

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

ĐÀO THỊ HỒNG NGỌC

**TÁCH SÓNG ĐA NG- ỒI DÙNG VỚI BỘ THU
DS/CDMA THÍCH NGHI**

Ngành: Công nghệ Điện tử-Viễn thông

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện tử

Mã số: 60-52-70

LUẬN VĂN THẠC SĨ

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC
PGS.TS. NGUYỄN VIỆT KÍNH**

Hà Nội – 2009

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ KÍ HIỆU	(5)
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ	(7)
DANH MỤC CÁC BẢNG	(10)
MỞ ĐẦU	(11)
CHƯƠNG 1- VÀI NÉT VỀ ĐẶC ĐIỂM CỦA HỆ TRUYỀN THÔNG DÙNG CDMA	(12)
1.1. Giới thiệu về công nghệ CDMA.....	(12)
1.2. Nguyên tắc trải phổ	(12)
1.3. Trải phổ nhảy tần	(14)
1.4. Trải phổ trực tiếp	(14)
1.5. Hiệu ứng kênh đa đ- ờng	(15)
1.6. Đa truy nhập	(18)
1.6.1. Nhiều đ- ờng xuống	(20)
1.6.2. Nhiều đ- ờng lên	(21)
1.7. Mã trải	(23)
1.7.1. Chuỗi m.	(24)
1.7.2. Chuỗi Gold	(25)
1.8. Tính phân tập.....	(26)
1.9. Hiệu ứng gần xa và vấn đề điều khiển công suất.....	(26)
1.10. Dung năng của hệ thống CDMA.....	(27)
Kết luận ch- ơng 1	(28)

CHƯƠNG 2 - BỘ TÁCH SÓNG ĐA NG- ỜI DỪNG	(29)
2.1. Vấn đề tách sóng đa ng- ời dùng	(29)
2.1.1. Tách một ng- ời dùng	(30)
2.1.2. Tách đa ng- ời dùng	(30)
2.2. Bộ thu lí t- ờng	(32)
2.3. Bộ tách sóng CDMA đa ng- ời dùng tuyến tính.	(38)
2.3.1. Kênh CDMA đồng bộ.	(38)
2.3.2. Bộ tách giải (khử) t- ờng quan.	(39)
2.3.3. Bộ tách đa ng- ời dùng tuyến tính tối - u.	(40)
2.3.4. Bộ tách đa tầng dùng trong kênh đồng bộ CDMA.	(40)
2.4. Bộ tách đa ng- ời dùng MMSE	(46)
2.4.1. Tách đa ng- ời dùng tuyến tính với lỗi bình ph- ơng trung bình cực tiểu	(46)
2.4.2. Mô hình hệ thống trong kênh nhiễu đa đ- ờng.	(50)
2.4.3. Cấu trúc bộ tách MMSE	(54)
Kết luận ch- ơng 2	(58)

CH- ƠNG 3 - BỘ THU DS/CDMA THÍCH NGHI	(59)
3.1. Giới thiệu.	(59)
3.2. Mô hình kênh và cấu trúc bộ thu.	(61)
3.3. Phân tích tính chất.	(63)
3.4. Phân tích dung năng hệ thống.	(67)
3.4.1. Bộ thu truyền thống.	(67)
3.4.2. Bộ thu thích nghi.	(68)
3.5. Kết quả.	(68)
3.5.1. Xác suất lỗi	(68)
3.5.2. Chống lại hiệu ứng gần-xa	(69)
3.5.3. Dung năng	(70)

Kết luận chương 3.....	(71)
KẾT LUẬN	(72)
TÀI LIỆU THAM KHẢO	(73)

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ KÍ HIỆU

<i>Kí hiệu, chữ viết tắt</i>	<i>Tên tiếng Việt</i>	<i>Tên tiếng Anh</i>
AWGN	Nhiều Gauss trắng cộng tính	Additive White Gaussian Noise
BER	Tỉ lệ lỗi bit	Bit Error Rate
BPSK-CDMA	Đa truy nhập phân chia theo mã, điều chế BPSK	BPSK- Code Division Multiple Access
BS	Trạm cơ sở	Base Station
CDMA	Đa truy nhập phân chia theo mã	Code Division Multiple Access
COST207	Hợp tác khoa học kỹ thuật 207	Cooperation scientific technique 207
CR	Bộ thu truyền thống	Conventional Receiver
DS	Chuỗi trực tiếp	Direct Sequence
DS/CDMA	Hệ thống trải phổ chuỗi trực tiếp CDMA	Direct Sequence/CDMA
DS-SS	Trải phổ chuỗi trực tiếp	Direct Sequence- Spread Spectrum
FH-SS	Trải phổ nhảy tần	Frequency Hoping- Spread

		Spectrum
FIR	Bộ lọc	Filter
ISI	Nhiều xuyên ký hiệu	Inter-Symbol Interference
LMMSE	Lỗi bình phương trung bình cực tiểu tuyến tính	Liner Minimum Mean Squared Error
LMS	Bình phương trung bình tối thiểu	Least Mean Square
MAI	Nhiều đa người dùng	Multiple Access Interference
MMSE	Lỗi bình phương trung bình cực tiểu	Minimum Mean Squared Error
MSMUD	Tách sóng đa ng- ời dùng, đa tầng	MultiStage MultiUser Detection
MUD	Tách sóng đa ng- ời dùng	MultiUser Detection
NFR	Tỉ số gần- xa	Near-Far ratio
RAKE	Bộ thu RAKE	RAKE receiver
SNR	Tỷ số tín hiệu trên nhiễu	Signal- Noise Ratio
UB	Giới hạn trên	Upper bound

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

<i>TT</i>	<i>Hình vẽ</i>	<i>Trang</i>
1	1-1. Mật độ phổ công suất của tín hiệu tr-ớc và sau khi trải	13
2	1-2. Các dạng sóng theo thời gian để tạo ra tín hiệu trải phổ trực tiếp	15
3	1-3. Đáp ứng xung của kênh đa đ-ờng	17
4	1-4. Mô hình truyền dẫn đa đ-ờng của tín hiệu phát	18
5	1-5. Mô hình hệ thống CDMA	20
6	1-6. Thanh ghi dịch m trạng thái có hồi tiếp tuyến tính	24
7	2-1. Mô hình hệ CDMA	29
8	2-2. Sơ đồ của bộ tách truyền thống, mô tả chi tiết phân thu của	31

	hình 2-1	
9	2-3. Bộ tách đa ng- ời dùng truyền thống	33
10	2-4. Bộ tách K ng- ời dùng tối - u trong kênh không đồng bộ đa truy nhập Gauss	34
11	2-5. Mô tả xác suất mắc lỗi của ng- ời sử dụng đạt đ- ợc bởi bộ tách (thu) truyền thống lí t- ởng trong tr- ờng hợp tốt nhất và xấu nhất	35
12	2-6. Mô tả xác suất mắc lỗi của ng- ời sử dụng đạt đ- ợc bởi bộ tách (thu) truyền thống lí t- ởng với 3 ng- ời sử dụng và mã trái m có chiều dài 31 trong tr- ờng hợp xấu nhất và trung bình	35
13	2-7(a). Giới hạn nhỏ nhất của xác suất lỗi của ng- ời sử dụng 1. Trong tr- ờng hợp trễ xấu nhất và có 2 ng- ời sử dụng. (a) $E2/E1 = -10\text{dB}$	36
14	2-7(b). Giới hạn nhỏ nhất của xác suất lỗi của ng- ời sử dụng 1. Trong tr- ờng hợp trễ xấu nhất và có 2 ng- ời sử dụng. (b) $E2/E1 = -5\text{dB}$	37
15	2-7(c). Giới hạn nhỏ nhất của xác suất lỗi của ng- ời sử dụng 1. Trong tr- ờng hợp trễ xấu nhất và có 2 ng- ời sử dụng. (c) $E2/E1 = 0\text{dB}$	37
16	2-8. Bộ tách đa ng- ời dùng đa tầng cho hệ thống BPSK-CDMA	41
17	2-9. Sơ đồ thực hiện chi tiết của MSMUD	42
18	2-10(a). Xác suất mắc lỗi của ng- ời dùng thứ nhất theo SNR, $E3/E1 = -3\text{dB}$	43
19	2-10(b). Xác suất mắc lỗi của ng- ời dùng thứ nhất theo SNR, $E3/E1 = 0\text{dB}$	43
20	2-10(c). Xác suất mắc lỗi của ng- ời dùng thứ nhất theo SNR, $E3/E1 = 3\text{dB}$	43

21	2-11. So sánh xác suất mắc lỗi của bộ tách tuyến tính, hai tầng và tách sóng tối - u cho kênh hai ng- ời dùng với $r_{12}=1/3$ và SNR của ng- ời dùng 1 ở 8dB	45
22	2-12. So sánh xác suất mắc lỗi của bộ tách tuyến tính, ba tầng và tách sóng tối - u cho kênh hai ng- ời dùng với $r_{12}=0.7$ và SNR của ng- ời dùng 1 ở 8dB	45
23	2-13. So sánh xác suất mắc lỗi của bộ tách tuyến tính, hai tầng và tách sóng tối - u cho kênh hai ng- ời dùng với $r_{12}=0.7$ và SNR của ng- ời dùng 1 ở 12dB	46
24	2-14. Sơ đồ khối của bộ tách MMSE tuyến tính cho kênh đồng bộ	48
25	2-15. Bộ thu MMSE tuyến tính cho 2 ng- ời sử dụng đồng bộ	48
26	2-16. Tỷ lệ lỗi bit với 8 ng- ời sử dụng công suất bằng nhau và t- ong quan chéo đồng nhất $\rho_{kl}=0.1$	49
27	2-17. Tỷ lệ lỗi bit với 2 ng- ời sử dụng và t- ong quan chéo đồng nhất $\rho_{kl}=0.8$	49
28	2-18. Cấu trúc bộ thu triệt nhiễu cổng kết hợp	54
29	2-19. Bộ thu triệt nhiễu tr- ớc tổ hợp	55
30	2-20. Xác suất lỗi bit là hàm của số ng- ời sử dụng của bộ tách LMMSE sau tổ hợp và tr- ớc tổ hợp trong kênh hai đ- ờng không đồng bộ với các SNR khác nhau, và tốc độ bit 16kbs^{-1} . Mã Gold chiều dài 31, $td/T=4.63 \times 10^{-3}$, trải trễ lớn nhất là 10 chips	56
31	2-21. Xác suất lỗi bit là hàm của tỉ số gần-xa của bộ thu RAKE truyền thống và bộ thu LMMSE tr- ớc tổ hợp với thừa số trải G khác nhau trong kênh hai đ- ờng phadinh Rayleigh với trải trễ lớn nhất là $2\mu\text{s}$ với $G=4$, và $7\mu\text{s}$ với các G khác. Tỷ số SNR trung bình là 20dB. Điều chế dữ liệu là BPSK, số ng- ời sử dụng là 2.	57

	ng-ời sử dụng khác có công suất lớn hơn 20dB. Tốc độ dữ liệu từ 128kbs ⁻¹ đến 2.048Mbits ⁻¹)	
32	3-1. Sơ đồ bộ thu DS/CDMA thích nghi	62
33	3-2. So sánh Pe của bộ thu thích nghi và bộ thu truyền thống	69
34	3-3. So sánh Pe của bộ thu thích nghi và trong tr-ờng hợp có và không có điều khiển công suất	70

DANH MỤC CÁC BẢNG

<i>TT</i>	<i>Bảng</i>	<i>Trang</i>
1	1.1. Đặc tính của chuỗi m và chuỗi Gold	24
2	3.1. So sánh dung năng hệ thống khi sử dụng bộ thu thích nghi và bộ thu truyền thống	71

MỞ ĐẦU

Hiện nay nhu cầu về sử dụng dịch vụ viễn thông di động đã trở nên phổ biến. Như vậy việc nâng cao chất lượng dịch vụ cũng như khả năng mở rộng hệ thống là rất quan trọng. Chính vì vậy các nhà nghiên cứu vẫn không ngừng tìm tòi phát triển công nghệ, sử dụng chúng trong thực tế.

Thông tin di động sử dụng CDMA đã đáp ứng được những yêu cầu trên. Nó cho phép nhiều người sử dụng chung một kênh do đó mà tiết kiệm được tài nguyên và nâng cao dung lượng hệ thống. Tuy nhiên nó cũng đặt ra một thách thức là khả năng thu được chính xác tín hiệu đã phát đi.

Chính vì nhu cầu trên, luận văn xin trình bày một bộ thu DS/CDMA được sử dụng trong hệ truyền thông dùng CDMA, với tính năng - u việt, mang lại hiệu quả sử dụng thực tế, góp phần nâng cao chất lượng của hệ thống.

Bố cục của luận văn bao gồm:

Danh mục các chữ viết tắt và kí hiệu

Danh mục các hình vẽ

Danh mục các bảng

Mở đầu

Chương 1: Vài nét về đặc điểm của hệ truyền thông dùng CDMA

Chương 2: Bộ tách sóng đa người dùng

Chương 3: Bộ thu DS/CDMA thích nghi

Kết luận

Tài liệu tham khảo

Do thời gian nghiên cứu cũng như khả năng bản thân có hạn, luận văn chắc chắn không tránh khỏi những sai sót, rất mong được sự góp ý kiến của các thầy cô và bạn bè.

Một lần nữa tôi xin chân thành cảm ơn thầy giáo hướng dẫn là PGS.TS.Nguyễn Viết Kính đã tận tình hướng dẫn tôi hoàn thành luận văn này.

Hà Nội tháng 3/2009

Đào Thị Hồng Ngọc

CHƯƠNG 1-VÀI NÉT VỀ ĐẶC ĐIỂM CỦA HỆ TRUYỀN THÔNG DÙNG CDMA [1] [2] [3] [4] [7]

1.1. Giới thiệu về công nghệ CDMA

Lý thuyết về CDMA đã được xây dựng từ những năm 1950 và đã được áp dụng trong thông tin quân sự từ những năm 1960. Cùng với sự phát triển của công nghệ bán dẫn và lý thuyết thông tin, trong những năm 1980, công nghệ CDMA đã được thương mại hoá từ phương pháp thu GPS và Omni-TRACS, phương pháp này cũng được đề xuất trong hệ thống tổ ong của Qualcomm-Mỹ vào năm 1990.

CDMA sử dụng công nghệ trải phổ nên nhiều người sử dụng có thể chiếm cùng kênh vô tuyến đồng thời tiến hành các cuộc gọi. Những người sử dụng nói trên được phân biệt nhờ một mã trải riêng không trùng với ai. Mỗi máy phát gửi đi luồng dữ liệu bằng cách điều chế mã trải của riêng nó với dữ liệu trong trường hợp hệ thống có một người dùng. Tuy nhiên trong trường hợp hàm tương quan giữa các mã trải là không trực giao hoàn toàn, khi tách sẽ lấy tích phân tín hiệu có chứa cả thành phần không trực giao giữa các người dùng. Do đó ta phải tìm cách hạn chế nhiễu giữa các người dùng với nhau càng nhiều càng tốt. Điều này đòi hỏi ta phải chọn các mã trải sao cho hàm tương quan chéo của nó có giá trị càng nhỏ càng tốt.

Yếu tố khác cũng ảnh hưởng đến chất lượng của hệ thống chính là độ rộng băng thông và tốc độ truyền dữ liệu, vì chúng có thể gây ra mất trực giao. Ngoài sự tương quan của các mã trải, còn có các yếu tố khác đóng vai trò quan trọng như là: tỉ số tín hiệu trên tạp của tín hiệu thu (SNR), phương pháp mã hoá...loại máy thu. Và yếu tố cuối cùng là chất lượng bộ thu đa kênh, phải thiết kế và phân tích sao cho chống được nhiễu đa truy nhập (MAI). Như vậy nền tảng của hệ truyền thông dùng CDMA đó là trải phổ, trước tiên ta sẽ xét nguyên tắc của nó.

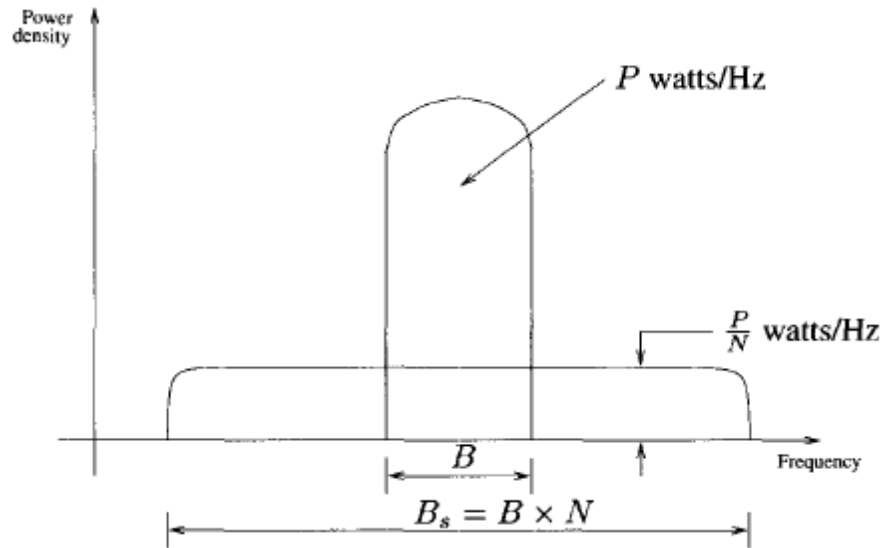
1.2. Nguyên tắc trải phổ

Trong truyền dẫn trải phổ, tín hiệu tin gốc, có độ rộng băng tần B (Hz), sẽ được phát đi sau khi đã được trải ra với độ rộng băng tần lớn hơn gấp N lần, trong đó N là độ lợi xử lý. Trong thực hành thì độ lợi xử lý nằm trong khoảng 10-30dB. Khái niệm trải phổ tần số được minh họa trong hình 1-1.

Công suất phát của tín hiệu trải phổ được trải ra N lần so với băng tần gốc, có nghĩa mật độ phổ của nó giảm một lượng như vậy. Do đó độ xử lý được tính theo công thức:

$$N = \frac{B_s}{B} \quad (1.1)$$

Trong đó B_s là băng tần của tín hiệu trải phổ còn B là băng tần của tín hiệu gốc. Như chúng ta sẽ thấy trong các chương tiếp theo, kỹ thuật trải phổ tín hiệu là chìa khóa để phát triển kỹ thuật tách sóng trong môi trường sóng di động. Chính kỹ thuật này cho phép các tín hiệu băng hẹp có mật độ phổ cao hơn tín hiệu khác khi dùng cùng băng tần.



(Hình 1-1-Mật độ phổ công suất của tín hiệu trước và sau khi trải)

Chú thích hình vẽ:

- Power density: mật độ phổ công suất
- Frequency: tần số

Có hai loại hệ thống trải phổ cơ bản:

- Hệ thống trải phổ nhảy tần (FH-SS).
- Hệ thống trải phổ trực tiếp (DS-SS), sẽ xét chi tiết sau đây:

1.3. Trải phổ nhảy tần (FH-SS)

Trong trải phổ nhảy tần, tín hiệu băng hẹp được phát đi khi sử dụng các tần số sóng mang khác nhau tại các thời điểm khác nhau. Có hai loại trải phổ nhảy tần: nhảy tần nhanh và nhảy tần chậm. Trong nhảy tần nhanh, tần số mang thay đổi vài lần trên một ký hiệu phát, trong khi với nhảy tần chậm, tần số mang thay đổi sau

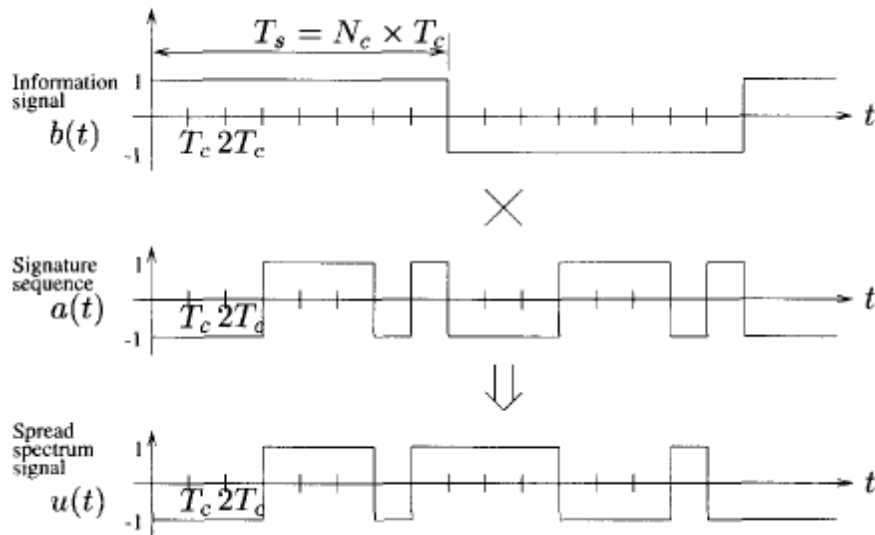
một số kí hiệu hoặc một cụm phát. Chuỗi chính xác của nhảy tần sẽ chỉ đ-ợc biết bởi bộ thu đã định sẵn sao cho các mẫu nhảy tần số có thể giải nhảy tần, để sau đó giải điều chế tín hiệu.

1.4. Trải phổ trực tiếp

Trong trải phổ trực tiếp, tín hiệu tin đ-ợc nhân với một chuỗi tín hiệu tần số cao, thường đ-ợc biết đến nh- là mã trải hoặc chuỗi phổ trải. Chuỗi tín hiệu của ng-ời sử dụng này sẽ dễ dàng tách ra từ các tín hiệu của ng-ời sử dụng khác để đạt đ-ợc khả năng đa truy nhập trong CDMA. Nh- vậy trong CDMA, việc tách từng ng-ời sử dụng đạt đ-ợc khi sử dụng mã trải trực giao.

Chúng ta có thể nhìn thấy trong hình 1-2, mỗi kí hiệu tin trong khoảng T_s đ-ợc chia nhỏ thành N_c khoảng đều nhau mỗi khoảng kéo dài T_c . Mỗi một khoảng đ-ợc nhân với chip khác nhau của chuỗi trải phổ.

Trong đó: $N_c = \frac{T_s}{T_c}$. Kết quả đầu ra sẽ đ-ợc phổ tần số cao.



(Hình 1-2-Các dạng sóng theo thời gian để tạo ra tín hiệu trải phổ trực tiếp)

Chú thích hình vẽ:

- $b(t)$: Information signal- tín hiệu tin
- $a(t)$: Signature sequence- chuỗi trải phổ
- $u(t)$: Spread spectrum signal- tín hiệu đã trải phổ

Ngoài hai hệ cơ bản trên ngoài ra ta có thể dùng hệ nhảy tần lai ghép.

1.5. Hiệu ứng của kênh đa đường

Như chúng ta biết, một trạm di động thường được đặt gần mặt đất, và tín hiệu phát đi sẽ bị khúc xạ, phản xạ, tán xạ bởi những vật thể trong thành phố như cây cối, nhà cửa, đồi núi. Vì vậy tín hiệu thu được sẽ bao gồm một dãy các tín hiệu chồng nhau, là bản sao bị trễ của tín hiệu phát. Mỗi một tín hiệu trễ có thời gian đến, công suất và pha khác nhau. Khi bộ thu cũng như các vật thể phản xạ không dừng, nên các thành phần phản xạ sẽ gây phadinh lên tín hiệu thu, trong đó phadinh là nguyên nhân gây ra tín hiệu thay đổi cường độ theo cách không tiên đoán được. Hiện tượng này là truyền đa đường.

Có hai loại điển hình về phadinh trên kênh thông tin di động:

- Phadinh dài (quy mô lớn)
- Phadinh ngắn (quy mô hẹp)

Hiện tượng phadinh dài là do phân bố cấu trúc địa hình giữa trạm gốc và trạm di động, đặc biệt là đồi núi hoặc độ nhấp nhô của các tòa nhà. Kết quả là suy hao công suất tín hiệu trung bình, như là hàm của khoảng cách. Chúng ta mong muốn miêu tả một kênh thông qua tổn hao đường truyền, thường là theo luật tỉ lệ nghịch với mũ bốn và biến thiên quanh giá trị này theo phân bố log chuẩn.

Bên cạnh đó, phadinh ngắn liên quan đến sự thay đổi rất mạnh của biên độ tín hiệu và pha, và là do sự thay đổi một khoảng nhỏ trong không gian giữa bộ thu và bộ phát.

Hơn thế nữa, sự di chuyển giữa bộ thu và bộ phát làm thay đổi đường truyền dẫn, và nh- thể kênh coi nh- thay đổi theo thời gian. Kênh thay đổi theo thời gian lựa chọn tần số sẽ đ- ợc mô hình hoá nh- là các đ- ờng trễ, trong đó đáp ứng xung thông thấp, phức có thể viết nh- sau:

$$\tilde{h}(t) = \sum_{l=1}^L |\alpha_l(t)| e^{j\phi_l(t)} \delta(t - \tau_l) \quad (1.2)$$

Với $|\alpha_l(t)|$, $\phi_l(t)$, τ_l là biên độ, pha, trễ của đ- ờng thứ l, và L là tổng số đ- ờng thành phần. Tốc độ thăng dấng của mức tín hiệu sẽ đ- ợc xác định bằng tần số Doppler (f_D), nó phụ thuộc vào tần số sóng mang (f_C), và tốc độ di chuyển (v) của máy di động theo công thức :

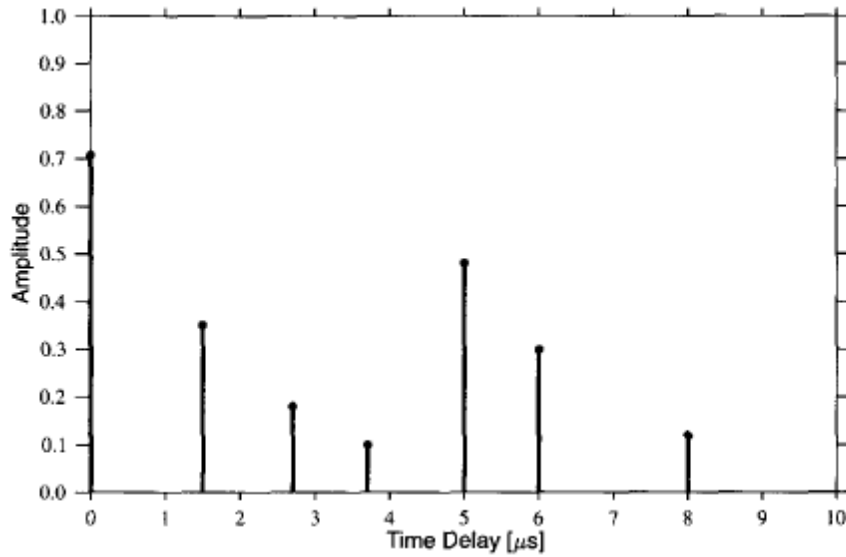
$$f_D = v \frac{f_C}{c} \quad (1.3)$$

trong đó c là vận tốc ánh sáng.

Đặc biệt, hiện tượng fading ngắn thường đ- ợc biểu diễn bằng phân bố Rayleigh, Rice, hoặc Nakagami. Phân bố phân bố Rayleigh thường đ- ợc sử dụng khi phân tích và mô phỏng bởi vì nó đơn giản và dễ dàng khi đ- a ra những minh hoạ cho ảnh hưởng của fading lên đ- ờng truyền. Hơn thế, phân bố Rayleigh chính là trường hợp đặc biệt của phân bố Nakagami. Phân bố Rice thường đ- ợc sử dụng hơn trong thông tin vệ tinh.

Trễ sẽ tỉ lệ t- ơng ứng với chiều dài đ- ờng tín hiệu từ trạm phát đến trạm thu. Trễ do chiều dài khác nhau của các đ- ờng thành phần sẽ là nguyên nhân gây ra nhiễu giữa các kí hiệu (ISI) trong quá trình truyền dữ liệu, một vấn đề đặc biệt quan trọng khi tốc độ truyền cao.

Đáp ứng xung của một kênh điển hình mô tả trong hình 1-3 (theo COST 207)



(Hình 1-3-Đáp ứng xung của kênh đa đ-ờng)

Chú thích hình vẽ:

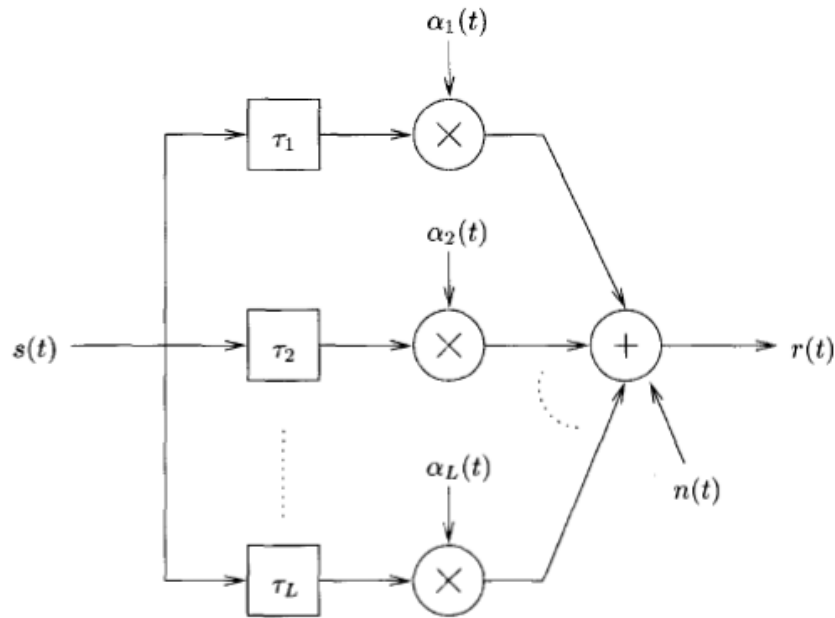
Amplitude: biên độ

Time delay: thời gian trễ

Nh- trong hình vẽ, đáp ứng xung gồm có 2 nhóm của đ-ờng truyền trễ: nhóm chính và nhóm phụ là lặp lại của nhóm chính nh-ng trễ đi 5μs. Nhóm chính là nguyên nhân gây ra của phản xạ của tín hiệu từ cấu trúc lân cận bộ thu với thời gian trễ ngắn hơn. Mặt khác, nhóm phụ cũng là phản xạ của tín hiệu nh-ng từ các cấu trúc xa hơn, ví dụ nh- đồi núi.

Hình 1-4 mô tả ảnh h-ởng sự suy giảm của tín hiệu trải phổ trong kênh đa đ-ờng, với L đ-ờng độc lập, khi đó ta có t-ơng đ-ơng thông thấp của tín hiệu thu băng cơ bản (gốc) là:

$$r(t) = \sum_{l=1}^L \alpha_l(t) \tilde{s}(t - \tau_l) + n(t) \quad (1.4)$$



(Hình 1-4-Mô hình truyền dẫn đa đ- ờng của tín hiệu phát)

Trong đó $\alpha_i(t)$ là độ lợi kênh thực thay đổi theo thời gian, đã đ- ợc đ- a ra trong công thức (1.2) với biên độ phân bố Rayleigh, pha phân bố đều trong khoảng $[-\pi \dots \pi]$, và $\tilde{s}(t - \tau_i)$ là tín hiệu trải phổ phát băng cơ bản t- ơng đ- ơng với trễ là τ_i . Tất cả các đ- ờng này sẽ cùng đến bộ thu, và sự khác nhau nào về pha và trễ nào đó giữa các đ- ờng có gây ra nhiễu đa đ- ờng, gọi là nhiễu giữa các kí hiệu (ISI).

1.6. Đa truy nhập

Trong các phần trên ta chỉ xét đến truyền dẫn một ng- ời dùng. Hệ thống thực hiện khá đơn giản. Vậy làm thế nào để hệ thống có thể làm việc cho truyền dẫn nhiều ng- ời sử dụng.

Việc đa truy nhập đạt đ- ợc trong hệ thống DS/CDMA cho phép nhiều ng- ời sử dụng cùng chia sẻ băng tần chung. Mỗi một bộ phát và bộ thu đã ấn định tr- ớc của

nó đ-ợc phân cho chuỗi trải phổ riêng biệt. Khi đó chỉ những bộ thu biết rõ ràng về chuỗi trải phổ riêng biệt này mới có khả năng tách ra đ-ợc tín hiệu đã phát. Xét hệ thống CDMA có K ng-ời sử dụng đang hoạt động, và đang phát tín hiệu cùng một lúc. Mô hình hệ thống t-ơng đ-ơng băng gốc đ-ợc chỉ ra trong hình 1-5. Và để đơn giản, giả sử rằng không có truyền dẫn đa đ-ờng và điều khiển công suất là hoàn hảo.

Về mặt toán học tín hiệu của ng-ời sử dụng thứ k đ-ợc thể hiện theo công thức sau:

$$b^{(k)}(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} b_j^{(k)} \Gamma_{T_b}(t - jT_b) \quad (1.6)$$

trong đó $b_j^{(k)} \in \{+1, -1\}$.

$$\Gamma_{T_b} = \begin{cases} 1 & 0 \leq t \leq T_c \\ 0 & t \neq (khac) \end{cases}$$

Chuỗi trải phổ riêng biệt $a^{(k)}(t)$ gán với ng-ời sử dụng k biểu diễn theo công thức:

$$a^{(k)}(t) = \sum_{h=-\infty}^{\infty} a_h^{(k)} \Gamma_{T_c}(t - hT_c) \quad (1.7)$$

Tín hiệu dữ liệu của ng-ời sử dụng thứ k $b^{(k)}(t)$ và chuỗi trải phổ riêng biệt $a^{(k)}(t)$ đ-ợc nhân với nhau để tạo ra tín hiệu băng tần rộng t-ơng đ-ơng băng tần cơ bản, là:

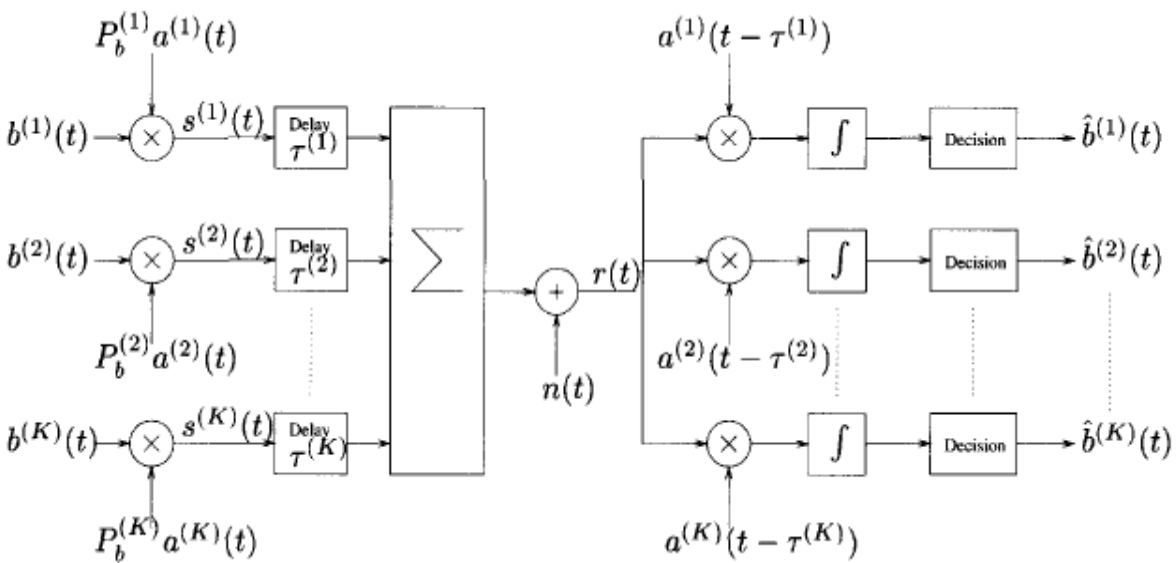
$$s^{(k)}(t) = \sqrt{P_b^{(k)}} b^{(k)}(t) a^{(k)}(t) \quad (1.8)$$

trong đó $P_b^{(k)}$ là công suất phát trung bình của tín hiệu ng-ời sử dụng thứ k. Tín hiệu thu băng cơ bản tổ hợp đa ng-ời sử dụng sẽ là:

$$r(t) = \sum_{k=1}^K \sqrt{P_b^{(k)}} b^{(k)}(t - \tau^{(k)}) a^{(k)}(t - \tau^{(k)}) + n(t) \quad (1.9)$$

trong đó $\tau^{(k)}$ là trễ truyền dẫn, cộng thêm trễ truyền t-ơng đối của ng-ời sử dụng thứ k với các ng-ời sử dụng khác, $n(t)$ là nhiễu AWGN với mật độ phổ công

suất $\frac{N_0}{2}$ W/Hz.



(Hình 1-5-Mô hình hệ thống CDMA)

1.6.1. Nhiễu đ-ờng xuống

Trong đ-ờng xuống (tức là từ trạm gốc đến trạm di động), trạm gốc có khả năng đồng bộ sự truyền dẫn tín hiệu của tất cả ng-ời sử dụng, sao cho độ kéo dài của các tín hiệu đ-ợc đồng chỉnh xen lẫn nhau. Nh- vậy tín hiệu tổ hợp sẽ đ-ợc thu tại mỗi trạm di động với $\tau^{(k)} = 0$ với $k=1,2,\dots,K$. Quá trình truyền dẫn này là truyền đồng bộ theo kí hiệu. Sử dụng bộ tách một ng-ời dùng truyền thống, mỗi kí tự của ng-ời sử dụng thứ j sẽ đ-ợc lấy ra từ tín hiệu thu đ-ợc $r(t)$ bằng cách lấy t-ơng quan của nó so với mã trải của ng-ời sử dụng thứ j, để thu đ-ợc:

$$\hat{b}_i^{(j)} = \text{sgn} \left\{ \frac{1}{\sqrt{T_b}} \int_{iT_b}^{(i+1)T_b} r(t) a^{(j)*}(t) dt \right\} \quad (1.10)$$

Thay $r(t)$ từ biểu thức (1.9) vào (1.10) cuối cùng ta có:

$$\hat{b}_i^{(j)} = \text{sgn} \left\{ \underbrace{\sqrt{\xi_b^{(j)}} b_i^{(j)}}_{\text{tinhieuomogmuon}} + \underbrace{\sum_{k=1, k \neq j}^K \sqrt{\xi_b^{(k)}} b_i^{(k)} R_{jk}}_{\text{nhieudatrynhap}} + \underbrace{n^{(j)}}_{\text{nhieustrang}} \right\} \quad (1.11)$$

Trong đó R_{jk} t- ơng quan chéo của mã trải của ng- ời sử dụng thứ k và thứ j với $iT_b \leq t \leq (i+1)T_b$, tính theo công thức:

$$R_{jk} = \frac{1}{T_b} \int_0^{T_b} a^{(j)}(t) a^{(k)}(t) dt \quad (1.12)$$

Trong tr- ờng hợp mã trải của ng- ời sử dụng trực giao với nhau thì sẽ không có nhiễu. Khi đó thì $R_{jk}=0$ khi $j \neq k$. Tuy nhiên, việc thiết kế mã trực giao cho một số lớn ng- ời sử dụng thì khá phức tạp. Ví dụ nh- mã Walsh-Hadamard dùng trong hệ thống IS-95 là một kiểu của mã trực giao.

1.6.2. Nhiễu đ- ờng lên

Ng- ợc lại với đ- ờng xuống, hiện t- ợng hoàn toàn trực giao không thể đạt đ- ợc với đ- ờng lên (từ trạm di động đến trạm gốc). Vì không thể phối hợp truyền dẫn tín hiệu của tất cả ng- ời sử dụng. Trong CDMA, tất cả ng- ời sử dụng đều phát cùng một băng tần số theo cách không phối hợp. Khi đó $\tau^{(k)} \neq 0$, và hiện t- ợng ứng với kịch bản này đ- ợc gọi là truyền dẫn không đồng bộ. Trong tr- ờng hợp này thì trễ thời gian $\tau^{(k)}$, $k=1,2,\dots,K$ sẽ có trong khi tính toán. Không làm mất tính chất khái quát, có thể giả sử rằng $\tau^{(1)}=0$, và khi đó thì:

$0 < \tau^{(2)} < \tau^{(3)} < \dots < \tau^{(K)} < T_b$. Trong công thức (1.10), việc giải điều chế kí hiệu thứ i của người sử dụng thứ j đ-ợc thực hiện bởi phép t-ơng quan giữa tín hiệu thu $r(t)$

và $a^{(j)*}(t)$ với trễ $\hat{\tau}^{(j)}$, khi đó ta có:

$$\hat{b}_i^{(j)} = \text{sgn} \left\{ \frac{1}{\sqrt{T_b}} \int_{iT_b + \tau}^{(i+1)T_b + \hat{\tau}^{(j)}} r(t) a^{(j)*}(t - \hat{\tau}^{(j)}) dt \right\} \quad (1.13)$$

trong đó $\hat{\tau}^{(j)}$ là trễ đ-ợc -ớc tính tại bộ thu.

Thế công thức (1.9) vào công thức (1.13) và giả định mã nhận biết và bám là hoàn hảo, ta có:

$$\hat{b}_i^{(j)} = \text{sgn} \left\{ \underbrace{\sqrt{\xi_b^{(j)}} b_i^{(j)}}_{\text{tinhieumorigmuon}} + \underbrace{\sum_{k=1}^{j-1} \sqrt{\xi_b^{(k)}} b_i^{(k)} R_{jk}(0)}_{\text{nhieudatrynhap}} + \underbrace{\sum_{k=1}^{j-1} \sqrt{\xi_b^{(k)}} b_{i+1}^{(k)} \hat{R}_{jk}(+1) + \sum_{k=j+1}^K \sqrt{\xi_b^{(k)}} b_{i-1}^{(k)} R_{jk}(-1)}_{\text{nhieudatrynhap}} + \underbrace{\sum_{k=j+1}^K \sqrt{\xi_b^{(k)}} b_i^{(k)} \hat{R}_{jk}(0)}_{\text{nhieudatrynhap}} + \underbrace{n^{(j)}}_{\text{nhieustrang}} \right\} \quad (1.14)$$

trong đó $R_{jk}(i)$ và $\hat{R}_{jk}(i)$, $i \in \{-1, 0, +1\}$ biểu diễn t-ơng quan chéo của mã trải do truyền dẫn không đồng bộ, đ-ợc tính theo:

$$R_{jk}(i) = \frac{1}{T_b} \int_{\tau^{(j)}}^{\tau^{(k)}} a^{(j)}(t - \tau^{(j)}) a^{(k)}(t + iT_b - \tau^{(k)}) dt \quad (1.15)$$

$$\hat{R}_{jk}(i) = \frac{1}{T_b} \int_{\tau^{(k)}}^{T_b + \tau^{(j)}} a^{(j)}(t - \tau^{(j)}) a^{(k)}(t + iT_b - \tau^{(k)}) dt \quad (1.16)$$

và giới hạn trong khoảng $[-1,0,+1]$. Vì trễ đ-ờng truyền lớn nhất giả định là giới hạn chỉ một kí hiệu.

Công thức (1.14) và (1.11) biểu diễn kí hiệu dữ liệu - ớc tính của ng-ời sử dụng thứ j tại trạm gốc và trạm di động. Cả hai đều bao gồm kí hiệu mong muốn của ng-ời sử dụng thứ j . Tuy nhiên, nó vẫn chịu ảnh h-ởng của nhiễu và ồn từ những ng-ời sử dụng khác. Nhiễu này đ-ợc gọi là nhiễu đa truy nhập (MAI). Nó bao gồm tín hiệu không mong muốn từ $(K-1)$ ng-ời sử dụng khác. MAI sẽ làm cho t-ờng quan chéo của mã trải khác không. Trong tr-ờng hợp lí t-ờng, mã trải sẽ thoả mãn trực giao nh- sau:

$$R_{jk}(\tau) = \frac{1}{T_b} \int_0^{T_b} a^{(k)}(t) a^{(j)}(t - \tau) dt = \begin{cases} 1 & \text{voi } k = j, \tau = 0 \\ 0 & \text{voi } \tau, k \neq \end{cases} \quad (1.17)$$

Tuy nhiên, không thể thiết kế đ-ợc một mã có thể trực giao ở mọi thời điểm với thời gian trôi khác nhau do quá trình truyền ở tuyến lên là không đồng bộ. Chính vì vậy sẽ luôn luôn tồn tại MAI trong tuyến lên.

Ng-ợc lại nhiễu đa đ-ờng luôn tồn tại ở cả hai đ-ờng lên và xuống. Nhiễu đa đ-ờng là do thời điểm đến khác nhau của cùng một tín hiệu theo các đ-ờng khác nhau của bộ thu. Điều này t-ờng tự nh- tín hiệu phát từ những ng-ời dùng khác nhau, do đó nhiễu đa đ-ờng thì luôn đ-ợc xét nh- MAI.

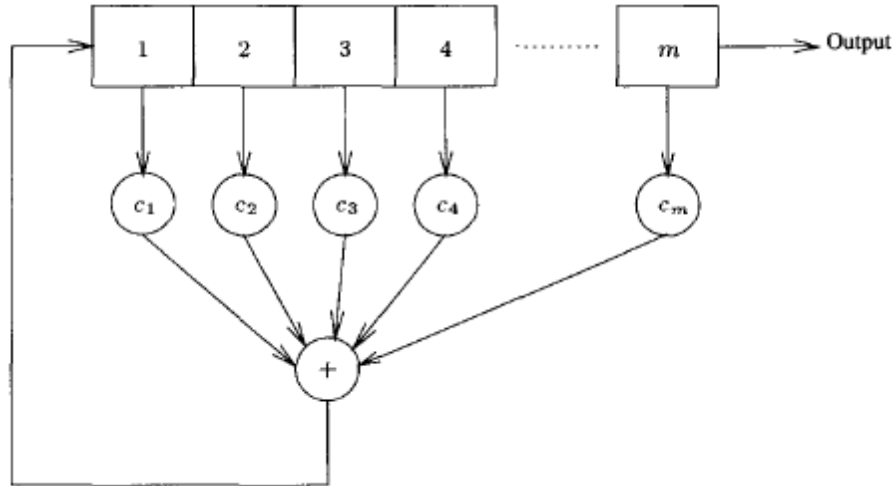
1.7. Mã trải

Nh- đã thấy ở trên, sự lựa chọn mã trải nh- thể nào là vô cùng quan trọng trong hệ thống CDMA. Tiêu chí để lựa chọn mã trải cho ng- ời sử dụng là số l- ợng chuỗi trải phổ khác nhau với chiều dài bất kì, phải lớn hơn số l- ợng ng- ời sử dụng tối đa trong một cell. Chuỗi trải phải thể hiện t- ơng quan chéo thấp để giảm nhiễu đa ng- ời dùng trong quá trình điều chế.

Mặt khác, tỉ số giữa các đỉnh cực đại chính và phụ của tự t- ơng quan cao theo công thức (1.17) cũng là một tiêu chí quan trọng, và thực chất thì để cực tiểu hoá xác suất lỗi trong suốt quá trình thu nhận mã. Điều này cũng sẽ làm giảm tự nhiễu giữa các thành phần phân tập. Sau đây chúng ta cùng tìm hiểu một vài chuỗi mã trải khác nhau.

1.7.1. Chuỗi- m

Có lẽ mã đ- ợc biết đến thông dụng nhất là chuỗi m . Một chuỗi m với chiều dài chu kì $n=2^m-1$, có thể đ- ợc phát ra từ bộ ghi dịch m trạng thái có tầng hồi tiếp tuyến tính. Nh- trong hình vẽ (1-6).



(Hình 1-6-Thanh ghi dịch m trạng thái có hồi tiếp tuyến tính)

Các hệ số c_1, c_2, \dots, c_m có thể nhận giá trị 1 hoặc 0. Thông tin trong đa thức hồi tiếp ở thanh ghi dịch, thể hiện kết nối giữa các tầng ghi dịch, và các bộ cộng modul 2 có thể có những giá trị khác nhau. Chú ý rằng khi ứng dụng vào hệ trải phổ, đầu ra chuỗi nhị phân 0, và 1 sẽ đ-ợc ánh xạ thành chuỗi phân cực của -1,1.

m	Số chuỗi m	Đỉnh t-ơng quan chéo	Số chuỗi Gold	Đỉnh t-ơng quan chéo
3	2	5	$2^m+1=9$	5
4	2	9	$2^m+1=17$	9
5	6	11	$2^m+1=33$	9
6	6	23	$2^m+1=65$	17
7	18	41	$2^m+1=129$	17
8	16	95	$2^m+1=257$	33

(Bảng 1.1 : Đặc tính của chuỗi **m** và chuỗi **Gold**)

Bảng 1.1 trình bày tổng số chuỗi **m** và các t-ơng quan chéo đỉnh đồng bộ chip ứng với mỗi giá trị của **m**. Trong hoàn cảnh này, t-ơng quan chéo đỉnh xác định số

lớn nhất của các chip đồng nhất của một cặp mã trải khác nhau. Chúng ta mong muốn có số l- ợng cặp mã thấp nhất, chính là thể hiện các t- ơng quan chéo đỉnh này.

Thêm nữa, các t- ơng quan chéo đỉnh phải thật sự thấp hơn tự t- ơng quan của các mã, giá trị đ- ợc xác định chính là chiều dài của mã. Th- ờng thì t- ơng quan chéo của chuỗi m là hơn nhiều để có thể dùng có ích trong CDMA.

1.7.2. Chuỗi Gold

Chuỗi Gold với chiều dài $n=2^m-1$, nhận đ- ợc từ một cặp của chuỗi m có cùng chiều dài. Trong tổng số chuỗi m có thể có cùng chiều dài n , có một cặp chuỗi m mà t- ơng quan chéo đồng bộ chip của nó bằng hoặc -1 , $-t(m)$ hoặc $[t(m)-2]$ trong đó :

$$t(m) = \begin{cases} 2^{(m+1)/2} + 1 & m \text{ chẵn} \\ 2^{(m+2)/2} + 1 & m \text{ lẻ} \end{cases} \quad (1.18)$$

Có một cặp duy nhất của chuỗi m th- ờng đ- ợc gọi là một cặp mã đ- ợc - a thích. Một tập hợp $n=2^m-1$ chuỗi có thể đ- ợc xây dựng lên bằng cách dịch vòng mã - a thích một chip một lần, sau đó cộng modul 2 với các mã khác sau mỗi lần dịch.

Và tập thu đ- ợc từ $n=2^m-1$ cùng với các cặp mã - a thích, cấu thành một tập hợp các chuỗi Gold.

Bảng 1.1. so sánh số l- ợng chuỗi Gold cho tr- ờng hợp $m=3,4,5,6,7,8$, và các t- ơng quan chéo các đỉnh t- ơng ứng của nó với chuỗi m .

Bảng 1.1 cho ta thấy chuỗi Gold có các t- ơng quan chéo đỉnh thấp hơn hoặc bằng so với chuỗi m với mọi giá trị m . Vì vậy, chuỗi Gold luôn đ- ợc - a thích hơn là chuỗi m khi ứng dụng trong CDMA.

1.8. Tính phân tập

Trong hệ thống điều chế băng hẹp nh- điều chế FM t-ong tự, sử dụng trong hệ thống điện thoại tổ ong thế hệ đầu tiên thì đa đ-ờng tạo nên nhiều phadinh nghiêm trọng. Tính nghiêm trọng của phadinh đa đ-ờng đ-ợc giảm đi trong điều chế CDMA vì các tín hiệu qua các đ-ờng khác nhau đ-ợc thu nhận một cách độc lập. Tuy nhiên phadinh đa đ-ờng không thể loại trừ hoàn toàn đ-ợc vì với hiện t-ợng phadinh đa đ-ờng xảy ra liên tục, do đó bộ giải điều chế không thể xử lí tín hiệu thu một cách độc lập đ-ợc.

Phân tập là một hình thức tốt để làm giảm phadinh, có 3 loại phân tập: theo thời gian, theo tần số, theo khoảng cách.

*Phân tập theo thời gian đạt đ-ợc nhờ sử dụng việc chèn và mã sửa sai.

*Phân tập theo tần số nhờ việc mở rộng khả năng báo hiệu trong một băng tần rộng và phadinh liên hợp với tần số th-ờng có ảnh h-ởng đến băng tần báo hiệu (200-300) KHz.

*Phân tập theo khoảng cách hay theo đ-ờng truyền có thể đạt đ-ợc theo 3 ph-ơng pháp sau:

-Thiết lập nhiều đ-ờng báo hiệu (chuyển vùng mềm) để kết nối máy di động đồng thời với 2 hoặc nhiều BS.

-Sử dụng môi tr-ờng đa đ-ờng qua chức năng trải phổ giống nh- bộ thu quét thu nhận và tổ hợp các tín hiệu phát với các tín hiệu phát khác trễ thời gian.

-Đặt nhiều anten tại BS. Hai cặp anten thu của BS, bộ thu đa đ-ờng và kết nối với nhiều BS.

1.9. Hiệu ứng gần xa và vấn đề điều khiển công suất

Trong thông tin trải phổ CDMA, một trong những rào cản sự phát triển của nó là hiệu ứng gần xa. Vì trong môi tr-ờng thông tin vô tuyến, ng-ời dùng th-ờng đứng ở các vị trí rất khác nhau so với trạm gốc, một số thuê bao có thể đứng gần trạm, một số khác có thể đứng xa trạm. Ta giả sử hệ thống có hai ng-ời dùng, một đứng

gần trạm gốc, một đứng xa trạm gốc. Do suy hao trên đường truyền giữa các ng-ời sử dụng ở các khoảng cách khác nhau là khác nhau, nên mức tín hiệu thu đ-ợc của chúng cũng khác nhau, có khi lên tới hàng chục dB. Trong CDMA, tại trạm gốc những tín hiệu mạnh hơn sẽ làm tăng nhiễu nền đối với các tín hiệu yếu hơn, và điều này sẽ làm giảm xác suất thu thành công của các tín hiệu yếu hơn.

Để giảm ảnh h-ởng của hiệu ứng gần xa, ng-ời ta sử dụng ph-ương pháp điều khiển công suất. Máy thu tại trạm gốc sẽ đo c-ường độ tín hiệu của các máy di động, sau đó ra lệnh điều khiển công suất phát đến các máy di động. Mục đích là điều chỉnh công suất phát của máy di động sao cho tại trạm gốc công suất thu đ-ợc là nh- nhau đối với các máy di động. Kết quả đạt đ-ợc là những máy ở gần trạm gốc sẽ phát công suất nhỏ hơn còn những máy ở xa trạm gốc sẽ phát công suất lớn hơn. Mức công suất của máy di động sẽ đ-ợc điều chỉnh sao cho đủ để duy trì kết nối, và nh- vậy ta cũng sẽ tiết kiệm đ-ợc năng l-ợng nguồn của máy di động.

Về mặt toán học, ta có thể biểu diễn việc tách tín hiệu thứ k nh- sau:

$$y = A^{(k)} + \sum_{j=1(j \neq k)}^K A^{(j)} \rho_{j,k} \quad (1.19)$$

Trong đó: K là tổng số máy di động đang hoạt động, tín hiệu thứ k, $\rho_{j,k}$ là ma trận t-ương quan chéo giữa tín hiệu thứ j và thứ k. Số hạng thứ 2 trong công thức (1.19) chính là tổng các thành phần tín hiệu thứ j tác động lên tín hiệu thứ k (ngoại trừ j=k).

Khi mà giá trị của ma trận t-ương quan chéo là nhỏ (lí t-ởng là bằng không), thì tổng các thành phần t-ương quan chéo sẽ nhỏ hơn biên độ thu mong muốn. Khi đó thì dung l-ợng hệ thống cũng sẽ đạt cực đại.

Điều khiển công suất đ-ợc thực hiện cho đ-ường lên để tránh hiện t-ợng gần xa và giảm thiểu ảnh h-ởng của nhiễu nền lên dung l-ợng của hệ thống.

1.10. Dung năng của hệ thống CDMA

Dung năng của hệ thống CDMA đ- ợc tính xấp xỉ theo công thức sau:

$$C \approx B \log_2(1 + SNR) \quad (1.20)$$

Với điều kiện ô là lục giác, điều kiện truyền nh- nhau, các MS phân bố đều, và điều khiển công suất là hoàn hảo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lí thuyết trải phổ và ứng dụng (1999), *Học viện công nghệ b- u chính viễn thông*
- [2] JS .Blough, L.Hanzo (2002), *Third-Generation Systems and Intelligent Wireless Networking*, John Wiley & Sons Ltd
- [3] Vijay K.Garg & Kenneth Smolik (1997), *Application of CDMA in Wireless/Personal communication*
- [4] Andrew J.Viterbi (1997), *CDMA principles of spread spectrum communication*
- [5] Theory and Practice Savo G. Glisic (2003), *Adaptive WCDMA*, John Wiley & Sons Ltd
- [6] Dr.Tan Wong (2002), *Adaptive DS/CDMA Receiver for Multiuser Detection- Course project for EEL6503: Spread Spectrum and CDMA*,
URL: http://www.geocities.com/sscdma2002/ss_project.html
- [7] Nguyễn Phạm Anh Dũng (2004), *Lý thuyết trải phổ và đa truy nhập vô tuyến*, Nhà xuất bản b- u điện.

