



MC-CDMA Sistemlerinde Alt Taşıyıcı Tahsis Algoritmalarının Performanslarının İncelenmesi

Investigation of the Subcarrier Allocation Algorithms Performance in MC-CDMA Systems

M.Nuri SEYMAN¹, Bircan SAÇAKLI²

¹Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksek Okulu, 71450 KIRIKKALE

²Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 71450 KIRIKKALE

Başvuru/Received: 09/09/2015

Kabul/Accepted: 13/11/2015

Son Versiyon/Final Version: 15/01/2016

Öz

Çok Taşıyıcılı Kod Bölmeli Çoklu Erişim (MC-CDMA), kablolu ve kablosuz haberleşme uygulamalarında kullanılan, yüksek hızlarda ve servis kaliteli veri iletişimi sağlayan bir çoklu erişim tekniğidir. MC-CDMA çok kullanıcı bir teknoloji olduğu için sistemdeki kullanıcı sayısının artması; kullanıcı başına düşen taşıyıcı sayısını azaltmakta, bunun sonucunda alıcı taraftan alınan verinin bit hata oranının (BHO) artmasına ve kullanıcı başına düşen veri hızlarının azalmasına neden olmaktadır. Bu sorunu engellemek için alt taşıyıcı tahsis algoritmaları kullanılmaktadır. Bu çalışmada, MC-CDMA sisteminde toplam hızı artırmak ve verimliliği sağlamak için alt taşıyıcı tahsis algoritmalarının performansı farklı kullanıcı sayıları için incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler

“MC-CDMA (çok taşıyıcılı kod bölmeli çoklu erişim), alt taşıyıcı tahsis algoritmaları, Max-Min, Greedy, Dako”

Abstract

Multi Carrier Code Division Multiple Access is a multiple access technique that is used wireless and wireline applications and provides high rate and quality of service (Qos) data transmission. Increasing the number of users decreases the number of subcarrier per user as result of this, increased bit error rate (BER) of received data and decrease data rate per users in the system because MC-CDMA is a multiuser technology. To overcome this problem, subcarrier allocation algorithms are used. In this work, performances of the subcarrier allocation algorithms are investigated to increase the total rate and fertilisation of the system for different numbers of user.

Key Words

MC-CDMA (multi carrier code division multiple access), subcarrier allocation algorithms, Max-Min, Greedy, Dako.

1.GİRİŞ

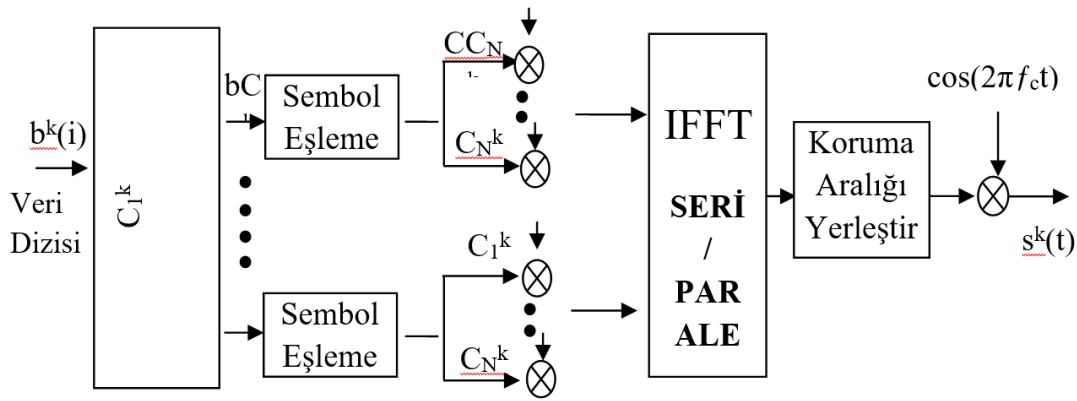
Veri iletişiminin yüksek hızlarda yapılmasının önündeki en büyük engellerden bir tanesi sistemlere tahsis edilmiş band genişliğinin sınırlı olmasıdır. Bu nedenle kullanılabilir band genişliğini verimli bir şekilde kullanarak yüksek hızlarda veri iletimine olanak sağlayan Çok Taşıyıcılı Kod Bölmeli Çoklu Erişim (MC-CDMA) tekniğine olan ilgide her geçen gün artmaktadır.

MC-CDMA, yüksek hızda iletime olanak sağlamanın yanında, çoklu kullanıcıya olanak sağlması, iletim hattını verimli kullanması, hatta meydana gelebilecek girişimlere ve çoklu yol kayıplarına karşı olan dayanıklılık göstermesi gibi avantajlara sahiptir. Ancak çoklu kullanıcı esnasında sistemde hangi kullanıcıya ne kadar bir alt taşıyıcı tahsisinin yapılacağını belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için literatürde MC-CDMA' de alt taşıyıcı tahsisine yönelik Max-Min algoritması, Greedy algoritması ve

Dako algoritması gibi çeşitli algoritmalar öne sürülmüştür. Rasouli ve arkadaşları ise kullanıcılar gruplandırılarak kullanıcılara Max-Min algoritması ile tahsis işlemi gerçekleştirilmiştir. Gruplandırma dışında kullanıcıların kanal kazançları kıyaslanarak iki adımda tahsis işlemi yapan algoritma da önerilmiştir Yang ve arkadaşları, Lee ve arkadaşları, Zhou ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada kullanıcılara belirlenen bir kontrol parametresi aracılığıyla tahsis yapılmaktadır. Kullanıcılar arasında adaleti sağlamak için Zhang ve arkadaşları alt taşıyıcı algoritması incelenmiştir. Alt taşıyıcı tahsisi için bir başka yöntem de kullanıcı kanal kazançlarını oranlayarak atama işlemi yapan, Zhang ve arkadaşları tarafından önerilen algoritmadır. Pandharipande ve arkadaşları da kullanıcı veri hızları oranlanarak elde edilen sonuç tahsis işleminde kriter olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada, MC-CDMA sistemlerinde çeşitli alt taşıyıcı tahsis algoritmalarının performansları bilgisayar simülasyonlarıyla incelenerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. ÇOK TAŞIYICILI KOD BÖLMELİ ÇOKLU ERİŞİM (MC-CDMA)

MC-CDMA, çoklu erişim tekniklerinden olan Dikgen Frekans Bölmeli Çoğullama (OFDM) ve Kod Bölmeli Çoklu Erişim (CDMA) tekniklerinin birleşiminden meydana gelmiş bir tekniktir. MC-CDMA bu iki tekniğin özelliklerini taşımaktadır. OFDM'in spektrumu verimli kullanması, çoklu yol yayılımına karşı direnci; CDMA'nın esnekliğe sahip veri iletim oranı gibi özellikleri taşıyan MC-CDMA haberleşme sistemleri için önem arz etmektedir. MC-CDMA sisteminin en önemli özelliği, veriyi farklı yayma kodları ile çarparak aynı alt taşıyıcı yapıları ile iletimi sağlamasıdır. Bu yayma kodlarının diğer kullanıcıların kodlarına dikgen veya minimum çapraz-korelasyona (ilintiye) sahip olması gerekmektedir.



Şekil 1. MC-CDMA Sistem Verici Yapısı.

Şekil 1'de MC-CDMA verici yapısı görülmektedir. Bilgi ilk olarak kullanıcıya ait yayma kodu ile çarpılmakta daha sonra frekans domeni sinyalini zaman domeni sinyaline dönüştürmek ve alt taşıyıcıların oluşturulması için IFFT fonksiyonu uygulanmaktadır. Paralel haldeki sinyaller seriye dönüştürülerek eş zamanlı olarak kullanıcıların verileri toplanmakta ve kanala verilmektedir. Sistemin alıcısında, verici kısımda uygulanan işlemlerin tam tersi olarak öncelikle seri veri paralele dönüştürülmekte ve FFT fonksiyonuyla sinyal frekans domenine geçirilmektedir. Paralel veri seri veri haline getirilip demodülasyona uğratıldıktan sonra elde edilmektedir.

3. ALT TAŞIYICI TAHSİS PROBLEMİ

3.1. Sistem Modeli

Bu çalışmada, MC-CDMA sistemi modelinde farklı sayıda kullanıcı ve alt-taşıyıcılar ile veri iletimi yapan bir adet baz istasyonu olduğu varsayılmıştır. $K=\{k_1, \dots, k_K\}$ kullanıcı kümesini ve $N=\{n_1, \dots, n_N\}$ alt taşıyıcı kümesini göstermektedir. $N \geq K$ olmak koşuluyla $k_k, k=1, \dots, K$ olmak üzere k . kullanıcıyı ve $n_n, n=1, \dots, N$ olmak üzere n . alt taşıyıcıyı belirtmektedir.

3.2. MC-CDMA Sistem Problemi Formülasyonu

3.2.1. Kullanıcı Veri Hızı:

Sistemde baz istasyonunda toplam iletim gücü P olarak kabul edildiği zaman, N adet alt taşıyıcıdan her biri için iletim gücü $\frac{P}{N}$ olmaktadır. Böyle bir sistemde k. kullanıcı için kullanıcı veri hızı R_k (1) denklemi ile ifade edilir;

$$R_k = \frac{B}{N} \sum_{n=1}^N c_{k,n} \log_2(1 + \gamma_{k,n}) \quad (1)$$

(1) eşitliğinde $\frac{B}{N} = \frac{1}{T}$ e eşit olmakla beraber buradaki T, MC-CDMA sembol süresidir. $c_{k,n}$, k kullanıcıya n alt taşıyıcının tahsis edilip edilmediğini gösteren parametredir ve tahsis edilmesi durumunda 1 değerini alırken tahsis söz konusu olmadığıda değeri 0 'dır .

$\gamma_{k,n}$ ise k. kullanıcı için n. alt taşıyıcı sinyal/gürültü oranıdır.

$$\gamma_{k,n} = \frac{P|h_{k,n}|^2}{BN_0} \quad (2)$$

Burada P iletim gücünü, $h_{k,n}$ k kullanıcının n alt taşıyıcıdaki kanal kazancını, B bant genişliğini ve N_0 güç spektral yoğunluğunu ifade etmektedir.

3.2.2. Optimum Alt Taşıyıcı Tahsisi:

(5) nolu eşitlik kullanılarak herbir kullanıcıya atanması gereken alt taşıyıcı sayısını belirler ;

$$\max \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N c_{k,n} \log_2(1 + \gamma_{k,n}) \quad (5)$$

$$c_{k,n} \in \{0,1\}, \forall k, n \quad (6)$$

$$\sum_{n=1}^N c_{k,n} = 1, \forall n \quad (7)$$

(6) ve (7) denklemleri ile de optimizasyon probleminde alt taşıyıcı tahsisinde hangi kullanıcıya hangi alt taşıyıcıların tahsis edilmesini sağlayan koşullardır.

3.3. Alt Taşıyıcı Tahsis Algoritmaları

3.3.1. Max-Min Algoritması

Bu algoritma iki önemli adımdan oluşmaktadır. Birinci adımda, ilk kullanıcıdan son kullanıcıya kadar sırayla en yüksek veri hızı sunan alt taşıyıcı ilgili kullanıcıya atanmakta ve veri hızını güncelleyerek hızın artışı sağlanmaktadır. İkinci adımda ise tahsisten sonra kalan alt taşıyıcılar bitene kadar, veri hızı en düşük kullanıcıdan başlamak suretiyle kullanıcılara, kalan alt taşıyıcılardan yüksek hız sağlayan taşıyıcı atanmaktadır. Algoritmanın adımları aşağıda yer almaktadır.

●BAŞLA

$$c_{k,n} = 0, \forall k, n$$

$$R_k = 0, \forall k$$

$$r_{k,n} = \frac{B}{N} \sum_{n=1}^N \log_2(1 + \gamma_{k,n}), \forall k, n$$

$$A = \{1, 2, \dots, N\},$$

●ALT TAŞIYICI TAHSİSİ

for k=1 to K

(b) $r_{k,n} \geq r_{k,m} \forall m$ için n. alt taşıyıcıyı bul

→ $c_{k,n} = 1, A = A - \{n\}$

(c) $R_k = \sum_{n=1}^N c_{k,n} r_{k,n}$ ile R_k güncelle

while $A \neq \emptyset$

(a) $R_k \leq R_l$ için k. kullanıcıyı bul, $\forall l = 1, 2, \dots, K$

(b) Bulunan k için n. alt taşıyıcıyı bul

$$r_{k,n} \geq r_{k,m} \quad \forall m \in A$$

$$\rightarrow c_{k,n} = 1, \quad A = A - \{n\}$$

(c) $R_c = \sum_{n=1}^N c_{k,n} r_{k,n}$ ile R_k güncelle

●SON

3.3.2. Greedy Algoritması

Greedy algoritması, kanal kazancına göre her bir kullanıcıya alt taşıyıcı atama işlemini gerçekleştiren bir algoritmadır. Algoritmada, alt taşıyıcılar sırayla en yüksek kanal kazancına sahip k. kullanıcıya atanmaktadır. Atanan alt taşıyıcı, taşıyıcılar kümesinden çıkarılarak geriye kalanlar diğer kullanıcılara tahsis edilmek üzere algoritmadaki döngü devam etmektedir.

●BAŞLA

$$c_{k,n} = 0, \quad \forall k, n$$

$$R_k = 0, \quad \forall k$$

$$A = \{1, 2, \dots, N\},$$

●ALT TAŞIYICI TAHSİSİ

for n=1 to N

$$n = \arg \max_{n \in A} h_{k,n},$$

$$c_{k,n} = 1, \quad A = A - \{n\}$$

$$R_k = R_k + \frac{B}{N} \log_2(1 + \gamma_{k,n})$$

●SON

3.3.3. Gelişmiş Kapasite için Oluşturulan Algoritma

Birçok tahsis algoritmaları mevcut kaynakların tahsisi için öne sürülmüşse de bu algoritmalarda alt taşıyıcıların kullanıcılara eşit dağıtılmasını göz önünde bulundurmamışlardır. DaKo algoritması ise bu soruna çözüm olarak ortaya atılmış algoritmadır.

Kullanılabilir toplam güç, bit hata oranı ve hız oranları sınırlamaları altında sistem kapasitesini maksimize etmek algoritmanın öncelikli hedefidir. Bu algoritma birbirini izleyen 4 adımdan oluşmaktadır;

1) Parametreleri başlat,

$$R_k = 0, \quad A = \{1, 2, \dots, N\}, \quad B = \emptyset, \quad N_T = \{1, 2, \dots, N\}, \quad N_k = \lfloor \gamma_k N \rfloor M \quad \forall k \in A,$$

$$p = P_T / (NM), \quad N_{un} = NM - \sum_{k=1}^K N_k$$

Burada N_k , kullanıcının ihtiyacı olan öz kanal sayısını, N_{un} atanmamış öz kanal sayısını, p öz kanallar arası eşit güç tahsisini, A toplam alt taşıyıcı B ise atanan alt taşıyıcı kümesini ifade etmektedir.

2) Öz kanal kullanarak her kullanıcı için ilk alt taşıyıcı tahsisi,

for k=1 to K

(a) $E_{k,n}^{\wedge}$ n $\in N_T$ maksimum değeri için n. alt taşıyıcıyı bul.

(b) Atanan n. alt taşıyıcıyı taşıyıcılar kümesinden çıkar ve R_k ' yi güncelle.

$$B = B \cup \{n\} \quad N_T = N_T - \{n\}, \quad N_k = N_k - M$$

3) Kullanıcılar arasında fairness özelliği dikkate alınarak alt taşıyıcı tahsisi,

While $N_T < N - U_{un}/M$

- (a) $\frac{R_k}{\gamma_k}$ $k \in A$ minimum değeri için k. kullanıcıyı bul.
 (b) if $N_k > 0$

$E_{k,n}^{\wedge}$ $n \in N_T$ maksimum değeri için n. alt taşıyıcıyı bul ve ile R_k ' yı güncelle.

$$B = B \cup \{n\} \quad N_T = N_T - \{n\}, \quad N_k = N_k - M$$

else

$$A = A - \{k\}$$

- 4) Kalan alt taşıyıcıların tahsisi,

While $N_{un} > 0$ ve $A \neq \emptyset$

- (a) $E_{k,n}^i$ $1 \leq i \leq M$ maximum değeri için n ve k değerlerini bul.
 (b) $B = B \cup \{n\}$ $N_T = N_T - \{n\}$, $N_k = N_k - M$, (3.4) ile R_k ' yı güncelle. Sonra

$A = A - \{k\}$ işlemini yap.

4. SİMÜLASYON SONUÇLARI

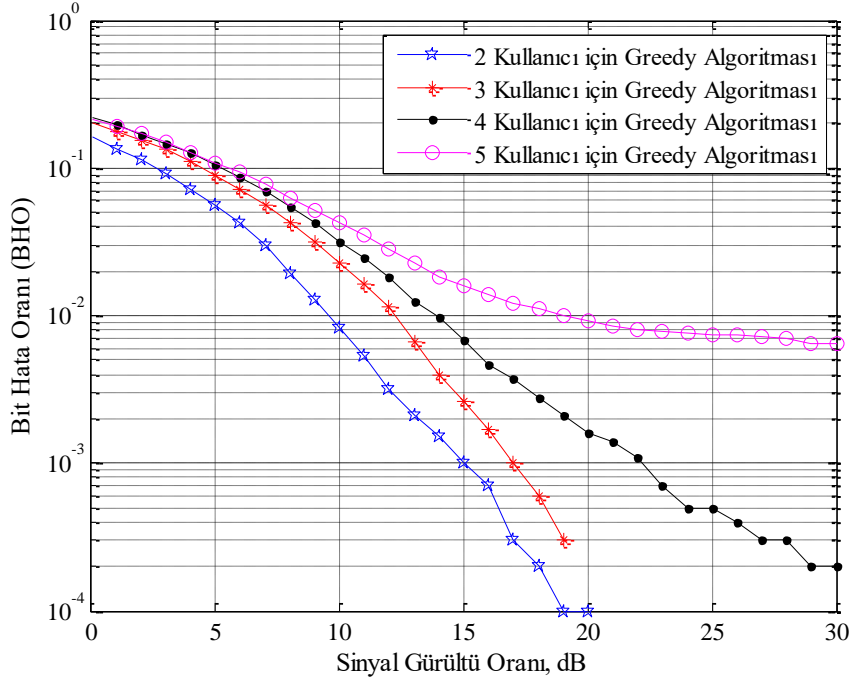
Simülasyonları gerçekleştirmek için tablo 1'de yer alan sistem parametreleri kullanılmıştır.

Tablo1. Simülasyon Çalışmalarında Kullanılan Sistem Parametreleri

Parametre	Değer
Bant Genişliği	10 MHz
Alt Taşıyıcı Sayısı	128
Kullanılan Modülasyon Tipi	BPSK
Kanal Tipi	Rayleigh sönümlü kanal
Yayma Kodu	Walsh- Hadamard kodu

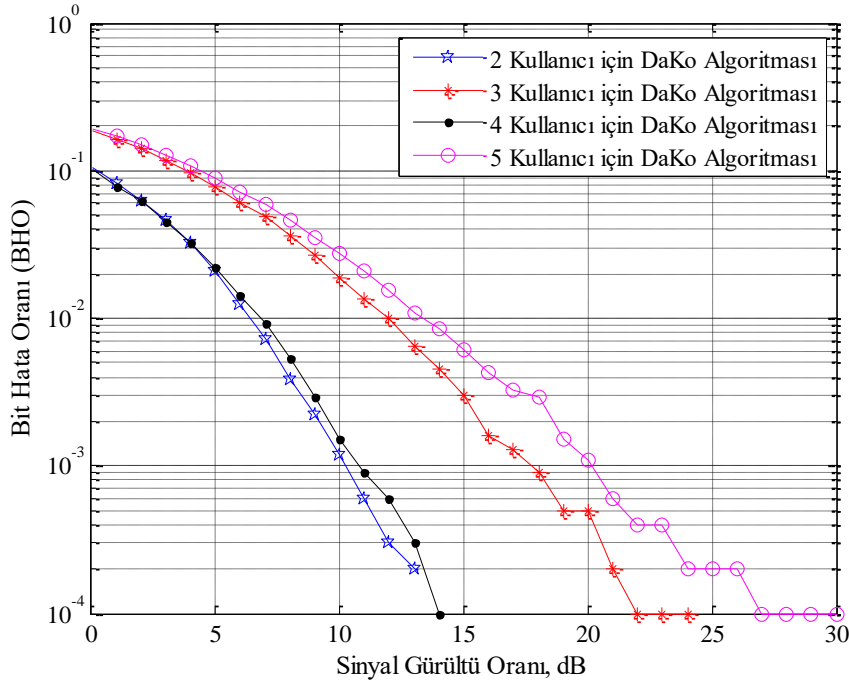
Alt taşıyıcı tahsis algoritmalarının Rayleigh sönümlü kanaldaki performanslarını karşılaştırmak için 0-30 dB sinyal gürültü oranı (SNR) oranlarına karşılık bit hata oranı (BHO) ve kullanıcı sayısına göre toplam hız değişimi kriterleri kullanılmıştır.

Şekil 2, MC-CDMA sistemine farklı kullanıcı sayılarına göre 128 alt taşıyıcının tahsisi için uygulanan Greedy algoritmasının performansını göstermektedir. Şekil 2'den görüleceği üzere, sistemdeki kullanıcı sayısının artmasıyla birlikte kullanıcı başına tahsis edilen taşıyıcı azalmakta bunun sonucunda ise bit hata oranı artmaktadır. Örneğin 10 dB SNR de 5 kullanıcıli sistemde algoritma yaklaşık $4.2 * 10^{-2}$ bit hata oranına sahipken bu oran sırasıyla 4, 3 ve 2 kullanıcıda yaklaşık olarak $3 * 10^{-2}$, $1.2 * 10^{-2}$ ve $8.5 * 10^{-3}$ değerlerini alarak azalmaktadır. 10^{-2} BHO değerinde ise 2 kullanıcıli bir sistem ile 5 kullanıcıli sistem arasında 9 dB lik SNR farkı bulunmaktadır.

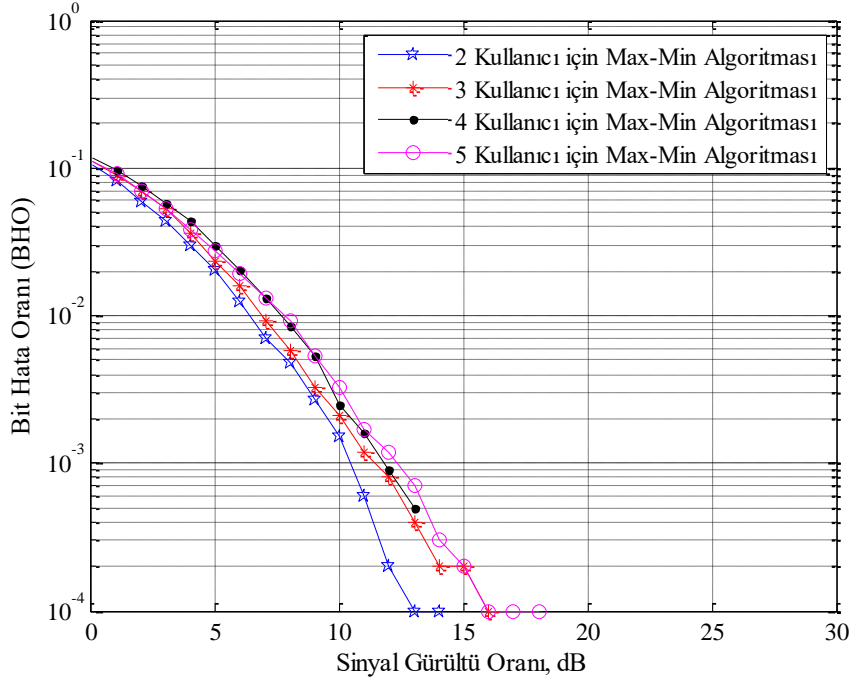


Şekil 2. 128 Alt taşıyıcılı MC-CDMA Sisteminde Kullanılan Greedy Algoritmasının Farklı Kullanıcı Sayılarında Performansı.

Şekil 3, 128 alt taşıyıcı için farklı kullanıcı sayıları karşısında DaKo algoritması performansını göstermektedir. Algoritma, 5 kullanıcıda 10 dB SNR de 2.8×10^{-2} ile en kötü bit hata oranını verirken 2 kullanıcıda yaklaşık olarak 1.2×10^{-3} oranı ile en iyi performansı vermektedir. Bu algoritma, toplamda çift sayılı kullanıcıya sahip bir sistemde her bir kullanıcıya eşit sayıda alt taşıyıcı atadığından 4 kullanıcıdaki performansı 3 ve 5 kullanıcıya göre daha iyidir. 4 kullanıcı 2 kullanıcıdan daha fazla kullanıcıya sahip olduğu için algoritmanın 4 kullanıcıdaki performansı 2 kullanıcıya göre daha kötü sonuç vermiştir.



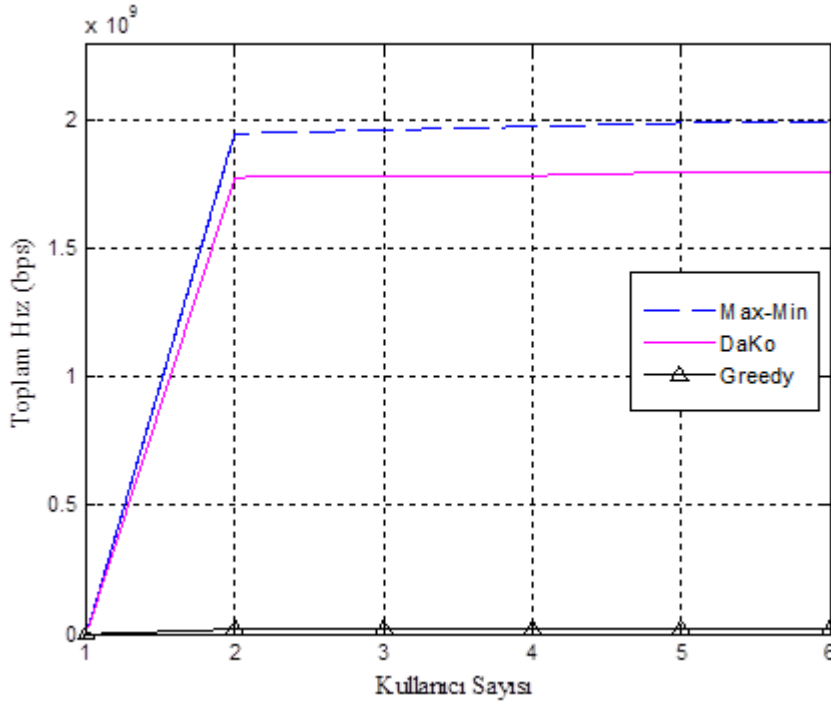
Şekil 3. 128 Alt taşıyıcılı MC-CDMA Sisteminde Kullanılan DaKo Algoritmasının Farklı Kullanıcı Sayılarında Performansı.



Şekil 4. 128 Alt taşıyıcılı MC-CDMA Sisteminde Kullanılan Max-Min Algoritmasının Farklı Kullanıcı Sayılarında Performansı.

Şekil 4’ te, Max-Min algoritmasının farklı kullanıcılardaki performansı görülmektedir. Algoritmanın BHO performansı diğer algoritmalarda olduğu gibi kullanıcı sayısının artmasıyla beraber düşmektedir.

DaKo, Greedy ve Max-Min algoritmaları dikkate alınarak yapılan performans karşılaştırmasında DaKo algoritmasının performansının simüle edilen diğer algoritma performanslarından daha iyi olduğu görülmektedir. Bu algoritmanın diğer algoritmalarından daha başarılı olmasının nedeni, adil dağılım kriterine göre atama işlemini yapmasıdır.



Şekil 6. Algoritmaların Toplam Hız Performanslarının Karşılaştırılması.

Şekil 6’ a bakıldığında, toplam hız bakımından 6 kullanıcı için Max-Min algoritması diğer algoritmalara göre iyi sonuç verdiği görülmektedir. DaKo algoritması 1.8×10^9 bps ile Greedy algoritmasından daha iyi performans gösterirken diğer üç algoritmaya

göre düşük performans göstermiştir. Greedy algoritması toplam hıza çok katkısı olmamakta, bu nedenle düşük hız sonucu vermektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, MC-CDMA sisteminde alıcı tarafta verilerin doğru alınmasına ve toplam hızın kullanıcılara dağıtılmasında önemli bir rolü olan alt taşıyıcı tahsis algoritmalarının performansları incelenmiştir. Yapılan simülasyon çalışmaları sonucunda, DaKo algoritması BHO bakımından iyi performans göstermesine rağmen toplam hız bakımından ise Max-Min algoritması en iyi performans gösteren algoritma olmuştur. Ancak sistemdeki kullanıcı sayısının artması durumunda, kullanıcı başına düşen alt taşıyıcı azalmakta ve bunun sonucunda her bir algoritmanın performansı da düşmektedir.

REFERANSLAR

- Yee N., Linnartz J. P, Fettweis G., “Multi-carrier CDMA in indoor Wireless Radio Networks”, in Proc. IEEE PIMRC’93, pp.468–472, 1993.
- Kondo S., Milstein L. B., , “Performance of Multicarrier DS-SS Systems”, IEEE Transac. on Commun., vol.44, no.2, pp.238–246, February, 1996.
- Prasad R., Hara S., “Overview of Multi-carrier CDMA”, IEEE Commun. Mag., pp.126–133, December, 1997.
- Yang L. L., Hanzo L., “Multicarrier DS – SS: A Multiple Access Scheme for Ubiquitous Broadband Wireless Communications”, IEEE Commun. Mag., pp.116-124 , 2003.
- Fazel K., Kaiser S., Multi-Carrier and Spread Spectrum Systems, John Wiley&Sons Ltd, England, 2003.
- Xu, J., Kim, J., Paik, W., Seo, J.S. ” Adaptive Resource Allocation Algorithm With Fairness For MIMO-OFDMA System”, IEEE Vehicular Technology Conference, vol.4, 1585-1589, 2006.
- Rasouli, H., Anpalagan, A., “An Asymptotically Fair Subcarrier Allocation Algorithm in OFDM Systems”, IEEE Vehicular Technology Conference, 1-5, 2009.
- Otani, Y., Ohno, S., Teo, K.A.D., Hinamoto, T., “Subcarrier Allocation For Multi-user OFDM System”, Asia-Pacific Conference on Commun., 1073-1077, 2005.
- Bin Da , C.C., Ko, Yanfen, Liang, “An Enhanced Capacity and Fairness Scheme for MIMO-OFDMA Downlink Resource Allocation”, International Symposium on Commun. and Information Technologies, 495-499, 2007.
- Rasouli, H., Sadr, S., Anpalagan, A., “A Fair Subcarrier Allocation Algorithm for Cooperative Multiuser OFDM Systems with Grouped Users”, IEEE Global Telecommun. Conference, 1-6, 2008.
- Yang, J.S., Park, S.K., Kwon, J.W. , ”Performance Analysis of Adaptive Subcarrier Allocation Scheme To Support Qos In Multiuser OFDM System”, Wireless and Optical Commun. Conference, 1-4, 2009.
- Lee, J., Yoon, D., Jeong, W.K., Cha, K., et al., “Efficient Subcarrier Allocation for Stable Services In Multi-user OFDM Systems”, Mobile and Wireless Commun. Summit, 1-4, 2007.
- Zhou, X-J, Zhang, J-S, “An Improved Fair Subcarrier Allocation Algorithm for Multiuser OFDM System”, International Conference On Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology , vol.5, 2548-2552, 2011.
- Zhang, T., Zeng, Z., Qiu, Y., “A Subcarrier Allocation Algorithm for Utiliy Proportional Fairness in OFDM Systems”, IEEE Vehicular Technology Conference, 1901-1905, 2008.
- Zhang, G., Feng, S., “Subcarrier Allocation Algorithms Based On Graph-Coloring In Cognitive Radio NC-OFDM System”, IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, vol.2, 535-540, 2010.
- Zhang, L., Zhang, S., Zhou, W., “A New Ratio-based Selection Adaptive Subcarrier Allocation Algorithm”, International Conference on Commun., Circuits and Systems Proceedings, vol.2, 1189-1192, 2006.
- Pandharipande, A., Kountouris, M., Ho Yang, Park, H., “Subcarrier Allocation Schemes For Multiuser OFDM Systems”, International Conference on Signal Processing and Commun., 540-544, 2004.