بسم الله الرحمن الرحيم

بهره‌گیری از تکنیک‌های ارسال چند آنتنی و انتخاب آنتن جهت بهبود کیفیت نظارت قانونی بر ارتباطات شبکه‌های مخابراتی بی‌سیم

استاد راهنما:
دکتر محمدمهدی نقش

ارائه دهنده:
فرناز فیضی

بهمن ۹۸

فهرست

۱ مقدمه‌ی مخابرات بی‌سیم

۲ آشنایی با ادبیات پایان نامه

۳ مقالات مرتبط

۴ سیستم مدل

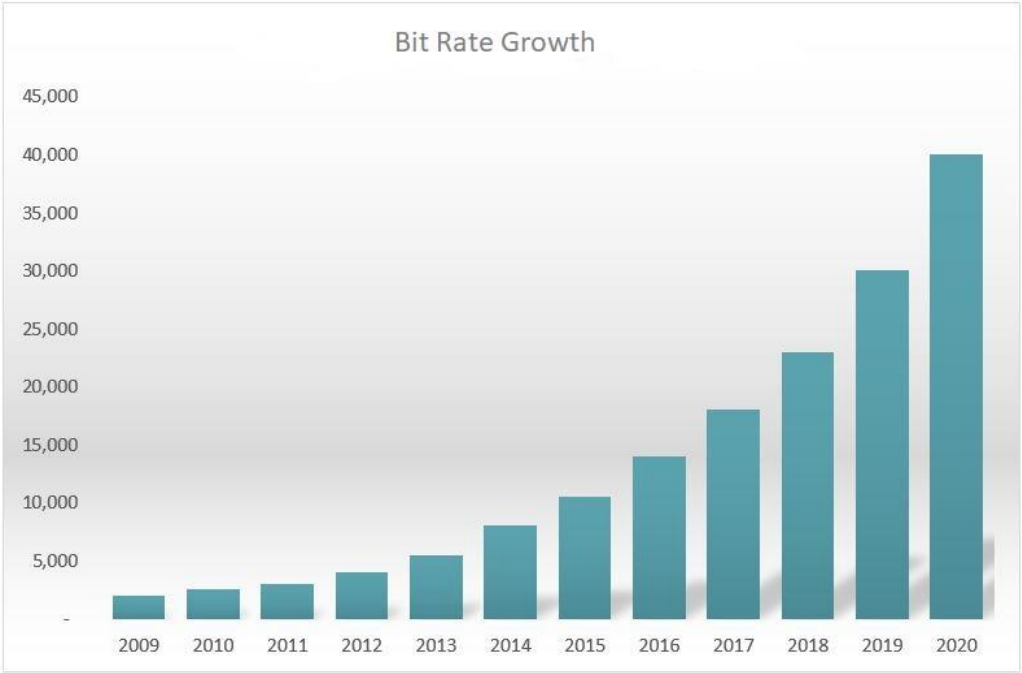
۵ بردار پرتودهی و انتخاب آنتن

۶ تحلیل عملکرد و شبیه سازی

۷ نتیجه گیری و پیشنهادات

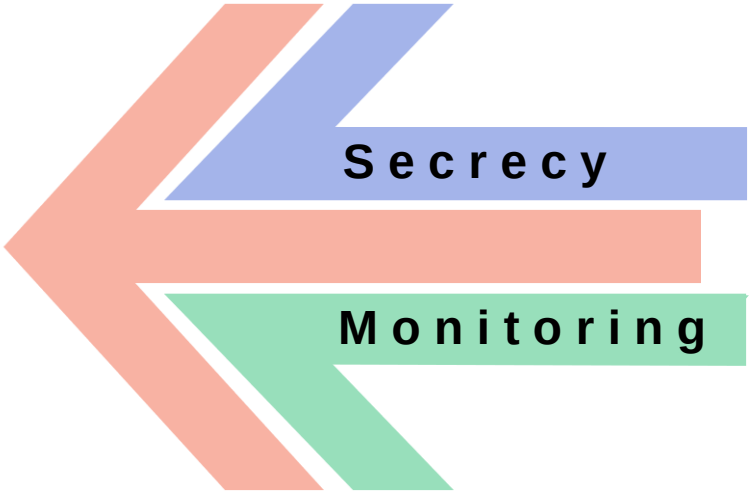
پیشرفت مخابرات بی‌سیم

- افزایش تقاضای نرخ داده
- تعداد کاربر بیشتر
- سرویس‌های متنوع در قالب یک شبکه
- تخصیص Peak Rate بالاتر به هرکاربر
- افزایش سرعت انتقال داده
- بهبود امنیت



[1] Sharma, Pankaj. "**Evolution of mobile wireless communication networks-1G to 5G as well as future prospective of next g eneration communication network,"**International Journal of Computer Science and Mobile Computing, (2013): 47-53.

امنیت در مخابرات بی‌سیم



- دستیابی نفوذگران به اطلاعات حیاتی
- حمله به سرویس دهندگان سازمان
- ایجاد اختلال در ارتباطات گره‌های شبکه با یکدیگر
- تولید داده‌های غیرواقعی و گمراه‌کننده
- سوءاستفاده از پهنای باند مؤثر شبکه
- سرقت اطلاعات و تغییر آن

[2] Y. Zou et al., "**A Survey on Wireless Security: Technical Challenges, Recent Advances and Future Trends**," *Proc. IEEE*, vol. 104, no. 9, pp. 1727–65, Sept. 2016.

امنیت در مخابرات بی‌سیم

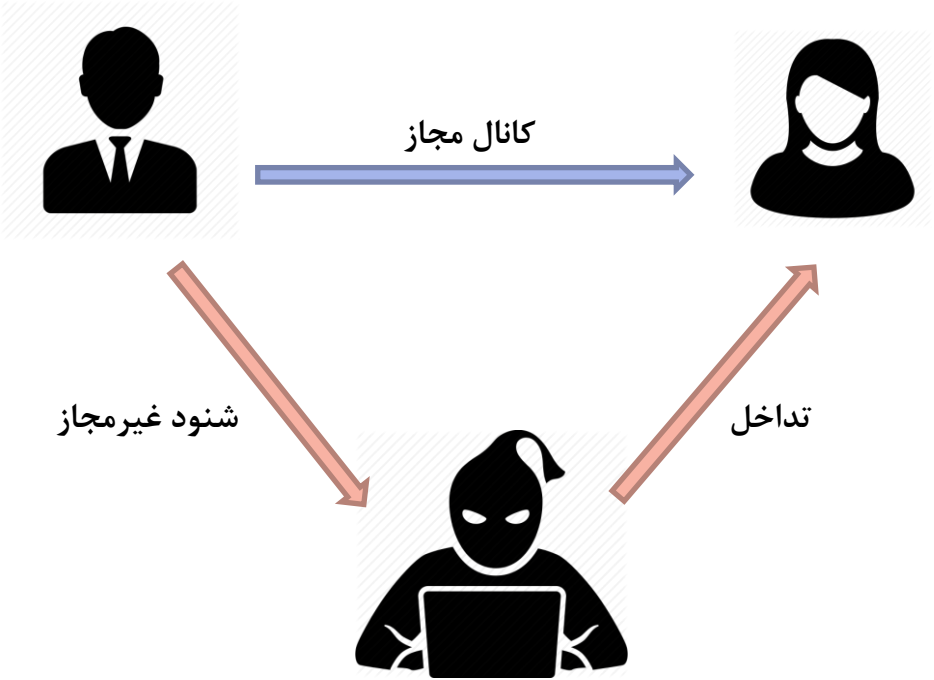
دیدگاه اول

Secresy

- فرستنده و گیرنده مجاز
- ارتباط محرمانه
- شنودگر غیرمجاز

تکنیک‌ها

- بردار پرتودهی
- تخصیص توان
- نویز مصنوعی



امنیت در مخابرات بی‌سیم

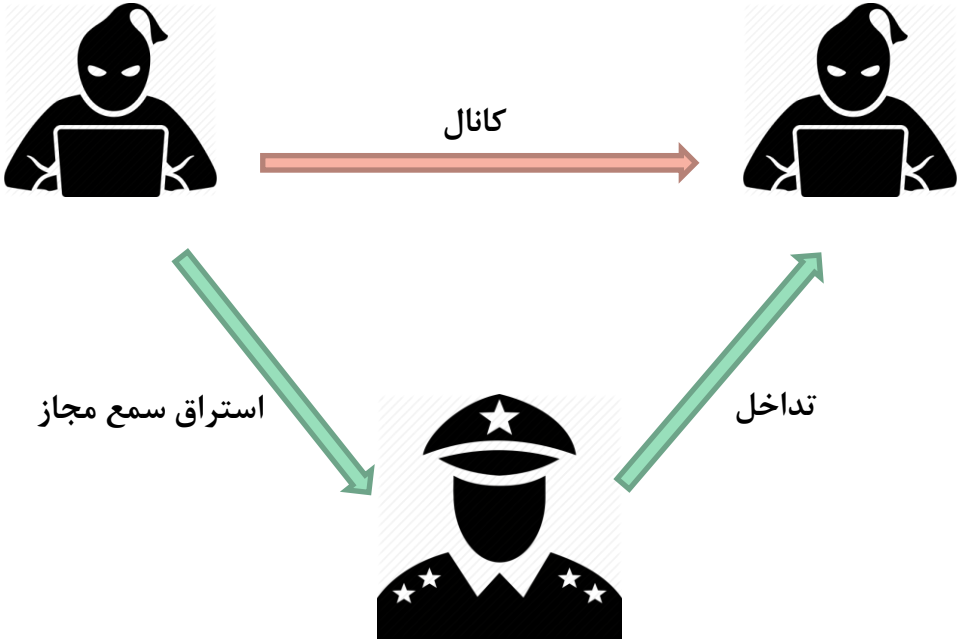
دیدگاه دوم

Monitoring

- فرستنده و گیرنده غیرمجاز
- ارتباط مشکوک و مخرب
- شنودگر مجاز و قانونی

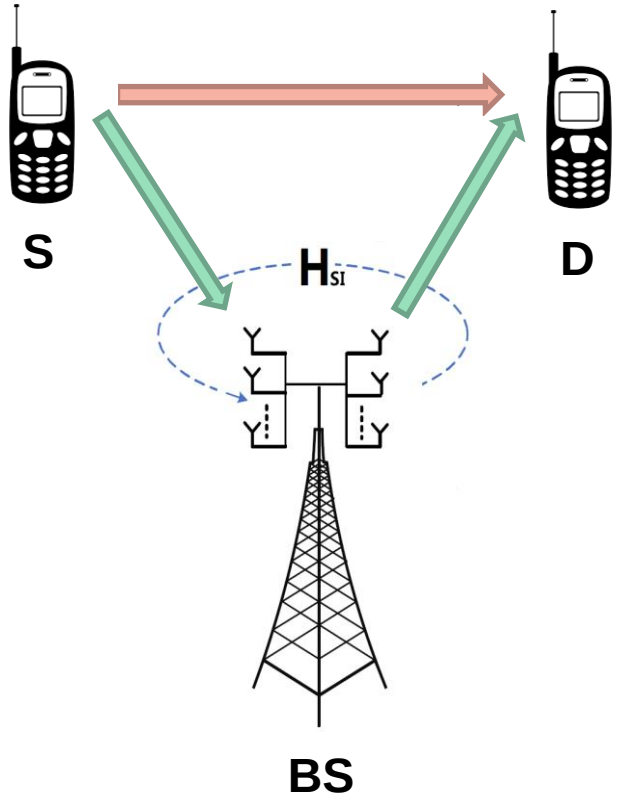
گام‌ها

- نظارت بر ارتباط مشکوک
- مداخله با ارتباط مخرب



ارتباط دوطرفه (Full-Duplex)

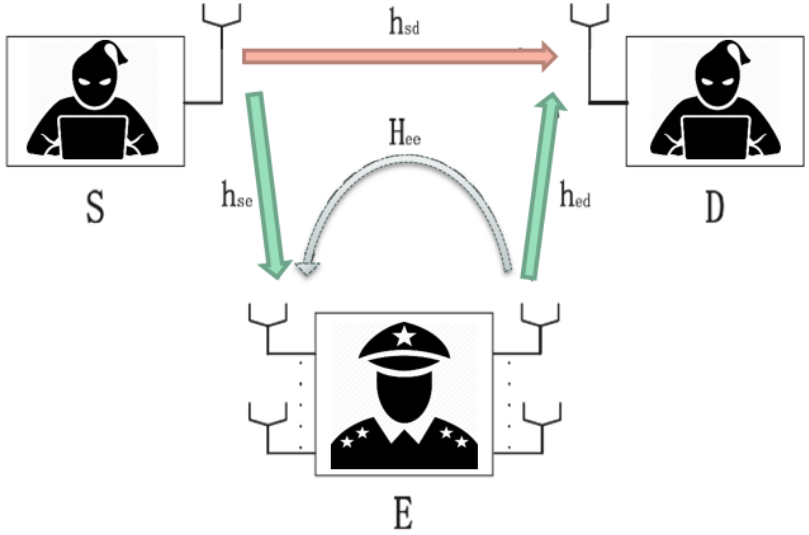
- ✓ دریافت و ارسال همزمان اطلاعات
- ✓ راندمانی دوبرابر سیستم‌های یک‌طرفه
- ✗ پیچیدگی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری
- ✗ افزایش تعداد زنجیره‌های RF
- ✗ خودتداخلی



مقالات مرتبط

1

- مونیتور مجاز FD
- جفت مشکوک تک آنتنه
- ارسال جمینگ



2

- رله مجاز FD
- جفت مشکوک تک آنتنه
- تغییر نرخ ارسال S

[1] C. Zhong, X. Jiang, F. Qu, and Z. Zhang, "**Multi-antenna wireless legitimate surveillance systems: Design and performance analysis**," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 16, no. 7, pp. 4585–4599, July 2017.

[2] Y. Zeng and R. Zhang, "**Wireless Information Surveillance via Proactive Eavesdropping with Spoofing Relay**," in *IEEE J. Sel. Topics Signal Process.*, Dec. 2016.

تجهیز چندین آنتن در مونیتور مجاز ⇦ عملکرد قابل توجهی نسبت به حالت تک آنتنه

چالش‌ها

پیچیدگی نرم‌افزاری و محاسباتی

افزایش تعداد زنجیره‌های RF

هزینه و مصرف توان بالا

راه‌حل

انتخاب آنتن

پیچیدگی اجرایی اندک

عملکرد قابل قیاس با سیستم‌های MIMO متعارف

الگوریتم‌های متنوع

A. F. Molisch and M. Z. Win, **"MIMO systems with antenna selection,"** in *IEEE Microw. Mag.*, vol. 5, pp. 46-56, Mar. 2004.

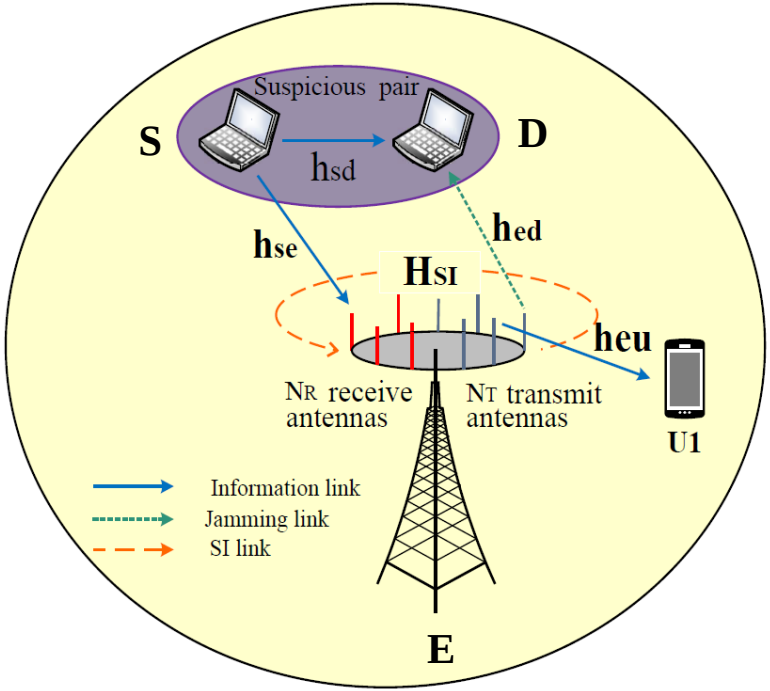
سیستم مدل مورد بررسی پایان نامه

- مونیتورینگ در شبکه‌ی سلولی FD
- مونیتور مجاز FD چند آنتنه (شنود و سرویس‌دهی)
  - U، S و D تک آنتنه
  - E مجهز به دو مجموعه آنتن
  - N_R آنتن دریافت و N_T آنتن ارسال
- انتخاب آنتن
  - انتخاب یکی از N_R آنتن دریافت (iامین)
  - انتخاب یکی از N_T آنتن ارسال (jامین)

شنود موفق

- بیشینه نمودن احتمال عدم قطع شنود

$$\mathrm{E}\{X\} = \Pr\left(SINR_E \geq SINR_D\right)$$



بردارهای پرتودهی

$$SINR_E = \frac{P_s \left| \boldsymbol{w}_r^{\dagger} \boldsymbol{h}_{se} \right|^2}{d_{se}^{\tau} \left(P_e \left| \boldsymbol{w}_r^{\dagger} \boldsymbol{H}_{SI} \boldsymbol{w}_t \right|^2 + N_E \right)} \qquad SINR_D = \frac{d_{ed}^{\tau} P_s \left| h_{sd} \right|^2}{d_{sd}^{\tau} \left(P_e \left| \boldsymbol{h}_{ed}^{\dagger} \boldsymbol{w}_t \right|^2 + N_D \right)} \qquad SINR_U = \frac{d_{su}^{\tau} P_e \left| \boldsymbol{h}_{eu}^{\dagger} \boldsymbol{w}_t \right|^2}{d_{eu}^{\tau} \left(P_s \left| h_{su} \right|^2 + N_U \right)}$$

طرح اول پرتودهی (ZF/MRT) — 1

بیشینه نمودن $SINR_U$ و حذف SI

طرح دوم پرتودهی (ZF/MRT) — 2

حداقل نمودن $SINR_D$ و حذف SI

طرح سوم پرتودهی (MRC/MRT) — 3

حداقل نمودن $SINR_D$ و بیشینه نمودن $SINR_E$ بدون حذف SI

طرح پرتودهی بهینه

$$\max_{\mathbf{w}_r,\mathbf{w}_t} \quad \mathbb{E}\{X\}$$

$$\text{s.t} \quad \text{SINR}_{\text{U}} \geq \gamma_{\text{th}},$$

$$\|\mathbf{w}_t\| = \|\mathbf{w}_r\| = 1,$$

- مسأله غیرمحدب
- حلقه های داخلی و خارجی
- حلقه داخلی : یک مسأله SDP، حل با CVX
- حلقه خارجی : با سرچ خطی بین باند بالا و پایین متغیر

انتخاب آنتن

$$SINR_D = \frac{d_{ed}^{\tau} P_s \left|h_{sd}\right|^2}{d_{sd}^{\tau}\left(P_e \left|h_{ed}^{j}\right|^2 + N_D\right)} \qquad SINR_E = \frac{P_s \left|h_{se}^{i}\right|^2}{d_{se}^{\tau}\left(P_e \left|h_{SI}^{ji}\right|^2 + N_E\right)}$$

طرح *Simplified*	طرح *min-D, max-E*	طرح *max-E*
$\mathbf{min}\ SINR_D$ $\mathbf{max}\ h_{se}$	$\mathbf{min}\ SINR_D$ $\mathbf{max}\ SINR_E$	$\mathbf{max}\ SINR_E$
$j^* = \underset{1\le j\le N_T}{argmax}\left\|h_{ed}{}^{j}\right\|^2$ $i^* = \underset{1\le i\le N_R}{argmax}\left\|h_{se}{}^{i}\right\|^2$	$j^* = \underset{1\le j\le N_T}{argmax}\left\|h_{ed}{}^{j}\right\|^2$ $i^* = \underset{1\le i\le N_R}{argmax}\dfrac{P_s\left\|h_{se}^{i}\right\|^2}{d_{se}^{\tau}\left(P_e\left\|h_{SI}^{j^*i}\right\|^2 + N_E\right)}$	$i^* = \underset{1\le i\le N_R}{argmax}\left\|h_{se}{}^{i}\right\|^2$ $j^* = \underset{1\le j\le N_T}{argmin}\left\|h_{SI}{}^{ji^*}\right\|^2$

تحلیل عملکرد

طرح اول پرتودهی

$$\mathrm{E}\{X\} = \Pr\left(SINR_E \geq SINR_D\right)$$

$$= \Pr\left(Y \geq w\right) = 1 - \int_0^{\infty} F_Y\left(w\right) f_W\left(w\right) dw$$

$$\mathrm{E}\{X\} = \sum_{k=0}^{N_R-2} \frac{k_4^{-1-k}}{a_1^k k!} k_3 e^{\frac{1+a_1 k_3}{a_1 k_4}} \Gamma\left(1+k\right)\Gamma\left(-k, \frac{g_1}{k_4}\right) + \sum_{k=0}^{N_R-2} \frac{k_4^{-1-k}}{a_1^k k!}\left(k-1\right)\left(g_1\right)^{-k}\Gamma\left(k-1\right)$$

$$\times\left(-k_4^k\left(g_1\right) + \left(g_1\right)^k e^{\frac{1+a_1 k_3}{a_1 k_4}}\left(g_1 + k_4 k\right)\Gamma\left(1-k, \frac{g_1}{k_4}\right)\right)$$

که $a_1 = \frac{N_E d_{se}^{\tau}}{P_s}$ ، $g_1 = \frac{1+a_1 a_2}{a_1 a_3}$ ، $k_3 = \frac{N_D d_{sd}^{\tau}}{P_s d_{ed}^{\tau} \lambda_1}$ و $k_4 = \frac{P_e d_{sd}^{\tau} \lambda_3}{P_s d_{ed}^{\tau} \lambda_1}$.

طرح انتخاب آنتن *max-E*

$$\mathrm{E}\{X\} = \Pr\left(SINR_E \geq SINR_D\right)$$

$$= \Pr\left(Y \geq w\right) = 1 - \int_0^{\infty} F_Y\left(w\right) f_W\left(w\right) dw$$

$$\mathrm{E}\{X\} = N_R \sum_{p=0}^{N_R-1} (-1)^p \binom{N_R - 1}{p} \left(\frac{k_2 k_3}{k_1 (p+1)^2} \mathcal{Q}\left(k_5, \frac{k_2 k_4}{k_1 (p+1)}\right) + \frac{k_1}{k_2 k_4} \mathcal{G}\left(k_6, \frac{k_1 (p+1)}{k_2 k_4}\right) \right)$$

$$\mathcal{Q}(x,y) = (1-y)^{-1} \left(I_2(x,y,1) - I_2(x,1,1) \right)$$

$$\mathcal{G}(x,y) = (1-y)^{-1} I_2(x,y,2) - (1-y)^{-2} \left(I_2(x,y,1) - I_2(x,1,1) \right)$$

که $k_1 = \frac{P_e d_{se}^{\tau} \lambda_4}{P_s \lambda_2}$ ، $k_2 = \frac{N_E d_{se}^{\tau}}{P_s \lambda_2}$ ، $k_3 = \frac{N_D d_{sd}^{\tau}}{P_s d_{ed}^{\tau} \lambda_1}$ ، $k_4 = \frac{P_e d_{sd}^{\tau} \lambda_3}{P_s d_{ed}^{\tau} \lambda_1}$ ، $k_5 = \frac{k_3}{k_4} + \frac{N_E d_{se}^{\tau} (p+1)}{P_s d_{ed}^{\tau} \lambda_1}$ و $k_6 = \frac{k_2 k_3}{k_1 (p+1)} + \frac{k_2 N_E d_{se}^{\tau}}{k_1 P_s \lambda_2}$.

طرح انتخاب آنتن *min-D, max-E*

$$\mathrm{E}\{X\} = \Pr\left(SINR_E \geq SINR_D\right)$$

$$= \Pr\left(Y \geq w\right) = 1 - \int_0^{\infty} F_Y\left(w\right) f_W\left(w\right) dw$$

$$\mathrm{E}\{X\} = \int_0^{\infty} \left(1 - \frac{e^{-k_2 w}}{1 + k_1 w}\right)^{N_R} \frac{1}{\left(a_1 + a_2 w\right)^2} dw + N_T a_1 a_2 \left(N_T - 1\right)$$

$$\times \sum_{p=0}^{N_T - 2} \frac{\left(-1\right)^p \binom{N_T - 2}{p} e^{\frac{N_D\left(p+1\right)}{P_e \lambda_3}}}{\left(p+1\right)} \int_0^{\infty} \left(1 - \frac{e^{-k_2 w}}{1 + k_1 w}\right)^{N_R} \frac{1}{\left(a_1\left(p+2\right) + a_2 w\right)^2} dw$$

که $a_2 = \dfrac{N_D d_{sd}^{\tau}}{P_s d_{ed}^{\tau} \lambda_1}$.

طرح انتخاب آنتن *Simplified*

$$\mathrm{E}\{X\} = \Pr\left(SINR_E \geq SINR_D\right)$$

$$= \Pr\left(Y \geq w\right) = 1 - \int_0^{\infty} F_Y\left(w\right) f_W\left(w\right) dw$$

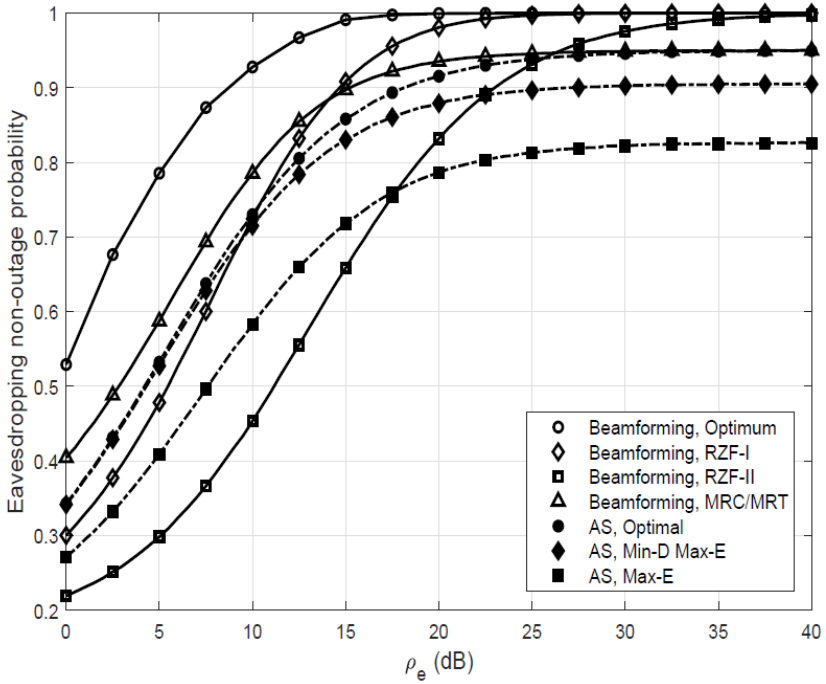
$$\mathrm{E}\{X\} = 1 - N_T e^{\frac{N_D}{P_e \lambda_3}} \left(1 - (N_T - 1) \sum_{k=0}^{N_T - 2} \frac{(-1)^k \binom{N_T - 2}{k}}{(k+1)(k+2)} e^{\frac{N_D (k+1)}{P_e \lambda_3}} \right) - N_T e^{\frac{N_D}{P_e \lambda_3}} \frac{a_1 b_1}{a_2 b_2} \sum_{p=0}^{N_R - 1} (-1)^p \binom{N_R - 1}{p}$$

$$\left(\mathcal{G}\left(\frac{N_E d_{se}^{\tau}}{b_1}, \frac{a_1 b_1 (p+1)}{a_2 b_2} \right) + N_R (N_T - 1) \sum_{k=0}^{N_T - 2} \frac{(-1)^k \binom{N_T - 2}{k}}{(k+1)} e^{\frac{N_D (k+1)}{P_e \lambda_3}} \mathcal{G}\left(\frac{N_E d_{se}^{\tau}}{b_1}, \frac{a_1 b_1 (p+1)(k+2)}{a_2 b_2} \right) \right)$$

که $b_1 = P_e \lambda_4 d_{se}^{\tau}$ و $b_2 = P_s \lambda_2$.

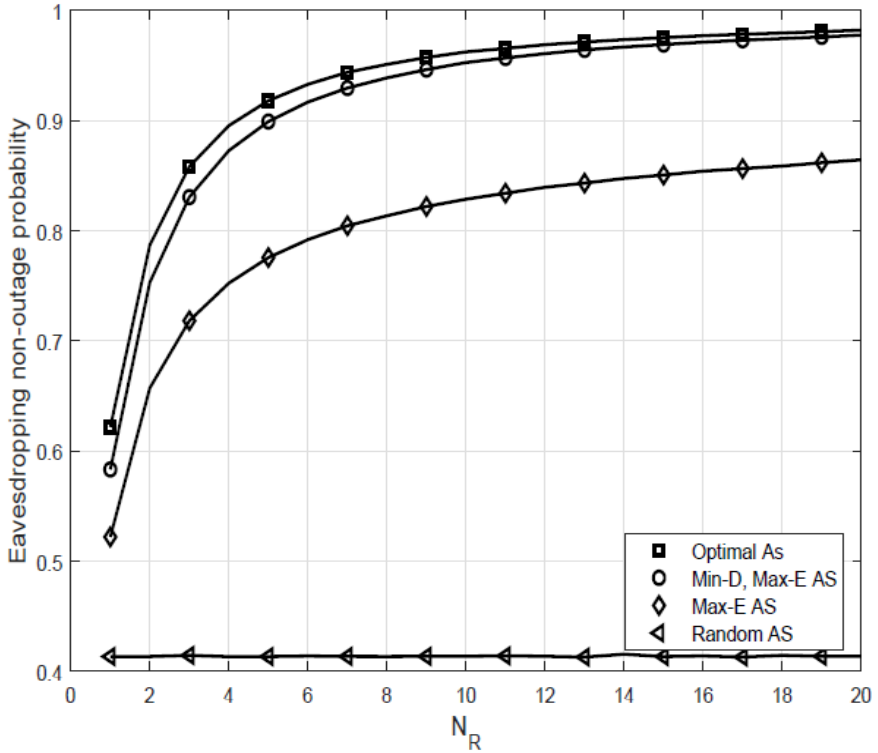
شبیه سازی

- احتمال عدم قطع شنود طرح *min-D, max-E* با بهترین عملکرد بین طرح‌های AS و نزدیک به BF
- بهبود عملکرد ۱۲٪، ۱۳٪ و ۱۴۰٪ نسبت به طرح‌های *max-E*، ساده شده و تصادفی
- طرح‌های AS عملکرد خوبی نسبت به طرح تصادفی
- $N_R = N_T = 5$ و $d_{sd} = 50,\ d_{ed} = 20,\ d_{se} = 10m$



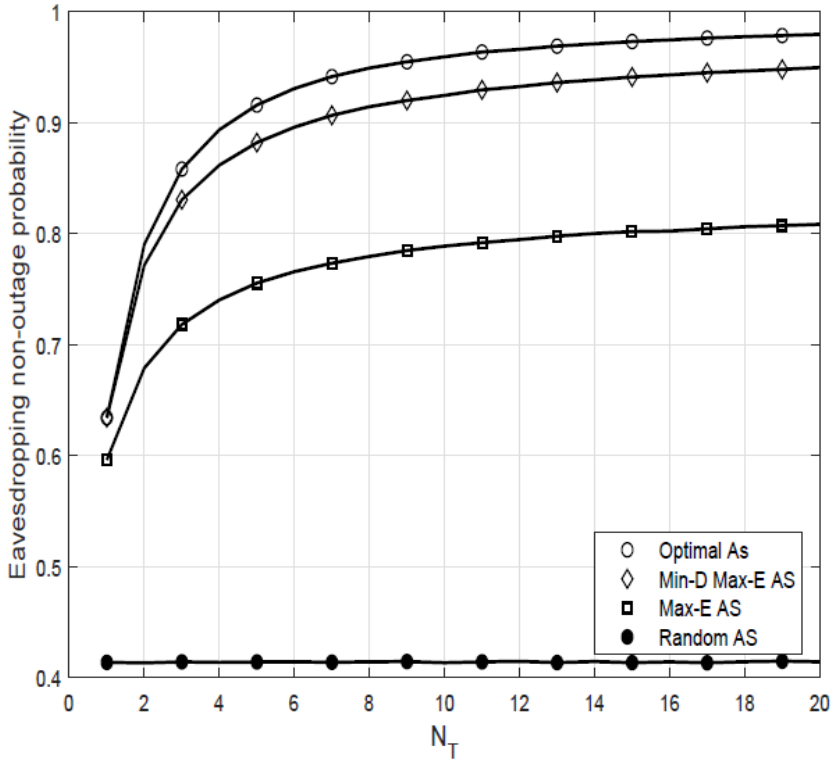
احتمال عدم قطع شنود طرح‌های AS و طرح سومBF نسبت به Pe

- احتمال عدم قطع شنود طرح *min-D, max-E* با بهترین عملکرد بین طرح‌های AS
- بهبود عملکرد تمام طرح‌ها با افزایش NR
- عملکرد ثابت طرح AS تصادفی
- $P_e = 15dB$ و $N_T = 2$



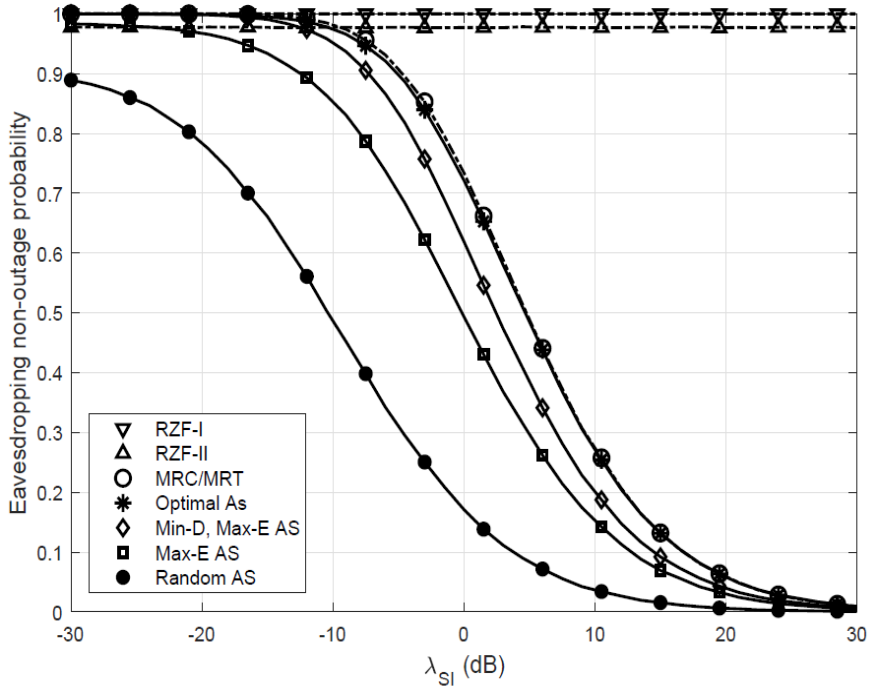
احتمال عدم قطع شنود طرح‌های AS و طرح سوم BF نسبت به NR

- احتمال عدم قطع شنود طرح *min-D, max-E* با بهترین عملکرد بین طرح‌های AS
- بهبود عملکرد تمام طرح‌ها با افزایش NT
- عملکرد ثابت طرح AS تصادفی



احتمال عدم قطع شنود طرح‌های AS و طرح سوم BF نسبت به NT

- احتمال عدم قطع شنود طرح *min-D, max-E* با بهترین عملکرد بین طرح‌های AS
- با افزایش SI عملکرد طرح‌های *min-D, max-E* و *max-E* بهم میل پیدا می‌کنند
- $N_R = N_T = 10$ و $P_e = 15dB$



احتمال عدم قطع شنود طرح‌های AS نسبت به σ_{SI}^2

نتیجه‌گیری

- یک مساله انتخاب آنتن در طرح مونیتورینگ با جمینگ را در شبکه‌های سلولی دوطرفه بررسی کردیم.
- هدف ما شنود موفق و به حداکثر رساندن احتمال عدم قطع شنود سیستم است.
- چهار طرح پرتودهی و سه طرح انتخاب آنتن *Max-E*، *Max-E* و *Min-D, Max-E* و حالت ساده شده‌ی آن ارائه شد.
- طرح *Min-D, Max-E*، بهترین عملکرد را نسبت به سایر طرح‌های AS دارد.
- طرح های AS، عملکردی نزدیک به طرح های پرتودهی دارند.
- در این سیستم، استفاده از متد انتخاب آنتن با وجود مزایای آن از جمله کاهش پیچیدگی نرم افزار و سخت افزاری و هم‌چنین داشتن عملکردی قابل قیاس و نزدیک به سیستم‌های MIMO، پیشنهاد می‌شود.

پیشنهادات

- طرح جدیدی که در آن حداقل نرخ R برای کاربر سلولی U برآورده شود را نیز به طرح‌های AS لحاظ کرد. (کاربر سلولی به چندین آنتن مجهز شده باشد)
- سیستم مدل را به گونه‌ای تغییر داد که ایستگاه پایه (شنودگر) آن مجهز به آرایه‌ی آنتن عظیم باشد.
- سیستم مدل به شبکه‌ای چند سلولی (با تعداد زیادی کاربر) در حضور چندین جفت کاربر D2D تعمیم داده شود.

از اساتید گرامی

و توجه شما

سپاسگزارم