

## 6. Übung zu Kommunikationsnetze II

Prof. Dr. Rudolf Mathar, Gernot Fabeck, Georg Böcherer  
8.6.2009

**Aufgabe 1.** Es sei  $\{N_t\}_{t \geq 0}$  ein Poisson-Prozess mit Intensität  $\lambda > 0$ . Zeigen Sie, dass für  $0 < s < t$  und  $i \leq j$  mit  $i, j \in \mathbb{N}_0$  gilt

$$P(N_s = i | N_t = j) = \binom{j}{i} \left(\frac{s}{t}\right)^i \left(1 - \frac{s}{t}\right)^{j-i}.$$

**Aufgabe 2.** Das ALOHA-Protokoll wurde 1971 für das ALOHAnet als einfaches Protokoll zur Zugriffssteuerung auf ein gemeinsames Übertragungsmedium entwickelt und bildete später die Grundlage für das Ethernet-Protokoll.

Beim reinen ALOHA kann jeder Teilnehmer zu einem beliebigen Zeitpunkt ein Datenpaket konstanter Länge verschicken. Überlappt sich die Übertragung von Paketen unterschiedlicher Teilnehmer, so kollidieren diese Pakete und zerstören sich. Nach einer zufälligen Wartezeit können Pakete erneut versendet werden.

Betrachten Sie ein Netz mit  $k$  Stationen und nehmen Sie dabei an, dass jede Station ihre Pakete gemäß eines Poisson-Prozesses mit Parameter  $\lambda > 0$  versendet. An einer Station sei die Zeit zwischen der Übertragung zweier Pakete also  $\text{Exp}(\lambda)$ -verteilt, unabhängig davon, ob das vorhergehende Paket zerstört wurde oder nicht (in diesem Modell wird zugelassen, dass eine Station ihr eigenes Paket zerstören kann). Jedes Paket sei genau eine Zeiteinheit lang.

- Geben Sie den Parameter  $\lambda_{\text{tot}}$  des Poisson-Prozesses  $N_t$  an, der die Anzahl sämtlicher versendeter Pakete von allen  $k$  Stationen beschreibt.
- Die Zufallsvariable  $Q_n \sim \text{Bin}(1, p)$ ,  $n \in \mathbb{N}$ , habe den Wert Eins, falls das  $n$ -te Paket erfolgreich übertragen wird, und den Wert Null, falls es zerstört wird, da es mit dem  $(n-1)$ -ten oder dem  $(n+1)$ -ten Paket überlappt. Bestimmen Sie  $p$  als Funktion von  $\lambda_{\text{tot}}$ . Gehen Sie davon aus, dass zum Zeitpunkt  $t = 0$  die Übertragung des 0-ten Pakets beginnt.
- Berechnen Sie die erwartete Anzahl nicht zerstörter Pakete bis zum Zeitpunkt  $t > 0$  einschließlich des nächsten, also  $E(\sum_{n=1}^{N_t+1} Q_n)$ , als Funktion von  $\lambda_{\text{tot}}$ . Zählen Sie dabei das 0-te Paket nicht mit und nutzen Sie den unten angegebenen Hinweis. Bestimmen Sie weiterhin den Durchsatz des Kanals, also die erwartete Anzahl nicht zerstörter Pakete pro Zeiteinheit

$$d_{\text{ALOHA}}(\lambda_{\text{tot}}) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} E(\text{Anzahl nicht zerstörter Pakete bis zum Zeitpunkt } t)$$

Wie groß ist der maximale Durchsatz und für welchen Wert von  $\lambda$  wird er angenommen?

- d) Als Alternative zu ALOHA wurde slotted ALOHA vorgeschlagen. Dabei darf die Übertragung eines Pakets nur zu vorgegebenen Zeitpunkten  $t = 0, 1, 2, 3, \dots$  beginnen. Welcher Durchsatz ergibt sich für slotted ALOHA, wenn die Übertragungswahrscheinlichkeit  $q$  für jede Station in jedem Slot so gewählt wird, dass die erwartete Anzahl gesendeter Pakete pro Station und pro Slot dem Wert für ALOHA entspricht, also  $q = \lambda_{\text{tot}}/k$ , wobei  $\lambda_{\text{tot}}/k < 1$ . Geben Sie den Durchsatz  $d_{\text{SALOHA}}(\lambda_{\text{tot}})$  von slotted ALOHA für festes  $k$  und im Grenzwert  $k \rightarrow \infty$  an.
- e) Vergleichen Sie den Durchsatz von ALOHA mit dem von slotted ALOHA im Grenzwert  $k \rightarrow \infty$ .

**Hinweis:** Benutzen Sie, dass für die oben eingeführten Größen gilt

$$\mathbb{E}\left(\sum_{n=1}^{N_t+1} Q_n\right) = \mathbb{E}(N_t + 1) \cdot \mathbb{E}(Q_1).$$