

Polarizasyon Anahtarlama Milimetre Dalga Anten Tasarımı

Kamil Yavuz Kapusuz, Uğur Oğuz
RST Teknoloji
Mühendislik Bölümü
Ankara

kkapusuz@rstteknoloji.com.tr, uoguz@rstteknoloji.com.tr

Özet: Bu çalışmada, milimetre dalga bandında polarizasyon anahtarlama anten tasarımı sunulmuştur. Geliştirilen tek katmanlı anten yapısı; yama antenlerden, karma kuplörden (hybrid coupler) ve gerekli iletim hatlarından oluşmaktadır. Çalışmada sunulan anten yapısının giriş portları anahtarlanarak antenlere giden işaretin genliği ve fazı kontrol edilerek dört farklı polarizasyon oluşturulabilmektedir. Geliştirilen polarizasyon anahtarlama anten yapısı hareketli milimetre dalga haberleşme sistemleri için umut verici bir adaydır.

Abstract: In this study, a polarization switchable antenna design in millimeter wave band have been presented. Developed single layer antenna structure consist of patch antennas, hybrid coupler and required microstrip lines. Four different polarization have been achieved with presented antenna structure by switching input ports, which control the phase and amplitude of the signal that feed the antenna. Developed polarization switchable antenna structure is a promising candidate for mobile millimeter wave communication systems.

1. Giriş

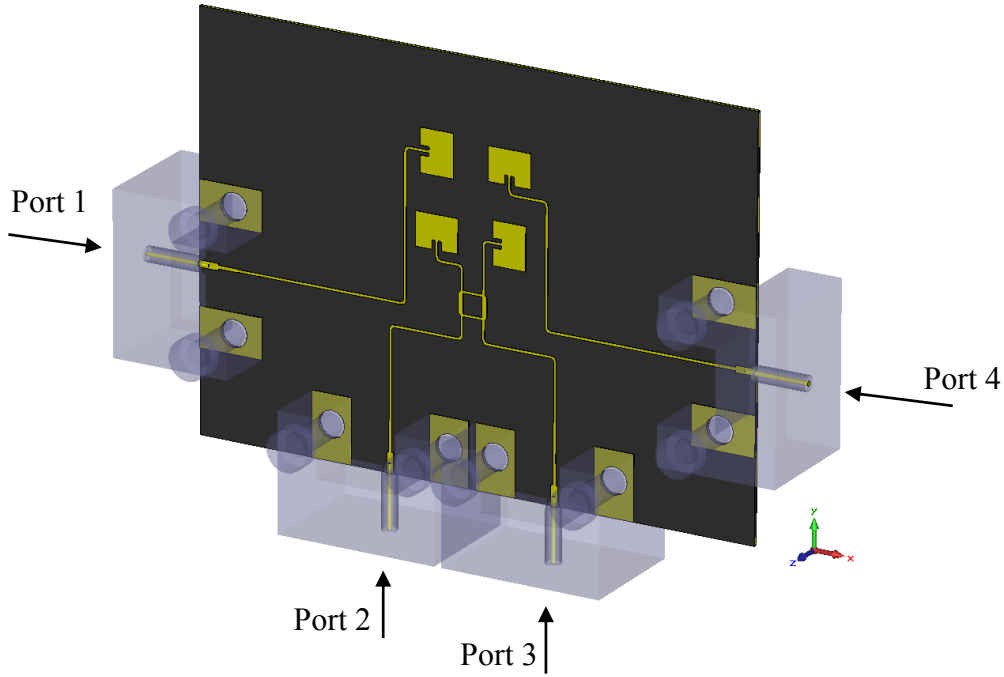
Polarizasyon çeşitliliğine sahip antenler, kablosuz haberleşme sistemleri için çok sayıda avantaj sunmaktadır. Bu tip antenler sistemlerde; çoklu frekans kullanımını (*frequency reuse*) sağlarken, beklenmeyen çok yönlü sönmüleme (*multipath fading*) ve polarizasyon eşleşmeme (*polarization mismatch*) durumlarını da önleyebilirler. Sağladıkları bu avantajlardan dolayı geçmişten günümüze çok farklı yapılarda polarizasyon anahtarlama anten tasarımı gerçekleştirilmiştir [1]-[3]. Bu çalışmaların birçoğunda yamalar üzerine konumlandırılan diyot varyant yapıları anahtar olarak kullanıp, AÇIK/KAPALI durumuna göre anten üzerindeki akım yolunun değişiminden faydalanarak polarizasyon değiştirilmektedir.

Bu çalışmada, merkez frekansı 35 GHz olan polarizasyon anahtarlama anten tasarımı sunulmuştur. Tasarımı gerçekleştirilen düşük maliyetli, düzlemsel ve pinsiz anten yapısı çok girişli çok çıkışlı (MIMO) sistemlerde sistem performansını artırmak amacıyla kullanılabilir [4].

2. Polarizasyon Anahtarlama Anten Yapısı

Şekil 1'de çalışmada sunulan polarizasyon anahtarlama anten yapısının genel formu verilmiştir. Sunulan yapı; dört anten elemanı, karma kuplör ve iletim hatlarından oluşmaktadır. Bu yapıda dört giriş portu ve dört çıkış portu bulunmaktadır. Giriş portlarının anahtarlanması ile çıkış portlarına konumlandırılan yamaların polarizasyon tipinin değiştirilmesi hedeflenmiştir. Şekil 1'de sunulan besleme ağı ve anten yapısı ile dikey lineer, yatay lineer, sol elli dairesel ve sağ elli dairesel polarizasyon olmak üzere dört farklı polarizasyon yapısı elde edilebilmektedir. Sistemdeki yama antenler, faz merkezleri arasında $0.68\lambda_0$ (5.86 mm) aralık olacak şekilde dizilmişlerdir. 35 GHz merkez frekansında tasarlanan mikroserit besleme ağı, bu dört anteni beslemektedir. Tasarlanan polarizasyon anahtarlama anten yapısının toplam alanı $44.75 \times 32.18 \text{ mm}^2$ 'dir. Besleme ağı ile polarizasyon değiştirmek için giriş portlarının anahtarlanması gerekmektedir.

Polarizasyon Ayarlama Besleme Ağı: Besleme ağı 1. Porttan beslenip diğer üç port uygun şekilde uyumlandırıldıklarında, işaret birinci yamayı besleyerek yapıdan dikey polarizasyon elde edilemesine olanak sağlamaktadır. Aynı şekilde besleme ağı; 4. Porttan beslendiğinde yapıdan diğer bir lineer polarizasyon olan yatay polarizasyon elde edilemesine imkan verir. Sunulan yapıdan dairesel polarizasyon çiftini elde edebilmek için besleme ağında 2. ve 3. Portlar kullanılmaktadır. Şekil 1'de sunulan yapıda 2. ve 3. Portlar uygun frekans bandında tasarlanan 90° karma kuplörün giriş portlarına bağlanmıştır.

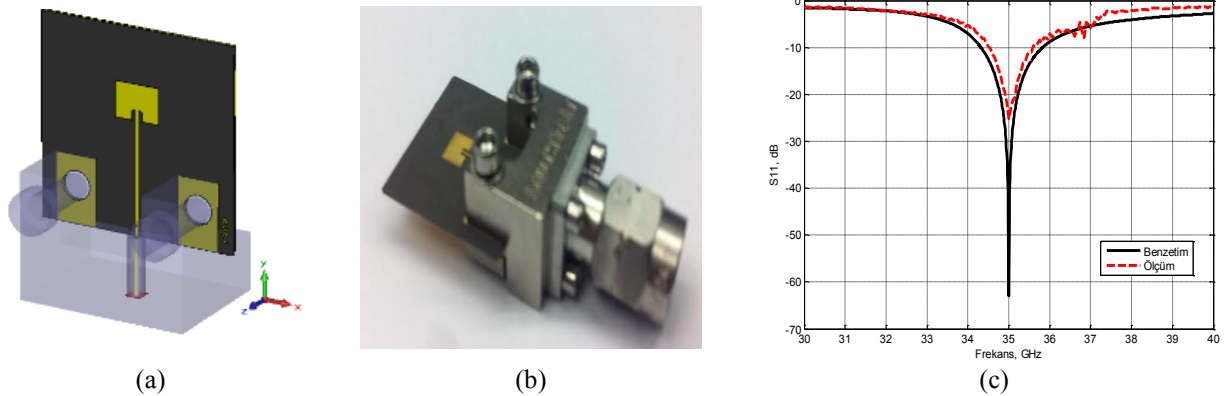


Şekil 1: 4-Polarizasyon oluşumunu destekleyen 4-Portlu anten yapısı.

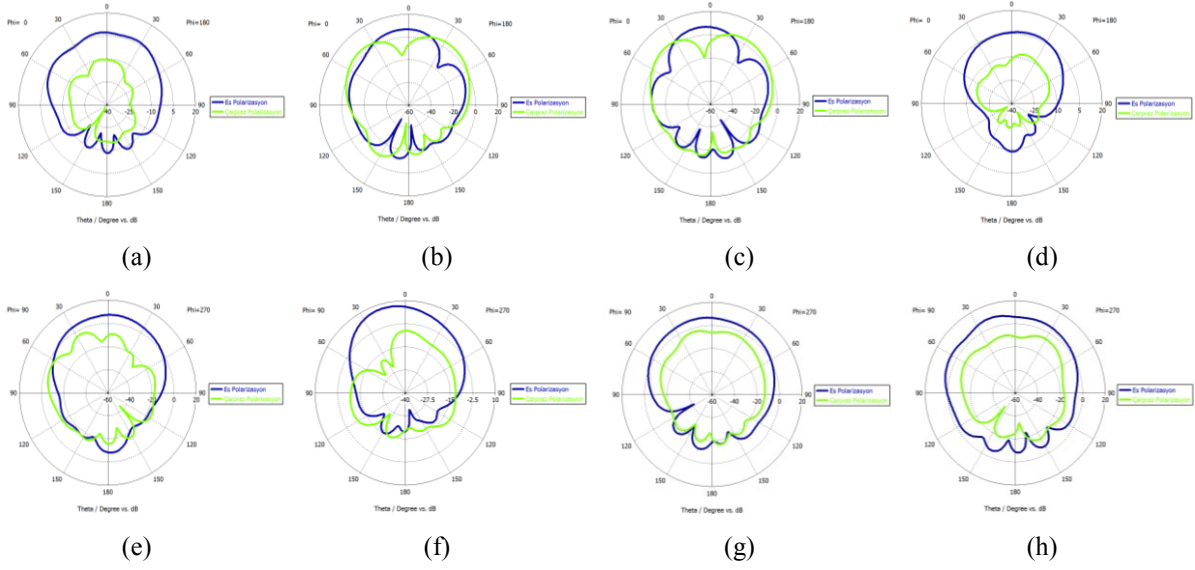
Besleme ağı 2. Porttan beslendiğinde birbirine dik olarak konumlandırılmış ikinci ve üçüncü yamalara gelen işaret eşit genlikte, $\pi/2$ faz farkı oluşacak şekildedir. Bu da anten yapısından sol-el dairesel polarizasyon (LHCP) elde edildiği durumu oluşturmaktadır. Besleme ağı 3. Porttan beslendiği durumda birinci ve dördüncü antenlere herhangi bir işaret gitmemektedir. 3. Porttan çıkan işaret ikinci ve üçüncü yamalara eşit genlikte ve $-\pi/2$ faz farkı oluşacak şekilde gitmektedir. Bu da anten yapısından sağ-el dairesel polarizasyon (RHCP) elde edildiği durumu oluşturmaktadır.

Anten Elemanı: Merkez frekansı 35 GHz olan mikroşerit hat beslemeli birim yama anten yapısı Şekil 2 (a)'da verilmiştir [5]. Tasarımda taban malzeme olarak 0.254 mm kalınlığında Rogers RT/5880 ($\epsilon_r = 2.2$, $\tan\delta = 0.0009$ @ 10 GHz) malzemesi kullanılmıştır. Yamayı beslemek amaçlı kullanılan 100 Ω değerindeki mikroşerit hattın karakteristik empedansı ve yama arasındaki eşleşmeyi sağlamak için yama ile mikroşerit hattın birleştiği noktaya bir boşuk (inset) açılarak antenin 144 Ω olan giriş empedansı 100 Ω 'a indirgenmiştir. Bu empedans dönüşüm ihtiyacı, 144 Ω iletim hattının 100 Ω 'a göre daha ince olmasından ve bu inceliğin üretim açısından sıkıntılı olma durumundan kaynaklı tedbir amaçlı gerçekleştirilmiştir.

Üretilen anten elemanı Şekil 2 (b)'de gösterilmiştir. 40 GHz'e kadar çalışan konnektörler kullanılarak dizi devre çözümleyicisinde ölçülmüştür. Ölçülen S-parametreleri Şekil 2 (c)'de benzetimler ile karşılaştırılmıştır. Benzetimlerde Şekil 2 (a)'da sunulduğu üzere konnektörlerin etkisi hesaba katılmıştır. Şekil 2 (c)'de CST yazılımı ile yapılan benzetimlerin ölçümler ile uyum içerisinde olduğu gözlenmektedir. Benzetim ortamında birim antenden elde edilen kazanç değeri yaklaşık olarak 7 dBi'dir.



Şekil 2: (a) CST ortamındaki anten elemanı. (b) Üretilmiş anten elemanı. (c) S11 ölçüm ve benzetim sonuçları.



Şekil 3: 4-Polarizasyon oluşumunu destekleyen 4-Portlu anten yapısının 35 GHz'deki ışınma örüntüleri. **(a)** $\Phi=0^\circ$ düzlemi dikey polarizasyon ışınma örüntüsü. **(b)** $\Phi=0^\circ$ düzlemi sol-el dairesel polarizasyon ışınma örüntüsü. **(c)** $\Phi=0^\circ$ düzlemi sağ-el dairesel polarizasyon ışınma örüntüsü. **(d)** $\Phi=0^\circ$ düzlemi yatay polarizasyon ışınma örüntüsü. **(e)** $\Phi=90^\circ$ düzlemi dikey polarizasyon ışınma örüntüsü. **(f)** $\Phi=90^\circ$ düzlemi sol-el dairesel polarizasyon ışınma örüntüsü. **(g)** $\Phi=90^\circ$ düzlemi sağ-el dairesel polarizasyon ışınma örüntüsü. **(h)** $\Phi=90^\circ$ düzlemi yatay polarizasyon ışınma örüntüsü.

3. Benzetim Sonuçları

Şekil 1'de sunulan anten yapısının E- ve H-düzlemlerindeki ışınım (kazanç) örüntüleri Şekil 3'te gösterilmiştir. Dikey polarizasyon için elde edilen ışınım örüntüleri sırasıyla Şekil 3 (a) ve Şekil 3 (e)'de sunulmuştur. Benzetim ortamında gözlemlenen sonuçlarda 35 GHz'de çarpaz polarizasyon değerinin 15 dB'nin altında olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 3 (d) ve Şekil 3 (h)'de yatay polarizasyon için elde edilen benzetim sonuçları verilmiştir. Dikey polarizasyonda olduğu gibi yatay polarizasyonda da çarpaz polarizasyon değerinin yaklaşık olarak 15 dB olduğu görülmektedir. Şekil 3 (b) ve Şekil 3 (f)'de sol-el dairesel polarizasyon için elde edilen ışınım örüntüleri, Şekil 3 (c) ve Şekil 3 (g)'de de sağ-el dairesel polarizasyon için elde edilen ışınım örüntüleri sunulmaktadır. Her iki dairesel polarizasyon için elde edilen yaklaşık kazanç değeri 8 dBi'dir.

Bu çalışmada, 35 GHz'de çalışan polarizasyon anahtarlamalı anten yapısı sunulmuştur. Sunulan yapı 4-polarizasyon oluşumunu destekleyen 4-portlu anten yapısına sahiptir. Gerçekleştirilen tasarım SPDT RF anahtarlar ve/veya güç birleştiriciler ile entegre edilerek 35 GHz polarizasyon anahtarlamalı anten yapı özelliği kazandırılabilir. Çalışmada sunulan anten yapısı geleneksel düşük maliyetli tek katmanlı baskı devre kartı (PCB) teknolojisi ile kolaylıkla üretilebilecek özellikte olup ekstra pin yapısına ihtiyaç duymamaktadır. Düzlemsel yapısı ile sunulan anten yapısı hareketli milimetre dalga haberleşme sistemlerinde ve çok girişli çok çıkışlı sistem uygulamaları için kullanılması öngörülmektedir.

Kaynaklar

- [1]. Akkermans J.A.G. ve Herben M.H.A.J, "Millimeter-wave antenna with adjustable polarization", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, cilt 7, s. 539 – 542, 2008.
- [2]. Sung Y.J., "Reconfigurable patch antenna for polarization diversity", IEEE Transaction on Antennas and Propagation, cilt. 56, no.9, s. 3053 – 3054, Eylül 2008.
- [3]. Chi Y.J. ve Chen F.C. "Planar four-port quadri-polarization slot antenna for millimeter wave application", International Workshop on Antenna Technology: "Small Antennas, Novel EM Structures and Materials, and Applications", Sydney, Avustralya, s. 86 – 88, Mart 2014.
- [4]. Dong L., Choo H., Heath R. ve Ling H., "Simulation of MIMO channel capacity with antenna polarization diversity", IEEE Transaction on Wireless Communications, vol. 4, no. 4, pp. 1869–1873, Temmuz 2005.
- [5]. Kapusuz K. Y. ve Oğuz U., "Millimeter wave phased array antenna for modern wireless communication systems", 10th European Conference on Antennas and Propagation, Davos, İsviçre, April 2016.