

Parçacık Sürü Optimizasyon Temelli Frekans ve Bant Genişliği Tahmin Edici: Dikdörtgen Yama Anten

Zeynep Sıdıka Seven
TED Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara
zeynep.seven@tedu.edu.tr

Sultan Can
Ankara Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara
sultan.can@ankara.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, son yıllarda birçok farklı alanda başarı ile uygulanan parçacık sürü optimizasyon yöntemi ile dikdörtgen yama antenlerin çalışma frekansı ve bant genişliği tahmini yapılmıştır. Dikdörtgen yama antenlerin uzunluk ve genişliğine ilişkin parametreler farklı çalışma frekansları, çeşitli alt taş elektriksel geçirgenliği değerleri ve antenin farklı kalınlık değerleri için elde edilmiştir. Tahmin sonuçları deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Abstract: In this study, the resonant frequency and bandwidth estimation of rectangular patch antennas has been performed via particle swarm optimization, which has been successfully applied in many different fields in recent years. The parameters related to the length and width of the rectangular patch antennas were obtained for different resonant frequencies, various substrates having different electrical permittivity values, and different thickness values of the antenna. The estimation results are compared with the experimental results.

1. Giriş

Günümüzün artan iletişim ihtiyaçlarını karşılamak için, mobil radyo ve kablosuz iletişimden askeri ve ticari uygulamalara kadar birçok farklı alanda yama antenler tercih edilmektedir. Yama antenler düşük profile sahip, düzlemsel ve düzlemsel olmayan yüzeylere uyumlandırılabilen, modern baskı devre teknolojisini kullanarak üretimi basit ve ucuz olarak gerçekleştirilebilen, sert yüzeylere monte edildiğinde mekanik olarak sağlam olan söz konusu sistemlerde kullanılacakları için en uygun adaylardır ve geometrik yapıları, tasarım ve üretim kolaylıkları sebebiyle birçok alanda sıklıkla tercih edilmektedirler [1]-[2]. Bu antenlerde de diğer antenlerde olduğu gibi çalışma frekansının yüksek doğrulukta hesaplanması tasarım etkinliğini artırması için önem arz etmektedir. Özellikle yama antenlerdeki dar bant dezavantajlarının önüne geçmek için yüksek doğrulukta hesaplamaların önemi daha da kritik hale gelmektedir.

Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), sürü halinde hareket eden bazı hayvanların yiyecek bulmak gibi temel ihtiyaçlarını giderirken sergiledikleri hareketlerin, sürüdeki diğer bireyleri etkilediğinin ve sürünün amacına daha kolay ulaştığının gözlemlenmesinden esinlenilerek, James Kennedy ve Russell Eberhart tarafından 1995 yılında geliştirilmiş bir sezgisel optimizasyon algoritmasıdır. Bu yöntemin çeşitli alanlarda zor, çok boyutlu süreksiz problemleri optimize etmede etkili olduğu birçok çalışma ile gösterilmiştir [3].

Bu çalışmada, dikdörtgen şekilli yama antenlerin çalışma frekansı ve bant genişliği parçacık sürü optimizasyonu ile hesaplanmıştır. Bu algoritma elektromanyetik problemlerin çözümünde sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir. Literatürde sezgisel yöntem kullanarak yama antenlerin çalışma frekansının hesaplandığı çalışmalar bulunmaktadır [4]-[5]-[6]. Literatürde her ne kadar frekans hesaplamaya yönelik çalışmalara rastlansa da bant genişliğinin sezgisel yöntemler ile hesaplanması bu çalışmanın özgün yönünü oluşturmaktadır.

2. Anten Tasarımı ve önerilen Parçacık Sürü Optimizasyon Temelli Frekans ve Bant Genişliği Tahmin Edici

Literatürde dikdörtgen yama antenlerin çalışma frekansını hesaplamak için önerilen birden fazla kapalı form ifadeler bulunmaktadır [7].

Anten çalışma frekansı f_r olmak üzere [8]'de verilen kapalı ifade α : düzeltme katsayısı, c_0 : elektromanyetik dalganın hızı (3×10^8 m/s), L : iletken yamanın uzunluğu, ΔW : iletken yamanın bir fonksiyonu, ε_{eW} : dielektrik katmanın geçirgenliği olmak üzere (1)'de sunulmuştur.

$$f_r = \alpha \frac{c_0}{2(L + 2\Delta W)\sqrt{\varepsilon_{eW}}} \quad (1)$$

ε_{eW} ifadesi ε_r : bağıl dielektrik sabiti, h : iletken katmanın yüksekliği W : iletken tabakanın genişliği olmak üzere (2)'de verilen ifade ile hesaplanır.

$$\varepsilon_{eW} = \frac{(\varepsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\varepsilon_r - 1)}{2} \left(1 + \frac{10h}{W}\right)^{-1/2} \quad (2)$$

ΔW ifadesi alt taş kalınlığı (h), iletken tabakanın genişliği (W) parametrelerinin bir fonksiyonu olmak üzere (3)'te verilmiştir.

$$\Delta W = 0.412h \frac{(\varepsilon_{eW} + 0.300) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\varepsilon_{eW} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.813\right)} \quad (3)$$

α düzeltme katsayısı olarak tanımlanır ve L_{eff} : iletken tabakanın etkin uzunluğu, (h) ve ε_r parametrelerine bağlı olarak (4)'te sunulmuştur.

$$\alpha = \frac{h}{L_{eff}} \pi \sqrt{\varepsilon_r} \quad (4)$$

L_{eff} ifadesi iletken tabakanın uzunluğudur ve denk tabaka genişliği (W_{eq}), ε_{eW} , L ve W parametrelerine bağlı olarak (5)'te verilmiştir.

$$L_{eff} = L + \left(\frac{W_{eq} - W}{2}\right) \frac{(\varepsilon_{eW} + 0.300)}{(\varepsilon_{eW} - 0.258)} \quad (5)$$

W_{eq} ifadesi denk tabaka genişliğidir ve boşluk ortamının empedansı ($R_0 = 120\pi \Omega$), hattın karakteristik empedansı (Z_{cw}), h , ε_{eW} parametrelerine bağlı olarak (6)'da verilen ifade ile hesaplanır.

$$W_{eq} = \frac{hR_0}{Z_{cw}\sqrt{\varepsilon_{eW}}} \quad (6)$$

Bir antenin bant genişliği, "bazı özelliklere göre antenin performansının belirli bir standarda uyduğu frekans aralığı" olarak tanımlanır. [9]'de verilen bant genişliği ifadesi (9)'da sunulmuştur. Bant genişliği ifadesi gerilim duran dalga oranının ($GDDO$) tolere edebilen değeriyle tanımlanır. İstenen gerilim dalga duran oranı $GDDO < S$ olarak gösterilir. BW ifadesi Q_r : ışımanın toplam iyilik faktörü, μ : ışıma verimliliği ve P : düzeltme katsayısına bağlı olarak hesaplanır.

$$BW = \frac{(S-1) \eta}{\sqrt{S}} \frac{Q_r}{P} \quad (9)$$

Q_r ifadesi c_0 , ε_r , h , f_r parametrelerine bağlı olarak (10)'da verilmiştir.

$$Q_r = \frac{c_0 \sqrt{\varepsilon_r}}{4hf_r} \quad (10)$$

η ifadesi uzay dalgalarıyla yayılan güç değeri (P_r) ve yüzey dalgalarıyla yayılan güç değeri (P_s) parametrelerine bağlı olarak (11)'de verilmiştir.

$$\eta = \frac{P_r}{P_r + P_s} 100 \quad (11)$$

P_r ve P_s ifadeleri boşluktaki dalga sayısı (k_0), R_0 , h ve ε_r parametrelerine bağlı olarak (12) ve (13)'te sunulmuştur.

$$P_r \approx \frac{R_0 k_0^2 (k_0 h)^2}{3\pi} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_r} + \frac{2}{5\varepsilon_r^2}\right) \quad (12)$$

$$P_s = \frac{R_0 k_0^2 (\varepsilon_r - 1)^3 (k_0 h)^3}{4 \varepsilon_r^3} \quad (13)$$

k_0 ifadesi ise f_r ve c_0 parametrelerine bağlı olarak (14)'te verildiği üzere hesaplanır.

$$k_0 = \frac{2\pi f_r}{c_0} \quad (14)$$

Çalışma frekansının hesaplanması için tanımlanan amaç fonksiyonu ile bant genişliğinin hesaplanması için tanımlanan amaç fonksiyonu sırasıyla (15) ve (16)'da verilmektedir.

$$F = f_{r_{istenen}} - F_{r_{hesaplanan}} \quad (15)$$

$$BW = BW_{istenen} - BW_{hesaplanan} \quad (16)$$

3. Sonuçlar

Problem çözümünde parçacık sürü optimizasyonunun uygulanabilmesi için öncelikle amaç fonksiyonları belirlenmiştir. Çalışma frekansının hesaplanması için belirlenen fonksiyon ile yamanın boyutlarını belirlemektir. İki bağımsız değişken uzunluk " L " ve genişlik " W " dir. Popülasyon büyüklüğü 100 birey olarak alınmıştır ve 200 nesil üretilmiştir. Atalet katsayısı (intertia coefficient) 0,1 olarak belirlenirken, ivme katsayıları (personal-social acceleration coefficient) 2 olarak seçilmiştir. Çalışma frekansı (f_r), dielektrik sabiti (ϵ_r) ve alt taş kalınlığı (h), antenlerin uzunluğu (L) ve genişliği (W) için optimize edilmiş değerleri veren parçacık sürü optimizasyonuna parametre olarak verilmiştir ve bu süreçte yukarıda verilen denklemler kullanılmıştır. Arama uzayı olarak $0 < L < 50$ mm ve $0 < W < 50$ mm olarak belirlenmiştir.

Tablo 1: Frekans ve Bant Genişliği Değerlerinin Deneysel Sonuçlar ile Karşılaştırılması

Anten Numarası	Frekans ve Bant Genişliğini Parçacık Sürü Optimizasyon Sonuçları					
	$L(mm)$	$W(mm)$	$F_{deneysel}(GHz)$	$F_{hesaplanan}(GHz)$	$BW_{deneysel}$	$BW_{hesaplanan}$
1	10,51	7,76	8,00	7,99	17,50	17,35
2	12,13	7,90	7,13	7,13	18,20	18,20
3	13,80	8,14	6,38	6,37	19,00	18,99
4	15,08	7,90	5,99	5,98	20,00	20,00
5	23,74	7,83	4,60	4,60	20,90	20,90
6	27,07	9,74	3,98	3,97	20,60	20,60
7	27,69	10,20	3,90	3,90	20,30	20,29
8	29,90	8,83	3,98	3,98	20,90	20,90
9	30,44	7,77	3,90	3,90	21,96	21,95
10	34,60	9,20	3,47	3,46	21,50	21,49
11	34,60	10,30	3,20	3,20	21,60	21,60
12	39,04	12,50	2,98	2,97	20,40	20,40
13	36,64	10,80	3,15	3,14	21,20	21,20

Bu çalışmada 13 farklı dikdörtgen şekilli yama antenin çalışma frekansı ve bant genişliği parçacık sürü optimizasyonu ile hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları literatürde verilen deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Karşılaştırmalar doğrultusunda çalışma frekansının (%hata $<10^{-7}$) ve bant genişliğinin (%0.0003) yüksek doğrulukla hesaplandığı görülmektedir. Sonuç olarak optimizasyon sonuçlarının çok düşük hatalar ile deneysel verileri doğruladığı görülmüştür.

Kaynaklar

- [1] E. Yazgan, "Mikroşerit Antenler," Department of Electrical and Electronics, Hacettepe University, 1987.
- [2] R. Bansal, "Antenna Theory - Analysis And Design - Balanis, Ca," Proceedings of the Ieee, cilt.72 no.7, s.989-990, 1984.
- [3] J. Robinson ve Y. Rahmat-Samii, "Particle swarm optimization in electromagnetics," Ieee Transactions on Antennas and Propagation, cilt.52 no.2, s.397-407, 2004.
- [4] S. S. Pattnaik, B. Khuntia, D. C. Panda, D. K. Neog, ve S. Devi, "Calculation of optimized parameters of rectangular microstrip patch antenna using genetic algorithm," Microwave and Optical Technology Letters, cilt.37 no.6, s.431-433, 2003.
- [5] A. E. Yılmaz ve M. Kuzuoglu, "Calculation of optimized parameters of rectangular microstrip patch antenna using particle swarm optimization," Microwave and Optical Technology Letters, cilt.49 no.12, s.2905-2907, 2007.
- [6] O. T. Altinoz ve A. E. Yılmaz, "Calculation of optimized parameters of rectangular patch antenna using gravitational search algorithm," in 2011 International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications, s.349-353, 2011.
- [7] T. Gunel, "A fuzzy hybrid approach for the synthesis of rectangular microstrip antenna elements with thick substrates," Microwave and Optical Technology Letters, cilt.26 no.6, s.351-355, 2000.
- [8] M. Kara, "Closed-form expressions for the resonant frequency of rectangular microstrip antenna elements with thick substrates," Microwave and Optical Technology Letters, cilt.12 no.3, s.131-136, 1996.
- [9] M. Kara, "A novel technique to calculate the bandwidth of rectangular microstrip antenna elements with thick substrates," Microwave and Optical Technology Letters, cilt.12 no.2, s.59-64, 1996.