

امنیت در سیستم‌های مخابرات سیار نسل سوم با استفاده از آنتن‌های هوشمند

احمد رضا متین فر^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۲۹

چکیده

در نبردهای مدرن امروزی، فعالیت‌های اطلاعاتی و نظامی وابستگی زیادی به تجهیزاتی نظیر سامانه‌های مخابراتی، اطلاعاتی، شبکه‌ها و حسگرها پیدا کرده‌اند. این سامانه‌ها از قابلیت ایجاد تغییرات اساسی در مشخصات و نحوه عملکرد نبرد اطلاعاتی برخوردارند. ولی از آن جایی که از طیف امواج الکترومغناطیسی استفاده می‌کنند، در مقابل فنون مدرن جنگ الکترونیک نیز آسیب‌پذیرند. از آنجایی که یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های معتبر انتقال اطلاعات در مخابرات، تکنیک طیف گسترده می‌باشد، سیستم‌هایی که از این تکنیک استفاده می‌کنند در مقابله با تداخل و اغتشاش موفق بوده و به سادگی قابل کشف و شنود نیستند از طرفی افزایش نیاز به سرویس‌های مخابراتی سیار بدون افزایش متقابل در تخصیص طیف رادیویی، موجب به وجود آمدن تکنیک جدیدی به منظور بهبود در به‌کارگیری طیف گردیده است. تکنیک‌های CDMA و استفاده از آنتن‌های آرایه‌ای وسیله‌ای برای افزایش کارایی و امنیت طیف می‌باشند. در این مقاله به الگوریتم‌های کور آرایه‌ای و فقی در سیستم‌های CDMA می‌پردازیم و در نهایت دو الگوریتم جدید $LS-DRMA$ و $LS-DRMTCMA$ در یک بستر شبیه‌سازی مانند نرم‌افزار MATLAB با الگوریتم‌های دیگری مانند $MT-LSCMA$ و $MT-SDDD$ از لحاظ بهبودی کارایی طیف سیگنال مقایسه می‌گردند. نتایج نشان می‌دهد که این دو الگوریتم جدید نسبت به دیگر الگوریتم‌های بیان شده در تمام شرایط (از قبیل کانال AWGN) و همچنین پیچیدگی کمتر و همگرایی سریع‌تری نسبت به سایر الگوریتم‌ها را دارند.

کلید واژه‌ها: شکل دهی پرتو تشعشعی، آرایه‌های و فقی، CDMA، الگوریتم و فقی کور

۱- استادیار دانشگاه جامع امام حسین (علیه السلام) sevizndn@ihu.ac.ir

2. Least-Squares Despread Respread Multitarget Array
3. Least-Squares Despread Respread Constant Modulus Algorithm Multitarget
4. Multi Target Least-Squares Constant Modulus
5. Multi Target Steepest-Descent Decision-Directed

۱ - مقدمه

در طول تاریخ، دکتین، سازمان و استراتژی نظامی به خاطر خطشکنی‌های انقلابی در فناوری، دست‌خوش تغییرات عمیق شده‌اند. فناوری‌های نوین به صورت یک سلاح جدید، یک منبع انرژی جدید، یا یک وسیله ارتباطی جدید، همگی موجب شده‌اند که با اصلاح دکتین، سازمان و استراتژی نظامی طرف نوآور، از نبرد فرسایشی پرهیز کرده و در عوض به سبک نوین، نبرد قاطع و سریع دسترسی داشته باشند. البته همان‌طوری که اکثر تاریخ‌دانان تأکید می‌کنند، نفوذ فناوری نو لزوماً نبرد را متحول نمی‌کند بلکه آنچه اهمیت فوق‌العاده دارد، تغییر نگرش‌ها و منطق سازماندهی نبرد می‌باشد. در واقع اگر بگوییم فناوری جدید حتی جهان‌بینی‌ها و الگوهای ذهنی را متحول می‌کند، سخنی به گراف نگفته‌ایم. بر این اساس باید گفت که رشد خیره‌کننده فناوری اطلاعات و ارتباطات، که گاهی اوقات تحت عنوان «انقلاب اطلاعات» شناخته می‌شود، موج پر قدرتی است که ماهیت و ویژگی‌های نبرد و منازعه را از بیخ و بن تغییر خواهد داد. نگرش سامانه‌ای به جنگ‌ها و منازعات بشری در قالب اصول و تئوری‌های فرماندهی و مراقبت در بستر شبکه‌های عملیات و پدافند هوایی، شناسایی الکترونیکی، آن‌چنان به ارتباطات قوی و پیچیده در اعمال هدایت، وحدت فرماندهی و کنترل‌های سریع، به علاوه اتخاذ تصمیم‌های قاطع و به موقع نیازمند کرده است که نقش تجهیزات الکترونیکی و مخابراتی را در اجرای این اصول و شیوه‌ها، نه تنها انکار ناپذیر می‌سازد، بلکه هر اقدام نظامی بدون آن‌ها را غیرممکن و قرین شکست نموده است. کاربرد صحیح این سامانه‌ها باعث ارتقاء بُرد تجهیزات و جنگ‌افزارها، سرعت، دقت و قدرت نظامی می‌شود و موجب می‌گردد تا ضمن افزایش ضریب موفقیت، مدت زمان جنگ‌های امروزی نیز کوتاه شود. نیاز روزافزون به سرویس‌های مخابراتی سیار بدون افزایش طیف فرکانس رادیویی، معرفی و به‌کارگیری فناوری جدید جهت حداکثر استفاده از طیف را لازم می‌دارد. یکی از شیوه‌های اساسی افزایش بهره طیف فرکانسی، استفاده از فناوری طیف گسترده، دسترسی چندگانه به کانال با تقسیم کد^۱ (Compton, ۱۹۷۸:۲۸۹) و روش دیگر که بهبود اساسی در ظرفیت کانال ایجاد می‌کند، استفاده از پردازش فضایی به وسیله آنتن آرایه‌ای وقتی در یک سلول می‌باشد (Bull, ۱۹۹۵:۸۹۷) و (Lehne et al, ۱۹۹۹:۵۷۶۱). آنتن آرایه‌ای وقتی قابلیت شکل‌دهی پرتو تشعشعی در جهت سیگنال مطلوب و هدایت صفرها در جهت‌های سیگنال‌های مزاحم را به صورت خودکار دارا می‌باشد. با استفاده از این نوع آنتن در سیستم‌های CDMA می‌توان تداخل هم‌کانال در داخل سلول مورد نظر و سایر سلول‌های دیگر، علاوه بر افزایش ظرفیت کانال، کاهش داد. تعداد زیادی از الگوریتم‌های وقتی وجود دارند که می‌توان از آن‌ها در آنتن آرایه‌ای استفاده کرد. برای آنتن آرایه‌ای وقتی استفاده شده در سیستم‌های CDMA که مشترکین از یک فرکانس مشابه برخوردارند، الگوریتم وقتی باید

همزمان قابلیت جداسازی و استخراج هر سیگنال مشترک را دارا باشد. البته ترجیح داده که الگوریتم وقتی بدون رشته آموزشی^۱ کار کند که به عبارت دیگر به آن الگوریتم کور گفته می‌شود. بنابراین تعداد الگوریتم‌هایی که شرایط فوق را ارضا نماید محدود می‌باشد. بنابراین تشریح الگوریتم‌های جدید و مقایسه آن‌ها از نظر عملکرد بهینه و انتخاب یکی از آن‌ها مورد توجه محققین قرار گرفته است. هدف از این مقاله بسط و گسترش الگوریتم‌های وقتی جدید با استفاده از آنتن‌های آرایه‌ای در سیستم‌های سیار نسل سوم (CDMA) می‌باشد که در نهایت منجر به مقایسه‌ای بین این الگوریتم‌ها با الگوریتم‌های پیشین از لحاظ کارایی می‌گردد.

۲- فیلترهای بهینه فضایی برای لینک بالارونده

هدف از پردازش فضایی در لینک بالارونده، دریافت سیگنال‌های مطلوب از برخی جهات و عدم دریافت سیگنال‌های تداخلی ناخواسته از جهات دیگر است. این عمل آرایه در حوزه‌ی فضا، همانند عملکرد فیلترهای معمول در حوزه‌ی فرکانس می‌باشد. به همین دلیل به سیستم‌های پردازش فضایی، فیلترهای بهینه فضایی نیز گفته می‌شود. فیلترهای بهینه فضایی، از طریق یک الگوریتم وقتی به تنظیم وزن‌های آرایه می‌پردازند و از این جهت به آن‌ها آرایه‌های وقتی نیز گفته می‌شود. در الگوریتم‌های وقتی، هدف بهینه کردن یک معیار از سیگنال می‌باشد که معادل با حداقل‌سازی یک تابع هزینه است. البته برخی از روش‌ها در نهایت به یک مسئله مقدار ویژه منتهی^۲ می‌شوند و برخی نیز به طور مستقیم باعث حل مسئله می‌شوند. معیار اصلی بهینه‌سازی در یک سیستم مخابراتی، حداقل کردن نرخ خطای بیتی می‌باشد. همانند سیستم‌های رادار، بهینه‌سازی این معیار در عمل ممکن نیست. در عوض برای بهینه‌سازی این معیار، توابع گوناگونی معرفی شده است که همه آن‌ها به نوعی مشتقات معادله مشهور بهینه‌سازی وینر هستند (Haykin, ۱۹۹۱:۲۸۹).

۳- الگوریتم‌های وقتی کور^۳

۳-۱- الگوریتم CM^۴

در این الگوریتم که نخستین بار توسط گودارد ارائه شد، از خاصیت دامنه‌ی ثابت در بسیاری از مدولاسیون‌ها بهره می‌گیرد. تکنیک‌هایی که اطلاعات را در فاز سیگنال مدوله می‌کنند معمولاً با دامنه سیگنال کاری ندارد (Larimore & Treichler, ۱۹۸۳)، (Larimore & Treichler, ۱۹۸۶) و (Agee, ۱۹۸۹). به این

1. Training Sequence
2. Eigenvalue Problem
3. Blind Adaptive Algorithm
4. Constant Modulus

ترتیب با بازیابی این دامنه ثابت، می‌توان الگوریتم وقتی را هدایت کرد.

۳-۲- الگوریتم DD^۱

در این روش که نسبت به CMA جدیدتر است، از خصوصیت محدود بودن الفبای^۲ مورد استفاده در ارسال سیگنال دیجیتال استفاده می‌شود. بسته به مدولاسیون مورد استفاده، همیشه تعداد محدودی سمبل در سیستم‌های دیجیتال ارسال می‌شود. برای مثال در مدولاسیون BFSK در هر صورت تنها یکی از دو سیگنال سینوسی در حال ارسال است. بنابراین می‌توانیم سیگنال دریافتی را مدوله کرده و به یک سیستم تصمیم‌گیری بدهیم تا یک یا صفر بودن سیگنال ارسالی را تعیین کند که این سیستم می‌تواند از یک محدودکننده سخت تشکیل شده باشد. پس از تعیین سیگنال دیجیتال، آن را دوباره مدوله کرده و با سیگنال دریافتی مربوط مقایسه می‌کنیم. به این ترتیب سیگنال خطا را بدست می‌آوریم.

۴- الگوریتم‌های شکل‌دهی پرتو تشعشعی در لینک بالارونده CDMA

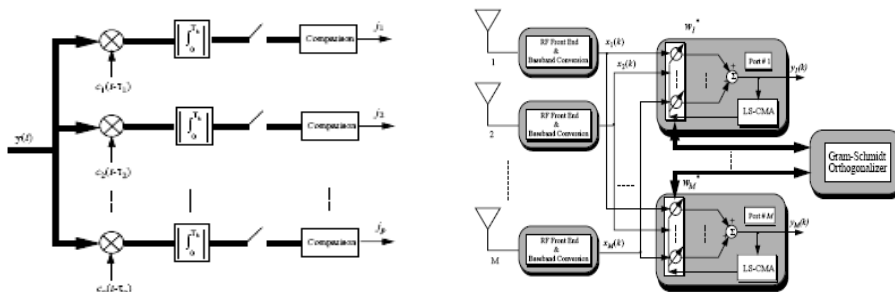
در این الگوریتم‌ها با توجه به این که کلیه مشترکین از یک کانال رادیویی استفاده می‌کنند، بررسی کارایی آن‌ها در تفکیک و استخراج هم‌زمان سیگنال‌های کاربران مختلف با قابلیت پردازش کور (بدون استفاده از دنباله آموزشی) با استفاده از آنتن‌های آرایه‌ای از اهمیت خاصی برخوردار هستند. به عبارت دیگر الگوریتم‌ها مورد استفاده باید از نوع چند هدفی^۳ کور باشد. به طور اساسی می‌توانیم سیستم شکل‌دهی پرتو تشعشعی چندکاربره را به صورت یک سیستم چنددریچه‌ای^۴ در نظر گرفت به این ترتیب هر پورت ورودی این سیستم، برابر پرتو تشعشعی یک کاربر می‌باشد. هر یک از این پرتوهای تشعشعی توسط یک پردازشگر آرایه‌ای هدایت می‌شوند که این پردازشگرها می‌توانند به صورت مستقل از هم یا به صورت مشترک، به شکل‌دهی پرتو تشعشعی بپردازند. برخی از این الگوریتم‌ها عبارتند از: MT-DDA، MT-LSCMA، LS-DRMTCMA و LS-DRMTA

۴-۱- الگوریتم MT-LSCMA

الگوریتم MT-LSCMA اولین بار توسط اجی پیشنهاد شد. این الگوریتم دارای سه قسمت عمده می‌باشد. الف) یک الگوریتم وقتی کور (LS-CMA) که به طور جداگانه برای هر کاربر اجرا شده و وزن‌های متعادل متناظر با هر کاربر را بدست می‌آورد. ب) پردازش مرتب‌سازی و دسته بندی ضرایب وزن.

1. Decision Directed
2. Finite Alphabets
3. Multi Target
4. Multi Port

ج) الگوریتم یادگیری^۱ سریع به طور کلی این الگوریتم به علت لزوم استفاده از پردازش مشترک، از پیچیدگی محاسباتی بالایی برخوردار است (Agee, ۱۹۸۹). در سیستم CDMA، الگوریتم LS-CMA از مقایسه اطلاعات سیگنال اصلی که مدول ثابت دارند، استفاده می‌کند (الگوریتم به بازسازی مدول ثابت دامنه سیگنال ارسالی می‌پردازد)، در این هنگام اگر هیچ پردازشی علاوه بر اجرای الگوریتم LS-CMA صورت نپذیرد، ممکن است در پورت‌های خروجی مختلف همه بردارهای وزن پس از چند مرحله اجرای الگوریتم به یک پرتو تشعشی یکسان همگرا شوند، لذا به منظور جلوگیری از این حالت روش متعامدسازی گرام - اشمیت^۲ اجرا می‌گردد.



شکل ۱: آرایه وقتی چند هدفی LS-CMA

اجرای الگوریتم MT-LSCMA به صورت زیر خلاصه می‌گردد:

۱. مقداردهی اولیه M ضریب وزن W_1, \dots, W_M به صورت بردارهای ستونی یک ماتریس $M \times M$.
۲. به هنگام رسانی بردارهای وزن با استفاده از الگوریتم LS-CMA.
۳. اعمال پردازش متعامدسازی گرام-اشمیت روی نتایج بردارهای وزن بعد از چندین بار تکرار الگوریتم LS-CMA.
۴. تکرار مراحل ۲ و ۳ تا زمانی که الگوریتم همگرا شود.
۵. اضافه نمودن محدودیت فاز (اجرای پردازش جبران سازی چرخش فاز روی نتایج بردارهای وزن).
۶. اجرای پردازش مرتب سازی به منظور تضمین خروجی‌های پورت برای هر سیگنال (کاربران).

۴-۲- الگوریتم MT-DD

هرگاه در الگوریتم وقتی کور MT-LSCMA، الگوریتم به هنگام سازی ضرایب وزن (LS-CMA) آن

1. Acquisition
2. Gram-Schmidt Orthogonalization(GSO)

را با الگوریتم DD عوض کنیم، الگوریتم وفقی کور شکل‌دهنده پرتوی تشعشی MT-DDA بدست می‌آید. اجرای الگوریتم MT-SDDD به صورت زیر خلاصه می‌گردد:

۱. مقداردهی اولیه M ضریب وزن W_1, \dots, W_M به صورت بردارهای ستونی یک ماتریس $M \times M$.

۲. به هنگام سازی بردارهای وزن با استفاده از الگوریتم SD-DD.

۳. پردازش متعامدسازی گرام-اشمیت را روی نتایج بردارهای وزن بعد از چندین بار تکرار الگوریتم

SD-DD.

۴. تکرار مراحل ۲ و ۳ تا زمانی که الگوریتم همگرا شود.

۵. اضافه کردن محدودیت فاز (اجرای پردازش جبران سازی چرخش فاز روی نتایج بردارهای وزن)

۶. اجرای پردازش مرتب سازی به منظور تضمین خروجی‌های پورت برای سیگنال‌های مشترکین

در اجرای مرحله ۲ قبل از اجرای پردازش متعامدسازی گرام - اشمیت به چندین بار تکرار الگوریتم به

هنگام سازی ضرایب وزن (SD-DD) نیاز می‌باشد و این تکرار به اندازه ضریب μ در الگوریتم بستگی دارد.

۳-۴- الگوریتم LS-DRMTA

الگوریتم‌های وفقی چند هدفی که بیان گردید، از اطلاعات سیگنال گسترده (PN) هر کاربر در سیستم

CDMA استفاده نمی‌کنند. اگرچه در این سیستم، سیگنال‌های گسترده برای هر مشترک که باند

فرکانسی مشابهی را اشغال می‌کنند قابل تفکیک می‌باشند؛ لذا به کارگیری اطلاعات سیگنال‌های گسترده

هر کاربر می‌تواند در الگوریتم‌های وفقی چند هدفی مفید باشد. با استفاده از الگوریتم LS-DRMT

می‌توان معادلات زیر را برای i امین کاربر را استخراج نمود.

$$y_i(l) = [W_i^H(l)X(l)]^T = [y_i(1+lK), y_i(2+lK), \dots, y_i((1+l)K)]^T \quad (1)$$

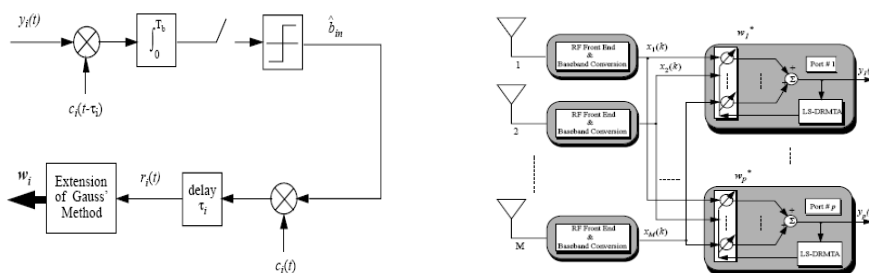
$$\hat{b}_{il} = \text{sgn} \left\{ \text{Re} \left[\sum_{j=1+lK}^{(1+l)K} y_i(j)c_i(k - k_{\tau_i}) \right] \right\} \quad (2)$$

$$r_i(l) = \hat{b}_{il} [c_i(1+lK - k_{\tau_i}), c_i(2+lK - k_{\tau_i}), \dots, c_i((1+l)K - k_{\tau_i})]^T \quad (3)$$

$$W_i(l+1) = [X(l)X^H(l)]^{-1} X(l)r_i^*(l) \quad (4)$$

که $c_i(k)$ ، k ، امین نمونه از سیگنال گسترش مجدد یافته مشترک i ام، k_{τ_i} تعداد نمونه‌ها مطابق با

τ_i ، تاخیر مشترک i ام، \sum ، در معادله (۲) در حکم انتگرال در حوزه زمان پیوسته می‌باشد.



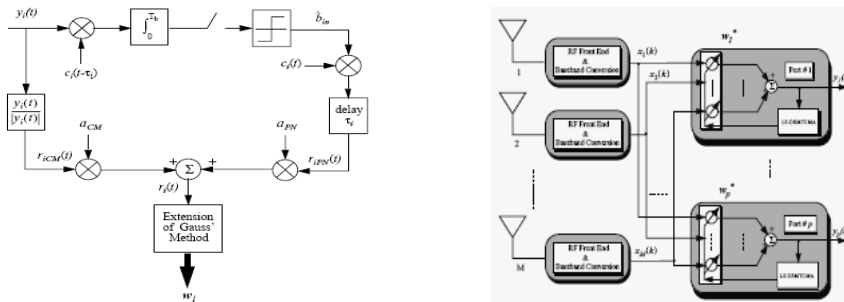
شکل ۲: ساختمان شکل دهنده پرتوی تشعشعی با استفاده از الگوریتم LS-DRMTA

اجرای الگوریتم LS-DRMTA به طور خلاصه به شرح زیر است:

۱. مقداردهی اولیه P بردار وزن به صورت بردار ستونی $M \times 1$ با اولین عنصر برابر ۱ و دیگر عناصر.
۲. محاسبه بردار خروجی آرایه با استفاده از معادله (۱).
۳. جمع شدگی^۱ سیگنال مشترک i ام و تخمین n امین بیت داده با استفاده از معادله (۲).
۴. گسترش مجدد^۲ و تخمین بیت داده با کد شبه تصادفی (PN) مشترک i ام، به منظور بدست آوردن تخمینی از شکل موج سیگنال مشترک i ام روی دوره تناوب زمانی $[nT_b, (n+1)T_b]$ با استفاده از معادله (۳).
۵. به هنگام سازی بردار وزن W_i متعلق به مشترک i ام، با استفاده از معادله (۴).
۶. تکرار مراحل ۲ تا ۵ به منظور همگرایی الگوریتم.

۴-۴- الگوریتم LS-DRMTCM

در الگوریتم LS-DRMT از سیگنال گسترده هر مشترک در سیستم CDMA و در الگوریتم MT-LSCM از خواص مدول ثابت سیگنال ارسالی به منظور به هنگام سازی بردارهای وزن شکل دهنده پرتو تشعشعی استفاده می‌شود؛ لذا روش دیگر این است که از هر دو خاصیت فوق به منظور به هنگام سازی بردارهای وزن استفاده شود. در این مقاله از ترکیب این دو خاصیت جهت به هنگام سازی بردارهای وزن الگوریتم LS-DRMTCM می‌باشد. شکل (۳) ساختار یک شکل دهنده پرتو تشعشعی و نمایش بلوکی الگوریتم LS-DRMTCM را برای کاربر i ام نشان می‌دهد.



شکل ۳: ساختمان یک شکل دهنده پرتو تشعشعی با استفاده از الگوریتم LS-DRMTCM

استخراج الگوریتم LS-DRMTCM خیلی شبیه به الگوریتم LS-DRMT می‌باشد. در LS-DRMTCM تابع هزینه‌ای که الگوریتم سعی در حداقل کردن آن را دارد با استفاده از معادله (۵) مشخص می‌گردد. همان طور که در شکل (۳) نشان داده شده، $r_i^*(k)$ جدید شامل جمع یک سیگنال مجدد گسترش یافته و خروجی محدود شده مختلط می‌باشد.

$$F(W_i) = \sum_{k=1}^K |y_i(k) - r_i(k)|^2 = \sum_{k=1}^K |W_i^H X(k) - r_i(k)|^2 \quad (5)$$

$$r_i(k) = \hat{b}_{in} c_i(k - k_{\tau_i}), \quad (n-1)K < k < nK \quad (6)$$

$$r_i(k) = \alpha_{PN} r_{iPN}(k) + \alpha_{CM} r_{iCM}(k) \quad (7)$$

که r_{iPN} سیگنال مجدد گسترش یافته مشترک i ام و با استفاده از معادله (۶) بدست می‌آید. r_{iCM} خروجی محدود شده مختلط برای مشترک i ام می‌باشد و می‌توان آن را به شکل زیر استخراج کرد.

$$r_{iCM}(k) = \frac{y_i(k)}{|y_i(k)|} \quad (8)$$

معادلات زیر را برای الگوریتم LS-DRMTCMA ارائه می‌نماید:

$$y_i(l) = [W_i^H(l)X(l)]^T = [y_i(1+lK), y_i(2+lK), \dots, y_i((1+l)K)]^T \quad (9)$$

$$\hat{b}_{il} = \text{sgn} \left\{ \text{Re} \left[\sum_{j=1+lK}^{(1+l)K} y_i(j) c_i(k - k_{\tau_i}) \right] \right\} \quad (10)$$

$$r_{iPN}(l) = \hat{b}_{il} [c_i(1+lK - k_{\tau_i}), c_i(2+lK - k_{\tau_i}), \dots, c_i((1+l)K - k_{\tau_i})]^T \quad (11)$$

$$r_{iCM}(l) = \left[\frac{y(1+lK)}{|y(1+lK)|}, \frac{y(2+lK)}{|y(2+lK)|}, \dots, \frac{y((1+l)K)}{|y((1+l)K)|} \right]^T \quad (12)$$

$$r_i(l) = \alpha_{PN} r_{iPN}(l) + \alpha_{CM} r_{iCM}(l) \quad (13)$$

$$W_i(l+1) = [X(l)X^H(l)]^{-1} X(l)r_i^*(l) \quad (14)$$

مراحل اجرای الگوریتم LS-DRMTCMA به طور خلاصه به شرح زیر است:

۱. مقداردهی اولیه P بردار وزن به صورت بردار ستونی $M \times 1$ با اولین عنصر برابر ۱ و دیگر عناصر
۲. محاسبه بردار خروجی آرایه با استفاده از معادله (۹).
۳. جمع شدگی سیگنال مشترک i ام و تخمین n امین بیت داده با استفاده از معادله (۱۰).
۴. گسترش مجدد و تخمین بیت داده با کد شبه تصادفی (PN) مشترک i ام، به منظور بدست آوردن تخمینی از شکل موج سیگنال مشترک i ام روی دوره تناوب زمانی $[(n-1)T_b, nT_b]$ با استفاده از معادله (۱۱).
۵. محاسبه بردار خروجی محدود شده برای مشترک i ام با استفاده از معادله (۱۲).
۶. محاسبه بردار سیگنال مرجع برای مشترک i به وسیله جمع ضرایب بردار سیگنال مجدد گسترش یافته و بردار خروجی محدود شده مختلط با استفاده از معادله (۱۳).
۷. به هنگام رسانی بردار وزن W_i برای مشترک i با استفاده از معادله (۱۴).
۸. تکرار مراحل ۲ تا ۷ تا همگرایی الگوریتم.

۵- شبیه‌سازی و نتایج آن

۵-۱- توصیف پارامترهای سیستم شبیه ساز

سیستمی که در شبیه‌سازی از آن استفاده کرده‌ایم یک سیستم CDMA با رشته مستقیم^۱ با بهره پردازش $N=15$ می‌باشد. مدولاسیون استفاده شده در سیستم از نوع شیفت فاز باینری^۲ با فرکانس حامل $f_c = 2.05GHZ$ و نرخ بیت داده $R_b = 128kbps$ می‌باشد. آنتن از نوع آرایه خطی یکنواخت ۸ عنصری که فاصله هر عنصر $\lambda/2$ می‌باشد. آنتن آرایه‌ای در ایستگاه مرکزی^۳ به منظور اجرای فیلتر فضای در لینک معکوس (از ایستگاه سیار به ایستگاه مرکزی) استفاده شده‌اند. نرخ نمونه برداری چهار برابر نرخ چیب می‌باشد، عبارت دیگر برای هر چیب چهار داده نمونه برداری شده داریم. بنابراین برای LS-DRMTA و LS-DRMTCMA، اندازه بلوک داده برابر ۶۰ می‌باشد که تعداد نمونه‌ها از هر بیت است.

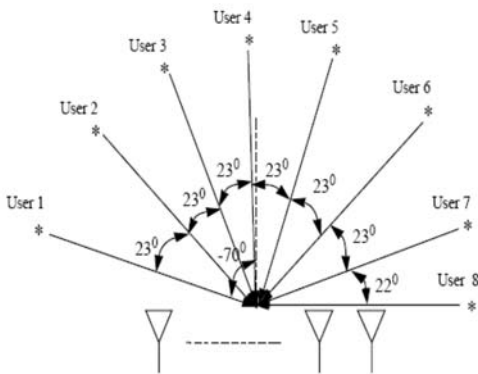
1. DS-CDMA
2. BPSK
3. BTS

۵-۲- نتایج شبیه‌سازی در کانال دارای نویز سفید جمعی (AWGN)

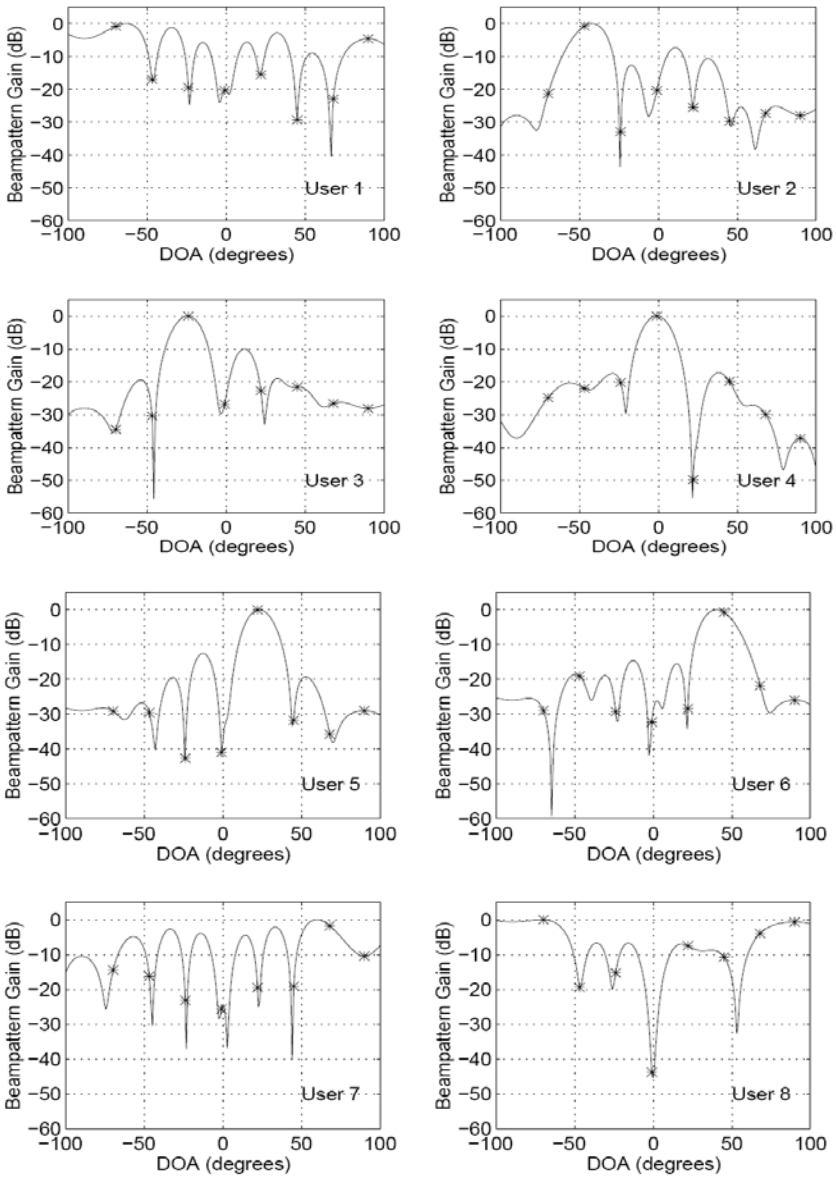
فرض بر این است که در سیستم CDMA، ۸ سیگنال (کاربر) از جهات مختلف ارسال می‌کنند. جهات سیگنال مختلف بین -70° تا 90° می‌باشد. در جدول (۱) توزیع ۸ کاربر را نشان داده شده‌اند. در این بخش فرض شده که چند مسیری نداریم و کانال رادیویی فقط دارای نویز سفید جمعی می‌باشد. همچنین کنترل توان به طور کامل در ایستگاه مرکزی صورت می‌گیرد بنابراین همه سیگنال‌های رسیده به آرایه یکسان می‌باشند. ورود نسبت سیگنال به نویز برای هر بیت ۲۰ دسی‌بل فرض می‌شود. پرتوهای تشعشی ۸ مشترک با استفاده از الگوریتم LS-DRMTCMA و با ضریب $\alpha_{PN} / \alpha_{CM} = 2$ بدست آمده است. همان‌طوری که از اشکال پیدا است اغلب سیگنال‌های کاربران به جز سیگنال کاربرانی که نزدیک به انتهای آرایه آنتن می‌باشند، با استفاده از خروجی صفر، از همه تداخلات استخراج شده است. به علت وجود نویز، صفرها به طور دقیق ایجاد نشده‌اند اما مشترکین هنوز بهره تقریباً ۲۰ دسی‌بل را دارا می‌باشند. برای سیگنال‌های نزدیک به انتهای آرایه (سیگنال‌های مشترک ۱ و ۸) شکل پرتوی تشعشی آن‌ها پهن‌تر از دیگر سیگنال‌ها می‌باشند و ممکن است دو یا چندین سیگنال به یک شکل پرتوی تشعشی اصلی همگرا شوند که بستگی به تفکیک زاویه سیگنال‌ها دارد. در این مورد اگرچه به طور کامل تداخل به علت پهنای پرتوی تشعشی اصلی که در انتهای آرایه به وجود آمده است رد نمی‌شود، اما اغلب تداخلات ناشی از جهات دیگر پذیرفته نمی‌شود و در نهایت اندازه‌ی تداخل کاهش می‌یابد.

جدول ۱: مشخصات سیگنال‌های ارسالی برای ۸ کاربر از جهات مختلف

شماره مشترک	توان ارسالی (dBW)	زاویه ورود به آرایه (درجه)
۱	۰	-70°
۲	۰	-47°
۳	۰	-24°
۴	۰	-1°
۵	۰	22°
۶	۰	45°
۷	۰	68°
۸	۰	90°

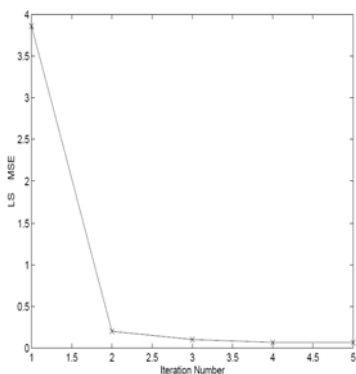


شکل ۴: نمایش ۸ کاربر با جهات مختلف که بین -70° تا 90°

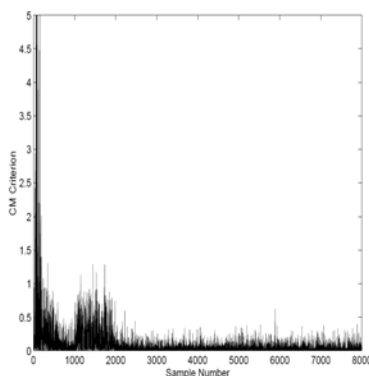


شکل ۵: پترن‌های تشعشعی مربوط به مشترکین که از جهات مختلف به آرایه می‌رسند با استفاده از

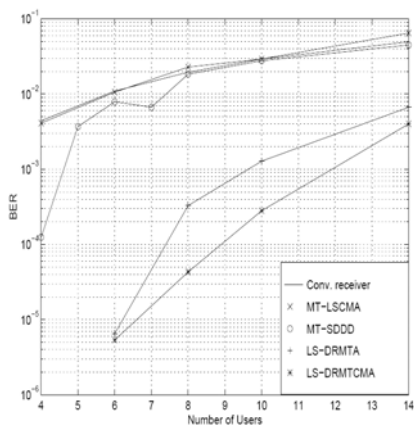
الگوریتم LS-DRMTCMA



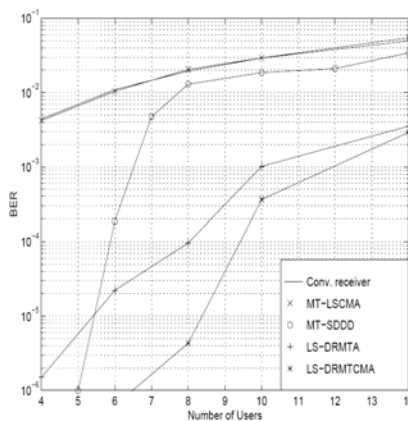
شکل ۷: منحنی همگرایی، برای الگوریتم LS-DRMTCMA برای پورت ۶ در سیستم شکل‌دهی پرتو، اندازه بلوک داده در هر تکرار برابر ۶۰



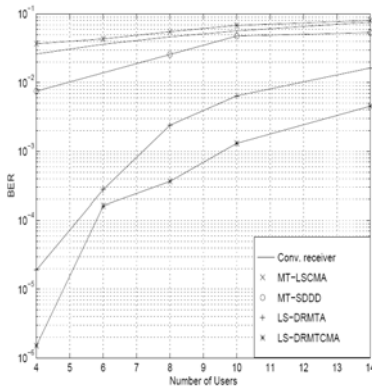
شکل ۶: منحنی همگرایی، برای الگوریتم MT-SDDD برای پورت ۶ در سیستم شکل‌دهی پرتو



شکل ۹: BER برای الگوریتم‌های وقتی مختلف، $E_b/N_0 = 8dB$ و DOA بین $\alpha_{pn} / \alpha_{CM} = 2$ تا 90° (محیط شلوغ)،



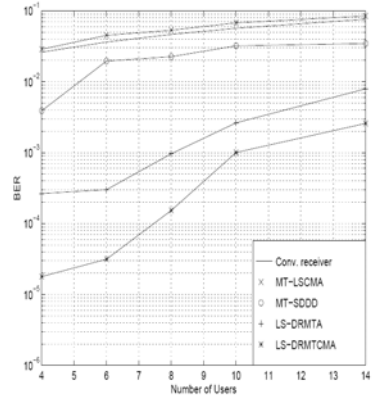
شکل ۸: اجرای BER برای الگوریتم‌های وقتی مختلف، $E_b/N_0 = 8dB$ و DOA 70° تا 90° درجه (محیط غیر شلوغ)، $\alpha_{pn} / \alpha_{CM} = 2$



شکل ۱۱: BER برای الگوریتم‌های فوقی

مختلف، $E_b / N_0 = 4dB$ و DOA بین 0 تا 90

درجه می‌باشد. (توزیع شلوغ)، $\alpha_{pn} / \alpha_{CM} = 2$



شکل ۱۰: BER برای الگوریتم‌های فوقی

مختلف، $E_b / N_0 = 4dB$ و DOA بین 70 تا 90

درجه می‌باشد. (توزیع غیر شلوغ)،

$$\alpha_{pn} / \alpha_{CM} = 2$$

نتیجه‌گیری

شبکه‌های نسل آینده مخابرات سیار به سیستم‌هایی نیازمندند که قابلیت پشتیبانی از سرویس‌های مختلف با محدوده گسترده‌ای از نرخ داده را در یک فعالیت به ویژه فعالیت‌های نظامی و امنیتی دارا باشند. رشد تقاضا برای انواع سرویس‌های بدون سیم به تلاش در راستای افزایش تعداد کاربران تحت پوشش، افزایش نرخ داده و تنوع نرخ انجامیده است. روش‌های ارسال امن با نرخ وفقی، و روش‌های چندگانگی و پایدار در برابر حملات الکترونیکی و شنود دشمن، از تکنولوژی‌های کلیدی دستیابی به این مهم می‌باشند. به این ترتیب، این روش‌ها امکان پشتیبانی از سرویس‌های متنوع و پرسرعت را، که از اهداف شبکه‌های ارتباطی نسل آینده است، فراهم می‌کنند.

در شبیه‌سازی، نتایج کارایی و اجرای BER الگوریتم‌های آرایه وفقی متفاوتی را در سیستم CDMA برای کانال AWGN مقایسه گردید. از مقایسه، دریافتیم که دو الگوریتم LS-DRMTA و LS-DRMTCA می‌توانند اجرای خوبی نسبت به الگوریتم‌های دیگر در این کانال داشته باشند و نسبت به دو الگوریتم دیگر در تمام شرایط آزمایش بالاخص در شرایط بیشتر از حداکثر بار اجرای بهتری داشتند. در اجرای این دو الگوریتم نیاز به پردازش متعامدسازی و مرتب‌سازی نمی‌باشد در حالی که دو الگوریتم MT-LSCMA و MT-SDDD به آن نیاز داشتند. بنابراین پیچیدگی سیستم در آن حالت کاهش می‌یابد. در این دو الگوریتم تعداد پورت‌های خروجی محدود به تعداد عناصر آنتن آرایه نمی‌شود در صورتی که در دو الگوریتم MT-LSCMA و MT-SDDD این‌طور بود لذا در یک سطح تداخلی کم، توسعه و ساختن خروجی شکل‌دهنده پرتوی تشعشعی در سیستم ساده می‌باشد. خواص همگرایی الگوریتم‌های این دو الگوریتم نشان داد که سریع‌تر از بقیه همگرا می‌شوند.

کتابنامه

Compton R. T. (1978) , “An adaptive antenna in a spread spectrum communication system,” Proc. **IEEE Vol. 66, PP. 289-298, Mar.**

Bull T. et al (1995) , “**Technology in smart antennas for universal advanced mobile infrastructure (TSUNAMI R2108) overview,**” RACE Mobile Telecommunications Summit 1995, Cascais. Portugal, PP. 8897, Nov.

Lehne P. H., Rostbakken O., and Pettersen M.(1999), “**Estimating smart antenna performance from directional radio channel measurements,**” Proc.50th IEEE Vehic. Tech. Conf. VTC 99 fall, PP.5761, Amsterda.

Haykin S.(1991), “**Adaptive Filter Theory,**” Prentice Hall, NJ.

Larimore M. G. and Treichler J. R.(1983), “**Convergence behavior of the constant modulus algorithm,**” IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, Boston, MA .

Larimore M. G. and Treichler J. R.(1986), “**CMA-based technique for adaptive Interference Rejection,**” Proc. IEEE Military comm.Conf, Apr.

Agee B. G.(1989), “**Blind separation and capture of communication signals using a multitarget constant modulus beamformer,**” 1989 IEEE Communications Conf., Boston, MA, Oct.

