



ETHERNET



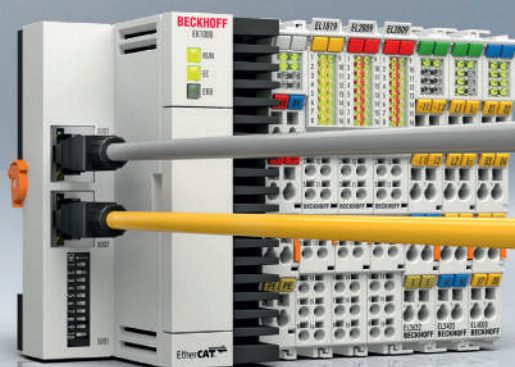
WIRELESS



SECURITY



Ethernet TSN



EtherCAT®

EtherCAT über geschaltete Ethernet-Netzwerke übertragen

EtherCAT einfach mit TSN kombinieren

Seite 6

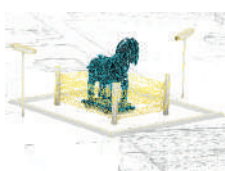
BECKHOFF

Bild: Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

SECURITY

Offene
Steuerungen
im Netz

Seite 28



VOM SENSOR IN DIE CLOUD

Lösungen für die Fabrik
von morgen

Seite 40



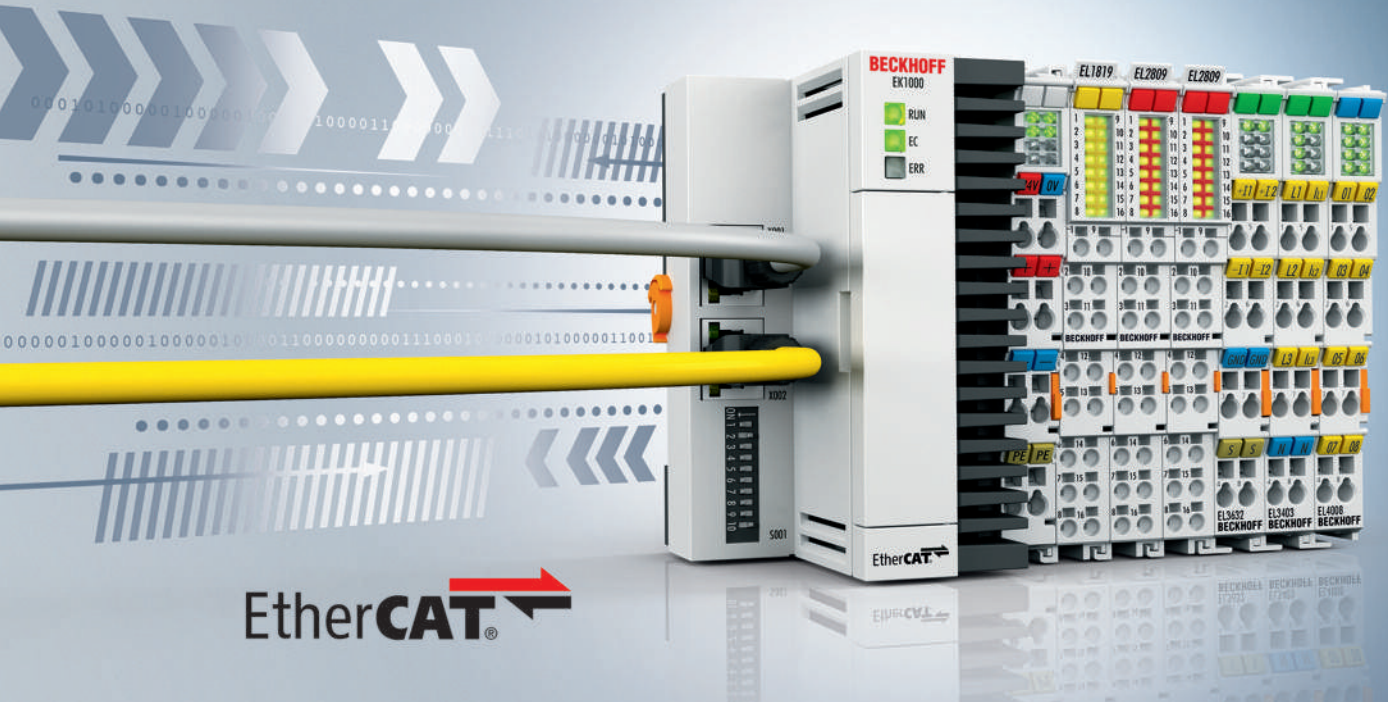
TSN OVER ETHERNET

Switch für die
Automatisierung

Seite 45



Ethernet TSN



Der EtherCAT-TSN-Koppler EK1000 erweitert die Einsatzmöglichkeiten von EtherCAT in heterogenen Netzwerkkombinationen.

Bild: Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

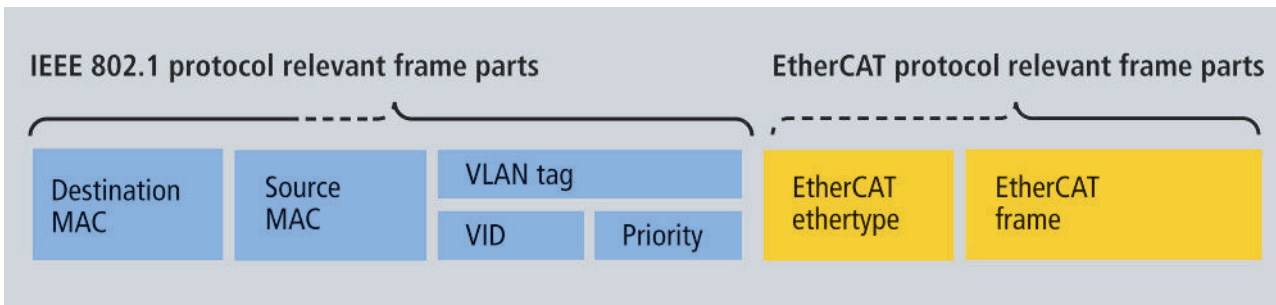
EtherCAT über gewichtete Ethernet-Netzwerke übertragen

EtherCAT einfach mit TSN kombinieren

Die Ankopplung eines oder mehrerer EtherCAT-Segmente an ein TSN-Netzwerk erfolgt mit dem EtherCAT-TSN-Koppler EK1000 auf einfache Weise. Das TSN-Netzwerk wird dabei für die Echtzeitanbindung einer abgesetzten Steuerung im Fabriknetz verwendet und somit als Topologie-Erweiterung eines EtherCAT-Segments dienen. Zusätzlicher Kommunikationsbedarf, z. B. für Vision-Kameras, kann dann parallel im TSN-Netzwerk eingesammelt und zentral in der Steuerung ausgewertet werden.

Die Kommunikation zwischen Steuerungen zur Vernetzung von Maschinen und Anlagen erfolgt bereits heute über Standard-Ethernet-Netzwerke. Die Nutzung von Time Sensitive Networking (TSN)-Technologien ermöglicht eine Echtzeitkommunikation in einem solchen Netzwerk: TSN eignet sich, um in einem heterogenen Ethernet-Netzwerk Datenströme (Streams) zu definieren und diese echtzeitfähig und priorisiert durch das Netzwerk zu transportieren.

Für die Kommunikation innerhalb von Maschinen ist EtherCAT die führende Technologie – das Prinzip der Datenverarbeitung on-the-fly ermöglicht eine herausragende Performance und ist prädestiniert, die im industriellen Umfeld zahlreichen kleinen Datenpakete von digitalen und analogen Eingängen in einem EtherCAT-Segment in der Regel mit nur einem Frame zu einem Gesamtprozessabbild zusammenzufügen. Beckhoff verbindet mit dem EtherCAT-TSN-Koppler EK1000 diese beiden Aufgabengebiete auf ein-



Komplementäre Nutzung des Ethernet-Frames für TSN und EtherCAT.

fache Weise und unterstützt die Anbindung von EtherCAT-Segmenten über ein heterogenes Ethernet-Netzwerk an eine abgesetzte EtherCAT-Steuerung.

Aktueller Status der TSN-Entwicklung

TSN ist eine Projektgruppe in IEEE 802.1, in der verschiedene Verfahren zur Verbesserung der Switching-Technologie definiert werden – quasi ein Werkzeugkasten auf Ebene 2 (Data Link Layer). Mit den richtigen Werkzeugen eignet sich TSN, um Daten mit Hilfe von Streams echtzeitfähig durch ein heterogenes

Netzwerk zu leiten. Sehr kurze Verzögerungen in den Netzwerkkomponenten, garantierte Bandbreite sowie eine hochgenaue Synchronisierung lassen damit auch Anwendungen für die Vernetzung von Automatisierungsanlagen zu.

- IEEE 802.1Qbv ist ein Standard zur Verbesserung des Weiterleitungsprozesses von zyklischen, zeitsensitiven Daten (daher Time Sensitive Networking) durch einen vorgeplanten und zeitgesteuerten Datentransfer (Time Aware Shaping, TAS). Weniger zeitkritische Daten werden für diese Zeit geblockt und dadurch Verzögerungen an den Ausgangsports vermieden.

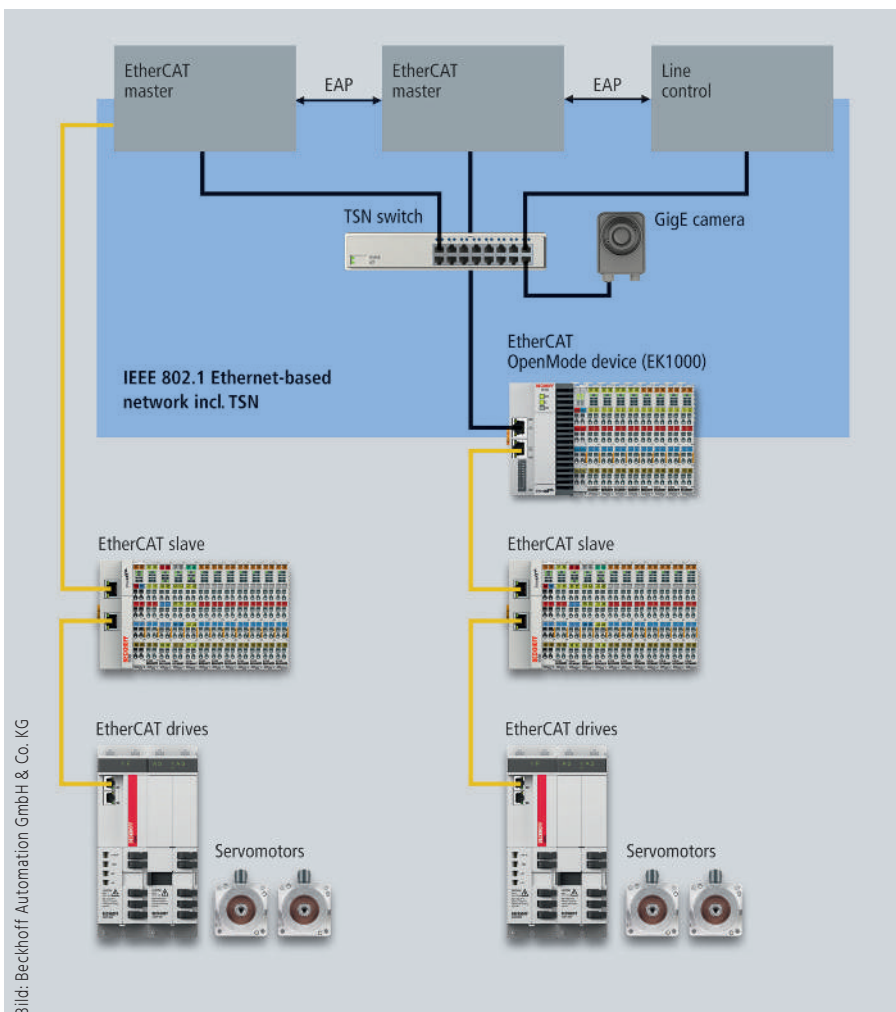


Bild: Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Erweiterung der EtherCAT-Topologie um ein heterogenes Standard-TSN-Netzwerk – EK1000 als Open-Mode-Koppler.

- IEEE 802.1Qbu Frame Preemption: Ein Problem bei der deterministischen Übertragung von zeitkritischen Daten ist die Belegung eines Netzwerk-Ports von einem nicht-priorisierten Frame, z. B. mit bis zu 1.500 Bytes. Eine mögliche Unterbrechung dieser nicht kritischen Ethernet-Frames dient dazu, die Verzögerung für einen zeitkritischen Frame zu reduzieren bzw. zu verhindern, dass ein großer Zeitschlitz vor der Echtzeitphase freigehalten werden muss.

- Der Standard IEEE 802.1AS-REV definiert ein Protokoll zur Synchronisierung von verteilten Uhren auf Basis des Standards IEEE 1588. Erst dadurch ist die genaue Zeitsteuerung in den Komponenten möglich, die für das TAS genutzt wird.

- Weitere Projekte in der IEEE 802.1 beschäftigen sich mit der Konfiguration der Netzwerkteilnehmer und Infrastrukturkomponenten. Der Standard IEEE 802.1Qcc (Stream Reservation Enhancements) definiert eine Verteilung der vorhandenen Bandbreite auf angeforderte Echtzeit-Datenströme (max. 80 %) und garantiert auch nicht-priorisierten Daten ein Durchkommen. Die Strategien zur Konfiguration werden noch kontrovers diskutiert: Sie variieren von einem dezentralen An-

„Die Nutzung komplementärer Bereiche des Ethernet-Telegramms für TSN und EtherCAT ermöglicht eine einfache Anbindung kompletter EtherCAT-Segmente an ein heterogenes TSN-Netzwerk. Beide Technologien können somit ihre Vorteile dort ausspielen, wofür sie entwickelt wurden.“

Dr. Guido Beckmann,
Beckhoff Automation GmbH & Co. KG



Bild: Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

satz mit hoher Flexibilität bis hin zu einem strikt zentralen Ansatz mit optimierter Performance für das System. Beiden Ansätzen gemein ist die komplexe Aufteilung der verfügbaren Bandbreite auf die angeschlossenen Teilnehmer.

Einsatz und Eigenschaften des EtherCAT-TSN-Kopplers

Beckhoff bietet mit dem EK1000 die Möglichkeit, durch ein TSN-Netzwerk ein oder auch mehrere EtherCAT-Segmente echtzeitfähig von einer Steuerung anzusprechen. So kann das breite Spektrum an EtherCAT-Geräten und EtherCAT-I/O-Klemmen direkt – ohne Änderung in den EtherCAT-Geräten – an die heterogene TSN-Welt angebunden werden.

Der EtherCAT-TSN-Koppler EK1000, als erster Teilnehmer in einem EtherCAT-Segment platziert, übernimmt die Adaption zwischen TSN und EtherCAT basierend auf dem EtherCAT-TSN-Profil, das in der EtherCAT Technology Group (ETG) definiert wurde. Da die verwendeten Spezifikationen in der IEEE-Projektgruppe noch nicht abgeschlossen sind, kann das Profil der ETG zunächst nur als Entwurf zur Verfügung gestellt werden. Eine Liaison zwischen IEEE und ETG stellt sicher, dass EtherCAT auch auf die noch nicht verabschiedeten IEEE 802.1-Spezifikationen zugreifen kann und so die Technologie zeitnah mit TSN eingeführt wird.

Das Profil macht sich dabei den Vorteil zu Nutze, dass beide Technologien komplementäre Bereiche des Ethernet-Frames verwenden: Ein TSN-Stream wird definiert durch den MAC-relevanten Teil im Frame (MAC-Adresse und VLAN Tag), EtherCAT hingegen nutzt nur den Bereich der Nutzdaten des Frames. Somit kann ein TSN-Stream originär ein EtherCAT-Telegramm transportieren, das anschließend direkt durch die EtherCAT-Slaves im EtherCAT-Segment geschickt wird. Im Segment selbst ändert sich nichts, d. h. die Performance des Protokolls, die genaue Synchronisation, die Topologie-Flexibilität, die Diagnosemöglichkeiten und die Einfachheit durch vollautomatische Adressierung der Geräte bleiben erhalten. Gleiches gilt für die freie Auswahl unter den EtherCAT-Geräten am Markt, die nach der Integration von TSN keinerlei Modifikationen benötigen.

Die Stream-Anpassung, mit der das EtherCAT-Segment an das heterogene TSN-Netzwerk angebunden wird, erfolgt entweder im letzten TSN-Switch oder im ersten EtherCAT-Slave-Gerät –

dem EK1000. Hierfür ist es lediglich notwendig, die TSN-Stream-ID des empfangenen Frames auf dem Rückweg zum Master auf eine neue TSN-Stream-ID zu ändern und ggf. den Zeitstempel für die verteilten Uhren (Distributed Clocks) im EtherCAT-Frame zu aktualisieren – mehr nicht.

Der EtherCAT-TSN-Koppler, als erster Teilnehmer in einem EtherCAT-Segment platziert, verfügt über zwei Ethernet-Schnittstellen. Einer dieser Ports verbindet den Koppler mit dem Ethernet- bzw. TSN-Netzwerk. Der EK1000 übernimmt dabei den Austausch des Telegramms vom TSN- an den EtherCAT-Port mit minimaler Durchlaufverzögerung. Die bewährten EtherCAT-Eigenschaften, wie z. B. Distributed Clocks und XFC, sowie EtherCAT-fähige Antriebe lassen sich somit auch in einem TSN-Netzwerk nutzen. In einem Netzwerk ohne TSN-Erweiterungen eignet sich der Buskoppler selbstverständlich auch zur Ankopplung eines EtherCAT-Netzwerks an ein Standard-Ethernet-Netzwerk. Die Implementierung von TSN-Technologien (Qbv, AS-REV) im EK1000 stellt die Grundlage für einen deterministischen Datenaustausch zwischen der Steuerung und dem EtherCAT-Segment bereit.

Ausblick

Mit den richtigen 'Werkzeugen' aus dem TSN-Werkzeugkasten eignet sich TSN, um in einem heterogenen Ethernet-Netzwerk Datenströme (Streams) zu definieren und diese echtzeitfähig und priorisiert durch das Netzwerk zu transportieren. Dies minimiert Verzögerungszeiten und gewährleistet eine Synchronisierung der Teilnehmer – es ersetzt aber keinesfalls den Echtzeitfeldbus. Feldbusse, wie z. B. EtherCAT, sind extrem effizient und optimiert auf eine einfache Handhabung und Inbetriebnahme; die Diagnose der Teilnehmer im laufenden Betrieb ist auf eine schnelle Fehlerbehebung ausgelegt. TSN sollte dort genutzt werden, wo es deutliche Vorteile bringt: im Fabriknetzwerk. ■

Autor: Dr. Guido Beckmann,
Technology Marketing,
Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
www.beckhoff.de/ek1000 – www.beckhoff.de/ethercat