

## روشی بهینه جهت اختلال در رادارهای آرایه فازی مجهز به CSLC

فرامرز کیامقدم، سید محمد علوی

دانشگاه جامع امام حسین (ع)

مسئول مکاتبات: فرامرز کیامقدم

### چکیده

کنترل جمینگ نویز که از سایده لوب وارد سیستم می‌شود با استفاده از آنتن با سایده لوب فوق العاده باریک معمولاً کافی نیست و محافظت کاملی از یک رادار آرایه فازی در برابر جمینگ که از سایده لوب وارد می‌شود را انجام نمی‌دهد. علاوه بر این، اکثر رادارهای عملیاتی از آنتن با سایده لوب فوق العاده باریک استفاده نمی‌کنند (کمتر از 40-دسی بل) و یا آنتن با سایده لوب نسبتاً باریک (-30 dB to -40 dB) معمولاً با سایده لوب در اندازه‌های ۱۳- تا ۳۰- دسی بل همراه می‌باشند و بطور متوسط نسبت به آنتن ایزوتروپیک به اندازه ۰ تا ۵- (0dBi تا 5dBi) می‌باشد. SLC یک تکنیک پردازش منسجم است که پتانسیل کاهش جمینگ نویز از طریق سایده لوب آنتن را دارد و در تعدادی از رادارهای عملیاتی برای این منظور به کار گرفته شده است. در این مقاله ما ابتدا به تحلیل ریاضی و شبیه سازی نسبت حذف با<sup>۱</sup> CLSC تکی و دوگانه برای ضرایب همبستگی مختلف پرداختیم و سپس شبیه سازی نمودیم و دست آخر نیز ایده ای جهت استفاده از نتایج این شبیه سازی برای ساخت و توسعه سیستم‌های عملی ارائه نمودیم.

کلمات کلیدی: همبستگی سنجی، جمینگ، SLC، سیگنال‌های چند مسیره

### مقدمه

رادارهای آرایه فازی معمولاً برای کنترل اختلال‌کننده‌ها از روش حذف جهتی که اختلال‌کننده در آن قرار دارد و یا سایر روش‌ها مانند پرش فرکانسی که بستگی به امکانات رادار دارد استفاده می‌کند. در رادارهای آرایه فازی جدید از تکنولوژی شیفت فاز که معمولاً بعد از واحد فرستنده و قبل از آنتن استفاده می‌شد استفاده نمی‌شود زیرا نیازمند تغییر دهنده فاز وات بالا بود که به لحاظ تکنولوژیکی بسیار پیچیده و آمار خرابی بسیار بالایی داشت. در رادارهای آرایه فازی مدرن از تکنیک رادیو نرم‌افزار استفاده می‌شود که در واحدهای قبل از فرستنده یعنی در جایی که هنوز توان توسط تقویت‌کننده‌ها افزایش نیافته تغییرات فاز اعمال می‌شود و سپس به واحد تقویت‌کننده توان و در نهایت آنتن اعمال می‌شود که البته اجرای آن با مشکلات دیگری مانند کالیبراسیون مسیر و ... مواجه است، نکته‌ای که در اینجا می‌توان به آن اذعان نمود این است که این رادار قادر به انجام عملیات SLC می‌باشند و نیازی به SLB ندارند و بسیاری از آنها می‌توانند با کنترل سایده لوب خود را از اختلال‌کننده در امان نگه دارند. برای این اختلال این رادارها استفاده از چند اختلال‌کننده که با لینک به هم متصل شده و منسجم عمل می‌کنند پیشنهاد می‌گردد و برای اثر بخش‌تر بودن و بهینه تر بودن کار بهتر است از تکنیک‌های پردازش منسجم استفاده کرد که در این مقاله یکی از آن تکنیک‌ها بطور مختصر بررسی و شبیه سازی شده است.

### مواد و روش:

SLCهای موجود توانایی کاهش نویز جمینگ در اندازه‌های ۲۰ دسی بل تا ۳۰ دسی بل را دارند، اما عملکردش به لحاظ تئوری به طور بالقوه بسیار بالاتر است. بدیهی است که بهره برداری از حذف‌کننده سایده لوب که با فعالیت یک پردازنده آنتن آرایه تطبیقی مرتبط باشد بهتر است. در یک آرایه تطبیقی، ضریب وزن دهی (فاز و دامنه) به هر یک از عناصر آنتن اعمال می‌شود، که پس از آن در یک شبکه جمع‌کننده ترکیبی استفاده می‌شود. با کنترل ضرایب وزن دهی از طریق یک الگوی آنتن حلقه تطبیقی<sup>۲</sup>، نقاط صفر<sup>۳</sup> می‌توانند در هر جهت با توجه به اقدام تداخلی<sup>۴</sup> بین هر دو مجموعه‌ای از عناصر تولید شود. بنابراین، تعداد نقاط صفری که می‌تواند تشکیل شود برابر با تعداد عناصر منهای یک است، که گاهی اوقات به عنوان تعداد درجه آزادی از آرایه مطرح

۱- Coherent side lobe canceller

۲-adaptive-loop

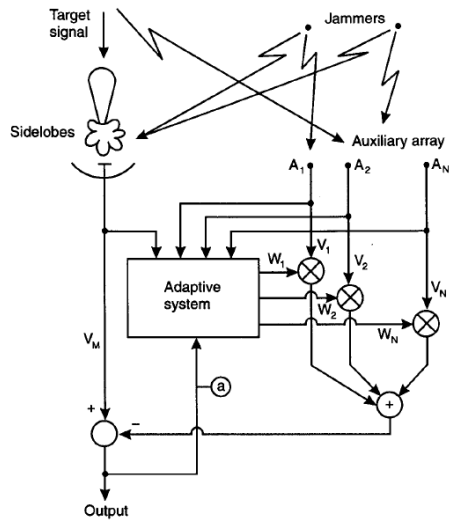
۳-nulls

۴-interferometric

می‌شود. در همان اقدام آرایه تطبیقی را می‌توان به گروه‌های عناصر برای ترکیب به زیرآرایه‌ها، که باعث کاهش پردازش مورد نیاز برای یک آرایه فاز به اندازه معقول می‌شود استفاده کرد. بنابراین، یک آرایه آنتن تطبیقی پتانسیل قرار دادن نقاط صفر الگوی آنتن در جهت سایدلوب جمر در حالی که هنوز الگوی لوب اصلی را حفظ کرده است دارد، در نتیجه باعث کاهش اثرات جمر در پورت خروجی آنتن می‌شود.

در حالی که آرایه‌ها آرایه‌های فازی تطبیقی هستند، آنها برای آنتن تک عنصری (single-element) معمولی مناسب نیستند. با این حال، با اضافه کردن آنتن کمکی به یک رادار معمولی، آرایه تطبیقی نوعی می‌تواند بین آنتن و آنتن‌های اضافه شده شکل گیرد. این پیکره بندی SLC نامیده می‌شود، و تنها شرط این است که آنتن‌های کمکی باید یک پاسخ بیشتر در جهت جمر نسبت به آنتن اصلی دریافت کنند. تا نسبت به جمر واکنش نشان دهد و بفهمد که سیگنال جمر وارد سیستم شده است، یعنی سطح سیگنال رسیده به سیستم ما از طریق آنتن‌های اضافی که معمولاً آنتن‌های همه‌جهته هستند بیش از آنتن اصلی می‌باشد.

یکی از محدودیت‌های SLC این است که تعداد درجه آزادی آن، معمولاً کم است، از آنجا که تنها تعداد کمی از آنتن‌های کمکی می‌توانند عملاً به آنتن اصلی اضافه شوند (به عنوان مثال، پاتریوت، پنج تا آرایه SLC و AEGIS، شش آرایه SLC). زیرا حداکثر تعدادی که از سایدلوب‌های جمر می‌تواند به کار گرفته شود برابر با تعداد آنتن‌های کمکی است، که در اینجا خطر به اشباع رفتن سیستم کنسلر یا حذف کننده وجود دارد. ماهیت این مشکل این است که اشیاء نزدیک رادار باعث چند مسیره شدن سیگنال جمر می‌شود که اضافه کردن یک درجه از آزادی اضافی برای هر یک از سیگنال‌های چند مسیره باعث اختلاف عمده‌ای در یافتن جهت جمر اصلی می‌شود.



Coherent sidelobe canceller block diagram.  
(Farina, A., *Electronic Counter Countermeasures*, © 1990 McGraw-Hill.)

#### شکل ۱ - بلوک دیاگرام حذف کننده لوب جانبی کوهرن

یکی دیگر از پیچیدگی‌هایی که در مورد آنتن‌ها وجود دارد قطبش متقابل است که پاسخ متفاوتی از پاسخ قطبش اصلی دارد. این باعث می‌شود دو قطبش آنتن‌های کمکی بصورت عمود برهم برای هر درجه آزادی سیستم SLC اضافه شود. حلقه حذف سایدلوب بهترین حالت مناسب برای لغو سیگنال‌های جمینگ باند باریک می‌باشد. هنگامی که سیگنال‌های جمینگ پهن باند (با توجه به کانال‌های گیرنده رادار) به زوایای آرایه آنتن حمله می‌کند (آنتن‌های اصلی و کمکی) برای آرایه‌های نرمال دیگر، به نظر می‌رسد سیگنال در محدوده یک قوس زاویه قرار دارد. بنابراین، یک نال تنها برای حذف جمر پهن باند کافی نیست و چندین نقاط نال با دقت فاصله‌ای زیاد در این مورد لازم است. به طور معمول پس از آن، تعداد حلقه حذف سایدلوب‌ها ممکن است تا سه برابر تعداد مورد انتظار منابع جمر تشخیص داده شود [۱]. اجرای از بیش از سه یا چهار حلقه حذف کننده یک مشکل طراحی عملیاتی بوجود می‌آورد [۱]. برای درک عملکرد دقیق از CSLC، بلوک دیاگرام نشان داده شده در شکل ۱ را در نظر بگیرید [۲].

اهداف در لوب اصلی دریافت می‌گردد، در حالی که تداخل جمینگ در پاسخ سایدلوب آنتن دریافت می‌گردد. سیگنال‌های جمینگ نیز در تعدادی از آنتن‌های کمکی که گمین جمر‌های مجهز به آنتن جهتی بیشتر از سایدلوب‌های آنتن اصلی است ره‌گیری می‌شود. ثانیاً قدرت سیگنال بازگشتی از هدف بسیار کمتر از قدرت سیگنال‌های جمینگ می‌باشد. به طور کلی فرضیه‌ها خوب است، اما در برخی از پیاده‌سازی‌ها رهنمود آنتن‌های کمکی به منظور ارتقاء سیگنال‌های جمینگ به کارگیری می‌شود. سیگنال جمینگ در هر یک از آنتن‌های کمکی با استفاده از وزن دامنه و فاز که به شکل یک جمع است (به عنوان مثال، وزن مختلط) و سپس با دامنه سیگنال اصلی که در لوب اصلی آنتن تشکیل می‌شود مشخص می‌شود. وزن توسط یک پردازنده تطبیقی برای به حداقل رساندن قدرت سیگنال جمر در خروجی سیستم کنترل می‌شود. در واقع، اگر CSLC به صورت بهینه انجام شود، سیگنال جمری که توسط آنتن‌های کمکی گرفته می‌شود بطور کامل در آنتن‌های اصلی حذف می‌شود.

در صورت عدم وجود نویز گیرنده، سیگنال در خروجی CSLC ها از سه جزء تشکیل شده است

$$(1) \quad Z = S + J - J_a^T W$$

که در آن بردار سیگنال است،  $J$  بردار سیگنال جمینگ است،  $J_a^T = (J_{a1}, J_{a2}, \dots, J_{ak})$  سیگنال جمینگ برای آنتنهای کمکی است.  $W = (w_1, w_2, \dots, w_k)$  وزن مختلط می باشد. خروجی توان CSLC با رابطه زیر بدست می آید:

$$(2) \quad P_Z = E(Z^2) = P_S + P_J - 2P^T W + W^T R W$$

که در آن توان سیگنال،  $P_J$  توان جمینگ در لوب اصلی،  $P^T = E(J J_a^T)$  و  $R = E(J_a J_a^T)$  ماتریس کواریانس جمرها می باشد. با استفاده از اصل تعامد، وزن بهینه وقتی بدست می آید که دیتا با خطا متعامد باشد.

$$(3) \quad E(Z, J_a) = E((S + J - J_a^T W) \cdot J_a) = 0$$

انجام عملیات نشان داد و اشاره کرد که سیگنال ها و سیگنال جمر ناهمبسته هستند در نتیجه:

$$(4) \quad P - R W = 0$$

وزن بهینه برای بهترین حذف بصورت زیر خواهد بود:

$$(5) \quad W_1 = R^{-1} P$$

جایگزینی (۳۶) در (۳۳) به نتیجه زیر منتج خواهد شد:

$$(6) \quad P_Z = P_S + P_J - P^T W$$

قدرت باقی مانده جمر در CSLC با رابطه  $\Delta J = P_J - J_a^T W$  داده شده است که در آن نسبت حذف (CR) برابر است با:

$$(7) \quad CR = \frac{P_J}{P_J - P^T W}$$

اگر  $P_J = P^T W$  حذف بصورت کامل انجام شده است.

وقتی که نویز حاضر باشد، سیگنال خروجی CSLC بصورت زیر می شود:

$$(8) \quad Z = S + (J + N) - (J_a + N_a)^T W$$

که در آن اصلی و  $N_a$  بردارها نویز کانال کمکی است.

با استفاده از قضیه تعامد برای تعیین وزن بهینه نتایج زیر حاصل می شود:

$$(9) \quad W_0 = (R + \sigma_n^2 I)^{-1} P$$

و نسبت حذف بصورت زیر در می آید:

$$(10) \quad CR_n = \frac{P_J}{P_J - P^T (R + \sigma_n^2 I)^{-1} P}$$

که در آن  $\sigma_n^2$  قدرت نویز گیرنده در کانال اصلی است و  $I$  ماتریس همانی است.

برای یک آنتن کمکی CSLC تنها، ماتریس کواریانس برای حالت بدون نویز به صورت زیر هم ارز می شود

$$(11) \quad R = E(J_1^2) = \sigma_j^2$$

که در آن  $\sigma_j^2$  قدرت جمر است. ما فرض می کنیم تابع همبستگی گاوسی توسط رابطه زیر داده شده باشد

$$(12) \quad \rho = \exp(-(\Delta t / \tau_C)^2)$$

که در آن  $\Delta t$  زمان دیفرانسیلی بین سیگنال جمینگ در کانال اصلی و فرعی می باشد و  $\tau_C = 1/B_C$  که در آن  $B_C$  پهنای باند کانال است، زمان اولیه  $\Delta t$  با رابطه زیر حساب می شود.

$$(13) \quad \Delta t = \frac{d \sin \theta}{c}$$

که در آن  $d$  فاصله بین آنتنهای اصلی و فرعی،  $\theta$  زاویه ای که جمر با خط عمود بر دو آنتن می سازد و  $P^T$  کورلیشن متقابل (cross-correlation) بین سیگنال اصلی و فرعی جمینگ با رابطه زیر فهمیده می شود.

$$(14) \quad P = E[J J_1] = \rho \sigma_j^2$$

وزن بهینه با رابطه زیر بدست می آید

$$(15) \quad W_0 = R^{-1} P = \rho / \sigma_j^2$$

نتیجه برای نسبت حذف CSLC تنها بدون در نظر گرفتن نویز به صورت زیر می شود

$$(16) \quad CR_1 = \frac{\sigma_j^2}{\sigma_j^2 - \sigma_j^2 \rho^2} = \frac{1}{1 - \rho^2}$$

جدول ۱ نسبت حذف CSLC تنها بدون نویز برای مقادیر مختلف ضرایب کورلیشن  $\rho$  را جدول بندی نموده است.

وقتی که گیرنده نویز در  $(\sigma_n^2)$  در CSLC مجزا وجود داشته باشد سپس  $R = \sigma_j^2 + \sigma_n^2$  و  $P = \rho\sigma_j^2$  در نتیجه وزن بهینه مطابق رابطه زیر محاسبه می شود.

جدول 1 - نسبت حذف CSLC مجزا برای مقادیر ضرایب مختلف کورلیشن

$\rho$	CR <sub>1</sub> (dB)
0.9	7.2
0.99	17
0.999	27
0.9999	37

Single CSLC Cancellation Ratios for Various Correlation Coefficient Values (No Noise)

$$(17) \quad W_0 = \frac{\rho\sigma_j^2}{\sigma_j^2 + \sigma_n^2} = \alpha\rho$$

که در آن

$$(18) \quad \alpha = \frac{\sigma_j^2}{\sigma_j^2 + \sigma_n^2} = \frac{JNR}{1 + JNR}$$

سپس نسبت حذف برابر می شود با

$$(19) \quad CR_1 = \frac{\sigma_j^2}{\sigma_j^2 - \sigma_j^2\alpha\rho^2} = \frac{1}{1 - \alpha\rho^2}$$

در جدول ۲ نسبت حذف CSLC با گیرنده نویز برای مقادیر مختلف ضریب همبستگی  $\rho$  جدول بندی شده است. بررسی جدول ۲ نشان می دهد که سیگنال های جمر تنها می تواند با استفاده از CSLCs از سطح نویز حذف شوند وقتی که کورلیشن کاملی بین سیگنالهای جمینگ در کانالهای اصلی و فرعی موجود صورت پذیرد.

جدول 2 - نسبت حذف CSLC مجزا برای مقادیر مختلف ضریب همبستگی

Single CSLC Cancellation Ratios for Various Correlation Coefficient Values  
(JNR =  $\sigma_j^2/\sigma_n^2$ )

$\rho$	CR (dB) for JNR =				
	10 dB	20 dB	30 dB	40 dB	$\infty$
0.9	5.8	7.0	7.2	7.2	7.2
0.99	9.6	15.3	16.8	17	17
0.999	10.3	19.3	25.2	26.8	27
1	10.4	20	30	40	$\infty$

با کورلیشن ناقص و JSN های بالا سیگنال جمینگ فراتر از سطح نویز گیرنده مقدار قابل ملاحظه ای خواهد بود. تحلیل عملکردی برای یک CSLC دوگانه با نویز گیرنده می تواند با استفاده از فرمولهای عمومی داده شده از روابط ۱۰ و ۸ انجام شود. ماتریس کواریانس برابر خواهد بود با:

$$(20) \quad R = (\sigma_j^2 + \sigma_n^2)^2 \begin{bmatrix} 1 & \alpha\rho^4 \\ \alpha\rho^4 & 1 \end{bmatrix}$$

در حالیکه کورلیشن متقابل می شود:

$$(21) \quad P^T = \sigma_j^2 [\rho \quad \rho]$$

در نتیجه وزن بهینه بدین صورت خواهد بود:

$$(22) \quad W_0^T = \begin{bmatrix} \frac{\alpha\rho}{1 + \alpha\rho^4} & \frac{\alpha\rho}{1 + \alpha\rho^4} \end{bmatrix}$$

نسبت حذف را با رابطه زیر می یابیم:

$$(23) \quad CR_2 = \frac{1 + \alpha\rho^4}{1 + \alpha\rho^4 - 2\alpha\rho^2}$$

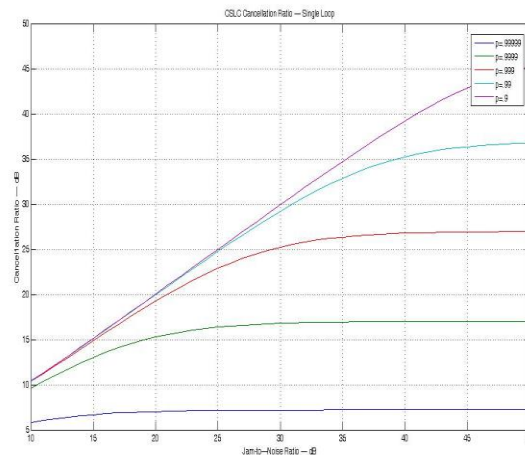
جدول ۳ نسبت حذف CSLC دوگانه با نویز گیرنده برای مقادیر مختلف ضریب همبستگی  $\rho$  را جول بندی نموده است.

جدول 3 - نسبت حذف CSLC دوگانه برای مقادیر مختلف ضریب همبستگی

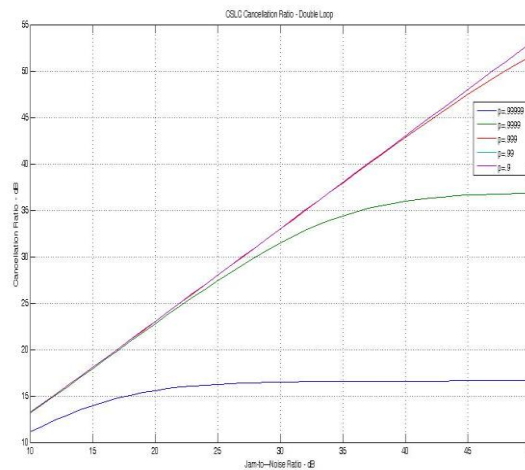
Double CSLC Cancellation Ratios for Various Correlation Coefficient Values  
( $JNR = \sigma_1^2 / \sigma_0^2$ )

$\rho$	CR <sub>2</sub> (dB) for JNR =				
	10 dB	20 dB	30 dB	40 dB	$\infty$
0.9	11.1	15.6	16.5	16.6	16.6
0.99	13.1	22.7	31.5	36	36.9
0.999	13.2	23.0	33	42.8	51
1	13.2	23.0	33	43	$\infty$

توجه نمائید که در تجزیه و تحلیل قبلی فرض بر این است که وزن بهینه شده توسط CSLC بدست آمده است. وقتی CSLCs حلقه بسته بکارگیری شود، بهره حلقه بالا مورد نیاز است که اجازه می دهد تا وزن مطلوب به دست آید. همچنین، حل و فصل زمان برای رسیدن به تنظیمات وزن مطلوب عملکردی از قدرت شکل موج جمینگ می باشد. در اینجا برای نشان دادن این موضوع با استفاده از نرم افزار متلب نسبت حذف بدست آمده با CSLC تکی و دوگانه برای ضرایب مختلف ( $\rho = 0.9$  to  $0.9999$ ) برای بدون نویز و  $JNR = 10dB$  to  $50dB$  را بدست می آوریم.



شکل ۲: نسبت حذف بدست آمده با CSLC تکی



شکل ۳: نسبت حذف بدست آمده با CSLC دوگانه

## نتایج و بحث:

CSLC دارای تعدادی نقص ذاتی است که می تواند توسط جمرها در پشتیبانی مورد سوء استفاده قرار گیرد. اول، تعداد درجات آزادی در CSLC به طور کلی محدود می باشد. بنابراین، اگر چندین سیگنال جمینگ یا جمر در زوایای مختلف از طریق القاء، به عنوان مثال، بازتاب چندگانه رخ دهد، سپس CSLC اورلود می شود و عملکرد آن به شدت تخریب می شود. عامل دیگر این است که سطح کارایی CSLC بر هر عدم همبستگی وجود دارد که بین سیگنال های جمینگ مشاهده شده در کانال آنتن اصلی و آنهایی که در کانال های آنتن کمکی هستند است. این عدم

همبستگی شایع زمانی که پهنای باند دو کانال نامنطبق شود رخ می دهد به طور کلی از کانال اصلی همسان اهداف رادار را دریافت می کند در حالی که کانال کمکی همسان شکل موج جمینگ دریافت می شود. بررسی جداول عملکرد تنزل سرعت هنگامی که عدم همبستگی رخ می دهد را نشان می دهد. شاید مشخصه آسیب پذیر ترین CSLC ها پاسخ گذرا است. اکثر CSLC ها برای مقابله با پارازیت CW طراحی شده اند. به این ترتیب، آنها با استفاده از حلقه های سروو با پهنای باند باریک که برای یک مدت زمان طولانی، نصب شده اند بکارگیری می شوند. به طور کلی، CSLCs با بی اثر کننده سایدلوب که تابع سیگنال های پالسی بی اثر است تکمیل می شود. با این حال، پوشاننده سایدلوب باید عاقلانه به کار گرفته شود، چرا که اگر آن را در برابر عملکرد یک سیگنال CW، به آن کمک کرده ایم و به عملیات جمینگ با پوشاندن و یا جا خالی دادن در مقابل کلیه اهداف توسعه شایانی کرده ایم. روش جمینگ که اغلب در برابر رادار موثر می شود انتقال اهداف چندگانه نادرست هماهنگ در منطقه سایدلوب است. CSLC نمی تواند به این اهداف به دلیل پاسخ گذرا خود پاسخ دهد، اما اگر یک پوشاننده سایدلوب به کار گرفته شود، اهداف لوب اصلی مطابق با یک هدف نادرست در سایدلوب بی اثر خواهد شد و اهداف از دیدگان ما حذف خواهند شد. یکی دیگر از تاکتیک جمینگ که تلاش می کند از رفتار گذرا CSLC سوء استفاده کند جمینگ چشمک زن (blinking jamming) می باشد. چشمک زدن به جابجایی همزمان انتقال جمینگ در میان یک گروه از جمرهای فضایی جابجا شونده اشاره دارد. هنگامی که به درستی زمانبندی شود، حلقه های بسته های مختلف در ارتباط با هر یک از آنتن های کمکی در CSLC هرگز به شرایط حالت پایدار مستقر شده نمی رسد، در نتیجه موجب کاهش شدید عملکرد آن می شود. آسیب پذیری کلی تر از CSLC پاسخ متقابل قطبش آنتن های اصلی و کمکی است. اگر این امکان همسان نیست، این مورد معمولاً باعث می شود که، CSLC نتواند بحث پلاریزاسیون را حل کند و در آن می ماند. این از نگرانی های خاص در صورتی که آنتن اصلی یک پاسخ قطبشی بدی بدهد همیشه وجود دارد. اکثر جمرها از جمینگ با پلاریزاسیون دایره و یا مایل (slant polarized) با قطعات بزرگ قطبش متقابل استفاده می کنند. برای محافظت در برابر این وضعیت، بسیاری از رادارها CSLC هایی بکار می گیرند که آنتن های کمکی هر دو حالت عمودی و افقی برای حذف هر دو اجزای عمودی و افقی، سیگنال جمینگ را داشته باشد استفاده می کنند یعنی یک عدد آنتن کمکی افقی و یک عدد هم آنتن کمکی عمودی برای هر دو حالت جمینگ بکارگیری می نمایند. یکی دیگر از تاکتیک های اختلال در رادارهای آرایه فازی این است که از جمینگ قطبش متقابل استفاده شود، حمله به سیستم حذف سایدلوب است که به طور کلی با سیستم های CSLC همراه است. [3]

این روش لوب اصلی جمینگ تولید قطبش متناوب جمینگ که روی هر پالس اتفاق می افتد که در عرض پالس رادار سوئیچ می شود، پاسخ قطبش متقابل از آنتن اصلی به طور کلی برای یک سیگنال جمینگ در جهتی از محورهای آنتن نال ایجاد می کند. بالاترین پاسخ قطبش متقابل در آنتن کمکی پوشاندن سایدلوب باعث فعال شدن حذف بازگشت هدف واقعی است، در نتیجه موجب محدود کردن تشخیص می شود.

سپاسگذاری:

منابع مورد استفاده:

[1] Electronic Warfare in the information age- D. Curtis Schleher-2010

[2] Farina, A., and F. Studer, "Evaluation of Side lobe Canceller Performance," IEEE1'roc. Vol. 129, Pt. F, No. 1, Feb. 1982.

[3] Van Brunt, L., Applied ECM Volume 2, Dunn Loring, VA: EW Engi- neering, 1982.