

بهبود SNR در مکان یابی با UWB استفاده از الگوریتم های کنترل توان

عزیز صفادوست^۱، حسین مومن زاده^۲

۱. کارشناس ارشد، گروه مهندسی کامپیوتر، تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد، بوشهر، ایران safadoustaziz@yahoo.com

۲. استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد، بوشهر، ایران momenzadeh.hossein@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۱۴

چکیده

در مکان یابی فضای سرپوشیده با استفاده از باند فوق وسیع، مقدار نسبت سیگنال به نویز (SNR) نقش بسزایی در مکان یابی دارد. در مکان یابی عواملی از قبیل اثر پدیده نویز، اثر پدیده چند مسیری و اثر انتشار بدون دید مستقیم سبب تضعیف در دقت و صحت در مکان یابی در فضای سرپوشیده می شود. مکان یابی با استفاده از باند فوق وسیع یک راه حل مناسب موقعیت یابی در فضای سرپوشیده است بهبود SNR در این روش سبب افزایش در دقت و صحت مکان یابی در باند فوق وسیع می شود. بهبود SNR با استفاده از الگوریتم های کنترل توان راه حل پیشنهادی در این مقاله است. بدین صورت که از الگوریتم های کنترل توان در دستگاه های فرستنده و گیرنده استفاده می شود. کنترل توان بر روی توان ارسالی انجام می شود و در دو حالت دید مستقیم و بدون دید مستقیم به بررسی میزان SNR پرداخته شده است. با استفاده از الگوریتم های کنترل توان شاهد بهبود میزان SNR در دو حالت دید مستقیم و دید غیر مستقیم هستیم.

کلید واژه: مکان یابی، فضای سرپوشیده، باند فوق وسیع، نسبت سیگنال به نویز، الگوریتم کنترل توان، دید مستقیم و غیر مستقیم

۱- مقدمه

هدف از الگوریتم های موقعیت یابی تعیین مکان دقیق یک شی در مجموعه ای مورد اندازه گیری است. تکنیک های مکان یابی بی سیم می توان بر اساس اندازه گیری بین یک شی و نقطه مرجع، مانند مکان یابی بر اساس محدوده، مبتنی بر زاویه و مبتنی بر مجاورت تقسیم بندی کرد [۱]. در میان آنها، سیستم های مبتنی بر محدوده مناسب تر برای مکان یابی با دقت بالا می باشد. بکارگیری اندازه گیری محدوده بین جسم و مرجع، یک الگوریتم سه وجهی^۱ است که می تواند مکان اشیا در یک صفحه دو بعدی محاسبه کند [۲]. فن آوری های بی سیم که برای طراحی یک سیستم مکانی یابی در فضای سرپوشیده استفاده می شود شامل مادون قرمز، مافوق صوت، سیگنال نوری، RFID، WIFI، بلوتوث، Zigbee و باند فوق وسیع^۲ است. در میان آنها، سیستم UWB پتانسیل دستیابی به مکان یابی با دقت بالاتری را ارائه می دهد که از تکنیک های زمان ورود^۳ استفاده می کند که حتی در محیط های خشن، استفاده آن بدلیل توانایی حل مشکل پدیده چند مسیری و نفوذ در موانع می باشد. توانمندی بالقوه در فناوری سیستم های UWB برای شبکه های ارتباطی بی سیم در

¹ Trilateration

² Ultra Wideband

³ Time Of Arrival

آینده توسط IEEE شناخته شده است، که UWB را تحت عنوان استاندارد IEEE 802.15.4-2011 برای شبکه‌های بی‌سیم شخصی^۴ تصویب کرده است که این استاندارد برای ایجاد یک لایه فیزیکی برای برد کوتاه و نرخ داده کم جهت موقعیت‌یابی دقیق به رسمیت شناخته شده است [۳]. استاندارد IEEE 802.15.4-2011 قبلاً استاندارد IEEE 802.15.4a WPAN نامیده می‌شد [۴].

یک مشکل مهم در UWB برای محدوده TOA جهت مکان‌یابی در فضای سرپوشیده این است که اگر کانال چند مسیره ناپایدار باشد، کیفیت سیگنال ارتباطاتی ممکن است کاهش یابد و در نتیجه باعث کاهش دقت محدوده و پایداری می‌شود [۵]. در کانال چند مسیری، هر پالس UWB دریافتی ممکن است به شکل‌های متفاوت نسبت به پالس فرستاده شده باشد که این به خاطر تغییر در متریال و خصوصیات آنتن‌های مورد استفاده برای مسیرهای مختلف انتشار است. بازتاب‌های که به خاطر پراکنده‌سازها در محیط داخل ساختمان بوجود می‌آید، درگیرنده به عنوان کپی از سیگنال ارسالی با سطوح تضعیف و تاخیر متفاوت دریافت می‌شود [۶]. تعداد زیادی از اجزای چندمسیری به طور یکنواخت بر محدوده ورودی مبدل آنالوگ به دیجیتال گسترده می‌شوند. از آنجا که تعداد نامشخص اجزاء چندمسیری از لحاظ زمانی با هم همپوشانی ندارند و در نتیجه لغو نمی‌شوند که سبب ازدیاد نویز اشباع می‌شود [۷]. در نتیجه، SNR کاهش می‌یابد و پیک‌های موجی مجاور با دامنه قابل قیاس با پیک صحیح در کانال، پاسخ ناگهانی ممکن است بوجود بیاید که تشخیص TOA مشکل می‌کند [۸].

علاوه بر این، قدرت سیگنال دریافتی در آنتن معمولاً در انتشار چندمسیری منظم نیست، به ویژه در موارد جسم متحرک. اگر سیگنال دریافتی قوی باشد، ADC به سمت اشباع می‌رود و نویز به سرعت افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، اگر سیگنال دریافتی بسیار ضعیف باشد، SNR با توجه به نویز حرارتی و کوانتیزگی کاهش می‌یابد. این منابع نویز بر کیفیت سیگنال دریافتی و عملکرد UWB تاثیر می‌گذارد. علاوه بر این، هیچ مدل دقیق برای کیفیت سیگنال ارتباطی در UWB جهت انتشار سیگنال در چندمسیری وجود ندارد. [۹]

۲- روش‌های مکان‌یابی فضای سرپوشیده

تا به امروز، تعداد زیادی از فن‌آوری‌های بی‌سیم برای مکان‌یابی داخلی به کار گرفته شده است، از جمله مادون قرمز، مافوق صوت، سیگنال نوری و فن‌آوری‌های فرکانس رادیویی. با این حال، محیط داخل ساختمان در مقایسه با "فضای آزاد" ایده آل معمولاً در هم ریخته است. این درهم ریختگی به طور کلی نه تنها شامل دیوارها است، بلکه مبلمان، درب‌ها، تجهیزات و البته انسان‌ها را نیز شامل می‌شود. این موانع ثابت و متحرک در سیگنال‌های دریافتی تاثیراتی مانند تداخل بازتاب و انسداد دارند. [۱۰]

فن‌آوری‌های RF قادر به نفوذ در موانع هستند. از این رو، RF یک منطقه بزرگتر پوشش می‌دهد و نیاز به زیر ساخت کمتر در مقایسه با مادون قرمز، مافوق صوت و سیگنال نوری دارد. RF را می‌توان به سیگنال‌های با پهنای باند باریک، مانند RFID، WIFI، بلوتوث، Zigbee و سیگنال‌های با پهنای باند بالا مانند باند فوق وسیع (UWB) تقسیم‌بندی کرد. در مقایسه با سایر فن‌آوری‌های RF، سیگنال UWB دارای ویژگی منحصر به فرد در پهنای باند بالا است [۱۱].

۲-۱ سیستم‌های با باند فوق وسیع

اصطلاح باند وسیع به طور رایج برای سیستم‌هایی به کار می‌رود که پهنای باند مدوله شده بسیار بالایی دارند، بنابراین به نرخ ارسال داده بسیار زیادی می‌توانند دست یابند. اما منظور ما در اینجا از باند وسیع استفاده از سیگنال‌های طیف گسترده شده‌ای است که به خودی خود و حتی بدون مدولاسیون داده، پهنای باند فوق‌العاده زیادی دارند و می‌توانند به کارایی بسیار بالا در مخابرات داخل ساختمان از جمله تعداد کاربران با نرخ ارسال زیاد دست یابند. باتوجه به تعریف FCC به هر تکنولوژی بی‌سیم که پهنای باند نسبی مورد استفاده آن حداقل ۲۰ درصد فرکانس مرکزیش باشد یا کل پهنای باند آن بیشتر از ۰.۵ گیگاهرتز باشد، UWB گفته می‌شود. در

⁴ Wireless Personal Area Network

بهبود SNR در مکان یابی با UWB استفاده از الگوریتم های کنترل توان

برخی مراجع این دو عدد به ترتیب ۲۵ درصد و ۱.۵ گیگاهرتز بیان شده‌اند. تکنولوژی UWB معمولاً به صورت پیام رادیویی ضربه-ای، شناخته می‌شود که داده‌ها را با پالس‌های کوتاه ارسال می‌کند.

تفاوت اساسی UWB با انتقال‌های رادیویی مرسوم در این است که سیستم‌های مرسوم دیتا را به وسیله تغییر سطح توان، فرکانس و یا فاز یک موج سینوسی انتقال می‌دهند، در حالی که UWB اطلاعات را به وسیله تولید باند پالس رادیویی در فواصل زمانی مشخص و اشغال پهنای باند وسیعی انتقال می‌دهد. این پالس‌ها بسیار کوتاه می‌باشند. بنابراین اغلب بازتاب‌های سیگنالی روی سیگنال اصلی نمی‌افتد و حالت‌های محوشدگی سیگنال‌های باند باریک در آن وجود ندارد [۱۲].

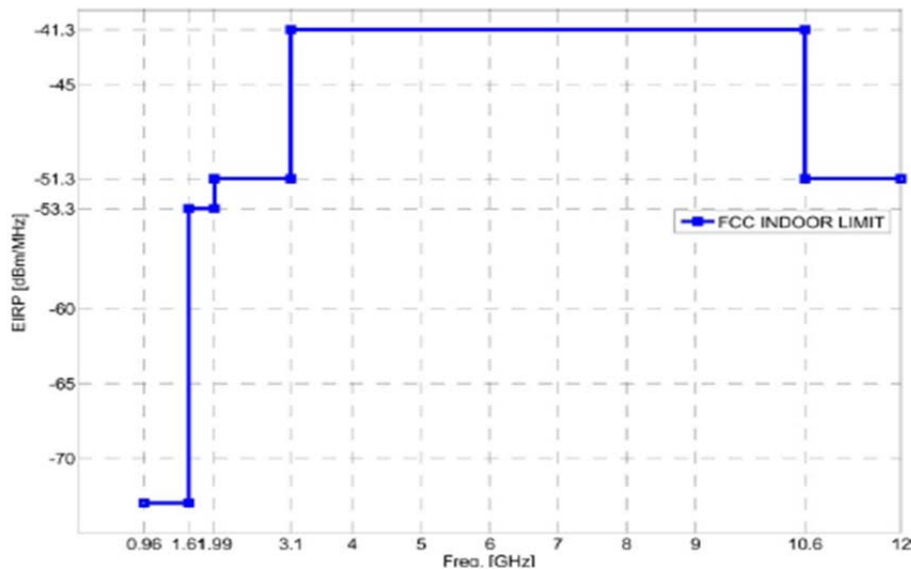
۱-۱-۲ مقررات FCC برای سیگنال‌های UWB

در سال ۲۰۰۲ آمریکا فعالیت‌های جهانی در استانداردسازی و تنظیم تکنولوژی UWB را با مجوز شروع به کار وسایل UWB در باندهای فرکانسی مشترک یا غیردولتی، بنیان نهادند. بنابراین FCC اولین مقررات سیستم‌های UWB را در سناریوهای داخل و خارج ساختمانی قرار داد و فروش و استفاده از سه دسته از سیستم‌های UWB را مجاز کرد:

- کاربرد در سیستم‌های مخابراتی و اندازه‌گیری در محدوده ۳.۱-۱۰.۶ گیگاهرتز که نامزد استفاده در مخابرات رنج کوتاه است
- کاربرد در سیستم‌های رادار حمل و نقل در محدوده ۲۲-۲۹ گیگاهرتز با فرکانس مرکزی ۲۴.۰۷۵ گیگاهرتز.
- کاربرد در سیستم‌های تصویربرداری در محدوده کمتر از ۶۹۰ مگاهرتز، همچنین محدوده ۱.۹۹-۱۰.۶ برای تصویربرداری

پزشکی

محدوده انتشار توان برحسب EIRP^۵ در مقابل فرکانس، در شکل ۱-۲ ترسیم شده است.



شکل ۱-۲: تعیین محدوده انتشار توان برحسب EIRP توسط FCC

اگر همه پهنای باند بین ۳.۱-۱۰.۶ گیگاهرتز استفاده شود، توان مجاز ارسال شده برای ارتباطات داخلی -41.3 dB/MHz یا به طور اساسی 0.5 mW است. این توان بسیار پایین، باید از تداخل با سیستم‌های باند باریک موجود جلوگیری کند، اما باعث می‌شود عملاً

⁵ Equivalent Isotropically Radiated Power

برای ارتباطات رنج کوتاه (کمتر از ۱۰ متر) استفاده شود. تخصیص طیف فرکانسی معروفترین سیستم‌های بی‌سیم در شکل زیر ترسیم شده است.

۲-۱-۲ ارسال در سیستم‌های UWB

اگرچه سیستم UWB می‌تواند به صورت‌های متنوعی تولید و ارسال گردد، شناخته شده‌ترین مدل، تولید سیگنال با روش رادیو ضربه-ای است. این روش مبتنی بر ارسال ضربه‌هایی با دوره زمانی کم‌تر از یک نانوثانیه و استفاده از تکنیک‌های دستیابی چندگانه بر پایه تقسیم کد است. در این روش یک دنباله شبه تصادفی به هر کاربر اختصاص می‌یابد. دنباله شبه تصادفی در این سیستم زمان ارسال را مشخص می‌کند. به این صورت که زمان ارسال یک بیت به چیپ‌های کوچکی تقسیم می‌شود، سپس هر فرستنده یک (یا تعدادی) پالس با دوره زمانی کمتر یا مساوی دوره زمانی یک چیپ، در چیپ (یا چیپ‌هایی) که توسط دنباله شبه تصادفی مخصوص به آن کاربر مشخص شده‌اند، ارسال می‌کند. به علت متفاوت بودن دنباله‌های شبه تصادفی برای کاربران مختلف، احتمال ارسال در زمان‌های مشابه برای کاربرهای تداخل‌کننده، کاهش می‌یابد. از طرف دیگر مشاهده می‌شود که گستره طیف فرکانسی هم که متناسب با عکس دوره زمانی یک پالس است، در مقایسه با حالت عادی که دوره زمانی پالس با زمان ارسال سبب برابر است، بسیار گسترش می‌یابد. همانطور که در ادامه بحث خواهیم کرد استفاده از سیگنال‌های با پهنای باند گیگاهرتزی، اثر فیدینگ را کاهش می‌دهد که این خود منجر به کاهش توان مورد نیاز برای ارسال می‌گردد. با پهنای باند وسیعی که UWB دارد، در سیستم با دسترسی چندگانه می‌تواند تعداد زیادی از کاربران را حتی در محیط‌های چندگانه پشتیبانی کند.

۲-۱-۳ ویژگی‌های باند فوق وسیع

با توجه به پهنای باند زیاد، سیستم UWB می‌تواند مزایای مختلف برای طراحی سیستم‌های مکان‌یابی در محیط پوشیده ارائه دهد که از جمله موارد زیر است.

- ایمن در برابر پدیده چندمسیری: سیگنال UWB از پالس‌های کوتاه استفاده می‌کند. در نتیجه، پالس‌های متعلق به بازتاب چندمسیری تمایل به همپوشانی زمانی با هم ندارند. بنابراین، پالس با هم تداخل ندارند و پدیده محوشدگی^۶ رخ نمی‌دهد، بر خلاف سیگنال پهنای باند باریک پدیده چندمسیری سبب همپوشانی می‌شود و محوشدگی بوجود می‌آید، به عنوان مثال در وای‌فای، بلوتوث و زیگبی.
- استفاده از محدوده فرکانسی بالا: باعث افزایش دقت در مکان‌یابی می‌گردد. استفاده از سیگنال پهنای باند بالا، باعث می‌شود که سیگنال‌های UWB پتانسیل دستیابی به دقت در حد سانتی‌متر با استفاده از اندازه‌گیری سیگنال TOA داشته باشند.
- کم هزینه بودن و استفاده از مدارات فرستنده و گیرنده کم قدرت: UWB در مدولاسیون باند پایه^۷ کار می‌کند. یک سیگنال باند پایه را می‌توان بدون استفاده از حامل موج سینوسی منتقل کرد (تقریباً "carrier free")، که باعث کم شدن هزینه و استفاده تجهیزات با توان کم می‌شود.
- بدون نیاز LOS، تداخل کمتر، توانایی نفوذ بیشتر نسبت به مادون قرمز، اولتراسوند و سیگنال‌های نوری.

۲-۲ منابع خطا در مکان‌یابی بر اساس زمان

در این بخش به بررسی منابع خطا در TOA، مانند نویز، پدیده چندمسیری و انتشار NLOS می‌پردازیم.

^۶ Fading

^۷ Baseband

۲-۲-۱ اثر نویز

سیگنال داری پهنای باند بالا و SNR بالا برای سیستم های مبتنی بر TOA مفید می باشد. در سیستم های UWB، در سیگنال با پهنای باند بالا مورد تایید است. داشتن SNR بالا یک نیاز برای محدوده TOA است. با این حال، در عمل، همیشه SNR توسط منابع مختلف نویز تحت تاثیر قرار دارد، در نتیجه باعث عدم دقت و بی ثباتی می شود. یکی از منابع نویز مبدل آنالوگ به دیجیتال هست و منبع دیگر نویز، نویز حرارتی و تداخل هست.

یک منبع نویز در سیستم های UWB ممکن است از مبدل های آنالوگ به دیجیتال باشد. در تجزیه و تحلیل توان نویز تولید شده توسط یک ADC مشاهده می شود که با توجه به ماهیت غیر خطی آن، مبدل آنالوگ به دیجیتال ممکن است دو نوع نویز در خروجی دستگاه ایجاد کند، یکی به دلیل اثرات کوانتیزگی و دلیل دیگر بخاطر اثرات اشباع است. [۱۳]

نویز حرارتی به طور کلی از مدارهای آنتن ناشی می شود نویز حرارتی اغلب به عنوان AWGN در نظر گرفته می شود. تداخل ناشی از دیگر رادیوهای باند باریک را نیز باید در نظر گرفت، اما مشکل بحرانی برای مبدل های چند بیتی ADC در سیستم های UWB ایجاد نمی کند. گیرنده UWB می تواند تداخل را در دامین دیجیتال حذف کند و یا می تواند با انتخاب یک پهنای باند آزاد، از منابع تداخل اجتناب کند.

۲-۲-۲ اثر پدیده چند مسیری

چندمسیری یکی دیگر از منبع خطا در سیستم محدوده TOA است. هنگامی که سیگنال UWB در یک محیط بازتاب داخلی منتشر می شود، تعداد زیادی از اجزای چندمسیری مشاهده می شود که بطور یکنواخت در محدوده ورودی مبدل آنالوگ به دیجیتال منتشر می گردد. پاسخ تکانه کانال ممکن است پیک های مجاور با دامنه قابل ملاحظه با پیک درست نشان دهد. مسیر سیگنال اول ممکن قوی ترین نباشد که در نتیجه موجب می شود که برآورد TOA داری دقت لازم نباشد [۱۴].

همچنین، این پیک های مجاور از لحاظ زمانی با هم همپوشانی ندارند و در نتیجه لغو نمی شوند. از این رو، در هنگام اندازه گیری پالس انتقالی، توان بیشتری دریافت خواهد شد، که ممکن است نویز اشباع تولید کند و سبب کاهش SNR گردد.

۲-۲-۳ اثر انتشار بدون دید مستقیم

در محیط داخلی، سیستم UWB با چالش انتشار بدون دید مستقیم مواجه است. یک منبع خطا یک تاخیر اضافی مسیر مستقیم است که توسط انتشار جزء مسیر مستقیم مسدود شده در هنگام عبور از موانع مختلف ایجاد می گردد. در این وضعیت، TOF سیگنال های UWB نه تنها بستگی به مسافت طی شده دارد بلکه به مواد مواجه شده نیز بستگی دارد. از آنجا که انتشار امواج الکترومغناطیسی در برخی از مواد در مقایسه با هوا کندتر است سیگنال با تاخیر اضافی می رسد، در نتیجه سبب ایجاد بایاس مثبت در محدوده برآورد شده می شود.

یکی دیگر از منابع خطا انتشار NLOS این است که مسیر مستقیم به طور کامل مسدود شده است، و گیرنده فقط می تواند انعکاس اجزای چند مسیره را مشاهده کند. که در چنین وضعیت، TOF از مقدار TOF درست بزرگتر است. در شرایط NLOS، تخمین TOA در گیرنده، شامل یک بایاس مثبت، که به دلیل انتشار با تاخیر اضافی می باشد. زمانی که همه اجزای چندمسیری به طور کامل مسدود شده باشد، اندازه گیری TOA در گیرنده وجود ندارد.

۳ - معرفی کلی روش پیشنهادی

توان سیگنال در گیرنده به عنوان یک انرژی سیگنال دریافت E_r و انرژی نویز E_{noise} به شکل زیر می توان مدل نمود:

$$E = E_r + E_{\text{noise}} = E_r + \sum_{i=1}^N E_i \quad (1-3)$$

که در آن، E_i است مربوط به انرژی از منبع نویز i ام است، که E_r را می توان با به صورت زیر مدل کرد. [۱۵]

$$E_r = KPD^{-n} \quad (2-3)$$

که در آن، ثابت K اثرات دیگر پارامترهای لایه فیزیکی، P توان ارسال قطعی و D فاصله بین دو رادیو UWB است، n توان اتلاف مسیر است. و سپس SNR به صورت زیر تعریف می شود:

$$SNR = \left(\sum_{i=1}^N (SNR_i)^{-1} \right)^{-1} = \left(\sum_{i=1}^N \left(\frac{E_r}{E_i} \right)^{-1} \right)^{-1} \quad (3-3)$$

اگر چه این مدل SNR از لحاظ نظری همه منابع نویز در نظر گرفته است، ولی مدل دقیق منبع نویز نسبت به پارامترهای کانال ارائه نمی دهد. بنابراین، یک مدل SNR در انتشار IEEE 802.15.4-2011 UWB در پیاده سازی عملی مورد با به نمایش گذاشتن ویژگی های کانال چندمسیری مورد نیاز است. [۱۶]

۳-۱ محاسبه نسبت سیگنال به نویز

در عمل، تشخیص منابع نویز چون آنها به طور تصادفی در پاسخ تکانه کانال توزیع شده اند دشوار است. واریانس نویز، σ_n ، که نویز فقط از منطقه از پاسخ تکانه کانال اندازه گیری می شود، که به عنوان توان نویز در نظر گرفته شده است:

$$\sigma_n = \frac{\sum_{i=K_{ns}-L_{noise}}^{K_{ns}+L_{noise}} (P_i^{real} - P_a^{real})^2 + (P_i^{imag} - P_a^{imag})^2}{L_{noise}}; \text{if } (i < 0), i = i + K; \quad (4-3)$$

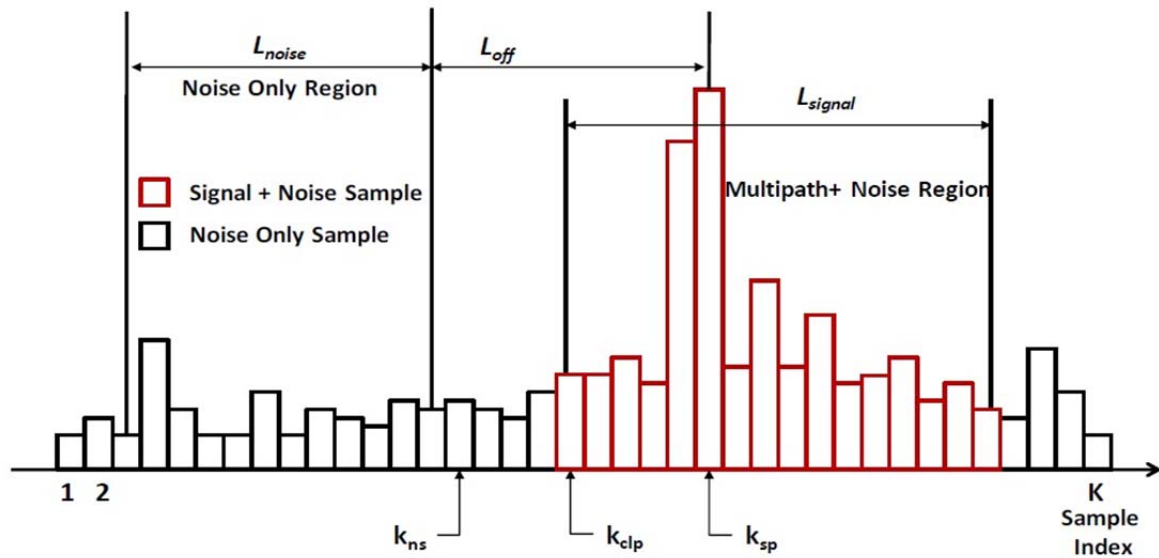
شاخص اولین مسیر ورود به صورت یکنواخت در طول L_{noise} سیگنال توزیع شده است، با شروع از شاخص k_{clp} که در فرمول بالا نشان داده شده است که قسمت باقی مانده $k_{clp} + L_{noise} + 1, \dots, K$ فقط شامل نویز است. این شاخص ها از شاخص k_{clp} تا شاخص $k_{clp} + L_{noise}$ که در منطقه نویز و چندمسیری قرار دارند. بنابراین توان سیگنال بدست می آید:

$$P_{\text{signal}} = \sum_{j=k_{clp}}^{k_{clp}+L_{noise}} (P_j^{real} - P_a^{real})^2 + (P_j^{imag} - P_a^{imag})^2 - \sigma_n \times L_{\text{signal}}; \text{if } (j \geq K), j = 1; \quad (5-3)$$

بهبود SNR در مکان یابی با UWB استفاده از الگوریتم های کنترل توان

که P_j^{imag} و P_j^{real} که مقدار واقعی و مقدار خیالی نمونه زام پدیده چندمسیری هستند که این با توجه به ورودی زمان گسسته مقدار مختلط است. نسبت سیگنال به نویز SNR به عنوان تفاوت بین توان سیگنال P_{signal} و واریانس نویز σ_n تعریف می شود:

$$SNR = 10 \log \left(\frac{P_{signal}}{\sigma_n} \right) \quad (6-3)$$



شکل ۳-۱: محاسبه نسبت سیگنال به نویز

این SNR کیفیت سیگنال نسبت به یک حد معینی توصیف می کند. با این حال، منابع نویز مختلف در سیستم های ارتباطی UWB بر روی SNR سیگنال دریافتی اثر می گذارد، مانند ویژگی های سیستم و اجزای چندمسیری ناشناخته متغیر با زمان. در نتیجه، در خصوصیات انتشار UWB IEEE 802.15.4-2011 در محیط های چند مسیری، باید رابطه بین توان ارسال، دامنه انتقال و SNR در نظر گرفته شود [۱۷].

۴- کنترل توان ارسال

همانطور که پیشتر توضیح داده شد، پارامترهای کانال مانند توان ارسال و دامنه انتقال بر روی SNR تاثیر می گذارند که در UWB محدوده TOA باعث بی ثباتی و عدم دقت می شود. تنها توان ارسال را می توان کنترل کرد چون پارامترهای دیگر ناشناخته اند و با گذشت زمان تغییر می کنند. بر اساس رابطه بین توان ارسال، دامنه انتقال و SNR که در بالا توضیح داده شد، این بخش، کنترل توان ارسال برای ایجاد ثبات پدیده چندمسیری در کانال و بهبود عملکرد در شرایط LOS ارائه می دهد.

۴-۱ الگوریتم کنترل توان

با استفاده از پروتکل محدوده TOA دو جانبه متقارن دوطرفه (SDS^A-TW^A-TOA) ، مقدار TOF از طریق ارتباطات بی سیم دوطرفه میان راهنما^{۱۱} و دنبالگر^{۱۱} محاسبه می شود. از این رو، هر دو گره UWB نیاز به پیاده سازی الگوریتم های کنترل توان دارند. پارامتر

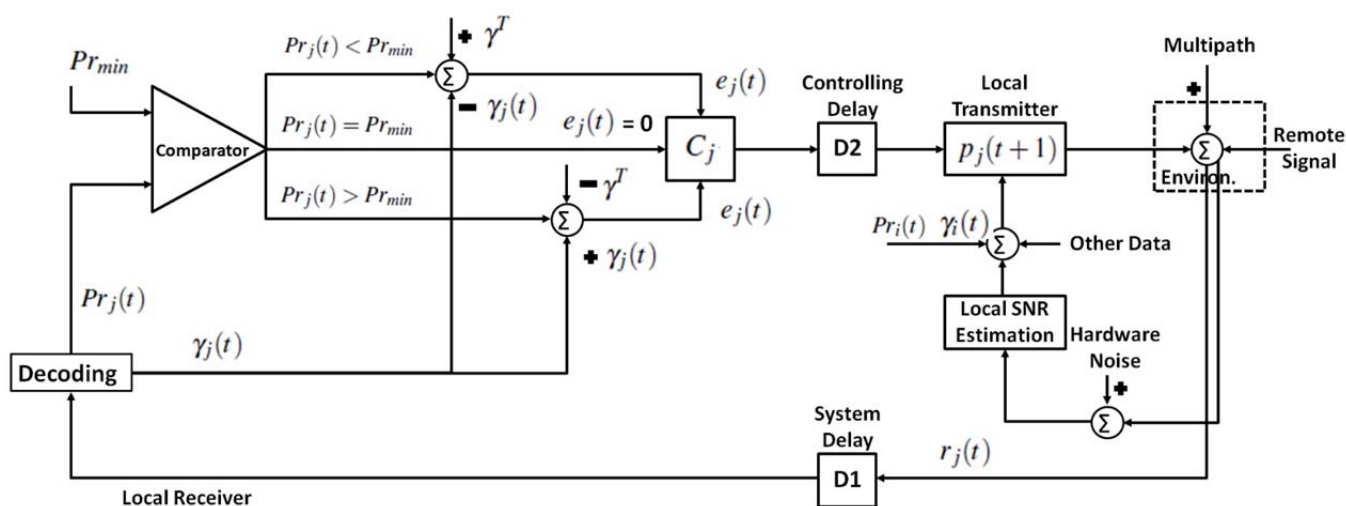
⁸ Symmetric Double Sided

⁹ Two Way

¹⁰ Leader

هدف SNR با استفاده از تابع BER انتخاب شده است، و حداقل توان دریافتی مشخص Pr_{min} و نویز کف دستگاه P_{nf} قرارداده شده اند که همان مقدار رفرنس می باشد که مقدار SNR نیز بر اساس آن ها تعریف می گردد. فرمول SNR با توجه به این دو پارامتر بصورت زیر تعریف می گردد:

$$\gamma^T = 10 \log(P_{r_{min}} / P_{nf}) \quad (۲-۴)$$



شکل ۴-۱: بلوک دیاگرام الگوریتم کنترل توان ارسالی

اگر توان سیگنال دریافتی کمتر از Pr_{min} باشد، SNR فوری کمتر از SNR هدف خواهد بود. از این رو، Pr_{min} یک نقطه عطف در اجرای کنترل توان است. طرح کنترل توان در گره UWB محلی که در شکل ۴-۱ در نظر بگیرید، روند کلی این بلوک دیاگرام بدین صورت است که، اگر توان سیگنال دریافتی $Pr_j(t)$ که بوسیله سیگنال راه دور^{۱۲} زام که در شکل فوق با Remote Signal سیگنال نشان داده شده، دیکود شده است بیشتر از Pr_{min} باشد، توان ارسال افزایش یا کاهش می یابد. که این با توجه به اینکه SNR مربوط به $\gamma_j(t)$ که با $r_j(t)$ سیگنال راه دور زام دیکود شده بالاتر یا پایین تر SNR هدف (γ^T) باشد انجام می شود. همانگونه که در شکل فوق ملاحظه می شود، در سیگنال راه دور یا Remote Signal، اثر پدیده چند مسیری نیز لحاظ شده است. اگر توان سیگنال دریافتی $Pr_j(t)$ کوچکتر از Pr_{min} باشد، توان ارسال کاهش یا افزایش می یابد که این با توجه به اینکه مقدار $\gamma_j(t)$ پایین تر یا بالاتر از γ^T باشد انجام می شود. اگر $Pr_j(t)$ برابر Pr_{min} باشد، توان ارسال تغییر نمی کند.

۲-۴ کنترل توان سریع

اولین الگوریتم آپدیت توان ارسالی در این تحقیق به عنوان کنترل توان تطبیقی یا کنترل توان سریع^{۱۳} (QPC) مشخص می شود که آن در معادلات زیر نمایش داده شده است:

¹¹ Follower

¹² remote

¹³ Quick Power Control

$$e_j(t) = \begin{cases} \gamma^T - \gamma_j(t) & Pr_j(t) < Pr_{\min} \\ \gamma_j(t) - \gamma^T & Pr_j(t) > Pr_{\min} \\ 0 & Pr_j(t) = Pr_{\min} \end{cases} \quad (۳-۴)$$

$$p_j(t+1) = p_j(t) + \Delta e_j(t) \quad (۴-۴)$$

$$p_j(t+1) = \min\{P_{\max}, p_j(t) + \Delta e_j(t)\} \square \max\{P_{\min}, p_j(t) + \Delta e_j(t)\} \quad (۵-۴)$$

که در آن، $e_j(t)$ دستور توان آپدیت است، و Δ حداقل فاصله تنظیمات توان سخت افزاری است. پارامتر P_{\max} حداکثر توان ارسالی با توجه به محدودیت FCC است و P_{\min} حداقل توان ارسالی با توجه به محدودیت های دستگاه می باشد. مقادیر P_{\max} و P_{\min} جهت اطمینان از اینکه از محدودیت اشباع ذاتی سخت افزار تجاوز نکنند کنترل می شوند. $p_j(t+1)$ یک کنترلر تلفیقی در $Cj\{\Delta e_j(t)\} = \Delta e_j(t)$ در یک سیکل یک اسلاتی است. همزمان، مقادیر $SNR \gamma_i(t)$ و توان سیگنال دریافتی $Pr_i(t)$ که در نود محلی اندازه گیری شده اند به نود UWB ریموت برای اجرای لوپ کنترل توان ریموت ارسال می شود.

۳-۴ کنترل توان آهسته

یک الگوریتم کنترل توان جایگزین که با دیکود دستور قبل متفاوت است و به عنوان کنترل توان جایگزین یا کنترل توان آهسته (SPC^{14}) مشخص می شود. این باعث می شود بتوان از آپدیت با نرخ آهسته تر نیز استفاده نمود، یا با ارسال سری از $e_j(t)$ کنترل توان را خاموش کرد. در یک چرخه با n -حافظه، دستور آپدیت توان $(k=1 \dots n)$ به روش زیر محاسبه می شود:

$$e_j(t) = \frac{\sum_{k=1}^n e_k(t)}{n} \quad (۶-۴)$$

که

$$e_k(t) = \begin{cases} \gamma^T - \gamma_k(t) & Pr_j(t) < Pr_{\min} \\ \gamma_k(t) - \gamma^T & Pr_j(t) > Pr_{\min} \\ 0 & Pr_j(t) = Pr_{\min} \end{cases} \quad (۷-۴)$$

۴-۴ کنترل توان با گام با اندازه ثابت

روش دیگر رویکرد بازخورد تصمیم¹⁵ است که در آن نشانه خطا به تنهایی بازخورد می شوند که نتیجه می شود:

$$s_j(t) = \text{sign}(e_j(t)) = \begin{cases} \text{sign}(\gamma^T - \gamma_j(t)) & Pr_j(t) < Pr_{\min} \\ \text{sign}(\gamma_j(t) - \gamma^T) & Pr_j(t) > Pr_{\min} \\ 0 & Pr_j(t) = Pr_{\min} \end{cases} \quad (۸-۴)$$

که با استفاده از بازخورد بر اساس تصمیم گیری، کنترلر تلفیقی ساده به صورت بدست می آید:

¹⁴ Slow Power Control

¹⁵ decision feedback

$$p_j(t+1) = p_j(t) + \beta s_j(t) \quad (9-4)$$

کنترلر اغلب به عنوان قانون کنترل توان با گام اندازه ثابت^{۱۶} بیان می‌شود که در آن توان $p_j(t)$ توسط β افزایش یا کاهش می‌یابد که این براساس علامت خطا $s_j(t)$ می‌باشد. با توجه به اینکه $s_j(t)$ بیشتر یا کمتر از صفر باشد $s_j(t)$ می‌تواند به عنوان ۱ یا -۱، به ترتیب تنظیم شود. با محدودیت‌های نقطه عطف Pr_{min} ، توان ارسالی آپدیت شده می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$p_j(t)$ توسط β افزایش یا کاهش می‌یابد که این براساس علامت خطا $s_j(t)$ می‌باشد. با توجه به اینکه $s_j(t)$ بیشتر یا کمتر از صفر باشد $s_j(t)$ می‌تواند به عنوان ۱ یا -۱، به ترتیب تنظیم شود. با محدودیت‌های نقطه عطف Pr_{min} ، توان ارسالی آپدیت شده می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$p_j(t+1) = p_j(t) + \begin{cases} +\beta, s_j(t) < 0 & Pr < Pr_{min} \\ -\beta, s_j(t) > 0 & Pr < Pr_{min} \\ +\beta, s_j(t) > 0 & Pr > Pr_{min} \\ -\beta, s_j(t) < 0 & Pr > Pr_{min} \\ 0 & Pr = Pr_{min} \end{cases} \quad (10-4)$$

۵-۴ بدون کنترل توان

سیستمی که در آن کنترلی بر روی توان ارسالی نداریم به عنوان سیستم بدون کنترل توان (NPC^{۱۷}) نامیده می‌شود، که در آن توان ارسالی آپدیت شده بصورت زیر نشان داده می‌شود:

$$p_j(t+1) = p_j(t) \quad (11-4)$$

زمان تاخیر (D1) که برای اندازه‌گیری و کنترل سیگنال بکار می‌رود، شکل ۴-۱ سبب اعمال محدودیت عملکرد شدید بر روی حلقه عملکرد کنترل توان در شبکه آگاه از توان مبتنی بر کاربرد می‌شود.

۶-۴ بهبود SNR در الگوریتم‌های کنترل توان

الگوریتم‌های کنترل توان برای مکان‌یابی در فضای سرپوشیده بیشتر توضیح داده شدند. در این بخش به بررسی بهبود SNR در این الگوریتم‌ها در مکان‌یابی فضای سرپوشیده پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است این بررسی در دو حالت دید مستقیم و غیر مستقیم بررسی خواهد شد.

۱-۶-۴ الگوریتم کنترل توان سریع

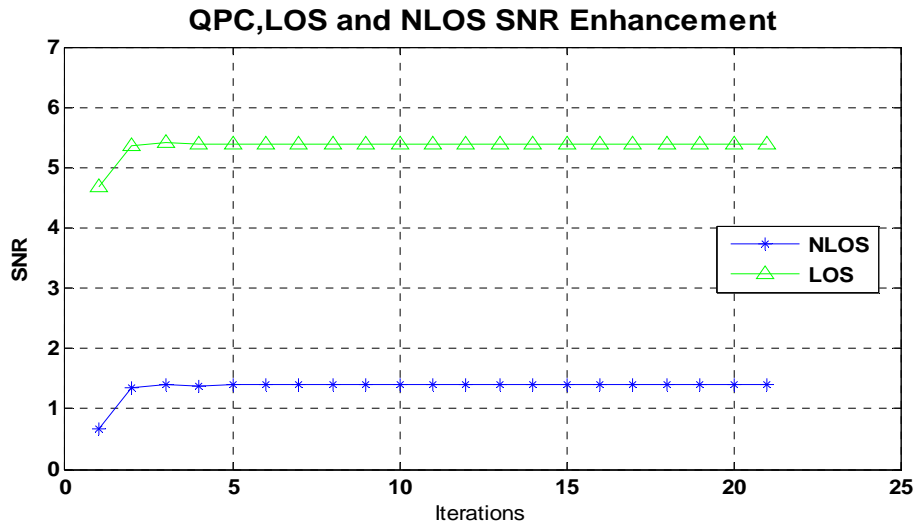
شکل ۴-۲ بهبود SNR در الگوریتم کنترل توان سریع را در حالت دید مستقیم و غیر مستقیم نمایش می‌دهد. توان های ارسال در هر دو حالت دید مستقیم و غیرمستقیم یکسان در نظر گرفته شده اند و بهبود SNR در آن ها مقایسه شده است. چرا که در صورت عدم یکسان بودن توان ارسال در هر یک از این دو حالت، نمی‌توان نتایج حاصل از آن ها را با یکدیگر مقایسه نمود. بدیهی است در

¹⁶ Fixed step size Power Control

¹⁷ Non-Power control

بهبود SNR در مکان یابی با UWB استفاده از الگوریتم های کنترل توان

حالت دید مستقیم، بهبود SNR بیشتر از حالت دید غیرمستقیم خواهد بود. چرا که در حالت دید غیرمستقیم، به دلیل وجود موانع احتمالی بیشتر میزان نویز وارده به سیگنال ارسالی بیشتر از حالت دید مستقیم خواهد بود.

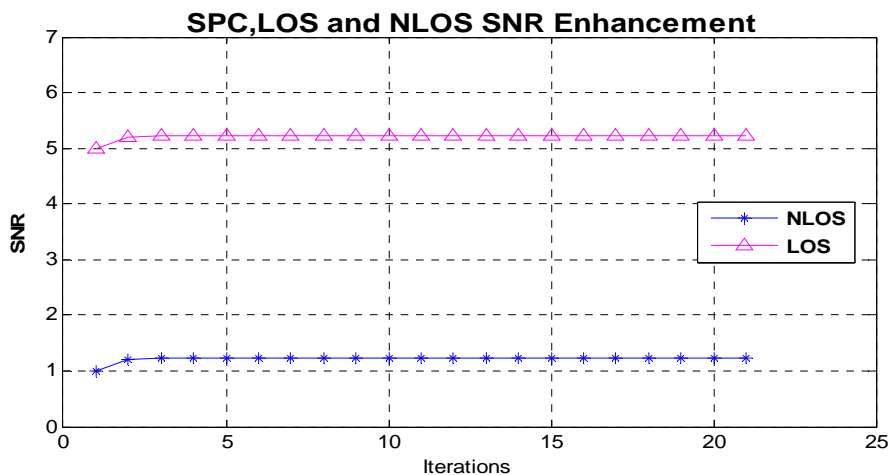


شکل ۴-۲: بهبود SNR در الگوریتم QPC در حالت دید مستقیم و غیر مستقیم

بدیهی است هرچه میزان SNR بیشتر شود، تداخل و نویز تاثیر مخرب کمتری در عملکرد الگوریتم خواهند داشت. همانگونه که دیده می شود میزان SNR در حالت دید مستقیم بیشتر از حالت دید غیرمستقیم بهبود داشته است که باتوجه به دلایل مطرح شده امری بدیهی می باشد، چرا که میزان نویز وارده به سیگنال های ارسالی و دریافتی در حالت دید غیرمستقیم بیشتر است. از شکل ۴-۲ می توان گفت میزان SNR در حالت دید مستقیم و برای الگوریتم QPC تا ۵.۳ dB بهبود داشته است.

۴-۷-۲ الگوریتم کنترل توان آهسته

همانند الگوریتم کنترل توان سریع، میزان بهبود SNR در الگوریتم کنترل توان آهسته نیز برای حالت دید مستقیم و دید غیر مستقیم در شکل ۴-۳ به نمایش در آمده است.

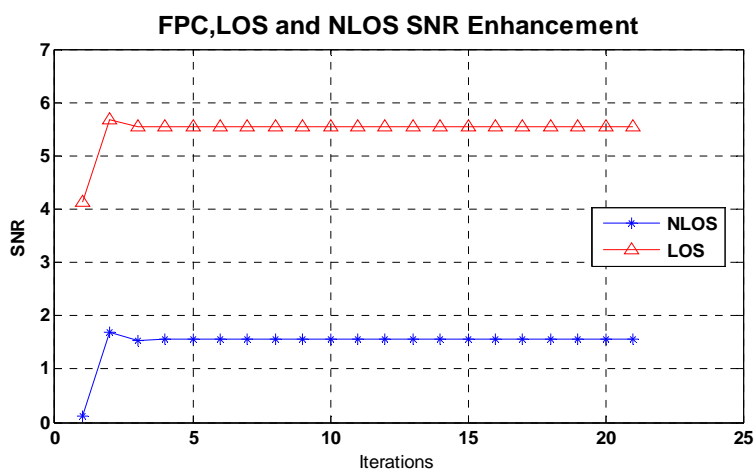


شکل ۴-۳: بهبود SNR در الگوریتم SPC در حالت دید مستقیم و غیر مستقیم

در شکل‌های ۳-۴ میزان بهبود SNR در الگوریتم SPC نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد میزان بهبود SNR در حالت دید مستقیم مجدداً بیشتر بوده است که دلیل این امر نیز بیان گردید. میزان بهبود SNR در الگوریتم SPC در حالت دید غیرمستقیم، در حدود ۱.۳ dB بوده و در حالت دیدمستقیم این بهبود تا بیش از ۵ dB افزایش داشته است.

۴-۷-۳ الگوریتم کنترل توان با گام ثابت

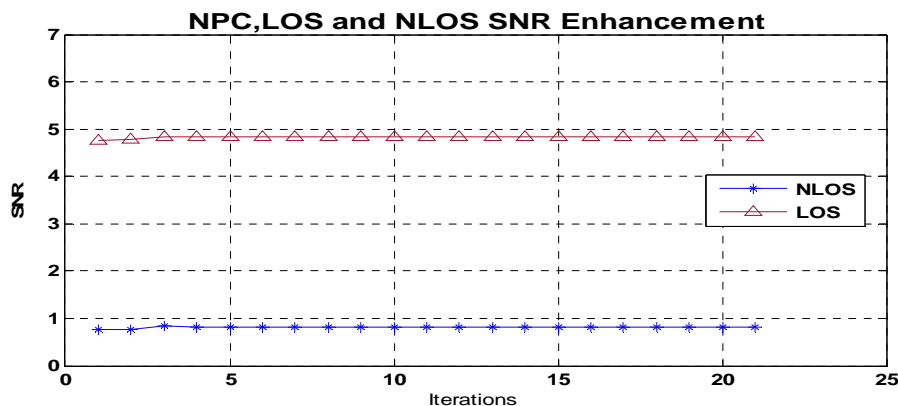
در این بخش الگوریتم FPC یا کنترل توان با گام ثابت پرداخته شده است. شکل ۴-۴ میزان بهبود SNR در الگوریتم FPC در حالت دید مستقیم و غیرمستقیم را نشان می‌دهد. در شکل میزان بهبود SNR در حالت دیدمستقیم یا LOS برای الگوریتم FPC به نمایش درآمده است که میزان بهبود SNR معادل با ۵.۵ dB را نشان می‌دهد. میزان بهبود SNR در این حالت دید غیر مستقیم تقریباً در حدود ۱.۵ dB می‌باشد.



شکل ۴-۴: بهبود SNR در الگوریتم FPC در حالت دید مستقیم و غیرمستقیم

۴-۷-۴ بدون کنترل توان

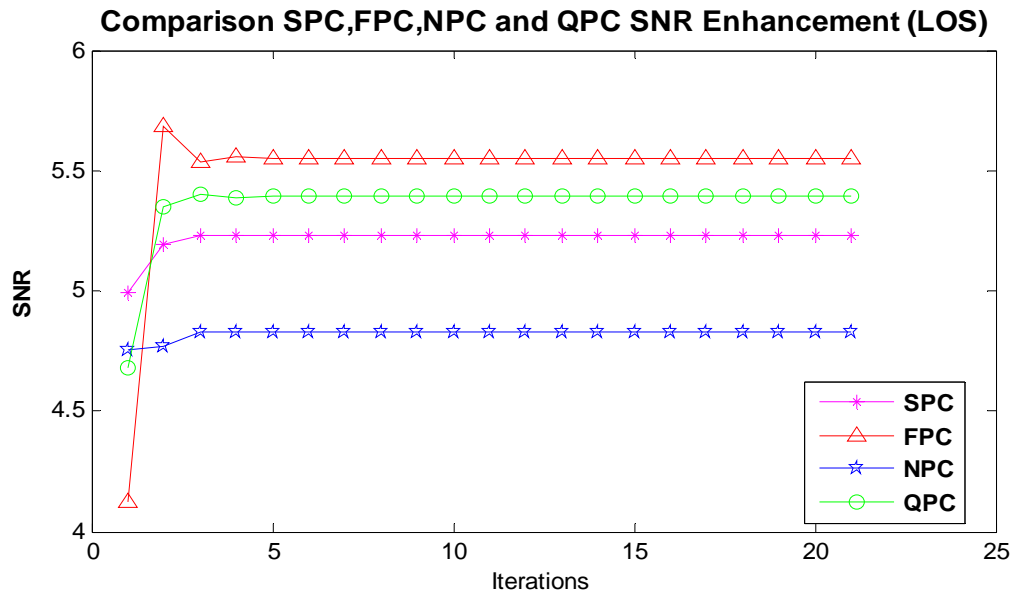
شکل ۴-۵ نیز بهبود SNR در حالت بدون کنترل توان در دید مستقیم و غیر مستقیم را نمایش می‌دهد. با توجه به توان ارسال پایین‌تر در الگوریتم NPC انتظار می‌رود این الگوریتم نسبت به دو الگوریتم پیشین در بهبود SNR عملکرد ضعیف‌تری داشته باشد که با بررسی شکل به راحتی می‌توان دریافت عملکرد الگوریتم‌های FPC و QPC و SPC از منظر بهبود نسبت سیگنال به نویز بهتر از الگوریتم NPC بوده است.



شکل ۴-۵: بهبود SNR در الگوریتم NPC در حالت دید مستقیم و غیرمستقیم

۴-۷-۵ مقایسه الگوریتم های کنترل توان در حالت دید مستقیم

در شکل ۴-۶ نمودار مقایسه ای الگوریتم های کنترل توان در حالت دید مستقیم یا LOS نشان داده شده است.



شکل ۴-۶: مقایسه بهبود SNR در الگوریتم های کنترل توان در حالت دید مستقیم

شکل فوق مقایسه در خصوص الگوریتم های کنترل توان سریع و الگوریتم کنترل توان آهسته و الگوریتم کنترل توان با گام ثابت و در حالت الگوریتم بدون کنترل توان است.

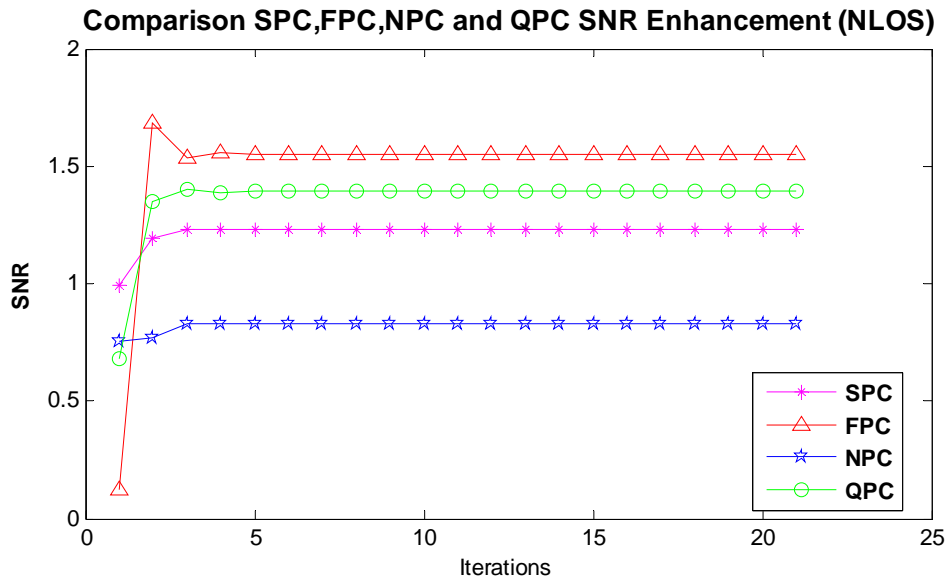
در الگوریتم QPC یا کنترل توان سریع، سیگنال خروجی به ازای هر فریم آپدیت می شود بهمین دلیل مقدار SNR خیلی سریع برای رسیدن به مقدار SNR هدف افزایش پیدا می کند. در حالی که در الگوریتم کنترل توان آهسته مقدار سیگنال خروجی به ازای تعداد فریم بیشتری که معمولا ۱۰ فریم می باشد آپدیت می شود لذا مدت زمان بیشتری جهت رسیدن به مقدار SNR هدف طول می کشد بهمین دلیل توان کمتری در این الگوریتم مصرف می شود و مناسب بکارگیری حالت هایی است که نیاز به ذخیره انرژی جهت کارکردن دستگاه در مدت زمان بیشتری داریم. در الگوریتم کنترل توان با گام ثابت آپدیت سیگنال خروجی با اندازه ثابت β که به نسبت مقداری کمی هست صورت می گیرد. مقدار سرعت آپدیت سیگنال خروجی آن از کنترل توان سریع یا QPC کمتر است ولی از کنترل توان آهسته یا SPC بیشتر است. در الگوریتم بدون کنترل توان مقدار ثابتی در ابتدا ارسال می شود که با توجه به فاصله و افزایش نویز سیستم شاهد بهبود مستمر آن نیستیم

همانگونه که مشاهده می شود بهترین وضعیت بهبود SNR در الگوریتم های کنترل توان مربوط به الگوریتم کنترل توان با گام ثابت یا FPC است. درست است که در الگوریتم QPC آپدیت ها سریعتر صورت می گیرد ولی در الگوریتم FPC مقدار توان ارسالی با بزرگترین مقدار ممکن جهت رسیدن به SNR هدف آپدیت می شود بهمین دلیل بهترین بهبود عملکرد در الگوریتم های کنترل توان دارد. در وهله بعد بهترین بهبود SNR در الگوریتم کنترل توان سریع و بعد از آن در کنترل توان آهسته داریم

۴-۷-۶ مقایسه الگوریتم های کنترل توان در حالت غیر مستقیم

در شکل ۴-۷ مقایسه ای نمودار الگوریتم های کنترل توان در حالت دید غیر مستقیم یا NLOS نشان داده شده است. همانند مقایسه انجام گرفته در حالت دید مستقیم و بنا به توضیحات و دلایل ذکر شده الگوریتم کنترل توان با گام ثابت بهترین عملکرد در حالت

NLOS را نیز دارا می‌باشد که در نمودار زیر مشخص است. در مراحل بعدی الگوریتم‌های کنترل توان سریع و الگوریتم‌های کنترل توان آهسته عملکردهای مناسب‌تری دارد. همانگونه که ملاحظه می‌شود در حالت بدون کنترل توان عملکرد ضعیف‌تری نسبت به هنگامی که کنترل توان صورت می‌گیرد مشاهده می‌شود. همانگونه که قبلاً اشاره شد با توجه به بهبود مقدار SNR در نهایت منجر به بهبود مکانیابی می‌شود.



شکل ۴-۱۱: مقایسه بهبود SNR در الگوریتم‌های کنترل توان در حالت دید غیر مستقیم

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

الگوریتم‌های کنترل توان جهت بهبود SNR در حالت‌های دید مستقیم و غیر مستقیم استفاده گردید. توان ارسال یکسان در الگوریتم‌های QPC و SPC و NPC همچنین FPC استفاده شده است. میزان بهبود SNR در دو حالت دید مستقیم و غیرمستقیم در الگوریتم‌های کنترل توان بررسی شد و ملاحظه گردید میزان بهبود SNR در حالت دید مستقیم بیشتر از حالت دید غیرمستقیم می‌باشد. همچنین ملاحظه شد الگوریتم کنترل توان FPC بهترین عملکرد در جهت بهبود SNR دارا بود و در مراحل بعدی QPC و نیز SPC عملکرد مناسبی داشتند. نتایج روش پیشنهادی نشان داد این روش عملکردی مناسب با توجه به نقش بهبود SNR در بهبود مکان‌یابی در فضای سرپوشیده ارائه می‌دهد.

مراجع

- 1. Bernhard, Hofmann-Wellenhof., Herbert, Lichtenegger. Collins, James. (2012), Global positioning system: theory and practice, Springer Science & Business Media.
- 2. Verdone, Roberto. Dardari, Davide. Mazzini, Gianluca. Conti, Andrea. (2010), Wireless sensor and actuator networks: technologies, analysis and design. Academic Press.
- 3. Ieee standard for local and metropolitan area networks–part 15.4: Low-rate wireless personal area networks (lr-wpans), IEEE Std 802.15.4-2011 (Revision of IEEE Std 802.15.4-2006), pages 1–314, Sept 2011.
- 4. Ieee, std., (2007), 802.15.4a. IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirement Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), pages 1–203.
- 5. Ingram, S.J., Harmer, D., Quinlan, M., (2004), Ultrawideband indoor positioning systems and their use in emergencies, In Position Location and Navigation Symposium, pages 706–715, April 2004.
- 6. Sahinoglu, Zafer. Gezici, Sinan. Guvenc, Ismail. (2008), Ultra-wideband positioning systems: Theoretical limits, ranging algorithms, and protocols.
- 7. Vanderperren, Y., Leus, G., Dehaene, W., (2006), An approach for specifying the adc and agc requirements for uwb digital receivers, In The Institution of Engineering and Technology Seminar on Ultra Wideband Systems, Technologies and Applications, pages 196–200, April 2006.
- 8. Sivrikaya, F., Yener, B., (2004), Time synchronization in sensor networks: A survey, In IEEE Network, volume 18, Jul-Aug 2004.
- 9. Sharma, M., Parini, C.G., Alomainy, A., (2014), Investigation of toa-based ranging accuracy of a miniature ultra-wideband antenna for human motion capture applications, In 11th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, pages 11–15, June 2014.
- 10. Hightower, Jeffrey. Borriello, Gaetano. (2005), Location sensing techniques, Technical report, IEEE Computer.
- 11. Vossiek, M., Wiebking, L., Gulden, P., Wiegardt, J., Hoffmann, C., P. Heide., (2003), Wireless local positioning, IEEE Microwave Magazine, 4(4):77–86, Dec 2003.
- 12. Gezici, S., Zhi Tian, G.B., Giannakis, H., Kobayashi, A.F., Molisch, H.V., Poor., Z Sahinoglu., (2005), Localization via ultra-wideband radios: a look at positioning aspects for future sensor networks, Signal Processing Magazine, IEEE, 22(4):70-84, July 2005
- 13. J. Zhang, R.A. Kennedy, (2004). Cramer-rao lower bounds for the time delay estimation of uwb signals. In IEEE International Conference on Communications, volume 6, pages 3424–3428 Vol.6, June 2004
- 14. Ashima Gupta and Prasant Mohapatra (2007). A survey on ultra wide band medium access control schemes. Computer Networks, 51(11):2976–2993, 2007.
- 15. Andreas F Molisch, Philip Orlik, Zafer Sahinoglu, (2006). Uwb-based sensor networks and the IEEE 802.15. 4a standard-a tutorial. In First IEEE International Conference on Communications and Networking, pages 1–6, 2006.
- 16. Maria-Gabriella Di Benedetto, Guerino Giancola (2004). Understanding ultra wide band radio fundamentals. Pearson Education, 2004.
- 17. B. Silva, Zhibo Pang, J. Akerberg, J. Neander (2014). Experimental study of uwb-based high precision localization for industrial applications. In IEEE International Conference on Ultra-WideBand, pages 280–285, Sept 2014.

SNR enhancement in localization with UWB using power control algorithms

Aziz Safadousti¹, Hossein Momenzadeh²

Computer engineering, advanced studies, Islamic Azad university, Bushehr, Iran - safadoustaziz@yahoo.com
computer engineering, advanced studies, Islamic azad university, bushehr, iran - momenzadeh.hossein@gmail.com

Abstract

In indoor localization using ultra-wide band, the signal-to-noise ratio (SNR) has a significant role in localization. In indoor localization the factors such as the effect of the of noise phenomenon, the effect of multi-path phenomenon and the effect of non-line of sight emission have reduced the accuracy and precision of localization in indoor environment. Localization with ultra-wideband is a convenient positioning solution in indoor space. Enhancement of SNR in this way increases the accuracy and precision of indoor localization in the ultra-wide band. Enhancement of SNR using power control algorithms is the proposed solution in this paper. Power control algorithms are used in transmitter and receiver devices. Power control is performed on transmit power. The value of SNR in line of sight and non-line of sight has been evaluated. Using power control algorithms, we can see the enhancement of SNR in both in line of sight and non-line of sight.

Keywords :localization, ultra wide band, signal to noise ratio, power control algorithm, line of sight and non line sight