



دانشگاه تهران
پردیس دانشکده‌های فنی

مخابرات وایرلس

گزارش تمرین کامپیوتری ۱

سید علیرضا جاوید

۸۱۰۱۹۸۳۷۵

استاد

دکتر صباغیان

۱۶ اردیبهشت ۱۴۰۲

فهرست مطالب

فهرست مطالب	
۱	میزان پوشش BS با در نظر گرفتن اثر سایه و تلف ساده شده
۳	۱
۸	۲

مقدمه

در این تمرین به بررسی و شبیه سازی یک ایستگاه رادیویی که تلف مسیر^۱ از مدل Simplified Path Loss استفاده می کنیم و در ادامه اثر سایه^۲ را به این مدل اضافه می کنیم. در بخش دوم نیز به شبیه سازی یک کانال بیسیم چند مسیره با Rayleigh Fading به صورت پهن^۳ باند و باریک باند^۴ می پردازیم.

Loss Path^۱
Shadowing^۲
Narrowband^۳
Wideband^۴

۱ میزان پوشش BS با در نظر گرفتن اثر سایه و تلف ساده شده

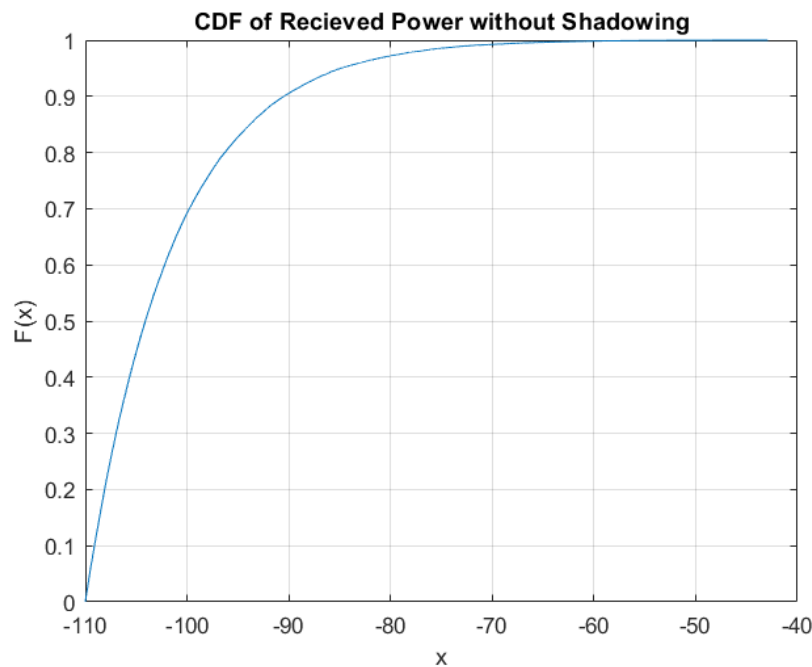
۱. پارامترهای داده شده را در فرمول ذکر شده Simplified Path Loss که در زیر آمده است قرار می دهیم.

$$P_r^{dBm} = P_0^{dBm} - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right)$$

برای تولید فاصله کاربران توجه کنید که در این مسئله ما می خواهیم شبیه سازی را برای کاربران در داخل یک نوار دایره ای با فاصله $10m$ تا $1km$ قرار دهیم. برای پخش کاربران به صورت صحیح، محل هر کاربر در مختصات کارتزین به صورت دو متغیر تصادفی مستقل با توزیع یکنواخت بین $10m$ تا $1km$ در نظر می گیریم. در انتها کاربرانی که شعاع فاصله آن ها از $1km$ بیشتر شد را کنار می گذاریم.

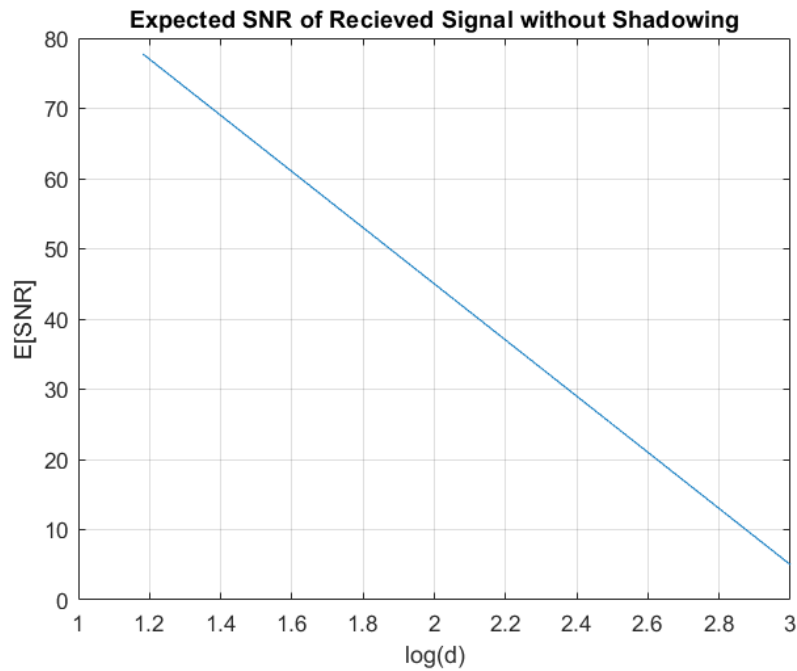
$$\text{distance of each user} = \sqrt{dx^2 + dy^2} \leq D$$

نمودار نهایی رسم شده برای تابع توزیع تجمعی (CDF) توان سیگنال دریافتی کاربران به صورت زیر خواهد بود.



شکل ۱: تابع توزیع تجمعی (CDF) توان سیگنال دریافتی

۲. برای رسم نمودار SNR توجه کنید که $SNR = P_r^{dBm} - P_n^{dBm}$. سپس داریم:

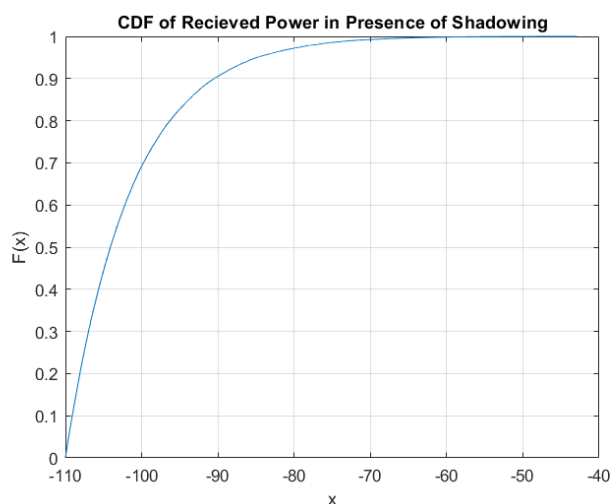


شکل ۲: تغییرات SNR با اساس $\log(d)$

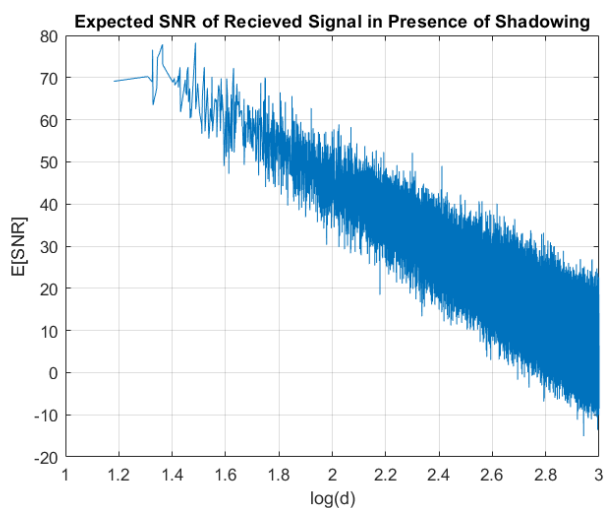
۳. در این بخش اثر سایه یا Shadowing را به محاسبات خود اضافه می کنیم. اکنون توان سیگنال دریافتی به صورت زیر مشخص می گردد.

$$P_r^{dBm} = P_0^{dBm} - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + X^{dB} \quad , \quad X \sim N(0, \sigma^2)$$

با تکرار بخش های (۱) و (۲) با در نظر گرفتن اثر سایه نتایج زیر را می توان به دست آورد.



شکل ۳: تابع توزیع تجمعی (CDF) توان سیگنال دریافتی با در نظر گرفتن اثر سایه



شکل ۴: تغییرات SNR با اساس $\log(d)$ با در نظر گرفتن اثر سایه

مشاهده می شود که شکل ۳ مانند شکل ۱ می باشد و تغییر چندانی در رسم CDF رخ نمی دهد و تنها کمی به نمودار CDF توزیع نرمال نزدیک می شود. اما در شکل ۴ می توان دید که دیگر SNR به صورت خط صاف نخواهد بود و با افزایش فاصله میزان بالا رفتگی و پایین آمدن با توجه تضعیف سیگنال بیشتر خواهد شد و اثر آن چشمگیر تر می باشد.

۴. برای بدست آوردن احتمال خاموشی^۵ می توان نوشت:

$$P(SNR < SNR_{min}) = P(P_0^{dBm} - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + X^{dB} - P_n^{dBm} < SNR_{min})$$

$$P(X^{dB} < SNR_{min} + P_n^{dBm} - (P_0^{dBm} - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right)))$$

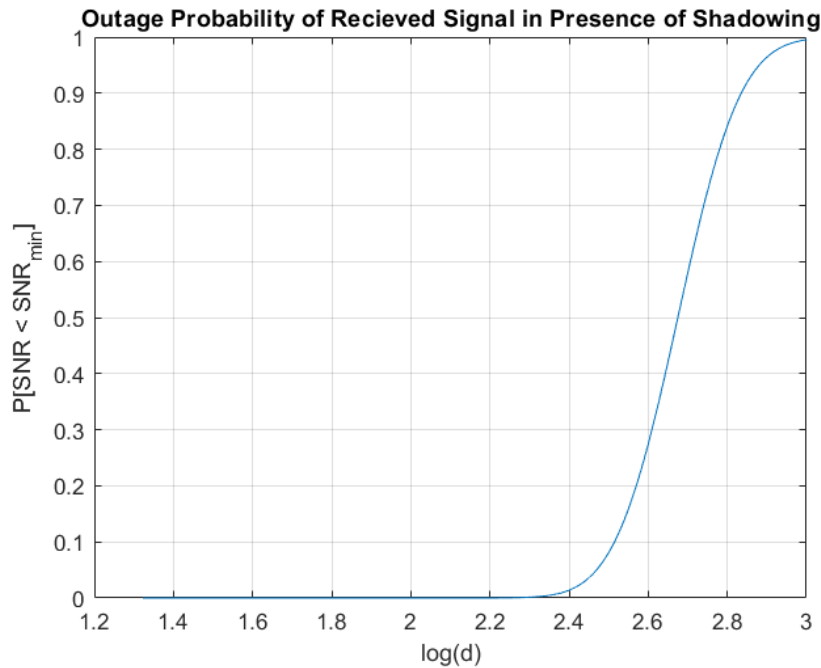
با تعریف زیر داریم:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty \exp \left(-\frac{u^2}{2} \right) du$$

که می توان رابطه قبلی را بازنویسی کرد.

$$P(SNR < SNR_{min}) = 1 - Q \left(\frac{SNR_{min} + P_n^{dBm} - (P_0^{dBm} - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right))}{\sigma} \right)$$

نمودار خواسته شده را به صورت زیر رسم می کنیم.



شکل ۵: احتمال خاموشی بر اساس تغییرات $\log(d)$

مشاهده می شود که بعد از $\log(d) \approx 2.4$ احتمال خاموشی به صورت چشمگیری افزایش می یابد و با مقایسه با شکل ۳ می توان گفت که این شکل مانند انتقال یافته نمودار CDF می باشد که احتمال را به ازای فاصله های ابتدایی (معادل تلف های کمتر) 0 کرده است و اسکیل شده است.

۵. برای محاسبه تئوری، مقادیر مناسب را در روابط تئوری زیر جایگذاری می کنیم:

$$C = Q(a) + \exp\left(\frac{2-2ab}{b^2}\right) Q\left(\frac{2-ab}{b}\right) \rightarrow \begin{cases} a = \frac{P_{r,\min} - P_r(D)}{\sigma} = 2.6 \\ b = \frac{10n \log_{10}(e)}{\sigma} = 3.4744 \end{cases}$$

$$P_r(D) = P_0 - 10n \log_{10}\left(\frac{D}{d_0}\right) = -110$$

$$S = \pi D^2 C$$

با جایگذاری با توجه به پارامترهای مربوطه $C = 0.263$ بدست می آید و مقدار $S = 826877.59$ نیز می باشد. برای محاسبه با شبیه سازی نیز بزرگترین فاصله ای که مقدار SNR مورد نیاز را دارد را پیدا کرده و آن را شعاع پوشش در نظر می گیریم. نسبت مساحت را برابر C قرار داده و S مساحت پوشش می باشد. در این حالت با توجه به فرض سوال از اثر سایه صرف نظر می کنیم. با استفاده از این روش $C = 0.22386$ و $S = 703280.87$ می باشد. در محاسبات تئوری عنوان شده اثر سایه در محاسبات در نظر گرفته می شود اما در شبیه سازی طبق فرض از این اثر صرف نظر خواهد شد. پس دلیل اختلاف محاسبات تئوری و شبیه سازی تفاوت در نظر گرفتن یا نگرفتن اثر سایه می باشد.

۲ شبیه سازی کانال بی سیم چند مسیره

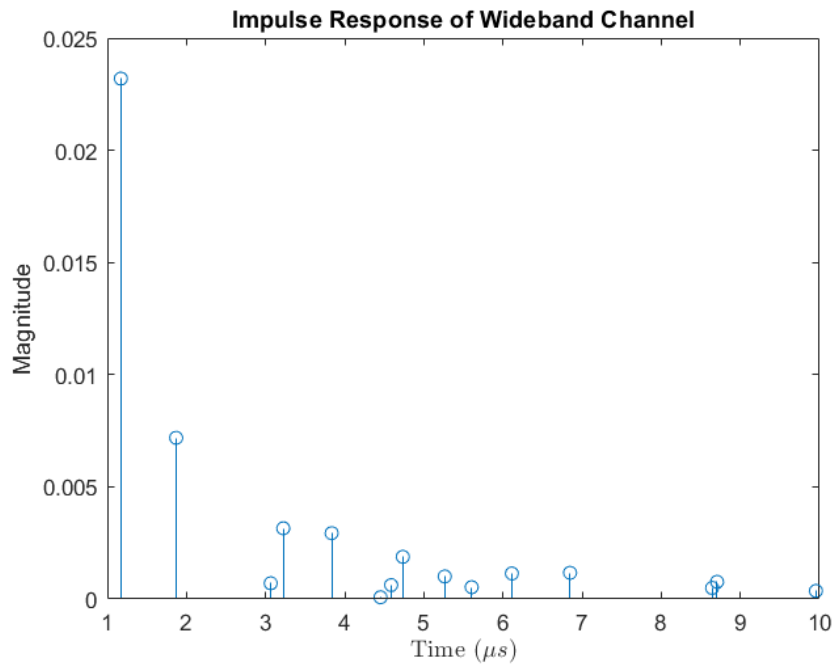
۱. برای تعریف بهره هر خوشه در ابتدا دو متغیر زیر را تعریف می کنیم:

$$r_{\text{in-phase}} \sim N(0, \sigma^2) \quad r_{\text{quardature}} \sim N(0, \sigma^2)$$

تابع ضربه کانال را با توجه به Rayleigh Fading به صورت زیر ارائه می شود.

$$h(\tau, t) = \sum_{n=1}^{15} \alpha_n(t) e^{-j\phi_n(t)} \delta(\tau - \tau_n(t))$$

که در آن $\phi_i \sim U(0, \frac{\pi}{2})$ و $\alpha_i = \sqrt{r_{\text{in-phase}}^2 + r_{\text{quardature}}^2}$ که این متغیر تصادفی از توزیع رایلی پیروی می کند. با شبیه سازی کانال در حوزه زمان داریم:

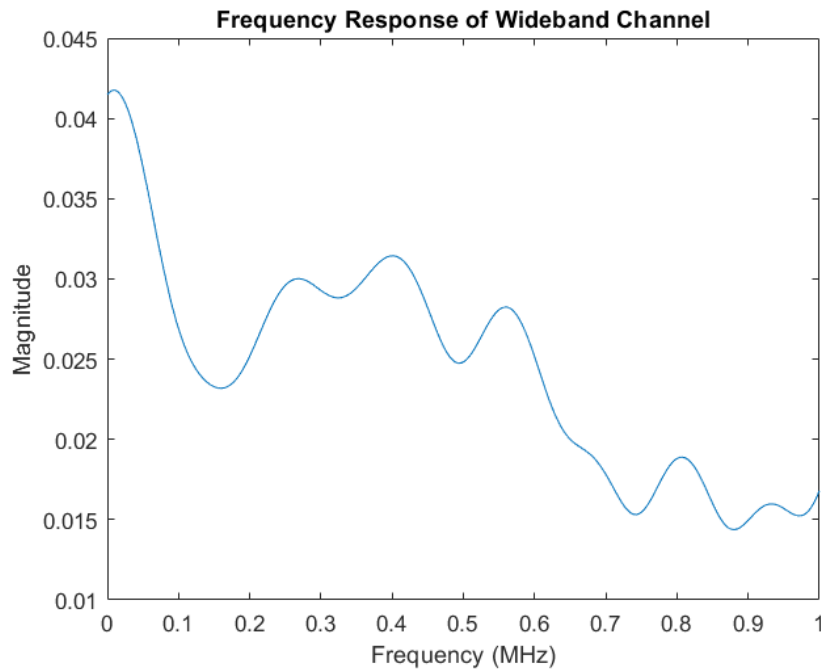


شکل ۶: پاسخ ضربه کانال در حوزه زمان

پاسخ حوزه فرکانس را نیز به صورت زیر می توان نوشت:

$$H(f) = \sum_{i=1} \alpha_i e^{-j\phi_i} e^{-j2\pi f\tau_i}$$

و با رسم آن خواهیم داشت:



شکل ۷: پاسخ فرکانسی کانال

همان طور که انتظار داشتیم پاسخ بدست آمده با فرکانس تغییر می کند و کانال فرکانس گزین^۶ می باشد. توجه کنید که به دلیل تصادفی بودن پاسخ فرکانسی تولید شده با هر بار اجرا پاسخ فرکانسی تغییر خواهد کرد.

۲. در ابتدا فاز و فرکانس داپلر را به صورت زیر بیان می کنیم:

$$f_D = \frac{v}{\lambda} \cos(\phi) \quad \phi_D = \int_t 2\pi f_D dt = 2\pi f_D \tau$$

همچنین پاسخ زمانی کانال به صورت زیر بیان می شود.

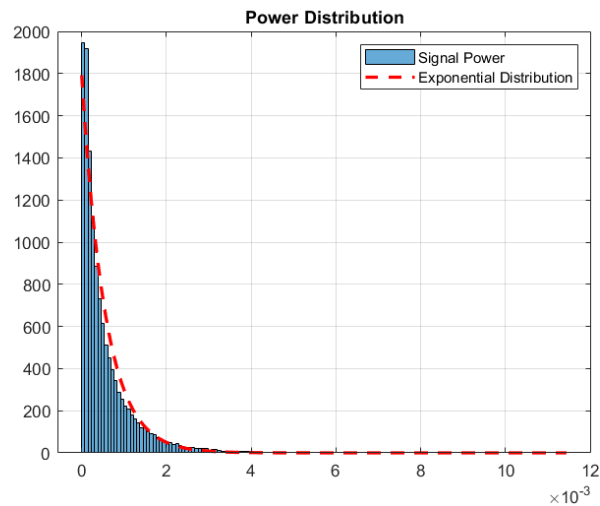
$$h(\tau, t) = \sum_{n=1}^{15} \alpha_n e^{-j2\pi f_c \tau_n + j\phi_{Dn}} \delta(\tau - \tau_n)$$

با تغییر متغیر $X = |Z|^2$ می توان توزیع توان را به صورت توزیع نمایی در نظر گرفت.

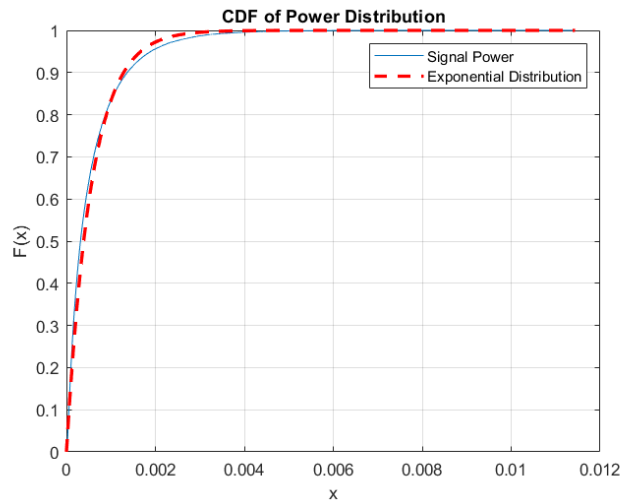
$$p_{Z^2}(x) = \frac{1}{\bar{P}_r} e^{-x/\bar{P}_r} = \frac{1}{2\sigma^2} e^{-x/2\sigma^2}, \quad x \geq 0.$$

برای شبیه سازی این بخش باید پاسخ کانال را در یک حلقه به ازای 10^5 بار تولید کرده و مقدار توان هر مرتبه را در یک بردار نشان می دهیم. با میانگین گیری از این بردار، مقدار میانگین توان

را بدست آوریم. در حقیقت با روش مونت کارلو سعی می کنیم پارامتر توزیع نمایی که برای توان سیگنال می باشد را تخمین بزنیم. با شبیه سازی $E|h^2| = 0.00056$ بدست می آید. همچنین با مقایسه با توزیع نمایی می توان نتایج زیر را بدست آورد. که مشخص است که با انتظار تئوری مطابق می باشد.



شکل ۸: مقایسه pdf بدست آمده و توزیع نمایی



شکل ۹: مقایسه CDF بدست آمده و توزیع نمایی