دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان‌نامه کارشناسی

گرایش: مخابرات

عنوان: تخمین جهت سیگنال‌های دریافتی توسط آرایه‌های خطی آنتن‌ها

استاد راهنما: جناب آقای دکتر میرکمالی

نگارش: سیما کرمانیان

تیرماه 89

فهرست مطالب

چکیده ۸

فصل اول ۹

مقدمه ۹

فصل دوم ۱۳

سیستم‌های رادیو سلولی و آنتن‌های هوشمند ۱۳

مقدمه ۱۳

۱.۲ مقایسه‌ی عملکرد آنتن هوشمند با بدن انسان ۱۳

۲.۲ سیستم‌های همه‌جهتی ۱۴

۱.۲.۲ ارزیابی سیستم‌های رادیو سلولی ۱۶

۲.۲.۲ آنتن‌های همه‌جهتی ۱۶

۳.۲.۲ شکافتن سلول ۱۸

۴.۲.۲ سیستم‌های قطاع‌بندی‌شده ۱۹

۳.۲ سیستم آنتن هوشمند ۲۱

۱.۳.۲ آنتن‌های هوشمند از گذشته‌های دور ۲۱

۲.۳.۲ علت هوشمندی این نوع آنتن‌ها ۲۲

۳.۳.۲ سیستم‌های بیم سوئیچ شده ۲۳

۴.۳.۲ سیستم‌های آرایه‌ی وفقی ۲۴

۵.۳.۲ مقایسه‌ی عملکرد بین سیستم‌های آنتن هوشمند و سیستم قطاع‌بندی شده ۲۴

۴.۲ لزوم استفاده از آنتن‌های هوشمند ۲۷

۱.۴.۲ طبقه‌بندی آنتن هوشمند ۲۸

۵.۲ فواید استفاده از آنتن‌های هوشمند ۲۹
۶.۲ هزینه‌ها و معایب استفاده از آنتن‌های هوشمند ۳۰
مراجع ۳۳
فصل سوم ۳۴
روش‌های مختلف برای تعیین زاویه دریافتی (DOA) ۳۴
مقدمه ۳۴
۱.۳ مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ۳۵
۲.۳ ماتریس آرایه‌ی همبسته ۳۵
۳.۳ تکنیک‌های شکل‌دهی بیم ۳۹
۱.۳.۳ الگوریتم Bartlett ۳۹
۲.۳.۳ شکل دهنده‌ی بیم Capon ۴۱
۴.۳ روشه‌ای زیر فضا برای تخمین DOA ۴۳
۱.۴.۳ الگوریتم MUSIC ۴۳
۲.۴.۳ الگوریتم Root-MUSIC ۴۶
۵.۳ تخمین DOA تحت شرایط سیگنال همدوس ۴۸
۶.۳ نتیجه‌گیری ۴۹
مراجع ۵۱
فصل چهارم ۵۲
بررسی اثر تزویج متقابل موجود در آنتن‌های هوشمند به کمک شبیه‌سازی در نرم‌افزار FEKO ۵۲
مقدمه ۵۲
۱.۴ الگوریتم MUSIC و اثر تزویج متقابل ۵۳
۲.۴ حذف تزویج متقابل بین آنتن‌ها با کمک ماتریس امپدانس ۵۵
۲.۴.۱ ماتریس تاپلیتز ۵۵

۲.۲.٤ساخت ماتریس امپدانس با کمک نتایج حاصل از نرم‌افزار FEKO ۵۵
ضمیمه..... ۵٦

فهرست شکل‌ها

شکل ۲ ۱:قیاس آنتن هوشمند (معادل الکتریکی) با بدن انسان[۳] ۱۵

شکل ۲ ۲:آنتن‌های همه‌جهتی و پترن‌های پوششی[٦] ۱۷

شکل ۲. ۳:ساختار سلولی[۳] ۱۷

شکل ۲. ٤ : پترن آنتن همه‌جهتی[۳] ۱۸

شکل ۲. ۵ : شکافتن سلول[۳] ۱۸

شکل ۲. ٦ : آنتن قطاع بندی شده‌ی ایستگاه پایه[۳] ۲۰

شکل ۲. ۷ : مقایسه‌ی تداخل هم کانال بین دو سیستم قطاع‌بندی شده و همه‌جهتی[۳] ۲۰

شکل ۲. ۸ : سیستم آنتن هوشمند ۲۲

شکل ۲. ۹ : سیستم بیم سوئیچ شده[۳] ۲۳

شکل ۲. ۱۰ : مقایسه‌ی بین سیستم بیم سوئیچ شده و آرایه‌ی وفقی[٦] ۲٤

شکل ۲. ۱۱ : پترن‌های پوششی برای آنتن‌های بیم سوئیچ شده و آرایه‌ی وفقی[٦] ۲۵

شکل ۲. ۱۲ : پردازش کاملا وفقی که دو مشترک را بر روی یک کانال قراردادی یکسان به طور همزمان در یک سلول حمایت می‌کند[٦] ۲٦

شکل ۲ ۱۳: تصویر یک آنتن آرایه‌ایی در ۱/۸GHz ۳۲

شکل ۳. ۱: آرایه‌ی M المانی با سیگنال‌های دریافتی[٦] ۳٦

شکل ۳. ۲:طیف شکل دهی بیم نرمالیزه شده در برابر DOA تحت دو شرایط متفاوت[۹] ٤۰

شکل ۳. ۳: طیف Bartlett برای M=٦ ..... ٤۱

شکل ۳. ٤ :طیف Capon برای ٦ المان ٤۲

شکل ۳. ۵: مقایسه دقت عملکرد دو روش Capon و Bartlett[۵] ٤۳

شکل ۳. ٦:طیف MUSIC برای M=٦ ..... ٤۵

شکل ۳. ۷:طیف MUSIC با استفاده از میانگین‌گیری زمانی ٤٦

شکل۳. ۸:طیف MUSIC به‌همراه ریشه‌هایی از چند جمله‌ای که مربوط به زوایای صحیح منابع می‌باشند[۵]..... ۴۸

شکل۳. ۹:مقایسه میان روش MUSIC با و یا بدون متوسط گیری پسرو(پیشرو)در سیگنال‌های چند مسیره همدوس[۵]..... ۵۰

شکل٤. ۱:تخمین زاویه ۲۰ درجه بدون در نظر گرفتن اثر تزویج متقابل بین آنتن‌ها. ۵۳

شکل٤. ۲:شبیه‌سازی آرایه‌ای٤ تایی از آنتن‌های دایپل در نرم‌افزار FEKO. ۵٤

شکل٤. ۳:ضعف الگوریتم MUSIC برای تخمین جهت، با در نظر گرفتن اثر تزویج متقابل. ۵٤

شکل٤. ٤:تخمین زاویه دریافتی، بعد از حذف اثر تزویج متقابل. ۵٦

شکل٤. ۵:تخمین زاویه ٤۵ درجه، الف: منحنی TOEPLITZ مربوط به حذف اثر تزویج متقابل. ب:منحنی نقطه چین مربوط به زمانی است‌که هنوز اثر تزویج متقابل حذف نشده‌است ۵٦

شکل٤. ٦:مقایسه نمودارهای خطا برحسب زاویه تخمین زده شده، قبل از حذف تزویج متقابل بین آنتن‌ها و بعد از آن..... ۵۷

چکیده

تکنولوژی آنتن‌های هوشمند یا وفقی در ابتدا برای کاربردهای ویژه‌ایی چون رادارها در صنایع نظامی استفاده شد ولی با پدید آمدن مشکلاتی در ارائه سرویس‌های مخابراتی، توجه عظیمی را در این زمینه در سرتاسر جهان به خود جلب کرد. هدف از این پروژه در ابتدا معرفی سیستم‌های رادیو سلولی و بررسی دلایل استفاده از آنتن‌های هوشمند، مزایا و هزینه‌های بکارگیری آن‌هاست. سپس به صورت اجمالی روش‌های مختلف برای تعیین زاویه دریافتی (DOA) توضیح داده می‌شود و چون تمرکز پروژه بر روی الگوریتم MUSIC است، این الگوریتم به صورت کامل در فصل سوم توضیح داده خواهد شد.

فصل چهارم به شبیه سازی و ملاحظات عملی اختصاص داده شده و در آن با کمک نرم‌افزار FEKO اثر تزویج متقابل بین آنتن‌ها نشان داده می‌شود. سپس با یافتن ماتریس امپدانس و ضرب نمودن آن در الگوریتم MUSIC تا حدودی اثر تزویج متقابل تضعیف می‌گردد.

این تکنیک و سایر تکنیک‌های مشابه آن نمی‌توانند اثر تزویج متقابل بین آنتن‌ها را به طور کامل حذف کنند، لذا اثر تزویج متقابل را کمینه کرده و سپس به طراحی آنتن‌های هوشمند می‌پردازند.

فصل اول

مقدمه

کاربرد سامانه‌های جهت‌یاب امروزه دیگر منحصر به سامانه‌های نظامی و کاربردهای خاص چون رادار، سونار و جهت‌یاب‌های رادیویی معمولی و ... نشده و مسیر خود را در سیستم‌های مخابراتی پیشرفته چون سامانه‌های مخابراتی سیار، سامانه‌های ردیابی و شناسایی نجوم و در موارد محدودی در بحث اکوستیک باز نموده است، به طوری‌که ترکیب سامانه‌های جهت‌یابی و مخابرات سیار باعث مزایای فراوانی از جمله افزایش تعداد استفاده‌کنندگان، افزایش حجم پوشش و کاهش تداخل شده است.

همچنین تقاضا برای خدمات مخابراتی موبایل روز به روز به طور گسترده‌ای درحال افزایش است از این رو است که پیش‌بینی می‌شود در آینده‌ی نزدیک مخابرات برای دستگاه‌های موبایل در هر منطقه‌ای از زمین در تمامی زمان‌ها قابل دسترسی باشد. به نظر می‌رسد که آرایه آنتن‌ها که بر روی کشتی‌ها، ناوها، ماهواره‌ها و همچنین ایستگاه‌های اصلی نصب شده‌اند دارای نقش بسیار مهمی در پاسخگویی به نیازهای مربوطه خواهند بود. مبحث آرایه‌بندی و متعاقب آن طراحی الگوریتم‌های مختلف جهت پردازش اطلاعات حاصله ازآرایه‌ها مدتی است که تحقیقات زیادی را به خود اختصاص داده است. اگر چه تاریخ‌چه این تحقیقات به سالیان پیش برمی‌گردد اما مدتی است که به‌خاطر پیشرفت بشر در دستیابی به سرعت‌های بالای کلیدزنی و پردازشگرهایی که قادرند در مدت زمانی اندک محاسبات زیادی را انجام دهند تحولات چشمگیری یافته است. البته هنوز هم این سرعت کافی نبوده و در بسیاری موارد باعث عدم پردازش مناسب داده‌ها می‌گردد. جهت‌یابی رادیویی[1] از جمله مواردی است که بر روی آن تحقیقات زیادی به‌عمل آمده‌است.

لازمه بررسی و تحلیل چنین مباحثی شناخت تکنیک آرایه‌ها و توانایی استفاده از الگوریتم‌های مناسب با شرایط مساله است. این موضوع که ابتدا در سیستم‌های آرایه وفقی[2] مطرح شده‌بود در حال حاضر نیز به

---

[1] – Radio Direction Finding

[2] -adaptive antenna

همراه مبحث شکل‌دهی پرتو[1] در زمینه‌های مختلف خصوصا مخابرات سیار سیستم‌های SDMA[2] و آنتن های هوشمند[3] مورد توجه بسیاری از مراکز تحقیقاتی قرار دارد.
بهره‌گیری از تکنیک پردازش آرایه‌ای ابتدا مختص آنتن‌ها بود اما پس از مدتی کاربردهای عظیم این تکنیک در کلیه زمینه‌ها گسترش یافت.

الگوریتم‌های موجود در مورد مشخص کردن جهت ورودی‌های دریافتی مدتهاست که مورد توجه بوده و در روش بسیار کارای آن‌که همان روش‌های تخمین جهت با استفاده از تکنیک زیر فضای سیگنال است از حدود دهه ۱۹۷۰ آغاز شده‌است. اصلی‌ترین الگوریتم مرتبط با تکنیک‌های زیرفضا سیگنال، الگوریتم MUSIC[4] است.
یکی از کاربردهای سامانه‌های جهت‌یاب به تحقیقات یکی از کارشناسان ارشد ارتش آمریکا برمی‌گردد که با نمونه برداری از صدای یک تانک و سپردن این نمونه صدای تانک در حافظه کامپیوتر و سپس کاشتن تعدادی میکروفن به‌عنوان سنسور و مقایسه خروجی آرایه با حافظه توانست زاویه‌ای که این تانک به هنگام حرکت با موتور روشن با سنسور می‌ساخت را آشکار نماید که این مهم باعث می‌شد تا بتوان تانک دشمن را با علم به زاویه آن شناسایی نموده و با داشتن مختصات آن به‌عنوان یک هدف نظامی به آن شلیک نمود. کاری که در گذشته با رادار انجام می‌شد در حالی‌که هزینه ساخت رادار با هزینه ساخت این پروژه نظامی غیر قابل مقایسه بود. بطوری‌که چنان‌چه رادار توسط دشمن مورد تخریب قرار می گرفت هزینه آن بسیار زیاد بود در حالیکه چنانچه این پروژه توسط دشمن تخریب می‌شد فقط تعدادی میکروفن از دست می‌رفت.
امروزه جدای از کاربردهای وسیعی که آرایه‌های میکروفنی به ارمغان آورده‌اند می‌توان با نمونه برداری از صدای حوادث یا پدیده‌ها (شبیه صدای رعد، صدای انفجار، صدای شکستن شیشه و ...) و سپردن این اصوات به حافظه‌ی کامپیوتر و مقایسه آن‌ها با خروجی سنسورها یا آرایه‌های کاشته شده در محل‌های مورد نظرمان، بروز یک پدیده یا اتفاق یک حادثه یا رویداد را آشکار و متعاقب آن امور پیشگیرانه را لحاظ نمود. مثلا با پردازشگرهای قوی می‌توان بروز رعد را از روی صدای آن تشخیص داده و در پست‌های توزیع برق فشار قوی در کسری از ثانیه نسبت به قطع برق اقدام نمود و سایر امور پیشگیرانه ای که می‌توان با استفاده از آرایه‌بندی به‌انجام رساند.
بطور کلی روش‌های تخمین جهت که‌تاکنون پیشنهاد شده را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد :

---

[1] -beam forming
[2] - Space Division Multiple Access
[3] -smart antenna
[4] -Multiple Signal Classification (MUSIC)

۱- روش‌های تخمین طیفی[1]

۲- روش‌های ساختار ویژه[2]

در روش گروه اول که مهم‌ترین آن‌ها روش حداکثر درست‌نمایی[3] است با محاسبه طیف مکانی و بدست آوردن نقاط ماکزیمم محلی، تعداد و جهت منابع سیگنال تعیین می‌گردد. تخمین همزمان تعداد و جهت منابع ارسال کننده سیگنال و همچنین زمان پردازش کم این روش‌ها از جمله نقاط قوت آن‌ها محسوب می‌گردند ولی قدرت تفکیک پذیری کم در تشخیص منابع نزدیک به‌هم و منابع با اختلاف توانی زیاد، همچنین حساسیت زیاد آن‌ها به نویز و کالیبراسیون آرایه دلایلی هستند که استفاده از آن‌ها را محدود نموده است.

روش گروه دوم که الگوریتم MUSIC[4] مهم‌ترین آن‌هاست بر پایه این خاصیت ماتریس کوواریانس پایه گذاری شده‌اند که فضا توسط بردارهای ویژه آن به دو زیر فضای سیگنال و نویز تقسیم می‌شود به گونه ای که بردارهای آرایه در جهت منابع، عمود بر زیر فضای نویز قرار می‌گیرند.

سادگی فرمول بندی، قدرت تفکیک زیاد و حساسیت بسیار کمتر آن‌ها به نویز از جمله محاسن آن هاست. ولی از عیوب دسته دوم می‌توان به این نکته اشاره کرد که بعضی از روش‌های این دسته فقط قابل اعمال به آرایه‌های خطی هستند.

برای بهینه‌کردن یک ارتباط بطوری‌که دارای بازده بالایی باشد توجه به چندین مورد اساسی لازم به نظر می‌رسد که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود:

۱- چگونگی استفاده از آرایه آنتن‌ها بطوری‌که با استفاده از پیکربندی‌های متفاوت، اثر و نتایج مربوط به سامانه‌های مخابراتی را بهبود بخشد.

۲- مدل سیگنال مناسب و کارا، برای پردازش آرایه‌ها[5] در کنار طرح‌های مختلف شکل‌دهی بیم.

۳- الگوریتم‌های وفقی برای تنظیم وزن یک آرایه.

٤- بکارگیری چندین روش تخمین جهت.

۵- بحث بر روی چندین روش پیش پردازشی.

---

[1] -spectral estimation methods
[2] -eigenstructure methods
[3] -maximum likelihood
[4] -MUSIC algorithm
[5] -array processing

روش جداسازی سیگنال از نویز و حصول مقادیر دقیق متغیرهای مورد نیاز برای الگوریتم‌های مختلف موجب شده‌است که هر کدام در موقعیت‌های مختلفی بکار گرفته‌شوند و حتی بعضی از این الگوریتم‌ها به دلایل مشکلاتی که فراهم نموده‌اند، حذف شوند.

یک مشکل جدی پردازش آرایه‌ها حل مساله منابع کاملا وابسته است. حل نمودن مشکل منابع وابسته و همچنین منابعی که از لحاظ فاصله بهم نزدیک‌اند باعث ایجاد یک حوزه فعال در تحقیقات شده است.

درحال حاضر تکنیک‌های زیر فضای سیگنال به عنوان قدرتمندترین روش در نظر گرفته شده و بر مبنای بردار تجزیه ویژه ماتریس کوواریانس داده‌ها (یعنی R_{xx}) بنا شده است.

این روش ها قادرند:

- ✓ تخمین هایی با قدرت بالاتر را ایجاد کنند.
- ✓ ابهام‌ها کاهش می‌یابند.
- ✓ افزایش بار بیشتر برای هر مصرف کننده.
- ✓ تخمین دقیقی برای DOA[1] و سایر متغیرهای سیگنال و نویز ایجاد می‌کند.

اما این تکنیک‌های مشخص شده، حساس به نمونه‌برداری و مدل‌های خطا و عدم اطمینان هستند، بخصوص که بر اساس دانش دقیق شکل هندسی آرایه (موقعیت آنتن‌ها)، فاز و بهره آنتن، تزویج متقابل[2] بین عناصر آرایه‌ها و غیره بنا شده‌اند.

اگر روش‌های زیر فضای سیگنال با متغیرهای غلط بکار گرفته شوند عمدتا یا هیچ جوابی نمی‌دهد و یا در بهترین حالت نتایج ضعیفی را خواهد داد. بنابراین کالیبراسیون بر حسب متغیرهای آرایه، یک نیاز مقدماتی در تکنیک‌های زیر فضای سیگنال است.

[1] -Directional Of Arrival
[2] -mutual coupling

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.