

Mikrodalga Görüntüleme Uygulamaları İçin Log-Periyodik Dipol Anten Dizisi Tasarımı

Log-Periodic Dipole Array Antenna Design for Microwave Imaging Applications

Cafer Uyanık,¹, Mustafa Özkan Yıldız¹, Semih Doğu¹, Agah Oktay Ertay¹ İbrahim Akduman¹

¹Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
İstanbul Teknik Üniversitesi

[uyanik15, dogu16, aoertay, akduman] @itu.edu.tr, o.yildiz93@gmail.com

Özet

Bu çalışmada mikrodalga görüntüleme uygulamaları için 0.5 GHz ile 4 GHz arasında çalışan çok bantlı log-periyodik dipol anten (LPDA) dizisi tasarımı yapılmıştır. Tasarım iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak çeşitli optimizasyonlar yapılarak LPDA tasarımı yapılmış ikinci aşamada ise antenin boyunu küçültmek için her bir dipolün boyu kısaltılmış ve bu dipollerin ucuna delik açılarak antenin diğer yüzeyindeki mikroşerit hat ile kısa devre yapılmıştır. Bu sayede daha küçük bir yapı elde edilmiştir. Bu çalışmada S_{11} parametresi, VSWR, kazanç ve ışıma örüntüsü dikkate alınarak tasarım yapılmış ve gerçekleştirilmiştir. Gerçekleme FR4 malzeme kullanılarak yapılmış ve üretilen antenin network analizörde S_{11} ölçümü yapılmış ve benzetim sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

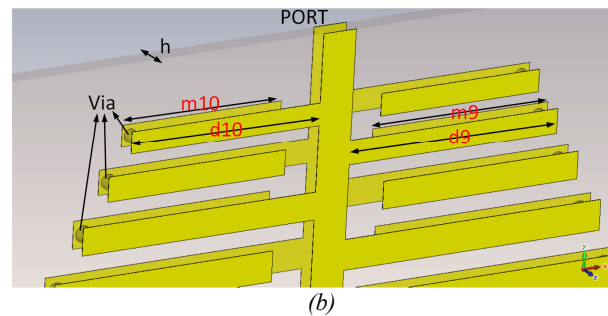
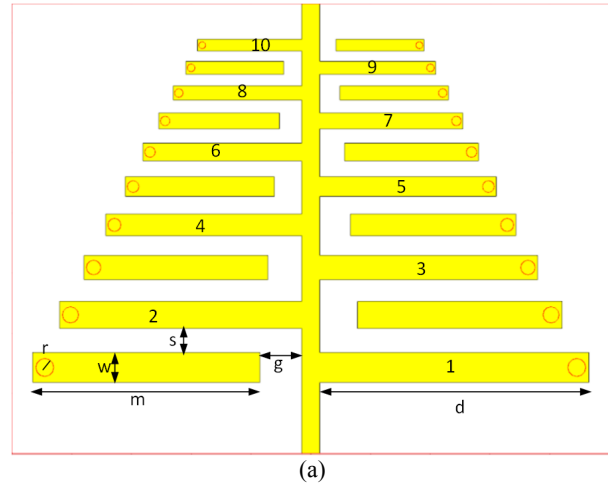
Abstract

In this work, a multiband log-periodic dipole array (LPDA) antenna, which can operate between 0.5 GHz and 4 GHz, is designed for microwave imaging applications. Design includes two steps. In the first step, LPDA antenna design is achieved by means of several simulations. In the next step, the lengths of each dipole is reduced to obtain a smaller antenna. For this purpose, each dipole is shortened with the microstrip lines, which are printed on the back of the antenna. In the design process, specific reflection coefficient, VSWR, gain and radiation pattern are considered as the main goals. Designed antenna is printed on a FR4 substrate and simulation results are compared with the measured data.

1. Giriş

Kanser hastalığı giderek artan bir oranda canlılarda ortaya çıkmaya başlayan ciddi bir rahatsızlıktır. Bu rahatsızlık DNA hasarı sonucu hücrelerin kontrolsüz bölünmesiyle ortaya çıkmaktadır. Hastalığın tedavisindeki en önemli aşamalardan biri kanserli hücrenin erken teşhisidir. Kanserli dokunun görüntülenmesi için mamografi, ultrasonografi ve MR görüntüleme yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır [1]. Bu yöntemlerin duyarlılık ve yüksek doğrulukta tümörü bulma noktasındaki dezavantajlarından [2] dolayı mikrodalga görüntüleme yöntemleri [3-6] araştırmaya başlanmıştır. Mikrodalga görüntülemenin bazı avantajları, diğer yöntemlere göre daha ucuz ve zararsız olması ile daha duyarlı ve

sonuçların kolay yorumlanabilir olmasıdır. Mikrodalga görüntülemenin amacı, incelenen cismin dielektrik ve iletkenlik özelliklerinin antenlerde ölçülen elektriksel alan ve cisimde oluşan elektriksel alan bilgilerinden faydalanılarak elde edilmesidir. Bu sebeple anten tasarımı [6-9] ve mikrodalga görüntüleme sistemine entegrasyonu sonucu istenilen görüntülemenin sağlanması için büyük önem arz etmektedir.



Şekil 1 LPDA antene ait geometrik uzunluklar. a) Ön yüzey, b)Ön yüzey ile arka yüzey arasındaki kısa devrenin gösterilmesi

Bu çalışmada mikrodalga görüntüleme sistemlerinde kullanılmak üzere çok bandlı frekans karakteristiğine sahip log-periyodik dipol dizi anten tasarımı yapılmıştır. Tasarım 0.5 GHz – 4 GHz arasında çok bandlı bir frekans karakteristiğine sahiptir. Bu tasarımda iki aşamadan oluşan bir tasarım önerilmiştir. Tasarımın ilk aşamasında log-periyodik anten tasarımı yapılmıştır. Son aşamada ise frekans karakteristiğinde önemli bir değişiklik olmadan daha küçük bir anten elde edebilmek için dipollerin ucuna delik açılarak antenin alt yüzeyi ile kısa devre edilmiştir. Anten $100 \times 69 \times 1.6$ mm³ boyutlarında olup CST Microwave Studio [9] kullanılarak benzetimler gerçekleştirilmiştir. Benzetimi yapılan anten bastırılarak ölçüm işlemleri yapılmıştır. Benzetim ve ölçüm sonuçlarının uyumlu olduğu görülmektedir.

2. Log-Periyodik Anten Tasarımı

LPDA tasarımında genel prosedür ölçekleme faktörü adı verilen “ τ ” parametresine bağlıdır. Bu çalışmada ölçekleme faktörü;

$$\tau = \frac{d_n}{d_{n+1}} = \frac{w_n}{w_{n+1}} = \frac{m_n}{m_{n+1}} = \frac{g_n}{g_{n+1}} = \frac{s_n}{s_{n+1}} = \frac{r_n}{r_{n+1}} \quad (1)$$

olarak (1)’de ifade edilmiştir ve yapılan benzetimler sonucunda 0.9 olarak belirlenmiştir. LPDA’ya ait d, w, m, g, s ve r geometrik uzunlukları sırası ile dipolün ön uzunluğu, dipolün kalınlığı, dipolün arka uzunluğu, dipolün arka uzunluğu ile ana mikroşerit hattın arasındaki mesafe, n. dipol ile n+1. dipolün arasındaki mesafe ve kısa devre elemanına ait yarıçaptır. Bu geometrik boyutlar Şekil 1a’da gösterilmiştir.

Bu anten modelinde anten elemanlarının boyunu küçültmek için, antene ait elemanların ucunda delikler açılmıştır. Bu işlemin amacı ön yüzdeki elemanları arka yüzeyde devam ettirmek, arka yüzdeki elemanları da ön yüzeyde devam ettirmektir. Açılan bu delikler birer kısa devre görevi görmektedir ve Şekil 1b’de gösterilmiştir. Bu bağlantılar sayesinde elemanların boyutları kısaltılmadan anten boyutunda önemli ölçüde bir küçülme sağlanmıştır. Antenin ön ve arka yüzey geometrisi birbiri ile aynı olup ana hattın uç kısmında kısa devre yapılmıştır. Antene ait geometrik boyutlar Çizelge 1’de verilmiştir.

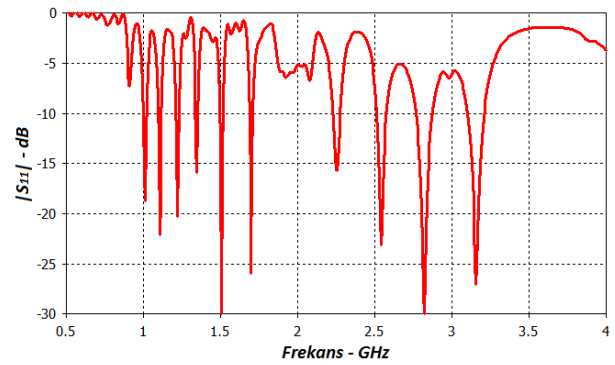
Bu çalışmada kullanılan malzemenin bağıl dielektrik sabiti $\epsilon = 4.3$, yüksekliği $h=1.6$ mm ve tanjant kaybı 0.025’dir. Dielektrik malzemenin üzerinde kullanılan bakır tabakanın kalınlığı 0.035mm dir. Anten 50 Ω olan mikroşerit hatta (3.02 mm) bağlı SMA konektör ile beslenmiştir.

3. Benzetim Sonuçları

Bu bölümde LPDA tasarımının benzetim sonuçları verilmiştir. Hedeflenen sonuçları elde etmek için birçok parametrik analiz yapılmış ve tasarım aşamasında $|S_{11}|$ değişimi, VSWR, farklı frekanslar için kazanç ve ısıma örüntüsü dikkate alınmıştır. Tasarlanan anten medikal alandaki ölçümler için kullanılacağından dolayı benzetim sonuçları 0.5 GHz ile 4 GHz arasında değerlendirilmiş ve yüksek frekans bölgesi göz ardı edilmiştir.

Çizelge 1 LPSD antenin geometrik boyutları

n	$d_n(mm)$	$m_n(mm)$	$w_n(mm)$	$s_n(mm)$	$g_n(mm)$
1	45	38	5	4	7
2	40.5	34.2	4.5	3.6	6.3
3	36.4	30.8	4.05	3.24	5.67
4	32.8	27.7	3.64	2.92	5.1
5	29.5	24.9	3.28	2.62	4.59
6	26.5	22.4	2.95	2.36	4.13
7	23.9	20.2	2.65	2.12	3.72
8	21.5	18.1	2.39	1.91	3.34
9	19.3	16.3	2.15	1.72	3.01
10	17.4	14.7	1.93	1.55	2.71



Şekil 2 LPDA antene ait $|S_{11}|$ parametresi

3.1. $|S_{11}|$ Frekans Yanıtı

LPDA tasarımının $|S_{11}|$ frekans karakteristiği Şekil 2’de gösterilmiştir. Tasarlanan antenin iyi bir anten olarak çalıştığı frekanslar 1 GHz, 1.1 GHz, 1.22 GHz, 1.34 GHz, 1.5 GHz, 1.7 GHz, 2.25 GHz, 2.54 GHz, 2.8 GHz ve 3.1 GHz’ dir ve bu frekanslarda $|S_{11}|$ değeri -10 dB’nin altındadır. Tasarlanan bu anten 0.5 GHz ile 4 GHz arasında 10 farklı frekansta mikrodalga görüntüleme için elverişli olup bu frekanslarda VSWR değeri 2’ nin altındadır.

3.2. Kazanç

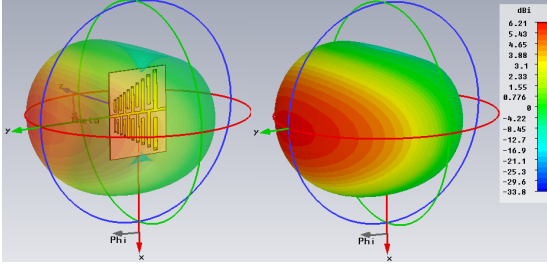
Benzetim sonuçlarına bakılarak LPDA tasarımının kazanç değerleri verimli olarak ısıma yaptığı 5 farklı frekans için Çizelge 2’de verilmiştir. Bu frekanslardan görülmektedir ki tasarlanan anten 2.5 GHz sonrasındaki band aralığında 6 dBi üzerinde kazanç değerine sahiptir ve alt frekans bölgesinde ise yine kazanç değeri biyomedikal görüntüleme uygulamaları için elverişlidir.

3.3. Işıma Örüntüsü

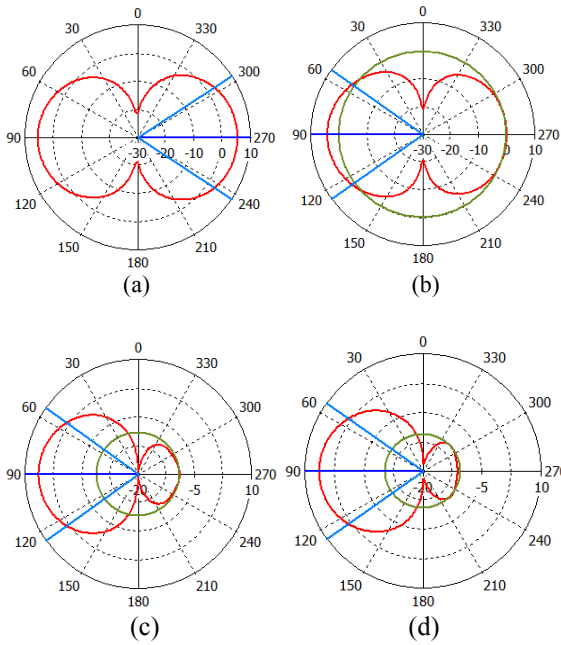
Şekil 3’te tasarlanan antene ilişkin 2.8 GHz’deki 3 boyutlu ısıma örüntüsü görülmektedir. Antenin üst bölgesinde ısımanın yüksek olduğu ve kazancın alt kısımlara doğru azaldığı Şekil 3’te görülmektedir. LPDA’ya ait 4 farklı frekansta ısıma örüntüsü çizdirilmiş ve bu grafikler Şekil 4’de verilmiştir. Işıma örüntüleri 1.34 GHz için Şekil 4a, 2.25 GHz için Şekil 4b, 2.81 GHz için Şekil 4c, 3.14 GHz için Şekil 4d’de gösterilmiştir. Anten 1.34

Çizelge 2 LPSD antenin frekans - kazanç değerleri

Frekans (GHz)	1.34	2.25	2.54	2.81	3.14
Kazanç (dBi)	5.41	3.84	6.02	6.21	6.13



Şekil 3 LPSD anten ve 2.8 GHz'deki 3boyutlu ışıma örüntüsü

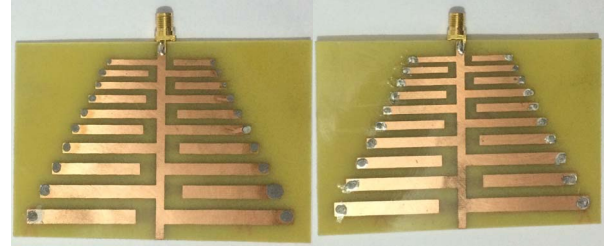


Şekil 4 LPDA tasarımı için 1.34 GHz (a), 2.25 GHz (b), 2.81 GHz (c) ve 3.14 GHz'deki (d) ışıma örüntüleri.

GHz'de hem -y yönünde hemde +y yönünde ışıma yapmıştır. Fakat frekans arttıkça ışıma karakteristiği farklılık göstermektedir. 2.25 GHz' de ışıma bir miktar +y yönüne ($\phi=90^\circ$ 'da) kaymış durumdadır. Özellikle 2.81 GHz ve 3.14 GHz' de +y yönünde yani anten elemanlarının küçülme doğrultusunda ışıma yoğunlaşmıştır. Buda medikal alanda ölçümler için elverişlidir.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada mikrodalga görüntüleme uygulamaları için küçük bir log periyodik dizi anten tasarımı yapılmıştır. İki aşamadan oluşan anten tasarımının ilk kısmında LPDA tasarımı yapılmıştır ve ikinci aşamasında her bir eleman arka yüzeydeki mikroserit hat ile kısa devre yapılarak anten boyutunda önemli ölçüde küçülme olduğu görülmüştür.



Şekil 5 Gerçeklenen LPSD antenin ön (a) ve arka (b) yüzeyleri



Şekil 6 Gerçeklenen LPDA antenin network analizörde $|S_{11}|$ ölçüm sonucu

Tasarım yapılırken 0.5 GHz ile 4 GHz arasında çok bantlı bir anten tasarımı hedeflenmiş ve tasarım aşamasında $|S_{11}|$ parametresi, VSWR, kazanç ve ışıma örüntüsü dikkate alınmıştır. Benzetim sonuçlarının medikal alanda kullanıma uygun olduğu görülmüştür. Gerçeklenen anten Şekil 5'de gösterilmiş ve network analizörde ölçülmüştür. Ölçüm sonucu Şekil 6'da gösterilmiş ve bu sonucun benzetim sonucundaki gibi çok bantlı bir anten yapısı olduğu görülmüştür. Ayrıca tasarlanan LPDA anten 0.5 GHz ile 4 GHz frekans bandının üst bölgesinde de verimli olarak çalıştığı bantlar olduğu saptanmıştır.

5. Bilgilendirme

Bu çalışma TÜBİTAK projesi (113E977) ile desteklenmektedir.

6. Kaynaklar

- [1] Guy, Ch. ve Flytche D. "An introduction to the principles of medical imaging." Imperial Coll., 1976.
- [2] Fear, Elise C., et al. "Confocal microwave imaging for breast cancer detection: Localization of tumors in three dimensions." IEEE Transactions on Biomedical Engineering 49.8, 812-822, 2002.

- [3] Akıncı, M. N. ve Çayören M. "Microwave subsurface imaging of buried objects under a rough air-soil interface." *Remote Sensing Letters* 5.8, 703-712, 2014.
- [4] Akıncı, M. N. ve diğ. "Qualitative microwave imaging with scattering parameters measurements." *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 63.9, 2730-2740, 2015.
- [5] Akıncı M. N. , Çayören M. ve Akduman İ. , "Near-Field Orthogonality Sampling Method for Microwave Imaging: Theory and Experimental Verification," in *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 64.8, 2489-2501, Aug. 2016.
- [6] Abbak, M., Çayören M., ve Akduman İ. "Microwave breast phantom measurements with a cavity-backed Vivaldi antenna." *IET Microwaves, Antennas & Propagation* 8.13, 1127, 2014.
- [7] Abbak M. ve Akduman İ., "Miniaturized tapered slot antenna for microwave breast imaging," *Telecommunications Forum (TELFOR)*, 2012 20th, Belgrade, 2012, pp. 1214-1216.
- [8] Golezani, J. J., Abbak M., ve Akduman I. "Modified directional wide band printed monopole antenna for use in radar and microwave imaging applications." *Progress In Electromagnetics Research Letters* 33, 119-129, 2012.
- [9] CST Version, CST AG, 2014.