



Deney 5: Anten Işıma Örüntüsü Ölçümü

1 Amaç

1. Farklı anten tiplerinin uzaydaki yönlü güç dağılımlarını karşılaştırmalı olarak incelemek.
2. 1 GHz için tasarlanmış yarım dalga dipol anten ile 2.45 GHz ISM bandında çalışan mikroşerit yama antenin azimut ve yükselme (elevation) düzlemlerindeki ışıma örüntülerini, antenleri belirli açılarla döndürüp alınan güç seviyelerini kaydederek ölçmek ve ölçümlerden ışıma örüntüsü grafiklerini oluşturmak.
3. Friis denklemi üzerinden kazanç ve yönlülük kavramlarını uygulamalı olarak öğrenmek.

2 Ön Hazırlık Soruları

1. dB ve dBi kavramlarını ve farkını öğreniniz. Matematiksel hesaplamalarının nasıl yapıldığını araştırınız.
2. Gönderilen ve alınan güçlerin lineer (reel) olduğu durumda, birbirine eş iki antenin kazancını Friis denklemi ile hesaplayacak MATLAB kodunu oluşturunuz (diğer parametreleri de teker teker elle girebileceğiniz bir kod olsun). Deney esnasında bu koda ihtiyacınız olabilir.
3. Gönderilen ve alınan güçlerin logaritmik olduğu durumu ele alınız. Verici anten kazancının 10 dB olmasına karşılık alıcı antenin kazancını hesaplayan MATLAB kodunu oluşturunuz (diğer parametreleri de teker teker elle girebileceğiniz bir kod olsun).
4. Bu aşamada, yukarıda oluşturduğunuz MATLAB kodunu revize etmeniz istenmektedir. Verilen güç: 0 dBm, verici kazancı: 10 dB, antenler arası R mesafesi: 4 m, frekans: 1 GHz verilerini giriş kabul ediniz. Friis denklemine göre azimut eksenini 0-360 derece arasında tarayan ve alınan güç değerlerini açılara göre polar grafik üzerinde çizdiren bir MATLAB kodu oluşturunuz. Deney sonrasında bu koda ihtiyacınız olacaktır.
5. Bir yarım dalga dipol antenin azimut düzlemindeki yarı güç ışıma genişliği (açı olarak) nasıl belirlenir?
6. Şekil 5-1 ve Şekil 5-2'deki ışıma örüntüleri arasında ne fark görüyorsunuz? Neden?

3 Temel Kavramlar

3.1 Alıcı Anten Kazancının Hesaplanması (Friis Bağıntısı ile)

Friis iletim denklemine göre serbest uzayda iki anten arasındaki alınan güç (lineer formda) şu şekilde verilir:

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \quad (5-1)$$

Burada P_r ve P_t sırasıyla alıcı ve verici güçleri (lineer), G_t ve G_r verici ve alıcı anten kazançları (lineer), λ dalga boyu ve R iki anten arasındaki uzaklıktır. dB cinsine çevirdiğimizde (güç dBm ve kazançlar dBi olarak):

$$P_r(\text{dBm}) = P_t(\text{dBm}) + G_t(\text{dBi}) + G_r(\text{dBi}) + 20 \log_{10} \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right) \quad (5-2)$$

Alıcı anten kazancını çözmek istersek:

$$G_r(\text{dBi}) = P_r(\text{dBm}) - P_t(\text{dBm}) - G_t(\text{dBi}) - 20 \log_{10} \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right) \quad (5-3)$$

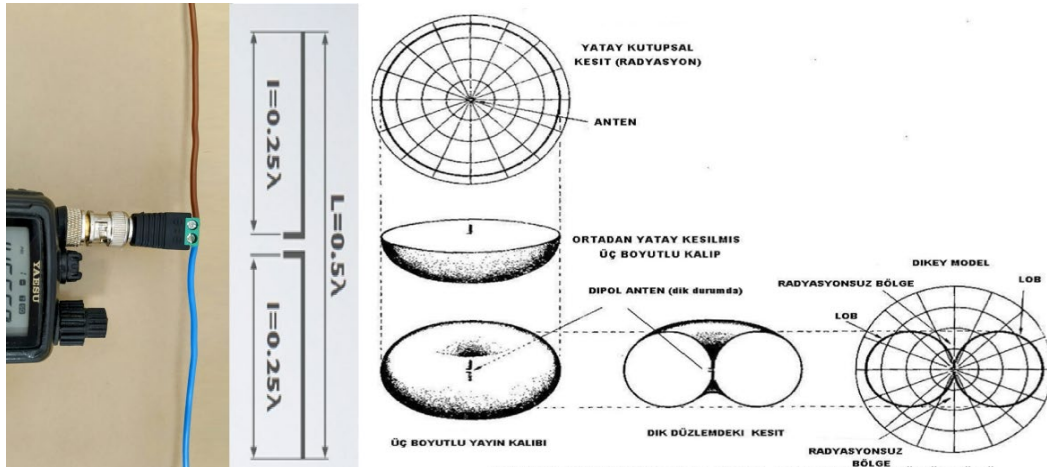
Ayrıca, bir antenin kazancının logaritmik ifadesi:

$$G(\text{dBi}) = 10 \log_{10} (G_{\text{linear}}) \quad (5-4)$$

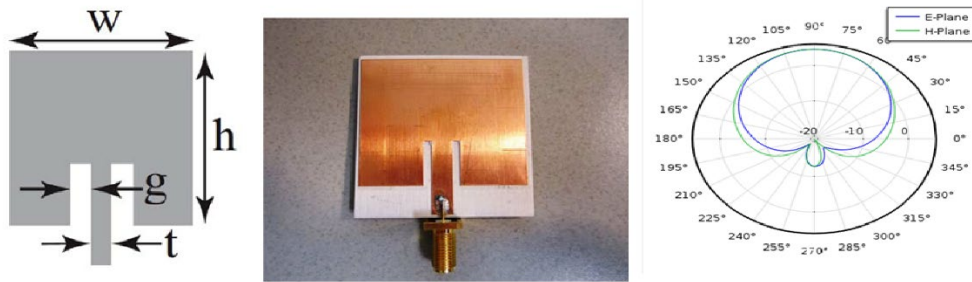
Bu denklem, ölçümlerde lineer kazancı (ör. Friis denkleminde elde edilen) dB cinsine çevirmek için kullanılır.

3.2 Dipol ve Mikroşerit Yama Antenlerin Işıma Örüntüleri

Dipol anten ve mikroşerit yama antenin muhtemel ışıma örüntüleri sırasıyla Şekil 5-1 ve Şekil 5-2'de görülmektedir.



Şekil 5-1. Dipol anten ve muhtemel ışıma örüntüsü: örnek bir dipol anten (solda), yarım dalga dipolün boyutları ile üç boyutlu ve kesit ışıma örüntüleri (sağda).



Şekil 5-2. Mikroşerit yama anten ve muhtemel ışıma örüntüsü: yama geometrisi (solda), örnek bir yama anten (ortada), E-düzlemi ve H-düzlemi ışıma örüntüleri (sağda).



4 Gerekli Ekipmanlar

- Spektrum Analizörü (3 GHz)
- RF Sinyal Üretici (3 GHz)
- Vektör Network Analizörü
- Yarım dalga dipol anten (1 GHz'de çalışan)
- Mikroşerit yama anten (2.45 GHz'de çalışan)
- Kablo ve konnektörler

5 Deneyin Yapılışı

5.1 Uygulama/Deney Adımları

Önemli: Bu deneyde iki adet antenin ışıma örüntüsü oluşturulacaktır. Her bir anten için hem azimut hem de elevation düzleminde iki ayrı veri seti oluşturulacaktır. Ölçümlerde RF sinyal jeneratörü ve spektrum analizörü kullanılacaktır.

1. Yarım dalga dipol için anten ölçüm düzeneğini kurunuz (verilen güç: 0 dBm, verici kazancı: 10 dB, antenler arası R mesafesi: 4 m, frekans: 1 GHz verilerini giriş kabul ediniz).
2. Antenleri karşılıklı konumlandırarak alıcıdan alınan gücü ölçünüz (dipol yere doğru dik konumda olacak).
3. Anteni azimut eksenini boyunca 0-360 derece arasında 30'ar derece adımlarla döndürerek ölçümleri tekrarlayınız. Her seferinde aldığınız ölçümün sonucunu not ediniz.
4. Şimdi anteni elevation düzlemini ölçmek için konumlandırınız (dipol anten yere paralel, bir ucu verici antene doğrultulmuş hâlde ölçüme başlayınız).
5. Anteni yükselme (elevation) eksenini boyunca 0-180 derece arasında 30'ar derece adımlarla yukarı doğru döndürerek ölçümleri tekrarlayınız. Her seferinde aldığınız ölçümün sonucunu not ediniz.
6. Şimdi de 2., 3., 4. ve 5. adımlarda yaptığınız işlemleri 2.45 GHz'de tekrarlayınız (verilen güç: 0 dBm, verici kazancı: 12 dB, antenler arası R mesafesi: 4 m, frekans: 2.45 GHz verilerini giriş kabul ediniz).

5.2 Ölçüm Adımları

Dipol anten için ölçüm adımlarını Tablo 5-1 ve Tablo 5-2'deki tablolara not alabilirsiniz.

Mikroşerit yama anten için ölçüm adımlarını Tablo 5-3 ve Tablo 5-4'teki tablolara not alabilirsiniz.



Tablo 5-1. Dipol anten azimut ölçümleri.

Derece	Alınan güç
0	
30	
60	
90	
120	
150	
180	
210	
240	
270	
300	
330	
360	

Tablo 5-2. Dipol anten elevation ölçümleri.

Derece	Alınan güç
0	
30	
60	
90	
120	
150	
180	



Tablo 5-3. Mikroşerit yama anten azimut ölçümleri.

Derece	Alınan güç
0	
30	
60	
90	
120	
150	
180	
210	
240	
270	
300	
330	
360	

Tablo 5-4. Mikroşerit yama anten elevation ölçümleri.

Derece	Alınan güç
0	
30	
60	
90	
120	
150	
180	

5.3 Raporda Bulunması Gerekenler

1. Deney sonuçları tablo ve grafiklerle desteklenerek polar grafik elde edilecektir. Hem azimut hem de elevation sonuçlarını aynı polar grafik içinde verebilirsiniz.
2. Ölçüm sonuçlarınızın Şekil 5-1 ve Şekil 5-2'deki grafiklerle ne kadar benzer olduğunu raporunuzda tartışınız.
3. Elde edilen grafiklerden farklı anten tiplerine karşılık farklı ışıma örüntüleri elde edileceği sonucu çıkar mı? Siz de piyasada kullanılan anten tiplerine ve ışıma örüntülerine örnekler bulunuz.
4. Bu deneyden öğrenilenler maddeler hâlinde yazılacaktır.



6 Deney Sonu Soruları

1. Dipol anten ile mikroşerit yama antenin azimut ve elevation düzlemlerindeki ölçüm sonuçlarını karşılaştırınız. Hangi anten daha yönlüdür ve bu durum alınan güç değerlerinde nasıl görülmektedir?
2. Ölçülen alınan güç değerlerinden (5-3) kullanarak alıcı anten kazancını (dBi) hesaplayınız. Hesapladığınız değer antenin beklenen kazancıyla uyumlu mudur?
3. Ölçüm sonuçlarının teorik örüntülerden sapmasına neden olabilecek etkenler (yansımalar, hizalama hataları, kablo ve konnektör kayıpları, 30 derecelik adım aralığı vb.) nelerdir?
4. Işıma örüntüsünün ölçümünde antenler arası mesafenin ($R = 4 \text{ m}$) uzak alan koşulunu sağlayıp sağlamadığını nasıl kontrol edersiniz?