

VISOKA DOSTUPNOST INFORMACIONOG SISTEMA HIGH AVAILABILITY OF THE INFORMATION SYSTEM

Nikola Dukić

REZIME: Spajanje poslovanja sa Internetom u velikoj meri je promenio način funkcionisanja firmi. To je izazvalo nova očekivanja od strane poslovnih procesa: bolja povezanost, više fleksibilnosti i, najvažnije, veća raspoloživost podataka. Osnovni zahtevi nad bazom podataka su sigurnost podataka i obezbeđivanje visoke dostupnosti u slučaju greške. Da bi se obezbedila visoka dostupnost podataka neophodno je obezbediti visoku dostupnost celog sistema. Sistem visoke dostupnosti predstavlja informacioni sistem gde su informacije gotovo uvek spremne i dostupne na korišćenje.

U radu su prikazane tehnologije za postizanje sistema visoke dostupnosti informacionog sistema, Oracle i SQL Server baza kao jedne od najkorišćenijih baza danas. U sklopu ovog rada, prikazani su primeri neplaniranih otkaza i automatizacija procesa prebacivanja rola baza.

KLJUČNE REČI: visoka dostupnost, baze podataka, informacioni sistem

ABSTRACT: It is the connection of business to the Internet that has greatly changed the way companies work. It has lead to new expectations of business processes such as better connection, higher flexibility, and, most importantly high availability. Basic demands on the data base are data security and high availability in the case of any downtime. In order to provide high availability it is necessary to provide high availability of the entire system. High availability represents information system where all the information are mostly ready and available to use.

Oracle and SQL Server bases are represented as for achieving a system of high availability of the information system and are one of the most widely used data bases today. Within this work also, examples of unplanned notices, along with automatization of base role transfer process, are represented.

KEY WORDS: high availability, database, information system

UVOD

Današnja poslovanja u najvećoj meri zavise od baza podataka. Zamislite da u jednom trenutku aplikacije i podaci postanu nedostupni, celo poslovanje može da zastane. Prihodi i kupci mogu biti izgubljeni i može doći do plaćanja penala. Konačno, konstantna dostupnost podataka je od suštinske važnosti za današnje poslovanje.

Ljudi očekuju potpunu funkcionalnost na web sajtovima koje posećuju, bez obzira na vreme u koje to čine. Veb se proteže širom sveta. Može biti i 2 sata ujutro u Njujorku, ali je to pravo vreme za biznis negde u svetu. Zato i elektronsko poslovanje mora biti sposobno za rad 24 sata dnevno [1]. Ako kupac u 2 sata ujutro želi da napravi posao, morate i vi biti sposobni za to inače ćete izgubiti tog kupca i posao vezan za njega. Studije pokazuju da ako kupac na Internetu ne dobija zadovoljavajući nivo usluge koju želi u roku od nekoliko sekundi, potražiće prodavca negde drugde [1]. I ako je zadovoljan konkurencijom, šanse su velike da se nikada neće vratiti kod vas. Zbog toga, ako je vaš sajt za e-poslovanje trenutno nedostupan, čak i kratak period vremena, to će rezultirati ne samo stotinama ili hiljadama izgubljenih poseta sajtu, već i gubitkom posla. Pod dostupnošću se smatra da servis mora biti u svakom trenutku operativan i u stanju da obrađuje zahteve klijenata [2]. Praktično svaka poslovna organizacija razume da uspešno poslovanje zavisi od kontinuirane dostupnosti svojih aplikacija [3]. Podatak je jedan od najkritičnijih poslovnih sredstava bilo koje organizacije. Ako ovi podaci nisu dostupni, kompanije mogu da izgube milione dolara zbog nedostupnosti nastale usled različitih uslova kao i u negativnom publicitetu.

VISOKA DOSTUPNOST

Visoka dostupnost (*eng. High Availability, HA*) može da se definiše kao sposobnost sistema da funkcioniše pod svim

okolnostima, posle kvara jednog ili više servera [4]. Osnovna ideja iza visoke dostupnosti je da se ne dozvoli prekid u funkcionisanju sistema kada se pojave hardverski ili softverski problemi. Visoka dostupnost se izražava kroz procenite [5].

Statistički dostupnost se može kvantifikovati kao [6]:

$$A = \text{MTTF} / (\text{MTTF} + \text{MTTR})$$

MTTF (*eng. Mean Time to Failure*) je prosečno vreme za koje sistem radi (bez otkaza) nakon konfigurisanja ili popravke. MTTR (*eng. Mean Time to Repair*) je prosečno vreme za popravku (ili oporavak) sistema od otkaza.

Dostupnost je prikazana u sledećoj tabeli.

Tip	Dostupnost u procentima	Nedostupnost (min/godina)
Well-managed	99.9%	526
Fault-tolerant	99.99%	53
High-availability	99.999%	5
Very-high-availability	99.9999%	0.5
Ultra-availability	99.99999%	0.05

Tabela 1. Visoka dostupnost izražena u procentima [6, 7, 8, 9]

PLANIRANI I NEPLANIRANI OTKAZI

Jedan od posebnih izazova u projektovanju visoke dostupnosti informacionog sistema je pretpostaviti sve moguće otkaze. Otkazi mogu biti klasifikovani u dve glavne kategorije – planirani i neplanirani. IT organizacije moraju da uzmu u obzir potencijalne slučajeve planiranih i neplaniranih otkaza dok dizajniraju nultu toleranciju i elastičnost informacionog sistema.

Planirani otkazi

Planirani otkazi su uslovljeni redovnim aktivnostima održavanja (sistemska nadogradnja, hardverska nadogradnja, pro-

cedura oporavka nakon katastrofe..), što predstavlja deo po-drazumevanih operacija bilo kog datacentra.

Pristupi koji se koriste u cilju smanjenja planiranih otkaza su:

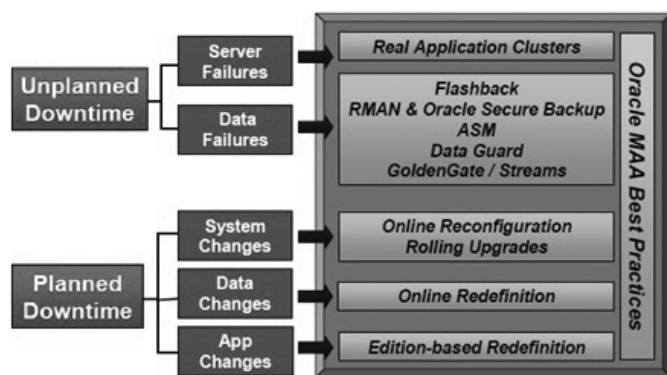
- Omogućavanje backup-a, održavanja i nadogradnja bez gašenja sistema „Hot“.
- Smanjivanje vremena za obavljanje zadataka koji mogu biti izvršeni samo kada je sistem ugašen

Neplanirani otkazi

Neplanirani otkazi predstavljaju vreme kada sistem ne radi zbog kvara određenih komponenti, ljudskih grešaka ili prirodnih katastrofa. Takvi otkazi mogu biti retki ali je veličina njihovih negativnih posledica velika što dovodi do povećanja troškova zastoja. U nastavku su opisana rešenja visoke dostupnosti koja detektuju ovakve vrste kvarova i automatski oporavljaju sistem od prekida rada.

ORACLE VISOKA DOSTUPNOST

Oracle Database 11g ima integrisani set mogućnosti visoke dostupnosti koji pomaže organizaciji da minimizira bilo koju vrstu otkaza koja može imati loše posledice za poslovanje [10].



Slika 1. Oracle Visoka Dostupnost [10]

U cilju obezbeđenja visoke dostupnosti, slika 1, prikazan je veliki broj opcija koje omogućavaju u slučajevima planiranih i neplaniranih otkaza nastavak rada i nesmetano korišćenje resursa. U nastavku su opisane neke od njih:

- RAC *Real Application Clusters* omogućava da više servera pristupa jednoj Oracle bazi u klasterovanom okruženju [11]. Prednosti ovakvog pristupa su skalabilnost i visoka dostupnost.
- *Recovery Manager (RMAN)* omogućava *backup*, *restore* i *recovery* Oracle baze [12]. *Backup* može biti urađen *online*, bez gašenja baze i pravljenja zastoja u poslovanju. *Fast Recovery Area* predstavlja jedinstvenu lokaciju na disku za sve fajlove neophodne za vraćanje i oporavak baze
- Kao zaštitu od *site* ili *storage* otkaza koji mogu biti uzrokovani lokalnim ili regionalnim katastrofama kao što su požari, zemljotresi, postoji *Data Guard* [13]. *Data Guard* čuva *standby* bazu sinhronizovanu sa primarnom bazom, gde čak i u nepredviđenim slučajevima otkaza primarne baze procesi se veoma lako mogu prebaciti na *standby* bazu. *Data Guard* se može konfigurirati tako da ni jedan podatak ne bude izgubljen u procesima prebacivanja.

Standby baza može biti korišćena za izveštavanje, *backup* i testiranje kvaliteta. *Data Guard* je opisan detaljnije u nastavku.

Oracle Data Guard

Konfiguracija *Data Guard*-a uključuje produkciju bazu, primarnu bazu, i do 30 direktno povezanih – konektovanih *standby* baza. Primarna i *standby* baza konektovane su preko *tcp/ip* koristeći *Oracle Net Service*. *Standby* baza je inicijalno kreirana od bekapa primarne baze. *Data Guard* automatski sinhronizuje primarnu bazu i sve ostale *standby* baze putem prenosa *redo* fajlova primarne baze.

Data Guard servis prenosa simultano transmituje iste *redo* logove direktno iz log bafera primarne baze ka *standby* bazama gde će biti zapisan *standby redo log* fajl.

Data Guard ima dve mogućnosti servisa prenosa: sinhroni i asinhroni.

Sinhroni prenos zahteva da primarna baza sačeka potvrdu upisa *redo log* fajla na disk (eng. *standby redo log file*) *standby* baze. Sinhroni transport garantuje *zero data lost*, bez izgubljenog podatka u slučaju pada neplaniranog otkaza primarne baze.

Ne postoji fizičko ograničenje kada je u pitanju daljina između primarnog i *standby* sajta, postoji praktično ograničenje daljine koje može biti podržano.

Asinhroni prenos ne zahteva potvrdu *standby* baze. Ova prednost u vidu performansi ima I manu, tj, mogućnost gubljenja podataka zato što ne garantuje u svakom trenutku prijema *redo* logova.

Mogućnost konfiguracije više *standby* baza pruža više benefita:

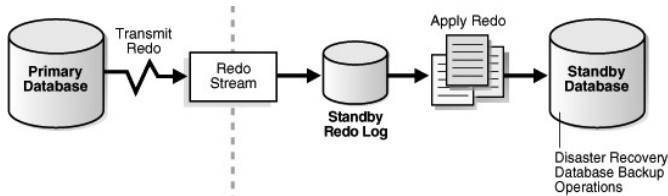
- Neposredna blizina lokalnog *standby*-a omogućuje (eng. *zero data lost failover*) sa minimalnim uticajem na performance baze. *Data Guard Fast-Start Failover* može biti korišćen kao automatski *failover* ka lokalnom *standby*-u bez manualne intervencije administratora.
- Veća dostupnost.
- Jednostavnost operacija sa nastavkom zaštite podataka. *Failover* ka lokalnoj *standby* bazi, udaljena baza automatski prepoznaje stanje i počinje prijem *redo* logova sa nove primarne baze.

Sve veći broj kompanija zahteva veću sigurnost i potrebu za više *standby* baza. Jedan primer je primarna baza koja transmituje sinhroni prenos ka lokalnoj *standby* bazi radi visoke dostupnosti. Lokalna *standby* baza prosleđuje *redo* logove ka drugoj *standby* bazi lociranoj na udaljenoj lokaciji radi DR (*disaster recovery*) – oporavka u slučaju katastrofe.

Data Guard servis prenosa upravlja svim aspektima prenosa *redo* logova od primarne do ostalih *standby* baza. Obezbeđuje upravljanje, monitoring i automatizaciju softverske infrastrukture da kreira i održava jednu ili više *standby* baza kako bi zaštitili podatke od otkaza, katastrofa ili grešaka [16]. U momentima planiranog ili neplaniranog odsustva primarne strane, *Data Guard* osigurava brzu promenu *standby* baze bez gubitka podataka, klijentske konekcije se automatski preusmeravaju i nova primarna baza počinje sa opsluživanjem podataka.

Data Guard konfiguracija je prikazana na slici 2.

Data Guard konfiguracija

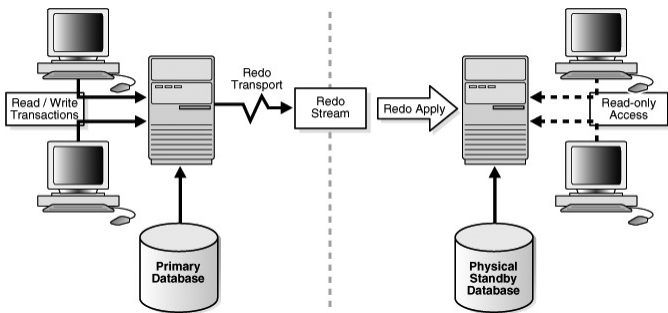


Slika 2. Data Guard konfiguracija [17]

Data Guard upravlja prenosom redo podataka na sledeći način:

- Redo Transport Services kontroliše i upravlja automatizovanim prenosom redo podataka od produkcione baze do jedne ili više destinacija (standby baza).
- Apply Services potvrđuje redo podatke na standby bazi kako bi se obezbedio sinhroni prenos sa primarnom bazom. Prenos može biti potvrđen nakon arhiviranja redo logova, ili, ako je uključena opcija (eng. real-time) - u realnom vremenu, odmah nakon prijema redo logova ne zahtevajući da podaci budu prvo arhivirani na standby bazi.
- Role Transitions menja rolu baze sa standby na primarnu, ili obratno, što se postiže pomoću operacija switchover ili failover.

Proces automatizacije standby baze je prikazan na slici 3.



Slika 3. Update standby baze [10]

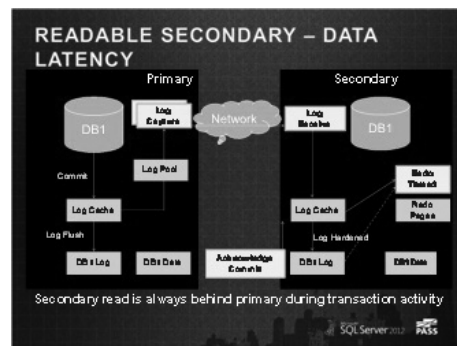
MICROSOFT AlwaysOn VISOKA DOSTUPNOST

AlwaysOn je rešenje visoke dostupnosti i oporavka od katastrofe. Rešenje obezbeđuje redundatnost podataka i hardvera unutar i između datacentara, povećava dostupnost mission-critical aplikacija [18]. AlwaysOn omogućuje fleksibilnost prilikom konfiguracije i dozvoljava ponovno korišćenje postojećeg hardvera. AlwaysOn koristi dve glavne funkcije za konfigurisanje dostupnosti na nivou baze i instance, i to su:

- AlwaysOn Availability Groups, poboljšava mogućnost repliciranja baza, obezbeđuje dostupnost aplikacija baza podataka, bez deljenog diska za vreme prenosa podataka zasnovanim na logovima omogućuje zero data loss (bez izgubljenog podatka). Availability groups pruža integrisani set opcija, uključujući i automatski i manualni failover baza, podršku za 4 sekundarne baze i brzi failover aplikacija.
- AlwaysOn Failover Cluster Instances (FCIs), brži failover instanci je jedan od ključnih benefita koji omogućava brži oporavak aplikacija.

Dostupnost baza

AlwaysOn rešenje sadrži set mogućnosti čija je uloga zaštita baze podataka. Always-On Availability grupe predstavljaju disaster-recovery koncept, set baza podataka grupisanih u failover grupaciju. Jednom setu read-write primarnih baza iz Availability grupe pridružen je veći broj odgovarajućih sekundarnih baza koje opciono mogu biti read-only baze [20]. Klijentske aplikacije mogu da se povežu sa bazama koje su u availability grupama kroz WSFC virtualno mrežno ime, poznato kao availability group listener. AlwaysOn Availability grupe se oslanjaju na Windows Server Failover Clustering (WSFC) za praćenje stanja, koordinaciju failover i server connectivity-a.



Slika 4. Arhitektura AlwaysOn konfiguracija

Availability Replicas and Roles

Svaka instanca SQL servera u availability grupi sadrži jednu dostupnu repliku koja sadrži kopiju baze podataka. Instanca SQL Server-a može da sadrži samo jednu dostupnu repliku iz date grupe, više grupa se mogu nalaziti na jednoj instanci [20]. Jedna od dostupnih replika ima ulogu role primarne baze. Označena je kao glavna kopija svih baza u grupi i dozvoljene su operacije čitanja i pisanja. Jedna availability grupa može da sadrži od jedne do četiri dostupne replike gde svaka ima ulogu standby baze.

Availability Replica Synchronization

Transfer podataka sa primarne na sekundarnu bazu može da koristi sinhroni ili asinhroni način prenosa.

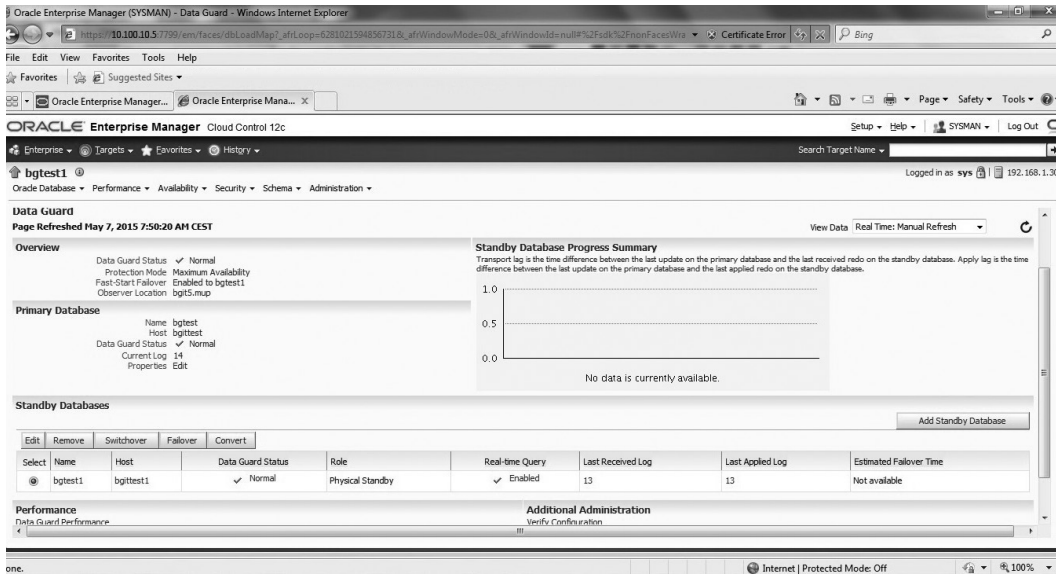
- Sinhroni mod [20], u sinhronom načinu prenosa podataka može doći do kašnjenja na primarnoj bazi, ali se osigurava prenos bez izgubljenog podatka – zero data lost. Primarna baza izvršava datu transakciju tek nakon što sve standby baze koje su u sinhronom režimu potvrde prijem podataka. Ovakav način povećava kašnjenje što ne bi bila dobra opcija za partnere koji između sebe nemaju link velike brzine.

Jedna availability grupa može imati do 2 standby baze u sinhronom režimu rada.

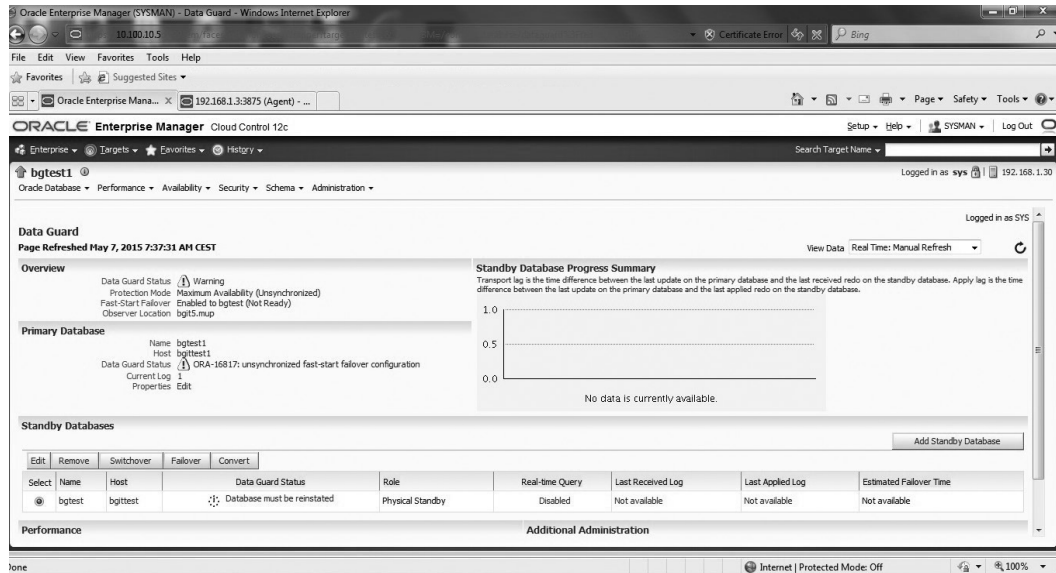
- Asinhroni mod [21], primarna baza za razliku od sinhronog režima rada ne čeka potvrdu o prijemu logova od standby baza. Jedna grupa može imati do četiri standby asinhronne baze, ali ni u jednoj kombinaciji sinhronog i asinhronog režima rada ukupan broj baza ne sme preći četiri.

Asinhroni mod minimizira kašnjenja što može u slučaju otkaza da dovede do gubitka podataka.

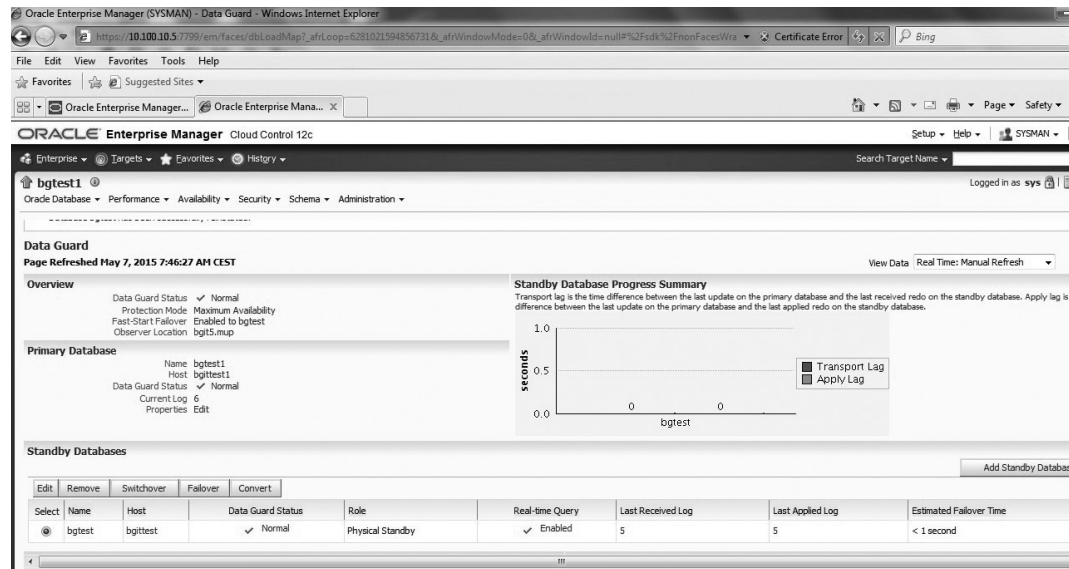
Ovakav način se preporučuje za disaster-recovery rešenja.



Slika 5. Enterprise Manager – Data Guard status



Slika 6. Enterprise Manager – Data Guard status nakon gašenja baze



Slika 7. Enterprise Manager – Data Guard status nakon vraćanja baze na mrežu

PRIMER MICROSOFT ALWAYS ON I ORACLE DATAGUARD REŠENJA VISOKE DOSTUPNOSTI

Oracle DataGuard

Za realizaciju visoke dostupnosti Oracle DataGuard rešenja korišćen je sledeći softver: RedHat 5, Oracle 11g database i Oracle Enterprise Manager Cloud Control 12c.

OEM 12c je kompletno integrisano upravljivo rešenje, koje je u datom primeru korišćeno za monitorisanje DataGuard-a.

Neke od mogućnosti Enterprise Manager-a su:

- Kompletno rešenje za upravljanje životnim ciklusom cloud-a omogućavajući brzo postavljanje, upravljanje i pružanje podrške okruženju počevši od aplikacija sve do diskova.
- Koristeći Plug-in-ove moguće je koristiti i nadgledanje softvera drugih proizvođača.

Na slici 5 prikazan je Data Guard status korišćenog testnog okruženja. Testiranje je radjeno simulacijom neplaniranog prekida rada primarne baze. Korišćene su dve baze bgtest i bgtest1. Bgtest je primarna baza dok je bgtest1 standby. Observer je pokrenut sa OEM 12c softvera. Na slici 5 vidimo da je status Data Guard-a normal što je indikacija da su svi parametri dobro podešeni i da je sistem spreman za upotrebu.

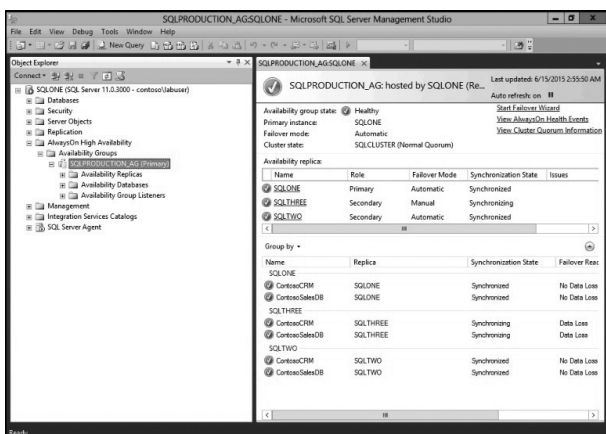
Testiranje počinjemo gašenjem mreže na strani primarne baze.

Observer sve vreme monitoriše stanje baza i onog momenta kada je primarna strana ugašena primarnu rolu dodeljuje do tada standby bazi, bgtest1. Bgtest baza ostaje nevidljiva za Enterprise Manager sve do momenta ponovnog priključenja na mrežu. Status Data Guard-a za vreme ugrašene baze je prikazan na slici 6.

Data Guard prikazuje probleme koji se tiču nedostupnosti baze i ostaće vidljivi sve do momenta ponovnog priklječenja. Nakon vraćanja servera na mrežu, mehanizmi koje koristi Data Guard ponovo vraćaju sistem u konzistentno stanje sve promene koje su se desile na primarnoj bazi prepisuje na standby bazu, slika 7.

Microsoft AlwaysOn

Za realizaciju visoke dostupnosti Microsoft AlwaysOn rešenja korišćen je sledeći softver: Windows Server 2008, Microsoft SQL Server 2012. Za monitoring AlwaysOn rešenja korišćen je Microsoft-ov AlwaysOn HighAvailability Dashboard.

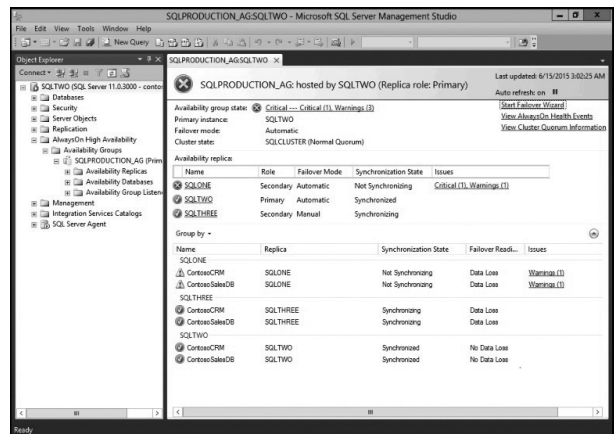


Slika 8. Microsoft SQL Server 2012 AlwaysOn

Na slici 8 je prikazan Microsoft AlwaysOn status korišćenog testnog okruženja. Testiranje je radjeno simulacijom neplaniranog prekida primarne baze. U prikazanom rešenju su korišćene tri baze SQLONE, SQLTWO i SQLTHREE. Failover mode između SQLONE i SQLTWO je automatski, i iz tog razloga fokusiraćemo se na ove dve baze.

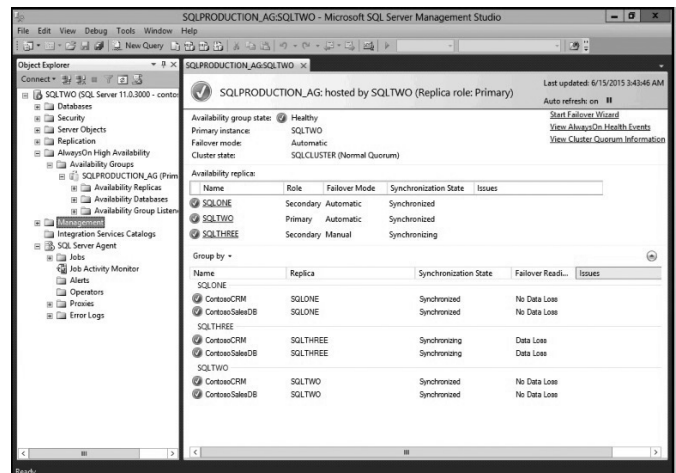
Testiranje počinjemo gašenjem mreže na strani primarne baze.

SQLTWO koja je do tada bila standby baza preuzima rolu primarne, i ceo sistem nastavlja da funkcioniše bez većeg prekida.



Slika 9. Microsoft SQL Server 2012 AlwaysOn – Failover

Microsoft High Availability Dashboard je mesto gde monitorišemo celokupno stanje svih baza koje se nalaze u availability grupi. Na slici 9 vidimo da je sada primarna baza SQLTWO dok je pored SQLONE prikazan znak upozorenja. Nakon ponovnog vraćanja primarne baze na mrežu AlwaysOn rešenje prepoznaje novo stanje, slika 10.



Slika 10. Microsoft SQL Server 2012 AlwaysOn – Vraćanje SQLONE baze na mrežu

U tabeli 2 je prikazano poređenje prethodno opisanih rešenja po određenim kriterijumima.

	Oracle 11g	SQL Server 2012
Podržane platforme	Sve verzije Unix/Linux Certified platform, Windows Server	Windows Server Windows Server Core

Deljeni disk nije potreban	Da	Da
Replikacija podataka (Fajlovi sa podacima su dostupni na više lokacija)	Da	Da
Komponente koje se repliciraju	Instance i database	Samo database (jobs i sistemske tabele se ne repliciraju)
Automatic Failover	Da (Observer I Fast-Start Failover)	Da (Availability Groups)
Automatsko vraćanje sa standby-a nakon failover-a	Da (Reinstat)	Da (Availability group)
Zaštita od Split-brain situacija (dupliciranje dve primarne baze)	Da (Observer I Fast-Start Failover)	Da (Quorum from Cluster features)
Setup omogućen sa komandne linije pomoću script-a ili wizard-a	Da (Grid Control ili dgml)	Da (SSMS ili sqlcmd)
Kompleksnost implementacije rešenja	Srednji – zahteva visok nivo stručnosti	Lako – ali se savetuje posedovanje određenog nivoa znanja
SYN/ASYN data transfer	Da	Da
Mogućnost čitanja radi izveštavanja sa Secondary/Standby baze	Da	Da
Mogućnost čitanja/pisanja Secondary/Standby radi testiranja aplikacija	Da (Snapshot Standby)	Ne

Tabela 2. Poređenje prikazanih rešenja visoke dostupnosti

ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat opis, pregled i komparacija najčešće korišćenih tehnologija visoke dostupnosti baza podataka. Rezultat uvođenja ovakvih sistema je veća sigurnost i dostupnost podataka. U svakom trenutku ukoliko dođe do nepredviđenog zastoja na strani primarne baze automatski će mehanizam koji u pozadini opslužuje sve procese dodeliti primarnu ulogu do tada sekundarnoj bazi. Benefit ovakvog rešenja je što se različita izveštavanja mogu raditi i sa sekundarnih baza koje su u svakom momentu ažurirane a da se pri tome ne troše resursi primarne baze. Ovakav sistem je pouzdan i dostupan u svakom trenutku.

Ovakva rešenja namenjena su za organizacije koje u svom funkcionisanju zahtevaju visok nivo zaštite podataka i visok nivo dostupnosti.

LITERATURA

- [1] http://www.ef.uns.ac.rs/Download/administracija_baza_podataka/2010-01-22_raspodizivost_i_integritet_podataka.pdf [pristupano u Julu 2015.]
- [2] Daliborka Mačinković.: Tehnologije upravljanja podacima. INFOTEH-JAHORINA Vol. 14, March 2015.
- [3] Marko Šarac, Dalibor Radovanović, Saša Adamović, Tijana Radjević.: Analiza bezbednosnih i sigurnosnih rešenja u mrežnom okruženju viruelnih datacenter-a. INFOTEH-JAHORINA Vol. 9, Ref. E-II-7, p. 525-528, March 2010.

- [4] Peter Bailis, Aaron Davidson, Alan Fekete, Ali Ghodsi, Joseph M. Hellerstein, Ion Stoica.: Highly Available Transactions: Virtues and Limitations. UC Berkeley and University of Sydney. 2013.
- [5] D. Brock: A Recommendation for High-Availability Options in TPC Benchmarks. <http://www.tpc.org/information/other/articles/ha.asp>
- [6] Ou Yi.: Highly Available Database Systems. Integriertes Seminar Datenbanken und Informations systeme im Wintersemester, 13 Jan 2006.
- [7] Sam Drake, Wei Hu, Dale M. McInnis, Martin Sköld, Alok Srivastava, Lars Thalmann, Matti Tikkanen, Øystein Torbjørnsen, Antoni Wolski: Architecture of Highly Available Databases. ISAS 2004: 1-16
- [8] Wolski, A.: A Self-Managing High-Availability Database: Industrial Case Study, Data Engineering Workshops, 21st International Conference. 2005.
- [9] Sam Drake, Wei Hu, Dale M. McInnis, Martin Sköld, Alok Srivastava, Lars Thalmann, Matti Tikkanen, Øystein Torbjørnsen, Antoni Wolski: Architecture of Highly Available Databases. ISAS 2004: 1-16
- [10] An Oracle Technical White Paper.: Oracle Data Guard 11g Data Protection and Availability for Oracle Database. October 2011
- [11] Oracle.: Oracle Database High Availability Best Practices 11g Release 2 (11.2), E10803-02. 2011
- [12] Emre Bransel, Nassyam Basha.: Oracle Data Guard 11gR2 Administration Beginner's Guide. June 2013
- [13] Xiu-ju Liu.: A brief analysis of the disaster recovery backup technology in Oracle database DataGuard. Industrial and Information Systems (IIS), 2nd International Conference. 2010
- [14] Er.Manpreet Kaur, Er. Manjot Kaur.: Achieving Zero Failover Using Logical Standby Database in Oracle Dataguard. CSE & CGC Gharuan, PTU Jalandhar Punjab, India. Volume 4, Issue 12, December 2014.
- [15] J. P. Chen.: Building Oracle HA environment framework, practice and experience summary of enterprise-Level HA database. Beijing, Electronic Industry Press, 2008.
- [16] Rab Nawaz, Tariq Rahim Somroo.: Role of Oracle Active Data Guard in High Availability Database Operations. International Journal of Applied Information System, Foundation of Computer Science. 2013
- [17] Oracle help center.: Data Guard Concepts and Administration.
- [18] Ross Mistry, Stacia Misner.: Introducing Microsoft SQL Server 2012. Microsoft Press A Division of Microsoft Corporation One Microsoft Way Redmond, Washington 98052-6399. 2012.
- [19] Sanjay Mishra.: SQL Server 2012 AlwaysOn High Availability and Disaster Recovery Design Patterns. Nov 2013.
- [20] Brien Posey.: SQL Server 2012: Raising the Bar on Database Availability. Redmond magazine. 2012.
- [21] Barry Nance.: Microsoft raises the bar with SQL Server 2012. It World Canada. Online information resource. July 18, 2012
- [22] Microsoft.: Best Practices for Virtualizing and Managing SQL Server. 2013
- [23] Nebojša Trninić, Lazar Stričević, Miroslav Hajduković.: Problem integracije visoko dostupnih kompleksnih distribuiranih softverskih sistema. INFO M, Časopis za informacione tehnologije i multimedijalne sisteme, Beograd, Br. 45/2013



Nikola Dukic – Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije

Kontakt: nikoladukic@gmail.com

Oblasti interesovanja: informacioni sistemi, visoka dostupnost, računarske mreže