پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مخابرات

سیستم‌های مخابرات طیف‌گسترده CDMA

تهیه و تنظیم:

محمدرضا بستانی

استاد راهنما:

آقای دکتر اسدپور

تابستان 90

بسم الله الرحمن الرحيم

خالصانه‌ترین ستایش‌ها در مقام همت والایتان واسعترین موهبت‌ها را می‌ستاید. با تقدیم به **پدر و مادرم** و به پاس زحمات بی‌دریغشان که شوق زیستن را در طریق بودن به من آموختند.

تقدیم به استاد عزیزم

جناب آقای دکتر وحید اسدپور

ماحصلش که حاصل شوق تعلم در محضر حمیم شما استاد بزرگوار است، جز با وفور حمایتتان و به پشتوانه هدایتتان در حصار ذهن حقیر محصور نمی‌شد.

چکیده

طیف گسترده درواقع یک روش مدولاسیون است که در آن از یک پهنای باند انتقال بسیار بزرگ‌تر از پهنای باند اطلاعات و مستقل از پهنای باند سیگنال اطلاعات استفاده می‌شود. استفاده از باند با حداقل پهنا برای انتقال اطلاعات موجب ایجاد پارازیت، نویز، بهم خوردگی و گم شدن اطلاعات می‌شود. استفاده از باند با حداقل پهنا بیشتر در ارتباطات شخصی کاربرد دارد، وسایلی مانند موبایل های سلولی و شبکه های محلی بی‌سیم. تکنولوژی طیف گسترده تفاوت‌های فراوانی با سایر تکنیک‌های انتقال اطلاعات دارد که بخاطر ویژگی‌های خود تکنولوژی است نه به‌خاطر ارتباط مستقیم آن. از موبایل‌های نسل سوم(3G) انتظار می‌رود کیفیت جهانی بهتری برای انتقال و ارتباط صدا، داده و دسترسی به اینترنت و برنامه‌های صوتی و تصویری ارائه دهند. موبایل‌های نسل سوم از تکنولوژی ارتباط بی‌سیم و انتقال داده‌ها از طریق اینترنت بهره‌گیری کرده‌اند. مفهوم طیف گسترده از تحقیقات جنگ جهانی دوم به منظور ایجاد یک وسیله و روش امن برای ارتباطات ریشه می‌گیرد. بسیاری از این تحقیقات تا سال 1970 محرمانه باقی ماند و در واقع اولین روش خاص در ارتباطات طیف گسترده در سال 1997 معرفی شد. سیستم‌های طیف گسترده از کاربردهای سخت و دقیق نظامی به سیستم‌های ناوبری و ارتباطات تجاری گسترش یافت، به عنوان دو نمونه مهم می‌توان از سیستم‌های GPS و سیستم‌های تلفن سلولی(CDMA) نام برد.

در این پایان‌نامه، ابتدا مقایسه‌ای بین انواع کدهای گسترده ساز انجام داده، سپس روش‌های کدگذاری انواع سیستم‌های CDMA، شامل سیستم‌های DS-CDMA، MC-CDMA و ترکیب این دو سیستم، یعنی MC-DS-CDMA بیان شده و مقایسه عملکرد این سیستم‌ها نسبت به متغیرهای سیستم مانند تعداد کاربران، طول کد و ... با استفاده از شبیه سازی بررسی می‌شود. درنهایت، عملکرد سیستم DS-CDMA را در کانال‌های awgn وfading با استفاده از شبیه‌سازی بررسی می‌کنیم.

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه

1-1-مقدمه 1

1-2- تاریخچه 3

1-3-ساختار پایان‌نامه 5

فصل دوم : سیستمهای طیف گسترده

2-1- مقدمه 7

2-2- ویژگیهای متمایز CDMA 8

2-3-سیستم دنباله مستقیم 9

2-3-1- ویژگیهای سیستم دنباله مستقیم 11

2-4- سیستم پرش فرکانسی 13

2-4-1- ویژگیهای سیستم پرش فرکانسی 14

2-5- سیستم پرش زمانی 16

2-5-1- ویژگیهای سیستم پرش زمانی 17

2-6- سیستم مرکب 18

2-7- نتیجه‌گیری 19

فصل سوم : کدینگ CDMA

3-1-مقدمه 20

3-2- مؤلفه‌های سیستم.....21
3-3- کدینگ کانال.....21
3-3-1-کدهای بلوکی خطی 23
3-3-2- بررسی افزونگی چرخه‌ای (CRC).....24
3-3-3- کدهای کانولوشن.....25
3-4- کد های رید- سولومان 27
3-5- درهم‌نهی کردن.....28
3-6- کد های ترکیبی.....29
3-7- کدهای والش 30
3-7-1- خودهمبستگی تابع والش 33
3-7-3- معایب کدهای والش.....34
3-8- کدهای PN 34
3-8-1- خودهمبستگی کد PN.....37
3-9- دنباله‌های گلد 38
3-9-1- مشخصات کدهای گلد 38
3-9-2- کاربرد کدهای گلد 39
3-10- کدهای OVSF 39
3-11- توالی های کازامی 40
3-11-1- مشخصات کدهای کازامی.....40
3-11-2- کاربرد کدهای کازامی.....40
3-12- مدل سیستم DS-CDMA.....40

3-12-1- تجزیه و تحلیل تئوری سیستم DS-CDMA 42

3-13- مدل سیستم MC-CDMA..... 45

3-13-1- تجزیه و تحلیل تئوری سیستم MC-CDMA 46

3-14- نرخ خطای بیت 48

3-15- نتیجه‌گیری 48

فصل چهارم : نتایج شبیه‌سازی

4-1- مقدمه 49

4-2- بررسی سیستم DS-CDMA 52

4-3- بررسی سیستم MC-CDMA 54

4-4- مقایسه سیستمهای DS-CDMA، MC-CDMA..... 56

4-5- CDMA تک‌کاربره در کانال AWGN..... 58

4-6- CDMA چندکاربره در کانال AWGN..... 59

4-7- CDMA چندکاربره در AWGN و کانال فیدینگ..... 59

فصل پنجم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات

5-1-نتیجه‌گیری و پیشنهادات 69

مراجع..... 71

فهرست شکل‌ها

شکل 2-1- بلوک دیاگرام یک فرستنده DS-SS [8] 10

شکل 2-2- تولید یک سیگنال طیف گسترده مدوله شده BPSK [8] 11

شکل 2-3- گیرنده سیگنال DS-SS [8] 11

شکل 2-4- الگوی تصرف فرکانس/زمان سیگنال های DS و FH [3] 13

شکل2-5- بلوک دیاگرام یک فرستنده-گیرنده FH-CDMA [3] 14

شکل2-6- بلوک دیاگرام یک فرستنده-گیرنده TH-CDMA [3] 16

شکل 2-7- طرح زمان/فرکانس ساختار TH-CDMA [15] 16

شکل2-8- یک فرستنده hybrid DS/FH [16] 18

شکل 3-1- طرح‌های دستیابی چند گانه متفاوت [3] 21

شکل 3-2- مولفه‌های اصلی یک سیستم مخابرات دیجیتال[17] [7] 22

شکل 3-3- کدینگ کانولوشن در سیستم IS-95 CDMA (لینک مستقیم) [21] 26

شکل3-4- کدینگ کانولوشن در سیستم IS-95 CDMA (لینک معکوس) [21] 26

شکل 3-5- تابع خودهمبستگی $A_8(u)$ برای مجموعه W_N [19] 34

شکل3-6- یک مثال LFSR برای تولید کد PN [17] 35

شکل 3-7- تابع خودهمبستگی دنباله PN برای P_0 [17] 37

شکل3-8- مولد دنباله GOLD [19] 38

شکل 3-9- تولید کد OVSF توسط درخت[19] 39

شکل 3-10- فرستنده سیستم DS-CDMA [17] 42

شکل 3-11-طیف فرکانسی سیگنال ارسالی سیستم DS-CDMA.....42
شکل 3-12- گیرنده سیستم DS-CDMA [17].....42
شکل3-13-فرستنده سیستم MC-CDMA [17] 45
شکل3-14- طیف توان سیستم MC-CDMA [17] 46
شکل3-15-طیف توان زیرحامل‌های متعامد در سیستم MC-CDMA [17] 46
شکل3-16- گیرنده سیستم MC-CDMA [17].....46
شکل 3-17- بلوک دیاگرام شامل همه موارد سیستم مخابراتی برای عملکرد بهتر سیستم [34] 48
شکل 4-1- طیف سیگنال گسترده نشده 49
شکل 4-2- طیف سیگنال گسترده شده 50
شکل 4-3- فرکانس حامل در سیستم DS-CDMA 50
شکل4-4- BER برحسب SNR برای کدهای والش، گلد، کازامی.....51
شکل4-5- SNIR برحسب تعداد کاربران 52
شکل4-6- نرخ خطای بیت برحسب SNIR در سیستم DS-CDMA با پارامتر تعداد کاربران با استفاده از کد PN 53
شکل 4-7-SNIR برحسب تعداد چیپ‌ها در هر بیت با استفاده از کد PN 53
شکل 4-8- SNIR برحسب تعداد کاربران در سیستم MC-CDMA با تعداد چیپ‌های هربیت به‌عنوان پارامتر با استفاده از کد GOLD 54
شکل 4-9- BER برحسب تعداد کاربران در سیستم MC-CDMA با پارامتر تعداد چیپ بیت، با استفاده از کدهای گلد 55
شکل4-10- نرخ خطای بیت برحسب SNIR، با متغیر تعداد کاربران، با استفاده از کدهای گلد.....55
شکل4-11- SNIR برحسب تعداد کاربران برای سیستمهای DS، MC و با طول کد گلد64 56
شکل4-12- ماکزیمم تعداد کاربران برحسب تعداد چیپ‌ها، در نرخ خطای بیت 10^{-6} برای سیستم‌های DS، MC 57

شکل4-13- SNIR لازم برحسب تعداد کاربران در مقدار چیپ 64 برای سه سیستم DS ،MC با استفاده از کدهای گلد 58

شکل4-14- CDMA تک‌کاربره با طول کدهای متفاوت..... 60

شکل 4-15- عملکرد سیستم به ازای ρ های مختلف در حضور نویز Jamming و AWGN..... 61

شکل 4-16-عملکرد سیستم با حضور کدینگ کانال 62

شکل 4-17- مقایسه کارایی سیستم DS-SS در کانال‌های AWGN وFading 63

شکل 4-18- CDMA چندکاربره، مقایسه کارایی سیستم نسبت به تعداد کاربران در باند فرکانسی 64

شکل 4-19- CDMA چندکاربره با تعداد کاربرهای مختلف 65

شکل 5-20-سیستم DS-CDMA به واسطه عبور از کانال فیدینگ چهار مسیره 66

شکل5-21- BER برحسب SNR سیستم DS-CDMA 50 کاربره با کانال فیدینگ 4 مسیره..... 67

مقدمه

1-1-مقدمه

کدهای مورد استفاده در سیستم‌های طیف‌گسترده از یک دنباله بیت‌های با دامنه $1 \pm$ و یا 0 و 1 تشکیل شده‌اند و باید دارای خواص زیر باشند: دنباله باید دو سطحی باشد. کدها باید دارای تابع خود همبستگی با یک قله نیز برای همزمان-کردن کد باشند. کدها باید دارای خودهمبستگی متقابل بسیار کم باشند تا بتوان از آن‌ها در دسترسی چندگانه استفاده کرد. کدها باید متعادل باشند یعنی تفاوت بین تعداد یک‌ها و صفرها باید حداکثر 1 باشد. همچنین طول ردیفی از بیت-های مشابه داخل کد نباید بسیار زیاد شود. این خاصیت باعث افزایش خواص نویزی کد شده و به پخش شدن یکنواخت‌تر انرژی سیگنال در کل طیف کمک می‌کند.

کدها به دو دسته عمده متعامد و غیرمتعامد تقسیم می‌شوند. کد والش نمونه‌ای از کدهای متعامد و کدهای با طول حداکثر، گلد و کازامی نمونه‌ای از کدهای غیرمتعامد هستند که در سیستم‌های طیف‌گسترده استفاده می‌شوند.

در سیستم مخابراتی طیف گسترده نوعی، سیگنال پیام ابتدا توسط تکنیک‌های رایج دامنه، فرکانس و فاز مدوله می‌شود. دومین مدولاسیونی که بر روی سیگنال انجام می‌شود، مدولاسیون طیف گسترده می‌باشد. سیگنال نویز شبه تصادفی (PN)[1] برای گسترش شکل موج مدوله شده در یک پهنای باند نسبتا وسیع به‌کار گرفته می‌شود. سیگنال PN می‌تواند دامنه شکل موج پیام را برای گسترش توالی مستقیم تغییر دهد، یا می‌تواند فرکانس کریر سیگنال حامل را برای گسترش پرش فرکانسی شیفت دهد.

کد گسترش‌دهنده، یک مولفه بسیار مهم در مخابرات طیف‌گسترده می‌باشد. این کد، سیگنال شبه‌تصادفی را برای گسترده کردن سیگنال پیام کاربرد دارد را تولید می‌کند. کد گسترش‌دهنده باید مقادیری را تولید کند که شبیه نویز گوسی بوده و یک متغیر تصادفی گوسی را تقریب بزند. به‌علاوه، این کدها باید به سادگی در فرستنده و گیرنده قابل درک باشند.

به‌طور کلی سیگنال گسترش‌دهنده یک شکل موج باینری با مقادیر معین در نرخ چیپ می‌باشد. شکل موج باینری باعث پیاده‌سازی آسان بدون کاهش بهره و همزمان‌سازی سیگنال فرستنده و گیرنده می‌شود.

[1] Pseudo Noise

با عبور دادن سیگنال باینری از یک فیلتر خطی می‌توان به شکل موج پیوسته در زمان دست پیدا کرد.

تصادفی بودن سیگنال $P_n(t)$ توسط تابع خود همبستگی $R_{pn}(\tau)$ اندازه گیری می‌شود.

$$R_{pn}(\tau) = \lim_{T\to\infty} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} P_n(t)P_n(t+\tau) \qquad (1\text{-}1)$$

به همین نحو، خود همبستگی برای توالی با M مقدار مجزا به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$R_{pn}(\tau) = \frac{1}{M}\sum_M P_n(t)P_n(t+\tau) \qquad (2\text{-}1)$$

قله‌ها (پیک‌ها) در تابع، مشخص‌کننده این است که دنباله دارای زیر دنباله‌هایی است که تکرار می‌شوند. برای طراحی صحیح دنباله PN تابع خود همبستگی خیلی کوچک و مساوی با $-\frac{1}{M}$ برای هر مقدار غیر صفر τ می‌باشد. درنتیجه دنباله‌های PN برای همزمان‌سازی هم مفید می‌باشند.

منحصر به‌فرد بودن سیگنال $P_n(t)$ توسط تابع همبستگی متقابل تعیین می‌شود و به صورت زیر مشخص می‌شود:

$$R_{XY}(\tau) = \lim_{T\to\infty} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} X(t)Y(t+\tau)\,dt \qquad (3\text{-}1)$$

یا متناوبا با :

$$R_{XY}(\tau) = \frac{1}{M}\sum_M X(t)Y(t+\tau) \qquad (4\text{-}1)$$

که $X(t)$ و $Y(t)$ دو سیگنال با دو دنباله متفاوت می‌باشند. به‌طور کلی، دنباله‌های شبه‌تصادفی خصوصیات همبستگی متقابل محدودتری نسبت به دنباله‌های معین (دنباله‌هایی که تصادفی نباشند) دارند، زیرا دنباله‌های متعامد طوری طراحی شده‌اند که هیچ شباهتی به هم ندارند یا بر هم عمودند. درنتیجه، کدهای متعامد در سیستم‌های طیف‌گسترده برای کاهش اثر تداخل مورد استفاده قرار می‌گیرد.[17]

کد هادامارد، نیز از کد متعامد استفاده می‌کند که براساس سطرهای ماتریس مربعی می‌باشد که به ماتریس هادامارد معروف است. در ماتریس، سطر اول همگی صفر می‌باشند، حال آن‌که سطرهای مابقی شامل مقادیر مساوی صفر و یک هستند.

مدولاسیون طیف‌گسترده و تکنیک‌های طیف‌گسترده این اجازه را می‌دهند که تعداد بسیار زیادی از کاربران کانال رادیویی را بین خود تقسیم کنند، بنابراین شکل موج دریافت شده مجموع سیگنال‌های K کاربر و نویز خواهد بود:

$$r(t) = \sum_{n=1}^{k} p_n(t) A_n d_n(t) \cos(wt + \theta_n) \qquad (5\text{-}1)$$

گیرنده با واگسترده کردن سیگنال دریافتی، پیام را بازسازی می‌کند که این کار را، با همزمان‌سازی همبسته‌گر با دنباله گسترش‌دهنده $P_n(t)$ انجام می‌دهد که برای هر کاربر نسبت به کاربرهای دیگر متفاوت می‌باشد. در نتیجه، سیگنال‌های کاربران دیگر شبیه نویز خواهد بود. در فرستنده، برای پخش کردن طیف سیگنال پیام، از کدهای تصادفی استفاده می‌شود. کدهای تصادفی نقش اساسی و محوری در تمام سیستم‌های طیف‌گسترده بازی می‌کنند. در هرحال اگر این کدها، واقعا تصادفی باشند، حتی گیرنده موردنظر نیز قادر نخواهد بود تا سیگنال خود را بازسازی نماید. بنابراین به‌جای واقعا تصادفی، از کدهای شبه تصادفی استفاده می‌کنند. چنین کدی برای گیرنده مورد نظر شناخته شده است، اما از نظر گیرنده دیگر شبیه نویز به‌نظر می‌رسد و به همین‌خاطر معمولا به آن دنباله شبه‌نویز PN گفته می‌شود.

کدهای مورداستفاده در سیستم‌های طیف‌گسترده از یک دنباله بیت‌های با دامنه $1 \pm$ و یا 0 و 1 تشکیل شده‌اند و باید دارای خواص زیر باشند:

1: دنباله باید دوسطحی باشد.

2: کدها باید دارای تابع خودهمبستگی با یک قله نیز برای همزمان‌کردن کد باشند.

3: کدها باید دارای خودهمبستگی متقابل بسیار کم باشند تا بتوان از آن‌ها در دسترسی چندگانه استفاده کرد.

4: کدها باید متعادل باشند، یعنی تفاوت بین تعداد یک‌ها و صفرها باید حداکثر 1 باشد. همچنین طول ردیفی از بیت‌های مشابه داخل کد نباید بسیار زیاد شود. این خاصیت، باعث افزایش خواص نویزی کد شده و به پخش‌شدن یکنواخت‌تر انرژی سیگنال در کل طیف کمک می‌کند.

کدها به دو دسته عمده متعامد و غیرمتعامد تقسیم می‌شوند. کد والش نمونه‌ای از کدهای متعامد و کدهای با طول حداکثر، گلد و کازامی نمونه‌ای از کدهای غیرمتعامد هستند که در سیستم‌های طیف‌گسترده استفاده می‌شوند.

2-1- تاریخچه

رشد روزافزون تقاضا برای سیستم‌های مخابراتی و مطرح شدن سرویس‌های جدید با پهنای‌باند زیاد موجب گردیده‌است تا سیستم‌های مخابراتی به‌سمت استفاده از روش‌های پیشرفته‌تر با قابلیت‌های بالاتر گرایش پیدا کنند. برای پاسخ‌گویی به‌این نیاز، نسل سوم مخابرات سیار سلولی و نسل‌های بعد از آن براساس سیستم مخابرات طیف‌گسترده و روش دستیابی چندگانه با تقسیم کد طراحی شده است تا علاوه‌بر ظرفیت زیادتر در مقایسه با سیستم‌های موجود، امکان ارسال

با نرخ‌های متفاوت را نیز فراهم آورد با تقسیم کدی دنباله مستقیم طیف گسترده (DS – CDMA)[1] می‌باشد. در این سیستم‌ها، بیت‌های اطلاعاتی کاربر در یک پهنای‌باند وسیعی گسترده می‌شوند، این کار با ضرب داده‌های کاربر در بیت-های شبه‌تصادفی که چیپ[2] نامیده شده و از کدهای گسترده‌ساز CDMA گرفته می‌شود انجام می‌گیرد. همچنین شبکه-های مخابرات سیار سلولی امروزه، شبکه‌های تداخل محدود می‌باشند و برای سرویس‌دادن به ارتباطات چندرسانه‌ای باید طیفشان را به اشتراک بگذارند.

طیف‌گسترده درواقع یک روش مدولاسیون است که در آن از یک پهنای باند انتقال بسیار بزرگ‌تر از پهنای‌باند اطلاعات و مستقل از پهنای‌باند سیگنال اطلاعات استفاده می‌شود. استفاده از باند با حداقل پهنا برای انتقال اطلاعات موجب ایجاد پارازیت، نویز، بهم‌خوردگی و گم‌شدن اطلاعات می‌شود. استفاده از باند با حداقل پهنا، بیشتر در ارتباطات شخصی کاربرد دارد، وسایلی مانند موبایل‌های سلولی و شبکه‌های محلی بی‌سیم. تکنولوژی طیف گسترده تفاوت‌های فراوانی با سایر تکنیک‌های انتقال اطلاعات دارد که بخاطر ویژگی‌های خود تکنولوژی است، نه بخاطر ارتباط مستقیم آن. از موبایل‌های نسل سوم(3G[3]) انتظار می‌رود، کیفیت جهانی بهتری برای انتقال و ارتباط صدا، داده و دسترسی به اینترنت و برنامه‌های صوتی و تصویری ارائه دهند. موبایل‌های نسل سوم از تکنولوژی ارتباط بی‌سیم و انتقال داده‌ها از طریق اینترنت بهره می‌گیرند. مفهوم طیف‌گسترده از تحقیقات جنگ جهانی دوم به‌منظور ایجاد یک وسیله و روش امن برای ارتباطات ریشه می‌گیرد. بسیاری از این تحقیقات تا سال 1970 محرمانه باقی ماند و درواقع اولین روش خاص در ارتباطات طیف‌گسترده در سال 1997 معرفی شد. سیستم‌های طیف‌گسترده از کاربردهای سخت و دقیق نظامی به سیستم‌های ناوبری و ارتباطات تجاری گسترش یافت، به عنوان دو نمونه مهم، می‌توان از سیستم‌های GPS[4] و سیستم-های تلفن سلولی(CDMA) نام برد.[8]

در DS-SS[5]، سیگنال اطلاعات بوسیله یک دنباله کد PN[6] که سیگنال را برروی یک پهنای‌باند وسیع گسترده می‌کند، مدوله می‌شود. سیگنال اطلاعات ممکن است آنالوگ یا دیجیتال باشد، اما کد گسترده‌ساز PN، یک سیگنال دیجیتال با مقادیر 1+ و 1- می باشد و نرخ چیپ عموما خیلی بزرگتر از نرخ سمبل اطلاعات می‌باشد که باعث گسترش سیگنال موردنظر در محدوده فرکانس می‌شود. گسترده‌شدن باند منجربه کم‌تر شدن چگالی طیف توان شده و این سیگنال برای سایر گیرنده‌ها، شبیه نویز عمل کرده و درنتیجه به‌سادگی توسط سایر گیرنده‌ها قابل دریافت نیست مگر آن‌که گیرنده از کد مخصوصی که توانایی فشرده‌سازی سیگنال طیف‌گسترده را داشته باشد مطلع باشد، بنابراین می‌توانیم کدهای امضا

[1] Direct- sequence code division multiple access
[2] chip
[3] Third Generation
[4] Global Position System
[5] Direct Sequence Spread Spectrum
[6] Pseudo Noise

خاصی را بیابیم که برهم عمود باشند یعنی، دیگرهمبستگی آن‌ها صفر باشد، در نتیجه بسیاری از سیگنال‌های طیف-گسترده می‌توانند از کانال ارتباطی مشابهی استفاده‌کنند. در فرستنده، علاوه‌بر سیگنال طیف‌گسترده مدوله‌شده، سیگنال گسترش دهنده طیف بدون هیچ مدولاسیونی فرستاده می‌شود و این سیگنال راهنما در گیرنده دریافت شده و بدین‌طریق، گیرنده از سیگنال PN ارسالی اطلاع پیدا می‌کند. اما همزمانی سیگنال PN را با سیگنال مدوله‌شده ارسالی باید از طریق سنکرون‌سازی بدست آورد.

کدهای مورد استفاده در سیستم طیف‌گسترده باید متعامد باشند، از طرفی، اعمال کامل این تعامد با استفاده از کدی همانند کد والش[1]، دارای محدودیت‌هایی مانند تعداد محدود کد می‌باشد. به طور مثال با 128 بیت، تنها می‌توان 128 کد متعامد ایجاد نمود. در نتیجه، تعداد کاربرانی که همزمان می‌توانند به شبکه متصل گردند به 128 محدود می‌گردد. پس، درعمل از کدهای شبه‌تصادفی یا شبه نویز استفاده می‌شود یعنی کدهایی که شبیه نویز می‌باشند و همبستگی متقابل بین بیت‌های آن اندک می‌باشد. این کدها توسط روش‌های مختلفی از جمله با استفاده از LFSR[2] ایجاد می شوند که استفاده از این روش مستلزم استفاده از سخت‌افزار می‌باشد.

1-3-ساختار پایان‌نامه

فصل اول پایان‌نامه با عنوان مقدمه، شامل مختصری از سیستم‌های طیف گسترده، ساختار پایان‌نامه و شرحی از فصل شبیه‌سازی است. در فصل دوم که به‌عنوان سیستم‌های طیف گسترده نام‌گذاری شده است، به بررسی عملکرد و معایب و مزایای انواع سیستم‌های دسترسی چندگانه طیف‌گسترده که عبارتنداز، سیستم‌های دسترسی چندگانه با تقسیم کد(CDMA[3])، سیستم‌های پرش فرکانسی[4] و سیستم‌های پرش زمانی[5] وسیستم‌های هایبرید، شرح مختصری داده می-شود.

فصل سوم با عنوان کدینگ CDMA، به مولفه‌های اصلی سیستم‌های طیف گسترده پرداخته می‌شود و در مورد کدهای گسترده‌ساز مورداستفاده در سیستم‌های طیف‌گسترده، مانند کدهای والش، کدهای شبه نویز[6]، کدهای گلد[7] و کدهای

[1] Walsh
[2] Linear Feedback Shift Register
[3] Code Division Multiple Access
[4] Frequency Hopping
[5] Time Hopping
[6] PN Code
[7] Gold Code

کازامی[1] بحث می‌شود و در نهایت، توضیحاتی در مورد انواع سیستم‌های طیف گسترده CDMA تک حامله (DS-CDMA)[2] و چندحامله (MC-CDMA)[3] و مدل‌ها و روابط تئوری آن‌ها بحث می‌کنیم.

فصل چهارم با عنوان فصل شبیه‌سازی، شامل نتایج شبیه‌سازی سیستم‌های CDMA ذکرشده در فصل سوم است. درادامه این فصل، این سیستم‌ها را باتوجه به نمودارهای بدست آمده باهم مقایسه کرده و معایب و مزایای سیستم‌ها نسبت به یکدیگر بیان می‌شوند. در ادامه این فصل، به بررسی عملکرد سیستم DS-CDMA نسبت به متغیرهای ممکن می‌پردازیم.

فصل پنجم با عنوان نتیجه‌گیری و پیشنهادات، به نتیجه‌گیری از نتایج به‌دست آمده می‌پردازیم، سپس، پیشنهادی راجع به ادامه کار این پایان‌نامه ارائه می‌شود.

[1] Kasami Code
[2] Direct Sequence Code Division Multiple Access
[3] Multi Carrier Code Division Multiple Access

سیستم‌های طیف گسترده

2-1- مقدمه

دسترسی چندگانه با تقسیم فرکانس[1] (FDMA)، دسترسی چندگانه با تقسیم زمان[2] (TDMA)، دسترسی چندگانه با تقسیم کد[3] (CDMA)، سه تکنیک مهم در اشتراک پهنای باند در سیستم مخابرات بی‌سیم می‌باشند. با توجه به این‌که چگونه پهنای‌باند موجود به هر کاربر اختصاص داده می‌شود، می‌توان تکنیک‌های دسترسی چندگانه را در دسته‌های سیستم‌های باند باریک و باند پهن تقسیم کرد.[17] [16]

عبارت باندباریک برای بیان نسبت پهنای‌باند یک سیگنال به پهنای‌باند همدوسی کانال استفاده می‌شود. در سیستم دسترسی چندگانه باند باریک، طیف رادیویی در دسترس، به تعداد زیادی کانال‌های فرکانسی باند باریک تقسیم می‌گردد. کانال‌های مورد نظر عموما با تکنیک FDD[4] عمل می‌کنند. برای به حداقل رساندن میزان تداخل بین سیگنال‌های مستقیم و معکوس روی هر کانال، فاصله فرکانسی تا حدامکان بزرگ انتخاب می‌شود. در عین‌حال، بایستی این انتخاب، به Duplexerهای ارزان‌قیمت و آنتن‌های فرستنده-گیرنده معمولی و متداول در دستگاه هر مشترک نیازمند باشد. در FDMA باند باریک به هر کاربر یک کانال منحصر به‌فرد و غیرمشترک با سایر کاربران اختصاص داده می‌شود. اگر تکنیک FDD نیز استفاده شود (هر کانال یک مسیر مستقیم و معکوس داشته باشد)، سیستم FDMA/FDD نامیده می‌شود. TDMA باند باریک یک کانال مشابه را بین تمامی کاربران به اشتراک می‌گذارد و روی هر کانال، با یک شیوه گردشی به هر کاربر، یک تایم‌اسلات یکتا اختصاص می‌دهد. بنابراین می‌تواند تعداد کمی از کاربران را روی یک کانال تنها تفکیک سازد. برای TDMA باند باریک، تعداد زیادی از کانال‌ها به شیوه FDD یا TDD[5] اختصاص داده شده‌اند و هر کانال با کمک از تکنیک TDMA بین کاربران به اشتراک گذاشته می‌شود. این‌گونه سیستم‌ها، سیستم‌های دسترسی TDMA/TDD یا TDMA/FDD نامیده می‌شوند.[19]

[1] Frequency Division Multiple Access
[2] Time Division Multiple Access
[3] Code Division Multiple Access
[4] Frequency Division Duplexing
[5] Time Division Duplexing

در سیستم‌های پهن باند، پهنای‌باند سیگنال ارسالی، بسیار بزرگ‌تر از پهنای باند همدوسی یک کانال است. از این‌رو، پدیده محوشدگی چندمسیری، به‌مقدار زیاد، سیگنال دریافتی در یک کانال باند پهن را متاثر نمی‌سازد و محوشدگی فرکانس انتخابی تنها در بخش کوچکی از پهنای باند سیگنال اتفاق می‌افتد. در سیستم‌های دسترسی چندگانه پهن باند، کاربران، امکان ارسال اطلاعات در بخش بزرگی از طیف فرکانسی را خواهند داشت. همچنین به تعداد زیادی از فرستنده‌ها، اجازه ارسال و دریافت اطلاعات در یک کانال یکسان داده می‌شود. سیستم TDMA به هریک از فرستنده‌ها، یک تایم‌اسلات روی یک کانال یکسان اختصاص داده و در هر زمان خاص، تنها به یک فرستنده امکان استفاده از کانال را می‌دهد، در حالی که در تکنیک CDMA، تمامی فرستنده‌ها امکان دسترسی به کانال در یک زمان را خواهند داشت.[17]

2-2- ویژگی‌های متمایز CDMA

به‌واسطه ویژگی کدینگ و پهنای‌باند فرکانسی گسترده ناشی از آن، سیگنال‌های طیف‌گسترده ناشی از آن، سیگنال‌های طیف گسترده دارای ویژگی‌های متمایزی از نقطه نظر سیستم‌های مخابراتی به شرح زیر هستند :

- اگر چند کاربر، در یک زمان از یک پهنای‌باند برای ارسال اطلاعات خود استفاده کنند، به‌واسطه وجود یک کد منحصربه‌فرد برای هر کاربر، که همبستگی متقابل آن با کدهای سایر کاربران کم است، گیرنده قادر به تشخیص و تفکیک سیگنال‌های کاربران خواهد بود. همبستگی داشتن[1] سیگنال دریافتی و سیگنال کد یک کاربر خاص، سیگنال دریافتی را متراکم[2] می‌سازد، در حالی‌که سیگنال‌های طیف‌گسترده سایر کاربران همچنان مثل قبل، طیف‌گسترده باقی می‌ماند. بنابراین در پهنای باند به کارگرفته شده توان سیگنال موردنظر بسیار بیشتر از توان سیگنال‌های تداخلی(سیگنال‌های سایر کاربران) بوده و از این رو سیگنال‌های اصلی قابل بازسازی است.
- فیدینگ : در یک کانال رادیویی، تنها یک مسیر بین فرستنده و گیرنده وجود ندارد و به‌واسطه وجود انعکاس‌ها و انحراف‌های موجود در مسیر، یک سیگنال از مسیرهای مختلف دریافت می‌شود. سیگنال‌های مسیرهای مختلف، همگی مشابه سیگنال‌های ارسالی بوده، اما اندازه، فاز، تاخیر و زاویه رسیدن آن‌ها متفاوت است. جمع-شدن این سیگنال‌ها در گیرنده، در برخی فرکانس‌ها، سازنده و در برخی دیگر غیرمفید و مخرب خواهد بود. در حوزه زمان، این امر به ایجاد سیگنال‌های پراکنده منجر می‌گردد. مدولاسیون طیف گسترده CDMA مبتنی بر مدولاسیون‌های مختلف بحث می‌شوند و ما پیرامون هر ساختار، چگونگی حذف تداخل چند مسیره را توضیح خواهیم داد.
- امنیت : تنها گیرنده‌ای که دارای کد مورد نظر باشد، قادر به متراکم‌کردن و استخراج سیگنال اطلاعاتی است.

[1] Correlate
[2] Despread

- حذف تداخل باندباریک : Correlate سیگنال کد با سیگنال باندباریک، توان سیگنال باندباریک را گسترده کرده و باعث کاهش توان تداخلی در پهنای‌باند اطلاعاتی خواهدشد. گیرنده، طیف سیگنال گسترده را که با یک سیگنال تداخلی باندباریک جمع شده است، دریافت می‌کند. در گیرنده، سیگنال طیف‌گسترده، متراکم می‌شود، در حالی‌که سیگنال تداخلی گسترده گردیده و به‌نظر می‌رسد که این سیگنال به صورت یک نویز پس‌زمینه به سیگنال اطلاعات اضافه شده‌است. اگر نویز پیش‌زمینه به‌وجود آمده، به اندازه کافی از انرژی ضعیف برخوردار باشد(در پهنای باند اطلاعات متراکم شده)، دمدولاسیون موفقیت‌آمیز خواهد بود.
- احتمال کم استراق‌سمع : به علت چگالی طیفی کم سیگنال ارسالی، گیرنده‌های غیرمجاز قادربه استراق‌سمع روی کانال رادیویی نیستند.

چندین تکنیک مدولاسیون برای تولید سیگنال‌های طیف‌گسترده وجود دارد که ما به بحث پیرامون آن‌ها خواهیم پرداخت :

- ❖ سیستم طیف‌گسترده با دنباله مستقیم : سیگنال حامل اطلاعات، مستقیما با یک کد گسترده طیف، با ریت بالا، ضرب می‌شود.
- ❖ سیستم طیف‌گسترده با پرش فرکانس : در این روش، فرکانس کریر سیگنال اطلاعات، متناظر با کد گسترنده، به طور متناوب تغییر می‌کند.
- ❖ سیستم طیف‌گسترده با پرش زمانی : سیگنال حامل اطلاعات، به طور پیوسته ارسال نشده، بلکه سیگنال در Burstهای کوتاه ارسال می‌شود. زمان این Burstها را کد گسترنده تعیین خواهد کرد.
- ❖ مدولاسیون هیبرید : در این روش، دو یا بیش از دو شیوه و تکنیک مدولاسیون گسترانینده طیف، که در بالا ذکر شد، به طور همزمان استفاده می‌شود. در این راستا، می‌خواهیم مزیت‌های روش‌های فوق، ترکیب و از معایب و نقایص آن‌ها کاسته شود.

علاوه‌بر آن‌چه که ذکر شد، امکان استفاده و ترکیب CDMA با سایر روش‌های دسترسی چندگانه، مانند : TDMA، مدولاسیون با چند کریر، MC و یا MT وجود دارد. در مورد MC-CDMA، گسترده شدن طیف در راستای محور فرکانس و در MT-CDMA بسط طیف در راستای محور زمان انجام خواهد شد. [17]

2-3- سیستم دنباله مستقیم[1]

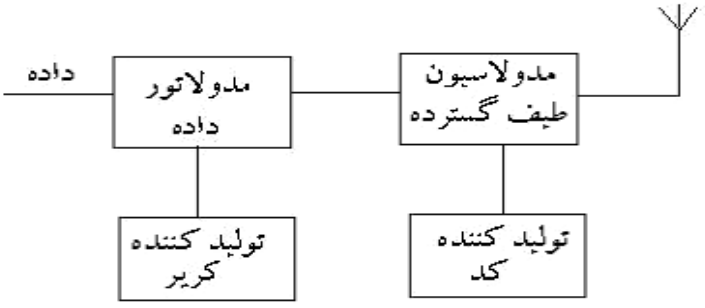
در سیستم DS-CDMA، سیگنال اطلاعات، مستقیما به‌وسیله یک سیگنال کد دیجیتال، زمان گسسته و مقدار گسسته، مدوله می‌شود. سیگنال داده، می‌تواند یک سیگنال آنالوگ و یا یک سیگنال دیجیتال باشد. در بیشتر موارد سیگنال

[1] Direct Sequence

موردنظر، یک سیگنال دیجیتال است. درمورد سیگنال‌های دیجیتال، مدولاسیون داده حذف و سیگنال داده مستقیما با سیگنال کد ضرب می‌شود. سیگنال حاصله، کریر باندپهن را مدوله خواهد کرد. عبارت DS-CDMA برگرفته از این عمل ضرب مستقیم است. [1][3][4]

در شکل (2-1)، بلوک دیاگرام یک فرستنده DS-CDMA آورده شده است. سیگنال باینری داده، حامل کریر RF[1] را مدوله می‌کند. سیگنال کریر نیز به‌وسیله یک سیگنال کد، مدوله می‌شود. سیگنال کد، حاوی تعدادی بیت‌های کد به نام چیپ[2] می‌باشد که مقادیر 1+ یا 1- دارند. برای دست‌یابی به ویژگی گستردگی طیف سیگنال، بایستی نرخ چیپ[3] سیگنال کد، از نرخ چیپ سیگنال اطلاعات بزرگ‌تر باشد.

برای مدولاسیون طیف‌گسترده، تکنیک‌های مختلفی استفاده می‌شود، اما معمولا، انواع مدولاسیون PSK مثل BPSK[4]، D-PSK یا MSK به‌کار گرفته می‌شود. اگر مدولاسیون داده را حذف و برای مدولاسیون کد، از تکنیک BPSK استفاده کنیم، بلوک دیاگرام شکل (2-2) را خواهیم داشت. ریت سیگنال کد، chip rate نامیده می‌شود. در شکل (2-2)، به ازای هر سمبل اطلاعاتی، تعداد ده chip code ارسال می‌شود. Chip rate، ده برابر ریت داده است. بنابراین بهره پردازش معادل ده خواهد بود. پس از ارسال سیگنال، گیرنده، همان‌طورکه در شکل (2-3) نشان داده شده است، سیگنال طیف گسترده را با استفاده از دنباله کد تولید شده، متراکم می‌سازد. برای انجام عمل متراکم‌سازی سیگنال، نه‌تنها گیرنده بایستی از دنباله کد گسترنده سیگنال مطلع باشد، بلکه بایستی کدهای سیگنال دریافتی و کد تولیدشده local همزمان باشند. همزمان‌سازی، بایستی از ابتدای دریافت سیگنال انجام شده و تا زمانی‌که کل سیگنال دریافت شود، ادامه یابد. بلوک کد Syncghronization/Tracking، این عمل را انجام می‌دهد.



شکل 2-1- بلوک دیاگرام یک فرستنده DS-SS [8]

[1] Radio Frequency
[2] Chip
[3] chip rate
[4] Binary Pulse Shift Keying