



به نام خدا

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

دانشکده مهندسی برق و

کامپیوتر

مخابرات بیسیم

استاد: دکتر صباغیان

تمرین کامپیوتری ۱

محمدجواد جاویدی

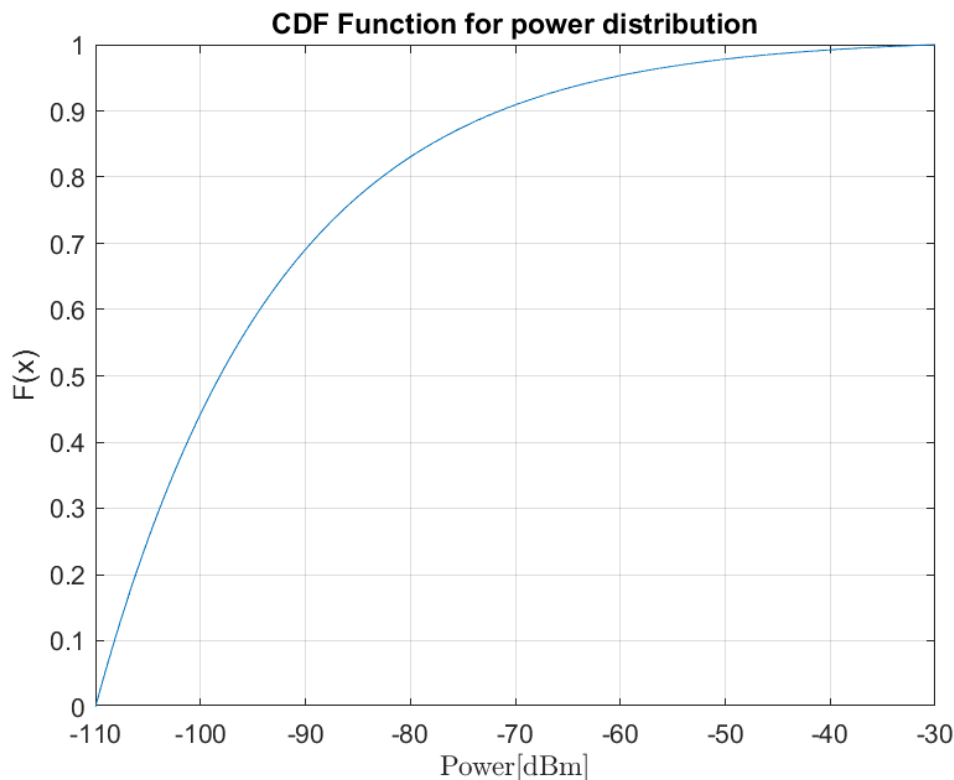
۸۱۰۱۹۸۳۷۶

بهار ۱۴۰۲

سوال یک

الف: مقدار توان سیگنال دریافتی در فاصله $(d > d_0)$ را برای هر کاربر بدست آورید و نمودار توزیع تجمعی CDF این مقادیر را رسم کنید.

در این بخش با توجه به تعداد User های شبکه فاصله ۱۰ متر تا یک کیلومتر را تقسیم میکنیم و سپس با فرمول داده شده و ضریب توان اتلاقی توان ورودی در فرستنده را محاسبه میکنیم.

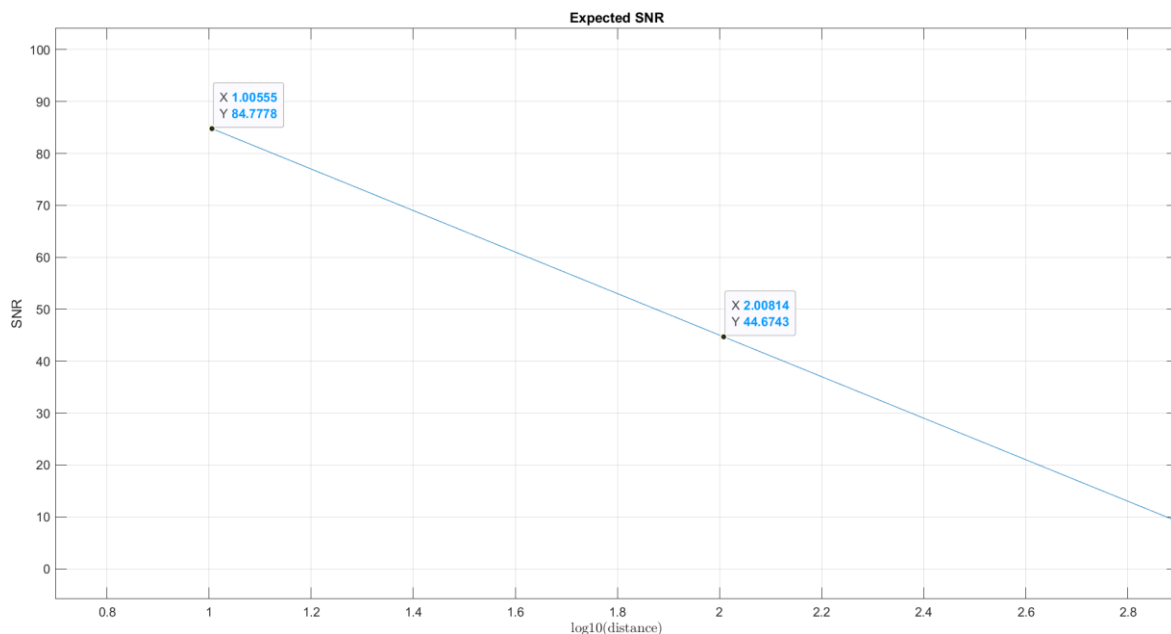


ب: نمودار مقدار امید $SNR^{dB} = P_r^{dBm} - P_{noise}^{dBm}$ را بر حسب فاصله رسم کنید.

در این بخش ابتدا توان نویز را محاسبه میکنیم.

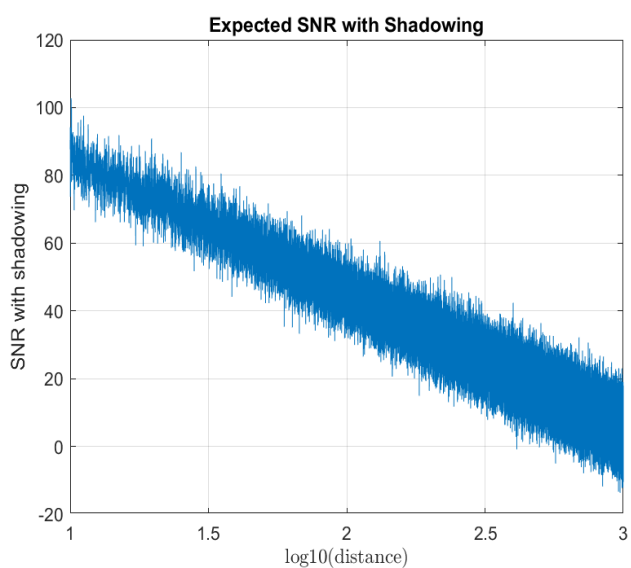
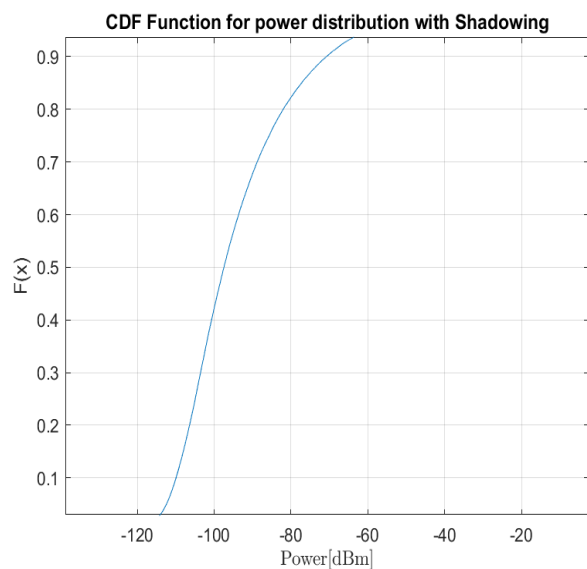
$$P_{noise}^{dB} = P_{noise}^{dBm} - 30 = -175 + 10\log_{10}(Bandwidth) - 30 = -145^{dB}$$

سپس به رسم نمودار امید میپردازیم.



همانطور که در درس هم اشاره شد SNR در صورت نبود *Shadowing* با ضریب d^{-4} کاهش میابد. در نمودار بالا هم این مورد نشان داده شده است که با یک واحد طی کردن محور عرضی ۴۰ واحد محور طولی کاهش میابد.

ج: نمودار *CDF* توان سیگنال دریافتی و همچنین نمودار SNR کاربران را در حضور *Shadowing* رسم کنید.



همانطور که میدانیم اثر *Shadowing* با متغیر گوسی مدلسازی سازی شده است و همچنین بنابر قضیه حد مرکزی میدانیم که مقدار زیادی داده بایکدیگر جمع شوند توزیع حاصل گوسی با میانگین و واریانس مشخص خواهد بود. بنابراین و باتوجه به رابطه

$$P_r^{dBm} = P_0^{dBm} - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + X^{dB} \rightarrow P_r \sim N \left(P_0^{dBm} - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right), \sigma_{dB,X}^2 \right)$$

لذا شکل بالا توجیه پذیر است.

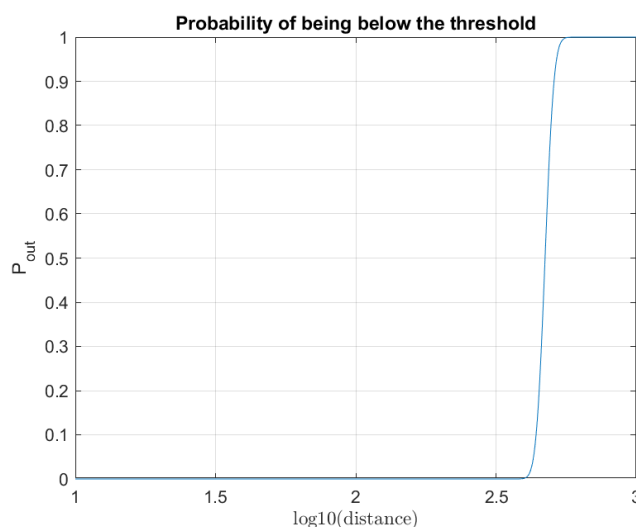
در مورد نمودار SNR نیز باید اضافه کرد که سیگنال به صورت خطی کاهش نمیابد چرا که توان دریافتی یک متغیر تصادفی است و باید میانگین واریانس آنرا هم در نظر گرفت که به شکل بالا دچار خواهد شد.

د: نمودار مقدار احتمال خاموشی $P_{out} = \Pr(SNR < SNR_{min})$ را بر حسب لگاریتم d رسم

کنید. فرض کنید $SNR_{min}^{dB} = 18^{dB}$

$$\begin{aligned} P_{out} &= \Pr(SNR < SNR_{min}) = \Pr(P_r - P_{noise} < P_{r,min} - P_{noise}) = \Pr(P_r^{dBm} < P_{r,min}^{dBm}) \\ &= \Pr \left(P_0^{dBm} - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + X < 48^{dBm} + P_{noise}^{dB} \right) \\ &= 1 - Q \left(\frac{\left(48^{dBm} + P_{noise}^{dB} - \left(P_0^{dBm} - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) \right) \right)}{\sigma_{dB}} \right) \end{aligned}$$

با توجه به مقادیر اولیه مسئله به نمودار احتمال قطع زیر خواهیم رسید.



مقایسه دو نمودار: در واقع محور عمودی دو نمودار یکسان است ، چرا که مفهوم احتمال قطع و تابع توزیع تجمعی هر دو یکسانند. لذا اگر در احتمالی مشخص به دو نمودار نگاه کنیم ، از یکی از نمودار ها توان ارسالی به سمت فرستنده مشخص میشود و از نمودار دیگری در همان احتمال فاصله آن نقطه بدست خواهد آمد.

ه: چ مساحتی از نوار، تحت پوشش Base Station قرار میگیرد؟

در شبیه سازی از آنجایی که از اثر *shadowing* صرفنظر میکنیم ، میتوانیم اولین اندیسی که SNR آن از SNR_{min} کمتر شده است را در نظر گرفته، فاصله آن از *Base Station* را یافته و سپس مساحت موردنظر را محاسبه کرد:

```
idx_min = min(find(SNR<=SNR_min));  
min_rad = user_dist(idx_min);  
min_Area = pi*(min_rad^2 - d0^2) % Minimum Area using simulation
```

$$S_{Analytical} = 7.03 * 10^5$$

برای محاسبات دستی نیز میتوان از روابط گفته شده استفاده کرد:

```
a = (SNR_min + (Pnoise + 30) - Pr_user(end))/sigma_db  
b = 10*n*log10(exp(1))/sigma_db  
C = qfunc(a) + exp((2-2*a*b)/b^2)*qfunc((2 - a*b)/b)  
min_Area_anl = pi*D^2*C|
```

$$Min - area - anl = 8.27 * 10^5$$

سوال دو

میدانیم پاسخ فرکانسی کانال گفته شده به صورت کلی به شکل زیر است:

$$c(\tau, t) = \sum_{n=0}^{N(t)} \alpha_n(t) e^{-j\phi_n(t)} \delta(\tau - \tau_n(t)),$$

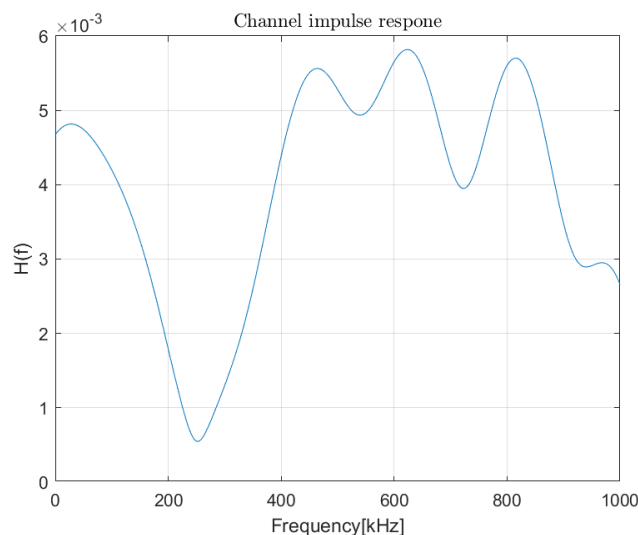
کانال گفته شده در سوال به این صورت است که گین تاخیرها توزیع رایلی با پارامتر متناسب با هر تاخیر است، تاخیرها توزیع یکنواخت و زاویه نیز توزیع یکنواخت دارد. از توزیع زاویه به اثر داپلر میتوانیم برسیم.

$$f_{D,n} = \frac{v}{\lambda} \cos(\theta_n) \rightarrow \phi_{D,n}(t) = \int_0^t 2\pi f_{D,n} dt = 2\pi f_{D,n} t$$

$$\phi_n(t) = 2\pi f_c \tau_n - 2\pi f_{D,n} t \approx 2\pi(f_c - f_{D,n})\tau_n$$

در معادله بالا از تقریب استفاده شده است چرا که ترم اول آن نسبت به اثر داپلر خیلی موثرتر است. لذا تنها فرکانس داپلر را بر روی فرکانس حامل اثر میدهیم.

الف:

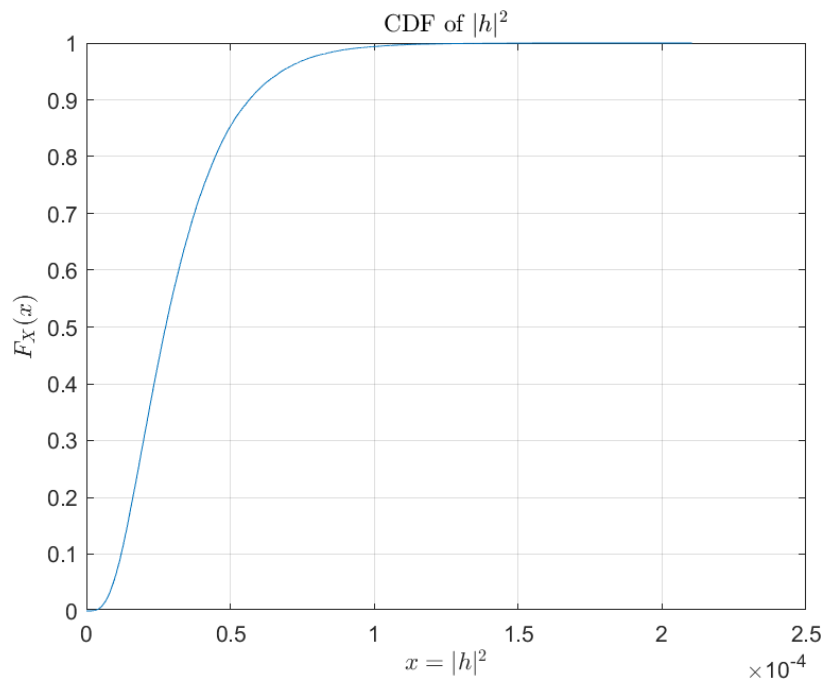


شکل بالا تبدیل فوریه پاسخ ضربه کانال میباشد. (در بخش الف اثر داپلر را اعمال نمیکنیم).

ب: نمودار CDF یک متغیر تصادفی نرمال را رسم کنید و شباهت آن با CDF $|h^2|$ را بیان

کنید.

در شکل زیر تابع توزیع $|h^2|$ و میانگین آنرا مشاهده میکنید.



channel_average = 3.1596e-05

با توجه به اینکه توزیع α رایلی است لذا توزیع $|h^2|$ نمایی با پارامتر $2\sigma^2$ خواهد بود. همانطور که میدانیم پارامتر توزیع نمایی معکوس میانگین آن است. $\left(\lambda = \frac{1}{\mu}\right)$

$$2\sigma^2 = \frac{1}{E\{|h^2|\}} \rightarrow E\{|h^2|\} = 1000\tau^4$$

حال CDF یک توزیع نمایی $1 - \exp\left(-\frac{h^2}{E\{h^2\}}\right)$ را به CDF موردنظر تطابق میدهیم و شباهت موجود را مشاهده میکنیم.