Medien

Ausbreitungsgeschwindigkeit

Lichtgeschwindigkeit im Vakuum: $c_0=299'792'458\frac{m}{s}$ Faustregel in Medien: $200'000\frac{km}{s}=20\frac{cm}{s}$

Signaldämpfung

Angegeben in Dezibel; auch: Insertion Loss, Attenuation

Dämpfung $A = 10 * \log(P_1/P_2) = 20 * \log(U_1/U_2)$

Höhere Frequenz → mehr Dämpfung

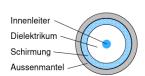
Halbierung der Leistung entspricht ca. 3dB

Signal-to-Noise-Ratio SNR ---

 $SNR = 10 * log(P_{Signal}/P_{Noise})dB$

Kabel Koaxial

- + besser als twisted pair für hohe Frequenzen + relativ unempfindlich gegen elektromagn.
- + relativ unempfindlich gegen elektromag Störungen
- mechanisch heikel (knicken/quetschen)



Parasymmetrisch (Twisted Pair) -

- $+ \ \ \mathsf{bereits} \ \mathsf{lange} \ \mathsf{im} \ \mathsf{Einsatz}$
- + bei guter Qualität auch für Breitband geignet
- mit oder ohne Schild

Shielded Twisted Pair (STP)

Bezeichnet nach ISO 11801: xx/yTP

xx steht für die Gesamtschirmung

U ungeschirmt

- F Folienschirm
- S Geflechtschirm
- SF Folien- & Geflechtschirm

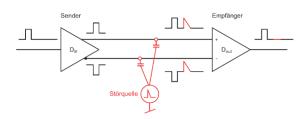
y steht für die Aderpaarschirmung

- U ungeschirmt
- F Folienschirm
- S Geflechtschirm

Störungen bei TP ----

Kapazitive/Induktive Störungen treten bei TP öfter als bei Koax oder Glasfaser auf.

Kapazitive Störungen von benachbarten Leitungen heissen Crosstalk(über-/nebensprechen). Diese Störungen können durch ein invertiertes komplementäres Signal weitgehen aufgehoben werden. Der Empfänger subtrahiert die beiden Signale und eliminiert dadurch Störungen.



Alternativ können kapazitive Störungen mit einem leitenden Schirm abgefangen werden.

- Kapazitiv eingekoppelte Signale werden weltgehend abgeleitet
- Aber:
 Über den Schirm dürfen kelne
 Potentialausgleichsströme fliessen.

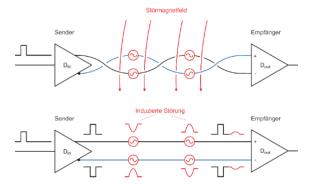


Sorder Englanger

De More Towarder of the Control o

 Voraussetzung: Gute Erdung des Schirme

Induktive Störungen (durch ein Magnetfeld) können nicht durch ein komplementäres Signal alleine gelöst werden, da die die Störung auf beiden Signalen entgegengesetz ist. Dies kann über verdrillen der Adernpaare gelöst werden, benachbarte Schleifen heben sich so immer auf.



Kategorien

- Cat 1..4 Billigkabel für analoge Sprachübertragung (< 1Mb/s)
- Cat 5 bis 100 MHz, z.B. 100Mb/s oder 1 Gb/s Ethernet bis 100m
- Cat 6 250 MHz, 1 Gb/s Ethernet und 10 Gb/s Ethernet bis 55m
- Cat 7 600 MHz, z.B. für 10 Gb/s Ethernet bis 100m

Lichtwellenleiter

- $+ \ \ \mathsf{hohe} \ \mathsf{Bandbreite} \to \mathsf{hohe} \ \mathsf{Datenrate}$
- + geringe Dämpfung \rightarrow lange übertragungsstrecken
- + resistentt gegen elektromagnetische Störungen

Zentrum aus Kernglas mit hoher optischer Dichte (Brechungsindex $n_{kern}=1.5$) umschlossen von Mantelglas mir geringer optischer Dichte (Brechungsindex $n_{mantel}=1.48$). Dadurch werden Lichtstrahlen im Kern totalreflektiert($\beta>90^\circ$) und keine Energie durch Absorption verloren

Multimode -

- + dicker Kern (mehrere Wege/Modes für das Licht)
- hohe Dispersion(Signalverschmierung auf langen Wegen)
 - Kann reduziert werden durch Einsatz von Gradientenfaser (übergang zwischen Kern und Mantel)

Singlemode -

- + keine Dispersion
- + hohe Datenraten auf hohe Distanzen
- dünner Kern, nur eine Grundmode

Physical Layer

Begriffe

(Leitungs-)Symbol

Zu einem gewissen Zeitpunk übertragenes physikalisches Signal das mit einer bestimmten Symbolrate seinen Wert verändert.

nicht wie in INCO "eine von N möglichen Nachrichten"

Informationsgehalt/Bit -

Informationsgehalt (von Symbol/Nachricht) $N_{Bit}=ld({\sf Anzahl\ M\"{o}glichkeiten})$

Zeichen -----

Einheit der übetragenen Daten, z.B. ein ASCII Zeichen

Baudrate ---

 ${\sf Schrittgeschwindigkeit} = {\sf Leitungs\text{-}Symbole} \ {\sf pro} \ {\sf Sekunde}$

Maximale Baudrate f_s ist doppelte Bandbreite B (Hz) gemäss Nyquist:

$$f_s = 2B$$

Durchsatz/Bit-/Datenübertragungsrate ---

übertragung von Information pro Zeit

Maximale Bitrate (Hartley's Gesetz)

 $R \leq 2B * ld(\#unterscheidbare Signalzustände)$

Potenzen (in der Kommunikation werden NICHT zweierpotenzen verwendet):

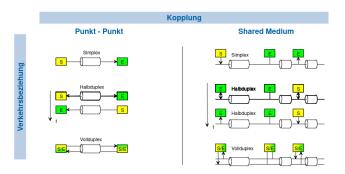
- kBit $= 10^3$ Bit \rightarrow kbps $= 10^3$ bps
- MBit = 10^6 Bit \rightarrow Mbps = 10^6 bps
- GBit = 10^9 Bit \rightarrow Gbps = 10^9 bps

Kanalkapazität ----

Berücksichtigt neben der Bitrate auch Störungen

$$C_s[Bit/s] = B * ld(1 * \frac{S}{N})$$

Verkehrsbeziehung und Kopplung



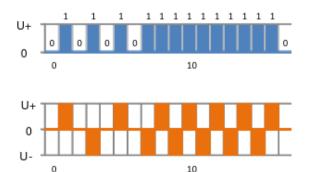
Leitungscodes

Anforderungen

- Takt sollte im Signal enthalten sein (Taktrückgewinnung)
- effiziente Bandbreitennutzung
- möglichst gleichspannungsfrei (um Sender & Empfänger mit z.B. Transformatoren galvanisch trennen zu können)

3-wertiger AMI (Alternate Mark Inversion) -

Wechsel $+/ ext{-}$ bei jeder 1 sonst 0 $o +/ ext{-}$ gleichen sich aus somit Gleichspannungsfrei

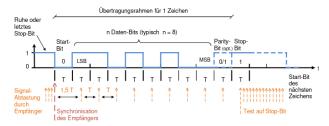


PAM3

Anwendung bei 10 Mbit/s Ethernet via Single Pair bis 1.2km

- 4 Bit werden zu 3 ternären Symbolen
- DC/Gleichspannungs Offset wird bei Codierung berücksichtigt

RS232



Data Link Layer

Aufgaben:

- fehlerfreie Verbindung direkt verbundener Systeme
- Framing, Nutzdaten erkennen und ent-/verpacken
- Fluss-Steuerung (Flow Control), langsamer Empfänger kannen schnellen Sender bremsen
- Adressierung der Teilnehmer (falls mehrere)
- Medium Zugriff (Media Access) wer darf wann senden

Framing

Asynchron

- keine Daten ightarrow nichts wird übertragen (Ruhezustand)
- Start-Bit zu Beginn eines Frames
- Aufbau (meistens): Header + Datenblock + Fehlererkennung

Synchron -

- Frames werden permanent gesendet, falls keine daten wird ein Flag gesendet (Bit Stuffing stellt sicher dass das Flag nicht als Nutzdaten vorkommt)
- Aufbau: wie Asynchron aber links & rechts durch Start-/End-Flag begrenzt

Bit-/Framefehlerwarscheinlichkeit -

auch BER (Bit Error Ratio), NICHT Bitfehlerrate das wären Bitfehler pro Zeit

Für gleichverteilte Fehler, ohne doppelte die sich aufheben; Wahrscheinlichkeit, dass ein Frame mit länge $N \geq 1$ Bitfehler hat

$$FER = P_{FehlerFrame} = 1 - (1 - p_{FehlerBit})^{N}$$

für $p_{FehlerBit} \ll 1$ gilt näherungsweise $FER \approx N * p_{FehlerBit}$

Andere:

FER Frame Error Ratio, fehlerhaft empfangene Frames

RER Residual Error Ratio, unentdeckete fehlerhaft empfange Frames

Frame-Länge --

Trade-Offs von Frame länge

- + hohe Netto-Bitrate wegen Gutem Header/Nutzdaten Verhältnis
- grössere Framefehlerwarscheinlichkeit
- mehr Datenverlust bei einem Fehler
- höhere Wahrscheinlichkeit für unentdeckten Fehler

Fehlererkennung

Hamming-Distanz

die minimale Anzahl Bits in denen sich zwei beliebige Codewörter eines Codes unterscheiden

Hamming-Distanz h herlaubt die Erkennung von h-1 Fehlern

Parity

Even Anzahl 1 inkl. Parity-Bit ist gerade

Odd Anzahl 1 inkl. Parity-Bit ist ungerade

Längs & Quer über mehrere Bytes für jede Spalte / Zeile Parity sowie eine gesamt parity

Prüfsumme --

Hamming-Distanz = 2, z.B. CRC

Fehlerkorrektur

Backward Error Correction

Rückfrage des Empfängers nach dem letzen Packet bei Fehler

- Rückkanal benötigt
- Warten auf Quittung
- Warten auf Timeout (abhilfe durch negative Bestätigung)

Forward Error Correction (FEC) -

BER reduzieren durch fehlerkorrigierende Codes

Anstatt verwerfen bei Fehler, schätzen der wahrscheinlichsten gesendeten Nachricht.

Regeln für Hamming-Distanz h

- Anzahl der korrigierbaren Bitfehler k ist die abgerundete Hälfte der fehlerbehafteten Zwischencodes $k \leq (h-1)/2$
- Ein Code der genau in der Mitte liegt wird als Fehlerhaft erkennt, kann aber nicht korrigiert werden.
- Allgemein: k + e = (h 1) mit k < (h 1)/2

Medienzugriff

Master-Slave

- + keine Konflikte weil master alles koordiniert
- single point of failure

Token Sendeberechtigung wird in einer fixen Reihenfolge weitergereicht

- + deterministisch
- Aufwändig

 ${\bf Zeitsteuerung} \ \ {\bf Analog} \ \ {\bf zu} \ \ {\bf Taktfahrplan} \ \ {\bf für} \ \ {\bf Z\"{u}ge}$

- + Optimierung möglich
- konflikte bei unplanbarem Verkehr

CSMA (Carrier Sense Multiple Access) Alle "master", senden wenn sie niemand sonst hören

- Konflikte möglich falls 2+ gleichzeitig entscheiden zu senden

CSMA/CD Collision Detection, abbrechen und später nochmals versuchen

CSMA/CR Collision Resolution, Hardware unterstütze Arbitrierung

Flowcontrol

Erlaubt Empfänger den Sender temporär zu stoppen Verwendung bei Speichermangel/langsamer Verarbeitung oder Überlast im Netzwerk

Kann auch implizit vorkommen, in dem der Sender nach jeder Nachricht auf eine Quittung wartet bevor er die nächste schickt