

Asılı ve Ters Mikroşerit Hatların Efektif Dielektrik Sabitlerinin Yapay Sinir Ağlarıyla Modellenmesi

Celal YILDIZ¹, Şeref SAĞIROĞLU², Oytun SARAÇOĞLU³, Mustafa TÜRKMEN¹

Erciyes Üniversitesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü¹
Melikgazi, Kayseri

yildizc@erciyes.edu.tr, turkmen@erciyes.edu.tr,

Erciyes Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü²
Melikgazi, Kayseri
ss@erciyes.edu.tr

Erciyes Üniversitesi
Kayseri MYO Endüstriyel Elektronik Bölümü³
Melikgazi, Kayseri
saraco@erciyes.edu.tr

Özet: Bu bildiri, asılı ve ters mikroşerit hatların efektif dielektrik sabitlerini bulunmasından yapay sinir ağları tabanlı yeni bir yaklaşım sunulmuştur. Çok Katlı Perseptron (ÇKP) ağ yapısı Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması kullanılarak eğitilmiştir. Asılı ve ters mikroşerit hatların efektif dielektrik sabitlerinin farklı bağıl dielektrik sabitleri ve farklı geometrik boyutlar için hesaplanması için iki ayrı ÇKP ağ modeli ile gerçekleştirilmiştir. Literatürde mevcut Spektral Domen yaklaşımıyla elde edilen teorik sonuçlar ile ÇKP ağdan elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, asılı mikroşerit hat için maksimum hata %3.32 iken ters mikroşerit hat için maksimum hata %2.28 oranındadır. Aynı zamanda, elde edilen sonuçlar literatürde mevcut olan diğer CAD modellerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

1. Giriş

Asılı (suspended) mikroşerit ve ters (inverted) mikroşerit hatlar, mikrodalga ve milimetrik dalga uygulamaları için önemli iletim ortamlarıdır. Bu düzenlemeler geleneksel mikroşerit hatlara göre daha düşük dispersiyon ve kayıplara sahiptirler [1]. Bu hatların uygulama açısından en önemli parametreleri karakteristik empedans ve onu belirleyen efektif dielektrik sabitidir. Bu ve buna benzer çok katmanlı mikroşerit yapıların analizleri bir çok araştırmacı tarafından farklı metotlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir [2-9]. Bu çalışmalar çok az doğruluğa sahip karmaşık nümerik çözümler ortaya koyarken, son yıllarda faydalı CAD modellerde ortaya konmuştur [10-13]. Bu modellerde şerit kalınlığı ihmal edilmiş açık yapıların dispersif olmayan (quasi-statik) analizleri yapılmıştır. Bu CAD modellerin çoğu Schellenberg'in modeli hariç çok doğru çözümler sunmayan, uzun hesaplama süresi gerektiren, son derece karmaşık işlemler içeren ve güçlü bir teorik bilgi birikimine ihtiyaç gösteren yaklaşımlardır.

Yapay sinir ağları (YSA), probleme özel basit yapıları, öğrenme ve genelleme yapabilme kabiliyetleri, paralel işlem yapabilmemesi dolayısıyla hızlı hesaplama, lineer olmayan farklı problemlere kolay çözümler sunabilmemesinden dolayı birçok mühendislik probleminin çözümünün yanı sıra, birçok mikrodalga ve elektromagnetik konularda da son yıllarda sıkça kullanılmaktadır [14-17]. Bu çalışmada YSA'ların cazip özelliklerinden faydalanılarak asılı ve ters mikroşerit hatların efektif dielektrik sabitinin hesaplanması gerçekleştirilmiştir.

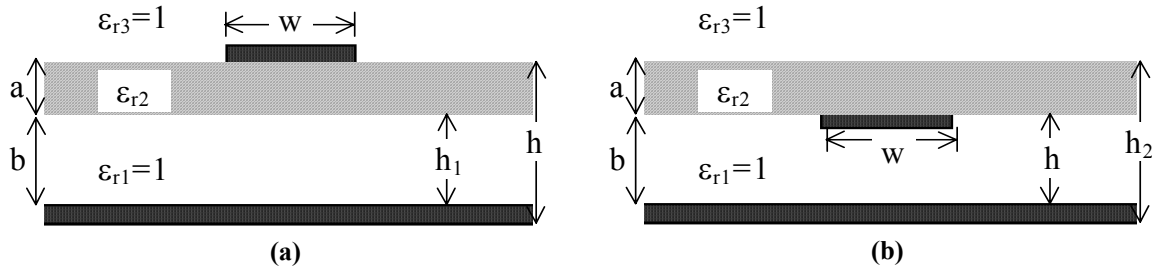
2. Asılı ve ters mikroşerit hatların modellenmesinde kullanılan mevcut CAD modeller

Analizi yapılacak olan asılı ve ters mikroşerit hatta ilişkin yapıların geometrileri Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu yapılarla ilişkin olarak literatürde dört ayrı CAD modeli ortaya konmuştur.

Pramanich ve Bhartia [10] (PB) tarafından önerilen ilk model efektif dielektrik sabiti için $\ln(b/a)$ cinsinden oldukça basit ampirik bir ifade içerir. Tomar ve Bhartia [11] (TB) tarafından önerilen ikinci model ise, efektif dielektrik sabiti için w/b ve a/b cinsinden katsayıları eğri uydurma tekniği ile belirlenen polinom şeklinde bir ifade ortaya koyar. Svanica [12] tarafından ortaya konan üçüncü model ise Wheeler'in klasik konform dönüşüm tekniğini [19] esas alan bir modeldir. Son olarak, Schellenberg [13] (JMS) tarafından ortaya konan dördüncü CAD model ise, Wheeler'in klasik konform dönüşüm tekniğine dayanan Svanica'nın modelini esas alarak bir takım değişikliklerle geliştirilen bir modeldir.

Literatürde mevcut modellerin doğrulukları hem asılı hem de ters mikroşerit hat için tam teorik sonuçlar ile karşılaştırılarak her iki hat için Tablo 1'de verilmiştir. Bu modeller ile elde edilen asılı ve ters mikroşerit hatta ait efektif dielektrik sabitleri, literatürde mevcut olan Spektral Dömen yaklaşımı ile elde edilen ve tam teorik sonuçlar [18] ile karşılaştırılarak bu modellerin doğrulukları incelenmiştir.

Bu tablolardan da açıkça görüleceği üzere hem asılı hem de ters mikroşerit hat için en doğru modelin Schellenberg'in modeli olduğu açıkça görülmektedir. Ancak bu model ile efektif dielektrik sabitinin hesaplanması için son derece karmaşık ve uzun işlemlerin yapılması gerektiğini ve hesaplama süresinin uzun olduğunu burada bir kez daha vurgulamada fayda vardır.



Şekil 1 (a) Asılı, (b) ters mikroşerit hattın geometrileri

3. Yapay Sinir Ağları ve Asılı ve Ters Mikroşerit Hatlara Uygulanması

Literatürde bir çok YSA yapısı mevcuttur [20]. Çok katlı perseptronlar (ÇKP), bir çok alana uygulanmış olan bir YSA yapısıdır [21]. Genel olarak bir ÇKP-YSA yapısı bir giriş, bir arakat ve bir çıkış katı olmak üzere üç kattan oluşur. Bu çalışmada, ÇKP'ye giriş olarak yapıların geometrik boyutları ve bağıl dielektrik sabitleri, çıkış olarak ta efektif dielektrik sabitleri uygulanmıştır. ÇKP'leri eğitmek için bir çok öğrenme algoritması kullanılabilir [20,21]. Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması (LMA) bu çalışmada kullanılmıştır [21-23]. Bu öğrenme algoritmasının seçilmesinin sebebi, hızlı öğrenme ve iyi yakınsayabilme özelliğinden kaynaklanmaktadır. Temel olarak LMA, maksimum komşuluk fikri üzerine kurulmuş bir hesaplama metodu olup Gauss-Newton ve Steepest-Descent algoritmalarının en iyi özelliklerinden oluşmuştur ve bu iki metodun kısıtlamalarını ortadan kaldırır [24,25].

Bu çalışmada, asılı ve ters mikroşerit hatların farklı geometrik boyutlar için efektif dielektrik sabitlerini bulmada iki ayrı ÇKP ağ yapısı kullanılmıştır. İki ayrı ÇKP ağ modeli ile asılı ve ters mikroşerit hatların efektif dielektrik sabitlerinin farklı bağıl dielektrik sabitleri ve farklı geometrik boyutlar için hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Problemin YSA yaklaşımı ile çözümünde kullanılan modellerde 3 giriş ve 1 çıkış bulunur. Ara katmanda iki ara katlı bir yapı seçilmiştir. Giriş olarak yapıların geometrik boyutları ve bağıl dielektrik sabitleri, çıkış olarak ta efektif dielektrik sabitleri alınmıştır. Ağların eğitimlerinde 720'şer eğitim verisi ve tam teorik sonuçlardan oluşan 72'şer adet test verisi kullanılmıştır. Genel olarak oldukça geniş bir spektrumda literatürde mevcut Spektral Dömen yaklaşımı ile elde edilen tam teorik sonuçlara göre yüzde maksimum hatalar, asılı mikroşerit hat için %3.32 ve ters mikroşerit hat için %2.28 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile literatürde mevcut olan diğer dört CAD modellerin sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada YSA'ların belirtilen üstünlükleri asılı ve ters mikroşerit hatların efektif dielektrik sabitlerinin elde edilmesinde başarı ile uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, YSA'ların klasik yaklaşımlara göre alternatif yeni bir çözüm sunduğunu göstermiştir. Bu çalışmanın, donanım olarak ta gerçekleştirilebilecek olması, bu yaklaşımı diğer CAD modellerden ayırt eden en önemli özelliklerinden birisi olacaktır. Sunulan modelin, standart bir PC ile oldukça kısa sürelerde sonuca ulaşması, derin bir teorik bilgi gerektirmemesi, basit yapı ve en önemlisi kabul edilebilir hata seviyelerinde çözüm sunabilmesi, mikroşerit hatların modellenmesinde YSA'nın güçlü bir alternatif olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Tablo 1. Asılı ve ters mikroşerit hat için yüzde hatalar

(a) Asılı mikroşerit hat

ϵ_{r2}	h_1/h	Metot	w/h=0.1	w/h=0.2	w/h=0.4	w/h=0.8	w/h=1.0	w/h=2.0	w/h=4.0	w/h=8.0	w/h=10
3.78	0.2	PB	43.02	38.11	33.81	30.06	28.91	24.88	19.46	13.12	11.06
		TB	-1.58	-0.58	0.62	1.13	0.84	-0.13	366.71	-59.65	-57.79
		Svac.	-4.82	-4.52	-2.97	2.78	7.10	-4.20	-0.82	1.53	2.07
		JMS	0.12	0.19	-0.00	-0.11	0.03	-0.29	-0.07	-0.13	-0.21
		YSA	-0.61	-0.34	0.04	0.38	0.33	-0.90	-2.17	-1.04	-0.55
3.78	0.5	PB	7.33	4.14	2.23	1.56	1.49	0.97	-0.96	-4.36	-5.66
		TB	-1.73	-0.59	0.21	0.40	0.28	-0.51	-0.74	-8.70	-17.92
		Svac.	-11.31	-11.11	-9.93	-6.56	-4.59	-8.13	-2.89	1.10	2.08
		JMS	-0.10	0.02	-0.20	-0.05	0.31	-0.01	0.04	-0.07	-0.15
		YSA	2.03	1.99	1.54	1.33	1.31	0.36	-1.10	-0.46	-0.20
3.78	0.8	PB	-5.11	-4.52	-2.92	-1.06	-0.59	0.11	-0.50	-2.37	-3.19
		TB	-6.54	-3.67	-1.24	-0.17	-0.19	-0.93	-1.34	-0.98	-2.50
		Svac.	-13.89	-12.66	-10.45	-7.23	-5.89	-5.84	-1.06	2.59	3.49
		JMS	-0.44	-0.04	0.00	0.22	0.52	-0.19	-0.10	-0.25	-0.31
		YSA	-0.36	-0.43	0.10	-0.69	-0.88	-2.02	-3.32	-1.51	-0.62
12.9	0.2	PB	63.00	52.95	46.15	42.75	42.32	41.85	39.61	33.82	31.37
		TB	-10.15	-8.63	-7.33	-6.42	-6.27	-7.91	-25.77	-61.72	-67.36
		Svac.	-23.76	-23.13	-19.54	-5.50	6.30	-20.63	-11.18	-3.31	-1.32
		JMS	-0.25	0.12	-0.14	-0.32	-0.05	-0.85	0.55	-0.07	-0.65
		YSA	0.27	0.87	0.75	-0.01	-0.38	-1.78	-2.02	-0.76	-0.64
12.9	0.5	PB	-12.28	-15.67	-16.66	-15.07	-14.08	-10.38	-7.72	-7.70	-8.32
		TB	-4.12	-1.15	0.86	1.28	1.04	-0.55	-1.96	-8.01	-16.52
		Svac.	-39.10	-38.40	-36.09	-30.32	-27.05	-28.81	-17.67	-7.59	-4.87
		JMS	-0.10	0.26	-0.21	-0.19	0.34	-0.19	-0.14	-0.37	-0.59
		YSA	0.33	1.30	0.54	-1.02	-1.42	-2.54	-2.15	1.30	-1.97
12.9	0.8	PB	-27.73	-26.06	-22.71	-18.11	-16.53	-11.80	-8.32	-7.13	-7.28
		TB	-8.41	-3.76	-0.45	0.30	-0.04	-1.83	-2.94	-2.34	-2.49
		Svac.	-41.24	-38.97	-35.15	-29.27	-26.77	-22.85	-12.82	-4.14	-1.84
		JMS	0.10	0.42	-0.22	-0.55	-0.16	-0.27	0.44	0.42	0.30
		YSA	-0.45	1.59	0.53	-2.31	-2.88	-3.23	-2.49	1.67	2.99

(b) Ters mikroşerit hat

ϵ_{r2}	h_2/h	Metot	w/h=0.1	w/h=0.2	w/h=0.4	w/h=0.8	w/h=1.0	w/h=2.0	w/h=4.0	w/h=8.0	w/h=10
3.78	1.2	PB	-6.56	-5.70	-3.87	-1.70	-1.08	0.18	0.05	-1.78	-2.70
		TB	-0.96	0.53	0.98	0.29	-0.07	-1.05	-1.26	-0.86	-0.65
		Svac.	-6.06	-5.28	-3.87	-2.39	-2.11	-4.81	-3.45	-2.24	-1.91
		JMS	-0.71	-0.31	-0.01	-0.39	-0.76	0.05	-0.26	-0.32	-0.30
		YSA	1.98	1.97	1.73	1.72	1.76	1.63	0.72	1.07	0.39
3.78	2.0	PB	12.56	7.10	2.92	0.53	0.21	0.36	0.52	-1.87	-3.35
		TB	-1.64	-0.25	0.64	0.79	0.71	0.22	-0.42	-0.70	-0.53
		Svac.	1.76	1.93	2.23	2.58	2.56	-2.43	-5.12	-4.88	-4.49
		JMS	-0.24	-0.01	0.11	-0.01	-0.13	-0.07	0.47	0.72	0.73
		YSA	-0.06	-0.62	-0.65	-0.39	-0.48	-0.46	0.57	0.69	1.01
3.78	5.0	PB	23.97	16.32	9.83	4.96	3.84	1.86	1.73	1.68	1.24
		TB	-3.62	-2.07	-0.49	0.82	1.08	0.98	-0.87	-2.67	-2.65
		Svac.	5.90	6.69	7.64	8.53	8.63	8.91	4.51	-0.86	-2.04
		JMS	-0.02	0.03	0.04	-0.08	-0.16	-1.02	-0.53	0.44	1.80
		YSA	0.25	0.07	0.20	0.14	-0.18	-1.10	0.04	0.16	0.10
12.9	1.2	PB	-3.93	-3.88	-2.49	-0.38	0.26	1.42	0.13	-4.88	-7.30
		TB	-7.77	-3.09	0.05	0.54	0.15	-1.70	-2.83	-2.43	-1.96
		Svac.	-29.69	-28.56	-26.17	-22.71	-21.56	-21.54	-15.84	-10.44	-8.93
		JMS	-0.67	-0.36	-0.13	-0.13	-0.20	0.13	-0.34	-0.37	-0.32
		YSA	-1.47	-0.17	0.20	0.01	-0.14	-0.05	0.03	0.20	-0.17
12.9	2.0	PB	33.24	23.29	15.39	10.14	9.08	7.24	4.67	-3.34	-7.49
		TB	-7.33	-3.52	-0.36	1.40	1.60	1.16	-0.47	-1.97	-2.09
		Svac.	-7.71	-8.84	-9.96	-11.11	-11.65	-21.36	-24.04	-20.10	-18.20
		JMS	-0.37	0.09	0.05	-0.25	-0.02	0.40	0.42	0.15	0.05
		YSA	-0.24	0.25	0.10	-0.30	-0.60	-0.70	0.17	0.08	0.73
12.9	5.0	PB	46.15	32.97	21.92	13.64	11.69	8.01	7.07	5.57	4.05
		TB	-10.65	-7.83	-5.31	-3.70	-3.47	-3.83	-5.48	-7.37	-7.92
		Svac.	17.98	19.80	21.78	23.17	23.04	29.57	7.17	-12.40	-15.36
		JMS	1.00	0.86	0.40	0.06	0.44	-0.73	-0.33	0.59	0.88
		YSA	1.23	1.08	0.49	0.42	0.35	0.16	0.91	1.71	2.28

Kaynaklar

- [1]. Spielman B.E., "Dissipation loss effect in isolated and coupled transmission lines", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-25, sf. 648-656, 1977.
- [2]. Yamashita E., "Variational method for the analysis of microstrip like transmission lines", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-16, sf. 529-535, 1968.
- [3]. Mitra R., ve Itoh T., "Charge and potential distributions in shielded striplines", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-18, sf. 149-156, 1970.
- [4]. Yamashita E ve Atsuki K., "Strip line with rectangular outer conductor and three dielectric layers", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-18, sf. 238-244, 1970.
- [5]. Crampagne R., Ahmadpanah M., ve Guiraud L., "A simple method for determining the Green's function for a large class of MIC lines having multilayered dielectric structures", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-26, sf. 82-87, 1978.
- [6]. Jansen R. H., "Unified user-oriented computation of shielded, covered and open planar microstrip and millimeter-wave transmission line characteristics", IEEE Trans. Microwaves Opt. Acoustics, vol.-3, sf. 14-22, 1979.
- [7]. Koul S. K. ve Bhat B., "Inverted microstrip and suspended microstrip with anisotropic substrates", Proc. IEEE., vol. 70, sf. 1230-1231, 1982.
- [8]. Medina F. ve Horno M., "Determination of Green's function matrix form multiconductor and anisotropic multidielectric planar transmission lines", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-33, sf. 933-940, 1985.
- [9]. Kuo J.T. ve Tzuang K.C., "Complex modes in shielded suspended coupled microstrip lines", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-38, sf. 1278-1286, 1990.
- [10]. Pramanick P. ve Bhartia P., "Computer-aided design for millimeter wave finlines and suspended substrate microstrip lines", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-33, sf. 1429-1434, 1985.
- [11]. Tomar R.S. ve Bhartia P., "New quasi-static models for computer aided design of suspended and inverted microstrip lines", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-35, sf. 453-457, 1987.
- [12]. Svanica J., "Analysis of multilayer microstrip lines by a conformal mapping method", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-40, sf. 769-772, 1992.
- [13]. Schellenberg J.M., "CAD Models for suspended and inverted microstrip", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-43, sf. 1247-1252, 1995.
- [14]. Watson D.M., ve Gupta K.C., "Design and optimization of CPW circuits using EM-ANN Models for CPW components", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-45, sf. 2515-2523, 1997.
- [15]. Wang F., Devabhaktuni V.K. ve Zhang Q.J., "A hierarchical neural network approach to the development of a library of neural models for microwave design", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-46, sf. 2391-2403, 1998.
- [16]. Sağıroğlu Ş., Güney K., ve Erler M., "Resonant frequency calculation for circular microstrip antennas using artificial neural networks", Int.J.RF.Microw.C.E., vol.8, sf. 270-277, 1998.
- [17]. Günel T., "Combination of artificial neural network model with genetic algorithm for the synthesis of microstrip radial stub", AEÜ. Int.Jour. Elec. Com., vol.54, sf. 241-243, 2000.
- [18]. Jansen R. H., "The spectral domain approach for microwave integrated circuits", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-33, sf. 1043-1056, 1985.
- [19]. Wheeler H.A., "Transmission line properties of parallel wide strips by a conformal mapping approximation", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol.MTT-12, sf. 280-289, 1969.
- [20]. Haykin S, Neural Networks: A Comprehensive Foundation. ISBN 0-02-352761-7, Macmillan College Publishing Company, New York, USA, 1994
- [21]. Pham D.T. ve Sağıroğlu Ş., "Three methods of training multi-layer perceptrons to model a robot sensor", Int. J. of Robotica, vol.13, sf. 531-538, 1995.
- [22]. Levenberg, K., "A Method For the Solution of Certain Nonlinear Problems in Least Squares", Quart. Appl. Math., vol.2, sf. 164-168, 1944.
- [23]. Sağıroğlu, S., Levenberg-Marquardt metodunun bir robot sensörün yapay sinir ağı modellenmesinde kullanılması, TAINN'96, sf. 323-328, 27-28 Haziran 1996, İstanbul.
- [24]. Marquardt, D. W., "An Algorithm For Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters", J. Soc. Ind. Appl. Math., vol.11, sf. 431-441, 1963.
- [25]. Bulsari, A. B. ve Saxen, H., "A Feedforward Artificial Neural Network for System Identification of a Chemical Process", J. Syst. Eng., vol.1, No.1, sf. 1-9, 1991.