

Akıllı Radyo Ağlarında Kapasite Planlama

Derya Çavdar, H.Birkan Yılmaz, Tuna Tuğcu, Fatih Alagöz

Boğaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul

derya.cavdar@boun.edu.tr, yilmhuse@boun.edu.tr, tugcu@boun.edu.tr, alagoz@boun.edu.tr

Özet: Akıllı radyo kablosuz iletişim teknolojilerinde yeni bir açılıma öncülük etmektedir. Akıllı radyo ağları doğası gereği sonsuz öncelikli düzenceye sahiptir. Bu nedenle her kaynağın hücre bazlı olarak takip edilmesi zorunludur. Bu çalışmada altyapı destekli akıllı radyo mimarisi için tektürel ve çoktürel trafik senaryoları altında, çok hücreli ortamda performansı incelenmiştir. Performans ölçütleri olarak, birincil ve ikincil kullanıcılar için bloke olma ve bağlantı kopması olasılıkları, ikincil kullanıcılar için ayrıca zorunlu sonlandırma ve zorunlu frekans değiştirme olasılıkları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Radyo, Kapasite Planlama, Hücresel Ağlar.

1. Giriş

Günümüz spektrum dağıtımı sabit frekans atama stratejisine dayanmaktadır. Frekans bantları belli kullanıcılara ya da kablosuz sistemlere tahsis edilip sadece o teknolojinin o bantta çalışmasına izin verilmektedir. Öncelikle sabit frekans atama spektrum yokluğuna ve spektrumun verimsiz olarak kullanılmasına neden olmaktadır.

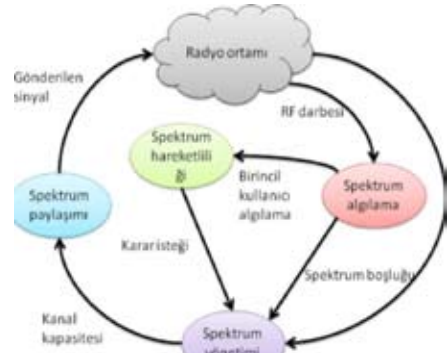
FCC'ye göre, spektrumun birçok sabit kısmı az kullanılırken bazı spektrum bantları çok fazla kullanılmaktadır ve yüksek sinyal girişimine maruz kalmaktadır [1]. İkinci olarak yeni kablosuz uygulamalar ve sistemler için frekans bandı yetersizliğine neden olmaktadır. Bu nedenler dinamik spektrum erişimini tetiklemektedir. Bunun sonucu olarak akıllı radyo teknolojisi önerilmiştir. Spektrumun zaman ve mekânsal olarak kullanılmayan kısımlarına spektrum boşluğu denilmektedir. Birincil Kullanıcılar (BK) lisanslı kullanıcılar, frekans sahipleri iken İkincil Kullanıcılar (İK) akıllı radyo sistemi kullananlar, spektruma dinamik olarak erişen kullanıcılardır.

Akıllı radyo [2] GNKS ve DSE için mümkün kılacak ana teknoloji olarak düşünülmektedir. Akıllı Radyo Hareketli Uçbirimi (AkHU), Yazılım Tabanlı Telsiz (YTT) fiziksel platformu

üzerinde çalışan akıllı ve kablosuz haberleşme cihazı olarak tanımlanmıştır [3]. AkHU çevresindeki spektrumla ilgili bilgiyi radyo ortamından anlayıp öğrenebilmektedir ve fiziksel radyo parametrelerini değişen spektrum şartlarına göre ayarlayabilmektedir ([4], [5]).

2. Akıllı Döngü

Akıllı radyonun çalışma mekanizması Mitola tarafından akıllı döngü ile açıklanmıştır[1]. Şekil 1: Akıllı Döngü'de görüldüğü gibi akıllı döngünün 4 ana fazı vardır.



Şekil 1: Akıllı Döngü

Spektrum Algılama: Akıllı radyonun fiziksel katmanı radyo spektrumu hakkında bilgi edinir ve frekanslar arası boşlukları göz-

lemler. Spektrum algılama ile akıllı radyolar BK'lerle sinyal girişimi olmadan lisanslı bantlara girebilmektedir.

Spektrum Yönetimi: Spektrumdaki frekans boşlukları sinyal girişimi, sinyal yol kaybı, kablosuz link hata oranı, link katmanı gecikme zamanı ve beklenen BK aktivitesi açısından incelenir. Akıllı radyo en iyi kanalı analiz edilen bantlar arasından servis kalitesini göz önünde bulundurarak kendi ihtiyaçlarına göre seçer.

Spektrum Hareketliliği: Değişen radyo ortamı, BK aktivitesi veya İK'nin hareketinden dolayı akıllı radyo kullanılan spektrum bandı ve teknoloji değiştirmesi yapabilir ve haberleşmeye elde edilen yeni frekans üzerinden devam edebilir.

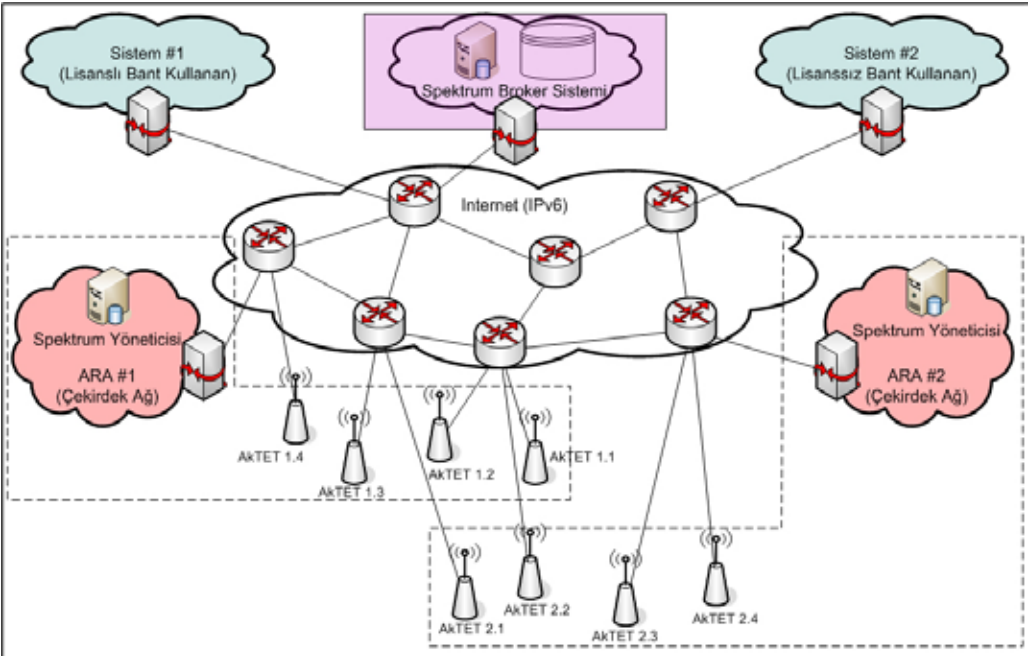
Spektrum Paylaşımı: Akıllı radyo spektrumu diğer akıllı radyolarla adil olarak paylaşabilir. Bu sırada tüm akıllı radyoların yarattığı karışımın BK'lere olan toplam etkisinin sınırlı kalmasına dikkat edilmelidir[5].

3. Akıllı Radyo Ağ Mimarisi

Bu çalışmada altyapı destekli akıllı radyo ağ mimarisi kullanılmıştır. Kullanılan mimari Şekil 2'de gösterilmektedir. Mimari yapısını sunarken aşağıdaki tanımlamalar kullanılmıştır. Frekans Sahibi (FS), spektrum kullanımını düzenlemekle görevli kurumla (Türkiye'de Telekomünikasyon Kurumu) yaptığı uzun süreli bir anlaşma sonucu tahsis edilen spektrum bandını kullanma hakkına sahip kurum veya kuruluştur. Akıllı Radyo Servis Sağlayıcısı (ARSS) akıllı radyo servisi sunan ve kullanıcıları olan operatör kuruluştur. ARSS tarafından kurulan Spektrum Brokeri (SB) spektrum bantlarının aracılığını yapan elemandır. Yine ARSS ağında bulunan Akıllı Radyo Telsiz Erişim Terminali (AkTET) akıllı radyo kullanıcıları ile ARSS arasında geçiş elemanıdır [6].

4. Kapasite Planlama

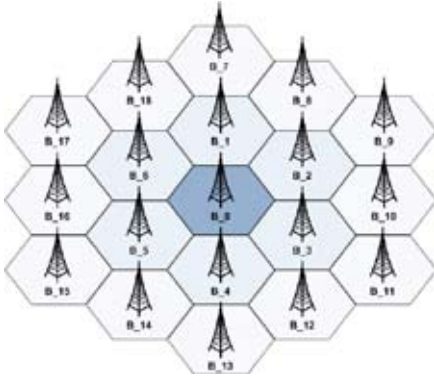
Kapasite planlama probleminin amacı belli bir alanda servis sağlayıcının ihtiyaçlarını karşı-



Şekil 2: Akıllı radyo mimarisi

layacak kadar kapasitenin verilebilmesidir. Yoğun bir hücrenin olması durumunda bu hücredeki yoğun trafiğin etkisi komşu hücelere de yansımaktadır. Yoğunluktan etkilenen ve etkilenmeyen hüceler arasında ciddi bir kalite ve performans farkı oluşmaktadır. Bu yoğunluğun çoktörel trafiğin etkileri hücrelerin hoplama uzaklığı ile üstel olarak azalmaktadır.

Simülasyonlar için kullanılan topoloji Şekil 3'de gösterilmiştir. Eğer elimizdeki kapasite kaynağı trafik dağılımlarına bakılmaksızın eşit olarak hücelere dağıtılsa Tablo 1'de görülen performans farklılıkları gözlemlenmektedir. Bu makalede hücelerde sağlanan servis kalitesi arasındaki farklılıkları azaltmak amacıyla 2 algoritma önerilmiştir.



Şekil 3: Topoloji

	Hop #0	Hop #1	Hop #2
İkincil kullanıcının düşme olasılığı	0.2248	0.1694	0.0151
İkincil kullanıcının blokajma olasılığı	0.2095	0.1355	0.0171

Tablo 1 : Yoğun hücrenin etkisi

EA : Eşit atama metodu ile tüm hücelere eşit sayıda frekans atama

YHA : Yük ve Hoplama uzaklığı tabanlı atama ile K_i ile doğru orantılı olarak kapasite atama.

Aşağıdaki denklemde yoğun hücreye olan hoplama uzaklığı n_i ile $1/\mu_{hold}$ zamanda beklenen bağlantı isteği sayısı ise ρ_i^{pri} ile gösterilmiştir.

$$K_i = \frac{\left(\frac{\rho_i^{pri} + \rho_i^{sec}}{\rho_{max}^{pri} + \rho_{max}^{sec}} \right)^{n_i}}{\sum_{j=0}^n \left(\frac{\rho_i^{pri} + \rho_i^{sec}}{\rho_{max}^{pri} + \rho_{max}^{sec}} \right)^{n_j}}$$

OYHA : OrtalamalıYük ve Hoplama uzaklığı tabanlı atama (φ_i ile doğru orantılı olarak kapasite atama.

$$\varphi_i = \alpha \bar{K}(n_i) + (1 - \alpha) \bar{K}(0)$$

OrtalamaYük ve Hoplama uzaklığı tabanlı atama yük ve Hoplama uzaklığı tabanlı atama yöntemine hareketlilik etkisinin de eklenmiş halidir.

5. Sonuçlar

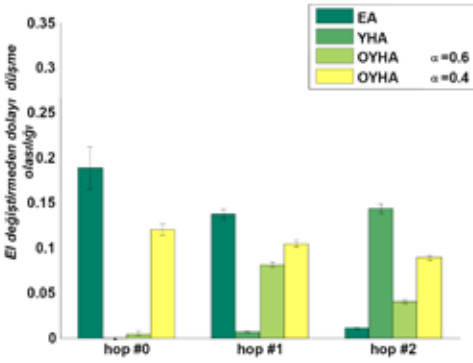
Şekil 3'de belirtilen topolojide hücre yarıçapı 250 m olup, ortalama bağlantı süresi 750s'dir. Simülasyon sırasında her hücrede 64 BK ve 64 İK vardır. Normal trafik yoğunluğu olan hücelerde BK bağlantı isteği saniyede 0.014 iken İK bağlantı isteği ise 0.028'dir, yoğun trafiğe sahip hücelerde ise hem İK hem BK trafiği bu değerlerin iki katıdır. Simülasyon sırasında spektrum algılama hata oranı %2 olarak belirlenmiştir.

	Hop #0	Hop #1	Hop#2	Toplam frekans sayısı
EA	32	32	32	608
YHA	86	43	22+1	608
OYHA $\alpha = 0.6$	51	36	29+1	608
OYHA $\alpha = 0.4$	44	34	30	608

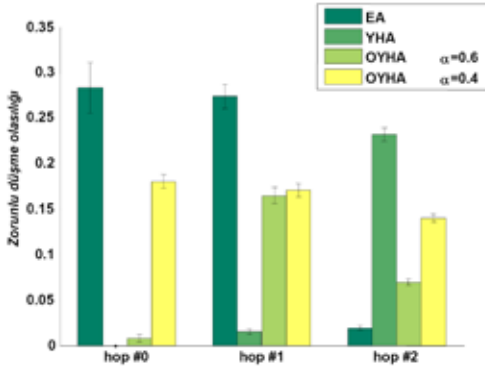
Tablo 2 : Değişik yöntemlerle kapasite atama değerleri

Bu bölümde önerdiğimiz YHA ve OYHA yöntemlerini EA yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Her üç yöntemle yapılan kapasite atamaları Tablo 2'de gösterilmektedir. EA hücelerde trafik yoğunluğuna bakmaksızın tüm hücelere eşit sayıda kapasite atamaktadır. Bu nedenle EA

yöntemi değişik trafik dağılımı olan sistemlerde kötü sonuçlar vermektedir. Bunu ortadan kaldırmak için hoplama uzaklığını ve hücrelerdeki trafik yoğunluğunu hesaba katan YHA ve OYHA önerilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde EA yöntemi ile özellikle yoğun trafik olan hücrelerde yüksek düşme olasılığı gözlemlenirken, hücreler arasında aynı zamanda eşit bir servis kalitesi sağlanamamıştır.



Şekil 4: İkincil kullanıcılarda hücre değiştirmeden dolayı düşme olasılığı (v=1.2 m/s)



Şekil 5: İkincil kullanıcılarda zorunlu frekans değiştirmeden dolayı düşme olasılığı (v=1.2 m/s)

YHA yöntemi yoğun trafik olan hücrelere oldukça büyük kapasiteler atayarak bu hücrelerde çok iyi servis kalitesi sağlamaktadır. Ancak YHA yoğun trafiği olan hücrelere yüksek kapasiteler atarken 2 hoplama uzaklığındaki komşu hücrelerde kapasite azlığı nedeniyle daha el değiştirmeden dolayı düşmelerde daha yüksek ola-

sılıklar gözlemlenmektedir. Ancak OYHA yöntemi ile her iki alfa değeri için de daha dengeli bir dağılım ve servis kalitesi sağlanabilmiştir.

Benzer sonuçlar zorunlu düşmelerde de gözlemlenmektedir. Şekil 5 incelendiğinde EA eşit kapasite atadığı için en kötü performansı gösterirken, YHA EA'ya göre daha düşük zorunlu düşme olasılığı ve daha dengeli bir dağılım sağlamaktadır. En iyi sonuçlar OYHA yöntemi ve alfa=0.4 ile elde edilmektedir.

9. Kaynaklar

[1] FCC. Notice of inquiry, in the matter of additional spectrum for unlicensed below 900mhz and in the 3ghz band. Technical Report 17 FCC Red 25632, ET Docket No. 02-380 2002.

[2] J. Mitola III and G. Maguire Jr, "Cognitive radio: making software radios more personal," Personal Communications, IEEE vol. 6, no. 4, pp. 13-18, 1999.

[3] Jondral, F. K. "Software-defined radio: basics and evolution to cognitive radio," EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking. Vol 5, No 3, pp. 275-283, 2005.

[4] Haykin, S."Cognitive radio: brain-empowered wireless communications," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol 23, No. 2, pp. 201220, 2005.

[5] Akyildiz, I., W. Lee, M. Vuran, and S. Mohanty, "NeXt generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey", Computer Networks, Vol. 50, No. 13, pp. 21272159, 2006.

[6] D. Isler, H. B. Yılmaz, A. Zumbul, and T. Tuğcu, "An entire architecture for cognitive radio networks," in The Proceedings IEEE 16th Signal Processing, Communication and Applications Conference (SIU 2008), Didim, Nisan 2008.