



Unterstützung deterministischer Traffics durch Ethernet der nächsten Generation

Time-Sensitive Networking (TSN) für das Industrielle Internet der Dinge

Von Catherine Bacon, Product Marketing Manager, National Instruments

Während unsere Welt sich zu einem Ort mit Milliarden intelligenter, verbundener Geräte entwickelt, werden entscheidende Unterschiede zwischen dem Internet der Dinge (IoT) und seiner Teilmenge, dem Industriellen Internet der Dinge (IIoT) erkennbar. Die größten Unterschiede beinhalten den Faktor Zeitsensitivität. Viele IIoT-Systeme behandeln missionskritische Daten, die innerhalb strikter Latenz- und Zuverlässigkeitsrahmen übertragen werden müssen.

Da die meisten Netzwerke über keine ausreichende Infrastruktur verfügen, um derart zeitsensitive Daten zu verarbeiten, arbeiten Industrielieferanten, IT- und Siliziumanbieter an einer Aktualisierung des Ethernet-Standards. Ihre Lösung ist ein Ethernet-Standard der nächsten Generation mit dem Namen Time-Sensitive Networking (TSN).

Dieser Artikel betrachtet einen der ersten kommerziell erhältlichen Industrie-Controller, der deterministischen Traffic unterstützt und die neuen IEEE 802.1 TSN-Standards nutzt. Wir untersuchen, wie die TSN-Implementierung eine Netzwerksynchronisierung mit einer Genauigkeit besser als 100 ns ermöglicht. Wir erklären, wie eine auf Intel® Prozessoren und Ethernet-Controllern basierende Lösung die engmaschige Synchronisierung und

geringe Latenz bietet, die für industrielle Anwendungen wie Bewegungssteuerung und Zustandsüberwachung erforderlich sind. Wir zeigen, wie Geräte, die auf dieser Lösung basieren, die Konvergenz von Steuer-Traffic und Standard-IT-Traffic ermöglichen. Wir schließen mit einem industriell unterstützten Testbed zur Demonstration der Vorteile TSN-basierter Geräte.

Die Synchronisierungs-Herausforderung

Standard-Ethernet ist ideal für Offenheit und Interoperabilität, bleibt jedoch hinter den IIoT-Anforderungen in Bezug auf Latenz und Zuverlässigkeit zurück. Informationen wie Steuerungs- und Fehlererkennungsdaten müssen verarbeitet und ausgetauscht werden. Darüber hinaus müssen sofortige Maßnahmen ergriffen werden, ungeachtet weiteren Netzwerk-Traffics.

Um diesen Mangel zu überwinden, nutzen Organisationen und Applikationen nicht standardisierte Netzwerk-Infrastrukturen oder isolierte Netzwerke, welche die Latenz begrenzen, jedoch den Zugriff auf Geräte und Daten über Standard-Netzwerke erschweren - sofern ein Zugriff überhaupt möglich ist. Jede Netzwerkschicht in diesen Implementierungen verfügt über ein unterschiedliches Niveau an Latenz, Bandbreite und Service-Qualität (QoS).

Die wenigen verfügbaren proprietären Ethernet-Derivative liefern typischerweise eine limitierte Bandbreite. Darüber hinaus benötigen sie modifizierte Hardware, wodurch die

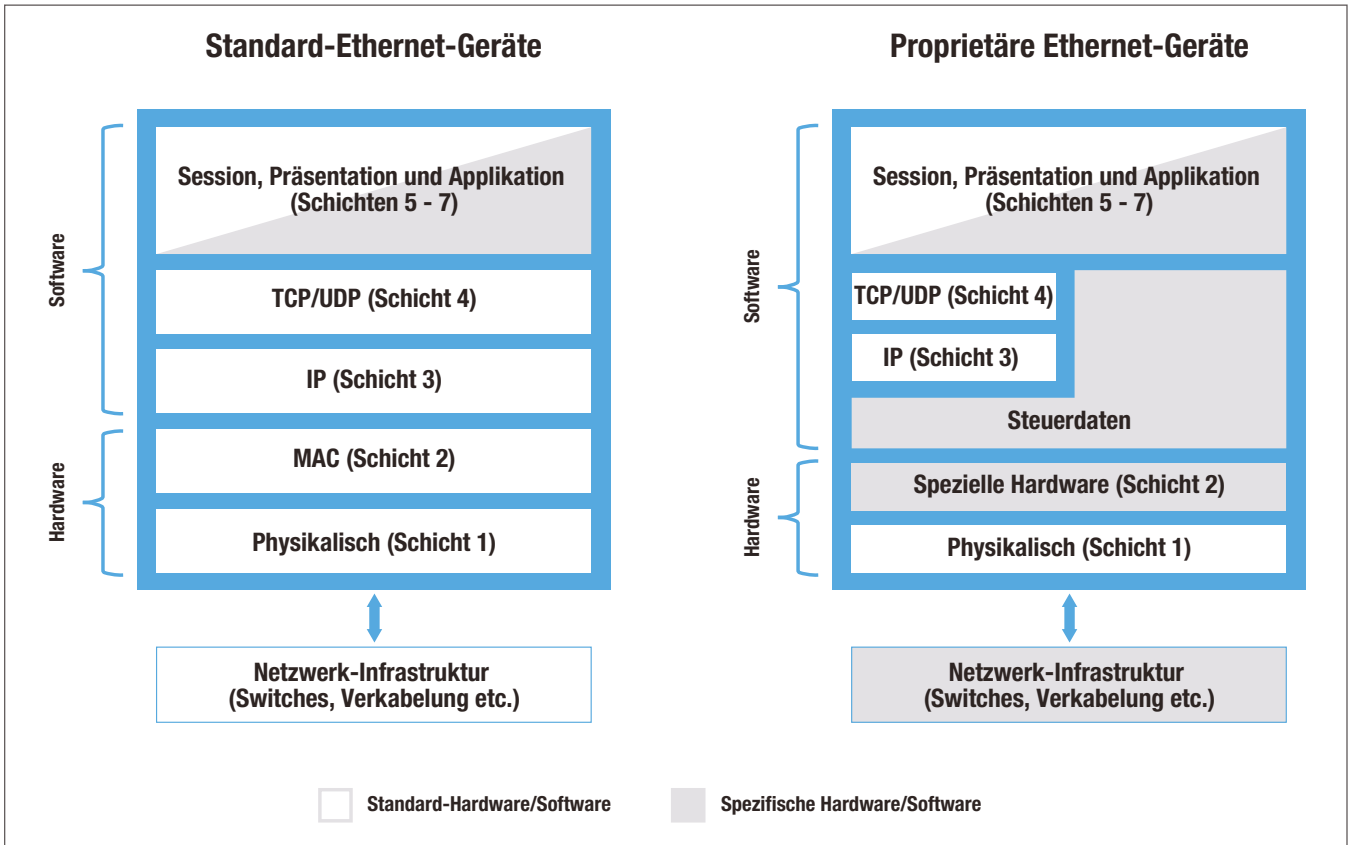


Abbildung 1. Dieses Diagramm vergleicht ein über Standard-Ethernet verbundenes Gerät (links) mit einem, das über eine proprietäre Ethernet-Lösung (rechts) verbunden ist, in der umfangreiche und kostspielige Modifikationen erforderlich sind, um zeitkritische Daten zu verarbeiten.

Interoperabilität und Kommunikation von Prozessdaten an Algorithmen auf höherer Ebene eine Herausforderung darstellen (Abbildung 1).

Um die zahlreichen Vorteile IIoT-fähiger Infrastruktur zu unterstützen, benötigen Designer und Endbenutzer gleichermaßen zuverlässigen und sicheren (Fern-)Zugriff auf intelligente Edge-Geräte, ohne die Fähigkeit eines Geräts zu beeinträchtigen, zeitsensitive Daten zu verarbeiten. Es müssen Netzwerktechnologien entwickelt werden, die für die Art, wie wir unsere Maschinen, Stromnetze und Transportsysteme betreiben, geeignet sind.

TSN als Retter in der Not

In einer großen Anstrengung, diesen Anforderungen gerecht zu werden, arbeiten Industrielieferanten, IT- und Siliziumanbieter an TSN innerhalb IEEE 802 und der kürzlich gebildeten AVnu-Allianz. Durch die Aktualisierung der Ethernet-Protokolle, um Datenübertragungen innerhalb der eingegrenzten Latenzen für zeitkritische Daten in IIoT- und Industrie 4.0-Anwendungen zu ermöglichen, beseitigen sie die Defizite bestehender Netzwerke.

Als Update zum Standard-Ethernet bietet TSN aktuellen Netzwerk-Infrastrukturen die Möglichkeit, Datentransfers mit niedriger Latenz neben nicht zeitkritischen oder Best-Effort-Daten zu verarbeiten. Durch die Konvergenz von Best-Effort-Daten und zeitkritischen Daten innerhalb des Standard-Ethernet ermöglicht TSN sowohl Kosteneinsparungen als auch eine verbesserte Interoperabilität (Abbildung 2). Indem es Bestandteil des Ethernet-Standards ist, kann TSN auch weiterhin von Verbesserungen der Sicherheit, Bandbreite und anderen Charakteristika des Standards profitieren.

Der neue TSN-Standard bietet zahlreiche Vorteile im Vergleich zu heutigen Standard- und Spezial-Ethernet-Protokollen. Wir gehen an dieser Stelle kurz jeden dieser Vorteile ein.

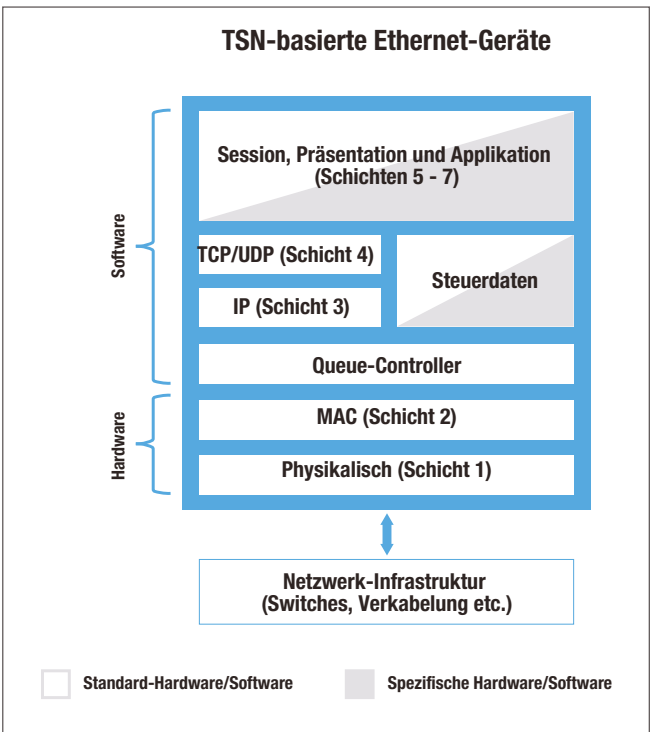


Abbildung 2. Durch die Konvergenz von zeitkritischen und Best-Effort-Daten innerhalb des Standard-Ethernets verbessert TSN die Interoperabilität und eliminiert die Notwendigkeit teurer kundenspezifischer Lösungen.

Bandbreite

Allgemein für Industriesteuerungen genutzte proprietäre Ethernet-Derivative sind häufig auf eine Bandbreite von 100 Mb beschränkt. Daher belasten große Datenpakete aus fortschrittlichen Sensoranwendungen wie maschinelle Bildverarbeitung, 3D-Scanning und Leistungsanalyse die Netzwerkbandbreite. TSN überwindet diese Beschränkungen durch Nutzung der Standard-Ethernet-Geschwindigkeiten (1 Gb, 10 Gb und 100 Gb) und vollständige Unterstützung für Vollduplex-Kommunikation.

Latenz, Synchronisierung und Redundanz

TSN priorisiert die Kommunikation mit niedriger Latenz, die für Anwendungen mit schnellen Systemreaktionen und geschlossene Steueranwendungen erforderlich ist. Es kann deterministische Transferzeiten von etwa Zehntel Mikrosekunden und Zeitsynchronisierungen zwischen Knoten von bis hinab zu Zehntel Nanosekunden erreichen. Um eine zuverlässige Auslieferung dieses zeitkritischen Traffics zu sicherzustellen, bietet TSN Standardkonfigurationen für hoch zuverlässige Datenpfade, in denen die Pakete dupliziert und verbunden werden, um eine verlustfreie Pfadredundanz zu erreichen.

Sicherheit

Die in den meisten Low-Level-Feldbussen implementierte Sicherheit ist durch physische Isolierung (Air Gap) und Obskürtheit realisiert. Die inzwischen häufigen Sicherheitsverstöße jedoch unterstreichen die Notwendigkeit, die Sicherheit auf die kritischen unteren Ebenen der Steuerungs-Infrastruktur auszudehnen.

TSN ermöglicht die Übernahme von IT-Sicherheitsvorgaben der höchsten Ebene, um kritischen Steuerungs-Traffic zu schützen, und bietet darüber hinaus zusätzliche Funktionen, die zur Erstellung weiterer Sicherheitsvorgaben genutzt werden können. Die Fähigkeit von TSN, die Netzwerkbelieferung und Aktualität zu gewährleisten, begrenzt die Auswirkungen von Angriffen durch den Schutz kritischen Steuerungs-Traffics. Darüber hinaus kann die Synchronität zwischen den verschiedenen Geräten innerhalb des Systems eine vertrauenswürdige Basis bilden. So können Systeme ein Eindringen durch Prüfung auf Synchronitätsstörungen erkennen.

Integration, Verwaltbarkeit und Kosten

Das IIoT basiert auf der universellen Verfügbarkeit von Daten, doch nicht verbundene und proprietäre Netzwerke schränken den Zugriff auf Maschinendaten erheblich ein. TSN nutzt Standard-Ethernet-Komponenten und integriert diese Branchenanwendungen sicher und nahtlos in den Standard-IT-Traffic. In Verbindung mit der geringen Latenz von TSN und einer hohen Bandbreite ermöglicht die einfache Integration neue Steuerungsstrategien, verbesserte Maschine-zu-Maschine (M2M)-Fähigkeiten sowie die Integration von Diagnosesystemen.

Als Update zu Standard-Ethernet enthält TSN ebenfalls Funktionen wie HTTP-Schnittstellen und Web-Services für ein einfacheres Management. Diese Ethernet-Funktionen ermöglichen die Fernwartung, Visualisierung und Reparaturfunktionen, die für IIoT-Systeme erforderlich sind. Darüber hinaus senkt TSN durch die Nutzung von Standard-Ethernet-Chipsätzen die Komponentenkosten. Kommerzielles Silizium in großen Mengen ist weitaus weniger kostspielig als spezielle Ethernet-Varianten in geringen Mengen.

Ökosystem

TSN bietet ein wachsendes Ökosystem, das von der AVnu-Allianz und Mitgliedsunternehmen wie NI, Intel, Broadcom und Cisco unterstützt wird. Die AVnu-Allianz plant ähnlich zu arbeiten, wie die Wi-Fi-Allianz, indem Zertifizierungsdienste für Produkte und Geräte zur Verfügung gestellt werden, die dem IEEE TSN-Standard entsprechen.



Abbildung 3.

Der CompactRIO-Controller integriert TSN-Fähigkeiten und Hochleistungsverarbeitung, industrielle Ein-/Ausgaben sowie Industriestandard-Zertifizierungen.

Verwendung von Intel®-Technologie zur Entwicklung eines TSN-fähigen Industrie-Controllers

Die Referenzdesigns für Intel® Ethernet-Controller bilden die Grundlage für die quelloffene Codebasis, die von der AVnu-Allianz gepflegt wird. NI, Intel und weitere Mitgliedsunternehmen arbeiten gemeinsam an der Erweiterung dieser Codebasis und nutzen diese zur Entwicklung der ersten TSN-Implementierungen.

NI implementiert TSN auf dem NI CompactRIO-Controller (Abbildung 3). Diese Einheit beinhaltet zwei Verarbeitungsziele: einen Intel® Atom™-Prozessor, der mit NI Linux Real-Time betrieben wird, sowie ein feldprogrammierbares Gate-Array (FPGA). Der Controller beinhaltet ebenfalls industrielle Ein-/Ausgaben sowie leistungsstarke Entwicklungs- und Runtime-Software.

An Intel® Ethernet-Controller I210 verarbeitet zeitsensitive und Best-Effort-Daten. Vorgesehen für Applikationen, die eine engmaschig kontrollierte Synchronisierung erfordern, bietet der Intel Ethernet-Controller I210 die ideale Kombination aus Gigabit-Ethernet (GbE)-Leistung und Präzisions-Zeitstempeln.

Der Ethernet-Controller verfügt über vier Sende- und vier Empfangs-Queues mit Fehlerkorrektur (Error Correcting Code - ECC) für verbesserte Datenzuverlässigkeit. Eingehender Ethernet-Traffic wird in zwei unterschiedliche Streams aufgeteilt: einen zeitsensitiven Stream und einen Best-Effort-Stream, der wie das heutige Standard-Ethernet arbeitet.

Ausgehender Ethernet-Traffic wird gemäß eines Sendeplans übertragen, um sicherzustellen, dass die Zeitanforderungen eingehalten werden. Der Zeitnehmer auf dem Intel Ethernet-Controller I210 ist mit der Netzwerkzeit synchronisiert und wird gemeinsam mit den Zeitnehmern auf dem Prozessor und dem FPGA genutzt, um sicherzustellen, dass die Zeitanforderungen eingehalten werden (Abbildung 4, Seite 28). Durch die Kombination aus parallelen und über eine Leitung laufenden logischen Architekturen, die für diese unabhängigen Sende- und Empfangs-Queues optimiert sind, verwaltet der Controller die Pakete effizient auf Basis ihrer Zeitsensitivität.

Durch dieses Design bieten die TSN-fähigen Controller von NI:

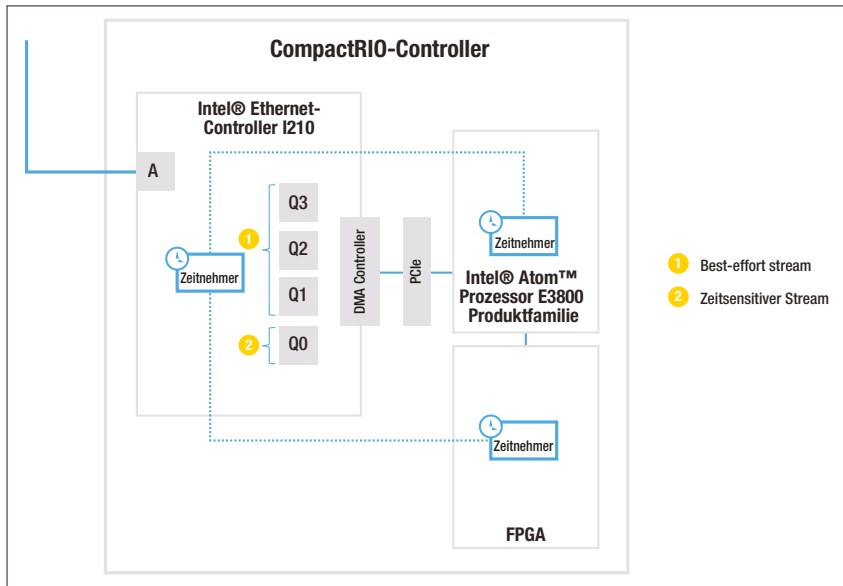
- Netzwerksynchronisierung mit einer Genauigkeit besser als 100 ns
- Deterministische Datenkommunikation bei Loop-Taktungen von bis zu 5kHz
- Sichere, zuverlässige Konvergenz von Steuerungs-Traffic und Standard-IT-Traffic

Vorteile des NI CompactRIO-Controllers für TSN

Der Einsatz des NI CompactRIO-Controllers für TSN-Implementierungen mindert

Risiken, verbessert die Systemleistung, ermöglicht schnellere Entwicklungen und vereinfacht das Systemdesign. Zu den Design-Eigenschaften gehören: extreme Robustheit, Zertifizierungen nach Industriestandard, integrierte Optik-, Bewegungs-, Industriekommunikations- und Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI)-Fähigkeiten sowie industrielle Ein-/Ausgabemodule.

Das Innere des NI CompactRIO-Controllers enthält signifikante Verbesserungen sowie heterogene Rechenelemente durch die Kombination einer Prozessorauswahl der Produktfamilie Intel® Atom™ E3800 und einem FPGA. Das FPGA bietet eine benutzerdefinierte E/A-Zeitsteuerung, Kontroll- und Verarbeitungsfunktionen.



Die Intel Atom Prozessor E3800-Produktfamilie profitiert von Intels 22 nm Prozesstechnologie mit 3-D Tri-Gate-Transistoren. Die Mikroarchitektur des Prozessors enthält eine aktualisierte Out-of-Order-Execution-Engine sowie weitere Verbesserungen für eine bis zu dreifach höhere Leistung bei lediglich einem Fünftel des Energieverbrauchs der vorherigen Generation. Mit einer erweiterten Temperaturunterstützung und BGA-Packaging ermöglichen diese Prozessoren dem NI CompactRIO-Controller eine zuverlässige Leistung in rauen Industrieanwendungen und Umgebungsbedingungen. Darüber hinaus sind sie durch die integrierte Grafik und die Unterstützung gängiger Display-Schnittstellen ideal für den Betrieb von HMIs geeignet.

Software für Innovationen

Die Entwicklungs- und Runtime-Software des NI CompactRIO-Controllers gibt Entwicklern die Möglichkeit, sich auf Innovation statt auf Implementierung zu konzentrieren. Sie beinhaltet Konstrukte zur Zeitsteuerungs- und Speicherverwaltung, integrierte Treiber und APIs für das Verschieben von Daten zwischen heterogenen Komponenten

Abbildung 4. Der Traffic auf dem Intel® Ethernet-Controller I210 wird in zwei separate Streams aufgeteilt und gemäß einem Sendepfaden und Zeitnehmer verarbeitet.

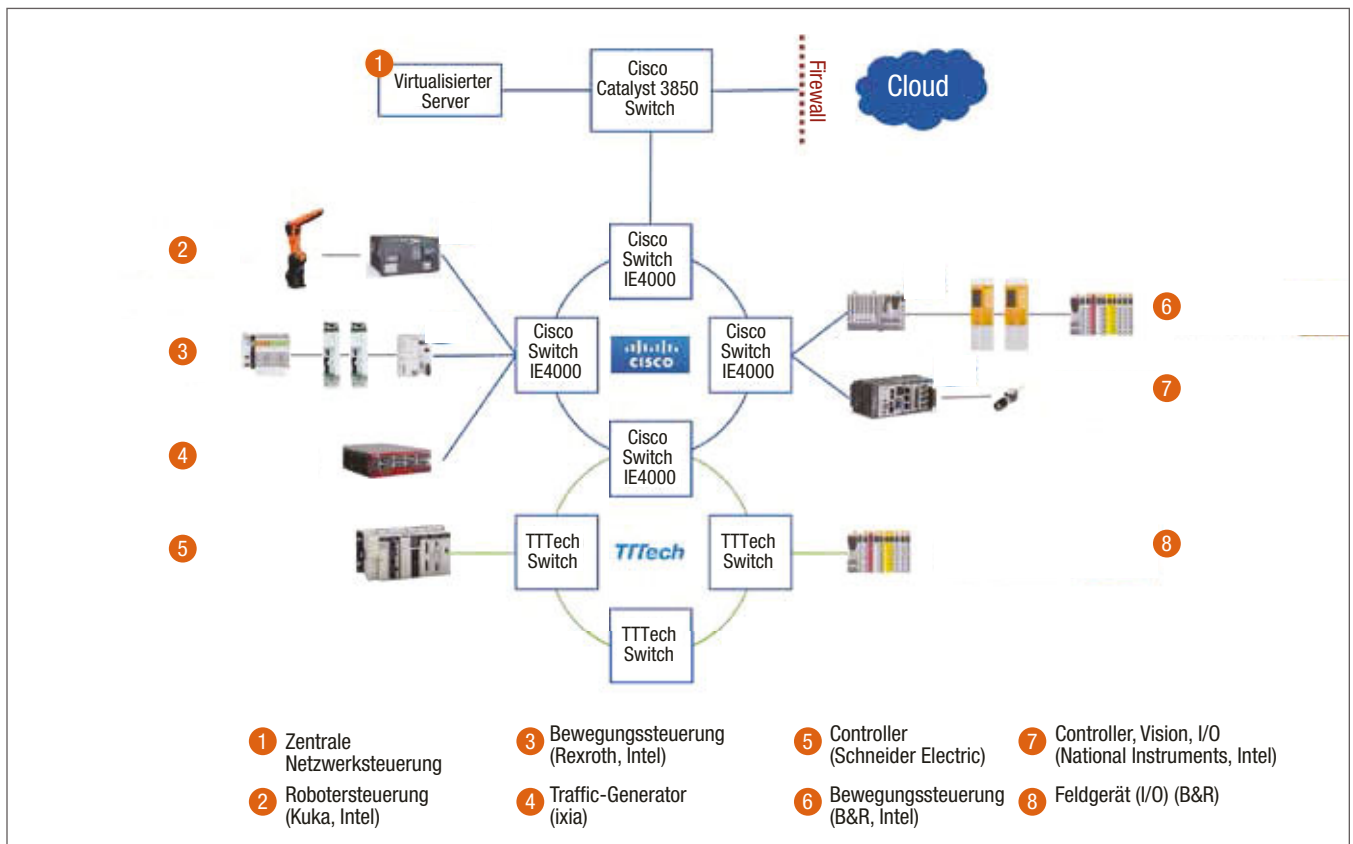


Abbildung 5. Das Testbed des Industrial Internet Consortium (IIC) zeigt TNS in einem Ökosystem aus Produktionsanwendungen.

sowie mehr als 950 verfügbare Funktionen zur Unterstützung von Signalverarbeitung, Analyse, Steuerung und Mathematik. Entwickler können die Stärken der FPGAs ohne jede Kenntnis der Hardware-Beschreibungssprachen, Anordnungs- oder Routing-Tools oder komplexe restriktive Sprachen und Dateien nutzen. Das Ergebnis ist ein System, das über die Software kundenspezifisch angepasst und rekonfiguriert werden kann - selbst nach der Inbetriebnahme.

TSN-Testbed

Das Industrial Internet Consortium (IIC) und Branchenführer wie NI, Intel, Bosch Rexroth, Cisco, KUKA, Schneider Electric und TTTech arbeiten gemeinsam an der Erstellung eines TSN-Testbeds. Das Testbed wird den Wert von TSN in einem Ökosystem von Produktionsanwendungen demonstrieren (Abbildung 5).

Das in der NI-Hauptniederlassung in Austin, Texas gehostete Testbed kombiniert verschiedene kritische Steuerungs-Traffic-Komponenten wie die Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) und Best-Effort-Traffic auf einem einzelnen belastbaren Netzwerk auf Basis des IEE 802.1 TSN-Standards. Dieser Aufbau ermöglicht die Demonstration der Echtzeit-Fähigkeiten von TSN und der Anbieter-Interoperabilität für Anwendungen wie Industriemaschinen, Stromnetze und Transportsysteme, die an ein konvergiertes Standard-Ethernet angeschlossen sind.

Aufbau des IIoT mit TSN

Durch die fortgesetzte Akzeptanz des IIoT erfordern weiter steigende Datenmengen und weit verteilte Netzwerke neue Standards für den Austausch und die Übertragung wichtiger Informationen. Wie ein Rettungs- oder Feuerwehrtagen im Notfall

Priorität vor anderem Verkehr haben, gewährleistet der TSN-Standard, wenn er in Industriegeräten wie dem NI CompactRIO-Controller implementiert ist, dass kritische, zeitsensitive Daten pünktlich und kosteneffektiv über Standard-Netzwerk-Infrastruktur ausgeliefert wird.



Weitere Informationen über den NI CompactRIO-Controller finden Sie unter intel.com/SD-ni-compactrio.



Für Informationen zu Verbindung, Konsolidierung und Optimierung von Industriautomation besuchen Sie bitte intel.com/embedded-industrial.

Kontaktieren Sie National Instruments

National Instruments

(intel.com/MR-ni) ist ein angeschlossenes Mitglied der Intel® Internet of Things Solutions Alliance. NI verändert die Weise, auf die Ingenieure und Wissenschaftler rund um die Welt Systeme für Test-, Steuerungs- und Embedded-Design-Anwendungen konstruieren, prototypisieren und einsetzen. Mithilfe der System-Design-Software NI LabVIEW und modularer Hardware vereinfachen weltweit Kunden von mehr als 35.000 Unternehmen die Entwicklung, steigern die Produktivität und verkürzen die Markteinführungszeit erheblich. Vom Test von Gaming-Systemen der nächsten Generation bis hin zur Entwicklung bahnbrechender medizinischer Geräte, entwickeln NI-Kunden kontinuierlich innovative Technologien für Millionen von Menschen.



SBS M2M Gateway Solution for IoT

- ▶ Industrial level power input range and operation temperature range
- ▶ Performance at the Edge: data preprocessing, filtering and local decision making
- ▶ Security: HW & SW multilayer encryption technology
- ▶ Manageability: secure remote manageability, simplified deployment
- ▶ Faster Time to Market: X86 open architected with perfect compatibility, convenient for user development



SBS SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.

Add: W2-B5 High-Tech Industrial Park, ShenZhen, GuangDong, 518057, P. R. China
 Tel: 86-755-2654 4000 | Fax: 86-755-2673 3886 | Web Site: www.sbs.cn
 Email: info@sbs.com.cn

