

کاربرد مخابرات طیف گسترده در سیستم‌های مخابرات سیار

حسن مرادی

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

hmoradi@altavista.com

چکیده: رشد تصاعدی حجم ترافیک از یک طرف و ضرورت نیاز به سرویس‌های جدید از طرف دیگر باعث ایجاد تغییر در ساختار شبکه‌های سیار گردیده است. همچنین شبکه‌های آینده مخابرات سیار باید از بازده بالا، ترکیب مختلف سرویس‌ها و نیز انعطاف قابل ملاحظه‌ای برخوردار باشند. برآوردن چنین نیازمندیهایی جز با بهره‌گیری مناسب از طیف فرکانسی و نیز انعطاف در مدیریت منابع رادیویی^۱ (RRM) این شبکه‌ها امکان پذیر نیست. در این راستا، بکارگیری تکنیک دستیابی چندگانه با تقسیم کد^۲ (CDMA) بصورت طیف گسترده^۳ (SS) برای سیستم‌های مخابراتی شخصی سیار و سلولی بسیار تاکید شده است که در این مقاله مروری بر مشخصات عمده این سیستم‌ها خواهیم داشت.

کلمات کلیدی: گسترش طیف، تکنیک CDMA، کدهای گسترش‌دهنده و دایورسیتی

۱- مقدمه

سیستم‌های CDMA از بازده طیفی بالایی برخوردارند [1]. این مزیت به همراه مزایای دیگری از قبیل ظرفیت بیشتر، مقاومت در برابر پدیده چند مسیری، حساسیت ذاتی کم نسبت به تداخل، قابلیت ضد اختلال، احتمال کم استراق سمع (LPI) و امنیت ذاتی بالادست به دست هم داده تا طراحان، این تکنولوژی انتقال رادیویی را برای برخی از سیستم‌های نسل دوم موبایل مثل IS-95 و بخصوص سیستم‌های نسل سوم انتخاب کنند. البته باید توجه داشت که اصلی‌ترین کاربرد مخابرات طیف گسترده، در کاربردهای نظامی به منظور استفاده از قابلیت‌های ضد اختلال و امن بودن آن می‌باشد.

۲- CDMA، اصول و ویژگی‌ها

در یک سیستم CDMA، سیگنال طیف گسترده (SS) که در یک باند فرکانسی بسیار وسیع تراز کمترین باند مورد لزوم برای انتقال آن گسترده شده است، منتقل می‌شود و همه کاربران سیستم می‌توانند از کل این باند فرکانسی مشترک استفاده کنند ولی کاربر کدی مجزا از دیگران در دسترس دارد. در یک تقسیم‌بندی کلی، سیستم‌های CDMA به سیستم‌های با دنباله مستقیم^۴ یا DS-SS، سیستم‌های پرش فرکانسی یا FH-SS،

1- Radio Resource Management

2- Code Division Multiple Access

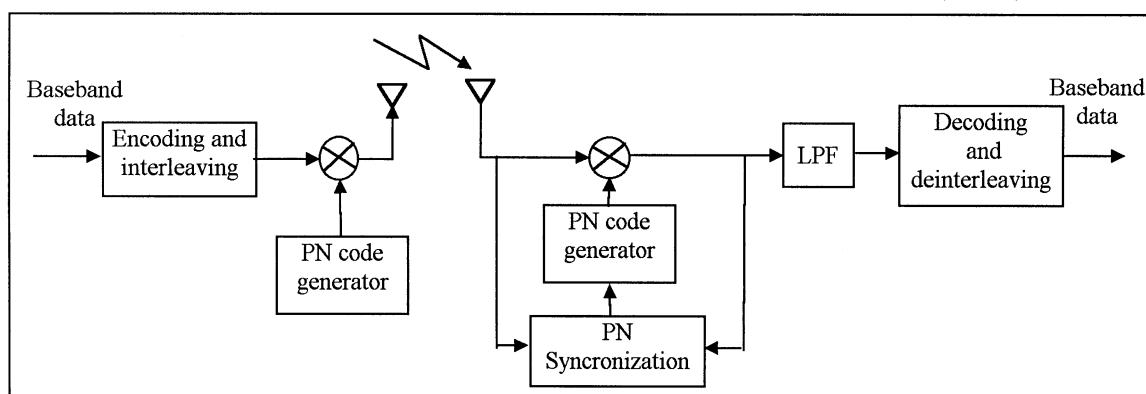
3- Spread Spectrum

4- Direct Sequence

سیستم‌های پرش زمانی یا TH-CDMA و سیستم‌های هیبرید تقسیم می‌شوند. در DS سیگنال اطلاعات به طور مستقیم در کد گسترش دهنده با نرخ چیپ بالا^۱ ضرب می‌شود. در FH نیز سیگنال حامل فرستنده طبق کد گسترش دهنده تغییر می‌یابد. در TH سیگنال ارسالی در زمان‌های پیوسته ارسال نشده بلکه در بسته‌های اطلاعاتی و در زمان‌های مطابق با کد گسترش دهنده ارسال می‌شود. در روش هیبرید نیز از ترکیب دو یا چند سیستم فوق به طور توأم به منظور افزایش راندمان سیستم استفاده می‌شود [1]. در اینجا تأکید روی سیستم‌های مبتنی بر DS-CDMA می‌باشد.

بلوک دیاگرام مدل باند پایه یک سیستم DS-CDMA در شکل ۱ دیده می‌شود. گسترش شامل ضرب دیتای ورودی در دنباله‌های شبه نویز^۲ (PN) که نرخ بیت آن (چیپ) بسیار بزرگتر از نرخ بیت دیتا است، می‌باشد. افزایش نرخ بیت دیتا، منجر به افزایش تداخل سیستم می‌گردد. نسبت نرخ بیت دنباله PN به نرخ بیت اطلاعات و یا نسبت پهنای باند ارسال به پهنای باند دیتا را بهره گسترش^۳ (SF) یا بهره پردازش^۴ (G_p) می‌نامند:

$$SF = G_p = \frac{\text{chip rate}}{\text{bit rate}} \quad (1)$$



شکل ۱: مدل باند پایه یک سیستم DS-SS

به منظور تفهیم عملکرد سیستم‌های CDMA، فرض کنید سیگنال پیام مربوط به کاربر شماره ۱، $m_1(t)$ باشد و همچنین کد $C_1(t)$ به این کاربر اختصاص داده شده باشد. در این صورت خروجی مدار گسترش این کاربر، سیگنال $C_1(t)m_1(t)$ خواهد بود. به همین ترتیب خروجی مدار گسترش کاربر شماره ۲ نیز سیگنال $C_2(t)m_2(t)$ است. این عمل گسترش طیف^۵ نامیده می‌شود. گیرنده برای آشکارسازی سیگنال پیام مربوط به کاربر شماره ۱، کد مربوطه یعنی $C_1(t)$ را در سیگنال دریافتی ضرب و سپس در محدوده زمانی یک بیت انتگرال‌گیری می‌کند. این عمل واگسترش طیف^۶ نامیده می‌شود که توسط یک همبسته‌گر^۷ یا یک فیلتر منطبق^۸ بر کد گسترش دهنده انجام

- 1- Chip Rate
- 2- Pseudo Noise
- 3- Spreading Factor
- 4- Processing Gain
- 5- Spreading
- 6- Despreading
- 7- Correlator
- 8- Matched Filter

می‌شود. در این صورت سیگنال دریافتی بدون در نظر گرفتن مولفه نویز با نماد $y(t)$ بیان و به صورت زیر می‌باشد:

$$y(t) = m_1(t)C_1(t) + m_2(t)C_2(t) \quad (2)$$

و سیگنال خروجی همبسته گر یا فیلتر منطبق بدین طریق است:

$$x(t) = \frac{1}{T} \int_0^T (m_1(t)C_1(t) + m_2(t)C_2(t)) C_1(t) dt \quad (3)$$

در این رابطه T طول یک بیت است، بنابراین $m_1(t)$ و $m_2(t)$ مقادیر ثابتی هستند. همچنین چنانچه فرض شود که $C_1^2(t) = 1$ باشد و $C_1(t)$ و $C_2(t)$ در محدوده بیت متعامد باشند، آنگاه سیگنال خروجی فیلتر منطبق بدین صورت خواهد بود:

$$x(t) = m_1(t) \quad (4)$$

که همان سیگنال پیام کاربر شماره ۱ است. بنابراین با انتخاب کدهای متعامد در گسترش طیف می‌توان سیگنال‌های کاربران مختلف را از هم جدا نمود [1].

از آنجا که سیگنال پیام و سیگنال کد از هم مستقل اند، تابع همبستگی سیگنال حاصلضرب، حاصلضرب توابع همبستگی است. بنابراین با توجه به قضیه کانولوشن، چگالی طیف توان سیگنال گسترده شده، کانولوشن چگالی طیف توان سیگنال‌های پیام خواهد بود و در این صورت پهنای باند سیگنال ارسالی برابر با مجموع پهنای باند دو سیگنال پیام و کد است [1]. در صورتی که پهنای باند سیگنال کد بسیار بزرگتر از پهنای باند سیگنال پیام باشد، پهنای باند سیگنال نتیجه همان پهنای باند کد گسترش دهنده است.

۳- ساختار CDMA

به طور کلی فرستنده هر سیستم CDMA متشکل از سه بخش مدولاسیون دیتا، گسترش و مدولاسیون گسترش است و در گیرنده نیز عملیات عکس انجام می‌گیرد. در بخش مدولاسیون دیتا بیت‌های باینری دیتا طبق یک قرارداد از قبل تعیین شده به سمبل‌های قابل ارسال نگاشته می‌شوند. این قرارداد می‌تواند تطبیق -1 و 1 و $0 \Rightarrow 1$ باشد. همچنین کد گری^۱ با قاعده $10 \Rightarrow 1-j$, $11 \Rightarrow -1-j$, $01 \Rightarrow -1+j$, $00 \Rightarrow 1+j$ یا هر قرارداد دیگری برای مدولاسیون QPSK می‌تواند مناسب باشد. بسته به نحوه ضرب دنباله‌های کد در دیتا، مدارهای گسترش مختلفی می‌توان طراحی نمود. مدولاسیون گسترش نیز شامل عملیات اضافه نمودن سیگنال حامل به سیگنال طیف گسترده باند پایه است که برای CDMA باند وسیع، مدولاسیون‌های BPSK و QPSK از راندمان خوبی برخوردارند [2].

مدار گسترش باینری ساده‌ترین نوع گسترش است که در آن تنها به یک دنباله کد نیاز است. چنین مداری نسبت به تداخل از حساسیت بیشتری برخوردار است. در مدار گسترش دوکاناله^۲ نیز دنباله کد یک مقدار مختلط بوده، بدین معنی که هر کد گسترش دهنده خود از دو کد تشکیل شده است که قسمت‌های حقیقی و

1- Gray encoding

2- Dual-channel

مختلط آن به ترتیب در قسمت‌های حقیقی و مختلط بیت‌های دیتا ضرب می‌شود. همچنین گسترش مختلط^۱ نیز قابل پیاده‌سازی است که در آن یا از یک کد مختلط و یا از دو کد مستقل جهت گسترش طیف استفاده می‌شود. یکی از مزایای گسترش مختلط کاهش مقدار پیک سیگنال به متوسط^۲ آن است [2, 3].

۴- کدهای مورد استفاده در سیستم‌های CDMA

کدهای PN که کدهای شبه تصادفی نیز نامیده می‌شوند و توسط ثبات‌های انتقال دهنده^۳ تولید می‌شوند، از مرسوم‌ترین کدها در CDMA هستند. فرستنده یک سیستم DS-CDMA، سیگنال اطلاعات را توسط یک کد گسترش مدوله می‌نماید و سیگنال دریافتی در گیرنده با نمونه مشابه آن کد همبسته می‌شود. ناچیز بودن همبستگی متقابل میان کانال‌های کاربران مختلف به منظور حذف تداخل ناشی از دستیابی چندگانگی آن، حائز اهمیت است. همچنین خواص خود همبستگی خوب برای همزمان‌سازی اولیه و نیز تمییز مولفه‌های چند مسیری به نوبه خود از درجه اهمیت برخوردار است.

نوع دیگری از کدهای گسترش دهنده، کدهای متعامد^۴ است. کدهای متعامد برای تأخیر صفر، کاملاً متعامد هستند و برای تأخیر غیر صفر، دارای خواص همبستگی خوبی نیستند. بنابراین کدهای متعامد صرفاً برای کاربردهای همزمان مناسب هستند. همبستگی متقابل میان کدهای متعامد در انتقال همزمان صفر است. این کدها برای کانال‌سازی و جداسازی کانالها در سیستم‌های DS-CDMA بکار می‌روند. کدهای Walsh بکار گرفته شده در سیستم موبایل IS-95 نمونه‌ای از کدهای متعامد هستند [4]. در این نوع کد تعداد کدها با تعداد چیپ‌ها برابر است و می‌توانند از طول متغیر برخوردار باشند. به عنوان مثال ۱۲۸ کد به طول ۱۲۸ وجود دارد.

باید توجه داشت که چنانچه عمل واگسترش بروی سیگنال‌های کاربران دیگر که نقش تداخل دارند انجام گیرد، هیچ گونه واگسترشی حاصل نمی‌شود. بنابراین هر سیگنال طیف گسترده باید با دیگر سیگنال‌های گسترده در همان طیف ناهمبسته باشد. به عبارتی کدهای CDMA باید از مقدار همبستگی متقابل کمی برخوردار باشند. بکارگیری کدهای گسترش متعامد (غیراز PN) با همبستگی متقابل صفر در جهت بهبود بازده طیفی سیستم‌های CDMA است [4]. در ادامه به معرفی انواع کدهای مورد استفاده در مخابرات طیف گسترده پرداخته می‌شود.

۴-۱- دنباله‌های با طول ماکزیمم یا m-دنباله‌ها^۵

طبق تعریف، دنباله‌های با طول ماکزیمم بلندترین کدهای PN هستند که توسط یک شیفت رجیستر با فیدبک خطی یا یک المان تأخیر تولید می‌شوند. در این صورت پریود کد به بیشترین مقدار قابل انتظار رسیده است. اگر چه این دنباله‌ها دارای خواص خودهمبستگی خوبی هستند، ولی دارای خواص همبستگی متقابل خوبی نیستند و لذا جهت یک ارسال غیرهمزمان مناسب نمی‌باشند.

1- Complex Spreading
2- Peak to Average Ratio
3- Shift Register
4- Orthogonal Code
5- m-sequence

۴-۲- کدهای Gold

یکی از مهمترین اهداف طراحان سیستم‌های طیف گسترده این است که کدها یا شکل موجهای گسترش دهنده‌ای بیابند که مقدار هرچه بیشتری از کاربران بتوانند از طیف فرکانسی مشترک با کمترین تداخل از آنها استفاده کنند. از آنجا که دنباله‌های Gold مقدار زیادی کد تولید می‌کنند و دارای خواص همبستگی متقابل خوبی می‌باشند، می‌توانند در این مورد مناسب باشند. کدهای Gold به عنوان کدهای Scrambling بلند در هر دو لینک WCDMA مورد استفاده قرار گرفته‌اند [5].

۴-۳- دنباله‌های Kasami

این کدها به لحاظ دارا بودن مقدار همبستگی متقابل کم، از کدهای بسیار مهم در مخابرات طیف گسترده هستند. از موارد استفاده این کدها کدهای Scrambling کوتاه می‌باشد که در لینک بالای WCDMA بکار گرفته شده‌اند [5].

۴-۴- کدهای متعامد با طول متغیر

از آنجا که پهنای باند سیگنال گسترده شده برای همه کاربران یکسان و مشترک است، انتقال با نرخ چندگانه مورد نیاز بوده و وجود بهره‌های گسترش متغیر در کانالهای فیزیکی را لازم می‌دارد. فرض کنید هر بیت سرویس با کمترین نرخ ارسال R_{min} بوسیله کدی بطول $N=2^n$ گسترده شود. نظر به اینکه پهنای بیت در نرخ ارسال $2R_{min}$ نصف پهنای بیت نرخ می‌نیم است، یک کد گسترش دهنده به طول $N/2=2^{n-1}$ نیاز دارد و به طور کلی کد بطول 2^{n-k} برای نرخ بیت $2^k R_{min}$ نیاز است. بسته به کمترین و بیشترین نرخ‌های ارسال معین، محدوده طول کد بدست می‌آید.

۵- گسترش چند گانه^۱

گسترش چند گانه در جهت تحقق سیستم اعطاف‌پذیر است. تعامد میان کانال‌ها با ضرب اطلاعات هر کاربر در دنباله‌ای که بر دیگر کاربران همان سلول عمود است، حاصل می‌شود. این سیگنال طیف گسترده، پس از آن در دنباله‌های شبه تصادفی PN ضرب می‌گردد. بنابراین عمل گسترش طی دو مرحله انجام می‌شود [5]. البته باید در نظر داشت که چنانچه نرخ چپ هر دو گسترش یکسان باشد، گسترش دوم در واقع نقشی در وسیع تر نمودن پهنای باند سیگنال نخواهد داشت.

۶- انتقال چند مسیری^۲، کانال مخابراتی و گیرنده Rake در سیستم‌های CDMA

هر سیگنال طیف گسترده با دنباله‌های مستقیم از یک کانال چند مسیری عبور می‌کند. در یک کانال چند مسیری، سیگنال اولیه ارسالی توسط موانع مختلف مثل ساختمانها و زمین منعکس می‌شود و گیرنده چندین سیگنال مشابه با تأخیرهای متفاوت دریافت می‌کند. در این صورت برای هریک از سیگنالهای چند مسیری

1- Multiple spreading

2- Multipath

سیگنالهای دیگر نقش تداخل دارند. یکی از تدابیری که باعث حل مشکل سیگنالهای چندمسیری می شود، استفاده از گیرنده Rake است [6, 7].

هر کدام از شاخه های Rake^۱، سیگنال دریافتی را توسط یک همبسته گر واگسترش^۲ می کند. برای دمدولاسیون همدوس، سیگنال واگسترش شده در یک مزدوج بهره مختلط مسیر مربوطه ضرب می شود تا برخطای فاز غلبه کند و هر شاخه را با توجه به روال ترکیبی که برای ترکیب کننده تعیین شده است، بسنجد. پس از ترکیب سیگنالهای بوجود آمده از شاخه های مختلف Rake، وادرم نهی و کدگشایی^۳ مربوط به کدینگ کانال انجام می گیرد. تعداد شاخه های Rake به طرح کانال و نرخ گسترش بستگی دارد. نرخ گسترش بالا معادل افزایش تعداد مسیرهای قابل تفکیک است و در نتیجه بهبود عملکرد گیرنده Rake، به بهای پیچیدگی بیشتر آن می گردد [6]. باید توجه داشت که در یک کانال مخابراتی برای یک تأخیر زمانی معین، تعداد زیادی مسیر که اختلاف زمانی آنها در حدود نصف طول موج است، وقتی که با پهنای چپ مقایسه شود، تقریباً به طور همزمان دریافت می شوند. در این صورت محوشدگی سیگنال^۴ و به اصطلاح پدیده فیدینگ رخ داده و با حرکت گیرنده حتی برای مسافت کم نیز این حذف شدت می یابد. به عبارت دیگر با جمع تعداد زیادی از سیگنالهای شیفته یافته فاز و با تضعیف های متفاوت، فیدینگ یا محوشدگی^۵ سیگنال اتفاق می افتد [7]. بکارگیری گیرنده Rake (به عنوان دایورسیتی چندمسیری^۶)، کنترل توان، کدینگ و درهم نهی و مکانیزم های ارسال مجدد (به عنوان دایورسیتی زمان^۷) در جهت مقابله با اثر محوشدگی است که در تکنولوژی WCDMA نیز منظور شده است.

۷- روشهای ترکیب دایورسیتی چندمسیری

همانطور که در بخش قبل بیان شد، بکارگیری دایورسیتی در کانالهای مخابراتی چندمسیری دارای فیدینگ، کارایی سیستم های مخابراتی DS-CDMA را بهبود می بخشد. در یک کانال چندمسیری سیگنال توسط موانع مختلف در مسیرهای مختلف منعکس شده و به گیرنده می رسد. وقتی که تأخیر زمانی میان مسیرهای مختلف به اندازه کافی بزرگ باشد که تعداد معینی از مسیرها در گیرنده تمییز داده شوند، آنگاه بدون وجود دایورسیتی آنتن می توان به نوعی این مسیرها را از هم تفکیک کرد. در این نوع دایورسیتی کرد. در این نوع دایورسیتی که اصول آن در شکل ۲ دیده می شود، K مسیر مجزا میان فرستنده و گیرنده منظور گردیده که اختلاف زمانی آنها بیشتر از طول یک چپ است.

1- RAKE Finger

2- Despread

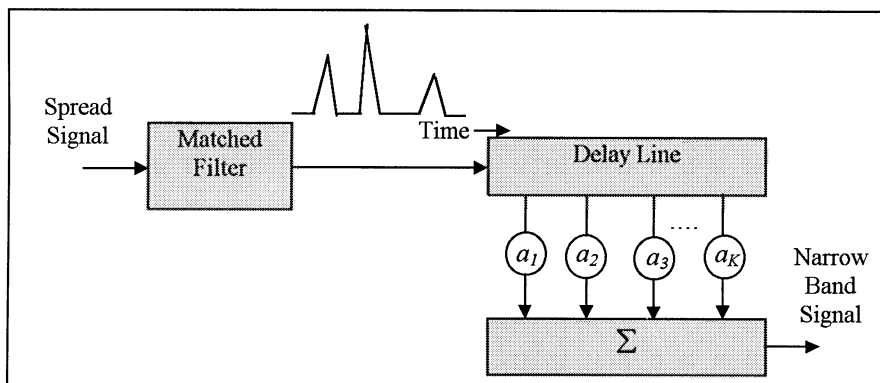
3- Decoding

4- Signal cancellation

5- Fading

6- Multipath diversity

7- Time diversity



شکل ۲: گیرنده با ترکیب کننده دایورسیتی چند مسیری

با این توصیف در خروجی فیلتر منطبق گیرنده K پیک وجود دارد و در نتیجه در خروجی فیلتر نوعی ترکیب کننده نیاز است که بتواند این K مسیر را با توجه به روشی معین، با هم ترکیب کند. در این راستا سه نوع روش می‌توان در نظر گرفت. در روش ترکیب انتخابی^۱ (SC) سیگنال با بیشترین توان برگزیده شده و بقیه سیگنال‌ها نادیده گرفته می‌شود. در این روش چنانچه مسیر i ام دارای بیشترین توان باشد، آنگاه a_i برابر با ۱ یا یک عدد ثابت لحاظ می‌شود و a_j ($i \neq j$) بقیه شاخه‌ها مساوی صفر قرار داده می‌شود.

در روش ترکیب با نسبت ماکزیمم^۲ (MRC) نیز تأثیر سیگنال‌ها در خروجی ترکیب کننده متناسب با توان آن است. به عبارت دیگر ضریب a_k برابر مزدوج مختلط مسیر k ام است. در روش ترکیب با بهره مساوی^۳ (ERC) نیز همه a_k ها مساوی و برابر با یک مقدار ثابت هستند. البته قبل از ترکیب، فاز مسیرها جبران می‌شود [7].

۸- تخمین کانال و کاهش اثرات نامطلوب کانال

در یک سیستم DS-SS هم‌دوس در هر دولینک، بیت‌های Pilot بصورت پریودیک در هر شکاف زمانی جهت تخمین کانالهای فیدینگ ارسال می‌شود [3]. ارسال این علائم می‌تواند هم به صورت تسهیم کد (موازی با سیگنال اطلاعات) و هم به صورت تسهیم زمانی (سری با سیگنال اطلاعات) به همراه سیگنال اطلاعات اختصاصی کاربر ارسال شود. لازم به توضیح است که در صورت بکارگیری کانال Pilot موازی، این کانال توسط دنباله‌ای عمود بر دنباله کانال دیتا گسترده می‌شود. در ارسال سری، هر شکاف زمانی بیت‌های ارسالی ترکیبی از N_s بیت دیتا و N_p بیت Pilot است.

سیگنال دریافتی توسط فیلترهای منطبق^۴ و گسترش شده و به چند سیگنال مدوله شده باند باریک که در چند مسیر مختلف با تأخیرهای مختلف به گیرنده رسیده است، تقسیم می‌شود. تخمین کانال با توجه به اطلاعات Pilot بر روی هریک از این سیگنال‌های باند باریک انجام گرفته و هریک از این سیگنال‌ها در مزدوج مختلط تخمین کانال ضرب شده و در یک ترکیب کننده هم‌دوس با دیگر سیگنال‌ها جمع می‌شود تا اثرات نامطلوب کانال را کاهش دهد [6].

1- Selection Combining

2- Maximum Ratio Combining

3- Equal Ratio Combining

4- Matched Filter

۹- کنترل توان^۱ (TPC)

همانطور که قبلا نیز گفته شد، لینک‌های رادیویی DS-CDMA در مقابل تداخل تا حدی مقاوم هستند. ولی از آنجا که همه کاربران سیستم سیگنال خود را در پهنای باند یکسان و در زمانهای یکسان ارسال می‌کنند، چنانچه از کدهای کاملاً متعامد استفاده نکنند، دچار تداخل خواهند شد. این تداخل، تداخل دستیابی چندگانه^۲ (MAI) نامیده می‌شود. از طرفی باتوجه به طبیعت ذاتی انتشار امواج، کاربری که فاصله کمتری با گیرنده دارد میزان تداخل بیشتری را به دیگر کاربران اعمال می‌کند. این پدیده اثر نزدیک-دور^۳ نامیده می‌شود. در مکانیزم کنترل توان که برای مقابله با این پدیده به کار می‌رود، کاربرانی که فاصله کمتری تا ایستگاه ثابت دارند، توان کمتری ارسال می‌کنند. کنترل توان در لینک بالا از اهمیت بالاتری برخوردار است. روش‌ها و الگوریتم‌های مختلفی برای اجرای این نوع کنترل وجود دارد [8].

۱۰- نتیجه‌گیری

به منظور دستیابی به بازده طیفی مناسب در سیستم‌های مخابرات سیار، تکنیک CDMA به عنوان یکی از روش‌های دستیابی چندگانه از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. امروزه، نظر به خصوصیات خوب این تکنیک اغلب سیستم‌های مخابراتی سیار جهان دارای تمایل زیادی به منظور دستیابی به اهداف خود می‌باشند به طوری که بخش رادیویی نسل آینده مخابرات موبایل بر اساس مخابرات طیف گسترده طراحی شده است. با وجود مزایای وافر سیستم‌های مبتنی بر CDMA، معایب و مشکلاتی نیز مثل پدیده دور و نزدیک و مشکل چندمسیری وجود دارد که هر کدام با ارائه راهکارهایی مناسب و عملی قابل رفع می‌باشند که در این مقاله به این راهکارها اشاره‌ای گردید.

۱۱- مراجع

- 1- R. L. Peterson, R. E. Ziemer, and D. E. Borth, "An Introduction to Spread Spectrum Communications," Prentice-Hall Inc., 1995.
- 2- T. Ojanpera, and R. Prasad, "Wideband CDMA for Third Generation Mobile Communications," Artech House, 1998.
- 3- T. Ojanpera, and R. Prasad, "An Overview of Air Interface Multiple Access for IMT-2000/UMTS," IEEE Commun. Mag., pp. 82-95, Sept. 1998.
- 4- E. H. Dinan, and B. Jabbari, "Spreading Codes for Direct Sequence CDMA and Wideband CDMA Cellular Networks," IEEE Commun. Mag., pp. 48-54, Sept. 1998.
- 5- H. Holma, A. Toskala, "WCDMA for UMTS," England, John Wiley & Sons Ltd, 2000.
- 6- H. Andoh, M. Sawahashi, and F. Adachi, "Channel Estimation Using Time Multiplexed Pilot Symbols for Coherent Rake Combining for DS-CDMA Mobile Radio," Proceedings IEEE PIMRC'97, Helsinki, Finland, pp. 954-958, Sept. 1997.
- 7- R. Esmailzadeh, and M. Nakagawa, "Pre-Rake Diversity Combination for Direct Sequence Spread Spectrum Communications Systems," pp. 463-467, 1993.
- 8- M. L. Sim, E. Gunawan, C. B. Soh, and B. H. Soong, "Characteristics of Closed Loop Power Control Algorithm for a Cellular DS-CDMA System," IEE Proceeding on Communications, vol. 145, No. 5, pp. 355-362, October 1998.

1- Transmi Power Control

2- Multiple Access Intereference

3- Near-far Effect