

بسم تعالی



سیستم های مخابراتی

پروژه پایانی

امیرحسین زاهدی ۹۹۱۰۱۷۰۵

دانا همتی ۹۷۱۰۲۶۶۶

تابستان ۱۴۰۲

مکان هدف در سینوسی تک فرکانس:

اگر در رادارهای موج پیوسته یک سیگنال سینوسی خالص را مدوله و ارسال کنیم با استفاده از تغییر فرکانس که اثر داپلر باشد، می توان از سرعت نسبی جسم آشکار شده نسبت به رادار آگاهی یافت اما به دلیل متناوب بودن سیگنال سینوسی تک فرکانس، نمی توان از مکان آن جسم اطلاع پیدا کرد زیرا که اساس مکان یابی در رادارها، اختلاف زمانی ارسال سیگنال و دریافت آن است و وقتی که سیگنال ارسالی پیوسته باشد، تنها اختلاف زمانی قابل آشکار سازی به اندازه یک پریود زمانی سیگنال سینوسی است. به عبارتی مکان یابی صرفاً در سطح یک طول موج قابل انجام است که بسیار مقدار کوچکی است. در غیر این صورت مکان یابی اتفاق نمی افتد. بر فرض مثال اگر سیگنال ارسالی دارای فرکانس ۱ مگا هرتز باشد، سرعت صوت در دمای ۲۰ درجه ۳۴۳ متر بر ثانیه است، پس طول موج سیگنال در حدود ۰.۳۴۳ میلی متر است که تقریباً ۰ است! به همین دلیل آشکار سازی فاصله امکان پذیر نیست.

محرك ثابت:

اگر جسم ثابت باشد و رادار نیز ثابت باشد، اثر داپلری نیز وجود نخواهد داشت و از بخش قبل نیز متوجه شدیم که با سیگنال سینوسی تک فرکانس آشکار سازی فاصله امکان پذیر نیست، پس تنها می توان به دلیل بازتاب سیگنال ارسال شده از طریق جسم به وجود آن پی برد.

سیگنال LFM :

به طور کل رادارها بر اساس دسته باندی با نوع موجشان دو نوع پالسی و موج پیوسته هستند که از پالسی برای مسافت های دور تر استفاده می شود و از موج پیوسته در مسافت های کمتر مثل اتوموبیل های خودران. دلیل استفاده از موج پیوسته در فواصل کوتاه تر به این دلیل است که این رادارها در همه لحظات در حال ارسال سیگنال و دریافت بازتاب شده آن هستند. که این تداوم ارسال به دلیل محدودیت توان باعث می شود که توان سیگنال کم باشد.

نوعی از امواج که در این رادارها استفاده می شود سیگنال Linear Frequency Modulation یا همان LFM است که در آن سیگنال ارسالی به طور متناوب و خطی تغییر سیگنال می دهد. این سیگنال خطی به چند نوع دندان کوسه ای، مثلثی و ... است که از نوع مثلثی آن بیشتر استفاده می شود زیرا که می توان با استفاده از آن شیفت فرکانسی ناشی از اثر داپلر و شیفت زمانی ناشی از مدت زمان ارسال و بازتاب را در سیگنال دریافتی تفکیک کرد. منظور از مثلثی این است که فرکانس سیگنال به صورت خطی افزایش می یابد و سپس کاهش می یابد و این روند به صورت متناوب ادامه دارد.

اگر سیگنالی به جسم برخورد کند و برگردد با استفاده از دلیلی زمانی ای که ایجاد می شود می توان تفاوت فرکانسی سیگنال اصلی و سیگنال دریافتی را به وسیله فیلتر منطبق بدست آورد. برای اثر داپلر که آن نیز باعث تغییر فرکانس سیگنال دریافتی نسبت به سیگنال ارسالی می شود نیز همین مسئله صادق است. با استفاده از اثر داپلر می توان سرعت نسبی جسم آشکار شده نسبت به رادار را بدست آورد.

مراحل تولید برنامه:

در برنامه متلب نوشته شده ابتدا به وسیله تابع chirp() سیگنال فرکانس خطی را بدست می آوریم، سپس سیگنال معکوس زمانی آن را نیز بدست آورده و به قبلی اضافه می کنیم تا سیگنال LFM مثلثی بدست آید. پس از این مرحله سیگنال پریودیک آن را بدست می آوریم زیرا که راداری که در حال طراحی آن هستیم موج پیوسته است و سیگنال پریودیک ارسال می کند. البته که در متلب نمی توان سیگنال کاملاً پیوسته پریودیک تولید کرد، به همین علت در طول کد می توان تعداد نمونه را تغییر داد که به صورت کامنت جای آن مشخص شده است.

مراحل قبلی مراحل ساخت سیگنال فرستنده بودند. پس از آنکه سیگنال ارسال می شود، نویز سفید به آن اضافه می گردد که تولید آن نیز در متلب انجام شده است. پس از آن باید سیگنال های دریافتی را با استفاده از شیفت فرکانسی برای سرعت و شیفت زمانی برای فاصله در سیگنال ارسالی بسازیم. نویز را نیز به آن سیگنال ها می افزاییم.

حال با استفاده از شیفت زمانی (تابع circshift) و شیفت فرکانسی (ضربت در اکسپوننشال) سه سیگنال شبیه ساز جسم ثابت، جسم نزدیک شونده و جسم دور شونده می سازیم. همچنین یک سیگنال بدون شیفت را نیز رسم می کنیم. سپس این سیگنال ها را از فیلتر منطبق که همان سیگنال LFM مثلثی در یک پریود باشد رد می کنیم (کانالو می کنیم) تا SNR افزایش یابد و بتوانیم جسم را آشکار کنیم. پس از گذشتن از فیلتر به تعداد سیگنال های بازتاب شده از جسم، قله هایی شیفت یافته می یابیم که با استفاده از شیفت قطب ها و برقراری آستانه برای آن ها، می توانیم تعداد جسم، فاصله و سرعت نسبی آن را بدست آوریم. طبیعتاً هر چه SNR ورودی بزرگتر باشد، سیگنال از نویز بهتر تشخیص داده می شود. همچنین در حالتی که جسم وجود ندارد صرفاً نویز را داریم که کورولیشن آن چیزی جز نویز بدست نمی دهد و خبری از قله نیست.

در رادارهای واقعی یکی دیگر از راه های آشکار سازی ضرب کردن سیگنال اصلی در سیگنال دریافت شده است که دو سیگنال سینوسی با فرکانس های مجموع و اختلاف دو فرکانس درست می کند که فرکانس اختلاف همان فرکانس داپلر یا فرکانس beat است. که البته در این پروژه به دلیل استفاده از فیلتر منطبق و آشکار سازی قله، از روش گفته شده استفاده نشده است.

در فایل تحویل داده شده عکس هایی از مقایسه قله های شیفت یافته در حالت های مختلف به همراه SNR های مختلف دیده می شوند.

سیگنال LFM غیر خطی:

بله. در حالت LFM ما با استفاده از یک تابع وزنی اقدام به کاهش side lobe ها در خودهمبستگی می کنیم که متأسفانه منجر به کاهش SNR نیز میشود. بنابراین یک راه جایگزین یافتن روشی است که بتوان بدون کاهش SNR و همزمان حفظ ویژگی توان تفکیک بالا سیگنال رو مدوله کند. NLFM چنین رویکردهایی را دنبال میکند. دو نمونه از این سیگنال ها توابع غیر خطی خاص و تابع نمایی (اکسپوننشال) است.

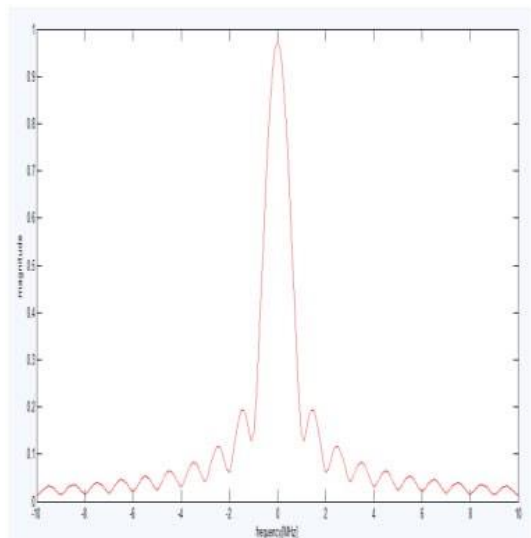
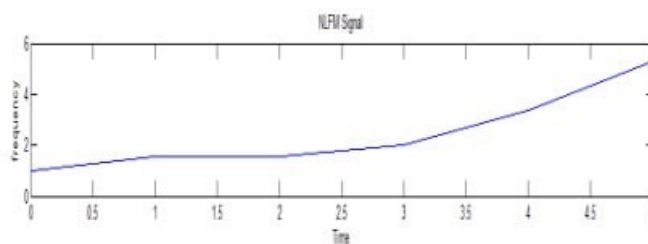


Fig . 6(d) delay cut plot of NLFM



مزایا و معایب:

نتیجه‌ی آن افزایش قابل توجه رنج آشکارسازی و نیز توان تفکیک می‌باشد. در ضمن NLFM به تابع وزنی نیز نیازی ندارد و گویا آن تابع وزنی به صورت ذاتی درش وجود دارد. در کنار همه‌ی اینها، تولید موج مربوط به NLFM بسیار سخت است و نیاز به تنظیم فاز ایستا دارد که قیمت و حساسیت را به اندازه قابل توجهی افزایش می‌دهد.

Parameter	LFM	NLFM
PSL(peak side lobe)	-13dB	-40dB
Range resolution	2	10
Doppler shift	1 MHz	1.3 MHz

کد بارکر:

کد بارکر یک رشته متناهی از سمبول‌های دودویی (مثبت و منفی ۱) است که گیرنده را قادر به اندازه‌گیری دقیق زمان دریافت اکو از طریق اندازه‌گیری خودهمبستگی می‌کند. ویژگی‌های منحصر به فرد این رشته شامل پیک قوی برای خودهمبستگی در زمان دریافت و پیک‌های ضعیف و یکنواخت برای سایر اختلاف زمانی‌هاست که هیچ کد دیگری چنین خوش‌رفتار نیست. تا کنون تنها ۹ رشته بارکر یافت شده‌اند که هر یک طول و دنباله‌ی مخصوص خود را دارد. طول‌ها تنها می‌توانند ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۱۱ و ۱۳ باشند.

سیستم چندحالتی با نام poly phase code شناخته می‌شود که مزایایی نظیر افزایش برد رادار را داراست اما دیگر ویژگی مناسب ساید لوب‌های بسیار کوچک و یکنواخت را ندارد که در آشکارسازی شی به نویز حساسیت بیشتری دارد.

مراحل تولید برنامه:

جهت ساخت سیگنال بارکر از تابع آماده‌ی `phased.PhaseCodedWaveform` در جعبه ابزار `Phased Array System Toolbox` استفاده می‌کنیم که امکان ساخت انواع سیگنال فاز کد شده را به ما می‌دهد. در اینجا ما تنها نوع کد را مشخص می‌کنیم و کد بارکر به طور پیش فرض کد بارکر ۷ بیتی انتخاب می‌شود (کد بارکر ۷ بیتی دارای ویژگی خودهمبستگی ایده‌آل است که یعنی خود همبستگی غیر از پیک اصلی برابر صفر یا منفی یک است). سپس با استفاده از تابع `step` که روش استاندارد مدوله کردن سیگنال است، سیگنال کریر را مدوله می‌کنیم. همچنین بخش هایی از کد به نمایش نمودارهای مرتبط می‌پردازند.

الف) حالت وجود مانع

پس از تعریف یک شی در فاصله ی خاص (فرض بر آنست که شی مستقیم روبروی آنتن قرار گرفته و سرعت زیادی ندارد به طوری که میتوان آنرا به صورت تقریبی ثابت در نظر گرفت) و تولید سیگنال اکو از طریق دیلی با تابع `circshift` از جعبه ابزار `shif array circulary` و نیز تضعیف دامنه و جمع کردن با نویز سفید (دوباره فرض کرده ایم که تنها نویز ناشی از وسایل الکترونیکی و نویز حرارتی وجود دارد و چیزهایی نظیر `clutter` و بازتاب هایی از زمین و کوه ها نداریم). آنرا از یک فیلتر تطبیق گذر می‌دهیم تا سیگنال دریافتی به دست آید. در ضمن تصاویر مختلف نشان داده شده اند. در این بین جزئیاتی مثل تغییر نوع متغیرها به نومریک نیز انجام شده که در کد کامنت گذاری شده اند.

ب) حالت عدم وجود مانع

در این حالت رادار تنها به دریافت نویز سفید پرداخته و با آن مثل سیگنال دریافتی رفتار میکند. همچنین تصاویر مربوطه نیز مشاهده می شوند.

فیلتر منطبق بهینه و حالت ها:

کاربرد اصلی فیلتر تطبیق در آنست که با عبور سیگنال دریافتی از آن، آن بخش از سیگنال که شامل اکو می‌باشد به دلیل داشتن `correlation`، بیشتر از بخش دارای نویز تقویت می‌شود و در نهایت این امر باعث بهبود `SNR` می‌شود. البته در رادارهای واقعی چنین عمل نمی‌کنند و در عوض چند بار مثلا ۱۰ بار پالس به هدف برخورد کرده و هر ۱۰ سیگنال دریافتی را از فیلتر تطبیق عبور داده و سپس با یکدیگر جمع می‌کنند تا امکان تشخیص اشیا خیلی دور بدست آید و همچنین خطای تشخیص اشتباهی کاهش یابد. در بخش بدون هدف نیز چون سیگنال اکویی وجود ندارد، هیچی بخشی از سیگنال کورلیشنی با پالس فرستاده شده نداشته و عبور از فیلتر نیز کار خاصی انجام نمی دهد.

بدیهتا فیلتر بازده ۱۰۰ درصدی ندارد چرا که علاوه بر سیگنال اکو، سیگنال نویز را نیز اندکی تقویت میکند. ولی در حالت وجود هدف که مشکل خاصی پیش نمی‌آید چرا که در نهایت `SNR` تقویت می‌شود و در حالت بدون هدف نیز نویز بدون کورلیشن با سیگنال فرستاده شده تقویت می‌شود که معمولا منجر به اتفاق بدی در سیستم نمی‌شود.

با تشکر از توجه شما!