

den IRT-Knoten. Dadurch kann ein Kanal, genannt *Red Phase*, in jedem Zyklus für normalen Verkehr blockiert werden. Nur IRT-Frames gelangen in der *Red Phase* in das Netz. Des Weiteren werden die IRT-Frames von den Netzteilnehmern zeitlich exakt zu einer vorberechneten Zeit gesendet, sodass die Effizienz während dieser Zeit maximal ist. Die IRT-Frames bewegen sich annähernd ohne Schlupf durch das Netz. Das hat unter anderem den Vorteil, dass dadurch die Länge der *Red Phase*, in der aller anderer Verkehr warten muss, auf das Notwendigste begrenzt wird. Diese *Red Phase* kann maximal 50 % der Bandbreite des Ethernet-Kanals belegen.

Wie bereits erwähnt benötigt ein Ethernet Frame voller Länge (1522 Byte) etwa 124 µs auf dem Kabel. Wenn *Profinet IRT* maximal 50 % Bandbreite beansprucht, ergibt sich als schnellste Zykluszeit das Doppelte, also 248 µs (meist aufgerundet auf 250 µs). Nur so können andere Protokolle unverändert koexistieren.

Noch schnellere Zykluszeiten, bis hinunter zu 31,25 µs, sind mit den bei *Profinet 2.3* eingeführten Optimierungen für IRT wie *Fast Forwarding*, *Dynamic-Frame-Packaging* und *Fragmentation* möglich. Diese werden aber noch selten angewendet.

### ■ Schritt 2: Ethernet-Feldbusse

Bei der Entwicklung von *EtherCAT* standen andere Anforderungen am Anfang. *EtherCAT* ist ein Feldbus auf Basis der Ethernet-Physik, also der Schicht 1 des OSI-Schichtenmodells. Schon die Schicht 2 ist auf Feldbusanwendungen und hohen Durchsatz optimiert. Die klassische Ethernet-Bridge gibt es bei *EtherCAT* nicht. Dafür nutzt man ein Summenrahmen-Telegramm, um die Daten besonders effizient zu übertragen. Statt für die Kommunikation zwischen Geräten jeweils einen eigenen Frame zu versenden, wie bei normalem Ethernet, wird bei *EtherCAT* ein Frame pro Zyklus versendet. Dieser Frame enthält aber alle Daten für die angesprochenen Geräte. Während der *EtherCAT*-Frame vom Gerät weitergeleitet wird, werden die Daten live in den Frame eingefügt und herausgenommen. Dadurch lassen sich sehr schnelle Zykluszeiten erreichen, im Extremfall bis deutlich unter 31,25 µs.

Auch bei *EtherCAT* gibt es eine Zeitsynchronisation. Dabei verwendeten die Entwickler viel Mühe darauf, dass auch die nicht immer idealen Ethernet-Schnittstel-

len eines PC als Master für *EtherCAT* verwendet werden können. Ethernet-Verkehre wie HTTP bzw. TCP/IP lassen sich nur in kleinen Häppchen huckepack auf *EtherCAT* transportieren, eine direkte Koexistenz auf dem Kabel ist ausgeschlossen.

*Powerlink* nutzt den gleichen Grundsatz wie *EtherCAT*, es übernimmt vollständig die Kontrolle über das Ethernet und transportiert IP-Anwendungen huckepack zu den Knoten. Das sind aber auch schon die Gemeinsamkeiten. *Powerlink* setzt nicht auf ein Summenrahmen-Protokoll. Gleichwohl erzielt es in praktischen Anwendungen etwa vergleichbare Leistungen.

*Sercos* hat, ähnlich wie *Profinet IRT*, eine reservierte Bandbreite, macht innerhalb dieser aber ein Summenrahmen-Protokoll. *Sercos* ermöglicht es anderen Protokollen zu koexistieren.

### ■ Schritt 3: Time Sensitive Networking (TSN)

Nachdem die IEEE sich im Rahmen des *Audio/Video-Bridging-Protocols (AVB)* dem Thema Echtzeit angenähert hatte, wurde bei dessen Weiterentwicklung auch die anspruchsvollere Echtzeitkommunikation der Industrie mit ins Auge gefasst. Das ursprünglich *AVB2* genannte Normenpaket wurde darauf in *Time Sensitive Networking (TSN)* umbenannt. Mit diesen Normen war es nun möglich, eine einheitliche, deterministische Version von Ethernet zu verwenden.

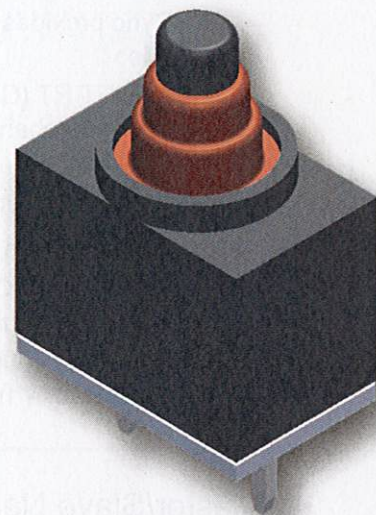
Damit wird tatsächlich vieles einfacher. Zum Beispiel sind die bekannten industriellen Netzwerke praktisch alle für 100 Mb/s definiert. Heute ist aber Gigabit-Ethernet und auch wieder 10 Mb/s in besonderen Anwendungen in den Fokus gerückt.

Die TSN-Standards decken alle Geschwindigkeiten ab. Mit TSN kann die »Neuerfindung des Rads« vermieden werden, denn wäre TSN nicht, müssten alle bestehenden Standards für Gigabit-Ethernet neu definiert werden – mit den damit verbundenen Kosten für Hardware-Entwicklung und der damit einhergehenden Fragmentierung des Marktes.

TSN erweitert die Schicht 2 des Ethernet um einen Reihe von Mechanismen, die für den Betrieb von Echtzeit notwendig sind:

■ IEEE 802.1AS/802.1ASrev sorgt für sehr genaue Synchronisation der Uhren im Netzwerk.

■ Durch die Option *TAS* (Time Aware Shaper) lässt sich Ethernet mit einer harten Zeitsteuerung betreiben. Damit können eine oder mehrere



## LTE - Serie Grenztaster von Diptronics

- Wasserdicht
- Kompakte Abmaße
- Platzsparend auf der Leiterplatte
- Waschbar (IPX7)

### Applikationen:

- Weiße Ware
- Automotive-Anwendungen
- Motorräder

# GUDECO ELEKTRONIK

Wir liefern elektronische und elektromechanische Bauelemente führender Hersteller

Sofort ab Lager

**WWW.GUDECO.DE**

GUDECO Elektronik Handelsgesellschaft mbH  
Daimlerstraße 10 | D-61267 Neu-Anspach | +49 6081 4040  
Berlin +49 30 29369777 | Nürnberg +49 911 5399230 | AUT +43 1 2901800

✉ info@gudeco.de