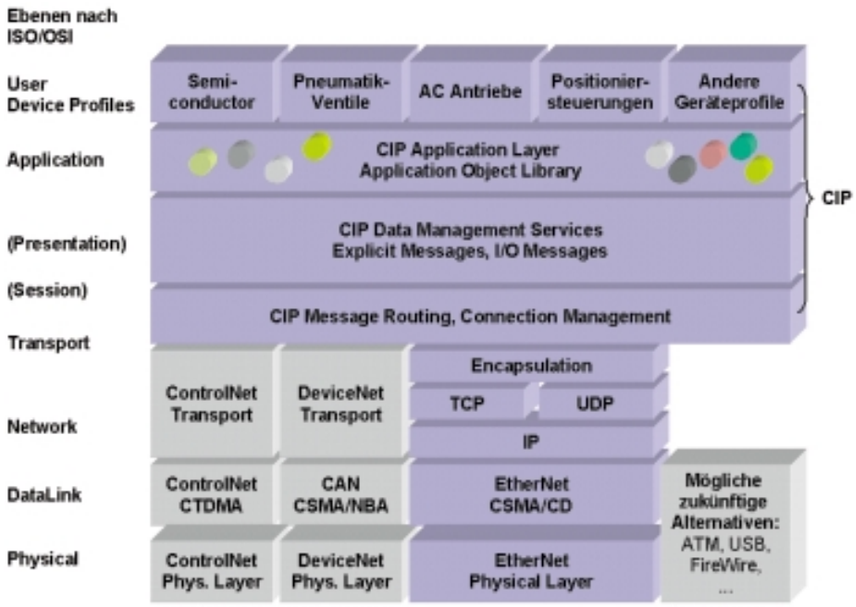
Realtime-Kommunikation über Ethernet:

Obwohl niemals für Realtime-Anwendungen gedacht, zweifelt heute niemand mehr am Durchbruch von Ethernet in der Automation. Zwar haben viele Feldbusanbieter ihre Protokolle auf TCP/IP portiert – von einer Interoperabilität mit Produkten anderer Hersteller kann aber keine Rede sein. Ein offener Kommunikationsstandard tut Not, wie ihn die ODVA, ControlNet International und Industrial Ethernet Association vorschlagen. R. Simon von Rockwell Automation stellt die wesentlichen Merkmale des EtherNet/IP-Protokollstacks vor.



Das Control & Information Protokoll erweitert den Ethernet-Stack für Steuerungsaufgaben

Standard oder Gegenstandard?

Das Internet-Protokoll IP hat in den letzten Jahren einen beispiellosen Siegeszug angetreten: es ist die Sprache des Informationszeitalters. IP ist dank seiner Universalität die ideale Basis für vernetzte Software-Architekturen und kann auf vielen unterschiedlichen Medien eingesetzt werden, u.a. auf FDDI und FireWire (IEEE 1394). Die meisten IP-Architekturen bauen allerdings heute auf Ethernet auf.

Bei Datenblöcken – TCP, wenn es schnell gehen muss – UDP

Ethernet mit seinem CSMA/CD-Datalink-Layer war jedoch nie für ein stabiles Zeitverhalten konzipiert (bei höher belasteten Netzwerken sinkt die Performance durch häufige Kollisionen überproportional). Ähnliches gilt für das Transportprotokoll TCP. Es sorgt für eine zuverlässige Übertragung zwischen Endgeräten durch die Wiederholung verlorengegangener Datenpakete – ebenfalls ein Ansatz, der dem Wunsch nach stabilem Zeitverhalten widerspricht. Dieses Verhalten hat über viele Jahre die Steuerungshersteller davon abgehalten, Ethernet TCP/IP für zeitkritische Steuerungsaufgaben einzusetzen.

Aber diese Probleme sind heute lösbar: Bei Fast Ethernet (100 Mbps) sinkt die Kollisionswahrscheinlichkeit gegenüber Standard-Ethernet durch die höhere Übertragungsgeschwindigkeit. Zudem werden die Kollisionen bei CSMA/CD unwahrscheinlicher, wenn man statt des üblichen 'Shared' Ethernet auf ein 'Switched' Ethernet setzt. In Verbindung mit der Betriebsart Full-Duplex werden sie sogar komplett unterdrückt. Während ein Shared Hub ein empfangenes Paket an alle Ports weiterleitet, überprüft ein Switch den IP-Header und leitet das Paket nur an den Port weiter, über den der adressierte Teilnehmer auch erreicht werden kann. Diese 'Collision Domain' wird damit effektiv auf eine virtuelle Punkt-zu-Punkt-Verbindung reduziert.

Grundsätzlich ist TCP als verbindungsorientiertes Punkt-zu-Punkt-Transport-Protokoll für die deterministische Übertragung von Daten ungeeignet, da es die sichere Übertragung von Datenpaketen in der richtigen Reihenfolge priorisiert (bei Übertragungsfehlern wird so oft wiederholt, bis das Paket korrekt beim Empfänger angekommen ist). Kollisionsbedingte Verzögerungen lassen sich zwar vermeiden, dennoch gibt es Ursachen für Verzögerungen: Installationsbedingte Störeinflüsse (minderwertige Steckverbindungen, Kabelfehler, Reflektionen usw.) können dazu führen, dass Datenpakete 'zerschossen' werden und wiederholt zu senden sind.

Eine gesicherte Verbindung ist absolut notwendig, um beispielsweise einen fehlerlosen Programm-Download durchzuführen – hierbei haben mögliche Verzögerungen eine sekundäre Bedeutung. Für solche Anwendungen ist TCP opti-

all-electronics.de
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG

Entdecken Sie weitere interessante Artikel und News zum Thema auf all-electronics.de!

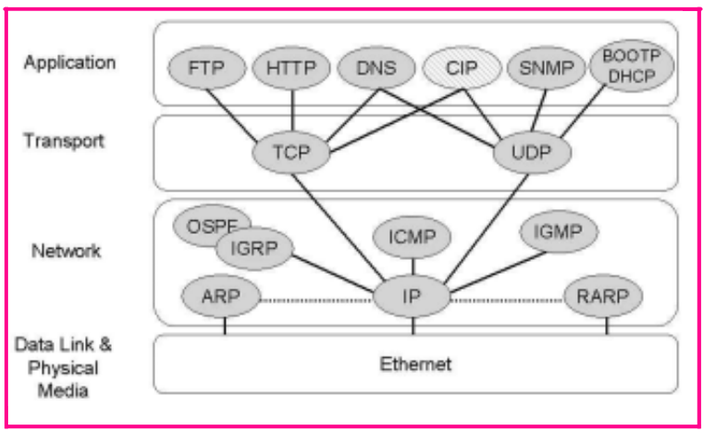
Hier klicken & informieren!

mal – nicht aber, wenn es darum geht, Prozesssignale an eine Steuerung zu übermitteln. Hier wäre es viel wichtiger, immer den aktuellsten Wert sofort zu übertragen, anstatt einen alten Datenwert zu wiederholen, bei dem ein Übertragungsfehler erkannt wurde. Diese Anwendungen lassen sich wesentlich besser mit UDP (User Datagram Protocol) realisieren. UDP ist ein verbindungsloser Transportdienst mit Broadcast-Eigenschaften. Er ist auf die Übertragung kurzer Datenblöcke optimiert, hat im Vergleich mit TCP wesentlich weniger Overhead und arbeitet daher besonders schnell und effektiv. UDP führt keine Wiederholungen im Fehlerfall durch und übernimmt keine Paketverwaltung. Anhand der Prüfsumme, die UDP generiert, erkennt der Empfänger jedoch die Gültigkeit des Datentelegramms. UDP/IP wird z.B. von höheren Protokollen wie SNMP, DHCP, BOOTP und TFTP benutzt. In Verbindung mit Steuerungsaufgaben ist UDP/IP der optimale Weg, um zeitkritische I/O-Daten zu übertragen.

Bei industriellen Netzwerken gibt es drei grundlegende Architekturen:

- Punkt-zu-Punkt
- Client-Server
- Producer/Consumer beziehungsweise Publish/Subscribe

Punkt-zu-Punkt-Netzwerkprotokolle repräsentieren die einfachste Form der Kommunikation, vergleichbar mit dem Telefon. Um eine Verbindung aufzubauen, muss der Anrufer die Nummer des Empfängers kennen. TCP ist ein typisches Punkt-zu-Punkt-Protokoll, das über die IP-Adresse der Gegenstation eine Verbindung mit hoher Bandbreite aufbauen kann. TCP ist aber unpraktisch, wenn mit mehreren Teilnehmern Daten auszutauschen sind. Auch im Steuerungsbereich gibt es viele Feldbusse, die mit Punkt-zu-Punkt-Protokollen arbeiten. Werden diese auf Ethernet portiert, bleiben die grundsätzlichen Nachteile unverändert bestehen.



Unterschiedliche Dienste – darunter auch CIP – nutzen TCP, UDP und IP als Transportprotokoll

Client/Server-Netzwerke eignen sich für die Kommunikation mit vielen Teilnehmern. Hier spricht man von einer 1-zu-n-Beziehung. Gut geeignet sind Client/Server-Strukturen grundsätzlich da, wo zentralisierte Informationen verwaltet werden, z.B. bei Fileservern. Für eine verteilte Systemumgebung, bei der die Informationen von den unterschiedlichsten Knoten stammen können, sind Client/Server-Netzwerke jedoch nicht optimal: alle zu verteilenden Daten müssen ja erst einmal auf den Server geladen werden. Dies verursacht Verzögerungen (schlechte Deterministik) und erhöhten Verwaltungsaufwand.

Consumer/Producer-Dienste auf Ethernet – Ethernet/IP

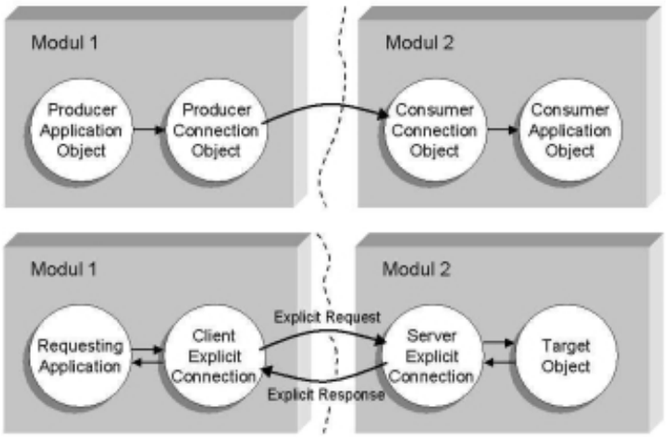
Eine unterschiedliche Philosophie liegt dem Producer/Consumer-Modell (Publish/Subscribe) zu Grunde, auf dem Netzwerke wie ControlNet, DeviceNet oder Foundation Fieldbus basieren. Hier melden Geräte ihren Bedarf für den Empfang bestimmter Daten als Consumer an. Jedes Gerät kann sowohl Consumer als auch Producer sein, wobei ein Producer beliebig viele Consumer bedienen kann. Der Datenverkehr fließt direkt zwischen den so assoziierten Geräten, ohne Umweg über Zwischenspeicher. Auch das Verteilen von Nachrichten an verschiedene Teilnehmer (multicast) ist damit möglich. Auf die Steuerungstechnik übertragen bedeutet das: Einfacher Zugriff auf Daten, Unterstützung komplexer Beziehungen, vielseitige Übertragungsdienste, objektorientierte Modellierung. In Bezug auf die Ressourcennutzung ist Producer/Consumer optimal: I/O-Messages haben kaum Overhead, brauchen häufig keine Sendeaufforderung und die Geräte können Daten ereignis- oder zeitgesteuert übermitteln.

Parallel zu diesen zeitkritischen Messages unterstützt Producer/Consumer auch den expliziten Nachrichtentyp mit Telegrammen zwischen zwei Teilnehmern. Für die Umsetzung der Producer/Consumer-Dienste auf Ethernet empfehlen sich die Protokolle TCP/IP für alle gesicherten Verbindungen und UDP/IP für alle Realtime-Messages. Dieser Lösungsansatz wird EtherNet/IP genannt.

EtherNet/IP erweitert das klassische Ethernet mit einem Industrieprotokoll. Die unteren 4 Ebenen des OSI-Schichtenmodells bleiben unverändert; d.h. die bisher verwendete Ethernet-Hardware (Hub, Switches, Router etc.) läuft auch mit EtherNet/IP. Oberhalb der Transportschicht befinden sich Dienste wie das Encapsulation-Protokoll sowie das Control & Information Protokoll (CIP), das als offenes Application Program Interface

Merkmale des EtherNet/IP-Protokollstacks:

- Das Applikationsprotokoll CIP ist offengelegt und frei von herstellerspezifischen Lizenzansprüchen
- 3 Netzwerkorganisationen mit über 400 Mitgliedsfirmen unterstützen Ethernet/IP (ODVA: Open DeviceNet Vendor Association, CI: ControlNet International, IEA: Industrial Ethernet Association).
- Ethernet/IP setzt moderne Netzwerkarchitekturen mit Producer/Consumer-Eigenschaften effektiv auf Ethernet um
- CIP-Spezifikation existiert und das CIP-Protokoll ist bereits in Produkte umgesetzt
- Durchgängigkeit von Ethernet zu ControlNet oder DeviceNet, da diese Netzwerke das gleiche CIP-Protokoll verwenden
- Über Encapsulation sind andere Netzwerke zu integrieren



Bei zyklischem Datenaustausch verwendet CIP implizite Nachrichten (oben), während individuelle Nachrichten wie Request/Response-Nachrichten oder Read/Write explizit aufgebaut werden.

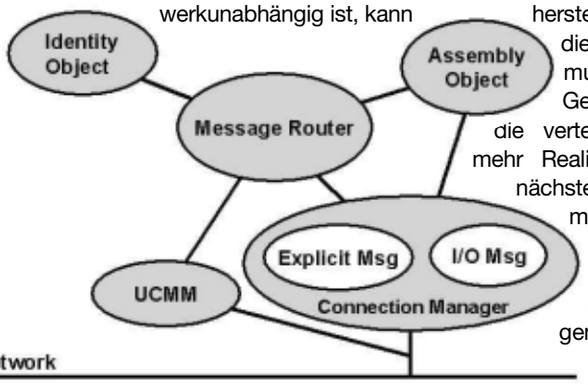
(API) für industrielle Steuerungsanwendungen auf Basis des Producer/Consumer-Modells konzipiert ist. Neben CIP sind auch andere Dienstprotokolle wie FTP, HTTP, SNMP möglich, die ebenfalls über TCP oder UDP auf IP zugreifen.

Control & Information Protokoll – der Name ist Programm

Bereits der Name 'Control & Information' weist auf die wichtigsten Merkmale des CIP-Protokolls hin: Realtime-Steuerungsfunktionen und informationsbasierter Nachrichtenverkehr. CIP stellt Standard-Services für Zugriffe auf Daten und für die Steuerung vernetzter Geräte über sogenannte 'implizite' und 'explizite' Messages zur Verfügung. Für den regulären zyklischen Datenaustausch, bei dem die beteiligten Stationen wissen, welche Daten erwartet werden, verwendet CIP implizite Nachrichten (kompakter Datenblock mit wenig Overhead, typische I/O Daten über I/O-Connections). Diese Messages können ereignis-, zeit-, pollend oder applikationsabhängig ausgelöst werden. In verschiedenen Transportklassen lässt sich auch das Antwortverhalten festlegen.

Individuelle Nachrichten verwenden den expliziten Typ. Das trifft z.B. für alle Request/Response-Nachrichten zwischen Client und Server zu, wie 'Start/Stop (Object)', 'Reset', 'Read/Write'. Hier sind zusätzliche Informationen im Header enthalten. Explizite Nachrichten können sowohl verbindungsorientiert (connected) arbeiten als auch verbindungslos übertragen werden. 'Connected' bedeutet dabei virtuelle Verbindungen zwischen Stationen, die überwacht werden und reservierte Netzwerkressourcen garantieren.

CIP baut auf einem objekt-orientierten Modell zur Beschreibung der Eigenschaften von Steuerungskomponenten auf (Geräteklassen, Instanzen, Attribute, Datentypen, Services, Profile usw.). Die Geräteprofile bestehen aus einer spezifischen Kombination von Objekten, die die Funktionsweise des Gerätes festlegen. Standard-Geräteprofile können über herstellerspezifische Attribute und Objekte erweitert werden. Da CIP netzwerkunabhängig ist, kann es auf verschiedenen Transportschichten (Feldbusse) implementiert werden. Auch als Middleware für das IDA-Konzept (Interface for Distributed Automation) würde sich CIP sehr gut eignen.



CIP baut auf einem objektorientierten Modell zur Beschreibung der Eigenschaften von Steuerungskomponenten auf und lässt sich um herstellerspezifische Besonderheiten erweitern

Bevor CIP-Datenpakete in einer EtherNet/IP-Umgebung auf das Netzwerk gehen, werden sie entsprechend verpackt. Je nachdem, welche Dienstschichten sie durchlaufen, erhalten sie einen entsprechenden Header, z.B. einen IP-Header, einen TCP-Header und einen Encapsulation-Header. Letzterer enthält Datenfelder mit Steuerbefehlen, Format- und Statusinformationen, Synchronisationsdaten usw. Damit werden die CIP-Datenpakete so aufbereitet, dass sie über TCP oder UDP weitervermittelt und beim Empfang wieder entschlüsselt werden können.

Mit Encapsulation andere Netzwerke und Feldbusse integrieren

Bezüglich der Protokolleffizienz ist Ethernet allerdings kaum mit Feldbussen wie DeviceNet vergleichbar. Die vielen Headerdaten bedeuten im Verhältnis zu den Nutzdaten einen relativ großen Overhead. Deshalb ist es hier eher vorteilhaft, Datenblöcke statt einzelner Datenworte zu schicken. Besonders effizient sind daher auch CPF-Übertragungen (Common Packet Format). Damit können in einem einzigen Protokollrahmen gleich mehrere Datenpakete kombiniert versandt werden, die nur einen gemeinsamen Header benutzen.

Mit EtherNet/IP bietet sich erstmals in der Steuerungswelt die Chance, einen herstellerneutralen Standard für die Ethernet-basierende Kommunikation bis herunter zum Gerät einzusetzen. Damit wird die verteilte Steuerung ein Stück mehr Realität. Allerdings ist in den nächsten Jahren noch längst nicht mit einem breiten Umschwenken auf Ethernet für Steuerungsanwendungen zu rechnen – zu schwer wiegen noch die Vorteile etablierter Feldbussysteme wie Gerätevielfalt, einfache Bus-Installationen, Energieversorgung übers Datenkabel, Failsafe-Applikationen und passive Medien.

Bei der Wahl des richtigen Netzwerks ist die Investitionssicherheit besonders wichtig – dabei spielt ein herstellerneutrales Protokoll wie CIP eine zentrale Rolle, weil es für netzwerkübergreifende Transparenz sorgt. Und deshalb sind moderne Netzwerke, die eine Durchgängigkeit über das CIP-Protokoll verbindet, wie ControlNet und DeviceNet, heute gut positioniert – auch wenn sie nicht auf Ethernet aufbauen.

EtherNet/IP industrielle Kommunikation über Ethernet **764**