

## Tutorübung zur Vorlesung Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme Übungsblatt 5 (20. Mai – 24. Mai 2013)

**Hinweis:** Die mit \* gekennzeichneten Teilaufgaben sind ohne Kenntnis der Ergebnisse vorhergehender Teilaufgaben lösbar.

### Aufgabe 1 Bitübertragungstechniken

Seit 2010 verbindet ein neues Unterseekabel Japan und die USA. Das Kabel verläuft von Chikura nahe Tokio nach Los Angeles in Kalifornien (ca. 10 000 km) und besteht aus 8 Faserpaaren mit einer Übertragungsrate von insgesamt 7.68 Tbit/s pro Richtung.

Als vereinfachende Annahmen setzen Sie voraus, dass das Licht nur den Weg des Kabels zurücklegt und keine Signalbeeinträchtigungen oder Verzögerungen durch Signalverstärker, Steckverbinder und ähnliches auftreten. Die relative Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht innerhalb einer Glasfaser beträgt (ebenso wie in Kupferleitungen) etwa  $\nu = 2/3$  bezogen auf die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.

a)\* Wie viele Byte können sich maximal gleichzeitig in Hin- und Rückrichtung auf einem Faserpaar befinden (gesucht ist die Summe aus Hin- und Rückrichtung)?

b)\* Welche Speicherkapazität hat das Kabel insgesamt? Geben Sie dabei die Speichergrößen in Gbit wie auch GiB bzw. vergleichbaren Einheiten an.

Um die angegebene Übertragungsrate zu erreichen, wird die Datenübertragung auf 64 verschiedene Wellenlängen je Faser aufgeteilt, auf denen jeweils mit derselben Datenrate gesendet wird.

c)\* Welche Länge hat ein Bit auf einer solchen Faser?

Um ein Gefühl für die errechneten Größen zu bekommen, stellen wir einen Vergleich mit FastEthernet ( $r = 100$  Mbit/s) an. Als Medium werden hier oft Kupferkabel verwendet. Als relative Ausbreitungsgeschwindigkeit nehmen Sie hier ebenfalls  $\nu = \frac{2}{3}$  an.

d) Wie lang ist ein Bit bei FastEthernet im Vergleich zur optischen Übertragung in der vorangegangenen Teilaufgabe?

Die Verlegung und Instandhaltung eines Unterseekabels ist sehr aufwendig. Die Verbindung zwischen den beiden Städten könnte ebenso über Satellit erfolgen. Betrachten Sie die beiden Verbindungswege kurz in Bezug auf die Round-Trip-Time (RTT<sup>1</sup>).

Nehmen Sie dazu an, dass das Unterseekabel in direkter Luftlinienverbindung zwischen Chikura und

---

<sup>1</sup>Als RTT bezeichnet man die Zeit, die eine Nachricht vom Sender zum Empfänger und wieder zurück benötigt.

Los Angeles liegt. Vernachlässigen Sie dabei die Erdkrümmung. Ein geostationärer Satellit (36 000 km Höhe) befindet sich genau über dem Mittelpunkt der Strecke.

e) Wie groß ist die RTT beim Glasfaserkabel?

f) Weswegen kann in diesem Fall bei der Bestimmung der RTT die Serialisierungszeit  $t_s$  vernachlässigt werden?

g) Wie groß ist die RTT bei der Satellitenverbindung?

## **Aufgabe 2 Cyclic Redundancy Check (CRC)**

Die Nachricht 10101100 werde mit der Standard-CRC-Methode aus der Vorlesung gesichert. Das Generatorpolynom sei  $g(x) = x^3 + 1$ .

a)\* Aus wie vielen Bit besteht die Checksumme?

b) Bestimmen Sie die Checksumme für die gegebene Nachricht.

c) Geben Sie die übertragene Bitfolge an.

Bei der Übertragung trete nun das Fehlermuster 0010000000 auf.

d)\* Wie lautet die empfangene Bitfolge?

e) Zeigen Sie, dass der Übertragungsfehler erkannt wird.

f)\* Geben Sie ein Fehlermuster an, welches nicht erkannt werden kann.