



UNIVERZITET SINGIDUNUM
DEPARTMAN ZA POSLEDIPLOMSKE STUDIJE
- SAVREMENE INFORMACIONE TEHNOLOGIJE -

TEHNOLOGIJA CLOUD COMPUTING-A

- Master rad -

Mentor:

Prof. dr Milan Milosavljević

Student:

Miljan Simonović

Br. indeksa:

410105/2011



Beograd, 2013.

Sažetak

Cloud Computing je kombinacija više tehnologija koje su se razvijale u nekoliko prošlih decenija. Nagla evolucija ove tehnologije je vođena potrebama preduzeća da se prilagode tržištu. Osim finansijskog uticaja, Cloud Computing utiče na organizacionu strukturu preduzeća, način upravljanja i koordinacije dnevnih zadataka, motivaciju i uključenje zaposlenih u poslovanje.

Ovo je tehnologija osmišljena za svet sutrašnjice koji je već tu, gde svako od nas koristi različite vrste računarskih uređaja: desktop i laptop računar, mobilni telefon, tablični računar. Ideja je omogućiti takvu funkcionalnost da nam potrebni podaci budu uvek dostupni, bez obzira gde se nalazimo ili na koji način pristupamo Internetu. Cloud Computing na jednostavan način obezbeđuje mogućnost pristupa deljenim resursima i zajedničkoj infrastrukturi, i preko mreže nudi usluge koje zadovoljavaju promenljive potrebe modernog poslovanja, na zahtev korisnika.

Cloud Computing je transformativni model dostupnosti tehnologije i menja način na koji prodavci, distributeri, preprodavci i potrošači razmišljaju o IT sistemima, kao i način na koji im pristupaju i implementiraju ih. Iako otvara mnogo novih mogućnosti, takođe stvara i potencijal za remećenje postojećih poslovnih modela i strategija.

Ključne reči:

Cloud Computing, virtualizacija, infrastruktura, kolaboracija, implementacija

Summary

Cloud computing is a combination of technologies that have been developing over the last several decades. Rapid evolution of Cloud Computing technology is driven by the pressing needs of organizations to cope with change in their markets. Besides its financial impact, Cloud Computing also affects how companies structure their organizations, how they manage and coordinate their daily operations, and how they motivate and engage their people in business.

This is a technology built for the world of tomorrow that has already arrived - where we each use many different kinds of computing devices: desktop, laptop, cellphone, or tablet. The intention is to make the functionality and data we need always accessible no matter where we are in the world, and no matter what we're using to access the Internet. Cloud computing provides the facility to access shared resources and common infrastructure, offering services on demand over the network to perform operations that meet changing business needs.

Cloud computing is a transformative technology delivery model that is changing the way vendors, distributors, resellers, and consumers think about, approach, and implement IT systems. While it is opening many new opportunities for the channel, it is also creating the potential for the disruption of existing business models and strategies.

Keywords:

Cloud Computing, virtualization, infrastructure, collaboration, implementation

SADRŽAJ

Uvod	5
1. Termin Cloud Computing-a	6
2. Istorijat Cloud Computing-a	8
3. Cloud Computing - arhitektura i funkcionalnosti	12
3.1 Modeli Cloud Computing-a.....	12
3.2 Uloge u Cloud Computing-u	15
3.3 Prednosti korišćenja Cloud Computing-a.....	16
3.4 Nedostaci korišćenja Cloud Computing-a:.....	18
3.5 Sigurnost i rizici Cloud Computing-a.....	19
3.6 Tipovi servisa u Cloud Computing-u	21
3.6.1 Infrastrukturni pristup (IaaS)	21
3.6.2 Platformski pristup (PaaS).....	23
3.6.3 Aplikacioni pristup (SaaS).....	26
4. Tehnologije za realizaciju cloud computing-a	27
4.1 Virtualizacija	27
4.1.1 Virtualne mašine.....	27
4.1.2 Definicije	27
4.1.3 Tehnike	30
4.1.4 Istorijat.....	31
4.1.5 Popularni softver.....	33
4.2 Softver za realizaciju	38
4.3 Hardver	39
4.4 Standardne instance	40
4.5 Instance sa velikom količinom RAM memorije.....	40
4.6 Instance sa snažnijim procesorima	41
4.7 Instance klastera	41
5. Upravljanje korisničkim nalogima u Cloud Computing infrastrukturi	42
5.1 LDAP protokol i X.500 standard.....	43
5.1.1 Arhitektura LDAP protokola	44

5.1.2	Operacije LDAP protokola.....	45
5.1.3	Modeli opisa LDAP direktorijuma	47
6.	Cloud Computing u poslovnom okruženju	52
6.1	Oblasti primene Cloud Computing-a.....	52
6.2	Ciljne grupe korisnika Cloud Computing usluga	53
6.3	Microsoft-ova kancelarija u oblaku	54
6.4	IBM-ova „sloboda izbora za Cloud po meri korisnika“	55
7.	Najbolji Cloud servisi za skladištenje.....	57
7.1	Dropbox.....	58
7.2	Google Drive	59
7.3	Apple iCloud	60
7.4	Microsoft SkyDrive	61
7.5	SugarSync.....	62
8.	Balansiranje potrošnje energije Internet a i potrebe infrastrukture.....	63
	Zaključak.....	65
	Literatura	66
	Spisak slika.....	67
	Spisak tabela	68

Uvod

Razvojem informacionih tehnologija neprekidno se javlja potreba za unapređivanjem trenutnog stanja informacionih sistema. Cloud Computing je nastao kao rezultat potrebe za povećanjem kapaciteta i novih mogućnosti na postojećim infrastrukturnama bez velikih investiranja u novu infrastrukturu i kadrove.

Cloud Computing je omogućio korisnicima dodatne računarske resurse koristeći samo Internet pregledač (*Web browser*). Velika je orijentisanost prema korisnicima i postoje brojni servisi, od dodatnih skladišnih prostora do besplatnih aplikacija. Koncept i ideja Cloud Computing tehnologije je revolucionarna iz razloga što nudi novi način pristupa ličnim podacima i aplikacijama - više nisu smešteni na personalnom računaru već u Cloud-u, što znači da im se može pristupiti u bilo koje vreme, sa sve većeg broja uređaja i nezavisno od geografske lokacije, potreban je samo Internet pregledač i konekcija ka Internetu.

Ubrzani razvoj učinio je da tehnologija danas bude moćna, dostupna i relativno jeftina. Takođe, pristup preporučene prakse (*best practice*) i implementacije napredne tehnologije, virtualizacije, standardizacije, automatizacije i dinamičkog dodeljivanja resursa, danas su obeležja ne tako malog broja postojećih ICT okruženja. Sve ovo su osnovne odlike i premise nekog Cloud-a, ali ih to ipak samima po sebi ne čini i Cloud okruženjem. U tom smislu, Cloud Computing predstavlja model kojim se nekom korisniku stavljaju na raspolaganje pojedini poslovni servisi (usluge), a koje je učinilo mogućim upravo ICT okruženje koje stoji u pozadini.

Jedna od najvećih koristi Cloud Computing tehnologije su nove mogućnosti u poslovanju. Jednostavna razmena podataka i zajednički rad na dokumentima (kolaboracija) povećavaju fleksibilnost i brže izvršavanje zadataka. Velike korporacije su otkrile prednosti filozofije Cloud-a, ali pošto već poseduju pozamašnu infrastrukturu, nisu pojurile da od trećih strana iznajme resurse, već su svoje „farme“ servera preuredile po Cloud principu i stvorile priliku da u budućnosti uštede priličan novac. Sada su oči uperene na mala i srednja preduzeća, kojima Cloud otvara mogućnost da počnu da koriste mnoge stvari koje im ranije nisu bile dostupne jer nije postojao dovoljan nivo ekonomske opravdanosti da se veliki novac investira u infrastrukturu, pa da neki od neophodnih poslovnih alata postanu dostupni i firmama sa 20 i manje zaposlenih koje ne prave natprosečne zarade.

1. Termin Cloud Computing-a

Naziv “Cloud Computing” je nastao kao metafora za nešto što se dešava na Internetu – u oblaku, to može biti neka usluga u vidu softvera (poslovna aplikacija) ili hardvera (skladištenje podataka, procesorska snaga) čija fizička lokacija nije poznata, broj servera koji se koriste za tu uslugu nije poznat, njihova infrastruktura takođe nije poznata, mogu biti u istoj zgradi ili na različitim kontinentima. Zajedničko razumevanje Cloud Computing-a se kontinuirano razvija, a terminologija i koncepti korišćeni za njegovo definisanje često zahtevaju pojašnjenje.

U IT svetu je poznata činjenica da Cloud Computing ima definicija onoliko koliko ima autora na tu temu. U tom slučaju se nećemo na to preterano obazirati i nasumično ćemo izabrati jednu, da bismo zadovoljili formu. Uzećemo za primer definiciju Gartner-a¹ koji kaže da se Cloud Computing definiše kao „vrsta računarstva u kojoj se skalabilni i elastični IT resursi distribuiraju u vidu usluge spoljnim korisnicima koristeći Internet tehnologije“. Definicije će nastaviti da se menjaju kako ovaj vid računarstva bude nastavio svoj evolutivni put.

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 potrošačima². To je apstrahovana, visoko skalabilna i kontrolisana računarska infrastruktura koja host-uje aplikacije namenjene krajnjim korisnicima. Usluge i podaci egzistiraju u deljenom, dinamički skalabilnom skupu resursa zasnovanom na tehnologijama virtualizacije i/ili skaliranim aplikativnim okruženjima³.

Cloud Computing je infrastruktura koja može da pruži veliku vrednost 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 virtualizacija⁴.

Virtualizacija je jedan od preduslova za realizaciju Cloud Computing-a, ona omogućava da se resursi koriste kad se za njima ukaže potreba. Pojam virtualizacije 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“,

¹http://blogs.gartner.com/daryl_plummer/2009/01/27/experts-define-cloud-computing-can-we-get-a-little-definition-in-our-definitions/ od utorka, 27. januara 2009. god

²<http://www.salesforce.com/platform/> od srede, 29. septembra 2010. god

³Srinivasa 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.

⁴Bo Dong, Qinghua Zheng, Jie Yang, Haifei Li, Mu Qiao, *An E-learning Ecosystem Based on Cloud Computing Infrastructure*, *Proceedings of the 2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, IEEE Computer Society, pp: 125-127, 2009

parcijalna ili kompletna simulacija hardvera, emulacija i mnogi drugi, sa ciljem razdvajanja logičkog interfejsa od fizičkih resursa. Tehnologija virtualizacije omogućava brzo i lako podizanje sistema odnosno funkcionisanje više virtualnih mašina na jednoj fizičkoj mašini čime se postiže bolje iskorišćenje fizičkih resursa.

Cloud Computing je u tehničkom i društvenom aspektu već postao realnost, a istovremeno je još uvek tehnologija u ranoj fazi svog razvoja. U ovom trenutku, možemo samo spekulirati o tome kako će ova nova paradigma evoluirati i koje će sve primene zadobiti. Vrlo je verovatno da će ekonomske, društvene, etičke i pravne posledice ovog velikog pomeraja u tehnologiji, gde se korisnici oslanjaju na usluge velikih data-centara i skladište privatne podatke i softver na sistemima nad kojima nemaju kontrolu, biti značajne.

Naučne i inženjerske aplikacije, „data mining“, finansijski inženjering, industrije video-igara i društvenih mreža, kao i mnoge druge aktivnosti koje intenzivno koriste računarstvo mogu imati velike koristi od Cloud Computing-a. Širok spektar podataka, od rezultata eksperimenata nuklearne fizike, preko finansijskih i podataka upravljanja preduzećima, do ličnih podataka kakvi su fotografije, snimci i filmovi – sve se može uskladištiti u oblaku.

2. Istorijat Cloud Computing-a

Iako istorija Cloud Computing-a nije toliko duga (prvi poslovni i potrošački servisi Cloud Computing-a, website-ovi Salesforce.com i Google pokrenuti su 1999 godine), njena priča direktno je vezana za razvoj Internet i poslovnih tehnologija, od kada je Cloud Computing rešenje problema kako Internet može poboljšati tehnologiju koja se koristi u poslovanju.

Poslovna tehnologija ima dugu i fascinantnu istoriju koja je duga koliko i samo postojanje poslovanja, ali razvoji koji su najdirektnije uticali na istoriju Cloud Computing-a počinju sa pojavom računara kao provajdera realnih poslovnih rešenja.

Iako su računari egzistirali već neko vreme, stanje tehnologije i kulture 1950-ih stvorilo je savršeno okruženje i kratak put za brze inovacije. Računari su u suštini bili veliki kalkulatori koji su koristili bušene kartice za izvršavanje kalkulacija, i iako su bili korisne mašine, mesta za poboljšanja svakako su se nazirala. Kulturno okruženje oblikovano je hladnoratovskom opsednutošću utopijom koja bi mogla nastati korišćenjem tehnologije, kao i novonastalim prosperitetom koji bi to omogućio. Ta dva faktora označavala su volju i mogućnost ljudi da investiraju u dostignuća, napredak.

Prvi praktični mikročip razvijen je kasnih 1950-ih, i kada su računari postali sposobni da vrše više složenih izračunavanja, ljudi su počeli razvijati programe za poslovne aplikacije. Prvi rutinski i kancelarijski kompjuterski posao izvršen je 1951. godine od strane računara LEO, kreiranog da se bavi prekonoćnim zahtevima proizvodnje, platnim spiskovima, popisom i drugim administrativnim poslovima za kompaniju „J. Lyons & Co. “, koja se bavila ugostiteljstvom i proizvodnjom hrane. Ovo bi se moglo smatrati prvim integrisanim informacionim sistemom za upravljanje.

Gotovo onog trenutka kada su računari demonstrirali svoju korisnost u poslovanju, kompanije su počele da razmišljaju o tome kako da opsluže manje firme. 1959. godine IBM je predstavio model 1401 koji je manjim preduzećima omogućio pristup računaru za obradu podataka. Bio je toliko popularan da je sredinom 1960-ih godina skoro polovina računarskih sistema u svetu bila zasnovana na ovom modelu.

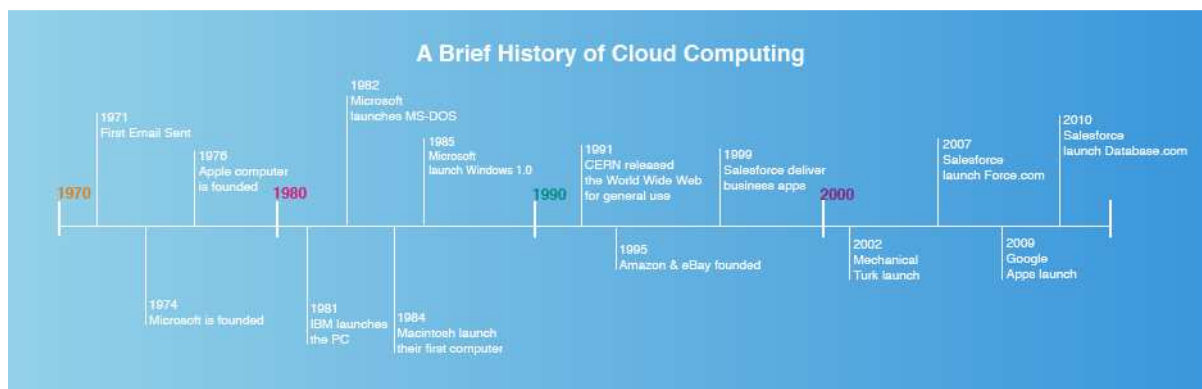
Svet 1960-ih okarakterisan je razmišljanjima koja su delovanja pomerila na stepenik “međunarodne svesti” – tada je začet i koncept pružanja računarskih usluga na međunarodnom nivou. 1964. godine Douglas Engelbart i njegov kolega izumeli su grafički korisnički interfejs koji je koristio kako prozore tako i miša, što će biti od neprocenljive važnosti nekoliko decenija kasnije kada personalni računar i Internet postanu uobičajena pojava.

J.C.R. Licklider ima možda najveći doprinos istoriji Cloud Computing-a u to doba. On je 1960-e proveo razvijajući ARPANET – preteču Interneta. Takođe je sugerisao postojanje “intergalaktičke računarske mreže” 1969. godine, jasno naslućujući globalnu dominaciju Interneta i, u neku ruku, Cloud Computing-a. Ipak, on nije bio jedina osoba sa tom idejom.

Pre njega, John McCarthy 1961. godine uveo je ideju da “računanje bude isporučeno kao javna usluga”. Ove vizije globalne mreže i poslovnog modela na bazi koristi su, naravno, dva vodeća principa koja stoje iza Cloud Computing-a i pristupu Internetu uopšte.

1970-ih, koncepti i elementi koji su bili predloženi 20 godina ranije, razvili su se. Pored toga, veliki broj danas najvećih svjetskih računarskih kompanija je osnovan, a Internet je rođen. 1971 godine, Intel, koji je osnovan u deceniji iza, predstavio je svetu prvi mikroprocesor, a inženjer iz Intel-a Ray Tomlinson napisao je program koji je omogućio korisnicima da pošalju poruke sa jednog računara na drugi, zatim slanje prve poruke koju većina ljudi prepoznaje kao E-mail.

Bill Gates i Paul Allen osnivaju Microsoft 1974 godine dok Steve Wozniak i Steve Jobs osnivaju Apple Computers 1976 godine i iste godine predstavljaju računar Apple II. Za sve to vreme, Ministarstvo odbrane SAD-a razvija ARPANET u Internet, i 1976. Robert Metcalfe iz kompanije Xerox predstavlja koncept Eterneta.



Slika 2.1 Kratka istorija Cloud Computing-a

Kasnije u istoj dekadi, kompanije CompuServe i The Source “dolaze na mrežu” 1979. godine, nagoveštavajući tačku kada će se Internetu pristupati preko komercijalnih provajdera usluga.

1980-e su ispraćene prvim velikim usponom računara svjetskih razmera. Do 1980. godine u upotrebi je bilo više od 5 miliona računara širom sveta, uglavnom napravljenih za poslovne svrhe i potrebe Vlade. Tako je 1981. godine IBM na tržište izbacio prvi personalni računar, i 1982. godine Microsoft počeo sa licenciranjem (davanjem dozvole za korišćenje) operativnog sistema MS-DOS na kojem će, zbog ogromnih napora na polju marketinga od strane Microsoft-a, većina personalnih računara raditi. 1984. godina donela je prvi Macintosh računar, dok osnivači Dell računara Dell i William Gibson uvode termin “cyberspace”. Time su dodatno učvršćeni temelji za razvoj Interneta.⁵

⁵ <http://www.salesforce.com/uk/socialsuccess/cloud-computing/the-complete-history-of-cloud-computing.jsp> od utorka, 26. juna 2012. god

Ranih devedesetih godina dvadesetog veka, na scenu su stupili Grid⁶ i Utility Computing⁷ i World Wide Web je doživeo masovnu ekspanziju u opšti svet računarstva, premeštajući se sa centralizovanog, klijent-server modela, na računarstvo bazirano na Internetu. Ideja Grid Computing-a je bila da načini računarsku snagu jednako dostupnom električnoj mreži. Grid Computing je davao mogućnost ljudima iz različitih organizacija da rade zajedno da bi postigli zajednički cilj. Utility Computing je omogućavao ljudima da praktično iznajmljuju računarske usluge, poput pristupa Internetu, što je umanjilo cene i načinilo računarstvo dostupnijim manjim preduzećima.

Application Service Providers (ASP) su bili sledeći korak, kasnih devedesetih, praveći prvi talas aplikacija koje su iskorišćavale infrastrukturu Interneta. ASP bi licencirao komercijalnu softversku aplikaciju većem broju korisnika. Ovo je omogućavalo kompanijama da outsource-uju neke od svojih IT potreba poput servera i softvera, čime su ostvarivale uštedu u vremenu i novcu koji bili potrošeni na svakodnevni IT menadžment.

Jedan od važnijih događaja u istoriji Cloud Computing-a se dešava 1999. godine, kada kompanija Salesforce⁸, jedan od prvih pokretača ove industrije, predstavlja novi koncept – dostavljanje poslovnih aplikacija putem jednostavnog sajta. Aplikacije su dostavljane preduzećima putem Interneta, i na ovaj način je san o računarstvu koje se distribuira kao usluga počeo da biva stvarnost. Iako je ova usluga bila uspešna, proteći će još neko vreme pre nego ovaj metod postane široko prihvaćen.

Tokom 2002. godine, kompanija Amazon⁹ je pokrenula Amazon Web Services, obezbeđujući usluge poput skladištenja, izračunavanja, čak i ljudske inteligencije kroz vrlo zanimljiv servis – Amazon Mechanical Turk¹⁰. To je referenca na mašinu iz 17. veka koja je, navodno, mogla da igra šah protiv živih protivnika, a imala je oblik čoveka u turskoj nošnji koji je sedeo za šahovskom tablom. To je, naravno, bila obmana gde je operater mašine bio vešto sakriven unutar „mehanizma“ – mašina je izvršavala komande čoveka a spolja je izgledalo kao da je autonomna. U slučaju Amazonovog servisa, ovo je iskorišćeno tako što bi ljudi koristeći Internet infrastrukturu postavljali određena pitanja na koja računar svojom logikom ne bi mogao da obezbedi adekvatan odgovor (npr. odabir “lepše” od dve slične fotografije, identifikovanje izvođača sa muzičkog diska), a ova pitanja su dolazila do živih ljudskih operatera koji bi obezbeđivali adekvatnije odgovore.

Potom, 2006. godine, ponovo Amazon lansira Elastic Compute Cloud (EC2), komercijalni Web servis koji omogućava malim firmama i pojedincima da iznajme računare na kojima će se pokretati njihove sopstvene računarske aplikacije. Tek od ovog trenutka se smatra da postoji prvi pravi široko dostupni servis koji koristi Cloud Computing infrastrukturu.

⁶Grid Computing kombinuje kompjutere sa više administrativnih domena da se postigne zajednički cilj, da reši jedan zadatak, a onda može nestati brzo.

⁷Oblik računarstva u kojoj se računarski resursi konzumiraju kao tradicionalne usluge (voda , struja, gas).

⁸<http://www.salesforce.com/> od ponedeljka, 25. juna 2012. god

⁹<http://www.amazon.com/> od nedelje, 24. juna 2012. god

¹⁰<https://www.mturk.com/mturk/welcome> od utorka, 26. juna 2012. god

Ova godina zaista predstavlja prekretnicu za otvaranje Cloud Computing sistema široj javnosti, jer iste godine Google predstavlja svoj danas naširoko poznati Cloud servis: Google Docs¹¹.

Prateći nastajuće trendove, 2007. godine je usledila sveobuhvatna saradnja između IBM-a, Google-a i određenog broja američkih univerziteta¹², gde su ove dve kompanije gradile infrastrukturu sa ciljem da dovedu univerzitete u korak sa vremenom i na „pravi put“.

Sledeći na scenu stiže Eucalyptus¹³, prva open-source AWS API kompatibilna platforma za postavljanje privatnih Cloud sistema, a za njim dolazi OpenNebula¹⁴, prvi open-source softver za postavljanje privatnih i hibridnih Cloud sistema.

Sledeći veliki korak načinjen je 2009. godine, kada Web 2.0 počinje sa svojim omasovljenjem. Microsoft lansira Windows Azure¹⁵, i sve veći broj kompanija, poput Oracle-a i HP-a se pridružuje Cloud trci. Takođe, ove godine kompanije počinju da nude poslovne aplikacije koje se pokreću u Web pregledaču. Jedna od najpoznatijih usluga ove vrste lansirana 2009. godine je Google Apps.

Ideja pretraživanja i indeksiranja Interneta usponom Yahoo-a, a zatim i Google-a, pokazala nam je kako je upotreba ogromne mreže znanja dovela do interaktivnih servisa koje danas koristimo sa tehnologijom oblaka. Pretraživanje je zaista bila prva verzija tehnologije oblaka, i omogućilo je lako kretanje Internetom među ogromnom količinom podataka koji se nalaze na serverima širom sveta.

Poslednji učesnici koji su ušli u arenu Cloud Computing-a su: Oracle¹⁶, Dell¹⁷, Fujitsu¹⁸, Teradata¹⁹, HP²⁰.

¹¹<http://www.cloudtweaks.com/2010/12/cloud-computing-and-google-docs/>, od subote, 18. decembra 2010. godine

¹²<http://www.csun.edu/pubrels/clips/Oct07/10-08-07E.pdf>, od ponedeljka, 8. oktobra, 2007. godine

¹³<http://www.eucalyptus.com/about>

¹⁴<http://opennebula.org/about:about>

¹⁵<http://www.windowsazure.com/en-us/>

¹⁶<http://www.cloudtweaks.com/2010/12/oracle-the-latest-big-boy-to-join-the-cloud-computing-game/> od utorka, 26. juna 2012 god.

¹⁷<http://www.cloudtweaks.com/2011/01/dell%E2%80%99s-deals-in-cloud-computing/> od utorka, 26. juna 2012 god.

¹⁸<http://www.cloudtweaks.com/2010/12/fujitsu-set-to-invest-1-2-billion-plus-on-cloud-computing-in-2011/> od utorka, 26. juna 2012 god.

¹⁹<http://www.cloudtweaks.com/2010/12/teradata-muscles-into-cloud-computing-with-525-million-acquisition/> od utorka, 26. juna 2012 god.

²⁰<http://www.cloudtweaks.com/2011/01/cloudtweaks-interview-with-sandeep-johri-vp-of-strategy-at-hp/> od utorka, 26. juna 2012 god.

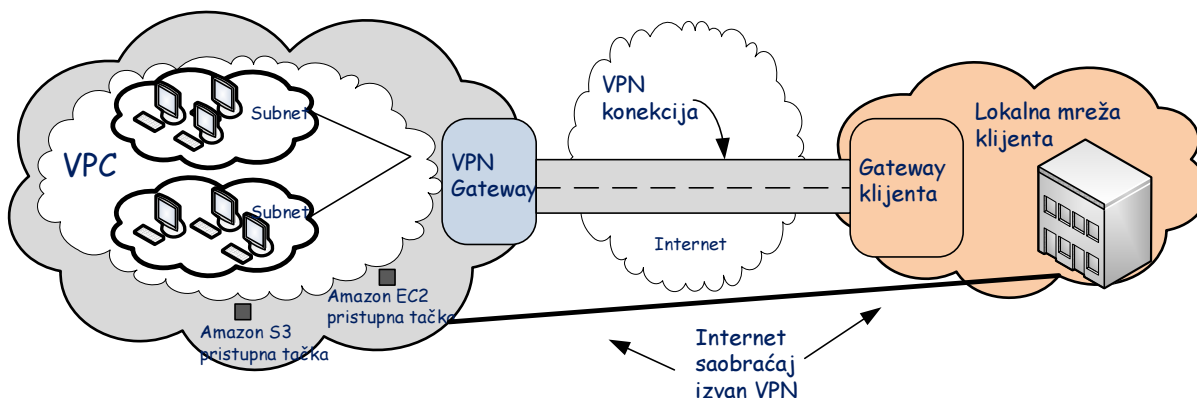
3. Cloud Computing - arhitektura i funkcionalnosti

Ideja tehnologije Cloud Computing-a je prilično jednostavna. Ona donosi nešto što je u informacionim tehnologijama oduvek bilo potrebno: povećanje kapaciteta ili dodavanje novih mogućnosti „u letu“, bez dodatnih ulaganja u infrastrukturu i zapošljavanja i obučavanja novih kadrova. Iz korisničkog ugla, stvari su takođe jako jednostavne. Jedini zahtevi su Web pregledač, Internet veza i prijava na oblak. To je sve što je korisniku potrebno da bilo kada i sa bilo kog mesta koristi sve usluge i mogućnosti koje se isporučuju iz oblaka. Korisnik ne mora da brine da li poseduje najnoviju verziju softvera. Iako je još uvek u svojoj početnoj fazi, tehnologija oblaka se zasniva na već proverenim trendovima i sve više kompanija se odlučuju da svoje usluge prebace na oblak. To ne znači da alternative tehnologiji oblaka neće opstati na tržištu. Zapravo, samo onaj deo tržišta koji rešenje svojih problema vidi u oblaku, preći će ili je već prešao na tehnologiju oblaka, dok će onaj drugi deo tržišta ostati na onome što je i do sada koristio.

3.1 Modeli Cloud Computing-a

Postoje četiri tipa Cloud Computing razvojnih modela²¹:

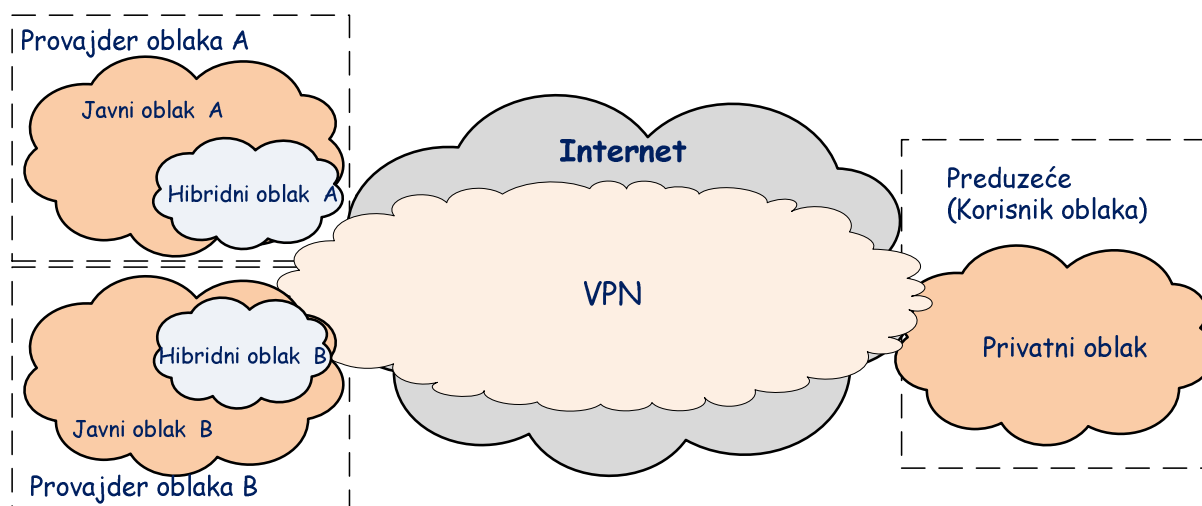
- 1) Privatni oblak (Slika 3.1.) - Interni oblak ili korporativni oblak je marketinški izraz za računarsku arhitekturu u okviru kompanije, koja je zaštićena firewall-om. Cilj ovakvog oblaka je pružanje mogućnosti kompaniji da upravlja infrastrukturom sa jedinstvene tačke i da dodeljuje resurse po potrebi. Arhitektura oblaka je smeštena iza firewall-a organizacije i pruža informatičke usluge za internu upotrebu.



Slika 3.1 Privatni oblak

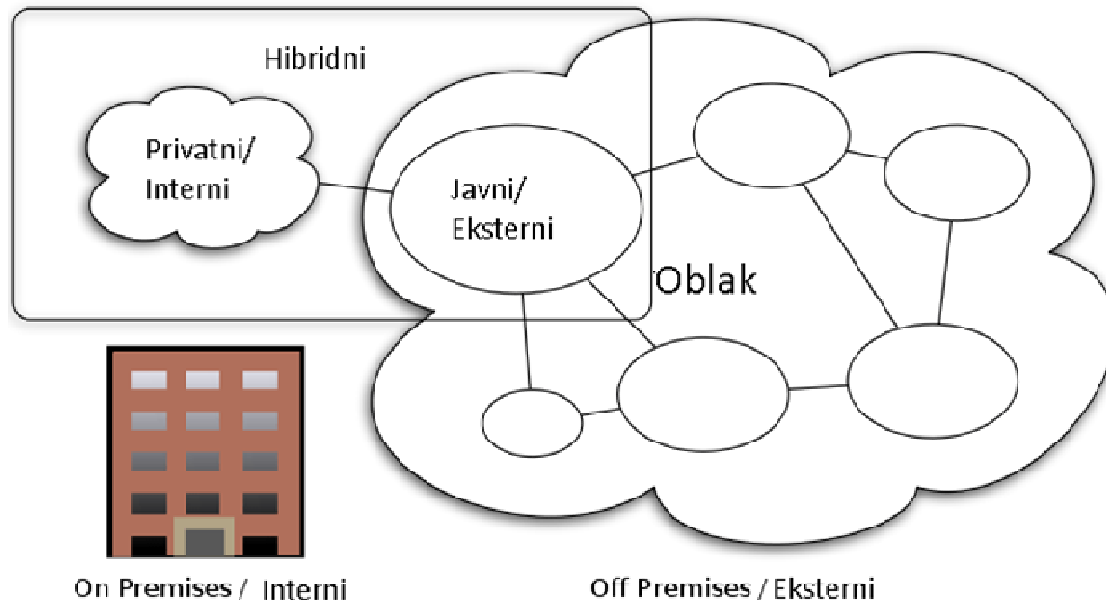
- 2) Javni oblak (Slika 3.2.) - zahtevani i potrebni resursi dinamički se dodeljuju u vidu Web servisa putem Interneta. Javni ili eksterni oblak predstavlja Cloud Computing u pravom smislu - zahtevani i potrebni resursi dinamički se dodeljuju u vidu Web servisa putem Interneta. Pružalac ovih usluga nije direktno vezan za kompaniju (finansijski, lokacijski).

²¹Hai Jin, Shadi Ibrahim, Tim Bell, Wei Gao, Dachuan Huang, Song Wu, *Cloud Types and Services, To Appear in the Handbook of Cloud Computing*, Springer



Slika 3.2 Javni oblak

- 3) Hibridni oblak (Slika 3.3.) - 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-komanijskih provajdera.



Slika 3.3 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.

U Tabeli 3.1. su prikazane sličnosti i razlike između razvojnih modela posmatrani sa stanovišta infrastrukture i korisnika.

	Infrastrukturuom 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

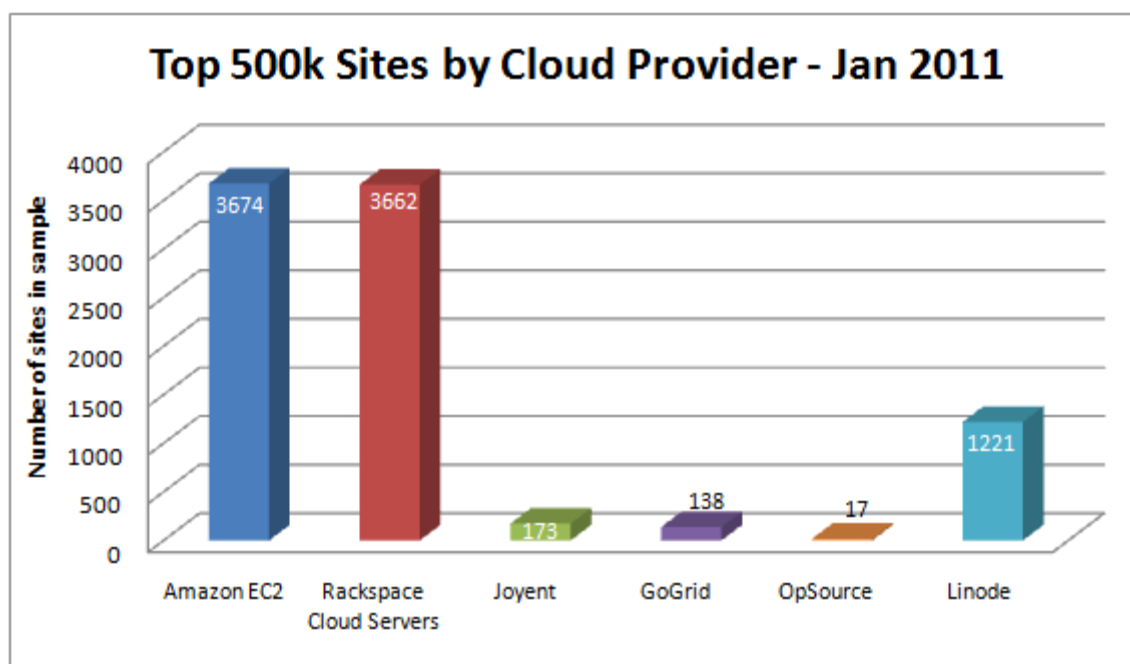
Tabela 3.1 Cloud Computing razvojni modeli

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.

3.2 Uloge u Cloud Computing-u

Uloge koje se mogu uočiti u Cloud Computing su:

- 1) Prodavac oblaka - Prodavac oblaka je 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 (Slika 3.4) - 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 sledećom generacijom centara podataka.



Slika 3.4 Provajderi oblaka sortirani po broju sajtova²²

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

²²<http://www.jackofallclouds.com/> od srede, 27.juna 2012 god.

3.3 Prednosti korišćenja Cloud Computing-a

Kao i svaka druga tehnologija, koncept tehnologije oblaka je nastao iz potrebe za rešavanjem određenih problema, pa samim time zasigurno ima i svojih značajnih prednosti. Tehnologija oblaka je koncipirana na efikasnosti iznad svega. Glavne prednosti tehnologije oblaka su sledeće²³:

- **Smanjeni troškovi** - Ovo je jedna od najvažnijih osobina. Ono što u ovom pogledu tehnologija oblaka omogućava je ušteda vremena, ušteda novca i ušteda u kadrovima. To su tipovi uštede kojima teži svaka kompanija na svetu, bez obzira na veličinu i delatnost. Kompanijama koje su tek na početku i svoje poslovanje postepeno povećavaju, u oblaku imaju minimalna početna ulaganja. Onog trenutka kada prošire svoje poslovanje ili pređu u rang većih kompanija, jednostavno skaliraju zahteve na oblaku i nema dodatnog opterećenja budžeta ulaganjem u infrastrukturu, već se i dalje plaća onoliko koliko se i potroši. Ovakav koncept naplate kompanijama olakšava planiranje budžeta i procenu troškova, pa samim tim i bolju organizaciju. Rast poslovanja kompanije ne mora nužno dovesti i do potrebe za zapošljavanjem dodatnih tehničkih kadrova. Postojeći administratori će i dalje raditi istu količinu posla samo sa uvećanim kapacitetima kojima raspolažu. Tokom ažuriranja softvera, ostatak sistema ne mora čekati da dobije novu verziju da bi mogao da nastavi sa radom. Onog trenutka kada se izbaci nova verzija softvera u oblaku, kompletan sistem je može koristiti istovremeno i samo ažuriranje traje daleko kraće. Ako sistem poseduje n korisnika, ušteda u vremenu potrebnom za ažuriranje je n puta.
- **Fleksibilnost** - Iznajmljivanje servera u oblaku umesto kupovine servera može značajno doprineti fleksibilnosti u tehničkom smislu. Kompanije, pomoću tehnologije oblaka, dobijaju dodatne mogućnosti koje ne mogu imati sa infrastrukturom koju poseduju. Mogu tačno odrediti koliko snage i koliko prostora će im biti potrebno, i tako ceo sistem prilagoditi trenutnim potrebama bez velikih napora. Proces ažuriranja (update) softvera se takođe može značajno ubrzati i pospešiti korišćenjem tehnologije oblaka. Administratori mogu u realnom vremenu da ažuriraju softver na nivou kompletnog sistema, bez obilaska svih računara pojedinačno kako bi instalirali poslednju verziju softvera. Na taj način se dolazi do višestrukih ušteda kako sa strane funkcionalnosti kompletnog sistema tako i sa strane vremena potrebnog administratorima da instaliraju najnoviju verziju softvera.
- **Skalabilnost** - Ova osobina je u svakoj tehnologiji oduvek bila jako bitna. Aplikacije u tehnologiji oblaka imaju mogućnost da se jako brzo prilagođavaju skali opterećenja tako da nivo usluga i performanse ostanu nepromenjene. Dobar primer su istraživačke organizacije koje mogu vršiti neke specifične operacije sa velikom količinom podataka i velikom procesorskom snagom u nekom određenom vremenskom periodu a zatim se vratiti u normalne radne uslove. Još jedan element u okviru skalabilnosti je i paralelizacija. Za razliku od drugih tehnologija paralelizaciju u oblaku je mnogo lakše izvesti.

²³David Lilburn Watson, *Hey - Get Off My Cloud!*, Global Security, Safety and Sustainability, 5th International Conference, ICGS3 2009 London, Proceedings, pp:224-232, UK, September 2009

- Portabilnost - U zavisnosti od tipa usluga koje pružaju, neke kompanije mogu imati zaposlene koji su na terenu, daleko od sedišta kompanije. Mnoge kompanije posluju u više zemalja, pa čak i na više kontinenata. Rukovodeći kadrovi su često na poslovnim putovanjima i imaju potrebu da mogu da upravljaju svojom kompanijom i da prate njen rad, a da ne moraju biti fizički prisutni u njoj. Svi ti zahtevi su zadovoljeni korišćenjem tehnologije oblaka. Korisnicima oblaka su potrebni Web pregledač i pristup Internetu i mogu imati potpunu funkcionalnost gde god da se nalaze.
- Efikasno korišćenje resursa
- Brzina razvoja
- Uvećano skladište
- Omogućava IT-u da se fokusira na isporuku IT usluga.

3.4 Nedostaci korišćenja Cloud Computing-a:

Nezavisna istraživačka kompanija Forrester Research očekuje da će tržišna vrednost Cloud Computing-a doći do cifru od 241 milijarde dolara do 2020. godine. Ta vrednost 2010. godine iznosila je 40,7 milijarde dolara²⁴. Za kompanije koje pružaju usluge tehnologije oblaka to predstavlja veliki izazov, jer ulaze na teren gde nema preterano jake i zrele konkurencije i imaju priliku da prvi osvoje novonastalo tržište. Međutim, to sa sobom nosi i ogromne rizike. Kako nijedan koncept nije savršen, tako i ova tehnologija ima svoje nedostatke. Glavne mane tehnologije oblaka su sledeće:

- Zavisnost - Kompanije koje koriste tehnologiju javnog oblaka se oslanjaju na kompanije koja pružaju te usluge i to je možda najkritičnija tačka ove tehnologije. Kompanije su potpuno zavisne od distributera ili prodavca tehnologije oblaka. Jedino rešenje u slučaju pada distributera oblaka je pravovremeni prelazak na stabilnijeg distributera. S obzorom na centralizovanu arhitekturu aplikacija u oblaku, plan oporavka koji podrazumeva tranziciju na drugog distributera ne bi trebalo bude skup i komplikovan, ali ipak zahteva određeno vreme. Kompanija koja pruža usluge tehnologije oblaka mora biti veoma verodostojna i mora garantovati da interni problemi u kompaniji ne smeju uticati na rad klijenata. To je jako teško ostvariti u praksi i jako je mali broj kompanija koje to stvarno mogu garantovati.
- Sigurnost - Čuvanje bitnih podataka bezbednim je oduvek bilo važno pitanje u informacionim tehnologijama. U tehnologiji oblaka u kojoj je podacima moguće pristupiti izvan virtualnih sigurnosnih zidova sistema dovodi se u pitanje bezbednost tih podataka. Korišćenje Web pregledača u slučaju nemarnih korisnika oblaka može biti laka meta za krađu podataka. Takođe, stepen sigurnosti i zaštite distributera oblaka je veoma bitan element. Prodavac oblaka mora garantovati privatnost podataka. Prodavac oblaka mora garantovati da podaci ne smeju biti izgubljeni. U bilo kom slučaju sigurnosnog propusta može se desiti da se situacija više nikada ne može popraviti. Tako nešto se ne sme dozvoliti!
- Nedostatak referenci - Baš zbog pitanja očuvanja privatnosti i sigurnosti, prodavci oblaka ili ne žele ili nisu u stanju da iznose detalje o kompanijama koje koriste njihove usluge. Zapravo, jako mali broj velikih kompanija uopšte objavljuje bilo kakve izveštaje na visokom nivou o upotrebi tehnologije oblaka. Ovo je dovelo do toga da se stvori osećaj stidljivog korišćenja tehnologije oblaka, iako je sam naziv tehnologije oblaka postao veoma popularan i poznat u modernoj tehničkoj terminologiji u svetu. Dakle, zbog problema sigurnosti, tranzitivno se dolazi i do problema nedostatka referenci o upotrebi tehnologije oblaka.
- Fiksni mesečni troškovi se moraju plaćati neprestano
- Nedostatak jasnoće u pogledu licenci za softver i licenciranja²⁵
- Upravljanje
- Dostupnost nije zagarantovana

²⁴ <http://www.cloudtweaks.com/2011/04/cloud-computing-market-will-top-241-billion-in-2020/> od srede, 27.juna 2012 god.

²⁵ <http://www.kpmg.com/global/en/issuesandinsights/articlespublications/press-releases/pages/you-may-need-to-pay-tax-on-cloud-transactions.aspx> od srede, 27.juna 2012 god.

- Privatnost
- Poštovanje propisa postaje složenije.²⁶

3.5 Sigurnost i rizici Cloud Computing-a

Koncept primene Cloud Computing-a sa sobom nosi i određene rizike. Najvažnije klase rizika koje su specifične za Cloud Computing su²⁷:

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

Da bi se postigao zadovoljavajući stepen sigurnosti, jasno je bilo da se moraju na ovom polju usvojiti mnogi standardi, a da bi oni bili postavljeni morali su se pojaviti subjekti koji bi se pozabavili isključivo ovim pitanjem. To su grupe i organizacije za postavljanje standarda. Nekoliko ovakvih organizacija se udružilo i oformilo Wiki stranicu namenjenu sigurnosti u Cloud okruženju. Wiki strane predstavljaju oblik saradnje gde svaki učesnik može dati svoj doprinos izmenom dela teksta ili dopisivanjem novog sadržaja na osnovu ličnog iskustva ili istraživanja. Ova stranica postavljena je na adresi www.cloud-standards.org. Da bi se podigla svest korisnika o važnosti aspekta sigurnosti u Cloud okruženju, 2008. godine je formirana organizacija koja nosi naziv **Cloud Security Alliance (CSA)** čiji su osnivači PGP, QualSys, Zscaler i ISACA (Information System Audit and Control Association). Njihov cilj je promovisanje što većeg broja primera dobre prakse poznatih kompanija radi obezbeđenja što većeg stepena sigurnosti u Cloud Computing okruženju. Ovi ciljevi uključuju i :

- Usaglašavanje jasnih prava i obaveza između provajdera i korisnika u Cloud Computing okruženju, a vezano za stepen sigurnosti korisnikovih podataka
- Istraživanje i pronalaženje primera dobre prakse vezanih za sigurnost u Cloud Computing okruženju
- Vođenje kampanje o podizanju svesti javnosti i korisnika o dostignućima na polju sigurnosti u Cloud Computing okruženju

²⁶ Cloud Computing Risk Assessment - ENISA – Europa, November 2009

²⁷ Enisa, Benefits, risks and recommendations for information security, Cloud Computing, November 2009

- Objavljivanje radova na temu sigurnosti i konstantno ažuriranje istih obzirom da sigurnost uvek zahteva implementaciju najnovijih informatičko-tehnoloških dostignuća

Na zvaničnoj stranici Alijanse²⁸ uvek se može preuzeti najnovija verzija publikacije „**Guidance for Critical Areas of Focus in Cloud Computing**”, koja sadrži najnovije informacije, postignute standarde i primere dobre prakse za postizanje najvećeg mogućeg stepena sigurnosti podataka u Cloud Computing okruženju. Nedavno je CSA objavila početak tesne saradnje sa nezavisnom grupom eksperata na polju sigurnosti *Jericho Forum*²⁹ radi zajedničkog promovisanja sigurnosti i postavljanja novih standarda na ovom polju. Ova grupa će objavljivati priručnike i uputstva kako poslovati u Cloud okruženju sa najvećim stepenom sigurnosti. Treba napomenuti i rad grupe Jericho **Cloud Cube Model** koji pomaže kompanijama da izvrše evaluaciju rizika, i mogućnosti vezanih za prenos poslovanja na oblak.

Kao primer uključivanja i najviših organa vlasti spomenućemo i američki nacionalni Institut za tehnologiju i standarde (NIST³⁰) koji postoji od 1991. godine i predstavlja agenciju na saveznom nivou u okviru Ministarstva trgovine Sjedinjenih Država. NIST je uključena u standarde u mnogim oblastima života i rada poput standarda za prevenciju požara i nivoa štetnih gasova koje proizvode automobili. Od nedavno je ova agencija oformila tim koji treba da pomogne federalnoj vlasti u formiranju najboljeg pristupa agencija i kompanija koje prelaze na Cloud okruženje. Open Cloud Consortium je osnovan 2008. godine sa ciljem razvoja standarda u oblasti Cloud Computing-a i infrastrukturnim okvirima za međusobnu interakciju više različitih oblaka. Ova grupacija okuplja kompanije poput Cisco Group, Yahoo Group, kao i značajan broj prestižnih Univerziteta iz Sjedinjenih Država.

²⁸ <http://www.cloudsecurityalliance.org/guidance> od utorka, 25.jun 2012. godine

²⁹ <http://www.opengroup.org/ericho> od utorka, 25.jun 2012. godine

³⁰ <http://www.nist.org> od utorka, 25.jun 2012. godine

3.6 Tipovi servisa u Cloud Computing-u

U zavisnosti od toga kako se tehnologija doprema do korisnika i koristi od strane korisnika, postoje tri pristupa³¹:

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

3.6.1 Infrastrukturni pristup (IaaS)

Infrastruktura kao servis obezbeđuje instancirane virtualne 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 virtualnih 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 Accelerator, itd. Neke od osnovnih karakteristika Amazon EC2 (Elastic Compute Cloud) servisa su³²:

- korisnici mogu iznajmiti računare ili virtualne instance za pokretanje računarskih aplikacija
- obezbeđuje Web servis interfejs pomoću kog korisnici mogu kreirati virtualne mašine i postaviti i pokrenuti bilo koji softver
- podržava različite operativne sisteme (Linux, Sun Microsystems' OpenSolaris i Solaris Express Community Edition, Microsoft Windows Server 2003, 2008)
- Naplaćivanje usluga je po satu angažovanja virtualne 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.

³¹Alexandre di Costanzo, Marcos Dias de Assuncao, Rajkumar Buyya, *Harnessing Cloud Technologies for a Virtualized Distributed Computing Infrastructure*, IEEE Internet Computing, Published by the IEEE Computer Society, pp: 24-33, September/October 2009

³²<http://aws.amazon.com/ec2/> od srede, 26.jun 2012. godine

Osnovne karakteristike Amazon S3 servisa su³³:

- 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 autentifikacije obezbeđuju sigurnost podataka.

Prethodna dva primera su već gotova rešenja koja se iznajmljuju i naplaćuju u zavisnosti od obima u kojem se koriste. 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 dva rešenja:

- AppLogic i
- Eucalyptus.

AppLogic³⁴ je proizvod kompanije 3Tera, Inc. To je kompleksan softver koji omogućava transformaciju liste servera u virtualni blok resursa koji je putem Interneta deljiv između više korisnika. Omogućava kreiranje i gašenje virtualne mašine, ali definiše i neophodnu infrastrukturu kao što su firewall-ovi, VPN i skladišta podataka koristeći samo Web pregledač. AppLogic omogućava konfigurisanje:

- Virtualnih privatnih servera
- Virtualnog 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.

Eucalyptus³⁵ 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

³³ <http://aws.amazon.com/s3/> od srede, 26.jun 2012. godine

³⁴ <http://www.3tera.com/AppLogic/> od srede, 26.jun 2012. godine

³⁵ 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

Your Programs To Useful Systems. Sastavni je deo Ubuntu 9.04 (i kasnijih verzija) Linux distribucije. Kompatibilan je sa Amazon EC2, S3 i Elastic 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 virtualnom data centru za obezbeđivanje funkcionalnosti oblaka:

- Registrovanje sopstvenih servisa
- Upravljanje sistemom bezbednosti
- Praćenje performansi
- Prilagođavanje krajnjem korisniku.

3.6.2 Platformski pristup (PaaS)

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 Azure, 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 arhitekturi. Multi-tenancy arhitektura omogućava većem broju klijenata da koriste sopstvenu kopiju nezavisno od drugih, pomoću virtualizacije. Pored ovoga, PaaS okruženje mora da pruža podršku celokupnom razvojnom ciklusu, uključujući i testiranje.

PaaS platforma uključuje interfejs 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, mashup³⁶ sajtovim.

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).

³⁶ Hibridna Web aplikacija. Glavne karakteristike su kombinacija, vizuelizacija i agregacija, sa idejom da podaci koje sadrži budu korisniji nego što već jesu, kako za ličnu tako i za poslovnu primenu. Sa ciljem da budu neprestano dostupne mashup su generalno klijentske aplikacije ili su „na mreži“.

3.6.2.1 Kompletna platforma nezavisna od oblasti primene

Primeri kompletnih platforma koje su nezavisne od oblasti primene su: Google App Engine³⁷ i Microsoft Azure³⁸. Kod ovih platformi provajder obezbeđuje programeru kompletno okruženje uključujući operativni sistem, programski jezik, bezbednost, skladište podataka, kontrolu verzije, alate za saradnju kao i alate za Web interakciju. To znači da kompletne platforme nezavisne od primene moraju da sadrže i pružaju podršku za:

- engine za praćenje toka procesa
- alate za razvoj
- okruženje za testiranje
- sposobnost integracije baza podataka
- alate i servise razvijene od treće strane.

Google je integrisao sve razvojne alate u jedno okruženje, time omogućava pokretanje Web aplikacije na njihovoj infrastrukturi. Google App Engine aplikacije su lake za pravljenje, održavanje i skaliranje. Resursi koje aplikacija koristi, kao što su protok i skladište podataka mere se i naplaćuju u gigabajtima. Aplikacija može biti dostupna i sa sopstvenog domena korišćenjem Google Apps.

Microsoft Azure platforma - izvršava se i sarađuje putem Interneta, kao servis u oblaku. Host-ovana je na Microsoft data centrima koji obezbeđuju operativni sistem i set razvojnih servisa koji se mogu koristiti individualno ili zajedno. Ideja ove platforme je da programeri razviju aplikacije koje funkcionišu na licu mesta, dok ostale komponente žive na oblaku. Microsoft ovu strategiju naziva *software plus services*. Programeri mogu koristiti istu tehnologiju da kreiraju aplikacije koje rade na lokalnim računarima i aplikacije u oblaku. Azure platformu čine sledeće komponente (Slika 3.5):

- Windows Azure
- Microsoft .NET services
- Microsoft SQL services
- Live services
- Future services.

³⁷<http://code.google.com/appengine/> od utorka, 25.jun 2012. godine

³⁸<http://www.microsoft.com/windowsazure/> od utorka, 25.jun 2012. godine

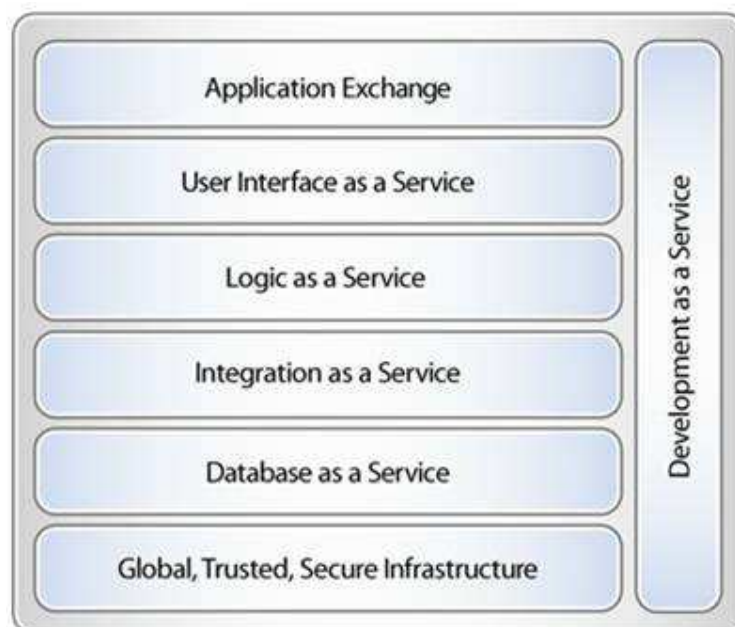


Slika 3.5 Komponente Azure platforme

3.6.2.2 Platforme za određenu oblast primene, npr. za CRM (Anchored lifecycle platform)

Osnovna karakteristika ovih platformi je da su to aplikacije orijentisane na primenu u oblaku, to su uglavnom SaaS servisi podignuti na viši nivo. Primeri platformi za određenu oblast primene su Force.com, Intuit, LongJump, itd.

Force.com³⁹ su se pojavili na tržištu 1999. godine sa CRM rešenjem u vidu servisa. Prelazak na PaaS je momenat kada su kompletno programsko okruženje za kreiranje svoje CRM aplikacije učinili dostupnim svim aplikativnim programerima radi daljeg razvoja. Na taj način programeri mogu razvijati dodatke koji koriste ovu platformu i nuditi ih po komercijalnim uslovima na tržištu. Centralni deo ove platforme je razvojno okruženje koje uključuje komponente prikazane na Slici 3.6.



Slika 3.6 Force.com development stack

³⁹ <http://www.salesforce.com/platform/> od utorka, 25.jun 2012. godine

3.6.2.3 Platforme za specijalizovane zadatke u bilo kojoj oblasti primene (Enabling technologies as a platform)

Bez obzira na to koja platforma se koristi neophodne su tehnologije koje dopunjuju njihove mogućnosti, tako da se kao podrška koriste platforme za specijalizovane zadatke. Neki od specijalizovanih zadataka koji su nezavisni od oblasti primene su:

- Testiranje u oblaku
- Upravljanje servisima u oblaku (RightScale)
- Integracija i konfiguracija platformi (WaveMaker)
- Društvene mreže
- Razvojna okruženja
- Platforme za portale.

3.6.3 Aplikacioni pristup (SaaS)

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 Web-u 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.

Pojava softvera u vidu servisa, predstavlja neizbežnu kariku u lancu, i samim tim čitav koncept Cloud Computing-a, u stvari obuhvata sve od velikih, srednjih i malih preduzeća. Softver u vidu servisa se danas široko koristi, i najčešća kategorija u ponudi predstavljaju tzv. CRM aplikacije (Customer Relationship Management). Najveća ponuda ovakvih aplikacija je trenutno na serverima Salesforce kompanije koja jednostavnim prijavljivanjem odmah nudi mogućnost započinjanja eksploatacije robusnih sistema za upravljanje ljudskim resursima. Od ovakvih aplikacija, svakako, najviše imaju koristi kompanije sa preko 500 i više zaposlenih. Naravno, u duhu Cloud Computing-a plaćanje za uslugu dolazi naknadno i vrši se obračunski po korišćenju. Sigurnost podataka i stabilnost celokupnog sistema se takođe obezbeđuje kroz setove standarda i SLA ugovore.

4. Tehnologije za realizaciju cloud computing-a

4.1 Virtualizacija

4.1.1 Virtualne mašine

Virtualna mašina je okruženje, najčešće program ili operativni sistem, koji fizički ne postoji već je kreiran u okviru nekog drugog okruženja. U ovom smislu, virtualna mašina se naziva "gost" (guest) dok je okruženje u okviru kog je startovana "domaćin" (host). Virtualne mašine se često kreiraju da bi izvršavale zadatke koje host mašina nije u stanju da izvrši. Na primer, ako imamo host mašinu pod operativnim sistemom Windows, možemo kreirati virtualnu mašinu u kojoj ćemo pokrenuti Linux i tako omogućiti korišćenje Linux softvera. Takođe, ako imamo odgovarajuće hardverske resurse, jedan host računar može pokrenuti više virtualnih mašina u isto vreme.

Korisnik koji pristupa virtualiziranom serveru vidi server kao pravi računar, svi resursi kao hard diskovi, procesori i mrežni adapteri se ponašaju kao kod normalnih računara. U suštini, svi ovi uređaji su virtualni. Ako korisnik pristupi hard disku na serveru, on u stvari pristupa kreaciji programa za virtualizaciju a potom host pristupa pravom hard disku da zabeleži podatke.

Informatika definiše virtualnu mašinu (VM) kao softversku implementaciju računara koja izvršava programe kao prava mašina.⁴⁰

4.1.2 Definicije

Popek i Goldberg su prvobitno definisali virtualnu mašinu kao efikasan, izolovan duplikat prave mašine.⁴¹ Sada su u upotrebi virtualne mašine koje se ne odnose na realni hardver.

Primer: Izraz virtualna mašina se često koristi da opišemo "Java runtime enviroment" firme Sun Microsystems. Java Virtual Machine (JVM) je procesna virtualna mašina koja izvršava kod, koji se naziva bytecode, kreiran specijalno za nju. Tokom ovog procesa JVM kreira virtualne resurse koje bytecode koristi umesto pravih resursa. Na ovaj način Java ostaje nezavisna u odnosu na platformu na kojoj se izvršava pošto je JVM zadužena da virtualne resurse koje dodeljuje bytecode-u transformiše u realne resurse.⁴²

Virtualne mašine se dele na dve velike kategorije, prema upotrebi i sličnosti sa pravom mašinom. S jedne strane imamo sistemsku virtualnu mašinu uz pomoć koje možemo da pokrenemo ceo operativni sistem a sa druge imamo procesnu virtualnu mašinu koja je dizajnirana da pokrene samo jedan proces.

⁴⁰ Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Laboratorija za elektronsko poslovanje – Virtualizacija, Beograd 2008.god.

⁴¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Popek_and_Goldberg_virtualization_requirements od petka, 14.septembra 2012 god.

⁴² http://en.wikipedia.org/wiki/Java_virtual_machine od petka, 14.septembra 2012 god.

Glavne odlike virtualnih mašina su:

- **Kompatibilnost**

Virtualna mašina ima sopstveni operativni sistem i aplikacije, kao i komponente koje ima fizički računar na kome se nalazi (matična ploča, grafička karta...), pa je kompatibilna sa svim x86 operativnim sistemima.

- **Izolovanost**

Virtualne mašine mogu da dele fizičke resurse jednog računara, ali su međusobno potpuno izolovane i nezavisne. Pad jedne virtualne mašine ne utiče na rad ostalih virtualnih mašina pokrenutih na istom fizičkom serveru.

- **Enkapsulacija**

Virtualna mašina je softverski kontejner u kome je enkapsuliran skup virtualnih hardverskih resursa, operativni sistem i aplikacije. Enkapsulacija omogućava lako prenošenje virtualne mašine. Prenos virtualne mašine svodi se na kopiranje fajla.

- **Hardverska nezavisnost**

Virtualna mašina je potpuno nezavisna od hardvera na kome funkcioniše. Hardver virtualne mašine može se konfigurisati potpuno drugačije od fizičkog hardvera na kome je virtualna mašina instalirana.

- **Sistemske virtualne mašine**

Sistemske virtualne mašine (koje se nazivaju i hardverske virtualne mašine) omogućavaju razmenu osnovnih fizičkih resursa mašine između više virtualnih mašina, od kojih svaka ima sopstveni operativni sistem. Softverski sloj koji omogućava virtualizaciju zove se monitor virtualne mašine ili hipervizor. Hipervizor može raditi na samom hardveru (Tip 1 ili native VM) ili povrh operativnog sistema (Tip 2 ili hosted VM).

Slika 4.1 Sistemske virtualne mašine⁴³

Glavne prednosti sistemskih VM-a su:

- više operativnih sistema mogu postojati na istom računaru i svi su međusobno izolovani.
- virtualna mašina može obezbediti set instrukcija koji se razlikuje od host računara.

Više VM od kojih svaka ima sopstveni operativni sistem (guest operating system) često se upotrebljavaju prilikom konsolidacije servera, gde se oni procesi (services) koji su izvršavani na posebnim mašinama kako ne bi došlo do mešanja, sada vrše na odvojenim VM na istoj fizičkoj mašini. Ova upotreba se naziva quality-of-service isolation (QoS isolation).

Druga upotreba je testiranje operativnih sistema u koje se još uvek nema poverenja, na primer kada su i dalje u fazi razvoja. Virtualne mašine imaju i druge povoljnosti za razvijanje OS-a, uključujući bolje debugovanje i brži restart sistema.

- **Procesna virtualna mašina**

Procesna VM, koja se zove i aplikaciona kontrolna mašina, radi kao normalna aplikacija u okviru OS-a i podržava jedan proces. Kreira se kada taj proces započne, a uništava se kada se proces završi. Namena joj je da pruži programersko okruženje nezavisno od platforme na kojoj se pokreće.

⁴³ Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Laboratorija za elektronsko poslovanje – Virtualizacija, Beograd 2008.god.

Ovaj tip VM-a je postao popularan zbog Java programskog jezika, koji se implementira uz pomoć Java virtualne mašine. Drugi primer je .NET Framework⁴⁴, koji radi na VM-i pod nazivom Common Language Runtime⁴⁵.

4.1.3 Tehnike

4.1.3.1 Emulacija osnovnog hardvera

Ovaj pristup se opisuje kao potpuna virtualizacija hardvera i može biti implementirana korišćenjem hipervizora Tipa 1 ili Tipa 2. Hipervizor Tip 1 radi direktno na hardveru, a Tip 2 radi na drugim operativnim sistemima, kao što je Linux ili Windows. Svaka virtualna mašina može da pokrene bilo koji operativni sistem koji je podržan od strane osnovnog hardvera. Korisnici mogu pokrenuti dva ili više različitih "guest" operativnih sistema istovremeno, u odvojenim "privatnim" virtualnim kompjuterima.

Potpuna virtualizacija je naročito korisna prilikom razvoja operativnog sistema, kada novi, eksperimentalni kod može raditi istovremeno sa starim, pouzdanim verzijama, od kojih je svaka na posebnoj virtualnoj mašini. Ovaj proces može biti čak i rekurzivan: IBM je debugovao nove verzije svog operativnog sistema virtualne mašine, na kontrolnoj mašini koja radi pod starijom verzijom VM-a, a čak je koristio ovu tehniku da simulira novi hardver.

Standardna x86 procesorska arhitektura koja se koristi u modernim PC-jevima zapravo ne odgovara zahtevima virtualizacije Popeka i Goldberga. Na prvom mestu, ne postoji nijedan izvršni mod u kome sve osetljive mašinske instrukcije uvek prave "interrupt", što bi omogućilo virtualizaciju instrukciju po instrukciju.

Uprkos ovim ograničenjima, nekoliko softverskih paketa je uspeo da pruži virtualizaciju na x86 arhitekturi, iako dinamička rekompilacija privilegovanog koda, koji je prvi implementirao VMware, više utiče na performanse u poređenju sa VM koja radi na arhitekturi koja u osnovi podržava virtualizaciju, kao na primer, IBM System/370 ili Motorola MC68020. Do sada, nekoliko drugih softverskih paketa kao što su Virtual PC, VirtualBox, Parallels Workstation i Virtual Iron uspevaju da implementiraju virtualizaciju na x86 hardveru.

Intel i AMD su uveli hardversku virtualizaciju u svoje x86 procesore.

4.1.3.2 Virtualizacija na nivou operativnog sistema

Virtualizacija na nivou operativnog sistema je serverska virtualizaciona tehnologija koja virtualizuje servere na nivou operativnog sistema (kernel). Može se predstaviti kao particionisanje: jedan fizički server se deli na više manjih particija (koje se inače zovu virtualna okruženja (Virtual Environments, VE), virtualni privatni serveri (VPS), guests, zone, itd.); svaka od tih particija izgleda i radi kao pravi server, sa tačke gledišta korisnika.

Jedan od primera su Solaris Zones. Moguće je imati više guest OS-a koji rade na istom OS-u (ovo je moguće na Solaris 10). Ali svi guest OS-i moraju koristiti isti kernel,

⁴⁴ <http://www.microsoft.com/net> od petka, 14.septembra 2012 god.

⁴⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Common_Language_Runtime od subote, 15.septembra 2012 god.

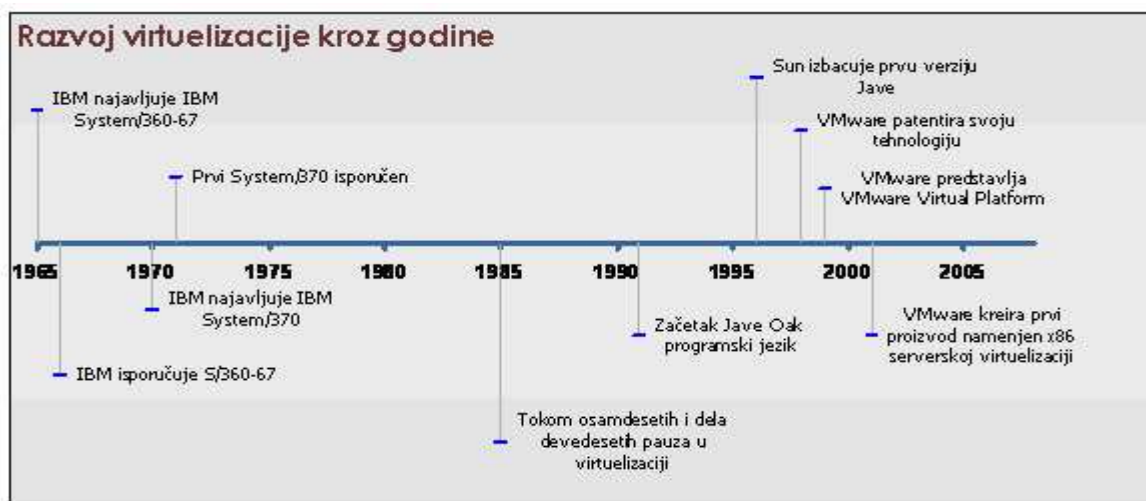
nemoguće je koristiti drugu verziju i, takođe, ne može se koristiti drugačiji sistem od Solaris-a. Ova arhitektura troši malo resursa što omogućava maksimizaciju upotrebe serverskih resursa. Virtualizacija nije zahtevna i omogućava rad stotinama virtualnih privatnih servera na jednom fizičkom serveru. Iako virtualizacija na nivou operativnog sistema ne dozvoljava rad različitih operativnih sistema (tj. različitih kernela) moguće su druge biblioteke, distribucije, itd.

Za razliku od nje, pristupi kao što je virtualizacija (na primer VMware⁴⁶) i paravirtualizacija (na primer Xen⁴⁷ ili UML⁴⁸ (User Mode Linux)) ne mogu postići toliko iskorišćenje, zbog zahtevnosti rada više kernela u isto vreme.

4.1.4 Istorijat

4.1.4.1 Razvoj virtualizacije kroz godine

Ideja virtualizacije se prvi put javila šezdesetih godina u laboratorijama firme IBM. Kroz godine se pojavilo puno hardvera i softvera koji su podržavali ovu tehnologiju. Posle pauze osamdesetih i dela devedesetih godina, ova tehnologija se ponovo vraća na velika vrata.



Slika 4.2 Istorijat virtualizacije⁴⁹

- IBM

Godine 1965 istraživači u IBM-u su pokušavali da izmere efektivnost novih ideja u računarskoj industriji. Tražili su način da pojedinačno uključuju i isključuju opcije i tako izmere performanse računara u različitim uslovima. Na kraju su došli na ideju da računar podele na više manjih delova od kojih je svaki imao svoje resurse, tako da su mogli da ih gase po potrebi bez izmene ostalih delova.

⁴⁶ <http://www.vmware.com/> od ponedeljka, 17.septembra 2012 god.

⁴⁷ <http://www.xen.org/> od ponedeljka, 17.septembra 2012 god.

⁴⁸ <http://user-mode-linux.sourceforge.net/> od ponedeljka, 17.septembra 2012 god.

⁴⁹ Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Laboratorija za elektronsko poslovanje – Virtualizacija, Beograd 2008.god.

Posle ovog eksperimenta, IBM je razvio svoju ideju virtualne mašine i na osnovu toga kreirali su operativni sistem za više korisnika. Svaki korisnik ima svoju virtualnu mašinu u kojoj radi i tako dele resurse sa ostalim korisnicima bez međusobnih uticaja. Mnogi univerziteti i firme su iskoristile ovaj sistem jer su mogli da rasporede snagu svojih mainframe računara na više ljudi i tako efikasnije iskoriste procesorsku snagu. Ovaj računar je bio poznat pod nazivom IBM System 370 (S/370) i IBM System 390 (S/390). Ovaj pristup se pokazao veoma efikasnim pošto su se ovi mainframe računari prodavali sve do 2000. godine, a zamenio ih je IBM System z.

- **VMware**

Tokom osamdesetih i devedesetih godina virtualizacija je generalno napuštena i njeno mesto su preuzeli jeftini x86 serveri i desktop računari. Umesto da dele resurse jednog mainframe računara, organizacije su se okrenule jeftinim distribuiranim sistemima. Pojava Linux-a i prihvatanje Windows-a tokom devedesetih su postavili x86 servere kao industrijski standard. Ovakav pristup je doneo niz problema:

- Slabo iskorišćenje resursa. Istraživanja pokazuju da se iskorišćenje kreće od 10-15%. Organizacije izbegavaju da koriste jedan server za više aplikacija zbog mogućnosti da jedan softver koji ima sigurnosne propuste ugrožava druge aplikacije.
- Povećanje troškova infrastrukture. Cena održavanja velikih sistema polako raste. Troškovi električne energije, hlađenja i prostora se ne poklapaju sa iskorišćenošću računarskih kapaciteta.
- Povećanje troškova radne snage. Sa porastom kompleksnosti sistema raste i broj stručnjaka koji su neophodni da bi sistem funkcionisao kako treba.

Rešenje ovih problema je 1999. godine ponudila firma VMware. Arhitektura x86 u to vreme nije podržavala virtualizaciju i postojalo je puno problema da bi se omogućila efektivna virtualizacija na toj platformi. U okviru x86 seta instrukcija postoji 17 instrukcija koje predstavljaju problem prilikom virtualizacije. VMware softver to rešava na sledeći način: kada se pozove neka od tih 17 instrukcija, softver za virtualizaciju ih „hvata u letu“ i menja u set instrukcija koje neće dovesti do nestabilnosti sistema. Trenutno je VMware jedan od lidera u virtualizaciji.

- **Java**

Ne može se pričati o istorijatu virtualizacije bez pominjanja Jave. Ovaj programski jezik je nastao iz potrebe za potpuno portabilnim programima. Početkom devedesetih u Sun-u je pokrenut Green Project i u okviru njega je rođen programski jezik Oak. Ovaj jezik je promenio ime u Java 1996. godine i tada je izašla verzija 1.0 alpha Java Development Kit-a.

Osnovna filozofija Java podrazumeva sledeće ciljeve:

1. Treba da bude jednostavna i objektno orijentisana.
2. Treba da bude robusna i sigurna.
3. Treba da bude nezavisna od arhitekture i portabilna.
4. Treba da pruža visoke performanse.
5. Treba da bude dinamička i da podržava niti.

Jedna od glavnih odlika Java je portabilnost. To znači da jednom napisan program može da radi na bilo kojoj arhitekturi ili operativnom sistemu. Ovo je postignuto tako što se Java ne kompajlira u mašinski kod već u bytecode – kod sličan mašinskom ali ga ne interpretira računar već virtualna mašina specijalno pisana za hardver na kome se izvršava. Ova virtualna mašina se zove Java Virtual Machine (JVM).

U novembru 2006. godine Sun je odlučio da Java postane open source. Java je sada potpuno besplatna i open source osim malog dela na koji Sun nije imao autorska prava.

4.1.5 Popularni softver

4.1.5.1 Procesne virtualne mašine

Kako je ranije pomenuto, procesne virtualne mašine se koriste da nam pruže programersko okruženje koje je nezavisno od platforme. Najpoznatije procesne virtualne mašine su:

- Java virtualna mašina (JVM). Ova virtualna mašina služi za izvršavanje Java bytecode-a. Ovaj kod generalno dobijamo od Java ali JVM može da se koristi za implementaciju koda drugih programskih jezika. Na primer, programski jezik Ada se može kompajlirati u Java bytecode i onda izvršavati u okviru JVM.
- Common Language Runtime (CLR). Ova virtualna mašina je deo Microsoft-ove .NET platforme. Koristi bytecode pod nazivom Common Intermediate Language (CIL).
- Adobe Flash Player. Ova virtualna mašina je razvijena u firmi Macromedia. Firma Adobe preuzima prava posle kupovine 2005. godine. Koristi se za reprodukciju Shockwave Flash fajlova (SWF).
- ScummVM. Originalno razvijen za grafičke avanture firme Lucas Arts. Trenutno podržava i igre drugih firmi kao što su Adventure Soft i Revolution Software.

4.1.5.2 Sistemske virtualne mašine

Kada nam je neophodna virtualizacija celog operativnog sistema koristimo sistemske virtualne mašine. Za nas su interesantni sledeći proizvodi:

- VMware Workstation – Proizvod firme VMware. Podržava veliki broj operativnih sistema i hardvera i moguće je startovati više virtualnih mašina u isto vreme. Instalira se u okviru drugog operativnog sistema.

- VMware Server – Omogućava udaljenu administraciju virtualnih mašina. Instalira se u okviru drugog operativnog sistema kao i Workstation ali za razliku od njega ne podržava 3D akceleraciju pa nije pogodan za desktop virtualne mašine već samo za serverske.
- VMware ESX – Ovaj proizvod je u samom vrhu VMware ponude i idealno je rešenje za virtualizaciju većeg obima. Za razliku od prethodno pomenutih proizvoda za instalaciju ESX-a nije potreban operativni sistem. Zahvaljujući integrisanom kernelu instalira se direktno na hardveru.
- Microsoft Virtual PC – Rešenje za virtualizaciju firme Microsoft. Po mnogim stvarima inferioran proizvod u odnosu na VMware ponudu. Podržava samo Windows operativne sisteme i ima veoma slabu hardversku virtualizaciju.
- XEN - Besplatan softver za virtualizaciju razvijan na Kembriđ univerzitetu. Koristi paravirtualizaciju što onemogućava instalaciju guest operativnih sistema bez njihove modifikacije. Od verzije 3.0, uz pomoć Intela, moguće je instalirati operativne sisteme bez potrebe za modifikacijama. Spada u tip 1.

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 virtualizacijom 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 virtualnim resursima kao da su jedinstveni.

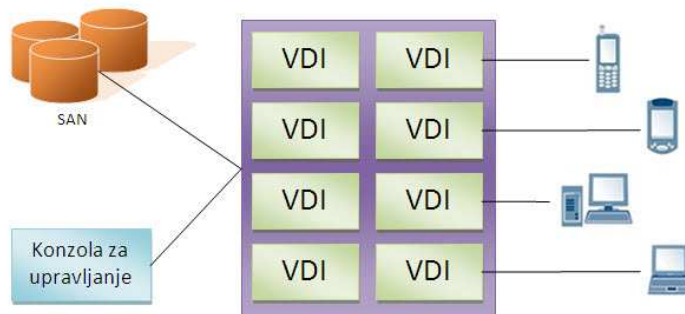
Sam termin virtualizacija je postao vrlo popularan i stavlja se u kontekst većeg broja tehnologija ovog tipa:

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

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

Desktop Virtualization (Slika 1.3) je relativno nov termin, koji se pojavio poslednje decenije prošlog veka, i koristio se da opiše proces odvajanja desktopa nekog računara i njegovih aplikacija, podataka itd. od same mašine. Virtualna radna površina je pohranjena na udaljenom serveru, umesto na tvrdom disku lokalnog računara. To znači da se sam

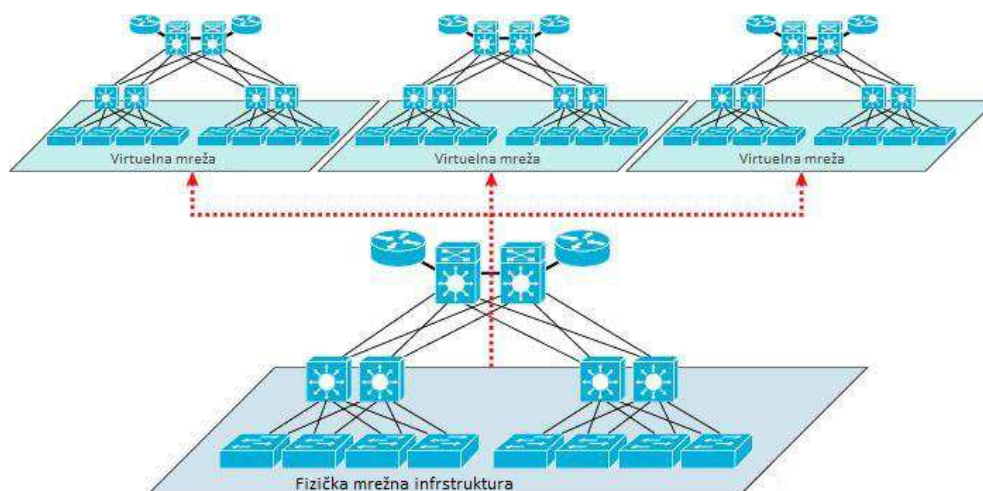
desktop, aplikacije, procesi i podaci pokreću i čuvaju centralizovano, a korisnici im pristupaju sa bilo kog uređaja koji ima mogućnost da prikaže desktop okruženje: PC, laptop, smartphone ili laki klijent (thin client).



Slika 4.3 Virtualizacija desktop-a

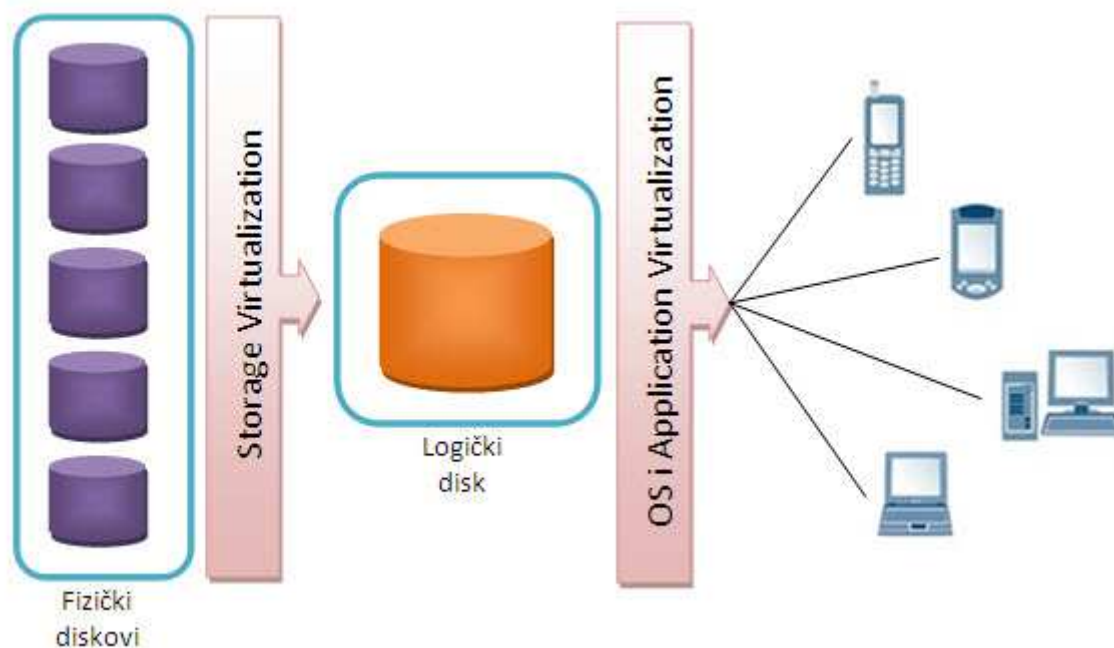
U VDI (Virtualna Desktop Infrastruktura), postoji centralni server, na kom postoji određen broj virtualnih mašina. Broj virtualnih desktop-a zavisi od samog servera tj. od njegove konfiguracije. Jači i brži serveri mogu da podrže veći broj mašina i obrnuto. Svaka od ovih virtualnih mašina predstavlja nezavistan 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 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 virtualna mreža, koja se može kontrolisati. Najjednostavniji primer virtualizacije mreže su VLAN (Virtualne lokalne mreže). Prikaz virtualizacije mreže je dat na Slici 1.4.



Slika 4.4 Virtualizacija mreže

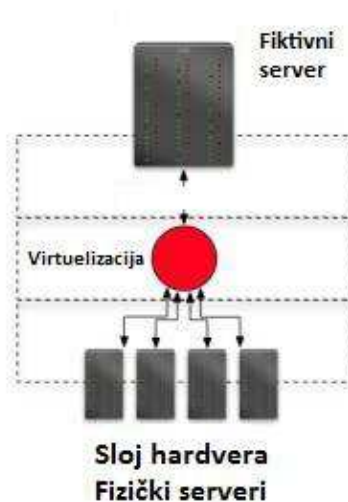
Storage Virtualization predstavlja spajanje fizičkih skladišta iz više različitih mrežnih diskova u nešto što izgleda kao jedinstveno skladište podataka, kojim se upravlja iz centralizovane konzole. Virtualizacija skladišta se najčešće koristi u SAN-ovima. Upravljanje mrežnim diskovima može biti naporno i zahteva puno vremena. Virtualizacija pomaže administratorima skladišta da operacije kao što su be, arhiviranje, oporavak itd. obavljaju mnogo lakše i za kraće vreme (Slika 1.5).



Slika 4.5 Virtualizacija skladišta podataka

Management Virtualization se fokusira na tehnologije kojima se upravlja čitavim centrom podataka, i fizičkim i virtualnim 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 Virtualni Servisi (virtualne mašine, desktop-i i Web aplikacije).

Server Virtualization (Slika 1.6) predstavlja maskiranje serverskih resursa, uključujući broj, identitet, lokaciju fizičkih servera, procesora i operativnih sistema od njihovih korisnika. Administrator servera koristi aplikacije da podeli fizičke servere u veći broj virtualnih izolovanih okruženja. Ova okruženja se ponekad nazivaju privatni virtualni serveri.



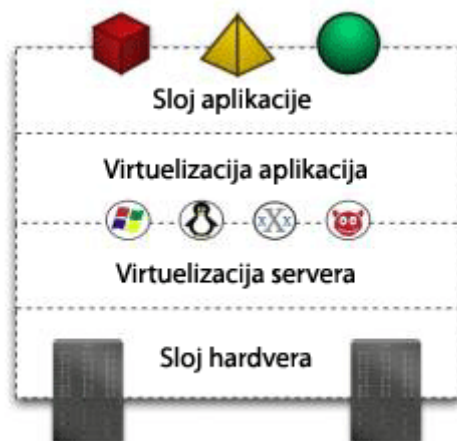
Slika 4.6 Virtualizacija servera

Ova apstrakcija je ono na čemu se u suštini i zasniva Cloud Computing. Pre uvođenja virtualizacije servera (Slika 1.7), 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 preopterećenja. Uvođenjem virtualnih 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 virtualnim serverima i na njima se pokreće neka druga zahtevnija aplikacija ili funkcija.



Slika 4.7 Konsolidacija serverskih resursa

Application Virtualization (Slika 1.8) 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 4.8 Virtualizacija aplikacija

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

4.2 Softver za realizaciju

Virtualizacija je preduslov i oslonac koncepta Cloud Computing-a. Ukoliko želimo da izvršimo virtualizaciju neophodan je softverski alat koji je omogućava. Na tržištu su prisutna brojna rešenja kao što su: VMware⁵⁰, Virtualbox⁵¹, Xen⁵², Kernel-based Virtual Machine (KVM), itd. S obzirom da ima mnogo rešenja za različite operativne sisteme koja omogućavaju virtualizaciju, sam softver za virtualizaciju ne predstavlja usko grlo za uspešnu implementaciju Cloud infrastrukture.

Pri projektovanju infrastrukture, kada je izbor softvera u pitanju, prvo treba odabrati softver za podršku infrastrukturnom pristupu. U ovoj oblasti dominiraju dva rešenja Eucalyptus i AppLogic. Eucalyptus je besplatni softver koji radi pod Linux-om dok je AppLogic komercijalno rešenje. Nakon ove odluke nameće se pitanje izbora operativnog sistema na kom će biti instaliran softver za podršku infrastrukturnom pristupu. Izbor je između Windows ili nekog Linux rešenja. Kada su Linux rešenja u pitanju, izdvajaju se Ubuntu 9.10 (zbog podrške Cloud Computing-u u vidu Ubuntu Enterprise Cloud-a), Centos 5.5 (odlično funkcioniše u kombinaciji sa XEN hipervizorom i ima dobru online podršku za Eucalyptus) i OpenSUSE 11.2 (dobra online podrška za Eucalyptus).

⁵⁰ <http://www.vmware.com/> od ponedeljka, 17.septembra 2012 god.

⁵¹ <http://www.virtualbox.org/> od ponedeljka, 17.septembra 2012 god.

⁵² <http://www.xen.org/> od ponedeljka, 17.septembra 2012 god.

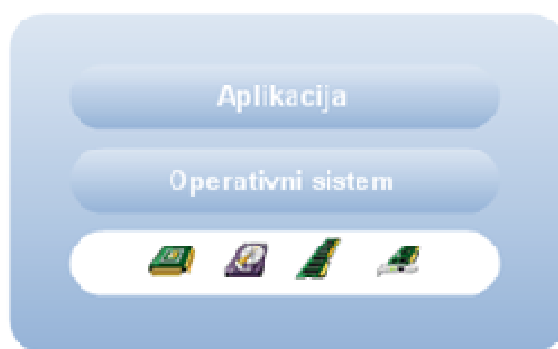
Nakon postavljanja infrastrukture poželjno je imati i alat koji omogućava upravljanje samim oblakom. Jedan od mogućih alata je Hybridfox⁵³ koji predstavlja add-on za Internet pretraživač i zato je veoma jednostavan za instalaciju i nezavisan od operativnog sistema pod kojim je instaliran. Pod pojmom upravljanje oblakom pre svega podrazumeva se:

- Upravljanje image-ima
- Podizanje i gašenje instanci
- Rad sa instancama
- Upravljanje grupama korisnika.

Image-i predstavljaju zapakovan skup alata i okruženje neophodno za korišćenje tog alata, odnosno, sadrže operativni sistem a mogu sadržati i aplikaciju ili aplikacije kojima korisnik dodatno želi da raspolaže. Image-i ili softverske slike se mogu pokrenuti na virtualnoj mašini odnosno mogu se instancirati. Jedan image može biti pokrenut na nekoliko virtualnih mašina. Virtualnom mašinom se smatra jedan izolovani softverski okvir u kome može biti pokrenut sopstveni operativni sistem i aplikacije, kao da je u pitanju fizički računar. Virtualna mašina se ponaša kao poseban fizički računar koji ima svoje virtualne, softverski određene, hardverske resurse.

4.3 Hardver

Hardverski resursi jedne fizičke mašine se uz pomoć koncepta virtualizacije mogu podeliti na nekoliko izolovanih virtualnih mašina. Svaka virtualna mašina mora imati na raspolaganju procesor odgovarajućih karakteristika, određenu količinu RAM memorije kao i slobodan prostor na hard disku.



Slika 4.9 Hardver

Minimalne hardverske potrebe za jednu virtualnu mašinu su određene izborom operativnog sistema kao i izborom aplikacija koje korisnici žele da imaju na raspolaganju. Kao

⁵³ <http://code.google.com/p/hybridfox/> od ponedjeljka, 17.septembra 2012 god.

industrijski standard izdvojila su se četiri tipa instanci⁵⁴: standardne instance, instance koje raspoložu većom količinom RAM memorije, instance koje raspoložu snažnijim procesorima i instance klastera. Ovaj standard je prvi počeo da koristi Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2). Pored ovoga Amazon je definisao i standard koji se tiče snage jednog procesora. Jedan procesorska jedinica, po ovom industrijskom standardu, je ekvivalenta taktu procesora od 1.0-1.2 GHz Opteron ili 2007 Xeon procesora. Ovo je takođe ekvivalentno starijem (2006) 1.7 GHz Xeon procesoru.

4.4 Standardne instance

Instance ovih karakteristika zadovoljavaju potrebe većine aplikacija:

- Small Instance – ima na raspolaganju 1.7 GB RAM memorije, jednu procesorsku jedinicu (virtualni procesor koji ima snagu procesorske jedinice definisane odgovarajućim industrijskim standardom), 160 GB prostora na hard disku koji instanca ima na raspolaganju, zasnovana je na 32-bitnoj platformi.
- Large Instance – ima na raspolaganju 7.5 GB RAM memorije, četiri procesorske jedinice (dva virtualna procesora pri čemu svaki raspolože snagom dve procesorske jedinice koje su definisane odgovarajućim industrijskim standardom), 850 GB prostora na hard disku koji instanca ima na raspolaganju, zasnovana je na 64-bitnoj platformi.
- Extra Large Instance – ima na raspolaganju 15 GB RAM memorije, 8 procesorskih jedinica (četiri virtualna procesora pri čemu svaki raspolože snagom dve procesorske jedinice koje su definisane odgovarajućim industrijskim standardom), 1690 GB prostora na hard disku koji instanca ima na raspolaganju, zasnovana je na 64-bitnoj platformi.

4.5 Instance sa velikom količinom RAM memorije

Instance koje pripadaju ovoj grupi nude velike količine RAM memorije koja je potrebna za visoku propustnost aplikacije uključujući baze podataka i aplikacije za keširanje memorije:

- High-Memory Extra Large Instance – raspolože sa 17.1 GB RAM memorije, 6.5 procesorskih jedinica (dva virtualna procesora pri čemu svaki raspolože snagom 3.25 procesorske jedinice koje su definisane odgovarajućim industrijskim standardom), 420 GB prostora na hard disku koji instanca ima na raspolaganju, zasnovana je na 64-bitnoj platformi.
- High-Memory Double Extra Large Instance – raspolože sa 34.2 GB RAM memorije, 13 procesorskih jedinica (četiri virtualna procesora pri čemu svaki raspolože snagom 3.25 procesorske jedinice koje su definisane odgovarajućim

⁵⁴ <http://aws.amazon.com/ec2/instance-types/> od ponedjeljka, 17.septembra 2012 god.

industrijskim standardom), 850 GB prostora na hard disku koji instanca ima na raspolaganju, zasnovana je na 64-bitnoj platformi.

- High-Memory Quadruple Extra Large Instance – raspolaže sa 68.4 GB RAM memorije, 26 procesorskih jedinica (osam virtualnih procesora pri čemu svaki raspolaže snagom 3.25 procesorske jedinice koje su definisane odgovarajućim industrijskim standardom), 1690 GB prostora na hard disku koji instanca ima na raspolaganju, zasnovana je na 64-bitnoj platformi.

4.6 Instance sa snažnijim procesorima

Instance koje pripadaju ovoj grupi imaju proporcionalno više procesorskih resursa nego RAM memorije. Ove instance se koriste za aplikacije koje zahtevaju intenzivno računanje i proračunavanje:

- High-CPU Medium Instance – raspolaže sa 1.7 GB RAM memorije, 5 procesorskih jedinica (dva virtualna procesora pri čemu svaki raspolaže snagom 2.5 procesorske jedinice koje su definisane odgovarajućim industrijskim standardom), 350 GB prostora na hard disku koji instanca ima na raspolaganju, zasnovana je na 32-bitnoj platformi
- High-CPU Extra Large Instance – raspolaže sa 7 GB RAM memorije, 20 procesorskih jedinica (osam virtualnih procesora pri čemu svaki raspolaže snagom 2.5 procesorske jedinice koje su definisane odgovarajućim industrijskim standardom), 1690 GB prostora na hard disku koji instanca ima na raspolaganju, zasnovana je na 64-bitnoj platformi

4.7 Instance klastera

Instance u okviru ove grupe obezbeđuju snažnije procesorske resurse sa poboljšanim mrežnim performansama. Ove instance su odlično rešenje kada su u pitanju aplikacije koje zahtevaju visoke performanse kada je u pitanju računanje i druge međusobno zavisne mrežno povezane aplikacije.

- Cluster Compute Quadruple Extra Large – raspolaže sa 23 GB RAM memorije, 33.5, 1690 GB prostora na hard disku koji instanca ima na raspolaganju, zasnovana je na 64-bitnoj platformi i raspolaže 10 Gigabit Ethernet-om.

5. Upravljanje korisničkim nalogima u Cloud Computing infrastrukturi

Korišćenje Cloud Computing infrastrukture donosi određene rizike u vezi sa privatnošću⁵⁵:

- *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 infrastrukturama⁵⁶. 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 Service⁵⁷.

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 lozinki⁵⁸.

⁵⁵ 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.

⁵⁶ 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.

⁵⁷ A. Gopalakrishnan, „Cloud Computing Identity Management,” SETLabs Briefings, t. 7, br. 7, 2009.

⁵⁸ <http://www.opengroup.org/security/sso/> od utorka, 18.septembra 2012 god.

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.

5.1 LDAP protokol i X.500 standard

Zbog ubrzane ekspanzije distribuiranih sistema i telekomunikacijskih mreža krajem 80-tih godina XX veka ukazala se potreba za standardizacijom usluga direktorijuma (imenika) (engl. directory services). ITU (The International Telecommunication Union) i ISO (International Organization for Standardization) udružili su se da bi razvili seriju specifikacija za usluge direktorijuma koji mogu sadržavati telefonske brojeve, e-mail adrese i druge informacije o osobama te informacije o mrežnim uređajima.

Prva specifikacija takvog standarda je napisana 1988. godine. Standard je nazvan X.500 DAP (Directory Access Protocol). Ubrzo su usledile nove specifikacije tog standarda, ali, usprkos tome, X.500 standard nije bio dobro prihvaćen. Najveći njegov nedostatak je bio taj što mora da koristi OSI protokol koji je vrlo težak za implementiranje i nije toliko rasprostranjen kao recimo TCP/IP. Zbog toga što je većina klijentskih aplikacija za usluge direktorijuma radila na TCP/IP, počelo se raditi na standardu koji će podržavati taj protokol. Taj standard je nazvan LDAP (Lightweight Directory Access Protocol). U početku je LDAP bio zamišljen samo kao gateway između klijentske aplikacije i X.500 servera, ali je ubrzo zbog težine implementacije X.500 standarda LDAP-u dodata vlastita baza podataka koja mu je omogućila da stvori samostalnu uslugu direktorijuma. Originalna verzija LDAP-a je stvorena na univerzitetu u Michigan-u, dok je zadnja verzija izdata 1997. godine kao RFC 2251 „Lightweight Directory Access Protocol version 3”⁵⁹.

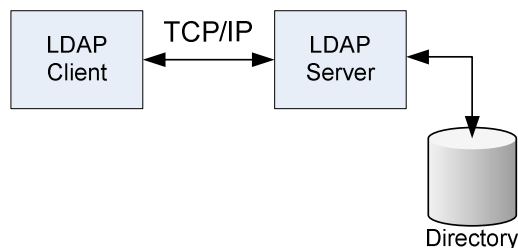
LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) je komunikacioni protokol koji definiše prenos i format poruke koju koristi klijent da pristupi podacima na serveru⁶⁰. LDAP ne definiše sam direktorijumski servis. Aplikacioni program (LDAP klijent) šalje LDAP poruke pozivom LDAP API. Međutim, u eksploataciji 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

⁵⁹ <http://www.cet.rs/cetcitaliste/CitalisteTekstovi/773.pdf> od utorka, 25.septembra 2012 god.

⁶⁰ M. Despotović, *Razvoj metoda poslediplomskog obrazovanja na daljinu zasnovanog na Internet tehnologijama, doktorska disertacija, Beograd: FON, 2006.*

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 (**Error! Reference source not found.**). Ovakvi LDAP serveri se često zovu samostalni LDAP serveri jer ne zavise od X.500 direktorijumskog servera.



Slika 5.1 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.

5.1.1 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 posebna 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 posebnim 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:

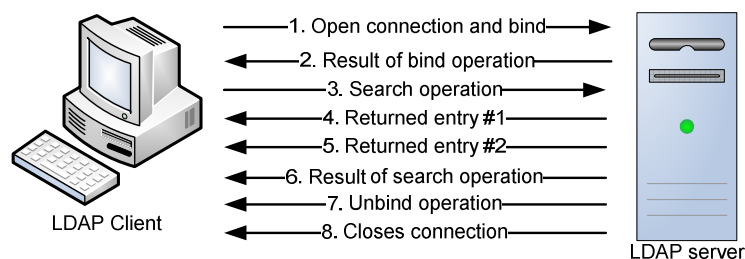
- Pretraživanje podataka koji zadovoljavaju proizvoljno specificiran kriterijum
- Dodavanje podataka
- Brisanje podataka
- Modifikovanje podataka
- Modifikovanje posebnih imena ili relativnih posebnih imena u slogu
- Poređenje podataka

5.1.2 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 (**Error! Reference source not found.**).



Slika 5.2 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 sertifikati 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 klijenta za prekidom 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 security* (TLS) da bi enkriptovao i potvrdio konekciju.
- *LDAP kontrola* – Dodatne 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.

5.1.3 Modeli opisa LDAP direktorijuma

LDAP se može bolje razumeti upoznavanjem četiri modela na kojima je baziran:

- *Informacioni model* opisuje strukturu informacija skladištenih u LDAP direktorijumu.
- *Model imenovanja* opisuje kako je informacija u LDAP direktorijumu organizovana i identifikovana.
- *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 attribute koje one sadrže su predstavljene *šemom*. Šema definiše koje klase objekata su dozvoljene i gde se nalaze u direktorijumu, koje attribute 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.

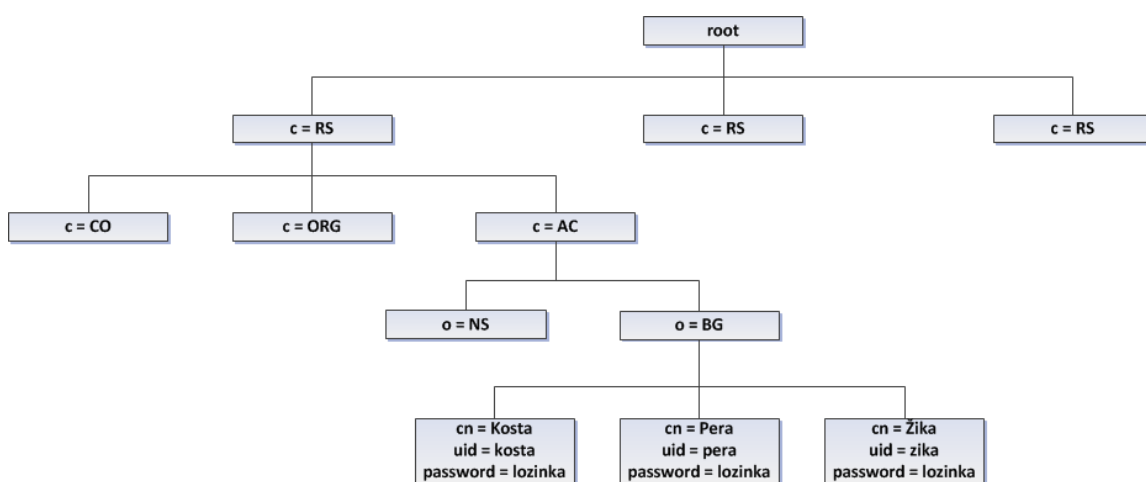
Model imenovanja

LDAP model imenovanja definiše kako su slogovi identifikovani 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 posebnim imenima (DN). DN je jedinstveno ime koje nedvosmisleno identifikuje pojedinačni unos. DN-a su sastavljena od niza relativnih posebnih 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 (**Error! Reference source not found.**).



Slika 5.3 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 potkategorije.

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 pod-odeljenje 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=Pera, ou=ETF, 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 uobičajeno 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. Godine 1998. RFC2247 je ustanovio standard za prevođenje DNS naziva domena u LDAP (i X.500) *Distinguished names*. Od tada je sve više instalacija koristilo ovaj format. Ako je plan integracija sa Microsoft Active Directory, ovo je jedini format koji se može 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 baziranih 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.

Podaci 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 *netgroup 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 složenije 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 navedeni:

- *Baza*. DN koji definiše startnu tačku, zvanu bazni objekat pretrage. Bazni objekat je čvor u okviru DIT-a.
- *Opseg*. Određuje koliko duboko u okviru DIT-a se traži bazni objekat.
- *Filter pretrage*. Određuje kriterijum koji element mora ispuniti da bi bio vraćen u pretrazi. Filter pretrage je Bulova kombinacija relacija vrednosti atributa.
- *Atributi za povratak*. Određuje koje attribute treba vratiti iz elemenata koji ispunjavaju kriterijum pretrage. Pošto elementi imaju mnogo atributa, ovo dozvoljava korisnicima da vode samo attribute za koje su zainteresovani. 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 određivati 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 eksterno, osetljive informacije moraju da budu zaštićene tokom transporta. Takođe je potrebno znati ko zahteva informaciju i ko je šalje. 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.

6. Cloud Computing u poslovnom okruženju

6.1 Oblasti primene Cloud Computing-a

Neke od osnovnih oblasti primene Cloud Computing-a su:

1. **Backup u oblaku.** Kompanije backup poslovnih podataka kao i plan oporavka od katastrofe premeštaju na servere u oblaku. Ova oblast primene veoma sporo nalazi udela u kompanijskom poslovanju. Razlog tome leži u priličnoj nepoverljivosti kompanija prema serverima u oblacima pre svega zato što kompanije smatraju da je mogućnost otkaza ili zloupotrebe bitnih podataka koji se nalaze na udaljenim serverima previsok rizik.
2. **Aplikacije namenjene za saradnju i komunikaciju.** Mnoge kompanije već koriste ove aplikacije i smatraju ih sastavnim delom svog poslovanja. Neke od najznačajnijih oblasti primene ovih aplikacija su: elektronska pošta, online video konferencije, deljenje podataka i resursa. Niska cena implementacije ovih aplikacija često ubrzava odluku o njihovoj integraciji u poslovnu jedinicu.
3. **Poslovne aplikacije.** Poslovne aplikacije bazirane na Cloud Computing-u obezbeđuju velike šanse kompanijama da iako ne raspolažu resursima mogu da ih koriste na „plati koliko koristiš“ (pay as you use) principu. Pošto kompanije ne moraju da kupuju softver i da vode računa o licencama mogu uvek da koriste aktuelna softverska rešenja. Rešenja kao što su CRM, ERP, HR i softver za računovodstvo i finansije koja su dostupna na oblaku omogućuju kompanijama da finansijske resurse koje bi izdvojile za kupovinu tog softvera usmere u druge oblasti.
4. **Web Serving.** Web serveri, alati za upravljanje, analitički i poslovni softver se pomeraju u Cloud Computing infrastrukturu. Infrastruktura bazirana na ovom konceptu može značajno uštedeti finansijske resurse.
5. **Aplikacije za povećanje produktivnosti zaposlenih.** Aplikacije koje se koriste za poboljšanje performansi zaposlenih i bolje izveštavanje su još jedan tip primene aplikacija baziranih na Cloud Computing konceptu koji je danas u širokoj upotrebi. Ove aplikacije se koriste ukoliko kompanije žele povećanje odgovornosti i efikasnosti zaposlenih na radnom mestu.
6. **Besplatne Cloud Computing aplikacije.** Postoji mnogo korisnih i interesantnih aplikacija zasnovanih na Cloud Computing-u koje su u potpunosti besplatne. Ove aplikacije procesiraju podatke u centrima koji su vlasništvu trećih lica, odnosno nikakvo procesiranje se ne izvršava na lokalnom računaru. Ove besplatne aplikacije se mogu podeliti u aplikacije koje služe za:

- Softver za edit-ovanje slika (Picnik, Pixlr) - obezbeđuju razne funkcije za rad sa slikama
- Online skladištenje podatka (MediaFire, Megaupload, Hotfile, 4Shared, Rapidshare, Depositfiles, Yourfilehost, Zshare, NowDownloadAll, Easy-Share, Imgur i Uploading) – omogućava deljenje raznih datoteka koje se nalaze na udaljenim serverima
- Digital Video (Hulu, YouTube, Watchmoviesonline, break.com) – korisnici mogu postavljati i gledati video materijale
- Kreiranje online foto albuma (flickr, Fotolog, photobucket, imagebam)
- Online antivirus aplikacije (Cloud Antivirus).

6.2 Ciljne grupe korisnika Cloud Computing usluga

- Poslovni korisnici, pre svega mala i srednja preduzeća⁶¹:

Razvoj IT podrške bez inicijalnih investicija, bezbedna, ekonomična infrastruktura sa garantovanim performansama. Visoko profesionalna podrška 24x7, sa mogućnošću obezbeđenja oporavka u slučaju katastrofe, kakvu korisnik ne može da obezbedi sopstvenim sredstvima.

- Javna preduzeća i državne ustanove:

Preduzeća iz ovog segmenta, pored privatnih podataka i aplikacija, imaju i razvijene javne usluge (okrenute Internet korisnicima) koje se bezbedno i ekonomično mogu pružati na Cloud Computing infrastrukturi. Moguće je kreirati zatvorenu ili poluzatvorenu infrastrukturu koja je potpuno izolovana i zaštićena od okruženja.

- Nezavisni isporučioi aplikativnog i drugog softvera:

Mogućnost demonstracije, testiranja i razmene aplikativnog i drugog softvera sa korisnicima. Izvođenje obuke i drugih vidova treninga. Isporučilac softvera ili korisnik ne mora da brine o instalaciji aplikacija, već može odmah da se posveti analizi funkcija koje ga zanimaju i obuci za korišćenje.

- Događaji i manifestacije ograničenog trajanja:

Primeri Eurosong, Univerzijada i slični skupovi za koje je potrebno obezbediti IT infrastrukturu i za koje Cloud Computing predstavlja idealno rešenje.

⁶¹ http://www.coming.rs/cloud/ciilne_grupe od ponedeljka, 24.septembra 2012 god.

- Škole i univerziteti:

Cloud Computing usluge za ovaj segment korisnika su neuporedivo ekonomičnije i fleksibilnije od izgradnje klasične (fizičke, sopstvene) infrastrukture. Takođe, brojne su „neopipljive“ prednosti Cloud Computing infrastrukture za škole i univerzitete.

- Rezidencijalni korisnici:

Mogu da kreiraju, iznajme i koriste svoje virtualne desktop računare (prema unapred definisanim šablonima), da kupe/iznajme tanke klijente i dodatni softver korišćenjem CC Portala. Svojim virtualnim računarima mogu da pristupe korišćenjem mobilnih telefona ili drugih PDA uređaja.

- Hibridna rešenja za Cloud Computing:

Korisnici koji raspolažu sopstvenom IT infrastrukturom mogu iznajmiti dodatne resurse iz oblaka za potrebe razvoja, testiranja i obuke, u slučaju nedostatka internog kapaciteta, za potrebe oporavka od katastrofe, udaljenog čuvanja rezervnih kopija podataka, isporuku usluga spoljnim korisnicima (koje se obično smeštaju u tzv. DMZ). Svim ovim servisima u oblaku se pristupa na isti način (istim alatima) kao i u sopstvenoj infrastrukturi. Servisi se na zahtev korisnika mogu automatski migrirati iz sopstvene infrastrukture u oblak i obrnuto. Mrežna infrastruktura korisnika i isporučioća usluga u oblaku se ponašaju kao jedinstvena privatna mreža.

6.3 Microsoft-ova kancelarija u oblaku

Microsoft Office 365 ujedinjuje *Office Web Apps*, odnosno *online* verzije programa *Word*, *Excel*, *PowerPoint* i *Notes*, sa *Exchange*, *SharePoint* i *Lync* serverima. I za sve to nije potrebno imati sopstvene servere, voditi računa o licencama, zapošljavati ili iznajmljivati profesionalce koji će sve to da održavaju u pogonu i perfektnoj kondiciji, jer o tome brinu ljudi u *Microsoft*-ovim *data* centrima – na brizi korisnika je samo to kako da na najbolji način iskoristi mogućnosti softvera koje su pred njim⁶².

Ključne reči koje *Office 365* donosi su integracija aplikacija i podataka, laka dostupnost i jednostavnost upravljanja. Već sami *Exchange 2010* i *SharePoint 2010* serveri su napravili veliki korak ka lakšem, a samim tim i efikasnijem korišćenju, ali u svojim *online* verzijama u okviru *Office 365* napravljen je još jedan korak napred. Primera radi, ukoliko preduzeće korisnika nema prezentaciju na Internet u, uz potrebe odgovarajućih alata, kao korisnik paketa *Office 365*, za jedno prepodne korisnik može sam da napravi upotrebljiv sajt, bez angažovanja *Web* dizajnera. Visok stepen dostupnosti u *Office*-u 365 ne ogleda se samo u mogućnosti da se podaci i dokumenta na lak i brz način podele sa saradnicima, a tu *SharePoint* komponenta sija u punom sjaju, već i u činjenici da su kolege u direktnoj komunikaciji, gde god da se nalaze. Pored elektronske pošte, postoji i mogućnost da razmene kratkih tekstualnih poruka, uspostavljanje glasovne i video-komunikacije, a na kraju kroz *Lync* server se može organizovati zajednički sastanak više saradnika i tokom razgovora zajedno učestvovati u analizi dokumenata, baš kao da su svi u istoj prostoriji, a ne na različitim stranama sveta.

⁶² *Office 365: Microsoft kancelarija u oblaku – Milan Bašić, PC Press #185 str.76*

Microsoft se opredelio da *Office 365* ponudi u nekoliko verzija čije su mogućnosti i cena prilagođene potrebama malih (do 25 korisnika), srednjih i velikih preduzeća, u četiri različita nivoa, kao i za obrazovne ustanove. Prelazak iz jedne u drugu kategoriju je vrlo lak, samo je potrebno da se, kada se za tim ukaže potreba, prijave promene. U skladu sa tim šta koja od ovih verzija nudi, kreće se i cena: u Americi ona je od 6 do 27 dolara po korisniku za svaki mesec korišćenja. Slično promeni verzije, sami u svakom trenutku može se prilagoditi broj korisnika sopstvenim potrebama. Interesantno je reći da neke od verzija, pored korišćenja online aplikacija, pokrivaju i licencu za desktop *Microsoft Office Professional Plus 2010*, tako da korisnik ne mora da se odrekne ni omiljenog radnog okruženja niti nekih naprednih mogućnosti koje desktop verzija pruža, a online verzije ih još nemaju.

U ovom trenutku *Office 365* je dostupan u ograničenom broju zemalja, ali se spisak stalno proširuje. Pored lokalizacije samih aplikacija, potrebno je rešiti i pravno-komercijalna pitanja, a na tome ovdašnji ogranak *Microsoft*-a radi intenzivno već nekoliko meseci.

6.4 IBM-ova „sloboda izbora za Cloud po meri korisnika“

Ubrzani razvoj učinio je da tehnologija danas bude moćna, dostupna i relativno jeftina. Takođe, pristup preporučene prakse (best practice) i implementacija napredne tehnologije, virtualizacije, standardizacije, automatizacije i dinamičkog dodeljivanja resursa, danas su obeležja ne tako malog broja postojećih ICT okruženja. Sve ovo su osnovne odlike i premise nekog *Cloud*-a, ali ih to ipak samima po sebi ne čini i *Cloud* okruženjem. U tom smislu, *Cloud Computing* predstavlja model kojim se nekom korisniku stavljaju na raspolaganje pojedini poslovni servisi (usluge), a koje je učinilo mogućim upravo ICT okruženje koje stoji u pozadini. Samo rukovođeni time možemo reći da je ICT rešenje u skladu sa poslovnim zahtevima. Stoga, IBM referentna arhitektura za *Cloud Computing* prepoznaje i taj element – način prezentacije, dostavljanja i životnog ciklusa servisa. Aplikacije za *Cloud Computing*, podaci i IT resursi prezentovani su korisnicima kroz *self-service* portale. Traženi servis se transparentno dostavlja korisniku preko mreže. Primenom istovetnih principa i na *Private Cloud*, kao i na *Public Cloud* okruženja zadovoljavamo i pretpostavku mogućeg stvaranja hibridnih *Cloud* okruženja, odnosno otvorenosti, poštovanju standarda i davanja korisniku mogućnosti izbora kada će i gde smestiti svoje podatke i koje resurse će koristiti pod kojim uslovima – a na posletku iskoristiti najbolje od oba⁶³.

Ova premisa otvorenosti i standardizacije odavno je ugrađena u IBM-ova rešenja. IBM se bavi razvoje u domenu *Internet - scale (Cloud) Computing*-a već gotovo 20 godina. Integrirani *Service Management* i *Cloud Computing* takoreći su simbiotski par, i kao takvi tesno su povezani. Proverena rešenja koja IBM već dugo razvija i filozofija koja stoji iza njih, uz usmereni razvoj poslednjih nekoliko godina prema izazovima *Cloud* ere, sada mogu biti i osnova za *Private Cloud* okruženje zasnovano na standardima – kao npr. softversko rešenje *IBM Service Delivery Manager* ili rešenje *IBM Smart Desktop Cloud*, preko rešenja za hibridne implementacije *IBM WebSphere Cast Iron Cloud Integration*, do rešenja za *Public Cloud* u koja spadaju *IBM SmartCloud for Social Business*, *IBM SmartCloud Managed Backup*, *IBM Business Analytics & Optimization* itd.

⁶³ *IBM Cloud – Dušan Vidović, PC Press #185, str. 78*

IBM *Service Delivery Manager* je platforma za *Cloud management* koja svakako može biti polazna tačka za prevođenje nekog okruženja zasnovanog na industrijskim standardima u *Private Cloud*. Ubrzava kreiranje servisnih platformi za širok spektar zadataka, uz visok stepen integracije, fleksibilnosti i optimizacije resursa uz sledeće suštinske mogućnosti za *service management*:

- *Self-service* portal za rezervacije virtualizovanih resursa, uključujući *storage* i mrežne resurse
- Automatizovani *provisioning* i *de-provisioning* resursa
- Praćenje performansi fizičkih i virtualnih *Cloud* resursa u realnom vremenu
- Integrisano praćenje korišćenja i tzv. *chargeback* mogućnosti (naplata za iskorišćene resurse)
- Visoka dostupnost platforme *Cloud Management*
- Već pripremljeni obrasci i tokovi (*workflows*) za većinu uobičajenih tipova resursa
- Iskorišćenje postojećeg hardvera za *Cloud* infrastrukturu

IBM je jedna od ključnih strana koje su doprinele stvaranju osnovnog skupa principa kreiranih tako da omoguće slobodu izbora, fleksibilnosti i otvorenost u iskorišćenju prednosti *Cloud Computing*-a, a izraženu kroz *OpenCloud Manifesto*. Takođe, jedan je od vodećih članova u alijansi *OpenVirtualization* koja želi da pomogne unapređenje rešenja za virtualizaciju otvorenog tipa i njihovo pozicioniranje kao ravnopravne alternative.

7. Najbolji Cloud servisi za skladištenje

U poslednje vreme, mnogo se govori o Cloud skladištenju, Dropbox je pokrenuo update koji poboljšava deljenje datoteka među svojim korisnicima, Microsoft SkyDrive dobio je desktop aplikaciju i moderniji set funkcija dok je Google Drive konačno imao dugo očekivani debi. Tržište Cloud skladištenja tako je iznenada postalo mnogo konkurentnije i mnogo interesantnije za korisnike koji još uvek dovoljno ne shvataju njegovu neophodnost.



Slika 7.1 Šematski prikaz uređaja koji mogu pristupiti Cloud servisima

Iako postoji mnogo više opcija, neke samo za određene niše, upoznaćemo se malo bolje sa 5 najpopularnijih Cloud servisa za skladištenje podataka.

	Dropbox	Google Drive	iCloud	SkyDrive	SugarSync
Free storage	5GB	5GB	5GB	7GB (25GB limited time offer)	5GB
Additional storage (price per year)	50GB (\$99); 100GB (\$199)	25GB (\$30); 100GB (\$60)	10GB (\$20); 20GB (\$40); 50GB (\$100)	20GB (\$10); 50GB (\$25); 100GB (\$50)	30GB (\$50); 60GB (\$100); 100GB (\$150)
File size limit	300MB via browser, unlimited from desktop	10GB	25MB free accounts, 250MB paid users	2GB	
Desktop apps	Windows, OS X, Linux	Windows, OS X	Windows, OS X	Windows, OS X	Windows, OS X
Mobile apps	iOS, Android, BlackBerry	Android, iOS	iOS	Windows Phone, iOS	iOS, Android, BlackBerry, Windows Phone
Web interface	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Version tracking	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Multiple folder sync	No	No	No	Sort of	Yes
Sync over LAN	Yes	No	Yes	No	No
Stream to mobile	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Public sharing	Yes	Yes	No	Yes	Yes
File/folder collaboration	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Password protect file sharing	No	No	No	No	Yes

Slika 7.2 Kratki prikaz karakteristika Cloud servisa⁶⁴

⁶⁴ <http://onlinetrziste.com/2012/06/najbolji-cloud-servisi-za-skladistenje/> od srede, 19.septembra 2012.god.

7.1 Dropbox



Slika 7.3 Dropbox logo⁶⁵

Dropbox nije bio prvi Cloud servis za skladištenje na tržištu, ali je svakako bio onaj koji je uveo pristup sinhronizacije jednog foldera, nešto što svi servisi danas praktikuju. Sinhronizacija jednog foldera podrazumeva da već postoji kreiran folder i da kada u njega stavite neki dokument, on se automatski pojavi na svim drugim uređajima povezanim sa vašim nalogom (telefon, PC, laptop itd.). Ako se na nekom od uređaja napravi promena u tom dokumentu, ona će momentalno biti sinhronizovana. Poznat po svojoj jednostavnosti i lakoći korišćenja, Dropbox ne zaostaje ni kada je reč o funkcijama, neke od najznačajnijih su sistem za praćenje verzija i lako deljenje, opcije za kolaboraciju, i još mnogo toga.

Dropbox takođe nudi i veću fleksibilnost od većine svojih konkurenata. Pa tako se može podesiti koliko brzo se upload-uje i download-uje datoteka, što je odlično u pogledu ako korisnik ne želi da krade propusni opseg od nekih drugih važnih stvari, a ako postoje dva uređaja na istoj mreži, oni će se sinhronizovati mnogo brže preko LAN-a.

Dropbox klijent radi potpuno isto na svakoj od većih platformi kao što su Windows, Mac, Linux, iOS, Android, BlackBerry itd. Takođe, svojim datotekama korisnik može pristupiti i preko veoma jednostavnog Web interfejsa na bilo kom uređaju koji ima Internet pretraživač. Još jedna velika prednost Dropbox Cloud servisa za skladištenje jeste ta što je njegova popularnost doprinela da veliki broj programera raznih drugih aplikacija u svoje aplikacije i servise integriše funkcionalnost Dropbox sinhronizacije koristeći javni API.

Dropbox besplatno nudi 5 GB prostora, međutim besplatno korisnik može imati do 18GB dovođenjem novih korisnika (bonus je 500 MB prostora po osobi). Što se tiče plaćenog prostora za skladištenje, 50 GB ili 100 GB dodatnog prostora košta 9.99 dolara ili 19.99 dolara mesečno.

⁶⁵ <https://www.dropbox.com/> od srede, 19.septembra 2012.god.

7.2 Google Drive



Slika 7.4 Google Drive logo⁶⁶

Google Drive nudi iste drag-and-drop mogućnosti sinhronizacije kao i Dropbox na desktop-u, sa klijentima koji su dostupni za Windows i OS X, ali je njegova Web sekcija mnogo robusnija od drugih. Na Web-u, Drive je povezan sa Google Docs i drugim korisnim Drive aplikacijama za Chrome kako bi mogao da podrži više od 30 tipova datoteka, što korisniku omogućava da gleda ili pravi izmene na slikama i videima, radi na dokumentima, i još mnogo toga, i sve to unutar browser-a.

Mogućnosti deljenja takođe su prisutne, ali permisije korisnik ne može da podesi sa desktop klijenta, tako da će morati da ode na Web aplikaciju i podesi nekoliko opcija u zavisnosti od toga da li želi datoteke da šalje e-mailom, da ih deli sa drugim korisnicima ili da ih učini javnim. Korisnik datoteke takođe može da postavi kao view-only (samo pregledanje) ili da se mogu praviti i izmene u njima.

Pretraga je takođe još jedan kvalitet koji ima Google Drive, i opet iz Web interfejsa koji korisniku omogućava da radi pretragu po tipu dokumenta, vlasniku i drugim naprednim filterima. Isto tako, OCR mogućnosti su ugrađene u servis pa Google može da skenira sve slike na korisnikovom Drive računu izdvajajući tekst koji se potom može pretraživati, ili ako Google može da dešifruje sadržaj korisnikovih slika (obeležje, a landmark), onda će korisnik moći jednostavno da pretražuje po temi.

Google Drive je takođe dostupan i za Android i iOS korisnike. Google Drive korisnicima besplatno nudi 5 GB prostora za skladištenje (Google Docs fajlovi se ne računaju), i nudi opcije za nadogradnju kao što su 2.49 dolara mesečno za 25 GB dodatnog prostora za skladištenje, 4.99 dolara mesečno za 100 GB skladištenog prostora i 9.99 dolara mesečno za 200 GB.

Treba reći da je Google još pre nekoliko godina radio na Cloud servisu za skladištenje podataka. Naime, kompanija je vrlo intenzivno radila na servisu pod nazivom G Drive, koji je trebao biti pokrenut 2007 ili 2008 godine ali je iz nekog razloga ovaj projekt naprasno obustavljen.

⁶⁶ https://www.google.com/intl/en_US/drive/start/index.html?authuser=0 od srede, 19.septembra 2012.god.

7.3 Apple iCloud



Slika 7.5 Apple iCloud logo⁶⁷

Apple iCloud u poređenju sa Cloud servisima za skladištenje podataka kao što Dropbox ili SkyDrive ima nekoliko funkcija manjka ali i dalje ima dobar udeo na tržištu zahvaljujući njegovoj dubokoj integraciji sa iOS. U stvari, skoro 70% od 400 miliona iDevice korisnika imaju pristup iCloud servisu, dok ga trenutno već koristi više od 100 miliona korisnika.

Korisnici Apple uređaja mogu da drže svoju poštu, kontakte, kalendar, dokumenata, backup i još mnogo toga, sinhronizovane i sačuvane u Cloud-u. Apple iWork paket, kao i razne OS X i iOS aplikacije trećih strana dolaze sa ugrađenim sinhronizovanim iCloud mogućnostima.

Korisnikova muzika, filmovi, aplikacije, knjige, kao i TV emisije koje je kupio preko iTunes, čuvaju se u Cloud-u, ali se ne računaju u besplatan prostor za skladištenje, i korisnik će moći taj sadržaj reprodukovati na svom iPhone i iPad-u. Ako korisnik odluči da plati dodatnih 25 dolara godišnje za iTunes Match, biće u mogućnosti da sačuva i streamuje muziku dobijenu iz drugih izvora.

Web interfejs je više ograničen u poređenju sa drugim Cloud uslugama, ali je dosta funkcionalan kada je korisniku potrebno da brzo proverí svoj e-mail, kontakte ili iWork dokumenta iz pretraživača, ili da koristi vrlo zgodnu funkciju "Find My Phone" (pronađi moj telefon). Apple iCloud servis za skladištenje dostupan je za Mac, Windows i iOS, a dolazi sa 5 GB besplatnog prostora.

⁶⁷ <http://www.apple.com/icloud/> od srede, 19.septembra 2012.god.

7.4 Microsoft SkyDrive



Slika 7.6 SkyDrive logo⁶⁸

Microsoft SkyDrive prisutan je već neko vreme ali je servis tek nedavno dobio veliko unapređenje što ga je ponovo dovelo u centar pažnje. Nove posvećene aplikacije za Windows i OS X integrisane u operativni sistem sa folderom u koji korisnici mogu ubacivati fajlove. Servis sada obuhvata sposobnosti sinhronizacije koju ima Live Mesh, kao i svoju jedinstvenu “fetch” opciju, koja omogućava korisnicima da daljinski pristupe bilo kojem fajlu na računaru, čak i onim koji se nalaze izvan SkyDrive foldera. Mobilne aplikacije su dostupne i za iOS i za Windows telefone.

Kao i kod Google Drive, Microsoft SkyDrive Web interfejs omogućava korisnicima da kreiraju i uređuju dokumente u okviru pretraživača za Microsoft Office proizvode kao što su Word, Excel, PowerPoint i OneNote. Za sva pretraživanja zadužen je Bing. Takođe, fajlove i foldere korisnici mogu da dele sa grupama ili putem javnih linkova i da ih postavljaju kao view-only ili da dozvole pravljenje izmena.

Generalno SkyDrive je veoma dobro rešenje za skladištenje u Cloud-u. Microsoft SkyDrive nudi 7 GB besplatnog prostora za skladištenje, što je više nego što mnogi servisi za Cloud skladištenje nude. Dodatni prostor za skladištenje je najjeftiniji u poređenju sa glavnim konkurentima, za 20 GB, 50 GB ili 100 GB potrebno je godišnje platiti 10, 25 i 50 dolara.

⁶⁸ <http://windows.microsoft.com/en-US/skydrive/home> od srede, 19.septembra 2012.god.

7.5 SugarSync



Slika 7.7 SugarSync logo⁶⁹

SugarSync je još jedan renomirani Cloud servis za skladištenje podataka i verovatno jedan od servisa koji korisnicima nudi najveći broj dodatnih funkcija. SugarSync je među retkima koji korisnicima omogućava da izaberu foldere na svom računaru koje žele da sinhronizuju. Većina Cloud servisa za skladištenje korisnicima omogućava da u samo jedan folder ubacuju sve svoje dokumente. Ovo biranje foldera za sinhronizaciju omogućava mnogo bolju kontrolu nad onim što se sinhronizuje sa svakim uređajem koji je povezan na nalog korisnika.

Ostale karakteristike uključuju upload putem e-maila (sa Outlook integracijom), nema ograničenja u veličini fajlova, streaming na mobilne uređaje, kao i mogućnost korisnika da dele datoteke i fascikle sa određenim korisnicima ili javno, uz mogućnost da lozinkom zaštite svoje datoteke.

SugarSync je dostupan na Windows i OS X kao i na skoro svakoj mobilnoj platformi. SugarSync korisnicima nudi 5 GB besplatnog prostora, dok za dodatni prostor korisnik treba platiti mesečnu pretplatu od 4.99 dolara (30GB), 9.99 dolara (60GB), 14.99 dolara (100GB), 24.99 dolara (250GB) i 39.99 dolara (500GB)⁷⁰.

⁶⁹ <https://www.sugarsync.com/> od srede, 19.septembra 2012.god.

⁷⁰ <http://lifehacker.com/5905702/dropbox-google-drive-skydrive-and-others-pricing-per-gb-and-more-compared-in-convenient-charts> od srede, 19.septembra 2012.god.

8. Balansiranje potrošnje energije Internet a i potrebe infrastrukture

Novi izveštaj *New York Times*-a o potrošnji energije na Internet procenjuje da protok podataka troši 30 milijardi vati električne energije, od kojih je 10 milijardi vati potrošnje samo u SAD. Prema navodima McKinsey & Company, u izveštaju koji je naručio *Times*, između 6 i 12 procenata te energije napaja realnu potrošnju, ostatak održava servere u pogonu u slučaju pada napona ili kraha sistema. „Ovo je prljava tajna industrije“, rekao je za *Times* anonimni administrator. Drugi izvori nazivaju ovu potrebu za većom potrošnjom energije servera neodrživom i traćenjem koje nastaje unapređivanjem servera više nego što je to potrebno od strane kompanija koje žele da se previše osiguraju da bi izbegle milisekundu zastoja⁷¹.

Cloud Computing trenutno troši 30 milijardi vati. Energija, zagađenje i Internet (Power, Pollution and the Internet) je prvi zapis u višedelnom istraživanju o uticaju *Cloud Computing*-a na okruženje. Može se zaključiti da će istraživanje biti kritički nastrojeno prema tehnološkoj industriji. Naziva industriju tajnovitom, nevoljnom da promeni način rada i nerealnom u svojoj prezentaciji Interneta kao opšte dobro životne sredine – strogo vodeći računa da izdvoji *Google*, *Amazon* i *Facebook* za posebno razmatranje.

Izveštaj takođe prikazuje iskrivljeni i staromodni pogled na Internet i *Cloud Computing*. Fokusira se na neozbiljne medije i zabavu, igre, fotografije skoro zaboravljenih odmora koji se zauvek čuvaju u uređajima za smeštanje podataka. Ne hvata se u koštac sa *Cloud*-om kao sve više potrebnim elementom infrastrukture, industrije električne energije, vlade, finansija i trgovine kao i lične komunikacije i uređaja za skladištenje podataka.

Ironija je u tome da ukoliko nam *Cloud* nije neophodan možemo ga se odreći ili smanjiti njegovu upotrebu. Za uzvrat ovo ublažuje uticaj priče. Tek kada shvatimo da Internet nije gubljenje vremena, već da postaje od fundamentalne važnosti u našim životima poput puteva, vodo-instalacija i nafte, možemo razumeti zašto korišćenje podataka i potrošnja energije nastavlja da raste. Tada efikasnost okruženja centara za skladištenje podataka postaje neporeciv problem. Da Internet nije toliko bitan mogli bismo da smanjimo njegovu upotrebu kao što smo smanjili upotrebu kutija od stiropora i aerosol konzerve. Ne možemo to učiniti.

Briga o porastu potrošnje električne energije kada je u pitanju Internet nije novost. Agencija za zaštitu životne sredine (Environmental Protection Agency) je 2007. godine izdala izveštaj u kojem predviđa da će potrošnja električne energije centara za skladištenje podataka porasti za 100% do 2010 godine apelujući na industriju da poboljša efikasnost potrošnje električne energije. Godinu dana pre, *The New York Times* uputio je pitanje Jonathan Koomey-u sa Stanford Univerziteta, stručnjaku za pitanja o električnoj energiji i jednom od autora EPA studije da napiše nastavak izveštaja. Taj izveštaj je pokazao da je u periodu između 2005 i 2010 godine potrošnja električne energije u svetu porasla za 56% i 36% u SAD, što je dosta skromnije povećanje nego što je predviđeno i može se pripisati i globalnoj recesiji kao i novim merama štednje električne energije.

Danas, na blogu *Times' Room for Debate*, Koomey kaže da su prednosti informacione tehnologije veće nego što su troškovi. Novi serveri, laptop računari i tableti današnjice

⁷¹ <http://www.theverge.com/2012/9/23/3377868/cloud-Internet-infrastructure-waste-energy-new-york-times> od srede, 26.septembra 2012.god.

efikasnije koriste energiju nego njihovi prethodnici. Po Koomey-u, današnji centri za skladištenje podataka koriste samo 1.3 procenta električne energije u svetu. Na istom blogu, viši potpredsednik Google-a, Urs Hölzle poredi taj proračun prema cifri od 25 procenta koliko iznosi korišćenje električne energije od strane transportnih sredstava, predlažući *Cloud Computing* Google-ovim unapređenjima u server tehnologiji i tvrdeći da isti može sačuvati milijarde dolara u potrošnji električne energije i milione metričkih tona ugljen dioksida.

Da li je način na koji koristimo Internet ekološki nemaran? Dakle, problem nije u tome što *Cloud* troši više električne energije i košta više nego što je koštao ranije. Očito, kao što je značajan udeo ukupne potrošnje električne energije. Pitanje je opšti trend potrošnje električne energije i da li smo ostvarili neto uštede u vrednosti troškova. Takođe, da li tehnološka industrija uspeva ili ne uspeva u svojim tvrdnjama da popravља efikasnost potrošnje električne energije. Na kraju, pitanje je da li je ponašanje potrošača i kompanija – imajući u vidu realnu potrošnju električne energije i uticaj Interneta na okolinu – opravdano ili nemarno.

Vrlo je verovatno da je za mnoge čitaoce *New York Times*-a, kao i ostatak građanstva koje se ne bavi informacionim tehnologijama, većina ovoga novina. Što je bolja infrastruktura, veća je verovatnoća da će se uzimati zdravo za gotovo. Mnogo stvari koje radimo na Internetu je besplatno, ležerno, čak i zabavno.

Ali razlog zbog kojeg serveri ne koriste 100% svoje energije na rad i server centri ne rade uvek punim kapacitetom je to što (kao što za *Times* kaže Bruce Taylor iz Uptime Institute-a) ako nekome kažemo da ne može pristupiti YouTube-u ili skidati podatke sa Netflix-a oni će nam reći da je to njihovo opšte pravo. To je zato što infrastruktura napaja naše poslovanje, škole, policiju, vatrogasne stanice, banke i berzu i da, medije. To je zato što ti zip-ovani podaci pomažu u upravljanju ekonomije na isti način kao što su to činili usponi poput naplate putarine na auto-putevima, kanali i železnice pre oko 200 godina. To je zato što principi i politika Internet neutralnosti ne prave razliku između neozbiljnosti i neophodnosti. To je zato što kolaps Interneta, kao pad mosta, može dovesti do pravih katastrofa.

Žaleći se na to što serveri koriste samo 10 procenta svoje potrošnje na rad je kao žaliti se na to što ljudski mozak koristi 10 procenata neurona u bilo kom datom vremenu. To je zaborav na to da nagli skok te električne aktivnosti uglavnom uzrokuje napad (pad sistema).

To je razlog zašto je Internetu potreban „višak“ energije i otpornost. To je takođe razlog zbog kojeg moramo osigurati da tog viška uvek ima. Kao i kod svake polise osiguranja, uzeli smo je jer prosto imamo mnogo toga da izgubimo.

Zaključak

Cloud Computing se svakodnevno sve više koristi u privatne, edukativne i poslovne svrhe. Samo pri pisanju ovog rada, korišćena su četiri Cloud servisa – Google Docs, Dropbox, Evernote i Pocket.

Ova tehnologija predstavlja jeftiniju opciju poslovanja kada su potrebe pravnih lica u pitanju. Ukoliko kompanije koriste uslugu *online* smeštanja podataka, nema potrebe za kupovinom skupog hardvera ili plaćanjem osoblja za njegovo održavanje. Naravno, tu izlaze na videlo i određeni nedostaci ove tehnologije. Stavljanje podataka u Cloud uključuje mnogo poverenja da Cloud provajder neće dozvoliti da korisnikov podaci „napuste“ Cloud. To i jeste jedan od najvećih problema pri usvajanju Cloud tehnologije uopšte – sigurnost podataka. Međutim, činjenica je da ćemo (skoro) svi prihvatiti Cloud pre ili kasnije. U malim i velikim preduzećima, kao i vladinim institucijama i organizacijama širom sveta, jedna stvar je postala jasna: Cloud Computing obeležava sledeći doprinos koji će softver i računarske tehnologije učiniti ka većoj produktivnosti i povećanju privrednog rasta.

Za IT industriju, Cloud Computing je prilika da se transformišu poslovni modeli i sistemi za isporuku usluga. Cloud čini distribuciju aplikacija, platformi i infrastrukture potrošačkim organizacijama lakšom i više isplativom. Takođe, Cloud pruža brža i efikasnija sredstva za podršku i održavanje tehnologija kroz centralizovano upravljanje sistemima.

U očima potrošača, Cloud predstavlja evoluciju u vođenju digitalnog života do koje se došlo inovacijama i sinergijom mnogih tehnologija. Realistično gledano, krajnji korisnici mahom i nisu svesni kompleksnosti pozadinskog sistema koji im omogućava da, na primer, slušaju svoju muzičku kolekciju na bilo kom uređaju i sa bilo koje lokacije na planeti. Ono što je njima važno je da u jednačini između troška i dobiti koju predstavlja „računarstvo u oblaku“ – za njih preovlađuje dobit.

Posledice prihvatanja Cloud Computing-a su dalekosežne i ne mogu se sve predvideti. On otvara vrata aplikacijama, alatima, razvojnim resursima ranije nedostupnim organizacijama. Cloud čini aplikacije i infrastrukturu povoljnim za kompanije i manja preduzeća, kao i primenu inovativnih tehnologija lakšom i bržom. Predviđanja kažu da je ovo početak kraja dominacije desktop računarstva. Takođe, to je početak nove ekonomije usluga bazirane na Internetu.

Literatura

- [1] Marinescu, D. C. (2012) *Cloud Computing: Theory and Practice*, Orlando: Department of Electrical Engineering & Computer Science, University of Central Florida, Orlando, USA
- [2] Dutta S., Bilbao-Osorio B. (2012) *The Global Information Technology Report 2012: Living in a Hyperconnected World*, Geneva, World Economic Forum
- [3] Srinivasa Rao V, Nageswara Rao N K, E Kusuma Kumari (2009) *Cloud Computing: An overview*, *Journal of Theoretical and applied Information Technology*, Vol. 9. No.1, November 2009.
- [4] Bo Dong, Qinghua Zheng, Jie Yang, Haifei Li, Mu Qiao (2009) *An E-learning Ecosystem Based on Cloud Computing Infrastructure*, Proceedings of the 2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, IEEE Computer Society, pp: 125-127, 2009
- [5] Hai Jin, Shadi Ibrahim, Tim Bell, Wei Gao, Dachuan Huang, Song Wu (2010) *Cloud Types and Services*, To Appear in the Handbook of Cloud Computing, Springer
- [6] Watson D.L. (2009) *Hey - Get Off My Cloud!*, Global Security, Safety and Sustainability, 5th International Conference, ICGS3 2009 London, Proceedings, pp:224-232, UK, September 2009
- [7] di Constanzo A., de Assuncao M. D., Buyya R. (2009) *Harnessing Cloud Technologies for a Virtualized Distributed Computing Infrastructure*, IEEE Internet Computing, Published by the IEEE Computer Society, pp: 24-33, September/October 2009
- [8] Caron E., Desprez F., Loureiro D., Muresan A. (2009) *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] Cloud Computing Risk Assessment - ENISA – Europa, November 2009
- [10] Enisa, Benefits, risks and recommendations for information security, Cloud Computing, November 2009
- [11] The Complete History of Cloud Computing. Dostupno na: <http://www.salesforce.com/uk/socialsuccess/cloud-computing/the-complete-history-of-cloud-computing.jsp> [pregledano 26.06.2012]
- [12] Cloud Computing and Google Docs. Dostupno na: <http://www.cloudtweaks.com/2010/12/cloud-computing-and-google-docs/>, od subote, 18. decembra 2010. godine
- [13] Cloud Computing Market Will Top 241 Billion in 2020. Dostupno na: <http://www.cloudtweaks.com/2011/04/cloud-computing-market-will-top-241-billion-in-2020/> [pregledano 27.06.2012]
- [14] Cloud Security Alliance Guidance. Dostupno na: <http://www.cloudsecurityalliance.org/guidance> [pregledano 25.06.2012]
- [15] Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Laboratorija za elektronsko poslovanje – Virtualizacija, Beograd 2008.god.
- [16] Popek and Goldberg virtualization requirements. Dostupno na: http://en.wikipedia.org/wiki/Popek_and_Goldberg_virtualization_requirements [pregledano 14.09.2012]
- [17] Java virtual machine. Dostupno na: http://en.wikipedia.org/wiki/Java_virtual_machine [pregledano 14.09.2012]
- [18] Common Language Runtime. Dostupno na: http://en.wikipedia.org/wiki/Common_Language_Runtime [pregledano 15.09.2012]
- [19] Amazon EC2 Instance Types. Dostupno na: <http://aws.amazon.com/ec2/instance-types/> [pregledano 17.09.2012]
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] A. Gopalakrishnan, „Cloud Computing Identity Management,“ SETLabs Briefings, t. 7, br. 7, 2009.
- [23] M. Despotović, Razvoj metoda posle diplomskog obrazovanja na daljinu zasnovanog na Internet tehnologijama, doktorska disertacija, Beograd: FON, 2006.
- [24] Najbolji Cloud servisi za skladištenje. Dostupno na: <http://onlinetrziste.com/2012/06/najbolji-cloud-servisi-za-skladistenje/> [pregledano 19.09.2012]

- [25] Dropbox, Google Drive, SkyDrive and Others: Pricing Per GB and More Compared in Convenient Charts. Dostupno na: <http://lifehacker.com/5905702/dropbox-google-drive-skydrive-and-others-pricing-per-gb-and-more-compared-in-convenient-charts> [pregledano 19.09.2012]
- [26] 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.
- [27] Hai Jin, Shadi Ibrahim, Tim Bell, Wei Gao, Dachuan Huang, Song Wu, Cloud Types and Services, To Appear in the Handbook of Cloud Computing, Springer
- [28] Alexandre di Costanzo, Marcos Dias de Assuncao, Rajkumar Buyya, Harnessing Cloud Technologies for a Virtualized Distributed Computing Infrastructure, IEEE Internet Computing, Published by the IEEE Computer Society, pp: 24-33, September/October 2009
- [29] Mladen A. Vouk, Eric Sills, Patrick Dreher, Integration Of High-Performance Computing into Cloud Computing Services, To Appear in the Handbook of Cloud Computing, Springer
- [30] Aleksandar Milić – Cloud Computing kao infrastruktura za e-obrazovanje (master rad), FON, Beograd, 2010.
- [31] 30 billion watts and rising: balancing the Internet's energy and infrastructure needs. Dostupno na: <http://www.theverge.com/2012/9/23/3377868/cloud-Internet-infrastructure-waste-energy-new-york-times> [pregledano 26.09.2012]
- [32] "Office 365: Microsoft kancelarija u oblaku" – Milan Bašić, PC Press #185 str.76, Februar 2012 godine.
- [33] "IBM Cloud" – Dušan Vidović, PC Press #185, str.78, Februar 2012 godine.
- [34] LDAP. Dostupno na: <http://www.cet.rs/cetcitaliste/CitalisteTekstovi/773.pdf> [pregledano 25.09.2012]

Spisak slika

Slika 2.1 Kratka istorija Cloud Computing-a	9
Slika 3.1 Privatni oblak	12
Slika 3.2 Javni oblak.....	13
Slika 3.3 Hibridni oblak	13
Slika 3.4 Provajderi oblaka sortirani po broju sajtova.....	15
Slika 3.5 Komponente Azure platforme	25
Slika 3.6 Force.com development stack	25
Slika 4.1 Sistemske virtualne mašine	29
Slika 4.2 Istorijat virtualizacije.....	31
Slika 4.3 Virtualizacija desktop-a.....	35
Slika 4.4 Virtualizacija mreže	35
Slika 4.5 Virtualizacija skladišta podataka.....	36
Slika 4.6 Virtualizacija servera.....	37
Slika 4.7 Konsolidacija serverskih resursa	37
Slika 4.8 Virtualizacija aplikacija.....	38
Slika 4.9 Hardver	39
Slika 5.1 Pristup LDAP servera lokalnoj bazi direktorijuma	44
Slika 5.2 Tipična LDAP razmena	46
Slika 5.3 Primer jednostavnog stabla LDAP direktorijuma	48
Slika 7.1 Šematski prikaz uređaja koji mogu pristupiti Cloud servisima.....	57
Slika 7.2 Kratki prikaz karakteristika Cloud servisa	57
Slika 7.3 Dropbox logo.....	58
Slika 7.4 Google Drive logo	59
Slika 7.5 Apple iCloud logo	60
Slika 7.6 SkyDrive logo	61
Slika 7.7 SugarSync logo	62

Spisak tabela

Tabela 3.1 Cloud Computing razvojni modeli	14
--	----