

OPC UA over TSN (Time-Sensitive Networking) – Standard der Zukunft

Kurzfassung

Im Kontext von Industrie 4.0 bzw. der smarten Fabrik avanciert TSN (*Time-Sensitive Networking*) immer mehr zu einem Kommunikationsstandard, der das Potenzial hat, langfristig die unterschiedlichen Ethernet-basierten Kommunikationsprotokolle in der Automatisierungstechnik abzulösen – bis hinunter auf die Feldebene. In diesem Zusammenhang wird auch das Zusammenspiel von OPC UA und TSN derzeit als eine weiterführende einheitliche Kommunikationslösung gehandelt. Befeuert wird dies nicht zuletzt durch Kooperationen führender Hersteller. Doch was versteckt sich genau hinter TSN und diesen Kooperationen, die sich insbesondere mit OPC UA und TSN auseinandersetzen?

Einführung

Bei Time-Sensitive Networking (TSN) handelt es sich um eine Reihe von Echtzeiterweiterungen des bekannten Ethernet-Standards, die durch die entsprechende IEEE-Arbeitsgruppe innerhalb IEEE 802.1 festgelegt werden. Insbesondere werden Themen wie Netzwerkzeitsynchronisierung (IEEE 802.1ASbt), zeitliches Scheduling von über das Netzwerk versendeten Datenpaketen für garantierte Latenzzeiten (IEEE 801.1Qbv), Netzwerkredundanz (IEEE 802.1CB) und präemptives Versenden der Pakete adressiert, um niedrigere Latenz und höhere Bandbreiten sicherzustellen (IEEE 802.1Qbu und 802.3br). In dem Zusammenhang ist auch das Precision Time Protocol gemäß IEEE 1588 zu nennen, das für TSN von großer Bedeutung ist.

Hieraus kann man klar erkennen, dass TSN die Schwachstellen vorhandener Netzwerke adressiert, die im Folgenden kurz erläutert werden:

Bandbreite: In hochentwickelten Sensoranwendungen fallen bisweilen große Datensätze an, die die Netzwerkbandbreite belasten. Man denke etwa an die industrielle Bildverarbeitung, das 3D-Scannen und Leistungsanalysen. Die heutzutage häufig in der industriellen Steuerung und Regelung eingesetzten proprietären Ethernet-Derivate weisen jedoch lediglich Bandbreiten von 100 Mbit/s und Halbduplex-Kommunikation auf. TSN wird hier Abhilfe schaffen: Dieser Kommunikationsstandard der nächsten Generation wird in der Lage sein, gängige Ethernet-Raten abzudecken und die Vollduplex-Kommunikation unterstützen.

Sicherheit: Das Thema Sicherheit wird beim Großteil der heute genutzten maschinennahen Feldbusse durch Air Gap und Security through Obscurity adressiert. Diese werden von der Automobilindustrie mitgeprägt, die Air Gaps und geschlossene CAN-Netzwerke zur Übertragung aller Steuerungs- und Betriebsdaten einsetzt. Doch neueste Sicherheitslücken oder «security



RAHMAN JAMAL, Global Technology & Marketing Director, National Instruments und Gastprofessor an der Chinesisch-Deutschen Hochschule für Angewandte Wissenschaften an der Universität Tongji, Shanghai



breaches» machten deutlich, dass die Sicherheit auch komplett auf die kritische maschinennahe Steuerungs-/Regelungsinfrastruktur ausgedehnt werden muss. TSN sorgt für eine gesicherte Übertragung kritischer Steuerungs-/Regelungsdaten und entspricht führenden IT-Sicherheitsbestimmungen. Durch Segmentierung, Leistungsschutz und zeitliche Zusammensetzbarkeit lässt sich das Sicherheitsframework noch um mehrere Abwehrebeneben ergänzen.

Interoperabilität: Dadurch, dass TSN gängige Ethernet-Komponenten nutzt, lässt es sich nahtlos in existierende Brown-Field-Anwendungen und den üblichen IT-Verkehr integrieren, was für eine optimierte Bedienfreundlichkeit sorgt. Zudem wird der neue Standard mit einigen Eigenschaften von Ethernet ausgestattet sein, etwa mit HTTP-Schnittstellen und Webdiensten, die Ferndiagnosen, Visualisierungen und Reparaturfunktionen gestatten, wie sie für IIoT-Systeme üblich sind. Ebenfalls vorteilhaft ist, dass die verwendeten Standard-Ethernet-Chipsätze in Großserien gefertigt, kommerzielle Chips enthalten, wodurch die Kosten für Komponenten reduziert werden.

Latenz und Synchronisation: Die Kommunikation mit geringer Latenz, wie sie für Regelungsanwendungen und solche Applikationen erforderlich ist, die eine schnelle Systemantwort benötigen, wird bei TSN vorrangig bearbeitet. Deterministische Übertragungszeiten im zweistelligen Mikrosekundenbereich sind ebenso möglich wie eine Zeitsynchronisation zwischen Knoten bis hinunter in den zweistelligen Nanosekundenbereich. Um eine zuverlässige Handhabung dieses zeitkritischen Datenverkehrs zu gestatten, bietet TSN automatisierte Konfigurationen für äußerst zuverlässige Datenpfade, bei denen Pakete dupliziert und zusammengeführt werden. Dies wiederum ermöglicht eine verlustlose Pfadredundanz.

OPC UA over TSN

Das typische Bild, das man in der Kommunikation im Bereich der industriellen Automatisierung vorfindet, ist die Nutzung unterschiedlicher Protokolle für den Datenaustausch zwischen verschiedenen Geräten. Diese Protokolle sind in der Regel nicht miteinander kompatibel, der Anwender findet sich somit häufig vor proprietären Systemen wieder. Abhilfe schaffen können lediglich die Produkthersteller, indem sie mehrere Versionen von im Grunde gleichen Produkten entwickeln. Doch dies schränkt Innovationen und neue Automatisierungskonzepte erheblich ein, und die Anwender können nicht das volle Potenzial ihrer Automatisierungslösungen ausschöpfen.

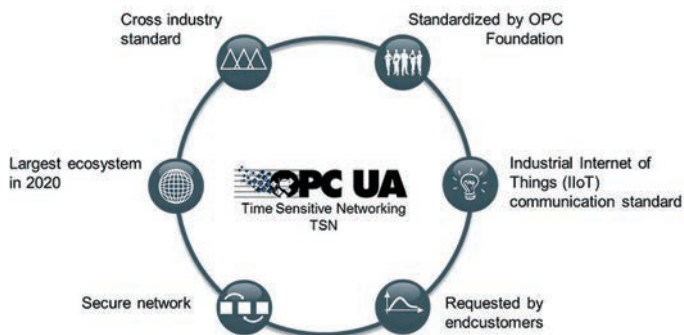
Aus diesem Grund haben sich namhafte Industrie Größen wie ABB, B&R, Bosch Rexroth, CISCO, General Electric, Hilscher, Hirschmann, Kuka, National Instruments, Parker Hannifin, Phoenix Contact, Pilz, Schneider Electric, SEW-EURODRIVE, Sick, TTTech und WAGO zusammengetan, um den Standard in einer technischen Kooperation voranzutreiben. Ziel der Zusammenarbeit ist es, eine vollständig offene, einheitliche, kompatible IIoT-Lösung für die echtzeitfähige Peer-to-Peer-Kommunikation zu schaffen, die den Steuerungen einen standardisierten Datenaustausch mit anderen Steuerungen, aber auch mit der Cloud ermöglicht. Die teilnehmenden Unternehmen sind überzeugt, dass OPC UA over TSN den zukünftigen Standard für die industrielle Automatisierung und die Konnektivität im Industrial Internet of Things (IIoT) darstellt. Dieser neue Standard wird es gestatten, Informationstechnologie (IT) und Betriebstechnologien (OT) konvergieren zu lassen – eine der grundlegenden Voraussetzungen für IIoT und Industrie 4.0.

Doch mag man sich fragen, welche Vorteile TSN in dem Zusammenhang überhaupt mit sich bringt, denn schließlich lässt sich das OPC-UA-Protokoll ebenfalls über die klassischen Industrial-Ethernet-Systeme übertragen, wie etwa durch Timeslots oder per Tunneling. Nun, man kann nicht

alle herkömmlichen Technologien des Industrial Ethernet in einen Topf werfen. Viele Unternehmen und Hersteller haben Einiges investiert, damit es möglich wurde, «Ethernet» für ihre Anwendungen einzusetzen. Manche konnten unverändertes Standard-Ethernet nutzen, sahen sich aber genötigt, die Systemkonfiguration einzuschränken, damit Zuverlässigkeit und Performance gewährleistet wurden. Andere wiederum mussten starke Veränderungen auf Hardwareebene vornehmen, um die erforderliche Leistung zu erreichen. Das gemeinsame Ziel aller war es, Standard-Ethernet verwenden zu können, ohne auf die jeweils erforderliche Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit sowie die Skalierbarkeit auf künftige Systeme, Interoperabilität oder Flexibilität zu verzichten. Solche Kompromisse waren erforderlich, damit existierende Technologien/Systeme ausgeführt werden konnten. Das Normungsinstitut IEEE reagierte darauf, indem es TSN schuf, das dem Standard-Ethernet die erforderliche Infrastruktur verleihen soll. Ob der Standard letztendlich von der Industrie angenommen wird oder nicht, hängt wohl von den Anforderungen an neue Anwendungen ab, die sich mit Industrial Ethernet gar nicht oder nur mit erheblichen Schwierigkeiten realisieren ließen. Zwar ist die Bandbreite etwa durchaus ein wichtiges technisches Detail, aber wie erwähnt, wird der hauptsächliche Einsatzzweck von TSN wohl die IT-OT-Konvergenz sein. Dies wird es den Anwendern erlauben, auf Daten zuzugreifen, die für übergeordnete geschäftspolitische Entscheidungen, flexible Produktion und Prozessoptimierung benötigt werden – Stichwort «Industrie 4.0».



OPC UA over TSN the undisputed IIoT highway



Die Vorteile der Kommunikation mittels OPC UA over TSN

Die nächste Frage, die sich stellt, betrifft die Aufgaben und Funktionen in OPC-UA-/TSN-Systemen. Wie teilen sich diese zwischen OPC UA und TSN auf, welcher Standard ist für was zuständig? TSN und OPC UA arbeiten auf verschiedenen, wenn auch sich ergänzenden Ebenen des Kommunikationsstacks. Während TSN für die Zeitsynchronisation und deterministische Zustellung von Datenpaketen zuständig ist und dafür Netzwerkdienste zur Verfügung stellt, arbeitet OPC UA auf der Applikationsebene. Es sorgt dafür, dass die Nutzdaten des Pakets ein gängiges Format aufweisen, das sowohl der Sender als auch der Empfänger verstehen. Vergleiche man es etwa mit einem Telefongespräch, so wäre es die Aufgabe von TSN, eine Verbindung herzustellen, deren Qualität ausreichend ist, damit die beiden Parteien in Echtzeit hören können, was gesagt wird. OPC UA hingegen wäre dafür zuständig, dass sich die Parteien für die Kommunikation derselben Sprache bedienen.

Auch das Thema «Feldbusse» taucht bei Diskussionen um TSN immer wieder auf, denn grundsätzlich hätte dieser neue Standard das Potenzial, klassische Feldbusse nach und nach zu verdrängen. Viele Leute hinterfragen, welche Aufgaben und Funktionen denn nun künftig den Industrial-Ethernet-Systemen zufallen und für welche wiederum die Feldbusse zuständig wären. Dies hat jedoch weniger mit der Technik selbst zu tun, sondern hängt eher von der Akzeptanz auf dem Markt ab. Prinzipiell ist TSN jedoch in der Lage, sowohl anspruchsvolle hochperformante Anwendungen als auch gängige kostengünstige Applikationen abzudecken. Mit anderen Worten: TSN ist die erfolgreiche Konvergenz von zeitkritischen, nicht zeitkritischen und Datenstreaming-Anwendungen über ein einziges Netzwerk. Es ist davon auszugehen, dass TSN als Erstes in der Controller-Controller-Kommunikation genutzt wird.

Ist TSN bereits produktreif?

Die teilnehmenden Unternehmen der genannten Kooperation beabsichtigen, OPC UA over TSN in künftigen Produktgenerationen zu unterstützen. Und in der Tat werden bereits erste Prototypen in ein Testbed des IIC integriert. Dieses soll demonstrieren, dass OPC UA over TSN die Kommunikation zwischen Steuerungen unterschiedlicher Hersteller über eine gängige IT-Infrastruktur gestattet. Zu begutachten ist dieses Testbed an NIs Stammsitz in Austin, wo kürzlich das NI Industrial IoT Lab (s. unten) eröffnet wurde.

Eine weitere TSN-relevante Kooperation mit NI-Beteiligung ist die Early Access Technology Plattform für Time-Sensitive Networking, die die Entwicklung neuer Synchronisations- und Kommunikationstechnologien vorantreiben soll. Mit der in Zusammenarbeit mit Cisco und Intel entwickelten Plattform sind Anwender in der Lage, Steuer-, Regel- und Messanwendungen über Standard-Ethernet-Verbindungen deterministisch und zeitsynchronisiert auf verteilten Systemen auszuführen. Die Plattform wird bereits im Rahmen von Projekten wie z. B. dem eben erwähnten TSN-Testbed eingesetzt. Auch das Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen nutzt es für die Entwicklung von CNC-Maschinen der nächsten Generation, ebenso wie die EUV Tech, die damit neuartige Halbleiterfertigungsmaschinen erstellt. Das **Oak Ridge National Laboratory (ORNL)** setzt die Plattform für Forschungen rund um das Stromnetz der Zukunft ein.

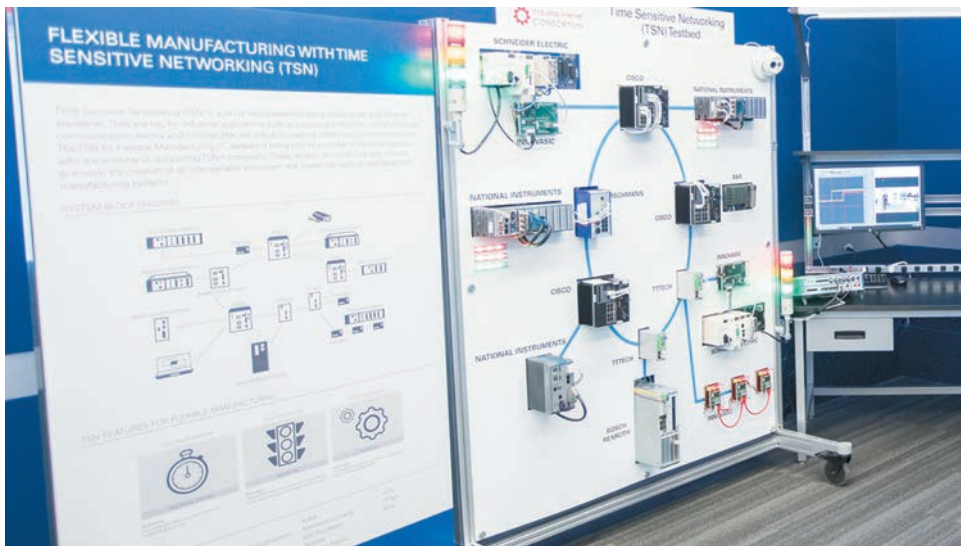
Die Early Access Technology Plattform umfasst neue CompactRIO-Controller mit Intel-Atom-Prozessoren und einem TSN-fähigen I210-Netzwerkanschluss von Intel und stellt so eine schnelle und gleichzeitig energiesparende Lösung zu einem günstigen Preis-Leistungs-Verhältnis bereit. Die Controller werden mit der Systemdesignsoftware LabVIEW programmiert, um die Zeitsynchronisation im Netzwerk aufrechtzuerhalten und sowohl die Verarbeitung auf dem Echtzeitprozessor als auch auf dem FPGA anhand der Zeitvorgaben zu synchronisieren. Nachdem Zeit ein integraler Bestandteil von LabVIEW ist, lassen sich Signalverarbeitung, Steuer- und Regelalgorithmen und I/O-Timing nahtlos mit geplanten Netzwerkübertragungen sowie zwischen mehreren in einem Netzwerk verteilten Systemen koordinieren.

Beim neuen Industrie-Controller IC-3173 handelt es sich um den ersten NI-Controller mit IP67-Schutzgrad. Dieser neue Controller eignet sich ideal für den Einsatz als IIoT-Edge-Node in besonders rauen Betriebsumgebungen wie z. B. Produktionsstätten, Prü fzellen und Außenbereichen, die Spritzwasser ausgesetzt sind, ohne dass ein Schutzgehäuse notwendig ist. Der IP67-Schutzgrad gewährleistet den zuverlässigen und sicheren Betrieb in Bereichen mit Staub und Wasser gemäß dem Standard IEC 60 529. Die Industrie-Controller von NI sind leistungsfähige, lüfterlose Geräte, die eine hohe Verarbeitungsleistung und vielfältige Anbindungsoptionen für automatisierte Bildverarbeitungs-, Datenerfassungs- sowie Steuerungs- und Regelungsanwendungen in extremen Umgebungen bereitstellen. Die Controller beherbergen einen anwenderpro-

grammierbaren Kintex-7-FPGA von Xilinx, der benutzerdefiniertes I/O-Timing sowie ebenfalls anwenderspezifische Synchronisation, Steuerung, Regelung und Bildverarbeitung gestattet und somit zu einer verbesserten Systemleistung beiträgt.

Ebenso hat National Instruments (NI) kürzlich auf der NIWeek 2017 zwei neue Ethernet-Chassis mit vier bzw. acht Steckplätzen vorgestellt, die eine deterministische Synchronisierung über aktuelle Ethernet-Standards unterstützen. NI verbindet damit Time-Sensitive Networking (TSN) mit robuster CompactDAQ-Hardware für verteilte Messungen im Netzwerk. Die Chassis cDAQ-9185 und cDAQ-9189 unterstützen genaue Zeitsynchronisierungen über TSN, wodurch sich verteilte Systeme einfacher skalieren lassen, und bieten u.a.: präzises Netzwerk-Timing ohne zusätzliche Synchronisationsleitungen für nahtlos synchronisierte Messungen sowie einfaches Daisy-Chaining über einen integrierten Netzwerk-Switch. Letzteres sorgt für die schnelle Einrichtung und Erweiterung verteilter Anwendungen. Die neuen Chassis synchronisieren Messungen automatisch über einen Netzwerktakt. Dadurch wird eine genaue Synchronisierung über größere Entfernungen möglich, was wiederum die Einrichtung und Verwaltung von verteilten Systemen und Systemen mit hoher Kanalzahl vereinfacht. Dank dieser innovativen Synchronisationsmethode in Kombination mit den Signalverarbeitungsbibliotheken der Systemdesignsoftware LabVIEW können Anwender zügig Daten erfassen sowie analysieren und Tests somit schneller und effizienter durchführen.

NI IIoT Lab



Praktische Umsetzung des IIC-TSN-Testbeds im NI IIoT Lab

Beim oben erwähnten NI IIoT Lab dreht sich alles um intelligente Systeme, die Betriebstechnologie mit Informationstechnologie verbinden, sowie die Unternehmen, die an diesen Systemen arbeiten. Das NI Industrial IoT Lab soll zudem die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen fördern, um die Interoperabilität der verschiedenen Technologien zu gewährleisten. So arbeiten hier Entwickler von Kommunikationsprotokollen, Controller-Hardware, I/O-Komponenten, Prozessoren

und Softwareplattformen gemeinsam an der Validierung umfassender Lösungen, die zukünftige Betriebsabläufe grundlegend verändern sollen. Zu den Sponsoren des Lab gehören neben NI auch Analog Devices, die Avnu Alliance, Cisco Systems, Hewlett Packard Enterprise, das Industrial Internet Consortium, Intel, Kalypso, die OPC Foundation, OSIsoft, PTC, Real-Time Innovations, SparkCognition, Semikron, Viewpoint Systems und Xilinx.

Das Industrial IoT Lab dient auch der praktischen Vorführung von Technologien, Lösungen und Systemarchitekturen für das industrielle Internet der Dinge. Mithilfe von Demosystemen, wie z.B. den Testbeds des Industrial Internet Consortium (IIC), können die beteiligten Unternehmen ihre innovativen Lösungen vorstellen und mit den jeweiligen Bereichsexperten an der Bewältigung realer Herausforderungen arbeiten.

Zusammenfassung

In TSN im Allgemeinen und in OPC UA over TSN im Besonderen steckt großes Potenzial. Nicht von ungefähr engagieren sich die oben erwähnten Industrie Größen so stark dafür, OPC UA over TSN zum führenden Kommunikationsstandard zu machen. Wir bei NI sind zuversichtlich, dass OPC UA over TSN die Bedürfnisse unserer Kunden abdeckt, die interoperable Test-, Mess-, Steuer- und Regelsysteme erstellen müssen. Diese Zuversicht spiegelt sich in unserer aktiven Arbeit in den unterschiedlichen Gremien wider. So haben wir beispielsweise bei OPC den Vorsitz der TSN-Arbeitsgruppe inne. Auch im Industrial Internet Consortium (IIC), dessen TSN-Testbed bei uns im IIoT Lab aufgebaut ist, sind wir sehr aktiv. Darüber hinaus arbeiten wir innerhalb der TSN-Arbeitsgruppe des IEEE als Verfasser (Editor) an einem Teil des Standards. Und last not least sind wir aktives Mitglied des Aufsichtsrats der Avnu Alliance, der Unternehmen wie Broadcom, Cisco, Intel und NI angehören. Ganz ähnlich wie die Wi-Fi Alliance zertifiziert, dass Produkte und Geräte mit dem Standard IEEE 802.11 konform sind, wird die Avnu Alliance die Gestaltung eines interoperablen Ökosystems durch Zertifizierung vorantreiben.