

Phương pháp tiền mã hóa tuyến tính MRC trong downlink thông tin di động

Phạm Văn Nguyễn

MSSV: 20152737

Lớp: Điện tử 02 - K60

Email: nguyen.pv152737@sis.hust.edu.vn

Tóm tắt nội dung—Bài viết này phân tích hiệu quả của phương pháp tiền mã hóa tuyến tính trong downlink thông tin di động với giả thiết kênh truyền là Rayleigh fading và thông tin trạng thái kênh truyền đã biết. Kết quả mô phỏng hoàn toàn phù hợp với kết quả phân tích.

I. GIỚI THIỆU CHUNG

Trong hệ thống downlink thông tin di động, tín hiệu nhận được tại người dùng không những phải chịu nhiễu trên đường truyền mà còn phải chịu nhiễu giao thoa của các người dùng. Để giải quyết vấn đề này, nhiều công nghệ đã được đưa ra, một trong số đó là phương pháp tiền mã hóa. Phương pháp tiền mã hóa chia làm hai loại là tuyến tính và phi tuyến. Trong [1], tác giả so sánh hương pháp tiền mã hóa phi tuyến dirty paper coding (DPC) với các phương pháp tiền mã hóa tuyến tính, kết quả cho thấy DPC có độ hiệu quả cao hơn nhưng độ phức tạp lớn. Một số phương pháp tiền mã hóa tuyến tính đơn giản với hiệu quả khá tốt như maximal ratio combining (MRC), zero-forcing (ZF), minimum mean-square error (MMSE) [2]. MRC ban đầu là phương pháp kết hợp Anten tại bên nhận [3] với mục đích là tối đa công suất tín hiệu nhận được tại người dùng, sau đó để đơn giản về mặt công nghệ cho bên nhận người ta đưa ra phương pháp MRC precoding với cùng mục đích và được biết đến với cái tên khác là maximum ratio transmission (MRT) [4], đôi khi người ta dùng MRC để chỉ cả hai công nghệ này. Hiệu quả trải phổ và tốc độ dữ liệu của MRC precoding được phân tích trong [2]. Trong bài viết này, chúng ta sẽ khảo sát tỉ lệ lỗi bit BER khi hệ thống áp dụng MRC precoding.

II. MÔ HÌNH HỆ THỐNG

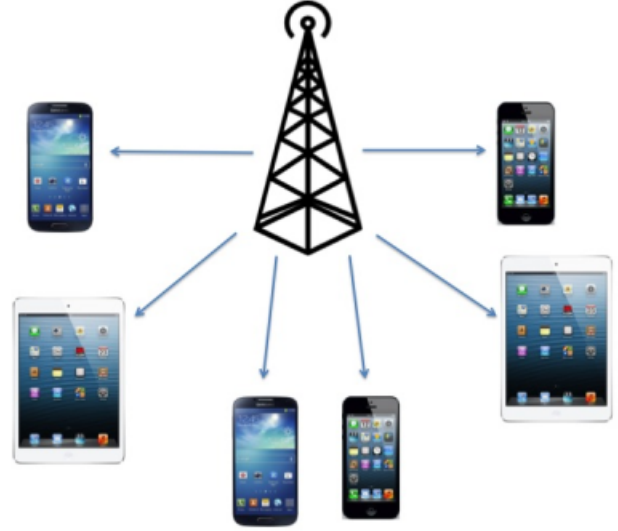
Xét hệ thống downlink gồm base station với N Anten phát và K user (mỗi user có 1 Anten) như Hình 1. Giả thiết rằng trạng thái kênh truyền đã biết, kênh truyền sử dụng là Rayleigh fading, ma trận kênh truyền là:

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & \dots & h_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{K1} & \dots & h_{KN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 \\ \vdots \\ h_K \end{bmatrix}$$

h_i là vector kênh truyền có đích là người dùng thứ i .

Tín hiệu truyền đi tại bên phát:

$$s = [s_1 \dots s_N]^T$$



Hình 1. Hệ thống downlink thông tin di động [2]

Gọi n là nhiễu Gauss trên kênh truyền, có kỳ vọng bằng 0 và phương sai bằng σ^2 :

$$n = [n_1 \dots n_K]^T$$

Tín hiệu nhận được tại người dùng là:

$$y = Hs + n \quad (1)$$

Trong phương pháp tiền mã hóa tuyến tính, người ta nhân dữ liệu cần truyền x với ma trận trọng số W :

$$s = Wx$$

Với:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & \dots & w_{1K} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N1} & \dots & w_{NK} \end{bmatrix} = [w_1 \dots w_N]$$

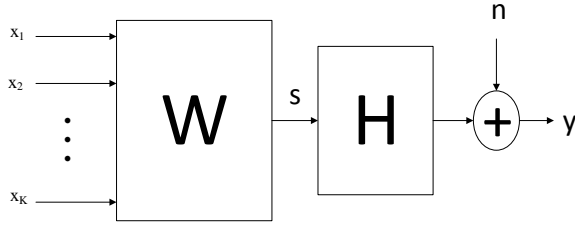
và:

$$x = [x_1 \dots x_K]^T$$

w_i là vector trọng số của dữ liệu gửi cho người dùng i , x_i là dữ liệu cần gửi cho người dùng i . Thay vào (1):

$$y = HWx + n \quad (2)$$

Mô hình hệ thống được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2. Mô hình hệ thống

III. MRC PRECODING

Tín hiệu nhận được tại user i là:

$$y_i = h_i w_i x_i + \sum_{j=1, j \neq i}^K h_i w_j x_j + n_i$$

Trong đó, $h_i w_i x_i$ là tín hiệu mong muốn, $\sum_{j=1, j \neq i}^K h_i w_j x_j$ là nhiễu do tín hiệu của các người dùng khác, n_i là nhiễu Gauss trên kênh truyền.

Phương pháp MRC tối đa tỉ số SNR, tỉ số này là:

$$\gamma = \frac{|h_i w_i x_i|^2}{|n_i|^2}$$

Giả sử rằng $|x_i|^2 = 1$:

$$\gamma = \frac{|h_i w_i|^2}{\sigma^2}$$

Ta cần xác định w_i sao cho γ lớn nhất với giả thiết đã biết h_i . Áp dụng bất đẳng thức Cauchy - Schwarz:

$$|h_i w_i|^2 \leq |h_i|^2 |w_i|^2$$

Dấu "=" xảy ra khi $w_i = \alpha h_i^H$.

h_i^H là vector liên hợp phức chuyển vị của h_i .

α là hệ số tỉ lệ.

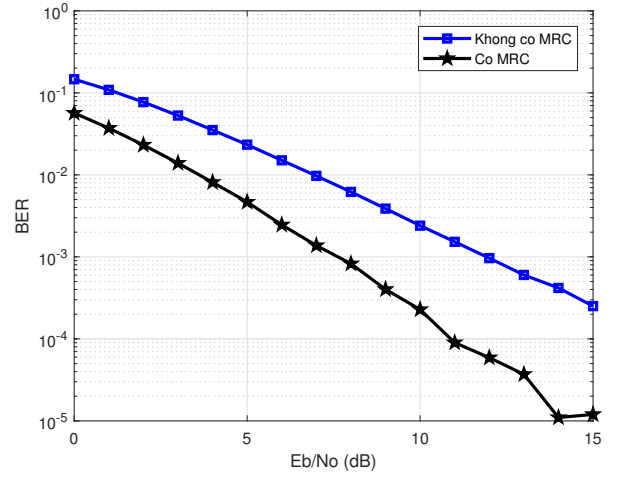
IV. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Trong phần này, chúng ta sẽ xét hệ thống chỉ có một user, phương pháp điều chế là BPSK. Kết quả mô phỏng được thể hiện trong Hình 3 và Hình 4.

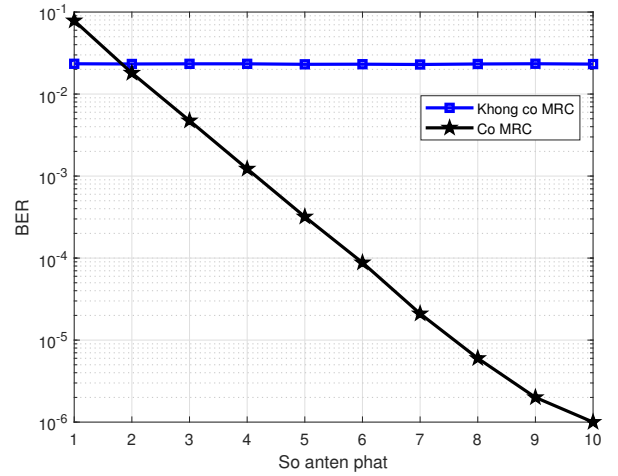
Từ kết quả mô phỏng, ta có thể thấy rằng tỉ lệ lỗi bit BER giảm khi tăng tỉ số E_b/N_0 và số anten phát.

V. KẾT LUẬN

Như vậy, chúng ta đã phân tích hiệu quả của phương pháp MRC precoding. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp này là không xem xét đến nhiễu giữa các người dùng, do đó khi có nhiều người dùng, ta cần có phương pháp khác.



Hình 3. Tỉ lệ lỗi bit BER khi thay đổi E_b/N_0 (3 anten phát)



Hình 4. Tỉ lệ lỗi bit BER khi thay đổi số anten phát ($E_b/N_0 = 5$ dB)

VI. TÀI LIỆU THAM KHẢO

TÀI LIỆU

- [1] J. Lee and N. Jindal, "Dirty paper coding vs. linear precoding for mimo broadcast channels," S. Fortieth Asilomar Conference on Signals and Computers, Eds., 2006.
- [2] E. Pakdeejit, "Linear precoding performance of massive mu-mimo downlink system," A thesis of Linkopeng University, May 2013.
- [3] N. K. T. Eng and L. B. Milstein, "Comparison of diversity combining techniques for rayleigh-fading channels," *IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS*, vol. 44, no. 9, September 1996.
- [4] T. K. Y. Lo, "Maximum ratio transmission," *IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS*, vol. 47, no. 10, October 1999.