

**TARIFIRANJE U TELEKOMUNIKACIONIM MREŽAMA  
PRIMENOM PROTOKOLA DIAMETER  
DIAMETER PROTOCOL AS A SUPPORT FOR ACCOUNTING  
IN TELECOMMUNICATION NETWORKS**

Andrijana Todosijević, Vesna Radonjić Đogatović, Mirjana Stojanović, Milica Petrović, Aleksandra Kostić-Ljubisavljević  
Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet

**REZIME:** Protokol Diameter obezbeđuje funkcije autentifikacije, autorizacije i tarifiranja. Arhitektura ovog protokola bazirana je na *peer-to-peer* (P2P) modelu. Njegova osnovna karakteristika je jednostavna mogućnost proširenja. Kod protokola Diameter akcenat je i na naprednim algoritmima rutiranja, dinamičkom ispravljanju grešaka i sigurnosnim karakteristikama transportnog sloja. Sa aspekta tarifiranja, značajno je to što Diameter podržava prenos tarifnih podataka u realnom vremenu. U radu su objašnjeni osnovni mehanizmi i funkcionalnosti koje su značajne za tarifiranje telekomunikacionih mreža, uključujući ulogu protokola Diameter za kontrolu kredita korisnika. Posebno se razmatraju mogućnosti primene ovog protokola za tarifiranje mobilnih telekomunikacionih mreža. Razmatrani su *offline* mehanizmi zaduživanja i tri specifična slučaja *online* zaduživanja.

**KLJUČNE REČI:** autentifikacija, autorizacija, Diameter, *offline* zaduživanje, *online* zaduživanje, protokol, tarifiranje.

**ABSTRACT:** Diameter protocol provides functions of authentication, authorization and accounting. Architecture of this protocol is based on a peer-to-peer model. Its main feature is a possibility of extensions. Diameter puts more emphasis on advanced routing algorithms, dynamic error recovery and security features of the transport layer. From the accounting perspective, it is significant that Diameter supports transmission of tariff data in real time. In this paper we present and explain the basic mechanisms and features of Diameter which are important for charging telecommunication networks, including its credit control application. We especially consider possibilities of Diameter protocol for charging mobile telecommunications networks. We discuss mechanisms of offline charging and three specific cases of online charging.

**KEY WORDS:** accounting, authentication, authorization, Diameter, offline charging, online charging, protocol.

**1. UVOD**

Procesi utvrđivanja verodostojnosti, autorizacije i tarifiranja (AAA, *Authentication, Authorization and Accounting*) međusobno su povezani. Za tarifiranje telekomunikacionih servisa postupak utvrđivanja verodostojnosti i autorizacija se neizostavne funkcije koje podrazumevaju naplatu servisa pravom korisniku i dostupnost relevantnih podataka samo ovlašćenim osobama, respektivno.

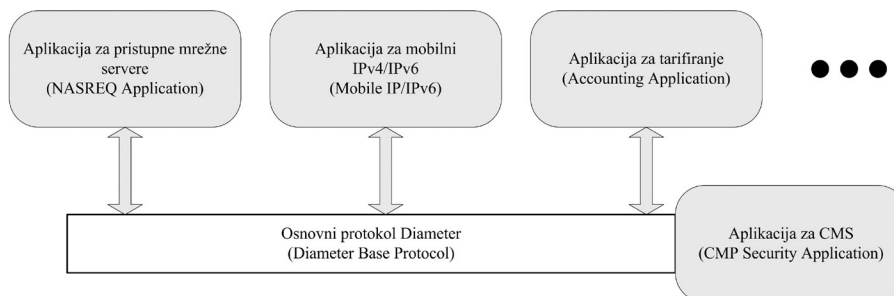
U mrežama naredne generacije dizajn mrežnih elemenata postaje sve kompleksniji i podrazumeva savremenije i kvalitetnije AAA protokole. RADIUS (*Remote Authentication Dial In User Service*) je protokol koji se trenutno najviše koristi za utvrđivanje verodostojnosti, autorizaciju i tarifiranje telekomunikacionih servisa [1]. Skalabilnost protokola je prilikom njegovog kreiranja bila u drugom planu, a vremenom su postala očigledna i druga ograničenja. Jedno od njih je isključiva upotreba nesigurnog i nepouzdanog UDP protokola na transportnom sloju. Uzevši u obzir sva ograničenja u kombinaciji sa nedostatkom fleksibilnosti i slabom proširivosti protokola došlo je do potrebe za razvojem novijeg i naprednijeg naslednika.

3GPP (*The 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project*) organizacija za standardizaciju usvojila je Diameter kao primarni protokol za obezbeđivanje AAA mehanizama i mobilni menadžment u 3G mrežama. Značajan je za AAA signalizaciju i mobilne IP mreže, kako za lokalne funkcije, tako i za rad u romingu.

U ovom radu razmatrano je funkcionisanje protokola Diameter sa aspekta tarifiranja telekomunikacionih servisa. Arhitektura protokola opisana je u drugom poglavlju. U trećem poglavlju je predstavljen rad Diameter protokola u funkciji tarifiranja telekomunikacionih servisa i prikazane su karakteristike Diameter aplikacije za kontrolu kredita korisnika. Uporedna analiza protokola RADIUS i Diameter prikazana je u četvrtom poglavlju. Primena protokola Diameter za tarifiranje UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) mreže razmatrana je u petom poglavlju. U poslednjem poglavlju su data zaključna razmatranja.

**2. PROTOKOL DIAMETER**

Operatori telekomunikacionih servisa podržali su protokol Diameter zbog potrebe za integracijom velikog broja različitih



Slika 1. Odnos osnovnog protokola Diameter i njegovih aplikacija

servisa i smanjenja troškova. Diameter obezbeđuje najveću troškovnu efikasnost i najefikasnije upravljanje pristupom i korišćenjem mreže (npr. za svrhe izrade računa). U skladu sa prelaskom sa IPv4 na IPv6 adresiranje, protokol igra veoma važnu ulogu u procesiranju saobraćaja u mrežama velikih razmera. Protokol omogućava kontrolu kredita, proveru identiteta, pravila pristupanja mreži i načine zaduživanja svakog krajnjeg korisnika. Ovi alati čine Diameter brzim i fleksibilnim protokolom, koji je u mogućnosti da ponudi bolje iskustvo klijentima.

Diameter je dizajniran kao fleksibilan i skalabilan protokol, čije se mnogobrojne aplikacije nadovezuju na karakteristike i funkcionalnosti definisane osnovnim Diameter protokolom. Takav koncept pregledno je prikazan na slici 1.

Za razliku od protokola RADIUS koji je dizajniran za PPP (*Point to Point Protocol*) tehnologiju, Diameter je postao osnovni protokol u mobilnim IP mrežama, prvenstveno zbog sigurnostih karakteristika, omogućavanja ponovne autorizacije i prenosa tarifnih informacija u realnom vremenu. Na transportnom sloju koristi TCP (*Transmission Control Protocol*) i SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*) protokole, koji obezbeđuju kontrolu toka, mehanizme retransmisije i *end-to-end* servis. Sigurnost je obezbeđena IPsec (*IP Security*) protokolom. IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*) asocijacija je dodelila port 3868 protokolu Diameter.

Protokol Diameter zasniva se na P2P modelu, u kojem svaki element može biti klijent, server ili agent. Sve informacije prenose se putem AVP-ova (*Attribute Value Pairs*) i jedna od osnovnih razlika protokola RADIUS i Diameter je broj raspoloživih parova atributa. Diameter protokol omogućava isporuku AVP-ova, mogućnost pregovaranja, proširenja i notifikaciju grešaka. Informacije o ravnopravnim entitetima – parnjacima (*peer*) svaki element čuva u tabeli parnjaka i tabeli rutiranja. Ova karakteristika dinamičkog otkrivanja parnjaka moguća je zbog razmene poruka sa podacima o sopstvenim karakteristikama, na osnovu kojih klijent sam bira kome će uputiti zahtev. Svaki element sadrži listu prioriteta i skup pravila o prosleđivanju saobraćaja.

Diameter omogućava veći kvalitet i efikasnost servisa od ostalih AAA protokola zbog mogućnosti postojanja većeg broja parova atributa, opsluživanja više zahteva i sprečavanja napada na autentifikacioni odziv pomoću enkripcije.

AAA mehanizmi su od velikog značaja za mreže naredne generacije, ne samo zbog sigurnosti, već i zbog kvaliteta servisa, propusnog opsega, rejtinga i efikasnijeg upravljanja. U cilju ispunjavanja ovih zahteva Diameter je pogodniji od protokola RADIUS zbog širokog spektra funkcionalnosti i većeg infrastrukturnog obima. RADIUS ima usku oblast primene, dok se Diameter pojavljuje kod velikog broja mrežnih uređaja naredne generacije. Skoro svaka mrežna komponenta mora da podržava Diameter i komunicira pomoću ovog protokola [2, 3, 4].

### 3. PROTOKOL DIAMETER U FUNKCIJI TARIFIRANJA KORISNIKA

Tarifiranje telekomunikacionih servisa predstavlja prikupljanje informacija o korišćenju resursa u cilju analize trendova, revizije, obračuna ili alokacije troškova. Protokol za

tarifiranje koristi se za prenos podataka do tarifnog servera, koji se dalje koriste u različite svrhe. Generalno, tarifiranje se može podeliti na tarifiranje unutar administrativnog domena i tarifiranje između domena. Oba obuhvataju prikupljanje informacija o iskorišćenosti resursa unutar domena, a razlikuju se u tome što se informacije prikupljaju za korišćenje unutar istog i različitog domena, respektivno. U slučaju tarifiranja u realnom vremenu, tarifni proces ima precizno definisano vremensko ograničenje za obradu informacija.

Funkcije koje su bitne za zahteve telekomunikacionih mreža naredne generacije (NGN, *Next Generation Networks*), a koje podržava protokol Diameter su prenos tarifnih podataka u realnom vremenu, zahtevi za izvršavanjem provere kreditnog limita i detektovanje prevara. Tarifni server na odgovarajući način zahteva podatke od uređaja koji generiše tarifne zapise. Grupno tarifiranje nije podržano, ali je za aplikacije uglavnom dovoljno to što transportni protokoli prenose više upita u jednom segmentu tokom prenosa velike količine informacija.

#### 3.1. Tarifni zapisi

Diameter ima ugrađene mehanizme korekcije grešaka radi prevazilaženja gubitaka poruka, privremenih mrežnih otkaza i prenosa tarifnih informacija u realnom vremenu. Tarifni zapisi su određeni *Session-Id* AVP-om, koji predstavlja globalno jedinstveni identifikator za sve poruke za autorizaciju, utvrđivanje verodostojnosti i tarifiranje. Ako servis podrazumeva više različitih sesija, svaka je određena drugačijim identifikatorom, a parom atributa *Accounting-Multi-Session-Id* korelisani su tarifni zapisi za svaku pojedinačnu sesiju. Korišćenje *User-name* AVP-ova je neophodno.

Uspešan tarifni upit aktivira sesiju, u okviru koje se generišu dva tipa tarifnih zapisa, u zavisnosti od tipa servisa. Servis merljivog trajanja ima tačno određen početak i kraj, koji određuju i početak i kraj tarifnog zapisa. U okviru upita i odziva parovi atributa *Accounting-Record-Type* uzimaju vrednost *START\_RECORD* i *STOP\_RECORD*.

Događaj kod kojeg su početak i kraj istovremeni, tj. servis koji nema merljivo trajanje, proizvodi samo jedan tarifni zapis određen vrednošću *EVENT\_RECORD*. Ako je to dozvoljeno, može se kreirati privremeni *INTERIM\_RECORD* zapis. Pravilo je da se za jednu sesiju može generisati samo jedan zapis, u suprotnom se uvek čuva poslednji i zapisuje preko prethodnog.

Tarifiranje sesije određeno je tarifnim serverom ili serverom koji autorizuje sesiju. U tom slučaju radi se o modelu baziranom na serveru. Server usmerava klijenta da koristi servis merljivog trajanja ili trenutni događaj i opciono specificira vremenski interval koji se uzima pri kreiranju privremenog tarifnog zapisa.

Tarifne poruke mogu koristiti različit *Session-Id* od onog korišćenog tokom autorizacije, a specifične aplikacije to mogu zahtevati. Postoje aplikacije koje zahtevaju više tarifnih podsesija. One šalju poruke sa konstantnom vrednošću *Session-Id* atributa, ali sa različitom vrednošću *Accounting-Sub-Session-Id* AVP-om. U ovom slučaju korelacija se ostvaruje korišćenjem prvog

atributa. Važno je napomenuti da su, kada se primi STOP\_RECORD bez drugog atributa, a kada su podseseje koršćene u START\_RECORD poruci, sve podseseje su završene.

Postoje i aplikacije kod kojih korisnik prima servis sa različitim pristupnih uređaja (npr. mobilni IPv4), svaki sa različitim sopstvenim *Session-Id* atributom. U tom slučaju se za korelaciju koristi *Acct-Multi-Session-Id* AVP. On mora bit jedinstven i ne sme se menjati tokom trajanja sesije.

Dokument Diameter aplikacije mora sadržati tačno definisan koncept sesije koja se tarifira i može sadržati koncet multi-sesije. NASREQ Diameter aplikacija posmatra PPP konekciju kao jednu sesiju, a višestruku PPP konekciju kao multisesiju [4, 5, 6].

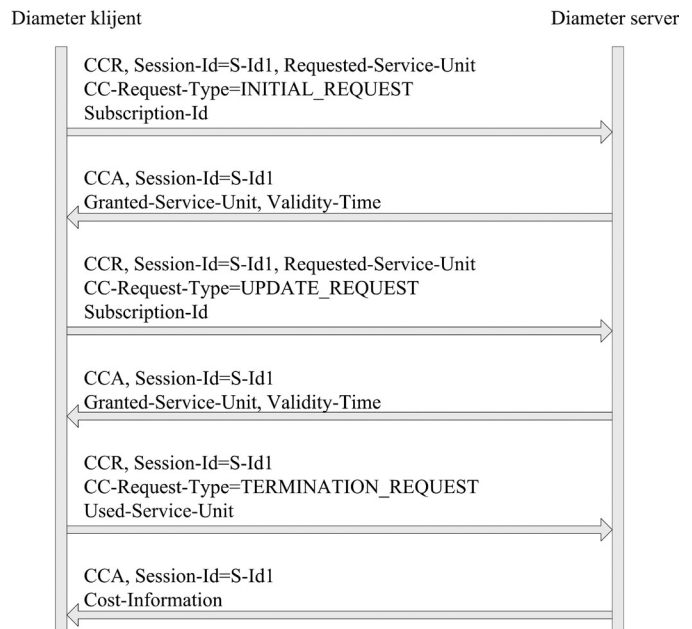
### 3.2. Kontrola kredita korisnika posredstvom protokola Diameter

Protokol Diameter ja veoma koristan za određivanje troškova u realnom vremenu i kontrolu kredita korisnika (*Credit-Control*) kod različitih servisa (RFC 4006) [7]. Ova aplikacija se pokazala veoma korisnom, posebno u UMTS mrežama, koje korisnicima nude *prepaid* usluge. Bežične mreže naredne generacije zahtevaju obradu podataka u realnom vremenu, radi utvrđivanja da li korisnik ima dovoljno kredita za korišćenje servisa, naplate za zahtevani servis, kao i obaveštavanja korisnika o troškovima. Ove specifikacije o načinu zaduživanja i specifikacije za kontrolu kredita značajne su i za proizvođače opreme. Da bi podrzavao sve aplikacije odgovarajući uređaj mora da ima podršku za osnovni Diameter protokol (RFC 3588) [4]. Ovo nije dovoljno u slučaju uređaja koji odlučuju koji će se servis koristiti (platforme za zaduživanje *online* IMS sistema zaduživanja), koji identifikuju da li se radi o *prepaid* ili *postpaid* načinu naplate itd. Ovi mehanizmi nisu ugrađeni u osnovni protokol, ali je bitno da Diameter aplikacije nisu softverske aplikacije u konvencionalnom smislu, već protokol-ska rešenja nastala nadogradnjom i proširenjem.

Klijent šalje CCR (*Credit-Control-Request*) i CCA (*Credit-Control-Answer*) poruke serveru, u kojima se nalazi atribut *CC-Request-Type* koji može imati vrednosti INITIAL\_REQUEST, UPDATE\_REQUEST i TERMINATION\_REQUEST za tri faze uspostavljanja sesije i EVENT\_REQUEST za događaje. Upiti u vezi sa cenom servisa, refundiranje i provera kredita korisnika su događaji. Model rezervacije resursa baziran je na sesiji. Servisni element može poslati i specifičnu poruku za ponavljanje autorizacijue nakon isteka *Authorization-Lifetime*-a. Međutim, specifična ponovna autorizacija servisa ne utiče na kreditnu autorizaciju koja je uspostavljena između klijenta i servera, pošto se ona kontroliše količinom korišćenih jedinica servisa. Kada server primi zahtev od klijenta rezerviše se određeni iznos kredita korisnika. Kada korisnik potroši kredit ili prestane da koristi servis, klijent prijavljuje serveru iznos koji je iskorišćen.

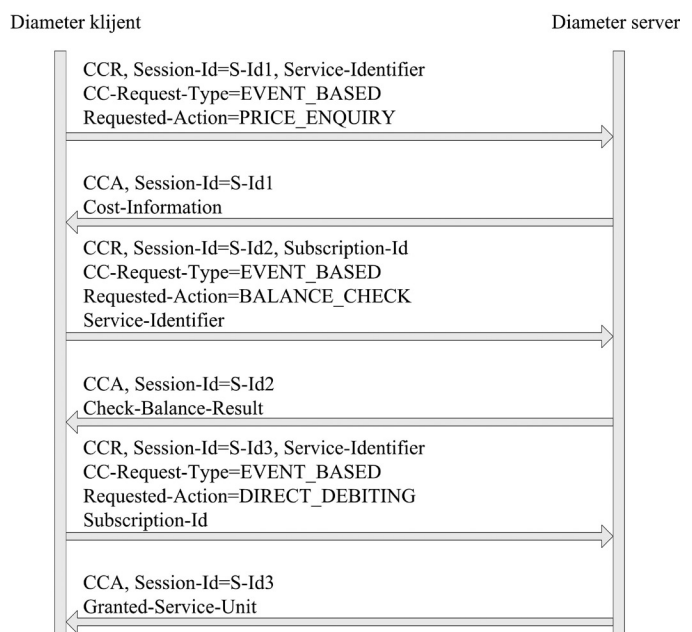
Pokretanje sesije odvija se kroz tri faze, koje su prikazane na slici 2. Svaka sesija mora da ima jedinstven identifikator *Session-Id*, a podseseja *CC-Sub-Session-Id* atribut, koja se mora zatvoriti pre glavne sesije, kako bi se mogao imati uvid

o iskorišćenim jedinicama servisa. Atribut *Used-Service-Unit* u poslednjoj fazi uspostave sesije sadrži broj jedinica servisa od trenutka aktiviranja servisa ili, ako postoji druga faza uspostave, od poslednjeg završenog merenja. Odziv može sadržati *Cost-Information* AVP koji predstavlja cenu celokupne sesije koja se uspostavlja.



Slika 2. Primer uspostave sesije za kontrolu kredita

Na slici 3 prikazan je primer Diameter događaja za kontrolu kredita. Koristi se u slučaju dobijanja informacije o ceni servisa, provere stanja korisnika, tj. provere da li ima dovoljno kredita za zahtevani servis, bez dopune u toku trajanja sesije i da osigura uspostavu servisa bez ikakve rezervacije kredita, koja bez događaja ne bi bila izvršena. Upit i odziv sadrže informacije o tipu konekcije i specifikiranoj akciji [7, 8].



Slika 3. Primer uspostave događaja za kontrolu kredita

**4. UPOREDNA ANALIZA PROTOKOLA DIAMETER I RADIUS**

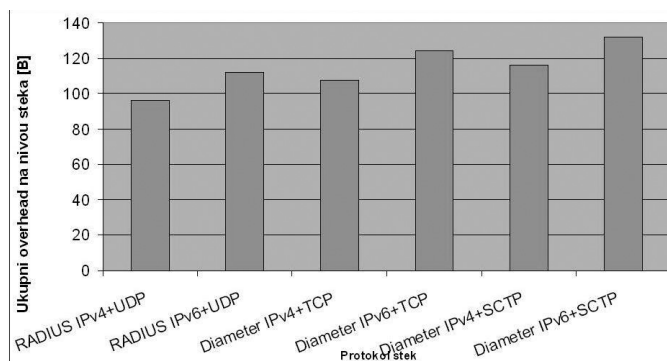
Protokol Diameter je razvijen sa ciljem prevazilaženja nedostataka protokola RADIUS [1], koji se najviše implementira za obezbeđivanje AAA funkcija. U tabeli 1 prikazan je uporedni pregled najvažnijih karakteristika protokola RADIUS i Diameter.

Tabela 1. Usporedni prikaz karakteristika protokola RADIUS i Diameter [2]

	RADIUS	Diameter
Arhitektura	kljent-server	peer-to-peer
Protokol na transportnom sloju	UDP	TCP i SCTP
Sigurnost	Nedovoljna podrška sigurnosti s kraja na kraj. Ne podržava poruke greške.	Koristi napredne algoritme rutiranja i omogućava dinamičko ispravljanje grešaka.
Autentifikacija	Nedovoljna podrška mobilnosti.	Puna podrška mobilnosti.
Autorizacija	Podržava samo periodičnu ponovnu autorizaciju.	Sadrži niz poruka koje se mogu koristiti prilikom nepredviđenih prekida komunikacije.
Tarifiranje	Nema mogućnost tarifiranja u realnom vremenu.	Ima mogućnost prenosa tarifnih informacija u realnom vremenu.

U analizi prikazanoj u ovom radu razmatrana je faza razmene tarifnih podataka<sup>1</sup>, pri čemu je za potrebe poređenja pretpostavljeno 64B za prenos tarifnih podataka kod oba protokola. Za oba AAA protokola je razmatrana primena IPv4 i IPv6, sa odgovarajućim protokolima transportnog sloja. Dužine zaglavlja IPv4 i IPv6 su 24B i 40B, respektivno, a za prenos kontrolnih informacija kod protokola UDP, TCP i SCTP predviđeno je 8B, 20B i 28B, respektivno.

Na slici 4 dat je uporedni prikaz protokola RADIUS i Diameter u funkciji ukupne količine kontrolnih informacija (OH, overhead) na nivou steka.



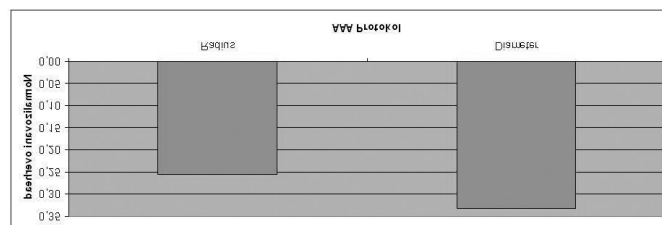
Slika 4. Ukupni OH na nivou steka za protokole RADIUS i Diameter

<sup>1</sup> S obzirom da Diameter prvenstveno koristi TCP protokol na transportnom sloju radi obezbeđivanja pouzdanog prenosa informacija, u mreži se generiše dodatni kontrolni saobraćaj u fazama uspostave i raskida TCP veze, kao i u proceduri kontrole grešaka u prenosu. Održavanje kontrolnih blokova transportne veze (TCP Control Block, TCB) zahteva dodatne memorijske resurse u odnosu na UDP protokol. Iscrpana analiza performansi transportnih protokola može se pronaći u literaturi [9], [10].

Na slici 5 prikazano je poređenje protokola RADIUS i Diameter u funkciji normalizovanog OH na aplikacionom sloju. Normalizovani OH na aplikacionim sloju određuje se na osnovu izraza (1).

$$OH_a = \frac{HL}{HL + AAA \text{ data}}, \quad (1)$$

pri čemu je HL – dužina zaglavlja (header length) protokola RADIUS / Diameter i AAA data – AAA podaci.

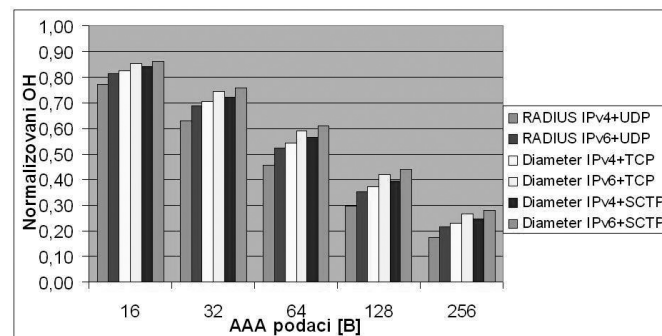


Slika 5. RADIUS i Diameter u funkciji normalizovanog OH na aplikacionom sloju

Na slici 6 prikazana je zavisnost normalizovanog OH-a, datog izrazom (2), od količine AAA podataka.

$$OH_n = \frac{\sum_{n=1}^3 HL_n}{\sum_{n=1}^3 HL_n + AAA \text{ data}}, \quad (1)$$

pri čemu je n – oznaka sloja (u analizi su razmatrani mrežni, transportni i aplikacioni sloj).



Slika 6. Ukupni normalizovani OH u funkciji količine AAA podataka

Na osnovu slike 6, može se zaključiti da je pri prenosu veće količine tarifnih i ostalih AAA podataka, povećanje OH koje unosi Diameter u odnosu na RADIUS zanemarljivo, posebno kada se uzme u obzir poboljšana funkcionalnost, prvenstveno u aspektu tarifiranja u realnom vremenu.

**5. PRIMENA PROTOKOLA DIAMETER ZA TARIFIRANJE UMTS MREŽE**

IMS (IP Multimedia Subsystems), specificirani od strane 3GPP organizacije, reprezentuju ključne elemente pristupa multimedijalnim Internet servisima, kako sa adekvatnom podrškom kvaliteta servisa, tako i sa novim unapređenim mehanizmima zaduživanja. Svi ovi novi zahtevi u kombinaciji sa transakcijama u realnom vremenu obuhvaćeni su Diameter protokolom. Stoga je Diameter postao osnova u izgradnji NGN, IMS i kasnije LTE (Long Term Evolution) sistema. Prvo je predstavljen izdanjem za IMS, Release 5, ali je tek u okviru Release 6 i 7 samostalno preuzeo odgovornost za signalizaciju u kontrolnoj ravni i u okviru LTE. Naredni Relea-

se dokumenti (poslednji *Release 12*) predstavljaju proširenja kroz broj interfejsa i funkcionalnosti.

IMS omogućavaju konvergenciju tradicionalnih telekomunikacionih servisa i multimedijalnih servisa u mrežama naredne generacije. IMS kombinuje mobilnu telefoniju i tehnologiju Interneta omogućavajući na taj način operatorima da ponude nove servise u skladu sa zahtevima korisnika. Da bi bila uspešna, rešenja zasnovana na IMS arhitekturi zahtevaju nove fleksibilne i efikasne modele zaduživanja. Pri tome se pod pojmom zaduživanje podrazumeva prikupljanje svih informacija o korištenju servisa koje su potrebne za naplatu i evidenciju upotrebe servisa.

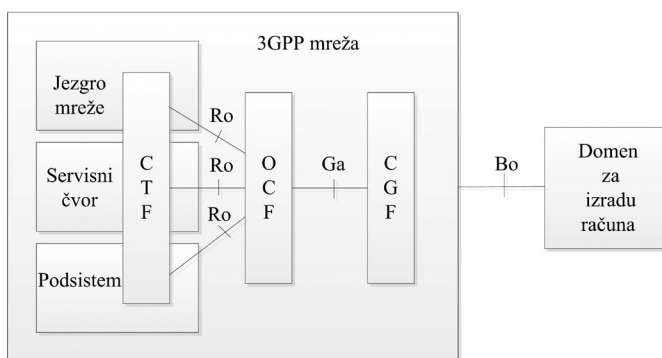
U mrežama naredne generacije pri izboru multimedijalnog servisa koji će koristiti, korisnici će imati mogućnost odabira nezavisnih komponenata servisa, kao i parametara koji opisuju kvalitet istog. Cena će zavistiti od broja odabranih komponenata i parametara kvaliteta servisa.

Da bi se omogućilo pružanje personalizovanih usluga koje se sastoje od nekoliko elemenata čiji broj i karakteristike nisu unapred poznati, potrebno je razviti novi način zaduživanja tako da trošenje monetarnih jedinica bude u vezi sa isporukom servisa. Za svaku personalizovanu konfiguraciju računa se tarifna klasa koja se koristi kao identifikator. Zaduzivanje se sprovodi za svaku konfiguraciju posebno, omogućavajući na taj način različite cene u zavisnosti od parametara.

UMTS mreže obuhvataju funkcije koje implementiraju *offline* i *online* mehanizme zaduzivanja. U cilju podrške ovim mehanizmima, mreža prati korišćenje resursa u realnom vremenu. Funkcionalni zahtevi za tarifiranjem su isti za celu mrežu, iako postoje razlike u arhitekturi između domena, servisa i podsistema koje utiču na način implementacije mehanizama zaduzivanja i naplate.

U *offline* zaduzivanju korišćenje resursa se prijavljuje kada je ono već završeno. *Offline* zaduzivanje je proces u kojem slanje tarifnih informacija ne utiče u realnom vremenu na korišćeni servis i može biti zasnovan na događaju i na sesiji. Tipični primeri ovakvog zaduzivanja su poziv određenog trajanja, prenos određene količine podataka ili multimedijalnih poruka.

*Online* zaduzivanje je proces u kojem se informacije o korišćenju mrežnih resursa sakupljaju trenutno, na isti način kao i kod *offline* zaduzivanja. Ovaj mehanizam može da utiče na servis u realnom vremenu, pa se zahteva kontrola korišćenja mrežnih resursa. Na slici 7 prikazana je šema *online* načina zaduzivanja, gde CTF (*Charging Trigger Function*), OCF (*Online Charging Function*) i CGF (*Charging Gateway Function*) predstavljaju logičke komponente sa tačno određenim funkcijama.



Slika 7. 3GPP arhitektura online zaduzivanja

Za *online* zaduzivanje koriste se osnovne funkcionalnosti IETF Diameter aplikacije za kontrolu kredita. Razlikuju se tri slučaja zaduzivanja:

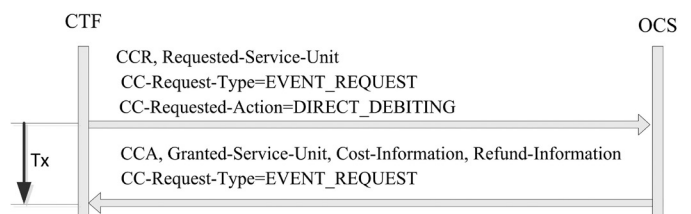
- Zaduzivanje neposrednih događaja (IEC, *Immediate Event Charging*),
- Zaduzivanje događaja sa rezervacijom resursa (ECUR, *Event Charging with Unit Reservation*),
- Zaduzivanje sesija sa rezervacijom resursa (SCUR, *Session Charging with Unit Reservation*)

Diameter okvir može biti razvijen izmenom postojećih aplikacija ili kreiranjem novih. Postojeću aplikaciju je moguće proširiti dodavanjem novih AVP-ova. Implementacija dodatnih funkcionalnosti može zahtevati nove Diameter aplikacije, a samim tim i nove komandne kodove, kao i nove obavezne parove atributa. 3GPP *Ro* interfejs primer je proširenja Diameter aplikacije za kontrolu kredita podržane dodatnim AVP-ovima za podršku razmeni informacija potrebnih za zaduzivanje. Većina 3GPP interfejsa (*Rx, Sh, Gy* itd.) ima sopstvene aplikacije od kojih svaka zahteva specifičan ID koji dodeljuje IANA.

3GPP organizacija usvojila je Diameter kao primarni protokol za AAA mehanizme i upravljanje mobilnošću u IMS sistemima. HSS (*Home Subscriber Server*) ili UPSF (*User Profile Server Function*) su unapređene verzije GSM HLR (*Home Location Register*) i AUC (*Authentication Center*) mrežnih elemenata. HSS sadrži glavnu bazu podataka za podršku IMS entitetima koji opslužuju pozive. Sadrži informacije o pretplatnicima, tj. korisničke profile i kontrolne podatke za utvrđivanje verodostojnosti i autorizaciju. Pored ovih funkcija može da obezbedi informaciju o lokaciji korisnika. Ako je u tom slučaju potrebno kontaktirati više HSS-ova, onda se za mapiranje koristi SLF (*Subscriber Location Function*). Oba ova elementa komuniciraju putem Diameter protokola. Zaduzivanje u IMS sistemima ostvaruje se preko *Ro* i *Rf* interfejsa, koji podržavaju i *offline* i *online* načine zaduzivanja [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

### 5.1. Zaduzivanje neposrednih događaja

Događaj kontrole kredita određen je odgovarajućim akcijom *EVENT\_REQUEST*, specificiranom u okviru upita i odziva. Na slici 8 prikazana je ova operacija na *Ro* referentnoj tački.



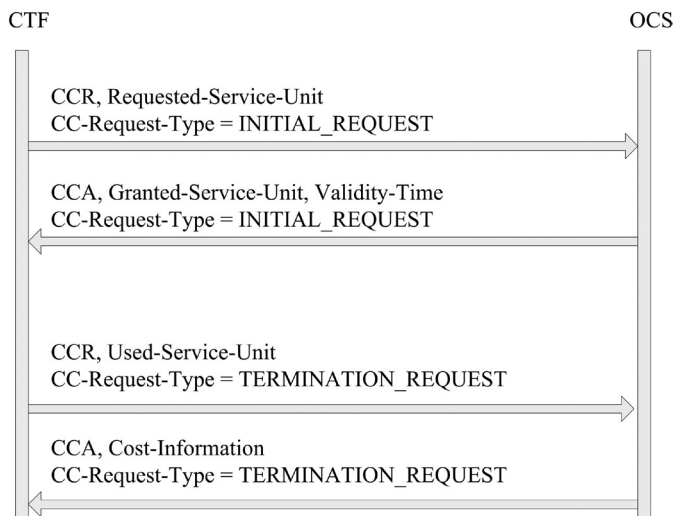
Slika 8. Postupak zaduzivanja neposrednih događaja

Mrežni element, kao aktivni klijent, specificira akciju, a može se uključiti i atribut koji daje informaciju o zahtevanim resursima. Nakon poslatog upita uključuje se tajmer, sve dok se ne primi odziv. OCS (*Online Charging System*) određuje

relevantne parametre servisa. U okviru REFUND-ACCOUNT događaja može biti uključen *Refund-Information* AVP, dok je moguće primeniti i CHECK\_BALANCE i PRICE\_ENQUIRY mehanizme.

### 5.2. Zaduživanje događaja sa rezervacijom resursa

U upitu i odzivu, pošto je potrebno rezervaciju resursa posebno realizovati, CC-Request-Type uzima vrednost INITIAL\_REQUEST i TERMINATION\_REQUEST, radi uspostave i okončanja događaja, kao i rezervacije i prijave iskorišćenih resursa (slika 9).

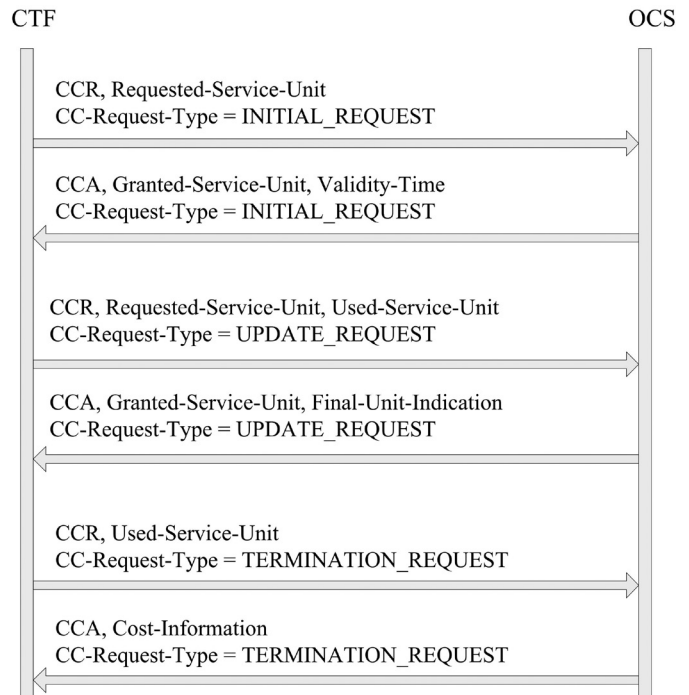


Slika 9. Postupak zaduživanja događaja sa rezervacijom resursa

Ako informacija o ceni servisa nije primljena od strane OCS-a, on je određuje, dok u suprotnom zadržava specificiranu vrednost. Ako je kreditno stanje zadovoljavajuće, OCS prima odgovarajuću količinu novčanih jedinica od korisničkog naloga. OCS može vratiti *Validity-Time* AVP-a na nenultu vrednost i u *Low-Balance-Indication* atributu indicirati da je količina kredita pretplatnika pala ispod dozvoljene vrednosti. CCA uz mogućnost korišćenja *Cost-Information* i *Remaining-Balance* AVP-ova.

### 5.3. Zaduživanje sesija sa rezervacijom resursa

Uspostava sesije (slika 10) ista je kao uspostava događaja, osim što AVP *CC-Request-Type* uzima vrednosti INITIAL\_REQUEST, UPDATE\_REQUEST i TERMINATION\_REQUEST. U sastav CCR i CCA poruka ulaze isti atributi kao u prethodnim slučajevima. Radi prijave iskorišćenih resursa i rezervacije novih, razmenjuju se upit i odziv sa atributom *CC-Request-Type* koji uzima vrednost UPDATE\_REQUEST, kada su potrošene sve dodeljene jedinice servisa ili kada je period *Validity-Time* istekao. Informacija o ceni se prenosi na isti način. Kada je rezervacija dogovorena, inicira se prekid sesije i AVP-ovima *Remaining-Balance* i *Cost-Information*, koji predstavlja kumulativni trošak servisa, razmenjuju se potrebne informacije.



Slika 10. Postupak zaduživanja sesija sa rezervacijom resursa

Upit i odziv za kontrolu kredita definisani su dokumentom RFC 4006, osim što se u 3GPP standardizaciji ne koriste pojedini atributi. U slučaju CCR poruke to su: *CC-Sub-Session-Id*, *Acct-Multi-Session-Id*, *Service-Identifier*, *Requested-Service-Unit*, *Used-Service-Unit* i *Service-Parameter-Info*. U okviru CC odziva ne koriste se *User-Name*, *CC-Sub-Session-Id*, *Acct-Multi-Session-Id*, *Origin-State-Id*, *Event-Timestamp*, *Granted-Service-Unit*, *Finel-Unit-Indication*, *Check-Balance-Result* i *Validity-Time* AVP-ovi [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

## 6. ZAKLJUČAK

Protokol Diameter je nastao na osnovu poznatih okvira njegovog prethodnika, protokola RADIUS, a sa ciljem prevazilaženja funkcionalnih ograničenja RADIUS-a. Trenutna primena protokola Diameter može se podeliti na standardnu upotrebu vezanu za osnovne AAA funkcionalnosti i na pružanje proširenih funkcija utvrđivanja verodostojnosti, autorizacije i tarifiranja u savremenim mobilnim mrežama i uopšte u mrežama baziranim na novim tehnologijama. Kod operatora se može jasno pratiti trend prelaska sa upotrebe izvornih AAA protokola na protokole nove generacije. Značajna prednost protokola Diameter je mogućnost saradnje sa protokolom RADIUS i ostalim izvornim AAA protokolima što značajno olakšava tranziciju.

Evolucija 3GPP pokrenuta je zbog zahteva za brzom, fleksibilnom i troškovno-efikasnom mrežnom arhitekturom. NGN, IMS i LTE, baziraju se na AAA mehanizmima i proširuju svoje karakteristike kroz kontrolu rada, dinamička pravila, kvalitet servisa, alokaciju resursa i nove zahteve za mehanizmima zaduživanja. Ove mreže podrazumevaju efikasnu kontrolu kredita, proces zaduživanja i ostale AAA funkcije. 3GPP standardizacijom Diameter protokol postaje široko zastupljen i obu-

hvata preko 90% AAA funkcionalnosti. Očekuje se da će rast signalizacionog saobraćaja ostvarenog Diameter protokolom uticati na porast mobilnog saobraćaja u narednom periodu, naročito onog ostvarenog LTE tehnologijom.

U radu su prikazani osnovni mehanizmi značajni za obezbeđivanje funkcije tarifiranja u telekomunikacionim mrežama primenom protokola Diameter. Objasnjena je uloga ovog protokola za kontrolu kredita korisnika. U okviru razmatranih mogućnosti primene protokola Diameter za tarifiranje UMTS mreža, posebna pažnja je posvećena *offline* i *online* mehanizmima zaduživanja. S obzirom na poboljšanu funkcionalnost protokola Diameter, prvenstveno u aspektu tarifiranja u realnom vremenu, opterećenje koje unose kontrolne informacije pri prenosu veće količine tarifnih podataka je zanemarljivo, što je pokazala i kvantitativna analiza prikazana u radu.

### LITERATURA

- [1] C. Rigney, "RADIUS Accounting", RFC 2866 (Informational), IETF, 2000.
- [2] V. Radonjić, A. Todosijević, M. Petrović, M. Stojanović, A. Kostić-Ljubisavljević, „Analiza protokola radius i diameter sa aspekta tarifiranja telekomunikacionih servisa“, *Vojnotehnički glasnik*, vol. LXI, no. 2, april - jun 2013., pp. 218-241.
- [3] Nacionalni CERT, "DIAMETER protokol", *CARNet - Hrvatska akademska i istraživačka mreža*, NCERT-PUBDOC-2010-07-305
- [4] P. Calhoun, J. Loughney, E. Guttman, G. Zorn, J. Arkko, "Diameter Base Protocol", RFC 3588 (Informational), IETF, 2003.
- [5] H. Ventura, *Diameter next generation's AAA protocol*, Master thesis in Information theory, Linköping Universitu, Electric press, 2002.
- [6] A. Hosia, "Comparison between RADIUS and Diameter", *T-110.551 Seminar on Internetworking*, Helsinki University of Technology, Telecommunications Software and Multimedia Laboratory, 2003.
- [7] H. Hakala, L. Mattila, J-P. Koskinen, M. Stura, J. Loughney, "Diameter Credit – Control Application", RFC 4006 (Informational), IETF, 2005.
- [8] T. Asveren, IETF67, *Diameter Tutorial - Diameter Credit Control Application*, dostupno na: [www.ietf.org/proceedings/67/.../dime-2.ppt](http://www.ietf.org/proceedings/67/.../dime-2.ppt)
- [9] S. Narayan, Yhi Shi, "TCP/UDP network performance analysis of windows operating systems with IPv4 and IPv6", *Proceedings of the 2nd International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS)*, Volume-2, 2010, pp. 219-222.
- [10] J. Touch, "TCP control block interdependence", RFC 2140 (Informational), IETF, 1997.
- [11] 3GPP, "Charging architecture and principles", TS 32.240 V12.1.0 (Release 12) (Informational).
- [12] 3GPP, "Diameter charging applications", TS 32.299 V12.1.0 (Release 12) (Informational).
- [13] V. K. Garg, *Wireless Communications and Networking*, Elsevier, 2007.
- [14] V. Kumar S. B., M. N. Harihar, "Diameter-based Protocol in the IP Multimedia Subsystem", *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, ISSN: 2231-2307, Volume-1, Issue-6, 2012.
- [15] J. Ewert, L. Norell, S. Yamen, "Diameter Signaling Controller in next-generation signaling networks", *Signaling in IP networks, Ericsson Review*, 284 23-3176 Uen, 2012.
- [16] 3GPP2, "All-IP Core Network Multimedia Domain C<sub>x</sub> Interface Based on the Diameter Protocol", X.S0013-006-0, Version 1.0, 2003. (Informational).
- [17] The NGN and Diameter Control Plane Experts, "Introduction to the Diameter Protocol in 3GPP context", *Whitepaper by Traffix Systems*, 2010.



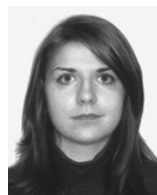
**Andrijana Todosijević**, master inženjer saobraćaja, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet  
**Kontakt:** todosijevicandrijana@gmail.com  
**Oblast interesovanja:** Telekomunikacione mreže i protokoli, Tarifiranje u telekomunikacijama



**Dr Vesna Radonjić Đogatović**, docent Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet  
**Kontakt:** v.radonjic@sf.bg.ac.rs  
**Oblast interesovanja:** Tarifiranje u telekomunikacionim mrežama, Primena teorije igara u telekomunikacijama



**Dr Mirjana Stojanović**, vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet  
**Kontakt:** m.stojanovic@sf.bg.ac.rs  
**Oblast interesovanja:** Projektovanje, razvoj i implementacija telekomunikacionih mreža, Telekomunikacioni protokoli



**Milica Petrović**, student master studija Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet  
**Kontakt:** milica\_ar@yahoo.com  
**Oblast interesovanja:** Telekomunikacione mreže i protokoli, Tarifiranje u telekomunikacijama



**Dr Aleksandra Kostić-Ljubisavljević**, docent Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet  
**Kontakt:** a.kostic@sf.bg.ac.rs  
**Oblast interesovanja:** Interkonekcija telekomunikacionih mreža, Optički komunikacioni sistemi

