



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

عنوان:

بررسی کانال های انتشار فرکانس بالا از طریق لوله ها و داکت ها برای

شناسایی داخل ساختمان

استاد راهنما: دکتر حبیب الله زلفخانی

دانشجو: سامان حق بیان محمدی

تاریخ دفاعیه: اسفند ماه ۹۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱- مقدمه.....	۵
فصل ۲- تجزیه و تحلیل ارسال امواج الکترو مغناطیسی از طریق لوله.....	۸
۱-۲- مقدمه	۸
۲-۲- ارسال از طریق لوله	۸
۲-۳- موج بازگشتی از هدف در راستای لوله	۱۴
فصل ۳- روش های دستیابی به تصویر دو بعدی از هدف.....	۱۷
۳-۱- مقدمه	۱۷
۳-۲- پرتوگیری (Beamforming).....	۱۸
۳-۳- پرتوگیری یک طرفه از طریق لوله	۱۸
۳-۴- پرتوگیری دو طرفه از طریق لوله	۲۰
۳-۵- نتیجه گیری پرتو گیری	۲۲
۳-۶- تصویر برداری SAR در راستای لوله	۲۲
۳-۷- نتیجه گیری SAR.....	۲۴
۳-۸- تصویر برداری در راستای لوله با استفاده از الگوریتم MUSIC	۲۵
۳-۹- نتیجه گیری MUSIC	۲۶
۳-۹- استفاده از روش سنجش فشردگی برای تصویر برداری در راستای لوله	۲۷
۳-۱۰- سنجش فشردگی در راستای لوله	۲۷
۳-۱۱- نتیجه گیری سنجش فشردگی	۲۹
فصل ۴- انتشار در راستای یک لوله به شکل دلخواه.....	۳۰
۴-۱- مقدمه	۳۰
۴-۲- بررسی پارامترهای پراکندگی لوله دلخواه با کمک شبیه سازی نرم افزاری	۳۰
فصل ۵- تحلیل و آینده کاری.....	۵۸

فصل اول

مقدمه

اخيراً تمایل زیادی در مورد توانایی سنجش دیوار در گذر امواج راداری برای استفاده در عملیات جست و جو و

نجات، عملیات نظامی و ... دیده شده است. تحقیقات در زمینه ی امواج راداری گذر دیواری بیشتر بر روی

پیشرفت سیستم های راداری، مشخصات انتشار با گذر از دیوار های مختلف و کاهش تأثیرات دیوار بر روی

تصویر برداری راداری متمرکز شده است. سیستم های راداری فوق پهن باند و موج پیوسته داپلر برای عملیات

گذر دیواری شرح داده شده اند. فوق پهن باند ها تفکیک پذیری **down-range** خوبی ارائه می دهند. رادار

داپلر تنها به اشیاء متحرک پاسخ می دهد، که در داخل ساختمان همان انسان می باشد. در بررسی انتشار از

طریق دیوار متوجه شدیم که دیوار ها در فرکانس بالا پر اتلاف هستند، بنابراین دیوار را می توان به عنوان یک

فیلتر فرکانس پایین در نظر گرفت. حضور دیوار موج پیوسته داپلر و فوق پهن باند ها را مجبور به فعالیت در

محدوده فرکانس پایین می کند که باعث کاهش تفکیک پذیری **cross-range** و حساسیت داپلر به واسطه

فرکانس پایین کاریری می شود. از طرفی حضور چندین دیوار پشت سر هم عمق نفوذ امواج راداری را به دلیل

اتلاف زیاد کاهش می دهد. همچنین مشخص می شود که دیوار باعث اعوجاج فاز می شود. تلاش های زیادی

برای کاهش تلفات دیوار انجام شده است.

بهتر است که روش های دیگری برای انتشار امواج راداری به داخل ساختمان و بازگشت آنها که هم بر تفکیک پذیری پایین و هم بر محدودیت عمق نفوذ غلبه کند را بررسی کنیم. همانطور که می دانیم ساختار های شبیه موجبر نظیر لوله ها و داکت ها به مانند یک کانال ارسالی بالا گذر با تلفات پایین عمل می کنند. بنابراین مفید است که پتانسیل به کارگیری ساختار های موجود و شبیه موجبر در داخل ساختمان نظیر سیستم های گرمایشی و تهویه مطبوع بررسی شود. مزایای این تغییر؛ سیستم های راداری در فرکانس بالاتر با پهنای باند بیشتر کار می کنند که تفکیک پذیری **down-range** و **cross-range** و داپلر را بهبود می بخشد و هدایت امواج الکترومغناطیس که توسط داکت ها انجام می شود عمق نفوذ بیشتری به داخل ساختمان ارائه می دهند.

هدف این پایان نامه، بررسی تکنیک های دستیابی به تصویرهای راداری از هدف از طریق یک لوله است. نخست، به کارگیری لوله به عنوان یک کانال انتشاری الکترومغناطیسی آموخته می شود. یک روش معین که سابقاً برای محاسبه سطح مقطع راداری یک داکت استوانه ای استفاده می شد، تغییر داده می شود تا بتوان ارسال از طریق لوله را با آن محاسبه کرد. همچنان نشان داده می شود که لوله یک کانال انتشار بالا گذر است.

سپس روش بالا را برای بررسی انتشار پراکندگی از هدف بصورت دو طرفه تعمیم می دهیم. در آخر، روش هایی برای تشکیل تصویر دو بعدی از هدف با توجه به داده های بدست آمده از پراکندگی جستجو می شود. چهار روشی که در گذشته برای تصویر برداری در فضای آزاد استفاده می شد، در این مسأله نیز به کار برده می شوند:

(۱) پرتو گیری (Beamforming)

(۲) تصویر برداری با کمک روش SAR

(۳) تصویر برداری با کمک الگوریتم MUSIC

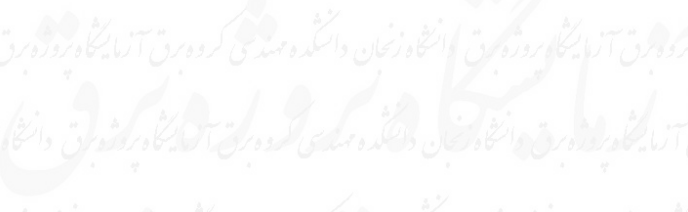
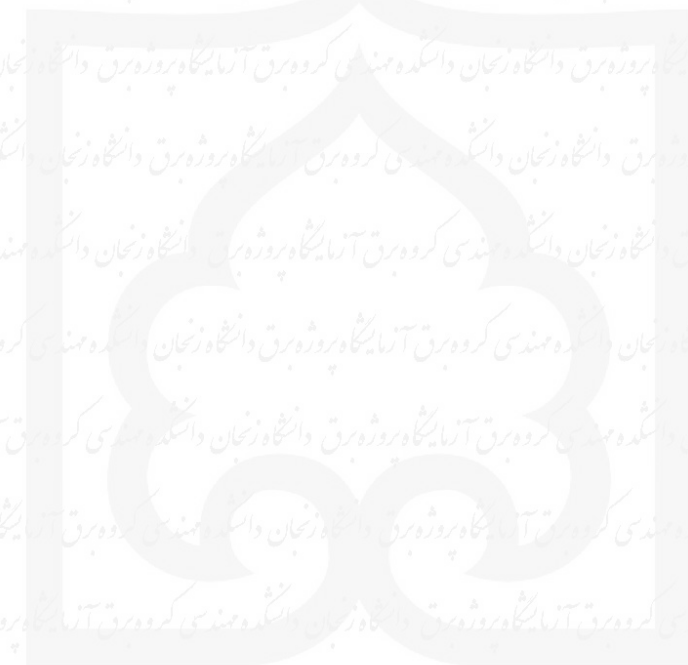
(۴) تصویر برداری با روش سنجش فشرده (Compressed Sensing)

هر دو روش پرتوگیری و تصویر برداری SAR تفکیک پذیری cross-range ضعیفی دارند. برای بهبود

تفکیک پذیری از الگوریتم MUSIC استفاده می شود. الگوریتم بکاررفته، تفکیک پذیری بهتری ارائه

می دهد ولی در قبال آن جمع آوری داده ها پیچیده تر می شود. روش آخر سنجش فشرده‌گی است. در این

روش، هم تفکیک پذیری cross-range خوب است و هم جمع آوری داده ها ساده تر می شود.



فصل دوم

تجزیه و تحلیل ارسال امواج الکترومغناطیسی از طریق لوله

(۲-۱) مقدمه

تحقیقات اساسی در زمینه ارسال و پراکندگی موج از یک لوله استوانه ای که فقط یک طرف آن باز است گزارش

شده است. اگرچه کار های زیادی در مورد پراکندگی لوله های یک طرف باز انجام شده است، ولی به تازگی

فعالیت های جزئی در زمینه لوله های دو طرف باز انجام شده است. در این فصل روشی برای ارسال از طریق

لوله استوانه ای رسانا که دو طرف آن باز است مطرح می شود.

(۲-۲) ارسال از طریق لوله

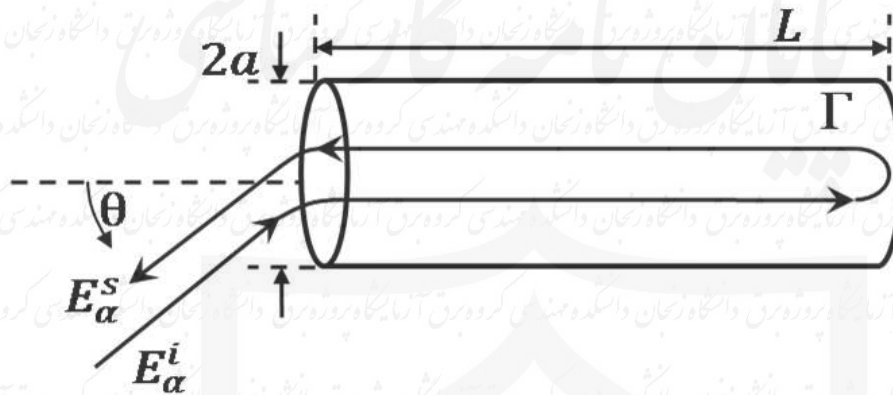
برای شروع تحلیل لوله استوانه ای به عنوان انتشار مورد بررسی قرار می گیرد. همانطور که قبلاً ذکر شد

اکثر تحقیقات انجام شده در زمینه انتشار الکترومغناطیسی از لوله ها و کانال ها، برای مشخص شدن سطح

مقطع راداری ساختار مورد نظر اختصاص داده شده است. در شکل (۲،۱) هندسه یک لوله استوانه ای مستقیم

که از یک طرف باز و از طرف دیگر بسته است نشان داده شده است.

برای محاسبه سطح مقطع راداری این لوله، موج صفحه ای ورودی را طوری گسترش می دهند که تمامی مد های انتشار توسط لوله در برگرفته شود. موج را در راستای لوله انتشار داده، با بر خورد موج به انتهای لوله برگشت داده می شود و مد ها در فضای باز انتشار می یابند سپس داده های حاصل از موج باز گشتی قابل محاسبه خواهد بود.



شکل ۲، ۱، لوله با انتهای بسته

اکنون برای محاسبه ارسال موج در لوله دو طرف باز، از روش قبل استفاده می کنیم. در واقع شکل (۲، ۱) را به α تعمیم می دهیم. با صرفه نظر از تداخل های مرتبه بالاتر^۱ بین دو طرف لوله، موج ارسالی در سه گام قابل محاسبه است:

۱. میدان ورودی E_{α}^i ، که α پلاریزسیون φ یا پلاریزسیون θ را در بر می گیرد. این میدان به مد های انتشار راست - گذر در موجبر استوانه ای که توسط لوله پشتیبانی می شود تعمیم داده می شوند. که همان کوپل شدن میدان ورودی بر روی مد های موجبر استوانه ای است که محاسبه می شود.

۲. مد ها از سمت چپ لوله به انتهای راست آن انتشار می یابند

^۱ Higher order interactions

۳. هر مد در فضای باز سمت راست لوله تابیده می شود، میدان ارسال شده مجموع، E_{α}^{tx} ، برابر جمع آثار تابش

تک تک مد ها است.



شکل ۲،۲، موجبر استوانه ای با دو طرف باز

حال در مورد جزئیات هر گام صحبت می شود. برای شروع لوله به عنوان یک موجبر استوانه ای که چندین مد را پشتیبانی می کند در نظر گرفته می شود. مجموعه مد های TE داخل لوله به صورت زیر تعریف می شوند:

$$H_z = \beta_{\rho}^{\chi} \cos m\varphi' J_m(\beta_{\rho}\rho) e^{-j\beta_z z}, \quad E_z = 0 \quad (2,1)$$

$$H_{\rho} = -\left(\frac{\beta_z}{\omega\mu}\right) E_{\varphi} = -j\beta_z \beta_{\rho} \cos m\varphi' J'_m(\beta_{\rho}\rho) e^{-j\beta_z z} \quad (2,2)$$

$$H_{\varphi} = \left(\frac{\beta_z}{\omega\mu}\right) E_{\rho} = \left(\frac{j\beta_z m}{\rho}\right) \sin m\varphi' J_m(\beta_{\rho}\rho) e^{-j\beta_z z} \quad (2,3)$$

به طوریکه $\omega\mu\varepsilon = \beta_{\rho}^2 + \beta_z^2$ ، $\beta_{\rho} = \chi'_{mn}/a$ ، χ'_{mn} امین صفر مشتق تابع بسل مرتبه m نوع

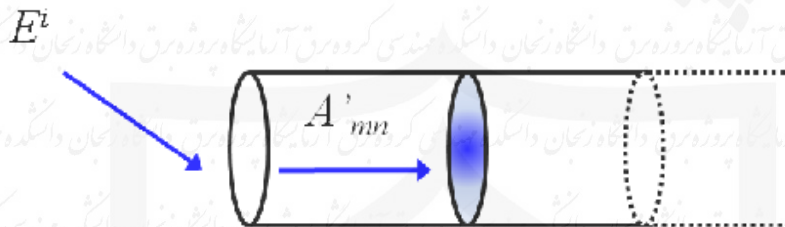
اول هستند. همچنین می توان از وجود مد های TM صحبت کرد، اما فعلاً بحث در مورد مد های TE محدود

خواهد ماند.

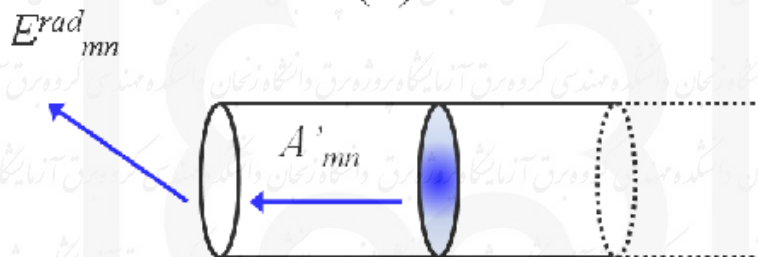
در گام اول تحلیل به دنبال انرژی مد های انتشاری که توسط موج های صفحه ای برخوردی تحریک می شوند، هستیم. روش مفید برای حل این مسأله بکارگیری عمل متقابل^۱ است.

در شکل ۲،۳ الف که کوپل شدن را نشان می دهد به دنبال انرژی مد ها A'_{mn} می باشیم. عمل متقابل که در واقع همان مسأله تشعشع می باشد در شکل ۲،۳ ب نشان داده شده است. از طریق آن انرژی مد مشخص است و مدی که در پی آن موج صفحه ای حاصله به دست می آید.

(a)



(b)



شکل ۲،۳ الف، ب، به کار گیری اثر متقابل،

الف. کوپل شدن، ب. تشعشع

در مسأله تشعشع، شکل ۲،۳ ب، یک راه حل فرم بسته^۲ دارد که برای لوله هایی که از لحاظ الکتریکی بزرگ هستند صحت دارد.

^۱ reciprocity
^۲ Closed – form solution

۱- حل مسأله با کمک توابع و عملیات ریاضی که از پیش پذیرفته شده اند

فصل پنجم

نتیجه گیری و آینده کاری

در این پروژه در مورد تشکیل تصویر راداری در راستای لوله صحبت شد. روش به کار برده شده بر پایه مد ها است، همان روشی که در گذشته برای محاسبه ی RCS داکت های استوانه ای جهت مدل کردن ارسال از طریق

لوله بکار برده می شد. در این روش فرض شد که لوله بی اتلاف است. در ادامه نیز در مورد تشکیل تصویر دو

بعدی از هدف صحبت شد و روش های مختلف بررسی شد. چالش نهایی یافتن موقعیت **cross-range** هدف

بود که چهار روش بررسی شد.

ساده ترین روش به کارگیری پرتو گیری بود. این روش نیازمند جمع آوری داده ها به صورت **bistatic**

می باشد، که تا حدودی پیچیدگی دارد. روش بعدی تکنیک **SAR** بود. در این روش داده ها به صورت

monostatic جمع آوری می شوند و با کمک فیلتر تطابقی پردازش می شوند چه در این روش و چه در

روش قبلی مشخص شد که ابعاد لوله در تفکیک پذیری موقعیت **cross-range** تأثیر گذار است.

دو روش بعدی یعنی الگوریتم **MUSIC** و سنجش فشردگی تفکیک پذیری بسیار خوبی را ارائه دادند.

مقایسه عملکرد چهار روش تصویر برداری:

در زمینه تفکیک پذیری MUSIC و سنجش فشردگی از دو روش اول بهتر هستند. داده ها در پرتو گیری bistatic، در SAR و سنجش فشردگی هم bistatic و هم monostatic و در MUSIC به صورت bistatic جمع آوری می شوند. کارایی در قبال نویز فقط در روش SAR خوب است.

در انتهای پروژه نیز نتایج شبیه سازی پارامتر های پراکندگی دو نوع موجبر خم نشان داده شد و تغییرات آن مشاهده گردید.

امواج در ساختار هایی که شامل دی الکتریک هستند.

اگرچه کار های انجام شده در این پروژه نحوه جمع آوری اطلاعات از داخل ساختمان را نشان می دهد، اما

قبل از عملی سازی این پروژه نیاز به تحقیقات و بررسی های بیشتر است.

مراجع

[۱] Nicholas John Whiteloni, "Investigation of High-Frequency Propagation Channels Through Pipes", IEEE antennas propagation, ۲۰۱۲

[۲] Thad B. Gibson and David C. Jenn, "Prediction and Measurement of Wall Insertion Loss", IEEE transactions on antennas and propagation, ۱۹۹۹

[۳] Nick Whiteloni, "Beamforming Through a Circular Pipe for Target Location", IEEE antennas and wireless propagation, ۲۰۱۰