

So sánh và đánh giá chất lượng của hệ thống DS-CDMA và hệ thống MC-CDMA qua kênh pha đỉnh đa đường và nhiễu

Nguyễn Ngọc Tiên^{1,*}, Trịnh Anh Vũ²

¹ Bộ Bưu chính-Viễn thông, 18 Nguyễn Du, Hà Nội, Việt Nam

² Đại học Quốc gia Hà Nội, 144 Xuân Thủy, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 2 tháng 6 năm 2007

Tóm tắt. Bài báo này đánh giá hiệu năng thiết lập băng rộng của kỹ thuật CDMA chuỗi trực tiếp đơn sóng mang (DS-SS) và kỹ thuật CDMA đa sóng mang (MC-SS) qua kênh pha đỉnh Rayleigh chọn lọc tần số. Cả hai hệ thống đều có khả năng hạn chế được pha đỉnh đa đường hơn các hệ thống băng hẹp thông thường. Nhờ kỹ thuật phân tập, hai hệ thống này đã hạn chế ảnh hưởng của kênh truyền và tác động của nhiễu. Trong khi hệ thống DS-SS sử dụng máy thu RAKE để giải quyết các thành phần đa đường thì hệ thống MC-SS chỉ cần sử dụng một bộ thu tương quan đơn giản cho mỗi sóng mang. Tuy nhiên, giải pháp MC-SS có hiệu năng tốt hơn giải pháp DS-SS trong việc khử nhiễu bằng tần cực bộ cũng như có khả năng hỗ trợ một số lớn người dùng trong hệ thống với một hiệu năng cho trước.

1. Giới thiệu

Gần đây, một hệ thống CDMA mới dựa trên sự kết hợp kỹ thuật CDMA và OFDM đã được nghiên cứu, đề xuất là rất có khả năng giảm ảnh hưởng của kênh pha đỉnh Rayleigh đa đường chọn lọc tần số [1-4]. Hơn nữa, hệ thống này có hiệu suất phổ rất cao và dễ thực hiện FFT [5]. Các tín hiệu DS-SS có băng thông rộng có thể là đối tượng chịu ảnh hưởng pha đỉnh đa đường chọn lọc tần số. Ngay cả khi tốc độ dữ liệu thấp và can nhiễu xuyên ký tự ISI (InterSymbol Interference) không đáng kể thì pha đỉnh đa đường cũng có thể làm cho chất lượng của hệ thống kém đi do can nhiễu giữa các chip ICI (InterChip Interference). Khả năng chống lại nhiễu ở hệ thống DS-SS đạt được nhờ sự tương quan giữa tín hiệu thu được với chuỗi trải

phổ xác định trước, do đó độ tăng ích xử lý của hệ thống làm giảm ảnh hưởng của nhiễu [6, 7]. Thêm vào đó bộ lọc triệt nhiễu có thể sử dụng để triệt nhiễu băng hẹp. Tuy nhiên, đối với nhiễu băng tần cực bộ có băng thông rộng thì nó ảnh hưởng rất mạnh đến chất lượng của hệ thống DS-SS. Bài báo này tập trung nghiên cứu phân tích và đánh giá chất lượng hệ thống trải phổ dãy trực tiếp DS-SS và hệ thống trải phổ đa sóng mang MC-SS (03 sóng mang) với sự có mặt của nhiễu băng tần cực bộ. Hệ thống MC-SS dựa vào sự kết hợp CDMA và OFDM (tức là chuỗi dữ liệu nhân với chuỗi trải phổ được điều chế OFDM trên N sóng mang) là rất mạnh đối với kênh pha đỉnh đa đường chọn lọc tần số, có hiệu suất phổ cao và yêu cầu tốc độ chip thấp hơn.

Bài báo được tổ chức như sau: Phần 2 phân tích kênh pha đỉnh đa đường và nhiễu băng tần cực bộ. Phần 3 mô tả sơ bộ hệ thống DS-SS và hệ thống MC-SS. Phần 4

* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-9454674
E-mail: nn1964tien@yahoo.com

là các kết quả mô phỏng bằng MATLAB đánh giá chỉ tiêu chất lượng của hệ thống trải phổ trực tiếp DS-CDMA và hệ thống trải phổ đa sóng mang MC-CDMA trong điều kiện kênh pha đỉnh Rayleigh đa đường chọn lọc tần số với sự có mặt của nhiễu băng tần cục bộ. Phần 5 đưa ra các kết luận.

2. Kênh và nhiễu băng tần cục bộ

2.1. Kênh pha đỉnh

Nguyên nhân gây ra pha đỉnh là do sự truyền sóng đa đường, phía máy thu thu được nhiều tín hiệu phản xạ và khúc xạ có biên độ và pha khác nhau. Kênh ở đây được giả thiết là kênh pha đỉnh Rayleigh biến đổi chậm chọn lọc tần số. Đáp ứng xung của kênh đối với tín hiệu ở dạng tần số thấp tương đương giá trị phức có thể biểu diễn dưới dạng:

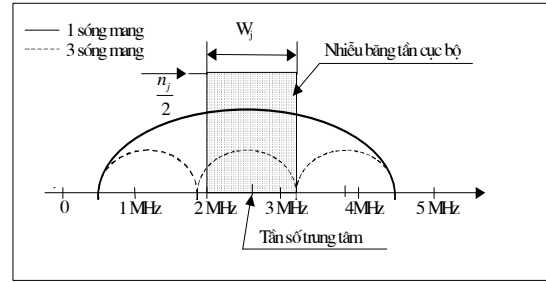
$$h_n = \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_l e^{-j\psi_l} e^{-j\omega_m (lT_c)}, \quad (1)$$

ở đây L là số đường truyền có thể xử lý. Biên độ đường bao α_l , $\{l = 0, 1, \dots, L-1\}$ của từng đường là biến ngẫu nhiên Rayleigh độc lập; pha của từng đường ψ_l $\{l = 0, 1, \dots, L-1\}$ là biến ngẫu nhiên i.i.d (independent identically distributed) phân bố đều trong khoảng $(0, 2\pi)$ và ω_m là tần số góc của sóng mang thứ m . α_l có hàm mật độ xác suất như sau:

$$f_{\alpha_l}(x) = \frac{2x}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2}{\sigma^2}\right), x \geq 0. \quad (2)$$

2.2. Nhiễu băng tần cục bộ

Can nhiễu từ các hệ thống tế bào sẽ có dạng của can nhiễu băng hẹp và các tín hiệu phát sinh từ hệ thống CDMA 1,25 MHz hiện tại sẽ tạo ra một can nhiễu băng tần rộng hơn (hình 1).



Hình 1. Mật độ phổ công suất của nhiễu băng tần cục bộ.

Dạng can nhiễu băng tần cục bộ là tạp âm trắng Gao-xơ có băng tần giới nội với mật độ phổ công suất trong khoảng $f_j - \frac{W_j}{2} \leq |f| \leq f_j + \frac{W_j}{2}$ là

$$S_{pb} = \frac{W_j n_j}{2}, \quad (3)$$

và bằng 0 ở những phần khác f_j , W_j và n_j là tần số trung tâm, băng thông và biên độ của nhiễu. Để đánh giá chất lượng của hệ thống do tác động của nhiễu băng tần cục bộ thì thông số cần xác định là $ISR = \text{công suất nhiễu băng tần cục bộ} / \text{công suất tín hiệu}$.

3. Hệ thống DS-CDMA và MC-CDMA

3.1. Hệ thống DS-CDMA

Giả sử có K người sử dụng trong hệ thống DS-CDMA, người sử dụng thứ k phát đi chuỗi $d_i^k(t)$ điều chế chuỗi trải phổ $c_i^k(t)$ độc nhất đối với người sử dụng đó. Bài báo tập trung nghiên cứu cả hai hệ thống DS-CDMA và MC-CDMA ở đường xuống. Sau khi trải phổ tại đầu ra bộ kết hợp tín hiệu $x(t)$ là:

$$x(t) = \sum_{k=1}^K y_k. \quad (4)$$

Tín hiệu này được điều chế bởi sóng mang và được phát đi:

$$z(t) = \left\{ \sum_{k=1}^K \sqrt{2P_k} c_i^k(t) d_i^k(t) \right\} \cos \omega_c t. \quad (5)$$

Tín hiệu $z(t)$ được truyền qua kênh đến máy thu với băng tần xác định. Ta xét đối với người dùng thứ nhất ($k=1$), khi đó tín hiệu thu được tại bộ thu hợp pháp thứ j tương ứng với bộ phát $k=1$ là:

$$z_j(t) = \sum_{k=1}^K \sqrt{2P_k} c_i^k(t - \tau_k) d_i^k(t - \tau_k) \cos(\omega_c t + \phi_k) + n(t), \quad (6)$$

trong đó: ω_c là tần số sóng mang, τ_k là độ trễ, P_k là công suất phát của người dùng thứ k , ϕ_k là pha của người dùng thứ k và phân bố đều trong $[0, 2\pi]$, $n(t)$ là thành phần nhiễu.

Với $y_1(t)$ là tín hiệu mong muốn của người dùng thứ nhất:

$$y_1(t) = \sum_{i=-\infty}^{i=\infty} \sqrt{2P_1} c_i^1(t - \tau_1) d_i^1(t - \tau_1) \cos(\omega_c t + \phi_1) \quad (7)$$

$n(t)$ gồm thành phần nhiễu AWGN có mật

độ phổ công suất $\eta_0/2$ và nhiễu từ những người dùng khác MAI (Multiple Access Interference) bằng tổng các tín hiệu không mong muốn từ các thuê bao còn lại:

$$I_z(t) = \sum_{k=2}^K \sqrt{2P_k} c_i^k(t - \tau_k) d_i^k(t - \tau_k) \cos(\omega_c t + \phi_k). \quad (8)$$

Tỉ số tín/tạp SNR của người dùng thứ nhất ở đầu ra bộ lọc phối hợp là:

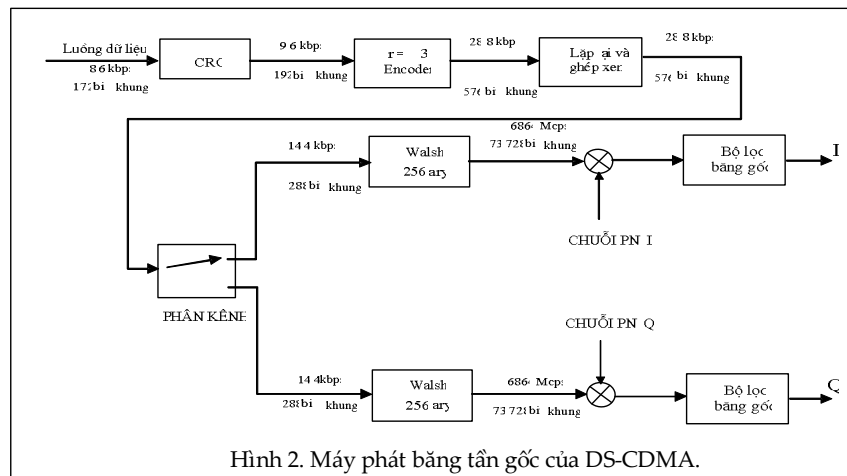
$$SNR = \frac{\frac{1}{2} T_b^2}{\frac{\eta_0}{2} T_b + \frac{P(K-1)T_b^2}{6N}} = \left[\frac{\eta_0}{2PT_b} + \frac{K-1}{3N} \right]^{-1} = \left[\frac{\eta_0}{2E_b} + \frac{K-1}{3N} \right]^{-1} \quad (9)$$

ở đây $E_b = PT_b$, (P là công suất trung bình của tín hiệu phát), ta có xác suất lỗi là:

$$P_e = Q(\sqrt{2SNR}) = Q\left(\left[\frac{\eta_0}{E_b} + \frac{2(K-1)}{3N}\right]^{-1/2}\right) \quad (10)$$

* Cấu trúc máy phát DS-SS-CDMA:

Máy phát băng tần gốc DS-SS-CDMA thực tế chỉ ra trên hình 2:



Hình 2. Máy phát băng tần gốc của DS-SS-CDMA.

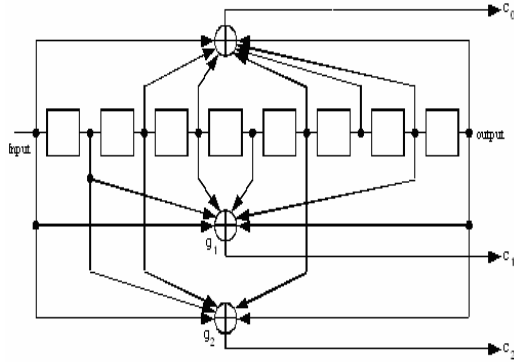
Lưu ý rằng mạng trực tổng thể vẫn dựa trên tiêu chuẩn IS-95 nhưng tốc độ chip bây giờ là 3,6864 Mchip/s gấp 3 lần so với tốc độ chip của IS-95, 1,2288 Mchip/s.

Các khối trong sơ đồ chức năng của máy phát không phân tích kỹ trong bài báo này mà chỉ cô đọng một số điểm đáng chú ý như sau:

+ Mã CRC được tạo ra nhờ đa thức sinh:

$$G(x) = x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^7 + x^4 + x + 1 \quad (11)$$

+ Bộ mã hoá nhân chập: được sử dụng cho kênh lưu lượng đường xuống của máy phát DS-SS-CDMA. Bộ mã hoá nhân chập (3,1,9) được chỉ ra trên hình vẽ 3



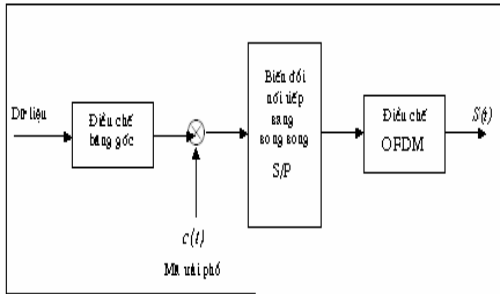
Hình 3. Bộ mã hoá nhân chập tỉ lệ 1/3, K = 9.

+ Trải phổ kiểu Walsh: mục đích của dùng trải phổ walsh để tạo ra một kênh hoàn toàn trực giao giữa những người sử dụng.

3.2. Hệ thống MC-CDMA

Nguyên tắc của MC-CDMA cũng như kỹ thuật điều chế đa sóng mang là sử dụng việc tách các kênh thông tin bằng rộng ra thành các kênh thông tin bằng hẹp, thực hiện truyền song song thông tin trên nhiều sóng mang tương ứng các kênh băng hẹp này.

Mô hình hệ thống trải phổ đa sóng mang MC-SS kết hợp giữa CDMA và OFDM được cho trên hình 4:



Hình 4. Mô hình hệ thống trải phổ đa sóng mang MC-SS (MultiCarrier – Spread Spectrum).

Thành phần tần số thấp của tín hiệu điều chế trước khi trải phổ là:

$$S_{d,l}(t) = \sqrt{P} S_n p_{T_s}(t - nT_s) \quad (12)$$

p_{T_s} là xung vuông có độ dài T_s ; và dạng sóng mã trải phổ là

$$c(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} c_n p_{T_c}(t - nT_c) \quad (13)$$

với $c_n = \pm 1$, p_{T_c} là xung có thời khoảng chập là T_c . Khi đó thành phần tần số thấp tương đương của tín hiệu trải phổ đa sóng mang là:

$$S(t) = \sqrt{\frac{P}{N}} \sum_{m=0}^{N-1} S_n c_{m+nN} e^{j2\pi \frac{m}{T_s} t} \quad (14)$$

với: $nT_s \leq t \leq (n+1)T_s$.

N là số sóng mang, chúng ta giả thiết $T_s = NT_c$. Chú ý rằng tín hiệu trải phổ đa sóng mang có thể được xem như là tín hiệu trải phổ trực tiếp với dạng sóng trải phổ như sau:

$$\tilde{C}(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \left(\sum_{m=0}^{N-1} c_{m+nN} e^{j2\pi \frac{m}{T_s} t} \right) p_{T_s}(t - nT_s) \quad (15)$$

Tức là dạng sóng trải phổ với chu kỳ T_s

Mật độ phổ công suất PSD của tín hiệu trải phổ đa sóng mang là:

$$S(f) = \frac{PT_s}{N} \left| \sum_{m=0}^{N-1} c_m \sin c(fT_s - m) \right|^2 \quad (16)$$

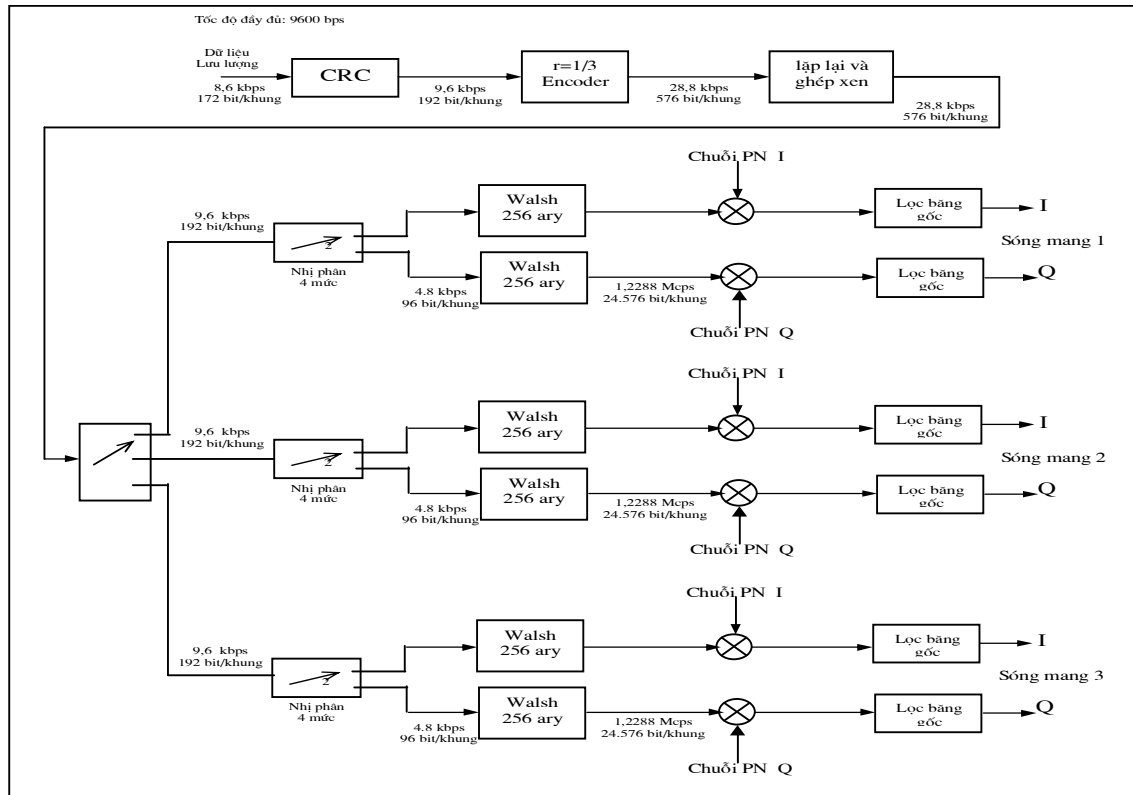
* Cấu trúc máy phát MC-CDMA

Máy phát MC-CDMA được phân tích và so sánh với máy phát DS-CDMA là máy phát điều chế $N=3$ sóng mang, mỗi sóng mang rộng 1,25 MHz, băng thông tổng cộng bao gồm cả dải bảo vệ là 5 MHz. Các chi tiết của máy phát đối với phương pháp 3 sóng mang được trình bày trong hình 5. Các bit chỉ thị chất lượng khung được cộng lại theo phương trình (11) như của DS-CDMA, bộ mã hoá nhân chập, lặp lại ký tự và bộ ghép xen cũng tương tự như hệ thống DS-CDMA. Còn đối với bộ phân kênh: trong hình 5 sau bộ ghép xen, tốc độ thông tin mã hoá là 28,8 kbit/s. Tại điểm này sẽ thực hiện phân kênh

nhằm cung cấp các luồng thông tin cho mỗi một trong ba sóng mang. Sau đó, tốc độ giảm về 9600 bit/s cho mỗi sóng mang. Lưu ý rằng tốc độ chip là thấp hơn so với hệ thống DS-

CDMA, cụ thể là $\frac{1}{3T_{CMC}}$ hoặc 1,2288 Mchip/s đối với mỗi sóng mang.

$$\frac{\text{chips}}{\text{bit}} = \frac{T_b}{T_c} = \frac{1}{R} W = \frac{1228800}{9600} = 128 \quad (17)$$



Hình 5. Máy phát băng tần gốc MC-CDMA.

Tiếp theo, để hình thành các nhánh đồng pha và lệch nhau 90° , luồng bit được phân kênh một lần nữa, nhưng lần này hai bit được chuyển tiếp cùng một lúc, cuối cùng, tốc độ mỗi nhánh là 4800 bit/s.

4. Các kết quả mô phỏng

4.1. Phương pháp mô phỏng: chương trình mô phỏng được xây dựng trên nguyên lý, sơ đồ khối như ở mục III bao gồm các: modul phát, modul thu và kênh. Ngoài các tham số

được chỉ ra trên hình 2, hình 5 trong chương trình còn sử dụng một số tham số sau:

- Đối với modul phát:

+ Số lượng người dùng đồng thời trong hệ thống ($N_{users} = [1, 3, 10]$), tham số này là cơ sở xét nhiễu đa truy nhập MAI. Đây là tham số quan trọng trong các hệ thống CDMA vì một trong đặc trưng của hệ thống này là dung lượng bị hạn chế bởi MAI.

+ Trễ của các người dùng ($delay_{users}$): để mô phỏng trung thực hệ thống, tất cả người dùng trong hệ thống hoạt động ở chế độ

không đồng bộ. Giả thiết người dùng cần phát tín hiệu đến không trễ và trễ phát cho các người dùng khác là $10 T_c$ (đối với người dùng thứ nhất là T_c), T_c là thời khoảng chip. Ví dụ, tín hiệu từ trạm gốc phát cho người dùng thứ 3 trễ $20 T_c$, cho người dùng thứ 7 trễ $60 T_c$.

+ Một vấn đề rất cần chú ý khi thực hiện mô phỏng là xác định giá trị công suất ký tự trung bình E_b dựa trên một số nguyên tắc sau: mã hóa, lặp lại, ghép xen và phân kênh không làm thay đổi năng lượng ký tự trung bình $E_c = \frac{E_b}{PG}$ với PG là hệ số tăng ích trải phổ. Do đó, nếu dữ liệu sau khi trải phổ có mức nhị phân $\{\pm 1\}$ được tăng tốc lấy mẫu (với điều kiện bảo toàn năng lượng) thì khi qua bộ lọc Cosin nâng sẽ có tín hiệu đầu ra với năng lượng trung bình bằng 1 và khi đó $E_b = PG$.

- Đối với kênh vô tuyến:

Đây là một trong những vấn đề phức tạp và khó khăn khi thực hiện mô phỏng cho hệ thống di động. Thật ra, ITU có đưa ra mô hình kênh đa đường cho đánh giá chỉ tiêu hệ thống 3G trong khuyến nghị ITU M.1457 [8] nhưng mô hình đưa ra sẽ làm cấu trúc máy thu trở nên rất phức tạp và thời gian sử dụng để chạy chương trình sẽ bị kéo dài. Hơn nữa, mô hình ITU đưa ra với 6 đường kênh có thể sử dụng trực tiếp trong mô phỏng DS nhưng để mô phỏng MC phải được biến đổi cho hợp lý sao cho ảnh hưởng của kênh lên hai hệ thống được coi như tương đương. Đây là vấn đề không đơn giản và chưa thể thực hiện được trong khuôn khổ của bài báo này. Mô hình kênh được sử dụng trong chương trình mô phỏng đơn giản hơn với 3 đường truyền với các mức trễ $[0 \ 2 \ 5]$ và phổ công suất trễ tương ứng $[0.5 \ 0.3 \ 0.2]$. Với một mức độ nhất định, mô hình này vẫn đảm bảo mô phỏng được tính đa

đường của truyền dẫn theo trải phổ trực tiếp DS, hơn nữa nó có khả năng chuyển đổi tương đương một cách hợp lý sang hệ thống đa sóng mang MC. Khi đó, 3 sóng mang của MC sẽ chịu các pha đỉnh Rayleigh độc lập và chỉ có một đường duy nhất, giống như kênh được mô tả trong [9]. Sau khi đã xác định được mô hình đa đường của kênh, vấn đề còn lại là xây dựng kênh Rayleigh cho mô phỏng với các tham số:

- Tần số hoạt động : $f_c = 1800$ MHz.
- Vận tốc di chuyển của Mobile: $v_{MS}=60$ km/h
- Tần số lấy mẫu kênh f_s . Tham số này liên quan đến trải tần số Doppler f_D của kênh. Bằng thực nghiệm người ta xác định được [10]:

$$\frac{f_D}{f_s} = \sqrt{\frac{9}{16\pi}} = 0,423 \quad (18)$$

Thực vậy, trong chương trình, khái niệm *tốc độ biến đổi* (không phải là tốc độ lấy mẫu vì tốc độ lấy mẫu phải tương ứng với số mẫu đầu ra lấy trên 1 khung. Nói cách khác, số lượng mẫu lấy trên 1 khung tín hiệu phải là 294959 của DS và 98351 của MC) của kênh Rayleigh bằng vận tốc truyền dữ liệu 9600 bps. Khi đó:

$$\frac{f_D}{f_s} = \frac{v_{MS}}{\lambda \cdot 9600} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 1800 \cdot 10^6}{3600 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 9600} = 0.01 \quad (19)$$

Giá trị này nhỏ hơn nhiều so với giá trị thực nghiệm, chứng tỏ kênh được lựa chọn đủ nhanh để phản ánh đầy đủ các tính chất của kênh pha đỉnh nhanh.

Tóm lại, mô hình kênh được lựa chọn thỏa mãn:

- Đối với hệ thống DS: là kênh đa đường (gồm 3 đường), mỗi đường một mức công suất xác định và có đặc trưng thống kê của kênh Rayleigh.
- Đối với hệ thống MC: là 3 kênh Rayleigh độc lập đối với 3 sóng mang khác nhau.

Cuối cùng, đối với modul thu: trong DS-CDMA được thực hiện trên nguyên lý thu đa đường RAKE. Trên thực tế, máy thu này phải có các bộ tương quan để xử lý các tín hiệu dẫn đường pilot nhằm tìm độ trễ và công suất thích hợp cho các nhánh thu. Hơn nữa, trong máy thu phải có các bộ ước lượng kênh để thực hiện kết hợp tỉ số cực đại MRC (Maximal Ratio Combining).

Như đã đề cập trong phần về kênh nói ở trên, mỗi kênh nhánh của MC chịu pha đình Rayleigh phẳng độc lập. Do đó, thu trong MC trên mỗi kênh được thực hiện đơn giản bằng bộ lọc phối hợp.

Chương trình mô phỏng được sử dụng để tính chỉ tiêu chất lượng của cả hai hệ thống trong các trường hợp sau:

- Có nhiều băng tần cục bộ, độ rộng băng 1,25 MHz, tương ứng ảnh hưởng đến 1 trong 3 sóng mang của MC-CDMA và 1 của DS-CDMA.
- Các nhiễu cục bộ được xét đến là: 3dB, 6dB, 9dB và không có nhiễu.
- Số lượng người sử dụng đồng thời là 1, 3 và 10.

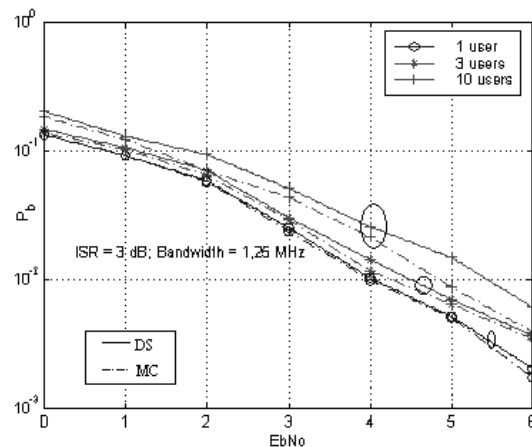
Tất cả các tham số trên được coi là tham số đầu vào trong quá trình chạy mô phỏng. Mỗi bộ tham số được chạy 3 lần. Để tiết kiệm thời gian mà vẫn đảm bảo độ chính xác mô phỏng, ngoài việc sử dụng các cấu trúc đơn giản đã trình bày ở trên, khi chạy mô phỏng cho mỗi bộ tham số, số lượng bit thông tin mô phỏng không cố định, tránh trường hợp lặp lại quá nhiều một giá trị xác suất đã ổn định cũng như số lượng bit không đủ theo lý thuyết mô phỏng, chính vì vậy trong chương trình có sử dụng “vòng lặp thích nghi” (dưới dạng *while* ...). Kết quả thu được sau mỗi lần chạy được ghi vào file. Khi tổng hợp kết quả, không thể đơn giản lấy trung bình các tỉ số lỗi mà phải lấy theo trọng số là số lượng các bit mỗi lần chạy.

4.2. Kết quả mô phỏng

Kết quả mô phỏng chỉ tiêu chất lượng của hệ thống trải phổ trực tiếp DS-CDMA và hệ thống trải phổ đa sóng mang MC-CDMA đối với đường xuống bằng Matlab thu được những đánh giá sau:

1. Chất lượng của hệ thống MC-CDMA và DS-CDMA trong các điều kiện pha đình Rayleigh đa đường với 1, 3 và 10 người sử dụng là gần tương đương, nhất là khi nhiễu và tạp âm trong hệ thống là nhỏ. Cụ thể là:

+ Khi ít người sử dụng, nhiễu đa truy nhập MAI thấp, chỉ tiêu chất lượng của hai hệ thống gần như tương đương nhau, chênh lệch không đáng kể (đường 1 user trên hình 6).



Hình 6. Xác suất lỗi bit BER của MC và DS trong các trường hợp 1, 3 và 10 người sử dụng với $ISR=3\text{dB}$, độ rộng 1,25 MHz.

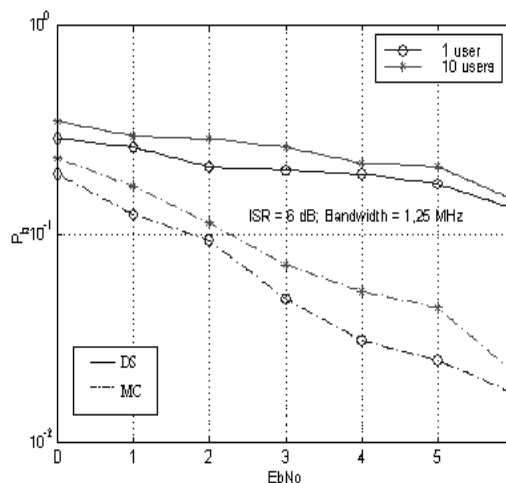
+ Khi số người sử dụng tăng lên (đường 3 users và 10 users) chỉ tiêu chất lượng của hệ thống MC có tốt hơn chút ít so với DS. Điều này hoàn toàn phù hợp vì việc bổ sung thêm các thuê bao trên một trạm gốc sẽ làm gia tăng tạp âm nền tổng thể của hệ thống. Như vậy, do mong muốn tối đa hoá số lượng thuê bao thì hệ thống phải trả giá về chỉ tiêu chất lượng cho mức gia tăng tạp âm này. Tuy nhiên, sự chênh lệch về chất lượng này còn nhỏ hơn

nhiều so với sự chênh lệch khi xuất hiện mức nhiễu băng tần cục bộ lớn.

2. Trong hình 7 và 8, can nhiễu băng tần cục bộ có băng thông tương đương với băng thông của một sóng mang 1,25 MHz tác động vào cả hai hệ thống. Khi thay đổi mức nhiễu băng tần cục bộ hay nói cách khác là khi ISR tăng lên rõ ràng chỉ tiêu chất lượng của MC-CDMA cao hơn DS-CDMA, thể hiện qua xác suất lỗi bit P_b

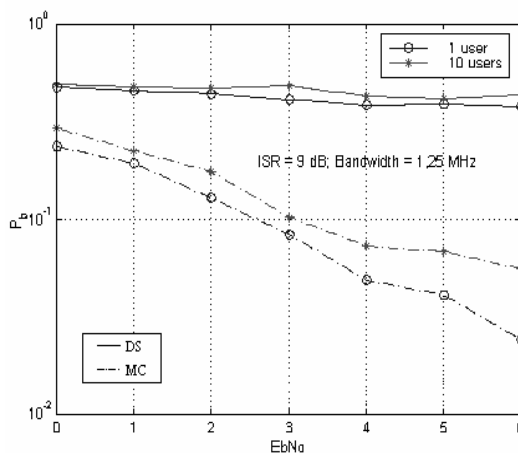
+ Khi nhiễu băng tần cục bộ càng lớn, xác suất lỗi bit P_b của DS-CDMA càng có xu hướng giữ ở mức cao. Hệ thống không có khả năng tái cấu trúc tín hiệu gốc và cuối cùng là không còn được sử dụng nữa kể cả khi tăng SNR (hình 9).

+ Đối với hệ thống MC, xác suất lỗi bit P_b vẫn giảm khi tăng SNR trong điều kiện nhiễu băng tần cục bộ lớn bởi vì: thứ nhất là do băng thông của MC được chia thành N ($N=3$) băng con tức là có N nhánh phân tập theo tần số độc lập thì số lượng đường truyền có thể xử lý ít đi dẫn đến pha đỉnh chọn lọc tần số ít hơn trong phạm vi mỗi băng con (gần như là pha đỉnh phẳng); thứ hai là do MC-CDMA còn có các băng con khác không bị ảnh hưởng nhiều băng tần cục bộ - đó là những băng tần con sạch. Băng tần sạch của hệ thống MC-CDMA vẫn có thể khôi phục chính xác tín hiệu gốc (hình 10).

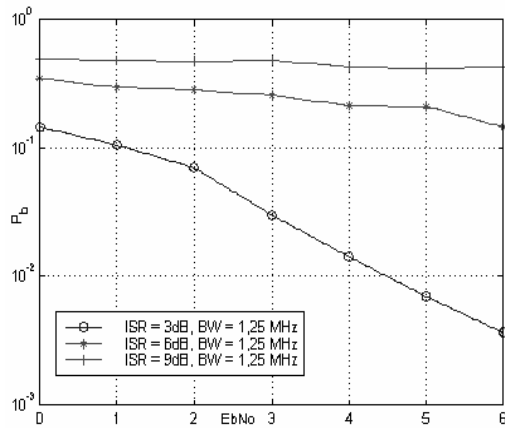


Hình 7. BER của MC và DS trong các trường hợp 1 và 10 người sử dụng với ISR = 6 dB, độ rộng 1,25 MHz.

3. Về cơ bản, tham số nhiễu băng tần cục bộ đóng vai trò giống như tạp âm nó làm tăng mức nhiễu chung của hệ thống tức là ảnh hưởng đến mức SNR tổng cộng.



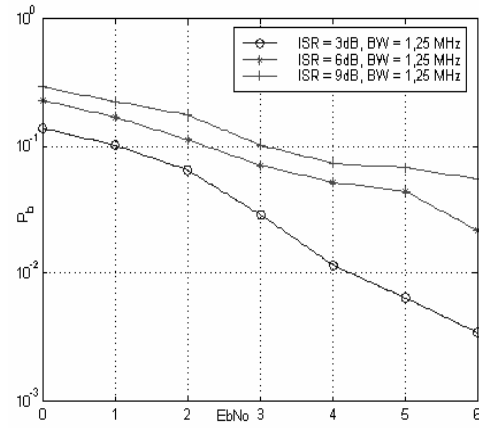
Hình 8. BER của MC và DS trong các trường hợp 1 và 10 người sử dụng với ISR = 9 dB, độ rộng 1,25 MHz.



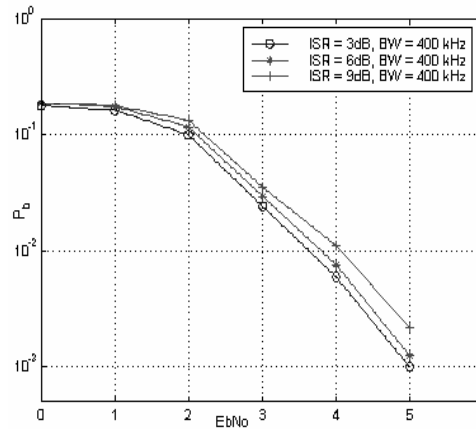
Hình 9. BER của DS trong các trường hợp 10 người sử dụng với ISR khác nhau có độ rộng 1,25 MHz.

Rõ ràng ảnh hưởng của nhiễu băng tần cục bộ phụ thuộc vào cả hai tham số: độ lớn và băng thông hay chính là công suất nhiễu. Để ý là băng thông của nhiễu băng tần cục bộ rộng hơn thì chất lượng của hệ thống giảm rất nhanh khi ISR lớn. Chất lượng của hệ thống đa sóng mang MC sẽ như chất lượng của hệ thống DS nếu như nhiễu bao phủ toàn bộ băng tần hệ thống. Điều này có thể thấy ngay được là vì hệ thống đa sóng mang MC càng mất nhiều hơn băng tần sạch khi W_j tiến dần đến băng thông của hệ thống.

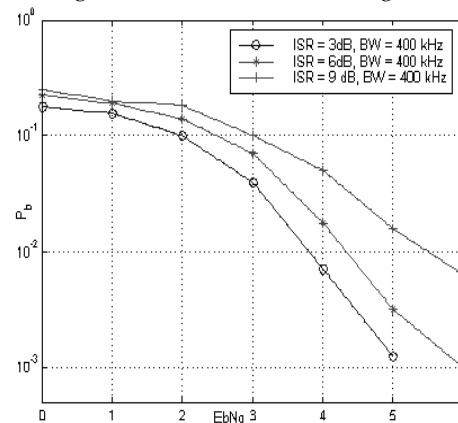
4. Khảo sát khả năng xuống cấp chỉ tiêu mà các hệ thống tế bào băng hẹp hiện nay phải chịu, một thành phần can nhiễu băng tần cục bộ 400 KHz được bổ xung vào kênh. Hình 11 và hình 12 minh họa việc này. Rõ ràng là với bản chất bẩm sinh của công nghệ CDMA cho nên hệ thống DS-CDMA băng rộng và hệ thống MC-CDMA là rất hữu hiệu trong việc làm giảm bớt bất kỳ can nhiễu băng hẹp nào.



Hình 10. BER của MC trong các trường hợp 10 người sử dụng với ISR khác nhau có độ rộng 1,25 MHz.



Hình 11. BER của MC trong các trường hợp 3 người sử dụng với ISR khác nhau có độ rộng 400 kHz.



Hình 12. BER của DS trong các trường hợp 3 người sử dụng với ISR khác nhau có độ rộng 400 kHz.

5. Kết luận

Bài báo đã đưa ra những nhận xét thực nghiệm bằng mô phỏng nhằm đánh giá chỉ tiêu chất lượng ưu việt của hệ thống MC-CDMA. Hệ thống này rất hiệu quả đối với triệt nhiễu băng hẹp và hạn chế ảnh hưởng của pha đỉnh đa đường. Hơn nữa, hệ thống đa sóng mang MC-CDMA chứng tỏ là mạnh hơn trong việc triệt can nhiễu băng tần cục bộ cũng như có khả năng trong việc hỗ trợ được số lượng thuê bao lớn hơn với cùng một mức chất lượng như ở hệ thống DS-CDMA.

Tài liệu tham khảo

- [1] N. Yee, J.P. Linnartz, G. Fettweis, Multi-carrier CDMA in door wireless radio networks, in *Proc. IEEE PIMRC'93*, Sept. 1993, pp. 109-113.
- [2] S. Kondo, L.B. Milstein, Performance of Multicarrier DS CDMA Systems, *IEEE Trans Commun.* 44 (1996) 238.
- [3] E.A. Sourour, M. Makagawa, Performance of orthogonal multicarrier CDMA in a multipath fading channel, *IEEE Trans. Commun.* 44 (1996) 356.
- [4] S. Hara, R. Prasad, Design and performance of multicarrier CDMA system in frequency-selective Rayleigh fading channels, *IEEE Trans. Veh. Technol.* 48 (1999) 1584.
- [5] J.P. Linnartz, Multicarrier modulation: Further discussion, *Wireless Communication: The Interactive Multimedia CD-ROM.*, (1996): 1-3 CD-ROM. 1 (1997).
- [6] R. E. Ziemer, R.L. Peterson, *Digital communication and spread spectrum systems*, Macmillan, New York, 1985.
- [7] A.J. Viterbi, *CDMA Principles of spread spectrum communication*, Addison Wesley Longman, Massachusetts, 1995.
- [8] ITU-R Rec.M1457, *Detailed Specifications of the Radio Interfaces of International Mobile Telecommunications – 2000'* Sept. 2000.
- [9] Weiping Xu, L. B. Milstein, On the performance of multicarrier RAKE systems, *IEEE Trans. Commun.* 49 (2001) 1912.
- [10] T.S. Rappaport, *Wireless Communications: Principles and Practice*, Prentice Hall, 1996.

Performance comparison and evaluation of DS-CDMA and MC-CDMA systems over a multipath fading channel in the presence of partial band interference

Nguyen Ngoc Tien¹, Trinh Anh Vu²

¹ Ministry of Posts and Telematics, 18 Nguyen Du, Hanoi, Vietnam

² Vietnam National University, Hanoi, 144 Xuan Thuy, Cau Giay, Hanoi, Vietnam

This paper presents performance evaluation of the wide-band implementation of a single carrier direct sequence CDMA (DS-CDMA) method and the three tone multicarrier CDMA (MC-CDMA) method over frequency selective Rayleigh fading channels. Both systems are inherently more resistant to multipath fading than ordinary narrowband systems. The use of diversity techniques aid the systems to combat for channel propagation and interference. The single carrier model utilizes a RAKE receiver to resolve multipath component whereas the multicarrier model uses a simplified receiver containing one correlator for each carrier. However, the multicarrier approach proved to be more robust in suppressing partial-band interference as well as supporting a larger number of users for the desired performance level.

