

محاسبه کارایی تکنیک دنباله مستقیم فرایهن باند در کانال‌های محوشدگی چند مسیره

مینا دشتی، محمد ابطحی و شهریار شیروانی مقدم

دو روش اساسی برای سیستم‌های مخابراتی فرایهن باند پیشنهاد شده است که عبارتند از تکنیک پرش زمانی فرایهن باند (TH-UWB) و تکنیک دنباله مستقیم فرایهن باند (DS-UWB). در سیستم TH-UWB در هر T_r ثانیه که آن را زمان یک قاب می‌نامیم پالس با عرض بسیار باریک ارسال می‌شود. در ساده‌ترین نوع مدولاسیون که مدولاسیون دودویی مکان پالس یا BPPM نامیده می‌شود، داده‌های ارسالی مستقیماً در تعیین زمان ارسال پالس در هر قاب دخیل هستند. بطوریکه در این روش اگر داده ارسالی "یک" باشد پالس ارسالی با δ ثانیه تأخیر نسبت به حالتی که داده ارسالی "صفر" است ارسال می‌شود. روش کار به این نحو است که به هر کاربر یک دنباله شبه تصادفی اختصاص داده می‌شود. هر عضو این دنباله شبه تصادفی که یک عدد صحیح است با ضرب شدن در یک عدد دیگر که آن را دوره زمان چپ می‌نامیم، برای تعریف یک تأخیر اضافه در زمان ارسال هر پالس در هر قاب استفاده می‌شود. تکنیک DS-UWB مشابه سیستم DS عرفی است با این تفاوت که شکل موج پالس از میان شکل موج‌های بسیار باریک انتخاب می‌شود. در این روش چندین پالس به ازای هر دوره بیت بر مبنای یک کد گسترده‌ساز ارسال می‌شود.

تاکنون اکثر تحقیقات انجام یافته بر مبنای بکارگیری روش پرش زمانی فرایهن باند با مدولاسیون PPM (TH-UWB) بوده است [۱] و [۲]. این مقاله به بررسی تکنیک دنباله مستقیم فرایهن باند با مدولاسیون آنتی‌پودال (DS-UWB) می‌پردازد. تحقیقات انجام یافته در این زمینه عمدتاً به بررسی کارایی سیستم در کانال AWGN محدود شده است. به عنوان مثال عملکرد سیستم UWB با مدولاسیون‌ها و روشهای دسترسی مختلف مقایسه شده است. نتایج حاکی از آن است که با تعداد ۵ کاربر فعال، روش TH-PSK با استفاده از کد کانولوشنی بهترین عملکرد را داراست ولی با افزایش تعداد کاربران، روش DS-PSK در مقایسه با سایر روشها بهتر عمل می‌کند [۳]. در [۴] نشان داده شده است که سیستم DS-UWB با استفاده از مدولاسیون آنتی‌پودال مناسبتر از سیستم TH-UWB با مدولاسیون PPM است. همچنین به دلیل اهمیت مساله تداخل این سیستم با سایر سیستم‌ها، عملکرد سیستم‌های مختلف UWB با فرض کانال AWGN در حضور تداخل‌های ناشی از باندهای GSM و UMTS مقایسه شده است. نتایج مراجع [۵] و [۶] بیانگر آن است که سیستم TH-UWB در حضور تداخل‌های ناشی از باندهای GSM و UMTS، نسبت به سیستم DS-UWB بهتر عمل می‌کند.

در این تحقیق به بررسی کارایی سیستم DS-UWB در حضور نویز گوسی و تداخل چند کاربره پرداخته شده و نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی با سیستم TH-UWB مقایسه شده است. همچنین کارایی سیستم

چکیده: سیستم‌های رادیویی فرایهن باند^۱ (UWB) به دلیل توانایی ارائه نرخ بیت بسیار بالا و توان مصرفی بسیار پایین به عنوان نامزد مناسبی برای مخابرات بی‌سیم چندکاربره، مورد توجه واقع شده‌اند. این سیستم‌ها به جای استفاده از حامل‌های سینوسی برای انتقال سیگنال، پالس‌های بسیار باریکی ارسال می‌کنند که دارای پهنای باند بسیار وسیعی هستند. این مقاله به بررسی تکنیک دنباله مستقیم فرایهن باند با مدولاسیون آنتی‌پودال می‌پردازد. ابتدا کارایی سیستم^۲ DS-UWB و^۳ TH-UWB در محیط دسترسی چندگانه و در کانال AWGN بررسی شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که عملکرد سیستم DS-UWB بهتر از TH-UWB است. علاوه بر این، کارایی سیستم DS-UWB در محیط‌های دسترسی چندگانه و در کانال محوشدگی شدید با استفاده از گیرنده^۴ PRAKE بررسی و شبیه‌سازی شده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازیهای این تحقیق نشان می‌دهد که سیستم DS-UWB حتی در محیط‌های محوشدگی شدید نیز قادر است به احتمال خطای 10^{-6} دست یابد و با افزایش تعداد شاخه‌های گیرنده به $10+$ می‌توان عملکرد آن را تا 12 dB بهبود بخشید.

کلیدواژه: دنباله مستقیم، طیف گسترده، گیرنده RAKE و UWB.

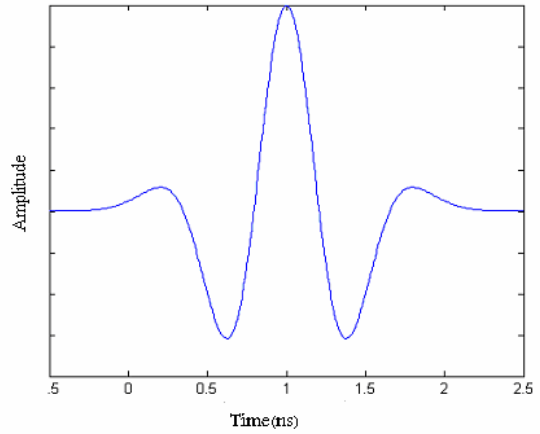
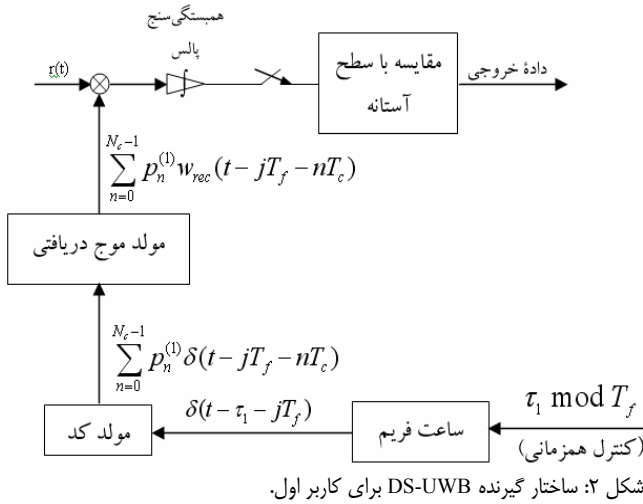
۱- مقدمه

سیستم‌های UWB^۵ که نخستین بار در سال ۱۹۹۳ میلادی توسط پروفیسور شولتز مطرح گردید، توانایی فوق‌العاده‌ای در مخابرات داخل ساختمان با نرخ ارسال بالا نشان می‌دهد. این سیستم‌ها سیگنال‌هایی ارسال می‌کنند که چگالی طیف توان بسیار پایینی داشته و پهنای باند بسیار وسیعی را اشغال می‌کنند (پهنای باند 3 dB آن حداقل 20% درصد فرکانس مرکزی ارسال است) که حتی در مقایسه با سیستم‌های طیف گسترده موجود برای کاربردهای مشابه، دارای پهنای باند به مراتب بزرگتری است در نتیجه از مصونیت بالایی در مقابل تداخل و تفکیک زمانی بسیار خوبی در گیرنده، برخوردار هستند. در این سیستم‌ها به جای حامل‌های سینوسی پالس‌های بسیار باریک ارسال می‌گردد که باعث می‌شود پهنای باند سیستم به چند GHz برسد [۱].

این مقاله در تاریخ ۱۰ اردیبهشت ماه ۱۳۸۴ دریافت و در تاریخ ۱۶ آذر ماه ۱۳۸۴ بازنگری شد.

مینا دشتی، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران، خیابان جمال‌زاده، انتهای بلوار کشاورز، تهران، ایران (email: dashti@cra.ir).
محمد ابطحی، مرکز تحقیقات مخابرات ایران، خیابان کارگر شمالی، تهران صندوق پستی ۳۹۶۱-۱۴۱۵۵، ایران (email: abtahi@itrc.ac.ir).
شهریار شیروانی مقدم، دانشکده فنی مهندسی (بخش برق)، دانشگاه شهید رجایی، تهران صندوق پستی ۱۶۳-۱۶۷۸۵، ایران (email: shah_shir@srutu.edu).

1. Ultra Wide-Bandwidth Radio
2. Direct-Sequence UWB
3. Time-Hopping UWB
4. Partial RAKE
5. Ultra Wideband



شکل ۱: شکل موج پالس باریک دریافتی مطابق رابطه (۳).

DS-UWB در کانال‌های محوشدگی^۱ مورد بررسی قرار گرفته و نتایج شبیه‌سازی ارائه شده است.

۲- بررسی کارایی سیستم DS-UWB در کانال AWGN و تداخل چندکاربره

۱-۲ سیگنال ارسالی در سیستم DS-UWB

در سیستم DS-UWB با N_u کاربر، فرض میشود هر کاربر دنباله شبه نویزی دارد که به ازای هر سمبل داده (با پیروی T_f) دارای N_c چیپ می‌باشد به طوریکه $N_c T_c = T_f$ است. در این رابطه N_c را بهره پردازش طیف گسترده می‌نامند. سیگنال ارسالی توسط یک فرستنده دلخواه (فرستنده k ام) را می‌توان به صورت زیر نوشت

$$S_{tr}^{(k)}(t) = \sum_{j=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=0}^{N_c-1} d_j^{(k)} p_n^{(k)} w_{tr}(t - jT_f - nT_c) \quad (۱)$$

در عبارت فوق اندیس j نماینده شماره قاب، t پارامتر مستقل زمان، T_f دوره سمبل پیام، $d_j^{(k)}$ سمبل داده مدوله شده کاربر k ام در قاب j ، T_c زمان چیپ و $p_n^{(k)}$ چیپ‌های گسترده ساز و $w_{tr}(\cdot)$ شکل موج پالس ارسالی است.

۲-۲ سیگنال دریافتی

سیگنال دریافتی از کاربر k ام در گیرنده مورد نظر برابر است با

$$r(t) = \sum_{k=1}^{N_u} A_k s_{rec}^{(k)}(t - \tau_k) + n(t) \quad (۲)$$

A_k بیانگر تضعیف سیگنال دریافتی $s_{rec}^{(k)}(t - \tau_k)$ از فرستنده k ام است. τ_k زمان تأخیر انتشار فرستنده تا گیرنده را نشان می‌دهد و $n(t)$ نویز گیرنده در ورودی همبستگی سنج می‌باشد که با یک فرایند تصادفی گوسی با چگالی طیف توان دو طرفه $\sigma_n^2 = N_c / 2$ مدل می‌گردد. در حین آشکارسازی فرض می‌شود شکل موجهای ارسالی برای کلیه کاربران مشابه هستند و فقط در دنباله شبه تصادفی و دنباله داده‌ای که حمل می‌کنند تفاوت دارند. بعلاوه تعداد فرستنده‌ها در طول یک بازه ارسال ثابت فرض می‌شود و دامنه سیگنال‌ها (A_k) نیز در این دوره ثابت است. برای محاسبه کارایی این سیستم از فرض ایده‌آل بودن کانال استفاده شده است. یعنی هر سیگنال تنها متحمل یک تضعیف و یک تأخیر ثابت

می‌شود. یک سیستم با کانال ایده‌آل شکل موج پالس ارسالی w_{tr} را به شکل موج پالس دریافتی w_{rec} در گیرنده تغییر می‌دهد که این امر ناشی از اثر آنتن‌های فرستنده و گیرنده است. در مراجع [۴] و [۷] مدل ریاضی زیر برای شکل موج پالس باریک دریافتی پیشنهاد شده است

$$w_{rec}(t + T_w / 2) = [1 - \exp(-\tau_m / t)] \exp(-\tau_m / t) \quad (۳)$$

که در آن T_w طول دوره پالس و τ_m پارامتر عرض پالس است. این مدل بر اساس اندازه‌گیری‌های تجربی بدست آمده است و شکل موج مربوطه در شکل ۱ رسم شده است.

۳-۲ ساختار گیرنده در سیستم DS-UWB

سیگنال دریافتی از کاربر k را در قاب j ام می‌توان به صورت زیر نوشت

$$r(t) = A_k \sum_{n=0}^{N_c-1} d_j^{(k)} p_n^{(k)} w_{rec}(t - \tau_k - jT_f - nT_c) + n_{tot}(t) \quad (۴)$$

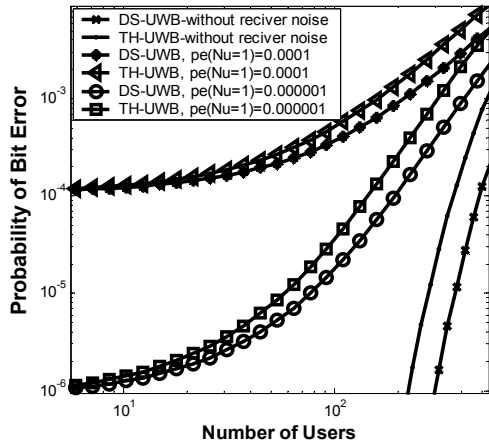
گیرنده بر اساس مشاهده سیگنال دریافتی $r(t)$ در دوره زمانی به طول $T_f = N_c T_c$ باید تصمیم‌گیری کند که بیت $d_j^{(k)}$ یک است یا منهای یک. این آشکارسازی در حضور نویز گوسی و تداخل سایر کاربران صورت می‌گیرد.

$n_{tot}(t)$ که بیانگر تداخل سایر کاربران و نویز می‌باشد برابر است با

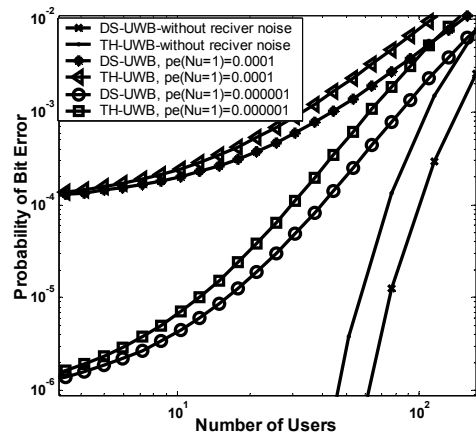
$$n_{tot}(t) = \underbrace{\sum_{k=1}^{N_u} A_k s_{rec}^{(k)}(t - \tau_k)}_{\text{multiple-access noise}} + \underbrace{n(t)}_{\text{receiver noise}} \quad (۵)$$

فرض می‌کنیم که گیرنده به سیگنال ارسالی کاربر اول منطبق شده است، به طوریکه هم تأخیر زمانی و هم دنباله شبه تصادفی این کاربر را می‌داند. فرض بر این است که نوسان ساز محلی و دنباله شبه تصادفی که در گیرنده مورد استفاده قرار می‌گیرد کاملاً با آنچه در فرستنده استفاده شده است همزمان باشد. اگر کاربر دیگری حضور نداشته باشد و بیت‌های داده از متغیرهای تصادفی مستقل تشکیل شده باشد، آنگاه گیرنده بهینه، گیرنده همبستگی سنج است. هنگامی که تداخل کاربران دیگر هم وجود داشته باشد، گیرنده فوق بهینه نخواهد بود. بلکه گیرنده بهینه از اطلاعاتی که در مورد ساختار تداخل می‌داند، استفاده می‌کند. به علت پیچیدگی زیاد گیرنده بهینه در حالت فوق (که تعداد کاربران بسیار زیاد است)، چنین گیرنده‌ای عملی نیست و لذا در این حالت نیز از گیرنده همبستگی سنج استفاده می‌شود. بلوک دیاگرام گیرنده در شکل ۲ رسم شده است [۷].

1. Fading



شکل ۴: کارایی سیستم‌های DS-UWB و TH-UWB در کانال AWGN با نرخ بیت ۱ مگابیت بر ثانیه.



شکل ۵: کارایی سیستم‌های DS-UWB و TH-UWB در کانال AWGN با نرخ بیت ۵ مگابیت بر ثانیه.

مدولاسیون $(R_s = 1/N_c T_c)$ و توان اضافی مورد نیاز جهت حفظ کارایی سیستم در حد قابل قبول در حضور $N_u - 1$ کاربر دیگر یا عبارتی به $(SNR_{out}(1)/SNR_{out}(N_u))$ وابسته است.

در اینجا کارایی دو سیستم DS-UWB و TH-UWB (محاسبه کارایی سیستم TH-UWB در مرجع [۷] آمده است) با و بدون در نظر گرفتن نویز گیرنده و با فرض عدم وجود اثر دور-نزدیک و گوسی بودن تداخل چند کاربره ارزیابی شده است. احتمال خطای دو سیستم بر حسب تعداد کاربران در نمودارهای دو شکل ۳ و ۴ در نرخ‌های ارسال ۵ Mb/s و ۱ Mb/s رسم شده‌اند. سیگنال دریافتی همان سیگنال شکل ۱ فرض شده است که در آن طول دوره پالس ۰.۷ ns و پارامتر عرض پالس ۰.۲۸۷۷ ns و دوره زمانی قاب ۱۰۰ ns در نظر گرفته شده است.

نتایج نشان می‌دهد سیستم DS-UWB نسبت به TH-UWB در محیط دسترسی چندگانه عملکرد بهتری دارد. به طوریکه در یک نرخ ارسال معین و احتمال خطای مشخص، سیستم DS-UWB قادر به پشتیبانی کاربران بیشتری می‌باشد. به عنوان مثال در احتمال خطای 10^{-4} و نرخ ارسال ۱ Mbps سیستم DS، ۳۷۲ کاربر و سیستم TH، ۲۷۸ کاربر را پشتیبانی می‌کنند. همچنین ملاحظه می‌گردد که با افزایش نرخ ارسال، هر دو سیستم قادر به پشتیبانی تعداد کاربران کمتری می‌باشند. نکته دیگر آن است که با کاهش احتمال خطا تعداد کاربران که سیستم می‌تواند پشتیبانی کند کاهش می‌یابد. به عنوان مثال در نرخ ارسال ۵ Mbps و در احتمال خطای 10^{-3} سیستم DS، ۱۴۷ کاربر و سیستم TH، ۱۰۸ کاربر را پشتیبانی می‌کنند. علاوه بر این کارایی سیستم نیز با در نظر گرفتن نویز گیرنده کاهش می‌یابد.

۳- کارایی سیستم DS-UWB در کانال محوشدگی و تداخل چند کاربره

۳-۱ مدل کانال برای سیستم‌های UWB

تاکنون مدل‌های زیادی برای کانال‌های باند باریک پیشنهاد شده است، اما به علت محدودیت پهنای باند، این مدل‌ها برای UWB مناسب نیستند. در [۹] مدل انتشاری بر پایه بهره‌ر مسیر و گسترش تأخیر rms پیشنهاد شده است که ما را قادر به ارزیابی کارایی سیستم می‌کند. در این مدل زمان دریافت به bin‌های کوچکی به طول Δt تقسیم شده و توان دریافتی در هر bin محاسبه شده تا پروفایل تأخیر توان PDP به صورت

۲-۴ سیگنال به نویز در گیرنده سیستم DS-UWB

نسبت سیگنال به نویز در گیرنده را بصورت زیر می‌توان محاسبه کرد [۸]

$$SNR_{out}(N_u) = \left[SNR_{out}^{-1}(1) + \frac{N_c E_w^\gamma}{\sigma_a^\gamma} \sum_{k=2}^{N_u} (A_k / A_1)^\gamma \right]^{-1} \quad (6)$$

که در آن $SNR_{out}(1)$ سیگنال به نویز تک کاربره با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است

$$SNR_{out}(1) = \frac{N_c A_1^\gamma E_w}{\sigma_n^\gamma} \quad (7)$$

در این عبارت انرژی سیگنال به شکل زیر تعریف می‌شود

$$E_w = \int_{-\infty}^{+\infty} w_{rec}^\gamma(x) dx \quad (8)$$

در رابطه (۶)، σ_a^γ واریانس تداخل در یک چیپ ناشی از یک پالس تداخل کننده است و برابر است با

$$\sigma_a^\gamma = T_c^{-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\int_{-\infty}^{+\infty} w_{rec}(x-s) w_{rec}(x) dx \right]^\gamma ds \quad (9)$$

اثبات روابط فوق در مرجع [۸] آمده است.

۲-۵ کارایی سیستم DS-UWB در کانال AWGN

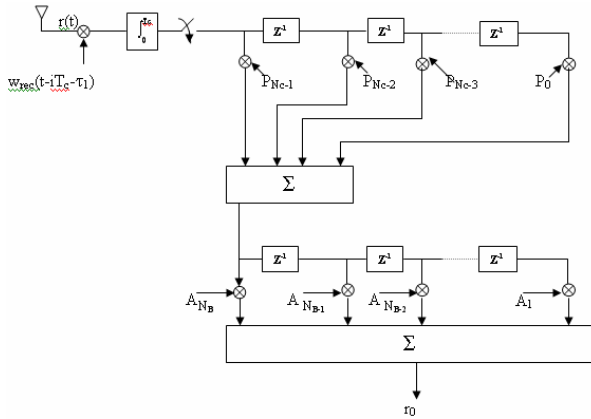
با استفاده از روابط فوق و با فرض کنترل کامل توان احتمال خطای سیستم را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$p_e(N_u) = Q \left(\sqrt{\left[\frac{N_c A_1^\gamma E_w}{\sigma_n^\gamma} \right]^{-1} + \left[\frac{N_c E_w^\gamma}{\sigma_a^\gamma} \right]^{-1}} (N_u - 1) \right) \quad (10)$$

هنگامیکه $N_u = 1$ باشد، احتمال خطای تک کاربره به صورت زیر ساده می‌شود

$$p_e(N_u = 1) = Q \left(\sqrt{\frac{N_c A_1^\gamma E_w}{\sigma_n^\gamma}} \right) \quad (11)$$

کارایی سیستم‌های دسترسی چندگانه به مواردی چون تعداد کاربران (N_u) ، نسبت سیگنال به نویز برای N_u کاربر $(SNR_{out}(N_u))$ ، نرخ



شکل ۵: بلوک دیاگرام گیرنده PRAKE [۸].

با توجه به پیچیدگی اضافی که دلیل انتخاب قوی‌ترین مولفه‌ها در گیرنده SRAKE وجود دارد و با توجه به آنکه معمولاً قوی‌ترین مولفه‌ها، مولفه‌های با تأخیر حداقل هستند می‌توان به جای آنکه شاخه‌های گیرنده RAKE را بر قوی‌ترین مولفه‌ها قرار دهیم آن را بر مولفه‌های با تأخیر کمتر قرار دهیم. چنین گیرنده‌ای گیرنده PRAKE نامیده می‌شود.

در مرجع [۱۱] نشان داده شده که اگر تعداد مولفه‌های دریافتی عدد ثابتی باشد کارایی گیرنده PRAKE چندان بدتر از گیرنده SRAKE نیست. به طوری که با در نظر گرفتن پیچیدگی بیشتری که گیرنده SRAKE دارد، استفاده از گیرنده PRAKE معقول‌تر است. با توجه به مطالب ذکر شده در این مقاله جهت سنجش کارایی سیستم، گیرنده PRAKE بکار رفته است. در ادامه ساختار گیرنده PRAKE شرح داده می‌شود.

۳-۳-۱- ساختار گیرنده PRAKE

با فرض آنکه گیرنده PRAKE دارای N_B شاخه باشد و تداخل بین سمبلی (ISI) وجود نداشته باشد و گیرنده و فرستنده سنکرون باشند و ارتباط فرسوسو^۲ در نظر گرفته شود، گیرنده همبستگی سنج با عبارت زیر معادل است [۸]

$$r_j = \int_{jT_f + \tau_1}^{(j+1)T_f + \tau_1} r(t) \sum_{l=1}^{N_B} A_l \sum_{n=0}^{N_c-1} P_n w_{rec}(t - jT_f - nT_c - \tau_l) dt \quad (14)$$

بلوک دیاگرام گیرنده متناظر با رابطه فوق در شکل ۵ نشان داده شده است.

۳-۳-۲- نسبت سیگنال به نویز در گیرنده PRAKE

فرض می‌کنیم دنباله شبه تصادفی، دامنه‌ها و تأخیرهای تمامی مسیرها برای گیرنده مشخص و معلوم هستند. قدرت دریافتی در خروجی گیرنده به ازای سیگنال دریافتی ناشی از کاربرد مورد نظر به صورت زیر است

$$X_j = (d_j \sum_{k=1}^L A_k \sum_{l=1}^{N_B} A_l \sum_{n=0}^{N_c-k} P_n P_{n+k-l})^2 \quad (15)$$

واریانس نویز برابر است با

$$\sigma_a^2 = \sigma_n^2 \sum_{l=1}^{N_B} A_l \sum_{l'=1}^{N_B} A_{l'} \sum_{m=0}^{N_c-l} P_m P_{m+l-l'} \quad (16)$$

زوج‌های $\{G_k, \tau_k\}$ بدست آید. بهره انرژی مسیر k ام و τ_k تأخیر مسیر k ام است که برابر $(k-1)\Delta t$ می‌باشد. پس از محاسبه بهره مولفه‌ها می‌توان به محاسبه دامنه مولفه‌ها پرداخت. از آنجا که سیستم UWB بدون حامل است، بهره توان هر مولفه مجذور دامنه آن می‌باشد. بنابراین دامنه هر مولفه منفی یا مثبت جذر بهره توان آن است. با توجه به آنکه در [۹] ادعا شده که بهره‌های توان مولفه‌های مجاور از یکدیگر مستقل هستند، بهره دامنه آنها را نیز مستقل فرض نموده است. به علاوه با توجه به عدم وجود پیش فرض خاص در مورد علامت دامنه مولفه‌ها، در [۱۰] آن را با احتمال برابر مثبت و منفی فرض می‌کند. بنابراین داریم

$$A_k = \xi_k \sqrt{G_k} \quad (17)$$

A_k دامنه مولفه دریافتی k ام بوده و ξ_k علامت این مولفه را تعیین می‌کند که یک متغیر تصادفی است که اعداد ۱ و -۱ را با احتمال برابر انتخاب می‌نماید. به علاوه ξ_k و $\xi_{k'}$ برای $k \neq k'$ از یکدیگر مستقل هستند.

۳-۳ سیگنال دریافتی در محیط محوشدگی

با فرض آنکه L مولفه چند مسیره در کانال ایجاد شود سیگنال دریافتی برای کاربر مورد نظر برابر خواهد بود با

$$r(t) = \sum_{k=1}^L A_k \sum_{j=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{N_c-1} d_j P_n w_{rec}(t - jT_f - nT_c - \tau_k) + n(t) \quad (18)$$

که A_k دامنه مولفه k ام چند مسیره، $w_{rec}(t)$ شکل پالس دریافتی از یک مولفه مطابق رابطه (۳) و شکل ۱ است که به صورت زیر نرمالیزه شده است

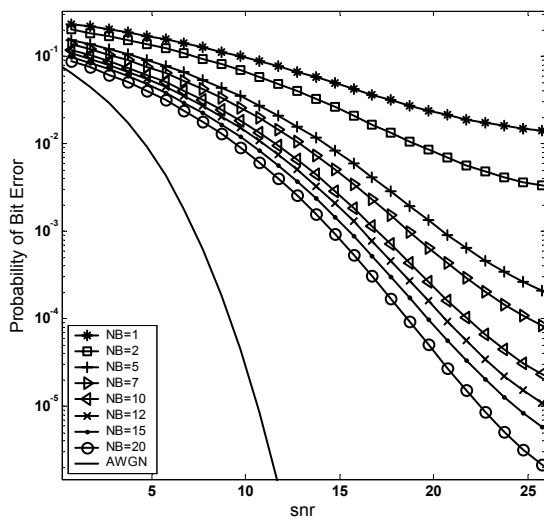
$$E_w = \int_{-\infty}^{+\infty} w_{rec}^2(x) dx = 1$$

j شماره پالس ارسالی، T_f طول یک قاب، τ_k تأخیر نسبی مولفه k ام و برابر است با $\tau_k = \tau_1 + (k-1)T_c$ ، P_n دنباله شبه تصادفی و $n(t)$ مجموع نویز و تداخل دریافتی شامل نویز حرارتی، تداخل دیگر فرستنده‌های UWB و تداخل‌های باند باریک است.

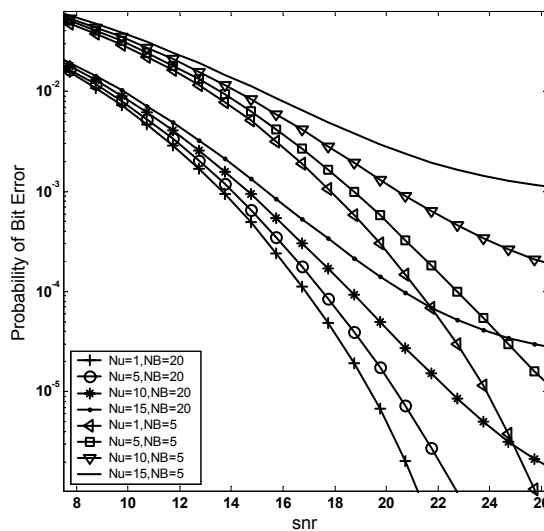
۳-۳ ساختار گیرنده در محیط محوشدگی

استفاده از گیرنده RAKE در سیستم‌های مخابراتی UWB می‌تواند بسیار مفید باشد. چنانکه می‌دانیم تعداد مولفه‌های چند مسیره در کانال‌های داخل ساختمان UWB بسیار بالاست، بنابراین یک گیرنده RAKE که تمامی مسیرهای دریافتی را آشکار سازد دارای پیچیدگی بالایی خواهد بود. به چنین گیرنده‌ای گیرنده ARAKE^۱ گویند. از اینرو در [۱۱] تقریب‌هایی از گیرنده RAKE به منظور استفاده در سیستم‌های UWB مطرح شده است. این تقریب‌ها عبارتند از گیرنده SRAKE^۲ و گیرنده PRAKE. در گیرنده SRAKE تعدادی از قوی‌ترین مولفه‌ها در شاخه‌های گیرنده دریافت می‌گردد. بنابراین به مکانیزمی برای تعیین قوی‌ترین مولفه‌ها نیاز است. هر مولفه در ضریبی متناسب با دامنه آن ضرب شده و سپس اعداد حاصل با یکدیگر جمع می‌شوند و در نهایت بر حسب مدولاسیون داده تصمیم‌گیری انجام می‌گیرد.

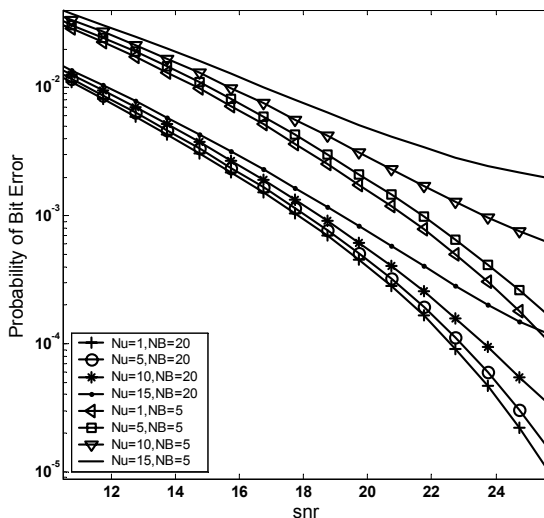
1. All RAKE
2. Selective RAKE



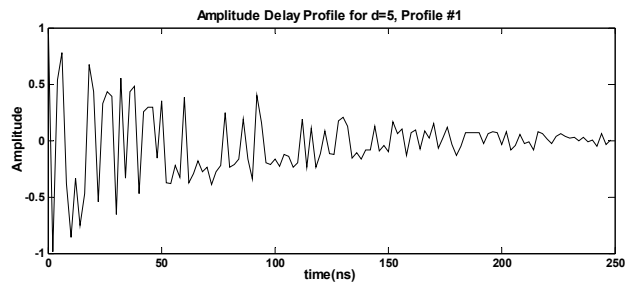
شکل ۸: کارایی سیستم DS-UWB در محیط محوشدگی شدید، برای ۱۰ کاربر فعال و تعداد شاخه‌های مختلف گیرنده RAKE.



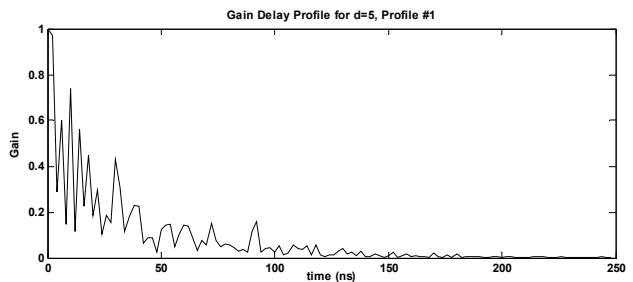
شکل ۹: مقایسه کارایی سیستم DS-UWB تک کاربره و چندکاربره با ۱۰ و ۱۵ کاربر فعال در محیط محوشدگی شدید و فاصله فرستنده و گیرنده ۵ متر.



شکل ۱۰: مقایسه کارایی سیستم DS-UWB تک کاربره و چندکاربره با ۱۰ و ۱۵ کاربر فعال در محیط محوشدگی شدید و فاصله فرستنده و گیرنده ۱۰ متر.



شکل ۶: دامنه پروفایل برای فاصله گیرنده و فرستنده ۵ متر.



شکل ۷: بهره توان پروفایل برای فاصله گیرنده و فرستنده ۵ متر.

برای محاسبه اثر سایر کاربران در خروجی گیرنده در مسیر ارتباطی فروسو، واریانس تداخل یکی از آنها را در خروجی گیرنده محاسبه کرده (σ_g^2) و سپس با استفاده از استقلال تداخل ناشی از کاربران مختلف، اثر کل آنها را در خروجی همبستگی سنج بدست می‌آوریم

$$\sigma_g^2 = \sum_{k=1}^L \sum_{k'=1}^L \sum_{l=\max(1, k-k')}^{\min(N_B, N_B+k-k')} A_k A_{k'} A_l A_{k'-k+l} \min(N_C - k, N_C - k') \quad (17)$$

نسبت سیگنال به نویز در گیرنده برابر است با

$$SNR = \frac{(d_j \sum_{k=1}^L A_k \sum_{l=1}^{N_B} A_l \sum_{n=0}^{N_C-k} P_n P_{n+k-l})^2}{(N_u - 1) \sigma_g^2 + \sigma_a^2} \quad (18)$$

اثبات روابط فوق در [۸] آمده است.

۳- شبیه‌سازی سیستم DS-UWB

به منظور شبیه‌سازی سیستم ابتدا پروفایل‌های تأخیر توان تولید شده است. دامنه و بهره توان مؤلفه یک پروفایل به عنوان نمونه در شکل‌های ۶ و ۷ رسم شده است. مشاهده می‌شود که توان مؤلفه‌های دریافتی به طور نمایی با افزایش زمان کاهش می‌یابد. همچنین ملاحظه می‌گردد که مؤلفه‌های با تأخیر بیش از ۲۵۰ نانو ثانیه قابل توجه نیستند به طوریکه می‌توان گفت صرفنظر کردن از این مؤلفه‌ها هیچ اثر محسوسی بر عملکرد سیستم ندارد. از دیگر نکات قابل توجه وجود بعضی مؤلفه‌های قوی با تأخیر بالای ۵۰ نانو ثانیه تا ۸۰ نانو ثانیه است. به طوریکه می‌توان نتیجه گرفت که تعداد شاخه‌های گیرنده RAKE برای سیستم‌های UWB می‌تواند عدد بزرگی باشد [۱۰].

پس از بدست آوردن PDPهای مختلف، به شبیه‌سازی سیستم تک کاربره و چندکاربره در محیط‌های داخل ساختمان پرداخته‌ایم. در شبیه‌سازی‌ها فرض شده است که پارامترهای کانال در مدت ارسال یک قاب ثابت می‌ماند. فرض ساده‌کننده دیگری که در این شبیه‌سازی‌ها لحاظ گردیده این است که تأخیر مسیرهای مختلف مضرری از دوره زمانی یک چپ می‌باشد. دوره زمانی یک چپ ۲ نانوثانیه انتخاب گردیده است.

می‌باشد در این مدل زمان دریافت به bin های کوچکی تقسیم گردید و توان دریافتی در هر bin محاسبه شده تا پروفایل تأخیر توان بدست آید. پس از تولید پروفایل تأخیر توان، به طراحی گیرنده RAKE پرداختیم. نتایج نشان می‌دهد که بکارگیری گیرنده PRAKE با ۲، ۵ و ۱۰ شاخه قادر است عملکرد سیستم را به ترتیب تا ۳ dB، ۶ dB و ۱۲ dB در مقایسه با سیستم تک کاربره بهبود بخشد. همچنین ملاحظه گردید که کارایی سیستم با بالا بردن نرخ بیت و افزایش فاصله بین فرستنده و گیرنده کاهش می‌یابد.

مراجع

- [1] A. R. Forouzan and M. Abtahi, "Convolutionally encoded M-ary PPM ultrawideband time-hopping spread-spectrum systems," in *Proc. European Conf. Wireless Technology, ECWT'02*, pp. 79-82, Milan, Italy, Sep. 2002.
- [2] A. R. Forouzan and M. Abtahi, "Application of convolutional error correcting codes in ultrawideband M-ary PPM signaling," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 13, no. 8, pp. 308-310, Aug. 2003.
- [3] G. Durisi and S. Benedetto, "Performance evaluation and comparison of different modulation schemes for UWB multiaccess systems," in *Proc. IEEE Int. Conf., ICC'03*, vol. 3, pp. 2187-2191, May 2003.
- [4] V. S. Somayazulu, "Multiple access performance in UWB systems using time hopping vs. direct sequence spreading," in *Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conf.*, vol. 2, pp. 522-525, Mar. 2002.
- [5] M. Hamalainen, R. Tesi, and J. Linatti, "On the UWB system performance studies signals in AWGN channel with interference in UMTS Band," in *Proc. IEEE Conf. on Ultra Wideband Systems and Technologies*, pp. 321-326, 2002.
- [6] M. Hamalainen, V. Hovinen, and J. Linatti, "Performance comparison between various UWB signals in AWGN channel in the presence of multitone interference at the GSM downlink band," in *Proc. WPM01 Conf.*, pp. 449-453, 2001.
- [7] M. Z. Win and R. A. Scholtz, "Ultra-wide bandwidth time-hopping spread-spectrum impulse radio for wireless multiple-access communications," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 48, no. 4, pp. 679-690, Apr. 2000.
- [8] مینا دشتی، تکنیک دنباله مستقیم فرا پهن باند (DS-UWB) در مخابرات بی سیم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده تحصیلات تکمیلی، واحد تهران جنوب دانشگاه آزاد اسلامی، تابستان ۱۳۸۳.
- [9] D. Cassioli, M.Z. Win, and A.F. Molisch, "Ultra wide bandwidth indoor channel: from statistical model to simulations," *IEEE Commun.*, vol. 20, no. 5, pp. 1247-1257, Aug. 2002.
- [10] A. R. Forouzan and M. Abtahi, "Performance evaluation of uncoded and coded pulse position modulation time hopping ultra wideband systems in indoor multipath fading channels," *Report Number:82G02R06, Wireless LAN Group, Mobile Communications Division, Iran Telecom Research Center*, 2003.
- [11] D. Cassioli, M. Z. Win, F. Vatalaro, and A. F. Molisch, "Performance of low-complexity rake reception in a realistic UWB channel," in *Proc. IEEE Intl. Conf. on Communications, ICC'2002*, vol. 2, pp. 763-767, Apr. 2002.

مینا دشتی تحصیلات خود را در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی برق بترتیب در سالهای ۱۳۷۸ و ۱۳۸۳ از دانشگاه شهید بهشتی و دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب به پایان رسانده است. از سال ۱۳۸۲ الی ۱۳۸۳ نامبرده در مرکز تحقیقات مخابرات ایران در زمینه سیستمهای فراپهن باند (UWB) به کار مشغول بود و هم اکنون در سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی به عنوان کارشناس ارشد سیستمهای مخابرات سیار سلولی مشغول به کار می‌باشد. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان عبارتند از: سیستمهای فراپهن باند، طیف گسترده، مخابرات سیار سلولی و مخابرات بی‌سیم.

همچنین جهت جلوگیری از بروز ISI، یک بازه محافظ ۲۵۰ نانو ثانیه‌ای به انتهای قاب اضافه شده است.

نمودارهای احتمال خطا بر حسب سیگنال به نویز برای سیستم چند کاربره در محیط محوشدگی شدید با بکارگیری گیرنده PRAKE به ازای مقادیر مختلف N_B (تعداد شاخه‌های گیرنده PRAKE) و همچنین در کانال AWGN با ۱۰ کاربر فعال و فاصله ۵ متری بین فرستنده و گیرنده و نرخ بیت یک مگابیت بر ثانیه در شکل ۸ رسم شده است. بعلاوه کارایی سیستم تک کاربره و چند کاربره برای ۵، ۱۰ و ۱۵ کاربر فعال و به ازای فواصل مختلف فرستنده و گیرنده و نرخ بیت یک مگابیت بر ثانیه و همچنین با بکارگیری گیرنده PRAKE به ازای مقادیر مختلف N_B در شکل‌های ۹ و ۱۰ رسم شده است.

نتایج نشان می‌دهد که با افزایش تعداد شاخه‌های گیرنده PRAKE عملکرد سیستم بهبود می‌یابد اما این بهبود عملکرد به طور خطی با افزایش تعداد شاخه‌های گیرنده PRAKE ادامه نمی‌یابد. بطوریکه افزایش تعداد شاخه‌های گیرنده PRAKE از ۱ به ۲ باعث بهبود کارایی به اندازه ۳ dB می‌شود در حالیکه افزایش تعداد شاخه‌های گیرنده PRAKE از ۳۰ به ۵۰ باعث بهبود کارایی به اندازه ۱ dB می‌شود. بعلاوه ملاحظه می‌شود که با افزایش فاصله فرستنده و گیرنده به علت افزایش افت مسیر کارایی کمتر شده است. به عنوان مثال در سیستم تک کاربره و در احتمال خطای 10^{-4} با ۲۰ شاخه گیرنده PRAKE و فاصله گیرنده و فرستنده ۱۰ متر به ۶ dB سیگنال به نویز بیشتر نسبت به حالتی که فاصله گیرنده و فرستنده ۵ متر است نیاز می‌باشد.

همچنین نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهند که در سیستم چند کاربره با افزایش تعداد کاربران، برای دستیابی به کارایی مطلوب، باید تعداد شاخه‌های گیرنده PRAKE را افزایش داد. عبارت دیگر افزایش تعداد کاربران موجب افت کارایی می‌شود. بعنوان نمونه در احتمال خطای 10^{-4} با ۲۰ شاخه گیرنده PRAKE و فاصله ۵ متری بین گیرنده و فرستنده، سیستم تک کاربره به ۴ dB سیگنال به نویز کمتر نسبت به سیستم چند کاربره با ۱۵ کاربر فعال نیاز دارد. به علاوه افزایش نرخ بیت منجر به کاهش کارایی می‌شود به عنوان مثال با تعداد ۱۰ شاخه گیرنده و در احتمال خطای 10^{-3} با افزایش نرخ بیت از ۱ Mbps به ۳ Mbps منجر به افت کارایی به اندازه ۱ dB می‌شود. همچنین نتایج نشان می‌دهد در مجموع محوشدگی تأثیر بسزایی در کاهش کارایی سیستم دارد اما با بکارگیری گیرنده RAKE می‌توان کارایی سیستم را به طور چشمگیری بهبود بخشید.

۴- نتیجه گیری

در این مقاله پس از معرفی سیستمهای فراپهن باند، کارایی سیستم DS-UWB با مدولاسیون آنتی پودال در کانال AWGN و تداخل چند کاربره ارزیابی شد و نتایج با کارایی سیستم TH-UWB با مدولاسیون PPM در کانال AWGN و تداخل چند کاربره مقایسه شد. ملاحظه گردید که سیستم DS-UWB نسبت به TH-UWB در محیط دسترسی چندگانه عملکرد بهتری دارد. به طوریکه در یک نرخ ارسال معین و احتمال خطای مشخص سیستم DS-UWB قادر به پشتیبانی کاربران بیشتری نسبت به سیستم TH-UWB می‌باشد. همچنین ملاحظه می‌گردد که با افزایش نرخ ارسال، هر دو سیستم قادر به پشتیبانی تعداد کاربران کمتری می‌باشند. در نهایت کارایی سیستم DS-UWB در محیط محوشدگی و تداخل چند کاربره بررسی شد. مدل بکار رفته برای کانال یک مدل انتشار tapped delay line بر پایه بهره مسیر و گسترش تأخیر

شهریار شیروانی مقدم در سال ۱۳۷۱ مدرک کارشناسی مهندسی مخابرات خود را از دانشگاه علم و صنعت ایران و در سال ۱۳۷۴ مدرک کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات خود را از دانشکده تحصیلات تکمیلی واحد تهران دریافت نمود. ایشان در خرداد ماه سال ۱۳۸۰ موفق به اخذ درجه دکترا در مهندسی برق (گرایش مخابرات) دانشگاه علم و صنعت ایران با رتبه عالی گردید. وی طی سالهای ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۲ در تدریس دوره‌های مخابرات و جنگ الکترونیک دانشکده‌های مخابرات نیروی زمینی ارتش و علوم و فنون فارابی فعالیت نموده است. دکتر شیروانی مقدم از سال ۱۳۷۹ در دانشکده تحصیلات تکمیلی واحد تهران جنوب، علاوه بر سرپرستی و راهنمایی پروژه‌ها و سمینارهای کارشناسی ارشد، تدریس دروس مخابرات ۲، مخابرات ماهواره‌ای و رمزنگاری را بر عهده دارد. از سال ۱۳۸۲ نیز بعنوان عضو هیأت علمی گروه الکترونیک دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهید رجایی مشغول تدریس و تحقیق است. زمینه‌های علمی و تحقیقاتی مورد علاقه نامبرده عبارتند از: مخابرات سیار سلولی، مخابرات طیف گسترده و مخابرات فرا پهن باند.

محمد ابطحی در سال ۱۳۷۰ مدرک کارشناسی خود را از دانشگاه شیراز و در سال ۱۳۷۳ مدرک کارشناسی ارشد مهندسی برق خود را از دانشگاه صنعتی شریف دریافت نمود. وی در سال ۱۳۷۹ موفق به اخذ درجه دکترا بطور مشترک از دانشگاه صنعتی شریف و انستیتو پلی‌تکنیک گرونوبل فرانسه گردید. دکتر ابطحی در سال ۱۳۷۹ بعنوان عضو هیأت علمی، جذب مرکز تحقیقات مخابرات ایران شد و در سال ۱۳۸۳ به سمت مدیر گروه مخابرات سیار در پژوهشکده شبکه منصوب گردید. نامبرده هم‌اکنون فرصت مطالعاتی خود را در مرکز اپتیک، فوتونیک و لیزر دانشگاه لاول کانادا می‌گذراند. زمینه‌های علمی مورد علاقه نامبرده شامل شبکه‌های محلی بی‌سیم نوری و رادیویی، دسترسی چندگانه نوری با تقسیم کد، کلیدهای تمام نوری و سیستم‌های فراپهن باند می‌باشد.

Archive of SID