



IT INFRASTRUKTURA VELIKIH PREDUZEĆA U PRAKSI – OPTIMIZACIJA KAŠNENJA PRISTUPA PODACIMA

IT INFRASTRUCTURE OF LARGE ENTERPRISES IN PRACTICE – OPTIMIZATION OF DATA ACCESS LATENCY

Ivan Knežević, Dejan Nemeč, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad bavi se IT infrastrukturom velikih preduzeća, a poseban akcenat stavlja se na optimizaciju kašnjenja pristupa podacima. Brzina rada informacionog sistema, njegova složenost i način obrade podataka preduzeća su mera učinkovitosti preduzeća. Optimizacija rada informacionog sistema uveliko zavisi od brzine pristupa podacima, odnosno od kašnjenja pristupa podacima. Optimizacija kašnjenja pristupa podacima i paralelizacija procesa rada informacionog sistema su dva najviše razvijana aspekta IT-a.

Ključne reči: Kašnjenje, CPU, RAM, keš memorija, svič, bafer, arhitektura, mrežna infrastruktura.

Abstract – This work deals with the IT infrastructure of large companies, and a special emphasis is placed on the optimization of data access latency. The speed of operation of the information system, its complexity and the method of processing the company's data are a measure of the company's efficiency. Optimizing the operation of the information system largely depends on the speed of data access, that is, on the latency of data access. Optimization of data access latency and parallelization of information system work processes are the two most developed aspects of IT.

Keywords: Latency, CPU, RAM, cache memory, switch, router, buffer, architecture, network infrastructure.

1. UVOD

Krajem prošlog veka računari, programi i povezivanje računara ušli su u masovnu komercijalnu i profesionalnu upotrebu. Razvijane su tehnologije za povezivanje informacionih sistema na geografski udaljenim lokacijama. To je dovelo do toga da su se preduzeća počela transformisati i prihvatati tehnološka rešenja radi ubrzavanja i pojeftinjenja procesa. Neka preduzeća su to prihvatila više, neka manje, dok se nije došlo u situaciju da nema preduzeća ni procesa u preduzećima koji nije obavljen, kontrolisan ili ispraćen računarnom koji je deo centralnog informacionog računarskog sistema. Podrazumevano je da se svi podaci stižu na jedno mesto i da se centralno obrađuju uz pomoć upravljačkog programa.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Živko Bojović, vanr. prof.

Cilj rada jeste prikaz tehnologija koje su direktno uticale na razvoj preduzeća. Teško je oceniti šta su to velika a šta srednja preduzeća, zavisi od kriterijuma. Po procenama autora rada a na osnovu IT literature, broj računara određuje veličinu IT infrastrukture, ali i oslikava i veličinu preduzeća. Preduzeća koja imaju od 1.000 do 10.000 računara, na više desetina do nekoliko stotina lokacija, i bar dva data centra jesu, po merilima autora ovog rada, velika preduzeća.

Učinkovitost preduzeća lako se meri novcem odnosno profitom preduzeća koji se obračunava na godišnjem nivou i češće. Na profit preduzeća direktno utiče brzina obrade podataka, što zavisi i od brzine pristupa podacima.

2. PERFORMANSE I METRIKA

Sa sigurnošću se može reći da je razvoj optičkih komunikacija direktno doveo do razvoja globalnog Interneta i omasovljenja upotrebe Interneta i računara. Ranije su postojali protokoli i tehnologije, na kojima i danas rade mreže i Internet, ali ovako mala kašnjenja signala i širinu kanala su omogućile optičke komunikacije. Internet kao svetsko čudo je dalje uticao na razvoj ekonomije, društva i ljudske svesti na zaista neviđene načine. Od devedesetih godina prošlog veka, može se praktično besplatno poslati *e-mail* prijateljima na Novi Zeland, koji je od nas tačno suprotna tačka na planeti. Ta poruka stiže za vreme koje se meri u ms (milisekundama), zavisno od protokola i kašnjenja na serverima a manje od telekomunikacija. Danas je lako dokazati da pingovanje neke javne IP (*Internet Protocol*) adrese u Vijetnamu, do kojeg putanja od nas ide preko Amerike (2/3 Zemljinog obima) daje rezultate od oko 300 ms. Može se aproksimirati da za 500 ms signal pređe zemaljskim komunikacijama ceo obim Zemlje, i to je RTT (*Round Trip Time*) što znači da je putanja „tamo i nazad” obavljena za pola sekunde, a u jednom smeru za ¼ sekunde, kroz svu infrastrukturu optičkih kablova i uređaja više različitih provadera servisa.

2.1. Merenje performansi IT sistema

Merenje performansi sistema zahteva analizu kompletnog informacionog sistema, uključujući sve fizičke komponente i sve programske pakete. Sve što je put kojim prolaze podaci, aplikacije i uređaji koji obrađuju podatke utiče na performanse. Za distribuirane sisteme kao što je virtualno okruženje ili oblak, merenje uključuje više servera, drugih uređaja i još više aplikacija.

Cilj merjenja performansi sistema jeste da se poboljša kvalitet usluge i zadovoljstvo korisnika, tako što će se smanjiti kašnjenje pristupa korisničkom servisu, pored toga i smanjenje koštanja obezbeđivanja usluge, što je bitno preduzećima. Poboljšanje performansi i smanjenje cene se postiže elimisanjem ili smanjivanjem uticaja neefikasnih tačaka u sistemu, povećanjem protoka podataka kroz sistem i generalno finim podešavanjem komponenti sistema.

Merenja performansi sistema obavljaju timovi inženjera specijalizovanih za tu vrstu posla. Uglavnom ih imaju najveća preduzeća (npr. Netflix, Google, i druga globalna IT preduzeća) koja imaju potrebe i računicu da plaćaju tim stručnjacima koji će se baviti samo performansama.

Idealno bi bilo kada bi inženjering performansi počinjao sa radom pre nego što se odabere oprema i pre nego što počne pisanje programa. Prvi korak bi trebalo biti postavljanje ciljeva i pravljenje modela performansi. Najčešće se ovo preskače i programi se razvijaju bez učešća inženjera performansi, tek kasnije se pozivaju kada iskrnsne problem. Kako se proizvod razvija sve je teže rešiti problem performansi koji je proistekao iz ranijih arhitektonskih rešenja i odluka.

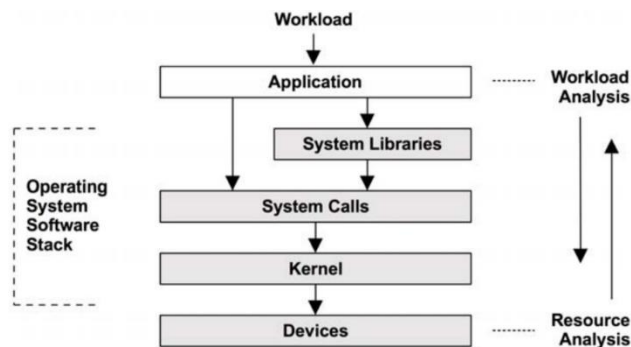
Kompleksan zahtev merjenja performansi informacionog sistema može se raščlaniti na mesta u sistemu gde se nalaze komponente uređaja, uređaje i programe koji direktno utiču na performanse, i na metriku performansi. Mesta na kojima mogu da se izmere performanse jesu centralni procesor CPU (*Central Processor Unit*), radna memorija RAM (*Random-Access Memory*), skladištena memorija (HDD – *Hard Disk Drive*, SSD – *Solid State Drive*), mreža, aplikacije, operativni sistem OS (*Operating System*), *file* sistem i *Cloud Computing*. Mogu da se izmere neke vrednosti koje su bitne za procenu rada sistema kao i za procenu skalabilnosti. Metrike performansi su kašnjenje (*latency*), iskorišćenost (*utilization*) i zasićenje (*saturation*). Merenja mogu dati i IOPS (*Input Output per Second*) broj operacija u sekundi, i protok (*throughput*) koji je količina operacija ili količina podataka u sekundi.

Merenje performansi sistema prilikom rešavanja problema može biti prilično kompleksno zbog očiglednog nedostatka informacije gde početi analizu. U okruženjima *cloud-a*, obično se ne zna ni na kojem serveru početi istraživanje. Nekad se počinje sa hipotezom da je mreža ili baza uzrok problema sporog odziva servisa, ali to mora da se utvrdi i da se analiza nastavi u pravom smeru. Ponekad su problemi u interakciji podsistema koji nezavisno rade kako treba i pri pojedinačnom testiranju ne pokazuju nedostatak performansi.

Problem performansi se mogu sagledavati iz različitih perspektiva. Slika 1 ilustruje dve perspektive analiziranja performansi operativnog sistema, analiza opterećenja sistema (*workload analysis*) i analiza resursa sistema (*resource analysis*). Uobičajeno je da analizu resursa sprovedu administratori sistema, a analizu opterećenja sprovedu programeri.

2.2. Kašnjenja pristupa podacima u bazi podataka

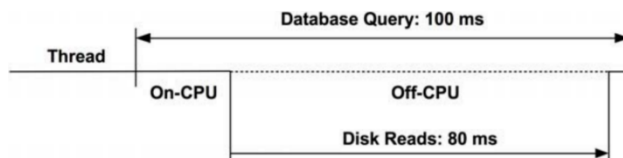
Kod kompleksnih višestrukih problema performansi sistema, u toku analize najbitnije je utvrditi koji faktor najviše utiče na problem.



Slika 1. Perspektive analiziranja performansi [1]

Ovo znači da je najvažnije kvantifikovati veličinu pojedinačnih problema, da bi mogli da ih uporedimo i obradimo. Metrika koja je najpogodnija za kvantifikovanje problema jeste kašnjenje.

Slika 2 daje prikaz merjenja brzine odziva upita bazi podataka, gde je jasno da je procesor čeka 80% vremena odziva da bi uradio upit i prosledio podatke dalje. Tih 80% vremena je izgubljeno u procesu učitavanja podataka sa diska.



Slika 2. Vreme odziva pri upitu ka bazi podataka [1]

Najveće ubrzanje procesa upita prema bazi podataka bi se, u ovom slučaju, postiglo elimisanjem kašnjenja koje dodaje učitavanje sa diska. Umesto direktnog učitavanja podataka sa diska, podaci bi se mogli učitati iz neke privremene radne memorije koja je višestruko brža.

Taj proces se zove keširanje podataka (*caching*) i može biti kvantifikovan kada se kašnjenje u ovom slučaju od 80% eliminiše primenom brze memorije čija se brzina pristupa meri u ns (nano sekundama). Okvirno to znači da je vreme sa 100 ms smanjeno na 20 ms obrade upita, što je ubrzanje od pet puta.

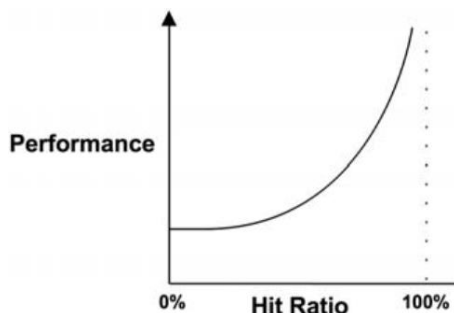
3. KEŠIRANJE

Keširanje jeste proces koji se često koristi da bi se unapredile performanse komponenti (uređaja) informacionog sistema. Upravo keširanje je tehnika kojom se prevazilazi veći deo kašnjenja i praznog hoda sistema. Keš upisuje podatke iz obrade ili iz sporije memorije ili diska u bržu memoriju, tako da se budući zahtevi za tim istim podacima brže izvrše.

Konkretan primer je upis podataka sa sporog rotacionog diska u RAM, ili učitavanje podataka iz RAM-a u keš memoriju u centralnom procesoru. Fizičke systemske komponente koje imaju više i brže privremene memorije (keš), i bolje algoritme za učitavanje unapred, imaju mnogo bolje performanse a samim tim su i skuplje.

Proces keširanja najviše zavisi od primenjenog algoritma učitavanja podataka unapred. Što algoritam bolje predviđa to su performanse bolje. Slika 3 prikazuje grafikon merenih vrednosti odnosa pogodaka spram ukupne količi-

ne podataka učitanih u keš. Pogoci su podaci koji su učitani iz sporijih memorija unapred pre nego što se pojavila potreba za njima, a bili su upotrebljeni nešto kasnije.



Slika 3. Zavisnost performansi sistema od pogodaka [1]

Realno se računa 95% kao najbolji rezultat algoritama za predviđanje, i na osnovu tog broja pogodaka se računaju najbolje performanse uređaja, npr. IOPS-i kod diskova, gde se proizvođači opreme ograđuju da su to vrednosti na osnovu rezultata od 95% pogodaka prethodno učitanih podataka.

To znači dve stvari, najčešće neće biti učitano u keš 5% podataka koji nam trebaju (postoji 5% promašaja), i ono važnije je da rezultat od 95% niko ne garantuje. Moguće je ostvariti 100% pogodaka u praksi, ali koliko dugo traje takvo stanje i koliko često se dešava zavisi od upotrebe sistema, rada algoritma i veličine keša.

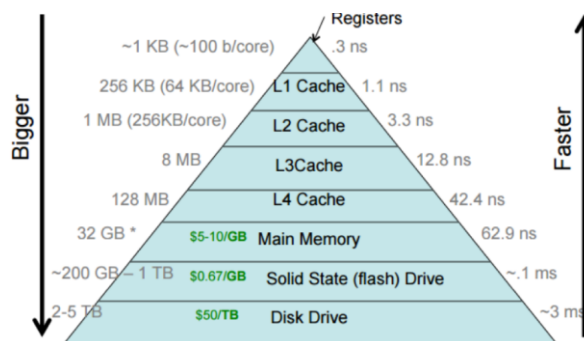
3.1. Operacije keširanja

Centralni procesori i lokalni diskovi koriste fizički implementiran keš u samom uređaju. Programi kao što su Internet pregledači ili serveri Internet stranica, oslanjaju se na programsko keširanje gde koriste RAM memoriju ili sporiju memoriju HDD ili SSD diska za privremeno skladištenje podataka i ubrzanje rada programa.

U slučaju otvaranja Internet stranica, to može da znači da se u keš unapred smeštaju delovi stranice kojoj se pristupilo, ali samo naslovnom delu, a nije još u drugi ili treći sloj gde se nalaze podaci organizovani po ideji administratora. Ili se zbog bržeg pristupa i otvaranja Internet stranici delovi stranice nalaze na lokalnom disku, pa će u trenutku uključivanja Internet pregledača biti brže učitani i obrađeni a stranice će biti samo osvežene sa novim podacima sa sporijeg pristupa Internetu.

Keš je napravljen od grupe zapisa, gde svaki zapis ima pridružene podatke, koji su kopije podataka iz spore (pozadinske) memorije. Svaki zapis takođe ima obeleživač (tag) koji specifikuje identitet podatka u pozadinskoj memoriji, čija je kopija. Tagovanje omogućava istovremeno korišćenje keš orijentisanih algoritama da funkcionišu u više slojeva bez interferencije jednog sa drugim. To je nužno pošto se isti podaci keširaju na više mesta na putu obrade.

Slika 4 grafički prikazuje veličine i brzine različitih memorija kao i putanju podataka. Od dole ka gore brzina pristupa raste, kašnjenje pristupa se smanjuje, veličina memorije se smanjuje. I upravo je to inicijalna putanja podataka, od diska ka procesoru [2].



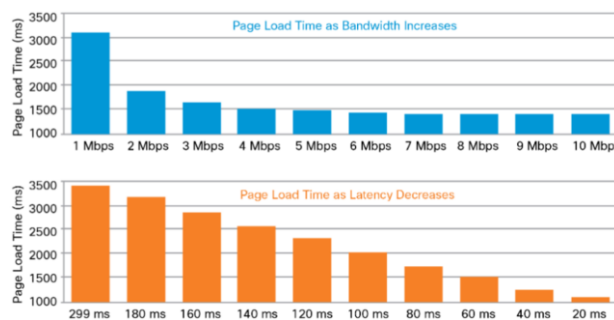
Slika 4. Slojevi keša u toku pristupanja podacima [1]

3.2. Primer uticaja smanjivanja kašnjenja u mreži

Informaciono-centričko umrežavanje, ICN (*Informational-Centric Networking*), jeste pristup koji je razvio infrastrukturu Interneta, daleko od uređaj-centričke (*host-centric*) paradigme, bazirane na trajnoj povezanosti i principu sa-kraja-na-kraj (*end-to-end*), do mrežne arhitekture kojoj je fokus na identifikaciji informacija (ili sadržaja ili podataka). Zbog nezaobilazne mogućnosti keširanja na uređajima u ICN, može biti viđena kao slabo povezana mreža keševa [3].

Za razliku od proksi servera, u ICN-u keširanje je rešenje na nivou mreže. Tako da je posledica brza razmena stanja keša i visoka zahtevnost pristizanja novih podataka. Nadalje, manje veličine keša zahtevaju druge zahteve pred politike odstranjivanja sadržaja iz keša. Konkretno, politike odstranjivanja za ICN treba da budu brze i lake za izvršavanje.

Slika 5 daje prikaz vremena učitavanja (ms) Internet stranica, merene u laboratorijama kompanija Akamai i Cisco [4]. Očigledan je značaj smanjivanja kašnjenja na vreme učitavanja stranica, koje linearno opada sa smanjivanjem kašnjenja, dok povećanje protoka kroz mrežu donosi benefite samo u početku, a posle 5 Mbit/s nema uticaja.

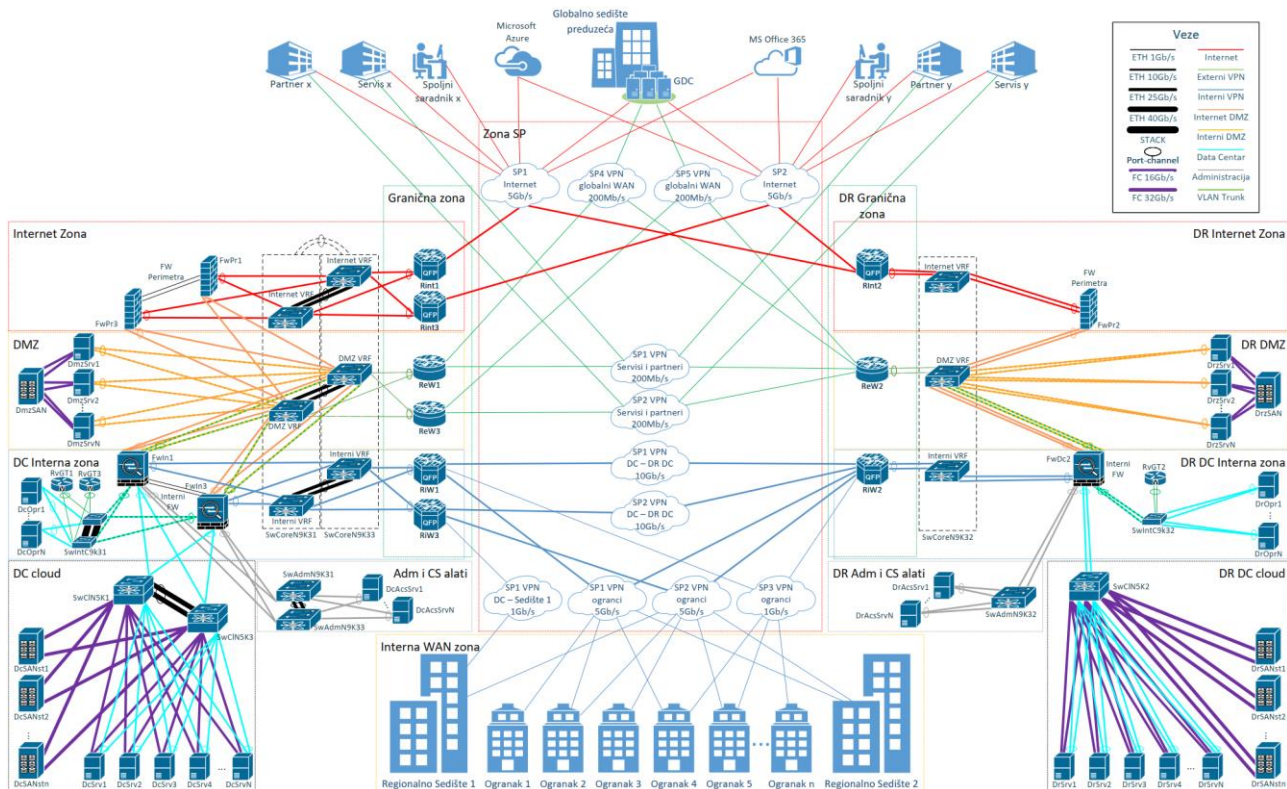


Slika 5. Brzina učitavanja Internet stranica [4]

4. IT INFRASTRUKTURA VELIKIH PREDUZEĆA

Na slici 6 prikazana je uprošćena tipična arhitektura infrastrukture velikih i srednjih preduzeća, gde su lokacije data centara i ostale, na geografskim udaljenim rastojanjima.

Fokus je na arhitekturi data centara (glavnog i rezervnog) i redundantnim vezama uređaja, kao i redundantnim vezama koje povezuju geografski udaljene lokacije.



Slika 6. Fizička šema povezanosti data centra i veza između geografski udaljenih lokacija preduzeća

3. ZAKLJUČAK

Ideja ovog master rada je da predstavi razvoj pojedinih infrastrukturnih IT tehnologija, koje su unapredile poslovanje i učinile rad velikih preduzeća mogućim i lakšim.

Način na koji su zahtevi velikih preduzeća određivali razvoj tehnologija se kao bumerang vratilo, promenio i ubrzao poslovanje i upravljanje preduzećima.

IT infrastruktura preduzeća danas zajedno sa servisima koji rade na njoj, čine „nervni sistem“ preduzeća. Ne bi bilo moguće upravljati i kontrolisati tako velika i geografski rasprostranjena preduzeća da ne postoje upravljački programi i odgovarajuće infrastrukturne tehnologije, koje su upravo za te namene i razvijene.

Fokus razvoja opreme i programa danas, bazira se na paralelnom procesiranju programa i smanjenju kašnjenja pristupa podacima. Sa kašnjenjem pristupa podacima, „praznim hodom“ sistema, bori se na svim tačkama prenosa podataka, na svim nivoima i svim uređajima.

Uvek je neka nova brža tehnologija primenjena da kešira podatke, i približi ih bar privremeno centralnom mestu obrade, procesoru. Nanosekunde, mikrosekunde i milisekunde su bitne, zbog ogromnog broja paketa i kumulativnog kašnjenja na putu podataka od mesta čuvanja, preko mesta obrade, do korisnika.

Arhitektura infrastrukture je takođe razvijana uz razvoj pojedinačnih tehnologija konkretnih uređaja. Pored ubrzanja i bezbednost je postala najznačajniji element o kome se vodi računa kada se pravi arhitektura IT sistema. Na tačno određena mesta, moraju da se postave uređaji određenog tipa da bi cela informatička i bezbednosna struktura radila optimalno i bezbedno.

4. LITERATURA

- [1] Brendan Gregg, Systems performance: Enterprise and the cloud, Prentice Hall, 2014.
- [2] https://cs.brown.edu/courses/csci1310/2020/assign/lab_s/lab4.html , Mart 2022
- [3] P.G.Shynu, Fadi Al-Turjman, Data-centric routing and caching approach for mobile and social sensing applications, Computers & Electrical Engineering, Volume 94, September 2021.
- [4] Bill Reilly, Application optimization and the intelligent WAN (IWAN), Publication BRKRST-2514, Cisco Public, 2015.

Kratka biografija:



Ivan Knežević rođen je u Novom Sadu 1973. god. Posедуje višegodišnje radno iskustvo u internacionalnim i globalnim preduzećima na IT inženjerskim i menadžerskim pozicijama. Master rad na FTN iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranio je 2022.god.
kontakt: ivanknezevic.021@gmail.com



Dejan Nemeć rođen je 1972. god. Diplomirao, specijalizirao i magistrirao je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

Zahvalnica:

Izradu ovog rada pomogao je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Departman za energetiku elektroniku i telekomunikacije, u okviru projekta pod nazivom „Razvoj i primena savremenih metoda u nastavi i istraživačkim aktivnostima na Departmanu za energetiku, elektroniku i telekomunikacije“.