تسریع محاسبات تصویربرداری مایکروویو به کمک پردازش موازی

دانشجو: سپهر اسکندری

استاد راهنما: دکتر دهملائیان

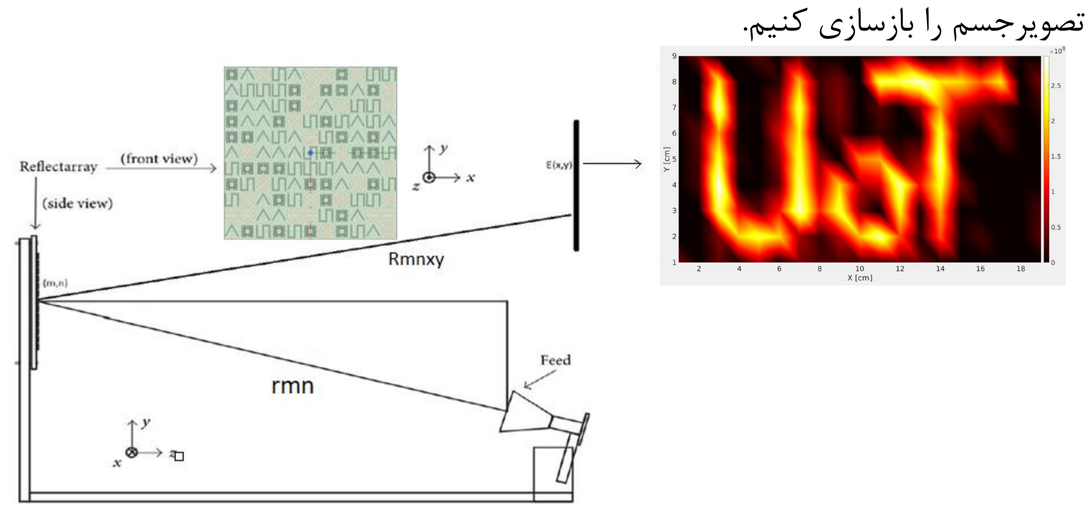
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران

مقدمه

- هدف تصویربرداری مایکروویو یافتن اجسام نهفته درون یک ساختار با امواج الکترومغناطیسی است. از جمله کاربردهای تصویربرداری مایکروویو استفاده در فرودگاه‌ها می‌باشد.
- در این پروژه جسم هدف را به کمک الگوهای تشعشعی مختلف اسکن می‌کنیم و با استفاده از الگوریتمی که معرفی می‌کنیم تصویر جسم را بازسازی می‌کنیم.
- با توجه به حجم زیاد محاسبات ، زمان زیادی صرف به دست آوردن تصویر جسم می‌شود ، در نتیجه تلاش می‌کنیم که الگوریتم را به صورت موازی توسط کارت گرافیکی اجرا کنیم و زمان بازسازی تصویر را کاهش دهیم.
- برای ایجاد الگوهای تشعشعی مختلف ، عناصری معرفی می کنیم که قادر باشند موج تابیده را با فازهای گوناگون در فرکانس های مختلف در بازه ۲۰ تا ۲۶GHz بازتاب کنند.

ساختار و نحوه‌ی عملکرد سیستم

در این پروژه بخش سخت افزاری سیستم از ۳ بخش تشکیل شده است. آنتن فرستنده-گیرنده ، فراسطح و هدف . اصول کلی بر این مبنا است که سعی می‌کنیم هدف را با الگوهای تشعشعی ناهمبسته اسکن کنیم و سپس به کمک سیگنال‌های بدست آمده تصویرجسم را بازسازی کنیم.



میدان در سطح جسم : $E(x,y,w) = \sum_m \sum_n e^{-jkr_{mn}} e^{-jkR_{m,n,x,y}} A_{m,n}(w) e^{\varphi_{m,n}(w)}$

سیگنال دریافتی در آنتن : $S(w) = \sum_x \sum_y E(x,y,w)\Pi(x,y)E(x,y,w)$

تابع گرین : $G(x,y,w) = E^2(x,y,w)$

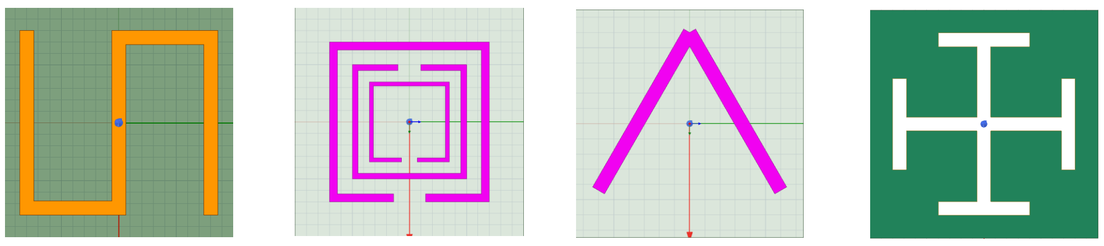
تابع تصویر: $I(x,y) = \sum_w S(w)G^*(x,y,w)$

فراسطح مذکور از المان‌های مختلفی تشکیل شده به گونه ای که هرکدام موج تابیده شده را با اختلاف فاز متفاوت بازتاب می‌کنند ،که باعث می‌شود الگوی تشعشعی در فرکانس‌های مختلف ناهمبسته باشند.

فرستنده امواج را به فراسطح می تاباند. بازتاب امواج از فراسطح به هدف برخورد می کنند و سپس مسیر طی شده را باز می‌گردد تا سیگنالی در آنتن دریافت شود.

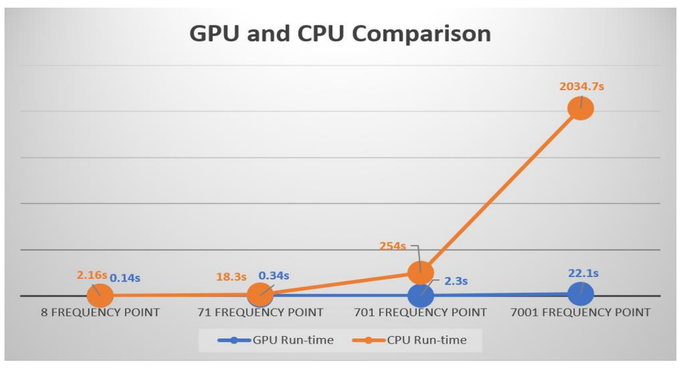
برای بازسازی تصویر جسم ، تابع تصویر را به کمک سیگنال‌های دریافت‌شده و تابع گرین محاسبه می‌کنیم. محاسبات بدست آوردن تابع G زمان زیادی می طلبد. با توجه به اینکه تابع گرین را برای نقاط مختلف جسم و در فرکانس‌های مختلف می توان مستقلاً محاسبه کرد ، از کارت گرافیکی برای تسریع محاسبات استفاده می‌کنیم.

هرچه تغییرات فاز S_{11} المان‌های فراسطح با فرکانس بیشتر باشد ، الگوهای تشعشعی در فرکانس‌های مختلف همبستگی کمتری پیدا می‌کنند. المان‌های زیر را به میتوان به این منظور استفاده کرد.



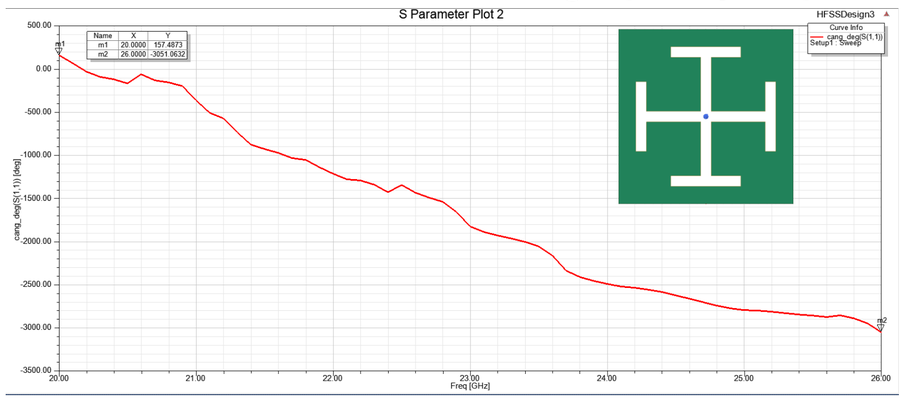
نتایج

الگوریتم را برای فراسطحی تشکیل شده از ۹۰۰ المان اجرا می‌کنیم.

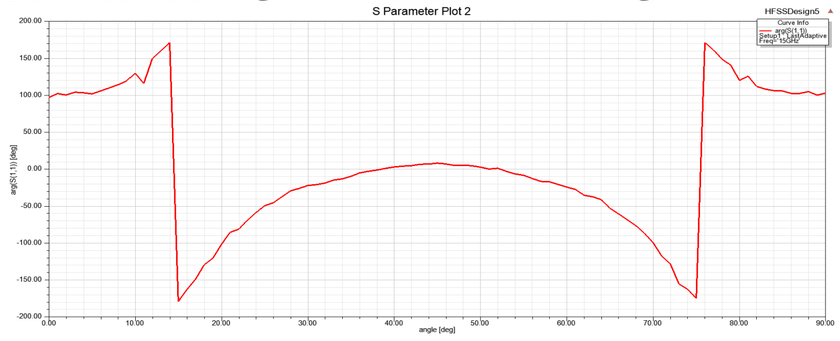


در صورت زیاد بودن تعداد المان های فراسطح و نقاط فرکانسی حجم محاسبات به شدت زیاد می شود به گونه ای که در موردی برای پیاده سازی الگوریتم به صورت سری حدود ۴۰ دقیقه زمان صرف شد. با پیاده سازی الگوریتم به صورت موازی روی کارت گرافیک زمان لازم برای محاسبات تا ۱۰۰ برابر کاهش یافت.

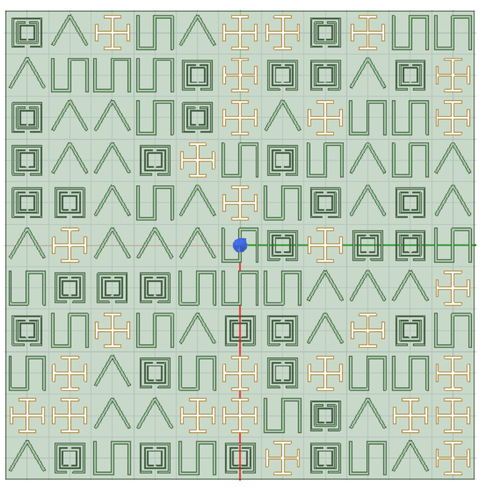
نتیجه ی شبیه سازی المان های فراسطح :

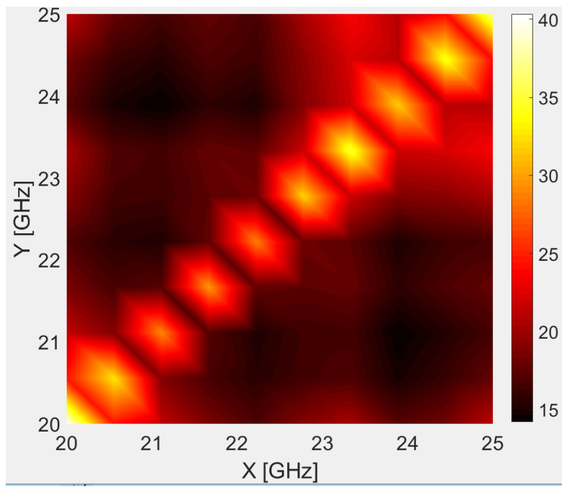


المان Cross-Dipole قادر به ایجاد شیب ۵۳۴ درجه بر گیگاهرتز است که نیاز مورد نظر ما را برطرف می‌کند. برای جابه‌جایی فاز نقطه‌ی آغازین بازه‌ی فرکانسی المان را حول محورش می‌چرخانیم.



برای ایجاد الگوی تشعشعی متغیر با فرکانس یا باید از عناصر مختلف روی فراسطح استفاده کنیم و یا عناصر را بصورت تصادفی حول محورشان بچرخانیم.





نمودار بالا همبستگی الگوی تشعشعی در فرکانس‌های ۲۰ تا ۲۵ گیگاهرتز را برای فراسطح تشکیل شده از ۱۲۱ المان نشان می‌دهد. برای اینکه همبستگی فرکانس‌های مختلف کاهش یابد ، باید تعداد عناصر فراسطح را افزایش دهیم.

اگر درشبیه‌سازی ، فاز S_{11} المان‌های فراسطح را کاملا تصادفی در نظر بگیریم ، در باند فرکانسی K به رزولوشن ۲ سانتی متر می‌رسیم. در صورتی که فاز S_{11} المان‌ها در آغاز بازه فرکانسی تصادفی باشد (که با چرخاندن تصادفی المان‌ها امکان پذیر است) ، و سپس با شیبی افت کند ، رزولوشن افت می‌کند و به بیش از ۱۰ سانتی متر می‌رسد. هرچه شیب تغییرات فاز بر حسب فرکانس بیشتر باشد، کیفیت تصویر بدست آمده بیشتر می‌شود که در المان‌های معرفی شده تغییرات فاز Cross-Dipole از سایر المان ها بیشتر است.

مراجع اصلی

1. Hunt, J., Driscoll, T., Mrozack, A., Lipworth, G., Reynolds, M., Brady, D. and Smith, D. (2013). Metamaterial Apertures for Computational Imaging. *Science*, 339(6117), pp.310-313.
2. Docs.nvidia.com. (2018). *CUDA Toolkit Documentation*. [online] Available at: https://docs.nvidia.com/cuda/