UNIVERZITET U BEOGRADU

FAKULTET ORGANIZACIONIH NAUKA

ZAVRŠNI (MASTER) RAD

PRIMENA MOBILNIH TEHNOLOGIJA U RAZVOJU APLIKACIJE ZA CLOUD COMPUTING INFRASTRUKTURU U ELEKTRONSKOM OBRAZOVANJU

Mentor:
Prof. dr Marijana Despotović-Zrakić

Student: Konstantin Simić
Br. indeksa: 853/2010

Beograd,

Decembar 2011.

Komisija koja je pregledala rad

kandidata SIMIĆ (MIODRAG) KONSTANTINA

pod naslovom PRIMENA MOBILNIH TEHNOLOGIJA U RAZVOJU APLIKACIJE ZA CLOUD COMPUTING INFRASTRUKTURU U ELEKTRONSKOM OBRAZOVANJU i odobrila odbranu:

Mentor: dr Marijana Despotović - Zrakić, vanredni profesor

_____

Član: dr Božidar Radenković, redovni profesor

_____

Član: dr Dušan Starčević, redovni profesor

_____

APSTRAKT

Predmet istraživanja ovog rada predstavlja razvoj aplikacije za upravljanje resursima Cloud Computing infrastrukture u oblasti elektronskog obrazovanja primenom mobilnih tehnologija. U prvom delu rada biće definisani pojmovi elektronskog obrazovanja, Cloud Computing-a. Takođe će biti reči i o mobilnim tehnologijama.

U drugom delu rada biće opisan model po kome treba da se razvije aplikacija za upravljanje Cloud Computing infrastrukturom u okviru Laboratorije za elektronsko poslovanje na Fakultetu organizacionih nauka, u cilju poboljšanja kvaliteta nastave i uvođenje novih servisa za studente. Aplikacija će biti integrisana sa direktorijumom korisnika, gde se nalaze studentski nalozi.

Ključne reči: Cloud Computing, e-obrazovanje, mobilne tehnologije

ABSTRACT

The subject of this thesis is development of an application for Cloud Computing resource management in e-education based on mobile technologies. In the first part of this thesis, the terms e-education and Cloud Computing will be defined. Mobile technologies also will be mentioned.

In the second part, the model for the development of the application for resource management of the Cloud Computing infrastructure in the Laboratory for E-business at the Faculty of Organizational Sciences in Belgrade will be described. The purpose of this model is improving the quality of the teaching process and introducing new services for students. The application will be integrated with the user directory, where the student accounts are located.

Key words: Cloud Computing, e-education, mobile technologies

CURRICULUM VITAE

Ime:	Konstantin
Prezime:	Simić
Datum rođenja:	30.7.1985.
Mesto rođenja:	Beograd, Srbija
E-mail adresa:	kosta@elab.rs

Obrazovanje:

2004-2010 Fakultet organizacionih nauka, Beograd
Diplomirani inženjer organizacionih nauka,
odsek za informacione sisteme i tehnologije

2000-2004 Peta beogradska gimnazija, Beograd,
Prirodno-matematički smer

Radno iskustvo:

Od 2008. godine radi kao demonstrator u Laboratoriji za elektronsko poslovanje Fakulteta organizacionih nauka u Beogradu.

Bio je angažovan kao PHP programer na više različitih projekata.

Zahvaljujem se roditeljima, prijateljima, kao i svim profesorima, asistentima i saradnicima Laboratorije za elektronsko poslovanje Fakulteta organizacionih nauka, bez čije nesebične pomoći izrada ovog rada ne bi bila moguća.

SADRŽAJ

1 Uvod ... 1

2 Cloud Computing kao infrastruktura za elektronsko obrazovanje ... 3

2.1 Teorijske osnove Cloud Computing-a ... 3

2.2 Tipovi servisa u Cloud Computing-u ... 8

2.2.1 Infrastrukturni (IaaS) pristup ... 8

2.2.2 Platformski (PaaS) pristup ... 11

2.2.3 Aplikacioni (SaaS) pristup ... 11

2.3 Tehnologije za realizaciju Cloud Computing-a ... 12

2.4 Upravljanje korisničkim nalozima u Cloud Computing infrastrukturi ... 17

2.4.1 LDAP protokol ... 18

2.4.1.1 Arhitektura LDAP protokola ... 19

2.4.1.2 Operacije LDAP protokola ... 20

2.4.1.3 Modeli opisa LDAP direktorijuma ... 22

2.5 Primena Cloud Computing infrastrukture u elektronskom obrazovanju ... 27

3 Mobilne tehnologije ... 29

3.1 Teorijske osnove mobilnih tehnologija ... 29

3.1.1 Tehnologije bežičnog prenosa ... 30

3.1.1.1 Bluetooth (IEEE 802.15) ... 30

3.1.1.2 Wi-Fi (IEEE 802.11) ... 31

3.1.1.3 WiMAX (IEEE 802.16) ... 32

3.1.2 Mobilni uređaji ... 33

3.2 Pregled mobilnih operativnih sistema ... 34

3.2.1 Symbian ... 35

3.2.2 Microsoft Windows CE, Windows Mobile i Windows Phone ... 37

3.2.3 Android ... 39

3.3 Primena mobilnih tehnologija u e-obrazovanju ... 43

4 Projektovanje softverskog rešenja za cloud computing infrastrukturu za elektronsko obrazovanje 45

4.1 Projektovanje logičke arhitekture sistema ... 45

4.2 Projektovanje infrastrukture ... 47

4.3 Projektovanje veb servisa za integraciju komponenata sistema 49
4.4 Projektovanje veb aplikacije 54
4.4.1 Slučajevi korišćenja za korisnika veb aplikacije 56
4.4.2 Slučajevi korišćenja za administratora veb aplikacije 65
4.5 Projektovanje mobilne aplikacije 73
4.5.1 Slučajevi korišćenja za korisnika mobilne aplikacije 74
5 Implementacija softverskog rešenja za cloud computing infrastrukturu za elektronsko obrazovanje 81
5.1 Implementacija veb servisa za integraciju komponenata sistema 81
5.1.1 Opis tehnologija korišćenih za implementaciju vebservisa 81
5.1.1.1 Vebservisi 81
5.1.1.2 XML 83
5.1.1.3 JSON 84
5.1.1.4 CodeIgniter 84
5.2 Implementacija veb aplikacije 85
5.2.1 Korisničko uputstvo za korisnika veb aplikacije 85
5.2.2 Korisničko uputstvo za administratora veb aplikacije 97
5.3 Implementacija mobilne aplikacije 106
5.3.1 Korisničko uputstvo za korisnika mobilne aplikacije 106
6 Zaključak 117
Literatura 118

LISTA SLIKA

Slika 1 – Privatni oblak 4
Slika 2 – Javni oblak 4
Slika 3 – Hibridni oblak 5
Slika 4 – Virtuelizacija desktop-a 13
Slika 5 – Virtuelizacija mreže 14
Slika 6 – Virtuelizacija skladišta podataka 14
Slika 7 – Virtuelizacija servera 15
Slika 8 – Konsolidacija serverskih resursa 16
Slika 9 – Virtuelizacija aplikacija 16
Slika 10 – Pristup LDAP servera lokalnoj bazi direktorijuma 18
Slika 11 – Tipična LDAP razmena 20
Slika 12 – Primer jednostavnog stabla LDAP direktorijuma 23
Slika 13 – Arhitektura Android platforme 42
Slika 14 – Arhitektura sistema 46
Slika 15 – Cloud Computing infrastruktura 48
Slika 16 – Organizaciona struktura direktorijuma korisnika 48
Slika 17 – Arhitektura veb servisa 50
Slika 18 – Dijagram klasa za bazu podataka 52
Slika 19 – Dijagram slučajeva korišćenje za veb aplikaciju – Korisnik 54
Slika 20 – Dijagram slučajeva korišćenja za veb aplikaciju – Administrator 55
Slika 21 – Korisnik – SK1 – Osnovni scenario 56
Slika 22 – Korisnik – SK1 – Alternativni scenario 4.1 57
Slika 23 – Korisnik – SK2 – Osnovni scenario 57
Slika 24 – Korisnik – SK2 – Alternativni scenario 2.1 58
Slika 25 – Korisnik – SK3 – Osnovni scenario 58
Slika 26 – Korisnik – SK3 – Alternativni scenario 2.1 59
Slika 27 – Korisnik – SK4 – Osnovni scenario 60
Slika 28 – Korisnik – SK4 – Alternativni scenario 2.1 60
Slika 29 – Korisnik – SK4 – Alternativni scenario 6.1 60
Slika 30 – Korisnik – SK5 – Osnovni scenario 61
Slika 31 – Korisnik – SK5 – Alternativni scenario 2.1 61
Slika 32 – Korisnik – SK6 – Osnovni scenario 62
Slika 33 – Korisnik – SK6 – Alternativni scenario 2.1 62
Slika 34 – Korisnik – SK7 – Osnovni scenario 63
Slika 35 – Korisnik – SK7 – Alternativni scenario 4.1 63
Slika 36 – Korisnik – SK8 – Osnovni scenario 64
Slika 37 – Korisnik – SK9 – Osnovni scenario 65
Slika 38 – Administrator – SK1 – Osnovni scenario 65

Slika 39 – Administrator – SK1 – Alternativni scenario 4.1 ... 66
Slika 40 – Administrator – SK2 – Osnovni scenario ... 66
Slika 41 – Administrator – SK3 – Osnovni scenario ... 67
Slika 42 – Administrator – SK3 – Alternativni scenario 2.1 ... 67
Slika 43 – Administrator – SK4 – Osnovni scenario ... 68
Slika 44 – Administrator – SK4 – Alternativni scenario 2.1 ... 69
Slika 45 – Administrator – SK4 – Alternativni scenario 4.1 ... 69
Slika 46 – Administrator – SK4 – Alternativni scenario 6.1 ... 69
Slika 47 – Administrator – SK5 – Osnovni scenario ... 70
Slika 48 – Administrator – SK5 – Alternativni scenario 2.1 ... 71
Slika 49 – Administrator – SK5 – Alternativni scenario 4.1 ... 71
Slika 50 – Administrator – SK6 – Osnovni scenario ... 72
Slika 51 – Dijagram slučajeva korišćenja za mobilnu aplikaciju ... 73
Slika 52 – Korisnik mobilne aplikacije – SK1 – Osnovni scenario ... 74
Slika 53 – Korisnik mobilne aplikacije – SK1 – Alternativni scenario 4.1 ... 75
Slika 54 – Korisnik mobilne aplikacije – SK2 – Osnovni scenario ... 75
Slika 55 – Korisnik mobilne aplikacije – SK2 – Alternativni scenario 2.1 ... 76
Slika 56 – Korisnik mobilne aplikacije – SK3 – Osnovni scenario ... 76
Slika 57 – Korisnik mobilne aplikacije – SK3 – Alternativni scenario 2.1 ... 77
Slika 58 – Korisnik mobilne aplikacije – SK4 – Osnovni scenario ... 78
Slika 59 – Korisnik – SK4 – Alternativni scenario 2.1 ... 78
Slika 60 – Korisnik mobilne aplikacije – SK4 – Alternativni scenario 6.1 ... 78
Slika 61 – Korisnik mobilne aplikacije – SK5 – Osnovni scenario ... 79
Slika 62 – Korisnik mobilne aplikacije – SK5 – Alternativni scenario 2.1 ... 79
Slika 63 – Korisnik mobilne aplikacije – SK6 – Osnovni scenario ... 80
Slika 64 – Početna strana aplikacije ... 86
Slika 65 – Forma za unos korisničkih podataka ... 86
Slika 66 – Popunjena forma za unos korisničkih podataka ... 86
Slika 67 – Potvrda o uspešnoj prijavi ... 87
Slika 68 – Obaveštenje o neuspešnoj prijavi ... 87
Slika 69 – Izbor opcije za rezervaciju virtuelne mašine ... 88
Slika 70 – Lista dostupnih virtuelnih mašina ... 88
Slika 71 – Obaveštenje o nepostojanju virtuelnih mašina ... 88
Slika 72 – Izbor opcije za rezervaciju virtuelne mašine ... 89
Slika 73 – Prikaz liste dostupnih virtuelnih mašina za rezervaciju ... 89
Slika 74 – Obaveštenje o nepostojanju dostupnih virtuelnih mašina za rezervaciju ... 89
Slika 75 – Izbor opcije za rezervaciju virtuelne mašine ... 90
Slika 76 – Lista dostupnih virtuelnih mašina za rezervaciju ... 90
Slika 77 – Izbor željene virtuelne mašine ... 90
Slika 78 – Prikaz forme za rezervaciju virtuelne mašine ... 90
Slika 79 – Popunjena forma za rezervaciju virtuelne mašine ... 91
Slika 80 – Obaveštenje o uspešnoj rezervaciji ... 91

Slika 81 – Obaveštenje o nepostojanju dostupnih virtuelnih mašina za rezervaciju 91
Slika 82 – Obaveštenje o neuspešnoj rezervaciji 91
Slika 83 – Izbor opcije za prikaz rezervisanih virtuelnih mašina 92
Slika 84 – Prikaz liste svih rezervacija virtuelnih mašina 92
Slika 85 – Obaveštenje o nepostojanju ili nemogućnosti prikazarezervacija virtuelnih mašina 92
Slika 86 – Izbor opcije za prikaz pokrenutih instanci 93
Slika 87 – Prikaz pokrenutih instanci 93
Slika 88 – Obaveštenje o nemogućnosti prikaza pokrenutih instanci 93
Slika 89 – Izbor opcije za prikaz pokrenutih instanci 94
Slika 90 – Prikaz pokrenutih instanci 94
Slika 91 – Izbor instance za pokretanje udaljenog pristupa 94
Slika 92 – Prikaz pokrenute instance 95
Slika 93 – Obaveštenje o nemogućnosti prikaza željene instance 95
Slika 94 – Izbor opcije za prikaz korisničkog profila 96
Slika 95 – Prikaz kurseva na kojima je korisnik prijavljen 96
Slika 96 – Izbor opcije za odjavu sa sistema 97
Slika 97 – Obaveštenje o uspešnoj odjavi 97
Slika 98 – Početna strana aplikacije 98
Slika 99 – Forma za unos korisničkih podataka 98
Slika 100 – Popunjena forma za unos korisničkih podataka 98
Slika 101 – Potvrda o uspešnoj prijavi 98
Slika 102 – Obaveštenje o neuspešnoj prijavi 99
Slika 103 – Izbor opcije za prikaz glavnih podešavanja 99
Slika 104 – Prikaz vrednosti glavnih podešavanja 99
Slika 105 – Izbor opcije za prikaz pokrenutih instanci 100
Slika 106 – Prikaz svih pokrenutih instanci 100
Slika 107 – Poruka o nemogućnosti prikaza pokrenutih instanci 101
Slika 108 – Izbor opcije za modifikaciju dostupnih VM 101
Slika 109 – Prikaz liste Moodle kurseva 101
Slika 110 – Izbor kursa 102
Slika 111 – Prikaz forme za izmenu virtuelnih mašina u okviru kursa 102
Slika 112 – Prikaz popunjene forme za izmenu virtuelnih mašina u okviru kursa 102
Slika 113 – Obaveštenje o uspešnoj izmeni virtuelnih mašina 103
Slika 114 – Obaveštenje o nepostojanju Moodle kurseva 103
Slika 115 – Obaveštenje o nepostojanju predefinisanih virtuelnih mašina 103
Slika 116 – Obaveštenje o neuspešnoj izmeni virtuelnih mašina 103
Slika 117 – Izbor opcije za modifikaciju dostupnih VM 104
Slika 118 – Lista svih dostupnih virtuelnih mašina 104
Slika 119 - Lista svih dostupnih virtuelnih mašina, nakon izbora omogućenih 104
Slika 120 – Obaveštenje o uspešnoj izmeni virtuelnih mašina 105
Slika 121 – Obaveštenje o nepostojanju predefinisanih virtuelnih mašina 105
Slika 122 – Obaveštenje o neuspešnoj izmeni virtuelnih mašina 105

Slika 123 – Izbor opcije za odjavu sa sistema 106
Slika 124 – Obaveštenje o uspešnoj odjavi sa sistema 106
Slika 125 – Startovanje ELAB Cloud aplikacije 107
Slika 126 – Forma za unos korisničkog imena i lozinke 107
Slika 127 – Unos korisničkog imena i lozinke 107
Slika 128 – Glavni meni za prijavljenog korisnika 108
Slika 129 – Obaveštenje o neuspešnoj prijavi 108
Slika 130 – Izbor opcije za rezervaciju virtuelne mašine 109
Slika 131 – Prikaz dostupnih virtuelnih mašina 109
Slika 132 – Obaveštenje o nemogućnosti prikaza virtuelnih mašina 109
Slika 133 – Izbor opcije za rezervaciju virtuelne mašine 110
Slika 134 – Prikaz dostupnih virtuelnih mašina 110
Slika 135 – Obaveštenje o nemogućnosti prikaza virtuelnih mašina 111
Slika 136 – Izbor opcije za rezervaciju virtuelne mašine 111
Slika 137 – Prikaz dostupnih virtuelnih mašina 112
Slika 138 – Izbor željene virtuelne mašine 112
Slika 139 – Forma za rezervaciju virtuelne mašine 112
Slika 140 – Izbor datuma rezervacije 113
Slika 141 – Obaveštenje o uspešnoj rezervaciji 113
Slika 142 – Obaveštenje o nemogućnosti prikaza virtuelnih mašina 113
Slika 143 – Obaveštenje o neuspešnoj rezervaciji virtuelnih mašina 114
Slika 144 – Izbor opcije za pregled rezervisanih virtuelnih mašina 114
Slika 145 – Pregled rezervacija 115
Slika 146 – Obaveštenje o nemogućnosti prikaza rezervacija 115
Slika 147 – Izbor opcije za odjavu sa sistema 116
Slika 148 – Prikaz forme za prijavu 116

LISTA TABELA

Tabela 1 – Cloud Computing razvojni modeli 6
Tabela 2 – Tržišni udeo mobilnih operativnih sistema 35

1 Uvod

Fakulteti postaju sve svesniji činjenice da je obrazovanje uslužna delatnost i da je veoma važno da zadovolje potrebe i želje svojih klijenata, odnosno studenata. Razvoj računara i telekomunikacionih tehnologija omogućio je da se učenje podigne na novi nivo. Elektronsko obrazovanje predstavlja proces sticanja znanja koji ne zahteva boravak studenata u učionicama i vremenski ograničena predavanja. Osim što je najčešće korišćen način za realizaciju obrazovanja na daljinu, elektronsko obrazovanje se može koristiti i kao dopuna klasičnom obrazovanju [1].

Obrazovanje na daljinu se definiše kao planirano učenje koje se odvija na različitom mestu od predavanja i zahteva specijalne tehnike planiranja kursa, specijalne metode predavanja i specijalne načine komunikacije posredstvom elektronike i ostale tehnologije, kao i specijalna organizacijska i administrativna rešenja [2].

U današnje vreme javlja se problem racionalizacije računarskih resursa u visokoškolskim ustanovama. Univerziteti za održavanje svoje infrastrukture moraju da izdvoje značajnu količinu sredstava na godišnjem nivou. Jedno od mogućih rešenja ovog problema jeste uvođenje Cloud Computing koncepta, koji se primenjuje na brojnim univerzitetima u svetu. Veruje se da će Cloud Computing predstavljati infrastrukturu ekosistema za e-učenje [3]. Takođe je aktuelna i integracija Cloud Computing infrastrukture sa mobilnim platformama. Prema istraživanju kompanije ABI Research, Cloud Computing će u skorijoj budućnosti predstavljati dominantan način funkcionisanja mobilnih aplikacija [4].

Upotreba velikog broja softverskih rešenja u procesu izvođenja visokoškolske nastave je danas neizbežna. Često se javlja problem da studenti ne mogu da koriste željeni softver na svojim računarima zbog zastarelosti hardvera ili komplikovane procedure instalacije i konfigurisanja pojedinih softverskih paketa. Ovaj problem se može prevazići upotrebom Cloud Computing koncepta. Međutim, tada dolazi do problema upravljanja resursima ovakve infrastrukture.

U ovom radu se razmatra postupak projektovanja i implementacije mobilne i veb aplikacije za upravljanje resursima jedne postojeće Cloud Computing infrastrukture koja se primenjuje u oblasti elektronskog obrazovanja, u okviru visokoškolske ustanove. Glavni cilj rada predstavlja unapređenje sistema elektronskog obrazovanja

uvođenjem realizovane aplikacije, čime bi se omogućilo uvođenje novog servisa namenjenog studentima pomoću koga bi mogli da pokreću sav neophodan softver.

U narednom poglavlju rada biće definisan pojam Cloud Computing-a i biće prikazani primeri primene Cloud Computing infrastrukture u oblasti elektronskog obrazovanja.

Treće poglavlje govori o mobilnim tehnologijama, sa osvrtom na primenu istih u oblasti elektronskog obrazovanja.

U četvrtom poglavlju biće reči o projektovanju aplikacije za Cloud Computing infrastrukturu za elektronsko obrazovanje. Biće prikazan postupak projektovanja logičke arhitekture sistema, infrastrukture, veb servisa za integraciju komponenata sistema, veb aplikacije za upravljanje infrastrukturom, kao i mobilne aplikacije za upravljanje infrastrukturom.

U petom poglavlju biće prikazana implementacija aplikacije, odnosno veb servisa za integraciju komponenata, veb aplikacije za upravljanje infrastrukturom i mobilne aplikacije za upravljanje infrastrukturom.

2 Cloud Computing kao infrastruktura za elektronsko obrazovanje

2.1 Teorijske osnove Cloud Computing-a

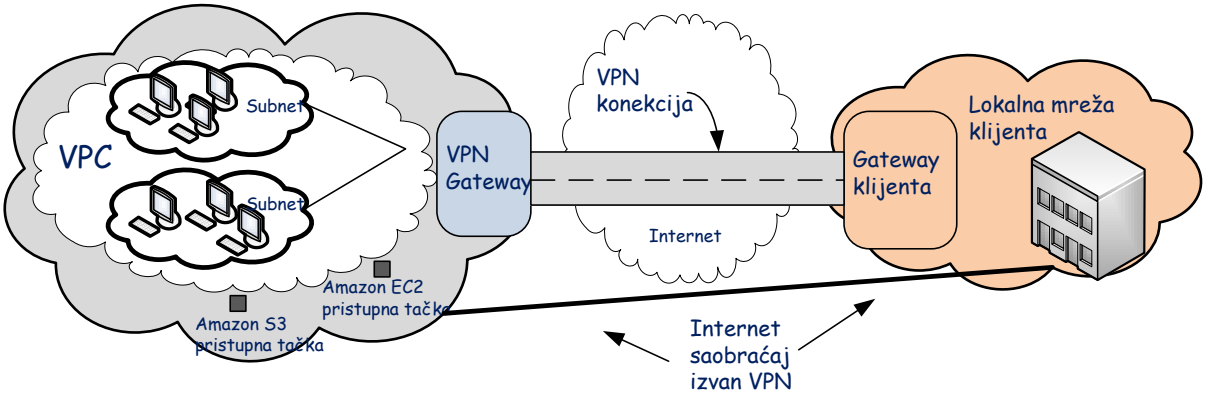
Pojam oblak se koristi kao metafora za Internet. Cloud computing je u osnovi razvijanje i korišćenje računarske tehnologije na Internetu, on omogućava korisnicima pristup tehnologiji u vidu servisa i na taj način apstrahuje tehnologiju i infrastrukturu koje su neophodne kao podrška. Cloud computing je oblast računarstva u kojoj se veoma skalabilni informatički kapaciteti obezbeđuju u vidu usluge isporučene putem interneta brojnim eksternim potrošačima [5]. 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 [6].

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 [3].

Virtuelizacija je jedan od preduslova za realizaciju Cloud Computing-a, ona omogućava da se resursi koriste kad se za njima ukaže potreba. Pojam virtuelizacije u najobuhvatnijem smislu, podrazumeva okruženje za razvoj ili metodologiju podele resursa kompjutera u više izvršnih okruženja ili udruživanja više manjih resursa u jedno okruženje, primenjujući jedan ili više različitih koncepta ili metoda kao što su: podela softvera, time-sharing, parcijalna ili kompletna simulacija hardvera, emulacija i mnogi drugi, sa ciljem razdvajanja logičkog interfejsa od fizičkih resursa. Tehnologija virtuelizacije omogućava brzo i lako podizanje sistema odnosno funkcionisanje više virtuelnih mašina na jednoj fizčkoj mašini čime se postiže bolje iskorišćenje fizičkih resursa.

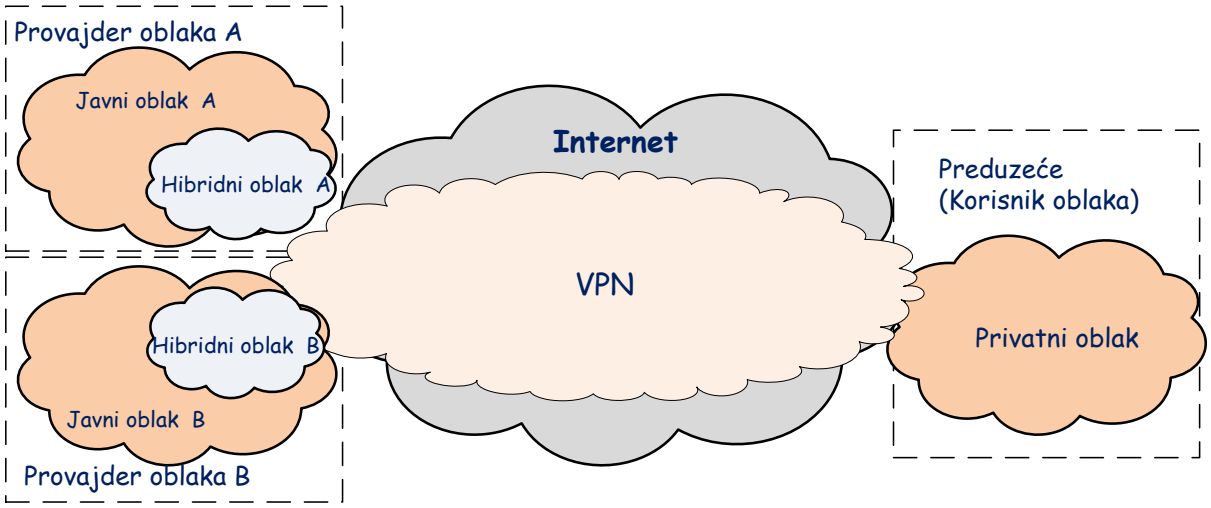
Postoji četiri tipa Cloud Computing razvojnih modela [7]:

1. Privatni oblak (Slika 1) – interni oblak ili korporativni oblak je marketinški izraz za računarsku arhitekturu u okviru kompanije, koja je zaštićena firewall-om. Cilj ovakvog oblaka je pružanje mogućnosti kompaniji da upravlja infrastrukturom sa jedinstvene tačke i da dodeljuje resurse po potrebi. Arhitektura oblaka je smeštena iza firewalla organizacije i pruža informatičke usluge za internu upotrebu.



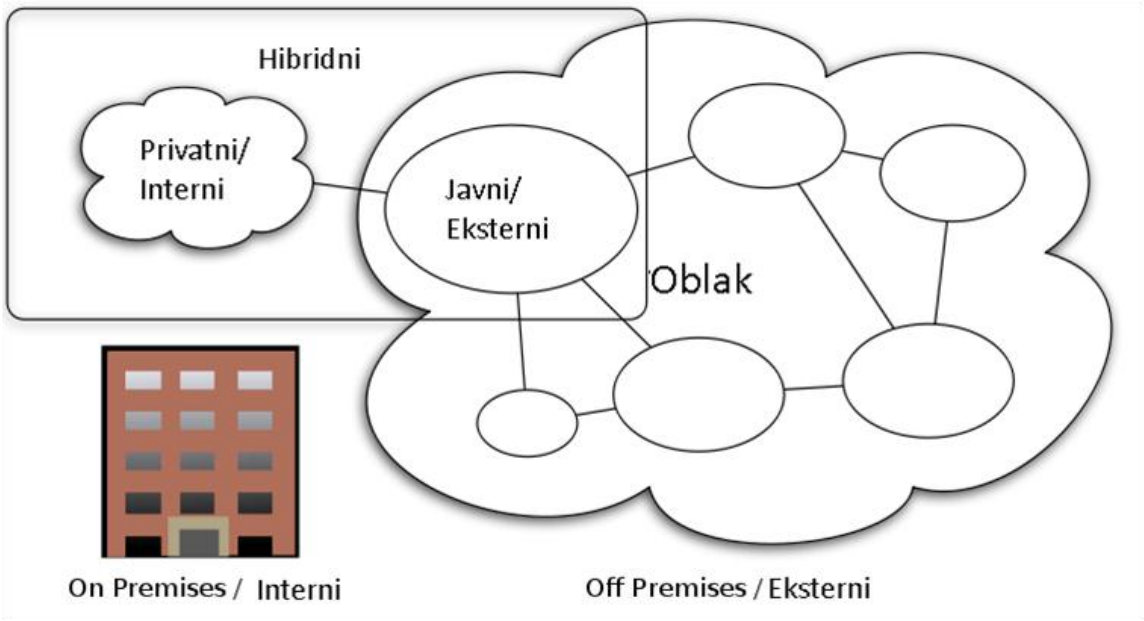
Slika 1 – Privatni oblak

2. Javni oblak (Slika 2) – zahtevani i potrebni resursi dinamički se dodeljuju u vidu web servisa putem Interneta. Javni ili eksterni oblak predstavlja Cloud Computing u pravom smislu - zahtevani i potrebni resursi dinamički se dodeljuju u vidu web servisa putem Interneta. Pružalac ovih usluga nije direktno vezan za kompaniju (finansijski, lokacijski).



Slika 2 – Javni oblak

3. Hibridni oblak (Slika 3) – predstavlja kombinaciju javnog i privatnog oblaka. Hibridni oblak predstavlja kombinaciju javnog i privatnog oblaka. Kompanija određene podatke drži pod “ključem”, (npr. obrada osetljivih podataka), dok za proračune nad manje osetljivim podacima koji zahtevaju large-scale operacije, iznajmljuje resurse van-kompanijskih provajdera.



Slika 3 – Hibridni oblak

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.

Tabela 1 prikazuje sličnosti i razlike između razvojnih modela posmatrani sa stanovišta infrastrukture i korisnika.

	Infrastrukturom 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	Provajder usluga	Izvan objekata organizacije	Korisnici bez ovlašćenja
Hibridni	I organizacija i provajder usluga	I organizacija i provajder 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

Tabela 1 – Cloud Computing razvojni modeli

Pod pojmom upravljanja infrastrukturom se podrazumeva: upravljanje, sigurnost, realizacija aktivnosti, itd. Infrastruktura se odnosi na fizičku infrastrukturu kao što su uređaji, računari, mreža i skladišta. Ovlašćeni korisnici usluga su oni koji su deo organizacije dok su korisnici bez ovlašćenja oni kojima može biti dozvoljeno da koriste neke ili sve usluge.

Uloge koje se mogu uočiti u Cloud Computing-u su [8]:

1. Prodavac oblaka – kompanija koja ne pruža direktno usluge Cloud Computing-a, već učestvuje posredno u njihovom transportu, implementaciji i generalnom korišćenju od strane krajnjih korisnika.
2. Provajder oblaka i njegovih usluga – poseduje i upravlja online dostupnim sistemima, kako bi krajnjim korisnicima obezbedio neophodne usluge.

Zahteva ogromne resurse i znanje pri izgradnji i upravljanju sledeće generacije centara podataka.

3. Korisnik oblaka - Najveći broj korisnika dolazi iz privatnog sektora: webmail (Gmail, Yahoo! Mail, Hotmail); online portali (Flickr, YouTube...);online operativne sistemi i aplikacije. Od pravnih lica korisnici oblaka najvećim delom su Univerziteti i škole širom sveta.

Prednosti korišćenja Cloud Computing-a [9]:

- Smanjeni troškovi
- Efikasno korišćenje resursa
- Brzina razvoja
- Uvećano skladište
- Omogućava IT-u da se fokusira na isporuku IT usluga

Nedostaci korišćenja Cloud Computing-a:

- 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 [10]:

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

2.2 Tipovi servisa u Cloud Computing-u

U zavisnosti od toga kako se tehnologija doprema do i koristi od strane korisnika postoje tri pristupa [11]:

1. Infrastrukturni (Infrastructure as a Service)
2. Platformski (Platform as a service)
3. Aplikacioni (Software as a service)

Platformski pristup predstavlja računarsku platformu koja uključuje set razvojnih i middleware mogućnosti i obezbeđuje dostupnost tih usluga dok u aplikacionom pristupu pružalac usluga obezbeđuje hardversku infrastrukturu, softverske proizvode i interakciju sa korisnikom putem front-end dela portala.

Platformski pristup predstavlja računarsku platformu koja uključuje set razvojnih i middleware mogućnosti i obezbeđuje dostupnost tih usluga dok u aplikacionom pristupu pružalac usluga obezbeđuje hardversku infrastrukturu, softverske proizvode i interakciju sa korisnikom putem front-end dela portala.

2.2.1 Infrastrukturni (IaaS) pristup

Infrastruktura kao servis obezbeđuje instancirane virtuelne servere sa jedinstvenim IP adresama i određenu količinu memorije koja je na zahtev korisnika raspoloživa za skladištenje podataka. Korisnici koriste provajderov API za pokretanje, zaustavljanje, pristup i konfigurisanje virtuelnih servera i skladišta podataka. Najpoznatiji primer su Amazon-ovi servisi Amazon EC2, Amazon S3, kao i brojne druge kompanije kao što su: Rackspace, GoGrid, MediaTemple, Gridlayer, Flexiscale, Joyen Accelator, itd. Neke od osnovnih karakteristika Amazon EC2 (Elastic Compute Cloud) servisa su [12]:

- korisnici mogu iznajmiti računare ili virtuelne instance za pokretanje računarskih aplikacija
- obezbeđuje web servis interfejs pomoću kojeg korisnici mogu kreirati virtuelne mašine i postaviti i pokrenuti bilo koji sofver

- podržava različite operativne sisteme (Linux, Sun Microsystems' OpenSolaris i Solaris Express Community Edition, Microsoft's Windows Server 2003)
- naplaćivanje usluga je po satu angažovanja virtuelne mašine i po količini prenesenih podataka

Sa druge strane Amazonov Simple Storage Service (S3) je dostupan nezavisno od Amazon EC2 servisa. Amazon S3 servis obezbeđuje memorijski prostor koji je dostupan putem Interneta u bilo kojem trenutku.

Osnovne karakteristike Amazon S3 servisa su [13]:

- pisanje, čitanje, brisanje objekata reda veličine 1b-5Gb
- svaki objekat je smešten u kontejner kome se pristupa pomoću specijalnog ključa
- objekat može biti smešten na jednoj od četiri ponuđene lokacije-regiona (jedan od njih je u Evropi), čime se optimizuje kašnjenje i minimizira cena
- objekti smešteni u neki region nikada ne napuštaju taj region osim ako vlasnik podataka to ne zatraži
- mehanizmi autentikacije obezbeđuju sigurnost podataka

Prethodna dva primera su već gotova rešenja koja se iznajmljuju i naplaćuju u zavisnosti od obima u kojem se koriste [5]. Međutim, da bi IaaS bio dostupan korisnicima neophodan je softver koji može da se nosi sa problemima administriranja i dodeljivanja infrastrukture. U ovoj oblasti prednjače sledeća rešenja:

- AppLogic
- Eucalyptus
- OpenNebula

AppLogic [14] je proizvod kompanije 3Tera, Inc. To je kompleksan softver koji omogućava transformaciju liste servera u virtuelni blok resursa koji je putem Interneta deljiv između više korisnika. Omogućava kreiranje i gašenje virtuelne mašine ali definiše i neophodnu infrastrukturu kao što su firewall-ovi, VPN i skladišta podataka koristeći samo web brauzer. AppLogic omogućava konfigurisanje:

- Virtuelnih privatnih servera
- Virtuelnog privatnog centra za podatke
- Skladišta podataka u oblaku

- Software as a Service (SaaS) aplikacija

Prodaje se isključivo po ugovoru ili kupovinom licence. Ovaj softver je moguće koristiti za formiranje privatnih oblaka i sa kućnog računara. Koristan je prilikom migracije sa privatnog na javni oblak.

Eucalyptus [15] je open source sistem za implementaciju privatnih i hibridnih oblaka na lokalnim računarima, koji koristi postojeći hardver i softver bez modifikacije. Naziv Eucalyptus je nastao kao akronim od Elastic Utility Computing Architecture for Linking Your Programs To Useful Systems. Sastavni je deo Ubuntu 9.04 (i kasnijih verzija) Linux distribucije. Kompatibilan je sa Amazon EC2, S3 i Elastick Block Store (EBS), tako da je moguće kreirati privatni oblak njegovim korišćenjem sa namerom da se deo oblaka, ili ceo oblak, premesti na Amazon EC2.

Koristi se kao dodatak virtuelnom data centru za obezbeđivanje funkcionalnosti oblaka:

- Registrovanje sopstvenih servisa
- Upravljanje sistemom bezbednosti
- Praćenje preformansi
- Prilagođavanje krajnjem korisniku

OpenNebula predstavlja alat za upravljanje Cloud Computing infrastrukturom zasnovanom na IaaS pristupu. To je projekat otvorenog koda koji je počeo da se razvija 2005. godine i čiji su osnovni ciljevi razvoj naprednog, visoko skalabilnog i adaptivnog softverskog alata za upravljanje Cloud Computing infrastrukturom, obezbeđivanje stabilnosti i kvaliteta softvera i saradnja sa najzahtevnijim korisnicima softvera ovog tipa [16].

2.2.2 Platformski (PaaS) pristup

Platformu kao servis definišemo kao skup softverskih i razvojnih alata koji su host-ovani na provajderovoj infrastrukturi. To je računarska platforma koja uključuje set razvojnih i middleware mogućnosti i obezbeđuje dostupnost tih usluga. Korisnici PaaS servisa putem Interneta kreiraju aplikaciju na provajderovoj platformi. Primeri platforme kao servisa su: App Engine, Windows Azzure, Force.com, Intuit, LongJump, itd.

PaaS okruženja moraju imati način za praćenje i ocenjivanje korišćenja resursa i za praćenje performansi i bazirane su na multi-tenancy arihtekturi. Multi-tenancy arihtektura omogućava većem broju klijenata da koriste sopstvenu kopiju nezavisno od drugih, pomoću virtuelizacije. Pored ovoga, PaaS okruženje mora da pruža podršku celokupnom razvojnom ciklusu, uključujući i testiranje.

PaaS platforma uključuje interfejse servisa, koji rade nezavisno od platforme, kao što su SOAP i XML. PaaS platforma mora obezbediti isporuku, upravljanje, testiranje, i održavanje razvijene aplikacije. Ona takođe pruža podršku dobro definisanim i dobro dokumentovanim interfejsima tako da elementi i komponente mogu biti korišćene u: složenim aplikacijama, portalima, mashup sajtovima.

PaaS platforme se dele na tri kategorije:

- Kompletna platforma nezavisna od oblasti primene (Integrated lifecycle platform)
- Platforme za određenu oblast primene, npr. za CRM (Anchored lifecycle platform)
- Platforme za specijalizovane zadatke u bilo kojoj oblasti primene (Enabling technologies as a platform)

2.2.3 Aplikacioni (SaaS) pristup

Aplikacioni pristup ili softver kao servis tipu cloud servisa pružalac usluga obezbeđuje hardversku infrastrukturu, softverske proizvode i interakciju sa korisnikom putem front-end dela portala. Servisi mogu biti bilo šta počev od

elektronske pošte zasnovane na vebu pa do obrade baza podataka Korisnik može koristiti servis i pristupati aplikaciji i podacima sa bilo koje lokacije pošto su oni host-ovani kod servis provajdera.

2.3 Tehnologije za realizaciju Cloud Computing-a

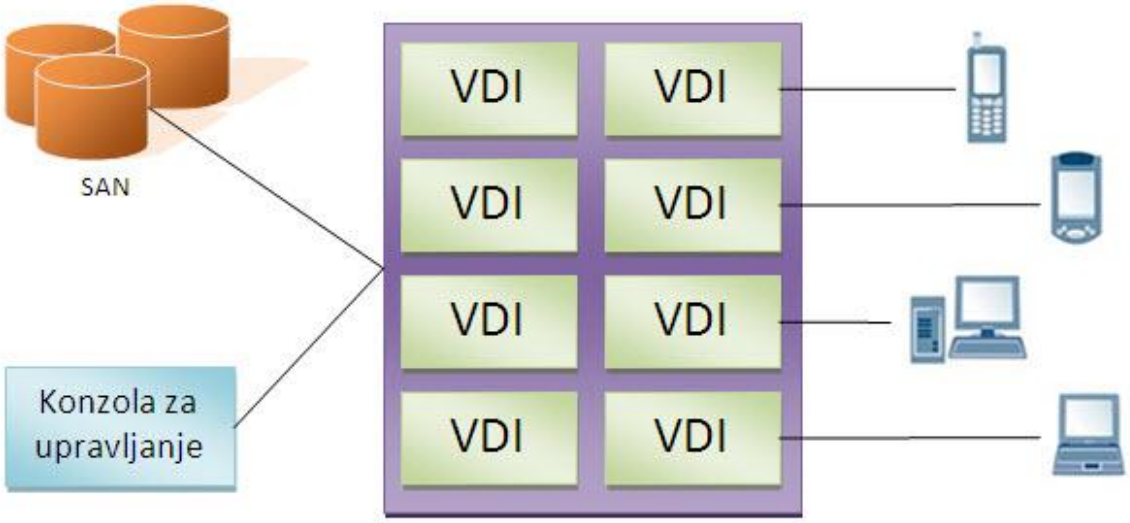
Pojam virtualizacije u nekom najobuhvatnijem smislu, u IT svetu, podrazumeva framework i/ili metodologiju podele resursa kompjutera u više izvršnih okruženja ili udruživanja više manjih resursa u jedno okruženje, primenjujući jedan ili više različitih koncepta ili tehnologija kao što su: podela softvera, time-sharing, parcijalna ili kompletna simulacija hardvera, emulacija i mnogi drugi, sa ciljem razdvajanja logičkog interfejsa od fizičkih resursa. Čak i jednostavna operacija, kao što je podela tvrdog diska na particije, se smatra virtuelizacijom jer se uzima jedan fizički disk i deli na particije, tako da se stiče utisak rada na fizički odvojenim diskovima. Uređaji, aplikacije i korisnici su u mogućnosti da vrše interakciju sa virtuelnim resursima kao da su jedinstveni. Sam termin virtuelizacija je postao vrlo popularan i stavlja se u kontekst većeg broja tehnologija ovog tipa:

- Application Virtualization
- Desktop Virtualization
- Management Virtualization
- Network Virtualization
- Storage Virtualization
- Server Virtualization.

Svaki od ovih tipova virtuelizacije nalazi svoju primenu u Cloud Computing-u i bez njih koncept „oblaka“ ne bi bio moguć.

Desktop Virtualization je relativno nov termin, koji se pojavio poslednje decenije prošlog veka, i koristio se da opiše proces odvajanja dekstopa nekog računara i njegovih aplikacija, podataka itd. od same mašine. Virtuelna radna površina je pohranjena na udaljenom serveru, umesto na tvrdom disku lokalnog računara. To znači da se sam desktop, aplikacije, procesi i podaci pokreću i čuvaju centralizovano,

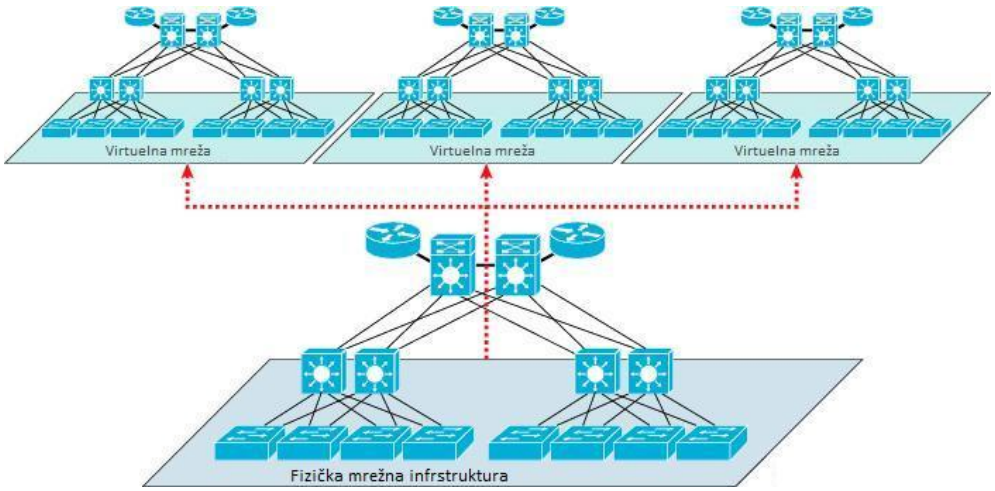
a korisnici im pristupaju sa bilo kog uređaja koji ima mogućnost da prikaže desktop okruženje: PC, laptop, smartphone ili laki klijent.



Slika 4 – Virtuelizacija desktop-a

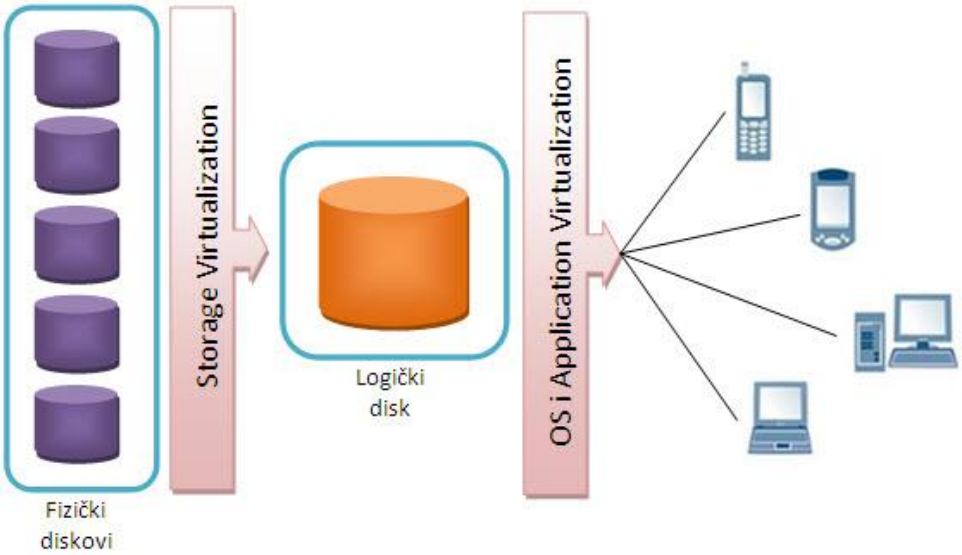
U VDI (Virtualna Desktop Infrastruktura, Slika 4), postoji centralni server, na kojem ima određen broj virtualnih mašina. Broj virtuelnih desktop-a zavisi od samog servera tj. od njegove konfigruacije. Jači i brži serveri mogu da podrže veći broj mašina i obrnuto. Svaka od ovih virtuelnih mašina predstavlja nezavisan desktop, na koji se korisnici konektuju putem nekog od protokola za udaljeni pristup. Svi podaci se čuvaju na zajedničkom skladištu (SAN – Storage Area Network) a data centru se pristupa preko lakog klijenta.

Network virtualization (Slika 5) je metoda kombinovanja dostupnih mrežnih resursa putem podele dostupnog protoka na kanale, od kojih je svaki potpuno nezavisan od drugih i može se dodeljivati po potrebi nekom određenom serveru ili uređaju u realnom vremenu. Na taj način se stvara virtuelna mreža, koja se može kontrolisati. Najjednostavniji primer virtuelizacije mreže su VLAN (Virtuelne lokalne mreže).



Slika 5 – Virtuelizacija mreže

Storage virtualization predstavlja spajanje fizičkih skladišta iz više različitih mrežnih diskova u, nešto što izgleda kao, jedinstveno skladište podataka, kojim se upravlja iz centralizovane konzole. Virtuelizacija skladišta se najčešće koristi u SAN-ovima. Upravljanje mrežnim diskovima može biti naporno i zahteva puno vremena. Virtuelizacija pomaže administratorima skladišta da operacije kao što su backup, arhiviranje, oporavak itd. obavljaju mnogo lakše i za kraće vreme (Slika 6).

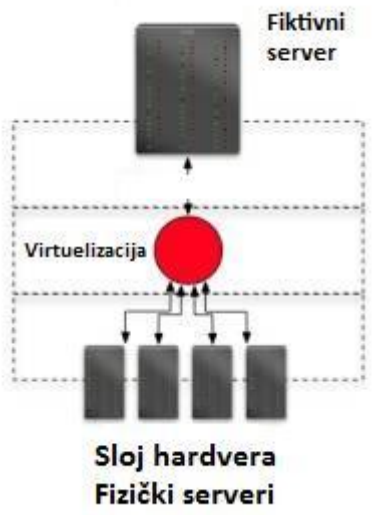


Slika 6 – Virtuelizacija skladišta podataka

Management Virtualization se fokusira na tehnologije kojima se upravlja čitavim centrom podataka, i fizičkim i virtuelnim delom, kako bi se prezentovala jedna

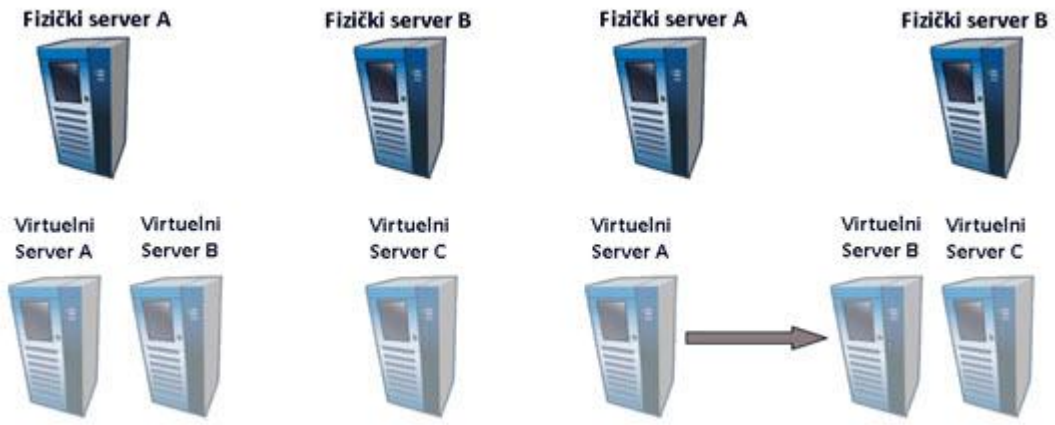
unificirana infrastruktura za ponudu servisa. Ovaj sistem nije ponuđen kroz jedinstven interfejs, već se najčešće deli na više slojeva i njihove operacije su nezavisne. U manjim centrima podataka, nedostatak osoblja može uzrokovati nemogućnost ovakve podele, ali i tada je vrlo bitno izvršiti osnovnu deobu na dva sloja: Resursi (serveri, skladišta podataka, mreže...) i Virtuelni Servisi (virtuelne mašine, desktop-i i web aplikacije).

Server virtualization (Slika 7) predstavlja maskiranje serverskih resursa, uključujući broj, identite, lokaciju fizičkih servera, procesora i operativnih sistema od njihovih korisnika. Administrator servera koristi aplikacije da podeli fizičke servere u veći broj virtuelnih izolovanih okruženja. Ova okruženja se ponekad nazivaju privatni virtuelni serveri.



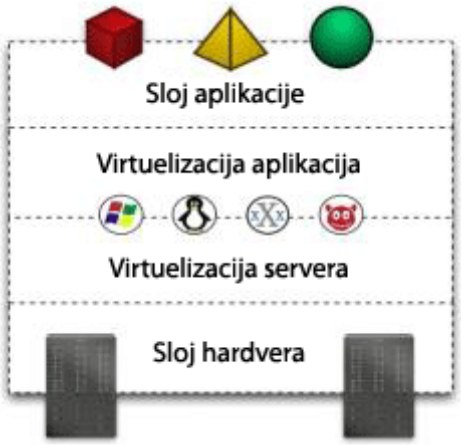
Slika 7 – Virtuelizacija servera

Ova apstrakcija je ono na čemu se u suštini i zasniva Cloud Computing. Pre uvođenja virtuelizacije servera (Slika 8), bilo je neophodno imati posebne servere za svaku funkciju centra podataka. Neki od tih servera su bili potpuno neiskorišćeni, dok su kod nekih počeli da se javljaju problemi preoterećenja. Uvođenjem virtuelnih servera, mogli su se prevazići oba ova problema. Ako je, recimo, server za štampanje zauzet svega 10% vremena, onda se izvrši podela tog fizičkog servera na npr. dva virtualna servera, od čega jedan ostaje u funkciji štampanja, dok se drugi spaja sa nekim drugim virtuelnim serverima i na njima se pokreće neka druga zahtevnija aplikacija ili funkcija.



Slika 8 – Konsolidacija serverskih resursa

Application Virtualization (Slika 9) je termin koji se koristi da opiše softverske tehnologije koje poboljšavaju portabilnost, upravljivost i kompatibilnost aplikacija, tako što se enkapsuliraju i na taj način odvajaju od operativnog sistema na kojem se izvršavaju.



Slika 9 – Virtuelizacija aplikacija

Potpuno virtuelizovana aplikacija se ne instalira u tradicionalnom smislu, mada se ipak izvršava kao da jeste. Potpuna virtuelizacija neke aplikacije zahteva sloj virtuelizacije. Ovaj sloj mora biti instaliran na mašini kako bi presretao sve operacija nad podacima i registrom i transparentno redirektovao ove operacije na virtuelizovanu lokaciju. Aplikacija koja izvršava ove operacije ne zna da ne pristupa fizičkim resursima, za koje misli da pristupa.

2.4 Upravljanje korisničkim nalozima u Cloud Computing infrastrukturi

Korišćenje Cloud Computing infrastrukture donosi određene rizike u vezi sa privatnošću [17]:

- *krajnjeg korisnika Cloud Computing infrastrukture* – može doći do praćenja njegovih podataka ili davanja ličnih podataka, protivno njegovoj volji
- *organizacije koja koristi Cloud servise* – može doći do nepoštovanja politike preduzeća i zakonodavstva, kao i do gubitka reputacije i kredibiliteta
- *administratora Cloud Computing platforme* – može doći do objavljivanja osetljivih informacija koje se skladište na platformi, pravne odgovornosti, gubitka reputacije i kredibiliteta i gubitka poverenja korisnika
- *provajdera Cloud Computing aplikacija* – nepostojanje legalne saglasnosti, gubitak reputacije, korišćenje ličnih informacija skladištenih na Cloud-u u druge svrhe od prvobitne namene
- *podataka* – izlaganje ličnih informacija

Upravljanje digitalnim identitetima je od velike važnosti za autentifikaciju korisnika i podršku fleksibilnoj kontroli pristupa servisima u Cloud Computing infrastrukturama [18]. Ovakvi servisi treba da sačuvaju privatnost korisnika.

Većina provajdera Cloud usluga koristi sopstvena rešenja za upravljanje identitetom. Izazov u ovoj oblasti predstavlja stvaranje nove Cloud Computing usluge pod nazivom Identity As A Service [19].

Za upravljanje identitetima može se koristiti neko od već postojećih rešenja, kao što su SSO, SAML, OpenID, LDAP i dr.

SSO (Single Sign On) je mehanizam koji korisniku omogućava da korišćenjem sistema jedinstvene autentifikacije pristupi svim računarima i sistemima za koje ima dozvolu pristupa, bez potrebe unosa različitih lozinki [20].

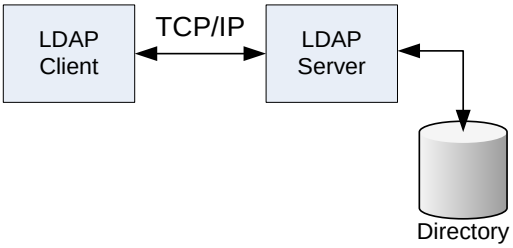
SAML (Security Assertion Markup Language) predstavlja otvoreni standard zasnovan na XML-u koji služi za razmenu podataka vezanih za autentifikaciju i autorizaciju između sigurnosnih domena.

OpenID je otvoreni standard koji opisuje kako se može izvršiti decentralizovana autentifikacija korisnika. Korisnici mogu da kreiraju nalog kod željenog OpenID provajdera i da ga koriste na bilo kom sajtu koji koristi OpenID.

2.4.1 LDAP protokol

LDAP je komunikacioni protokol koji definiše prenos i format poruke koju koristi klijent da pristupi podacima na serveru [21]. LDAP ne definiše sam direktorijumski servis. Aplikacioni program (LDAPklijent) šalje LDAP poruke pozivom LDAP API. Međutim, u eksploataciji može nastati problem jer X.500 server direktorijuma ne razume LDAP poruke jer LDAP klijent i X.500 server čak koriste različite komunikacione protokole (TCP/IP tj. OSI).

LDAP server servisira zahteve LDAP klijenta. To radi tako što postaje klijent X.500 servera. Kako je porasla upotreba LDAP-a i njegove beneficije postale očigledne, ljudi koji nisu imali X.500 server ili okruženja za njegovu podršku hteli su da naprave direktorijume kojima će LDAP klijenti moći da pristupe. Ovo je zahtevalo da LDAP server mora čuvati i pristupati samom direktorijumu umesto da radi kao prolaz do X.500 servera (Slika 10). Ovakvi LDAP serveri se često zovu samostalni LDAP serveri jer ne zavise od X.500 direktorijumskog servera.



Slika 10 – Pristup LDAP servera lokalnoj bazi direktorijuma

Koncept LDAP servera koji obezbeđuje pristup lokalnoj bazi podataka direktorijuma je uveden u RFC 2251 (LDAP verzija 3). Sa tačke gledišta klijenta, svaki server koji izvršava LDAP protokol je LDAP direktorijumski server, bilo da server aktivno implementira direktorijum ili je prolaz do X.500 servera. Direktorijum kome je pristupljeno se može zvati LDAP direktorijum, bilo da je direktorijum implementiran preko samostalnog LDAP servera ili preko X.500 servera.

2.4.1.1 Arhitektura LDAP protokola

Interakcija između LDAP klijenta i LDAP servera ima sledeću formu:

- Uspostavlja se sesija između LDAP klijenta i LDAP servera. Ovo je poznato kao operacija spajanja na server. Klijent specificira ime ili IP adresu i TCP/IP broj porta servera i može da se identifikuje korisničkim imenom i lozinkom ili da uspostavi anonimnu sesiju sa opštim pravom pristupa. Klijent i server mogu takođe uspostaviti sesiju koja koristi metode zaštite i šifrovanje podataka.
- Klijent tada izvršava zadate operacije nad podacima direktorijuma. LDAP omogućava čitanje i ažuriranje baze podataka. On može da informacijama direktorijuma upravlja isto tako dobro kao što ih pretražuje. LDAP podržava pretraživanje direktorijuma za podacima koji zadovoljavaju proizvoljno korisničko-specificiran kriterijum. Pretraživanje je najopštija operacija u LDAP. Korisnik može specificirati koji deo direktorijuma pretraživati i koje informacije vratiti. Filter pretraživanja koji koristi Boolean uslove specificira koji podaci direktorijuma odgovaraju pretrazi.
- Kada klijent završi sa zahtevima, zatvara sesiju sa serverom. Ovo je takođe poznato kao odvezivanje.

Pošto je LDAP originalno bio namenjen kao lightweight alternativa DAP-u za pristupanje X.500 direktorijumima, LDAP server prati X.500 model. Direktorijum skladišti i organizuje strukture podataka poznatih kao slogovi.

Direktorijumski slogovi obično opisuju objekat kao što je osoba, štampač, server i tako dalje. Svaki slog ima ime poznato kao osobito ime (distinguished name – DN) koje ga jedinstveno identifikuje. DN se sastoji od niza delova koji su poznati kao relativna osobita imena (relative DN – RDN), slično kao što se imena fajlova sastoje od puta imena direktorijuma u mnogim operativnim sistemima kao što su UNIX i OS/2. Slogovi mogu da budu uređeni u hijerarhijsku strukturu, kao drvo, baziranoj na njegovim osobitim imenima. Ovo drvo direktorijumskih slogova se zove stablo direktorijumskih informacija (directory information tree – DIT).

LDAP definiše operacije za pristupanje i ažuriranje direktorijumskih podataka kao što su:

- Pretraživanje podataka koji zadovoljavaju proizvoljno specificiran kriterijum

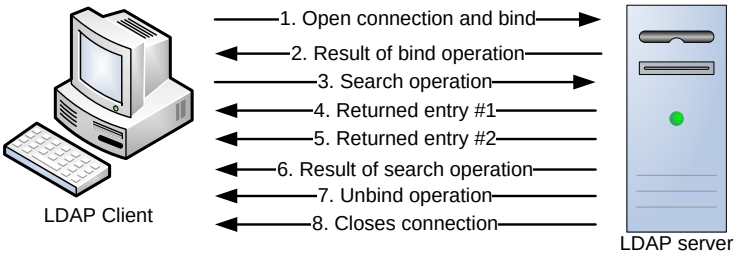
- Dodavanje podataka
- Brisanje podataka
- Modifikovanje podataka
- Modifikovanje osobnih imena ili relativnih osobnih imena u slogu
- Poređenje podataka

2.4.1.2 Operacije LDAP protokola

LDAP ima devet osnovnih operacija koje se mogu podeliti u tri kategorije:

- *Interrogation operation*: *search, compare.* Ove operacije omogućavaju postavljanje pitanja o direktorijumu.
- *Update operations*: *add, delete, modify, modify DN (rename).* Ove operacije omogućavaju ažuriranje podataka u direktorijumima.
- *Authentication and control operations: bind, unbind, abandon.* Operacija *bind* omogućava klijentu identifikaciju; operacija *unbind* omogućava klijentu prekid sesije; i operacija *abandon* omogućava klijentu da označi ukoliko nije više zainteresovan za rezultate prethodnih operacija.

Tipična klijent/server razmena pomoću LDAP-a je data na slici (Slika 11).



Slika 11 – Tipična LDAP razmena

- Klijent otvara TCP konekciju ka LDAP serveru i pristupa operaciji *bind.* Operacija *bind* sadrži naziv direktorijuma za koji klijent želi autorizaciju zajedno sa *credential. Credential* su često obične lozinke, ali mogu biti i digitalni sartifikati koji služe za autorizaciju klijenata.

- Nakon što su provereni podaci za identifikaciju šalje se rezultat uspešnosti ka klijentu.
- Klijent šalje zahtev za pretragu.
- Server izvršava te zahteve što rezultira sa dva odvojena odgovora.
- Server šalje poruku o rezultatu.
- Klijent šalje *unbind* zahtev, što se severu prikazuje kao želja klijenata za prekid veze.
- Server odgovara prekidom veze.

Da bi obezbedio devet osnovnih operacija protokola LDAP verzija 3 može da se proširi sa još tri metode:

- *LDAP operacije proširenja* – Nova operacija protokola. Ako u budućnosti postoji potreba za novom operacijom, ona se može definisati i postati standard bez menjanja LDAP protokola. Primer proširene operacije je *StartTLS,* koja naglašava serveru da klijent želi da koristi *transport layer securuty* (TLS) da bi enkriptovao i potvrdio konekciju.
- *LDAP kontrola* – Ekstra informacije koje se nalaze u postojećim LDAP operacijama, menjajući ponašanje operacije.
- *Simple Authentication and Security Layer (SASL)* – Biblioteka procedura koja podržava više različitih metoda za autentifikaciju. Korišćenjem SASL, LDAP se može adaptirati da podržava nove, stabilnije metode autentifikacije.

2.4.1.3 Modeli opisa LDAP direktorijuma

LDAP se može bolje razumeti upoznavanjem četiri modela na kojim su bazirani:

- *Informacioni model* opisuje strukturu informacija skladištenih u LDAP direktorijumu.
- *Model imenovanja* opisuje kako je informacija u LDAP direktorijumu organizovana i indentifikovana.
- *Funkcionalni model* opisuje operacije koje se mogu izvršiti na informacijama skladištenim u LDAP direktorijumu.
- *Model bezbednosti* opisuje kako informacije u LDAP direktorijumu mogu biti zaštićene od neovlašćenog pristupa.

Informacioni model

Osnovna jedinica informacije skladištenih u direktorijumu je SLOG. Slog predstavlja npr. osobu, server ili organizaciju. Svaki slog sadrži jedan ili više atributa. Svaki atribut ima tip i jednu ili više vrednosti. Pri definisanju sloga i odgovarajućih atributa definiše se način njihovog korišćenja, ponašanja tokom pretraživanja i drugih operacija direktorijuma. Klasa objekta je opšti opis i nekad se zove šablon. Klase objekata koje direktorijumski serveri mogu skladištiti i atribute koje one sadrže su predstavljene *šemom.* Šema definiše koje klase objekata su dozvoljene i gde se nalaze u direktorijumu, koje atribute moraju da sadrže, koji su opcioni i mora da sadrži sintaksu svakog atributa.

Kontrolna šema osigurava da svi zahtevani atributi za unos budu prisutni pre nego što se unos uskladišti. Šema takođe definiše nasleđe i podklase objekata i gde se u DIT strukturi (hijerarhiji) može pojaviti objekat. Slog se može sastojati više od jedne klase objekta. Svaki server može definisati sopstvenu šemu. Za uzajamnu operativnost je potrebno da opšte šeme budu standardizovane. U LDAP verziji 3, server daje povratnu informaciju o sebi samom, uključujući šemu koju koristi.

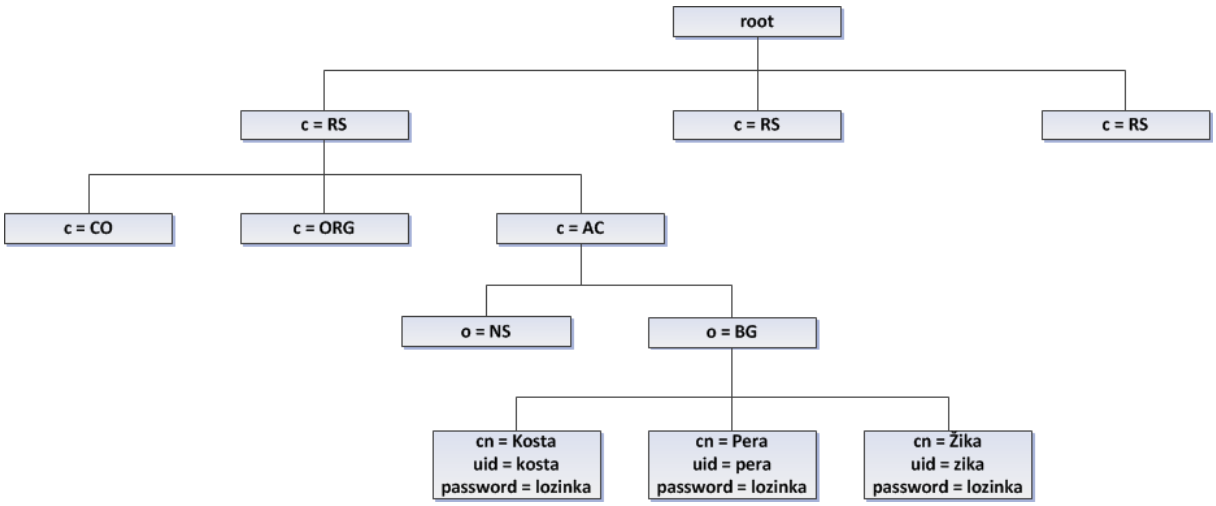
Model imenovanja

LDAP model imenovanja definiše kako su slogovi indetifikovani i organizovani. Slogovi su organizovani u strukturu koja liči na drvo koja se zove stablo direktorijuma (DIT). Slogovi su uređeni u stablo direktorijuma koji je baziran na njihovim osobitim imenima (DN). DN je jedinstveno ime koje nedvosmisleno indetifikuje pojedinačni unos. DN-a su sastavljena od niza relativnih osobitih imena (RND-a). Svaki RND u DN odgovara grani u DIT-u počevši od korena DIT-a do direktorijumskog unosa. Svaki RDN je izveden iz atributa direktorijumskog unosa. U opštem slučaju, RDN ima sledeću formu <ime-atributa>=<vrednost>. DN je sastavljen od niza RDN-ova odvojenih zarezima.

Stablo direktorijuma je način organizovanja informacija. LDAP serveri čuvaju informacije hijerarhijski. Hijerarhija obezbeđuje metod za logičko grupisanje pojmova. Ovo grupisanje može biti korisno u nekoliko slučajeva:

- Delegiranje ″autoriteta″ drugom serveru ili sajtu za jednu ili više grupa podataka
- Kopiranje podataka
- Sigurnost i kontrolisanje pristupa

Na slici je dat primer jednostavnog stabla direktorijuma (Slika 12).



Slika 12 – Primer jednostavnog stabla LDAP direktorijuma

Svaki pravougaonik predstavlja slog direktorijuma. Atributi su prikazani u okviru sloga. Na vrhu je *root* koji predstavlja početnu tačku za svako stablo direktorijuma. On je pojmovni i ne postoji stvarno. Ispod *root-a* se nalaze slogovi zemalja (unos za zemlju RS (c=RS) može imati atribut *opis* sa vrednošću Serbia), ispod zemalja se nalaze gradovi (mogu da budu nacionalne organizacije, regioni itd.) a svaki od njih ima podkategorije.

Uobičajeno je pratiti ili geografsku ili organizacionu šemu da bi se pozicionirali slogovi u DIT. Ispod ovog nivoa, slogovi mogu predstavljati ljude u tim organizacijama ili buduće pododeljenje organizacije. Najniži slojevi slogova DIT-a mogu predstavljati bilo koji objekat, kao što su ljudi, štampač, aplikacioni serveri, i tako dalje. Dubina ili širina DIT-a nije ograničena i može biti podešena da zadovoljava zahteve informacionih sistema. Stavkama se daju imena prema njihovoj poziciji u DIT-u. Jedan član direktorijuma ima DN cn=Kosta, ou=FON, o=BG, c=RS. DIT se opisuje u formi nalik stablu, ali nije čisto stablo (zbog aliasa). Aliasi dozvoljavaju horizontalno povezivanje, tako da se anuliraju neke od loših osobina strukture čistog stabla. Ovo može biti korisno ako element pripada više nego jednoj organizaciji ili ako je uobičajno korišćeni DN suviše složen. Ne postoji jedinstven način za podešavanje strukture direktorijuma. Dizajn stabla direktorijuma se meri samo jednim kriterijumom: da li podržava trenutnu i željenu efikasnost.

Najviši nivo direktorijuma, koji se odnosi na *root* stabla direktorijuma, je takođe poznat kao baza. Naziv baze je *Base Distinguished Name*, ili bazni DN. U principu treba odabrati format za bazni DN. Preporuka je da bazni DN bude u trenutno najpopularnijem formatu. 1998. RFC2247 je ustanovio standard za prevođenje DNS naziva domena u LDAP (i X.500) *Distinguished names*. Od tada sve više instalacija je koristilo ovaj format Ako je plan integracija sa Microsoft Active Directory ovo je jedini format koji možete koristiti.

Lista saveta koja pomože u procesu planiranja direktorijuma:

- Stablo direktorijuma treba tako kreirati da se može lako menjati. Treba izbegavati stablo direktorijuma baziranog na organizacionoj šemi kompanije i trenutnom modelu poslovanja.
- Izbegavati pomeranje LDAP zapisa iz jedne OU u drugu.

- Ukoliko se kopiraju podaci razmisliti da li OU podelite na više pod OU-a bazirani na potrebama korisnika.
- Sakrivanje dela podataka u direktorijumu bilo zbog sigurnosti ili sprečavanja konfuzije treba koristiti OU. Ako to narušava postojeću strukturu, treba doneti odluku da li sakrivati podatke ili ne.

Podatke koji se mogu čuvati u LDAP direktorijumu:

- Informacije o zaposlenima
- Informacije o kupcima, bilo o novim ili postojećim
- Telefonske brojeve i opise lokalnih restorana i taxi servisa
- Lokacije poslovnica i konferencijskih soba
- Podaci o LCD projektorima
- Podaci o kompjuterima: desktop, laptop, serveri, štampači, mrežni uređaji
- Mailing liste
- NIS *group map*
- NIS netgruop map

Funkcionalni model

LDAP definiše operacije za pristup i modifikovanje elemenata direktorijuma. LDAP operacije mogu biti podeljene u sledeće tri kategorije:

- *Upit* uključuje operacije pretrage i poređenja koje se koriste da bi se dobila informacija direktorijuma.
- *Update* sadrži dodaj, obriši, izmeni i izmeni RDN operacije koje se koriste da ažuriraju informacije u direktorijumima.
- *Autentikacija* sadrži veži, razveži i napusti operacije koje se koriste da se poveže i raskine Veza sa LDAP serverom.

Najčešća operacija je pretraga. Ova operacija je fleksibilna i ima i složenie opcije. Pretraga može biti opšta ili specifična. Operacija pretrage dozvoljava specifikaciju početne tačke DIT-a, koliko duboko unutar DIT-a tražiti, atributi elementa moraju biti uzeti u obzir za poređenje.

Da bi se izvršila pretraga sledeći parametri moraju biti specifirani:

- *Baza.* DN koji definiše startnu tačku, zvanu bazni objekat, pretrage. Bazni objekat je čvor u okviru DIT-a.
- *Opseg.* Specifira koliko duboko u okviru DIT-a se traži bazni objekt.
- *Filter pretrage.* Specifira kriterijum koji element mora ispuniti da bi bio vraćen u pretrazi. Filter pretrage je bulova kombinacija relacija vrednosti atributa.
- *Atributi za povratak.* Specifira koje atribute treba vratiti iz elemenata koji ispunjavaju kriterijum pretrage. Pošto elementi imaju mnogo atributa, ovo dozvoljava korisnicima da vode samo atribute za koje suzainteresovani. Normalno, korisnik je zainteresovan za vrednosti atributa. Međutim moguće je vratiti samo tipove atributa ali ne i njihove vrednosti.
- *Ograničenja.* Pretrage mogu biti opšte, pretražujući velika podstabla i dovodeći do prikazivanja mnogo elemenata. Korisnik (ili server), može specifirati vremenska i ograničenja veličine da bi sprečio ćudljive pretrage da uzmu isuviše resursa.

Model bezbednosti

Bezbednost je od velikog značaja u svetu umreženih računara. Tako je i u LDAP-u. Kada se podaci šalju preko neobezbeđene mreže, interno ili ekstreno, osetljive informacje moraju da budu zaštićene tokom transporta. Takođe je potrebno znati ko zahteva informaciju i ko je salje. To je posebno važno kada dolazi do operacije ažuriranja direktorijuma.

Pojam bezbednost pokriva sledeće aspekte:

- *Identifikacija.* Potvrda da je suprotna strana (mašina ili osoba) stvarno ona koja tvrdi da jeste.
- *Integritet*. Potvrda da je informacija koja je stigla ista kao i ona koja je poslata.
- *Poverljivost*. Zaštita od otkrivanja informacija šifrovanjem podataka za one kojima nisu namenjeni.
- *Autorizacija*. Uveravanje da je strani stvarno dozvoljeno da radi ono što zahteva. To se obično proverava posle Identifikacije. Autorizacija se postiže dodeljivanjem kontrola pristupa, poput čitanja, pisanja i brisanja, korisničkim identifikacijama ili opštim imenima resursa kojima se pristupa.

2.5 Primena Cloud Computing infrastrukture u elektronskom obrazovanju

Danas se većina visokoškolskih ustanova suočava se sa problemom potrošnje značajne količine sredstava na godišnjem nivou, za održavanje infrastrukture. Ideja ovog rada je da se primenom cloud computing-a ovi troškovi svedu na minimum. Brojni su primeri primene cloud computing-a u e-obrazovanju uovom radu je dat fokus na analizu primene u visokoškolskim ustanovama.

Jedan od vodećih australijskih univerziteta Macquarie University, Sydney, Australia je u dogovoru sa multinacionalnom kompanijom Google, obezbedio svojim istraživačima, nastavnom osoblju i drugim zaposlenim 6000 Gmail naloga. Ovo je primer e-mail servis-a baziranog 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 [5], obezbedivši korisnicima dodatne pogodnosti kao što su kalendar, google grupe, buzz, itd.

Univerzitet North Carolina State University – Reilgh stavlja na raspolaganje studentima i partnerima svoje resurse, odnosno ima svoju virtuelnu laboratoriju koja se zasniva na cloud computing-u [22]. Ovlašćeni korisnici moraju da rezervišu mašine i odgovarajući softver na kom žele da rade a nakon toga pristupaju resursima i koriste ih po potrebi [23].

University of California, Berkeley je još 2008. godine u pilot projektu angažovao 200 dodatnih servera koji su primenom cloud computing-a pratili problem preopterećenosti servera za upravljanje bazom podataka [24]. Zahvaljujući cloud computing konceptu obezedili su neophodne hardverske resurse za realizaciju ovog složenog projekta.

3 Mobilne tehnologije

3.1 Teorijske osnove mobilnih tehnologija

Pod mobilnim tehnologijama podrazumevaju se prenosivi uređaji koji obuhvataju hardver (fizički uređaj), softver (operativni sistem i aplikacije) i komunikaciju (mrežni servisi) [25].

U najširem smislu mobilne tehnologije obuhvataju [26]:

- Elektronske uređaje informatičke ili komunikacione namene koji se mogu koristiti u pokretu, to jest kada korisnici i njihovi uređaji nisu smešteni na fiksnoj lokaciji.
- Infrastrukturu, ožičenu ili bežičnu, potrebnu za povezivanje i umrežavanje mobilnih uređaja sa drugim, stonim ili mobilnim, sistemom i uređajima.

Sveprisutnost i brz razvoj mobilnih i bežičnih tehnologija omogućio je razvoj novih okruženja za elektronsko učenje. Mobilni uređaji omogućavaju pristup informacijama u kontekstu, kao i sinhronu (glasovni pozivi, VoIP, čet) i asinhronu (SMS, forumi, blogovi, elektronska pošta) komunikaciju sa drugim učesnicima u obrazovnom procesu [27]. Mobilno učenje omogućava studentima da korišćenjem mobilnog uređaja pristupe obrazovnim sadržajima sa bilo kog mesta i u bilo koje vreme. Na ovaj način, studenti imaju kontrolu nad sadržajem i lokacijom na kojoj se uči. Nizak nivo primene mobilnih uređaja u sistemima elektronskog obrazovanja uslovljen je raznovrsnošću mobilnih uređaja, njihovim tehničkim karakteristikama i kompleksnošću procesa razvoja aplikacija.

Mobilne tehnologije, kao što su GPRS, SMS, Bluetooth, RFID i druge postale su široko rasprostranjene. Može se reći da mobilno učenje predstavlja korišćenje mobilnih uređaja u okruženju elektronskog obrazovanja sa fokusom na specifične veštine učenja [28]. Razvoj e-obrazovanja nije imao za cilj da zameni tradiocionalno obrazovanje, već da ga unapredi kroz celovitu strategiju učenja. Sa druge strane, mobilno učenje nudi drugačiji pristup obrazovnom sadržaju i inkorporira učenje u svakodnevni život. Obrazovni sadržaj se isporučuje kroz bežične mreže u vidu malih porcija informacija.

3.1.1 Tehnologije bežičnog prenosa

Svrha i način korišćenja bežičnih tehnologija najviše zavisi od njihovog dometa i brzine. Na osnovu dometa sve mreže možemo podeliti na PAN, W-LAN, MAN i WAN.

- Wireless PAN (Personal Area Network) predstavlja mrežu sa najmanjim dometom, manje od 10m i koristi se za razmenu podataka između dva uređaja. Tehnologija koja se ovde koristi je Bluetooth.
- Wireless LAN (Local Area Network) je mreža koja povezuje dva ili više uređaja na relativno malim daljinama npr. mreža u okviru zgrade, škole ili kuće. Ovde se koristi WiFi tehnologija.
- Wireless MAN (Metropolitan Area Network) je mreža koja je veća od W-LAN-a a manja od WAN-a i predstavlja mrežu na nivou grada. Ovu funkciju obavlja WiMAX tehnologija.
- WAN (Wide Area Network) je sistem povezanih LAN mreža koje obuhvataju veće geografsko područije. Najveća WAN mreža je Internet.

3.1.1.1 Bluetooth (IEEE 802.15)

Bluetooth je vrsta bežične tehnologije kratkog dometa koja se koristi za prenos podataka i glasa, na malim razdaljinama između uređaja koji poseduju bluetooth adaptere: računari, mobilni telefoni, bežične slušalice, tastature...

Bluetooth koristi radio talase za uspostavljanje point-to-point i point-to-multipoint transfere za prenos podataka i glasa u radijusu od 10 metara. PAN zasnovan na Bluetooth-u naziva se pikonet. Skup slave uređaja povezanih sa jednim određenim masterom čini pikonet. Master uređaj inicira razmenu podataka. Slejv uređaj odgovara na upit mastera. Slejv uređaji u pikonetu imaju vezu samo na master, odnosno, nema direktne veze između slejvova. Specifikacija limitira broj slejv uređaja na sedam. Veći broj uređaja priključenih na mrežu postiže se povezivanjem pikoneta u sketernet, tako što master uređaji uspostavljaju vezu.

Bluetooth je postao standardni deo opreme mobilnih telefona pa se sa uspehom koristi i u obrazovanju za razmenu podataka, uspostavljanje ad-hok mreža na terenu

i u učionici i kao veza sa perifernim uređajima poput zvučnika ili štampača. Mnoge igre za mobilne uređaje koriste Bluetooth umrežavanje zbog odsustva troškova prenosa podataka.

3.1.1.2 Wi-Fi (IEEE 802.11)

WiFi je osnovna radio tehnologije koja se koristi za kreiranje bežičnih lokalnih mreža (WLAN). Predstavlja set standarda koje je propisao IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). WiFi uređaji emituju signale na frekvencijama 2,4 GHz (802.11b, 802.11g i 802.11n standardi) i 5 GHz (802.11a), pri čemu se koriste napredne tehnike kodiranja kao što su OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) i CCK (Complementary Code Keying) pomoću kojih se ostvaruju velike brzine prenosa podataka putem radio talasa. Razlog što se ove frekvencije koriste jeste što su ostale neiskorišćene od strane raznih armija ali i ostalih korisnika namenskih komunikacionih frekvencija. Dakle, reč je o nelicenciranom spektru.

Za bežično umrežavanje ad-hok tipa je dovoljno imati ugrađene u računar Wi-Fi kartice u kojima se nalazi sadržana potrebna radio tehnologija. Sve su zastupljeniji smart telefoni sa WiFi interfejsom. Zbog toga se bežično umrežavanje smatra jednim od najjednostavnijih trenutno u ponudi. Što se instaliranih mreža, bežičnih LAN-ova tiče, neophodno je prisutvo Access point-a – pristupne tačke umrežavanja koju čine bežični ruter i predajnik. Cene ove opreme su niske i ne predstavljaju problem za obrazovne institucije. Naplata usluga u WiFi LAN-ovima zavisi od vlasnika pristupne tačke. Pristup obrazovnim WLAN-ovima je uobičajeno besplatan.

Da bi se povećao fizički domet bežičnog LAN-a, kompanije i univerziteti postavljaju više baznih stanica unutar iste IP podmreže. Time se otvara pitanje mobilnosti između baznih stanica – kako da se bežične stanice neprimetno prebacuju sa jedne na drugu baznu stanicu ne prekidajući postojeće TCP konekcije.

3.1.1.3 WiMAX (IEEE 802.16)

WiMAX standard (Worldwide Interoperability of Microwave Access) kombinuje širokopojasni pristup (Broadband) Internetu i bežično povezivanje (Wireless). Zbog toga što ga je moguće koristiti na relativno velikim razdaljinama, predstavlja efikasno rešenje za uvođenje širokopojasnog pristupa u domove, kreiranje bežičnih hot-spot-ova na mestima kao što su aerodromi, studentski gradovi itd. Karakteristike IEEE 802.16:

- domet – u radijusu oko 50-km od bazne stanice
- brzina - 70 Mbps
- nije neophodna direktna optička vidljivost korisnika i bazne stanice
- frekventni opseg - 2 do 11 GHz i 10 do 66 GHz (licencirani i nelicencirani)
- definiše i MAC i PHY slojeve (OSI modela) i različite specifikacije fizičkog sloja

Postoje dva osnovna podstandarda, koji nisu međusobno kompatibilni, a razlika je prvenstveno u fizičkom sloju. Oba ova podstandarda su u upotrebi, ali im se predviđa različita budućnost. Prvi od njih je IEEE 802.16-2004 koji je objavljen 2004. i odnosi se na fiksne konekcije i veze sa ograničenom (nomadskom, pešačkom) pokretljivošću. Novi standard IEEE 802.16e je i uveden u svrhu omogućavanja korišćenja u mobilnim aplikacijama, pa mu je dato ime Mobile WiMAX, iako ga je moguće koristiti i za fiksne aplikacije, pa se i u tom segmentu upotrebe postižu značajne prednosti.

Različite primene WiMAX-a uključuju DSL-oliki bežični pristup Internetu, mobilni broadbend, okosnicu fiksne i mobilne telefonije, hotzone u kampusima, WLAN, digitalnu TV (Video on demand – VoD), VOIP, a uključeni su prenosi podataka, glasa, videa.

WiMAX nudi određene prednosti u odnosu na WiFi jer podržava veće razdaljine i ima veću propusnu moć. Može se koristiti da se povežu celi gradovi i može biti ugrađen u laptopove čime se krajnjim korisnicima pruža doza mobilnosti. Pored toga što WiMAX obezbeđuje povezivost na većim daljinama nego WiFi, na ovaj način je moguće „priključiti” i mnogo veći broj korisnika na jednu baznu stanicu. Cilj WiMAX-a nije da zameni WiFi standard već će se dopunjivati, na većim razdaljinama će se koristiti WiMAX, a na manjim za kreiranje lokalni bežičnih mreža odnosno WLAN-a WiFi.

3.1.2 Mobilni uređaji

Mobilni uređaji mogu se podeliti u dve kategorije:

- lični (personal) – svaka osoba ima sopstveni uređaj, kao što je mobilni telefon
- prenosivi (portable) – uređaji koji se dele i pozajmljuju

Prenosiva rešenja omogućavaju kretanje osobe koja ih koristi, a lični uređaji omogućavaju individualni pristup nekom segmentu obrazovnih materijala sa udaljenih lokacija.

Konekcija je jedna od glavnih razlika, ako se upoređuju mobilni uređaje sa pesonalnim računarima (kao uobičajenim uređajima elektronskog učenja). Mobilni uređaji mogu biti konektovani na Internet ili u mrežu preko mnogih tehnologija - WAP, GPRS, UMTS, Bluetooth, WiFi i dr. U budućnosti mobilni uređaji će biti „uvek priključeni" konekcijama velike brzine. Trenutno često imaju periode diskonekcije, bilo hotimično (kad su usluge preskupe) ili ne (kad infrastruktura nije obezbeđena).

Hardverske i softerske karakteristike uređaja imaju veliki uticaj na to koji sadržaj je moguće dostaviti i u pravo vreme poslati. Obično, veb sadržaj je dizajniran za desktop računare, tako da ga je neprijatno, retko i moguće koristiti na uređajima sa malim ekranima. Često je teška i sama navigacija. Opremljeni malom stilskom tastaturom ili ekranima na dodir, touch-screen, (uobičajeno za PDA uređaje), korisnici mogu izgubiti mnogo vremena u traženju njima potrebnog sadržaja odnosno informacija. Veb stranice obiluju velikom količinom informacija, pa korisnik gubi vreme tražeći na strani gde su potrebne informacije, odnosno gde se nalazi potreban sadržaj. Možemo da zamislimo alternativne načine navigacije, kao što su, na primer glasovne komande.

Sada već postoje moćni mobilni telefoni sa velikim brzinama, istovremeno i sa hardverske i softverske tačke gledišta, iako će njihovi ekrani uvek ostati mali. Pored toga, memorija koja je dostupna na mobilnim uređajima je relativno mala. Moguće je koristiti proširene pakete i veću memoriju na nekim uređajima kao što su PDA uređaji.

Postoji više vrsta mobilnih uređaja, a to su [29]:

- Laptop i tablet PC

- Subnotebook (netbook ultra mobilni PC)
- Mobiloni telefon i smartphone
- PDA
- Multimedijalni plejeri
- Igračke konzole
- Elektronski rečnici i knjige
- Namenski digitalni uređaji za učenje

Da li će se koristiti za jednostavno praćenje gradiva ili će postojati i povratna informacija studenata ukoliko se mogu konekotvati na Internet putem neke bežične mreže, najviše zavisi od mogućnosti i funkcija uređaja i dostupnosti Internet konekcije.

Iako postoji spektar različitih prenosnih uređaja, prava mobilnost se postiže upotrebom lakih i po dimenzijama malih mobilnih uređaja koji su uvek i svuda sa nama.

3.2 Pregled mobilnih operativnih sistema

Poput računarskih operativnih sistema, operativni sistemi za mobilne uređaje predstavljaju platformu koja omogućava drugim programima da rade. Jednostavniji su od računarskih OS i imaju veći akcenat na bežičnim širokopojasnim i lokalnim vezama, mobilnim multimedijalnim formatima i različitim metodima unosa. Operativni sistem upravlja hardverom i softverom i određuje koje su funkcije i mogućnosti dostupni na telefonu, obezbeđuju kontrolu mini džojstika, tastature, sinhronizaciju sa aplikacijama, e-poštu, dostupne tipove poruka. Od operativnog sistema zavisi koje će aplikacije treće strane biti dostupne i korišćene na telefonu.

Razlikuju se:

- Ugrađeni proizvođački operativni sistemi
- Računarski operativni sistemi prilagođeni mobilnim uređajima

Ugrađeni operativni sistemi proizvođača su kompaktni i efikasni, ali nemaju mnoge specijalizovane funkcije. Obično je ugrađen i proizvođački veb čitač. Najčešće je ipak podržana Java platforma JCDC ili J2ME platforma.

Za razliku od ugrađenih operativnih sistema, pravi mobilni operativni sistemi omogućavaju dodavanje aplikacija (npr. za poboljšanje obrade podataka, konekcije ili zabavu). Obično se po operativnom sistemu i pravi razlika između smart i običnih mobilnih telefona koji imaju podršku samo za izolovane (sandboxed) aplikacije (npr. Java igrice). Aplikacije može izraditi proizvođač uređaja, operater mreže ili bilo koja softverska kuća kao treća strana, jer je reč o otvorenim operativnim sistemima. Neki operativni sistemi za smart telefone uključuju čitav niz slojeva softvera od kernela do aplikacija na najvišem nivou, drugi uključuju samo niže nivoe, tipično kernel i srednje slojeve i oslanjaju se na dodatne softverske platforme kako bi obezbedili okvir za korisnički interfejs ili izvršno okruženje aplikacija (AEE – Application Execution Envirnoment).

Prema podacima konsultantske kuće Gartner o prodaji smart telefona za treći kvartal 2011. godine [30], najzastupljeniji operativni sistem na mobilnim uređajima je Symbian, zatim respektivno slede Android, iOS i Blackberry (Tabela 2).

Operativni sistem	Uređaja (u hilj.) (3Q 2011)	Tržišni udeo (3Q 2011)	Uređaja (u hilj.) (3Q 2010)	Tržišni udeo (3Q 2010)
Android	60,490.4	52.5	20,544.0	25.3
Symbian	19,500.1	16.9	29,480.1	36.3
iOS	17,295.3	15.0	13,484.4	16.6
Research In Motion	12,701.1	11.0	12,508.3	15.4
Bada	2,478.5	2.2	920.6	1.1
Microsoft	1,701.9	1.5	2,203.9	2.7
Others	1,018.1	0.9	1,991.3	2.5
Ukupno	**115,185.4**	**100**	**81,132.6**	**100**

Tabela 2 – Tržišni udeo mobilnih operativnih sistema

Može se primetiti tendencija većeg rasta korisnika Android operativnog sistema u odnosu na rast korisnika iOS operativnog sistema, kao i znatan pad korisnika Symbian operativnog sistema u odnosu na treći kvartal 2010. godine. Broj Android korisnika se za godinu dana skoro utrostručio, što čini da Android uređaji formiraju više od polovine tržišta smart uređaja.

3.2.1 Symbian

Razvoj softvera za Symbian se odvija prema modelu otvorenog koda. Model Symbian sistema sadrži sledeće slojeve, s vrha naniže:

- Sloj okvira korisničkog interfejsa
- Sloj aplikacionih servisa
- Java ME
- Sloj servisa operativnog sistema
- Generičke servise operativnog sistema
- Komunikacione servise
- Multimedijalne i grafičke servise
- Servise veze
- Osnovni servisni sloj
- Servise kernela i sloj interfejsa ka hardveru

Osnovni servisni sloj je najniži do koga sežu operacije korisničke strane. Uključuje fajl server i korisničku biblioteku, plagin okvir koji upravlja svim dodacima, centralni repozitorij, SUBP i kripto servise, kao i Text Window Server i Text Shell. Symbian ima arhitekturu mikrokernela, sadrži scheduler, upravljanje memorijom i drajverima uređaja, dok su ostali servisi poput umrežavanja, telefonije i fajlsistem smešteni na sloju servisa operativnog sistema ili u osnovnom servisnom sloju. Pri kreiranju Symbian-a vodilo se računa o kompatibilnosti sa drugim uređajima, posebno fajl sistemima prenosivih medija. Symbian ima veliki podsistem komunikacije i umrežavanja sastavljen od 3 glavna dela. Podržani su i komunikacini linkovi kratkog dometa: Bluetooth, IrDA, kao i USB. Kod korisničkog interfejsa je obiman. Samo su osnovne klase i podstrukture bile sadržane u Symbian OS, dok je većinu korisničkog interfejsa održavala treća strana. To se promenilo. Tri glavna korisnička interfejsa - S60, UIQ i MOAP su dodati Symbian-u tokom 2009. Symbian sadrži biblioteke za grafiku, tekst i prikaz fontova. Sve izvorne Symbian C++ aplikacije su izgrađene od tri klase frejmvorka definisane arhitekturom aplikacije: klasa aplikacije, klasa dokumenta i klasa korisničkog interfejsa.

Opcijama i servisima koje obezbeđuje platforma može se prići kroz različite programske jezike i respektivno njihove API-je: izvorni Symbian C++, Java J2ME i Java MIDP 2, Opera Mobile razvoj , POSIX, i druge.

3.2.2 Microsoft Windows CE, Windows Mobile i Windows Phone

Windows Mobile je kompaktan operativni sistem kombinovan sa nizom osnovnih aplikacija za mobilne uređaje zasnovanih na Microsoft Win32 API-ju. Među uređajima na kojima radi Windows Mobile su Pocket PC-evi, smart telefoni, prenosivi medija centri, računari ugrađeni u neke tipove automobila. Dizajniran je da liči na desktop verzije Windows-a, po karakteristikama i estetici. Omogućen je razvoj softvera trećoj strani.

Za skoro sve verzije Windows Mobile-a zajedničke su sledeće karakteristike:

- Ekran organizatora prikazuje tekući datum, podatke o vlasniku, predstojeće sastanke, zadatke i elektronsku poštu
- Taskbar prikazuje vreme i jačinu zvuka
- Office Mobile – mobilne verzije Microsoft Office aplikacija
- Outlook Mobile se isporučuje uz Windows Mobile.
- Internet Explorer Mobile je Internet brauzer koga je Microsoft razvio za Pocket PC i Handheld PC uređaje, čija je instalacija uključena u instalaciju Windows Mobile i Windows CE operativnih sistema.
- Windows Media Player za Windows Mobile.
- Klijent za PPTP VPN-ove.
- Mogućnost deljenja Internet konekcije između mobilnih telefona i priključenih računara putem USB i Bluetooth veze.

Windows CE (zvanično Windows Embedded Compact od verzije 6.0) je Microsoft-ov operativni sistem za minijaturne računare i ugrađene (embedded) sisteme. Windows CE je sasvim različit operativni sistem i kernel, za razliku od Windows Mobile koji je smanjena i prilagođena verzija desktop Windows-a. Ne treba ga pomešati sa Windows XP Embedded koji je zasnovan na NT sistemu. Podržan je na Intel x86 i kompatibilnim, MIPS, ARM, i Hitachi-jevim SuperH procesorima.

Windows CE je optimizovan za uređaje sa minimalnim memorijskim kapacitetima - Windows CE kernel može da radi pri manje od megabajta memorije. Uređaji su najčešće konfigurisani bez spoljne memorije (diska), a mogu biti konfigurisani i kao „zatvoreni“ sistemi, bez mogućnosti proširivanja od strane korisnika.

Mnoge platforme su zasnovane na jezgru Windows CE operativnog sistema Microsoft's AutoPC, Pocket PC 2000, Pocket PC 2002, Windows Mobile 2003, Windows Mobile 2003 SE, Windows Mobile 5.0, Windows Mobile 6, Smartphone 2002, Smartphone 2003 i mnogi industrijski uređaji i ugrađeni sistemi, kao i igračke konzole Sega Dreamcast, Gizmondo, Microsoft Xbox.

Windows Phone 7 je Microsoft-ov mobilni operativni sistem namenjen mobilnim uređajima i orijentisan je na potrošačke mobilne uređaje. Izbačen je na tržište krajem 2010. godine da bi bio konkuretnt Google-ovom Androidu i Apple-ovom iOS-u u segmentu mobilne telefonije. Microsoft ne proizvodi mobilne uređaje, već je Windows Phone 7 operativnim sistemom proizvođačima uređaja postavio precizne hardverske standarde. Po tome Windows Phone 7 predstavlja značajan pomak u odnosu na ranije Microsoft mobilne operativne sisteme. Uređaji koji ga koriste moraju zadovoljavati sledeće hardverske kriterijume:

- Višedodirni (multi-touch) ekran u rezoluciji 480×800
- ARM v7 procesor od 1 GHz
- Grafički procesor sposoban da podrži DirectX 9 tehnologiju
- Minimalnih 256 MB RAM-a uz najmanje 8 GB trajne (flash) memorije
- Akcelerometar, kompas, svetlosni i blizinski senzori i GPS
- Kamera od 5 megapiksela sa blicom
- FM radio-prijemnik
- Tačno 6 fizičkih, hardverskih tastera: za nazad, start, pretragu, pokretanje kamere, aktivaciju/deaktivaciju uređaj, stišavanje i pojačavanje glasnoće; ostali tasteri su programski prikazani prema potrebi na dodirnom ekranu
- Bežična povezivost (WiFi) po IEEE 802.11x standardu

Kao novoj tehnologiji, prvim verzijama Windows Phonea 7 nedostaju mnoge funkcije koje su imale starije verzije Microsoft mobilnih operativnih sistema i koje ima trenutna direktna konkurencija, Appleov iOS (na iPhone mobilnim uređajima i drugim Apple uređajima) i Google Android. Među te nedostajuće funkcije spadaju i neke manje bitne, poput korisnički prilagodljivih zvučnih signala, ali i neke važne, kao što je tethering (pretvaranje mobilnog telefona u modem) ili mogućnost priključivanja SD kartica. Međutim, očekuje se da će ti nedostaci biti ispravljeni u narednim verzijama ovog operativnog sistema.

Značajna prednost Windows Phone 7 uređaja je dobra integracija s Microsoftovim mrežnim uslugama (Bing pretrage i mape, Windows Live, Office Live, Xbox Live i druge). Korisnička instalacija aplikacija na Windows Phone 7 uređaje moguća je isključivo preko Marketplacea, web-market programa pod isključivim Microsoftovim nadzorom, izrađenog po uzoru na Apple AppStore. Kao i na AppStore-u, programeri mogu stavljati na Marketplace samo od Microsofta odobrene programe pri čemu Microsoft uzima 30-postotnu proviziju od prodaje onih Windows Phone 7 programa sa Marketplaca koji nisu besplatni.

Windows Phone 7 ne podržava i najverovatnije neće ni u budućnosti podržavati SQL Server CE, integraciju sa barkod čitačima i slične zahtevnije poslovne scenarije (poput dostupnosti programskih biblioteka za ažuriranje XML dokumenata), no za to će biti namenjen Windows Embedded Compact.

3.2.3 Android

Android je potpuna softverska platforma za mobilne uređaje, od čipa do korisničkog GUI-ja. Dostupan je od oktobra 2008. kao projekat otvorenog koda (pod Apache licencom). Zasnovan je na Linux-u 2.6 i implementira Java virtuelnu mašinu, brauzer na bazi WebKit-a, SQL bazu i pun pristup za aplikacije hardveru uređaja.

Iako je zasnovan na Linux kernelu, Android nije Linux operativni sistem. Nema ugrađen sistem prozora, niti podržava ceo skup standardnih Linux biblioteka, uključujući GNU C biblioteku. Zbog ovoga nije moguće koristiti postojeće Linux aplikacije ili biblioteke. Android ne koristi ni standardne Java API-je poput J2SE ili J2ME. Ovo sprečava kompatibilnost između Java aplikacija napisanih za te platforme i onih za Android platformu. Android jedino koristi sintaksu Java jezika, ali ne omogućava korišćenje potpunih biblioteka klasa i API-je kakvi postoje za J2SE ili J2ME.

Sistem pristupa resursima mobilnog telefona kroz sistemske drajvere, poput drajvera za kameru, ekran, tastaturu i WiFi. Sledeći sloj sadrži biblioteke i izvršni sistem Androida. Na vrhu je skup biblioteka (Application Framework) koje omogućavaju proširenje i kreiranje novih aplikacija. Moguće je iskorišćavanje postojećih komponenti ili drugih aplikacija. Sistem startuje procese aplikacija kad god je

potreban bilo koji njihov deo i instancira Java objekte za taj deo. Nije omogućena ulazna tačka poput main funkcije. Osnovne komponente su aktivnosti, servisi, primljeni broadkast i provajderi sadržaja.

Osnovne karakteristike Android platforme su:

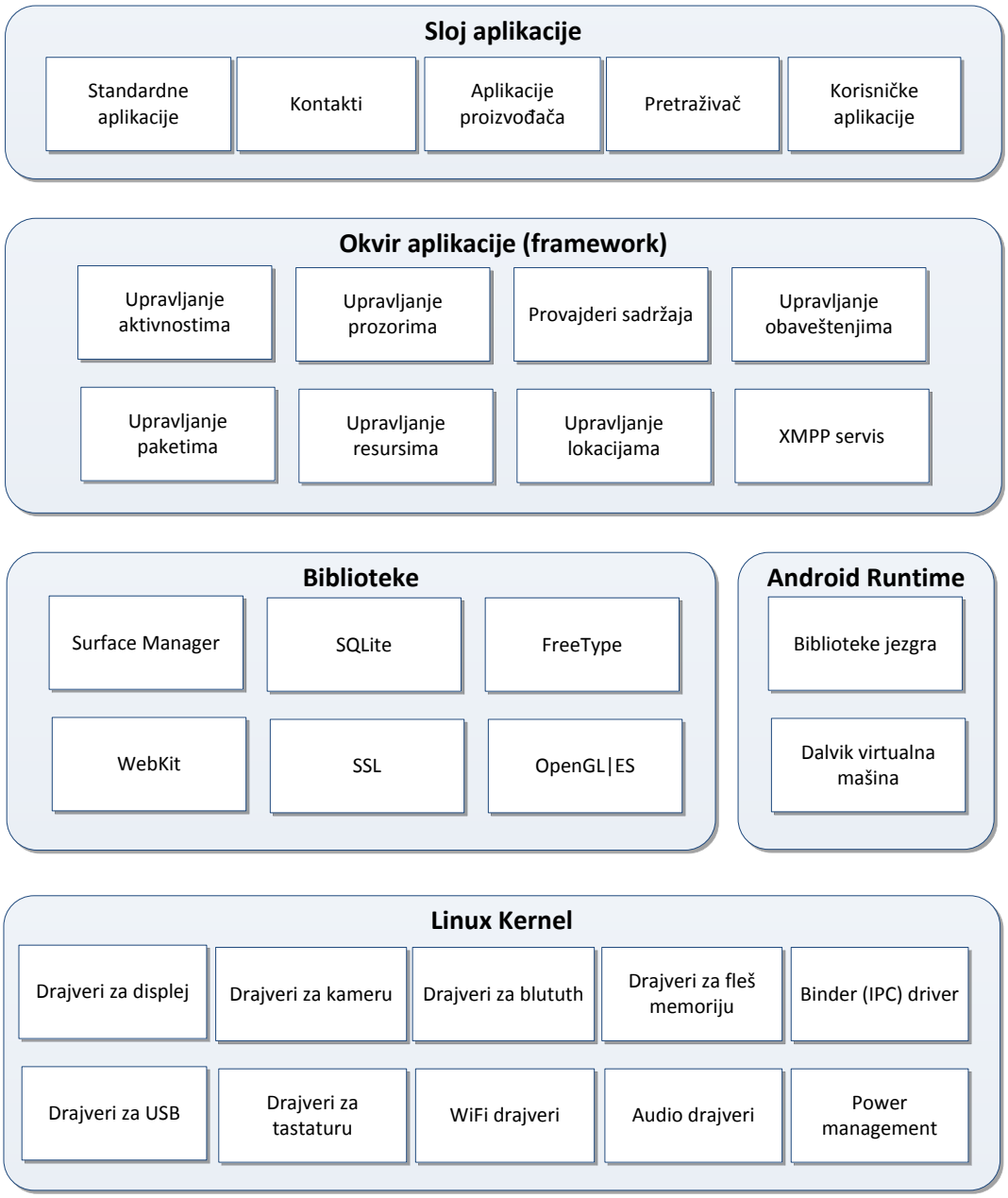
- **otvorenost** – programeru omogućava potpunu slobodu u razvoju novih i već postojećih aplikacija, a proizvođaču uređaja slobodno korišćenje i prilagođavanje platforme bez plaćanja autorskih prava;
- **sve aplikacije su ravnopravne** – što znači da ne postoji razlika između osnovnih jezgarnih aplikacija uređaja i dodatnih aplikacija. Svim aplikacijama omogućen je ravnopravni pristup resursima pokretnog uređaja što daje mogućnost prilagođavanja uređaja specifičnim potrebama individualnog korisnika;
- **automatsko upravljanje životnim ciklusom aplikacije** – omogućava nadzor pokretanja i izvršavanja aplikacija na sistemskom nivou optimizovanim korišćenjem memorije i snage uređaja. Krajnji korisnik više ne brine o gašenju određenih aplikacija pre pokretanja drugih;
- **uklanjanje granica "klasičnih" aplikacija** – mogućnost razvoja novih i inovativnih aplikacija zasnovanih na međusobnoj kolaboraciji tehnologija;
- **brz i jednostavan razvoj aplikacija** – omogućen je bogatom bazom korisnih programskih biblioteka (eng. libraries) i alata za izradu aplikacija;
- **visokokvalitetni grafički prikaz i zvuk** – podržana 2D vektorska i 3D OpenGL (engl. Open Graphics Librari) grafika, te ugrađeni kodeci svih često korišćenih audio i video formata;
- **kompatibilnost sa većinom sadašnjeg i budućeg hardvera** – uključuje prenosivost Androidovih aplikacija na ARM, k86 i ostale arhitekture, te prilagodljivost sistema ulaznim i izlaznim komponentama.

Osnovne funkcionalnosti Android OS:

- **Prikaz na uređajima** – OS prilagođava izgled različitim tipovima uređaja i kompatibilian je sa 2D, 3D grafičkim bibliotekama
- **Skladištenje podataka** – SQL lite relaciona baza podataka za upravljanje podacima

- **Konektivnost** – Android podržava konektivnost sa svim standardnim tehnologijama: GSM/EDGE, IDEN, CDMA, EV-DO, UMTS, Bluetooth, Wi-Fi, LTE i WiMAX.
- **Razmena poruka** – SMS i MMS
- **Web browser** – WebKit browser, zasnovan na Chrome-u
- **Java support** – Android aplikacije se pišu u Java programskom jeziku, Dalvik virtuelna mašina
- **Podrška za multimedijalne podatke** – WebM, H.263, H.264, MPEG-4 SP, AMR, AMR-WB, AAC, HE-AAC, MP3, MIDI, Ogg Vorbis, WAV, JPEG, PNG, GIF, BMP.
- **Streaming media support** – RTP/RTSP streaming (3GPP PSS, ISMA), HTML download (HTML5 <video> tag), Adobe Flash Streaming (RTMP), HTTP Dynamic Streaming
- **Dodatna harderska podrška** – kamera, touchscreen, GPS, brzinometar, žiroskop, magnetometar, senzori udaljenosti i pritiska, termometri
- **Okruženje za razvoj** – Android Development Plugin
- **Tržište** – Android Market je online katalog aplikacija koje se mogu preuzeti i instalirati na Android uređaje, bez potrebe za računarom.
- **Multi-touch** – mogućnost uređaja da prepozna tri različite pozicije „ulaznih dodira“
- **Bluetooth**
- **Video poziv**
- **Multitasking** – multitasking aplikacija
- **Funkcionalnosti zasnovane na glasu** – Pozivanje, pretraga, navigacija pomoću glasa
- **Tethering** – Android telefon može da se iskoristi kao wireless hotspot

Na slici je prikazana arhitektura Android platforme (Slika 13).



Slika 13 – Arhitektura Android platforme

Dalvik Virtuelna Mašina (DVM) je registarski bazirana virtuelna mašina, dok je klasična Javina virtuelna mašina (JVM, eng. Java Virtual Machine) baziran na steku. Bazne biblioteke pisane su u programskom Jeziku Java i predstavljaju sve esencijalne klase kao što su klase za manipulaciju kolekcijama, klase za komunikaciju sa okolinom i slično. Bitna novost je i to što se Androidom jezgrene biblioteke razlikuju od biblioteka u Java Standard Edition (J2SE) i Java 2 Micro Edition (J2ME).

Umesto upotrebe standardnog Java 2 Micro Edition (J2ME) kao mehanizma za pokretanje javinih aplikacija na pokretnim uređajima, Google je razvio sopstvenu

virtuelnu mašina za Android. DVM je najverovatnije razvijen kako bi se zaobišla problematika s dozvolama korišćenjem Sun-ovog J2ME. Svaki pokretni uređaj koji u sebi sadrži J2ME mora kod Suna licencirati bilo kakvu promenu izvornog koda J2ME-a.

Virtuelna mašina Dalvik dobila je ime po istoimenom Islandskom gradu u kojem su živeli preci glavnog developera DVM-a Dan Bornstein.

Osnovna razlika između Sun Java virtuelnih mašina i DVM-a je u tome što su prvo spomenuti virtualni uredjaju bazirani na steku, dok je DVM registarski baziran virtuelni mašina. Međukod (eng. bytecode) Dalvik virtuelne mašine transformiše se pomoću alata dk (koji je sastavni deo Android SDK-a) iz Javinih klasnih datoteka (eng. Java class file) prevedenih Javinim revodiocem u novu klasu *.dex (eng. Dalvik Ekecutable) formata. Međukod koji izvršava DVM nije Javin međukod, nego upravo spomenuti .dex oblik. Transformacija formata omogućava bolju prilagođenost za rad na manjim procesorima boljim iskorišćavanjem raspoložive memorije i procesorske snage. Rezultat svega je mogućnost višestrukog instanciranja same virtuelne mašine što znači da se svaka Android aplikacija pokreće kao zasebni proces, s vlastitom instancom virtuelne mašine Dalvik.

3.3 Primena mobilnih tehnologija u e-obrazovanju

Visoko posećena predavanja su zahtevna sa pedagoške strane: nastavnicima predstavlja izazov da se prilagode brojnom i raznovrsnom auditorijumu koji načešće ne učestvuje u diskusiji i uglavnom su osuđeni na pasivno slušanje [31]. Ovaj problem se prevazilazi implementacijom elektronskih sistema za komentare publike koji omogućavaju da studenti pruže fidbek i učestvuju u realnom vremenu. Pomoću njih studenti mogu da preduzmu inicijativu za vreme predavanja i pošalju tekstualna pitanja ili komentare tiho i anonimno nastavniku, koji može da na njih selektivno odgovori. Pomoću nekih alata studenti čak mogu da postave unapred određene komentare (npr. „detaljnije objasniti“, „shvaćeno“) direktno na prikazanim slajdovima predavanja. Sa druge strane, nastavnici mogu da iniciraju dijalog sa studentima posredstvom računara i da im postave pitanja o sadržaju ili pitanja za evaluaciju časa (npr. pitanja višestrukog izbora o temi predavanja ili za ocenu brzine predavanja) na

koja studenti mogu odmah da odgovore. Alat analizira odgovore u realnom vremenu i prikazuje sumarne dijagrame vidljive i studentima i nastavniku.

Mobilne tehnologije omogućavaju obrazovanje u ruralnim područjima Južne Afrike [32]. Reč je o sistemu za podršku učenju putem SMS tehnologije. Sistem je razvijen na univerzitetu u Pretoriji. Obuhvata module za akademsku administraciju kojim je omogućeno slanje obaveštenja o promenama rasporeda, datumima za prijavljivanje, rezultatima testova, ispitnim zahtevima, administrativnim promenama; IVR sistem za odgovore na često postavljana pitanja koji studenti pozivaju i dobijaju odgovore od programiranog sistema; SMS testove sa pitanjima sa višestrukim izborom na koja se odgovara putem SMSa i sistem za odgovore na unapred zadata pitanja koja studenti mogu postaviti putem SMSa sa koga dobijaju odgovore pomoću sistema koji vrši uparivanje.

Mobilni uređaji mogu se koristiti za isporuku edukativnog sadržaja [33]. Razvijeni su sistemi za učenje italijanskog [34] i grčkog jezika [35] korišćenjem mobilnih tehnologija. Projekat za učenje grčkog jezika [35] omogućio je posetiocima Olimpijskih igara u Atini 2004. godine da dobijaju korisne fraze na grčkom jeziku putem SMS poruka.

Mobilne tehnologije se takođe mogu koristiti i u oblasti učenja kroz zabavu. Goh i Hooper su razvili aplikaciju koja predstavlja inovativni model SMS ukrštenice [36]. Profesor ukrštenicu prikazuje na predavanjima, na projektoru, a studenti šalju odgovore putem SMS poruka. Sadržaj ukrštenice se generiše iz baze podataka i može da bude različit za različita predavanja. Istraživačka pitanja za ovaj projekat bila su motivacija i nivo lične adaptacije.

4 Projektovanje softverskog rešenja za cloud computing infrastrukturu za elektronsko obrazovanje

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 Web tehnologija. Moodle je softverski paket koji je dizajniran da pomogne predavačima da kreiraju kvalitetne on-line kurseve i da usmeravaju rezultate svojih studenata [37].

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

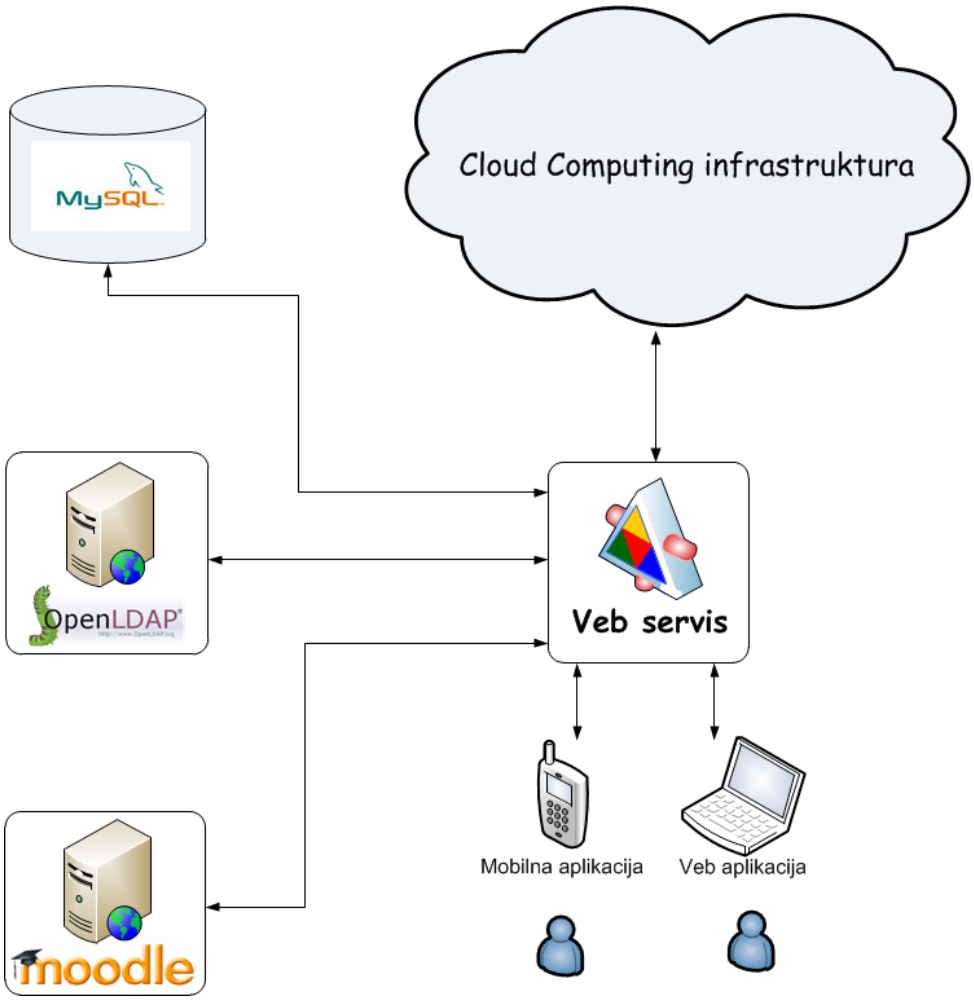
4.1 Projektovanje logičke arhitekture sistema

Potrebno je kreirati 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 sa instaliranim operativnim sistemom i potrebnim softverom koji se koristi na nekom od predmeta.

Aplikacija bi koristila 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 slici je prikazana arhitektura sistema (Slika 14). 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.



Slika 14 – Arhitektura sistema

Krajnji korisnik sistemu može da pristupi korišćenjem dva kanala, veb aplikacije i mobilne aplikacije. U budućnosti je moguće povećati broj kanala za pristup sistemu.

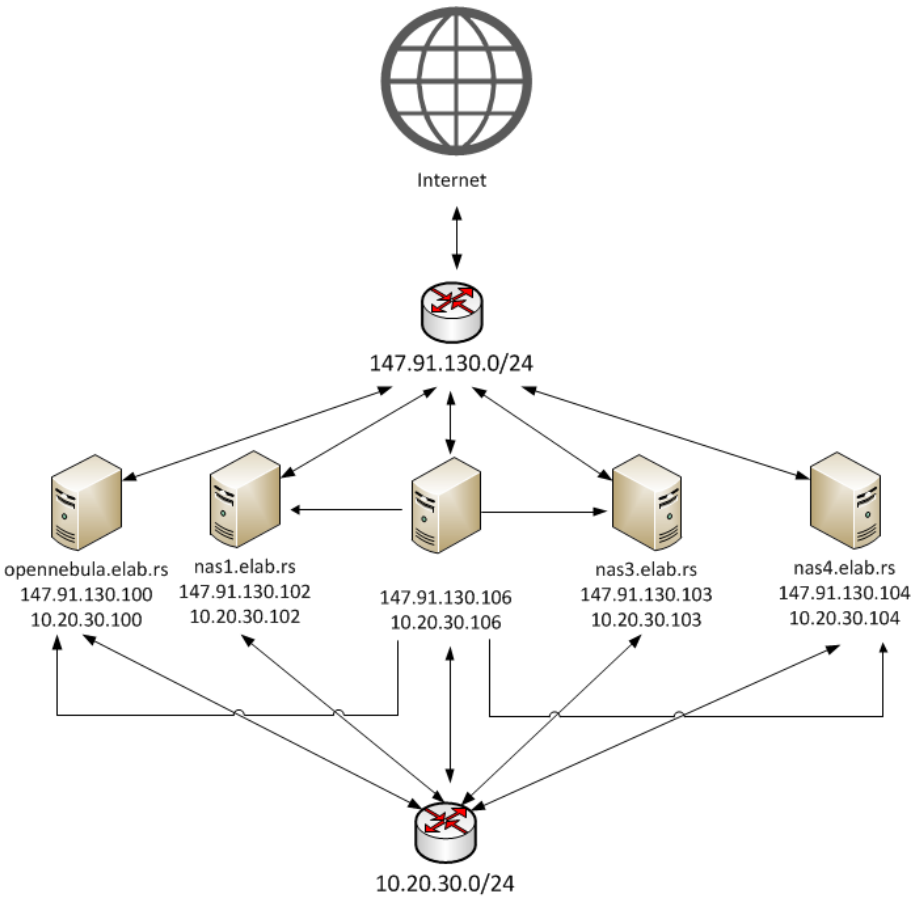
Administracija sistema vršila bi se pomoću veb aplikacije. Potrebno je da korisniku bude dodeljena administratorska privilegija. Administrator će moći da definiše koje image-e operativnih sistema koji se skladište na Cloud Computing infrastrukturi mogu da rezervišu i pokrenu krajnji korisnici sistema korišćenjem aplikacije. Pošto će sistem biti integrisan sa Moodle LMS-om, image-i mogu da budu grupisani prema dostupnim Moodle kursevima.

4.2 Projektovanje infrastrukture

Da bi se obezbedila veća skalabilnost sistema i mogućnost uvođenja novih servisa za studente, Laboratorija za elektronsko poslovanje je uvela Cloud Computing infrastrukturu. Softver za upravljanje ovom infrastrukturom je paket OpenNebula.

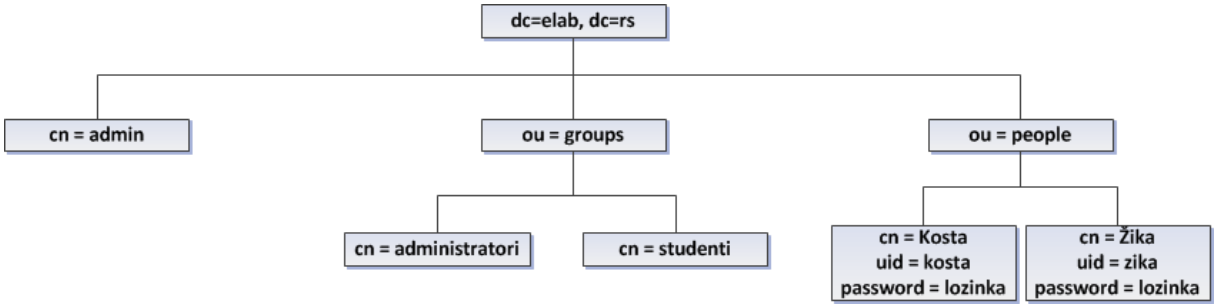
Na slici je prikazana arhitektura Cloud Computing infrastrukture koju koristi Laboratorija za Elektronsko poslovanje (Slika 15).

Ova infrastruktura 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 15 – Cloud Computing infrastruktura

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 slici je prikazana struktura konkretnog direktorijuma, gde se čuvaju korisnički nalozi (Slika 16).



Slika 16 – Organizaciona struktura direktorijuma korisnika

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 organizacionu jedinicu 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.

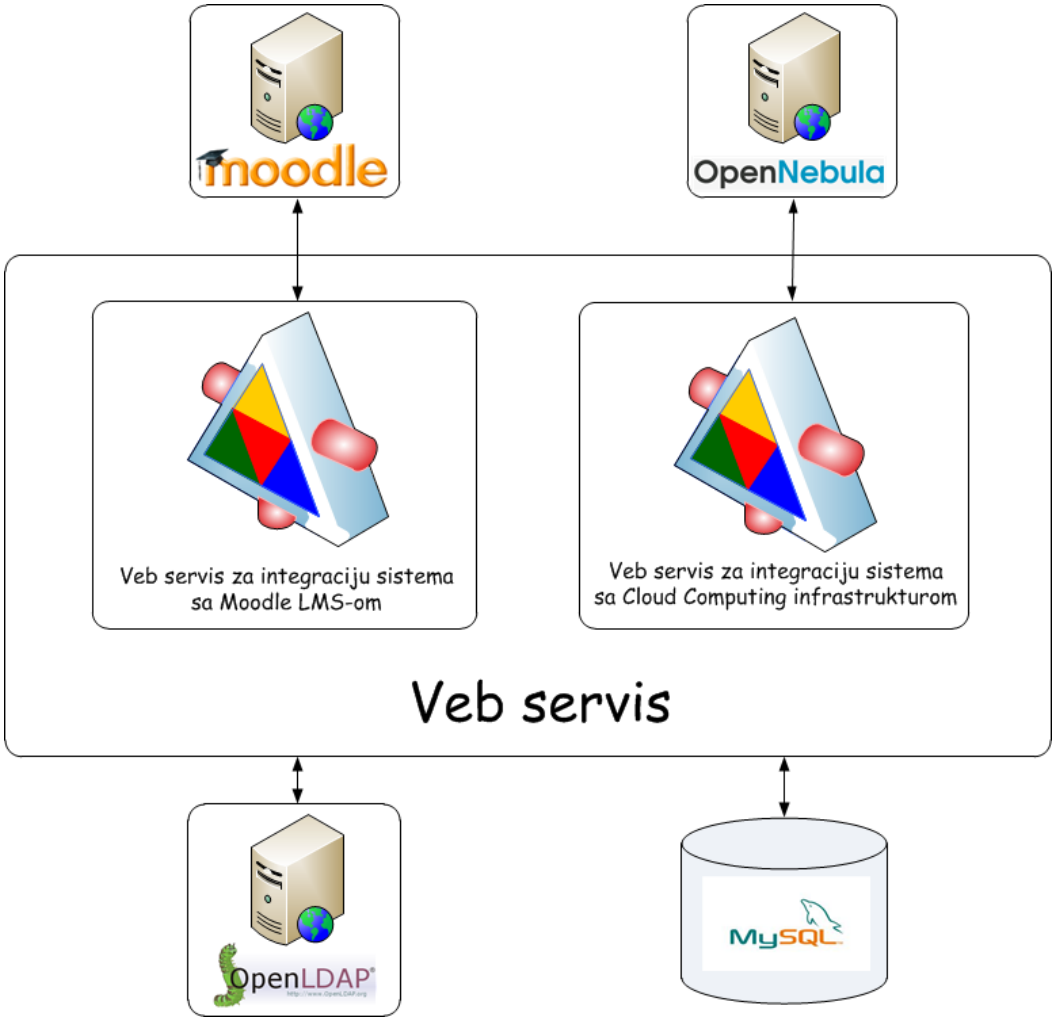
Dosta bitnu komponentu infrastrukture sistema čini i instaliran Moodle LMS. On predstavlja u stvari jezgro infrastrukture za elektronsko obrazovanje u okviru Laboratorije za elektronsko poslovanje. Sve aktivnosti studenata se skladište u okviru Moodle LMS-a.

4.3 Projektovanje veb servisa za integraciju komponenata sistema

Poslovna logika sistema nalazi se u veb servisu. On integriše direktorijum korisnika, Moodle LMS i bazu podataka.

Veb servis bi bio sastavljen od dve osnovne komponente (Slika 17). U pitanju su dva manja vebservisa. Jedan vebservis bi imao funkciju integracije sistema sa OpenNebula eksternim vebservisom, što bi integrisalo sistem sa Cloud Computing infrastrukturom, a drugi vebservis bi imao ulogu integracije sistema sa Moodle LMS

eksternim vebservisom. Oba veb servisa bi bila integrisana sa LDAP direktorijumom korisnika i MySQL bazom podataka.



Slika 17 – Arhitektura veb servisa

Glavni veb servis služi za integraciju sa OpenNebula-om. OpenNebula ima svoj API koji omogućava kompletno upravljanje Cloud Computing infrastrukturom. Ovaj vebservis koristi XML-RPC pristup, pomoću koga je moguće pozivanje njegovih metoda. OpenNebula na ovaj način omogućava prikaz svih image-a koji su postavljeni, pokretanje virtuelnih mašina, prikaz korisnika OpenNebula-e i čitav niz drugih funkcionalnosti.

Pošto u trenutku pisanja teksta nije bilo moguće direktno integrisati OpenNebula-u sa LDAP direktorijumom korisnika, svi OpenNebula vebservisi biće pozivani korišćenjem

privilegija jednog OpenNebula korisnika (administratora), a sama aplikacija će omogućiti različite privilegije korisnika.

Drugi, manje kompleksan vebservis služi za integraciju sistema sa Moodle LMS-om, što omogućava prikaz na kojim kursevima je prijavljen korisnik. Moodle LMS omogućava aktivaciju eksternih vebservisa koji vraćaju podatke o korisnicima, svim kursevima, kursevima na kojima je prijavljen određeni korisnik i sl. Podržane su sve savremene arhitekture i protokoli za izradu vebservisa (XML-RPC, SOAP i REST). Dakle, veb servis za integraciju sa Moodle platformom pozivao bi odgovarajuće metode Moodle eksternog vebservisa. Omogućilo bi se da 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 odvijaće 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. Dakle, iste podatke za prijavu korisnik može koristiti za prijavu na Moodle LMS, Cloud Computing aplikaciju, pristup webmail servisu i za prijavu na sve buduće servise za studente koje Laboratorija za elektronsko poslovanje bude razvijala.

Za rad vebservisa 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 slici je prikazan model baze podataka koju će koristiti vebservis (Slika 18). Baza ima tri tabele, čiji je relacini model sledeći:

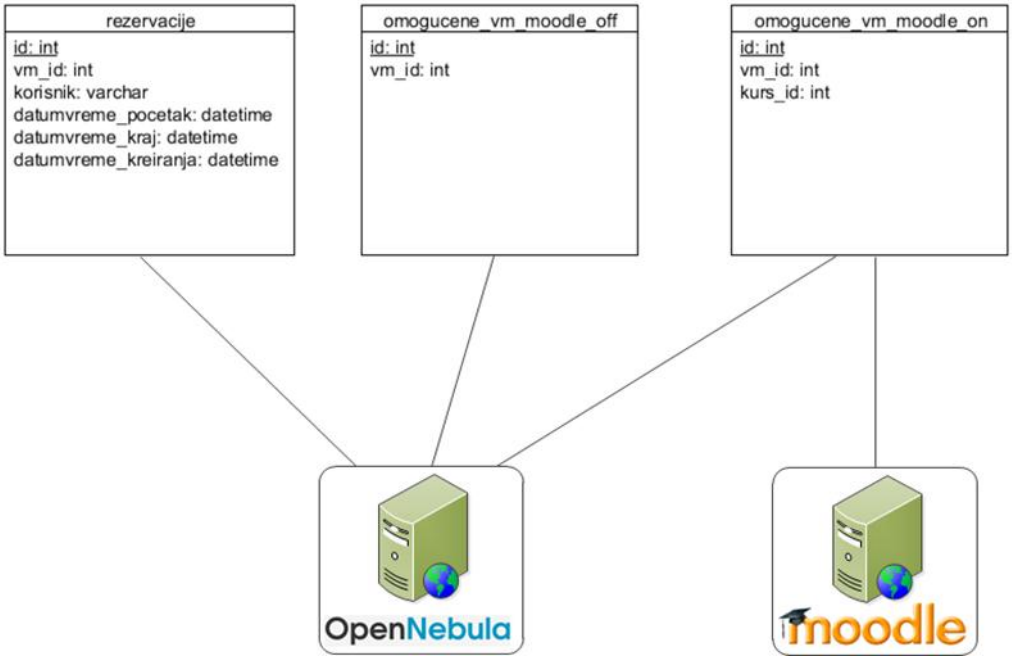
`rezervacije (id, vm_id, korisnik, datumvreme_pocetak, datumvreme_kraj, datumvreme_kreiranja)`

`omogucene_vm_moodle_off (id, vm_id)`

`omogucene_vm_moodle_on (id, vm_id, kurs_id)`

Jedna tabela će čuvati podatke o rezervacijama virtuelnih mašina od strane korisnika sistema. Preostale dve tabele će skladištiti podatke o virtuelnim mašinama koje je

administrator omogućio za slučaj da je integracija sa Moodle-om isključena, odnosno uključena. Tabele će kroz aplikacionu logiku biti povezane sa OpenNebula vebservisom i Moodle vebservisom, na sličan način kao što spoljni ključevi u relacionim bazama funkcionišu. Dakle, vebservis će uvek uzimati podatak o nazivu i ostalim karakteristikama virtuelne mašine i Moodle kursa sa određenim id-om.



Slika 18 – Dijagram klasa za bazu podataka

Veb servis za integraciju sistema sa Cloud Computing infrastrukturom imao bi sledeće metode:

- da_li_je_prijava_uspesna (username, password)
  - Proverava da li je prijava korisnika (username) sa lozinkom (password) uspešna.
- vrati_vm ()
  - Vraća sve virtuelne mašine koje se mogu pokrenuti na Cloud Computing virtuelnoj mašini.
- vrati_rezervacije_korisnika(username)
  - Vraća rezervacije određenog korisnika.
- nova_rezervacija_korisnika(vm_id, datumvreme, trajanje)

    - Kreira novu rezervaciju virtuelne mašine (vm_id) koja će se pokrenuti određenog datuma u određeno vreme (datumvreme) i trajaće određen broj sati (trajanje).
- vrati_omogucene_vm_moodle_off()
    - Vraća sve dostupne virtuelne mašine koje se mogu pokrenuti na Cloud Computing infrastrukturi i koje je administrator omogućio, u slučaju da je isključena integracija sa Moodle-om.
- vrati_omogucene_vm_moodle_on()
    - Vraća sve dostupne virtuelne mašine koje se mogu pokrenuti na Cloud Computing infrastrukturi i koje je administrator omogućio, u slučaju da je uključena integracija sa Moodle-om.
- vrati_pokrenute_instance()
    - Vraća sve instance pokrenute u Cloud Computing infrastrukturi.
- vrati_podatke_korisnika(username)
    - Vraća podatke određenog korisnika (username).

Veb servis za integraciju sistema i Moodle-a imao bi sledeće metode:

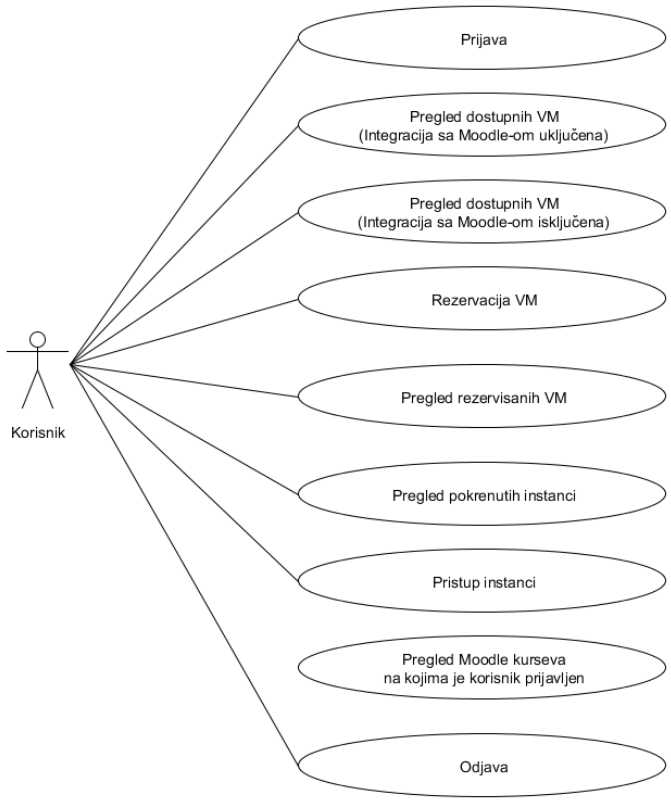
- vrati_sve_kurseve()
    - Vraća sve kurseve dostupne na Moodle-u.
- vrati_kurseve_korisnika(username)
    - Vraća Moodle kurseve na kojima je prijavljen korisnik (username).

U fazi implementacije veb servisa, bile bi korišćene tehnologije PHP, CodeIgniter i MySQL, kao i REST arhitekturni stil.

4.4 Projektovanje veb aplikacije

Postojale bi dve uloge korisnika u veb aplikaciji: korisnik i administrator. Analizom korisničkih zahteva, dobijeni su sledeći slučajevi korišćenja za korisnika veb aplikacije (Slika 19):

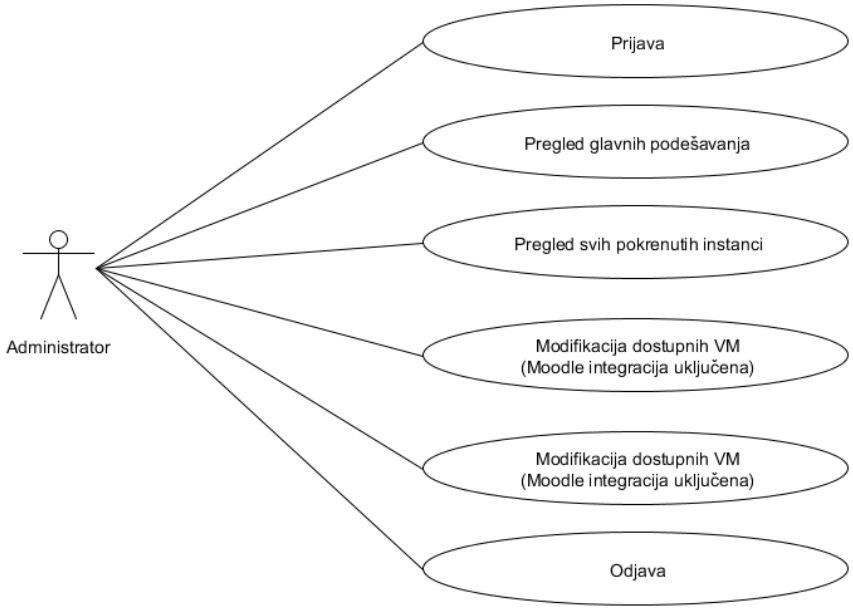
- Prijava
- Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om uključena)
- Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om isključena)
- Rezervacija virtuelne mašine
- Pregled rezervisanih virtuelnih mašina
- Pregled pokrenutih instanci
- Pristup instanci
- Pregled Moodle kurseva na kojima je korisnik prijavljen
- Odjava



Slika 19 – Dijagram slučajeva korišćenje za veb aplikaciju – Korisnik

Analizom korisničkih zahteva, dobijeni su sledeći slučajevi korišćenja za administratora veb aplikacije (Slika 20):

- Prijava
- Pregled glavnih podešavanja
- Pregled svih pokrenutih instanci
- Modifikacija dostupnih VM (Integracija sa Moodle-om uključena)
- Modifikacija dostupnih VM (Integracija sa Moodle-om isključena)
- Odjava



Slika 20 – Dijagram slučajeva korišćenja za veb aplikaciju – Administrator

4.4.1 Slučajevi korišćenja za korisnika veb aplikacije

SK1 – Prijava

Naziv: Prijava

Svrha: Služi za prijavu registrovanog korisnika na sistem

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Moodle, LDAP i OpenNebula serveri su uključeni i funkcionišu

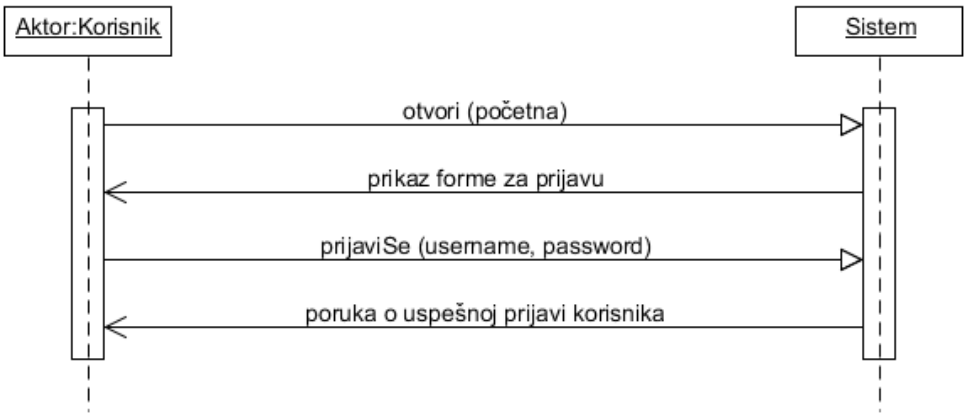
Osnovni scenario:

1. Korisnik otvara početnu stranu aplikacije i bira opciju za prijavu

2. Sistem prikazuje formu za unos korisničkog imena i lozinke

3. Korisnik unosi korisničko ime i lozinku i potvrđuje unos

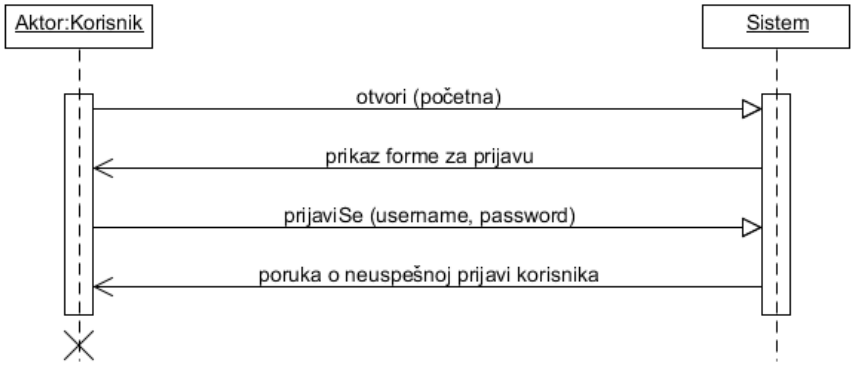
4. Sistem proverava date podatke u LDAP direktorijumu, prijavljuje korisnika i vraća potvrdu o prijavi



Slika 21 – Korisnik – SK1 – Osnovni scenario

Alternativni scenario:

4.1. Ukoliko u LDAP direktorijumu ne postoji registrovani korisnik sa datim korisničkim imenom i lozinkom sistem obaveštava korisnika o tome



Slika 22 – Korisnik – SK1 – Alternativni scenario 4.1

SK2 – Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om uključena)

Naziv: Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om uključena)

Svrha: Služi za prikaz dostupnih virtuelnih mašina kada je integracija sa Moodle-om uključena

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Korisnik je prijavljen, Integracija sa Moodle LMS-om je uključena

Osnovni scenario:

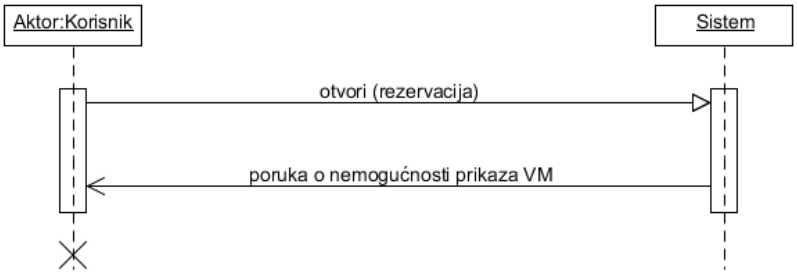
1. Korisnik bira opciju za rezervaciju virtuelne mašine

2. Sistem prikazuje listu svih dostupnih virtuelnih mašina koje korisnik može da rezerviše

Slika 23 – Korisnik – SK2 – Osnovni scenario

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže dostupne virtuelne mašine, obaveštava korisnika o tome



Slika 24 – Korisnik – SK2 – Alternativni scenario 2.1

SK3 – Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om isključena)

Naziv: Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om isključena)

Svrha: Služi za prikaz dostupnih virtuelnih mašina kada je integracija sa Moodle-om isključena

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Korisnik je prijavljen, Integracija sa Moodle LMS-om je isključena

Osnovni scenario:

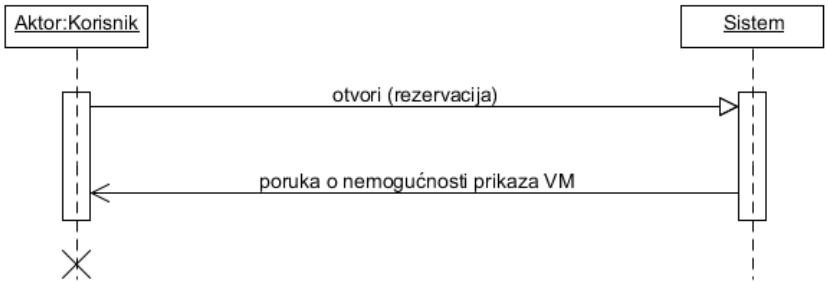
1. Korisnik bira opciju za rezervaciju virtuelne mašine

2. Sistem prikazuje listu svih dostupnih virtuelnih mašina koje korisnik može da rezerviše

Slika 25 – Korisnik – SK3 – Osnovni scenario

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže dostupne virtuelne mašine, obaveštava korisnika o tome



Slika 26 – Korisnik – SK3 – Alternativni scenario 2.1

SK4 – Rezervacija virtuelne mašine

Naziv: Rezervacija virtuelne mašine

Svrha: Služi za rezervaciju virtuelne mašine od strane korisnika

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za rezervaciju virtuelne mašine

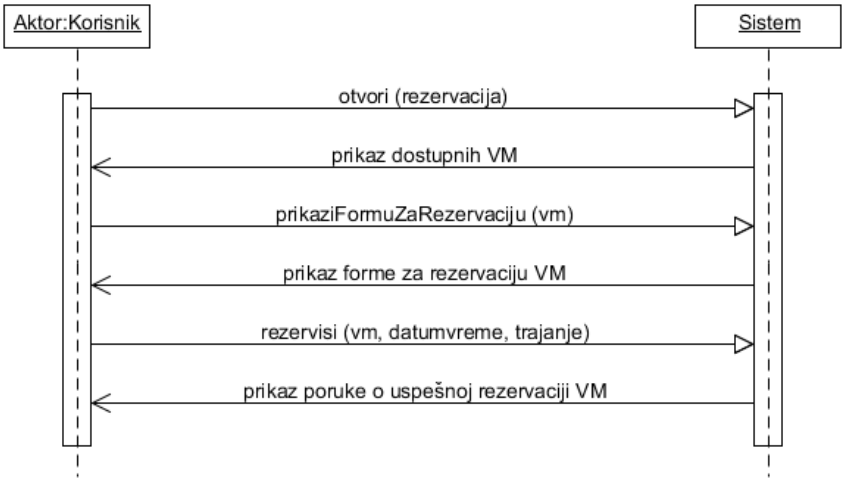
2. Sistem prikazuje listu svih dostupnih virtuelnih mašina koje korisnik može da rezerviše

3. Korisnik bira virtuelnu mašinu koju želi da rezerviše

4. Sistem prikazuje formu za unos podataka o rezervaciji

5. Korisnik unosi podatke o rezervaciji i potvrđuje unos

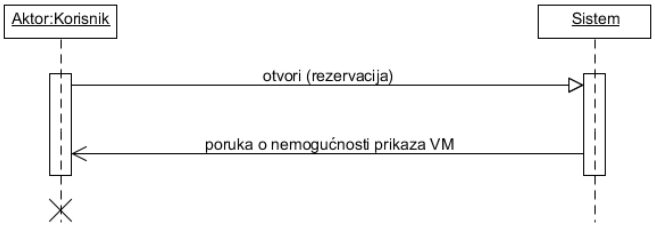
6. Sistem obaveštava korisnika o uspešnoj rezervaciji



Slika 27 – Korisnik – SK4 – Osnovni scenario

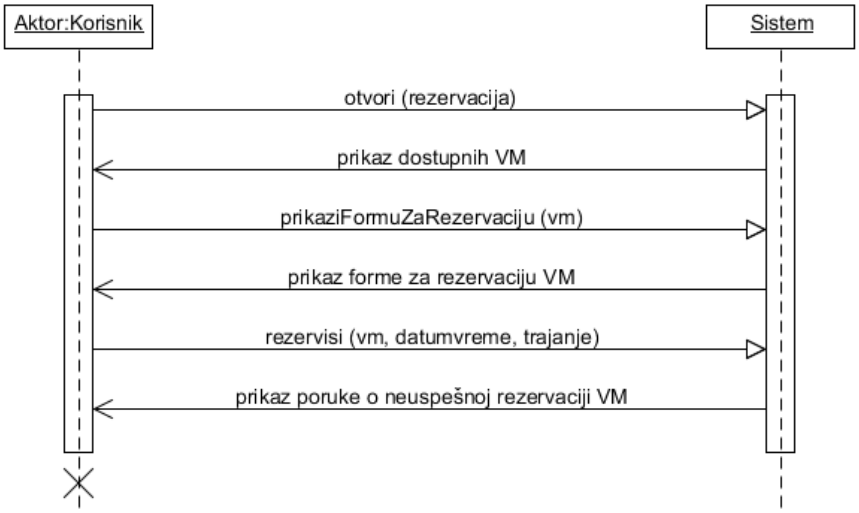
Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže dostupne virtuelne mašine, obaveštava korisnika o tome



Slika 28 – Korisnik – SK4 – Alternativni scenario 2.1

6.1. Ukoliko rezervacija nije uspešno izvršena, sistem obaveštava korisnika o tome



Slika 29 – Korisnik – SK4 – Alternativni scenario 6.1

SK5 – Pregled rezervisanih virtuelnih mašina

Naziv: Pregled rezervisanih virtuelnih mašina

Svrha: Služi za pregled rezervisanih virtuelnih mašina

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

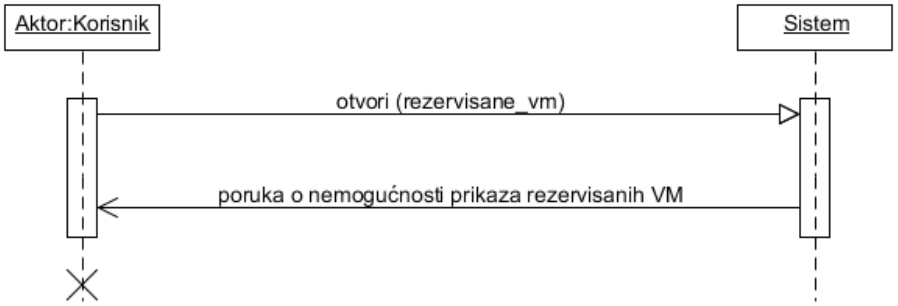
1. Korisnik bira opciju za prikaz rezervisanih virtuelnih mašina

2. Sistem prikazuje listu svih rezervacija virtuelnih mašina od strane korisnika

Slika 30 – Korisnik – SK5 – Osnovni scenario

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže rezervacije virtuelnih mašina, obaveštava korisnika o tome



Slika 31 – Korisnik – SK5 – Alternativni scenario 2.1

SK6 – Pregled pokrenutih instanci

Naziv: Pregled pokrenutih instanci

Svrha: Služi za pregled pokrenutih instanci virtuelnih mašina

Akteri: Korisnik

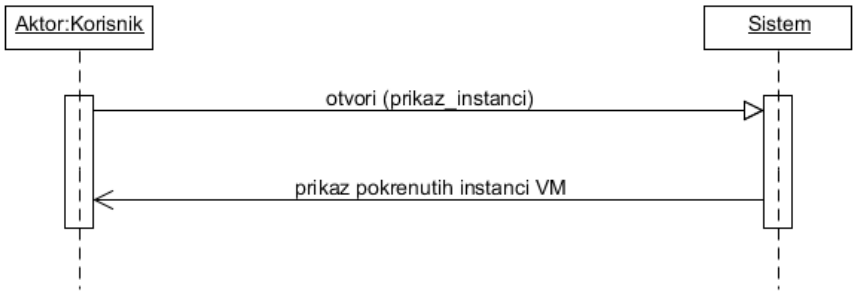
Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za prikaz pokrenutih instanci

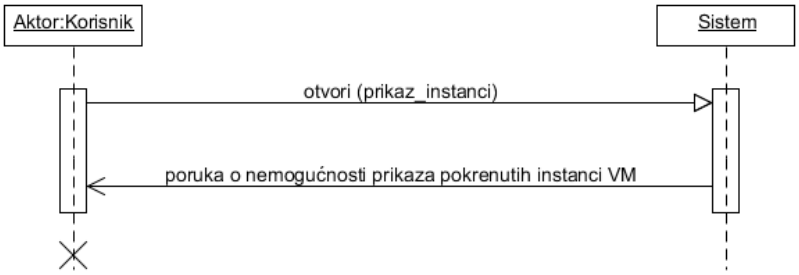
2. Sistem prikazuje pokrenute instance virtuelnih mašina



Slika 32 – Korisnik – SK6 – Osnovni scenario

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže pokrenute instance, obaveštava korisnika o tome



Slika 33 – Korisnik – SK6 – Alternativni scenario 2.1

SK7 – Pristup instanci

Naziv: Pristup instanci

Svrha: Služi za udaljeni pristup virtuelnoj mašini

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Korisnik je prijavljen

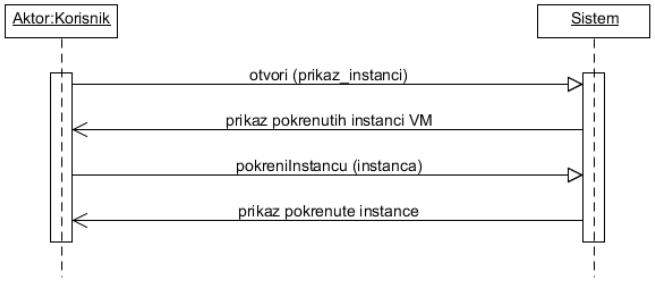
Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za prikaz pokrenutih instanci

2. Sistem prikazuje pokrenute instance virtuelnih mašina

3. Korisnik bira opciju za pokretanje udaljenog pristupa željenoj instanci

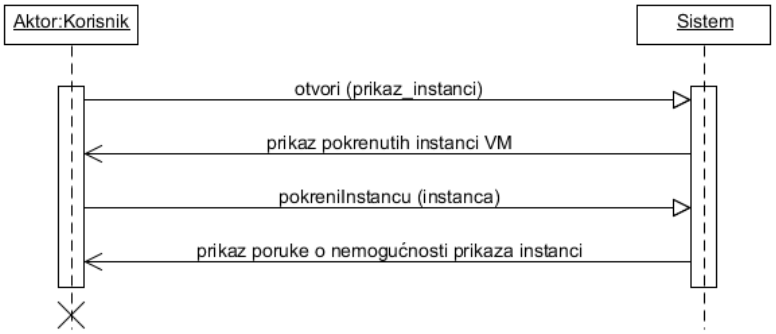
4. Sistem prikazuje željenu instancu



Slika 34 – Korisnik – SK7 – Osnovni scenario

Alternativni scenario:

4.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže željenu instancu, obaveštava korisnika o tome



Slika 35 – Korisnik – SK7 – Alternativni scenario 4.1

SK8 – Pregled Moodle kurseva na kojima je korisnik prijavljen

Naziv: Pregled Moodle kurseva na kojima je korisnik prijavljen

Svrha: Služi za pregled Moodle kurseva u kojima je korisnik učesnik

Akteri: Korisnik

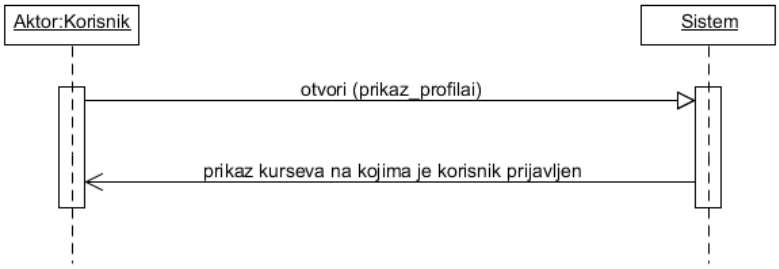
Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Korisnik je prijavljen, integracija sa Moodle-om je omogućena

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za prikaz korisničkog profila

2. Sistem prikazuje kurseve na kojima je korisnik prijavljen



Slika 36 – Korisnik – SK8 – Osnovni scenario

SK9 – Odjava

Naziv: Odjava

Svrha: Služi za odjavu registrovanog korisnika sa sistema

Akteri: Korisnik

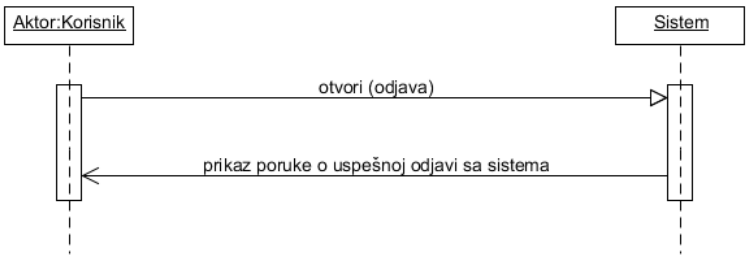
Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za odjavu sa sistema

2. Sistem odjavljuje korisnika sa sistema i obaveštava ga o tome



Slika 37 – Korisnik – SK9 – Osnovni scenario

4.4.2 Slučajevi korišćenja za administratora veb aplikacije

SK1 – Prijava

Naziv: Prijava

Svrha: Služi za prijavu registrovanog administratora na sistem

Akteri: Administrator

Učesnici: Administrator i sistem

Preduslov: Moodle, LDAP i OpenNebula serveri su uključeni i funkcionišu

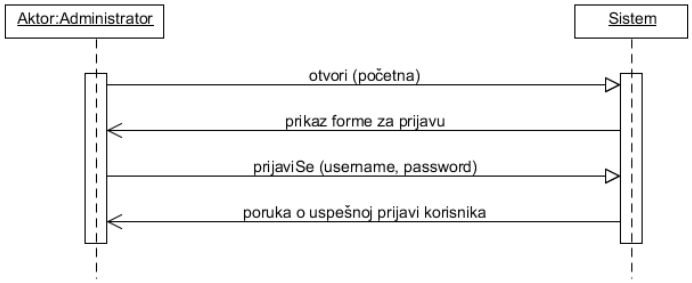
Osnovni scenario:

1. Administrator otvara početnu stranu aplikacije

2. Sistem prikazuje formu za unos korisničkog imena i lozinke

3. Administrator unosi korisničko ime i lozinku i potvrđuje unos

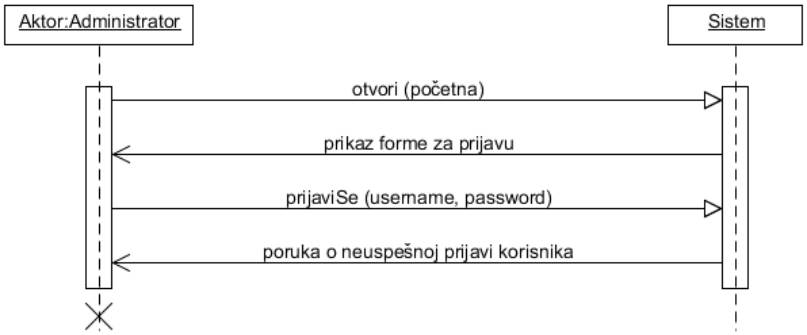
4. Sistem proverava date podatke u LDAP direktorijumu, prijavljuje korisnika i vraća potvrdu o prijavi



Slika 38 – Administrator – SK1 – Osnovni scenario

Alternativni scenario:

4.1. Ukoliko u LDAP direktorijumu ne postoji registrovani korisnik sa datim korisničkim imenom i lozinkom sistem obaveštava korisnika o tome



Slika 39 – Administrator – SK1 – Alternativni scenario 4.1

SK2 – Pregled glavnih podešavanja

Naziv: Pregled glavnih podešavanja

Svrha: Služi za pregled glavnih sistemskih podešavanja

Akteri: Administrator

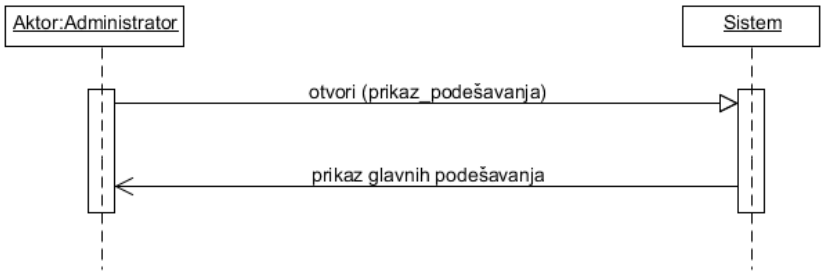
Učesnici: Administrator i sistem

Preduslov: Administrator je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Administrator bira opciju za pregled glavnih podešavanja

2. Sistem prikazuje vrednosti glavnih podešavanja



Slika 40 – Administrator – SK2 – Osnovni scenario

SK3 – Pregled svih pokrenutih instanci

Naziv: Pregled svih pokrenutih instanci

Svrha: Služi za prikaz svih pokrenutih instanci na sistemu

Akteri: Administrator

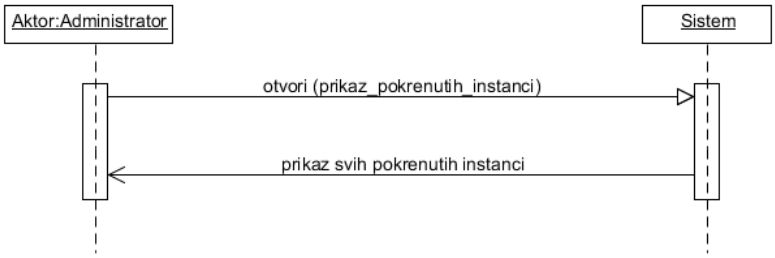
Učesnici: Administrator i sistem

Preduslov: Administrator je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Administrator bira opciju za prikaz pokrenutih instanci

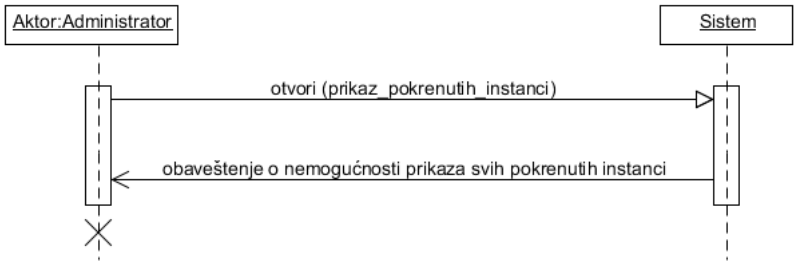
2. Sistem prikazuje pokrenute instance virtuelnih mašina



Slika 41 – Administrator – SK3 – Osnovni scenario

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže pokrenute instance, obaveštava administratora o tome



Slika 42 – Administrator – SK3 – Alternativni scenario 2.1

SK4 – Modifikacija dostupnih VM (Integracija sa Moodle-om uključena)

Naziv: Modifikacija dostupnih VM (Integracija sa Moodle-om uključena)

Svrha: Služi za izbor koje virtuelne mašine mogu da budu omogućene korisnicima u slučaju uključene integracije sa Moodle LMS-om

Akteri: Administrator

Učesnici: Administrator i sistem

Preduslov: Administrator je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Administrator bira opciju za modifikaciju dostupnih VM (integracija sa Moodle-om uključena)

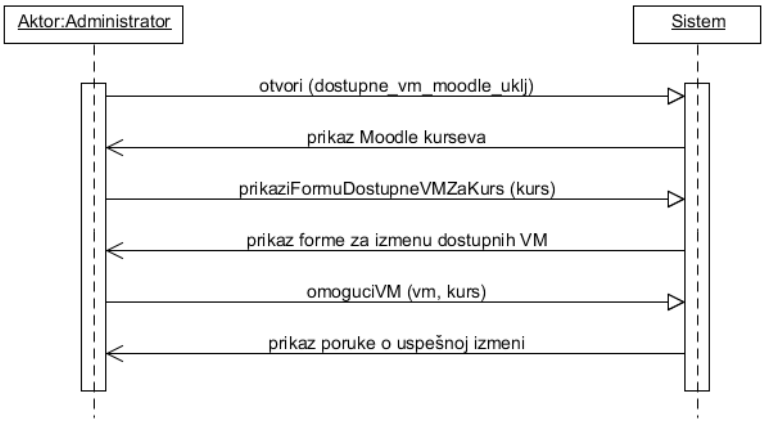
2. Sistem prikazuje listu Moodle kurseva

3. Administrator bira kurs za koji želi da promeni omogućene VM

4. Sistem prikazuje formu za izmenu VM

5. Administrator bira koje VM će biti omogućene za dati kurs i potvrđuje unos

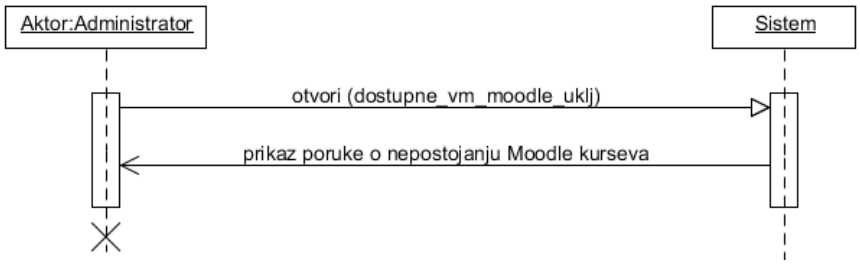
6. Sistem obaveštava administratora o uspešnoj izmeni



Slika 43 – Administrator – SK4 – Osnovni scenario

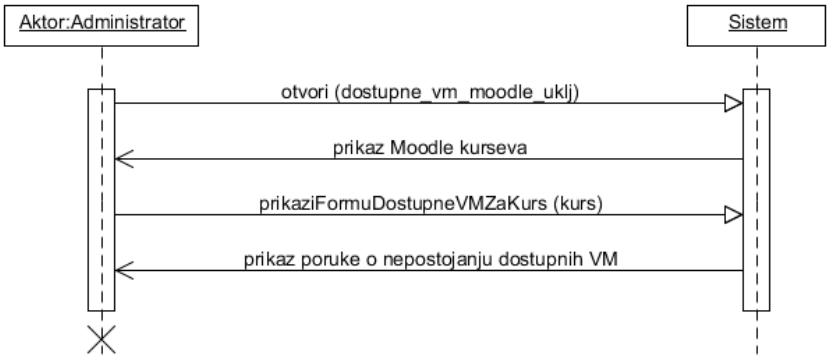
Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko nema Moodle kurseva, sistem obaveštava administratora o tome



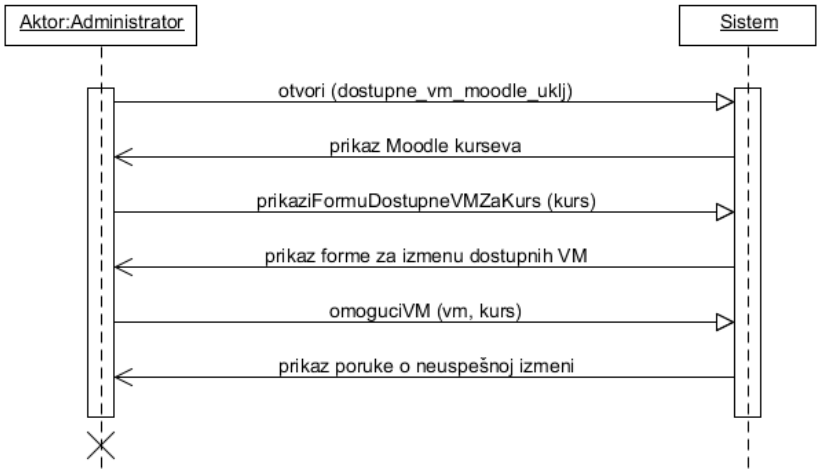
Slika 44 – Administrator – SK4 – Alternativni scenario 2.1

4.1. Ukoliko nema predefinisanih VM, sistem obaveštava administratora o tome



Slika 45 – Administrator – SK4 – Alternativni scenario 4.1

6.1. Ukoliko izmena nije uspešna, sistem obaveštava administratora o tome



Slika 46 – Administrator – SK4 – Alternativni scenario 6.1

SK5 – Modifikacija dostupnih VM (Integracija sa Moodle-om isključena)

Naziv: Modifikacija dostupnih VM (Integracija sa Moodle-om isključena)

Svrha: Služi za izbor koje virtuelne mašine mogu da budu omogućene korisnicima u slučaju isključene integracije sa Moodle LMS-om

Akteri: Administrator

Učesnici: Administrator i sistem

Preduslov: Administrator je prijavljen

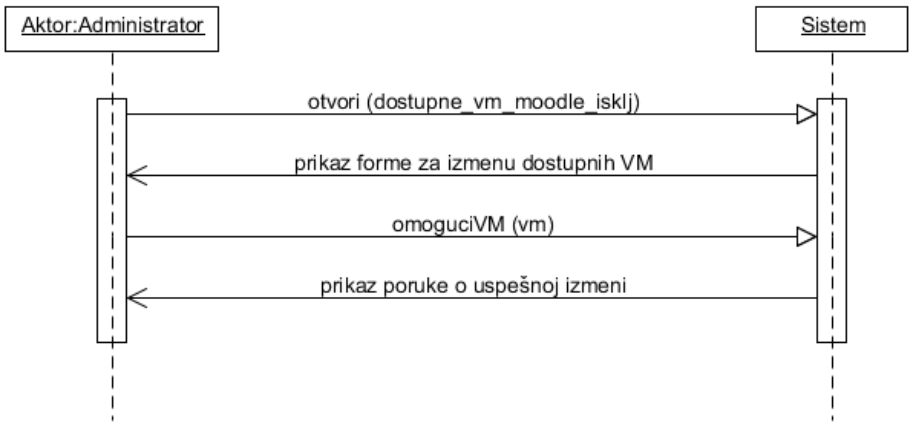
Osnovni scenario:

1. Administrator bira opciju za modifikaciju dostupnih VM (integracija sa Moodle-om isključena)

2. Sistem prikazuje listu virtuelnih mašina koje administrator može da omogući

3. Administrator bira koje VM će biti omogućene i potvrđuje unos

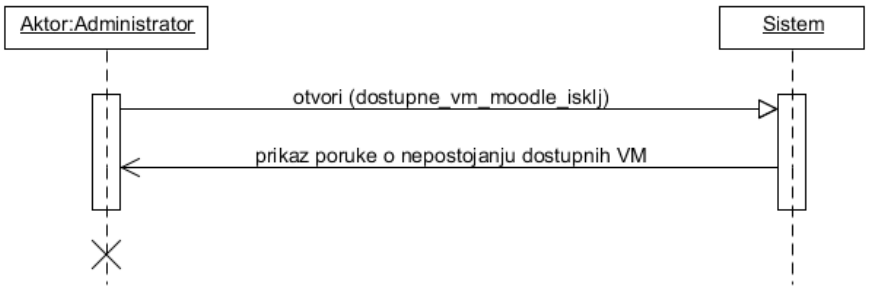
4. Sistem obaveštava administratora o uspešnoj izmeni



Slika 47 – Administrator – SK5 – Osnovni scenario

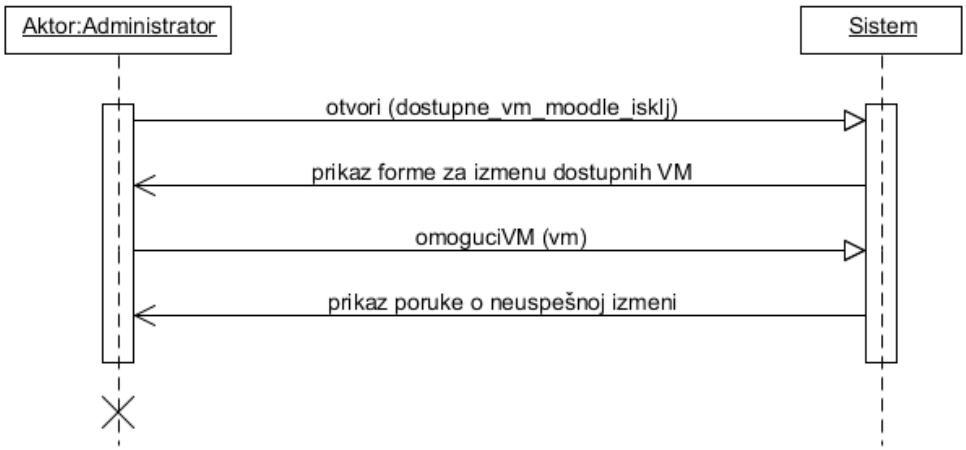
Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko nema predefinisanih VM, sistem obaveštava administratora o tome



Slika 48 – Administrator – SK5 – Alternativni scenario 2.1

4.1. Ukoliko izmena nije uspešna, sistem obaveštava administratora o tome



Slika 49 – Administrator – SK5 – Alternativni scenario 4.1

SK6 – Odjava

Naziv: Odjava

Svrha: Služi za odjavu registrovanog administratora sa sistema

Akteri: Administrator

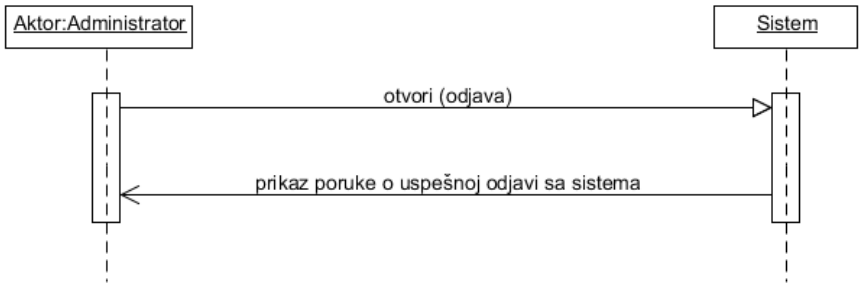
Učesnici: Administrator i sistem

Preduslov: Administrator je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Administrator bira opciju za odjavu sa sistema

2. Sistem odjavljuje Administratora sa sistema i obaveštava ga o tome

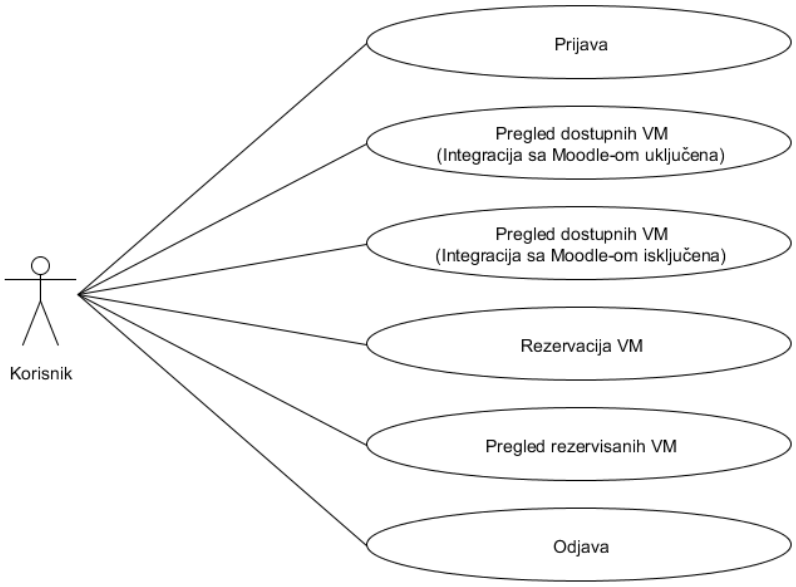


Slika 50 – Administrator – SK6 – Osnovni scenario

4.5 Projektovanje mobilne aplikacije

Analizom korisničkih zahteva, dobijeni su sledeći slučajevi korišćenja za korisnika mobilne aplikacije (Slika 51):

- Prijava
- Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om uključena)
- Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om isključena)
- Rezervacija VM
- Pregled rezervisanih VM
- Odjava



Slika 51 – Dijagram slučajeva korišćenja za mobilnu aplikaciju

4.5.1 Slučajevi korišćenja za korisnika mobilne aplikacije

SK1 – Prijava

Naziv: Prijava

Svrha: Služi za prijavu registrovanog korisnika na sistem

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Mobilni uređaj je povezan na Internet, Moodle, LDAP i OpenNebula serveri su uključeni i funkcionišu

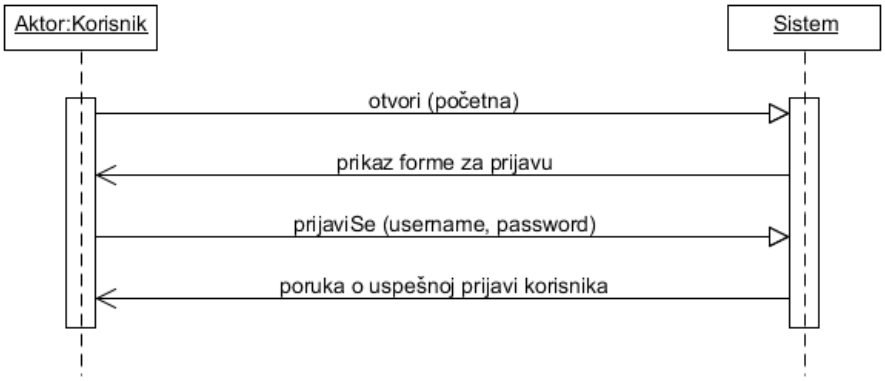
Osnovni scenario:

1. Korisnik otvara početnu stranu aplikacije

2. Sistem prikazuje formu za unos korisničkog imena i lozinke

3. Korisnik unosi korisničko ime i lozinku i potvrđuje unos

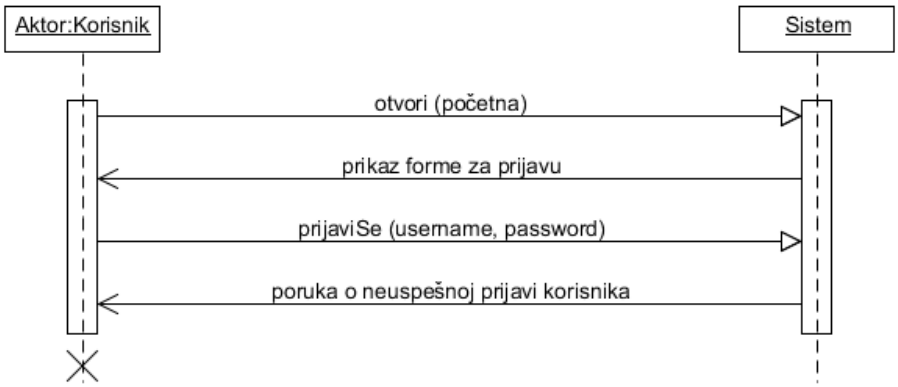
4. Sistem proverava date podatke u LDAP direktorijumu, prijavljuje korisnika i vraća potvrdu o prijavi



Slika 52 – Korisnik mobilne aplikacije – SK1 – Osnovni scenario

Alternativni scenario:

4.1. Ukoliko u LDAP direktorijumu ne postoji registrovani korisnik sa datim korisničkim imenom i lozinkom sistem obaveštava korisnika o tome



Slika 53 – Korisnik mobilne aplikacije – SK1 – Alternativni scenario 4.1

SK2 – Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om uključena)

Naziv: Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om uključena)

Svrha: Služi za prikaz dostupnih virtuelnih mašina kada je integracija sa Moodle-om uključena

Akteri: Korisnik

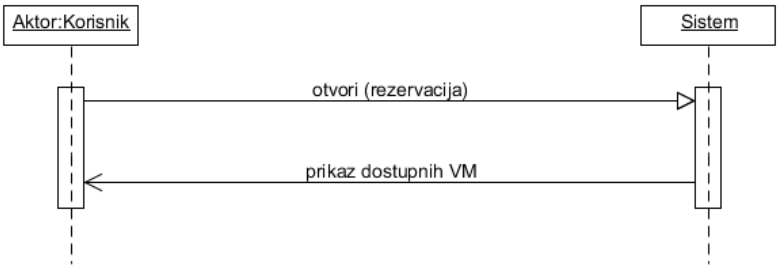
Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Mobilni uređaj je povezan na Internet, Korisnik je prijavljen, Integracija sa Moodle LMS-om je uključena

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za rezervaciju virtuelne mašine

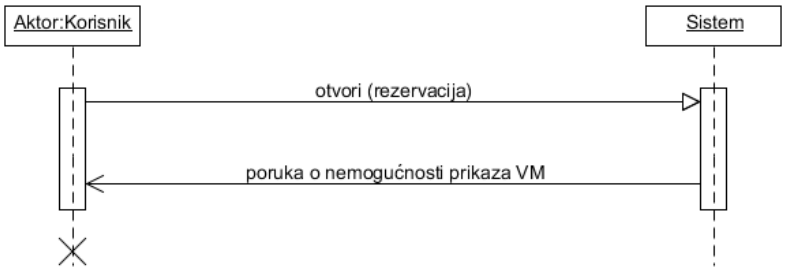
2. Sistem prikazuje listu svih dostupnih virtuelnih mašina koje korisnik može da rezerviše



Slika 54 – Korisnik mobilne aplikacije – SK2 – Osnovni scenario

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže dostupne virtuelne mašine, obaveštava korisnika o tome



Slika 55 – Korisnik mobilne aplikacije – SK2 – Alternativni scenario 2.1

SK3 – Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om isključena)

Naziv: Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om isključena)

Svrha: Služi za prikaz dostupnih virtuelnih mašina kada je integracija sa Moodle-om isključena

Akteri: Korisnik

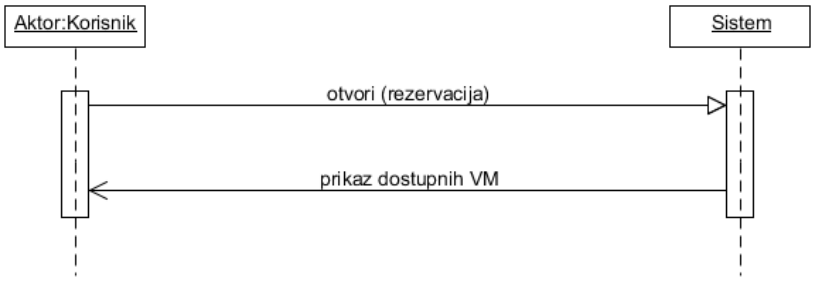
Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Mobilni uređaj je povezan na Internet, Korisnik je prijavljen, Integracija sa Moodle LMS-om je isključena

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za rezervaciju virtuelne mašine

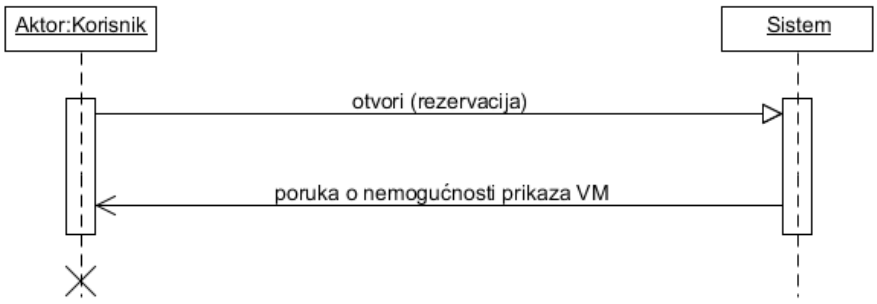
2. Sistem prikazuje listu svih dostupnih virtuelnih mašina koje korisnik može da rezerviše



Slika 56 – Korisnik mobilne aplikacije – SK3 – Osnovni scenario

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže dostupne virtuelne mašine, obaveštava korisnika o tome



Slika 57 – Korisnik mobilne aplikacije – SK3 – Alternativni scenario 2.1

SK4 – Rezervacija virtuelne mašine

Naziv: Rezervacija virtuelne mašine

Svrha: Služi za rezervaciju virtuelne mašine od strane korisnika

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Mobilni uređaj je povezan na Internet, Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za rezervaciju virtuelne mašine

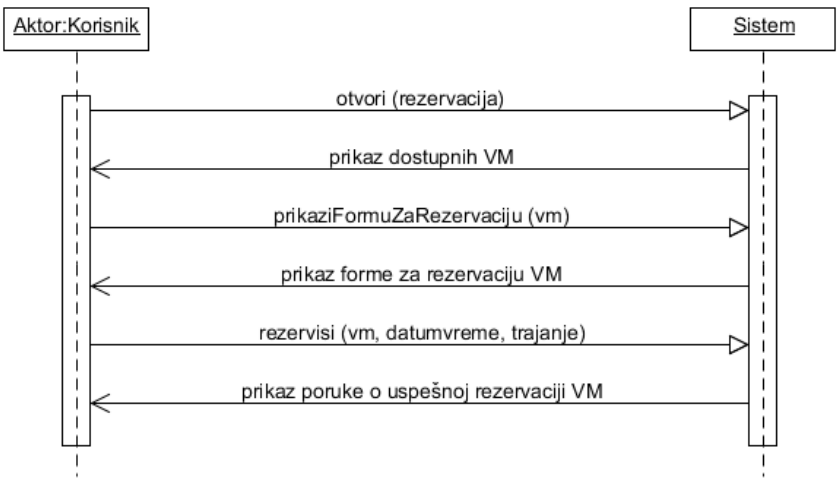
2. Sistem prikazuje listu svih dostupnih virtuelnih mašina koje korisnik može da rezerviše

3. Korisnik bira virtuelnu mašinu koju želi da rezerviše

4. Sistem prikazuje formu za unos podataka o rezervaciji

5. Korisnik unosi podatke o rezervaciji i potvrđuje unos

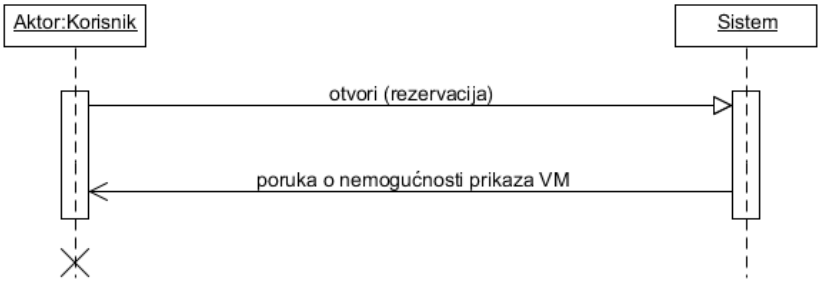
6. Sistem obaveštava korisnika o uspešnoj rezervaciji



Slika 58 – Korisnik mobilne aplikacije – SK4 – Osnovni scenario

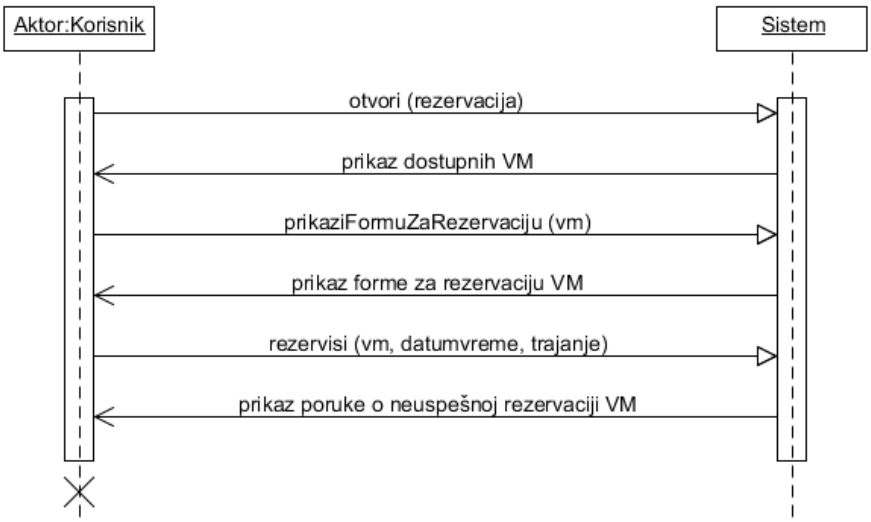
Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže dostupne virtuelne mašine, obaveštava korisnika o tome



Slika 59 – Korisnik – SK4 – Alternativni scenario 2.1

6.1. Ukoliko rezervacija nije uspešno izvršena, sistem obaveštava korisnika o tome



Slika 60 – Korisnik mobilne aplikacije – SK4 – Alternativni scenario 6.1

SK5 – Pregled rezervisanih virtuelnih mašina

Naziv: Pregled rezervisanih virtuelnih mašina

Svrha: Služi za pregled rezervisanih virtuelnih mašina

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Mobilni uređaj je povezan na Internet, Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

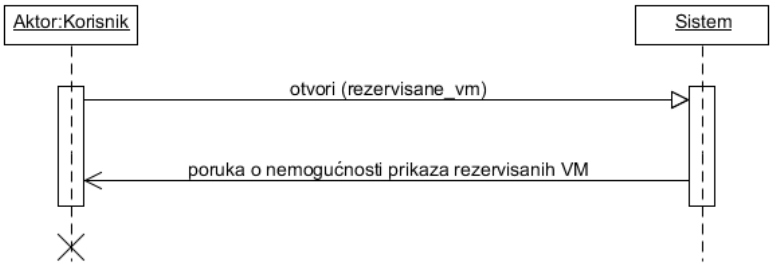
1. Korisnik bira opciju za prikaz rezervisanih virtuelnih mašina

2. Sistem prikazuje listu svih rezervacija virtuelnih mašina od strane korisnika

Slika 61 – Korisnik mobilne aplikacije – SK5 – Osnovni scenario

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže rezervacije virtuelnih mašina, obaveštava korisnika o tome



Slika 62 – Korisnik mobilne aplikacije – SK5 – Alternativni scenario 2.1

SK6 – Odjava

Naziv: Odjava

Svrha: Služi za odjavu registrovanog korisnika sa sistema

Akteri: Korisnik

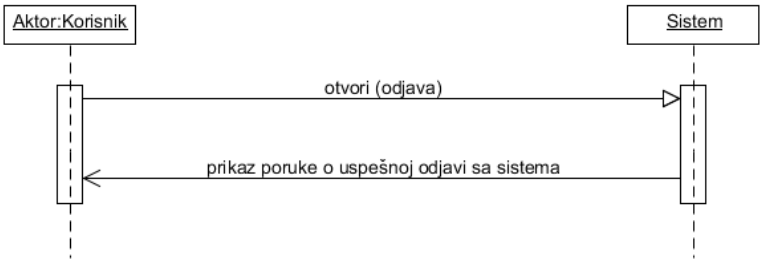
Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Mobilni uređaj je povezan na Internet, Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za odjavu sa sistema

2. Sistem odjavljuje korisnika sa sistema i obaveštava ga o tome



Slika 63 – Korisnik mobilne aplikacije – SK6 – Osnovni scenario

5 Implementacija softverskog rešenja za cloud computing infrastrukturu za elektronsko obrazovanje

5.1 Implementacija veb servisa za integraciju komponenata sistema

Za realizaciju konkretnog vebservisa korišćena je REST arhitektura i CodeIgniter Framework. Definisan je protokol za prijem zahteva i vraćanje odgovora. Metoda vebservisa poziva se jednostavnim korišćenjem POST ili GET metode. URL treba da sadrži naziv metode i format odgovora. Vebservis može da vrati odgovor u xml formatu, json formatu i json formatu, prilagođenom za prikaz tabele u vebaplikaciji.

Vebservis je integrisan sa Moodle LMS-om i OpenLDAP direktorijumom. Integracija sa ove dve platforme ostvaruje se pozivanjem njihovih eksternih vebservisa.

U fazi implementacije veb servisa, korišćeni su CodeIgniter konfiguracioni fajlovi, u kojima administrator aplikacije čuva glavna konfiguraciona podešavanja, kao što su putanja do Open Nebula kontrolera, omogućavanje ili onemogućavanje integracije servisa sa Moodle LMS-om, putanja do Moodle LMS-a, LDAP konfiguracioni parametri i sl. Glavna prednost korišćenja konfiguracionih fajlova jeste mogućnost jednostavnog održavanja aplikacije. Pošto se svi parametri nalaze na jednom mestu, veoma je jednostavno promeniti ih u slučaju promene infrastrukture sistema.

5.1.1 Opis tehnologija korišćenih za implementaciju vebservisa

5.1.1.1 Vebservisi

Vebservisi mogu da budu realizovani korišćenjem SOAP standarda ili REST arhitekurnog stila.

SOAP je jednostavan protokol za razmenu informacija između aplikacija, zasnovan na XML-u. Koristi se za komunikaciju (razmenu poruka) sa web servisima. SOAP sadrži univerzalnu i standardnu notaciju, što znači da aplikacije mogu da “komuniciraju“ bez obzira na hardverske i softverske platforme.

REST nije konkretan standard već stil arhitekture koji se zasniva na često korišćenim tehnologijama i protokolima. Glavna implementacija ove arhitekture je HTTP protokol u kombinaciji sa URI-jima, odnosno world wide web.

Osnovni koncept REST-a je resurs. Resurs može biti bilo kakva informacija ili koncept, dokument, slika, servis, kolekcija resursa, osoba itd. Resurs identifikuje identifikator resursa, kao što je URI. Pomoću identifikatora se dobavlja reprezentacija resursa - koja predstavlja resurs u nekom stanju u kojem se nalazi. Manipulisanje resursom se obavlja preko ove reprezentacije tako što se nad njom vrše operacije. Rezultat vršenja operacije je ponovo neka reprezentacija resursa koji će se naći u nekom novom stanju.

Na primer, adresa `http://fon.rs` je identifikator početne stranice FON-ovog sajta. Učitavanjem stranice u pretraživač dobija se njena reprezentacija, odnosno prikaz. Klikom na neki od linkova sa ove stranice, dolazi do prelaska na neku drugu stranicu, u ovom kontekstu neko drugo stanje aplikacije.

Rest arhitektura zasniva se na sledećim principima:

- Svaka stvar (resurs) ima jedinstveni ID; u slučaju web-a u pitanju je URI koji je uvek globalno jedinstven (npr. ne mogu da postoje dva www.google.com). Primer:

```
http://primer.com/proizvodi/4554
http://primer.com/porudzbine/2007/11
http://primer.com/proizvodi?boja=zelena
```

- Resursi treba da su povezani; ako se koristi HTTP i URI-ji, moguće je povezati jedan resurs sa drugima bez obzira na njihovu lokaciju. Primer jednog resursa koji ima linkove ka drugim resursima:

```
<narudzbina self='http://primer.com/klijenti/1234' >
   <kolicina>23</kolicina>
   <proizvod ref='http://primer.com/proizvodi/4554' />
   <klijent ref='http://primer.com/klijenti /1234' />
</narudzbina>
```

- Koristi se standardni set metoda; u slučaju HTTP-a, to su GET, POST, PUT, DELETE i HEAD. Svaki resurs podržava isti interfejs, isti skup metoda. Kada

pretraživač učitava neku web stranicu, on koristi GET metodu i URI stranice koju traži:

```
GET http//fon.rs HTTP/1.1
```

- Ako tražena stranica sadrži slike i druge eksterne sadržaje, pretraživač ponovo koristi GET metodu, ovaj put sa identifikatorima tih slika/sadržaja kako bi ih dobavio. GET metoda je tzv. “bezbedna” metoda, pri njenom korišćenju je garantovano da neće doći do promene resursa. Moguće je napraviti servis (npr. PHP skriptu) kod koje će se GET koristiti i za stvari kao što je brisanje/izmena resursa, ali to nije po principima REST-a i treba ga izbegavati:

```
GET http//fon.rs?akcija=obrisi HTTP/1.1
```

- Resursi mogu da imaju više reprezentacija; npr. jednu u HTML formatu namenjenu pregledanju u pretraživačima i više njih u različitim XML formatima podataka.
- Komunikacija se obavlja bez pamćenja stanja.

5.1.1.2 XML

XML (eXtensible Markup Language) je zasnovan na istim principima kao i SGML, ali je znatno jednostavniji i prilagođen je Web-u. Kao i SGML, i XML se koristi za definisanje drugih jezika, pa se naziva i meta-jezik. Međutim, XML je mnogo jednostavniji od SGML-a. XML je jezik oznaka koji ne ograničava skup oznaka (engl. markup tags) koje se mogu koristiti, niti gramatiku tog jezika.

XML je meta-jezik, koji služi za opis drugih jezika. Omogućava razvoj tipova podataka, u cilju identifikacije i korišćenja informacija u dokumentima. Podaci u XML-u se predstavljaju u strukturi stabla, pri čemu svaki čvor stabla može da se tretira kao poseban objekat. U XML-u akcenat je na opisu podataka. Preko preciznog opisa i validacije podataka, smanjuje se mogućnost primene proceduralnih alata čime se olakšava proces obrade podataka i smanjuje broj grešaka. Podaci opisani u XML-u su nezavisni od platforme na kojoj se koriste. XML je koncipiran sa idejom da omogući punu iskorišćenost i međuoperativnost World Wide Web-a.

XML je kreiran sa namerom da bude jednostavan za učenje, jeftin, brz i optimizovan za Internet. XML se naziva i eXcellent Marketing Language jer predstavlja:

- univerzalni format podataka, XML omogućuje kreiranje sopstvenih formata podataka i njihovu razmenu preko postojećih mreža i aplikacija,
- integracija podataka, XML vrši jednostavnu integraciju podataka kod već postojećih aplikacija i platformi,
- prilagodljiv, razumljiv i za čoveka i za mašinu, primaoca i pošiljaoca, te predstavlja najupotrebljiviji standard za manipulaciju podataka i nihovu razmenu.

Svrha XML je da generiše sopstvene tagove, njihovo značenje i njihov prikaz.

5.1.1.3 JSON

JSON (JavaScript Object Notation) predstavlja tekstualni format za serijalizaciju podataka. Izveden je od formata za zapis objekta skriptnog jezika JavaScript, međutim danas ovaj format koristi većina savremenih programskih jezika. Osnovna svrha JSON-a je prenos podataka i može se reći da predstavlja svojevrsnu alternativu XML-u. JSON je u memorijskom smislu manje zahtevan od XML-a, što znači da JSON fajl sa određenim podacima zauzima manje memorijskog prostora od XML fajla sa istim podacima.

JSON format razlikuje više tipova podataka. Od prostih tipova podataka, to su string, number, boolean i null, a od složenih tipova u pitanju su object i array.

String predstavlja niz od nula ili više Unicode karaktera. Objekat je neuređena kolekcija od nula ili više parova „naziv” – „vrednost”, a niz je uređena sekvenca od nula ili više vrednosti.

5.1.1.4 CodeIgniter

CodeIgniter je aplikativni *framework* koji se koristi za pisanje web aplikacija u PHP-u. Ubrzava pisanje aplikacija u odnosu na slučaj kada se iste pišu „od nule“, tako što

obezbeđuje veliki broj biblioteka za uobičajene zadatke, jednostavne interfejse i logičku strukturu za pristup tim bibliotekama.

Ovo je poptuno besplatan softver pod Apache/BSD licencom što omogućava njegovu upotrebu i u komercijanim projektima. Koristi se Model-View-Controller arhitektura čime se postiže logičko razdvajanje slojeva aplikacije. Na taj način dizajneri mogu odvojeno raditi na template fajlovima a programeri mogu implementirati kod bez opterećivanja vizuelnim aspektima aplikacije.

5.2 Implementacija veb aplikacije

5.2.1 Korisničko uputstvo za korisnika veb aplikacije

SK1 – Prijava

Naziv: Prijava

Svrha: Služi za prijavu registrovanog korisnika na sistem

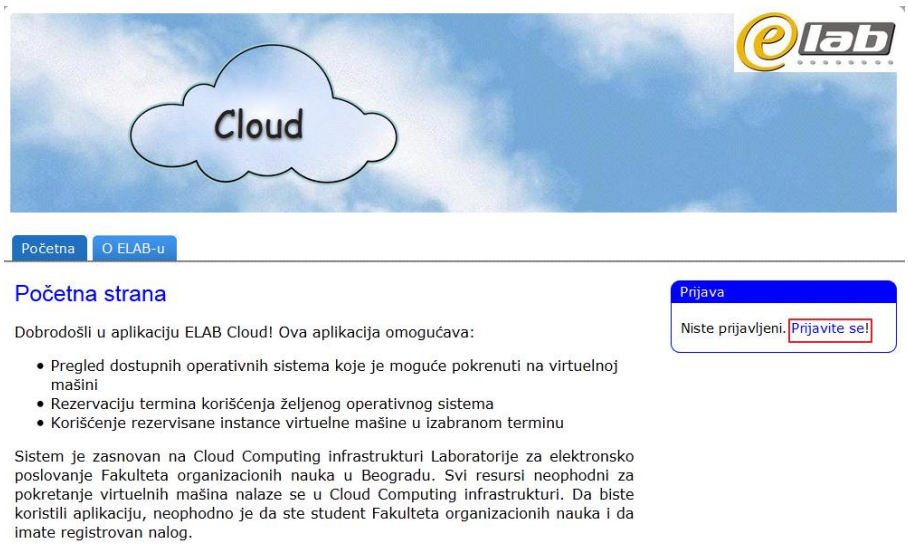
Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Moodle, LDAP i OpenNebula serveri su uključeni i funkcionišu

Osnovni scenario:

1. Korisnik otvara početnu stranu aplikacije i bira opciju za prijavu



Slika 64 – Početna strana aplikacije

2. Sistem prikazuje formu za unos korisničkog imena i lozinke

Slika 65 – Forma za unos korisničkih podataka

3. Korisnik unosi korisničko ime i lozinku i potvrđuje unos

Slika 66 – Popunjena forma za unos korisničkih podataka

4. Sistem proverava date podatke u LDAP direktorijumu, prijavljuje korisnika i vraća potvrdu o prijavi

Slika 67 – Potvrda o uspešnoj prijavi

Alternativni scenario:

4.1. Ukoliko u LDAP direktorijumu ne postoji registrovani korisnik sa datim korisničkim imenom i lozinkom sistem obaveštava korisnika o tome

Slika 68 – Obaveštenje o neuspešnoj prijavi

SK2 – Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om uključena)

Naziv: Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om uključena)

Svrha: Služi za prikaz dostupnih virtuelnih mašina kada je integracija sa Moodle-om uključena

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

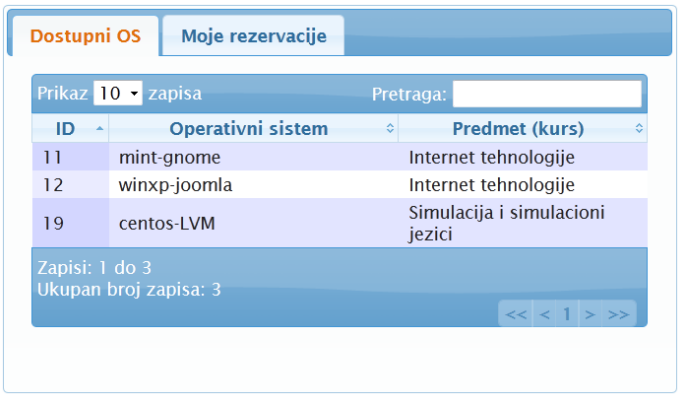
Preduslov: Korisnik je prijavljen, Integracija sa Moodle LMS-om je uključena

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za rezervaciju virtuelne mašine

Slika 69 – Izbor opcije za rezervaciju virtuelne mašine

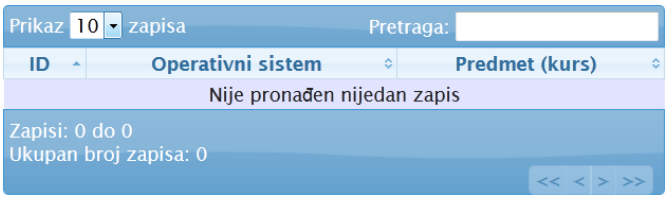
2. Sistem prikazuje listu svih dostupnih virtuelnih mašina koje korisnik može da rezerviše



Slika 70 – Lista dostupnih virtuelnih mašina

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže dostupne virtuelne mašine, obaveštava korisnika o tome



Slika 71 – Obaveštenje o nepostojanju virtuelnih mašina

SK3 – Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om isključena)

Naziv: Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om isključena)

Svrha: Služi za prikaz dostupnih virtuelnih mašina kada je integracija sa Moodle-om isključena

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Korisnik je prijavljen, Integracija sa Moodle LMS-om je isključena

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za rezervaciju virtuelne mašine

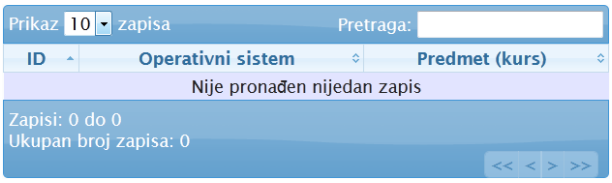
Slika 72 – Izbor opcije za rezervaciju virtuelne mašine

2. Sistem prikazuje listu svih dostupnih virtuelnih mašina koje korisnik može da rezerviše

Slika 73 – Prikaz liste dostupnih virtuelnih mašina za rezervaciju

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže dostupne virtuelne mašine, obaveštava korisnika o tome



Slika 74 – Obaveštenje o nepostojanju dostupnih virtuelnih mašina za rezervaciju

SK4 – Rezervacija virtuelne mašine

Naziv: Rezervacija virtuelne mašine

Svrha: Služi za rezervaciju virtuelne mašine od strane korisnika

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

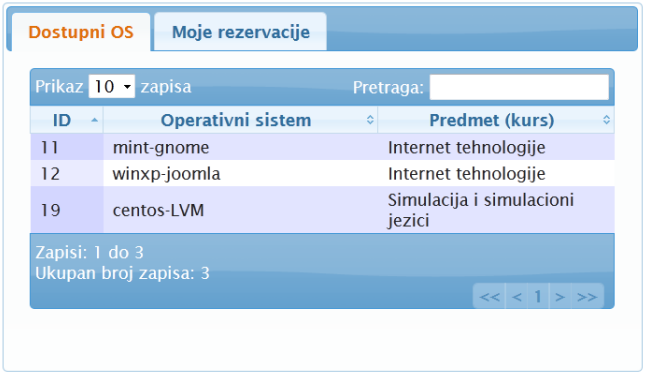
Preduslov: Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za rezervaciju virtuelne mašine

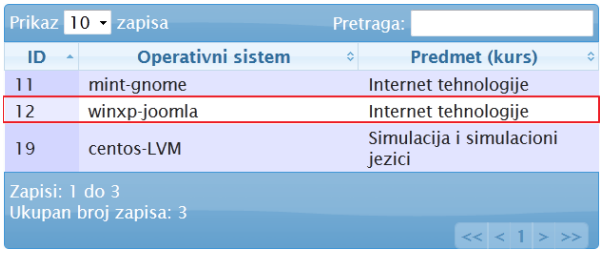
Slika 75 – Izbor opcije za rezervaciju virtuelne mašine

2. Sistem prikazuje listu svih dostupnih virtuelnih mašina koje korisnik može da rezerviše



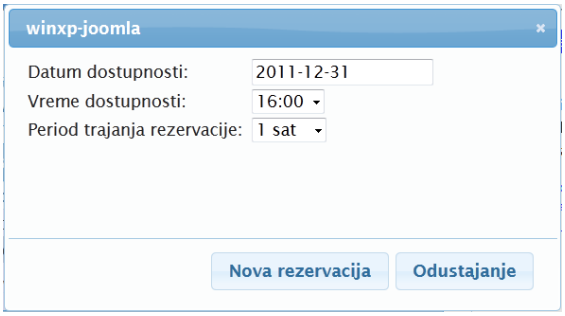
Slika 76 – Lista dostupnih virtuelnih mašina za rezervaciju

3. Korisnik bira virtuelnu mašinu koju želi da rezerviše



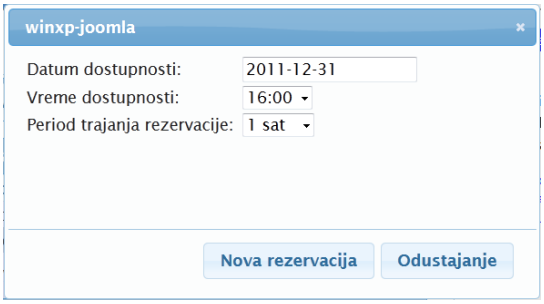
Slika 77 – Izbor željene virtuelne mašine

4. Sistem prikazuje formu za unos podataka o rezervaciji



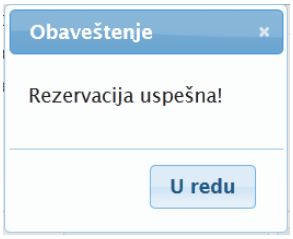
Slika 78 – Prikaz forme za rezervaciju virtuelne mašine

5. Korisnik unosi podatke o rezervaciji i potvrđuje unos



Slika 79 – Popunjena forma za rezervaciju virtuelne mašine

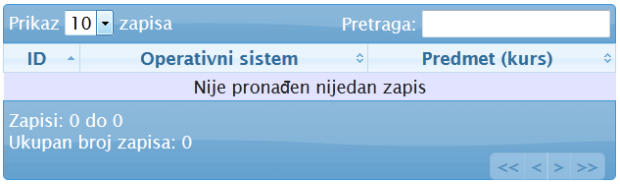
6. Sistem obaveštava korisnika o uspešnoj rezervaciji



Slika 80 – Obaveštenje o uspešnoj rezervaciji

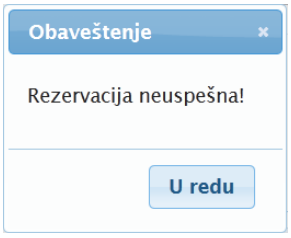
Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže dostupne virtuelne mašine, obaveštava korisnika o tome



Slika 81 – Obaveštenje o nepostojanju dostupnih virtuelnih mašina za rezervaciju

6.1. Ukoliko rezervacija nije uspešno izvršena, sistem obaveštava korisnika o tome



Slika 82 – Obaveštenje o neuspešnoj rezervaciji

SK5 – Pregled rezervisanih virtuelnih mašina

Naziv: Pregled rezervisanih virtuelnih mašina

Svrha: Služi za pregled rezervisanih virtuelnih mašina

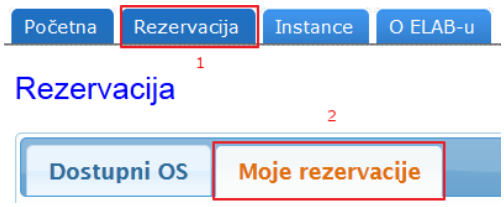
Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za prikaz rezervisanih virtuelnih mašina



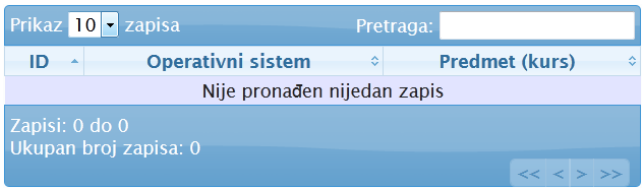
Slika 83 – Izbor opcije za prikaz rezervisanih virtuelnih mašina

2. Sistem prikazuje listu svih rezervacija virtuelnih mašina od strane korisnika

Slika 84 – Prikaz liste svih rezervacija virtuelnih mašina

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže rezervacije virtuelnih mašina, obaveštava korisnika o tome



Slika 85 – Obaveštenje o nepostojanju ili nemogućnosti prikazarezervacija virtuelnih mašina

SK6 – Pregled pokrenutih instanci

Naziv: Pregled pokrenutih instanci

Svrha: Služi za pregled pokrenutih instanci virtuelnih mašina

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

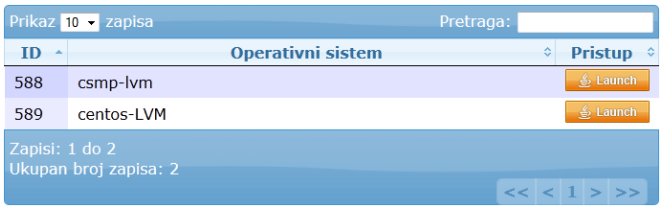
Preduslov: Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za prikaz pokrenutih instanci

Slika 86 – Izbor opcije za prikaz pokrenutih instanci

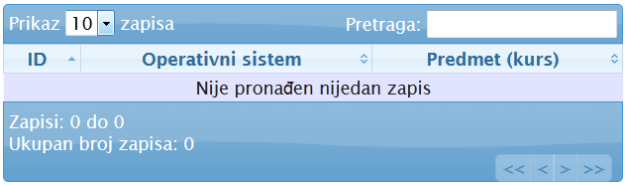
2. Sistem prikazuje pokrenute instance virtuelnih mašina



Slika 87 – Prikaz pokrenutih instanci

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže pokrenute instance, obaveštava korisnika o tome



Slika 88 – Obaveštenje o nemogućnosti prikaza pokrenutih instanci

SK7 – Pristup instanci

Naziv: Pristup instanci

Svrha: Služi za udaljeni pristup virtuelnoj mašini

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

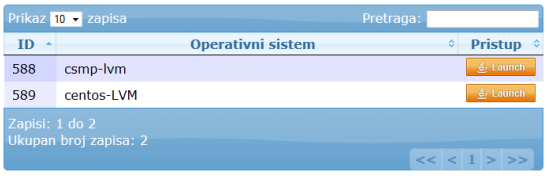
Preduslov: Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za prikaz pokrenutih instanci

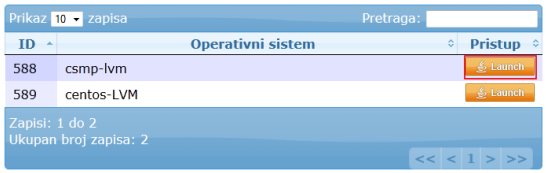
Slika 89 – Izbor opcije za prikaz pokrenutih instanci

2. Sistem prikazuje pokrenute instance virtuelnih mašina



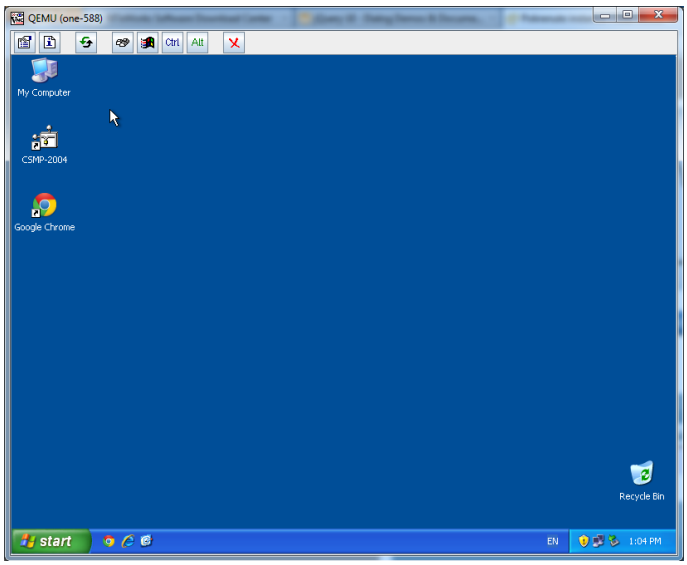
Slika 90 – Prikaz pokrenutih instanci

3. Korisnik bira opciju za pokretanje udaljenog pristupa željenoj instanci



Slika 91 – Izbor instance za pokretanje udaljenog pristupa

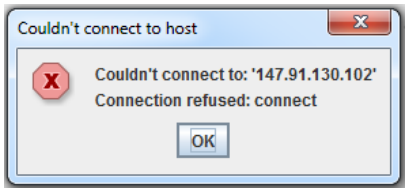
4. Sistem prikazuje željenu instancu



Slika 92 – Prikaz pokrenute instance

Alternativni scenario:

4.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže željenu instancu, obaveštava korisnika o tome



Slika 93 – Obaveštenje o nemogućnosti prikaza željene instance

SK8 – Pregled Moodle kurseva na kojima je korisnik prijavljen

Naziv: Pregled Moodle kurseva na kojima je korisnik prijavljen

Svrha: Služi za pregled Moodle kurseva u kojima je korisnik učesnik

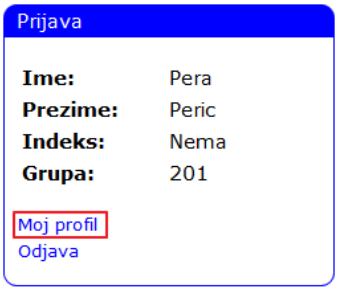
Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Korisnik je prijavljen, integracija sa Moodle-om je omogućena

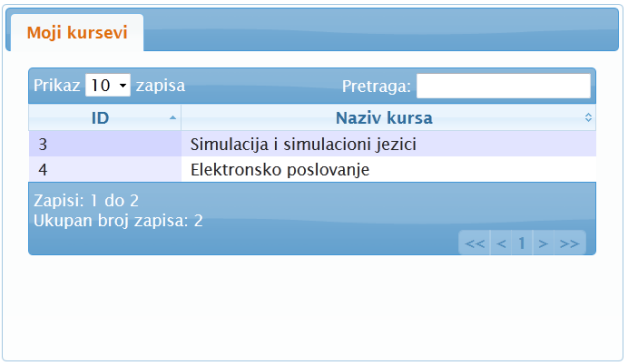
Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za prikaz korisničkog profila



Slika 94 – Izbor opcije za prikaz korisničkog profila

2. Sistem prikazuje kurseve na kojima je korisnik prijavljen



Slika 95 – Prikaz kurseva na kojima je korisnik prijavljen

SK9 – Odjava

Naziv: Odjava

Svrha: Služi za odjavu registrovanog korisnika sa sistema

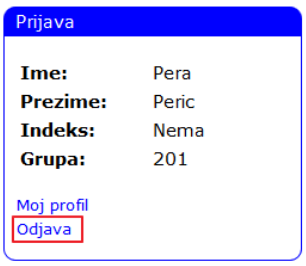
Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Korisnik je prijavljen

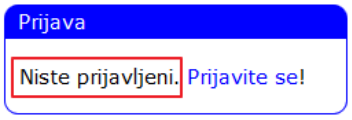
Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za odjavu sa sistema



Slika 96 – Izbor opcije za odjavu sa sistema

2. Sistem odjavljuje korisnika sa sistema i obaveštava ga o tome



Slika 97 – Obaveštenje o uspešnoj odjavi

5.2.2 Korisničko uputstvo za administratora veb aplikacije

SK1 – Prijava

Naziv: Prijava

Svrha: Služi za prijavu registrovanog administratora na sistem

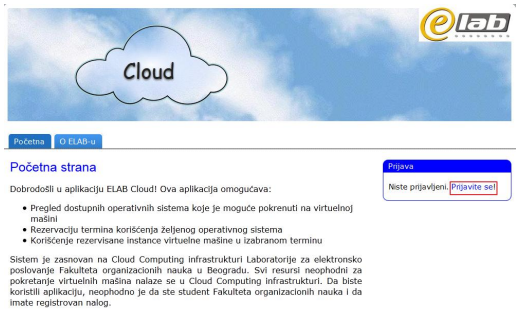
Akteri: Administrator

Učesnici: Administrator i sistem

Preduslov: Moodle, LDAP i OpenNebula serveri su uključeni i funkcionišu

Osnovni scenario:

1. Administrator otvara početnu stranu aplikacije i bira opciju za prijavu



Slika 98 – Početna strana aplikacije

2. Sistem prikazuje formu za unos korisničkog imena i lozinke

Slika 99 – Forma za unos korisničkih podataka

3. Administrator unosi korisničko ime i lozinku i potvrđuje unos

Slika 100 – Popunjena forma za unos korisničkih podataka

4. Sistem proverava date podatke u LDAP direktorijumu, prijavljuje korisnika i vraća potvrdu o prijavi

Slika 101 – Potvrda o uspešnoj prijavi

Alternativni scenario:

4.1. Ukoliko u LDAP direktorijumu ne postoji registrovani korisnik sa datim korisničkim imenom i lozinkom sistem obaveštava korisnika o tome

Slika 102 – Obaveštenje o neuspešnoj prijavi

SK2 – Pregled glavnih podešavanja

Naziv: Pregled glavnih podešavanja

Svrha: Služi za pregled glavnih sistemskih podešavanja

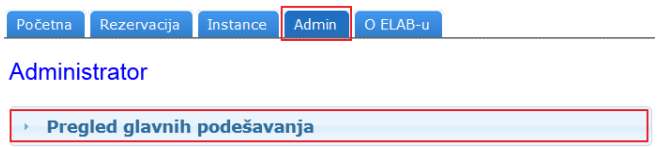
Akteri: Administrator

Učesnici: Administrator i sistem

Preduslov: Administrator je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Administrator bira opciju za pregled glavnih podešavanja



Slika 103 – Izbor opcije za prikaz glavnih podešavanja

2. Sistem prikazuje vrednosti glavnih podešavanja

Slika 104 – Prikaz vrednosti glavnih podešavanja

SK3 – Pregled svih pokrenutih instanci

Naziv: Pregled svih pokrenutih instanci

Svrha: Služi za prikaz svih pokrenutih instanci na sistemu

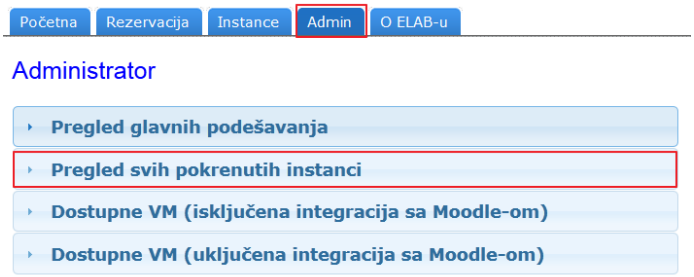
Akteri: Administrator

Učesnici: Administrator i sistem

Preduslov: Administrator je prijavljen

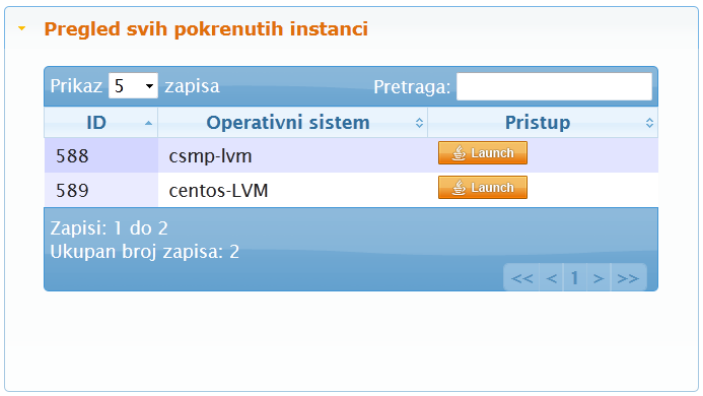
Osnovni scenario:

1. Administrator bira opciju za prikaz pokrenutih instanci



Slika 105 – Izbor opcije za prikaz pokrenutih instanci

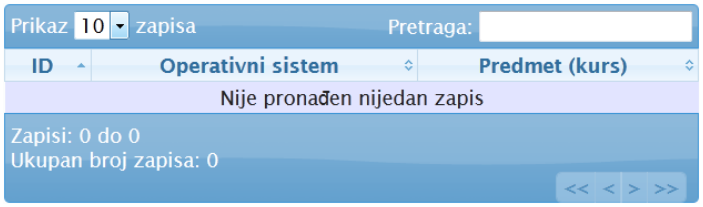
2. Sistem prikazuje pokrenute instance virtuelnih mašina



Slika 106 – Prikaz svih pokrenutih instanci

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže pokrenute instance, obaveštava administratora o tome



Slika 107 – Poruka o nemogućnosti prikaza pokrenutih instanci

SK4 – Modifikacija dostupnih VM (Integracija sa Moodle-om uključena)

Naziv: Modifikacija dostupnih VM (Integracija sa Moodle-om uključena)

Svrha: Služi za izbor koje virtuelne mašine mogu da budu omogućene korisnicima u slučaju uključene integracije sa Moodle LMS-om

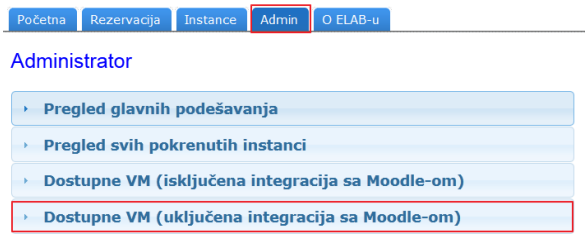
Akteri: Administrator

Učesnici: Administrator i sistem

Preduslov: Administrator je prijavljen

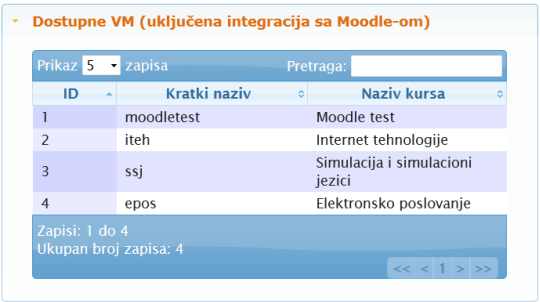
Osnovni scenario:

1. Administrator bira opciju za modifikaciju dostupnih VM (integracija sa Moodle-om uključena)



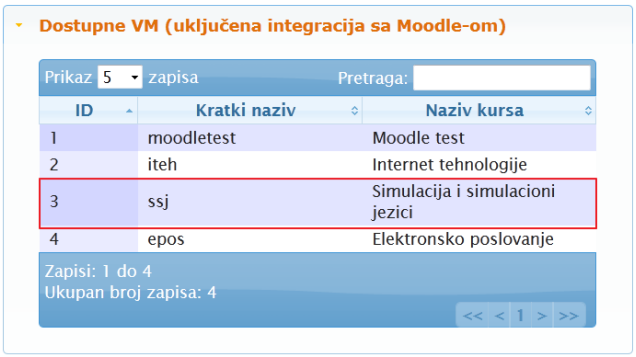
Slika 108 – Izbor opcije za modifikaciju dostupnih VM

2. Sistem prikazuje listu Moodle kurseva



Slika 109 – Prikaz liste Moodle kurseva

3. Administrator bira kurs za koji želi da promeni omogućene VM



Slika 110 – Izbor kursa

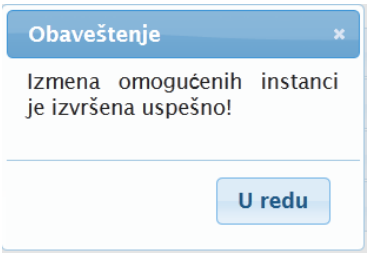
4. Sistem prikazuje formu za izmenu VM

Slika 111 – Prikaz forme za izmenu virtuelnih mašina u okviru kursa

5. Administrator bira koje VM će biti omogućene za dati kurs i potvrđuje unos

Slika 112 – Prikaz popunjene forme za izmenu virtuelnih mašina u okviru kursa

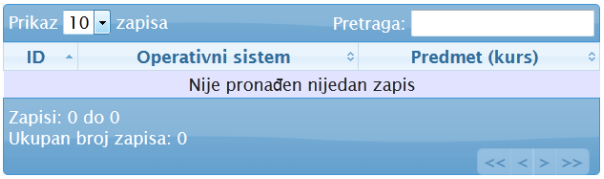
6. Sistem obaveštava administratora o uspešnoj izmeni



Slika 113 – Obaveštenje o uspešnoj izmeni virtuelnih mašina

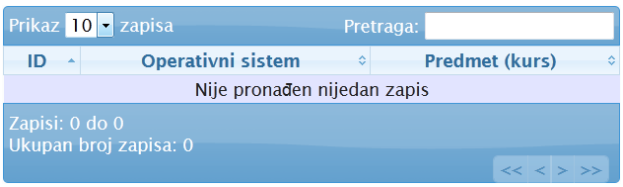
Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko nema Moodle kurseva, sistem obaveštava administratora o tome



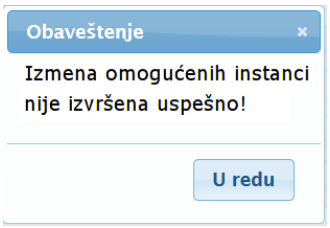
Slika 114 – Obaveštenje o nepostojanju Moodle kurseva

4.1. Ukoliko nema predefinisanih VM, sistem obaveštava administratora o tome



Slika 115 – Obaveštenje o nepostojanju predefinisanih virtuelnih mašina

6.1. Ukoliko izmena nije uspešna, sistem obaveštava administratora o tome



Slika 116 – Obaveštenje o neuspešnoj izmeni virtuelnih mašina

SK5 – Modifikacija dostupnih VM (Integracija sa Moodle-om isključena)

Naziv: Modifikacija dostupnih VM (Integracija sa Moodle-om isključena)

Svrha: Služi za izbor koje virtuelne mašine mogu da budu omogućene korisnicima u slučaju isključene integracije sa Moodle LMS-om

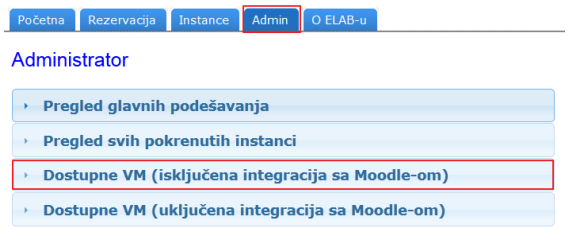
Akteri: Administrator

Učesnici: Administrator i sistem

Preduslov: Administrator je prijavljen

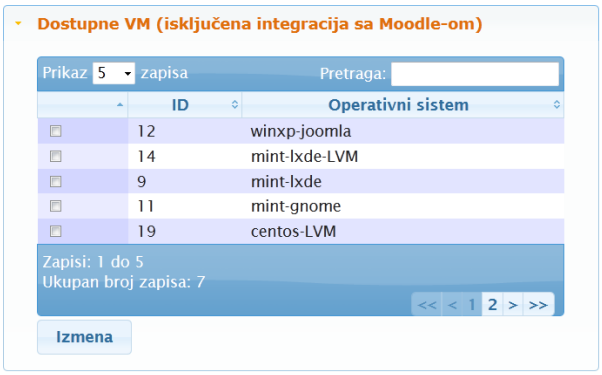
Osnovni scenario:

1. Administrator bira opciju za modifikaciju dostupnih VM (integracija sa Moodle-om isključena)



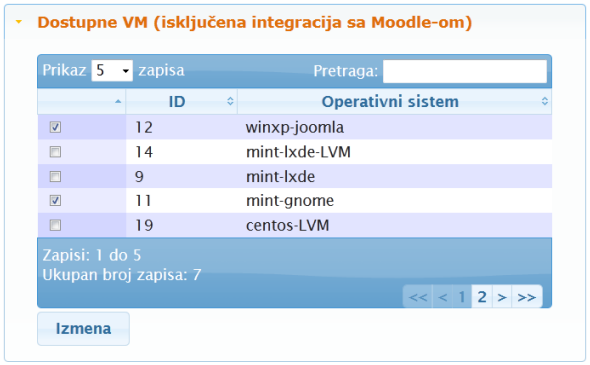
Slika 117 – Izbor opcije za modifikaciju dostupnih VM

2. Sistem prikazuje listu virtuelnih mašina koje administrator može da omogući



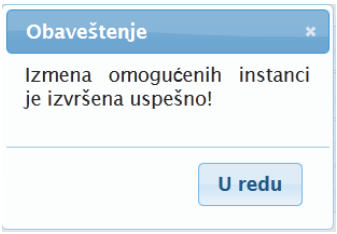
Slika 118 – Lista svih dostupnih virtuelnih mašina

3. Administrator bira koje VM će biti omogućene i potvrđuje unos



Slika 119 - Lista svih dostupnih virtuelnih mašina, nakon izbora omogućenih

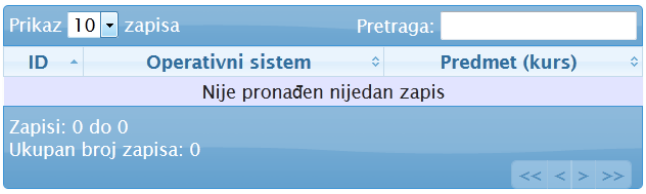
4. Sistem obaveštava administratora o uspešnoj izmeni



Slika 120 – Obaveštenje o uspešnoj izmeni virtuelnih mašina

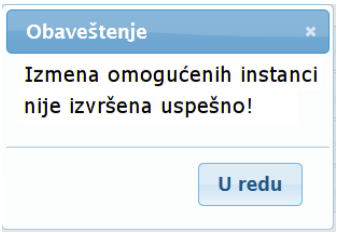
Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko nema predefinisanih VM, sistem obaveštava administratora o tome



Slika 121 – Obaveštenje o nepostojanju predefinisanih virtuelnih mašina

4.1. Ukoliko izmena nije uspešna, sistem obaveštava administratora o tome



Slika 122 – Obaveštenje o neuspešnoj izmeni virtuelnih mašina

SK6 – Odjava

Naziv: Odjava

Svrha: Služi za odjavu registrovanog administratora sa sistema

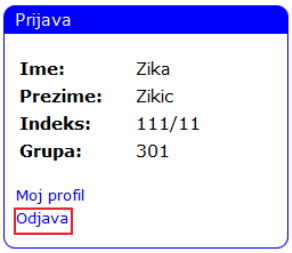
Akteri: Administrator

Učesnici: Administrator i sistem

Preduslov: Administrator je prijavljen

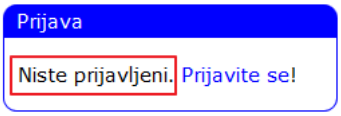
Osnovni scenario:

1. Administrator bira opciju za odjavu sa sistema



Slika 123 – Izbor opcije za odjavu sa sistema

2. Sistem odjavljuje Administratora sa sistema i obaveštava ga o tome



Slika 124 – Obaveštenje o uspešnoj odjavi sa sistema

5.3 Implementacija mobilne aplikacije

Mobilna aplikacija za Android implementirana je korišćenjem Eclipse razvojnog okruženja i Android SDK-a. Aplikacija je implementirana za verziju Android-a 2.1 ili noviju. Mobilna aplikacija koristi iste veb servise kao i veb aplikacija.

5.3.1 Korisničko uputstvo za korisnika mobilne aplikacije

SK1 – Prijava

Naziv: Prijava

Svrha: Služi za prijavu registrovanog korisnika na sistem

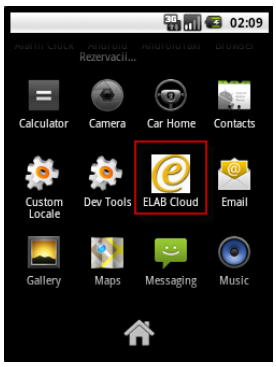
Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Mobilni uređaj je povezan na Internet, Moodle, LDAP i OpenNebula serveri su uključeni i funkcionišu

Osnovni scenario:

1. Korisnik otvara početnu stranu aplikacije

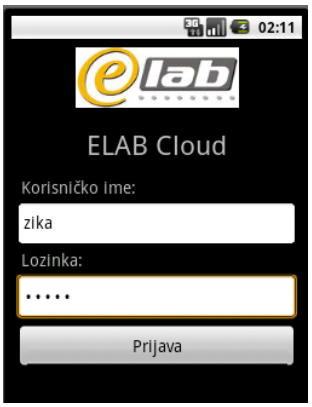


Slika 125 – Startovanje ELAB Cloud aplikacije

2. Sistem prikazuje formu za unos korisničkog imena i lozinke

Slika 126 – Forma za unos korisničkog imena i lozinke

3. Korisnik unosi korisničko ime i lozinku i potvrđuje unos



Slika 127 – Unos korisničkog imena i lozinke

4. Sistem proverava date podatke u LDAP direktorijumu, prijavljuje korisnika i vraća potvrdu o prijavi

Slika 128 – Glavni meni za prijavljenog korisnika

Alternativni scenario:

4.1. Ukoliko u LDAP direktorijumu ne postoji registrovani korisnik sa datim korisničkim imenom i lozinkom sistem obaveštava korisnika o tome

Slika 129 – Obaveštenje o neuspešnoj prijavi

SK2 – Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om uključena)

Naziv: Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om uključena)

Svrha: Služi za prikaz dostupnih virtuelnih mašina kada je integracija sa Moodle-om uključena

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Mobilni uređaj je povezan na Internet, Korisnik je prijavljen, Integracija sa Moodle LMS-om je uključena

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za rezervaciju virtuelne mašine

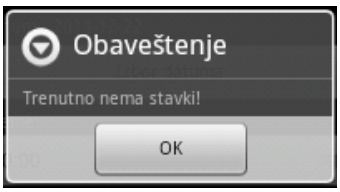
Slika 130 – Izbor opcije za rezervaciju virtuelne mašine

2. Sistem prikazuje listu svih dostupnih virtuelnih mašina koje korisnik može da rezerviše

Slika 131 – Prikaz dostupnih virtuelnih mašina

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže dostupne virtuelne mašine, obaveštava korisnika o tome



Slika 132 – Obaveštenje o nemogućnosti prikaza virtuelnih mašina

SK3 – Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om isključena)

Naziv: Pregled dostupnih virtuelnih mašina (Integracija sa Moodle-om isključena)

Svrha: Služi za prikaz dostupnih virtuelnih mašina kada je integracija sa Moodle-om isključena

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Mobilni uređaj je povezan na Internet, Korisnik je prijavljen, Integracija sa Moodle LMS-om je isključena

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za rezervaciju virtuelne mašine

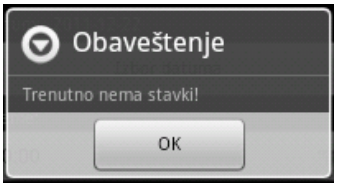
Slika 133 – Izbor opcije za rezervaciju virtuelne mašine

2. Sistem prikazuje listu svih dostupnih virtuelnih mašina koje korisnik može da rezerviše

Slika 134 – Prikaz dostupnih virtuelnih mašina

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže dostupne virtuelne mašine, obaveštava korisnika o tome



Slika 135 – Obaveštenje o nemogućnosti prikaza virtuelnih mašina

SK4 – Rezervacija virtuelne mašine

Naziv: Rezervacija virtuelne mašine

Svrha: Služi za rezervaciju virtuelne mašine od strane korisnika

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Mobilni uređaj je povezan na Internet, Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

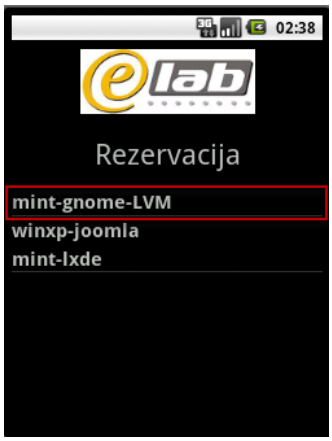
1. Korisnik bira opciju za rezervaciju virtuelne mašine

Slika 136 – Izbor opcije za rezervaciju virtuelne mašine

2. Sistem prikazuje listu svih dostupnih virtuelnih mašina koje korisnik može da rezerviše

Slika 137 – Prikaz dostupnih virtuelnih mašina

3. Korisnik bira virtuelnu mašinu koju želi da rezerviše



Slika 138 – Izbor željene virtuelne mašine

4. Sistem prikazuje formu za unos podataka o rezervaciji

Slika 139 – Forma za rezervaciju virtuelne mašine

5. Korisnik unosi podatke o rezervaciji i potvrđuje unos

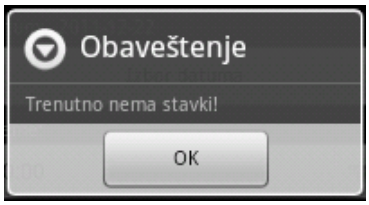
Slika 140 – Izbor datuma rezervacije

6. Sistem obaveštava korisnika o uspešnoj rezervaciji

Slika 141 – Obaveštenje o uspešnoj rezervaciji

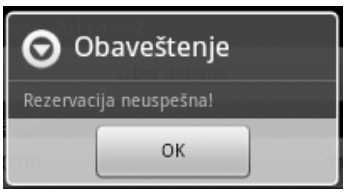
Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže dostupne virtuelne mašine, obaveštava korisnika o tome



Slika 142 – Obaveštenje o nemogućnosti prikaza virtuelnih mašina

6.1. Ukoliko rezervacija nije uspešno izvršena, sistem obaveštava korisnika o tome



Slika 143 – Obaveštenje o neuspešnoj rezervaciji virtuelnih mašina

SK5 – Pregled rezervisanih virtuelnih mašina

Naziv: Pregled rezervisanih virtuelnih mašina

Svrha: Služi za pregled rezervisanih virtuelnih mašina

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

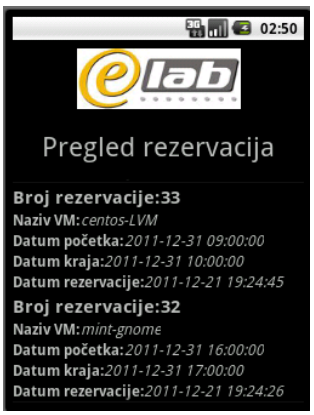
Preduslov: Mobilni uređaj je povezan na Internet, Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za prikaz rezervisanih virtuelnih mašina

Slika 144 – Izbor opcije za pregled rezervisanih virtuelnih mašina

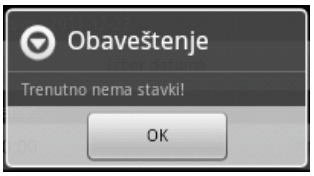
2. Sistem prikazuje listu svih rezervacija virtuelnih mašina od strane korisnika



Slika 145 – Pregled rezervacija

Alternativni scenario:

2.1. Ukoliko sistem ne može da prikaže rezervacije virtuelnih mašina, obaveštava korisnika o tome



Slika 146 – Obaveštenje o nemogućnosti prikaza rezervacija

SK6 – Odjava

Naziv: Odjava

Svrha: Služi za odjavu registrovanog korisnika sa sistema

Akteri: Korisnik

Učesnici: Korisnik i sistem

Preduslov: Mobilni uređaj je povezan na Internet, Korisnik je prijavljen

Osnovni scenario:

1. Korisnik bira opciju za odjavu sa sistema

Slika 147 – Izbor opcije za odjavu sa sistema

2. Sistem odjavljuje korisnika sa sistema i obaveštava ga o tome

Slika 148 – Prikaz forme za prijavu

6 Zaključak

Cloud Computing predstavlja koncept koji se danas sve više koristi.

U teorijskom delu rada prikazani su osnovni pojmovi Cloud Computing-a i mobilnih tehnologija. U praktičnom delu rada prikazani su projektovanje i implementacija veb i mobilne aplikacije za upravljanje resursima Cloud Computing infrastrukture. Aplikacija integriše Cloud Computing infrastrukturu zasnovanu na OpenNebula rešenju, OpenLDAP direktorijum gde su smešteni nalozi korisnika i Moodle LMS platformu.

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
- Kreiranje modula za analizu i statistiku

Literatura

[1] M. Seničić, "CRM i metode komunikacije u sistemu e-obrazovanja", diplomski rad, Beograd: Fakultet organizacionih nauka, 2010.

[2] D. Pain / J. L. Heron, „Educational Technology & Society," *WebCT and online assessment: the best thing since SOAP?,* t. 6, br. 2, pp. 62-71, 2003.

[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] N. Mallikharjuna Rao, C. Sasidhar / V. Satyendra Kumar, „Cloud Computing Through Mobile-Learning," *(IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications,* t. 1, br. 6, December 2010.

[5] N. Sultan, „Cloud Computing for education: A new dawn?," *International Journal of Information Management,* t. 30, br. 2, pp. 101-182, April 2010.

[6] R. V. Srinivasa, R. N. K. Nageswara / E. K. Kumar, „Cloud Computing: An overview," *Journal of Theoretical and applied Information Technology,* t. 9, br. 1, November 2009.

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

[8] R. Bakhshi / J. Deepak, „Cloud Computing - Transforming the IT Ecosystem," *SETLabs Briefings, InfoSys,* t. 7, br. 7, pp. 3-10, 2009.

[9] D. L. Watson, „Hey - Get Off My Cloud!," u *Global Security, Safety and Sustainabilty, 5th International Conference*, London, UK, September 2009.

[10] „Cloud Computing - Benefits, risks and recommendations for information security," November 2009.

[11] A. di Costanzo, M. D. de Assuncao / R. Buyya, „Harnessing Cloud Technologies for a Virtualized Distributed Computing Infrastructure," u *IEEE Internet Computing*, IEEE Computer Society, September/October 2009, pp. 24-33.

[12] 11 2011. [Na mreži]. Available: http://aws.amazon.com/ec2/.

[13] 11 2011. [Na mreži]. Available: http://aws.amazon.com/s3/ .

[14] 11 2011. [Na mreži]. Available: http://www.3tera.com/AppLogic/.

[15] E. Caron, F. Desprez / D. Loureiro, „Cloud Computing Resource Management through a Grid Middleware: A Case Study with DIET and Eucalyptus," u *2009 IEEE International Conference on Cloud Computing*, Bangalore, India, 2009.

[16] „OpenNebula," [Na mreži]. Available: http://opennebula.org. [Poslednji pristup 15 11 2001].

[17] S. Pearson, „Taking Account of Privacy when Designing Cloud Computing Services," u *ICSE Workshop on Software Engineering Challenges of Cloud Computing*, Vancouver, CANADA, May 23, 2009.

[18] E. Bertino, F. Paci / R. Ferrini, „Privacy-preserving Digital Identity Management for Cloud Computing," *Bulletin of the Technical Committee on Data Engineering,* t. 32, br. 1, pp. 21-27, March 2009.

[19] A. Gopalakrishnan, „Cloud Computing Identity Management," *SETLabs Briefings,* t. 7, br. 7, 2009.

[20] 12 2011. [Na mreži]. Available: http://www.opengroup.org/security/sso/.

[21] M. Despotović, Razvoj metoda poslediplomskog obrazovanja na daljinu zasnovanog na Internet tehnologijama, doktorska disertacija, Beograd: FON, 2006.

[22] H. E. Schaffer, S. F. Averitt / I. M. Hoit, „NCSU's Virtual Computing Lab: A Cloud Computing Solution," *IEEE Computer, Published by the IEEE Computer Society,* pp. 94-97, July 2009.

[23] M. A. Vouk, E. Sills / P. Dreher, „Integration Of High-Performance Computing into Cloud Computing Services," u *Handbook of Cloud Computing*, Springer.

[24] A. Fox, 11 2011. [Na mreži]. Available: https://inews.berkeley.edu/articles/Spring2009/cloud-computing.

[25] S. L. Jarvenpaaa / K. R. Langb, „Managing the Paradoxes of Mobile Technology," *Information Systems Management,* t. 22, br. 4, 2005.

[26] M. Đ. Vukelić, Primena Android aplikacije u mobilnom marketingu, diplomski rad, Beograd: FON, 2011.

[27] G. J. Hwang / C. C. Tsai, „Research trends in mobile and ubiquitous learning: a review of publications in selected journals from 2001 to 2010," *British Journal of Educational Technology,* t. 42, br. 4, pp. 65-70, 2011.

[28] M. El-Hussein / C. Cronje, „Defining Mobile Learning in the Higher Education Landscape," *Educational Technology & Society,* t. 13, br. 3, pp. 12-21, 2010.

[29] N. Miloradović, Integracija mobilnih obrazovnih servisa u sisteme elektonskog obrazovanja,

magistarska teza, Beograd: FON, 2010.

[30] [Na mreži]. Available: http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1848514. [Poslednji pristup 10 12 2011].

[31] . R. Discenza, C. Howard / K. Schenk, The Design and management of effective distance learning programs, Idea Group Inc., 2002.

[32] D. Keegan, „The Incorporation of Mobile Learning into Mainstream Education and Training," u *mLearn 2005*, Cape Town, South Africa, 2005.

[33] J. Traxler, „Defining Mobile Learning," u *IADIS International Conference Mobile Learning 2005*.

[34] C. Kennedy / M. Levy, „L'italiano al telefonino: Using SMS to support beginners' language learning," *ReCALL,* t. 20, br. 3, pp. 315-330, 2008.

[35] A. Pincas, „Using mobile support for use of Greek during the Olympic Games," u *Proceedings of M-Learn Conference*, 2004.

[36] T.-T. Goh / V. Hooper, „To TxT or Not to TxT: That's the Puzzle," *Journal of Information Technology Education,* t. 6, 2007.

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

[38] A. di Costanzo, M. D. de Assuncao / R. Buyya, „Harnessing Cloud Technologies for a Virtualized Distributed Computing Infrastructure," u *IEEE Internet Computing*, IEEE Computer Society, September/October 2009, pp. 24-33.

[39] 12 2011. [Na mreži]. Available: http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/LDAP.

[40] S. L. Jarvenpaaa / K. R. Langb, „Managing the Paradoxes of Mobile Technology," *Information Systems Management,* t. 22, br. 4, 2005.

[41] K. Krishnakumar / A. Jayakumar, „CRM in Education," 13 07 2009. [Na mreži]. Available: http://www.articlesbase.com/college-and-university-articles/crm-in-education-1033696.html. [Poslednji pristup 16 11 2011].