

الگوریتم VS-CMA برای سیستم آرایه‌ای تطبیقی در محیط مخابرات سیار مبتنی بر CDMA

غلامرضا داداش‌زاده، اسرافیل جداری، محمد حکاک و محمود کمره‌ای

مخابراتی چون PSK، FSK و سیگنال آنالوگ FM پوش ثابتی دارند. ممکن است این پوش ثابت موقع عبور از کانال خراب شود. الگوریتم CMA بردار وزن آرایه تطبیقی را طوری تنظیم می‌کند که تغییرات پوش در خروجی آرایه به حداقل برسد [۲] تا [۴]. پس از همگرایی الگوریتم، آرایه قادر است پرتو خود را در جهت سیگنال مورد نظر و صفرهای پرتو را در جهت تداخل‌ها تنظیم کند.

در استفاده از CMA سنتی با دو مشکل مواجه هستیم. زمانی که سیگنال آشکار شده دچار فیدینگ می‌گردد، بلافاصله آرایه منبع سیگنال را رها کرده و بدنبال سیگنال بعدی با سطح توان بالاتر خواهد بود، لذا پترن خروجی دچار نوسان شدید شده و در هر لحظه در جهت متفاوتی خواهد بود. از طرفی هم‌دوس بودن محوشدگی سیگنال دریافتی به روی المان‌های آنتن بسیار مهم می‌باشد. به عبارتی CMA در محیط مخابرات سیار با شرط زاویه پخش‌شدگی کوچک برای منابع می‌تواند عمل کند.

در این مقاله ابتدا با معرفی یک مدل کانال برداری برای سیستم مخابراتی مبتنی بر CDMA با فرض متحرک بودن واحد سیار و اختیاری بودن هندسه آرایه، سیگنال دریافتی توسط المان‌های آرایه محاسبه گردیده است. برای حل مشکل CMA سنتی، الگوریتم اصلاح‌شده‌ای از CMA برای مخابرات CDMA با فرض پردازش سیگنال بعد از جمع‌شدگی سیگنال و متغیر بودن ضرائب وزن برای غلبه بر فیدینگ منبع پیشنهاد گردیده است. در ادامه، همگرایی الگوریتم پیشنهادی بررسی و با محاسبه ضرائب وزن برای آرایه خطی یکنواخت، پترن تشعشی در حالت‌های مختلفی از پراکندگی خوشه‌ها رسم شده است. به منظور ارزیابی مشخصه CMA پیشنهادی خطای ارسال بیت برای آرایه خطی و تعداد المان‌های مختلف بدست آمده است.

۲- مدل سیگنال

مدل کانال مفروض در مقاله GWSSUS^۳ می‌باشد. در این مدل پراکنده‌کننده‌ها بصورت گروه‌هایی از خوشه‌های پراکنده‌ساز در فضا قرار دارند. خوشه‌ها به گونه‌ای هستند که اختلاف تأخیر سیگنال دریافتی از المان‌های واقع در هر خوشه ناچیز و قابل اغماض است. توصیف دقیق فضایی از زیرمسیرهای دریافتی از هر یک از المان‌های واقع در هر خوشه وجود ندارد ولی نسبت به یک زاویه دید اصلی DOA فرض می‌شود که در یک زاویه پهن‌شدگی BW هر کدام دارای دامنه و فاز بخصوصی می‌باشند. با تعمیم مدل کانال مفروض می‌توان سیگنال دریافتی در نقطه (x, y) را هنگامی که واحد سیار z با سرعت V در حال حرکت است و با فرض اینکه یک آرایه با فاز منطبق بر مرکز مختصات داریم، به این

چکیده: یکی از محدودیت‌های اساسی در پیاده‌سازی الگوریتم CMA سنتی فیدینگ سیگنال دریافتی توسط المان آنتن آرایه‌ای در ایستگاه پایه می‌باشد. در این مقاله سیگنال CDMA دریافتی توسط المان‌های آنتن آرایه‌ای با ارائه یک مدل کانال برداری مناسب محاسبه شده است. در الگوریتم پیشنهادی به منظور دستیابی به مشخصه بهتر، سیگنال CDMA دریافتی توسط المان آنتن آرایه‌ای بعد از جمع‌شدگی وارد واحد پردازشگر می‌گردد. جهت آشکارسازی سیگنالی که دچار فیدینگ شده از CMA با پله متغیر استفاده می‌شود. در این مقاله تابع هزینه مفروضی به منظور دستیابی به مشخصه بهتر در استخراج سیگنال CDMA، با توجه به تکنیک PCM سیگنال ورودی با پله متغیر، مورد مطالعه واقع شده، که منجر به الگوریتم بهتری از نظر همگرایی و همزمانی گردیده است. بررسی پترن تشعشی و مقایسه آن با CMA سنتی برای آرایه خطی یکنواخت در حضور تعداد و نوع خوشه‌های مختلف، بیانگر عملکرد مناسب الگوریتم در رهگیری منبع سیگنال در محیط مخابرات سیار CDMA می‌باشد. مقایسه نسبت سیگنال به نویز محاسبه‌شده در خروجی الگوریتم با CMA سنتی و حالت ایده‌آل، انطباق مطلوب نتایج بدست آمده را نشان می‌دهد. در ضمن مشخصه خطای بیت ارسالی (BER) الگوریتم برای مدولاسیون DBPSK بدست آمده است.

کلیدواژه: VS-CMA، CDMA، پرتوساز تطبیقی، کانال برداری، آنتن آرایه‌ای.

۱- مقدمه

اغلب سیگنال‌های مخابرات دیجیتال خصوصیتی چون ویژگی constant modulus یا ویژگی طیفی^۱ دارند. این خصوصیات سیگنال با گذر سیگنال از کانال در اثر نویز، تداخل و تغییرات زمانی کانال در سیستم مخابراتی ممکن است مخدوش شوند. آرایه تطبیقی در گیرنده از الگوریتم‌های مبتنی بر بازبازی خصوصیت سیگنال استفاده می‌کند و با بازبازی خصوصیات اولیه سیگنال، سعی بر ارائه سیگنالی می‌نماید که شبیه سیگنال ارسالی باشد. الگوریتم تطبیقی CMA^۲ یکی از این روشها می‌باشد.

الگوریتم CMA اولین بار توسط Gooch [۱] در سال ۱۹۷۸ در مقاله شکل‌دهی پرتو مورد استفاده قرار گرفت. پس از آن اغلب الگوریتم‌های CMA برای استفاده در آرایه‌های تطبیقی پیشنهاد شدند. بعضی از سیگنال‌های

این مقاله در تاریخ ۲۱ دی ماه ۱۳۸۳ دریافت و در تاریخ ۲۸ اسفند ماه ۱۳۸۴ بازنگری شد.

غلامرضا داداش‌زاده، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.
اسرافیل جداری، پژوهشکده فناوری ارتباطات، مرکز تحقیقات مخابرات ایران، تهران، ایران (email: e_jedari@itrc.ac.ir)

محمد حکاک، گروه مهندسی برق، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (email: m.hakkak@itrc.ac.ir)

محمود کمره‌ای، گروه مهندسی برق، دانشگاه تهران، تهران، ایران (email: kamarei@ut.ac.ir)

1. Self-Coherent
2. Constant Modulus Algorithm

3. Gaussian Wide Sense Stationary Uncorrelated Scattering

$$\mathbf{Z}_k = \mathbf{J}_k \mathbf{s}_k + \mathbf{N}_k \quad ; \quad \mathbf{J}_k = \mathbf{G}_k \boldsymbol{\gamma}_k, \mathbf{s}_k = b_k \boldsymbol{\psi}_k \quad (۹)$$

s_k مؤلفه سیگنال ورودی می‌باشد.

۳- VS-CMA پیشنهادی

برای استخراج چند سیگنال بطور همزمان می‌توان از روش CMA طبقاتی استفاده نمود [۶] و [۷]. در این روش که طرز عملکرد آن در شکل ۱ نشان داده شده است، فرض بر این است که سیگنال طبقه اول پس از تخمین، از کل سیگنال دریافتی کسر می‌گردد.

عمدتاً در واحد Adaptive Signal Canceller از الگوریتم‌های سنتی CMA بر مبنای سیگنال دریافتی بدون محوشدگی استفاده می‌شود که در این صورت الگوریتم CMA سنتی تابع هزینه زیر را حداقل خواهد کرد [۱]

$$J(k) = E \left[\left| |y(k)|^p - 1 \right|^q \right] \quad (۱۰)$$

$y(k)$ خروجی الگوریتم CMA می‌باشد. همگرایی الگوریتم با توجه به مقدار p و q در رابطه فوق تعیین می‌شود.

معمولاً تابع هزینه با $p=1, q=2$ یا $p=2, q=2$ مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای خروجی الگوریتم در مرحله m داریم

$$\tilde{y}_m(k) = \mathbf{w}_m^H(k) \mathbf{e}_m(k) \quad (۱۱)$$

که در (۱۱)

$$\mathbf{w}_m(k) = [w_{m,1}(k), w_{m,2}(k), \dots, w_{m,N}(k)]^T \quad (۱۲)$$

معرف بردار وزن آرایه بوده و برای طبقه اول $\mathbf{e}_1(k) = \mathbf{J}(k)$ می‌باشد (بردار $\mathbf{J}(k)$ از سطری نمودن مرتب ستون‌های \mathbf{J}_k بدست آمده است که حاصلضرب ماتریس جهت‌دهی سیگنال ورودی در ماتریس قطری توان خوشه‌ها در محیط سیار می‌باشد- (۹) را ببینید). خروجی مرحله $(m+1)$ به مرحله m با تابع تبدیل زیر مرتبط می‌گردد

$$\mathbf{e}_{m+1}(k) = \mathbf{e}_m(k) - \mathbf{u}_m(k) \tilde{y}_m(k) = \mathbf{T}_m(k) \mathbf{e}_m(k) \quad (۱۳)$$

که $\mathbf{u}_m(k)$ بردار حذف‌کننده وزن می‌باشد. $\mathbf{T}_m(k)$ با رابطه زیر تعریف می‌گردد

$$\mathbf{T}_m(k) = \mathbf{I} - \mathbf{u}_m(k) \mathbf{w}_m^H(k) \quad (۱۴)$$

لذا خواهیم داشت

$$\mathbf{e}_m(k) = \mathbf{T}_{m-1}(k) \dots \mathbf{T}_1(k) \mathbf{e}_1(k) \quad (۱۵)$$

لذا در هر مرحله ضرائب وزن با رابطه زیر محاسبه خواهند شد

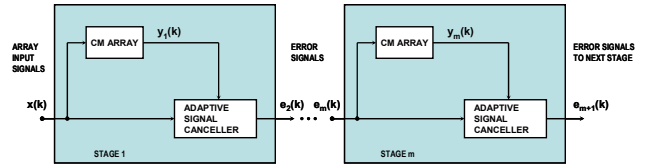
$$\mathbf{w}_m(k+1) = \mathbf{w}_m(k) + \mu_{cma} \mathbf{e}_m(k) \mathbf{e}_m^*(k) \quad (۱۶)$$

که در رابطه μ_{cma} اندازه پله همگرایی بوده و

$$\mathbf{e}_m(k) = \tilde{y}_m(k) (\mathbf{1} / |\tilde{y}_m(k)| - 1) \quad (۱۷)$$

که در آن $\tilde{y}_m(k)$ تخمین خروجی در مرحله m می‌باشد.

در بسیاری از انواع الگوریتم‌های پیشنهادی CMA برای مخابرات سیار شرایط مربوط به دسترسی سیستم مخابراتی مبتنی بر CDMA در نظر گرفته نشده است. از طرفی بسیاری از الگوریتم‌های معرفی شده برای مخابرات CDMA پردازش سیگنال را قبل از جمع‌شدگی سیگنال مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند. لذا بالا بودن لوبهای فرعی و سرعت همگرایی پایین در الگوریتم‌های CMA سنتی مشاهده می‌شود. ساختار الگوریتم پیشنهادی CMA برای استخراج سیگنال دریافتی مبتنی بر سیگنال CDMA و جایگزینی آن بجای واحد CM ARRAY در شکل ۲



شکل ۱: CMA طبقاتی.

صورت نوشت [۵]

$$S_{in}(t, x_n, y_n) = \sum_{p=1}^{P_i} \sum_{l=1}^{L_{ip}} a_{ipl} e^{j\phi_{ipl}} e^{j \frac{2\pi V}{\lambda} t \cos(\beta_{ipl})} e^{j(k_x x_n \cos(\phi_p + \nu_{ipl}) + k_y y_n \sin(\phi_p + \nu_{ipl}))} e^{j\omega \tau_{ip}} \quad (۱)$$

P_i تعداد خوشه و مسیر قابل تفکیک می‌باشد که با تأخیر τ_{ip} و زاویه ϕ_{ip} به المان n می‌رسد. هر مسیر اصلی مجموعه‌ای از L_{ip} زیرمسیر بوده که هر کدام با زاویه ν_{ipl} نسبت به ϕ_{ip} و با دامنه a_{ipl} به آنتن می‌رسد. فاز سیگنال رسیده نسبت به المان مرجع را نشان می‌دهد. k_x و k_y عدد موج است. بنابراین سیگنال دریافتی بر روی آرایه‌ای با N المان را می‌توان بصورت (۲) نوشت

$$\mathbf{s}(t) = \boldsymbol{\psi}(t) \sum_{p=1}^P \mathbf{g}_p(t) \varepsilon_p(t) b(t - \tau_p(t)) c(t - \tau_p(t)) + \mathbf{n}(t) \quad (۲)$$

$c(t - \tau_p(t))$ کد مربوط به کاربر بوده و $\mathbf{n}(t)$ مؤلفه نویز ناشی از نویز حرارتی و تداخل کاربران دیگر می‌باشد. بردار انتشار با نرم \sqrt{N} بوده که مولفه‌های بردار، سیگنال دریافتی مذکور توسط المان‌های آنتن از خوشه‌های مختلف می‌باشند لذا

$$s_n(t, x_n, y_n) = \sum_{p=1}^P g_{n,p} \quad (۳)$$

از خوشه p ام بردار $\mathbf{g}_p(t)$ بصورت زیر محاسبه می‌شود

$$\mathbf{g}_p = (\sqrt{N} / \|\mathbf{g}_{n,p}\|) \mathbf{g}_{n,p} \quad (۴)$$

ε_p^T ضریب نرمالیزه توان دریافتی از خوشه p ام می‌باشد و داریم

$$\varepsilon_p^T(t) = \|\mathbf{g}_{n,p}\|^2 / \sum_{p=1}^P \|\mathbf{g}_{n,p}\|^2 \quad ; \quad \sum_{p=1}^P \varepsilon_p^T(t) = 1 \quad (۵)$$

کل توان دریافتی از کاربر مورد نظر بصورت زیر محاسبه می‌شود

$$\boldsymbol{\psi}^T(t) = \sum_{p=1}^P \|\mathbf{g}_{n,p}\|^2 / N \quad (۶)$$

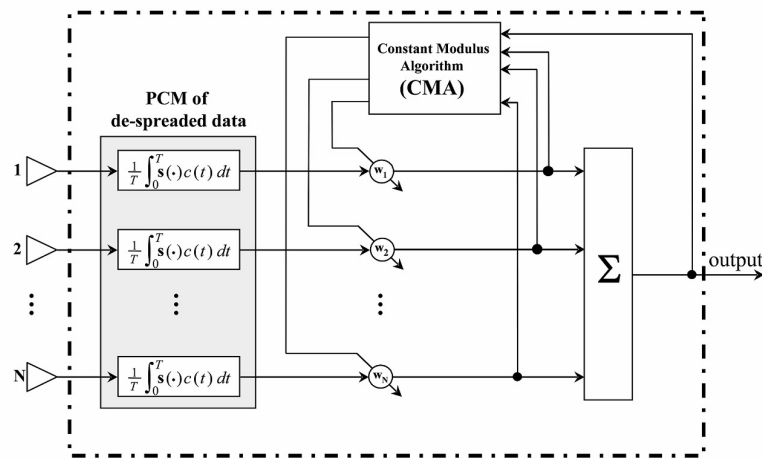
با فرض اینکه تأخیرها در طول زمان ثابت هستند $(\tau_p(t) = \tau)$ بردار مشاهده Post-Correlation مربوط به خوشه p ام در زمان‌های گسسته $k = 0, 1, 2, \dots$ بصورت زیر محاسبه می‌نماییم

$$\mathbf{z}_{p,k} = \frac{1}{T} \int_T \mathbf{s}(t + \tau_p + kT) c(t) dt \quad (۷)$$

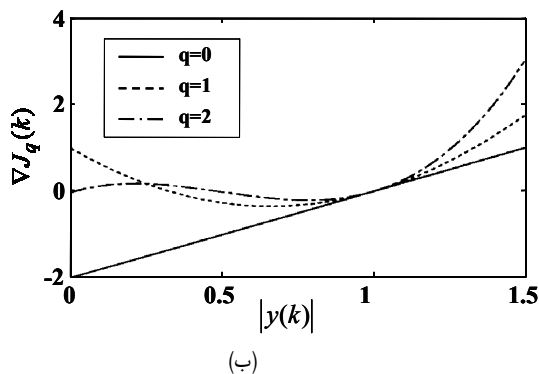
بطوریکه $\mathbf{s}(t + \tau_p + kT) c(t)$ سیگنال CDMA جمع‌شده می‌باشد. با استفاده از (۲) و (۷) می‌توان نوشت

$$\mathbf{z}_{p,k} = \boldsymbol{\psi}_k \mathbf{g}_{p,k} \varepsilon_{p,k} b_k + \mathbf{n}_{p,k} \Rightarrow \mathbf{Z}_k = b_k \boldsymbol{\psi}_k \mathbf{G}_k \boldsymbol{\gamma}_k + \mathbf{N}_k \quad (۸)$$

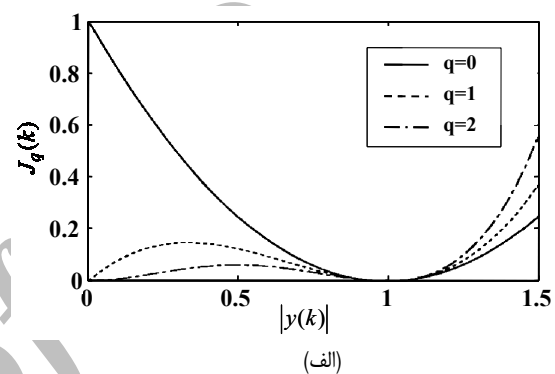
$\mathbf{G}_k \in C^{N \times P}$ ماتریس جهت‌دهی و $\boldsymbol{\gamma}_k \in C^{P \times P}$ ماتریس قطری حاصل از توان‌های ε_p روی خوشه‌ها و $\mathbf{N}_k \in C^{N \times P}$ ماتریس نویز آرایه می‌باشد. رابطه فوق را می‌توان بصورت زیر نوشت



شکل ۲: بلوک دیاگرام پیشنهادی برای استخراج سیگنال CDMA توسط روش CMA.



(ب)



(الف)

شکل ۳: (الف) رفتار تابع هزینه و (ب) تغییرات آن به ازای $q = 0, 1, 2, \dots$ برای الگوریتم VS-CMA.

تضمین‌کننده ثبات دامنه سیگنال در محیط مخابرات سیار با فیدینگ رایلی می‌باشد. لذا در تمامی شبیه‌سازی‌های انجام پذیرفته در مقاله حاضر مقدار $q = 2$ در نظر گرفته شده است. الگوریتم CMA حاصل با توجه به (۱۹) با اندازه پله‌های متغیر خواهد بود. از نظر پیچیدگی محاسباتی الگوریتم حاصل یا به عبارتی VS-CMA همانند CMA عادی بوده و در محیط مخابرات سیار که سیگنال دریافتی دچار فیدینگ شده است، کاربرد مؤثرتری دارد.

۴- پیاده‌سازی الگوریتم پرتوسازی

به منظور ارزیابی پرتوساز پیشنهادی، در محیط مخابرات سیار مبتنی بر CDMA، همگرایی الگوریتم در دو فاز مورد بررسی قرار گرفته است. در فاز اول به منظور اثبات مقاومت بودن الگوریتم نسبت به تغییرات محیط، همگرایی برای دو فرکانس دوپلر $f_d = 220 \text{ Hz}$ و $f_d = 1767 \text{ Hz}$ انجام شده است. نسبت سیگنال به نویز علاوه تداخل در خروجی بایستی به سمت $6 \text{ dB} = 10 \log(4)$ میل کند که در شکل‌های ۴ این همگرایی کاملاً دیده می‌شود. البته باید دقت داشت که به جهت مدلسازی محیط مخابرات سیار با فیدینگ رایلی، گاهی اوقات SNIR در خروجی به مقداری بیشتر از مقدار ماکزیمم خود میل می‌کند.

در ضمن پترن تشعشی ایجاد شده بعد از حصول همگرایی توسط الگوریتم‌های CMA و VS-CMA برای یک آرایه خطی هشت‌المانه و به فاصله $\lambda/2$ در محیط مخابرات سیار CDMA، در شکل ۵ نشان داده شده است. در شکل ۵-الف واحد سیار، سیگنال دریافتی از مشترک را بعد

نشان داده شده است. فیدبک خروجی نمایشگر اجرای CMA طبقاتی می‌باشد. از آنجائیکه در محیط مخابرات سیار سیگنال دریافتی به دلایل مختلف دارای فیدینگ می‌باشد، برای رهگیری منبع سیگنال ضرائب وزن استخراج شده نیاز به اصلاح خواهند داشت. بنابراین با بکارگیری تابع هزینه متفاوت، در عین تطبیقی بودن الگوریتم، می‌بایستی از خواص ثابت بودن دامنه مولفه سیگنال ورودی بهره جست. در واقع در این حالت اندازه پله‌ها برای الگوریتم متغیر خواهد بود. جهت رهگیری منبع محوشده در محیط سیار تابع هزینه زیر را در نظر می‌گیریم [۸]

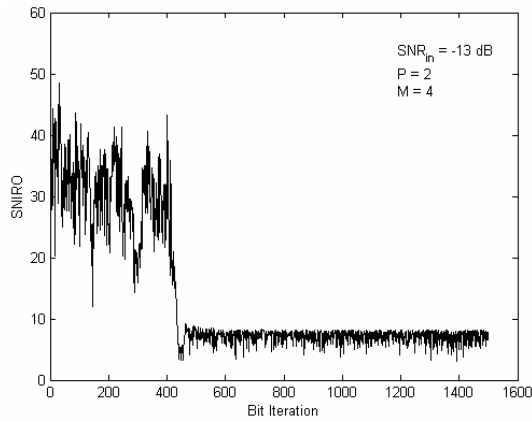
$$J_q(k) = |y_m(k)|^q (|y_m(k)| - 1)^2 \quad (۱۸)$$

$q \geq 0$ بوده و پارامتر تعیین‌کننده اندازه پله می‌باشد.

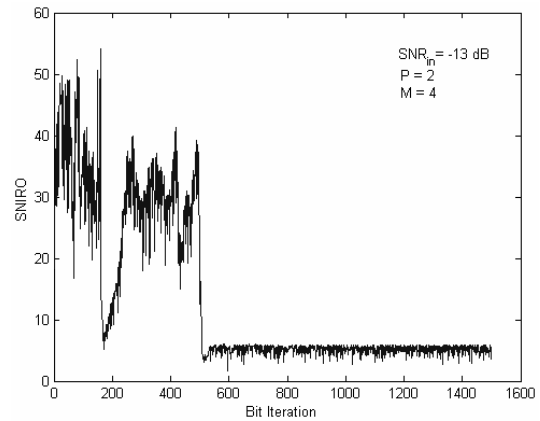
نحوه انتخاب q به شرایط حاکم بر محیط مخابرات سیار بستگی دارد. به جهت جلوگیری از اشکالات پیش‌آمده در رهگیری منبعی که دچار فیدینگ گردیده است می‌توان از رابطه زیر برای محاسبه ضرائب وزن آرایه استفاده کرد

$$\begin{cases} \mathbf{w}(k) & |\tilde{y}_m(k)| < q/(q+2) \\ \mathbf{w}(k) + \mu_{cma} |\tilde{y}_m(k)|^{q-1} & |\tilde{y}_m(k)| > q/(q+2) \\ [(q+2)|\tilde{y}_m(k)| - q] \mathbf{e}_m(k) \mathbf{e}_m^*(k) & \end{cases} \quad (۱۹)$$

از آنجائیکه برای ورودی الگوریتم VS-CMA مدل post correlation به کار گرفته شده است، تابع هزینه (۱۸) مجدداً برای رهگیری سیگنال و محاسبه خطای خروجی بررسی شده است. نتیجه این بررسی در شکل ۳ آورده شده است. به ازای q های مختلف اندازه گرادیان و تغییرات آن، نسبت به دامنه سیگنال دریافتی نشان داده شده است. در حقیقت به ازای $q = 2$ مقدار می‌نیمم گرادیان و تغییرات آن

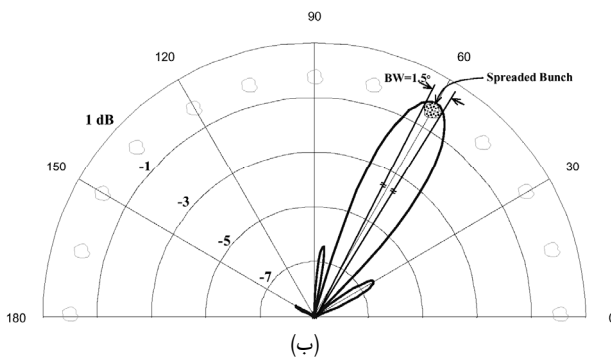


(ب)

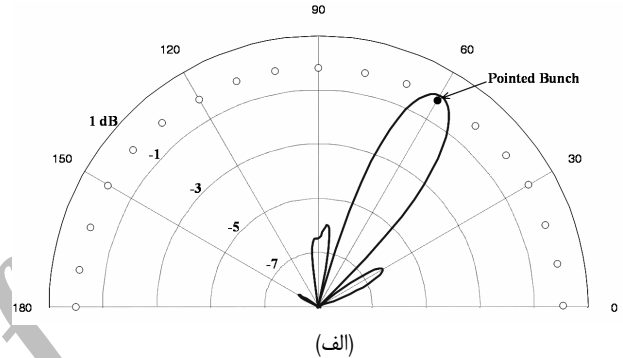


(ف)

شکل ۴: همگرایی الگوریتم پیشنهادی برای محیط مخابرات سیار؛ (الف) $f_d = 1,67 \text{ Hz}$ و (ب) $f_d = 220 \text{ Hz}$.



(ب)



(ف)

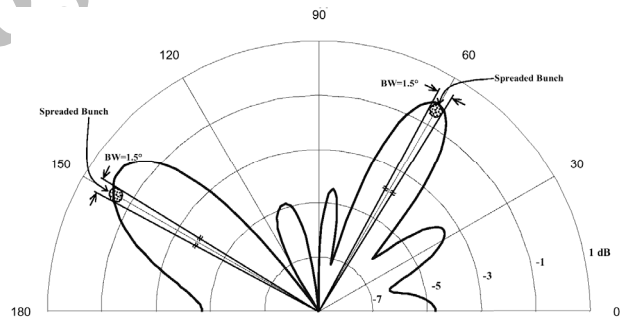
شکل ۵: پترن تولیدشده توسط الگوریتم؛ (الف) CMA برای بار نقطه‌ای و (ب) VS-CMA برای خوشه گسترده.

جدول ۱: مقایسه بهره آرایه در خروجی الگوریتم‌های CMA و VS-CMA با حالت تئوری

$N=Mu$	SNIRin [dB]			
	-۲	۲	۶	۱۰
AG_{CMA} [dB]	۶,۰۰	۶,۴۵	۷,۱۰	۷,۳۵
AG_{VS-CMA} [dB]	۸,۴۵	۸,۹۵	۸,۹۰	۹,۱۰
$AG_{Theoretical}$ [dB]	۹,۰۳	۹,۰۳	۹,۰۳	۹,۰۳

VS-CMA در محیط مخابرات سیار CDMA، پوش سیگنال دریافتی توزیع رایلی و نویز محیط سفید در نظر گرفته شده است. سرعت حرکت واحد سیار ۲۰ متر در ثانیه بوده و فرکانس کار ۲ GHz با مدولاسیون DBPSK و نرخ ارسال ۹/۶ kbit/s و بهره پردازش $L = 64$ می‌باشد. در جدول ۱ برای آرایه خطی هشت‌المانه، بهره آرایه $(AG)^2$ در خروجی الگوریتم‌ها محاسبه و با حالت ایده‌آل مقایسه گردیده است. از نظر تئوری مقدار AG با رابطه $10 \log(N)$ محاسبه می‌شود، لذا مقایسه بین سطرهای جدول ۱ انطباق مطلوب نتایج بدست آمده در خروجی الگوریتم پیشنهادی و حالت ایده‌آل را نشان می‌دهد. با محاسبه نسبت سیگنال به نویز در خروجی الگوریتم، می‌توان خطای بیت ارسالی (BER) را محاسبه کرد [۱۱].

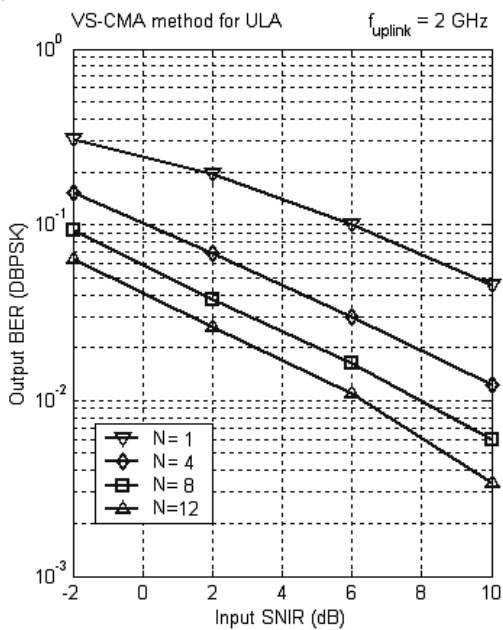
در شکل ۷ برای آرایه خطی با تعداد المان‌های متفاوت، مقدار BER برای الگوریتم VS-CMA نشان داده شده است. در همان شکل به منظور نمایش عملکرد مناسب الگوریتم پیشنهادی در مقابل CMA سنتی، مقدار خطای بیت ارسالی برای آرایه خطی با هشت المان برای دو الگوریتم محاسبه و مقایسه گردیده است.



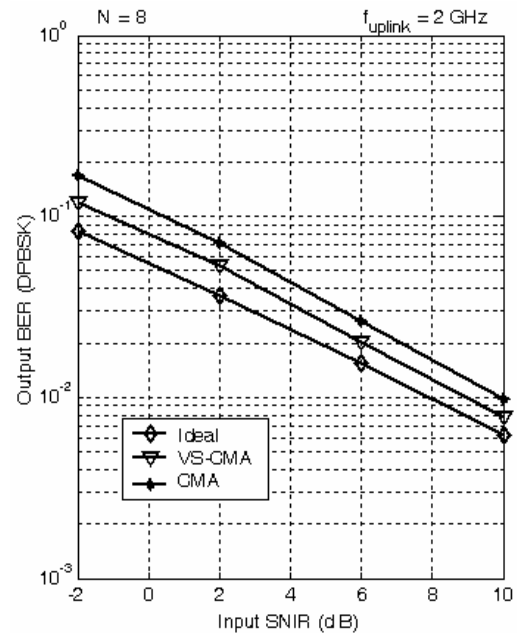
شکل ۶: پترن تولیدشده توسط الگوریتم VS-CMA برای دو خوشه گسترده.

از حصول همگرایی توسط الگوریتم CMA و در حالت ایده‌آل از طریق یک خوشه نقطه‌ای در زاویه ۶۰ درجه دریافت می‌دارد. در حالی که در شکل ۵-ب سیگنال دریافتی بعد از حصول همگرایی توسط الگوریتم VS-CMA و از طریق یک خوشه پهن‌شده^۱ در زاویه ۶۰ درجه دریافت می‌دارد. سطح گلبرگ فرعی و تغییرات زاویه رانش پرتو الگوریتم VS-CMA نه تنها در مقایسه با الگوریتم CMA بلکه در مقایسه با مراجع [۹] و [۱۰] بهتر می‌باشد، لذا از جهت نسبت سیگنال به تداخل مزیت محسوب خواهد شد (حدود ۱/۵ دسیبل).

در شکل ۶ سیگنال دریافتی ایستگاه پایه از واحد سیار از طریق دو خوشه در زوایای ۶۰ و ۱۵۰ درجه و پهنای دید ۱/۵ درجه انجام می‌پذیرد. در این حالت علاوه بر حفظ مناسب سطح گلبرگ‌های فرعی، نحوه تشکیل دو پرتو در جهت خوشه‌های دریافتی سیگنال برای CDMA، نشان‌دهنده رهگیری خوشه‌ها توسط الگوریتم پیشنهادی می‌باشد. برای محاسبه نسبت سیگنال به نویز خروجی الگوریتم‌های CMA و



(ب)



(الف)

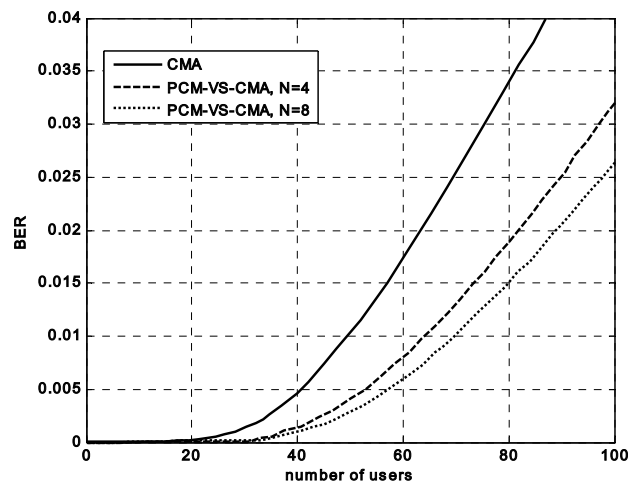
شکل ۷: (الف) خطای بیت ارسالی در الگوریتم‌های CMA و VS-CMA برای آرایه خطی یکنواخت و (ب) عملکرد VS-CMA برای آرایه خطی با تعداد المان‌های متفاوت.

۵- نتیجه‌گیری

زمانی که سیگنال دریافتی دچار فیدینگ می‌گردد، CMA تطبیقی سنتی بلافاصله منبع سیگنال را رها کرده و به دنبال سیگنال بعدی با سطح توان بالاتری خواهد بود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی مقاله حاضر نشان می‌دهد که استفاده از VS-CMA با فرض پردازش سیگنال بعد از جمع‌شدگی سیگنال، منجر به بهبود مشخصه همزمانی و همگرایی خواهد شد. برای غلبه بر اثر فیدینگ سیگنال در عملکرد الگوریتم VS-CMA، با فرض PCM سیگنال ورودی، تابع هزینه مجدداً بررسی شده که منجر به ایجاد مشخصه بهتری در الگوریتم VS-CMA گردیده است. بررسی پترن تشعشی CMA پیشنهادی در حالت‌های مختلفی از پراکندگی خوشه‌ها در محیط، حاکی از رهگیری پیوسته سیگنال دریافتی در زوایای دید مختلف و زاویه گستردگی متفاوت می‌باشد. محاسبه نسبت سیگنال به نویز در خروجی آرایه مفروض و مقایسه آن با حالت ایده‌آل و CMA سنتی و همچنین محاسبه خطای بیت ارسالی (BER) بیانگر عملکرد مناسب الگوریتم ارائه‌شده در محیط مخابرات سیار CDMA می‌باشد.

مراجع

- [1] R. Gooch and J. Lundell, "The CMA array: an adaptive beamformer for constant modulus signals," in *Proc. IEEE ICASSP*, vol. 4, pp. 2523-2526, Apr. 1980.
- [2] J. R. Treichler and B. G. Agee, "A new approach to multipath correction of constant modulus signals," *IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 31, no. 2, pp. 459-471, Apr. 1983.
- [3] J. R. Treichler and M. G. Larimore, "New processing techniques based on the constant modulus adaptive algorithm," *IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 33, no. 2, pp. 420-431, Apr. 1985.
- [4] T. Ohgare, "Characteristics of CMA adaptive array for selective fading compensation in digital land mobile radio communication," *Electronics and Communications in Japan*, pt. I, vol. 74, no. 9, pp. 43-53, Sept. 1991.



شکل ۸: مقایسه مشخصه خطای بیت.

در سیستم ارتباطی سیار سلولی، تداخل نه تنها از مشترکین هم‌کانال، بلکه از مشترکین سلول‌های کناری نیز وارد می‌شود. به جهت ملاحظه تأثیر تعداد مشترکین فعال در یک سیستم CDMA، زمانی که مشترکین بطور همزمان در سلول مرکزی و کناری فعال هستند، خطای بیت در این مرجع [۱۲] برای یک سیستم آنتن همه‌جهته محاسبه شده است. در این قسمت برای محاسبه BER در سیستم آرایه‌ای تطبیقی یک کلاستر با ۷ سلول در نظر گرفته شده است. در شکل ۸ مقدار BER برای هر مشترک با الگوریتم CMA و PCM-VC-CMA محاسبه شده است. در نهایت برای محاسبه BER مشترک در سلول مرکزی، متوسط‌گیری بر روی خطای بیت مشترکین انجام گردیده است. همچنین برای الگوریتم PCM-VC-CMA در دو حالت $N=8$ و $N=4$ مشخصه خطای بیت شبیه‌سازی شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که الگوریتم PCM-VC-CMA دارای مشخصه بهتری بوده و افزایش تعداد المان‌ها تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر BER نداشته و برای آرایه تطبیقی منجر به پیچیدگی بیش از حد سیستم خواهد شد.

محمدحکاک تحصیلات خود را در مقطع کارشناسی در سال ۱۳۴۲ از دانشگاه بغداد و در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری مهندسی برق (مخابرات) بترتیب در سالهای ۱۳۴۷ و ۱۳۵۰ از دانشگاه ایلینوی آمریکا به پایان رسانده است. نامبرده از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۵۹ دانشیار دانشگاه بغداد، از ۱۳۵۹ تا ۱۳۷۲ پژوهشگر ارشد مرکز تحقیقات مخابرات ایران و سپس به عضویت هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس پیوستند که هم اکنون استاد مهندسی برق این دانشگاه است. زمینه‌های تحقیقاتی ایشان شامل آنتن‌های میکروویو، انتشار امواج، مدارات میکروویو، مخابرات سیار، مخابرات ماهواره‌ای و فن آوری فضای می‌باشد. ایشان ۷ کتاب تالیفی یا ترجمه‌ای، ۳۵ مقاله مجله‌ای و بیش از ۹۰ مقاله کنفرانسی منتشر کرده است.

دکتر حکاک عضو ارشد IEEE و IAEEE، عضو برجسته انجمنهای IEE و IERE و عضو انجمن فیزیک ایران هستند.

محمود کمره‌ای مدارک فوق لیسانس مهندسی برق از دانشکده فنی دانشگاه تهران را در سال ۱۳۵۸، فوق لیسانس مهندسی مخابرات از مدرسه ملی عالی مخابرات (ENST) پاریس را در سال ۱۳۶۰، فوق لیسانس مهندسی الکترونیک از مدرسه ملی عالی الکترونیک و رادیوالکترونیک گرونوبل (ENSERG) را در سال ۱۳۶۱ و دکترای الکترونیک (مخابرات) را از انستیتو ملی پلی تکنیک گرونوبل کشور فرانسه در سال ۱۳۶۴ اخذ نمود. از سال ۱۳۶۴ لغایت ۱۳۶۷ به عنوان عضو هیأت علمی با مرتبه استادیاری در ENSERG و از سال ۱۳۶۷ لغایت ۱۳۷۰ با مرتبه علمی دانشیاری (Maitre de Conference) در مدرسه ملی عالی الکترونیک و کاربردهای آن (ENSEA) و دانشگاه ژوزف فوریه گرونوبل به تحقیق و تدریس اشتغال داشت. او پس از بازگشت به ایران از سال ۱۳۷۰ تاکنون عضو هیأت علمی دانشکده فنی دانشگاه تهران است. محمود کمره‌ای از سال ۱۳۷۳ الی ۱۳۸۱ مدیر گروه مهندسی برق و کامپیوتر، از سال ۱۳۸۱ الی ۱۳۸۵ معاون پژوهشی پردیس دانشکده‌های فنی و از تیر ماه ۱۳۸۵ تا کنون معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه تهران است.

[۵] غ. داداش‌زاده، م. بیغش، م. حکاک و م. کمره‌ای، "بررسی همبستگی سیگنال CDMA دریافتی در کانال مخابرات سیار سلولی روی المان‌های آنتن آرایه‌ای"، *مجله بین المللی علوم مهندسی*، جلد ۱۴، شماره ۵، سال ۱۳۸۲، صص ۶۱-۴۱، دانشگاه علم و صنعت ایران.

[6] J. J. Shynk and R. P. Gooch, "The constant modulus array for co-channel signal copy and direction finding," *IEEE Trans. on Signal Processing*, vol. 44, no. 5, pp. 652-660, Mar. 1996.

[7] J. J. Shynk, A. V. Keerlhi, and A. Mathur, "Steady-state analysis for the multistage constant modulus array," *IEEE Trans. on Signal Processing*, vol. 44, no. 4, pp. 948-962, Apr. 1996.

[8] A. Mathur, A. Keerthi, and J. J. Shynk, "A variable step-size CMA array algorithm for fast fading channels," *IEEE Trans. on Signal Processing*, vol. 45, no. 4, Apr. 1997.

[۹] م. بیغش، بررسی کاربرد پردازش آرایه‌ای در مخابرات سیار به منظور ردگیری واحد مخابراتی و تضعیف لوبهای فرعی آنتن آرایه، پایان‌نامه دکتر، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۹.

[10] Z. Zhimin and Q. Ianfen, "The CMA adaptive for CDMA cellular communication systems," in *Proc. CEEM'2000*, pp. 163-166, Shanghai, China, May 2000.

[11] J. G. Proakis, *Digital Communication*, McGraw-Hill, 1995.

[12] J. C. Liberti and T. S. Rappaport, "Analytical result for reverse channel performance improvement in CDMA cellular communication systems employing adaptive antennas," in *Proc. IEEE Globecom '93*, pp. 42-47, 1993.

غلامرضا داداش‌زاده در سال ۱۳۶۴ مدرک کارشناسی مهندسی برق خود را از دانشگاه شیراز و در سال ۱۳۷۵ مدرک کارشناسی ارشد مهندسی برق خود را از دانشگاه تربیت مدرس دریافت نمود. پس از آن به دوره دکترای مهندسی برق - مخابرات در دانشگاه تربیت مدرس وارد و در سال ۱۳۸۱ موفق به اخذ درجه دکترای مهندسی برق - مخابرات از دانشگاه مذکور گردید. دکتر داداش‌زاده از سال ۱۳۷۷ کار پژوهشی خود را بروی آنتن‌های هوشمند مخابرات بی‌سیم در مرکز تحقیقات مخابرات ایران بعنوان مدیر گروه تحقیقات آنتن و انتشار امواج و مسئول پروژه آنتن‌های هوشمند آغاز کرد. دکتر داداش‌زاده اینک رئیس پژوهشکده فناوری ارتباطات مرکز تحقیقات مخابرات ایران و نیز عضو هیئت علمی این مرکز می‌باشد. زمینه‌های علمی مورد علاقه نامبرده متنوع بوده و شامل موضوعاتی مانند سیستم‌های آرایه‌ای هوشمند، آنتن‌های نسل جدید و مسائل انتشار امواج در سیستم‌های مدرن بی‌سیم می‌باشد.

اسرافیل جداری تحصیلات خود را در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی برق - مخابرات بترتیب در سالهای ۱۳۷۶ و ۱۳۷۹ از دانشگاه تبریز و دانشگاه تربیت مدرس به پایان رسانده است. ایشان از سال ۱۳۷۹ فعالیت علمی خود را در مرکز تحقیقات مخابرات ایران ادامه داده‌اند و هم اکنون عضو هیئت علمی پژوهشی پژوهشکده فناوری ارتباطات مرکز تحقیقات مخابرات ایران می‌باشد. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان عبارتند از: آنتن‌های هوشمند، مدلسازی کانال، تکنیک‌های MIMO/OFDM.