

Braindump Satellitenkommunikation

Klausur SS20

am 20.10.2020

Anmerkung: Aufgrund des verkürzten Semesters wurde der Klausurstoff auf VL 1-7 (von 11) und Übungen 1-6 (von 7) begrenzt.

A1: (16 Punkte)

- 1.1 In den 50er/60er Jahren wurden 2 sehr unterschiedliche Konzepte diskutiert: Übertragung mit aktiven und passiven Kommunikationssatelliten. Stellen Sie diese beiden einander gegenüber.
- 1.2 Geben Sie zu den folgenden Jahreszahlen jeweils einen wichtigen Meilenstein und die entsprechende Errungenschaft für die Satellitenkommunikation an:
1945: _____
1957: _____
1965: _____
- 1.3 Skizzieren Sie den prinzipiellen Aufbau eines Satellitenkommunikationssystems. Ordnen Sie die Komponenten den jeweiligen Segmenten zu. Beschriften und erläutern Sie die wichtigsten und notwendigsten Kommunikationsverbindungen und Aufgaben der Komponenten.
- 1.4 Es gibt verschiedene Dienstekategorien je nach Anwendung. Nennen Sie die vollständigen Namen und jeweils ein typisches Anwendungsbeispiel:
FSS: _____
BSS: _____
MSS: _____
VSAT: _____
SNG: _____
- 1.5 Nennen Sie 3 verschiedene Vor- und Nachteile eines Satellitenkommunikationssystems im Vergleich zu terrestrischen Kommunikationssystemen.

A2: (19 Punkte)

- 2.1 Aus welchen 2 Hauptbestandteilen besteht ein Satellit? Nenne je 4 Komponenten der 2 Hauptbestandteile.
- 2.2 Beschriften Sie die Komponenten eines transparenten Repeaters anhand der Abbildung. Erläutern Sie die prinzipielle Aufgabe in Stichworten in den Kästen (*Anmerkung: in der Klausur waren leere Kästen an den Pfeilen*).

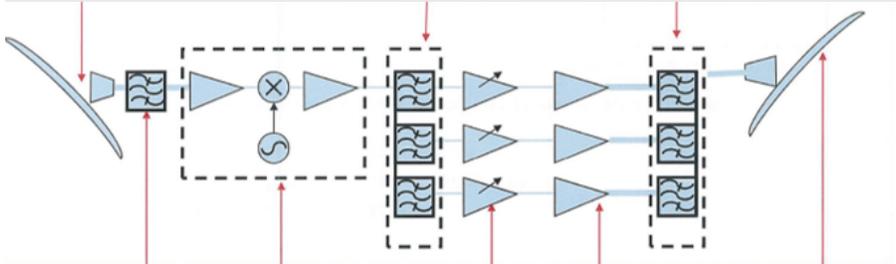


Abbildung 1: Transparenter Repeater (A2.2)

- 2.3 Nennen Sie je 2 Vor-/Nachteile, die Satelliten mit modernen On-Board-Prozessoren gegenüber einfachen Repeatern hat.
- 2.4 Gegeben seien 3 Verstärker zur Signalverstärkung: $F_1 = 100, G_1 = 70dB, F_2 = 1.5, G_2 = 30dB, F_3 = 10, G_3 = 20dB$.
In welche Reihenfolge sollten die Verstärker geschaltet werden, um die geringste Gesamttrauschzahl zu erreichen? Begründen Sie durch Nennung und Erklärung der Friis-Formel.
- 2.5 Im Weltraum gibt es mehrere negative Einflüsse und Widrigkeiten für Satelliten. Nennen Sie 5 und erklären Sie, was die Herausforderungen und negativen Effekte sind.

A3: (10 Punkte)

Signalausbreitung von der Sendeantenne eines GEO-stationären Satelliten zur Empfangsantenne des Terminals auf der Erde.

- 3.1 Nennen Sie die Formel für den Freiraum-Ausbreitungsverlust und erklären Sie dessen Zustandekommen. Welche zentrale Bedingung wird an das Ausbreitungsmedium gestellt?
- 3.2 In der Abbildung sind verschiedene atmosphärische Dämpfungskennlinien für verschiedene Elevationswinkel über der Frequenz dargestellt. Tragen Sie die Werte $E \in \{0, 5, 10, 20, 90\}$ in der richtigen Reihenfolge ein und erklären Sie Ihre Wahl. Tragen Sie auch die zugehörigen Stoffe zu den Absorptionsmaxima ein.

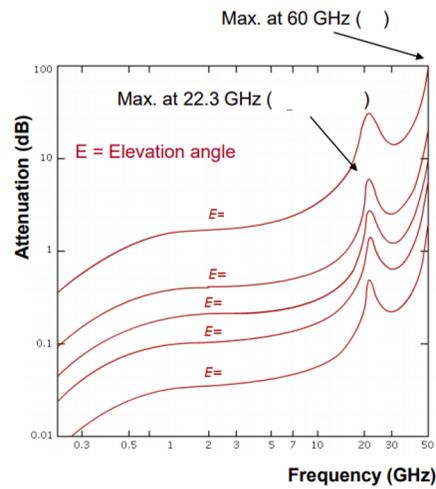


Abbildung 2: Atmosphärische Dämpfungskennlinien (A3.2)

- 3.3 Welche 3 weiteren Verluste können auf dem Übertragungsweg auftreten und wie kommen sie zustande?
- 3.4 Als Mittel gegen die Verluste eignet sich die Verwendung von Link Margin. Erklären Sie dies anhand einer selbst erstellten Skizze einer Bitfehlerkurve. Welche Stellgröße wird verändert, um Link Margin einzustellen?

A4: (10 Punkte)

Es ist die Bodenspur eines Satelliten gegeben (97 Punkte im 15 Minuten Raster).



Abbildung 3: Bodenspur eines Satelliten (A4)

- 4.1 Die Bodenspur welcher Art eines Orbits wird in der Abbildung dargestellt?
- 4.2 Bestimmen Sie die Inklination der Bahnellipse des Satelliten.
- 4.3 Bestimmen Sie die Umlaufzeit und die Länge der großen Halbachse der Bahnellipse des Satelliten (G und M_{Erde} gegeben)
- 4.4 Markieren Sie in der Abbildung das Perigäum mit o und das Apogäum mit x .

A5: (14 Punkte)

Eine Bodenstation sendet ein 20 MHz breites Signal auf 20 GHz an einen Satelliten auf 8000 km Höhe. Die Sendeantenne der Bodenstation hat einen Gewinn von 58 dBi. Am Satelliten kommt das Signal mit einer Leistung von -90 dBm an. Die Empfangsantenne hat einen Gewinn von 15 dBi.

- 5.1 Welche Freiraumdämpfung ergibt sich im Uplink? Für die Entfernung kann die Bahnhöhe angenommen werden. ($c_0 = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$)
 - 5.2 Welchen Durchmesser muss die Parabolantenne (Aperturereffizienz: 80%) der Bodenstation haben, um den gegebenen Antennengewinn zu erreichen?
 - 5.3 Welches SNR ergibt sich am Empfängereingang (LNA) des Satelliten? (Erdtemperatur: 290K, $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \hat{=} -199 dBm/Hz/K$)
- Die Sendeantenne des Satelliten hat einen Gewinn von 30 dBi und die Leistung des ankommenden Signals wird durch Satelliten als ganzes insgesamt um den Faktor 10^{14} verstärkt.
- 5.4 Um wie viel dB wird das Signal im Satelliten durch die Verarbeitungskette zwischen den beiden Antennen verstärkt?
 - 5.5 Im Downlink beträgt die Freiraumdämpfung 193.12 dB. Welche Frequenz wird im Downlink verwendet, wenn der Satellit unter einem Elevationswinkel von 90° empfangen wird?

A6: (15 Punkte)

Ein Satellit befindet sich nach dem Start auf einem Transferorbit mit Perigäum in 10000 km Höhe. Um den Zielorbit in 25000 km Höhe (Perigäum und Apogäum identisch) zu erreichen, wird der Satellit im Apogäum beschleunigt. Der Satellit besitzt ein chemisches Antriebssystem mit einem spezifischen Impuls von 350s.

- 6.1 Berechnen Sie die Bahngeschwindigkeit im Zielorbit unter der Annahme, dass Apogäum und Perigäum von diesem identisch sind (r_{Erde} und GM_{Erde} gegeben).
- 6.2 Welche Geschwindigkeitsänderung ist im Apogäum des Transferorbits nötig, um in den Zielorbit zu gelangen, wenn der Transfer- und der Zielorbit in dergleichen Ebene liegen?
- 6.3 Wie viel Treibstoff wird für eine Geschwindigkeitsänderung Δv von $1500 \frac{m}{s}$ verbraucht, wenn der Satellit zu Beginn eine Masse von 1 t (inklusive Treibstoff) hat?
- 6.4 Wie und aus welchem Grund würde sich der Transfer unterscheiden, wenn der Satellit statt eines chemischen einen elektrischen Antrieb (Ionenantrieb) hätte?
- 6.5 Welche Vor- und Nachteile haben Ionenantriebe gegenüber chemischen Antriebssystemen?

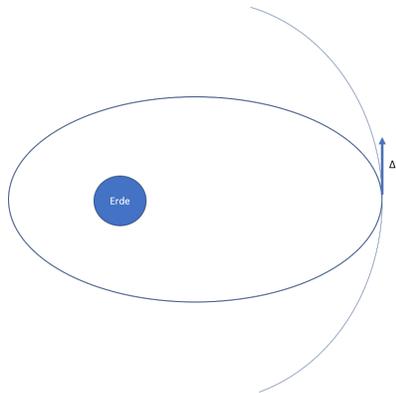


Abbildung 4: Beschleunigung am Apogäum des Transferorbits (A6)