

# Uyarlanabilir Anten Dizisi Kullanan Yeni Dinamik OVSF Kod Tahsis Algoritması

Mustafa Karakoç<sup>1</sup>, Adnan Kavak<sup>2</sup>  
Kocaeli Üniversitesi

<sup>1</sup> Elektronik ve Bilgisayar Eğt. Bölümü  
Umutepe Yerleşkesi, Kocaeli  
mkarakoc@kou.edu.tr,

<sup>2</sup> Bilgisayar Mühendisliği Bölümü  
Veziroğlu Yerleşkesi, Kocaeli  
akavak@kou.edu.tr

**Özet:** Birbirine dik değişken yayılım faktörü (OVSF) kodları, geniş bant kod bölmeli çoklu erişim (WCDMA) sistemlerinde, farklı veri iletim hızı talebini desteklemek amacıyla farklı bant genişliklerinin sağlanması için kullanılır. Bu makalede, baz istasyonu uyarlanabilir anten dizisi (AAA) ile donatılıp gezgin kullanıcının uzaysal çeşitlilik bilgisinden faydalanarak, WCDMA hücreyel ağında daha fazla kullanıcıya destek verecek yeni bir dinamik OVSF kod tahsisi yöntemi önerilmiştir. Böylelikle OVSF kod tahsis problemleri kod sınırlı yapıdan SIR sınırlı yapıya dönüşerek yeni bir boyut kazanmıştır. Önerilen algoritmanın (SA-DCA) farklı trafik yoğunluklarında yapılan simülasyonları sonucu, geleneksel kod tahsis (CCA) ve dinamik kod tahsis (DCA) yöntemlerine göre bloklanma oranı ve spektral verimlilik cinsinden daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

## 1. Giriş

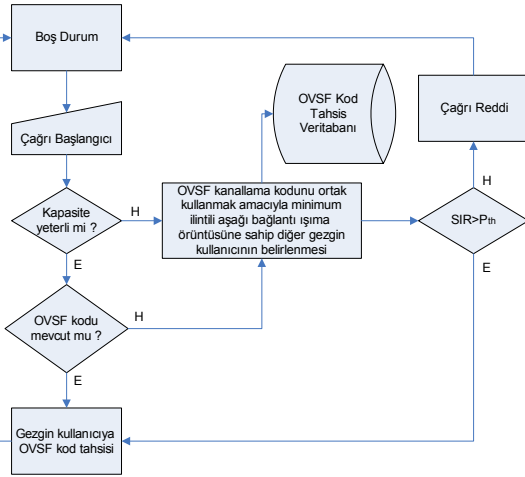
Mevcut ikinci nesil (2G) sistemler tarafından desteklenen servisler, ses ve sabit-düşük hızlı veri iletimi ile sınırlıdır. Dosya transferi yada garanti edilmiş servis kalitesinde çoklu ortam uygulamaları üçüncü nesil (3G) sistemler tarafından sağlanmaktadır. 3G sistemler, aynı zamanda farklı veri iletim hızı ihtiyacı bulunan kullanıcıların oluşturduğu trafik ile baş edebilmek amacıyla kullanıcılara ihtiyaç duyduğu veri iletim hızı olanağını da sağlamaktadır. Bu amaçla, 3G ortaklık projeleri (3GPP) ve IMT-2000 standartları ile uyumlu geniş bant kod bölmeli çoklu erişim (WCDMA) sistemi önerilmiştir. WCDMA sistemlerinde, farklı veri iletim hızları ile iletimi sağlamak için ağaç yapısında birbirine dik değişken yayılım faktörü (OVSF) kodları üretilmiştir [1]. OVFSF kod ağacındaki kanallama kodları,  $C_{SF,k}$  ile gösterilen özel bir tanımlamaya sahiptir, burada  $SF$  yayılım faktörü,  $k$  ise  $1 \leq k \leq SF$  arasındaki kod numarasıdır. Bir OVFSF WCDMA sisteminde her baz istasyonu (BS), aşağı bağlantı (DL) veri iletimi için bu yapıdaki bir kod ağacını yönetmektedir. Kod ağacında aynı katmanda olan tüm kodlar birbiri ile diktir. Bu birbirine dik kodların sayısı sınırlı olduğundan BS, sistem performansını arttırmak için bu kod ağacının verimli bir şekilde kullanılmasından sorumludur. Geleneksel kod tahsisinde (CCA) [2] OVFSF kod ağacında boş yer varsa kullanıcıya tahsis edilir, yoksa çağrı sonlandırılır. CCA, OVFSF kod ağacının verimli kullanılmaması sonucu çok fazla bloklanma oranı vermesidir. Dinamik kod tahsis (DCA) [3], [4], [5] algoritmaları OVFSF kod ağacını verimli kullanarak bloklanma oranını oldukça düşürmüşlerdir. DCA algoritmalarının temel özelliği *kod sınırlı* yapıda olmalarıdır, yani sisteme OVFSF kod ağacındaki boş kodlardan daha fazlası tahsis edilemez. BS'de uyarlanabilir anten dizisinin (AAA) kullanılmasıyla, gezgin kullanıcının uzaysal çeşitlilik bilgisi ve farklı uzaysal konumlarda bulunan gezgin kullanıcıların DL ışına örüntülerinin farklı olması sebebiyle, aynı OVFSF kodu – kullanıcının sinyal parazit oranı (SIR) standartlarca belirlenen eşik seviyesinden büyük olduğu sürece [6] – birden fazla kullanıcıya tahsis edilebilir. Böylece yapı *SIR sınırlı* hale dönüştürülebilir. Bu çalışma akıllı anten tabanlı dinamik kod tahsis (SADCA) algoritması önerilmekte ve bu algoritmanın CCA ve DCA algoritmalarına göre avantajını belirtmektedir.

## 2. Smart Anten Tabanlı Dinamik Kod Tahsis Algoritması (SADCA)

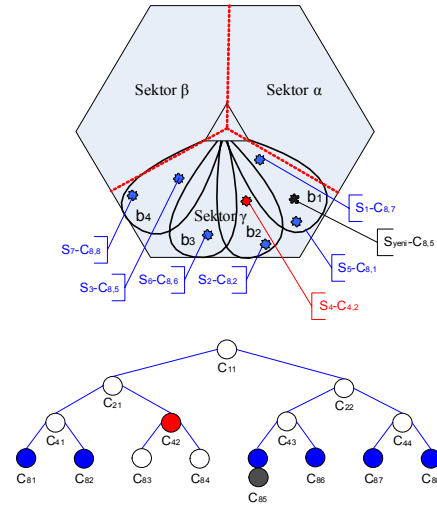
Şekil 1 BS'de kaynak yönetimini üstlenen SADCA algoritmasının akış diyagramını göstermektedir. Boş durumda herhangi bir kod ihtiyacı yoktur. İhtiyaç duyulan hızdaki kod talebi, çağrı başlangıcı ile kaynak yöneticisine çağrı işlemci sinyalinin gelmesi ile başlar. İlk olarak kod ağacındaki kullanılmayan kodların toplam hızları belirlenir. Eğer kapasite varsa, kullanılmayan kodlar arasında ihtiyaç duyulan veri iletim hızını karşılayabilecek uygun OVFSF kodu araştırılır. Eğer kapasitenin yetersiz olmasından dolayı yada uygun OVFSF kod bulunamamasından dolayı, çağrı gerçekleştirilemiyorsa algoritmanın DL vektör kod arama kısmı çalışır. Bu kısımda yeni kullanıcının kanal vektörü ( $\mathbf{a}_{\text{yeni}}$ ) ile minimum ilintiye sahip DL ışına örüntüsünü ( $\mathbf{b}_k$ ) kullanan aktif kullanıcıların OVFSF kodu araştırılır.

$$k = \arg \left\{ \min \left\{ \left| \mathbf{b}_k^H \mathbf{a}_{\text{yeni}} \right| \right\} \right\} \quad (1)$$

burada,  $k=1, \dots, B$  ve  $B$  mevcut aktif kullanıcıların DL ışına örüntülerinin sayısıdır. Bu kısımda yapılan araştırmalarda aynı DL ışına örüntüsü tarafından kullanılan birden fazla kullanıcı varsa, en az kullanıcı tarafından kullanılan kod yeni kullanıcıya tahsis edilmelidir. Açık ki kod tahsisi için ilk koşul standartlarca belirlenmiş anlık SIR seviyesini  $P_{th}$  [6] aşmış olmasıdır.



Şekil 1. SADCA algoritması akış diyagramı.



Şekil 2. SADCA algoritması temsili şeması (SF=8).

### 3. Sinyal Modeli ve SIR Analizi

Algoritmanın çalışmasını göstermek için Şekil 2'deki temsili şemayı ele alalım. OVSF kod tahsis veri tabanında DL ışıma örüntüsü vektörü ( $\mathbf{b}$ ), kanal vektörü ( $\mathbf{a}$ ) ve aktif kullanıcıların OVSF kodları ( $C$ ) mevcuttur. Farz edelim ki ortamda 7 aktif kullanıcı olsun ve bunlardan 6 tanesi  $R$ , 1 tanesi de  $2R$  veri iletim hızına sahip olsun. DL ışıma örüntüsü  $\mathbf{b}_1$  ve kanal vektörü  $\mathbf{a}_{\text{yeni}}$  olan yeni kullanıcı  $R$  hızı ile veri iletim isteğinde bulunsun. Bu kullanıcı için OVSF kod ağacında uygun kanallama kodu bulunamadığı için DL vektör kod arama kısmı çalışır. Farz edelim ki  $\mathbf{a}_{\text{yeni}}$  ile  $\mathbf{b}_4$  arasındaki ilinti minimumdur, bu durumda  $C_{8,5}$  ve  $C_{8,8}$  kodlarından birisi yeni kullanıcıya atanabilir. Algoritma bu kodların kaç defa kullanıldığını test eder. Şekilden de görülmektedir ki bu kodlar birer defa kullanılmıştır. Bu durumda algoritma en soldaki kodu yani  $C_{8,5}$  kodunu yeni kullanıcıya atar.

Bir hücredeki BS, her biri tekleli yönsüz antenlere sahip, değişken veri iletim hızında belli sayıda kullanıcıya hizmet vermektedir. BS'de kanal modem çıkışındaki her kullanıcıya ait CDMA dalga şekli ( $S_i(t)$ ,  $i=1, \dots, N$ ,  $N$  kullanıcı sayısı) ilgili DL ağırlık vektörü ( $\mathbf{b}_k$ ) ile ağırlıklandırılır ve iletim için bir araya getirilerek AAA'dan gönderilir. Her alıcı gezgin kullanıcı sadece kendi sinyalini değil aynı zamanda aynı sektördeki diğer kullanıcıların sinyallerini de alır (hücre içi parazit). Alıcıların sadece BS'den direkt gelen sinyalleri aldığını ve çoklu yol yayılımının olmadığını varsaydığımızda, Şekil 2'ye göre istenilir kullanıcının alıcı girişindeki temel bant sinyal

$$X_T(t) = S_1(t)C_{87}\mathbf{b}_1^H\mathbf{a}_{\text{yeni}}(\theta) + S_2(t)C_{82}\mathbf{b}_2^H\mathbf{a}_{\text{yeni}}(\theta) + S_3(t)C_{85}\mathbf{b}_4^H\mathbf{a}_{\text{yeni}}(\theta) + S_4(t)C_{42}\mathbf{b}_2^H\mathbf{a}_{\text{yeni}}(\theta) + S_5(t)C_{81}\mathbf{b}_1^H\mathbf{a}_{\text{yeni}}(\theta) + S_6(t)C_{86}\mathbf{b}_3^H\mathbf{a}_{\text{yeni}}(\theta) + S_7(t)C_{88}\mathbf{b}_4^H\mathbf{a}_{\text{yeni}}(\theta) + S_{\text{yeni}}(t)C_{85}\mathbf{b}_1^H\mathbf{a}_{\text{yeni}}(\theta) \quad (2)$$

Çoklu yol etkisi, zaman gecikmesi ve açısal yayılım gecikmesi olmadığından alıcı sinyal ( $X_T(t)$ ) istenilir kullanıcının ters yayılım kodu ile çarpılır. Verilen bir zaman anında istenilir kullanıcının  $l$  bit için ilinti sinyali

$$X_R(l) = \frac{1}{T_s} \int_{t_1}^{t_2} X_T(t)C_{85}^* dt \quad (3)$$

burada,  $T_s$  sembol periyodudur,  $t_1=(l-1)T_s$  ve  $t_2=lT_s$ . Farz edelim ki sembol periyodu boyunca sinyal sabittir, yani  $S_i(t) = S_i$ ,  $t_1 \leq t \leq t_2$ . Diklik özelliğinden dolayı benzer olmayan OVSF kodların çarpımları sıfırdır.

$$X_R(l) = \frac{1}{T_s} \int_{t_1}^{t_2} \left( \underbrace{S_3 C_{85} \mathbf{b}_4^H \mathbf{a}_{\text{yeni}}(\theta) C_{85}^*}_{\text{parazit}} + \underbrace{S_{\text{yeni}} C_{85} \mathbf{b}_1^H \mathbf{a}_{\text{yeni}}(\theta) C_{85}^*}_{\text{istenilir}} \right) dt \quad (4)$$

İstenilir sinyal ve parazit güçleri, varyanslarının alınması ile elde edilir.

$$P_{\text{istenilir}} = \text{var}\{\text{istenilir sinyal}\} = E\{S_{\text{yeni}} L^2 \mathbf{b}_1^H \mathbf{a}_{\text{yeni}} \mathbf{a}_{\text{yeni}}^H \mathbf{b}_1 S_{\text{yeni}}^*\} = \sigma_{\text{yeni}}^2 L^2 \mathbf{b}_1^H \mathbf{a}_{\text{yeni}} \mathbf{a}_{\text{yeni}}^H \mathbf{b}_1 \quad (5)$$

$$P_{\text{parazit}} = \text{var}\{\text{parazit sinyal}\} = E\{S_3 L^2 \mathbf{b}_4^H \mathbf{a}_{\text{yeni}} \mathbf{a}_{\text{yeni}}^H \mathbf{b}_4 S_3^*\} = \sigma_3^2 L^2 \mathbf{b}_4^H \mathbf{a}_{\text{yeni}} \mathbf{a}_{\text{yeni}}^H \mathbf{b}_4 \quad (6)$$

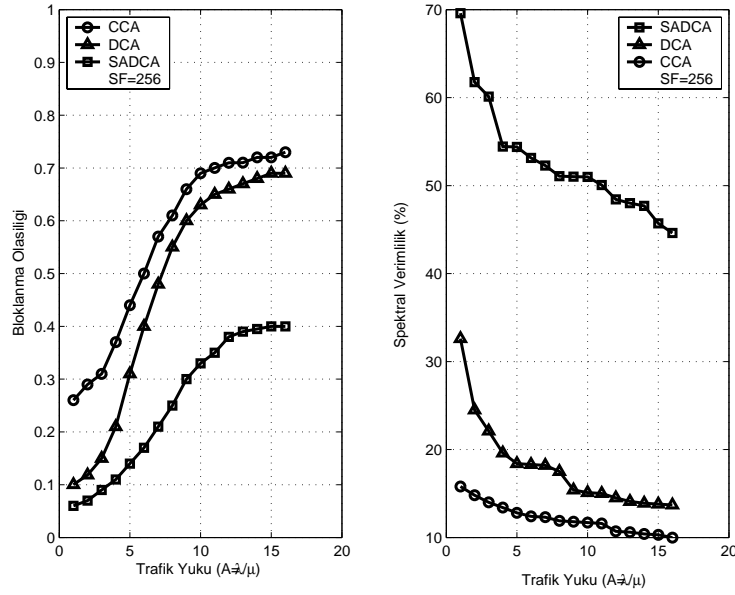
Farz edelim ki her hücre anlık mükemmel güç kontrol mekanizmalarına sahip olsun, yani tüm gezgin kullanıcılara aynı gücü iletin. Böylece sinyal varyansları eşit olur. Son olarak istenilir kullanıcı için sinyal parazit oranı (SIR)

$$SIR = \frac{\mathbf{b}_1^H \mathbf{a}_{yeni} \mathbf{a}_{yeni}^H \mathbf{b}_1}{\mathbf{b}_4^H \mathbf{a}_{yeni} \mathbf{a}_{yeni}^H \mathbf{b}_4} \quad (7)$$

ile elde edilir. Böylece  $\mathbf{b}_4^H \mathbf{a}_{yeni}$  değeri minimum olduğundan ve SIR değeri standartlarca belirlenen değerin üstünde olduğundan  $C_{8,5}$  kodu birden fazla kullanıcı tarafından kullanılabilir.

#### 4. Performans Değerlendirmesi

Simülasyonlar önerilen SADCA algoritmasının performansını değerlendirmek ve CCA ve DCA algoritmaları ile karşılaştırmak için yapılmaktadır. Simülasyonlarda; çağrı gelme işlemi ortalama gelme oranı ( $\lambda$ ) 4-64 çağrı/birim olan Poisson dağılımı ile, çağrının hatta kalma süresi  $1/\mu=0.25$  birim zaman ortalamalı üstel dağılım ile verilmektedir. SF değeri 256, SIR eşik değeri 3.6dB'dir [6]. Bir simülasyon adımı minimum 1000 çağrı talebi ile tamamlanıp, 10 defa simülasyon adımı tekrarlanır. Elde edilen sonuçların ise ortalaması alınır.



Şekil 3. Bloklanma olasılığı ve spektral verimlilik, SF=256.

Şekil 3, SF=256 için arama bloklanma olasılığı ve spektral verimlilik bilgilerini içeren iki alt şekli barındırmaktadır. Arama bloklanma olasılığı, toplam gelen arama taleplerinden kaç tanesinin bloklandığını vermektedir. Spektral verimlilik ise yine toplam ihtiyaç duyulan veri iletim oranının ne kadarının karşılanabildiğini bilgisini içerir. Açıkça ki CCA ve DCA algoritmaları ile karşılaştırıldığı zaman SADCA algoritması daha az bloklanma olasılığı ve daha fazla spektral verimlilik sonucunu vermektedir. Yüksek trafik yüklerinde bu etki daha net görülmektedir. Örneğin trafik yükü 12 ve sonrası için SADCA yaklaşık %75 daha az bloklanma olasılığına sahipken mevcut spektrumu da yaklaşık 3 kat daha iyi kullanır.

#### 5. Sonuçlar

BS'de AAA kullanıldığı zaman için SADCA olarak adlandırılan WCDMA OVFSF dinamik kod tahsisi yöntemi önerilmiştir. Böylelikle OVFSF kod tahsisi için bakış açısı kod sınırlı yapıdan SIR sınırlı hale dönüşmüştür. Sistem kapasitesi yetersiz yada ihtiyaç duyulan veri iletim hızına uygun boş OVFSF kodu bulunamadığı zaman SADCA algoritması, kullanıcının vektör kanalı ile minimum ilintiye sahip DL ışına örüntüsünü kullanan OVFSF kodunu belirler. Bu kod standartlarca belirlenen SIR değerini sağlıyorsa yeni kullanıcı için de tahsis edilebilir. Simülasyon sonuçları SADCA'nın potansiyel getirilerini haklı çıkarır yöndedir.

#### Kaynaklar

- [1]. F. Adachi, M. Sawahashi, K. Okawa, "Tree structured generation of orthogonal spreading codes with different lengths for forward link of DS-CDMA mobile," *Electron. Lett.*, vol. 33, sn. 27-28, Jan. 1997.
- [2]. K. Okawa, F. Adachi, "Orthogonal Forward Link Using Orthogonal Multi Spreading Factor Codes for Coherent DS-CDMA Mobile Radio," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E81-B, no. 4, sn. 778-779, April 1998.
- [3]. T. Minn, K. Y. Siu, "Dynamic Assignment of Orthogonal Variable-Spreading-Factor Codes in W-CDMA," *IEEE Journal on Selected Areas in Commun.*, vol. 18, no. 8, sn. 1429-1440, Aug. 2000.
- [4]. A. N. Rouskas, D. N. Skoutas, "OVFSF Codes Assignment and Reassignment at the Forward Link of W-CDMA 3G Systems," In *Proc. IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, vol. 5, sn. 2404-2408, Sept. 2002.
- [5]. Y. C. Tseng, C. M. Chao, "Code Placement and Replacement Strategies for Wideband CDMA OVFSF Code Tree Management," *IEEE Trans. on Mobile Computing*, vol. 1, no. 4, sn. 293-302, Oct.-Dec. 2002.
- [6]. CDG Evaluation Study Report, Rev. 4.01, Lucent, Motorola, Nokia, Nortel, Qualcomm, and Samsung, Jan. 2000.