

Ausgewählte Feldbussysteme

- CAN (Controller Area Network)
- LON (Local Operating Network)

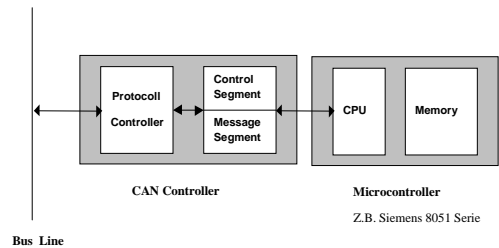
CAN - Highlights

- Entwickelt in den frühen 80-er Jahren von Bosch
- Unterstützung von verschiedensten Übertragungsmedien
- Multimasterfähig
- Buszugriffsverfahren CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)
- Objektorientierte Kommunikation
- Datenbytes pro Nachricht: 0 bis 8
- Übertragungsgeschwindigkeiten von: 5 kbit/s bis 1 Mbit/s
- Sichere Datenübertragung und besondere Fehlertoleranz
- Offene Kommunikation durch CiA (CAN in Automation)

CAN - Entwicklung

- 1982: Bosch entwickelt CAN für den Einsatz im Automobilbereich
- Ziel: Leistungsfähige, robuste und preisgünstige Kommunikation zwischen Steuergeräten wie
 - Motorsteuerung, ABS, Getriebesteuerung
 - Motoren für elektrische Spiegel- oder Sitzverstellung
 - Klimasensoren und -aktuatorik
- Kooperation Intel mit Bosch billige CAN Controller
- Einsatz von CAN in der Mercedes S-Klasse
- Einsatz von CAN auch im Industrie-, Medizin- und Verfahrenstechnik
- 1992: Gründung von CiA (CAN in Automation) zur Sicherstellung der offenen Kommunikation

CAN - Knotenaufbau

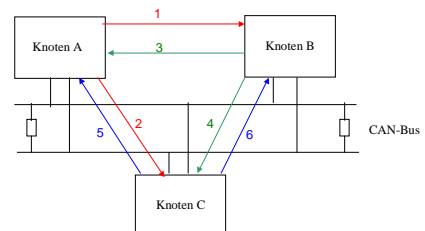


CAN - Nachrichtenorientierte Kommunikation

- Knoten im CAN-Netz haben keine eindeutigen Adressen
- Jede Nachricht hat einen eindeutigen Identifier
- Die Identifiers werden von der Anwendersoftware vergeben
- Knoten entscheidet selbst, ob die Nachricht für ihn relevant ist oder nicht
- Zwei unterschiedliche CAN - Spezifikationen
 - Spezifikation 2A: 11 Bit Identifier (2048 Identifiers)
 - Spezifikation 2B: 29 Bit Identifier (536 Millionen Identifiers)
- Da die Identifiers für das Buszugriffsverfahren von Bedeutung sind dürfen niemals zwei Knoten Nachrichten mit dem gleichen Identifier senden
- Einfache Realisierung von Punkt zu Punkt, Multicast- und Broadcast-Nachrichten

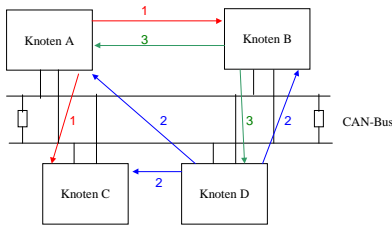
CAN Kommunikation Beispiel (1)

Beispiel für Punkt- zu Punkt- Kommunikation



CAN Kommunikation Beispiel (2)

Beispiel für Multicast- und Broadcast- Kommunikation



CAN-Bitrepräsentation am Bus (1)

- Damit CSMA/CA funktioniert, muß es einen dominanten und einen rezessiven Buspegel geben
- CAN Buszustände:
 - „0“ = dominant
 - „1“ = rezessiv
- Als Bitcodierung wird NRZ verwendet
- Der dominante Level überschreibt den rezessiven am Bus
 - Wenn alle Knoten eine 1 ausgeben ist der Zustand am Bus auch 1
 - Wenn einer oder mehrere Knoten eine 0 ausgeben, ist der Bus auch 0

Node 1	Node 2	bus level
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

CAN-Bitrepräsentation am Bus (2)

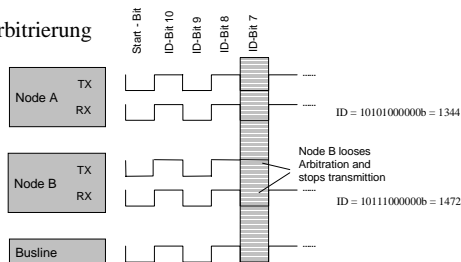
- Die Bitcodierung am Bus erfolgt im NRZ Verfahren
 - Damit erreicht man eine maximale Übertragungsbandbreite bei gegebenem Busmedium
 - Problem: Bei langen Folgen von Nullen oder Einsen gibt es keinerlei Informationen über den Bittakt
- Daher: Verwendung von Bitstuffing
 - Nach genau fünf gleichartigen Bits wird ein komplementäres Stuffbit in den Bitstrom eingefügt
 - Daher gibt es immer nach spätestens fünf Bits einen Flankenwechsel, mit dem sich die einzelnen Busteilnehmer wieder synchronisieren können

CAN - Buszugriffsverfahren (1)

- Buszugriffsverfahren: CSMA/CA Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
- Knoten senden und lesen den Buszustand
- Zur Arbitrierung wird der Identifier verwendet Identifier entspricht der Priorität
- Wenn ein rezessiver Pegel des Identifiers durch einen dominanten überschrieben wird, weiß der Knoten, daß er die Arbitrierung verloren hat und stellt seinen Sendeversuch zurück
- Beispiel (nächste Seite): Knoten A sendet einen Frame mit dem Identifier 1344, Knoten B gleichzeitig einen Frame mit dem Identifier 1472. Knoten A setzt sich durch, B bricht seinen Sendeversuch ab

CAN - Buszugriffsverfahren (2)

Arbitrierung



CAN - Fehlermanagement (1)

- Philosophie von CAN: Möglichst viele Fehler sollen bereits vom CAN-Controller erkannt und behandelt werden
- Jeder Fehler, der von einem Teilnehmer am Netz erkannt wurde, wird sofort allen anderen mitgeteilt
- Das durch den Fehler zerstörte Datentelegramm wird automatisch noch einmal gesendet
- Bei einer lokalen Störung eines Busteilnehmers zieht sich dieser schrittweise vom Bus zurück, um den Verkehr am Bus nicht zu stören
- Dreiteiliges Fehlermanagement:
 - Fehlererkennung
 - Fehlerbehandlung
 - Fehlerbegrenzung

CAN - Fehlermanagement (2)

Fehlererkennung

- **Bit - Fehler:** Ein gesendetes Bit wird nicht mit dem gleichen logischen Pegel empfangen, mit dem es gesendet wurde (**Ausnahme: Arbitrierungsphase**)
- **Bitstuffing - Fehler:** Es wurden mehr als fünf aufeinanderfolgende gleiche Bits erkannt.
- **CRC-Fehler:** Die gesendete CRC-Prüfsumme stimmt nicht mit der errechneten überein
- **Formatfehler:** Es liegt eine Verletzung des Rahmenformats vor
- **Acknowledgement - Fehler:** Ein Sender empfängt im Acknowledgement Slot kein dominantes Bit, d.h. das Telegramm wurde von keinem anderen Teilnehmer auf dem Bus als korrekt erkannt.

CAN - Fehlermanagement (3)

Fehlerbehandlung

1. Ein Fehler wird erkannt
2. Ein Error - Frame wird von jedem Teilnehmer, der den Fehler erkannt hat, gesendet. Ein Error - Frame besteht aus 6 aufeinanderfolgenden dominanten Bits und darauffolgenden 8 rezessiven Bits.
3. Das zerstörte Datentelegramm wird von allen Busteilnehmern verworfen.
4. Die Fehlerzähler der einzelnen Teilnehmer werden in der entsprechenden Weise beeinflusst.
5. Das Datentelegramm wird komplett neu gesendet

CAN - Fehlermanagement (4)

Fehlereingrenzung (1)

- Problem: Bei einer lokalen Störung kann ein Busteilnehmer durch die dominanten Fehlertelegramme den ganzen Bus lahmlegen
- Jeder Busteilnehmer kennt daher drei Zustände
 - **Error Active:** Normalzustand des Teilnehmers. Es treten keine Fehler am Bus auf
 - **Error Passiv:** Mehrere Fehler am Bus wurden erkannt, der Teilnehmer sendet nur mehr passive Error-Flags (6 rezessive Bits in Folge)
 - **Bus Off:** Der Teilnehmer ist komplett vom Bus abgekoppelt. Er kann keine Datentelegramme mehr senden bzw. empfangen

CAN - Fehlermanagement (5)

Fehlereingrenzung (2)

- Übergang von Error-Active in Error-Passive und umgekehrt geschieht automatisch durch den CAN-Chip
- Der Bus-Off State kann nur durch Hard-, oder Software- Reset durch die Host-CPU verlassen werden.
- Die Übergänge in die verschiedenen Fehlerzustände wird durch die sogenannten Fehlerzähler koordiniert
 - Empfangsfehlerzähler (REC)
 - Sendefehlerzähler (TEC)
- Je nach erkanntem Fehler werden die Fehlerzähler um Werte zwischen 1 und 8 inkrementiert
- Bei jedem erfolgreich gesendetem bzw. empfangenem Telegramm wird der entsprechende Fehlerzähler um 1 dekrementiert

LON - Highlights (1)

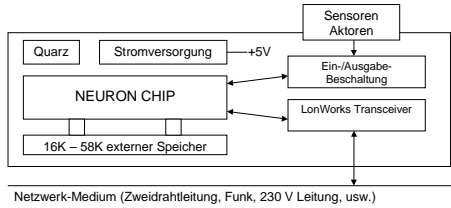
- Entwickelt Mitte der 90.er Jahre von ECHELON
- Ziel: Schaffung eines Feldbussystems, daß für ca. 80 % aller Einsatzmöglichkeiten geeignet ist
- Unterstützung von verschiedenen Übertragungsmedien
- Buszugriffsverfahren p-persistent CSMA/CD
- Mehrere Adressierungsmöglichkeiten: Unterteilung des Netzes in Subnetze und Gruppen
- Alle 7 Schichten im ISO/OSI-Modell sind definiert
- Übertragungsraten von 600 bit/s bis 1250 kbit/s
- Standardisiert für Gebäude- und Industrieautomatisierung in Europa und den USA

LON - Highlights (2)

- Übertragungssicherheit: Prüfsumme mit Hamming-Distanz 6
- Reichweite bis zu einigen Kilometern
- Konzept der Netzwerkvariablen
- Network Management Telegramme
- Eigene Übertragungsprotokolle für Magnetkarten, Infrarotsteuerungen,....
- Authentifizierung: zum Schutz vor unerwünschtem Eindringen in Kommunikationsbeziehungen

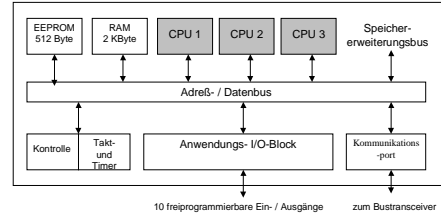
LonWorks - Knoten (1)

Übersicht:



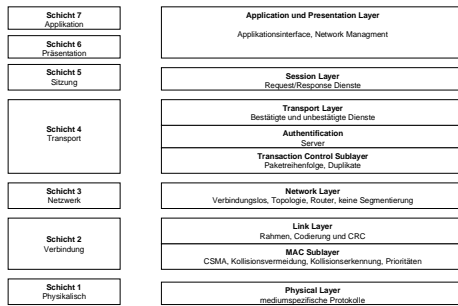
LonWorks - Knoten (2)

NEURON-Chip:



LonTalk - Protokoll (1)

Protokollübersicht



LonTalk - Physical Layer

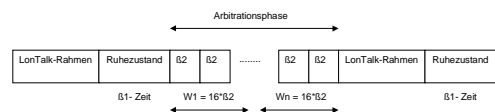
- Es gibt verschiedenste Übertragungsmedien, die für LON spezifiziert sind:
 - Zweidrahtleitung
 - Funk
 - 230 V Leitung
 - optische Medien
- Je nach Übertragungsmedium ist der Physical Layer und der Transceiver (Busanschaltung) definiert
- Definition erfolgt in den Interoperability Guidelines von LonMark

LonTalk Adressierung

- Adreßformate**
 - Domain, Subnet, Node
 - Domain, Subnet, Neuron-ID
 - Domain, Group, Member
- Domain:** Ist das gesamte virtuelle LON Netzwerk. LonTalk unterstützt keine direkte Inter-Domain-Kommunikation.
- Subnet und Node:** Ein Subnet faßt eine Anzahl von Nodes zu einer Teilmenge der Domain zusammen. Ein Node kann zu zwei unterschiedlichen Subnets gehören
- Group und Member:** Ähnlich wie Subnet und Node, wird aber zur 1 : n - Adressierung verwendet. Maximal 256 Gruppen können in einer Domain gebildet werden, ein Netzwerkknoten kann zu 15 Groups gehören
- Neuron - ID:** 48 Bit lange Seriennummer des Herstellers. Kann aber nur als Zieladresse, aber nie als Quelladresse verwendet werden.

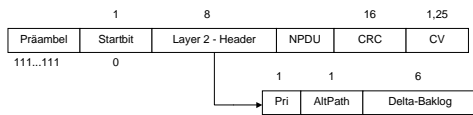
LonTalk - Data Link Layer (1)

Buszugriffsverfahren: p-persistent CSMA/CD



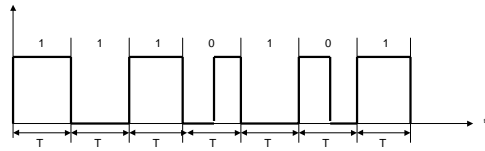
LonTalk Data Link Layer (2)

Layer 2 - Datenrahmen:



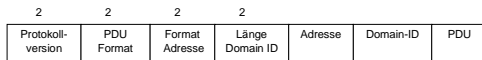
Differential Manchester Codierung

- Gleichstromfrei
- einfache Bitsonchronisation
- relativ große Bandbreite gefordert



LonTalk Network Layer

- Verbindungsloser, Domain-abdeckender Rahmenaustausch
- Unbestätigter Unicast-, Multicast- und Broadcast - Nachrichtendienst
- Keine Rahmenwiederholung
- Keine Nachrichtensegmentierung
- Reine Routingfunktion
- Datenformat

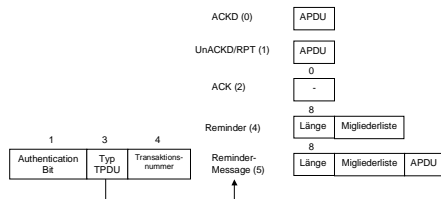


LonTalk Transport Layer (1)

- **Transaction Layer**
 - 1 priorisierte + 1 nichtpriorisierte Transaktion gleichzeitig
 - bis zu 16 gleichzeitig ablaufende Empfangstransaktionen
 - 4 Bit lange Transaktionsnummer zur Duplikatserkennung
- **Authentifizierung**
- **Transport Layer**
 - Zuverlässige Multicast- und Unicast- Übertragung
 - Unbestätigter wiederholter Multicast und Unicast

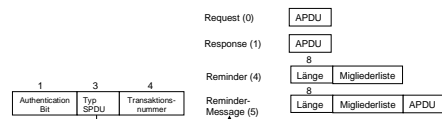
LonTalk Transport Layer (2)

- **Format und Typen der TPDU**



LonTalk Session Layer

- Voraussetzungen:
 - Erkennung von Duplikaten
 - Beibehaltung der Reihenfolge
- Aufbauend auf dem Client-/Server Prinzip wird ein Request/-Response Mechanismus zur Verfügung gestellt



LonTalk - Application Layer

- **5 Basisfunktionen**
 - Network Variable Propagation
 - Generic Message Passing
 - Network Management Messages
 - Network Diagnostic Messages
 - Foreign Frame Transmission