

Überschriftensammlung Feldbussysteme

Definitionen

Pyramide der Automatisierung

hierarchisches Konzept für Einsatz verschiedener Vernetzungssysteme (je nach Datenmenge und Anforderungen an Übertragungsverhalten)

- Leitebene (Industrial Ethernet)
- Zellenebene (Industrial Ethernet, Profibus-FMS, LON)
- Feldebene (Profibus-DP, LON, Interbus, CAN)
- Sensor-Aktor-Ebene (CAN, LON, Interbus, AS-I)

Echtzeit bei Bussystemen

- Übertragungszeit für Daten muss vorhersagbar und garantiert sein
- Rechtzeitigkeit der Nachricht wichtiger als absolute Geschwindigkeit des Busses
- Datenübertragung darf keine nennenswerten Verzögerungen im Gesamtsystem erzeugen

Latenzzeit

Die Eingangs-Verzögerungszeit verstreicht zwischen Auftreten eines Ereignisses und Eintrage im Eingangsdatenpuffer der Maschine. Allgemeiner Dauer bis zur Reaktion des Systems auf eingegangene Daten. U.a. abhängig von

- Übertragungsgeschwindigkeit des Bussystems,
- Zugriffsverfahren der Teilnehmer auf den Bus
- Übergabe der Daten vom Bussystem in die Steuerung

Topologien

Punkt-zu-Punkt Verbindung

- Zwei Teilnehmer direkt verbunden
- beide Teilnehmer müssen mit Schnittstelle ausgestattet (Receiver und/oder Transmitter)
- Parallele Datenübertragung: Centronics-Schnittstelle
- Serielle Datenübertragung: TTY-Schnittstelle, RS232C-Schnittstelle, RS485-Schnittstelle

Ringverbindung

- mehrere Geräte hintereinander geschaltet
- je eine Sendeeinheit (Transmitter) und eine Empfangseinheit (Receiver)
- Übertragung erfolgt immer nur in einer Richtung
- Netzteilnehmer müssen Daten weiterleiten, bis der richtige Empfänger erreicht wird

Jitter

Schwankungsbreite der Latenzzeit (Abweichung vom Soll-Zeitpunkt)

LAN (Local Area Network)

Ein innerhalb eines gegebenen geographischen Bereiches (z.B. Fabrikhalle) angelegtes Netzwerk (Einsatzschwerpunkt der Feldbussysteme).

WAN (Wide Area Network)

Vernetzung von weit entfernten Teilnehmern (z.B. unter Zuhilfenahme von Postnetzen).

Schnittstelle RS485

- 10 Mbit/s (12m), 100 Kbit/s (1200m)
- 32 Knoten (128 bei speziellen Treibern)
- differentielle Datenübertragung (Störungen werden auf beiden Adern eingekoppelt, ändern aber die Spannungsdifferenz nicht und treten so nicht/kaum in Erscheinung)
- Abschlusswiderstände gegen Signal-Reflexionen
- eher elektrische Norm, die sich div. Bussysteme zu Nutze machen (z.B. PROFIBUS)

Stern-Netz

- Am Sternkoppler sind alle Netzteilnehmer mit je einer Sende- und Empfangseinheit angeschlossen (viele Punkt-zu-Punkt Verbindungen)
- Keine direkte Kommunikation zwischen Teilnehmern, nur über Sternkoppler

Busverbindung

- alle Geräte physikalisch parallel am Bus angeschlossen
- je Gerät eine Sende- und eine Empfangseinheit
- Daten werden von allen anderen Teilnehmern empfangen
- nur der Teilnehmer, der als Empfänger für die Daten angegeben ist, wertet sie aus und verarbeitet sie

Freie Baum-Struktur

Erweiterung der reinen Busverbindung (Stiche etc) zur

Reduzierung des Verdrahtungs- und Installationsaufwands bei größeren Anlagen; evtl. Signalverstärker und Verbindungseinheiten (Repeater) benötigt

Zusammenschaltung von Netzwerken

Netzwerke können über öffentliche Netze zusammenschaltet werden (gemietete Leitung oder VPN über Internet). Dafür ist eine gesonderte Verbindungseinheit nötig, die den Anschluss an das Fernnetz übernimmt.

Zugriffsverfahren

Zur Abwicklung eines geordneten Datenverkehrs auf den Busleitungen sind Regeln bei der Kommunikation wichtig. Es werden Verfahren festgelegt, nach denen die einzelnen Busteilnehmer die Berechtigung erhalten, Daten an andere Teilnehmer zu senden.

Deterministische Zugriffsverfahren

- Der Token, die Berechtigung Daten zu senden, von einem Teilnehmer zum nächsten weitergereicht.
- Die Verfahren „Token-Passing“ und „Master-Slave“ können gemischt eingesetzt werden (Multi-Master-Betrieb). Dabei übergeben sich die einzelnen Master übergeben sich gegenseitig die Zugriffsberechtigung. Der Master, der das Zugriffsrecht auf den Bus besitzt, darf einem der Slaves die Sendeberechtigung zu einem Antworttelegramm erteilen.

Token-Passing

- Token bei Bussystemen wird wie beim Ringnetz von einem Teilnehmer zum nächsten weitergegeben
- keine physikalische Reihenfolge gegeben, logische Festlegung, in welcher Folge der Token weitergereicht wird

Master-Slave

- mehrere Teilnehmer mit Funktion des Masters, alle übrigen Teilnehmer nur Slaves
- Nur Master darf Übertragungen initiieren, Slave darf nur antworten wenn aufgefordert
- Damit jeder Slave aber bei Bedarf seine Daten an einen anderen Teilnehmer übertragen kann, teilt der Master nach vorgegebenen Reihenfolge jedem Slave die Sendeberechtigung zu, damit Slaves kommunizieren können

Stochastische Zugriffsverfahren

- Alle Busteilnehmer gleichberechtigt, jeder darf zu einer beliebigen Zeit Daten an andere senden
- Jeder Teilnehmer muss vor dem Senden, überprüfen ob der Bus frei ist. Ist dieser besetzt, so muss er warten, bis kein Datenverkehr mehr herrscht. Wenn nun zwei oder mehr Teilnehmer gleichzeitig mit einer Übertragung beginnen, kommt es zu einer Kollision.

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

- zeitgleich sendende Teilnehmer müssen Kollision ihrer Telegramme unmittelbar erkennen
- nach Erkennung stoppen Teilnehmer den Datenverkehr und starten nach einer Zufallszeit einen erneuten Sendeversuch
- Verwendung bei RS-485, Ethernet

- Laufzeiten auf Medium sind im Verhältnis zur Zeichenlänge klein, um Zerstörung der Telegramme bei Kollision zu vermeiden (relativ niedrige Übertragungsraten)
- Wie das Verfahren mit einer Prioritätssteuerung überlagert, so erhält man für bestimmte Telegramme ein deterministisches Verhalten
- Verwendung bei CAN und EIB

CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance):

- bei zeitgleichem Sendebeginn verbleibt nach Arbitrierungsphase ein Teilnehmer am Bus
- es geht keine Übertragungszeit verloren (volle Auslastung möglich)

Reduktion der Kollisionswahrscheinlichkeit

- durch Zeitschlitz-Verfahren wird dafür gesorgt, dass niemals oder selten zwei oder mehrere Teilnehmer gleichzeitig anfangen zu senden
- Verwendung bei LON-Bus

Telegrammaufbau von Daten über Busleitungen

Alle Teilnehmer müssen ihre Telegramme so aufbauen, dass jeder Bus-Teilnehmer in der Lage ist, diese zu verstehen.

Telegrammkopf (Header)

- eine Sendung beginnt
- für wen ist diese Sendung bestimmt
- wer hat diese Sendung abgeschickt
- einige Steuerinformationen für den Transport

Datenfeld (Body)

- die eigentlichen Informationen
- Länge des Datenfeldes kann im Bussystem fest vorgegeben oder variabel sein

Datensicherungsteil

- die Information, dass das Telegramm beendet und vollständig übertragen ist
- Prüfsummen um die Fehlerfreiheit der Daten festzustellen (Parität, CRC,...)

Industrial Ethernet

Vorteile

- schnelle Inbetriebnahme
- hohe Verfügbarkeit durch redundante Netz-Topologie
- Vernetzung unterschiedlichster Anwendungsbereiche, wie Büro und Fertigung
- Unternehmensweite Kommunikation über WAN

Kollisionsdomäne

- Netzwerksegment in Industrial-Ethernet-Netzwerk
- CSMA/CD wird angewendet (bei 100Mbit/s ~450m)
- Beim Senden mehrerer Teilnehmer gleichzeitig kommt es zur Kollision
- Switches trennen, Repeater und Hubs trennen nicht die Kollisionsdomänen

Switch

- arbeiten nach Direktvermittlungsverfahren, weiterleiten von Daten in ein anderes Netz über Zuordnungstabelle der MAC-Adressen
- Fehlerhafte Datenpakete und Kollisionen werden nicht weitergeleitet
- Steigerung der Netzwerkeffizienz indem mehrere Datenpakete zwischen unterschiedlichen Netzwerksegmenten parallel gesendet werden können

Strukturierte Verkabelung

- Primärbereich: Verbindung von Gebäuden
- Sekundärbereich: Verbindung von Etagen
- Tertiärbereich: Informationstechnische Anschlüsse der Endgeräte
 - Längen Rangierkabel A+C max. 10m
 - Länge des Festkabels B max. 90m

Verfahren für Echtzeit

Zeitscheiben- / Zeitschlitzverfahren

- 1 Scheibe zur zyklischen Datenübertragung
- 1 Scheibe zur azyklischen Datenübertragung
- Werden keine azyklische Daten gesendet folgt Leerlauf (Idle)
- Festlegung der Zeitaufteilung häufig durch Master

Zeitstempelverfahren

- Synchron laufende Uhren in jedem Teilnehmer
- Datenübertragung zu exakt vorgegebenen Abtastzeitpunkten
- Daten werden zu diesem Zweck mit Zeitstempel versehen

Handelsnamen

- EtherCat, CIP SynC, Ethernet Powerlink, JetSync, Profinet

Profinet

Profinet IRT (Isynchronous Real Time)

- Nur innerhalb eines Netzwerksegments
- Zeitschlitzverfahren (IRT und nicht-synchrone Phase)
- Zeitsynchronisation der Teilnehmer muss unterstützt werden (Genauigkeit < 1us)
- Spezielle Hardware nötig
- Parallel zeitkritische und Standardanwendungen über ein Medium möglich

Profinet RT (Real Time)

- innerhalb eines Netzwerks (ohne TCP/IP oder UDP/IP)
- zwischen Netzwerken (mit IP) „RT over UDP“
- Datenquerverkehr über Ethernet-Multicasts möglich

Profibus

FMS

- bietet Möglichkeit der Multi-Master-Kommunikation zwischen intelligenten Geräten, für die Mehrzahl der Anwendungen nur von eingeschränktem Nutzen
- komplizierter Protokollstack; Forderung nach kleinen, effektiveren und preiswerteren Protokollstack führte zur Entwicklung von PROFIBUS-DP

DP

- meist zwischen einem Master und mehreren verteilten Ein-/ Ausgabegeräten verwendet
- besonders geeignet für die Fertigungsautomatisierung
- wesentlich schlankerer Protokollstack,

Profile

- Profile legen fest, wie PROFIBUS im konkreten Anwendungsgebiet genutzt wird, was die Daten bedeuten
- durch Anwenderprofile Austauschbarkeit von einzelnen Komponenten
- Engineeringkosten werden erheblich reduziert, da Bedeutung der anwendungsbezogenen Parameter genau festgelegt
- Beispiel: Antriebstechnik

FMS-Profil

- Kommunikation zwischen Controllern und SPS-Geräten
- Profil für Gebäudeautomation (Überwachung, Regelung, Steuerung, Bedienung, Archivierung)
- Niederspannungsschaltgeräte

DP-Profil

- NC/RC: Steuerung von Handhabungs- und

kostengünstiger zu realisieren, Geräte brauchen weniger Speicher, Prozessorleistung und Energie

- wesentlich schneller als -FMS
- Erweiterungen des DP-Protokolls erlaubt auch azyklischen Datenverkehr (-FMS verliert immer mehr an Bedeutung)

PA

- erfüllt Anforderungen der Prozessindustrie: für eigensicheren, nicht eigensicheren Bereich sowie die Möglichkeit der Speisung der Feldgeräte über den Bus.
- Basiert auf -DP.

Montagerobotern

- Encoder: Anbindung von Drehwinkel und Linearencodern
- drehzahlveränderbare Antriebe
- Bedienen und Beobachten, HMI
- einfache Bedien- und Beobachtungsgeräte
- ProfiSafe: Kommunikation zwischen fehlersicheren Peripheriegeräten/Steuerungen (-DP sowie -PA)

GSD-Datei (Geräte-Stamm-Datei)

- vom Gerätehersteller zur Verfügung gestellt (reine ASCII-Dateien)
- DP-Slaves und DP-Master (Klasse 1) enthalten charakteristische Gerätemerkmale der DP-Gräte
- Über „DP-Schlüsselwörter“ und Dateiformat mit einem herstellerneutralen Projektierungswerkzeug verarbeitbar
- Starker Wandel der Spezifikationen durch ständige Entwicklung der verschiedenen Profile

Abschnitte

- allgemeine Festlegungen: Angaben zum Hersteller und Produkt
- DP-Master-bezogene Parameter
- Slave-bezogener Teil

GSD-Datei enthält folgende Daten:

- die unterstützten Übertragungsraten
- Länge der auszutauschenden Ein-/ Ausgangsdaten
- Bedeutung der Diagnosedaten, evtl. der Anwenderparameter
- Art des Feldgerätes (Kompaktstation, modulares Gerät)
- Textzuweisungen für die symbolische Projektierung
- unterstützten Dienste (Sync-/ Freezemode, ...)

Eckdaten

	AS-I	Profibus	CAN	INTERBUS	Industrial-Ethernet
Zugriffsverfahren	Master-Slave	CSMA/CD, Multi-Master	CSMA/CR, Multi-Master		CSMA/CD
Topologie	freie Baumstruktur	freie Baumstruktur	Linien-Bus	<ul style="list-style-type: none"> • Ring (daher Vollduplex) • Masterstation als Anschaltbaugruppe • Dezentrale E/A-Geräte 	<ul style="list-style-type: none"> • Stern; Linie • Ring (Switch im RM-Mode) • Freie Strukturen mittels OSM (Optical Switch Modul) u. ESM (Electrical Switch Modul)
Medien	ungeschirmte Zweidrahtleitung (Daten und Energie)	<ul style="list-style-type: none"> • Geschirmte verdrillte Zweidrahtleitung (RS485) • LWL • Infrarotstrecken 	Differentieller Bus ähnlich RS485	<ul style="list-style-type: none"> • Hin- und Rückleitung jeweils ein Kabel (sieht deswegen aus wie Bus) • LWL 	<ul style="list-style-type: none"> • Twisted-Pair-Leitung (TP) • LWL
Ausdehnung	Max 100m (Verlängerung mehrfach durch Repeater)	<ul style="list-style-type: none"> • ohne Repeater: ähnlich RS485 • mit Repeater: 12km (93,75kBit/s), 1km (12Mbit/s) • LWL: 23,8km 	<ul style="list-style-type: none"> • 40m (1Mbit/s), 1km (50Kbit/s), max 5km • Laufzeit wegen Busarbitrierung kritisch 	<ul style="list-style-type: none"> • zw. Fenbus-Nodes: 400m • IBS-Anschaltbaugruppe - erster RB: 400m 	<ul style="list-style-type: none"> • 100m (TP) • 3000m (LWL)
Teilnehmer	1 Master, 31 Slaves (62 A/B-Slaves)	<ul style="list-style-type: none"> • ohne Repeater 32 (zeitkritische Anwendungen) • max 127 	<ul style="list-style-type: none"> • 127 TLN bei CANopen • 64 TLN bei DeviceNet 	<ul style="list-style-type: none"> • Fernbus: 254 • IBS: 512 	Je nach Protokoll, Zykluszeit und Reserve für andere Daten (ProfiDrive 70-150 Stück)
Prinzipielle Funktionsweise	<ul style="list-style-type: none"> • Genaue Taktraten und Verzögerungszeiten bis auf Bitebene definiert • alle Teilnehmer werden nacheinander gepollt 	<ul style="list-style-type: none"> • Token-Passing zwischen den Mastern (über die LAS Liste) • In der GAP Liste stehen die passiven Teilnehmer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adressen entspr. Objekten • Datenaustausch über Nachrichtenennung, keine Empfängeradressen • Nachrichten werden von keinem, einem, vielen, allen übernommen • über die ID geschieht Arbitrierung und Priorisierung (dezentral) • Protokoll beschreibt auch Aufbau der Nachrichten 	<ul style="list-style-type: none"> • Funktioniert wie großes Schieberegister • Ein und Auslesen der Daten in einem Schritt • Kann Fehlerstellen durch Zuschalten der Baugruppen genau lokalisieren 	Prinzipiell wie normales Ethernet, jedoch werden verfahren eingeführt, die die Vorhersagbarkeit, ob und wann eine Nachricht eintreffen wird, eingeführt (siehe unten)