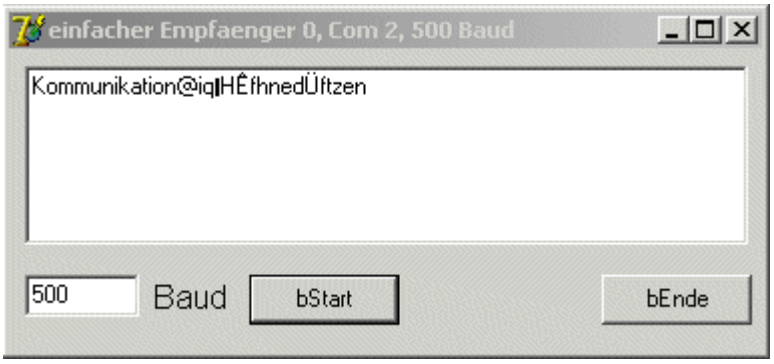
Kommunikation in Rechnernetzen - Fehlererkennung

Autor: Klaus Merkert
Abgerufen auf www.hsg-kl.de (2021)

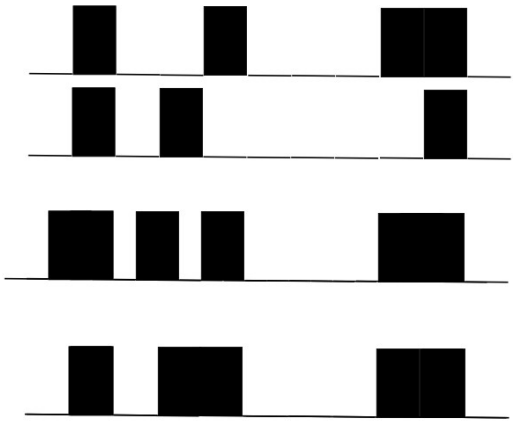
Problem



Bei der Übertragung von Nachrichten passieren bei höheren Baudraten, langen Kabellängen, Timing-Problemen oder warum auch immer mehr oder weniger Fehler. Der menschliche Empfänger kann bei einem Text aus dem Zusammenhang oft leicht erkennen, dass die Übertragung gestört wurde. Aber was ist, wenn z.B. eine Binär-Datei (z.B. *.exe) übertragen wird? Hier ist aus der Bitfolge nur schwer bis garnicht erkennbar, ob sie verändert wurde. Wir hätten aber gerne, dass auch ein 'seelenloser' Computer Fehler entdecken kann.

Aufgabe

Das Bild zeigt in den ersten beiden Zeilen zwei Bitmuster nach dem miniRS232-Protokoll. Welche Zeichen wurden gesendet? Die letzten beiden Zeilen entstanden durch eine Überlagerung der beiden Bitmuster. Welchen Alltagsvergleich findet man zu einer Überlagerung? Eine der Überlagerungen kann man schnell als fehlerhaft erkennen, warum? Der anderen Überlagerung sieht man das gar nicht an. Welches Zeichen könnte so gesendet worden sein?



Lösungsmöglichkeiten

1. Paritätsbit
Das Paritätsbit dient der Erkennung von Fehlern in einer Folge von übertragenen Bits. Es gibt gerade (even, E) und ungerade (odd, O) Parität. Das Prüfbit wird nun so ermittelt: Es werden die Einsen in der Bitfolge gezählt und das Zusatzbit so gewählt, dass sich insgesamt eine gerade bzw. ungerade Anzahl von Einsen ergibt.

Beispiele für ungerade Parität:
0100 1110 hat vier Einsen, damit die Gesamtzahl ungerade wird, wird eine Eins ergänzt.
Es wird also die Nachricht 0100 1110 1 gesendet.

1011 0110 hat fünf Einsen, da die Anzahl schon ungerade ist, wird eine Null ergänzt.
Es wird also die Nachricht 1011 0110 0 gesendet.

2. Prüfsumme

Beispiel:

3-byte-Nachricht: 7,24,11 Prüfsumme: 7+24+11 = 42 übertragen: 7,24,11,42

Empfänger rechnet und vergleicht: 7+24+11 = 42, 42 = 42, alles in Ordnung!

Fehlerfälle:
7+23+11 = 41 ≠ 42, Fehler erkannt!
6+24+12 = 42 = 42, Fehler nicht erkannt!
24+7+11 = 42 = 42, Fehler nicht erkannt!

Prüfsumme (Wikipedia)

3. "Prüfreste"

Das Prüfsummen-Verfahren war leicht auszuhebeln, vielleicht ist ein "Prüfquotienten-Verfahren" besser:

Nachricht: 7,24,11 aus den Bytes wird eine 9-stellige Zahl gebildet: 007024011, die Zahl wird durch einen festen "geeigneten" Divisor geteilt: 007024011 : 171 = 41 076 Rest 15, der Rest wird als "Prüfzahl" benutzt

übertragen: 7,24,11,15
Fehlerfälle:
7,23,11 -> 41 ≠ 15, Fehler erkannt!
6,24,12 -> 24 ≠ 15, Fehler erkannt!
24,7,11 -> 150 ≠ 15, Fehler erkannt!

```
>>> 7024011%171
15
>>> 7023011%171
41
>>> 6024012%171
24
>>> 24007011%171
150
```

4. Cyclic Redundancy Code - CRC

Tatsächlich hat sich die Grundidee vom "Prüfrest" als sehr geeignet erwiesen, allerdings in mathematisch deutlich verfeinerter Form.

Beispiel

Aus der Nachricht wird ein Polynom mit den Koeffizienten 0 und 1 erzeugt:

1001 1011 --> 1*x7+0 *x6+0*x5+1*x4+ 1*x3+ 0*x2+1*x1+ 1*x0

Dieses Polynom wird durch ein Generator-Polynom z.B. x4+x+1 geteilt. Das Rest-Polynom liefert über seine Koeffizienten den "CRC-Wert".
Die Arithmetik ist hier eigentümlich, es gibt z.B. keine Überträge, Addition und Subtraktion sind gleich. (0 + 1 = 1, 0 - 1 = 1, 1 + 1 = 0, ...)

Beispiel 1

Nachricht: 1001 1011, Generator-Polynom: 10011 (Grad 4)
Division:

```
100110110000 : 10011 = 10000011
10011
-----
   00
   00
   --
    01
    00
    --
     11
     00
     --
     110
     000
     ---
     1100
     0000
     ----
     11000
     10011
     -----
     010110
      10011
      -----
      00101  Rest = 4-Bit-CRC-Wert (die erste - fünfte von rechts - Ziffer ist immer 0)
```

Probe:

10000011 = x7+x+1, 10011 = x4+x+1

(x7+x+1)·(x4+x+1) = x11+x5+x4+x8+x2+x+x7+x+1 = x11+x8+x7+x5+x4+x2+1 = 100110110101

Bitte bedenken: x+x = (1+1)·x = 0x = 0

```
100110110101
+       0101
------------
100110110000
```

Beispiel 2

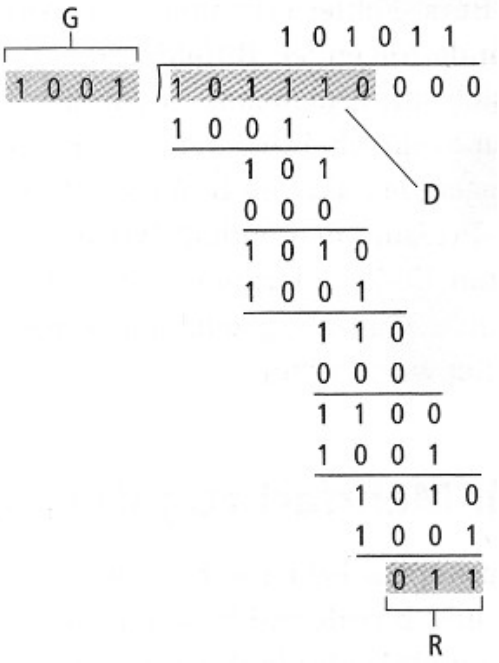
Nachricht: 10011011, Generator-Polynom: 101 (Grad 2)
Division:

```
1001101100 : 101 = 10110110
101
---
00111
 101
 ---
 0100
  101
  ---
  00111
   101
   ---
   0100
    101
    ---
    0010
     000
     ---
     010
```

Es kommt seltsam vor, dass 101 in 100 passt, aber wenn man 100 - 101 rechnet bleibt sogar der Rest 001. Faustregel: Es kommt nur auf das höchste Bit an, ob der Divisor reinpasst.

Beispiel 3

In dem Buch von Tanenbaum, Computernetzwerke, 4.Auflage findet man auf Seite 487 das Beispiel:



CRC-Prüfsummen lassen sich mit einfachen Schieberegisterschaltungen hardwaremäßig - also schnell - berechnen. Die Wahl des Generator-Polynoms ist für die Qualität des Verfahrens entscheidend. Manche Polynome wie CRC-16 oder auch CRC-4 sind genormt.