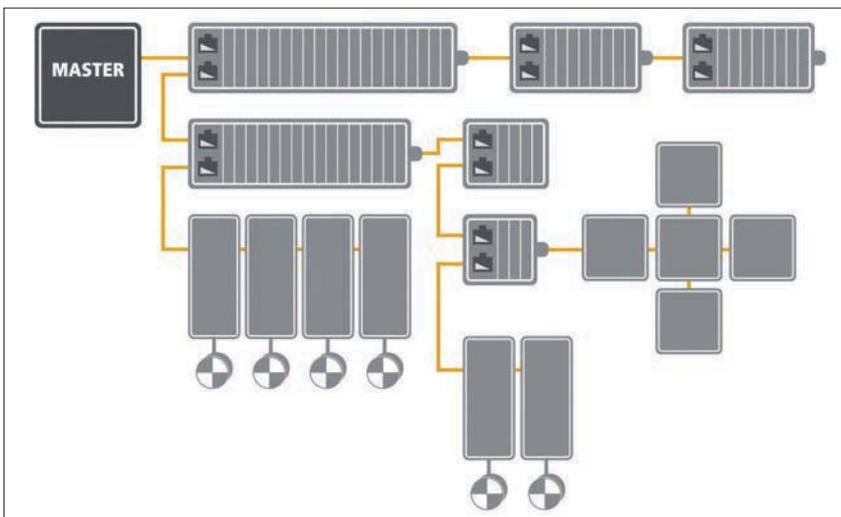
finiert Schnittstellen und Dienste zum Datenaustausch zwischen Ethercat-Mastern sowie zur Anbindung von Konfigurations- und Diagnose-Tools für Maschine wie auch Teilnehmer. Das EAP kann über beliebige Standard-Ethernet-Verbindungen übertragen werden.

Fazit

Die zunehmende Zahl an Steuergeräten und Sensoren und der Ersatz von mechanischen durch Software-Funktionen zur Ertragssteigerung und Anpassung der Maschinenfunktionalität sind Treiber für die Echtzeitanforderungen bei der Auswahl eines künftigen Kommunikationssystems für mobile Applikationen. Die Konnektivität der Fahrzeuge untereinander sowie die Monitoring- und Testsysteme erfordern zudem eine funkbasierte Kommunikation, die mit dem Ethercat Automation Protocol in gleichem Maße und durchgängig zur Verfügung steht.

Flexible Topologie mit Ethercat

Bei Ethercat-Anwendungen bestimmt die Maschinenstruktur die Netzwerktopologie, nicht umgekehrt. Da Ethercat generell weder Switches noch Hubs benötigt, entfallen die sonst üblichen Beschränkungen hinsichtlich der Kaskadierung solcher Komponenten. Auch hat die Wahl der Netzwerktopologie bei Ethercat praktisch keine Auswirkungen auf die Zykluszeit des Systems.



Flexible Topologie:
Linie, Baum oder Stern

Bei Ethercat gibt es praktisch keine Einschränkungen in Bezug auf die Netzwerktopologie: Linie, Baum oder Stern sowie sämtliche Kombinationen daraus sind mit einer nahezu unbegrenzten Knotenzahl möglich.

Dank automatischer Linkerkennung können Knoten und Netzwerksegmente im laufenden Betrieb getrennt und wieder angeschlossen werden – selbst an anderer Stelle. Linientopologie kann zwecks Kabelredundanz zum Ring geschlossen werden: Alles, was der Master an Hardware für diese Redundanz benötigt, ist ein zweiter Ethernet-Port; die Slave-Geräte unterstützen Kabelredundanz bereits.

Für die Systemverdrahtung ist besonders die Kombination aus Linie und Abzweigen oder Stichleitungen von Vorteil: Die hierfür benötigten Abzweig-Ports sind auf vielen E/A-Modulen direkt integriert, weshalb wie erwähnt Switches oder andere aktive Infrastrukturkomponenten

überflüssig werden. Selbstverständlich kann auch die für Ethernet klassische Sterntopologie zur Systemverdrahtung genutzt werden.

Modulare Maschinen oder Werkzeughalter benötigen ein Zu- und Abschalten von Netzwerksegmenten oder einzelnen Teilnehmern im laufenden Betrieb. In den Ethercat Slave Controllern ist die Grundlage für diese Hot-Connect-Funktion bereits enthalten. Wird eine Partnerstation abgezogen, wird der Port automatisch geschlossen, sodass das verbleibende Netzwerk ungestört weiterarbeiten kann. Sehr kurze Detektionszeiten unter 15 µs gewährleisten dabei eine stoßfreie Umschaltung. Auch kann jeder Port vom Master gezielt abgeschaltet werden.

Eine hohe Flexibilität bietet auch die Varianz der möglichen Kabel. Kostengünstige Industrial-Ethernet-Kabel können für den 100Base-TX-Modus mit einer Länge von bis zu 100 m zwischen zwei Teilnehmern verwendet werden.

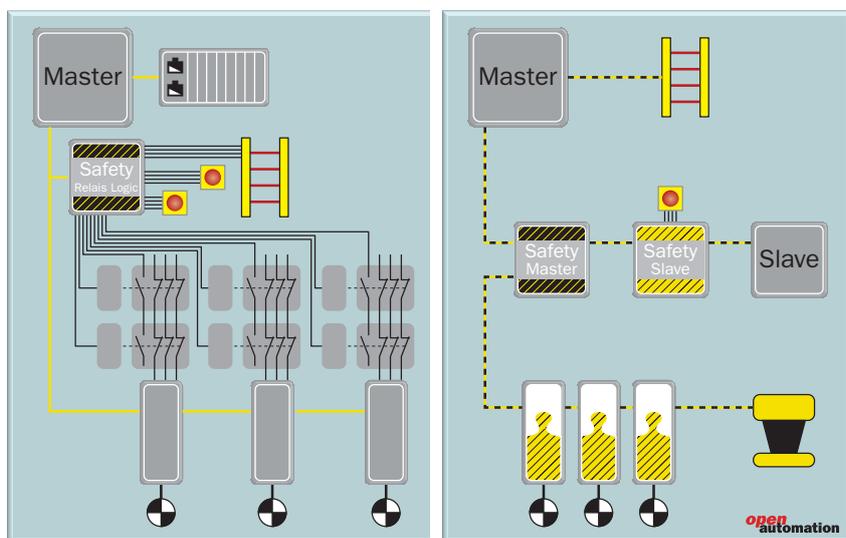
Lichtleiter können ebenfalls genutzt werden, etwa um zwischen zwei Teilnehmern Strecken von über 100 m zu überwinden. Die komplette Bandbreite an Ethernet-Verkabelung steht also auch für Ethercat zur Verfügung.

Da bei Ethercat bis zu 65 535 Teilnehmer in einem Segment angeschlossen werden können, ist die Netzwerkausdehnung nahezu unbegrenzt. Für den Physical Layer innerhalb eines modularen Geräts, zum Beispiel eines Sliced-IO-Blocks, erlaubt Ethercat zusätzlich eine LVDS-basierte Übertragung (Low Voltage Differential Signal). Die Kopfstation stellt eine Umsetzung von elektrischem oder optischem Anschluss auf die LVDS-Physik zur Verfügung und die Erweiterungsmodule können – jeweils als eigener Ethercat-Teilnehmer – kostengünstig und flexibel angebunden werden. Wie bei Ethernet üblich, sind beliebige Wechsel zwischen den Physical Layern erlaubt.

Funktionale Sicherheit mit Safety-over-Ethercat

Moderne Kommunikationssysteme ermöglichen heute nicht nur den deterministischen Transport von Steuerungsinformationen, sondern bieten zusätzlich die Möglichkeit, auch sicherheitsrelevante Daten auf dem gleichen Medium zu übertragen.

Guido Beckmann



Gegenüber herkömmlicher, sicherer E/A-Verdrahtung ermöglicht der Einsatz von Safety-over-Ethercat wesentlich einfachere und flexiblere Architekturen.

Ethercat setzt bei sicherheitsgerichteten Anwendungen auf das sichere Protokoll Safety-over-Ethercat (FsoE), das durch zahlreiche Vorteile überzeugt:

- nur ein Kommunikationssystem für die Übertragung von sicherheitsrelevanten sowie Steuerungsinformationen,
- flexible Erweiterungsmöglichkeiten der sicherheitsrelevanten Anlagenstruktur,
- vorgefertigte, zertifizierte Lösungen für ein hohes Maß an Sicherheit,
- sehr gute Diagnosemöglichkeiten,
- nahtlose Integration der Sicherheitsstruktur in das Maschinenkonzept und
- gleiche Entwicklungswerkzeuge für Standard- und Sicherheitsapplikationen.



Dr. Guido Beckmann ist Safety-Experte der Ethercat technology Group.
E-Mail: g.beckmann@ethercat.org

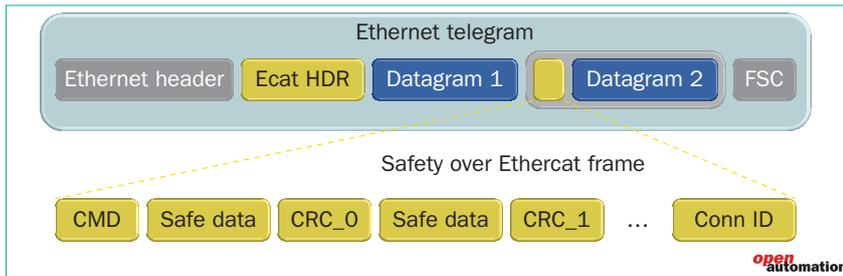
Die vom TÜV zertifizierte FsoE-Technologie wurde nach IEC 61508 entwickelt und ist in der IEC 61784-3 international standardisiert. Das Protokoll eignet sich für den Einsatz in Anwendungen bis zu einem Safety Integrity Level SIL3.

Black-Channel-Ansatz

Safety-over-Ethercat arbeitet mit dem so genannten Black-Channel-Ansatz, bei dem das Transportmedium nicht in die Sicherheitsbetrachtung einbezogen wird. So bleibt das Standard-Kommunikationssystem Ethercat einkanalig und überträgt nebeneinander sichere und Standard-Informationen. Die Safety Frames an sich enthalten die sicheren Prozessdaten sowie zusätzliche Informationen zur Datensicherung und werden als „Container“ gemeinsam mit den Prozessdaten der Kommunikation verschickt. Die Übertragungstrecke ist dabei beliebig und nicht auf Ethercat beschränkt, wodurch FsoE auch in anderen Bussystemen eingesetzt werden kann.

Häufig bilden mehrere Teilmaschinen zusammen eine Gesamtanlage, in der eine sicherheitsrelevante Kommunikation zwischen den Maschinen notwendig ist. Die Unabhängigkeit des Safety-over-Ethercat-Protokolls vom Übertragungskanal vereinfacht die sicherheitsrelevante Vernetzung solcher Anlagen: Der FsoE-Container wird über die Maschinensteuerung geroutet und in den anderen Safety-Teilnehmern ausgewertet. Somit sind beispielsweise übergreifende Not-Halt-Funktionen sowie gezieltes Stillsetzen von Maschinenmodulen problemlos möglich, auch wenn diese über andere Kommunikationssysteme wie etwa Ethernet miteinander gekoppelt sind.

Die Implementierung des FsoE-Protokolls benötigt nur wenige Ressourcen, was eine hohe Performance und folglich kurze Reaktionszeiten ermöglicht. Im Bereich der Roboteranwendungen beispielsweise sind Anlagen bekannt, die mit Safety-over-Ethercat einen sicheren Antriebsbus realisieren, der in einem 8-kHz-Raster arbeitet.



Der Safety-Container wird in die Prozessdaten der zyklischen Kommunikation eingebettet.

Von der Verpackungsmaschine bis zum Bühnenbau

Safety-over-Ethercat ist heute eines der weitverbreitetsten Sicherheitsprotokolle. Maschinen aus dem klassischen Maschinenbau, zum Beispiel Verpackungsmaschinen, hochdynamische Werkzeugmaschinen oder Fräsautomaten, nutzen die einfache Integration der Sicherheitsfunktionen in das Steuerungskonzept. Schutztürzuhaltungen, Not-Aus-Taster und Lichtgitter können sicher überwacht werden, um im Bedarfsfall die gefahrbringende Bewegung intelligent zu reduzieren oder einen sicher überwachten Stopp der Maschine anzufordern. Dies verkürzt die Taktzeiten einer Maschine erheblich, da die Antriebe nicht momentenfrei geschaltet werden müssen und somit bei der anschließenden Startanforderung der Wiederanlauf aus einem laufenden System erfolgen kann.

Auch im rauen Umfeld von Windkraftanlagen kommt im Leit- und Automatisierungssystem die Safety-over-Ethercat-Technologie zum Einsatz. Die in der Windbranche zumeist hart verdrahtete Sicherheitskette kann mit Safety-over-Ethercat in die Automatisierungs-Hardware integriert werden. Not-Aus-Taster

in der Gondel und im Fuß des Turms können über eine Ethercat-Leitung miteinander verbunden werden, anstelle über lange, stöempfindliche Hardware-Signale parallel zur Kommunikation geführt zu werden. Natürlich kann auch eine Überdrehzahl des Rotors oder eine Überlast des Generators sicherheitsrelevant erfasst und in einer im System integrierten Sicherheitssteuerung überwacht werden.

Aber auch andere Bereiche profitieren von der Safety-over-Ethercat-Technologie – zum Beispiel die Bühnentechnik. Das automatische Handling der Bühnenbilder wird zum Schutz der Schauspieler sicherheitsrelevant überwacht. Fliegende Kameras rasen bei großen Fernsehshows mit Hilfe von Seilsystemen über die Köpfe der Zuschauer und Schauspieler selbst werden für dynamische und atemberaubende Flugszenen in die Luft gehoben. All das erfordert ein schnelles aber auch flexibles Sicherheitssystem, das sich mit Safety-over-Ethercat realisieren lässt.

Die Akzeptanz der Technologie zeigt sich an der Vielfalt der Hersteller: Steuerungsanbieter sowie Sensor- und Antriebshersteller bieten ein breites Spek-

trum an Sicherheitskomponenten mit einer Safety-over-Ethercat-Schnittstelle. Bei der Implementierung und Zertifizierung der entsprechenden Geräte leistet die Ethercat Technology Group (ETG) umfangreiche Unterstützung. Die Experten der Organisation unterstützen Hersteller in allen Phasen des Produktlebenszyklus und stellen zudem für die Abnahme eines Geräts zertifizierte Tools und Services bereit, die den Nachweis der Konformität zur Spezifikation erheblich vereinfachen.

Hohe Flexibilität

Dem Anwender garantiert die große Auswahl an Geräten Flexibilität und Investitionssicherheit. Durch die Unabhängigkeit des Protokolls von der Übertragungsstrecke eignet sich Safety-over-Ethercat für zentrale Safety-Steuerungen ebenso wie für dezentrale. Die Übertragungsstrecke kann beliebig sein und ist nicht auf Ethercat beschränkt. Es lassen sich klassische Feldbussysteme, Ethernet oder ähnliche Strecken zur Übertragung auf elektrischen Leitungen, Lichtwellenleitern oder auch via Funkübertragung einsetzen. Vom Anwender werden also keine zusätzlichen Beschränkungen oder Nachweise gefordert.



10 JAHRE EtherCAT® WIR FEIERN MIT

**DEUTSCHMANN AUTOMATION – IHR PARTNER FÜR
EtherCAT® ANBINDUNGEN**

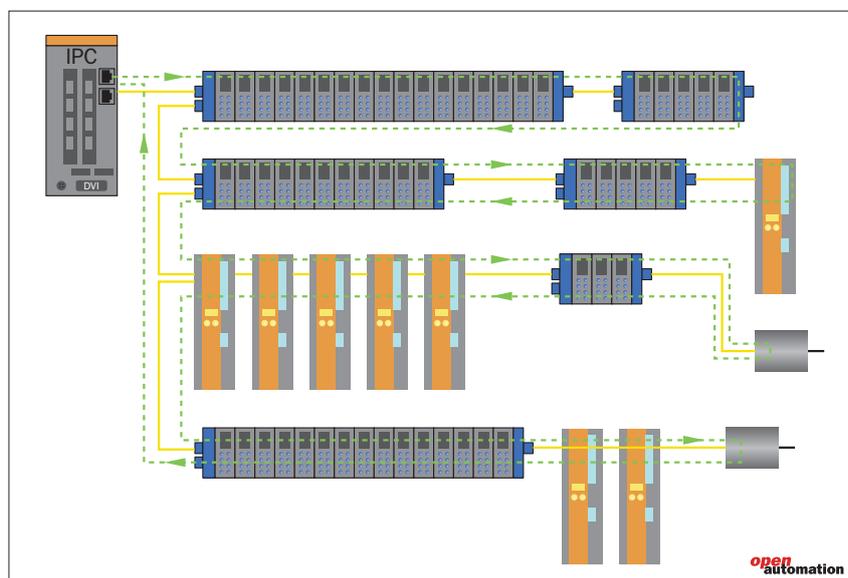
- UNIGATE® CL: Der flexible Protokollkonverter
- UNIGATE® IC: Die intelligente Embedded-Lösung
- UNIGATE® CX: Gateways für alle Busvarianten
- UNIGATE® AS-i: Das AS-i Master Gateway für alle Bussysteme



Diagnose und Fehlerlokalisierung mit Ethercat

Die lückenlose Verfügbarkeit sowie die Zeit zur Inbetriebnahme einer Anlage werden wesentlich durch die Diagnoseeigenschaften des zugrundeliegenden Kommunikationssystems determiniert. Dabei spielt auch die exakte und schnelle Lokalisierung von Fehlern eine große Rolle. Ethercat unterstützt systeminhärent zahlreiche Diagnoseeigenschaften.

Alessandro Figini, Florian Häfele



Die logische Weiterleitung der Ethernet-Frames erfolgt mittels des ESC (Ethercat Slave Controller).

In Ethercat-Netzwerken leiten die Slaves die Ethernet-Frames entsprechend der durch die Hardware vorgegebenen Topologie mittels einer dedizierten Echtzeit-Komponente, des so genannten ESC (Ethercat Slave Controller) weiter. Die Slaves verfügen über Diagnosemechanismen auf allen in den Feldbusstandards spezifizierten Ebenen des ISO/OSI-Stacks. Die Weiterleitung der Statusinformation aus den einzelnen Slaves erfolgt über den Master bzw. das Konfigurations-Tool, die direkt an das Applikationsprogramm bzw. den Anwender berichten.

Diagnose auf Physical-Layer-Ebene

Die Physical-Layer-Ebene umfasst im Wesentlichen Leitungen und Stecker zum Aufbau der Netzwerkinfrastruktur. Jeder

ESC-Port überwacht die Kommunikation auf Hardware-Ebene, indem er relevante Informationen an den Nutzer weitergibt. So erkennen die ESC-Ports neben verschiedenen weiteren Fehlern auch Link-Lost-Ereignisse und inkrementieren einen entsprechenden Link Lost Counter. Fehler können hier etwa durch lose Kontakte, schlechte Verbindung oder beschädigte Leitungen auftreten. Durch Auslesen der zugehörigen Register kann man präzise die Störung des physikalischen Mediums lokalisieren.

Eine weitere Diagnosefunktion ist die CRC-Prüfung (Prüfsumme) der ankommenden Frames. Bei Misserfolg wird der betroffene Frame als beschädigt markiert, die in ihm enthaltenen Daten ignoriert und der CRC Error Counter inkrementiert. Nachfolgende Geräte ignorie-

ren die Daten dieses Frames ebenfalls und inkrementieren dafür einen Forwarded CRC Error Counter. CRC-Fehler werden typischerweise durch EMV-Störungen hervorgerufen, wie sie bei stromführenden Leitungen auftreten können, welche nahe an der Kommunikationsleitung verlaufen. Durch das Auslesen der Register beider Fehlerzähler kann der Nutzer auch in diesem Fall die Stelle lokalisieren, wo mögliche EMV-Einflüsse die Kommunikation beeinträchtigt haben.

Diagnose auf Datalink-Layer-Ebene

Der Datalink Layer garantiert den Datenaustausch zwischen dem Ethercat Frame und dem Ethercat-Teilnehmer. Dieser Austausch kann sowohl azyklisch als auch zyklisch erfolgen. Letzterer kann auch zyklisch synchron zwischen mehreren verteilten Teilnehmern gesteuert werden. In den Slaves werden Datenaustausch und Synchronisierung durch Interrupts oder Watchdogs überwacht.

Einer der effektivsten zentralen Diagnosemechanismen auf dem Datalink Layer ist der Working Counter, der mit



Alessandro Figini arbeitet bei der ETG im Bereich Technologie-Support und Test. E-Mail: a.figini@ethercat.org



Florian Häfele arbeitet bei der ETG im Bereich Technologie-Support und Test. E-Mail: f.haeefe@ethercat.org

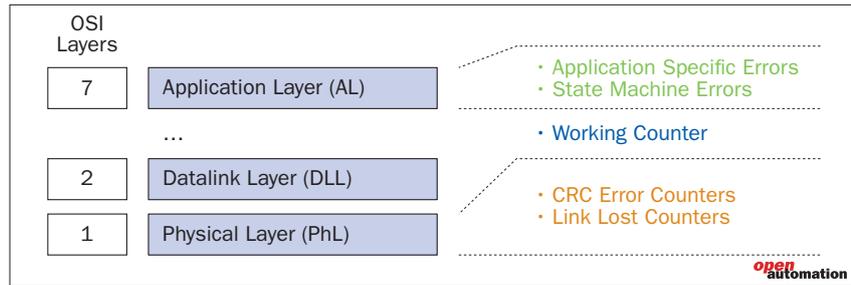
jedem Lese- und Schreibkommando übertragen wird. Dieser Zähler inkrementiert nach erfolgreichem Datenaustausch in jedem durchlaufenen Slave. Durch Vergleich der tatsächlichen mit den erwarteten Werten prüft der Master noch im gleichen Zyklus, ob alle Slaves mit konsistenten Daten arbeiten oder einzelne Datagramme nicht übertragen wurden. Der Working Counter gibt so Aufschluss über verschiedene mögliche Fehler, etwa wenn ein Slave aufgrund fehlender Konnektivität oder interner Hardware-Ausfälle Daten nicht austauschen kann. Auch Probleme bei der Parametrisierung, welche die Prozessdaten-Konfiguration oder das Kommunikations-Timing einschließen, lassen sich so erkennen. Working-Counter-Fehler gibt der Master an eine überlagerte Anwendung wie ein SPS-Programm weiter, so dass der Applikateur in der Software eine passende Reaktion programmieren kann.

In Applikationen, die ein hohes Maß an Synchronität ihrer Komponenten erfordern, wird innerhalb des Ethercat-Netzwerks die Distributed Clocks-Funktionalität (DC) eingesetzt. Auch für diese Datalink-Layer-Funktionalität gibt es verschiedene Diagnosemechanismen. So verfügt jeder Slave über ein System-Time-Difference-Register, das die Differenz zwischen der lokalen Uhr im Slave sowie der globalen Netzwerkzeit enthält. Durch Auslesen dieses Registerwerts aus allen Slaves, die den Mechanismus der verteilten Uhren (DC) nutzen, kann der Master überwachen, wie präzise das Netzwerk synchronisiert ist, und den Nutzer über Unregelmäßigkeiten informieren.

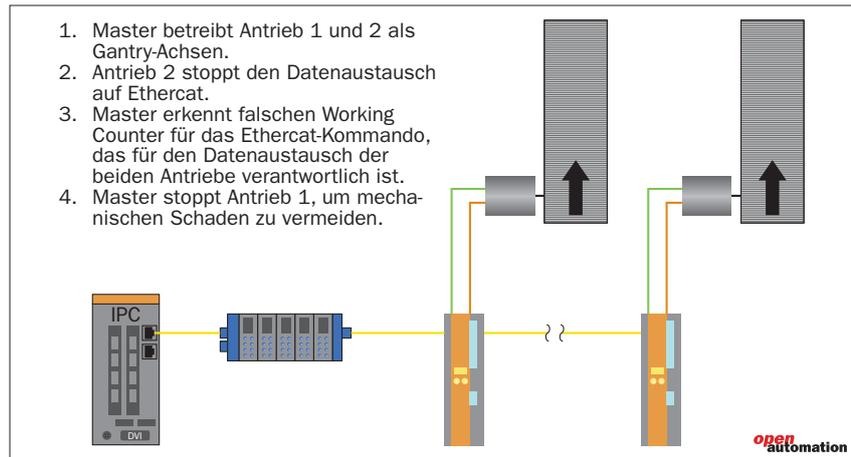
Da Ethercat Standard-Ethernet-Frames nutzt, kann der Netzwerkstatus durch die Überwachung des Netzwerkverkehrs mittels kostenfreier Software Tools wie etwa Wireshark erfolgen. So können ganze Ethercat Frames sowie sämtliche Datagramme innerhalb derselben aufgezeichnet, angezeigt und analysiert werden.

Diagnose auf Application-Layer-Ebene

Der Application Layer betrifft die spezielle Funktion eines jeden Slaves: Lesen eines Temperatursignals, Steuerung pneumatischer Servoventile oder etwa der Antrieb eines Motors. Eine von mehreren aussagestarken Diagnoseinformationen basiert dabei auf der Ethercat State Machine, die das Verhalten zwischen Master und Slaves organisiert. Jeder Status korrespondiert mit einer Reihe verfügbarer Kommunikationsfunktionalitäten. Statuswechsel werden vom Master gefordert und vom jeweiligen Slave bestätigt



Ethercat ermöglicht systeminhärent die Diagnose auf allen Ebenen des ISO/OSI-Stacks.



Mittels des Working Counters kann der Ethercat Master einfach und zyklussynchron die Anwendung auf Fehler überprüfen.

oder abgelehnt. Bei Konfigurationsfehlern während des Hochlaufs oder internen Laufzeitfehlern verweigert der Slave entweder den Statusübergang oder wechselt intern auf einen niedrigeren Status, setzt ein Fehlerbit und stellt einen Fehlercode zur Verfügung. Ein Beispiel für diese Diagnosefunktion tritt ein, wenn sich die Prozessdatenkonfigurationen von Master und Slave unterscheiden: Der Slave wird einen Statusübergang nach Safeoperational mit dem Fehler-Code „Invalid Input Configuration“ verweigern. Ein weiteres Beispiel ist gegeben, wenn der Slave für eine bestimmte Zeit keine gültigen Prozessdaten erhält. Er wechselt seinen Status dann zu Safeoperational und meldet den Fehler „Prozessdaten-Watchdog“. Das Application-Layer-Statusregister kann vom Master mit einem einzigen Broadcast-Kommando zyklisch ausgelesen werden, um den gesamten Netzwerkstatus zu überwachen.

Neben der zentralen Diagnosemöglichkeit über die Ethercat State Machine können Ethercat-Geräte spezifische interne Applikationsfehler melden. Diese hängen von der jeweiligen Funktion des Slaves ab. Das kann eine Überspannung für ein analoges Input-Terminal sein, die den

maximalen Drehmomentgrenzwert für einen Antrieb überschreitet, oder etwa ein interner Überhitzungsalarm. CAN application protocol over Ethercat (CoE), das Standard-Ethercat-Protokoll für den azyklischen Parameterzugriff, definiert das Diagnosis History Object das wie ein Fehlerspeicher funktioniert. Innerhalb dieses Objects können Geräte bis zu 250 applikationsspezifische Diagnosemeldungen aufzeichnen und speichern, die wiederum vom Master gelesen und dem Anwender gemeldet werden können.

Fazit

Ausgeprägte Diagnosefunktionalitäten sind auf allen Ebenen der Ethercat-Kommunikation vorhanden und bieten dadurch ein umfassendes und detailliertes Bild des Netzwerkstatus. Sie sind bereits nativer Teil des Ethercat-Protokolls und können darüber hinaus vom Master mit einer geringen Anzahl zusätzlicher Kommandos zusammengefasst werden. Letztlich sind die Mechanismen zur Diagnose bei Ethercat in Hardware implementiert oder aber in der Basisspezifikation von Ethercat definiert. Die Unterstützung aller zugehörigen Funktionen ist somit für alle Ethercat-Geräte gleichermaßen gewährleistet.

Ethercat Technology Group ist weltweit aktiv

Zur weltweiten Unterstützung der Ethercat-Technologie sowie all derjenigen, die sie nutzen, wurde 2003 die Ethercat Technology Group gegründet, die heute größte Industrial-Ethernet- und Feldbus-Organisation der Welt.



Die Mitarbeiter der Ethercat Technology Group (ETG) in Amerika, China, Deutschland, Japan und Korea sichern den weltweiten Support für Maschinenbauer, Gerätehersteller, Systemintegratoren und Technologieanbieter – vor, während und nach der Implementierung. Im Rahmen diverser Technical Working Groups (TWG) der ETG arbeiten Experten gewissenhaft an den verschiedenen Aspekten der Technologie, wie beispielsweise der Definition von Geräteprofilen oder Implementierungsrichtlinien.

Die ETG führt auf internationaler Ebene Seminare und Workshops durch und repräsentiert Ethercat weltweit auf Messeständen. Darüber hinaus organisiert der Verband Gemeinschaftsstände auf Messen und stellt einen Product Guide bereit, um seine Mitglieder bei der Markteinführung ihrer Ethercat-Produkte aktiv zu unterstützen.

Interoperabilität und Konformität

Die ETG führt in Amerika, Asien und Europa jährlich mehrere „Plug Fests“ durch. Bei diesen Veranstaltungen kommen Ethercat-Geräteentwickler zusammen, um ihre Produkte zu testen und deren Interoperabilität zu sichern. Unter Nutzung des offiziellen „Ethercat Conformance Test Tools“ hat jeder Hersteller die Möglichkeit, seine Ethercat-Geräte vor Markt-

ebenfalls Konformitätstests an; im Fall eines erfolgreichen Tests erhalten Hersteller von der ETG ein offizielles Konformitätszertifikat.

Internationale Standardisierung

Die Ethercat Technology Group ist offizieller Partner der IEC. Sowohl Ethercat als auch Safety-over-Ethercat sind IEC-Standards (IEC 61158 und IEC 61784). Die IEC-Standards umfassen nicht nur niedrigere Protokollschichten, sondern auch die Applikationsschicht sowie Geräteprofile, z. B. für Antriebe. Zudem hat Semi (Semiconductor Equipment and Materials International) Ethercat als Kommunikationsstandard für die Halbleiterindustrie akzeptiert (E54.20).

Die verschiedenen Arbeitskreise in der ETG Semiconductor Technical Working Group (TWG) definieren spezielle Geräteprofile und Implementierungsrichtlinien speziell für die Branche. Die allgemeine Ethercat-Spezifikation ist neben Englisch auch in Japanisch, Koreanisch und Chinesisch erhältlich.

ETG inside

Der Hauptsitz der Ethercat Technology Group befindet sich in Nürnberg. Hier arbeitet das Team an der weltweiten Verbreitung von Ethercat. Mehr als zehn internationale Mitarbeiter aus Nordamerika, China, Japan, Taiwan und Korea unterstützen die ETG bei ihrem Bestreben, Ethercat als den Industrial Ethernet-Standard schlechthin auf der ganzen Welt bekannt zu machen und technischen Support zu leisten.



start eigenständig auf Konformität zu testen. Akkreditierte Ethercat-Testcenter in Deutschland, China und Japan bieten

Flotte Weiterentwicklung trotz Stabilität im Kern

Im Vergleich zu den technischen Eigenschaften eines Feldbusstandards stehen die Nutzerorganisationen oft im Hintergrund. Der Erfolg von Ethercat ist allerdings maßgebend durch die Tätigkeit der Ethercat Technology Group (ETG) geprägt. Folgendes Statement beleuchtet unabhängig die Funktionsweise der ETG.

Dieter Hess

Verglichen mit den technischen Eigenschaften eines Feldbusstandards und den kommerziellen Aspekten, wie etwa Lizenzkosten, spielen die Nutzerorganisationen selbst sowie der Prozess der Standardisierung in der Außenwahrnehmung meist eine untergeordnete Rolle. Wenn überhaupt werden nur die klassischen Aufgaben einer solchen Nutzerorganisation, wie Marketing oder die Umsetzung von Servicedienstleistungen, zum Beispiel Conformance Tests, bewertet. Die Arbeit der Ethercat Technology Group genießt auf diesem Gebiet in der Branche unbestritten einen hervorragenden Ruf, auf den man daher nicht näher eingehen muss.

Darüber hinaus ist die Arbeit der Nutzervereinigung in Bezug auf die Standardisierung oft entscheidend für praxisrelevante Eigenschaften wie Interoperabilität und „Breite“ eines Standards.

Landläufig wird bei den Nutzerorganisationen und Standardisierungsgremien die Unabhängigkeit von einzelnen Mitgliedern als wichtiges oder sogar unverzichtbares Kriterium gefordert. Es ist also bemerkenswert, dass innerhalb der ETG die Firma Beckhoff ganz offen und in den Statuten verankert eine herausgehobene Rolle spielt: Beckhoff darf eines der Vorstandsmitglieder stellen. Auch hält das Unternehmen die Schutzrechte an der Technologie, vergibt die Lizenzen aber an jedes ETG-Mitglied. In der Master-Lizenzvereinbarung sichert man Kompatibilität

zu, umgekehrt versichert Beckhoff, dass die Lizenz kostenlos ist und bleibt – so geht Rechtssicherheit. Ob diese formale Abhängigkeit akzeptabel ist, muss natürlich jede Firma für sich entscheiden. Aus der erwähnten, etwas außergewöhnlichen Struktur der ETG ergeben sich Vorteile, die man jeden Tag beim Einsatz von Ethercat erfährt.

„Geschwindigkeit der Standardisierung höher“

Da ist zum Beispiel die Definition des Standards selbst: Die übliche Vorgehensweise in Standardisierungsgremien ist, dass die Themenfelder in größerer Runde zunächst ausgewählt werden und dann die „Hausaufgaben“, also die technische Ausarbeitung eines Themas, an einzelne Teilnehmer in der Runde verteilt werden. Derjenige, der die Ausarbeitung macht, prägt typischerweise das ganze Thema. Eine größere Änderung wird meist nicht mehr durchgeführt, da jeder große Änderungsvorschlag dazu führt, dass die Aufgabe neu verteilt wird und die bisherige Arbeit verloren ist. Meist orientieren sich so entstandene Standarddefinitionen entweder an Eigenschaften bestehender Produkte oder werden ohne eine Testimplementierung als Spezifikation auf einem leeren Blatt erstellt. Der richtige Weg, zunächst die Spezifikation und dann eine Testimplementierung zu erstellen, ist in dieser Phase oft zu aufwendig. Passt eine Teilspezifikation einem der Mitglieder nicht, so wird sie typischerweise verwässert, bis sie praktisch nicht mehr verwendbar und dadurch in der Praxis nicht mehr bindend ist.

Das in der ETG übliche Vorgehen unterscheidet sich hiervon grundlegend. Wird ein neues Themenfeld in Form von Anforderungen aus dem Mitgliederkreis identi-

fiziert, so wird in der Regel zunächst ein Vorschlag von Beckhoff gemacht. Meist wird dieser Vorschlag auch durch eine Testimplementierung untermauert. Das Ergebnis wird zur Diskussion gestellt, so dass Änderungen noch einfließen können. Da sich die Abstimmung auf die inhaltlichen Teile beschränkt, ist die Geschwindigkeit der Standardisierung um einiges höher als in vergleichbaren Gremien. Auch sind die Verwässerung von Standardteilen oder die anhaltende Konsistenz des Standards kein Problem. Die entstandene Testimplementierung kann typischerweise als Referenz für andere Geräte, die denselben Teilstandard erfüllen wollen, oder für Kommunikationsgeräten verwendet werden.

So stellt Beckhoff auch den Slave-Protokollstack kostenfrei im Source Code zur Verfügung. Dadurch wird die Ausprägung unterschiedlicher Interpretationen der Spezifikation weitgehend vermieden.

Im Ergebnis bekommt man bei der ETG einen Standard, der wirklich für problemlose Interoperabilität sorgt. Dies kann man jedes Jahr auf den Messeständen der ETG mit den laufenden Geräten sehen. Und das gilt eben nicht nur für die Kernfunktionalität von Ethercat, sondern auch für neuere Teile oder funktionale Nischen.

Aus unserer Sicht gelingt bei der Ethercat Technology Group der Spagat zwischen „Offenheit“ und „Lenkung“ der Technologie: Ethercat ist nicht nur offengelegt und international genormt, sondern auch für jede interessierte Firma mit vernünftigem Aufwand zu implementieren. Dabei sorgt Beckhoff dafür, dass der Standard nicht durch wechselnde Interessen in Gremien geschwächt wird – und dass Ethercat zwar weiterentwickelt, die Kerntechnologie jedoch stabil bleibt.



Dipl.-Inf. Univ. Dieter Hess
ist Geschäftsführer der
3S-Smart Software Solutions
GmbH in Kempten.
E-Mail:
d.hess@3S-software.com

Perfekte Symbiose von Technik und Kunst

Mit Kinetic Rain wurde am Changi Airport in Singapur die wohl weltweit größte kinetische Skulptur realisiert. Das künstlerische Konzept der Installation und die komputative Gestaltung der Choreografie stammen von der Berliner Art+Com AG. In Anspielung auf den tropischen Regen besteht die Installation aus 1216 glänzenden, verkupferten Aluminiumtropfen. Diese hängen an dünnen Stahlseilen von der Decke und werden jeweils einzeln von einem kleinen Servomotor bewegt. Während einer 15 Minuten dauernden Show formieren sich die Tropfen zu verschiedenen Schaubildern zum Thema Fliegen. Die gesamte technische Umsetzung der Installation erfolgte durch die MKT AG. Die Herausforderung, 1216 Servoachsen synchron zu verfahren, wurde auf Basis von Ethercat, Twincat und den kompakten Servodrives in Form einer Busklemme gelöst.

Michel Matuschke



Bild: Changi Airport Group Singapore

Flugreisende und Flughafenbesucher, die das Terminal 1 des Changi Airports in Singapur betreten, werden bei ihrem Gang durch die modernisierte Abfertigungshalle von der kinetischen Skulptur Kinetic Rain in Bann gezogen. „Das harmonische Zusammenspiel von mehr als tausend Tropfen symbolisiert auch die vielen Menschen, die im Flughafen Tag

für Tag dafür sorgen, dass Reisende und Besucher des Changi Airport positiv überrascht sind und ihn in angenehmer Erinnerung behalten“, erläutert Yeo Kia Thye, Vizedirektor für den Flughafenbetrieb der Changi Airport Group.

Insgesamt überspannt die Installation, die aus zwei zusammenhängenden Feldern von je 608 Tropfen besteht, eine

Fläche von mehr als 75 m² und bespielt eine Raumhöhe von über 7,3 m. Das künstlerische Konzept dieser ungewöhnlichen Rauminstallation stammt von der Berliner Agentur Art+Com. Die technische Umsetzung des Gesamtprojektes und die Programmierung übernahm die MKT AG in Olching, bei München. Bei der Programmierung und Umsetzung der Steue-

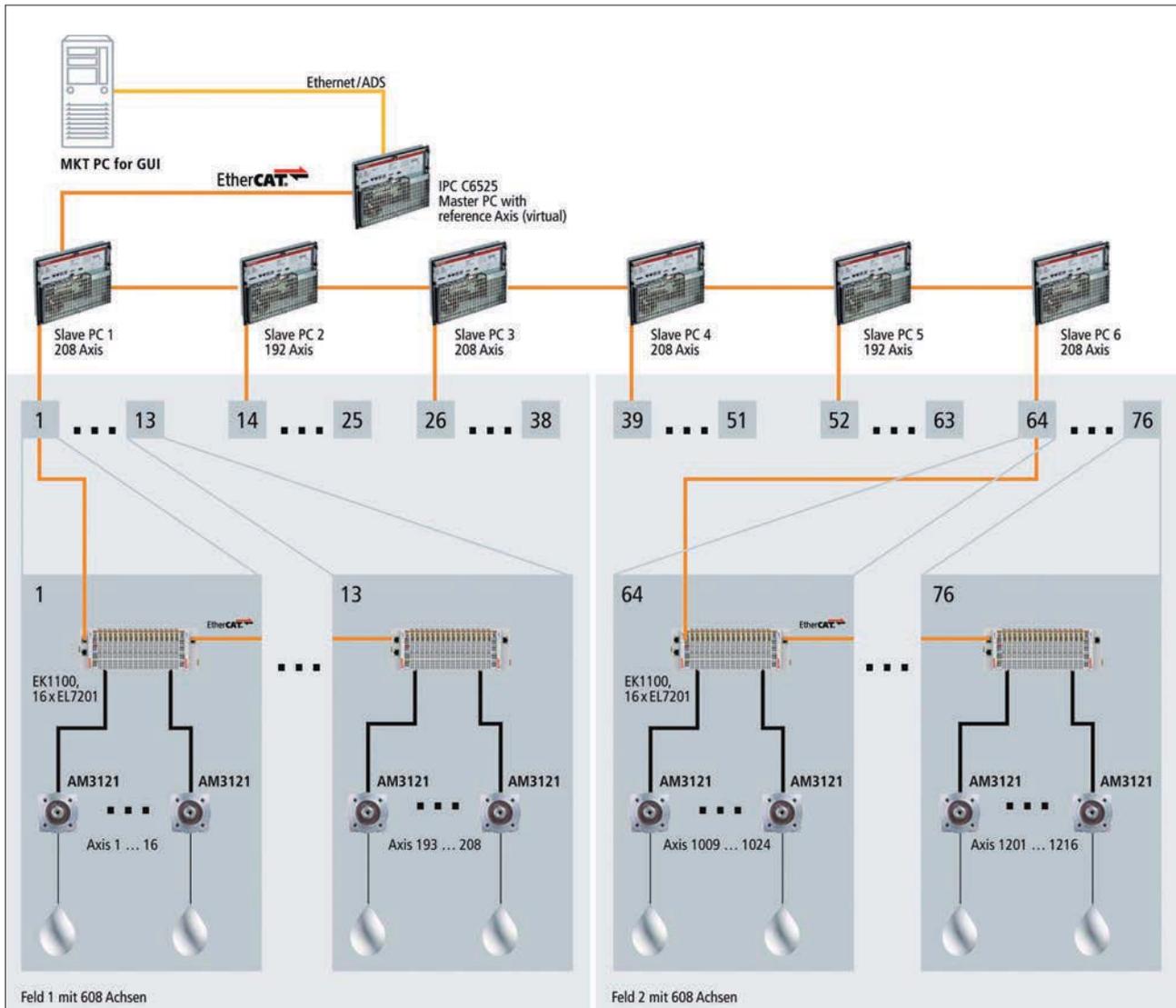


Bild: Beckhoff Automation

Die zentrale Steuerung der 1216 Achsen übernimmt ein Beckhoff-Industrie-PC des Typs C6525 mit der Automatisierungs-Software TwinCAT NC PTP. Die Kommunikation mit dem GUI-Rechner von MKT erfolgt per ADS. Der C6525 agiert als Master und koordiniert die Verteilung der Positionsdaten an die sechs Slave-PC, denen jeweils 192 bzw. 208 Achsen zugeordnet sind.

ung erhielt das Unternehmen, das auf kinetische Installationen spezialisiert ist, Unterstützung von Beckhoff. „Mit Kinetic Rain haben wir das bisher anspruchsvollste Projekt dieser Art realisiert“, erläutert Axel Haschkamp, Vorstand der MKT AG: „Mehr als 2000 Ingenieursstunden sind in dieses Projekt geflossen. Eine besondere Herausforderung war nicht zuletzt der Transport der 30 t schweren, komplett fertig gestellten Installation nach Singapur.“



Michel Matuschke ist Branchenmanager Bühnen- und Eventtechnik bei Beckhoff Automation.
E-Mail: info@beckhoff.de

Die Anforderungen an die Steuerung von Kinetic Rain sind mit dem präzisen Verfahren von 1216 Achsen sehr hoch. Daneben waren hohe Verfügbarkeit, kompakte Bauform der Komponenten, sowie der Austausch von Komponenten ohne Adressierung gefordert. „Zu den vorrangigsten Auflagen unseres Kunden, Changi Airport, gehörte, dass die Anlage 24 Stunden am Tag läuft. Selbst wenn eine einzelne Achse ausfallen sollte, muss die Show weitergehen“, ergänzt Peter Haschkamp, ebenfalls Vorstand von MKT.

1216 Achsen synchron steuern

„Das synchrone Verfahren von 1216 Achsen gehört zu den absoluten Highlights dieses Projektes“, betont Raphik

Shahmirian, Vertrieb Beckhoff-Niederlassung München, der die technische Umsetzung von Kinetic Rain in enger Zusammenarbeit mit MKT betreut hat. Darüber hinaus waren hohe Anforderungen an die Dynamik, Präzision und Geschwindigkeit der Bewegungsabläufe zu erfüllen.

Die Tropfen bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von 1,5 m/s und einer Beschleunigung von 1,4 m/s². Die Bewegung muss dynamisch sein, zugleich aber fließend und absolut ruckfrei erfolgen. Die Lösung für diese Aufgabe fand MKT in der PC- und Ethercat-basierten Beckhoff-Steuerungsplattform mit kompakter Servoantriebstechnik. Die Steuerung übernimmt ein zentraler Industrie-PC des Typs C6525. Dieser kommuniziert per TwinCAT ADS mit dem speziellen

GUI-Rechner von MKT. Gleichzeitig steuert der PC – per TwinCAT NC PTP – zentral die 1.216 Achsen und agiert als Master. Über die TwinCAT-Kurvenscheiben-Funktion koordiniert der Master-PC die Verteilung der Positionsdaten an die sechs Slave-PC, denen jeweils 192 bzw. 208 Achsen zugeordnet sind, und sorgt unter Vorgabe einer Masterachse als Referenz für die Synchronität aller Achsen. Die Kommunikation erfolgt in Echtzeit über Ethercat bis in die Antriebe.

Der GUI-Rechner von MKT dient zur Visualisierung, beinhaltet aber auch die Show in Form einer Tabelle, welche pro Tropfen, in Zeitabständen von 200 ms, Positionsdaten hinterlegt hat. Dies entspricht fünf Bildern pro Sekunde. Eine vom menschlichen Auge wahrnehmbare fließende, ruckfreie Bewegung entsteht erst durch die Interpolation in TwinCAT NC PTP. Hier werden jeweils 100 Zwischenpositionen pro Tropfen unter Verwendung eines Spline-Algorithmus in einer 2-ms-NC-Task berechnet. Diese Berechnungen erfolgen auf jedem Slave-PC für die ihm zugeordneten lokalen Achsen.

Die künstlerische Intention, die synchron bewegten Tropfen wie eine Art 3-D-Film ablaufen zu lassen, ist nur durch die Nutzung von Ethercat und TwinCAT NC PTP möglich. Während der Master alle Achsen synchron zueinander hält, berechnen die Slave-PC alle 2 ms die Positionen der ihnen zugeordneten Achsen und kommunizieren sie über Ethercat in Echtzeit an die Servoantriebe.



Bild: MKT AG

Die Beckhoff-Servoklemmen und die kompakten Servomotoren bilden eine kompakte Antriebslösung, die in den knapp bemessenen Einbauraum passt.

Die Verfahrensgenauigkeit der einzelnen Achsen ist äußerst präzise und liegt bei einer Gesamtlänge von 7,6 m bei 1 mm. Der maximale Versatz zwischen zwei Tropfen beträgt 0,25 mm. Jeder Tropfen wird über eine Ethercat-Servomotorklemme EL7201 und einen Servomotor des Typs AM3121 angesteuert. „Mit den Servoklemmen, die sich nahtlos in den Ethercat-Klemmenstrang einreihen, haben wir

eine kompakte Lösung gefunden, die den baulichen Voraussetzungen mit begrenztem Einbauraum in der Decke des Gebäudes perfekt entspricht“, betont P. Haschkamp. Die Servoantriebstechnik bietet außerdem Dynamikvorteile und erlaubt fließende Übergänge.

Modularität der Steuerung vereinfacht die Inbetriebnahme

„Wichtig war für uns auch die Modularität der Steuerungslösung und die Tatsache, dass eine einzelne Achse ohne Adressierung getauscht werden kann. Das ermöglichte zum Beispiel eine Teilinbetriebnahme, das heißt wir konnten parallel an Software, Hardware und Mechanik arbeiten, wodurch wir den engen Zeitrahmen, den wir für dieses Projekt hatten, einhalten konnten“, hebt P. Haschkamp hervor. Mit TwinCAT NC PTP ist es außerdem möglich, die ganze Show zu „joggen“, das heißt man kann, wie bei einem Film, vor- und zurückspulen. Das hat die Inbetriebnahme für MKT sehr vereinfacht. Wenn eine einzelne Passage des Ablaufs noch nicht zu 100 Prozent zufriedenstellend war, konnten die Ingenieure von MKT diese immer wiederholen. Ein großer Vorteil, wie P. Haschkamp betont: „Bei anderen Lösungen ist dies nicht möglich, sondern man ist gezwungen, die Show immer wieder von Beginn an bis an die gewünschte Position laufen zu lassen, was sehr zeitintensiv ist.“

Im Unterschied zu vergleichbaren kinetischen Skulpturen, die MKT in der Vergangenheit über dezentrale Hardware-Steuerungen realisiert hat, wird Kinetic Rain über einen zentralen PC und Software gesteuert und durch Ethercat übertragen. Die Kurvenscheiben-Funktion, die bei früheren Steuerungslösungen von MKT lokal im Antriebsverstärker untergebracht war, wird jetzt von der Software ausgeführt. So können die Positionsdaten zentral verwaltet und über Ethercat in Echtzeit an die Achsen verteilt werden.

Wichtig bei der Entscheidung für Beckhoff als Partner war für MKT auch die globale Aufstellung des Unternehmens. So konnte Beckhoff das Projekt nicht nur durch Experten aus der Unternehmenszentrale in Verl begleiten und unterstützen. Auch beim Endkunden vor Ort ist Support und Service durch die Beckhoff-Niederlassung Singapur gewährleistet.

www.beckhoff.de/stage
www.changliairportgroup.com
www.mkt-ag.de
www.artcom.de



Bild: MKT AG

Eine besondere Herausforderung war nicht zuletzt der Einbau der 30 t schweren, komplett fertig gestellten Installation in die gegebenen Baulichkeiten.

Echtzeit auf dem Acker: Mobile Automatisierung in der Landwirtschaft

Bei der Verteilung von Energien zwischen landwirtschaftlichen Zugmaschinen und Anbaugeräten setzt der führende Landmaschinenhersteller John Deere auf eine elektrische Schnittstelle mit Ethercat als Kommunikationssystem.

Mark Hambloch



Foto: Rauch Landmaschinenfabrik GmbH

Traktor 6RE von John Deere mit angekoppeltem Rauch Axis-E

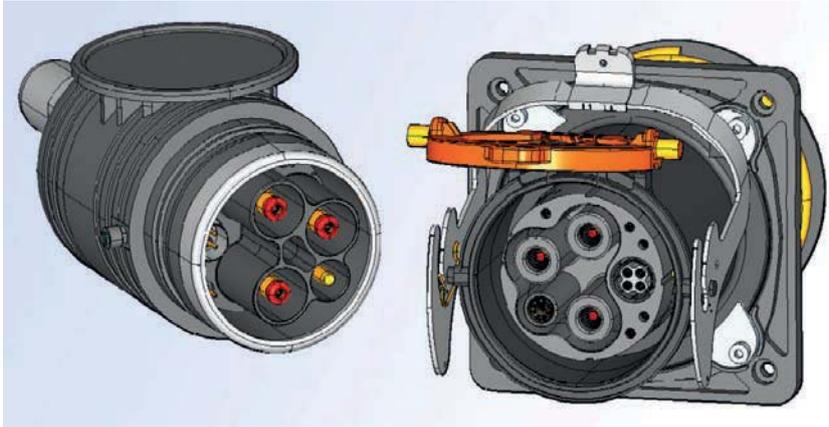
Als Ergänzung zu bereits vorhandenen mechanischen und hydraulischen Schnittstellen arbeiten zahlreiche Landmaschi-

nenhersteller derzeit an der Einführung einer elektrischen Leistungsverteilung. Diese gewährleistet eine für den Landwirt einfache und sichere Bedienung und trägt zur Effizienz- und Prozessoptimierung der Traktor-Anbaugeräte-Systemanwendung bei. Um gemeinsame erste Produkte an Kunden liefern zu können, sind die Hersteller von Traktoren und Anbaugeräten direkt oder innerhalb von Arbeitsgemeinschaften, wie etwa der AEF [1], aktiv.

Als Vorreiter in diesem Prozess gilt der US-amerikanische Landmaschinenhersteller John Deere [2]: Mit dem Modell 6210RE (kurz: 6RE) stellt das Unternehmen seinen Kunden den ersten landwirtschaftlichen Traktor mit elektrischer Leistungsschnittstelle für Anbaugeräte zur Verfügung. Zur Leistungserzeugung wird beim 6RE ein Kurbelwellengenerator eingesetzt, welcher über einen Umrichter elektrische Leistung in einem vom restlichen Bordnetz getrennten IT-Netz be-



Mark Hambloch ist Entwicklungsingenieur für Leistungselektronik innerhalb der Traktorensparte der John Deere GmbH & Co. KG.
E-Mail: HamblochMark@JohnDeere.com



Die Steckverbinder sind ausgelegt bis 130 kW Dauerleistung bei 85 °C Außentemperatur, inklusive einer Industrial-Ethernet-Schnittstelle (Ethercat).

reitstellen kann. Zudem verfügt der Traktor über zwei Wechselrichter und kann hiermit über eine neu entwickelte elektrische Schnittstelle die generierte elektrische Energie für Anbaugeräte bereitstellen. Die Wechselrichter ermöglichen ein sicheres und kontrolliertes Verteilen sowie Trennen vom Energiefluss. Durch Pulsweitenmodulation sind verschiedene Betriebsmodi und Spannungsformen realisierbar, beispielsweise ein Dreiphasen-Drehfeld.

Jede Schnittstelle verfügt zusätzlich über eine Industrial-Ethernet-Option. Am 6RE hat sich John Deere aufgrund der geringen Latenz und der schlanken, wenig prozessorlastigen Implementierung für Ethercat entschieden. In die Wechselrichtersteuerung wurde eine einfache Master-Funktion implementiert, die ein Erkennen der angesteckten Last ermög-

licht und abhängig vom gewählten Betriebsmodus Prozessdaten übermitteln kann. Auch eine Überwachung ist hiermit gegeben, die eine schnelle Trennung vom Energiefluss gewährleistet. Über die Erkennung der Last ist ein Vertauschen von Steckern ausgeschlossen und es können unterschiedliche Lasten angeschlossen und an der Schnittstelle identifiziert werden.

Die flexible Festlegung und hohe Bandbreite von Prozessdaten, die durch Ethercat zur Verfügung stehen, machen die Schnittstelle unabhängig von lastseitig verwendeter Sensorik und ermöglichen Zykluszeiten im Sub-Millisekunden-Bereich – hiermit ist auch ein geschlossener Regelkreis über den Bus möglich: Dies wird beispielsweise zum Antrieb eines angeschlossenen Synchronmotors mit einer Vektorregelung genutzt, wenn

die Rotorlage als Prozessdatenobjekt dem Master in der Wechselrichtersteuerung bereitgestellt wird. Durch die Übertragung von absoluten Werten wird die Schnittstelle dann weitgehend unabhängig von der Art des Sensortyps, mit welchem die Rotorlage physikalisch ermittelt wird. Auch Wicklungstemperatur oder andere Größen können als Prozessdaten übertragen werden. Als Betriebsmodi werden derzeit wahlweise Drehzahl- oder Drehmomentregelung unterstützt. Elektrische Leistung und Drehmoment werden vom Wechselrichter ermittelt. Kurzschluss- und Überstromerkennung sowie Überlastzustände und Drehmomentspitzen sind implementiert.

Zur Definition der Datenobjekte, Betriebsmodi und Zustandssteuerung hat sich John Deere sehr stark an dem CiA-402-Profil für elektrische Antriebe orien-



Schnittstelle mit einseitig gesteckter Anschlussleitung zum Anbaugerät



Schnittstelle am Traktorheck



Elektrische Antriebsachse „PowerDriveElect“ von Fliegl

tiert, um auf ein standardisiertes Profil für Antriebe mit Ethercat-Schnittstelle aufzusetzen. Um die neue elektrische Schnittstelle einfach in das bereits vorhandene übrige Isobus-„Tractor Implement Management“ zu integrieren, wurde zur Ansteuerung der angeschlossenen Last am 6RE für jede Schnittstelle die jeweilige Wechselrichtersteuerung ebenfalls direkt am Isobus zur Verfügung gestellt. Die Norm ISO 11783 [3] beschreibt CAN-basierte Kommunikation in offenen Netzwerken für den mobilen Einsatz im landwirtschaftlichen Bereich und ist ein Multi-Master-Netzwerk, dessen Protokoll mit SAE J1939 harmonisiert ist. Wichtige Merkmale für den Anwender sind herstellerübergreifende Interoperabilität zwischen Anbaugerät und Traktor sowie Nutzung eines einzigen Ein-/Ausgabeterminals (Virtual Terminal) für alle Anbaugeräte. Die Verantwortung und die Algorithmen für den auf dem Anbaugerät ablaufenden Prozess liegen wie bisher

im anbaugeräteseitigen Steuergerät, dem sogenannten Jobcontroller, bzw. beim Hersteller der jeweiligen Maschine.

Als Gegenstücke zum Traktor 6RE sind derzeit verschiedene Anbaugeräte mit elektrischen Lasten im Feldeinsatz. In der ersten Stufe hat man sich aufgrund der geringen Verluste und hohen Leistungsdichte auf Anwendungen mit Synchronmotoren fokussiert. Kühlung und Installation sind hier sehr einfach, zudem wird ein relativ konstantes Drehmoment über den gesamten Drehzahlbereich erreicht. Es eignen sich beispielsweise Scheiben, Kreisel, Wickelwerke, Pumpen, Traktionsunterstützung oder andere rotatorische Bewegungen besonders gut als Last. Hohe Dynamik, gleichbleibender Wirkungsgrad sowie präzises Ansteuermoment und hohe Ansteuerungsgenauigkeit über den gesamten Temperaturbereich am elektrischen Antrieb führen im Vergleich zur mechanischen oder hydraulischen Variante bei optimaler Auslegung häufig zu einer

sofortigen, erkennbaren Prozessoptimierung. Zudem bleibt der Antrieb meist über die gesamte Lebensdauer wartungsfrei.

Zu den ersten Anwendungen für Kunden zählen elektrisch angetriebene Wurf-scheiben zum Düngerstreuen, wodurch eine temperaturunabhängige Drehzahlstabilität und Drehmomentermittlung zur präzisen Massenstromregelung und somit Ersparnis erreicht werden soll. Außerdem werden elektrisch angetriebene Hilfsantriebe auf Anbaugeräten erhältlich sein, die gerade im Feldeinsatz zur Verbesserung der Traktion beitragen und ein geringeres Ballastieren der Zugmaschine erlauben.

Der von John Deere für den 6RE gewählte Ansatz, den Traktor in Form der Lastumrichter gleich mit einem Stellglied für die elektrische Leistung auszurüsten, erlaubt es zum einen, vergleichbar mit einem hydraulischen Regelventil, eine Vielzahl von Anbaugerätelasten direkt zu betreiben, bietet zum anderen aber auch die Flexibilität, in Zukunft vorstellbare Anbaugerätevarianten mit integrierter Leistungselektronik zu versorgen. Der Einsatz von Ethercat ist auch hier hilfreich, um eine kostenoptimale Dimensionierung bei hohen dynamischen Anforderungen zwischen Leistungserzeuger und Lasten zu erreichen.

Mobile Anwendungen sind sehr viel höheren Umwelthanforderungen, als es in der Industrieautomatisierung üblich ist, ausgesetzt. Für eine gute Kundenakzeptanz spielt neben der Prozessoptimierung auch die Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit eine ausschlaggebende Rolle. So müssen einerseits für die Produktionsprozesse gute Testmöglichkeiten geschaffen werden, andererseits sind für den Service sichere und einfach bedienbare Diagnosefunktionen wichtig. Die Ethercat-Technologie bietet hierfür vielfältige Möglichkeiten, die für eine breite Akzeptanz mit den entsprechenden Gremien und Arbeitsgruppen der landwirtschaftlichen Industrie abgestimmt werden müssen und dabei auch weiterer Standardisierungsarbeit bedürfen.

www.deere.de

Landmaschinenhersteller John Deere

Deere & Company ist der weltweit führende Hersteller von Landmaschinen für Bau, Forstwirtschaft und Landschaftspflege. Das Unternehmen beschäftigt weltweit rund 67 000 Mitarbeiter und meldete im Geschäftsjahr 2012 einen Nettoumsatz in Höhe von 36,157 Mrd. \$.

John Deere in Deutschland

Als Deutschlands größter Landtechnikhersteller beschäftigt die John Deere GmbH & Co. KG rund 7 000 Mitarbeiter an sechs Standorten in der Bundesrepublik. Im

Geschäftsjahr 2012 erwirtschafteten die deutschen Unternehmens-teile von John Deere einen Umsatz von 3,29 Mrd. €. Neben seinem Mannheimer Werk, das etwa 60 % der in Deutschland produzierten Traktoren herstellt, sowie seinen Standorten in Zweibrücken (Mäh-drescher, Feldhäcksler), Bruchsal (Fahrerkabinen, Europäisches Ersatzteilzentrum, Vertrieb) und Kaiserslautern (Forschung und Entwicklung) verfügt John Deere auch über zwei Standorte in Nordrhein-Westfalen.

Literatur

- [1] <http://aef-online.org>
- [2] John Deere GmbH & Co. KG: www.deere.de
- [3] ISO 11783 Traktoren und Maschinen für Landwirtschaft und Forsten – Serielle Steuerung und Kommunikationsnetzwerk. Berlin: Beuth-Verlag
- [4] www.ethercat.org/2013/mobile_applications/files/03_EtherCAT_Mobile_App_John-Deere.pdf
- [5] www.deere.de/de_DE/docs/product/equipment/tractors/6r_series/brochure/6r_series.html

Kurze „Time-to-Market“ mit einbaufähigen Ethercat-Busknoten

Die Befehlsgeräte von Schlegel Elektrokontakt finden sich in Maschinen jeglicher Art sowie in Aufzügen, Schiffen und Spezialfahrzeugen. Außerdem konfektioniert das schwäbische Unternehmen auch Bedientableaus nach kundenspezifischen Vorgaben. Für Bedieneinheiten, die über Ethercat angebunden werden sollen, verwendet Schlegel die einbaufertigen Unigate-IC-Busknoten von Deutschmann Automation.

Michael M. Reiter



Kundenspezifische Bedienlösung von Schlegel

Seit über 60 Jahren entwickelt und produziert Schlegel am Standort in Dürmentingen Bediengeräte, Meldeleuchten und Reihenklappen. Lange schon zählen auch Folien- und Kurzhubtastaturen, Gehäuse, Endschalter, Bedientableaus und Funktionsbausteine zum Angebotsspektrum. Die Produkte finden insbesondere in Werkzeugmaschinen, Prüfständen, in Armaturentafeln für Aufzüge sowie in Schiffen und Spezialfahrzeugen Anwendung. Der Einsatz beschränkt sich aber

nicht auf industrielle Bereiche, Schlegel-Produkte finden sich überall dort, wo zuverlässig „geschaltet und gewaltet“ werden muss – also auch in Pförtner-Tableaus von Schwimmbädern, Kaufhäusern oder Verwaltungsgebäuden.

Kundenspezifische Bedieneinheiten

Die vielfältigen Einsatzbereiche und Verwendungszwecke stellen an die Bedienpanels unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich Formfaktoren, den integrierten Befehlsgeräten und der Schnittstellen zum Anschluss an Steuerungen. Durch die weitreichende Modularisierung seiner Bedienlösungen kann Schlegel schon in kleinen Stückzahlen anwendungsspezifisch konfektionierte Tableaus mit individueller Bestückung und Gestal-

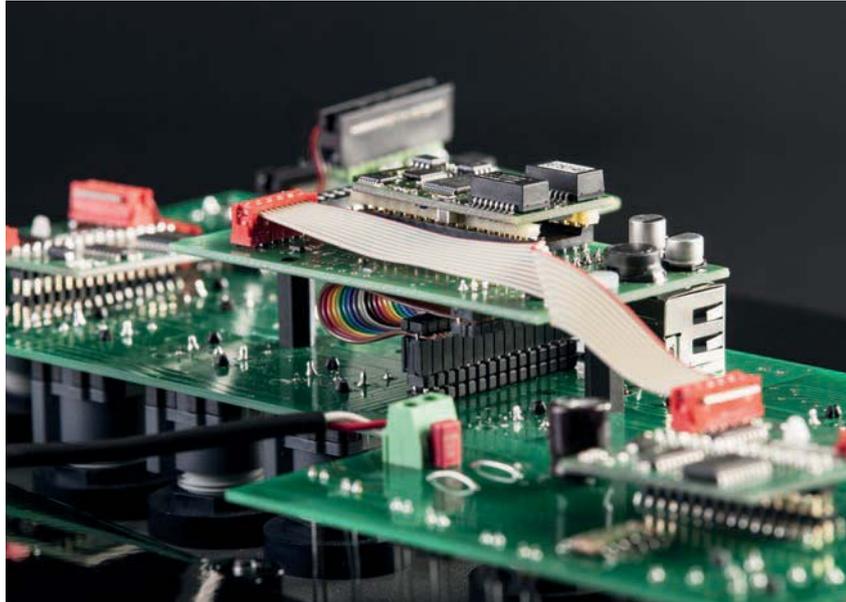
tung anbieten, die sich optimal in die Zielumgebung einfügen. So haben Kunden nicht nur bei Material, Form und Größe der Bedienung die Wahl, sondern können sie auch im eigenen Unternehmensdesign beschriften und gravieren lassen. Ebenso können Kunden aus dem umfangreichen Produktprogramm die Befehlsgeräte passend zur äußeren Gestaltung wählen. Zudem stattet Schlegel die Bedientableaus je nach Bedarf mit normalen Kontaktelementen oder mit Kommunikationsschnittstellen für Industrial-Ethernet-Standards oder Feldbusse aus.

Busausstattung

Bedienlösungen mit Industrial-Ethernet- oder Feldbusschnittstelle werden vor allem dort verwendet, wo eine größere Anzahl von Befehls- und Meldegeräten mit möglichst geringem Verkabelungsaufwand angeschlossen werden soll. Bei den Schlegel-Produkten wird die Busanbindung in einem Aufbau aus zwei Komponenten realisiert: Hinter der Frontplatte, in die die Befehlsgeräte montiert sind, liegt die Trägerkarte, die dem kundenspezifischen Entwurf für die Gesamtlösung angepasst wird. Die Trägerkarte ist mit den Kontaktgebern für die Befehlsgeräte und den physikalischen Schnittstellen für das geforderte Bussystem bestückt. Auf Wunsch erweitert der Hersteller die Platinen auch um E/A-Schnittstellen, sodass sich am Einsatzort befindliche Sensoren gleich über das Bediengerät mit dem Bus bzw. der Steuerung verbinden lassen. Zudem nimmt die Trägerkarte über einen Sockel das Busmodul auf, das den ge-



Michael M. Reiter ist Geschäftsführer bei der Deutschmann Automation GmbH & Co. KG in Bad Camberg. E-Mail: info@deutschmann.de



Blick auf die Rückseite des Bedienpanels: Auf der Trägerkarte sitzt die Adapterplatine mit dem standardisierten Stecksocket für die Unigate-IC-Busmodule.

samen Datenverkehr zwischen Bediengerät und der Steuerung über Ethercat organisiert. Für diese Busmodule verwendet Schlegel die einbaufertigen Busknoten der Serie Unigate IC von Deutschmann Automation.

Wirtschaftliche Vorteile

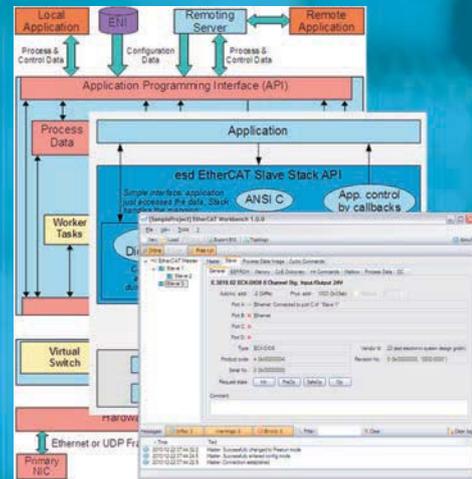
„In erster Linie sind wir ein Hersteller von Befehlsgeräten, Klemmen und Meldeleuchten. Hier liegen unsere zentralen Kompetenzen“, erklärt Georg Selig, Pro-

jektleiter bei Schlegel. „Die Entwicklung von Feldbus-Komponenten ist ein eigenes Gebiet, das spezifisches Know-how erfordert und einen nicht zu unterschätzenden Zusatzaufwand für Wartung, Dokumentation und Zertifizierungen mit sich bringt.“ Daher war es für Schlegel ebenso naheliegend wie wirtschaftlich sinnvoll, für die Busmodule auf die Erfahrung und das Wissen eines externen Spezialisten zu setzen. „Durch die Verwendung von Deutschmanns Unigate-IC-Schnittstellen sparen wir uns den kostentreibenden Aufwand für eigene Entwicklungen“, schildert G. Selig die Vorteile. „Gerade bei kleineren und mittleren Stückzahlen, mit denen wir es bei kundenspezifischen Aufträgen für Bedienlösungen häufig zu tun haben, ist der Rückgriff auf Deutschmann-Produkte im Vergleich zur Selbstentwicklung der vernünftiger Weg. Auf diese Weise können wir unseren Kunden in kürzester Zeit ein ausgereiftes Produkt zu guten Preisen liefern. Mit den Unigate ICs sind wir sogar in der Lage, schon drei Tage nach Auftragseingang den Entwurf für einen Prototypen der Bedienlösung zu präsentieren.“ Ein weiterer Vorteil der Kooperation mit Deutschmann liegt darin, dass sich bei Schlegel niemand dezidiert um die Pflege und Software-Aktualisierung der Busmodule kümmern muss. Da Deutschmann die Unigate ICs laufend den aktuellen busspezifischen Anforderungen und Standards anpasst, bleiben die Lösungen von Schlegel immer auf der Höhe der Zeit.

www.deutschmann.de

www.schlegel.biz

EtherCAT Master Stack EtherCAT Slave Stack EtherCAT Workbench



EtherCAT

EtherCAT Master Stack

- Master Stack für **unterschiedlichste (Echtzeit-) Betriebssysteme**
- **Konfiguration und Management** von EtherCAT Netzwerken
- In ANSI-C geschrieben mit Hinblick auf **hohe Performance, geringe Ressourcennutzung** und Skalierbarkeit
- Die Kernkomponenten sind Betriebssystem- (OS) und CPU-Architektur-unabhängig

EtherCAT Slave Stack

- **Einfache und schnelle EtherCAT Slave Device Entwicklung**
- Dienste für EtherCAT konforme Mitteilung gem. IEC und Mailbox unterstützte Protokolle

EtherCAT Workbench

- Umfassendes **Konfigurationstool**
- Erstellen von Konfigurationsdateien, **Initialisieren und Monitoren** eines EtherCAT Netzwerkes
- Überwachung des EtherCAT Netzwerkes
- **Built-in EtherCAT Master** ermöglicht Online-Topologie-Scan
- **Online- und Offline-Modus**

Über Deutschmann

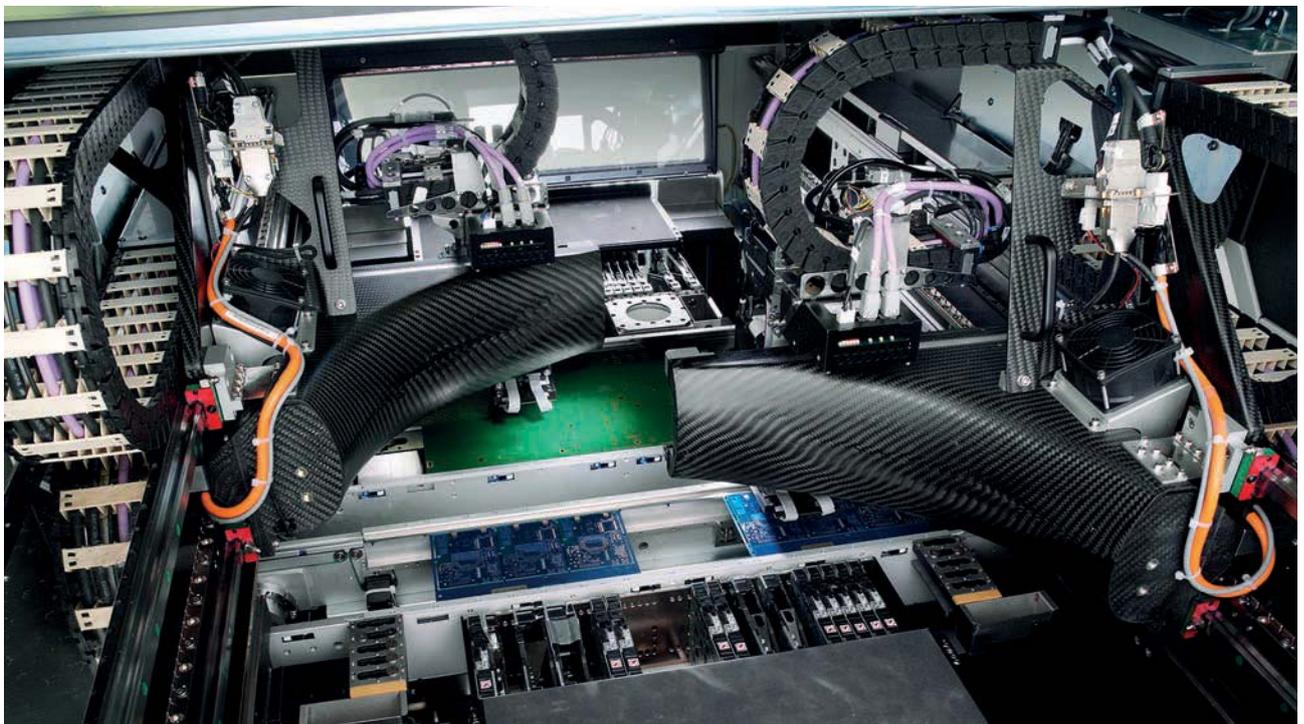
Seit mehr als drei Jahrzehnten ist Deutschmann Automation mit Sitz in Bad Camberg in der Automatisierungstechnik tätig. Neben den klassischen elektronischen Nockensteuerungen entwickelt das Unternehmen seit über einem Jahrzehnt Produkte für die industrielle Datenkommunikation. Hier liegen die Schwerpunkte auf Gateways für die Feldbus- und Industrial-Ethernet-Kommunikation, Entwicklungs-Tools sowie Single-Chip-Lösungen zur einfachen Integration von Feldbus- und Industrial-Ethernet-Schnittstellen in die Applikation des Kunden. Deutschmanns Produkte unterstützen sämtliche marktüblichen Feldbusse und Industrial-Ethernet-Systeme.



Ethercat-basierter Bestückungsautomat für hohen Produktmix

Als einer der weltgrößten Hersteller von Bestückungsautomaten für die Elektronikindustrie bietet das niederländische Unternehmen Assembléon mit der „iFlex“ eine neuartige, intelligente und flexible SMT-Lösung für die Elektronikfertigung – basierend auf Ethercat.

Rik van der Burg



Bestens geeignet für die Bestückung auch bei hohem Produktmix: die iFlex T2 von Assembléon

Die Elektronikindustrie benötigt zunehmend Bestückungsmaschinen, die sich speziell für den Einsatz in Umgebungen mit hohem Produktmix eignen. Mit „iFlex“ hat Assembléon ein Tool entwickelt, das in der Lage ist, die Produktivität in solchen Umgebungen um bis zu 30 % zu steigern. Dank der effektiven Single-Pick/Single-Place-Technologie von Assembléon produziert die Bestückungsmaschine „iFlex“ hochwertige Leiterplatten und bietet der Industrie so ein Höchstmaß an „First Pass Yield“-Produktionsvolumen mit einer Fehlerrate

weit unter 10 DPM (Defekte pro Million). Die Flexibilität der Maschine erlaubt die Bestückung von Leiterplatten mit Bauteilen in nahezu unbegrenzter Anzahl und Variation. Gesteuert wird die Bestückungsmaschine von einem speziellen Ethercat-Controller, der eigens für die iFlex entwickelt wurde.

Gemeinsam stark – die Steuerungsarchitektur

Das Maschinenkonzept verlangte eine neue Steuerungsarchitektur, für die eigens ein spezieller, auf Ethercat basie-

render Controller entwickelt wurde. Ziel war es, eine offene, Ethercat-basierte Motion-Suite zu entwickeln, welche die komplexen Anforderungen der Bestückungsmaschine erfüllen konnte. Bei der Entwicklung war es notwendig, zahlrei-



Rik van der Burg ist Kompetenz-Manager Maschinensteuerung bei Assembléon.
E-Mail: r.a.j.van.der.burg@assembleon.com

che unterschiedliche Technologien, wie etwa RTOS, Ethercat-Master und -Slaves, sowie Motion-Software in ein einzelnes komplexes Produkt zu integrieren.

Bei der Umsetzung dieses Steuerungskonzepts entschied sich Assembléon als reiner Tool-Hersteller daher für eine Kooperation mit dem israelischen Unternehmen ACS Motion Control, dessen Kernkompetenzen in der Entwicklung von Motion-Controllern sowohl in den Bereichen Steuerungs-Hardware als auch -Software liegen. Durch die enge Zusammenarbeit ist es schon nach kurzer Zeit gelungen, durch anwendungsspezifische Modifikationen bereits vorhandener Controller das gewünschte Steuerungskonzept zu realisieren. Ergebnis ist die „SPiiPlusSC“, eine neuartige Ethercat-basierte Steuerungsplattform, die sich nun in der Bestückungsmaschine wiederfindet.

Hinter den Kulissen – die Maschine von innen

Die „iFlex“, in der insgesamt 40 Achsen sowie einige Ein-/Ausgänge gesteuert werden, setzt sich aus zahlreichen Modulen verschiedener Hersteller zusammen:

- vier XY-Roboter mit leistungsstarken linearen Servomotoren,
- acht Bestückungsköpfe (zwei pro Roboter), jeder mit zwei (Niedrigstrom-) Servomotoren und
- zwei Transportlinien für den PCB-Transport, wobei jede Achse im Modul von einem Schrittmotor angetrieben wird.

Die Komplexität des Systems liegt darin, dass sämtliche Module mit unterschiedlichen Motoren arbeiten. So erfordern beispielsweise die Niedrigstrom-Schrittmotoren eine andere Steuerungs-Hardware als die linearen Servoantriebe der Roboter oder die Niedrigstrom-Motoren in den Bestückungsköpfen.

Die zentrale Maschinensteuerung der „iFlex“ bildet ein PC mit Quad-Core-CPU. Für die Echtzeit-Software wird ein CPU-Kern verwendet. Sie regelt diverse Abläufe wie etwa die Kommunikation (Ethercat-Master), die Bewegungsaufgaben und die Synchronisation der Achsen sowie zeitkritische Applikationen (64 Threads). Drei weitere CPU-Kerne sind für nicht Echtzeit-kritische Aufgaben zuständig.

Leistungsstarke Kommunikation mit Ethercat

Um zwischen der in der Bestückungsmaschine verwendeten dezentralen Steuerungs-Hardware und dem zentralen Controller kommunizieren zu können, wurde ein schnelles serielles Netzwerk mit ausreichend Bandbreite für die insgesamt

40 Achsen benötigt. Aufgrund seiner Leistungsstärke hat sich Assembléon bei der Bestückungsmaschine daher für Ethercat als Echtzeit-Kommunikationsnetzwerk entschieden.

Die Kommunikationsschnittstelle zwischen den Antrieben und dem Ethercat-Master der Bestückungsmaschine ist gemäß dem CiA402-Antriebsprofil im Betriebsmodus CSP (Continuous Cyclic Position) implementiert. Zur Synchronisierung aller Antriebe im Netzwerk wird der Mechanismus der verteilten Uhren (DC = Distributed Clocks) benutzt.

Unter Verwendung der Ethercat-Entwicklungsprodukte der Firma Beckhoff wurden für die Bestückungsmaschine zwei neue maßgeschneiderte Ethercat-

Über Assembléon

Assembléon, früher unter dem Namen Philips Electronic Manufacturing Technology (EMT) bekannt, gehört zu den weltgrößten Herstellern und Entwicklern von Bestückungsautomaten für die Elektronikindustrie. Zu seinen Kunden zählen einige der weltgrößten Hersteller elektronischer Konsumgüter und Lohnfertigungsunternehmen (CEM). Neben dem Hauptgeschäftssitz und dem International Competence Center in Veldhoven, Niederlande, verfügt Assembléon über ein umfangreiches weltweites Sales- und Support-Netzwerk.

Slaves realisiert: Ein E/A-Gerät für spezifische Sensoren sowie ein Motion-Gerät, genannt DHD, zur Steuerung der Achsen in den Bestückungsköpfen, das beim Subunternehmen Prodrive in den Niederlanden entwickelt wurde. Eine besondere Eigenschaft des DHD ist dabei, dass das Gerät zwei CAN-Gateways zur Einbindung eines speziellen Vision-Sensors enthält, der ebenfalls Teil des Bestückungskopfsystems ist.

Herausforderungen mit Bravour gemeistert

Die Integration der Slaves in das Ethercat-Netzwerk war dank des Mappings aller Motion-, CAN- sowie E/A-Daten auf die PDO (Process Data Objects) relativ einfach. Dennoch sah sich Assembléon bei der Integration zunächst mit einigen Herausforderungen konfrontiert, welche

jedoch dank der Funktionsweisen von Ethercat problemlos gemeistert werden konnten.

So kam es durch unterschiedliche Hardware- und Software-Latenz im Master zu einem Ethercat-Telegramm-Jitter. Dies hatte die Folge, dass neue Positionsdatensätze zu spät an den DHD gesendet wurden, was wiederum kleine Verzögerungen in der Achsbewegung zur Folge hatte. Da Ethercat Slave Controller (ESC) grundsätzlich alle notwendigen Daten zur Analyse aller Abläufe bereitstellen, war es einfach, den Jitter zu messen. Im DHD wurde hierfür eine Testfunktion hinzugefügt, welche die Zeit zwischen dem End of Frame (EOF) und dem Sync0-Interrupt mit einer Auflösung von 20 ns misst und das Ergebnis in die Prozessdaten mappet. So konnte der Jitter eines jeden Ethercat-Zyklus über eine längere Zeit beobachtet, entsprechende Timing-Anpassungen vorgenommen und so letztlich ein robuster Datenaustausch erreicht werden.

Des Weiteren zeigte sich zu Beginn, dass sowohl bei Inbetriebnahme als auch im laufenden Betrieb der Maschine sporadisch Verluste von Ethercat-Frames sowie CRC-Fehler auftraten. Auch hier waren die Analysedaten der ESC bei der Problemlösung hilfreich. Durch Überwachung der Link-Status- und CRC-Register konnten Fehler schnell und präzise lokalisiert werden. Ursache für den Verlust von Rahmen waren demnach für diesen Einsatz unzureichende mechanische Verbindungen, was durch veränderte Fixierung von Verbindern und Leitungen behoben werden konnte. Die CRC-Fehler hingegen wurden durch Interferenzen verursacht; Lösung war hier die durchgängige Verwendung von Cat-6-Leitungen.

Fazit

Selbst mit einem Ethercat-Kommunikationszyklus von 2 kHz werden gerade einmal rund 25 % der zur Verfügung stehenden Bandbreite genutzt. Dies reicht aus, um alle 40 Achsen sowie die E/A- und Sensor-Daten in der Bestückungsmaschine „iFlex“ zu steuern und gleichzeitig genügend Ressourcen für zukünftige Erweiterungen zu garantieren.

Die Entscheidung für eine verteilte Hardware-Architektur mit dem Ethercat-Standard resultiert in einem Steuerungskonzept, das für sämtliche verschiedenen Module der Bestückungsmaschine geeignet ist. Die modulare und offene Architektur macht die „iFlex“ zu einem Bestückungsautomaten, der auch in Zukunft bestens für den Einsatz in der Leiterplattenfertigung gerüstet sein wird.

www.assembleon.com

Mit Ethercat komplexe Roboter steuern

Der führende Roboter-Hersteller Shadow Robot aus Großbritannien setzt bei der Meisterung technologischer Herausforderungen auf Ethercat. Ergebnis ist eine leistungsstarke Lösung, die in einigen der innovativsten Roboteranwendungen benutzt wird.

Mark Fletcher

Das Portfolio von Shadow Robot umfasst zahlreiche außergewöhnliche Produkte, darunter die „Dexterous Hand“, die einen echten anthropomorphen Ansatz in der Robotik verfolgt. Mit 20 angetriebenen Freiheitsgraden nutzt diese Roboterhand 129 Sensoren zur detaillierten Fernmessung. Dies wiederum kann dann für Robotersteuersysteme oder das detaillierte Verständnis der äußeren Umgebung genutzt werden.

Neben der Positionsmessung für jedes einzelne Gelenk enthält die Hand für jeden Antrieb Widerstandsmesser, Tastsensoren an den Fingerspitzen sowie Temperatur-, Motorstrom- und Spannungssensoren. Sämtliche Messwerte mit Datenraten von 100 Hz bis zu 1 kHz stehen dem Nutzer mittels einer Ethercat-Schnittstelle mit hoher Bandbreite zur Verfügung. Mit ihren einzigartigen Funktionen unterstützt die „Dexterous Hand“ Nutzer bei Aufgaben, welche die höchstmögliche Annäherung an eine menschliche Hand erfordern. So kann das Gerät sowohl als Teleoperations-Tool als auch – befestigt an Roboterarmen – als Teil eines Robotersystems genutzt werden.

Die Produkte von Shadow Robot heben sich in Bezug auf Design, Entwicklung sowie Performance von denen anderer Hersteller ab. Grund hierfür ist der Einsatz von Ethercat, das unter anderem auch



Die Dexterous Hand ist mit 129 Sensoren ausgestattet.

in der neuen „RoNeX“-Lösung von Shadow Robot benutzt wird. „RoNeX“ ist ein „Roboter-Nervensystem“, basierend auf einem Ethercat-Chipsatz. Dieser bietet eine modulare Methode zur Vernetzung von Antrieben, Sensoren sowie I²C- und SPI-Bussen an ROS-(Robot-Operating-System-)Software-Steuerungssysteme in Hochgeschwindigkeit und mit kurzen Latenzzeiten. „RoNeX“ ermöglicht zudem die Verbindung moderner Rechner mit einer Vielzahl von Sensoren und Antrieben.

Rich Walker, Managing Director bei Shadow Robot, erklärt, wie es ursprüng-

lich zur Verwendung der Board-Elektronik kam: „Vor rund 15 Jahren haben wir uns für die Nutzung dezentraler Elektronik entschieden. Das Design-Prinzip war klar, dennoch benötigten wir hierfür ein Kommunikationssystem, das die von uns angestrebte Performance adäquat unterstützte. So verwendeten wir in unseren anfänglichen Designs CAN-Bus, was verhältnismäßig einfach in der Nutzung war und uns den dezentralen Ansatz ermöglichte, den wir brauchten. Dennoch zeigten sich hier Schwachstellen: So reagierte CAN-Bus bei voller Auslastung empfindlich in Bezug auf Layout- sowie Terminierungsaufgaben. Zudem gerieten wir beim Thema Geschwindigkeit zunehmend an unsere Grenzen und hatten PC-Verbindungsprobleme. Darüber hinaus verursachte die Integration der Steuerungs-Software in die über den ganzen Roboter verteilte Hardware sehr lange Entwicklungszyklen. Wir benötigten eine schnellere und robustere Netzwerkarchitektur.“

Die Entscheidung fiel letztlich auf Ethercat – vor allem auch deshalb, weil die Technologie bereits von Willow Garage, einer führenden Roboterfirma in den USA, zur Entwicklung des Open Source Robot Operating System (ROS) genutzt worden war. Somit wurde sichergestellt, dass die Produkte von Shadow Robot stets kompatibel sind.

R. Walker weiter: „Da die Kommunikation bei Ethercat zwischen zwei Chips stattfindet, ist das Setup wesentlich einfacher. Zudem ist Ethercat schneller, deterministisch und entspricht in Bezug auf seine möglichen Topologievarianten genau dem, was wir brauchen. Die Steue-



Mark Fletcher ist freier Redakteur, Texter und Media Consultant.

E-Mail: mark@technical-lucidity.co.uk

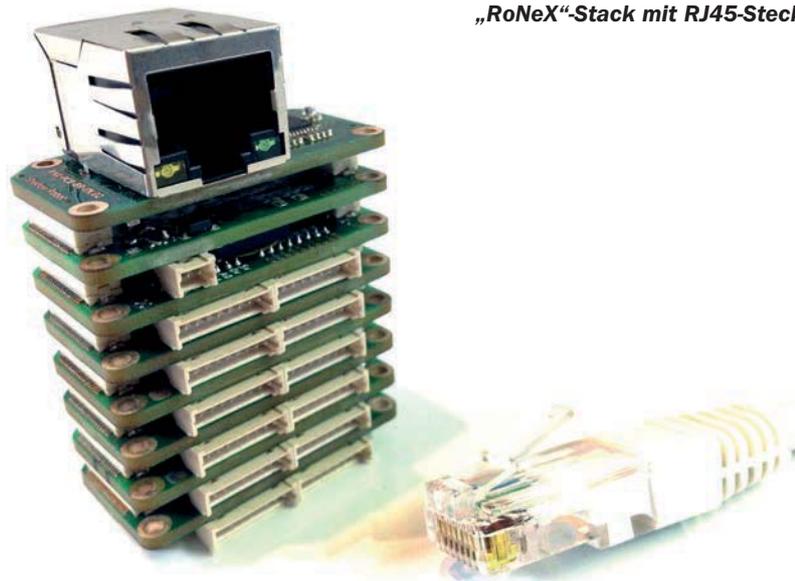
rung erfolgt über den Host-Rechner und wir haben nun die von uns benötigte bessere Performance und den vitalen Determinismus. Auch die Datenrate von Ethercat übertrifft die bisherige, wodurch wir deutlich mehr Knoten in das Netzwerk integrieren können. Mit diesen neuen Möglichkeiten führen wir fort, neue Hardware ‚in-house‘ zu entwickeln, und stellen auch die ‚Dexterous Hand‘ auf Ethercat um; Verbesserungen in Geschwindigkeit und bei der Steuerung zeigten sich sofort.“

Neben der Entwicklung eigener Produkte beteiligt sich Shadow Robot außerdem an zahlreichen Forschungsprojekten wie zum Beispiel Stiff-Flop, einem Projekt innerhalb des European Seventh Framework zur Entwicklung eines flexiblen und lernfähigen Roboters mit kontrollierbarer Steifigkeit für chirurgische Eingriffe. Unter der Leitung des Kings College in London beteiligen sich hier insgesamt zwölf Partner an der Erforschung von Robotern für den Einsatz in medizinischen Prozessen. „Bei diesem Projekt sind wir für die Integration zuständig“, erläutert R. Walker. „Die Ergebnisse aller beteiligten Partner müssen mithilfe einer passenden Steuerungslösung zusammengeführt werden. Wir haben das Projekt dahingehend gestaltet, dass die Integration von Hardware und Software von Beginn an umgesetzt werden konnte. Hierbei müssen wir die Skalierbarkeit, Kommunikation sowie Geschwindigkeit über eine Vielzahl unterschiedlicher Anschaltungen hinweg sowie enorme Mengen verschiedener E/A-Kanäle berücksichtigen. Kurz, wir benötigen eine herkömmliche Roboterarchitektur.“

Mit der Entwicklung von ROS hat Willow Garage eine ansehnliche Infrastruktur sowohl für Roboter als auch verteilt für alle kompatiblen Software-Systeme

Über Shadow Robot

Gegründet im Jahr 1987 beschäftigt das Unternehmen Shadow Robot heute insgesamt 20 R&D- sowie Produktionsingenieure an Standorten in London, Brest und Shanghai und verfügt darüber hinaus über ein globales Vertriebsnetz. Shadow Robot versteht sich als Wegbereiter bei der Entwicklung und praktischen Umsetzung neuer Konzepte in der Robotertechnik. Darüber hinaus bietet Shadow Robot kommerzielle Build- und Support-Dienstleistungen an.



„RoNeX“-Stack mit RJ45-Stecker

geschaffen, die für den Betrieb auf Ubuntu, einer Linux-Distribution, entworfen wurden. Für das oben erwähnte Forschungsprojekt entwickelt Shadow Robot eine auf Ethercat basierende Lösung, mit der die komplette Hardware an ROS angeschlossen werden kann.

R. Walker berichtet hierzu weiter: „Wir brauchten eine Lösung, die untergeordneten Geräten die Kommunikation mit ROS ermöglichte – ein sehr zeitintensives Unterfangen. Letztlich ist es uns gelungen, mit Ethercat ein System zu kreieren, mit dem die gesamte verteilte Hardware an ROS angeschlossen werden kann. Mit der Erkennung der kompletten Hardware durch Ethercat wurde uns und unseren Partnern ein gutes Stück Arbeit abgenommen.“

Die genannte Ethercat-Funktion zur Erkennung der Hardware, die vom Ethercat-basierten „RoNeX“-Modell genutzt wird, gleicht in etwa dem Prinzip einer gewöhnlichen USB-Maus. „Der PC erkennt zunächst, dass es sich um eine Maus handelt, und liefert die grundlegenden Funktionen. Später folgen die Feineinstellungen, mittels derer die Maus spezielle zusätzliche Aktionen ausführen kann. „RoNeX“ identifiziert eine Komponente als Motor, stellt die ‚Basics‘ zur Verfügung und ermöglicht es dem Nutzer, nachträglich weitere Parameter anzupassen“, erläutert R. Walker.

„RoNeX“ nutzt einen Standard-Ethercat-Chip der Firma Beckhoff Automation in Verbindung mit einem Microcontroller-System, das jegliche Ein- und Ausgänge, die für diesen Chip benötigt werden, zur Verfügung stellt. „Die Architektur ist flexibel genug, dass wir für die Umset-

zung vieler verschiedener E/A-Knoten für Roboter ein und dasselbe modulare Design nutzen können. Diese Module können DC- und Schrittmotoren sowie analoge und digitale Präzisions-Ein- und -Ausgänge enthalten, um nur einige zu nennen. Diese Flexibilität ist wichtig, da einige Nutzer spezielle Kombinationen für die Anbringung direkt neben den Antrieben benötigen“, so R. Walker.

Der dezentrale Ansatz mit Ethercat eignet sich darüber hinaus auch besser unter EMV-Gesichtspunkten, da deutlich weniger Kabel benötigt werden. Dies macht die Lösung für Anwender, die ROS nutzen, noch attraktiver. So war es Shadow Robot bereits bei der Entwicklung wichtig, dass die Handhabung des Systems auch für Personal ohne Kenntnisse in der Elektronik möglich ist; Maschinenbauingenieure können „RoNeX“ bereits in einem sehr frühen Stadium der Projektentwicklung nutzen.

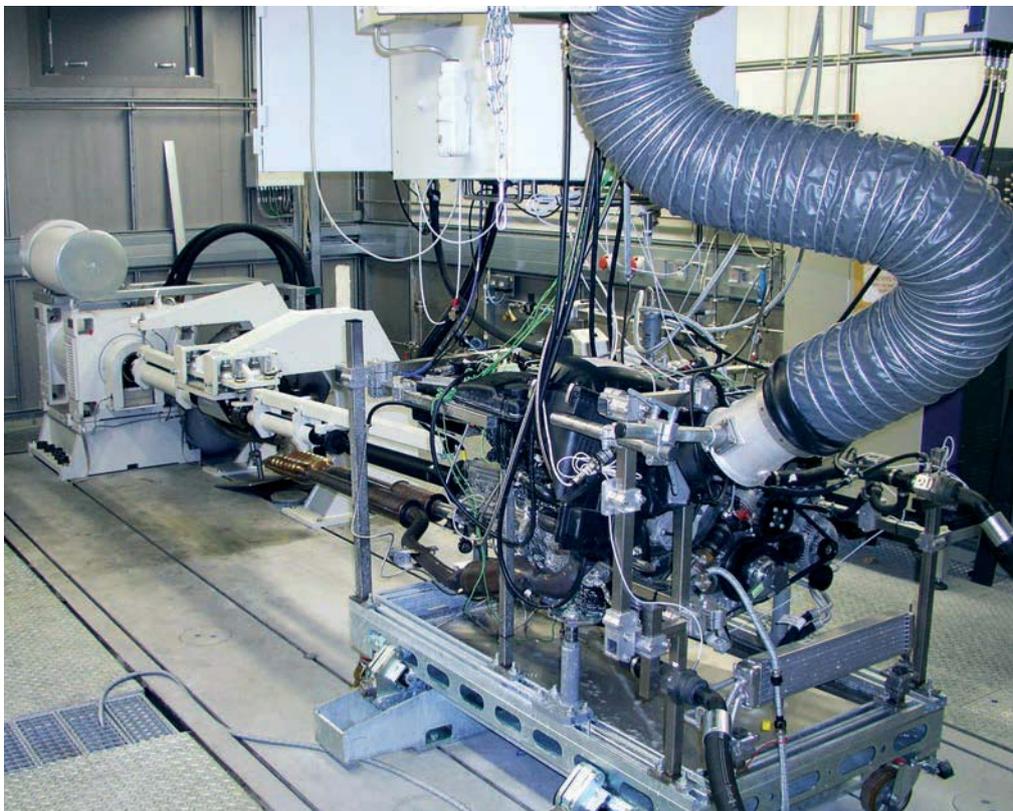
Zentrale Herausforderung für Shadow Robot war es, eine Netzwerkleistung zu erreichen, die den Anforderungen der eigenen Roboterlösung gewachsen war. Dank der Nutzung von Ethercat bei der Entwicklung von „RoNeX“ konnte Shadow Robot ein System entwickeln, das zum einen die Entwicklung innovativer Konzepte nachhaltig vereinfacht und zum anderen eine hohe Leistung beim Betrieb des Systems bietet. Aufgrund der Datenrate, des Determinismus sowie der flexiblen Topologie gekoppelt mit der Möglichkeit, zahlreiche Standard-Industrie-Controller anzuschalten, eignet sich Ethercat langfristig für die Steuerung sehr schneller und hochpräziser Applikationen.

www.shadowrobot.com

Motoren-Prüfstand mit Ethercat effektiv vernetzt

In der Automobilindustrie werden Prüfstände benutzt, um Motoren, Getriebe, Aggregate und Antriebsstränge zu testen. Um den hohen Anforderungen an Flexibilität und dennoch einfacher Bedienung gerecht zu werden, sind in den Prüfständen eine Vielzahl von Rechnern und Subsystemen miteinander vernetzt. BMW München setzt hier auf die Zusammenarbeit mit der koenig-pa GmbH als Engineering-Partner für Ethercat.

Gerhard Spiegel



Ein typischer Motoren-Prüfstand

In einem Motoren-Prüfstand kommunizieren viele Komponenten miteinander: Automatisierungssystem (Ausy), Kraftstoffverbrauchsmessung, Gangschaltgerät mit Kupplungsbetätigung und elek-



Gerhard Spiegel ist Marketing und Sales Manager bei der koenig-pa GmbH in Lauf a.d. Pegnitz. E-Mail: gerhard.spiegel@koenig-pa.de

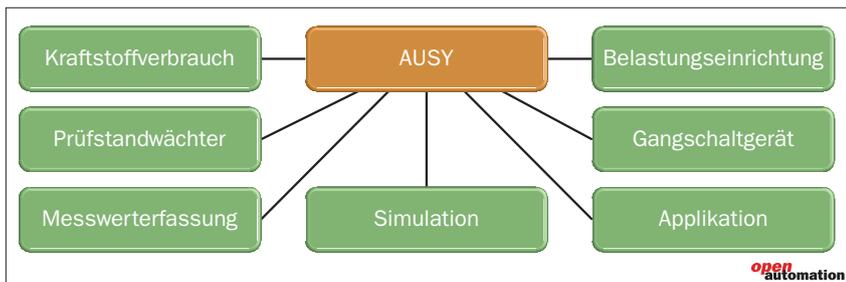
tronischem Gaspedal, Belastungseinrichtungen für den Motor, über das Applikationssystem verbundene Steuergeräte, Messwertaufnahme (Drehmomente, Drehzahlen, Drücke, Temperaturen usw.), Abgas- und Akustikmesssystem, Klopferkennung, Simulationssystem sowie Prüfstandswächter.

Bislang wurden die Komponenten in Sterntopologie verdrahtet, wobei die Schnittstellen von den Lieferanten der jeweiligen Geräte definiert wurden. Erforderlich waren dabei auf physikalischer

Ebene beispielsweise drei Profibusstränge, acht RS-232-Schnittstellen, sechs CAN-Busse, eine Ethernet-Verbindung, zahlreiche analoge Schnittstellen mit Koaxialverdrahtung, digitale Schnittstellen – realisiert über bis zu 16 PCI- oder ISA-Schnittstellen. Jeder dieser Schnittstellentypen wurde mit verschiedenen, teils proprietären Protokollen betrieben, was nicht nur hohen Entwicklungs- und Pflegeaufwand zur Folge hatte, sondern auch eine Vielzahl von teils manuell zu erstellenden und konsistent zu halten-

Gateways

CAN / CANopen Interface



Sternförmige Vernetzungstopologie

den Konfigurationen mit sich brachte. Zudem waren vier verschiedene externe Diagnose-Tools für Profibus, CAN, RS-232 und Ethernet nötig. Die PCI-Treiber waren von der jeweiligen Version des Windows-Betriebssystems abhängig: Entwickelte der Hardware-Hersteller keinen Treiber für die neue Version mehr, erforderte dies einen Hardware-Tausch sowie eine Umentwicklung der Software für den Prüfstand.

Die Zykluszeit des Gesamtsystems betrug 10 ms, die einzelnen Standardmesssysteme waren nicht synchronisiert. Sollte ein schon vorhandener Sensor von dem Rekordermodul zusätzlich aufgezeichnet werden, musste eine weitere Leitung verlegt werden. Da während des Tests der Zutritt zum Prüfraum untersagt ist, war dies jedoch nicht machbar. Wollte man die Konfiguration des Rekordermoduls ändern, so machte dies einen kompletten Neustart des Systems erforderlich, wodurch jedoch der Betriebszustand des Prüfobjekts, zum Beispiel die Temperatur, verändert wurde.

Die zentralen Kommunikationsbeziehungen auf dem Prüfstand waren vielfältig, wenig flexibel, unsynchronisiert und in ihrer Bandbreite nicht mehr den Anforderungen der Antriebsentwicklung entsprechend. Zudem bedurfte das ganze System einer sehr umfangreichen Verkabelung, weshalb sich BMW in München für eine Neuausrichtung in diesem Bereich entschied.

Neuausrichtung auf Basis einer Studie

Als Basis für die Neuausrichtung der Motoren-Prüfstände hat BMW gemeinsam mit einem externen Partner die Ziele für den Prüfstand 2020 wie folgt formuliert:

- Am Ausy sollen künftig statt 20 rund 35 Messsysteme angeschlossen werden.
- Der Einbau des Simulationssystems in den Prüfstand soll ohne Änderung der Verkabelung, sondern lediglich durch Konfigurationsänderung, möglich sein.
- In Abhängigkeit der Prüfaufgabe definiert der Prüfingenieur notwendige und

optionale Messsysteme, die an die Standard-Messwerterfassung angeschlossenen Sensoren werden dann vom Ausy automatisch erkannt.

- Hochdynamische Motoren-Prüfstände, kürzere Taktzeiten bei den Simulationssystemen (1 ms) sowie mehr Messsysteme erfordern zwangsläufig eine höhere Bandbreite als bisher.
- Die künftigen Schnittstellen sollen zudem synchronisierte Daten liefern und einfach diagnostizierbar, standardisiert und automatisch konfigurierbar sein.

Im Rahmen der Studie wurden verschiedene Kommunikationstechnologien verglichen. Im Ergebnis entschied sich BMW für Ethercat, wobei zunächst an einem exemplarischen Testaufbau mit am Markt verfügbaren Ethercat-Standardkomponenten die Schlüsselfunktionen, wie Performance, automatische Umkonfiguration, Synchronität und Diagnoseeigenschaften, validiert wurden.

Anforderungen an die Komponentenlieferanten

Anschließend ermutigte das Projektteam von BMW die relevanten Zulieferer von Prüfstandkomponenten, für ihre Produkte – sofern nicht bereits vorhanden – Ethercat-Schnittstellen zu entwickeln.

Beteiligt waren Firmen, wie AVL (Kraftstoffverbrauch), Beckhoff (Ethercat-Klemmen), Dspace (Simulation), Etas (Applikation als Schnittstelle zu Steuergeräten), Gustav Klein (Batterie-Simulation), HBM (Messwerterfassung), Müller BBM (Akustik), Siemens (Belastungseinrichtung) sowie ein zuverlässiger Engineering-Partner für Ethercat (koenig-pa GmbH). Die Integration in das Automatisierungssystem (Ausy) übernahm die Firma d2t GmbH.

Voraussetzung war die Einhaltung der Ethercat-Konformität sowie des „EMV Integrationsleitfadens für die Automobilindustrie“ [1].

Prüfstand heute mit Ethercat

Georg Schwarz, Projektleiter bei BMW, erinnert sich: „Am Beginn des Projekts stellte sich die Frage, welches Echtzeit-



EtherCAT

CANopen

CAN-EtherCAT

- **Gateway** von CAN/CANopen nach EtherCAT
- Konfiguration über EtherCAT Master mit Standard EtherCAT Tools
- Unterstützt **Ethernet over EtherCAT** (EoE)

CAN-PCIe/402

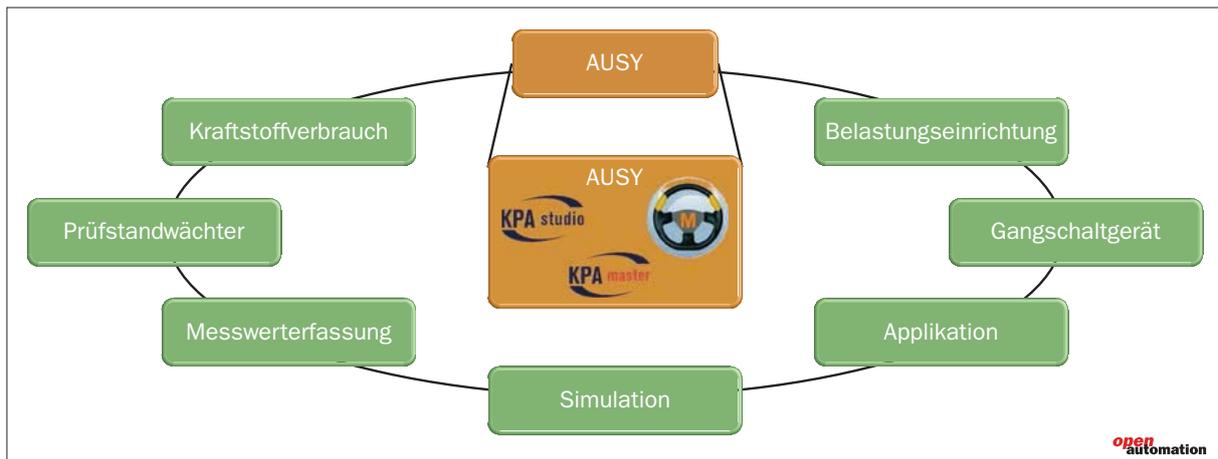
- preiswerte **1 bis 4 CAN/CANopen**-Schnittstellen für PCI Express Bus
- **Hochleistungs-Datenmanagement** mit **esdACC** (Advanced CAN Core)
- **DMA Bus-Master**
- **MSI** (Message Signaled Interrupts) Unterstützung
- **CAN-Terminierung** schaltbar
- **Standard API** für Windows, Linux, RTX, QNX, VxWorks uvm.

www.esd.eu



esd gmbh
Vahrenwalder Str. 207
30165 Hannover
Tel.: 0511 / 37 29 80
Fax: 0511 / 37 29 8-68
info@esd.eu
www.esd.eu





Zentrale Vernetzungstopologie

protokoll sich durchsetzen wird. Dies war vergleichbar mit der Situation bei den Feldbus-Protokollen in den 1980er-Jahren. Durch die erfreuliche Akzeptanz von Ethercat auf dem Markt wurden diese Bedenken beseitigt. Bei der Migration des Systems von Windows XP nach Windows 7 hatte sich das Systemkonzept, nur einen Automatisierungsrechner mit Ethercat-Vernetzung zu haben, bereits als großer Vorteil erwiesen. Zwei Stunden Prüfstands-Downtime genügten für die Umstellung des Prüfstands. Änderungen an der Vernetzungsinfrastruktur waren nicht notwendig.“

Gateways im Ring

BMW hat sich aus Sicherheitsgründen in den heutigen Prüfständen für die Verdrahtung der Komponenten im Ring entschieden. Der Ring entsteht durch ein zusätzliches Stück Leitung zwischen der Belastungseinrichtung und der zusätzlichen Sende- und Empfangseinheit im Ausy. Die sich daraus ergebende Leitungsredundanz erlaubt ein Weiterarbeiten auch bei Leitungsbruch oder Ausfall eines Slaves. Mobile Systeme können einfach in den Ring eingesteckt werden. Auf dem Ring wird Ethercat „gesprochen“, wobei der maximale Abstand zwischen zwei Komponenten bis zu 100 m betragen kann.

Die Gateways für Feldbusse, wie CAN oder Profibus, werden an die dafür günstigste Position im Ring platziert, wodurch sich die Länge der Busleitungen reduzieren lässt. Bei CAN können statt zwei PCI-Karten mit je zwei CAN-Schnittstellen entweder vier einkanalige Gateways von Beckhoff [2] oder ein Vierfach-Gateway von koenig-pa GmbH eingesetzt werden. Letzteres erlaubt durch die Gehäuseschutzart IP65 eine Platzierung im Prüfraum. Da auch die ILA-Forderung [1] „Störspannung

Klasse B – Erweitert“ erfüllt wird, lässt sich das Gateway direkt neben sensibler Messtechnik positionieren.

Automatische und konsistente Konfiguration

Durch einen Scan des Ethercat-Netzwerks, aber auch der unterlagerten Busse CAN und Profibus, werden in einem Konfigurationstool (KPA Ethercat Studio von koenig-pa GmbH) die aktuellen Teilnehmer automatisch ermittelt. Das Ethercat-Netzwerk und alle Busse werden mit



Vierfach-Ethercat-CAN-Gateway für den Prüfraum

Hilfe dieses Tools auch konsistent parametrierbar. Ändert der Benutzer etwa die Zykluszeit des Ethercat-Netzwerks, so wird er auch auf die dann notwendige Änderung der Puffergröße in den CAN-Gateways hingewiesen.

In der Automobilindustrie werden CAN-Knoten im DBC-Format beschrieben, wofür analoge Sensoren unter anderem Offset, Verstärkung und die physikalische Einheit definiert sind. Lädt ein Benutzer diese in das Konfigurationswerkzeug und wählt dort die CAN-Botschaften, dann werden der Ethercat-Master und das Gateway entsprechend konfiguriert. Dem Ausy stehen so bereits skalierte

Messwerte in der passenden Einheit zur Verfügung.

Master mit Synchronisierung und „Hot Connect“

Das Ausy übernimmt die Funktion eines Masters. Durch das Echtzeitbetriebssystem RTX von Intervalzero wird eine Zykluszeit von einer Millisekunde garantiert; CPU- und Netzlast liegen unter 30 %. Die Synchronisation der Ethercat-Komponenten übernehmen Distributed Clocks (DC) mit einer Abweichung von unter einer Mikrosekunde, wobei die Uhr eines der Slaves als Referenz dient. Durch die Hot-Connect-Funktion (HC) von Ethercat ist ein Hinzufügen oder Entfernen von Geräten ohne Netzneustart möglich, während der Rest der Slaves weiterhin aktiv und synchron (DC) bleibt. Davon ausgenommen ist der Slave mit der Referenzzeit; in diesem Fall übernimmt ein vorher definierter Slave dessen Funktion.

Soll ein weiterer, im Motorenprüfstand bereits vorhandener Sensor im Rekordermodul aufgezeichnet werden, genügt es, eine zusätzliche Slave-Slave-Verbindung zur Laufzeit zu konfigurieren. Der Anschluss einer zusätzlichen Leitung ist unnötig.

Weitreichende Diagnose

Der „Data Logger“ ermöglicht es dem Benutzer, über eine lange Zeitspanne Daten aufzuzeichnen und auf Ereignisse zu triggern. Dabei werden auch Daten vor und nach dem Trigger-Ereignis gespeichert. Als Ausgabeformat kann das weitverbreitete Messdatenformat mdf gewählt werden. Mit dem „Frame Logger“ lässt sich das Zeitverhalten am Ethercat-Ring während des Betriebs analysieren.

Tritt im Ring ein Ereignis auf, wird dieses im Trace-Fenster angezeigt, wobei die Ereignisse nach Meldung, Warnung und

Fehler klassifiziert sind und hinsichtlich ihres Entstehungsorts gefiltert werden können. Zu jedem Fehler bekommt der Benutzer eine Liste der möglichen Ursachen und Abhilfemaßnahmen angezeigt. Bei Ethercat ist der Master in der Lage, alles, was im Netz passiert, zu steuern und damit auch überwachen zu können.

Angepasste Komponenten

Bei der Batteriesimulation für Hybridantriebe sorgt eine in den Ring eingebaute Lichtwellenleiterstrecke für die Einhaltung der EMV-Vorschriften am Prüfstand ILA [1].

Für die Belastungseinrichtung wurde eine PCI-Karte für das Betriebssystem xPTarget entwickelt, auf dem ein Simulink-Modell läuft. Durch diese Karte wird die Belastungseinrichtung zu einem Ethercat-Slave. Der Austausch von Kalibrierdaten zwischen den Schnittstellen für die Motorsteuergeräte (ECU) und dem Asy wurde durch Ethercat deutlich von 100 ms auf 1 ms verkürzt [3, 4]. Auch in der Messwerterfassung bringt Ethercat Performance-Vorteile mit sich [5, 6].

Das Ergebnis des Projekts fasst Georg Schwarz zusammen: „Es gibt mittlerweile Ethercat auf circa 120 Prüfständen, die

alle gut laufen. Und es ist schön, das Ergebnis zu sehen. Die Vernetzungsstruktur hat alle prognostizierten Anforderungen im Messtechnik- und Prüfstandbereich erfüllt und sogar übertroffen. Damit steht ein für die nächsten Jahre tragfähiges Konzept für Prüfstände (Prüfstand 2020) zur Verfügung. Mit dem Master und den Tools der koenig-pa GmbH existiert noch dazu eine der leistungsfähigsten Ethercat-Implementierungen.“ Und auch auf lange Sicht ist G. Schwarz überzeugt, dass Ethercat die immer höheren Anforderungen der Automobilindustrie erfüllen kann: „Durch die Entwicklungen bei dem im Ethercat-Konsortium zusammengefassten Firmen kann der Prüfständeverbund in der Leistungsfähigkeit zukünftig weiter gesteigert werden. Ein Beispiel hierfür wäre die Einführung von Functional-Safety-Technologien, um die Funktionssicherheit der Prüfstände zu erhöhen. Weiterhin sind bei Bedarf Möglichkeiten zur Steigerung der Datenstromfrequenzen gegeben. Weiterentwicklungen der in diesem Bereich sehr kompetenten Firmen werden das System für die stark steigenden Anforderungen der Prüftechnik in der Automobilindustrie interessant halten.“

www.koenig-pa.de

Literatur

- [1] Ad-hoc-Arbeitsgruppe EMV-Integrationsleitfaden im ZVEI e.V., Fachverband Automation (Hrsg.): EMV Integrationsleitfaden zur Erzielung von Elektromagnetischer Verträglichkeit in elektrischen Anlagen der Automobilindustrie. www.emv-ila.de/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=1&Itemid=111, abgerufen am 19. 9. 2013, Registrierung erforderlich
- [2] Rostan, M.; Tischer, M.: CAN/CANopen to Ethercat Gateways: Requirements and Solutions. CAN in Automation, iCC 2008. www.can-cia.org/fileadmin/cia/files/icc/12/Rostan.pdf, abgerufen am 19. 9. 2013
- [3] D2T (2009): Morphee 2, Ethercat and Fast ECU Access. www.d2t.com/fileadmin/newsletters/fr/09sep/etherCAT-MORPHEE2.pdf, abgerufen am 19. 9. 2013
- [4] de Bonnaventure, R.: High-Speed Calibration Tests. RealTimes (2010) H. 1, S. 13–15. www.etas.com/data/RealTimes_2010/rt_2010_1_13_en.pdf, abgerufen am 19. 9. 2013
- [5] Bertermann, R.: Datenerfassung in Echtzeit: Motorenprüfstände der neuen Generation mit Messtechnik von HBM. www.pressebox.de/pressemitteilung/hottinger-baldwin-messtechnik-gmbh/Datenerfassung-in-Echtzeit-Motorenpruefstaende-der-neuen-Generation-mit-Messtechnik-von-HBM/boxid/152721, abgerufen am 19.09.2013
- [6] Ebert, P.: Ethercat der neue Messtechnikstandard? In: MessTec& Automation (2008). www.ethercat.de/pdf/german/Ethercat_mt0508.pdf, abgerufen am 19. 9. 2013

Modulare skalierbare Steuerungssysteme mit EtherCAT® für mobile Arbeitsmaschinen

Bedien- und Steuergeräte mit CODESYS® und EtherCAT® für raue Umgebungsbedingungen



www.anedo.de

Wir bieten Ihnen ganzheitliche Lösungen für ihre mobilen Arbeitsmaschinen in Bedienung und Steuerung, von der kleinsten Anwendung bis hin zu komplex vernetzten Steuerungssystemen. Durch unser skalierbares Konzept der Baukasten-Plattformen generieren wir Ihnen schnell und kosteneffizient ihre zugeschnittenen Systemlösungen in ihrem eigenen Corporate Design.

Unser Kontakt



ANEDO
Erfolg steuern

Schachteln zählen mit Ethercat-Encodern

Innerhalb seines Maschinen- und Software-Portfolios Track & Trace bietet der Produktbereich Pharma von Bosch Packaging Technology intelligente Komplettlösungen für die Verpackung, die Serialisierung und den Tamper-Evident-Originalitätsschutz von Pharmaprodukten. Absolut-Encoder AFS60 mit Ethercat-Schnittstelle stellen im Verpackungs- und Kennzeichnungsprozess die eindeutige Zuordnung von Seriennummern und Produkten sowie einen optimalen Etikettierablauf sicher.

Jörg Spiegelhalter, Jan Schiffer

Der AFS60 Ethercat von Sick ist ein frei programmierbarer Absolut-Singleturn-Encoder, mit dem eine maximale Genauigkeit beim Positionieren beispielsweise von Faltschachteln für pharmazeutische Produkte erreicht werden kann. Höchste Präzision bei der Wegmessung und Positionserfassung war für Bosch Packaging Technology aber nur ein Aspekt für den Einsatz des AFS60 in den Kennzeichnungs-, Serialisierungs- und Tamper-Evident-Modulen der Maschinenbaureihe CPS. Der andere war die integrationsfreundliche Ethercat-Schnittstelle des Encoders, die eine sehr schnelle Übertragung der Encoderdaten an die Maschinensteuerung sicherstellt.

Komplettlösungen für Fälschungssicherheit und Produktrückverfolgung

Als einer der führenden Anbieter von Prozesstechnologien und Verpackungslösungen bietet der Produktbereich Pharma von Bosch Technology in Waiblingen Pharmaunternehmen umfassende Kompetenz rund um die Serialisierung und den Originalitätsschutz sowie die geeigneten Komplettlösungen. Im Rahmen des weitgefassten Begriffs Track & Trace spezialisiert sich das Unternehmen auf die Themen Bedruckung, Verifikation, Wiegen, Etikettieren und das so genannte Tamper-Evident, das heißt das Aufbringen von Sicherheitsetiketten. Mit der Baureihe CPS bietet Bosch Packaging Technology den Kunden modular kombinierbare Bedruckungs- und Verifizierungslösungen, auf denen pro Minute bis zu 300 Faltschachteln verarbeitet werden können. „Die eingesetzten Druck- und



Mit der Baureihe CPS bietet Bosch Packaging den Kunden kompakte und modular kombinierbare Bedruckungs- und Verifizierungslösungen für Faltschachteln, die auch nachträglich noch erweitert werden können.

Kontrollsysteme erfüllen dabei sämtliche Standards und weltweite gesetzliche Vorschriften zur Kennzeichnung und Serialisierung von Faltschachteln in der Pharmaindustrie“, erläutert Daniel Sanwald, Produktmanager Track & Trace bei Bosch Packaging Technology.

Track & Trace: Datensicherheit bedeutet Prozesssicherheit

Eine prozesssichere Funktion der Kennzeichnungs-, Serialisierungs- und Tamper-Evident-Module besitzt daher absolute Priorität. „Da für das gesamte Track & Trace die Qualität der Daten ent-

scheidend ist, müssen auch die Sensoren, die viele der Daten für die CPS-Steuerung liefern, besonderen Anforderungen entsprechen“, erklärt D. Sanwald: „Eine Serialisierung beispielsweise bedeutet eine eindeutige Kennzeichnung, bei der keine Nummer doppelt auftreten und keine Lücke in der Nummernfolge vorhanden sein darf. Die Sensorik muss daher so intelligent und zuverlässig sein, dass solche Fehler nicht auftreten können.“ Genau dieser Herausforderung sah man sich bei Bosch Packaging bei der automatischen Applizierung von Serialisierungs- und Sicherheitsetiketten gegenüber. Im CPS-Etikettiermodul bestand die Aufgabe zum einen darin, jede Faltschachtel einzeln zu erfassen, um alle Schachteln lückenlos mit einer fortlaufenden, individuellen Seriennummer zu kennzeichnen. „Dabei dürfen keine Detektionsfehler auftreten, damit sich die Software nicht verzählt und einzelnen Seriennummern später physisch keine Faltschachtel zugeordnet werden kann“, sagt D. Sanwald.

Tamper-Evident: Applizieren mit höchster Präzision

Im Etikettier- wie auch im folgenden Tamper-Evident-Modul muss über die Länge der Faltschachtel die exakte Position für das Aufbringen der Etiketten ermittelt werden. Hier ist höchste Präzision gefragt. „Die Sicherheitsetiketten zum Beispiel haben eine Perforation, die sich exakt über der Einschubstelle der Öffnungsglasche in die Faltschachtel befinden muss. Da geht es um Bruchteile von Millimetern“, beschreibt D. Sanwald die Bedeutung der perfekten Positionierung des Tamper-Evident-Etiketts. Aber auch das Aufbringen des Serialisierungs-Etiketts erfordert Präzision. Hierzu muss ebenfalls die Länge der Faltschachtel

sehr genau erfasst werden, um das Applizieren in einer exakten Position zu gewährleisten. In beiden CPS-Modulen liefern Absolut-Encoder AFS60 Ethercat von Sick die erforderlichen Positionswerte.

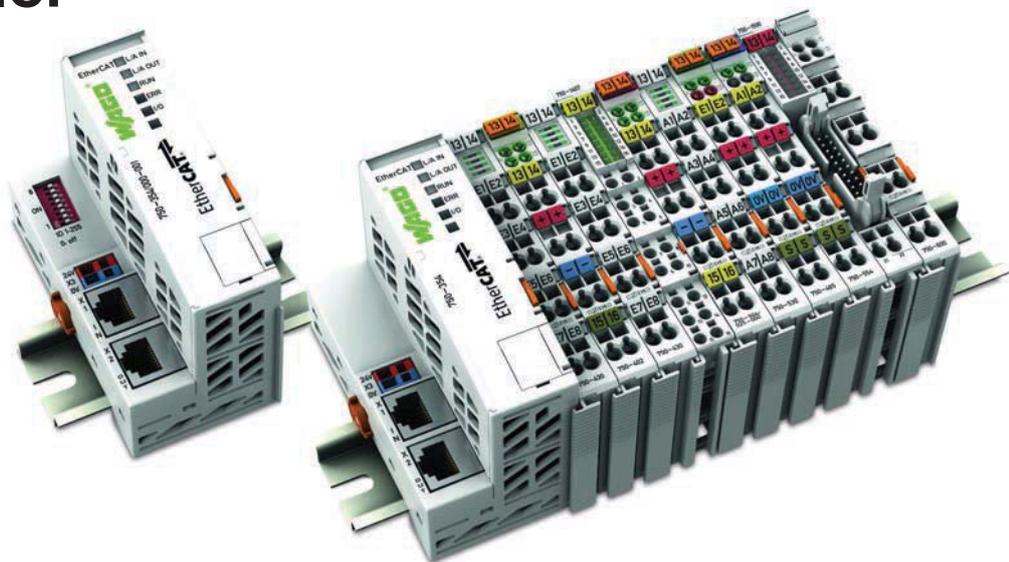
Hohe Präzision, einfache Integration, schnelle Datenübertragung

Flexibilität kombiniert mit Feldbusanbindung bietet der frei programmierbare Absolut-Encoder AFS60 Ethercat. Die Auflösung ist unabhängig von der Betriebsdrehzahl, wodurch ohne Einschränkungen auch bei einer maximalen Drehzahl eine maximale Auflösung erreicht werden kann. Schutzart IP65 bzw. IP67, der große, von -30 °C bis $+85\text{ °C}$ reichende Temperaturbereich, die Codescheibe aus Nickel sowie der vergrößerte Kugellagerabstand zur Minimierung von Vibrationen sorgen für eine hohe Robustheit. Mit seiner integrierten Feldbuschnittstelle wird der AFS60 Ethercat der Entwicklung im Maschinenbau hin zu Ethernet-basierten Feldbusystemen gerecht, von denen sich Hersteller und Integratoren unter anderem von Verpackungsmaschinen, Handlingsystemen oder Produktionsmaschinen eine verbesserte Performance erwarten. Aus deren Sicht vereinfacht die Ethercat-Schnittstelle die IT-Einbindung des AFS60 und die Inbetriebnahme der Maschine. D. Sanwald bestätigt dies: „Einstöpseln und fertig – der Absolut-Encoder AFS60 ermöglicht mit seiner Ethercat-Schnittstelle eine sehr einfache Feldbusintegration, da die Teilnehmer im Netzwerk durch automatisches Hochzählen zugeordnet werden.“ Was bei Bosch Packaging ebenfalls für den Ethercat-Encoder sprach, war die hohe Datenübertragungsgeschwindigkeit, die unerlässlich ist für die hochpräzise Positionserfassung der Faltschachteln im

Das WAGO-I/O-SYSTEM – Ein System für alle Anwendungen!

EtherCAT-Koppler

- Einfache Handhabung
- Hohe Performance
- Mehr als 400 Funktionsmodule
- EtherCAT Conformance tested





Der absolute Singleturn-Encoder AFS60 und der absolute Multiturn-Encoder AFM60 von Sick sind rotative Sensoren zur Weg-, Winkel-, Geschwindigkeits- und Positionserfassung.

Etikettier- wie auch im Tamper-Evident-Modul.

Etikettieren mit präzisen Positionsinformationen

Bevor das Serialisierungsetikett aufgebracht wird, startet das Triggersignal eines Lichttasters WTB4-3 von Sick die Messung der Produktlänge. Der AFS60 Ethercat nimmt jetzt eine genaue Wegmessung vor und überträgt die ermittelten Daten an die Steuerung des Etikettierers. Mit der Weg- bzw. der daraus abgeleiteten Längeninformatio kann das Etikett auf den Bruchteil eines Millimeters genau appliziert werden. Gleichzeitig gewährleistet die Encodermessung die Eindeutigkeit der Verpackung – es treten keine doppelten Triggersignale auf, die eine Nummernvergabe auslösen, ohne dass dafür eine Verpackung im Etikettie-

rer bereitsteht. Auch im Tamper-Evident-Modul erreicht Bosch Packaging mit dem AFS60 Ethercat eine signifikante Verbesserung der Genauigkeit beim Positionieren und Applizieren: Die Perforation des Sicherheitsetiketts befindet sich nach dem Aufbringen genau da, wo sie einen nicht manipulierbaren Originalitätsschutz gewährleistet. „In beiden Anwendungen kommt ein weiterer Vorteil hinzu“, erklärt D. Sanwald. „Da der Encoder Absolutwerte misst und überträgt, weiß das jeweilige Modul, an welcher Position es sich vor einem Prozessstopp zuletzt befunden hat. Dadurch kann die Maschine ohne Referenzfahrt sofort wieder anlaufen. Zudem vermeidet der Anwender Produktverluste, die beim Referenzieren in der Regel entstehen.“ Neben dem AFS60 Ethercat kommt im Tamper-Evident-Modul ein Encoder vom Typ DFS60 mit Inkremental-Schnittstelle zum Einsatz. Dies ist erforderlich, weil aktuell einzelne Komponenten der Anlage – in diesem Fall die Zulieferkomponente Etikettierer – für die Geschwindigkeitsmessung noch nicht über eine Ethercat-Schnittstelle verfügen.

Sensorik sorgt für sichere Serialisierung

Der Absolut-Encoder AFS60 Ethercat ist einer von vielen Sick-Sensoren, auf die Bosch Packaging Technology für seine Faltschachtel- und Bedruckungssysteme CPS zurückgreift. Ebenfalls im Einsatz sind Codeleser Lector620 Professional für die Druckkontrolle. „Hier hat Sick spe-

ziell für uns eine zu unserem Software-Konzept passende OPCUA-Schnittstelle umgesetzt“, zeigt sich D. Sanwald erfreut vom Service und der Flexibilität von Sick. Mit Handscannern der Produktfamilie IDM160 kann der Maschinenbediener Bedruckungsvorgaben einlesen und gekennzeichnete und entnommene Schachteln aus dem Serialisierungs-Nummernkreis austragen. Ultraschall-Gabelsensoren UFnexxt gewährleisten die sichere Detektion der transparenten Tamper-Evident-Etiketten. Lichttaster WTB4-3 werden in den Modulen zur Aus- bzw. Einlaufkontrolle sowie zur Prozesstriggerung eingesetzt. Initiatoren der Produktfamilie IME08 positionieren den Tänzer beim Abspulen der Etiketten. „Gemeinsam entwickelt haben wir zudem einen Spezi alsensor, mit der wir sicherstellen können, dass das durchsichtige Sicherheitsetikett korrekt appliziert wurde“, sagt D. Sanwald. „Es muss sowohl fest an der Einschublasche als auch an der Verpackungsunterseite angebracht sein, damit diese Versiegelung zuverlässig den Originalitätsschutz der Faltschachtel sicherstellt.“

Für Bosch Packaging Technology bietet das Portfolio von Sick aus einer Hand für jede der CPS-Applikationen eine passende Lösung auf der Basis innovativer Sensortechnologien. „Hinzu kommt, dass Sick einen schnellen, weltweiten Support auch bei unseren Endkunden bieten kann“, nennt D. Sanwald einen weiteren Vorteil.

www.sick.de



Jörg Spiegelhalter ist Produktmanager bei der Sick Stegmann GmbH in Donaueschingen.
E-Mail: Joerg.Spiegelhalter@sick.de



Jan Schiffer ist Key Account Manager Commercial Goods bei der Sick Vertriebs-GmbH in Düsseldorf.
E-Mail: Jan.Schiffer@sick.de

Die Suche nach dem perfekten Netzwerk für die Halbleiterindustrie ...

Begrenzte Knotenzahlen pro Netzwerk, geringe Baudraten, eingeschränkte E/A-Kapazität, niedrige Bandbreite sowie ungenaues Befehls- und E/A-Timing – bereits vor gut zehn Jahren wurde die Halbleiterfertigungsindustrie vor die Aufgabe gestellt, ein Kommunikationssystem zu finden, das die zunehmenden Probleme damaliger Steuerungssysteme für die Branche lösen konnte.

Dmitry Dzilno

Neben den Herausforderungen bei der Prozesssteuerung gab es innerhalb der Anlagen zahlreiche Antriebslösungen – von Achsen, die von Schrittmotoren mit niedriger Leistung angetrieben wurden, bis hin zu hochdynamischen Servoachsen für Vakuumroboter. Viele Applikationen erforderten die Koordination der Achsen sowohl untereinander als auch mit anderen Steuerungssignalen innerhalb des Systems. Auch wenn zahlreiche herkömmliche Antriebs- und E/A-Lösungen bereits von der Stange erhältlich waren, so waren doch die Kosten für entsprechende Controller und die Antriebs-Software enorm. Nicht selten legten Anbieter von Antriebstechnik den Preis für ihre Software-Lizenzen abhängig von der zugrundeliegenden Achsenzahl fest.

Die Wende kam im Frühjahr 2003, als uns eine neue Netzwerktechnologie präsentiert wurde, von der meine Kollegen und ich zu dieser Zeit, wenn überhaupt, nur sehr wenig wussten. Bereits damals ist mir Ethercat direkt ins Auge gestochen – als möglicherweise beste Netzwerktechnologie für die nächste Generation von Halbleiterfertigungsanlagen. Wenn auch vielversprechend, steckte die Ethercat-Technologie 2003 noch in den Kinderschuhen; entsprechend herrschte beim ersten Meeting zunächst Skepsis. Wie



Beispiel für ein Halbleiter-Wafer-Fertigungssystem mit Ethercat

stand es um Betriebssicherheit und elektromagnetische Verträglichkeit? Was war mit Geräteprofilen, wie etwa denen der ODVA Semi SIG? Und wie konnte die Austauschbarkeit von Geräten gewährleistet werden?

In der folgenden Zeit haben wir Ethercat detailliert untersucht. Die Robustheit, Geschwindigkeit und der praktisch unbegrenzte E/A-Adressraum, Motion-Control-Unterstützung sowie die hart echtzeitfähige Synchronisation der Protokolle für smarte Geräte – alles innerhalb einer einzigen homogenen Architektur – haben

uns letztlich überzeugt, endlich die richtige Lösung für die umfassenden Anforderungen unserer Halbleiterfertigungsanlagen gefunden zu haben. Vielleicht sogar für die wachsenden Bedürfnisse der Industrie in den kommenden Jahren.

Nach eingehender Bewertung der Technologie hat sich Applied Materials dann entschieden, Gründungsmitglied der Ethercat Technology Group zu werden. Wir wollten die Entwicklung von Ethercat von Beginn an unterstützen und der Technologie so die Chance geben, sich fest am Markt zu etablieren. Und das ging



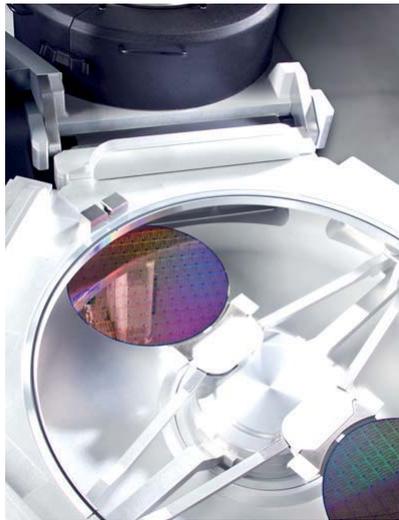
Dmitry Dzilno ist Senior Director Applied Controls Engineering bei Applied Materials in Santa Clara/ Kalifornien. E-Mail: dmitry_a_dzilno@amat.com

tatsächlich ziemlich schnell: Zunächst im Verbund mit der TwinCAT-PLC-Software-Suite wurde Ethercat von zahlreichen Kunden auf der ganzen Welt erst evaluiert und dann akzeptiert. Und recht schnell mauserte sich die Technologie zu einer ausgereiften Automatisierungslösung, die von stetig mehr Produkten mit Ethercat-Schnittstelle unterstützt wird.

Zwischenzeitlich hat der Kostendruck in der Halbleiterindustrie zugenommen. Bei einem Minimum an Kosten sollen die Anlagen heute schneller denn je sein; die Kosten für zusätzliche Motion Controller, Software-Lizenzen, E/A sowie Infrastrukturkomponenten rücken in Hinblick auf bessere Lösungen immer mehr in den Fokus. Ältere Technologien erreichen ihre Grenze meist dann, wenn die Kosten innerhalb vorhandener Steuerungslösungen und -architekturen nicht mehr weiter gesenkt werden können. Die Halbleiterindustrie wird seit jeher vom allgemein bekannten Mooreschen Gesetz bestimmt: Die stets schrumpfende Größe der kleinsten Einheit auf dem Halbleiter-Wafer hat die Anforderungen an die Prozesssteuerung noch weiter verschärft. Die Verfügbarkeit virtueller Sensoren, einer modell-basierten Steuerung sowie die schnelle Umsetzung neuer Prozesssteuerungskonzepte waren für die nächste Maschinen- und Anlagen-Generation zur Voraussetzung geworden.

Es war an der Zeit, erstmals eine Halbleiterfertigungsanlage mit Ethercat aus-

zurüsten und, so war unsere Hoffnung, davon zu profitieren. Die Wahl fiel auf ein Tool zur Herstellung von Solar-Wafern. Und das Ergebnis war sehr positiv: Die Betriebssicherheit sowie die Verfügbarkeit des Netzwerks waren hoch und der Determinismus von Ethercat verbesserte die Zykluszeit sowie den gesamten Durchsatz des Systems. Die zentralen Qualitätsparameter, welche vom Kunden



Blick in das Halbleiter-Wafer-Fertigungssystem

ermittelt wurden, waren um eine Größenordnung besser als erwartet. Etwa zur gleichen Zeit wurde Ethercat als eine zum Semi-E54-Standard konforme Netzwerktechnologie freigegeben, was dazu beitrug, dass die Technologie in der Branche noch weitreichendere Akzeptanz fand.

Damit sich Ethercat im Bereich der Wafer-Fertigungsanlagen noch stärker positionieren konnte, war es nötig, umfassende Geräteprofile für spezielle Prozesssteuerungsgeräte und -komponenten zu definieren: RF-Generatoren, Vakuum-Controller, Drosselklappen, Druckmessgeräte, smarte DC-Stromversorgungsgeräte, Massendurchflussregler usw. Die Definition solcher Geräteprofile sowie deren Akzeptanz innerhalb der Branche helfen Gerätelieferanten und Anlagenbauern bei der vereinfachten Zusammenarbeit und sichern die Austauschbarkeit von Komponenten verschiedener Hersteller. Zudem wird hierdurch ein HAL (Hardware Abstraction Layer) genannter Ansatz in Software unterstützt, eine Methode zur vereinfachten Handhabung von Geräten und Komponenten in der Anlagensteuerungs-Software.

Als größter Hersteller von Halbleiterfertigungsanlagen hat Applied Materials

eine führende Rolle bei der Gründung und Unterstützung des entsprechenden Arbeitskreises innerhalb der Ethercat Technology Group übernommen – der Semi TWG (Semiconductor Technical Working Group), angeführt vom Industrieveteran und Halbleiterexperten Daniel Judd. Das erste Meeting dieser Semi TWG war mit fast 100 Teilnehmern führender Unternehmen der Halbleiterfertigungsindustrie ein voller Erfolg. Beginnend mit einer allgemeinen Definition eines Semi-konformen Geräts, welches als Grundlage für alle spezifischen Geräte diente, hat die Semi TWG in nur zwei Jahren sämtliche Geräteprofile entwickelt und die Freigabe durch die ETG erwirkt. Die Standardisierung durch die Semi TWG trieb die Akzeptanz der Ethercat-Technologie bei den Herstellern von Halbleiterfertigungsanlagen noch weiter voran. Vertreter aus USA, Japan, Südostasien und Europa haben zur Profilerstellung beigetragen und Lieferanten für die Entwicklung entsprechender Geräte motiviert.

Weiter oben wurde erwähnt, dass Motion-Control-Anwendungen eine tragende Rolle in den Anlagen der Halbleiterfertigungsindustrie spielen. Ausschlaggebende Kriterien für Endkunden sind die Platzierungsgenauigkeit und -reproduzierbarkeit der Wafer sowie deren Vibration, adaptive Sliding-Mode-Regelung (zum Beispiel für die Partikelkontrolle), Wafer-Durchsatz der Anlage usw. In der Anlage müssen viele Arten von Bewegungseinheiten gesteuert werden – Vakuum- und atmosphärische Roboter, XY- oder XYZ-Positionierer, Indexer sowie Vorrichtungen zur Ausrichtung und Mechanismen zum Scannen von Wafern. Historisch bedingt gibt es zwei Klassen von Bewegungssteuerungen – den Low-End- und den High-End-Bereich, jeweils mit entsprechenden Motion-Control-Lösungen. Zum Low-End-Bereich zählen etwa einfache vernetzte Positionierantriebe, die mittels langsamer, nicht-deterministischer Netzwerke (etwa 10 ms bis 50 ms vorgegebene Zykluszeit) gesteuert werden können. Hochleistungsachsen mit Regelungsfrequenzen im Kilohertzbereich zur Bewegung komplexer Roboter hingegen sind durch anspruchsvolle Dynamik und Kinematik gekennzeichnet. Jeder Bereich verwendet die für ihn speziell kostenoptimierten Regelungsarchitekturen mit dazugehörigen Steuerungen und Antrieben; bei Nutzung über den Bereich hinaus wird entweder die Leistung unzureichend oder die Kosten werden untragbar. Ethercat hingegen kann aufgrund seiner erweiterbaren Hochgeschwindigkeitsarchitektur beide Bereiche auf ei-

Über Applied Materials

Applied Materials, Inc., ist ein weltweit führender Anbieter von Anlagen, Software und Services für die Herstellung von Halbleiter-, Flachbildschirm- sowie Photovoltaikprodukten. Kunden nutzen Technologien von Applied Materials, um innovative Produkte wie Smartphones, TV-Flachbildschirme sowie Solarmodule kostengünstiger herzustellen und diese Endkunden weltweit preisgünstiger anbieten zu können. Das in den USA börsennotierte Unternehmen hat seinen Hauptsitz in Santa Clara in Kalifornien und erzielte 2012 mit mehr als 13.600 Mitarbeitern einen Umsatz von rund 8,7 Mrd. US-\$. In Deutschland ist die Firma an den Standorten Alzenau, Dresden sowie Feldkirchen und Heimstetten vertreten.

nem einzigen Ethercat-Netzwerk optimal unterstützen. Überdies können Oversampling-E/A und andere Geräte zur präzisen Koordination oder Synchronisierung der Bewegungs- und Prozesssteuerung einfach und kostengünstig hinzugefügt werden. So gibt es beispielsweise Anwendungen im Feld, die Distributed Clocks verwenden und so Achsenpositionen und E/A-Übergänge mikrosekundengenau synchronisieren.

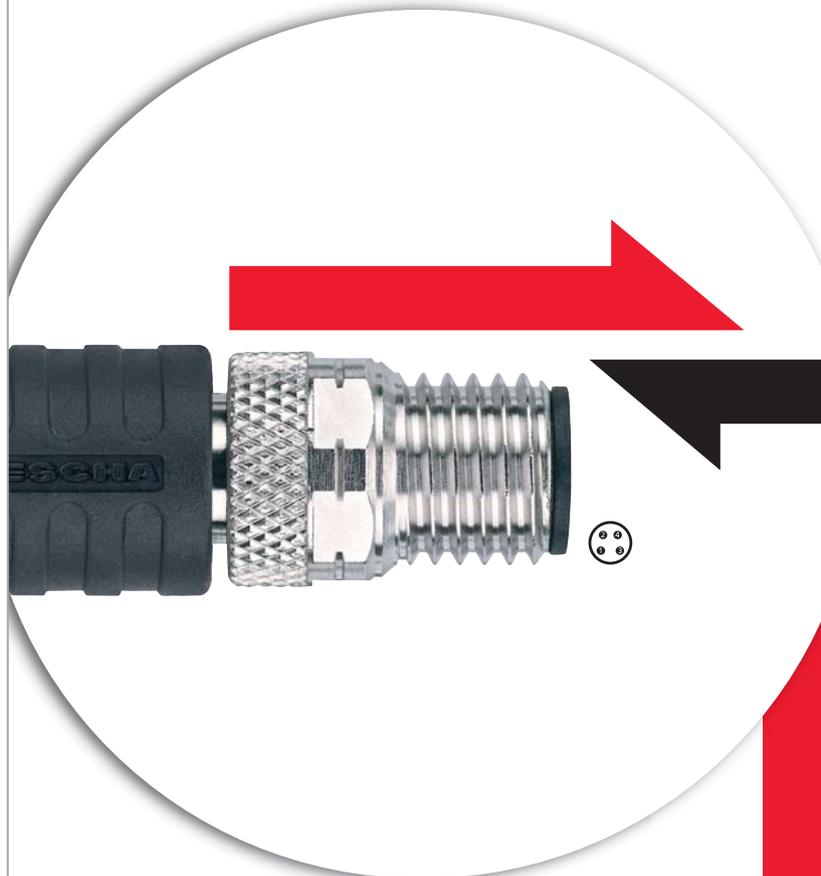
Gemäß dem Verlauf des Mooreschen Gesetzes ist die Komplexität der Wafer-Produktion stetig gestiegen. Mit den Jahren ist die Wafer-Größe von 51 mm zu Beginn auf demnächst 450 mm angestiegen, um den Größenvorteil für die Chip-Herstellung voll nutzen zu können. Es ist geplant, die nächsthöhere Wafer-Größe mit 7 nm Strukturbreite einzuführen, was im Gegenzug die bessere Konstanz und Präzision der Prozesssteuerung erfordert. Hersteller von Halbleiterfertigungsanlagen sind aktiv damit beschäftigt, komplexere Prozesssteuerungstechnologien zu entwickeln, welche stark von der Ethercat-Technologie profitieren können. So sind vor allem Mehrzonen-Heizer, Mehrzonen-Gaseinspritzung sowie Modell-basierte Steuerungen, die synthetisierte virtuelle Sensoren nutzen, für die Industrie interessant. Basierend auf bewährter Ethernet-Technologie bietet die Ethercat-Architektur zum angemessenen Preis die optimale Verbindung der enormen Leistung moderner Multicore-PC mit der Performance sowie dem Determinismus des Netzwerks.

Ein weiteres Erfolgskriterium für den Hersteller von Halbleiterfertigungsanlagen ist das „Time-to-Market“ der Applikation. Die Zeiten für die Applikations- und Prozessvalidierung sind ausschlaggebend für Erfolg oder Misserfolg am Markt. Rapid-Prototyping-Tools sowie Modellierungs-Software werden bereits in einem frühen Stadium der Prozess- und Anlagenentwicklung zunehmend populärer. In der Vergangenheit verhinderten Unzulänglichkeiten beim Übergang der Prototypen in die Produktionsumgebung die weitere Verbreitung von Rapid-Prototyping-Software.

Ein weiterer limitierender Faktor war, wie weiter oben bereits erwähnt, die fehlende Unterstützung spezieller Netzwerke sowie halbleiterspezifischer Geräte. Glücklicherweise wurde der Bedarf an Ethercat-Unterstützung gut kommuniziert und von den führenden Anbietern von Modellierungs- und Rapid-Prototyping-Lösungen aufgegriffen. Branchengrößen wie National Instruments, Mathworks und Beckhoff haben Ethercat-basierte Lösungen, wie „CompactRIO“, „sPC Target“ und TwinCAT mit Simulink-Unterstützung eingeführt. Diese Systeme können sowohl für die rasche Entwicklung von Steuerungsalgorithmen und folglich für die nahtlose automatisierte Code-Generierung als auch für die klassische Programmierung innerhalb der ursprünglichen Software-Umgebung genutzt werden. Die Ethercat-Unterstützung dieser Anwendungen ermöglicht es Prozess- und Applikationsingenieuren, auf einfache Weise Bewegungs-, Druck-, Temperatur- sowie E/A-Controller über das Ethercat-Netzwerk unter Verwendung der ursprünglichen Befehls- und Konfigurationsschnittstelle zu integrieren, welche später in der Produktionsumgebung genutzt wird.

Zusammenfassend kann man sagen, dass Ethercat – so wie jede andere moderne Technologie auch – einen Weg finden muss, um mit zukünftigen Herausforderungen wie etwa dem möglichen Abschied von Ethernet-Chips mit 100-Mbit/s-Unterstützung und den damit einhergehenden Problemen bezüglich der Rückwärtskompatibilität umzugehen. Bis auf sehr spezielle Aufgaben, die normalerweise durch spezielle DSP oder FPGA erledigt werden, habe ich für meinen Teil bei Ethercat bisher noch keine Performance-Einschränkungen in unseren Applikationen wahrgenommen.

www.amat.com



EtherCAT®

Das volle Connectivity-Programm

Anschluss- und Verbindungsleitungen
mit voller Kompatibilität

gute Schleppketteneigenschaften

Leitung der Kategorie Cat5e

IP67 | IP69K

360° Schirmung durch ESCHA 2SSK

Bauformen in M8x1, M12x1, RJ45

sps ipc drives

Nürnberg 26.-28.11.2013 | Halle 6/320

ESCHA Bauelemente GmbH | 58553 Halver
Elberfelder Str. 32 | Telefon +49 2353 708 - 800

ESCHA

Kuka-Robotersteuerung KRC4 setzt auf Ethercat

Die Kuka Roboter GmbH war 1996 weltweit der erste Roboterhersteller, der eine ausschließlich auf Windows-PC basierende Robotersteuerung vorgestellt hat. Der Erfolg dieser ersten Steuerungsgeneration lässt sich zu einem Gutteil auf die aus der Bürowelt bekannte und bei den Kunden akzeptierte intuitive Bedienerführung mit Windows-Technologie und auf die Leistungsfähigkeit der PC-Technologie zurückführen. Die Verwendung von Produkten aus der Konsumgüter-IT ermöglicht einen hohen Innovationsgrad und hohe Leistungsfähigkeit bei niedrigen Kosten.

Bernd Fiebiger, Heinrich Munz

Als die Planungen für eine neue Generation der Robotersteuerung anstanden, war es naheliegend, neben Windows und PC eine weitere, mittlerweile ausgereifte Technologie aus der IT-Welt in die Automatisierungswelt zu übernehmen, nämlich die durchgängige Kommunikation über Ethernet. Für die steuerungsinterne Kommunikation bedarf es eines sehr leistungsfähigen, schnellen und deterministischen Bussystems. Aus diesem Grund setzt Kuka seit 2010 auf Ethercat als Systembus für die KRC4-Steuerungsreihe und damit erneut auf leistungsfähige offene Standards.

Zur Integration eines Roboters in eine Automatisierungsanlage wird zur Kommunikation der Robotersteuerung nach außen in die E/A-Ebene, so wie auch in die Zellen- und Anlagenebene, im Regelfall ein standardisierter Feldbus benutzt. Dieser wird meist durch den Kunden vorgegeben und die Robotersteuerung muss sich an die jeweilige Technologie anschalten können.



Bernd Fiebiger ist Senior Developer System Engineering bei der Kuka Roboter GmbH in Augsburg. E-Mail: info@kuka-roboter.de



Heinrich Munz ist Senior Developer System Engineering bei der Kuka Roboter GmbH in Augsburg. E-Mail: info@kuka-roboter.de



Bildquelle: KUKA Roboter GmbH

In der Applikation bei Meiller Aufzugtüren übernehmen zwei Roboter „KUKA KR QUANTEC K“ alle anstehenden Produktionsschritte: Buckelschweißen, Punktschweißen, Handhaben, Stanzen, Umformen und letztendlich das Ablegen des montagefertigen Türblatts.

Aber auch innerhalb einer Robotersteuerung ist ein aufwendiger Datenverkehr zwischen den unterschiedlichen Komponenten wie zum Beispiel zu den Antrieben und Positionswertgebern notwendig, damit Steuerungs- und Regelungsaufgaben mit hohen Echtzeitanforderungen umgesetzt werden können. Des Weiteren müssen interne Geräte Informationen für die Sicherheitstechnik und die Steuerungsinfrastruktur austauschen. Nicht zu vergessen sind Anzeige und Bedienung. In der Vorgängerversion der

Robotersteuerung KRC4 wurden hierfür unterschiedliche Kommunikationstechnologien eingesetzt, was zu einer Vielzahl unterschiedlicher Stecker und Kabel geführt hat.

Bei der Planung der aktuellen Kuka-Steuerung wurde diese Thematik sehr ausführlich unter Berücksichtigung der aktuellen Ethernet-Technologien betrachtet, welche zusätzlich zu den aus der IT bekannten Eigenschaften auch Echtzeit- und Sicherheitsanforderungen bei sehr hohen Datenraten ermöglichen. Zusätz-

lich hat Ethernet den Vorteil, dass über eine Leitung unterschiedliche Protokolle übertragen werden können, was enorm zur Reduzierung der Anzahl der Leitungen im System beiträgt.

Ein wichtiges Entwicklungsziel war es, möglichst wenig unterschiedliche Technologien zur Kommunikation sowohl nach außen zur Feldbus-Ebene, aber auch nach innen zu nutzen, um eine hohe Durchgängigkeit zu erreichen. Proprietäre Technologien sollten grundsätzlich vermieden und durch möglichst weit verbreitete, offene Industriestandards ersetzt werden. Zusätzlich sollte leistungslimitierende Hardware durch intelligente Software-Funktionen ersetzt werden, was dank der hohen Rechenleistung moderner Multi-core-PC ermöglicht wurde. Weniger Hardware bedeutet eine höhere MTBF (niedrigere Fehlerrate) sowie niedrigere Entwicklungs-, Stückzahl-, und Logistikkosten. Diese Vereinheitlichungen führten bei den Hardware-Baugruppen zu einer Reduzierung um ein Drittel und bei den Steckverbindern und Kabeln sogar um die Hälfte.

Kommunikation zur Feldebene: Software-Stacks oder Gateways?

Die Feldbus-Anschaltungen an Ethernet-basierte Feldbusse wie Profinet oder Ethernet/IP konnten dank der im PC vorhandenen Ethernet-Controller ohne weitere Spezial-Hardware-Unterstützung komplett in Software realisiert werden. Anschaltungen an herkömmliche Feldbusse, wie zum Beispiel Profibus oder DeviceNet, werden nicht über Einsteckkarten in die Steuerung, sondern über Ethercat-Kommunikations-Gateways realisiert.

Lokale Kommunikation nach Innen und zu Sensorik, Aktorik und E/A: Ethernet und Ethercat

Die gesamte interne Kommunikation und die Kommunikation zur unterlagerten E/A-Ebene findet neben Standard-Ethernet über Ethercat statt. Damit werden in der KRC4-Robotersteuerung nur noch zwei verschiedene Kommunikationsprotokolle auf einer durchgängigen Busphysik (Kabel, Stecker und Ethernet-Controllerchips) verwendet.

Intern wird Standard-Ethernet zur Steuerung des Kuka-Bedienhandgeräts „SmartPad“, zur Vernetzung und Zeitsynchronisation mehrerer Robotersteuerungen im „RoboTeam“-Verbund oder zum Anschluss eines Engineering-Laptops verwendet.

Der Einsatz der Kommunikationstechnologie Ethercat neben Standard-Ether-



Bildquelle: KUKA Roboter GmbH

Mithilfe des vollintegrierten Vision-Systems „KUKA.VisionTech“ können Roboter flexibel auch in unstrukturierten Umgebungen eingesetzt werden.

net wurde notwendig, weil die Standard-Ethernet-Technologie die benötigten Anforderungen an Echtzeitfähigkeit und Sicherheitsprotokolle nicht erfüllen kann.

Ethercat dient als interner Antriebsbus zur Ansteuerung und Abfrage der Antriebe des Roboters und der Positionswertgeber. Zusätzlich wird Ethercat zur Ansteuerung der internen Safety-Baugruppen zur Robotersicherheit bzw. zu den sicherheitsrelevanten Bedienelementen des „SmartPad“ verwendet. Des Weiteren ist für den Anwender eine Ethercat-Masterschnittstelle zur Ansteuerung lokaler E/A-Module oder Gateways zu herkömmlichen Feldbussen integriert.

Warum Ethercat?

Die Wahl fiel unter anderem deshalb auf Ethercat als Echtzeit- und Sicherheitskommunikationstechnologie, weil es im Vergleich zu anderen Ethernet-Echtzeittechnologien eine Reihe von Vorteilen aufweist, welche ideal mit den Entwicklungszielen von Kuka einhergehen. So benötigt Ethercat zum Beispiel keine spezielle Hardware-Anschaltung im Master, sondern nur in den Slaves. Im Master ist ein Standard-Ethernet-Controller ausreichend, welche im PC der KRC4 zahlreich vorhanden sind. Auch sind Stecker und Kabel identisch zum Standard-Ethernet.

Ethercat ermöglicht dank seines speziellen „On-the-Fly“-Verfahrens eine sehr hohe Datendurchsatzrate, welche die maximal mögliche Ethernet-Netto-Datenrate von 100 Mbit/s nahezu vollständig ausnutzen kann. Dadurch wurde es möglich, viele Funktionen in Software auf dem Steuerungs-PC auszuführen, wel-

che ansonsten auf proprietäre Hardware-Baugruppen hätten ausgelagert werden müssen.

Das Ethercat-spezifische Sicherheitsprotokoll Safety-over-Ethercat (FSoE) kann sowohl über Ethercat als auch über Ethernet kommuniziert werden. FSoE ermöglicht es der ebenfalls in reiner Software ausgeführten, PC-basierten zentralen KRC4-Sicherheitssteuerung, alle sicherheitsgerichteten Peripheriegeräte, wie zum Beispiel lokale Safety-Module zur Robotersicherheit bzw. die sicherheitsrelevanten Bedienelemente des „SmartPad“, anzusteuern.

Ethercat ist neben den Feldbussen Profinet und Ethernet/IP die mit am weitesten verbreitete industrielle Kommunikationstechnologie auf Ethernet-Basis mit einer großen Community. Demnach eröffnet sich die Möglichkeit, auf am Markt zahlreich verfügbare Ethercat-Slave-Geräte zuzugreifen. Dies ermöglicht neue Automatisierungslösungen. Für Ethercat spricht ebenfalls die Kontinuität, da es über die Jahre keine Änderungen bei den Standards, Protokollen und Asic gab.

Gefördert und unterstützt wird die Ethercat-Technologie durch die globale Organisation Ethercat Technology Group (ETG).

Seit 2010 bewährt sich der Einsatz der Technologie Ethercat in den Kuka-Steuerungen für alle Roboter. Auch die kompakte Steuerung für die neuen Roboter KR Agilus und den Leichtbaurobotern LBR iiwa ist auf Basis von Ethercat realisiert. Damit ist im aktuellen Kuka-Steuerungsprogramm Ethercat als eine Basistechnologie durchgängig integriert.

www.kuka-roboter.de

Perfekt verpacken mit Ethercat

Die Tiefziehverpackungsmaschinen von Multivac gelten weltweit als die besten. Doch auch als Hersteller von Traysealern und Kammermaschinen steht der Spezialist für Verpackungsmaschinen für absolute Qualität und einzigartige Lösungen. Bei der Feldbustechnik setzt Multivac auf Ethercat.

Alois Allgaier, Claus Botzenhardt



Die neue R 535 verpackt unterschiedlichste Produkte hocheffizient.

Multivac steht für Effizienz, Robustheit und Zuverlässigkeit. Die Entwicklung, Konstruktion, Fertigung und Montage der Maschinen erfolgt ausschließlich „in-house“, alle Prozesse sind eng miteinander verzahnt. Dem kompromisslosen Qualitätsverständnis entspricht auch der Anspruch des Unternehmens an die verwendeten Technologien.



Alois Allgaier ist Geschäftsbereichsleiter Steuerungstechnik bei Multivac.
E-Mail: muwo@multivac.de



Claus Botzenhardt ist Bereichsleiter Software-Entwicklung bei Multivac.
E-Mail: muwo@multivac.de

Leistung, Preis und Innovationsstärke entscheiden

Neue Maßstäbe setzt die Tiefziehverpackungsmaschinen-Generation R 535 von Multivac: Sie verpackt vollautomatisch unterschiedlichste Produkte, wie Wurst, Fisch und Käse, aber auch Industrie- und medizinische Sterilgüter in Vakuum-, Schutzgas-, Skin- oder Blisterverpackungen. Unter anderem durch ihre innovative Steuerungstechnik hebt sie sich von den bisherigen Tiefziehverpackungsmaschinen ab.

Zentrale Anforderungen an die Steuerungstechnik waren Modularität für eine große Bandbreite an Funktionalitäten, Vernetzbarkeit, Skalierbarkeit, Zuverlässigkeit, Servicefreundlichkeit, leichte Bedienbarkeit und offene Architektur. Die Entscheidung fiel schließlich zugunsten von Beckhoff aus. „Alle Anforderungen für das Projekt ‚Neue Generation Steuerungstechnik‘ konnten wir mit der Embedded-PC-Lösung von Beckhoff umsetzen“, kommentiert Alois Allgaier, Haupt-

bereichsleiter Steuerungstechnik von Multivac. „PC-basierte Technologie ist seit Jahren bewährt und hat einen hohen Verbreitungsgrad – und Ethercat ist das leistungsfähigste Bussystem. Mit Beckhoff, dem Technologieführer PC-basierter Steuerungstechnik und Erfinder von Ethercat, sind wir zuversichtlich, nicht nur die heutigen Anforderungen zu erfüllen, sondern auch in Zukunft frühzeitig und schnell auf neue Trends und steigende Marktanforderungen reagieren zu können und damit unseren technischen Vorsprung zu sichern“, ergänzt Claus Botzenhardt, Bereichsleiter Software-Entwicklung bei Multivac, die Entscheidung und ergänzt: „Natürlich hat uns auch das gute Preis-Leistungs-Verhältnis überzeugt.“

Embedded-PC mit Ethercat als Kern der Steuerung

Um die Reproduzierbarkeit und Präzision der Maschinen zu verbessern, stellte Multivac seine Steuerung vor einiger Zeit auf Ethercat um. „Ethercat hat uns tech-



Alois Allgaier, Geschäftsbereichsleitung Steuerungstechnik bei Multivac, und Claus Botzenhardt, Bereichsleiter Software-Entwicklung bei Multivac.

nologisch einen großen Schritt nach vorn gebracht. Die Signale werden schneller erfasst und die Taktzeiten der Maschinen optimiert. So können wir das Potenzial der PC-basierten Steuerung besser ausschöpfen und die Achsmodule unserer Anlagen schneller und präziser steuern“, bewertet A. Allgaier die Einführung der Ethercat-Technologie. Heute setzt Multivac Ethercat-basierte Steuerungstechnik in allen vollautomatischen Maschinen seines Produktspektrums ein.

Äußerst platzsparend ist der Embedded-PC als Kopf der Ethercat-Klemmenstationen im Schaltschrank untergebracht, das Bedienpanel wird über DVI/USB an den CX angeschlossen. Die Ethernet-Schnittstellen erlauben die Einbindung in das Unternehmensnetzwerk und unterstützen den Internetzugang, wodurch Fernwartung ermöglicht wird. Über Ethercat sind die lokalen sowie die dezentralen E/A-Klemmen angebunden; auch die Antriebe werden mit Ethercat geregelt. Das Produktspektrum reicht von kleinen Maschinen für das manuelle Verpacken bis hin zu komplexen Anlagen für die Großserie in Industrieunternehmen.

Modularität erlaubt Individualität

„Unsere Verpackungsmaschinen sind zu einem großen Teil Serienprodukte, dennoch erlaubt das modulare Anlagenkonzept die individuelle Konfiguration kundenspezifischer Lösungen“, erläutert A. Allgaier. Auf der Ebene der Steuerungstechnik kommt uns hierbei das modulare Produktprogramm von Beckhoff sehr entgegen. Für jede Konfiguration wählen wir

beispielsweise aus dem umfangreichen Ethercat-Busklemmen-E/A-Sortiment die für den jeweiligen Anwendungsfall optimalen Komponenten aus.“

In der R535 binden Beckhoffs Ethercat-Busklemmen sowohl Sensoren zur Temperaturerfassung mit Thermoelementen oder Wegmesser mit SSI-Geber-Schnittstellen als auch Zusatzgeräte zum Bedrucken oder Schneiden der Folien in die Steuerung ein. Beispielsweise positionieren Schrittmotorklemmen die Schrittmotoren der Drucker. Kommunikationsklemmen sowie das breite Spektrum an Gateways integrieren auch Geräte mit seriellen Schnittstellen und anderen Feldbussen, wie CANopen oder Devicenet.



Traysealer versiegeln befüllte Schalen, wobei das Befüllen an der Maschine oder räumlich getrennt von ihr erfolgt.

Twinsafe mit Safety-over-Ethercat: flexibel, schnell und sicher

Sicherheitskomponenten wie Not-Halt und Schutzabdeckungen bringen die für Verpackungsmaschinen notwendige Sicherheit. Bei der R535 sind die Sicherheitsfunktionen via Twinsafe-Klemmen direkt in das Busklemmensystem integriert. Die sicherheitsrelevanten Daten werden vor Ort erfasst und in der Twinsafe-Logic-Klemme ausgewertet, Safety-over-Ethercat sorgt für eine sichere Kommunikation. „Twinsafe reduziert den Verdrahtungsaufwand und die Kosten enorm“, so A. Allgaier. „Auch hier liegen die Vorteile der modularen, skalierbaren Technologie klar auf der Hand. Maschinenbezogen wählen wir die notwendigen Twinsafe-Klemmen aus und integrieren sie in die Steuerung. Das ist einfach, bequem und zudem noch kostengünstig. Weil so die Maschinensteuerung selbst nicht sicherheitsrelevant ist, bleibt die Skalierbarkeit der PC-Steuerung voll erhalten.“

Mit Twincat komplexe Prozesse einfach realisieren

Innerhalb kürzester Zeit verpacken die R535-Tiefziehverpackungsmaschinen große Chargen eines Produkts mit optimaler Siegelnahtfestigkeit und funktional vielseitigen Etikettierungen. Via Ethercat werden die komplexen Teilprozesse, wie Formen, Füllen, Siegeln und Schneiden, hochpräzise und zuverlässig gesteuert und synchronisiert. Multivac nutzt Twincat auch als Entwicklungsumgebung. SPS-Bibliotheken mit Bausteinen nach dem PLCopen-Motion-Control- und dem Omac-Packsoft-Standard „PackAL“ erleichtern die Programmierung. Standards, wie die Omac Packaging Guidelines, bieten eine weltweit einheitliche Schnittstelle für Verpackungsmaschinen.

Wichtige Parameter für die Qualität der Verpackungen sind gut ausgeformte Kavitäten, eine exakte Positionierung von Bodenfolie zu Deckfolie und feste Siegelnähte. Hierzu bedarf es einer präzisen Temperatur-, Zeit- und Druckregelung sowie einer Druckmarkensteuerung. Bei den Reglern nutzt Multivac die umfangreichen Twincat-Bibliotheken. Der Temperaturregler stellt die Heiztemperatur beim Formen der Kavitäten und beim Siegeln ein. Beim thermischen Versiegeln wird die Temperatur so geregelt, dass eine homogene Temperaturverteilung entsteht. Das Positionieren der Boden- und Deckfolien zueinander erfolgt über die Druckmarkensteuerung. Durch die Dehnung der Oberfolie wird das Druckbild zur



Multivac-Maschinen verpacken Lebensmittel, Medizinprodukte und Pharmazeutika, Industrieprodukte, Haushaltspflege- und Hygieneartikel, Heimwerkerprodukte, Fahrzeugzubehör und vieles mehr mit unterschiedlichsten Verpackungsformen, -materialien und -funktionen.

Kavität ausgerichtet und damit optimal auf der Verpackung platziert.

Eine Maschine für unterschiedlichste Anwendungen

Die Maschinen der R535-Reihe sind mit mehreren Formatsätzen ausgestattet, um je nach Verpackungsgut sowohl runde, eckige, ovale als auch hohe und flache Verpackungen erstellen zu können. „Wir stimmen alle Komponenten und Konfigurationen der Maschine perfekt aufeinander ab. So erreichen wir dauerhaft perfekte Verpackungsergebnisse“, erläutert C. Botzenhardt und ergänzt: „Unabhängig von der Hardware nutzen wir mit Twincat entwickelte Applikationen auf unterschiedlichen Verpackungsmaschinentypen.“ So

übertrug Multivac die Applikationssoftware der Tiefziehverpackungsmaschine R535 beispielsweise auf die nach einem anderen Funktionsprinzip arbeitenden Kammermaschinen der Serie TC, was dazu geführt hat, dass diese nun auch problemlos in der Medizintechnik eingesetzt werden können.

„Das ist bisher einzigartig. Wir statten einfachere Maschinen mit einer existierenden, komplexeren Software aus und erreichen zusätzliche Funktionen sowie Standards, die völlig neue Anwendungen erlauben“, wirft A. Allgaier ein.

Einzigartig in puncto Hygiene

Gerade die Nahrungsmittelindustrie und die Medizintechnik verlangen nach äußerster Sauberkeit und Keimfreiheit. Die R535 verfügt über ein neuartiges, bei Tiefziehverpackungsmaschinen bisher einzigartiges Reinigungsverfahren. Das Selbstreinigungssystem CIP (Clean in Place), bei dem die chemische Reinigung von Transportkette, Kettenprofil und inneren Baugruppen durch ein umfangreiches System von Düsen und Rohrleitungen automatisch erfolgt, wird in der Maschinensteuerung mit Twincat automatisiert und protokolliert. Der Anwender kann ein von Multivac vorgegebenes Reinigungsprogramm nutzen oder ein eigenes definieren und integrieren. Der Reinigungsprozess verläuft jederzeit vollständig und mit konstanter Gründlichkeit und ist zu jedem Zeitpunkt dokumentier- und nachvollziehbar.

Vernetzt und prozesssicher

Verpacken alleine reicht nicht aus – erst die Vernetzung mit vor- und nachgelagerten Komponenten führt zu einer vollständigen Verpackungslinie. Je nach Anwendung werden die Verpackungs-

automaten mit Slicern, Zuführ-, Dosier-, Wäge-, Kennzeichnungs-, Prüf- und Abfuhrsystemen aller Art kombiniert, welche in Twincat registriert und in den Maschinenablauf eingebunden werden. Die Maschinensteuerung synchronisiert alle Module, egal ob sie sich vor, auf oder nach der Maschine befinden, und übernimmt die Taktung.

Für hohe Produktivität und Prozesssicherheit gilt es, aktuelle Maschinendaten, Produktionsmengen, den aktuellen Prozessstatus und Fehler aufzunehmen, zu analysieren und auszuwerten. Der Embedded-PC dokumentiert alle Daten und hält sie für weitere Anwendungen bereit. Zur Fernwartung der Maschinen kann per Internet auf die Daten zugegriffen werden. Mit der leicht zu bedienenden Prozesskontrolle lassen sich Abweichungen vom Sollzustand schnell erkennen und beheben. Das garantiert eine dauerhaft stabile Maschinenleistung und eine gleichbleibend hohe, täglich reproduzierbare Packungsqualität zu kalkulierbaren Betriebskosten.

Erfolg nachhaltig sichern

Mit Präsenz in über 140 Ländern und über 65 eigenen Vertriebsgesellschaften sowie einer dezentralen Ersatzteillogistik garantiert Multivac Liefertreue, zuverlässige Ersatzteillieferung mit enorm langer Lieferfähigkeit sowie das schnelle Reagieren auf Marktbedürfnisse. Entsprechend verpflichtet Multivac auch seine Zulieferer zu bedarfsgerechter Komponentenbereitstellung nach dem Kanban-Prinzip.

C. Botzenhardt ist mit der Steuerungslösung der R535 zufrieden: „Die neue Maschinengeneration – und damit verbunden auch die Steuerungstechnik – ist deutlich komplexer als unsere vorherige Modellreihe. Doch trotz höherer Komplexität können wir mit der Ethercat-basierten Beckhoff-Steuerung die für die Multivac-Verpackungsautomaten typische Zuverlässigkeit und Prozesssicherheit bieten.“ Und A. Allgaier fasst abschließend zusammen: „Die gewählte Steuerungslösung hat für uns außerdem den großen Vorteil, dass ein in der Leistung skalierbares System zum Einsatz kommt, das auch unsere wirtschaftlichen Anforderungen erfüllt. Dank Ethercat gibt es den „Flaschenhals“ der Feldbuskommunikation nicht mehr, wir können auch schnellste Prozesse über den Bus regeln und die Leistungsfähigkeit der PC-Steuerung effizient umsetzen. Aufgrund der Modularität können wir flexibel auf zukünftige Anforderungen reagieren.“

www.multivac.com

Über Multivac

Seit über 50 Jahren verpacken Tiefziehverpackungsmaschinen, Traysealer, Kammer- und Spezialmaschinen von Multivac Nahrungsmittel, Industrieprodukte und Konsumgüter sowie medizinische Produkte und Pharmazeutika sicher, zuverlässig und hygienisch. Jedes Jahr baut Multivac über 1.400 automatische Verpackungslösungen und ist weltweiter Marktführer im Segment Tiefziehverpackungsmaschinen. Aus zahllosen kundenspezifischen Verpackungslösungen resultiert ein in der Branche einzigartiges Know-how. Das weltumspannende Unternehmen zählt heute über 3.900 Mitarbeiter.

High-Performance direkt im Feld.

Die EtherCAT Box in IP 67.

EtherCAT®

www.beckhoff.de/EtherCAT-Box

- Durchgängig EtherCAT bis in die IP-67-Welt
- Extrem kompakte und robuste I/O-Module
- Überragende Performance durch EtherCAT
- EtherCAT-Kommunikation bis in jeden Teilnehmer, ohne Subsystem
- Flexible Topologie, einfache Konfiguration
- eXtreme Fast Control (XFC) in IP 67

IPC

I/O

Motion

Automation



New Automation Technology

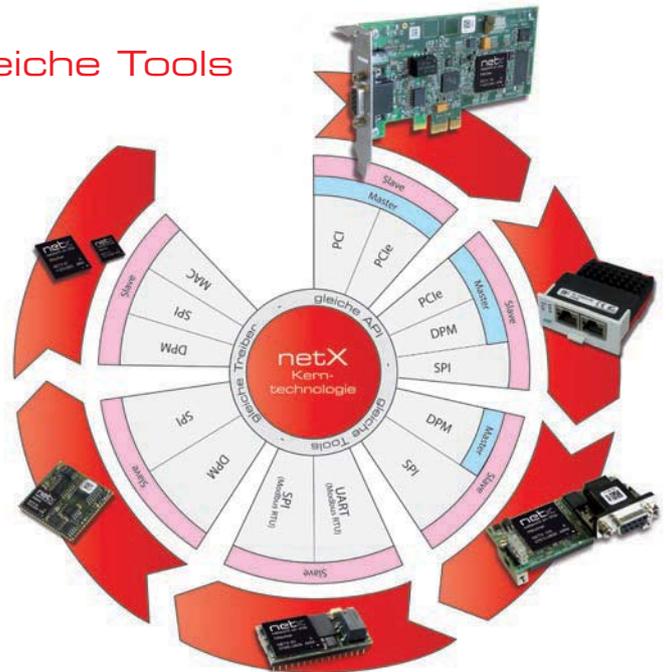
BECKHOFF

Einmal integriert – Alles funktioniert*

Mit der Hilscher Plattform-Strategie zur langfristig angelegten Kommunikationslösung.

Gleiche Funktion - Gleiche API - Gleiche Tools

- ▶ **Baufornunabhängig**
Von der PC-Karte bis zum ASIC
- ▶ **Netzwerkunabhängig**
Feldbus und Real-Time-Ethernet
- ▶ **Hierarchieunabhängig**
Ob Master oder Slave
- ▶ **Zukunftssicher**
Migration ohne Softwareanpassung
- ▶ **Investitionssicher**
Deutliche Synergien und Kostenersparnis



Ein Partner » Alle Kommunikationslösungen » Alle Systeme



* „Ich bin die Hilscher Plattform-Strategie.“



Produkt-Infoline: +49 6190 9907-555
 infoline@hilscher.com
 www.hilscher.com

