

Tetra Trunk için Hücre Seçim Algoritması Performansı

Cell Selection Algorithm Performance for Tetra Trunk

Azad Karataş¹, Berna Özbek¹, Erinç Deniz Bardak², İlker Sönmez²

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

{azadkaratas,bernaozbek}@iyte.edu.tr

²ASELSAN A.Ş., Ankara, Türkiye

{edbardak, isonmez}@aselsan.com.tr

Özetçe —Bu makalede, telsiz haberleşme sistemi Tetra trunk standardı için, kullanıcıların hesapladığı C1 yol kaybı parametresi ve baz istasyonları tarafından yayınlanan baz istasyonunun yeterli kapasiteye sahip olduğu bilgisi kullanılarak, kullanıcıların en uygun baz istasyonunu ile haberleşmesini sağlayan hücre seçim algoritması önerilmiştir. Kullanıcıların hareketsiz olduğu ortamda, hücre içerisindeki farklı sayıda kullanıcılara göre benzetim sonuçları elde edilmiştir. Önerilen hücre seçim algoritmasının mesafe tabanlı hücre seçim algoritmasına göre kullanıcıların baz istasyonlarına daha adil bir şekilde dağılım sağladığı ve bağlanan kullanıcıların daha iyi sinyal karışım ve gürültü oranı değerlerine sahip oldukları gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler—Tetra, profesyonel telsiz haberleşmesi, hücre seçim algoritması

Abstract—In this paper, we present a cell selection algorithm for Tetra trunk based professional mobile radio systems. The users are attached the base stations by considering the C1 path loss parameter and the cell load indicator broadcasted by each base station. The simulation results are obtained for various scenarios. It is observed that proposed cell selection algorithm gives better performances than distance based cell selection algorithm in terms of fair distribution of users among base stations and the signal to interference plus noise ratio belonging to attached users.

Keywords—Tetra, professional wireless communications, cell selection algorithm

I. GİRİŞ

Haberleşme sistemlerinin kamu hizmeti yapan kuruluşlarda, askeri, sağlık ve güvenlik sektörlerinde etkin rol oynaması, beraberinde haberleşme sistemlerinin güvenli bir şekilde iletim sağlaması zorunluluğunu getirmiştir. Bu haberleşme sistemlerinde, telsizlerin en uygun baz istasyonuna bağlanabilmesi kritik olduğundan hücre seçim işlemi hayati önem taşımaktadır.

Tetra trunk, Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ETSI) tarafından 1995 yılında yayınlanmış sayısal telsiz standardıdır [1]. Acil servisler, belediyeler, askeri ve ulaşım servisleri için tasarlanmıştır. Profesyonel Mobil Telsiz

(PMR) ve Ortak Paylaşımlı Mobil Telsiz (PAMR) sistemlerinin desteklediği sayısal telsiz standardıdır. Güvenlik, kullanım kolaylığı, hızlı arama süresi ve farklı üreticiler arasında uyumlu donanım imkanı vermesi, Tetra trunk standardını diğer radyo haberleşme sistemlerine göre üstün kılmaktadır.

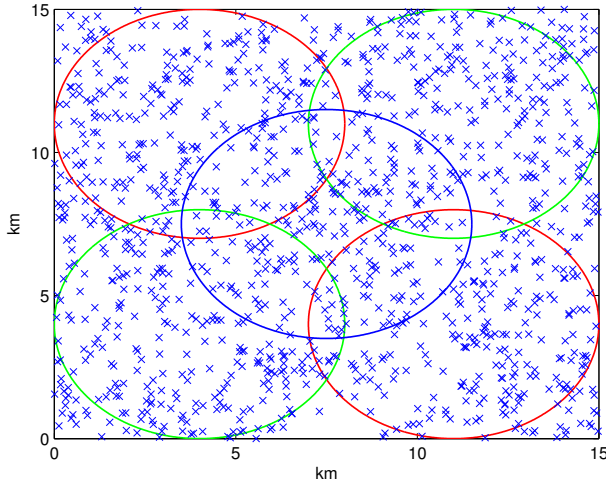
Hücre seçim algoritmalarında, kullanıcılara hizmet verecek baz istasyonu seçilirken farklı yöntemler izlenebilir. Klasik metotlardan biri olan mesafe tabanlı hücre seçim algoritması [2], kullanıcıları uzaklık olarak en yakın baz istasyonu ile haberleşmesini sağlarken, alınan sinyal gücü göstergesi (RSSI) tabanlı hücre seçim algoritması [3], kullanıcıların en yüksek sinyal gücü aldıkları baz istasyonunu seçmelerini sağlar. Baz istasyonlarına atama işlemleri, hücrelerde iletim yapan telsizlerin göz önünde bulundurulmayıp yalnızca mesafe bilgisine veya RSSI değerlerine göre seçilmesi baz istasyonlarında yük dengesizliğine yol açar. Bu durum ise kullanıcı sayısının fazla olduğu sistemlerde telsizlerin hizmet alabilmek için uzun süre beklemelerine sebep olur.

Bu makalede, Tetra trunk sistemleri için, yayınlanan baz istasyonu doluluk bilgisinin ve hesaplanan yol kaybı parametresinin kullanıldığı bir algoritma önerilmiştir. Tetra trunk hücre seçim algoritmasında [5], öncelikle kullanıcıların bağlantı kuracakları baz istasyonundan belli bir servis kalitesinde hizmet alabilmeleri için o baz istasyonuna ait yol kaybı parametresinin 0'dan büyük olması gerekmektedir. Daha sonra kullanıcılar her baz istasyonundan edindikleri şebeke yayımlama bilgileri ile hücrenin doluluk bilgisi doğrultusunda tercih edilebilir baz istasyonu listesi oluştururlar. Bu tercih edilebilir baz istasyonları C1 yol kaybı parametresine göre sıralanır ve listenin ilk sırasındaki baz istasyonunu seçilir.

Bu makalenin 2. bölümünde sistem modeli ve gerekli parametreler verilmiş ve 3. bölümünde önerilen hücre seçim algoritması sunulmuştur. Senaryolar, benzetim parametreleri ve sonuçları 4. bölümde irdelenmiş ve 5. bölümde ise önerilen algoritma için değerlendirme yapılmıştır.

II. SİSTEM MODELİ

Bu bölümde, Tetra trunk standardı için makro baz istasyonlarından oluşan sistem modeli ve parametreleri verilmiştir. 5



Şekil 1: 5 makro baz istasyonu ve rastgele konumlandırılan telsizlerden oluşan sistem modeli

tane makro baz istasyonunun bulunduğu ve kapsama alanına kullanıcıların rastgele olarak konumlandırıldığı model Şekil 1'de görülmektedir.

Tetra trunk standardında zaman bölmeli çoklu erişimi (TDMA) kullanılır. Tek taşıyıcı frekansında 4 zaman dilimi vardır ve bu zaman dilimlerinden birisi kontrol amaçlı atanırken kalan 3 zaman dilimi kullanıcıların ses haberleşmesi için kullanılır. $\pi/4$ DQPSK modülasyonu kullanılan bu sistemlerde taşıyıcı frekans aralığı 25 kHz'dir [4].

Mesafe tabanlı hücre seçim algoritmasında, her kullanıcı, k , uzaklık açısından en yakın baz istasyonuna, i^* bağlanır.

$$i^* = \arg \min_i D_{k,i} \quad \forall k \quad (1)$$

Burada $D_{k,i}$ kullanıcı k ve baz istasyonu i arasındaki mesafedir.

III. TETRA İÇİN ÖNERİLEN HÜCRE SEÇİM ALGORİTMASI

Tetra trunk standardı kullanan profesyonel telsiz sistemleri için önerilen hücre seçim algoritmanın akış diyagramı Şekil 2'de gösterilmiştir.

Baz istasyonların ses haberleşmesi sağlayabilecekleri toplam telsiz sayısı:

$$KKul = 3 \frac{Bant_BI}{K_A} \quad (2)$$

Burada $Bant_BI$ baz istasyonuna atanan bant genişliğini temsil eder. K_A değeri Tetra trunk sistemler için kanal aralığı olan 25 kHz'dir. 3 zaman dilimi ses haberleşmesi için kullanıldığı için de her taşıyıcı frekansın için 3 ile çarpılır.

Kullanıcı ataması yapıldıktan sonra ilgili baz istasyonunun destekleyeceği toplam telsiz sayısı 1 azaltılır.

Kullanıcı ve baz istasyonu arasındaki C1 yol kaybı parametresi şu şekilde hesaplanır [4]:

$$C1 = RSSI - Rx_Lev_Access_Min - \max(0, MS_TxPwr_Max_Cell - P_{MSMAX}) \quad (3)$$

Burada $RSSI$ kullanıcının baz istasyonundan elde ettiği sinyal gücünü, $Rx_Lev_Access_Min$ telsizde kabul edilebilir minimum sinyal gücünü, $MS_TxPwr_Max_Cell$ o kanalda izin verilen maksimum verici gücünü ve P_{MSMAX} ise $\pi/4$ DQPSK modülasyon modunda maksimum verici gücünü temsil eder.

Yol kaybı parametresine göre sıfırdan büyük C1 değerlerine sahip baz istasyonları o kullanıcı için aday listesine eklenir. Bu aday listesindeki baz istasyonlarına ait C1 değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve kullanıcı kapasitesi olan $KKul > 0$ ilk baz istasyonu ile bağlantı kurmaya çalışır. Bağlantı kurulmak istenen baz istasyonunun fallback olması durumunda, aday listedeki bir sonraki baz istasyonu ile bağlantı kurulmaya çalışılır. Bir baz istasyonunun fallback olma durumu, o baz istasyonunun ana ağ ile bağlantı kuramaması ve dolayısıyla kullanıcılara hizmet verememesi anlamına gelmektedir.

IV. PERFORMANS DEĞERLENDİRMELERİ

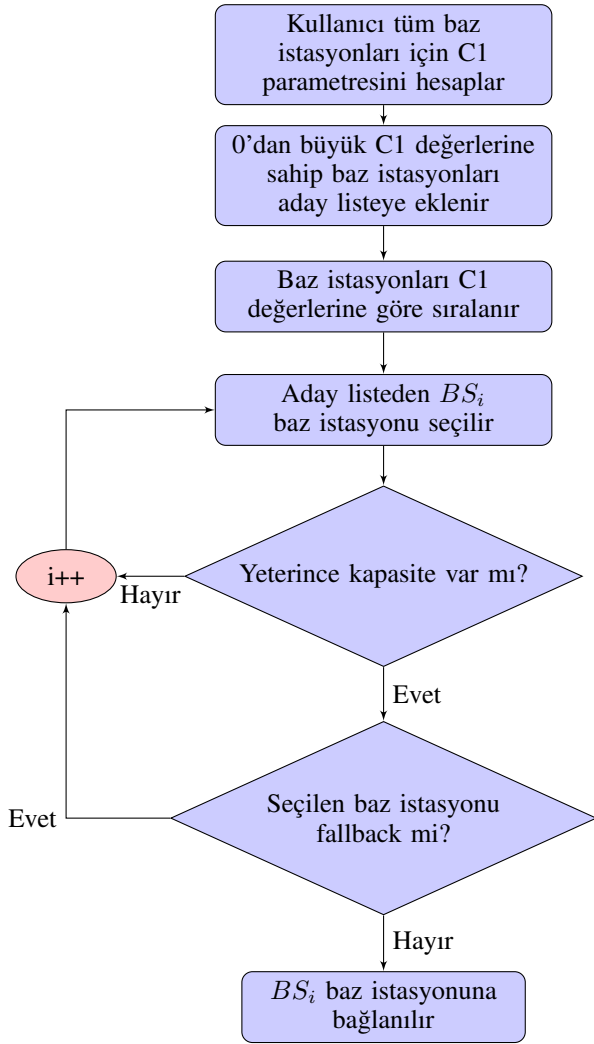
Performans sonuçları, 5 baz istasyonu olan bir kentsel alan içinde rastgele konumlandırılan 900 ve 1200 kullanıcı durumu için 100 Monte Carlo sonucunda elde edilmiştir. Tüm algoritmaların performans sonuçları, kullanıcıların baz istasyonlarına dağılımı ve sahip oldukları Sinyal-karışım-gürültü-oranı (SINR) değerleri şeklinde verilmiştir. Telsizlerin hücre içerisinde buldukları konumlara göre her baz istasyonuna ait sinyal gücü seviyeleri Wireless Insite Programı ile elde edilmiştir.

Wireless Insite programı radyo yayım ve kablosuz haberleşme sistemleri için kullanılan ışın izleme modeli ve yüksek duyarlılık analiz programıdır. Modellenen 15x15km'lik kentsel alan Şekil 3'te gösterilmiştir. Baz istasyonları taşıyıcı frekansları sırasıyla 410, 412, 414, 412 ve 410 MHz olarak kullanılmıştır. Bu frekans atamalarının sonucu olarak 1. ve 5. baz istasyonlarında, 2. ve 4. baz istasyonlarında aynı frekanslar kullanıldığından karışım etkisi göz önünde bulundurulmuştur. 3. baz istasyonu için ise herhangi bir karışım etkisi yoktur. Her baz istasyonunun fallback olma durumu %1 olarak belirlenmiştir.

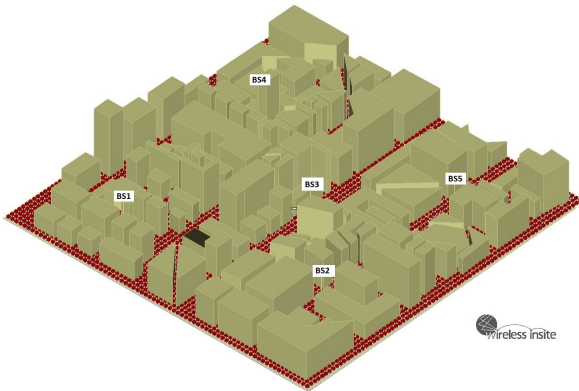
Baz istasyonların ses iletimi sağlayabileceği toplam kullanıcı sayısı, atanan bant genişliklerine göre belirlenir. Denklem (2)'ye göre, 2 MHz bant genişliğine sahip her baz istasyonun, 25 kHz'lik aralıklara bölünmüş 80 adet fiziksel kanalı bulunur ve bu kanalların her birinde kullanıcılara ayrılmış 3'er zaman dilimleri vardır. Sonuç olarak her baz istasyonun ses haberleşmesi için desteklediği toplam kullanıcı sayısı 240 olarak hesaplanır.

Tablo 1'de Tetra trunk standardında aşağı link (downlink) için benzetim parametreleri listelenmiştir [6].

C1 yol kaybı parametresi hesabında $MS_TXPWR_MAX_CELL$ parametresi 3W (4.77 dB) ve P_{MSMAX} parametresi 3.25 dB [7] seçilmiştir.



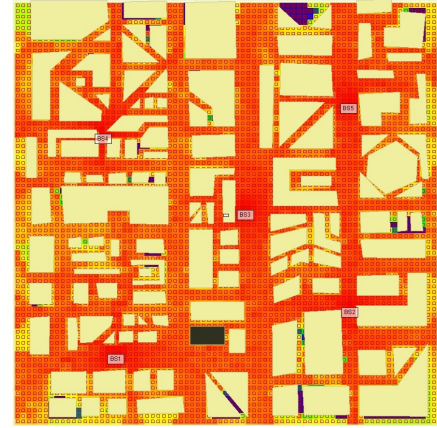
Şekil 2: Tetra Trunk için önerilen hücre seçim algoritması akış diyagramı



Şekil 3: Modellenen 15x15km'lik kentsel alan

Parametre	Tetra trunk
Baz istasyonu sayısı	5
Her baz istasyonunun bant genişliği	2 MHz
Baz istasyonu verici gücü	44 dBm (25 W)
Baz istasyonu yarıçapı	4 km
Bina içi kullanıcıları yüzdesi	%30
Baz istasyonu fallback yüzdesi	%1
Bina kaybı (dB)	12

Tablo I: Tetra trunk standardı için benzetim parametreleri



Şekil 4: En yüksek alınan sinyal gücü

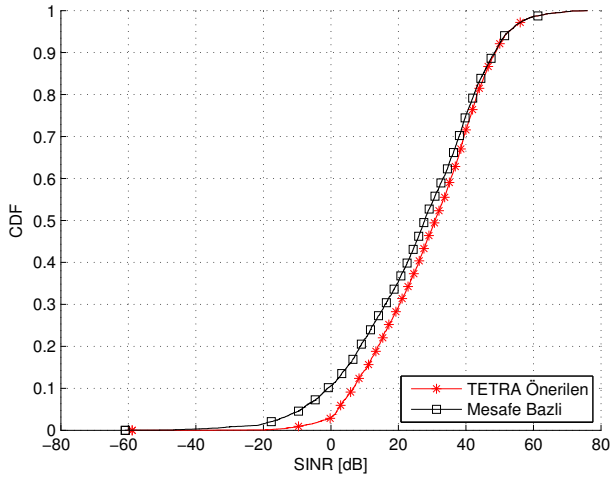
Wireless Insite programından elde edilen, her kullanıcıya gelen en yüksek alınan sinyal gücünü gösteren dağılım Şekil 4'te gösterilmiştir.

Bu çalışmada mesafe tabanlı ve önerilen hücre seçim algoritmaları benzetim sonuçları karşılaştırılmıştır. 900 kullanıcının bulunduğu sonuçlar Şekil 5'te ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu sonuçlardan görüldüğü üzere, kullanıcıların atama işlemlerinde baz istasyonlarında yeterli kapasite olduğundan tüm kullanıcılara hizmet verebilmiştir. Fakat telsizlerin sahip oldukları SINR yönünden, önerilen algoritmanın üstünlüğü gözlemlenmiştir.

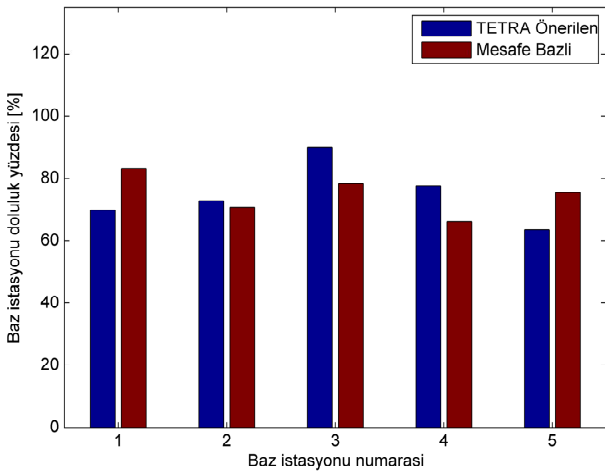
1200 kullanıcının bulunduğu sonuçlar ise Şekil 7'de ve Şekil 8'de gösterilmiştir. Şekil 7'de kullanıcıların SINR dağılımı yönünden önerilen algoritma daha iyi performansa sahiptir. Kullanıcı sayısının yüksek olduğu bu senaryoda Şekil 8'de görüldüğü üzere, mesafe tabanlı hücre seçimi algoritması baz istasyonlarındaki kullanıcı sayısını göz önüne almadığından 1. 3. baz istasyonlarına destekleyebileceğinden fazla kullanıcı ataması yapılmıştır. Fakat önerilen hücre seçim algoritması baz istasyonlarındaki kullanıcı sayısını göz önüne aldığından daha adil bir dağılım gerçekleştirmiş ve baz istasyonlarına destekleyebilecekleri toplam kullanıcı sayısından fazla telsiz ataması yapmamıştır.

V. SONUÇ

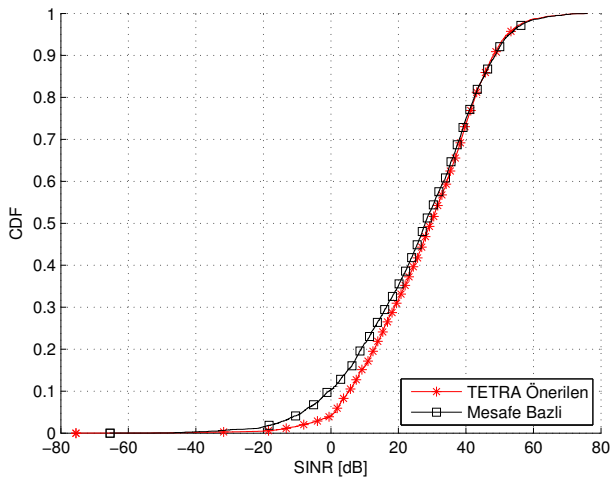
Bu makalede, Tetra trunk standardına dayalı profesyonel telsiz haberleşme sistemleri için baz istasyonlarının ses trafiği



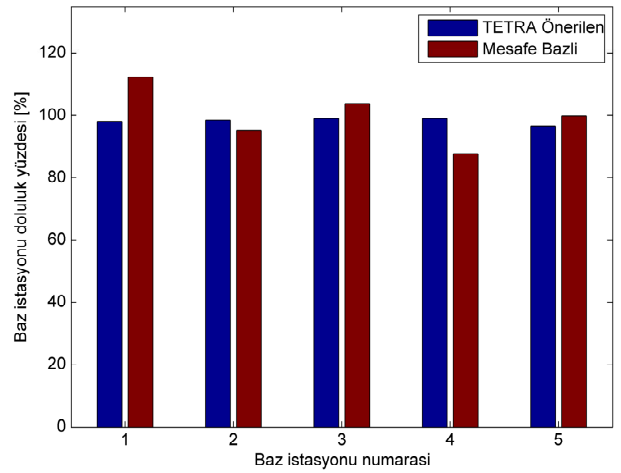
Şekil 5: 900 kullanıcı için SINR dağılımı



Şekil 6: 900 kullanıcının baz istasyonlarına dağılımı



Şekil 7: 1200 kullanıcı için SINR dağılımı



Şekil 8: 1200 kullanıcının baz istasyonlarına dağılımı

için toplam destekleyebilecekleri kullanıcı sayısını ve baz istasyonundan alınan sinyal gücünü göz önünde bulunduran hücre seçim algoritması önerilmiştir. Önerilen algoritma, mesafe tabanlı hücre seçim algoritmasıyla karşılaştırılmıştır. Mesafe tabanlı sistemler, telsiz atamaları sırasında baz istasyonundaki kullanıcı sayısını incelemeyeceğinden, kullanıcı sayısı fazla olan sistemlerde kullanıcıların baz istasyonlarına adil bir şekilde dağılımlarını sağlayamamıştır. Önerilen algoritma ise, kullanıcıları aday baz istasyonlarının hali hazırda aktif haberleşme yapan kullanıcı sayısını göz önünde bulundurarak atama işlemini gerçekleştirdiğinden, çok sayıda telsizin aynı anda haberleşmesine imkan sağlayacak şekilde telsizlerin baz istasyonları arasında dengeli bir şekilde dağılımını gerçekleştirmiştir.

VI. BİLGİLENDİRME

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

KAYNAKÇA

- [1] <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/tetra>
- [2] H.-S. Jo, Y. J. Sang, P. Xia, and J. G. Andrews, "Heterogeneous cellular networks with flexible cell association: A comprehensive downlink SINR analysis," *IEEE Trans. on Wireless Communications*, vol. 11, Ekim, 2012.
- [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] ETSI, "TS 100 392-2 V3.6.1", Mayıs, 2013
- [5] ETSI, "EN 300 392-2 V2.1.1", Ekim, 2000
- [6] TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION, "Wireless Communications Systems -Performance in Noise and Interference - Limited Situations - Recommended Methods for Technology - Independent Modeling, Simulation, and Verifications", TSB-88-B, Eylül, 2004
- [7] J. Dunlop, D. Girma, and J. Irvine, "Digital Mobile Communications and the TETRA System. Chichester", England: John Wiley and Sons, Şubat, 2000