

Analiza zmogljivosti oblačnih in strežniških storitev

Uredil prof. dr. Miha Mraz

Maj 2017

Kazalo

Predgovor	iii
1 Analiza zmogljivosti oblačne storitve DigitalOcean	1
1.1 Opis problema	1
1.2 Izbira tehnologij in algoritmov	1
1.2.1 Tehnologija na strani strežnika	1
1.2.2 Tehnologija za avtomatizacijo odjemalcev	2
1.2.3 Generiranje vhodnih podatkov	3
1.2.4 Izbrani algoritmi za sortiranje	3
1.3 Izbira ponudnikov	5
1.4 Rezultati meritev	6
1.4.1 Stevilo odjemalcev - Eksperiment 1	6
1.4.2 Velikost datotek - Eksperiment 2	8
1.4.3 Ozko grlo na strežniku - Eksperiment 3	10
1.4.4 Lokálnost - Eksperiment 4	11
1.4.5 Različne računske moči - Eksperiment 5	13
1.4.6 24 urni test - Eksperiment 6	15

Predgovor

Pridržujodžē delo je razdeljeno v deset poglavij, ki predstavljajo analize zmogljivosti nekaterih tipidžēnih stredžēnidžēkih in obladžēnih izvedenk radžēunalnidžēkih sistemov in njihovih storitev. Avtorji posameznih poglavij so sludžēatelji predmeta *Zanesljivost in zmogljivost radžēunalnidžēkih sistemov*, ki se je v džētud.letu 2016/2017 predaval na 1. stopnji univerzitetnega džētudija radžēunalnidžētva in informatike na Fakulteti za radžēunalnidžētvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Vsem džētudentom se zahvaljujem za izkazani trud, ki so ga vlodžēili v svoje prispevke.

prof. dr. Miha Mraz, Ljubljana, v maju 2017

Poglavje 1

Analiza zmogljivosti oblačne storitve DigitalOcean

Žiga Kokelj, Tadej Hiti,
Miha Bizjak, Matej Kristan

1.1 Opis problema

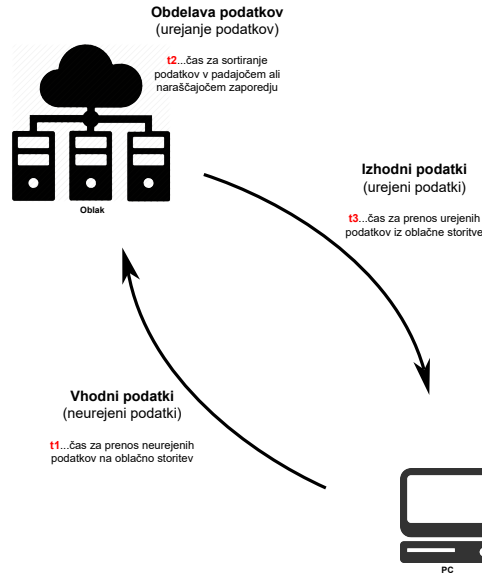
V zadnjem desetletju se na vseh področjih računalništva vse bolj uveljavljajo oblačne storitve in koncept odjemalec - strežnik (angl. *client* - *server*). Z večanjem hitrosti internetnih povezav končne delovne točke (predvsem osebni računalniki) izgubljajo del svojih primarnih funkcij. Hranjenje in obdelavo podatkov vse bolj prepuščajo oblačnim storitvam. V naši analizi smo se osredotočili na obdelavo podatkov na strani strežnika. Za breme smo izbrali datoteke različnih velikosti, ki vsebujejo naključna števila. Te datoteke odjemalci pošljejo na strežnik, ta pa jih uredi v naraščajočem vrstnem redu in pošlje nazaj. Na sliki 1.1 je grafičen prikaz opisanega problema. Naše testiranje bo obsegalo merjenje čase čakanja klientov na urejeno datoteko ter merjenje obremenjenosti strežnika.

1.2 Izbira tehnologij in algoritmov

V tem razdelku so opisane tehnologije in algoritmi, ki smo jih uporabili za našo analizo.

1.2.1 Tehnologija na strani strežnika

Na oblačni storitvi smo implementirali strežnik, ki je realiziran v jeziku JavaScript [1] z uporabo knjižnice Node.js [2]. Strežnik čaka na HTTP zahteve s



Slika 1.1: Shema delovanja sistema.

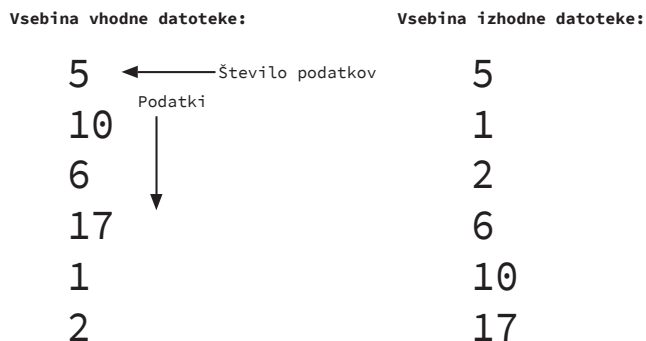
strani klienta, kateri pošlje datoteko števil za urejanje, ob sprejemu strežnika opisane datoteke se začne izvajati program, ki števila v datoteki uredi po naraščajočem vrstnem redu. Ker je za namene testiranja oblačne infrastrukture bistveno, da se program čim hitreje izvrši smo za ta namen uporabili programski jezik C [3], ki spada med najhitrejšje programske jezike, zaradi njegove nizko-nivojske lege na procesorski arhitekturi. Po končanem sortiranju strežnik urejeno datoteko pošlje nazaj odjemalcu.

1.2.2 Tehnologija za avtomatizacijo odjemalcev

Zaradi avtomatskega testiranja smo napisali skripto v programskem jeziku Python [4], ki omogoča avtomatsko pošiljanje datotek na strežnik, ter čaka na odgovor, kateri natančneje je datoteka z urejenimi števili. Seveda ob tem zabeležimo še čas pred pošiljanjem zahteve in čas po prejetju urejene datoteke, da dobimo celotni čas potreben za to, da dobimo urejeno datoteko. Ker je odjemalcev lahko večje število, smo ta problem rešili z nitmi, kjer vsaka nit predstavlja enega odjemalca in pošilja zahteve na strežnik preko istega IP naslova.

1.2.3 Generiranje vhodnih podatkov

V programskem jeziku C smo napisali generator datotek, ki ustvari datoteko željene velikosti z naključnimi števili. Za teste smo generirali datoteke velikosti 10000, 20000, 30000, 40000 in 50000 števil tipa integer.



Slika 1.2: Slika prikazuje primer datoteke s katero operirata strežnik in odjemalec.

1.2.4 Izbrani algoritmi za sortiranje

Za namen testiranja smo implementirali dva algoritma. Najprej smo testirali z algoritmom za mehurčno urejanje (ang. *bubble sort*), ki ima časovno zahtevnost $O(n^2)$. Da bi testirali vpliv izbire algoritma smo tudi implemenirali hitrejši algoritem urejanja s porazdelitvami (ang. *quicksort*), kateri ima povprečno časovno zahtevnost $O(n * \log(n))$.

```
function sort ( int[] data )
  for ( int i = 0; i < data.length; i++ )
    for ( int j = 0; j < data.length; j++ )
      if ( data[i] < data[j] )
        int tmp = data[i];
        data[i] = data[j];
        data[j] = tmp;
      end if;
    end for;
  end for;
end;
```

Slika 1.3: Slika prikazuje algoritem sortiranja z $O(n^2)$ časovno zahtevnostjo.

```
function quicksort ( int[] data , int lo, int hi )
    if ( lo < hi )
        int p = partition(data, lo, hi);
        quicksort(data, lo, p - 1);
        quicksort(data, p + 1, hi);
    end if;
end;

function partition(int[] data, int lo, int hi)
    int pivot = data[hi];
    int i = lo - 1;
    for( int j = lo; j < hi; j++ )
        if ( data[j] <= pivot )
            i = i + 1;
            if ( i != j )
                swap(data[i], data[j]);
            end if;
        end if;
    end for;
    swap(data[i+1], data[j]);
    return i + 1 ;
end;
```

Slika 1.4: Slika prikazuje algoritem sortiranja z $O(n * \log(n))$ časovno zahtevnostjo.

1.3 Izbira ponudnikov

Najprej smo izbrali ponudnika oblačnih storitev Cloud9, ki pa ni najbolj primeren za naš problem, saj je v prvi vrsti razvojno okolje na spletu in ne toliko ponudnik strežniških storitev. Pri računsko zahtevnejših testih smo naleteli na težave, saj je strežnik po 120 sekundah povezavo zaprl. To je bil eden glavnih razlogov, da smo se odločili za zamenjavo ponudnika oblačnih storitev, saj smo le tako lahko izvedli vse željene teste. Izbrali smo si ameriško podjetje DigitalOcean, ki je ponudnik istoimenske oblačne infrastrukture. Na našo srečo sodelujejo v projektu Github Education Pack in tako študentom nudijo 50\$ kredita za uporabo njihovih storitev.

Svoje strežnike ima postavljene na sledečih osmih lokacijah po svetu:

- New York (ZDA),
- San Francisco (ZDA),
- Amsterdam (Nizozemska),
- Singapur (Singapur),
- London (Združeno kraljestvo),
- Frankfurt (Nemčija),
- Bangalore (Indija).

V okviru študentskih kreditov so nam na voljo tri različne konfiguracije, ki se med seboj razlikujejo po količini dodeljenih storitvenih resursov.

RAM	Število procesorjev	Prostor na disku (SSD)	Cena na mesec
512 MB	1	20 GB	5\$
1 GB	1	30 GB	10\$
2 GB	2	40 GB	20\$

Tabela 1.1: Konfiguracije strežnikov, ki so na voljo za študentske kredite.

1.4 Rezultati meritev

1.4.1 Stevilo odjemalcev - Eksperiment 1

- **Hipoteza:**

Naša predpostavljena hipoteza sledi, da se povprečen čas čakanja odjemalca približno linearno povečuje z večanjem števila odjemalcev, ki hkrati pošiljajo datoteke na strežnik.

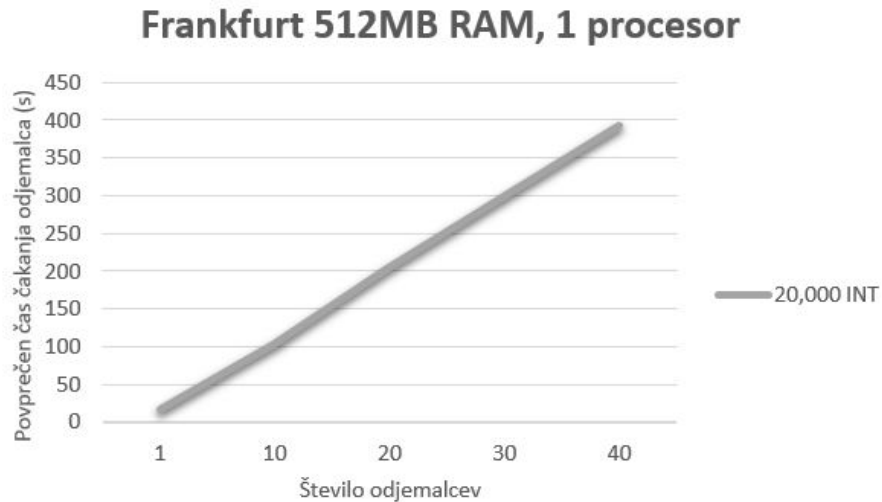
- **Okoliščine meritve:**

Testiranje smo izvedli v četrtek 18.5.2017 med 21:00 in 21:30 na strežniku v Frankfurtu. Na strežniku je tekel operacijski sistem Linux Ubuntu 16.04. Na voljo smo imeli 512 MB RAM-a, 1 procesor ter 20 GB prostora na SSD trdem disku.

Na strežniku je bil izbran algoritem za mehurčno urejanje (ang. *bubble sort*). Skripto za simulacijo odjemalcev smo pognali iz študentskega naselja Rožna dolina (Ljubljana). Za dostop do interneta je bila uporabljena internetna povezava s hitrostjo 100 Mbps.

Na strežnik so klienti (niti) pošiljali datoteke, ki so vsebovale 20,000 števil tipa integer in merili čase pri 1, 10, 20, 30 in 40 odjemalcih.

- **Rezultati meritve:**



Slika 1.5: Graf povprečnega časa cakanja odjemalcev v odvisnosti od števila odjemalcev.

Število odjemalcev	Povprečni čas obdelave [s]	Standardna deviacija
1	16.059	0
10	103.792	1.625
20	205.444	4.881
30	300.890	12.827
40	393.277	14.598

Tabela 1.2: Tabela časov obdelav datoteke z 20 tisoč celimi števili.

- **Komentar meritve:**

Iz grafa 1.5 lahko zelo razločno vidimo, da se z večanjem števila odjemalcev linearno povečuje tudi povprečen čas čakanja posameznega odjemalca. Opažen rezultat sovpada z našo predpostavljeno hipotezo, saj ima strežnik omejeno število resursov in morajo zato ob večjem številu zahtevkov odjemalci dlje čakati. Prav tako lahko v tabeli opazimo, da se z večanjem števila odjemalcev povečuje tudi standardna deviacija, kar pa pomeni, da ob višjih obremenitvah (več odjemalcev) vedno težje predvidimo čas obdelave datotek določenega klienta, saj prihaja do vedno večjih odstopanj.

1.4.2 Velikost datotek - Eksperiment 2

- **Hipoteza:**

S sledečim eksperimentom smo želeli preveriti odvisnost povprečnega časa čakanja klientov glede na velikost datotek. Da bi izničili vpliv števila odjemalcev na ta poizkus smo teste ponovili na več različnih številih odjemalcev. V tem primeru predpostavljamo hipotezo, ki sledi da se z večanjem velikosti datoteke večja tudi povprečni čas čakanja klientov.

- **Okoliščine meritve:**

Testiranje smo izvedli v četrtek 18.5.2017 med 21:30 in 24:00 na strežniku v Frankfurtu. Na strežniku je tekel operacijski sistem Linux Ubuntu 16.04. Na voljo smo imeli 512MB RAM-a, 1 procesor ter 20GB prostora na SSD trdem disku.

Na strežniku je bil izbran algoritem za mehurčno urejanje (ang. *bubble sort*). Skripto za simulacijo odjemalcev smo pgnali iz študentskega naselja Rožna dolina (Ljubljana). Za dostop do interneta je bila uporabljena internetna povezana s hitrostjo 100 Mbps.

Na strežnik so klienti (niti) pošiljali datoteke, ki so vsebovale velikosti 10,000, 15,000, 20,000, 25,000, 30,000, 40,000 in 50,000 števil tipa integer. Meritve smo ponovili na 1, 10, 20, 30 in 40 odjemalcih.

- **Rezultati meritve:**

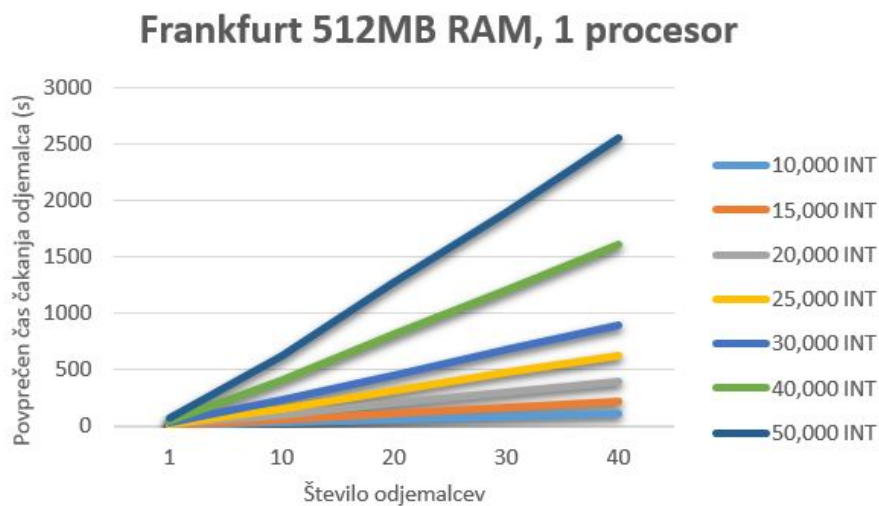


Tabela 1.3: Graf povprečnega časa čakanja odjemalcev v odvisnosti od velikosti datotek.

- **Komentar meritve:**

Iz grafa 1.3 zelo razločno vidimo, da se povprečen čas čakanja posameznega odjemalca z večanjem velikosti datotek zelo hitro povečuje. Pri 40 odjemalcih in datoteki velikosti 10,000 števil tipa integer je povprečni čas čakanja približno 170 sekund. Pri datoteki velikosti 50,000 števil pa ta čas znaša že več kot 2550 sekund. To je bilo pričakovano, saj je bil za urejanje števil uporabljen algoritem za mehurčno urejanje (bubble sort), ki ima časovno zahtevnost $O(n^2)$. Rezultati tega eksperimenta potrdijo, da se tudi na oblaku potreben čas za obdelavo datotek z algoritmom bubble sort povečuje približno s kvadratom velikosti datotek.

1.4.3 Ozko grlo na strežniku - Eksperiment 3

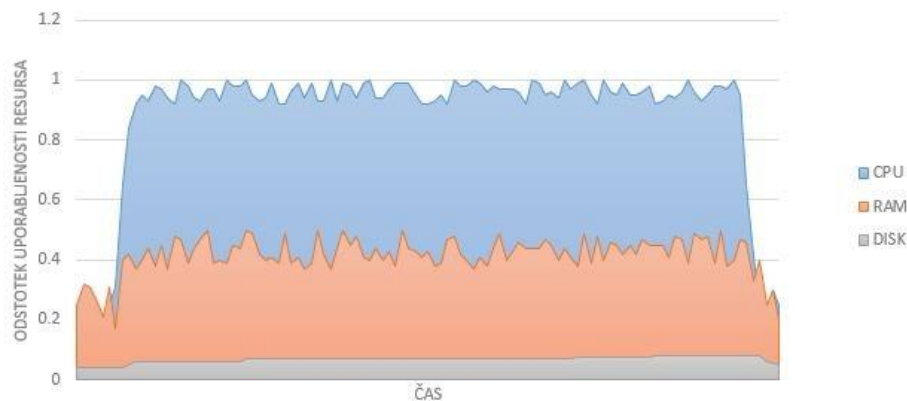
- **Hipoteza:**

Z našimi meritvami smo strežnike obremenili do najvišjih dovoljenih meja. V praksi ob maksimalni obremenitvi sistema vedno obstaja neko ozko grlo sistema, ki ne more delovati hitreje in s tem postavlja neko mejo hitrosti delovanja sistema. V našem primeru predpostavljamo, da je najbolj obremenjena komponenta procesor, saj je sortiranje operacija, ki zahteva relativno veliko računske moči.

- **Okoliščine meritve:**

Obremenitve strežnika smo merili med Eksperimentom 2 (poglavje 1.4.2).

- **Rezultati meritve:**



Slika 1.6: Graf zasedenosti resursov med izvajanjem testovs.

- **Komentar meritve:**

Iz grafa 1.6 lahko razločno razberemo, da je ozko grlo našega sistema procesor, saj je praktično ves čas izvajanja testov 100% obremenjen. Poraba RAM-a in kapacitete trdega diska niso nikoli ekstremno obremenjene, saj med izvajanjem nikoli ne uporabljamo več kot 50% RAM-a. Zasedenost diska pa je praktično zanemarljiva, saj so datoteke relativno majhne glede na ponujeno velikost trdega diska, datoteke pa se sproti brišejo in tako preprečimo težave z prezasedenostjo trdega diska.

1.4.4 Lokálnost - Eksperiment 4

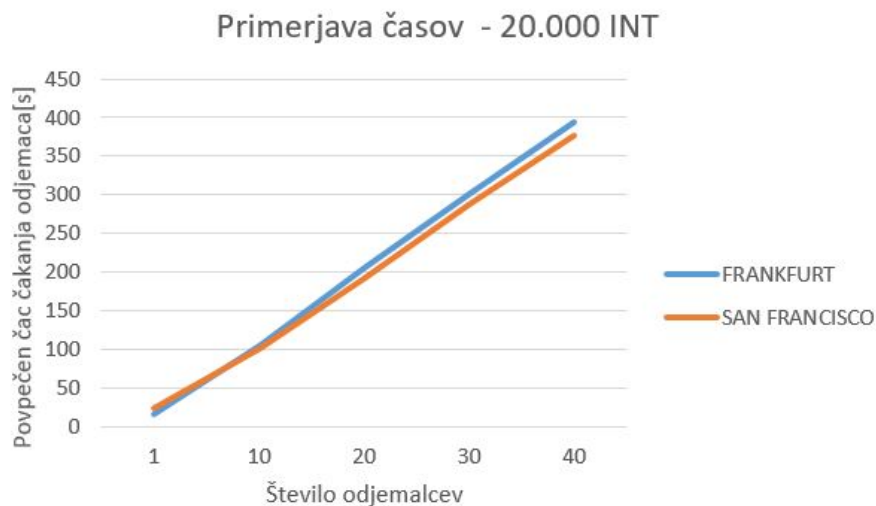
- **Hipoteza:**

Zaradi možnosti izbire lokacije strežnika smo želeli preveriti vpliv lokacije na povprečni čas čakanja odjemalcev. Poleg strežnika v Frankfurtu smo vzpostavili tudi strežnik v San Francisco. Naša hipoteza sledi, da bomo hitrejše odzive dobivali od strežnika v Frankfurtu, saj nam je fizično precej bliže, kot San Francisco.

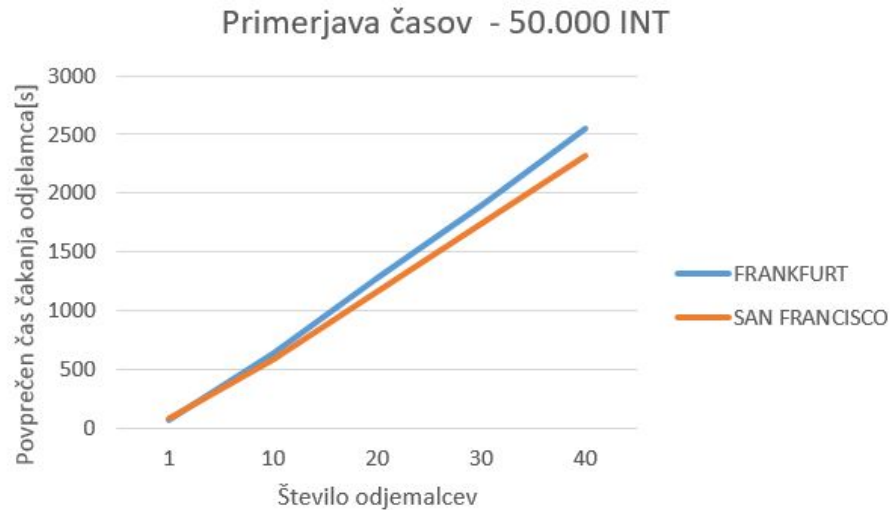
- **Okoliščine meritve:**

Strežnika imata dodeljeno enako količino resursov in nameščeno identično programsko opremo. Ta je enaka kot v testu 2 (poglavje 1.4.2) Slednje je bilo potrebno zagotoviti, da izključimo vpliv programske opreme na hitrost odzivov strežnika. Testiranje smo izvedli v ponedeljek 22.5.2017 med 10:00 in 14:00 po času UTC+01:00. Zaradi časovnih pasov je bila ura v San Francisco v času testiranja med 1:00 in 5:00 zjutraj. Teste smo ponovili z datotekami velikosti 20,000 in 50,000 celih števil.

- **Rezultati meritve:**



Slika 1.7: Graf povprečnega časa cakanja odjemalcev v odvisnosti od lokacije na primeru datoteke z 20,000 števili



Slika 1.8: Graf povprečnega časa cakanja odjemalcev v odvisnosti od lokacije na primeru datoteke z 50,000 števili

- **Komentar meritve:**

Rezultati meritev niso potrdili naše hipoteze, saj se je strežnik v San Franciscu kljub večji oddaljenosti hitreje odzival in vračal urejene datoteke. Razlike so vse bolj opazne ob večji obremenitvi sistema (večje datoteke in več odjemalcev). Pri datoteki velikost 20,000 števil in enem odjemalcu lahko vidimo, da nam rezultate hitreje vrne strežnik v Frankfurtu. Rezultate si razlagamo na način, da je bil strežnik v Frankfurtu bolj obremenjen v času izvajanja testov. Pri majhnih primerih je kljub svoji obremenjenosti uspel rezultat vrniti pred strežnikom v San Franciscu. Z večanjem računske zahtevnosti problema pa je vse bolj do izraza prišla manjša zasedenost infrastrukture v San Franciscu. Drug možen razlog bi bil lahko zmoglivejši procesorji v strežnikih lociranih v San Franciscu, vendar interne informacije o zgradbi strežniških centrov žal niso javne.

1.4.5 Različne računske moči - Eksperiment 5

- **Hipoteza:**

Naša hipoteza, ki jo bomo prevelili v tem poizkusu sledi, da se povprečni čas čakanja odjemalcev bistveno zmanjša, če je strežnik bolj zmogljiv.

- **Okoliščine meritve:**

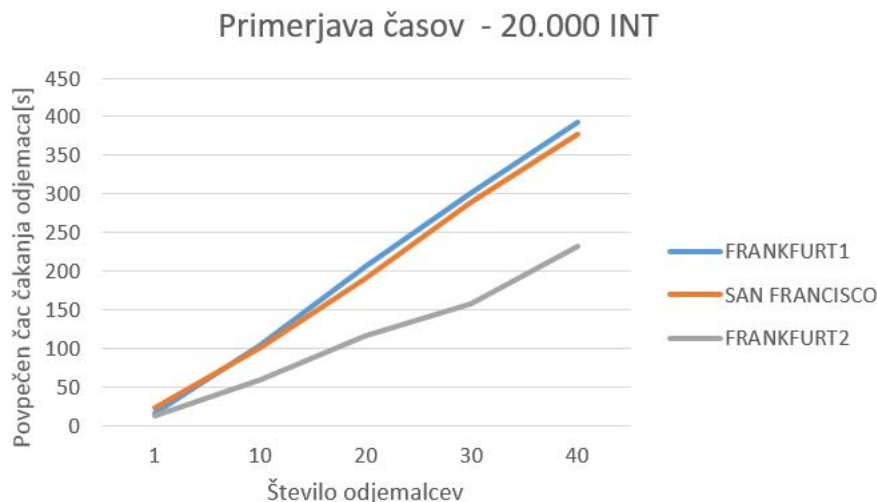
Testiranje smo izvedli v torek 23.5.2017 med 00:30 in 02:30 na strežniku v Frankfurtu. Na strežniku je tekel operacijski sistem Linux Ubuntu 16.04. Na voljo smo imeli 2 GB RAM-a ter 2 procesorja. Na strežniku je bil izbran algoritem za mehurčno urejanje (ang. *bubble sort*).

Skripto za simulacijo odjemalcev smo pgnali iz študentskega naselja Rožna dolina (Ljubljana). Za dostop do interneta je bila uporabljena internetna povezava s hitrostjo 100Mbps.

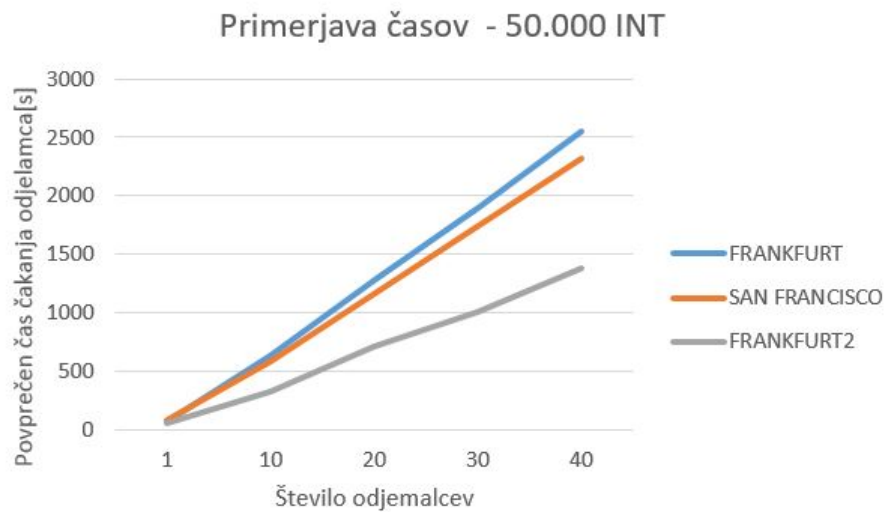
Na strežnik so klienti (niti) pošiljali datoteke velikosti 20,000 in 50,000 števil tipa integer in merili čase pri 1, 10, 20, 30 in 40 odjemalcih.

- **Rezultati meritve:**

V grafih 1.9 in 1.11 so vizualizani povprečni časi odziva treh različnih strežnikov. Strežnik Frankfurt1 in San Francisco imata identično konfiguracijo, kot je opisana v eksperimentu 4 (poglavje 1.4.4). Strežnik Frankfurt2 pa ima na voljo 2 procesorja ter 2 GB RAM-a.



Slika 1.9: Graf povprečnega časa čakanja odjemalcev treh različnih strežnikov na primeru datotek z 20,000 števili.



Slika 1.10: Graf povprečnega časa čakanja odjemalcev treh različnih strežnikov na primeru datotek z 50,000 števili.

- **Komentar meritve:**

Meritve potrdijo našo predpostavko, da višja zmogljivost strežnikov pripomore k bistveno nižjim povprečnim časom potrebnim za odziv.

1.4.6 24 urni test - Eksperiment 6

- **Hipoteza:**

Zaradi ugotavljanja zasedenosti omrežja ter strežnikov smo povrh izvedli še 24 ur trajajoči se test. Naša predpostavka sledi, da bodo časi višji v dnevnih časovnih razmerah, tj. čez dan kot pa ponoči.

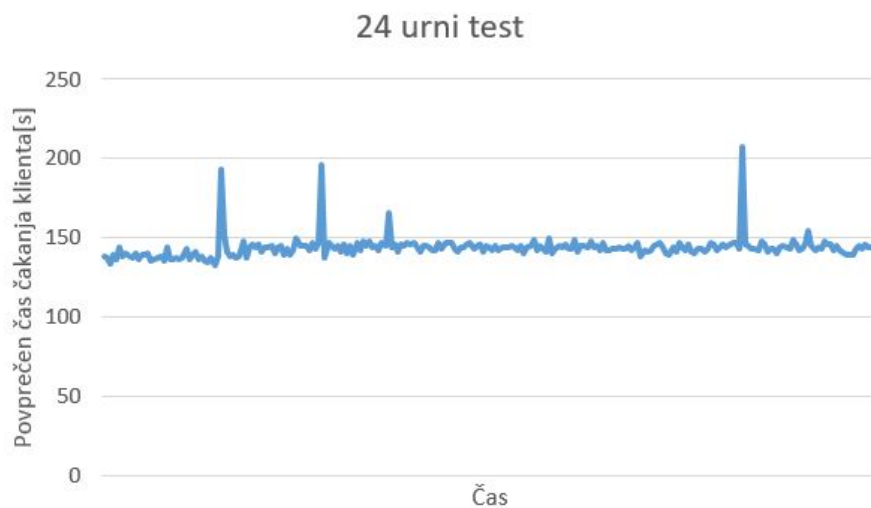
- **Okoliščine meritve:**

Testiranje smo izvedli v petek 26. in v soboto 27.5.2017. Test smo začeli izvajati ob 13:30 in smo ga izvajali 24 ur na strežniku v Frankfurtu. Na strežniku je tekel operacijski sistem Linux Ubuntu 16.04. Na voljo smo imeli 2GB RAM-a, 2 procesorja ter 40 GB prostora na SSD trdem disku. Na strežniku je bil izbran algoritem za mehurčno urejanje (ang. *bubble sort*).

Skripto za simulacijo odjemalcev smo pognali v Trzinu. Za dostop je bila uporabljena internetna ponudba Telekom Slovenije s hitrostjo 20Mbps.

Na strežnik so klienti (niti) pošiljali datoteke velikosti 20,000 celih števil za sortiranje v intervalih po 300 sekund. Slednje je počelo 20 odjemalcev hkrati. Merili smo povprečen čas čakanja odjemalcev in kako se ta spreminja skozi celoten dan.

- **Rezultati meritve:**



Slika 1.11: Graf povprečnega časa cakanja odjemalcev v 24 urah

- **Komentar meritve:**

Z meritvijo smo ugotovili, da je povprečen čas čakanja odjemalcev preko

celega dneva praktično enak. Iz povprečja bolj očitno odstopajo le štiri meritve, ki so trajale občutno dalj časa. Te meritve pa nam ne povedo veliko uporabnega, saj so razporejene dokaj naključno čez celoten dan. Naša hipoteza, ki predpostavlja, da bodo časi obdelave sredi dneva "visji od tistih ponoči je bila napačna.

Literatura

- [1] "Javascript - homepage." <https://www.javascript.com/>.
- [2] "Node.js - documentation." <https://nodejs.org/en/docs/>.
- [3] "C - programming language." [https://en.wikipedia.org/wiki/C_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/C_(programming_language)).
- [4] "Python - documentation." <https://www.python.org/doc/>.