

STRATEGIJE DODELE KANALA U VIŠEKANALNIM BEŽIČNIM MESH MREŽAMA

Nataša Nešković¹, Marija Malnar², Nenad Jevtić²

¹Elektrotehnički fakultet u Beogradu

²Saobraćajni fakultet u Beogradu

Sadržaj: *Bežične mesh mreže WMN (Wireless Mesh Networks) imaju sve širu primenu u javnim mrežama, mrežama za bezbednost isl. Zahtevi korisnika za brzim prenosom podataka i velikim protocima svakim danom su sve veći. Mreže koje rade sa jednim radio interfejsom i jednim radio kanalom ne mogu da zadovolje te zahteve. Iz tih razloga razvijaju se mreže sa više radio interfejsa i više radio kanala. Broj raspoloživih radio kanala u mreži često je veći od broja interfejsa u svakom čvoru. Kako bi višekanalne WMN zadržale povezanost i zadovoljile potrebe korisnika došlo je do razvoja strategija dodele kanala kod višekanalnih WMN. U ovom radu dat je pregled strategija dodele kanala u bežičnim mesh mrežama i njihova klasifikacija. Tri osnovne kategorije strategije dodele kanala opisane u ovom radu su: statična, dinamična i hibridna dodela kanala u WMN.*

Ključne reči: *Bežične mesh mreže, radio kanal, radio interfejs, strategije dodele kanala.*

1. Uvod

IEEE 802.1 [1] predstavlja veoma korišćenu tehnologiju za WLAN (*wireless local area networks*) mreže. IEEE 802.11 tehnologija nudi više nepreklapajućih kanala koji su frekvencijski razdvojeni. Na primer, IEEE 802.11b standard nudi 3 nepreklapajuća kanala, dok IEEE 802.11a nudi 12 nepreklapajuća kanala. Dodeljivanjem različitih radio kanala različitim čvorovima mreže minimizira se interferencija između čvorova. Ipak, konfiguracije za tipične bežične mreže koje imaju više skokova zahtevaju da jedan zajednički kanal koriste svi čvorovi u mreži da bi se obezbedila mrežna povezanost. U WMN mrežama IEEE 802.11 hardver često se koristi zbog svoje pristupačne cene. Na taj način smanjuje se cena hardvera u mreži, pa kod većine mreža čvorovi mogu biti opremljeni sa više 802.11 interfejsa. Ipak, još uvek je skupo da se za svaki kanal koji se koristi u mreži obezbedi po jedan interfejs na svakom čvoru (za IEEE 802.11a bi za 12 nepreklapajućih kanala bilo potrebno 12 interfejsa na svakom čvoru). Iz tog razloga mnogi IEEE 802.11 interfejsi prebacuju se sa jednog na drugi kanal, čime se omogućava interfejsima da pristupaju različitim kanalima. Ovaj problem je posebno

čiji interfejsi rade na drugim kanalima ne mogu da komuniciraju sa njima. Zato se pomoću statične dodele kanala mrežna topologija unapred kontroliše, čime se određuje koji čvor će komunicirati sa kojim čvorom u mreži [2].

Strategije statične dodele kanala mogu se podeliti u dve kategorije [2]: dodela kanala sa zajedničkim kanalom – CCA (*Common Channel Assignment*) i dodela kanala sa promenljivim kanalom – VCA (*Varying Channel Assignment*).

Dodela kanala sa zajedničkim kanalom – CCA [3] predstavlja najjednostavniju strategiju dodele kanala. Svim interfejsima bilo kog čvora dodeljen je isti skup kanala. Na primer, ako dva čvora žele da komuniciraju, njihovim interfejsima se dodeljuju isti kanali. Dobra osobina ovakvog pristupa je to što je mreža potpuno povezana, kao i kod mreža koje rade na jednom kanalu. Može se reći da je scenario sa jednim kanalom i jednim interfejsom specijalan slučaj statične dodele kanala sa zajedničkim kanalom. Međutim, ovakav pristup daje malo poboljšanje kod mreža kod kojih je broj nepreklapajućih kanala mnogo veći nego broj interfejsa koji se nalaze na svakom čvoru. Zbog toga, iako je ovakav pristup predstavljen kao jednostavna strategija dodele kanala, ona ne uračunava mnogobrojne faktore koji utiču na dodelu kanala u WMN.

Dodela kanala sa promenljivim kanalima – VCA predstavlja statičnu dodelu kanala kod koje se interfejsima različitih čvorova dodeljuju različiti kanali. Ovakav način dodele kanala može dovesti do stvaranja particija u mreži i promena mrežne topologije. Iz tog razloga, kod ovakvih strategija dodele kanala neophodno je pažljivo dodeliti kanale. Dve osnovne kategorije u ovom pristupu su: Centralizovana dodela kanala – **Centralized CA** (*Centralized Channel Assignment*) [4] i Pristup kontroli topologije – **TCA** (*Topology Control Approach*) [5].

Centralizovana dodela kanala – Centralized CA [4] predstavlja višekanalnu WMN arhitekturu, sa centralizovanim algoritmom dodele kanala nazvanim C-HYA (*Centralized Hyacinth*). U ovom algoritmu saobraćaj se usmerava ka *gateway* čvorovima. Ovaj algoritam dodeljuje kanale na osnovu poznatog saobraćajnog opterećenja, i na taj način obezbeđuje mrežnu povezanost i ograničenja u propusnom opsegu svakog linka. Prvo se na osnovu opterećenja u svakom saobraćajnom toku proceni ukupno očekivano opterećenje svakog virtuelnog linka. Nakon toga, algoritam dodele kanala “posećuje” svaki virtuelni link i na osnovu očekivanog saobraćajnog opterećenja linku se dodeljuje kanal. Prvo se “posećuju” linkovi sa većim očekivanim opterećenjem, a onda sa manjim. Ovaj algoritam počinje sa inicijalnom procenom očekivanog saobraćajnog opterećenja. Dalje se u iteracijama dodeljuju kanali sve dok propusni opseg dodeljen svakom virtuelnom linku ne dođe do svoje očekivane vrednosti. Iako ovakav pristup predstavlja metod alokacije kanala koja uračunava i povezanost mreže i saobraćajno opterećenje, na ovaj način može doći do *ripple* efekta, što znači da će se linkovi kojima su već dodeljeni kanali ponovo posećivati i na taj način se povećava kompleksnost pristupa.

Pristup kontroli topologije – TCA [5] predstavlja pristup dodele kanala koja je nezavisna od saobraćajnog opterećenja. Cilj ovakvog pristupa je obezbeđenje efikasnog i fleksibilnog formiranja mrežne topologije i jednostavna koordinacija. Da bi se ovakav pristup ostvario iskorišćena je statična priroda *mesh* čvorova. Strategija dodele kanala zasniva se na heuristici CLICA (*Connected Low Interference Channel Assignment*) koja

računa prioritet svakog čvora i dodeljuje mu kanal na osnovu grafova povezanosti i konflikata. Ukoliko bi se smanjila fleksibilnost i povezanost mrežne topologije, ovaj algoritam zanemario bi prioritet čvora i održao povezanost mreže. Iako se ovim algoritmom rešava problem povezanosti mreže, on nije dobar kada je potrebno raspodeliti kanale u slučaju velikog saobraćajnog opterećenja.

3. Strategije dinamične dodele kanala

Strategije dinamične dodele kanala dozvoljavaju se bilo kom interfejsu može dodeliti bilo koji kanal, i da se interfejsi mogu često prebacivati sa jednog na drugi kanal. Iz tog razloga, kada čvorovi treba da komuniciraju međusobno, neophodan je koordinacioni mehanizam koji će obezediti da čvorovi imaju interfejse na istom kanalu [2].

Prednost dinamičkog dodeljivanja kanala je mogućnost prebacivanja interfejsa na bilo koji kanal, čime se potencijalno omogućuje korišćenje svih kanala. Ipak, osnovni izazov ovakve dodele kanala je kašnjenje usled prebacivanja sa kanala na kanal (koje je najčešće reda milisekundi). Strategije dinamičke dodele kanala mogu se podeliti na one sa koordinacionim mehanizmom za prebacivanje kanala – CCCA (*Coordination mehanism CA*) i na one sa distribuiranom dodelom kanala – DCAS (*Distributed Channel Assignment Scheme*) [2].

Coordination mehanism CA – CCCA predstavljaju protokole dinamične dodele kanala sa mehanizmom za koordinaciju kanala. Osnovni predstavnici ovakvog pristupa su: MMAC (*Multi Channel MAC*) [6] protokol i SSCH (*Slotted Seeded Channel Hopping*) [7].

1. *MMAC (Multi Channel MAC)* [6] je protokol predviđen za mreže koje rade na više kanala, ali imaju samo jedan interfejs na svakom čvoru. Kako je svaki čvor opremljen samo sa jednim interfejsom on može da osluškuje samo jedan kanal u jednom trenutku. MMAC protokol ostvaruje koordinaciju kanala tako što se čvorovi pre nego što ostvare prenos korisničkih podataka dogovaraju koje će kanale koristiti slanjem kontrolnih poruka.

Na početku svakog intervala definiše se vreme koje se naziva “ATIM prozor” i u tom periodu svi čvorovi moraju da slušaju tzv *rendezvous* zajednički kanal koji je unapred definisan. Čvor koji treba da šalje korisničke podatke se tokom “ATIM prozora” dogovara koji kanal da koristi za slanje podataka tako što šalje čvoru kome su korisnički podaci namenjeni kontrolnu poruku sa skupom raspoloživih kanala. Kada primi kontrolnu poruku prijemni čvor bira koji kanal će se koristiti za komunikaciju i to javlja predajnom čvoru.

2. *SSCH (Slotted Seeded Channel Hopping)* [7] zasniva se na tri aspekta skakanja kanala: (i) implementacija rasporeda skakanja kanala i paketa koji se šalju za svaki kanal, (ii) emitovanje rasporeda skakanja kanala svim susednim čvorovima, i (iii) osvežavanje rasporeda skakanja kanala u zavisnosti od saobraćajnog opterećenja. SSCH protokol služi za koordinaciju odluka o promeni kanala, ali samo na osnovu slanja *broadcast* paketa koji sadrže trenutni kanal na kom se interfejs nalazi. SSCH protokol koristi pristup koji se naziva “optimistična sinhronizacija”. Čvorovi znaju raspored skakanja kanala susednih čvorova i dozvoljava se svakom čvoru da menja kanal po

rasporedu skakanja u svakom trenutku. Neka čvor A treba da šalje pakete čvoru B, i čvor A zna raspored skakanja kanala čvora B. Tada čvor A može da prebaci svoj interfejs na kanal na kom radi čvor B, na osnovu rasporeda skakanja čvora B, i pošalje mu pakete podataka. U slučaju da čvor A ne zna raspored skakanja čvora B, ili ima neku zastarelu informaciju o čvoru B onda će doći do kašnjenja u slanju podataka sve dok čvor A ne sazna nov raspored skakanja čvora B.

Distributed Channel Assignment Scheme – DCAS je podkategorija dinamičkih algoritama dodele kanala zasnovanih na D-HYA (*Dynamic Hyacinth*) algoritmima. Osnovni predstavnici ove kategorije su predloženi u [8, 9], i to su protokoli koji reaguju na promene u saobraćajnom opterećenju kako bi obezbedili bolji protok i balansiranost mreže. Zasnovani su na mrežnoj topologiji stabla tako da *gateway* čvorovi (čvorovi direktno vezani za žičnu mrežu) predstavljaju koren stabla, a svaki *mesh* čvor pripada jednoj od grana. Problem dodele kanala svodi se na određivanje interfejsa preko kog će komunicirati čvorovi, a nakon toga iz selektovanja kanala preko kog će se slati podaci. Kanali su birani na osnovu informacija o saobraćajnom opterećenju.

4. Strategije hibridne dodele kanala

Strategije hibridne dodele kanala pokušavaju da iskoriste prednosti i statičnih i dinamičnih strategija dodele kanala, i da izbegnu mane i jednih i drugih. Kod hibridnih strategija dodele kanala nekim interfejsima su kanali dodeljeni statično, a drugim interfejsima su kanali dodeljeni dinamično [10, 11, 12 13]. Strategije hibridne dodele kanala su atraktivne jer sa fiksnom dodelom kanala omogućavaju jednostavan algoritam koordinacije kanala, dok zadržavaju fleksibilnost dinamične dodele kanala.

Hibridne strategije dodele kanala mogu se klasifikovati na osnovu toga da li interfejsi kojima su statično dodeljeni kanali koriste zajednički kanal [12, 13] ili promenljiv kanal [10, 11]. Kod protokola koji koriste zajednički kanal, jedan interfejs se podešava u svakom čvoru na taj zajednički “kontrolni” kanal, a ostali interfejsi se dinamički prebacuju na ostale kanale. Kod protokola koji koriste promenljive kanale za statično rutiranje i kontrolni kanal može da se menja tokom vremena u zavisnosti od situacije u mreži.

IACA (*interference aware channel assignment*) algoritami dodele kanala su podgrupa hibridne dodele kanala kod kojih se interferencija računa u strategiju dodele kanala. Kod IACA algoritama statični interfejsi imaju zajednički kanal i najznačajniji predstavnici su DCA (*Dynamic channel assignment*) [12] i BFS-CA (*Breadth First Search Channel Assignment*) [13].

1. DCA (*Dynamic channel assignment*) [12] je protokol kod kog se raspoloživi radio kanali dele na jedan kontrolni kanal i n kanala za prenos podataka D_1, D_2, \dots, D_n . Svi kanali za prenos podataka su ekvivalentni i imaju isti propusni opseg. Svrha kontrolnog kanala je da vrši povezanost kanala za prenos podataka i da dodeljuje kanale podataka čvorovima mreže. Kanali podataka koriste se da emituju pakete podataka i ACK (*acknowledgement*) pakete. Svaki čvor u mreži ima dva interfejsa. Kontrolni interfejs radi na kontrolnom kanalu i on služi za razmenu kontrolnih paketa sa ostalim čvorovima. Pored toga kontrolni interfejs daje pravo čvoru da pristupi kanalu za prenos podataka. Drugi interfejs se dinamično prebacuje na jedan od kanala za prenos podataka da bi poslao pakete podataka ili ACK.

Svaki čvor, ima dve strukture. Jedna je *CUL (Channel Usage List)* u kojoj je su upisane informacije o tome kada čvor koristi kanal. *CUL* se sastoji iz tri polja: *CUL.host* je lista suseda čvora. *CUL.ch* je informacija o tome koji kanal podataka koristi *CUL.host*, i *CUL.reZ-time* je kada kanal *CUL.ch* postaje slobodan od strane *CUL.host*. Druga struktura je *FCL (free channel list)* koja se dinamično proračunava na osnovu *CUL*.

Osnovna ideja protokola je da čvor A koji želi da komunicira sa čvorom B šalje *RTS (request to send)* paket čvoru B u koji je upisan *FCL*. Kada čvor B primi *RTS* on upoređuje primljeni *FCL* sa svojim *CUL* da bi indentifikovao kanal podataka (ako takav postoji) preko kog bi se ostvarila komunikacija sa čvorom A. Ako takav kanal postoji čvor B šalje *CTS (clear to send)* čvoru A. Kada čvor A primi *CTS* od čvora B, on šalje *RES (reservation)* paket svojim susedima preko izabranog kanala podataka da ih spreči da oni koriste taj kanal. Na sličan način će i *CTS* sprečiti susede čvora B da koriste isti kanal podataka. Ovo sve se dešava preko kontrolnog kanala. Na kraju, kada se interfejsi za prenos podataka čvora A i B prebace na isti kanal za prenos podataka ostvaruje se komunikacija.

2. *BFS-CA (Breadth First Search Channel Assignment)* [13] je dinamički centralizovan algoritam koji uzima u obzir interferenciju *IACA* algoritam koji ima cilj da poboljša kapacitet WMN mreže i da minimizira interferenciju. Ovaj algoritam zasniva se na konceptu grafa konflikata sličnog kao u [5], koji se naziva *MCG (multiradio conflict graph)*, gde su temena *MCG* grafa umesto *mesh* čvorova kao u [5] zamenjena kanalima podataka. Da bi se prevazišli problemi dinamičke mrežne topologije, predloženo je rešenje kojim se jednom interfejsu u svakom čvoru dodeljuje jedan zajednički kanal. Ovakvom strategijom omogućava se zajednički graf povezanosti, ostvaruju se alternativne putanje, i izbegavaju se smetnje u saobraćaju redukcijom opterećenja preko zajedničkog kanala. Ovom šemom se računavaju i interferencija i raspoloživi propusni opseg na osnovu broja interferirajućih radia.

Najpoznatiji protokol za sloj linka *LPP (Link Layer Protocol)* zasnovan na hibridnoj strategiji dodele kanala kod koje statični interfejsi imaju promenljive kanale je *HMCP (Hybrid Multi Channel Protocol)* protokol [10, 11]. Kod *HMCP* protokola svaki čvor može imati više radio interfejsa, koji mogu koristiti više radio kanala. Raspoloživi radio interfejsi na čvoru dele se na fiksne i promenljive, i njima se dinamički dodeljuju radio kanali. Fiksni interfejsi rade na jednom kanalu u toku dužeg vremenskog perioda, dok promenljivi češće menjaju radio kanale i biraju one na kojima ne rade fiksni interfejsi tog čvora. Za svaki čvor u mreži definiše se određen broj fiksnih interfejsa, a ostali raspoloživi interfejsi su promenljivi. Čvor preko fiksnih interfejsa može da prima podatke, a podatke šalje i preko fiksnih i preko promenljivih interfejsa.

Susedni čvorovi čvora X moraju uvek da znaju bar jedan kanal na kom radi neki fiksni interfejs čvora X. U tu svrhu u svakom čvoru mreže definisana je *NeighborTable*, na osnovu koje čvor zna na kom radio kanalu rade fiksni interfejsi njemu susednih čvorova.

Paketi podataka upisuju se u redove čekanja. Svaki čvor ima onoliko redova čekanja, koliko ima raspoloživih kanala u mreži. Za svaki radio kanal definiše se jedan red čekanja. Ako u čvor stigne zahtev za slanje *unicast* paketa, pretražuje se *NeighbourTable* i pronalazi se kanal na kom radi fiksni interfejs čvora kome je taj *unicast*

paket namenjen. Kada se dobije informacija o kanalu, paket se smešta u red čekanja za taj kanal.

S druge strane, *broadcast* pakete u jednodokanalnim mrežama potencijalno mogu da prime svi čvorovi koji su u radio dometu predajnika (susedni čvorovi), dok ih u višekanalnim mrežama primaju samo oni čvorovi koji rade na istom radio kanalu, na kom su paketi poslani. Protokoli rutiranja zahtevaju da se *broadcast* paketi pošalju svim susednim čvorovima. Da bi se obezbedio takav prenos podataka, HMCP protokol omogućava prenos *broadcast* paketa na svakom radio kanalu pojedinačno na sledeći način. Kada u čvor pristigne *broadcast* paket, on se kopira onoliko puta koliko ima radio kanala u mreži, i po jedna kopija paketa smešta se u svaki red čekanja (za svaki radio kanal).

Ako u čvor dođe paket koji treba poslati preko kanala na kom radi fiksni interfejs čvora, paket se smešta u njegov red čekanja, i šalje preko fiksnog interfejsa. Za pakete koji treba da se šalju preko nekog drugog kanala, paketi se smeštaju u odgovarajući red čekanja, i šalju preko promenljivog interfejsa. Da bi se sprečilo da promenljivi interfejs stalno radi na jednom kanalu, definiše se maksimalno vreme zadržavanja interfejsa na jednom radio kanalu – *MaxSwitchTime*. Promenljivi interfejs menja kanal samo ako postoji paket u redu čekanja za neki drugi kanal i ispunjen je jedan od sledećih uslova:

- Red čekanja kanala na kome se nalazi promenljivi interfejs je prazan.
- Interfejs se nalazi na kanalu čiji je *MaxSwitchTime* istekao.

Promenljivi interfejs se uvek prebacuje na kanal koji ima podatke koji najduže čekaju na slanje. Ako se za *MaxSwitchTime* koriste male vrednosti, povećava se *overhead* prebacivanja, dok se korišćenjem velikih vrednosti povećava latentnost sa kraja na kraj. U [11] pokazano je da za *MaxSwitchTime* treba uzeti vrednost koja je pet puta veća od kašnjenja usled prebacivanja sa kanala na kanal.

Da bi se obezbedila koordinacija kanala neophodna je razmena kontrolnih *Hello* paketa. Svaki čvor periodično šalje *Hello* pakete na svakom radio kanalu. Kada se čvor prvi put uključi u mrežu, u prvi *Hello* paket upisuje radio kanal koji je izabrao za svoj fiksni interfejs i to javlja ostalim čvorovima u mreži. U svakom sledećem *Hello* paketu, pored podatka o radio kanalu fiksnog interfejsa, nalazi se i trenutna *NeighbourTable* čvora. Kada čvor primi *Hello* paket od svog suseda, on ažurira svoju *NeighbourTable* sa podatkom na kom kanalu radi fiksni interfejs tog suseda, kao i svoju *ChannelUsageList* podacima o tome na kom kanalu rade fiksni interfejsi čvorova koji su od njega udaljeni dva skoka. Podatak o nekom čvoru koji se ne ažurira duži vremenski period briše se iz *NeighbourTable* i *ChannelUsageList*. Razmena *Hello* paketa zavisi od mobilnosti čvorova, što se čvorovi brže kreću u mreži, to je razmena *Hello* paketa češća. Novi čvor koji se pojavi u mreži ne može da komunicira sa ostalim čvorovima dok ne otkrije na kojim kanalima rade njihovi fiksni interfejsi.

Pre nego što inicira slanje novog *Hello* paketa, čvor „konsultuje” svoju *ChannelUsageList* da bi proverio koliko je drugih čvorova izabralo isti kanal za svoj fiksni interfejs. Ako je broj čvorova u dvohopovskom susedstvu koji koriste isti kanal za svoj fiksni interfejs veliki, čvor sa verovatnoćom $p=0.4$ [11] menja kanal na kom će mu raditi fiksni interfejs na neki manje iskorišćen kanal. Nakon toga, čvor upisuje u *Hello* paket kanal na kom mu se sada nalazi fiksni interfejs, emituje novi *Hello* paket i na taj

način informiše susede o eventualnoj promeni kanala. Ova verovatnoća koristi se da bi se sprečile česte promene fiksnih kanala.

Iako u [10, 11] nije u sam protokol uračunat uticaj saobraćajnog opterećenja, uslov za promenu fiksnog interfejsa svakog čvora, kao i izbor kanala za fiksni interfejs zavisi od iskorišćenosti svakog kanala može se smatrati da je na taj način saobraćajno opterećenje raspoređeno po kanalima.

5. Zaključak

U radu je dat pregled strategija dodela kanala i njihovih osnovnih osobina. Cilj svakog protokola je da obezbedi efikasno iskorišćenje resursa mreže. Potrebno je preneti podatke između čvorova što efikasnije i kvalitetnije. Pod kvalitetnim prenosom podrazumeva se malo kašnjenje, veliki protok, mala verovatnoća gubitka paketa i sl.

Tabela 1. Pregled osobina strategija dodele kanala [2].

| Osobina | Fiksna CA | | | Dinamična CA | | Hibridna CA | |
|--------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| | CCA | VCA | | CCCA (MMAC i SSCH) | DCAS (D-HYA) | LLP (HMCP) | IACA (DCA i BFS – CA) |
| | | Centralized CA (C-HYA) | TCA (CLICA) | | | | |
| <i>Switching time</i> | Nema | Nema | Nema | Povremena promena | Povremena promena | Česta promena | Povremena promena |
| <i>Povezanost</i> | Ostvarena protokolom | Ostvarena protokolom | Ostvarena protokolom | Ostvarena protokolom | Ostvarena protokolom | Ostvarena promenom kanala | Ostvarena pomoću zajedničkog kanala |
| <i>Interferencija</i> | Protokol model | Protokol model | Protokol model | Na osnovu proračuna putanje | Na osnovu proračuna putanje | Protokol model | Na osnovu proračuna putanje |
| <i>Saobraćajno opterećenje</i> | Ne uračunava | Uračunava | Ne uračunava | Uračunava | Uračunava | Ne uračunava | Od eksternih radio interfejsa |
| <i>Kontrola topologije</i> | Fiksna | Fiksna | CA je definiše | CA je definiše | Na osnovu stabla | Dinamiči se menja | Fiksna |
| <i>Kontrola Upravljanja</i> | Centralizovano | Centralizovano | Centralizovano | Centralizovano | Distribuirana | Distribuirana | Centralizovano |

U Tabeli 1. [2] upoređene su karakteristike strategija dodele kanala. Osnovne osobine koje su posmatrane su povezanost, kontrola topologije, minimizacija interferencije i vrsta posmatranja saobraćajnog opterećenja. Kao što se vidi C-HYA i D-HYA, MMCA i SSCH su strategije koja uzimaju u obzir saobraćajno opterećenje. Osnovni cilj HMCP i CLICA strategija je da minimiziraju interferenciju, ali ne uzimaju u obzir uticaj saobraćajno opterećenje. U DCA i BFS - CA strategijama su uračunata saobraćajna opterećenja ali samo od nekih kanala. S druge strane, neki algoritmi, kao što su CLICA imaju kontrolu topologije, čime se obezbeđuje da ne dođe do overheada u mreži ali je potreban dodatan interfejs da bi se slali kontrolni paketi. DCA i BFS - CA algoritmi ostvaruju povezanost preko zajedničkog kanala na posebnom radio interfejsu. Kod MMAC i SSCH i CLICA protokla se kontrola topologije kontroliše samom strategijom dodele kanala.

Veliki izazov kod *mesh* mreža sa više skokova je ostvarivanje velikih protoka. Popularni WMN standardi, kao što je IEEE 802.11 omogućavaju korišćenje više radio kanala. IEEE 802.11 predstavlja veoma korišćenu tehnologiju za WMN mreže, kojom je obezbeđeno više nepreklapajućih kanala. Kod IEEE 802.11b je broj nepreklapajućih kanala 3, dok je kod IEEE 802.11a taj broj 12.

Trenutno raspoloživi mrežni interfejsi tipično rade na samo jednom kanalu u jednom trenutku. Iako je cena raspoloživog IEEE 802.11 hardvera pristupačna, idalje je prevelika da bi se za svaki raspoloživi radio kanal u mreži implementirao po jedan radio interfejs u svakom čvoru. Usled kompleksnosti i visokih cena, ukupan broj interfejsa u svakom čvoru je manji nego raspoloživi broj radio kanala na kojima mreža može da radi. Iz tog razloga se mnogi IEEE 802.11 interfejsi prebacuju sa jednog na drugi kanal, i na taj način se omogućava iskorišćenje svih kanala u mreži. Međutim, pod takvim uslovima potrebno je rešiti nekoliko izazova da bi se svi kanali u mreži ravnomerno koristili.

U ovom radu, posmatrano je korišćenje više radio kanala u cilju poboljšanja mrežnog protoka. Prikazani su osnovni problemi i načini njihovog rešavanja, kako bi se implementirale mreže sa više radio kanala. Opisane su strategije statične, dinamične i hibridne dodele kanala, date su njihove osnovne karakteristike, prednosti i mane.

Zahvalnica

Ovo istraživanje je podržano od strane Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta TR32025.

Literatura

- [1] *IEEE Standard for Wireless LAN – Medium Access Control and Physical Layer Specification, P802.11, 1999.*
- [2] H. Skalli, S. Ghosh, S.K. Das, L. Lenyini, M. Conti, “*Channel Assignment Strategies for Multiradio Wireless Mesh Networks: Issues and Solutions,*” IEEE Communications Magazine, vol. 45, issue 11, pp: 86 – 95, November 2007.
- [3] R. Draves, J. Padhze, B. Zill, “*Routing in Multi-Radio, Multi- Hop Wireless Mesh Networks,*”in *ACM Mobicom*, 2004.
- [4] A. Raniwala, K. Gopalan, T. Chiueh, “*Centralized Channel Assignment and Routing Algorithms for Multi Channel Wireless Mesh Networks,*” *Mobile Computing and Communications Review*, vol. 8, no. 2, pp: 50 – 65, April 2004.
- [5] M. Marina, S. R. Das, “*A Topology Control Approach for Utilizing Multiple Channels in Multi Radio Wireless Mesh Networks,*” *Proc. Broadnets*, pp. 381 – 390, October 2005.
- [6] J. So, N. H. Vaidya, “*Multi channel MAC for Ad Hoc Networks: Handling Multi Channel Hidden Terminals using a Single Transceiver,*” in *Mobihoc*, 2004.
- [7] P. Bahl, R. Chandra, J. Dunagan, “*SSCH Slotted Seeded Channel Hopping for Capacity Improvement in IEEE 802.11 Ad Hoc Wireless Networks,*” in *ACM Mobicom*, 2004.
- [8] A. Raniwala, T. Chiuen, “*Evaluation of a Wireless Enterprise Backbone Network Architecture,*” *Proc 12th Hot- Interconnects* 2004.

- [9] A. Raniwala, T. Chiuen, "Architecture and Algorithms for an IEEE 802.11 based Multi Channel Wireless Mesh Network," *Proc IEEE INFOCOM*, March 2004. Pp 2223 – 2234.
- [10] P. Kyasanur, N. Vaidya "Routing and Interface Assignment in Multi Channel Multi Interface Wireless Networks," *Proc. IEEE Conf. Wireless Communication and Network Conf.*, 2005. pp 2051 – 2056.
- [11] P. Kyasanur, N. Vaidya "Routing and Link Layer Protocols for Multi Channel Multi Interface Ad Hoc Wireless Networks," *Mobile Computer and Communications Review*, vol 10, no 1, January 2006. pp 31 – 43.
- [12] S. L. Wu, C. Y. Lin, Y. C. Tseng, J. P. Sheu, "A New Multi Channel MAC Protocol with On Demand Channel Assignment for Multi Hop Mobile Ad Hoc Networks," in *International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Networks (ISPAN)*, 2000.
- [13] K. N. Ramachandran, E. M. Belding, K. C. Almeroth, M.M.Buddhikot, "Interference Aware Channel Assignment in Multi Radio Wireless Mesh Networks," *Proc. IEEE INFOCOM*, April 2006.

Abstract: *WMN (Wireless Mesh Networks) are widely used in public networks, network security, etc. Requirements for fast data transfer and flows are growing. Networks that operate with a single radio interface and a single radio channel can not meet those requirements. For these reasons, networks with multiple radio interfaces, and multiple radio channels are developing. Since that the number of available radio channels is often greater than the number of interfaces at each node there is a need for developing interface assignment strategies for multi-channel WMN. In this paper short overview of interface assignment strategies for multi – channel WMN is given. Three basic types of strategies: static, dynamic and hybrid interface assignment were described.*

Keywords: *Wireless mesh networks, radio channel, radio interface, interface assignment strategies.*

SURVAY OF INTERFACE ASSIGNMENT STRATEGIES FOR MULTI CHANNEL WIRELESS MESH NETWORKS

Nataša Nešković, Marija Malnar, Nenad Jevtić