

OSNOVI CLOUD TEHNOLOGIJE SA PRIMERIMA PRIMENE**CLOUD TECHNOLOGY PRINCIPLES AND EXAMPLES**Daniela Kotur, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu prezentovana je osnovna ideja cloud computing tehnologije, ključne karakteristike, modeli, kao i problem sigurnosti. Od mnogobrojnih rješenja koja cloud nudi izdvaja se disaster recovery funkcionalnost koja je detaljno objašnjena. U okviru rada, predstavljena je i realizacija i izvršeno testiranje i analiza date funkcionalnosti.

Ključne reči: Cloud, virtualizacija, virtualni data center, modeli, sigurnost, DR funkcionalnost

Abstract – This paper describes the basic idea of the cloud computing technology, its key features, models, and security problem. From the number of solutions of this technology, disaster recovery functionality is described as the most significant. Within the paper is also the realization, testing and analysis of the DR functionality.

Keywords: Cloud, virtualization, virtual data center, models, security, DR functionality

1. UVOD

Sa ubrzanim razvojem tehnika za obradu i memorisanje informacija, kao i razvojem Interneta, računarski resursi postaju sve snažniji, dostupniji i jeftiniji više nego ikada. Trend razvoja informacionih i komunikacionih tehnologija (ICT) omogućio je uvođenje i realizaciju novog okruženja koje se naziva *Cloud computing*.

Cloud computing tehnologija omogućava organizacijama da rade u opsegu i koriste agilne sisteme koji im daju konkurentnu prednost. Međutim, od velikog značaja je da organizacije imaju potpuno povjerenje u sigurnost *cloud* tehnologije i da svi podaci, sistemi i aplikacije budu zaštićeni od krađe podataka, korupcije i brisanja.

Postojanje sistema i procedura za oporavak IT procesa i poslovanja postala je neizostavna funkcija IT sistema. Razvojem virtuelnih tehnologija, kao i *disaster recovery* funkcionalnosti, IT rješenja danas postaju lako primjenljiva i finansijski pristupačna.

Cilj ovog rada jeste da se kroz realizaciju i testiranje *disaster recovery* funkcionalnosti koje predstavlja jedno od *cloud* rješenja ukaže na važnost bezbjednosti u *cloud-u*, ali i drugim komunikaciono-informacionim tehnologijama.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Željens Trpovski, vanr. prof.

2. O CLOUD-U

Cloud predstavlja skup hardvera, mreža, memorija i interfejsa koji zajedno pružaju uslugu korisniku, upravljaju resursima i definišu životni ciklus aplikacije. Zadatak *cloud* tehnologije jeste da korisniku u svakom trenutku, uz prisustvo Internet mreže, dostavi zahtjevane podatke bez potrebe da korisnik pozna fizičku lokaciju sistema sa koje mu se pruža servis. Dakle, omogućava isporuku IT resursa i servisa na daljinu putem Interneta, telefonske ili privatne mreže.

U skladu sa NIST definicijom [1], postoje tri različita područja koja definišu *cloud computing* tehnologiju:

- ključne karakteristike,
- modeli pružanja usluga i
- modeli implementacije.

2.1. Ključne karakteristike

Postoji pet ključnih karakteristika koje pokazuju odnos i razlike *cloud computing* sistema u odnosu na tradicionalni pristup u računarstvu:

- Pružanje usluga na zahtjev korisnika (engl. *On-demand self-service*) - korisnik može samostalno odabrati i pokrenuti računarske resurse, kao i birati vrijeme opsluživanja i mrežni prostor za čuvanje podataka bez potrebe za interakcijom sa elementima pojedinog davaoca usluge.
- Širok mrežni pristup (engl. *Broad network access*) - dostupne su usluge putem mreže kojima se pristupa korištenjem standardnih mehanizama.
- Alokacija resursa (engl. *Resource pooling*) - korisnik nema kontrolu i znanje o tačnom mjestu upotrebljenih resursa, ali ga može odrediti na većem nivou apstrakcije.
- Brza elastičnost (engl. *Rapid elasticity*) - *Cloud computing* nudi korisnicima usluge koje mogu biti brzo i elastično pokrenute kako bi se ostvarilo proporcionalno povećanje ili smanjenje resursa kada oni više nisu potrebni.
- Mjerljiva usluga (engl. *Measured service*) - *Cloud* sistemi automatski kontrolišu i optimizuju upotrebu resursa u zavisnosti od potrebe korisnika i tipa usluge koja se traži. Ove usluge su mjerljive i njihovo korišćenje je transparentno, kako za provajdera, tako i za klijente, što je veoma važno sa finansijskog aspekta.

2.2. Modeli pružanja usluga

Cloud computing koristi model pružanja usluga poznat kao SPI (eng. *Software Platform Infrastructure*) i označava tri grupe servisa, a to su:

- a) Softver kao servis – SaaS (engl. *Software as a Service*) - odnosi se na softverske usluge u *cloud-u*. Sastoji se u tome da korisnik iznajmljuje softver od proizvođača koji se nalazi u *data* centru i pruža pristup sistemu preko Interneta na bazi pretplate. Korisnik može da pristupi servisu sa bilo koje uređaja.
- b) Platforma kao servis – PaaS (engl. *Platform as a Service*) - predstavlja kompletno okruženje za razvoj i implementaciju u *cloud-u* sa resursima koji omogućavaju isporučivanje aplikacija, od onih jednostavnih na *cloud-u* do onih sofisticiranih poslovnih. Potrebni resursi se kupuju od provajdera usluga po principu *pay-as-you-go*, a pristup se vrši preko bezbjedne internet veze [2].
- c) Infrastruktura kao servis – IaaS (engl. *Infrastructure as a Service*) - predstavlja koncept u kome se vrši isporučivanje virtuelnih resursa preko interneta, uključujući procesorsku snagu, prostor na disku i memoriju pružajući sigurnost i skalabilnost koju garantuje provajder usluge. Kod ovog modela, korisnik plaća usluge koje koristi po principu *pay-per-use*, a tarifiranje se obavlja iznajmljivanjem po satima korišćenja ili na mjesečnoj bazi.

2.3. Modeli implementacije

U zavisnosti od tipa vlasništva i upravljanja nad IT infrastrukturom *cloud computing-a* razlikujemo sljedeće razvojne modele:

- a) javni oblak (engl. *public cloud*) – predstavlja model kod koga provajderi usluga pružaju svoje resurse kao javno dostupne. Ovakav model prepušten je kompaniji koja nudi *cloud computing* usluge, a usluge su dostupne korisnicima preko zajedničke infrastrukture.
- b) privatni oblak (engl. *private cloud*) - formira se za korišćenje samo jednog korisnika, obezbjeđujući maksimalnu kontrolu nad podacima, bezbjednost, pouzdanost i kvalitet usluga. Može da ga izgradi sama kompanija koja ga koristi ili neki spoljni provajder.
- c) hibridni oblak (engl. *hybrid cloud*) - kombinuje dva ili više različitih oblaka (privatni, zajednički ili javni) tehnologijom koja omogućava razmjenu podataka i aplikacija između njih.
- d) zajednički oblak (engl. *community cloud*) - predstavlja model u kojem nekoliko organizacija dijeli strukturu oblaka. Upravljanje *cloud-om* može vršiti organizacija ili neko treće lice (provajder usluga).

3. SIGURNOSNI PROBLEMI I RIZICI

Glavni problem *cloud computing* tehnologije predstavlja problem sigurnosti i bezbjednosti. Prilikom iznajmljivanja usluga, svaki korisnik očekuje od strane provajdera usluga u *cloud-u* sveukupnu bezbjednost koja uključuje ponudu više različitih rješenja, kao i korišćenje adekvatnih algoritama za enkripciju i kontrolu. Očekuje se da se obezbijedi povjerljivost, integritet i dostupnost podataka.

Cloud, prema [3], u pogledu sigurnosti nudi brojne prednosti u koje se ubrajaju:

- Centralizovana sigurnost
- Smanjeni troškovi
- Smanjena administracija

- Pouzdanost

Takođe, provajderi usluga nude i *Security as a Service* (SECaaS) uslugu koja upravlja sigurnošću podataka korisnika. Ova usluga predstavlja poslovni model u kojem provajder integriše svoje usluge bezbjednosti u korporativnu infrastrukturu na osnovu pretplate.

Pod SECaaS uslugom podrazumijevaju se usluge kao što su upravljanje identitetom i pristupom, zaštita od gubitaka podataka, *web* sigurnost, *e-mail* sigurnost, procjena bezbjednosti, zaštita od upada, enkripcija, kontinuitet poslovanja i *disaster recovery*, kao i bezbjednost informacija i upravljanje događajima.

4. DISASTER RECOVERY FUNKCIONALNOST

U složenom okruženju kao što je *cloud* moguća je pojava grešaka, kao i otkaz opreme, kako zbog ljudskog faktora, tako i zbog sistemskih otkaza i prirodnih činilaca. Iz tog razloga, uspostavljaju se mehanizmi za oporavak od katastrofe (engl. *Disaster Recovery* - DR) koji se odnose na skup politika, alata i procedura koji omogućavaju brz oporavak *cloud* sistema i infrastrukture, a sve sa ciljem da se obezbijedi kontinuitet poslovanja i obavljanja poslovnih aktivnosti. DR predstavlja jedan od najvažnijih, ali i najzahtjevnijih poslova u oblasti informacionih tehnologija.

Ova tehnologija omogućava visok stepen automatizacije u procesu migriranja servisa i virtuelnih mašina sa primarne na rezervnu lokaciju, kao i povratak servisa na primarnu lokaciju [4]. Koristi se virtuelizacija radi pojednostavljenja planiranja i testiranja postupaka za nastavak poslovanja u slučaju katastrofe. Virtuelizacijom se cijeli server, uključujući operativni sistem, aplikacije i podatke, kapsulira u jedan softverski paket ili virtuelni server koji se zatim kopira ili pravi rezervna kopija u rezervni *data* centar i upisuje u virtuelnu mašinu za nekoliko minuta [5].

Proces prenosa i sinhronizacije podataka između više računarskih *data* centara ili sajtova na *cloud-u* naziva se replikacija. Replikacija se vrši automatizovano i u pozadini i transparentna je za korisnike *cloud* sistema.

U svakom *cloud* okruženju postoje dvije vrste replikacije:

- a) sinhrona
- b) asinhrona

U slučaju sinhronne replikacije, upisivanje novih podataka vrši se simultano na dvije lokacije kako bi se obezbijedila sinhronizacija podataka na udaljenom sajtu sa podacima na glavnom sajtu u realnom vremenu.

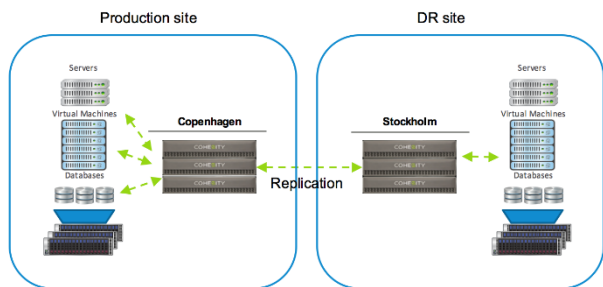
S druge strane, kod asinhronne replikacije, novi podaci upisuju se prvo na primarni sajt, da bi zatim izvršili replikaciju na sekundarni, ali po unaprijed definisanom rasporedu ili u vremenskom periodu kada je opterećenje *cloud* sistema manje.

Način na koji se vrši replikacija prikazan je na slici 1.

4.1. Realizacija funkcionalnosti

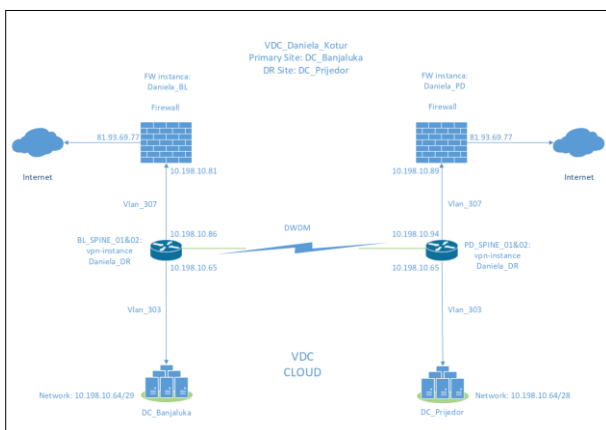
Prvi korak ka realizaciji *Disaster Recovery* funkcionalnosti jeste pravljenje logičke šeme povezivanja uređaja i dodjeljivanja mrežnih adresa, odnosno izrada šeme VDC-a (engl. *Virtual Data Center*). Realizacija ove funkcional-

nosti vršila se u zgradi Mtel-a, telekom operatera u Bosni i Hercegovini.



Slika 1. Replikacija između produkcionog i DR sajta (primarne i rezervne lokacije) [6]

Oprema se nalazi u dva data centra, jednom u Banjaluci, drugom u Prijedoru. DC_Banjaluka predstavlja primarni sajt, dok se DC_Prijedor odnosi na DR sajt. Oba centra rade nezavisno jedan od drugog, ali mogu, po potrebi, da obezbijede backup za određene klase servisa ili određene grupe uređaja. Ova dva centra, kao i cjelokupna logička šema prikazana su na slici 2.



Slika 2. Logička šema realizacije VDC-a

Za potrebe ovog rada, korisniku je od strane administratora dodjeljeno četiri virtualna procesora, 16GB radne memorije, 100GB prostora na storage-u, kao i četiri virtualne mašine. Ista kvota definiše se za obe zone. Za pravilno odvijanje saobraćaja neophodno je kreirati eksternu mrežu pri čemu svaka mreža koja se fizički kreira postaje virtualna. Na osnovu kreiranog IP plana, VDC-u se dodjeljuje virtualna mreža pod nazivom VLAN_303.

Korisnik sam na svom nalogu kreira onoliko broj virtualnih mašina (engl. *virtual machines* – VMs) koliko mu je neophodno. U ovom radu, kreirane su po dvije virtualne mašine u svakom data centru, jedna sa Windows, a druga sa Linux operativnim sistemom. Virtualne mašine u drugoj zoni, odnosno u Prijedoru, kreiraju se tek kad se aplicira za DR, odnosno pošalje zahtjev, nakon čega se pojavljuju mašine koje automatski dobijaju sufiks *_dr* pored imena. Takođe, podešeno je da se radi backup virtualnih mašina svaki dan 7 dana, nakon čega će kopije biti izbrisane. Moguće je podesiti i trajno čuvanje kopija, ali postoji opasnost od zagašenja, odnosno popunjavanja memorije za skladištenje.

4.1.1. Aplikacija eReplication

Konfiguracioni proces DR-a obavlja se u eReplication korisničkom interfejsu i sastoji se od sljedećih modula:

- a) DR resurs (engl. *DR Resource*)
- b) Zaštita (engl. *Protection*)
- c) Oporavak (engl. *Recovery*)

Pod modulom *DR Resource* podrazumijeva se kreiranje sajta na osnovu DR režima i dodaju se resursi povezani sa zaštićenim objektom. U ovom radu, organizacija Mtel predstavlja sajt koji je prethodno bio definisan.

U modulu *Protection* kreira se kolekcija zaštićenih grupa specifičnih za tip aplikacije, a obavlja se preko *FusionSphere-a*, koji ima funkciju supervizora prilikom izvršavanja replikacije. Kolekciju zaštićenih grupa čine mašine koje rade sinhrono i asinhrono.

Posljednji modul konfiguracionog DR procesa predstavlja *Recovery* modul, u okviru kojeg se mogu odabrati sljedeće opcije:

- a) planirana migracija (engl. *Planned Migration*)
- b) prinudni oporavak (engl. *Fault Recovery*)
- a) ponovna zaštita (engl. *Reprotection*)

Izborom opcije planirane migracije izvršiće se replikacija virtualnih mašina smještene na primarnom sajtu na virtualne mašine smještene na DR sajtu, uz minimalan rizik od gubitka podataka. U tom slučaju, virtualne mašine na primarnom sajtu postaju backup za one na DR sajtu. Ukoliko dođe do greške tokom izvršavanja, migracija može da se zaustavi i otkloni greška.

Pod *fault recovery* podrazumijeva se da je došlo do neplanirane migracije, odnosno do pada sistema u jednom data centru zbog čega se vrši replikacija na virtualne mašine u drugom data centru, ali ne i backup s obzirom da mašine za backup nisu u funkciji. Migracija na ovaj način se ne će zaustaviti ako se u toku rada dese bilo kakve greške.

Reprotection se mora izvršiti nakon svake planirane migracije ili prinudnog oporavka radi sinhronizacije u obrnutom smjeru.

4.2. Testiranje funkcionalnosti

Zadatak ovog rada jeste da se testira *Recovery* modul, odnosno da prilikom planiranog ili prinudnog pada sistema na jednoj lokaciji dođe do automatskog pokretanja sistema na drugoj lokaciji i izvršavanja replikacije virtualnih mašina.

Početno stanje sistema prikazano je na slici 3.

Name	Status	IP	Specification	Availability Zone	Tag	Function	User
Daniëla_Windows_2	Running	10.198.10.69	CPU: 1CPUs Memory: 2GB	5500V3_BL		Production Cloud Host	zoran_ors
Daniëla_CentOS_2	Running	10.198.10.68	CPU: 1CPUs Memory: 1GB	5500V3_BL		Production Cloud Host	zoran_ors
Daniëla_Windows_dr	Running	10.198.10.67	CPU: 1CPUs Memory: 2GB	5500V3_PD		DR Cloud Host	Daniëla
Daniëla_CentOS_dr	Running	10.198.10.66	CPU: 1CPUs Memory: 1GB	5500V3_PD		DR Cloud Host	Daniëla

Name	Status	IP	Specification	Availability Zone	Tag	Function	User
Daniëla_Windows_2_dr	Stopped	10.198.10.69	CPU: 1CPUs Memory: 2GB	5500V3_PD		DR Cloud Host	Daniëla
Daniëla_CentOS_2_dr	Stopped	10.198.10.68	CPU: 1CPUs Memory: 1GB	5500V3_PD		DR Cloud Host	Daniëla
Daniëla_Windows_dr	Stopped	10.198.10.67	CPU: 1CPUs Memory: 2GB	5500V3_PD		DR Cloud Host	Daniëla
Daniëla_CentOS_dr	Stopped	10.198.10.66	CPU: 1CPUs Memory: 1GB	5500V3_PD		DR Cloud Host	Daniëla

Slika 3. Početno stanje virtualnih mašina u dvije zone

Virtualne mašine u Banjaluci (primarni sajt) imaju ulogu produkcije i one su aktivne, dok su virtualne mašine u Prijedoru neaktivne i imaju ulogu DR mašina. Svaka od njih posjeduje svoj status, svoju IP adresu, kao i

specifikaciju. Korisnik je virtualne mašine koje vrše asinhronu replikaciju označio sa brojem 2, radi lakšeg snalaženja.

Prilikom testiranja izvršena je prvo planirana migracija virtualnih mašina koje rade sinhrono u već navedenom *Recovery* modulu, nakon čega se dešava sljedeće: produkcione mašine u Banjaluci se gase, postaju neaktivne, dok se na drugoj lokaciji automatski pale, odnosno postaju aktivne, što se može vidjeti na slici 4. Kao što je već navedeno, mašine u Banjaluci koje rade sinhrono preuzimaju DR ulogu, i postaju *backup* za mašine na drugoj lokaciji - u Prijedoru. Nakon toga, obavezno se bira opcija *Reprotection* radi sinhronizacije.

Na isti način izvršeno je testiranje virtualnih mašina koje rade na asinhron način.

Name	Status	IP	Specification	Availability Zone	Tag	Function	User
Daniela_Windows_2	Running	10.198.10.69	CPU: 1CPUs Memory: 2GB	5500V3_BL		Production Cloud Host	zoran_org
Daniela_CentOS_2	Running	10.198.10.68	CPU: 1CPUs Memory: 1GB	5500V3_BL		Production Cloud Host	zoran_org
Daniela_Windows	Stopped	10.198.10.67	CPU: 1CPUs Memory: 2GB	5500V3_BL		DR Cloud Host	Daniela
Daniela_CentOS	Stopped	10.198.10.66	CPU: 1CPUs Memory: 1GB	5500V3_BL		DR Cloud Host	Daniela

Name	Status	IP	Specification	Availability Zone	Tag	Function	User
Daniela_Windows_2_dr	Stopped	10.198.10.69	CPU: 1CPUs Memory: 2GB	5500V3_PD		DR Cloud Host	Daniela
Daniela_CentOS_2_dr	Stopped	10.198.10.68	CPU: 1CPUs Memory: 1GB	5500V3_PD		DR Cloud Host	Daniela
Daniela_Windows_dr	Running	10.198.10.67	CPU: 1CPUs Memory: 2GB	5500V3_PD		Production Cloud Host	Daniela
Daniela_CentOS_dr	Running	10.198.10.66	CPU: 1CPUs Memory: 1GB	5500V3_PD		Production Cloud Host	Daniela

Slika 4. Planirana migracija virtualnih mašina koje rade sinhrono

Za posljednji slučaj testiranja *Recovery* modula, uzet je *fault recovery* koji je već prethodno objašnjen. Stanje sistema vraćeno je na prvobitno kada su sve virtualne mašine u glavnoj, produkcionalnoj zoni aktivne, a u drugoj, DR neaktivne. Testiranjem ovog slučaja (slika 5), dolazi do gašenja svih mašina (sinhronih i asinhronih) u glavnoj zoni, a automatskog paljenja u DR zoni.

Name	Status	IP	Specification	Availability Zone	Tag	Function	User
Daniela_Windows_2	Stopped	10.198.10.69	CPU: 1CPUs Memory: 2GB	5500V3_BL		Production Cloud Host	zoran_org
Daniela_CentOS_2	Stopped	10.198.10.68	CPU: 1CPUs Memory: 1GB	5500V3_BL		Production Cloud Host	zoran_org
Daniela_Windows	Stopped	10.198.10.67	CPU: 1CPUs Memory: 2GB	5500V3_BL		Production Cloud Host	Daniela
Daniela_CentOS	Stopped	10.198.10.66	CPU: 1CPUs Memory: 1GB	5500V3_BL		Production Cloud Host	Daniela

Name	Status	IP	Specification	Availability Zone	Tag	Function	User
Daniela_Windows_2_dr	Running	10.198.10.69	CPU: 1CPUs Memory: 2GB	5500V3_PD		Production Cloud Host	Daniela
Daniela_CentOS_2_dr	Running	10.198.10.68	CPU: 1CPUs Memory: 1GB	5500V3_PD		Production Cloud Host	Daniela
Daniela_Windows_dr	Running	10.198.10.67	CPU: 1CPUs Memory: 2GB	5500V3_PD		Production Cloud Host	Daniela
Daniela_CentOS_dr	Running	10.198.10.66	CPU: 1CPUs Memory: 1GB	5500V3_PD		Production Cloud Host	Daniela

Slika 5. Prinudni oporavak virtualnih mašina

Ovaj slučaj razlikuje se od prethodnih iz razloga što ne postoji *backup* za mašine koje trenutno rade, odnosno nijedna virtualna mašina ne preuzima DR ulogu, što se može detaljnije vidjeti na slici. Kao i nakon svake uspješno obavljene migracije, vrši se *Reprotection*.

5. ZAKLJUČAK

Cloud computing tehnologija predstavlja nov koncept u računarstvu koji se intenzivno razvija još od 2006. godine. Danas je moguće koristiti ovu tehnologiju na način na koji se koriste komunalne usluge – računarski resursi se plaćaju prema potrošnji.

DR usluga u *cloud-u* daje mogućnost potpune verifikacije i testiranja rješenja za oporavak, kao i dodatnu mogućnost provjere na zahtjev. Naplaćivanje se vrši prema obimu angažovanih resursa, pa rješenje postaje ekonomična usluga, potpuno usklađena sa stvarnim potrebama korisnika. Potpuna nezavisnost od hardvera daje mogućnost oporavka servisa na drugoj infrastrukturi, čak i u slučaju uništenja infrastrukture korisnika. Na ovaj način obezbjeđuje se kontinuitet poslovanja svake kompanije.

U ovom radu izvršeno je testiranje DR funkcionalnosti koje može poslužiti kao dokaz da rješenje sa sigurnošću funkcioniše i da takav način predstavlja najisplativiji, ali i najbezbedniji način korištenja informacione i komunikacione tehnologije. Takođe, predstavljena je i *cloud computing* tehnologija koja se rapidno razvija posljednjih nekoliko godina i koja donosi sa sobom velike promjene u organizaciji informaciono-komunikacionog sistema.

6. LITERATURA

- [1] Peter Mell, Timothy Grance, „The NIST Definition of Cloud Computing”, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, 2011.
- [2] <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-cloud-computing/>, pristupljeno u avgustu 2019.
- [3] <https://www.forcepoint.com/cyber-edu/cloud-security> pristupljeno u septembru 2019.
- [4] <https://coming.rs/kontinuitet-poslovanja/oporavak-u-slucaju-katastrofe/>, pristupljeno u septembru 2019.
- [5] <https://www.otava.com/reference/the-benefits-of-disaster-recovery-in-cloud-computing/>, pristupljeno u septembru 2019.
- [6] <http://www.vfrank.org/2017/02/08/disaster-recovery-and-site-redundancy-with-cohesity/>, pristupljeno u septembru 2019.

Kratka biografija:



Daniela Kotur rođena je u Prijedoru 1995. god. Osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka završila je 2018. god. Master studije iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacioni sistemi upisala je školske 2018/2019, a master rad odbranila 2019. god.



Željko Trpovski rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.