

Cloud Computing u nauci i visokom obrazovanju

UDK: 007:004:001 ; 007:004:378

Vladimir Vujin

Fakultet organizacionih nauka u Beogradu

U ovom radu biće predstavljen model IT infrastrukture sistema za naučno-istraživački rad i elektronsko obrazovanje u visokoškolskoj ustanovi baziran na konceptu cloud computing-a. Cloud computing predstavlja oblast računarstva u kojoj se skalabilni informatički kapaciteti obezbeđuju isporukom usluga putem Interneta. U teorijskom delu predložen je model IT infrastrukture koji je, pored mogućnosti kontrole i bezbednosti podataka, potpuno skalabilan u odnosu na nove zahteve obrazovnih i naučno-istraživačkih aktivnosti. Model u potpunosti podržava nove standarde u ekonomiji računskih centara, "Green IT", tako što optimizuje operativne troškove korisnika za električnu energiju, klimatizaciju i prostor. U praktičnom delu rada opisan je deo sistema za elektronsko obrazovanje Fakulteta organizacionih nauka, studiranje na daljinu, koji je implementiran primenom tehnologije virtualizacije. Ovo rešenje se zasniva na predloženom modelu IT infrastrukture sistema za naučno-istraživački rad i elektronsko obrazovanje.

1. Uvod

Današnji procesi naučno-istraživačkog rada zahtevaju najsavremeniju računarsku opremu kako bi se uspešno obavile aktivnosti u kojima se vrši obrada velikog broja podataka i aktivnosti intenzivnih izračunavanja i ostvarila jednostavna i brza komunikacija između istraživača. Nemogućnost pristupa skupoj računarskoj infrastrukturi i softverskim alatima drži veliki broj istraživača na margini međunarodnih naučnih aktivnosti. Razvojem IT opreme i softverskih alata taj digitalni jaz se svakodnevno produbljuje i javlja se u mnogim oblastima nauke [1].

Sistemi elektronskog obrazovanja visokoškolskih ustanova se sa porastom broja korisnika i njihovim potrebama za novim uslugama i obrazovnim sadržajima suočavaju sa problemima skalabilnosti, pouzdanoći i optimizacije izdvojenih resursa, zahtevima dinamičke konkurentnosti, brzim rastom potreba za resursima skladištenja i sa kontrolom troškova ovakvih sistema. Sve ovo dovodi do toga da su zahtevi za projektovanje i implementaciju arhitekture sistema za elektronsko obrazovanje sve kompleksniji [2][3].

U ovom radu se razmatra mogući pristup za obezbeđivanje pouzdanog i skalabilog računarskog okruženja za naučno-istraživačke i obrazovne procese u visokom obrazovanju uvođenjem koncepta Cloud Computing-a (u daljem tekstu CC) kao tehnološke platforme. Osnovni cilj rada je da se razvije efikasno i isplativo rešenje, korišćenjem postojećih resursa.

2. Teorijske osnove

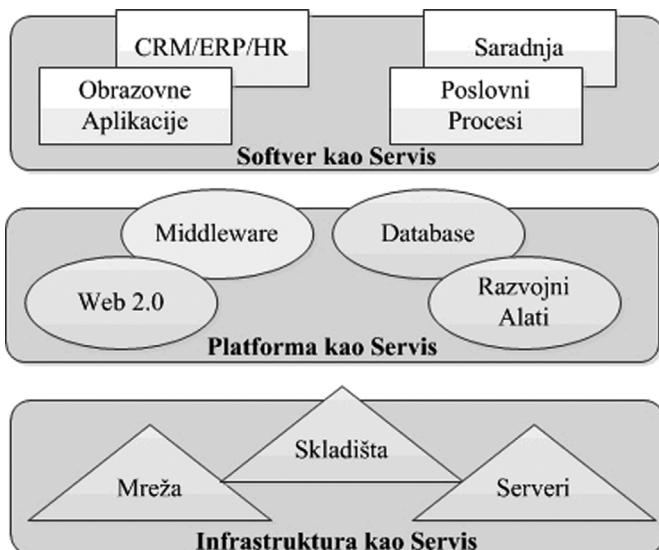
Koncept CC je potpuno novi poslovni model i tehnološka platforma koja je nastala kao rezultat evolucije i konvergencije mnogih naizgled nezavisnih računarskih

trendova (Utility Computing, Commodatization, SaaS, PaaS, IaaS, XaaS, Distributed computing, Internet Delivery, Web 2.0, Virtualization, IT Outsourcing, Grid Computing SOA, Storage, Data Center Automation). CC je definisan kao model koji omogućuje mrežni pristup, konfigurabilnim računarskim resursima na zahtev (npr. mreže, servere, skladištenje, aplikacije) iz dostupnih deljenih resursa, koji se mogu brzo obezbediti i uništiti sa minimalnim upravljanjem ili interakcijom servis provajdera [4]. CC u suštini predstavlja stil korišćenja računara u kojem se dinamički, i virtuelizovani, resursi nude putem Interneta kao usluge.

Jedna od najbitnijih odlika koncepta CC-a je skalabilnost a ključna tehnologija koja je omogućava je virtualizacija [2]. Virtualizacija razdvaja fizičku IT infrastrukturu od servisa i aplikacija koje se na njoj nalaze, omogućavajući na taj način veću efikasnost i fleksibilnost. Činjenica da su hardverski kapaciteti velikog broja servera vrlo malo iskorišćeni predstavlja osnovu za implementaciju virtualizacije. Virtualizacija omogućava istovremeno pokretanje više različitih operativnih sistema na istom serveru, što dovodi do povećanja iskorišćenosti postojećeg hardvera i smanjuje potrebu za novim fizičkim serverima. Primena virtualizacije doprinosi smanjenju troškova – za manji broj fizičkih servera potrebno je manje prostora, manji su troškovi električne energije i troškovi klimatizacije serverskih prostorija. Pokretanje virtuelnih servera na manjem broju fizičkih servera dovodi do pojave viška servera koji se mogu isključiti i na taj način ostvariti direktnе uštede. Na ovaj način isključeni fizički serveri mogu se upotrebiti i uključivati u sistem u periodima kada postoji povećana potražnja za nekim servisom i kada je potreban svaki mogući resurs da bi taj servis bio isporučen klijentima [1][5].

U zavisnosti od toga koje se tehnologije dopremaju do korisnika CC usluge se mogu svrstati u tri osnovne kategorije, kao što je prikazano na slici 1.:

- a) Usluge infrastrukture (IaaS - Infrastructure as a service) IaaS uključuje pružanje standardizovanih usluga infrastrukture putem mreže kao što su serveri, sistemi za skladištenje podataka, ruteri,
- b) Usluge platforme (PaaS - Platform as a service) PaaS predstavlja integralnu računarsku platformu sastavljenu od operativnog sistema, middleware-a i skupa aplikativnih rešenja,
- c) Usluge software-a (SaaS - Software as a service) SaaS je realizacija kompletног aplikativnog rešenja koje se koristi kao usluga na zahtev korisnika.



Slika 1. Kategorije CC

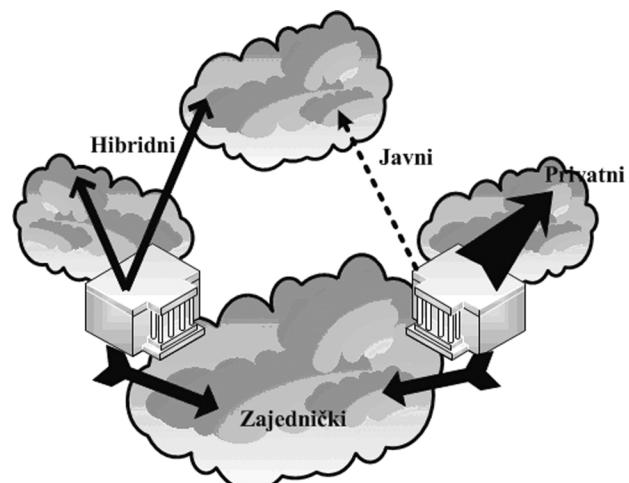
CC je samo poslednji korak u procesu virtualizacije računskih centara i konsolidacije servera, procesa skladištenja podataka i mrežnih uređaja kako bi se između ostalog uklonio višak opreme i smanjio prostor koji ona zauzima. U literaturi se tehnologije vezane za migraciju računskog centra u CC okruženje, pored tehnologija vezanih za kolaboraciju, navode kao tehnologije koje će omogućiti kontinuirani napredak na području informacionih tehnologija, bez obzira na ekonomske okolnosti [11].

Modeli uvođenja i primene CC-a, slika 2., su:

- Javni (Public) CC – javno dostupni servisi, predstavlja u stvari outsourcing koncept, odnosno ideju da organizacije (ustanove, kompanije, ...) samo zakupljuju cloud usluge od provajdera i ne bave se administriranjem i održavanjem. Na taj

način isti CC koristi više organizacija i zbog toga se naziva javni,

- Privatni (Private) CC (interni cloud ili cloud kompanije) – interni servisi koji koriste prednosti CC tehnologija, u kome su same vlasnice sopstvenog privatnog CC i same ga administriraju, održavaju i koriste,
- Hibridni (Hybrid) CC – kombinacija javnog i privatnog clouda. Za određene servise se koristi outsourcing koristeći public cloud, a neki servisi su i dalje u domenu interne kontrole,
- Zajednički (Community) CC – servisi su kontrolisani i koriste se od strane grupe organizacija koji dele zajednička interesovanja. Članovi zajednice dele pristup podacima i aplikacijama u cloud-u.



Slika 2. Modeli uvođenja i primene CC

3. Cloud computing u nauci i visokom obrazovanju

Elektronsko obrazovanje je kompleksan sistem koji uključuje učenje na daljinu, predavanje na daljinu, nastavne materijale u raznim elektronskim formama, individualni i grupni proces učenja, tutorski i interaktivni rad.

Gotovo svaka visokoškolska ustanova poseduje svoj računski centar koji je projektovan i izgrađen posebno za sopstvenu upotrebu i čiji kapaciteti vremenom postaju neadekvatni da odgovore zahtevima naučno-istraživačkih i obrazovnih aktivnosti, a u isto vreme su skupi za održavanje. U svakom semestru, laboratorijske vežbe i praktični projekti studenata zahtevaju hardver sa specifičnim softverskim zahtevima i velikim brojem računara, uglavnom sa najsavremenijim hardverom. Ključno pitanje je kako obezbediti skalabil-

nost i pouzdanost hardvera i softverskih aplikacija ovakvih informacionih sistema neophodnih za nastavno-istraživačke i obrazovne procese. Problem posebno postaje izražen kada ovakvom sistemu elektronskog obrazovanja pristupa sve veći broj studenata i nastavnika [6][7].

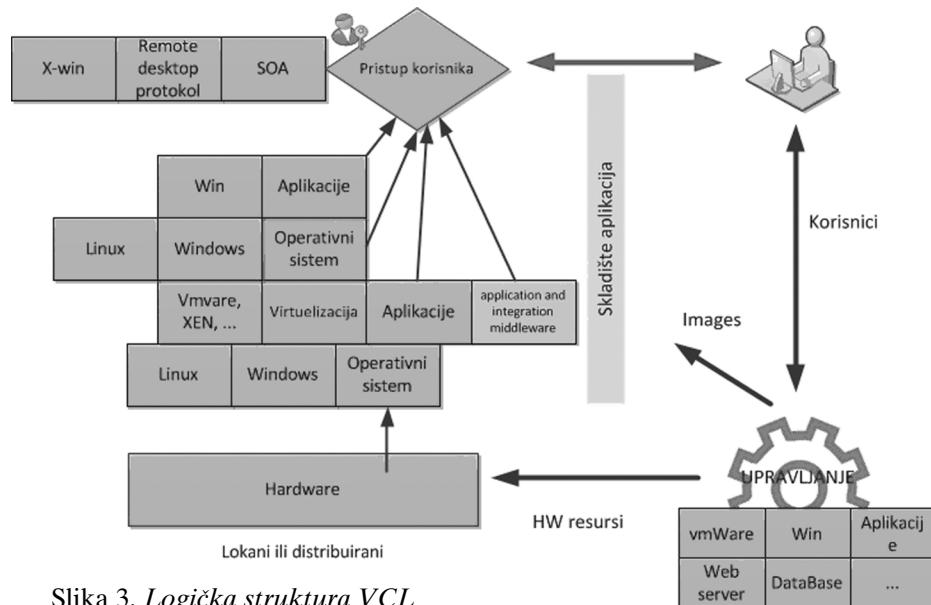
Najbolji odgovor koji informacione tehnologije mogu da pruže korisnicima visokoškolskih ustanova i njihovim računskim centrima je razvijanje modela IT infrastrukture zasnovane na konceptu CC-a. Koncept CC-a i njegove karakteristike mogu pomoći visokoškolskoj ustanovi da se poboljša produktivnost i olakša upravljanje različitim hardverskim i softverskim resursima, potrebnim za nesmetano odvijanje elektronskog obrazovanja, naučno istraživačkih aktivnosti i studentskih projekata [8].

Istovremeno, uvođenje studiranja na daljinu i način finansiranja visokoškolskih ustanova, dovešće u relativno kratkom roku do pozicioniranja visokoškolskih ustanova kao tržišnih subjekata. U takvoj situaciji, uspostavljanje modela IT infrastrukture koji će omogućiti obrazovne i naučno-istraživačke aktivnosti uz korišćenje prednosti CC-a će postati interesantna orijentacija svake ustanove koja želi da ostvari konkurentsku prednost na tržištu obrazovnih ustanova.

Korišćenje CC-a, za razliku od hostinga i upravljanja resursima na lokalnom nivou, kao što su fakultetske ili univerzitske računarske mreže, ima mnoge prednosti za obrazovne institucije. CC u visokom obrazovanju može da obezbedi direktni pristup širokom spektru različitih obrazovnih resursa, istraživačkim aplikacijama

ma i alatima. U oktobru 2007 IBM i Google udružili su se da pomognu studentima da savladaju veštine potrebne za razvoj Cloud aplikacija. Godine 2009 IBM je pokrenuo IBM Cloud Academy, globalni forum za nastavnike, istraživače i osoblje iz informacionih tehnologija obrazovanih ustanova da nastave istraživački rad i razvoj CC-a. IBM i Google su obezbedili veliki klaster od više stotina servera za ovaj program, a planirano je da tokom vremena klaster raste do nekoliko hiljada servera.

Većina visokoškolskih ustanova suočava se sa problemom potrošnje značajne količine sredstava, na godišnjem nivou, za održavanje i inoviranje računarske i softverske infrastrukture. Primenom koncepta CC-a ovi troškovi bili bi svedeni na minimum. Realizacija računskog centra visokoškolske ustanove primenom koncepta internog CC-a omogućila bi svim studentima i profesorima u visokoškolskoj ustanovi da imaju sopstvene podatke i aplikacije na način koji je znatno ekonomičniji, bezbedniji i jednostavniji za upravljanje u odnosu na klasičan pristup u korišćenju računarskih resursa. Privatni CC nudi mogućnost kontrole i bezbednosti podataka, sa fleksibilnošću koju zahtevaju stalne izmene u današnjem obrazovanju, uz niske troškove održavanja. Za svakog korisnika visokoškolske ustanove ovim putem bi se obezedio sopstveni virtualni računar koji je jeftiniji od standardnog računara, pri čemu je funkcionalnost i udobnost virtualnog i fizičkog računara identična. Studenti će svojim virtualnim računarima moći da pristupe i iz visokoškolske ustanove i od kuće, čak i putem mobilnih uređaja. Logička struktura modela privatnog CC prikazana je na slici 3.

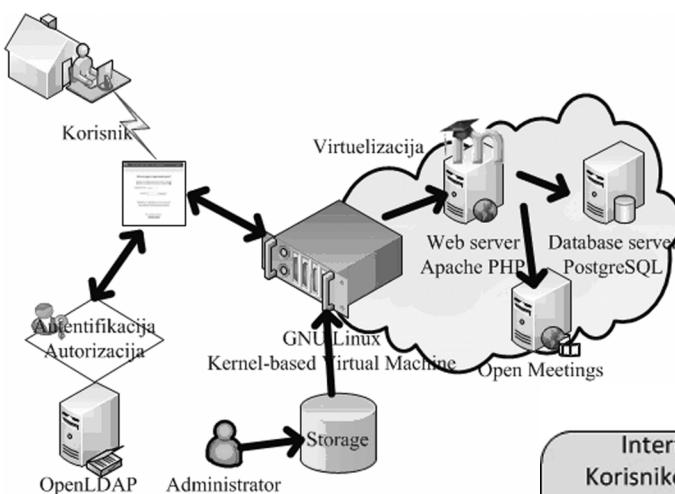


Slika 3. Logička struktura VCL

Korišćenjem ovog sistema moguće je napraviti virtuelne učionice sa studentima koji sede za računarima ili u svojim visokoškolskim ustanovama ili kod kuće, a da pri tome imaju najkvalitetnije predavače i da koriste najsvremeniji hardver i softver. Ovakav model sistema za elektronsko obrazovanje će studentima omogućiti rad na najrazličitijim projektima kojim će njihovi nastavnici moći jednostavno da upravljaju i da svima postavljaju zadatke iz istog izvora. Time bi se dobila i mogućnost saradnje između različitih visokoškolskih ustanova širom zemlje u nastavno-istraživačkim i obrazovnim aktivnostima u cilju razmene znanja i informacija, čime bi se oblikovao jedinstveni evropski visokoškolski prostor i time doprinelo ostvarenju ciljeva bolonjske reforme. [2][15]

4. Model IT infrastrukture visokoškolske ustanove

Primenom koncepta virtualizacije na FON se organizuje nastava na osnovnim akademskim studijama u režimu studije na daljinu. Sistem za studiranje na daljinu je realizovan primenom softverskog rešenja Moodle LMS. Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) je open-source sistem za upravljanje procesom učenja. Koriste ga univerziteti, škole i individualni instruktori, radi unapređivanja nastave. Prema istraživanjima Moodle je jedan od LMS sa najviše funkcionalnosti i servisa. [9][14]



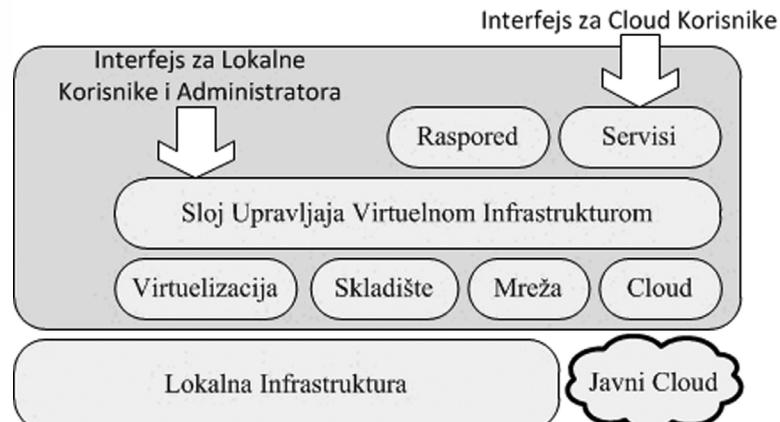
Slika 5.
Sloj upravljanja virtuelnom infrastrukturom

Postojeći sistem, prikazan na slici 4., uspešno funkcioniše već godinu dana i trenutno ga koriste studenti prve godine osnovnih studija, nastavnici i saradnici FON-a. Infrastrukturu za realizaciju sistema obrazovanja na daljinu čini jedan računar - server na kom je instaliran operativni sistem Fedora sa Linux kernel modulom KVM (Kernel Virtual Machine) koji omogućuje kreiranje virtuelnih servera. Pomoću KVM-a kreirana su tri virtuelna servera:

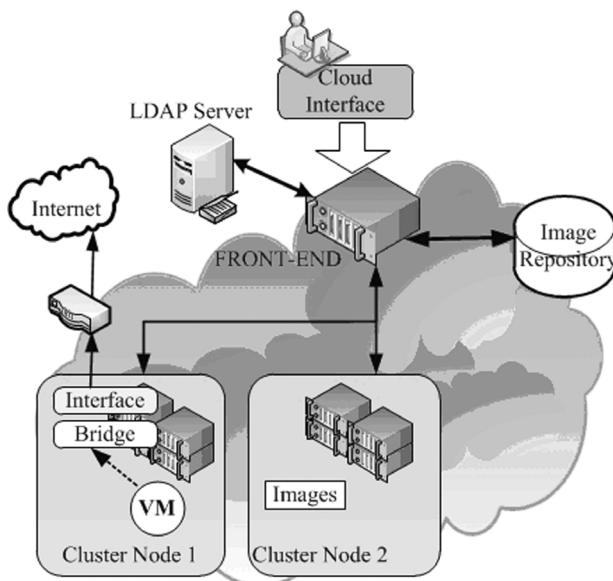
- database server na kojem je instaliran PostgreSQL,
- web server na kojem je instaliran Apache sa PHP-om i Moodle LMS,
- servera za web konferencije na kojem je instaliran OpenMeetings

Server raspolaže: dovoljno snažnim procesorom, velikom količinom memorije i prostora za skladištenje. U sistemu se nalazi i network storage koji služi za prebacivanje digitalnih materijala za predavanja kao i za čuvanje sigurnosnih kopija baze i samog Moodle koda. Predstavljeni implementirani model elektronskog obrazovanja na FON-u zasnovano je na virtualizaciji servera [10][12]. Na taj način je izvršena konsolidacija servera i izbegнутa paradigma "jedna aplikacija jedan server". Međutim i pored organizovanja baze podataka za skladištenje svih opcija i informacija u vezi ovačko postavljenog sistema, upravljanje i fino podešavanje virtuelne infrastrukture predstavlja problem. Postalo je jasno da je neophodno u ovakav sistem implementirati sloj za upravljanje virtuelnim mašinama, kao što je prikazano na slici 5., kako bi se olakšalo postizanje skalabilnosti i pouzdanosti sistema [5].

Slika 4.
Postojeći model IT infrastrukture studija na daljinu



Predloženi model, prikazan na slici 6., čini: frontend server i jedan ili više nod servera koji mogu biti u klanjeru. Front-end server služi za upravljanje nodovima tj. virtualnim mašinama. Korisnik pristupa front-end računaru i njegov zahtev cloud controller automatski prosleđuje jednom od nodova, koji izvršava sve akcije. Međutim, ukoliko dolazi do zahteva za promenom u bazi podataka promenu izvršava storage controller na front-end računaru. Model treba da podrži transfer virtualne mašine sa jednog fizičkog noda na drugi bez ikakvog prekida u radu servisa ili downtimea virtualne mašine, čime bi se rešio dobar deo dosadašnjih problema u upravljanju serverskim okruženjem. Predloženim modelom postigla bi se bolja agilnost IT sistema, budući da je moguće premestiti virtualnu mašinu na neki drugi fizički nod i tako dobiti na performansama i odzivu operativnog sistema i aplikacija, a sve to bez ikakvog negativnog uticaja na korisnike koji su u tom trenutku povezani na tu virtualnu mašinu [13].



Slika 6. Predloženi model IT infrastrukture studija na daljinu

Ključna prednost opisanog modela je što zahvaljujući frontend serveru tj. sloju za upravljanje virtualnim mašinama omogućena efikasna upotreba i upravljanje virtualnom infrastrukturom. Prikazani model nudi sveobuhvatano upravljanje virtualnim mašinama u clodu uzimajući u obzir obezbeđivanje virtuelne infrastrukture kao celine.

4. Zaključak

U ovom radu razmatrane su nove mogućnosti i rešenja u oblasti CC vezana za naučno-istraživačke i obrazovne aktivnosti u visokoškolskim ustanovama. Kori-

šćenjem postojeće infrastrukture na FON-u realizovan je CC kao infrastruktura za studiranje na daljinu bez dodatnih ulaganja. Predstavljen je model IT infrastrukture za koji se očekuje da u budućnosti postane dominantan vid povezivanja resursa obrazovnih i naučno-istraživačkih institucija. Namena rada je da ukaže na očite prednosti koje CC nosi sa sobom ali i na zamke koje se na tom putu pojavljuju. Predstavljeni su i realizovani koraci koji su neophodni za funkcionišanje takvog modela koji u potpunosti podržava nove standarde u ekonomiji računskih centara i kojim se postiže skalabilnost i povećava pouzdanost IT sistema. U daljem radu potrebno je izvršiti implementaciju predloženog modela i osigurati mehanizme koji će osigurati poverenje u CC arhitekturu. Budući pravci razvoja podrazumevaju pokretanje međuinsticucionalne inicijative za izgradnju prototipa infrastrukture CC koja se može deliti i organizovati u obrazovne i naučno-istraživačke svrhe.

LITERATURA

- [1] Loma Uden and Ernesto Damiani, The future of Elearning: E-learning ecosystem, Proceedings of the first IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies, Cairns, Australia, 2007, pp. 113-117.
- [2] Vouk, M., Averitt, S., Bugaev, M., Kurth, A., Peeler, A., Schaffer, H., Sills, E., Stein, S., Thompson,J.: "Powered by VCL" – Using Virtual Computing Laboratory (VCL) Technology to Power Cloud Computing. In: Proceedings of the 2nd International Conference on the Virtual Computing Initiative (ICVCI'08). (May 16–17 2008)
- [3] Dong, B., Zheng, Q., Yang, J., Li, H., Qiao,M.: An E-learning Ecosystem Based on Cloud Computing Infrastructure. In: Advanced Learning Technologies, 2009. ICALT 2009. Ninth IEEE International Conference on. (July 2009) 125 -127
- [4] Foster, I., Zhao, Y., Raicu, I., Lu, S.: Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared.In: Proceedings of the Grid Computing EnvironmentsWorkshop (GCE'08), Austin, Texas, USA (Nov.16 2008)
- [5] Cayirci, E., Rong, C., Huiskamp, W., Verkoelen, C.: Snow Leopard Cloud: A Multi-national Education Training and Experimentation Cloud and Its Security Challenges. In: Proceedings of the 1st International Conference on Cloud Computing (CloudCom 2009), Beijing, China (Dec. 1–4 2009)
- [6] Rajkumar Buyya, Chee Shin Yeo, and Srikumar Venugopal, Market-Oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering IT Services as Computing Utilities, Proceedings of the

- 10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, Dalian, China, 2008, pp.5-13.
- [7] Bertino, E. (2009) Privacy-preserving Digital Identity Management for Cloud Computing. IEEE Data Engineering Bulletin, 32, p. 21-27.
- [8] Eddy Caron , Frederic Desprez , David Loureiro , Adrian Muresan, Cloud Computing Resource Management through a Grid Middleware: A Case Study with DIET and Eucalyptus, 2009 IEEE International Conference on Cloud Computing, pp. 151-154, Bangalore, India, September 2009
- [9] Dong, B., Zheng, Q., Qiao, M., Shu, J., Yang, J.: BlueSky Cloud Framework: An E-Learning Framework Embracing Cloud Computing. In: Proceedings of the 1st International Conference on Cloud Computing (CloudCom 2009), Beijing, China (Dec. 1-4 2009)
- [10] Barham, P., Dragovic, B., Fraser, K., Hand, S., Harris, T., Ho, A., Neugebauer, R., Pratt, I., Warfield, A.: Xen and The Art of Virtualization. In: Proceedings of the 19th ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP'03), New York, USA (Oct. 19-22 2003)
- [11] Srinivasa Rao V, Nageswara Rao N K, E Kusuma Kumari, Cloud Computing: An overview, Journal of Theoretical and applied Information Technology, Vol. 9. No.1, November 2009.
- [12] S.T.A. Pickett and M.L. Cadenasso, The Ecosystem as a Multidimensional Concept: Meaning, Model, and Metaphor Ecosystems, Ecosystems Journal, Springer, New York, 2002, 5, pp. 1-10.
- [13] Rahul Bakhshi, Deepak John, Cloud Computing - Transforming the IT Ecosystem, SETLabs Briefings, Infosys, Vol. 7. No. 7, 2009 page 3-10
- [14] Milić, M. Despotović, D. Barać, Cloud computing kao infrastruktura za obrazovanje na daljinu, Proceedings from cd, XII International Symposium, Faculty of Organizational Sciences, Jun 2010.
- [15] Tatjana Devjak, Srećko Devjak, Organizacioni razvoj visokog školstva i kompetentni model u bolonjskoj reformi studija, Međunarodni časopis za teoriju i praksu menadžmenta "Management" 53, 2009