

Guido Beckmann

Ethercat macht mobil

Wenn von Ethercat die Rede ist, geht es bis dato meist um Anwendungen in der Fertigungsautomatisierung. Dabei eignet sich dieses Ethernet-basierte Kommunikationssystem durchaus auch für das Umfeld der mobilen Automation – zum Beispiel in Traktoren, Baggern oder Kranen.

Traktoren und deren Anbaugeräte, selbstfahrende Erntemaschinen, Bagger, Kräne, Radlader oder Muldenkipper werden zunehmend komplexer – und dies nicht ohne Grund: Verspricht doch die Nutzung von Automatisierungs- und Informationstechnik erhöhte Ertragsdaten sowie eine gesteigerte Energie-Effizienz und ermöglicht nicht zuletzt neue Funktionalitäten.

Wenn zum Beispiel die Drehzahl eines Lüftungsventilators für die Trennung von Korn und Spreu in einem Mähdrescher elektronisch gesteuert oder gar geregelt werden kann, lässt sich der ganze Prozess optimieren: Abhängig vom Feuchtegrad des Kornes, von der Fahrgeschwindigkeit des Geräts, von der Beschaffenheit des Kornes und der Spreu oder vom gewünschten Nach-

bearbeitungsprozess ergeben sich unterschiedliche Arbeitspunkte für den Lüfter, die optimiert für den Prozess abgestimmt werden können. Zudem ersetzen Software-Lösungen mehr und mehr vorhandene Hardware-Funktionen, was letztlich zu reduzierten Hardware-Kosten führt. Nötig sind hierzu allerdings eine Vielzahl von Sensorinformationen und deren Verarbeitung in den Steuergeräten (Electronic Control Unit, ECU), um eine flexible Einstellung auf unterschiedliche Arbeitssituationen zu ermöglichen.

Die bisherigen Kommunikationssysteme wie etwa CAN, LIN, MOST oder Flexray stoßen jedoch angesichts der steigenden Anforderungen an ihre Gren-



zen: Die für die parallele Übertragung von Echtzeitdaten (Motormanagement, Prozesssteuerung etc.) und von Diagnose- und Informations- oder Bilddaten benötigte Bandbreite sowie die geforderten Zykluszeiten der Echtzeit-Daten können nicht mehr ausreichend zur Verfügung gestellt werden, wodurch zusätzliche Sub-Bussysteme entstehen. Die Branche sucht daher nach alternativen Technologien aus benachbarten Gebieten wie der Fertigungsindustrie, der Rechner- oder der Luftfahrt. Die ersten Ethernet-Anwendungen im Kraftfahrzeug befinden sich bereits in Serie – und zwar im Bereich der Diagnoseschnittstelle zum Flashen der Steuergeräte über eine einheitliche Ethernet-Schnittstelle.

Vereinheitlichung der Bordnetz-Architektur

Viele Bordnetze bestehen heute aus mehreren gekoppelten, oft diversitären Kommunikationssystemen. In aktuellen Fahrzeugen sind Steuergeräte über verschiedene Systembusse miteinander verbunden. Diese inhomogenen Netzwerke erfordern unterschiedliches Know-how zur Installation und Wartung und müssen zudem über Gateways miteinander gekoppelt werden. Sieht man sich die Architektur eines aktuellen Traktors oder Mähreschers an, so besitzen diese bereits heute mehr als 30 Elektronikmodule, die miteinander in einer Kommunikationsbeziehung stehen.

Durch Einsatz von Ethercat ließe sich diese bisher komplexe Bordnetz-Architektur

auf einen leistungsfähigen Standard reduzieren. Die Bandbreite der 100 Mbit/s Vollduplex-Übertragung ist bei diesem System zu bis zu 97 % nutzbar und die extrem kurze Zykluszeiten von unter 50 µs bieten die Möglichkeit, auch hochdynamische Regelkreise über den Bus zu schließen. Da das Protokoll für kurzzyklische Prozessdaten optimiert ist, kann auf die Verwendung von belastenden Protokoll-Stacks – wie etwa TCP/IP oder UDP/IP – verzichtet werden.

Ein weiterer Vorteil von Ethercat: Geräte mit besonders harten Anforderungen an die Zykluszeit und einen deterministischen Datenaustausch, wie etwa bei Antrieben der Fall, können im gleichen Netzwerk mit nicht-echtzeitkritischen Geräten betrieben werden, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen. Subbussysteme werden auf diese Weise vermieden und es entsteht eine Bordnetz-weite Kommunikation und Deterministik: vom Steuerungs-Joystick oder Bedienpanel über die Prozesssensorik und Prozesssteuerung bis hin zu Infotainment oder Bildübertragung (zum Beispiel für die Bildverarbeitung einer Rückfahrkamera). Mit anderen Worten: Prozess-, Parameter- sowie Bedarfsdaten sind über den gleichen Draht übertragbar (One Wire Solution). Dies vereinfacht die Bordnetz-Architektur erheblich und spart Kosten zur Kopplung der Netze durch Gateways.

Da Ethercat eine Submikrosekundengenaue Synchronisierung von Geräten über den Bus unterstützt, ist zum Beispiel der Einsatz eines zentralen elektrischen

Antriebsreglers (Umrichter) auf dem Zugfahrzeug realisierbar, der die Energie und die Bewegungssteuerung für Motoren auf unterschiedlichen Anbaugeräten zur Verfügung stellt. Hierdurch wird genau die Leistung zur Verfügung gestellt, die für den Prozess erforderlich ist. Zudem können neue Algorithmen zur Optimierung und Ertragssteigerung flexibel angepasst und auch nachgerüstet (nachgeladen) werden. Die zusätzlichen Systeminformationen ermöglichen schlussendlich eine verbesserte Regelgüte.

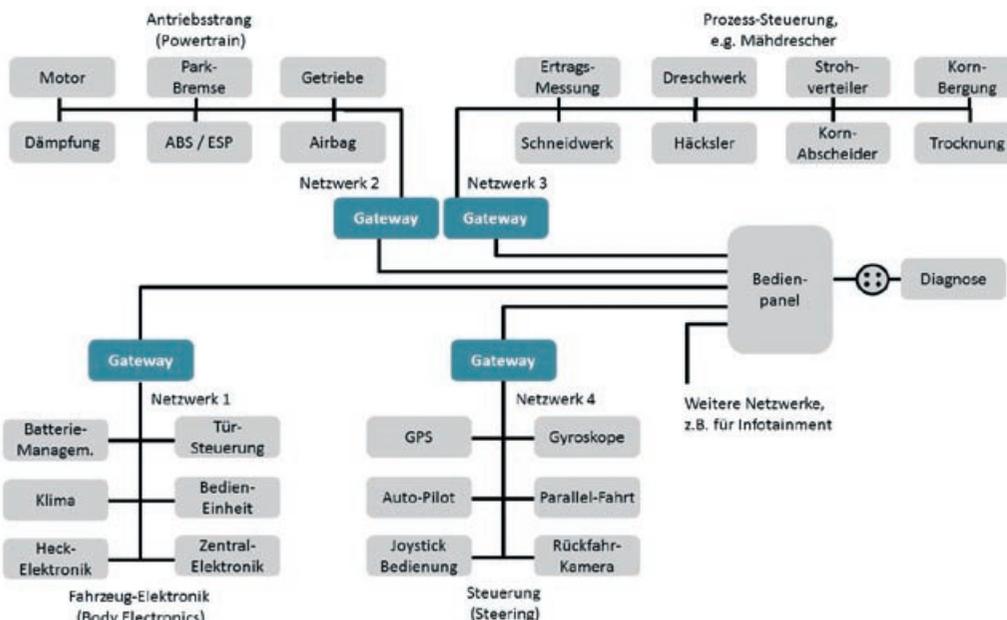
Flexibilität im Lifecycle

Im Gegensatz zu vielen anderen Kommunikationslösungen bestimmt bei Ethercat die Maschinenstruktur die Netzwerk-Topologie, nicht das Bussystem. Switches oder Hubs sind einsetzbar, in der Regel werden sie aber gar nicht benötigt. Mithin gibt es auch kein Limit bezüglich deren Kaskadierung. Weiterhin existieren praktisch keine Einschränkungen hinsichtlich der Bustopologie: Linie, Baum, Stern und jede Kombination daraus sind möglich, bei nahezu beliebiger Knotenanzahl. Diese Netzwerk-Flexibilität erlaubt eine kostenoptimierte Anpassung an Fahrzeug-Ausbaustufen auf Basis einheitlicher Plattform-Architekturen (product line).

Der automatische Netzwerk-Scan ersetzt eine manuelle Bordnetzplanung der Busteilnehmer. Die Teilnehmer werden beim Hochlauf erkannt und initialisiert. Per automatischer Link-Erkennung können Knoten und Netzsegmente im laufenden Betrieb ab- und wieder angekoppelt werden. Diese Hot-Connect-Funktionalität ist beispielsweise für optionale beziehungsweise austauschbare Anbaugeräte an Traktoren oder Werkzeugen bei Baggern und Radladern nutzbar.

Zur Steigerung der Verfügbarkeit wird die Linie zum Ring ergänzt, um eine Leitungsredundanz zu ermöglichen. Auf Masterseite ist neben Software lediglich ein zweiter Ethernet-Port erforderlich; Slave-Geräte unterstützen

Heutige Bordnetze stoßen an ihre Grenzen – inhomogene Netzwerk-Strukturen werden über Gateways gekoppelt.



Durch die zur Verfügung stehende Bandbreite ist es machbar, klassische Busanschaltungen (CAN, LIN, Flexray, Isobus, ...) in einem Ethercat-Gateway als unterlagertes System zu nutzen. Die schrittweise Umsetzung beziehungsweise Migration einer Maschine auf die Ethernet-Kommunikation sowie die Einbindung von Komponenten, die (noch) keine Ethercat-Schnittstelle unterstützen, sind somit möglich.

dies ohnehin und bleiben unverändert. In Kombination mit der Hot-Connect-Fähigkeit ist der Gerätetausch im laufenden Betrieb möglich, und mit Hot-Standby-Funktionen ist mit Ethercat auch Master-Redundanz realisierbar. Zudem können gefährdete Maschinenteile per Stichleitungen angebunden werden, um im Falle einer Unterbrechung nicht weitere Teile des Netzwerks zu beeinflussen.

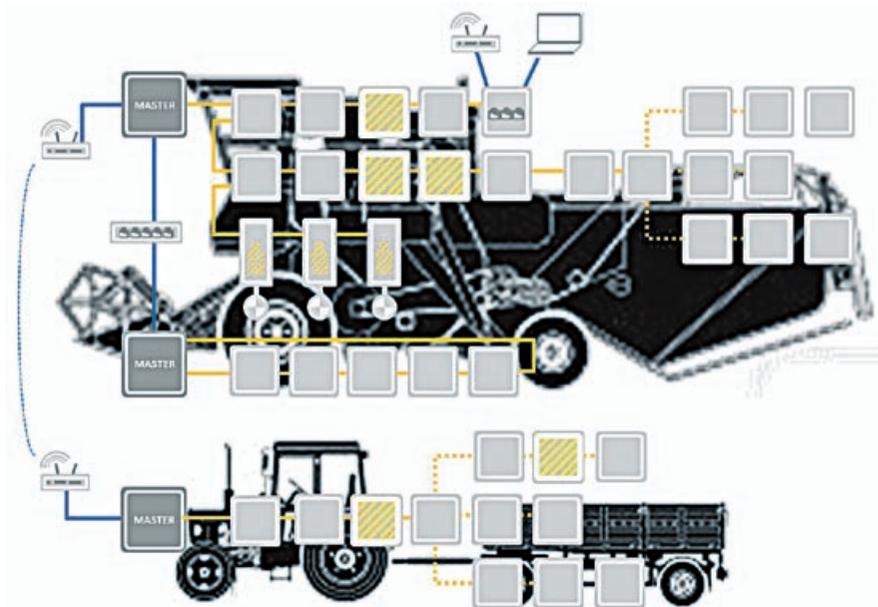
Diagnose und Condition Monitoring

Neben der Möglichkeit zum Einscannen und Vergleichen der Netzwerk-Topologie während des Hochlaufs unterstützt Ethercat systeminhärent viele weitere Diagnose-Eigenschaften.

So wird in jedem Slave das durchlaufende Telegramm vom Slave-Controller mit Hilfe einer Prüfsumme auf Fehler überprüft. Fehlerhafte Telegramme inkrementieren einen Zähler und werden für die nachfolgenden Teilnehmer als fehlerhaft gekennzeichnet. Über das Auslesen der Fehlerzähler der Teilnehmer ist der Master in der Lage, die Fehlerstelle im System exakt zu lokalisieren. Dies ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber den klassischen Bussystemen, bei denen sich Störungen auf der gemeinsam genutzten Busleitung im System ausbreiten und die Quelle einer Störung nicht lokalisierbar ist.

Der Master wiederum kann zyklus-synchron überprüfen, ob alle konfigurierten Teilnehmer die Daten auch bearbeitet haben. Mit Hilfe von Status- und Fehlerinformationen der Teilnehmer sowie gegebenenfalls dem so genannten Link Status kann der Master dann den Grund für das unerwartete Verhalten ermitteln.

Die Aufzeichnung des Ethernet-Netzwerk-Verkehrs kann mit Hilfe von kos-

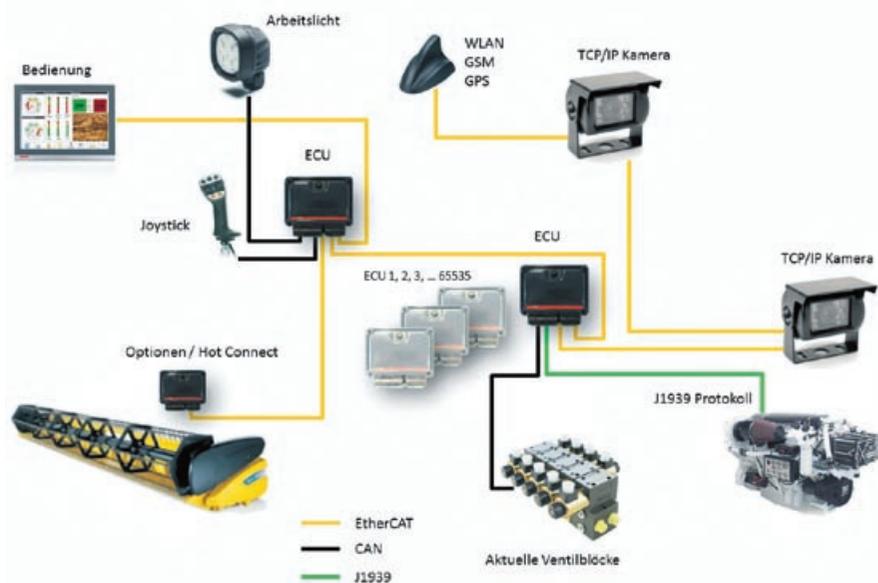


tenfreien Software-Tools erfolgen. So enthält etwa das weit verbreitete Tool „Wireshark“ einen Protokoll-Interpreter für Ethercat in der Installation, so dass die protokollspezifischen Informationen in Klartext angezeigt werden.

Auf Applikationsebene können die zur Verfügung stehenden Informationen aller Sensoren genutzt werden, um eine vorbeugende Wartung zu realisieren. Diese Sensoren nehmen Schwingungen einer Maschine, eines Lagers oder eines Motors auf, um durch Analyse der gemessenen Werte Schädigungen bereits vor einem Stillstand zu erkennen und

damit Ausfälle zu vermeiden oder Wartungsintervalle zu verlängern.

Insbesondere, wenn viele Daten von unterschiedlichen Teilnehmern zur Analyse herangezogen oder Schadfrequenzen drehzahlabhängig bewertet werden müssen, ist die Performance von Ethercat von Vorteil. Denn während klassische Condition-Monitoring-Systeme als separate Hardware-Module ausgeführt sind und aufwendig mit dem Steuerungssystem gekoppelt werden müssen, lässt sich mit Ethercat Spezial-Hardware durch Software-Module in der Steuerung ersetzen.



Die flexible Topologie von Ethercat mit integrierter Sicherheitstechnik ermöglicht die Vereinfachung der Bordnetz-Architektur. Auch können hierüber Fahrzeuge miteinander gekoppelt werden – zum Beispiel über Funk.

Nürnberg, Germany
26.-28.2.2013

 **embedded world 2013**
Exhibition & Conference
... it's a smarter world

Conference Agenda is online.
Register now!

www.embedded-world.eu

Organized by

**DESIGN &
ELEKTRONIK**
KNOW-HOW FÜR ENTWICKLER

NÜRNBERG MESSE

Sicherheit ist inklusive

Gerade bei mobilen Maschinen und Anlagen spielt das Thema Funktionale Sicherheit eine wesentliche Rolle. Mit Failsafe over Ethercat (FSoE) wird diese zum integralen Bestandteil der Netzwerk-Architektur. Das Protokoll ist in der IEC 61784-3 international standardisiert und erfüllt die Anforderungen der ISO 26262 ASIL 3, der IEC 61508 SIL 3 und ist geeignet bis PLe nach ISO 13849.

Das Transportmedium wird hierbei als „Black Channel“ betrachtet und daher nicht in die Sicherheitsbetrachtung einbezogen. Das bedeutet: Das Standardkommunikationssystem bleibt einkanalig und überträgt nebeneinander sichere und Standardinformationen.

Das Thema Connectivity

Ertragsdaten, Wartungsintervalle, Betriebsstundenzähler und Datalogging – der Anwender mobiler Maschinen erwartet zunehmend Zugriff auf unterschiedliche Informationen des Fahrzeugs möglichst zu jeder Zeit und möglichst online. Da Testsysteme und Prüfstände in den Testlaboren, der Fertigung und den Werkstätten bereits häufig mit Ethercat ausgestattet werden, vereinfacht sich eine Anknüpfung durch das gleiche Kommunikationssystem. Somit ist ein Durchgriff auf alle Komponenten gewährleistet und durch die genutzten Protokolle wie beispielsweise CAN application protocol over Ethercat (CoE) auch kostengünstig in den Teilnehmern implementierbar.

Mit dem Protokoll „Ethernet over Ethercat“ (EoE) kann schließlich beliebiger Ethernet-Datenverkehr im Ethercat-Segment transportiert werden. Standard-Ethernet-Geräte werden innerhalb des Segments über einen so genannten Switch-Port angeschlossen und die Ethernet-Frames per EoE getunnelt. Dies wird genutzt zur Fernwartung und Diagnose per TCP/IP und Webserver.

Die Kopplung zu anderen Fahrzeugen, beispielsweise für Parallelfahrten von Fahrzeugen bei der Ernte, benötigt eine Funkkommunikation und hat bezüglich der Echtzeit-Anforderungen weniger harte Bedingungen an die Kommunikation. Das „Ethercat Automation Protocol“ (EAP) definiert hierfür Schnittstellen und Dienste für den Datenaustausch zwischen Master-Geräten (Master-Master-Kommunikation) sowie für die Anbindung von Konfigurations- und Diagnose-Tools für die Maschinen- sowie für die Teilnehmerkonfiguration. *gh*



Guido Beckmann

ist Chairman des Technical Committees bei der Ethercat Technology Group (ETG).