Vol. 2, No. 5, Jan-Mar 2023,(80-95)
Journal of New Achievements in Electrical, Computer and Technology (JNAECT)
مجله دستاوردهای نوین در برق،کامپیوتر و فناوری
دوره ۲، شماره ۵، زمستان ۱۴۰۱ (۹۵-۸۰)
journal homepage: https://jnaect.ir

طراحی گیرنده‌ی شانه‌ای طیف گسترده دنباله مستقیم کد بلند به‌منظور مقابله با اختلالِ تکرارکننده

دانیال رحیمی[۱]، حامد احمدیان یزدی[۲]، محمدعلی خاک آجی[۳]

[۱] پژوهشگر، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، mohammadpajehali@yahoo.com
[۲] استادیار، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، kphahmad@ihu.ac.ir
[۲] دانشجو دکتری، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات، ma961khak@gmail.com

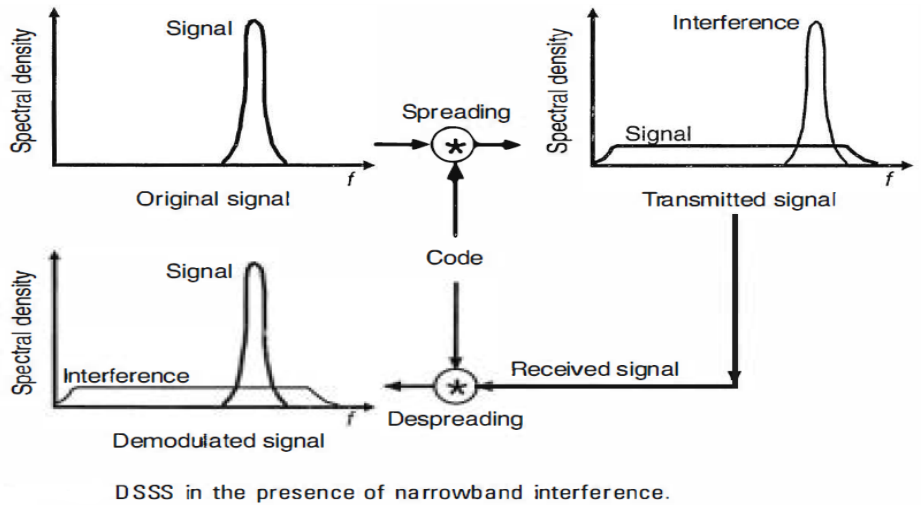
چکیده

برای مقاوم‌سازی لینک‌های طیف گسترده دنباله مسقیم در برابر انواع آشکارسازی، شنود و فریب، از طراحی کد با طول تکرار بسیار بالا استفاده می‌شود. هم‌زمان‌سازی از مهم‌ترین بخش‌های یک سیستم طیف گسترده محسوب می‌شود. با فرض کانال رایسین سیگنال منتشرشده، از مسیرهای مختلف به گیرنده می‌رسد و با به‌کارگیری گیرنده‌ی شانه‌ای و اصلاح تأخیر هر مسیر، سیگنال‌ها باهم ترکیب می‌شوند. در گیرنده‌ی طیف گسترده دنباله مستقیم، سیگنال از مسیر مستقیم و مسیر انعکاسی دریافت می‌شود. با توجه به اینکه اختلال تکرارکننده مانع ره‌گیری کد می‌شود، به‌منظور مقابله با آن از گیرنده‌ی شانه‌ای استفاده‌شده است. در این تحقیق اختلال تکرارکننده و اثر آن بر روی ره‌گیری کد بررسی و شبیه‌سازی‌شده و عملکرد سیستم طیف گسترده‌ی دنباله مستقیم تمام کد بلند بر اساس نسبت خطای بیت در شرایط حضور و عدم حضور اختلال تکرارکننده مقایسه می‌شود. سپس یک روش ابداعی که نوآوری اصلی این تحقیق می‌باشد با عنوان گیرنده‌ی شانه‌ای هوشمند ارائه می‌شود که گیرنده‌ی شانه‌ای برای مقابله با اختلال و افزایش نرخ سیگنال به نویز با تفکیک قائل شدن بین مسیر اختلال تکرارکننده و مسیر دیدمستقیم و سیگنال چندمسیره، اثر اختلال تکرارکننده را از بین می‌برد.

واژه‌های کلیدی: کد بلند، طیف گسترده، گیرنده‌ی شانه‌ای، ره‌گیری، اختلال

۱- مقدمه

سیستم‌های طیف گسترده دنباله مستقیم طیف سیگنال را در یک پهنای باند وسیع پخش می‌کند، دلیل این کار این است که امکان شنود توسط گیرنده غیرمجاز دشوار می‌شود و اثر تداخل روی این سیستم‌ها به‌مراتب کمتر از سیستم‌های مرسوم است. درواقع سیگنال طیف گسترده دنباله مستقیم از حاصل‌ضرب کد گسترش طیف متناوب در سیگنال داده‌ها به دست می‌آید و سبب پخش شدن انرژی سیگنال در یک محدوده فرکانسی می‌شود که این در شکل(۱) نشان داده‌شده است. در سیستم کد کوتاه، در هر سمبل داده یک دوره متناوب از کد گسترش طیف قرار می‌گیرد. یعنی $T_s = N_c T_c$ و درنتیجه بهره پردازش[1] چنین سیستم‌هایی معادل $PG = {T_s}/{T_c} = N_c$ خواهد بود. درنتیجه با کاهش T_c، بهره پردازش سیگنال افزایش می‌یابد و این امر موجب کاهش سطح توان موردنیاز جهت ارسال سیگنال می‌گردد. ازاین‌جهت چنین سیستم‌هایی مناسب کاربردهای نظامی هستند[1].



شکل (۱): تکنیک طیف گسترده برای بالا بردن امنیت سیستم مخابراتی در حضور تداخل باند باریک[1].

در سیستم کد بلند، در هر دوره از کد گسترش طیف تعداد زیادی سمبل داده قرار می‌گیرد. یعنی $N_c T_c >> T_s$. اگر فرض کنیم $N_c T_c = N T_s$ که در آن N عددی نسبتاً بزرگ می‌باشد، بهره پردازش این سیستم با ضریب 1/N نسبت به قبل کاهش می‌یابد، یعنی $T_s / T_c = N_c / N$. یکی از مهم‌ترین علل معرفی شدن سیستم‌های کد بلند، افزایش نرخ ارسال داده می‌باشد و همان‌طور که مشاهده شد، این کار با هزینه کاهش بهره پردازش توأم خواهد بود. به‌طورکلی در این سیستم بین نرخ ارسال اطلاعات و بهره پردازش سیستم ارتباط معکوس وجود دارد. همچنین همان‌طور که می‌دانیم به‌منظور حفظ توان آشکارسازی داده‌ها درگیرنده، متناسب با کاهش بهره پردازش، باید توان سیگنال ارسالی افزایش یابد.

به‌طورکلی مودم‌های طیف گسترده عموماً از دو تکنیک کد کوتاه و کد بلند استفاده می‌کنند. استفاده از کدهای بلند در مودم‌ها دارای دو عیب ذاتی است.

۱- افزایش پیچیدگی الگوریتم سنکرون سازی گیرنده

۲- افزایش زمان سنکرون سازی

باوجوداین عیب‌ها در صورت طراحی حساب‌شده، استفاده از کدهای بلند منجر به ویژگی‌های منحصربه‌فردی در مودم‌های موجود می‌گردد که عبارت‌اند از:

- از بین رفتن خاصیت ایستان چرخشی (دوره‌ای) با طول سمبل

[1] Processing Gain

- مقاومت بسیار بالا نسبت به تکنیک‌های تداخل هوشمند
- افزایش امنیت اطلاعات در لایه فیزیکی

هر یک از ویژگی‌های فوق دارای آثار مثبتی در یک ارتباط نظامی موفق هستند، لذا استفاده از کدهای بلند را در این سیستم ها جذاب می‌کند.

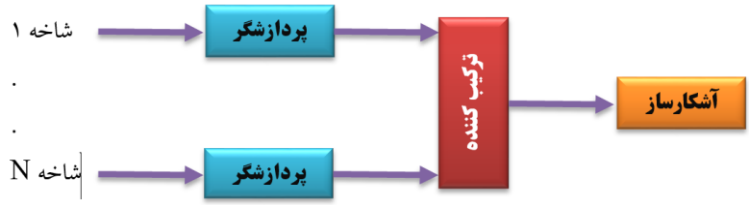
روش تاشدگی دوگانه از مطرح‌ترین الگوریتم در این حوزه بوده و می‌تواند زمان همزمانسازی در شرایط تأخیر زمان کانال جبران کند. چالش اصلی در این الگوریتم وجود شرایط داپلری بالا بوده و درصورتی‌که فرکانس داپلر به‌درستی جبران نشود، منجر به کاهش احتمال آشکارسازی خواهد شد[2].

در اغلب سیستم‌های مخابراتی طیف گسترده از گیرنده شانه‌ای استفاده‌شده است، درواقع چون کانال با محوشدگی چندمسیره می‌تواند تضعیف زیادی در قدرت سیگنال ایجاد کند، پس برای جبران سازی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. در گیرنده با به‌کارگیری گیرنده‌ی شانه‌ای می‌توان اجزای سیگنال منتشرشده در مسیرهای مختلف را باهم ترکیب نمود و به این طریق میزان سیگنال به نویز (SNR)[۲] افزایش‌یافته و کارایی لینک بهبود می‌یابد. در این فصل روش‌های موجود برای ترکیب شاخه‌های گیرنده‌ی شانه‌ای معرفی می‌شود و برای اینکه بتوانیم کارایی خوبی در گیرنده موردنظرمان داشته باشیم و با توجه به محوشدگی رایس کانال، مناسب‌ترین ساختار انتخاب می‌شود. همچنین نتایج شبیه‌سازی در شرایط حضور و عدم حضور اختلال تکرارکننده در انتهای فصل آورده شده است. بسیاری از سیستم‌های ارتباطی، مثل سیستم‌های بی‌سیم سلولی، در محیط‌های با تداخل و پهنای باند محدود عمل می‌کنند، که در آن ویژگی‌های انتشار بسیار پیچیده‌تر است و چندمسیرگی باعث محوشدگی می‌شود که مشکل شایعی هستند[۳]. تعداد مدل‌های زیادی برای توصیف اطلاعات دامنه و فاز سیگنال‌های محوشده در کانال چندمسیره ارائه‌شده‌اند[۴]. نوسانات سریع توان سیگنال دریافتی، با توجه به اثرات چندمسیرگی معمولاً با مدل‌های Rayleigh , Rician, Nakagami یا Weibull توصیف می‌شوند. به‌منظور کاهش اثرات محوشدگی چندمسیره و همچنین اثرات تداخل کانال، ساختارهای پیچیده‌ی گیرنده، با استفاده از طرح پیچیده‌ی هم‌زمان‌سازی، دمدولاتور، تخمین گر سمبل، دایورسیتی و تکنیک‌های چند ورودی چند خروجی اغلب اعمال می‌شود [۵]. یک روش کارآمد برای کاهش اثرات محوشدگی، استفاده از آنتن‌های متعدد در گیرنده است، که دایورسیتی فضا نامیده می‌شود و بدون افزایش توان انتقال و پهنای باند باعث بهبود اطمینان انتقال درصورتی‌که ظرفیت کانال افزایش یابد، می‌شود[5,6]. همچنین ترکیب گیرنده‌ی شانه‌ای و بیم فرمینگ آنتن هوشمند برای WCDMA در مرجع [7,8] بیان‌شده است و احتمال خطای بیت برای گیرنده‌ی شانه‌ای در کانال چندمسیره در مرجع [9,10] محاسبه‌شده است.

۱-۱- گیرنده شانه‌ای

گیرنده‌ی شانه‌ای برای نخستین بار توسط پرایس[۳] و گرین[۴] در سال ۱۹۵۸ بیان شد[۱۱]. گیرنده‌ی شانه‌ای انرژی سیگنال دریافتی از همه‌ی مسیرها که با تأخیر رسیده‌اند و حامل اطلاعات مشابه هستند را جمع می‌کند[۱۱]. گیرنده‌ی شانه‌ای به‌طور خلاصه که مفهوم کلی را برساند در شکل ۲ نشان داده‌شده است. با توجه به وجود چندمسیرگی، سیگنال دریافتی، علاوه بر سیگنال دیدمستقیم شامل سیگنال‌های مشابه با توان و تأخیرهای متفاوت می‌باشد. هدف اصلی گیرنده‌ی شانه‌ای پردازش سیگنال‌های دریافتی از مسیرهای مختلف و بهره گرفتن از آن‌ها می‌باشد. به همین منظور گیرنده‌ی شانه‌ای از شاخه‌های مختلفی استفاده می‌کند که هر شاخه جداگانه سیگنال‌های دریافتی را پردازش می‌کند و درنهایت باهم دیگر ترکیب می‌کند[۱۱]. با استفاده از تکنیک‌های ترکیب، احتمال خطای بیت کاهش‌یافته و بهره‌ی گیرنده افزایش می‌یابد.

[2] Signal noise ratio
[3] Price
[4] Green



شکل (۲): مفهوم کلی گیرنده‌ی شانه‌ای

گیرنده‌ی شانه‌ای در سیستم طیف گسترده‌ی دنباله مستقیم با سیگنال تداخل به‌صورت نویز برخورد می‌کند[۱۱]. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌کنید گیرنده‌ی شانه‌ای شامل آشکارساز، ترکیب‌کننده و شاخه‌هایی است که پردازش را انجام می‌دهند. هر شاخه پردازش خاص خود را دارد و هدف اصلی، ترکیب سیگنال از خروجی شاخه‌ها می‌باشد، همچنین وزن بزرگ‌تر به شاخه‌ای که دارای سیگنال با توان بیشتر است اختصاص دارد[۱۱]. درنهایت آشکارساز تشخیص می‌دهد که چه بیتی ارسال‌شده است.

۲-۱- انواع گیرنده شانه‌ای

- گیرنده شانه‌ای ایده آل:

در حالت ایده آل باید تمامی توان‌های سیگنال دریافتی را با داشتن شاخه‌هایی برابر با تعداد اجزای چند مسیری تسخیر نمود. چنین گیرنده‌ای باقابلیتی این‌چنینی گیرنده ایده آل شانه‌ای نامیده می‌شود و تحت عناوین [۵] A-شانه‌ای و [۶] I-شانه‌ای معروف است.

مشکل چنین گیرنده‌ای ازلحاظ عملی تعداد شاخه‌های نامحدودش بوده و لذا عملاً قابل پیاده‌سازی نخواهد بود. در حالت ایده آل می‌توان به کارایی نزدیک به کانال گوسی بدون فیدینگ رسید.

- گیرنده شانه‌ای انتخابی:

درصورتی‌که فقط L_r مسیر با توان بالاتر انتخاب شود، گیرنده S-شانه‌ای[۷] خواهیم داشت. کارایی چنین گیرنده‌ای نسبت به گیرنده تک شاخه‌ای بسیار بهتر بوده و اندکی نسبت به A-شانه‌ای کارایی کمتری دارد. مسلماً به دلیل کاهش قابل‌توجه تعداد شاخه‌های گیرنده پیچیدگی به‌شدت کاهش می‌یابد. بسته به اینکه پروفایل توان کانال فیدینگ چگونه است ممکن است مسیرهای انتخاب‌شده با فواصل تأخیر یکسان یا متفاوت باشد و لزوماً مسیرهای با کمترین تأخیر نخواهد بود.

- گیرنده شانه‌ای جزئی:

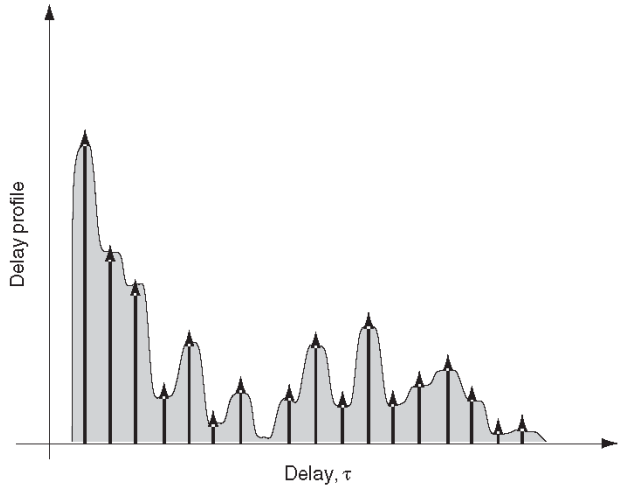
گیرنده‌ی P-شانه‌ای[۸] تقریب ساده‌شده‌ای از گیرنده S-شانه‌ای می‌باشد که در آن سیگنال‌های L_r مسیر اول با حداقل تأخیر باهم ترکیب می‌شوند. دلیل این کار این است که اغلب اجزای چند مسیری با تأخیر کمتر مسیرهای با توان بالاتری هستند. مشکل اینجاست که این فرض همواره درست نیست و لذا با کمک این روش کارایی ممکن است از روش‌های قبلی بسیار کمتر باشد.

۳-۱- مقایسه‌ی انواع گیرنده‌ی شانه‌ای

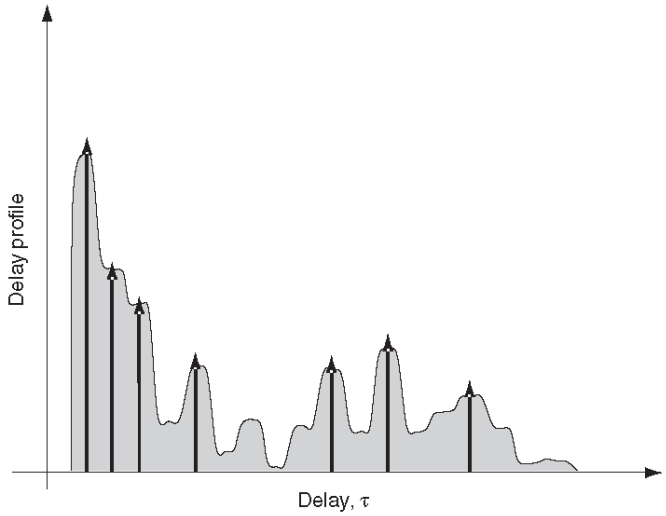
برای درک مفهوم این سه روش در شکل ۳، شکل ۴و شکل ۵ پروفایل توان کانال مفروضی ارائه‌شده است. برای هر سه نوع گیرنده گفته‌شده و بر اساس تعریف آن‌ها مسیرهایی که برای هر یک از شاخه‌های شانه‌ای در نظر گرفته‌شده است، نشان داده شد. برای هرکدام از دو روش غیر ایده آل ۷ شاخه در نظر گرفته‌شده است، مشاهده می‌شود که فرض بزرگ‌تر بودن توان دریافتی برای مسیرهای با تأخیر کوچک‌تر همواره درست نیست و لذا گیرنده‌ی P-شانه‌ای نمی‌تواند کارایی در حد گیرنده S-

[5] All- شانه ای
[6] Ideal- شانه ای
[7] Selective شانه ای
[8] Partial شانه ای

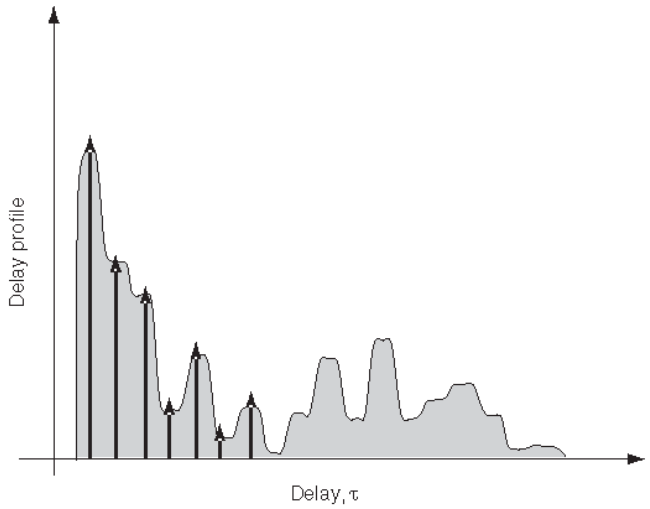
شانه‌ای داشته باشد، هرچند که ساختار ساده‌تری خواهد داشت.



شکل (۳) : پروفایل توان کانال مفروض و اساس عملکرد گیرنده -Aشانه‌ای [11]



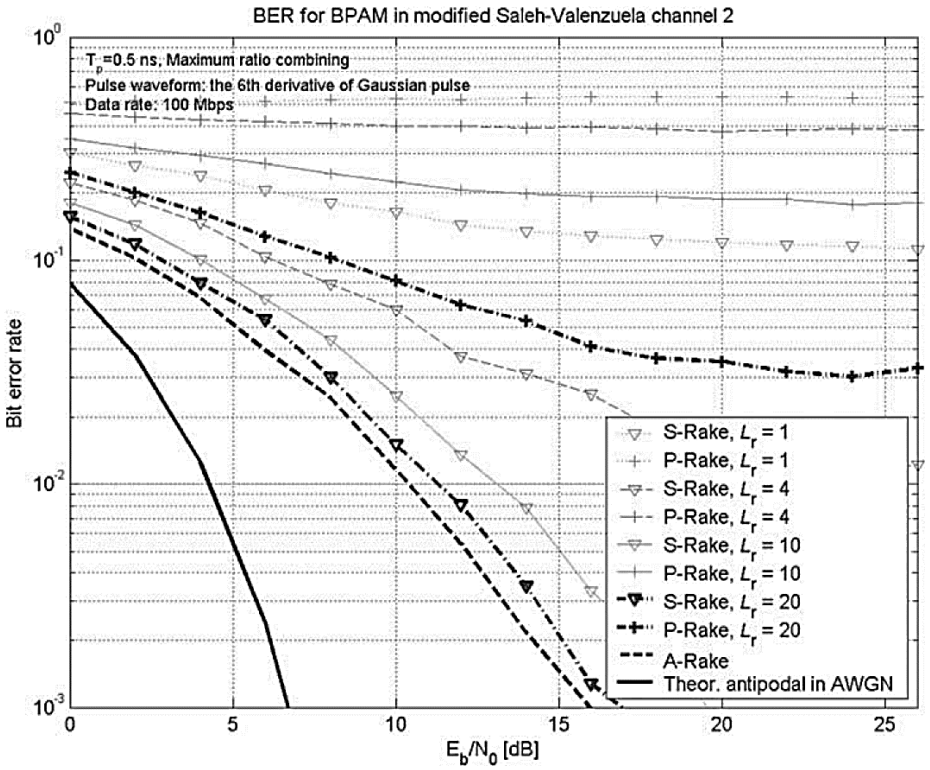
شکل (۴): اساس عملکرد گیرنده -Sشانه‌ای [۱۲]



شکل (۵) : اساس عملکرد گیرنده -Pشانه‌ای [۱۲]

تحت شرایط ایده آل، یک -Aشانه‌ای کارایی بهتری نسبت به -Sشانه‌ای دارد و -Sشانه‌ای کارایی بهتری نسبت به -Pشانه‌ای دارد.

شکل ۶ میزان خطای بیت را برای گیرنده‌های مختلف با تعداد شاخه‌های متفاوت برابر با ۱، ۴، ۱۰ و ۲۰ برای هر دو ساختار -Sشانه‌ای و -P شانه‌ای‌شان می‌دهد. به‌عنوان مرجع میزان خطای بیت در گیرنده‌ی -Aشانه‌ای نیز در این شکل آمده است.



شکل (۶) : احتمال خطای بیت برای گیرنده‌های شانه‌ای مختلف در کانال Saleh- Valenzuela 2 با تعداد شاخه‌های ۱، ۴، ۱۰ و ۲۰

انرژی دریافت شده توسط -Pشانه‌ای به میزان ۱۰ دسی‌بل کمتر از انرژی دریافتی توسط -Sشانه‌ای می‌باشد. یک -Sشانه‌ای تک شاخه‌ای نیز چون قوی‌ترین مسیر را انتخاب می‌کند، کارایی بهتری دارد نسبت به -Pشانه‌ای که اولین مسیر (با کمترین تأخیر) را انتخاب می‌کند. بنابراین با توجه به مواردی که گفته شد برای اینکه بتوانیم کارایی خوبی در گیرنده داشته باشیم، مناسب‌ترین انتخاب ساختار -Sشانه‌ای با چند شاخه اندک می‌باشد.

در ادامه بخش ۲ مدل سیستم، فرستنده و گیرنده و در بخش ۳ شبیه‌سازی طرح پیشنهادی بیان خواهد شد.

۲- سیستم مدل

سیگنال باند پایه دریافتی در سیستم طیف گسترده دنباله مستقیم به‌صورت رابطه‌ی(۱) بیان می‌شود:

$$x(t) = \sum_{l=1}^{L} x_l(t) + n(t) \qquad (۱)$$

که در رابطه‌ی فوق $x_l(t)$ سیگنال دریافتی از l امین مسیر می‌باشد که $l = 1,2,\ldots L$ و L تعداد مسیرها می‌باشد. همچنین $n(t)$ بیانگر نویز می‌باشد. شکل موج گسترش $C_l(t)$ برای l امین مسیر به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$C_l(t) = \sum_{n=0}^{SPF-1} C_l(n).g(t - nT_c) \quad (۲)$$

که در رابطه‌ی فوق T_c بیانگر دوره‌ی چیپ با فاکتور گسترش $SPF = T/T_c$ می‌باشد که T دوره‌ی سمبل می‌باشد. یک کد منحصربه‌فرد شبه نویز (PN) برای l امین مسیر به‌وسیله‌ی $c_l(t)$ بیان می‌شود و $g(.)$ شکل موج پالس چیپ می‌باشد. سیگنال دریافتی از l امین مسیر به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$x_l(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} s_l(t)(h_l(t - kT) \otimes C_l(t - kT)) \quad (۳)$$

که در رابطه‌ی فوق $\{S_l\}$ بیت‌های داده می‌باشد. همچنین پاسخ ضربه‌ی کانال $h_l(.)$ و شکل موج گسترش l امین مسیر $c_l(t)$ می‌باشد.

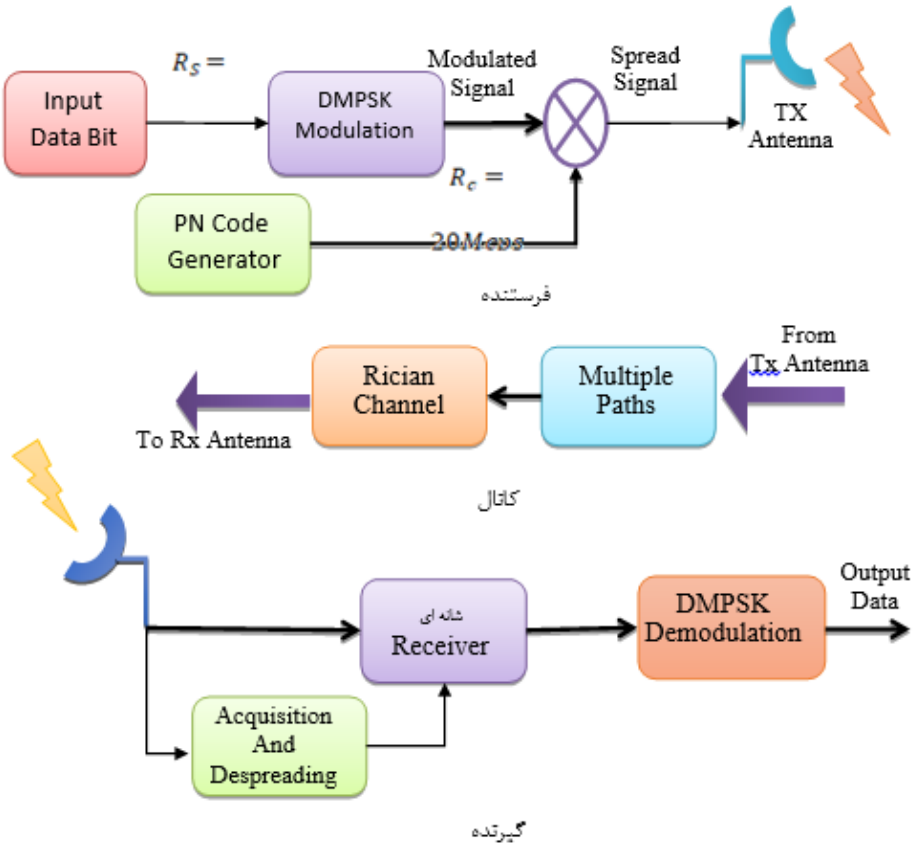
مدل سیستم که شامل فرستنده، کانال و گیرنده است در شکل ۷ نمایش درآمده است. فرکانس کاری دراین‌ارتباط MHz ۳۰۰ می‌باشد. بنابراین طول‌موج برابر است با:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^8}{300\times10^6} = 1m \quad (۴)$$

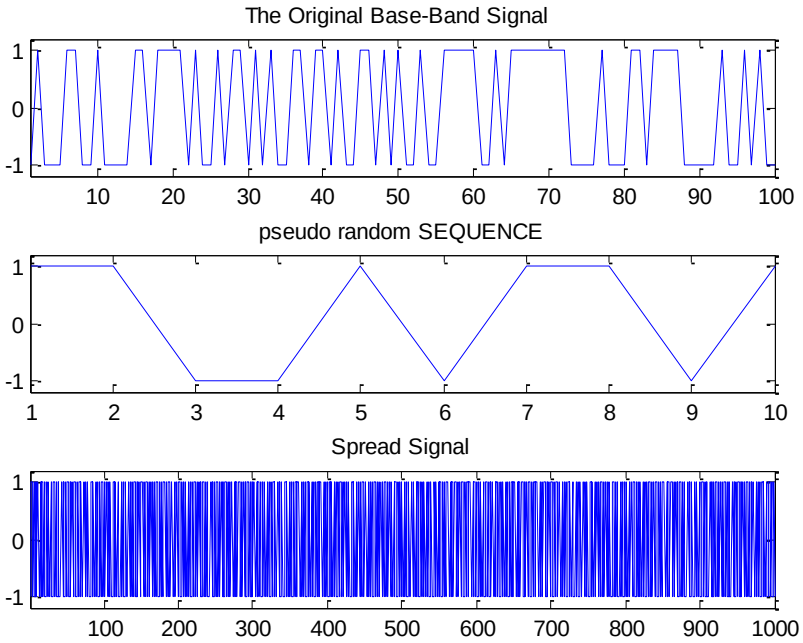
در فراسو از مدولاسیون DMPSK استفاده می‌گردد. تنها مشکل استفاده از خانواده مدولاسیون‌های DMPSK، وجود پدیده چندمسیرگی در لینک فراسو است که با توجه به استفاده از گیرنده شانه‌ای در فراسو، امکان حذف این مؤلفه‌ها میسر می‌گردد.

نرخ بیت برابر با ۳۸/۴Kbps می‌باشد و نرخ چیپ تقریباً ۲۰ Mcps است که در شکل ۸ بیت ورودی و کد شبه نویز و سیگنال گسترده شده نشان داده‌شده است.

با توجه به مقدار انتخابی نرخ چیپ و درنتیجه طول دنباله PN، نرخ سیگنال خروجی این بخش ۱۰۲۳ برابر نرخ سیگنال ورودی است. به این معنی که به ازای هر نمونه سیگنال ورودی، ۱۰۲۳ چیپ از دنباله PN در آن ضرب می‌شود.



شکل (۷) : سیستم مدل



شکل(۸) : بیت تولیدی و کد شبه نویز و سیگنال گسترده شده

نود با سرعت ۲۵۰ km/h در حال حرکت است و فرستنده از مدولاسیون DBPSK برای ارسال سیگنال در فرکانس ۳۰۰MHz استفاده کند. همچنین به دلیل بهره بردن سیستم از روش طیف گسترده DSSS می‌توان حداکثر به نرخ ارسال ۳۸/۴Kbps دست‌یافت. در این حالت برای محاسبه نوع محوشدگی به‌صورت ذیل عمل می‌شود:

فرکانس داپلر	$f_D = \frac{vf_c}{c} = 69.4\ Hz$
زمان همدوسی کانال	$T_C \cong \frac{1}{2f_D} = 7\ ms$
دوره یک سمبل ارسالی	$T_S = {}^{1}/_{R_S} \cong 0.052\ ms$
پهنای باند کانال	$BW = 2 * R_S * 1000 = 38.4\ MHz$
پهنای باند همدوسی کانال	$BW_{coherent} = {}^{1}/_{\tau_{max}} = 100KHz$
محوشدگی فرکانس گزین	$BW \gg BW_{coherent}$
محوشدگی کند	$T_C \geq T_S$

در جدول ۱ مشخصات مربوط به کانال نود در سناریوی پروازی نشان داده‌شده است.

جدول(۱): پارامترهای کانال در سناریوی پرواز

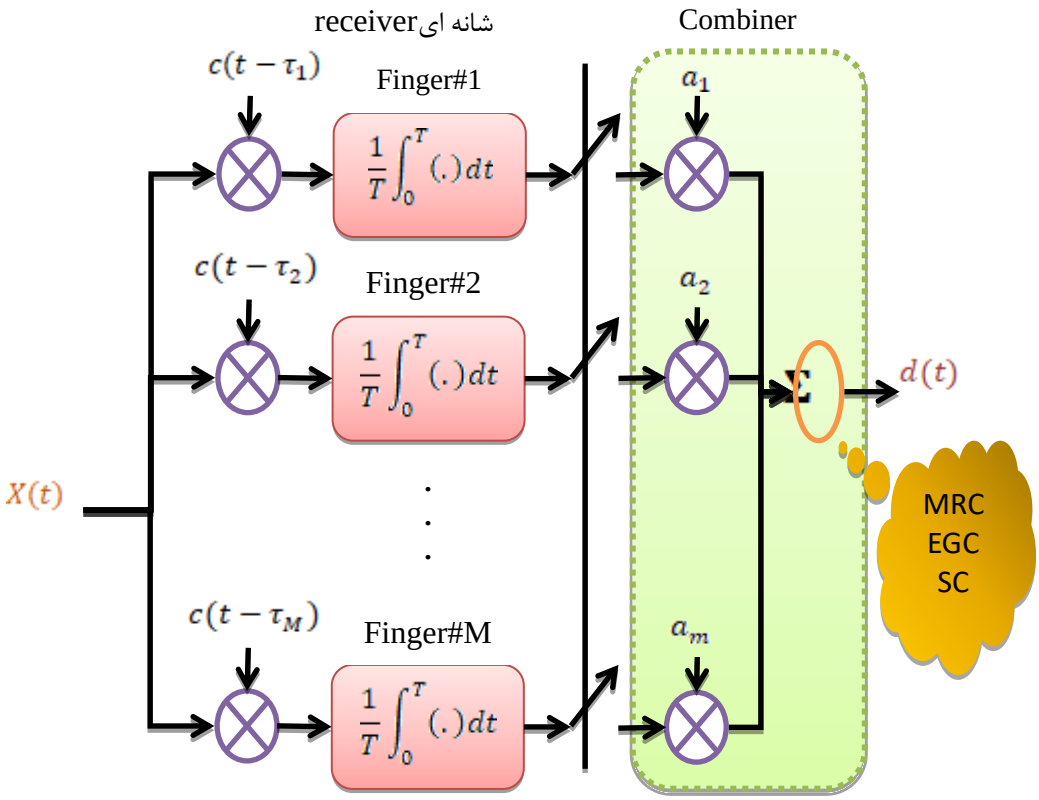
مشخصات	سناریوen-route
سرعت نود(m/s)v	۱۰۰-۱۷
ماکزیمم تأخیر$\tau_{max}(\mu s)$	۶۶-۳۳
تعداد چند مسیری	۲
ضریب رایسK_{Rice} (dB)	۱۵
نسبت$f_{D_{LOS}}/f_{D_{max}}$	۱
زاویه ابتدایی بیم آنتن(درجه)φ_{aL}	۱۷۸/۲۵
زاویه انتهایی بیم آنتن(درجه)φ_{aH}	۱۸۱/۷۵
نوع تأخیر	2-ray

هر شاخه‌ی شانه‌ای یک گیرنده‌ی مستقل برای سیگنال از مسیر مشخصی است که با کد گسترش همبسته می‌شود. خروجی شاخه‌های شانه‌ای با استفاده از یکسری ترکیب‌کننده (SC, EGC,MRC) برای بهبود کیفیت سیگنال دریافتی ترکیب می‌شوند.

خروجی شانه‌ای به‌صورت زیر است:

$$r_i(k) = \sum_{m=1}^{M} a_m{}^* \left(\int_{kT}^{(k+1)T} x(t).c_m(t-kT)dt \right) \quad (۵)$$

که در آن M تعداد شاخه‌های شانه‌ای و ضریب وزن a_m برای m امین شاخه است که به‌عنوان‌مثال اگر از روش ترکیب EGC استفاده کنیم ضریب وزن a_m برای m شاخه برابر با $a_m = 1$ است. در هر شاخه شانه‌ای، سیگنال دریافتی در کد گسترش $c_m(t)$ ضرب شده و به این وسیله برای تشخیص هر مسیر استفاده می‌شود، و بعدازآن انتگرال‌گیری انجام می‌شود، که در شکل(۹) نشان داده‌شده است.

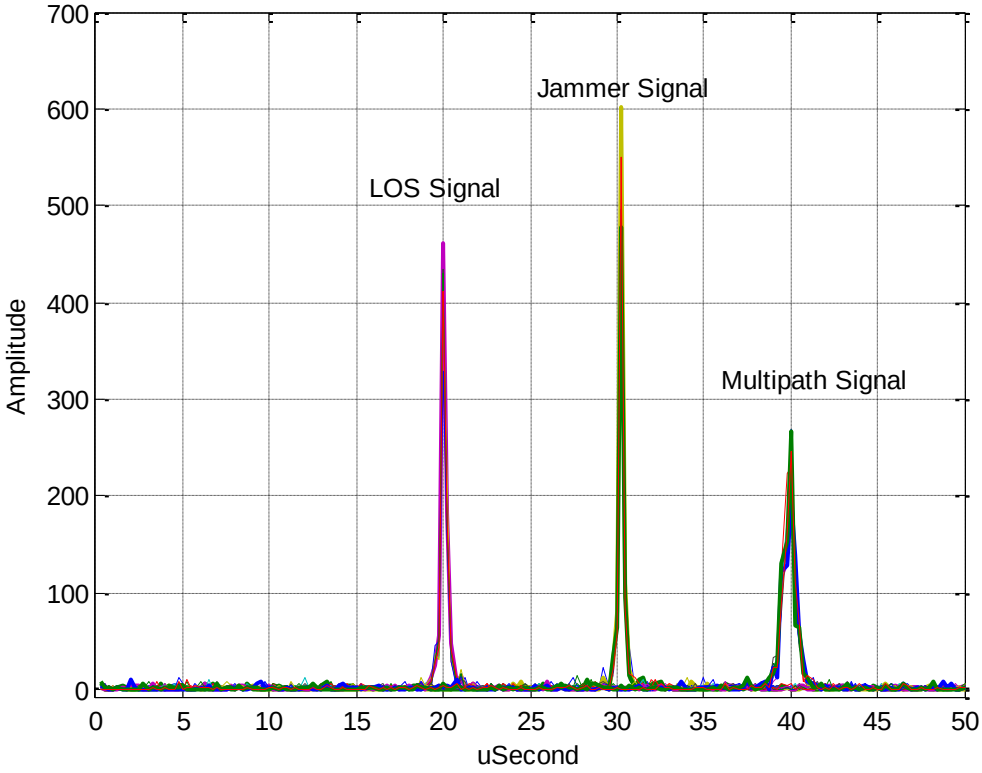


شکل(۹) : ساختار گیرنده‌ی شانه‌ای

در این مدل، تکنیک ECG برای ترکیب انتخاب‌شده است زیرا کارایی آن به MRC نزدیک است اما در مقایسه با MRC، پیچیدگی کاهش می‌یابد زیرا خروجی‌های همه‌ی شاخه‌ها با وزن یکسانی ترکیب می‌شوند. آسان‌ترین روش برای پیاده‌سازی گیرنده‌ی شانه‌ای استفاده از روش ترکیب SC می‌باشد که شاخه‌ای که بیشترین توان را دارد انتخاب می‌شود، اما در مقایسه با تکنیک‌های ترکیب MRC و EGC کمترین بهبود کارایی را دارد.

۳- شبیه‌سازی

در این بخش لینک طیف گسترده در شرایط حضور و عدم حضور اختلال تکرارکننده شبیه‌سازی‌شده است. زمانی که اختلال تکرارکننده وجود ندارد با یک لینک معمولی روبرو هستیم که از گیرنده‌ی شانه‌ای نیز برای ترکیب سیگنال‌های دریافتی از دو مسیر برای افزایش کارایی لینک استفاده‌شده است. حالت دوم زمانی که اختلال تکرارکننده وجود دارد، در این حالت دو سناریو برای آن در نظر می‌گیریم، سناریوی اول بدین‌صورت است که اختلال تکرارکننده روشن و خاموش می‌شود. که این امر باعث می‌شود لینک ارتباطی کاملاً مختل شود. در سناریوی دوم اختلال تکرارکننده، سیگنال را از ایستگاه زمینی دریافت می‌کند و پس از تأخیر و استفاده از یک تقویت‌کننده‌ی توان به سمت نود ارسال می‌کند. در نگاه اول آنچه به نظر می‌رسد این است که سیستم اختلال برای لینک موردنظر به‌صورت یک تکرارکننده عمل می‌کند و باعث افزایش کارایی و نرخ سیگنال به نویز می‌شود و به عبارتی می‌توان از سیگنال اختلال دایورسیتی گرفت، اما ازآنجایی‌که امکان دارد تأخیر اختلال بیشتر از زمان سمبل باشد، بنابراین باعث ISI می‌شود. شکل ۱۰ سیگنال دیدمستقیم، سیگنال اختلال و سیگنال چندمسیره را نشان می‌دهد. تأخیر سیگنال اختلال ۸۰ میکروثانیه است که در سمبل بعد نیز وارد می‌شود و باعث ISI می‌شود. بنابراین برای مقابله با آن، طرح پیشنهادی با عنوان شانه‌ای هوشمند که نوآوری این تحقیق است را ارائه می‌دهیم.



شکل(۱۰) : سیگنال دیدمستقیم، سیگنال اختلال و سیگنال چندمسیره در خروجی مدار رهگیری

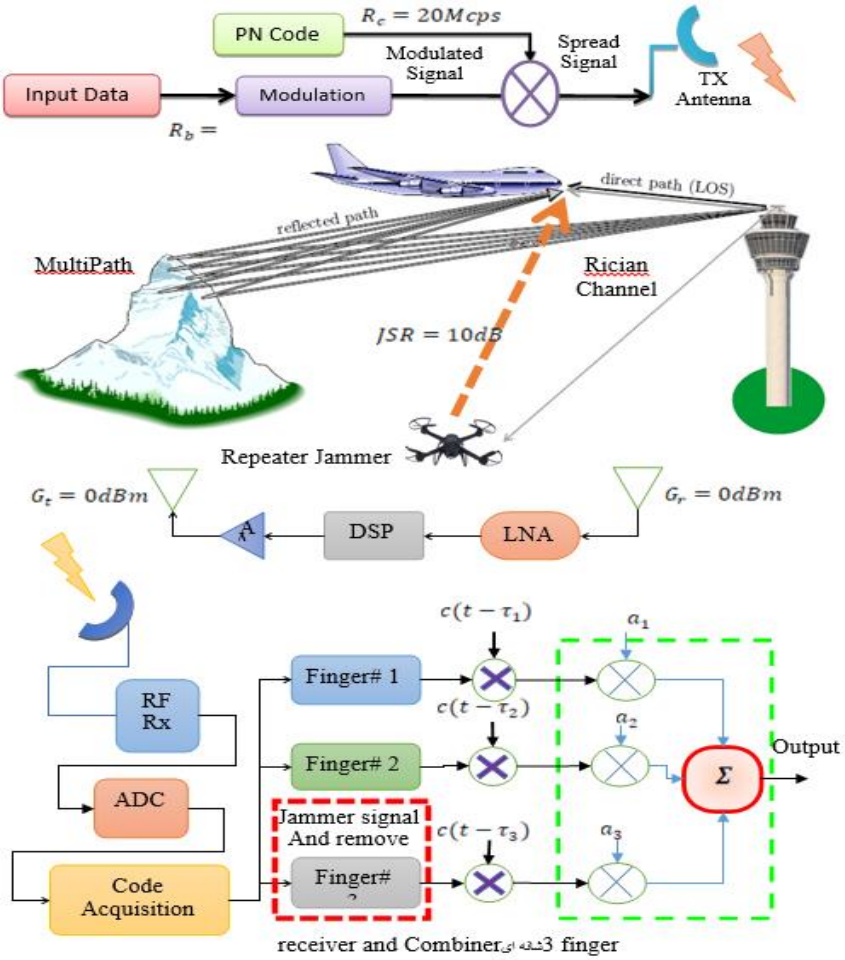
لینک طیف گسترده‌ی دنباله مستقیم در کانال چندمسیره، انرژی زیادی را از دست می‌دهد. چراکه سیستم فقط با سیگنالی که بیشترین توان را دارد سنکرون می‌شود. حال اگر بیشترین توان مربوط به سیگنال اختلال باشد، لینک تلاش برای سنکرون شدن با سیگنال اختلال می‌کند، اما به علت خاموش و روشن شدن جمر، موفق نخواهد شد. بنابراین ازآنجایی‌که گیرنده‌ی شانه‌ای دارای تعدادی شاخه است و هر شاخه یکی از اجزای چندمسیرگی را پردازش می‌کند، برای مقابله با اختلال از گیرنده‌ی شانه‌ای استفاده می‌شود و شاخه‌ها با توجه به شرایط با یکی از تکنیک‌های SCیاMRC,EGC ترکیب می‌شود.

در گیرنده‌ی لینک طیف گسترده، کد گسترده کننده باید با دنباله کد گسترده کننده دریافتی، هم‌زمان گردد. در کانال چندمسیره سیگنال از مسیر مستقیم و مسیر انعکاسی دریافت می‌شود. درصورتی‌که از گیرنده‌ی شانه‌ای استفاده نشود و سیگنال اختلال وجود نداشته باشد، گیرنده سیگنال مسیری که بیشترین توان را دارد(مسیر دیدمستقیم) دریافت کرده و سنکرون سازی انجام می‌شود. درصورتی‌که از گیرنده‌ی شانه‌ای استفاده شود، گیرنده انرژی مسیر انعکاسی را نیز دریافت کرده و پس از سنکرون سازی هر دو مسیر و استفاده از روش ترکیب مناسب، اطلاعات را استخراج کرده و عملکرد BER و کارایی لینک بهبود می‌یابد.

هدف اصلی رهگیری کد، دستیابی به اطلاعات هم‌زمان‌سازی بین سیگنال فرستنده و گیرنده می‌باشد. هدف اختلال تکرارکننده، ایجاد تداخل در فرایند رهگیری کد می‌باشد. سناریوی اختلال در شکل ۱۱ نشان داده‌شده است. توان سیگنال LOS نسبت به سیگنال مسیر انعکاسی ۱۵ dB بیشتر است. همچنین توان سیگنال اختلال نسبت به سیگنال LOS، ۱۰ dB بیشتر است. سیگنال اختلال تکرارکننده نیز روشن و خاموش می‌شود.

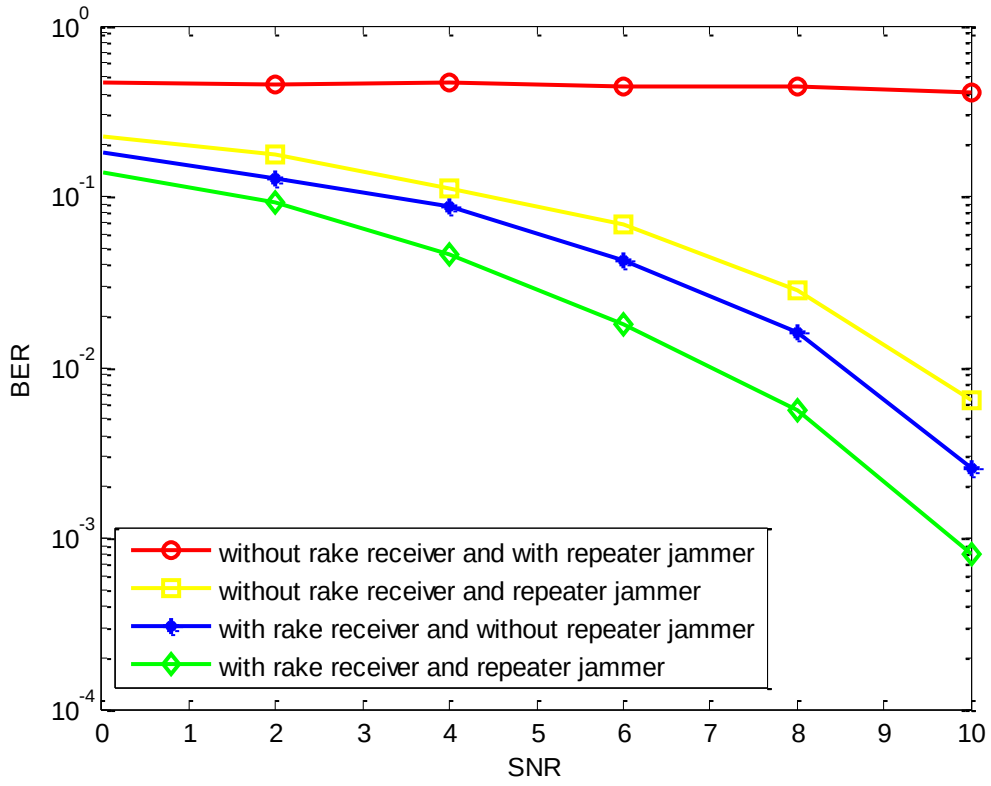
درصورتی‌که سیگنال اختلال وجود داشته باشد، گیرنده، سیگنال غالب را که اختلال تکرارکننده می‌باشد در نظر می‌گیرد و به علت قطع شدن سیگنال اختلال، گیرنده قادر به سنکرون سازی نخواهد بود.

اگر از گیرنده‌ی شانه‌ای استفاده شود گیرنده سیگنال مسیر دیدمستقیم و مسیر انعکاسی را دریافت کرده و پس از سنکرون سازی هر دو مسیر و استفاده از روش ترکیب مناسب، اطلاعات را استخراج کرده و عملکرد BER بهبود می‌یابد. شکل ۱۱ نتایج شبیه‌سازی در شرایط حضور و عدم حضور اختلال تکرارکننده و همچنین استفاده و عدم استفاده از گیرنده‌ی شانه‌ای را نشان می‌دهد.



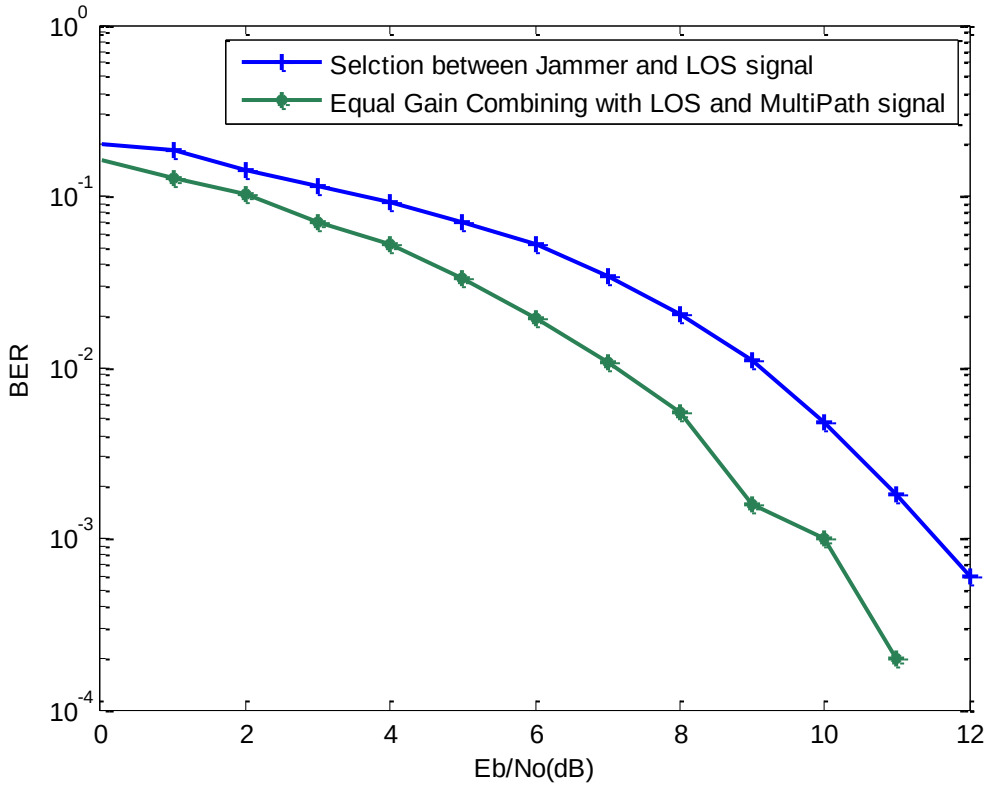
شکل (۱۱): سناریوی اختلال و گیرنده‌ی شانه‌ای هوشمند پیشنهادی

همان‌طور که در شکل ۱۲ نشان داده‌شده است، اگر از گیرنده‌ی شانه‌ای استفاده نشود، در شرایط حضور اختلال تکرارکننده، عملکرد نرخ خطای بیت $^1/_2$ خواهد بود. همچنین اگر از گیرنده‌ی شانه‌ای استفاده نشود و در شرایط عدم حضور اختلال قرار داشته باشیم، درواقع یک لینک معمولی است، که عملکرد سیستم زمانی که در همین شرایط از گیرنده‌ی شانه‌ای استفاده کنیم عملکرد بهتری دارد، چراکه گیرنده علاوه بر سیگنال دیدمستقیم از انرژی سیگنال انعکاسی نیز استفاده می‌کند.



شکل (۱۲): مقایسه‌ی عملکرد BER در شرایط حضور و عدم حضور اختلال تکرارکننده

درروش پیشنهادی شانه‌ای هوشمند درصورتی‌که سیگنال اختلال با تأخیری بیش از $T_s \cong 0.052\ ms$ به گیرنده برسد، لینک دچار ISI می‌شود و ازآنجایی‌که برای حذف آن نیاز به اکولایزر می‌باشد و پیچیدگی کار افزایش می‌یابد و هزینه‌بر خواهد بود، گیرنده در یک حلقه‌ی صحت سنجی، معتبر بودن سیگنال دریافتی را بررسی می‌کند، درصورتی‌که سیگنال دریافتی در شاخه‌ی mام گیرنده‌ی شانه‌ای ایجاد ISI کند، گیرنده به کمک طرح پیشنهادی شانه‌ای هوشمند این سیگنال را حذف کرده و یکی از تکنیک‌های ترکیب را انتخاب می‌کند. بنابراین اگر در این حلقه سیگنال با بیشترین توان که سیگنال اختلال است و تأخیری بیش از زمان سمبل دارد تشخیص داده شود، حذف می‌شود چراکه در کانال هوابرد در مسیر فراسو همیشه بر طبق بررسی‌ها دو مسیر داریم یعنی کانال Two-Ray هست بنابراین اگر سه پیک گرفته شود، یکی از آنها جمر است و اگر توان آن خیلی بیشتر از توان سیگنال دیدمستقیم باشد به آن شک می‌کنیم، بنابراین گیرنده سیگنال بعدی، ازلحاظ بیشترین توان را بررسی می‌کند و آن را به‌عنوان سیگنال موردقبول دریافت کرده و سنکرون می‌شود. این حالت در مقایسه بازمانی که مسیر دیدمستقیم و مسیر انعکاسی باهم ترکیب می‌شوند در شکل ۱۳ نشان داده‌شده است.



شکل (۱۳) : عملکرد BER در شرایط اختلال و استفاده از شانه‌ای هوشمند

۴- نتیجه

با توجه به پارامترهای کانال در حالت پرواز که در جدول۱ آورده شده است، بر اساس زمان حداکثر تأخیر، پارامتر T_d گسترش تأخیر محاسبه می‌شود که برابر است با $T_d = 33\mu s$ و با توجه به زمان سمبل که $T_d \cong 52\mu s$ است، نتیجه می‌گیریم که ISI در سیستم وجود ندارد. زیرا داریم:

$$ISI = \frac{T_d}{T_s} = \left\lfloor \frac{33\mu sec}{52\ \mu sec} \right\rfloor = 0 \quad (۶)$$

زمانی که اختلال تکرارکننده وجود دارد، حالت ایده آل برای سیستم موردنظر این است که از سیگنال اختلال دایورسیتی بگیرد و عملکرد سیستم افزایش پیدا کند، اما لینک موردنظر با یک مشکل روبرو است. به‌عبارت‌دیگر گیرنده‌ی شانه‌ای در حالت معمول سیگنال دریافتی از تمامی مسیرها را باهم ترکیب می‌کند، بنابراین اگر تأخیر مسیر اختلال از زمان سمبل بیشتر باشد، با ترکیب این مسیر و مسیر دیدمستقیم و سیگنال چندمسیرگی نه‌تنها عملکرد سیستم بهتر نمی‌شود بلکه نرخ خطای بیت افزایش می‌یابد. بنابراین برای اینکه با این مشکل مواجه نشویم و سیستم بتواند در حضور اختلال تکرارکننده نیز به کار خود ادامه دهد، در روش پیشنهادی با هوشمند کردن گیرنده‌ی شانه‌ای و حذف سیگنال اختلال، اثر اختلال تکرارکننده و به تبع آن اثر ISI ناشی از حضور اختلال را از بین می‌بریم. همچنین این نکته حائز اهمیت است که باوجود سیستم طیف گسترده‌ی دنباله مستقیم رزولوشن سیستم با توجه به بهره‌ی پردازش نسبت به زمانی که از سیستم طیف گسترده استفاده نشود افزایش‌یافته است.

مراجع:

[1] Peterson, Roger L., Rodger E. Ziemer, and David E. Borth. *Introduction to spread-spectrum communications*. Vol. 995. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

[2] Ryan, Michael Frater Michael. *Electronic Warfare for the Digitized Battlefield*. Artech House.

[3] J. Proakis, *Digital Communications*, New York: McGraw-Hill, 1995.

[4] Lee, William CY. *Mobile cellular telecommunications: analog and digital systems*. McGraw-Hill Professional, 1995.

[5] Simon, Marvin K., and Mohamed-Slim Alouini. *Digital communication over fading channels*. Vol. 95. John Wiley & Sons, 2005.

[6] Stüber, Gordon L. *Principles of mobile communication*. Springer Science & Business Media, 2011.

[7] Fernandes, Marcelo AC, and Dalton S. Arantes. "Spatial and temporal adaptive receiver for DS-CDMA systems." *AEU-International Journal of Electronics and Communications* 68.3 (2014): 216-226.

[8] Li, Dong Wu, Chang Xing Pei, and Yun Liang Meng. "An Interference Cancellation Space-Time شانه‌ای Receiver in Asynchronous Cooperative Communications Systems." *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 644. Trans Tech Publications, 2014.

[9] Gong, Wenyong, et al. "The research on new adaptive beamforming algorithms." *Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT), 2012 International Conference on*. Vol. 1. IEEE, 2012.

[10] Shirvani-Moghaddam, Shahriar, and Hajar Sadeghi. "A New Combination of Receiver and Adaptive Antenna Array Beamformer for Multiuser Detection in WCDMA Systems." *International Journal of Antennas and Propagation* 2011 (2011).

[11] Dosaranian-Moghadam, Mohamad, Hamidreza Bakhshi, and Gholamreza Dadashzadeh. "Effects of Nakagami-fading parameters and power control error on performance of DS-CDMA cellular systems with adaptive beamforming." *Wireless personal communications* 68.3 (2013): 1197-1223.

[12] Price, R., and P. E. Green Jr. "A communication technique for multipath channels." *Proceedings of the IRE* 46.3 (1958): 555-570.

[13] Alimi, I. A., J. J. Popoola, and K. F. Akingbade. "A Power Efficient شانه‌ای Receiver for Interference Reduction in the Mobile Communication Systems."*International Journal of Electronics and Electrical Engineering* 3.6 (2015).

[14] Raviraj Adve. *Receive Diversity.*

[15] Beres, Elzbieta, and Raviraj Adve. "On selection cooperation in distributed networks." *Information Sciences and Systems, 2006 40th Annual Conference on*. IEEE, 2006.

Design of long code direct sequence spread spectrum rake receiver to deal with repeater interference

Mohammad Panjehali Abad[1] , Danial Rahimi[2], Hamed Ahmadian Yazdi[3]
[1]Researcher, Imam Hussein Comprehensive University, Panjehali@ihu.ac.ir
[2]Ph.D. Student, Imam Hussein Comprehensive University, dnl.rhm@ihu.ac.ir
[3]Professor, Imam Hussein Comprehensive University, kphahmad@ihu.ac.ir

Abstract

A code design with a very high repetition length is used to strengthen the links of a direct sequence spread spectrum against all types of detection, eavesdropping and deception. Synchronization is one of the most important parts of a spread spectrum system. Assuming the Raisin channel, the signal will reach the receiver from different paths, and by using the rake receiver and correcting the delay of each path, the signals will be combined. In the direct sequence spread spectrum receiver, the signal is received from the direct path and the reflected path. Considering that the repeater interference prevents code interception, in order to deal with it, a rake receiver has been used. In this research, repeater interference and its effect on code interception is investigated and simulated, and the performance of the spread-spectrum direct sequence system of all long codes is compared based on the bit error ratio in the presence and absence of repeater interference. Then an innovative method, which is the main innovation of this research, is presented as a smart rake receiver, which is a rake receiver to deal with interference and increase the signal-to-noise ratio by distinguishing between the path of repeating interference and the direct vision path and the multipath signal eliminate the repeater interference effect.

Keywords: Long Code, Spread Spectrum, rake receiver, interference, Synchronization