

OFDM SİSTEMLERİNDE ARAKİPLENİM BOZULMALARININ ÖNCEYEN BOZMA METODU İLE AZALTILMASI

Cebraill ÇİFLİKLİ¹

A. Çağrı YAPICI²

A. Tuncay ÖZŞAHİN³

^{1,3} Erciyes Üniversitesi
Kayseri Meslek Yüksekokulu
Melikgazi, KAYSERİ

¹e-posta: cebrailc@erciyes.edu.tr ³e-posta: atozsahin@erciyes.edu.tr

² Erciyes Üniversitesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Melikgazi, KAYSERİ
² e-posta: cyapici@erciyes.edu.tr

Özet: Bu çalışmada Radyo Frekansı (RF) güç kuvvetlendiricilerinin doğrusallaştırılması tekniklerinden bir tanesi olan Önceden-Bozma (PD) metodu Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama (OFDM) sistemlerinde ara-kiplenim bozulmalarının azaltılması için kullanılmıştır. Önceden-bozucu sistem polinom tabanlı bir işleme fonksiyonu içermektedir. Benzetim programları vasıtasıyla, ara-kiplenim bozulmalarının azaltılması için polinom katsayıları optimizasyon yöntemleriyle belirlenmiştir. Optimizasyon tekniği OFDM benzeri çok taşıyıcılı sistemlerde güç kuvvetlendiricilerinin doğrusallaştırılması için önerilmiştir.

1. Giriş

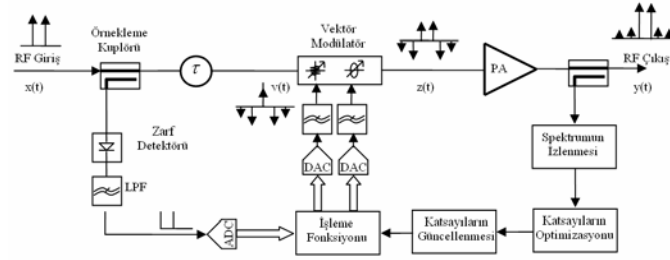
Kanal kapasitesi ve bant-genişliği, modern haberleşme sistemlerinde önemli problemlerdendir. Bu problemleri aşmak için OFDM ve CDMA benzeri bant genişliği kullanımı verimli, fakat taşıyıcı zarfı sabit olmayan modülasyon teknikleri tercih edilmektedir. Bununla beraber OFDM sistemlerinin zarf dalgalanmaları, RF güç kuvvetlendiricilerinin doğrusal olmayan çalışmalarından dolayı ara-kiplenim bozulmaları (IMD) meydana getirmektedir [1]. Bu bozulmalar diğer kanallara arzu edilmeyen güç kaçaklarına sebep olan spektral kabarma olarak kendisini göstermektedir. Bu spektral kabarmayı belirlemek için “Komşu Kanal Güç Oranı” (ACPR) genel bir başarımlı ölçüsüdür.

Ara-kiplenim bozulmalarını istenilen seviyelerde tutmak ve arzu edilen ACPR seviyesini elde etmek için geleneksel bir RF güç kuvvetlendiricisi belirli bir güç geri çekmesi ile kullanılmalıdır. Bununla birlikte bu durum düşük güç verimliliği ile sonuçlanmaktadır. Daha uygun bir çözüm ise, güç verimli, bundan dolayı oldukça doğrusal olmayan bir kuvvetlendiriciyi doğrusallaştırma metodu ile birlikte kullanmaktır. En sık kullanılan teknikler, ileri-beslemeli [2]-[3], geri-beslemeli [4] ve önceden-bozma [5]-[7] teknikleridir. İleri-beslemeli tekniği en iyi bozulma iyileşmesi sağlaması ile birlikte, fazladan yardımcı bir kuvvetlendiriciye ihtiyaç duyması ve büyük boyutlara sahip olmasından dolayı baz istasyonu uygulamalarıyla sınırlı kalmaktadır. Geleneksel geri-beslemeli tekniği, benzer bozulma iyileştirmesi için kazanç kaybı ve kararlılık problemlerini beraberinde getirmektedir. Önceden-bozma doğrusallaştırma tekniği ise küçük boyut, düşük karmaşıklık ve kararlı çalışma gibi avantajlara sahip bir tekniktir.

2. Önceden-Bozma Doğrusallaştırma Tekniği

Polinom tabanlı işleme fonksiyonuna sahip önceden-bozma doğrusallaştırma devresi Şekil 2’de görülmektedir. Optimizasyon şematiki çift ton test işareti ile çalıştırılmış, optimizasyon sonucunda elde edilen işleme fonksiyonu polinom katsayıları kullanılarak OFDM işareti üzerinde kullanılmıştır. Giriş işaretini oluşturan, eşit güçteki çift-ton işaret $x(t)$ aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$x(t) = \text{Re}\{Ae^{j\omega_1 t} + Ae^{j\omega_2 t}\} = \text{Re}\{\tilde{x}(t) \cdot e^{j\omega_c t}\} \quad (1)$$



Şekil-2. Önceden-bozucu doğrusallaştırıcı devresi

burada A işaretlerin genliğini ifade ederken ω_1 , ω_2 ve ω_c ise taşıyıcı frekanslarını ifade etmektedir. Zarf detektörü tarafından elde edilen, çift ton giriş işaretinin kompleks zarfının genliği,

$$|\tilde{x}(t)| = \sqrt{\frac{1}{2} \{1 + \cos[(\omega_2 - \omega_1)t]\}} \quad (2)$$

şeklinde ifade edilebilir. Kuvvetlendirici çıkışı $y(t)$, ara-kiplenim terimlerinden sadece tek dereceli olanlar ele alındığında ve kuvvetlendirici hafızaya sahip değilken aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$y(t) = \sum_{k=1}^n a_{2k-1} \cdot |x^{2(k-1)}(t)| \cdot x(t), \quad n=5 \text{ iken} = a_1 x(t) + a_3 x^3(t) + a_5 x^5(t) \quad (3)$$

burada a_{2k-1} güç kuvvetlendiricisinin doğrusal olmayan karakteristiğini ifade eden kompleks katsayıdır.

$v_I(t)$ ve $v_Q(t)$ sırasıyla vektör modülatorün I ve Q kanallarının kontrol işaretleridir ve işleme fonksiyonu tarafından elde edilir.

$$v_{I,Q} \{|\tilde{x}(t)|\} = b_{I,Q1} - b_{I,Q2} |\tilde{x}(t)|^3 - b_{I,Q5} |\tilde{x}(t)|^5 \quad (4)$$

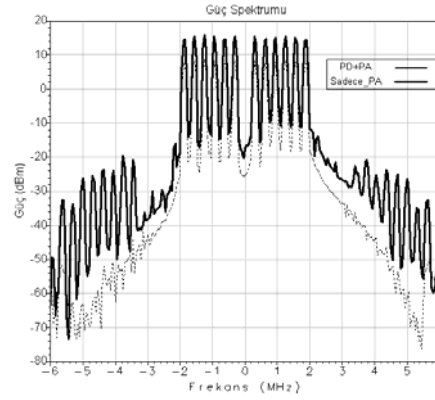
Sabit terim ara-kiplenim ürünlerinin gücünü değil, güç kuvvetlendiricisine giren asıl işaret gücünü kontrol etmektedir. Önceden bozulmuş işaret $z(t)$ giriş işareti $x(t)$ ve önceden bozucu işaret $v(t)$ 'nin çarpımı sonucu meydana gelmektedir;

$$\begin{aligned} z(t) &= x(t) \cdot v(t) \\ &= \beta_0 \cdot \{\cos(\omega_1 t) + \cos(\omega_2 t)\} \\ &\quad - \beta_0 \cdot \{\cos[(2\omega_1 - \omega_2)t] + \cos[(2\omega_2 - \omega_1)t]\} - \beta_2 \cdot \{\cos[(3\omega_1 - 2\omega_2)t] + \cos[(3\omega_2 - 2\omega_1)t]\} \end{aligned} \quad (5)$$

β_k katsayılarının optimizasyonu vasıtasıyla oluşturulan önceden bozucu terimler ile güç kuvvetlendiricisinden kaynaklanan ara-kiplenim bozulmalarını azaltmak mümkündür.

3. Simülasyon ve Sonuçları

Önceden-bozma doğrusallaştırma tekniği, polinom tabanlı bir işleme fonksiyonu ile OFDM sistemlerinde güç kuvvetlendiricilerinden kaynaklanan ara-kiplenim bozulmalarını azaltmak için kullanılmıştır. İşleme fonksiyonunun katsayıları benzetim programı ve optimizasyon yöntemleri kullanılarak, çift-ton test işareti vasıtasıyla elde edilmiştir. Daha sonra bu katsayılar çok taşıyıcı bir sistem olan OFDM sistemi için kullanılmış başarımlı ölçütü olarak komşu kanal güç oranı ele alınmıştır. Benzetimler ve optimizasyonlar için Agilent ADS2005A programı kullanılmıştır.



Şekil 3. Güç kuvvetlendiricisi çıkışı güç spektrumu.

Güç kuvvetlendiricisinin çıkışına ait güç spektrumu, önceden-bozucu varken ve yokken olmak üzere şekil 3'te gösterilmiştir. OFDM sistemi 2.452 GHz merkezli, komşu kanalları kapsayacak 10 MHz bant genişliğine sahiptir. RF güç kuvvetlendiricisi 2.4-2.5 GHz bant aralığında 20 dB kazançla sahip olup, üçüncü derece kesişim noktası (IP3) 36 dBm dir. Kuvvetlendiricinin güç doyum noktası 24 dB dir. Benzetim sonuçlarına göre önceden bozma doğrusallaştırma tekniği kullanılarak, 2MHz frekans ofsetinde 10 dB, -2MHz frekans ofsetinde 13.1 dB, 4 MHz frekans ofsetinde 19 dB ve -4MHz frekans ofsetinde 27.4 dB ACPR iyileştirmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak doğrusallaştırıcı kullanılan OFDM sistemlerinde daha yüksek ACPR değerlerine ulaşmanın mümkün olduğu, arakiplenim bozulmalarının azaldığı ve sistem güç verimliliğini arttığı gösterilmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada OFDM sistemlerinde güç kuvvetlendiricilerinin doğrusalsızlıklarından kaynaklanan arakiplenim bozulmalarının azaltılması için önceden-bozma doğrusallaştırma metodu önerilmiştir. Önerilen metodun test edilmesi için Agilent-ADS2005A benzetim programı kullanılmıştır. Benzetim sonuçları OFDM işaretinde arakiplenim bozulmalarından kaynaklanan spektral kabarmanın önceden-bozma metodu ile istenilen seviyelere azaltılabildiğini ölçülen ACPR değerleri vasıtasıyla göstermiştir.

Sonuç olarak önceden-bozma doğrusallaştırma metodu OFDM sistemlerinde güç kuvvetlendiricilerinin sebep olduğu arakiplenim bozulmalarını azaltmak amacıyla kullanılabilir bir metottur.

Kaynaklar

- [1] Pedro J. C. ve Carvalho N. B., Intermodulation Distortion in Microwave and Wireless Circuits, Artech House, 2003.
- [2] Young Y. W., Youngoo Y., Jaehyok Y., Joongjin N., Jeong H. C. ve Bumman K., Feedforward amplifier for WCDMA base stations with a new adaptive control method, Microwave Symposium Digest, Cilt. 2, ss. 769 – 772, 2-7 Haziran 2002.
- [3] Legarda J., Presa J., Hernández E., Solar H., Mendizabal J. ve Peñaranda J. A., An Adaptive Feedforward Amplifier Under “Maximum Output” Control Method for UMTS Downlink Transmitters, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Cilt. 53, No. 8, Ağustos 2005.
- [4] Kim Y., Yang Y., Kang S. H. ve Kim B., Linearization of 1.85 GHz amplifier using feedback predistortion loop, IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., ss. 1675–1678, 1998.
- [5] Hau G., Nishimura T. B. ve Iwata N., A Highly Efficient Linearized Wide-Band CDMA Handset Power Amplifier Based on Predistortion Under Various Bias Conditions, IEEE Transactions On Microwave Theory and Techniques, Cilt. 49, No. 6, Haziran 2001
- [6] Woo W., Miller M. D. ve Kenney J. S., A Hybrid Digital/RF Envelope Predistortion Linearization System for Power Amplifiers, IEEE Transactions On Microwave Theory and Techniques, Cilt. 53, No. 1, Ocak 2005
- [7] Lee S. Y., Lee Y. S., Hong S. H., Choi H. S. ve Y. H., An Adaptive Predistortion RF Power Amplifier With a Spectrum Monitor for Multicarrier WCDMA Applications, IEEE Transactions On Microwave Theory and Techniques, Cilt. 53, No. 2, Şubat 2005.