

Ateşböceği Algoritması ile Mikrodalga Transistör Performans Karakterizasyonu

Performance Characterization of a Microwave Transistor with Fire Fly Algorithm

Mehmet Ali Belen, Mustafa Alıcı, Aykut Çor, Filiz Güneş

Elektronik Haberleşme Mühendisliği
Yıldız Teknik Üniversitesi

mbelen@yildiz.edu.tr, mustafa31542@gmail.com, coraykut@gmail.com, fgunes51@gmail.com

Özet

Bu çalışmada ateşböceği algoritmasının özellikleri, diğer algoritmalar içerisindeki önemi ve birlikte çalışma performansı da anlatılmıştır. NE3514S02 düşük gürültülü mikrodalga frekanslarında çalışabilen transistörün katalog bilgilerine göre gerekli giriş değeri ve formülleri MATLAB programına aktarılmıştır. İstenilen karakteristik değerler yine bu programda, ateşböceği algoritması ile optimize edilmiş ve sonuçlar gösterilmiştir. Bu çalışmada yeni bir sezgisel optimizasyon algoritması çeşidi olan “Ateş Böceği” kullanılarak düşük gürültülü bir mikrodalga transistör gerçekleştirilebilir hedef tasarım uzayı GHTU oluşturulması hedeflenmiştir. Ateş böceği algoritması birçok bilimsel ve mühendislik alanında kullanılmış etkili bir hesaplama algoritmasıdır. Bu neden ile yüksek dereceden lineer olmayan düşük gürültülü bir transistörün performans denklemlerinin minimum çıkış DDO ve aktif devrenin kararlılık şartını sağlayan giriş DDO ve kazanç değerleri çözülmüştür. Böylelikle bu isteklere karşılık gelen çözüm dörtyüzerinin (Gürültü F , Giriş DDO V_i , Çıkış DDO V_o , Kazanç G_T), kaynak Z_s ve yük Z_L empedans sonlandırılmaları seçilmiş bir bias koşulu için ω - düzleminde elde edilmiştir. Son olarak, NE3514S02 transistörünün GHTU ateş böceği algoritması ile elde edilmesi örnek çalışma olarak tablo ve grafikler ile verilmiştir. AWR simülasyon programı ile yapılan kıyaslamada ateş böceği algoritmasının düşük gürültülü bir yükseltecin GHTU çözümü için başarılı bir uygulama oldu neticelendirilmiştir.

Abstract

In this work, a novel heuristic optimization algorithm called “firefly” is used to make performance characterization of a low-noise microwave transistor to build a Feasible Design Target Space FDTs. The firefly is a computationally efficient optimization algorithm which has been used in many science and engineering applications. For this purpose, the highly nonlinear performance equations of a chosen low-noise transistor is solved for minimum output VSWR provided that stability of the active device and the input VSWR to a given value. Thus, corresponding compatible (Noise F , Input VSWR V_i , Output VSWR V_o , Gain G_T) quadrates and the source Z_s and Z_L terminations are determined in the ω - domain at a chosen bias condition V_{DS} , I_{DS} . Finally a

microwave transistor NE3514S02 is chosen to be determined a FDTs using the firefly optimization process as a worked example and all the FDTs results are given as the numerical tables and graphics. By the comparison with AWR circuit simulation software, it can be concluded that firefly optimization process can be successfully implemented to build the FDTs for low-noise front-end amplifiers.

1. Giriş

Bu çalışmanın konusu ateşböceklerinin yaşam tarzlarından esinlenilerek matlab yazılımı ile mikrodalga devrelerinin eşleme devreleri için eniyileme (optimizasyon) algoritması geliştirmektir. Son yıllarda, doğadan esinlenen bilgiler; bilim, ticaret ve mühendislik içeren çeşitli problemlerde doğrudan araştırma ve optimizasyon araçları olarak kapsamlı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yüzden, bu metotlar araştırma stratejisini modellemek için sadece nesnel çalışmalar ve sınırlama değerler kullanmaktadır, hâlbuki gradyent (eğim) tabanlı metotlar birinci veya ikinci dereceden türetilmiş nesnel çalışmalardan veya araştırma metotlarını örneklemek için sınırlamalardan yararlanmaktadır[1].

Türetilmiş bilgiler kullanılmadığı için, bu araştırma metotları genellikle, birleşim noktası için birçok değerlendirme gerektirmektedir; bu nedenle bu metotlara, algoritmada önemli bir değişiklik olmayacak şekilde türevi alınamayan, kesintili, lineer olmayan ve dışbükey olmayan çeşitli problemler için başvurulabilir.

Bu tür algoritmaların başarısı kısmen, kendi doğalarında var olan popülasyonlarının muhtemel çözümleriyle beraber uzayda geniş çaplı araştırma yapmasına izin vermesinden dolayıdır. Bu yüzden, bu metotların kullanılmasının esas nedeni geniş uygulanabilirlik alanına sahip olmalarıdır. Doğadan esinlenmiş en popüler yaklaşımlar bu metotlardır ve bunlar, topluluk halinde yaşamlarını sürdüren hayvanların takım davranışını temsil etmektedir. Bunlara örnek olarak; kuş ve balık sürülerinin optimizasyonu, karınca veya arı kolonileri gösterilebilir. Doğadan esinlenilmiş bu bilgiler mikrodalga devrelerinin optimizasyonu, antenler ve tipik çalışmalar için kullanılmaktadır.

2. ATEŞBÖCEĞİ ALGORİTMASI

Ateş Böceklerinin yanıp sönen ışıkları, ılıman ve tropik iklimlerde gökyüzünde hayret verici bir manzara oluşmasına neden olur. Ateş böceklerinin yaklaşık 2000 türü vardır ve birçoğu kısa süreli ritmik ani ışıklar(flaş) üretir. Üretilen ışığın kaynağı biyolojik esanslardır. İki temel fonksiyon sonucu bu ritmik ışıklar oluşur. Eşleriyle çiftleşmek için eşlerini ve avlarını cezp etmek amacıyla ritmik ışıklar oluşturur. Ayrıca, diğer yırtıcı hayvanlara karşı korunmak amacıyla da ışık yayar. Ürettiği kimyasal esansla diğer hayvanlara, tatlarının acı olduğunu hatırlatır. Ritmik flaş(flaş sıklığı) ve sinyal sistemindeki iki flaş arasındaki zaman farkı iki cinsi bir araya getirir. Dişiler, erkeklerin eşsiz ışıma modeline cevap verir ve dişi ateş böcekleri, ışıdamada hata yapan ateş böceklerini ışmayı taklit ederek onları tuzağa düşürüp avlayabilir. Bazı tropikal ateş böcekleri kendi ışıdamalarında senkronizasyon bile yapabilir. Böylece gelişmekte olan biyolojik davranış kendi kendine özgü olmuş olur. Işık kaynağından r kadar uzaklıktaki ışık yoğunluğu (I) ters kare kanununa uyar. Buna göre mesafe (r) arttıkça ışık yoğunluğu azalır. Buna göre I değeri r^2 ye ters orantılı olarak ifade edilir. Ek olarak hava ışığı emer böylece mesafe arttıkça ışık yoğunluğu düşer. Birbiri ile bağlantılı bu faktörlerin sonucu olarak neredeyse bütün ateş böceklerini belli bir uzaklık limitinde görür yapar. Genellikle geceleri birkaç yüz metre mesafede birbirlerini görebilirler, bu da ateş böceklerinin birbirleri ile haberleşmesi için yeterlidir. Objektif fonksiyonunu (amaç fonksiyonu) optimize etmek için yanıp sönen ışıklar formülize edilebilir. Bu durum, yeni bir optimizasyon algoritması oluşturmayı mümkün kılmıştır.

Ateşböceği algoritmasında, verimli optimal çözümler elde etmek için, verilen bir optimizasyon probleminin amaç fonksiyonu, ateşböceği sürüsüne parlak ve daha çekici yerlere gitmede yardım eden yanıp sönen ışık ya da ışık şiddeti ile ilişkili olmaktadır. Bütün ateş böcekleri tek cins olarak kabul edilmektedir ve birbirlerini çekmeleri bu algoritmanın temelini oluşturmaktadır. Bir ateş böceği ne kadar parlak olursa diğer ateş böcekleri için o kadar çekici hale gelmektedir. Kendisinden daha parlak bir ateşböceği gördüğünde ona doğru gidecektir [7].

2.1. Çekicilik ve Işık Yoğunluğunu Değişimi

Ateşböceği algoritmasının da iki önemli durum vardır. Bunlar; ışık yoğunluğunu değişimi ve çekiciliğin formülize edilmesidir. Basitleştirilmiş haliyle ateşböceğinin çekiciliğinin onun parlaklığına bağlı olduğu varsayılır. Buna göre kodlanmış amaç fonksiyonu ile ilişkilidir. Optimizasyon problemlerinin en basit durumunda, ateşböceğinin belli bir konumu (x), parlaklığı (I); $I(x)$ α $f(x)$ olarak gösterilir. Ancak; çekicilik (β), bakan kişiye veya diğer ateşböceklerinin değerlendirmesine göre değişiklik gösterebilir. Dolayısıyla çekicilik, i ve j konumundaki ateşböcekleri arasındaki mesafeye (r_{ij}) göre değişiklik gösterir. Ek olarak kaynaktan uzaklaştıkça ışık yoğunluğu düşer ve ışık ortam tarafından emilir. Dolayısıyla, çekiciliğin emilim derecesine göre değişiklik göstereceği düşünülmelidir.

Basit formda, ters-kare yasasına göre ışık yoğunluğunu değişimi;

$$I(r) = \frac{I_s}{r^2} \quad (1)$$

Denklem 1’de I_s kaynağın yoğunluğu, ışığın sabit emilim katsayısı γ , mesafeye (r) göre ışık yoğunluğu değişimi I olmak üzere:

$$I = I_0 e^{-\gamma r} \quad (2)$$

Denklem 2’de I_0 , $r=0$ konumundaki ilk ışık yoğunluğudur. I_s/r^2 , $r=0$ konumunda ifade sonsuza gideceğinden tekillik oluşur. Ters-kare yasası ve emilim katsayısının birleştirilmesiyle oluşan yaklaşık gauss dağılımı ifadesi:

$$I(r) = I_0 e^{-\gamma r^2} \quad (3)$$

Ateş böceğinin çekiciliği, yanındaki ateşböcekleri tarafından ışığın yoğunluğuyla orantılı olarak görülür. Ateş böceğinin çekiciliği (β) şu şekilde tanımlanır:

$$\beta = \beta_0 e^{(-\gamma r^2)} \quad (4)$$

Denklem 4’de β_0 , $r=0$ konumundaki çekiciliktir. $\exp(-\gamma r^2)$, üstel fonksiyonun hesaplanması zor olduğundan onun yerine hesaplanması daha kolay olan $1/(1+r^2)$ formatı kullanılsa:

$$\beta = \frac{\beta_0}{1 + \gamma r^2} \quad (5)$$

elde edilir.

Bu varsayım çoğu uygulamada avantaj sağlayabilir. (4) ve (5) te ki eşitliklerde bir $r=1/\gamma$ şeklinde bir uzaklık karakteristiği tanımlanırsa, burada ki çekicilik formüllerinde önemli değişimler olur ve $\beta = \beta_0$ (4) ve $\beta = \beta_0/2$ (5) sonuçları elde edilir. Çekicilik fonksiyonunda ($\beta(r)$) yerine konulduğunda, monoton azalan genelleştirilmiş denklem elde edilebilir (6).

$$\beta(r) = \beta_0 e^{(-\gamma r^m)}, \quad m \geq 1 \quad (6)$$

γ sabiti, karakteristik bir uzunluk olur,

$$\Gamma = \gamma^{\frac{1}{m}} \rightarrow 1, \quad m \rightarrow \infty \quad (7)$$

Diğer taraftan, bir optimizasyon probleminde uzunluk ölçütü olarak verilen r , γ parametresine çevrilebilir ve tipik bir giriş değişkeni olarak kullanılabilir.

$$\gamma = \frac{1}{\Gamma^m} \quad (8)$$

Herhangi iki ateşböceği arasındaki mesafe (x_i, x_j) sırasıyla kartezyen koordinatlarda:

$$r_{ij} = \|x_i - x_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^d (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (9)$$

Burada x_{ik} : i . ateşböceğinin, k . uzaysal konum bileşenin yerini göstermektedir.

İki boyutlu uzayda :

$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (10)$$

olarak bulunur.

i ateşböceğinin daha çekici olan ateşböceklerine hareketi, j ateş böceği daha çekici olan (3.11) deki gibi tanımlanır:

$$x_i^{t+1} = x_i + \beta_0 e^{(-\gamma r_{ij}^2)} (x_j - x_i) + \alpha \epsilon_i^t \quad (11)$$

Bu denklemde ikinci ifade çekicilik formülünden gelmektedir. Üçüncü ifade ise; rastlantısal olarak gelir, α rastlantı parametresi ve ϵ_i ‘de rastgele sayılar ile çizilmiş bir Gauss dağılım vektörüdür[3]. Örnek olarak, en basit anlamda ϵ_i rand-1/2 ile değişmesi. Burada rand, rastgele sayı üreticidir ve $[0,1]$ aralığındadır.

$B_0=1$ ve $\alpha \in [0,1]$ alınması, uygulamalar için en önemli kısımdır.

3. Mikrodalga Transistör Karakteristikleri

Bir mikrodalga transistörün, sistem karakteristiklerini optimize edebilmek için birçok nümerik yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin çoğu bir çalışma bandı boyunca (G_T) üzerinde yoğunlaşırken, giriş uyumsuzluğu (V_i), gürültü faktörü (F), çıkış uyumsuzluğu (V_{out}), gibi diğer performans ölçü kriterleri hesaba alınmaz. Diğer taraftan, ‘optimizasyon’ süreci, sistemin performans model parametrelerine, yüksek dereceli nonlinear bağımlı bir süreçtir. Aslında, bir optimizasyon sürecinde, aktif eleman fiziksel limitleri ve/ya da NF, V_i , G_T performans ölçüleri arasındaki ilişkileri bilinmeksizin, istenilen F , V_i , G_T değerleri, ‘referans’ değer takımı olarak verilebilir. Fakat bu (NF_{req} , $V_{i,req}$, $G_{T,req}$) üçlünün uyumsuzluğu nedeni ile optimizasyon süreci, sık sık başarısızlıkla sonuçlanmaktadır. Bu bitirme çalışmasındaki asıl amaç, ateşböceği algoritması ile belirli frekanslarda transistörün; NF, V_i , V_{out} , G_T performans ölçülerinin birlikte verimli çalıştığını araştırmaktır[5][6].

4. Transistör Karakteristiklerinin Ateşböceği Algoritmasıyla Optimizasyonu

Bu bölümde transistör 15,5-17,5 GHz frekanslarında incelenmiştir. Bu frekans aralıklarındaki s-parametreleri ve gürültü parametreleri, transistörün katalog bilgilerinden çekilmiştir ve MATLAB programına yüklenmiştir. Gerekli formüller ve istenilen çıkışlar belirlenip programa girilmiştir ve optimizasyon için ateşböceği algoritması ile kodlanmıştır. Bu işlem adımlarının yer aldığı akış diyagramı şekil 1’de verilmiştir.

Ateşböceği Algoritması
Amaç Fonksiyonu $f(x)$, $x=(x_1, \dots, x_n)^T$. n ateşböceğinin başlangıç popülasyonunun oluşturulması x_i ($i=1,2,\dots,n$). Işık yoğunluğu I_i, $f(x_i)$ den belirlenir. Işık emilim katsayısı tanımlanır (γ) while ($t < \max(jenerasyon)$), for $i=1:n$ (tüm ateş böcekleri için) for $j=1:n$ (tüm ateş böcekleri için) (iç halka) if ($I_i < I_j$) (Ateş böcekleri i den j ye doğru hareket ederler.) endif Çekicilik çeşitliliği, uzaklık(r) $\exp(-\gamma r^2)$ ile değişir. Yeni sonuçlar değerlendirilir ve ışık yoğunluğu güncellenir. endfor j endfor i Ateş böcekleri sıraya konular ve güncel global en iyi bulunur(g^*) Son işlem sonrası sonuçlar ve simülasyon çıkışı

Şekil 1: Ateşböceği algoritmasının pseudo kod halinde yazılması

5. Hedef Fonksiyonu

Bu bölümde yer alan sonuçlar 1.5 VSWR altında maksimum kazanç sağlamak için aşağıdaki frekanslar için optimize edilmiştir.

$$Hata = |V_i - 1.5| + |V_{out}| + e^{-G_{Tdb}} \quad (12)$$

Çizelge 1: Frekansa göre Ateşböceği Algoritması optimizasyon sonuçları

Frekans (GHz)	Hata	Reel (ZS)	Im (ZS)	Reel (ZL)	Im (ZL)	GT	NF	V_i	V_{out}
15,5	0,577	26,28	-8,93	31,202	-9,67	11,613	0,54	1,55	1,51
16	0,573	28,468	-13,6	34,638	-6,87	11,541	0,57	1,53	1,53
16,5	0,543	30,773	-18,2	33,124	-7,61	11,495	0,59	1,55	1,47
17	0,615	33,108	-21,7	34,742	-9,60	11,367	0,62	1,56	1,52
17,5	0,659	35,273	-24,2	36,412	-12,1	11,229	0,64	1,56	1,57

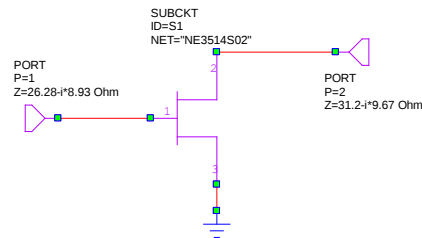
Burada kazancın maksimum olması ön planda tutulup, V_0 , V_i kazanca göre optimize edilmiştir.

Çizelge 2: Maksimum kazanç için frekansa göre optimizasyon sonuçları

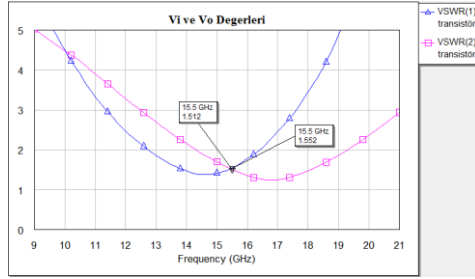
Frekans (GHz)	Hata	Reel (ZS)	Im (ZS)	Reel (ZL)	Im (ZL)	GT	NF	V_i	V_{out}
15,5	1,363	26,2	-8,92	32,7	-8,2	11,61	0,54	1,54	1,51
16	1,119	28,4	-13,6	34,2	-7,99	11,53	0,57	1,52	1,54
16,5	1,189	30,7	-18,2	34,4	-7,30	11,46	0,59	1,51	1,52
17	1,315	33,1	-21,6	35,2	-9,65	11,35	0,62	1,55	1,54
17,5	1,364	35,2	-24,2	36,9	-11,8	11,21	0,64	1,55	1,58

Çizelge 1 ve 2 de ki sonuçlar karşılaştırıldığında çok fazla fark olmasa da maksimum kazanç elde edildiği ve sonuçların buna göre nasıl değiştiği gözlemlenebilir. Burada, V_i değeri artarken V_{out} değerinin azalmaktadır. Optimizasyonda sadece kazanç önemsendiği ve giriş-çıkış değerleri belli aralıklarda alındığı halde hata payı artmaktadır.

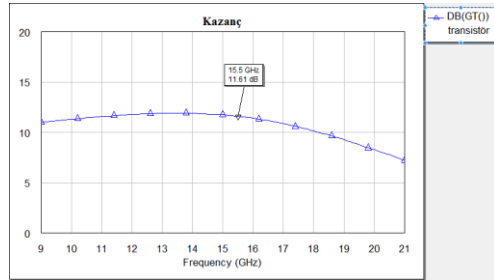
Elde edilen sonuçlar AWR ortamında NE3514S02 giriş ve çıkış empedans değerleri olarak verilerek sonuçların doğruluğu sağlanmıştır.



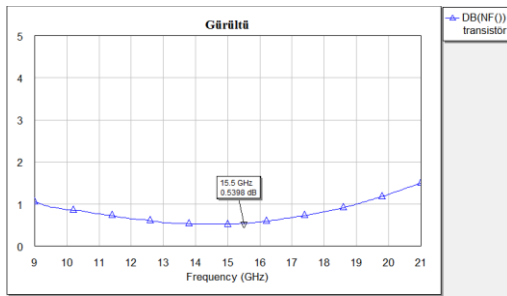
Şekil 2: Mikrodalga transistör devresi.



Şekil 3: 15,5 GHz için Vo ve Vi değerleri.



Şekil 4: 15,5 GHz için Kazanç değeri.



Şekil 5: 15,5 GHz için gürültü.

Çizelge 3: AWR 'de 15,5-17,5 GHz için alınan sonuçlar:

Frekans(Ghz)	Kazanç(dB)	Gürültü	Vin	Vout
15,5	11,61	0,53	1,54	1,51
16	11,54	0,57	1,52	1,54
16,5	11,47	0,59	1,51	1,52
17	11,35	0,62	1,55	1,54
17,5	11,22	0,64	1,55	1,58

6. Sonuçlar

Yapılan çalışmalar ve benzetimler sonucunda ateşböceklerinin yaşam tarzından esinlenilerek hazırlanan algoritmanın verilen denklemlerin istenilen çözüm aralıklarında çok düşük hata payında hatalarla çözümler sağladığı ve bu çözümlerle de istenilen mikrodalga devrelerin en uygun şekilde optimize edilebileceği görülmüştür.

Çok yeni olmasına rağmen metasezgisel bir algoritma olan ateşböceği algoritmasının diğer doğa-ilham kaynaklı algoritmalara daha iyi sonuçlar elde edebileceği simülasyon sonuçları ile gözlenmiştir.

7. Kaynaklar

- [1] Haddad, O. B., Afshar, A., Marino, M. A. "Honey-Bees Mating Optimization (HBMO) Algorithm: A New Heuristic Approach for Water Resources Optimization. Water Resources Management", 2006, Vol. 20, pp. 661–680.
- [2] Karaboğa, D. (2011). "Yapay Zekâ Optimizasyon Algoritmaları", Nobel Yayın Dağıtım.
- [3] Yang, X. S. (2009). "Firefly Algorithms Formulti modal Optimization, Proceedings of the Stochastic Algorithms" Sapporo, Japan.
- [4] <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/29693-firefly-algorithm>
- [5] Collin R.E., " Foundation for Microwave Engineering" McGraw-Hill, 1992, pp 334-339
- [6] Güneş F., Güneş M. ve Fidan M., " Performance Characterisation of a Microwave Transistor", IEEE Proc. Circuits Devices System, 141 (5), 337 – 344, October1994.
- [7] Apostolopoulos, T., Vlachos, A., "Application of the Firefly Algorithm for Solving the Economic Emissions Load Dispatch Problem", Hindawi Publishing Corporation International Conference Journal of Combinatorics, vol. 2011.