

**PRIMENA CLOUD COMPUTING OKRUŽENJA U RAZVOJU  
PLATFORME ZA ELEKTRONSKO UČENJE  
APPLICATION OF CLOUD COMPUTING ENVIRONMENT  
IN E-LEARNING PLATFORM DEVELOPMENT**

Tijana Matejić, Đorđe Mihailović

**REZIME:** U radu se prezentuje model platforme za elektronsko učenje koja kroz LMS sistem obezbeđuje PaaS servise interno hostovanog cloud-a obrazovne ustanove. Osnovna ideja modela je da se Moodle LMS proširi dodatnim Web servisima putem kojih se ostvaruje integracija Moodle-a sa cloud platformom obrazovne ustanove koja koristi Apache VCL. U ovom modelu se “prošireni Moodle” koristi kao interfejs za rad nastavnika i studenata sa virtualnim imidžima koji im putem VCL platforme obezbeđuju virtualne mašine sa specifičnim okruženjima u okviru različitih zadataka na različitim Moodle kursevima. Modelom je predviđeno da studenti mogu da u okviru specifičnih zadataka na kursevima kreiraju virtualni imidž za taj zadatak, koriste virtualnu mašinu koja se izvršava na bazi virtualnog imidža u bilo koje vreme i sa bilo kog mesta, snimaju izmene na virtualnom imidžu i označe virtualni imidž kao spreman za ocenjivanje. Nastavnici sa druge strane mogu da nadgledaju i ocenjuju rad studenata u okviru podsistema za ocenjivanje Moodle-a pristupanjem virtualnim mašinama na kojima se izvršavaju virtualni imidži studenata na zadacima. Jedinstveni interfejs za pristup svim potrebnim nastavnim resursima omogućava studentima i nastavnicima da fokusiraju svoje napore na procese nastave i učenja, umesto na obezbeđivanje uslova za realizaciju ovih procesa.

**KLJUČNE REČI:** Cloud computing, virtualizacija, E-učenje, sistem za upravljanje učenjem, virtualna računarska laboratorija, Moodle.

**ABSTRACT:** This paper presents a model of e-learning platform which provides PaaS services of educational institutions' internally hosted cloud through a LMS system. The basic idea behind the model is that the Moodle LMS can be expanded through additional Web services that integrate the Moodle with the cloud platform of the educational institution which rely on Apache VCL. In the model the “extended Moodle” is used as the interface for the teachers and the students to virtual images, which provide virtual machines with specific environments for different assignments at different Moodle courses. The model implies that students can create their own virtual image for the assignment in the specific Moodle course, use the virtual machine executing the environment defined by the virtual image, in any time and from any place, save the changes to the virtual image and mark the virtual image as ready for evaluation. Teachers on the other hand can monitor and evaluate the students' work, within a Moodle subsystem for evaluating students' activities, by accessing virtual machines which run the students' virtual image for the assignment. Single interface used for accessing all necessary learning resources allows students and teachers to focus their efforts on teaching and learning, instead of providing the conditions for the realization of these processes.

**KEY WORDS:** Cloud computing, virtualization, E-learning, Learning Management System, Virtual computing lab, Moodle.

## UVOD

Razvoj i sve veća raspoloživost informacionih i komunikacionih tehnologija dovela je do pojave novih paradigmi u nastavnim procesima i procesima učenja. Danas, većina škola u svetu organizuje i vodi kurseve i treninge putem sistema za elektronsko učenje, odnosno sistema koji omogućavaju primenu elektronskih medija i informaciono-komunikacionih tehnologija u procesima nastave i učenja, a posebno putem LMS (eng. Learning Management System, LMS) sistema, softverskih aplikacija za administraciju, dokumentovanje, praćenje, izveštavanje i isporuku kurseva ili programa onlajn obuke [1]. Uvećavanjem broja studenata, obrazovnih sadržaja, studijskih programa, servisa koji se nude studentima, dimenzije sistema za elektronsko učenje rastu eksponencijalnom brzinom. Usled toga, dizajniranje, implementacija i održavanje ovih sistema postaje kompleksnije. Kao ključno pitanje postavlja se pitanje razvoja modela infrastrukture za elektronsko učenje koji treba da obezbedi skalabilnost i pouzdanost obrazovnih aplikacija i servisa. Istovremeno nastaje Cloud computing kao novi računarski model koji se bazira na grid computing-u koji se sve više ističe kao ključna tehnologija nove generacije platformi za mrežno računarstvo. Na polju obrazovanja, Cloud computing se sve više popularizuje kao osnovno okruženje i plat-

forma nove generacije sistema za elektronsko učenje. U radu je izložen model koji integriše funkcionalnosti Cloud computing-a sa funkcionalnostima Moodle LMS sistema, sa ciljem povećanja kvaliteta nastavnog procesa i procesa učenja.

U prvom odeljku rada diskutuje se o konceptima Cloud computing-a, servisima i modelima isporuke cloud servisa. U drugom delu se razmatraju mogućnosti primene Cloud computing-a u obrazovanju i analiziraju najznačajniji radovi u domenu primene koncepta Cloud computinga u elektronskom učenju. Treći deo rada posvećen je modelu Moodle VCL sistema, koji integriše funkcionalnosti sistema za elektronsko učenje sa funkcionalnostima cloud-a virtualne računarske laboratorije i mogućim unapređenjima ovog modela, kojim se mogu obogatiti cloud servisi koji se kroz model obezbeđuju i pružiti nove funkcionalnosti za krajnje korisnike. Poslednji odeljak rada posvećen je zaključnim razmatranjima.

## 1. CLOUD COMPUTING : KONCEPTI, SERVISI I MODELI ISPORUKE SERVISA

Ubrzani razvoj tehnologija obrade i skladištenja podataka, kao i uspeh Internet mreže, doveli su do toga da su računarski resursi postali jeftiniji, dostupniji i boljih performansi nego ranije. Ovakav tehnološki trend omogućio je realizaciju novog

računarskog modela nazvanog Cloud computing, u kojem se resursi (CPU, skladište, aplikacije, okruženja za razvoj aplikacija i dr.) obezbeđuju korisnicima na bazi njihovih zahteva, kao servisi koji se pružaju putem Interneta. U ovom smislu, cloud se može posmatrati kao skalabilna infrastruktura koja se sastoji od "kolekcije povezanih i virtualizovanih računara koji su stavljeni na raspolaganje korisnicima i prezentvani kao jedan ili više unificiranih računarskih resursa" [2], koja podržava i povezuje različite Cloud computing servise. Računarski cloud je "skup mrežnih servisa koji obezbeđuje skalabilne, QoS garantovane, personalizovane, troškovno nezahtevne računarske platforme, na zahtev korisnika, kojima se može pristupiti na jednostavan način, u bilo koje vreme i sa bilo kog mesta"[3]. Klijenti koji su korisnici servisa cloud-a koriste dostupne računare ili bilo koji drugi uređaj sa pristupom Internetu radi korišćenja resursa cloud-a.

Osnovne state-of-the-art tehnologije na kojima se bazira Cloud computing su virtualizacija, koja omogućava kreiranje fleksibilnih i skalabilnih računarskih platformi, Web servisi i servisno orjentisana arhitektura (eng. Service Oriented Architecture, SOA) za održavanje cloud servisa, čime se obezbeđuje dostupnost za različite distribuirane platforme, pristup sa različitih mreža i distribuirano skladištenje za potrebe world-wide pristupa [4]. Virtualizacija predstavlja ključnu komponentu u arhitekturi Cloud computing-a, pošto omogućava nezavisnost softverskih sistema na sistemskom nivou od konkretnih implementacija hardverske infrastrukture. Virtualizacija podrazumeva metodologiju podele računarskih resursa u više izvršnih okruženja i/ili udruživanja više manjih resursa u jedno okruženje, primenjujući jedan ili više različitih koncepata ili tehnologija kao što su: podela softvera, time-sharing, parcijalna ili kompletna simulacija hardvera, emulacija i drugo, sa ciljem razdvajanja logičkog interfejsa od fizičkih resursa. Primenom koncepta virtualizacije moguć je razvoj IT infrastrukture kod koje su resursi grupisani, upotrebljavaju se na zahtev, u onoj meri u kojoj su potrebni i u svim potrebnim kombinacijama da bi se zadovoljile dinamične potrebe aplikacija, korisnika ili poslovnih procesa i u horizontalnom i u vertikalnom smislu [5].

Ključne funkcionalnosti Cloud computing-a su :

- *Deljivi resursi* - provajder infrastrukture obezbeđuje bazu računarskih resursa koja se može dinamički dodeljivati većem broju korisnika resursa, čime se obezbeđuje provajderima infrastrukture veća fleksibilnost u upravljanju upotrebom resursa i omogućava redukcija operativnih troškova.
- *Višestruko upravljanje cloud-om* -Cloud computing omogućuje kohabitaciju servisa različitih provajdera. Višeslojna arhitektura Cloud computing-a omogućava prirodno deljenje odgovornosti u upravljanju na način da se vlasnik određenog sloja fokusira na specifične ciljeve koji su vezani za dati sloj [6].
- *Geografska distribucija i sveprisutni servisi* - cloud obično koristi Internet kao mrežu za isporuku servisa čime se omogućava da svaki uređaj povezan na Internet ima mogućnost pristupa servisima cloud-a. Kako bi se obezbedile visoke mrežne performanse i lokalizacija, većina

današnjih cloud-a obuhvata grupe geografski distribuiranih data centara.

- *Orijentacija na servise* – Cloud computing primenjuje servisni model rada, te stavlja snažan naglasak na upravljanje servisima. Cloud provajderi obezbeđuju servise korisnicima u skladu sa SLA (Service Level Agreement) koji je dogovoren sa korisnicima.
- *Dinamično obezbeđivanje resursa* – resursi se obezbeđuju u skladu sa tekućom potražnjom za resursima, čime se redukuju operativni troškovi.
- *Naplata zavisno od stepena upotrebe računarskih resursa*. Konkretan sistem naplate može varirati zavisno od provajdera i servisa koji se obezbeđuje.

Zavisno od tipova servisa koji se pružaju krajnjim korisnicima razlikuju se tri osnovna cloud modela:

- **Infrastruktura kao servis** (eng. Infrastructure as a Service, **IaaS**) gde se korisnicima obezbeđuju hardverski resursi zajedno sa servisima za upravljanje hardverskom infrastrukturom. IaaS servisni model je rezultat ubrzanog napretka u domenu hardverske virtualizacije, IT automatizacije i sistema merenja/naplaćivanja korišćenja servisa. U kontekstu ovog modela cloud-a od posebnog značaja je hardverska virtualizacija, odnosno koncept virtualne mašine (eng. virtual machine, VM) koja predstavlja softversku implementaciju mašine ( npr. računara) koja se izvršava na realnoj host mašini i izvršava programe na isti način kao i fizička mašina. U vezi sa konceptom virtualne mašine je i koncept imidža virtualne mašine koji predstavlja fajl određenog formata (koji obično zavisi od hipervizora na kome se izvršavaju virtualne mašine) koji sadrži sve potrebne podatke o okruženju koje treba da bude podignuto na instanci virtualne mašine.

Korisnici IaaS servisa koriste sopstveni softver na obezbeđenim virtualnim mašinama koje kontrolišu i kojima upravljaju. Sa aspekta cloud provajdera, IaaS omogućava racionalnije korišćenje raspoložive hardverske infrastrukture i obezbeđuje sigurnije okruženje za izvršavanje aplikacija koje korisnici postavljaju. Sa aspekta korisnika, upotreba IaaS servisa sa sobom nosi redukovanje troškova administracije IT infrastrukture uključujući i smanjivanje kapitalnih troškova vezanih za nabavku nove računarske opreme.

Razlikuju se dve osnovne grupe proizvoda koje obezbeđuju IaaS servisni model. Proizvodi prve grupe objedinjuju fizičku infrastrukturu, sistem upravljanja infrastrukturom i sistem upravljanja interfejsom, što je generalno slučaj kod eksterno hostovanih IaaS provajdera kao što su Amazon, GoGrid, Joyent, Rackspace i drugi, koji poseduju velike data centre i daju pristup njihovoj računarskoj infrastrukturi putem IaaS pristupa. Ostala rešenja obuhvataju samo sloj interfejsa i servise upravljanja infrastrukturom, a implementiraju se na infrastrukturi korisnika ili na infrastrukturi drugih IaaS provajdera ( npr. OpenNebula, Eucalyptus, Elastra, kao i IBM, Microsoft, VMWare IaaS rešenja).

- **Platforma kao servis** (eng. Platform as a Service, **PaaS**) gde se korisnicima obezbeđuje cloud platforma za razvoj, izvršavanje, testiranje, održavanje aplikacija, odnosno

podrška za sve faze životnog ciklusa razvoja aplikacije. Ovaj servisni model uključuje upotrebu infrastrukture (serveri, mreže, skladištenje, operativni sistemi, middleware) nad kojom korisnici nemaju kontrolu pošto je sa aspekta korisnika apstrahovana na nivou ispod platforme. Uopšteno, ono po čemu se razlikuju IaaS i PaaS servisni model je middleware i izvršno okruženje koje se u okviru PaaS modela dostavlja korisnicima kao servis i nad kojim korisnici nemaju kontrolu. Middleware je zadužen za upravljanje resursima i skaliranje aplikacija (na zahtev ili automatski). Sa aspekta korisnika middleware obezbeđuje interfejs, u vidu interfejsa baziranih na Web-u, programerskih API-ja (eng. Application Programming Interface) ili biblioteka, koji omogućavaju programiranje i razvoj aplikacija na cloud-u.

PaaS proizvodi su specijalizovani za određeni domen aplikacije i zavisni od programskih jezika. Specifični model razvoja aplikacije određuje interfejs koji se prikazuje korisniku. Pojedine implementacije obezbeđuju interfejs baziran na Web-u koji se hostuje na cloud-u uz niz drugih servisa. Postoje integrisana razvojna okruženja bazirana na 4GL i konceptima vizuelnog programiranja ili konceptima evolutivno - prototipskog modela razvoja softvera. Druge implementacije obezbeđuju kompletan objektni model za reprezentaciju aplikacija i pristup baziran na programskim jezicima.

PaaS servisni model ima najraznovrsnije implementacije u smislu obuhvata servisa i činjenice da li se uz middleware obezbeđuje i hardverska infrastruktura uz sistem za upravljanje infrastrukturom. U Tabeli 1 je prikazana klasifikacija PaaS servisnih modela.

Tabela 1: Klasifikacija PaaS servisnih modela, prema [7].

Kategorija	Opis	Tip proizvoda	Proizvodi
PaaS - I	Razvojno okruženje sa razvojnom platformom koja se hostuje na web-u.	Middleware + infrastruktura	Force.com, Longjump
PaaS - II	Izvršno okruženje za skaliranje Web aplikacija. Izvršno okruženje se može proširiti dodatnim komponentama sa funkcionalnostima skaliranja.	Middleware + infrastruktura	Google AppEngine, Heroku
		Middleware	AppScale, Engine Yard
PaaS - III	Middleware i model programiranja za razvoj distribuiranih aplikacija u cloud-u.	Middleware + infrastruktura	Microsoft Azure
		Middleware	Cloud IQ, Manjsoft Aneka, SaaSGrid, DataGrid

- **Softver kao servis** (eng. Software as a Service, **SaaS**) gde se korisnicima omogućava rad na gotovim aplikacijama koje su postavljene na cloud infrastrukturu, pri čemu se jedna instanca softvera koristi od strane većeg broja korisnika. Korisnici ovog servisa nemaju kontrolu nad infrastrukturom, niti nad aplikacionom platformom. SaaS stavlja korisnicima na raspolaganje različite servise poput ERP sistema, CRM sistema, tehnologija kolaboracije, Web konferencija, e-mail servisa i drugo.

Prethodno definisani servisni modeli mogu da se implementiraju u sledećim oblicima:

- 1. Javni cloud** je u vlasništvu provajdera cloud servisa. Sa strukturalnog aspekta, u pitanju su distribuirani sistemi, najčešće Data centri koji obezbeđuju servise koje cloud nudi. Osnovna prednost javnog cloud-a u odnosu na privatni, proizilazi iz njegove veličine koja omogućava jednostavno skaliranje resursa prema tekućim zahtevima za resursima. Korisnici ovakvog cloud-a, sa druge strane, usrkaćeni su troškova i obaveza vezanih za nabavku, instalaciju i održavanje računarskih resursa koje kroz cloud koriste.
- 2. Privatni cloud** se bazira na privatnoj infrastrukturi čime se omogućava da se ključne poslovne operacije i dalje čuvaju interno. Neke od ključnih prednosti primene infrastrukture privatnog cloud-a su: zaštita podataka o korisnicima i sistemu kao i usaglašenost sa postojećim procedurama i operacijama. Posmatrano u odnosu na javni ili hibridni cloud, međutim, privatni cloud ima ograničenu sposobnost da se elastično skalira u skladu sa zahtevima i potražnjom za resursima. Zavisno od servisa koji se kroz cloud nude razlikuje se i broj slojeva, kao i konkretni proizvodi koji se u okviru pojedinih slojeva mogu koristiti u arhitekturi privatnog cloud-a.
- 3. Hibridni cloud** omogućava korišćenje interne IT infrastrukture koja može da se po potrebi proširuje kroz obezbeđivanje eksternih resursa. U pitanju je heterogeni distribuirani sistem u kojem privatni cloud integriše resurse ili servise jednog ili više javnih cloud-a. Primeri proizvoda koji uključuju mogućnosti integracije sa eksterno hostovanim cloud-ima su OpenNebula za IaaS servisni model i Aneka za PaaS servisni model.
- 4. Cloud zajednice** predstavlja podkategoriju privatnog/hibridnog modela isporuke servisa i omogućava korišćenje infrastrukture cloud-a od strane više organizacija koje dele zajedničke interese (misiju, sigurnost, poslovnu politiku i dr.). Primer ovakvog cloud-a bi bio cloud za naučna istraživanja gde više različitih organizacija koristi istu infrastrukturu radi izvođenja naučno – istraživačkih projekata.

## 2. CLOUD COMPUTING U OBRAZOVANJU

Uvećavanjem broja studenata, obrazovnih sadržaja, studijskih programa, servisa koji se nude studentima, dimenzije IT infrastrukture obrazovnih ustanova rastu eksponencijalnom brzinom. Istovremeno, obrazovne ustanove karakteriše atipična upotreba IT resursa sa različitom dinamikom potražnje u različitim vremenskim periodima. U tipičnom akademskom scenariju, računarske laboratorije i serveri mogu biti preopterećeni naročito krajem semestra, a neiskorišćeni tokom ispitnih rokova, neradnim danima ili noću. Pribavljanje novih računarskih resursa radi zadovoljenja zahteva vezanih za periode uvećane potražnje istovremeno vodi ka nedovoljnom iskorišćavanju resursa u preostalim periodima. Pod ovakvim okolnostima, primena adekvatnog sistema upravljanja računarskim resursima radi optimizacije njihovog korišćenja je imperativ svake obrazovne ustanove. Funkcionalnosti Cloud computing paradigme izlaze u susret izazovima u domenu upravljanja IT resursima obrazovnih ustanova.

Cloud servisi se mogu koristiti u obrazovnim ustanovama kako bi se obezbedio novi nastavni model i model učenja. Izgradnja dobrog Cloud computing obrazovnog okruženja, omogućava iskorišćavanje svih potencijala Cloud computinga u obrazovnom okruženju i koristi Cloud computing kao sredstvo za efektivnije učenje studenata [8]. Kako bi se pružila adekvatna podrška nastavnom procesu kroz SaaS servisni model se studentima i nastavnicima može obezbediti pristup programima i paketima (npr. SPSS, Office, Adobe proizvodi itd), opštim cloud servisima (Google Docs, e-mail, SharePoint itd.) ili namenskim obrazovnim servisima koje razvija sama obrazovna ustanova i stavlja ih na raspolaganje studentima i nastavnicima. Na PaaS nivou, studentima je moguće obezbediti platformu za razvoj i testiranje aplikacija u okviru zadataka na pojedinim predmetima ili istraživačkim projektima, koju mogu koristiti u toku izvođenja nastave ili u periodima kada se ne izvodi nastava. Kroz IaaS servisni model, studentima se mogu staviti na raspolaganje konfigurisane virtualne mašine sa instaliranim operativnim sistemom koje studenti mogu koristiti sa bilo kog mesta u bilo koje vreme u vidu resursa koje koriste u postupku obrazovanja. Prethodni servisi kojima se obogaćuju nastavni sadržaji i unapređuju uslovi rada u obrazovnom procesu, se mogu integrisati u postojeći sistem elektronskog učenja, kako bi se centralizovale aktivnosti vezane za izvođenje nastavnog procesa i procesa učenja, što je i predmet ovog rada.

Mogućnosti primene Cloud computing-a i tehnologija virtualizacije u nastavi, danas ipak, nisu u dovoljnoj meri iskorišćene. U najvećem broju slučajeva kao platforma za elektronsko učenje koristi se LMS, a najčešće Moodle LMS, PHP aplikacija otvorenog koda za kreiranje modularnih kurseva baziranih na Internet-u. Servisi koji se obezbeđuju kroz LMS se mogu grupisati u sledeće kategorije: obrazovni servisi (poput pretrage i preuzimanja sadržaja, servisa za postavljanje sadržaja, servi-

sa za testiranje i drugo), komunikacioni servisi (kao što su Instant messaging, chat, forum, E-mail), servisi podrške (poput notifikacija, izveštavanja, podrške korisnicima) i infrastrukturni servisi (autentifikacija, autorizacija, upravljanje logovima, konfiguracija itd). Uprkos tome što LMS sistemi obezbeđuju čitavu lepezu servisa, ovi sistemi danas, ipak, ne integrišu u dovoljnoj meri cloud servise, posebno na IaaS i PaaS nivou.

Kao alternativa upotrebi IaaS i PaaS cloud servisa, u praksi se često koriste imidži virtualnih mašina koji se ne izvršavaju na cloud-u, već lokalno na računarima korisnika ili školskim računarima, primenom softvera za Desktop virtualizaciju i koji nisu povezani direktno sa samim LMS sistemom. U ovom slučaju studenti izvršavaju virtualne mašine na računarima sa instaliranim softverom za virtualizaciju i pošto završe zadatak, dostavljaju virtualni imidž sa zadatkom na različite načine, putem CD-a, elektronske poruke ili postavljenjem imidža virtualne mašine na LMS sistem, nakon čega profesor može da oce- ni zadatak. Očigledan nedostatak ovog pristupa proizilazi iz činjenice da imidži virtualnih mašina mogu biti veliki fajlovi (najčešće veći od 3Gb) te je neophodna adekvatna Internet konekcija za njihovo prosljeđivanje i značajan memorijski prostor za njihovo čuvanje, što se naročito manifestuje kao problem, ukoliko se imidži čuvaju na serveru LMS sistema. Usaglašenost platformi za izvršavanje virtualnih imidža uz potrebu za instaliranjem namenskog softvera za Desktop virtualizaciju je još jedan od problema ovog pristupa.

### 2.1. Prethodni radovi u domenu primene Cloud computing-a u elektronskom učenju

Različiti aspekti primene Cloud computing-a u elektronskom učenju bili su predmet impozantnog broja naučnih studija teorijskog ili aplikativnog karaktera. Najveći broj radova

Tabela 2: Pregled istraživačkih radova koji su se bavili sistemima za elektronsko učenje koji se baziraju na cloud-u.

Rad	Vrsta cloud-a			Servisni model			Integracija sa LMS-om	Integracija sa Moodle LMS-om
	Privatni	Javni	Hibridni	IaaS	PaaS	SaaS		
Malan, D. (2010)[9]		☑		☑				
Zhao, J., & Forouraghi, B. (2010) [10]		☑		☑			☑	☑
Ceraj, I., Riley, J., & Shubert, C. (2009) [11]		☑			☑			
Sultan, N. (2010) [12]		☑				☑		
Herrick, D. (2009) [13]		☑				☑		
Vaquero, L.M. (2011) [14]		☑		☑	☑			
Costanzo, A., Assuncao, M., & Buyya, R. (2009) [15]	☑			☑				
Dong, B., Zheng, Q., Qiao, M., Shu, J., & Yang, J. (2009) [16]	☑			☑				
Wenhong, T., Sheng, S., & Guoming, L. (2010) [17]	☑				☑			
Despotović-Zrakić, M., Simić, K., Labus, A., Milić, A., & Jovanić, B. (2013) [18]	☑				☑		☑	☑
Vouk, M., Averitt, S., Bugaev, M., Kurth, A., Peeler, A., Shaffer, H., Thompson, J. (2008). [19]	☑				☑	☑		
Rajam, S., Cortez, R., Vazhenin, A., & Bhalla, S. (2010) [20]	☑					☑	☑	
Doelitzscher, F., Sulistio, A., Reich, A., Kuijs, H., & Wolf, D. (2011) [21]			☑	☑	☑	☑	☑	

koji se bazirao na konceptualnom pristupu bavio se istraživanjem benefita koji se mogu ostvariti primenom Cloud computing-a u elektronskom učenju, mogućnostima za isporuku novih vidova servisa e-učenja primenom ovog koncepta, specifičnostima primene Cloud computing-a u elektronskom učenju, tehničkim mogućnostima kao i modelima moguće infrastrukture Cloud computing-a za elektronsko učenje. Iako su ovi radovi značajni sa aspekta njihovog doprinosa obogaćivanju saznanjog fonda u oblasti, s obzirom na njihovu teorijsku prirodu, neće biti obuhvaćeni datim pregledom, već samo oni koji su kao predmet imali postojeće implementacije sistema za elektronsko učenje koje se baziraju na Cloud computing tehnologiji. Radovi ove kategorije, grupisani su zavisno od vrste cloud-a, servisnog modela na cloud-u baziranog sistema za elektronsko učenje, podržane integracije sa nekim LMS sistemom i konkretno sa Moodle LMS-om (Tabela 1).

Veliki broj univerziteta u svetu obezbeđuje servise elektronskog učenja svojim studentima koristeći eksterno hostovani javni cloud. U [9] predstavljen je primer kursa računarskih nauka koji se izvodi na Harvard Fakultetu, koji je realizovan u okviru javnog cloud-a. Razvijen je klaster virtualnih mašina koristeći Amazon Elastic Compute Cloud (EC2), koji je koristilo 330 studenata. U [10] je prikazan pristup u kojem se studentima računarskih nauka omogućava pristup interaktivnom i inteligentnom virtualnom laboratorijskom okruženju kroz primenu IaaS modela Cloud computing-a. Ovo virtualno okruženje obuhvata dva modula: modul virtualne laboratorije (VLM) i modul za praćenje studentskog progressa (SP). SP modul prati napredak studenata i obezbeđuje personalizovano vođstvo na bazi performansi studenata korišćenjem apriori Data Mining algoritma. U ovom modelu Moodle obezbeđuje interfejs za rad na udaljenim Amazon EC2 virtualnim mašinama. VLM koristi funkcionalnosti Amazon Web Services API-ja za interakciju sa Amazon cloud-om. U [11] prezentovan je StarHPC, koji nudi PaaS cloud servise studentima koji izučavaju paralelno programiranje. Ovaj model koristi Amazon EC2 za obezbeđenje virtualnih mašina koje se koriste u nastavi. Imidži koje koriste studenti se izvršavaju lokalno kako bi se redukovali troškovi. Pošto studenti završe rad na zadacima imidži se koriste u okviru Amazon EC2 cloud-a radi testiranja. Nastavnici koriste skripte i AMI (eng. Amazon Machine Images) radi upravljanja dinamičkim, udaljenim klasterom koji uključuje iste razvojne pakete obezbeđene na studentskim virtualnim mašinama kao i TightVNC (za obezbeđivanje pristupa udaljenim mašinama) i OpenSSH (za šifrovanu komunikaciju upotrebom SSH protokola). Drugi univerziteta su pak, obezbeđivali raznovrsne servise elektronskog učenja primenom eksterno hostovanih cloud okruženja koja su namenski dizajnirana za potrebe nastave, a koja su prvenstveno usmerena na obezbeđivanje SaaS servisa studentima. Tako je na primer Westminster Univerzitet koristio Google Apps for Education platformu koja obezbeđuje set Google servisa (e-mail, upravljanje dokumentacijom i alate za kolaboraciju) kao podšku u procesima nastave i učenja [12]. Sličan pristup predstavljen je u [13] gde je Colorado State Univerzitet koristio Google Apps for Education.

U [14] prikazan je tok i rezultati studije koja je istraživala u kojoj meri primena cloud tehnologije (IaaS i PaaS servisa)

donosi kvalitativne koristi u nastavi na predmetima koji se tiču računarskih nauka. Korišćene su tri eksperimentalne grupe studenata koje su radile na razvoju jednostavnog servleta. Prva grupa studenata je učila na klasičan način. Studenti ove grupe su samostalno instalirali operativni sistem, podešavali mrežne parametre, definisali sertifikate radi pristupa laboratorijskim mašinama kroz SSH, nakon čega su instalirali Tomcat kako bi započeli rad na razvoju jednostavnog servleta. Druga grupa studenata je instalirala Tomcat. U ovom slučaju korišćena je mreža 5 Amazon EC2 Linux čvorova za obezbeđivanje potrebnih virtuelnih mašina (IaaS). Treća grupa studenata je direktno koristila platformu za razvoj aplikacija (PaaS). Uopšte ni zaključak do kojeg je došla studija je da u slučajevima kada je potrebno fokusirati se na probleme poput razvoja softvera, alogritama i slično, PaaS, koji apstrahuje kompleksnost nižih slojeva je pogodnije rešenje za nastavu. U suprotnom, kada su u pitanju kursevi koji se tiču IT administracije, upravljanja mrežama i slično pogodnija je upotreba IaaS rešenja.

U [15] predstavljeno je okruženje za izvršavanje aplikacija na specifičnoj infrastrukturi koja je nazvana InterGrid. Blue-Sky cloud model [16], razvijen na Xi'an Jiaotong Univerzitetu u Kini, se bazira na virtualizaciji fizičkih mašina i njihovom alociranju prema zahtevima sistema elektronskog učenja. Ovaj model arhitekture sistema elektronskog učenja obuhvata tri sloja: infrastrukturu, sadržaj (web fajl sistem, database sistem i Web servisi) i aplikacije (sistem elektronskog učenja, skladište sadržaja) i četiri modula: monitoring, upravljanje, arbitraža i snabdevanje.

U [17] predstavljen je model za obezbeđivanje PaaS servisa u virtualnoj Cloud computing laboratoriji koji implementira modul za upravljanje korisnicima, modul za upravljanje resursima i modul za upravljanje pristupom. U [18] prikazan je pristup u kome se resursi cloud-a obezbeđuju studentima po sistemu njihove rezervacije za različite kurseve u okviru Moodle LMS sistema koji se koristi na Fakultetu organizacionih nauka, Univerziteta u Beogradu. Kako bi se omogućila integracija razvijena je Web aplikacija koja koristi Web servis za integraciju sa Moodle LMS-om i Web servis za integraciju sa OpenNebula cloud-om. Osnovni doprinos ovog pristupa je da je omogućeno kreiranje sveprisutnog okruženja za učenje koje ne zahteva izmene na postojećem sistemu za adaptivno elektronsko učenje. VCL (Virtual Computing Laboratory) i mogućnosti primene ove cloud platforme u procesu nastave opisane su u [19]. Ovo okruženje omogućava studentima da rezervišu resurse za izvršenje baznih virtualnih imidža ili virtualnih imidža koji obezbeđuju specifična okruženja sa različitim aplikacijama.

Isporuca određenih softverskih aplikacija i servisa za korisnike sistema elektronskog učenja (SaaS) je najčešće korišćeni Cloud computing model. VCL opisan u [19] omogućava studentima pristup različitim kategorijama aplikacija (poput Matlab, Solidworks, Maple itd.) na različitim kursevima. U [20] autori su predstavili cloud model eLC<sup>2</sup> koji omogućava upravljanje zadacima u procesu elektronskog učenja sa ciljem stimulisanja kolaboracije među učesnicima u aktivnostima učenja.

CloudIA (Cloud Infrastructure and Application) opisana u [21] je cloud infrastruktura, razvijena na Hochschule Furtwangen Univerzitetu koja obezbeđuje IaaS, SaaS i PaaS servise studentima. IaaS podsistem omogućava kreiranje virtualnih mašina izborom baznog imidža i softverskih paketa koji se automatski instaliraju u toku procesa kreiranja virtualnih mašina za šta je korišćen Fully Automatic Installation (FAI) servis. PaaS podsistem omogućava studentima da koriste virtualne mašine sa predefinisanim paketima i softverom koji se koristi na kursevima koje pohađaju. SaaS servisi se nude u obliku softvera za kolaboraciju sa nazivom CollabSoft, koji je takođe razvijen na ovom Univerzitetu. Hardverski resursi koje koristi CloudIA obezbeđuju se delom interno kroz privatni cloud Univerziteta, a delom koristeći resurse Amazon EC2 (Amazon Elastic Compute Cloud) javnog cloud-a. Kako bi se obezbedila konzistentnost u radu, virtualni imidži se repliciraju između Amazon S3 i internog skladišta. Amazon S3 čuva templejtove AMI-ja za kontejner servleta sa istim konfiguracionim parametrima kao i virtualne mašine koje su lokalno hostovane.

Analizom relevantnih radova u oblasti, može se konstatovati da rešenja koja se kroz njih predstavljaju imaju značajan doprinos unapređenju procesa elektronskog učenja. Međutim, veoma mali broj radova uključuje integraciju Cloud computing platforme sa postojećim LMS sistemima, koji predstavljaju dominantnu platformu za realizaciju koncepta elektronskog učenja. Razvojem rešenja koje bi proširilo funkcionalnosti LMS sistema na način da uključuje cloud servise, unapredio bi se kvalitet procesa nastave i učenja, minimizirali tranzicioni naponi pri prelasku sa postojeće IT infrastrukture na Cloud computing infrastrukturu i postigla bi se univerzalnost, s obzirom da bi se dato rešenje moglo koristiti na svim onim fakultetima i univerzitetima koji već koriste dati LMS sistem.

### 3. MODEL MOODLE VCL SISTEMA

Model Moodle VCL sistema koristi “prošireni Moodle” kao interfejs za rad sa virtualnim imidžima koji se izvršavaju na virtualnim mašinama u okviru VCL sistema. Kao LMS platforma odabran je Moodle, kao besplatan open-source softver za elektronsko učenje. Moodle je standardni i testirani sistem za elektronsko učenje koji implementira većina fakulteta i univerziteta kako u svetu tako i u Republici Srbiji. Uključuje ekstenzivni set API-ja i Web servisa. Koncept “proširenog Moodle-a” predstavlja centralni deo ovog rada i reprezentuje ideju proširivanja servisa Moodle-a, kroz razvoj namenski dizajniranog Moodle modula (koji je u ovom radu nazvan VCL modul) koji kroz dodatne Web servise treba da omogući integraciju Moodle-a sa VCL sistemom, kroz upravljanje korisničkim zahtevima, obezbeđivanje udaljenog pristupa virtualnim mašinama, upravljanje API zahtevima koji se prosleđuju ka VCL sistemu, upravljanje odgovorima i drugo.

Kao poslovni model cloud-a odabran je privatni cloud. Kroz realizaciju privatnog cloud-a eliminiše se zavisnost od cloud provajdera, a sistem upravljanja cloud-om uključujući i web servise cloud-a može se modifikovati saglasno internim potrebama. Kao cloud platforma koristi se Apache VCL

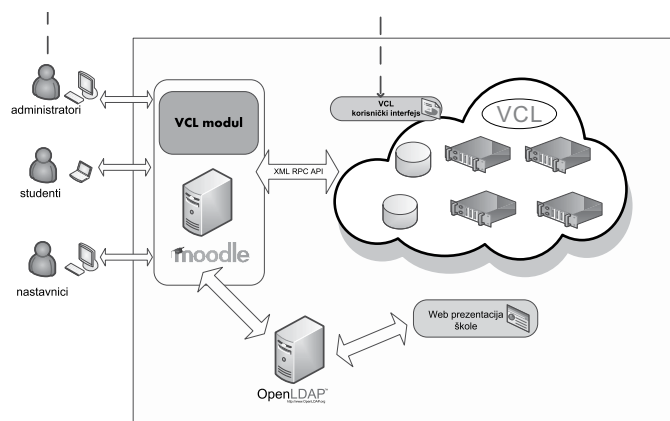
(Virtual Computing Lab), besplatan, open – source softver za upravljanje cloud okruženjem koga karakteriše izuzetna fleksibilnost. Za razliku od drugih besplatnih open-source rešenja, Apache VCL je namenski prilagođen potrebama procesa nastave i učenja kao i potrebama naučno- istraživačkog rada. Sistem je razvijen na North Carolina State Univerzitetu kroz saradnju Fakulteta za inženjering i IBM Virtual Computing korporacije koji su zajedničkim snagama radili na kreiranju rešenja koje treba da reši problem uvećanih potreba za računarskim resursima na fakultetima i univerzitetima [22]. Kao cloud rešenje koje su razvili nastavnici za potrebe nastave, Apache VCL ima niz funkcionalnosti koje su dizajnirane na način da podržavaju proces nastave uključujući: blok rezervacije za časove koji se ponavljaju u ravnomernim vremenskim intervalima; mogućnost nastavnog osoblja da direktno kreira i sačuva virtualne imidže koji se koriste u nastavnom procesu; mogućnosti za integraciju bilo kog sistema za upravljanje identitetima koji koristi obrazovna ustanova; efikasan sistem upravljanja resursima koji minimizira zastoje u pristupu resursima; mapiranje resursa i povezivanje sa privilegijama korisnika koje se može iskoristiti radi povezivanja virtualnih imidža sa kursevima na kojima se koriste; podrška za sva tri servisna modela: IaaS, PaaS i SaaS i drugo. Infrastruktura na kojoj radi VCL može biti raznovrsna i obuhvatiti različite resurse od kompleksnih klastera servera, blokova mašina na kojima su instalirane potrebne aplikacije i middleware, virtualnih mašina hostovanih na različitim hipervizorima pa sve do tradicionalnih računara u računarskim laboratorijama, te se VCL može implementirati u skladu sa potrebama i mogućnostima obrazovne ustanove. Apache VCL je integrisano fleksibilno softversko rešenje koje može da se koristi kao platforma za HPC (eng. High Performance Computing) istraživanja, kao podrška u obezbeđivanju računarskih resursa za izvođenje nastave ili pri obezbeđivanju računarskih resursa kojima studenti mogu pristupiti sa bilo kog mesta i u bilo koje vreme, a koje koriste u procesu učenja. Model Moodle VCL sistema podrazumeva da se Apache VCL implementira uz primenu tehnologije virtualizacije na svim host računarima u VCL mreži.

Fokus modela je usmeren na povezivanje virtualnih imidža sa aktivnostima koje student ima na zadacima u okviru kurseva. Na ovaj način je moguće obezbediti više različitih okruženja u okviru istog kursa, uz istovremenu sinhronizaciju aktivnosti studenata na zadacima sa sistemom vrednovanja zadataka.

**Tabela 3:** Primeri imidža virtualnih mašina koji se mogu koristiti na kursu Internet tehnologije

Softver	Opis
Windows 7, Apache, PHP, MySQL, phpMyAdmin, SQLite	Studenti instaliraju samostalno open – source softver i kreiraju svoju web aplikaciju u okviru zadatka
LAMP(Linux, Apache, MySQL, PHP), phpMyAdmin, SQLite, Varnish, Xdebug, Xcache, Oauth	Kreiranje web aplikacije na Linux platformi
Windows 7, JDK, Eclipse, Android SDK	Kreiranje android aplikacija
Windows 7, Adobe Dreamwaver, Adobe Photoshop	Kreiranje statičnih web sajtova

VCL modul Moodle-a koristi VCL XML RPC API za interakciju sa VCL cloud-om. VCL XML RPC API obuhvata skup funkcija koje se mogu pozivati prilikom upućivanja XML RPC poziva VCL sistemu iz drugih aplikacija. XML – RPC (Remote Procedure Call) je protokol dizajniran za pozivanje metoda aplikacija iz drugih aplikacija koji koristi XML za kodiranje sadržaja i HTTP protokol kao transportni mehanizam. Neke od funkcija VCL API-ja su: XMLRPCgetImage() - funkcija koja vraća imidže kojima korisnik ima pristup, XMLRPCaddRequestWithEnding (\$imageid, \$start, \$end, \$foruser="") - funkcija za rezervisanje resursa za izvršenje određenog imidža za određenog korisnika u određenom periodu, XMLRPCaddImageToGroup (\$name, \$imageid) – funkcija koja dodaje imidž u određenu grupu. Kako bi se realizovale predviđene funkcionalnosti modela i omogućila sinhronizacija aktivnosti na kursevima sa izvršenjem imidža u okviru VCL sistema, biće korišćen niz različitih funkcija VCL API-ja koje se pozivaju putem XML RPC poziva. API je neophodno proširiti dodatnim funkcijama kako bi se omogućile sve funkcionalnosti zahtevane ovim modelom. VCL modul čuva podatke o imidžima po zadacima na kursevima, njihovom korišćenju i njihovim vlasnicima. Identifikatori imidža i njihovih vlasnika moraju biti isti u VCL modulu i VCL sistemu, kako bi se omogućilo povezivanje ova dva sistema. Kako autentifikacija korisnika prilikom prosleđivanja XML-RPC poziva podrazumeva definisanje identifikacionog broja korisnika i njegove šifre na VCL sistemu u HTTP zaglavlju, a predviđeno je da se iz bezbednostnih razloga šifre korisnika razlikuju na Moodle i VCL sistemu, šifre korisnika na VCL sistemu čuvaće se kao dodatni atribut korisnika na OpenLDAP serveru.



Slika 1 - Model Moodle VCL sistema

Celokupna interakcija studenata sa VCL sistemom realizuje se kroz prošireni Moodle. Studenti kroz Moodle mogu da kreiraju sopstveni imidž na zadatku u okviru kursa na bazi templejt imidža koji kreira profesor, da pristupaju virtualnim mašinama koje se izvršavaju u okviru VCL cloud-a (trenutno ili na bazi rezervacije), snimaju izmene na imidžima i predaju imidž u formi urađenog zadatka. Studenti ne koriste VCL web portal ( VCL korisnički interfejs) kako bi upravljali svojim imidžima. Naprotiv, studentima je onemogućeno da pristupaju VCL web portalu koji u ovom modelu koriste isključivo administratori sistema, iz bezbednostnih razloga. Ovo se postiže

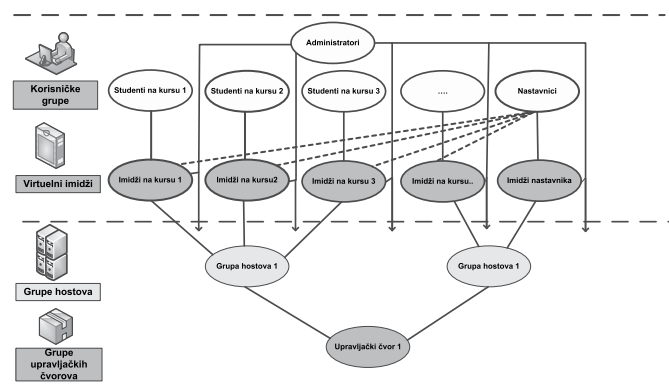
time što se nalozi studenata u okviru Moodle sistema i svih drugih web aplikacija obrazovne ustanove moraju razlikovati u pogledu šifre koja se koristi za pristup korisnika VCL sistemu.

Osnovna ideja modela je da nastavnici kroz Moodle interfejs ili administratori kroz VCL korisnički interfejs kreiraju templejt imidž za svaki zadatak na kursu koji podrazumeva upotrebu resursa virtualne laboratorije i kao vlasnika templejt imidža označavaju grupu studenata na datom kursu. Naime, kako se sistem kreiranja novih imidža u VCL sistemu bazira na upotrebi tzv. baznog imidža, u ovom slučaju dati templejt imidž će se koristiti kao bazni imidž. VCL sistem omogućava dve opcije u vezi sa upotrebom baznih imidža: kreiranje novog imidža na osnovu baznog imidža i ažuriranje baznog imidža. Kako nije poželjno da studenti menjaju jedinstveni templejt imidž potrebno je onemogućiti funkcionalnost editovanja baznog imidža i ograničiti da svaki student može da koristi templejt imidž za kreiranje novog imidža samo jedanput. Pošto student kreira sopstveni imidž za zadatak na osnovu templejt imidža, nadalje u radu na zadatku koristi sopstveni imidž za zadatak. Kada načini izmene na imidžu, potrebno je onemogućiti funkcionalnost kreiranja novog imidža na bazi postojećeg, kako bi se sprečilo opterećivanje sistema velikim brojem virtualnih imidža studenata. Ova ograničenja se realizuju kroz poslovnu logiku VCL modula.

VCL sistem dinamički obezbeđuje resurse na bazi prethodno definisanog mapiranja resursa. Ovo znači da se studentima ne obezbeđuju sopstvene virtualne mašine koje mogu koristiti proizvoljno u bilo kojim vremenskim periodima. Studentima se stavljaju na raspolaganje imidži virtualnih mašina, dok raspoređivanjem imidža i upošljavanjem virtualnih mašina upravlja VCL sistem. U alternativnom scenariju, jedna virtualna mašina bi bila rezervisana za jednog studenta (kloniranjem templejt virtualne mašine koju obezbeđuje profesor) za jedan zadatak na jednom kursu. Imajući u vidu da jedan kurs može imati više zadataka i da jedan student može biti učesnik više kurseva, ovo bi značilo da se najmanje jedan virtualni host dodeljuje jednom studentu. U pristupu koji zastupa ovaj model virtualne mašine u grupi virtualnih hostova može koristiti više korisnika. Dakle, osnovna prednost ovakvog pristupa je što se obezbeđuje racionalizacija u upravljanju računarskim resursima koje koristi cloud.

Prethodno definisani funkcionalni zahtevi sistema podrazumevaju adekvatnu konfiguraciju VCL sistema koji obezbeđuje cloud platformu. Ključni problem koji je na ovom nivou potrebno rešiti kako bi se omogućilo adekvatno upravljanje resursima i realizacija servisa Cloud-a je definisanje grupa resursa, njihovo mapiranje i povezivanje sa privilegijama korisnika. Studenti na određenom kursu se postavljaju kao vlasnička grupa za imidže na datom kursu sa ImageAdmin privilegijom. Posedovanje ove privilegije je neophodno kako bi studenti mogli da kreiraju novi imidž na bazi templejt imidža i da edituju novokreirani imidž tokom rada na zadatku. Korisničkoj grupi nastavnika daje se ImageCheckOut privilegija u odnosu na sve grupe imidža po kursevima na kojima nastavnik učestvuje. Ova privilegija im omogućava da pristupaju virtualnim mašinama sa učitanim imidžima studenata kako bi pratili/

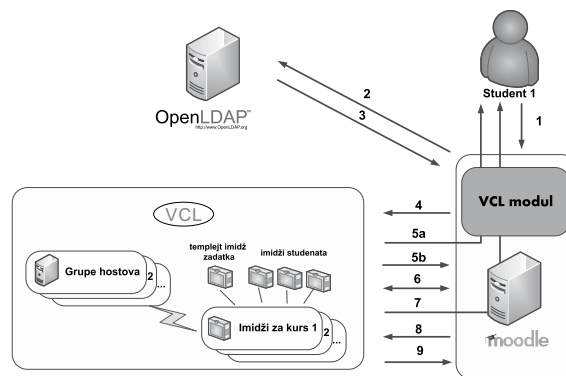
ocenili njihov rad na zadatku, istovremeno ih onemogućavajući da snime bilo kakve izmene na datim imidžima. Grupa nastavnika se postavlja kao vlasnička grupa za grupu imidža nastavnika. Ovi imidži se koriste radi obezbeđivanja resursa za nastavnike i njihov rad tokom kursa. Ni nastavnici ni studenti nemaju privilegije u domenu upravljanja računarima, virtualnim mašinama, upravljačkim čvorovima, stablom privilegija i grupama resursa. Administratorima sistema potrebno je dati sve grupe privilegija kako bi mogli da upravljaju korisnicima, grupama resursa, stablom privilegija i rasporedom. Primer načina mapiranja resursa za upotrebu u proširenom Moodle sistemu prikazan je na Slici 2.



Slika 2 - Primer mapiranja resursa VCL sistema za upotrebu u Moodle LMS-u

OpenLDAP kao open - source softverska implementacija LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) protokola se u prikazanom modelu koristi na polju integracije upravljanja korisnicima Moodle LMS sistema i Web prezentacije obrazovne ustanove. Servis direktorijuma omogućava jedinstvenu tačku pristupa (SSO, Single Sign On) sistemu elektronskog učenja i ostalim servisima koje nudi obrazovna ustanova. Ipak, kako VCL sistemu direktno pristupaju samo administratori i kako je pristup nastavnika i studenata VCL sistemu kroz njegov korisnički interfejs nepoželjan, VCL sistem nije podešen na način da direktno koristi Web servise OpenLDAP-a.

VCL modul vodi evidenciju o imidžima korisnika na zadacima u okviru kurseva, čime se omogućava pozivanje funkcija VCL API-ja radi izvršavanja potrebnih imidža sa istim identifikatorom u VCL sistemu. Da bi se omogućio pristup virtualnoj mašini na kojoj se izvršava imidž studenta potrebno je da se u zahtevu koji se šalje VCL sistemu definišu identifikator imidža, identifikator studenta i njegova šifra na VCL sistemu, kako bi VCL mogao da proveri privilegije korisnika u odnosu na dati imidž, pronađe dati imidž i odredi grupu resursa na kojem imidž može da se izvršava, kao i vreme kada se zahteva izvršenje imidža (trenutno ili u budućem periodu gde se navode tačan datum, vreme početka korišćenja i period u kome će se koristiti imidž). Obratno, kada VCL sistem generiše novi imidž, u slučaju kada student koristi templejt zadatka za kreiranje sopstvenog imidža ili nastavnik generiše templejt imidž, potrebno je zahtevati povratnu informaciju o identifikatoru imidža koji se potom upisuje u Moodle bazu podataka.

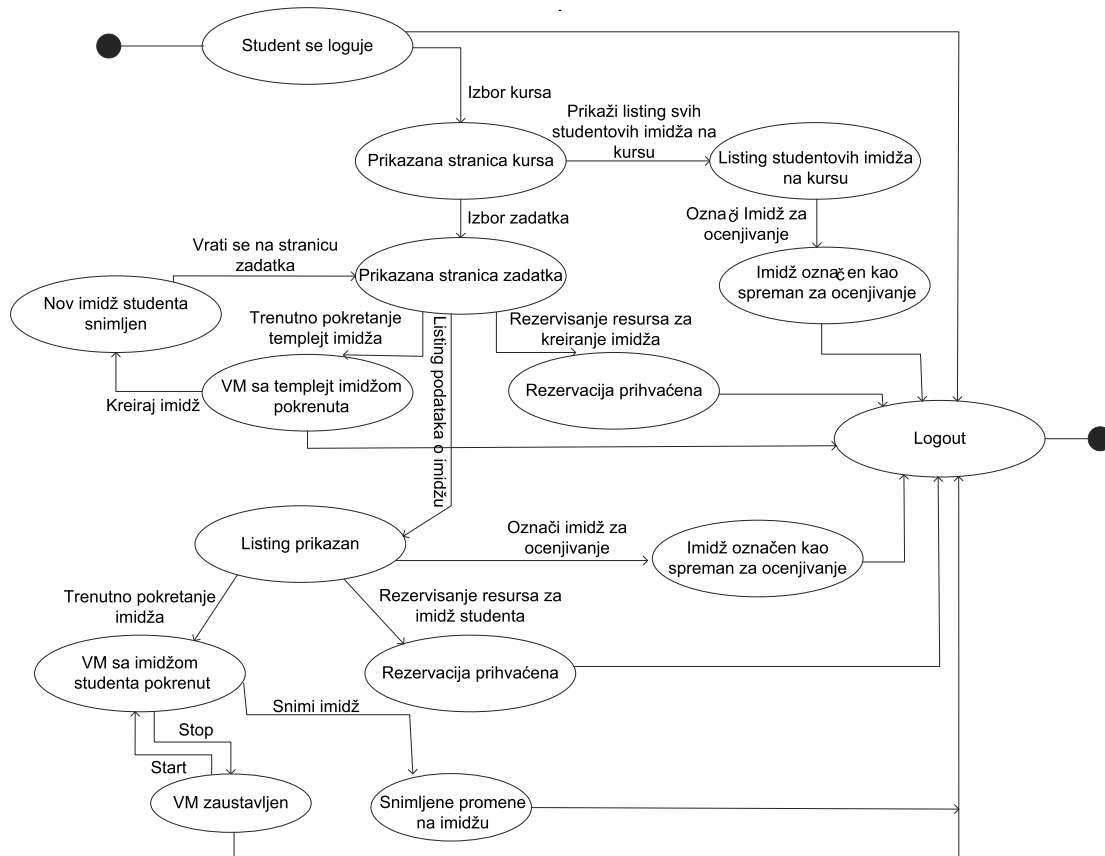


Slika 3 - Komunikacija između elemenata modela prilikom kreiranja virtualnog imidža za studenta

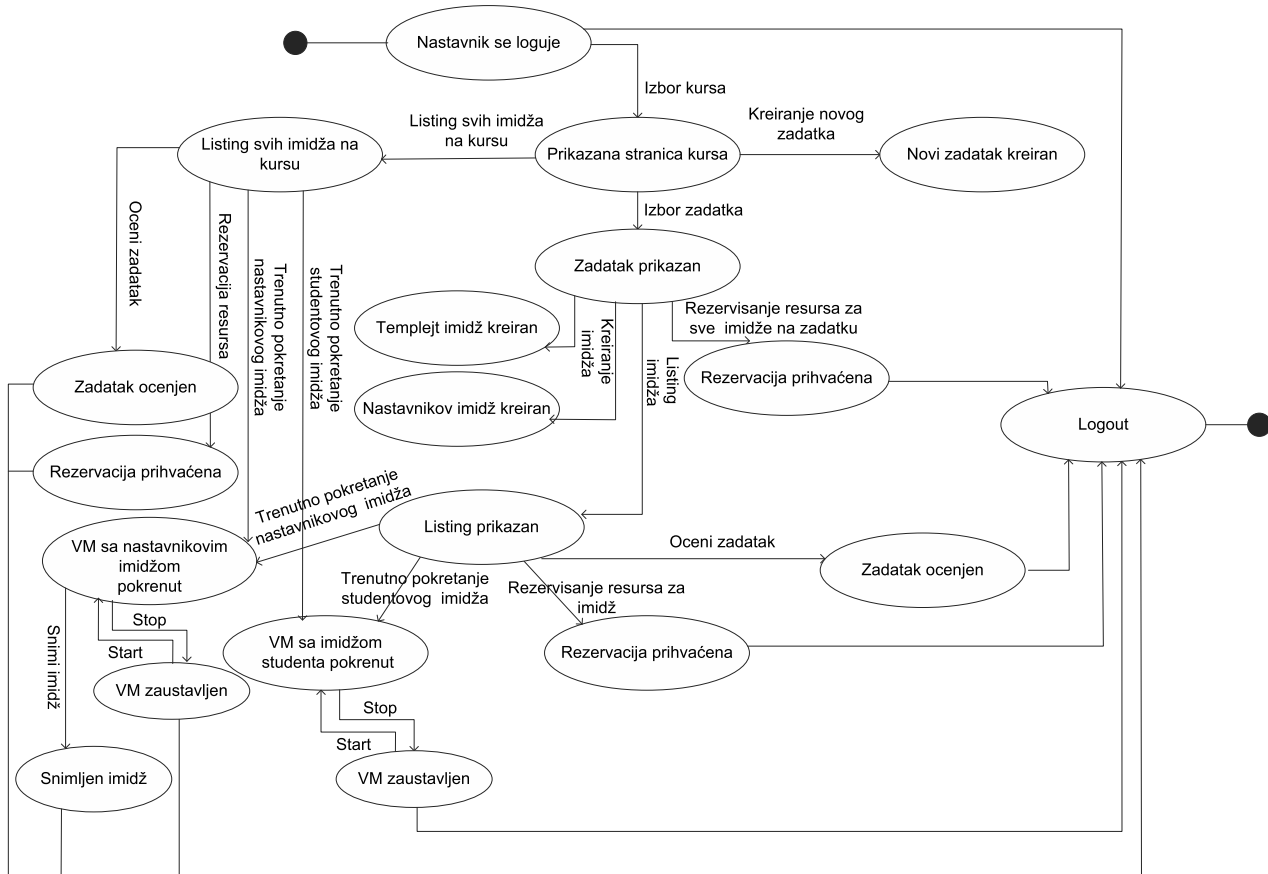
Komunikacija između osnovnih komponentenata predloženog modela prikazana je na primeru opšteg slučaja korišćenja sistema od strane studenta u slučaju kada student po prvi put koristi templejt imidž za zadatak i bira da se njegov sopstveni imidž kreira trenutno, može se opisati kroz sledeće korake:

1. Student1 pristupa Moodle LMS login stranici koristeći Web browser i unosi korisničko ime i šifru,
2. Moodle LMS je podešen tako da koristi LDAP autentifikaciju,
3. LDAP server vraća rezultat autentifikacije Moodle-u i vrednost atributa šifra na VCL sistemu,
4. Nakon uspešnog logina na Moodle, student pristupa adekvatnom kursu i stranici zadatka. Student bira opciju za trenutno kreiranje virtualnog imidža za zadatak. VCL modul šalje zahtev VCL sistemu koji sadrži identifikacioni broj studenta, šifru studenta za pristup VCL sistemu, identifikacioni broj templejt imidža uz parametar o vremenu pristupanja sa vrednošću: trenutno. Kako je VCL modul registrovao da se radi o templejt imidžu, uz prethodno, šalje se zahtev da se onemogući snimanje promena pod istim imidžom, već da se u slučaju snimanja kreira novi imidž za datog studenta. Za ove namene može se koristiti VCL API funkcija sa nazivom XMLRPCaddRequest(\$imageid, \$start, \$length, \$foruser="").
- 5.a. VCL sistem pronalazi identifikacioni broj studenta, pronalazi grupu imidža kojoj pripada templejt imidž, upoređuje privilegije korisnika u odnosu na grupu imidža, proverava podsistem rezervacija kako bi se ustanovile postojeće rezervacije za grupu resursa koju koristi grupa imidža. Kako bi se izbegli mogući zastoji u pokretanju virtualnih mašina poželjno je da predmetni nastavnik prethodno rezerviše potrebne resurse za termin kada se studenti upoznaju sa zadatkom na predmetu. Ukoliko su svi resursi na kojima se može podići virtualni imidž zauzeti sistem generiše poruku o zauzetosti resursa sa predloženim vremenom kada će resursi biti raspoloživi, koja se prosleđuje VCL modulu i prikazuje korisniku.
- 5.b. Ukoliko postoje slobodni resursi VCL sistem prosleđuje odgovor VCL modulu da je imidž aktiviran na virtualnoj mašini sa drugim relevantnim parametrima vezanim za uspostavljanje RDP konekcije ka datoj virtualnoj mašini. VCL sistem prosleđuje templejt virtualni imidž na izvršavanje u okviru definisane grupe hostova za datu grupu imidža.





Slika 4 - Logika upotrebe aplikacije sa aspekta studenta



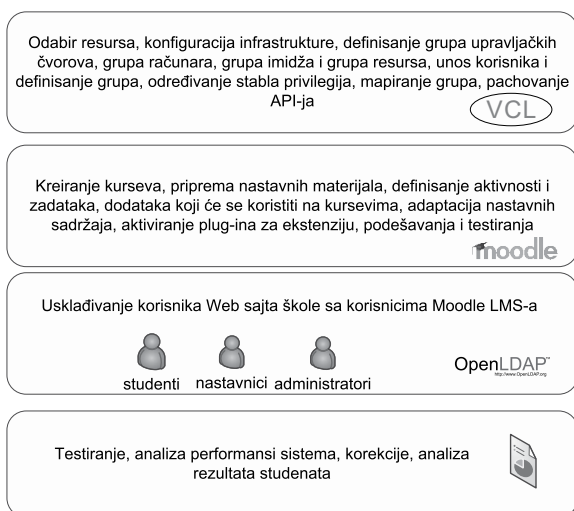
Slika 5 - Logika upotrebe aplikacije sa aspekta nastavnika

6. VCL modul pregovara o uspostavljanju sigurne RDP konekcije između korisnikovog browsera i virtualne mašine na kojoj je postavljen templejt. Za ove namene može se koristiti funkcija VCL API-ja XMLRPCgetRequestConnectData(\$requestid, \$remotelP).
7. VCL sistem omogućava pristup virtualnoj mašini sa učitanim templejt imidžom datom studentu kroz Moodle interfejs. Otvara se novi tab na browseru za pristup virtualnoj mašini sa učitanim templejt imidžom.
8. Student koristi sve funkcionalnosti virtualne mašine, može da pauzira i ponovo startuje konekciju ka virtualnoj mašini i kada završi i klikne taster za kreiranje imidža, novi imidž u okviru grupe- Imidži na kursu n, će biti kreiran. VCL modul registruje period trajanja RDP konekcije i šalje zahtev ka VCL sistemu u kome se potrebuje identifikacioni broj kreiranog imidža.
9. VCL sistem nakon registracije imidža u sopstvenoj bazi prosleđuje identifikacioni broj novokreiranog imidža. VCL modul sada može da registruje novi imidž za datog korisnika i određeni zadatak.

Redosled koraka i njihova sadržina su isti u slučaju kada korisnik koristi sopstveni imidž, s tom razlikom da ne važe ograničenja vezana za korišćenje templejt imidža (snimanje promena kao novog imidža i upotreba templejt imidža samo u jednom ciklusu). U ovom slučaju kao ograničenje se postavlja da korisnik na bazi datog imidža ne može kreirati novi imidž već se sve promene evidentiraju kroz ažuriranje postojećeg imidža.

Na Slici 4. i Slici 5. prikazani su dijagrami koji opisuju moguće tokove interakcije korisnika - studenta i nastavnika respektivno, sa proširenim Moodle sistemom na nivou jednog kursa. Dijagrami imaju formu dijagrama stanja mašine, gde se prikazuje sled aktivnosti korisnika i stanja (odgovori) proširenog Moodle sistema koje ove aktivnosti proizvode. Aktivnosti korisnika prikazane dijagramima predstavljaju slučajeve korišćenja proširenog Moodle-a. Dijagramima nisu obuhvaćene one interakcije između korisnika i Moodle sistema koje nisu vezane za upotrebu virtualnih imidža na kursovima, a koje se obezbeđuju kroz klasičan Moodle sistem.

Osnovni zadaci u implementaciji predloženog modela su prikazani na Slici 6.



Slika 6 - Osnovni zadaci na implementaciji predloženog modela

### 3.1. Moguća unapređenja modela

Predloženi model moguće je proširiti tako da obuhvati integraciju sa eksternim cloud platformama poput Amazon EC2 cloud-a. Moguća su dva pristupa u ovom domenu. Prvi pristup bi se bazirao na prilagođavanju VCL sistema u domenu integracije sa Amazon EC2 ili nekim drugim javnim cloudom, gde bi se VCL sistem koristio kao interfejs ka javnom cloud-u. U ovom slučaju upotrebom Amazon Web Service API-ja bi se pozivanje EC2 instanci vršilo direktno iz VCL sistema u trenucima kada ne postoje adekvatni resursi za zadovoljenje aktuelne potražnje za resursima. Prethodno podrazumeva da je potrebno omogućiti repliciranje virtualnih imidža između skladišta VCL sistema i Amazon S3. U drugoj, u implementacionom smislu jednostavnijoj varijanti, eksterno hostovan cloud Amazon EC2 i interno hostovan VCL cloud bi se tretirali kao dva nezavisna cloud okruženja sa različitim domenom upotrebe. Jedan deo kurseva bi pozivao resurse eksternog cloud-a dok bi drugi deo kurseva pozivao resurse interno hostovanog cloud-a.

Model je na sličan način moguće proširiti, tako da obuhvati klasične PaaS servise, integrišući eksterno ili interno hostovan PaaS cloud. Na primer, moguće je obezbediti adekvatnu infrastrukturu za Aneka sistem koji se prvenstveno koristi za razvoj i izvršavanje aplikacija koje koriste .NET okruženje. Aneka obezbeđuje middleware za upravljanje i skaliranje distribuiranih aplikacija i bogat skup API-ja za njihovo razvijanje. Primenom ovog proizvoda bi se obogatilo kvalitet nastavnih sadržaja i procesa koji se izvode elektronskim putem. Studentima bi bili obezbeđeni svi potrebni resursi za izučavanje Cloud computing-a, paralelnog programiranja i razvoj distribuiranih višeslojnih aplikacija. Metod proširivanja predloženog sistema bi se u ovom slučaju svodio na dodavanje Aneka cloud-a postojećem sistemu. Kao i u prethodnim slučajevima, Moodle bi se koristio kao interfejs za pristup servisima Aneka cloud-a. Pored određenih prilagođavanja VCL modula, u ovom slučaju bi se integracija svodila na sinhronizaciju korisničkih naloga na Moodle-u i naloga na Aneka cloud-u, za šta se može koristiti OpenLDAP.

Nadalje, potrebno je raditi na razvoju native mobilne aplikacije za prošireni VCL Moodle koristeći Android mobile OS. Aplikacija treba da omogući sigurnu komunikaciju između mobilnih uređaja i VCL Moodle servera koristeći HTTPS.

## 4. ZAKLJUČAK

Neiscrpane su mogućnosti za obezbeđivanje sve boljih obrazovnih uslova i povezivanja ciljeva učenja sa kompetencijama koje studenti stiču kroz proces nastave i učenja. Ubrzani razvoj informacionih tehnologija u tome, svakako, igra veoma značajnu ulogu. U radu je prikazan način na koji se funkcionalnosti virtualne računarske laboratorije koja se bazira na cloud tehnologiji mogu koristiti u sistemu za elektronsko učenje. Doprinos prikazanog pristupa ogleda se u podizanju kvaliteta procesa obrazovanja, u kojem se studenti i nastavnici fokusiraju na sadržaje zadataka, umesto na obezbeđivanje računarskih resursa potrebnih za rad na zadacima. Nastavnicima je omogućeno da sa bilo

kog mesta i u bilo koje vreme prate i mentorišu rad studenata i da svim zadacima upravljaju jedinstveno koristeći Moodle. Centralizacijom aktivnosti na procesima izvođenja nastave i procesima učenja, odnosno, kreiranjem jedinstvenog portala ka bazi nastavnih sadržaja, procesa i računarskih resursa potrebnih za izvođenje procesa nastave i učenja, stvoreni su uslovi za dalju propagaciju koncepta učenja na daljinu.

## 5. LITERATURA

- [1] Ellis, R. K. (2009). Field Guide to Learning Management Systems. American Society for Training & Development. [Online]. Available at: [http://cgit.nutn.edu.tw:8080/cgit/PaperDL/hclin\\_091027163029.PDF](http://cgit.nutn.edu.tw:8080/cgit/PaperDL/hclin_091027163029.PDF). [Accessed: 05.06.2014].
- [2] Buyya, R., Yeo, C.S., Venugopal, S., Broberg, J., & Brandic, I. (2009). Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility, *Future Gener Comput Systems* 25(6), pp. 599–616.
- [3] Wang, L., Tao, J., Kunze, M., Rattu, D., & Castellanos, A. C. (2008). The Cumulus Project: Build a scientific cloud for a data centre. In *Cloud Computing and its Applications*. Chicago.
- [4] Wang, L., Laszewski, G., Younge, A., He, X., Kunze, M., Tao J, & Fu C., (2010). Cloud computing: a perspective study. *New Generation Computing* 28(2), pp. 137-146.
- [5] Vujin, V. (2012). Model IT infrastrukture za e-obrazovanje, doktorska disertacija, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, pp.34.
- [6] Zhang, Q., Cheng, L., & Boutaba, R. (2010). Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. *Journal of Internet Services and Applications* 1(1), pp. 7–18.
- [7] Buyya, R., Vecchiola S., & Selvi, T. (2013). Mastering Cloud Computing Foundations and Applications Programming, Elsevier, ISBN: 978-0-12-411454-8.
- [8] Ma, H., Zheng, Z., Ye, F., & Tong, S. (2010). The Applied Research of Cloud Computing in the Construction of Collaborative Learning Platform under E-Learning Environment. In *System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization 1*, IEEE, pp. 190-192.
- [9] Malan, D. (2010). Moving CS50 into the cloud. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 25(6), pp. 111-120.
- [10] Zhao, J., & Forouraghi, B. (2010). An Interactive and Personalized Cloud-Based Virtual Learning System to Teach Computer Science, *Advances in Web-based Learning, ICWL 2013 Lecture Notes in Computer Science*, Volume 8167, 2013, pp. 101-110.
- [11] Ceraj, I., Riley, J., & Shubert, C. (2009). StarHPC - Teaching Parallel Programming within Elastic Compute Cloud, *Proceedings of the ITI 2009 31st Int. Conf. on Information Technology Interfaces*, June 22-25, 2009, Cavtat, Croatia.
- [12] Sultan, N. (2010). Cloud computing for education: A new dawn? *International Journal of Information Management*, 30(2), 101-182.
- [13] Herrick, D. (2009). Google this!: using Google apps for collaboration and productivity. *Proceedings of the 37th annual ACM Special Interest Group on University and College Computing Services (SIGUCCS) fall conference* (pp. 55-64). New York, NY: ACM. doi: 10.1145/1629501.1629513
- [14] Vaquero, L.M. (2011). EduCloud: PaaS Versus IaaS Cloud Usage for an Advanced Computer Science Course. *Education, IEEE Transactions on* 54(4), pp. 590 – 598.
- [15] Costanzo, A., Assuncao, M., & Buyya, R. (2009). Harnessing cloud technologies for a virtualized distributed computing infrastructure. *IEEE Internet Computing*, 13(5), pp. 24-33.
- [16] Dong, B., Zheng, Q., Qiao, M., Shu, J., & Yang, J. (2009). *BlueSky Cloud Framework: An E-Learning Framework Embracing Cloud Computing*, In: Jaatun, J., Zhao, M.G. & Rong, C. (eds.) *Cloud Computing Lecture Notes in Computer Science*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 577-582.
- [17] Wenhong, T., Sheng, S., & Guoming, L. (2010). A framework for implementing and managing platform as a service in a virtual cloud computing lab. In Z. Hu, Z. Ye (Eds.), *The Second International Workshop on Education Technology and Computer Science* (pp. 273-276). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society.
- [18] Despotović-Zrakić, M., Simić, K., Labus, A., Milić, A., & Jovanić, B. (2013). *Scaffolding Environment for Adaptive E-learning through Cloud Computing*, *Educational Technology & Society*, 16 (3), pp. 301–314.
- [19] Vouk, M., Averitt, S., Bugaev, M., Kurth, A., Peeler, A., Shaffer, H., & Thompson, J. (2008). “Powered by VCL” - Using Virtual Computing Laboratory (VCL) Technology to Power Cloud Computing. *Proceedings of the 2nd International Conference on Virtual Computing*, pp. 1-10.
- [20] Rajam, S., Cortez, R., Vazhenin, A., & Bhalla, S. (2010). E-Learning Computational Cloud (eLC2): Web services platform to enhance task collaboration. In O. Hoerber, Y. Li & X. J. Huang (Eds.), *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology* (pp. 350-355). Toronto, Canada: Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society.
- [21] Doelitzscher, F., Sulistio, A., Reich, A., Kuijs, H., & Wolf, D. (2011). Private cloud for collaboration and e-Learning services: from IaaS to SaaS. *Computing* 91, pp. 23–42. [Online]. Available at: <http://cs691vrbsky.cs.ua.edu/2012/Papers/Elearning.pdf>. [Accessed: 01.06.2014].
- [22] **The VCL Cookbook**, IBM Global Education, whitepaper. [Online]. Available at: <http://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/en/ebw03004usen/EBW03004USEN.PDF>. [Accessed: 01.06.2014].



**Tijana Matejić**, MA, asistent, Visoka tehnološka škola strukovnih studija – Arandelovac.

**Kontakt:** [tijana.matejic@vtsar.edu.rs](mailto:tijana.matejic@vtsar.edu.rs)

**Oblast interesovanja:** Cloud computing, Elektronsko obrazovanje, Projektovanje informacionih sistema, Kriptografija.



**Dr. Đorđe Mihailović**, Profesor strukovnih studija, Visoka tehnološka škola strukovnih studija – Arandelovac

**Kontakt:** [djordje.mihailovic@vtsar.edu.rs](mailto:djordje.mihailovic@vtsar.edu.rs)

**Oblast interesovanja:** Elektronsko poslovanje, Elektronsko obrazovanje, Internet tehnologije.

