

Aufgabe 27: Linear Bounded Arrival Process

(30 Punkte)

Bei einem „Linear Bounded Arrival Process“ (LBAP) ist die Menge $L(t)$ der in einem Zeitintervall der Länge t ankommenden Daten beschränkt durch $L(t) \leq d_0 + t \cdot d_c$.

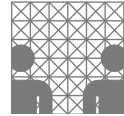
- Geben Sie jeweils ein Beispiel für eine sinnvolle Maßeinheit, in der d_0 bzw. d_c angegeben werden kann.
- Wieviel Daten kann ein gemäß LBAP beschränkter Sendeprozess in vernachlässigbar kleinen Zeitintervallen ($\lim_{t \rightarrow 0}$) erzeugen?
- Wieviel Datenrate muss man im Falle von Leitungsvermittlung für diesen Sendeprozess mindestens reservieren, wenn sendeseitig ein Puffer von d_0 [bit] bereitsteht und garantiert werden soll, dass auch sehr langfristig keinerlei Datenverluste beim Sender auftreten sollen?
- Überlegen Sie, in welchen Situationen in der Telekommunikationsbranche Vereinbarungen auf der Basis eines gemäß LBAP beschränkten Ankunftsprozesses nützlich sein könnten. Finden Sie (z.B. mithilfe von Internet) heraus, ob an dieser Stelle bereits Standardisierungs-bemühungen angestrebt bzw. Empfehlungen (z.B. von der IETF) ausgesprochen worden sind.
- Gegeben sei eine Überlagerung von n Sendern S_1, S_2, \dots, S_n , die zu übertragende Daten generieren und jeweils gemäß LBAP beschränkt sind, d.h. $L_i(t) \leq d_{0,i} + t \cdot d_{c,i}$ für alle Sender $S_i, i \in \{1, 2, \dots, n\}$. Ist auch der aus der Überlagerung resultierende Gesamtdatenstrom gemäß LBAP beschränkt? Wenn ja, wie sind dann die Parameter für das entsprechende LBAP-Modell zu wählen?

Aufgabe 28: Bandspreizverfahren

(30 Punkte)

In der DKR-Vorlesung wurden zwei Klassen von Bandspreizverfahren betrachtet, die zur Datenübertragung in Mobilfunknetzen eingesetzt werden: DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) und FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum).

- Nennen Sie jeweils zwei Vor- und zwei Nachteile der beiden Verfahren.
- Illustrieren Sie die beiden Verfahren (durch graphische Darstellung der jeweils übertragenen Signalfunktionen) bei Übertragung der Nutzdatenbitfolge 10001010, wobei
 - im Falle von DSSS eine „Chipping-Sequenz“ von 1010 zu verwenden ist
 - im Falle von FHSS eine Frequenzmodulation mit 3 Trägersequenzen ν_1, ν_2 und ν_3 und „fast hopping“ (d.h. die Trägerfrequenz wird während eines Nutzdatenbits dreimal gewechselt) mit Trägerfrequenzreihenfolge $\nu_1 \rightarrow \nu_2 \rightarrow \nu_3$ verwendet werden soll.



Aufgabe 29: Fehlerkontrolle, „End-to-End“ vs. „Node-to-Node“ (40 Punkte)

- a) Wir betrachten eine Datenübertragung zwischen einem Sender S und einem Empfänger E über einen Vermittlungsrechner VR . Die Leitungen zwischen S und VR sowie VR und E sind vollduplex. Es sollen drei Pakete P_1 , P_2 und P_3 von S zu E übermittelt werden, die in S zu den Zeitpunkten $t = 0, 2, 4$ [ZE] (ZE = Zeiteinheiten) erzeugt werden. Die Sendedauer jedes Pakets beträgt 1 ZE, die Signallaufzeit für jede Teilstrecke beträgt ebenfalls 1 ZE. Der Sender hat ausreichend Kredit, um alle drei Pakete sofort zu verschicken. Der VR beginnt die Weiterversendung jedes Pakets erst nach dessen vollständigem Empfang.

Es wird angenommen, dass sowohl die Übertragung von P_1 auf der *zweiten Teilstrecke* als auch die Übertragung von P_2 auf der *ersten Teilstrecke* derart gestört ist, dass sie als fehlerhaft erkannt werden.

Für diese Situation sollen zwei Fehlerkontrollstrategien verglichen werden:

- i) „End-to-End“-Fehlerkontrolle: der VR verwirft fehlerhafte Pakete. Der Empfänger erzeugt eine selektive negative Quittung $SREJ(n)$ falls ein Paket in falscher Reihenfolge eintrifft, wobei die Zahl n in diesem Fall die kleinste ausstehende Nummer darstellt, für die noch kein $SREJ$ verschickt wurde. Falls ein beschädigtes Paket mit der Sequenznummer n eintrifft, erzeugt der Empfänger ebenfalls eine selektive negative Quittung $SREJ(n)$. Die Länge der $SREJ$ -Nachrichten kann vernachlässigt werden. Bei Erhalt einer $SREJ(n)$ -Nachricht wiederholt deren Empfänger nur das Paket mit der Sequenznummer n .
- ii) „Node-to-Node“-Fehlerkontrolle: wie „End-to-End“, aber hier erzeugt und beantwortet auch der VR $SREJ$ -Nachrichten.

Stellen Sie den Ablauf bei „End-to-End“- und „Node-to-Node“-Fehlerkontrolle graphisch in einem Ort-Zeit-Diagramm dar und vergleichen Sie die Effizienz der beiden Strategien (z.B. indem Sie die für die Übertragung der drei Pakete erforderliche Zeit angeben). (20 Punkte)

- b) Welcher zusätzliche Aufwand muss für die Einführung von „Node-to-Node“-Fehlerkontrolle in Kauf genommen werden? Unter welchen Umständen könnte ausschließliche „End-to-End“-Fehlerkontrolle günstiger sein? Kann man generell auf zusätzliche „End-to-End“-Fehlerkontrolle verzichten, wenn eine zuverlässige „Node-to-Node“-Fehlerkontrolle vorhanden ist? (5 Punkte)
- c) Wieviele Sendeversuche benötigt man im Mittel für die erfolgreiche Übertragung eines Datenblocks der Länge L auf Datenschichtung, wenn auf der entsprechenden Leitung Blöcke dieser Länge mit Wahrscheinlichkeit p_L verfälscht werden? Jeder Block werde mittels Einzelquittung positiv oder negativ bestätigt. Blockverfälschungen sollen unabhängig auftreten, stets erkannt und Quittungen niemals fehlerhaft übertragen werden. Überdies werden Blockverluste vernachlässigt. Die Anzahl der Sendeversuche sei nicht limitiert. (15 Punkte)