

Mehr Produktivität für CAN-basierende Systeme

Fehlerszenarien und Lösungsansätze

von
Christian Bräutigam

Schnelle Inbetriebnahme und nachhaltiger Betrieb von CAN, CANopen, DeviceNet und J1939

Der CAN-Bus wird heute in einer Vielzahl von Automatisierungsanwendungen eingesetzt. Er ist preiswert, robust und zuverlässig.

Trotzdem können auch hier Fehler auftreten, die die Systemleistung herabsetzen oder gar zum Anlagenstillstand führen.

Dieser Artikel beleuchtet typische Fehlerszenarien und zeigt Lösungsansätze auf, die neben der schnellen Behebung von Störungen auch die Aspekte Fehlervermeidung und Früherkennung kritischer Zustände mit einbeziehen.



Bild 1: Viele Automatisierungsanwendungen nutzen CAN als Kommunikationssystem

Wo kommt CAN zum Einsatz?

Controller Area Network (CAN) ist eine Erfolgsgeschichte. Vor gut 20 Jahren speziell für Fahrzeuganwendungen entwickelt, hat diese Technologie bis heute nicht nur die Automobilwelt völlig erobert, sondern auch eine schier unglaubliche Vielfalt von Anwendungen abseits dieser Kernanwendung hervorgebracht. Neben dem Einsatz als Kommunikationsnetzwerk für die Vernetzung der elektronischen Baugruppen im Auto finden sich heute fast in allen Lebensbereichen Systeme, die CAN als internen Bus oder als Systemanschluss verwenden. Hier seien nur einige Beispiele genannt. Ticketautomaten, Röntengeräte, Elektronenbeschleuniger, Schiffe, Aufzüge, Baumaschinen, Bühnenbeleuchtungssysteme, Rauchmelder in Flugzeugen, Wechselrichter und Positioniersysteme für Solaranlagen aber auch elektrische Rollstühle und Spielautomaten nutzen CAN als anwendungsspezifisches Kommunikationssystem. Dabei ist das Netzwerk meist als sogenanntes

„Embedded Network“ ein interner Systembestandteil. Demgegenüber gibt es insbesondere für die Fabrikautomatisierung auch offene Systeme, bei denen Produktionsanlagen aus Komponenten verschiedener Anbieter zusammengestellt werden. Da dieser Ansatz eine weitgehende Standardisierung der Kommunikation erfordert, kommen hier in der Regel höhere Protokolle wie CANopen oder DeviceNet zum Einsatz, die eine Geräte- und Anlagenkonfiguration durch den Systemintegrator ermöglichen. Typische Beispiele für solche Komponenten sind programmierbare Steuerungen, Industrieroboter, digitale und analoge I/O-Baugruppen, Antriebe und Sensoren aller Art.

Warum ist CAN auch außerhalb des Autos so erfolgreich?

CAN ist robust, zuverlässig, flexibel und preiswert. Durch differenzielle Signalübertragung und integrierte Fehlerbehandlung sind CAN-Netzwerke sehr unempfindlich gegenüber äußeren Störeinflüssen. Tritt tatsächlich einmal

eine Übertragungsstörung auf, so wird dies bereits im CAN-Controller bemerkt und eine Wiederholung eingeleitet, ohne dass sich das Anwendungsprogramm darum kümmern muss. Das integrierte Fehlermanagement sorgt außerdem dafür, dass ein defekter Teilnehmer nicht das gesamte Bussystem lahmlegt. Damit bringt CAN auch die nötigen Grundvoraussetzungen mit, um selbst in sicherheitsgerichteten Anwendungen zum Einsatz zu kommen. Die TÜV-zertifizierten Sicherheitsprotokolle „CANopen Safety“, DeviceNet Safety“ und „Safetybus p“ nutzen durchweg CAN als Kommunikationsprotokoll. Aufgrund seines Datenmodells einer verteilten Datenbasis ist CAN sehr flexibel beim Einsatz in modularen Systemen mit unterschiedlichen Ausbaustufen und eignet sich hervorragend als Basis für höhere Automatisierungsprotokolle. Durch den Masseneinsatz im Automobil ist die CAN-Technologie heute konkurrenzlos preiswert und steht in einer Vielzahl von Microcontrollern praktisch kostenlos zur Verfügung. Damit zeichnet sich CAN sowohl technisch als auch ökonomisch als ideales Netzwerk für viele Automatisierungsanwendungen aus - sei es als internes „embedded Network“ in Maschinen und Apparaten oder als offener Feldbus für die Fabrikautomation.

Trotzdem gibt es Fehler

Obwohl CAN ein extrem zuverlässiges Kommunikationssystem ist, können auch hier Fehler auftreten, die die Produktivität des Gerätes oder der Anlage beeinträchtigen. Gerade weil CAN so robust ist, lassen sich solche Fehler ohne geeignete Hilfsmittel oft erst dann aufspüren, wenn sie sich bis in die Anwendung hinein auswirken und zum Ausfall von Funktionen, Anlagenteilen oder des Gesamtsystems führen.

Sind die Geräte richtig konfiguriert?

Einige Fehler führen schon bei der Installation zu Problemen und werden daher schnell erkannt. Dazu gehören die Einstellung unterschiedlicher Baudraten an Geräten, die im selben Netz betrieben werden sollen und die Doppelbelegung von CAN-Nachrichten durch zwei oder mehr Geräte am Bus. Solche Fehler können leicht auftreten, wenn Baudrate und Teilnehmeradresse über Schalter an den Geräten konfiguriert werden. Sie äußern sich so, dass einzelne Geräte dann nicht ordnungsgemäß im System funktionieren, sondern in

den „Bus off“-Zustand wechseln, in dem sie nicht mehr kommunizieren.

Wird ein Baudratenfehler auch schnell offensichtlich, so ist seine Analyse und Lokalisierung oft gar nicht so einfach. In der Regel werden die Teilnehmer, die mit der höheren Baudrate konfiguriert sind zuerst ausfallen, unabhängig davon ob diese Baudrate nun die richtige oder die falsche ist, weil bei diesen Teilnehmern durch schnellere Wiederholung das Problem zuerst eskaliert.

Ein ähnliches Fehlerbild entsteht, wenn mehrere Geräte am Bus die gleichen Nachrichtenadressen (Identifizier) verwenden. In dieser Situation kann die CAN-eigene Busarbitrierung Zugriffskonflikte nicht mehr auflösen und es entstehen korrupte Daten, sofern die Teilnehmer nicht die exakt gleichen Nachrichteninhalte übertragen (s. Bild 2). Auch dabei gehen betroffene Teilnehmer in den „Bus off“-Zustand.

In beiden Szenarien ist eine Fehleranalyse auf der Nachrichtenebene, sei es durch die Applikation selbst oder durch einen Protokollanalyser, nicht möglich, da deren CAN Controller nur vollständige und korrekte Nachrichten an die Software weitergeben. Um aber die Baudrate zu erkennen oder den Identifizier einer korrupten Nachricht zu ermitteln, sind Werkzeuge erforderlich, die den CAN-Bus auf Bitlevel analysieren können.

Stehen solche Hilfsmittel nicht zur Verfügung, bleibt neben der sorgfältigen Überprüfung der Einstellungen oft nur der Weg Geräte einzeln an- und abzuschalten. Sofern die Anwendung dies überhaupt zulässt, kann dieses Vorgehen je nach Anlagenkomplexität, Ausdehnung und Einbausituation sehr aufwändig werden.

Wie gut ist das elektrische Bus-Signal?

Erfahrungsgemäß ist der weitaus größte Anteil auftretender Probleme installationsbedingt und äußert sich in einer Verschlechterung der Signalqualität, die zunächst noch nicht unbedingt zu Fehlern führt, sondern erst bei einer Überlagerung mehrerer Ursachen oder einer weiteren Verschärfung der Störung.

Ein typisches Problem ist die fehlerhafte Terminierung der Busleitungen. Der Abschluss der Leitung mit dem für CAN-Systeme typischen Abschlusswiderstand von 120 Ohm an den beiden Enden der Hauptachse dient zum einen der Vermeidung von Signalreflexionen und zum andern der korrekten Signalkonditionierung. Wurde einer dieser Busabschlüsse vergessen, treten insbesondere bei

ausgedehnten Netzen an diesem Leitungsende starke Signalreflexionen auf, die das Nutzsignal überlagern und damit dessen Störabstand reduzieren. Fehlen gar beide Abschlüsse wirkt

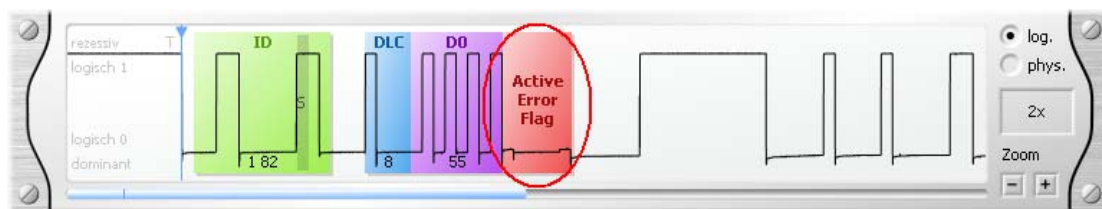


Bild 2: auf Bitebene lässt sich auch von gestörten Nachrichten der Identifizier ermitteln

die Leitung obendrein wie ein Kondensator, der den letzten Signalzustand speichert. Da CAN nur die logische ‚0‘ aktiv auf die Leitung aufprägt, sich die ‚1‘ aber durch das Abfließen der Ladung über die Busabschlüsse einstellt, dauert in dieser Situation der Übergang zur ‚1‘ sehr lange und verhindert den Betrieb bei hohen Datenraten (s. Bild 3).

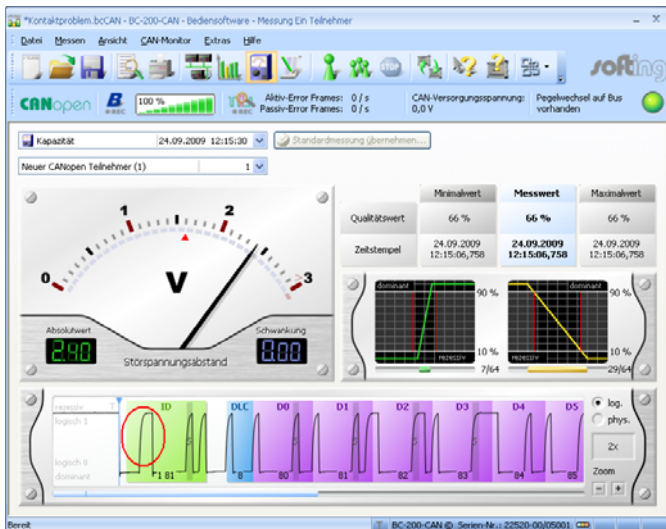


Bild 3: lange Anstiegszeit bei fehlendem Busabschluss

Die weitaus größte Gefahr geht allerdings von Problemen aus, die sich erst im Laufe der Zeit entwickeln oder nur sporadisch auftreten. Solche Fehler werden bei der Inbetriebnahme nicht erkannt und treten dann meist mitten im Betrieb auf, wo sie hohe Kosten verursachen können.

Ursache solcher Fehler ist häufig die Alterung der Verkabelung und elektronischer Bauteile. So kommt es durch Feuchtigkeit und chemische Einflüsse zu Oxidation und Korrosion von Steckkontakten, die zu höheren Übergangswiderständen führt (s. Bild 4).

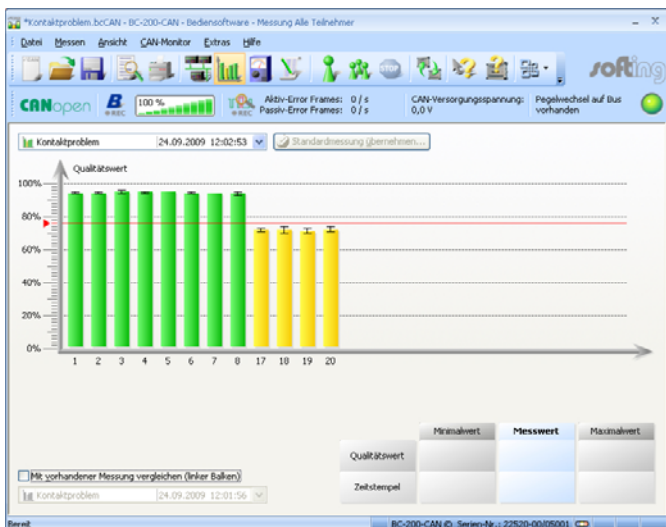


Bild 4: Erhöhter Übergangswiderstand am Busabgang eines Gerätes reduziert die Signalqualität aller nachfolgenden Teilnehmer

Mechanische Beanspruchung durch Vibrationen oder in Schleppketten führt zum Bruch von Signal- oder Schirmleitungen. Defekte Treiberbausteine liefern nicht mehr die erforderliche Signalqualität. Oder es kommt durch elektromagnetische Störeinflüsse zu Kommunikationsfehlern.

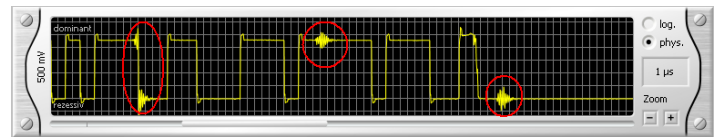


Bild 5: Zyklische hochfrequente elektromagnetische Störung

Gerade solche Fehler gilt es nach Möglichkeit zu vermeiden und wenn sie auftreten, schnellst möglich zu beheben. Die durch den Stillstand verursachten Kosten sind meist deutlich höher als der Aufwand zur Analyse, Behebung oder Vermeidung des Fehlers.

Wie installiert man richtig?

Wesentliche Bedeutung kommt also dem richtigen Wartungskonzept zu. Dabei gilt es, Fehler zu vermeiden oder so früh wie möglich zu beheben. Moderne Werkzeuge wie Softings CAN Tester BC-200-CAN erleichtern dem Anwender die notwendigen Schritte. Bei der Installation sollte schon vor dem Anschluss der einzelnen Geräte die Busleitung überprüft werden. Bild 6 zeigt, wie einfach die Überprüfung der Verdrahtung durch Prüfadapter und softwaregestützte Benutzerführung wird.

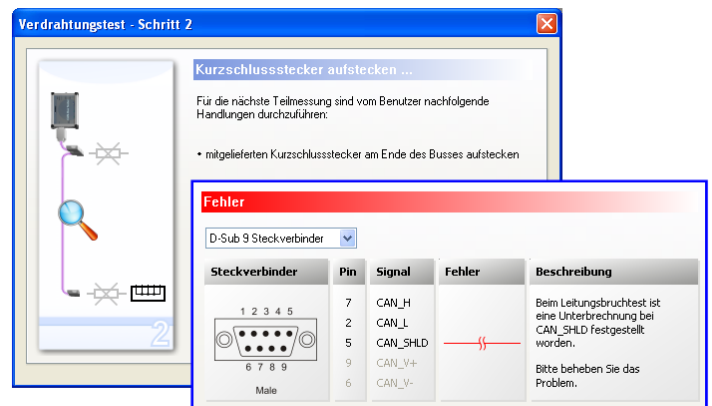


Bild 6: Prüfanweisungen und Ergebnis der Leitungsüberprüfung

Danach können die einzelnen Geräte angeschlossen und in Betrieb genommen werden. Nun sollte überprüft werden, ob die erwartete Baudrate beobachtet wird und alle Busteilnehmer vorhanden sind.

Hier ergibt sich eine weitere Herausforderung: CAN verwendet von haus aus keine Teilnehmeradressen sondern kennzeichnet bestimmte Daten mit eindeutigen Identifiern. Um feststellen zu können, ob ein bestimmter Teilnehmer vorhanden ist, muss daher bekannt sein welche für ihn typischen Identifier er sendet. Ein Test-Tool sollte deshalb erlauben, einzelne Teilnehmer symbolisch zu bezeichnen

Softing AG

Industrial Automation
Richard-Reitzner-Allee 6
85540 Haar, Germany

Tel.: +49 (0)89 4 56 56-340

Fax: +49 (0)89 4 56 56-399

info.automation@softing.com

www.softing.com

und ihnen eine repräsentative Nachricht zuzuordnen. Beim Einsatz höherer Protokolle wie CANopen, DeviceNet oder SAE J1939 steckt in bestimmten Identifiern bereits eine Geräteadresse. Bei Kenntnis des Protokolls kann ein Tool also automatisch die Abbildung von Nachrichten auf Geräte durchführen.

Wurden alle Teilnehmer erkannt, kann dann deren Signalqualität ermittelt werden. Entscheidend dabei ist es, den messtechnisch beobachteten Signalverlauf jeweils dem Teilnehmer zuzuordnen, der ihn gesendet hat. In die Qualitätsberechnung gehen verschiedene Aspekte mit ein. Neben dem differenziellen Pegel sind auch die Flankensteilheit und der Störanteil von Bedeutung, der beispielsweise durch Reflexionen verursacht wird.

Wird nun die Signalqualität für alle Teilnehmer grafisch dargestellt (vgl. Bild 4), lassen sich eventuell vorliegende Probleme auf einen Blick lokalisieren. Diese Überprüfung ist für die Dauerhaftigkeit des Systems von großer Bedeutung. Denn selbst wenn augenscheinlich alles funktioniert, können einzelne Teilnehmer bereits im Grenzbereich liegen, so dass es für erste sporadische Fehler nur einer kleinen weiteren Störung oder Verschlechterung bedarf.

Fallen einzelne Teilnehmer durch einen niedrigen Qualitätswert auf, so lassen sich für diese alle Qualitätsparameter und ein Oszillogramm zur eingehenden Analyse darstellen (vgl. Bild 3). Damit ist eine zielgerichtete Verbesserung möglich.

Abschließend ist es sinnvoll, wie in der VDI/VDE-Richtlinie 2184 empfohlen, alle Messungen und die aktuelle Qualität zu dokumentieren. Softings CAN Tester unterstützt dies durch einen integrierten Reportgenerator. Damit kann später der aktuelle Anlagenzustand leicht mit dem dokumentierten Sollzustand verglichen werden.

Dennoch ist es nicht immer zu vermeiden, dass im Betrieb unerwartete Störungen auftreten. In dieser Situation ist die schnelle Fehlerbehebung besonders wichtig, um Stillstandzeiten zu minimieren. Auch hier spielt ein Tool wie der BC-200-CAN seine Stärken aus. Durch eine aktuelle Qualitätsmessung am besten im Vergleich mit der Installationsreferenz sind Fehler schnell identifiziert.

Besonders tückisch sind sporadisch auftretende Fehler. Diese lassen sich nur analysieren, wenn der Signalverlauf rund um den Fehlerfall erfasst wird. Der CAN Tester ermöglicht das durch umfassende Triggermög-

Mehr Produktivität für CAN-basierende Systeme



Bild 8:
CAN Tester BC-200-CAN
mit Adapterkabeln und
Prüfzubehör im handlichen
Servicekoffer

lichkeiten. Wahlweise können „Error Frames“, also die Fehlersignalisierung der CAN-Teilnehmer, das Unterschreiten eines minimalen Qualitätswertes oder dessen einzelne Komponenten in einer Triggerbedingung verwendet werden. Das erfasste Oszillogramm stellt dann das Bussignal zum Triggerzeitpunkt dar. So können sowohl Störeinflüsse beobachtet (vgl. Bild 5) wie auch Adressinformation sporadisch gestörter Nachrichten (vgl. Bild 2) ermittelt werden.

Fazit

CAN-basierte Systeme sind von haus aus sehr robust, besonders wenn sie fachgerecht installiert sind. Dennoch sind Fehler nicht immer zu verhindern. Um deren Auswirkungen zu mindern und Ausfallkosten zu minimieren, bedarf es eines planvollen Vorgehens. Eine sorgfältige Überprüfung bei der Installation und die Dokumentation des Systemzustands bilden die Grundlage für die turnusmäßige vorbeugende Wartung. Im Fehlerfall kommt es auf eine schnelle Behebung der Ursachen an. Dazu sind detaillierte Informationen über das Netzwerk und den möglicherweise komplexen Fehler erforderlich. Mit dem richtigen Werkzeug werden all diese Schritte optimal unterstützt. Das spart Zeit bei der Inbetriebnahme und erhöht die Systemverfügbarkeit erheblich. Den Kosten für die Werkzeugbeschaffung und die präventive Wartung stehen Einsparungen gegenüber, die oft bereits während der Inbetriebnahme wesentlich höher sind. Ungleich größer ist der Nutzen natürlich bei jedem vermiedenen Fehler im Betrieb.