



Angel Lambert Lobaina  
Universidad Anáhuac  
alambertt@anahuac.mx



Viktor Zaharov  
Universidad Politécnica de Puerto Rico  
zaharov.viktor@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

En Internet de las cosas (IoT), los sistemas de entrada múltiple masiva y salida múltiple (MIMO), donde una estación base (BS) con una enorme cantidad de antenas sirve a un gran grupo de dispositivos de antena única simultáneamente y la correlación de canales entre los usuarios o dispositivos, han tenido un impacto significativo en la capacidad del sistema [1,2].

## MATERIAL Y MÉTODO

**I. Modelo del sistema.** Consideramos el enlace descendente de un sistema MIMO masivo centralizado, formado por una estación base y  $K$  dispositivos IoT. Las antenas de transmisión pueden tener diferentes estructuras geométricas, por ejemplo, colocadas a lo largo de una línea para formar una matriz lineal uniforme:  $\mathbf{H} = [h_1, \dots, h_K]^T \in \mathbb{C}^{K \times M}$  denota la matriz del canal actual. Suponemos que los canales son casi estáticos y de desvanecimiento plano, de modo que la matriz  $\mathbf{H}$  se puede tomar como invariante por algunos intervalos de tiempo. Así, las señales recibidas de los  $K$  usuarios pueden expresarse como  $\mathbf{y} = \mathbf{H} \mathbf{B} \mathbf{d} + \mathbf{n}$  donde  $\mathbf{y} \in \mathbb{C}^{K \times 1}$  denota los datos recibidos para todos los  $K$  usuarios en una sola ranura de tiempo.

**II. Modelo de correlación de canales.** Según el modelo de correlación de Kronecker, la matriz de canales se puede expresar como  $\mathbf{H} = \mathbf{R}_{RX}^{\frac{1}{2}} \mathbf{H}_{iid} \mathbf{R}_{TX}^{\frac{1}{2}}$ .

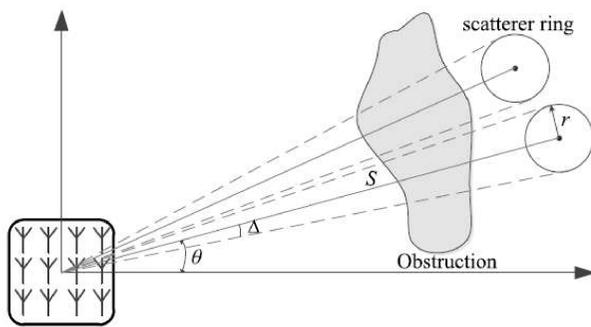


Figura 1. Modelo de canal MIMO de un anillo con atenuación de sombras

**III. Formulación del problema de agrupamiento de usuarios superpuestos.**

Para eliminar la interferencia multiusuario, la formación de haz de fuerza cero (ZFBC) se usa a menudo para lograr la ortogonalización del canal. La formación de haces de fuerza cero elimina la interferencia multiusuario al elegir la matriz de peso de formación de haz adecuada  $\mathbf{B} = [b_1, \dots, b_K] \mathbf{H}$ , para satisfacer:

$$\mathbf{h}_i^H \mathbf{b}_j = \begin{cases} \gamma_i, & \text{if } i = j \\ 0, & \text{if } i \neq j. \end{cases}$$

## RESULTADOS

**Resultados de la simulación.** Para evaluar la efectividad de los enfoques propuestos, comparamos la tasa de suma lograda del algoritmo OUG-Greedy propuesto y el algoritmo OUG-SC con la del algoritmo de llenado de agua secuencial (SWF) propuesto en [4] y la selección aleatoria de usuarios (RUP), método discutido en [2]. Los parámetros del sistema utilizados en la simulación se enumeran en la tabla 1. La simulación de cada algoritmo de agrupación de usuarios se realiza promediando más de 500 realizaciones de canales aleatorias generadas con el método de Monte Carlo.

parameters	value	parameters	value
$\theta$	$[-180^\circ, 180^\circ]$	$M$	100
$\Delta$	$[5^\circ, 15^\circ]$	$K$	300
$d_{cor}$	20 (m)	$D$	0.5

Tabla 1. Parámetros del sistema en simulaciones

## DISCUSIÓN

En este algoritmo, el sistema selecciona a los usuarios con condiciones de canal más favorables y los asigna en múltiples subgrupos. Como resultado, el algoritmo OUG-Greedy mejora la capacidad del sistema en el mismo orden de complejidad computacional que los algoritmos no superpuestos existentes. Para reducir aún más la complejidad, introducimos una nueva medida de similitud de canal y desarrollamos un método de agrupación de usuarios de baja complejidad, basado en el algoritmo de agrupamiento espectral en el aprendizaje automático.



## REFERENCIAS

- Ni Z, Li D. Efecto de la correlación de desvanecimiento en la capacidad de MIMO distribuido, Proc. IEEE 15a Int. Simp. Pers. Radio Móvil Interior Commun., 2004;3:1637-1641.
- Yang Q, et al. BigStation: habilitación del procesamiento de señales escalable en tiempo real en grandes sistemas MU-MIMO, Proc. ACM SIGCOMM, 2013:399-410.
- Dimic G, Sidiropoulos ND. En la formación de haz de enlace descendente con la selección de usuarios codiciosos: Análisis de rendimiento y un nuevo algoritmo simple, IEEE Trans. Proceso de señal. 2005;53:3857-3868.
- Wang J, Love DJ, Zoltowski MD. La selección del usuario con formación de haz de fuerza cero logra la tasa de suma asintóticamente óptima, IEEE Trans. Proceso de señal. 2008;56(8):3713-3726.
- Huang S, Yin H, Wu J, Leung VCM. Selección de usuario para enlace descendente MIMO multiusuario con conformación de haz de fuerza cero, IEEE Trans. Veh. Tecnol. 2013;62(7):3084-3097.