Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 84 (1993)

Heft: 25

Artikel: Die Feldbusse : der grosse Basar : Teil 2 : das Pflichtenheft

Autor: Prasad, R. / Decotignie, J.-D.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902769

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Im ersten Teil dieser dreiteiligen Artikelreihe wurden jene Kommunikationsprobleme erläutert, die bei Feldbussen auf der tiefsten Hierarchiestufe auftreten. In diesem zweiten Teil werden die Anforderungen der Anwender vorgestellt und die wichtigsten Punkte, die in einem Pflichtenheft zu berücksichtigen sind, festgehalten. In einem nachfolgenden dritten und letzten Teil werden Vergleichskriterien aufgestellt und die wichtigsten der heute existierenden Feldbuslösungen miteinander verglichen.

Die Feldbusse – der grosse Basar

Teil 2: Das Pflichtenheft

■ R. Prasad und J.-D. Decotignie

Die Kommunikation zwischen den Stufen 0 und 1 sowie 1 und 2 (Tab. I) werden gewöhnlich durch Punkt-zu-Punkt-Verbindungen realisiert. Als die Idee aufkam, diese durch Netzwerke zu ersetzen, haben die verschiedenen Organisationen, die sich mit diesem Problem auseinandersetzten, versucht, die Bedürfnisse der Benützer abzuklären. Die so entstandenen Dokumente sind zwar zahlreich, haben jedoch eine sehr beschränkte Verbreitung, und die publizierten Artikel geben eine nur unvollständige Idee der Anwenderbedürfnisse[1]. Das primäre Ziel dieses Artikels besteht deshalb darin, diese Dokumente zusammenzufassen und ein technisch orientiertes Pflichtenheft zu definieren. Es wird uns weiterhin erlauben, die verschiedenen Netzwerkvorschläge zu vergleichen.

Die Anforderungen der Benützer können primär in fünf Kategorien unterteilt werden:

- die Eigenschaften der Geräte, der Information und des Verkehrs
- die Topologie und die Übertragungsumgebung
- die Verbindungen mit höheren Kommunikationsstufen
- die durch die Verwaltung gegebenen Einschränkungen
- die durch die Umwelt gegebenen Einschränkungen

In diesem zweiten Teil werden wir auf diese Punkte im Detail eingehen. Andere Gesichtspunkte wie unentdeckte Fehler oder implementationsspezifische Fragen werden wir nicht behandeln.

[1] Eine Liste der Dokumente wird in «Annales des Télécommunications» unter dem Titel J.D. Decotignie, P. Pleinevaux: «A Survey on Industrial Communication Networks» erscheinen.

Öffentliches Netz	Stufe		Manufacturing	Process Control
Top	6	Plant Management	Plant Management	
Map	5	Factory Controller	Supervisory Controller	
Mini-Map	4	Cell/line Controller	Linie	Distributed Control System
Backplane/ Mini-Map	3	Workstation Controller	Maschine	Process Controller
Feldbus	2	Automation Module Ctrl	Achsen	Dedicated Controller
Feldbus	1	Device Controller	Achse	Dedicated Controller
	0	Sensor or Actuator		

Tabelle I Die Produktionsstufen

Adresse der Autoren:
R. Prasad, Dipl. Ing. ETH, und
Prof. *J.-D. Decotignie*, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Laboratoire d'informatique technique, 1015 Lausanne.

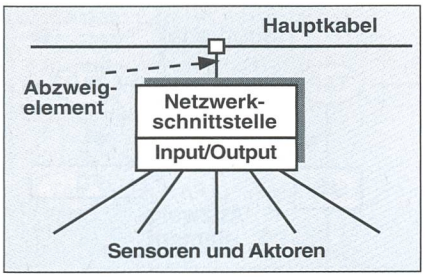


Bild 1 Verbindung von mehreren Geräten mittels eines Konzentrators

Die Eigenschaften der Geräte, der Daten und des Verkehrs

Die Feldbusse verbinden Feldgeräte wie Sensoren, Aktoren oder Bedienungskonsole mit Kontrollsystemen. Die Sensoren messen zum Beispiel einen Fluss, ein Niveau, einen Druck, eine Geschwindigkeit, eine Position, eine Schalterstellung oder eine Temperatur. Diese Liste kann beliebig erweitert werden. Die Sensoren können – und dies ist eine Tendenz, die sich zunehmend verstärkt – eine gewisse Intelligenz besitzen, die ihnen erlaubt, eine gewisse Vorverarbeitung der Messdaten vorzunehmen [17]. Eich-, Filter- oder Kompensations-Funktionen können in die Sensorfunktion integriert werden. Gewisse Sensoren offerieren die Möglichkeit der automatischen oder systemunterstützten Eichung. Es ist klar, dass eine solche Intelligenz eine Konfiguration des Sensors nötig macht. Es sind denn auch die Hilfswerkzeuge für die Inbetriebsetzung und den Unterhalt, die von den Benutzern am dringendsten gesucht werden. Betrachten wir zum Beispiel einen Sensor, der in einer Raffinerie an einer schlecht zugänglichen Stelle installiert ist. Jeder Eingriff vor Ort, der die Funktionstüchtigkeit des Sensors überprüft, könnte mehrere Stunden erfordern [17]. Wenn hingegen solche Eingriffe von ferne durchgeführt werden können, sinkt die dafür benötigte Zeit auf wenige Minuten.

Ähnliche Möglichkeiten kann man auch bei Aktoren finden. Aktoren können beispielsweise elektrisch betätigte Schieber, Heizwiderstände, Glasabdeckungen oder auch kompliziertere Geräte wie Servoverstärker für Motoren oder Schweissgeräte sein. Vor jeder Inbetriebnahme müssen diese Geräte geeicht oder konfiguriert werden. Die Sensoren und Aktoren werden vom Bedienpersonal normalerweise über die Konsolen in Betrieb genommen. In dieselbe Kategorie wie die Konsolen ordnet man auch Bedientableaus und Registriergeräte ein. Im normalen Betrieb sind die Konsolen und Bedientableaus, die der Inbetriebsetzung und der Behebung von Pannen dienen, nicht mit dem Netzwerk verbunden; sie können aber jederzeit angeschlossen werden. Die Steuersysteme können als programmierbare Automaten, numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen (CNC), Robotersteuerungen, Prozesssteuerungen oder Befehls- und Kontrollfunktionen ausübende Microcomputer realisiert sein.

Man sieht, dass die oben erwähnten Geräte ebenso dem Niveau 0 (Sensoren, Anzeigen und einfache Aktoren) wie auch dem Niveau 1 (intelligente Aktoren, Konsolen, Registriergeräte und Steuersysteme) oder dem Niveau 2 (numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen, speicherprogrammierbare oder andere Steuerungen) angehören. Es ist deshalb sehr gut möglich, dass sich im konkreten Fall die Kommunikationssysteme der beiden ersten Niveaus (Niveau 0 zu Niveau 1 und Niveau 1 zu Niveau 2) vermischen und dass ein und dasselbe Netzwerk die Kommunikation zwischen den Niveaus 0, 1 und 2 sicherzustellen vermag.

In den meisten Anwendungen variiert die Zahl der Geräte von 20 bis 100. In grossen Installationen können bis zu 4000 Verbindungspunkte vorkommen; in diesen Extremfällen wird man die meisten Geräte über Konzentratoren oder Verteilboxen an das Netzwerk anschliessen (Bild 1).

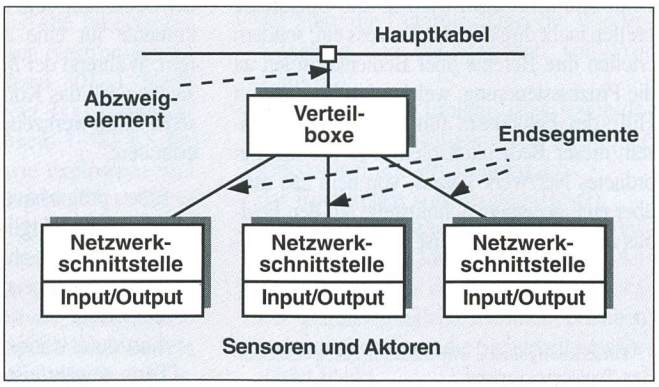
Der Konzentrator ist eine Netzwerkschnittstelle mit mehreren Ein- und Ausgängen zum und vom externen Prozess, während die Verteilerboxe die Rolle eines Repeaters spielt (Bild 2). Sie kann den angeschlossenen Teilnehmern auch als Fernstromversorger dienen. Diese Möglichkeit der Fernstromversorgung von einfachen Geräten, wie zum Beispiel einfachen Sensoren, wird von den Benützern oft ganz oben auf die Anforderungsliste gestellt.

Im Normalfall senden und empfangen alle Feldgeräte kleine Informationspakete, von einem Bit für einen Näherungssensor bis zu einigen Bytes bei Positionsbefehlen für einen Servoverstärker. Die maximale Breite eines Informationspakets entspricht der Breite einer ganzen Zahl von doppelter Genauigkeit, nämlich 8 Bytes. In der Konfigurationsphase kann die Menge der übertragenen Informationen viel bedeutender sein; gewisse Servoverstärker können bis zu einigen hundert Parametern benötigen. In dieser Phase sind allerdings die zeitlichen Anforderungen nicht sehr streng.

Im Normalbetrieb ist der Datenverkehr hauptsächlich zyklisch, wobei bis zu 10000 Geräte mit einer Zykluszeit von einer Sekunde abgefragt werden müssen und die minimale Zyklusdauer in der Grössenordnung einer Millisekunde sein kann. Solche Anforderungen findet man sowohl in Energieproduktions- und Erdölförderungsanlagen (Offshore Drilling) als auch bei numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen. Im Gegensatz dazu ist der vom ereignisgesteuerten, azyklischen (aperiodischen) Datenaustausch verursachte Verkehr relativ gering. Mehr als 200 Mitteilungen pro Sekunde sind selten; in Notfällen sind höchstens 2000 Mitteilungen pro Sekunde zu erwarten. Ab und zu werden im azyklischen Verkehr Prioritätszuteilungen vorgenommen. Wie man sieht, sind – entgegen einem fest verankerten Vorurteil – die Anforderungen bei Prozesssteuerungsanwendungen nicht geringer als bei Fabrikationsanwendungen. Neben sehr anspruchsvollen Anwendungen findet man auch Anwendungen mit einer geringen Anzahl von Geräten, bei denen eine Zykluszeit von einigen Sekunden vollauf genügt.

Im allgemeinen kann man bei allen Anwendungen mindestens zwei Klassen des zyklischen Datenverkehrs unterscheiden. Eine numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine zum Beispiel benötigt eine erste Zyklusklasse von einer Millisekunde und eine zweite von 20 Millisekunden. Vom zyklischen Datenverkehr wird oft gefordert, dass eine Liste oder Menge von Variablen zeitlich konsistent und ihr Informationsalter bestimmbar ist, während vom azyklischen Verkehr – insbesondere bei Energieproduktions- und Erdölförderungsanlagen – oft verlangt wird, dass Ereignisse mit einer Auflösung von weniger als einer Millisekunde datiert werden können. Um diese zeitliche Anforde-

Bild 2 Verteilboxe



rung eines verteilten Systems zu erfüllen, müssen die Uhren synchronisiert werden. Mit welcher Genauigkeit dies geschieht, wird normalerweise nicht erwähnt.

Topologie und Übertragungsmedium

Die Benützer würden es vorziehen, wenn sie nicht durch eine bestimmte Topologie eingeschränkt würden. Dennoch wird eine Buskonfiguration gemäss Bild 3 als akzeptabel betrachtet. Darin bezeichnet TAP ein passives Abzweigelement, JB eine aktive oder passive Verbindungsboxe (Verteiler). Die Repeater (Verstärker) sind mit REP bezeichnet. Die Länge von einzelnen Teilstrecken zwischen zwei Repeatern kann mehrere Kilometer betragen, wobei unterschiedliche Übertragungsmedien genutzt werden können. In der Konfiguration von Bild 3 beträgt die Länge des Hauptkabels meist nicht mehr als 2000 m und jene der abzweigenden Kabel nicht mehr als 50 m. Die Distanz zwischen zwei Abzweigelementen kann wenige Zentimeter betragen. Eine solche Konfiguration rechtfertigt eine sternförmige physikalische Implementation[2] und damit die Wiederverwendung von Linien, die allenfalls noch von früheren konventionellen Lösungen her vorhanden sind (Bild 4).

Als Übertragungsmedium wird das verdrillte, abgeschirmte Zweidrahtkabel bevorzugt. In Frage kommen auch Fiberoptik und drahtlose Übertragung (Infrarot oder elektromagnetisch), wobei Netzwerke, welche verdrillte Zweidrahtleitungen und Fiberoptik gleichzeitig einsetzen können, besondere Beachtung verdienen.

Verbindungen zu den höheren Niveaus

Zahlreiche Anlagen, insbesondere in der Prozesssteuerung, werden von Bedienpulten eines Kontrollraums aus gesteuert und überwacht. Diese Bedienpulte (Monitore) zeigen Daten, die von verschiedenen Installationsteilen herrühren und eventuell über verschiedene Feldbusse übertragen wurden. Die Operateure greifen nicht direkt in den Prozess ein, sondern erteilen ihre Befehle über Bedienkonsolen an die Prozesssteuerung, welche den Prozess mit Hilfe des Feldbusses führt. Das Vorhandensein dieser Bedienkonsolen setzt ein übergeordnetes Netzwerk voraus, von dem aus man über eine geeignete Schnittstelle auf den Feldbus zugreifen kann. Meist sind die Zeitrestriktionen der von übergeordneten Netzwerken stammenden Daten nicht so streng wie jene der normalen Feldbusdaten. So genügt zum Beispiel eine einmalige Bildschirm-Auffrischung pro Sekunde.

[2] Diese Konfiguration wird manchmal auch «Chicken-Foot-Topologie» genannt.

Bild 3 Allgemeine Topologie eines Feldbussystems

REP Repeater, Verstärker
TAP Abzweigelement
JB Aktive oder passive Verbindungsboxe
FD Feldgerät

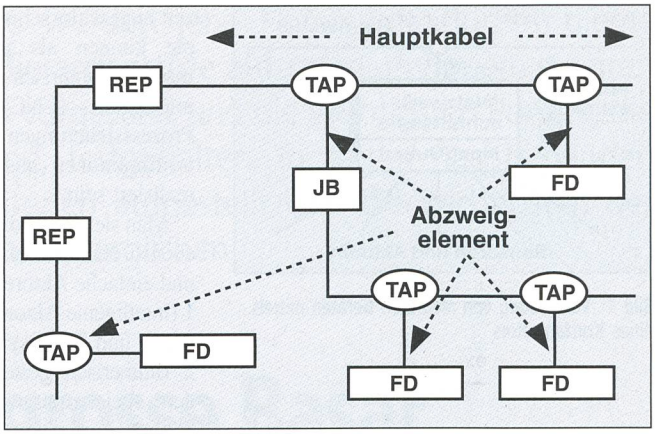
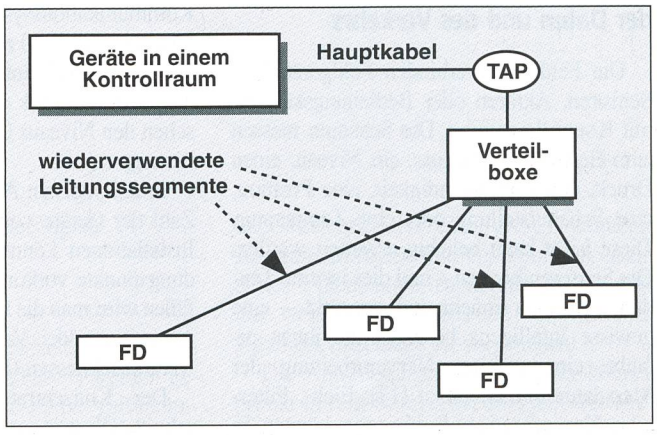


Bild 4 Sternförmiger Feldbus, der bestehende Kabel wiederverwendet

REP Repeater, Verstärker
TAP Abzweigelement



Betriebsanforderungen

Die Hauptsorge der Benützer gelten den Kosten, welche von der Planung, der Installation, der Inbetriebsetzung und vom Betrieb verursacht werden. In der Planungsphase wünscht sich der Anwender Hilfsmittel für die Simulation und Berechnung, mit denen er überprüfen kann, ob eine gewählte Konfiguration den gestellten Anforderungen entspricht. Diese Hilfsmittel müssen einfach in der Bedienung sein und die notwendigen Dokumente für eine allfällige Installation liefern. Während der *Installation und Inbetriebsetzung* soll das Kommunikationssystem und seine Hilfswerkzeuge folgende Funktionen erlauben:

- Eine progressive Inbetriebsetzung, das heisst die Möglichkeit, ein neues Gerät hinzuzufügen, ohne den normalen Betrieb der bereits angeschlossenen und überprüften Geräte zu stören. Diese Möglichkeit muss auch während der Durchführung von Tests gewährleistet sein.
- Die Fernkonfiguration und Fernkalibrierung eines Gerätes. Ebenso muss man auf die Identifikation, auf die neuesten Parameter und auf die Gebrauchsanweisung eines Gerätes zugreifen können.
- Eine möglichst einfache Konfiguration der Geräteadressen. Ideal wäre eine automatische Adresskonfiguration, welche erlauben würde, dass man zwei Geräte ohne Voreinstellung austauschen könnte.
- Die automatische Erkennung neu angeschlossener Geräte.
- Das Vorhandensein von mehreren mit einem Hauptkabel verbundenen Feldbus-Segmenten. Von den Benützern erfährt man kaum, ob die Verbindung dieser Segmente auf der physikalischen Schicht (mit Hilfe von Verbindungsboxen oder Repeatern) oder auf einem höheren Niveau realisiert werden soll.

Für die *Betriebsphase* werden von den Anwendern die folgenden Anforderungen an das System gestellt:

- Ein defektes Gerät darf die Kommunikation nicht unterbrechen.
- Das Netzwerk darf in keinem Fall blokkiert werden.
- Das Netzwerk muss nach einem Ausfall den Betrieb automatisch wieder aufnehmen.

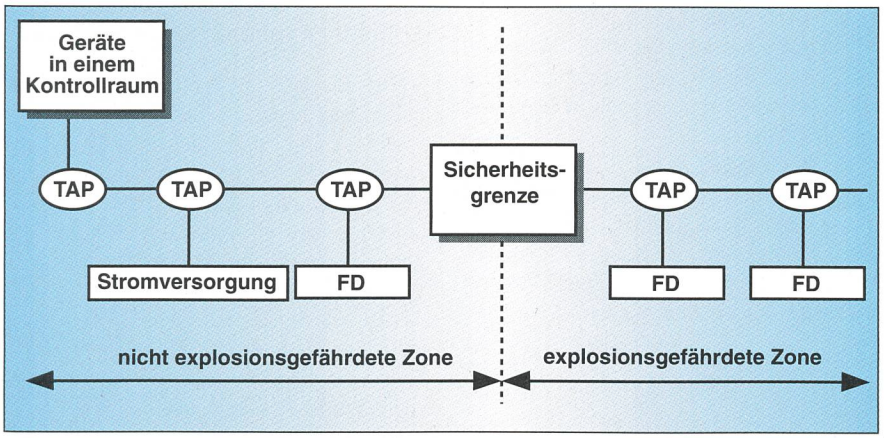


Bild 5 Installation in explosionsgefährdetem Umfeld

REP Repeater, Verstärker
TAP Abzweigelement

- Die Mean Time To Repair (MTTR) muss so tief wie möglich und die Mean Time Between Failure (MTBF) so hoch wie möglich gehalten werden. Genaue Zahlen werden nicht genannt; allfällige Vorsichtsmassnahmen wie Redundanz der Geräte und der Verkabelung müssen für die Lieferanten der Automationssysteme transparent sein.
- Verschiedene Zugriffsprivilegien sollen erhalten: der Operateur (der nur die netzwerkspezifischen Informationen zu lesen hat), der Unterhaltsdienst (welcher Geräte wegzunehmen und hinzuzufügen hat) und der Konfigurator (der die Konfigurationen modifiziert).
- Betriebsmittel müssen vorhanden sein, über welche die Integrität des Netzwerks und der miteinander verbundenen Geräte überwacht und Fehlerstatistiken angezeigt werden und die alle Betriebsfunktionen, wie sie auch ein traditionelles Netzwerk bietet, beinhaltet.

Schlussendlich scheint den meisten potentiellen Benützern die Unterhaltsphase sehr wichtig zu sein. Von höchster Wichtigkeit ist, dass Unterbrüche so kurz wie möglich gehalten werden können. Dies setzt voraus:

- Dienste, welche Geräte von ferne neu zu kalibrieren und zu konfigurieren erlauben,
- dass man bei Bedarf von ferne die internen Gerätetests initialisieren und das Resultat beobachten kann,
- dass man von ferne auf den Zustand, die Parameter, die Bedienungsanleitung und die Fehleranzeige eines Gerätes zugreifen kann,
- dass Mechanismen eingebaut sind, welche die Erkennung oder sogar Verhinderung von Pannen erlauben (ein solcher Mechanismus würde z.B. den Benützer informieren, wenn eine optische Diskette oder der Lesekopf eines optischen Kodierers Schaden genommen hat),
- dass man gleichartige, aber nicht unbedingt gleiche, von unterschiedlichen Herstellern stammende Geräte, gegenseitig austauschen kann,
- dass auf einfache Weise Geräte hinzugefügt oder weggenommen werden können, ohne dass die Funktion der Geräte oder die Benützeranwendungen gestört werden (dies schliesst ein, dass man ein Gerät von der Kommunikation abkoppeln kann),
- dass man Konsolen oder tragbare Terminals anschliessen kann, um die erwähnten Operationen auszuführen.

Die meisten dieser betrieblichen Forderungen wird man in den Netzverwaltungsdiensten wiederfinden.

Umweltbedingte Anforderungen

Obwohl die diesbezüglichen Anforderungen nur wenig Einfluss auf die Netzwerkfunktionen haben, verdienen sie doch erwähnt zu werden; sie können nämlich die Wahl der physikalischen Schicht entscheidend beeinflussen, und diese Wahl hat ihrerseits Einfluss auf die Datenübertragungsschicht. Das Netzwerk und die miteinander verbundenen Geräte müssen elektromagnetischen Störungen (IEC-Norm 801.x), Staub und Flüssigkeit (IP 511 oder 3xx), Chemikalien, Temperaturänderungen (–40 °C bis +70 °C), Vibrationen sowie explosiven und brennbaren Gasen standhalten. Diese letzte Anforderung wird auch als Eigensicherheit bezeichnet. Bei einer Installation, die den Anforderungen der Eigensicherheit genügen muss, unterscheidet man zwei Bereiche: die geschützte und die explosionsgefährdete Zone (Bild 5). In der geschützten Zone (z.B. Kontrollraum) sind die Einschränkungen weniger streng als in der explosionsgefährdeten Zone. Hier müssen die Geräte strengen Vorschriften, die durch die Normen IEC 79.1 bis 79.12 vorgegeben sind [18], gehorchen. Diese bezieht besonders die Fernstromversorgung der miteinander verbundenen Geräte mit ein.

Pflichtenheft für Feldbusse

Ausgehend von dem im ersten Teil definierten Kontext und den erwähnten Benützeranforderungen ist es möglich, ein technisches Pflichtenheft aufzustellen. Die Topologie- und Leistungsanforderungen wurden bereits ausreichend vorgestellt. Wir können uns deshalb im folgenden darauf beschränken, eine Liste der Applikationsschicht- und Netzwerkmanagement-Dienste zusammenzustellen.

Dienste der Applikationsschicht

Die meisten der folgenden Dienste der Applikationsschicht lassen sich aus den Betriebsbedürfnissen und den Dateneigenschaften ableiten (s. oben):

- das Erfassen von periodischen und aperiodischen Variabeln mit der Angabe ihrer Gültigkeitsdauer und räumlichen Konsistenz,
- das Erfassen von Listen der (periodischen und aperiodischen) Variabeln mit der Angabe der zeitlichen und räumlichen Kohärenz,
- das Übermitteln von periodischen oder aperiodischen Variablen an mehrere Benützer,
- das Empfangen und Übermitteln von Variabeln ohne spezielle Zeitanforderungen im Client-Server Mode, wobei eine Berücksichtigung der Priorität, Quittierung, der Präzedenz (Abfragereihenfolge) möglich sein muss (notwendig für die weiter oben beschriebene Modifikation oder Erfassung der Parameter),
- die Synchronisation der Aktionen zwischen den Anwendungsprozessen,
- die Ferninstallation oder das Saven von Programmen oder Konfigurationen,
- der Start, die Unterbrechung, die Wiederaufnahme und das Anhalten von Programmen,
- der Versand von Ereignisdaten sowie deren Empfangsbestätigung mit oder ohne Zeitstempel und Prioritätsangabe,
- das Rückstellen von Geräten (Reset),
- die Meldung eines Kommunikationsabbruchs. Diese Meldung muss dem Anwendungsprozess das Ergreifen von lokalen Datenrettungsmassnahmen erlauben, insbesondere damit die Sicherheit gewährleistet bleibt.

Funktionen der Netzwerkverwaltung

Ein grosser Teil der Netzwerkverwaltungsfunktionen leitet sich direkt aus den Betriebsanforderungen (s. oben) ab. Die nachfolgende Liste ist zwar nicht erschöpfend, gibt aber eine Idee darüber, was für Funktionen nötig sind:

- das Feststellen von In- oder Ausserbetriebsetzungen von Stationen
- der automatische Start
- die Vergabe einer logischen Adresse an ein Gerät
- der Ersatz eines Gerätes durch ein austauschbares anderes Gerät
- die Modifikation von gerätegebundenen Parametern (Abtastperiode, Gültigkeitsdauer usw.)
- die Möglichkeit, ein Gerät stillzulegen
- die Kontrolle und Erhaltung der Konsistenz einer Konfiguration
- die Modifikation der Konfiguration eines Gerätes, das noch nicht in den zyklischen Datenaustausch eingebunden ist.

Schlussbemerkung

Dieser zweite Teil hat uns erlaubt, die Benützerbedürfnisse zu präzisieren, die ein Feldbussystem zu erfüllen hat. Diese sind zahlreich, und viele treten erst dann auf, wenn man eine traditionelle Punkt-zu-Punkt-Verbindung durch ein Netzwerk ersetzen will. Leider kommt es in der Praxis oft vor, dass anfangs nur geringe Anforderungen gestellt werden, mit der Zeit jedoch neue Bedürfnisse entstehen. Deshalb müssen bereits am Anfang die zukünftigen Bedürfnisse miteinbezogen werden. Dieser Artikel soll dem Benützer als Richtlinie dienen, nach der er seine eigenen Anwendungsanforderungen für seinen Anwendungsbereich zusammenstellen kann.

Fortsetzung in Bulletin 3/94

Literatur

[17] *Tinham B.*: What Users Say about Smart Transmitters. Control & Instrumentation 24, No. 4, pp .75–77 (1992).

[18] *Garside R.*: Intrinsically Safe Instrumentation: a Guide. Instrumentation Society of America, Research Triangle Park, USA (1983).

Réseaux de terrain – le grand bazar

2e partie: cahier des charges

Dans la première partie de cette série d'articles, les problèmes posés par les communications aux plus bas niveaux de la hiérarchie ont été démontrés. Dans cette seconde partie les besoins émis par les utilisateurs sont expliqués et les plus importantes contraintes dont on doit tenir compte dans un cahier des charges sont fixées. Dans un troisième et dernier article des critères de comparaisons seront posés et les plus importantes solutions de réseaux de terrain existantes seront comparées.