

UDC: 37.018.43:004.738.5

INFO M: str. 23-28

**MODEL INFRASTRUKTURE SISTEMA E-OBRAZOVANJA
ZASNOVAN NA CLOUD COMPUTING-U
A MODEL FOR INFRASTRUCTURE OF E-EDUCATION SYSTEM
BASED ON CLOUD COMPUTING**

Marijana Despotović-Zrakić, Zorica Bogdanović, Dušan Barać, Aleksandra Labus, Aleksandar Milić

REZIME: U ovom radu biće predstavljen model infrastrukture sistema za učenje na daljinu baziran na konceptu cloud computing-a. Cloud computing predstavlja oblast računarstva u kojoj se skalabilni informatički kapaciteti obezbeđuju u vidu usluge isporučene putem Interneta. U praktičnom delu rada opisan je deo sistema za e-obrazovanje implementiran primenom ovog koncepta. Predlaže se i rešenje za realizaciju laboratorijskih vežbi iz predmeta Simulacija i simulacioni jezici na Katedri za elektronsko poslovanje i upravljanje sistemima Fakulteta organizacionih nauka. Ovo rešenje se zasniva na opisanom modelu infrastrukture sistema za učenje na daljinu.

KLJUČNE REČI: sistem za obrazovanje na daljinu, Moodle, cloud computing, skalabilnost.

ABSTRACT: In this paper we present a model for infrastructure of e-education system based on the concept of cloud computing. Cloud computing is an area of computing where IT scalable capacity is provided in the form of services delivered via the Internet. In practical part of the paper we describe e-education system developed using this concept. In the paper we describe a solution for realization of laboratory exercises in scope of the course Simulation and simulation languages at Department for e-business and system management of the Faculty of Organizational Sciences. This solution is based on the described model.

KEY WORDS: system for e-education, Moodle, cloud computing, scalability.

1. UVOD

Koncept učenja preko Interneta i upotreba globalne mreže u organizovanju i realizaciji obrazovnog procesa poprima sve veći značaj. Nove tehnologije i Internet se koriste svakodnevno u prikupljanju informacija, komunikaciji, zabavi, pružanju različitih usluga i servisa. Dostupnost informaciono-komunikacionih tehnologija dovodi do promena načina i sadržaja koji se pruža na raspolaganje studentima. Sve veći broj univerziteta organizuje nastavu primenom koncepta obrazovanja na daljinu. Broj korisnika, kao i količina edukativnih sadržaja u okviru sistema elektronskog obrazovanja se svakodnevno uvećava. S tim u vezi, zahtevi za projektovanjem i implementacijom arhitekture sistema za obrazovanje na daljinu postaju sve kompleksniji. Jedno od ključnih pitanja je kako obezbediti neophodne resurse za rad softverskih alata i aplikacija koji se koriste u realizaciji ovih sistema. Ovaj problem posebno postaje izražen kada sistemu obrazovanja na daljinu pristupa veliki broj studenata i nastavnika. Tehnički resursi kao osnova arhitekture sistema su ograničavajući faktor za uspešno odvijanje obrazovanja na daljinu. Softverski alati neophodni za realizaciju nastave postaju sve zahtevniji pa je potrebno obezbediti studentima odgovarajuće uslove za rad.

Javlja se različite ideje i rešenja za prevazilaženje ovih problema. Najjednostavnije rešenje podrazumeva ulaganje finansijskih sredstava u nabavku dodatne opreme s ciljem poboljšanja postojeće infrastrukture sistema. Na ovaj način obrazovna institucija može da obezbedi neophodne tehničke resurse za uspešnu realizaciju sistema za obrazovanje na daljinu, ali ovakav pristup je ekonomski neisplativ.

U ovom radu se razmatra jedan od mogućih pristupa za obezbeđivanje pouzdanosti i skalabilnosti sistema elektronskog obrazovanja uvođenjem koncepta cloud computing-a kao infrastrukture sistema za obrazovanje na daljinu. Opisa-

na je primena predloženog pristupa u razvoju modela za realizaciju laboratorijskih vežbi iz predmeta Simulacija i simulacioni jezici na Katedri za elektronsko poslovanje i upravljanje sistemima Fakulteta organizacionih nauka. Osnovni cilj rada je da se razvije efikasno i isplativo rešenje, koristeći postojeće resurse u sistemu.

2. TEORIJSKE OSNOVE CLOUD COMPUTING-A

Cloud computing je oblast računarstva u kojoj se veoma skalabilni informatički kapaciteti obezbeđuju u vidu usluge isporučene putem Interneta brojnim eksternim potrošačima [1]. To je apstrahovana, visoko skalabilna i kontrolisana računarska infrastruktura koja hostuje aplikacije namenjene krajnjim korisnicima. Usluge i podaci egzistiraju u deljenom, dinamički skalabilnom skupu resursa zasnovanom na tehnologijama virtuelizacije i/ili skaliranim aplikativnim okruženjima [2].

Cloud computing je infrastruktura koja može da pruži veliku vrednost sistemu za obrazovanje na daljinu zbog svoje mogućnosti isporuke računarskih resursa kao servisa. Jedna od najbitnijih odlika cloud computinga je skalabilnost, a ključna tehnologija koja je omogućava je virtuelizacija [3].

Virtuelizacija je jedan od preduslova za realizaciju cloud computing-a. Ona omogućava da se resursi koriste onda kada se za njima ukaže potreba. Pojam virtuelizacije podrazumeva okruženje za razvoj ili metodu podele računarskih resursa u više izvršnih okruženja ili udruživanja više manjih resursa u jedno okruženje, primenjujući jedan ili više različitih koncepata ili tehnologija sa ciljem razdvajanja logičkog interfejsa od fizičkih resursa.

Tehnologija virtuelizacije omogućava brzo i lako podizanje sistema, odnosno funkcionisanje više virtuelnih mašina na jednoj fizičkoj mašini, čime se postiže bolje iskorišćenje fizičkih resursa.

Tabela 1. – Cloud computing razvojni modeli

	Infrastrukturu upravlja	Infrastruktura je u vlasništvu	Infrastruktura je locirana	Dostupna i mogu da je koriste
Privatni	Organizacija	Organizacije ili provajdera usluga	U objektima organizacije ili izvan objekata organizacije	Ovlašćeni korisnici
Javni	Provajder usluga	Provajdera usluga	Izvan objekata organizacije	Korisnici bez ovlašćenja
Hibridni	I organizacija i provajder usluga	I organizacije i provajdera usluga	I u objektima i izvan objekata organizacije	I ovlašćeni i korisnici bez ovlašćenja
Zajednički	Provajder usluga	Organizacije ili provajdera usluga	U objektima organizacije ili izvan objekata organizacije	Ovlašćeni korisnici

Postoji četiri tipa cloud computing razvojnih modela[4]:

- 1) Privatni oblak – arhitektura oblaka je smeštena iza firewall-a organizacije i pruža informatičke usluge za internu upotrebu
- 2) Javni oblak – zahtevani i potrebni resursi dinamički se dodeljuju u vidu web servisa putem Interneta.
- 3) Hibridni oblak – predstavlja kombinaciju javnog i privatnog oblaka
- 4) Zajednički oblak – Infrastruktura oblaka je podeljena između više organizacija koje dele zajedničke interese (misiju, sigurnost, poslovna politika, itd.). Oblakom može upravljati organizacija ili neko treće lice i on može postojati unutar ili van objekata u vlasništvu organizacije.

U tabeli 1. su prikazane sličnosti i razlike između razvojnih modela posmatrani sa stanovišta infrastrukture i korisnika.

Uloge koje se mogu uočiti u cloud computing su[5]:

- 1) Prodavac oblaka - učestvuje posredno u transportu, implementaciji i korišćenju usluga cloud computing-a
- 2) Provajder oblaka - poseduje i upravlja dostupnim online sistemima, kako bi krajnjim korisnicima obezbedio neophodne usluge
- 3) Korisnik oblaka.

U zavisnosti od toga kako se tehnologija doprema do i koristi od strane korisnika postoje tri pristupa:

- 1) Infrastrukturni (Infrastructure as a Service)
- 2) Platformski (Platform as a service)
- 3) Aplikacioni (Application as a service) [6].

Infrastrukturni pristup obezbeđuje instancirane virtualne servere sa jedinstvenim IP adresama i određenu količinu memorije koja je na zahtev korisnika raspoloživa za skladištenje podataka. Platformski pristup predstavlja računarsku platformu koja uključuje set razvojnih i middleware mogućnosti i obezbeđuje dostupnost tih usluga. U aplikacionom pristupu pružalac usluga obezbeđuje hardversku infrastrukturu, softverske proizvode i interakciju sa korisnikom putem front-end dela portala.

Prednosti korišćenja cloud computing-a su [7]:

- Smanjeni troškovi
- Efikasno korišćenje resursa
- Brzina razvoja
- Uvećano skladište

- Omogućava IT-u da se fokusira na isporuku IT usluga.

Nedostaci korišćenja cloud computing-a su:

- Fiksni mesečni troškovi se moraju plaćati neprestano
- Nedostatak jasnoće u pogledu licenci za softver i licenciranja
- Upravljanje
- Dostupnost nije zagarantovana
- Privatnost
- Poštovanje propisa postaje složenije.

Koncept primene cloud computing-a sa sobom nosi i određene rizike. Najvažnije klase rizika koje su specifične za cloud computing su[8]:

- Gubitak upravljanja i kontrole
- Zavisnost od provajdera usluga
- Izolovanost resursa
- Rizik saglasnosti
- Rizik pristupanja resursima
- Zaštita podataka
- Nesigurno ili nepotpuno brisanje podataka
- Zlonameran insajder.

3. PRIMENA CLOUD COMPUTING-A ZA REALIZACIJU INFRASTRUKTURE VISOKOŠKOLSKIH USTANOVA

Većina visokoškolskih ustanova suočava se sa problemom potrošnje značajne količine sredstava, za održavanje infrastrukture. Ideja ovog rada je da se primenom cloud computing-a ovi troškovi svedu na minimum.

Kada se govori o primeni cloud computing-a za realizaciju infrastrukture visokoškolskih ustanova mogu se izdvojiti tri osnovna pristupa:

- 1) potpuni outsourcing infrastrukture
- 2) oblak u okviru privatne infrastrukture
- 3) kombinacija dva prethodna pristupa.

Potpuni outsourcing podrazumeva outsourcing u smislu vlasništva, upravljanja i održavanja infrastrukture koje su u ovom slučaju u odgovornosti trećeg lica. Visokoškolska ustanova angažuje treće lice, ukoliko proceni da postojeći resursi nisu dovoljni ili ukoliko proceni da je održavanje neophodnih resursa finansijski neisplativo. Australijski univerzitet Macquarie University, Sydney, Australia, je u dogovoru sa

kompanijom Google, migracijom svojih e-mail naloga, obezbedio istraživačima, nastavnom osoblju i drugim zaposlenim 6000 Gmail naloga. Ovo je e-mail servis baziran na privatnom oblaku koji se zasniva na aplikacionom pristupu. Na ovaj način univerzitet je oslobodio deo svojih resursa, dobio pouzdan e-mail servis koji je po potrebi moguće dalje integrisati primenom raznih aplikacija. Potpunu migraciju svojih e-mail naloga kao i integraciju sa Google aplikacijama uradio je The University of Westminster[1], obezbedivši dodatne pogodnosti kao što su kalendar, google grupe, buzz, itd. Primer potpunog outsourcing-a infrastrukture je i hostovanje sistema za upravljanje sadržajem učenja u oblaku.

Oblak u okviru privatne infrastrukture je najzahtevniji, što se tiče potrebnih resursa i najkompleksniji kad je u pitanju neophodno znanje za njegovu realizaciju. Ovaj pristup karakteriše posedovanje značajnih resursa koji se mogu udaljenim pristupom staviti na raspolaganje svim korisnicima koji za to imaju ovlašćenje, a to su najčešće studenti i zaposleni u visokoškolskoj ustanovi. I ovaj pristup je baziran na privatnom oblaku, ali se ne mora zasnivati samo na aplikacionom već se može zasnivati i na platformskom pristupu. Jedan od najboljih primera realizacije ovakvog pristupa jeste na univerzitetu North Carolina State University – Reilgh. Ovaj univerzitet stavlja na raspolaganje studentima i partnerima svoje resurse, odnosno ima svoju virtuelnu laboratoriju koja se zasniva na cloud computing-u [9]. Ovlašćeni korisnici moraju da rezervišu mašine i odgovarajući softver na kom žele da rade a nakon toga pristupaju resursima i koriste ih po potrebi [10].

Kombinacija prethodno dva opisana pristupa najčešće predstavlja korišćenje najboljih osobina i jednog i drugog. To u praksi znači da visokoškolske ustanove koriste svoje resurse i ukoliko ti resursi postanu značajno opterećeni ili iz nekog razloga nedovoljni onda, po potrebi, angažuju dodatne resurse od strane trećeg lica. Među prvim univerzitetima koji su приметili prednosti ovog pristupa je bio i University of California, Berkeley koji je još 2008. godine u pilot projektu[11] angažovao 200 dodatnih servera koji su primenom cloud computing-a pratili problem preopterećenosti servera za upravljanje bazom podataka.

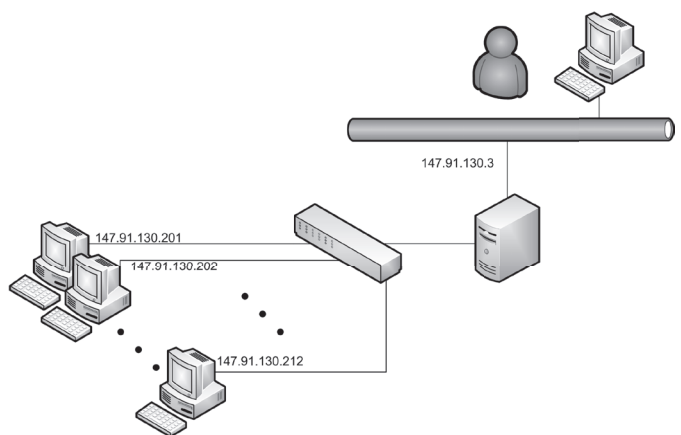
4. MODEL ZA REALIZACIJU INFRASTRUKTURE SISTEMA E-OBRAZOVANJA BAZIRAN NA CLOUD COMPUTING-U

Primenom koncepta “blended learning” Laboratorija za elektronsko poslovanje, Fakulteta organizacionih nauka, organizuje nastavu na svojim predmetima na svim nivoima studija (osnovne, posle diplomске). Sistem za učenje (LMS) na daljinu je realizovan primenom softverskog rešenja Moodle LMS. Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) je open-source sistem za upravljanje procesom učenja, koji podržava SCORM standard. Koriste ga univerziteti, škole i individualni instruktori, pre svega, radi unapređivanja nastave pomoću Web tehnologija [12]. Moodle je dizajniran tako da bude kompatibilan, fleksibilan i lako izmenljiv. Razvijen je korišćenjem PHP jezika, koji obezbeđuje nezavisnost od

platforme. Prema istraživanjima [13] Moodle je jedan od LMS sa najviše funkcionalnosti i servisa. Istovremeno, Moodle je fleksibilan kada je u pitanju dodavanje novih komponenata i integracija sa drugim sistemima i tehnologijama, koji su neophodni za adaptaciju. Ovaj sistem godišnje koristi više od 700 studenata Fakulteta organizacionih nauka u Beogradu.

Infrastrukturu za realizaciju sistema obrazovanja na daljinu Laboratorije za elektronsko poslovanje, čini jedan računar-server na kom je postavljeno softversko rešenje Moodle LMS sa bazom podataka. Server po svojim performansama zadovoljava sve zahteve koje mu nameće učenje na daljinu i raspolaže sa: dovoljno snažnim procesorom, velikom količinom memorije i memorijskog prostora. U laboratoriji je na raspolaganju i određen broj drugih računara, koji su po performansama slabiji.

Na slici 1. je prikazana postojeća infrastruktura u laboratoriji.



Slika 1. – Prikaz postojeće infrastrukture u laboratoriji

Sistem uspešno funkcioniše već pet godina. Međutim, primećeno je da u pojedinim situacijama, performanse sistema opadaju, a server radi na granicama svojih mogućnosti. Problemi se javljaju kada sistemu pristupa veliki broj studenata istovremeno, obavljajući kompleksne i zahtevne aktivnosti, kao što su: polaganja online testova, upload ili download veće količine podataka (npr. prilikom postavljanja domaćih zadataka). Opterećenost servera je tada blizu maksimalne i приметno je da je u tim kritičnim trenucima neophodno obezbediti skalabilnost sistema.

Problem koji se razmatra odnosi se na obezbeđenje:

- skalabilnosti - sistem mora da funkcioniše podjednako dobro bez obzira na to da li mu pristupa manji ili veći broj studenata istovremeno.
- pouzdanosti – potrebno je svesti mogućnost otkaza servera na minimum.

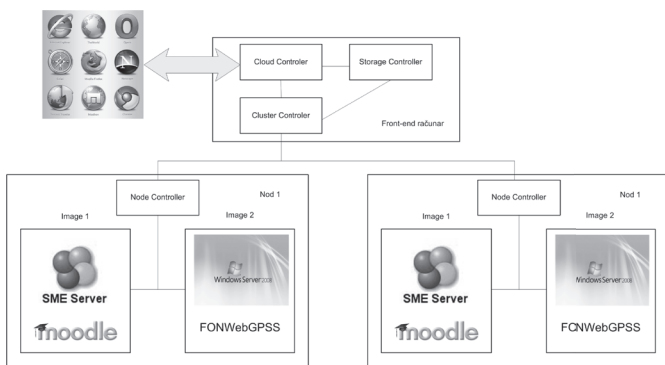
Rešenje je moguće obezbediti na više načina. Jedan od njih je kupovina novog, po performansama jačeg servera. Naravno, ovakvo rešenje podrazumeva izdvajanje znatnih finansijskih sredstava.

Model koji je prikazan u ovom radu se zasniva na iskorišćenju postojeće infrastrukture laboratorije realizacijom privatnog oblaka. Realizacija oblaka pomoću postojeće infra-

strukture je moguća primenom različitih tehnologija. Na osnovu rezultata istraživanja u referentnoj literaturi i poređenja raspoloživih tehnologija [14] kao softver za podršku izabran je Eucalyptus 1.6.2.

Eucalyptus [15] je open source softver koji radi pod Linux-om. U modelu koji će biti predstavljen, Eucalyptus omogućava realizaciju privatnog oblaka koji se zasniva na infrastrukturnom pristupu (IaaS). Iako Eucalyptus dolazi u okviru standardne distribucije Ubuntu 9.04 operativnog sistema, za operativni sistem pod kojim će ovaj softver raditi izabran je CentOS 5.4. Ovaj operativni sistem, za razliku od ostalih, omogućava veću kontrolu instaliranih komponenti i zahteva od administratora bolje poznavanje strukture samog oblaka.

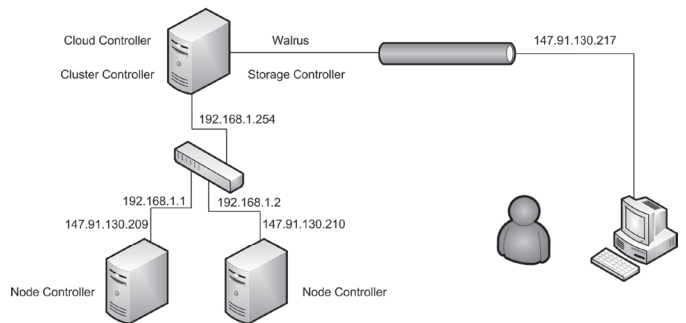
Za minimalnu realizaciju cloud computing-a kao infrastrukture neophodna su tri računara: server i dva noda. I na serveru i na nodovima je instaliran CentOS 5.4 operativni sistem i Eucalyptus 1.6.2 koji je podešen za cluster računar (na serveru) odnosno za nod računar (na nodovima). Virtualizacija nodova je izvršena pomoću Xen paketa. Na nodovima ne mora biti podignut samo jedan image već je moguće podići više virtuelnih mašina i na svakoj različiti image. Na ovaj način nodovi ne čekaju samo kritične trenutke da bi radili punim kapacitetom nego ih je u isto vreme moguće koristiti i za druge servise i usluge. Na slici 2. je prikazana arhitektura sistema e-obrazovanja zasnovana na cloud computing-u. Na oba noda podignute su po dve virtuelne mašine. Jedna radi pod SME Server-om i na njoj je instaliran Moodle i druga koja radi pod Windows Server 2008 i na njoj je instaliran FONWebGPSS (softver za simulaciju diskretnih događaja preko Interneta).



Slika 2. – Arhitektura sistema e-obrazovanja zasnovana na cloud computing-u[16]

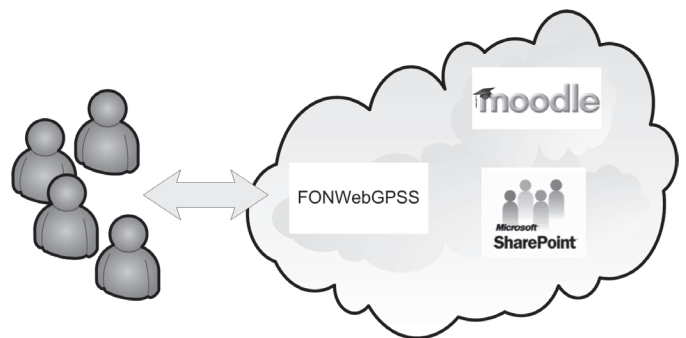
Na serveru se nalazi cloud kontroler koji upravlja svim nodovima. Na serveru se ne izvršavaju poslovi nego se njima samo upravlja. Korisnik koristeći snagu noda izvršava sve zahteve. Ukoliko dolazi do bilo kakve promene u bazi podataka za te promene nije zadužen nod nego se upravljanje svim podacima izvršava na serveru zahvaljujući storage kontroleru koji je instaliran u okviru standardne instalacije Eucalyptus-a. Uloga cluster kontrolera dolazi do izražaja tek u većim i razgranatijim mrežama kada on omogućava da se određeni delovi oblaka postave iza firewalla i organizuju u klastere računara. Walrus kontroler je servis koji omogućava povezivanje sa servisima koji obezbeđuju dodatne resurse, pre svega, dodatnu količinu podataka.

Kada korisnici zahtevaju pristup Moodle-u (pristupom serveru preko njegovog IP-a) cloud kontroler, koji je instaliran na serveru, proverava opterećenost nodova i posao delegira jednom od njih. Delegiranje se vrši putem interne mreže pristupanjem nodu preko privatnog IP koji mu je dodeljen (npr. 192.168.1.1 – Slika 3.). Svaki nod ima i svoj javni IP kojim je moguće pristupiti pomoću Secure Shell Protocol-a (SSH). Potrebno je samo izvršiti razmenu kriptovanih javnih ključeva radi autentikacije korisnika koji sa udaljenog računara pristupa nodu.



Slika 3. – Infrastruktura oblaka

Korisnik pristupa IP-u servera i njegov zahtev cloud kontroler automatski prosleđuje jednom od nodova. Nod komunicira sa korisnikom i obrađuje njegove zahteve. Korisnik nema uvid u tehnologiju koja sve to obezbeđuje nego ima utisak da direktno koristi aplikaciju kojoj pristupa (Slika 4.). Neke od aplikacija kojima korisnik oblaka može pristupiti na ovaj način su: Moodle, FONWebGPSS, Microsoft SharePoint...



Slika 4. – Različite aplikacije u oblaku

Ključna prednost opisanog modela jeste što nema preopterećenosti servera, pošto se posao raspoređuje na dve mašine. Iskorišćenost postojećih resursa je uvećana bez dodatnih finansijskih izdvajanja. Zahvaljujući raspodeli poslova na više virtuelnih mašina po svakoj fizičkoj mašini obezbeđena je i skalabilnost sistema.

5. PRIMENA MODELA ZA REALIZACIJU LABORATORIJSKIH VEŽBI U E-OBRAZOVANJU

Opisani model infrastrukture sistema e-obrazovanja koristiće se za izvođenje dela vežbi iz predmeta Simulacija i simu-

lacioni jezici na Katedri za elektronsko poslovanje i upravljanje sistemima na Fakultetu organizacionih nauka. Cilj nastave na ovom predmetu je da jasno i pregledno prikaže osnovne ideje i mogućnosti primene računarske simulacije. Predavanja i vežbe su koncipirani kao kombinacija tradicionalnog i elektronskog učenja. U okviru vežbi izučavaju se i rešavaju problemi simulacije kontinualnih sistema i problemi simulacije diskretno-stohastičkih sistema. Simulacija se vrši korišćenjem namenskih softverskih paketa: CSMP (za simulaciju kontinualnih sistema), GPSS (za simulaciju diskretno-stohastičkih sistema), VRML i X3D (softver za modeliranje virtualne realnosti).

U ovom radu biće prikazan deo modela koji će se koristiti za realizaciju dela laboratorijskih vežbi iz simulacija kontinualnih sistema. Laboratorijske vežbe će se sastojati iz dve faze: faze planiranja eksperimenta i faze merenja i analize rezultata eksperimenta.

U fazi planiranja eksperimenta student vrši modelovanje i simulaciju kontinualnog sistema na osnovu teorijskog znanja i matematičkog modela pojave koja se ispituje. U ovoj fazi koristi se odgovarajući softver za simulaciju kontinualnih sistema koji je web baziran. Računarski resursi koji su potrebni za izvršenje simulacije zavise od složenosti modela, numeričkih metoda koje se primenjuju, dužine simulacije, itd.

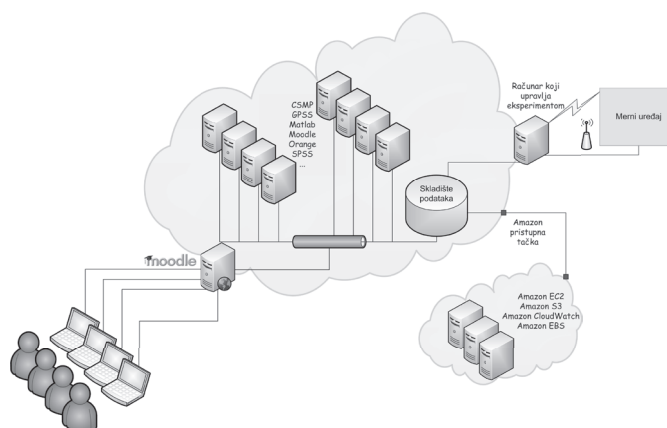
Poželjno je da se simulacija izvrši relativno brzo, pa su studentima potrebni značajni hardverski resursi za izvođenje laboratorijske vežbe. Studenti ne moraju raspolagati ovim resursima, nego im pristupaju preko Moodle LMS-a. Broj studenata koji rade laboratorijsku vežbu nije uvek isti pa je broj virtualnih mašina koje se instanciraju zavistan od broja studenata koji rade vežbu.

Pristup virtualnoj mašini ograničen je na određeni vremenski period (2-3 sata) tj. onoliko dugo koliko je procenjeno da je studentu potrebno za uspešnu realizaciju te vežbe. Rezultate koje dobiju studenti mogu sačuvati na lokalnom računaru ili upload-ovati u okviru Moodle LMS-a kao rešenje zadatka. Hardverski resursi se nakon završetka laboratorijske vežbe mogu koristiti i za nastavu iz drugih predmeta. Na ovaj način efikasnije se koristi postojeći hardver u laboratoriji a i svakom studentu je obezbeđen potreban hardver i softver za realizaciju laboratorijske vežbe.

Nakon završetka ove faze, pristupa se fazi merenja i analize dobijenih rezultata. Ponašanje pojave koje je u prvoj fazi simulirano, sada se primenom odgovarajućih mernih instrumenata prati a dobijeni podaci se skladište i kasnije koriste za analizu.

Merni instrument može biti povezan na računar koji upravlja eksperimentom (Slika 5.) kablom, bluetooth vezom, gprs vezom, itd. Način povezivanja zavisi od karakteristika mernog uređaja. Podaci se dalje smeštaju u skladište podataka koje se nalazi u okviru privatne cloud infrastrukture. U zavisnosti od obima podataka prikupljenih eksperimentom, rezultati merenja se mogu pohraniti i u skladište podataka koje se nalazi izvan privatne infrastrukture. Ova dodatna skladišta se mogu iznajmiti kod provajdera oblaka. Povezivanje, kontrola i

korišćenje ovih dodatnih skladišta se vrši primenom industrijskih standarda npr. Amazon Simple Storage Service (Amazon S3).



Slika 5. – Model za realizaciju laboratorijskih vežbi zasnovan na cloud computing-u

Za analizu podataka mogu se koristiti različiti softverski paketi. U zavisnosti od pojave koja se analizira to može biti: softver za statističku obradu podataka, alati za data mining, razni ekspertni sistemi [17], itd. Studenti putem web-a pristupaju odgovarajućoj aplikaciji. U zavisnosti od izabrane aplikacije instancira se virtualna mašina odgovarajućih hardverskih i softverskih karakteristika. Snaga virtualne mašine se koristi za obradu i analizu podataka dobijenih merenjem. Broj instanciranih virtualnih mašina zavisi od broja studenata koji rade vežbu a na svakoj virtualnoj mašini može raditi više studenata.

Na ovaj način studenti ne moraju posedovati računar odgovarajućih karakteristika niti softver neophodan za analizu podataka. Za prezentaciju dobijenih rezultata mogu sa koristiti dostupni, javni, web servisi, npr. Google charts. Dobijene rezultate studenti mogu sačuvati na hard disku lokalnog računara sa kog pristupaju virtualnoj mašini ili upload-ovati u okviru Moodle LMS-a kao rešenje te laboratorijske vežbe.

6. ZAKLJUČAK

Cloud computing kao infrastruktura za razvoj distribuiranih informacionih sistema se sve češće koristi u visokoškolskim ustanovama i naučno-istraživačkim institucijama. Očekuje se da u budućnosti ovakva infrastruktura postane dominantan vid povezivanja resursa obrazovnih i naučnih institucija.

U ovom radu, uvodi se koncept cloud computing-a kao infrastrukture za obrazovanje na daljinu. Predstavljani su i realizovani koraci koji su neophodni za funkcionisanje takvog modela. Korišćenjem postojeće infrastrukture u Laboratoriji za elektronsko poslovanje, Fakulteta organizacionih nauka iskorišćena je mogućnost raspodele raspoloživih resursa i realizovan cloud computing kao infrastruktura za učenje na daljinu bez dodatnih ulaganja.

Dat je predlog rešenja kojim bi se hardverski i softverski resursi laboratorije isporučivali studentima putem Interneta. Realizacijom ovog rešenja studentima bi bili obezbeđeni svi potrebni resursi. U daljem radu potrebno je izvršiti evaluaciju implementirane infrastrukture i podešavanje performansi sistema.

Budući pravci razvoja podrazumevaju pravljenje razgranate mreže kao i razdvajanje, na više računara, kontrolera koji se nalaze na serveru. Time bi se omogućilo da se postojeća mreža laboratorije integriše sa drugim mrežama zasnovanim na cloud computing-u. Dalji rad se odnosi na planiranje i razvoj infrastrukture za izvođenje nastave i iz drugih predmeta.

7. LITERATURA

[1] Nabil Sultan, *Cloud Computing for education: A new dawn?*, International Journal of Information Management, Vol 30, Issue 2, Pages 101-182 (April 2010)

[2] Srinivasa Rao V, Nageswara Rao N K, E Kusuma Kumari, *Cloud Computing: An overview*, Journal of Theoretical and applied Information Technology, Vol. 9. No.1, November 2009.

[3] Bo Dong, Qinghua Zheng, Jie Yang, Haifei Li, Mu Qiao, *An E-learning Ecosystem Based on Cloud Computing Infrastructure*, Proceedings of the 2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, IEEE Computer Society, pp: 125-127, 2009

[4] Hai Jin, Shadi Ibrahim, Tim Bell, Wei Gao, Dachuan Huang, Song Wu, *Cloud Types and Services*, To Appear in the Handbook of Cloud Computing, Springer

[5] Rahul Bakhshi, Deepak John, *Cloud Computing - Transforming the IT Ecosystem*, SETLabs Briefings, Infosys, Vol. 7. No. 7, 2009 page 3-10

[6] Alexandre di Costanzo, Marcos Dias de Assuncao, Rajkumar Buyya, *Harnessing Cloud Technologies for a Virtualized Distributed Computing Infrastructure*, IEEE Internet Computing, Published by the IEEE Computer Society, pp: 24-33, September/October 2009

[7] David Lilburn Watson, *Hey - Get Off My Cloud!*, Global Security, Safety and Sustainability, 5th International Conference, ICGS3 2009 London, Proceedings, pp:224-232, UK, September 2009

[8] Enisa, *Benefits, risks and recommendations for information security*, Cloud Computing, November 2009

[9] Henz E. Schaffer, Samuel F. Averitt, Marc I. Hoit, Aaron Peeler, Eric D. Sills, Mladen A. Vouk, *NCSU's Virtual Computing Lab: A Cloud Computing Solution*, IEEE Computer, Published by the IEEE Computer Society, pp: 94-97, July 2009

[10] Mladen A. Vouk, Eric Sills, Patrick Dreher, *Integration Of High-Performance Computing into Cloud Computing Services*, To Appear in the Handbook of Cloud Computing, Springer

[11] Armando Fox, *Cloud Computing in education*, <https://inews.berkeley.edu/articles/Spring2009/cloud-computing>, Berkeley iNews (posećeno 10.08.2010. godine)

[12] M. Despotović, Z. Bogdanović, D. Barać, *Methodology for creating adaptive online courses using business intelligence*, Transactions on Advanced Research, Vol 5. No 2., p.p. 27-35, ISSN: 1820-4511, IPSI Bgd Internet Research Society New York, Frankfurt, Tokyo, Belgrade, 2009

[13] Graf and List, 2005 Graf, S., "Fostering Adaptivity in E-Learning Platforms: A Meta-Model Supporting Adaptive Courses", CELDA 2005, 2005, pp. 440-443.

[14] Damien Cerbelaud, Shishir Garg, Jeremy Huylebroeck, *Opening the clouds: qualitative overview of the state-of-the-art open source VM-based cloud management platforms*, Proceedings of the 10th ACM/IFIP/USENIX International Conference on Middleware, Article No.: 22, 2009

[15] Eddy Caron, Frederic Desprez, David Loureiro, Adrian Muresan, *Cloud Computing Resource Management through a Grid Middleware: A Case Study with DIET and Eucalyptus*, 2009 IEEE International Conference on Cloud Computing, pp. 151-154, Bangalore, India, September 2009

[16] A. Milić, M. Despotović, D. Barać, *Cloud computing kao infrastruktura za obrazovanje na daljinu*, Proceedings from cd, XII International Symposium Symorg, Faculty of Organizational Sciences, Jun 2010.

[17] Vladimir Cvjetković, Valerij Bočvarski, Božidar Radenković, *Expert system for analysis of electron - atom scattering energy loss spectra*, Expert Systems with Applications, Volume 14, Issue 3, Pages 275-282 (April 1998)



dr Marijana Despotović-Zrakić, Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
e-mail: maja@myelab.net
Oblast interesovanja: projektovanje informacionih sistema u Internet okruženju, elektronsko obrazovanje, internet tehnologije, elektronsko poslovanje, računarska simulacija



mr Zorica Bogdanović, Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
e-mail: zorica@myelab.net
Oblast interesovanja: elektronsko obrazovanje, internet tehnologije, elektronsko poslovanje, računarska simulacija



Dušan Barać, Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
e-mail: dusan@myelab.net
Oblast interesovanja: elektronsko obrazovanje, elektronsko poslovanje, internet tehnologije, računarska simulacija



Aleksandra Labus, Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
e-mail: aleksandra@myelab.net
Oblast interesovanja: elektronsko obrazovanje, elektronsko poslovanje, internet tehnologije



Aleksandar Milić, Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
e-mail: milic@myelab.net
Oblast interesovanja: elektronsko obrazovanje, internet tehnologije, računarska simulacija