

# Infrastrukturkomponenten für Ethernet

## Aktuelle Trends beim industriellen Switch

Uwe Nolte

Mit Ethernet kommt unternehmensweit ein einheitliches Kommunikationssystem zum Einsatz, das die Produktion nahtlos mit der Unternehmensleitung verbindet. Industrielle »Switches« (siehe Kasten S.59) sind dabei wichtige Infrastrukturelemente, über die Steuerungen und Feldgeräte untereinander kommunizieren. In diesem Beitrag gehen wir sowohl auf die Eigenschaften dieser Switches als auch auf die Ethernet-Norm IEEE näher ein.

Die Einsatzbedingungen in der Industrie – wie erhöhter Betriebstemperaturbereich, Schock- und Vibrationsfestigkeit sowie elektromagnetische Verträglichkeit – sind Grundvoraussetzung für eine hohe Geräteverfügbarkeit. Diese Anforderungen haben in den letzten Jahren die Geräteklasse industrietauglicher Switches (Bild 1) für den Einsatz auf der Hutschiene im Schaltschrank oder in Busgehäusen hervorgebracht.

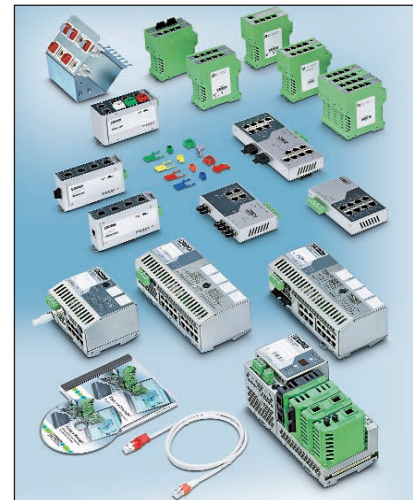
Die Auswahl geeigneter industrieller Switches richtet sich zunächst nach Einsatzort, Anschlussbedarf sowie den benötigten Übertragungsmedien in den jeweiligen Applikationen. Die Anbindung von Endgeräten und die Vernetzung untereinander kann je nach Bedarf über Twisted Pair, Multimode- oder Singlemode-Glasfaser, der einfach zu konfektionierenden Polymerfaser oder auch über Power over Ethernet (IEEE 802.3af) erfolgen (Bild 2).

### Mehr Bandbreite

Mit dem durchgängigen Einsatz von Ethernet lassen sich IP-basierte Netzwerkdienste wie »Video over IP« oder »Voice over IP« ebenfalls in Automatisierungsanwendungen nutzen. IP-



**Bild 1:** Die Produktfamilie »Factory Line« von Phoenix Contact bietet dem Anwender kompakte Switch-Lösungen mit fünf, acht oder 16 Ports in unterschiedlichen Bauformen sowie alternativ eine modulare Switch-Lösung



**Bild 2:** Ein umfangreiches Produktspektrum ermöglicht eine industrielle Ethernet-Infrastruktur für jeden Einsatzort

Kameras lassen sich zur visuellen Überwachung von Fertigungsprozessen wie Roboterapplikationen einsetzen. Die IP-Telefonie kann in einem durchgängig installierten Ethernet-Netzwerk zur Sprachkommunikation mit dem Servicetechniker vor Ort dienen. Der Wunsch, Video over IP, Voice over IP oder weitere IT-Dienste in Automatisierungsnetzwerke zu integrieren, generiert den Bedarf an zusätzlicher Bandbreitenreserve.

### Gigabit-Ethernet

Gigabit-Ethernet – nach IEEE 802.3ab (siehe dazu Kasten S. 61) für Twisted Pair und nach IEEE 802.3az für Glasfa-

serübertragung – bietet mit der nominalen Datenrate von 1000 Mbit/s die zehnfache Bandbreite sowie entsprechend kürzere Telegramm-Übertragungszeiten in Vergleich zu Fast Ethernet. Die Übertragung des längsten Ethernet-Rahmens von 1522 Byte belegt die Datenleitung weniger als 13 µs. Gigabit-Ethernet ist hervorragend geeignet, sowohl die gewünschte Bandbreitenreserve zur Verfügung zu stellen als auch Echtzeitdaten der Automatisierung in kürzester Zeit zu übertragen.

Häufig ist das überlagerte IT-Netz von Produktionszellen bereits in Gigabit-Ethernet ausgeführt, so dass auch hieraus eine entsprechende Schnittstellenanforderung für die industrielle Infra-

## VERMITTELN IM ETHERNET

Mit der Entwicklung der Ethernet-Technologie, dem Anwachsen der Übertragungsgeschwindigkeit und der Erweiterung der Netztopologie haben sich auch die »Vermittlungsknoten« im Ethernet weiterentwickelt. Anfangs benötigte man nur »Regeneratoren« zum Wiederherstellen des Signals. Später trat die logische Vermittlungsfunktion in den Vordergrund. IP-Adressen (Schicht 3) erkennen diese Geräte nicht, nur MAC-Adressen (siehe Glossar). Die verschiedenen Typen von Regeneratoren/Knoten im Vergleich (Ein- bzw. Ausgänge E/A):

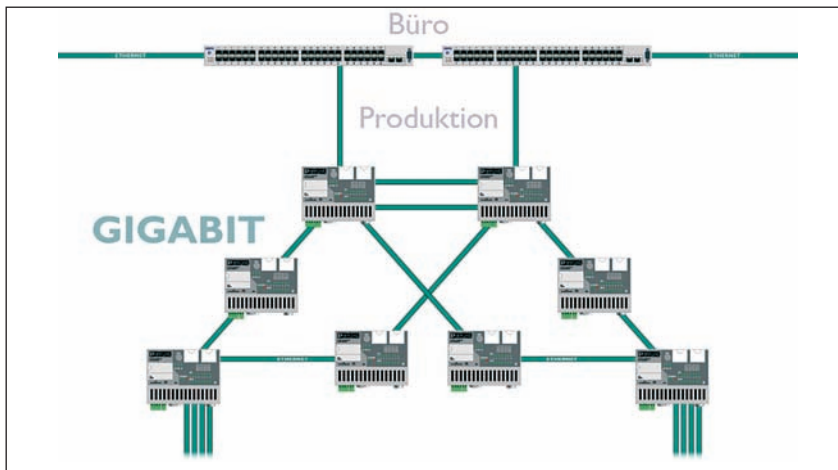
**Regenerator:** (1xE/1xA) nur zur »Verlängerung« einer Leitung, Wiederherstellung des Signals, früher verwendet in Koaxleitungen

**Hub:** (1xE/nxA) Regeneratorfunktion gleichzeitig mit mehreren Ausgängen, Verteilen (»Streuen«, ohne Filterfunktion) aller Nachrichten

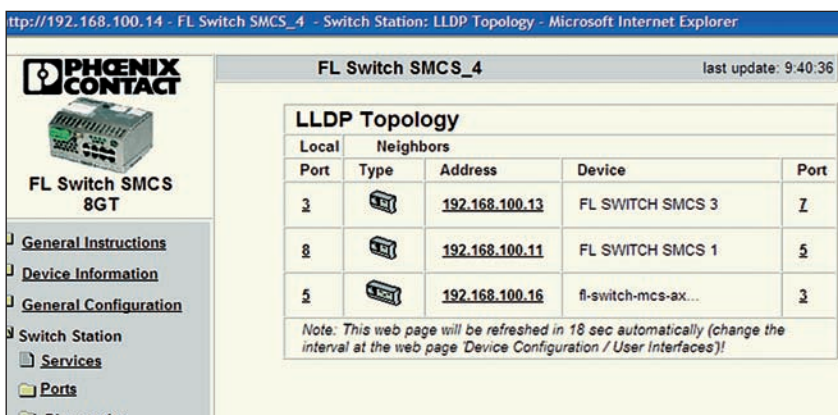
**Bridge:** (heute: nxE/nxA, früher: 1xE/nxA) Netzknoten mit Regeneratorfunktion, Filterfunktion (z. B. Sperren von Hardware-Adressen), Lasttrennung, aber keine Logik, keine Verarbeitung der IP-Adressen

**Switch:** (nxE/nxA) alle vorhergehenden Merkmale, zusätzlich Vermittlungsfunktion in Schicht 2, aber: keine Verarbeitung von IP-Adressen, nur Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen den Ports (Ein- und Ausgängen)

Dipl.-Ing. Uwe Nolte, Business Unit Automation Systems, Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Blomberg



**Bild 3: Flexible Redundanzstrukturen für durchgängige und hochverfügbare Applikationen können auf Gigabit-Basis problemlos errichtet werden**



**Bild 4: Der Switch stellt alle erforderlichen Nachbarinformationen zur Verfügung**

struktur resultiert. Inzwischen stehen industrielle Gigabit-Switches verschiedener Hersteller zur Verfügung, die aber meist die hohe Übertragungsrate nur auf zwei Ports unterstützen.

Weil industrielle Ethernet-Installationen in der Regel dezentral – also in Linien- oder Ringtopologien ausgeführt sind – ergeben sich Einschränkungen. Neben den zwei Backbone-Ports können angeschlossene Endgeräte, die bereits selbst über ein Gigabit-Netzwerk-Interface verfügen, wie etwa leistungsfähige Datenserver in Logistikapplikationen, nicht direkt von der hohen Datenrate profitieren. Auch weitere T-förmige Verzweigungen oder Vermaschungen des Backbones lassen sich nicht in Gigabit-Bandbreite ausführen.

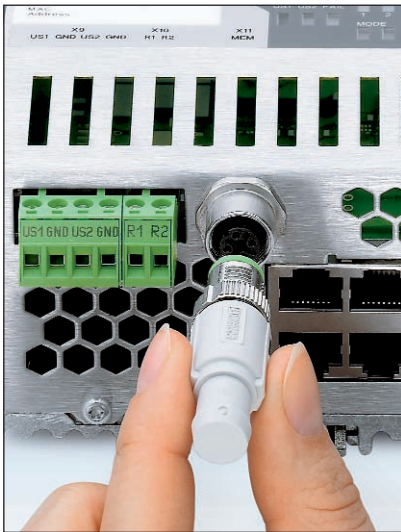
Mit den Switches SMCS 8GT und SFN 8GT aus der Produktfamilie Factory Line stehen industrielle Gigabit-Switches – »managed« wie »unmanaged« – zur Verfügung. Sie unterstützen die hohe Datenrate durchgängig auf allen acht Ports. Dies vereinfacht sowohl die Netzwerkplanung bei flexibler Topologiewahl als auch die Installations-

tion, da alle Ports gleichermaßen die hohe Datenrate von 1 Gbit/s unterstützen. Mit diesen Switches lassen sich Netzwerke hochperformant, flexibel und wirtschaftlich bis in die Feldebene erweitern.

1000Base-T als Twisted Pair-Installation ist dabei abwärtskompatibel zu 100 und 10Mbit/s und nutzt ebenfalls die automatische Datenrateneinstellung per Autonegotiation (automatische Umstellung der Übertragungsgeschwindigkeit). Fast-Ethernet-Endgeräte und -segmente lassen sich somit einfach per »plug and play« integrieren.

### Gigabit-Installation in Twisted Pair und Glasfasertechnik

Die Twisted-Pair-Segmentlänge beträgt bei Gigabit-Ethernet ebenfalls 100 m. Für den Betrieb mit 1000 Mbit/s (Gigabit) sind jedoch Leitungen mit allen vier Datenpaaren erforderlich. Die Verkabelung muss mindestens die Übertragungseigenschaften nach Kategorie 5 (ehemals Kat 5e) erfüllen. Alternativ setzt man auch hochwertige Verkabelungen wie



**Bild 5: »Smart Managed Switches« lassen sich einfach per Stecker konfigurieren – bei der Inbetriebnahme und beim Gerätetausch**

Patchkabel der Kategorie Kat 6 in Gigabit-Applikationen ein. Neben Twisted Pair gibt es für Gigabit-Ethernet nach IEEE 802.3az die Glasfaser-Übertragungstechniken 1000Base-SX und 1000Base-LX. 1000Base-SX nutzt Mul-

## GLASFASERÜBERTRAGUNGSTECHNIKEN

1000Base-SX, 1000Base-LX, IEEE 802.3z – 1Gbit/s über Glasfaser. Die beiden Standards unterscheiden sich prinzipiell nur in der verwendeten Wellenlänge des optischen Infrarotlasers: 1000Base-SX verwendet kurzwelliges Licht mit 850 nm Wellenlänge, bei 1000Base-LX strahlen die Laser langwelliges Licht mit 1310nm Wellenlänge aus. Die Länge eines Glasfaserkabels muss mindestens 2m betragen, die maximale Ausbreitung hängt von der Charakteristik der verwendeten Glasfaser ab. Multimode-Glasfaserkabel können je nach Faserquerschnitt und modaler Dämpfung zwischen 200 und 550 Meter erreichen, während Singlemode-Glasfaserkabel bis 20000m spezifiziert sind. Allerdings lassen sich Singlemode-Glasfaserkabel nur mit 1000Base-LX verwenden.

timode-Fasern für Entfernungen bis zu 550m. Mit 1000Base-LX kommen Singlemode-Fasern zum Einsatz (siehe **Kasten** diese Seite), und die Segmentlänge kann je nach eingesetzten Komponenten auf bis zu 20 km ausgedehnt werden.

## Netzwerkredundanzen

Neben Datendurchsatz und Echtzeiteigenschaften bestimmt die gewählte Infrastruktur auch die Netz- und Anlagenverfügbarkeit. Durch den Einsatz von Managed Switches lassen sich redundante und diagnosefähige Netzstrukturen realisieren (**Bild 3**). Sollen Automatisierungszellen redundant an den überlagerten (Gigabit)-IT-Backbone angebunden werden, erfolgt die Ankopplung in Layer 2, also auf Switch-Ebene, über den herstellerübergreifenden Redundanz-Standard RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) nach IEEE 802.1w. Je nach überlagerter IT-Struktur kann die redundante Kopplung auch alternativ im Layer3 mit dem VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) ausgeführt werden.

### Schnell umschalten

Innerhalb redundant vernetzter Automatisierungszellen kommt der Redundanz-Umschaltzeit besondere Bedeutung zu. Aktuelle internationale Standardisierungsverfahren innerhalb der IEC definieren Mechanismen für die hohe Verfügbarkeit derartiger Automatisierungsnetze. Im Sinne einer durchgängigen Prozesskontrolle sind hier möglichst kurze Redundanz-Umschaltzeiten unter 500 ms gefordert. Managed Switches aus der Factory-Line-Familie bieten auf die industrielle Anwendung zugeschnittene Medien-Redundanz-Mechanismen, die Umschaltzeiten von 200 ms ermöglichen.

### Einsatz in Automatisierungsprotokollen

Automatisierungsprotokolle wie Profinet IO und EtherNet/IP haben für die Übertragung zeitkritischer I/O-Daten eine entscheidende Bedeutung. Dafür muss die Switch-Infrastruktur entsprechend ausgelegt sein. Profinet IO erfordert von der »Switched Infrastruktur« die prioritätsgesteuerte Weiterleitung von Ethernet-Frames. Hierzu wird die Prioritätsinformation im VLAN-(Virtual Local Area Network)-Tag gemäß der Norm IEEE 802.1Q (siehe oberer Kasten S. 61) ausgewertet. Die Priorisierung von Datenpaketen ist die Grundlage dafür, dass Datenverkehr höherer Priorität wie zeitsensitive Prozessdaten bei starker Verkehrslast nicht durch niedrigeren Datenverkehr ausgebremst wird.

Managed Switches aus dem Factory-Line-Programm besitzen diese Echtzeit-

## IEEE-STANDARDS FÜR LOKALE NETZE (LAN)

**802.1Q:** Der Standard IEEE 802.1q sieht eine Veränderung von VLAN-Ethernet-Frames vor. Insgesamt wird ein Frame um 4 Byte verlängert und zusätzliche Informationen in den Header gepackt, die den Datenaustausch innerhalb des VLANs regeln (Tagging). Die Veränderung wird von den Treibern des Netzwerkkadapters vorgenommen und von netzübergreifenden VLAN-Switches ausgewertet.

**802.1w** – Das Spanning Tree Protocol (STP) baut eine Verbindung (»Baum«) zur Vermeidung redundanter Netzwerkpfade (Schleifen) im LAN, speziell in geschwichteten Umgebungen auf.

**802.3** – CSMA/CD (Ethernet), klassische Technik, 10Mbit/s Koax oder Twisted Pair (Vier-Draht)

**802.3i** – 10BaseT: 10Mbit/s, T: Twisted Pair (Vier-Draht)

**802.3j** – 10BaseF: 10Mbit/s, Glasfaser

**802.3u** – Fast Ethernet: 100Mbit/s, T: Twisted Pair (Vier-Draht)

**802.3ab/z** – Gigabit Ethernet 1000Mbit/s, (ab: Copper, Acht-Draht-Verbindung, z:Fiber)

**802.3ae** – 10 Gigabit Ethernet, Glasfaser

**802.3af** – Power over Ethernet

## GLOSSAR

**Fast Ethernet:** Ethernet-Übertragung über Kupferleitungen Kat 5e, 100Mbit/s (IEEE 802.3u, siehe Kasten Sxx)

**Switch:** Netzknoten mit Regeneratorfunktion, Vermittlung von Verbindungen nur Punkt zu Punkt

**Autonegotiation:** automatische Datenrateinstellung der Switches, z.B. automatisches Anpassen von 100Mbit/s auf 1Gbit/s

**Profinet IO:** ein Standard für ein industrielles Ethernet in der Automatisierungstechnik und nicht zu verwechseln mit dem Profibus-Standard für Feldbussysteme. Es existiert in zwei Versionen: Profinet CBA (Component Based Automation) zur Vernetzung von verteilten Anlagen, Profinet IO (Input Output) zur Ansteuerung von Sensoren und Aktoren

durch eine zentrale Steuerung in der Fertigungstechnik

**VLAN:** (Virtual Local Area Network)-Tag

**LLDP:** Link Layer Discovery Protokoll

**IP-Adresse:** 32-stellige Bit-Adresse, Netzwerkkarte, wird nur von Routern erkannt, OSI-Schicht 3

**MAC-Adresse:** 48-stellige Bit-Adresse, »eingebrennte« Seriennummer auf den Netzwerkkarten von Ethernetadapters, Geräteadresse, wird nur von Bridges und Switches erkannt, OSI-Schicht 2

**RRP:** Virtual Router Redundancy Protocol, dieses vermeidet Schleifen in einem Ethernet. Bei Verbindungsstörungen bauen die Bridges/Switches einen Ersatzweg auf.

Eigenschaften für Echtzeit-Profinet und sind darüber hinaus über ein integriertes Profinet-IO-Device in Profinet-Engineering-Werkzeugen sichtbar. Für eine übersichtliche Darstellung der Netzwerk-Topologie im Profinet Engineering-Werkzeug – zum Beispiel PC WorX – unterstützen sie das Link Layer Discovery Protokoll (LLDP). Managed Switches mit ihren Funktionen wie Redundanz und Topologieerkennung lassen sich daneben auch anwenderfreundlich über den integrierten Webserver konfigurieren und diagnostizieren (Bild 4).

Industrietauglichkeit von Infrastruktur bezieht sich bei Managed Switches auch darauf, mit welchem Aufwand Geräte montiert, in Betrieb genommen oder im Servicefall getauscht werden können. Besonders einfach ist hier die Handhabung beim Smart Managed Compact Switch (SMCS). Alle notwendigen Konfigurationseinstellungen für die jeweilige Applikation können vorher auf einem montierbaren Konfigura-

tionsstecker abgelegt werden. Das vereinfacht die Inbetriebnahme des Switches vor Ort erheblich (Bild 5). Der industrietaugliche M12-Konfigurationsstecker verbleibt optional am Gerät, und ein Gerätetausch im Servicefall ist dann ebenso einfach per »plug and play« ohne Software-Werkzeuge möglich.

### Fazit

Ethernet-Infrastruktur-Komponenten bestimmen in hohem Maße Zeiteigenschaften, Datendurchsatz, Netz- und Anlagenverfügbarkeit sowie Inbetriebnahme und Serviceaufwand. Der Einsatz von Produkten, die auf die Anwendung wie auch auf den Anwender zugeschnitten sind, ist ein entscheidender Beitrag zu Produktivität und Wirtschaftlichkeit einer Automatisierungsanlage.

[www.phoenixcontact.de/automatisierung/187\\_16238](http://www.phoenixcontact.de/automatisierung/187_16238)