

| | |
|--|------------|
| Kapitel 1 | |
| Elementare Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung und Leistungsmerkmale des klassischen Ethernet | 1 |
| 1.1 Einleitung | 1 |
| 1.1.1 Die Binomialverteilung | 3 |
| 1.1.2 Die maximale Wahrscheinlichkeit von p_1 | 8 |
| 1.2 Die Erfolgswahrscheinlichkeit bei k Versuchen | 11 |
| 1.2.1 Die geometrische Verteilung | 11 |
| 1.3 Die diskrete Zufallsvariable | 15 |
| 1.3.1 Die Verteilungsfunktion einer diskreten Zufallsvariablen | 16 |
| 1.4 Die durchschnittliche Anzahl der Versuche; der Erwartungswert | 19 |
| 1.4.1 Die durchschnittliche Anzahl der Kollisionen; der Erwartungswert | 28 |
| 1.5 Die Kanaleffizienz bei CSMA/CD | 30 |
| 1.6 Der Binary Exponential Backoff-Algorithmus | 38 |
| 1.6.1 Simulation der Zufälligkeit | 46 |
| 1.7 Die durchschnittliche Anzahl sendender Stationen; der Erwartungswert | 48 |
| 1.8 Die Poisson-Verteilung selten sendender Stationen und der Erwartungswert | 54 |
| 1.9 Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse | 58 |
| 1.10 Varianz und Streuung der diskreten Zufallsvariablen | 64 |
| 1.10.1 Herleitung der Varianz aus der erzeugenden Funktion | 68 |
| 1.10.1.1 Varianz und Streuung der geometrisch verteilten Zufallsvariablen | 69 |
| 1.10.1.2 Varianz und Streuung der binomialverteilten Zufallsvariablen | 71 |
| 1.10.1.3 Varianz und Streuung der Poisson-verteilten Zufallsvariablen | 74 |
| 1.11 Approximation der Binomialverteilung durch die Normalverteilung | 75 |
| 1.11.1 Der Erwartungswert und die Varianz einer stetigen Zufallsvariablen | 100 |
| 1.11.1.1 Der Erwartungswert der $N(\mu, \sigma^2)$ -verteilten Zufallsvariablen | 102 |
| 1.11.1.2 Die Varianz und die Streuung der $N(\mu, \sigma^2)$ -verteilten Zufallsvariablen | 104 |
| 1.11.2 Die Wendepunkte der $N(\mu, \sigma^2)$ -verteilten Zufallsvariablen | 107 |
| 1.11.3 Der Erwartungswert der $N(0,1)$ -verteilten Zufallsvariablen | 110 |
| 1.11.4 Die Varianz und die Streuung der $N(0,1)$ -verteilten Zufallsvariablen | 111 |
| 1.11.5 Die Wendepunkte der $N(0,1)$ -verteilten Zufallsvariablen | 112 |
| 1.11.6 Die Verteilungsfunktion der normalverteilten Zufallsvariablen | 116 |
| 1.12 Bedingte Wahrscheinlichkeiten und unabhängige Ereignisse | 126 |
| 1.12.1 Die vollständige Wahrscheinlichkeit und die Formel von Bayes | 131 |
| 1.13 Zweidimensionale diskrete Zufallsvariablen | 135 |
| 1.13.1 Verteilungsfunktion einer diskreten zweidimensionalen Zufallsvariablen | 145 |
| 1.14 Mehrdimensionale diskrete Zufallsvariablen | 148 |
| 1.15 Summen und Produkte von zwei- und mehrdimensionalen diskreten Zufallsvariablen | 154 |
| 1.15.1 Die Kovarianz von zwei- und mehrdimensionalen diskreten Zufallsvariablen | 160 |
| 1.15.2 Die Verteilungsfunktion einer diskreten mehrdimensionalen Zufallsvariablen | 165 |
| Kapitel 2 | |
| Grundzüge der Informationstheorie | 169 |
| 2.1 Der Informationsgehalt (die Formel von Hartley) | 169 |
| 2.2 Die Entropie (die Formel von Shannon) | 173 |
| 2.3 Die Entropie unabhängiger Verbundzeichen | 178 |

| | |
|--|-----|
| 2.4 Die Entropie abhängiger Verbundzeichen | 183 |
| 2.5 Informationsfluss und Kanalkapazität | 204 |
| 2.6 Kontinuierliche Nachrichtenquellen und zufällige Signale | 215 |
| 2.6.1 Die differentielle Entropie und Transinformation | 219 |
| 2.6.2 Gleichmäßig verteilte Zufallssignale | 225 |
| 2.6.3 Normalverteilte Zufallssignale | 228 |
| 2.6.4 Die Kanalkapazität nach Shannon | 231 |

Kapitel 3

Stochastische Prozesse 234

| | |
|---|-----|
| 3.1 Einführung | 234 |
| 3.2 Markov-Ketten | 234 |
| 3.2.1 Die Berechnung der Zustands- und Übergangswahrscheinlichkeit | 237 |
| 3.2.2 Stationäre Verteilung | 243 |
| 3.2.3 Die Berechnung der Ankunfts-wahrscheinlichkeiten | 247 |
| 3.2.4 Die Berechnung der Übergangszeiten | 250 |
| 3.3 Prozesse mit kontinuierlicher Zeit | 259 |
| 3.3.1 Der Poisson-Prozess | 262 |
| 3.3.2 Die Exponentialverteilung als Grenzwert der geometrischen Verteilung | 267 |
| 3.4 Markov-Prozess | 277 |
| 3.4.1 Der Birth- and Death-Prozess | 278 |
| 3.4.2 Die M/M/1-Warteschlange | 282 |
| 3.4.2.1 Die durchschnittliche Anzahl von Nachrichten im System | 284 |
| 3.4.2.2 Die durchschnittliche Anzahl von Nachrichten in der Warteschlange | 285 |
| 3.4.2.3 Die durchschnittliche Aufenthaltszeit einer Nachricht im System | 286 |
| 3.4.2.4 Die durchschnittliche Aufenthaltszeit einer Nachricht in der Warteschlange | 286 |
| 3.4.2.5 Die Formeln von Little | 287 |
| 3.4.2.6 Die Gamma-Funktion und die Erlang-Verteilung | 290 |
| 3.4.2.6.1 Die Verteilung der Zufallsvariablen T = Wartezeit im Warteschlangensystem | 293 |
| 3.4.2.6.2 Die Verteilung der Zufallsvariablen T_s = Wartezeit in der Warteschlange | 298 |
| 3.4.3 Die M/M/1/k-Warteschlange | 302 |
| 3.4.3.1 Die mittlere Anzahl von Nachrichten im System | 303 |
| 3.4.3.2 Die mittlere Anzahl von Nachrichten in der Warteschlange | 305 |
| 3.4.3.3 Die mittlere Aufenthaltszeit einer Nachricht im System | 307 |
| 3.4.3.4 Die mittlere Aufenthaltszeit einer Nachricht in der Warteschlange | 308 |
| 3.4.4 Die M/M/s-Multiserver-Warteschlange | 310 |
| 3.4.4.1 Die mittlere Anzahl von Nachrichten $E(L_s)$ in der Warteschlange | 315 |
| 3.4.4.2 Die mittlere Aufenthaltszeit einer Nachricht $E(T_s)$ in der Warteschlange | 316 |
| 3.4.4.3 Die mittlere Aufenthaltszeit einer Nachricht $E(T)$ im System | 317 |
| 3.4.4.4 Die mittlere Anzahl von Nachrichten $E(L)$ im System | 317 |
| 3.4.4.5 Die Erlang'sche C-Formel | 318 |
| 3.4.4.6 Die Verteilung der Zufallsvariablen T_s = Wartezeit in der Warteschlange | 321 |
| 3.4.4.7 Die Verteilung der Zufallsvariablen T = Aufenthaltszeit im M/M/s-Warteschlangensystem | 328 |
| 3.4.5 Die M/M/s/k-Multiserver-Warteschlange | 335 |
| 3.4.5.1 Die mittlere Anzahl von Nachrichten $E(L_s)$ in der Warteschlange | 336 |
| 3.4.5.2 Die mittlere Anzahl von Nachrichten $E(L)$ im System | 338 |

| | |
|---|-----|
| 3.4.5.3 Die mittlere Aufenthaltszeit einer Nachricht $E(T_s)$ in der Warteschlange | 339 |
| 3.4.5.4 Die mittlere Aufenthaltszeit einer Nachricht $E(T)$ im System | 339 |
| 3.4.5.5 Die Verteilung der Zufallsvariablen T_s = Wartezeit in der Warteschlange | 342 |
| 3.4.5.5.1 Die Wartezeitverteilung in der Warteschlange des M/M/1/k -Systems | 348 |
| 3.4.5.6 Die Verteilung der Zufallsvariablen T = Aufenthaltszeit im M/M/s/k-Warteschlangensystem | 351 |
| 3.4.5.6.1 Die Verteilung der Zufallsvariablen T = Aufenthaltszeit im M/M/1/k -Warteschlangensystem | 353 |
| 3.4.6 Warteschlangen für Quellen mit endlicher Anzahl von Nachrichten | 355 |
| 3.4.6.1 Die mittlere Anzahl $E(L)$ von Nachrichten im System | 359 |
| 3.4.6.2 Die mittlere Anzahl $E(L_s)$ von Nachrichten in der Warteschlange | 359 |
| 3.4.6.3 Die mittlere Aufenthaltszeit $E(T)$ einer Nachricht im System | 360 |
| 3.4.6.4 Die mittlere Aufenthaltszeit $E(T_s)$ einer Nachricht in der Warteschlange | 360 |
| Kapitel 4 | |
| Zyklischer Redundanzcode (CRC) mit Fehlererkennung | 363 |
| 4.1 Einleitung | 363 |
| 4.2 Cyclic Redundancy Code (CRC) | 364 |
| 4.3 Die modulo m Rechnung | 365 |
| 4.3.1 Die Arithmetik im Galois-Feld $GF(2)$ | 366 |
| 4.4 Fehlererkennung mit der Polynomcodemethode | 367 |
| 4.5 Zyklische Eigenschaften | 369 |
| 4.6 Modulo2 Division und Hardware | 370 |
| 4.7 Modulo2 Division und Software | 376 |
| 4.7.1 frame check sequence-Berechnung für 1 Oktet | 377 |
| 4.7.2 frame check sequence-Berechnung für n Oktets | 380 |
| Kapitel 5 | |
| Grundzüge der statistischen Systemtheorie | |
| 5.1 Funktion einer Zufallsgröße und ihr Erwartungswert | 382 |
| 5.2 Der Korrelationskoeffizient | 384 |
| 5.3 Die Autokorrelationsfunktion | 391 |
| 5.3.1 Beispiele für Autokorrelationsfunktionen | 395 |
| 5.3.2 Die Autokorrelationsfunktion des weißen Rauschens | 406 |
| 5.4 Der Dirac-Impuls | 408 |
| 5.4.1 Die Ausblendeigenschaft des Dirac-Impulses | 410 |
| 5.5 Die spektrale Leistungsdichte als Fourier-Transformierte der Autokorrelationsfunktion | 412 |
| 5.5.1 Beispiel 1: Die e -Funktion und ihr Spektrum | 413 |
| 5.5.2 Beispiel 2: Der Dirac-Impuls und die zugehörige Spektralfunktion (weißes Rauschen) | 416 |
| 5.5.3 Beispiel 3: Die sinc-Funktion und ihr Spektrum | 417 |
| 5.5.4 Beispiel 4: Der Rechteckimpuls und die zugehörige Spektralfunktion | 418 |
| 5.6 Die Autokorrelationsfunktionen periodischer Signale (z.B. Cosinusschwingung) | 420 |
| 5.6.1 Die spektrale Leistungsdichte der Cosinusfunktion | 423 |
| 5.7 Lineare zeitinvariante Systeme (LZI-Systeme) | 425 |
| 5.7.1 Das Faltungsintegral | 429 |
| 5.7.2 Die Übertragungsfunktion und ihr Zusammenwirken mit der Impulsantwort | 436 |

| | |
|--|-----|
| 5.7.3 Mittelwert und Autokorrelationsfunktion der Systemreaktionen | 439 |
| 6. Anhang (Tabelle der Fouriertransformierten) | 450 |
| 7. Personen- und Sachregister | 451 |