



Angel Lambertt Lobaina  
Facultad de Ingeniería  
alambertt@anahuac.mx



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



Fatima Moutadi  
Universidad Autónoma de México  
fatima@fi-b.unam.mx



Peter Hoffmann  
Universidad de Rostock  
dr.peterhoffmann1@alice-dsl.de

## Introducción

MIMO masivo es un potencial popular de tecnología de activación para aumentar simultáneamente la capacidad y velocidades máximas de datos mientras reduce el consumo de energía y la latencia. El MIMO masivo 5G propone un enorme incremento en el número de antenas en una BS, potencialmente escalar a matrices de  $100 \times 100$  o más. Hay una serie de problemas técnicos que deben abordarse en términos de implementación de ingeniería y diseño del sistema.

Las características del canal de transmisión inalámbrica se ven influidas por la pérdida de propagación de espacio libre, el efecto de sombra, el efecto *multipath* y el efecto Doppler.

**Pérdida de propagación en el espacio libre** El espacio libre se refiere a una condición de vacío total, pero en realidad un espacio ideal en general se conoce como espacio libre. En un entorno de espacio libre no hay reflexión, refracción, onda o fenómenos de difracción, de modo que la velocidad de propagación de una onda de radio es igual a la velocidad de la luz  $c$ . En estas condiciones del canal, la potencia de la señal recibida,  $P_r$ , puede expresarse:

$$P_r = P_t \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 g_t g_r$$

Donde:  
 $P_t$  es la potencia de transmisión  
 $g_t$  y  $g_r$  son las ganancias de las antenas del transiver  
 $\lambda$  es la longitud de onda de transmisión  
 $d$  es la distancia de transmisión  
 $L_s$  es la pérdida de transmisión

$$L_s = \frac{P_t}{P_r} = \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \frac{1}{g_t g_r}$$

La señal recibida:

$$P_r \propto \frac{1}{d^2}$$

**Desvanecimiento** Debido a la obstrucción causada por los edificios y la topografía en la antena receptora, se genera una sombra electromagnética y cambia la fuerza del campo electromagnético de la señal recibida. La sombra más común es el modelo estadístico representado como:

$$p(\psi) = \frac{\xi}{\sqrt{2\pi\sigma_{\psi}^2}} \exp\left[-\frac{(10 \log \psi - \mu_{\psi})^2}{2\sigma_{\psi}^2}\right], \quad \psi > 0$$

Donde:  $\xi = 10/\ln 10$

$\psi = P_t/P_r$ , relación de potencia de transmisión y potencia recibida

**Efecto Multipath** En el entorno móvil inalámbrico, las señales en el receptor no están distribuidas a lo largo de una ruta única, sino que son la superposición de muchas señales reflejadas. Como la hora de llegada y la fase de las diferentes ondas reflejadas no son las mismas, las señales superpuestas pueden resultar en una señal mejorada o disminuida.

### Modelo de transmisión "Multiantena"

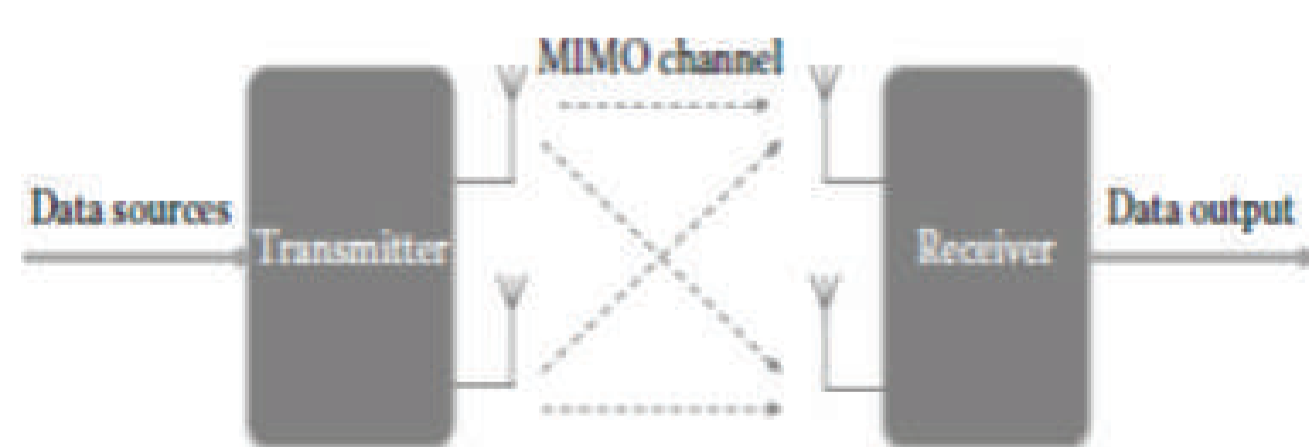


Figura 1. Diagrama del sistema MIMO

La matriz del canal del sistema MIMO queda definida como:

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & \dots & h_{N_t, 1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{1, N_r} & \dots & h_{N_t, N_r} \end{bmatrix}$$

## Referencias

1. You L, Gao X, Xia X, Ma N, Peng Y. Pilot reuse for massive MIMO transmission over spatially correlated Rayleigh fading channels, *Wireless Communications, IEEE Transactions*. 2015;14(6):3352–3366.
2. Xiao C, Zheng YR, Beaulieu NC. Novel sum-of-sinusoids simulation models for Rayleigh and Rician fading channels, *Wireless Communications, IEEE Transactions*. 2006;5(12):3667–3679.
3. Alamouti SM. A simple transmit diversity technique for wireless communications, *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*. 1998;16(8):1451–1458.

4. Kùsume K, Joham M, Utschick W, Bauch G. Efficient Tomlinson-Hiroshima precoding for spatial multiplexing on flat MIMO channel, *International Conference on Communication*. 2005;3:2021–2025.
5. Muller RR, Guo D, Moustakas AL. Vector precoding for wireless MIMO systems and its replica analysis, *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*. 2008;26(3):530–540.

y la señal del salida es:

$$y = Hx + n$$

### Tecnología de Transmisión

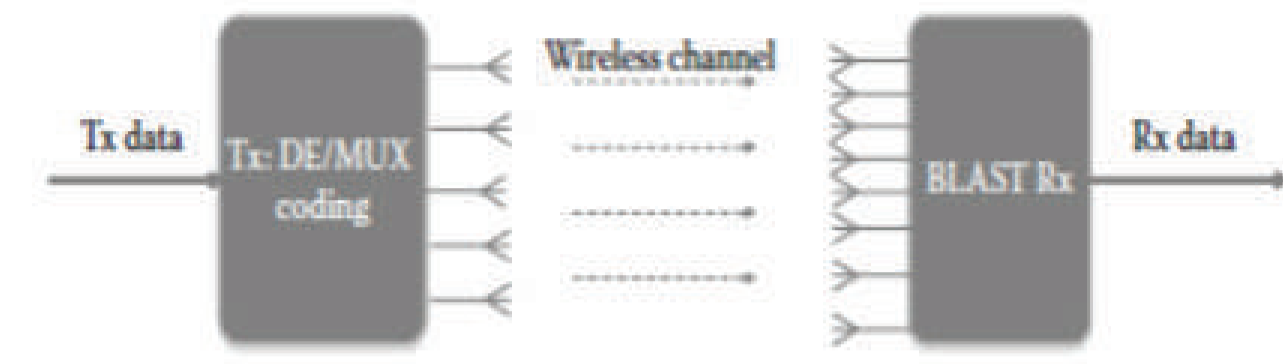


Figura 2. Diagrama en bloques de Sistema BLAST

### Tecnología de Recepción

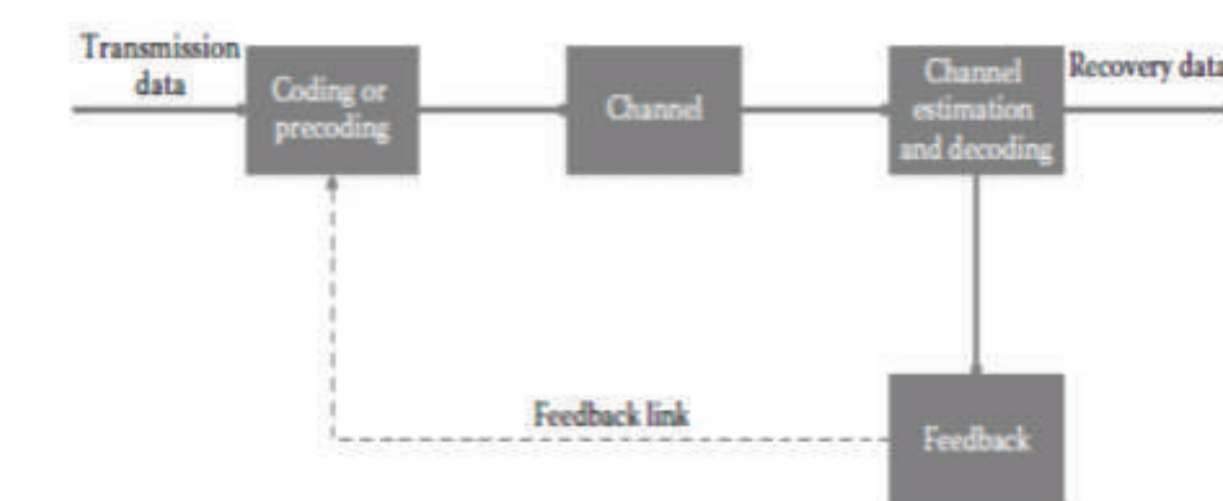


Figura 3. Modelo de realimentación del receptor

La capacidad de canal del modelo puede expresarse como:

$$C = \log_2 \left[ I_{N_r} + H R_{xx} H^H R_{nn}^{-1} \right]$$

$$= \log_2 \left[ I_{N_r} + \frac{P}{N_r N_0} H H^H \right]$$

**MIMO Multiusuario** En comparación con el tradicional de una sola entrada y salida única (SISO) del sistema, la tecnología MIMO puede mejorar enormemente la eficiencia del espectro del sistema para satisfacer la demanda creciente. Con el estudio en profundidad de la tecnología MIMO, el foco de estudio se ha desplazado gradualmente desde el original sistema MIMO de usuario único a un sistema MIMO multiusuario, en particular la difusión de la transmisión de descarga. En comparación con el MIMO de un solo usuario, la característica más importante del mimo multiusuario es que no hay restricciones sobre el número de antenas.

**Modelo de sistema MIMO multiusuario** Supongamos que  $M$  indica el número de antenas en el BS,  $N$  indica el número de antenas en el equipo del usuario (UE), y  $K$  indica el número total de usuarios. El diagrama de bloques del sistema MIMO multiusuario sobre la celda individual puede ser representado como se muestra en la figura 4.

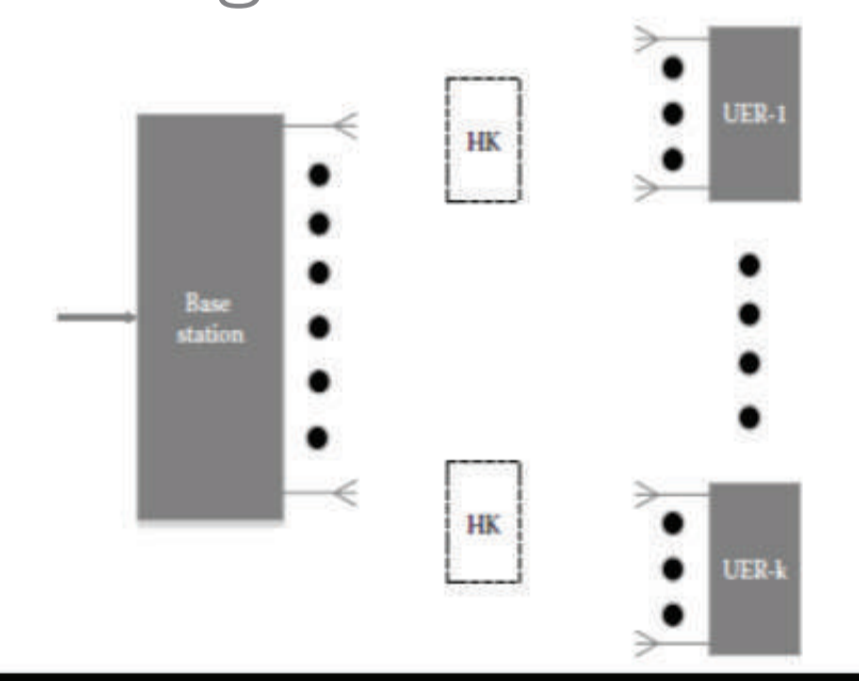


Figura 4. Diagrama de Sistema MIMO Multiusuario

## Conclusiones

En sistemas MIMO Multiusuario, la intensidad de la interferencia no sólo se ve afectada por la dirección de transmisión y recepción de la señal de transmisión, sino también por el nivel de la interferencia de la señal de potencia de transmisión.