

Işıma Örüntüsü ile Gömülü Cisim Derinlik Tespiti

Detection of Buried Object Depth by using Radiation Pattern

Osman Kurnaz¹, Yunus E. Yörük¹, Selçuk Helhel¹

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Akdeniz Üniversitesi

osmankurnaz@gmail.com, yeyoruk@yahoo.com, selcukhelhel@akdeniz.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, düzlemsel yakın alan anten tarama sistemi kontrollü bir radar düzeneği gibi kullanılarak bistatik dalga saçılım ortamı oluşturulmuştur. 6 cm, 8 cm ve 5 cm boyutlarında iletken olmayan bir nesnenin içine 4cmx5cm boyutlarında alüminyum bir metal gömülmüş ve S_{21} parametresi kullanılarak nesnenin uzak alan bölgesinde ölçülen elektromanyetik saçılım örüntüsü elde edilmiştir. Örüntü üzerinde bazı imge işleme teknikleri kullanılması sonucu elde edilen örüntü alanı ve metalin cismin içinde bulunduğu derinlik arasında ikinci dereceden bir denkleme sahip bir model oluşturulmuştur. Geliştirilen modelin başarılı sonuçlar verdiği görülmekle birlikte, gömülme derinliği arttıkça başarımın düştüğü gözlemlenmiştir.

Abstract

In this study, planar near-field antenna measurement system has been used as a controlled radar setup and bistatic wave scattering conditions have been formed. A metal having 4cmx5cm dimensions has been buried in a non-conductive object having dimensions of 5 cm, 6 cm and 8 cm. Then, electromagnetic scattering pattern of object, which is obtained at far field region, has been obtained by using S_{21} parameter. Using some of image processing techniques on obtained pattern, a relationship between the obtained pattern area and depth of buried metal inside the object has been formed. It has been observed that the model is successful up to certain depth; however, the success of the model decreases as depth increases.

1. Giriş

Farklı ortamlarda bulunan gömülü cisimlerin tespit edilmesi önem arz etmektedir çünkü sivil, askeri ve medikal uygulamalar gibi daha birçok alanda konunun uygulamaları bulunmaktadır. Bu sebeple, bilim insanları benzer konularda çeşitli çalışmalar yürütmüşlerdir [1-4].

Marr ve arkadaşları [1,2] silindirik yakın alan tarama sistemi kullanarak metalik kürenin saçılım özelliklerini araştırdılar. Küreyi tarayıcının ortasına koymak suretiyle kürenin radar kesit alanı ve saçılım örüntüsünü elde ettiler ve ölçülen yakın alan verisinden elde edilen uzak alan verisi ile nümerik hesaplamalarını karşılaştırdılar.

Burkholder ve arkadaşları [3] geleneksel görüntüleme yaklaşımları yerine model-tabanlı görüntüleme tekniğini geliştirip kullandı ve bir oda içindeki nesnelerin tespiti konusunda çalışma yürüttüler.

Amineh ve arkadaşları [4] ilk önce horn antenlerin kapasiteleri ve limitlerini incelediler, daha sonra düzlemsel aralık tarama yöntemini kullanarak bir mikrodalga görüntüleme düzeneği önerdiler. Yöntemlerinde kör ters evrişim algoritması kullandılar ve tekniklerini test ettiler.

Konunun birçok uygulama alanı olduğu için etkili bir teknik geliştirmek önemlidir. Bu çalışmada, gömülü cisim tespit işlemi, esas olarak anten ölçümü ve testleri için kullanılan bir adet düzlemsel yakın alan tarama sisteminin kontrollü bir radar düzeneği gibi kullanılması suretiyle gerçekleştirilmiştir. Yakın alan verisi uygun dönüşüm algoritmaları kullanılarak uzak alana dönüştürülebileceği gibi, doğrudan uzak alan ölçümü yapmak da mümkündür [5]. Bu yüzden, çalışmada doğrudan uzak alan verisi kullanılmıştır. Ayrıca, bazı görüntü işleme teknikleri de kullanılmıştır.

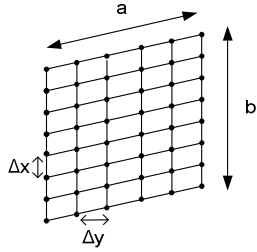
2. Örüntü Elde Etme

2.1. Düzlemsel Anten Ölçümü

2 portlu bir lineer network analizörde terminaller arasındaki giriş-çıkış ilişkisi S-parametreleri ile ifade edilir. Bunlardan S_{21} ileri iletim katsayısıdır ve kompleks bir değer olarak denklem (1)'deki gibi genlik ve faz bilgisi ile ifade edilebilir.

$$S_{21} = |S_{21}| e^{j\theta} \quad (1)$$

Düzlemsel, silindirik ve küresel gibi çeşitleri [6] bulunan anten tarama sistemleri içinde en yaygın ve maliyeti en ucuz olanı düzlemsel tarama sistemidir. Düzlemsel anten ölçüm sistemi kullanılarak tarama yapıldığında Şekil-1'deki gibi bir veri ızgarası elde edilir. Elde edilen ileri iletim katsayısına ait genlik bilgisi $|S_{21}|$ kullanılarak ışına örüntüsü elde edilebilir.



Şekil 1. Düzlemsel Anten Ölçüm Sistemi Veri Izgarası

2.2. Örüntü Üzerinde İmge İşleme

Anten ışınma örüntüsünün elde edilmesi gibi verici anten ve ölçüm probunun karşılıklı ve birbirine yakın olduğu durumlarda elde edilen örüntü üzerinde işlem yapmaya pek ihtiyaç duyulmamaktadır çünkü etrafa saçılan dalgalar ışınma örüntüsünde çok fazla bozulmaya sebebiyet vermemektedir. Diğer taraftan, başka nesnelerin saçılım örüntüsü elde edileceği durumlarda verici anten ve ölçüm probu karşılıklı ve yakın olmayabilir. Bu durumda, ölçüm yapılan odanın duvarlarından, sistemin metalik aksamından ve diğer yüzeylerden çok fazla saçılım olmakta ve örüntü hem nesneden saçılma bilgisini hem de çevreden kaynaklanan saçılma bilgisini içermektedir. Nesnenin yokluğunda sadece çevreden kaynaklanan saçılım örüntüsünü (S_b) arka-plan örüntüsü olarak tanımlarsak; radyasyon emici süngerlerin (RAM) varlığında bile arka-plan örüntüsü özellikle ölçüm probunun taranan nesneyi üzerinde tutan yapıya yakın olduğu durumda [2] çok yüksek sinyal değerleri içerebilmektedir.

Arka-plan örüntüsünün etkisini giderebilmek için genelde [2] iki ölçüm alınır; birisi taranan nesnenin varlığında yapılan ölçüm (S_a), diğeri ise taranan nesnenin yokluğunda yapılan ölçüm (S_b). İki ölçümün birbirinden çıkarılmasıyla nesneye ait saçılım örüntüsü yaklaşık olarak elde edilmektedir. i ve j denklem (2) ve (3)'teki gibi olmak üzere,

$$i = 1, 2, 3, \dots, \left(\frac{a}{\Delta y} + 1\right) \quad (2)$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, \left(\frac{b}{\Delta x} + 1\right) \quad (3)$$

çıkarılmış örüntü S , denklem (4)'teki gibi elde edilir.

$$S(i, j) = \begin{cases} S_a(i, j), & |S_a(i, j) - S_b(i, j)| \geq T \\ 0, & |S_a(i, j) - S_b(i, j)| < T \end{cases} \quad (4)$$

Burada, çıkarma işlemi matematiksel olarak değil, manuel olarak belirlenen bir T eşik değeri kullanılarak denklem (4)'te yer aldığı gibi yapılmıştır. Daha sonra ise örüntüde filtreleme yapılmış ve bu amaçla denklem (5), (6) ve (7)'de gösterilen matematiksel prosedür kullanılarak ortanca filtre uygulanmıştır.

$$k = 1, 3, \dots, c \quad (5)$$

$$S_1(i \pm ((c-k)/2), j \pm ((c-k)/2)) \leq \dots \leq S_{(c^2)}(i \pm ((c-k)/2), j \pm ((c-k)/2)) \quad (6)$$

$$S'(i, j) = S_{((c^2+1)/2)}(i, j) \quad (7)$$

Yapılan işlemler sonunda maksimum tarama alanı

$$A_{MAX} = \left(\frac{a}{\Delta y} + 1\right) \left(\frac{b}{\Delta x} + 1\right) \text{ birim}^2 \quad (8)$$

olmak üzere, tarama bölgesi içinde elde edilen örüntü alanı A ve metalin gömülü bulunduğu derinlik K arasında

$$A = 0.75K^2 - 52K + 1074 \quad (9)$$

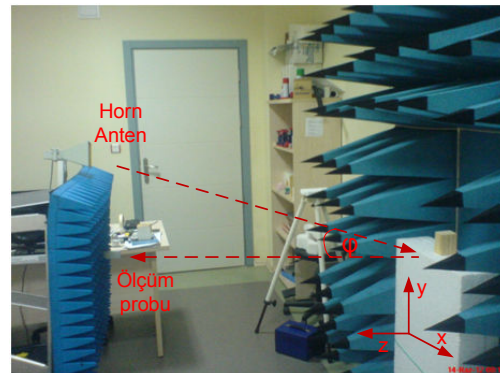
denklem (9)'daki gibi bir bağıntı elde edilmiştir.

3. Deney Düzenegi ve Ölçüm

3.1. Deney Düzenegi

Ölçümler Akdeniz Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği bünyesinde kurulan Endüstriyel ve Medikal Uygulamalar Mikrodalga Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (EMUMAM) yer alan Yakın Alan Anten Ölçüm Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarında 10MHz ile 9 GHz frekansları arasında çalışabilen bir adet vektör network analizör, üç adet adım motoru, adım motor denetleyicileri, TÜBİTAK-UEKAE tarafından kurulan ve TÜBİTAK-UME tarafından vibrasyon testleri yapıp tescillenen bir adet düzlemsel yakın alan anten ölçüm sistemi ve her biri 60cmx60cm boyutlarında olan 9 adet piramit şekilli radyasyon emici sünger bulunmaktadır. Ayrıca, oda duvarlarından ve tarayıcı sistemin metal parçalarından yansımaları önlemek amacıyla ölçüm probunun etrafı da emici süngerlerle kaplanmıştır.

Esas olarak anten örüntüsü elde etmek amacıyla tasarlanmış olan düzlemsel yakın alan anten tarama sistemi, bu çalışmada kontrollü bir radar düzenegi gibi kullanılmıştır. Laboratuvar, tarayıcı sistem, kurulan düzenek ve koordinat eksenini Şekil-2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: Yakın Alan Anten Ölçüm Laboratuvarı ve Tarama Düzenegi

Adım motorlarından biri tarayıcı sistemin x-yönünde hareketini sağlarken, ikincisi de y-yönünde hareket sağlamaktadır, böylelikle kare şeklinde bir alan taranabilmektedir. Üçüncü bir motor ise tarayıcı mekanizmanın kendi eksenini etrafında 360° dönebilmesine imkân vermektedir fakat bu özellik ihtiyaç olmadığı için bu çalışmada kullanılmamıştır.

Ölçüm probu olarak 8.2GHz ile 12GHz arasında ölçüm yapabilen açık uçlu ve dikdörtgen şekilli bir dalga kılavuzu kullanılmıştır. Yakın alan ölçümleri için vektör network analizörü kullanılmış ve network analizör ile mekanik tarayıcı sistemin senkronizasyonu sağlanmıştır [7].

Sistemde verici anten olarak kullanılan ve tipik kazancı 15 olan horn anten, tarayıcı sistemin tepe kısmına sabitlenmiş ve network analizörden gelen elektromanyetik dalgayı dağıtma vazifesi görmektedir, dalga toplama vazifesi yapan ve tarayıcı mekanizmanın orta noktasına yerleştirilmiş olan ölçüm probu ise geri saçılan elektromanyetik dalgayı network analizöre geri göndermektedir. Tepeye yerleştirilen horn anten, düşey ekseninde ölçüm probu ile aynı hizada tarayıcı mekanizmaya sabitlenmiş ve tarayıcı ile birlikte hareket etmektedir. Böylelikle, bistatik dalga saçılım ortamı oluşturulmuştur.

3.2. Ölçüm

Boyutları x-yönünde 5 cm, y-yönünde 8 cm ve z-yönünde 6 cm olan dikdörtgenler prizması şeklindeki bir ahşap nesne Şekil-2'de yer aldığı gibi ölçüm probunun -z yönünde uzak alan mesafesine uygun olarak 100 cm uzağına konulmuş ve tarama yapılmıştır. Önce, ahşap içine eşit mesafelerle ayrılmış 3 yarık açılmış ve yarıkların içine eni 4 cm ve boyu 5 cm olan alüminyum metal konulmuştur. Tarama sonucunda denklem (9)'da yer alan ifade elde edilmiş ve daha sonra modelin kontrolü amacıyla aynı boyutlarda ve yarık sayısı 11 olan ahşap nesne ile tekrar ölçümler yapılmıştır.

Tarama alanı olarak $90 \times 90 \text{ cm}^2$ 'lik bir alan seçilmiş, frekans olarak 8 GHz alınmış ve tarama işlemi yarım dalga-boyu ($\lambda/2$) hassasiyet kullanılarak yapılmıştır.

Her iki ölçüm dizisinde de metal içermeyen nesne ölçümü arka-plan olarak alınmış ve denklem (4)-(7)'deki prosedür uygulanmıştır.

Çizelge 1. Metalin her bir yarıқта bulunduğu durumdaki gömülü olduğu toplam derinlik.

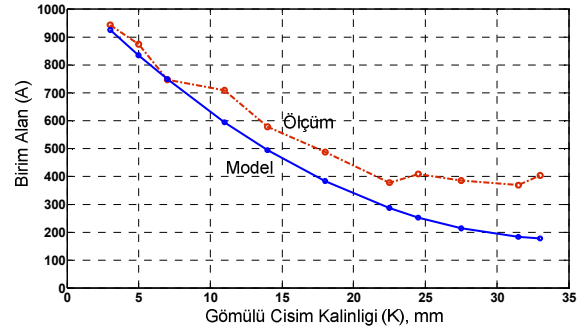
Yarık Numarası	Gömülü Derinlik (mm)
1	3
2	5
3	7
4	11
5	14
6	18
7	22.5
8	24.5
9	27.5
10	31.5
11	33

Metal parçanın her bir durumda ahşap nesne içinde gömülü bulunduğu derinlikler Çizelge-1'de verilmiştir.

4. Sonuçlar

Denklem (8)'de yer alan ve Şekil-1'de gösterilen a ve b boyutlarının her ikisi de 90 cm ve tarama hassasiyeti yarım dalga-boyu olmak üzere, denklem (8)'deki A_{MAX} 3025 birim-kare olarak elde edilmektedir. Yapılan ölçümlere denklem (2)-(7)'nin uygulanması sonucunda, gömülme derinliği 3 mm iken örüntü alanı 950 birim-kare olarak elde edilmiş, gömülme derinliği arttıkça 380 birim-kareye kadar düştüğü görülmüştür.

Denklem (9)'da elde edilen model ile ölçüm sonuçlarının kıyaslaması Şekil-3'te gösterilmiştir. Model ile ölçümlerin büyük oranda uyumlu olduğu şekilde görülmektedir. Derinlik miktarı küçük iken model ile ölçüm birbirine çok yakın iken, derinlik arttıkça aradaki farkın arttığı görülmektedir. Dolayısıyla, derinlik az iken model daha doğru sonuç vermektedir.



Şekil 3. Elde Edilen Örüntüye Ait Birim Alanın (A) Gömülü Derinliğe (K) Bağlı Değişimi

Diğer taraftan, derinlik 23 mm ve üzerine çıktıkça, alanın azalmaya devam etmesi beklenirken, ölçümlerde bu sonuç görülmemiş ve alanın sabit kaldığı hatta bazen arttığı görülmüştür. Modelin ölçümlerden en fazla saptığı kısım da 23 mm ve üzeridir. Bu durumda, nesne içinde metalin gömülü olduğu derinlik arttıkça metalin tespitinin zorlaştığı ve belli bir kalınlıktan sonra farklı derinlikler arasındaki farkın gözlemlenmesinin zorlaştığı yorumu yapılabilir.

Sonuç olarak, elde edilen model belli bir derinliğe kadar başarılı sonuçlar vermekte fakat gelecekteki çalışmalarda modelin üstünde daha fazla çalışılması suretiyle modelin geliştirilmesi gerekmektedir.

5. Kaynaklar

- [1] Hansen, T.B., Marr, R., Lammers, U., Tanigawa, T. and McGahan, R., "Bistatic RCS Calculations From Cylindrical Near-Field Measurements- Part I: Theory" IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 54, no. 12, pp. 3857-3864, Dec. 2006.
- [2] Marr, R.A., Lammers, U.H.W., Hansen, T. B., Tanigawa, T.J., and McGahan, R.V., "Bistatic RCS Calculations From Cylindrical Near-Field Measurements- Part II: Experiments", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 54, no. 12, pp. 3857-3864, Dec. 2006.
- [3] Burkholder, R.J., Chang, P., Bayram, Y., Marhefka, R.J., and Volakis, J.L., "Model-Based Near-Field Imaging of Objects inside a Room", 2007 Antennas and Propagation Society International Symposium, Jun. 9-15, 2007, Paper DOI: 10.1109/APS.2007.4395783.

- [4] Amineh, R.K., Ravan M., Trehan, A., and Nikolova, N.K., "Near Field Microwave Imaging Based on Aperture Raster Scanning With TEM Horn Antennas", *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. 59, no. 3, pp. 928-940, Mar. 2011.
- [5] Samii, Y.M., Williams, L.I., and Yaccarino, R.G., "The UCLA Bi-polar Planar-Near-Field-Antenna-Measurement and Diagnostic Range.", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 37, no. 6, Dec. 1995.
- [6] Balanis, C.A., *Antenna Theory: Analysis and Design, Third edition, Ch.17*, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2005.
- [7] Öztürk, Y. ve Üstüner, F., "Düşük Maliyetli Bir Düzlemsel Yakın Alan Anten Ölçüm Sisteminin Tasarlanması ve Gerçeklenmesi", *V. Ursi Türkiye Bilimsel Kongresi, Güzelyurt, KKTC, 2010*, pp. 223-226.