

Die Installationsbusse – die Welt der Elektroinstallation im 21. Jahrhundert (1)

K. MITTNACHT, R. GERTEN **Ein Prophet ist nicht erforderlich, um einen Umbruch in der Elektroinstallation vorherzusagen: In wenigen Jahren wird die überwiegende Anzahl der Gebäude mit einem Installationsbus ausgestattet sein. Die Bustechnik, die bisher nur einige Betriebe vor allem im Zweckbau einsetzen, wird sich zu einem Standardprodukt eines jeden Installateurs entwickeln. Grund genug, die Hintergründe dieser Technik und die Produkte gleich zu Beginn des Jahrhunderts zu beleuchten.**

Historie

Der Begriff »Bus« stammt aus der Anfangszeit der Computertechnik. Schon damals war es schwierig, alle Kunden gleichermaßen zufrieden zu stellen: der Eine wollte nur einen Drucker anschließen, der Andere zwei Drucker, Lochstreifenleser, usw. Wenn man alle Computer mit den vielen Schnittstellen versehen hätte, wären die Geräte für Kunden mit geringen Anforderungen zu teuer geworden.

Man entwickelte eine Lösung, die nur einen Anschluss (engl.: Interface) am Computer erforderte. Hier werden alle Geräte parallel angeschlossen. Jedes Peripherie-Gerät bekommt eine Nummer, unter der der Computer es direkt ansprechen kann. Alle Geräte teilen sich also eine Datenleitung. Ein damals entwickeltes Interface gibt es übrigens heute noch: der SCSI-Bus (Small Computer Systems Interface) unterstützt bis zu sieben periphere Geräte. Allerdings wurde SCSI intensiv weiterentwickelt und ist heute leistungsfähiger als früher.

Der Begriff »Bus« hat sich im Deutschen inzwischen weitgehend verselbstständigt. Eigentlich ist er jedoch eine Abkürzung des Ausdrucks »binary unit system«.

StD. Dipl.-Ing. Karl Mittnacht, Bundesfachschule für Elektrotechnik, Karlsruhe; Prof. Dr. Rainer Gerten, Fachhochschule Mannheim

Anschaulicher ist jedoch folgende Anekdote: Mit ein bisschen Phantasie sieht ein Kabel mit vielen angeschlossenen Stationen aus wie eine Straße mit vielen Bushaltestellen. Der Begriff war gefunden: Bus.

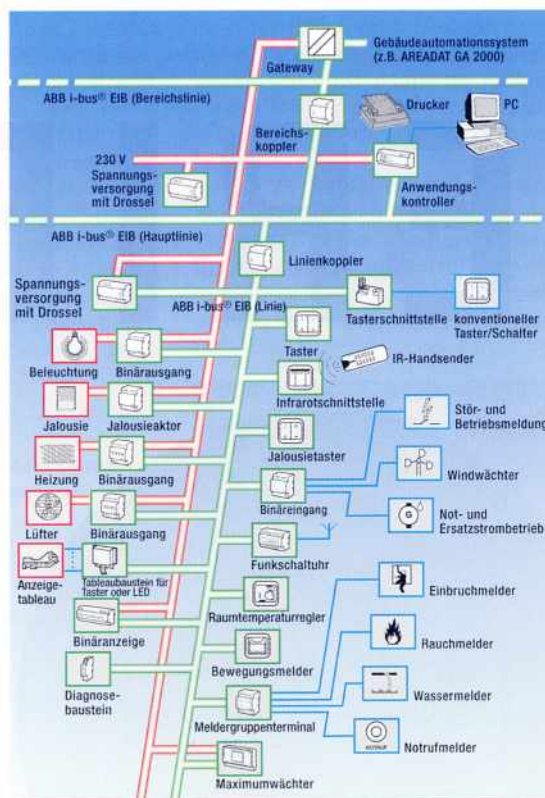
Die Technik, an ein Datenkabel viele Geräte zu klemmen, ist so universell verwendbar, dass es heute Tausende Busse gibt: nicht nur im Computerbereich, sondern auch im Automobil, in der Industrie, im Gebäude. Selbst innerhalb einzelner Geräte wird die Bustechnik heute eingesetzt. In einem Videorecorder beispielsweise kommunizieren die Antriebe und die Baugruppen untereinander heute meist per Bus.

Die Anforderungen

Dabei können die Busse sehr unterschiedlich aussehen. Computer erfordern sehr schnelle Busse, selbst Home-PCs durchbrechen heute schon die 1-Gbit/s-Marke: Sie übertragen mehr als 1 Mrd. 1/0-Informationen pro Sekunde.

Industriebusse dagegen erfordern eine schnelle Antwortzeit: Wenn z.B. ein Fräserzahn abbricht, muss der zentrale Steuerrechner das innerhalb von ms wissen, damit er schnell abschalten kann. Auch dafür gibt es einen speziellen Begriff: ein Industriebus muss echtzeitfähig sein.

Ein Bus im Gebäude ist weniger zeitkritisch. Häufig reichen Antwortzeiten im Bereich von



Inzwischen gibt es am Markt viele verschiedene Bussysteme für die Gebäudeautomation – wir vergleichen EIB, LON und LCN

100 ms und länger. Die erforderlichen Datenraten liegen im Bereich von 10000...100000 bit/s. In einem anderen Punkt sind die Anforderungen aber strenger: Der Bus für die Elektroinstallation muss sehr flexibel ausbaubar sein: von wenigen Busknoten bis zu weit über 10000 Teilnehmern.

Und er muss leicht zu verdrahten sein. Die anderen Busse erfordern häufig eine Stern- oder eine Linienstruktur, bei der alle Bus Teilnehmer direkt an ein Kabel angeschlossen sind. Das würde im Gebäude den Verdrahtungsaufwand wesentlich erhöhen. Hier ist eine Baumstruktur gefordert: Die Buskabel können beliebig verzweigt werden wie die Äste eines Baumes.

Foto: ABB Stoiz-Kontakt

Ein Blick hinter die Kulissen – der Telegrammaufbau bei EIB und LCN

Haben Sie sich schon einmal gefragt, wie ein Datentelegramm aussieht und wie es übertragen wird? Im Folgenden sehen Sie die Internas der Systeme EIB und LCN. Der Vergleich offenbart einige interessante Details der Wirkungsweise und Konzepte von Multi-Master-Bussystemen.

Bits und Bytes

Computer können nur zwei Zustände unterscheiden: Spannung oder Nicht-Spannung, 1 oder 0. Eine solche Information nennt man Bit. Wenn man umfangreiche Informationen senden will, müssen entsprechend viele Bits nacheinander übertragen werden.

Dabei gruppiert man die Daten häufig in Blöcken à 8 Bit und nennt den Block Byte. Ein Telegramm besteht aus mehreren Bytes. Die Busse EIB und LCN können unterschiedlich lange Telegramme versenden. Telegramme mit 8 Byte überwiegen allerdings bei weitem. Den Aufbau eines EIB-Telegramms zeigt Bild 1, den eines LCN-Diagramms Bild 2.

Damit der Empfänger den Start eines Bytes auch erkennen kann, wird ein Puls vorweg geschickt, das Startbit. Und damit eine 1 am Ende eines Bytes nicht mit dem Startbit des nächsten verschmilzt, wird nach jedem Byte eine kleine Pause eingelegt, das Stop-Bit.

Die minimale Übertragungszeit eines Bytes ist also 10 Bit, bei 9600 bit/s ergibt das 1,04 ms. Der EIB fügt am Ende eines jeden Bytes ein Prüfbit hinzu und legt eine längere Pause ein, so dass hier 13-Bit-Zeiten (1,352 ms) für ein Byte erforderlich sind.

Zugriffsverfahren (Arbitration)

Alle Teilnehmer am Bus müssen sich untereinander vereinbaren, damit immer nur ein Modul sendet. Dazu prüft ein Teilnehmer zunächst, ob die Leitung schon belegt ist. Ist der Bus für gewisse Zeit (LCN: 2 ms, EIB: > 5 ms) in Ruhe, darf der

Teilnehmer seine Aussendung beginnen. Alle anderen erkennen sofort die Belegung und warten, bis der Bus wieder frei ist. Eigentlich ganz einfach. Das funktioniert aber nur in 95 % der Aussendungen.

Denn was passiert, wenn zwei Teilnehmer exakt zur glei-

Der Teilnehmer, der gerade eine 1 sendet, unterliegt. Er bricht die Sendung sofort ab. Der Sieger merkt gar nichts von dem Crash, er hat sich mit seiner 0 durchsetzen können.

Der EIB sendet aus diesem Grund zunächst ein Prioritätsbyte, bei dem 4 Bit genutzt werden. Je mehr 0-Bits hier stehen, eine desto höhere Priorität hat das Telegramm. Bis zu 16 Prioritätsstufen sind möglich. Einen Schönheitsfehler hat dieses Konzept aber: es wirkt nur, wenn es tatsächlich zu einer Kollision kommt. In 19 von 20 Fällen vereinbaren sich die Module jedoch ohne Kollision: wer zufällig zuerst anfängt zu senden, hat gewonnen – die Priorisierung ist unwirksam.

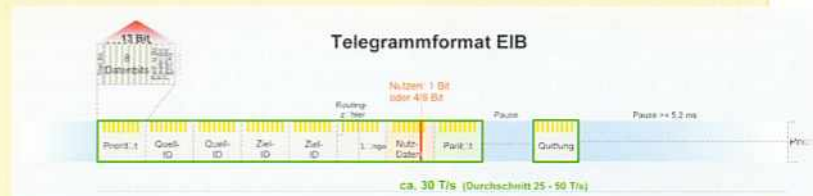


Bild 1: Aufbau des Datentelegramms beim EIB

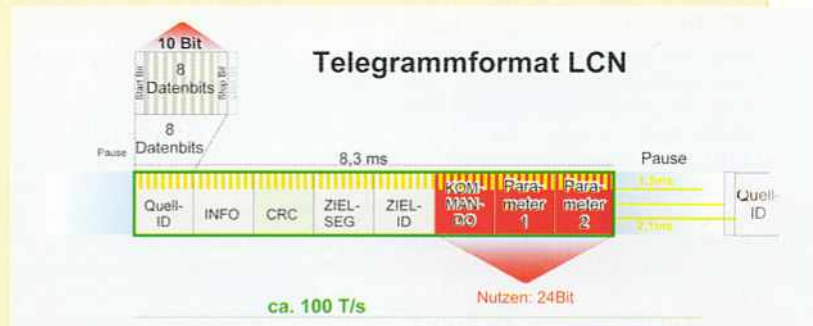


Bild 2: Aufbau des Datentelegramms bei LCN

chen Zeit mit der Sendung beginnen? Beide erkennen den Konflikt zunächst nicht und senden Bit für Bit ihre Informationen. Es wird nicht lange dauern, bis sie versuchen, zwei unterschiedliche Bits auszusenden: Es kommt zur Kollision. Die Sender erkennen einen solchen Crash, indem sie ihr ausgesendetes Telegramm ständig überwachen: plötzlich kann das aktuelle Bit nicht korrekt rückgelesen werden.

Um die Verhältnisse noch eindeutiger zu machen, sind die Sendeendstufen so konstruiert, dass sie 0 stärker senden als 1:

Deshalb überträgt der LCN als erstes Byte gleich die ID (Identifikationsnummer) des Moduls. Alle 8 Bit werden ausgenutzt, eine ID kommt nur einmal im Bus vor. Priorisiert wird beim LCN über die Lücke zwischen den Telegrammen. Normalerweise warten alle Module 1,9 ms nach einem Telegramm, bevor die Aussendung des nächsten beginnt. Wenn ein Modul ein ganz wichtiges Telegramm zu senden hat, darf es die Wartezeit verkürzen – in mehreren Stufen bis hinunter auf 1,5 ms: Während die anderen den Bus noch beobachten, beginnt der

Quelle: Autor

»Drängler« bereits mit der Aus-sendung. Das funktioniert immer.

Die Adresse

Zu Beginn des Telegramms identifiziert sich zunächst der Sender, er überträgt seine ID. Außerdem muss er natürlich festlegen, wer das Telegramm empfangen soll. Das tut er mit der Zieladresse.

Alle direkt verbundenen Teilnehmer (EIB: Linie, LCN: Segment) hören ständig alle Telegramme mit. Sie werten die Zieladresse aus und entscheiden so, ob sie das Telegramm verarbeiten oder verwerfen. Beim EIB werden im Betrieb immer Gruppen angesprochen: alle Teilnehmer sehen in ihrer Gruppentabelle nach, ob sie als Mitglied der Gruppe parametrisiert wurden. Nur falls sie die Zieladresse dort finden, wird das Telegramm beachtet.

Beim LCN gibt es zwei Möglichkeiten zur Adressierung: Ein Modul kann direkt angesprochen werden oder als Mitglied einer Gruppe. Dazu hat jedes Modul sogar zwei Gruppentabellen: eine, die bei der Parametrisierung fest eingestellt wird (wie beim EIB) und eine, die im Betrieb dynamisch verändert werden kann.

Beide Systeme verwenden eine 2-Byte-Adressierung (= 16 Bit). Da sie nur 15 Bit nutzen, können sie bis zu 30000 Teilnehmer ansprechen. Diese beiden Adressbytes sind am deutlichsten beim EIB-Telegramm zu erkennen: 2 Byte für die eigene (Quell)-Adresse und 2 weitere für die Zieladresse.

Um ein Byte zu sparen und statt der 4 Byte nur 3 Byte übertragen zu müssen, lässt LCN die Segmentadresse (das ist das führende Byte der Quelladresse) weg. Da bei der Übertragung innerhalb eines Segments die Nummer des Segments ja konstant ist, ist deren Übermittlung überflüssig. Diese Information fügen die Segmentkoppler an, wenn ein Telegramm das Segment verlässt.

Zusatzinfos, das Un-vermeidliche

Zur Auswertung der Telegramme benötigen die Empfänger einige Zusatzinformationen: Da ist zunächst die Gesamtlänge des Telegramms. Der Empfänger erkennt daran, ob der Empfang wirklich vollständig war.

Der EIB fügt noch einen Routing-Zähler hinzu. Das ist ein aus dem Internet bekannter Schutzmechanismus: Er zählt, wie oft das Telegramm über einen Koppler (Router) weitergesendet wurde und verwirft das Telegramm, wenn dies zu oft geschieht. Im Internet kann es tatsächlich vorkommen, dass falsch eingestellte Koppler mit einem Telegramm »Ping-Pong« spielen und z.B. ständig zwischen Hamburg und München hin- und hersenden, statt es nach Frankfurt weiterzuleiten. Das würde das Internet verstopfen.

Ein hierarchisch aufgebautes Netz wie der EIB kennt ein solches Problem aber nicht, solange nicht zwei fremde Linien zusammengeschaltet werden und so fälschlich ein Ring aufgebaut wird. Der Routingzähler ist im Betrieb also nutzlos.

Beim LCN gibt es Informationen über die Adressierungsart (Modul oder Gruppe), Hinweise zur segmentübergreifenden Aus-sendung und die Anforderung einer Funktionsquittung. Außerdem gibt es einige Reservebits, die für die Zukunft den Weg zu Erweiterungen mit ganz anderen Telegrammformaten offen halten sollen.

Fehlerkontrolle

Allen Systemen gemeinsam sind Informationen zur Erkennung fehlerhaft übertragener Daten: So addiert der EIB-Teilnehmer alle empfangenen Bytes aufeinander (Modulo-Addition) und findet so für alle 8 Bit getrennt heraus, wie viele 1-Signale in dem jeweiligen Bit vorkamen.

Im gesendeten Telegramm findet er an der Stelle »Parität« die Information, ob die Summe gerade (2, 4, 6, ...) oder ungerade (1, 3, 5, ...) sein sollte. Der Empfänger vergleicht diese

Prüfinformation Bit für Bit und verwirft das Telegramm, wenn er Abweichungen findet. Der Paritätsvergleich ist ein relativ einfaches Verfahren, das allerdings einige Fehler nicht erkennt. Deshalb erzeugt der Sender eine zweite Prüfsumme für jedes einzelne Byte und fügt dieses Paritätsbit dem Byte hinzu. Es ist eines der 13 Bit, wie schon unter »Bits und Bytes« beschrieben.

LCN bildet eine CRC-Prüfsumme, wie in der Computerbranche (Festplatten, Internet) üblich. Die Prüfsumme wird über alle Bytes ermittelt. Sie steht vorn im Telegramm immer an der gleichen Stelle, egal wie lang das Telegramm insgesamt ist. Die aufwendigere CRC-Errechnung wird mit einem Vorteil belohnt: Mit einem einzigen Prüfbyte lassen sich auch Mehrbit-Fehler erkennen. So spart man weitere Prüfbits ein – ein Zeitvorteil.

Nutzdaten

Der eigentliche Sinn eines Telegramms steckt natürlich in den Nutzdaten. Entwickler sind immer bestrebt, den Anteil der Nutzdaten im Vergleich zu den übrigen für die Verwaltung erforderlichen Daten möglichst groß zu machen. Je mehr Nutzdaten, desto effizienter die Datenübertragung.

Der EIB überträgt häufig nur ein Bit, im Hausjargon die steigende oder fallende Flanke genannt. Es sind aber auch 4-bit- oder 8-bit-Objekte möglich. Ein 8-bit-Objekt entspricht einem Nutzbyte pro 8 Telegrammbytes, die Effizienz beträgt also $\frac{1}{8}$. Bei 1-bit-Objekten läge sie bei $\frac{1}{64}$.

Beim LCN werden immer mindestens 3 Nutzbytes übertragen, die Effizienz ist mit $\frac{3}{8}$ bei dieser Datenlänge wohl kaum noch zu steigern.

Last but not least: die Quittung

An das EIB-Telegramm ist noch ein Quittungsbyte angehängt. Dieses soll anzeigen, ob der Empfang gestört oder korrekt war oder ob der Empfänger das Telegramm nicht an-

nehmen konnte, weil er noch beschäftigt war.

Allerdings kennt der Sender die Anzahl der Empfänger nicht, da er ja grundsätzlich eine Gruppe anspricht. Mehrere Teilnehmer können nicht über eine einzige Ja/Nein-Information eindeutig rückmelden.

Als problematisch erweist sich der Umstand, dass die Quittung nach 1,3 ms direkt auf das Telegramm folgt. So etwas funktioniert nur innerhalb einer Linie. Wichtig ist eine Quittung aber besonders dann, wenn weite Strecken über Koppler zurückzulegen sind. In diesem Falle aber erwartet der Sender schon die Quittung, während der erste Linienkoppler das Telegramm gerade weiterleiten will. Zu diesem Zeitpunkt kann der Empfänger nicht quittieren.

Er weiß noch nicht einmal, dass ein Telegramm zu ihm unterwegs ist.

Den Entwicklern ist dieses Manko im Quittungswesen des EIB bekannt. Deshalb haben sie zwei Gegenmaßnahmen ergriffen: Zum einen quittieren die Linien- und Bereichskoppler alle Telegramme – egal ob sie zugestellt werden konnten. Und zum anderen ignorieren die sendenden Teilnehmer einen Quittungsverlust. Wie steht doch im EIB-Handbuch: »Erhält der sendende Teilnehmer keine Quittung, so beendet er den Sendewunsch.«

Beim LCN sind die Quittungen vom auslösenden Telegramm getrennt. Sie gehen als eigenständige Telegramme zum Sender zurück – über beliebig viele Koppler. Im Falle einer

Gruppenadressierung sendet jeder angesprochene Empfänger eine Quittung.

LCN-Module quittieren allerdings nicht wie in der gesamten Buswelt üblich den Empfang, sondern die Ausführung der gewünschten Funktion. Denn in vielen Fällen kann ein Befehl nicht erfüllt werden, weil z.B. ein Hindernis im zuzufahrenden Tor steht oder weil die zu schaltende Leuchte gerade gesperrt ist. Eine reine Empfangsquittung würde in diesen Fällen fälschlich positiv melden. Die Funktionsquittung des LCN dagegen lautet: »Kann nicht ausgeführt werden, weil ...«.

□

Topologie

Auch auf der Seite der Betriebssoftware gibt es unterschiedliche Konzepte. Im Industriebereich werden gerne »Master-Slave«-Busse eingesetzt: Ein Zentralrechner, der »Master«, steuert den Busverkehr. Er fragt nacheinander die Teilnehmer ab und gibt ihnen so Gelegenheit, ihre Daten auf den Bus zu geben. Ein »Slave« (Sklave) darf nur senden, wenn er gefragt wird. Vorteil: Der Master hat den Bus voll im Griff; Antwortzeiten eines jeden Slaves können genau vorbestimmt werden.

Es ist, als sei der Bus logisch in einer Sternstruktur aufgebaut. Allerdings darf die Anzahl der Slaves nicht zu hoch werden, sonst dauert deren Abfrage zu lange. Bekannte Systeme wie der Profibus haben ihre Grenze bei 128 Teilnehmern.

Nicht nur wegen der geringen Anzahl der möglichen Teilnehmer ist dieses Konzept im Gebäude nicht sehr vorteilhaft. Die starre Struktur bietet nicht die Flexibilität, die für Anlagen sehr unterschiedlicher Größe erforderlich ist.

Deshalb wird in der Gebäudeautomatisation gern das Multi-Master-Prinzip eingesetzt: Jeder Teilnehmer darf eigenständig auf den Bus senden. Dabei ist die maximale Anzahl der Teilnehmer

nur noch auf die Anzahl der Adressen begrenzt; denn jeder der Busknoten braucht ja eine eigene Nummer, unter der er angesprochen werden kann. Mehr noch: Es können jederzeit ein oder mehrere Teilnehmer hinzugefügt werden, ohne auf die Kapazität eines Zentralrechners Rücksicht zu nehmen.

Ein Problem aber gilt es zu lösen: Da der Busverkehr jetzt nicht mehr von übergeordneter Stelle gesteuert wird, müssen sich die Teilnehmer untereinander vereinbaren, damit nicht zwei Teilnehmer gleichzeitig senden und sich dabei stören. Wie das genau geschieht, erläutert der **Kasten** »Hinter den Kulissen«.

Die drei Kandidaten

Für die Anwendung im Gebäude gibt es inzwischen viele Bussysteme. Die meisten von ihnen sind für spezielle Anwendungen konzipiert, wie der IHC (Elso) oder der PHC (Peha). Beides sind zentralbasierte Systeme, die sich an kleinere Wohneinheiten bis zum Zweifamilienhaus richten. An kleinere Einheiten wenden sich auch der Z-Bus (Zimmermann) und das SI-System (Döpke). Beide sind aufgrund der Einstellungsmöglichkeiten per Dip-Schalter bzw. als Relaissteuerung sehr einfach strukturiert und installierbar; sie bieten aber

auch nur einfache Funktionen für den Bauherren.

Besondere Bedeutung am Markt haben die drei universellen Bussysteme EIB, LON und LCN. Sie wenden sich an Gebäude beliebiger Größe. Das fängt an bei der Lichtsteuerung im Wohnzimmer eines Einfamilienhauses und reicht bis zu sehr großen Gebäudekomplexen mit Tausenden von Räumen.

Die drei Busse haben einige Gemeinsamkeiten: sie sind als Multi-Master-Systeme strukturiert und können deshalb flexibel erweitert werden. Sie benötigen zur Einrichtung einen PC oder Notebook, mit dem der Installateur über den Bus die Funktionen Baugruppe für Baugruppe einrichtet. Und sie bieten so viele Funktionen, dass mit ihnen die konventionelle Installation vollständig ersetzt und übertroffen werden kann.

Was die drei Bussysteme EIB, LON und LCN unterscheidet, lesen Sie im zweiten Teil dieses Beitrags in »de« 3/2000.

(Fortsetzung folgt)