

DVB-S2 Sistemleri İçin Yeni Bir Taşıyıcı Frekans Düzeltme Yöntemi

Emine Sefer, Mesut Kartal
İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
İstanbul
sefere@itu.edu.tr, kartalme@itu.edu.tr

Özet: Bu bildiride, DVB-S2 alıcıları için basit ve güçlü bir Taşıyıcı Frekans Düzeltme (TFD) yöntemi önerilmiştir. Önerilen TFD, kaba TFD ve ince TFD kullanılarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Kaba TFD yapısı için Geciktir&Çarp (Delay&Multiply-D&M) algoritması kullanılmış ve büyük Taşıyıcı Frekans Kaymaları (TFK) giderilerek faz kestirimi iyileştirilmiştir. Bu çalışmada Kay algoritmasından daha geniş kestirim aralığı ve M&M algoritması ile aynı kestirici varyansına sahip bir yöntem ince TFD yapısında önerilmektedir. Böylece kestiricinin varyansının Kay algoritmasına göre düşük olması sağlanarak daha iyi bir performans elde edilmiştir. Önerilen yapı ile performans kaybı olmadan donanımsal karmaşıklığın azaltıldığı ve demodülatörün edinim zamanının azaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler—Taşıyıcı senkronizasyonu, DVB-S2 sistemleri, taşıyıcı frekans düzeltme.

1. Giriş

Uydu üzerinden veri iletim sistemlerinde kullanılan DVB-S2 standardı[1], DVB-S'in geliştirilmiş halidir ve ETSI:EN 302 307 standardıyla tanımlanmıştır. DVB-S2, DVB-S'e göre performans kazancı %30 daha fazladır. DVB-S2 standardı QPSK, 8PSK gibi alışılmış modülasyon tekniklerinin yanısıra 16APSK ve 32APSK gibi yeni nesil modülasyon tekniklerini desteklediğinden spektrum verimliliğinin DVB-S'e göre önemli ölçüde arttığı görülmektedir.

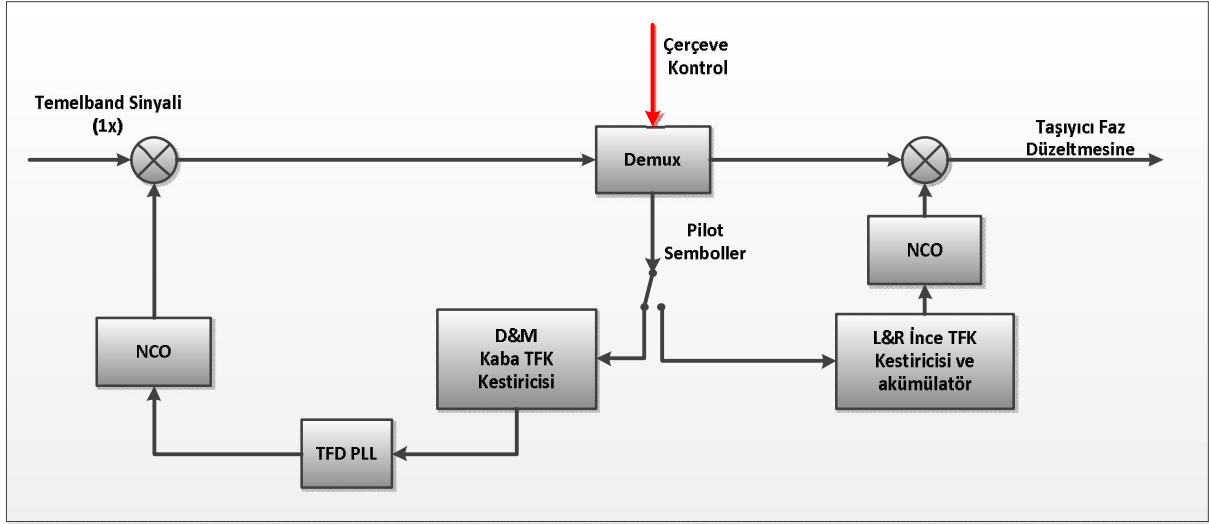
Uydu iletim ortamında, DVB-S2 alıcıları düşük SNR'larda çalışmaktadır ve müşteri-tipi DVB-S2 alıcıları genellikle düşük maliyetli osilatörler kullanmaktadır. Bu nedenlerle alıcıda elde edilen veride büyük ölçüde frekans kaymaları oluşabilmektedir. (örneğin; 27,5 Mbaud'ta 5MHz gibi). Bundan dolayı alıcı büyük değerli TFK ile çalışmak zorunda kalmaktadır. Bu etkenler düşük SNR'larda yüksek doğruluklu kestirim yapma gereğini beraberinde getirmektedir. Uyarlamalı Kodlama ve Modülasyon (Adaptive Coding and Modulation-ACM) modunda veya Değişken Kodlama ve Modülasyon (Variable Coding and Modulation-VCM) modunda iletim yapıldığı böylesi iletim sistemlerinde veri-destekli (data-aided) TFD, DVB-S2 sistemleri için daha uygun hale gelmektedir.

[2]'de, iki aşamalı kaba TFD ve ince TFD'nin birleşiminden oluşan bir TFD yapısı önerilmiştir. Kaba TFD algoritması için Geciktir & Çarp (Delay&Multiply-D&M) [3] kullanılmıştır. İnce TFD algoritması olarak L&R[4] kullanılmıştır. L&R algoritması, hassas bir kestirim yapmak için argüman fonksiyonunu hesaplamadan önce pekçok ardışıl pilot bloğu kullanarak özilişki fonksiyonlarının toplamının ortalama değerini kullanır. Kaba frekans düzeltmesi için kullanılan D&M algoritması çok basit olmasına rağmen L&R algoritması çok sayıda çarpıcıya ve özilişki fonksiyonlarının toplamını tutmak için özel belleğe ihtiyaç duymaktadır. Diğer önemli algoritmalar ise M&M [5], Modifiye edilmiş M&M [6], Kay[7] ve Fitz[8] olarak sıralanabilir. Kestirim aralığı en iyi olan algoritmalar M&M ve Kay iken, gürültü eşik değeri diğerlerine göre daha düşük olan algoritmalar ise Fitz, L&R ve M&M algoritmalarıdır.

Bu bildiride TFD yönteminde kaba TFD için D&M, ince TFD için ise [9]'da önerilen algoritma kullanılarak geleneksel yöntemlere göre basit ve güçlü bir yapı önerilmiştir.

2. Taşıyıcı Frekans Düzeltme Yapısı

2.1. Geleneksel Taşıyıcı Frekans Düzeltme Yöntemi



Şekil 1: Geleneksel Taşıyıcı Frekans Düzeltme blok şeması

Şekil 1’de, [2] verildiği gibi, basit D&M algoritması [3] kaba TFD olarak geribeslemeli döngü yapısında kullanılmıştır. D&M çıkışının ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\hat{f} = \frac{1}{D} \arg \left[\sum_{k=D}^{L_P} p(k) \cdot p^*(k - D) \right] \quad (1)$$

\hat{f} : D&M kestirim fonksiyonu

L_P : pilot sembol sayısı

D : gecikme değeri

$p(k)$: bilinen pilot dizisidir.

L&R algoritması [4] ince TFD için kullanılmıştır. Frekans kestiricisinin ifadesi şöyledir:

$$R(m) = \frac{1}{L_P - m} \sum_{k=m}^{L_P-1} p(k + LL_d) \cdot p^*(k - m + LL_d) \quad (2)$$

$$\hat{f} = \frac{2}{M+1} \arg \left(\sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^M R(k) \right) \quad (3)$$

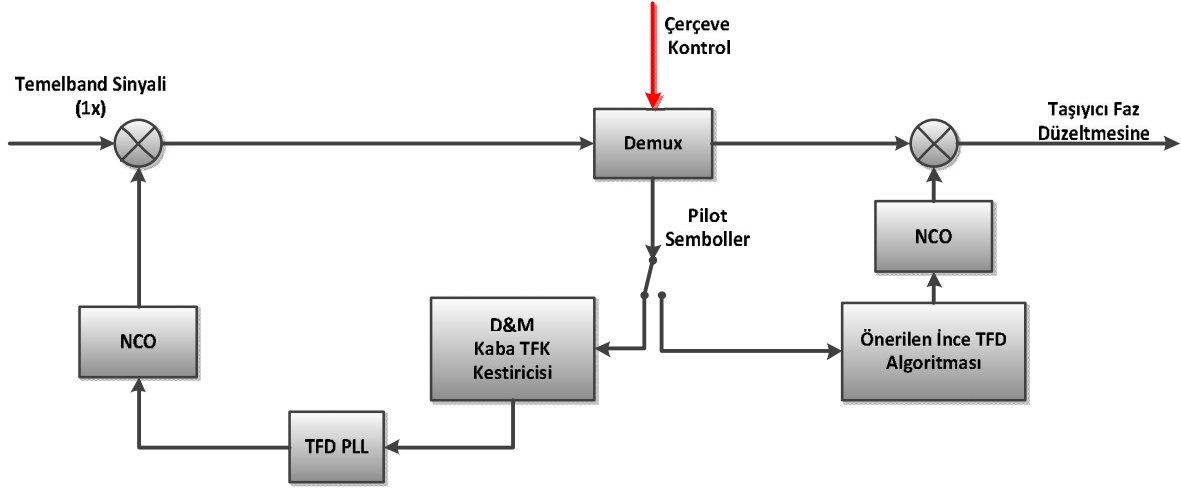
M : Özilişki sayısı

L_d : Veri sembol sayısı (16 veri dilimi*90 sembol=1440),

L : Özilişki toplamalarının sayısı

Bu geleneksel yapıda kullanılan D&M algoritması çok basittir ve gerçekleştirilmesi için yalnızca 34 çarpıcı ve 1 arctanjant operatörüne ihtiyaç duymaktadır. L&R algoritması ise $M=18$ iken 477 çarpıcı ve 1 arctanjant operatörüne ihtiyaç duymaktadır.

2.2. Önerilen Taşıyıcı Frekans Düzeltme Yöntemi



Şekil 2: Önerilen Taşıyıcı Frekans Düzeltme blok şeması

Çeşitli TFK kestirim algoritmaları kaba TFD gerçekleştirilmesi için seçilebilir ama algortimanın sembol hızına göre % 20'lik bir diliminde meydana gelmiş frekans kaymalarını kestirebilmelidir ve aynı zamanda yüksek hassasiyete sahip olmalıdır. Bu gereksinimleri sağlayan uygun algoritmalar D&M algoritması, L&R algoritması, Fitz algoritması, M&M algoritması ve modifiye edilmiş M&M algoritmalarıdır.

Şekil 2'de Kaba TFD için D&M algoritması, çok basit olması ve sembol hızının %20 frekans kaymalarını kestirebilme kabiliyetine sahip olmasından dolayı seçilmiştir. İnce frekans düzeltme için ise [9]'da verilen algoritma ince TFD algoritması olarak frekans düzeltme yönteminde kullanılmak üzere ilk defa bu çalışmada önerilmiştir. Bu algoritma, M&M algoritmasına benzemektedir ama Kay algoritmasından daha geniş kestirim aralığına sahiptir.

M-PSK modülasyonu ve zaman senkronizasyonunun mükemmel olduğunu varsayalım. Uyumlandırma filtresinden sonra, alınan sinyal aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$x(k) = c_k e^{j(2\pi\Delta fkt + \theta)} + n(k) \quad (4)$$

$c(k)$ birim genlik sembolleri, Δf taşıyıcı frekansı ve θ taşıyıcı fazıdır. $n(k)$ karmaşık bağımsız Gauss rastgele değişkenlerdir. $x(k)$, c_k^* ile çarpılarak modülasyon kolayca kaldırılabilir ve ifade aşağıdaki gibi olur.

$$z(k) = c_k^* c_k e^{j(2\pi\Delta fkt + \theta)} + n(k)c_k^* \quad (5)$$

Kay kestiricisi $z(k) \times z^*(k-1)$ çarpımını baz alırken, L&R algoritması örnek ilişkilerin üzerine oturmaktadır:

$$R(m) = \frac{1}{L-m} \sum_{k=m}^{L-1} z(k) \times z^*(k-m), \quad m = 1, 2, \dots, N \quad (6)$$

$N:L/2$ 'den büyük olmayan tasarım parametresi.

$$R(m) = e^{j2\pi m\Delta fT} + n(t) \quad (7)$$

şeklinde elde edilir.

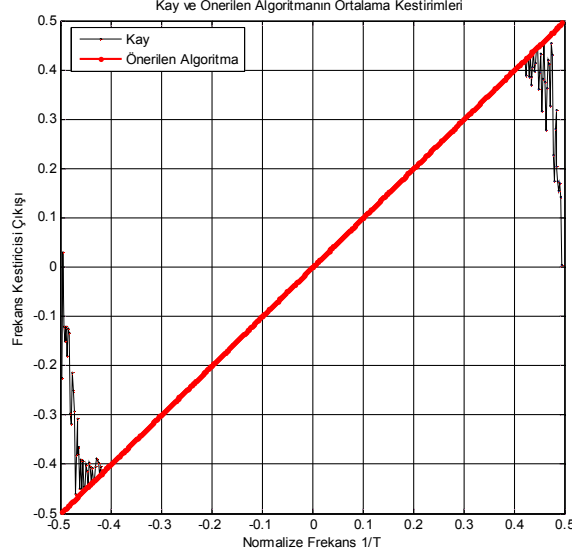
$R(m)$ değerlerinin toplamının argümanı alındığında L&R kestiricisi aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\Delta f = \frac{1}{\pi(N+1)T} \arg\{\sum_{m=1}^N R(m)\}. \quad (8)$$

[9] algoritması kestiricisinin ifadesi ise şöyledir:

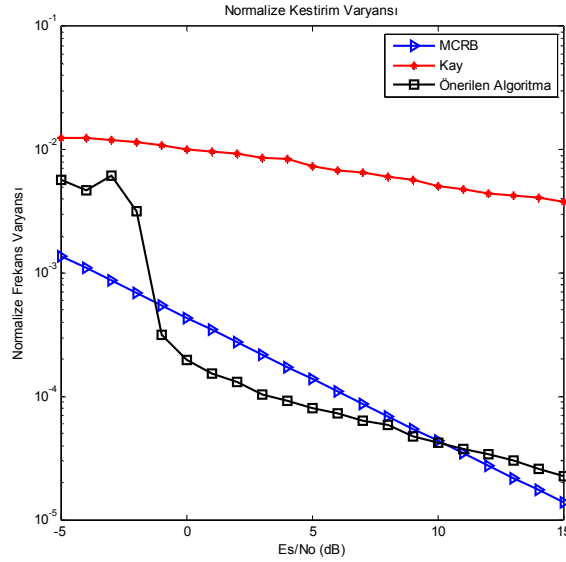
$$\Delta f = \frac{1}{2\pi(N-1)T} \arg\{\sum_{m=1}^{N-1} R(m+1)R(m)^*\} \quad (9)$$

[9]'da verilen kestiricinin varyansı M&M algoritması ile aynı kestirme varyansına sahiptir ve kestirim aralığı L&R algoritmasından daha geniş olması ince TFD'nin edinim zamanının minimize edilmesini sağlamaktadır. Bu özelliği nedeni ile ince TFD için kullanılmak üzere sisteme uyarlanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir[10]. Es/No -5 ile 15 dB arasında iken L=33 ve N=16 alındığında Kay algoritmasının ve önerilen algoritmanın frekans kestirimlerinin simülasyon sonucu Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3: Kay ve (9) denkleminin frekans kestirimi.

Şekil 4'te ise iki algoritmanın kestirim varyansları, Es/No eğrisi verilmiştir.



Şekil 4:İki algoritmanın kestirim varyansları.

Önerilen yöntem TFD'nin daha kısa sürede frekansın kilitlemesi sağlanmıştır. Kullanılan yöntem ile karmaşıklık azaltılmıştır. Bu ince TFD için önerilen algoritmanın gerçekleştirilmesi için M=9 seçildiğinde 279 çarpıcı ve 1 arctanjant operatörü gerekmektedir.

3. Sonuç

DVB-S2 uydu alıcılarında kullanılabilecek bir TFD yöntemi önerilmiştir. TFD kaba ve ince TFD yöntemi kullanılarak iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Kaba TFD için D&M algoritması kullanılmış, ince TFD yapısı için ise kestirim aralığı diğer algoritmalara göre daha geniş ve kestirim varyansı düşük bir algoritma seçilerek TFD edinim zamanı ve karmaşıklık azaltılmıştır. İnce TFD için kullanılan algoritmanın karmaşıklığın azaltılması için gerekli özilişki fonksiyonlarının azaltılması üzerindeki çalışmalara devam edilecektir.

Kaynaklar

- [1].Digital Video Broadcasting (DVB): Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications, ETSI EN 307 v1.1.2 2006
- [2].E. Casini, R. De Gaudenzi, and A. Ginesi, ""DVB-S2 Modem Algorithms Design and Performance over Typical Satellite Channels,"" *IoT*. J. Satell. Commun. and Net., vol. 22, June 2004, s. 281-318.
- [3].Mengali and A. N. D"Andrea, *Synchronization Techniques for Digital Receivers (Applications of Communications Theory)*. New York: Plenum Press, 1997.
- [4].M. Luise and R. Reggiannini, "Carrier frequency recovery in all-digital modems for burst-mode transmissions, " *IEEE Trans.Commun.*, vol. 43, no. 2/3/4, s. 1169-1178, Feb./Mar.!Apr. 1995.
- [5].M. Morelli and U. Mengali, "Feedforward frequency estimation for PSK: a tutorial review," *European Trans. Telecomm.*, vol. 9, pp.103-. 116, Mar.!Apr. 1998.
- [6].Jong Gyu Oh, Seung Ho Son, Joon Tae Kim . "Efficient Carrier Frequency Offset Estimation Algorithm for DVB-RCS Systems" , *IEEE ISCE 2009*.5.27
- [7].Kay, S. "A fast and accurate single frequency estimator" *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing* ,Volume: 37, Issue: 12 Dec 1989 s: 1987-1990
- [8].M. P. Fitz, "Planar filtered techniques for burst mode carrier synchronization," in *Proc. IEEE Globecom' 91*, Phoenix, AZ, Dec. 1991, paper 12.1.
- [9].S.Tao, Chen Xiao-ting, Zhao Guo-dong,L. Hui-jie, L. Xu-wen," An improved frequency estimator for synchronization of PSK signals with large frequency offset", *IEEE*, 2008
- [10].Nan Wu, Hua Wang, Jingming Kuang, Zesong Fei, Guangrong Fan," A Modified Carrier Frequency Estimator for DVB-S2 System",*IEEE*,2007