بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

تحلیل و طراحی سیستم مایکروویو برای نگهبانی محیط

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق الکترونیک

سید علی میر سعیدی

اساتید راهنما

دکتر ابوالقاسم زیدآبادی نژاد **دکتر سعید صدری**

۱۳۸۵

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق –الکترونیک آقای سید علی میرسعیدی

تحت عنوان

تحلیل و طراحی سیستم مایکروویو برای نگهبانی محیط

در تاریخ ۱۳۸۵/۱۲/۲۷ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه — دکتر ابوالقاسم زیدآبادی نژاد

۲- استاد راهنمای پایان نامه — دکتر سعید صدری

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر علیمحمد دوست حسینی

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدایی را که هیچ معبودی جز او نیست و هیچ نیروئی وجود ندارد مگر اینکه از اوست. خدائی که لطیف و خبیر است و هیچ چیز از سیطره حکومت او خارج نیست. خدائی که هیچ کس مدحش را نتواند و نعمتهایش را نشمارد. وبا سلام بر پیامبر رحمت, محمد مصطفی صلی الله علیه وآله و امیر مؤمنان, علی مرتضی و فرزندان پاکش, ائمه معصومین علیهم السلام.

از پدر و مادر عزیزم که زحمات فراوانی برای رشد و ارتقای اینجانب متحمل شده و از هیچ کوششی فروگذار نکرده‌اند, سپاسگزاری می‌کنم و برای آنها آرزوی سربلندی و عاقبت بخیری دارم.

از اساتید راهنمای پروژه, دکتر ابوالقاسم زیدآبادی نژاد و دکتر سعید صدری به خاطر راهنمائی‌های ارزنده در طول پروژه, صمیمانه تشکر وقدردانی می‌کنم. همچنین از دکتر امیر برجی و دکتر جواد پورآباده نیز به خاطر داوری پایان‌نامه و تذکرات مفیدی که به بنده دادند, سپاسگزارم.

از دوستان گرامی مهندس روح الله بیگی, محمد شیخ زفره و آرمین جلیلی نیز به خاطر کمک آنها تشکر و برای آنها آرزوی موفقیت می‌کنم. از سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده, دکتر دوست حسینی و سرکار خانم نکوئی نیز سپاسگزاری می‌کنم.

تقدیم به پدر و مادرم

که همچون شمع روشنایی بخش زندگیم بوده‌اند

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات, ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به **دانشگاه صنعتی اصفهان** است.

این پایان نامه باحمایت **مرکز تحقیقات مخابرات ایران** (قرارداد شماره ۵۰۰/۲۹۰۷/ت مورخ ۱۳۸۳/۳/۲۴) به انجام رسیده است.

چکیده

امروزه امنیت یکی از مهمترین چالش‌هایی است که انسان با آن روبروست و تکنیک‌هائی برای افزایش امنیت محیط‌های حساس و استراتژیک مثل سایت‌های هسته‌ای، پالایشگاه‌ها، فرودگاه‌ها، بانک‌ها، موزه‌ها و غیره ارائه شده است. یکی از این روش‌ها استفاده از سیستم دیده‌بانی مایکروویو است. این سیستم از یک فرستنده و یک گیرنده مایکروویو با فاصله ثابت تشکیل می‌شود. فرستنده یک موج به سمت گیرنده ارسال می‌کند, در صورتی که شخصی وارد محوطه مورد محافظت شود, به علت مانع شدن، توان دریافتی در گیرنده تغییر می‌یابد. با توجه به سطح توان سیگنال دریافتی و پردازش آن می‌توان عبور فرد را آشکار کرد و سیگنال الارم را برای انجام اقدامات امنیتی لازم فعال کرد. در این پایان‌نامه پس از معرفی مشخصات یک سیستم سنسور مایکروویو و تعیین پارامترهای آن روشهایی برای پردازش توان دریافت شده در گیرنده بیان می‌شود. سپس با بررسی پدیده‌هایی که در یک لینک مایکروویو روی توان دریافتی تاثیر می‌گذارند, عبور انسان از کنار لینک مایکروویو تحلیل و به کمک نرم‌افزار MATLAB شبیه‌سازی گردیده است. در نتیجه یک تخمین از مقدار توان دریافتی در زمان آرامش سیستم و زمان حضور مانع بدست آمده که حساسیت مورد نیاز گیرنده راتعیین می‌کند. مدارهای گیرنده و فرستنده طراحی و شبیه‌سازی شده‌اند و در نهایت پیشنهاداتی برای بهبود عملکرد سیستم ارائه گردیده است.

فصل اول
مقدمه

مقدمه

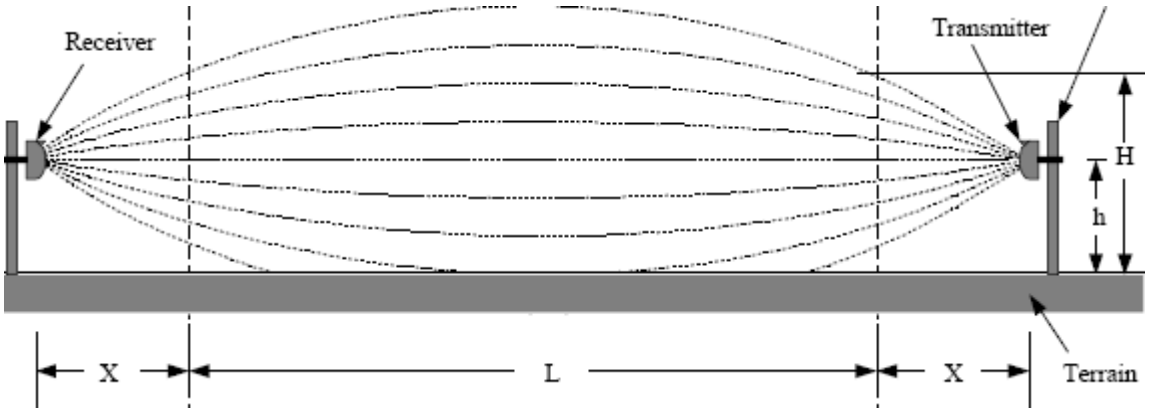
امروزه امنیت یکی از مهمترین چالش‌هایی است که انسان با آن روبروست و تکنیک‌هائی برای افزایش امنیت محیط‌های حساس و استراتژیک مثل مرزها, بندرها,سایت‌های هسته‌ای، پالایشگاه‌ها، فرودگاه‌ها، بانک‌ها، موزه‌ها و غیره ارائه شده است. یکی از این روش‌ها استفاده از سیستم دیده‌بانی مایکروویو است. با استفاده از این سیستم ضریب امنیت مکان‌های حساس و استراتژیک افزایش و در عین حال هزینه نگهبانی این مکان‌ها کاهش می‌یابد.

۱-۱- عملکرد سیستم دیده‌بانی مایکروویو

دستگاه دیده بانی مایکروویو از یک فرستنده و یک گیرنده مایکروویو ثابت تشکیل شده است. در ساده‌ترین حالت، فرستنده یک موج تک فرکانس با شکل بیم مناسب به سمت گیرنده ارسال می‌کند, در صورتی که شخصی وارد محوطه مورد محافظت شود, به علت ایجاد مانع[1] و پخش شدن امواج ، توان دریافتی در گیرنده کاهش می‌یابد و با توجه به سطح توان سیگنال دریافتی و با پردازش آن می‌توان عبور فرد نفوذ کننده را

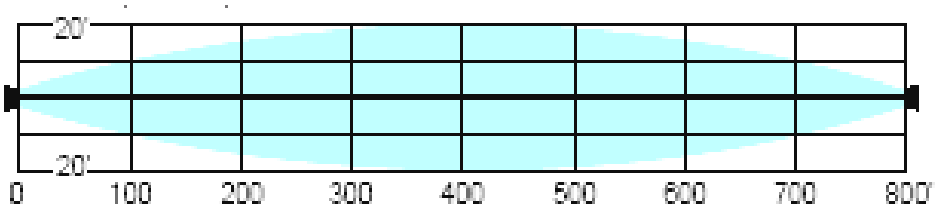
[1] **Obstruction**

آشکار کرد و سیگنال الارم را برای انجام اقدامات امنیتی لازم فعال نمود. ناحیه آشکارسازی که در شکل(۱-۱) مشخص شده حاصل اشتراک پترن تشعشعی آنتن‌های فرستنده وگیرنده است زیرا این ناحیه هم باید در دید گیرنده باشد وهم امواج فرستنده با توان کافی به آن رسیده باشد.



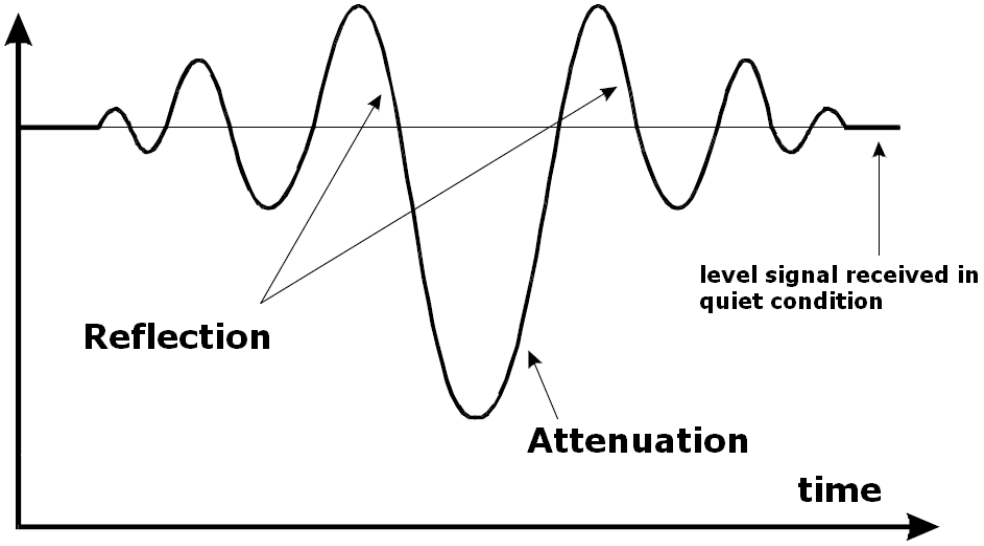
شکل (۱-۱): ناحیه آشکارسازی سیستم دیده بانی مایکروویو[۱]

در شکل(۱-۱) ابعاد L و H به ترتیب طول وارتفاع ناحیه آشکارسازی هستند. X را فاصله کور می‌نامیم چون فرد نفوذ کننده می‌تواند ازپائین این ناحیه عبور کند بدون اینکه روی امواج ناحیه آشکارسازی تاثیر بگذارد. ناحیه آشکار سازی از دید بالا به صورت شکل(۱-۲) است.



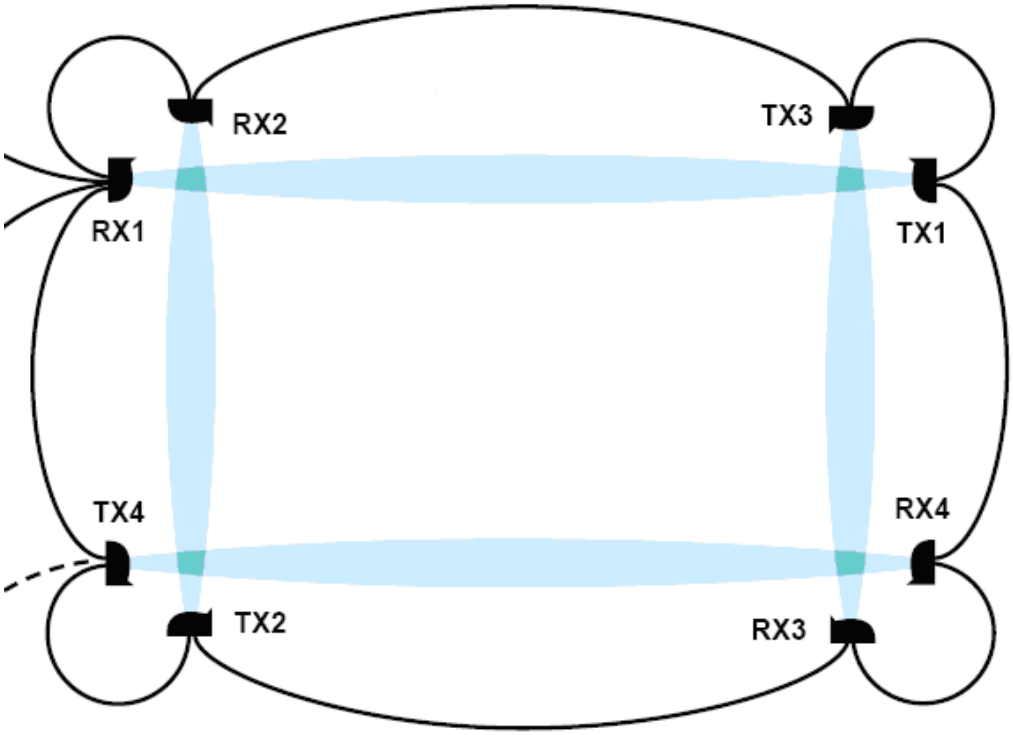
شکل (۱-۲): دید از بالای ناحیه آشکار سازی (ابعاد بر حسب فوت ft)[۲]

در شکل(۱-۳) سطح توان سیگنال دریافتی در گیرنده به هنگام عبور یک انسان از مقابل ناحیه آشکار سازی دیده می‌شود.



شکل (۱-۳): سطح توان سیگنال دریافتی هنگام عبور انسان[۳]

در صورت نیاز به نگهبانی از یک منطقه باید مطابق شکل(۱-۴) از چند لینک استفاده نمود.



شکل (۱-۴): محافظت از یک منطقه با استفاده از چند لینک[۱]

۱-۲- مشخصات فنی دستگاه

مشخصات کلی که درطراحی دستگاه باید مورد توجه قرار گیرد عبارت است از : فرکانس کار مناسب, توان سیگنال در فرستنده ، نوع آنتن‌ها و شکل پترن آنها (که ناحیه آشکارسازی را مشخص می‌کند)، محدوده فاصله بین گیرنده و فرستنده، نوع مدولاسیون سیگنال فرستنده ، تعداد کانال‌ها (فرکانس‌های مدولاسیون

مختلف), نرخ الارم‌های ناخواسته، ولتاژ ورودی تغذیه دستگاه و توان مصرفی و وزن دستگاه. این مشخصات درفصل دوم بررسی می‌شوند.

۱-۳- تکنولوژی‌های دیگر برای تحقق سیستم دیده‌بانی

برای تحقق سیستم دیده‌بانی علاوه بر فرستنده-گیرنده‌های مایکروویو، روشهای دیگری مانند سنسورهای مادون قرمز و ماوراء صوت نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر روش نسبت به روش‌های دیگر مزایا و معایبی دارد. دو مشخصه اصلی برای مقایسه عملکرد تکنولوژی‌های موجود از دید کاربر وجود دارد: احتمال آشکار سازی فرد نفوذ کننده واقعی و احتمال الارم‌های ناخواسته. مقدار ایده‌آل برای احتمال اول ۱۰۰ در صد و برای احتمال دوم صفر است. منظور از الارم‌های ناخواسته الارم‌های ناشی از عوامل محیطی و شرایط آب و هوایی, عبور پرنده یا حیوانات کوچک, حرکت اشیاء در مجاورت لینک و به طور کلی عواملی غیر از نفوذ[1] واقعی است.

۱-۳-۱- تکنولوژی مایکروویو

همانطور که گفته شد در این روش از یک فرستنده و یک گیرنده استفاده می‌شود. بعضی از انواع آن بر اساس پدیده شیفت دوپلر کار می‌کنند و بعضی دیگر بر اساس سطح توان دریافتی در گیرنده عمل می‌کنند.در نوعی که بر اساس پدیده شیفت دوپلر کار می‌کند, فرستنده وگیرنده آنتن مشترک دارند[2] وروش آشکار سازی در آن به این صورت است که فرکانس موج بازتابیده از شئ متحرک با فرکانس ارسالی مقایسه می‌شود. در صورتی که منطبق نبودند, نشان می‌دهد که یک شی در مقابل در حال حرکت است. رادار هم بر این اساس کار می‌کند.

نوع دوم سنسور مایکروویو که در آن فرستنده وگیرنده در دو مکان جدا نصب می‌شوند[3], بر اساس سطح توان دریافتی در گیرنده عمل می‌کند. قابلیت پردازش سطح توان سیگنال دریافتی و برد نسبتا زیاد (طول لینک) ازمحاسن این نوع سنسور است.

۱-۳-۲- تکنولوژی مادون قرمز غیرفعال[4](PIR)

این تکنولوژی بر اساس آشکار سازی تغییرات انرژی مادون قرمز تابش شده از اشیاء که با دمای آنها متناسب است، کار می‌کند. المان پیرو الکتریک در یک سنسور PIR انرژی مادون قرمز را که از فضای تحت

---

[1] **Intrusion**
[2] **monostatic**
[3] **bistatic**
[4] **Passive Infra Red**

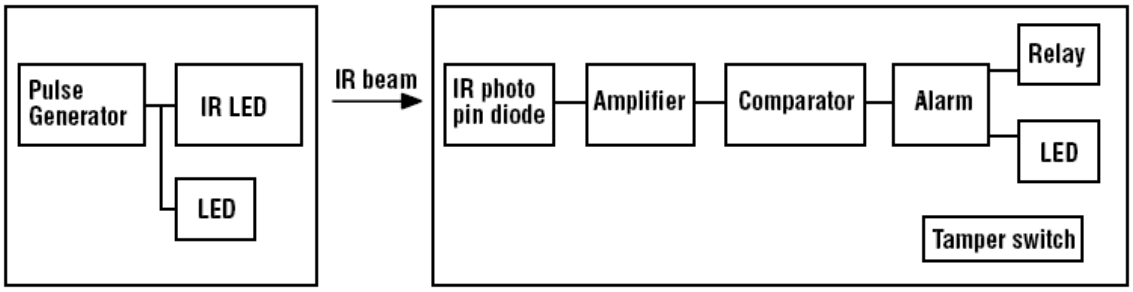
پوشش ساطع می‌شوند دریافت می‌کند. اگر تغییر ناگهانی (کاهش یا افزایش) از سطح انرژی مادون قرمز حس شود دستگاه الارم می‌دهد که این تغییرات می‌توانند ناشی از عبور یک نفوذ کننده به محیط باشد [۴].

۱-۳-۳- تکنولوژی دوگان[1]

در این حالت دو تکنولوژی قبل با هم ترکیب می‌شوند یعنی هم از سنسورهای PIR و هم از فرستنده وگیرنده مایکروویو استفاده می‌شود و خروجی الارم آنها با هم AND منطقی می‌گردد یعنی سیستم تنها وقتی الارم می‌دهد که هر دو با هم الارم بدهند. از آنجا که منابع الارم ناخواسته متفاوتی بر هر کدام از این سنسورها تاثیر می‌گذارد واضح است که نرخ الارم ناخواسته کم می‌شود. مقاومت این تکنولوژی در برابر الارم‌های ناخواسته به ما امکان می‌دهد تا حساسیت دستگاه را بالا برده, طوری که آهسته ترین و کوچکترین حرکات را هم آشکار نمود [۴].

۱-۳-۴- مادون قرمز فعال AIR [2]

تکنولوژی مادون قرمز فعال مطابق بلوک دیاگرام شکل(۱-۵) از یک منبع مادون قرمز به عنوان فرستنده که یک پالس مادون قرمز تولید می‌کند و یک آشکار ساز مادون قرمز تشکیل می‌شود در صورتی که مانعی در مسیر دید مستقیم[3] قرار گیرد,گیرنده پالس را دریافت نمی‌کند.



شکل (۱-۵) : بلوک دیاگرام چشم الکترونی مادون قرمز[۴]

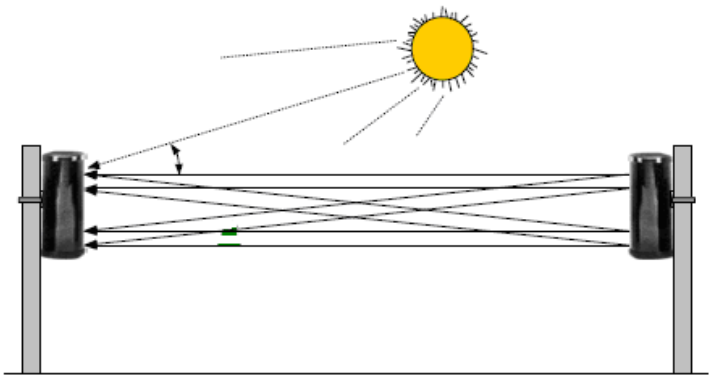
حسن این روش سادگی پیاده سازی آن است اما عیوبی هم دارد. اشعه مادون قرمز کاملاً مستقیم و باریک است. بنابراین نمی‌تواند بین مانع‌های کوچک و بزرگ تفاوتی قائل شود. مثلاً عبور یک پرنده و یک انسان از مقابل آن تفاوتی ندارد. دوم اینکه می‌توان از روی آن پرش نمود. البته این مشکل را می‌توان با به کار بردن چندین سنسور مادون قرمز مطابق شکل(۱-۶) برطرف نمود.

---

[1] **Dual technology**
[2] **Active Infra Red**
[3] **Line of Sight(LOS)**

عیب دیگر این تکنولوژی این است که با باران و مه غلیظ و دود و ... راه اشعه, سد می‌شود سیگنال الارم ناخواسته ایجاد می‌گردد. در هنگام مه و برف و شرایط محیطی دیگر می‌توان گفت که مادون قرمز مانند نور معمولی عمل می‌کند یعنی همان گونه که در مه غلیظ چراغ خیابان دیده نمی‌شود, نباید انتظار داشت که گیرنده مادون قرمز اشعه فرستاده شده را ببیند. برای محیط‌هایی با این شرایط (مثل محیط ساحل دریا و ...) برد نامی سنسور کاهش می‌یابد.

مشکل دیگر تکنولوژی مادون قرمز وجود اشعه مادون قرمز زمینه محیط است که در اشعه خورشید وجود دارد که البته این مشکل با پالسی بودن اشعه فرستاده شده توسط فرستنده تا حدی حل می‌شود. فرستنده و گیرنده مادون قرمز مطابق شکل(۱-۶) نباید در جهت نور خورشید (جهت شرقی-غربی) نصب شوند. برد این این نوع سنسور کم است بنابراین برای فاصله‌های کوتاه مناسب است [۴].



شکل(۱-۶): استفاده از چند سنسور مادون قرمز, اشعه مادون قرمز موجود در محیط ناشی از خورشید

۱-۴- ساختار پایان‌نامه

در این فصل به بیان عملکرد کلی سیستم و معرفی تکنولوژی‌های دیگر برای تحقق سیستم پرداختیم.

در فصل دوم به طراحی مشخصات فنی سیستم مانند فرکانس کار, توان فرستنده طول لینک ومشخصات آنتن می‌پردازیم و دو روش برای تشخیص عبور مانع با توجه به سطح توان گیرنده ارائه می‌گردد.

در فصل سوم پس از بررسی عوامل تاثیر گذار بر توان دریافتی مثل افت فضای آزاد, بهره آنتن‌ها, انعکاس, تفرق از اشیاء, به یک تخمین از توان دریافتی در زمان آرامش سیستم و در زمان حضور فرد نفوذ کننده دست می‌یابیم.

در فصل چهارم, مدارهای مایکروویو بلوکهایی که در فصل دوم تعیین شده‌اند, طراحی و شبیه‌سازی می‌شوند. برای تکمیل بحث یک مدار نمونه برای تشخیص عبور مانع بر اساس مقایسه سطح توان دریافتی با دو حد آستانه ارائه می‌گردد.

در فصل پنجم پس از جمع‌بندی پایان‌نامه, پیشنهاداتی برای افزایش دقت و کارائی سیستم ارائه می‌گردد.

فصل دوم
طراحی سیستم سنسور مایکروویو

مقدمه

در یک تقسیم‌بندی کلی, طراحی سنسور مایکروویو را می‌توان به چهار بخش تقسیم نمود:

۱-طراحی مدارهای مایکروویو فرستنده و گیرنده

۲-طراحی آنتن‌های فرستنده و گیرنده

۳-طراحی مدارهای پردازش و تصمیم گیری (بخش دیجیتال)

۴-طراحی لینک و تخمین توان دریافتی (با توجه به مسائل انتشار امواج در برخورد با مانع و ...)

بخش‌های ۱ تا ۳, در این فصل و بخش ۴ در فصل سوم معرفی و بررسی می‌شوند.

۲-۱- تعیین مشخصات فنی سنسور

در این بخش به معرفی و تعیین مشخصات فنی سیستم سنسور مایکروویو که در فصل اول معرفی شدند می‌پردازیم.

۲-۱-۱- فرکانس کار مناسب

هر چه فرکانس بیشتر باشد محوشدگی[1] امواج، ناشی از عبور انسان بیشتر می‌شود. به عبارت دیگر بدن انسان برای فرکانس‌های کم شفاف[1] است و عبور انسان از مقابل لینک تاثیر کمی بر سطح توان گیرنده می‌گذارد.

---

[1] Fading

همچنین در فرکانس‌های پائین به آنتن‌های خیلی بزرگ‌تری برای تامین بهره نیاز است. بنابراین فرکانس‌های کمتر از یک گیگا هرتز برای استفاده در این سیستم مناسب نیستند.

از طرف دیگر فرکانس‌های بالای مایکروویو، مشکلات دیگری دارند. اولاً به علت تضعیف زیاد ناشی از افت فضای آزاد, (طبق رابطه(۲-۱)) برد دستگاه (فاصله بین فرستنده و گیرنده) کم می شود همچنین باران, مه غلیظ و دود و ... مسیر امواج را مسدود می‌کنند و موجب الارم ناخواسته می‌شوند. با توجه به مطالب گفته شده، باند (C (4-8GHz , X (8-12GHz), و باند Ku (12-18GHz) , برای انجام این کار مناسب است. در این پروژه مقدار f_0=۱۰GHz به عنوان فرکانس کار انتخاب می‌شود.

۲-۱-۲- توان سیگنال ارسالی فرستنده

هر چه توان فرستنده بیشتر باشد, برد سیستم بیشتر خواهد بود و گیرنده حساسیت کمتری احتیاج خواهد داشت. ازطرف دیگر هرچه توان ارسالی پائین‌تر باشد, طراحی وساخت مدار فرستنده ساده‌تر و کم‌هزینه تر است. در این پروژه مقدار ۱۰dBm توان برای ارسال کافی است.

۲-۱-۳- شکل‌دهی سیگنال فرستنده

اگر فرستنده یک موج با دامنه ثابت ارسال کند, در گیرنده, پس از تقویت وآشکار سازی پوش در حالت آرامش یک ولتاژ DC در خروجی خواهیم داشت. اگر موج مایکروویو قبل از ارسال در یک موج مربعی با فرکانس چند کیلو هرتز ضرب شود, در گیرنده پس از آشکارسازی پوش یک موج مربعی بدست می‌آید که دامنه این موج مربعی معیار بهتری برای توان دریافتی است.

۲-۱-۴- کانال‌های مختلف (فرکانس‌های مختلف مدولاسیون)

برای لینک‌هایی که در نزدیکی هم نصب می‌شوند, بهتر است از فرکانس‌های مدولاسیون مختلف استفاده شود. در این صورت احتمال تداخل بین لینک‌های مختلف را می‌توان کاهش داد. مثلاً برای لینک‌های شکل(۱-٤) فرکانس‌های مدولاسیون ۱kHz, ۲kHz, ۳kHz و ۴kHz را می‌توان استفاده کرد. راه دیگر برای جلوگیری از تداخل لینک‌های مجاور استفاده از پلاریزاسیون‌های مختلف (افقی و عمودی) است. این کار با چرخاندن آنتن به اندازه ۹۰ درجه امکان پذیر است.

---

[1] Transparent

۲-۱-۵- حداکثر فاصله بین فرستنده و گیرنده

برای لینک در فضای آزاد یعنی بدون حضور زمین و هر گونه مانع دیگر در کنار لینک توان دریافتی از رابطه(۲-۱) بدست می‌آید [۵].

$$P_R = P_T G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \qquad (۲-۱)$$

در این رابطه که به فرمول فریس[1] مشهور است, P_T و P_R به ترتیب توان فرستنده و توان دریافت شده, G_T و G_R بهره توان آنتن‌های فرستنده وگیرنده, r طول لینک و λ طول موج است. در صورتی که موانعی در کنار لیک یا در مقابل آن وجود داشته باشد, باید با اضافه کردن ضرائبی اصلاح گردد. این کار در فصل سوم انجام خواهد شد.

برد لینک, به طور عمده توسط توان فرستنده وحساسیت گیرنده تعیین می‌شود. مهمترین عامل افت توان در لینک, افت فضای آزاد است. شرایط آب و هوایی و حضور موانع دیگر هم روی توان دریافتی تاثیر می‌گذارد. به عنوان مثال فرض می‌کنیم طول لینک مورد نیاز ۱۰۰ متر باشد. با توجه به این فاصله و توان فرستنده که ۱۰dBm تعیین شده است و با فرض اینکه آنتن‌ها مشابه ودارای بهره ۲۰dB باشند, حساسیت مورد نیاز گیرنده وبهره توان مور نیاز برای تقویت کننده ورودی گیرنده تعیین می‌شود. اگر فقط افت فضای آزاد را در نظر بگیریم طبق رابطه(۲-۱) گیرنده‌ای با حساسیت حدود ۴۲/۵dBm- مورد نیاز است. به عنوان مثال اگر حساسیت آشکارساز ۳۰dBm- باشد, تقویت کننده‌ای با بهره توان ۱۲/۵dB در طبقه اول گیرنده لازم است. برای طراحی مطمئن‌تر می‌توان از تقویت کننده‌ای با بهره توان ۱۵dB استفاده نمود. برای فواصل کوتاه لینک (کمتر از ۵۰ متر) بهتر است از آنتن با بهره کمتر استفاده کرد در این صورت ناحیه آشکارسازی شکل بهتری خواهد داشت. در این پروژه طول لینک ۱۰۰ متر در نظر گرفته می‌شود و حساسیت مورد نیاز گیرنده با توجه به آن محاسبه می‌شود.

۲-۱-۶- مشخصات آنتن‌ها

با توجه به رابطه (۲-۱) مشخص است که برای طول لینک زیاد بهره آنتن‌ها باید زیاد باشد. آنتن‌های بشقابی در فرکانس ۱۰GHz با ابعاد معقول بهره نسبتاً بزرگی می‌دهند و برای این سیستم گزینه مناسبی هستند. البته برای فاصله‌های کوتاه اگر بخواهیم یک ناحیه حجمی را پوشش دهیم, نباید بهره آنتن‌ها زیاد باشد. بهره آنتن بشقابی با شعاع دهانه r_0 از رابطه ذیل بدست می‌آید [۵]:

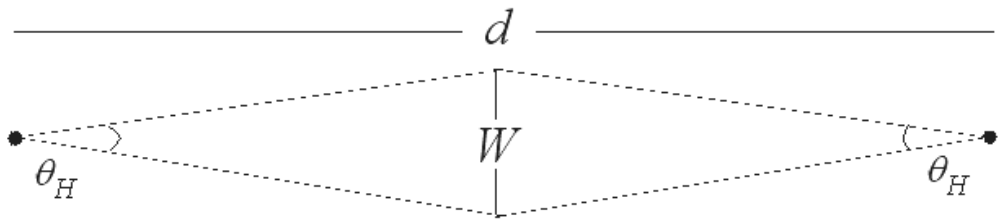
---

[1] Friss transmission formula

$$G = \eta \frac{4\pi}{\lambda^2}(\pi\, r_0{}^2) \qquad (۲-۲)$$

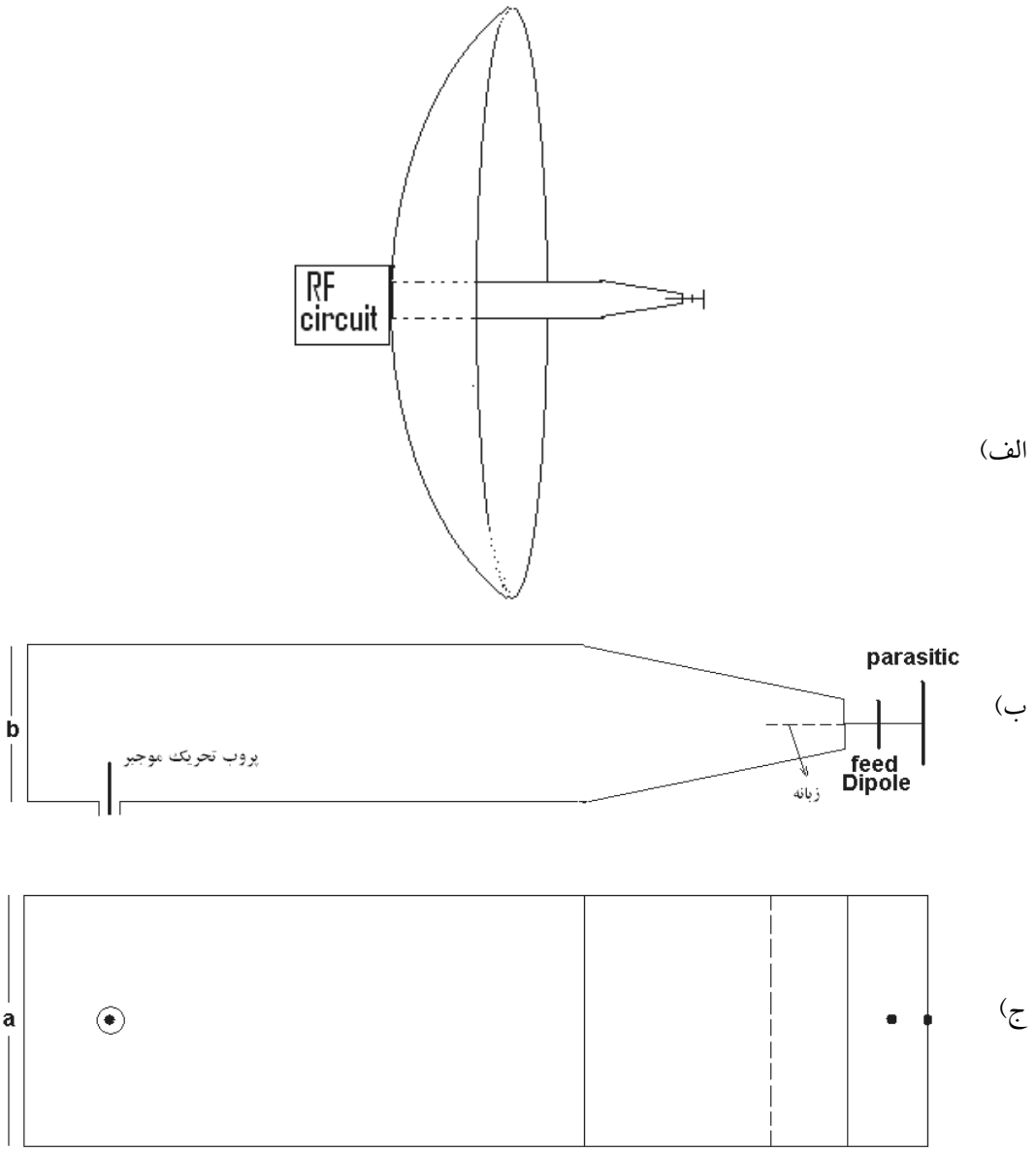
مقدار η برای آنتن رفلکتور سهموی تقریباً برابر با ۰/۵۵ است. اگر پترن تشعشعی آنتن را به صورت مخروطی با پهنای بیم θ_H و θ_E بر حسب درجه در نظر بگیریم, بهره آن به طور تقریبی از رابطه(۲-۲) بدست می‌آید [۵]:

$$G \cong \frac{26000}{\theta_H . \theta_E} \qquad (۳-۲)$$



شکل(۲-۱): طول وپهنای لینک (دید از بالا)

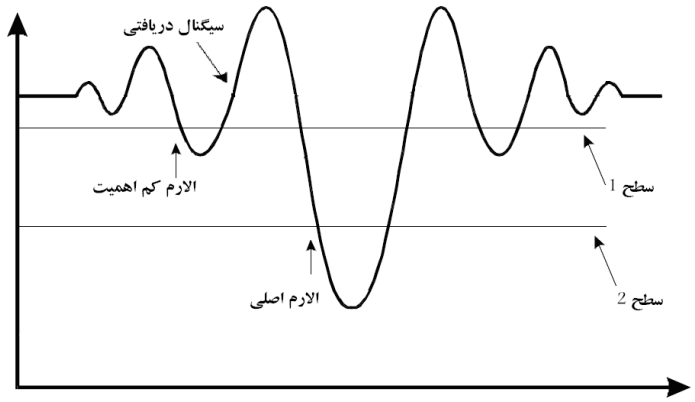
یک روش مناسب برای تغذیه آنتن رفلکتور مطابق شکل (۲-۲) است.در این روش از یک موجبر مستطیلی استفاده می‌شود که در انتهای آن از آنتن دوقطبی برای روشن کردن سطح آنتن رفلکتور استفاده شده است. طول دو قطبی به علت ضخامت آن باید کمی کوچکتر از نصف طول موج (۱/۵cm) باشد. پلاریزاسیون امواج تابیده شده از رفلکتور توسط فید دوقطبی تعیین می‌شود. در شکل(۲-۲) پلاریزاسیون آنتن عمودی است. همانگونه که بیان شد, برای جلوگیری از تداخل لینک‌های مجاور, بهتر است از پلاریزاسیون‌های مخالف (افقی و عمودی) استفاده شود. این کار با چرخاندن آنتن به اندازه ۹۰ درجه امکان پذیر است.



شکل(۲-۲): آنتن رفلکتور الف) آنتن رفلکتور و فید ب) فید آنتن دوقطبی همراه با سیستم تحریک(دید از کنار)
ج) فید آنتن دوقطبی همراه با سیستم تحریک(دید از بالا)

۲-۱-۷- نرخ الارم‌های ناخواسته

الارم‌های ناخواسته هزینه نگهبانی را افزایش می‌دهند. عواملی مانند تغییرات آب و هوایی وحرکت اشیاء بی‌اهمیت مانند برگ درختان و ... باعث تغییر در سطح توان دریافتی می‌شوند. می‌توان دو الارم با دو سطح مختلف اهمیت تعریف کرد(الارم اصلی و الارم کم اهمیت), به این صورت که مطابق شکل(۲-۳) دو حد آستانه برای سطح توان دریافتی قرار دهیم؛ اگر توان دریافتی از سطح اول پائین‌تر رفت الارم کم اهمیت فعال شود و اگر به حد دوم هم رسید, الارم اصلی فعال شود.



شکل(۲-۳): سطح توان سیگنال دریافتی به هنگام عبور مانع و سطوح آستانه الارم

همچنین برای افزایش دقت دستگاه می‌توان از تکنیک‌های مختلف به صورت یکجا استفاده نمود. مثلا سنسور مادون قرمز را در کنار سنسور مایکروویو بکار برد و هنگامی که خروجی هر دو سنسور با هم الارم دهند (AND), الارم اصلی فعال شود وهر گاه فقط یکی الارم بدهد (OR), الارم کم اهمیت فعال شود.

۲-۱-۸- توان مصرفی و ولتاژ ورودی

با توجه به این که چنین دستگاهی به صورت شبانه‌روزی کار می‌کند, توان مصرفی به عنوان یک معیار مهم برای ارزیابی آن مطرح است. به خصوص وقتی که از باتری برای تغذیه استفاده می‌شود, مسئله توان مصرفی مهم‌تر می‌شود. بنابراین در طراحی سیستم به کم مصرف بودن هم باید توجه شود. مثلاً اسیلاتور فرستنده و تقویت کننده آن باید راندمان بالائی داشته باشد.

۲-۲- مدارهای فرستنده وگیرنده

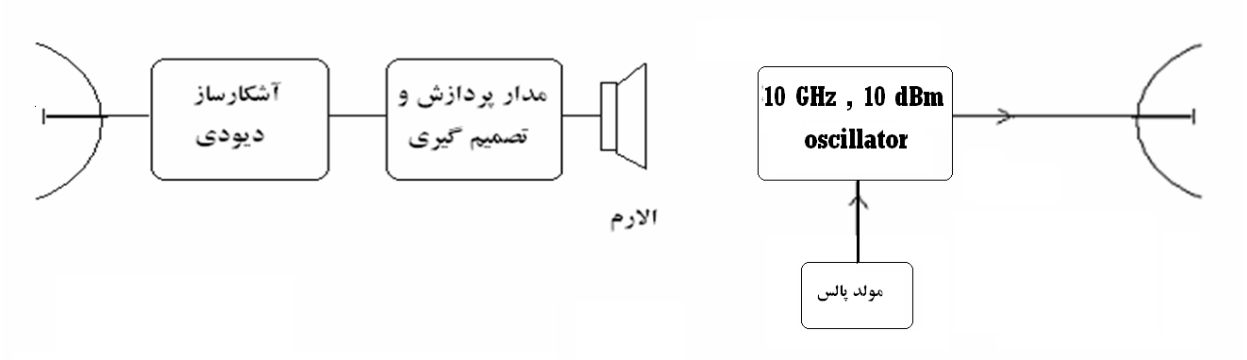
فرستنده از یک اسیلاتور مایکروویو تشکیل می‌شود. اسیلاتور باید حجم کوچکی را اشغال کند, توان حداقل ۱۰dBm را به آنتن فرستنده تحویل دهد و فرکانس نوسان اسیلاتور(۱۰GHz), نسبت به تغییرات دما پایدار باشد. برای تامین این نیازها یک انتخاب مناسب اسیلاتور مایکروویو با استفاده از DR[1] به عنوان تشدید کننده است. یک مولد پالس مربعی با فرکانس kHz ۱۰ که خروجی آن تغذیه DC اسیلاتور را تامین می‌کند, سیگنال مایکروویو را مدوله می‌کند.

گیرنده با یک آشکارساز دیودی LLD[2] و با استفاده از دیود شاتکی محقق می شود. در صورتی که حساسیت گیرنده کمتر از محدوده توان دریافتی با مشخصات تعیین شده باشد, نیازی به تقویت‌کننده قبل از آن نیست. خروجی LLD به ازای ورودی مایکروویو با سطح توان پایین (کمتر از dBm ۲۰-) متناسب با

[1] Dielectric Resonator
[2] Low Level Detector

توان سیگنال ورودی است. از این رو به آشکارساز LLD, آشکارساز قانون مجذوری[1] یا آشکارساز توان نیز گفته می شود.

سیگنال آشکار شده که متناسب با توان دریافتی است به یک تقویت کننده داده می شود و پس از تقویت به بخش پردازش و تصمیم گیری می رود. طراحی دقیق مدارهای آشکارساز و اسیلاتور در فصل چهارم انجام می‌شود. بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده در شکل(۲-۳) نشان داده شده است.



شکل(۲-۴): بلوک دیاگرام فرستنده وگیرنده مورد نیاز

۲-۳- روشهای پردازش و تصمیم گیری

سیگنال دریافتی در گیرنده به باند پایه منتقل می‌شود. در این باند با توجه به دامنه سیگنال آشکار شده, باید مشخص شود که آیا واقعاً فردی نفوذ کرده یا عوامل ناخواسته محیطی باعث تغییر سطح توان سیگنال دریافتی شده است. درادامه به دو روش برای پردازش سطح توان سیگنال گیرنده اشاره می‌شود.

۲-۳-۱- روش سطح آستانه

در این روش یک مقایسه‌گر دامنه موج آشکار شده را با یک سطح آستانه قابل تنظیم مقایسه می‌کند. در صورتی که دامنه سیگنال آشکار شده از این حد کمتر شود احتمالاً نفوذ رخ داده و سیگنال الارم فعال می‌شود. مزیت این روش سادگی پیاده‌سازی آن است.

سطح آستانه باید در مقداری تنظیم شود که احتمال الارم اشتباه کم و احتمال آشکار سازی نفوذگر واقعی بالا باشد. چون ولتاژ آستانه مناسب نسبت به شرائط محیطی مختلف مثل رطوبت, دما و ... تفاوت می‌کند, با بکار بردن سنسورهای دما و رطوبت می‌توان سطح آستانه را به طور خودکار تنظیم کرد. هنگامی که فرد به لینک نزدیک می‌شود, به خاطر تداخل سازنده موج منعکس شده از بدن فرد متحرک با موج مستقیم, توان گیرنده مطابق شکل(۲-۳) در لحظاتی بیشتر از سطح آرامش می‌شود. بنابراین بهتر است یک سطح آستانه بالاتر از سطح آرامش نیز برای تشخیص نفوذ قرار داد.

---

[1] Square law Detector