

Jedan metod za reakciju IEEE 802.22 WRAN DFHC zajednice na pojavu primarnog korisnika na korišćenom kanalu

Goran Đukanović, Milan Šunjevarić

Sadržaj — U ovom radu razmotrene su mogućnosti DFHC zajednica u IEEE 802.22 WRAN standardu. Pravilnom koordinacijom među ćelijama moguće je ostvariti da N ćelija istovremeno kontinualno vrši prenos na N+1 kanala. Distribuciju šeme skakanja proračunava i daje vođa DFHC zajednice. Pri pojavi primarnog korisnika kanal mora biti napušten i mora se preći na rezervni kanal. U ovom radu dat je prijedlog automatskog prelaska svih ćelija na rezervni kanal, na koji način se postiže da N ćelija istovremeno kontinualno vrše prenos po N+2 kanala.

Gljučne reči — Cognitive radio, DFH, DFHC, IEEE 802.22, SDR, WRAN.

I. UVOD

OVAJ vijek obilježen je izuzetnim porastom upotrebe mobilnih, pomjerljivih i statičnih bežičnih uređaja za ličnu i kućnu upotrebu. Korisnici žele da su konstantno i neprekidno umreženi i povezani, bez obzira gdje se nalaze. Pri tome koriste različite uređaje, počevši od mobilnih telefona, preko 3G uređaja, WLAN uređaja, PDA, GPS uređaja, bežičnog pristupa od kuće iz ruralnih područja itd.

Regulatorne agencije bore se sa potrebom da obezbijede dovoljno frekvencijskog opsega i za današnje i za buduće bežične mreže i usluge. Nove tehnologije stalno pristizu, nove primjene, u civilnom i profesionalnom okruženju, sve su zahtjevnije. Međutim raspoloživi frekvencijski spektar je ograničen prirodni resurs. Većina RF spektra je već prilično gusto raspodijeljena od strane regulatora. Zbog toga je malo vjerovatno da će zahtjevi za propusnim opsegom budućih tehnologija koje tek dolaze biti zadovoljeni ako se nastavi sa statičkim dodjeljivanjem opsega.

Ovakvo stanje nije rezultat iskorištenosti ranije dodijeljenih opsega, nego je prije rezultat nedostatka statičkog i nefleksibilnog raspodjeljivanja spektra među tehnologijama, kakav je do sada bio slučaj.

Da bi se obezbijedilo dovoljno opsega, potrebno je da regulatorne agencije kritički promijene način razmišljanja. Današnji licencirani opsezi su nepotpuno iskorišteni i u

frekvencijskom i u vremenskom domenu. Ponovna upotreba istog opsega na osnovu prostorne razdvojenosti je dobra tehnika ali ne zadovoljava potražnju nadolazećih tehnologija, koje osim što zahtijevaju opseg, imaju potrebu i za sve većim brzinama prenosa (tako da je zahtijevani opseg sve veći, posebno ako je riječ o prenosu video signala ili multimedijalnih informacija). ISM (Industrial, Scientific, Medical) slobodni opsezi otvoreni su i slobodni za korišćenje svima, ali upravo zbog toga postaju prezasićeni i nedovoljni za nove servise.

Značajan dobitak u iskorištavanju spektra moguće je ostvariti primjenom DSA (Dynamic Spectrum Access) tehnike gdje nelicencirani korisnici privremeno koriste licencirane frekvencijske opsege primarnih korisnika, poštujući njihovo pravo prvenstva. Pri tome je neophodno voditi računa da se interferencija koju nelicencirani korisnici svojim prenosom generišu licenciranim korisnicima održava na nuli ili na minimumu. Ovakav pristup naziva se dinamički pristup spektru i predstavlja novu šansu mnogih novih budućih mreža.

Većina istraživanja za iskorištavanje postojećeg spektra do sada bila je fokusirana na prostorni domen. Ako se, dakle, može pouzdano detektovati nepostojanje primarnog korisnika u određenoj regiji, i ako se prenos ograniči na ovu regiju, prostorna razdvojenost može garantovati malu interferenciju. Problemu se može pristupiti i korišćenjem OFDM ili interleaving prenosom u vremenskom domenu. Ortogonalnost u vremenskom domenu se može postići prenosom u toku neiskorišćenih vremenskih intervala kada primarni korisnik ne vrši prenos paketa.

DSA mreže omogućavaju kognitivni radio. Kognitivni radio, sa druge strane, baziran je na softverskom radiju (SDR - Software Defined Radio). Ideju softverski definisanog radija stvorio je Joseph Mitola u ranim devedesetim godinama prošlog vijeka [1]. SDR je danas postao nadolazeća tehnologija od koje se očekuje da će donijeti korist operatorima, korisnicima i proizvođačima. SDR može podržati primjene kao što su na primjer Bluetooth, WLAN, GPS, radarska tehnika, WCDMA i GPRS. U SDR je smanjena zavisnost režima rada uređaja od hardvera tako da je sistem veoma fleksibilan i lako se može usavršavati. SDR će da olakša softversku primjenu osnovnih modula u radio sistemu (kao što su modulacija i demodulacija, zatim generisanje signala, kodovanje). Cilj softverskog radija je dovesti softver što bliže anteni.

Mitola u svojoj disertaciji (2000. god.) ide korak dalje i

mr Goran Đukanović, dipl.inž.el, Telekomunikacije RS ad., m:tel, 78000 Banja Luka (telefon: 387-51-302265; faks: 387-51-300577; e-mail: goran.djukanovic@mtel.ba).

Dr Milan Šunjevarić, IMTEL Komunikacije ad, Bulevar M. Pupina 165b, 11070 Novi Beograd, Srbija; (e-mail: micosun@ptt.yu).

koncept softverski definisanog radija pomjera uvodeći pojam kognitivni radio (CR) [2]. CR u osnovi predstavlja SDR sa vještačkom inteligencijom, sposobne da osjete i reaguju na okolinu. Kognitivni radio u odnosu na softverski radio i tradicionalni radio predstavlja kontrast. On ima bazu znanja koju postepeno sam usavršava, sposoban je da reaguje na okruženje, da uči i da primjenjuje sakupljeno iskustvo.

II. SOFTVERSKI RADIO

Pri projektovanju SDR obično se koristi generička hardverska platforma sa programabilnim jedinicama (mikroprocesori, procesori digitalnog signala, FPGA) i analogni RF moduli. Radio aplikacije u SDR rade modulaciju/demodulaciju i protokolni sloj veze, te omogućavaju usluge protokalnog sloja veze višim protokolnim slojevima (WAP, TCP/IP). SDR omogućava i neke napredne tehnike, kao što je dinamička rekonfiguracija korisničkog uređaja. Univerzalni komunikacioni uređaj se sam rekonfiguriše prikladno okruženju, zavisno od trenutne potrebe. Tako uređaj u jednom momentu može biti GPS prijemnik, a odmah zatim fiksni bežični telefon, ili mobilni uređaj ili uređaj za bežični Internet i tako dalje. Pametni radio ili kognitivni radio može posmatrati iskorištenost spektra u neposrednoj okolini i sam sebe konfigurirati za najbolje performanse.

Statičko alociranje spektra je na izmaku. Dok su se ranije licence davale na veća rastojanja, mogla se kontrolisati situacija. Danas u eri ličnih personalnih uređaja, nije moguće licencirati svaku kuću i tako smanjivati interferenciju. Potrebna je dinamička i automatska alokacija spektra. Takav način upravljanja radio pristupom omogućava bolju podjelu spektra.

U takvoj situaciji možemo definisati barem dvije klase korisnika: primarni korisnici i sekundarni korisnici. Primarni korisnici su oni korisnici koji već posjeduju licencu za određeni opseg frekvencija i imaju pun pristup opsegu kad god im je potreban. Sekundarni korisnici nemaju licencu ali mogu da koriste opseg u intervalima u kojim ne ometaju primarne korisnike.

III. IEEE 802.22 WRAN STANDARD

Trenutno se ulaže veliki trud na aktivnosti standardizacije IEEE 802.22 WRAN (Wireless Regional Area Network) standarda, baziranog na kognitivnom radiju. Očekuje se da IEEE 802.22 postane prvi svjetski standard za primjenu kognitivnog radija.

IEEE 802.22 WRAN prati FCC NPRM (Federal Communications Commission Notice of Proposed Rulemaking) iz 2004. godine [3] i namijenjen je za funkcionisanje bez licence ali tako da ne uzrokuje interferenciju u opsezima namijenjenim za DTV (digitalna televizija) emitovanje (47-910MHz). IEEE 802.22 ima ciljanu bazu korisnika. Namijenjen je da obezbijedi alternativni širokopojasni bežični Internet pristup u ruralnim oblastima iskorištavajući kanale dodijeljene za licencirano TV emitovanje, ali tako da ne uzrokuje interferenciju.

Kanal koji se osluškuje ne može da se koristi za istovremeni prenos. Ovo je zbog toga što prenos na kanalu uzrokuje interferenciju koja bi remetila osluškivanje. Zbog toga WRAN ćelija koja vrši prenos bez frekvencijskog skakanja, mora periodično da prekida prenos (svake 2 sekunde) da bi izvršila osluškivanje kanala. Ako se osluškivanjem ustanovi da nema primarnog korisnika na kanalu, prenos se nastavlja. Ovaj način zove se prenos u režimu bez frekvencijskog skakanja ili osnovni režim. Nedostatak ovakvog načina rada je taj što povremeni prekidi prenosa smanjuju QoS korisnika. Neke aplikacije ne trpe prekide (kao što je VoIP prenos govora i druge aplikacije osjetljive na kašnjenje). Zbog toga je zahtjev WRAN 802.22 da kašnjenje ne bude veće od 20ms. Međutim istraživanja pokazuju da vrijeme potrebno za osluškivanje iznosi nekoliko desetaka milisekundi [4], što može biti štetno za prenos govora, te smanjuje propusnu moć sistema.

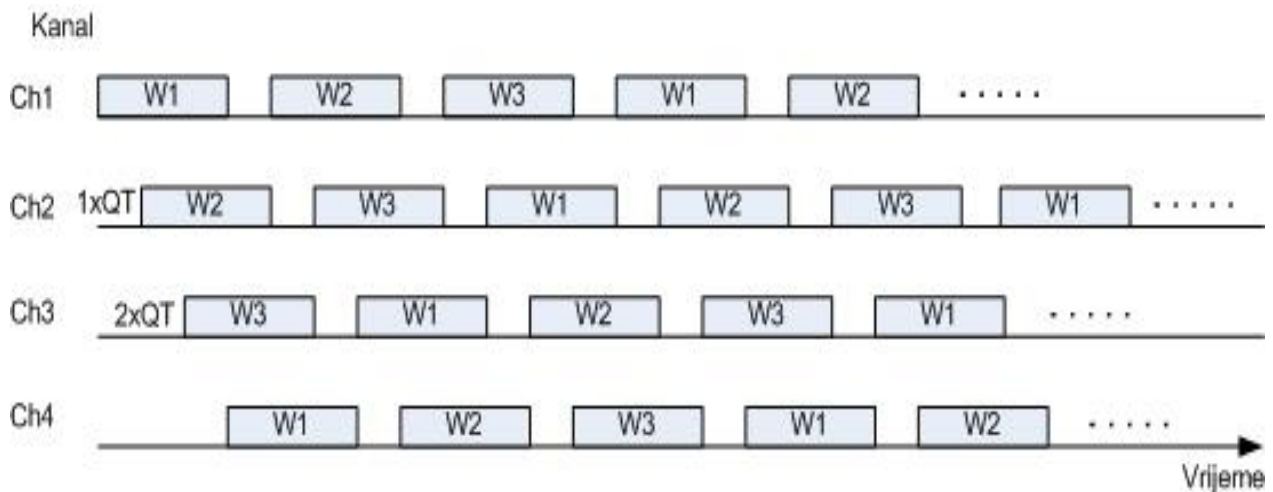
U 802.22 WRAN predložen je DFH (Dynamic Frequency Hopping) metod dinamičkog frekvencijskog skakanja. U DFH režimu WRAN ćelija koristi frekvencijsko skakanje po skupu kanala. Tokom prenosa na jednom kanalu, ćelija vrši istovremeno osluškivanje drugog kanala, tako da je slijedeći slobodan kanal poznat prije završetka prenosa na kanalu za prenos. Na taj način može se izvršiti promjena kanala bez čekanja na osluškivanje po završetku prenosa. Promjena kanala vrši se svake 2 sekunde, bez obzira da li je kanal na kojem se vršio prenos ometan ili ne u sljedećem intervalu. Time su izbjegnuti prekidi zbog osluškivanja kanala, a prenos podataka se vrši kontinualno.

U realnosti, na jednoj regiji biće prisutno više WRAN ćelija. Ćelije čije se oblasti pokrivanja djelimično preklapaju udaljene su jedan korak (ili jedan hop). Nasumično i nekoordinisano skakanje po kanalima u ovakvom okruženju je nepraktično, jer ćelije mogu jedna drugoj uzrokovati interferenciju (može se desiti istovremeno korišćenje istog kanala od strane dvije različite ćelije).

Da bi se ovaj problem prevazišao, za izbjegavanje kolizije predložen je metod DFH zajednica (DFH Communities - DFHC) [5]. Osnovna ideja u DFHC je da susjedne WRAN ćelije djeluju koordinisano tako da se šeme skakanja raspodijele na takav način da ni jedna susjedna ćelija ne koristi isti kanal u istom momentu. Jednostavnim razmatranjem vidi se (u slučaju da se ne obrazuje DFHC zajednica) da su svakoj ćeliji potrebna 2 kanala u jednom momentu (jedan kanal za prenos i jedan kanal za osluškivanje). Zbog toga je za N ćelija u okruženju potrebno 2N kanala u jednom momentu.

U novom prijedlogu koji smo analizirali [6] pokazano je da je broj kanala moguće svesti sa 2N na N+1 uz dobru i smislenu koordinaciju šema skakanja susjednih WRAN ćelija. Susjedne ćelije čije se oblasti pokrivanja dijelom preklapaju obrazuju DFHC zajednice.

DFHC zajednice imaju vođu zajednice koji proračunava i distribuira šemu skakanja svim WRAN ćelijama. Prethodno WRAN ćelije vođi zajednice dostavljaju rezultate osluškivanja i podatke o slobodnim kanalima. Na



Sl. 1. Izgled šeme skakanja

takav način vođa zajednice raspolaže podacima tako da može da proračuna najprihvatljiviju šemu skakanja, u kojoj je zastupljena vremenska i prostorna koordinacija kanala, tako da se međusobno ometanje WRAN ćelija svede na minimum.

Na Sl. 1. je prikazana koordinisana šema skakanja 3 korisnika na 4 kanala. WRAN korisnici na Sl. 1. označeni su sa W1, W2, W3. Kanali (unaprijed distribuirani od strane vođe zajednice) su označeni kao Ch1, Ch2, Ch3, Ch4. Na datom primjeru prvo započinje prenos W1 na Ch1, a nakon QT (QT – Quiet Time) i prenos W2 na Ch2. Za vrijeme QT vrši se osluškivanje kanala. Nakon još jednog QT počinje prenos W3 na Ch3. Nakon što se završi prenos W1 na Ch1, W1 prenos se nastavlja na Ch4. Zatim W2 sa Ch2 prelazi na Ch1 i tako dalje.

Uslov za koordinisano skakanje jeste da trajanje jednog prenosa bude jednako ili veće od $N \times QT$, gdje je N - broj WRAN ćelija u zajednici. U primjeru na Sl. 1. trajanje jednog prenosa mora biti barem $3 \times QT$. S obzirom da je u IEEE 802.22 predviđeno da prenos traje oko 2 sekunde, a jedan QT iznosi nekoliko desetina milisekundi na kanalu širine 6MHz, ovaj uslov je zadovoljen.

Svaka distribuirana šema skakanja koju distribuirava vođa zajednice ima svoj rok trajanja. Nakon isteka roka trajanja vođa zajednice distribuirava novu šemu skakanja članovima zajednice. Da bi se obrazovala DFHC zajednica od više članova, potrebni su određeni uslovi. Oni podrazumijevaju da se područja pokrivanja nekoliko ćelija (članova) djelimično preklapaju. Tada WRAN ćelije mogu da komuniciraju putem apstraktnog (jer su kanali u DFH vremenski promjenljivi) CMC (Communication Management Channel) upravljačkog kanala predloženog u [6]. Preko CMC kanala prenosi se CBP (Coexistence Beacon Protocol) protokol predložen u IEEE 802.22 WRAN draft-u, a namijenjen za upravljačku komunikaciju među ćelijama. U [6] su obrađeni svi metodi koji se koriste u slučaju da nema pojave primarnog korisnika na korišćenju grupi kanala u toku validnosti distribuirane šeme skakanja. Za slučaj pojave primarnog korisnika na kanalu u jednoj WRAN ćeliji preporučuje se da član zajednice (WRAN ćelija) obavijesti vođu grupe putem MBRA (Membership Request Message) poruke, te da

koristi rezervni kanal dok vođa ne izračuna i distribuirava novu šemu skakanja.

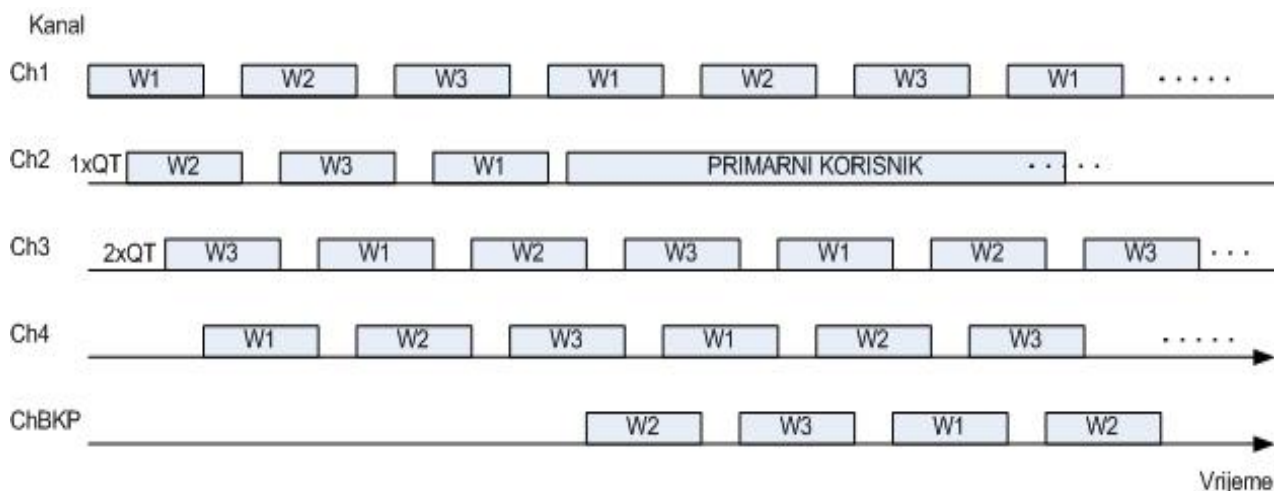
Međutim, pojava primarnog korisnika može se desiti u više WRAN ćelija na istom kanalu, tako da dvije ili više ćelija ne mogu koristiti kanal dok primarni korisnik vrši prenos. Takođe je moguće da jedna WRAN ćelija ima više članova koji koriste kanal na kome se pojavio primarni korisnik. Tada nije dovoljan samo jedan rezervni kanal.

IV. PRIJEDLOG MODELA SKAKANJA PRI POJAVI PRIMARNOG KORISNIKA

Ovdje predlažemo metod korišćenja rezervnog kanala na takav način da on obezbjeđuje N+2 kanala kao dovoljni minimum kanala u slučaju primarnog korisnika koji ometa više od jednog člana zajednice. Na taj način, primjenom klizne promjene šeme skakanja, jedan rezervni kanal je dovoljan za izbjegavanje ometanja primarnog korisnika od strane svih sekundarnih korisnika bez gubitka kvaliteta usluge.

Šema rješenja ovakvog pristupa je prikazana na Sl. 2. Ovdje se koristi zamjena kanala u šemi skakanja. Vođa zajednice distribuirava N+2 kanala, od čega se N+1 kanala koristi za frekvencijsko skakanje članova zajednice po zadatom rasporedu, a jedan kanal služi kao rezervni kanal u slučaju pojave primarnog korisnika. Rezervni kanal namijenjen je za sve članove zajednice kao zamjena za zauzeti kanal i samo u slučaju pojave primarnog korisnika.

U slučaju pojave primarnog korisnika svi članovi zajednice umjesto kanala X (na kom je detektovan primarni korisnik) prelaze na ovaj ranije distribuirani i dogovoreni rezervni kanal koji je distribuirao vođa grupe (N+1+1), a koji smo nazvali ChBKP kanal. Na taj način svi članovi sekvencijalno prestaju da koriste zauzet kanal i slijedeći skok u šemi skakanja vrše na rezervni kanal. Član koji osjeti prisustvo primarnog korisnika određenom kanalu vrši prelazak na rezervni kanal. On odmah o tome obavještava vođu zajednice putem MBRA poruke. Vođa zajednice obavještava ostale članove putem ranije dogovorenog alarma da prestanu sa korišćenjem kanala X i da pređu na ranije distribuiran rezervni kanal. Sličan metod sekvencijalnog komutiranja (za slučaj pojave novog



Sl. 2. Prijedlog rješenja korišćenja rezervnog kanala

sekundarnog korisnika i potrebe za otvaranjem novog kanala) predložen je u [6] gdje vođa zajednice svakog člana posebno pomjera u vremenu za QT na jednom kanalu dok se ne napravi mjesto za novog korisnika i otvori za upotrebu novi kanal. Ovaj metod koristi se pri pojavi novog člana zajednice. Ovdje koristimo metod kojim vođa zajednice upravlja sekvencijalnim komutiranjem korisnika.

Pri pojavi primarnog korisnika na kanalu, sve članove zajednice vođa zajednice može da obavijesti da sekvencijalno pređu na ranije distribuiran rezervni kanal. Ovaj rezervni kanal svaki član zajednice dalje koristi umjesto kanala X sve dok je validna ranije distribuirana šema skakanja od strane vođe zajednice i dok ne stigne nova šema skakanja.

Na ovaj način postiže se da članovi zajednice ne treba da čekaju da rok trajanja ranije distribuirane šeme istekne da bi koristili novu šemu skakanja. Primarni korisnik tako ostvaruje prioritet na kanalu, a članovi zajednice dinamički koriste rezervni kanal na isti način kao što su koristili onaj na kojem se pojavio primarni korisnik. Tako sekundarni korisnici, odnosno članovi zajednice ne narušavaju svoj QoS, jer nemaju prekida u prenosu.

V. ZAKLJUČAK

Dinamički pristup spektru i kognitivni radio omogućavaju da se poveća iskorištenost opsega, te da se na taj način izbjegne nedostatak opsega za nove usluge u telekomunikacijama. Kognitivni radio danas već ima određene primjene, kao što je na primjer primjena AFH (Adaptive Frequency Hopping) tehnike u Bluetooth tehnologiji.

Bluetooth uređaj može da detektuje prisustvo 802.11 WLAN korisnika i da izbjegne taj dio opsega za prenos. WLAN 802.11a sistem (5GHz) koristi DFS (Dynamic Frequency Selection) tehniku da izbjegne radarski prenos.

U ovom radu pažnja je posvećena IEEE 802.22 WRAN

standardu, a posebno načinima za obrazovanje DFHC zajednica u IEEE 802.22 WRAN mrežama.

DFHC zajednice pretpostavljaju oportunistički pristup spektru za izbjegavanje interferencije. Shodno takvoj strategiji, dat je prijedlog kliznog pomjeranja šeme skakanja u slučaju pojave primarnog korisnika na nekom kanalu. Na taj način $N+2$ kanala ($N+1$ kanal za skakanje + 1 ranije definisan rezervni kanal) su dovoljna za uspješno izbjegavanje ometanja primarnog korisnika.

LITERATURA

- [1] Mitola, J.: "The software radio architecture," IEEE Communications Magazine, 1995.
- [2] Mitola, J.: "Cognitive radio: An integrated agent architecture for software defined radio," Ph.D. Dissertation, KTH, Stockholm, Sweden, Dec. 2000.
- [3] FCC, ET docket no. 04-113, "Notice of Proposed Rulemaking", Maj 2004.
- [4] G. Chouinard, D. Cabric, M. Gosh, "Sensing Thresholds r8", Tech. Proposal submitted to the IEEE 802.22 WG.
- [5] L. Chu et al., "22-06-0113-01-0000 Dynamic Frequency Hopping Community", Tech. proposal submitted to IEEE 802.22 WG.
- [6] W. Hu, D. Willkomm, G. Vlantis, M. Gerla, A. Wolisz, "Dynamic Frequency Hopping Communities for Efficient IEEE 802.22 Operation", IEEE Communications Magazine, May 2007.
- [7] D. M. Savić, B. Pavlović, M. M. Šunjevarić, "Arhitektura softverski definisanog radija", Vojnotehnički glasnik, Vol. XLVIII, br. 1, 2000, str. 48-54.

ABSTRACT

In this paper method for reaction of IEEE 802.22 WRAN community to detected incumbent user on the channel has been proposed. If incumbent user is detected, all cells move to backup channel, in such a way that $N+2$ channels is enough for seamless transmission of each WRAN cell.

METHOD FOR REACTION OF IEEE 802.22 WRAN DFHC COMMUNITIE TO DETECTED INCUMBENT USER ON THE CHANNEL

Goran Đukanović, Milan Šunjevarić