

Luận văn

ĐIỀU KHIỂN CÔNG SUẤT TRONG HỆ THỐNG MC – CDMA

Chương 1 CÔNG NGHỆ CDMA

1.1 Giới thiệu chương

Công nghệ CDMA sử dụng kỹ thuật trải phổ tín hiệu để phát dữ liệu cùng một phổ tần. Tất cả công suất của tín hiệu trong đường truyền CDMA được đồng thời trên cùng một băng tần rộng, phát trên cùng một tần số và tín hiệu nguyên thủy sẽ được khôi phục tại đầu thu. Đồng thời tín hiệu trải phổ xuất hiện trải rộng đều trên toàn bộ băng tần với công suất phát thấp, do đó loại bỏ được nhiễu, giao thoa. Trong chương này chúng ta sẽ đi vào nghiên cứu khả năng đa truy nhập, phân tích ưu nhược điểm và điều khiển công suất của quá trình thu phát tín hiệu trong hệ thống CDMA.

1.2 Tổng quan về CDMA

CDMA được đưa ra thị trường lần đầu tiên vào năm 1995 với chuẩn IS-95. Ở thế hệ di động thứ 3 sẽ sử dụng công nghệ đa truy cập phân chia theo mã (CDMA) thay vì công nghệ đa truy cập phân chia theo thời gian (TDMA) theo chuẩn IMT-2000.

Trong hệ thống CDMA, mỗi người dùng được cấp phát một chuỗi mã (chuỗi trải phổ) dùng để mã hoá tín hiệu mang thông tin. Tại máy thu, tín hiệu thu sẽ được đồng bộ giải mã để khôi phục tín hiệu gốc và dĩ nhiên máy thu phải biết được chuỗi mã đó để mã hoá tín hiệu. Kỹ thuật trải phổ tín hiệu giúp các người dùng không gây nhiễu lẫn nhau trong điều kiện có thể cùng một lúc dùng chung dải tần số. Điều này dễ dàng thực hiện được vì tương quan chéo giữa mã của người dùng mong muốn và mã của các người dùng khác thấp. Băng thông của tín hiệu mã được chọn lớn hơn rất nhiều so với băng thông của tín hiệu mang thông tin; do đó, quá trình mã hoá sẽ làm trải rộng phổ của tín hiệu, kết quả cho ta tín hiệu trải phổ.

Ở các hệ thống thông tin trải phổ, độ rộng băng tần của tín hiệu được mở rộng hàng trăm lần trước khi phát. Trải phổ không mang lại hiệu quả về mặt sử dụng băng thông đối với hệ thống đơn người dùng. Tuy nhiên nó có ưu điểm trong môi trường đa người dùng vì các người dùng này có thể dùng chung một băng tần trải phổ với can nhiễu lẫn nhau không đáng kể.

Một kỹ thuật điều chế trải phổ phải thỏa mãn 2 tiêu chuẩn:

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

- Băng thông của tín hiệu truyền phải lớn hơn băng thông của tín hiệu mang thông tin.
- Trải phổ được thực hiện bằng một mã độc lập với số liệu.

Tỉ số băng thông truyền trên băng thông của tín hiệu thông tin được gọi là độ lợi xử lý của hệ thống trải phổ:

$$G_p = \frac{B_t}{B_i} \quad (1.1)$$

Với B_t : băng thông truyền; B_i : băng thông của tín hiệu mang thông tin

- Tín hiệu trải phổ cho băng thông rộng nên có những ưu điểm khác so với tín hiệu băng hẹp.
 - ❖ Khả năng đa truy cập: nếu các người dùng phát tín hiệu trải phổ tại cùng một thời điểm, máy thu có khả năng phân biệt giữa các người dùng, do đó các mã trải phổ có các tương quan chéo thấp. Vì vậy, băng thông của tín hiệu công suất của người dùng mong muốn sẽ lớn hơn công suất gây ra bởi nhiễu và các tín hiệu trải phổ khác (nghĩa là lúc này tín hiệu của những người dùng khác vẫn là những tín hiệu trải phổ trên băng thông rộng).
 - ❖ Bảo vệ chống nhiễu đa đường: trong kênh truyền vô tuyến không chỉ có một đường truyền giữa máy thu và máy phát. Vì tín hiệu bị phản xạ, khúc xạ, nhiễu xạ nên tín hiệu thu được tại đầu thu bao gồm các tín hiệu trên các đường khác nhau. Tín hiệu trên các đường khác nhau đều là bản sao của cùng một tín hiệu nhưng khác biên độ, pha, độ trễ và góc tới. Khi cộng tất cả các tín hiệu này lại sẽ tạo nên những tần số mới và cũng làm mất đi một số tần số mong muốn. Trong miền thời gian điều này làm phân tán tín hiệu. Điều chế trải phổ chống lại nhiễu đa đường, việc giải trải phổ sẽ coi phiên bản của trễ là tín hiệu nhiễu và giữ lại một phần nhỏ của tín hiệu này trong băng thông tín hiệu mong muốn, tuy nhiên nó phụ thuộc nhiều vào phương pháp điều chế được sử dụng.
 - ❖ Bảo mật: vì tín hiệu trải phổ sử dụng toàn băng thông tại mọi thời điểm nên nó có công suất rất thấp trên một đơn vị băng thông, và việc khôi phục chỉ được thực hiện khi biết được mã trải phổ. Điều này gây khó khăn cho việc phát hiện tín hiệu đã trải phổ tức là tính bảo mật rất cao.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

- ❖ Khử nhiễu băng hẹp: tách sóng đồng bộ tại máy thu liên quan tới việc nhân tín hiệu nhận được với chuỗi mã được tạo ra bên trong máy thu. Tuy nhiên như chúng ta thấy ở máy phát, nhiễu băng hẹp sẽ bị trải phổ sau khi nhân nó với mã trải phổ. Do đó, công suất của nhiễu này trong băng thông tín hiệu mong muốn giảm đi một lượng bằng độ lợi xử lý.

1.3 Mã trải phổ

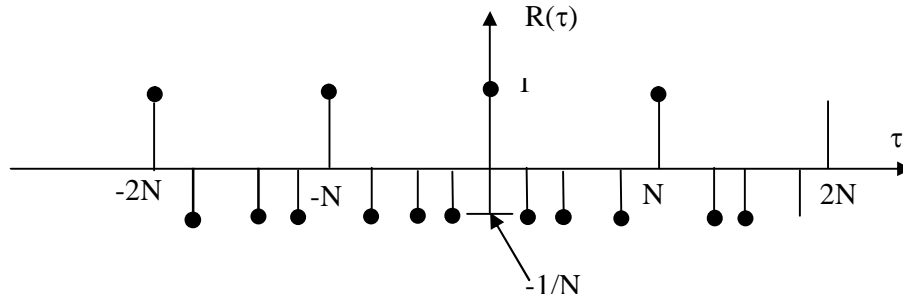
Mã dùng để trải phổ là một chuỗi tín hiệu giả ngẫu nhiên. Tín hiệu ngẫu nhiên là tín hiệu mà ta không thể dự đoán trước sự thay đổi của nó theo thời gian và để biểu diễn tín hiệu người ta dựa vào lý thuyết xác suất thống kê. Với tín hiệu giả ngẫu nhiên thì không hoàn toàn ngẫu nhiên. Có nghĩa, với thuê bao này nó không ngẫu nhiên, là tín hiệu có thể dự đoán trước cả phía phát và phía thu nhưng với các thuê bao khác thì nó là ngẫu nhiên. Nó hoàn toàn độc lập với tín hiệu, không phải là tín hiệu và có tính chất thống kê của một tín hiệu nhiễu trắng. Các mã trải phổ có thể là các mã giả tạp âm PN hoặc các mã được tạo ra từ các hàm trực giao.

1.3.1 Chuỗi mã giả ngẫu nhiên PN

Chuỗi PN là một chuỗi nhị phân có hàm tương quan giống như hàm tương quan của một chuỗi nhị phân ngẫu nhiên qua một chu kỳ. Mặc dù quy luật biến đổi của các chuỗi này là hoàn toàn xác định nhưng chuỗi PN có nhiều đặc tính giống với chuỗi nhị phân ngẫu nhiên, chẳng hạn: số bit 0 và bit 1 gần bằng nhau, tương quan chéo giữa mã PN và phiên bản bị dịch theo thời gian của nó là rất nhỏ. Chuỗi PN được tạo ra bằng cách sử dụng các mạch logic tuần tự. Loại quan trọng nhất trong số các chuỗi PN là chuỗi thanh ghi dịch cơ số 2 có chiều dài cực đại hay còn gọi là chuỗi m. Một chuỗi m trong một chu kỳ là '-1/N' đối với tương quan chéo và '1' đối với tự tương quan.

Hàm tự tương quan được định nghĩa như sau :

$$R(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_n(k)p_n(k-\tau) \quad (1.2)$$



Hình 1.1 Hàm tương quan của chuỗi PN

Trong đó $pn(k)$ là chuỗi m và $pn(k - \tau)$ là phiên bản trễ theo thời gian của mã $pn(k)$ một khoảng τ .

1.3.2 Chuỗi mã trải phổ Walsh-Hadamard

Các hàm Walsh được tạo ra từ các ma trận vuông đặc biệt $N \times N$ gọi là các ma trận Hadamard. Các ma trận này chứa một hàng toàn số 0 và các hàng còn lại có số 1 và số -1 bằng nhau. Hàm Walsh được cấu trúc cho độ dài khối $N=2^j$ trong đó j là một số nguyên dương. Các tổ hợp mã ở các hàng của ma trận là các hàm trực giao được xác định theo ma trận Hadamard như sau:

$$H_1 = [0], \quad H_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad H_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad H_{2N} = \begin{bmatrix} H_N & H_N \\ H_N & -H_N \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

Trong đó $\overline{H_N}$ là đảo cơ số hai của H_N

Trong thông tin di động CDMA, mỗi thuê bao sử dụng một phần tử trong tập các hàm trực giao để trải phổ. Khi đó, hiệu suất sử dụng băng tần trong hệ thống sẽ lớn hơn so với khi trải phổ bằng các mã được tạo ra bởi các thanh ghi dịch.

1.4 Các kiểu trải phổ cơ bản

Có 3 kiểu hệ thống trải phổ cơ bản:

- Trải phổ dây trực tiếp DSSS: tạo tín hiệu băng rộng bằng cách điều chế dữ liệu đã được điều chế bởi sóng mang bằng tín hiệu băng rộng hoặc mã trải phổ. Tức là hệ thống DS-SS đạt được trải phổ bằng cách nhân tín hiệu nguồn với một tín hiệu giả ngẫu nhiên.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

- Trải phổ nhảy tần FHSS: là sử dụng chuỗi mã để điều khiển tần số sóng mang của tín hiệu phát. Trong trường hợp này tín hiệu phát là tín hiệu đã được điều chế những sóng mang nhảy tần từ tần số này sang tần số khác trên một tập (lớn) các tần số; mẫu nhảy tần có dạng giả ngẫu nhiên.
- Trải phổ nhảy thời gian THSS: một khối các bit số liệu được nén và được phát ngắt quãng trong một hay nhiều khe thời gian trong một khung chứa một số lượng lớn các khe thời gian. Một mẫu nhảy thời gian sẽ xác định các khe thời gian nào được sử dụng để truyền dẫn trong mỗi khung.

1.5 Chuyển giao

Chuyển giao là thủ tục cần thiết đảm bảo thông tin được liên tục trong thời gian kết nối. Khi thuê bao chuyển động từ một cell này sang một cell khác thì kết nối với cell mới phải được thiết lập và kết nối với cell cũ phải được hủy bỏ.

1.5.1 Mục đích của chuyển giao

Lý do cơ bản của việc chuyển giao là kết nối vô tuyến không thỏa mãn một bộ tiêu chuẩn nhất định và do đó UE hoặc UTRAN sẽ thực hiện các công việc để cải thiện kết nối đó. Khi thực hiện các kết nối chuyển mạch gói, chuyển giao được thực hiện khi cả UE và mạng đều thực hiện truyền gói không thành công. Các điều kiện chuyển giao thường gặp là: điều kiện chất lượng tín hiệu, tính chất di chuyển của thuê bao, sự phân bố lưu lượng, băng tần...

Điều kiện chất lượng tín hiệu là điều kiện khi chất lượng hay cường độ tín hiệu vô tuyến bị suy giảm dưới một ngưỡng nhất định. Chuyển giao phụ thuộc vào chất lượng tín hiệu được thực hiện cho cả hướng lên lẫn hướng xuống của đường truyền dẫn vô tuyến.

Chuyển giao do nguyên nhân lưu lượng xảy ra khi dung lượng lưu lượng của cell đạt tới một giới hạn tối đa cho phép hoặc vượt quá ngưỡng giới hạn đó. Khi đó các thuê bao ở ngoài rìa của cell (có mật độ tải cao) sẽ được chuyển giao sang cell bên cạnh (có mật độ tải thấp).

Số lượng chuyển giao phụ thuộc vào tốc độ di chuyển của thuê bao. Khi UE di chuyển theo một hướng nhất định không thay đổi, tốc độ di chuyển của UE càng

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

cao thì càng có nhiều chuyển giao thực hiện trong UTRAN.

Quyết định thực hiện chuyển giao thông thường được thực hiện bởi RNC đang phục vụ thuê bao đó, loại trừ trường hợp chuyển giao vì lý do lưu lượng. Chuyển giao do nguyên nhân lưu lượng được thực hiện bởi trung tâm chuyển mạch di động (MSC).

1.5.2 Các loại chuyển giao

Tùy theo hình thức sử dụng trong các cơ chế chuyển giao, có thể phân chia chuyển giao thành các nhóm như: chuyển giao cứng, chuyển giao mềm và chuyển giao mềm hơn. Chuyển giao đảm bảo thông tin được duy trì liên tục khi các MS di động từ cell này sang cell khác hay giữa các dải quạt trong cùng một cell. Chuyển giao phải đúng và nhanh để thông tin không bị ngắt quãng, không bị mất tín hiệu khi đang di chuyển.

1.5.2.1 Chuyển giao mềm và mềm hơn

Chuyển giao mềm và mềm hơn dựa nguyên tắc kết nối “nói trước khi cắt” .

Chuyển giao mềm hay chuyển giao giữa các cell là chuyển giao được thực hiện giữa các cell khác nhau, trong đó trạm di động bắt đầu thông tin với một trạm gốc mới mà vẫn chưa cắt thông tin với trạm gốc cũ. Chuyển giao mềm chỉ có thể được thực hiện khi cả trạm gốc cũ lẫn trạm gốc mới đều làm việc ở cùng một tần số. MS thông tin với 2 sector của 2 cell khác nhau (chuyển giao 2 đường) hoặc với 3 sector của 3 cell khác nhau (chuyển giao 3 đường).

- Chuyển giao mềm hơn là chuyển giao được thực hiện khi UE chuyển giao giữa 2 sector của cùng một cell hoặc chuyển giao giữa 2 cell do cùng một BTS quản lý. Đây là loại chuyển giao trong đó tín hiệu mới được thêm vào hoặc xóa khỏi tập tích cực, hoặc thay thế bởi tín hiệu mạnh hơn ở trong các sector khác nhau của cùng BTS.

Trong trường hợp chuyển giao mềm hơn, BTS phát trong một sector nhưng thu từ nhiều sector khác nhau. Khi cả chuyển giao mềm và chuyển giao mềm hơn được thực hiện đồng thời, trường hợp này gọi là chuyển giao mềm - mềm hơn.

- Chuyển giao mềm - mềm hơn: MS thông tin với hai sector của cùng một cell và một sector của cell khác. Các tài nguyên mạng cần cho kiểu chuyển giao này

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

gồm tài nguyên cho chuyển giao mềm hai đường giữa cell A và B cộng với tài nguyên cho chuyển giao mềm hơn tại cell B.

1.5.2.2 Chuyển giao cứng

Chuyển giao cứng được thực hiện khi cần chuyển kênh lưu lượng sang một kênh tần số mới. Các hệ thống thông tin di động tổ ong FDMA và TDMA đều chỉ sử dụng phương thức chuyển giao này.

Chuyển giao cứng dựa trên nguyên tắc “cắt trước khi nối” (Break Before Make) có thể được chia thành: chuyển giao cứng cùng tần số và chuyển giao cứng khác tần số. Trong quá trình chuyển giao cứng, kết nối cũ được giải phóng trước khi thực hiện kết nối mới. Do vậy, tín hiệu bị ngắt trong khoảng thời gian chuyển giao. Tuy nhiên, thuê bao không có khả năng nhận biết được khoảng ngừng đó. Trong trường hợp chuyển giao cứng khác tần số, tần số sóng mang của kênh truy cập vô tuyến mới khác so với tần số sóng mang hiện tại.

Nhược điểm của chuyển giao cứng là có thể xảy ra rớt cuộc gọi do chất lượng của kênh mới chuyển đến trở nên quá xấu trong khi kênh cũ đã bị cắt.

1.6 Điều khiển công suất trong CDMA

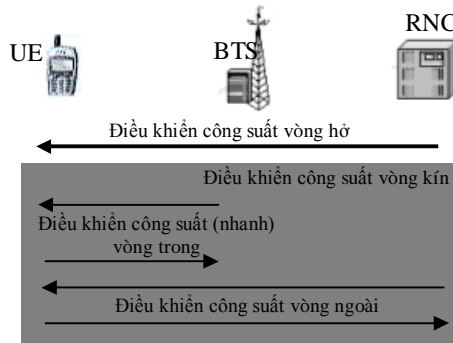
Trong CDMA, điều khiển công suất được thực hiện cho cả đường lên lẫn đường xuống. Về cơ bản, điều khiển công suất đường xuống có mục đích nhằm tối thiểu nhiễu đến các cell khác và bù nhiễu do các cell khác gây ra cũng như nhằm đạt được mức SNR yêu cầu. Tuy nhiên, điều khiển công suất cho đường xuống không thực sự cần thiết như điều khiển công suất cho đường lên. Hệ thống CDMA sử dụng công suất đường xuống nhằm cải thiện tính năng hệ thống bằng cách kiểm soát nhiễu từ các cell khác.

Điều khiển công suất đường lên tác động lên các kênh truy nhập và lưu lượng. Nó được sử dụng để thiết lập đường truyền khi khởi tạo cuộc gọi và phản ứng lên các thăng giáng tổn hao đường truyền lớn. Mục đích chính của điều khiển công suất đường lên nhằm khắc phục hiệu ứng xa-gần bằng cách duy trì mức công suất truyền dẫn của các máy di động trong cell như nhau tại máy thu trạm gốc với cùng một QoS. Do vậy việc điều khiển công suất đường lên là thực hiện tinh chỉnh công suất

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

truyền dẫn của máy di động. Hệ thống CDMA sử dụng hai phương pháp điều khiển công suất khác nhau

- Điều khiển công suất vòng hở (OLPC).
- Điều khiển công suất (nhạy) vòng kín (CLPC).
 - ❖ Điều khiển công suất vòng trong.
 - ❖ Điều khiển công suất vòng ngoài.



Hình 1.2 Các cơ chế điều khiển công suất của CDMA

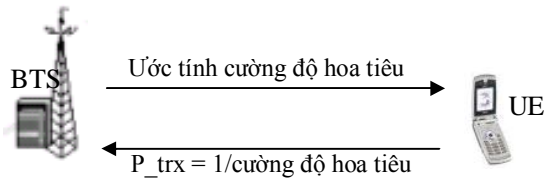
1.6.1. Điều khiển công suất vòng hở (OLPC)

Một phương pháp điều khiển công suất là đo sự điều khuếch (AGC-Automatic Gain Control) ở máy thu di động. Trước khi phát, trạm di động giám sát tổng công suất thu được từ trạm gốc. Công suất đo được cho thấy tổn hao đường truyền đối với từng người sử dụng. Trạm di động điều chỉnh công suất phát của mình tỷ lệ nghịch với tổng công suất mà nó thu được. Có thể phải điều chỉnh công suất ở một dải động lên tới 80 dB. Phương pháp này được gọi là điều chỉnh công suất vòng hở, ở phương pháp này trạm gốc không tham gia vào các thủ tục điều khiển công suất.

OLPC sử dụng chủ yếu để điều khiển công suất cho đường lên. Trong quá trình điều khiển công suất, UE xác định cường độ tín hiệu truyền dẫn bằng cách đo đặc mức công suất thu của tín hiệu hoa tiêu từ BTS ở đường xuống. Sau đó, UE điều chỉnh mức công suất truyền dẫn theo hướng tỷ lệ nghịch với mức công suất tín hiệu hoa tiêu thu được. Do vậy, nếu mức công suất tín hiệu hoa tiêu càng lớn thì mức công suất phát của UE (P_{trx}) càng nhỏ.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Việc điều khiển công suất vòng hở là cần thiết để xác định mức công suất phát ban đầu (khi khởi tạo kết nối).

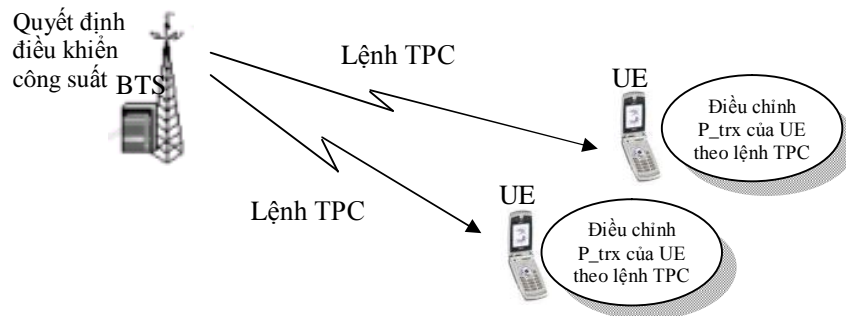


Hình 1.3 OLPC đường lên

1.6.2 Điều khiển công suất vòng kín (CLPC)

CLPC được sử dụng để điều khiển công suất khi kết nối đã được thiết lập. Mục đích chính là để bù những ảnh hưởng của sự biến đổi nhanh của mức tín hiệu vô tuyến. Do đó, chu kỳ điều khiển phải đủ nhanh để phản ứng lại sự thay đổi nhanh của mức tín hiệu vô tuyến.

Trong CLPC, BTS điều khiển UE tăng hoặc giảm công suất phát. Quyết định tăng hoặc giảm công suất phụ thuộc vào mức tín hiệu thu SNR tại BTS. Khi BTS thu tín hiệu từ UE, nó so sánh mức tín hiệu thu với một mức ngưỡng cho trước. Nếu mức tín hiệu thu được vượt quá mức ngưỡng cho phép, BTS sẽ gửi lệnh điều khiển công suất phát (TPC) tới UE để giảm mức công suất phát của UE. Nếu mức tín hiệu thu được nhỏ hơn mức ngưỡng, BTS sẽ gửi lệnh điều khiển đến UE để tăng mức công suất phát.



TPC: *Transmit Power Control*: Điều khiển công suất truyền dẫn.

Hình 1.4 Cơ chế điều khiển công suất CLPC

Các tham số được sử dụng để đánh giá chất lượng công suất thu nhằm thực hiện quyết định điều khiển công suất như: SIR, tỷ lệ lỗi khung-FER, tỷ lệ lỗi bit

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

BER. Cơ chế CLPC nói trên là cơ chế điều khiển công suất vòng trong và đó cơ chế điều khiển công suất nhanh nhất trong hệ thống CDMA.

1.7 Kết luận chương

Một mô hình CDMA được trình bày ngắn gọn trong chương này nhằm nắm bắt được những lý thuyết cơ bản về hệ thống CDMA. Để ứng dụng cho việc truyền dữ liệu đi được kiểm soát cũng như được bảo mật thì công việc trải phở lại là rất quan trọng. Do hệ thống MC-CDMA tổng hợp từ các kỹ thuật OFDM và CDMA nên ở chương tiếp theo chúng ta sẽ bàn về kỹ thuật OFDM.

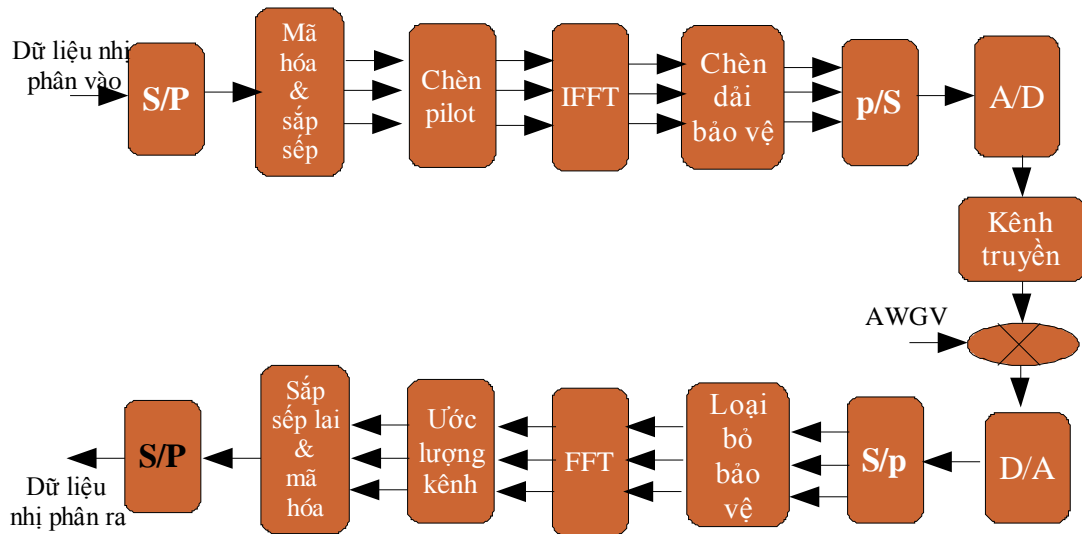
Chương 2 KỸ THUẬT OFDM

2.1 Giới thiệu chương

Ghép kênh phân chia theo tần số trực giao OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) là kỹ thuật điều chế đa sóng mang được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng vô tuyến lẫn hữu tuyến. OFDM được chọn làm chuẩn cho hệ thống phát âm thanh số DAB, hệ thống phát hình số DVB và mạng LAN không dây... Ưu điểm của OFDM là khả năng truyền dữ liệu tốc độ cao qua kênh truyền fading có tính chọn lọc tần số và sử dụng băng thông hiệu quả. Ngoài ra, quá trình điều chế và giải điều chế đa sóng mang có thể được thực hiện dễ dàng nhờ phép biến đổi Fourier thuận và nghịch. Trong chương này chúng ta sẽ đi sâu vào tìm hiểu từng đặc điểm của OFDM: khái niệm, điều chế đa sóng mang, hệ thống OFDM băng cơ sở, kỹ thuật xử lý tín hiệu OFDM, chèn Pilot, tiền tố lặp CP...

2.2 Hệ thống OFDM

2.2.1 Sơ đồ khối



Hình 2.1 Sơ đồ khối hệ thống OFDM

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Nguyên lý làm việc:

- Đầu tiên, dòng dữ liệu vào tốc độ cao được chia thành nhiều dòng dữ liệu song song tốc độ thấp hơn nhờ bộ chuyển đổi S/P (Serial/Parallel). Mỗi dòng dữ liệu song song sau đó được mã hóa sử dụng thuật toán FEC (Forward Error Correcting) và được sắp xếp theo một trình tự hỗn hợp. Những ký tự hỗn hợp được đưa đến đầu vào của khối IFFT. Khối này sẽ tính toán các mẫu thời gian tương ứng với các kênh nhánh trong miền tần số.
- Sau đó, khoảng bảo vệ được chèn vào để giảm nhiễu xuyên ký tự ISI do truyền trên các kênh vô tuyến di động đa đường. Cuối cùng bộ lọc phía phát định dạng tín hiệu thời gian liên tục sẽ chuyển đổi lên tần số cao để truyền trên các kênh.
- Trong quá trình truyền, trên các kênh sẽ có các nguồn nhiễu gây ảnh hưởng như nhiễu Gaussian trắng cộng AWGN.
- Ở phía thu, tín hiệu thu được chuyển xuống tần số thấp và tín hiệu rời rạc đạt được tại bộ lọc thu. Khoảng bảo vệ được loại bỏ và các mẫu được chuyển đổi từ miền thời gian sang miền tần số bằng phép biến đổi DFT dùng thuật toán FFT. Sau đó, tùy vào sơ đồ điều chế được sử dụng, sự dịch chuyển về biên độ và pha của sóng mang nhánh sẽ được cân bằng bằng bộ cân bằng kênh (Channel Equalization). Các ký tự hỗn hợp thu được sẽ được sắp xếp ngược trở lại và được giải mã. Cuối cùng, chúng ta nhận được dòng dữ liệu nối tiếp ban đầu.

2.3 Kỹ thuật xử lý tín hiệu OFDM

2.3.1 Mã hóa sửa sai trước FEC

Trong hệ thống thông tin số nói chung, mã hóa sửa sai trước FEC (Forward Error Correcting) được sử dụng để nâng cao chất lượng thông tin, cụ thể là đảm bảo tỷ số lỗi trong giới hạn cho phép mà không phải nâng cao giá trị của tỷ số E_b/N_0 (hoặc SNR), điều này càng thể hiện rõ ở kênh truyền bị tác động của AWGN. Mã hóa FEC được chia thành 2 loại mã chính:

- ❖ Mã khối (Block coding)
- ❖ Mã chập (Convolutional coding).

Ngoài ra, người ta còn dùng mã hóa Trellis: là một dạng của mã chập nhưng có thêm phần mã hóa. Bên thu có thể sử dụng thuật toán Viterbi.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

2.3.2 Phân tán kí tự

Do fading lựa chọn tần số của các kênh vô tuyến điển hình làm cho những nhóm sóng mang phụ ít tin cậy hơn những sóng mang khác. Vì vậy tạo ra các chùm lỗi bit lớn hơn được phân tán một cách ngẫu nhiên. Hầu hết các mã sửa lỗi không được thiết kế để sửa lỗi chùm. Do đó, bộ phân tán kí tự được tạo ra nhằm ngẫu nhiên hoá sự xuất hiện của những bit lỗi trước khi giải mã. Tại bộ phát, bằng cách nào đó người ta hoán vị những bit đã mã hoá sao cho những bit kề nhau bị cách nhau nhiều bit. Tại bộ thu, việc hoán vị ngược lại được thực hiện trước khi giải mã.

2.3.3 Sắp xếp

Về nguyên tắc, có thể áp dụng bất kỳ phương pháp điều chế nào cho mỗi sóng mang. Dạng điều chế được quy định bởi số bit ở ngõ vào và cặp giá trị (I, Q) ở ngõ ra. Tức là dòng bit trên mỗi nhánh được sắp xếp thành các nhóm có N_{bs} (1, 2, 4, 8) bit khác nhau tương ứng với các phương pháp điều chế BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM.

N_{bs}	Dạng điều chế	a_n, b_n
1	BPSK	$[\pm 1]$
2	QPSK (4-QAM)	$[\pm 1]$
4	16_QAM	$[\pm 1][\pm 3]$
8	64_QAM	$[\pm 1][\pm 3][\pm 5][\pm 7]$

Hình 2.2 Bảng các giá trị a_n, b_n theo dạng điều chế

Nói chung, mô hình điều chế tùy thuộc vào việc dung hoà giữa yêu cầu tốc độ truyền dẫn và chất lượng truyền dẫn. Một ưu điểm đặc biệt hứa hẹn cho các ứng dụng đa phương tiện sau này là mô hình điều chế khác nhau có thể được áp dụng cho các kênh (sóng mang phụ) khác nhau, chẳng hạn cho các lớp dịch vụ khác nhau.

2.3.4 Sử dụng IFFT/FFT trong OFDM

OFDM là kỹ thuật điều chế đa sóng mang, trong đó dữ liệu được truyền song song nhờ rất nhiều sóng mang phụ. Để làm được điều này, cứ mỗi kênh phụ, ta cần một máy phát sóng sin, một bộ điều chế và một bộ giải điều chế. Trong trường hợp số kênh phụ là khá lớn thì cách làm trên không hiệu quả, nhiều khi là không thể thực hiện được. Nhằm giải quyết vấn đề này, khối thực hiện chức năng biến đổi DFT/IDFT được dùng để thay thế toàn bộ các bộ tạo dao động sóng sin, bộ điều chế, giải điều chế dùng trong mỗi kênh phụ.

FFT/IFFT được xem là một thuật toán giúp cho việc thực hiện phép biến đổi DFT/IDFT nhanh và gọn hơn.

2.3.4.1 Phép biến đổi

DFT là phép biến đổi Fourier rời rạc (Discrete Fourier Transform), thực hiện chuyển đổi tín hiệu $x(n)$ trong miền thời gian sang tín hiệu trong miền tần số $X(k)$. Phép biến đổi IDFT là quá trình ngược lại, thực hiện chuyển đổi phổ tín hiệu $X(k)$ thành tín hiệu $x(n)$ trong miền thời gian.

Giả sử tín hiệu $x(n)$ có chiều dài là N ($n = 0, 1, 2, \dots, N-1$). Công thức của phép biến đổi DFT là

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{nk} \quad , k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3.9)$$

Trong đó W_N được xác định là $W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ (3.10)

Do vậy, W_N^{nk} có giá trị là

$$W_N^{nk} = e^{-j\frac{2\pi kn}{N}} \quad (3.11)$$

- Công thức của phép biến đổi IDFT là

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)W_N^{-nk} \quad , n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3.12)$$

- Chuyển đổi Fourier nhanh(FFT) là thuật toán giúp cho việc tính toán DFT nhanh và gọn hơn. Từ công thức (3.9), (3.12) ta thấy thời gian tính DFT bao gồm

- ❖ Thời gian thực hiện phép nhân phức.
- ❖ Thời gian thực hiện phép cộng phức.
- ❖ Thời gian đọc các hệ số W_N .
- ❖ Thời gian truyền số liệu.

Trong đó chủ yếu là thời gian thực hiện phép nhân phức. Vì vậy, muốn giảm thời gian tính toán DFT thì người ta tập trung chủ yếu vào việc giảm thời gian thực hiện phép nhân phức. Mà thời gian thực hiện phép nhân phức tỉ lệ với số phép nhân. Do đó để giảm thời gian tính DFT thì người ta phải giảm được số lượng phép tính nhân bằng cách sử dụng thuật toán FFT. Để tính trực tiếp cần N^2 phép nhân. Khi tính bằng FFT số phép nhân chỉ còn $\frac{N}{2} \log_2 N$. Vì vậy tốc độ tính bằng FFT nhanh

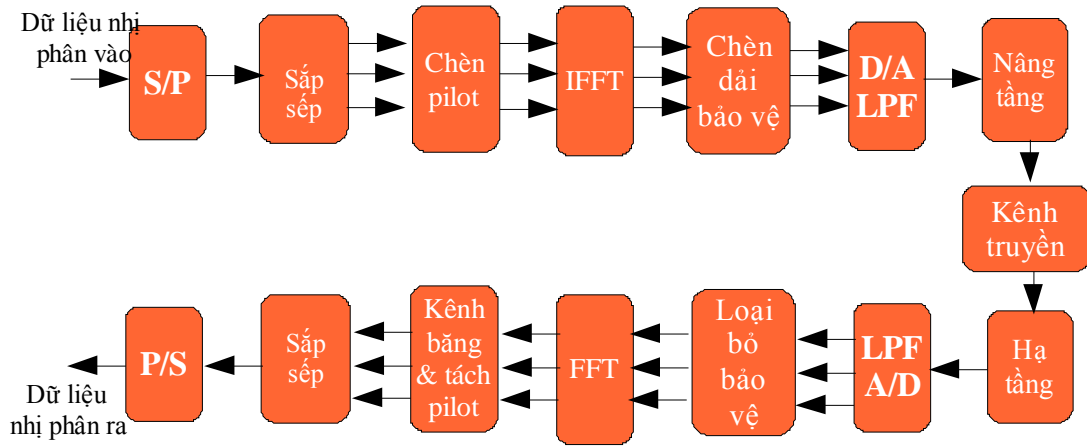
hơn tính trực tiếp là $\frac{2N}{\log_2 N}$.

Ngoài ra FFT còn có ưu điểm giúp tiết kiệm bộ nhớ bằng cách tính tại chỗ.

2.3.4.2 Ứng dụng FFT/IFFT trong OFDM

- Sơ đồ khối của hệ thống OFDM sử dụng FFT hình 2.3

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA



Hình 2.3 Sơ đồ khối của hệ thống OFDM dùng FFT

- Tại máy phát, tín hiệu được định nghĩa trong miền tần số, là tín hiệu số đã được lấy mẫu, và được định nghĩa như phổ Fourier rời rạc tồn tại chỉ tại tần số rời rạc. Mỗi sóng mang OFDM tương ứng với một phần tử của phổ Fourier rời rạc. Biên độ và pha của các sóng mang phụ thuộc data được truyền. Sự chuyển tiếp data được đồng bộ tại các sóng mang, và có thể xử lý cùng nhau, symbol by symbol.

Xét một chuỗi data ($d_0, d_1, d_2, \dots, d_{N-1}$), trong đó $d_n = a_n + jb_n$ ($a_n, b_n = \pm 1$ với QPSK, $a_n, b_n = \pm 1, \pm 3$ với 16QAM, ...)

$$D_m = \sum_{n=0}^{N-1} d_n e^{-j(2\pi n m / N)} = \sum_{n=0}^{N-1} d_n e^{-j \frac{2\pi}{N} k n} \quad \text{với } k=0,1,2,\dots,N-1 \quad (3.13)$$

trong đó $f_n = n/(\Delta T)$, $t_k = k\Delta t$ và Δt là khoảng thời gian ký tự được lựa chọn một cách tùy ý của chuỗi d_n . Phần thực của vector D có thành phần

$$Y_m = \text{Re}\{D_m\} = \sum_{n=0}^{N-1} [a_n \cos(2\pi f_n t_m) + b_n \sin(2\pi f_n t_m)] \quad k = 0,1,\dots,N-1 \quad (3.14)$$

Nếu thành phần này qua bộ lọc thông thấp trong khoảng thời gian Δt , tín hiệu đạt được gần đúng với tín hiệu FDM

$$y(t) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n \cos(2\pi f_n t_m) + b_n \sin(2\pi f_n t_m) \quad 0 \leq t \leq N\Delta t \quad (3.15)$$

- Hình (3.9) minh họa quá trình FFT của hệ thống OFDM cơ sở. Đầu tiên, data vào được chuyển từ nối tiếp sang song song và được nhóm thành x bits dưới dạng một số phức. Số x xác định chòm sao tín hiệu của sóng mang tương ứng, như 16QAM hoặc 32QAM. Số phức được điều chế trong băng gốc bằng thuật toán IFFT và được chuyển trở

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

lại thành data nổi trên đường truyền. Khoảng bảo vệ được chèn giữa các ký tự để tránh ISI. Các ký tự rời rạc được chuyển thành analog và LPF đối với trên tần số RF.

- Máy thu thực hiện quá trình ngược lại của máy phát. Một bộ tap-equalizer được sử dụng. Hệ số tap (tap-coefficients) của bộ lọc được tính toán dựa trên thông tin kênh.

2.4 Các vấn đề kỹ thuật trong OFDM

OFDM là giải pháp kỹ thuật rất thích hợp cho truyền dẫn vô tuyến tốc độ cao. Tuy nhiên, để có thể đem áp dụng vào các hệ thống, có ba vấn đề cần phải giải quyết khi thực hiện hệ thống sử dụng OFDM:

- ❖ Ước lượng tham số kênh.
- ❖ Đồng bộ sóng mang

Vấn đề thứ nhất liên quan trực tiếp đến chỉ tiêu chất lượng hệ thống OFDM nếu dùng phương pháp giải điều chế liên kết, còn hai vấn đề sau liên quan đến việc xử lý các nhược điểm của OFDM. Ngoài ra, để nâng cao chỉ tiêu chất lượng hệ thống, người ta sử dụng mã hóa tín hiệu OFDM.

2.4.1 Ước lượng tham số kênh

Ước lượng kênh (Channel estimation) trong hệ thống OFDM là xác định hàm truyền đạt của các kênh con và thời gian để thực hiện giải điều chế bên thu khi bên phát sử dụng kiểu điều chế kết hợp (coherent modulation). Để ước lượng kênh, phương pháp phổ biến hiện nay là dùng tín hiệu dẫn đường (PSAM-Pilot signal assisted Modulation). Trong phương pháp này, tín hiệu pilot bên phát sử dụng là tín hiệu đã được bên thu biết trước về pha và biên độ. Tại bên thu, so sánh tín hiệu thu được với tín hiệu pilot nguyên thủy sẽ cho biết ảnh hưởng của các kênh truyền dẫn đến tín hiệu phát. Ước lượng kênh có thể được phân tích trong miền thời gian và trong miền tần số. Trong miền thời gian thì các đáp ứng xung $h(n)$ của các kênh con được ước lượng. Trong miền tần số thì các đáp ứng tần số $H(k)$ của các kênh con được ước lượng. Có hai vấn đề chính được quan tâm khi sử dụng PSAM :

- Vấn đề thứ nhất là lựa chọn tín hiệu pilot : phải đảm bảo yêu cầu chống nhiễu, hạn chế tổn hao về năng lượng và băng thông khi sử dụng tín hiệu này. Với hệ thống OFDM, việc lựa chọn tín hiệu pilot có thể được thực hiện trên giản đồ thời gian-tần số, vì vậy kỹ thuật OFDM cho khả năng lựa chọn cao hơn so với hệ thống đơn sóng mang. Việc lựa chọn tín hiệu pilot ảnh hưởng rất lớn đến các chỉ tiêu hệ thống.
- Vấn đề thứ hai là việc thiết kế bộ ước lượng kênh: phải giảm được độ phức tạp của thiết bị trong khi vẫn đảm bảo được độ chính xác yêu cầu. Yêu cầu về tốc độ thông tin cao (tức là thời gian xử lý giảm) và các chỉ tiêu hệ thống là hai yêu cầu ngược nhau. Chẳng hạn, bộ ước lượng kênh tuyến tính tối ưu (theo nguyên lý bình phương

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

lỗi nhỏ nhất-MSE) là bộ lọc Wiener hai chiều (2D-Wiener filter) có chỉ tiêu kỹ thuật rất cao nhưng cũng rất phức tạp. Vì vậy, khi thiết kế cần phải dung hòa hai yêu cầu trên.

2.4.2 Đồng bộ trong OFDM

Đồng bộ là một trong những vấn đề đang rất được quan tâm trong kỹ thuật OFDM bởi nó có ý nghĩa quyết định đến khả năng cải thiện các nhược điểm của OFDM. Chẳng hạn, nếu không đảm bảo sự đồng bộ về tần số sóng mang thì sẽ dẫn đến nguy cơ mất tính trực giao giữa các sóng mang nhánh, khiến hệ thống OFDM mất đi các ưu điểm đặc trưng nhờ sự trực giao này. Trong hệ thống OFDM, người ta xét đến ba loại đồng bộ khác nhau là : đồng bộ ký tự (symbol synchronization), đồng bộ tần số sóng mang (carrier frequency synchronization), và đồng bộ tần số lấy mẫu (sampling frequency synchronization).

2.4.2.1 Đồng bộ ký tự

Đồng bộ ký tự nhằm xác định chính xác thời điểm bắt đầu một ký tự OFDM. Hiện nay, với kỹ thuật sử dụng tiền tố lặp (CP) thì đồng bộ ký tự đã được thực hiện một cách dễ dàng hơn. Hai yếu tố cần được chú ý khi thực hiện đồng bộ ký tự là lỗi thời gian (timing error) và nhiễu pha sóng mang (carrier phase noise).

❖ Lỗi thời gian

Lỗi thời gian gây ra sự sai lệch thời điểm bắt đầu một ký tự OFDM. Nếu lỗi thời gian đủ nhỏ sao cho đáp ứng xung của kênh vẫn còn nằm trong chiều dài khoảng tiền tố lặp (CP) thì hệ thống vẫn đảm bảo sự trực giao giữa các sóng mang. Trong trường hợp này thì thời gian trễ của một ký tự được xem như là độ dịch pha của kênh truyền và độ dịch pha này được xác định nhờ kỹ thuật ước lượng kênh. Trong trường hợp ngược lại, nếu chiều dài của CP nhỏ hơn lỗi thời gian thì hệ thống sẽ xuất hiện lỗi ISI. Có hai phương pháp để thực hiện đồng bộ thời gian, đó là : đồng bộ thời gian dựa vào tín hiệu pilot và đồng bộ thời gian dựa vào tiền tố lặp.

❖ Nhiễu pha sóng mang

Nhiễu pha sóng mang là hiện tượng không ổn định về pha của các sóng mang do sự không ổn định của bộ tạo dao động bên phát và bên thu.

2.4.2.2 Đồng bộ tần số sóng mang

Trong đồng bộ tần số sóng mang, hai vấn đề chính được quan tâm đến là : lỗi tần số (frequency error) và thực hiện ước lượng tần số.

❖ Lỗi tần số

Lỗi tần số được tạo ra do sự khác biệt về tần số giữa hai bộ tạo dao động bên phát và bên thu, do độ dịch tần Doppler, hoặc do nhiễu pha xuất hiện khi kênh truyền không tuyến tính. Hai ảnh hưởng do lỗi tần số gây ra là : suy giảm biên độ tín hiệu thu được (vì tín hiệu không được lấy mẫu tại đỉnh của mỗi sóng mang hình sin) và tạo ra nhiễu xuyên kênh ICI (vì các sóng mang bị mất tính trực giao).

❖ Ước lượng tần số

Tương tự như kỹ thuật đồng bộ ký tự, để thực hiện đồng bộ tần số, có thể sử dụng tín hiệu pilot hoặc sử dụng tiền tố lặp. Trong kỹ thuật sử dụng tín hiệu pilot,

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

một số sóng mang được sử dụng để truyền những tín hiệu pilot (thường là các chuỗi giả nhiễu). Sử dụng những ký tự đã biết trước về pha và biên độ sẽ giúp ta ước lượng được độ quay pha do lỗi tần số gây ra. Để tăng độ chính xác cho bộ ước lượng, người ta sử dụng thêm các vòng khóa pha (Phase Lock Loop-PLL).

Nhận xét : Một vấn đề cần được quan tâm đến là mối quan hệ giữa đồng bộ ký tự và đồng bộ tần số sóng mang. Để giảm ảnh hưởng của sự mất đồng bộ tần số sóng mang thì có thể giảm số lượng sóng mang, tăng khoảng cách giữa hai sóng mang cạnh nhau. Nhưng khi giảm số sóng mang thì phải giảm chu kỳ của mỗi ký tự trên mỗi sóng mang, dẫn đến việc đồng bộ ký tự rất khó khăn và phải chặt chẽ hơn. Điều đó chứng tỏ hai vấn đề đồng bộ trên có quan hệ chặt chẽ lẫn nhau, cần phải có sự dung hòa hợp lý để hệ thống đạt được các chỉ tiêu kỹ thuật đề ra.

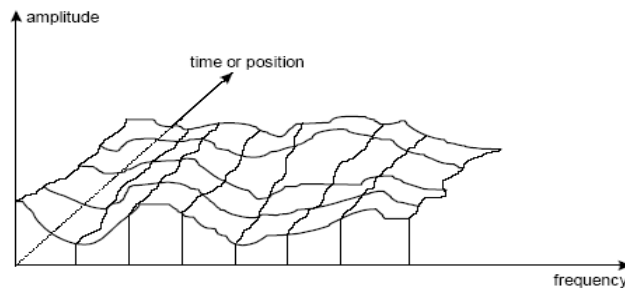
2.4.2.3 Đồng bộ tần số lấy mẫu

Tại bên thu, tín hiệu liên tục theo thời gian thu được lấy mẫu theo đồng hồ bên thu, vì vậy sẽ xuất hiện sự bất đồng bộ giữa đồng hồ bên phát và bên thu. Người ta đưa ra hai phương pháp để khắc phục sự bất đồng bộ này. Phương pháp thứ nhất là sử dụng bộ dao động điều khiển bằng điện áp (Voltage Controlled Oscillator-VCO). Phương pháp thứ hai được gọi là : lấy mẫu không đồng bộ; trong phương pháp này, các tần số lấy mẫu vẫn được giữ nguyên nhưng tín hiệu được xử lý số sau khi lấy mẫu để đảm bảo sự đồng bộ.

2.5 Đặc tính kênh truyền trong kỹ thuật OFDM

2.5.1 Sự suy hao

Suy hao là sự suy giảm công suất tín hiệu khi truyền từ điểm này đến điểm khác. Nó là kết quả của chiều dài đường truyền, chướng ngại vật và hiệu ứng đa đường. Để giải quyết vấn đề này, phía phát thường được đưa lên càng cao càng tốt để tối thiểu số lượng vật cản. Các vùng tạo bóng thường rất rộng, tốc độ thay đổi công suất tín hiệu chậm. Vì thế, nó còn được gọi là *fading chậm*.



Hình 2.4 Đáp ứng tần số của kênh truyền đa đường

2.5.2 Tạp âm trắng Gaussian

Tạp âm trắng Gaussian có mật độ phổ công suất là đồng đều trong cả băng thông và tuân theo phân bố Gaussian. Theo phương thức tác động thì nhiễu Gaussian là nhiễu cộng. Nhiễu nhiệt-sinh ra do sự chuyển động nhiệt của các hạt mang điện gây ra-là loại nhiễu

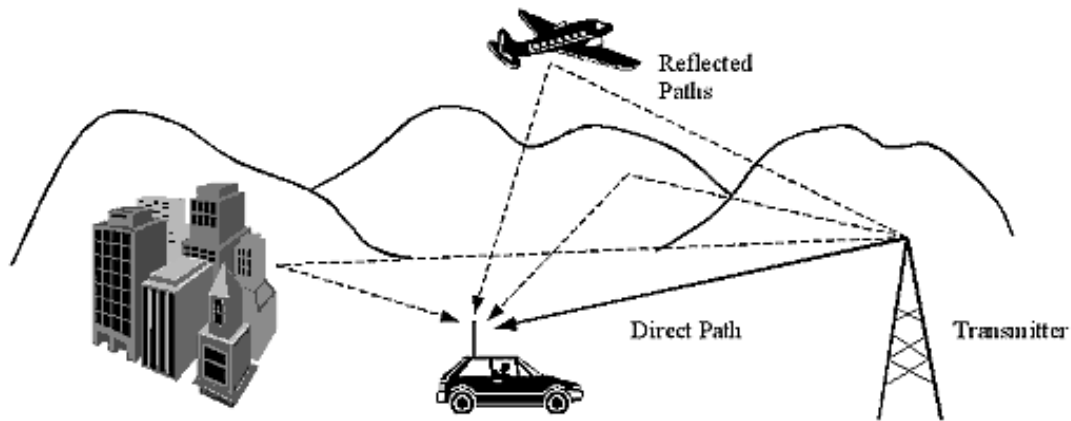
Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

tiêu biểu cho nhiều Gaussian trắng cộng tác động đến kênh truyền dẫn. Đặc biệt, trong hệ thống OFDM, khi số sóng mang phụ là rất lớn thì hầu hết các thành phần nhiễu khác cũng có thể được coi là nhiễu Gaussian trắng cộng tác động trên từng kênh con vì xét trên từng kênh con riêng lẻ thì đặc điểm của các loại nhiễu này thỏa mãn các điều kiện của nhiễu Gaussian trắng cộng.

2.5.3 Fading Rayleigh

Fading Rayleigh là loại Fading (Fading phẳng) sinh ra do hiện tượng đa đường (Multipath Signal) và xác suất mức tín hiệu thu được suy giảm so với mức tín hiệu phát đi tuân theo phân bố Rayleigh. Loại fading này còn được gọi là *fading nhanh* vì sự suy giảm công suất tín hiệu rõ rệt trên khoảng cách ngắn (tại các nửa bước sóng) từ 10-30dB.

Trong môi trường đa đường tín hiệu thu được suy giảm theo khoảng cách do sự thay đổi pha của các thành phần đa đường (thay đổi pha là do các thành phần tín hiệu đến máy thu vào các thời điểm khác nhau đến trễ lan truyền. Trễ lan truyền sẽ gây ra sự xoay pha của tín hiệu).



Hình 2.5 Các tín hiệu đa đường

Fading Rayleigh gây ra do sự giao thoa (tăng hoặc giảm) bởi sự kết hợp của các sóng thu được. Khi bộ thu di chuyển trong không gian pha giữa các thành phần đa đường khác nhau thay đổi gây ra giao thoa cũng thay đổi, từ đó dẫn đến sự suy hao công suất tín hiệu thu được. Phân bố Rayleigh thường được sử dụng để mô tả trạng thái thay đổi theo thời gian của công suất tín hiệu nhận được.

2.5.4 Fading lựa chọn tần số

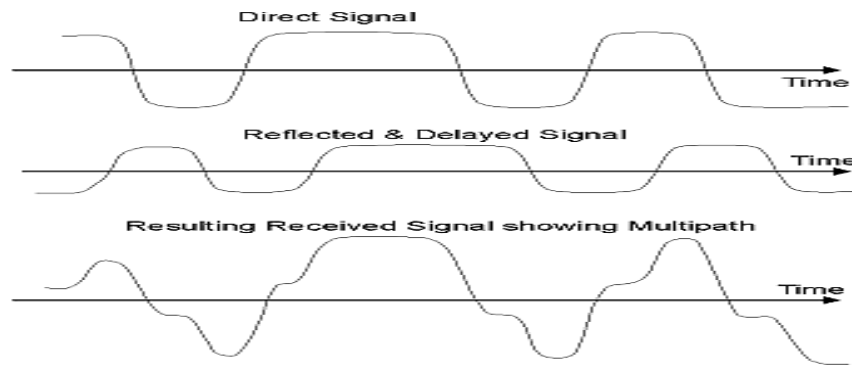
Trong truyền dẫn vô tuyến đáp ứng phổ của kênh là không bằng phẳng, nó bị dốc và suy giảm do phản xạ dẫn đến tình trạng có một vài tần số bị triệt tiêu tại đầu thu. Phản xạ từ các vật gần như mặt đất, công trình xây dựng, cây cối có thể dẫn đến các tín hiệu đa

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

đường có công suất tương tự như tín hiệu nhìn thẳng. Điều này sẽ tạo ra các điểm “0” (nulls) trong công suất tín hiệu nhận được do giao thoa.

2.5.5 Trễ trễ

Trễ trễ (Delay spread) là khoảng chênh lệch thời gian giữa tín hiệu thu trực tiếp và tín hiệu phản xạ thu được cuối cùng tại bộ thu do hiệu ứng đa đường. Trong thông tin vô tuyến, trễ trễ có thể gây nên nhiễu xuyên ký tự ISI. Điều này là do tín hiệu sau khi trễ trễ có thể chồng lấn đến các ký tự lân cận. Nhiễu xuyên ký tự sẽ tăng khi tốc độ tín hiệu tăng. Điểm bắt đầu của hiệu ứng tăng đáng kể khi trễ trễ lớn hơn khoảng 50% chu kỳ bit. Trong kỹ thuật OFDM, tốc độ tín hiệu giảm sau khi qua bộ S/P làm cho chu kỳ tín hiệu tăng. Từ đó làm giảm nhiễu ISI do trễ trễ.



Hình 2.6 Trễ trễ đa đường

2.5.6 Dịch Doppler

Khi bộ phát và bộ thu chuyển động tương đối với nhau thì tần số của tín hiệu tại bộ thu không giống với tần số tín hiệu tại bộ phát. Cụ thể là : khi nguồn phát và nguồn thu chuyển động hướng vào nhau thì tần số thu được sẽ lớn hơn tần số phát đi, khi nguồn phát và nguồn thu chuyển động ra xa nhau thì tần số thu được sẽ giảm đi. Hiệu ứng này được gọi là hiệu ứng Doppler.

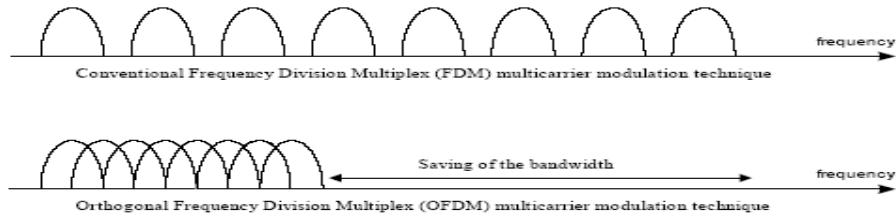
2.6 Đặc điểm và ứng dụng của kỹ thuật OFDM

2.6.1 Ưu điểm của kỹ thuật OFDM

Dưới đây là các ưu điểm chính của kỹ thuật OFDM:

- ❖ Khả năng chống nhiễu ISI, ICI nhờ kỹ thuật giảm tốc độ tín hiệu bằng bộ S/P, sử dụng tiền tố lặp CP, các sóng mang phụ trực giao với nhau.
- ❖ Hiệu suất sử dụng phổ cao hơn so với FDM do phổ của các sóng mang phụ có thể chồng phủ lên nhau mà vẫn đảm bảo chất lượng tín hiệu sau khi tách sóng.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA



Hình 2.7 So sánh việc sử dụng băng tần của FDM và OFDM

- ❖ Các kênh con có thể coi là các kênh fading phẳng nên có thể dùng các bộ cân bằng đơn giản trong suốt quá trình nhận thông tin, giảm độ phức tạp của máy thu.
- ❖ Điều chế tín hiệu đơn giản, hiệu quả nhờ sử dụng thuật toán FFT và các bộ ADC, DAC đơn giản.

2.6.2 Nhược điểm của kỹ thuật OFDM

Bên cạnh những ưu điểm thì hệ thống OFDM còn tồn tại nhiều nhược điểm:

- ❖ Hệ thống OFDM tạo ra tín hiệu trên nhiều sóng mang, dải động của tín hiệu lớn nên công suất tương đối cực đại PAPR lớn, hạn chế hoạt động của bộ khuếch đại công suất.
- ❖ Dễ bị ảnh hưởng của dịch tần và pha hơn so với hệ thống một sóng mang. Vì vậy phải thực hiện tốt đồng bộ tần số trong hệ thống.

Cùng với các nhược điểm trên, ít có nhu cầu OFDM trong thông tin cố định do các hệ thống hiện tại vẫn đang hoạt động tốt và hiệu quả, là nguyên nhân việc triển khai sản phẩm mới đạt mức khiêm tốn trong khi ưu điểm của hệ thống sử dụng kỹ thuật này rất rõ ràng.

2.6.3 Ứng dụng của kỹ thuật OFDM

Hiện nay, OFDM đã được khuyến nghị sử dụng trong các hệ thống thông tin số tốc độ cao như phát thanh và truyền hình số và sẽ được ứng dụng trong hệ thống thông tin di động tương lai như hệ thống LAN vô tuyến, các công nghệ truyền dẫn số tốc độ cao: ADSL, VDSL... OFDM cũng là một giải pháp đầy hứa hẹn để thực hiện hệ thống thông tin di động đa phương tiện (G4).

2.7 Kết luận chương

Trong chương này, chúng ta đã tìm hiểu tổng quát về hệ thống OFDM. Nó cho thấy rằng đây là một giải pháp công nghệ đầy hứa hẹn. Kỹ thuật OFDM không phải là một kỹ thuật đa truy nhập vì tất cả các sóng mang được điều chế bằng dữ liệu của cùng một thuê bao. Để hỗ trợ nhiều thuê bao, OFDM phải được kết hợp với một kỹ thuật đa truy nhập. Công nghệ MC-CDMA là sự kết hợp giữa OFDM và CDMA. Vì thế, ở chương tiếp theo chúng ta sẽ cùng tìm hiểu về công nghệ MC-CDMA.

Chương 3 HỆ THỐNG MC-CDMA

3.1 Giới thiệu chương

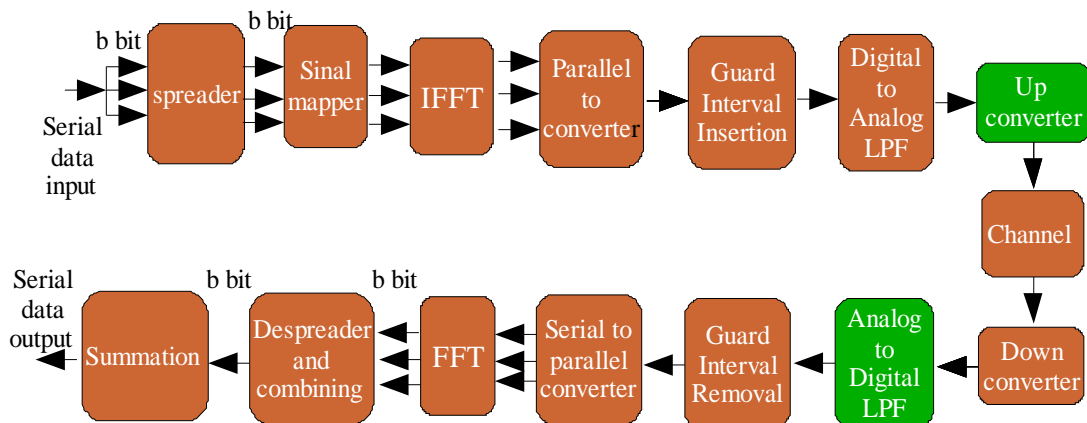
Những nghiên cứu gần đây cho thấy việc kết hợp nguyên lí CDMA và OFDM cho phép chúng ta sử dụng băng thông rất hiệu quả và vẫn đạt được những ưu điểm của hệ thống CDMA. Việc kết hợp OFDM-CDMA là kỹ thuật rất hữu ích cho hệ thống 4G, hệ thống cung cấp tốc độ dữ liệu cao và đáng tin cậy. Một trong những hệ thống này là MC-CDMA. Trong chương này chúng ta sẽ đi vào phân tích những đặc điểm cơ bản của hệ thống đa truy nhập MC-CDMA: khái niệm, phân loại, mô hình hệ thống, công nghệ phát, thu tín hiệu MC-CDMA, dạng toán học của tín hiệu phát và thu MC-CDMA. Phần tiếp theo sẽ đề cập đến các kỹ thuật tách sóng đã được sử dụng cũng như đang được nghiên cứu.

3.2 Hệ thống MC-CDMA

3.2.1 Khái niệm MC-CDMA

MC-CDMA (MultiCarrier CDMA) là một hệ thống đa truy nhập mới dựa trên việc kết hợp giữa CDMA và OFDM. Khác với CDMA trải phổ trong miền thời gian thì MC-CDMA trải phổ trong miền tần số. Công nghệ này sử dụng kỹ thuật ghép kênh phân chia theo tần số trực giao OFDM để phát tín hiệu trên tập sóng mang phụ trực giao.

3.2.2 Sơ đồ khối



Hình 3.1 Sơ đồ khối của hệ thống MC-CDMA

3.3 Máy phát

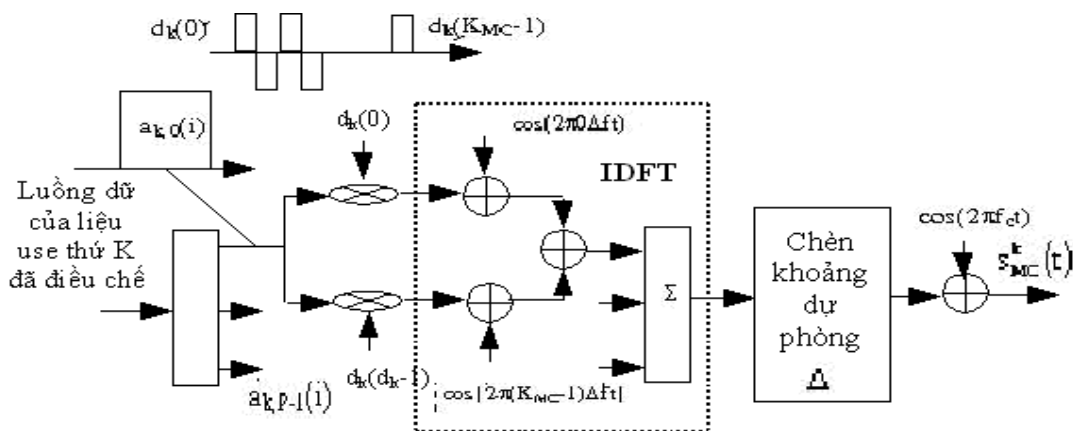
Máy phát MC-CDMA trải tín hiệu băng gốc trong miền tần số bằng một mã trải cho trước. Ngoài ra, mỗi phần của ký tự tương ứng với một chip của mã trải được điều chế bằng một sóng mang phụ khác nhau. Đối với truyền đa sóng mang, chúng ta cần đạt được fading không chọn lọc tần số trên mỗi sóng mang. Vì thế, nếu tốc độ truyền của tín hiệu gốc đủ cao để trở thành đối tượng của fading chọn lọc tần số thì tín hiệu cần chuyển từ nối tiếp sang song song trước khi được trải trong miền tần số.

3.3.1 Quá trình tạo ra tín hiệu MC-CDMA theo thứ tự sau

Chuỗi dữ liệu ngõ vào có tốc độ bit là $1/T_s$, được điều chế BPSK, tạo ra các ký tự phức a_k .

Luồng thông tin này a_k được chuyển thành P chuỗi dữ liệu song song ($a_{k,0}(i), a_{k,1}(i), \dots, a_{k,P-1}(i)$), trong đó I ký hiệu cho chuỗi ký tự thứ I (mỗi khối gồm P ký tự).

Mỗi ngõ ra của bộ biến đổi nối tiếp/song song được nhân với mã trải phổ của người dùng thứ k ($d_k(0), d_k(1), \dots, d_k(K_{MC}-1)$) có chiều dài K_{MC} để tạo ra tất cả $N=P.K_{MC}$ (tương ứng với tổng số sóng mang phụ) ký tự mới. Mỗi ký hiệu (ký tự) mới này có dạng tương tự như một ký tự trong hệ thống OFDM (chương 2). Ví dụ xét nhánh song song thứ 0, mỗi ký tự OFDM bây giờ là $S_{i,k}=a_{k,0}(i).d_k(k)$ với $k=0,1,\dots, K_{MC}-1$.



Hình 3.2 Máy phát MC –CDMA

Do sự tương tự giữa các ký tự trên mỗi nhánh con của hệ thống MC-CDMA và hệ thống OFDM nên việc điều chế sóng đa mang tại băng tần gốc có thể được

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

thực hiện bằng phép biến đổi nghịch Fourier rời rạc (IDFT). Sau đó, tín hiệu OFDM từ P nhánh được tổng hợp với lại nhau.

Khoảng dự phòng Δ (guard interval) được chèn vào dưới dạng tiền tố vòng (CP) giữa các ký tự để tránh ISI do fading đa đường và cuối cùng tín hiệu được phát trên kênh truyền sau khi đổi tần lên RF.

Tín hiệu phát bằng gốc dạng phức như sau:

$$S_{MC}^k = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{p=0}^{P-1} \sum_{m=0}^{K_{MC}-1} a_{k,p}(i) d_k(m) p_s(t - iT'_s) e^{j2\pi(Pm+p)\Delta f'(t - iT'_s)}$$

(3.1)

$$T'_s = PT_s$$

(3.2)

$$\Delta f' = \frac{1}{T'_s - \Delta}$$

(3.3)

Trong đó: $d_k(0), d_k(1), \dots, d_k(K_{MC}-1)$ là mã trải phổ với chiều dài K_{MC} .

T'_s là khoảng kí hiệu trên mỗi sóng mang phụ.

$\Delta f'$ là khoảng cách tần số nhỏ nhất giữa hai sóng mang phụ.

β là hệ số mở băng thông kết hợp với chèn khoảng dự phòng ($0 \leq \beta \leq 1$):

$$\beta = \Delta / PT_s$$

(3.4)

$p_s(t)$ là dạng xung vuông được định nghĩa:

$$p_s(t) = \begin{cases} 1, & -\Delta \leq t \leq T'_s - \Delta \\ 0, & t \neq \end{cases}$$

(3.5)

$$(P \cdot K_{MC} - 1) / (T'_s - \Delta) + 2 / T'_s = (1 + \beta) K_{MC} / T_s$$

Băng thông của tín hiệu phát được tính như sau:

$$B_{MC} = (P \cdot K_{MC} - 1) / (T'_s - \Delta) + 2 / T'_s$$

(3.6)

Nhận xét:

Không có thao tác trải phổ trong miền thời gian (từ (3.1))

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Công thức (3.2) cho thấy rằng khoảng ký tự tại mỗi mức sóng mang phụ gấp P lần khoảng ký tự gốc do việc chuyển đổi từ nối tiếp/song song.

Mặc dù khoảng cách giữa các sóng mang phụ tối thiểu được cho bởi (3.3) nhưng khoảng cách giữa các sóng mang phụ cho mỗi $a_{k,p}(i)$ lại là $P/(T'_s - \Delta)$.

3.4 Máy thu MC-CDMA

Bộ thu là bộ OFDM thêm vào một công việc kết hợp để tách dữ liệu được phát đối với mỗi người sử dụng mong muốn.

Giả sử hệ thống MC-CDMA có K người dùng đang truy cập, tín hiệu bung gốc nhận được có dạng:

$$\begin{aligned} r_{MC}(t) &= \sum_{k=0}^{K-1} \int_{-\infty}^{+\infty} s_{MC}^k(t-\tau) h^k \\ &= \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{p=0}^{P-1} \sum_{m=0}^{K_{MC}-1} \sum_{k=0}^{K-1} h_{m,p}^k a_{k,p}(i) d_m^k(t-iT'_s) e^{j2\pi(Pm+p)\Delta f'(t-iT'_s)} + n(t) \end{aligned}$$

(3.7)

Trong đó:

$h_{m,p}^k(t)$: đường bao phức thu được tại sóng mang phụ thứ $(mP+p)$ của người sử dụng thứ k.

$h_k(t)$ là đáp ứng xung của kênh truyền ứng với người dùng thứ k có dạng:

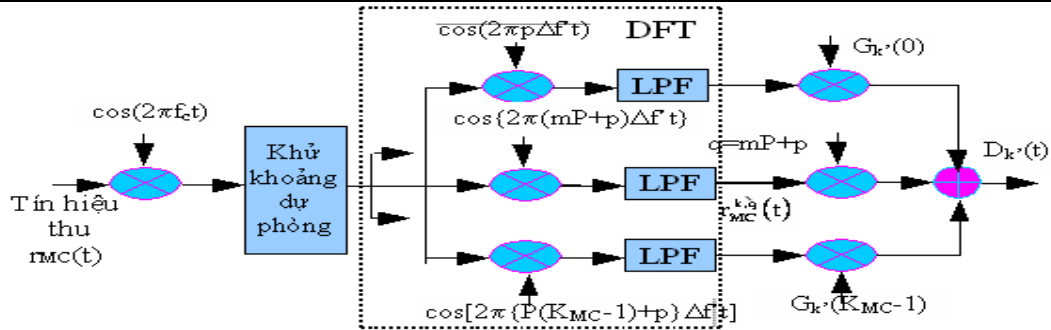
$$h_k(t) = \sum_{i=0}^{N-1} a_i(t, \tau) \exp[2\pi f_c \tau_i(t) + \phi_i(t, \tau)] \delta[\tau - \tau_i(t)]$$

(3.8)

với t và τ là thời gian và độ trễ, $a_i(t)$ và $\tau_i(t)$ tương ứng là biên độ thực và biên độ trễ quá của thành phần đa đường thứ i ở thời điểm t , pha 2 biểu diễn độ lệch pha do sự lan truyền trong không gian tự do của thành phần đa đường thứ i cộng với bất kì độ dịch pha bất gặp trên đường truyền.

$n(t)$ là nhiễu Gauss có giá trị trung bình bằng 0 và mật độ phổ công suất hai phía $N_0/2$.

Bộ thu MC-CDMA yêu cầu việc tách sóng được thực hiện đồng bộ để thao tác giải trải phổ (despreading) thành công.



Hình 3.3 Máy thu MC-CDMA

Hình (3.3) biểu diễn bộ thu MC-CDMA cho người sử dụng thứ k. Quá trình tách sóng tại máy thu theo thứ tự sau:

Sau khi đổi tần xuống và khử khoảng dự phòng, các sóng mang phụ thứ m ($m=0,1, \dots, K_{MC}-1$) tương ứng với dữ liệu thu là $a_{k,p}(i)$, đầu tiên được tách đồng bộ với DFT, ta thu được giá trị trên mỗi nhánh là $y_p(m)$.

Tiếp theo nhân $y_p(m)$ với độ lợi $G_k(m)$ để kết hợp năng lượng tín hiệu rời rạc trong miền tần số, và biến quyết định là tổng của các thành phần băng gốc có trọng số:

$$D_k(t = iT_s) = \sum_{m=0}^{K_{MC}-1} G_k(m)y(m) \quad (3.9)$$

$$y(m) = \sum_{k=1}^K z_m^k(iT_s)a_j d_m^k + n(iT_s) \quad (3.10)$$

Trong đó: $y(m)$ là thành phần dải nền của tín hiệu nhận được sau khi đã chuyển đổi xuống.

$n_m(iT_s)$ là nhiễu Gauss phức của sóng mang phụ thứ i tại thời điểm $t=iT_s$.

3.5 Kênh truyền

Kênh truyền fading Rayleigh chọn tần số biến đổi chậm là kênh truyền điển hình trong hệ thống MC-CDMA băng rộng. Kênh truyền của hệ thống có băng thông rộng được chia thành N kênh băng hẹp mà mỗi kênh như vậy chỉ chịu tác động của fading phẳng (fading không có tính chọn lọc tần số), nghĩa là chỉ có một hệ số độ lợi trên mỗi kênh phụ (hình 3.4). Vì mỗi kênh truyền phụ có độ

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

lợi khác nhau nên khi xét đến kênh truyền của hệ thống thì nó là kênh truyền có tính chọn lọc tần số.

Điều kiện để tính chọn lọc tần số của kênh truyền thể hiện trên toàn băng thông của tín hiệu phát và không thể hiện trên từng sóng mang phụ là:

$$\Delta f \leq B_c \leq BW$$

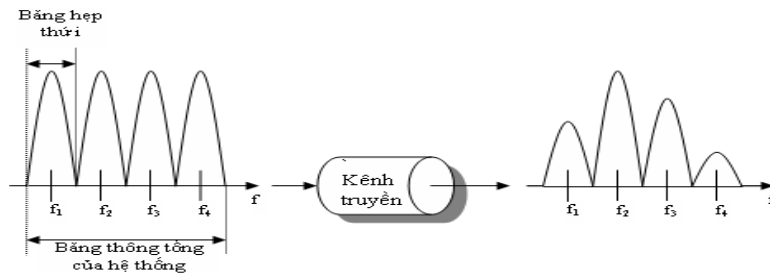
(3.11)

Trong đó B_c là : băng thông liên kết của kênh truyền.

Δf là tốc độ ký hiệu của dữ liệu phát.

BW là băng thông tổng của hệ thống.

Băng thông liên kết (kết hợp) B_c là một đơn vị thống kê đo các dải tần số mà trong khoảng tần số này kênh truyền được coi là “phẳng” (kênh truyền cho qua các thành phần phổ có độ lợi xấp xỉ bằng nhau và có fading tuyến tính). Nói một cách khác, băng thông liên kết dải tần số mà trong đó khả năng tương quan biên độ của hai thành phần tần số rất lớn. Hai tín hiệu sin có khoảng phân chia tần số lớn hơn B_c sẽ bị kênh truyền gây ảnh hưởng khác nhau.



Hình 3.4 Ảnh hưởng của kênh truyền fading có tính chọn lọc tần số lên từng băng tần hẹp

Nếu hàm tương quan tần số lớn hơn 0,9 ta có:

$$B_c \approx \frac{1}{50S_\tau}$$

(3.12)

Nếu hàm tương quan tần số lớn hơn 0,5 ta có:

$$B_c \approx \frac{1}{5S_\tau}$$

(3.13)

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Nếu kênh truyền có băng thông liên kết thỏa điều kiện (3.11) thì kênh truyền có đáp ứng xung cho bởi (3.8) có thể được xem như là một tập hợp của nhiều kênh truyền phụ băng hẹp. Mỗi kênh truyền phụ có đáp ứng xung dạng như sau:

$$h_i = \alpha_i e^{j\phi_i}$$

(3.14)

trong đó: α_i và ϕ_i lần lượt là biên độ và pha của kênh truyền fading trên kênh truyền phụ thứ i hay sóng mang thứ i ; ϕ_i là biến ngẫu nhiên có phân bố đều trong đoạn $[0, 2\pi]$

Các hệ số fading α_i có phân bố Rayleigh tương quan nhau (không độc lập thống kê) và thay đổi qua từng ký hiệu của dữ liệu phát.

Đối với hệ thống MC-CDMA, điều kiện (3.11) để mỗi sóng mang phụ trải qua fading phẳng luôn thỏa vì tốc độ bit cao, nghĩa là Δf lớn, chuỗi bit vào sẽ được chuyển thành P nhánh song song. Khi đó, tốc độ bit trên mỗi nhánh sẽ giảm đi P lần. Vì vậy, đáp ứng xung của mỗi kênh truyền phụ tương ứng với mỗi sóng mang phụ có dạng phương trình (3.14).

Hệ số tương quan giữa fading của sóng mang phụ thứ i và thứ j được cho bởi:

$$\rho_{i,j} = \frac{1}{1 + [(f_i - f_j) / B_c]^2}$$

(3.15)

3.6 Các kỹ thuật dò tín hiệu (Detection algorithm)

Dữ liệu của người dùng sẽ được khôi phục nhờ một số phương pháp kết hợp nhằm tận dụng mô hình phân tập tần số. Mục tiêu chính của các phương pháp kết hợp này (kỹ thuật dò tín hiệu) là lựa chọn các trọng số $G_k(m)$ sao cho nhiễu Gauss và nhiễu MAI được tối thiểu hoá. Có 4 phương pháp kết hợp:

3.6.1 Phương pháp kết hợp khôi phục tín hiệu trực giao ORC:

Phương pháp ORC khôi phục tín hiệu trực giao giữa các người dùng ngay cả khi có fading, nghĩa là cho phép các biến trên mỗi nhánh kết hợp với nhau theo cách loại bỏ nhiễu đa truy cập MAI. Tuy nhiên, nhiễu trên các nhánh có biên độ sóng mang phụ chủ yếu có khuynh hướng được khuếch đại mạnh và các

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

sóng mang phụ này được nhân với độ lợi lớn để biên độ mới bằng 1. Ảnh hưởng của việc khuếch đại nhiều này làm tăng BER của hệ thống.

Chú ý rằng: ORC chỉ áp dụng cho tuyến xuống của hệ thống thông tin di động MC-CDMA bởi vì đối với tuyến lên (MS đến BS), tín hiệu từ các người dùng đến trạm gốc với độ trễ khác nhau và đáp ứng kênh truyền của mỗi người dùng cũng khác nhau nên cho dù các mã trải phổ có hoàn toàn trực giao thì phương pháp ORC cũng không đạt được mục tiêu như tên gọi của nó.

3.6.2 Phương pháp kết hợp khôi phục tính trực giao ORC đỉnh (TORC)

Phương pháp này sẽ loại bỏ ảnh hưởng của việc triệt nhiễu đi kèm với sóng mang phụ có biên độ yếu trên mỗi nhánh được khuếch đại mạnh như trong phương pháp ORC. Quyết định được tính trên tổng của các thành phần bằng gốc của các sóng mang phụ có biên độ lớn hơn một ngưỡng tách sóng. Trọng số $G_k(m)$ được chọn:

$$G_k(m) = d_m^{k'} h_m^{k'*} / |h_m| u(|h_m| - \gamma)$$

(3.16)

Trong đó $u(\cdot)$ là hàm bước đơn vị và γ là ngưỡng tách sóng.

Rõ ràng, trong phương pháp ORC đỉnh này, chỉ các giá trị nhiễu lớn hơn một mức ngưỡng tối ưu để đạt được mức ngưỡng γ thì mới được khuếch đại. Với tỷ số SRN cho trước, sẽ tồn tại một giá trị ngưỡng tối ưu để đạt được giá trị BER nhỏ nhất.

3.6.3 Phương pháp kết hợp độ lợi bằng nhau (EGC)

Đối với EGC, trọng số $G_k(m)$ được dùng để sửa sự dịch pha gây ra bởi kênh truyền và được cho bởi:

$$G_k(m) = d_m^{k'} h_m^{k'*} / |h_m^{k'}|$$

(3.17)

Khi tín hiệu được truyền trong kênh truyền nhiễu Gauss trắng cộng thì EGC là một phương pháp kết hợp tối ưu vì phương pháp này khôi phục tính trực giao giữa các người dùng. Do đó, nó loại bỏ can nhiễu đa truy cập trong khi giá trị nhiễu lại được lấy trung bình. Tuy nhiên, đối với kênh truyền fading phẳng qua từng sóng mang phụ, nghĩa là kênh truyền có tính chọn lọc tần số trên

toàn băng thông tín hiệu thì EGC vẫn lấy giá trị trung bình của nhiều nhưng can nhiễu đa truy cập lại khác 0. Do đó, nó ảnh hưởng mạnh đến biến quyết định D.

3.6.4 Phương pháp kết hợp tỷ số cực đại (MRC)

MRC sẽ kết hợp đồng bộ các tín hiệu của các sóng mang phụ khác bằng cách lấy trung bình có trọng số các sóng mang phụ này. Trọng số là liên hợp phức hệ số kênh truyền tương ứng của các sóng mang phụ, nghĩa là trọng số $G_{k'}(m)$ được chọn bằng:

$$G_{k'}(m) = d_m^{k'} h_m^{k'*}$$

(3.18)

Với việc chọn giá trị trọng số như vậy, phương pháp MRC đã bù sự dịch pha của kênh truyền và lấy giá trị trung bình có trọng số các tín hiệu sau mỗi bộ lọc đối sánh bằng các hệ số tỷ lệ thuận với biên độ của sóng mang phụ. Trong trường hợp hệ thống chỉ có một người dùng, MRC khai thác phân tập tần số sẵn có và đạt được BER thấp nhất. Tuy nhiên, trong hệ thống đa người dùng, do tính trực giao của các mã trải bị méo dạng nghiêm trọng bởi fading kênh truyền nên dung lượng của bộ tách sóng bị giới hạn bởi MAI.

3.6.5 Phương pháp kết hợp sai số trung bình bình phương tối thiểu (MMSE)

Điều kiện MMSE cho rằng sai số của các ký tự dữ liệu được dự đoán phải trực giao với các thành phần băng gốc của các sóng mang phụ thu được, nghĩa là:

$$E[(a_{k'} - \overline{a_{k'}})y(m')^*] = 0, \quad m' = 0, 1, \dots, K_{MC}-1$$

(3.19)

Trong đó $E[.]$ là toán tử kỳ vọng và $\overline{a_{k'}} = \sum_{m=0}^{K_{MC}-1} G_{k'}(m)y(m)$ là ước lượng của $a_{k'}$

Nghiệm của phương trình (3.19) là $G_{k'}(m)$ xác định bởi:

$$G_{k'}(m) = d_m^{k'} h_m^{k'*} / \left(\sum_{k=0}^{K-1} |h_m^k|^2 + \sigma_n^2 \right)$$

(3.20)

Trong đó $\sigma_n^2 = N_0/2$ là phương sai của nhiễu Gauss.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Đối với giá trị $|h_m^k|$ nhỏ, độ lợi $G_k(m)$ cũng nhỏ để tránh khuếch đại quá lớn lượng nhiễu đi kèm với sóng mang phụ có biên độ nhỏ. Khi $|h_m^k|$ lớn độ lợi này tỷ lệ với nghịch đảo đường bao sóng mang phụ $h_m^{k*}/|h_m^k|^2$ để khôi phục tính trực giao giữa các người dùng. Như vậy, phương pháp MMSE sẽ kết hợp giá trị $y(m)$ trên các nhánh theo cách tối thiểu nhiễu đa truy cập và nhiễu Gauss. Nhược điểm của phương pháp này là phải biết chính xác số người dùng đang truy cập hệ thống và công suất nhiễu.

3.7 Các phương pháp triệt nhiễu

Để cải thiện thêm nữa độ hiệu quả của máy thu, kỹ thuật tách sóng đa người dùng được sử dụng. Có các phương pháp triệt nhiễu như sau:

3.7.1 Phương pháp triệt nhiễu nối tiếp (SIC)

Phương pháp triệt nhiễu nối tiếp SIC được thực hiện như sau: Giải điều chế cho một người dùng, tái tạo lại phần nhiễu đa truy cập của người dùng đó và loại trừ khỏi dạng sóng thu được. Sau đó dạng sóng đã triệt bớt nhiễu này sẽ được dùng tách sóng cho người dùng kế tiếp. Lặp lại quá trình xử lý trên cho đến khi tách sóng cho tất cả các người dùng.

Nếu quyết định sai (có nghĩa là tách sóng cho người dùng không chính xác) thì sẽ tăng gấp đôi phần nhiễu đa truy cập của người dùng đó khi tách sóng cho người dùng kế tiếp. Vì vậy thứ tự được giải điều chế có ảnh hưởng đến hiệu suất của phương pháp triệt nhiễu nối tiếp. Thông thường, việc giải điều chế được sắp xếp theo thứ tự giảm dần công suất thu được và theo các bước sau:

Tính độ tin cậy (dùng EGC hoặc MMSE) cho tất cả các người dùng còn lại.

Chọn một người dùng có độ tin cậy cao nhất và trừ khỏi thành phần tín hiệu của người dùng mong muốn.

Lặp lại 2 bước trên cho đến khi chọn được người dùng mong muốn. Ra quyết định cuối cùng cho người dùng mong muốn.

Khi thực hiện thực tế bộ triệt nhiễu nối tiếp ta quan tâm đến các đặc điểm sau:

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Yêu cầu phải biết đến biên độ thu được. Bất kỳ sai sót nào trong việc ước lượng biên độ thu được sẽ chuyển đổi trực tiếp thành nhiễu cho các quyết định tiếp theo.

Các người dùng yếu hơn người dùng quan tâm được bỏ đi.

Bộ triệt nhiễu nối tiếp không yêu cầu các phép tính số học đối với các tương quan chéo ngoài tích của chúng với biên độ thu được.

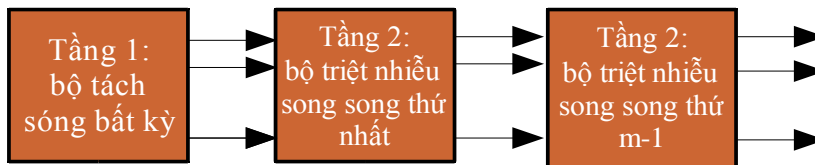
Độ phức tạp trên bit là tuyến tính theo số lượng các người dùng.

Thời gian trễ khi giải điều chế bằng bộ triệt nhiễu nối tiếp tăng tuyến tính theo số lượng người dùng.

Một khuyết điểm của triệt nhiễu nối tiếp là hiệu suất không đối xứng: các người dùng có cùng công suất được giải điều chế với độ tin cậy khác nhau.

3.7.2 Phương pháp triệt nhiễu song song (PIC)

Ngược với bộ triệt nhiễu nối tiếp là lần lượt giải điều chế cho các người dùng, sử dụng các bộ quyết định thử nghiệm thử nghiệm từ tầng trước đó (các ngõ ra của bộ tách sóng bất kỳ) để ước lượng và loại trừ tất cả nhiễu MAI cho mỗi người dùng. Quá trình xử lý có thể lặp lại nhiều lần tạo nên bộ triệt nhiễu song song nhiều tầng, với hi vọng tăng độ tin cậy của các quyết định thử nghiệm khi ước lượng nhiễu đa truy cập.



Hình 3.5 Sơ đồ triệt nhiễu song song nhiều tầng.

Đối với hệ thống MC-CDMA, độ hiệu quả của các giải thuật dựa trên PIC phụ thuộc mạnh vào chất lượng của việc ước lượng MAI với can nhiễu đa truy cập được khôi phục từ hệ số kênh truyền và ước lượng dữ liệu cho các người dùng. Vì vậy hiệu quả của tầng đầu tiên (nhờ đó mà việc ước lượng dữ liệu đạt được) có quan hệ gần gũi với độ hiệu quả của máy thu PIC. Do vậy, tín hiệu triệt nhiễu MAI chủ yếu là ở tầng thứ nhất này, một số phương pháp dò tín hiệu người dùng được áp dụng trong tầng này.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Phương pháp triệt can nhiễu song song giả sử máy thu biết tất cả mã trải phổ của các người dùng, trạng thái kênh truyền đối với mỗi sóng mang phụ của mỗi người dùng và biết chính xác số người dùng trong hệ thống.

Tuy nhiên, việc lựa chọn chúng giống nhau sẽ làm giảm độ phức tạp của máy thu. Bởi vì độ hiệu quả của PIC phụ thuộc vào độ hiệu quả của tầng khởi đầu của máy thu nên việc nghiên cứu sự ảnh hưởng của tầng thứ nhất là thật sự rất cần thiết.

3.8 Vấn đề dịch của tần số sóng mang trong hệ thống MC-CDMA

Hiệu quả của hệ thống MC-CDMA bị suy giảm nghiêm trọng theo dịch tần số.

Có hai nguyên nhân chính gây ra dịch tần số:

Trải Doppler do thiết bị di động ở tốc độ cao.

Sai lệch giữa bộ tạo dao động cho các sóng mang ở phía máy phát và ở phía máy thu.

Các dịch tần số do sự đồng bộ không chính xác giữa bộ tạo dao động ở phía máy phát và máy thu như nhau đối với tất cả các sóng mang phụ. Trái lại, các dịch tần số do hiệu ứng Doppler lại khác nhau đối với từng sóng mang phụ bởi vì nó là hàm theo tần số. Tuy nhiên, đối với các hệ thống thông tin di động hoạt động ở tần số sóng mang điển hình 2 Ghz và chiếm một băng thông 1Mhz thì sai lệch tần số tối đa giữa các sóng mang phụ do hiệu ứng Doppler là khoảng 0-5 Mhz. Vì sai lệch này là rất nhỏ (có thể bỏ qua) so với khoảng cách giữa các sóng mang phụ là khoảng 30 Khz nên chúng ta xem xét dịch tần số do trải Doppler là một hiện tượng có đặc tính giống nhau trên tất cả các sóng mang phụ.

Dịch tần số trong hệ thống MC-CDMA gây ra 2 ảnh hưởng nghiêm trọng:

Thứ nhất, nó làm suy giảm biên độ của tín hiệu mong muốn.

Thứ hai, nó làm mất tính trực giao giữa các sóng mang phụ. Điều này sẽ dẫn đến nhiễu liên sóng mang ICI.

Để đơn giản cho việc ký hiệu, phần chứng minh sau chỉ tập trung vào một trong P ký tự mà mỗi người dùng phát đi bằng cách cho $P=1$. Khi đó, $N=K_{MC}$ và $T'_s=T_b$ (tốc độ bit của dữ liệu).

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Xét tuyến xuống của hệ thống thông tin di động MC-CDMA có K người dùng đang hoạt động. Đặc điểm của kênh truyền hướng xuống là tất cả các người dùng sẽ trải qua cùng một đặc tính kênh truyền (kênh truyền fading Rayleigh phẳng, nghĩa là kênh truyền có tính chọn lọc tần số trên toàn bộ băng thông của tín hiệu phát nhưng không có tính chọn lọc trên từng sóng mang phụ) và các người dùng này đồng bộ với nhau.

Tín hiệu cao tần $s(t)$ cho ký tự thứ i phát từ trạm gốc là tổng của K tín hiệu băng gốc của các người dùng (tín hiệu của mỗi người dùng có dạng như phương trình (3.1)) được đổi tần lên. Dạng phức của tín hiệu $s(t)$ là:

$$s(t) = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{N-1} a_k(i) d_k(m) p(t) e^{j2\pi f_m t} \quad (3.21)$$

trong đó: $f_m = f_c + m/T_b$ và $p(t) = p_s(t)$ cho bởi công thức (3.5);

f_c : sóng mang cao tần.

Khi hệ thống thỏa điều kiện (3.11), mỗi sóng mang phụ của tất cả các người dùng sẽ trải qua kênh truyền có đáp ứng xung dạng (3.14). Tín hiệu nhận được tại thuê bao di động $r(t)$ của ký tự thứ i có dạng:

$$r(t) = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{N-1} \alpha_m e^{j\phi_m} a_k(i) d_k(m) p(t) e^{j2\pi f_m t} + n(t) \quad (3.22)$$

Phương trình (3.22) thực chất là phương trình (3.7) được viết lại cho ký tự thứ i bằng cách thay $P=1$ và $h_m^k = \alpha_m e^{j\phi_m}$.

Sau khi giải điều chế (cho sóng mang và cả sóng mang phụ) ta kết hợp tín hiệu trên mỗi nhánh tương ứng với sóng mang phụ, ta có biến quyết định cho bit dữ liệu thứ i của người dùng thứ 0:

$$D(i) = \frac{1}{T_b} \int_{-T_b/2}^{T_b/2} \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j(2\pi f_n t + \phi_n)} G_0(n) r(t) dt \quad (3.23)$$

Trong đó: ϕ_n, f_n là ước lượng pha của tần số sóng mang phụ thứ n ; $f_n = f'_n = n/T_b$ với f'_n là ước lượng tần số sóng mang.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Thế (3.22) vào (3.23), ta có:

$$\begin{aligned}
 D(i) &= \frac{1}{T_b} \int_{-T_b/2}^{T_b/2} \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j(2\pi f_n t + \phi_n)} G_0(n) \left[\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{N-1} \alpha_m e^{j\phi_m} a_k(i) d_k(m) p(t) e^{j2\pi f_m t + n(t)} \right] dt \\
 &= \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{N-1} \alpha_m G_0(n) a_k(i) d_k(m) e^{j(\phi_m - \phi_n)} \frac{1}{T_b} \int_{-T_b/2}^{T_b/2} e^{j2\pi(f_m - f_n)t} dt + \text{AWGN} \\
 &= \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{N-1} \alpha_m G_0(n) a_k(i) d_k(m) e^{j(\phi_m - \phi_n)} \frac{\sin \pi(f_n - f_m)T_b}{\pi(f_n - f_m)T_b} + \text{AWGN}
 \end{aligned}
 \tag{3.24}$$

Xét biểu thức: $\pi(f_n - f_m)T_b = \pi[(f_c + n/T_b) - (f_c + m/T_b)]T_b$

(3.25)

Gọi Δ là dịch tần số chuẩn hoá:

$$\begin{aligned}
 \Delta &= \frac{\text{offset tần số sóng mang thối sỡ}}{\text{khoảng cách giữa hai sóng mang liên tiếp}} \\
 &= \frac{f'_c - f_c}{1/T_b}
 \end{aligned}
 \tag{3.26}$$

Thì (3.25) được viết lại như sau:

$$(f_n - f_m)T_b = \pi(\Delta + n - m)
 \tag{3.27}$$

Sử dụng (3.27), ta có thể viết lại biểu thức:

$$e^{j(\phi_m - \phi_n)} \sin \pi(f_n - f_m)T_b = e^{j(\phi_m - \phi_n)} \sin \pi\Delta
 \tag{3.28}$$

Trong đó $\phi'_n = \phi_n - \pi(n - m)$

(3.29)

Thế (3.27) và (3.28) vào (3.24) ta có thu được:

$$\begin{aligned}
 D(i) &= \frac{1}{\pi} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{N-1} \alpha_m G_0(n) a_k(i) d_k(m) e^{j(\phi_m - \phi_n)} \frac{\sin \pi\Delta}{\Delta + n - m} + \text{AWGN} \\
 &= S + \text{MAI} + \text{ICI1} + \text{ICI2} + \text{AWGN}
 \end{aligned}
 \tag{3.30}$$

Trong đó:

S là tín hiệu mong muốn

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

MAI là nhiễu đa truy cập

ICI1 là nhiễu liên sóng mang do các chip trong cùng mã trải phổ của người dùng thứ 0

ICI2 là nhiễu liên sóng mang do các chip trong cùng mã trải phổ của người dùng thứ 0 và của K-1 người dùng khác.

AWGN là nhiễu Gauss trắng cộng.

Các số hạng trong biểu thức (3.30) được xác định như sau:

Các tín hiệu mong muốn S:

Từ (3.30) cho $k=0$ và $n=m$, ta có:

$$S = \frac{\sin \pi \Delta}{\pi \Delta} a_0(i) \sum_{m=0}^{N-1} \alpha_m G_0(n) d_0(m)$$

(3.31)

Nhiễu đa truy cập MAI:

Với $k \neq 0$ và $n=m$, biểu thức (3.30) được rút gọn thành:

$$MAI = \frac{\sin \pi \Delta}{\pi \Delta} \sum \sum \alpha_m G_0(m) a_k(i) d_k(m)$$

(3.32)

Nhiễu liên sóng mang do các chip trong cùng mã trải phổ của người dùng thứ 0

ICI1 được tìm bằng cách thay thế $k=0$ và $m \neq n$ vào (3.29):

$$ICI1 = \frac{\sin \pi \Delta}{\pi} a_0(i) \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{k=1}^{N-1} \alpha_m G_0(n) d_0(m) \frac{1}{\Delta + n - m} e^{j(\phi_m - \phi_n)}$$

(3.33)

Nhiễu liên sóng mang do các chip trong mã trải phổ của người dùng thứ 0 và

của K-1 người dùng khác. Nhiễu này được rút ra từ (3.30) với $k \neq 0$ và $m \neq n$:

$$ICI2 = \frac{\sin \pi \Delta}{\pi} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{K-1} \sum_{m \neq n}^{N-1} \alpha_m G_0(n) a_k(i) d_0(m) \frac{1}{\Delta + n - m}$$

(3.34)

AWGN

$$AWGN = \sum_{m=0}^{N-1} G_0(m) n_m$$

(3.35)

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Dựa trên các phương trình từ phương trình (3.31) đến (3.35), ta rút ra nhận xét sau:

Tín hiệu mong muốn bị suy hao bởi một hệ số là hàm theo Δ .

Nhiều đa truy cập cũng bị giảm đi theo Δ .

ICI1 và ICI2 không xuất hiện khi $\Delta=0$. Các nhiễu này được xem là nhiễu cộng thêm vào nhiễu đa truy cập.

Từ phương trình (3.32) cho thấy nhiễu đa truy cập trung bình đối với mỗi sóng mang phụ chỉ phụ thuộc vào tỷ số K/N. Do đó, đối với hai hệ thống có cùng tỷ số K/N, nhiễu MAI trung bình của chúng đối với mỗi sóng mang là bằng nhau. Tuy nhiên, không giống như nhiễu MAI, nhiễu ICI lại là hàm theo số sóng mang phụ và số người dùng K. Vì vậy, nếu tổng số sóng mang phụ của hai hệ thống khác nhau thì ICI của mỗi hệ thống sẽ khác nhau ngay cả nếu tỷ số K/N là giống nhau. Tóm lại, hệ thống MC-CDMA nào có nhiều sóng mang phụ hơn do dịch tần số của sóng mang phụ ngay cả các hệ thống có cùng K/N.

3.9 Giới hạn BER của hệ thống MC-CDMA

Giả sử bit phát là của người dùng thứ 0 là “-1” thì tỷ lệ lỗi BER là xác suất mà D(i) lớn hơn 0 hoặc tương đương với xác suất mà -S nhỏ hơn MAI+ICI1+ICI2+AWGN, nghĩa là:

$$BER = p(-S < MAI + ICI1 + ICI2 + AWGN)$$

(3.36)

Nếu giả sử tất cả các số hạng MAI, ICI1, ICI2, AWGN trong biểu thức (3.29) có phân bố xấp xỉ phân bố Gauss thì BER đối với hệ thống sử dụng MRC là:

$$BER_{MRC} \approx \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{N_{MRC}}{M_{MRC}}} \right)$$

(3.37)

Trong đó: \checkmark $\operatorname{erfc}(\cdot)$ là hàm sai số bổ phụ.

$$\checkmark N_{MRC} = \left(\frac{\sin \pi \Delta}{\pi \Delta} \right)^2$$

$$\checkmark \quad D_{\text{MRC}} = \frac{2K}{N} \left(\frac{\sin \pi \Delta}{\pi \Delta} \right)^2 + \frac{K}{N^2} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{i=0, i \neq n}^{N-1} \left(\frac{\sin \pi \Delta}{\pi - (n - i + \Delta)} \right)^2 + \frac{N_0}{E_b}$$

(3.38)

Với E_b là năng lượng của một bit tin và được định nghĩa như sau:

$$E_b = \left(\sum_{i=0}^{N-1} \frac{1}{2} E(\alpha_i^2) \right) T_b$$

(3.39)

Với $E(\alpha_i^2)$ là toán tử kỳ vọng.

Ngoài định nghĩa E_b/N_0 , một thông số khác cũng rất thường gặp trong việc đánh giá chất lượng của hệ thống là tỷ số tín hiệu trên nhiễu SNR:

$$\text{SNR} = \frac{N \cdot E\{\alpha_i^2\}}{\sigma^2}$$

(3.40)

Với σ^2 là công suất nhiễu của biến ngẫu nhiên Gauss trên mỗi nhánh của bộ tách sóng.

Như đã biết, BER tối thiểu có thể đạt được với hệ thống đơn người dùng và sử dụng phương pháp MRC. Do đó, giới hạn BER của hệ thống MC-CDMA là:

$$\text{BER}_{\text{LB}} = \frac{1}{2} \text{erfc} \left(\sqrt{\frac{1}{\frac{2}{N} + \frac{1}{\text{SNR}}}} \right)$$

(3.41)

Biểu thức (3.41) thực ra là biểu thức (3.37) với một số thay đổi nhỏ $\Delta = 0$, $K=1$.

3.9.1 Phân loại

Công nghệ MC-CDMA được chia thành 2 nhóm:

- Trái phổ trong miền thời gian MC-DS-CDMA và MT-CDMA : Chuỗi tín hiệu ban đầu sau khi được chuyển từ nối tiếp sang song song được trải phổ bằng mã trải phổ. Sau đó các chip của cùng một ký tự sẽ được điều chế trên một sóng mang. Để phân biệt MC-DS-CDMA và MT-CDMA, người ta dựa vào khoảng cách giữa các sóng mang phụ. Nếu ký hiệu chu kỳ bit dữ liệu là T_b và chu kỳ chip là T_c thì khoảng cách giữa các sóng mang phụ trong hệ thống MC-DS-CDMA là $1/T_c$ còn trong hệ thống MT-CDMA là $1/T_b$.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Khoảng cách giữa các sóng mang phụ Δf và băng thông hệ thống B được tính theo công thức sau:

$$\begin{aligned}\Delta f &= \frac{1}{N_F T} = \frac{N_s}{N_c} R_s \frac{N_F + N_P}{N_F} \cong \frac{N_s}{N_c} R_s \\ B &= N_c \Delta f = \frac{N_c}{N_F T} = N_s R_s \frac{N_F + N_P}{N_F} \cong N_s R_s\end{aligned}\quad \text{Với } \frac{1}{T} = \frac{N_s}{N_c} R_s (N_F + N_P) \quad (3.42)$$

R_s là tốc độ tín hiệu ban đầu, N_c là hệ số của bộ chuyển đổi S/P, N_s là chiều dài của mã trải phổ, N_F là chiều dài bộ chuyển đổi IFFT, N_P là chiều dài của CP.

- Trải phổ trong miền tần số MC-CDMA: Chuỗi tín hiệu ban đầu được trải phổ bằng mã trải phổ, sau đó mỗi chip của cùng một ký tự sẽ được điều chế trên mỗi sóng mang khác nhau. MC-CDMA trải phổ trong miền tần số nên không bị giới hạn về khoảng tần số yêu cầu trực giao. Vì vậy, ở đường xuống, MC-CDMA thể hiện ưu điểm hơn MC-DS-CDMA

Khoảng cách giữa các sóng mang phụ Δf và băng thông hệ thống B được tính theo công thức sau:

$$\begin{aligned}\Delta f &= \frac{1}{N_F T} = R_s \frac{N_F + N_P}{N_F} \cong R_s \\ B &= N_s \Delta f = \frac{N_s}{N_F T} = N_s R_s \frac{N_F + N_P}{N_F} \cong N_s R_s\end{aligned}\quad (3.43)$$

Nhận xét:

So sánh Δf và B của 2 hệ thống, ta nhận thấy:

- B bằng nhau, phụ thuộc vào chiều dài mã trải phổ và tốc độ dữ liệu ban đầu.
- Δf khác nhau. Đối với hệ thống MC-CDMA, Δf chính bằng tốc độ dữ liệu ban đầu. Còn đối với hệ thống MC-DS-CDMA thì khoảng cách Δf phụ thuộc vào tốc độ dữ liệu ban đầu, hệ số của bộ S/P và chiều dài mã trải phổ.

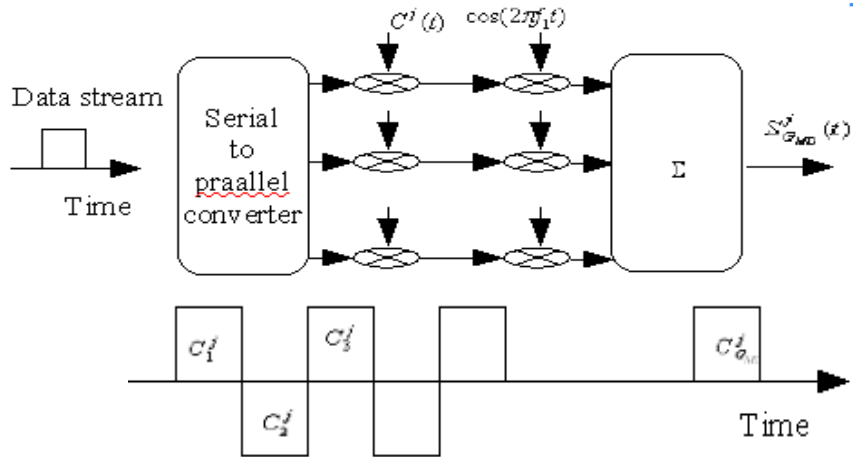
Các sơ đồ MC-CDMA :

Multicarrier DS-CDMA:

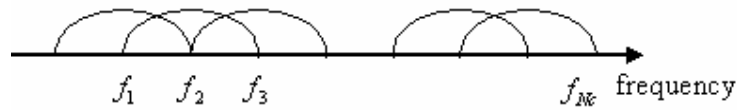
Hệ thống DS-CDMA đa sóng mang trải phổ luồng dữ liệu đã được chuyển đổi từ nối tiếp sang song song trong miền thời gian sử dụng mã trải phổ CDMA.

Kết quả dữ liệu trên các sóng mang trực giao nhau với sự tách biệt nhỏ nhất.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA



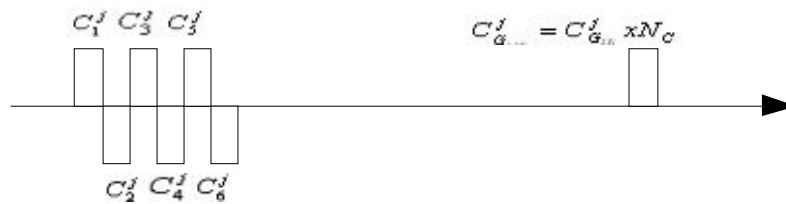
Hình 3.6 Bộ phát MC-DS-CDMA, Hình 3.7 Mã trải phổ trong MC-DS-CDMA



Hình 3.8 Phổ công suất của tín hiệu phát

Hệ thống phát MC DS-CDMA cho user j^{th} minh họa trong hình 3.6 N_c là số sóng mang phụ trong hệ thống và mã trải phổ cho user thứ j là $C^j(t) = [C_1^j C_2^j \dots C_{GMD}^j]$ trong hình 3.7. Phổ công suất của tín hiệu trải phổ được minh họa trong hình 3.8 Multitone CDMA (MT-CDMA):

Các luồng dữ liệu đã được chuyển đổi từ nối tiếp sang song song được trải phổ bằng chuỗi mã trải phổ CDMA trong miền thời gian để phổ của mỗi sóng mang phụ trước khi trải phổ có thể thỏa mãn điều kiện trực giao với sự tách biệt tần số nhỏ nhất. Do đó phổ của mỗi sóng mang phụ không còn thỏa mãn điều kiện trực giao nữa. Sơ đồ MT-CDMA sử dụng các mã trải phổ dài hơn tỷ lệ với số sóng mang phụ so với sơ đồ DS-CDMA (đơn sóng mang) thông thường, do đó hệ thống có thể đáp ứng được nhiều người sử dụng hơn sơ đồ DS-CDMA. Mã trải phổ cho hệ thống MT-CDMA minh họa trong hình 3.9.



Hình 3.9 Mã trải phổ cho hệ thống MT-CDMA

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

3.10 Ưu điểm của kỹ thuật MC-CDMA

Các ưu điểm của kỹ thuật MC-CDMA:

- Hiệu quả sử dụng băng tần tốt.
- Phân tập tần số hiệu quả.
- Có khả năng chống lại ảnh hưởng của fading lựa chọn tần số.
- Giải quyết vấn đề nhiễu liên ký tự ISI gặp phải ở hệ thống có tốc độ dữ liệu cao trên các kênh đa đường bằng cách chia băng thông tín hiệu thành nhiều băng con có tốc độ thấp trực giao nhau.
- Tín hiệu được truyền và nhận một cách dễ dàng bằng cách sử dụng thiết bị chuyển đổi FFT mà không làm tăng độ phức tạp của máy phát, máy thu.
- Bảo mật.

3.11 Nhược điểm của hệ thống MC-CDMA

Tuy nhiên, MC-CDMA cũng tồn tại những nhược điểm của CDMA và OFDM:

- Khi xét hệ thống MC-CDMA, loại nhiễu đáng quan tâm nhất là nhiễu đa truy nhập MAI (Multiple Access Interference).
- Tỷ số đường bao công suất đỉnh trên công suất trung bình (PAPR) cao nên làm giảm hiệu quả của bộ khuếch đại công suất, dẫn đến hiệu suất không cao.
- Nhạy với dịch tần số sóng mang.
- Nhạy với nhiễu pha.

3.12 Kết luận chương

MC-CDMA là một trong những hệ thống đa sóng mang sử dụng công nghệ đa truy nhập CDMA. Nó mang theo cả những ưu điểm và khuyết điểm của 2 công nghệ truyền dẫn OFDM và đa truy nhập CDMA. Với những ưu điểm nổi trội, MC-CDMA là một trong những công nghệ đa truy nhập chủ yếu của thông tin di động 4G, nên vấn đề điều khiển công suất rất quan trọng. Trong chương 4 chúng ta sẽ đi vào tìm hiểu về một số kỹ thuật điều khiển công suất được ứng dụng trong hệ thống MC-CDMA.

ĐIỀU KHIỂN CÔNG SUẤT TRONG HỆ THỐNG MC-CDMA

4.1 Giới thiệu chương

Chương này đề cập đến ba thuật toán điều khiển công suất hướng lên: Điều khiển công suất bước cố định (fixed-step power control), điều khiển công suất đa mức (multi-level power control), điều khiển công suất với giải thuật dự đoán fading. Bên cạnh đó, phương pháp điều chế thích nghi cũng được đề xuất để cải thiện chất lượng BER trong hệ thống MC-CDMA, phương pháp này cũng được xem là một phương pháp điều khiển công suất.

4.2 Mục đích của điều khiển công suất trong hệ thống MC-CDMA

Dung lượng của hệ thống MC-CDMA bị giới hạn bởi nhiễu từ các user khác vì tất cả user trong một cell chia sẻ cùng một băng tần. Hiệu ứng gần-xa và fading làm cho công suất thu được ở trạm gốc của mạng thông tin di động sẽ khác nhau và sự khác nhau này sẽ làm giảm dung lượng hệ thống. Để tăng dung lượng hệ thống, vấn đề hiệu ứng gần-xa và fading cần phải xử lý sao cho công suất tín hiệu từ các máy di động đến trạm gốc như nhau. Để chống lại hiệu ứng gần-xa và fading một cách hiệu quả, điều khiển công suất đường lên chặt chẽ và chính xác nghĩa là công suất từ các máy di động được giữ ở mức nhỏ có thể mà vẫn giữ được chất lượng dịch vụ (QoS: Quality of Service) là rất cần thiết trong hệ thống.

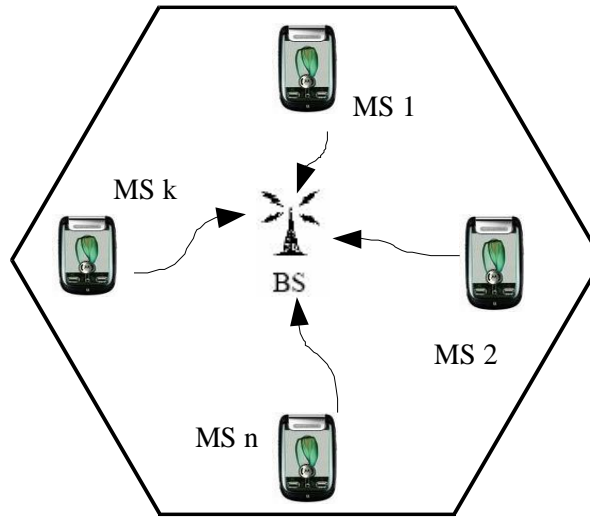
Trong hệ thống MC-CDMA, dữ liệu thông tin được truyền đi trên nhiều băng tần một cách song song mà mỗi băng tần trực giao với các băng còn lại. Nhưng các dữ liệu lại chịu ảnh hưởng kênh truyền khác nhau nên mức công suất thu được ở từng sóng mang phụ sẽ khác nhau ở trạm gốc. Hiệu suất của hệ thống phụ thuộc vào tỉ lệ lỗi ở từng sóng mang phụ. Do đó, suy hao kênh truyền lớn sẽ làm hiệu suất giảm trầm trọng. Nếu tín hiệu được truyền chỉ trên một số kênh thuận lợi thay vì truyền trên tất cả các kênh nhằm tránh sự suy hao lớn của kênh truyền, hiệu suất hệ thống sẽ được cải thiện đáng kể. Vì vậy, tốc độ dữ liệu, độ lợi xử lý, và ấn định công suất phát cần được xem xét khi thiết kế mô hình truyền dữ liệu cải tiến ở hệ thống MC-CDMA. Chất lượng dịch vụ của máy di động phụ thuộc vào QoS của

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

tùng sóng mang phụ nên phải xác định mức công suất khác nhau cho từng sóng mang trong mỗi user, là cách hiệu quả để chống lại fading độc lập cho từng sóng mang.

4.3 Điều khiển công suất trong hệ thống MC-CDMA

Dung lượng của hệ thống MC-CDMA phụ thuộc vào sự hiệu quả của mô hình điều khiển công suất, đặc biệt ở đường lên. Điều khiển công suất đường lên cố gắng điều khiển công suất phát của máy di động sao cho công suất thu được từ chúng là như nhau ở trạm gốc.



Hình 4.1 Mô hình hệ thống với các users tích cực

Xét các hệ thống MC-CDMA đơn cell với tổng số người dùng sử dụng là K và mỗi trạm di động có N sóng mang phụ. Giả sử rằng tốc độ chip và tốc độ bit của các tín hiệu là cố định để độ lợi xử lý G cố định. Khi đó tín hiệu thu $r_k(t)$ có cả tín hiệu nhiễu từ những người sử dụng khác, fading và nhiễu nền sẽ là:

$$r_k(t) = \sum_{m=1}^K r_{m,k}(t) + v(t), \quad (k-1)T \leq t < kT \quad (4.1)$$

T là khoảng thời gian bit dữ liệu, k là chỉ số thời gian và $v(t)$ là nhiễu cộng Gaussian với mật độ phổ công suất hai biên là $N_0/2$.

Trong phương trình (4.1), tín hiệu thu được từ trạm di động thứ n sử dụng sóng mang phụ thứ i được xác định như sau:

$$r_{ni,k}(t) = \alpha_{ni}(t) \sqrt{P_{ni}(t)} a_{ni}(t) \sum_{g=1}^G c_{ng,k} h(t - gT_c - kT) \cos \left[2\pi \left(f_c + \frac{z_i}{T_c} \right) t \right] \quad (4.2)$$

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Công suất phát của trạm di động thứ n sử dụng sóng mang phụ thứ i là $P_{ni}(t)$, $a_{ni}(t) \in \{-1, +1\}$ là bit dữ liệu, $c_{jg,k} \in \{-1, +1\}$ là thành phần thứ g của một chuỗi trải phổ với chu kỳ chip là T_c và $h(t)$ biểu thị một xung trong khoảng thời gian T_c , f_c là tần số trung tâm và z_i biểu thị sóng mang thứ i có giá trị nguyên nằm trong khoảng $1 \leq z_i \leq N$. Mỗi dữ liệu được điều chế bằng một sóng mang phụ khác nhau sẽ được phát qua một băng tần số khác nhau và chịu ảnh hưởng fading khác nhau. $\alpha_{n,i}(t)$ là thành phần của đường bao fading đối với trạm di động thứ n sử dụng sóng mang phụ thứ i và có phân phối Rayleigh. Đường bao fading $\alpha_{n,i}(t)$ thay đổi theo thời gian, nhưng giả sử fading thay đổi với tốc độ chậm hơn nhiều so với tốc độ bit để $\alpha_{n,i}(t)$ có thể được xem như là hằng số trong khoảng thời gian một bit.

Đặt sự tương quan giữa các tín hiệu của trạm di động thứ n với sóng mang z_i và các tín hiệu của trạm di động thứ m với sóng mang z_j là R_{ij}^{nm} ; khi đó ngõ ra của bộ lọc tương ứng đối với trạm di động thứ n sử dụng sóng mang phụ thứ i là :

$$U_{ni} = \alpha_{ni} \sqrt{P_{ni}} + \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq n}}^K R_{ii}^{nm} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^K R_{ij}^{nm} + \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq n}}^K \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N R_{ij}^{nm} + \text{Nhiều} \quad (4.3)$$

Trong phương trình (4.3), số hạng đầu tiên mô tả tín hiệu mong muốn, có được từ :

$$R_{ii}^{nm} = \alpha_{ni} \sqrt{P_{ni}} \frac{1}{T} \int_0^T c_n(t) c_n(t) \cos\left(\frac{2\pi(z_i - z_i)t}{T_c}\right) dt = \alpha_{ni} \sqrt{P_{ni}} \frac{1}{T} \int_0^T c_n(t) c_n(t) dt = \alpha_{ni} \sqrt{P_{ni}} \quad (4.4)$$

Số hạng thứ hai trong phương trình (4.3) là nhiễu giao thoa từ các trạm di động khác nhau có cùng sóng mang và tương quan chéo giữa trạm di động thứ n sử dụng sóng mang phụ i và trạm di động thứ m cũng sử dụng sóng mang phụ thứ i là:

$$R_{ii}^{nm} = \alpha_{mi} \sqrt{P_{mi}} \frac{1}{T} \int_0^T c_n(t) c_m(t) \cos\left(\frac{2\pi(z_i - z_i)t}{T_c}\right) dt = \alpha_{mi} \sqrt{P_{mi}} \frac{1}{T} \int_0^T c_n(t) c_n(t) dt \quad (4.5)$$

Số hạng thứ ba trong phương trình (4.3) là nhiễu từ các sóng mang phụ khác nhau của cùng một trạm di động và tương quan chéo giữa trạm di động thứ n sử dụng sóng mang phụ thứ i và trạm di động thứ n sử dụng sóng mang phụ thứ j là:

$$R_{ij}^{nm} = \alpha_{nj} \sqrt{P_{nj}} \frac{1}{T} \int_0^T c_n(t) c_n(t) \cos\left(\frac{2\pi(z_i - z_j)t}{T_c}\right) dt = \alpha_{nj} \sqrt{P_{nj}} \frac{1}{T} \int_0^T \cos\left(\frac{2\pi(z_i - z_j)t}{T_c}\right) dt$$

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Số hạng thứ tư trong phương trình (4.3) là nhiễu từ các trạm di động khác nhau với các sóng mang phụ khác nhau và tương quan chéo giữa trạm di động thứ n sử dụng sóng mang phụ thứ i và trạm di động thứ m sử dụng sóng mang phụ thứ j là 0 vì tính trực giao của các sóng mang phụ.

$$R_{ij}^{nm} = \alpha_{mj} \sqrt{P_{mj}} \frac{1}{T} \int_0^T c_n(t) c_m(t) \cos\left(\frac{2\pi(z_i - z_j)t}{T_c}\right) dt = \alpha_{mj} \sqrt{P_{mj}} \frac{1}{T} \int_0^T c_n(t) c_m(t) \cos\left(\frac{2\pi(z_i - z_j)t}{T_c}\right) dt$$

Trong phương trình (4.3), công suất mong muốn là:

$$P_{ni,rv} = E[\alpha_{ni}^2] P_{ni} \quad (4.6)$$

Tính toán phương sai của U_{ni} không có tạp nhiễu ta được nhiễu giao thoa tổng cộng của người sử dụng khác là:

$$\text{Nhiều của người sử dụng khác} = \text{Var}[U_{ni}] = \text{Var}\left[\sum_{m=1, m \neq n}^K R_{ii}^{nm}\right]$$

Khi đó số hạng thứ nhất, thứ hai và thứ tư trong phương trình (4.3) sẽ là hằng số, phương sai tương ứng là 0. Đặt $Y = \sum_{m=1, m \neq n}^K R_{ii}^{nm}$; khi đó giá trị của Y là:

$$\begin{aligned} Y &= \sum_{m=1, m \neq n}^K \alpha_{mi} \sqrt{P_{mi}} \frac{1}{T} \int_0^T c_n(t) c_m(t) dt \\ &= \frac{1}{T} \sum_{m=1, m \neq n}^K \alpha_{mi} \sqrt{P_{mi}} \sum_{s=1}^G c_n^s c_m^s \int_{sT_c}^{(s+1)T_c} h(t - sT_c) h(t - (s+1)T_c) dt \\ &= \frac{T_c}{T} \sum_{m=1, m \neq n}^K \alpha_{mi} \sqrt{P_{mi}} \sum_{s=1}^G c_n^s c_m^s \\ &= \frac{T_c}{T} \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq n}}^K \alpha_{mi} \sqrt{P_{mi}} [c_n^1 c_m^1 + \dots + c_n^G c_m^G] \\ &= \frac{T_c}{T} \left[\alpha_{li} \sqrt{P_{li}} (c_n^1 c_1^1 + \dots + c_n^G c_m^G) + \dots + \alpha_{n-1,i} \sqrt{P_{n-1,i}} (c_n^1 c_{n-1}^1 + \dots + c_n^G c_{n-1}^G) \right. \\ &\quad \left. + \alpha_{n+1,i} \sqrt{P_{n+1,i}} (c_n^1 c_{n+1}^1 + \dots + c_n^G c_{n+1}^G) + \dots + \alpha_{Ki} \sqrt{P_{Ki}} (c_n^1 c_K^1 + \dots + c_n^G c_K^G) \right] \end{aligned}$$

Với c_n^g là thành phần thứ g của chuỗi trải phổ của trạm di động thứ n. Khi đó:

$$\begin{aligned} E[Y^2] &= \left(\frac{T_c}{T}\right)^2 E \left[\alpha_{li}^2 P_{li} (c_n^1 c_1^1 + \dots + c_n^G c_m^G)^2 + \dots + \alpha_{n-1,i}^2 P_{n-1,i} (c_n^1 c_{n-1}^1 + \dots + c_n^G c_{n-1}^G)^2 \right. \\ &\quad \left. + \alpha_{n+1,i}^2 P_{n+1,i} (c_n^1 c_{n+1}^1 + \dots + c_n^G c_{n+1}^G)^2 + \dots + \alpha_{Ki}^2 P_{Ki} (c_n^1 c_K^1 + \dots + c_n^G c_K^G)^2 \right] \\ &= \left(\frac{T_c}{T}\right)^2 E \left[\sum_{l \neq n}^K \alpha_{li}^2 P_{li} \left\{ (c_n^1 c_l^1 + \dots + c_n^G c_l^G)^2 \right\} \right] \end{aligned}$$

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{T_c}{T}\right)^2 E \left[\sum_{m=1, m \neq n}^K \alpha_{mi}^2 P_{mi} \left\{ (c_n^1 c_n^2)^2 + \dots + (c_n^G c_m^G)^2 \right\} \right] \\
 &= \left(\frac{T_c}{T}\right)^2 E \left[\sum_{m=1, m \neq n}^K \alpha_{mi}^2 P_{mi} G \right] = \left(\frac{T_c}{T}\right)^2 G \sum_{m=1, m \neq n}^K E[\alpha_{mi}^2] P_{mi} \\
 &= \left(\frac{T_c}{T}\right)^2 G \sum_{m=1, m \neq n}^K P_{mi,rv} \\
 &= \frac{1}{G} \sum_{m=1, m \neq n}^K P_{mi,rv} \\
 E[Y^2] &= \frac{1}{G} \sum_{m=1, m \neq n}^K P_{mi,rv} \tag{4.7}
 \end{aligned}$$

Phương sai của Y là:

$$\text{Var}[Y] = E[Y^2] - (E[Y])^2 = \frac{1}{G} \sum_{m=1, m \neq n}^K P_{mi,rv} \tag{4.8}$$

Nhiều tổng cộng bao gồm nhiễu của người sử dụng khác và nhiễu nền, vì thế nhiễu tổng cộng là tổng công suất của nhiễu người sử dụng khác và nhiễu nền.

$$\text{Tổng nhiễu} = \text{Var}[Y + \text{Noise}] = E[Y^2] + G^{-1} \sigma^2 = \sum_{m=1, m \neq n}^K \frac{P_{mi,rv}}{G} + \frac{\sigma^2}{G} \tag{4.9}$$

$$\text{Với } \sigma^2 = \frac{N_0}{2}$$

Từ phương trình (4.6) và (4.9), SNR nhận được của trạm di động thứ n sử dụng sóng mang phụ thứ i là:

$$\text{SNR}_{ni} = \frac{P_{ni,rv}}{\left(\sum_{m=1, m \neq n}^K P_{mi,rv} + \sigma^2 \right) \frac{1}{G}} \tag{4.10}$$

Từ phương trình (4.10) ta thấy SNR của hệ thống MC-CDMA dựa trên băng tần có dạng giống như SNR của hệ thống CDMA.

4.4 Hồi tiếp dương trong điều khiển công suất đường lên

Để duy trì chất lượng dịch vụ mong muốn, SNR nhận được không được nhỏ hơn giá trị tối thiểu SNR cần thiết γ_n :

$$\text{SNR} = \frac{GP_{n,rv}}{\sum_{m=1, m \neq n}^K P_{m,rv} + \sigma^2} \geq \gamma_n \tag{4.11}$$

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Trong phương trình (4.11), rõ ràng là số user K và giá trị QoS, γ_n tỉ lệ nghịch với nhau, do đó các giá trị tương ứng cần phải chọn lựa trước khi điều khiển công suất hoạt động. Nếu không, trạm gốc sẽ không tìm được lệnh điều khiển công suất nhằm đạt QoS mong muốn, và công suất của máy di động hội tụ, do đó hệ thống sẽ không ổn định. Khi một máy di động nhận được lệnh tăng công suất từ trạm gốc để duy trì QoS thì hồi tiếp dương gây nguy hiểm đến sự ổn định hệ thống sẽ tăng lên. Tăng công suất của máy di động cũng dẫn đến tăng nhiễu cho các user khác, khi đó các user cũng buộc phải tăng công suất phát của chúng. Tình huống này xảy ra nếu các tham số của hệ thống K và γ_n không được thiết lập đúng trước khi điều khiển công suất hoạt động.

Dung lượng lớn nhất đạt được khi tất cả máy di động đạt được SNR cần thiết nhỏ nhất tại trạm gốc. Giả sử tất cả máy di động có cùng SNR cần thiết γ_0 , khi đó công suất thu được tại trạm gốc sẽ giống nhau cho mọi máy di động. Trong trường hợp này, SNR có thể viết lại:

$$\frac{GP^*}{(K-1)P^* + \sigma^2} = \gamma_0 \quad (4.12)$$

Khi đó P^* là công suất tối ưu tại trạm gốc sẽ là:

$$P^* = \frac{\sigma^2 \gamma_0}{G - (K-1)\gamma_0} \quad (4.13)$$

Trong phương trình trên thì P^* sẽ tỉ lệ thuận với γ_0 đến một giá trị nào đó, vì nếu SNR γ_0 lớn hơn giá trị này thì mẫu số sẽ âm và không tồn tại công suất tối ưu dương để đạt được SNR mong muốn. Từ đó cho thấy độ lợi xử lý và số user sẽ chặn giá trị SNR chuẩn. Do đó, biên trên của SNR chuẩn sẽ là:

$$\gamma_0 < \frac{G}{K-1} \quad (4.14)$$

Theo đó mà giá trị SNR mong muốn cần được thiết lập dựa trên điều kiện (4.14).

4.5 Cơ chế điều khiển công suất trong các hệ thống MC-CDMA

Dung lượng của hệ thống MC-CDMA bị giới hạn bởi nhiễu của người sử dụng khác như trong các hệ thống CDMA. Nhiễu của người sử dụng khác được gây ra bởi các trạm di động khác nhau có sóng mang phụ giống nhau. Cho số người sử dụng và độ lợi xử lý, SNR có thể đạt được trong các hệ thống MC-CDMA cũng

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

giống nhau trong các hệ thống SC-CDMA. Do đó đối với điều khiển công suất, trạm gốc cần cài đặt SNR chuẩn thỏa mãn điều kiện $SNR_{ref} = \gamma_0 < \frac{G}{K-1}$ để tránh khả năng hồi tiếp dương của điều khiển công suất. Trong các hệ thống MC-CDMA mỗi sóng mang phụ chịu ảnh hưởng của fading khác nhau, có hai sơ đồ điều khiển công suất có thể lựa chọn ở hướng lên. Sơ đồ thứ nhất là điều khiển công suất dựa vào băng tần, sơ đồ này chỉ có thể áp dụng cho các hệ thống MC-CDMA. Sơ đồ thứ hai là điều khiển công suất dựa vào người sử dụng, sơ đồ này sử dụng phương pháp giống như ở các hệ thống SC-CDMA.

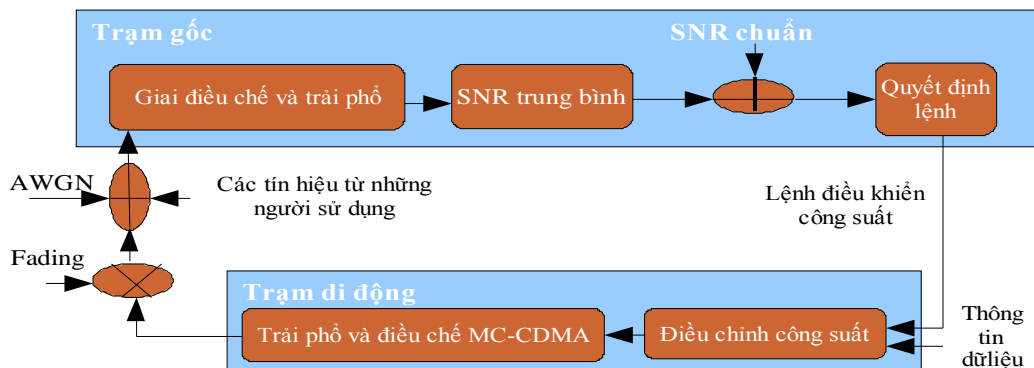
Ở sơ đồ điều khiển công suất dựa vào người sử dụng, trạm gốc đánh giá SNR trung bình nhận được qua tất cả các sóng mang sau đó đem so sánh với SNR chuẩn và quyết định lệnh điều khiển công suất. SNR chuẩn phải thỏa mãn điều kiện :

$$\gamma_0 < \frac{G}{K-1} \quad \text{để tránh khả năng hồi tiếp dương trong điều khiển công suất.}$$

Trong các ứng dụng này mức công suất như nhau sẽ được ấn định đến mỗi sóng mang trong một trạm di động và SNR được đem so sánh với SNR chuẩn là:

$$SNR_n = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N SNR_{ni} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{GP_{ni,rv}}{\sum_{m=1, m \neq n}^K P_{mi,rv} + \sigma^2} \quad (4.15)$$

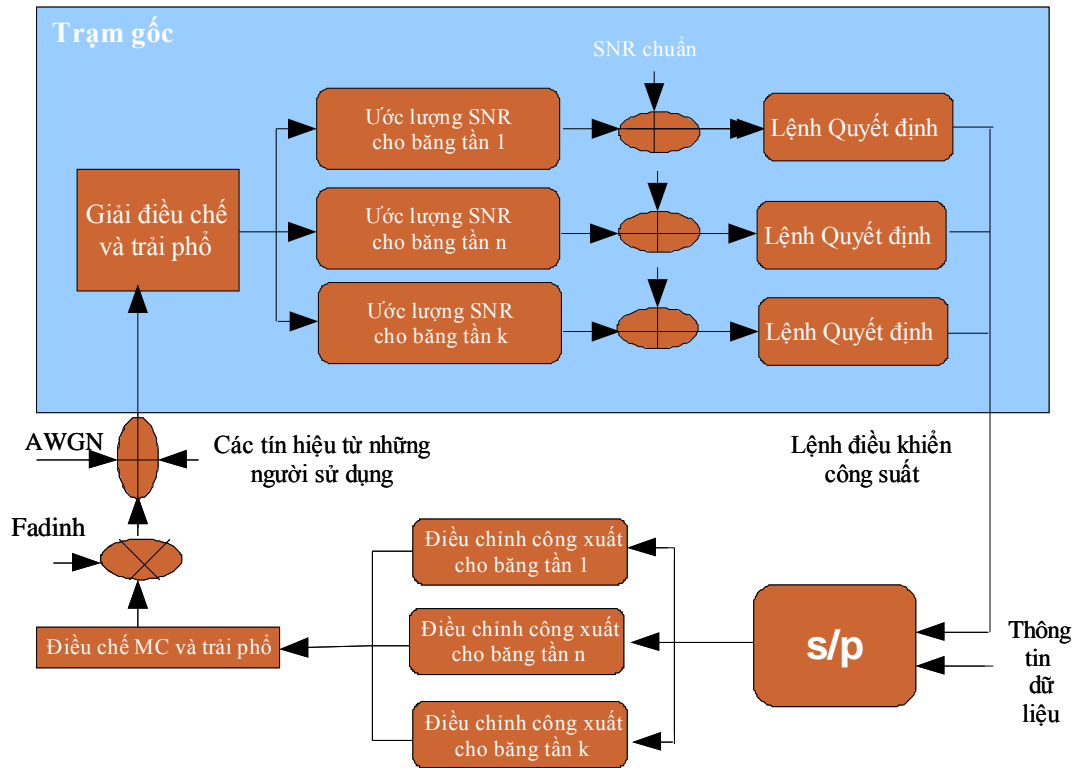
Trạm gốc tính toán SNR bằng cách lấy trung bình các giá trị SNR của tất cả các sóng mang phụ như trong phương trình (4.15) và đem so sánh với SNR chuẩn để ra quyết định lệnh điều khiển công suất. Điều khiển công suất dự đoán trước không thích hợp với sơ đồ điều khiển công suất dựa vào người sử dụng vì sự dự đoán hiệu ứng fading dựa vào người sử dụng không có ý nghĩa đối với từng sóng mang.



Hình 4.2 Điều khiển công suất dựa vào người sử dụng trong các hệ thống MC-CDMA

Ở sơ đồ điều khiển công suất dựa vào băng tần, trạm gốc đánh giá các giá trị SNR nhận được đối với mỗi sóng mang phụ và đem nó ra so sánh với các SNR chuẩn. Sau đó lệnh điều khiển công suất được xác định theo các phương pháp (điều khiển công suất bước cố định (fixed-step), điều khiển công suất đa mức (multi-level) và điều khiển công suất dự đoán trước (predictive)). Công suất thu tối ưu cho từng băng trong hệ thống MC-CDMA là:

$$P_{ni,rv}^* = \sigma^2 \phi_{ni}^{-1} \left(1 - \sum_{m=1}^K \phi_{mi}^{-1} \right)^{-1} \quad \text{với } \phi_{ni} = G\gamma_{ni}^{-1} + 1 \quad (4.16)$$



Hình 4.3 ĐKCS dựa vào băng tần trong các hệ thống MC-CDMA

Trong sơ đồ điều khiển công suất dựa vào băng tần, công suất mong muốn, nhiễu giao thoa và SNR tương ứng được đánh giá theo từng băng tần. Dựa vào các giá trị đánh giá này trạm gốc quyết định lệnh điều khiển công suất đối với từng sóng mang phụ một cách độc lập để chống lại kênh fading độc lập một cách riêng biệt. Giả sử công suất phát của trạm di động thứ n với sóng mang phụ thứ i thời điểm thứ k là $P_{ni}(k)$; khi đó công suất nhận được ở trạm gốc sẽ là:

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

$$P_{ni,rv}(k) = P_{ni}(k) + f_{ni}(k) \quad (4.17)$$

với $P_{ni,rv}(k)$ là công suất thu được ở trạm gốc của trạm di động thứ n với sóng mang phụ thứ i ở thời điểm k và $f_{ni}(k)$ là độ lợi liên kết giữa trạm gốc và trạm di động thứ n với sóng mang phụ thứ i . Độ lợi liên kết này bao gồm đường bao fading và tổn hao đường truyền. Công suất phát ở thời điểm $k+1$ là:

$$P_{ni,rv}(k+1) = P_{ni}(k) + C_{ni}(k+1) \cdot \Delta P \quad (4.18)$$

Với ΔP là độ điều chỉnh công suất và $C_{ni}(k+1)$ là lệnh điều khiển công suất. Khi SNR thu được nhỏ hơn SNR chuẩn nghĩa là mức công suất không đủ để duy trì QoS như mong muốn. Lúc đó trạm gốc sẽ gửi lệnh tăng công suất để duy trì QoS. Nếu SNR nhận được lớn hơn SNR chuẩn, mức công suất phát của máy di động lớn hơn mức cần thiết tối thiểu, sẽ gây ra sự giảm sút QoS của các user khác.

Trong các hệ thống MC-CDMA, số sóng mang phụ trên mỗi người sử dụng được dùng cho việc truyền dữ liệu tốc độ cao, và mỗi luồng dữ liệu được điều chế bằng một sóng mang phụ khác nhau, được phát qua một băng tần khác nhau. Do đó mỗi luồng dữ liệu chịu một điều kiện kênh truyền khác nhau, các mức công suất phát khác nhau được ấn định đến mỗi sóng mang phụ khác nhau bằng cách điều khiển công suất dựa vào băng tần để cải tiến chất lượng BER và dung lượng hệ thống.

4.6 Các phương pháp điều khiển công suất trong hệ thống MC-CDMA

4.6.1 Điều khiển công suất fixed-step và multi-level

Trạm gốc sẽ gửi lệnh điều khiển công suất đến máy di động ở tốc độ 800bps để duy trì QoS với công suất phát nhỏ nhất. Lệnh điều khiển công suất sẽ được cập nhật với chu kỳ 1.25msec chứa 12 bit và tập 12 bit này là nhóm điều khiển công suất.

Ở mô hình điều khiển công suất fixed-step, mức điều chỉnh công suất được cố định là một bước (step size), và máy di động tăng/giảm công suất phát chỉ từng bước một dựa trên lệnh điều khiển công suất. Do lệnh điều khiển công suất chỉ có một bit, mức điều khiển công suất chỉ là $1 \cdot \Delta P$ hoặc $-1 \cdot \Delta P$ nên không thể bám theo sự thay đổi liên tục của kênh truyền do fading, và sự thay đổi công suất tương ứng ở trạm gốc sẽ làm giảm hiệu suất của máy di động. Để chống lại kênh truyền có fading một cách hiệu quả, điều chỉnh công suất đường lên sử dụng hiệu chỉnh công suất nhiều mức mà lệnh điều khiển công suất sẽ chứa nhiều bit. Dựa trên SNR thu được và SNR chuẩn, trạm gốc gửi lệnh điều khiển công suất như sau:

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Đối với mô hình điều khiển công suất bước cố định (fixed-step):

$$C_{ni}(k+1) = \begin{cases} 1, & \text{if } SNR_{ni}(k) < \gamma_n \\ -1, & \text{if } SNR_{ni}(k) \geq \gamma_n \end{cases} \quad (4.19)$$

Đối với mô hình điều khiển công suất multi-level:

$$C_{ni}(k+1) = \begin{cases} 3, & \text{if } SNR_{ni}(k) - \gamma_n < -5\varepsilon \\ 2, & \text{if } -5\varepsilon \leq SNR_{ni}(k) - \gamma_n < -3\varepsilon \\ 1, & \text{if } -3\varepsilon \leq SNR_{ni}(k) - \gamma_n < -\varepsilon \\ 0, & \text{if } -\varepsilon \leq SNR_{ni}(k) - \gamma_n < \varepsilon \\ -1, & \text{if } \varepsilon \leq SNR_{ni}(k) - \gamma_n < 3\varepsilon \\ -2, & \text{if } 3\varepsilon \leq SNR_{ni}(k) - \gamma_n \end{cases} \quad (4.20)$$

Trong đó γ_n là SNR chuẩn cho máy di động thứ n, SNR_{ni} là giá trị của sóng mang thứ i ở máy di động thứ n ở thời điểm k và $\varepsilon = 0.5\Delta P$.

4.6.2 Điều khiển công suất dự đoán

Trong điều khiển công suất đường lên, máy di động sẽ cập nhật công suất phát mỗi chu kỳ cập nhật điều khiển công suất dựa trên lệnh điều khiển công suất từ trạm gốc. Khi sự thay đổi của kênh truyền ở tốc độ nhanh hơn tốc độ cập nhật công suất, điều khiển công suất không thể bám theo sự thay đổi của kênh truyền. Dưới ảnh hưởng của kênh truyền fading nhanh, hai mô hình điều khiển công suất fixed-level và multilevel tạo ra lệnh điều khiển công suất không thích hợp để điều khiển công suất phát từ máy di động. Do fading thay đổi theo thời gian và độ trễ vòng hồi tiếp của lệnh điều khiển công suất gây ra sự không chính xác giữa công suất thu được và công suất tối ưu ở trạm gốc, và sự khác biệt này làm giảm dung lượng hệ thống. Do đó, việc thiết kế ra một mô hình điều khiển công suất có giải thuật dự đoán fading là rất cần thiết. Để bù lại ảnh hưởng fading, điều khiển công suất dự đoán có khả năng dự đoán điều kiện kênh truyền. Điều khiển công suất qua hai bước sẽ điều khiển công suất phát của máy di động chặt hơn dưới kênh truyền fading. Bước thứ nhất là bù sự sai biệt giữa công suất thu được và công suất tối ưu và bước thứ hai là bù ảnh hưởng fading mà tín hiệu của máy di động sẽ phát ở lần truyền tiếp theo.

4.6.3 Dự đoán công suất thu được kế tiếp

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

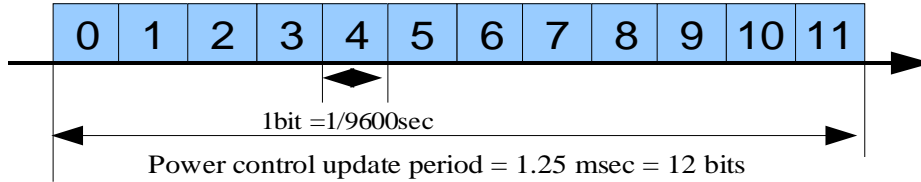
Giả sử giá trị $\Delta\tau_{ni}^*(k)$ buộc tín hiệu thứ k từ máy di động sẽ đến trạm gốc với mức công suất thu tối ưu:

$$\Delta\tau_{ni}^*(k) = P_{ni,rv}^* - f_n(k) - P_n(k) \quad (4.21)$$

Công suất thu tại thời điểm k+1 là:

$$P_{ni,rv}(k+1) = f_{ni}(k+1) + P_{ni}(k+1) = f_{ni}(k+1) + P_{ni}(k) + \Delta\tau_{ni}^*(k) \quad (4.22)$$

$$= f_{ni}(k+1) - f_{ni}(k) + P_{ni,rv}^* = \Delta_{ni}(k) + P_{ni,rv}^* \quad (4.23)$$



Hình 4.4 Nhóm điều khiển công suất đường lên

Ở điều khiển công suất vòng kín đường lên, trạm gốc sẽ tạo và gửi lệnh điều khiển công suất gồm 12 bit cứ mỗi 1.25 msec. Nhóm 12 bit này gọi là nhóm điều khiển công suất như ở hình 4.4. Công suất thu được là trung bình mức công suất 12 bit dữ liệu. Cùng một mức công suất được ấn định cho 12 bit tại máy di động, nhưng tại trạm gốc mỗi bit sẽ đến với các mức công suất khác nhau do kênh truyền fading thay đổi theo thời gian. Bằng cách quan sát mức công suất của những bit này, công suất thu kế tiếp sẽ được dự đoán bởi bộ dự đoán tuyến tính và ảnh hưởng fading có thể được bù một cách hiệu quả.

Dựa trên sự khác nhau của công suất 12 bit trong nhóm điều khiển công suất thành phần fading có thể được dự đoán và dùng cho mô hình điều khiển công suất có hiệu quả. Những nhóm nhỏ (subgroup), mà được chia ra để tìm giá trị quan sát cho dự đoán fading là:

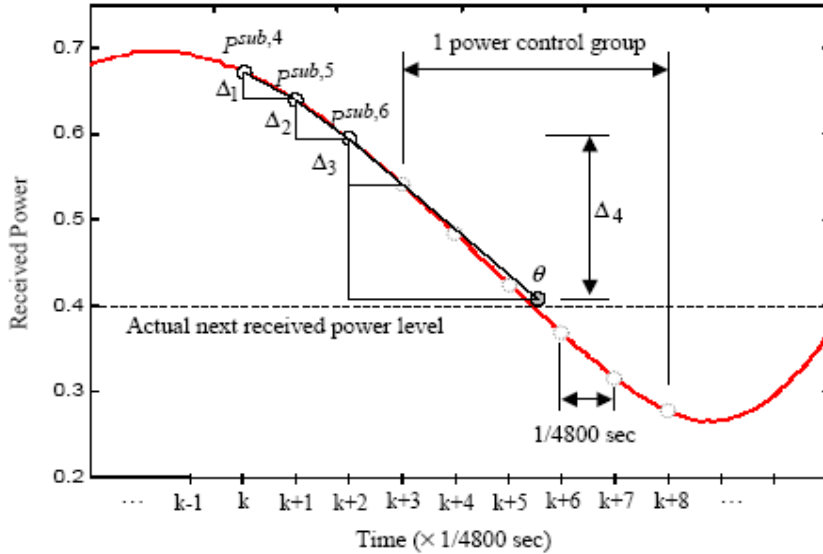
$$P_{ni}^{sub,l} = \frac{1}{D} \sum_{j=(l-1)m+1}^{lm} P_{ni,rv}^j \quad (4.24)$$

Với $l=1,2,\dots,D$, $D=12/m$, $D>4$ và D , m là số nguyên. $P_{ni,rv}^j$ là giá trị công suất của bit thứ j trong nhóm điều khiển công suất.

Đầu tiên, các giá trị Δ_1 và Δ_2 được tính toán dựa trên các giá trị quan sát $P_{ni}^{sub,l}$, ít nhất là 4 giá trị quan sát. Từ 2 giá trị Δ_1 và Δ_2 được tính toán như sau:

$$\Delta_1 = P_{ni}^{sub,D-2} - P_{ni}^{sub,D-1} \quad \text{và} \quad \Delta_2 = P_{ni}^{sub,D-1} - P_{ni}^{sub,D}$$

$$\Delta_4 = \frac{D+1}{2} \Delta_3 = \frac{D+1}{2} \frac{(\Delta_2)^2}{\Delta_1} \quad (4.25)$$



Hình 4.5 Dự đoán công suất thu với D=6

Giá trị công suất thu kế tiếp được dự đoán là:

$$\theta_{ni} = P_{ni, NEXT} = P_{ni}^{sub, D} - \Delta_4 = P_n^{sub, D} - \frac{D+1}{2} \frac{(P_{ni}^{sub, D-1} - P_{ni}^{sub, D})^2}{(P_{ni}^{sub, D-2} - P_{ni}^{sub, D-1})} \quad (4.26)$$

Hệ số fading có thể dự đoán dựa vào các hệ số fading trước đó. Độ chính xác của dự đoán này phụ thuộc vào số lượng giá trị quan sát và tốc độ thay đổi của fading. Số lượng giá trị quan sát để dự đoán công suất thu kế tiếp ở fading chậm thì lớn hơn so với fading nhanh. Do đó mà số lượng nhóm nhỏ cũng được chọn tùy thuộc vào tốc độ fading nhanh. Giá trị $\Delta\tau_{ni} = P_{ni,rv}^* - P_{ni,est}$ sẽ được điều chỉnh theo giá trị dự đoán như sau:

$$\Delta\tau_{ni}^p = \begin{cases} \Delta\tau_{ni} , & \text{if } \lambda_{ni} \leq 0 \text{ or } \theta_{ni} \leq 0 \\ \Delta\tau_{ni} + P_{ni,rv}^* - \theta_{ni} , & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.27)$$

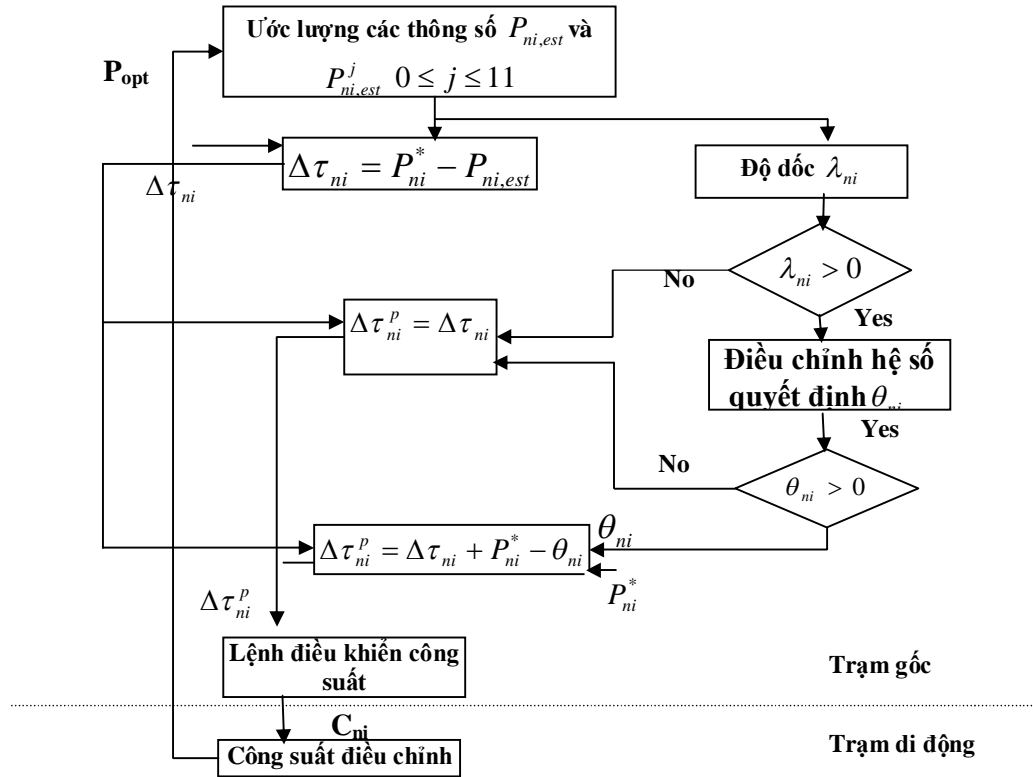
Với
$$\lambda_{ni} = \frac{P_{ni}^{sub, D-1} - P_{ni}^{sub, D}}{P_{ni}^{sub, D-2} - P_{ni}^{sub, D-1}}$$

Thuật toán điều khiển công suất dự đoán được cho ở hình 4.6. Dựa vào giá trị $\Delta\tau_{ni}^p$ ở phương trình (4.27), trạm gốc sẽ gửi lệnh điều khiển công suất đến máy di động thứ n để máy di động điều khiển công suất phát như sau:

$$C_{ni}(k+1) = \begin{cases} 3, & \text{if } \Delta\tau_{ni}^p < -5\varepsilon \\ 2, & \text{if } -5\varepsilon \leq \Delta\tau_{ni}^p < -3\varepsilon \\ 1, & \text{if } -3\varepsilon \leq \Delta\tau_{ni}^p < -\varepsilon \\ 0, & \text{if } -\varepsilon \leq \Delta\tau_{ni}^p < \varepsilon \\ -1, & \text{if } \varepsilon \leq \Delta\tau_{ni}^p < 3\varepsilon \\ -2, & \text{if } \Delta\tau_{ni}^p \geq 3\varepsilon \end{cases} \quad \text{Với } \varepsilon = 0.5\Delta P \quad (4.28)$$

Trình tự trong thuật toán điều khiển công suất dự đoán:

1. Trạm gốc tính công suất phát tối ưu, ước lượng công suất phát dữ liệu P_{ni} và đồng thời dựa vào công suất của các nhóm bit trong 12 bit điều khiển công suất mà dự đoán được công suất thu tiếp theo θ_{ni} theo dưới ảnh hưởng của fading. Lưu ý 12 bit này được phân thành các nhóm và nó được gửi từ trạm di động đến trạm gốc là các bit để dự đoán fading, khác với 12 bit trong nhóm điều khiển công suất từ trạm gốc đến trạm di động.
2. So sánh λ_{ni} hoặc θ_{ni} với 0, lớn hơn hoặc nhỏ hơn 0.
3. Dựa vào giá trị so sánh ở bước 2 mà đưa ra giá trị $\Delta\tau_{ni}^p$.
4. Quyết định lệnh điều khiển công suất C_{ni} cho trạm di động dựa vào giá trị $\Delta\tau_{ni}^p$.



Hình 4.6 Thuật toán dự đoán để điều khiển công suất

4.6.4 Phân tích BER

BER là yếu tố quan trọng để so sánh hiệu suất trong các hệ thống viễn thông. BER phụ thuộc vào SNR mà bao gồm xử lý fading. Với hàm mật độ xác suất PDF của hệ số α cho trước, BER tương ứng có dạng [4]:

$$\Pr(e) = \int_0^{\infty} Q\left(\alpha \sqrt{\frac{P}{(k-1)P + \sigma^2}}\right) f(\alpha) d\alpha = \int_0^{\infty} Q(\sqrt{S}) f\left(\frac{S}{E[S]}\right) dS \quad (4.29)$$

Với $S = \alpha \sqrt{\frac{P}{(K-1)P + \sigma^2}}$ và $E[S] = E\left[\frac{P}{(K-1)P + \sigma^2}\right] = E[\alpha] \sqrt{\frac{P}{(K-1)P + \sigma^2}}$

BER tương ứng với hệ thống được điều khiển công suất hoàn hảo:

$$\Pr(e) = Q\left(\sqrt{\frac{P}{(K-1)P + \sigma^2}}\right) \quad (4.30)$$

Thực tế, công suất phát không thể được điều khiển một cách hoàn hảo, và do đó công suất nhận được và SNR nhận được xem như là các biến ngẫu nhiên. Nếu biến ngẫu nhiên SNR thu được kí hiệu là S và $f(S)$ là hàm mật độ xác suất, thì BER sẽ là:

$$\Pr(e) = \int_0^{\infty} Q(\sqrt{S}) f\left(\frac{S}{E[S]}\right) dS$$

$$\text{Với } S = \frac{GP_{ni,rv}}{\sum_{m=1, m \neq n}^K P_{mi,rv} + \sigma^2} \text{ cho tất cả các máy di động.}$$

$$\text{Và } Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2/2} dt \quad \text{với } x \geq 0.$$

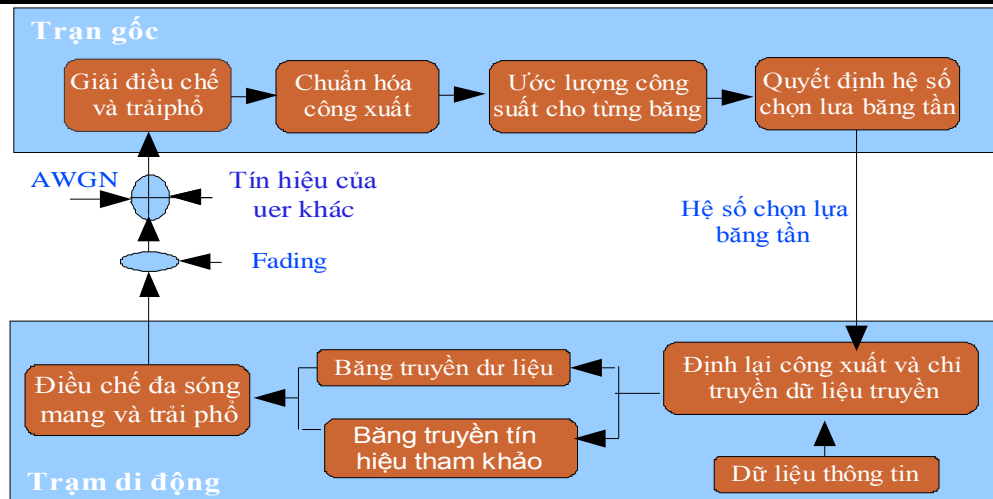
4.7 Hệ thống MC-CDMA với băng chọn lọc thích nghi

Trong hệ thống MC-CDMA, nhiều sóng mang phụ được dùng để truyền dữ liệu tốc độ cao, mỗi dữ liệu được điều chế bởi sóng mang phụ khác nhau và chịu ảnh hưởng của những kênh truyền khác nhau. Bằng cách truyền dữ liệu chỉ trên những băng tần số được chọn lựa từ toàn bộ các băng tần phụ, mô hình truyền dữ liệu mới ABS (Adaptive Band-Selection) sẽ cải thiện dung lượng hệ thống MC-CDMA. Cùng lượng công suất phát và phát cùng lượng dữ liệu thì mô hình này sẽ đạt BER tốt hơn hệ thống MC-CDMA dùng toàn bộ băng thông. Do đó, dung lượng hệ thống có thể được cải thiện.

4.7.1 Truyền dữ liệu trên băng chọn lọc thích nghi

Các máy di động truyền dữ liệu trên M băng đã được chọn lọc dựa vào hệ số chọn lựa băng tần từ trạm gốc. Do đó, ta kí hiệu M/N cho hệ thống MC-CDMA trong đó N là tổng số băng, còn M là số băng đã được chọn lọc để truyền dữ liệu. Khi mà số băng M=N, có nghĩa là truyền dữ liệu trên tất cả các băng tần. Trong hệ thống M/N, máy di động truyền thông tin trên M băng chọn lọc và gửi tín hiệu tham khảo (reference signal) với mức công suất thấp hơn so với công suất của dữ liệu trên N-M băng còn lại. Tín hiệu tham khảo này được dùng để cập nhật hệ số chọn lọc băng tần từ trạm gốc.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA



Hình 4.7 Sơ đồ khối truyền trên băng lọc thích nghi của hệ thống MC-CDMA

Đối với hệ thống MC-CDMA sử dụng băng chọn lọc thích nghi thì tốc độ bit của truyền dữ liệu phải cao hơn so với hệ thống MC-CDMA sử dụng toàn bộ băng tần, do số băng để truyền dữ liệu ít hơn. Nếu dữ liệu được truyền với tốc độ r cho hệ thống N/N , thì hệ thống M/N phải truyền với tốc độ $r \cdot N/M$ để đảm bảo lưu lượng truyền là như nhau. Tăng tốc độ bit nghĩa là giảm độ lợi xử lý. Do đó hệ số trải phổ sẽ giảm tức là số lượng chip trên một bit giảm. Như vậy độ lợi xử lý sẽ giảm, nếu độ lợi xử lý của hệ thống N/N là G , thì $G' = G \cdot M/N$ cho hệ thống M/N . Vì thế mà làm giảm khả năng loại bỏ nhiễu giao thoa từ các user. Đây là một nhược điểm của hệ thống sử dụng băng chọn lọc thích nghi.

Trong hệ thống MC-CDMA thông thường, tổng công suất phát của máy di động n với N băng tần là: $\sum_{i=1}^N P_{ni}$, công suất trung bình cho mỗi băng sẽ là: $P_{ni,avg} = P/N$ cho hệ thống MC-CDMA N/N . Trong hệ thống M/N , máy di động chỉ truyền dữ liệu trên M băng đã chọn lọc, và gửi tín hiệu tham khảo (reference signal) trên những băng còn lại. Trạm gốc cần biết điều kiện kênh truyền của cả những băng được chọn và những băng không được chọn để cập nhật hệ số chọn lựa băng tần một cách thích nghi. Do đó, công suất trung bình trên mỗi băng được chọn lựa: $P_{ni,i=select} = P/(M + (N - M)\beta)$ và công suất trung bình của băng còn lại sẽ là: $P_{ni,i \neq select} = \beta \cdot P_{ni,i=select} = \beta \cdot P/(M + (N - M)\beta)$, với $\beta = M/(\text{số bit trong một chu kỳ cập nhật} \cdot N) \ll 1$ là hệ số nén. Mức công suất phát để truyền dữ liệu sẽ được chỉ định để bù lại sự giảm sút của tỉ lệ loại bỏ nhiễu từ các user khác do độ lợi xử lý giảm.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

4.7.2 Phương pháp xác định hệ số chọn lọc băng tần

Máy di động không biết gì về điều kiện kênh truyền ở đường lên. Trạm gốc sẽ kiểm tra điều kiện kênh truyền dựa trên tín hiệu thu được từ máy di động. Sau đó, trạm gốc sẽ gửi hệ số chọn lọc băng tần tương ứng để phát dữ liệu. Trạm gốc sẽ cập nhật hệ số chọn lọc băng tần sau từng chu kỳ cập nhật (1.25msec) để máy di động có thể chọn lựa băng tần kí hiệu là:

$$S = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1j} & \cdots & S_{1N} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ S_{i1} & S_{i2} & \cdots & S_{ij} & \cdots & S_{iN} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ S_{K1} & S_{K2} & \cdots & S_{Kj} & \cdots & S_{KN} \end{pmatrix} \quad \text{với } S_{nj} = \begin{cases} 1, & \text{nếu băng } j \text{ chọn} \\ \beta, & \text{còn lại} \end{cases} \quad 0 < \beta \ll 1 \quad (4.31)$$

Do kênh truyền vô tuyến thay đổi theo thời gian, ma trận S sẽ thay đổi thích nghi tùy theo điều kiện môi trường trong mỗi chu kỳ cập nhật chọn lựa băng. Nó dựa trên tín hiệu thu được từ máy di động.

4.7.2.1 Hệ số chọn lọc băng tần tối ưu

Để đạt được BER tốt nhất trong hệ thống M/N , hệ số chọn lọc băng tần được xác định bởi trạm gốc nhằm cực đại giá trị SNR thu được kế tiếp tương ứng của tập $I_n(k+1)$ cho mọi n , với $I_n(k+1)$ là tập con chứa M băng đã chọn lựa cho truyền dữ liệu thứ $(k+1)$ của user thứ n . Hệ số chọn lọc băng tần tối ưu đạt được là :

$$\text{Chọn } S^*(k+1) \text{ để } \left\{ \sum_{n=1}^K \sum_{i \in I_n(k-1)} \text{SNR}_{ni}(k+1) \right\} \text{ đạt cực đại và } \sum_{i=1}^N P_{ni} = P.$$

Chỉ số thời gian k và tổng công suất phát của máy di động là P . Chọn ma trận chọn lựa băng tần cần phải xem xét N^K hệ số chọn lọc băng tần có thể và kiểm tra tổng giá trị $\text{SNR}_{ni}(k+1)$ cho tất cả khả năng $I_n(k+1)$. Tuy nhiên, việc xem xét tất cả N^K khả năng của hệ số chọn lọc băng tần cho mỗi chu kỳ cập nhật hệ số thì không thực dụng. Do đó, nhiều phương pháp thay thế được xem xét để chọn hệ số chọn lọc băng tần dựa trên tín hiệu thu hiện thời: chọn băng tần dựa trên SNR và chọn băng tần dựa trên công suất.

- Luật dựa trên SNR cho hệ số chọn lọc băng tần:

Trạm gốc sẽ xác định hệ số chọn lọc băng tần sao cho cực đại giá trị SNR cho tập $I_n(k+1)$ cho mỗi user. Trạm gốc đo giá trị SNR cho tất cả các sóng mang phụ

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

của mỗi máy di động, và quyết định hệ số chọn lọc băng tần cho từng user như sau:

Chọn $S^{\text{snr}}(k+1)$,

Nhằm cực đại $\left\{ \sum_{i \in I_n(k+1)} \text{SNR}_{ni}(k) \right\}$ và $\sum_{j=1}^N P_{nj} = P$ cho mỗi máy di động thứ n .

Dựa trên ma trận $S^{\text{snr}}(k+1)$, tỉ số tín hiệu trên nhiễu cho những băng được chọn lựa tại thời điểm $(k+1)$ sẽ là:

$$\text{SNR}_{ni}^{\text{snr}}(k+1) = \frac{GS_{ni}^{\text{snr}} P_{ni} \alpha_{ni}^2(k+1)}{\sum_{v=1, v \neq n}^K S_{vi}^{\text{snr}}(k+1) P_{vi} \alpha_{vi}^2(k+1) + \sigma^2} \quad \text{cho mỗi } n \text{ và } i. \quad (4.32)$$

- Luật dựa trên công suất cho hệ số chọn lọc băng tần:

Trạm gốc sẽ xác định hệ số chọn lọc băng tần để cực đại mức công suất thu cho tập $I_n(k+1)$ cho mỗi user. Trạm gốc sẽ đo mức công suất của tất cả các sóng mang phụ của máy di động và quyết định hệ số chọn lọc băng tần cho từng user như sau:

Chọn $S^{\text{pow}}(k+1)$,

Nhằm cực đại $\left\{ \sum_{i \in I_n(k+1)} GP_{ni}(k) \alpha_{ni}^2(k) \right\}$ và $\sum_{j=1}^N P_{nj} = P$ cho mỗi máy di động thứ n .

Trạm gốc ước lượng công suất của dữ liệu thông tin cho những băng tần được chọn và công suất chuẩn hóa cho những băng còn lại, so sánh tất cả các mức công suất và xác định hệ số chọn lọc băng tần. Dựa trên $S^{\text{pow}}(k+1)$, tỉ số tín hiệu trên nhiễu của những băng được chọn sẽ là:

$$\text{SNR}_{ni}^{\text{pow}}(k+1) = \frac{GS_{ni}^{\text{pow}} P_{ni} \alpha_{ni}^2(k+1)}{\sum_{v=1, v \neq n}^K S_{vi}^{\text{pow}}(k+1) P_{vi} \alpha_{vi}^2(k+1) + \sigma^2} \quad \text{cho mỗi } n \text{ và } i. \quad (4.33)$$

4.7.2.2 Phân tích BER trong hệ thống 1/N

BER phụ thuộc vào giá trị SNR ở trạm gốc và SNR nhận được là hàm của điều kiện kênh truyền. Trong phần phân tích này ta chỉ xét trường hợp một trạm di động liên lạc với trạm gốc qua kênh truyền fading AWGN và Rayleigh trong giới

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

hạn các hệ thống 1/N. BER dưới điều kiện kênh truyền fading được xác định có dạng [4]:

$$P_{mc}(e) = \int_0^{\infty} P(e|x) f_x(x) dx = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\overline{\text{SNR}}}{\overline{\text{SNR}} + 2}} \right) \quad (4.34)$$

Với $P_{mc}(e|x) = Q(x\sqrt{\overline{\text{SNR}}})$ và $\overline{\text{SNR}} = E[x^2] \frac{GP_{ni}}{\sigma^2}$ với mỗi n và i. Biến ngẫu nhiên X đại diện cho đường bao fading có phân bố Rayleigh như sau: $f_x(x) = 2xe^{-x^2}$ với $x > 0$.

Giả sử rằng trạm di động biết hết các điều kiện về kênh truyền của tất cả các sóng mang phụ. Khi đó trạm di động có thể sử dụng kênh tốt nhất để truyền dữ liệu tin tức. Do đó đường bao fading lớn nhất trong số các đường bao fading của tất cả các sóng mang phụ sẽ làm cực đại SNR nhận được, trạm di động nên phát dữ liệu tin tức qua kênh truyền tốt nhất với đường bao fading lớn nhất để đạt được chất lượng tốt nhất. BER của hệ thống 1/N phụ thuộc vào sự phân bố giá trị cực đại trong số N biến ngẫu nhiên X_i với $1 \leq i \leq N$, mà có phân phối Rayleigh. Đặt giá trị lớn nhất trong số các biến ngẫu nhiên X_i là Y; khi đó Y có thể biểu diễn như sau:

$$Y = \max\{X_1, X_2, \dots, X_N\}.$$

Hàm phân phối lũy tích CDF (Cumulative distribution function) của Y như sau:

$$\begin{aligned} F_y(y) &= P(X_1 \leq y \cap X_2 \leq y \cap \dots \cap X_N \leq y) \\ &= P(X_1 \leq y) P(X_2 \leq y) \dots P(X_N \leq y) \\ &= F_{X_1}(y) F_{X_2}(y) \dots F_{X_N}(y) \\ &= \{F_x(y)\}^N, \end{aligned} \quad (4.35)$$

Với $F_x(x)$ là CDF của X và $F_x(x) = F_{x_i}(x_i)$ với mọi i. Hàm mật độ phổ công suất PDF của y là:

$$f_y(y) = \frac{d\{F_x(y)\}^N}{dy} = N(F_x(y))^{N-1} f_x(y) = 2N(1 - e^{-y^2})^{N-1} ye^{-y^2} \quad \text{với } y > 0.$$

Do đó BER của các hệ thống 1/N là:

$$P_{1/N}(e) = \int_0^{\infty} Q(y\sqrt{\overline{\text{SNR}}}) f_y(y) dy \quad \text{với } \overline{\text{SNR}} = E[y^2] \frac{GP_{ni}}{\sigma^2}. \quad (4.36)$$

4.8 Kết luận chương

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Trong các hệ thống MC-CDMA, mỗi dữ liệu được điều chế bởi các sóng mang phụ khác nhau và chịu fading cũng khác nhau nên chất lượng dịch vụ phụ thuộc vào SNR của mỗi sóng mang tại trạm gốc. Do đó, công suất phát của từng sóng mang cũng phải được điều khiển theo từng băng. Do tính trực giao của các sóng mang phụ, nhiễu từ các user khác không bị gây ra bởi các sóng mang phụ khác nhau mà là bởi các máy di động của cùng một sóng mang phụ. Điều đó có nghĩa là điều khiển công suất dự đoán sẽ cải thiện hệ thống MC-CDMA, khi mà giải thuật dự đoán được dùng để dự đoán đường bao fading cho từng sóng mang phụ thay vì cho từng user. Vì thế, điều khiển công suất band-based với giải thuật dự đoán sẽ cải thiện dung lượng hệ thống MC-CDMA. Đồng thời ứng dụng điều chế thích nghi vào trong hệ thống MC-CDMA sẽ nâng cao chất lượng BER hơn so với hệ thống MC-CDMA điều chế trên toàn bộ sóng mang.

Chương 5

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ MÔ PHỎNG

5.1 Giới thiệu chương

Chương này mô phỏng các phương pháp điều khiển công suất trong hệ thống MC-CDMA đã được phân tích về mặt lý thuyết. Chương trình mô phỏng gồm 2 phần sau:

MÔ PHỎNG: Đưa ra các ưu điểm và nhược điểm của các phương pháp điều khiển công suất dựa trên sự so sánh về công suất phát, SNR, BER của bước cố định (fixstep), đa mức (multilevel), dự đoán trước(predictive), đồng thời ứng dụng thêm phương pháp điều chế thích nghi vào hệ thống MC-CDMA.

DEMO: Các mô hình về hệ thống MC-CDMA.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA



Hình 5.1 Giao diện mô phỏng chương trình

5.2 Các thông số mô phỏng

Các thông số mô phỏng chương trình như bảng sau:

Số người sử dụng	5: 15
Tốc độ bit	9600
Độ lợi xử lý	32
Số sóng mang	16
Tần số Doppler (f_dT)	0.0031
Chu kỳ cập nhật công suất(giây)	1.25

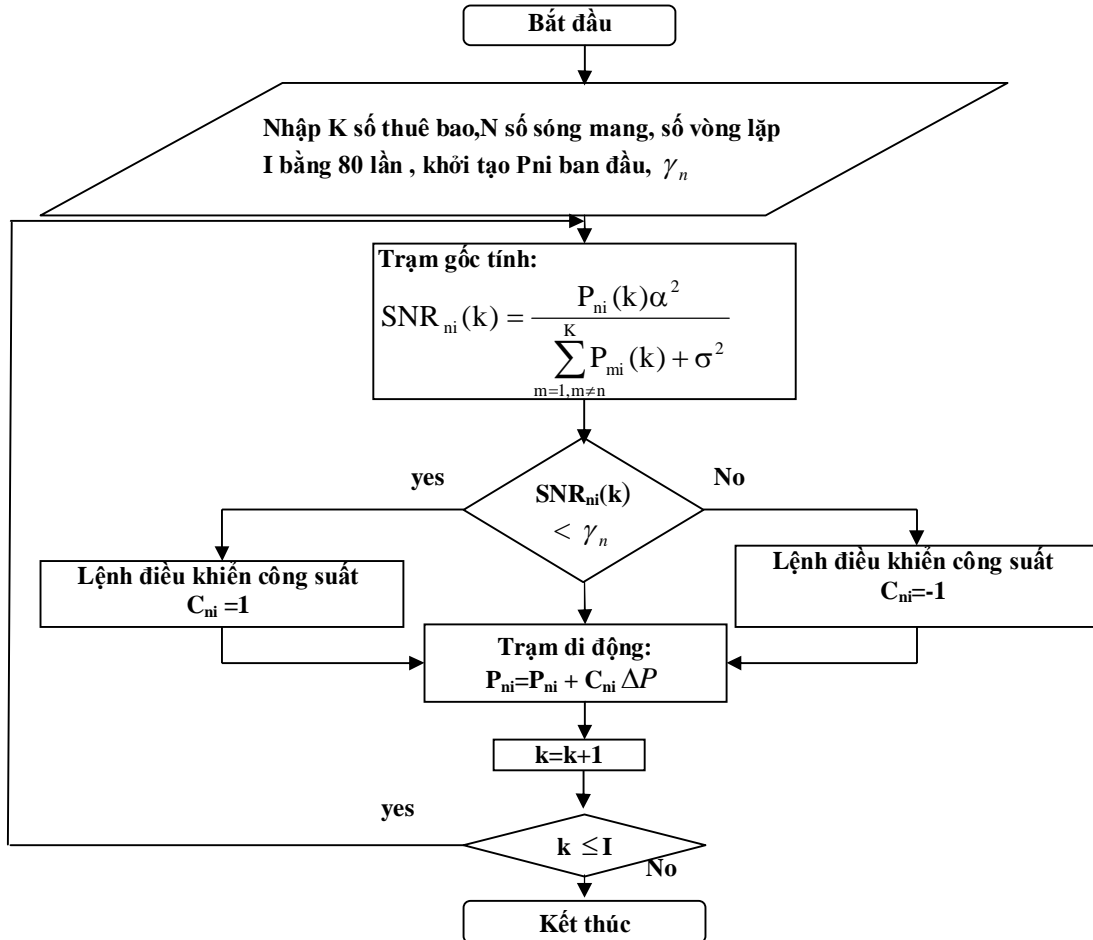
Hình 5.2 Bảng thông số mô phỏng

5.3 Mô phỏng

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

5.3.1 Mô phỏng phương pháp điều khiển công suất fixed step

Lưu đồ thuật toán :



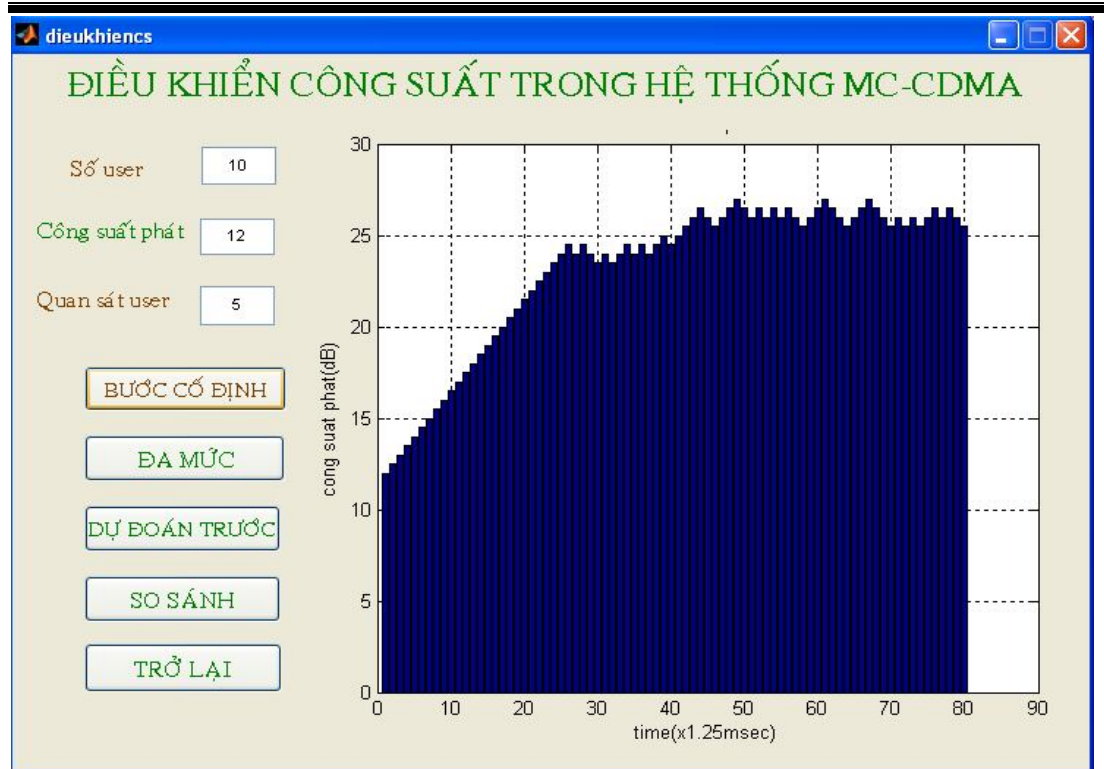
Hình 5.3 Lưu đồ thuật toán điều khiển công suất theo bước cố định(fixed-step)

Chương trình mô phỏng:

Nhận xét:

Qua hình 5.4 ta thấy sử dụng phương pháp điều khiển công suất theo bước cố định ta thấy rằng đến lần thứ 23 (tức là chu kỳ điều khiển công suất thứ 24) công suất phát của trạm di động mới đi vào ổn định, tuy nhiên vẫn còn thăng giáng từ 24dB đến 27 dB.

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA



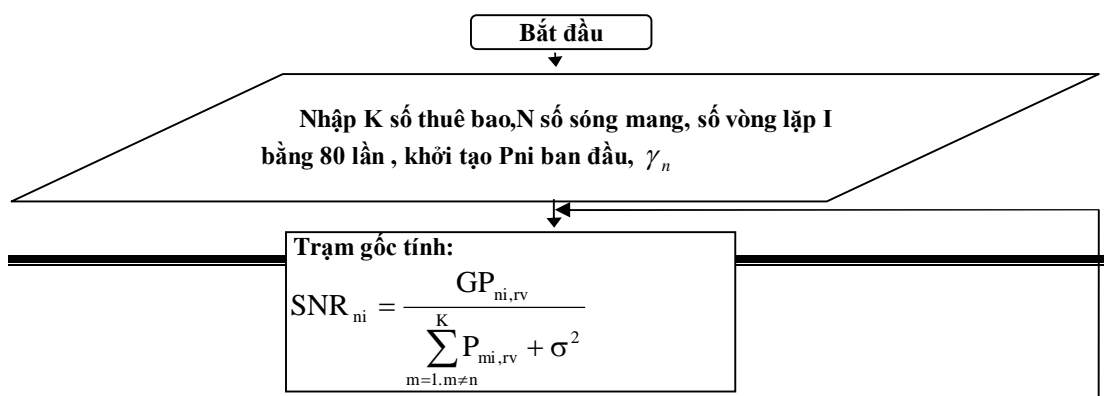
Hình 5.4 Chương trình mô phỏng điều khiển công suất theo bước cố định

5.3.2 Mô phỏng phương pháp điều khiển công suất đa mức (multilevel)

Nhận xét:

Dựa vào hình 5.6 ta cũng thấy rằng phương pháp điều khiển công suất đa mức thì cũng đến chu kỳ điều khiển công suất thứ 30, công suất phát của trạm di động mới ổn định, và sau đó thì ổn định ít thay đổi hơn so với phương pháp điều khiển công suất bước cố định.

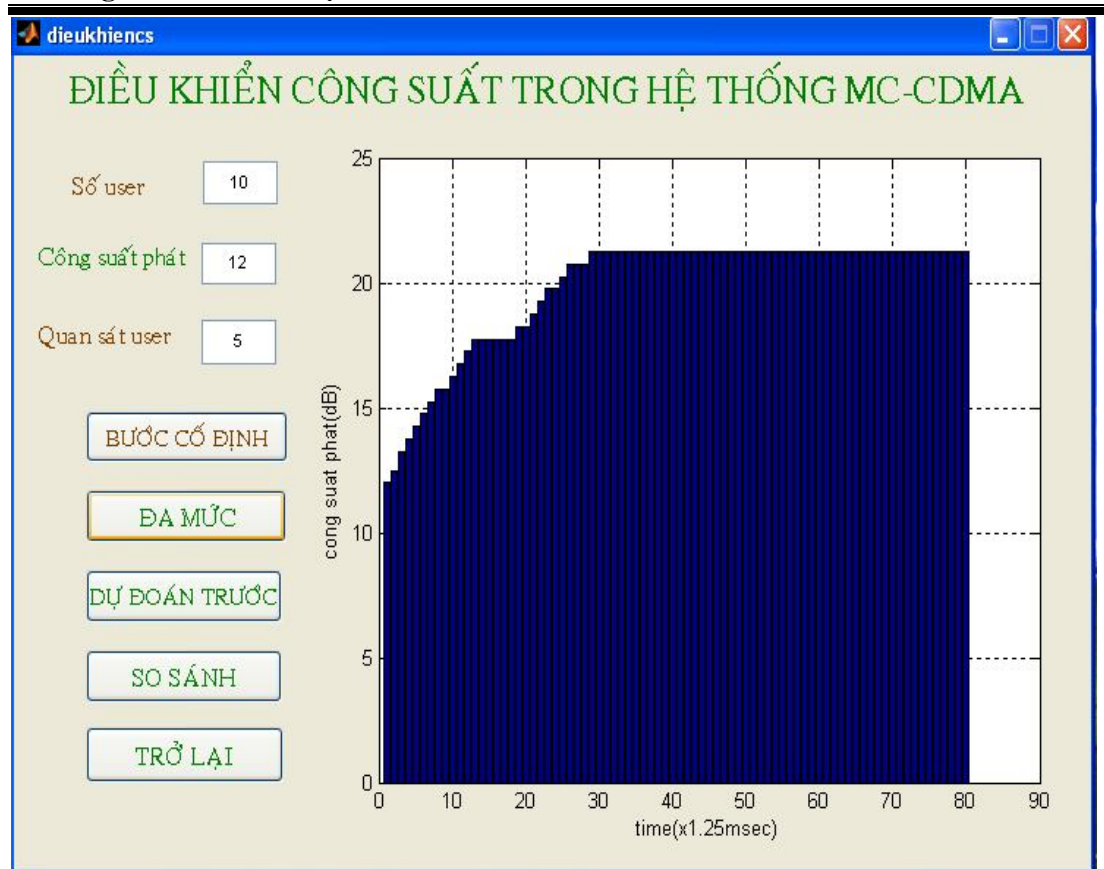
Lưu đồ thuật toán:



Hình 5.5 Lưu đồ thuật toán điều khiển công suất đa mức (multi-level)

Chương trình mô phỏng:

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA



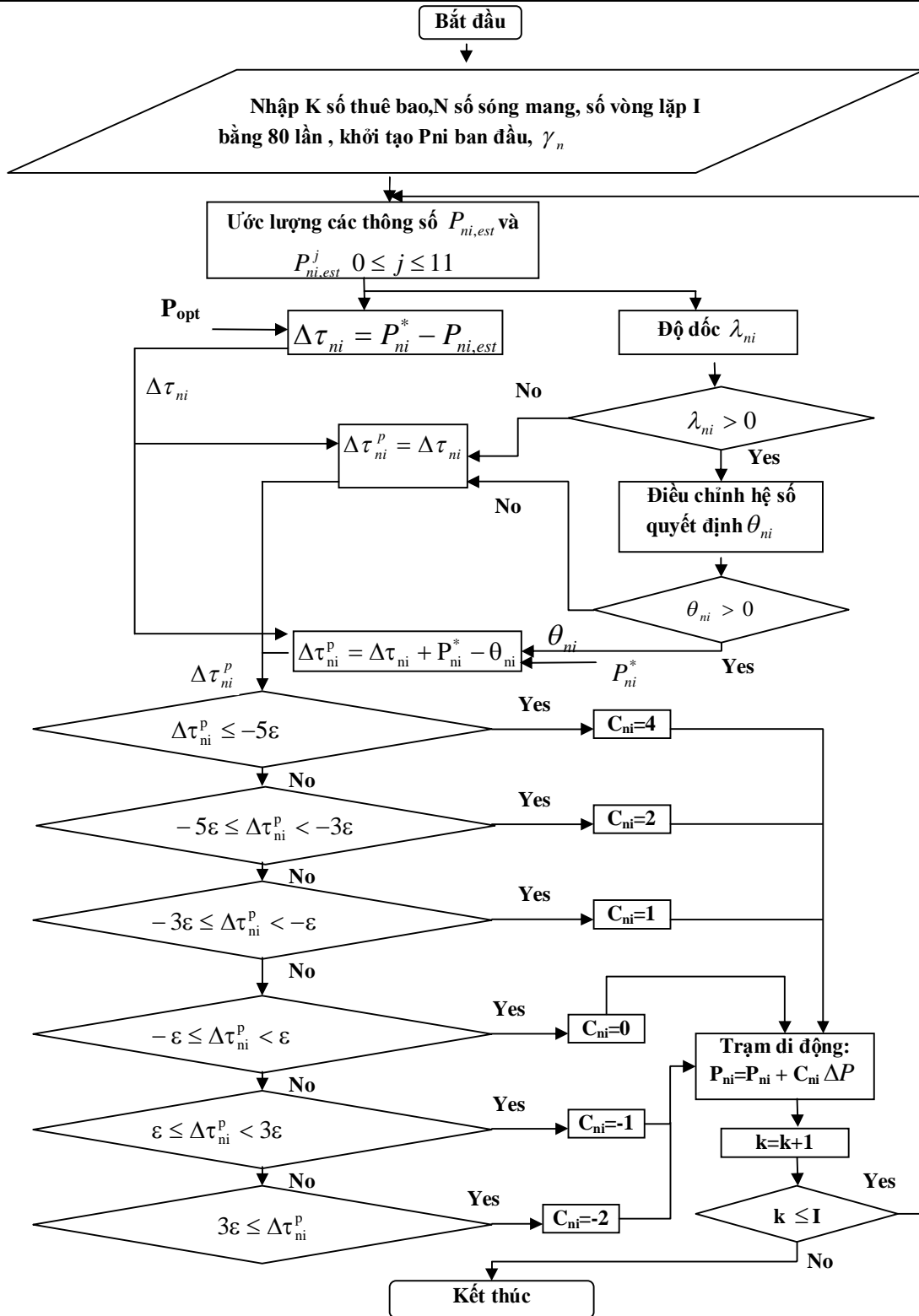
Hình 5.6 Chương trình điều khiển công suất đa mức (Multilevel)

5.3.3 Mô phỏng phương pháp điều khiển công suất dự đoán trước (predictive).

Nhận xét:

Dựa vào hình 5.8 ta thấy với phương pháp điều khiển công suất dự đoán thì do có sự dự đoán trước fading nên trạm di động phát công suất tương đối ổn định, sự thay đổi công suất phát từ khi phát công suất lần thứ 1 cho đến lần 80 chênh lệch ít hơn so với 2 phương pháp điều khiển công suất bước cố định và phương pháp điều khiển công suất đa mức.

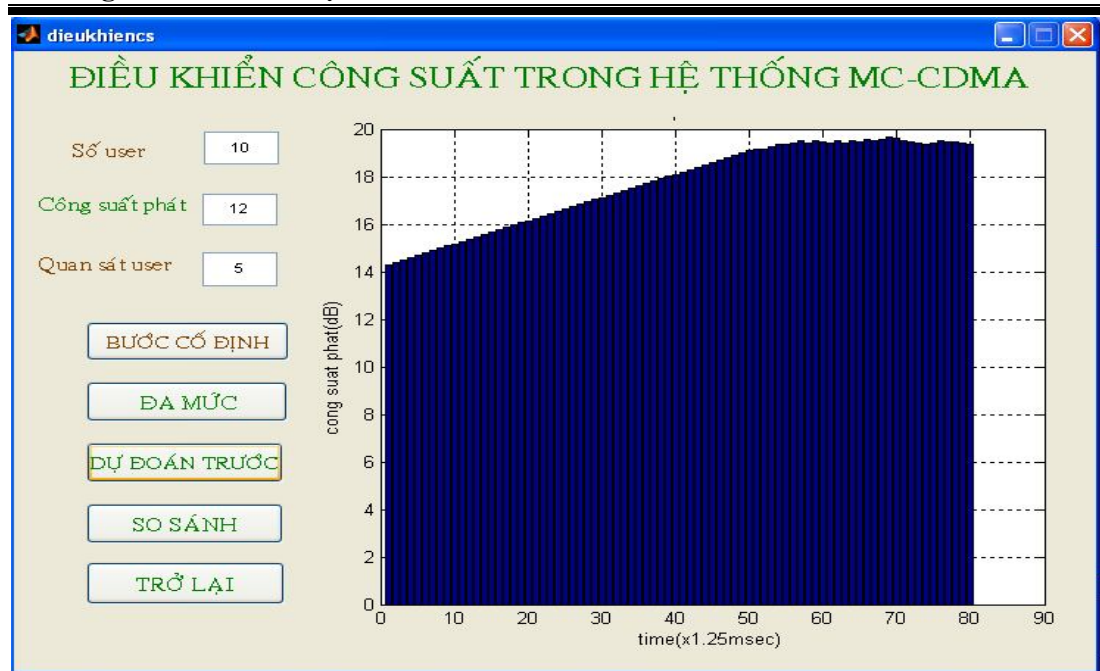
Lưu đồ thuật toán



Hình 5.7 Lưu đồ thuật toán điều khiển công suất dự đoán trước(predictive)

Chương trình mô phỏng :

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA



Hình 5.8 Chương trình điều khiển công suất dự đoán trước (predictive)

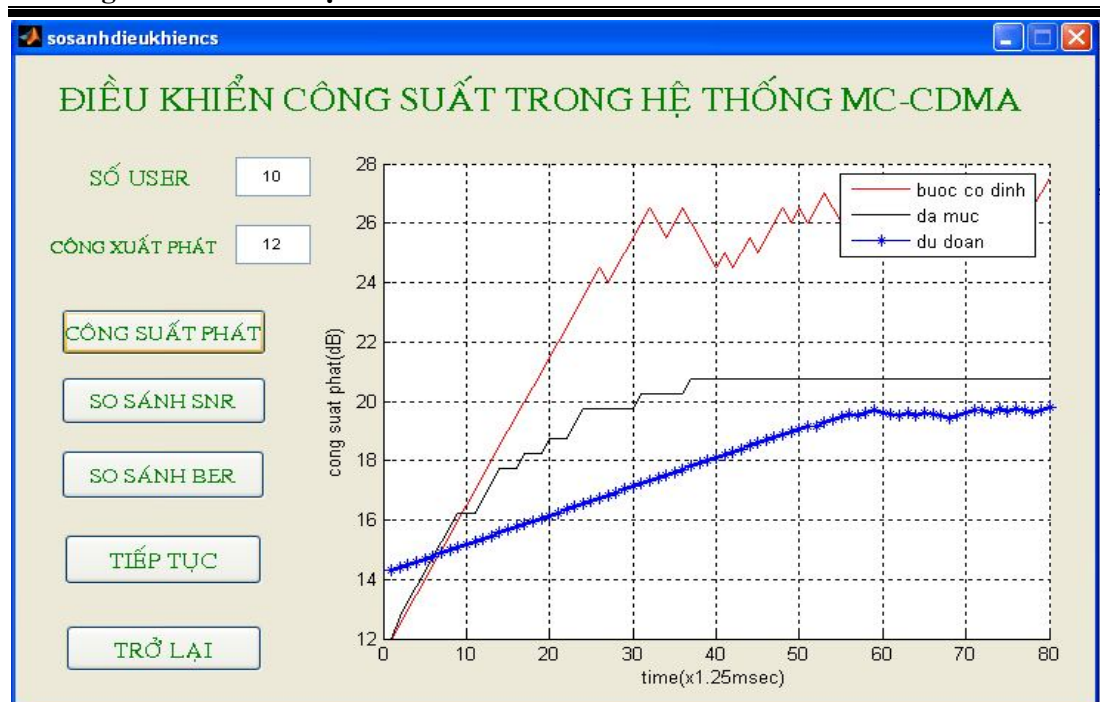
5.4 So sánh ba phương pháp dựa vào công suất phát , SNR , BER

Nhận xét:

Nhìn chung dựa vào SNR thì ba phương pháp điều khiển công suất không khác nhau nhiều, cả ba phương pháp đều hoặc động tốt. Nhưng so sánh về mức công suất phát thì phương pháp Predictive (dự đoán) hoạt động ổn định hơn và mức công suất cũng thấp hơn do có sự dự đoán điều kiện kênh truyền, và dựa vào công suất tối ưu để điều khiển nên đã bù được ảnh hưởng fading một cách hiệu quả. Và trong so sánh BER cũng đã chứng minh được phương pháp Predictive (dự đoán) hiệu quả hơn sơ đồ điều khiển công suất bước cố định và sơ đồ điều khiển công suất đa mức.

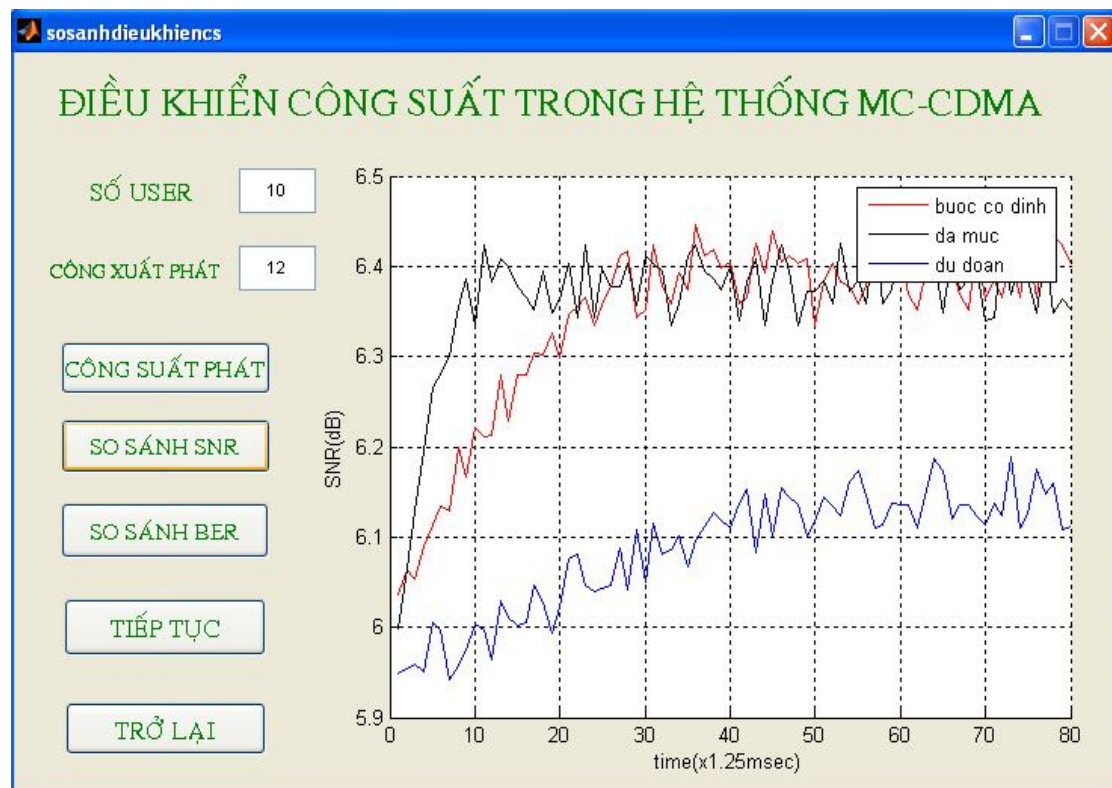
Chương trình mô phỏng so sánh ba phương pháp dựa vào công suất phát

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA



Hình 5.9 So sánh mức công suất phát của cả 3 phương pháp

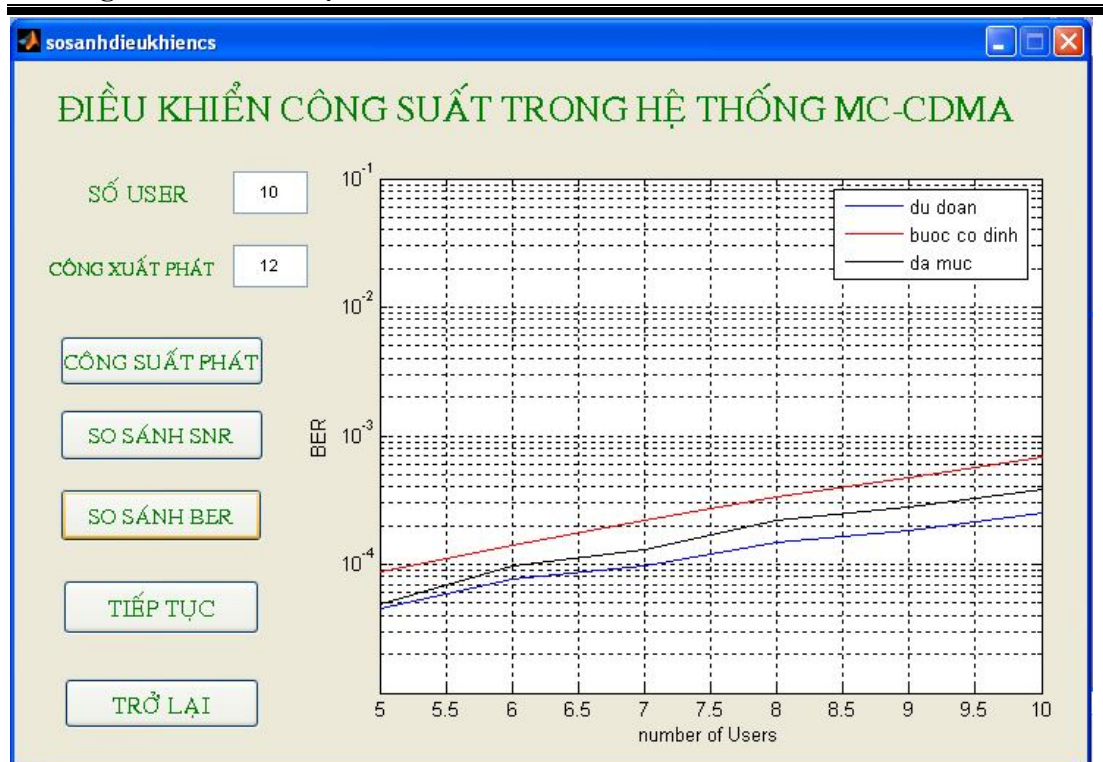
Chương trình mô phỏng so sánh ba phương pháp dựa vào SNR:



Hình 5.10 So sánh SNR thu được của 3 phương pháp

Chương trình mô phỏng so sánh ba phương pháp dựa vào BER:

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA



Hình 5.11 Giá trị BER thu được ở 3 phương pháp

5.5 Mô phỏng hệ thống MC-CDMA lựa chọn băng tần thích nghi ($1/N$)

So sánh BER của 2 phương pháp lựa chọn băng tần thích nghi dựa vào SNR và dựa vào công suất. Ở đây ta chỉ dừng lại ở việc mô phỏng hệ thống MC-CDMA lựa chọn một băng tần tốt nhất để truyền, tức là chọn một sóng mang tốt nhất để truyền toàn bộ dữ liệu của user trong 16 sóng mang.

Nhận xét:

Dựa vào chương trình mô phỏng ta thấy BER của phương pháp lựa chọn băng tần thích nghi dựa vào công suất tốt hơn so với BER của phương pháp lựa chọn băng tần dựa vào SNR. Lý do là SNR phụ thuộc vào tầm động của nhiễu giao thoa từ các user khác để chọn lựa băng tần, giá trị SNR không phải là cơ sở tốt để biểu diễn điều kiện kênh truyền. Mặt khác công suất chuẩn hóa độc lập với hệ số chọn lọc băng tần và tương quan giữa các mức công suất chuẩn hóa phụ thuộc vào điều kiện kênh truyền. Do đó, việc lựa chọn băng tần dựa trên công suất là cơ sở tốt hơn để chọn kênh truyền cho việc truyền dữ liệu.

Mô hình mô phỏng được thực hiện như sơ đồ hình 4.6:

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Chương trình mô phỏng:



Hình 5.12 BER cho hệ thống 1/16

5.6 Kết luận chương

Dựa vào chương trình mô phỏng các phương pháp điều khiển công suất trong hệ thống MC-CDMA, phương pháp dự đoán (predictive) ưu điểm nhất do điều khiển công suất qua 2 bước sẽ điều khiển công suất phát của máy di động chặt chẽ hơn dưới kênh truyền fading. Đồng thời áp dụng kỹ thuật điều chế thích nghi vào trong hệ thống MC-CDMA với phương pháp lựa chọn băng tần dựa vào công suất sẽ cải thiện được các giá trị BER so với hệ thống MC-CDMA sử dụng toàn bộ các sóng mang phụ để truyền.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI

Kết luận

Kỹ thuật MC – CDMA là một kỹ thuật rất mới đang được nghiên cứu mạnh mẽ trên toàn thế giới với khả năng truyền tốc độ cao, tính bền vững với fading chọn lọc tần số, sử dụng băng thông hiệu quả, tính bảo mật cao và giảm độ phức tạp của hệ thống do thừa hưởng tất cả những ưu điểm của CDMA và OFDM. MC-CDMA là một cho hệ thống thông tin di động trong tương lai. Chính vì vậy, việc tìm hiểu về **ĐIỀU KHIỂN CÔNG SUẤT TRONG HỆ THỐNG MC – CDMA** là cần thiết và có ý nghĩa thực tế.

Trong đề án này đề cập một cách tổng quan về kỹ thuật CDMA, OFDM và kết hợp hai kỹ thuật CDMA với OFDM thành kỹ thuật mới gọi là MC-CDMA. Và nêu lên được những ưu điểm, khuyết điểm của kỹ thuật MC-CDMA. Từ những ưu điểm của MC-CDMA đem lại khắc phục những khuyết điểm của công nghệ CDMA và kỹ thuật OFDM. Còn chương trình mô phỏng đã thể hiện ý đồ mô phỏng. Đó là đưa ra các ưu điểm và nhược điểm của các phương pháp điều khiển công suất dựa trên sự so sánh về công suất phát, SNR, BER của bước cố định (fixstep), đa mức (multilevel), dự đoán trước(predictive), đồng thời ứng dụng thêm phương pháp điều chế thích nghi vào hệ thống MC-CDMA.

Tuy nhiên trong quá trình tìm hiểu về kỹ thuật MC-CDMA còn có nhiều hạn chế, thiếu sót. Em sẽ cố gắng tìm hiểu thêm.

Hướng phát triển đề tài

- + Tìm hiểu về ứng dụng kỹ thuật MC-CDMA trong việc cải thiện chất lượng đường truyền, sử dụng tín hiệu CI trong hệ thống MC-CDMA.
- + Xây dựng hệ thống thông tin kết hợp giữa kỹ thuật MC-CDMA và anten thông minh để cải thiện chất lượng kênh truyền tốt hơn.
- + Trong phần mô phỏng thì xây dựng hệ thống hoàn chỉnh hơn (như có khối mã hoá...), cho nhiều loại nhiễu tác động đến hệ thống hơn, trong hệ thống DS-SS sử dụng thêm máy thu Rake còn hệ thống MC-CDMA thì sử dụng các kỹ thuật tách sóng(ORC, EGC, MRC và MMSEC).

Chương 1. CÔNG NGHỆ CDMA

Một lần nữa em xin chân thành cảm ơn thầy **Nguyễn Duy Nhật Viễn**, cùng các thầy cô trong khoa Điện tử-Viễn thông trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng cùng tất cả các bạn đã giúp đỡ em rất nhiều trong những năm học vừa qua.

Người thực hiện

Nguyễn Văn Xô