

## ARHITEKTURA ZA PODRŠKU QOS U MOBILNIM AD HOC RAČUNARSKIM MREŽAMA

Mikica Mitrović, Milojko Jevtović, *Elektrotehnički fakultet u Banjoj Luci*

**Sadržaj** – U radu je opisana arhitektura za podršku kvaliteta usluga – QoS „s kraja na kraj“ u komunikaciji preko mobilnih ad hoc računarskih mreža sa osvrtnom na postojeća rješenja u žičnim IP mrežama.

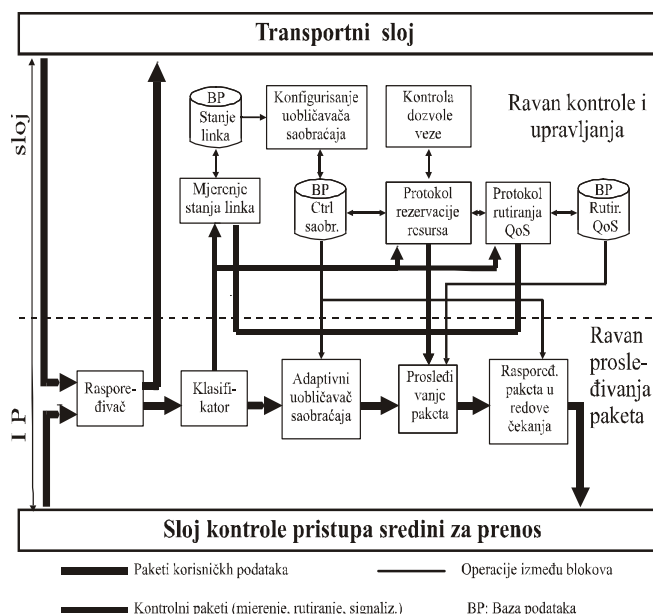
### 1. UVOD

Mobilna ad hoc računarska mreža (MANET) je autonoman sistem funkcionalno ekvivalentnih mobilnih čvorova koji komuniciraju u pokretu bez bilo koje vrste žične infrastrukture (bazne stanice ili pristupne tačke). Prilikom implementacije mehanizama za podršku kvaliteta usluga u ovakvim mrežama otežavajuću okolnost predstavljaju: mobilnost čvorova, ograničen propusni opseg, vremenski promjenljive karakteristike radio linka i ograničene procesorske sposobnosti uređaja.

Prilikom opisivanja arhitekture za podršku kvaliteta usluga u MANET neophodno je analizirati: QoS model, QoS protokol za rutiranje, signalizaciju za rezervaciju resursa sa zahtjevanim nivoom QoS-a (QoS signalizacija) i QoS kontrolu pristupa sredini za prenos. Model usluga definiše vrste usluga koje podržava i njihove karakteristike. Model Integriranih usluga zasnovan je na tokovima koji potiču od jedne korisnikove aplikacije i zahtjevaju isti QoS. Prilikom rezervacije resursa za ove tokove na Internetu se koristi RSVP signalizacioni protokol, čijom primjenom u MANET bi se javio problem dodjeljivanja ionako ograničenog propusnog opsega kontrolnim paketima. Za razliku od njega, model diferenciranih usluga (DiffServ model) pakete grupiše, klasifikuje i prosleđuje prema tome kakav im je tretman potreban na osnovu prethodno definisane DiffServ kodne tačke (DSCP) smještene u zaglavlju IP paketa. Ovim se izbjagava dodatno opterećenje mobilnih stanica koje su istovremeno i hostovi i ruteri, ali dolazimo do problema preciznog određivanja graničnih rutera DiffServ područja koji su odgovorni za klasifikaciju paketa. Kompromis između ova dva modela za primjenu u MANET nađen je primjenom FQMM modela datog dalje u radu.

### 2. ANALIZA QOS MODELA ZA MANET

Fleksibilni QoS model za mobilne ad hoc mreže (FQMM) se koristi u mrežama do 50 čvorova primjenom ravnu nehijerarhijske topologije [1]. U ovom modelu, saobraćaj koji pripadama aplikacijama sa visokim prioritetom se razdvaja po tokovima (IntServ), dok se za ostale aplikacije obezbeđuje diferencijacija po klasama saobraćaja (DiffServ). Ulazni (izvorni) čvorovi obavljaju klasifikaciju, mjerenje saobraćaja i označavanje pakata. Unutrašnji čvorovi samo prosleđuju paketa koristeći određeni način prosleđivanja (PHB) definisan DiffServ kodnom tačkom. Na Slici 1. je data okvirna arhitektura FQMM modela koji radi u IP sloju. Model radi u dvije ravni: ravan prosleđivanja podataka i ravan kontrole i upravljanja.



Slika 1: Okvirna arhitektura FQMM modela

**2.1. Ravan prosleđivanja podataka: Raspoređivač** prihvata pakete podataka koji dolaze iz transportnog sloja i prosleđuje ih klasifikatoru, dok pakete podataka koji dolaze iz sloja kontrole pristupa sredini za prenos prosleđuje transportnom sloju (ako je određeni paket tekući čvor) ili klasifikatoru (ako određeni paket nije tekući čvor). Pored toga što distribuira pakete za odgovarajuće blokove u ravni kontrole i upravljanja kao što su mjerenje stanja linka, rezervacija resursa i rutiranje QoS-a zahtjeva, **klasifikator** preslikava dolazeće pakete u klase saobraćaja/tokove očitavanjem DiffServ polja u zaglavlju svakog paketa. **Adaptivni uobličavač saobraćaja** provjerava da li je saobraćaj koji treba generisati/proslediti u skladu sa definisanim profilom iz baze podataka kontrole saobraćaja. U ovom bloku se izvršavaju 4 funkcije: mjerenje saobraćaja, označavanje paketa, uobličavanje toka u skladu sa definisanim saobraćajnim profilom i odbacivanje paketa koji ne ulaze u definisani profil. Ovaj blok se naziva adaptivni zato što **blok konfigurisanja uobličavača saobraćaja** prilagođava profil usluge prema stanju na linku. **Blok prosleđivanja paketa** prosleđuje dolazne pakete (koji pripadaju različitim klasama saobraćaja/tokovima) na odgovarajuće izlazne portove. Odluka o prosleđivanju se donosi na osnovu primjenjenog protokola za rutiranje (proaktivni ili reaktivni pristup). **Blok raspoređivanja paketa u redove čekanja i upravljanja baferom** upravlja redovima čekanja u izlaznim portovima.

**2.2. Ravan kontrole i upravljanja:** Pomoću dodatnih objekata kojim se proširuju paketi protokola za rutiranje prikupljaju se informacije o stanju linkova u MANET i one se putem **bloka mjerenja stanja linka** skladište u bazu podataka stanja linka. **Blok konfigurisanja uobličavača saobraćaja** kreira saobraćajne profile za pojedine aplikacije i smješta ih u bazu podataka kontrole saobraćaja. Ovaj blok pokušava obezbjediti dinamičko ugovaranje profila saobraćaja, s obzirom

da MANET nemaju administratore koji vrše određivanje i alociranje resursa u mrežama u skladu sa definisanim SLA. Po prijemu zahtjeva za uslugom odgovarajućeg kvaliteta od strane **protokola za rezervaciju resursa, blok kontrole dozvole veze** poredi raspoložive resurse (na mreži/u čvoru) sa parametrima specificiranim u zahtjevu za QoS i donosi odluku o prihvatanju veze ne narušavajući kvalitet postojećih aplikacija. **Protokol rutiranja QoS** pronalazi i održava (pomoću baze podataka rutiranja QoS) putanje na mreži koje zadovoljavaju parametre specificirane u zahtjevima za kvalitetom usluga.

Modifikacijama koncepta prikazanog na Slici 1. (izostavljanje ili uključivanje pojedinih komponenti), FQMM model omogućava opsluživanje i manjeg broja uslužnih tokova sa prioritetom i saobraćaja razdvojenog po klasama. Uvođenjem mehanizama za ograničavanje saobraćaja kao što su „korpa žetona-token bucket“ ili RED (Rendom Early Drop), kao i klasifikovanjem paketa u redove čekanja primjenom algoritma prioriteta, pokušava se naći efikasno rješenje za blok upravljanja baferom. Dalje, potrebno je definisati QoS protokol za rutiranje i protokol za rezervaciju resursa.

### 3. QOS PROTOKOL ZA RUTIRANJE U MANET

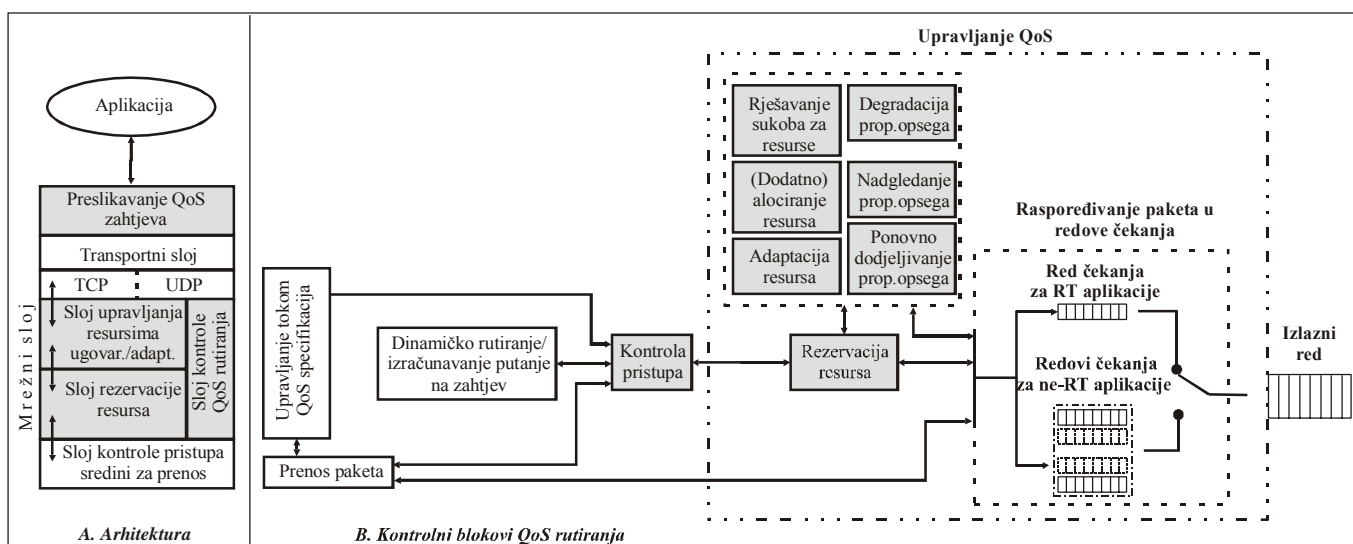
Za razliku od klasičnih metoda rutiranja (pronalaženja najkraćeg puta kroz mrežu), QoS protokoli za rutiranje pronalaze putanje sa resursima koji omogućavaju ispunjavanje QoS zahtjeva „od-kraja-do kraja“ kao što su maksimalno kašnjenje paketa, varijacija kašnjenja i minimalni raspoloživi propusni opseg. Ovo omogućava uspostavljanje veze sa QoS zahtjevima unutar mreže i efikasnu podršku za multimedijalni saobraćaj u realnom vremenu [2].

Na slici 2. je predstavljen model za podršku QoS rutiranja, koji se sastoji od 5 horizontalnih i jednog vertikalnog virtuelnog sloja. Pet horizontalnih slojeva su: sloj kontrole pristupa sredini za prenos/raspoređivanje paketa u redove čekanja, sloj rezervacije resursa, sloj upravljanja resursima (ugovaranje QoS parametara i prilagođavanje promjenama na mreži), protokol za dinamičko rutiranje i transportni sloj.

Proces uspostavljanja veze (određivanja QoS putanje) započinje preslikavanjem QoS zahtjeva aplikacije u sledeća dva parametra: maksimalni željeni propusni opseg (HBW) i minimalni traženi propusni opseg (LBW). Ovim se definiše veličina **prozora propusnog opsega toka**, koja predstavlja specifikaciju QoS zahtjeva neophodnih u fazi rezervacije resursa, ugovaranja QoS parametara i prilagođavanja promjenama na mreži. Nakon potvrde **bloka kontrole dozvole veze** da svi mobilni čvorovi na putanji do određivanja čvora, određenoj algoritmom rutiranja, imaju na raspolaganju resursa da zadovolje minimalne zahtjeve uslužnog toka, informacija o saobraćajnom toku se prosleđuje **bloku sortiranja paketa**. Ovaj blok, pravi razliku između saobraćaja koji zahtjeva obradu u realnom vremenu i saobraćaja koji ne to ne zahtjeva, i na osnovu toga klasifikuje pakete u redove čekanja.

Ključni elemenat u ovom konceptu je **blok upravljanja QoS-om**. Funkcionalno, ovo je komponenta u ravni upravljanja odgovorna za: rezervaciju resursa i upravljanje mrežnim baferima za veze sa QoS zahtjevima, raspoređivanje paketa koji pripadaju različitim klasama saobraćaja i efikasno iskorištenje propusnog opsega.

Praktično, u mobilnim ad hoc računarskim mrežama teško je pružiti garancije u pogledu rezerviranih resursa zbog prekida linkova uzrokovanih kretanjem mobilnih stanica ili pražnjenja baterije. Tada protokol za QoS rutiranje brzo mora naći novu putanju kako bi usluga bila obnovljena.



Slika 2: Model za podršku QoS rutiranju u MANET

Jedna od praktičnih realizacija QoS protokola za rutiranje dobijena je modifikacijom AODV protokola [3]. Kao što znamo AODV protokol je reaktivni protokol za rutiranje koji koristi algoritam „vektor-rastojanja“ za određivanje neke putanje samo onda kada je ona stvarno potrebna. Proces

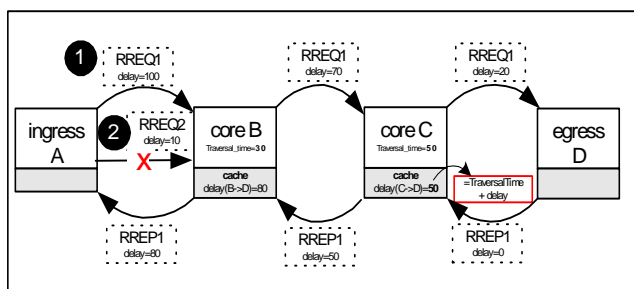
određivanja putanje započinje „plavljenjem“ mreže RREQ porukom, a završava se kada izvorni čvor primi RREP poruku.

Dodavanjem proširenja sa QoS zahtjevima u poruke za određivanje putanje (RREQ i RREP) i u AODV tabele

rutiranja, AODV protokol omogućava podršku za QoS rutiranje. „Obična“ AODV tabela rutiranja sadrži sledeće polja: 1. redni broj odredišnog čvora, 2. broj skokova, 3. sledeći skok, 4. spisak prethodnih čvorova. AODV protokol sa podrškom za QoS definiše 4 dodatna objekta u paketu za svaku pojediničnu putanju. Ta proširenja su:

1. Maksimalno kašnjenje
2. Minimalni raspoloživi propusni opseg
3. Spisak čvorova koji zahtevaju garanciju kašnjenja
4. Spisak čvorova koji zahtevaju garanciju propusnog opsega

U skladu sa zahtevanim kašnjenjem svaki čvor na putanju prosleđuje ili odbacuje RREQ paket, kao što je prikazano na slici 3.



Slika3: Mehanizam ugovaranja zahtjevanog kašnjenja[3]

Svaki čvor po prijemu RREQ paketa oduzima NODE\_TRAVERSAL\_TIME (vrijeme potrebno za obradu RREQ paketa u čvoru) od vrijednosti „kašnjenja“ definisane u RREQ paketu. U povratnom smjeru, svaki čvor u tabelu rutiranja upisuje vrijednost kašnjenja između dva susjedna čvora (vrijeme obrade u čvoru + kašnjenje zbog propagacije) tako da svako sledeće određivanje te putanje je lako. Na osnovu predhodno rečenog, čvor B će odmah odbaciti RREQ2, pošto ne može da zadovolji njegov zahtjev za garancijom kašnjenjem.

Međutim, u slučaju povećanja saobraćaja preko npr. čvora C „vrijeme obrade paketa u čvoru“ se povećava sa 50ms na 100ms i to se odražava na čvorove B i A. Upućivanjem kratke ICMP QOS\_LOST poruke čvorovima A i B (iz „Spiska čvorova koji zahtevaju garanciju kašnjenja“ upisanih u tabelu rutiranja još u fazi određivanja putanje) čvor C će ih obavjestiti o ovoj promjeni.

Isti mehanizam ugovaranja QoS zahtjeva se koristi i prilikom rezervacije minimalnog propusnog opsega.

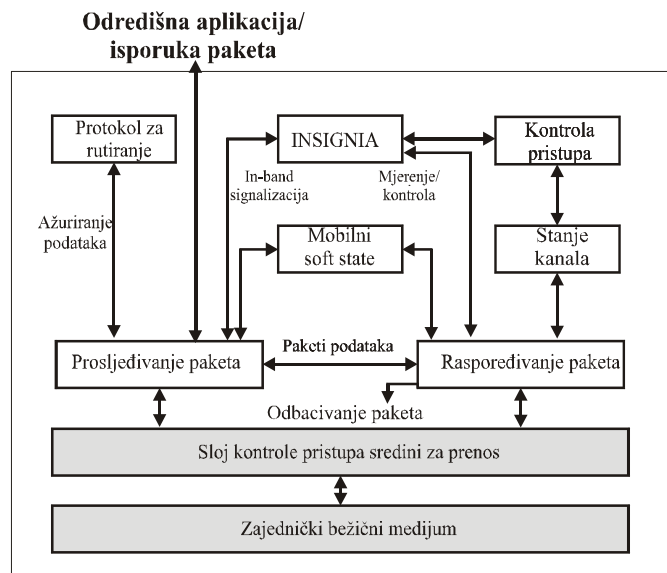
#### 4. QOS SIGNALIZACIJA U MANET

INSIGNIA (In-band Signaling Support for QoS in Mobile Ad Hoc Networks) je protokol za podršku QoS-a u mobilnim ad hoc mrežama sa in-band signalizacijom. Osnovni zadatak pri tome je pružanje osnovnih QoS garancija (minimalni propusni opseg) za glasovne i video tokove u realnom vremenu i podatke, ostavljajući pri tome mogućnost za

pružanje višeg nivoa kvaliteta usluga (maksimalni propusni opseg) kad resursi postanu raspoloživi. [4]

Kao i RSVP, ovaj signalizacioni protokol rezerviše resurse po tokovima, s razlikom da se kontrolne informacije prenose u paketima podataka. Ovakim načinom kontrolne signalizacije izbjegnuto je nadmetanje kontrolnih paketa sa paketima podataka za resurse mreže.

Na Slici 4 su prikazane komponente INSIGNIA protokola.



Slika 4: INSIGNIA model

1. Po prijemu paketa, modul za prosljeđivanje paketa klasifikuje pakete i prosljeđuje ih drugim modulima (rutiranje, INSIGNIA, lokalne aplikacije i modul za raspoređivanje paketa).
2. Ako primljeni paket sadrži INSIGNIA opciju, kontrolna informacija se prosljeđuje INSIGNIA modulu gdje se i obrađuje.
3. U međuvremenu, primljeni paket se prosljeđuje ili lokalnoj aplikaciji ili modulu za raspoređivanje paketa, u skladu sa odredišnom adresom IP zaglavljaja.
4. Ako je posmatrani host odredišni, paket se prosljeđuje na obradu lokalnoj aplikaciji; u suprotnom, paket se prosljeđuje na sledeći skok, određen protokolom za rutiranje.
5. Prije slanja paketa kroz MAC komponentu, paketi u izlaznim tokovima se raspoređuju pomoću modula za raspoređivanje, kako bi se resursi ispravno podijelili između različitih tokova.

Signalizaciona informacija se prenosi u IP opciji svakog IP paketa podataka, koja se naziva INSIGNIA opcija. Polje INSIGNIA opcije sadrži sledeće informacije:

1. uslužni mod - 1 bit
2. tip korisne informacije - 1 bit
3. indikator propusnog opsega - 1 bit
4. zahtjev za propusni opseg - 16 bita

Ovim informacijama se specificiraju zahtjevi aplikacija i definiše dinamičko ponašanje putanje. Slično kao kod DiffServ modela i DSCP-a, unutrašnji čvorovi odluku o stanju toka donose na osnovu vrijednosti polja INSIGNIA opcije. **Uslužni mod** može biti "best-effort" (BE) tipa ili u skladu sa zahtjevanim resursima za aplikaciju (RES). **Tip korisne informacije** specificira QoS zahtjeve aplikacije: osnovni QoS (base QoS) i poboljšani QoS (enhanced QoS). Osnovni QoS se koristi za aplikacije koje zahtjevaju minimalan propusni opseg, a poboljšani QoS za aplikacije koje zahtjevaju maksimalan propusni opseg i koje ispod određenog nivoa propusnog opsega postaju neupotrebljive (video aplikacije osjetljive na varijaciju kašnjenja i gubitke paketa). **Indikator propusnog opsega** ima vrijednosti MAX/MIN.

U sledećoj tabeli je prikazano kako oznake u polju INSIGNIA opcije opisuju trenutno stanje toka.

Tabela1: Opis trenutnog stanja toka u INSIGNIA modelu

Uslužni mod	Tip korisne informacije	Indikator propusnog opsega	Degradacija	Poboljšanje
BE	-	-	-	-
RES	osnovni QoS (BQoS)	MIN	BQoS → BE	BE → BqoS
RES	poboljšani QoS (EQoS)	MAX	EQoS → BE EQoS → BQoS	BE → EqoS BQoS → EQoS

INSIGNIA ima efikasan signalizacioni protokol za mobilne ad hoc računarske mreže i u koordinaciji sa drugim komponentama (protokol za rutiranje, raspoređivanje i kontrola pristupa) može pružiti garantovane nivoe QoS-a tokovima u realnom vremenu. Međutim, kako se ovdje koristi in-band signalizacija, resursi nisu rezervisani prije početka prenosa korisnih informacija. Stoga ovaj model nije pogodan za aplikacije u realnom vremenu koje imaju stroge zahtjeve u pogledu QoS podrške.

## 5. BUDUĆA ISTRAŽIVANJA

Prethodnom analizom smo opisali arhitekturu za podršku QoS-a u mobilnim ad hoc računarskim mrežama. Sledeći korak je simulacija ovakve mreže radi prikupljanja odgovarajućih parametara o mrežnom saobraćaju. Jedan od mogućih pristupa je primjenom mrežnog simulatora ns2. Ovo je simulator diskretnih događaja koji omogućuje podršku simulaciji mreža baziranih na TCP/IP protokolu, unicast i multicast protokolima u žičnim i bežičnim mrežama i protokolima za pružanje QoS –a u paketskim mrežama. ns2 je objektno orijentisan simulator napisan u programskom jeziku C++ koji koristi OTcL interpreter kao komandni jezik. Imajući u vidu da je DiffServ klasa garantovanog prosljeđivanja (AF) moguća u MANET i da je jedan od modula ugrađenih u ns2 i modul za simulaciju protokola diferenciranih usluga, dalji rad treba usmeriti u ovome pravcu. Svakako otežavajuću okolnost će predstavljati nepostojanje administratora mreže (koji utvrđuje prioritete u saobraćaju) i nemogućnost preciznog definisanja ulaznih i unutrašnjih čvorova u DiffServ domenu zbog dinamičke topologije mobilnih ad hoc mreža.

## 6. ZAKLJUČAK

Podrška za kvalitet usluga u mobilnim ad hoc računarskim mrežama je novo i izuzetno atraktivno istraživačko područje. Primjena ovakvog načina umrežavanja svi više izlazi iz okvira vojnih operacija i svoju primjenu nalazi u komercijalnom sektoru. Samim time i pružanje garancija raznorodnim multimedijalnim aplikacijama u pogledu propusnog opsega, kašnjenja, varijacije kašnjenja i gubitka paketa se nameće kao neizostavan zadatak.

Mogućnost jednostavnog povezivanja na Internet ili mreže mobilne telefonije je još jedan od preduslova na koje moraju računati projektanti ovih računarskih mreža. Ne ulazeći dublje u analizu karakteristika ovih mreža (dinamična topologija mreže, distribuirani rad, promjenljiv kapacitet linka ...), pokušali smo ukazati na ista ili slična rješenja u pogledu QoS modela, usmjeravanja paketa kroz mrežu i signalizacije, upravljanja baferima i redovima čekanja, mehanizama za rezervaciju resursa i upravljanja zagušenjem u mreži, u mobilnim ad hoc računarskim mrežama i žičnim IP mrežama. Tradicionalni modeli integrisanih i diferenciranih usluga, kao i out-of-band signalizacioni sistemi (RSVP) nisu optimalna rješenja za obezbjeđenje QoS u ovakvim računarskim mrežama. Takođe, ni tradicionalni protokoli za pronalaženje optimalne putanje u mreži primjenom algoritama vektora rastojanja i stanja linka, ne mogu direktno primjeniti u mobilnim ad hoc računarskim mrežama. Realizacija ovakve mreže kao podrške za multimedijalne aplikacije zahtjeva rješenje u radu navedenih problema.

## LITERATURA

- [1] X.Hannan, C.K.Chaing, S.K.G.Winston, „Quality of Service Models for Ad Hoc Wireless Networks,” *Handbook of Ad Hoc Networks*, CRC Press 2003.
- [2] G.N.Aggelou, „ An Integrated Platform for Quality of Service Support in Mobile Multimedia Clusterd Ad Hoc Networks,” *Handbook of Ad Hoc Networks*, CRC Press 2003.
- [3] E.M Royer and C.E. Perkins : „ Quality of Service for Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing, IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-aodvqos-00.txt, July 2000
- [4] C.S.R.Murthy, B.S. Manoj : Quality of Service in Ad Hoc Wireless Networks“ *Ad Hoc Wireless Networks: Architectures and Protocols*, Prentice Hall 2004

**Abstract** – This paper examines the main issues and problems important for QoS support in communications over mobile ad hoc networks (MANET). The review of QoS model, routing protocol and signaling sistem for MANET has been given.

## QUALITY OF SERVICE ARCHITECTURE FOR MOBILE AD HOC NETWORKS

Mikica Mitrović, Miloško Jevtović