Die Feldbusse : der grosse Basar : Teil 3 : Vergleich von existierenden Lösungen

Autor(en): **Decotignie, J.-D.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **85 (1994)**

Heft 3

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902539

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Nachdem in den ersten beiden Teilen dieser Artikelreihe die Eigenschaften von Feldbussen und die Anforderungen der Anwender vorgestellt wurden, wird in diesem dritten und letzten Teil gezeigt, dass zwar sehr gute Feldbus-Vorschläge existieren, dass aber zurzeit keiner von diesen das ganze Spektrum der Benützeranforderungen decken kann. Der Benützer ist folglich gezwungen, die bestmögliche Lösung für seine Anwendung zu suchen. Dieser Teil bietet dazu einige interessante Entscheidungshilfen.

Die Feldbusse – der grosse Basar

Teil 3: Vergleich von existierenden Lösungen

■ J.-D. Decotignie

Lösungsvorschläge für Feldbusse gibt es viele [19; 20]. Die meisten stammen von Herstellern, denen spezielle Anforderungen genügen oder rasch eine Lösung für einen bestimmten Applikationsbereich anbieten möchten. Einige dieser Vorschläge erfüllen bei weitem nicht alle Anforderungen, die an einen Feldbus gestellt werden. Beispiele dafür sind Bitbus (Intel), Genius (GE-Fanuc) oder Interbus-S (Phoenix Contact) für Remote Input/Ouput, Hart (Rosemount) für die Prozesskontrolle, J1850 sowie VAN und CAN für Autos [21], LON (Echelon) und Batibus für Gebäudeautomation oder Sercos für die Verbindung von Antrieben von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen [22]. Einige dieser Beispiele sind durch Einschränkungen gekennzeichnet, welche deren Einsatz in anderen Gebieten verhindern. Bitbus, CAN und LON verzeichnen jedoch auch ausserhalb ihres ursprünglichen Zielmarktes beachtliche Erfolge.

Drei Vorschläge für den allgemeinen Einsatz, nämlich MIL-STD-1553, Profibus und FIP, entsprechen nationalen Normen bzw. denen in den USA, in Deutschland [23] und in Frankreich [24]. Profibus und FIP sind, wenn es um die internationale Anerkennung als offene, Vielzweck-Industrie-Netzwerke geht, die am meisten ernst zu nehmenden Konkurrenten. Wie wir sehen werden, gehen sie das Problem völlig unterschiedlich an und entsprechen den Anforderungen verschiedener Marktsegmente. Diese Standards detailliert zu betrachten, geht über den Umfang dieses Berichtes hinaus. Eine gute Beschreibung von FIP ist in [25] zu finden. Für Profibus gibt [26] einen Überblick, der aber unglücklicherweise auf einer alten Version des Standards basiert. Eine neuere, aber kürzere Erklärung ist von Klöckner-Moeller [27] erhältlich. In der vorliegenden Studie betrachten wir nur die wichtigsten Konkurrenten:

- Bitbus, weil er am meisten verbreitet ist
- CAN (Controller Area Network), weil es auch ausserhalb der Fahrzeugautomation eine gewisse Popularität geniesst und weil es ein internationaler Standard ist
- FIP (Field Instrumentation Protocol), weil es den internationalen Standard stark beeinflusst
- Hart (Highway Addressable Remote Transducer), weil er die beliebteste Lösung in der Prozesskontrolle ist
- Interbus-S, weil er weltweit für Fern-Ein-/Ausgabe (Remote Input/Output) gebraucht wird
- LON (Local Operating Network), weil es der am meisten ernst zu nehmende Anwärter für die Gebäudeautomation ist und wegen seiner niedrigen Kosten und vielfältigen Werkzeugen
- MIL 1553, weil er einer der ältesten Feldbusse ist
- Profibus, weil er von den Grossunternehmungen, vor allem in Deutschland, stark unterstützt wird und
- Sercos, weil er ein internationaler Standard ist.

Man könnte uns vorwerfen, dass wir ISP (Interoperable Systems Project) und World FIP nicht berücksichtigt haben. Diese Entscheidung lässt sich jedoch rechtfertigen.

Adresse des Autors:
Prof. Dr. *Jean-Dominique Decotignie*,
Ecole polytechnique fédérale de Lausanne,
Laboratoire d'informatique, 1015 Lausanne.

World FIP ist heute identisch mit FIP; es wird sich in Zukunft den kommenden internationalen Standards angleichen. ISP ist beinahe identisch mit Profibus; es weist lediglich drei Unterschiede auf. Der erste ist die Benützung von internationalen Standards für den physikalischen Layer, was die Möglichkeiten eröffnet, FIP-äquivalente Dienste auf dieser Schicht anzubieten. Die zweite Ausnahme betrifft die Möglichkeit, Meldungen von einer untergeordneten Station (Slave Station) zu verbreiten (Broadcasting), was die ISP-Befürworter zur Aussage verleitet, dass ISP die Konzepte von FIP miteinschliesst. Die dritte Ausnahme betrifft die Benützung einer der Anwendungsschicht (Application Layer) übergeordneten Gerätebeschreibungssprache (Device Description Language). Übers Ganze gesehen sind wir der Meinung, dass ISP und World FIP mit Profibus bzw. mit FIP vergleichbar sind, weshalb wir sie in diese Studie nicht einbezogen haben.

Bitbus

Bitbus wurde von Intel im Jahre 1984 auf der Basis eines dreischichtigen OSI-Collapsed-Modells ohne Netzwerkmanagement entwickelt. Bitbus ist, was die Verbreitung anbetrifft, seinen Konkurrenten – mit Ausnahme von LON – weit voraus. Die physikalische Schicht basiert auf dem RS 485-Standard, und Bussektionen können durch Repeater miteinander verbunden werden, um eine sehr allgemeine Topologie zu implementieren. Die Leitstation initiiert alle Nachrichtenübertragungen. Sie sendet im Operationsmodus einen Aufruf- (Poll) oder einen Datenrahmen an eine bestimmte Substation. Diese antwortet mit einem Bestätigungs- (Acknowledge) oder Datenrahmen. Kreuzkommunikation zwischen zwei untergeordneten Stationen (Slave to Slave) und Broadcast-Rahmen sind nicht erlaubt. Dank der zentralen Zugriffskontrolle lassen sich Zeitrestriktionen gut erfüllen. Zyklische oder periodische Übertragungen müssen direkt aus der auf der Leitstation laufenden Applikation gehandhabt werden.

Die Applikationsschicht beinhaltet eine Vielfalt von Basisoperationen wie Einlesen von Inputs oder Variablen, Ausgabe von Outputs oder Variablen, Uploads und Downloads von Speicherinhalten und Aktivieren von Prozessen. Diese Basisoperationen stehen nur auf der Leitstation zur Verfügung. Intel lässt dem Benützer Spielraum, seine eigenen zusätzlichen Basisoperationen zu implementieren. Es gibt keinen eingebauten Mechanismus, der die zeitliche und räumliche Konsistenz gewährleistet oder das Alter einer Information bestimmen lässt. Da Broadcast-Kommunikation nicht unterstützt wird, sind solche Mechanismen schwierig zu implementieren. Sie wären auf jeden Fall nicht standardkonform und könnten die Interoperabilität nicht garantieren.

In der Orginalversion erfüllt Bitbus bei weitem nicht alle Anforderungen, die an einen Feldbus gestellt werden. Er kann für hierarchisch verteilte Applikationen eingesetzt werden, bei denen keine Konsistenzanforderungen gestellt werden. Dafür stellt Bitbus einen guten Kompromiss zwischen Kosten, Leistung und einfacher Handhabung dar.

Das Institute for Electrical and Electronic Engineers (IEEE) hat Bitbus unter dem Projekt P1118 erweitert. Diese neue Version ist nun amerikanischer Standard [28]. Dieser fügt einen kompletten Netzwerkmanagementteil hinzu und erlaubt sowohl Broadcast- als auch Multicast-Übertragungen.

CAN – Controller Area Network

CAN ist das Resultat eines Projekts der Firma Robert Bosch, welches die Entwicklung eines seriellen Kommunikationsmultiplexers für die Datenübertragung in einem Fahrzeug zum Ziele hatte. CAN wird zurzeit zusammen mit zwei anderen Vorschlägen, VAN und J1850 [21], von der ISO standardisiert. Streng genommen ist CAN kein Netzwerk, da es keine Anwendungsschicht und kein Netzwerkmanagement aufweist. Es wurden nur zwei Schichten, die physikalische und die Datenübertragungsschicht, definiert.

CAN ist ein Bus ohne Repeater, was die Topologiemöglichkeiten einschränkt. Jede zu übertragende Nachricht ist eindeutig identifiziert. Eine bestimmte Station kann nur erreicht werden, wenn diese einen eindeutigen Identifizierer besitzt. Jede Station hat Zugang zum Bus, wenn dieser nicht durch andere Station belegt ist. Falls zwei Stationen gleichzeitig mit der Übertragung beginnen, findet eine Busarbitration statt, welche die Nachricht mit der niedrigsten Identifikation gewinnt. Dies bedeutet, dass die Übertragung einer Nachricht mit hohem Identifikationswert stark verzögert werden kann. Die Einhaltung von Zeitrestriktionen kann deshalb nur im statistischen Mittel erfüllt werden, es sei denn, es wurde ein zusätzliches Protokoll (Zeitschlitze oder zentrale Zugriffskontrolle) implementiert.

Bemerkenswert ist, dass jeder übertragene Rahmen sofort und kollektiv über eine Open Collector-Verbindung zum Kabel (also einen Hardwaremechanismus) bestätigt wird. Das Protokoll ist also effizient, und die räumliche Konsistenz ist gesichert.

Trotz einigen Bemühungen weist CAN bis heute keine Applikationsschicht auf. CAN-Benützer müssen diese fehlende Schicht, falls nötig, selbst implementieren, was CAN für kleine Anwendungsbereiche sehr teuer macht. Zudem ist eine solche zusätzliche Implementation normalerweise nicht allgemeingültig und muss deshalb für jede neue Anwendung umgeschrieben werden. Der Gebrauch von CAN ist damit auf geschlossene Anwendungen beschränkt, in welchen eine Interoperabilität von Produkten verschiedener Lieferanten nicht gefordert ist. Übers Ganze gesehen haften CAN vier wichtige Nachteile an:

- es besitzt keine standardisierte Applikationsschicht
- es fehlt ein Netzwerkmanagement
- es kann zeitliche Anforderungen nur im statistischen Mittel erfüllen
- die maximale Datengrösse ist auf 8 Byte beschränkt, was zwar kein Problem für den Echtzeitbetrieb darstellt, aber die Konfiguration erschwert.

Falls einige Hersteller sich auf eine gemeinsame Applikationsschicht einigen würden, könnte sich CAN aber als gute Wahl für grosse Anwendungen erweisen. Damit wäre auch eine begrenzte Interoperabilität gesichert.

FIP – Field Instrumentation Protocol

FIP ist ein französischer Standard [24], der auf einer reduzierten, dreischichtigen Version des ISO-Modells basiert und einen kompletten Netzwerkmanagementteil miteinschliesst. Die FIP-Architekten haben eine ganz andere Philosophie bei der Konzeption des Netzwerkes gewählt. FIP basiert auf dem Producer–Distributor–Consumer-Modell (nicht auf dem Client–Server-Modell). Was sind die Gründe für die Wahl dieses Modells?

Ein erster Grund besteht darin, dass auf einem Feldbus jede Information potentiell mehrere Konsumenten erreichen muss. Es besteht daher kein Interesse, jede Information mehrmals, einmal für jeden Konsumenten (wie dies beim Client–Server-Modell der Fall ist), zu senden.

Der zweite Grund ist, dass der grösste Teil des Datenverkehrs deterministisch, das heisst, dass die Datenmenge pro Zeiteinheit zum vorneherein bekannt ist und dass der Datenverkehr zyklisch ist. Dies erlaubt drei Vereinfachungen vorzunehmen. Wenn bei einer Übertragung Fehler auftreten, muss die Übertragung nicht wiederholt werden, da die übertragenen Daten im anschliessenden Zyklus nochmals gesendet werden können; Bestätigungen sind nicht nötig, und Broadcast-Mechanismen können ohne Probleme verwendet werden. Bei FIP gibt es drei verschiedene Rollen,

jene des Producers, des Distributors sowie die des Consumers. Jede Information hat einen eindeutigen Identifizierer (Identifier), den alle Teilnehmer (Producer und Consumer) kennen.

Die deterministische Natur des Datenverkehrs rechtfertigt darüber hinaus eine zentrale Zugriffssteuerung des Kommunikationsmediums. Diesem Zweck dient der Distributor oder Bus-Arbiter. Es konnte gezeigt werden [29], dass ein solcher zentraler Controller auch ohne Redundanz gleich zuverlässig ist wie seine verteilten Alternativen. Bei FIP wird der zyklische Verkehr durch den Bus-Arbiter initiiert, wobei die Anforderungen berücksichtigt werden, die während der Initialisierungsphase von jeder kommunizierenden Einheit bekanntgegeben wurden. Der azyklische Verkehr wird entsprechend den während der Laufzeit auftretenden Anforderungen organisiert.

FIP unterstützt zwei Übertragungsmedien: das abgeschirmte, verdrillte Zweidrahtkabel und die optische Faser. Eine allgemeine Topologie wie in Figur 3 (Teil 2) ist möglich. Medium und Linientreiber können redundant realisiert werden. Wie zuvor erwähnt, ist der Zugriff auf das Kommunikationsmedium zentralisiert. Alle Übertragungen finden unter Kontrolle des Bus-Arbiters statt. Dieser stellt die Übertragungen so zusammen, dass die geforderten Zeitrestriktionen erfüllt sind. Die Data Link-Schicht ermöglicht zwei Übertragungsdienste, einen für den Variablenaustausch und einen für die Meldungsübertragung. Eine Variablen- oder Meldungsübertragung kann auf Verlangen einer beliebigen Station oder auch zyklisch (oder periodisch), je nach Systemkonfiguration, erfolgen.

Variablen werden entsprechend dem Producer–Distributor–Consumer-Modell ausgetauscht und durch einen eindeutigen, 16 Bit langen Identifizierer, gekennzeichnet, der sowohl dem Producer als auch dem Consumer bekannt ist. Der Identifizierer hat keine Beziehung zu irgendeiner physikalischen Adresse. Meldungen werden von einer Source-Station zu einer einzelnen oder zu allen Zielstationen entsprechend dem Client–Server-Modell übertragen. Jede Meldung enthält eine Ursprungs- und eine Zieladresse. Die Adressen weisen eine Länge von 24 Bit auf. Sie identifizieren die Segmentnummer und die Adresse der Station auf dem Segment (Data Link Service Access Point, SAP). Falls nötig, werden die Meldungen bestätigt.

Für den Austausch von Echtzeitdaten verhält sich FIP wie eine verteilte Datenbank, die durch das Netzwerk periodisch oder nach Bedarf aufdatiert wird. Alle Anwendungsdienste, die in Beziehung zum periodischen und aperiodischen Datenaustausch stehen, werden MPS (Periodic/Aperiodic Services) [25] genannt. MPS stellt sowohl lokale Read–Write-Dienste (periodische) wie auch Remote Read–Write-Dienste (aperiodische) zur Verfügung, wobei auf Variablen oder Variablenlisten zugegriffen werden kann. Bei den Variablen wird auch die Information über deren Refresh-Status zur Verfügung gestellt. Bei Variablenlisten können Informationen über den zeitlichen und räumlichen Status abgefragt werden.

Zusätzlich sieht FIP für die Übertragung von Meldungen und Ereignissen ein konventionelles Client–Server-Modell als Applikationsschicht vor, welches als Untermenge des MMS (MAP-Anwendungsschicht realisiert ist. Die möglichen Dienste sind anhand von Klassen definiert: Sensor, Aktor, I/O-Konzentrator, PLC, Bedienpult und Programmierkonsole. Die MMS-Untermenge enthält die Dienste Domain Management, Programmaufruf, Variablenzugriff, Semaphoren und Protokoll-Management sowie grundsätzliche Dienste für das Ereignis-Management. Syntax und Datenkodierung entsprechen den ASN.1-Regeln.

FIP erfüllt beinahe alle Anforderungen, die in Teil 2 für die Feldbusse aufgestellt wurden, weist aber doch kleinere Nachteile auf. So kann zum Beispiel das Alter einer Variablen nicht genau bestimmt werden. Seine Stärke liegt bei der strikten Einhaltung der Zeitrestriktionen. Um dies zu gewährleisten, setzt FIP voraus, dass die Daten periodisch ausgetauscht werden, eine Forderung, die bei Sampled–Data-Systemen erfüllt ist. FIP lässt zudem einen sporadischen oder On-Request-Datenverkehr zu, realisiert dies allerdings auf eine sehr ineffiziente Art und Weise. Die Übertragung von Ereignissen sollte deshalb vermieden werden. Ereignisse sollten in die periodische Zustandsübertragung integriert werden. Dies bedeutet, dass die Steuerung und Überwachung auf andere Weise formuliert werden muss, was meistens möglich ist.

FIP kann als ein idealer Kandidat für einen offenen Feldbus betrachtet werden, wenn man davon absieht, dass nur ungenügende Entwicklungswerkzeuge zur Verfügung stehen.

Hart

Hart wurde von der Firma Rosemount entwickelt, um in Prozesskontrollanwendungen Transmitter miteinander zu koppeln. Hart kann bestehende 4–20-mA-Leitungen im Punkt-zu-Punkt-Modus oder verdrillte Zweidrahtkabeln in einer Bus-Konfiguration nutzen. Im ersten Fall werden die Prozesswerte meist analog übertragen, und Hart wird nur für die Konfiguration und für Tests eingesetzt.

Im Multipoint (Bus)-Modus können von einer entfernten Leitstation aus – unter Einhaltung der Anforderungen an die Eigensicherheit (siehe Teil 1) – bis zu 15 Geräte gleichzeitig versorgt werden. Im lokalen Betrieb kann eine weitaus grössere Zahl von Geräten angeschlossen werden. Jeder Verkehr kommt von oder geht zur Leitstation. An den Bus kann eine zusätzliche Steuerung für Managementzwecke (z.B. Hand Held Terminal) angeschlossen werden.

Hart, der auch eine für Prozesskontrollanwendungen geeignete Applikationsschicht definiert, ist in seinem Anwendungsbereich gut etabliert. Ausserhalb hingegen ist er auf sehr langsame Master–Slave-Anwendungen beschränkt.

Interbus-S

Interbus-S wurde von Phoenix Contact entwickelt, um verteilte Inputs und Outputs auf einer speicherprogrammierbaren Steuerung (PLC) zu ermöglichen. Interbus-S entspricht dem dreischichtigen Collapsed OSI-Modell [30]. Er unterstützt eine Ring-Topologie mit einer Leitstation mit bis zu 256 Substationen. Als Medium werden verdrillte Zweidrahtkabel oder auch faseroptische Kabel eingesetzt. Leider fehlt eine gute Beschreibung der Data Link-Schicht. Die Ringtopologie von Interbus-S legt jedoch nahe, dass Output-Informationen mittels eines einzigen Rahmens gleichzeitig an alle Geräte gesendet werden und dass ein einziger Rahmen alle Input-Informationen enthält. Information fliesst vom Master zum Slave und umgekehrt; eine Kreuzkommunikation zwischen untergeordneten Stationen ist nicht möglich. Es gibt keine Meldung über zeitliche und räumliche Konsistenz, noch über die Datengültigkeitsdauer. Raumkonsistenz dürfte nicht implementiert sein, während Zeitkonsistenz wegen der Gleichzeitigkeit der Informationsübertragung als gesichert angenommen werden darf.

Die Applikationsschicht scheint nur auf der Leitstation verfügbar zu sein. Sie besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil, der dem Echtzeit-Datenaustausch dient, stehen die Daten als Speicherblock zur Verfügung, wobei die Speicherplätze bei der Konfiguration festgelegt und einem Gerät zugeteilt werden. Der zweite Teil ist eine Untermenge der Profibus-Applikationsschicht [31]. Für den Datenzugriff sind lediglich Dienste für Lesen, Schreiben und Empfangen von Daten (Information Report) definiert. Zur Steuerung von Remote-Programmen werden die Dienste Start und Stop verwendet. Ein Up- und Download von Programmen ist nicht möglich.

In seinem Anwendungsbereich (Remote I/O) ist Interbus-S eine sehr gute und effiziente Lösung; es fehlen nur die Download-Fähigkeiten. Die gewählte Ringtopologie genügt den gestellten Anforderungen. Ein grösseres Problem steckt allerdings in der Zuverlässigkeit. Jede beliebige defekte Substation kann das ganze System zum Stoppen bringen.

Für andere Anwendungen, die über Remote I/O hinausgehen, weist Interbus-S mehrere Nachteile auf:

- der ganze Datenverkehr läuft über die Leitstation; Kreuzkommunikation zwischen Stationen ist nicht möglich
- eine zweite Leitstation für andere Zwecke als die der Steuerung kann nicht angeschlossen werden
- Raumkonsistenz und Gültigkeitsdauer der Daten werden nicht beachtet und sind schwierig nachzurüsten
- die Wahl der Topologie ist durch den Einsatz einer Ringstruktur ziemlich eingeschränkt
- die Zahl der Anwendungsdienste ist begrenzt, und diese Dienste stehen offensichtlich nur auf der Leitstation zur Verfügung
- die Datengrösse für die Echtzeitübertragung beträgt lediglich 16 Bit.

Interbus-S ist wahrscheinlich die beste Wahl für Remote I/O-Anwendungen mit einem einzigen Steuergerät (z.B. speicherprogrammierbare Steuerung). Für andere Anwendungen bleibt der Einsatz von Interbus-S fraglich, solange kein zusätzliches Steuergerät angeschlossen werden kann.

LON

LON wurde von Echelon vor allem für den Einsatz in der Gebäudeautomation konzipiert. LON entspricht vollständig dem siebenschichtigen OSI-Modell. Es berücksichtigt eine grosse Vielfalt von Übertragungsmedien, einschliesslich der drahtlosen Übertragung, letztere allerdings mit begrenzter Datenrate (5 KBit/s). Auf verdrillten Zweidrahtkabeln nutzt LON den RS 485-Standard. Der Einsatz von Repeatern ist möglich, und es kann eine recht allgemeine Topologie realisiert werden. Was die Zwischenschichten angeht, so ist die Information darüber dürftig [32]. Der Zugriff auf das Kommunikationsmedium ist dezentralisiert und basiert auf dem Zufallsprinzip (Contention Based, Predictive CSMA). Zeitrestriktionen können somit nur im statistischen Mittel erfüllt werden [33].

LON besitzt eine Netzwerkschicht, und es sind Routers erhältlich, über welche bis maximal 255 Subnetze miteinander verbunden werden können. Die Anwendungsschicht sieht Dienste für den Variablen- und Meldungsaustausch vor. Variablen und Meldungen können verschiedene Prioritäten aufweisen und eine Authentifizierungsinformation enthalten, wobei der Authentifizierungsschlüssel dem adressierten Knoten zugeteilt ist.

Den Variablen kann ein vordefinierter Datentyp oder eine C-Deklaration zugeordnet werden. Im ersten Fall ist eine ferne Station in der Lage, den Variablentyp zu lesen. Jeder Knoten kann eine Variable als Input vom oder als Output zum Netzwerk definieren. Im Falle einer Output-Variablen kann diese, sobald sie aufdatiert wurde, automatisch an alle Knoten, welche die Variable als Input deklariert haben, gesendet werden. Solche Übertragungen scheinen über eine Serie von Punkt-zu-Punkt-Übertragungen und nicht über eine Broadcast-Verbindung – wie bei FIP – zu laufen. Ein zweiter Unterschied besteht darin, dass die gleiche Variable von mehreren Knoten aufdatiert (als Output deklariert) werden kann. Nachrichten können mit oder ohne Bestätigung im Punkt-zu-Punkt- oder Multipunkt-Modus gesendet werden. Da ihr Inhalt vom Benützer definiert wird, ergibt sich die Möglichkeit, die Funktionalität von LON zu erweitern, wobei aber ein Verlust der Interoperabilität in Kauf zu nehmen ist.

Das LON-Betriebssystem beinhaltet einen Scheduler, der für das Aufdatieren der Variablen sorgt und Ereignisse als eine Erweiterung der Sprache C zu formulieren erlaubt. Die Anweisung «WHEN eventname {actions}» erlaubt, bei Eintritt eines Ereignisses Aktionen auszulösen. Ereignisse sind verknüpft mit dem Variablen-Updates, mit dem Empfang von Meldungen oder anderen Netzwerkereignissen.

Obwohl LON eine der wenigen vollständigen Feldbus-Lösungen ist, kann LON wegen der unten aufgeführten Nachteile nicht als eine allgemeine Lösung betrachtet werden:

- die Anzahl der Dienste in der Anwendungsschicht ist beschränkt; es sind weder für den Up- und Download des Programms noch für die Fernaktivierung von Programmen Dienste vorhanden. Zusätzliche Dienste können zwar implementiert werden, aber ohne Interoperabilitäts-Garantie
- Zeitrestriktionen können nur im statistischen Mittel erfüllt werden
- LON bietet keine periodischen Dienste an
- LON bietet keinerlei Dienste an, welche die Zeit- und Raumkonsistenz gewährleisten
- LON bietet keinerlei Dienste für die Ermittlung des Datenalters an.

Hingegen bietet LON eine vollständige Palette von Entwicklungswerkzeugen an; es sind weitaus die besten, die man für einen Feldbus erhalten kann. LON ist der ideale Kandidat für verteilte Anwendungen, die keinerlei Zeitkonsistenz und nur mittelmässige Anforderungen bezüglich Zeitrestriktionen stellen. Es ist eine vollständige und günstige Lösung, die sehr einfach und ohne spezielle Netzwerkkenntnis in Betrieb gesetzt werden kann. Man muss aber in Kauf nehmen, dass LON kein wirklich offener Feldbus ist.

MIL-STD-1553

Der MIL-STD-1553 wurde für die US Air Force und die US Navy [34] entwickelt. Er kann als Vorläufer der Feldbusse betrachtet werden, da die meisten seiner Konzepte in anderen Vorschlägen verwirklicht wurden.

Die Information wird über einen Bus mittels Manchester II bi-Phase-Kodierung und einer Datenrate von 1 MBits/s übertragen. Es können maximal 31 Remote Terminals (RT) an den Bus angeschlossen werden, wobei jedes Terminal bis zu 30 Unteradressen beinhalten kann. Die Remote Terminals werden entweder direkt oder via Transformer über ein abgeschirmtes, verdrilltes Zweikabelpaar mit dem Bus Controller (BC) verbunden.

Der BC initiiert alle Meldungen. Wenn Daten gesendet oder empfangen werden sollen, schickt er dem anvisierten Remote Terminal einen Befehlsrahmen. Das RT antwortet, wenn nötig, durch Senden eines Datenrahmens und beendet die Übertragung mit einem Statusrahmen. Der Bus Controller kann gleichzeitig einem RT ein Kommando für den Datenempfang und einem anderen RT ein Kommando für die Datenübertragung erteilen. Dieser Mechanismus erlaubt eine Kreuz-Kommunikation zwischen den RT. Befehls-, Daten- und Statusrahmen bestehen aus 16 Bit, einem Parity-Bit und drei Synchronisations-Bits am Rahmenanfang für Manchester Code. Um eine gute Störimmunität zu gewährleisten, werden hohe Anforderungen an die Kabel, die Kopplungstransformatoren und die Isolationswiderstände gestellt.

MIL-STD-1553 definiert keine Anwendungsschicht. Trotzdem wird da und dort versucht, diesen Standard in industriellen Anwendungen einzusetzen, wegen der hohen Kosten mit sehr beschränktem Erfolg.

Profibus

Profibus ist ein deutscher Feldbusstandard (DIN 19245), der eine dreischichtige Architektur und einen kompletten Netzwerkmanagementteil besitzt. Der Profibus hat starke Ähnlichkeiten mit Mini-MAP; er kann als günstige Implementation dieses

Netzwerkes betrachtet werden. Der Unterschied zwischen Master- und Slave-Stationen besteht darin, dass die ersteren mehr oder weniger beliebig kommunizieren dürfen, während die zweiten nur auf Aufrufe von Master-Stationen reagieren und antworten können. Somit lassen sich einfache Geräte ökonomisch ins Netz integrieren.

Die Anforderungen, die der Anwender an die Topologie stellt, werden vom Profibus grösstenteils erfüllt. Eigensichere Geräte – obwohl nicht im Standard spezifiziert und eventuell unkompatibel – sind bei einigen Anbietern erhältlich. Eine Redundanz des Kommunikationsmediums wird unterstützt. Profibus basiert auf einem einfachen Token Passing-Mechanismus, welcher keine garantierten Übertragungszeiten bietet. Die Ermittlung von Raum- und Zeitkonsistenz sowie des Datenalters ist nicht standardisiert und wird dem Benützer überlassen.

Die Anwendungsschicht kann als eine Untermenge der MAP-Anwendungsschicht MMS aufgefasst werden, obwohl die Syntax ziemlich unterschiedlich ist. Es besteht die Möglichkeit, Anwendungsprofile zu definieren, welche mehr oder weniger den Companion Standards in MMS entsprechen. Zusätzlich ist ein Datenzugriffsschutz für alle Objekte (Variablen, Programme, Domaine) definiert, auf welche durch die Dienste der Anwendungsschicht zugegriffen werden kann.

Profibus führt das Konzept des zyklischen Datenaustausches ein. Dieses hat allerdings nur wenig Einfluss auf die Dienste der Anwendungsschicht. Der zyklische Datenaustausch wurde ja auch hauptsächlich eingeführt, um die Datenübertragungen von und zwischen untergeordneten Slave-Stationen zu ermöglichen.

Als Zellnetzwerk (Netzwerk, das Automatisierungszellen verbindet) erfüllt Profibus die meisten Anforderungen. Bedauerlich ist allenfalls, dass Profibus keine Dienste für das Ereignismanagement und die Synchronisation von Applikationen (Semaphoren) besitzt. Als Feldbus, der beispielsweise als Netzwerk zwischen (intelligenten oder nichtintelligenten) Sensoren und Aktoren und dem ersten Automationsniveau eingesetzt wird, weist der Profibus fünf wichtige Nachteile auf:

- er bietet keine periodischen Dienste
- er bietet keine Dienste, welche die Zeit- und Raumkonsistenz zu gewährleisten vermögen
- er bietet keine Dienste für die Ermittlung des Datenalters an
- er erfüllt die zeitlichen Einschränkungen nur im statistischen Mittel; das heisst, es gibt keine garantierte Antwortzeit
- alle Leitstationen werden gezwungen, das gleiche Verkehrsvolumen zu verarbeiten.

Andere Probleme betreffen die fehlende Standardisierung der maximalen Antwortzeit oder die fehlende Segmentierung und die Einschränkungen, die sich aus der exklusiven Anwendung des Client–Server-

	Bitbus	CAN	FIP	Hart	Interbus-S	LON	MIL-1553	Profibus	Sercos
Übertragungsmedium									
Zweidrahtkabel	Ja	Ja	Ja	Ja (1)	Ja	Ja	Ja	Ja	
Fiberoptik			Ja		Ja	Ja			Ja
Radio						Ja			
220-V-Leitungen						Ja			
Standard-Verbindung	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
Stromversorgung									
auf Übertragungslinien	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	(2)	n.s.	Nein	Nein
über Kabel	Ja	möglich	Ja	möglich	möglich	Ja	n.s.	Nein	Nein
Übertragungsgeschwindigkeit [kBit/s]	62,5 375 (3) 2400	1000 (4)	31,25 1000 2500	1,2	500	4,9 bis 1250	1000	9,6 bis 500	2000
Galvanische Isolation	möglich	Nein	Trafo	Trafo	möglich	möglich	Trafo	möglich	Ja
Eigensicherheit	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja (5)	Nein
Norm für Zweidrahtkabel	RS 485	eigene	eigene(6)	Bell 202	RS 485	RS 485	eigene	RS 485	n.a.

Tabelle I Elektrische und mechanische Eigenschaften

n.s. nicht spezifiziert
n.a. nicht anwendbar
(1) Erlaubt Wiederverwendung der 4–20-mA-Linien durch Überlagerung der bisherigen Signale
(2) Nur für Übertragung auf 220-V-Leitungen
(3) Mit Clock-Leitungen bis 2,4 MBit/s
(4) Maximalgeschwindigkeit; andere Geschwindigkeiten sind möglich
(5) Vorgesehen, aber nicht standardisiert
(6) Nahe verwandt mit dem zukünftigen internationalen Standard

	Bitbus	CAN	FIP	Hart	Interbus-S	LON	MIL-1553	Profibus	Sercos
Topologie									
Kupfer	Bus	Bus	allg.	Bus (1)	Ring	Bus	Bus	Bus (2)	n.a.
Optik	n.a.	n.a.	Stern (3)	n.s.		n.a.	n.a.	n.a.	Ring
Anzahl der Segmente	1	1	128	n.s.	1		1	64	1
Anzahl der Geräte auf einem Kupfersegment									
ohne Repeater	32	30	≈64 (4)	15 (6)	8	63	31	32	8 (5)
mit Repeater	250	n.a.	256	n.s.	256	248	n.a.	127	n.a.
mit Konzentrator	<64 000	2048	24 576	2381	n.a.	n.a.	930	<7874	254
mit mehreren Segmenten	n.a.	n.a.	32 768	n.a.	n.a.	248	n.a.	8128	n.a.
Höchste Länge/Segment	Kupfer	Kupfer	Kupfer	Kupfer	Kupfer	Kupfer	Kupfer	Kupfer	Optik
Ohne Repeater									
bei min. Geschw.	1200 m	10 km	>10 km	3048 m	410 m	1500 m	350 m	1200 m	~40 m
bei max. Geschw.	30 m	40 m	1 km	3048 m	410 m	500 m	40 m	200 m	~40 m
Mit Repeater		(4)							
bei min. Geschw.	12 km	n.a.	>10 km	n.a.	12,8 km	>>10 km	n.a.	4800 m	n.a.
bei max. Geschw.	90 m	n.a.	1 km	n.a.	12,8 km	>>10 km	n.a.	800 m	n.a.
Von einer Abzweigdose	0,3 m	0,3 m	>50m (4)	n.s.	1,5 m	0,3 m	6 m	0,3 m	n.a.
max. Anz. Repeater zwischen zwei Geräten	2 bis 10 (7)	n.a.	(4)	n.s.	64	n.s.	n.a.	3	n.a.

Tabelle II Topologische Eigenschaften

n.s. nicht spezifiziert
n.a. nicht anwendbar
(1) oder Punkt-zu-Punkt auf 4–20-mA-Linien
(2) Beschränkte Baumstruktur möglich
(3) Möglichkeit, mit sternförmigem Netzwerk allgemeine Topologie zu bilden
(4) Die genauen Werte hängen von der Übertragungszeit, von der Verzerrung und von der Dämpfung ab
(5) Im Standard als vernünftiger Wert angegeben
(6) Wenn alle Stationen über das Kabel mit Strom versorgt werden
(7) 2 bis 1 MBit/s, 10 bis 62,5 kBit/s

Modells (Punkt-zu-Punkt) ergeben, auch wenn der Information Report-Dienst auf einer Broadcast- oder Multicast-Verbindung für die Implementation eines Producer–Distributor–Consumer-Modells genutzt werden kann. Die einfachste Lösung für diese Probleme ist, sich auf ein Single Master Profibus-Netzwerk zu beschränken, womit man allerdings weit entfernt von einer optimalen Nutzung des Standards ist.

Trotz allem ist der Profibus eine sehr ernst zu nehmende Alternative zum Mini-MAP. Effiziente Implementationen sind zu einem vernünftigen Preis erhältlich. Wer nach einer zellähnlichen Netzwerkimplementation sucht, der muss den Profibus in eine Evaluation miteinbeziehen. Es ist zu beachten, dass in dieser Studie die kürzlich vorgenommene Erweiterung des Profibus-Standards noch nicht berücksichtigt ist.

Sercos

Sercos resultiert aus einer gemeinsamen Anstrengung der deutschen Maschinenwerkzeug- (VDW) und Antriebshersteller (ZVEI), Mittel und Wege für die Kommunikation zwischen numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen (CNC) und Motorantrieben zu entwickeln. Zurzeit laufen Bemühungen, Sercos als internationalen Standard zu etablieren.

Sercos nutzt eine Ringtopologie, in welcher die Knoten mit Faseroptik-Kabeln verbunden sind. Die zentrale Leitstation befindet sich in der CNC-Werkzeugmaschine, und der gesamte Verkehr kommt von oder geht zur Leitstation. Leider steht der Zugriff auf das Kommunikationsmedium nicht unter der Kontrolle der Leitstation – wodurch das Netzwerk viel effizienter würde. Jeder untergeordneten Station (z.B. Antrieb) wird ein Zeitschlitz als Sendezeit zur Verfügung gestellt. Die Zeitschlitzzuteilung wird beim Aufstarten festgelegt, wobei die Antwortzeit jedes einzelnen Gerätes (Drive) berücksichtigt wird.

Jeder übertragene Rahmen kann sowohl Echtzeitdaten als auch Konfigurationsmeldungen enthalten. Da im Maximum zwei Bytes pro Rahmen gesendet werden können, müssen lange Meldungen in mehrere Segmente unterteilt und nach dem Empfang wieder zusammengestellt werden.

Auch wenn Sercos nicht OSI-modellgemäss strukturiert ist, definiert Sercos doch eine grosse Zahl von Dienstleistungen in der Anwendungsschicht – allerdings nur für Antriebe. Sercos weist eine Anzahl von Nachteilen auf:

- jeder Verkehr kommt entweder von oder geht zur Leitstation. Dies ist eine sehr schlechte Wahl für grosse Werkzeugmaschinen, welche meistens eine stark verteilte Struktur aufweisen
- ein Verkehr mit Inputs und Outputs, die nicht Antrieben zugeordnet sind, ist nicht erlaubt
- der Zugriffsmechanismus ist wegen der schlechten Fehlerbehandlung sehr unsicher und gefährlich
- es ist keine Geräte-Konformitätsklasse definiert. Somit ist eine Interoperabilität von Antrieben, die nur eine Untermenge der Dienste implementieren, nicht garantiert.

Es ist noch beizufügen, dass Sercos ausserhalb des ursprünglichen Marktes keine Anwendung findet. Selbst in seinem eigenen Markt ist Sercos dem Interbus-S unterlegen. Deshalb hat eine weitere Gruppe von Herstellern (Drivecom) ein Interbus-S-Profil für die erwähnten Anwendungen [35] aufgestellt. Der Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass sie eine vollständige Beschreibung der Applikationsdienste und Variabeln für CNC-Anwendungen zur Verfügung stellt.

	Bitbus	CAN	FIP	Hart	Inter-bus-S	LON	MIL-1553	Profi-bus	Sercos
Ereignisgesteuerter Datenaustaustausch	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Garantierte Antwortzeit	Ja (1)	Nein	Ja (2)	Ja (1)	Ja (1)	Nein	Ja (1)	Nein	Ja (1)
Anz.Übertrag./s (je 16 Bit)	<2600	<5500	<4000	<3,7	<1500	= 70 (7)	<5800	<1300	<770
Anzahl Prioritätsstufen	1	1	2	1	1	127	1	2	1
Max. Anz. Meldungen	64 000	2048 (3)	28 672	3840			930	15 810	(4)
Max. Grösse (Byte)	11	8	∞ (5)	4 (6)	∞ (7)	226	64	≈ 250	65 536
Zyklische Übertragung	(8)	(8)	Ja	(8)	Ja	(8)	(8)	(8)	Ja
Minimale Zykluszeiten			1 ms		1 ms			3 ms	1 ms (9)
Anz. Variablen/s (16 Bit)	<2600	<5500	<15 800	<3,7	<18 000	<70(7)	<5800	<1300	<20 000
Mehrere Zykluszeiten	(8)	(8)	Ja	(8)	Nein	(8)	(8)	(8)	Nein
Periodische Übertragung	(8)	Nein	Ja	(8)	Ja	Nein	(8)	Nein	Ja
Max. Anz. der Variablen	64 000	2048 (3)	24 576	3840	2048	4096	930	15 810	(4)
Max. Grösse (Byte)	1 (6)	8	128	4	2 (6)	226	64	≈ 250	4 (6)

Tabelle III Theoretisch mögliche Leistungen auf einem Segment

(1) Die Zugriffskontrolle ist zentralisiert, und der Datenverkehr läuft ausschliesslich über den Master; damit können feste Antwortzeiten garantiert werden
(2) Ausgenommen Variablen und aperiodische Meldungen
(3) Im erweiterten Format sind 2^{29} Identifizierer möglich
(4) Max. Anz. Stationen: 254, max. Anz. Variablen: 65 536 Variablen.
(5) Für den verlangten Datenaustausch besteht keine Grössenbeschränkung; allerdings werden nur 2048 Bits pro Sendung übertragen
(6) Es können mehrere Variablen pro Sendung übertragen werden
(7) Gemessene Leistungen
(8) Ist im Netzwerk nicht implementiert und hängt von der Reihenfolge ab, in welcher die Variablen von der Applikation ausgetauscht werden
(9) Die minimale Periode ist 62 µs, wobei dieser Wert nicht realistisch ist

	Bitbus	CAN	FIP	Hart	Inter-bus-S	LON	MIL-1553	Profi-bus	Sercos
Kommunikation von Station zu Station	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
Multipoint (1 nach alle)	Nein	Ja	Ja	Ja (1)	Nein	Ja	Ja	Ja (1)	Ja (2)
Multipoint (1 nach n) Anzahl der Gruppen	Nein	(3)	Ja 28 672	Nein	Nein	Ja 256	Nein	Ja (1) 62	Nein
Multimaster Anzahl der Master	Nein 1	Ja 30	Nein (4) 1 (4)	Ja 2 (5)	Nein 1	Ja 32 385	Nein 1	Ja 127	Nein 1
Dynamische Einfügung	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
Zugriffskontrolle auf Kommunikationsmedium	zentral	CSMA/ PCR	zentral	zentral + Zeitslots	zentral	PCSMA	zentral	Token + zentral	Zeitslots
Datenschutz für Rahmen	CRC(7)	CRC16	CRC16	Parity (6)	CRC	CRC	Parity	Parity (6)	CRC

Tabelle IV Eigenschaften der Datenübertragungsschicht

(1) Nur von einer Masterstation aus
(2) Nur von einer zentralen Station aus
(3) Kann in der Applikation implementiert sein
(4) Mastering transferierbar bei Pannen
(5) Zweiter Master möglich für Überwachung und Inbetriebssetzung
(6) Byte Parity und Checksum aus den Bytes eines Rahmen
(7) CRC ist wie in HDLC berechnet, was zu Problemen führen kann

	Bitbus	FIP	Hart	Interbus-S	LON	Profibus	Sercos
Applikationsschicht vom MMS-Typ	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
Lese-/Schreibdienste für Variablen	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Typendefinition	Nein	Ja	Nein (1)	Nein (1)	Ja	Ja	Nein (1)
Syntaxumwandlung	Nein	Ja	Nein	n.s.	Nein (2)	Ja	Nein
Variablenliste	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein (3)	Nein
Strukturierte Variablen (RECORD, ARRAY)	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
Zugriffsschutz	Ja (4)	Nein	Nein	Ja	Ja (4)	Ja	Nein
Anzeige für Gültigkeitsdauer	(5)	Ja (6)	(5)	(5)	(5)	(5)	Ja (5)
Zeitliche Konsistenz	(5)	Ja	Nein	Nein	(5)	(5)	(5)
Räumliche Konsistenz	(5)	Ja	Nein	Nein	(5)	(5)	Nein
Zeitlicher Stempfel	(5)	(5)	Nein	(5)	(5)	(5)	Nein
Synchronisation von Aktionen	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Fernverwaltung von Programmen	Ja	Ja	Ja (9)	Ja (9)	Ja (10)	Ja	Ja (9)
Download von Daten	Ja (8)	Ja	Nein	Nein	Ja (10)	Ja	Nein
Upload von Daten	Ja (8)	Ja	Nein	Nein	Ja (10)	Ja	Nein
Ereignissignal	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
Ereignisverwaltung	Nein	Ja	Nein	Nein	teilweise	teilweise	Nein
Semaphorenverwaltung	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Anzeige von Kommunikationsverlusten	n.s.	Ja	n.s.	Ja	Ja	Ja	Ja

Tabelle V Dienste der Applikationsschicht

n.s. nicht spezifiziert
(1) Alle Typen sind vordefiniert
(2) Es braucht keine Syntaxumwandlung, weil alle Applikationen die gleiche Syntax benutzen (gleiche Compiler, Prozessoren usw.)
(3) Ausser wenn alle Variablen zur gleichen Station gehören
(4) Separater Schutz für jede Station
(5) Ist nicht im Netzwerk implementiert und hängt von der Applikation ab
(6) Refresh-Anzeige
(7) Nur für den ereignisgesteuerten Datenverkehr möglich (nicht für zeitkritischen Verkehr)
(8) Pro Block von maximal 248 Bytes; die Segmentation und die Reihenfolge des Sendens müssen von der Applikation vorgenommen werden.
(9) Die Programme sind vordefiniert
(10) Nur aus einer Netzwerkmanagementstation

	Bitbus	CAN	FIP	Interbus-S	LON	Profibus
Netzwerkanalysator	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
Emulator		Ja	Nein	Nein	Ja	Nein
Konfigurator	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Karten für PC	730.–	800.–	~2000.–	550.–		~1500.–
Spezifische integrierte Schaltungen (Preis pro Einheit)						
Physikalische Schicht (Kupfer)	RS 485	4.–	30.–	RS 485	RS 485	RS 485
Physikalische Schicht + Datenübertragungsschicht	n.a.	15.–	40.–	n.a.	n.a.	n.a.
Vollständiges Protokoll						
Slave	70.–	(2)	n.a.	15.– (3)	n.a.	87.–
Master	70.–	(2)	95.– (1)	45.–	20.–	87.– (4)
Auswertungswerkzeuge (Evaluation Kit)	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja
Entwicklungswerkzeuge (Development Kit)	Nein	n.a. (2)	Ja	Nein	Ja	Nein

Tabelle VI Entwicklungswerkzeuge

n.a. nicht anwendbar
(1) Nicht inbegriffen ist die unbeschränkte Distributionslizenz (~5000.–) und die Entwicklungssoftware (~11 000.–)
(2) Keine Applikationsschicht
(3) Nicht inbegriffen ist die Entwicklungssoftware und die unbeschränkte Distributionslizenz (13 500.–)
(4) Nicht inbegriffen ist die unbeschränkte Distributionslizenz (> 37 000.– für Master, >18 000 für Slave) und die Adaptierung für bestimmte Konfigurationen (Preis hängt von der Konfiguration ab)
(5) Nicht inbegriffen ist das Entwicklungssystem (~30 000.–)
(6) Wird kostenlos vom FIP-Club ausgeliehen

Vergleiche

Detaillierte Eigenschaften von verschiedenen Vorschlägen sind in den Tabellen I –VII zusammengetragen.

Die Tabelle I zeigt, dass die meisten Vorschläge das verdrillte Zweidrahtkabel als Übertragungsmedium vorziehen. Die einzige Ausnahme ist LON, welches eine komplette Vielfalt offeriert. Bezüglich Topologie (Tab. II) sind die meisten Lösungen gleich. Die Tabelle III ist wahrscheinlich am schwierigsten zu interpretieren. Wir haben versucht, die maximalen theoretischen Leistungen zusammenzufassen, da effektive Leistungen stark von der jeweiligen Implementation abhängen. Praktische Zahlen sind meistens um eine Grössenordnung niedriger als das angegebene Maximum. Einzig bei der Übertragung von Echtzeitvariablen bei Interbus-S, FIP und Sercos sind die tatsächlichen Werte mit den theoretischen vergleichbar.

Die Tabelle IV zeigt, dass Bitbus, Hart, Interbus-S und Sercos auf einen zentralisierten Verkehr eingeschränkt sind, was meistens unakzeptabel ist. In den meisten Prozessen müssen andere Applikationen wie zum Beispiel Datenanzeigen, Qualitätskontrolle usw. auf die gleichen Daten wie die Steuerung zugreifen. Bei zentralisiertem Datenverkehr sind solche Anwendungen schwierig zu implementieren. Darüber hinaus weisen Bitbus und Interbus-S keine Broadcast-Fähigkeiten auf. Diese aber sind für die Synchronisierung der Applikationen unumgänglich.

Tabelle V gibt einen Überblick über die Dienste der Anwendungsschicht. CAN und MIL-1553 weisen keine Anwendungsschicht auf. Es überrascht wenig, dass FIP und Profibus die vollständigste Dienstpalette – mit einem leichten Vorteil für FIP – präsentieren. Während LON als gleichwertig taxiert werden kann, haben andere Vorschläge teilweise unakzeptable Einschränkungen. Die Tabelle VI sammelt Informationen über vorhandene Werkzeuge und Abschnitte, die bei einem Systemaufbau behilflich sein können. Die angegebenen Preise sind lediglich als Angaben über Einzelstücke aufzufassen. Natürlich ist es immer schwierig, Kosten zu vergleichen, nicht zuletzt weil viel Ingenieuraufwand verborgen bleibt. Wenn ein Feldbus in ein Automationssystem integriert wird, muss ein Interface zum Feldbus mitimplementiert werden. Die Implementierung eines CAN-Interface kann zwar viel billiger als die Implementierung eines FIP- oder Profibus-Interface sein, verlangt aber, dass man einen grossen Teil der Software, die in anderen Lösungen bereits integriert ist, selber schreiben muss.

In Tabelle VI haben wir versucht, alle Informationen zusammenzutragen, welche mithelfen, die wirklichen Kosten zu eruieren, mit Ausnahme der Ausbildungskosten. Ursprünglich haben wir beabsichtigt, auch Kriterien für das Netzwerkmanagement aufzustellen. Diese Absicht haben wir begraben, weil die meisten Netzwerke lediglich ein sehr dürftiges Netzwerkmanagement zur Verfügung stellen. Einzig FIP, LON und Profibus bieten ein mehr oder weniger vollständiges Netzwerkmanagement, wobei (zumindest auf dem Papier) Profibus im Vorteil ist. Der FIP-Netzwerk-Managementteil ist immer noch im Revision-Status.

Anwendungsbereich	Erste Wahl	Begründung	Andere Vorschläge	Bemerkungen
Gebäudeautomation	LON	Kosten und Qualität der Entwicklungswerkzeuge	Batibus, EIB	Diese sind nicht offene Lösungen
Prozesskontrolle (langsame Prozesse)	Hart	Eigensicherheit	FIP, Profibus	
Prozesskontrolle (schnelle Prozesse)	FIP	Leistungen	Nein	Beispiele sind Ölproduktionsanlagen
Zentralisierte Fertigungsgeräte (z.B. SPS)	Interbus-S	Bester Kompromiss zwischen Preis und Leistung	FIP, Profibus	
Verteilte Fertigungsgeräte (z.B. CNC)	FIP	Der einzige, der die Anforderungen erfüllt	Nein	CAN ist nicht berücksichtigt, weil die Applikationsschicht nicht vorhanden ist
Fahrzeugautomation	CAN, VAN, J1850		Trainbus	Keine Applikationsschicht
Energieproduktion	FIP	Leistungen	private Lösungen (i.e. ABB)	
Montagestation (verteilt)	LON	Kosten, lokale Verarbeitungsmöglichkeiten	FIP	
Fertigungszellen und Montagelinien	FIP, Profibus	Günstiger Ersatz für Mini-MAP		FIP bietet die gleichen funktionellen Möglichkeiten mit besseren Leistungen

Tabelle VII Eignung für verschiedene Applikationsbereiche

Die Wahl

Die Tabelle VII versucht, die Lösungen in Beziehung zu den Anwendungsgebieten zu setzen. Die Beurteilung stützt sich auf unsere praktischen Erfahrungen, die wir in allen Bereichen mit Ausnahme der Prozesssteuerung und der Gebäudeautomation gemacht haben. Sie sollte nur als allgemeine Richtlinie betrachtet werden. Die in den Tabellen I–VI gegebenen Informationen sollten genutzt werden, um die Wahlkriterien entsprechend der Benützerbedürfnisse zu präzisieren.

Es muss betont werden, dass eine Auswahl, die ausschliesslich aufgrund der Kosten vorgenommen wurde, gefährlich sein kann. Kostenattraktive Lösungen sind häufig geschlossene Lösungen, deren zukünftige Weiterentwicklung fraglich ist. Da der Hauptteil der tatsächlichen Projektkosten in der Startphase anfällt, nämlich für die Ausbildung, für Werkzeuge und für das Sammeln von Erfahrungen, sollte man unbedingt eine Lösung wählen, die Überlebenschancen hat und zukünftige Weiterentwicklungen nicht ausschliesst, selbst wenn diese ein bisschen teurer zu sein scheint.

Schlussfolgerungen

In dieser Folge von drei Artikeln haben wir versucht, darzustellen, was Feldbusse sind und welche Bedürfnisse Feldbusbenützer haben. Der letzte Teil zeigt, dass zwar sehr gute Feldbus-Vorschläge existieren, dass aber zurzeit keiner von diesen das ganze Spektrum der Benützeranforderungen decken kann. Folglich ist der Benützer gezwungen, die bestmögliche Lösung für seine Anwendung zu wählen. Wir hoffen, dass ihm dieser Beitrag dabei behilflich ist.

Abschliessend soll noch erwähnt werden, dass zurzeit auf internationaler Ebene Standardisierungsversuche unternommen werden. Man hofft auf einen universellen Feldbus. Die Frage ist nur, wann ein solcher Feldbus erhältlich sein wird. Sicher ist, dass sich bis dann die existierenden Feldbusse, dank ihren Vorteilen, die sie in Automatisierungssystemen erbringen, weiter verbreiten werden.

Danksagung

Die Autoren möchten Sreelatha Raja Rao für ihre Mithilfe bei der Übersetzung des Artikels, Teil 2 und 3, herzlich danken.

Literaturverzeichnis

[19] *Pleinevaux P., Decotignie J.-D.:* Time Critical Communications Networks: Field Busses. IEEE Network Magazine (1988), 2, No. 3, pp. 55–63.

[20] *Jones J.:* How do you get cheap distributed control? Control and Instrumentation, 24(1992)4, pp. 57–61.

[21] *Berardinis A.:* Automakers Move to Multiplexing, Machine-Design (1989), June 8, pp.102–109. Informations may be obtained from Intel and Philips representatives.

[22] *Sercos Group:* Digital Interface for Communication Between Controls and Drives for Numerically Controlled Machines. Sercos Interface e.V., Frankfurt am Main, Germany, 1990.

[23] *Profibus standard DIN 19245 part I and II:* translated from german, Profibus Nutzerorganisation e.V., Pelzstrasse 5, D-5305 Alfter, 1992.

[24] *Norme Francaise NF C 46-601 to C 46-607:* Bus FIP pour échange d'information entre transmetteurs, actionneurs et automates. AFNOR, 1990. An english version of these documents is available from Club FIP, 2bis, rue de la Salpêtrière, F-54000 Nancy.

[25] *Leterrier Ph.:* FIP Tutorial, Club FIP, 2bis, rue de la Salpêtrière, F-54000 Nancy, 1992. Good introduction, but does not give the rationale for choices. It does not include the application layer description for the non real time part (sub MMS).

[26] *Bender, K. et al.:* Profibus: the Fieldbus for Industrial Automation, Prentice Hall, 1993. Good introduction to Profibus but based on a old version of the standard. Skip the introduction part which is full of misconceptions.

[27] *Klöckner-Moeller:* Basic Information on Profibus, Klöckner-Moeller, Bonn, Germany, 1992. Good and cheap introduction.

[28] *IEEE Standard 1118–1990:* IEEE Standard Microcontroller System Serial Control Bus. Informations may be obtained from Intel representatives.

[29] *Powell D.:* Dependable Architectures for Real-Time Local Area Networks. Proc. of Advanced Seminar on Real-Time Local Area Networks, Bandol, France, 1986, pp. 53–84.

[30] *Bent R.:* Interbus-S – Open Communication for Sensors/Actuators.

[31] Phoenix Contact: Reference Manual for Interbus-S – Peripherals Communication Protocol. IBS PCP RE HB E, Order nb. 27 80 99 1.

[32] *LON-Works Engineering Bulletin:* LON-Talk Protocol, Sept. 1991, ref. 005-0017-01.

[33] *LON-Works Engineering Bulletin:* Lon-Talk Response Time Measurements, March 1992, ref. 005-0010-01. Available from Echelon and Motorola Representatives.

[34] *Haverty N.:* MIL-STD 1553 – a standard for data communications. Comm. & Broadcasting, Vol.10 (1986)1, pp. 29–33.

[35] *Blome W.:* European Motion Control Manufactures back Drivecom with Interbus-S. Available from Phoenix Contact Representatives. Drivecom user group may be contacted at Postfach 11 02, W-4933 Blomberg.

[36] *Bowden R.:* Hart – a Technical Description. Rosemount, 1991.

[37] *Rosemount Inc.:* Hart – Smart Communications Protocol Specifications. Rev. 5.1.4, January 1991. Available from Rosemount Representatives.

Réseaux de terrain – le grand bazar

3e partie: Comparaison des solutions existantes

Dans les deux premières parties de cette série d'articles, nous avons présenté les caractéristiques des réseaux de terrain et des besoins des utilisateurs dans ce domaine. Cette troisième et dernière partie montrera qu'il existe plusieurs solutions et qu'aucune d'elles ne couvrent tous les besoins de l'utilisateur. De ce fait, celui-ci est obligé de choisir la solution la plus adéquate pour son application. Par conséquent, cette partie donnera quelques conseils intéressants pour prendre de telles décisions.