Echtzeitkommunikation über Standard-Hardware

Ethernet TSN läutet eine neue Ära der Industrielle Kommunikation ein

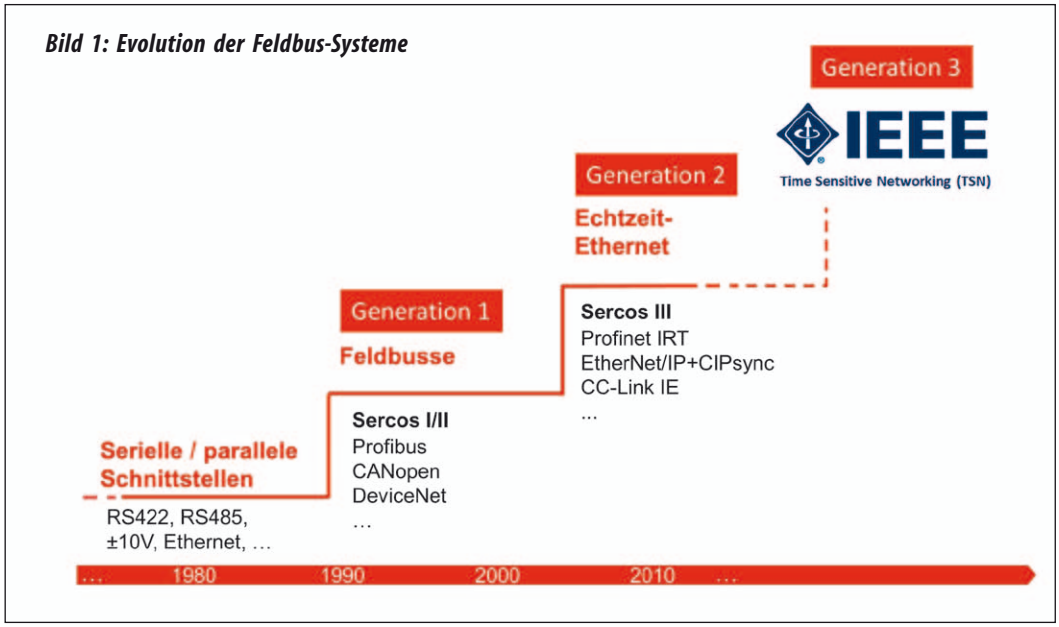

Bild 1: Evolution der Feldbus-Systeme

Ethernet TSN erlaubt erstmals in der über 40-jährigen Geschichte von Ethernet eine zeitgesteuerte und deterministische Übertragung von echtzeitkritischen Nachrichten über Standard-Hardware. Genutzt wird hierfür ein Zeitschlitzverfahren, welches Sercos schon seit über 25 Jahren für die Echtzeitkommunikation verwendet. Mit TSN wird das Anwendungsspektrum von Ethernet auf Echtzeitanwendungen, z.B. im Automobil oder in Industrieanlagen, erweitert. Damit wird eine neue Ära in der industriellen Kommunikation eingeleitet. Die Vorteile einer Verwendung von Ethernet TSN liegen auf der Hand: es kann Standard-Hardware mit integrierter Echtzeitfähigkeit eingesetzt werden, was in niedrigen Kosten und einem breiten Hersteller- und Produktangebot resultiert. Darüber hinaus ermöglicht der TSN-Standard die Konvergenz von Produktions- und IT-Netzwerken, d.h. Echtzeitkommunikation und normale Ethernet-Kommunikation können über einen einheitlichen Netzwerkstandard übertragen werden. Dies stellt eine ideale Basis für die Umsetzung von Industrie 4.0 und IIoT-Konzepten dar.

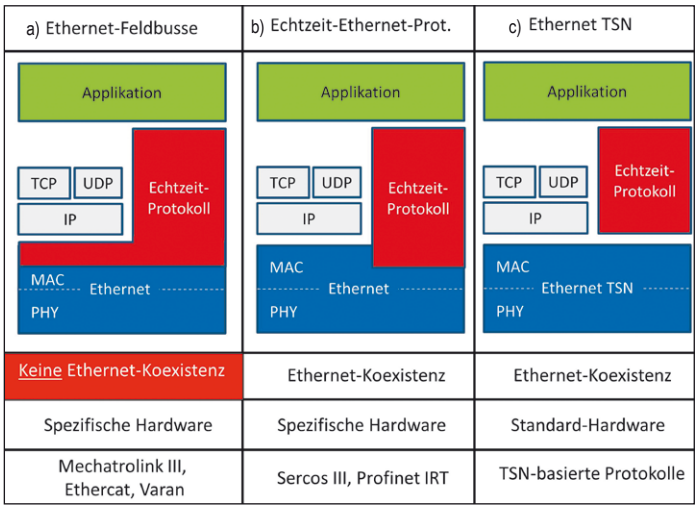

Bild 2: Echtzeit-Ethernet-Schnittstellen im Vergleich

Evolution der Feldbus-Systeme

Mit der Verfügbarkeit von Ethernet TSN wird auch die Evolution der Feldbussysteme (Bild 1) fortgeschrieben.

Feldbusse der 1. Generation wurden für spezifische Anforderungen und Aufgaben konzipiert. So wurde Sercos als Antriebsbus entwickelt, um die analoge ±10 V Antriebsschnittstelle abzulösen. Profibus, Interbus oder auch Devicenet wurden als Feldbusse für die E/A-Kommunikation entwickelt. Und Ethernet wurde zum damaligen Zeitpunkt nicht auf der Feldebene eingesetzt, sondern lediglich um Maschinen in übergeordnete IT-Systeme einzubinden.

Feldbussysteme der 2. Generation zeichnen sich dadurch aus, dass sie allesamt auf Ethernet basieren und somit eine sehr viel höhere Bandbreite zur Verfügung haben. Allerdings benötigen sie zur korrekten Funktionsweise und zur Erreichung einer entsprechenden Übertragungs- und Echtzeitperformance eine spezielle Hardwareunterstützung. Damit sind diese Systeme nicht konform zu den Standards IEEE 802.1 und 802.3, wodurch die vertikale und horizontale Integration mit Ethernet nicht optimal umgesetzt werden kann. Erschwerend kommt hinzu, dass die meisten Echtzeit-Ethernet-Protokolle in einer gemeinsamen Netzwerk-Infrastruktur nicht koexistieren können, ohne dass die Performance und Echtzeitcharakteristik beeinträchtigt wird. Verschiedene Echtzeit-Ethernet-Lösungen nutzen die Netzwerkinfrastruktur sogar exklusiv, so dass andere Protokolle über das jeweils unterlagerte Echtzeit-Protokoll getunnelt werden müssen (Bild 2a). Allerdings setzt dies ein laufendes bzw. funktionierendes Echtzeit-Protokoll voraus, um mit den Geräten überhaupt kommunizieren zu können. Einen anderen Ansatz verfolgen Echtzeit-Ethernet-Lösungen, die eine Koexistenz mit anderen Ethernet-Proto-

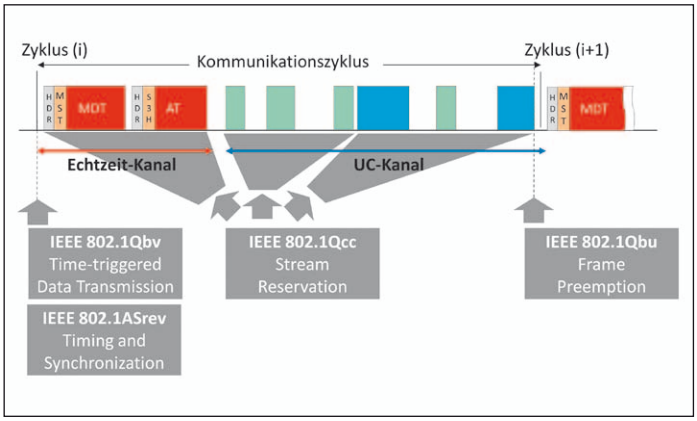

Bild 3: Übertragungsverfahren von Sercos III im Kontext von Ethernet TSN

Autor:

Peter Lutz,
Managing Director bei
Sercos International e. V.

Bild 4: Sercos over TSN Demonstrator

kollen unterstützen. Dabei können andere Protokolle sowohl mit als auch ohne das jeweilige Echtzeit-Protokoll genutzt werden (Bild 2b). Vertreter dieser Echtzeit-Ethernet-Lösungen sind z.B. Sercos III und Profinet IRT.

Ethernet TSN läutet nun die 3. Feldbusgeneration ein, denn diese Technologie erlaubt erstmals in der über 40-jährigen Geschichte von Ethernet eine zeitgesteuerte und deterministische Übertragung von echtzeitkritischen Nachrichten über Standard-Ethernet-Hardware (Bild 2c). Ethernet TSN nutzt dafür das Prinzip eines Zeitschlitzverfahrens, welches Sercos schon seit über 25 Jahren für die Echtzeitkommunikation verwendet. Da bei Ethernet-TSN-Echtzeitkommunikation und normale Ethernet-Kommunikation über einen einheitlichen Netzwerkstandard übertragen werden können, ergeben sich zukunftsweisende Lösungsansätze, um Produktions- und IT-Netzwerke zusammenzuführen.

Sercos III im Kontext von Ethernet TSN

Das Übertragungsverfahren von Sercos basiert seit der Einführung der ersten Generation (Sercos I) im Jahre 1990 auf einem Zeitschlitzverfahren und einer zyklischen Kommunikation. Sercos III unterstützt nicht nur die Übertragung von Echtzeittelegrammen im sogenannten Echtzeit-Kanal, sondern erlaubt außerdem die Übertragung beliebiger anderer Ethernet-Protokolle im sogenannten UC-Kanal (Bild 3).

Ethernet TSN bietet alle Eigenschaften und Mechanismen, um das Sercos-Übertragungsverfahren mit Standard-Ethernet-Hardware umzusetzen bzw. nachzubilden. Die Basis von Ethernet TSN ist der Standard IEEE 802.1Q, welcher die Aufteilung physikalischer Netzwerke in mehrere logisch getrennte, priorisierte virtuelle Netze spezifiziert. Mit verschiedenen Sub-Standards werden darauf aufbauend ergänzende Features spezifiziert, die im Folgenden erläutert werden und in den Kontext des Übertragungsverfahrens von Sercos gebracht werden (Bild 3).

1. Zeitsynchronisation

Alle Netzwerkteilnehmer haben ein gemeinsames Verständnis der Zeit. Dazu greift Ethernet TSN auf Mechanismen aus IEEE 802.1ASrev bzw. IEEE 1588 zurück. Das darin beschriebene Protokoll zur Zeitsynchronisation (PTP = Precision Time Protocol) definiert, wie räumlich verteilte Echtzeituhren untereinander synchronisiert werden.

2. Zeitschlitzverfahren

Synchrone Zeitschlitze erlauben die Übertragung verschiedener Traffic-Klassen und eine zeitgesteuerte Datenübertragung. Ethernet TSN nutzt dafür den Substandard IEEE 802.1Qbv (Enhancements for scheduled traffic).

3. Scheduling und Traffic Shaping

Alle teilnehmenden Geräte arbeiten bei der Bearbeitung und Weiterleitung von Netzwerkpaketen nach den gleichen Regeln. Ethernet TSN nutzt dafür den Substandard IEEE 802.1Qcc (Stream Reservation).

4. Frame Preemption

Telegramme können unterbrochen werden und später fortgesetzt werden. Ethernet nutzt dafür den Substandard IEEE 802.1Qbu (Frame Preemption).

Sercos-TSN Demonstrator

Für Echtzeit-Ethernet Protokolle der 2. Feldbusgeneration ergeben sich interessante Migrationskonzepte für TSN-basierte Netzwerke. Zur SPS/IPC/Drives im November 2016 wurde erstmals ein Sercos-TSN-Demonstrator präsentiert, in dem Sercos-III-Geräte und Ethernet-Geräte in einer gemeinsamen TSN-basierten Netzwerkinfrastruktur betrieben werden, ohne dabei die Echtzeitperformance von Sercos III zu beeinträchtigen (Bild 4).

Zum Einsatz kommt dabei ein TSN-basierter Sercos III SoftMaster mit einer Soft-CNC der Industriellen Steuerungstechnik GmbH (ISG). In diesen Master wurde das Precision Time Protocol (PTP) nach IEEE 1588 integriert, so dass sämtliche Netzteilnehmer, die über TSN-Switche der Firma Hirschmann Automation & Control GmbH kommunizieren, eine einheitliche Zeitbasis verwenden (Bild 5). Der SoftMaster kommuniziert über die TSN-Netzwerkinfrastruktur mit den Sercos-III-Slaves, die räumlich abgesetzt an einem anderen TSN-Switch angeschlossen sind. Parallel zur Sercos-Echtzeitkommunikation über TSN werden Videostreams einer Webcam zu einem Remote-Display übertragen. Die Untersuchung des Echtzeitverhaltens zeigte, dass sich die Fehler in der Zeitsynchronisation auf einen zweistelligen Nanosekundenbereich beschränken. Somit werden weder Funktionalität noch Echtzeitcharakteristik von Sercos eingeschränkt. Sercos-III-Geräte können unverändert und auch gemeinsam mit anderen Ethernet-Geräten in ein TSN-Netzwerk integriert werden und über TSN miteinander kommunizieren. Bestehende Tools, wie beispielsweise der Sercos Monitor können, als Diagnose- und Analysewerkzeug, weiterhin verwendet.

■ *Sercos International e. V.*
www.sercos.de

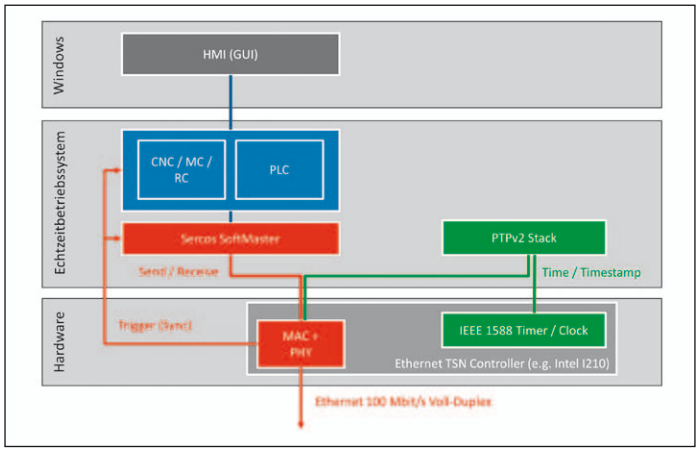

Bild 5: Sercos SoftMaster mit Ethernet TSN Anschaltung und PTP-Unterstützung nach IEEE1588