Servisi za upravljanje cloud computing infrastrukturom u e-obrazovanju

Aplikacija ELABCloud

Aleksandar Milić, Konstantin Simić, Aleksandra Labus
student doktorskih studija, student master studija, student doktorskih studija
Fakultet organizacionih nauka
Beograd, Srbija
milic@elab.rs, kosta@elab.rs, aleksandra@elab.rs

Sadržaj—**Laboratorija za elektronsko poslovanje Fakulteta organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu primenjuje koncept elektronskog obrazovanja. Povećanjem broja korisnika i povećanjem broja raspoloživih obrazovnih resursa povećava se i potreba za skalabilnošću sistema. Laboratorija je ovaj problem prevazišla uvođenjem cloud computing infrastrukture. U ovom radu opisana je aplikacija ELABCloud, razvijena od strane Laboratorije za elektronsko poslovanje, koja omogućava upravljanje ovakvom infrastrukturom. Aplikacija ELABCloud zasnovana je na veb servisima i sastoji se iz veb aplikacije i mobilne aplikacije. (Abstract)**

Ključne reči-cloud computing; aplikacija; e-obrazovanje; (key words)

I. UVOD

Savremene informaciono-komunikacione tehnologije svoju primenu nalaze u velikom broju oblasti. Razvoj ovih tehnologija vodi do pojave novih paradigmi u obrazovnom procesu. Danas mnogi univerziteti širom sveta primenjuju sisteme učenja na daljinu. Broj korisnika i količina dostupnih obrazovnih sadržaja u ovakvim sistemima vremenom rastu, pa navedeni sistemi postaju kompleksniji. Uvode se novi servisi koji omogućuju studentima jednostavnije i efikasnije korišćenje obrazovne infrastrukture. Studenti pomoću ovih servisa mogu da pristupe svim nastavnim resursima koji su im potrebni. Glavni problemi koji se javljaju prilikom projektovanja i implementacije infrastrukture za elektronsko obrazovanje na visokoškolskoj ustanovi jesu skalabilnost i pouzdanost. Navedene probleme moguće je prevazići uvođenjem cloud computing infrastrukture.

U ovom radu prikazana je aplikacija ELABCloud za upravljanje cloud computing infrastrukturom visokoškolske ustanove, koju je razvila Laboratorija za elektronsko poslovanje Fakulteta organizacionih nauka. Aplikacija je zasnovana na veb servisima, sastoji se iz veb aplikacije i mobilne aplikacije.

II. TEHNOLOGIJE ZA REALIZACIJU APLIKACIJE

Servisno orijentisana arhitektura predstavlja skup principa koji omogućavaju razvoj distribuiranih aplikacija [1]. Ona obuhvata sve aspekte kreiranja i upotrebe poslovnih servisa [2]. Servisno orijentisana arhitektura (SOA) obezbeđuje aplikacionu platformu koja povezuje poslovne procese i operativne resurse. Ona obezbeđuje interfejse za novi servis, koji se zasniva na semantici preduzeća i funkcionalnim zahtevima, i mapira ih u postojeće sisteme. Na kraju, to povezuje najviše i najniže nivoe zajedno, preko kompozicije servisa da bi se kreirao aplikacioni nivo.

Veb servisi su softver koji omogućavaju interoperabilnu interakciju između uređaja koji su priključeni na mrežu. Veb servisi mogu biti realizovani korišćenjem različitih tehnologija. Jedan od pristupa jeste korišćenje REST arhitekturnog stila. REST predstavlja stil softverske arhitekture za distribuirane sisteme, poput World Wide Web-a [3]. Ovaj arhitekturni princip prvi je definisao Roy Thomas Fielding u svojoj doktorskoj disertaciji [4]. REST servisi sve objekte posmatraju kao resurse i daju im jedinstvene identifikatore. Podaci se mogu reprezentovati korišćenjem XML, JSON, HTML ili neke druge tehnologije [5].

Realizovani veb servisi treba da zadovolje principe skalabilnosti i pouzdanosti kako bi mogli da opslužuju veliki broj korisnika istovremeno. Ove zahteve je moguće rešiti uvođenjem cloud computing infrastrukture, čime se uvodi i mogućnost rada sa distribuiranim resursima.

Cloud computing je oblast računarstva u kojoj se veoma skalabilni informatički kapaciteti obezbeđuju u vidu usluge isporučene putem interneta brojnim eksternim potrošačima [6]. 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 virtualizacije i/ili skaliranim aplikativnim okruženjima [7].

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 ideje cloud computing-a je skalabilnost a ključna tehnologija koja je omogućava je virtuelizacija [8].

Postoji četiri tipa cloud computing razvojnih modela [9]: Privatni oblak, javni oblak, hibridni oblak i zajednički oblak. Uloge koje se mogu uočiti u cloud computing-u su [10]:

prodavac oblaka, provajder oblaka i korisnik oblaka. U zavisnosti od načina isporuke tehnologije krajnjem korisniku, razlikuje se više pristupa [11]: infrastruktura kao servis (IaaS), platforma kao servis (PaaS) i softver kao servis (SaaS).

III. OPIS CLOUD COMPUTING INFRASTRUKTURE LABORATORIJE ZA ELEKTRONSKO POSLOVANJE

A. Opis problema

U Laboratoriji za elektronsko poslovanje na Fakultetu organizacionih nauka sprovodi se veliki broj kurseva, kako za osnovne i master studije, tako i za predmete sa drugih katedri fakulteta. Rad laboratorije zasniva se na primeni savremenih metoda i tehnologija, kao i permanentnim inovacijama. Praktikuje se *blended learning*, odnosno kombinacija klasičnog tipa nastave u učionici i nastave uz pomoć informaciono-komunikacionih tehnologija. Alat za upravljanje kursevima koji se koristi u Laboratoriji za elektronsko poslovanje je Moodle (Modular Object Oriented Developmental Learning Environment). Moodle predstavlja open source sistem za upravljanje kursevima (Course Management System - CMS), takođe poznat i kao Sistem za upravljanje učenjem (Learning Management System - LMS) koji koriste univerziteti, škole i individualni instruktori, pre svega, radi kreiranja i unapređivanja kurseva pomoću veb tehnologija. Moodle je softverski paket koji je dizajniran da pomogne predavačima da kreiraju kvalitetne on-line kurseve i da usmeravaju rezultate svojih studenata [12]. On predstavlja u stvari jezgro infrastrukture za elektronsko obrazovanje u okviru Laboratorije za elektronsko poslovanje. Sve aktivnosti studenata se skladište u okviru Moodle LMS-a.

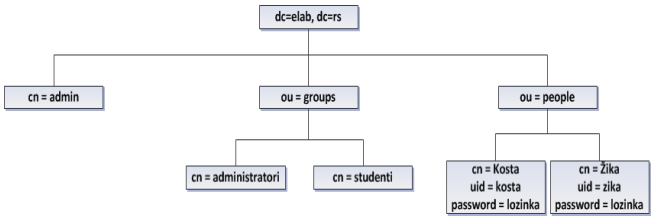
Predmeti koje izučava Laboratorija za elektronsko poslovanje zahtevaju korišćenje veoma heterogenih softverskih paketa koji mogu raditi na različitim operativnim sistemima. Cloud computing infrastruktura koja je realizovana u okviru Laboratorije obezbeđuje nesmetani istovremeni rad velikog broja različitih virtuelnih mašina na kojima je instaliran različit sistemski i aplikativni softver.

Postavlja se pitanje kako upravljati cloud computing infrastrukturom i kako omogućiti dovoljno jednostavan i intuitivan interfejs kako bi svi učesnici u obrazovnom procesu mogli da koriste cloud computing resurse, odnosno da dođu do obrazovnih materijala. Rešenje jeste razvoj namenske aplikacije.

B. Opis realizovane cloud computing infrastrukture

Da bi se obezbedila veća skalabilnost sistema i mogućnost uvođenja novih servisa za studente, Laboratorija za elektronsko poslovanje je uvela cloud computing infrastrukturu. Softversko rešenje OpenNebula koristi se za upravljanje ovom infrastrukturom.

Cloud computing infrastruktura Laboratorije za elektronsko poslovanje koristi dva mrežna interfejsa, eksterni i interni, kako bi se omogućio brži protok podataka između nodova. Eksterni mrežni interfejs koristi opseg javnih IP adresa dodeljenih Fakultetu organizacionih nauka (147.91.130.0/24). Interni mrežni interfejs koristi privatni opseg IP adresa (10.20.30.0/24). Postojeća cloud computing infrastruktura sastoji se iz četiri noda, koji služe za pokretanje virtuelnih mašina, i jednog cloud kontrolera.



Slika 1. LDAP infrastruktura Laboratorije za elektronsko poslovanje

Za skladištenje podataka o korisnicima koristi se softversko rešenje OpenLDAP. U pitanju je *opensource* implementacija LDAP servera. OpenLDAP sadrži predefinisane klase sa svojim atributima, tako da je moguće njih koristiti prilikom definisanja korisnika. Takođe je moguće i definisanje sopstvenih atributa. Na Sl. 1 je prikazana struktura konkretnog direktorijuma, gde se čuvaju korisnički nalozi.

Administrator celokupnog LDAP direktorijuma ima jedinstveni identifikator cn=admin. On ima pravo da dodaje nove korisnike, kao i da menja postojeće.

Najpre su definisane dve grupe korisnika, administratori i studenti, koje su smeštene u organizacionu jedinicu ou=groups. Svi korisnici su definisani u okviru organizacione jedinice ou=people. Za studente je definisana posebna klasa student koja nasleđuje klasu *inetOrgPerson*. Klasa *inetOrgPerson* je podrazumevana klasa za dodavanje korisničkih naloga u OpenLDAP-u. Ona sadrži sve standardne atribute osobe, poput imena, prezimena, adrese, e-mail adrese, telefona i sl. U okviru ovog LDAP rešenja definisana je nova klasa student da bi se omogućilo čuvanje specifičnih atributa za studente. Definisan je novi atribut *brojIndeksa*, koji skladišti vrednost broja indeksa studenta, a svi ostali atributi se preuzimaju od klase *inetOrgPerson*. Prilikom definisanja korisnika, treba voditi računa i o atributu *gidNumber*. Ovaj atribut se odnosi na broj grupe kojoj pripada korisnik. Prilikom definisanja grupe, odnosno deteta entiteta ou=groups, definiše se ovaj broj. Grupe koriste klasu *posixGroup*. Veza između korisnika i grupe je slična kao veza korišćenjem spoljnih ključeva u relacionim bazama podataka.

IV. APLIKACIJA ELABCLOUD ZA UPRAVLJANJE RESURSIMA CLOUD-COMPUTING INFRASTRUKTURE

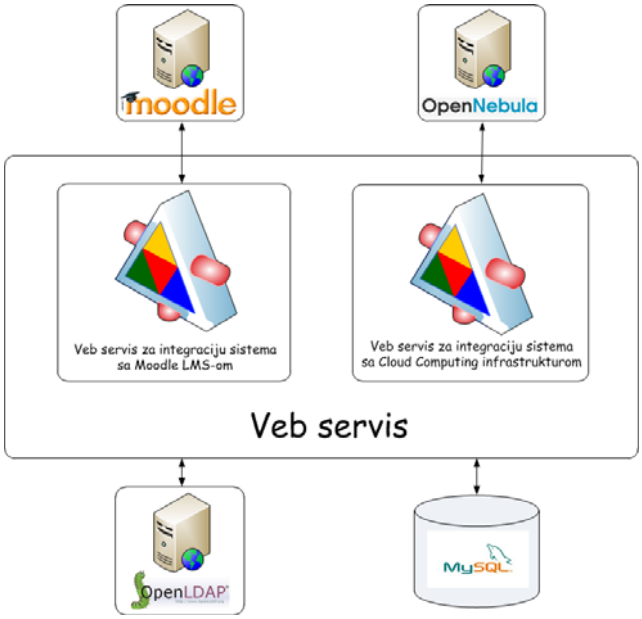
A. Korisnički zahtev aplikacije

Potrebno je kreirati veb aplikaciju i mobilnu aplikaciju koja bi mogla da upravlja resursima Cloud Computing infrastrukture, kako bi se studentima obezbedili novi servisi. Aplikacija bi bila razvijana za Android mobilnu platformu, oslanjala bi se na postojeću cloud computing infrastrukturu, bila bi integrisana sa direktorijumom korisnika (LDAP) koji sadrži studentske naloge za pristup i oslanjala bi se na veb servise, što omogućava budući razvoj drugih aplikacija slične namene. Uporedo bi bila razvijana i veb aplikacija sa istom namenom. Aplikaciju bi prvenstveno koristili studenti Fakulteta organizacionih nauka, što bi im omogućilo da rezervišu i pokreću predefinisane image-e (slike virtuelnih

mašina) sa instaliranim operativnim sistemom i potrebnim softverom koji se koristi na nekom od predmeta.

B. *Arhitektura aplikacije*

Aplikacija ELABCloud koristi servisno-orijentisanu arhitekturu, što omogućava uporedni razvoj veb i mobilne aplikacije. Ovakav pristup razvoju softvera omogućava eventualno kasnije kreiranje desktop aplikacije i integraciju sa još nekim postojećim sistemom. Na Sl. 2 je prikazana arhitektura sistema. Veb servis ima centralnu ulogu poslovne logike i integracije sistema. On integriše cloud computing infrastrukturu, OpenLDAP direktorijum korisnika, Moodle LMS, kao i MySQL bazu podataka. U veb servisu nalazi se poslovna logika ELABCloud aplikacije.



Slika 2. Arhitektura ELABCloud aplikacije

Veb servis je sastavljen od dve osnovne komponente. U pitanju su dva manja veb servisa. Jedan veb servis ima funkciju integracije sistema sa OpenNebula eksternim veb servisom, što bi integrisalo sistem sa cloud computing infrastrukturom, a drugi veb servis ima ulogu integracije sistema sa Moodle LMS eksternim veb servisom. Oba veb servisa su integrisana sa LDAP direktorijumom korisnika i MySQL bazom podataka.

Glavni veb servis služi za integraciju sa OpenNebula-om. OpenNebula ima svoj API koji omogućava kompletno upravljanje cloud computing infrastrukturom. Ovaj veb servis koristi XML-RPC pristup, pomoću koga je moguće pozivanje njegovih metoda. OpenNebula na ovaj način omogućava prikaz svih slika virtuelnih mašina (*image*) koje su postavljene, pokretanje virtuelnih mašina, prikaz korisnika OpenNebula-e i čitav niz drugih funkcionalnosti.

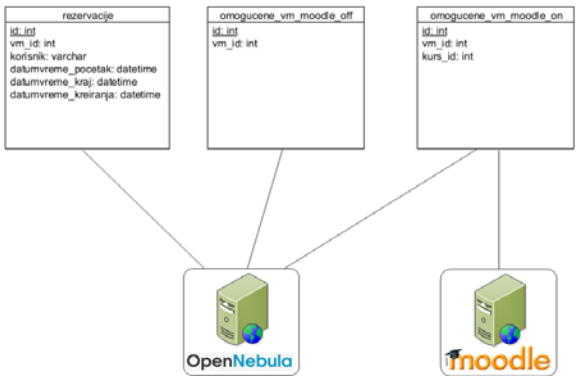
Drugi, manje kompleksan veb servis služi za integraciju sistema sa Moodle LMS-om, što omogućava prikaz na kojim kursevima je prijavljen korisnik. Moodle LMS omogućava aktivaciju eksternih veb servisa koji vraćaju podatke o korisnicima, kursevima, i sl. Podržane su sve savremene arhitekture i protokoli za izradu veb servisa (XML-RPC, SOAP i REST). Veb servis za integraciju sa Moodle platformom poziva odgovarajuće metode Moodle eksternog veb servisa. Administrator može da omogući ili onemogući integraciju sistema sa Moodle LMS-om. Ukoliko je ova integracija isključena, krajnji korisnici neće biti u mogućnosti da pregledaju dostupne virtuelne mašine po kursevima, već samo listu dostupnih virtuelnih mašina koje su omogućene od strane administratora.

Autentifikacija korisnika odvija se pomoću LDAP protokola. Na OpenLDAP serveru nalaze se korisnički nalozi. LDAP autentifikacija omogućava postojanje jedinstvenog korisničkog imena i lozinke, koje korisnik može da upotrebljava za prijavu na više različitih servisa. Iste podatke za prijavu korisnik može koristiti za prijavu na Moodle LMS, ELABCloud aplikaciju i za prijavu na sve buduće servise za studente koje Laboratorija za elektronsko poslovanje bude razvijala.

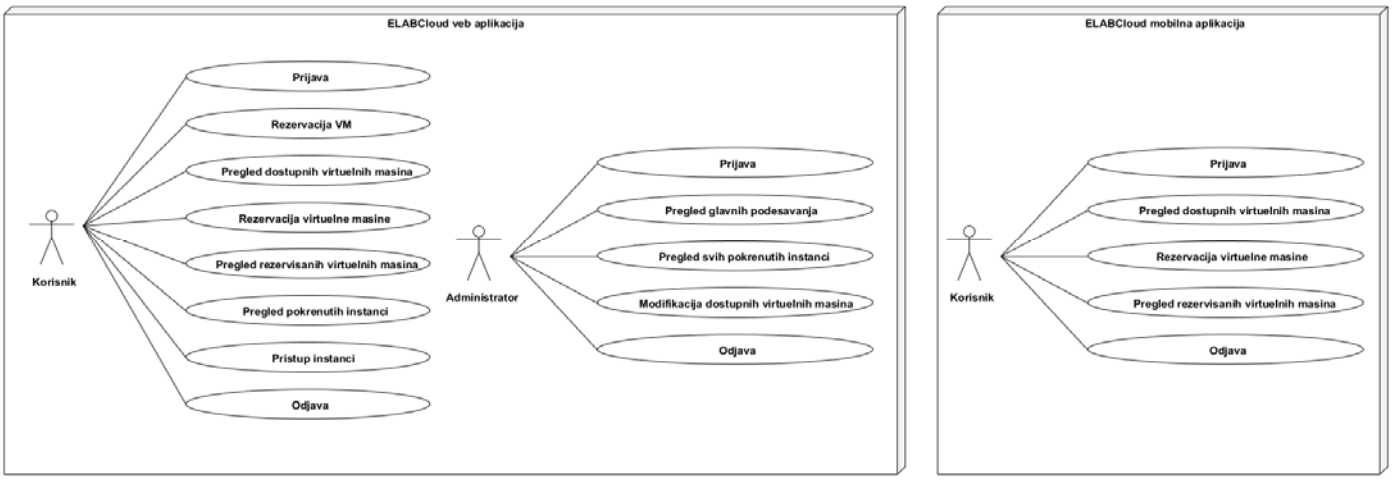
C. *Projektovanje baze podataka*

Za rad veb servisa neophodno je postojanje baze podataka. U bazi bi se čuvali podaci o rezervacijama virtuelnih mašina, kao i o virtuelnim mašinama koje korisnici mogu da rezervišu i koriste. Na Sl. 3 je prikazan model baze podataka koju će koristiti veb servis. Baza ima tri tabele, čiji je relacioni model sledeći:

- rezervacije (id, vm_id, korisnik, datumvreme_pocetak, datumvreme_kraj, datumvreme_kreiranja)
- omogucene_vm_moodle_off (id, vm_id)
- omogucene_vm_moodle_on (id, vm_id, kurs_id)



Slika 3. Model podataka ELABCloud aplikacije



Slika 4. Dijagram slučajeva korišćenja

Jedna tabela čuva podatke o rezervacijama virtuelnih mašina od strane korisnika sistema. Preostale dve tabele skladište podatke o virtuelnim mašinama koje je administrator omogućio za slučaj da je integracija sa Moodle-om isključena, odnosno uključena.

Tabele su kroz aplikacionu logiku povezane sa OpenNebula veb servisom i Moodle veb servisom. Veb servis će uvek uzimati podatke o nazivu i ostalim karakteristikama virtuelne mašine i Moodle kursa sa određenim id-om.

D. Projektovanje aplikacije

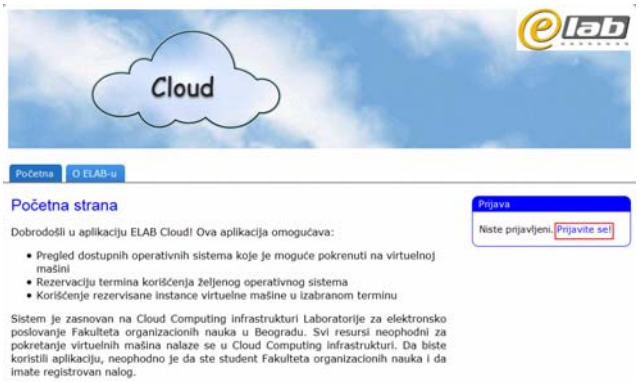
Postoje dve uloge korisnika u veb aplikaciji: korisnik i administrator. Analizom korisničkih zahteva, dobijeni su sledeći slučajevi korišćenja za korisnika veb aplikacije: prijava, pregled dostupnih virtuelnih mašina, rezervacija virtuelne mašine, pregled rezervisanih virtuelnih mašina, pregled pokrenutih instanci, pristup instanci, pregled Moodle kurseva na kojima je korisnik prijavljen, odjava. Korišćenjem iste metodologije, dobijeni su sledeći slučajevi korišćenja za administratora: prijava, pregled glavnih podešavanja, pregled svih pokrenutih instanci, modifikacija dostupnih virtuelnih mašina, odjava. Konačno, slučajevi korišćenja za mobilnu aplikaciju su: prijava, pregled dostupnih virtuelnih mašina, rezervacija virtuelnih mašina, pregled rezervisanih virtuelnih mašina, odjava. Pomoću mobilne aplikacije u prvoj fazi implementacije ELABCloud aplikacije ne postoji mogućnost administracije sistema. Slučajeve korišćenja prikazuje dijagram slučajeva korišćenja na Sl. 4.

E. Implementacija aplikacije

Veb aplikacija je implementirana korišćenjem različitih tehnologija. Za izgled aplikacije, korišćena je kombinacija HTML5 i CSS tehnologija. Za realizaciju aplikacione logike korišćen je programski jezik PHP i framework *CodeIgniter*. Kao skladište podataka, korišćen je MySQL server.

Mobilna aplikacija razvijena je za Android operativni sistem. Korišćen je programski jezik Java u kombinaciji sa Android SDK-om.

Na Sl. 5 prikazana je naslovna strana ELABCloud aplikacije. Za korišćenje aplikacije neophodno je da se korisnik prijavi na sistem. Sistem proverava privilegije korisnika i prikazuje odgovarajuće opcije, u zavisnosti od dodeljenih privilegija. Ukoliko je u pitanju korisnik koji nema administratorske privilegije, on može da izvrši rezervaciju željene virtuelne mašine, odnosno da izabere datum i vreme kada će virtuelna mašina biti dostupna. Kada se korisnik prijavi na ELABCloud aplikaciju u navedeno vreme, on može da pristupi rezervisanim virtuelnim mašinama koje su tada startovane. Pristup se vrši korišćenjem VNC (Virtual Network Computing) protokola. Integracijom JAVA programa *TightVNC* u ELABCloud aplikaciju omogućava se pristup virtuelnoj mašini klikom na link u browser-u. Ova integracija realizovana je dinamičkim generisanjem odgovarajuće JAVA WebStart datoteke zasnovane na XML standardu u ELABCloud aplikaciji.



Slika 5. Prikaz početne strane ELABCloud veb aplikacije

Administrator veb aplikacije je u mogućnosti da pregleda podešavanja koja su definisana u konfiguracionim fajlovima aplikacije. Iz sigurnosnih razloga nije omogućena izmena konfiguracionih fajlova iz interfejsa aplikacije, već je to moguće izvršiti isključivo direktnom izmenom tekstualnog konfiguracionog fajla. U ovim podešavanjima navedena je

adresa servera na kome je instaliran kontroler OpenNebula softverskog rešenja i port na kome je startovan XML-RPC interfejs OpenNebula-e. Definiše se da li je omogućena integracija sa Moodle LMS-om i ukoliko je to slučaj definišu se adresa i parametri za pristup Moodle veb servisima. Sledeći korak je definisanje parametara za pristup direktorijumu korisnika na OpenLDAP serveru. Administrator može da odredi koje virtuelne mašine su omogućene korisnicima za svaki od kurseva na kojima su prijavljeni. Najpre administrator bira kurs, a zatim i virtuelne mašine koje želi da omogući svim korisnicima koji su prijavljeni na taj kurs.

Mobilna ELABCloud aplikacija razvijena je za Android platformu. Podržani su svi telefoni sa instaliranom verzijom 2.2 ili novijom Android operativnog sistema. Glavni meni mobilne aplikacije prikazuje se nakon što se korisnik uspešno prijavi na sistem (Sl. 6). Pomoću ove aplikacije, korisnik može da izvrši rezervaciju neke od dostupnih virtuelnih mašina, kao i da pregleda koje virtuelne mašine je ranije rezervisao. Podržana je takođe integracija sa Moodle LMS-om, pošto mobilna aplikacija koristi potpuno iste veb servise kao i veb aplikacija. Trenutno nije podržan pristup virtuelnoj mašini sa mobilnog uređaja putem VNC protokola, tako da je neophodno da se korisnik prijavi na veb aplikaciju u terminu izvršene rezervacije, kako bi bio u stanju da koristi rezervisane resurse.

Slika 6. Prikaz glavnog menija ELABCloud mobilne aplikacije

V. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani osnovni koncepti servisno orijentisane arhitekture i cloud computing-a. Predstavljena je aplikacija ELABCloud koja omogućava upravljanje i korišćenje resursa cloud computing infrastrukture zasnovane na softverskom rešenju OpenNebula. Aplikacija integriše OpenNebula softversko rešenje, OpenLDAP direktorijum korisnika i Moodle LMS. Za integraciju ovih rešenja korišćeni su principi razvoja veb servisa. Korišćen je REST arhitekturni pristup.

Aplikacija je prvenstveno namenjena studentima i nastavnom osoblju Laboratorije za elektronsko poslovanje Fakulteta organizacionih nauka u Beogradu. Primena ELABCloud aplikacije je moguća i u drugim naučno-istraživačkim institucijama zahvaljujući konceptu veb servisa.

Budući pravci razvoja aplikacije su: poboljšanje integracije sa Moodle LMS-om, poboljšanje algoritma za rezervacije virtuelnih mašina, kreiranje servisa za jedinstveno logovanje koji koristi LDAP direktorijum kao kreiranje modula za analizu i statistiku.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se prof. dr Marijani Despotović-Zrakić na nesebičnoj pomoći za izradu ovog rada. Rad predstavlja seminarski rad iz predmeta Internet tehnologije.

LITERATURA

[1] N. Sultan, "Cloud Computing for education: A new dawn?," International Journal of Information Management, vol. 30, no. 2, pp. 101-182, April 2010.

[2] R. V. Srinivasa, R. N. K. Nageswara / E. K. Kumar, „Cloud Computing: An overview," Journal of Theoretical and applied Information Technology, vol. 9, no. 1, November 2009.

[3] B. Dong, Q. Zheng, J. Yang / L. Haifei, „An E-learning Ecosystem Based on Cloud Computing Infrastructure," Advanced Learning Technologies, 2009. ICALT 2009. Ninth IEEE International Conference on, pp. 125-127, 2009.

[4] J. Hai, I. Shadi, B. Tim, G. Wai, H. Dachuan / W. Song, „Cloud Types and Services," u Handbook of Cloud Computing, Springer.

[5] W. Junye, M. Lirui, C. Hongmin, „A REST-based Approach to Integrate Enterprise Resources", International Forum on Computer Science-Technology and Application, pp. 219-223, 2009.

[6] R. Bakhshi / J. Deepak, „Cloud Computing - Transforming the IT Ecosystem," SETLabs Briefings, InfoSys, vol. 7, no. 7, pp. 3-10, 2009.

[7] V. Vescoukis, N. Doulamis, S. Karagiorgou, „A service oriented architecture for decision support systems in environmental crisis management", Future Generation Computer Systems - The International Journal Of Grid Computing And Escience

[8] T.-Hsiang Yang & Yeali S. Sun & Feipei La, „A Scalable Healthcare Information System Based on a Service-oriented Architecture", Journal Of Medical Systems, vol. 35, no. 3, pp. 391-407, 2011.

[9] H. Hamad, M. Saad, R. Abed, „Performance Evaluation of RESTful Web Services for Mobile Devices", International Arab Journal of e-Technology, vol. 1, no. 3, pp. 72-78, 2010.

[10] R. T. Fielding, „Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures", doktorska disertacija, University of California, Irvine, 2000.

[11] A. Constanzo, M. Assuncao, R. Buyya, „Harnessing Cloud Technologies for a Virtualized Distributed Computing Infrastructure", IEEE Internet Computing, vol. 13, no. 5, pp. 24-33, 2009.

[12] „Moodle," [Na mreži]. Available: http://www.moodle.org. [Poslednji pristup 15 11 2011].

ABSTRACT

Laboratory for e-business of the Faculty of Organizational Sciences in Belgrade uses e-learning concept. By increasing the number of users and available educational resources, the need for system scalability is increasing as well. This problem is solved by introducing cloud computing infrastructure. In this paper, the application ELABCloud is described, which is developed by the Laboratory for e-business. This application enables management of cloud computing infrastructure. Application ELABCloud is based on web services and web application and mobile application are parts of it.

SERVICES FOR CLOUD COMPUTING INFRASTRUCTURE MANAGEMENT IN E-EDUCATION (APPLICATION ELABCLOUD)

Aleksandar Milić, Konstantin Simić, Aleksandra Labus