

# Mikroşerit Yama Dizi Anten ile RFID Sistemlerinde Mesafe Artırımı

Mehmet ABBAK, İbrahim TEKİN  
Sabancı Üniversitesi  
Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Sabancı Üniversitesi  
34956, İstanbul, Türkiye, Tel: 216 - 4839534, Fax: 216 - 4839550  
[tekin@sabanciuniv.edu](mailto:tekin@sabanciuniv.edu), [metak@su.sabanciuniv.edu](mailto:metak@su.sabanciuniv.edu),

**Özet:** Bu çalışmada, UHF RFID sistemlerinin mesafe ve kapsama alanının artırımına yönelik, çalışma frekansı 867 MHz (Gen 2 Protokol) olan, 2x2 mikroşerit faz kaydırıcı dizi anten üretilmiştir. Faz dizilimli anten, dört adet mikroşerit yama anten ögesi, üç adet Wilkinson güç bölücüsü ve iletim hattı faz kaydırıcısının dielektrik sabiti 4.50 olan aynı Nelco NH9450 substratının üzerine boyutları 34x45 cm olarak basılmıştır. Faz dizilimli mikroşerit dizi antenin yönlülüğü 12,1dB olarak ölçülmüştür ve ana ışına yönünün  $\pm 30$  derece ile anahtarlanabileceği ve 3dB ışına genişliğinin  $93^\circ$  derece olduğu görülmüştür.

## 1. Giriş

Gün geçtikçe RFID sistemler günlük yaşam içerisinde daha fazla yer almaktadır, yaşam koşullarını kolaylaştırarak ve hayatı hızlandırarak. Bugün birçok farklı alanda kullanımı sayesinde, bunların arasında üretim süreçleri ve depo takibi, güvenlik kartları ve giriş-çıkış sistemleri, perakende sektörü güvenlik ve satış sistemleri vs. gibi, birçok farklı RFID sistemi geliştirilmiştir. Bütün RFID sistemleri de operasyon frekansı ve güç kaynağı açısından birbirinden ayrılmaktadır. Bu projede de ETSI tarafından 1. bölge için 865.7MHz ile 867.7MHz arasında tanımlanan pasif UHF RFID sistemleri kullanılmıştır. Pasif sistemlerin en büyük avantajı RFID etiketlerinin ucuz maliyeti ve kolay üretilebilir olması. Ayrıca, etiketlerin küçük, ince ve kâğıt yapısında olmasından dolayı takip edilmek istenen ögeye çok rahat takılabilir olması. Ama en büyük dezavantajı da, aktif sistemlere göre çok daha düşük operasyon mesafesi ve böylece düşük kapsama alanı. Bu da, pasif sistemlerin birçok avantajının yanında kullanımlarını kısıtlamaktadır. Pasif sistemlerin operasyon mesafesini ve kapsama alanını arttırmak kolay değildir ve ayrıca ETSI' in pasif RFID sistemleri kullanımını belirleyen 302–208 düzenlemesi, bu frekans bandında efektif ışın gücünü 2W ile sınırlandırılmış olması bunu daha da zorlayıcı kılmaktadır. Kapsama mesafesinin artırılmasının bir yolu mono-statik sistemler yerine multi-statik sistem kullanımı olabilir. Eğer öncelikle okuma mesafesinin bağlı olduğu parametreleri incelersek daha kolay anlaşılabilir. Pasif RFID etiketinin operasyon mesafesi kısıtlaması, etiket anteninde elde edebildiği etiketteki tümleşik devreye yeterli voltaj ve güç sağlaması ile belirlenir. En basit mantıkla, pasif bir sistemin operasyon mesafesini arttırmak için tümleşik devreyi çalıştıran elde edilen güç artırılmalıdır. Friis denklemine de belirtildiği üzere elde edilen güç, dalga boyu, yol ve alıcı-verici anten kazancına bağlıdır.

$$P_R = P_T \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 G_{0r} G_{0t}$$

$(\lambda/4\pi R)^2$  boş hacim kayıp faktörü olarak değerlendirilir ve sabit olarak düşünülürse, elde edilen gücün yollanan güç ve alıcı-verici anten kazançlarına bağlı olduğu görülmektedir.

## 2. Faz Kaydırıcı Dizi Anten Sistemi

Dizi antenin şematik görüntüsü Şekil.1' de verilmiştir. Faz kaydırıcı dizi antende dört (2x2) adet mikroşerit yama anten, Wilkinson güç bölücü, SPDT anahtarların kullanıldığı faz kaydırıcı bulunmaktadır. İletişim hatlı faz kaydırıcı kullanarak, esas ışına hüzmesi üzere iki farklı noktaya kaydırılabilir. Ayrıca mikroşerit yama antenlerin genel yarım düzleme ışın örüntüsü Şekil.3' de verilmiştir. Geniş hüzme açıklığı olan mikroşerit yama antenin hüzmesi daraltılarak ve farklı 2 noktaya yönlendirilerek operasyon mesafesi ve kapsama alanı artırılmıştır. Dizi anten besleme devresinden ışına örüntüsünü H-düzleminde  $\pm 30$  derece arasında yönlendirmek üzere, Şekil.1' de görülen anten setleri (1,2) ve (3,4) arasında, maksimum kazanç ve minimum bağlaşım kısıtlamaları altında EM simülasyonlar sonucunda belirlenen anten elemanları arasında x-ekseninde  $0.3\lambda_0$  ve y-ekseninde  $0.4\lambda_0$  aralık için,  $120^\circ$  derece faz farkı yaratması beklenmektedir. H-düzleminde ışına hüzmesi yönlendirilmek istendiği için 1 ve 2 numaralı antenler ile 3 ve 4 numaralı antenler arasında faz farkı yoktur.

## 3. Test ve Ölçüm Sonuçları

Dizi anten içerisindeki her bir eleman, mikroşerit yama anten, güç bölücü ve faz kaydırıcı, öncelikle ADS Momentum 'da tasarımı yapıp, ayrıca üretilip sonrasında Agilent devre çözümleyicisinde s-parametreleri ölçülmüştür. Mikroşerit antenin tasarımı için birçok geometrik ve materyal parametresinin tanımlanması gerekmektedir. Literatürde [1][2], mikroşerit yama antenler için bilinen tasarım formülleri kullanılarak ilk değerler elde edildi. İlk değerler elde edildikten sonra EM simülatörde ince ayar yapılarak mikroşerit anten son haline getirilip üretildi. Mikroşerit anten dielektrik sabiti 4.5 olan ve yüksekliği 1.575mm olan Nelco NH9450 substratın üzerine basılmıştır. Antenin ölçülen geri dönüş kaybı Şekil.2' de verilmiştir ve antenin 867MHz de -22dB geri dönüş kaybı ile ışıdığı ayrıca 10dB geri

dönüş kaybı bant genişliği de 15MHz (%1.7) olarak ölçülmüştür. Antenin 867MHz de ışıdığı görüldükten sonra yansız odada ışınma hüzmesi ölçümleri yapılmıştır ve Şekil.3' de E-düzlemi ve H-düzlemi ölçüm sonuçları verilmiştir. E ve H düzleminde yayındırıcı yönde ters polarizasyon değerlerinden 15dB den daha iyi değerler elde edilmiştir. Ayrıca 3dB bant genişliği E düzleminde 80° derece ve H düzleminde de 70° derece olarak elde edilmiştir, ek olarak ışınma örüntüsünden ölçülen antenin yönlülüğü 7.5dB olarak bulunmuştur.

Bir sonraki adım olarak, referans kol ile gecikme hattı arasında 120° derece faz farkı sağlanması istenen iletim hattı faz kaydırıcı gerçekleştirildi, dielektrik sabiti 4.5 olan substratın üzerine basıldı (Şekil.5). Bu faz farkı, anten kolları arasında  $\pm 120^\circ$  derece farkı sağlamak için faz farkı 240° derece olan besleme devresinde gereklidir. Ölçülen faz kaydırıcının s-parametre sonuçları Şekil.6' da verilmiştir. 867 MHz de referans ve gecikme hattının çok düşük geri dönüş kaybının olduğu ( $S_{11} \approx -50\text{dB}$ ), ve port 1 ve 2 arasındaki kaybın da  $S_{12} \approx -1.1\text{ dB}$  olduğu ölçülmüştür. Dizi anten besleme devresinin son parçası olarak da Wilkinson güç bölücüsü tasarlanıp, gerçekleştirilmiştir (Şekil.5). S-parametreleri ölçüm sonucunda gücün eşit bir şekilde 0.1dB kayıpla bölündüğü ve portlar arası yalıtım da 867MHz de -40dB olarak ölçülmüştür (Şekil 7).

Simülasyonları yapılan dizi anten düşük kayıplı Nelco NH9450 PTFE cam ve seramik örülü birleşiminin üzerine basıldı (Şekil.8). Materyalin dielektrik sabiti 4.5 olup, yüksekliği 1.575 mm ve dielektrik kaybı 0.003' dür. Simülasyonlara göre karşılaştırdığımızda, operasyon bandı dışında beklenenden çok daha fazla kayıp olduğu ölçüm sonuçlarında görülmüştür. Bunu ADS Momentum da uzun mikro şerit hatlar üzerindeki iletken kayıpları ve yüzey dalgalarından oluşan kayıpların yeterince ele alıp hesaplamamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Her iki durum için de geri dönüş kaybı Şekil.9 da verilmiştir. 867MHz de dizi antenin her iki durumu için de -35dB geri dönüş kaybı ölçülmüştür. Antenin 867MHz de ışınma yaptığı görüldükten sonra ışınma hüzmesi TUBITAK UEKAE yansız odada ölçülmüştür. İlk olarak H düzleminde ölçümler yapıldıktan sonra ( Şekil.10 ve 11), son olarak da her iki durum için de aynı olan E düzlemi ölçümü (Şekil 12) verilmiştir. Şekil.10 da verilen 1. durum için yapılan H düzlemi radyasyon örüntüsü ölçüldüğünde 12,1 dB yönlülük ve 48° derece 3dB ışın genişliği hesaplanmıştır. Ayrıca 20dB den daha fazla co-cross polarizasyon farkı elde edilmiştir. Şekil.11 de verilen 2. durum için de yapılan ölçümler sonucu 12.2dB yönlülük ve 46° derece 3dB ışın genişliği ölçülmüştür. Ayrıca Şekil.12 de verilen E düzleminde yapılan ölçümler sonucu dizi antenin her iki durumu için de 69° derece 3dB ışın genişliği ve 20 dB den daha co-cross polarizasyon farkı ölçülmüştür.

Işınma hüzmesi ölçümlerini tamamladıktan sonra, faz kaydırıcılı dizi anten gerçek RFID sistemi içerisinde test edildi. Verici anten olarak RFID sistemlerinde kullanılan standart yama anten kullanılırken, alıcı anten olarak da üretilen dizi anten kullanıldı. 5m x 5m oda ölçüleri olan alanda yapılan test sırasında okuma alanının kısıtlılığı ve okuma değerlerindeki tutarlılığı arttırmak için iletilen güç seviyesi 0.5watt a kadar düşürüldü. Ölçümler sırasında bi-statik ALR - 8800 okuyucu ve pasif UHF ALN - 9554 etiket Şekil.13' de faz kaydırıcılı dizi antenin her iki durumu için de alınan okuma değerleri ve ayrıca karşılaştırmak açısından RFID sisteminin standart yama anteni kullanıldı. Ölçüm iki farklı kurulum kurularak yapıldı, ilkinde alıcı ve verici antenler odanın karşı taraflarında konumlandırılırken, 2. durumda odanın yakın olan taraflarında yerleştirildiler. Her iki ölçüm sonucunda da RFID sistemin standart yama antene okuma mesafesinin ve toplam kapsama alanının arttığı görülmüştür.

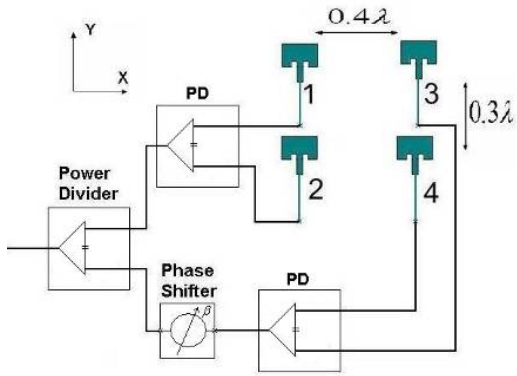
#### 4. Sonuç

Faz kaydırıcı, güç bölücüsü ve mikroşerit yama antenden oluşan pasif UHF RFID uygulamaları için 2x2 UHF Mikroşerit yama anten dizisi tasarlanıp, üretilip ölçümleri tamamlanmıştır. Ölçümler sonucunda ışınma hüzmesinin  $\pm 30^\circ$  derece kaydırılabilindiği ve bu şekilde pasif UHF RFID sistemlerin kapsama alanının ve operasyon eriminin ETSI' in bu bantta belirlediği efektif ışınan güç limitini aşmadan artırılabilindiği görülmüştür.

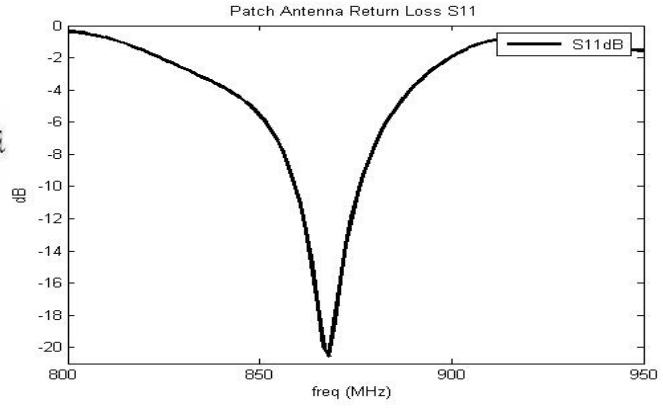
#### Kaynaklar

- [1]. Balanis C. A., Antenna Theory Analysis And Design, John Wiley & Sons Inc., 2nd ed., 1997
- [2]. J. Bahl and P. Bhartia, "Microstrip antennas", Artech House Inc., Dehdam, Massachusetts, 1980

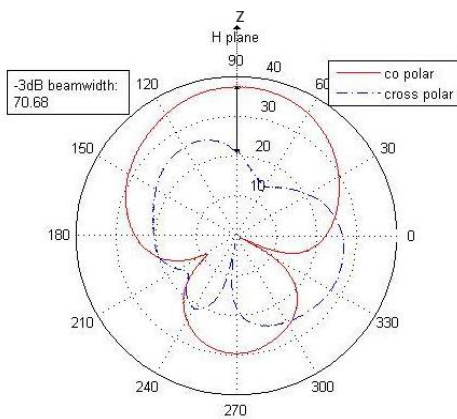
*Bu çalışma (104E123) Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu TUBITAK tarafından desteklenmiştir.*



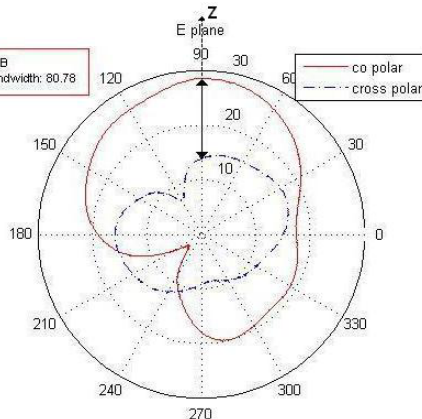
Şekil.1: Dizi Anten Diyagramı



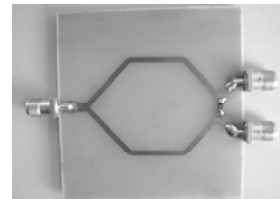
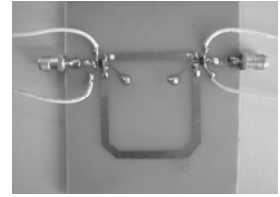
Şekil.2: S11dB (Mikroşerit Yama Anten)



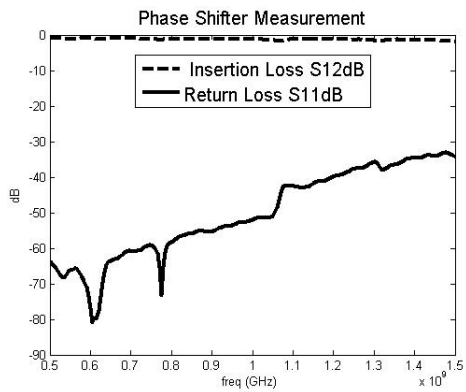
Şekil.3: H-düzlemi co-pol cross-pol ölçümü



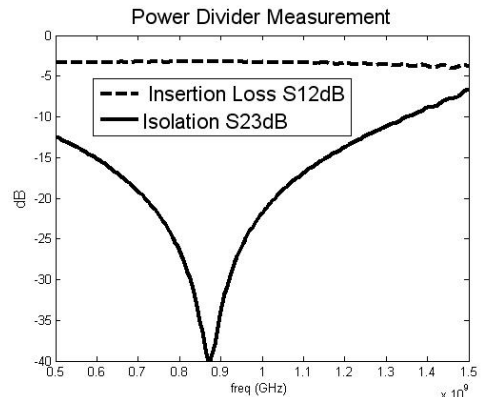
Şekil.4: E-düzlemi co-pol cross-pol ölçümü



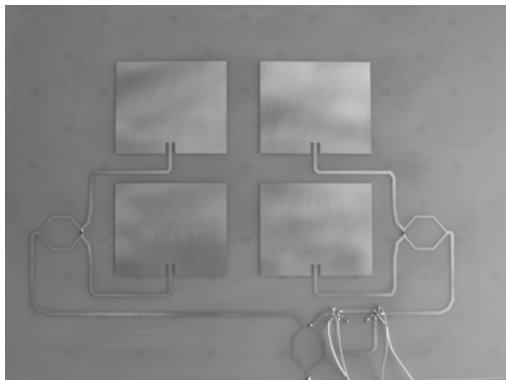
Şekil.5: Faz Kaydırıcı ve Güç Bölücü



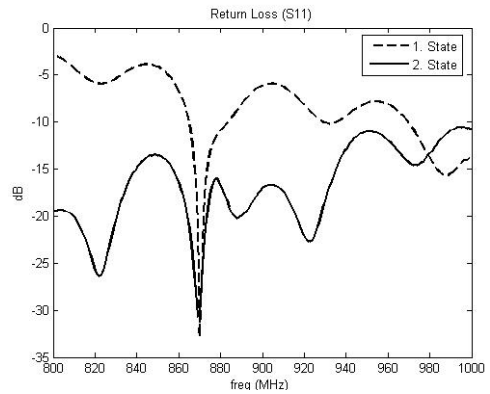
Şekil.6: Faz Kaydırıcı S-Parameter Ölçümü



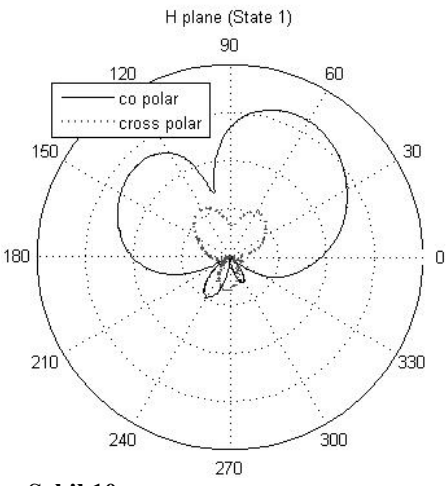
Şekil.7: Güç Bölücü S-Parameter Ölçümü



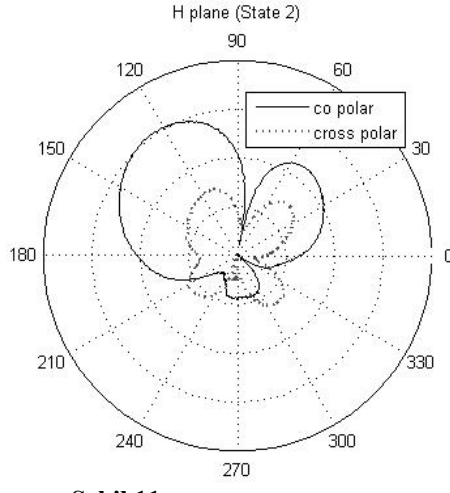
Şekil.8: Dizi Anten



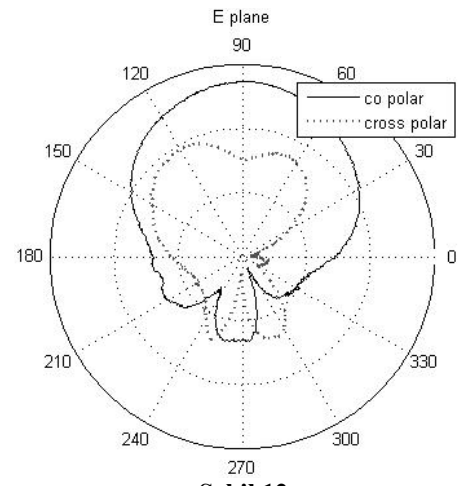
Şekil.9: Dizi Anten S-Parameter Ölçümü



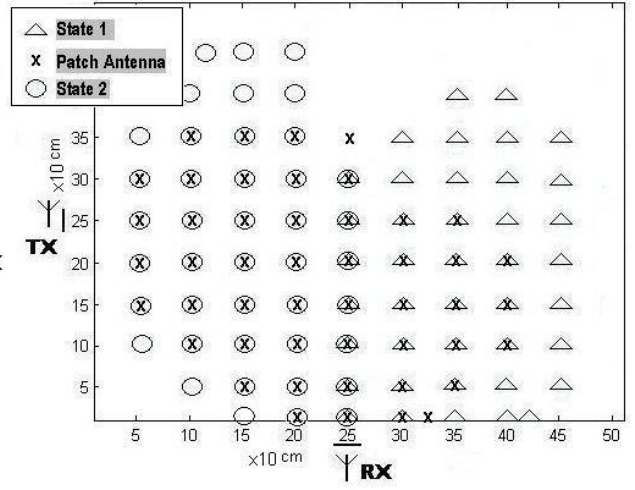
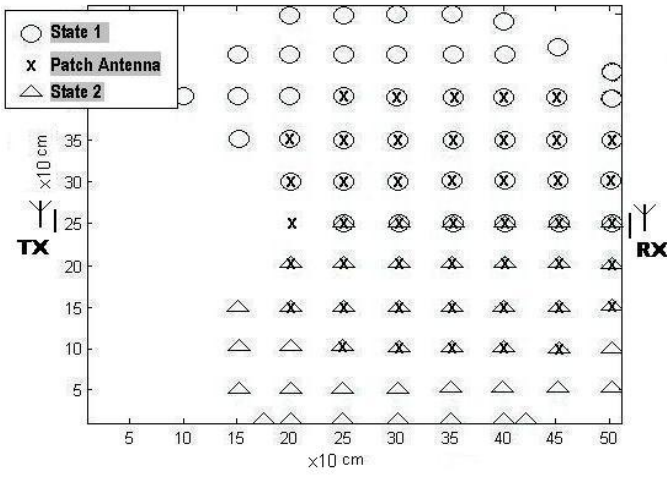
Şekil.10: H-düzlemi ölçümü (Durum 1)



Şekil.11: H-düzlemi ölçümü (Durum 2)



Şekil.12: E-düzlemi ölçümü



Şekil.13: Okunabilir etiketlerin konum bilgisi (alıcı antenin iki farklı durumu için)