

SC-FDMA ve GFDMA Sistemlerinin Sıfır Alt-Taşıyıcılar Tabanlı Çoklu Taşıyıcı Frekansı Ötelenmesi Senkronizasyonu Altında Performans Analizlerinin Karşılaştırılması

Mustafa Anıl Reşat, Özgür Ertuğ*
Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü
Altındağ, Ankara
maresat@ybu.edu.tr

*Gazi Üniversitesi
Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü
Çankaya, Ankara
oertug@gazi.edu.tr

Özet: Gruplanmış Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (GFDMA) yakın tarihte Tek-Taşıyıcı Frekans Bölmeli Çoklu Erişim'e (SC-FDMA) alternatif olarak önerilmiş bir tekniktir. Öte yandan, GFDMA da SC-FDMA gibi yukarı hat iletişimde önemli bir problem olan çoklu Taşıyıcı Frekansı Ötelenmesi'nden (CFO) oldukça olumsuz şekilde etkilenmektedir. Bu makalede yukarı-hat GFDMA ve SC-FDMA teknikleri için kullanıma uygun olan, alt-bant tabanlı alt-taşıyıcı haritalama kullanan bir sıfır alt-taşıyıcı tabanlı CFO senkronizasyon metodu önerilmiştir. Bunun yanında bu metodu kullanan GFDMA ve SC-FDMA sistemlerinin performansları çeşitli parametreler altında karşılaştırılmıştır.

Abstract: Grouped Frequency Division Multiple Access (GFDMA) is a new emerging technique that is proposed as an alternative to Single-Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA). On the other hand, GFDMA is also very vulnerable to multiple Carrier Frequency Offset (CFO) like SC-FDMA, which is an important problem for uplink communications. In this paper a null sub-carrier based CFO synchronization method suitable for uplink GFDMA and SC-FDMA techniques, that use sub-band based sub-carrier mapping is proposed. Besides this, the performances of GFDMA and SC-FDMA systems utilizing this method are compared under various parameters.

1. Giriş

CFO, özellikle alt-taşıyıcılar arasındaki dikgenliği bozmasından ötürü SC-FDMA için önemli bir problem olup temel olarak Taşıyıcılar-Arası Girişim'den (ICI) kaynaklanmaktadır. Buna ilaveten yukarı-hat iletişimden dolayı meydana gelen Çoklu-Erişim Girişimi (MAI) de CFO'nun bir başka unsurudur. GFDMA da CFO'dan olumsuz şekilde etkilenmektedir; fakat dikgen olmayan doğası sayesinde, CFO temel olarak ortak bir yığını paylaşan kullanıcılar arasında meydana gelen MAI'dan oluşur [1,2]. Bu makalede CFO senkronizasyonu için sıfır alt-taşıyıcıları kullanan ve bu alt-taşıyıcılardaki enerjinin ölçülmesine dayanan bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntemin performansı çeşitli parametreler altında hem GFDMA hem de SC-FDMA için test edilmiştir.

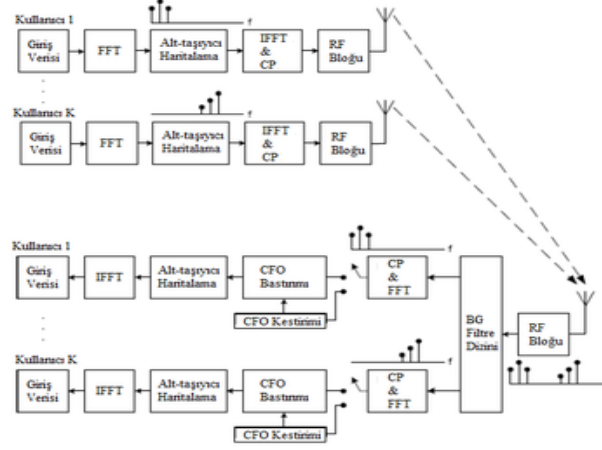
2. Önerilen GFDMA ve SC-FDMA Sistem Modelleri

Makale için ilk olarak önerilen CFO senkronizasyonu algoritmasıyla uyumlu bir şekilde çalışabilmesi için temel SCFDMA yukarı-hat sistem modeli, [3] makalesi baz alınarak revize edilmiştir. Önerilen SC-FDMA sistem modelinin blok diyagramı Şekil 1'de gösterilmiştir. Bundan sonra ise makalede önerilen CFO senkronizasyonu algoritmasıyla uyumlu şekilde çalışabilmesi için temel GFDMA yukarı-hat sistem modeli, [3] makalesi baz alınarak revize edilmiştir. Önerilen GFDMA sistem modelinin blok diyagramı Şekil 2'de gösterilmiştir.

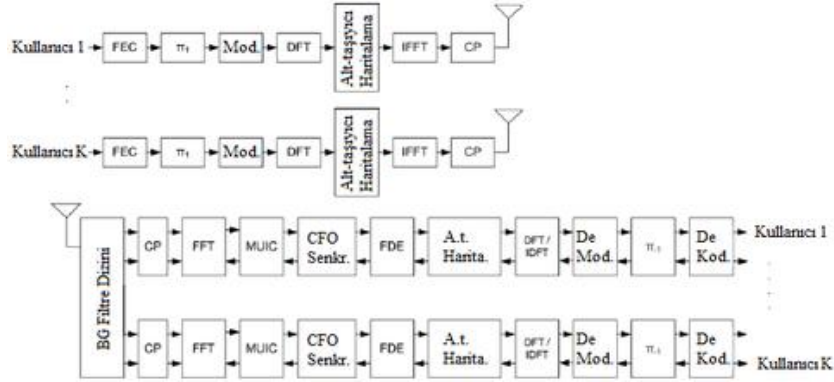
3. Önerilen Alt-taşıyıcı Haritalama Metotları

Daha sonra, önerilen senkronizasyon algoritmasıyla uyumlu bir şekilde çalışabilmesi için alt-taşıyıcı haritalama bloğunda kullanılan alt-taşıyıcı haritalama metotları, [3,4] makaleleri baz alınarak, alt-bantlara sahip olacak şekilde revize edilmiştir. Lokalize Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (LFDMA) alt-bant haritalamayla birlikte

kullanıldığında, farklı kullanıcıların alt-taşıyıcı yığınlarının arasına birer alt-bant yerleştirilir. Serpiştirilmiş Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (IFDMA) ise alt-bant haritalamayla birlikte kullanıldığında, LFDMA'dakinden daha kısa olan birer alt-bant, farklı kullanıcıların sembollerinin arasına birer alt-bant yerleştirilir. Hibrit metodu anlık olarak hem LFDMA hem de DFDMA metodlarını bir arada kullanma avantajını sağlar ki bu da hem düşük hem de yüksek mobilizeye sahip kullanıcıların aynı anda bulunduğu senaryolar için önemli bir getiridir [1,2].



Şekil 1. Önerilen SC-FDMA yukarı-hat sistem modeli



Şekil 2. Önerilen GFDMA yukarı-hat sistem modeli

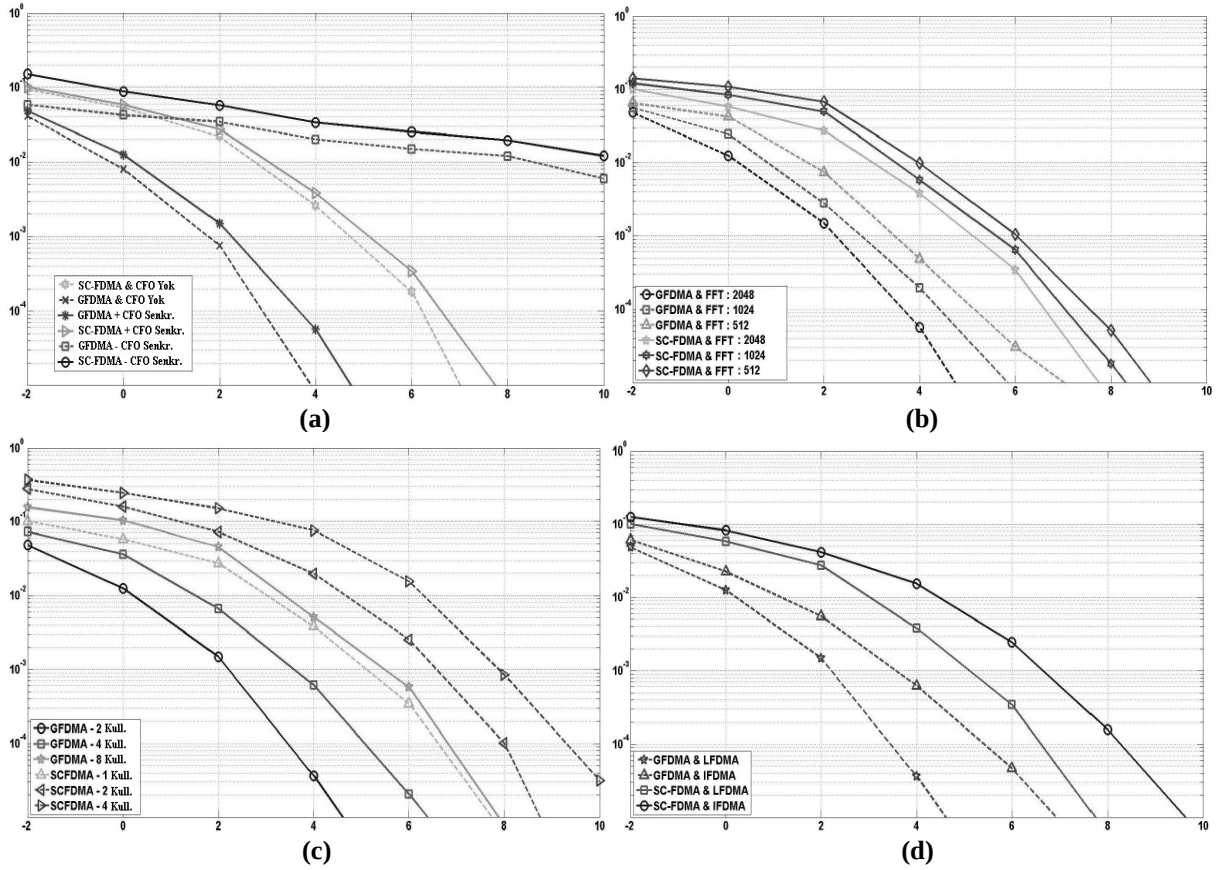
4. Sıfır Alt-taşıyıcılar Tabanlı CFO Senkronizasyonu Algoritması

Bu işlemlerden sonra, CFO senkronizasyonu algoritması ortaya koyulmuştur. Bu algoritma temelde OFDMA için tasarlanmış olan [3,4] algoritmalarına dayanmaktadır. Önerilen algoritma döngüsel bir yapıya sahiptir. CFO'nun kanalda üstel bir terimle çarpım şeklinde etki etmesinden ötürü, ilk olarak CFO'nun etkisini ortadan kaldırmak için gelen her bir veri bloğu, nümerik kontrollü bir osilatör tarafından üretilen rastgele bir üstel terim ile çarpılır. Bir FFT işlemi ile ortaya çıkan sinyal dizisi frekans alanına çevrilir. İlk iki adım alınan bütün veri blokları için tekrarlandıktan sonra, kullanıcının sıfır alt-taşıyıcı frekanslarındaki ortalama enerji hesaplanır. Daha sonra ilk üç adım minimum enerji değerini sağlayan üstel terim değeri bulununcaya kadar tekrarlanır. Bulunduktan sonra bu değer doğru CFO kestirim değeri olarak kabul edilir ve veri blokları son bir kez bu yeni değere göre tekrar aynı işlemlerden geçirilerek döngüden çıkılır.

5. Simülasyon Sonuçları ve Değerlendirme

Simülasyonlar için 12 dallı tipik urban kanal modeli, QPSK modülasyon, 32 sembolük döngüsel örnek kullanılmış ve mükemmel kanal kestirimi varsayılmıştır. Kullanıcılar -0,1 ve 0,1 arasında düzgün dağılmış rastgele normalize edilmiş frekans ötelemelerine sahiptir. Birinci simülasyonda sembol başına düşen alt-taşıyıcı sayısı 512 ve kullanıcı başına düşen alt-taşıyıcı sayısı da 128'dir. GFDMA için iki kullanıcı, SC-FDMA için ise bir kullanıcı kabul edilmiştir. Alt-bant yaklaşımlı LFDMA haritalama kullanılmıştır ve alt-taşıyıcılar arasındaki aralık 15 kHz olarak belirlenmiştir. Şekil 3a'dan da görülebildiği gibi önerilen senkronizasyon algoritması, hata

oranını önemli ölçüde düşürmekte ve sistem performansını CFO olmayan senaryolara yakınlaştırmaktadır. Dahası çoklu kullanıcı GFDMA, tek kullanıcı SC-FDMA'nın performansına erişebilmekte ve onu geçebilmektedir. İkinci simülasyonda parametreler birinci simülasyonla aynı alınmıştır fakat FFT boyutu (sembol başına düşen alt-taşıyıcı sayısı) değiştirilmiştir. Şekil 3b'den de görülebildiği gibi FFT boyutunun artırılması sıfır alt-taşıyıcı sayısını da artırdığından, sistem performansını önemli ölçüde yükseltmektedir. Sıfır alt-taşıyıcı sayısını artırmak aynı zamanda kullanıcı alt-taşıyıcıları arasındaki sıfır boşluğunu genişletmek anlamına geldiğinden MAI'nın etkisini de azaltmaktadır. Üçüncü simülasyonda parametreler birinci simülasyonla aynı alınmıştır fakat FFT boyutu 2048 olarak alınmıştır ve kullanıcı sayısı değiştirilmiştir. Şekil 3c'den de görülebildiği gibi kullanıcı sayısının artırılması sıfır alt-taşıyıcı sayısını da azalttığından, sistem performansını önemli ölçüde düşürmektedir. Dördüncü simülasyonda, parametreler birinci simülasyonla aynı alınmıştır fakat alt-taşıyıcı haritalama metodu değiştirilmiştir. Şekil 3d'den de görülebildiği gibi alt-bant yaklaşımı LFDMA özellikle yüksek sinyal-gürültü oranı değerlerinde alt-bant yaklaşımı IFDMA'ya göre çok daha iyi bir performans göstermektedir. Bunun sebebi ise, LFDMA'nın kendi doğasındaki özellikleri sayesinde mükemmel olmayan filtrelemeden kaynaklanan arda kalan MAI'yı ortadan kaldırabilmesi ve senkronizasyon algoritmasının da ICI'yi verimli bir şekilde yok edebilmesidir.



Şekil 3. a) CFO ve senkronizasyonu olan ve olmayan senaryo b) FFT boyutunun değiştiği senaryo c) Kullanıcı sayısının değiştiği senaryo d) Alt-taşıyıcı haritalama metodunun değiştiği senaryo

Kaynaklar

- [1]. Lim H. J., Kim T. K. ve Im G. H., "A proportional fair scheduling algorithm for SC-FDMA with iterative multiuser detection", International Conf. on Information and Comm. Technology Convergence, 2010, s.243-4.
- [2]. Yune T. W., Choi C. H., Im G. H., Lim J. B., Kim E. S., Cheong Y. C. 'et al'. "SC-FDMA with iterative multiuser detection: improvements on power/spectral efficiency", IEEE Comm. Magazine, 48, s.164-71, 2010.
- [3]. Barbarossa S., Pompili M. ve Giannakis G. B., "Channel independent synchronization of orthogonal frequency division multiple access systems", IEEE Journal on Selected Areas in Comm., 20, s.474-86, 2002.
- [4]. Niu D. ve Dai X., "Iterative carrier frequency offset estimation for OFDMA uplink based on null sub-carriers", 40th Annual Conference on Information Sciences and Systems, 2006, s.295-9.