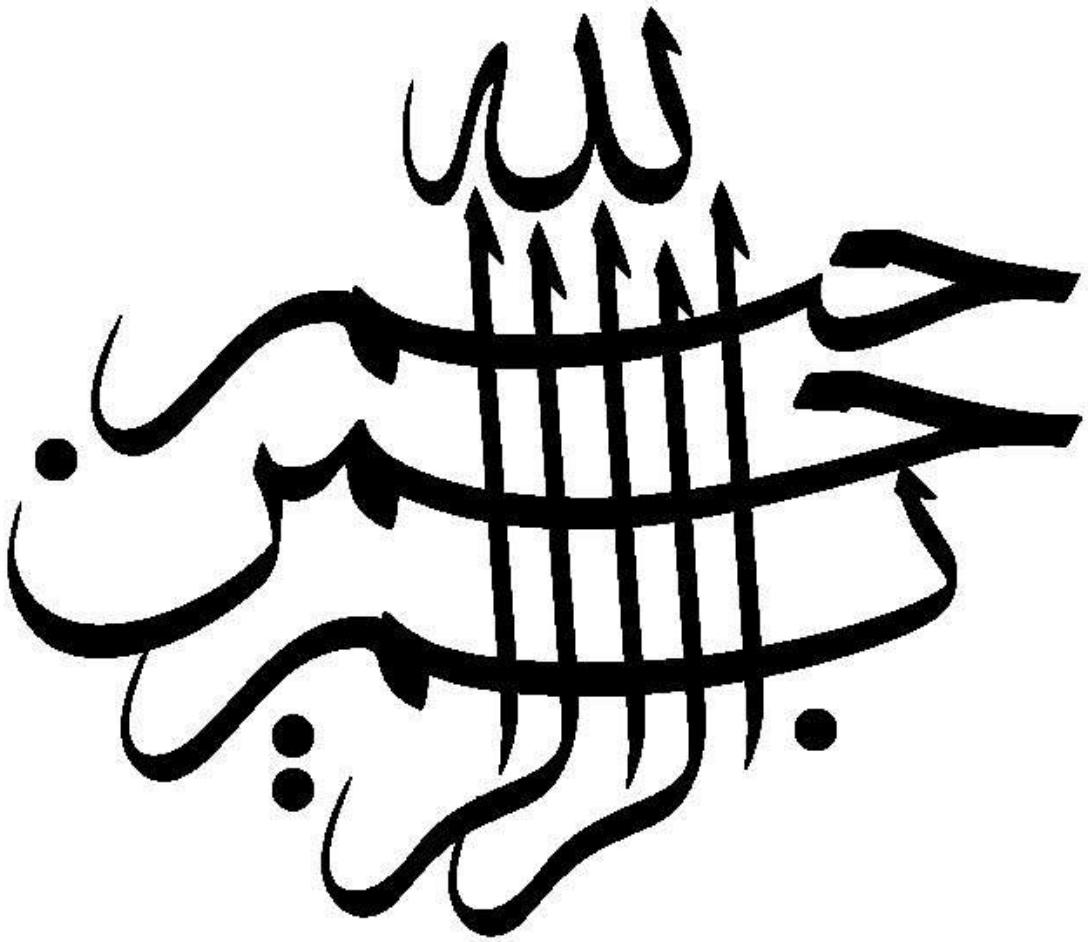


دانشگاه صنعتی امیر کبیر

دانشکده مهندسی برق

رساله کارشناسی ارشد مهندسی برق الکترونیک

عنوان

سیستم مکانیابی و پیگیری منبع صوتی و تفکیک منابع صوتی چندگانه

نگارش

حسین مالکی

استاد راهنما

دکتر محمد احدی سرکانی

بهمن ۱۳۸۷

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

بسمه تعالی

فرم اطلاعات پایان‌نامه
کارشناسی- ارشد و دکترا

تاریخ:
شماره:

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی: حسی‌ن مالکی دانشجوی آزاد ● بورسیه ○ معادل ○
شماره دانشجوئی: ۸۵۱۲۳۰۰۸ دانشکده: رشته تحصیلی: گروه:

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی: دکتر سی‌د محمد احدی سرکانی درجه و رتبه: دانشی‌ار
نام و نام خانوادگی: -------- درجه و رتبه: ------

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: ----- درجه و رتبه: ----
نام و نام خانوادگی: ----- درجه و رتبه: ----

عنوان پایان‌نامه به فارسی : سی‌ستم مکانی‌ابی و پی‌گی‌ری منابع صوتی و تفکی‌ک منابع صوتی چند گانه

عنوان پایان‌نامه به انگلیسی: **Localization of multiple sound sources by source separation techniques**

نوع پروژه: کارشناسی ○ کاربردی ● ارشد ● بنیادی ○ دکترا ○ توسعه‌ای ● سال تحصیلی: نظری ○

تاریخ شروع : مهر ۸۶ تاریخ خاتمه : بهمن ۸۷ تعداد واحد :۶ سازمان تأمین کننده اعتبار :دانشگاه صنعتی امی‌ر کبی‌ر

واژه‌های کلیدی به فارسی: مکانی‌ابی منابع صوتی- رادار آکوستی‌ک- جدا سازی منابع- رهگی‌ری منابع صوتی

واژه‌های کلیدی به انگلیسی : **Blind source separation- Microphone Array-TDOA- LBSS- Source localization- ICA**

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات	تصویر	جدول	نمودار	نقشه	واژه‌نامه	تعداد مراجع	تعداد صفحات ضمائم
							34	4
زبان متن	فارسی			انگلیسی		چکیده	فارسی	انگلیسی
یادداشت		●		○			●	●

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه

استاد:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: **تاریخ:**

۱ : ارائه به معاونت پژوهشی به همراه یک نسخه الکترونیکی از پایان‌نامه و فرم اطلاعات پایان‌نامه بصورت **PDF** همراه چاپ چکیده (فارسی انگلیسی) و فرم اطلاعات پایان‌نامه

۲ : ارائه به کتابخانه دانشکده (شامل دو جلد پایان نامه به همراه نسخه الکترونیکی فرم در لوح فشرده طبق نمونه اعلام شده در صفحه خانگی کتابخانه مرکزی) مرکزی)

تقدیم به

همسرم

چکیده

روشی که در این پایان نامه به تشریح آن خواهیم پرداخت، یک روش نـو در حـوزه ی موقعیت یابی منابع صوتی است. در این روش که تحت عنوان *LBSS(Localization By Source Separation)* نامگذاری نموده ایم، از یک باکس کوچک ٤ میکروفونه به عنوان مکانیاب برای هـر تعداد منبع صوتی مستقل و با فرض تعامد واستقلال منابع بهره جسته ایم، لیکن یک قسمت مجـزا را با N میکروفون برای جداسازی N منبع صوتی در نظر گرفته ایم که کار جداسازی سـیگنالها را برعهده دارد، سیگنالهای جداسازی شده بر طبق یک الگوریتم معین، به عنوان مرجع موقعیت یـابی برای باکس مکانیابی ٤میکروفونه عمل خواهند نمود. لازم به ذکر اسـت کـه در روشـهای معمـول امروزی برای مکانیابی N منبع صوتی به حداقل $3N+1$ میکروفون(به منظور داشتن $3N$ تأخیر برای مکانیابی)، نیاز خواهد بود. این در حالیست که پیچیدگی زیاد الگوریتمها سبب آن شده تا مکانیابی منابع صوتی زمانبر و با خطای زیاد صورت پذیرد. در روش پیـشنهادی مـا، ضـمن کـاهش تعـداد میکروفونها به $N+4$ میکروفون(بـه منظـور موقعیـت یـابی N گوینـده)، افـزایش سـرعت و دقـت مکانیابی تا حد بسیار بالایی مشاهده می شود. فعالیت پیش رو در جهت بالا بردن کیفیت، سـرعت و همچنین ثابت نگه داشتن دقت برای تعـداد زیـاد منـابع صـوتی، در شـرایط آزمایـشگاهی و در مقیاس کوچک صورت پذیرفته است. محاسبات و نتایج تئوری روشنگر این واقعیت است کـه بـا توجه به اینکه جداسازی منابع صوتی، بـرای تعـداد میکروفونهـای بـیش از تعـداد منـابع صـوتی فرایندی تحقق یافته و انجام پذیر است، می توان از روشی تلفیقی برای مکانیابی ایـن منـابع بهـره جست، که البته باتوجه به اینکه سخت افزار بسیار کوچکتری مورد نیاز خواهد بود و همینطـور از الگوریتمهای پیچیده استفاده نمی شود، انتظار داریم تا سرعت محاسباتی بالاتر از روشهای مرسـوم مکانیابی منابع صوتی باشد.

کلیدواژه: مکانیابی، منابع صوتی، رادار آکوستیک، جداسازی منابع صوتی، رهگیری منابع صوتی

فهرست

۱. مروری کلی بر مباحث موقعیت یابی منابع صوتی ---------- ٦

۱-۱ مقدمه ---------- ۷

۱-۲ تاریخچه ---------- ۸

۲. مروری بر کارهای گذشته ---------- ۱۳

۲-۱ مقدمه ---------- ١٤

۲-۲ مکان یابی ---------- ۱۵

۲-۳ مکان یابی منابع صوتی ---------- ١٦

۲-۳-۱ آشکار سازی TDOA ---------- ۲۲

۲-۳-۲ تاثیر درجه حرارت محیط بر مکانیابی منابع صوتی ---------- ٣٤

۲-۳-۳ نرخ نمونه برداری ---------- ۳۵

۲-۳-٤ نوع و چیدمان میکروفونها ---------- ٣٦

۲-۳-٤-۱ چیدمان میکروفونها ---------- ٣٦

۲-٤ مقدمه ای بر جداسازی منابع صوتی ---------- ۳۷

۲-٤-۱ جداسازی منابع صوتی به روش ICA ---------- ۳۷

۳. الگوریتم پیشنهادی در خصوص مکانیابی و رهگیری منابع صوتی LBSS ---------- ۳۹

٤. آزمایشات و نتایج ---------- ٤۹

٤-۱ سخت افزار مورد استفاده ---------- ۵۰

٤-۲ نرم افزار مورد استفاده ---------- ۵۱

٤-۳ معرفی شرایط آزمایش ---------- ۵۲

٤-٤ دادگان مورد مطالعه ---------- ۵٤

٤-۵ آزمایشات و نتایج ---------- ۵۵

۵. نتیجه گیری و پیشنهادات ---------- ٦٤

۵-۱ نتیجه گیری ---------- ٦۵

۵-۲ پیشنهادات ---------- ٦٦

٦. ضمیمه ۱ ---------- ٦۹

۷. ضمیمه ۲ ---------- ۷۲

۸. مراجع ---------- ۷۳

فصل اول:

۱. مروری کلی بر مباحث موقعیت یابی منابع صوتی

۱-۱ مقدمه

امروزه موقعیت یابی و مکان یابی منابع صوتی با توجه به اهمیتی که در حوزه های مختلف دارا می باشد، بسیار مد نظر دانشمندان قرار گرفته است، از بخشهای هنری و موقعیت یابی و زوم صوتی بر روی گوینده ها در صحنه نمایش و آمفی تأترها گرفته تا بخشهای نظامی و پیدا نمودن نقاط آتش توپخانه دشمن و رهگیری اهداف رادار گریزی که در سطوح پایین حرکت می کنند(موشکهای کروز[1])، تماماً از این دست سیستمها استقبال می کنند.

هرچند که این فعالیتها با وجود رادارهای پیشرفته در حوزه نظامی کم رنگ تر از سایر استفاده های دیگر می باشد، لیکن موارد استفاده این قبیل سیستمها حتی در حوزه های نظامی هم می تواند جایگاه خاص خود را داشته باشد. شاید روشنتر شود اگر مرور کنیم که؛ رادار ها عمدتاً قادر به شناسایی اهداف متحرک هستند، لیکن اهداف زمینی ثابت را با توجه به عدم ایجاد پدیده ی داپلر در امواج بازگشتی از جسم ساکن، به طور کلی نمی توانند رهگیری نمایند. ولی در صورتیکه بدانیم سیستم مورد بحث در جنگهای اخیر خاور میانه سیستمهای راداری صوتی، مورد استفاده قرار گرفته و توسط آن به نقاط شلیک موشکها پی می بردند، به اهمیت آن بیشتر واقف می شویم. در عمل تفکراتی از این دست به بهره برداری صنعتی هم رسیده است، به طور مثال در

[1] *Cruise missile*

برخی از انواع لپتاپ های امروزی از چهار میکروفون به صورت آرایه، برای جهت دار نمودن محل دریافت صوت ارسالی از جانب گوینده بهره برده اند، که این امر بسیار حائز اهمیت خواهد بود زمانیکه بدانیم در محیطی قرار داریم که انواع آلودگی های صوتی وجود دارد ولی ما میتوانیم با وجود این سیستم، آنها را در نظر نگرفته و با آرامش و بدون هرگونه دستکاری ثانویه بر روی سیگنال، حذف نویزی درخور توجه انجام دهیم.

۱-۲ *تاریخچه*

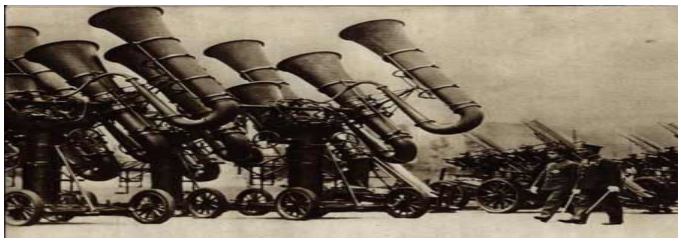
سیستمهای موقعیت یابی صوتی تاریخچه ای بسیار قابل ملاحظه دارند، به عبارت بهتر می توان آنها را مادر رادارهای امروزی دانست، در سال ۱۸۸۰ پروفسور ***Mayer*** دستگاهی را تحت عنوان ***Topophone*** ارائه نمود (شکل۱) که اولین پیشنهاد در این حوزه شناخته می شود.

شکل ۱: نمونه ارائه شده توسط Mayer در سال ۱۸۸۰میلادی

شکل(۲) نشان دهنده یک رادار آکوستیک است.

شکل ۲: تصویری از یک سیستم رادار صوتی مورد استفاده انگلستان(۱۹۲۸)[۳٤]

در اوایل قرن بیستم با توجه به نیازی که در جنگ جهانی اول برای پیدا نمودن موقعیت هواپیماهای دشمن، حس میشد، انگلستان دست به ابتکار جالبی زد و توسط تیمهای انسانی با توجه به قدرت شنوایی آنها، سیستمهایی را تحت عنوان رادار آکوستیک[1] معرفی نمود(شکل ۳).



شکل ۳: تصویری از یک سیستم رادار صوتی با میکروفون آرایه ها مورد استفاده ژاپن(۱۹۳۰)[۳٤و۳۳]

اصول کاری این سیستمها بسیار جالب بود، در نمونه های اولیه تنها از دو قیف بزرگ به عنوان جمع کننده صوتی بهره برده میشد و فردی سمت حرکت هواپیما را مشخص می نمود و یا اصلا وجود هواپیما را تایید می نمود(شکل٤و ۵).

شکل ٤: نمونه ی آمریکایی، متعلق به سال۱۹۲۱[۳٤]

شکل ٤: یک سیستم تشخیص جهت حرکت پرنده ها متعلق به جمهوری چک با دو سنسورصوتی(۱۹۲۰)[۳۳]

[1] *Acoustic radar*

در نمونه های بعدی از دو نفر به گونه ای استفاده می کردند کـه یکـی جهـت حرکـت افقی و دیگری عمودی را مشخص کنند(با چهار قیف صوتی)(شکل٦).

شکل ٥: سیستم آلمانی گیرنده با چهار سنسور دو درجه آزادی، با قابلیت مکانیابی تا فاصله ی ۱۲کیلومتر(۱۹٤۰) [۳٤]

در انواع دیگر، از مغز یک انسان به عنوان پردازشگر استفاده میشد، بـه نحـوی کـه فـرد شنونده، با تغییرات دامنه ی صدای گیرنده های قیف مانندی که به صورت عمـودی و افقـی قـرار گرفته بودند، سعی در بیشینه نمودن توان سیگنال شنیده شده می کرد و دستگاه خـود را در جهـت منبع صوتی متمرکز می نمود، لذا جهت منبع صوتی آشکار میشد(شکل٧).

شکل ٦: رادار گیرنده صوتی آمریکایی، تعیین کننده جهت حرکت پرنده(۱۹٤۳) [۳٤]

این واقعیت که این دست از سیستمها کارا و یا ناکارآمد بودند، در اینجـا بـه هـیچ وجـه حائز اهمیت نیست. اصلاً کارآمدی این نوع ابزار آلات با توجـه بـه محـدودیت سـرعت صـوت، امروزه به طور کلی مورد تردید است. اما بد نیست بدانیم، کـه فعالیـت هـای انجـام شـده در ایـن حوزه بسیار قابل احترام است، چرا که این موضوع پایه گزار ابداعات بعدی بـود، و در نهایـت بـه تولید رادارهای امروزی منجر شد.

گوش انسان خود به عنوان یک ابزار مکان یابی، کاربرد بی نظیری در امر مکانیابی منـابع صوتی دارد، اولاً قادر است تأخیرات بسیار جزئی اصوات تا رسیدن به هر گوش را درک نماید و

در نتیجه سوی منبع را مشخص نماید، ضمناً با توجه به آموزشهایی که شبکه عصبی انسان در دوران زندگی می بیند، با پردازش اطلاعات ناشی از دامنه اصوات، قادر به تخمین فاصله منابع صوتی تا گوشها هم می تواند باشد. بعلاوه قدرت پردازش فرکانسی گوش، این امکان را به انسان میدهد تا جهت حرکت منابع صوتی را تشخیص دهد، همچنین از توانایی سوئیچ بر روی هر منبع صوتی که می خواهد آن را استماع کند (البته با وجود محدودیتهایی)، برخوردار است. این در حالیست که انسان تنها از دو سنسور شنوایی بهره می برد.

ما اگرچه نمی توانیم شبکه عصبی کاملی همانند مغز انسان را طراحی نماییم، لیکن می توانیم سنسور شنیداری مناسبی با قدرت پردازش منابع مستقل و حتی غیر مستقل، ایجاد نماییم. واضح است که این انتهای آرزوی انسان نبوده و نیست، لیکن روشهای مختلف ارائه شده در حوزه های مختلف، برای تکمیل این فرآیند نقش بسزایی ایفاء خواهند نمود و چه بسا در آینده، این ایده ها که بعضا با نتایج مثمری ارائه شده اند، کار را برای دانشمندان در تولید یک سنسور کامل شنوایی هموار سازد. البته هر سیستمی به طور مستقل می تواند مصارف دیگری هم داشته باشد، که اشاره به تک تک موضوعات را خارج از مجال این بحث می بینم.

هدف اصلی این پروژه، مکانیابی منابع صوتی با استفاده از الگوریتمهای جداسازی منابع صوتی است و تمامی اقداماتی که در این حوزه انجام می شود برای نیل به این هدف می باشد.

در ادامه به دو شاخه ی اساسی اشاره می کنیم، که البته موضوع اساسی این پروژه بهره گیری از این دو مبنا است، نخست مکانیابی و دیگری جداسازی منابع صوتی. در فصول آتی و در مروری بر کار ها گذشته، به صورت کامل به آنها خواهیم پرداخت. روال کلی این پژوهش را بر روی سه موضوع اصلی متمرکز می کنیم:

- مکانیابی منابع صوتی
  - اصول مکانیابی
  - روشها و الگوریتمهای مکانیابی
- جداسازی کور منابع صوتی
  - اصول جداسازی منابع صوتی

- روشهای جداسازی و الگوریتمهای موجود در جداسازی کور منابع صوتی

- ترکیب مکانیابی و جداسازی کور منابع به منظور مکانیابی و موقعیت یابی چند منبع صوتی به طور همزمان، به منظور کاهش حجم سخت افزار در امر مکانیابی منابع صوتی

بخشهای ۱ و ۲ به صورت کاملا مستقل بحث خواهند شد. بخش سوم را به عنوان بخش اصلی این پروژه، که البته آزمونها و تستها تماما بر روی این بخش صورت پذیرفته است، بیشتر مورد توجه قرار خواهیم داد. این قسمت را نقطه عطفی برای دو بخش قبل قلمداد خواهیم نمود.

در راستای نیل به هدف این پروژه که موقعیت یابی و جداسازی منابع صوتی به صورت همزمان می باشد، ما از یک روش جدید بهره گرفته ایم. با توجه به اینکه مساله موقعیت یابی گوینده در حالت چند گوینده ای مساله نسبتا سنگینی است، و حل آن مستلزم بکارگیری محاسبات آماری پیچیده و زیاد است و ضمن آنکه سخت افزار مورد نیاز در این بخش تقریبا ٤ برابر تجهیزات سنسوری مورد نیاز در بخش جداسازی کور منابع است، ما سعی در ادغام این دو قسمت با هم داریم به گونه ایکه از جداسازی منابع در جهت موقعیت یابی منابع صوتی استفاده نماییم، این عمل ما علاوه بر کاهش پیچیدگی محاسبات، باعث کاهش حجم شدید سخت افزار مورد نیاز هم می گردد.

در انتها هم به نتایج آزمایشات انجام شده خواهیم پرداخت و پیشنهاداتی راجع به پروژه های بعدی که می توان در این راستا تعریف نمود خواهیم پرداخت و ذکر منابع و مواخذ هم خواهد شد.

فصل دوم

۲. مروری بر کارهای گذشته

۲-۱ *مقدمه*

در این بخش سعی خواهیم نمود تا علاوه بر آنکه به روشن سازی فعالیت های گذشته اشاره میکنیم، به بحث کلی خودمان هم جهت دهی شود، لذا این بخش را به دو قسمت کلی تقسیم بندی می نماییم:

- مکانیابی منابع صوتی
- جداسازی منابع صوتی

در هر بخش کارهایی را که تا به اینجا صورت پذیرفته از دید ناظر خارجی به تصویر می کشیم، البته سعی خواهیم کرد که کارهای بی ربطی که در این حوزه تنها باعث سردرگمی می شود را بیان ننماییم. به عبارت بهتر از خطوط قرمزی که پروژه را تحت تاثیر قرار خواهد داد، عدول نخواهیم نمود.

قبل از شروع بحث مکانیابی منابع صوتی بهتر است مختصری مکانیابی را به طور کلی توضیح دهیم، تا علاوه بر اینکه سیر حرکتی ما مشخص می شود، تعیین گردد که ما در کجای این سرفصل قرار داریم.

۲-۲ *مکان یابی*

در فصل قبل به تاریخچه ی مکانیابی منابع صوتی تا حدودی اشاره داشتیم. به طور کلی مکان یابی یک جسم به سه طریق می تواند صورت پذیرد:

- به صورت فعال[۱]
- نیمه فعال[۲]
- به صورت غیر فعال[۳]

در روشهای فعال سیگنالی خاص بایستی موقعیت هدف را مشخص سازد، این سیگنال می تواند امواج رادیویی باشد و سیگنال برگشتی از جسم، مبین مکان، سرعت و جهت حرکت جسم باشد به مانند رادارها و نمونه ی صنعتی آن هم چشمهای سونار عقب خودروهاست که وجود اشیاء عقب خودرو را به راننده گوشزد می کند. این دست از سیستمها در عمل مصارف نظامی و تجاری خاص خود را دارند و هر روزه شاهد پیشرفت آنها هستیم.[۳۲]

روش دیگر روش نیمه فعال است. این روش تقریبا همانند روش فعال عمل می کند، با این تفاوت که، با وجود یک سیستم آشکارساز راداری، موقعیت یاب، خود پردازش اطلاعات مکانی را بر عهده دارد. عملا این دست از سیستمها بیشترین استفاده را در زندگی روزمره ما دارند. در مصارف نظامی هم می توان به برخی انواع موشکهای ضد هوایی اشاره نمود که یک سیستم راداری سیگنالها را به سمت هدف ارسال می کند و موشک با پیگردی این سیگنالهای برگشتی در یک قیف هدایتی به سمت هدف طی مسیر می کند. نمونه دیگر سیگنالها در روشهای فعال می تواند یک منبع نورانی باشد که با تابش خود جسمی را برای یک چشم روباتیک آشکار می کند. [۳۲]

در روشهای غیر فعال که کاربرد وسیعی در حوزه های مختلف اعم از نظامی و تجاری دارند، کار کمی متفاوت است، به گونه ایکه ما ابداً سعی نخواهیم کرد که جسم را آشکار نماییم،

[1] *active*
[2] *Semi active*
[3] *passive*

و جسم خود بایستی بیشترین فعالیت را در جهت آشکار سازی خود ایفا نماید. به عبارت بهتر ما از اطلاعات گرفته شده از جسم بهره خواهیم برد لیکن این اطلاعات از جنس سیگنال ارسالی ما نخواهند بود چرا که ما اصلا سیگنالی برای شفاف سازی هدف تولید ننموده ایم، این سیگنالها می توانند گرما، صوت، نور و یا هر مشخصه خروجی دیگری از هدف باشند. این روش نسبت به دو روش دیگر در حوزه های نظامی از ارجحیت بیشتری برخوردار است زیرا آشکار نبودن جستجو گر برای هدف می تواند مانع از هرگونه ترفند مقابله ای با این روش گردد.[۳۲]

موقعیت یابی منابع صوتی از روی مشخصه صوتی ایشان دقیقاً از این اصل پیروی می کند. به عبارت بهتر مکانیابی منبع صوتی یا جسم گویا، با بهره گیری از اطلاعات صوتی و حتی تصویری منبع صوت می تواند صورت پذیرد، لذا این روش یک روش غیرفعال است. در ادامه بیشتر به بررسی این موضوع خواهیم پرداخت.

۲-۳ *مکان یابی منابع صوتی*

انسانها به صورت طبیعی قادر به مکانیابی صوت به صورت 4π رادیان در فضا هستند. به صورت عام قدرت سامعه ما به این صورت آموزش داده شده است که نسبت به تاخیرات ناشی از زمان ورود صوت به گوشها و تغییرات فرکانسی آن و میزان توان وانرژی سیگنال، سازگار باشد و قادر به تشخیص مکان، جهت حرکت و تغییرات فاصله باشد. شنونده ها قادر به تشخیص مکان صوت در سطوح عمودی با وجود تفاوتهای درونی بسیار ناچیز سیگنال ، نیز هستند. علاوه بر این شنونده ها در یک اتاق بسته با وجود انعکاس صوت از دیوارها و افزایش توان سیگنال و تاخیرات فازی غیر قابل پیشبینی، باز هم قادر به تشخیص مکان صوت هستند.

ویدیو کنفرانسها ، سیستمهای hands_free ، سیستمهای بازشناسی گفتار، سیستمهای tracking گوینده، سیستمهای موقعیت یاب غیر فعال برای مصارف نظامی (رادارهای آکوستیک)، سیستمهای چند گوینده ای و سوئیچینگ گوینده و همچنین بسیاری از سیستمهای پردازشی دیگر، یا نیاز به دریافت اطلاعات، به صورت تمیز و با کیفیت مناسب، از گوینده و یا منبع صوتی به منظور استخراج صحیح پارامترهای صوتی را دارند، یا نیاز دارند تا اطلاعات مناسبی از مکان منبع صوتی را به منظور سوئیچینگ بر روی یک گوینده استخراج کنند و یا اصل مکانیابی خود منبع صوتی را دنبال می کنند.

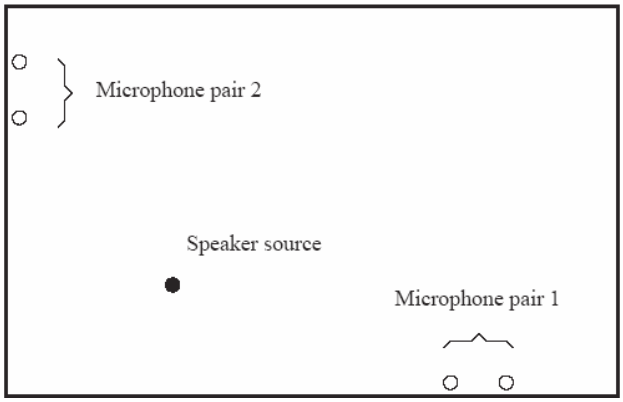
به منظور داشتن اطلاعات مناسب و با کیفیت از سیگنال دو راه پیش روی ما قرار دارد، یکی آنکه سعی کنیم تا از همان ابتدا بهترین کیفیت سیگنال را دریافت نماییم، به این منظور میتوانیم از سیستمهایی خاص برای ضبط استفاده کنیم (مانند استفاده از مکانهای مناسب ضبط گفتار و یا به کار گیری روشهای نوین در ضبط صدا به مانند استفاده از میکروفونهای با لوب جهت دهی شده به سمت منبع صوتی و یا به کار گیری میکروفون آرایه ها در این حوزه) که در همه جا پاسخ آنها یکسان نیست و در هر مکان نیاز به یکی از این روشها برای انجام این موضوع می باشد. یا آنکه از سیستمهای تقویت صوت استفاده نماییم و به عبارتی سیگنال دریافتی را به منظور استفاده های بعدی تقویت نماییم، که البته کاربرد نسبتا وسیعی دارند و تقریبا امروزه در تمام تجهیزات صوتی از این قبیل سیستمها به نحوی استفاده شده است.

یکی از سیستمهایی که توجه زیادی هم به آن می شود میکروفون آرایه ها هستند. این سیستمها که نسبت به سایرین جوانتر می باشند، خود پتانسیل اجرای بسیاری از فعالیتها را دارند. که از مصارف مختلف آنها یافتن مکان منبع صوتی است.

برای روشن تر شدن بحث به این مثال توجه کنید، فرض کنید یک سیستم ویدیو کنفرانس در اختیار شما باشد، یک دوربین نمای ویدیویی شما را ارسال می کند، حال اگر شما مکان خود را عوض نمایید، واضح است که در صورتیکه دوربین از یک نوع مکانیابی استفاده نکند، حال چه از نوع تصویری و یا گفتاری، شما از کادر خارج می شوید. حال فرض کنید یک سیستم موقعیت یاب منبع صوت به عملگرهای کنترلی دوربین دستور تصحیح دهد، و کادر دوباره به روی منبع صوت می گردد. حال اگر سیستم بر روی پردازش گفتار کار کند چه اتفاقی خواهد افتاد؟ به طور قطع اگر میکروفون در جهت و نزدیک منبع صوت باشد بالاترین کیفیت، حاصل خواهد شد. البته بایستی این موضوع را در نظر داشت، که مطلوب شدن جوابها در محیطهای دارای پژواک ونویز، مشهودتر خواهد بود.

معمولا در میکروفون آرایه ها سعی بر این است که با تعداد کم میکروفونها، موقعیت منبع صوتی آشکار شود. در عمل برای این منظور ما به دست کم ٤ میکروفون به منظور داشتن ٣ تاخیر زمانی رسیدن صوت(که راجع به آن بعدا" توضیح خواهیم داد) برای یافتن یک منبع صوتی، نیاز داریم (شکل (٨)). این نکته هم حائز اهمیت است که، برای رهگیری هر منبع صوت اضافه شده، حداقل ٤ میکروفون دیگر نیاز خواهد بود. توضیح اینکه در پروژه های عملی معمولا از ٦ میکروفون برای یافتن مکان یک هدف (البته در مختصات سه بعدی) استفاده می شود[١٣]، به این

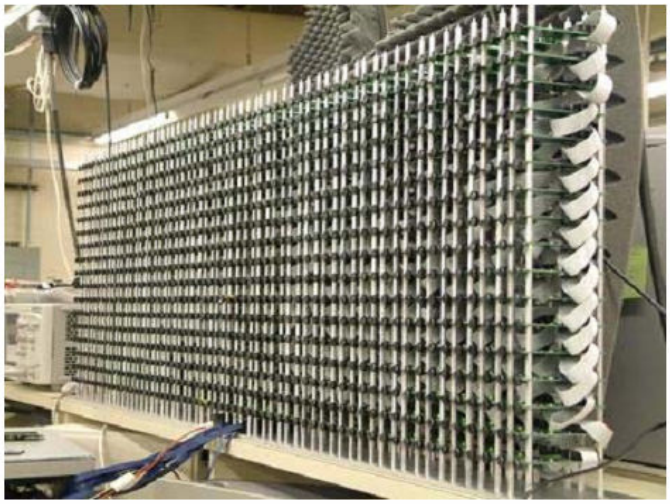
علت که پاسخ های بهتری برای آن مشاهده شده است. لیکن در مباحث نظری ٤ میکروفون کـاملا کفایت میکند. اما با بالا رفتن تعداد منابع، خطای مکانیابی به شدت افزایش می یابد.



شکل ۸: شمای نمادین یک مکان دو بعدی به همراه مکان زوجهای میکروفونی و همینطور منبع صوتی

در اینجا یک سوال مطرح می شود و آن این است که، آیا با داشتن سه میکروفـون نمـی توان سه تاخیر زمانی را به دست آورد؟ در نگاه اول بایستی بگوییم که میشود بـا سـه میکروفـون سه تاخیر زمانی میان سه زوج را به دست آورد. لیکن با توجه بـه روابـط پایـه ی ریاضـی، مـا بـا داشتن سه معادله تاخیر زمانی که از اختلاف فاصله برداری میکروفونها با منبـع صـوتی بـه دسـت آمده است، با توجه به اینکه جمع دو معادله با هم معادله دیگر را پاسخ می دهد، لذا ما دو معادلـه با سه مجهول خواهیم داشت، فلذا حل دستگاه در حالت سه بعدی با سه میکروفـون غیـر ممکـن است.

سیـستم پیـشرفته ای کـه بـا ۱۰۲۰ میکروفـون در دانـشگاه ***MIT*** طراحـی شـده اسـت (شکل(۹))، و البته کاربرد سوئیچینگ بر روی گوینده را هم دارد و می تواند چند منبـع صـوتی را در آن واحد رهگیری نماید و البته بر روی شرایط مختلف نویزی و تعداد میکروفونهـا آزمایـشات را صورت داده، در تستهای عملی با ٦ گوینده، آزمایشات را با موفقیت پشت سر گذاشته، تحلیـل این موضوع که این سیستم قادر به موقعیت یابی و سـوئیچینگ بـر روی چنـد منبـع، در صـورت همزمان است، در مقالات آورده نشده است.[٢٦]



شکل۹: سیستم ۱۰۲۰ میکروفونه دانشگاه MIT[۲۶]

لیکن آن چیزی که در تئوری واضح است و در مقالات مختلفی که در خصوص این سیستم ارائه شده است، آورده نشده[۲۶]، تعداد منابع صوتی قابل جداسازی در این روش می بایست ۲۵۶ باشد، که عدد نسبتاً خوبی است. لیکن، روش پیشنهادی ما حول همین موضوع متمرکز می باشد. اساساً ایده ما کاهش این پردازش ها و افزایش چندین برابری دقت سیستم با توجه به کاهش غیر قابل تصور تعداد سنسورهای صوتی است، به گونه ای که ما تنها برای بخش موقعیت یابی به ٤ میکروفون نیاز داریم. که البته با روش پیشنهادی می توان با ۱۰۲۰ میکروفون نزدیک به ۱۰۱٦ منبع مستقل صوتی را به صورت نظری و البته ۱۰۱۳ منبع مستقل صوتی را به صورت عملی مکانیابی نمود. شاید با این مثال ساده به محدودیتهای الگوریتمهای موجود بتوان اذعان داشت. خود این امر، نشان دهنده این موضوع است که بالا رفتن تعداد منابع، تا چه حد می تواند پردازش را سنگین نماید. شاید بگویید که این یک ادعا بیش نیست، لیکن این روش یک مسیر کاملا منطقی است و با توجه به محاسبات و آزمایشات متعدد پاسخ داده است. این موضوع برای ۳ منبع صوتی تست شده و نتایج آن بسیار رضایت بخش بوده که در ادامه به آن هم، خواهیم پرداخت و اثبات خواهیم نمود که ما به بیش از $n+5$ میکروفون برای موقعیت یابی n منبع صوتی نیاز نداریم. حال آنکه در روشهای امروزی برای مکانیابی n منبع صوتی به $3n+1$ میکروفون نیاز است.

سیستمهای موقعیت یابی منبع صوتی از سه الگوریتم کلی استفاده می کنند:

۱) ماکزیمم کردن توان[۲۲و۲۳] [1]

[1] Based on Maximizing Steered Response Power (SRP) of a beamformer