

Lösungen zu Übungsblatt 3 - Kabeleigenschaften

Aufgabe 1

Gegeben ist ein Kabel mit einer Länge von 20m, in das ein Nutzsignal mit einer Spannung von 10 Volt eingespeist wird. Am anderen Ende des Kabels werden 5 Volt gemessen.

- a) Wie hoch ist für das Nutzsignal die Dämpfung dieses 20m langen Kabels in dB?

Für den Zusammenhang zwischen Leistung und Spannung am Eingang bzw. Ausgang des Kabels, wenn sich am Eingang bzw. Ausgang des Kabels jeweils ein Widerstand R befindet, gilt:

$$P_{\text{ein}} = U_{\text{ein}}^2 / R$$

$$P_{\text{aus}} = U_{\text{aus}}^2 / R$$

Ein Einsetzen in die Formel der Dämpfung aus der Vorlesung ergibt:

$$a = 10 \log (P_{\text{ein}} / P_{\text{aus}}) = 10 \log (U_{\text{ein}}^2 / R) / (U_{\text{aus}}^2 / R)$$

Durch die Annahme, dass sich am Eingang und Ausgang gleich große Widerstände befinden, kann der Widerstand herausgekürzt werden. (Für eine optimale Leistungsübertragung im Kabel wird für die Widerstände am Eingang und am Ausgang der gleiche Wert wie der Wellenwiderstand des Kabels gewählt, so dass diese Bedingung immer erfüllt ist.)

Daraus folgt die allgemein gültige Formel

$$a = 10 \log (U_{\text{ein}}^2 / U_{\text{aus}}^2) = 2 \cdot 10 \log (U_{\text{ein}} / U_{\text{aus}}) = 20 \log (U_{\text{ein}} / U_{\text{aus}})$$

Mit $U_{\text{ein}} = 10\text{V}$ und $U_{\text{aus}} = 5\text{V}$ ergibt sich die Dämpfung der 20 m langen Kabels zu:

$$a = 20 \log (10\text{V} / 5\text{V}) = 6 \text{ dB}$$

- b) Wie hoch ist für das gleiche Nutzsignal der Dämpfungswert des Kabels in dB/100m?

$$a_{(l=100\text{m})} = 5 \cdot a_{(l=20\text{m})} = 5 \cdot 6 \text{ dB} = 30 \text{ dB} / 100\text{m}$$

- c) *Wie hoch ist für das gleiche Nutzsignal die am anderen Ende gemessene Spannung bei einem Kabel gleichen Typs von der Länge 50m?*
Auflösen der Dämpfungsformel nach U_{aus} führt zu:

$$a/20 = \log(U_{\text{ein}}/U_{\text{aus}})$$

$$10^{a/20} = 10^{\log(U_{\text{ein}}/U_{\text{aus}})} = (U_{\text{ein}}/U_{\text{aus}}) \Rightarrow U_{\text{aus}} = U_{\text{ein}}/10^{a/20}$$

Mit a ($l = 50\text{m}$) = 15 dB folgt:

$$U_{\text{aus}} = U_{\text{ein}}/10^{a/20} = 10\text{V}/10^{15/20} = 1,77\text{V}$$

Aufgabe 2

Geben Sie einen typischen Delay-Wert für ein 100m langes Kupferkabel an (d.h. die Laufzeit eines Signals von einem Ende bis zum anderen Ende eines Kupferkabels). Mit der typischen Signalgeschwindigkeit in einem Kabel von 0,6 c ergibt sich der Delay zu:

$$\text{Delay} = t = l / (0,6 c) = 100\text{m} / (0,6 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) = 0,56 \mu\text{s}$$

Aufgabe 3

Was ist unter dem ACR-Wert eines Kabels zu verstehen und welche Größen haben darauf einen Einfluss?

Der ACR Wert (= Attenuation to Crosstalk Ratio) eines Kabels fasst das Übersprechen (NEXT) und die Dämpfung (a) zusammen. Für ein gutes Kabel sollte der ACR Wert möglichst hoch sein.

$$\text{ACR} = \text{NEXT} - a$$

Aufgabe 4

Sie möchten über eine Leitung mit einer Bandbreite (B) von 4 kHz Daten mit einer Übertragungsrate von 64 kbit/s übertragen. Mit wie vielen Signalebenen muss in diesem Fall gearbeitet werden?

Bei dieser Übertragung muss die Kanalkapazität C mindestens 64 kbit/s betragen. Mit den Signalebenen M gilt für C:

$$C = 2 B \log_2(M) \text{ bit}$$

Auflösen der Formel nach M ergibt:

$$C/(2 \text{ B bit}) = \log_2 (M)$$

$$2^{C/(2 \text{ B bit})} = 2^{\log_2 (M)} = M$$

$$M = 2^{(64 \text{ kbit/s} / (2 \cdot 4 \text{ kHz bit}))} = 2^8 = 256$$

Aufgabe 5

Wie hoch muss der Rauschabstand der Leitung aus Aufgabe 4.) sein (d.h. bei einer Leitung mit einer Bandbreite von 4 kHz Daten, über die Daten mit einer Übertragungsrate von 64 kbit/s übertragen werden sollen.)

Zur Berechnung muss das Gesetz von Shannon verwendet werden, dass die Kanalkapazität und den Rauschabstand verbindet:

$$C = B \log_2 (1 + P_s / P_n) \text{ bit}$$

Auflösen der Formel nach P_s / P_n führt auf:

$$C/(B \text{ bit}) = \log_2 (1 + P_s / P_n)$$

$$2^{C/(B \text{ bit})} = 2^{\log_2 (1 + P_s / P_n)} = (1 + P_s / P_n)$$

$$P_s / P_n = 2^{64 / (4 \text{ kHz bit})} - 1 = 2^{16} - 1 = 65535$$

$$\text{SNR} = \log (P_s / P_n) = \log(65535) = 48,16 \text{ dB}$$

Aufgabe 6

Die Leistung des von einem Sender in eine Übertragungsleitung eingespeisten Nutzsignals ist 8 mal so groß wie die Leistung des Grundrauschens der Leitung. Die Leitung hat vom Sender bis zum Empfänger eine Dämpfung von 4 dB. Wie hoch ist der Rauschabstand des empfangenen Signals?

Gegeben sind: $P_{\text{ein}} = 8 P_n$ (Formel 1) und $a = 10 \log (P_{\text{ein}} / P_{\text{aus}}) = 4 \text{ dB}$ (Formel 2), dann (1) in (2) einsetzen und auflösen nach P_{aus} / P_n :

$$a = 10 \log (8 P_n / P_{\text{aus}}) = 4 \text{ dB}$$

$$10^{a/10} = 10^{\log (8 P_n / P_{\text{aus}})} = (8 P_n / P_{\text{aus}})$$

$$P_{\text{aus}} / P_n = 8 / (10^{a/10}) = 8 / (10^{0,4}) = 3,18$$

$$\text{SNR}_{\text{aus}} = 10 \log () = 5,03 \text{ dB}$$