

Genetik Algoritma ile çok kullanıcı DFBC sistemleri için toplam veri hızı enbüyüklemeli uyarlanırlı alttaşıyıcı ve bit yerleşimi

Sum-rate maximized adaptive subcarrier and bit allocation for multiuser OFDM systems with genetic algorithm

Berna Özbek*, Didier Le Ruyet†

*Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir

bernaozbek@iyte.edu.tr

†Elektronik ve Haberleşme Laboratuvarı
Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM), Paris

leruyet@cnam.fr

Özetçe

Bu çalışmada, genetik algoritma kullanılarak çoklu kullanıcı dikgen frekans bölmeli çoğullamalı sistemler için toplam veri hızı enbüyüklemeli uyarlanırlı alttaşıyıcı ve bit yerleşimi yapılmıştır. Genetik algoritmanın yakınsama süresini kısaltmak için genetik algoritmanın karmaşıklığı arttırmayan ve sistem performansını etkilemeyen başlangıç koşulu kriteri önerilmiştir. Başarım sonuçları elde edilmiş ve klasik metotlar ile karşılaştırılmıştır. Önerilen başlangıç koşullu genetik algoritmanın toplam veri hızı enbüyüklemeli yerleşim için klasik algoritmalarından daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.¹

Abstract

In this work, we perform the adaptive subcarrier and bit allocation to maximize the sum data rate for multiuser OFDM systems using genetic algorithm. Since the convergence time of the genetic algorithm could be slow, we propose to use a different initial condition to accelerate it without increasing the complexity of genetic algorithm and sacrificing the performance of the system. We obtain the simulation results and compare them with the classical methods. We show that the genetic algorithm with proposed initial condition gives better performances than the classical ones for sum data rate maximized allocation.

1. Giriş

Gelecek nesil kablosuz iletişim sistemleri, limitli bantgenişliğine ve çokyollu iletimden kaynaklanan semboller arası karışımına sahip gezgin iletişim kanallarında yüksek veri hızlarında ve güvenilir bir şekilde internet erişimi gibi genişbantlı uygulamaları destekleyecektir. Bu uygulamalarda, semboller arası karışımın üstesinden gelen ve dijital ses ve video çoklu yayılım sistemleri ile kablosuz ağ standartlarında da kullanılan dikgen frekans bölmeli çoğullama (DFBC) yöntemi önemli bir yer tutmaktadır.

¹Bu çalışma 107E092 nolu Tübitak-PIA Bosphorus Projesi tarafından desteklenmektedir.

Tek kullanıcı DFBC sistemlerinde alttaşıyıcılara ait kanal katsayılarının bilindiği varsayılarak talep edilen gücü enaza indirmek ya da toplam veri hızını enbüyüklemek amacıyla uyarlanırlı bit yerleşimi Greedy algoritması kullanılarak eniyi (optimum) şekilde yapılır. Fakat, çoklu kullanıcı DFBC sistemlerinde bu yerleşimin belirlenen kriter doğrultusunda eniyi şekilde yapılması çok daha karmaşıktır. Çünkü, bir alttaşıyıcı bir kullanıcı için yüksek diğer bir kullanıcı için düşük kanal kat-sayısına sahip olabilir.

Çok kullanıcı DFBC sistemlerinde alttaşıyıcı ve bit yerleşim algoritmaları durağan ve uyarlanırlı olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Zaman bölmeli çoğullamalı erişim (ZBÇE) ve frekans bölmeli çoğullama erişim (FBÇE) olarak iki tip durağan alttaşıyıcı yerleşim algoritması vardır [1][2]. ZBÇE-DFBC sistemlerinde her kullanıcıya ait zaman periyodu önceden belirlenmiştir ve kullanıcı kendisine ait zaman periyodunda tüm alttaşıyıcıları kullanır. FBÇE-DFBC sistemlerinde ise, her kullanıcı tüm zaman periyodlarında kendilerine tahsis edilmiş alttaşıyıcı bloklarını kullanırlar. Statik alttaşıyıcı yerleşim algoritmaları kullanıcılara ait kanal katsayıları bilgisini kullanamazlar. Bu yüzden vericilerde bit yerleşimi de yapılamaz ve önceden belirlenmiş veri hızlarında iletişim yapılır.

Uyarlanırlı alttaşıyıcı ve bit yerleşimi algoritmaları ise vericinin her kullanıcıya ait kanal bilgisine sahip olduğu varsayımı yapılır. [3]'de alttaşıyıcı ve bit yerleşimi tam-sayı değişkenli doğrusal olmayan eniyileme problemi olarak modellenmiş ve yüksek karmaşıklık düzeyine sahip algoritma önerilerek eniyi çözüme yakın sonuçlar elde etmiştir. Bu tip bir optimizasyonu çözmek oldukça karmaşık bir problemdir ve yaklaşımlar eniyi çözüme ulaşamamaktadırlar. [4]'de bu problemi basitleştirmek için her kullanıcıya ait kanal kazancı en yüksek olan kullanıcıya tahsis edilmiştir. Bu yöntemi uygulamak oldukça kolaydır fakat çoklu kullanıcı çeşitleme kazancını tümüyle ortaya çıkaramamaktadır. [5]'de, [3]'de tanımlanan problem için karmaşıklığı azaltılmış algoritma çözümü önerilmiş ve eniyi sonuca yakın başarım sonuçları elde edilmiştir. [6]'da toplam veri hızı enbüyüklemeli sis-

temler için eniyi çözüme ulaşan, karmaşıklığı az ve kapasite hesabına dayalı algoritma önerilmiştir. Genetik algoritma kullanılarak altaşıyıcı ve bit yerleşimi toplam talep edilen gücü enaza indirmek amacıyla [7] and [8]'de yapılmıştır. [7]'de ise genetik algoritmanın yakınsama süresini düşürmek için verimlilik (yerleşim yapılırken yüksek kanal katsayılarına ait kullanıcılar düşük güç talep edecekleri için tercih sebebi olması) ve adil olma (herbir kullanıcı için kanal katsayılarından bağımsız olarak belli sayıda altaşıyıcıya yerleşimlerinin yapılması) koşullarını sağlayan başlangıç şartları gözönünde bulundurulmuş ve böylece yakınsama süresinin azaltılması sağlanmıştır. [8]'de ise genetik algoritma parametreleri yaklaşım süreci boyunca uyarlanırlar bir şekilde değiştirilerek yakınsama süresinin kısaltılması sağlanmıştır.

Bu çalışmada ise, çoklu kullanıcı DFBC sistemleri için genetik algoritma kullanarak toplam veri hızı enbüyüklemeli uyarlanırlar altaşıyıcı ve bit yerleşimi gerçekleştirilmiştir. Genetik algoritmanın yakınsama süresinin azaltılması amacıyla başlangıç koşullarının iyi bir şekilde oluşturulması için başlangıç koşullarına [4]'de elde edilen yerleşimin ilave edilmesi önerilmiştir.

İlk bölümde çoklu kullanıcı DFBC sistem modeli toplam veri hızı enbüyükleme kriteri gözönüne alınarak tanımlanmıştır. İzleyen bölümde, çoklu kullanıcı altaşıyıcı ve bit yerleşim algoritmaları incelenmiştir. Üçüncü bölümde, genetik algoritma ile yerleşim algoritması anlatıldıktan sonra önerilen başlangıç koşullu yerleşim algoritması sunulmuştur. En son bölümde ise başarımlar sonuçları klasik genetik algoritma, durağan ve uyarlanırlar yerleşim algoritmaları ve varolan en büyüklemeli yerleşim algoritmaları için elde edilmiş ve önerilen algoritma ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

2. Çoklu kullanıcı DFBC Sistem Modeli

Şekil 1'de gösterilen herbiri K altaşıyıcıya sahip N kullanıcı DFBC sistemi kullanılmıştır. Eniyileme problemi verilen toplam verici güç kısıtlamasına göre (sembol başına enerji cinsinden) toplam veri hızı enbüyüklemeli olarak aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$\max_{c_{k,n}; \rho_{k,n}} R = \max_{c_{k,n}; \rho_{k,n}} \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N c_{k,n} \rho_{k,n} \quad (1)$$

Kısıtlamalar:

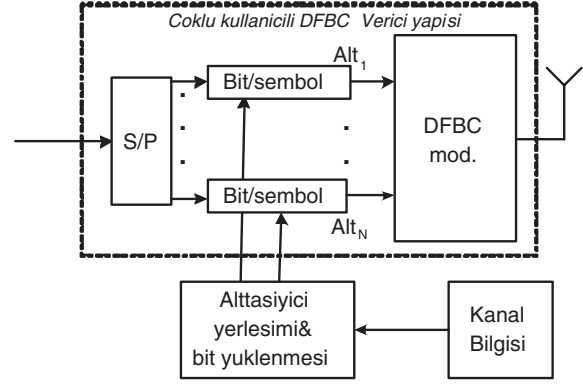
$$\sum_{n=1}^N \max_k \left(\frac{f(c_{k,n}) \rho_{k,n}}{|H_{k,n}|^2} \right) \leq P_T \quad (2)$$

ve

$$\rho_n = \sum_{k=1}^K \rho_{k,n} = 1 \quad (3)$$

Burada $\rho_{k,n}$ k nci kullanıcı tarafından n inci altaşıyıcının kullanılıp kullanılmadığını gösteren binary bir değerdir ve ρ_n 'nin tüm altaşıyıcılar için 1 olması herbir altaşıyıcının tek bir kullanıcı tarafından kullanıldığını gösterir.

$$\rho_{k,n} = \begin{cases} 1 & \text{Eğer } k. \text{ kullanıcı } n. \text{ altaşıyıcı kullanıyor ise} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4)$$



Şekil 1: Sistem Yapısı

$f(c_{k,n})$ kanal katsayısı 1 olduğunda $c_{k,n}$ bitinin güvenilir bir şekilde sezinlenebilmesi için istenen sembol başına enerji cinsinden alıcı gücüdür. M-QAM şemaları için, p_e bit hata olasılığında $c_{p,n}$ sembol başına bit desteklenmesi için $f(c_{k,n})$ istenen güç aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [9]:

$$f(c_{p,n}) = \frac{N_0}{3} [Q^{-1}(p_e/4)]^2 (2^{c_{p,n}} - 1) \quad (5)$$

burada $N_0/2$ toplamsal beyaz Gaussian gürültüsünün varyansdır ve $Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-t^2/2} dt$.

3. Genetik Algoritma ile Altaşıyıcı ve Bit Yerleşimi

Genetik algoritma temel olarak güçlü bireylerin hayatta kalması felsefesi üzerine kurulmuştur [10]. Birçok optimizasyon probleminin çözüme ulaşılmasında etkin bir yöntemdir. Biz bu çalışmada genetik algoritmayı toplam veri hızı enbüyüklemeli çoklu kullanıcı DFBC sistemlerinde altaşıyıcı ve bit yerleşim optimizasyonu için kullandık.

Bu modelde, herbir altaşıyıcı gen olarak ve herbir DFBC sembolü birey olarak tanımlanmıştır. Bireydeki gen sayısı altaşıyıcı sayısına eşittir. Herbir genin değeri 1 ile K arasında tamsayı olarak değişmektedir. Bu ise o altaşıyıcının o kullanıcıya yerleşiminin yapıldığını gösterir. Kullanılan algoritma aşağıdaki şekilde modellenmiştir:

Adım 1)Başlangıç popülasyonu: W adet bireyden oluşur. Her birey için gen değerleri (altaşıyıcı yerleşimi) rastgele atanmıştır.

Adım 2)Uygunluk: Uygunluk fonksiyonu olarak toplam veri hızı seçilmiştir. Toplam veri hızı ne kadar yüksek ise bireyin uygunluk katsayısı o kadar yüksektir. Popülasyondaki her birey için bit yerleşimi denklem 2'deki güç kısıtlaması gözönünde bulundurularak yapılmış ve bu bit yerleşimi sonucunda denklem 1'de verilen toplam veri hızı hesaplanmıştır.

Adım 3)Yeni popülasyon:

Seçim: Uygunluk katsayısı en düşük P birey popülasyondan tamamen çıkarılmıştır. Kalan $W - P$ birey ise çaprazlama ve mutasyon işlemleri sonucunda yeni popülasyona eklenecektir. En yüksek uygunluk katsayısına sahip P birey ise hiçbir işlem uygulanmadan yeni popülasyona direk aktarılmıştır.

Çaprazlama: Çaprazlama işlem olasılığı P_c olarak belirlenmiş ve $(W - P) * P_c$ adet bireye iki nokta çaprazlama işlemi uygulanmıştır. Geriye kalan $(W - P) * (1 - P_c)$ bireye ise hiçbir işlem uygulanmamıştır.

Mutasyon: Mutasyon işlem olasılığı P_m olarak belirlenmiş ve çaprazlama işleminden gelen $(W - P) * P_m$ bireyin G_m genine mutasyon işlemi uygulanmış ve yeni popülasyona eklenmiştir. Geriye kalan $(W - P) * (1 - P_m)$ birey mutasyon işlemine tabii tutulmadan yeni popülasyona aktarılmıştır. Eğer ardarda 5, 10 ve 15 döngüde daha iyi bir birey bulunmaması durumunda mutasyon işlem olasılığı sırasıyla P_{m1}, P_{m2} ve P_{m3} olarak arttırılacaktır. Buradaki amaç, bireylerin lokal çözümlerde takılı kalmasını önleyerek global çözüme ulaşmasını sağlamaktır.

Adım 4) Adım 2'den itibaren işlemler tekrarlanır. Döngü sayısı D tamamlandınca ya da ardarda 20 döngüde daha iyi birey bulunmaması durumunda işlem sonlandırılır.

4. Önerilen Algoritma

Genetik algoritmada hızlı bir şekilde sonuca ulaşmak için döngü sayısını azaltmak önemli hedeflerden birisidir. Bu amaçla algoritma parametrelerinin uygun belirlenmesinin yanı sıra başlangıç popülasyonunun uygun ve iyi bireylerden oluşturulması sağlanarak döngü sayısı azaltılabilir. Klasik genetik algoritmada başlangıç popülasyonu rastgele üretilmektedir. [7] ve [8]'de ise gücü en küçükleyen çoklu kullanıcı DFBC sistemleri için döngü sayısının azaltılması için başlangıç koşulları düzenlenen genetik algoritmalar verilmiştir. Biz bu çalışmada ise toplam veri hızı enbüyüklemeli çoklu kullanıcı DFBC sistemleri için bir başlangıç popülasyonu önereceğiz.

Değiştirilmiş Adım 1) Başlangıç popülasyonunu oluştururken $W - 1$ tanesi yine rastgele oluşturulan bireylerden meydana getirilmiştir. Geriye kalan bir tanesi ise herbir altaşıyıcı için en büyük kanal kazancına sahip kullanıcıyı o altaşıyıcıya yerleştirerek [4] oluşturulan bireydir. Bu bireyin genleri şu şekilde oluşturulmuştur.

Herbir altaşıyıcı için en büyük kanal kazancına sahip kullanıcının seçilmesi

$$s_n = \max_k |H_{k,n}|; n = 1, 2, \dots, N \quad (6)$$

ve herbir altaşıyıcı için seçilen bu kullanıcıların yerleşimi

$$\rho_{s_n, n} = 1 \quad (7)$$

olarak yapılır.

5. Başarım Sonuçları

Bu bölümde, önerilen başlangıç koşullu genetik algoritma toplam veri hızı sonuçlarını, ZBÇE, FBÇE, her altaşıyıcıya en yüksek kanal kazancına sahip kullanıcı yerleşimi algoritma [4], kapasiteye göre toplam veri hızı enbüyükleme algoritması [6] ve klasik genetik algoritma sonuçları ile karşılaştırdık. Buna ilaveten, önerilen algoritma ile yakınsama süresinin kısaltıldığını göstermek amacıyla, değiştirilmiş başlangıç koşullu genetik algoritma ile klasik genetik algoritmanın döngü sayısını karşılaştırdık.

Başarım sonuçlarını elde etmek amacıyla, 9 dallı çokyollu kanal kullanılmış, ve DFBC sembol süresi $0.8\mu s$ çevrimsel öntaki süresi olmak üzere $4\mu s$ ve $N = 64$ seçilmiştir. Verici gücü $20W$, gürültü gücü $N_0 = 1$ ve minimum bit hata olasılığı 10^{-3} olarak tanımlanmıştır. DFBC sembolünde $M = 0, 1, 2, 4, 6, 8$ seçilerek modülasyon tipleri BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM ve 256QAM olarak belirlenmiştir.

Statik yerleşim algoritmaları ZBÇE için sırasıyla bir DFBC süresi her kullanıcıya ayrılmış ve FBÇE için ise altaşıyıcı grupları sırasıyla belirli kullanıcılara ayrılmıştır. Dinamik yerleşim algoritmaları ile adil şartlarda karşılaştırma yapabilmek için statik yerleşim algoritmalarına da bit yerleşim algoritması uygulanmıştır. Genetik algoritma için seçilen parametreler ise Tablo 1'de özetlenmiştir. Önerilen başlangıç koşullu genetik

Tablo 1: GA Parametreleri

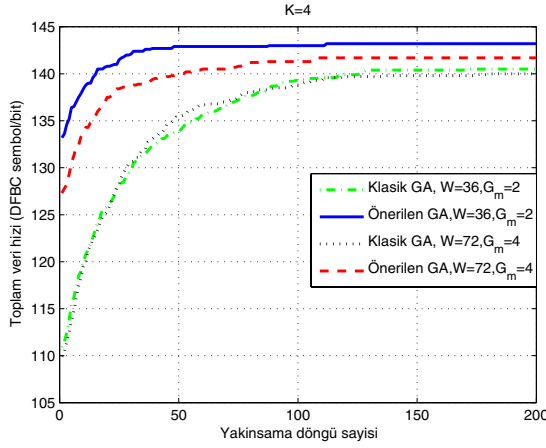
Parametreler	Değerler
W	36 ve 72
P	6 ve 12
P_c	0.8
$P_m, P_{m1}, P_{m2}, P_{m3}$	0.1, 0.2, 0.4, 0.5
G_m	2 ve 4
D	200

algoritma ile klasik genetik algoritma karşılaştırılırken aynı $W - 1$ başlangıç popülasyonu kullanılmış ve kalan bir birey **değiştirilmiş Adım 1**'de önerildiği şekilde üretilerek başlangıç popülasyonuna ilave edilmiştir.

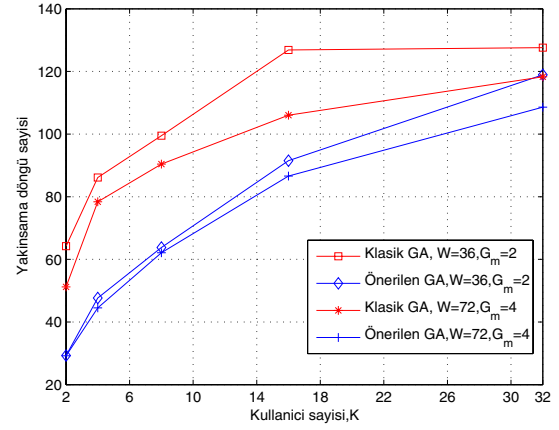
Şekil 2'de önerilen başlangıç popülasyonlu genetik algoritma ile klasik genetik algoritmanın her döngüde elde ettiği ortalama toplam veri hızı $K = 4$ için farklı GA parametreleri gözönüne alınarak gösterilmiş ve ortalama yakınsama süresinin daha kısa olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 3'de ise $K = 16$ için aynı sonuçlar verilmiş ve benzer davranışa sahip olduğu gösterilmiştir. Şekil 4'de ise farklı kullanıcı sayıları için ortalama yakınsama döngü sayısı çizilmiş ve önerilen algoritmanın çok daha kısa sürelerde sonuca ulaştığı gözlemlenmiştir. Diğer yönden popülasyon sayısı ve mutasyon işlemi uygulanan gen sayısı arttırıldığında yakınsama süresinin azaldığı ve bu etkinin kullanıcı sayısı fazla olduğunda daha da yüksek olduğu görülmüştür. Şekil 5'de de farklı kullanıcı sayıları için elde edilen toplam veri hızı değerleri (DFBC başına bit sayısı olarak) statik yerleşim algoritmaları ve varolan toplam veri hızı enbüyüklemeli uyarlanı yerleşim algoritmaları ile karşılaştırılmış ve önerilen algoritmanın en iyi sonucu verdiği gösterilmiştir.

6. Değerlendirme

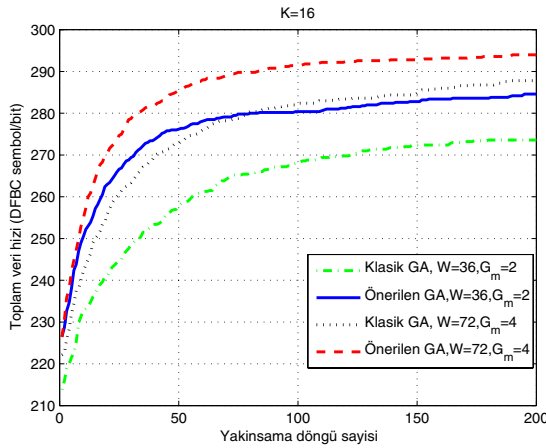
Biz bu makalede genetik algoritma ile çoklu kullanıcı DFBC sistemleri için toplam veri hızını enbüyüklemek amacıyla altaşıyıcı ve bit yerleşimi yaptık. Genetik algoritmaya ait başlangıç popülasyonuna iyi bir birey ilave ederek yakınsama süresi düşürdük. Elde edilen sonuçlar, önerilen yerleşim algoritmasının az döngü sayısına ve iyi başarım sonuçlarına sahip olması açısından oldukça önemlidir.



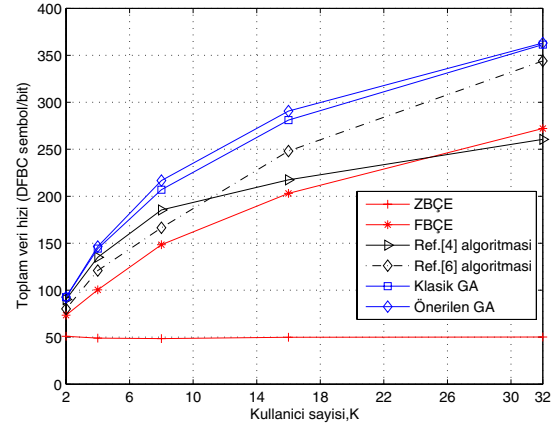
Şekil 2: $K = 4$ için farklı GA parametrelerinde döngü sayısına karşılık toplam veri hızı karşılaştırılması



Şekil 4: Farklı kullanıcı sayıları için farklı GA parametrelerinde ortalama yakınsama döngü sayısı karşılaştırılması



Şekil 3: $K = 16$ için farklı GA parametrelerinde döngü sayısına karşılık toplam veri hızı karşılaştırılması



Şekil 5: Farklı kullanıcı sayıları için ortalama toplam veri hızı karşılaştırılması

7. Kaynakça

- [1] Rohling, H., Grunheid, R., "Performance Comparison of different Multiple Access Schemes for the Downlink of OFDM Communications", *Proc. IEEE VTC*, Phoenix, AZ, 1997.
- [2] Prasad, R., "OFDM Wireless Multimedia Communications", *Artech House 2000*, 2000.
- [3] Wong, C. Y., Cheng, R.S., Letaif, K. B., Murch, R. D., "Multiuser OFDM with Adaptive Subcarrier, Bit and Power Allocation", *IEEE JSAC*, 17(10):1747-1758, 1999.
- [4] Bakhtiari, E., Khalaj, B.H., "A new joint power and subcarrier allocation scheme for multiuser OFDM systems", *Proc. IEEE PIMRC*, China, 2003.
- [5] Zhang, G., "Subcarrier and bit allocation for real-time services in multiuser OFDM services", *Proc. IEEE ICC*, Paris, France, 2004.

- [6] Rhee, W., Cioffi, M. J., "Increase in Capacity of Multiuser OFDM system using dynamic subchannel allocation", *Proc. IEEE VTC*, v.2, 1085-1089, 2000.
- [7] Wang, Y., Chen, F., Wei, G., "Adaptive subcarrier and bit allocation for multiuser OFDM system based on genetic algorithm", *Proc. IEEE ICCAS*, 2005.
- [8] Reedy, Y.B., Gajendar, "Evolutionary approach for efficient resource allocation in multiuser OFDM systems", *Journal of Communications*, v.2, s.42-48, 2007.
- [9] J. G. Proakis "Digital Communication 3rd edition". *New York: McGrawHill*, 1995.
- [10] Man, K.F., Tang, K.S., Kwong, S., "Genetic algorithms: concept and applications", *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, v.23, s.519-534, 1996.