

## Inhalt

I.	Allgemeine Beschreibung .....	1
1.	Grunddefinitionen .....	1
2.	Funktionsbeschreibung.....	1
3.	Normen.....	1
4.	Vorteile.....	2
A.	Echtzeitfähigkeit.....	2
B.	Garantierte Laufzeit.....	2
II.	Einsatz von Feldbussen .....	2
1.	Einsatzbereiche.....	2
A.	Fertigungsautomatisierung .....	2
B.	Prozessautomatisierung .....	2
C.	Gebäudeautomatisierung .....	2
D.	Fahrzeugtechnik .....	2
2.	Verbindungsaufbau und Datenübertragung.....	3
A.	ISO-OSI Modell .....	3
B.	Bitfolgen-Prüfung.....	3
III.	Kommunikation mittels Bussystemen.....	4
1.	Architekturformen .....	4
A.	Übersicht .....	4
B.	Vorteile und Nachteile.....	4
2.	Buszugriffsverfahren .....	5
A.	Deterministischer Buszugriff.....	5
B.	Zufälliger Buszugriff (CSMA).....	5
IV.	Datenaustauschmodelle .....	6
1.	Client-Server-Modell.....	6
2.	Provider-Consumer-Modell.....	6
3.	Datenorientierte Schnittstelle .....	6
4.	Nachrichtenorientierte Schnittstelle .....	6
V.	Zusammenfassung und zukünftige Entwicklungen.....	7
VI.	Feldbusrealisierungen.....	7
1.	Profibus .....	7
2.	CAN .....	8
3.	EtherCAT .....	8
4.	Vorteile und Nachteile.....	8
VII.	Literaturverzeichnis.....	8

# Feldbusse und Kommunikationssysteme

*Proseminar Microcontroller und eingebettete Systeme WS2014/2015*

Evgeny Volynsky

Lehrstuhl für Echtzeitsysteme und Robotik

Fakultät für Informatik

Technische Universität München

Email: Evgeny.Volynsky@tum.de

## I. Allgemeine Beschreibung

### 1. Grunddefinitionen

Für ein besseres Verständnis des Inhaltes der Ausarbeitung werden hier wesentliche Grundbegriffe und Definitionen eingeführt und erläutert. Der Begriff *Feldbus* steht für unterschiedliche physikalische Bussysteme, welche in den Bereichen der Automatisierung, Fertigungstechnik, Gebäudeautomation und der Automotive-Technik ihren Einsatz finden. Es werden elektronische Geräte oder Module, die sogenannten *Feldgeräte*, mit den Steuerungsgeräten und Leitrechnern verbunden und dadurch eine schnellere Datenübertragung zwischen den Komponenten erzielt. Dabei ist der Einsatz eines Prozessorrechners mit Echtzeitbetriebssystem entscheidend, weil dieser für die Prozessführung und Prozessbeobachtung verantwortlich ist. An diesen Prozessorrechner, welcher auch als *prozessnahe Komponente* bezeichnet wird, werden diese Feldgeräte, wie Sensoren und Aktoren, Steuerungen angebunden. Das wird im Produktionsbetrieb auch als *Feldebene* genannt. Die mit Hilfe eines Feldbusses angeschlossenen Geräte werden auch Stationen oder Teilnehmer bezeichnet. (1)

### 2. Funktionsbeschreibung

Im Laufe der Zeit haben sich zwar unterschiedliche Realisierungen von Feldbussen herausgebildet, die sich je nach Anwendung, Topologie, Datenaustausch, Protokoll und Zugriff stark unterscheiden aber von der Funktionsweise nach dem gleichen Prinzip funktionieren. Über eine gemeinsam genutzte Datenleitung werden die Daten in Form von Nachrichten in der Regel von mehreren Teilnehmern gesendet und empfangen. Dabei können die Datenkollisionen entstehen, die durch die genaue Festlegung, wer was und wann versendet, vorgebeugt werden können. (2)

### 3. Normen

In der ersten Entwicklungsphase von Feldbussen kamen oft die herstellereigene Lösungen zum Einsatz, die als Folge untereinander nicht kompatibel waren. In der späteren Zeit ist der Wunsch nach offenen und genormten Systemen gewachsen, da der Anwender des Feldbusses mehr Flexibilität und Unabhängigkeit bei der Wahl des Produkts zum besten PreisLeistungsverhältnis wollte. Auf der anderen Seite standen die Interessen der Hersteller, die in der aufkommenden Feldbusnormung eine gewisse Gefahr für ihre Marktanteile gesehen haben. Sie versuchten die gewissen Hindernisse zu stellen um die Normungseinführung zu bremsen. Einen großen Konkurrenzkampf in den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts auf der internationalen Arena stellten in Europa Deutschland und Frankreich dar, die ihre eigenen Interessen durchzusetzen versuchten. Da es völlig unterschiedliche Systeme entwickelt wurden, sollte durch eine internationale Normierung eine universelle Lösung geschaffen werden, die alle Modelle unterstützen sollte. Der Universalfeldbus war aber nicht praxistauglich, da die Geräte entweder zu teuer waren oder die Implementierungen nur ein Teil der Anforderungen erfüllten und wegen Inkompatibilität nicht miteinander arbeiten konnten. (3) (4)

Die aktive Beteiligung der amerikanischen Firmen in den 90er Jahren (Gründung eines Industrieverbandes ISA) wurde als Bedrohung von europäischen Firmen eingesehen, und somit wurde beschlossen alle nationalen Normen zu Europäischen Normen zusammenzufassen (CENELEC). Erst im 21. Jahr-

hundert ist es gelungen durch die Einführung der umfassenden IEC-61158 Norm eine Kompromisslösung zu finden, welche alle möglichen Feldbusrealisierungen beinhaltet. Die aktuellste Version ist ab Jahr 2002 gültig, beinhaltet alle wichtigsten Feldbusse aus der Prozess- und Verfahrenstechnik und wird von den weltweit größten Automatisierungskonzernen benutzt. (3) (4)

#### 4. Vorteile

Im direkten Vergleich zu den konventionellen Verdrahtungssystemen erweisen sich die Feldbusse als effizientere Verbindungsmöglichkeit. Es zeichnet sich durch geringeren Verdrahtungs- und Engineering-Aufwand, weniger Anschlussbausteine, weniger Dokumentation sowie ein Einsparungspotenzial von bis zu 40%. Außerdem besitzen die Feldbusse sehr wichtige technische Eigenschaften, welche sehr oft als Anforderungen an die Bus-Systeme gestellt werden. (5)

##### A. Echtzeitfähigkeit

Echtzeitfähigkeit wird oft als eine Anforderung bei dem Einsatz des Feldbusses definiert, da man nicht selten in unterschiedlichen Bereichen mit Echtzeitsystemen zu tun hat. Solche Systeme müssen ein gewisses Echtzeitverhalten besitzen und damit folgende Eigenschaften erfüllen wie Gleichzeitigkeit, Rechtzeitigkeit, Vollständigkeit und Störsicherheit. Um das zu gewährleisten müssen die Prozessdaten in Echtzeit übertragen werden und die Aktualisierung im Bereich von Milli-/Mikrosekunden liegen. (4)

##### B. Garantierte Laufzeit

Außerdem werden Anforderungen an die Nachrichtenbehandlung gestellt, damit man die festgesetzte maximale Übertragungszeit garantieren kann. Das setzt nicht nur optimale Nachrichtenübertragung unabhängig vom Datenverkehrsaufkommen voraus, sondern fordert auch die Einhaltung der System-sicherheit gegen Ausfälle des Übertragungsnetzwerkes, der Teilnehmer sowie Vorbeugung der Übertragungsstörungen. (4)

## II. Einsatz von Feldbussen

Wie bereits am Anfang des Kapitels 1 erwähnt wurde, finden sich unterschiedlichste Einsatzbereiche für Feldbussysteme. Diese kann man in 4 Hauptbereiche aufteilen: Fertigungs-, Prozess-, Gebäudeautomatisierung sowie Fahrzeugtechnik. (2) (6)

### 1. Einsatzbereiche

#### A. Fertigungsautomatisierung

Bei der Fertigung ist der Einsatz von Feldbussen sehr wichtig, da man dadurch ein sehr hohes Einsparpotenzial an Arbeitskräften sowie eine höhere Schnelligkeit und Genauigkeit durch den Einsatz von z.B. Robotern, Werkzeugmaschinen oder automatisierten Transporteinrichtungen bei der Fertigung erzielen kann. (2) (4) (6)

#### B. Prozessautomatisierung

Die Prozessautomatisierung spielt insbesondere bei der chemischen Industrie eine entscheidende Rolle. Man kann damit die Visualisierung der Prozesse ermöglichen und eine bessere Sicherheitskontrolle über die gefährdeten Prozesse oder Räume erhalten. (2) (4) (6)

#### C. Gebäudeautomatisierung

Heutzutage beobachtet man einen zunehmenden Trend bei dem Einsatz von Feldbussystemen in der Gebäudetechnik. Dadurch kann man z.B. eine zentrale Steuerung von verschiedenen Haushaltsystemen aufbauen, wie Beleuchtung, Heizung, Klimaanlage oder Jalousien. Dabei soll man bereits bei der Erstellung eines Gebäudeplans den Einsatz von solchen Systemen berücksichtigen, da man unter Umständen einen höheren Platzbedarf wegen Kabeln und Leitungen miteinplanen muss. (2) (4) (6)

#### D. Fahrzeugtechnik

Das eine der größten Anwendungsgebiete von Feldbussen ist die Fahrzeugtechnik. Man vernetzt die elektronischen Fahrzeugkomponenten mit Hilfe von Feldbussen und versucht dadurch die Störunganfälligkeit des Gesamtsystems zu reduzieren sowie eine leichtere und schnellere Integration weiterer

Komponenten zu ermöglichen. Daraus ergibt sich eine Reihe von wesentlichen Vorteilen, unter anderem ein unkompliziertes Update des installierten Softwaresystems oder die Möglichkeit durch einen permanenten Internetzugang das Fahrzeug in das sogenannte „Mobile-Office“ zu verwandeln. Dabei kann man mit Hilfe der Datensynchronisation zwischen verschiedenen mobilen und stationären Geräten immer den Zugriff auf den aktuellsten Datenbestand haben. Außerdem werden die Feldbusse in einem Fahrzeug für die Steuerung von Motor, Fahrwerk und Getriebe sowie Türen, Licht- und Klimaanlage eingesetzt. Solche Geräte wie Navigationssystem oder Radio können genauso über Feldbusse gesteuert werden. Außer diesen sogenannten On-Board-Systemen, die nur innerhalb eines Fahrzeugs installiert und verwendet werden, gibt es die Off-Board-Systeme, die man für Kommunikation des Fahrzeugs mit externen Systemen benutzt. Dazu gehören Werkstatt-, der Abgas-, der Fertigungs- und der Applikations-Tester. (2) (4) (7)

## 2. Verbindungsaufbau und Datenübertragung

Verbindungsaufbau sowie die Datenübertragung erfolgt mit Hilfe der Nachrichten oder Telegramme, die über den Feldbus versendet werden. (2)

### A. ISO-OSI Modell

Man lehnt sich bei dem Aufbau solcher Nachrichten an das international anerkannte ISO-OSI Modell. Es wird pro ISO-OSI-Schicht ein Datenpaket rausgeschickt, welches aus 3 Teilen besteht: Header, Datenteil und Trailer. In dem Datenteil ist das Paket der darüber liegenden Schicht enthalten, Header besitzt rein statische Informationen wie Adressangaben über Absender und Empfänger oder Längenangaben. Trailer beinhaltet die Sicherungsinformation (Checksumme) und den Marker, der das Ende der Nachricht gekennzeichnet. Die folgende Abbildung zeigt schematisch den Aufbau eines Datenpakets. (8) (9)

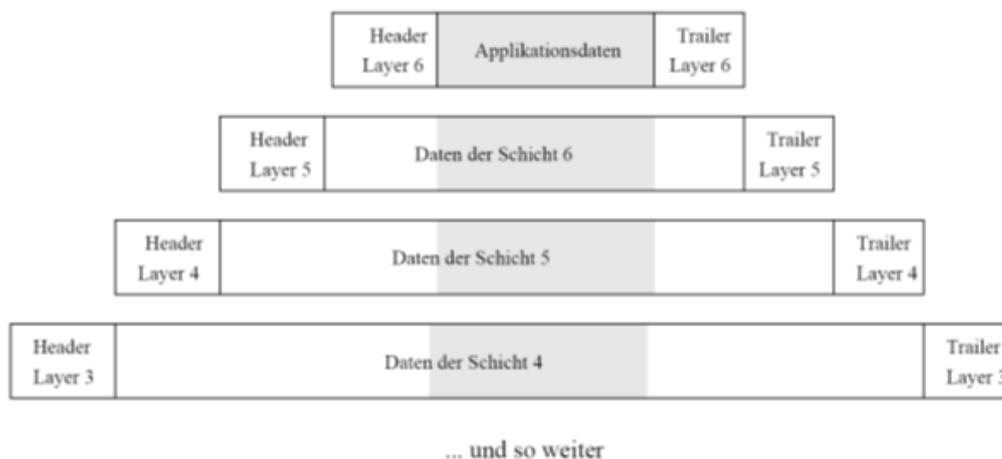


Abbildung 1: Datenframe anhand von ISO-OSI Modell

### B. Bitfolgen-Prüfung

Es gibt unterschiedliche Störfaktoren, wie z.B. elektrische, mechanische, thermische oder chemische Einflüsse die das Datenframe beschädigen und somit die Informationen unbrauchbar machen können. Deshalb ist es enorm wichtig sicherzustellen, dass die empfangenen Daten den versendeten Daten entsprechen. Dazu werden auf der 2. Schicht des ISO-OSI Modells – der Sicherungsschicht mit Hilfe der Checksumme die Daten in dem entsprechenden Datenpaket auf das fehlerhafte Bit geprüft. Und wenn eine Störung vorliegt, kann man sehr schnell berechnen, welches Bit fehlerhaft ist. Aus der Abbildung 2 ist es ersichtlich, wie das gesendete Signal zuerst gedämpft wird und danach durch eine Störung ein fehlerhaftes Bit in dem Datenframe entsteht. Eine andere Möglichkeit der Kontrolle ist die Einfügung des sogenannten Paritätsbits, welches prüft, ob die Anzahl der Bits gerade oder ungerade ist und somit sofort den Fehler entdecken kann. (2) (10)

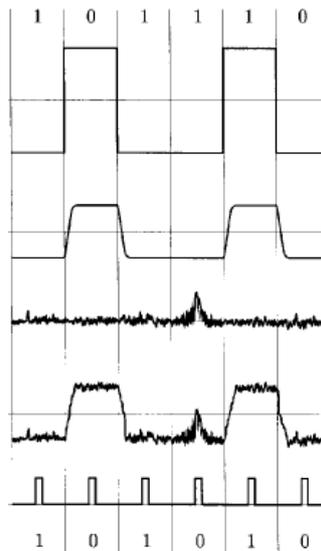


Abbildung 2: Entstehung des fehlerhaften Bits bei der Signalübertragung

### III. Kommunikation mittels Bussystemen

#### 1. Architekturformen

Bei der Kopplung von Aktoren und Sensoren an das Bussystem kann man unterschiedliche Verbindungsstrukturen, die sogenannten Topologien, aufbauen, die je nach Größe der Teilnehmeranzahl und der Komplexität der Struktur des Bussystems unterschiedlich effizient sein können. (2) (4)

##### A. Übersicht

Als meist benutzte Topologien treten Stern-, Baum-, Ring-, Linienstruktur auf. (2) (4)

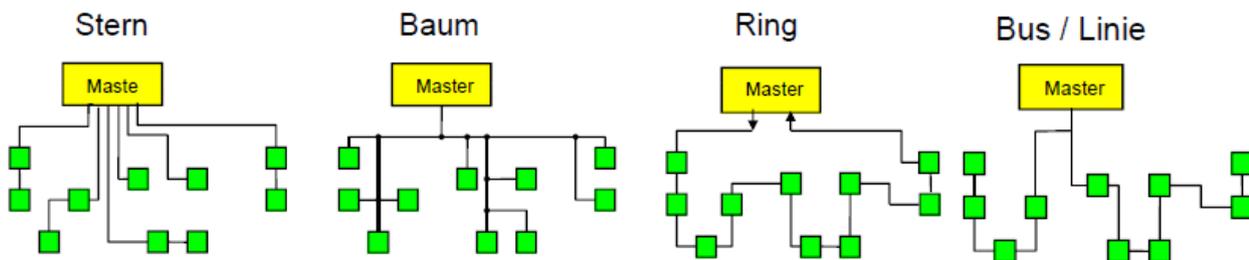


Abbildung 3: Feldbus-Topologien

##### B. Vorteile und Nachteile

Jede dieser Strukturen besitzt Eigenschaften, die sich je nach Situation und Aufbau des Gesamtsystems als Vorteile aber auch als Nachteile erweisen können.

Bei der Sterntopologie sind alle Feldgeräte direkt an den Master gebunden, was meistens dazu führt, dass der Einsatz des Feldbusses sich nicht rentiert, weil alle Komponenten fest miteinander verdrahtet sind. Das verursacht einen hohen Verdrahtungsaufwand sowie Übermaß an Kabelbündeln. Außerdem bedeutet der Ausfall des Masters den Ausfall der Gesamtkommunikation. Auf der anderen Seite kann man in eine solche Struktur relativ leicht neue Teilnehmer einbinden, was aber ein geringer Vorteil ist. Eine einfache Verkabelung bietet die Bus- oder Linientopologie. Diese hat aber eine Reihe gravierender Nachteile, vor allem, wenn man eine relativ hohe Anzahl an Teilnehmern braucht. Es kann immer nur ein Teilnehmer die Informationen senden und die Anderen hören die Businformationen ab. Man kann zwar in diese Struktur leicht neue Teilnehmer ohne Betriebsunterbrechung hinzufügen. Es findet aber dabei eine Erhöhung des Leitungswiderstands und als Resultat das Abdämpfen des Signals statt. Der Ausfall eines Teilnehmers führt ebenfalls zum Abbruch der Kommunikation des Gesamtsystems.

Wenn man trotzdem viele Teilnehmer zusammenschließen will, greift man auf die sogenannte Baumstruktur zurück. Damit kann man mit dem minimalen Verkabelungs- und Installationsaufwand eine beliebige Anzahl der Verzweigungen aufbauen, die mit Hilfe von Repeatern die Signalstärke aufrechterhalten können. (2) (4)

Bei der Ringtopologie benötigt jeder Teilnehmer zwei Verbindungen: eine zur vorhergehenden Station und die andere zu der nächsten Station. Das sorgt dafür, dass beim Ausfall eines Teilnehmers die Kommunikation nicht gefährdet wird, weil die anderen Teilnehmer trotzdem über den zweiten Weg erreichbar sind. Dies führt zur mittleren Last auf die Verbindungen und gleichzeitig zu einem hohen Datendurchsatz, da es auf allen Abschnitten gleichzeitig übertragen werden kann. (2) (4)

## 2. Buszugriffsverfahren

Beim Versenden der Daten über Feldbus können alle Teilnehmer gleichzeitig die Nachricht hören aber das gleichzeitige Versenden der Nachrichten ist nicht erwünscht, da es bei der Überlappung zur Zerstörung von Daten kommen kann. Somit ist eine Regelung für den Buszugriff notwendig. Es sind 2 Verfahren bekannt, die sich wesentlich in ihrer Art und Weise unterscheiden. Generell kann man sagen: je nachdem wie der Zugriff erfolgt, so unterschiedlich und individuell ist das System aufgebaut. (4) (8)

### A. Deterministischer Buszugriff

Dieser Buszugriff bezeichnet einen strukturierten und kontrollierten Vorgang, der nach einem bestimmten festen Schema durchgeführt wird. Dadurch wird der gleichzeitige Zugriff mehrerer Teilnehmer ausgeschlossen und man kann somit eine Vorhersage über die maximale Antwortzeit und das Verhalten des Bussystems machen. Damit stehen das Antwort- sowie das Sendeverhalten bei dieser Art des Zugriffs unter Kontrolle. (4) (8)

#### a) Master-Slave-Verfahren

Bei diesem Verfahren existiert ein übergeordneter Busteilnehmer (Master), der durch ein zyklisches Aufrufen (Polling) die Steuerung des Zugriffs anderer Teilnehmer (Slaves) übernimmt. Dies erfolgt in einem Befehl-Antwort Schema, bei dem der Master selbst sendet oder die Berechtigung an einen Slave adressiert, erwartet aber in jedem Fall eine Antwort. Dieses Verfahren eignet sich insbesondere dann, wenn man ein Echtzeitsystem hat, da es sichergestellt wird, dass nach einer maximalen festgelegten Zeit die Datenübertragung erfolgen und eine Antwort zurückkommen muss. Der Ausfall des Masters kann aber gefährlich sein, da die Kommunikation dadurch unterbrochen wird. (4) (8)

#### b) Token-passing-Verfahren

Hier wird die Zugriffsberechtigung in Form einer speziellen Nachricht (Token) von Teilnehmer zu Teilnehmer innerhalb einer parametrisierten aber festgelegten Zeit weitergegeben. Das ermöglicht eine direkte Kommunikation zwischen allen Teilnehmern, was dazu führt, dass beim Ausfall eines Teilnehmers die Kommunikation der Anderen immer noch bestehen bleibt. Es können also mehrere Master an dem Bus arbeiten, die zu einem logischen Ring zusammengeschlossen werden. Dabei können mehrere Slaves mehreren Mastern zugeordnet sein. Das Verfahren eignet sich somit genauso gut für den Einsatz im Echtzeitsystem. (4) (8)

#### c) Summenrahmen-Verfahren

Bei diesem Zugriff sind alle Steuerungssysteme und alle Feldgeräte in einer logischen Ringtopologie verbunden. Die Daten werden von Teilnehmer zu Teilnehmer in einer Richtung durch den gesamten Ring geschoben. Dabei enthält der übertragene Datenrahmen die Daten aller Teilnehmer. Deshalb wird es als Summenrahmen bezeichnet. Die Übertragung erfolgt in einem Loopback, was bei einer steigenden Teilnehmeranzahl die Erhöhung der Nutzdaten bedeutet und somit die Erhöhung der Länge des Summenrahmens. Dies führt zur Verlängerung der Zykluszeit. (2) (11)

### B. Zufälliger Buszugriff (CSMA)

Im Unterschied zu dem deterministischen Zugriff können mehrere Teilnehmer bei dem zufälligen Buszugriff gleichzeitig kommunizieren. Dabei ist jeder Teilnehmer bezüglich des Buszugriffs gleichberechtigt. (4) (8)

#### a) CSMA/CD-Verfahren

Dieses Verfahren gehört zu den teilnehmerorientierten Protokollen. Dabei geht man davon aus, dass bei den gleichberechtigten Teilnehmern die Kollisionen nicht ausgeschlossen werden können. Als Maßnahme muss man versuchen diese zu erkennen und mit Hilfe von speziellen Kollisionsauflösungsverfahren diese aus der Welt zu schaffen. Man verwendet das sogenannte „Collision Detected“ Verfahren, bei dem die Sender, sobald eine Kollision erkannt wurde, zu senden aufhören und nach einer zufälligen Zeit wieder zu senden anfangen. Dadurch entlastet man den Bus, da keine unnötigen Abfragen stattfinden müssen. Allerdings kann man nicht garantieren, dass die Nachricht nach einer festgelegten Zeit den Empfänger erreicht. Somit ist das Verfahren nicht für die Echtzeitsysteme geeignet. (4) (8)

#### b) CSMA/CA-Verfahren

Man versucht die Buskollision zu vermeiden, indem man die Protokolle auf der Basis priorisierter Nachrichten einsetzt. So wartet bei „Collision Advanced“ eine Station, bis der Bus frei ist, und sendet erst dann die Nachricht. Sendet eine andere Station in dem Moment auch eine Nachricht, so findet bitweises Arbitrieren der Adressinformation statt, indem das dominante Bit 0 sich vor dem rezessiven Bit 1 durchsetzt und die niederwertigere Adresse nicht verändert. Sobald ein Sender eine veränderte Nachricht erkennt, bricht er das Senden ab, bis der Bus wieder frei ist. Dieses Verfahren kann man teilweise bei Echtzeitsystemen einsetzen, da man sicherstellen kann, dass mindestens eine Nachricht immer ankommt. (4) (8)

## IV. Datenaustauschmodelle

### 1. Client-Server-Modell

Wie beim klassischen Client-Server Modell, sendet der Client (meistens ein Feldgerät) eine verbindungsorientierte Anfrage an den Server, vertreten durch Aktoren und Sensoren. Der Server bearbeitet die Anfrage und schickt eine Antwort zurück. Dabei findet der Verbindungsaufbau (Handshaking), Übertragung und Verbindungsabbau in einer 1 zu 1 Beziehung statt. (4) (12)

### 2. Provider-Consumer-Modell

Es wird von einem Teilnehmer (Producer) an alle anderen Teilnehmer (Consumer) eine Nachricht versendet. Dieses wird als Broadcasting bezeichnet. Dabei werden diese Nachrichten über eindeutige "Telegramm-Identifizier" gekennzeichnet. Die interessierenden Consumer können dann diese aufnehmen und verarbeiten. Da der Empfänger nicht bekannt ist, findet hier keine verbindungsorientierte Verbindung statt. (4) (12)

### 3. Datenorientierte Schnittstelle

Es erfolgt ein Zugriff auf einen gemeinsamen Speicher durch das Bussystem und Anwenderprogramm. Die Informationen werden dabei entweder zyklisch oder gleich abgefragt, wenn es eine Änderung erfolgt hat. Hierbei sind wegen der Ansammlung der zu übertragenden Daten die Zeitverzögerungen möglich, da die Daten im gemeinsamen Speicher gelagert werden. Durch den Einsatz dieser Schnittstelle werden hohe Übertragungssequenz sowie eine schnelle Datenübertragung erreicht. Das Producer-Consumer Modell nutzt oft diese Art von Schnittstellen. (1) (13)

### 4. Nachrichtenorientierte Schnittstelle

Bei der nachrichtenorientierten Schnittstelle werden die Nachrichten von den Teilnehmern direkt verschickt. Die Benachrichtigungen über Fehler werden mit Hilfe von Ereignissen an alle beteiligten Teilnehmern übertragen. Somit ist die Verwendung solcher Schnittstelle wegen Diagnose und Wartung für die Anwendungsprogramme sehr geeignet. Die Kommunikation erfolgt verbindungsorientiert und somit findet hier oft das Client-Server Modell die Anwendung. (1) (13)

## V. Zusammenfassung und zukünftige Entwicklungen

Der Maßstab der eingesetzten Feldbuslösungen wird immer größer, so dass man bereits über 50 verschiedene Arten sowie 20 Industrial-Ethernet Protokolle aufzählen kann, welche sich stark in ihrer Funktionalität und Anwendung unterscheiden. Das stellt eine gewisse Problematik für die Hersteller der Automatisierungsgeräte dar, da die Auswahl recht unübersichtlich ausfällt. Man versucht durch die Festlegung und Definition gewisser Anforderungen wie die Art der eingesetzten Steuerung, die geografische Region, in der die Feldbusse zum Einsatz kommen sollen, sowie solcher Kriterien wie Geschwindigkeit oder Netzwerkbelastung das richtige Produkt zu konzipieren. Das ist letztendlich die Grundlage, die in der Zukunft viel Geld und Zeit einsparen kann. (5)

Momentan beobachtet man eine stark differenzierte Marktaufteilung zwischen den Feldbussen und Ethernet, wobei der Anteil von Feldbussen immer noch bei dem fortlaufenden Wachstum mit 66% den Marktanteil von Ethernet deutlich überwiegt. Die Erklärung ist relativ einfach: die Feldbussysteme sind bereits über Jahrzehnte auf dem Markt etabliert und somit haben diese eine höhere Zuverlässigkeit sowie dank ihrer Offenheit relativ niedrige Kosten und Einfachheit. Die Ethernet-Systeme punkten ihrerseits mit der höheren Leistung, größeren Datenmengen, besseren Echtzeiteigenschaften sowie der Durchgängigkeit in die Büronetzwerke. (5)

Man geht davon aus, dass in der Zukunft der Wunsch nach Sicherheit, Geschwindigkeit sowie Energiesparen immer weiter wachsen wird und somit weitere Lösungseinsätze, basierend auf den bestehenden, gefordert werden, was nur durch eine stärkere gegenseitige Kommunikation der Systeme erreicht werden kann. (5)

## VI. Feldbusrealisierungen

Wie bereits in dem vorherigen Kapitel erwähnt, existieren auf dem Markt sehr viele Feldbuslösungen, die sehr unterschiedlich sind. Aber es gibt eine Reihe von Feldbusrealisierungen, die sehr auf der internationalen Arena verbreitet sind und oft eingesetzt werden. In folgenden Kapiteln werden 3 Beispiele genauer miteinander verglichen und deren Vorteile und Nachteile erläutert.

### 1. Profibus

Es handelt sich um einen universellen Feldbus, welcher unter anderem von Siemens mitentwickelt wurde und oft in der Fertigungs-, Prozess-, und Gebäudeautomatisierung eingesetzt wird. Das Hauptmerkmal dieses Feldbusses ist die problemlose Kommunikation von Geräten unterschiedlicher Hersteller ohne spezifische Schnittstellenveränderungen. Dabei ist Profibus ein Multi-Master-System, was einen gemeinsamen Betrieb von mehreren Automatisierungssystemen mit den dezentralen Peripheriegeräten ermöglicht. Seine Protokollarchitektur lehnt sich stark an das ISO-OSI-Modell und macht das System für schnelle und zeitkritische Anwendungen sowie komplexe Kommunikationsabfragen geeignet. Als Buszugriffsverfahren wird die Kombination von Master-Slave-Verfahren und Token-Verfahren verwendet um die Koordination mehrerer Master zu ermöglichen und eine effizientere Datensicherung und Abwicklung der Telegramme zu erreichen. Es kann bei einer maximalen Leitungslänge von

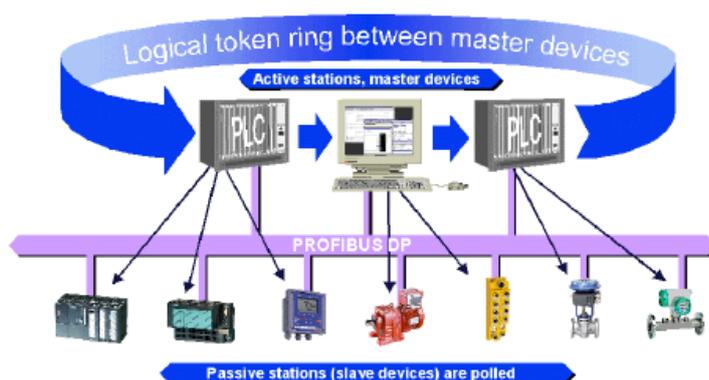


Abbildung 4: Profibusstruktur

1200 Metern mit maximal 9,6 kbit/s die Daten versenden, bei einer Leitungslänge bis zu 100 Metern nur mit bis zu 12 Mbit/s. (4) (14)

## 2. CAN

Mit der rapiden Entwicklung und rascher Integration elektronischer Systeme in den Kfz-Bereich hat sich das Verhältnis zwischen dem Anteil von Mechanik und Elektronik im Fahrzeug geändert, somit gibt es heutzutage weniger Mechanik als Elektronik in einem modernen Fahrzeug. Um allen Anforderungen in Fahrsicherheit, Abgasverhalten, Kraftstoffverbrauch gerecht zu werden, muss ein permanenter und schneller Austausch von Informationen zwischen den Steuergeräten und Elektronik gewährleistet werden. Die Abhilfe schafft der CAN-Bus (Control Area Network), der sämtliche Informationen nur über 2 Leitungen überträgt. Es verwendet das Provider-Consumer-Prinzip und ermöglicht die Kommunikation der Geräte in einem CMSA/CA-Buszugriffverfahren. Der Einsatz von Linientopologie bringt gewisse Einschränkungen mit sich, wie eine beschränkte maximale Anzahl der angeschlossenen Geräte sowie eine relativ niedrige Transferrate der Daten von bis zu 50kbits/s bei 1000 Metern und 1 Mbit/s bei 40 Metern, was jedoch meistens für die Einsatzzwecke vollkommen ausreichend ist. (15)

## 3. EtherCAT

Diese offene Technologie wurde als Ethernet-basiertes Feldbussystem von Beckhoff und der EtherCAT Technology Group (ETG) entwickelt. Es zeichnet sich insbesondere durch eine sehr schnelle Datenübertragung, die dank spezieller Auswertungstechnologie der Datenpakete effektive Raten von fast 200Mbit/s erreichen kann. Hier wird das Master-Slave-Modell eingesetzt, wobei man bis zu 65534 Slaves einsetzen kann. Das Datenpaket wird bei einem Durchlauf von den angeschlossenen Slaves benutzt, indem diese bestimmte Daten aus dem Paket entnehmen und neue Eingangsdaten gleich einfügen. Die Verzögerungszeit liegt dabei im Bereich von Nanosekunden. Typische Anwendungsgebiete von EtherCAT sind Verpackungsmaschinen, Spritzgussmaschinen, schnelle Pressen, CNC-Bearbeitungszentren, Robotik und Hydraulikregelungen. (5)

## 4. Vorteile und Nachteile

Jedes der oben genannten Systeme hat gewisse Vorteile und Nachteile. So hat zwar der Profibus eine mittlere Reaktionszeit und eine begrenzte Teilnehmeranzahl wegen der Linientopologie, jedoch liegt seine Stärke in seiner Universalität und Einfachheit der Verbindung der Geräte. CAN hat eine schnellere Übertragungsrates und kann auch als Baumtopologie aufgestellt werden, was die maximale Anzahl der möglichen Teilnehmer durch den Einsatz von Repeatern erhöhen kann. Das EtherCat-System hat die höchste Netzwerk-Performance und bearbeitet die ganzen Protokolle direkt auf der Hardware-Ebene, was es unabhängig von CPU-Performance und Software-Implementierung macht. Durch die Flexibilität bei der Wahl von Topologien kann EtherCat an unterschiedliche Anforderungen des Systems und Wünsche der Anwender angepasst werden. Allerdings werden die Übertragungsfehler nicht von dem System korrigiert, was in bestimmten Fällen kritisch sein könnte. (2) (4)

## VII. Literaturverzeichnis

1. **Reißenweber, Bernd.** Busse in Prozessleitsystemen. *Feldbussysteme zur industriellen Kommunikation*. 2009, Kapitel 1, S. 14-16.
2. **Haid, Prof. Dr.-Ing. Markus.** Feldbussysteme. [Online] [Zitat vom: 13. 11 2014.] [http://haid.eit.h-da.de/FBS/Vorlesungen/080318\\_Upload\\_FBS\\_12\\_Zusammenfassung\\_h-da\\_Haid\\_Druckversion.pdf](http://haid.eit.h-da.de/FBS/Vorlesungen/080318_Upload_FBS_12_Zusammenfassung_h-da_Haid_Druckversion.pdf).
3. **Fladerer, Wolfgang.** Normung am Beispiel Feldbus. [Online] [Zitat vom: 06. 11 2014.] [http://et.fh-duesseldorf.de/home/langmann/seminarprojekte/Thomas/pdfs/feldbus\\_allgemein.pdf](http://et.fh-duesseldorf.de/home/langmann/seminarprojekte/Thomas/pdfs/feldbus_allgemein.pdf).
4. **Prof. Dr.-Ing. J.-Uwe Varchmin.** Industrielle Kommunikation mit Feldbussen. [Online] [Zitat vom: 13. 11 2014.] [http://haid.eit.h-da.de/FBS/Literatur/ikf\\_skript\\_duplex\\_SS06.pdf](http://haid.eit.h-da.de/FBS/Literatur/ikf_skript_duplex_SS06.pdf).

5. **Feldbusse.** [Online] [Zitat vom: 10. 11 2014.] <http://www.feldbusse.de>.
6. **Reißenweber, Bernd.** Überblick über einige wichtige Bussysteme. *Feldbusssysteme zur industriellen Kommunikation*. 2009, Kapitel 1, S. 16-20.
7. **Kunbus.** [Online] [Zitat vom: 17. 11 2014.] <http://www.kunbus.de/>.
8. **Prof. Dr. Max Fischer, Prof. Dr. Rainer Seck.** Echtzeitsysteme, Kommunikation, Feldbusse Grundlagen. [Online] [Zitat vom: 05. 11 2014.] [http://lms.ee.hm.edu/~seck/AlleDateien/ECHTZEIT/Vorlesung\\_ab\\_SS10/24Echtzeitbetriebssysteme\\_Kommunikation\\_Grundlagen\\_20110517.pdf](http://lms.ee.hm.edu/~seck/AlleDateien/ECHTZEIT/Vorlesung_ab_SS10/24Echtzeitbetriebssysteme_Kommunikation_Grundlagen_20110517.pdf).
9. **Reißenweber, Bernd.** ISO-OSI Modell. *Feldbusssysteme zur industriellen Kommunikation*. 2009, Kapitel 2, S. 37ff.
10. —. Datensicherung. *Feldbusssysteme zur industriellen Kommunikation*. 2009, Kapitel 6, S. 89-94.
11. **IT Wissen.** Summenrahmenverfahren. [Online] [Zitat vom: 10. 11 2014.] <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Summenrahmenverfahren-summing-frame-method.html>.
12. **Reißenweber, Bernd.** Client-Server und Producer-Consumer Modell. *Feldbusssysteme zur industriellen Kommunikation*. 2009, Kapitel 2, S. 35-37.
13. —. Daten- und Nachrichtenorientierte Schnittstelle. *Feldbusssysteme zur industriellen Kommunikation*. 2009, Kapitel 7, S. 102-104.
14. **Siemens AG.** Profibus in der Prozessindustrie. [Online] [Zitat vom: 17. 11 2014.] [https://w3.siemens.com/mcms/water-industry/de/Documents/PROFIBUS\\_in\\_der\\_Prozessindustrie.pdf](https://w3.siemens.com/mcms/water-industry/de/Documents/PROFIBUS_in_der_Prozessindustrie.pdf).
15. **Johannes Wiesinger.** CAN Grundlagen. [Online] [Zitat vom: 13. 11 2014.] [http://www.kfztech.de/kfztechnik/elo/can/can\\_grundlagen\\_1.htm](http://www.kfztech.de/kfztechnik/elo/can/can_grundlagen_1.htm).