

Ethernet für die industrielle Automation Ethernet for industrial automation

Die Verwendung von Ethernet ist in der IT zur Verbindung unterschiedlicher Endgeräte weit verbreitet – besonders in lokalen Office-Netzwerken (LAN). Das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) führt seit 1985 die von Dr. Metcalfe entwickelte Ethernet-Technologie als offiziellen Standard 802.3. Dieser Standard ist bis heute die Grundtechnologie für ein leistungsfähiges Datenübertragungs-System, das ständig weiterentwickelt wird (Fast-Ethernet, 10-Gigabit-Ethernet, Switching, Full Duplex-Übertragung, Wireless LAN).

■ Ein Standard mit verschiedenen Protokollen

Grundsätzlich bietet sich Ethernet auch für die Automation an. Allerdings gelten in der industriellen Kommunikation verschärfte Bedingungen hinsichtlich mechanischer und elektrischer Eigenschaften der verwendeten Geräte und Medien. Als Stichworte seien hier Umgebungsbedingungen und Echtzeitverhalten genannt. Zudem fehlt ein einheitliches Anwendungsprotokoll, das auf die Belange der Automatisierungstechnik zugeschnitten ist. Von den unterschiedlichsten Organisationen sind höhere Anwendungsprotokolle definiert worden, die in das Standard-Ethernet-Datenpaket eingebettet werden. Derzeit sind verschiedene Protokolle und Spezifikationen in Verwendung, die jedoch nicht miteinander kompatibel sind:

- PROFINET** (Profibus Nutzerorganisation)
- EtherNet/IP** (ODVA)
- Modbus/TCP** (Modbus-IDA Group)

Darüber hinaus gibt es weitere herstellereigenspezifische Ansätze wie EtherCat, Ethernet-Powerlink, JetSync.

Lumberg Automation Industrial-Ethernet Produkte sind **übergreifend** für die Systeme PROFINET, EtherNet/IP, Modbus/TCP verwendbar.

■ Die Übertragungstechnik

Trotz der unterschiedlichen Ansätze für die Echtzeitkommunikation gibt es bei allen Konzepten einen gemeinsamen Kern. Er umfasst die etablierten Standards der Ebenen 1-2, wie die Ethernet Übertragungstechnik und das Buszugriffsverfahren (CSMA/CD, Layer 2). Alle Systeme unterstützen industrielle IT-Funktionen wie Webserver, File-Transfer und E-Mail Versand. Für diese IT-Funktionen werden einheitlich das Internet Protokoll (Layer 3) sowie das TCP und UDP Protokoll (Ebene 4) angewendet. Darüber hinaus kommen weitere Standards der IT-Welt wie das Hypertext Transfer Protocol (http) und das File Transfer Protokoll (FTP) zum Einsatz.

The use of Ethernet in IT for connecting various terminals is widespread, especially in local office networks (LAN). Since 1985, the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) has used the Ethernet technology developed by Dr. Metcalfe as its official standard (802.3). This standard remains the basic technology used in an effective data transfer system that continues to be developed (Fast Ethernet, 10-gigabit Ethernet, switching, full duplex data transfer, wireless LAN).

■ One standard, many protocols

Generally speaking, Ethernet is also suitable for automation applications. Nevertheless, the requirements of industrial communication are more rigorous with regard to the mechanical and electrical characteristics of the devices and media used. Two examples that can be named here are ambient conditions and real-time behavior. In addition, no uniform application protocol exists that is tailored to meet the needs of automation technology. A host of different organizations have defined higher application protocols that can be embedded in the

standard Ethernet data package. As a result, different protocols and specifications are currently in use that are not compatible with one another:

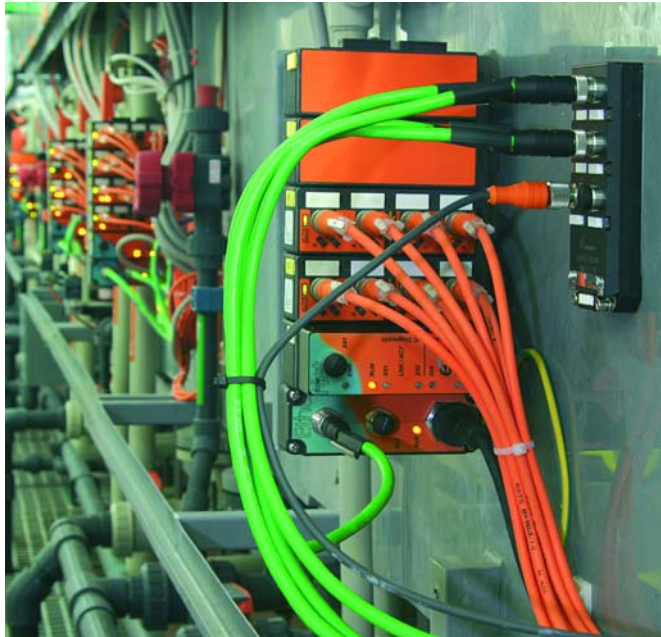
- PROFINET** (Profibus user organization)
- EtherNet/IP** (ODVA)
- Modbus/TCP** (Modbus-IDA Group)

In addition, other manufacturer-specific approaches exist such as EtherCat, Ethernet-Powerlink, and JetSync.

Lumberg Automation Industrial Ethernet products have been designed for use with PROFINET, EtherNet/IP, and Modbus/TCP systems.

■ Data transfer technology

While there are different approaches to real-time communication, all of them have a common core, which comprises the established standards of Layers 1-2 as well as the Ethernet data transfer technology and bus access procedure (CSMA/CD, Layer 2). All systems support industrial IT functions such as Web servers, file transferring, and e-mail. For IT functions such as these, the Internet protocol (Layer 3) as well as TCP and UDP protocol (Layer 4) are used. In addition, other IT standards can be used such as Hypertext Transfer Protocol (http) and File Transfer Protocol (FTP).



Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)

MA- Multiple Access

Jedes Gerät am Ethernet-Netzwerk ist gleichberechtigt und kann mit einem anderen zu jeder Zeit Daten austauschen. Die Geräte greifen gemeinsam auf das Medium zu. Das von den Feldbussen her bekannte Master-Slave-Verfahren, mit einem zentralen Gerät welches die Kommunikation steuert, findet bei Ethernet keine Anwendung.

CS-Carrier Sense

Möchte ein Gerät ein Datenpaket senden, überprüft es zuerst, ob das Medium frei ist, oder bereits eine Kommunikation läuft. Ist das Medium belegt, wird die laufende Übertragung abgewartet und erst bei freiem Medium gesendet.

CD-Collision Detection

Während des Sendens überwacht ein Gerät das Medium auf Kollisionen mit Datenpaketen anderer sender Geräte. Wird eine Kollision erkannt, brechen die beteiligten Geräte die Sendung ab und warten eine gewisse Zeitspanne um den Sendevorgang erneut zu starten. Ein Datenpaket gilt als erfolgreich versendet, wenn keine Kollisionen auftreten.

Dieses Übertragungsverfahren ist nur bedingt für die industrielle Automation einsetzbar, da die Übertragungszeit stark von der Netzauslastung abhängig ist und nicht vorher bestimmbar ist. Durch die Verwendung von Switches und Ethernet-Schnittstellen, die im Vollduplex-Betrieb arbeiten lässt sich die Performance eines Ethernet-Netzwerkes steigern. Wenn Geräte im Vollduplexbetrieb arbeiten (gleichzeitiges Senden und Empfangen von Datenpaketen), wird das CSMA/CD-Verfahren ausgeschaltet.

Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)

MA-Multiple Access

All devices in an Ethernet network are equal and can exchange data with other devices at any time. Devices access media together. Ethernet does not rely on a master/slave procedure of the type used with fieldbuses, where communication is controlled by a central device.

CS-Carrier Sense

If a device wants to send a data package, it first checks to see whether the medium is available or communication is already in progress. If the medium is busy, the device will wait for completion of the current data transfer and will only send data when the medium is no longer busy.

CD-Collision Detection

While sending data, the device monitors the medium to detect collisions with data packages sent by other devices. If a collision has been detected, the devices involved stop sending data and wait for a specific amount of time to elapse before restarting the sending procedure. The system assumes that a data package has been sent successfully if no collisions occur.

In this process, the transfer time depends greatly on the power supply load and cannot be predetermined. For this reason, this data transfer procedure is only suitable for certain types of industrial automation. The performance of an Ethernet network can be improved through the use of switches and Ethernet interfaces with full duplex operation. The CSMA/CD procedure is deactivated during full duplex device operation (simultaneous data package sending and receiving).

■ **Ethernet-Steckverbinder**

Im Bereich der Bürokommunikation ist der RJ45-Steckverbinder für die Verbindung von Geräten mit dem Ethernet weit verbreitet. Hier wird die Schutzart IP20 gefordert. Für den Einsatz in rauer Industrieumgebung haben die verschiedenen Organisationen den in diesem Bereich stark verbreiteten M12-Steckverbinder mit Schutzart IP 67 spezifiziert. M12-Verbindungen haben sich als sichere Anschlussvariante für Sensoren, Aktoren und zur Datenübertragung bewährt. Der M12-Steckverbinder verwendet die in der IEC 61076-2-101/Ed.2 für Ethernet spezifizierte D-Kodierung.

■ **Ethernet-Datenleitungen**

Die Ethernet-Spezifikation sah ursprünglich die Verwendung von Koaxialkabeln als Übertragungsmedium vor. Je nach Kabelaufbau unterschied man Thick Coax (10BASE-5) und Thin Coax (10BASE-2). Letzteres bezeichnete man aufgrund der geringeren Kosten auch als Cheapernet. Heute verwendet man üblicherweise Twisted-Pair Kabel (10BASE-T, 100 BASE-TX), die in einigen Punkten eine Abweichung von den ursprünglichen Mechanismen darstellen. In Twisted-Pair-Kabeln trennt man Sende- und Empfangskanal auf und überträgt diese getrennt über ein Leitungspaar. Die Leitungen werden in Kategorien eingeteilt. In der Industrie ist es üblich, Fast-Ethernet mit einer Übertragungsrates von 100 Mbit/s einzusetzen. Das erforderliche Kabel muss die Kategorie 5 erfüllen. Zur Erzielung größerer Netzausdehnungen und höherer Übertragungsrates wird auch die Glasfaser als Übertragungsmedium verwendet (10BASE-F, 100BASE-FX, 1000BASE-X).



RJ45, 8p 8c



M 12-Steckverbinder
M 12 connectors

■ **Ethernet connectors**

RJ45 connectors are widely used for connecting devices to Ethernet networks for office communication. For these types of applications, an IP 20 protection rating is required. For applications in tough industrial environments, various organizations have specified the use

of a M12 connector with IP 67 protection that is widely used in this area. M12 connectors have proven to be a reliable connecting method for sensors and actuators as well as for use in transferring data. M12 connectors use the D-coding specified in IEC 61076-2-101/Ed.2 for Ethernet.

■ **Ethernet data lines**

Originally, the Ethernet specification provided for the use of coaxial cables as the transfer medium. A distinction was made between thick coax (10BASE-5) and thin coax (10BASE-2), depending on the cable structure. Because of its low cost, thin coax was commonly referred to as "Cheapernet". Today, the use of twisted-pair cable (10BASE-T, 100 BASE-TX) is more common. This type of cable represents a divergence from the original mechanisms in a number of ways. In twisted-pair cables, sending and receiving channels are separated. The channels are then transferred over a wire pair. The lines are organized according to categories. Within the industry, use of Fast Ethernet with a data transfer rate of 100 Mbit/s is widespread. The required cable must meet Category-5 standards. To improve network expansion

capability and increase data transfer rates, fiber-optic cables are also used as transfer medium (10BASE-F, 100BASE-FX, 1000BASE-X).



■ Verwendung von Hubs/Switches

Bei Verwendung von nur zwei Geräten muss bei Twisted-Pair-Verkabelung der Sendekanal des einen Gerätes mit dem Empfangskanal des anderen Gerätes verbunden werden. Sollen mehr als zwei Geräte miteinander kommunizieren, benutzt man Hubs oder Switches als zentrale Station.

Üblicherweise verfügen diese über mehrere Ports, an die Endgeräte oder weitere Hubs oder Switches zur Kaskadierung des Netzwerkes angeschlossen werden können. Der Unterschied zwischen einem Hub und einem Switch liegt in der Weiterleitung der Datenpakete. Ein Hub sendet ein empfangenes Datenpaket an einem seiner Ports an alle anderen Ports weiter. Der Switch wertet die Zieladresse im Datenpaket aus und leitet das Datenpaket nur an den Port weiter, an dem das angesprochene Gerät auch angeschlossen ist. Durch diese gezielte Weiterleitung der Datenpakete wird die Belastung des Netzes reduziert und die Kommunikation beschleunigt.



■ Use of hubs/switches

If only two devices are used, the sending channel of one device must be connected to the receiving channel of the other device for twisted-pair wiring. If more than two devices are to communicate with one another, hubs or switches are used as the central station.

Usually, hubs and switches have multiple ports to which terminals or other hubs or switches can be connected to allow network cascading. The difference between a hub and a switch lies in the

method used to forward data packages. A hub sends a data package it has received at one port to all other ports. A switch, on the other hand, evaluates the target address of the data package and only forwards the data package to the port leading to the device that was intended as the recipient. By forwarding data packages only to targeted recipients, switches reduce the load on the network and increase communication speed.

■ **Topologie:** Mit einem Switch oder Hub als zentralem Element ergibt sich für die Topologie des Netzes eine sternförmige Verkabelung.

■ **Leitungslänge:** Die zulässige Leitungslänge zwischen einem Hub oder Switch und einem Endgerät bzw. zwischen zwei Endgeräten beträgt gemäß Spezifikation 100 m bei Twisted-Pair-Verkabelung. Die Netzausdehnung wird jedoch entscheidend von den verwendeten Leitungen und Steckverbindern beeinflusst.

■ **Übertragungsrate:** Die Übertragungsrate beträgt bei Standard Ethernet (10BASE-T) 10 MBit/s. Bei Fast Ethernet (100BASE-TX) werden 100 MBit/s verwendet.

■ **Autonegotiation:** Moderne Ethernet-Geräte unterstützen sowohl Standard- als auch Fast Ethernet-Übertragung. Dadurch wird sichergestellt, dass aus Gründen der Abwärtskompatibilität auch ältere bestehende Geräte ebenfalls am Datenaustausch teilnehmen können. Über das im Fast Ethernet definierte Verfahren der Autonegotiation vereinbaren zwei Geräte vor dem eigentlichen Datenaustausch einen gemeinsamen Übertragungsmodus (10 oder 100 MBit/s, Halb- oder Vollduplex).



■ **Autocrossing:** Ist diese Funktionalität implementiert, so sind Schnittstellen von Ethernet-Geräten in der Lage, die Send- und Empfangsleitungen bei Twisted-Pair automatisch zu kreuzen. Da-

durch können bei der Verdrahtung anstelle gekreuzter Datenleitungen auch 1 zu 1-verdrahtete Leitungen verwendet werden.

■ **Autopolarity:** Moderne Ethernet-Schnittstellen sind bei 10BASE-T und 100BASE-TX in der Lage bei Verdrahtungsfehlern auch die Polarität der beiden Send- oder der beiden Empfangsleitungen umzukehren.

■ **Topology:** Using a switch or hub as the central element produces wiring in the shape of a star, which, in turn, serves as the basis for the network topology.

■ **Wire length:** The permitted wire length between one hub or switch and a terminal or between two terminals according to specifications is 100 m for twisted-pair wiring. Nevertheless, the network expansion capability is greatly determined by the wires and connectors that are used.

■ **Data transfer rate:** The data transfer rate for standard Ethernet (10BASE-T) is 10 MBit/s. For Fast Ethernet (100BASE-TX) it is 100 MBit/s.

■ **Autonegotiation:** Today's Ethernet devices support both standard and Fast Ethernet data transfer. This ensures the downward compatibility of the devices, so that older devices can still be used to exchange data. On the basis of the "autonegotiation" procedure defined in Fast Ethernet, two devices agree upon a common method of data transfer before the exchange of data actually takes place (10 or 100 MBit/s, half or full duplex).

■ **Autocrossing:** Implementing this function enables Ethernet device interfaces to cross sending and receiving wires automatically for twisted-pair wiring. This makes it possible to use 1-to-1 wired lines instead of crossed data lines when wiring the system.

■ **Autopolarity:** Today's Ethernet interfaces for 10BASE-T and 100BASE-TX are able to change the polarity of both of the sending or receiving lines to correct wiring errors.