

یک الگوریتم کوتاه برای پرتوسازی تطبیقی برای کاربرد در مخابرات سیار

نصرت ناصری
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه ارومیه
چنگیز قبادی و جواد نوری نیا
استادیار گروه مهندسی برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه ارومیه

چکیده

در این مقاله یک الگوریتم سریع برای پرتوسازی تطبیقی معرفی می‌گردد و نشان داده می‌شود که حجم محاسبات لازم در این روش حداکثر $2M^2+7M$ عملیات ضرب در هر نمونه برداری می‌باشد که در آن M تعداد عناصر آرایه آنتن است. اگر ساده‌سازی بیشتری انجام گیرد تعداد عملیات لازم به حداکثر $5M$ کاهش خواهد یافت که برای کاربردهای عملی بسیار مناسب است. در این الگوریتم عمل تطبیق در فضای پرتو انجام می‌گیرد و نسبت پرتو اصلی به پرتو تداخل کننده بیش از 30dB به دست می‌آید که با توجه به محیط سیگنال در نظر گرفته شده با SINR در حدود 6dB مناسب است. کلمات کلیدی: پرتوسازی تطبیقی، ماتریس کوواریانس، بردار هادی، نسبت بیم مطلوب به بیم تداخل.

A Short Adaptive Beamforming Algorithm for Mobile Communication Application

N. Naseri, Ch. Ghobadi and J. Nourinia
Electrical Engineering Department, Urmia University, Urmia, IRAN

Abstract

In this paper, an adaptive beamforming algorithm is introduced. In this algorithm $2M^2+7M$ multiplications are needed in every vector sample which M is the number of the array elements. It is possible to reduce the number of the multiplications to $5M$ if more simplifications are done which is suitable for practical applications. In this method, adaptive algorithm is applied in pattern space and the ratio of the main beam to the interference beam greater than 50dB is obtained which is acceptable in the considered environment with 6dB of SINR .

Key words: Adaptive beamforming, Covariance matrix, Steering vector, Interested beam to interference beam ratio.

۱- مقدمه

که R را نمی‌توان به سادگی حساب کرد. بنابراین با فرض ایستادن^(۴) بودن فرآیند، متوسط‌گیری آماری از XX^H با یک متوسط‌گیری زمانی جایگزین می‌شود. مهمترین چالش‌هایی که الگوریتم‌های تطبیقی در عمل با آن مواجهند عبارت است از: الف) زمان و حجم محاسبات، یعنی در عمل تعداد نمونه‌ها و زمان پردازش محدود است.

ب) اغتشاش در R که با توجه به اینکه R ذاتاً یک ماتریس بدووضع^(۵) است عملیات محاسباتی را دچار مشکل می‌کند.

Luo و دیگران [۲] سعی کرده‌اند با انتخاب یک تبدیل و کاهش ابعاد R الگوریتمی برای یافتن تقریبی w ارائه کنند. کاهش ابعاد R از طریق ماتریس تبدیل T صورت می‌گیرد. این ماتریس با توجه به ماتریس همبستگی آرایه [۳] و خود ماتریس R و با اعمال شرایطی در انتخاب بردارهای ویژه و مقادیرهای ویژه آنها به دست می‌آید و محاسبات سنگینی برای تعیین آن لازم است. بردار هادی هر سیگنال نسبت به یک آرایه عبارتست از برداری که با ضرب آن در پوش مختلط سیگنال، بردار سیگنال ایجاد شده در آرایه به دست می‌آید و روشن است که مستقیماً به جهت ورود سیگنال نسبت به محور آرایه بستگی دارد و در بخش ۲ نحوه محاسبه آن شرح داده شده است.

در مقابل Change و دیگران [۴] الگوریتمی پیشنهاد کرده‌اند که در آن معکوس کردن ماتریسهای مختلط و عملیات تجزیه لازم نیست و الگوریتم باید نوسان خروجی آرایه را کمینه کند.

در این روش ابتدا یک تابع هزینه تعریف کرده و باز هم با فرض ایستادن بودن فرآیند و با استفاده از الگوریتم گرادیان کاهشی^(۶)

[۵]، یک رابطه بازگشتی برای w به دست می‌آید که اگر پارامترهای آن مناسب انتخاب شود به مقدار بهینه w همگرا می‌شود. این روش از لحاظ سرعت همگرایی ضعیفتر از روشهای مرسوم عمل می‌کند ولی دقت جهت‌دهی پرتو آن بالاست [۴]. تطبیق را می‌توان در فضای پرتو نیز انجام داد. تطبیق در فضای پرتو این مزیت را دارد که درجه آزادی آرایه برای عملیات تطبیق به جای تعداد عناصر آرایه با تعداد سیگنالهای ناخواسته متناسب می‌شود. تطبیق در فضای پرتو با استفاده از پرتوهای متعامد صورت می‌گیرد. دو پرتو را متعامد می‌گویند

محدودیت طیف فرکانس قابل استفاده در کاربردهای مخابراتی و افزایش شدید تقاضا برای مخابرات بی‌سیم و سیار توجه جدی به مساله استفاده موثر از طیف را ضروری می‌نماید. یکی از راهبردهایی که اخیراً در این باره مطرح شده است استفاده از پرتوسازی تطبیقی می‌باشد. در این روش بین سیگنال مطلوب و بقیه سیگنالها در دریافت و ارسال نوعی تفاوت گذاشته می‌شود. پرتوسازی تطبیقی نسبت^(۱) SINR دریافتی و ارسالی را افزایش داده و باعث بهبود کیفیت ارتباط می‌شود به خصوص در محیط^(۲) CDMA که افزایش SINR دریافتی مستقیماً به افزایش ظرفیت سیستم منجر می‌شود و می‌توان با پرتوسازی تطبیقی ظرفیت را تا ده برابر افزایش داد [۱]. از سوی دیگر پرتوسازی تطبیقی باعث کاهش مصرف توان در گوشی‌های همراه می‌شود و به این ترتیب فاصله زمانی لازم برای شارژ باطری آنها افزایش می‌یابد. در پرتوسازی تطبیقی هدف آن است که یک آنتن (یک آرایه) بتواند سیگنالی را که از جهت خاصی می‌آید بهتر حس کند یا اینکه اصلاً حس نکند. مسأله پیدا کردن یک بردار وزن مانند w، که با اعمال آن به بردار سیگنال دریافتی از یک آرایه، خروجی آن تا حد امکان نزدیک به سیگنال مطلوب باشد، تحت عنوان مساله فیلتر بهینه قبلاً حل شده و پاسخ آن فیلتر Wiener می‌باشد [۵]. برای به دست آوردن این پاسخ باید ماتریس کوواریانس سیگنال دریافتی را که به صورت زیر تعریف می‌شود محاسبه نمود.

$$R = E[XX^H] \quad (1)$$

در این رابطه E نشان دهنده امید ریاضی یا متوسط آماری و X بردار سیگنال دریافتی می‌باشد. در این صورت w از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$w = \mu R^{-1} U_d \quad (2)$$

که μ یک ثابت است و U_d همبستگی تقاطعی^(۳) سیگنال دریافتی و سیگنال مطلوب می‌باشد. به این ترتیب w مستقیماً به کانالهای انتشار ارتباط پیدا می‌کند [۵]. مساله مهم آن است

4- Stationary
5- I11 condition
6- Gradient Descent

1- Signal to Interference plus Noise Ratio
2- Code Division Multiple Access
3- Cross correlation

$$em \approx SV(\theta_d) \quad (3)$$

پس اگر em به نحوی محاسبه شود با توجه به اصل تقابل می توان همان را تقریباً به عنوان بردار هادی سیگنال مطلوب و بردار وزن آرایه به کار برد. در مرجع [۱] از الگوریتم ضریب لاگرانژ [۵] برای محاسبه em استفاده شده است ولی با فرض اینکه حرکت نسبی موبایلها نسبت به آرایه آهسته باشد، به طوری که بردارهای ویژه R بین دو نمونه برداری زیاد تغییر نکند. شرط همگرایی الگوریتم که در [۵] به صورت

$$0 < \mu < \frac{2}{\lambda_{\max}}$$

می باشد در [۱] به صورت

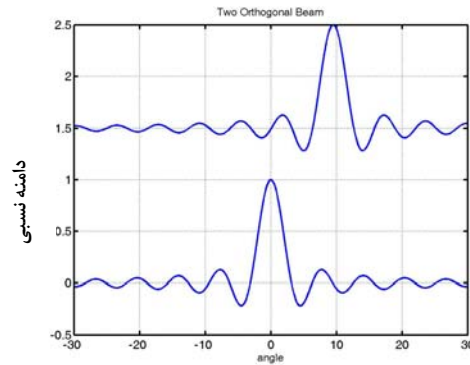
$$0 < \mu < \frac{2}{\lambda_{\max} - \lambda_{\min}}$$

در آمده است (λ مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس سیگنال ورودی است). این فرض با توجه به سرعت پردازش در سخت افزارهای معمولی و سرعت متوسط موبایلها در اطراف آرایه کاملاً معقول است. مثلاً به فرض یک موبایل با سرعت 100km/h در ده متری آرایه موازی با محور آن حرکت کند، که فرض بسیار بعیدی است، اگر سرعت پردازش فقط 1MHz باشد، بین هر نمونه برداری موبایل فقط در حدود ۲۸ میکرومتر حرکت می کند که تقریباً معادل است با 10×10^{-4} درجه تغییر در زاویه ورود سیگنال در هر نمونه برداری خواهد بود.

فرض قویتر بودن سیگنال مطلوب نیز با توجه به الگوهای کنترل توان در سیستم CDMA، برای تداخلها صحیح است ولی درباره نویز ممکن است اینطور نباشد. اگر ضریب گسترش^(۷) سیستم CDMA را با L نشان دهیم یعنی اگر پهنای باند سیگنالها پس از ضرب شدن کد در آنها L برابر شود، با توجه به همبستگی بین کدهای مختلف، توان سیگنال مطلوب پس از عملیات despreading، L برابر سیگنال تداخل کننده می شود. به این ترتیب هرچه L بزرگتر باشد دقت الگوریتم پیشنهادی بالاتر می رود.

در مقاله حاضر با فرض قوی تر بودن سیگنال مطلوب فرض شده است که دست کم چند تداخل با توان قابل ملاحظه نسبت به آن به همراه نویز وجود دارد. نویز هم به صورت سفید و هم به صورت رنگی مورد بررسی قرار گرفته است. نشان داده می شود

اگر هر کدام در جهت گلبک اصلی یکدیگر یک نول داشته باشد شکل (۱).



زاویه (رادیان)

شکل ۱- نمونه دو پرتو متعامد

وقتی یک دسته پرتو متعامد تشکیل شد می توان با انتخاب یکی از آنها به عنوان پرتو اصلی و تعدادی به عنوان تداخلها و با یک ترکیب مناسب پرتو مطلوب را شکل داد. از روشهای تطبیق در فضای پرتو می توان به کار Titus [۶] اشاره کرد.

در این مقاله ابتدا یک فضای متعامد تشکیل می شود سپس بردارهای ویژه R طی عملیات EVD^(۱) محاسبه می شود این بردارها متعامد بوده و پرتوهایشان نیز متعامد خواهد شد [۶]. ایده اصلی کار Titus در همین جاست. هر بردار ویژه ماتریس کوواریانس R ، ترکیب خطی از بردارهای هادی همه سیگنالهای موجود است [۷]. در این روش با اعمال یک تبدیل یک فضای متعامد جدید تشکیل می شود. حجم عملیات لازم در این روش نیز بسیار بالاست و در ضمن بردار هادی سیگنال مطلوب باید از قبل معلوم باشد.

در مقاله Choi [۱]، سعی شده است که با دو فرض اساساً متفاوت مساله را حل کنند. یکی اینکه با توجه به محدودیت تعداد عناصر آرایه و زیاد بودن تعداد تداخلها، حذف کامل تداخلها نه لازم و نه ممکن است. دوم اینکه فقط محیط CDMA را در نظر گرفته و فرض شده است که سیگنال مطلوب به نحو قابل ملاحظه ای از بقیه قویتر باشد. به این ترتیب می توان بردار ویژه متناظر با بزرگترین مقدار ویژه ماتریس R را که آن را با em نشان خواهیم داد به صورت زیر نوشت [۷].

$$em(k+1) = em(k) + \eta(R(k)em(k) - \lambda em(k)) \quad (6)$$

با فرض ایستادن بودن فرایند R از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$R(k+1) = fR(k) + X(k)X^H(k) \quad (7)$$

f اصطلاحاً ضریب فراموشی^(۲) نامیده می‌شود که در محدوده [0, 1] قرار دارد. حجم عملیات لازم برای محاسبه em طبق تحلیل [۱] برابر $2M^2+5M$ عمل ضرب در هر نمونه برداری سیگنال می‌باشد و اگر در رابطه (۷) ساده‌سازی بیشتری به صورت زیر انجام گیرد:

$$R(k+1) = X(k)X^H(k) \quad (8)$$

حجم عملیات به 3M عمل ضرب در هر نمونه برداری کاهش می‌یابد.

Choi همین بردار em را به عنوان بردار وزن آرایه به کار می‌برد ولی همچنانکه اشاره شد اگر سیگنالهای تداخل قدرتی بیشتری داشته باشند یا اینکه نویزی قوی سیستم را تحت تأثیر قرار دهد الگوریتم فوق کارایی خود را از دست خواهد داد. این موضوع در شکل‌های (۳ و ۴) نشان داده شده است.

برای تصحیح عملکرد الگوریتم Choi از یک پرتو کمکی استفاده می‌شود. این پرتو باید دارای شرایط زیر باشد: (الف) در جهت پرتو اصلی em که با مفروضات مساله همان پرتو مطلوب است، دارای نول باشد.

(ب) در جهت سایر پرتوهای em که متناظر با تداخل‌هاست دارای پرتوهای مناسب باشد.

بدین ترتیب با استفاده از این پرتو کمکی عملکرد سیستم به نحو قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌یابد.

بردار پرتو کمکی را P می‌نامیم اولاً باید $P^H em = 0$ باشد (این شرط متعامد بودن دو پرتو را تضمین می‌کند) دوم اینکه P باید حتی‌الامکان حاوی تمام اطلاعات em باشد تا بتواند در جهت پرتوهای فرعی آن پرتوهای معادلی داشته باشد. یک رهیافت شهودی آنست که P برابر em انتخاب شود در اینصورت شرط دوم کاملاً برآورده می‌شود ولی شرط اول نه. پس باید با حداقل

که با افزایش ناچیزی در حجم عملیات محاسباتی لازم، عملکرد سیستم به نحو قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌یابد. در ادامه مقاله نتایج حاصل از شبیه‌سازی کامپیوتری ارائه شده و بهبود عملکرد آرایه از لحاظ نسبت پرتو اصلی به پرتو تداخل و کاهش محاسبات لازم نشان داده شده است.

۲- الگوریتم تطبیق و فرمول‌بندی مساله

یک آرایه با M عنصر در نظر گرفته و برای سادگی فرض می‌شود که عناصر آن همه جهتی^(۱) باشند. محیط سیگنال عبارت است از یک سیگنال مطلوب با زاویه ورود θ_{io} و p سیگنال تداخل با زوایای ورود $\theta_{i1}, \theta_{i2}, \dots, \theta_{ip}$. این زوایا نسبت به محور آرایه اندازه‌گیری می‌شوند. همچنین فرض می‌شود که سیستم شامل نویز است که مدل آن در حالت سفید و رنگی بعداً ارائه خواهد شد. تداخلها یا از منابع مختلف بوده یا فرض می‌شود ناشی از انتشار چند مسیری باشند. بردار هادی هر سیگنال به صورت زیر است [۳]:

$$SV_k = (e^{-j\phi_k} \dots e^{-j(M-1)\phi_k})^T \quad (4)$$

$$k = 0, 1, \dots, p$$

که در آن $\phi_k = \frac{2\pi d}{\lambda} \cos \theta_{ik}$ بوده، d فاصله‌گذاری بین عناصر آرایه و λ طول موج سیگنال است. سیگنال دریافتی در آرایه مجموع این سیگنالها به علاوه نویز می‌باشد که به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$X = [SV_0, SV_1, \dots, SV_p]S + N \quad (5)$$

فیدینگ موجود در سیستم با فرض سنکرونیزاسیون خوب با یک ضریب حقیقی مدل شده است. S یک بردار $(p+1) \times 1$ و شامل پوش سیگنالهای مطلوب و تداخل و N یک بردار $M \times 1$ و عبارتست از نویز جمع شونده که روی عناصر آرایه عمل می‌کند. ماتریس کوواریانس ورودی محاسبه شده و بردار ویژه متناظر با بزرگترین مقدار ویژه که آن را با em نشان می‌دهیم به دست آید. برای این کار از الگوریتم لاگرانژ [۵] استفاده می‌شود که به رابطه بازگشتی زیر منجر می‌شود [۱]:

بقیه عناصر آن صفر می‌شود. نکته‌ای که حائز اهمیت است آنست که چون نرم em برابر یک است بزرگترین عنصر آن نیز از لحاظ اندازه تا حد زیادی کوچکتر از یک می‌باشد (در مثالهای شبیه‌سازی شده این مقاله بزرگترین عنصر em اندازه‌ای در حدود $0/4$ دارد) بنابراین عکس شدن آن در رابطه (۱۱) منجر می‌شود که $p(j)$ به نحو قابل ملاحظه‌ای از بقیه عناصر p بزرگتر باشد و SLL آرایه افزایش یابد. این موضوع در شکل‌های (۳) و (۴) که استفاده از رهیافت حاضر را در پرتوسازی تطبیقی نشان می‌دهند، قابل مشاهده است. یعنی بهره متوسط آرایه به میزان زیادی بالاتر رفته و این امر یک امتیاز منفی به حساب می‌آید چرا که به افزایش توان دریافتی آرایه و مشکلات دیگر می‌انجامد.

رهیافت دیگر آن است که برای یافتن P همه عناصر em تغییر داده شود ولی تغییر در هر عنصر متناسب با وزن آن باشد. برای این کار، ایده مطرح شده در روابط (۹) تا (۱۱) در نظر گرفته شده و هر عنصر P به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$P(j) = em(j) - \frac{1}{M \cdot em^*(j)} \quad (۱۳)$$

$$j = 1, 2, \dots, M$$

به این ترتیب ضمن برآورده شدن شرط نخست با توجه به اینکه تغییر اعمال شده روی همه عناصر توزیع می‌شود، شرط دوم نیز برآورده می‌شود. نتایج حاصل از به کار بردن این روش در شکل‌های (۵) و (۶) ارائه شده است. و مشکل افزایش بهره متوسط را ندارد.

با توجه به اینکه عملیات محاسباتی چندانی برای محاسبه بردار p لازم نیست (یک تقسیم و یک عملیات مقایسه برای روش اول و M ضرب و M تقسیم برای روش پیشنهادی این مقاله) در عمل می‌توان بسته به شرایط فیزیکی واقعی یکی از دو پرتو را انتخاب نمود.

در شکل (۷) روندنمای الگوریتم و تعداد عملیات محاسباتی (ضرب و تقسیم) مورد نیاز در هر مرحله آورده شده است. درباره این الگوریتم سه نکته مهم قابل ذکر است. نخست آنکه در آن فقط از بزرگترین مقدار ویژه و بردار ویژه متناظر با آن استفاده می‌شود و با بردارهای دیگر و عناصر دیگر کاری ندارد. بنابراین اغتشاش در R که به طور نسبی روی مقادیر ویژه

تغییرات در em برداری مانند P به دست آید که شرط اول را نیز برآورد کند. یعنی یک عنصر خاص از em را انتخاب کرده و آن را طوری تغییر دهیم که شرط نخست برقرار گردد و بقیه عناصر em دست نخورده بماند. فرضاً عنصر z ام em تغییر داده شود یعنی:

$$P = (em(0)em(1)\dots em(j-1)P(j)em(j+1)\dots em(M+1))^T \quad (۹)$$

تا اینجا به جز عنصر z ام بقیه عناصر p معلوم هستند برای پیدا کردن $p(j)$ از شرط اول استفاده می‌شود.

$$em^*(0)em(0) + em^*(1)em(1) + \dots + P^*(j)em(j) + \dots em^*(M-1)em(M-1) = 0 \quad (۱۰)$$

به طرفین معادله فوق عبارت $em^*(j)em(j)$ اضافه کرده و پس از مرتب کردن به دست می‌آید:

$$P(j) = em(j) - \frac{1}{em^*(j)} \quad (۱۱)$$

به این ترتیب برای مشخص کردن بردار P تمام عناصر آن برابر عناصر متناظر em قرار داده می‌شود به جز عنصر z ام که آن هم از رابطه (۱۱) حساب می‌شود.

برای انتخاب z چه معیاری باید در نظر گرفته شود؟ با توجه به شرط حداقل تغییرات در em ، نرم اقلیدسی بردار $em-P$ را در

$$\text{نظر بگیرید که برابر می‌شود با } \frac{1}{em^*(j)} \text{ برای اینکه این}$$

مقدار حداقل شود، یعنی $em-P$ دارای کوچکترین نرم اقلیدسی ممکن باشد (از نظر اندازه) باید $em(j)$ حتی الامکان بزرگ باشد. به این ترتیب برای پیدا کردن تنها عنصر مجهول P بزرگترین عنصر em انتخاب شده و طبق رابطه (۱۱) عنصر مجهول P محاسبه می‌شود. یک ترکیب خطی از بردارهای P و em بردار پرتو مطلوب را به دست می‌دهد.

$$W_o = a \cdot em + b \cdot P \quad (۱۲)$$

فقط باید دقت کرد که $a \neq -b$ باشد چرا که در این صورت W_o یک بردار بد وضع می‌شود یعنی به جز یک عنصر

تداخل برابر ۰/۳ انتخاب می‌شود. در [۱] نسبت پوش سیگنال تداخل به سیگنال مطلوب ۰/۰۱ فرض شده است. به این ترتیب سیگنال تداخل در این مقاله به مراتب قوی‌تر از سیگنال تداخل در [۱] است (۳۰ برابر از نظر اندازه و ۹۰۰ برابر از نظر توان). در عمل بردار x مستقیماً از روی اندازه‌گیری سیگنال عناصر آرایه به دست می‌آید و لازم نیست هیچ پارامتری از قبل مشخص باشد. برای نشان دادن تأثیر نویز در بردار سیگنال ورودی و به تبع آن ماتریس کوواریانس، از اصول تحلیلی مربوط به مساله استفاده شده است. یعنی با فرض اینکه نویز با سیگنالهای مربوط همبستگی ندارد، می‌توان نوشت [۵]:

$$E[(X + N)(X + N)^H] = E[XX^H] + [\delta] \quad (14)$$

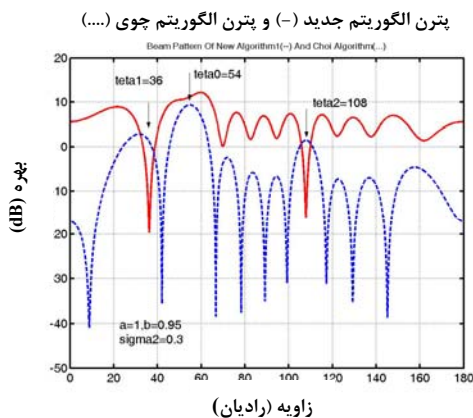
برای نویز سفید داریم:

$$\begin{aligned} \delta_{lm} &= 0 & l \neq m \\ \delta_{lm} &= \delta^2_n & l = m \end{aligned} \quad (15)$$

برای نویز رنگی می‌توان نوشت [۲]:

$$\delta_{lm} = (\delta^2_n)^{|l-m|+1} \exp(i\pi(l-m)/16) \quad (16)$$

شکل (۳) نتایج حاصل از شبیه‌سازی دو الگوریتم را نشان می‌دهد.



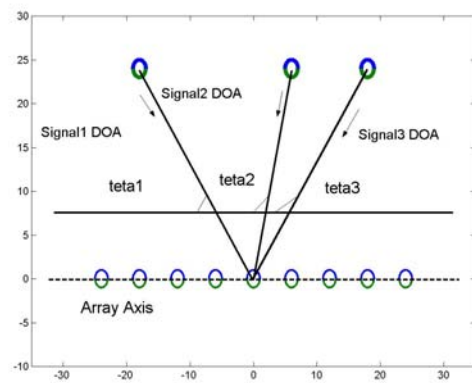
شکل ۳- مقایسه عملکرد الگوی تشعشی در الگوریتمهای [۱] و جدید (نویز سفید)

کوچکتر و به تبع آن روی بردارهای ویژه مرتبط اثر بیشتری دارد، تأثیر چندانی روی محاسبه em نخواهد گذاشت. این موضوع باعث پایداری الگوریتم می‌شود که در شکل‌های (۳) تا (۶) قابل مشاهده است. دوم آن که اگر فرکانس حامل لینک ارسال با فرکانس حامل لینک دریافت اختلاف کمی داشته باشد، که معمولاً اینطور است، W_0 را می‌توان برای لینک دریافت نیز به کار برده و عملکرد سیستم را بیشتر بهبود بخشید. نکته سوم و اساسی‌تر آن است که اصولاً پرتوسازی تطبیقی در اینجا با استفاده از پرتو کمکی P و بدون استفاده از مدول حذف کننده گلبرگ صورت می‌گیرد.

یعنی اساساً تطبیق در فضای داده انجام می‌گیرد و ترکیب خطی P و em طبق رابطه (۱۲) به صورت عددی مقدار بهینه W_0 را می‌دهد. ذکر این نکته لازم است که شاخص بهینه‌سازی الگوریتم نسبت پرتو مطلوب به پرتو متداخل است و پارامترهای دیگر مانند پهنای پرتو و SLL مورد نظر نمی‌باشد.

۳- شبیه‌سازی کامپیوتری

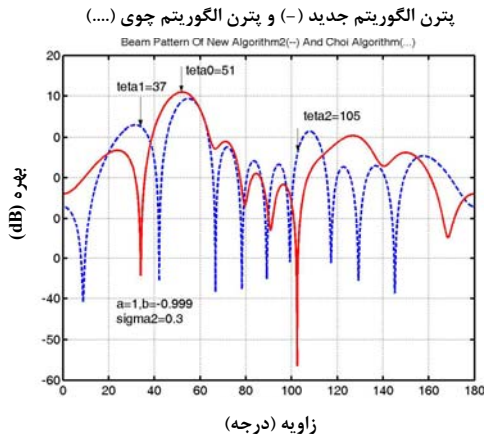
در این بخش نتایج حاصل از شبیه‌سازی کامپیوتری مساله با الگوریتم جدید و الگوریتم ارائه شده در [۱] با هم مقایسه می‌شود. شمای کلی سیستم در شکل (۲) نشان داده شده است. فرض می‌شود سیستم شامل یک سیگنال مطلوب و دو سیگنال تداخل کننده به همراه نویز باشد.



شکل ۲- شمای کلی سیستم

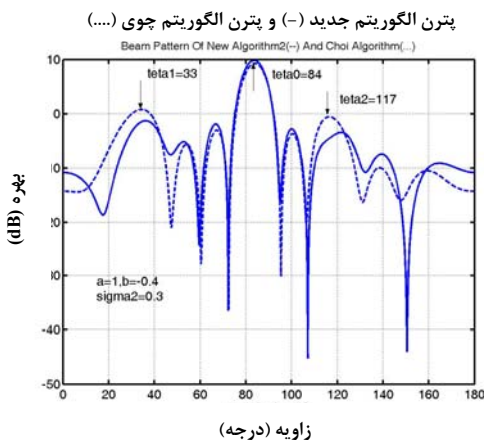
بقیه پارامترها در هر شکل به‌طور جداگانه نشان داده شده است. به این ترتیب پوش سیگنال مطلوب برابر ۱ و پوش سیگنال

آرایه نسبت به Choi افزایش قابل ملاحظه‌ای داشت. تا اینجا، نتیجه گرفته می‌شود که روش پیشنهادی این مقاله برای تعیین p بهتر از روش اول می‌باشد.



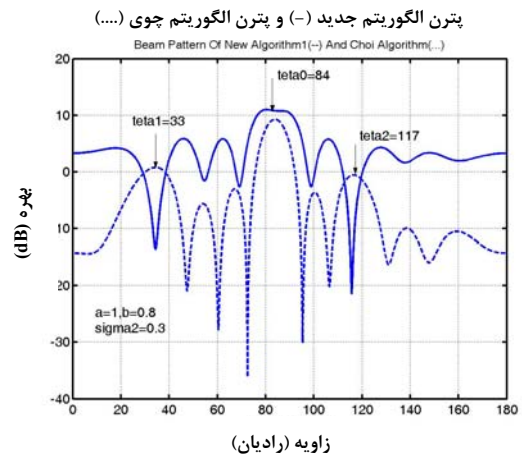
شکل ۵- مقایسه عملکرد الگوی تشعشعی در الگوریتمهای [۱] و جدید (نویز سفید)

درباره نویز رنگی وضع فرق می‌کند. در شکل (۶) دیده می‌شود که در حضور نویز رنگی نسبت پرتو مطلوب به پرتو تداخل در بدترین حالت 13dB برای روش پیشنهادی این مقاله و 8dB برای روش Choi است این مقدار برای روش یک 25dB می‌باشد شکل (۴). ولی بهره متوسط باز هم در روش پیشنهادی این مقاله با روش Choi تقریباً برابر است.



شکل ۶- مقایسه عملکرد الگوی تشعشعی در الگوریتمهای [۱] و جدید (نویز رنگی)

در اینجا از روش نخست برای تشکیل p استفاده شده است. جهت ورود سیگنال‌های اصلی و تداخل که در شبیه‌سازی اعمال شده‌اند در پایین شکل نوشته شده است. همان طوری که از شکل مشخص است الگوریتم حاضر در مقایسه با روش Choi بیش از 15dB، نسبت پرتو مطلوب به صفر را افزایش می‌دهد و برخلاف آن روش که در آن در جهت‌های سیگنال‌های تداخل گلبه‌هایی هر چند با سطح پایین‌تر تشکیل می‌دهد، در روش پیشنهادی این مقاله اصولاً یک نول عمیق در جهت تداخلها ایجاد می‌شود. در شکل (۴) نویز رنگی فرض شده و بهبود عملکرد بیشتر به صورت کاهش بهره در جهت تداخلها حاصل می‌شود.

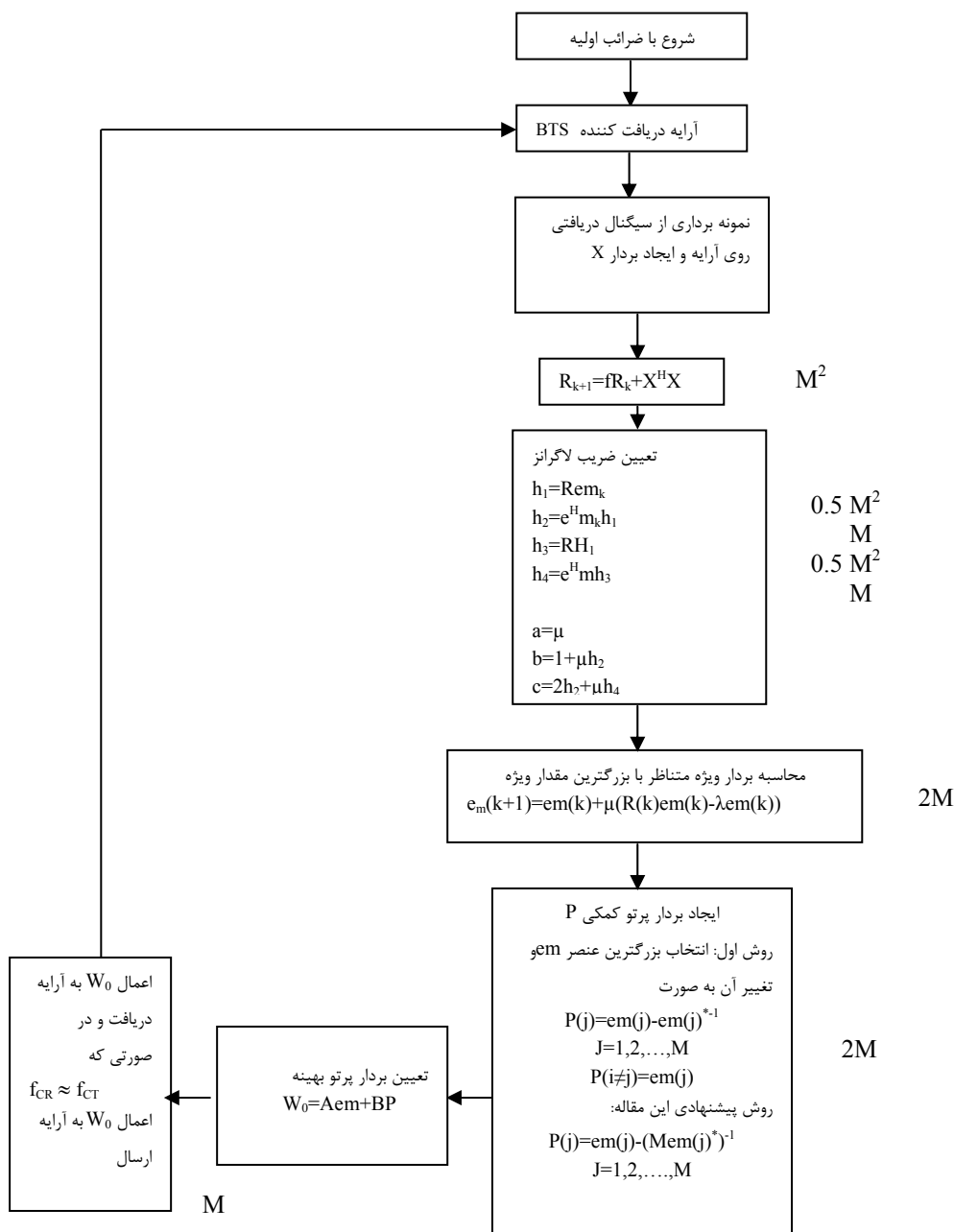


شکل ۴- مقایسه عملکرد الگوی تشعشعی در الگوریتمهای [۱] و جدید (نویز رنگی)

نتایج نشان داده شده در شکل‌های (۳ و ۴) با استفاده از روابط (۸) تا (۱۰) برای محاسبه p به دست آمده‌اند. اگر از رهیافت دوم، رابطه (۱۲)، برای محاسبه p استفاده شود نتایج دیگری به دست می‌آید که شرح آن در ادامه می‌آید.

شکل (۵) وضعیتی مشابه شکل (۳) را نشان می‌دهد. دیده می‌شود که پرتو مطلوب در بدترین حالت 40dB از نول بالاتر است. این مقدار در مقایسه با 27dB برای روش اول و 7dB برای روش Choi قابل ملاحظه است.

نکته مهم دیگر که این شکل نشان می‌دهد آن است که متوسط بهره نماد آرایه در آن تقریباً با متوسط بهره Choi برابر است در حالیکه در شکل (۳) مربوط به روش ۱ متوسط بهره



شکل ۷- روندنمای الگوریتم پیشنهادی

۴- نتیجه گیری

در این مقاله یک الگوریتم کوتاه و سریع برای محاسبه بردار وزن یک آرایه تطبیقی در هر نمونه برداری ارائه و کارایی و پایداری آن مورد بحث قرار گرفت و نشان داده شد که الگوریتم مزبور از قابلیت اطمینان مناسب و سرعت قابل توجهی برخوردار

است و با حداقل محاسبات، که از نظر کارهای عملی و هم زمان بسیار حائز اهمیت است، پاسخ مناسب و مطلوبی ارائه می کند. لازم به یادآوری است شبیه سازی مساله در حالات بسیار مختلفی انجام گرفته و مقادیر متنوعی به $\theta_0, \theta_1, \theta_2$ داده شده است که از میان آنها تعدادی برای مقایسه عملکردها در این مقاله

- CIE International Conference on Radar, pp. 552-556, 2001.
- [3] S. R. Saunders, "Antenna and Propagation for Wireless Communication Systems," 1999, John Wiley and Sons Ltd.
- [4] C. Q. Xu, C. L. Law and S. Yoshida, "On Nonlinear Beamforming for Interference Cancellation," Proceeding of IEEE 53rd Conference on Vehicular Technology, vol. 1, pp. 23-27, May 2001.
- [5] S. Haykin, "Adaptive Filter Theory," Second Edition 1991 Prentice Hall.
- [6] T. Lo and J. Litva, "Adaptive Beam Space Nulling of Multipath Signals," IEEE, Trans. Antennas and Propagation, vol. 38, no. 1, pp. 129-134, Jan. 1990.
- [7] S. Choi, D. Yun and H. Lee, "Blind Adaptive Beamforming Algorithm Based on the Extreme Eigenvalue Problem," Proceeding of IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, vol. 4, pp. 2418-2421, Jul. 1997.

انتخاب شده است. طبعاً اختلافات جزئی در عملکرد آرایه با تغییر جهت‌های ورود سیگنالها به وجود می‌آید که به دلیل اندک بودن قابل صرف‌نظر کردن است. با توجه به این که نحوه شبیه‌سازی سیگنال روی آرایه مستقل از زاویه ورود تداخلها و سیگنال اصلی است و نیز موضوع Sectorization که دامنه تغییرات زوایای ورود سیگنالها را محدود می‌کند، می‌توان نتیجه‌گیری مقاله را به زوایای دیگر هم تعمیم داد.

مراجع

- [1] S. Choi and D. Shim, "A Novel Adaptive Beamforming Algorithm For A Smart Antenna System In A CDMA Mobile Communication Environment," IEEE, Trans. Vehicular Technology, vol. 49, no. 5, pp 1793-1806, Sep. 2000.
- [2] L. Y. Jian, Z. Tao and Z. Shouhong, "A Novel Algorithm for Adaptive Beamforming Based on Projection Transformation," Proceeding of