Echtzeit in die Praxis umsetzen

Konkrete Schritte für die Implementierung von TSN in PROFINET

Bild 1: Auf dem Weg in eine neue Technologie stehen am Anfang viele Detailfragen. PI arbeitet an zukunftsfähigen Lösungen für Industrie 4.0

Auf dem Weg in eine neue Technologie stehen am Anfang viele Detailfragen. Die Anwender wollen weiterhin ihre bewährten Anwendungen und vorhandenen Architekturen nutzen. Zudem sollte der Übergang für den Anwender beherrschbar bleiben. Vor dieser Aufgabe stehen derzeit Anwender, Gerätehersteller und Kommunikationsexperten, wenn es an die Umsetzung von TSN in PROFINET geht.

Ohne Echtzeitkommunikation wären viele Automatisierungaufgaben in Steuerungs- und Motion-Anwendungen nicht denkbar. Und gerade auf diesem Gebiet bringt TSN (Time-Sensitive Networking) sicher einige Vorteile für den Anwender mit sich. So können zum Beispiel Standard-Ethernet-Controller in der Feldebene eingesetzt werden. Zudem lassen sich mit TSN durchgängige synchrone Netzwerke für taktsynchrone Anwendungen realisieren. Bisher mussten solche Netzwerke separat realisiert und in den Geräten dedizierte Chips integriert werden

TSN weckt Erwartungen

Es ist also nicht weiter verwunderlich, dass die TSN-Technologie viele Erwartungen weckt. Gleichzeitig tauchen aber auch viele Fragen auf, z. B. wie es hierbei mit der garantierten Übertragungszeit, der Latenz oder der Performance aussieht? Und wann steht die neue Technologie bereit? Lassen sich bestehende Technologien weiter nutzen? Für Karsten Schneider, Vorstandsvorsitzender der PNO e.V. gibt es zumindest auf die letzte Frage nur eine Antwort: „Man kann es nicht oft genug betonen, der wichtigste Aspekt ist, das die Anwender weiterhin ihre bewährten PROFINET-Anwendungen und vorhandenen Architekturen nutzen wollen. Zudem muss der Übergang in die neue Technologie für den Anwender beherrschbar bleiben."

Daher kümmert sich die PNO derzeit um weitere Details rund um die TSN-Technologie. So stellt sich etwa die Frage, was von den verschiedenen Möglichkeiten von TSN überhaupt nötig ist, um in der Automatisierung zu arbeiten. Nicht jedes dieser Verfahren ist für die Automatisierung geeignet. Beispielsweise wird für Audio- und Videoübertragungen ein „Wasserfallmodell" (IEEE 802.1Q - Credit-Based-Shaper / IEEE 802.1BA) vorgeschlagen, das Übertragungszeiten von 10 - 20 ms bietet und nur eine Übertragungsrichtung betrachtet. Dies ist für Streamingdienste sinnvoll, für Regelschleifen ist eine One-Way-Lösung jedoch nicht geeignet und die Zyklen sind zu langsam.

Wichtige Aspekte

In der IEEE 802.1 wurden mehrere Verfahren für TSN festgelegt, damit je nach Applikation die jeweils besten Mechanismen für das notwendige Echtzeitverhalten zur Verfügung stehen. Für Anwender in der Automatisierung sind in Bezug auf TSN vor allem folgende Aspekte wichtig:

- Time Synchronization nach IEEE 802.1ASrev (also <1 µs Jitter für Sendelistensteuerung und synchrone Anwendungen)
- Enhancements for scheduled traffic (Zeitschlitze für Echtzeitdaten und sonstige Daten) nach IEEE Std 802.1Q-2018, früher IEEE 802.1Qbv
- Frame Preemption nach IEEE 802.1Q-2018 / IEEE 802.3-2018, früher IEEE 802.1Qbu / IEEE 802.3br (Unterbrechung von niederprioren Telegrammen)
- und Link Layer Discovery nach IEEE 802.1AB um die Topologie zu erfassen.

Diese Verfahren sind für geringe Latenz und hohe Performance geeignet.

Komplexität vereinfachen

Zunächst wirken diese Mechanismen – vor allem vor dem Hintergrund der internationalen Standardisierung – sehr komplex. Wer will schon genau wissen, wie der Switch für die Durchleitung der Informationen funktioniert. Die gute Nachricht

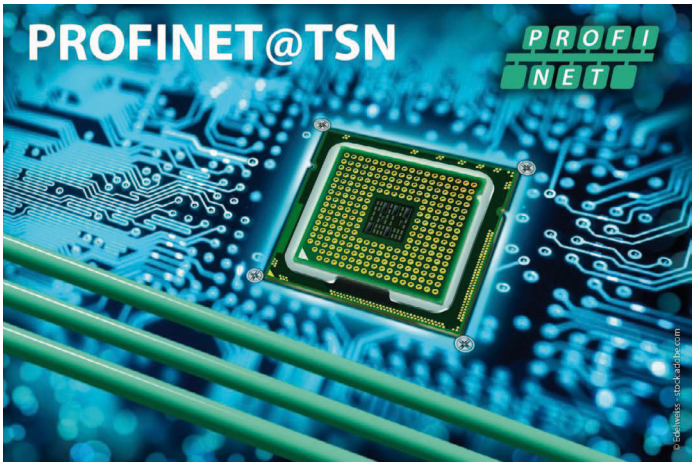

Bild 2: Die Umsetzung von TSN in PROFINET ist eines der Hauptthemen für PI. Demo-Modelle beweisen bereits, die Funktionalität der Integration von TSN in PROFINET

Autorin:
Barbara Weber
PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.
www.profibus.com

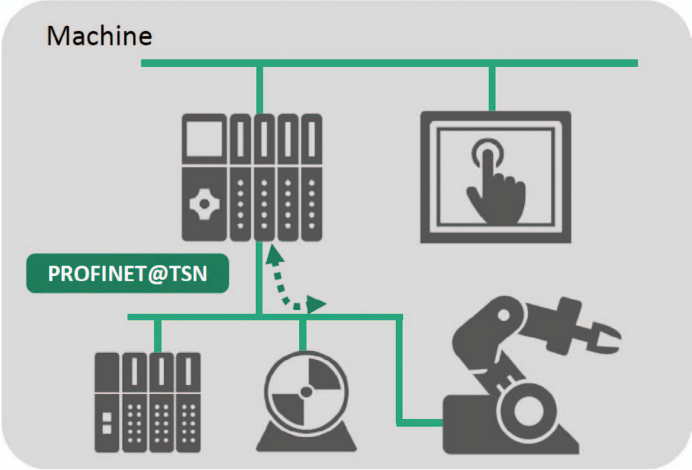

Bild 3: PROFINET nutzt TSN für die Kommunikation ins Feld

Ausblick

Für PI ist vor allem die Interoperabilität zwischen verschiedenen Technologielieferanten entscheidend. Nur so haben Geräteherstel-ler die Möglichkeit, eine für ihr Gerät optimale Plattform auszuwählen, wie sie es von dem bisherigen PI-Ökosystem aus Technologieprovidern gewohnt sind. Aus diesem Grund hat sich PI auch konsequent für die Einhaltung des TSN IA-Profils der IEC/IEEE 60802 entschieden, sobald dieses spezifiziert ist. Denn dort werden u. a. die notwendigen Hardware-Voraussetzungen für die Automatisierung festgelegt, um auf eine noch größere Auswahl an Halbleiterlieferanten für die Realisierung der Feldbusschnittstelle zurückgreifen zu können.

Außerdem hat es sich bewährt, parallel zur Ausarbeitung der entsprechenden Spezifikation konkrete Umsetzung in Hardware und Firmware durch verschiedene Technologiefirmen zu starten. So lässt sich zum einen überprüfen, wie sich die Spezifikationen in reale Produkte umsetzen lassen, und zum anderen nachweisen, ob die Spezifikation widerspruchsfrei, vollständig und interoperabel ist.

ist, dass es tatsächlich einfacher für den Anwender wird. Denn heute ist die Netzwerkkonfiguration (also das Festlegen der Kommunikationspfade von der Steuerung zum Device) Teil des Engineerings. In Zukunft wird diese Aufgabe in die Software der PROFINET-Geräte überführt und ist damit Teil der Runtime im Controller bzw. Device. Dazu muss man wissen, dass jedes PROFINET-Gerät nicht nur Geräteparameter enthält, sondern auch Netzwerkparameter bereitstellen kann. Dies entlastet nicht nur den Anwender, es erhöht auch die Flexibilität.

Zugute kommt dem Anwender, dass diese Anforderungen für Nutzer der PI-Technologien nicht neu sind. Diese Prinzipien gelten auch für IRT (Isochronous Realtime). PI hat in der Vergangenheit also die Weichen richtig gestellt, da sich auf diese Weise die bestehenden Architekturen mit TSN einfach weiter nutzen lassen.

Einfachen Regeln folgen

In Zukunft wird es in jeder TSN-Domäne eine „Network Management Engine NME“ geben. Diese wurde von PI-Experten entwickelt und ist in der Spezifikation beschrieben. Sie kümmert sich um:

- Network Configuration
- Topology Discovery
- Path Planning
- Best NME Negotiation

Letzterer Punkt wird etwa benötigt, wenn mehrere Controller vorhanden sind und entschieden werden muss, welche Information die wichtigere ist und damit schneller durchgeleitet werden muss. Der Anwender muss für die Konfigurationsberechnung damit nur noch einfache Regeln für das Netzwerk festlegen. Dazu gehören:

- Auswahl eines Working Clock Masters (typischerweise PLC)
- Datenrate (z. B. 100 Mbit/s oder 1 GBit/s)
- Domain-Name
- Scheduling der Update-Zyklen

Diese Einstellungen sind schnell erledigt, zumal sie für das gesamte Netzwerk (die gesamte Domain) festgelegt werden und nicht pro Gerät. Dies reduziert den Aufwand beträchtlich. Auch eine Solltopologieerstellung im Engineering ist nicht mehr notwendig – aber bei Bedarf weiterhin möglich.

Der Vorteil für den Anwender ist, dass er über die gleiche Anwendersicht (IO-Daten, Parametrierung, PROFINET-Verhalten, etc.) wie bisher verfügt. Angesichts mehr als 20 Millionen installierter Geräte mit PROFINET ist dies ein beruhigender Gedanke. Die Kernarchitektur von PROFINET bleibt ebenso gleich, wie die PROFINET-Statemachines für den Hochlauf, den Datenaustausch, Diagnose, etc.

Beweis erbracht

Dass dies in der Realität funktioniert, wurde anhand eines Demomodells nachgewiesen. Darin wurden verschiedene vorhandene TSN-Hardwarebausteine und PN-Stacks kombiniert und auf Netzwerksynchronisation, IO-Synchronisation, Integration bestehender Geräte sowie Netzlast getestet. Dabei wurde gezeigt, dass taktsynchrone IO-Applikationen mit einem Jitter kleiner als 1 µs genauso möglich ist wie ein Plug & Work bei Netzwerkänderungen. Auch der einfache Anschluss von bestehenden PROFINET-Geräten oder die Robustheit der PROFINET-Kommunikation selbst bei hohen Netzlasten wurde bewiesen. Gleichzeitig zeigte das Modell, dass der pragmatische Weg von PI sehr erfolgreich ist. Obwohl die IEC/IEEE 60802 noch nicht abgeschlossen ist, lässt sich bereits mit den von PI entwickelten Mechanismen arbeiten. Gleichzeitig ist die Lösung so flexibel, dass selbst bei möglichen Änderungen diese eingearbeitet werden können.

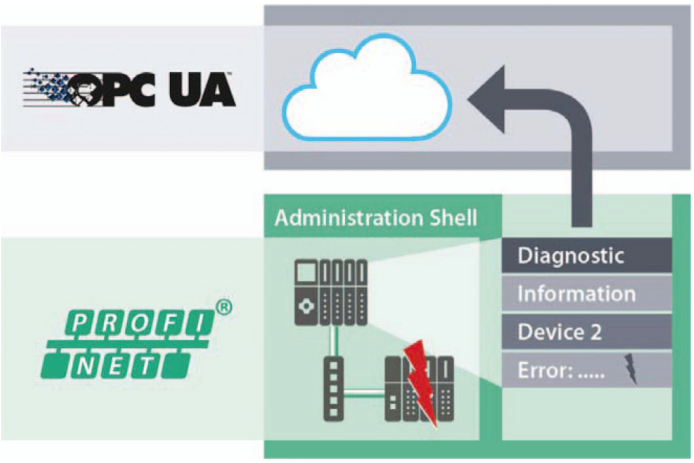

Bild 4: PROFINET OPC UA Companion Spezifikation ist verfügbar. Zu den wesentlichen Inhalten gehören die Erfassung und Darstellung von Assetmanagement- und Diagnosedaten

Konzept und Implementierung

Auf der diesjährigen Hannover Messe wurde zudem das Konzept und der erste Implementierungsschritt für PROFINET mit TSN-Zertifizierung vorgestellt. Zertifizierungstests sind unerlässlich für die Sicherstellung der Interoperabilität und Qualität der Produkte. Dieses bereits bewährte Testsystem ist Grundlage für die Erweiterung von TSN-Tests. Wegen der Echtzeitanforderungen von TSN sind nun die entsprechenden Routinen in ein frei verfügbares TSN-Entwicklerboard mit einem Echtzeitbetriebssystem ausgelagert. Das zugehörige Testprogramm auf einem Standard-PC steuert den Ablauf der Skripte und wertet die Ergebnisse aus. Selbstverständlich werden auf dieser Testumgebung auch bisherige Tests ablaufen können. ◄