



ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET U PODGORICI

Sreten Ćorić

**PRILOG ANALIZI MIGRACIJE INFORMACIONIH SISTEMA NA
CLOUD TEHNOLOGIJU SA PRIMJEROM IMPLEMENTACIJE**

- MASTER RAD -

Podgorica, 2021.



ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET U PODGORICI

Sreten Ćorić

**PRILOG ANALIZI MIGRACIJE INFORMACIONIH SISTEMA NA
CLOUD TEHNOLOGIJU SA PRIMJEROM IMPLEMENTACIJE**

- MASTER RAD -

Podgorica, 2021.

PODACI I INFORMACIJE O MAGISTRANDU

Ime i prezime: Sreten Ćorić
Datum i mjesto rođenja: 10.10.1985. godine, Mostar
Naziv završenog osnovnog studijskog programa i godina diplomiranja: Elektronika, Telekomunikacije i Računari, 2007.
Naziv završenog specijalističkog studijskog programa i godina diplomiranja: Elektronika, Telekomunikacije i Računari – Računari, 2008.

INFORMACIJE O MASTER RADU

Naziv postdiplomskog studija: Računari
Naslov rada: Prilog analizi migracije informacionih sistema na *cloud* tehnologiju sa primjerom implementacije
Fakultet: Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore

OCIJENA I ODBRANA MASTER RADA

Datum prijave master rada: 09.05.2017.
Datum Sjednice Vjeća Univerzitetske jedinice na kojoj je prihvaćena tema: 06.09.2017.

Komisija za ocjenu teme i podobnosti magistranda:
Prof.dr Milutin Radonjić
Prof.dr Božo Krstajić
Doc.dr Žarko Zečević

Mentor: Prof.dr Božo Krstajić

Komisija za ocjenu rada: Prof.dr Milutin Radonjić
Prof.dr Božo Krstajić
Doc.dr Žarko Zečević

Komisija za odbranu rada: Prof.dr Milutin Radonjić
Prof.dr Božo Krstajić
Doc.dr Žarko Zečević

Datum odbrane: 18.06.2021.

PREDGOVOR

Prilikom odgovora na zahtjeve modernog poslovanja, IT profesionalci moraju povećati odziv i elastičnost isporuke servisa, poboljšavajući tako kvalitet servisa, uz istovremeno smanjenje ukupnih troškova poslovanja. Virtualizacija data centara u prvom koraku, predstavlja rješenje koje najviše pruža na polju postizanja ovih ciljeva.

Koncept virtualizacije je praktično bio napušten tokom posljednje dvije decenije prošlog vijeka kao rezultat klijent-server aplikacija i servera na bazi x86 platforme. Široko prihvatanje Windowsa i Linuxa kao serverskih operativnih sistema postavili su x86 servere na mjesto industrijskog standarda. Dominacija x86 platforme na serverskim i klijentskim sistemima dovela je do nastanka nove IT infrastrukture sa specifičnim operativnim problemima. U ove probleme spadaju nizak stepen iskorišćenja infrastrukture, porast troškova održavanja infrastrukture, porast troškova upravljanja, nedovoljna zaštita od otkaza i visoki troškovi održavanja i administriranja klijentskih racunara. Virtualizacija na x86 platformi nastala je iz potrebe za rešavanjem upravo ovih problema.

Klijent-server arhitektura je sa sobom donijela koncept: standardni server na kome je pored operativnog sistema instalirana najčešće jedna aplikacija (na primjer: domen kontroler, server za bazu podataka, *email* server itd.). Vremenom, broj aplikacija (servisa) se sve više povećava i u posljednje vrijeme dostiže ogromne razmjere. Masovna pojava novih servisa dovela je do enormnog povećanja broja servera u data centrima. Sa druge strane, efikasnost iskorišćenja ovih servera sve više opada. Procjene govore da je iskorišćenost procesora prosječnih servera ispod 10%, što ekonomičnost data centra ozbiljno dovodi u pitanje.

Pored faktora ekonomičnosti IT infrastrukture, djeluju i drugi činioci koji virtualizaciju dovode u prvi plan: promjena pristupa u projektovanju mikroprocesa, tj. pojava procesora sa više jezgara, brze i jeftinije memorije i napredne ulazno-izlazne arhitekture. Današnji prosječni server je predimenzionisan za servise (aplikacije) koje su na njemu instalirane. Nadalje, od IT servisa korisnici očekuju visoku raspoloživost (reda 99,9 %), koju nije moguće obezbjediti konvencionalnim tehnikama. Rast broja servisa zahtjeva vrlo brzu i čestu instalaciju novih servera. Nabavka hardvera, s druge strane, je proces koji traje danima i nedjeljama, te klasična nabavka smanjuje agilnost IT usluga. Od IT usluga se pored svega navedenog, očekuje da obezbjede kontinuitet poslovanja preduzeća čak i u slučaju katastrofa (požari, poplave, zemljotresi...). Napredne opcije u virtualnom okruženju omogućavaju da servis (kako ga vide krajnji korisnici) bude znatno više raspoloživ od hardvera na kome je instaliran (jer se više puta migrira sa jedne hardverske komponente na drugu u toku vremena). Održavanje fizičkog servera više ne predstavlja problem i stresan posao jer se servisi, koristeći tehnologiju virtualizacije, prethodno migriraju na drugi fizički server, tako da krajnji korisnici ne primjećuju nikakav

zastoj. Takođe, arhitektura rezervnog data centra (koji se koristi u slučaju katastrofe) može biti vrlo kompaktna i ekonomična – potpuno virtualizovana.

Na osnovu navedenog nije teško zaključiti zašto se u savremenim data centrima procenat virtualizovanog dijela infrastrukture znatno povećava. Istraživanja govore da u skorijem periodu neće biti fizičkog servera bez instaliranog hipervizora za virtualizaciju. Tehnologija virtualizacije pruža više od samog povećanja produktivnosti data centara. Ona olakšava implementaciju ideje *cloud* računarstva.

U cilju modernizacije i primjene *cloud* tehnologija u informacionim sistemima u Crnoj Gori, korisno je identifikovati i predložiti smjernice za početak implementacije istih. S obzirom da u Crnoj Gori još uvijek ne postoji propisana jasna zakonska legislativa iz ove oblasti, u radu će biti prikazani do sada identifikovani metodi uvođenja *cloud* servisa na osnovu dosadašnjih iskustava, stručnih analiza i najbolje prakse iz ove oblasti. Takođe, biće prikazane moguće uštede pri eventualnoj migraciji infrastrukture informacionih sistema i servisa na *cloud*. Nakon toga biće dat primjer faznog uvođenja *cloud* tehnologija u informacioni sistem organizacije kroz implementaciju privatnog *cloud*-a koji obezbjeđuje infrastrukturu kao servis u prvom koraku, i njegove transformacije kroz implementaciju hibridnog *cloud*-a u drugom koraku.

Predložen primjer implementacije *cloud* rješenja koji će biti prikazan u radu, omogućava realizaciju prvog koraka transformacije informacionog sistema i obezbjeđuje polaznu tačku za buduća unapređenja informacionog sistema i servisa, kroz dalje proširenje udjela *cloud* tehnologija u organizaciji.

Podgorica, april 2021.godine

REZIME

Imajući u vidu da tehnologija *cloud* računarstva još uvijek nije zastupljena u većem procentu u informacionim sistemima u Crnoj Gori, a da odluku o transformaciji informacionog sistema u drugi model nije jednostavno donijeti, te da pogrešna odluka u vezi istih može prouzrokovati neplanirane finansijske izdatke i druge neželjene posljedice, predmet istraživanja u ovom radu jeste analiza i implementacija *cloud* tehnologija u informacione sisteme.

U tom kontekstu, u prvom dijelu rada je prikazan presjek do sada identifikovanih strategija za migraciju informacionih sistema i servisa na *cloud* tehnologije. Komparativnom analizom identifikovanih strategija migracije one se mogu lakše shvatiti i uporediti. Na osnovu tabelarnog prikaza može se izvršiti sumarni pregled osnovnih karakteristika procesa migracije koje se očekuju na putu i nakon migracije informacionog sistema ili aplikacije na *cloud*, u odnosu na identifikovane strategije. Pokazalo se da organizacija prilikom donošenja odluke o korišćenju *cloud* tehnologije treba sprovesti detaljnu analizu, na osnovu koje će donijeti optimalnu odluku za svoj informacioni sistem ili pojedinačan servis ili aplikaciju. Analiza treba da uzme u obzir sve relevantne ulazne parametre. Potom su u ovom dijelu rada date i smjernice organizacijama za uvođenje *cloud* tehnologija u informacioni sistem. Predložen je upitnik za migraciju infrastrukture informacionog sistema na *IaaS* cloud i prikazana je eksperimentalna cost-benefit analiza za pretpostavljeni informacioni sistem poslovne banke. Ova analiza je pokazala ekonomsku isplativost i opravdanost migracije kompletne ili dijela infrastrukture informacionog sistema na *IaaS* cloud.

Potom je prikazan primjer implementacije privatnog *on-premises IaaS cloud*-a u pretpostavljenom informacionom sistemu poslovne banke, koji obezbjeđuje sve funkcionalne karakteristike za izvršavanje kritičnih servisa informacionog sistema u pogledu obezbjeđenja visokog stepena raspoloživosti, stepena iskorišćenja resursa i efikasnosti pri implementaciji novih servisa. Ovaj model *IaaS cloud*-a u okviru sopstvene infrastrukture je odgovarajući za poslovne banke ili druge kompanije koje imaju servise i podatke (npr. povjerljivi poslovni podaci ili kritični servisi) isuviše osjetljive za migraciju u javni *cloud*. Potom je predložena transformacija informacionog sistema u hibridni *cloud* model, kroz implementaciju i integraciju jednog servisa kojeg obezbjeđuje pružalac *cloud* usluga. Implementiranim primjerom je riješen nedostatak obezbjeđenja kontinuiteta poslovanja za korporativni *email* servis i pretpostavke za potencijalnu eliminaciju *Exchange on-premises* (infrastruktura u okviru sopstvenog data centra) hardverske infrastrukture potrebne za ovaj servis unutar data centra organizacije. Samim tim bi se dodatno smanjili troškovi održavanja *on-premises* serverske infrastrukture u organizaciji i stvorile pretpostavke za dalju migraciju i drugih *on-premises* servisa ili korišćenje i integraciju novih koje nude pružaoci *cloud* usluga.

ABSTRACT

Having in mind that cloud computing technologies are still not represented in a higher percentage in information systems in Montenegro, and that the decision to transform the information system into another model is not easy to make, and that the wrong decision can cause unplanned financial expenditures and other unwanted consequences, the subject of research in this paper is the analysis and implementation of cloud technologies in information systems.

The first part of the paper presents a cross-section of strategies identified so far for the migration of information systems and services to cloud technology. The presented strategies give us an insight into the classification for migrating information systems to the cloud. By comparing existing migration strategies, migration methods can be more easily understood and compared. Based on the table, a summary overview of the basic characteristics of the migration process that is expected on the way and after the migration of the information system or application to the cloud, in relation to the selected strategy, can be performed. It turned out that when making a decision on the use of cloud technology, the organization should conduct a detailed analysis, based on which it will make the optimal decision for its information system or individual service or application. The analysis should take into account all relevant input parameters. Then are given guidelines for organizations regarding introduction of cloud technologies in their information systems. A questionnaire for the migration of information system infrastructure to the IaaS cloud is proposed and an experimental cost-benefit analysis is presented. This analysis showed the economic viability and justification of migrating all or part of the information system infrastructure to the IaaS cloud.

Then, an example of the implementation of private IaaS cloud in the presumed information system of a commercial bank is presented, which provides all functional characteristics for performing critical information system services in terms of providing a high degree of availability, resource utilization and efficiency in implementing new services. This IaaS cloud model within its own infrastructure is suitable for commercial banks or other organizations that have services and data that are too sensitive (eg confidential business data or critical services) to host in a public cloud. Then, the transformation of the information system into a hybrid cloud model is proposed, through the implementation of a service provided by a cloud service provider. The implemented example solved the lack of business continuity for the corporate email service and the prerequisites for potential eliminating Exchange on-premises hardware infrastructure required for this service inside the data center of organization. This would further reduce the cost of maintaining on-premises server infrastructure in the organization and create conditions for further migration of other on-premises services or use and integration of new ones offered by cloud providers.

SADRŽAJ:

PREDGOVOR.....	4
REZIME.....	6
ABSTRACT	7
LISTA SKRAĆENICA.....	9
LISTA SLIKA.....	10
LISTA TABELA	11
UVOD	12
VIRTUALIZACIJA I <i>CLOUD</i> RAČUNARSTVO	15
1.1 Virtualne mašine.....	15
1.2 <i>Cloud</i> računarstvo.....	17
1.3 <i>Cloud</i> razvojni modeli	18
1.4 <i>Cloud</i> servisni modeli	20
STRATEGIJE ZA UVOĐENJE <i>CLOUD</i> TEHNOLOGIJE U POSLOVNE INFORMACIONE SISTEME	22
2.1 Migracija na <i>IaaS</i>	25
2.2 Migracija na <i>PaaS</i>	26
2.3 Migracija na <i>SaaS</i>	26
2.4 Poređenje identifikovanih strategija	28
SMJERNICE ZA KOMPANIJE.....	30
3.1 Pogled na cloud ekosistem.....	30
3.1.1 <i>SaaS</i> tržište	31
3.1.2 <i>IaaS</i> i <i>PaaS</i> tržište.....	32
3.2 Priprema IT sektora u kompanijama	34
3.3 Smjernice za implementaciju cloud-a.....	35
3.4 Upitnik za migraciju na <i>cloud</i>	37
3.5 Eksperimentalna <i>CBA</i> (<i>Cost-benefit</i> analiza).....	41
PRIMJER IMPLEMENTACIJE <i>CLOUD</i> TEHNOLOGIJA U POSLOVNOJ BANCII	49
4.1 Implementacija privatnog <i>on-premises IaaS cloud-a</i>	49
4.1.1 Instalacija <i>VMware ESXi</i> hipervizora i konfiguracija fizičke LAN mreže.....	51
4.1.2 Konfiguracije storage sistema sa zoniranjem	52
4.1.3 Konfiguracija <i>VMware HA</i> klastera, virtualne LAN mreže i replikacije	55
4.1.4 Privatni <i>on-premises IaaS cloud</i>	58
4.2 Transformacija u hibridni <i>cloud</i>	59
ZAKLJUČAK	64
LITERATURA	66

LISTA SKRAĆENICA

Skraćenica	Termin
TCO	Total cost of ownership
VMM	Virtual machine monitor
VM	Virtual machine
ISA	Instruction Set Architecture
SLA	Service Level Agreement
BI	Business Intelligence
CRM	Customer Relationship Management
DW	Data Warehouse
ERP	Enterprise Recovery Planning
MMU	Memory management unit
TLB	Translation lookaside buffer
DMA	Direct Memory Access
IOMMU	Input/Output Memory Management Unit
GART	Graphics Address Remapping Table
NIST	National Institute of Standard
SaaS	Software as a Service
PaaS	Platform as a Service
IaaS	Infrastructure as a Service
dSaaS	Servers and Storage as as Service
LAN	Local Area Network
SAN	Storage Area Network
DNS	Domain Name System
HA	High Availability
ICMP	Internet Control Message Protocol
VLAN	Virtual LAN
FC	Fibre Chanel
HBA	Host Bus Adapter
WWN	World Wide Name
VMFS	VMware Virtual Machine File System
RPO	Recovery Point Objective
RTO	Recovery Time Objective
IS	Information System
CBA	Cost-benefit Analysis
AWS	Amazon Web Services
ERP	Enterprise Resource Planning
EBS	Amazon Elastic Block Store

LISTA SLIKA

SLIKA 1.1: (A) FIZIČKA MAŠINA (B) VIRTUALNA MAŠINA [3]	16
SLIKA 1.2: PRIKAZ CLOUD-A [3].....	18
SLIKA 1.3: PRIKAZ IAAS CLOUD SERVISNOG MODELA [3]	20
SLIKA 2.1: POSLOVNA I TEHNOLOŠKA DIMENZIJA U PROCESU MIGRACIJE NA CLOUD [16].....	22
SLIKA 3.1: RAST CLOUD TRŽIŠTA (%) U 2019.GODINI SA PRIKAZOM LIDERA PO SEGMENTIMA [58]	31
SLIKA 3.2: PODJELA SAAS TRŽIŠTA I STOPE RASTA NA GLOBALNOM NIVOU [58]	32
SLIKA 3.7: PRIKAZ RAZLIKE U ON-PREMISES I AZURE CLOUD TROŠKOVIMA ZA DIO INFORMACIONOG SISTEMA POSLOVNE BANKE [62]	47
SLIKA 3.8: PRIKAZ ON-PREMISES I CLOUD TROŠKOVA KOD AZURE ZA DIO INFORMACIONOG SISTEMA POSLOVNE BANKE U PRVOJ GODINI [62]	47
SLIKA 3.9: PRIKAZ CLOUD TROŠKOVA KOD AWS ZA DIO INFORMACIONOG SISTEMA POSLOVNE BANKE U PRVOJ GODINI [63]	48
SLIKA 4.1: FIZIČKA LAN KONFIGURACIJA JEDNOG VMWARE KLASTERA.....	52
SLIKA 4.2: ŠEMA SAN KONEKCIJA JEDNOG OD KLASTERA U SISTEMU	53
SLIKA 4.5: KREIRANI FC HOSTOVI NA STORAGE SISTEMU	54
SLIKA 4.6: WWN IDENTIFIKATORI ZA JEDAN FC HOST.....	54
SLIKA 4.7: STORAGE VOLUME ZA VMWARE KLASTER	55
SLIKA 4.8: VOLUME FORMATIRAN VMFS FAJL SISTEMOM.....	55
SLIKA 4.9: PREGLED FIZIČKIH ADAPTERA NA VMWARE HOSTU	56
SLIKA 4.10: VIRTUALNI SVIČ NA VMWARE HOST-U	57
SLIKA 4.11: IMPLEMENTIRANI VMWARE VSPHERE HA KLASTER NA JEDNOJ LOKACIJI	57
SLIKA 4.12: LOGIČKA ŠEMA PRIVATNOG ON-PREMISES IAAS CLOUD RJEŠENJA NA OBJE LOKACIJE	58
SLIKA 4.13: LOGIČKI PRIKAZ PRETPOSTAVLJENE INFRASTRUKTURE ON-PREMISES EXCHANGE EMAIL SERVIS	60
SLIKA 4.14: PRIKAZ PROCESA KAKO HYBRID CONFIGURATION ALAT VRŠI KONFIGURACIONA PODEŠAVANJA U TOKU RAZVOJA HIBRIDNOG OKRUŽENJA [65]	61
SLIKA 4.15: LOGIČKI PRIKAZ IMPLEMENTIRANOG HIBRIDNOG RJEŠENJA ZA EXCHANGE EMAIL SERVIS POSLOVNE BANKE	63

LISTA TABELA

TABELA 2.6: IDENTIFIKOVANE STRATEGIJE MIGRACIJE SA KARAKTERISTIKAMA	29
TABELA 3.3: GLOBALNO IAAS PUBLIC CLOUD TRŽIŠTE, 2018-2019 (U MILIONIMA US DOLARA) [57]....	33
TABELA 3.4: PREDLOŽENI UPITNIK ZA KOMPANIJE.....	41
TABELA 3.5: HARDVERSKA INFRASTRUKTURA POSLOVNE BANKE	43
TABELA 3.6: POPUNJEN UPITNIK ZA TCO PRORAČUN	46
TABELA 4.3: ZONIRANJE – LOKACIJA1 (VMWARE HA KLASTER NA GLAVNOJ LOKACIJI)	54
TABELA 4.4: ZONIRANJE – LOKACIJA2 (VMWARE HA KLASTER NA REZERVNOJ LOKACIJI).....	54

UVOD

Imajući u vidu značaj koji savremeni informacijski sistemi imaju za kompanijsko poslovanje i ostvarivanje pozitivnih poslovnih rezultata, potrebno je vršiti blagovremeno unapređenje informacijskih sistema, između ostalog i kroz uvođenje savremenih tehnologija.

Implementacija tehnologije *cloud* računarstva u informacijski sistem, koje je oblast istraživanja u ovom radu, daje doprinos u ovom cilju i omogućava IT sektoru kompanije da brže i efikasnije ispuni promjenjive i nepredvidive zahtjeve poslovanja. Za realizaciju ovih ciljeva potrebno je posjedovati informacijski sistem koji pruža visok stepen raspoloživosti, visok stepen iskorišćenja performansi, što manju potrošnju električne energije, što jednostavniji postupak održavanja i administracije sistema uz maksimalan stepen raspoloživosti servisa koje podržava. Imajući u vidu da će se savremeno poslovanje u određenim segmentima nesumnjivo premjestiti na *cloud*, kretanje u ovom pravcu je zasigurno dobra ideja. Potrebno je donosiocima odluka u organizacijama dati jasne smjernice i argumente prije nego se načine koraci u cilju primjene *cloud* tehnologija koje nude pružaoci *cloud* usluga.

Evolucija i sazrijevanje *cloud* tehnologija koje su evidentne u posljednjih nekoliko godina su IT sektore u organizacijama digitalno razvijenih zemalja već dovele u prelazno stanje. Udio *cloud* servisa i tehnologija u njima je u porastu i IT menadžeri očekuju dalji značajan pomak u pogledu upravljanja aktuelnom IT infrastrukturom i njenim "kretanjem" prema *cloud*-u.

Činjenica je da su organizacije u Crnoj Gori u dobroj mjeri implementirale tehnologiju virtualizacije u svoje *on-premises* informacijske sisteme, međutim još uvijek se nijesu u većem broju odlučile za korak implementacije *cloud* tehnologija koje nude pružaoci *cloud* usluga. Imajući sve ovo u vidu, nameće se potreba da se organizacijama predoče smjernice koje će biti korisne za ovaj proces.

Četiri osnovna tipa *cloud* modela koji egzistiraju su *private* (privatni), *public* (javni), *community* (*cloud* zajednice) i *hybrid* (hibridni) [1]. Odabir određenog *cloud* modela od strane organizacije se vrši na osnovu karakteristika, potreba, raspoloživog budžeta i sigurnosnih i drugih zahtjeva same organizacije [1]. Prilikom odabira pravog modela za određenu organizaciju, pored drugih faktora, potrebno je imati u vidu i aktuelnu zakonsku legislativu iz oblasti *outsourcing*-a i smještanja podataka na *cloud* (tj. van granica države) u odnosu na tip i prirodu samih podataka.

Postupak implementacije *cloud* tehnologija u informacijski sistem (npr. kroz implementaciju *cloud*-a na sopstvenoj *on-premises* infrastrukturi, migraciju nekog postojećeg *on-premises* servisa na *cloud* infrastrukturu koji nudi pružalac *cloud* usluga, implementaciju novog *cloud* servisa koji nudi pružalac *cloud* usluga i dr.) unosi određen stepen kompleksnosti u pogledu obima aktivnosti i integracije sa postojećim sistemima i

servisima. S tim u vezi je do sada identifikovan veći broj predloženih modela za uvođenje *cloud* tehnologija koje nude pružaoci *cloud* usluga u organizacije [4], [5], [6], [7] i [8]. Binz i ostali u [4] su klasifikovali migraciju u tri tipa: standardni format migracije (*Standardized Format Migration*), komponentni format migracije (*Component Format Migration*) i holističku migraciju (*Holistic Migration*). U radu [5] autori su identifikovali 4 modela migracije koji bi mogli postojeće sisteme i aplikacije učiniti “sposobnima” za izvršavanje na *cloud*-u, njihovom adaptacijom. Prvi model mjenja aplikaciju/servis sa onim što nude provajderi *cloud* usluga, što predstavlja najmanje invanzivan metod migracije. Drugi model opisuje slučajeve u kojima se samo neke od funkcionalnosti aplikacija/servisa migriraju na *cloud*. Treći je klasičan model migracije gdje se cijeli postojeći servis/aplikacija migrira na *cloud* i na kraju, model migracije kompletnog servisa/aplikacije zajedno sa podacima i poslovnom logikom. Gartner predlaže organizacijama pet modela migracije informacionih sistema na *cloud* [6], *rehost* na infrastrukturu kao servis, *refactor* za platformu kao servis, *revise* za *IaaS* ili *PaaS*, *rebuild* na *PaaS* i *replace* sa *SaaS*. Za to vrijeme Cisco podrazumijeva tri modela za migraciju aplikacija na *cloud* uključujući *SaaS*, *PaaS* i *IaaS* u [7]. Slično ovome, kompanija za razvoj softvera *Solentive* je u [8] predložila tri glavna pristupa za migraciju postojećih informacionih sistema na *cloud* i to su *IaaS*, *PaaS* i *SaaS*.

S obzirom na postojeće servisne slojeve i modele razvoja *cloud*-a, moguće je identifikovati tri glavne strategije migracije informacionih sistema i servisa na *cloud*. To su migracija na infrastrukturu kao servis, migracija na platformu kao servis i migracija na softver kao servis.

U ovom radu je izvršeno poređenje osnovnih karakteristika do sada identifikovanih strategija migracije aplikacija ili servisa na *cloud* u pogledu obima, kompleksnosti, adaptacije i efekata koji se postižu. Predložene su smjernice za organizacije u cilju adekvatne pripreme i adaptacije IT sektora za primjene koje unosi implementacija *cloud*-a, te analize postojećih *on-premises* informacionih sistema. U radu je definisan i upitnik za organizacije koji se može iskoristiti za obračun troškova eventualne migracije idenfirikovanih *cloud* kandidata. Potom je na primjeru pretpostavljenog tradicionalnog informacionog sistema poslovne banke prikazan praktičan primjer uvođenja *cloud* tehnologija sa predlogom transformacije u *hibridni cloud* model.

Magistarski rad se sastoji od uvoda, četiri poglavlja, zaključka i liste referenci. U prvom poglavlju su, najprije, predstavljeni pojmovi virtualizacije, virtualnih mašina i *cloud* računarstva. Takođe, dat je i pregled osnovnih razvojnih modela *cloud*-a i servisnih modela *cloud*-a. U drugom poglavlju su predstavljene do sada identifikovane strategije migracije na *cloud*. Potom je izvršena je uporedna analiza prikazanih strategija. Treće poglavlje govori o smjernicama za organizacije koje će biti od pomoći u smislu pripreme IT sektora za uvođenje *cloud*-a, analize postojećeg informacionog sistema i prepoznavanja ključnih pružaoca *cloud* usluga na tržištu. U poglavlju je predložen i upitnik za organizacije za potrebe *cost-benefit* analize potencijalne migracije informacionog sistema ili dijela infrastrukture informacionog sistema i servisa na *cloud* kojeg obezbjeđuje pružalac *cloud* usluga. Upitnik je iskorišćen za računanje eksperimentalne *cost-benefit* analize a analiza je sprovedena uz popunjavanje predloženog upitnika za organizacije i korišćenje dostupnih TCO (*Total cost of ownership* - obračun ukupnih troškova) kalkulatora pružalaca

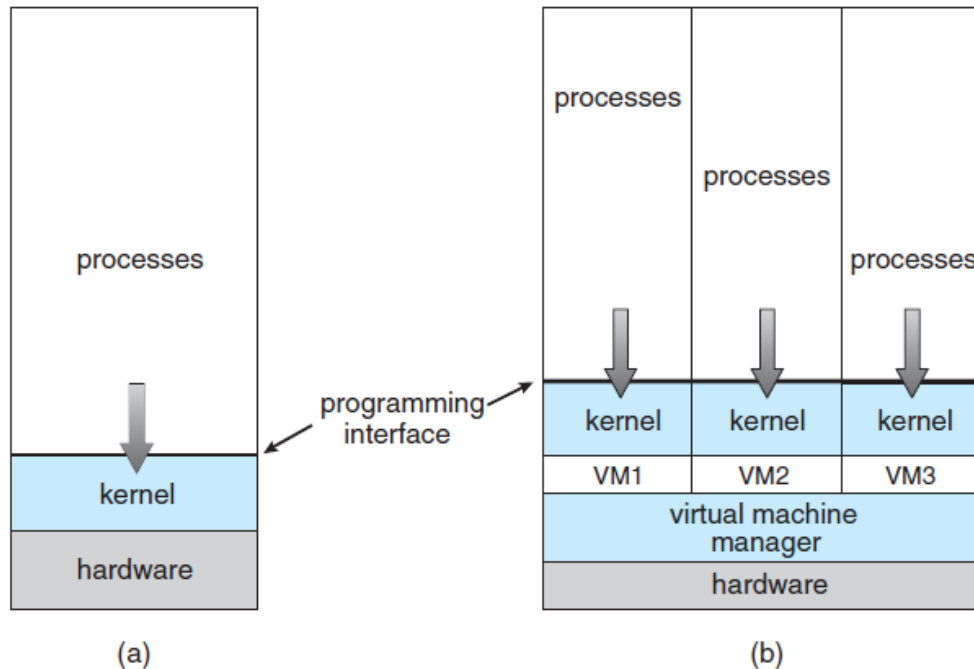
cloud usluga. Proračun je izvršen na primjeru pretpostavljenog informacionog sistema poslovne banke. U četvrtom poglavlju je prikazan primjer implementacije tehnologija virtualizacije i *cloud* računarstva u informacioni sistem poslovne banke kroz dva koraka. U prvom koraku je implementiran privatni *on-premises IaaS cloud* u okviru data centara poslovne banke. U drugom koraku je kroz implementaciju i integraciju jednog *cloud* servisa kojeg nudi pružalac *cloud* usluga, izvršena transformacija u hibridni *cloud* kao optimalan *cloud* model za ovakav tip organizacije. U zaključku rada su diskutovani rezultati magistarske teze i same prednosti predloženog hibridnog tipa *cloud*-a za informacione sisteme u organizacijama sličnog tipa.

GLAVA 1

VIRTUALIZACIJA I *CLOUD* RAČUNARSTVO

1.1 Virtualne mašine

Pojam virtualizacija ima mnogo značenja i aspekti virtualizacije prožimaju sve aspekte računarstva [3]. Virtualne mašine su jedan primjer ovog trenda. Osnovna ideja koja stoji iza virtualne mašine jeste apstrahovati hardver jednog računara (procesora, memorije, diskova, mrežnih kartica, itd.) u više različitih okruženja za izvršavanje, stvarajući tako iluziju da se svako odvojeno okruženje izvršava samostalno na svom računaru. Implementacija virtualnih mašina uvodi nekoliko dodatnih komponenti. U osnovi je *host* tj. osnovni hardverski sistem na kojem se izvršavaju virtualne mašine. Pored *host*-a tu je i komponenta menadžera virtualnih mašina (VMM – *virtual machine manager*, poznat kao hipervizor) koji kreira i pokreće virtualne mašine, obezbjeđujući interfejs koji je identičan *host*-u. Princip je da se svakom *guest* procesu (obično je *guest* proces u stvari operativni sistem) obezbjeđuje virtualna kopija *host*-a (Slika 1.1). tako da se na pojedinačnom fizičkom računaru (serveru) može izvršavati više operativnih sistema istovremeno, svaki u okviru svoje virtualne mašine.



Slika 1.1: (a) Fizička mašina (b) virtualna mašina [3]

Važno je napomenuti da postoji više tipova izvedbi VMM-a (menadžera virtualnih mašina). Najrasprostranjenije izvedbe VMM-a su:

- Hardverski bazirana rješenja (tzv. tip 0 hipervizori) koja se mogu naći na *mainframe* i velikim serverima a primjeri su *IBM LPARs* i *Oracle LDOMs*
- Operativni sistem kao softver (tzv. tip 1 hipervizori), razvijen da obezbjedi virtualizaciju kao na primjer *Vmware ESXi* i *Citrix XenServer*
- Operativni sistemi opšte namjene sa dodatnim VMM funkcionalnostima (*Micorosft Windows Server* sa *HyperV* rolom i *RedHat Linux* sa *KVM* funkcionalnošću). S obzirom da ovi sistemi imaju sličan set funkcija kao i hipervizori tipa 1, i ovi su poznati kao tip 1
- Aplikacije koje se pokreću na standardnim operativnim sistemima i tako obezbjeđuju VMM funkcionalnost. Primjeri su *VMware Workstation*, *VMware Fusion*, *Oracle VirtualBox* i poznati su kao tip 2 hipervizori

Virtualizaciju atraktivnom čini više benefita. Većina ih je fundamentalno vezana sa mogućnošću dijeljenja istog hardvera na kojim se može pokretati više različitih okruženja (to jest operativnih sistema) istovremeno. Važna prednost virtualizacije je u tome što je *host* sistem zaštićen od virtualnih mašina, isto kao što su virtualne mašine međusobno zaštićene jedna od druge na način da je svaka virtualna mašina izolovano okruženje od drugih virtualnih mašina. [3] VMM posjeduje napredne funkcionalnosti za rad upravljanje virtualnim mašinama kao što su *snapshot* i *clone* operacije. Kada se uradi *snapshot* virtualne mašine, moguće je naknadno vratiti stanje virtualne mašine “unazad” na trenutak u vremenu izrade *snapshot*-a. Moguće je imati i izvršiti više *snapshot*-a virtualne mašine. Takođe *clone* operacijom jedne mašine se kreira druga virtualna mašina koja

predstavlja kopiju. Ove funkcionalnosti se koriste kao velika prednost u virtualnim okruženjima.

Implementacijom tehnologije virtualizacije u informacionom sistemu organizacije postiže se konsolidacija sistema u okviru data centra i ovo je predloženo u radu kao prvi korak za uvođenje tehnologije *cloud* računarstva u informacione sisteme. Menadžment alati u okviru VMM-a omogućavaju sistem administratorima da upravljaju i održavaju veći broj sistema nego što je to slučaj sa isključivo fizičkim okruženjima. S obzirom da VMM imaju i napredne funkcionalnosti visoke raspoloživosti HA (*High Availability*) i migracije virtualnih mašina uživo (*live migration*) povećava se i stepen raspoloživosti i dostupnosti servisa informacionog sistema [3].

1.2 Cloud računarstvo

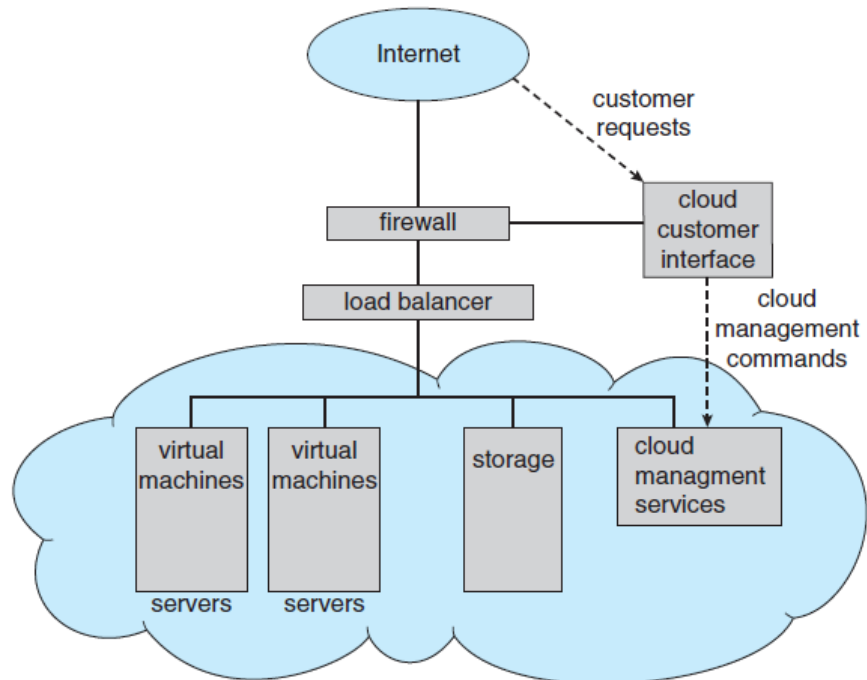
Definicija *Cloud* računarstva prema NIST-u (National Institute of Standard) je:

“Cloud računarstvo je model obezbjeđivanja odgovarajućeg pristupa kroz računarsku mrežu, na zahtijev, dijeljenom prostoru konfigurabilnih računarskih resursa (na primjer, mrežama, serverima, prostorima za skladištenje podataka, aplikacijama i servisima), koji mogu biti alocirani i dostupni u kratkom vremenskom roku, uz minimalan trud administratora sistema ili interakciju sa provajderom usluge cloud servisa” [2].

Postoji više modela i tipova *cloud* računarstva i to su [3]:

- *Public cloud* (javni *cloud*) – *cloud* dostupan preko Interneta, svima koji bi htjeli da plate servise ili koriste besplatne
- *Private cloud* (privatni *cloud*) – *cloud* koji koristi organizacija za svoje potrebe
- *Hybrid cloud* (hibridni *cloud*) – *cloud* koji sadrži komponente i javnog i privatnog *cloud*-a
- *SaaS* (softver kao servis) – jedna ili više aplikacija koje su dostupne preko Interneta
- *PaaS* (platforma kao servis) – softverski stek ili platforma, spremna za korišćenje od strane aplikacija preko Interneta (na primjer server baze podataka)
- *IaaS* (infrastruktura kao servis) – serveri ili *storage* dostupni preko Interneta (na primjer *storage* za smještanje *backup* kopija produkcionih podataka)

Važno je napomenuti da tipovi *cloud*-a nisu izolovani, s obzirom da *cloud* okruženje može biti kombinacija više tipova. Na Slici 1.2. dat je prikaz jednog *cloud*-a.



Slika 1.2: Prikaz cloud-a [3]

Slika prikazuje da se *cloud* i *cloud* računarstvo u osnovi sastoji od virtualizacione platforme koja je implementirana na adekvatnoj hardverskoj infrastrukturi. U okviru te platforme se dinamički obezbeđuju virtualni resursi i *cloud* servisi koji su dostupni korisnicima. Servisima se od strane korisnika pristupa preko Interneta kroz realizovane korisničke interfejse i na taj način se odgovara korisničkim zahtjevima u smislu konfiguracije i korišćenja *cloud* servisa. Kontrola pristupa okruženju i raspodjela opterećenja je realizovana odgovarajućim *firewall* i *load balancing* konfiguracijama.

1.3 Cloud razvojni modeli

Većina kompanija su spremne da implementiraju *cloud* u svom informacionom sistemu jer on, kao što smo ranije pomenuli, smanjuje troškove novih ulaganja u sistem i omogućava bolju kontrolu troškova funkcionisanja informacionog sistema. Da bismo odredili koji je model *cloud*-a odgovarajući za potrebe neke organizacije, osim poznavanja poslovnih procesa u organizaciji potrebno je razumijeti osnovne modele *cloud*-a. Modeli razvoja *cloud* rješenja jasno prikazuju kategoriju *cloud* okruženja i ona su uglavom podijeljena po vlasništvu, veličini i načinu pristupa. Postoji više *cloud* modela koje karakteriše različit način na koji se može podešavati *cloud* okruženje, to jest nekoliko načina na koje *cloud* može biti razvijen. Odabir određenog modela od strane organizacije se vrši na osnovu potreba, zahtjeva, raspoloživog budžeta i sigurnosnih zahtjeva same organizacije [1]. Četiri glavna tipa *cloud* modela su *private* (privatni), *public* (javni), *community* (*cloud* zajednice) i *hybrid* (hibridni) [1].

Privatni *cloud* predstavlja *cloud* infrastrukturu koja je obezbjeđena za ekskluzivno korišćenje od strane jedne organizacije. Privatni cloud može biti lociran on-premises (u data centru organizacije) ili off-premises (van data centra organizacije). Ovaj *cloud* model je implementiran na *cloud* orijentisanim bezbjednim okruženjima (na primjer virtualizaciji) i upravo ovaj model lociran na on-premises infrastrukturi je predložen u radu kao prvi korak za uvođenje cloud računarstva u informacioni sistem. Za implementaciju i održavanje ovakvog *cloud*-a uglavnom su zaduženi zaposleni u IT sektoru organizacije, i njihova odgovornost je da privatni *cloud* svojim karakteristikama zadovolji poslovne potrebe kompanije. Pod ovim karakteristikama se podrazumijevaju parametri kao što su: sigurnost, redundantnost, raspoloživost, performanse, modularnost i agilnost privatnog *cloud* rješenja.

Javni *cloud* je model *cloud* hostinga u kojem se *cloud* servisi isporučuju preko Interneta. Ovaj model je istinski predstavnik *cloud* hostinga, u kojem provajder isporučuje infrastrukturu i servise raznovrsnim klijentima. Krajni korisnici u nekim slučajevima nemaju nikakav vid kontrole nad lokacijom u kojoj se nalazi infrastruktura, međutim organizacije koji vrše zakup infrastrukture i servisa imaju mogućnost odabira u kojem geografskom regionu će se nalaziti infrastruktura i servisi koje zakupljuje. Sa tehničkog aspekta, postoji samo mala ili nikakva razlika u strukturnom dizajnu između privatnog i javnog *cloud*-a. Ona se ogleda u nivou sigurnosti za različite servise koji se obezbjeđuju korisnicima od strane hosting provajdera. Javni *cloud* najviše odgovara za poslovne ili personalne zahtjeve koje karakteriše korišćenje od strane velikog broja klijenata. Primjer za ovo može biti neka aplikacija koja je implementirana kao *SaaS* i koju koristi veliki broj krajnjih korisnika. Provajderi ovakva rješenja isporučuju besplatno ili u formi politike licenciranja kao što je plaćanje po broju krajnjih korisnika. Primjeri besplatnih *SaaS* rješenja koja se isporučuju putem public *cloud*-a su *Google Drive*, *Microsoft One Drive*, *Cloud Antivirus*, *Yahoo Maps*, i druge.

Community cloud je model *cloud*-a koji se uzajamno dijeli između više organizacija koje pripadaju određenoj grani djelatnosti (npr. obrazovne organizacije, trgovinske kompanije i slično). Ovaj model predstavlja dalje proširenje privatnog *cloud*-a, i u ovom modelu više organizacija dijele privatni *cloud*. Kompanije u istoj grani djelatnosti karakterišu slična informaciono komunikaciona rješenja na koja se oslanjaju poslovni procesi. Ovakve kompanije dijele i slične interese po pitanju performansi, privatnosti i sigurnosti informacionih sistema.

Hibridni *cloud* je kombinacija dva ili više *cloud* rješenja, npr. privatni, javni ili *community cloud* koji su povezani zajedno ali koji zadržavaju svoj individualni entitet. U ovom *cloud* modelu se sabiraju dobre strane svih *cloud* modela koja ga čine. Hibridni *cloud* prevazilazi granice provajdera i poništava izolaciju, stoga ne može biti svrstan u neku od drugih modela (*private*, *public* ili *community*). Ovaj *cloud* model pomaže organizaciji da uveća kapacitet ili sposobnosti agregacijom i integracijom sa drugim *cloud* rješenjem ili servisom. U hibridnom *cloud*-u resursi se razvijaju i njima se upravlja u organizaciji ili od strane eksternog pružaoca usluga. Opterećenje se po potrebi i zahtjevu može dijeliti između platformi koje učestvuju u hibridnom *cloud*-u.

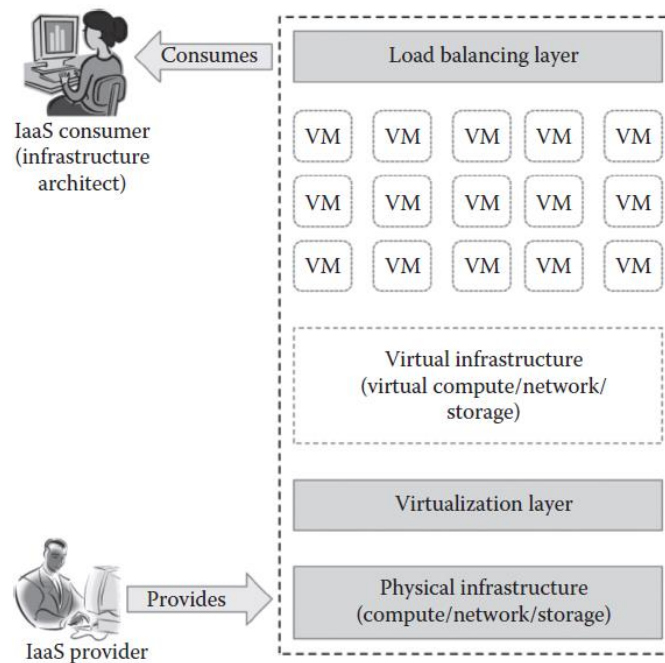
U ovom radu je predložena implementacija hibridnog cloud modela u drugom koraku uvođenja *cloud* tehnologija u informacioni sistem. Kao primjer je predložena

integracija korporativnog *email* servisa, koji se izvršava na *on-premises* infrastrukturi organizacije i *Exchange Online* servisa koji se izvršava na javnom *Microsoft Azure cloud*-u.

1.4 Cloud servisni modeli

Prema *National Institute of Standards and Technology* (NIST) postoje tri osnovna tipa *cloud* servisnih modela i to su infrastruktura kao servis (*IaaS*), platforma kao servis (*PaaS*) i softver kao servis (*SaaS*) [3].

IaaS mjenja način na koji se troše računarski kapaciteti, *storage* prostor i mrežni resursi. *IaaS*, apstrakcijom fizičkih resursa, mjenja informacijski sistem kojeg karakteriše fizička hardverska infrastruktura u informacijski sistem sa virtualnom infrastrukturom. Virtualni resursi obezbjeđuju implementacijom tehnologije virtualizacije i svi virtualni resursi su raspoloživi konfigurisanim virtualnim mašinama. Krajnji korisnici će koristiti te resurse u formi virtualnih mašina kao što je prikazano na slici 1.3.



Slika 1.3: Prikaz *IaaS* cloud servisnog modela [3]

Ciljna grupa korisnika *IaaS* cloud provajdera su IT arhitekti. IT arhitekta može dizajnirati virtualnu infrastrukturu (serve, računarsku mrežu, disk prostor itd.) u skladu sa potrebama organizacije za koju radi. IT arhitekta u slučaju *off-premises IaaS* cloud-a ne održava fizičku serversku infrastrukturu jer je to obaveza *cloud* provajdera. *IaaS* karakterišu elastičnost i skalabilnost u skladu sa zahtjevima, mogućnost dijeljenja infrastrukture od strane više korisnika, mogućnost isporuke prekonfigurisanih virtualnih mašina i više naprednih načina naplate servisa u odnosu na način mjerenja potrošnje

resursa. IaaS smanjuje ukupni trošak poslovanja (total cost of ownership TCO), što će biti prikazano na primjerima pretpostavljenih informacionih sistema u ovom radu.

PaaS mijenja način na koji se aplikacije razvijaju i pružaju korisnicima. U tradicionalnom načinu razvoja, aplikacija se razvija lokalno i izvršava se u data centru organizacije. Najveći broj ovakvih aplikacija koje se razvijaju na tradicionalnim platformama za razvoj podrazumijevaju i licenciranje softvera. Međutim *PaaS* mijenja način razvoja sa lokalne platforme za razvoj na na *online* sistem. Programerima je obezbjeđeno razvijanje svojih aplikacija preko Interneta sa istovremenom dostavom aplikacija krajnjim korisnicima. *PaaS* provajder obezbjeđuje servise kao što su programski jezici (*Java, Perl, PHP* itd.), aplikativni *framework* (*WordPress, Joomla, Rails* itd.), baze podataka (*ClearDB, PostgreSQL, Cloudant* itd.), alate za testiranje itd.

SaaS mijenja način na koji se softveri dostavljaju krajnjim korisnicima. Omogućeno je da se softverima pristupa preko Interneta bez potrebe licenciranja na uređajima krajnjih korisnika. Pristup softverima se vrši sa bilo kojeg uređaja kroz Web pretraživač. Tipični *SaaS* cloud servisi koji se pružaju su poslovni servisi, društvene mreže, servisi za upravljanje dokumentima, Email servisi itd. Glavne karakteristike *SaaS* rješenja su da se jedna instanca aplikacije može dijeliti na više korisnika, Web pristup, podrška za razne tipove uređaja, skalabilnost, visoka dostupnost i API integracija sa drugim servisima [3].

GLAVA 2

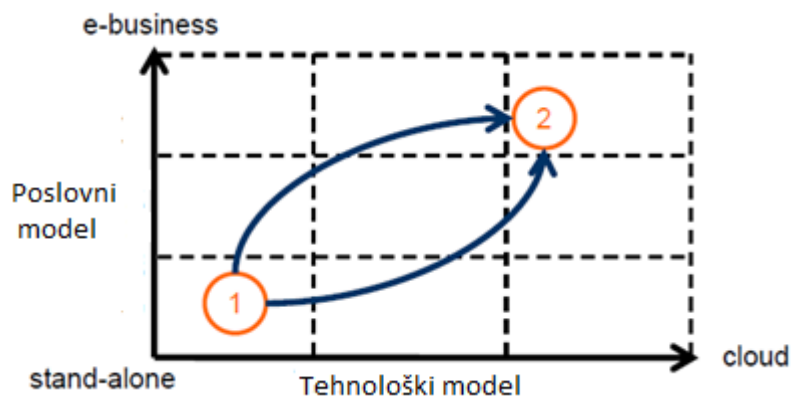
STRATEGIJE ZA UVOĐENJE *CLOUD* TEHNOLOGIJE U POSLOVNE INFORMACIONE SISTEME

Da bi se izvršilo uvođenje *cloud* tehnologija u informacijski sistem potrebno je odabrati odgovarajuću strategiju, uz pomoć koje se dolazi do cilja, tj. do optimalne vrste *cloud* rješenja koje će zadovoljiti zahtjeve poslovanja. U nastavku će biti dat pregled do sada identifikovanih strategija za uvođenje *cloud* tehnologija u organizacije.

Migracija infrastrukture informacijskih sistema, servisa ili aplikacija na *cloud* se može posmatrati iz dva različita aspekta ili dimenzije, poslovnog i tehnološkog. [16]

Poslovni aspekt se fokusira na migraciju sistema da bi isti podržao *cloud* poslovni model razvoja tj. poslovni model koji koristi prednosti internet kapaciteta za postizanje poslovnih ciljeva organizacije. Ovaj aspekt obično uključuje dodatne zahtjeve za funkcionalnostima u odnosu na postojeći sistem. Organizacijama su potrebni fleksibilni informacijski sistemi i softverska rješenja koja se mogu izvršavati nezavisno od lokacije. Prema tome, organizacije koje razvijaju tradicionalne informacijske sisteme i softvere sve više uviđaju potrebu transformacije.

Tehnološki aspekt se fokusira na migraciju postojećeg sistema ili servisa tako da je isti sposoban da se izvršava na novom *cloud* okruženju, što će imati za posljedicu dobijanje prednosti ovih tehnologija. Ovaj aspekt obično uvodi nove zahtjeve u odnosu na postojeći sistem koji su nefunkcionalne prirode u pogledu poslovanja, već se odnose na ispunjavanje predušlova za migraciju na *cloud*.



Slika 2.1: Poslovna i tehnološka dimenzija u procesu migracije na *cloud* [16]

Na Slici 2.1 je prikazana migracija koja se može sumirati kao napredak postojećeg sistema u poslovnoj i tehnološkoj dimenziji.

Uobičajene karakteristike evolucije poslovnog modela mogu biti: unapređenje funkcije naplate za korisnike, unapređenje funkcije podrške za korisnike, razvoj funkcionalnosti upravljanja pravima klijenata i kompanije, praćenja finansijskih potreba klijenta, upravljanje publicitetom zasnovanom na banerima, unapređenje marketinga i uparivanje sistema sa drugim komplementarnim sistemima.

Primjeri karakteristika evolucije tehnološkog modela mogu biti: kontrola potrošnje servisa od strane različitih aktera, dodavanje neophodnih sigurnosnih mehanizama kako bi se osigurali da samo autorizovani klijenti mogu pristupiti sistemu, fleksibilno održavanje u smislu manjeg uticaja na dostupnost servisa i sami rad klijenata, implementacija novih interfejsa koji dozvoljavaju udaljeni pristup funkcionalnostima sistema, kontrola dostupnosti sistema, konfigurabilnost u skladu sa različitim potrebama klijenata i postojanje evidencije o ovim potrebama za rekonfiguraciju, kontrola kvaliteta isporučenog servisa, postojanje mehanizama za uključivanje novih funkcionalnosti u sistem, postojanje funkcije snimanja performansi sistema u njegovim različitim komponentama i testiranje novih funkcionalnosti bez uticaja na postojeći produkcionni sistem.

Postoje brojni stručni i naučni radovi koji se bave temom migracije informacionih sistema i servisa na *cloud* [4] [5] [6] [7] [8]. Svrha ovog poglavlja jeste da se prikaže komparativni pregled do sada predloženih strategija za migraciju postojećih informacionih sistema i servisa/aplikacija na *cloud* te da se identifikuju izazovi u ovom procesu.

Binz i ostali u [4] su u radu koji se bavi migracijom postojećih aplikacija na *cloud* klasifikovali migraciju u tri tipa: standardni format migracije (*Standardized Format Migration*), komponentni format migracije (*Component Format Migration*) i holističku migraciju (*Holistic Migration*). Prvom klasifikovanom tipu pripadaju primjeri migracije virtualnih image-a kao cijeline, npr. *VMware* ili *OVF (Open Virtualization Format)* templejta. Kod drugog tipa se određena komponenta sistema transformiše u drugi format, na primjer da se izvršenje nekog *scripting* jezika izmjesti na PaaS (*Ruby* na *Google AppEngine* ili *PHP* na *Microsoft Azure*). Holistička migracija ima za cilj da omogući realizaciju migracije jedne aplikacije koja je sačinjena iz više komponenti, na način da se svaka od komponenti migrira ponaosob. Na osnovu ove klasifikacije autori su u [4] predložili okvir *CMotion (Cloud Motion Framework)* za migraciju postojećih složenih aplikacija i sistema na *cloud* kao i njihovu migraciju između različitih pružaoca *cloud* usluga. Predloženi okvir uvodi adaptore koji rješavaju prethodne probleme nekompatibilnosti različitih tehnologija koje se koriste za migraciju.

U radu [5] autori su identifikovali 4 modela migracije koji bi mogli postojeće sisteme i aplikacije učiniti "sposobnima" za izvršavanje na *cloud*-u njihovom adaptacijom. Prvi model mijenja aplikaciju/servis sa onim što nude pružaoci *cloud* usluga, što predstavlja najmanje invanzivan metod migracije. Drugi model opisuje slučajeve u kojima se samo neke od funkcionalnosti aplikacija/servisa migriraju na *cloud*. Treći je klasičan model migracije gdje se cijeli postojeći servis/aplikacija migrira na *cloud* i na kraju, model migracije kompletnog servisa/aplikacije zajedno sa podacima i poslovnom logikom.

Gartner u [6] predlaže organizacijama pet modela migracije informacionih sistema na cloud, *rehost* na infrastrukturu kao servis, *refactor* na platformu kao servis, *revise* za *IaaS* ili *PaaS*, *rebuild* na *PaaS* i *replace* sa *SaaS*.

Cisco u [7] podrazumijeva tri modela za migraciju aplikacija na *cloud* uključujući *SaaS*, *PaaS* i *IaaS*. U [7] se iznosi stav da migracija na *SaaS* više ne predstavlja migraciju aplikacije već u većoj mjeri zamjena postojeće aplikacije sa onom koju pruža *SaaS*. Migracija na *PaaS* se navodi kao opcija za migraciju servisa/aplikacija koji su razvijani na standardnim aplikativnim razvojnim alatima kao što su *JavaEE* ili *.Net* platforme. Migracija na *IaaS* podrazumijeva izvršavanje servisa/aplikacija na serverima pružaoca usluga *cloud-a*. Kriterijumi koji su zadati i koji se koriste za odabir predloženih modela su takođe navedeni u članku. Slično ovome, kompanija za razvoj softvera *Solentive* je u [8] predložila tri glavna pristupa za migraciju postojećih informacionih sistema na *cloud* i to su *IaaS*, *PaaS* i *SaaS*.

Upoređujući predložene modele, a imajući u vidu aktuelne razvojne i servisne modele *cloud-a* o kojima je bilo riječi u prvom poglavlju, izdvajaju se tri strategije za migraciju poslovnih informacionih sistema i servisa na *cloud*. Strategije koje se izdvajaju su migracija na infrastrukturu kao servis, migracija na platformu kao servis i migracija na softver kao servis.

Prva strategija znači migraciju postojeće infrastrukture informacionog sistema ili njegovog dijela u *cloud* koristeći infrastrukturu kao servis, realizovanu u okviru sopstvene infrastrukture (*on-premises IaaS*) ili na *IaaS* pružaoca *cloud* usluga. Organizacije u praksi često primjenjuju prvu strategiju za migraciju postojećih sistema na *IaaS cloud*. Kod ove varijante, migracija informacionog sistema na *cloud* je relativno jednostavna i manje rizična, uz to daje veoma dobre *cost-benefit* parametre. Upravo ova strategija će biti analizirana u narednom poglavlju, sa aspekta isplativosti.

Drugom strategijom bio servisi informacionog sistema bili migrirani na *PaaS* pružaoca *cloud* usluga kroz *refactoring* sistema u skladu sa platformom *PaaS cloud-a*. Kod primjene ove strategije, postojeći servis(i) treba da bude adaptiran u odnosu na destinacionu platformu, što unosi potencijalne poteškoće u smislu gubitka određenih funkcionalnosti servisa/aplikacije ili povećanog rizika prilikom procesa tranzicije.

Migracija na *SaaS* model *cloud-a* može biti podijeljena u tri podkategorije: zamjena sa *SaaS*, migracija uz prethodnu adaptaciju (*revise*) baziranu na *SaaS* i reinženjering na *SaaS*. U prvoj podkategoriji, postojeći servis/aplikacija se kompletno zamjenjuje sa komercijalnim softverom koji se isporučuje kao *cloud* servis. U slučaju druge podkategorije, samo neke funkcionalnosti postojećeg servisa/aplikacije se zamjenjuju sa onima koje isporučuje *SaaS cloud* provajder. U trećoj podkategoriji, potrebno je reinženjeringom stvoriti preduslove za prenos postojećeg servisa/aplikacije na *SaaS cloud*.

U slučaju da se postojeći servis/aplikacija mijenja drugim komercijalnim softverom kojeg obezbjeđuje *SaaS*, kompleksnost migracije se značajno umanjuje i nema potrebe za reinženjeringom. U slučaju da se samo dio poslovne logike nekog servisa mijenja sa *cloud* rješenjem, neophodna je adaptacija postojećeg sistema. Ali u slučaju da se radi reinženjeringom postojećeg sistema da bi se kao takav migrirao na *cloud*, proces postaje

veoma izazovan, i može zahtijevati tzv. *reverse* inženjering, strukturni redizajn, kreiranje dodatnih servisa i slično.

2.1 Migracija na IaaS

Infrastruktura kao servis je model hostinga, koji uključuje mrežni pristup, servise rutiranja i prostor za skladištenje podataka. Provajderi *IaaS cloud*-a generalno obezbjeđuju hardverske i administrativne servise koji se koriste za smještanje servisa/aplikacija i platformi za izvršavanje servisa/aplikacija. Virtualna mašina se kreira za određeni servis, i na njoj se instaliraju softveri neophodni za funkcionisanje servisa. Migracija postojećeg informacionog sistema ili njegovog dijela na *IaaS cloud* (u okviru *on-premises* infrastrukture ili na infrastrukturu pružaoca *cloud* usluga) predstavlja najoptimalnije rješenje kada nema resursa ni drugih uslova za reinženjering postojećih aplikacija za cloud.

Pružaoци *IaaS cloud* usluga, kao npr. *Cisco* i *Amazon*, su predstavili strategije za migraciju postojećih sistema na njihove platforme [7, 9]. *Zhang* je sproveo studije migracije u [37] migracijom *Hadoop* i *RUBiS* na *EC2 cloud* platformu. Kroz sprovedene eksperimente, greške u instalaciji i konfiguraciji su identifikovane kao glavni izvori grešaka u procesu migracije. Nakon ovoga je predložen upravljački okvir za migraciju u smislu automatizacije instalacija i konfiguracija sa validacijom, koji koristi templejte za pojednostavljenje procesa instalacije kod velikih *enterprise* sistema i koji koristi polise za validaciju konfiguracije i monitoring promjena u konfiguraciji [37].

Pored svega, postoji veliki broj faktora koje je potrebno uzeti u obzir prije migracije postojećeg sistema na *IaaS* kao što su značajni preduslovi, finansijski i legislativni aspekti i mnogi drugi. Ukoliko ovi preduslovi ne mogu biti zadovoljeni, utoliko će proces migracije postojećeg sistema na *IaaS* biti teži [38]. U studiji [39] koja je proučavala migraciju poslovnog informacionog sistema jedne kompanije iz sopstvenog *data* centra na *EC2 cloud* se diskutovalo o implikacijama u ovom procesu iz perspektive kompanije ili organizacije. Pored svih benefita koje unosi korišćenje *cloud* tehnologije, identifikovani su značajni rizici koji će se pojaviti, kao što su: pogoršanje brige o korisnicima i kvaliteta servisa, povećan stepen zavisnosti od eksternih lica i trećih strana, nedostatak podrške i drugi. Donosioci odluka u organizacijama bi trebali imati u vidu sve implikacije i promjene koje su moguće u procesu migracije postojećih informacionog sistema na *cloud*, da bi mogli izbjeći neočekivane modifikacije finansijskih izdataka i drugih ulaganja sa strane organizacije.

U naučnim i stručnim radovima je predloženo više generalnih instrukcija i uputstava za proces migracije IT servisa na *IaaS cloud*. Na primjer, *Kothari* i *Arumugam* [40] su uveli smjernice za procjenu izvodljivosti migracija aplikacija na *cloud* i predložili generalnu strategiju migracije. *Sattaluri* [41] je diskutovao o raznim aspektima koje je potrebno sagledati prilikom migracije servisa na *IaaS*. Dok je *Yunus* [42] prikazao troškove i rizike procesa migracije na *IaaS*, *Mossburg* je naveo četiri važne tačke koje vode do

uspješne migracije na *cloud*. Ovi radovi prikazuju generalne instrukcije za migraciju informacionih sistema na *IaaS*.

Kod *IaaS* strategije treba imati u vidu dinamičke zahtjeve za resursima, prostorna ograničenja za skladištenje podataka, zahtjeve za specijalnim hardverskim komponentama i količinu/brzinu protoka podataka.

2.2 Migracija na PaaS

Platforma kao servis je platforma za razvoj i izvršavanje aplikacija koja se kroz Web pruža kao servis programerima, i koja obezbjeđuje hardver plus jedan dio aplikativnog softvera, kao što su baze podataka, *middleware* i razvojni alati. Da bi se servisi migrirali na *PaaS cloud*, postojeći sistemi/aplikacije moraju biti usklađeni sa zahtjevima pružaoca usluga *PaaS cloud*-a.

Microsoft, *Cisco* i *Solentive* su izdali uputstva za migraciju postojećih sistema na *PaaS* [43, 7, 8], ali ova uputstva su ograničena na *PaaS* koji oni pružaju i nisu primjenljiva na druge slučajeve. Za generalnu migraciju nezavisnu od provajdera, referenca [41] specificira dodatne stavke za migraciju aplikacija/servisa na *PaaS*, uključujući programski jezik, baze podataka, ograničenja i limitacije odabranog *PaaS cloud*-a pored provjere specifičnih zahtjeva po pitanju hardvera, softvera i ulaznih parametara o kojima je bilo riječi kod migracije na *IaaS*. U nastavku, razmatrana su i rješenja za probleme nekompatibilnosti migracije baza podataka na *PaaS*. *Tran* i ostali [46] su definisali opseg aktivnosti za migraciju softverskih sistema na *cloud*. Identifikovali su sve korake u migraciji koji počinju od upoznavanja sa aplikacijom, ciljnom *cloud* platformom, alatom proizvedenim od strane treće strane (*third party*), pa kreiranja okruženja i pripreme za migraciju, kao i modifikacije i testiranja nakon migracije da bi se uvjerali da se aplikacija pravilno izvršava na *cloud* okruženju. U konačnosti, uporedili su različitosti procesa migracije postojećih sistema u slučajevima migracije na *PaaS* i *IaaS*, na dva primjera, migracija *PetShop .Net* na *Microsoft Azure* i migracija *Java Pet Store* na *Amazon EC2*.

Ukratko, *PaaS* obezbjeđuje kompletno *cloud* okruženje za razvoj i isporuku softvera, što ovaj tip *cloud* servisa čini sposobnim da kreira stvarne *cloud* aplikacije i da ih isporuči u skalabilnom i elastičnom okruženju. Takođe, *PaaS* strategija unosi i izvjesna ograničenja na svakom nivou aplikativnog *stack*-a i ona se odnose na programski jezik, bazu podataka, *middleware* i ograničenja odabranog pružaoca *PaaS cloud* usluga.

2.3 Migracija na SaaS

Softver kao servis (*SaaS*) je model isporuke softvera u kojem su softver i povezani podaci centralizovano smješteni na *cloud*. *SaaS* servisu se najčešće pristupa kroz Internet uz korišćenje klijentskih uređaja, što ima mnoge prednosti u odnosu na tradicionalan

model isporuke aplikativnog servisa. Karakteristike ovog načina isporuke, jednostavnije održavanje i ažuriranje aplikacija, niži troškovi isporuke i distribucije rješenja, su primamljive kako krajnjim korisnicima tako i pružiocima *cloud* usluga. Ove prednosti podstiču sve veći broj organizacija svih veličina, da u cilju ostvarenja poslovnih ciljeva, primjene tehnologije *SaaS cloud*-a.

U okviru *SaaS* strategije, kod podkategorije zamjene postojećeg servisa sa *SaaS* rješenjem nema potrebe za reinženjeringom postojećeg sistema i jedino što je potrebno jeste da se lokalni podaci prenesu u bazu podataka na *cloud*-u.

Kod podkategorije adaptacije postojećeg servisa/aplikacije bazirane na *SaaS*, neke od funkcionalnosti postojećeg servisa se migriraju na *cloud*, i onda se poslovni proces koristi za integraciju dijelova servisa na *cloud*-u i onih koji ostaju na *on-premises* lokaciji. U radovima [47] i [48] su navedena značajna unapređenja kod integracije servisa i podataka i kompozicije servisa u servisno orijentisanoj arhitekturi (SOA). SOA je set principa i metodologija za dizajniranje i razvoj softvera u formi interoperabilnih servisa. Ovi servisi su dobro definisane poslovne funkcionalnosti i kreirani su kao softverske komponente koje se mogu nanovo koristiti za različite namjene. SOA može prikazati funkcionalnosti postojećih sistema kao servise, sa vjerovatnoćom da neće biti potrebne značajne promjene nad postojećim servisima, tako da migracija postojećih servisa na servisno orijentisana okruženja ima značajnu vrijednost. Istraživači su do sada usmjeravali značajnu pažnju na migraciju postojećih sistema na SOA.

Kod podkategorije reinženjeringa na *SaaS*, potrebno je zajedno razmatrati SOA i *cloud* tehnologiju. SOA i *cloud* su tehnologije koje se nadovezuju. SOA vrši dekompoziciju cijele arhitekture na komponente koje sačinjavaju poslovne servise. Dekompozicijom arhitekture se može postići skalabilnost i mogućnost multiplikacije više instanci jedne komponente što se dobro uklapa sa paradigmom razvoja *cloud*-a. Nasuprot tome, zbog kašnjenja u mrežnoj komunikaciji kod *cloud* okruženja, programeri moraju osigurati pravilan rad aplikacije na setu resursa niskih performansi. Ovo zahtijeva dekompoziciju i razdvajanje arhitekture aplikacije, što je slično SOA paradigmi. Tako da su SOA i *cloud* potpuno komplementarne. SOA daje smjernice za kreiranje skalabilne softverske arhitekture, dok *cloud* tehnologija omogućava isporuku takve arhitekture. Konvergencija *cloud* računarstva i SOA podržava razvoj *SaaS*. Kada se vrši reinženjering postojećeg sistema na *SaaS*, generalno se zahtijeva migracija sistema na SOA.

U cilju pružanja smjernica za modifikaciju arhitekture servisno orijentisanog sistema za smještanje na *cloud*, Babar i Chauhan [49] su otkrili neke uvide kada su preduzeli istraživački i razvojni projekat koji je imao za cilj modernizaciju *open source* softverskog okvira, *Hackystat*-a, i njegovog usklađivanja sa paradigmom *cloud* računarstva. U procesu migracije, prvo se identifikuju ključni zahtjevi da bi se mogla izvršiti migracija na *cloud*. Nakon što su identifikovani zahtjevi, sljedeći korak je analiza ovih zahtjeva u kontekstu postojeće arhitekture kako bi se dobro razumijelo koje vrste promjene u arhitekturi trebaju biti sprovedene. Konačno, arhitektura će biti promijenjena u skladu sa identifikovanim promjenama. S obzirom da se ovaj rad fokusirao na migraciju servisno orijentisanog sistema na *cloud* platformu, nije bilo uključivanja procesa obrnutog (*reverse*) inženjeringa.

Zhang i ostali [50] su predložili opštu metodologiju koja daje smjernice kako migrirati postojeći sistem na *cloud* platformu. Opšta metodologija uključuje sljedeće korake:

- Predstavljanje postojeće aplikacije
- Redizajn modela arhitekture sa identifikovanim servisima
- Transformaciju arhitekture
- Generisanje web servisa
- Pregled funkcionalnosti postojećeg sistema
- Odabir odgovarajuće *cloud* platforme i
- Predstavljanje *cloud* web servisa krajnjim korisnicima

Ova metodologija u sedam koraka usmjerava programere kako migrirati postojeće sisteme, korak po korak, i poboljšava produktivnost i efektivnost procesa migracije. Pored metodologije migracije, sprovedena su i određena istraživanja o implementaciji migracije na *SaaS*. Aktuelni pristupi su često ograničeni na specifično *cloud* okruženje ili ne obezbjeđuju automatizovanu podršku za usklađivanje sa *cloud* okruženjima. *Frey* i *Hasselbring* [51] su predložili pristup baziran na modelu *CloudMIG* za migraciju postojećih softverskih sistema na skalabilne i efikasne aplikacije bazirane na *cloud*-u. *CloudMIG* model se koncentriše na perspektivu *SaaS* provajdera i olakšava migraciju kompanijskog sistema. *Li* se u svom master radu [56] bavio migracijom na *cloud* okruženja. Istraživanje se bazira na izvođenju postojeće strukture sistema, redizajnu systemske strukture i razvoju na *cloud* na osnovu redizajniranog sistema. Predložen je okvir *MOMISC*, koji nudi set rješenja i alata za podršku migraciji postojećih sistema na *cloud*. Na osnovu predloženog okvira je izvršena migracija hotelske *booking* aplikacije na *EC2 cloud* i time je potvrđena svrha praktične primjena predloženog okvira.

2.4 Poređenje identifikovanih strategija

Najoptimalnija strategija za migraciju informacionog sistema na *cloud* zavisi od individualnih potreba svake organizacije i stanja postojećeg poslovnog informacionog sistema, tako da organizacije trebaju da izvrše odabir optimalne metodologije prije procesa migracije. U slučaju *PaaS* strategije, organizacije trebaju da procijene količinu modifikacija koje je potrebno izvršiti nad postojećim sistemom/aplikacijama da bi te aplikacije bile kompatibilne sa *cloud* platformom. Ukoliko je potrebno odraditi značajne, zahtijevne i previše rizične modifikacije postojećeg sistema da bi se ispunili preduslovi za migraciju na *PaaS*, onda se kao adekvatnije rješenje nameće strategija migracije na *IaaS*. Migracija na *SaaS* može biti efektan mehanizam isporuke softvera za organizacije koje imaju sopstveni razvoj aplikativnih servisa, međutim, izazovi koji su prisutni kod neophodnog reinženjeringa postojećih aplikacija za izvršavanje na *SaaS* su očigledni. Komparativnom analizom u Tabeli 2.6. prikazane su osnovne karakteristike svih identifikovanih strategija migracije postojećih poslovnih informacionih sistema i servisa

na *cloud*. Tabela sadrži identifikovane strategije migracije na IaaS, migracije na PaaS i tri podkategorije migracije na SaaS.

	Migracija na IaaS	Migracija na PaaS	Zamjena sa SaaS	Prerada na osnovu SaaS	Reinženjering na SaaS
Obim aktivnosti	Mali	Umjeren	Mali	Umjeren	Značajan
Kompleksnost implementacije	Relativno jednostavno	Umjereno	Relativno jednostavno	Umjereno	Zahtijevno
Adaptacija aplikacije/servisa u cilju mogućnosti rada u cloud-u	Nije potrebna	Modifikacije aplikacije da bi bila kompatibilna sa PaaS	Nije potrebna	Integracija servisa i podataka	Inženjering unazad, redizajn strukture, Inženjering unaprijed
Efekat na organizaciju	Ušteda kapitalnih izdataka za hardver	Oslobađanje upravljanja resursima	Fleksibilni cjenovni mehanizmi, lako održavanje	Fleksibilni cjenovni mehanizmi, lako održavanje	Fleksibilni cjenovni mehanizmi, lako održavanje, skalabilnost

Tabela 2.6: Identifikovane strategije migracije sa karakteristikama

Na osnovu Tabele 2.6. može se izvršiti sumarni pregled identifikovanih strategija migracije, kao i osnovne karakteristike procesa migracije koje se očekuju na putu i nakon migracije informacionog sistema ili aplikacije na *cloud*. Zaključak je da organizacija prilikom donošenja odluke o korišćenju *cloud* tehnologije, treba sprovesti analizu, na osnovu koje će donijeti optimalnu odluku za svoj informacioni sistem ili pojedinačan servis ili aplikaciju. Analiza treba da uzme u obzir sve relevantne ulazne parametre (kadrovske i budžetske resurse, obim i kompleksnost odabrane strategije i željeni efekat koji se postiže nakon procesa migracije).

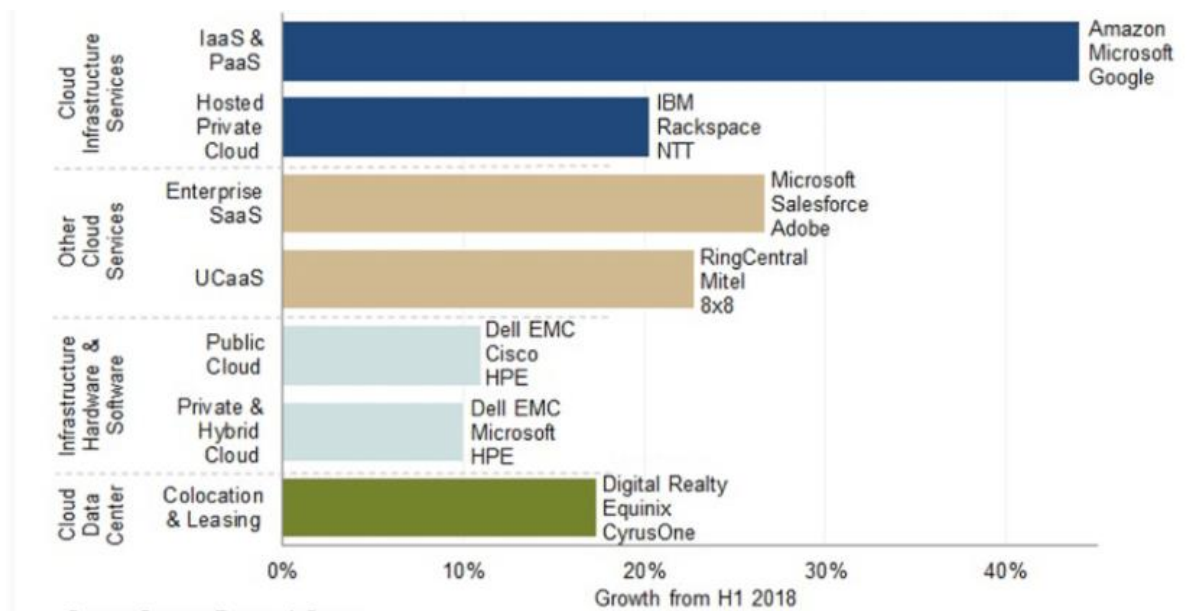
GLAVA 3

SMJERNICE ZA KOMPANIJE

Svrha ovog poglavlja jeste da se predlože smjernice za uvođenje *cloud* tehnologija u postojeće informacione sisteme kompanija. Uz pomoć pregleda zastupljenosti najznačajnijih pružalaca usluga *cloud* servisa na tržištu, moguće je najlakše donijeti odluku o odabiru pružaoca usluga. U cilju što bolje pripreme kompanija, analiziran je i prikazan uticaj na IT sektore i IT osoblje u kompanijama, koje uzrokuje implementacija *cloud*-a. U poglavlju je dat predlog upitnika za kompanije, čiji zadatak je da analizira i prikaže infrastrukturu i servise informacionog sistema koji su kandidati za migraciju na *cloud*. Pored toga, upitnik se može iskoristiti za proračun troškova hostovanja informacionog sistema na *on-premises* infrastrukturi i sistema migriranog na infrastrukturu najzastupljenijih pružalaca usluga *cloud* servisa (*Microsoft Azure* i *Amazon Web Services AWS*), te da se dobije uporedni prikaz troškova.

3.1 Pogled na cloud ekosistem

Cloud računarstvo danas predstavlja ogroman i složen ekosistem tehnologija, proizvoda i usluga koje je naraslo do ekonomije vrijedne više milijardi dolara, u kojoj se pružaoci *cloud* usluga takmiče za što veći udio u tržištu [56]. Imajući u vidu konkurenciju te ubrzan razvoj velikog broja novih *cloud* proizvoda, korisnicima je sve kompleksnije i teže razumijevanje *cloud* ekosistema. Novi podaci *Synergy Research* grupe [58] ukazuju na prihode veće od 150 milijardi dolara za prvu polovinu 2019.godine i rast od 24% u odnosu na prethodnu godinu. Na slici 3.1. je su prikazane stope rasta *cloud* tržišta u 2019.godini sa liderima pružalaca *cloud* usluga po segmentima.

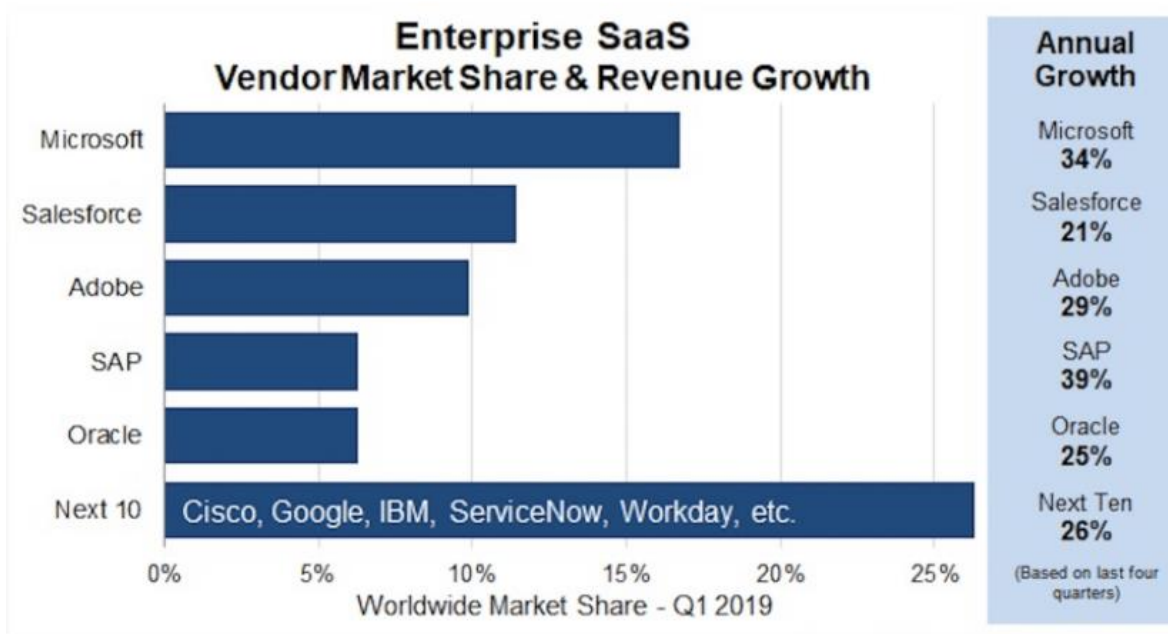


Slika 3.1: Rast cloud tržišta (%) u 2019.godini sa prikazom lidera po segmentima [58]

Gledajući detaljnije segmente koji čine *cloud* tržište može se zaključiti da public cloud rješenja prednjače. Po projekcijama *IDC* [59] potrošnja na public cloud servise i infrastrukturu će se duplirati u narednih 5 godina. *IDC* identifikuje *SaaS* kao najveću potrošačku kategoriju koja zauzima preko pola potrošnje u kategoriji *public cloud*-a u posmatranom periodu, a nakon nje dolazi *IaaS* kao najbrže rastuća kategorija sa procijenjenim petogodišnjom stopom rasta od 32%. *PaaS* je najmanje procijenjena kategorija, sa drugom najvećom petogodišnjom stopom rasta od 29,9%.

3.1.1 SaaS tržište

SaaS je “najzrelije” tržište u javnom cloud-u, koje pokazuje siguran rast. SaaS tržištem dominira pet ključnih vendora. Ovi vendori zajedno čine 51% svjetskog udjela u SaaS tržištu. Na prvom mjestu je *Microsoft* sa 17% udjela i godišnjim rastom od 34%. *Microsoft* nastavlja da osvaja tržište, primarno zbog njegove dominacije u segmetu kolaboracije. Sledeći je *Salesforce* sa 12% udjela u SaaS tržištu i rastom od 21%, kojeg blisko prati *Adobe* sa 10% udjela i 29% rasta. Na četvrtom mjestu je *SAP* sa 6% udjela i rastom od 39% - najvećim od top pet vendora. Posljednji je *Oracle* koji takođe ima 6% udjela i godišnji rast od 29%. Na slici 3.2 ispod je prikazana podjela SaaS tržišta i stope rasta na globalnom nivou:



Slika 3.2: podjela SaaS tržišta i stope rasta na globalnom nivou [58]

Ostali vendori pokrivaju 26% SaaS tržišta sa rastom od 26% i to su *Cisco*, *Google*, *IBM*, *ServiceNow* i *Workday* itd.

Bez obzira na duži vremenski period koliko već postoji SaaS tržište, još uvijek postoji ogroman prostor za širenje tržišta, imajući u vidu da postojeće tržište obuhvata samo oko 20% ukupne konzumacije korporativnih softvera. Glavnina korporativnih softvera je i dalje u formi *on-premises* rješenja tako da se SaaS vendori okreću ovom tržištu sa ciljem privlačenja klijenata i migracije na *cloud* rješenja.

SaaS vendori su uglavnom podijeljeni u tri grupe – tradicionalni softver vendori, *born-in-the-cloud* vendori i veliki IT vendori koji žele da se prošire na tržište. Predstavnici tradicionalnih vendora su velika imena kao *Microsoft*, *SAP*, *Oracle* i *IBM*. Oni posjeduju veliku bazu postojećih *on-premises* klijenata koji su im ciljna grupa za konverziju na SaaS bazirane modele pretplate. U grupu *born-in-the-cloud* vendora spadaju relativno nove kompanije koje doživljavaju brzu ekspanziju sa velikim rastom. Tu spadaju *Zendesk*, *Workday* i *Atlassian*. Veliki IT vendori su *Google* i *Cisco* koji osiguravaju sebi mjesto na tržištu sa proizvodima kao što su *Google G-Suite* i *Cisco* aplikacije za kolaboraciju.

3.1.2 IaaS i PaaS tržište

Vodeći vendori na *cloud* tržištu, uključujući Amazon i Microsoft, često prikazuju kombinovane IaaS i PaaS prihode [56]. Međim, ovaj manjak transparentnosti u njihovim prikazima se može nadomjestiti pregledom izvještaja vodećih istraživačkih agencija, kao što su *Gartner* i *IDC*, čime se može stvoriti dublji uvid u status tržišta. Podaci objavljeni od strane *Gartner*-a [57] govore da globalno IaaS tržište ima prihod od 44,4 milijarde dolara

u 2019.godini i rast od 37,3% u odnosu na 2018.godinu. Prema *Gartner*-u, tržištem dominira pet vendora koji zauzimaju oko 80% globalnog *IaaS* tržišta. Ti vendori su *Amazon* (45 %), *Microsoft* (17,9%), *Alibaba* (9,1%), *Google* (5,3%) i *Tencent* (2,8%). Svi drugi vendori zajedno imaju udio od oko 20% tržišta.

U tabeli ispod je prikazan pregled raspodjele *IaaS* tržišta prema *Gartner*-u.

Company	2019 Revenue	2019 Market Share (%)	2018 Revenue	2018 Market Share (%)	2018-2019 Growth (%)
Amazon	19,990.4	45.0	15,495.0	47.9	29.0
Microsoft	7,949.6	17.9	5,037.8	15.6	57.8
Alibaba	4,060.0	9.1	2,499.3	7.7	62.4
Google	2,365.5	5.3	1,313.8	4.1	80.1
Tencent	1,232.9	2.8	611.8	1.9	101.5
Others	8,858	19.9	7,425	22.9	19.3
Total	44,456.6	100.0	32,382.2	100.0	37.3

Source: Gartner (August 2020)

Tabela 3.3: Globalno *IaaS* Public Cloud tržište, 2018-2019 (u milionima US dolara) [57]

S obzirom da su *Amazon Web Services* i *Microsoft* vodeći pružaoci usluga *IaaS cloud*-a, u ovom poglavlju se eksperimentalna cost-benefit analiza prikazuje upravo proračunom troškova u odnosu na *on-premises* infrastrukturu, za ove dvije varijante.

Microsoft Azure

Sa udjelom na tržištu od 15,5%, *Gartner* je proračunao godišnje prihode *Azure*-a od 5 milijardi dolara i rast od 60,9% u 2018.godini što povećava i procenat udjela na tržištu [61]. Međutim, prava slika udjela *Microsoft*-a na infrastrukturnom *cloud* tržištu ostaje misterija, jer *Microsoft* nastavlja da maskira *Azure* prihode kroz kombinovano "komercijalno *cloud* poslovanje". U 2019. i 2020. godini izgleda da *Microsoft* preuzima dio *Amazon Web Services* udjela na tržištu.

Amazon Web Services (AWS)

Amazon Web Services je, posjedujući skoro polovinu svjetske javne *cloud* infrastrukture, tržišni lider. U 2018.godini *AWS* je prijavio prihod od 15,4 milijardi, rast od 26,8% u odnosu na prethodnu godinu. Nastavljajući dominaciju i u 2019.godini, *AWS* je u prvom i drugom kvartalu imao prihode od 16,1 milijardu što je rast od 39% u odnosu na prvu polovinu 2018.godine. [60]

3.2 Priprema IT sektora u kompanijama

Uvođenje cloud tehnologija u kompaniju zahtijeva odgovarajuću pripremu IT sektora i IT osoblja za promjene koje *cloud* unosi. U praksi se nerijetko dešava da su korisnici i IT osoblje u kompanijama svjesni širokog spektra trendova ka implementaciji *cloud* tehnologije, ali još uvijek nisu pripremljeni za integraciju *cloud* rješenja koje nude pružaoci *cloud* usluga. Efikasna primjena *cloud* servisa zahtijeva promjene postojećih politika i procedura [54]. Sama priroda *cloud* servisa može zahtijevati od kompanije da ponovo razmisli o upravljanu IT servisima i “*disaster recovery*” planu, kao i o tome kako određeni *cloud* servis integrisati sa postojećom tehnološkom infrastrukturom. Može se ukazati potreba za izmjenama u procesu nabavki kako bi se povećala agilnost u ovom procesu, nadalje, adresiranje jedinstvenih rizika povezanih sa *cloud* servisom, kao i definisanje novih uloga za zaposlene čija će odgovornost biti osiguranje usklađenosti i ispunjenosti ugovornih obaveza sa pružaocima *cloud* servisa.

Razvoj strategije migracije na *cloud* je evolucionaran proces u većini kompanija. Kompanije će postići najbolje rezultate kada IT sektori imaju ulogu integracije, pojednostavljenja i ubrzanja procesa uvođenja *cloud* rješenja ka biznis odjeljenjima. Usvajanje *cloud* strategije zahtijeva pažljivu koordinaciju između različitih aktera, uključujući IT osoblje, osoblje informacione bezbjednosti, pravnike, eksperte za nabavke i usklađenost, kao i rukovodioce u kompaniji. Nakon usvajanja *cloud* strategije, njena implementacija će zahtijevati transformaciju IT sektora.

IT sektori moraju jasno razumijeti promjene u zahtjevima savremenog poslovanja i biti pripremljeni da pomognu biznis sektorima u kompanijama, u procesu procjene i sagledavanja cijelog spektra mogućih rješenja koja će zadovoljiti njihove tehnološke potrebe. Uspješan IT sektor će naći načina da pojednostavi i ubrza proces uvođenja *cloud* tehnologije u kompaniju, savlađujući barijere i pomažući kompaniji da izbjegne potencijalne poteškoće u ovom procesu. IT sektori moraju razviti kompetencije za *cloud* tehnologije i servise iako ti servisi evoluiraju i unose promjene. Praktično, to znači da IT osoblje mora dobiti vrijeme za proučavanje nove tehnologije i da kompanije moraju povećati ulaganja u njihov trening i obuku. IT sektori koji ne ispune ovaj preduslov mogu imati razne poteškoće kod uvođenja *cloud* tehnologije, a biznis sektor ih neće čekati. U tom slučaju se može desiti da IT sektor bude u određenoj mjeri ili potpuno zaobiđen jer ne može da ispuni njihove zahtjeve i potrebe. Tako da proces upravljanja IT sektorom i upravljanja promjenama mora povećati stepen svoje agilnosti.

Da bi IT osoblje moglo podržati postojeće tehnologije u *on-premises* informacionom sistemu i nastupajuće *cloud* tehnologije, potrebno je da uloži dodatne napore kako bi ovladali integracijom servisa informacionog sistema na *cloud*. Za ovo je potrebno da IT osoblje razumije svoje uloge i sve moguće promjene postojećih pozicija i opisa poslova. Potrebno je da IT osoblje dobije adekvatno vrijeme i resurse koji su potrebni za istraživanje cloud tehnologija. Takođe, korisno je i značajno razumijevanje realizovanih slučajeva iz prakse (*business case*) koji su kandidati za uvođenje *cloud*-a.

U svakoj evolucionoj fazi kroz istoriju IT industrije, najznačajnije tehnološke promjene su često značile i promjenu uloga IT osoblja. Za vrijeme tranzicije sa *mainframe*

na klijent/server model, rola operatora računara je uglavnom nestala i zamjenjena je sistem administratorom. Kada je stigla era virtualizacije, potrebe za stručnjacima za rad na fizičkim serverima su redukovane i zamjenjene su potrebama za specialistima virtualizacije. Slično tome, kada se kompanije preusmjeravaju na *cloud* tehnologije, opet će doći do promjene rola. Na primjer, specijalista za data centar će biti zamjenjen sa *cloud* finansijskim analitičarem. Čak i u slučajevima gdje se nazivi IT poslova nisu promijenili, dnevne radne uloge su značajno evoluirale.

Članovi IT osoblja se mogu osjetiti zabrinuto kada shvate da su potrebene druge vještine za podršku *cloud* rješenjima. Međutim, agilni stručnjaci koji istražuju i uče nove *cloud* tehnologije ne trebaju imati taj strah. Oni mogu biti predvodnici uvođenja *cloud* tehnologija i tako pomoći kompaniji da razumije i prihvati nastupajuće promjene. U cilju pripreme za uvođenje *cloud*-a, IT osoblju su na raspolaganju kursevi i obuke svih značajnijih pružalaca *cloud* usluga (*Amazon, Microsoft* itd.) raznih nivoa, koji ih osposobljavaju za sticanje potrebnih vještina.

IT sektori bi, u cilju preuzimanja uloge integratora *cloud* servisa u kompaniju, trebali pažljivo sagledati svoja zaduženja i vrijednosti koje unose u ovaj proces, a neka od njih su:

- Steći svjesnost o postojanju *cloud* tehnologija koje su dostupne
- Eksperimentisati u *cloud*-u
- Izabrati adekvatnu strategiju i ciljeve
- Definirati model za migraciju ili početak korišćenja nekog *cloud* servisa
- Dizajnirati *core* IT infrastrukturne komponente za integraciju sa *cloud*-om (upravljanje identitetima, računarska mreža, sigurnost itd.)
- Steći vještine i praktična znanja iz oblasti *cloud* tehnologije
- Obezbjediti visok stepen informacione bezbjednosti i usklađenosti sa najboljom praksom

3.3 Smjernice za implementaciju cloud-a

Kako bi se informacioni sistem jedne kompanije pripremio za uvođenje *cloud* tehnologija, potrebno ga je prvo analizirati. Analiza sistema će pomoći donosiocima odluka da izvrše uvid u postojeće stanje i prepoznaju moguća unapređenja i povoljnosti koja bi se dobila implementacijom *cloud*-a. U ovu svrhu su date smjernice kroz predlog koraka za implementaciju *cloud*-a u kompaniju [55].

1. Napraviti pregled postojeće infrastrukture i aplikacija/servisa u kompaniji

Da bi smo razumjeli kada, kako i koji dio sistema bi trebali migrirati na *cloud*, važno je kreirati kvalitetan pregled servisa informacionog sistema sa pripadajućom on-premises hardverskom i softverskom infrastrukturom, kojima se upravlja od strane IT sektora u

kompaniji. Nakon toga mogu se identifikovati oni servisi i infrastruktura koji su prepoznati kao dobri kandidati za *cloud*.

2. Definirati kriterijume za migraciju servisa i/ili infrastrukture na *cloud*

U zavisnosti od veličine i tipa kompanije, preporučuje se formiranje projektnog tima, sačinjenog od više različitih specijalnosti (npr. inženjeri, pravnici i donosioci odluka) čiji zadatak je da prepoznaju poslovne i druge servise informacionog sistema koji su kandidati za *cloud*. Identifikacija servisa koji su kandidati za *cloud* se donosi na osnovu kombinacije više kriterijuma za svaki pojedinačan servis (kritičnost servisa, važnost i tip podataka, hardverski i softverski aspekti te drugi poslovni i finansijski kriterijumi). Nakon identifikacije kandidata za migraciju (ukoliko ih je više), potrebno je odrediti prioritete u planu implementacije. Kako bi se što bolje rasporedilo opterećenje i izazovi koje implementacija *cloud* tehnologija unosi na redovne aktivnosti zaposlenih. Najoptimalnije je početi sa manje kompleksnim projektima migracije i granularno uvećavati kompleksnost nakon što su jednostavnija aplikativna rješenja i servisi uspješno migrirani na *cloud*.

3. Projektovati ključne infrastrukturne komponente za implementaciju i integraciju na *cloud*

U slučajevima kada se planiraju i implementiraju scenarija hibridnog *cloud*-a, elementi koji trebaju biti uzeti u obzir su:

- Umrežavanje
 - o u scenariju hibridnog *cloud*-a uključuju konekciju na platformu *cloud* provajdera sa linkovima dovoljnog protoka i redundanse, kako bi bila obezbjeđena performantnost i visoka dostupnost
- Identitet (Identity)
 - o za *SaaS* i *PaaS* hibridna scenarija može uključivati integraciju realizovanih *identity* servisa na *on-premises* lokaciji u okviru data centra i *identity* servisa na *cloud*-u (što će biti prikazano u primjeru implementacije u ovom radu kroz integraciju *on-premises Active Directory* servisa i AD servisa na *Azure cloud*-u). Takođe, *identity* servisi na *on-premises* lokaciji mogu biti prošireni na *IaaS* infrastrukturu *cloud* provajdera.
- Sigurnost (*Security*)
 - o kod hibridnih *cloud* scenarija uključuje zaštitu i upravljanje identitetima, zaštitu podataka, upravljanje administratorskim privilegijama, svjesnost o prijetnjama i implementaciju sigurnosnih procedura i politika.

4. Steći vještine razvoja *cloud*-a

U kompaniji trebaju biti razvijene kompetencije u oblasti *cloud* tehnologija i servisa, čak i dok se ti servisi uvode i razvijaju. Praktično to znači da osoblje treba

imati vremena za istraživanje novih tehnologija i da je potrebna investicija u obuku IT osoblja, što je detaljnije opisano u 3.2.

5. Reorganizacija procesa upravljanja promjenama

Potrebno je revidirati procedure upravljanja IT servisima, *disaster recovery* scenarija, planova kontinuiteta poslovanja (BCP), i razmisliti o tome kako se *cloud* servisi integrišu u postojeću *on-premises* tehnološku infrastrukturu. Treba uzeti u obzir i korišćenje *cloud* baziranih rješenja za ove procese.

6. Sprovesti sistematičnu analizu u oblastima sigurnosti, upravljanja i regulative
Preporuka je da se investira u unapređenje procesa upravljanja i regulative, upravljanja privilegovanim pristupom, *Identity Management*-om, svijesnosti o prijetnjama i zaštite podataka u kompaniji.

Svaka kompanija i njeni poslovni servisi imaju drugačije potrebe i svaka će u manjoj ili većoj mjeri imati određene benefite od uvođenja i korišćenja *cloud* tehnologija. Međutim, evidentno je da još uvijek kompanije svih vrsta i veličina imaju iste brige u vezi sa uvođenjem *cloud* tehnologija u svoje poslovanje. Kompanije prvenstveno žele da zadrže kontrolu nad svojim podacima, kao i da podaci budu obezbjeđeni sa adekvatnom kontrolom pristupa, istovremeno održavajući transparentnost i usaglašenost sa propisanom zakonskom regulativom.

Imajući ovo u vidu, predlog za kompanije jeste da odaberu strategiju implementacije *on-premises IaaS* rješenja u prvom koraku (privatno *IaaS cloud* rješenje na lokaciji kompanije - u okviru kuće). Ovakvo rješenje će pripremiti kompaniju za konačan cilj - transformaciju u hibridni *cloud* model, u sljedećoj fazi. Nakon realizovanog prvog koraka predlaže se da kompanija krene u integraciju i korišćenje nekog *SaaS* rješenja kojeg obezbjeđuje pružalac *cloud* usluga (npr. *Micorosft Azure Exchange Online* u okviru *Office365*). Konačan rezultat će biti realizovan prvi korisnički servis (*email*) u hibridnom *cloud*-u, što znači da će i cijeli informacioni sistem kompanije biti transformisan u formu hibridnog *cloud*-a. Primjer ove implemenacije je prikazan u poglavlju 4 u ovom radu.

3.4 Upitnik za migraciju na *cloud*

Nakon što se izvrši identifikacija kandidata (servisa i/ili pripadajuće hardverske i softverske infrastrukture) za migraciju na *cloud*, potrebno je na neki način prilagoditi ili unificirati pregled kandidata kako bi bilo moguće izvršiti *cost-benefit* analizu eventualne implementacije servisa na *cloud*-u. U skladu sa ovim, ispod je kreiran i predložen upitnik/tabela za kompanije, koji je potrebno popuniti kako bi se izvršio detaljan uvid i napravila procjena optimalne strategije za uvođenje *cloud* tehnologija u informacioni sistem. Predloženi upitnik sadrži detalje o *on-premises* servisu/infrastrukturi kandidatu za

migraciju na cloud i opcione detalje o dodatnim zahtjevima koji se upućuju ka *cloud* provajderu.

Ime aplikacije/servisa/infrastrukture:	
Opis:	
Serverska infrastruktura:	
Predmetna fizička serverska infrastruktura na kojima se izvršava aplikacija/servis(i)/infrastruktura Tip1	<p>Ime aplikacije/servisa/infrastrukturne komponente: Server ili Web aplikacija/softver: Operativni sistem (Linux ili Windows): Edicija operativnog sistema (Windows): Broj servera: Broj procesora po serveru: Core broj po procesoru: Količina RAM memorije po serveru: Optimizovati po CPU ili RAM: Grafička kartica (Ne, K80, M60): Da li okruženje sadrži OS verzije za koje je istekla osnovna proizvođačka podrška:</p>
Predmetna fizička serverska infrastruktura na kojima se izvršava aplikacija/servis(i)/infrastruktura TipN	<p>Ime aplikacije/servisa/infrastrukturne komponente: Server ili Web aplikacija/softver: Operativni sistem (Linux ili Windows): Edicija operativnog sistema (Windows): Broj servera: Broj procesora po serveru: Core broj po procesoru: Količina RAM memorije po serveru: Optimizovati po CPU ili RAM: Grafička kartica (Ne, K80, M60): Da li okruženje sadrži OS verzije za koje je istekla osnovna proizvođačka podrška:</p>
Predmetna virtualna serverska infrastruktura na kojima se izvršava aplikacija/servis(i)/infrastruktura Tip1	<p>Ime aplikacije/servisa/infrastrukturne komponente: Server ili Web aplikacija/softver: Operativni sistem (Linux ili Windows): Edicija operativnog sistema (Windows): Broj virtualnih servera: Tip hipervizora: Broj virtualnih procesora po server (vCPU): Količina RAM memorije po serveru: Optimizovati po CPU ili RAM: Da li okruženje sadrži OS verzije za koje je istekla osnovna proizvođačka podrška:</p>

<p>Predmetna virtualna serverska infrastruktura na kojima se izvršava aplikacija/servis(i)/infrastruktura TipN</p>	<p>Ime aplikacije/servisa/infrastrukturne komponente: Server ili Web aplikacija/softver: Operativni sistem (Linux ili Windows): Edicija operativnog sistema (Windows): Broj virtualnih servera: Tip hipervizora: Broj virtualnih procesora po server (vCPU): Količina RAM memorije po serveru: Optimizovati po CPU ili RAM: Da li okruženje sadrži OS verzije za koje je istekla osnovna proizvođačka podrška:</p>
<p>Baza podataka Tip1:</p>	
<p>On-premises (izvorišna) baza podataka</p>	<p>Ime: Proizvođač i tip (Microsoft SQL/MySQL/PostgreSQL/SQL Server APS, Oracle): <i>Data Warehouses DWs</i>(Da/Ne): Broj DW servera: Kapacitet baze podataka (bez kompresije): Edicija licence: Serveri (Fizički/Virtualni): Operativni sistem (Linux ili Windows): Edicija operativnog sistema (Windows): Broj fizičkih/virtualnih servera: Broj procesora po serveru: Core broj po procesoru: Količina RAM memorije po serveru: Optimizovati po CPU ili RAM: Backup disk prostor: Arhiva disk prostor: Da li okruženje sadrži verzije baze podataka za koje je istekla osnovna proizvođačka podrška:</p>
<p>Baza podataka u javnom cloud-u (destinaciona)</p>	<p>Servis baze podataka na <i>cloud</i>-u (Azure for MySQL, SQL, <i>SQL Managed Instance</i>, <i>SQL Service VM</i>): Cjenovni model (DTU, vCore): Nivo servisa (Service Tier-General Purpose/Hyperscale/Business Critical): Broj jezgara/vCores: Tip diska (HDD/SSD): Maksimalan IOPS: Maksimalan broj istovremenih sesija: Disk proctor: Backup disk prostor:</p>
<p>Baza podataka TipN:</p>	

<p>On-premises (izvorišna) baza podataka</p>	<p>Ime: Proizvođač i tip (Microsoft SQL/MySQL/PostgreSQL/SQL Server APS, Oracle): <i>Data Warehouses DWs(Da/Ne):</i> Broj DW servera: Kapacitet baze podataka (bez kompresije): Edicija licence: Serveri (Fizički/Virtualni): Operativni sistem (Linux ili Windows): Edicija operativnog sistema (Windows): Broj fizičkih/virtualnih servera: Broj procesora po serveru: <i>Core</i> broj po procesoru: Količina RAM memorije po serveru: Optimizovati po CPU ili RAM: Backup disk prostor: Arhiva disk prostor: Da li okruženje sadrži verzije baze podataka za koje je istekla osnovna proizvođačka podrška:</p>
<p>Baza podataka u javnom cloud-u (destinaciona)</p>	<p>Servis baze podataka na <i>cloud</i>-u (Azure for MySQL, SQL, SQL, SQL Managed Instance, SQL Service VM): Cjenovni model (DTU, vCore): Nivo servisa (Service Tier-General Purpose/Hyperscale/Business Critical): Broj jezgara/vCores: Tip diska (HDD/SSD): Maksimalan IOPS: Maksimalan broj istovremenih sesija: Disk proctor: Backup disk prostor:</p>
<p>Storage Tip1:</p>	
<p>Ime: Tip (Lokalni disk/SAN/NAS/File share/Blob): Tip diska (HDD/SSD): Storage kapacitet: Backup disk prostor: Arhiva disk prostor:</p>	
<p>Storage TipN:</p>	
<p>Ime: Tip (Lokalni disk/SAN/NAS/File share/Blob): Tip diska (HDD/SSD): Storage kapacitet: Backup disk prostor:</p>	

Arhiva disk prostor:
Protok podataka na mjesečnom nivou (GB/TB):
Ostali zahtjevi u <i>cloud</i> -d (u zavisnosti od cloud provajdera) Tip1:
Ostali zahtjevi u <i>cloud</i> -d (u zavisnosti od cloud provajdera) TipN:
Srednja cijena kWh:
Cijena SSD disk prostora po GB:
Cijena HDD disk prostora po GB:
Cijena NAS/File share disk prostora po GB:
Godišnja cijena održavanja storage i tape infrastrukture u % u odnosu na cijenu infrastrukture:
Tape drive (LTO-7) cijena u okviru Tape Library:
Broj fizičkih servera koje može održavati sistem administrator u punom radnom vremenu:
Broj virtualnih servera koje može održavati sistem administrator u punom radnom vremenu:
Prosječna bruto satnica IT sistem administratora:
Godišnja cijena održavanja on-premises hardverske infrastrukture u % u odnosu na cijenu infrastrukture:

Tabela 3.4: Predloženi upitnik za kompanije

Na osnovu popunjenog upitnika mogu se izračunati troškovi za prelazak dijela ili u nekim slučajevima cijele *on-premises* infrastrukture i servisa na *cloud* tehnologije koje nude pružaoci *cloud* usluga. Cilj je, na osnovu detaljnog pregleda postojećeg sistema i kandidata za migraciju, dobiti što tačniji i detaljniji uvid o potencijalnim uštedama koje bi se mogle ostvariti uvođenjem *cloud* servisa, što će u konačnom olakšati proces donošenja odluke o sljedećim koracima u procesu upravljanja IT sistemima i IT infrastrukturom u kompaniji.

3.5 Eksperimentalna CBA (Cost-benefit analiza)

Postoji više načina da kompanija izvrši cost-benefit analizu eventualne implementacije *cloud* servisa koje nude pružaoci *cloud* usluga. Jedan od načina jeste da kompanija angažuje konsultanta koji je specijalizovan i sertifikovan za kreiranje *cloud* arhitekture, integraciju sa *on-premises* infrastrukturom i proračun troškova. Drugi način (svakako jeftiniji za kompanije) koji je i korišćen u radu, jeste upotreba javno dostupnih TCO (*Total Cost of ownership*) kalkulatora značajnijih pružalaca *cloud* usluga na tržištu (*Microsoft Azure* i *Amazon Web Services*). Uz pomoć ovih kalkulatora, moguće je izvršiti estimaciju troškova posjedovanja informacionog sistema i servisa u *on-premises* i u *cloud* varijanti. Za primjer cost-benefit analize biće iskorišćen pretpostavljeni informacioni sistem poslovne banke sa pripadajućom infrastrukturom i servisima.

Pretpostavimo da jedna poslovna banka za potrebe svog poslovanja posjeduje glavni i rezervni data centar sa IT infrastrukturom i servisima. Rezervni data centar predstavlja standard u segmentu obezbjeđenja kontinuiteta poslovanja kompanije u smislu obezbjeđenja zahtjevanih RPO (tačka oporavka) i RTO (vrijeme oporavka) parametara za kritične servise informacionog sistema.

Kao pretpostavku za posmatranje ćemo uzeti neke od karakterističnih servisa za potrebe krajnjih korisnika i druge servise informacionog sistema tipične poslovne banke a to su:

- *core banking* (osnovna bankarska aplikacija),
- web prezentacija sa servisima elektronskog i mobilnog bankarstva,
- *file share* servis (servis dijeljenja podataka) za zaposlene,
- korporativni *email* servis.
- BI servis (servis poslovne inteligencije),
- servis aktivnog direktorijuma *Microsoft AD DS*,
- *Windows Update* servis,
- centralizovan *backup* servis,
- servis antivirusne zaštite,
- interna web oglasna tabla za zaposlene,
- DLP (servis za sprečavanje curenja informacija),
- SIEM (servis za sigurnosnu analizu log zapisa),
- korporativni *WiFi* sistem,
- Internet pristup sa *Web Proxy* servisom i *VPN* servisom za udaljeni pristup informacionom sistemu sa dvofaktorskom autentifikacijom),
- servisi za nadgledanje stanja sistemskih i mrežnih resursa, komponenti i infrastrukture računarske mreže.

Pretpostavka je da su svi servisi inicijalno implementirani na fizičkoj serverskoj infrastrukturi, a lista hardverske infrastrukture centralnog i rezervnog data centra tipične poslovne banke u Crnoj Gori bi bila:

Tip infrastrukture	Servisi	Operativni sistem	Broj komponenti
Fizički serveri	aplikativni servisi za <i>core banking</i> i BI	Windows Server Standard Edition	8
Fizički serveri	aplikativni servisi za web sa elektronskim i mobilnim bankarstvom	Windows Server Standard Edition	6
Fizički serveri	<i>email</i> servis	Windows Server Standard Edition	4
Fizički serveri	ostali sistemski servisi	Windows Server Standard Edition	30
Fizički serveri	ostali sistemski servisi	Linux CentOS	10
Fizički serveri	database serveri	Windows Server SQL Enterprise Edition	5
Fizički storage	Storage prostor u data centrima	Ugrađeni vendor OS	2
Fizički appliance	VPN servis	Ugrađeni vendor OS	2
Tape Library	Backup servis	Ugrađeni vendor OS	2
Layer 3 LAN svič	LAN mreža	Ugrađeni vendor OS	4
Layer 2 LAN svič	LAN mreža	Ugrađeni vendor OS	12
Firewall	Kontrola pristupa i zaštita segmenata računarske mreže	Ugrađeni vendor OS	6
Ruter	Internet pristup	Ugrađeni vendor OS	2
WiFi Access Point	WiFi	Ugrađeni vendor OS	20
Rek	za Data Centre	-	4
Rek UPS	Za napajanje rek uređaja	-	4

Tabela 3.5: Hardverska infrastruktura poslovne banke

S obzirom da će ovaj informacijski sistem biti obrađen u narednom poglavlju, kroz primjer uvođenja privatnog *on-premises IaaS cloud* rješenja u prvom koraku sa daljom transformacijom u hibridni *cloud*, to će u ovom poglavlju biti izvršena samo TCO analiza za migraciju karakterističnih servisa koji su prepoznati kao potencijalni kandidati za javnu *IaaS cloud* infrastrukturu. Kao kandidati za migraciju na javni *IaaS cloud* su prepoznati korporativni web servis sa elektronskim bankarstvom, servis mobilnog bankarstva, *email* servis i *file share* servis.

Karakteristike posmatranih servisa unosimo u predloženi upitnik za kompanije:

Ime aplikacije/servisa/infrastrukture:	Web eBanking + mBanking + file share
Opis:	Korporativni servisi poslovne banke kao kandidati za migraciju na cloud
Serverska infrastruktura:	
Predmetna fizička serverska infrastruktura na kojima se izvršava aplikacija/servis(i)/infrastruktura Tip1	Ime aplikacije/servisa/infrastrukturne komponente: Web eBanking Server ili Web aplikacija/softver: Web aplikacija Operativni sistem (Linux ili Windows): Windows Edicija operativnog sistema (Windows): Standard Broj servera: 2 Broj procesora po serveru: 2 Core broj po procesoru: 8 Količina RAM memorije po serveru: 16 GB Optimizovati po CPU ili RAM: CPU Grafička kartica (Ne, K80, M60): Ne Da li okruženje sadrži OS verzije za koje je istekla osnovna proizvođačka podrška: Ne
Predmetna fizička serverska infrastruktura na kojima se izvršava aplikacija/servis(i)/infrastruktura Tip2	Ime aplikacije/servisa/infrastrukturne komponente: mBanking Server ili Web aplikacija/softver: Web aplikacija Operativni sistem (Linux ili Windows): Windows Edicija operativnog sistema (Windows): Standard Broj servera: 2 Broj procesora po serveru: 2 Core broj po procesoru: 4 Količina RAM memorije po serveru: 16 GB Optimizovati po CPU ili RAM: CPU Grafička kartica (Ne, K80, M60): Ne Da li okruženje sadrži OS verzije za koje je istekla osnovna proizvođačka podrška: Ne

<p>Predmetna fizička serverska infrastruktura na kojima se izvršava aplikacija/servis(i)/infrastruktura Tip3</p>	<p>Ime aplikacije/servisa/infrastrukturne komponente: Email Server ili Web aplikacija/softver: Server Operativni sistem (Linux ili Windows): Windows Edicija operativnog sistema (Windows): Standard Broj servera: 4 Broj procesora po serveru: 2 Core broj po procesoru: 8 Količina RAM memorije po serveru: 16 GB Optimizovati po CPU ili RAM: CPU Grafička kartica (Ne, K80, M60): Ne Da li okruženje sadrži OS verzije za koje je istekla osnovna proizvođačka podrška: Ne</p>
<p>Predmetna fizička serverska infrastruktura na kojima se izvršava aplikacija/servis(i)/infrastruktura Tip4</p>	<p>Ime aplikacije/servisa/infrastrukturne komponente: file share Server ili Web aplikacija/softver: Server Operativni sistem (Linux ili Windows): Windows Edicija operativnog sistema (Windows): Standard Broj servera: 2 Broj procesora po serveru: 2 Core broj po procesoru: 8 Količina RAM memorije po serveru: 8 GB Optimizovati po CPU ili RAM: CPU Grafička kartica (Ne, K80, M60): Ne Da li okruženje sadrži OS verzije za koje je istekla osnovna proizvođačka podrška: Ne</p>
<p>Baza podataka Tip1:</p>	
<p>On-premises (izvorišna) baza podataka</p>	<p>Ime: Web eBanking DB Proizvođač i tip: MySQL Kapacitet baze podataka (bez kompresije): 100 GB Serveri (Fizički/Virtualni): Fizički Operativni sistem (Linux ili Windows): Windows Edicija operativnog sistema (Windows): Standard Broj servera: 2 Broj procesora po serveru: 2 Core broj po procesoru: 8 Količina RAM memorije po serveru: 16 GB Backup disk prostor: 50 GB Arhiva disk prostor: 30 GB Da li okruženje sadrži verzije baze podataka za koje je istekla osnovna proizvođačka podrška: Ne</p>
<p>Baza podataka u javnom cloud-u (destinaciona)</p>	<p>Servis baze podataka na <i>cloud</i>-u: Azure Database for MySQL Maksimalan broj istovremenih sesija: 1000</p>

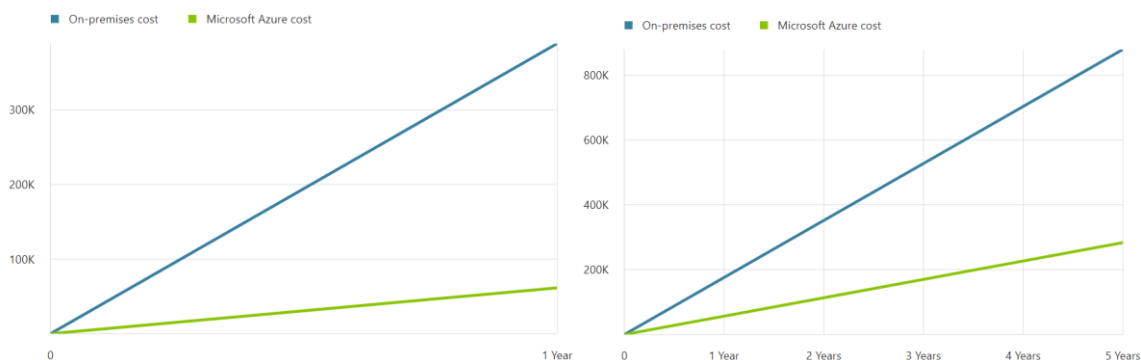
Baza podataka Tip2:	
On-premises (izvorišna) baza podataka	Ime: mBanking DB Proizvođač i tip: MySQL Kapacitet baze podataka (bez kompresije): 100 GB Serveri (Fizički/Virtualni): Fizički Operativni sistem (Linux ili Windows): Windows Edicija operativnog sistema (Windows): Standard Broj servera: 2 Broj procesora po serveru: 2 Core broj po procesoru: 8 Količina RAM memorije po serveru: 16 GB Backup disk prostor: 50 GB Arhiva disk prostor: 30 GB Da li okruženje sadrži verzije baze podataka za koje je istekla osnovna proizvođačka podrška: Ne
Baza podataka u javnom cloud-u (destinaciona)	Servis baze podataka na <i>cloud</i> -u: Azure Database for MySQL Maksimalan broj istovremenih sesija: 1000
Storage Tip1: Email + file share	
Ime: FC Storage01 Tip (Lokalni disk/SAN/NAS/File share/Blob): SAN Tip diska (HDD/SSD): SSD Storage kapacitet: 15 TB Backup disk prostor: 5 TB Arhiva disk prostor: 3 TB	
Količina protoka podataka na mjesečnom nivou (GB/TB): 5 TB	
Ostali zahtjevi u <i>cloud</i> -u (u zavisnosti od cloud provajdera) Tip1: Windows Server Software Assurance Covered	
Ostali zahtjevi u <i>cloud</i> -u (u zavisnosti od cloud provajdera) Tip2: SQL Server Software Assurance Covered	
Srednja cijena kWh: 0,041505 EUR	
Broj fizičkih servera koje može održavati sistem administrator u punom radnom vremenu: 30	
Broj virtualnih servera koje može održavati sistem administrator u punom radnom vremenu: 40	
Prosječna bruto satnica IT sistem administratora: 8 EUR	
Godišnja cijena održavanja on-premises hardverske infrastrukture u % u odnosu na cijenu infrastrukture: 10 %	

Tabela 3.6: Popunjen upitnik za TCO proračun

Parametre iz upitnika smo unijeli u Azure TCO (Total Cost of Ownership) kalkulator [62], i rezultat je pokazao da bi se migracijom ovih servisa na javnu cloud infrastrukturu

(lokacija *cloud* servisa - region zapadne Evrope) ostvarile značajne uštede, imajući u vidu troškove *on-premises* varijante.

Ukupni izračunati godišnji troškovi dijela IT infrastrukture i servisa za poslovnu banku u *on-premises* varijanti su 388 997 eura a petogodišnji troškovi bi bili 879 027 eura. Nasuprot tome, godišnji troškovi izvršavanja ove infrastrukture i servisa na Microsoft Azure su 61 436 eura, dok su petogodišnji troškovi 283 297 eura. Iz ove kalkulacije se uočava da bi ušteda za prvu godinu iznosila 327 560 eura, a petogodišnja ukupna ušteda bi bila 595 731 eura. Na slikama ispod su prikazani detalji proračuna *on-premises* i *cloud* varijante pretpostavljenog informacionog sistema poslovne banke.



Slika 3.7: Prikaz razlike u *on-premises* i Azure cloud troškovima za dio informacionog sistema poslovne banke [62]

On-premises cost breakdown summary		Azure cost breakdown summary	
Category	Cost	Category	Cost
Compute	€203,407.43	Compute	€46,128.98
Hardware	€185,793.80	Data Center	€0.00
Software	€14,350.44	Networking	€518.10
Electricity	€3,263.17	Storage	€12,387.82
Database	€0.00	IT Labor	€2,400.88
Data Center	€55,188.01		
Networking	€72,478.24		
Storage	€50,453.60		
IT Labor	€7,469.36		
Total	€388,996.58	Total	€61,436.09

Slika 3.8: Prikaz *on-premises* i *cloud* troškova kod Azure za dio informacionog sistema poslovne banke u prvoj godini [62]

Unosom željenih karakteristika i resursa na Amazon Web Services TCO kalkulator [63], u skladu sa parametarima iz upitnika, dobijeni su i troškovi za migraciju na infrastrukturu ovog *cloud* provajdera. AWS *cloud* tehnologije koje je u ovom slučaju potrebno rezervisati su *EC2* (*Elastic Compute Cloud*), *RDS for MySQL* (*Amazon Web Services MySQL relational database cloud service*) i *EBS* (*Amazon Elastic Block Store*). Ukupni troškovi za prvih 12 mjeseci su 124 358,45 dolara (AWS kalkulator trenutno radi obračun samo u valuti američkog dolara) i prikazani su na slici 3.9.

First 12 months total	Total upfront	Total monthly
124,358.45 USD	0.00 USD	10,363.20 USD

Services (6)		
Amazon Elastic Block Store (EBS)		
Region: EU (Paris) Edit Action ▾		
Amazon Elastic Block Storage (EBS)		
Number of instances (1), Average duration each instance runs (730 hours per month), Storage amount (16384 GB), Snapshot Frequency (2x Daily), Amount changed per snapshot (3 GB)	Monthly:	2,773.65 USD
Amazon RDS for MySQL		
Region: EU (Paris) Edit Action ▾		
RDS for MySQL		
Storage for each RDS instance (General Purpose SSD (gp2)), Storage amount (100 GB), Additional backup storage (80 GB), Quantity (4), Instance type (db.r5.large), Deployment option (Single-AZ), Pricing strategy (Reserved 1yr No Upfront)	Monthly: Upfront:	601.98 USD 0.00 USD
Amazon EC2		
Region: EU (Paris) Edit Action ▾		
Quick estimate		
Operating system (Windows Server), Quantity (1), Pricing strategy (EC2 Instance Savings Plans 1 Year No UpFront), Storage amount (100 GB), Instance type (m5a.4xlarge)	Monthly: Upfront:	920.45 USD 0.00 USD
Amazon EC2		
Region: EU (Paris) Edit Action ▾		
Quick estimate		
Operating system (Windows Server), Quantity (4), Pricing strategy (EC2 Instance Savings Plans 1 Year No UpFront), Storage amount (100 GB), Instance type (m5a.4xlarge)	Monthly: Upfront:	3,681.80 USD 0.00 USD
Amazon EC2		
Region: EU (Paris) Edit Action ▾		
Quick estimate		
Operating system (Windows Server), Quantity (2), Pricing strategy (EC2 Instance Savings Plans 1 Year No UpFront), Storage amount (100 GB), Instance type (t2.2xlarge)	Monthly: Upfront:	544.42 USD 0.00 USD
Amazon EC2		
Region: EU (Paris) Edit Action ▾		
Quick estimate		
Operating system (Windows Server), Quantity (2), Pricing strategy (EC2 Instance Savings Plans 1 Year No UpFront), Storage amount (100 GB), Instance type (m5a.4xlarge)	Monthly: Upfront:	1,840.90 USD 0.00 USD

Slika 3.9: Prikaz cloud troškova kod AWS za dio informacionog sistema poslovne banke u prvoj godini [63]

Na primjeru dijela informacionog sistema sa pripadajućim servisima poslovne banke uočava se da se migracijom pretpostavljene infrastrukture i servisa na *cloud*, ostvaruju značajne uštede u prvoj godini a evidentne su i uštede koje bi bile ostvarene u petogodišnjem periodu. Pokazuje se da je za migraciju ove infrastrukture i servisa povoljnije koristiti usluge *Microsoft Azure cloud* provajdera (razlog je što se na *on-premises* i *cloud* infrastrukturi koriste i instaliraju Micorosft operativni sistemi, proizvodi, i usluge) u odnosu na *Amazon Web Services*.

GLAVA 4

PRIMJER IMPLEMENTACIJE *CLOUD* TEHNOLOGIJA U POSLOVNOJ BANCII

U ovom dijelu rada će se za informacijski sustav poslovne banke iz prethodnog Poglavlja prikazati primjer implementacije preporučenog hibridnog *cloud*-a. Kompanijama se predlaže da u prvom koraku odaberu strategiju implementacije *on-premises IaaS* rješenja (privatno *IaaS cloud* rješenje na lokaciji kompanije - u okviru kuće). Nakon implementacije privatnog *cloud*-a predlog je da kompanija, koristeći strategiju migracije na *IaaS* koja je identifikovana u drugom poglavlju, migrira veći dio servisa sa fizičke infrastrukture na infrastrukturu privatnog *IaaS cloud*-a. Realizacija prvog predloženog koraka će pripremiti informacijski sustav kompanije za konačan cilj - transformaciju u hibridni *cloud* model, u završnoj fazi.

U završnoj fazi, koristeći analizu i smjernice iz trećeg poglavlja, identifikovali smo postojeći servis za migraciju, kao i pružaoca *cloud* usluga na tržištu čiji servis treba implementirati i integrisati. Imajući u vidu da kompanija za potrebe korporativnog *email* servisa ima implementiran *on-premises Microsoft Exchange*, predlaže se da kompanija krene u korišćenje i integraciju *SaaS* rješenja *Exchange Online* u okviru *Office365* kojeg obezbjeđuje *Microsoft Azure* pružalac *cloud* usluga. Konačan rezultat će biti realizovan prvi korisnički servis (*email*) u hibridnoj konfiguraciji. U konačnom, informacijski sustav kompanije se proširuje na javnu *cloud* infrastrukturu i na taj način se transformiše u hibridni *cloud* razvojni model.

4.1 Implementacija privatnog *on-premises IaaS cloud*-a

Kao što je navedeno u prethodnom poglavlju, postojeća infrastruktura informacijskog sistema prvobitno se sastoji od fizičkih serverskih komponenti za sve pojedinačne servise. Ovakva infrastruktura ima sve detektovane nedostatke i manjkavosti izvršavanja servisa informacijskog sistema na pojedinačnim fizičkim serverima tj. visoke troškove održavanja, nizak stepen iskorišćenosti hardverskih performansi, te otežanu administraciju i održavanje imajući u vidu broj fizičkih komponenti u sistemu i drugo.

Kroz implementaciju privatnog *on-premises IaaS cloud*-a stvorice se preduslovi za konsolidaciju infrastrukture migracijom dijela servisa informacijskog sistema sa fizičkih servera na virtualne servere, čime bi se ostvarile značajne uštede u pogledu troškova

održavanja hardverske infrastrukture, veći stepen iskorišćenosti nove serverske infrastrukture kao i olakšano opravljavanje i centralizovanu administraciju informacionog sistema u kompaniji.

Implementiran privatni *IaaS cloud* je primjenjiv u praksi i namjenjen je za potrebe kompanija srednje veličine, koje posjeduju do 100 virtualnih servera. Cilj je da se dobije sistem koji je bezbjedan i koji omogućava nastavak isporuke servisa u slučaju otkaza bilo koje komponente na bilo kojem nivou u infrastrukturi informacionog sistema. Privatni *IaaS cloud* treba da podržava efikasno kreiranje i izvršavanje virtualnih servera koji su neophodni za funkcionisanje kritičnih IT servisa u kompaniji.

U osnovi *cloud* rješenja se nalazi virtualizaciona platforma koju čine dva *VMware vSphere* klastera, koja su instalirana na dvije lokacije povezane redundantnim mrežnim linkovima. Za realizaciju rješenja obezbjeđeno je šest fizičkih servera (hostova), četiri Ethernet LAN (*Local Area Network* – lokalna Ethernet mreža) sviča L2 nivoa, 4 Ethernet LAN sviča L3 nivoa (po 2 u *stack* konfiguraciji), četiri FC (*Fibre Channel* – brzi komunikacioni protokol) sviča, dva FC *storage* sistema, četiri *firewall*-a (po dva u konfiguraciji visoke raspoloživosti - HA) i odgovarajuće mrežne konekcije u okviru oba *VMware* klastera. L2 LAN svičevi se koriste za umrežavanje fizičkih servera na LAN mrežu, L3 LAN svičevi za rutiranje saobraćaja i realizaciju komunikacije između dvije lokacije, a FC svičevi za povezivanje fizičkih servera na storage sisteme kroz SAN (*Storage Area Network* - mreža za konekciju servera na storage disk prostor) mrežu. Svi hostovi imaju identične procesorske performanse od po 2 x 6 *Core* x 2,30 *GHz* CPU i količinu radne memorije 160GB RAM.

S obzirom da su oba *VMware* klastera instalirana i konfigurisana na identičan način, u radu je, zbog jednostavnijeg opisa i razumijevanja, prikazana fazna implementacija jednog od dva klastera.

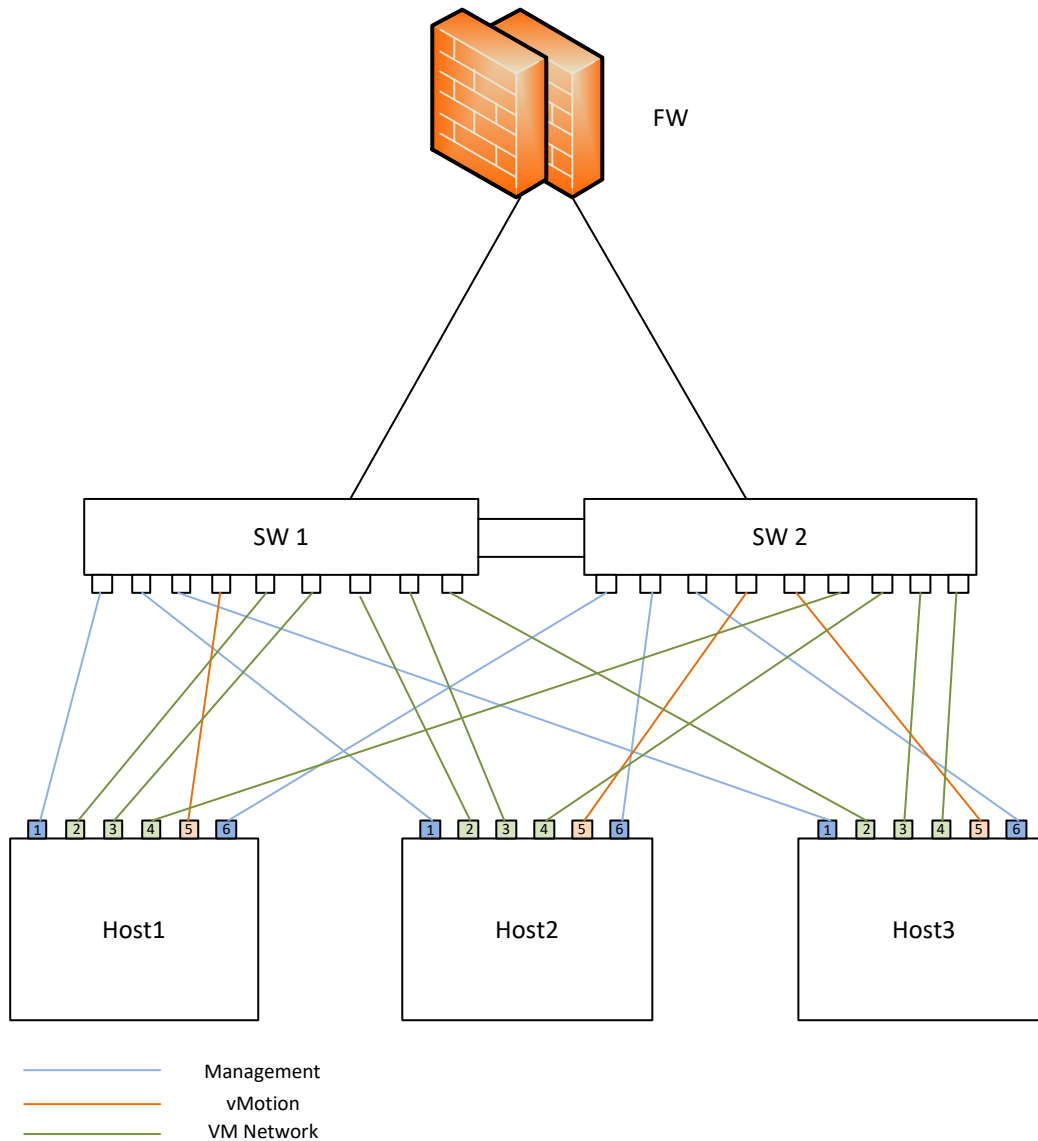
Instalacija *VMware vSphere* okruženja se obavlja u više faza. Prvenstveno se obezbjeđuje neophodan hardver na kojem će se izvršavati cijelo okruženje. Nakon toga se vrši instalacija opreme u data centar, instalacija *VMware ESXi* hipervizora na hostovima i adekvatna konfiguracija LAN i SAN mreže. Instaliraju se *VMware vCenter* serveri koji služe za administraciju *VMware vSphere* okruženja, konfiguriraju se virtualna LAN mreža nepohodna za konekciju virtualnih mašina na fizičku LAN mrežu i kreiraju se *VMware vSphere HA* klasteri. Na *storage* sistemu se vrši mapiranje *LUN*-ova (disk particija) na hostove klastera i samim tim obezbjeđuje se disk prostor u *VMware vSphere* okruženju za smještanje virtualnih mašina. Implementacijom *VMware vSphere Replication* tehnologije vrši se adekvatna konfiguracija disaster recovery funkcionalnosti kroz replikaciju na nivou *VMware* hipervizora. Nakon ovih koraka stvoreni su preduslovi za korišćenje realizovanog sistema a ovakvo rješenje će predstavljati primjer modela privatnog *on-premises IaaS cloud*-a.

4.1.1 Instalacija *VMware ESXi* hipervizora i konfiguracija fizičke LAN mreže

Instalacija *VMware ESXi* hipervizora se obavlja na isti način na svim *ESXi* hostovima u klasterima. Instalacioni fajl se *mount*-uje na server i instalacija se obavlja na lokalne diskove na hostovima koji su konfigurisani u *RAID1* niz.

Nakon instalacije *VMware ESXi* hipervizora vrši se DNS i *management* IP konfiguracija hostova i odabir adekvatnih mrežnih adaptera za ovu namjenu, u skladu sa konfiguracijom fizičke LAN mreže. Preporuka je da se, u cilju integracije *VMware* okruženja sa servisom aktivnog direktorijuma (*Microsoft AD DS*) u informacionom sistemu poslovne banke i olakšane administracije i kontrole pristupa, kao DNS serveri definišu IP adrese domen kontrolera u sistemu. Na samim fizičkim serverima su definisane statičke IP adrese iz definisanog *VLAN*-a za *management* mrežu. Nakon izvršene LAN konfiguracije, *ESXi* serverima je moguće pristupiti kroz *VMware vSphere Web Client*.

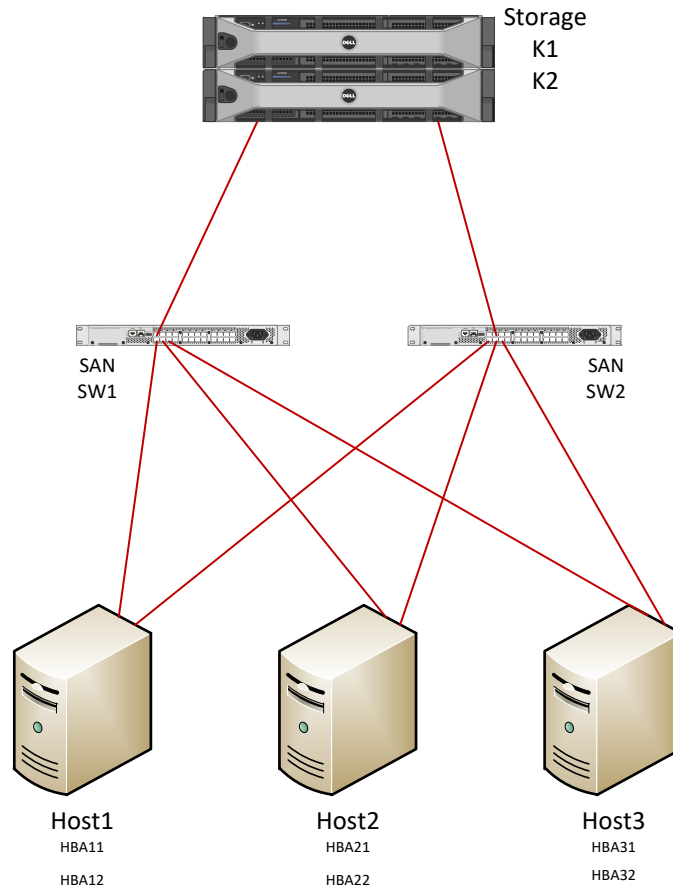
Jedna od vitalnih komponenti *vSphere HA* klastera je LAN konfiguracija. Imajući ovo u vidu, umrežavanje je neophodno izvršiti u skladu sa najboljom praksom za ovakva okruženja. Detaljnu LAN konfiguraciju rješenja ćemo prikazati na primjeru jednog od dva *VMware* klastera koja su implementirana u sistemu. S obzirom da je svaki od hostova opremljen sa po šest mrežnih adaptera, za LAN konfiguraciju su ispoštovane najbolje prakse u cilju redundantnosti i visokog stepena raspoloživosti servisa koje će sistem podržavati. Cijeli sistem se nalazi iza *firewall*-a, i na taj način se vrši kontrola i inspekcija saobraćaja u svim smjerovima. Za povezivanje hostova u klasteru koriste se dva LAN sviča i na taj način je ostvarena redundansa na nivou fizičke mreže. Po dva mrežna adaptera na serverima će se koristiti za *VMware management* mrežu (mreža za pristup i administraciju sistema i *VMware management task-ove*). Po jedan mrežni adapter je konfigurisan za *VMware vMotion* (sa jednim konfigurisanim *Stand-by* adapterom iz *Management* mreže). Preostala tri mrežna adaptera su konfigurisana za *VM Network* (mreže koje koriste sve virtualne mašine koje se izvršavaju na *VMware* klasteru). Prethodno su na fizičkim LAN svičevima konfigurisani i definisan *VLAN*-ovi te pristupni portovi za *management* mrežu i *trunk* portovi za mrežne konekcije virtualnih mašina (*VM network*). Na Slici 4.3. je prikazana konfiguracija fizičke mreže pojedinačnog *VMware* klastera.



Slika 4.1: Fizička LAN Konfiguracija jednog VMware klastera

4.1.2 Konfiguracije storage sistema sa zoniranjem

Analogno LAN mreži koja je prikazana na slici 4.3., SAN mreža *VMware vSphere* klastera se realizuje na sličan način, povezivanjem HBA kartica (*Host Bus Adapter* – kartica za povezivanje servera na storage sistem) *ESXi* hostova na FC svičeve, na koje je konektovan i *FC storage*. Na slici 4.4. je prikazana SAN mreža jednog VMware klastera.



Slika 4.2: Šema SAN konekcija jednog od klastera u sistemu

Da bi se postigla redundantnost sistema u dijelu SAN konfiguracije (slično LAN konfiguraciji), svaki od servera je opremljen sa dva HBA, koji su konektovani na različite SAN svičeve. Storage sistem u okviru kojeg postoje dva kontrolera je takođe konektovan na oba SAN sviča.

Storage umrežavanje, tj. povezivanje servera na storage sistem, u cilju mapiranja disk prostora sa storage-a na servere, realizuje se odgovarajućim zoniranjem na SAN svičevima. Zoniranje na SAN svičevima ima sličnosti sa Ethernet VLAN konfiguracijom. Ono omogućava kontrolu saobraćaja i vidljivost storage sistema sa hostovima. Elemente jedne zone čine WWN (*World Wide Name*) jedinstveni identifikatori sa uređaja koji se povezuju na storage sistem posredstvom SAN sviča. WWN identifikator je definisan u okviru HBA (*Host Bus Adapter*) kartice na određenom uređaju (serveru), i može se napraviti njegova paralela sa MAC (*Media Access Control*) jedinstvenim identifikatorom na Ethernet kartici. Jedan WWN se istovremeno može nalaziti u više zona, tako da kreiranje i upravljanje zoning konfiguracije zahtijeva adekvatno planiranje i dizajn strukture zona za određeni servis. Postoje dva tipa zoning konfiguracije i to su *soft* i *hard* zoniranje.

Za realizaciju storage umrežavanja u sistemu koji je implementiran u ovom radu se koristi soft zoniranje, uz pretpostavku obezbjeđenog i kontrolisanog fizičkog pristupa u data centar u kojem se nalazi infrastruktura.

U tabeli 4.5. je prikazana ogovarajuća konfiguracija zona za ovakav sistem:

SW	Zona	Članovi zone
SAN SW1	Virtual1	K1, Host1_HBA11, Host2_HBA21, Host3_HBA31
SAN SW2	Virtual2	K2, Host1_HBA12, Host2_HBA22, Host3_HBA32

Tabela 4.3: Zoniranje – Lokacija1 (VMware HA klaster na glavnoj lokaciji)

Tako da je, analogno Lokaciji1, u tabeli 4.6. prikazana konfiguracija za Lokaciju 2.

SW	Zona	Članovi zone
SAN SW3	Virtual3	K3, Host4_HBA11, Host5_HBA21, Host6_HBA31
SAN SW4	Virtual4	K4, Host4_HBA12, Host5_HBA22, Host6_HBA32

Tabela 4.4: Zoniranje – Lokacija2 (VMware HA klaster na rezervnoj lokaciji)

Ovakvom *zoning* konfiguracijom, omogućeno je da se serveri u klasteru “vide” sa *storage* sistemom, i stvoreni su uslovi da je sa strane *storage* sistema moguće kreirati FC hostove (hostove *VMware* klastera) i izvršiti dodjelu disk prostora istima.

Nakon adekvatnog zoniranja, stvoreni su preduslovi za obavljanje konfiguracije na *storage* sistemu, tj. mapiranja disk prostora sa centralizovanog *storage* sistema na hostove *VMware* klastera. Prvo se kreiraju FC hostovi na *storage* sistemu. S obzirom da su nakon zoniranja *storage* i hostovi vidljivi kroz SAN mrežu, ova aktivnost ne predstavlja problem. Kod kreiranja hostova važno je imati tačnu evidenciju WWN identifikatora za određeni host, kako se ne bi desilo da se kod kreiranog određenog hosta nađe WWN od drugog hosta. Na slikama ispod su prikazani kreirani hostovi na *storage* sistemu za prvi *VMware* klaster i njihovi WWN identifikatori:

Name	Status	Host Type	# of P...	Host Mappings
ESXi1	✓ Online	Generic	2	Yes
ESXi2	✓ Online	Generic	2	Yes
ESXi3	✓ Online	Generic	2	Yes

Slika 4.5: Kreirani FC hostovi na *storage* sistemu

Name	Type	Status
5001438026E8C800	FC	✓ Active
5001438026E8C802	FC	✓ Active

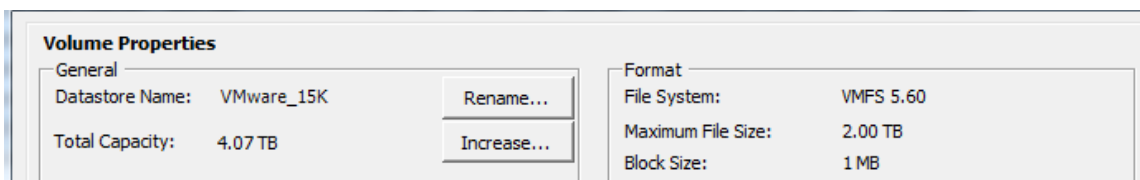
Slika 4.6: WWN identifikatori za jedan FC host

Sljedeći korak je kreiranje storage *Volume*-a i njihovo mapiranje na *ESXi* hostove u klasterima.

Name	State	Cap...	Pool	Host Mappings
VMware_15K	✓ Online	4.07 TiB	VMware_15K	Yes

Slika 4.7: Storage volume za VMware klaster

Nakon mapiranja (tj. dodjeljivanja) *Volume*-a FC hostovima potrebno je izvršiti formatiranje particije *VMFS (Virtual Machine File System)* fajl sistemom. *VMFS* je *VMware*-ov fajl sistem koji se koristi za smještanje i izvršavanje virtualnih mašina. Formatiranje se vrši na jednom od *ESXi* hostova i nakon toga se vrši *Rescan* volume-a na ostalim *ESXi* hostovima. Na slici 4.10. je prikazan disk prostor formatiran *VMFS* fajl sistemom.



Slika 4.8: Volume formatiran VMFS fajl sistemom

4.1.3 Konfiguracija VMware HA klastera, virtualne LAN mreže i replikacije

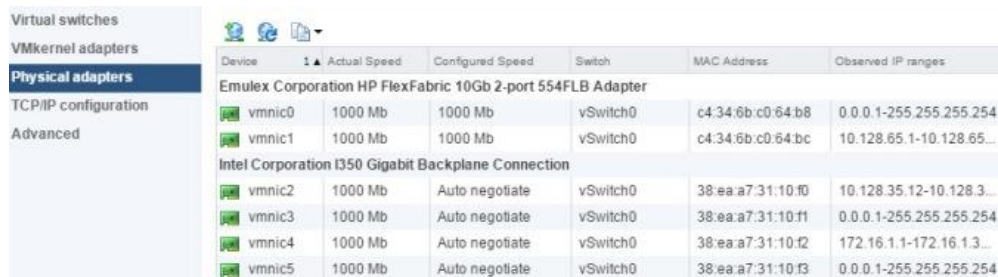
Svaki od klastera u rješenju ima po jedan instaliran *VMware vCenter* server preko kojeg administrator sistema vrši konfiguraciju i upravljanje *VMware* HA klasterom. *vCenter* serveri su realizovani kao virtualni u okviru samog okruženja a njihova dostupnost će biti obezbjeđena kroz samo učešće u HA konfiguraciji. Nakon instalacije *vCenter* servera, okruženju je moguće pristupiti i kroz *VMware vSphere Web Client*.

Sljedeći koraci su kreiranje *vSphere Datacenter*-a, konfiguracija HA klastera i učlanjivanje po tri hosta u svaki od klastera. Na *ESXi* hostovima u klasteru, HA komunikacija po default-u koristi *VMkernel* mreže, izuzev one koje su konfigurisane za *vMotion* funkcionalnost. S obzirom da je svaki od hostova opremljen sa po šest mrežnih adaptera, iskorišćena je mogućnost da se implementiraju dvije *VMkernel* mreže od kojih će jedna služiti za *management* mrežu a druga za *vMotion* funkcionalnost.

Virtualna LAN mreža je implementirana kroz funkcionalnost standardnog virtualnog sviča (*VMware Standard vSwitch*) u okviru kojeg su definisani *VLAN*-ovi za *management* mrežu i virtualne mašine. Važno je istaći da je za pravilan rad HA funkcionalnosti neophodna identična konfiguracija virtualne LAN mreže na svim hostovima, kako bi u slučaju *failover*-a, virtualne mašine mogle vršiti komunikaciju nakon automatske migracije na drugi host.

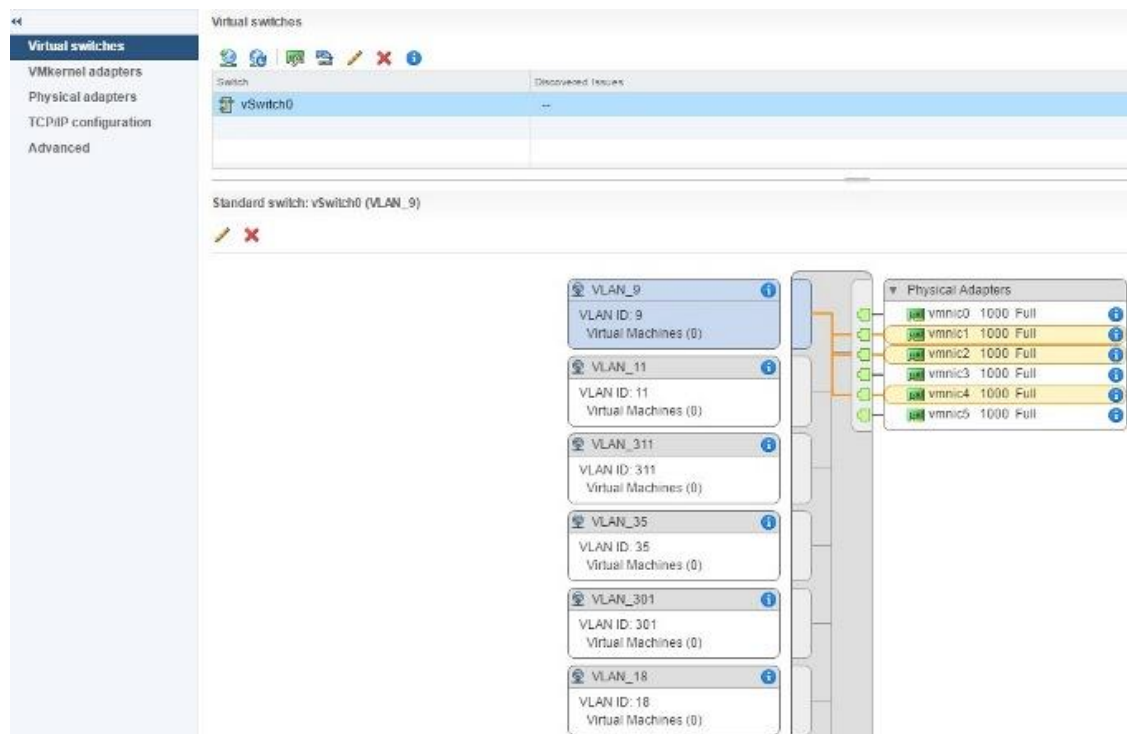
Hostovi u klasteru vrše međusobnu *heartbeat* razmijenu, u svrhu validacije egzistiranja u istom. Ukoliko host prestane da prima *heartbeat* od svih drugih hostova iz klastera, on *ICMP* protokolom provjerava konekciju do svoje mrežne izolacione adrese (*gateway* adrese) da bi provjerio je li izolovan sa mreže. Ukoliko može da ostvari *ICMP* saobraćaj sa *gateway* adresom, onda host nije izolovan sa mreže i pokreće se *failover* procedura prenosa virtualnih mašina sa hostova koji su izolovani. S obzirom da je implementirana redundansa na nivou *management* mreže, ostvaruje se pouzdanija detekcija problema na ovom nivou. *Heartbeat* se šalje preko više putanja i smanjuje se broj slučajeva izolacije hosta sa mreže. [29]

Redundansa na nivou mrežnih adaptera u okviru jednog servera člana klastera je implementirana koristeći "*NIC Teaming*" funkcionalnost (korišćenje više mrežnih adaptera u timu) za *management* i *VMNetwork*, a za *vMotion* je iskorišćena "*Stand By*" funkcija (postojanje rezervnog mrežnog adaptera koji se aktivira u slučaju "pada" primarnog adaptera).



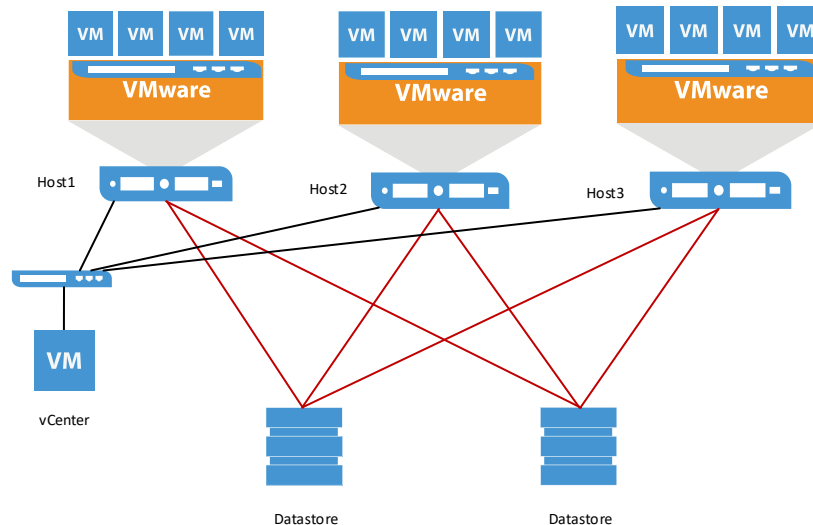
Device	Actual Speed	Configured Speed	Switch	MAC Address	Observed IP ranges
Emulex Corporation HP FlexFabric 10Gb 2-port 554FLB Adapter					
vmnic0	1000 Mb	1000 Mb	vSwitch0	c4:34:6b:c0:64:b8	0.0.0.1-255.255.255.254
vmnic1	1000 Mb	1000 Mb	vSwitch0	c4:34:6b:c0:64:bc	10.128.65.1-10.128.65...
Intel Corporation I350 Gigabit Backplane Connection					
vmnic2	1000 Mb	Auto negotiate	vSwitch0	38:ea:a7:31:10:f0	10.128.35.12-10.128.3...
vmnic3	1000 Mb	Auto negotiate	vSwitch0	38:ea:a7:31:10:f1	0.0.0.1-255.255.255.254
vmnic4	1000 Mb	Auto negotiate	vSwitch0	38:ea:a7:31:10:f2	172.16.1.1-172.16.1.3...
vmnic5	1000 Mb	Auto negotiate	vSwitch0	38:ea:a7:31:10:f3	0.0.0.1-255.255.255.254

Slika 4.9: Pregled fizičkih adaptera na VMware hostu



Slika 4.10: Virtualni svič na VMware host-u

U ovom momentu virtualizaciona platforma je spremna za instalaciju i izvršavanje virtualnih mašina. Na slici 4.17. se nalazi logički prikaz realizovanog VMware HA klastera.



Slika 4.11: Implementirani VMware vSphere HA klaster na jednoj lokaciji

U osnovi šeme se nalaze LAN i SAN mreže, disk prostor sa storage sistema (*Datastore*) sa instaliranim *VMware ESXi* hipervizorom na hostovima i virtualnim serverima na njima. Ethernet LAN mreža je prikazana crnom bojom, a SAN mreža crvenom bojom. Fajlovi virtualnih mašina su smješteni na *Datastore* prostor u okviru storage-a, tako da se svaka od mašina, po potrebi, može izvršavati na svakom od fizičkih hostova u klasteru. *vCenter* virtualna mašina se takođe nalazi na jednom od *ESXi* hostova, međutim na slici je izdvojena kako bi se prikazala uloga upravljanja cijelim *VMware* okruženjem.

Na identičan način, kroz navedene faze implementacije, vrši se implementacija *VMware vSphere* HA klastera na drugoj lokaciji, i nakon toga međusobno redundantno Ethernet povezivanje oba *VMware* klastera u jednu cjelinu, preko L3 LAN svičeva.

S obzirom da će za određeni broj virtualnih mašina koje se koriste za obavljanje kritičnih poslovnih procesa, u slučaju problema u funkcionisanju virtualnih mašina na centralnoj lokaciji, biti neophodno obezbjediti dostupnost sa druge lokacije, implementirano je rješenje za replikaciju virtualnih mašina na nivou *VMware* hipervizora. *VMware vSphere Replication* je funkcionalnost koja obezbjeđuje zaštitu podataka i disaster recovery rješenje na nivou virtualne mašine. Ovo rješenje je u potpunosti integrisano sa *vCenter* serverom i cijelim *vSphere* okruženjem, i ono obavlja asinhronu replikaciju virtualnih mašina na drugo *vCenter* okruženje (drugu lokaciju) u implementiranom *IaaS cloud* rješenju.

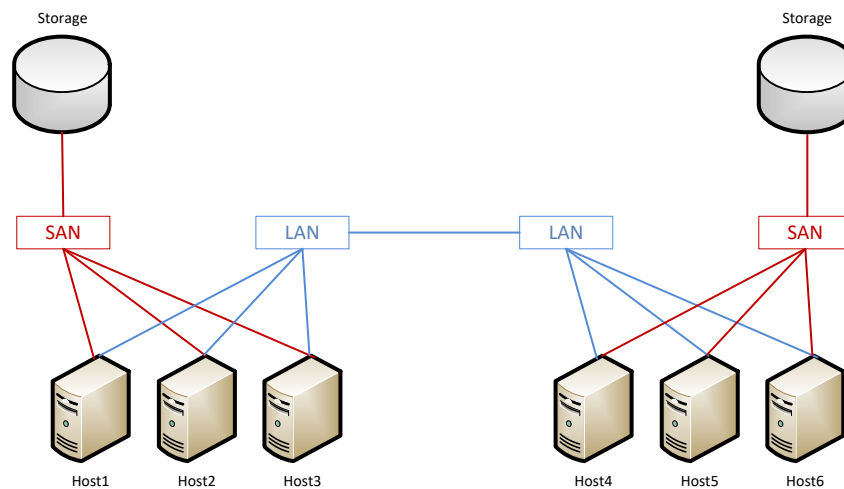
Za ove potrebe izvršena je instalacija *vSphere Replication* virtualnih *appliance*-a na oba klastera u sistemu, i njihova adekvatna konfiguracija. Ovi *appliance*-i se izvršavaju kao virtualne mašine na klasterima i imaju ulogu da upravljaju konfigurisanim replikacijama virtualnih mašina sa jedne na drugu lokaciju i obrnuto. Ovom funkcionalnošću se postiže

mogućnost da se u slučaju potrebe izvrši brz oporavak virtualne mašine na drugoj lokaciji sa ažurnim stanjem i adekvatnim RPO i RTO parametrima.

Implementirana virtualizaciona platforma, u formi dva povezana *VMware* klastera na dvije lokacije, sa adekvatnim kontrolama pristupa i nivoom bezbjednosti, čini visokoraspoloživi *on-premises* privatni *IaaS cloud*. Za upravljanje ovakvim rješenjem neophodno je stručno IT osoblje koje će u svakom momentu biti spremno da odgovori na zahtjeve poslovnih procesa (efikasno isporuči nove virtualne servere odgovarajućih karakteristika) i koje će se brinuti o svim aspektima funkcionisanja jednog ovakvog sistema. Ovako realizovan sistem stvara mogućnost da nema potrebe za ad-hoc investicijama u hardver, te se ulaganja mogu blagovremeno planirati.

4.1.4 Privatni *on-premises* *IaaS cloud*

Na slici 4.12. se nalazi logička šema implementiranog *on-premises* privatnog *IaaS cloud* rješenja na obje lokacije.



Slika 4.12: Logička šema privatnog *on-premises* *IaaS cloud* rješenja na obje lokacije

Ukupne performanse sistema, procesorska moć, radna memorija i disk prostor se u okviru *VMware* klastera prikazuju kao suma pojedinačnih performansi svakog od fizičkih hostova u sistemu i raspoloživog storage prostora. Dakle na raspolaganju je ukupno $6 \times 2 \times 6 \times 2.30 \text{GHz} = 165.6 \text{GHz}$ CPU i $6 \times 160 \text{GB} = 960 \text{GB}$ RAM memorije i $2 \times 4,07 \text{TB} = 8,14 \text{TB}$ korisnog storage prostora.

Osnovne prednosti implementiranog privatnog *IaaS cloud* rješenja su:

- Skalabilnost (Resursi su dostupni u momentu kada su potrebni, takođe, nema kašnjenja kod proširenja resursa i kapaciteta niti gubitka neiskorišćenih kapaciteta),

- Efikasnost (Porebno je samo par minuta za kreiranje servera koji će bii na raspolaganju za određeni poslovni proces),
- Ad-hoc Investicije u hardver (Nema potrebe za ad-hoc i neplaniranim ulaganjima u hardver. Hardver na kojem se izvršava privatni IaaS cloud je projektovan, realizovan i održava se od strane stručnog osoblja tako da se svako proširenje i investicije u hardver mogu blagovremeno planirati),
- Fizička sigurnost data center lokacija (S obzirom da je cloud rješenje u potpunosti u vlasništvu kompanije i da su realizovani adekvatni sigurnosni mehanizmi (fizički za data centre i sistemski za bezbjednost informacionog sistema), obezbjeđen je visok stepen sigurnosti podataka poslovnih procesa koji koriste ovakvo rješenje),
- Nema jedinstvene tačke otkaza (Ukoliko dođe do otkaza bilo koje komponente u implementiranom rješenju (server, svič, *storage*, HA klaster pa i cijela jedna lokacija), nema značajnog uticaja na servise jer je redundansa I visoka raspoloživost obezbjeđena na svim nivoima. Visoka raspoloživost u okviru jedne lokacije je obezbjeđena implementacijom HA klastera uz redundantnu LAN i SAN konfiguraciju, a replikacija virtualnih servera koji se izvršavaju u okruženju je konfigurisana na nivou hipervizora).

Ovakav model cloud-a je odgovarajući za poslovne banke i druge kompanije koje imaju servise i podatke isuviše osjetljive (npr. povjerljivi poslovni podaci ili kritični servisi) za migraciju u javni cloud, i to ga čini konkurentnim.

Nakon realizacije *IaaS* rješenja unutar informacionog sistema i pretpostavke da je nakon toga izvršena migracija dijela servisa sa fizičke na virtualnu infrastrukturu, u nastavku je dat primjer transformacije u hibridni *cloud*, na način da se jedan od poslovnih servisa (korporativni *email* servis - *Microsoft Exchange*) proširi na javni *cloud* (*Microsoft Azure*), kroz uvođenje *Exchange Online cloud* servisa.

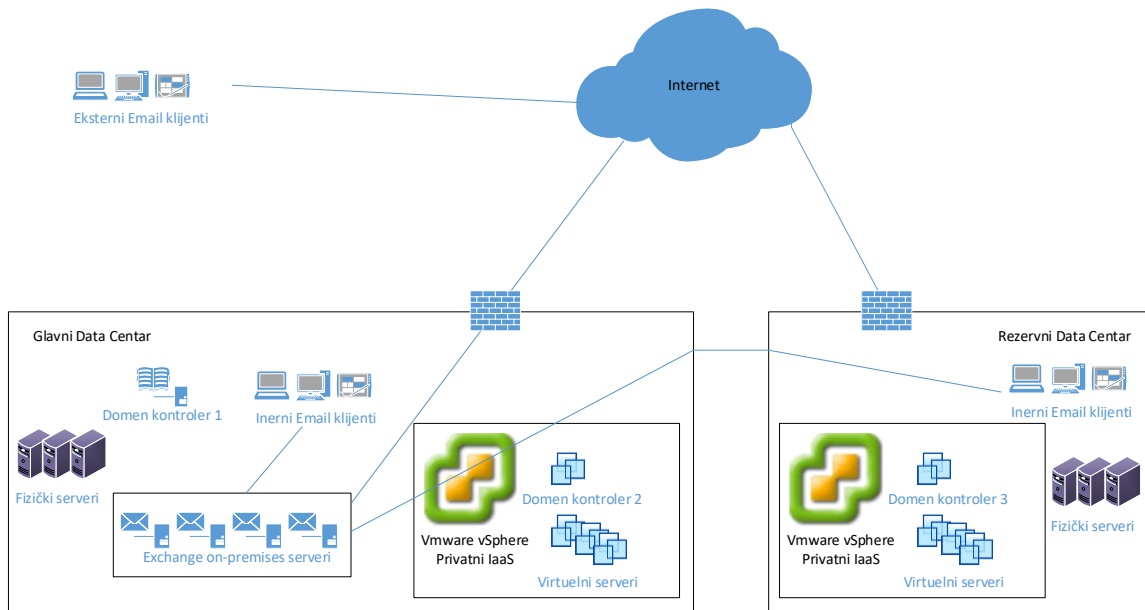
4.2 Transformacija u hibridni *cloud*

Kao prvi korak za predlog transformacije informacionog sistema u kompaniji i uvođenje hibridnog *cloud* koncepta za informacioni sistem poslovne banke, u ovom radu se predlaže rekonfiguracija *on-premises email* servisa (*Microsoft Exchange*) u hibridno rješenje *on-premises* i *cloud Office365* servisa i početak migracije *Exchange on-premises* korisničkih *mailbox*-a na *Office365* infrastrukturu. *Office365* predstavlja set *Microsoft cloud* baziranih aplikacija, dostupnih u više varijanti i predefinisanih paketa i skupova koje su dostupne kompanijama. Jedna od tih *cloud* aplikacija jeste i *Exchange Online*. Nekoliko *Office365* i *Microsoft365 subscription*-a (pretplata na usluge) u sebi sadrži *Exchange Online* servis.

Predložen hibridni model pruža mogućnost kompaniji da proširi funkcionalnosti korporativnog *Email* servisa i administrativne kontrole koje pruža *cloud*. Ovaj model obezbjeđuje objedinjavanje *Exchange* organizacije u *on-premises* sistemu i *Exchange Online* servisa na *cloud*-u. Dodatno, hibridna implementacija može poslužiti poslovnoj

banci kao međukorak za kompletan prelazak na *Exchange Online* cloud servis u konačnom i eliminaciju *on-premises* serverske infrastrukture potrebne za ovaj servis.

Kao što je navedeno u Poglavlju 3 pretpostavka je da se na *on-premises* infrastrukturi poslovne banke *Microsoft Exchange email* servis izvršava na 4 fizička servera sa instaliranim *Windows Server* operativnim sistemima *Standard* edicije (svi na glavnoj lokaciji). Takođe pretpostavka je da se servis aktivnog direktorijuma (*Microsoft AD DS*) izvršava na tri domen kontrolera (dva na glavnoj i jedan na rezervnoj lokaciji) od kojih su dva virtualizovana i migrirana na implementiranu *VMware vSphere* infrastrukturu (privatni *on-premises IaaS cloud*) a jedan je ostao kao zaseban fizički server. Upravo činjenica da u pretpostavljenom informacionom sistemu poslovne banke ne postoji realizovana disaster komponenta *on-premises email* infrastrukture na rezervnoj lokaciji podstiče ideju da se implementacijom hibridnog rješenja, imajući u vidu infrastrukturu u *cloud-u*, rješava i problem poslovnog kontinuiteta za ovaj servis. Na slici 4.21. je dat logički prikaz pretpostavljene postojeće infrastrukture *on-premises Exchange email* servisa poslovne banke.

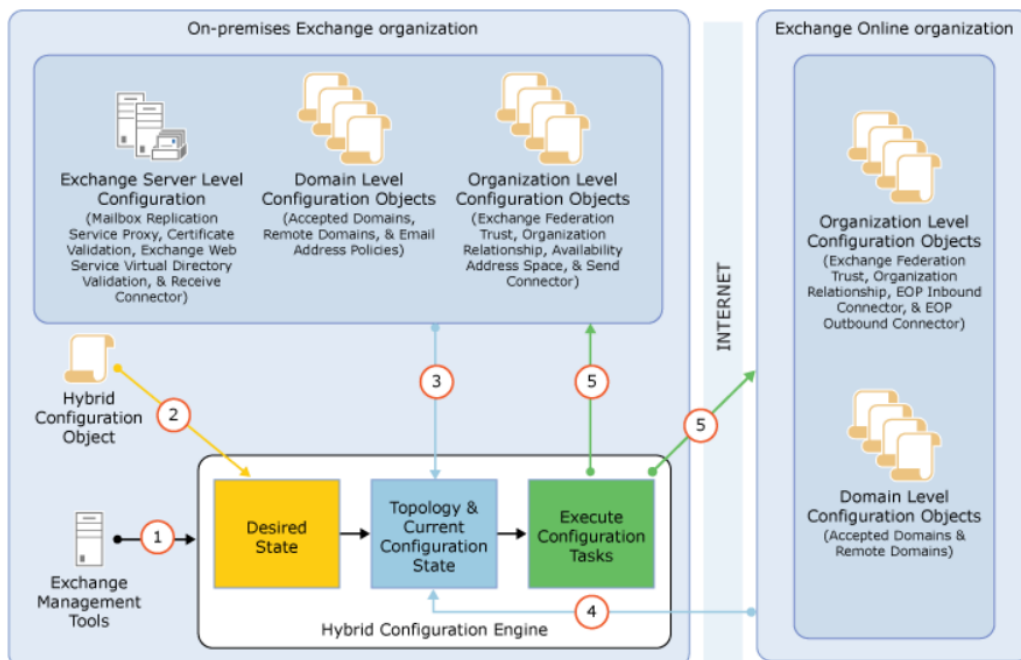


Slika 4.13: Logički prikaz pretpostavljene infrastrukture *on-premises Exchange email* servisa

Prije procesa konfiguracije hibridnog okruženja potrebno je ispuniti tehničke preduslove u pogledu minimalne verzije *Exchange on-premises* verzije sa najmanje jednom *Mailbox* i *Client Access Server* instancom. Da bi se izvršila implementacija hibridnog sistema baziranog na najnovijoj verziji *Exchange 2019*, potrebno je da na *on-premises* infrastrukturi bude minimalno instalirana verzija *Exchange 2013* sa posljednjim objavljenim kvartalnim CU (*Cumulative Update*). Ono što je potrebno u startu jeste da kompanija kreira svoj "tenant" (instancu na *Azure Active Directory* servis i *Office365* portalu). Potrebno je izvršiti i registraciju domena koristeći nalog globalnog administratora na *Office365* portalu.

Nakon ovih aktivnosti realizuje se sinhronizacija *on-premises* AD DS servisa sa Azure AD cloud servisom sa odgovarajućim metodom sinhronizacije uz instalaciju *Azure AD Connect* alata u *on-premises* infrastrukturi. Slijedi validacija javne DNS konfiguracije i *third-party* SSL sertifikata za *on-premises email* servis i validacija mrežnih portova potrebnih za komunikaciju između *Exchange Online* servisa i *on-premises email* servisa. Preporučuje se i korišćenje “*Mail migration advisor*” i “*Remote Connectivity Analyzer*” alata u čiju što detaljnijeg navođenja za konfiguraciju hibridnog okruženja. [65]

U sljedećem koraku na *Office365* portalu u okviru *Exchange Online* administracije se pokreće alat *Hybrid Configuration Wizard* kroz koji verifikuje mogućnost hibrine konfiguracije *Exchange on-premises* i *Exchange Online* servisa. Vršiti se konekcija na *on-premises* sistem, verifikuju se *on-premises Exchange* i *Exchange Online* verzije, podešavanje javnih IP adresa i postjećeg *third-party* SSL sertifikata, prisutnost AD sinhronizacije i konfiguracije, registrovani domeni, konfiguracija Web servisa i virtualnih direktorijuma. Sprovodi se testiranje korisničkih kredencijala i mogućnost autentifikacije na *Exchange on-premises* i *Exchange Online*. Korisnici za administraciju *on-premises* servisa trebaju imati odogovarajuće organizacione role (biti članovi grupe *Organization Management*) i konfigurisani kao globalni administratori za *Office365* organizaciju. Svi ovi koraci moraju biti uspješno sprovedeni kako bi se verifikacioni proces *Hybrid Configuration Wizard*-a uspješno završio. Nakon ovoga *Hybrid Configuration Wizard* vrši podešavanje sistema kako bi bilo konfigurisano hibridno okruženje. Sve promjene koje vrši ovaj *Wizard* se upisuju u odgovarajući log na *on-premises Exchange* serverima. Slika 4.22. prikazuje kako *Hybrid Configuration* alat vrši konfiguraciona podešavanja u toku razvoja hibridnog okruženja.



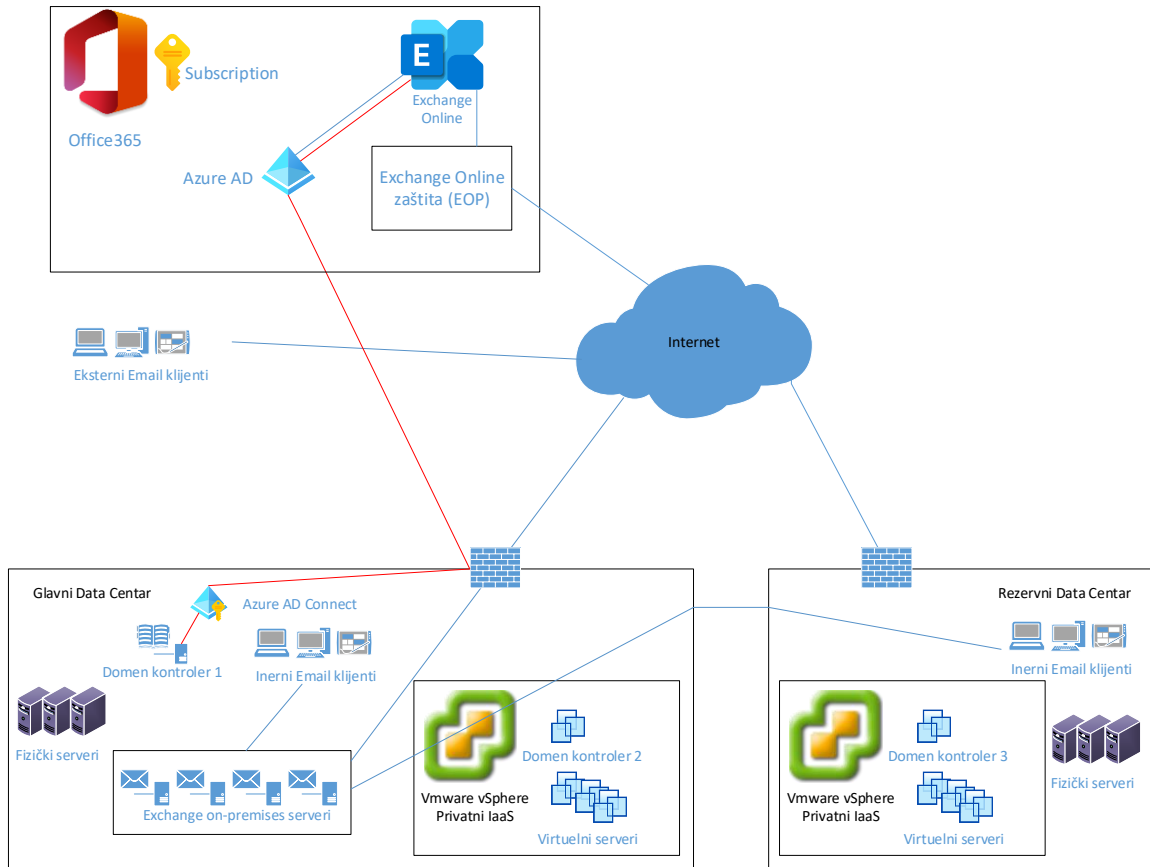
Slika 4.14: Prikaz procesa kako Hybrid Configuration alat vrši konfiguraciona podešavanja u toku razvoja hibridnog okruženja [65]

Nakon ovih koraka obezbjeđena je sigurna *email* komunikacija kroz kreiranje odgovarajućih konektora u hibridnom okruženju između *on-premises* i *cloud* infrastrukture i servisa. Obezbeđeni su i preduslovi za korak migracije korisničkih *mailbox*-a sa *Exchange on-premises* na *Exchange Online*. Važno je ponoviti da je moguće izvršiti više koncepata podešavanja vezanih za autentifikaciju *email* korisnika na *Exchange* servise, kao i tok *email* saobraćaja, u odnosu na potrebe i ciljeve kompanije. Moguće je podesiti kombinacije da se svi korisnici autentifikuju na *on-premises* ili na *cloud* servisima, ili podijeliti autentifikaciju. Moguće je podesiti da sav *email* saobraćaj (i sa *Exchange Online*) mora proći kroz *on-premises* infrastrukturu ukoliko je potrebno i slično.

Funktionalnosti koje se mogu dobiti implementacijom predloženog rješenja su:

- sigurno rutiranje *email* saobraćaja između *on-premises* i *Exchange Online* infrastrukture,
- *on-premises* i *Exchange Online* koriste isto ime SMTP domena (dijele isti domen npr. *@bank.corp*),
- dijeljeni imenik *email* adresa,
- dijeljeni kalendar između *on-premises* i *Exchange Online*,
- centralizovana kontrola *email* saobraćaja (moguće je izvršiti rutiranje cijelog dolaznog i odlaznog *Exchange Online* saobraćaja kroz *on-premises Exchange* sistem),
- jedan *Outlook Web* klijent za oba servisa,
- mogućnost migracije *on-premises* korisničkih *mailbox*-a na *Exchange Online* (sa mogućnošću povratka na *on-premises* u slučaju potrebe),
- centralizovano upravljanje *mailbox*-ima kroz *Exchange Admin Center (EAC)* konzolu,
- praćenje poruka i napredne funkcije pretraživanja između *on-premises* i *Exchange Online* sistema,
- *cloud* bazirano arhiviranje *email*-ova za *on-premises Exchange mailbox-e* (*Exchange Online Archiving*).

Na Slici 4.23. je logički prikaz implementiranog hibridnog rješenja za *email* servis informacionog sistema poslovne banke:



Slika 4.15: Logički prikaz implementiranog hibridnog rješenja za Exchange email servis poslovne banke

Implementacijom predloženog hibridnog rješenja, privatni *on-premises* *IaaS cloud* model u poslovnoj banci je transformisan u hibridni i izvršeni su prvi koraci u korišćenju tehnologija koje nude pružaoci *cloud* usluga. Implementiranim rješenjem je eliminisan i nedostatak obezbjeđenja kontinuiteta poslovanja za korporativni *email* servis i pretpostavke za eliminaciju *Exchange on-premises* hardverske infrastrukture potrebne za ovaj servis, što bi u konačnom značilo smanjenje troškova održavanja *on-premises* infrastrukture, te povećanje stepena raspoloživosti *email* servisa. Postignuta je naprednija administracija i pružanje naprednijih servisa krajnjim korisnicima *email* sistema. Samom transformacijom informacionog sistema i proširivanjem na javnu *cloud* infrastrukturu, mogu se u narednim koracima brže i jednostavnije migrirati i drugi *on-premises* servisi i infrastruktura ili koristiti novi koje nude pružaoci *cloud* usluga.

ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat prilog analizi migracije informacionih sistema na *cloud* tehnologije sa primjerom implementacije. U cilju odabira adekvatne strategije za implementaciju *cloud*-a od strane kompanija, u radu je dat presjek do sada identifikovanih strategija, kako bi kompanije imale uvid u nivo kompleksnosti koje unosi *cloud* implementacija.

Smjernice koje su predložene u radu će pomoći kompanijama da izvrše pripremu svojih IT sektora za uvođenje *cloud* tehnologija u informacione sisteme, te da usvoje organizacione promjene koje sa sobom nosi *cloud* računarstvo. Kroz usvajanje predloženih koraka za analizu postojećih informacionih sistema i servisa, kompanije će prepoznati kandidate za migraciju na *cloud*, bilo da je u pitanju infrastruktura ili pojedinačan servis/aplikacija.

Prateći analizu tržišta čiji je primjer dat u radu, kompanije mogu identifikovati ključne pružaoce *cloud* usluga sa značajnim udjelom u tržištu kao svoj izbor, u skladu sa karakteristikama postojeće *on-premises* infrastrukture i servisa informacionog sistema. Kroz popunjavanje adekvatnog upitnika za migraciju na *cloud* i korišćenje javno dostupnih kalkulatora pružalaca *cloud* usluga, kompanija može izvršiti uporednu analizu troškova posjedovanja *on-premises* infrastrukture i servisa i troškova izvršavanja infrastrukture i servisa na infrastrukturi pružaoce *cloud* usluga.

Kao primjer je prikazana cost-benefit analiza za migraciju dijela karakterističnih servisa poslovne banke koji su prepoznati kao potencijalni kandidati za javnu *IaaS cloud* infrastrukturu. Primjer analize je pokazao da je migracijom identifikovanih kandidata moguće ostvariti značajne uštede njihovom migracijom na infrastrukturu pružalaca *cloud* usluga kako na period od jedne godine tako i na petogodišnji period.

Nakon sprovedene analize strategija za implementaciju *cloud*-a i tehnologija koje su dostupne, generalni zaključak jeste da je najoptimalnija strategija postepenog prelaska poslovnog informacionog sistema na hibridni model *cloud*-a.

U radu je prikazan i primjer implementacije *cloud* tehnologija u poslovnoj banci kroz implementaciju privatnog *on-premises* *IaaS cloud*-a u prvom koraku i nakon toga transformaciju u hibridni *cloud*. Implementacijom prvog koraka, kroz uvođenje tehnologije virtualizacije unutar same kompanije će se postići značajan stepen konsolidacije informacionog sistema koji rezultuje olakšanim upravljanjem i održavanjem infrastrukture informacionog sistema istovremenim povećanjem agilnosti, te ukupnim smanjnjem troškova održavanja hardverske infrastrukture.

U drugom koraku je izvršena implementacija i integracija *Exchange Online* servisa kojeg pruža *Microsoft Azure* i na taj način je informacioni sistem transformisan u hibridni *cloud*. Ovaj *cloud* proizvod je odabran iz razloga što prikazuje primjer koji je primjenljiv u praksi za informacioni sistem jedne poslovne banke. Predloženi primjer prikazuje

transformaciju tradicionalnog informacionog sistema u moderan informacioni sistem, koji je spreman za dalje povećavanje udjela *cloud* servisa koje nude pružaoci *cloud* usluga.

Imajući u vidu kritičnost servisa i prirodu podataka koji se obrađuju u informacionim sistemima poslovnih banaka, generalna preporuka ovakvim i sličnim kompanijama jeste informacioni sistem u formi hibridnog *cloud*-a. Razlozi za ovu preporuku su obezbjeđenje sigurnosti, integriteta i dostupnosti podataka koji su najvažniji za samu kompaniju a koji se postižu posjedovanjem infrastrukture u okviru sopstvenih data centara, istovremeno modernizujući informacioni sistem implementirajući i integrišući savremene *cloud* tehnologije i servise koje nude pružaoci *cloud* usluga. Hibridno rješenje kao takvo pruža nastavak adekvatnog stepena kontrole nad podacima u okviru kompanije, a stvara preduslove za dalju i efikasniju implementaciju inovativnih *cloud* servisa koji se obezbjeđuju krajnjim internim i eksternim korisnicima.

LITERATURA

- [1] K. Chandrasekaran, *Essentials of Cloud Computing*, 2015
- [2] *NIST Special Publication 800-145*, 2011
- [3] Abraham Silberschatz, Peter Baer Galvin, Greg Gagne, *Operating System Concepts tenth edition*, 2018;
- [4] T.Binz, F.Leymann, D.Schumm, CMotion, *A framework for migration of applications into and between clouds*, IEEE, 2011
- [5] V. Andrikopoulos, T.Binz, F.Leymann, S.Strauch. *How to adapt applications for the cloud environment*, 2013
- [6] *5 Ways to migrate Applications to the Cloud*, dostupno na <https://cioupdate.com/> (na dan 31.1.2021.);
- [7] Cisco White Papper, *Planning the Migration of Enterprise Applications to the Cloud*, 2010
- [8] Solentive White Papper, *Migrating to the Cloud 3 Main Approaches*, 2011
- [9] Amazon Web Services, *6 Strategies for Migrating Applications to the Cloud*, 2016
- [10] Raghu Yeluri, Enrique Catro-Leon, *Building the Infrastructure for Cloud Security*, 2014.
- [11] Thomas Erl, Zaigham Mahmood, Ricardo Puttini, *Cloud computing Concepts, Technology and Architecture*, 2013.
- [12] ENISA, *Cloud Computing, Benefits, Risks and recommendations for information security*, 2009.
- [13] Zaigham Mahmood, Harjinder Singh Lallie, *Cloud Computing: Issues in Data Mobility and Security*, 2011.
- [14] John Rhoton, Jan De Clercq, Franz Novak, *Openstack & Cloud Computing*, 2014.
- [15] Saloni and Anuj Saxena, *Cloud Computing Application for Hrm*, 2013.
- [16] Tecnalia, Sinteg, Dome, Fraunhofer, Softeam, Netfective, Disys, Wut, lict, *Reuse and Migration of legacy applications to Interoperable Cloud Services*, 2013
- [17] Gustavo Santana, *Data Center Virtualization Fundamentals*, Cisco Press 2014
- [18] Tim Mather, Subra Kumaraswamy, Shahed Latif, *Cloud Security and Privacy*, 2009.
- [19] Ahmed Mohamed Gamaleldin, *An Introduction to Cloud Computing Concepts*, 2013
- [20] VMware [White](#) Paper “*Understanding Full Virtualization, Paravirtualization and Hardware Assist*”
- [21] Michael J. Kavis, *Architecting the Cloud*, 2014.
- [22] Jun Feng Zhao, Jian-Tao Zhou, *Strategies and Methods for Cloud Migration*, 2014
- [23] Borko Furht, Armando Escalante, *Handbook of Cloud Computing*, 2010.
- [24] Jan de Muijnck-Hughes, *Data Protection in the Cloud*, 2011
- [25] Fatmir Vela, *Coud Computing Management*, 2013
- [26] Faith Shimba, *Cloud Computing: Strategies for Cloud Computing Adoption*, 2010

- [27] Khadija Sabiri, Faouzia Benabbou, *Methods Migration from On-premise to Cloud*, 2015
- [28] Eugene Gorelik, *Cloud Computing Models*, 2013
- [29] https://www.vmware.com/pdf/vi_architecture_wp.pdf (na dan 15.12.2020.);
- [30] http://en.wikipedia.org/wiki/VMware_ESX (na dan 20.11.2020.);
- [31] <http://www.vmware.com/products/vsphere/esxi-and-esx/why-esxi.html#c196164>
- [32] Tulloch, Mitch: *Understanding Microsoft Virtualization R2 Solutions*, 2010
- [33] <http://www.enterprisenetworkingplanet.com/> (na dan 06.01.2021.)
- [34] "VMware ESXi and vCenter Server Documentation", VMware, <https://pubs.vmware.com/> (na dan 06.01.2021.)
- [35] *Migrating your Existing Applications to the AWS Cloud*, Amazon White Paper, 2010
- [36] S. Bhardwaj, L.Jain, S.Jain, *Cloud computing: A study of infrastructure as a service (IaaS)*, 2010
- [37] G.Zhang, *Data and Application Migration in Cloud based Data Centers: Architectures and Techniques*, Ph.D. dissertation, Georgia Institute of Technology, USA, 2011
- [38] *Infrastructure as a Service* <http://www.educause.edu> (na dan 20.5.2017)
- [39] A.Khajeh-Hosseini, D.Greenwood, I.Sommerville, *Cloud migration: A case study of migrating an enterprise IT system to IaaS*, 2010
- [40] C.Kothari, A.K. Arumugam, *Cloud application migration*, 2010
- [41] R.Sattaluri, *Application migration considerations for cloud computing*, 2011
- [42] M. Yunus, *Understanding enterprise-to-cloud migration costs and risks*, 2010
- [43] Microsoft, *Moving applications to the Cloud*, 3rd Edition, <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff728592.aspx> (na dan 15.10.2020.)
- [44] Microsoft, *Tips For migrating your applications to the cloud*, MSDN Magazine, 2010
- [45] Q.H.Vu, R. Asal, *Legacy application migration to the cloud: Practicability and Methodology*, IEEE Washington, 2012
- [46] V.Tran, J.Kenug, A.Liu, A.Fekete, *Application migration to cloud: A taxonomy of critical Factors*, 2011
- [47] H.R.M. Nezhad, B. Benatallah, F. Casati, F. Toumani, *Web services interoperability specifications*, 2006
- [48] A. Halevy, A. Rajaraman, J. Ordille, *Data integration: The teenage years*, 2006
- [49] M.A. Babar, M.A. Chauhan. *A tale of migration to cloud computing for sharing experiences and observations*, 2011
- [50] W.Q.Zhang, A.J.Berre, D.Roman, H.A. Huru, *Migrating legacy applications to the service Cloud*, 2009
- [51] S. Frey, W. Hasselbring, *Model-based migration of legacy software systems to scalable and resource-efficient cloud-based applications: The cloudMIG approach*, 2010
- [52] W. B. Li. *Model Driven Migration of Legacy Systems to the Cloud*, Master dissertation, 2010

- [53] Accenture Consulting, Moving to the cloud, A Strategy for Banks in North America, 2017
- [54] <https://library.educause.edu/resources/2015/5/preparing-the-it-organization-for-the-cloud> (na dan 08.01.2021.)
- [55] Azure Onboarding Guide for IT organizations [link](#) (na dan 30.12.2020.)
- [56] <https://kinsta.com/blog/cloud-market-share/#calculating-the-cost-of-cloud-for-your-business> (na dan 03.02.2021.)
- [57] <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-08-10-gartner-says-worldwide-iaas-public-cloud-services-market-grew-37-point-3-percent-in-2019> (na dan 03.01.2021.)
- [58] <https://www.srgresearch.com/articles/half-yearly-review-shows-150-billion-spent-cloud-services-and-infrastructure> (na dan 03.01.2021.)
- [59] Worldwide Public Cloud Services Spending Will More Than Double by 2023, According to IDC [link](#) (na dan 03.01.2021.)
- [60] <https://press.aboutamazon.com/news-releases/news-release-details/amazoncom-announces-second-quarter-sales-20-634-billion> (na dan 04.01.2021.)
- [61] <https://kinsta.com/azure-market-share/> (na dan 04.01.2021.)
- [62] <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/tco/calculator/> (na dan 16.01.2021.)
- [63] <https://calculator.aws/#/> (na dan 16.01.2021.)
- [64] <https://azure.microsoft.com/en-au/pricing/calculator/> (na dan 16.01.2021.)
- [65] *Exchange Server Hybrid Deployments* [link](#) (na dan 19.01.2021.)