



## Mikroşerit yama filtenna tasarımı ve gerçekleştirilmesi

**Mehmet Ali BELEN\***

Artvin Çoruh Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Artvin  
[mehmetalibelen@artvin.edu.tr](mailto:mehmetalibelen@artvin.edu.tr) ORCID:0000-0001-5588-9407, Tel:(466) 215 10 00 (4605)

**Peyman MAHOUTİ**

Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Geliş: 27.10.2017, Kabul Tarihi: 06.12.2017

### Öz

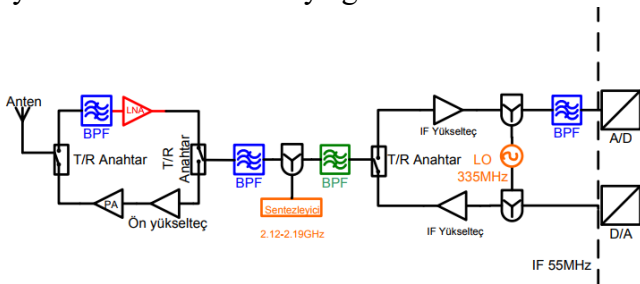
*Bu çalışmada, 8GHz frekans bandı uygulamaları için yeni bir kompakt filtrelili mikroşerit yama filtenna tasarımının benzetim ve ölçüm sonuçları sunulmuştur. Mikroşerit antenlerin üretim maliyetlerinin ucuz olması, düşük profil özelliklerine sahip olmasından dolayı bir çok araştırmacı için bu tür antenlerin performanslarını artırmak cazip bir araştırma alanı olmuştur. Geleneksel yama antene kıyasla, önerilen Filtenna modeli, bant dışındaki istenmeyen sinyalleri başarıyla bastırmakta, bant kenarlarında iyi seçicilik sağlamakta ve geçiş bandının anten kazancı tepkisinin genişliğini düzeltmektedir. Önerilen anten modeli, bir besleme hattı, iki adet rezonatörü ve dikdörtgen bir yama kullanılarak, üçüncü dereceden bir bant geçiren filtre ile entegre edilmiş bir anten olarak işlev görmektedirler. Ölçüm sonuçlarından da görüldüğü üzere önerilen filtre-anten istenilen çalışma bandında düşük profilli, yüksek yönlendirme ve bastırma özelliklerini sağlamıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Filtenna; Filtre Entegreli Anten, Mikroşerit anten

\* Yazışmaların yapılacağı yazar

## Giriş

Haberleşme teknolojisi ve bu alandaki cihazların geliştirilmesi tarih boyunca insanlık için önemli bir araştırma alanı olmuştur ve gün geçtikçe daha hızlı bir şekilde gelişmekte olan bir sektör haline gelmiştir. Bu araştırma alanında istenilen başlıca talepleri şu şekilde sıralayabiliriz: yüksek performans, düşük boyut, daha geniş bant ve düşük maliyet olarak sıralayabiliriz. Hassas alıcılı haberleşme sistemlerinde bant geçiren RF filtre kullanılması, istenilen işaretin çalışma bandı dışındaki bütün işaretlerden ayrılması için kullanılan yöntemlerden biridir. Birçok haberleşme uygulamasında ortamdan gelen gürültü işaretlerinin bilgi işaretleri ile eş veya daha yüksek seviyede olması nedeni ile alıcı verici katında bulunan RF filtrelerinin yüksek performansa sahip olması istenmektedir. Bu nedenle son yıllarda üzerinde araştırmalar yoğunlaşmıştır. Teknolojik gelişmeler ile yeni eklenen elemanlar ile endüstride yeni uygulama alanları yaratmıştır. Bu uygulama alanlarından biri de, devre boyutlarının küçültülmesi ve performansı arttıran çok fonksiyonlu bileşen tasarımıdır. Örnek RF alıcı-verici sistem diyagramı Şekil-1'de gösterilmiştir. Elektromanyetik dalgalar antenden alınıp RF ön uç modüllere aktarılır, bu aşamadan sonra analog temel bant sinyal formunda sayısal dünyaya dönüşüm için analog sayısal dönüştürücüler için hazır durumdadır. Öncelikle sayısal ortamda bilgi, ses, video veya veriler oluşturulmadan önce sayısallaştırılmış dalga formundan tekrar açılır. Entegre modüllere gelmeden önce RF ön uç bloklarının her biri ( RF filtreler, dedektörler, karıştırıcı- demodülatör ve yükselteçler ) ayrı ayrı tasarlanır ve bir araya getirilir.



Şekil 1. Haberleşme Sistemleri için RF Alıcı-Verici Blok Diyagramı

Son yıllarda monolitik ya da hibrit yüksek frekans filtreler üzerine çalışmalar ilgi çekmiştir. Yüksek frekanslarda klasik düzlemsel filtreler iletim hattından kaynaklanan kayıplar olmak üzere yetersiz kalmaktadır [Genc A., 2009]. Bu kayıpları önlemek amacıyla son zamanlarda filtreleme anten kavramı geliştirilmiştir [Chen F.C., 2017; Liu Q., 2016; Ohira M., 2015; Abdulhasan R. A., 2015]. Filtreleme anteninin tasarım amacı ve işlemi geleneksel anteninkinden oldukça farklıdır. Filtreleme anteni sadece empedans eşleme yaklaşımı değildir. Filtre yapısı ile harmoniklerin bastırılmasına, geri dönüş kaybının iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır. Filtreleme anten tasarımında çeşitli araştırma çalışmaları vardır; yuvarlak yama antenleri [A. I. Abunjaileh, 2007], slot dipol antenleri [Oda S., 2007], monopole antenleri [Chuang C. T., 2009] ve dikdörtgen yama antenleri [Queudet F., 2002; Lin C. K., 2009] gibi farklı formlarla elde edilmiştir.

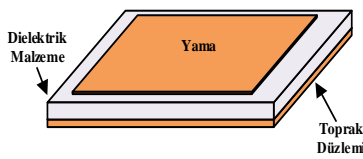
Bu çalışma kapsamında önerilen Filtrenanın (filtre-anteni) düşük profilli, çok yönlü ışımaya karakteristikli ve yüksek bastırma özelliklerini sağlayabilmesi amaçlanmıştır. Geleneksel tasarımda iki bölüm ayrı ayrı tasarlanarak 50 ohmluk iletim hattı ile bir birine bağlanmaktadır. İletim hattı belirli bir frekansta rezonatör oluşturur ve girişime neden olur. Bu nedenle iletim hattı ile çalışma bandı içinde mükemmel şekilde uyumlandırma sağlanmayabilir. İlave iletim hattı yalnızca sistemin performansını düşürmekle kalmaz aynı zamanda devrenin kapladığı alanı arttırmaktadır. Ayrıca iki bileşeni birleştirilmesi iletişim sisteminin boyutunu ve maliyetini düşürmeye yardımcı olabilir. Önerilen yapı iletişim sisteminin boyutunu ve maliyetini düşürmeye yardımcı olabilecektir. Kolay imalatı ve yüksek performansı ile haberleşme sistemlerinde kullanılabilir.

Bu amaçla çalışmanın ilk bölümünde mikroşerit antenler genel olarak incelenmiş, ikinci bölümünde kademeli filtreli yama anten tasarımı incelenmiş, üçüncü bölümde ise prototipleri ve laboratuvar ölçümleri yapılmış filtreli antenlerin

CST programı kullanılarak nasıl tasarlandığı gösterilmiştir.

### Mikroşerit Yama Anten

Geleneksel Mikroşerit anten dielektrik zemin üzerinde ışyan metal yama ve toprak zeminden oluşmaktadır. Metal kısım genellikle bakır, gümüş veya altın gibi iletken malzemelerden yapılmaktadır. Yama şekli çok farklı şekillerde olabilmektedir. Örneğin kare, dikdörtgen, eliptik, üçgen, disk dairesel dilim gibi. Ancak tasarımda kare yama şekli kullanılmıştır. Kare yama şekli kullanılarak üretim kolaylaştırılmış ve çapraz polarizasyon gibi ışma karakteristiği ön planda tutulmuştur. Anten tasarımında permitivite önemli parametre olarak bilinmektedir. Bağlı permitivite saçak alanlarını çoğaltarak ışmayı etkilemektedir. Yamanın uzunluğu (L) genişliği (W) ve dielektrik yüksekliği (H) ile karakterize edilmektedir. Dielektrik malzeme kalınlığı 0.05mm ile 6.35mm arasında değişmektedir [Balanis C.A.,1982]. İletken kalınlığı 0.035mm ile 0.070mm arasında değişmektedir. Dielektrik malzemenin kalınlığı ve değeri, anten parametrelerini doğrudan etkilemektedir; band genişliği, ışma değeri, verimlilik artırılabilir. Düşük dielektrikli ve kalın malzeme seçilerek anten performansı artırılabilir [Safran M.I., 2006]. Besleme hattı farklılıkları ve şekli anten parametrelerini doğrudan etkilemektedir [Sainati R. A., 1996].

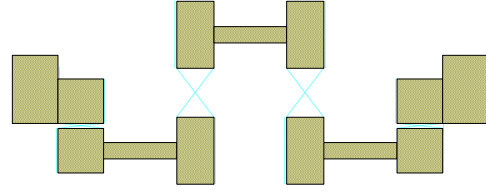


Şekil 2. Geleneksel dikdörtgen yama mikroşerit anten yapısı

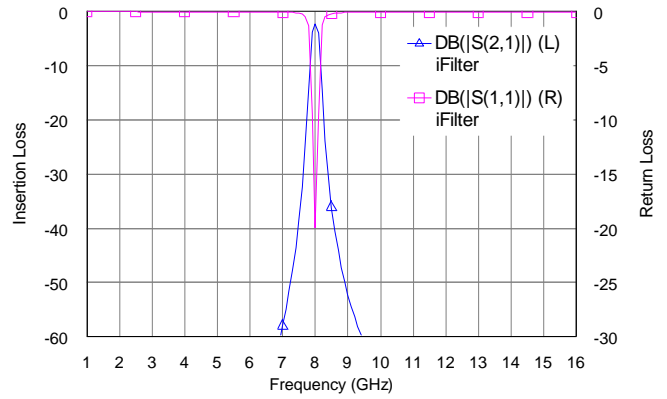
### Mikroşerit Yama Filtrenin Tasarımı

Mikroşerit yama antenler, belirli bir dielektrik değere sahip alt taban malzemesi, iletken yama ve zemin düzlemi içermektedir. Alt taban ve zemine kıyasla yamanın boyutları küçüktür. Mikroşerit antenin boyutları, kullanılan malzemenin dielektrik değerine ve hedeflenen rezonans frekansına bağlıdır. Filtreleme işlevine sahip bir mikro şerit anten, bant geçiren filtrenin

sentezi işlemi kullanılarak geliştirilmiştir. 3.dereceden 150MHz band genişliğine sahip Chebyshev basamak tipi filtre tasarlanmıştır. Filtre tasarım ve simülasyonları AWR programı kullanılarak yapılmıştır.



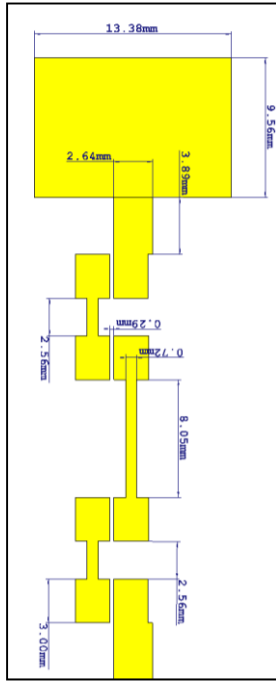
Şekil 3. Geliştirilen filtre modeli



Şekil 4. Filtre Modeli Simüle edilmiş S Parametresi

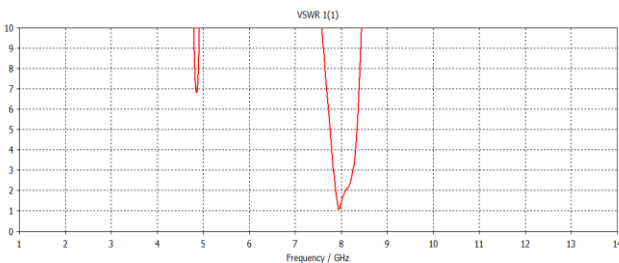
Tasarlanan filtre yapısı yama anten ile birleştirilerek gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. Filtreleme anteni besleme hattı, iki adet Dumbell rezonatörü ve dikdörtgen yama içerir. İlk adımda, Dumbell şeklindeki bir ünite, temel filtreleme özelliklerini sağladığı düşünüldüğü için temel bir yapı olarak kabul edilmiştir. Bir sonraki adımda iki yeni çiftli hat yapısı uygulanmıştır. Kuplaj aralığı istenen performansı elde etmek için optimize edilmiştir. Önerilen filtreleme anteni Şekil 3'de gösterilmiştir. Tam dalga elektromanyetik (EM) simülasyonlar istenen kalite faktörlerini ve bağlantı katsayılarını çıkarmak için gerçekleştirilmiştir. Önerilen yapı, 8 GHz'lik bir orta frekans frekansında merkezlenmiş 150 MHz'lik bir bant genişliği olan bir bant geçiren filtre olarak işlev görür (şekil 4). Tasarlanan antenin 8 GHz rezonans frekansında çalışması istenmektedir. Tasarımda bağlı dielektrik sabiti  $\epsilon_{ps}:4.4$ , kayıp tanjantı  $\tan\delta =0.035\cong 0.02$  olan

FR-4 malzeme seçilmiş ve malzeme kalınlığı 1.58mm olan FR-4 malzeme belirlenmiştir.



Şekil 5. Filtenna yapısının şeması

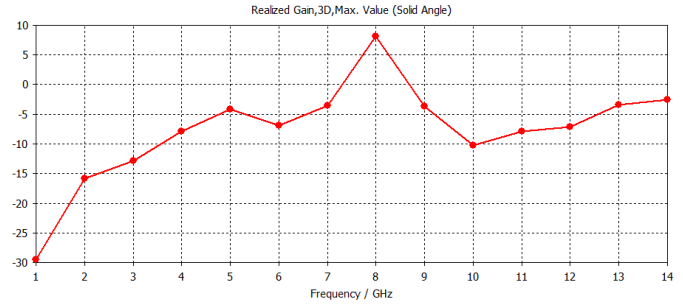
Tasarlanan Filtenna modeli ve besleme yapısı şekil 5'te verilmiştir. Bir besleme hattı, iki adet rezonatör ve dikdörtgen bir yama filtreleme antenini oluşturmak için entegre edilmiştir. Dumbbell şeklindeki kademeli filtre besleme ağı ve yamasından oluşur ve anten elemanları, kompakt besleme ağı ile birlikte, üçüncü dereceden bir bant geçiren filtre olarak işlev görmektedirler. Önerilen Filtenna düşük profilli, çok yönlü ışımaya karakteristikli ve yüksek bastırma özelliklerini sağlayabilmesi amaçlanmıştır. Şekil 6'da yapılan simülasyonlar sonucunda elde edilen duran dalga oranı 1 – 14GHz arasında gösterilmiştir.



Şekil 6. Simüle edilmiş Duran Dalga Oranı

Şekil 7'de tasarlanan filtreli anten modelinin 1 ile 14GHz arasındaki maksimum kazancı

sunulmuştur. İlgili frekans bandı boyunca sadece çalışma frekansı olan 8GHz de 8dBlik kazanç elde edilmiştir.

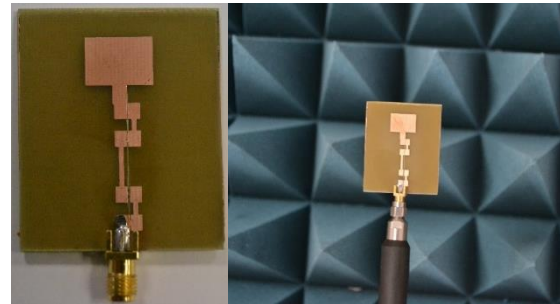


Şekil 7. 1-14GHz aralığında simüle edilmiş maksimum kazanç

## Üretim ve Ölçüm

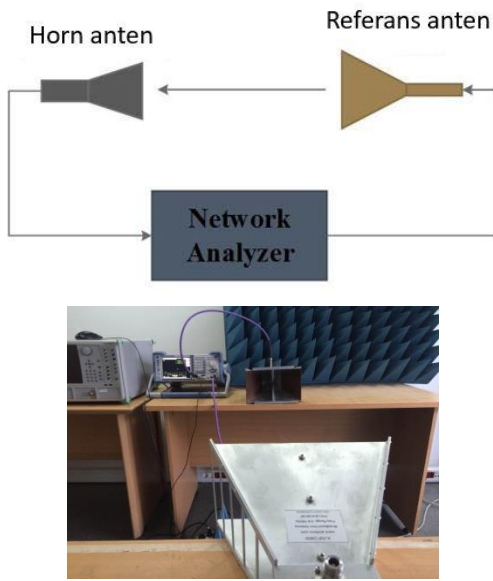
Filtenna tasarımındaki önemli parametreler incelenerek çalışmaya başlanmıştır; devre giriş empedansı, etkin yüzeyi, duran dalga oranı, ışımaya gücü, polarizasyon, ışımaya örüntüsü, kazancı, hüzme genişliği. Teorik tasarımlar ve simülasyonlarda mikroşerit anten parametreleri ve besleme şekilleri incelenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda CST simülasyon programı ile yapılan benzetimleri ve optimizasyonu yapılarak prototip Filtenna üretilerek ölçümleri yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Prototipin empedans uyumu, geri dönüş kaybı  $S_{11}$ , ışımaya paterni ve kazancı ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar benzetimler ile uyumlu ve tutarlı olduğu görülmüştür.

Bu bölümde, üretilen Filtenna modülünün (şekil 8) geri yansımaya katsayısı ( $S_{11}$ ), ve ışımaya paterni Şekil 9'daki ölçüm kurulumu kullanarak ölçülmüştür. Ölçümlerde referans anten kullanılmıştır [A-info, lb8180].

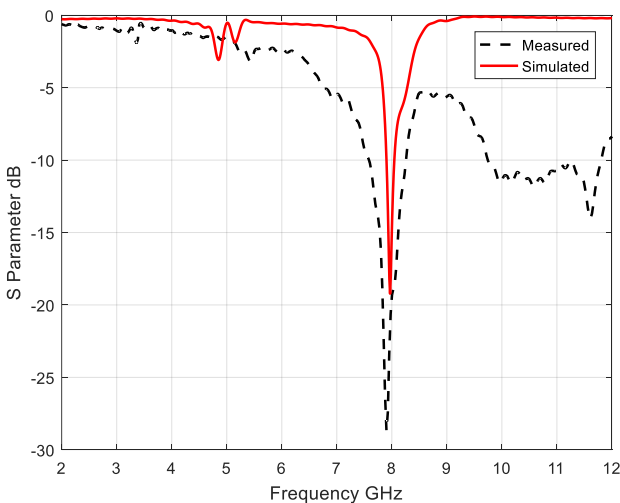


Şekil 8. Üretilen Filtenna modeli

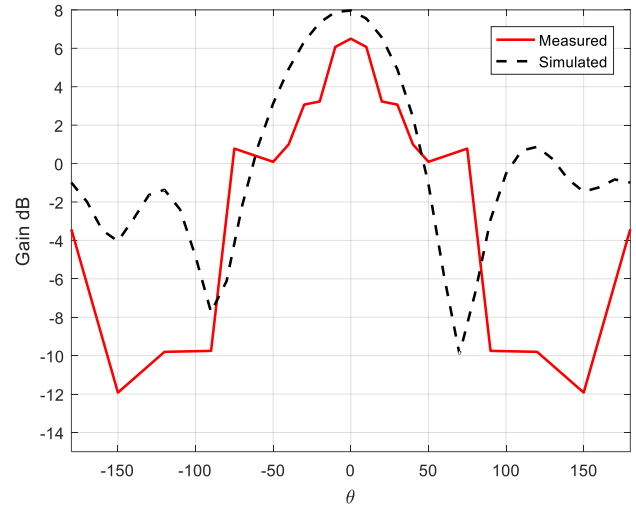
Bu kısımda, önerilen Filtenna yapısına ait benzetim ve ölçüm sonuçları sunulmuştur. Şekil 9 da verilen ölçüm düzeneği ile antene ait geri dönüş kaybı ve antene ait kazanç değerleri ölçülmüştür. Antenin geri dönüş kaybı performansına ait benzetim ve ölçüm sonuçları şekil 10, uzak alan kazancına ait performans ise şekil 11 de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarından da görüldüğü üzere önerilen anten 8 GHz bandında yüksek kazanç ve düşük bir geri dönüş kaybı performansına sahiptir.



Şekil 9. Şematik kurulum gösterimi ve laboratuvar ortamında ölçüm kurulumu



Şekil 10. Ölçüm ve simüle edilmiş geri dönüş kaybı



Şekil 11. 8 GHz için ölçülmüş uzak alan kazanç değeri

## Sonuçlar

Bu çalışmada yeni bir düzlemsel kompakt filtreli mikroşerit antenin / Filtenna tasarımı, geliştirilmesi ve ölçümü sunulmuştur. Söz konusu Filtenna yapısı 8GHz frekans bandında çalışmaktadır. Bir besleme hattı, iki adet rezonatörü ve dikdörtgen bir yama filtreleme antenini oluşturmak için entegre edilmiştir. Dumbell şeklindeki kademeli filtre besleme ağı ve yamasından oluşur ve anten elemanları, kompakt besleme ağı ile birlikte, üçüncü dereceden bir bant geçiren filtre olarak işlev görmektedirler. Önerilen Filtenna düşük profilli, çok yönlü ışırma karakteristikli ve yüksek bastırma özelliklerini sağlayabilmesi amaçlanmıştır. Antenin benzetimi, prototip üretimi ve ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında, benzetimler ve ölçümlerin uyumlu olduğu ve tasarım hedefi performans parametrelerinin sağlandığı görülmüştür. Geleneksel yama antene kıyasla, önerilen model, bant dışındaki istenmeyen sinyalleri başarıyla bastırmakta, bant kenarlarında iyi seçicilik sağlamakta ve geçiş bandının anten kazancı tepkisinin genişliğini düzeltmektedir. Elde edilen sonuçlar antenin tüm çalışma frekansı bandında iyi bir performansa sahip olduğunu göstermektedir.

Önerilen yapı, iletişim sisteminin boyutunu ve maliyetini düşürmeye yardımcı olabilecektir. Kolay imalatı ve yüksek performansı ile

haberleşme sistemlerinde kullanılabilir. Ayrıca iki bileşeni bir arada birleştirerek iletişim sisteminin boyutunu ve maliyetini düşürmeye yardımcı olabilir.

## Kaynaklar

- Abdulhasan R. A., Alias R., Awaleh A.A., Mumin A. O., Design of circular patch microstrip ultra wideband antenna with two notch filters, 2015 International Conference on Computer, Communications, and Control Technology (I4CT), Kuching, 464-467, 2015.
- A. I. Abunjaileh, I. C. Hunter, and A. H. Kemp, "A circuit-theoretic approach to the design of quadruple-mode broadband microstrip antennas," IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 56, no. 4, pp. 896–900, Apr. 2008.
- A-info, lb8180, "0.8-18 Ghz broadband horn antenna available at:  
[http://www.ainfoinc.com/en/p\\_ant\\_h\\_brd.asp](http://www.ainfoinc.com/en/p_ant_h_brd.asp)
- Balanis C.A., Antenna Theory Analysis and Design, John Wiley and Sons , Arizona State University ,pages: 4-6, 1982.
- Genc A., Baktur R., A Tunable Bandpass Filter Based on Varactor Loaded Split-Ring Resonators, Microwave and Optical Technology Letters, Volume 51 (10), 2394-2396, 2009.
- Chen F.C., Hu H. T., Li R. S., Chu Q.X., Lancaster M. J., Design of Filtering Microstrip Antenna Array with Reduced Sidelobe Level, IEEE Transactions on Antennas and Propagation,65(2), 903-908, 2017 .
- Chuang C. T., Chung S. J., New printed filtering antenna with selectivity enhancement, in Proc. 39th Eur. Microw. Conf., vol. 9, 747–750, 2009.
- Liu Q., Yu C., Wu X., Wang S., Zhang Z., "A novel design of dual-band microstrip filter antenna," 2016 IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC), Xi'an, 1573-1576, 2016.
- Lin C. K., Chung S. J., A compact edge-fed filtering microstrip antenna with 0.2 dB equal-ripple response," in Proc. 39th Eur. Microw. Conf., 378–380, 2009.
- Ohira M., Ma Z., An efficient design method of microstrip filtering antenna suitable for circuit synthesis theory of microwave bandpass filters, 2015 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), Hobart, TAS, 1-4, 2015.
- Oda S., Sakaguchi S., Kanaya H., Pokharel R. K., Yoshida K., Electrically small superconducting antennas with bandpass filters, IEEE Trans. Appl. Supercond., 17(2), 878–881, 2007.
- Safran M.I., Aydin, E., Pek Geniş Bant Anten Tasarımı ve İmalatı, Atılım Üniversitesi, Ankara, 2006.
- Sainati R. A., CAD of Microstrip Antenna for Wireless Application, Artech House, London, 1996.
- Queudet F., Pele I., Froppier B., Mahe Y., Toutain S., "Integration of pass-band filters in patch antennas," in Proc. 32nd Eur. Microw. Conf., 685–688, 2002.

## Design and Realization of Microstrip patch Filtenna

### Extended abstract

Studies conducted on monolithic or hybrid high frequency filters in recent years have attracted interest. Traditional planar filters with high frequencies are insufficient due to losses in the transmission line. Recently, the filtering antenna (filtenna) concept was developed to prevent these losses. The filtenna (filter antenna) recommended with this study is low-profile and has an omnidirectional radiation characteristic and aims to provide high damping features. The traditional design has two separate sections that are combined with a 50 ohm transmission line. The transmission line creates a resonator at a specific frequency and causes an interference, therefore perfect adaptation may not be the case for the transmission line and spectral band. An additional transmission line will not only drop system performance but will also increase the space the circuit takes. Combining the two components can also help make the size of the communication system smaller and lower the costs. The filter structure was designed to combine using a patch antenna to make necessary improvements. The filter antenna's feeder line consists of two dumbbell resonators and a rectangle patch. Firstly, a unit shaped like a dumbbell was considered as the main structure because it is thought to provide basic filtering features. Secondly, two new double lines were applied. The coupling range was optimized to obtain the best performance. Full wave electromagnetic (EM) simulations were carried out to determine the necessary quality factors and connection coefficients. The recommended filter structure functions as a band-pass filter with 150 MHz channel bandwidth centered on 8 GHz medium frequency. The structure of the designed antenna is desired to operate on 8 GHz resonance frequency. The design comprises of dielectric constant  $\epsilon_r=4.4$ , loss tangent  $\tan\delta = 0.035 \cong 0.02$  FR-4 material that is 1.58 mm thick.

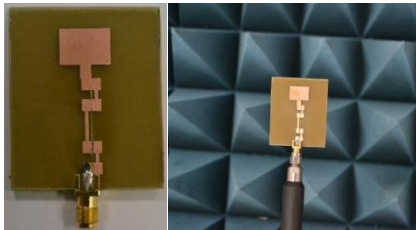


Figure 8. Prototyped filtenna model

Simulation results and measurements of the recommended filtenna structure given in Figure 8 have been presented. As can be seen from the measurements, the recommended antenna displays low return loss (-20 dB, Figure 10) and high gain (6 dB, Figure 11) performance when measured on a bandwidth of 8 GHz.

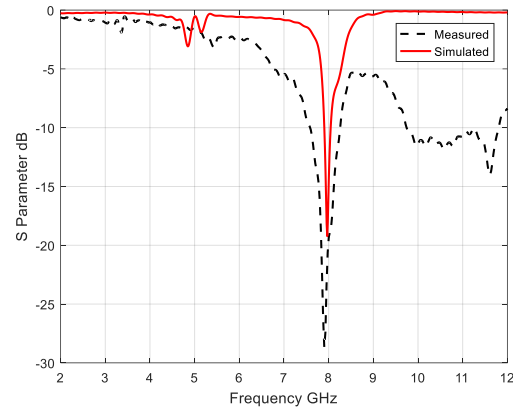


Figure 10. Simulated and measured return loss characteristic

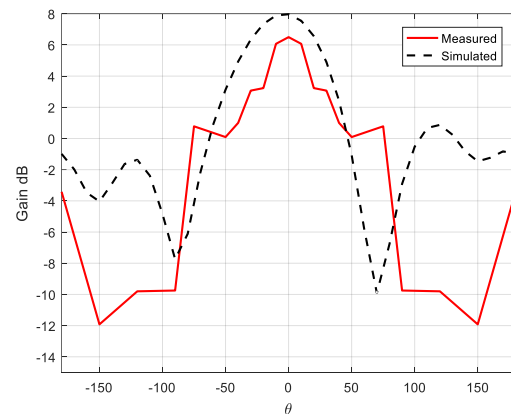


Figure 11. Measured gain @ 8 GHz

The filtenna is aimed to be low profiled and provide omnidirectional radiation characteristics and high damping features. Antenna simulations have been carried out, a prototype built and measurements performed. When results are compared, it is seen that the simulations and measurements are in accordance and the design target performance parameters are met. The results show that the antenna performs well on all frequency bandwidths. The proposed model will help make the communication system smaller and lower the cost. It can be used in communication systems as it is easily manufactured and has high performance. Combining two components will also help the communication system smaller and lower the cost.

**Keywords:** Filtenna, Filter Integrated Antenna, Microstrip Antenna