

Hamming-Distanz

- 2a) Was ist die Hamming-Distanz des Codes?
- 2b) Was ist die Hamming-Distanz des Codes wenn für D die Codewörter 01010 bzw. 11010 verwendet werden?

A	00000
B	10011
C	00110
D	10010
D'	01010
D''	11010

	A	B	C	D	D'	D''
A	X	3	2	2	2	3
B	-	X	3	1	3	2
C	-	-	X	2	2	3

Hamming-Distanz ist das Minimum aller Distanzen, also 1 (bzw. D':2, D'':2)



Hamming-Distanz

- 2c) Warum ist die Hamming-Distanz eines Codes definiert als das Minimum der Hamming-Distanz zwischen je zwei gültigen Codewörtern?

Bei einem ein-Bitfehler kann das übertragene, fehlerhafte Wort noch eindeutig zum richtigen ursprünglichen Codewort zugeordnet werden (Fehlerbehebung, nicht nur Fehlererkennung).

Beim obigen Code geht das nicht mehr, da für die Distanz gelten muss:

$$d \geq 2f + 1$$

Zur Behebung von Ein-Bitfehler ($f=1$) muss also $d \geq 3$ sein.
Gegenbeispiel: 0100 \rightarrow 0000 oder 0100 \rightarrow 0110...



Übungsblatt 2

Aufgabe 3:

Nachricht: 111001101

$$G(x) = x^5 + x^3 + x + 1 \\ = 101011$$

Polynom 5ten Grades, also 5 Redundanzbits...

3a) Geben Sie die vom Sender verschickte Nachricht an.

$$11100110100000 : 101011 = \underline{\underline{110110110}} + 1010$$

$$\begin{array}{r} \underline{101011} \\ 100101 \\ \underline{101011} \\ 11100 \\ \underline{00000} \\ 111001 \\ \underline{101011} \\ 100100 \\ \underline{101011} \\ 11110 \\ \underline{00000} \\ 111100 \\ \underline{101011} \\ 101110 \\ \underline{101011} \\ 1010 \\ \underline{0000} \\ 1010 \rightarrow \text{Rest} \end{array}$$

Verschickte Nachricht:

11100110101010

Führen Sie die Polynomdivision zur Fehlerüberprüfung auf der

Seite des Empfängers aus:

- 1.) für den Fall einer fehlerfreien Übertragung.
- 2.) für den Fall, dass das 10. Bit der vom Sender übertragenen Nachricht verfälscht wird.

1.Fall:

$$11100110101010 : 101011 = 110110110$$

$$\begin{array}{r} \underline{101011} \\ 100101 \\ \underline{101011} \\ 11100 \\ \underline{00000} \\ 111001 \\ \underline{101011} \\ 100100 \\ \underline{101011} \\ 11111 \\ \underline{00000} \\ 111110 \\ \underline{101011} \\ 101011 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \underline{101011} \\
 00000 \\
 \underline{00000} \\
 0 \rightarrow \text{Rest } (= R'(x))
 \end{array}$$

2. Fall:

$$11100110111010 : 101011 = 110110110$$

$$\begin{array}{r}
 \underline{101011} \\
 0100101 \\
 \underline{101011} \\
 0011100 \\
 \underline{0000000} \\
 111001 \\
 \underline{101011} \\
 0100101 \\
 \underline{0101011} \\
 0011101 \\
 \underline{00000} \\
 111010 \\
 \underline{101011} \\
 100011 \\
 \underline{101011} \\
 10000 \\
 \underline{00000} \\
 10000 \rightarrow R'(x)
 \end{array}$$

Aufgabe 4: Verzögerungen

Signale breiten sich im luftleeren Raum mit Lichtgeschwindigkeit (ungefähr 300.000.000 m/s) aus. In elektrischen Leitern (verdrillte Kupferkabel, Koaxialkabel) erreicht man Ausbreitungsgeschwindigkeiten von ungefähr 200.000.000 m/s.

Bestimmen Sie die Ausbreitungsverzögerung und die Übertragungsverzögerung für die Übertragung eines 1000 Bit Blocks über

- 4a) 50 m verdrilltes Kupferkabel mit einer Bitrate von 10 kbps,
- 4b) 5 km Koaxialkabel mit einer Bitrate von 1 Mbps,
- 4c) 50000 km luftleeren Raum mit einer Bitrate von 10 Mbps.

Interpretieren Sie die Ergebnisse anhand des Verhältnisses zwischen Ausbreitungsverzögerung und Übertragungsverzögerung ($a = T_p/T_x$).

T_p = propagation delay, also Ausbreitungsverzögerung
 T_x = transmission delay, also Übertragungsverzögerung

4a)

Gegeben:

Nachrichtenmenge = 1.000 Bit

Abstand Sender/Empfänger = 50m

Bitrate des Kanals = 10kbit/s

Rechnung:

Wenn das Signal in elektrischen Leitern in einer Sekunde 200.000.000 Meter schafft, wie lange braucht es dann für 50 Meter?

Stichwort: Dreisatz!

200.000.000 Meter → 1 Sekunde
50 Meter → ?

$$50/200.000.000 = 0.00000025$$

Für 50 Meter braucht das Signal also 250 Nanosekunden.

Tp = 250ns

Jetzt müssen noch die 1.000 Bit übertragen werden.
In einer Sekunde schafft dieser Kanal 10.000 Bit.

Wie lange braucht er also für 1.000 Bit?

Dreisatz:

10.000 Bit → 1 Sekunde
1.000 Bit → 0.1 Sekunden

Also:

Tx = 100ms

4b)

Gegeben:

5 km Koaxialkabel mit einer Bitrate von 1 Mbps,

Jetzt ist die Frage: Wenn das Signal in einer Sekunde 200.000km schafft, wie lange braucht es dann für 5km?

Dreisatz:

200.000 km → 1 Sekunde
5 km → 25 Mikrosekunden

Also:

Tp = 25 Mikrosekunden

Wie lange braucht der Kanal für 1.000 Bit?

Dreisatz:

1.000.000 Bit → 1 Sekunde
1.000 Bit → 1 ms

Also:

Tx = 1ms

4c)

Gegeben: 50000 km **luftleeren Raum** mit einer Bitrate von 10 Mbps.

Auch hier wieder die gleichen Fragen...

Rechnungen:

Im luftleeren Raum hat das Signal eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von 300.000km.

Also:

$$\begin{aligned} 300.000 \text{ km} &\rightarrow 1 \text{ Sekunde} \\ 50.000 \text{ km} &\rightarrow 0.166 \text{ Sekunden} \end{aligned}$$

Also:

$$T_p = \text{ca. } 167 \text{ ms}$$

$T_x = ?$

$$\begin{aligned} 10.000.000 \text{ Bit} &\rightarrow 1 \text{ Sekunde} \\ 1.000 \text{ Bit} &\rightarrow 0,1\text{ms} = 100 \text{ Mikrosekunden} \end{aligned}$$

$$T_x = 100 \text{ Mikrosekunden}$$

Interpretieren Sie die Ergebnisse anhand des Verhältnisses zwischen Ausbreitungsverzögerung und Übertragungsverzögerung ($a = T_p/T_x$).

Für a)

$$T_p/T_x = 250\text{ns}/100\text{ms} = 2,5 \cdot 10^{-6}$$

Für b)

$$T_p/T_x = 25 \text{ Mikrosekunden}/1\text{ms} = 0.025 = 2,5 \cdot 10^{-2}$$

Für c)

$$T_p/T_x = 167\text{ms}/100\text{Mikrosekunden} = 1/6 \cdot 10^4$$

Aufgabe 5: Kanalauslastung

Zwei Stationen sind über einen Satellitenkanal mit einer Übertragungsrate von 1 Mbit/s (= 10.000.000 Bit/s) verbunden.

Der geostationäre Satellit ist jeweils 36.000 km von beiden Stationen entfernt, die Signalausbreitungsgeschwindigkeit entspricht der Lichtgeschwindigkeit (300.000 km/s).

Eine Station sendet Datenpakete der Größe 1.500 Bit an die zweite Station, die nur Acknowledgement-Pakete der Größe 50 Bit zurücksendet.

5a) Welche Kanalauslastung kann mit einem Stop-and-Wait-Flusskontrollprotokoll erreicht werden?

5b) Welche Kanalauslastung kann mit einem Sliding-Window-Flusskontrollprotokoll mit einer Fenstergröße von 20 Paketen erreicht werden?

5c) Wie groß muss das Fenster mindestens sein, damit die Kanalauslastung 100% beträgt?

Lösung:

Kommen wir zu 5a)

Zuerst einmal muss ein Datenpaket die 36.000km lange Strecke bis zum Satelliten auf sich nehmen und dann vom Satelliten zum Empfänger. Dann ist schon mal der Hinweg geschehen, also beträgt der hinweg 72.000 km.

Der dauert...

Dreisatz:

$$\begin{aligned} 300.000 \text{ km} &\rightarrow 1 \text{ Sekunde} \\ 72.000 \text{ km} &\rightarrow 0.24 \text{ Sekunden} = \mathbf{240 \text{ ms}} \end{aligned}$$

Wenn das Datenpaket dann angekommen ist, muss es schließlich übertragen werden. Die Übertragungsrate waren ja 1MBit/s. Zu übertragen sind 1.500 Bit.

Also:

Dreisatz:

$$\begin{aligned} 1.000.000 \text{ Bit} &\rightarrow 1 \text{ s} \\ 1.500 \text{ Bit} &\rightarrow 0.0015 \text{ s} = \mathbf{1,5 \text{ ms}} \end{aligned}$$

Nun wird vom Empfänger der Bestätigungsrahmen zurückgesendet. Der nimmt ja den gleichen Weg auf sich wie der Rahmen auf dem Hinweg (nur eben in die andere Richtung). Den Wert hatten wir ja schon berechnet, es kommen also **nochmal 240 ms dazu**.

Dann wird der Bestätigungsrahmen, der vom Empfänger des Paketes an den Sender geschickt wurde, auf der Senderseite übertragen.

Also:

Dreisatz:

$$\begin{aligned} 1.000.000 \text{ Bit} &\rightarrow 1 \text{ s} \\ 50 \text{ Bit} &\rightarrow \mathbf{0.05 \text{ ms}} \end{aligned}$$

Das macht eine Gesamtdauer von

$$\begin{array}{r} 240 \text{ ms} \\ + 1,5 \text{ ms} \\ + 240 \text{ ms} \\ + 0,05 \text{ ms} \\ \hline \underline{481,55 \text{ ms}} \end{array}$$

Von diesen 481,55 ms sind die Daten aber immerhin 480 ms unterwegs.
Wirklich übertragen wird nur 1,55 ms.

Das macht einen Anteil von $1,55/481,55 = 0,0032 = 0,32 \%$ und das ist die Kanalauslastung.

Also:

Kanalauslastung = 0,32 %.

Extrem wenig...

5b)

Welche Kanalauslastung kann mit einem Sliding-Window-Flusskontrollprotokoll mit einer Fenstergröße von 20 Paketen erreicht werden?

Wir haben dazu eine tolle Formel:

(Schaubild: Fdrie zu Data Link Layer, S. 47)

Channel Utilization and Propagation Delay

exact formula (note: some values based on assumptions):

$$U = \frac{T_{it}}{\sum T_{\text{information + acknowledgment}}} = \frac{T_{it}}{T_{ip} + T_{it} + T_{ic} + T_{ap} + T_{at} + T_{ac}}$$

approximated formula:

$$U = \frac{T_{it}}{T_{it} + 2T_{ip}} = \frac{1}{1 + 2\frac{T_{ip}}{T_{it}}}$$

• with the assumption

$$T_{ip} = T_{ap} = T_p$$

$T_{ic}, ac \text{ computing} \ll T_{ip, ap} \text{ propagation delay}$

$T_{it} \text{ information frame transm.} \gg T_{at} \text{ ack information frame transm.}$

T_{ip} = Frame propagation delay
(IF propagation > transmission)

T_{it} = Frame transmission time
(time which bits are on channel)

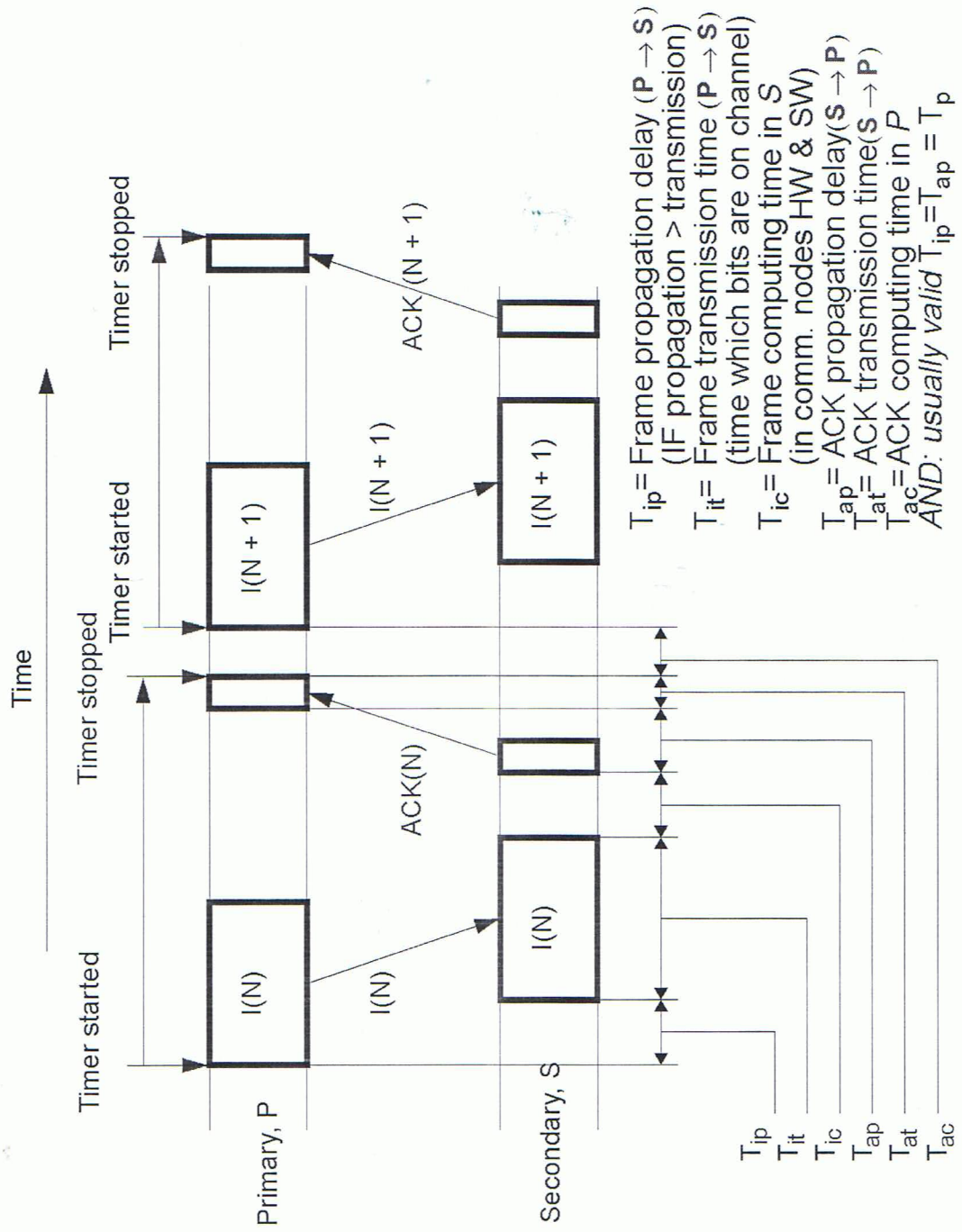
T_{ic} = Frame computing time in S
(in comm. nodes HW & SW)

T_{ap} = ACK propagation delay

T_{at} = ACK transmission time

T_{ac} = ACK computing time in P

Channel Utilization and Propagation Delay



Für k Rahmen lautet die Formel dann:

U =

$$\frac{kT_{it}}{T_{it} + 2T_p} = \frac{k}{1 + 2\frac{T_p}{T_{it}}}$$

T_p war ja das propagation delay, also die Ausbreitungsverzögerung.

T_{it} war ja die Zeit, die tatsächlich übertragen wird.

Und somit ergibt sich folgende Rechnung:

$$U = \frac{20}{1 + 2\frac{240\text{ms}}{155\text{ms}}}$$

Diese Rechnung ergibt 0.0644, also eine **Kanalauslastung von circa 6,4%**.

(Anmerkung: Diese Formel ist eine Vereinfachung, da sie nur die Übertragungszeit von einem Paket berücksichtigt)

Das ist fast das 20-fache.

FAZIT:

Mit einem Sliding-window-Verfahren mit Fenstergröße n können wir also fast eine n-fache Kanalauslastung des Stop-and-wait-Verfahrens erreichen.

Aufgabe 5c) auf Extra-Blatt

Computernetze

Übungsblatt 2

Aufgabe 5c)

Wie groß muss das Fenster mindestens sein, damit die Kanalauslastung 100% beträgt?

Die Kanalauslastung U soll also 100% (somit $U=1$) sein. Die Formel für U bei k Paketen war folgende:

$$U = \frac{k \cdot T_{it}}{T_{it} + 2T_{ip}}$$

Stellen wir das Ganze erstmal nach k um.

$$1 = \frac{k \cdot T_{it}}{T_{it} + 2T_{ip}} \quad | \cdot (T_{it} + 2T_{ip})$$

$$k \cdot T_{it} = T_{it} + 2T_{ip} \quad | : T_{it}$$

$$k = 1 + 2 \cdot \frac{T_{ip}}{T_{it}}$$

Mit den bisher errechneten Werten von den Aufgaben zuvor macht das

$$k = 1 + 2 \cdot \frac{240\text{ms}}{1,55\text{ms}} \approx 310,67$$

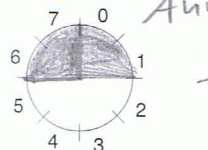
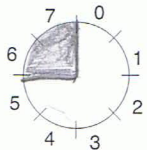
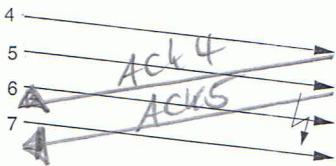
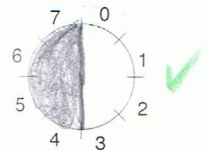
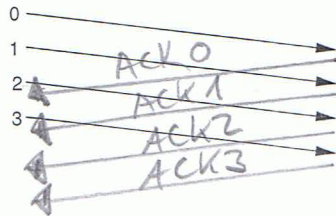
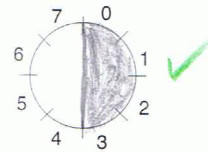
Da es keine $\frac{2}{3}$ -Fenster gibt macht das also eine Fenstergröße von 311 (ab da haben wir eine 100%ige Kanalauslastung!

Aufgabe 7

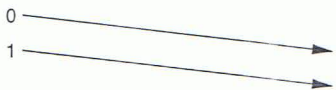
(6 und 8 folgen)

Sender

Empfänger



Annahme:
Go-Back-n



Timeout

