



Echtzeit-Ethernet

Der Trend weg von den Feldbussystemen und hin zu Ethernet-basierten Systemen war lange sehr problematisch, weil statt des klaren Kriteriums des Determinismus einfach irgendwelche Übertragungsdaten als Kriterium für Echtzeitfähigkeit herangezogen wurden (Aussage : "Ist schneller als 10ms und deshalb echtzeitfähig").

Die ändert sich gerade. Wie immer bei der Markteinführung von neuen Protokollstandards, werden mehrere verschiedene Systeme angeboten, die nicht zueinander kompatibel sind.

Sie müssen die Systeme nicht im Einzelnen kennen, aber Sie sollten im Kern verstanden haben, mit welchen Techniken der Determinismus im Ethernet hergestellt werden kann.

TSN : time sensitive networks

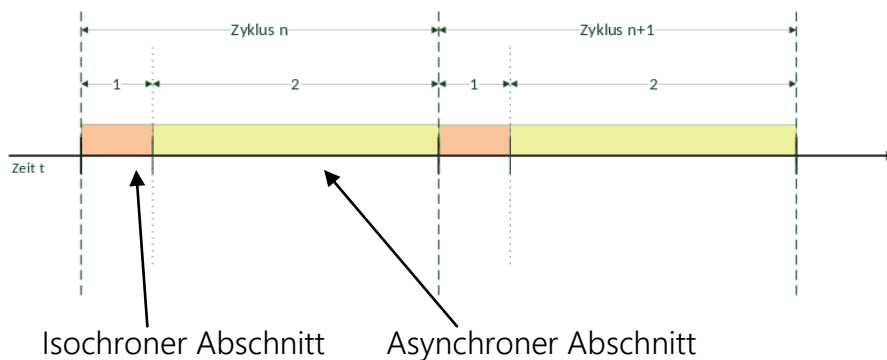
TSN soll (anders als bei der Einführung von Feldbussystemen) einen gemeinsamen Standard für Echtzeitethernet etablieren. Dies ist aktuell noch nicht erreicht, es ist aber erkennbar, daß die Hersteller proprietärer Systeme (siehe unten) den Übergang zu TSN vorbereiten.

Die Kernidee von TSN ist die Einführung einer systemweiten Zeitbasis. Alle Geräte verfügen über eine hochpräzise Uhr, alle diese Uhren laufen synchron.

Hierzu werden alle aktiven Geräte (Teilnehmer und Switches) mit einem hochgenauen Timing-Protokoll über die Ethernetleitung synchronisiert (PTP : precision time protocoll.).

PTP kann als Software realisiert die Geräte bis auf einige Microsekunden, in Hardware ausgeführt bis auf einige Nanosekunden Jitter genau synchronisieren.

Auf Basis dieser synchronen Zeitbasis wird es dann möglich, die Ethernetleitung in zwei Betriebsarten zu betreiben, die sich zyklisch abwechseln.



Im isochronen Zeitabschnitt (einige ms) werden die Nachrichten von den Switches nach einer vorher fest konfigurierten Reihenfolge übermittelt, ähnlich einem Token- oder Zeitmultiplexverfahren. Kollisionen oder andere Störungen können nicht auftreten, die Kommunikation wird deterministisch.

Im darauf folgenden asynchronen Zeitabschnitt (wieder einige ms) wird das normale Ethernetprotokoll ausgeführt. Standard-Ethernetgeräte können hier kommunizieren, allerdings nicht deterministisch.

Die gleiche Technik benutzt Profinet IRT von Siemens, allerdings ist das ein proprietäres System. Es ist schwer zu sagen, wie Siemens hier in Zukunft am Markt agieren wird.

Man konnte lesen, daß Siemens Profinet IRT aufgibt, und auf TSN waerten will. Es soll dann ein Standard "Profinet over TSN" aufgebaut werden. In neuern Veröffentlichungen von Siemens ist aber IRT und TSN wieder parallel (als Profinet Class C bzw. D) genannt.

Egal was hier passiert : Sie müssen die Technik verstanden haben!

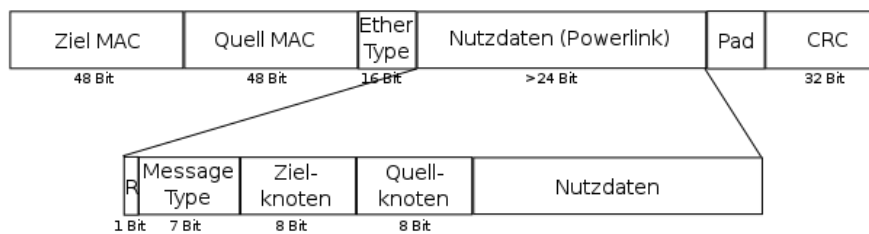
Powerlink (B&R)

Kernkriterium von Echtzeitsystemen ist der Determinismus. Im Ethernet kann das nicht garantiert werden, weil nicht ausgeschlossen werden kann, daß zwei Geräte zur selben Zeit versuchen zu senden. Bei Powerlink wird dies verhindert, indem der Layer 2 – Mechanismus so modifiziert wird, daß Geräte nur noch auf Anforderung senden. Das entspricht in der logischen Topologie einem Bussystem mit Master.

Die Teilnehmer heißen controlled nodes (CN), das Gerät, das die Sendeaufforderungen erteilt, ist der managing node (MN). Alles läuft auf normaler Ethernet-Hardware.

Hiermit werden Zykluszeiten von 100-200 μs möglich, bei einem Jitter von unter 1 μs .

Powerlinks Echtzeitfähigkeit basiert auf Layer 2, das bedeutet, daß am Layer 1 (hier Standard-Ethernet) nichts verändert wird. In den Layer2 - Frame wird nun eine Powerlink-spezifische Nachricht eingebaut :

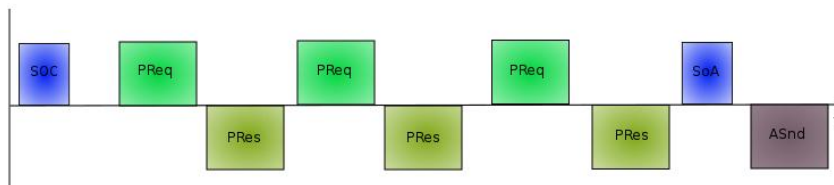


Hier werden die Powerlinkgeräte angesprochen, sie erhalten spezielle Nachrichten :

Message Type	ID	Bezeichnung der Nachricht	Verwendung	Ethernet Transfertyp
SoC	0x01	Start of Cycle	Definiert den Start eines neuen Zyklus	Multicast
PReq	0x03	PollRequest	Erfrage zyklische Daten des CN	Unicast
PRes	0x04	PollResponse	Sende aktuelle zyklische Daten des CN	Multicast
SoA	0x05	Start of Asynchronous	Signalisiere den Start der asynchronen Phase	Multicast
ASend	0x06	Asynchronous Send	Senden von asynchronen Daten	Multicast

Die Node (Knoten-) Adressen werden gebraucht, weil die reine Layer2 - Adressierung Nachteile hat. Es wird das letzte Byte der IP-Adresse benutzt, also z.B. bei 192.168.100.2 die 2 als Knoten-Adresse.

Mit einer Nachricht start of cycle (SOC) beginnt der MN mit der zyklischen Abfrage aller CN. Die Nachricht an den einzelnen CN heißt poll request (PReq). Jeder gefragte teilnehmer antwortet mit einem poll response (PRes). Sind alle CN durch, schaltet der MN das Netz wieder frei für Nicht-Echtzeit Teilnehmer mittels der Nachricht start of asynchronous (SOA).



Die Nicht-Echtzeit Teilnehmer hängen hinter einem Gateway, das die kontrollierte Ab- und Zuschaltung der normalen Ethernetgeräte mit SOC und SOA bewerkstelligt.

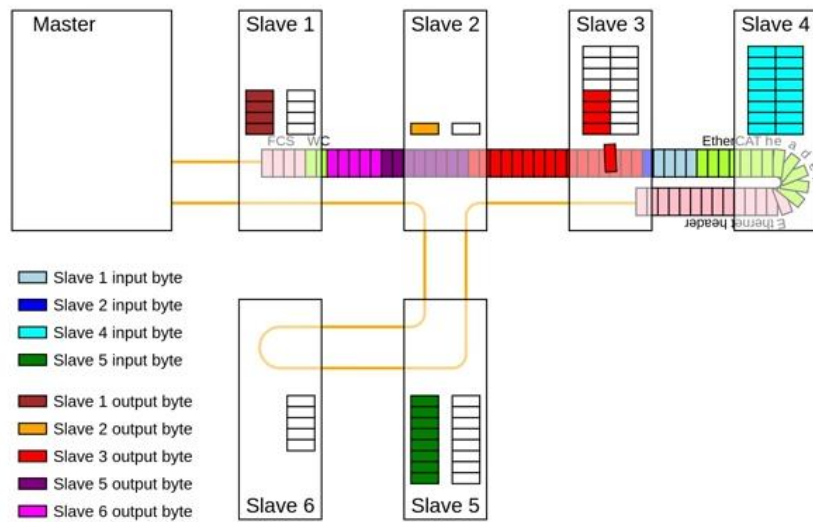
EtherCAT (Beckhoff)

Hier wird das Problem der gleichzeitigen Sendeversuche in Standard-Ethernet behoben, indem ein einziger Ethernet-Frame ("round robin") im Kreis zu allen Slavestationen läuft. In diesem Frame ist für jeden Slave ein Datenbereich konfiguriert, den er lesen und schreiben kann. Um den Ablauf zu beschleunigen, wird wie bei cut-trough Switches (im Gegensatz zum store-and-forward Switch) der Frame beim Teilnehmer nicht komplett gelesen, sondern nur soweit es die jeweilige Aktion erfordert.

Eine animierte Grafik zeigt bei Wikipedia die Funktion :

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/transcoded/8/8f/EthercatOperatingPrinciple.webm/EthercatOperatingPrinciple.webm.480p.webm>

EtherCAT-Geräte bearbeiten gemeinsam jeweils den selben Ethernet-Frame. Jedes Gerät kann in diesem Frame reservierte Daten lesen und schreiben. Das läßt sich so darstellen, als würde der Frame wie ein Güterzug durch die Stationen laufen, die je einen Wagon für den eigenen Bedarf nutzen können :



Hier sieht man den Frame der durch die ringförmige Anordnung läuft, Slave 3 greift gerade zu.