

Fehlerbehandlung und Packetbildung der Sicherungsschicht

TFO „MAX VALIER“ Bozen

Aufgaben der Sicherungsschicht

Dienste von Layer 1 in Anspruch nehmen

Fehlerbehandlung

Flusskontrolle

Bildung der *Frames*
(*Packets*)

Verbindungslose Dienste
zur Verfügung stellen
(*Ethernet* - nicht bestätigt,
Wifi - bestätigt)

Implementierung

Layer 1 üblicherweise nur von der Netzwerkkarte implementiert

Layer 2 wird neben der Netzwerkkarte (z.B. die Fehlerbehandlung) auch vom Betriebssystem umgesetzt (z.B. Treiber)

Fehlerbehandlung

- Verlustbehafteter Kanal, Rauschen
- Fehler in den Bits
- Fehlerkorrektur: z.B. Hamming-Code
- Fehlererkennung: Parität (z.B. serielle Schnittstelle), CRC-32 (z.B. Ethernet)

CRC-32 (Generatorpolynom):

$$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$$

Fehlerkorrektur

$$n = m + r \quad \rightarrow \quad (n,m)\text{-Code}$$

n Gesamtlänge der Daten

m Datenbits

r redundante Bits

$$\text{Code rate} = m/n$$

Codewörter: n -bit-Blöcke

Hamming-Abstand

- Mindestanzahl der Bits **d**, die sich zwischen zwei gültigen Codewörtern unterscheiden

- Einzelbitfehler, die **erkannt** werden können

$$k_1 = d - 1$$

- Einzelbitfehler, die **korrigiert** werden können

$$k_2 = \frac{d - 1}{2}$$

- Beispiel: $d = 5 \quad \rightarrow \quad k_1 = 4, k_2 = 2$

Beispiel *Wiederholungscode*

Code aus vier gültigen Wörtern (00, 01, 10, 11) mit $d=5$:

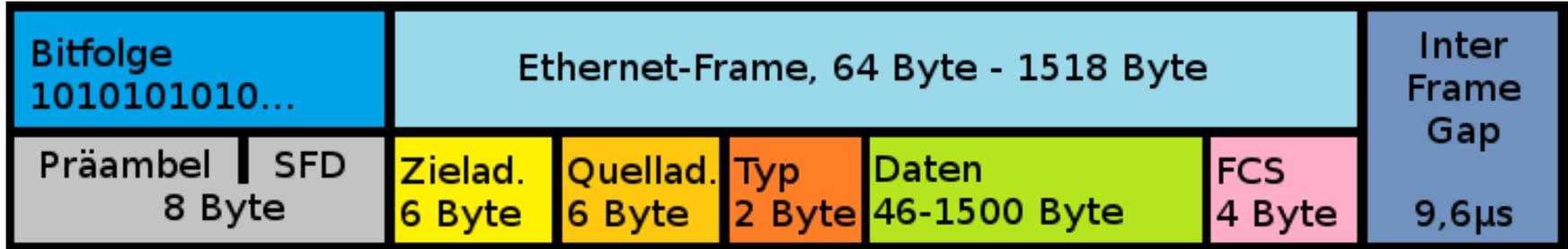
0000**00**0000, 0000**01**1111, 1111**10**0000, 1111**11**1111

Dieser Code kann bis zu vier Bitfehler **erkennen** und bis zu zwei Bitfehler **korrigieren**.

Beispiel: Empfänger erhält 0010001111

Was kann der Empfänger erkennen/korrigieren?

Ethernet-Packet



Format: IEEE 802.3

Präambel: 7 x 10101010 (7 Bytes)

SFD (Start Frame Delimiter – 1 Byte): 1010101**1**

Zieladresse/DMAC Destination MAC

Quelladresse/SMAC Source MAC

MAC-Adressen

Länge: 6 Bytes

- 3 Byte OUI (Organizationally Unique Identifier / Herstellerkennung)
- 3 Byte Gerätecode

Beispiele für OUI:

- 00-07-E9-xx-xx-xx (Intel)
- 00-60-2F-xx-xx-xx (Cisco)

Broadcastadresse
DMAC:

- FF:FF:FF:FF:FF:FF
- Schickt an alle Teilnehmer

Ethernet-Packet

Typ: historisch Länge (46-1500 bytes), seit IEEE 802.3 *Layer3-Protokolltyp* (IPv4/6, ARP, VLAN etc.)

FCS (Frame Check Sequence): CRC-32

IFG (Interframe Spacing): 12 Byte

Mindestlänge eines Ethernet-Packets

(für 10 Mbps und Fast Ethernet):

84 Byte = 8 Byte [*Präambel+SFD*] + 64 Byte [*Minimum Frame*] + 12 Byte [*IFG*]

PPP-Packet (*DSL/Mobilfunk)

Flag	Address	Control	Protocol	Info	Checksum	Flag
------	---------	---------	----------	------	----------	------

Flag **01111110**, Byte Stuffing mit Escape **01111101**, nächstes Byte wird XOR 20₁₆ gesendet.

Address Immer **11111111**

Control Immer **00000011**

Protocol 16Bit Protokollspezifikation gemäß RFC1700, PPP DLL Protocol Numbers

Info Variable Anzahl Daten, gemäß RFC1547 sollen mindestens 1500Byte möglich sein.

Check Üblicherweise 16Bit Prüfsumme mit dem CRC-CCITT Generatorpolynom, auch 32Bit mit Ethernet Generatorpolynom ist möglich (vgl. RFC1662)

Flag Wie am Rahmenanfang: **01111110**

Interframe spacing



IFG ... Interframe Gap (12 Byte
Sicherheitsabstand zwischen den Rahmen)

10 Mbps → 9,6 μ s (Bit time = 100ns)

100 Mbps → 0,96 μ s (Bit time = 10ns)

IFG und Präambel strenggenommen Layer 1

Durchsatz (throughput)

Durchsatz [bps] = Nutzdaten (*payload*) / Zeit

Es gilt stets **Durchsatz < Datenrate** (= Durchsatz + Overhead)

Overhead = Headerdaten + Redundanz + ...

Beispiel: Fast Ethernet → Durchsatz < 100 Mbps

Beispiel

10 Mbps – Ethernet:

- Maximale Packetrate?
- Maximaler Durchsatz?

Maximale Packetrate

Min. Packetlänge (inkl. Präambel+IFG): 84 Byte

Max. Packetrate = Datenrate / min. Packetgröße
= (10000000 bit/s)/(84*8 bit) = 14880 packets/s

Maximaler Durchsatz

Min. Packetrate = (10 Mbps) / (1538 * 8 bit) =
813 packets/sec (circa)

Max. Durchsatz = packet rate * payload =
813 packets/sec * (1500 Byte/frame * 8 bit) =
9752880 bps (97,5% der Kapazität des Kanals)

Übung

**Fast
Ethernet
(IEEE
802.3u):**

- Maximale Packetrate?
- Max. Durchsatz?

IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet) Frame

6 Byte (Destination Address)

6 Byte (Source Address)

2 Byte (Type/Length)

46-1500 Byte (Payload + Padding)

4 Byte (CRC)

0-448 Byte (Carrier Extension, Auffüllbytes)

→ nötig, um **Mindestgröße 512 Byte** von Frame zu gewährleisten

Ethernet-Fehlerarten

- **Illegale Länge** (kleiner als 64 Byte oder größer als 1518 Byte ohne Präambel)
- **Alignment-Fehler** (kein Vielfaches von 8 bit)
- **Inkonsistenz** (*Präambel* hat eine ungültige Größe, SFD fehlt, Ungültiger *Type* im Frame)
- **FCS/CRC-Fehler** im Frame
- **Kollisionen** (später mehr)

Quellen

- https://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet_frame
- <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/1406191.htm>
- <https://www.ionos.de/digitalguide/server/knowhow/ethernet-frame/>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/MAC-Adresse>
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.3
- https://www.researchgate.net/figure/Gigabit-Ethernet-frame-format_fig2_216606151
- https://de.wikipedia.org/wiki/Jumbo_Frames