

Avaliação de desempenho de sistemas de comunicação sem fio assistidos por STAR-RIS e baseados em RSMA

Eduardo Gonçalves Gomes¹e Edgar Eduardo Benitez Olivo²
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de São João da Boa Vista, SP

1 Introdução

O conceito de superfícies inteligentes reconfiguráveis com transmissão e reflexão simultânea (STAR-RIS, *Simultaneously Transmitting And Reflecting Reconfigurable Intelligent Surfaces*) vem recebendo crescente interesse na comunidade científica pela capacidade de reconfiguração dos cenários de comunicação sem fio, com uso de vários elementos refletivos passivos e integrados a superfícies planas, sendo capazes de fornecer ganhos de desempenho que objetivem atender as expectativas das redes sem fio de sexta geração (6G) [1]. Essas superfícies são capazes de refletir o sinal incidente em cada elemento, controlando a amplitude e a fase de forma independente. Assim, é possível redirecionar o sinal proveniente de uma fonte, ampliando o alcance de transmissão ou até mesmo criando pontos de cancelamento de interferência, fazendo com que o desempenho do sistema melhore consideravelmente. Em uma STAR-RIS, o sinal incidente é dividido em duas partes. A primeira é refletida para o mesmo lado do sinal incidente, já a segunda parte é transmitida para outro lado da STAR-RIS, em relação ao sinal incidente. Além de STAR-RIS, algumas outras soluções estão sendo investigadas no contexto de redes 6G. Em relação às técnicas de acesso ao meio, a técnica de acesso múltiplo por divisão de taxa (RSMA, *Rate-Splitting Multiple Access*) tem sido proposta [2]. No protocolo RSMA a mensagem é dividida no transmissor em duas partes, uma parte comum entre todos os usuários e uma parte privada para cada usuário. A técnica de cancelamento sucessivo de interferência (SIC, *Successive Interference Cancellation*) é usada para decodificar a informação no receptor do usuário, cancelando o sinal da parte privada dos outros usuários como se fosse ruído. Neste trabalho, o desempenho de um sistema que combina as técnicas STAR-RIS e RSMA é avaliado em termos da probabilidade de interrupção (ou *outage*), em função da potência transmitida e do número de elementos para transmissão e reflexão da STAR-RIS.

2 Modelo do Sistema

Considere uma rede sem fio, constituída por um uma estação rádio base (BS), uma STAR-RIS com N elementos, sendo N_r elementos para reflexão e N_t elementos para transmissão, e dois usuários U_r e U_t , que não possuem linha de visada com a BS como mostrado na Fig. 1(a). U_r representa o usuário do lado onde o sinal é refletido, e U_t é o usuário do lado oposto da STAR-RIS, onde o sinal é retransmitido. O sinal recebido pelos usuários é dado por $y_l = \mathbf{g}_l^H \Psi \mathbf{h}_l s + n_l$, para $l \in \{r, t\}$, em que $s = \sqrt{\alpha_c P} s_c + \sqrt{\alpha_t P} s_t + \sqrt{\alpha_r P} s_r$ é o sinal transmitido pela BS, sendo s_c a parte comum da mensagem, s_t e s_r as partes privadas para cada usuário, α_c e α_l os fatores de potência alocados para a parte comum e as partes privadas dos usuários, respectivamente, e P a potência transmitida; $\mathbf{g}_l \in \mathbb{C}^{N \times 1}$ representa o vetor de coeficientes de canal entre STAR-RIS e o usuário; $\mathbf{h}_l \in \mathbb{C}^{1 \times N}$ representa o vetor de coeficientes de canal entre a BS e a STAR-RIS; $\Psi \in \mathbb{C}^{N \times N}$ é uma matriz diagonal que representa a amplitude e fase inseridos pelos elementos da STAR-RIS; e n_l representa o ruído gaussiano branco aditivo. Com o uso da técnica RSMA, a sinal-interferência-ruído (SINR, *Signal-to-Interference-Plus-Noise Ratio*) é dividida em duas partes, uma parte comum aos usuários e uma parte privada para cada usuário, sendo dadas por [3]

¹eduardo.g.gomes@unesp.br

²edgar.olivo@unesp.br

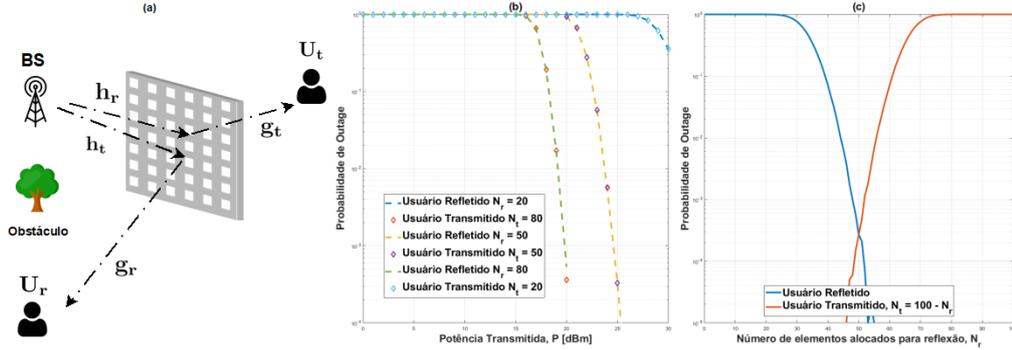


Figura 1: (a) Modelo do sistema de comunicação com STAR-RIS e RSMA; (b) Probabilidade de *outage* vs. potência transmitida; (c) Probabilidade de *outage* vs. número de elementos da STAR-RIS alocados para reflexão.

$$\gamma_{l,c} = \frac{\alpha_c |\mathbf{g}_l^H \Psi \mathbf{h}_l|^2}{|\mathbf{g}_l^H \Psi \mathbf{h}_l|^2 \sum_{i=1}^K (\alpha_i^l + \alpha_i^c) + 1/\gamma}; \gamma_{l,p} = \frac{\alpha_l |\mathbf{g}_l^H \Psi \mathbf{h}_l|^2}{|\mathbf{g}_l^H \Psi \mathbf{h}_l|^2 \left(\sum_{i=1, i \neq k}^K \alpha_i^l + \sum_{i=1}^K \alpha_i^c \right) + 1/\gamma}, \quad (1)$$

em que $l = t$, se $\hat{l} = r$; $l = r$, se $\hat{l} = t$; e $\gamma = P/N_0$ é a SNR transmitida, sendo $N_0 = -174 + 10 \log_{10}(B)$ dBm a potência do ruído, com B denotando a largura de banda do canal. Por sua vez, a probabilidade de *outage* é definida como a probabilidade de a SINR recebida da parte comum e privada estarem abaixo de um determinado limiar γ_{th} , sendo dada por $P_{out}(\gamma_{l,c}, \gamma_{l,p}) = 1 - P_r(\gamma_{th} > \gamma_{l,c}, \gamma_{th} > \gamma_{l,p})$.

3 Resultados e Discussões

Uma rotina de simulação foi implementada no software Matlab, usando o método de Monte Carlo, para caracterizar a probabilidade de *outage* do sistema. Na Fig. 1(b), apresenta-se a probabilidade de *outage* do sistema, variando a potência transmitida e fixando os fatores $\alpha_c = 0,2$ e $\alpha_t = \alpha_r = 0,4$. Observe que com o aumento da potência transmitida, a probabilidade de *outage* diminui, conforme esperado. Note também que o aumento do número de elementos da STAR-RIS melhora o desempenho dos usuários. Na Fig. 1(c), ilustra-se a probabilidade de *outage* quando variado o número de elementos alocados para reflexão e transmissão da STAR-RIS, considerando um total de $N = 100$ elementos. Note que, conforme o número de elementos aumenta, a probabilidade de *outage* diminui. Além disso, para $N_t = N_r = 50$, com metade dos elementos alocados para reflexão e transmissão, obtém-se o mesmo desempenho para ambos os usuários. Portanto, conclui-se que ao aumentar o número de elementos alocados, a probabilidade de *outage* individual de cada usuário melhora, e quando tem-se o mesmo número de elementos para reflexão e transmissão é possível obter o mesmo desempenho para ambos usuários.

Referências

- [1] Jiaqi Xu, Yuanwei Liu, Xidong Mu e Octavia A. Dobre. “STAR-RISs: Simultaneous Transmitting and Reflecting Reconfigurable Intelligent Surfaces”. Em: **IEEE Communications Letters** 25.9 (2021), pp. 3134–3138. DOI: 10.1109/LCOMM.2021.3082214.
- [2] Hongyu Li, Yijie Mao, Onur Dizdar e Bruno Clerckx. “Rate-Splitting Multiple Access for 6G—Part III: Interplay With Reconfigurable Intelligent Surfaces”. Em: **IEEE Communications Letters** 26.10 (2022), pp. 2242–2246. DOI: 10.1109/LCOMM.2022.3192041.
- [3] Shivani Dhok e Prabhat Kumar Sharma. “Rate-Splitting Multiple Access With STAR RIS Over Spatially-Correlated Channels”. Em: **IEEE Transactions on Communications** 70.10 (2022), pp. 6410–6424. DOI: 10.1109/TCOMM.2022.3198121.