

Mobilkommunikation

8. Übung

Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Weber

13. Januar 2023

Universität Rostock

1. Aufgabe

Ein Mobilfunksystem verwendet ein schmalbandiges Übertragungsverfahren, so dass der Kanal durch einen einzigen Kanalkoeffizienten \underline{H} beschrieben werden kann. Bei konstanter Sendeleistung ergibt sich die Empfangsleistung durch Multiplikation der Sendeleistung mit dem Kanalgewinn

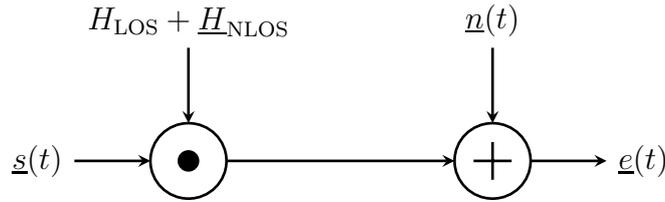
$$g = |\underline{H}|^2.$$

Die Kommunikation fällt aus, wenn der Kanalgewinn g unter eine gewisse Schwelle g_{\min} fällt. Dies geschieht mit der Ausfallwahrscheinlichkeit

$$P_{\text{out}} = \Pr\{g < g_{\min}\}.$$

Neben den indirekten Pfaden existiert zusätzlich ein direkter Pfad, das heißt der Kanalkoeffizient \underline{H} ergibt aus der Summe des direkten Pfades H_{LOS} und eines mittelwertfreien normalverteilten Anteils $\underline{H}_{\text{NLOS}}$, siehe Abbildung. Der Kanalkoeffizient H_{LOS} des direkten Pfades ist hier vereinfachend als reell angenommen. Der Kanalkoeffizient \underline{H} ist dann normalverteilt mit dem Mittelwert H_{LOS} und der Varianz $\sigma_{\text{H}}^2/2$ von Realteil und Imaginärteil. Da der direkte Pfad H_{LOS} und der mittelwertfrei normalverteilte Anteil $\underline{H}_{\text{NLOS}}$ des Kanalkoeffizienten unkorreliert sind, ergibt sich der mittlere Kanalgewinn zu

$$E\{g\} = H_{\text{LOS}}^2 + \sigma_{\text{H}}^2.$$



- a) Zeigen Sie, dass der Betrag

$$H = |\underline{H}|$$

des Kanalkoeffizienten \underline{H} Rice-verteilt mit dem Rice-Faktor

$$K = \frac{H_{\text{LOS}}^2}{\sigma_{\text{H}}^2}$$

ist! Skizzieren Sie diese unter Verwendung der modifizierten Besselfunktion erster Art und nullter Ordnung

$$I_0(z) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi e^{\pm z \cos(\theta)} d\theta$$

darstellbare Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion $p_{\text{H}}(H)$ für verschiedene Rice-Faktoren $K = 0; 1; 5!$

- b) Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion $p_g(g)$ des Kanalgewinns $g!$ Betrachten Sie auch den Spezialfall $K = 0$, in dem kein direkter Pfad vorhanden ist. Skizzieren Sie die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion $p_g(g)$ für verschiedene Rice-Faktoren $K = 0; 1; 5!$
- c) Berechnen Sie die Ausfallwahrscheinlichkeit P_{out} als Funktion des auf die Schwelle g_{min} normierten mittleren Kanalgewinns $E\{g\}!$ Zur Darstellung des Ergebnisses können Sie die Marcum-Q-Funktion

$$Q(a, b) = \int_b^\infty x I_0(ax) e^{-\frac{x^2+a^2}{2}} dx$$

verwenden. Betrachten Sie auch den Spezialfall $K = 0$, in dem kein direkter Pfad vorhanden ist. Skizzieren Sie die Ausfallwahrscheinlichkeit P_{out} als Funktion des auf die Schwelle g_{min} normierten mittleren Kanalgewinns $E\{g\}$ für verschiedene Rice-Faktoren $K = 0; 1; 5!$

- d) Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion $p_\varphi(\varphi)$ des Arguments φ des Rice-verteilten Kanalkoeffizienten $\underline{H}!$ Betrachten Sie auch den Spezialfall $K = 0$, in dem kein direkter Pfad vorhanden ist. Skizzieren Sie die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion $p_\varphi(\varphi)$ für verschiedene Rice-Faktoren $K = 0; 1; 5!$
- e) Unter welchen Voraussetzungen sind der Betrag H und das Argument φ des Kanalkoeffizienten \underline{H} stochastisch unabhängig?