

APCO25 için Hücre Seçim Algoritmaları Performansı

Performance of Cell Selection Algorithms for APCO25

Saadet Simay Yılmaz¹, Berna Özbek¹, Murat Taş², Sıdıka Bengür²

¹Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, Türkiye

{simayyilmaz, bernaozbek}@iyte.edu.tr

²ASELSAN A.Ş., Ankara, Türkiye

{mtas, sbengur}@aselsan.com.tr

Özetçe —Bu makalede, APCO25 telsiz sistemi için hücre seçim algoritmaları incelenmiştir. Hem baz istasyonlarının yükü hem de kullanıcıların sinyal karışım gürültü oranları göz önüne alınarak hücre seçimi gerçekleştirilmiştir. Benzetim sonuçları, data ve ses kullanıcılarının olduğu farklı senaryolar göz önüne alınarak elde edilmiştir. Önerilen hücre seçim algoritmasının, kullanıcılara daha iyi sinyal karışım gürültü oranı değerleri sağlarken kullanıcıların baz istasyonlarına dengeli bir şekilde atmasını da yaptığı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler—APCO25, Hücre Seçim Algoritmaları

Abstract—In this paper, cell selection algorithms are examined for APCO25 public safety radio networks. We present a cell selection algorithm which considers both cell load and signal to interference noise ratio. The performance results are obtained for voice and data users connected to the base stations under various scenarios. It is shown that the proposed cell selection algorithm is balanced the users among the base stations while providing better signal to interference noise ratio.

Keywords—APCO25, Cell Selection Algorithms

I. GİRİŞ

Kamu güvenliği ve acil yardım kurumlarının normal, kriz ve afet zamanlarında haberleşme güvenlikleri ve kesintisizliği oldukça önemlidir. Telsiz kullanıcılarının yaratacağı olduğu haberleşme trafiğini karşılayacak bir sistem çözümü olarak APCO25 telsizler ön plana çıkmaktadır. APCO25 kablosuz iletişim protokolüdür ve kamu güvenliği kurumlarının sayısal radyo haberleşmesine olanak sağlar. 1989 yılında APCO (Association of Public Safety Communications Officials) yönetiminde özellikle yerel, eyalet ve federal kamu güvenliği haberleşmesi için geliştirilmiştir. Bu standart APCO Proje 25 ya da P25 olarak da bilinir [1].

Kablosuz haberleşme ağlarında kullanıcılara verilen servis kalitesini arttırmak için kullanıcıların hizmet alacakları baz istasyonu seçimini verimli bir şekilde gerçekleştirmek, sistem başarımı açısından çok önemlidir. Hücre seçim işlemi, her kullanıcının belli bir kalitede ve sürekli bir şekilde servis almasından sorumludur. Sistem yükünün dengelenmesinde

ve buna bağlı olarak sistemin genel performansında önemli bir rol oynar.

Hücre seçiminde ve hücre geçişlerinde sinyal gücü, mesafe, sinyal gürültü oranı (SNR), sinyal-gürültü-karışım oranı (SINR), bit hata oranı (BER), trafik yoğunluğu (bağlı olan kullanıcı sayısı, talep edilen veri hızı vb.), öncelik ve servis kalitesi gibi parametreler ve bunların çeşitli kombinasyonları belirleyici rol oynar.

Hücresel haberleşme sistemlerinde, hücre seçim işlemi için kullanılan mevcut algoritmalarından uzaklık tabanlı hücre seçim algoritmasında kullanıcı, uzaklık açısından en yakın baz istasyonuna bağlanır [2]. Alınan sinyal gücü (received signal strength indicator (RSSI)) bazlı hücre seçim algoritmasında [3] ise kullanıcı, ölçtüğü en yüksek alınan sinyal gücüne sahip baz istasyonuna bağlanır. Bu iki hücre seçim algoritması, baz istasyonuna daha önce atanan kullanıcı yükünü göz önüne almaz.

Bu bildiride, APCO25 sistemi için hücre seçim algoritmaları incelenmiştir. Buradaki amaç, kullanıcı sayısının fazla olduğu durumlarda, hücrelerdeki yük dağılımını göz önüne alınarak gerçekleştirilen hücre seçim algoritmasının literatürdeki uzaklık tabanlı hücre seçim algoritmasına göre daha iyi bir performans gösterdiğini vurgulamaktır.

Bölüm II’de sistem modeli ve sistem parametreleri verilmiştir. Bölüm III’te APCO25 telsiz sistemi için önerilen hücre seçim algoritması anlatılmış ve akış şeması verilmiştir. Bölüm IV’te benzetim parametrelerinden ve Wireless Insite modelinden bahsedilmiştir. Bölüm V’te ise sonuçlara yer verilmiştir.

II. SİSTEM MODELİ

APCO25 telsiz sistemi, kamu güvenliği ve acil yardım kurumları telsiz kullanıcılarının yaratacağı olduğu haberleşme trafiğini ve afet durumlarında haberleşme ihtiyacını karşılayacak niteliktedir.

APCO25 iki aşamadan oluşmaktadır: Faz 1 ve Faz 2.

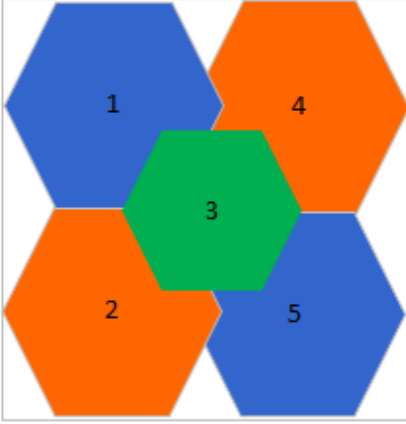
- Faz 1 radyo sistemleri analog, dijital veya hibrit modda çalışır. Kanal aralığı 12.5 kHz’dir. Faz 1 sistemler Continuous 4 level FM (C4FM) modülasyonu

ile her sembol için 2 bit iletilerek 4800 baud'da 9600 bps kanal veri iletim kapasitesi sağlamaktadırlar [4].

- Faz 2, Zaman Bölmeli Çoklu Erişim (TDMA) tekniğine dayanır ve kanal aralığı 6.25 kHz'dir [5].

Bu makalede, APCO25 Faz 1 kullanılmıştır. APCO25 standardının çalışma modu konvansiyonel mod olarak tanımlanır. **Konvansiyonel sistemler**, bir çevrim içindeki bütün kullanıcıların aynı kanalda beklediği ve bu kanaldan alma gönderme yaptığı sistemlerdir. APCO25 telsiz sistemi bir kanalda bir kullanıcıya hizmet verecek şekilde Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (FDMA) tekniğini kullanmaktadır. Kapsama alanı açısından avantajlar sağladığı için baz istasyon sayısı daha az olacak bu da maliyete direkt etki edecektir [6].

Şekil 1'de gösterilen sistem modelinde, 5 adet iç içe geçmiş baz istasyonlarının kapsama alanları görülmektedir. Kullanıcılar bu bölgeye rastgele dağıtılmıştır. Baz istasyonları çalışma frekansları tekrarı, baz istasyonlarının dağılımına ve kapsama alanlarının kesişimine göre ele alınır. Temel yaklaşım komşu iki hücrede frekans tekrarı yapmamaktır.



Şekil 1: Sistem Modeli

III. APCO25 İÇİN ÖNERİLEN HÜCRE SEÇİM ALGORİTMASI

APCO25 sistemi için hücre seçim algoritmasının akış şeması Şekil 2'de gösterilmiştir.

Öncelikle her bir k kullanıcısı, sistemdeki tüm u baz istasyonları için RSSI değerini elde eder. RSSI değeri şu şekilde hesaplanır:

$$RSSI_{u,k} = EIRP_u - PL_{u,k} - BL - Sh - BdL + G_r - CL. \quad (1)$$

Denklem (1)'de, $RSSI_{u,k}$, k kullanıcısının u baz istasyonunda ölçtüğü alıcı gücüdür ve $PL_{u,k}$, k kullanıcısı ve u baz istasyonu arasındaki yol kaybıdır. Yol kaybı, sinyalin alıcıya giderken izlediği yolda uğradığı kayıptır ve APCO25 sistemi için Hata yol kaybı modeli [7] kullanılabilir. BL değişkeni bina kaybını, Sh log-normal gölgeleme etkisini, BdL insan kaynaklı body loss adı verilen kaybı, G_r alıcı anten kazancını, CL ise alıcı kablo kaybını temsil eder. Baz istasyonunun EIRP

(effective isotropic radiated power) değeri (2) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanabilir:

$$EIRP_u = P_t + G_t - CL. \quad (2)$$

Denklem (2)'de P_t verici gücünü, G_t verici anten kazancını ve CL verici kablo kaybını gösterir.

Elde edilen güçler arasından en yüksek RSSI değerine sahip baz istasyonu belli bir eşik değerini aşmış ve gerekli şartlar sağlanmış ise kullanıcı o baz istasyonuna bağlanır. Bu şartlar:

- O baz istasyonunun, fallback olmamasıdır. **Fallback durumu** baz istasyonlarının ana merkezle olan bağlantılarının kopması durumunda meydana gelir.
- O baz istasyonunun, hücre yükü açısından yeterli kapasiteye sahip olmasıdır. Baz istasyonlarının sahip olduğu kullanıcı sayısı ile orantılı olarak hücre yükü hesaplanır. u baz istasyonunun toplam kanal sayısı, Z_u , şu şekilde hesaplanır:

$$Z_u = \frac{B}{\Delta f} \quad (3)$$

B hücre başına düşen bant genişliğini ve Δf kanal aralığını gösterir.

u baz istasyonundaki ses ve data kullanıcılarının toplam kanal istekleri ise şu şekilde ifade edilir:

$$F_u^{i+1} = F_u^i + M_k \quad (4)$$

F_u^i , u baz istasyonundaki kullanıcıların toplam kanal isteğini, M_k ise k kullanıcısının kanal isteğini gösterir. Ses kullanıcıları 1 kanal talep ederken, data kullanıcılarının 2 kanal talep ettiği varsayılmıştır.

u baz istasyonunun, hücre yükü açısından yeterli kapasiteye sahip olması için

$$Z_u - F_u^{i+1} > 0 \quad (5)$$

koşulunu sağlaması gerekmektedir.

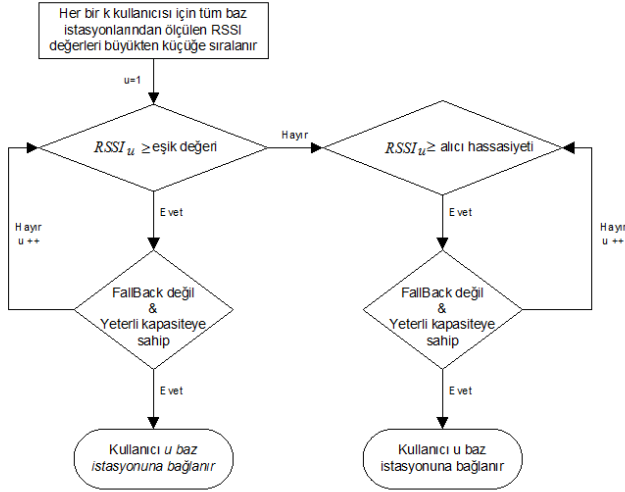
Gerekli olan şartlar sağlanmadığı takdirde, bir diğer RSSI değerine sahip baz istasyonunun belli bir eşik değerini aşmadığı kontrol edilir. Eğer belirlenen eşik değerinin altında kalıyorsa, alıcı hassasiyeti değeri kontrol edilir. RSSI değeri, alıcı hassasiyeti değerinin üzerindeyse ve gerekli şartlar sağlanıyorsa, kullanıcı o baz istasyonuna bağlanır.

Amaç, baz istasyonlarının sahip olduğu hücre yükü göz önünde bulundurularak kullanıcıların kendisine hizmet verebilecek baz istasyonuna bağlanmasıdır.

IV. PERFORMANS DEĞERLENDİRMELERİ

Performans sonuçları elde edilirken seçilen benzetim parametreleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Kullanıcılar bina içi ve bina dışı olarak konumlandırılmıştır. Bina içindeki kullanıcıların, hesaplanan alınan sinyal gücü değerinde bina dışındaki kullanıcılara ek olarak



Şekil 2: APCO25 sistemi için önerilen hücre seçim algoritması akış şeması

binaya kayıpları olacaktır. Bina kaybı sadece bina içindeki kullanıcılar için 16.5 dB olarak eklenmiştir. Her baz istasyonunun, yüzde 1 oranında fallback olduğu kabul edilmiştir.

Sistemdeki tüm baz istasyonlarının verici gücü 50 dBm olarak alınmıştır. 1. ve 5. baz istasyonları, 415 MHz frekansını, 2. ve 4. baz istasyonları, 419 MHz frekansını kullanmaktadır. 3. baz istasyonu 417 MHz frekansını kullanmaktadır ve diğer baz istasyonları ile herhangi bir karışım yapmamaktadır.

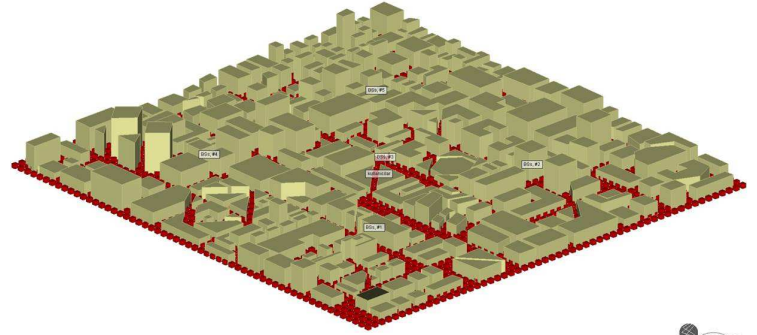
Wireless Insite (WI), elektromanyetik modellemede kullanılan ve kanal modellemeyi ışın izleme yöntemiyle yapan bir simülasyon programıdır. Kentsel, kırsal ve bina içi gibi ortamlar için kanal karakteristiği için etkili sonuçlar verir.

WI ile APCO25 telsiz sistemi için kentsel model oluşturulmuş ve elde edilen RSSI ve uzaklık parametreleri Matlab programında işlenerek farklı hücre seçimi yöntemleriyle kullanıcılar hücrelere atanmıştır.

PARAMETRE	APCO FAZ 1
Her Bir Baz İstasyonunun Bant Genişliği (B)	2 MHz
Verici Gücü	50 dBm (100 W)
Kanal Aralığı (Δf)	12.5 kHz
Gürültü Spektral Yoğunluğu	-136 dBm/ Hz
Alıcı Hassasiyeti (Receiver Sensitivity)	-116 dBm
Eşik Değeri	-80 dBm
Frekans Bantları (MHz)	406-512
Baz İstasyonu Sayısı	5
Hücre Yarıçapı	6 km
Bina Kaybı (dB)	16.5
Toplam Kullanıcı Sayısı	640
Data Kullanıcı Yüzdesi	% 0 ve % 25
Bina İçi Kullanıcı Yüzdesi	% 30
Kentsel (WI) Toplam Alan	30 km x 30 km

Tablo I: APCO25 Benzetim Parametreleri [1], [8]

Şekil 3'te WI programı ile elde edilen kentsel model gösterilmiştir. Alana rastgele olarak dağıtılan kullanıcılar kırmızı renk ile gösterilmiştir. Şekil 4'te ise kullanıcıların baz istasyonlarından aldıkları en yüksek alıcı güçlerinin dağılımı verilmiştir.



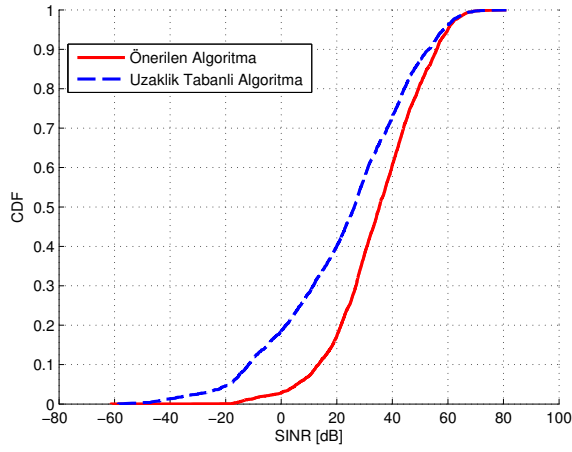
Şekil 3: Kentsel WI modeli



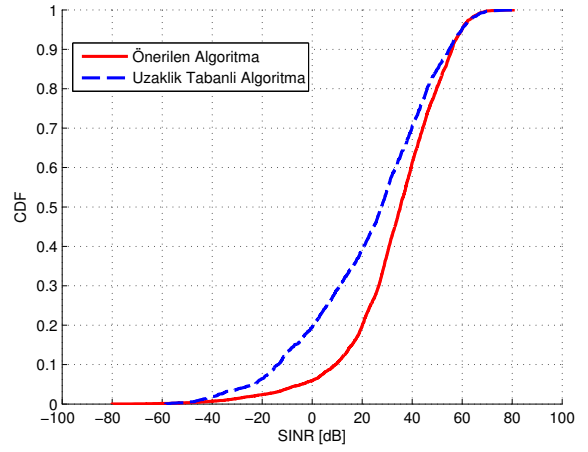
Şekil 4: Kullanıcıların baz istasyonlarından aldıkları en yüksek alıcı güç dağılımı

Şekil 5 ve Şekil 6 sadece ses kullanıcılarının olduğu durumdaki performans sonuçlarını göstermektedir. Şekil 5'te iki farklı hücre seçim algoritması için kullanıcıların ortalama SINR değerleri karşılaştırılması verilmiştir. Önerilen hücre seçim algoritması daha iyi bir performans göstermiştir. Bu iki farklı algoritmaya göre baz istasyonlarının doluluk yüzdesi dağılım grafiği ise Şekil 6'da gözlemlenebilir. Örneğin, 1. hücre için önerilen hücre seçim algoritması %100'lük kanal kapasitesini doldururken, uzaklık tabanlı hücre seçimi algoritması yük yoğunluğunu göz önünde bulundurmadığından baz istasyonu kapasitesini aşmıştır.

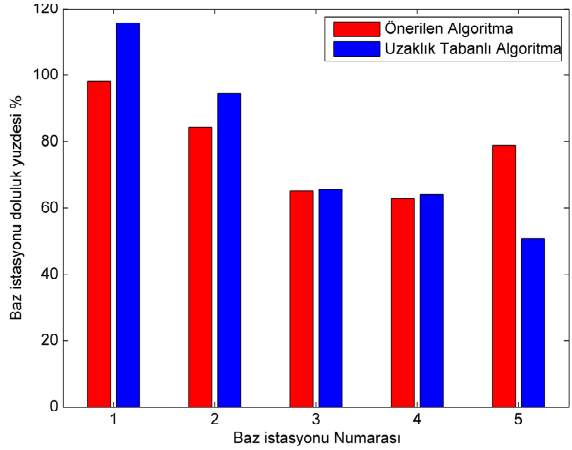
Şekil 7 ve Şekil 8 toplam kullanıcı sayısının % 25'i oranında data kullanıcısının bulunduğu durumdaki performans sonuçlarını göstermektedir. Şekil 7'de iki farklı hücre seçim algoritması için kullanıcıların ortalama SINR değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Bu iki farklı algoritmaya göre baz istasyonlarının doluluk yüzdesi dağılım grafiği ise Şekil 8'de gözlemlenebilir. Şekil 8'de uzaklık tabanlı algoritmanın baz istasyonu hücre yükünü göz önüne almadığı, önerilen hücre seçim algoritmasının dengeli bir şekilde hücrelere kullanıcı atadığı gözlemlenebilir.



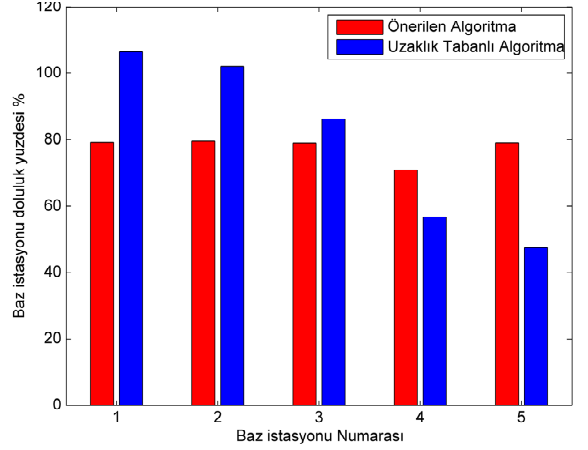
Şekil 5: Hücre seçim algoritmalarının sadece ses kullanıcıları varken SINR'a göre karşılaştırılması



Şekil 7: Hücre seçim algoritmalarının ses ve data kullanıcıları varken SINR'a göre karşılaştırılması



Şekil 6: Hücre seçim algoritmalarının sadece ses kullanıcıları varken hücrelerin doluluk yüzdesi grafiğine göre karşılaştırılması



Şekil 8: Hücre seçim algoritmalarının ses ve data kullanıcıları varken hücrelerin doluluk yüzdesi grafiğine göre karşılaştırılması

V. SONUÇLAR

Bu makalede, APCO25 standardına göre haberleşen telsiz sistemlerinde hücre seçim algoritması önerilmiş ve performans sonuçları incelenmiştir. Bu hücre seçim algoritması için baz istasyonlarının doluluk yüzdesinin dağılımına ve bağlanan kullanıcıların sinyal karışım gürültü oranlarının dağılımına bakılmıştır. Bunun sonucunda sistemde data ve ses kullanıcıları olduğunda, önerilen hücre seçim algoritmasının baz istasyonlarının sahip olduğu kapasiteyi göz önünde bulundurduğu için kullanıcıların baz istasyonlarına daha adil bir şekilde dağıtıldığı gözlenmektedir. Hücre seçim algoritmaları, SINR değerlerine göre karşılaştırıldığında ise önerilen hücre seçim algoritmasının uzaklık tabanlı hücre seçim algoritmasına göre daha iyi sonuç verdiği gözlenmektedir.

VI. BİLGİLENDİRME

Bu çalışma T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından SAN-TEZ programı 0686.STZ.2014 numaralı proje kapsamında desteklenmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] 'P25 Radio Systems Training Guide', Daniels Electronics, 2004.
- [2] M. Di Renzo, A. Guidotti, and G. Corazza, 'Average rate of downlink heterogeneous cellular networks over generalized fading channels: A stochastic geometry approach,' IEEE Trans. on Communications, to appear. Available online: arxiv.org/abs/1303.0529.
- [3] J. Sangiamwong, Y. Saito, N. Miki, T. Abe, S. Nagata, and Y. Okumura, 'Investigation on cell selection methods associated with inter-cell interference coordination in heterogeneous networks for lte-advanced downlink' in Proceedings of European Wireless Conference Sustainable Wireless Technologies, pp. 1-6, 2011.
- [4] 'Technologies and Standards for Mobile Radio Communications Networks', TAIT Radio Communications White Paper.
- [5] 'P25 Systems', Icom Governments & Systems, 2008.
- [6] 'Benefits of Project 25', Telecommunications Industry Association.
- [7] M. Hata, 'Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services,' IEEE Trans. on Vehicular Technology, vol. vt-29, no. 3, August 1980.
- [8] Hans-Peter A. Ketterling, 'Introduction to Digital Professional Mobile Radio', 2003.