

Bilişsel Radyo Cognitive Radio

Didem ÇOLAK ARSLAN, Serpil İLHAN, Prof.Dr Hasan DİNÇER

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
KOCAELİ Üniversitesi
didem_colak@yahoo.com, hdincer2@gmail.com
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
KOCAELİ Üniversitesi
serpil_ilhan2000@yahoo.com

Özet

Teknolojik gelişmelerin her safhası hızlı bir şekilde ilerlemekte ve bireylerin yaşam şeklini değiştirmektedir. Günümüze baktığımızda kablosuz iletişim teknolojilerinin yeni bir dönüm noktası olacağını gözlemlemek olasıdır. Kablosuz iletişimin yaygınlaşmasıyla birlikte spektrum verimli olarak kullanılma gerekliliği ortaya çıkmıştır. Spektrum birçok uygulama tarafından kullanılsa da bazı frekans bantları yeterince kullanılmamaktadır. Bu nedenle, yoğun ve verimsiz spektrum kullanımını engelleyebilmek için “akıllı” spektrum kullanımını sağlayan Dinamik Spektrum Erişimi kavramı ortaya atılmıştır. Bu sayede farklı metotları kullanan kablosuz teknolojiler bir arada daha verimli çalışacaklardır. Hedef donanımsal farklılıklar yerine yazılımsal değişiklikler sayesinde cihazları daha etkin kullanabilmektir.

Abstract

Each phase of the technological developments is improving rapidly and changing the life style of people. If we take a glance at present-day, it is possible to see that wireless communication technologies is going to be a new turning point. By the wireless communication is becoming widespread, it appears that the spectrum must be used efficiently. Although the spectrum is used by a lot of applications, some frequency bands is not being used sufficiently. Therefore, A concept named Dynamic Spectrum Access (DSA) which allows more intelligent spectrum usage, has been put forward to prevent intensive and inefficient spectrum usage. Owing to this concept, wireless technologies which are using different methods, will work together and more productive. The object is to be able to use the equipments more effective by modifications in software instead of hardware alteration.

1. Giriş

IEEE, boş TV bantlarını (54 MHz ile 862 MHz arasında) kullanmak için, IEEE 802.22 WRAN isimli uluslararası bir standart oluşturmayı planlamıştır. Kablosuz bölgesel alan ağı (WRAN, Wireless Regional Area Network) IEEE 802.22 standardında, kırsal ve uzak bölgelerdeki

kullanıcılara internet ve çoklu ortam hizmetlerine erişim sağlamak amacıyla tasarlanmış bir kablosuz geniş bant

teknolojisidir. Mobil telekomünikasyon teknolojisi ve diğer kablosuz şebekelere oranla çok hızlı veri iletimi sağlamaktadır. WRAN teknolojinin sağladığı avantajları özetlersek: VHF ve düşük UHF frekans bandının kullanımı (54–862 MHz), kullanılmayan TV kanallarının kullanımı, yetersiz olan spektrumun etkin kullanımı, hizmetin verileceği spektrumun, harmonize bant kapsamında değerlendirilmesi, kapsama alanının geniş olması, hızlı ve basit kurulumudur.[1] Bu makale şu şekilde düzenlenmiştir: Bir sonraki bölümde, akıllı radyolar hakkında kısa bir bilgi verildikten sonra WRAN sistemlerinde bahsedilecektir. Bölüm 4’te mevcut çalışmalar ile ilgili girişimler özetlenecektir. Sonraki bölümde, WRAN sisteminde BR tabanlı yürütülen çalışmanın detayları verilecektir. Bölüm 6’da ise sonuç ve yapılacak çalışmalardan bahsedilecektir.

2. BR Temel Bilgileri

WRAN sisteminin yeni özelliklerinden birisi de BR(bilişsel radyo) tekniğinin gerçekleştirilmesidir. Bu yeni teknolojiye bakacak olursak eskiden atanmış olan frekans bantlarına erişim artık dinamik olarak yapılabilecektir. Dinamik Spektrum Erişimi ismi de buradan gelmektedir. Bu tekniği ilk olarak 1990’ların sonlarında Joseph Mitola’nın ve Gerald Q. Maguire ‘nın çalışmaları ortaya çıkarmıştır. Bu yeni teknikte kullanıcı ve şebekeye daha iyi yanıt uygulama katmanına eklenmiş olan akıl katmanıyla verilecektir. IEEE 1900.1 çalışma grubu tarafından yapılan bilişsel radyo tanımı şu şekildedir: [2]

“Bulunduğu ortamı algılayabilen ve algılama sonuçlarına göre otomatik olarak çıkarım yapabilen radyo sistemleridir. Bu sistemler, bilgi tanımlaması, otomatik çıkarım ve makine öğrenme mekanizmalarını kullanarak iletişimi sağlarlar. Ayrıca dinamik ve otomatik olarak operasyon ortamına bağlı olarak çalışma parametrelerini değiştirebilirler”.

BR esnek kullanım kolaylığı, verimli ve güvenli spektrum kullanımı sayesinde radyo işletim karakteristiği gerçek zamanlı olarak çevre şartlarına uygun olarak sürdürülebilecektir. BR özel kullanımlar için lisanslanmış diğer cihazlarla karışmaya uğramadan zeki bir yoldan kullanılmamış spektrumun geniş miktarını kullanır. BR radyo teknolojilerinde önemli ilerlemelere yön verecektir örneğin

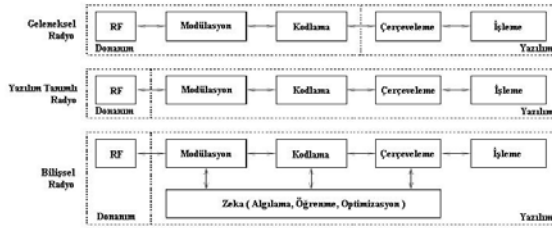
güç kontrolü, yazılım tanımlanması ve frekans ayarlanması gibi. Geniş bantlı algılama gerçek zamanlı spektrum tahsilatı ve gerçek zaman ölçümleri sayesinde elde edilir Bilişsel radyonun esas fonksiyonları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Spektrum algılama: Kullanılmayan spektrumu tespit etmeyi ve diğer kullanıcılarla girişime girmeden spektrumu paylaşmayı sağlar.

Spektrum yönetimi: Kullanıcı haberleşme ihtiyaçlarını karşılamak için en uygun kanalı yakalamayı sağlar.

Spektrum mobilitesi: En iyi spektruma geçişte kesintisiz haberleşmeyi korumayı sağlar.

Spektrum paylaşımı: BR kullanıcıları arasında eşit spektrum planlaması sağlar[3]



Şekil 1: BR gelişimi.

BR tanımlaması yapabilmek için, ilk önce YTR' ın tanımlamasını yapmak gerekir. YTR bir radyo çeşididir. Bu tip radyonun dalga formlarının özellikleri ve uygulamaları bir yazılım tarafından yönetilir ve kontrol edilir. Ayrıca YTR tekrar programlanabilir ve kapasitesi artırılmak için güncellenebilir.

BR, YTR teknolojisinin üzerine inşa edilmektedir. BR teknolojisi kendi kendine öğrenebilmeyi olanaklı kılar, "Cognitive" fonksiyonların çalışmasına izin verir ve daha güçlü haberleşme sağlayabilmek için boş spektrumların kullanılmasını ve saptanmasını sağlar. BR' ler çalıştıkları ortamı sezebilirler ve davranışlarını ortama göre adapte edebilirler. Bir kez, BR içinde yazılım cihazlarının gömülü olduğu bir makine vardır ve protokoller onun için yüklenir. Böylece radyo akıllı olabilir ve bulunduğu ortamı inceleyebilir. Örneğin, bir BR kullanıcılarının aktivitelerini tespit ederek, onların ilgi gösterdiği servisleri öğrenebilir. Radyo bu servisleri nasıl bulacağını ve kullanıcıların bunlara ilgi gösterme olasılıklarını bilir. Örnek olarak, BR, kullanıcılarının TV bandındaki bilgilerine bakarak, spektrumda kullanılmayan yada boş olan kanalları fark edebilir. BR kablosuz bir LAN' daki ve telefon ağındaki meşgul olmayan alanları saptayabilir.

Birincil Kullanıcı (Lisanslı Kullanıcı): Bir lisansı kullanmak için önceliğe sahip olan radyo cihazıdır. Birincil radyo kullanıcısı (BK) lisansı kullanmak için para ödediğinden veya o lisans bu tip Kullanıcılara ayrıldığından, ikincil kullanıcılar birincil radyoya ait bir frekans bandını kullanırken eğer birincil radyo gönderime başlamışsa mümkün olan en kısa zamanda o bantta yayını kesmelidir. Birincil kullanıcılar, ikincil yani lisanssız kullanıcılardan haberdar değildir. Bu nedenle, BR sistemleri birincil radyo sistemlerine zarar vermeden ve onların yapılarını değiştirmeden kullanılmalıdır. WRAN sisteminde birincil kullanıcı sinyalleri DTV ve kablosuz mikrofon sinyalleridir.

İkincil Kullanıcı (Lisanssız Kullanıcı): Bir frekans bandını ancak boş olduğunda kullanabilecek olan, birincil

kullanıcılara göre daha az önceliğe sahip kullanıcı tipidir.

Spektrumu dinleyerek bir frekansın birincil kullanıcı tarafından kullanılmadığını fark eden bu tip kullanıcı, birincil kullanıcıyı fark ettiği anda kullanılan bu spektrum bandını terk etmelidir. Ancak birincil kullanıcının doğru bir şekilde fark edilmesi ve en kısa zamanda ortamın birincil kullanıcıya bırakılması oldukça zor bir problemdir. Birincil kullanıcının hiç bir şekilde zarar görmeden iletimini gerçekleştirmesi bu teknolojinin uygulanması için ilk şarttır. O nedenle kanal en kısa sürede boşaltılmalıdır. IEEE 802.22 standardında "kanal bırakma süresi" olarak adlandırılan bu süreye 2 saniyeden az olmalıdır şeklinde bir sınır verilmiştir. [4]

3. WRAN Sistemi

DSL, Kablo Net gibi sabit geniş bantlı veri akışını kırsal alan ve uzakdaki bilgisayarlara kablosuz olarak aktarma 802.22 WRAN' ın başlıca hedefidir. TV kanalları radyo spektrumu incelendiğinde bu frekanslarda yayın yapmanın kolaylığı kapsama alanı gibi etkileri sonucu birçok kablosuz internet sağlayıcı için geniş alanı kapsayan bu teknoloji büyük bir avantaj sağlamaktadır. TV yayınının da kablolu TV veya uydu sistemleri üzerine kaydığı düşünüldüğünde boş kalan bu spektrumun kullanımı avantajlı hale gelmektedir.

802.22 sayesinde küçük ofis veya ev ofisleri, apartmanlar halka açık veya özel yerleşkeler müstakil evleri kapsayacak ve onlara veri, ses ve hatta müzik ve video yayınına uygun bir servis kalitesi ile sunacak şekilde düşünülmektedir.

Diğer IEEE 802 standartları incelendiğinde baz istasyonu kapsama alanı en geniş olan WRAN'dır. Güç sınırlandırılması getirilmediği takdirde baz istasyonu kapsama alanı 100 km yi bulmaktadır. (4 Watt da CPE EIRP anten ile 33 km'ye kadar ulaşabilmektedir.). WRAN, TV kanallarının sağladığı yüksek güç kullanımı ve uygun yayılma karakteristikleri sayesinde günümüz kablosuz ağları içerisinde en geniş kapsama alanına sahip olanıdır.

802.22 sistemi spektrum verimliliği 0.5 bit/(sec/Hz) ile 5 bit/(sec/Hz) arasında olması beklenmektedir. Spektrum verimliliğinin yaklaşık 3 bit/(sec/Hz) olduğu düşünüldüğünde Hava ara yüzünün 6 MHz lik bir TV kanalı üzerinden 18 Mbps hızında olduğu görülür. DSL servislerine de uygunluk sağlamak amacıyla aşağı bağlantıda Kullanıcı terminalleri için (download) 1.5 Mbps ve yukarı bağlantı da Kullanıcı terminalleri için (upload) 384 Kbps hızı sağlamaktadır. Bu değerler standarttı oluşturan Amerika için geçerlidir ve 2 Mbps ve 512 Kbps olarak ayarlanıp 1 TV bandı için en az 3 kullanıcıya hizmet verecek şekilde hizmet sağlanabilir.[4]

4. WRAN ve BR

BR ağı için spektrum boşluklarını algılamak önemli bir gereksinimdir. BR radyo ortamındaki değişikliklerden haberdar olacak şekilde tasarlanır. Spektrum algılama fonksiyonu BR'nin spektrum boşluklarını tespit ederek çevresine adapte olmasını sağlar. Spektrum boşluklarını tespit etmenin en verimli yolu birincil kullanıcıları tespit etmektir. Gerçekte BR için birincil alıcı ve verici arasındaki kanalın direkt ölçümüne sahip olması zordur. Bu yüzden son zamanlardaki çalışmalar BR kullanıcılarının yerel gözlemlerine dayalı birincil verici tespiti üzerine odaklanmıştır. Genel olarak spektrum algılama

teknikleri verici tespiti, işbirliğine dayanan tespit ve enterferansa dayalı tespit olarak sınıflandırılabilir.[5]

5. WRAN Verici Tespiti

BR'nin esas fonksiyonu spektrum algılamadır, bu fonksiyon spektrum ortamını keşfetmek ve boş frekans bantlarını bulmak için gereklidir. Burada tanımlanan frekans bandı 6 MHz'lik bant genişliğine sahip TV sinyalleri bandıdır. WRAN sisteminin çalışma bandında başka bir çeşit birincil kullanıcı da vardır. Bu kullanıcı 200 KHz bant genişliğine sahip kablosuz mikrofon kullanıcısıdır.

Sistemin algılaması için kullanılacak yöntem dönüşsel otokorrelasyon(CA) fonksiyonudur.[6]

Dönemli-durağan sinyal işleme teorisinde, sinyal ışınlı ölçümdeki gibi sabit rastgele işlem yerine dönemli-durağan rastgele durağan bir sinyalse ise onun ortalaması ve otokorrelasyonu periyodik olmalıdır:

$$m_x(t+T) = m_x(t) \quad (1)$$

$$R_x\left(t+T+\frac{\tau}{2}, t+T-\frac{\tau}{2}\right) = R_x\left(t+\frac{\tau}{2}, t-\frac{\tau}{2}\right) \quad (2)$$

$$R_x\left(t+\frac{\tau}{2}, t-\frac{\tau}{2}\right) = E\left\{x\left(t+\frac{\tau}{2}\right)x^*\left(t-\frac{\tau}{2}\right)\right\} \quad (3)$$

$$R_x\left(t+\frac{\tau}{2}, t-\frac{\tau}{2}\right), t \text{ ve } \tau, \text{değişkenlerine sahip bir}$$

fonksiyondur ve her τ değeri için t periyodunda periyodiktir.

$\{R_x^\alpha\}$ fourier katsayılarıdır.

$$R_x\left(t+\frac{\tau}{2}, t-\frac{\tau}{2}\right) = \sum_{\alpha} R_x^\alpha(\tau) E^{j2\pi\alpha} dt \quad (4)$$

$\{R_x^\alpha\}$ Dönüşsel otokorrelasyon(CA) fonksiyonudur ve α dönüşsel frekans parametresidir. $\alpha=0$ için CA geleneksel otokorrelasyon fonksiyonudur. Geleneksel güç spektral yoğunluk fonksiyonu, otokorrelasyon fonksiyonunun fourier dönüşümüdür. CA fonksiyonunun fourier dönüşümü ise dönüşsel spektral yoğunluk fonksiyonudur.

$$R_x^\alpha(\tau) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} R_x\left(t+\frac{\tau}{2}, t-\frac{\tau}{2}\right) e^{-j2\pi\alpha} dt \quad (5)$$

$R_x^\alpha(\tau)$ Dönüşsel otokorrelasyondur.

Fourier transform dönüşümüyle dönüşsel spektral yoğunluk fonksiyonu denklem (6) elde edilir.

$$S_x^\alpha(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_x^\alpha(\tau) e^{-j2\pi f\tau} d\tau \quad (6)$$

Konvolasyon dönüşümüyle denklem (7) elde edilir.

$$R_x^\alpha(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s\left(t+\frac{\tau}{2}\right)s\left(t-\frac{\tau}{2}\right) e^{-j2\pi f\tau} dt$$

$$= [S(\alpha) e^{-j2\pi f\frac{\tau}{2}}] * [S(\alpha) e^{j2\pi f\frac{\tau}{2}}] \quad (7)$$

(6) ve (7) . denklemleri kullanarak denklem (8) elde edilir.

$$S_x^\alpha(f) = \int_{-\infty}^{\infty} [S(\alpha) e^{-j2\pi f\frac{\tau}{2}}] * [S(\alpha) e^{j2\pi f\frac{\tau}{2}}] e^{-j2\pi f\tau} d\tau \quad (8)$$

Uygulayacağımız sinyali (9) daki gibi bir sinyal kabul edersek;

$$s(t) = \cos(2\pi ft) \quad (9)$$

Fourier dönüşümleriyle denklem (10) elde edilir.

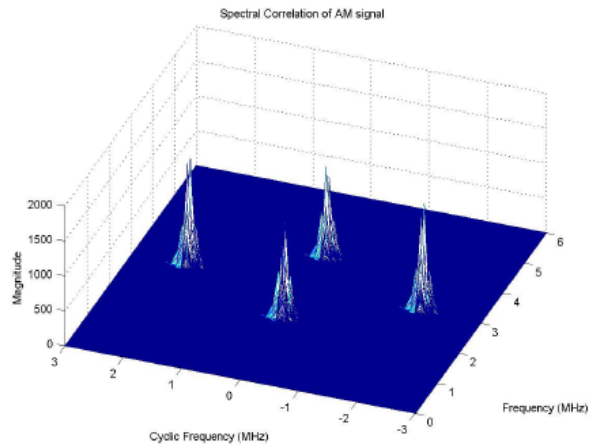
$$s(f) = (1/2)[\delta(f+f_c) + \delta(f-f_c)] \quad (10)$$

Bu sinyale dönüşsel spektral yoğunluk fonksiyonu uyguladığımızda denklem (11) elde edilir.

$$\frac{1}{4}[\delta(f+f_c) + \delta(f-f_c)] \quad \alpha=0$$

$$S_x^\alpha(f) = \begin{cases} \frac{1}{4}\delta(f) & \alpha=\pm 2f_0 \\ 0 & \text{diğer} \end{cases} \quad (11)$$

WRAN sisteminde BR için bu spektral korelasyon yöntemini uygularsak şu şekilde bir sonuç alırız:



Şekil 2: spektral korrelasyon.

6. Sonuçlar

Bu makalede, yeni nesil akıllı radyolar hakkında genel bilgiler sunulmuş ve WRAN sistemiyle bütünleştirilmesi incelenmiştir. TV bandları üzerinde çalışan bu yeni standart ile bilişsel radyo kullanılarak radyo spektrumu seziliyor ve kullanılan bölgeler tespit edilip kullanılacak frekanslar listesinden çıkarılıyor. Böylece radyo kaynakları yani spektrum, lisanslı servislere etki etmeyecek şekilde paylaştırılmış oluyor. Radyo işletim karakteristiği gerçek zamanlı olarak BR sayesinde esnek kullanım kolaylığı, verimli ve güvenli spektrum kullanımı sağlayacaktır.

7. Kaynaklar

- [1] Carlos Cordeiro, Kiran Challapali, and Dagnachew Birru “IEEE 802.22: An Introduction to the First Wireless Standard based on Cognitive Radios”.
- [2] IEEE1900.1, The Working group on terminology and concepts for next generation radio systems and spectrum management, <http://grouper.ieee.org/groups/emc/emc/1900/1/index.htm>
- [3] J. Mitola and G. Q. Maguire, “Cognitive Radio: Making software radios more personal,” *IEEE Personal Communications*, vol. 6, no. 4, pp. 13-18, August 1999.
- [4] IEEE 802.22, The Working Group on Wireless Regional Area Networks(WRANs), www.ieee802.org/22/.
- [5] Ian F. Akyildiz, Won-Yeol Lee, Mehmet C. Vuran , Shantidev Mohanty, “Next generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey”, 2 May 2006.
- [6] Ma WenJie. Yang ShiMing. Ren Wu. Xue ZhengHui. Li WeiMing, “Spectral Correlation Function in Low SNR Environment”