

STRATEGIJA IMPLEMENTACIJE CLOUD COMPUTING-A U TELEKOM OPERATERIMA CLOUD COMPUTING IMPLEMENTATION STRATEGY IN TELECOM OPERATORS

Aleksandar Aladžić, Telekom Srpske a.d. Banja Luka

Sadržaj - U radu se objašnjava jedna strategija za implementaciju Cloud computing-a u kompanijama koje se bave pružanjem telekomunikacionih usluga. Objašnjeni su aspekti o kojima treba voditi računa pri uvođenju koncepta Cloud computing-a i proširenju portfolija usluga na usluge koje nisu telekomunikacionog tipa.

Abstract – This work has a couse to explain one strategy of Cloud computig implementation in telecom companies. Here has been explained some aspects which should be considered in expanding service portfolio by services not telecommunication type.

1. UVOD

Poslovna i tehnološka kretanja u svijetu su nametnula potrebu za brzim promjenama u kompanijama, kako sa poslovnog, tako i sa organizacionog i tehnološkog aspekta. Telekom operateri su dugi niz godina bili pružaooci usluga iz domena fiksne telefonije, da bi prije petnaestak godina počeli uvođenje i pružanje usluga mobilne telefonije i mobilnih servisa. Sa popularizacijom Interneta, mnogi su na sebe preuzeli i ulogu ISP-a, pored usluga iznajmljivanja prenosnih puteva za prenos podataka između korisnikovih lokacija.

Kao i u bilo kojoj drugoj sferi poslovanja, nepraćenje tehnologija, koncepata koje one nude i njihove primjene, kao i poslovnih trendova, neminovno vodi nestanku sa tržišta. Telekom operateri bi trebali evoluirati u pružaoce IT usluga u najširem smislu te riječi. Cloud computing se, kao koncept obezbjeđenja i isporuke servisa, nameće kao prirodan korak na poslovnom i tehnološkom evolutivnom putu telekom operatera.

2. OPŠTA RAZMATRANJA O CLOUD COMPUTING-U

Najveći izazov, u ovom trenutku, vezan za cloud computing je činjenica da ne postoji nikakva standardna arhitektura, nego postoje samo neke opšte prihvaćene definicije koncepta cloud computinga. Cloud computing bi se u ovom momentu prije mogao predstaviti kao subjektivan skup pristupa ovom konceptu, nego kao sistemski riješen problem. To potvrđuje i činjenica da i vodeće kompanije iz IT domena nemaju jasnu predstavu, niti konceptualno ista rješenja, iz domena cloud computinga.

Cloud computing, prema NIST (The National Institute of Standards and Technology), Information Technology Laboratory definiciji, predstavlja računarski model u kome korisnici, po potrebi, koriste računarske resurse preko

mreže, u onoj mjeri u kojoj im je to potrebno. Servise koje koriste, plaćaju onoliko koliko koriste.

Predosti modela cloud computinga ogledaju se u sljedećim karakteristikama:

- upotreba servisa po zahtjevu; korisnik može da koristi one servise koji mu trebaju
- mrežni pristup preko bilo kog tipa mreže; korisnik može da koristi resurse preko mreže sa bilo kojim klijentom (PDA, mobilni telefon, thin ili thick klijent ...),
- nezavisnost od lokacije; računarski resursi se nalaze u pulovima i upotrebljavaju ih svi korisnici, prema svojim potrebama, a da pri tom neznaju gdje se ti resursi nalaze, niti im je to bitno,
- elastičnost; potrebni resursi se brzo alociraju i dealociraju, kako po tipu, tako i po količini,
- plaćanje po upotrebi; upotreba resursa se mjeri i plaća se njihova upotreba po nekom već dogovorenom modelu (izmjerena količina u nekom intervalu – mjesečno, fiksni iznos za mjesečnu upotrebu i sl.).

Cloud computing može da se implementira kao:

- privatni cloud; model kod koga cloud resurse koristi jedna organizacija za svoje potrebe, ona koja ga je izgradila, ili ona za koju je izgrađena,
- javni cloud; model koji je izgrađen za iznajmljivanje resursa javno, ili nekim velikim kompanijama (obično iz iste industrijske grane),
- Cloud zajednice; model u kome resurse koriste članovi te zajednice koji imaju neke zajedničke potrebe (ovaj model je posebno pogodan za upotrebu u državnim službama, gdje institucije države koriste zajedničke računarske resurse, svako prema svojim potrebama)
- Hibridni cloud; model kod koga je infrastruktura sastavljena od dva ili više oblaka, koji zadržavaju

svoj identitet, ali su spojeni da bi se iskoristile predosti svakog ponaosob.

Sam koncept cloud computing-a ne predstavlja ništa novo, ali su tek u skorije vrijeme tehnologije evoluirale do te mjere da se taj koncept može implementirati. U implementaciji koncepta cloud computinga se posebno ističu: virtuelizacija, napredak u povećanju propusnog opsega mreže uz relativno malu cijenu iznajmljivanja i standardizacija.

3. IMPLEMENTACIJA CLOUD COMPUTINGA

Da bi se implementirao cloud computing, potrebni su sljedeći gradivni blokovi: data centar, nivo virtuelizacije, upravljanje resursima, upravljanje identitetom i sigurnošću i u nekim slučajevima saradnja među odvojenim oblacima.

3.1 DATA CENTRI

Osnovni gradivni blok u cloud computingu je data centar. Prilikom njegove izgradnje treba voditi računa o njegovom kvalitetu u skladu sa konkretno postavljenim zahtjevima vezanim za aspekt implementacije cloud computinga. Pored toga što služi kao temelj za cloud computing u sopstvenoj kompaniji, on, sam po sebi, može da se iznajmljuje drugim operaterima, koji mogu preko njega da nude svoje servise korisnicima.

Sva kvalitetna rješenja data centra imaju tri osnovne arhitekturne karakteristike:

1. skalabilnost,
2. fleksibilnost,
3. visoku raspoloživost.

Skalabilnost se odnosi na sposobnost brzog rasta performansi, broj mašina hostovanih u data centru i broju i kvalitetu servisa koje data centar nudi.

Brz rast performansi znači toleranciju na kratkoročne promjene u količini saobraćaja bez gubitaka paketa i planiranje rasta kapaciteta data centra.

Fleksibilnost se odnosi na sposobnost brzog i efikasnog redizajniranja data centra u skladu sa potrebama uvođenja novih servisa, bez potrebe da se pri tom izmijeni čitava arhitektura data centra. Obično se koristi pristup modularnog razvoja data centra, gdje su karakteristike modula poznate, a dodavanje novih modula je jednostavno.

Visoka raspoloživost podrazumijeva redundantnu arhitekturu u kojoj su otkazi predvidljivi i jasno određeni. To znači da svaka komponenta ima definisano dozvoljeno vrijeme u otkazu i u najgorem slučaju je u dozvoljenim granicama. Granice se gledaju, kako sa stanovišta mrežne dostupnosti, tako i sa stanovišta dostupnosti aplikativnih servisa.

Ključnu komponentu data centra predstavljaju farme servera. Koncept data centra je i zasnovan na podršci raznim tipovima serverskih farmi, pa se u zavisnosti od tih

tipova i postavljaju razni zahtjevi pred data centar. Takođe, bitan činilac predstavljaju i arhitekture i metodologije korištene u razvoju aplikacija, kao i kako se očekuje da rade u mrežnom okruženju, pa se u skladu s tim i projektuju odgovarajuće serverske farme.

3.2. VIRTUELIZACIJA

Virtuelizacija je koncept koji je ključan u obezbjeđenju infrastrukture za cloud computing. Naime, virtuelizacija se može uraditi na više načina, tj. u zavisnosti od servisa koji treba da se ponude korisnicima, odnosno, koji stepen apstrakcije se nudi korisniku. To mogu biti rješenja tipa EC2 (Amazon), gdje korisnik ima na raspolaganju čitavu virtuelnu mašinu i gdje praktično razvojni tim može da razvija šta hoće, pa do gotovih aplikacija, u kojima su inkorporirani poslovni procesi korisnika i koje korisnik samo upotrebljava. U zavisnosti od poslovne strategije provajdera, zavisi i sam IT stek resursa, koji takvu strategiju treba da zadovolji.

Virtuelizacija predstavlja bitan aspekt u arhitekturi cloud computinga, jer omogućava nezavisnost softverskih sistema na sistemskom nivou od konkretnih rješenja hardverske infrastrukture, kao npr. servera, skladišta podataka, mreže, itd. Ona omogućava izgradnju virtuelnog data centra kod koga su resursi grupisani u pulove, koji se upotrebljavaju kada su potrebni, u onoj mjeri u kojoj su potrebni i u svim potrebnim kombinacijama da bi se zadovoljile dinamičke potrebe aplikacija i poslovnih procesa i u horizontalnom i u vertikalnom smislu. Ovakav koncept omogućava veću skalabilnost i veće mogućnosti raspoređivanja aplikacija.

Najdominantnija upotreba virtualizacije u praksi predstavlja upotreba virtuelne mašine. Ona se smatra osnovnom jedinicom razmjestaja, jer predstavlja najmanji zajednički sadržalac između provajdera usluga i korisnika. Zadovoljava veliki broj potreba, jer omogućava brzo razmiještanje i skalabilnost aplikacija. U prilog joj ide i činjenica da se vrlo brzo može napraviti model virtuelne mašine u kome su sadržane sve softverske komponente potrebne za softversko rješenje i njihovo pretvaranje u sliku koja se čuva u biblioteci.

Na tržištu postoji određen broj softverskih rješenja za virtuelizaciju, pa ćemo se kratko osvrnuti na neke od njih.

3.2.1 VMWare

Ova platforma služi za virtuelizaciju hardverskih resursa i stvaranje virtuelnih mašina X86 tipa (RAM, CPU, hard disk, network), na kome može da se izvršava operativni sistem i aplikacije, kao i na bilo kojoj drugoj hardverskoj X86 platformi. Ovo rješenje ima jedan softverski sloj nad OS slojem hardverske mašine (koji se zove Hypervisor) i koji služi za dinamičku i transparentnu alokaciju hardverskih resursa. Virtuelne mašine su kompatibilne sa svim standardnim X86 operativnim sistemima i aplikacijama i moguće je pokrenuti nekoliko virtuelnih mašina na jednom fizičkom serveru.

3.2.2 Xen

Ovo je još jedno rješenje koje se može upotrijebiti za virtualizaciju infrastrukture, u kome se takođe jedan fizički server koristi za hostovanje više virtuelnih mašina. Ovo rješenje obezbjeđuje zaštitu, izolaciju resursa i obračun. Ima jedan nivo apstrakcije koji mu omogućava da hostuje veći broj klijenata. Omogućava i migraciju sa jednog hosta na drugi, pospješujući radne karakteristike i izbjegavajući preopterećenje sistema.

3.3 LOAD BALANCING

Load balancing predstavlja tehniku raspodjele posla između više računara da bi se postigla optimalna upotreba resursa, maksimizirao učinak i minimiziralo vrijeme odgovora na zahtjeve. Upotrebom više komponenti, umjesto jedne, stvara se redundansa, što pored poboljšanja performansi, povećava i raspoloživost sistema.

Sam servis balansiranja opterećenja je obično, ili program pravljen za tu, specifičnu namjenu, ili je u formi posebnog hardverskog uređaja.

Load balancing predstavlja bitnu stavku u kontekstu cloud computinga, jer omogućava da se jedna servera u cloudu predstavi klijentu kao jedan moćan server.

Primjer upotrebe load balancinga imamo u slučajevima alociranja više Web servera koji će da odgovore na povećane zahtjeve klijenata, ili, kod aplikacija koje intenzivno upotrebljavaju CPU može se instancirati više virtuelnih mašina (jedna po zahtjevu), koje će odgovoriti na zahtjeve korisnika i gdje će se po obavljanju posla virtuelne mašine ugasiti.

Prilikom implementacije cloud computinga o ovoj stavci treba posebno voditi računa, jer korisnici vide pad performansi, što može uticati da prijeđu kod konkurentskih firmi, koje nemaju takve probleme.

3.4 SIGURNOST

Sigurnost predstavlja jedan od najbitnijih aspekata cloud computinga od koje i zavisi da li će, kada će i u kolikoj mjeri korisnici prijeći sa dosadašnjih rješenja na cloud computing rješenja. Čak je prema jednom istraživanju 75% ispitanika o razmatranjima prelaska na cloud computing stavilo sigurnost kao prvi faktor u odlučivanju da li će prijeći na cloud computing ili ne.

Prema konsultantskoj firmi Gartner, postoji sedam stavki koje bi cloud computing vendor trebao da obezbijedi svojim korisnicima. To su:

1. Privilegovan korisnički pristup – vendor mora odgovoriti na pitanje ko ima pristup podacima i način zapošljavanja takvog osoblja,
2. poštovanje regulative – korisnik mora biti uvjeren da je vendor raspoložan da prihvati eksterne sigurnosne provjere,

3. lokacija podataka – vendor treba da omogućiti korisniku da se njegovi podaci nalaze tamo gdje on hoće, ako je vendor u stanju fizički da korisniku izađe u susret,
4. segregacija podataka – omogućiti enkripciju podataka na svim nivoima i pri tom koristiti provjerne i dokazane enkripcijske algoritme,
5. oporavak od otkaza – omogućiti efikasan oporavak od otkaza na svim nivoima, a posebno oporavak korisnikovih podataka,
6. podrška istragama – omogućiti istrage svih aktivnosti u cloudu, a posebno aktivnosti koje iz nekog razloga nisu dozvoljene i
7. životni vijek vendara – omogućiti korisniku da, u slučaju da se kompanija prestane baviti ovom aktivnošću, će korisnik dobiti nazad svoje podatke u formatu koji mu odgovara.

Prilikom implementacije cloud computinga, ove stavke bi trebalo ubaciti u formular koji bi provajder usluga popunio.

3.5 UDRUŽIVANJE MEĐU OBLACIMA

Jedan od izazova u cloud computingu predstavlja i saradnja među različitim cloud provajderima, kao i uspostavljanje odgovarajućih standarda vezanih za saradnju.

Ovdje ćemo opisati saradnju između cloud-a upotrebom IETF-ovog XMPP protokola i međudomske saradnje upotrebom Jabber XCP-a, kao prijedlog implementacije udruživanja u cloudu, jer se ovakvo rješenje već široko koristi u praksi.

Jabber XCP je skalabilno, proširivo i raspoloživo rješenje izgrađeno na XMPP-u, koje podržava više protokola, kao što je SIMPLE, IMPS i sl. To je programabilna platforma koja ima dobre osobine u kontekstu prisutnosti i razmjene poruka u aplikacijama u cloud okruženju.

Pošto je 2008. godine kompaniju Jabber preuzeo Cisco, možemo sa pravom očekivati kvalitetna rješenja i na mrežnim nivoima, što bi se moglo uzeti u razmatranje prilikom projektovanja data centra.

Cloud koncept treba da napravi pomak u arhitekturi web servisa, gdje bi web servisi trebali egzistirati u mrežama sposobnim za saradnju, a ne kao dosad, da međusobno saraduju u zatvorenim sistemima. Problem se javlja i kod postojećih protokola web servisa, poput SOAP i drugih protokola povezanih sa HTTP-om, jer podrazumijevaju jednosmjernu razmjenu informacija. U IT zajednici postoji mišljenje da bi se ovaj problem mogao riješiti upotrebom XMPP protokola i da bi mogao da evoluiru u najozbiljnijeg kandidata za budući SaaS. Da se ovaj protokol ozbiljno razmatra, govori i činjenica da su sve velike softverske kompanije, poput IBM-a, Google-a i AOL-a, već implementirali ovaj protokol u svoja rješenja bazirana na cloud-u.

XMPP već ima nekoliko osobina koje mu, u tom smislu, idu u prilog. Neke od njih su:

- baziran je na otvorenim standardima,
- već postoji određeni broj klijentskih i serverskih rješenja,
- podržava sigurnost preko SASL i TLS-a,
- fleksibilnost i proširivost,
- omogućava dvosmjernu komunikaciju.
- baziran na XML-u i već ima ugrađenu pub-sub funkcionalnost.

Pored sistemski riješenih stvari vezanih za ovaj protokol, postoji i niz problema koji su riješeni u ovom protokolu, a od kojih su neki raniji sistemi patili. Neki od njih su:

- address spoofing, neograničeni binarni attachmenti, inline skriptovi, itd.,
- upotreba sertifikata koje izdaju CA od povjerenja garantuju jaku autentifikaciju i enkriptovanu konekciju,
- upotreba servera sa mogućnošću blacklist-ovanja i whitelist-ovanja na host i IP nivou,
- upotreba point to point umjesto multihop saradnje.

Jedan od najboljih pokazatelja koji idu u prilog ovom protokolu je njegova upotreba u GoogleTalk-u, koga upotrebljavaju milioni konkurentnih korisnika.

Saradnja, u kontekstu XMPP-a, predstavlja sposobnost dva XMPP servera iz različitih domena da razmjenjuju XML poruke. Prema XEP-0238:XMPP Protocol Flows for Inter-Domain Federation, postoje najmanje četiri osnovna tipa udruživanja:

1. slobodno udruživanje,
2. verifikovano udruživanje,
3. enkriptovano udruživanje i
4. udruživanje bazirano na povjerenju.

Svaki od ovih tipova ima svoje osobine i možemo u implementaciji udruživanja u cloud okruženju koristiti one tipove koji su nam najviše odgovaraju.

4. NIVOI CLOUD COMPUTINGA

Ovdje su prikazani nivoi cloud computinga koje bi telekom operateri mogli da primjene na svoja rješenja. Posebno im ide na ruku činjenica da se u svijetu malo bavi aspektom pristupnih brzina korisnika u kontekstu cloud computinga (što je vrlo bitna stvar), nego se implicitno podrazumijeva da je to problem korisnika, pa telekom operateri mogu, uz svoje ponude servisa iz clouda, ponuditi i odgovarajuće pristupne brzine korisnicima, što im je velika komparativna prednost u odnosu na druge cloud provajdere. Pored toga, vlasništvo nad mrežom omogućuje bolji kvalitet servisa u odnosu na provajdere koji je namaju, jer oni nemogu da garantuju isporuku servisa preko mreže koju ne kontrolišu.

4.1 KOMUNIKACIJA KAO SERVIS (CaaS)

CaaS predstavlja kompletno rješenje komunikacija u kompaniji. Isporučioc i ove usluge su odgovorni za upravljanje infrastrukturom neophodnom za isporuku. U servis obično spadaju VoIP, Instant Messaging, video konferencija, a kod nekih provajdera ovdje se ubraja i servis kolaboracije, dok ga neka rješenja odvajaju u poseban. Ovaj tip usluge predstavlja evolutivni pomak u pružanju usluga telekom operatera. Zbog prirode servisa uključenih u ovu ponudu, provajderi bi trebali ponuditi i garantovani QoS, za određenu cijenu (SLA).

Vremenom, portfolio usluga koji se nudi pod ovim servisom se stalno proširuje, pa bi sada jedan tipičan portfolio bio sastavljen od sledećih usluga:

- chat,
- multimedijalna konferencija,
- e-mail servis,
- "Soft" phones,
- Video calling,
- Unified messaging and mobility.

Pošto telekom operateri već posjeduju veći dio infrastructure (ako ne i sve) koja je potrebna za ovaj tip servisa, logično se nameće zaključak da bi ovo trebao biti prvi tip servisa koji oni nude.

4.2 INFRASTRUKTURA KAO SERVIS (IaaS)

IaaS predstavlja servis u kome se isporučuje računarska infrastruktura (obično je to virtuelna platforma). Da bi IaaS bio moguć, potrebna je da provajder posjeduje značajnu infrastrukturu. Ova servis nudi infrastrukturu koja je prilagođena potrebama korisnikovih aplikacija. Praktično, korisnik ima na raspolaganju virtuelni data centar. Korisnici upravljaju svojim aplikacijama, a provajder infrastrukturom.

Da bi se ponudio ovaj servis, provajder treba da posjeduje:

- računarski hadver,
- računarsku mrežu,
- konekciju na Internet,
- softver za virtuelizaciju,
- SLA,
- billing na bazi utility computing-a.

U većem dijelu ovog rada, detaljno su opisane ove stavke.

4.3 PLATFORMA KAO SERVIS (PaaS)

PaaS model predstavlja isporuku platforme koju korisnici koriste za izgradnju svojih aplikacija. Da bi to omogućio, PaaS mora da ima sve potrebne funkcionalnosti kojima će osigurati kompletan ciklus razvoja i isporuke aplikacija i servisa. Prednost PaaS rješenja nad IaaS rješenjem ogleda se u tome što se korisnici fokusiraju na inovativan rad, a pri tome se ne opterećuju kompleksnošću infrastrukture. Samim tim, kompanije se

mogu u potpunosti posvetiti onim aspektima informacionog sistema koji je njima najbitniji, tj. koji im donosi neposredu poslovnu korist, a to je razvoj aplikacija, dok će infrastrukturu iznajmljivati u onoj mjeri u kojoj im je potrebna.

4.4 SOFTVER KAO SERVIS (SaaS)

Software as a Service (u daljem tekstu SaaS) se odnosi na model cloud computinga u kome se korisniku isporučuje aplikacija koja zadovoljava njegove potrebe i čiju upotrebu korisnik plaća fiksno iznos mjesečno, ili onoliko koliko je koristi (pay-as-you-go model). SaaS aplikacije su uglavnom dizajnirane za podršku većem broju istovremenih korisnika (multitenancy), ali mogu biti i klasične aplikacije koje se isporučuju na daljinu. Ovaj servis potencijalno predstavlja i najpopularniji servis za većinu poslovnih organizacija, jer im vrlo brzo donosi konkretnu korist, a to je sistem spreman za operativnu upotrebu u poslovanju, koji koristi računarske resurse u potrebnoj mjeri, brzo i pouzdano.

Platforma bi se trebala zasnivati na virtuelizaciji, bazama podataka, middleware-u i softveru za upravljanje.

Korist od virtualizacije je u brzom alociranju i dealociranju resursa, čime se postižu garantovane performanse sistema i omogućava optimizaciju upotrebe resursa.

Upotreba baza podataka je korisna zbog mogućnosti pouzdanog čuvanja podataka, kao i zbog efikasnih operacija sa podacima. Još jedan aspekt je i mogućnost optimizacije upotrebe podataka na ovom nivou.

Middleware sistemi bi trebali imati podršku za web servise i SOA arhitekturu, pošto omogućuju izradu rješenja baziranih na standardima.

Softver za upravljanje ima za cilj da omogući efikasno upravljanje i nadgledanje cjelokupnog sistema, a za korisnika znači mogućnost nadgledanja upotrebe resursa i provjeru performansi u kontekstu SLA.

4.5 STORAGE AS A SERVICE (PROSTOR NA DISKU KAO SERVIS)

Ovaj servis se odnosi na model u kome se korisnicima iznajmljuje prostor na disku. Prednost ovog servisa je što su podaci kod provajdera sigurniji od otkaza. Provajder

preuzima na sebe obavezu backup-a i recovery-ja korisnikovih podataka, postoji i mogućnost da se podacima može pristupiti iz bilo koje tačke na Internetu. Nedostaci bi bili u mrežnim brzinama, jer se do podataka puno brže dolazi lokalno, nego preko mreže, zatim, eventualna nedostupnost zbog neraspoloživosti servisa ili mreže, a i ovakvo rješenje bi moglo biti skuplje.

Ovaj servis bi se mogao uzeti u obzir u ranim fazama implementacije koncepta cloud computinga.

5. ZAKLJUČAK

Trenutni svjetski trendovi pokazuju da se sve više kompanija odlučuje za uvođenje nekog nivoa cloud computinga. Prema jednoj od vodećih svjetskih konsultantskih kuća (Gartner), tržište cloud computinga će rasti u sljedećim godinama, što znači da će i više novca biti u opticaju na tom tržištu. Telekom operateri, kao lideri u pružanju telekomunikacionih usluga, da bi zadržali lidrsku poziciju i što bplje se snašli u novom poslovnom okruženju, treba da uzmu u obzir uvođenje ovog koncepta, jer polako počinje da se gubi granica između telekomunikacionih i informatičkih usluga, pa bi u perspektivi mogli postati samo provajderi mrežne infrastrukture, što bi se itekeko odrazilo na njihovo poslovanje. Trenutno imaju dobre predispozicije, jer posjeduju novac, ljude, data centre, IT resurse, lokacije i mrežnu infrastrukturu, koju bi sada trebalo da prilagode i upotrijebe na drugačiji način.

LITERATURA

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing
- [2] <http://xmpp.org/>
- [3] <http://www.jabber.com/CE/JabberXCP>
- [4] "Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing" - Michael Armbrust, Armando Fox, Rean Griffith, Anthony D. Joseph, Randy Katz, Andy Konwinski, Gunho Lee, David Patterson, Ariel Rabkin, Ion Stoica, and Matei Zaharia February 10, 2009
- [5] <http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/index.html>
- [6] <http://www.vmware.com/>
- [7] <http://xen.org/>