

افزایش عملکرد پزشکی از راه دور با استفاده از آنتن‌های هوشمند

جواد زراعتکارمقدم^۱، صادق پاسبان^۲

^۱دانشگاه بیرجند، javad.zeraatkar.m@birjand.ac.ir

^۲دانشگاه بیرجند، s.pasban@birjand.ac.ir

چکیده - پزشکی از راه دور از ابزارهای چندرسانه‌ای متنوعی بهره گرفته و با بکارگیری فناوری‌های روز دنیا، نوعی استقلال زمانی و مکانی در زمینه خدمات پزشکی بوجود آورده است. بحث امنیت، ظرفیت و پهنای باند که در پزشکی از راه دور از اهمیت بالایی برخوردار است، تا حد زیادی وابسته به زیرساخت‌های مخابراتی و ارتباطی است. بنابراین، زیرساخت‌های نوین مخابراتی بیش از پیش اهمیت یافته‌اند. در این مقاله، سیستم‌های آنتن هوشمند که برگرفته از سیستم شنوایی انسان است به عنوان یکی از راهکارهای افزایش امنیت و ظرفیت در پزشکی از راه دور پیشنهاد می‌گردد. ابتدا، به تجزیه و تحلیل سیستم‌های آنتن هوشمند می‌پردازیم و سپس عملکرد اصلی آنها را با ذکر یک مثال توضیح می‌دهیم. بعد از بیان ریاضی سیستم پیشنهادی، دو نمونه از این سیستم‌ها را با نرم‌افزار متلب شبیه‌سازی می‌کنیم. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهند که با استفاده از تکنولوژی آنتن هوشمند می‌توان امنیت را در پزشکی از راه دور تضمین و مشکل ظرفیت و پهنای باند را نیز مرتفع نمود. کلید واژه- آنتن‌های هوشمند، امنیت، الگوی انتشار آنتن، پزشکی از راه دور، سیستم شنوایی انسان.

پیدا کرده است. کاربردهای تله‌مدیسن در عملیات نظامی به سرعت در بین ارتش‌های جهان در حال توسعه است. اولین تجربه استفاده از تله‌مدیسن در عملیات نظامی به سال ۱۹۹۰ میلادی برمی‌گردد که توسط گارد ملی ارتش آلاباما انجام شد. آنها از یک بیمارستان جراحی سیار نظامی استفاده کردند و اسکن‌های رادیوگرافی مصدومین را از طریق ماهواره به مرکز پزشکی نظامی در واشنگتن و جورجیا ارسال کردند [۳].

تله‌مدیسن از ابزارهای چندرسانه‌ای زیادی بهره گرفته و با بکارگیری فناوری‌های روز دنیا، نوعی استقلال زمانی و مکانی در زمینه خدمات پزشکی بوجود می‌آورد. جهت استفاده از این ابزارها، مجموعه‌ی متفاوت و پرهزینه‌ای از زیرساخت‌های ارتباطی و مخابراتی مورد نیاز است که با زیرساخت‌های کنونی هم می‌توان سطوح پایین‌تری از تله‌مدیسن را در جامعه ارائه داد. برای بهره‌گیری از مراحل نوین و پیشرفته تله‌مدیسن، نیازمند زیرساخت‌های ارتباطی نوین هستیم [۴، ۵].

در کشور ایران، به علت وجود مناطق صعب‌العبور و همچنین کمبود نیروی متخصص، استفاده از تله‌مدیسن بسیار کارآمد است. استفاده از تجهیزات ارتباطی باسیم به راحتی قابل استفاده است؛ اما به دلیل محدودیت پهنای باند، موانعی برای ارسال اطلاعات تصویری و ویدئویی ایجاد می‌کند. البته بایستی توجه داشت که سیستم‌های باسیم به علت عدم امکان جابه‌جایی نیز در

۱- مقدمه

تله‌مدیسن یا پزشکی از راه دور برای اولین بار در سال ۱۹۲۰ وارد واژه‌نامه پزشکی شد. سازمان ناسا اولین مرکزی بود که برای ارائه‌ی مشاوره‌های پزشکی به فضانوردان و درمان آنان از راه دور با استفاده از ماهواره اقدام به برقراری ارتباط بین فضانوردان با پزشکان حاضر در سطح کره زمین کرد و در نتیجه فناوری تله‌مدیسن وارد عرصه پزشکی شد [۱].

تله‌مدیسن عبارت است از بکارگیری فناوری‌های ارتباطی از راه دور جهت ایجاد، ارتقاء و یا تسریع خدمات سلامت. استفاده از فناوری ارتباطات و اطلاعات در پزشکی و با هدف ارائه‌ی خدمات تله‌مدیسن بدون نیاز به ارتباط معمول (روی‌پارویی مستقیم پزشک با بیمار)، مفهوم کلی واژه تله‌مدیسن می‌باشد؛ که نیازمند انتقال متن، تصویر، صوت، فیلم ویدئویی و یا سیگنال‌های الکتریکی است. هدف اصلی تله‌مدیسن، مشاوره، انتقال اطلاعات توسط سیگنال‌های الکترونیکی، مکانیزه نمودن خدمات بالینی و غیره توسط تجهیزات پزشکی الکترونیکی است [۲].

در حوزه طب رزم (در مناطق جنگی)، تله‌مدیسن می‌تواند کمک شایانی به پزشکان و پرستاران در درمان مصدومین مناطق جنگی داشته باشد و به دلیل امکانات گسترده‌ای که از طریق این روش فراهم می‌شود، جایگاه ویژه‌ای در امدادسانی مناطق نظامی

سمبلی (ISI) ناشی از محیط انتشار چندمسیره، کاهش می‌یابد [۱۰].

یکی دیگر از مزایای سیستم‌های آنتن هوشمند، امنیت آن‌هاست. در جامعه‌ای که وابسته به کسب‌وکار و توزیع اطلاعات شخصی است، امنیت مسئله‌ای مهم است. در این سیستم‌ها، فرد مزاحم جهت دسترسی به یک ارتباط، با مشکل بیشتری مواجه می‌شود. چون فرد مزاحم باید در همان جهتی که کاربر توسط BS دیده می‌شود قرار گیرد تا بتواند از این ارتباط بهره‌گیر [۹، ۱۱]. در نهایت، با توجه به ماهیت آشکارسازی فضایی سیستم‌های آنتن هوشمند، شبکه به اطلاعات فضایی کاربران دسترسی خواهد داشت. این اطلاعات ممکن است در تخمین موقعیت مکانی کاربران مورد استفاده قرار گیرد؛ که بسیار دقیق‌تر از شبکه‌های موجود خواهد بود. در نتیجه، این موقعیت دقیق می‌تواند در سرویس‌هایی بکار گرفته شود که در موارد تماس‌های اضطراری و یا تله‌مدیسین نیاز به تعیین محل کاربر است؛ یا برای سرویس‌دهی مکان‌های خاص مورد استفاده قرار گیرد [۱۲].

هر چند مزایای استفاده از آنتن‌های هوشمند زیاد است؛ ولی برخی از معایب مهم نیز در مورد آن‌ها وجود دارد. فرستنده-گیرنده‌ی آنتن هوشمند بسیار پیچیده‌تر از فرستنده-گیرنده‌های مرسوم هستند. علاوه بر این، BS آنتن هوشمند باید پردازنده‌ها و سیستم‌های کنترلی بسیار قدرتمند داشته باشد و در نتیجه، بسیار گران‌تر از BS‌های مرسوم خواهد بود [۹].

۲- آنتن‌های هوشمند

هرچند ممکن است به نظر برسد که سیستم‌های آنتن هوشمند تکنولوژی جدیدی هستند، ولی اصول مهمی که این سیستم‌ها بر اساس آن کار می‌کنند، جدید نیستند. در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ دو شماره‌ی خاص از مجلات IEEE در مورد آنتن‌ها و انتشار برای آرایه‌های آنتن تطبیقی و تکنیک‌های پردازش سیگنال دیجیتال (DSP)، اختصاص داده شد [۱۳، ۱۴]. در ابتدا، آنتن‌های تطبیقی در کاربردهای نظامی مورد استفاده قرار گرفتند. به خصوص، این تکنیک‌ها طی سال‌های زیادی در جنگ الکترونیک (EWF) به منظور اقدامات متقابل به پارازیت‌های الکترونیکی مورد استفاده قرار گرفت. در سیستم‌های راداری نظامی، تکنیک‌های مشابهی در طول جنگ جهانی دوم استفاده شده است. با این حال، فقط به دلیل پیشرفت‌های کنونی در پردازنده‌های DSP کم هزینه و قدرتمند، پردازنده‌های همه منظوره و کاربرد مدارات مجتمع مخصوص (ASICs) و همچنین

تله‌مدیسین کمتر مورد استقبال قرار می‌گیرد. بنابراین، تکنولوژی بی‌سیم بهترین گزینه در ایجاد بستر تله‌مدیسین است. استفاده از تجهیزات بی‌سیم نیز نیازمند پهنای باند زیاد و حفظ امنیت و کیفیت سیگنال‌های دریافتی است [۴، ۵].

امنیت در سیستم تله‌مدیسین مانند تمامی شبکه‌های مبتنی بر ICT از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، بطوریکه بایستی تمامی تمهیدات لازم برای امنیت این سیستم‌ها اتخاذ شود. البته نباید فراموش کرد که سیستم‌های تله‌مدیسین به دلیل ارائه‌ی خدمات در حوزه سلامت ملزم به رعایت حساسیت‌های ویژه‌ای در رابطه با امنیت سیستم‌ها هستند که پیچیدگی و اهمیت آن را دوچندان می‌کند. با توجه به این که تله‌مدیسین یکی از کاربردهای فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌باشد، امنیت آن تا حد بسیار زیادی به امنیت زیرساخت‌های تکنولوژیکی آن یعنی امنیت سخت‌افزارها، نرم‌افزارها و شبکه‌های ارتباطی وابسته است. بنابراین، استفاده از تکنولوژی‌های روز دنیا در حوزه‌ی مخابرات بی‌سیم می‌تواند محدودیت‌ها و چالش‌های موجود را برطرف نماید. یکی از این تکنولوژی‌ها، سیستم‌های آنتن هوشمند است [۶، ۷].

آنتن‌های هوشمند تأثیر زیادی بر عملکرد شبکه‌های مخابراتی داشته است. افزایش ظرفیت و محدوده‌ی دسترسی، علاقه‌ی شدیدی به آنتن‌های هوشمند ایجاد کرده است. در مناطق پر جمعیت، منبع اصلی نویز، تداخل سایر کاربران است. گسترش آرایه‌های تطبیقی به طور همزمان سبب افزایش سطح سیگنال دریافتی مفید و کاهش سطح تداخل شده است. کاهش فاصله‌ی استفاده مجدد فرکانس، یکی از تأثیرات بدیهی افزایش نسبت توان سیگنال به توان تداخل (SIR) است. در نتیجه، اختصاص حامل‌های فرکانسی بیشتر به هر سلول مخابراتی، منجر به افزایش زیاد ظرفیت سیستم خواهد شد [۸، ۹].

با استفاده از آنتن‌های هوشمند، افزایش محدوده‌ی تحت پوشش ایستگاه پایه‌ی مخابراتی (BS) امکان‌پذیر است؛ چون این آنتن‌ها می‌توانند بر روی انرژی‌شان به سمت کاربران مورد نظر تمرکز و از اتلاف انرژی در سایر جهات جلوگیری کنند. به عبارت دیگر، آنتن‌های هوشمند قابلیت هدایت سیگنال بهتری نسبت به آنتن‌های همه‌جهته یا سکتوربندی شده‌ی مرسوم دارند. پس، BS‌ها می‌توانند به فاصله‌ی بیشتری از همدیگر قرار گیرند و به طور بالقوه سبب صرفه‌جویی در هزینه خواهند شد. در مناطق روستایی، صعب‌العبور و کم جمعیت که پوشش رادیویی نسبت به ظرفیت از اهمیت بیشتری برخوردار است، سیستم‌های آنتن هوشمند مناسب هستند. علاوه بر این، با استفاده از پرتوهای ارسال و دریافت که در جهت سیگنال مطلوب (SOI) هستند، چندمسیرگی و تداخل بین

در حالی که سبب افزایش توان SOI می‌شود. بنابراین، سیستم الگوی انتشار را به صورت تطبیقی تشکیل داده و به صورت پویا به محیط و تغییرات آن پاسخ می‌دهد. اساساً اصل شکل‌دهی پرتو (BF)، وزن دادن به سیگنال‌های ارسالی است. برای اینکه شکل‌دهی پرتو امکان‌پذیر شود، بایستی فرستنده از کانال اطلاع داشته باشد.

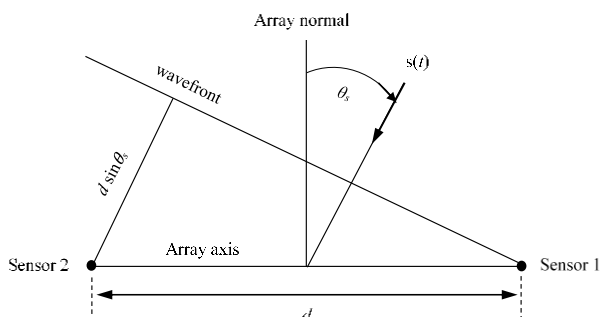
۲-۲- دسترسی چندگانه تسهیم فضایی

طرح SDMA، با سایر طرح‌های دسترسی چندگانه کاملاً متفاوت است. سیستم‌های SDMA از تکنیک‌هایی استفاده می‌کنند که سبب تشخیص سیگنال‌ها در BS بر اساس منشاء آن‌ها در فضا می‌شود. این تکنیک‌ها معمولاً همراه با TDMA، FDMA یا CDMA به منظور ایجاد قابلیت‌های اضافی در کشف ویژگی‌های فضایی سیگنال‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۲]. SDMA یکی از پیچیده‌ترین استفاده‌های تکنولوژی آنتن هوشمند است. توانایی پردازش فضایی پیشرفته‌ی آن سبب شده است که بتواند محل کاربران زیادی را تشخیص دهد و برای هر کاربر پرتوهای متفاوتی ایجاد کند.

فیلترینگ در حوزه‌ی فضایی می‌تواند سیگنال‌های چندین موبایل را که از لحاظ طیفی و زمانی هم‌پوشانی دارند از همدیگر جدا نموده و سبب می‌شود که چندین کاربر در داخل سلول رادیویی مشابه از یک باند فرکانسی و برش زمانی استفاده نمایند؛ یعنی یک کانال ارتباطی فیزیکی را می‌توان به بیشتر از یک کاربر موجود در سلول و به طور همزمان اختصاص داد؛ که فقط با جدایی زاویه‌ای کاربران امکان‌پذیر است [۱۵، ۱۶].

۳- بررسی عملکرد آنتن‌های هوشمند

می‌خواهیم عملکرد اصلی یک آنتن هوشمند را با استفاده از یک مثال ساده توضیح دهیم. در این مثال، یک آرایه‌ی خطی یکنواخت (ULA) که شامل دو حسگر همه‌جهته‌ی یکسان است را در نظر بگیرید؛ که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: یک آرایه‌ی خطی یکنواخت با دو حسگر

تکنیک‌های ابتکاری پردازش سیگنال مبتنی بر نرم‌افزار، سیستم‌های آنتن هوشمند به صورت تجاری مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۹].

۱-۲- سیستم شنوایی انسان

یک مثال شهودی ساده در ارتباط با سیستم شنوایی انسان می‌تواند ایده‌ی اصلی توسعه‌ی سیستم‌های آنتن هوشمند را آشکار نماید. هر فرد قادر است جهت ورود (DoA) صدا را طی فرآیند سه مرحله‌ای زیر تعیین کند:

۱. گوش فرد مانند سنسورهای صوتی عمل کرده و سیگنال را دریافت می‌کند.
 ۲. به دلیل فاصله‌ی بین گوش‌ها، هر یک از گوش‌ها سیگنال را با تأخیر زمانی متفاوتی دریافت می‌کند.
 ۳. مغز انسان به عنوان یک پردازنده‌ی سیگنال قدرتمند، محاسبات زیادی بر روی اطلاعات انجام داده و محل صدای دریافتی را بدست می‌آورد.
- به منظور ارائه‌ی بهتر از چگونگی کار سیستم آنتن هوشمند، فرض کنید دو نفر در داخل اتاق‌های مجزا از همدیگر در حال مکالمه هستند. شنونده‌ای که سیگنال این دو نفر را دریافت می‌کند قادر است در حین حرکت، محل گوینده را مشخص کند؛ چون صدای گوینده توسط هر یک از سنسورهای صوتی گوش در زمان متفاوتی دریافت می‌شود. مغز انسان که به عنوان یک پردازنده سیگنال عمل می‌کند، جهت گوینده را از اختلاف زمانی یا تأخیرهایی که توسط دو گوش صورت گرفته است تعیین می‌کند. پس از آن، مغز قدرت سیگنال‌های دریافتی از هر گوش را اندازه گرفته تا شنونده بتواند در جهت مورد نظر تمرکز کند.

سیستم‌های آنتن هوشمند الکتریکی مشابه سیستم شنوایی انسان عمل می‌کنند؛ که به جای دو گوش از دو آنتن، و به جای مغز از DSP استفاده می‌کنند. بر اساس تأخیرهای زمانی ناشی از برخورد سیگنال‌ها به عناصر آنتن، DSP قادر است DoA سیگنال مطلوب (SOI) را محاسبه کرده و با تنظیم بهره و فاز سیگنال‌ها، الگوی انتشار مناسبی ایجاد نماید. این الگوی انتشار، بر روی SOI تمرکز کرده و از هر گونه تداخل ایجاد شده یا سیگنال‌های نامطلوب (SNOI) جلوگیری می‌نماید [۹]. با انتقال همین ایده به سیستم‌های ارتباطی موبایل، BS نقش شنونده و تلفن‌های سلولی فعال نقش صداهای مختلفی را دارند که توسط گوش‌های انسان شنیده می‌شوند.

پردازنده‌ی موجود در BS مسئول تنظیم پارامترهای مختلف سیستم است تا هرگونه تداخل و سیگنال ناخواسته را فیلتر کند؛

$$\begin{cases} w_1 = \frac{1}{2}(1+j) \\ w_2 = \frac{1}{2}(1-j) \end{cases} \quad (7)$$

می‌توان برای هر آنتن آرایه، یک بردار هدایت تعریف کرد. بردار هدایت شامل پاسخ تمام عناصر آرایه به منبعی با یک مؤلفه فرکانسی با توان واحد است. از آنجا که پاسخ آرایه در جهات مختلف متفاوت است، برای هر جهت یک بردار هدایت اختصاص داده می‌شود. به عنوان مثال، بردار هدایت یک ULA با تعداد N عنصر و فاصله‌ی بین عناصر مجاور d به صورت زیر خواهد بود:

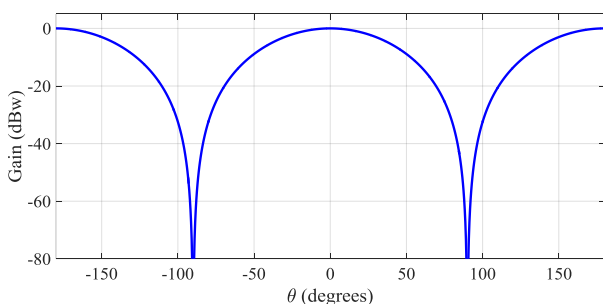
$$\mathbf{a}(\theta) = \left[1, e^{-j\frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_s}, \dots, e^{-j(N-1)\frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_s} \right]^T \quad (8)$$

هنگامی که بردار هدایت برای یک آنتن آرایه بدست آمد، الگوی انتشار آن با اعمال هر یک از مؤلفه‌های بردار هدایت به عنصر متناظر آن در آرایه (با تحریک دامنه و فاز توسط مؤلفه‌های بردار هدایت)، تشکیل می‌شود.

با نرمالیزه کردن الگوی انتشار ULA با N عنصر همه‌جهته به فاصله‌ی بین عنصر d بر حسب dBw خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} G(\theta) &= 10 \log_{10} \left(\frac{|\mathbf{w}^T \mathbf{a}(\theta)|^2}{\mathbf{w}^H \mathbf{w}} \right) \\ &= 10 \log_{10} \left(\frac{\left| \sum_{n=0}^{N-1} w_n \exp \left(-j \frac{2\pi n d \sin \theta}{\lambda_c} \right) \right|^2}{\mathbf{w}^H \mathbf{w}} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

که \mathbf{w} برداری N بعدی شامل وزن‌های مختلط عناصر آرایه است. شکل ۲، الگوی انتشار نرمالیزه شده‌ی آرایه‌ی آنتن دو عنصری را نشان می‌دهد که هیچ‌گونه وزنی در تشکیل الگوی آن استفاده نشده است.



شکل ۲: الگوی انتشار نرمالیزه شده برای آرایه‌ای با دو عنصر وزن داده نشده

شکل ۳، الگوی انتشار نرمالیزه شده برای یک آرایه‌ی دو عنصری است که در آن وزن‌های رابطه‌ی ۷ برای تشکیل الگوی

فرض می‌کنیم که سیگنال $s(t)$ توسط منبعی در ناحیه‌ی میدان دور آنتن تولید می‌شود. سیگنالی که به آرایه‌ی حسگر برخورد می‌کند، تقریباً یک موج مسطح یکنواخت است. حسگر ۲ نسبت به حسگر ۱ تأخیر زمانی

$$\Delta \tau = \frac{d \sin \theta_s}{v_0} \quad (1)$$

را تجربه می‌کند؛ که d فاصله‌ی بین دو عنصر و v_0 سرعت موج است. با داشتن d و اندازه‌گیری این تأخیر زمانی، زاویه‌ی DoA به صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$\theta_s = \sin^{-1} \left[\frac{v_0 \Delta \tau}{d} \right] \quad (2)$$

فرض کنید که $s(t)$ یک سیگنال باند باریک با فرکانس حامل f_c باشد. در این صورت، تأخیر زمانی $\Delta \tau$ با تغییر فاز

$$\Delta \psi = 2\pi \frac{d \sin \theta_s}{\lambda_c} \quad (3)$$

رابطه دارد؛ که $\lambda_c = v_0/f_c$ طول موج متناظر با فرکانس حامل است. واضح است که برای سیگنال ورودی از جهت عمود بر آرایه ($\theta_s = 0$) تأخیر زمانی و تغییر فاز بین دو حسگر برابر صفر هستند. فرض کنید که سیگنال تداخلی $i(t)$ با فرکانس حامل مشابه f_c به آرایه برخورد کند. به عنوان مثال، جهت $s(t)$ و $i(t)$ به ترتیب برابر 0° و 30° درجه باشد. وزن‌های مختلط حسگرها را به صورت $w_1 = w_{1,1} + jw_{1,2}$ و $w_2 = w_{2,1} + jw_{2,2}$ نشان می‌دهیم. بنابراین، خروجی آرایه، ناشی از $s(t)$ خواهد شد:

$$\begin{aligned} S(t) &= s(t) \left((w_{1,1} + jw_{1,2}) + (w_{2,1} + jw_{2,2}) \right) \\ &= s(t) \left((w_{1,1} + w_{2,1}) + j(w_{1,2} + w_{2,2}) \right) \end{aligned} \quad (4)$$

طبق معادله (۳)، در فاصله‌ی بین عناصر برابر $d = \lambda_c/2$ و $\theta_s = 30^\circ$ ، حسگر ۲ تأخیر فازی برابر $\Delta \psi = \pi/2$ نسبت به حسگر ۱ خواهد داشت. خروجی آرایه، ناشی از $i(t)$ خواهد شد:

$$\begin{aligned} I(t) &= i(t) \left((w_{1,1} + jw_{1,2}) + e^{-j\frac{\pi}{2}} (w_{2,1} + jw_{2,2}) \right) \\ &= i(t) \left((w_{1,1} + w_{2,2}) + j(w_{1,2} - w_{2,1}) \right) \end{aligned} \quad (5)$$

هدف آنتن هوشمند حذف کامل سیگنال تداخلی $i(t)$ و پوشش کامل سیگنال مطلوب $s(t)$ است. برای دستیابی به این هدف، با استفاده از معادله (۴) و معادله (۵) باید

$$\begin{cases} w_{1,1} + w_{2,1} = 1 \\ w_{1,2} + w_{2,2} = 0 \\ w_{1,1} + w_{2,2} = 0 \\ w_{1,2} - w_{2,1} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

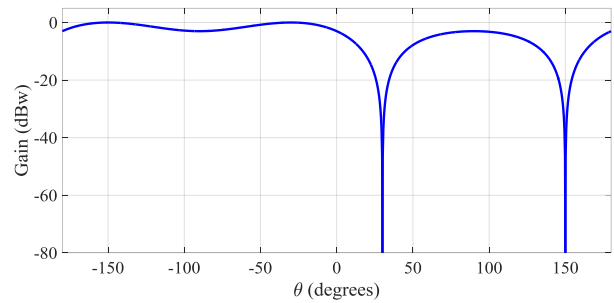
باشد. با حل این روابط خواهیم داشت

بر این، با حذف سیگنال‌های تداخلی دریافتی از سایر جهات، امنیت اطلاعات تضمین می‌شود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان دادند که با استفاده از تکنولوژی آنتن‌های هوشمند می‌توان با چالش‌های موجود در تله‌مدیسین مقابله کرد.

مراجع

- [۱] سعیدی تهرانی. سعیده، نوروزی. مهشاد، "پزشکی از راه دور: مروری بر مزایا، معایب و چالش‌های اخلاقی"، مجله ایرانی اخلاق و تاریخ پزشکی، دوره هشتم، شماره دوم، تیر ۱۳۹۴، صفحات ۲۹-۴۰.
- [۲] صفدری. رضا، ماسوری. نیلوفر، بهاء‌الدینی. کامبیز، خراسانی‌زاده. مهدیه، "مطالعه کاربرد پزشکی از راه دور در تشخیص و درمان بیماری‌های گوش، حلق و بینی"، مجله دانشکده پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران (پیاورد سلامت)، دوره ششم، شماره سوم، مرداد و شهریور ۱۳۹۱، صفحات ۲۴۶-۲۵۴.
- [۳] قاسمی. مرضیه، عابدینی. مهدی، ترکان. خلیل، "ارائه راهکار اجرای تله‌مدیسین در مناطق عملیاتی"، فصلنامه بیمارستان، ویژه نامه تله‌مدیسین، ۱۳۹۳.
- [۴] قاسمی راوری. زهرا، مهرآیین. اسماعیل، باقری. سمیه، کریمی. مهدیه، "بررسی زیرساخت‌های لازم برای پیاده‌سازی فناوری پزشکی از راه دور در بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه علوم پزشکی زابل"، مجله علوم پیراپزشکی و توانبخشی مشهد، دوره پنجم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۵، صفحات ۷۴-۸۲.
- [۵] احمدی. مریم، معراجی. مرضیه، مشعوف، عصمت، "شواهدی بر پزشکی از راه دور در ایران: مروری نظام‌مند"، مجله علوم پیراپزشکی و توانبخشی مشهد، دوره هفتم، شماره اول، بهار ۱۳۹۷، صفحات ۱۱۲-۱۲۴.
- [۶] سعیدی نژاد. سعید، کشوری. حمید، شرف‌خواه. مهدی، ایمان‌زاده. مهرداد، "بررسی، توضیح و طراحی سیستم امنیتی در سامانه‌های تله‌مدیسین"، نخستین کنفرانس تله‌مدیسین، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۳.
- [۷] غلامحسینی. لیلا، صادقی، مجتبی، محرابی. ناهید، "بررسی ابعاد کاربردی تله‌مدیسین (پزشکی از راه دور)"، مجله دانشکده پیراپزشکی ارتش جمهوری اسلامی ایران، سال سوم، شماره اول، بهار ۱۳۸۷، صفحات ۳۶-۴۳.
- [8] S. Bellofiore, "Smart antenna systems formobile platforms," *Ph.D. dissertation, Arizona State University*, Dec. 2002.
- [9] C. A. Balanis and P. I. Ioannides, "Introduction to smart antennas," *Synthesis Lectures on Antennas*, vol. 2, no. 1, pp. 1-175, 2007.
- [10] D.-C. Chang and C.-N. Hu, "Smart antennas for advanced communication systems," *Proceedings of the IEEE*, vol. 100, no. 7, pp. 2233-2249, 2012.
- [11] R. Supriya and D. S. Kumar, "Adaptive algorithms in smart antenna beamformation for wireless communication," in *Communication and Signal Processing (ICCSP), 2016 International Conference on*. IEEE, 2016, pp. 1850-1853.
- [12] T. G. Basha, G. Aloysius, B. Rajakumar, M. G. Prasad, and P. Sridevi, "A constructive smart antenna beam-forming technique with spatial diversity," *IET microwaves, antennas & propagation*, vol. 6, no. 7, pp. 773-780, 2012.
- [13] "Special issue on adaptive antennas", *Antennas Propagation, IEEE Transactions on.*, vol. 24, no. 5, Sept. 1976.
- [14] "Special issue on adaptive processing antenna systems", *Antennas Propagation, IEEE Transactions on.*, vol. 34, no. 3, Mar. 1986.
- [۱۵] زراعتکارمقدم. جواد، فرخی. حمید، ندا. ناصر، "بررسی تأثیر فاصله‌ی بین

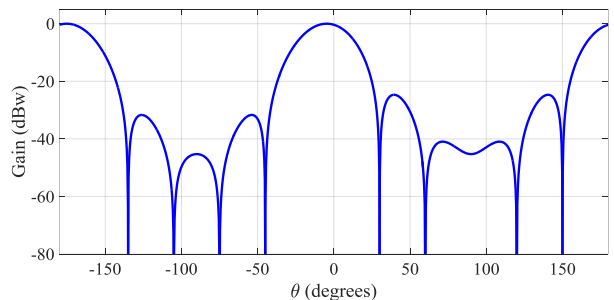
آن استفاده شده‌اند. مشاهده می‌شود که دقیقاً یک نقطه‌ی صفر در زاویه‌ی افقی ۳۰ درجه و در جهت تداخل وجود دارد.



شکل ۳: الگوی انتشار نرمالیزه شده برای آرایه‌ای با دو حسگر وزن داده شده

این مثال ساده نشان داد که چگونه وزن‌های مختلط یک آرایه می‌توانند تنظیم شوند و سیگنال تداخل $n(t)$ را به طور کامل حذف نمایند؛ که در این صورت خروجی برابر سیگنال مطلوب $s(t)$ خواهد بود. این مدل را می‌توان به راحتی برای ULA با تعداد N عنصر گسترش داد. چنین آرایه‌ای می‌تواند سیگنال مطلوب $s(t)$ را دریافت کرده و $N-1$ سیگنال تداخلی را کاملاً حذف نماید.

شکل ۴، مثال پیچیده‌تری را از یک شبکه‌ی شکل‌دهنده‌ی الگو نشان می‌دهد. در این شکل، فرض شده است که ULA تعداد پنج حسگر همه‌جهته داشته باشد. سیگنال مطلوب از زاویه‌ی $\theta_s = 0^\circ$ و چهار سیگنال تداخلی از زوایای 45° ، 75° ، 30° و 60° به آرایه می‌رسند. مشاهده می‌شود که سیستم توانسته با حذف سیگنال‌های تداخلی، امنیت اطلاعات را تضمین کند. همچنین، سیگنال مطلوب که در زاویه‌ی صفر درجه قرار دارد با توان بیشتری به مقصد می‌رسد و در نتیجه ظرفیت سیستم افزایش می‌یابد.



شکل ۴: الگوی انتشار نرمالیزه شده برای آرایه‌ای با ۵ حسگر وزن داده شده

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله، آنتن‌های هوشمند به عنوان راهکاری به منظور تضمین امنیت، ظرفیت و پهنای باند در تله‌مدیسین پیشنهاد گردید. نشان دادیم که با استفاده از روش پیشنهادی می‌توان الگوی انتشار سیگنال را به سمت مورد نظر سوق داد و در نتیجه سیگنال مطلوب را با بیشترین توان به سمت مقصد فرستاد. علاوه

اولین کنفرانس سیستم‌ها و فناوری‌های محاسباتی مراقبت از سلامت

آنتن‌ها در فرستنده و گیرنده بر روی ظرفیت کانال MIMO"، نشریه مهندسی برق و الکترونیک ایران، سال سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۱-۸.

[۱۶] زراعتکارمقدم، جواد، ندا، ناصر، قاضی‌زاده، رضا، "مدل‌سازی دوبعدی کانال‌های چند ورودی-چندخروجی با آرایه‌های قطبی‌شده"، نشریه مهندسی برق و الکترونیک ایران، سال یازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۳، صفحات ۱۷-۲۴.