

**SISTEM ZA PRAĆENJE PERFORMANSI MREŽNE  
INFRASTRUKTURE VISOKOŠKOLSKE USTANOVE  
PERFORMANCE MANAGEMENT SYSTEM FOR THE NETWORK  
INFRASTRUCTURE OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION**

Jelena Šuh, Fakultet organizacionih nauka Beograd, jelena.suh@gmail.com

Konstantin Simić, Fakultet organizacionih nauka Beograd, kosta@elab.rs

Miloš Milutinović, Fakultet organizacionih nauka Beograd, milosm@elab.rs

Vladimir Vujin, Fakultet organizacionih nauka Beograd, vujin@elab.rs

Svetlana Jevremović, Visoka tehnološka škola strukovnih studija Šabac, jevremovicsvetlanait@gmail.com

**REZIME:** Predmet istraživanja ovog rada predstavlja razvoj i implementacija mrežne infrastrukture i servisa u akademskom okruženju, kao i realizacija sistema za praćenje performansi mreže. Model mrežne infrastrukture zasnovan je na principima hijerarhije i modularnosti. Opisane su komponente mrežne infrastrukture, tehnologije i protokoli neophodni za funkcionisanje informacionog sistema visokoškolske ustanove. Predstavljen je Cacti sistem za praćenje performansi mreže, koji ima mogućnost da vrši nadzor mreže, daje prikaz performansi sistema, šalje notifikacije u slučaju prekoračenja određenih pragova, generiše različite izveštaje itd. Opisani model mrežne infrastrukture, servisi, kao i sistem za praćenje performansi mreže implementirani su u Laboratoriji za elektronsko poslovanje Fakulteta organizacionih nauka u Beogradu.

**KLJUČNE REČI:** mrežna infrastruktura, upravljanje mrežom, Cacti

**ABSTRACT:** The subject of this paper is the development and implementation of network infrastructure and services in an academic environment, and the implementation of network performance management system. Network infrastructure model is based on the principles of hierarchy and modularity. Network infrastructure components, technologies and protocols necessary for the functioning of the information system of the higher education institution are described. The paper describes Cacti performance management system, which can monitor the network, provide an overview of system performance, send alerts in case of exceeding certain thresholds, generate a variety of reports etc. The described model of network infrastructure, services and performance management system is implemented in the Laboratory for e-business, Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade.

**KEY WORDS:** network infrastructure, network management, Cacti

## 1 UVOD

Zadatak mrežne infrastrukture visokoškolske ustanove jeste da podrži kompleksne obrazovne i naučno-istraživačke procese i veliki broj različitih servisa [1]. Ključno pitanje je na koji način može da se obezbedi skalabilnost i pouzdanost ovakvog informacionog sistema? Odgovor koji pružaju moderne informaciono-komunikacione tehnologije jeste razvoj i implementacija modela mrežne infrastrukture, koja je zasnovana na principima hijerarhije, modularnosti i virtuelizacije.

Kompleksnost današnjih informacionih sistema dovela je do toga da je održavanje mrežne infrastrukture gotovo nemoguće bez odgovarajućeg sistema za upravljanje. Osnovni zahtevi koji se postavljaju pred ovakav sistem su primena otvorenih standarda, modularan dizajn i visok stepen bezbednosti. Heterogenost mrežnih sistema visokoškolskih ustanova je još jedan bitan parametar, koji se mora uzeti u obzir prilikom izbora sistema za upravljanje [2].

Ovaj rad predstavlja model mrežne infrastrukture naučno-istraživačke laboratorije, koja ispunjava zahteve skalabilnosti, pouzdanosti i bezbednosti, a sve sa ciljem da se podrže i unaprede naučno-istraživački i obrazovni procesi. Posebna pažnja je posvećena praćenju performansi mreže, a kao rešenje izabran je Cacti sistem za praćenje performansi mrežne infrastrukture. Cilj je da se na jednostavan i pouzdan način realizuje nadzor mreže, ali i praćenje performansi, izveštavanje u slučaju uočenih problema u mreži i niz drugih funkcionalnosti, koje ovakav sistem obezbeđuje.

## 2 MREŽNA INFRASTRUKTURA

### 2.1 Mesto mrežne infrastrukture u arhitekturi IT sistema visokoškolske ustanove

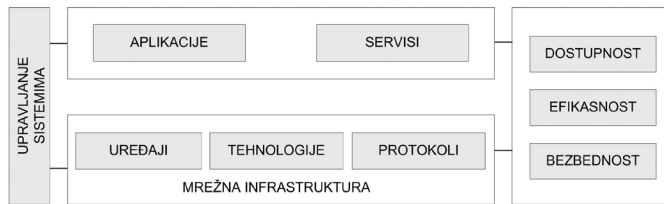
Postoji veliki broj definicija IT infrastrukture, koje se razlikuju od ugla posmatranja. Sistem administratori posmatraju IT infrastrukturu kao skup uređaja kojima oni upravljaju, dok je za programere to platforma za razvoj i izvršavanje aplikacija. Ono što je zajedničko za sve definicije jeste da IT infrastrukturu predstavlja osnovu svakog informacionog sistema [3].

Od velikog broja definicija izdvajaju se sledeće:

- Sve komponente koje su potrebne da bi se IT servisi isporučili korisnicima. IT infrastrukturu ne čine samo hardver i softver [4].
- IT infrastrukturu čine hardver, softver i računarska mreža, koji su potrebni za razvoj, testiranje, nadzor, kontrolu, podršku i isporuku IT servisa. Termin IT infrastruktura uključuje sve oblasti informacionih tehnologija, ne uključujući ljude, procese i dokumentaciju [5].
- IT infrastrukturu predstavlja sistem koga čine hardver, softver i servisi za podršku poslovnim sistemima i IT procesima [6].

Na slici 1 je prikazan model IT infrastrukture, fizičke i kvalitativne komponente. Centralno mesto zauzima mrežna infrastruktura, koju čine uređaji, mrežne tehnologije i protokoli. Pored mrežne infrastrukture, koja predstavlja osnovu za pokretanje

servisa i aplikacija, neophodne su i kvalitativne komponente: dostupnost, efikasnost i bezbednost. Važno mesto u arhitekturi IT infrastrukture zauzima upravljanje sistemima, koje obuhvata upravljanje mrežnom infrastrukturom, ali i servisima.



Slika 1 – Arhitektura IT infrastrukture

## 2.2. Upravljanje mrežom

Pouzdanost, skalabilnost i bezbednost su osnovni zahtevi, koje svaka mrežna infrastruktura mora da ispuni. Izbor i implementacija odgovarajućeg sistema za upravljanje mrežom je bitan faktor, koji u velikoj meri može da doprinese ispunjenju ovih zahteva.

Postoji nekoliko modela, koji opisuju upravljanje mrežom, kao što su TMN (Telecommunications Management Network), FCAPS (Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security) i ITIL (Information Technology Infrastructure Library). TMN model je servisno orijentisan, FCAPS model posmatra mrežu sa tehnološkog aspekta, dok je ITIL procesno orijentisan. Preporuka je da se proces planiranja mreže započne implementacijom FCAPS modela uz integraciju TMN koncepta za upravljanje servisima. Na kraju treba izvršiti optimizaciju primenom ITIL preporuka [7].

Kada je u pitanju upravljanje mrežom, postoje dva pristupa:

- OOBM (Out-Of-Band-Management)
- Komunikacioni protokoli za prenos menadžment saobraćaja

OOBM pristup podrazumeva postojanje potpuno odvojene mreže za produkcioni i menadžment saobraćaj. U ovom slučaju postoji dodatna fizička infrastruktura (posebni mrežni uređaji za prenos menadžment saobraćaja i dodatni interfejsi na mrežnim uređajima koji se nadgledaju). Prednost ovog pristupa je visok stepen bezbednosti upravljačkih informacija koje se prenose, a nedostatak visoki troškovi implementacije i kompleksnost administracije ovakve mreže.

Komunikacioni protokoli za prenos menadžment saobraćaja obezbeđuju sigurnost prenosa podataka primenom autentifikacije i enkripcije. Najpoznatiji protokol za razmenu upravljačkih informacija između sistema za upravljanje mrežom i mrežnih uređaja je SNMP (Simple Network Management Protocol) [8].

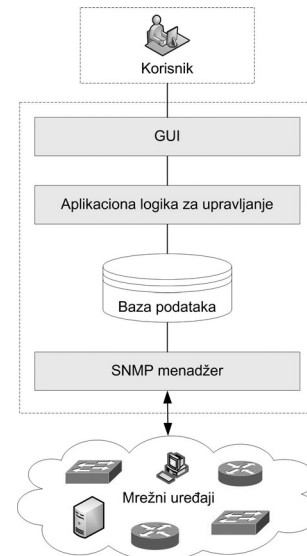
U praksi se veoma često primenjuje hibridno rešenje, odnosno kombinacija ova dva pristupa.

Sistem za upravljanje mrežom se može definisati kao skup aktivnosti, procedura i alata koji obezbeđuju kontrolu, nadzor i administraciju mrežnih resursa. Svaki sistem za upravljanje mrežnom infrastrukturom ima sledeće komponente [9]:

- Računarska mreža
- Baza podataka za smeštanje parametara mreže

- Aplikaciona logika za upravljanje
- GUI za prikaz parametara mreže

Na slici 2 su prikazane komponente sistema za upravljanje mrežom.



Slika 2 – Sistem za upravljanje mrežnom infrastrukturom

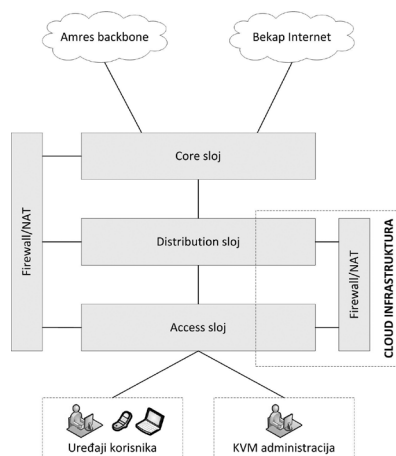
Sistem za upravljanje mrežom - NMS (Network Management System) predstavlja aplikacije koje nadgledaju i kontrolišu mrežu. Komunikacija NMS-a i agenata u mreži se ostvaruje preko određenog komunikacionog protokola i zasnovana je na klijent-server modelu. Mrežni uređaj, koji se nadgleda, se u ovom kontekstu naziva mrežni element. On poseduje softverski modul za upravljanje mrežom, koji se naziva agent. Agenti čuvaju menadžment informacije i omogućavaju da ove informacije budu dostupne sistemu za upravljanje mrežom. Najvažniji deo agenta jeste MIB baza (Management Information Base) koja predstavlja listu objekata kojima je moguće pristupiti. Informacije u ovoj bazi su organizovane hijerarhijski i njima se pristupa preko nekog komunikacionog protokola za upravljanje mrežom.

## 3 MODEL MREŽNE INFRASTRUKTURE NAUČNO-ISTRAŽIVAČKE LABORATORIJE

### 3.1 Arhitektura računarske mreže

Mrežna infrastruktura naučno-istraživačke laboratorije treba da pruži podršku za brojne obrazovne i naučno-istraživačke procese. Iz tog razloga neophodno je da budu ispunjeni sledeći uslovi: visok stepen dostupnosti, skalabilnosti, pouzdanosti i zaštite svih informacija, koje se prenose korišćenjem ove mrežne infrastrukture. Pored ovoga, mrežna infrastruktura mora da bude projektovana da podrži buduću implementaciju novih hardverskih sistema i softvera primenom koncepta Cloud Computing-a.

Na slici 3 prikazana je konceptualna arhitektura računarske mreže naučno-istraživačke laboratorije. Kao što se može primetiti, primenjen je hijerarhijski model, koji celokupnu mrežu posmatra kao skup slojeva, sa precizno definisanim funkcionalnostima na svakom sloju.



Slika 3 – Konceptualna logička šema mreže

Pristup krajnjih korisnika, odnosno veza korisničkih uređaja sa ostatkom mreže, se ostvaruje na access sloju. Pored korisničkih uređaja, kao što su računari, štampači i sl., na ovom sloju mogu da se nalaze i ruteri, svičevi, habovi i access point uređaji. Veza između access i core sloja se ostvaruje preko distribution sloja, koji ima zadatak da agregira saobraćaj sa access sloja. Na ovom sloju se vrši implementacija polisa u cilju kontrole toka saobraćaja. Da bi se ostvarila visoka dostupnost, primenjuje se redundantno povezivanje uređaja. Okosnicu mreže čini core sloj, koji obezbeđuje konektivnost između uređaja distribution sloja. Pošto se na ovom sloju agregira celokupan saobraćaj, neophodno je primeniti uređaje visokih performansi. Još jedan zadatak ovog sloja je realizacija konekcije sa Internetom.

Firewall/NAT sloj je zadužen za kontrolu dolaznog i odlaznog saobraćaja i implementiran je u hardveru i softveru. Pored ove funkcionalnosti, na ovom sloju se implementira i NAT (Network Address Translation) u cilju translacije privatnih IP adresa u javne.

Pošto je potrebno planirati implementaciju i Cloud servisa, na access i distribution sloju je neophodno da postoji podrška za Cloud infrastrukturu.

### 3.2 Implementacija računarske mreže

Opisani model mrežne infrastrukture implementiran je u Laboratoriji za elektronsko poslovanje Fakulteta organizacionih nauka. Laboratorija za elektronsko poslovanje realizuje nastavu korišćenjem koncepta blended učenja, a studentima obezbeđuje i različite edukativne servise, kao što su web-hosting, CRM servisi itd. [10].

Fizička realizacija mrežne infrastrukture podrazumeva implementaciju sledećih uređaja: core rutera, distribution svičeva, access svičeva, firewall/NAT rutera i pristupnih uređaja. Mrežnu infrastrukturu čine uređaji različitih proizvođača opreme (Cisco Systems, TP Link, Mikrotik), pa je upravo ovaj multi-vendor pristup uticao na izbor primenjenih mrežnih tehnologija i protokola.

Ethernet tehnologija predstavlja osnovu logičke topologije računarske mreže. Kako bi se realizovalo logičko razdvajanje saobraćaja, implementirani su VLAN-ovi (Virtual Local Area Network) [11]. Visok stepen dostupnosti mrežne infrastrukture i servisa se ostvaruje primenom redundanse, kako pri-

menom više uređaja, tako i realizacijom višestrukih konekcija između njih. U ovom slučaju neophodno je primeniti STP (Spanning Tree Protocol) protokol, a da bi se ostvarila veća propusna moć u računarskoj mreži implementirana je i agregacija linkova, konkretno LACP protokol [12].

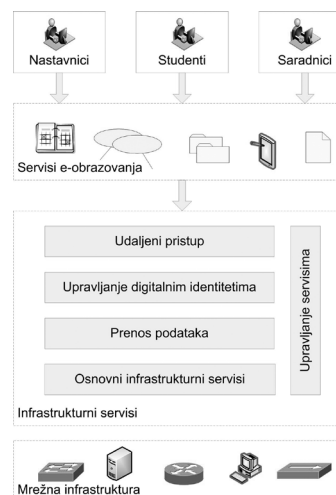
Na core uređajima i firewall/NAT ruteru realizovana je layer 3 funkcionalnost, pa su upravo oni zaduženi za rutiranje saobraćaja. Rutiranje je realizovano statički i dinamički, pri čemu je primenjen OSPF (Open Shortest Path First) protokol rutiranja [13]. Zbog redundanse, u mreži postoje dva default-gateway uređaja, pa je primenjen i HSRP (Hot Standby Router Protocol) protokol na core sloju. Na ovaj način se obezbeđuje dostupnost i izlaz iz računarske mreže na Internet i u slučaju otkaza jednog core uređaja bez bilo kakve izmene konfiguracije na krajnjim uređajima.

Kako je adresiranje u LAN mreži realizovano primenom privatnih IP adresa [14], neophodno je primeniti NAT [15], mehanizam za translaciju ovih adresa u javne IP adrese, da bi se omogućila komunikacija preko Interneta.

### 3.3 Implementacija mrežnih servisa

Važna komponenta IT infrastrukture u akademskom okruženju su mrežni servisi, koji omogućavaju komunikaciju, kolaboraciju, kreiranje nastavnih materijala, ali i praćenje i kontrolu procesa učenja.

Na slici 4 su prikazani servisi, implementirani u Laboratoriji za elektronsko poslovanje. Osnovu za funkcionisanje servisa e-obrazovanja, koje koristi nastavni tim, saradnici i studenti, čine infrastrukturni servisi. Osnovni infrastrukturni servisi su kritični servisi, koji su neophodni za funkcionisanje servisa e-obrazovanja. Servisi za prenos podataka imaju zadatak da obezbede siguran prenos informacija između korisnika, uređaja i aplikacija. Kako u akademskom okruženju postoje različiti tipovi podataka, kao i različiti tipovi korisnika, neophodno je implementirati odgovarajući sistem za upravljanje digitalnim identitetima. Mogućnost pristupa sa udaljene lokacije servisima Laboratorije za elektronsko poslovanje realizuje se primenom servisa za udaljeni pristup. Upravljanje servisima je posebno važna komponenta, ne sa stanovišta funkcionisanja samog sistema, već sa stanovišta mogućnosti da se problem u mreži brzo detektuje i otkloni.



Slika 4 – Implementirani servisi u Laboratoriji za elektronsko poslovanje



Kada je reč o osnovnim infrastrukturnim servisima, centralno mesto zauzima sistem za upravljanje identitetima, koji ima zadatak da izvrši proveru autentičnosti korisnika. Osnovu ovakvog sistema čini LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) servis, koji omogućava skladištenje podataka o korisnicima i uređajima, a implementiran je pomoću OpenLDAP aplikacije. U računarskoj mreži Laboratorije za elektronsko poslovanje implementirani su Postfix SMTP i Dovecot POP3/IMAP server za razmenu elektronske pošte, dok je web hosting realizovan je primenom Apache web servera. U infrastrukturne servise spada i NTP (Network Time Protocol) servis za upravljanje mrežnim vremenom, koji ima zadatak da svim klijentima u mreži distribuira informacije o vremenu.

Za udaljeni pristup mrežnoj infrastrukturi i servisima Laboratorije za elektronsko poslovanje, kao što su KOBSON, e-mail klijenti, remote desktop itd., implementiran je VPN (Virtual Private Network) servis. U ovom slučaju za autentifikaciju korisnika se koristi sistem za upravljanje digitalnim identitetima i RADIUS server, koji omogućava udaljeni pristup putem telefonske linije.

Intranet portal predstavlja mesto integracije svih mrežnih servisa i aplikacija i realizovan je primenom Wordpress sistema za upravljanje sadržajem. U cilju utvrđivanja identiteta i prava pristupa korisnika neophodna je komunikacija sa LDAP-om. U zavisnosti od zahteva korisnika, Intranet portal komunicira sa različitim infrastrukturnim ili servisima e-obrazovanja, i prosleđuje tražene informacije.

Pored navedenih infrastrukturnih servisa, u Laboratoriji za elektronsko poslovanje implementiran je veliki broj servisa e-obrazovanja. Centralno mesto zauzima sistem za upravljanje procesom učenja Moodle LMS, koji skladišti sve aktivnosti studenata. Ovaj sistem omogućava upravljanje kursovima, različite komunikacione alate, upravljanje studentskim nalogima itd. Za upravljanje odnosima sa studentima i saradnicima koristi se SugarCRM, a implementirana je i infrastruktura za web hosting, koja omogućava hostovanje studentskih sajtova i aplikacija, što u velikoj meri olakšava proces učenja i realizacije studentskih projekata.

#### 4 UPRAVLJANJE MREŽNOM INFRASTRUKTUROM NAUČNO-ISTRAŽIVAČKE LABORATORIJE

U cilju praćenja mrežnih parametara, u računarskoj mreži Laboratorije za elektronsko poslovanje implementirana je Cacti aplikacija. Primarni zadatak sistema za upravljanje mrežnom infrastrukturom Laboratorije za elektronsko poslovanje je nadgledanje i praćenje parametara mrežnih uređaja i servisa [16].

##### 4.1 Cacti

Cacti je open source aplikacija za praćenje performansi (Performance Management) i grafički prikaz rezultata merenja. [17] Prva verzija je objavljena 2001. godine kao kompletno web rešenje za RRDtool (Round-Robin Database Tool) [18].

Osnovne karakteristike Cacti aplikacije su [19]:

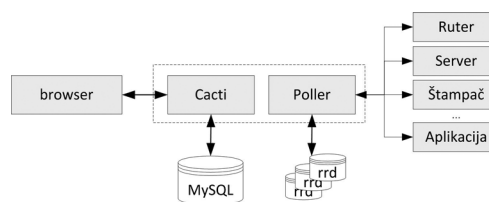
- Kompletno upravljanje se ostvaruje preko web interfejsa
- Kreiranje RRD grafika
- Podrška za eksterne skripte i komande

- Podrška za SNMP
- Jednostavna konfiguracija parametara za praćenje
- Mogućnost implementacije i kreiranja templejta
- Jednostavno upravljanje korisničkim nalogima i definisanje pristupnih prava

Cacti je prvenstveno aplikacija za merenje performansi, ali se implementacijom dodatnih programa osnovne funkcionalnosti mogu znatno proširiti. Primeri dodatnih funkcionalnosti su:

- Generisanje alarma
- Slanje izveštaja
- Čuvanje konfiguracija mrežnih uređaja
- Integracija sa drugim softverima za upravljanje

Na slici 5 prikazana je arhitektura sistema u kome je implementiran Cacti.



Slika 5 – Cacti arhitektura [20]

Celokupna administracija i upotreba Cacti aplikacije se vrši preko web browser-a, a svi administrativni podaci se čuvaju u MySQL bazi. Na serveru postoji i poller, koji šalje upite ka sistemima koji se nadgledaju (ruteri, svičevi, aplikacije itd). Cacti kreira grafike na osnovu RRD fajlova, u kojima se čuvaju rezultati upita. Cacti je napisan u PHP-u i zato je relativno jednostavno realizovati dodatne funkcionalnosti i izvršiti integraciju sa drugim sistemima.

Jedna od najvećih prednosti Cacti aplikacije jeste mogućnost kreiranja templejta, čime se u velikoj meri pojednostavljuje proces kreiranja i administracije grafika. Kada postoji veći broj uređaja istog tipa, jasno je da postoji i veliki broj istih parametara koje je potrebno pratiti na isti način, pa primena templejta u velikoj meri olakšava proces održavanja Cacti aplikacije. Veliki broj templejta postoji u on-line repozitorijumu [21].

Još jedna veoma važna karakteristika Cacti aplikacije jeste jednostavno upravljanje korisnicima i mogućnost preciznog definisanja prava za svakog korisnika. Ova osobina je nešto po čemu se Cacti razlikuje od drugih aplikacija za nadgledanje mreže [19].

Arhitektura dodatnih programa (Plugin Architecture) predstavlja skup fajlova, koji proširuju osnovne funkcionalnosti Cacti aplikacije pozivom eksternih funkcija i aplikacija. Dodatni programi se najčešće koriste za slanje notifikacija, slanje periodičnih izveštaja, kreiranje mapa, integraciju sa drugim sistemima itd. Veliki broj Cacti dodatnih programa se nalazi u on-line repozitorijumu [22].

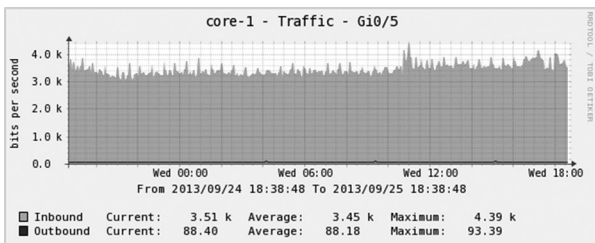
##### 4.2 Implementacija sistema za praćenje performansi mrežne infrastrukture

Uzimajući u obzir strukturu i karakteristike mrežne infrastrukture odlučeno je da se nadzor mreže realizuje korišće-

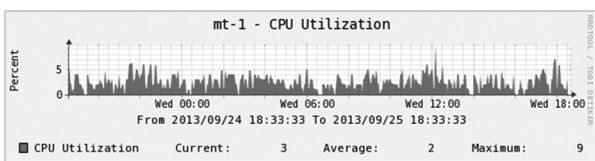
njem SNMP protokola. Ukoliko je to moguće implementiran je SNMPv3, a za uređaje koji ne podržavaju ovu verziju implementiran je SNMPv2c. Većina mrežnih uređaja podržava SNMP, pa je to i najčešći način prikupljanja podataka. Pored SNMP protokola, neki parametri se mogu prikupljati i korišćenjem različitih skripti.

Za mrežne uređaje (rutere i svičeve) prati se saobraćaj na interfejsima, kao i opterećenost procesora. Za servere i virtualne mašine prate se sledeći parametri: saobraćaj na interfejsima, zauzetost procesora, zauzetost memorije, broj procesa, kao i broj ulogovanih korisnika. Za UPS-eve se prati nivo ulaznog i izlaznog napona, temperatura, kao i vreme trajanja baterije, dok se za štampače prati nivo tonera.

Praćenje pomenutih mrežnih parametara je realizovano primenom različitih templejta i skripti. Na slici 6 je prikazano praćenje saobraćaja na interfejsu, dok slika 7 prikazuje zauzetost procesora uređaja.



Slika 6 – Cacti – praćenje saobraćaja

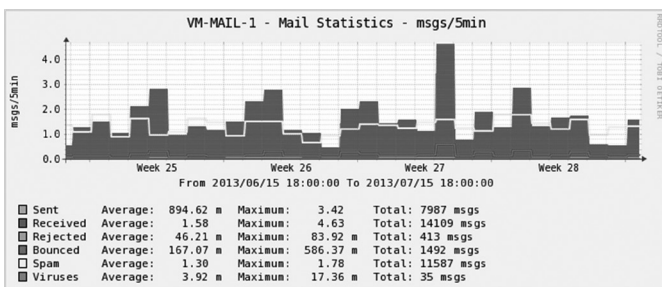


Slika 7 – Cacti – praćenje zauzetosti procesora

Za određene servise prate se specifični procesi i parametri. U tabeli 1 je dat prikaz parametara servisa koji se prate, a na slici 8 je dat primer praćenja mail statistike.

Tabela 1 – Cacti – praćenje parametara servisa

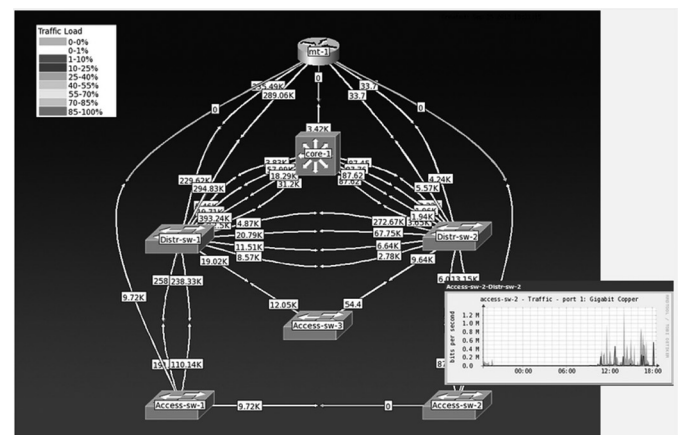
| Servis | Parametar   |
|--------|---|
| Apache | Hits/sec, kBits/sec, Bytes/hit, Thread Details, Thread Scoreboard |
| LDAP   | OpenLDAP-initiated operation, LDAP response time                  |
| Radius | Authentication requests   |
| Mail   | Mail statistics-msgs/min, Mail statistics-msgs/5 min              |
| FTP    | Active FTP connections  |



Slika 8 – Cacti – praćenje mail statistike

Primenom nectar dodatnog programa realizovano je periodično slanje različitih izveštaja o stanju u mreži. Pored praćenja definisanih mrežnih parametara, primenom thold dodatnog programa omogućeno je slanje e-mail notifikacije u slučaju da vrednost nekog parametra pređe unapred definisan prag.

U cilju grafičkog prikaza mrežne infrastrukture i mrežnih parametara implementiran jeweathermap dodatni program. Kako bi administracija mapa bila jednostavnija, implementiran je i interaktivni editor za mape. Za potrebe praćenja saobraćaja u Laboratoriji za elektronsko poslovanje kreirane su mape za prikaz infrastrukturnih linkova i linkova na access sloju. Primer kreirane mape prikazan je na slici 9. Izborom određenog linka pojavljuje se grafik sa prikazom saobraćaja na tom interfejsu.



Slika 9 – Cacti –weathermap

## 5 DISKUSIJA

Osnovni zadatak sistema za praćenje performansi mreže jeste da prikupi korisne informacije o stanju i parametrima mrežnih elemenata, kako bi administrator mreže mogao pravovremeno da deluje u slučaju pojave neke neregularnosti. Uzimajući u obzir složenost naučno-istraživačkih procesa, ali i veliki broj različitih servisa, koje mrežna infrastruktura visokoškolske ustanove mora da podrži, jasno je da se procesu izbora odgovarajućeg sistema za praćenje performansi mreže mora pristupiti veoma ozbiljno. Prilikom izbora moraju se razmotriti sledeći faktori:

- Da li se primenjuje komercijalno ili open-source rešenje?
- Koji su zahtevi za praćenje mrežnih parametara (tipovi mrežnih uređaja, vrste servisa, tehnologije itd)?
- Predikcija proširenja mrežne infrastrukture i implementacija novih servisa
- Način tretiranja problema u mreži (mogućnost slanja notifikacija)
- Periodično izveštavanje
- Grafički prikaz mrežne infrastrukture (mape)
- Kompleksnost instalacije i održavanja sistema
- Grafički interfejs
- Postojanje tehničke podrške za sistem

Na tržištu postoji veliki broj različitih rešenja za nadzor mrežne infrastrukture i praćenje performansi. Kada su u pitanju komercijalna rešenja, PRTG Network Monitor (Paessler Router Traffic Grapher) je jedan od najzastupljenijih [23]. Ovo rešenje karakteriše jednostavna instalacija, mogućnost praćenja različitih parametara i slanja notifikacija i čitav niz drugih funkcionalnosti. Od open-source rešenja izdvajaju se MRTG (Multi Router Traffic Grapher), Nagios i Cacti. MRTG je nastao kao alat za praćenje i analizu saobraćaja na linkovima u mreži, a danas se koristi za praćenje najrazličitijih parametara, koji se očitavaju sa mrežnih uređaja korišćenjem SNMP protokola [24]. Ovaj alat predstavlja osnovu za razvoj drugih rešenja za nadgledanje mreža, pa tako i RRDtool potiče od MRTG-a. Najveći nedostatak MRTG-a je što se celokupna administracija vrši ažuriranjem HTML fajlova i što ne postoji mogućnost definisanja korisničkih naloga sa različitim nivoima pristupa. Nagios je aplikacija za nadgledanje i praćenje performansi mreže, koja pored toga nudi veliki broj dodatnih funkcionalnosti [25]. Instalacija i administracija Nagios rešenja je kompleksna i zahteva veliko iskustvo mrežnog administratora. Cacti je alat za praćenje mrežnih parametara, koji karakteriše jednostavna administracija preko web interfejsa i mogućnost preciznog definisanja korisničkih prava. Upravo ove osobine čine Cacti dobrim izborom za praćenje performansi mrežne infrastrukture Laboratorije za elektronsko poslovanje. Proaktivno upravljanje mrežom u akademskom okruženju dovodi do smanjenja vremena nedostupnosti mrežne infrastrukture, bržeg rešavanja uočenih problema, povećanja raspoloživosti servisa i smanjenja troškova. Na ovaj način je nastavnom osoblju i studentima omogućeno da jednostavno, skalabilno i bezbedno upravljaju sopstvenim podacima i aplikacijama uz visok stepen fleksibilnosti i dostupnosti mrežnih resursa.

Ipak, Cacti nije kompletan sistem za upravljanje mrežnom infrastrukturom. Iako ima mogućnost proširenja osnovnih funkcionalnosti primenom odgovarajućih dodatnih programa, da bi se ostvarilo potpuno upravljanje mrežom prema FCAPS modelu, potrebna je implementacija dodatnih alata, pre svega za upravljanje konfiguracijom i accounting.

## 6 ZAKLJUČAK

Mrežna infrastruktura visokoškolske ustanove mora da obezbedi savremene informaciono-komunikacione servise i vezu sa Internetom nastavnom timu, studentima i saradnicima.

Primarni zadatak ovog rada je da ukaže na važnost projektovanja i implementacije mrežne infrastrukture, ali i na važnost i neophodnost postojanja odgovarajućeg sistema za praćenje performansi mrežne infrastrukture. U radu je opisan model mrežne infrastrukture naučno-istraživačke laboratorije, koji je zasnovan na principima hijerarhije i modularnosti, i koji može naći primenu u bilo kojoj obrazovnoj ustanovi i u velikoj meri poboljšati performanse obrazovnog procesa i doprineti efikasnijoj realizaciji i kvalitetu nastavnih aktivnosti.

Praktičan deo rada predstavlja implementaciju opisanog modela mrežne infrastrukture i Cacti sistema za praćenje performansi mreže. U razvijenom okruženju realizovan je naučno-

istraživački rad Laboratorije za elektronsko poslovanje Fakulteta organizacionih nauka. Primenjeno rešenje pokazalo se kao pouzdano, skalabilno, sigurno i ekonomično, što je doprinelo kvalitetu nastavnog i naučno-istraživačkog procesa Laboratorije za elektronsko poslovanje.

Realizacijom projekta računarske mreže i projekta sistema za praćenje performansi mreže, kao i implementacijom odgovarajućih mrežnih servisa, obezbeđuje se kvalitetna osnova za funkcionisanje informacionog sistema obrazovne ustanove. Buduća istraživanja biće usmerena na uvođenje novih servisa za podršku nastavnom procesu i naučno-istraživačkom radu, unapređenje sistema za upravljanje mrežnom infrastrukturom i implementaciju kvaliteta servisa.

## ZAHVALNICA

Autori zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, projekat broj 174031.

## LITERATURA

- [1] S. Urushidani, S. Abe, J. Yusheng, K. Fukuda, M. Koibuchi, M. Nakamura, S. Yamada, K. Shimizu, R. Hayashi, I. Inoue / S. Kohei, „Design of versatile academic infrastructure for multilayer network services,” *Selected Areas in Communications, IEEE Journal*, t. 27, br. 3, pp. 253-267, 2009.
- [2] F. Kamoun, „Toward Best Maintenance Practices in Communications Network Management,” *International Journal of Network Management*, t. 15, br. 5, pp. 321-334, 2005.
- [3] S. Lann, *IT Infrastructure Architecture - Infrastructure building blocks and concepts*, Lulu Press Inc, 2011.
- [4] „ITILv2,” [Na mreži]. Available: [http://www.itlibrary.org/index.php?page=ITIL\\_v2](http://www.itlibrary.org/index.php?page=ITIL_v2).
- [5] „ITILv3,” [Na mreži]. Available: <http://www.itilv3.net/>.
- [6] „Gartner,” [Na mreži]. Available: <http://www.gartner.com/it-glossary/it-infrastructure/>.
- [7] J. Parker, „FCAPS, TMN & ITIL – Three Key Ingredients to Effective IT Management,” *Enterprise Management System White Paper*, OpenWater Solutions, LLC, 2005.
- [8] J. Case, M. Fedor, M. Schoffstall / J. Davin, „RFC1157: A Simple Network Management Protocol (SNMP),” [Na mreži]. Available: <http://tools.ietf.org/html/rfc1157/>.
- [9] A. Clemm, *Network Management Fundamentals*, Cisco Press, 2007.
- [10] M. Despotović-Zrakić, K. Simić, A. Labus, A. Milić / B. Jovanić, „Scaffolding Environment for Adaptive E-learning through Cloud Computing,” *Educational Technology & Society*, t. 16, br. 3, pp. 301-314, 2013.
- [11] T. Lammle, *CCNA: Cisco Certified Network Associate Study Guide*, Sybex, 2007.
- [12] D. Hucaby, *CCNP BCMSN Official Exam Certification Guide*, Cisco Press, 2007.
- [13] B. Stewart / C. Gough, *CCNP BSCI Official Exam Certification Guide*, Cisco Press, 2008.
- [14] Y. Rekhter, B. Moskowitz, D. Karrenberg, G. J. de Groot / E. Lear, „RFC1918: Address Allocation for Private Internets,” [Na mreži]. Available: <http://tools.ietf.org/html/rfc1918/>.
- [15] P. Srisuresh / K. Egevang, „RFC3022: Traditional IP Network Address Translator (Traditional NAT),” [Na mreži]. Available: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3022/>.



- [16] L. Y. L. J. Z. Haiyan, „The Application of Cacti in the Campus Network Traffic Monitoring,“ *Computer & Telecommunication*, t. 4, 2008.
- [17] „Cacti,“ [Na mreži]. Available: <http://www.cacti.net/>.
- [18] „RRDtool,“ [Na mreži]. Available: <http://oss.oetiker.ch/rrdtool/index.en.html>.
- [19] T. Urban, *Cacti 0.8 Beginner's Guide*, Packt Publishing Ltd., 2011.
- [20] I. Berry, T. Roman, L. Adams, J. Pasnak, J. Conner, R. Scheck / A. Braun, „Cacti Manual 0.8.8,“ [Na mreži]. Available: <http://docs.cacti.net/manual:088/>.
- [21] „Cacti templates,“ [Na mreži]. Available: <http://docs.cacti.net/templates/>.
- [22] „Cacti plugins,“ [Na mreži]. Available: <http://docs.cacti.net/plugins/>.
- [23] „PRTG,“ [Na mreži]. Available: <http://www.paessler.com/prtg/>.
- [24] T. Oetiker, „Monitoring your IT gear: the MRTG story,“ *IEEE IT Professional*, t. 3, br. 6, pp. 44-48, 2001.
- [25] M. bin Mohd Shuhaimi, I. binti Roslan, Z. binti Zainal Abidin / S. binti Anawar, „The new services in Nagios: Network bandwidth utility, email notification and sms alert in improving the network performance,“ *7th International Conference on Information Assurance and Security (IAS)*, pp. 86-91, 2011.



**Jelena Šuh**, student doktorskih studija, Fakultet organizacionih nauka, univerzitet u Beogradu  
**Kontakt:** [jelena.suh@gmail.com](mailto:jelena.suh@gmail.com)  
**Oblasti interesovanja:** računarske mreže, e-obrazovanje, internet tehnologije



**Konstantin Simić**, student doktorskih studija, Fakultet organizacionih nauka, univerzitet u Beogradu  
**Kontakt:** [kosta@elab.rs](mailto:kosta@elab.rs)  
**Oblasti interesovanja:** Cloud computing, e-obrazovanje, internet tehnologije



**Miloš Milutinović**, student doktorskih studija, Fakultet organizacionih nauka, univerzitet u Beogradu  
**Kontakt:** [milosm@elab.rs](mailto:milosm@elab.rs)  
**Oblasti interesovanja:** mobilno poslovanje, e-obrazovanje, internet tehnologije



**Vladimir Vujin**, naučni saradnik, Fakultet organizacionih nauka, univerzitet u Beogradu  
**Kontakt:** [vujin@elab.rs](mailto:vujin@elab.rs)  
**Oblasti interesovanja:** mobilno poslovanje, e-obrazovanje, internet tehnologije



**Svetlana Jevremović**, Visoka tehnološka škola strukovnih studija Šabac  
**Kontakt:** [jevremovicsvetlanait@gmail.com](mailto:jevremovicsvetlanait@gmail.com)  
**Oblasti interesovanja:** e-obrazovanje, internet tehnologije, baze podataka



## UPUTSTVO ZA PRIPREMU RADA

1. Tekst pripremiti kao Word dokument, A4, u kodnom rasporedu 1250 latinica ili 1251 ćirilica, na srpskom jeziku, bez slika. Preporučeni obim – oko 10 strana, single prored, font 11.
2. Naslov, abstrakt (100-250 reči) i ključne reči (3-10) dati na srpskom i engleskom jeziku.
3. Jedino formatiranje teksta je normal, bold, italic i bolditalic, VELIKA i mala slova (tekst se naknadno prelama).
4. Mesta gde treba ubaciti slike, naglasiti u tekstu (Slika1...)
5. Slike pripremiti odvojeno, VAN teksta, imenovati ih kao u tekstu, radi identifikacije, u sledećim formatima: rasterske slike: jpg, tif, psd, u rezoluciji 300 dpi 1:1 (fotografije, ekranski prikazi i sl.), vektorske slike – cdr, ai, fh,eps (šeme i grafikoni).
6. Autor(i) treba da obavezno priloži svoju fotografiju (jpg oko 50 Kb), navede instituciju u kojoj radi, kontakt i 2-4 oblasti kojima se bavi.
7. Maksimalni broj autora po jednom radu je 5.

Redakcija časopisa Info M