

# Analiza zmogljivosti oblačnih in strežniških storitev

Uredil prof. dr. Miha Mraz

Maj 2018



# Kazalo

<b>Predgovor</b>	<b>iii</b>
<b>1 Analiza zmogljivosti različnih oblčnih storitev (M. Pečnik, M. Podplatnik, N. Zupančič)</b>	<b>1</b>
1.1 Opis problema . . . . .	1
1.2 Orodja . . . . .	2
1.2.1 BenchCloud . . . . .	2
1.2.2 Wireshark . . . . .	2
1.3 Metrike . . . . .	3
1.3.1 Čas prenosa . . . . .	3
1.3.2 Ponudniki . . . . .	4
1.4 Rezultati meritev . . . . .	7
1.4.1 Vpliv lokacije na čas prenosa . . . . .	7
1.4.2 Vpliv pošiljanja več datotek hkrati na čas prenosa . . . . .	15
1.4.3 Vpliv pošiljanja enakih datotek na čas prenosa . . . . .	15
1.4.4 Pošiljanje iz 3 različnih lokacij hkrati . . . . .	16
1.4.5 Povečevanja bremena med pošiljanjem . . . . .	20
1.4.6 Vpliv različnega števila niti . . . . .	20
1.4.7 Poskus preobremenitve oblaka Dropbox . . . . .	21
1.5 Načrt dela . . . . .	23



# Predgovor

Pričujoče delo je razdeljeno v deset poglavij, ki predstavljajo analize zmogljivosti nekaterih tipičnih strežniških in oblačnih izvedenk računalniških sistemov in njihovih storitev. Avtorji posameznih poglavij so slušatelji predmeta *Zanesljivost in zmogljivost računalniških sistemov*, ki se je v štud.letu 2017/2018 predaval na 1. stopnji univerzitetnega študija računalništva in informatike na Fakulteti za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Vsem študentom se zahvaljujem za izkazani trud, ki so ga vložili v svoje prispevke.

*prof. dr. Miha Mraz, Ljubljana, v maju 2018*



# Poglavje 1

## Analiza zmogljivosti pomnjenja različnih oblačnih storitev

Miha Pečnik, Mihael Podplatnik, Nik Zupančič

### 1.1 Opis problema

V zadnjih letih se predvsem pri prenosnih računalnikih pojavlja težnja po zmanjšanju velikosti trdega diska, zato se velikokrat zanašamo na oblačne storitve za zagotavljanje dodatnega prostora za shranjevanje. Namen tega poglavja je med seboj primerjati zmogljivosti več različnih oblačnih storitev z vidika pomnjenja in ugotoviti, ali kateri izmed ponudnikov dosega izrazito boljše rezultate od drugih. Preverili bomo kako se oblačne storitve med seboj razlikujejo, zasedenost posamezne storitve v različnih delih dneva, oddaljenost lokacije in čas prenosa različnih vrst datotek (slike, video, glasba...). Iz zbranih podatkov bomo skušali izbrati najprimernejšo oblačno storitev za uporabnika. Predlagani ponudniki storitev za testiranje in primerjavo pomnjenja so Dropbox [1], Mega [2] in Google Drive [3]. Prva razlika, ki jo opazimo med temi ponudniki je različne ponudbe za brezplačne uporabniške račune. V tem pogledu nam najmanj nudi Dropbox, ki nam z novim brezplačnim uporabniškim računom dodeli samo 2 GB prostora, medtem ko Google Drive in Mega oba nudita kar 15 GB prostora.

Eno izmed del, ki se ukvarja s podobnim področjem je magistrsko delo [4] v okviru katerega je tudi nastalo programsko orodje, ki smo ga uporabljali pri naših meritvah. Celotna magistrska naloga sicer ni osredotočena le na testiranje ampak vsebuje tudi splošno analizo delovanja oblačnih sistemov ter se v večji meri osredotoča predvsem na oblikovanje ustrezne programske opreme

za testiranje pomnjenja oblčnih ponudnikov, v zadnjem delu naloge pa lahko najdemo nekaj meritev, ki so bile opravljene na Dropboxu. Glavni zaključki v okviru teh meritev so, da večnitno pošiljanje datotek v oblak sicer poveča povprečni čas potreben za shranjevanje posamezne datoteke vendar pa se kljub temu skupni čas potreben za shranjevanje vnaprej določenega števila datotek zmanjša v primerjavi s pošiljanjem le ene datoteke naenkrat. Še eden od zanimivih zaključkov v nalogi je bil, da v kolikor uporabnik na svojem računalniku uporablja Dropboxovo programsko storitev, pred pošiljanjem datoteke v oblak pride do kompresije datotek, kar privede do razlike med velikostmi omrežnih paketov ter dejanskimi velikostmi datotek, ki jih želimo shranjevati.

Članek Personal Cloud Storage Benchmarks and Comparison [5] se še bolj podrobno osredotoči na to tematiko in med seboj primerja 11 različnih ponudnikov oblčnih storitev, to pa vključuje tudi vse naše predlagane ponudnike zato bomo pri nadaljnjem delu naše ugotovitve lahko primerjali z rezultati raziskovalcev v članku.

## 1.2 Orodja

Za pomoč pri izvajanju ter analizi meritev smo si izbrali nekaj orodij, ki so brezplačno dostopna na spletu.

### 1.2.1 BenchCloud

BenchCloud [6] je orodje izdelano v programskem jeziku Python in omogoča interakcijo z oblčnimi storitvami, ki nudijo možnosti nalaganja in prenašanja datotek preko storitve API. Pri pošiljanju datotek v oblak omogoča specifikacijo različnih načinov generiranja datotek, ki jih shranjujemo v oblak. Lahko generiramo datoteke, ki imajo popolnoma naključno vsebino, datoteke katerih vsebina je identična, datoteke, ki se razlikujejo le v določenem delu vsebine ali datoteke, ki vsebujejo ponavljajoči se niz - velikost teh datotek je možno učinkovito zmanjšati s kompresiranjem. Pri vseh načinih generiranja lahko izberemo poljubno velikost in končnico ter število datotek, ki jih želimo shraniti v oblak. Po koncu zadane naloge nam BenchCloud generira poročilo, v katerem zabeleži koliko časa so trajale posamezne operacije generiranja datotek in koliko časa je vzelo nalaganje v oblak ter koliko časa smo potrebovali za prenos ene ali vseh datotek iz oblaka.

### 1.2.2 Wireshark

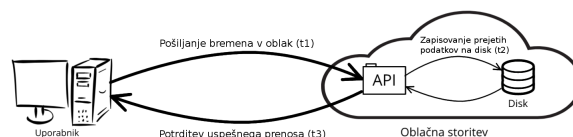
Orodje BenchCloud sicer nudi funkcijo spremljanja paketov ob pošiljanju ter prejemanju datotek, vendar bomo za bolj natančno analizo prometa po omrežju potrebovali orodje Wireshark [7]. S pomočjo Wiresharka bomo lažje ugotovili kam v resnici pošiljamo svoje podatke, saj lokacija strežnika lahko igra pomembno vlogo pri pošiljanju in prejemanju podatkov.



## 1.3 Metrike

### 1.3.1 Čas prenosa

Kot je razvidno iz slike 1.1, ki prikazuje potek pošiljanja bremena v oblak, je čas shranjevanja posamezne datoteke sestavljen iz treh komponent. Čas  $t_1$  predstavlja čas potreben za pošiljanje bremena z uporabnikovega sistema v oblak,  $t_2$  je čas, ki ga oblachna storitev porabi za shranjevanje prejete datoteke ter  $t_3$  čas, ki traja od končanega shranjevanja datoteke v oblaku do prejema potrditve na uporabnikovem sistemu. Potrditev, ki jo prejmemo ob koncu prenosa na Dropbox, je sestavljena podatkovna struktura, ki vsebuje osnovne podatke o shranjeni datoteki v oblaku. Primer odgovora na uspešno pošiljanje lahko vidimo v izpisu 1.1.



Slika 1.1: Primer pošiljanja enega bremena v oblachno storitev.

V potrditvi na izpisu 1.1 lahko najdemo osnovne podatke o datoteki, ki smo jo ravnokar shranili v oblak. V prvih dveh vrsticah vidimo informacije o imenu datoteke ter unikatni identifikator datoteke. Sledita datum in točna ura, ko je bila datoteka poslana oz. modificirana. Vidimo lahko, da prvi datum prikazuje čas, ki ga Dropboxu posreduje klient vendar ta sodeč po dokumentaciji ni najbolj zanesljiv, zato naj bi se uporabljali naslednji, to je datum, ki ga zabeleži sam strežnik in je bolj natančen. Med svojimi pošiljanji razlike med njima nismo opazili. Polje *rev* je enolični identifikator, vezan na trenutno različico datoteke. S tem se pozneje lahko ugotovi, ali je bila datoteka po prvem shranjevanju spremenjena ali ne. *Size* prikazuje velikost datoteke v bajtih, *path\_lower* pa je pot do datoteke v našem Dropbox direktoriju z zgolj malimi črkami. V primeru izpisa je datoteka shranjena v korensko mapo, *path\_display* pa je namenjen lepšemu izpisu poti datoteke, ki bi ga potrebovali v programih oz. aplikacijah, saj prikazuje dejansko ime datoteke brez spreminjanja v male črke. Sledi še nekaj podatkov, ki niso nujni in so v primeru izpisa brez vrednosti. Dropbox omogoča uporabo skupnih map, ki si jih lahko med seboj deli več uporabnikov. V tem primeru identifikacijski niz skupne mape v katero smo shranili datoteko, dobimo v polju *parent\_shared\_folder\_id*, *media\_info* vsebuje dodatne podatke o tem ali je datoteka video oz. fotografija. Tudi *sharing\_info* in *has\_explicit\_shared\_members* nam pove ali je datoteka deljena tudi z drugimi uporabniki. V *property\_groups* pa datoteki lahko določimo dodatne vrednosti v obliki slovarja (ključ - vrednost). S pomočjo tega lahko uporabnik datoteki doda tudi dodatne lastnosti. V zadnjem polju imamo še zgoščeno vrednost vsebine datoteke, ki jo strežnik uporablja za primerjavo lokalnih datotek z datotekami

shranjenimi v oblaku.

Listing 1.1: Primer potrditve, ki jo pošlje Dropbox po končanem prenosu.

```
FileMetadata(name=u'benchmarking-tKfG80',
             id=u'id:IKsdqYoRnMAAAAAAAAAAnwA',
             client_modified=datetime.datetime(2018, 4, 12, 8, 40, 16),
             server_modified=datetime.datetime(2018, 4, 12, 8, 40, 16),
             rev=u'4f6ca14d7960', size=5242880,
             path_lower=u'/benchmarking-tkfg8o',
             path_display=u'/benchmarking-tKfG80', parent_shared_folder_id=None,
             media_info=None, sharing_info=None, property_groups=None,
             has_explicit_shared_members=None,
             content_hash=u'a7d9abfad87bdbcf808cb9461222f7
                          5b0fd914e7ed0b7ed6c9464ef4667bbd88')
```

### 1.3.2 Ponudniki

V začetku poglavja smo si izbrali 3 glavne ponudnike, ki uporabnikom ponujajo brezplačne storitve. S pomočjo orodja Wireshark smo skušali pridobiti IP naslov oblačne storitve kamor pošljamo datoteke, s storitvijo Ipdata [8] pa smo določili približno lokacijo, kje naj bi se strežniki nahajali. Za vsakega izmed njih smo nato še z orodji ping in tracert preizkusili koliko časa potrebuje posamezen paket, da pride do strežnika, ter po kateri poti potuje. Pri ugotavljanju lokacije smo naleteli na nekaj težav, saj za Dropbox različne storitve dajejo različne rezultate za isti IP naslov. Tako smo za pridobljen IP naslov dobili podatek da se nahaja v Nemčiji, medtem ko nekaj drugih storitev ta naslov postavlja v San Francisco.

#### Meritve iz Ribnice

Meritve so bile izvedene 19.4.2018 iz Ribnice. Na vsak naslov smo poslali 500 paketov v velikosti 32 B in v tabelo 1.1 vključili glavne podatke, rezultate izvedbe klica tracert pa lahko vidimo v izpisih 1.2, 1.3, 1.4.

Ponudniki	Lokacija strežnikov	Povprečni čas za 1 paket	Št. izgubljenih paketov
Dropbox	Frankfurt (Nemčija)	38 ms	2
Mega	Luksemburg (Luksemburg)	50 ms	0
Google Drive	Kalifornija (ZDA)	37 ms	1

Tabela 1.1: Podatki o lokaciji ponudnikov.

Kot je razvidno v tabeli 1.1, so časi za Mego občutno daljši v primerjavi z Dropboxom in Googlom, zato lahko sklepamo, da je eden izmed skokov paketa na poti iz Ribnice počasnejši zaradi česar je daljši tudi končni čas pinga.

Listing 1.2: Primer klica tracert za strežnik Dropboxa iz Ribnice.

```

1  1 ms  <1 ms  <1 ms  whrhpgn [192.168.0.1]
2  81 ms  70 ms  17 ms
   upc.si.94.140.84.1.dc.cable.static.telemach.net [94.140.84.1]
3  93 ms  90 ms  150 ms  217-72-74-9.ipv4.telemach.net [217.72.74.9]
4  36 ms  42 ms  47 ms  185.66.148.237.ipv4.telemach.net
   [185.66.148.237]
5  46 ms  39 ms  55 ms  185.66.148.237.ipv4.telemach.net
   [185.66.148.237]
6  94 ms  80 ms  54 ms  185.66.148.219.ipv4.telemach.net
   [185.66.148.219]
7  83 ms  128 ms  111 ms  185.66.148.219.ipv4.telemach.net
   [185.66.148.219]
8  67 ms  60 ms  68 ms  10ge1-5.core1.vie1.he.net [216.66.82.73]
9  72 ms  95 ms  87 ms  100ge14-2.core1.prg1.he.net [72.52.92.185]
10 72 ms  69 ms  103 ms 100ge16-1.core1.fra1.he.net
   [184.105.213.233]
11 *      *      *      Request timed out.
12 106 ms  79 ms  105 ms 185.45.10.167
13 68 ms  87 ms  105 ms 162.125.66.8

```

Listing 1.3: Primer klica tracert za strežnik Mega iz Ribnice.

```

1  3 ms  2 ms  1 ms  whrhpgn [192.168.0.1]
2  16 ms  11 ms  15 ms
   upc.si.94.140.84.1.dc.cable.static.telemach.net [94.140.84.1]
3  12 ms  15 ms  11 ms  217-72-74-9.ipv4.telemach.net [217.72.74.9]
4  11 ms  13 ms  12 ms  185.66.148.237.ipv4.telemach.net
   [185.66.148.237]
5  10 ms  12 ms  11 ms  185.66.148.237.ipv4.telemach.net
   [185.66.148.237]
6  18 ms  18 ms  18 ms  185.66.148.219.ipv4.telemach.net
   [185.66.148.219]
7  72 ms  144 ms  241 ms 185.66.148.219.ipv4.telemach.net
   [185.66.148.219]
8  18 ms  19 ms  17 ms  10ge1-5.core1.vie1.he.net [216.66.82.73]
9  266 ms 240 ms  24 ms 100ge14-2.core1.prg1.he.net [72.52.92.185]
10 31 ms  28 ms  35 ms 100ge16-1.core1.fra1.he.net
   [184.105.213.233]
11 34 ms  44 ms  35 ms 10ge11-1.core1.lux1.he.net [184.105.64.14]
12 197 ms 288 ms 274 ms AS24611-1.members.lu-cix.lu [188.93.171.3]
13 47 ms  42 ms  43 ms 80.92.71.58
14 46 ms  45 ms  45 ms 31.216.145.85

```

Listing 1.4: Primer klica tracert za strežnik Google Drive iz Ribnice.

```

1  2 ms  2 ms  2 ms  whrhpgn [192.168.0.1]
2  12 ms  13 ms  22 ms

```

```

upc.si.94.140.84.1.dc.cable.static.telemach.net [94.140.84.1]
3 13 ms 13 ms 10 ms 217-72-74-9.ipv4.telemach.net [217.72.74.9]
4 15 ms 11 ms 11 ms 185.66.148.237.ipv4.telemach.net
[185.66.148.237]
5 263 ms 11 ms 13 ms 185.66.148.237.ipv4.telemach.net
[185.66.148.237]
6 20 ms 16 ms 19 ms 185.66.148.220.ipv4.telemach.net
[185.66.148.220]
7 21 ms 16 ms 16 ms 185.66.148.220.ipv4.telemach.net
[185.66.148.220]
8 16 ms 16 ms 17 ms peer-AS31042.sbb.rs [82.117.193.217]
9 32 ms 60 ms 488 ms bg-tp-m-0-be1.sbb.rs [89.216.5.77]
10 45 ms 31 ms 30 ms 72.14.219.230
11 168 ms 367 ms 228 ms 209.85.243.121
12 34 ms 34 ms 34 ms 66.249.94.183
13 110 ms 217 ms 264 ms bud02s24-in-f234.1e100.net [216.58.214.234]

```

### Meritve iz Vodice

Meritve so bile izvedene 20.4.2018 iz Vodice. Na vsak naslov smo poslali 500 paketov v velikosti 32 B in v tabelo 1.2 vključili glavne podatke, rezultate izvedbe klica tracert pa lahko vidimo v izpisih 1.5 in 1.6.

Ponudniki	Lokacija strežnikov	Povprečni čas za 1 paket	Št. izgubljenih paketov
Dropbox	San Francisco (Kalifornija)	122 ms	0
Google Drive	Mountain View (Kalifornija)	39 ms	0

Tabela 1.2: Podatki o lokaciji ponudnikov.

Rezultate izvedbe klica ping lahko vidimo v tabeli 1.2.

Listing 1.5: Primer klica tracert za strežnik Dropbox iz Vodice.

```

1 1 ms 1 ms 1 ms DD-WRT [192.168.1.1]
2 13 ms 21 ms 18 ms 93-103-0-1.gw.t-2.net [93.103.0.1]
3 12 ms 13 ms 13 ms 84-255-209-153.core.t-2.net [84.255.209.153]
4 13 ms 12 ms 13 ms 212.162.28.9
5 * * 111 ms ae-2-3601.ear2.Washington1.Level3.net
[4.69.206.73]
6 * * * Request timed out.
7 118 ms 119 ms 118 ms ae2-iad6-bb02.net.dropbox.com [45.58.66.66]
8 128 ms 124 ms 123 ms ae16-iad4-dr01.net.dropbox.com [45.58.66.79]
9 * * * Request timed out.
10 * * * Request timed out.
11 * * * Request timed out.
12 117 ms 117 ms 116 ms 162.125.18.133

```

Listing 1.6: Primer klica tracert za strežnik Google Drive iz Vodice.

1	1 ms	1 ms	2 ms	DD-WRT [192.168.1.1]
2	70 ms	70 ms	72 ms	93-103-0-1.gw.t-2.net [93.103.0.1]
3	56 ms	51 ms	53 ms	84-255-250-237.core.t-2.net [84.255.250.237]
4	91 ms	90 ms	37 ms	google.telecity-2-equinix-am7.nl-ix.net [193.239.117.142]
5	37 ms	37 ms	38 ms	108.170.241.225
6	36 ms	36 ms	36 ms	72.14.239.45
7	37 ms	36 ms	36 ms	ams16s31-in-f10.1e100.net [172.217.19.202]

## 1.4 Rezultati meritev

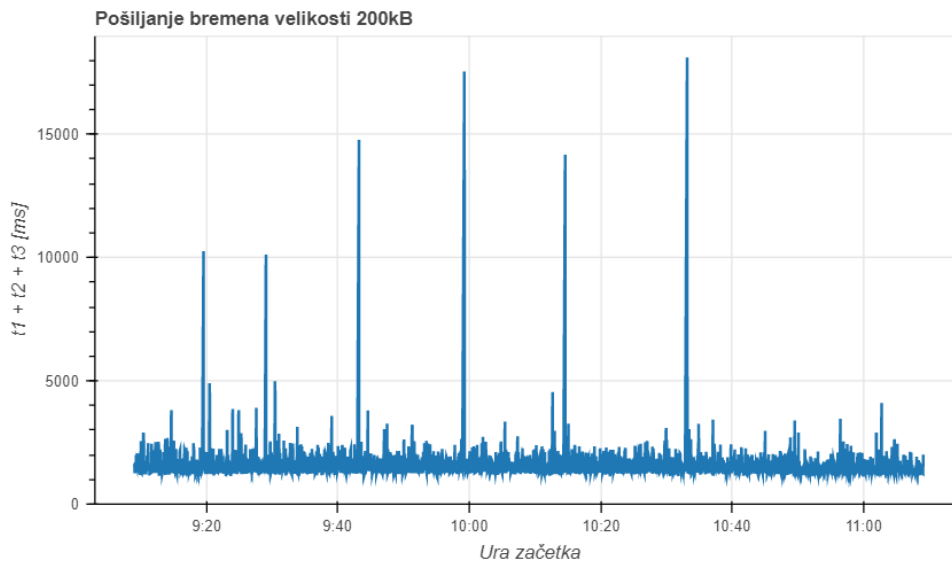
Pri meritvah smo si izbrali 3 tipične velikosti datotek in sicer datoteko velikosti 200kB, ki predstavlja primer velikosti Wordovega dokumenta, datoteko velikosti 5MB, ki predstavlja velikost digitalne fotografije ter datoteko velikosti 20MB, ki ponazarja kratek videoposnetek. Pri meritvah smo uporabljali dva načina pošiljanja datotek. Za nekatere meritve smo uporabljali vsak svoj uporabniški račun, kjer pa je bilo to potrebno, pa smo vsi pošiljali datoteke na isti uporabniški račun.

### 1.4.1 Vpliv lokacije na čas prenosa

Da bi ugotovili kako lokacija ter pasovna širina pošiljatelja vplivata na rezultate, smo najprej izbrali samo enega ponudnika (Dropbox) in vsi izvedli enake meritve na svojem domu. Vsak izmed nas je uporabil lasten uporabniški račun. Pred vsakim pošiljanjem se je generirala nova datoteka z vnaprej podano velikostjo. Novo pošiljanje se začne takoj zatem, ko dobimo potrditev, da je prejšnja datoteka uspešno shranjena v oblaku. Te meritve smo izvajali 120 minut za vsako izbrano velikost datoteke.

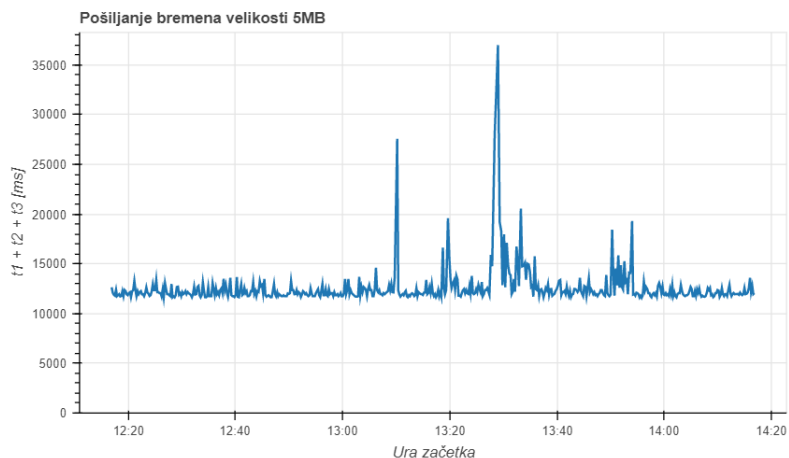
#### Meritve iz Ribnice

Vse meritve, ki so potekale v Ribnici, so uporabljale povezavo 16/4 Mbps.



Slika 1.2: Rezultati pošiljanja datoteke velikosti 200kB iz Ribnice.

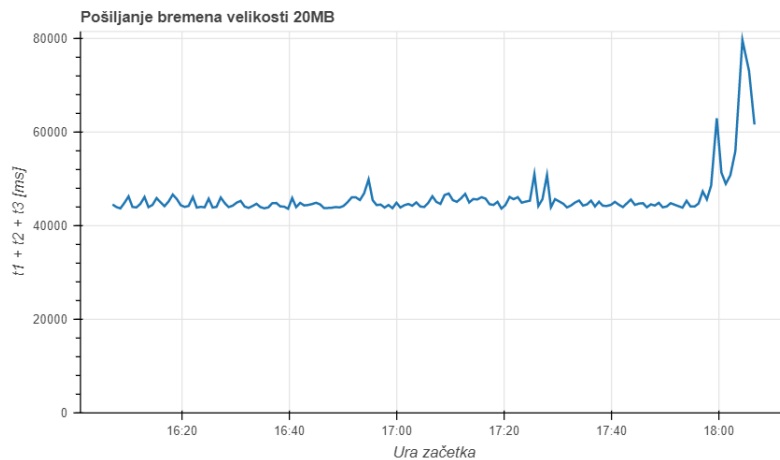
Meritve, ki jih lahko vidimo na sliki 1.2 so potekale v petek 6.4. v času od 09:09 do 11:09 po poletnem srednjeevropskem času (UTC+2) iz Ribnice. V dveh urah je bilo skupno prenešenih 4.643 datotek, povprečni čas prenosa pa je znašal 1.547 ms. Razen nekaj izrazitih izstopanj, ki jih lahko opazimo v rezultatih na sliki 1.2, so časi meritev dokaj konstantni.



Slika 1.3: Rezultati pošiljanja datoteke velikosti 5MB iz Ribnice.

Test z velikostjo datoteke 5 MB na sliki 1.3 se je izvajal 7.4., od 12:16 do

14:16 (UTC+2). Podobno kot na sliki 1.2 tudi tukaj opazimo, da časi večinoma ne odstopajo preveč od povprečja, pojavi pa se nekaj krajših obdobj v katerih so časi daljši od povprečja. Povprečni čas prenosa v tem primeru znaša 11.582 ms, skupno pa je bilo poslanih 575 datotek.

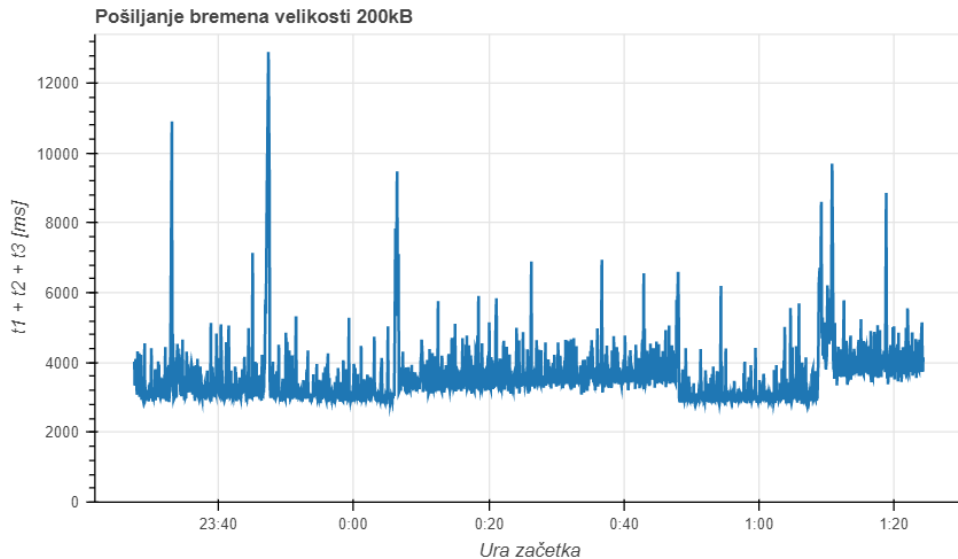


Slika 1.4: Rezultati pošiljanja datoteke velikosti 20MB iz Ribnice.

Meritve datotek velikosti 20 MB, na sliki 1.4, so tekle 6.4. od 16:06 do 18:06 (UTC+2). Povprečen prenos datoteke je trajal 45.713 ms, skupno pa je bilo poslanih 157 datotek velikosti 20 MB. Za razliko od prejšnjih meritev predstavljenih na slikah 1.2 in 1.3 lahko ob rezultatih na sliki 1.4 opazimo, da ni prišlo do večjih odstopanj skozi večji del meritev. Le v zadnjih 10 minutah vidimo da je prišlo do daljšega časa, to pa si lahko razlagamo z večjo zasedenostjo lokalnega omrežja.

### Meritve v Vodich

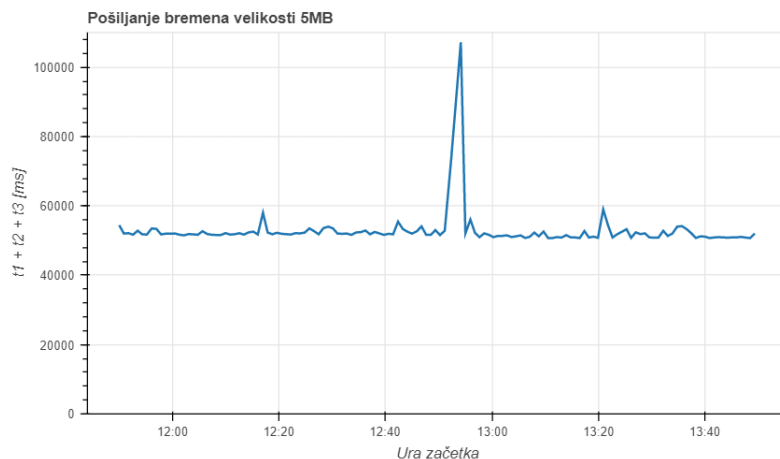
Pasovna širina povezave, ki se je uporabljala za pošiljanje datotek iz Vodice, je bila 17/1 Mbps.



Slika 1.5: Rezultati pošiljanja datoteke velikosti 200kB iz Vodice.

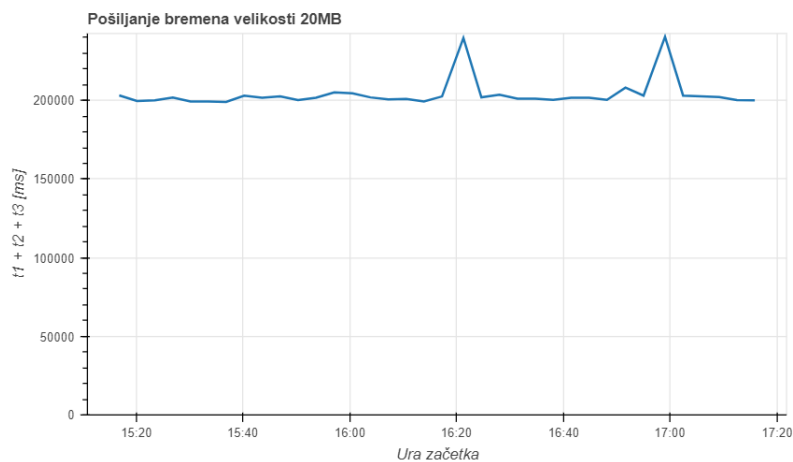
Meritve, ki jih lahko vidimo na sliki 1.5 so potekale v petek, 6.4. v času od 23:27 do 7.4, 01:24 po poletnem srednjeevropskem času (UTC+2). Skupno je bilo prenešenih 1.999 datotek, povprečni čas prenosa pa je znašal 3.501 ms.





Slika 1.6: Rezultati pošiljanja datoteke velikosti 5MB iz Vodice.

Test z velikostjo datoteke 5 MB 1.6 se je izvajal 7.4., od 11:49 do 13:49 (UTC+2). Podobno kot na sliki 1.5 tudi tukaj opazimo da časi večinoma ne odstopajo preveč od povprečja, z izjemo večjega skoka pri 12:54, ki je trajal kar 107.204 ms. Povprečni čas prenosa v tem primeru znaša 52.638 ms, skupno pa je bilo poslanih 137 datotek.

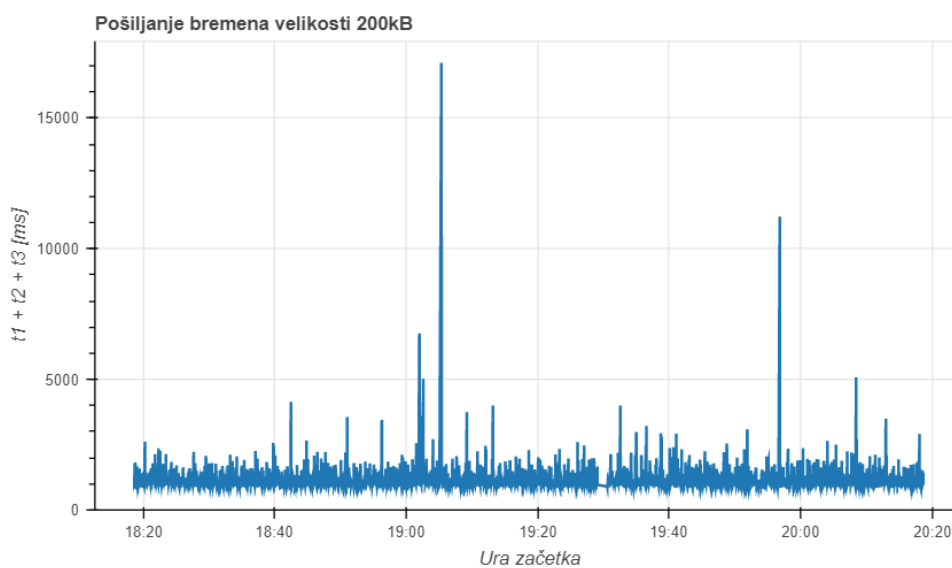


Slika 1.7: Rezultati pošiljanja datoteke velikosti 20MB iz Vodice.

Meritve datotek velikosti 20 MB, na sliki 1.7, so tekale 7.4. od 15:13 do 17:15 (UTC+2). Povprečen čas shranjevanja datoteke znaša 203.840 ms, skupno pa je bilo poslanih 36 datotek velikosti 20 MB. V primerjavi s prejšnjimi meritvami so bili časi najbolj konstantni, brez večjih skokov.

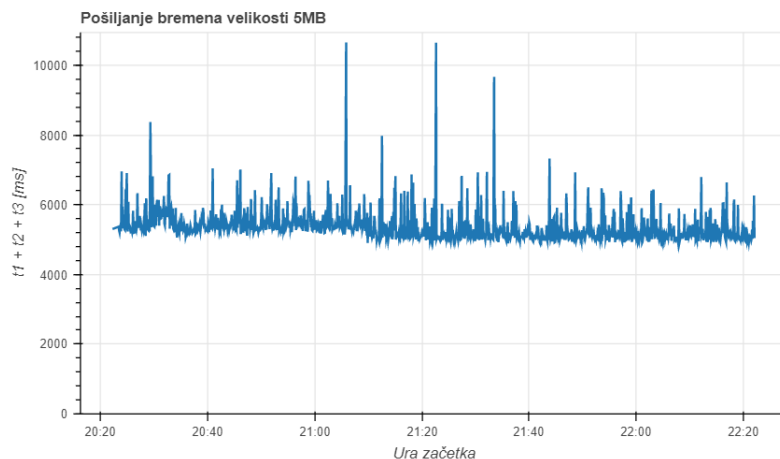
## Meritve v Ljubljani

Meritve v Ljubljani so potekale s hitrostjo povezave 40/10 Mbps.



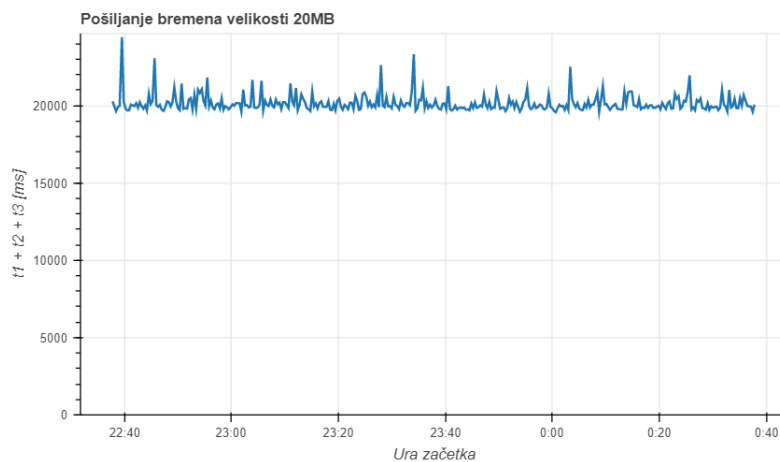
Slika 1.8: Rezultati pošiljanja datoteke velikosti 200kB iz Ljubljane.

Meritve, ki jih lahko vidimo na sliki 1.8 so potekale v petek 7.4. v času od 18:18 do 20:18 po poletnem srednjeevropskem času (UTC+2). V dveh urah je bilo skupno prenešenih 6.526 datotek, povprečni čas prenosa pa je znašal 1.095 ms. Razen nekaj izrazitih izstopanj, ki jih lahko opazimo v rezultatih na sliki 1.8, so časi meritev dokaj konstantni. Pomembno je omeniti, da sta daljša izmerjena časa ob 19:03 in 19:56 posledica ročnega sproščanja pomnilnega prostora na Dropbox-u, ki je bilo potrebno zaradi višje hitrosti pošiljanja in posledično tudi večjega števila shranjenih datotek v oblaku. Maksimalni izmerjen čas 88.594 ms smo zaradi preglednosti izpustili.



Slika 1.9: Rezultati pošiljanja datoteke velikosti 5MB iz Ljubljane.

Meritve, ki jih lahko vidimo na sliki 1.9, so potekale v petek, 7.4. v času od 20:22 do 22:22 po poletnem srednjeevropskem času (UTC+2). V dveh urah je bilo skupno prenešenih 1.330 datotek, povprečni čas prenosa pa je znašal 5.386 ms. Razen treh večjih izstopanj, ki jih lahko opazimo v rezultatih 1.9, so časi meritev dokaj konstantni. Okoli 21:10 se je povprečni čas pošiljanja malenkost zmanjšal. Ponovno lahko nekatere daljše meritve označimo kot posledico sproščanja pomnilnega prostora na testiranem ponudniku. Maksimalni izmerjeni čas 62.827 ms smo zaradi preglednosti izpustili.



Slika 1.10: Rezultati pošiljanja datoteke velikosti 20MB iz Ljubljane.

Meritve, ki jih lahko vidimo na sliki 1.10, so potekale v petek, 7.4. v času od 22:37 do 00:37 po poletnem srednjeevropskem času (UTC+2) iz Ljubljane.

V dveh urah je bilo skupno prenešenih 355 datotek, povprečni čas prenosa pa je znašal 20.140 ms. Opazimo lahko konstante izmerjene čase brez večjih odstopanj.

### Povzetek vpliva lokacije

Velikost bremena	<i>Minimalni čas</i>	<i>Povprečje</i>	<i>Maksimalen čas</i>
200 kB	1.116 ms	1.547 ms	18.126 ms
5 MB	11.582 ms	12.484 ms	36.997 ms
20 MB	43.634 ms	45.713 ms	79.705 ms

Tabela 1.3: Minimalni, povprečni in maksimalni časi pošiljanja bremena na Dropbox, s povezavo 16/4 Mbps iz Ribnice.

Velikost bremena	<i>Minimalni čas</i>	<i>Povprečje</i>	<i>Maksimalen čas</i>
200 kB	2.815 ms	3.501 ms	12.897 ms
5 MB	50.735 ms	52.638 ms	107.204 ms
20 MB	199.080 ms	203.840 ms	240.494 ms

Tabela 1.4: Minimalni, povprečni in maksimalni časi pošiljanja bremena na Dropbox, s povezavo 17/1 Mbps iz Vodice.

Velikost bremena	<i>Minimalni čas</i>	<i>Povprečje</i>	<i>Maksimalen čas</i>
200 kB	799 ms	1.095 ms	88.594 ms
5 MB	4.883 ms	5.386 ms	62.827 ms
20 MB	19.575 ms	20.140 ms	24.420 ms

Tabela 1.5: Minimalni, povprečni in maksimalni časi pošiljanja bremena na Dropbox, s povezavo 40/10 Mbps iz Ljubljane.

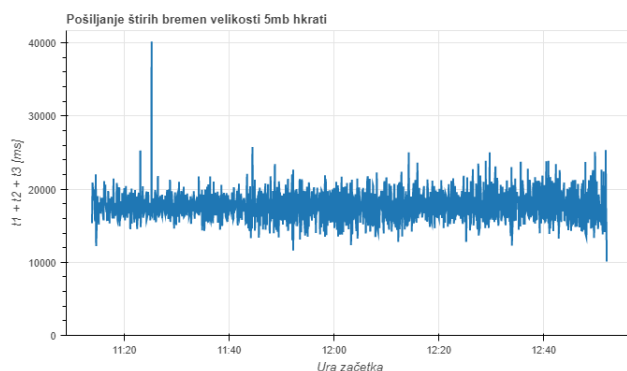
Iz prvotnih meritev, opravljenih na različnih lokacijah opazimo, da se pojavijo odstopanja, odvisna od lokacije uporabnika ter tudi njegove pasovne širine. Tako so najkrajši časi pošiljanja doseženi v Ljubljani v tabeli 1.5, najdaljši pa v Vodichah v tabeli 1.4. Odstopanja pri manjših datotekah še niso tako visoka. Med Ribnico in Ljubljano je pri velikosti 200 kB razlika v časih pošiljanja bremena le nekaj manj kot 500 ms vendar večja kot je datoteka, višje so razlike v časih pošiljanja. Tako je čas pošiljanja datoteke velikosti 20 MB v Ribnici več kot dvakrat daljši v primerjavi z Ljubljano.

Zaradi omejitve Dropboxa na 2 GB prostora za brezplačne uporabniške račune, smo se že v tem poglavju soočili z nekaj težavami, ko smo med svojimi meritvami zasedli ves dodeljen prostor. Ker smo v nadaljnjih meritvah pričakovali povečanje števila datotek smo se v orodje Benchcloud odločili vključiti še funkcijo, ki v primeru, da na Dropboxu ostane manj kot 500 MB prostora vse

shranjene datoteke v oblaku izbriše in s tem sprostí dodaten prostor za testiranje. V vseh naslednjih meritvah je bila ta funkcionalnost že uporabljena, tako pa smo se izognili dodatnim zakasnitvam, ki bi jih lahko povzročilo pomanjkanje prostora v oblaku.

### 1.4.2 Vpliv pošiljanja več datotek hkrati na čas prenosa

Želeli smo ugotoviti kako pošiljanje več različnih datotek hkrati vpliva na čas pošiljanja. Meritve smo izvajali v Ljubljani s povezavo 40/10 Mbps. Poslali smo 1330 datotek, kolikor smo jih v 2 urah uspeli poslati v prejšnjem poskusu predstavljenemu na sliki 1.9, velikosti 5 MB, pošiljanje pa so opravljale 4 niti vzporedno. Vsaka nit je datoteke pošiljala neodvisno od ostalih.



Slika 1.11: Rezultati pošiljanja štirih datotek velikosti 5MB hkrati iz Ljubljane.

Vrsta pošiljanja	Minimalni čas	Povprečje	Maksimalen čas	Celoten čas
4 niti hkrati	10.104 ms	17.727 ms	40.184 ms	98,43 min
1 nit	4.883 ms	5.386 ms	62.827 ms	120,00 min

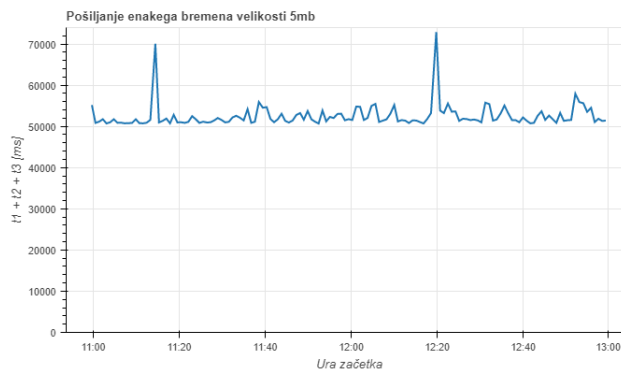
Tabela 1.6: Minimalni, povprečni, maksimalni časi in celoten čas pošiljanja bremena na Dropbox, s povezavo 40/10 Mbps iz Ljubljane.

Pošiljanje istega bremena s štirimi datotekami hkrati, kot prikazuje slika 1.11, je skupno trajalo 98,43 minut, kot vidimo v tabeli 1.6, kar je približno 18% hitreje kot pošiljanje vsake datoteke posebej, povprečen čas za posamezno datoteko pa je bil približno 3-krat daljši. Taki rezultati ustrezajo tudi ugotovitvam iz dela [4], ki pravijo da se v primeru večnitnega pošiljanja bremen skupni čas za enako število datotek zmanjša.

### 1.4.3 Vpliv pošiljanja enakih datotek na čas prenosa

Želeli smo ugotoviti, če bi bilo pošiljanje enakih datotek hitrejše, kot pošiljanje različnih datotek enake velikosti. Zanimalo nas je, če bi se sčasoma skrajšal

čas prenosa. Meritve smo izvajali v Vodich s povezavo 17/1 Mbps. Pošiljali smo 120 minut datoteke velikosti 5 MB z enako vsebino in kasneje primerjali rezultate s poskusom na sliki 1.6.



Slika 1.12: Rezultati pošiljanja enakih datotek velikosti 5MB iz Vodice.

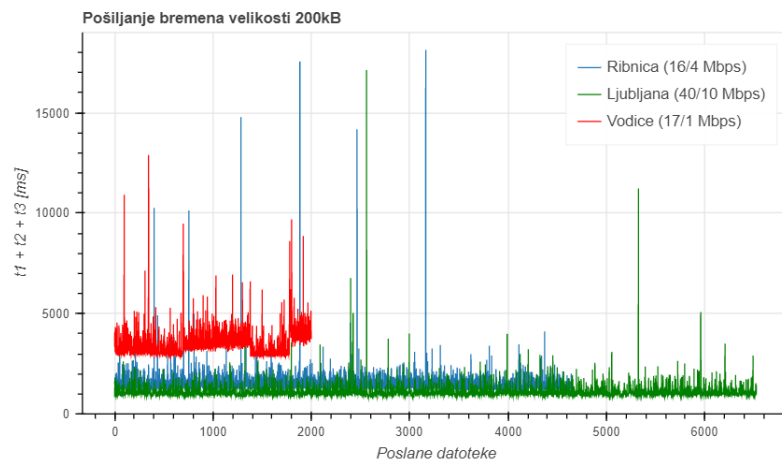
Datoteke	Minimalni čas	Povprečje	Maksimalen čas	Št. pošiljanj
Enake	50.683 ms	52.443 ms	72.868 ms	138
Različne	50.735 ms	52.638 ms	107.204 ms	137

Tabela 1.7: Minimalni, povprečni in maksimalni časi pošiljanja različnega in enakega bremena velikosti 5 MB, s povezavo 17/1 Mbps iz Vodice.

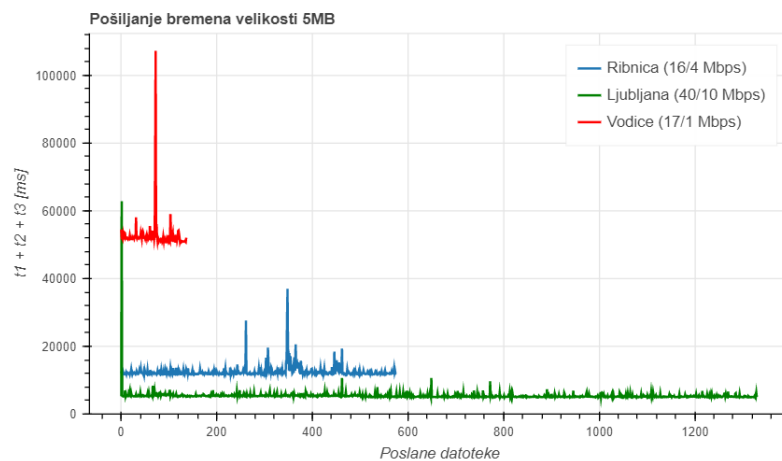
Kot vidimo v tabeli 1.7 in na sliki 1.12 je povprečje pošiljanja skoraj enako. Tudi število pošiljanj se skoraj ne razlikuje. Ugotovili smo, da pošiljanje enakih datotek ne vpliva na čas prenosa.

#### 1.4.4 Pošiljanje iz 3 različnih lokacij hkrati

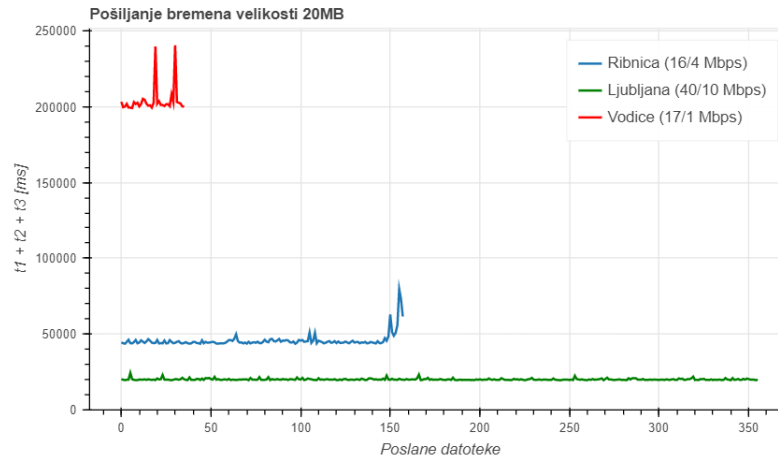
Da bi se prepričali, kako se ponudnik odziva na prejetje bremen več različnih pošiljateljev, smo se odločili za hkratno izvajanje meritev iz 3 različnih lokacij hkrati. Za lažjo primerjavo smo za vsako velikost meritev, ki smo jih opravili v razdelku 1.4.1 posamično, združili na en graf v slikah 1.13, 1.14 in 1.15. Te meritve je vsak izvajal posamično skupno 2 uri in datoteke pošiljal na svoj lastni uporabniški račun pri oblaknem ponudniku. Ker smo te meritve izvajali 2 uri, se je število prenesenih datotek razlikovalo v tem obdobju razlikovalo med lokacijami, zaradi tega pa na grafih vidimo tudi različne dolžine krivulj.



Slika 1.13: Združeni rezultati posamičnega pošiljanja datotek v velikosti 200kB.



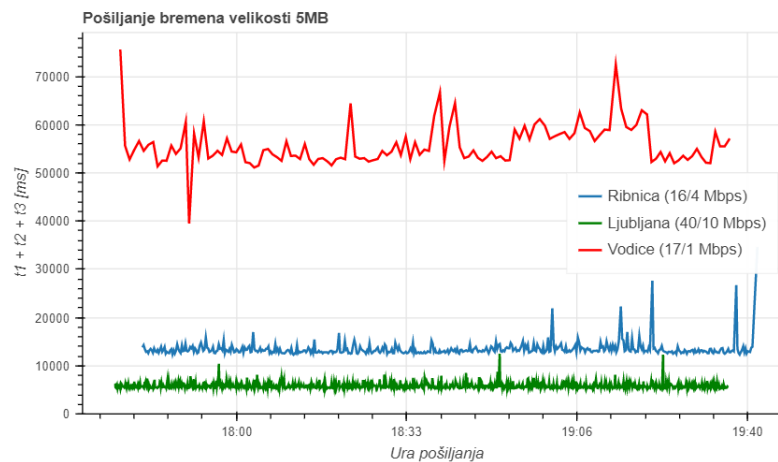
Slika 1.14: Združeni rezultati posamičnega pošiljanja datotek v velikosti 5MB.



Slika 1.15: Združeni rezultati posamičnega pošiljanja datotek v velikosti 20MB.

### Vzporedno pošiljanje datotek velikosti 5 MB

Vsi trije smo v istem trenutku začeli meritve, vsak iz svojega računalnika na različnih lokacijah ter ob tem uporabljali isti uporabniški račun. Pri tem smo dobili rezultate na slikah 1.16 in 1.17.



Slika 1.16: Rezultati vzporednega pošiljanja datotek v velikosti 5MB.

Meritve na sliki 1.16 so potekale 12.4. od v času od 17:36 do 19:36 (GMT +2). Spet lahko opazimo razlike v izmerjenih časih zaradi razlike v hitrostih povezav. Meritve, ki potekajo v Ljubljani so najhitrejše, medtem ko so meritve v Vodicih dale najdaljše čase in tudi največja nihanja pri prenašanju datotek.



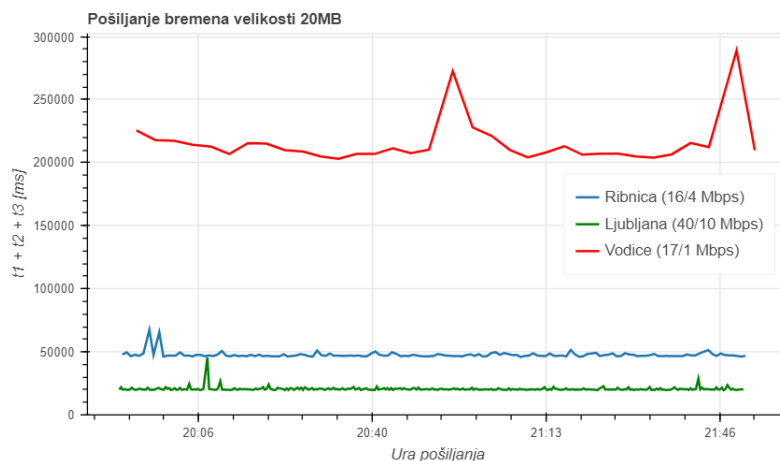
Lokacija	<i>Povprečni čas posamično</i>	<i>Povprečni čas skupinsko</i>
Ribnica	12.484 ms	13.424 ms
Vodice	52.683 ms	55.589 ms
Ljubljana	5.386 ms	5.806 ms

Tabela 1.8: Primerjava povprečnih časov pošiljanja ob posamičnih meritvah ter povprečnih časov skupinskega pošiljanja datotek velikosti 5 MB.

S pomočjo podatkov v tabeli 1.8 lahko razberemo, da so povprečni časi v primerjavi z posamičnimi meritvami narasli. Največjo spremembo opažamo v Vodichah (približno 3 s), najmanjšo pa v Ljubljani (okrog 500 ms).

### Vzporedno pošiljanje datotek velikosti 20 MB

Meritve so na vseh treh lokacijah potekale 12.4. v času od 19:51 do 20:51 (GMT +2).



Slika 1.17: Rezultati vzporednega pošiljanja datotek v velikosti 20MB.

Lokacija	<i>Povprečni čas posamično</i>	<i>Povprečni čas skupinsko</i>
Ribnica	45.713 ms	47.682 ms
Vodice	203.480 ms	209.804 ms
Ljubljana	20.140 ms	20.575 ms

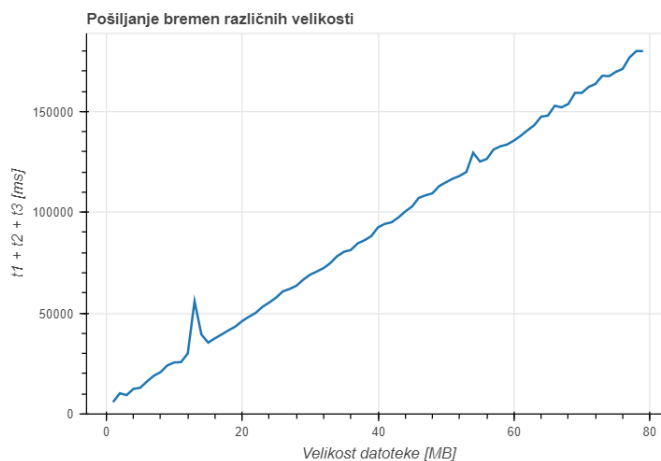
Tabela 1.9: Primerjava povprečnih časov pošiljanja ob posamičnih meritvah ter povprečnih časov skupinskega pošiljanja datotek velikosti 20 MB.

Tudi v primeru bremena velikosti 20 MB povprečni časi narastejo ob hkratnemu pošiljanju iz treh lokacij na sliki 1.17. To lahko vidimo tudi v tabeli 1.9, kjer se pojavljajo podobna odstopanja kot pri meritvah v tabeli 1.8. V Ljubljani

je čas pošiljanja daljši za približno 400 ms, v Ribnici za skoraj 2 s ter v Vodicach za približno 6,5 s v primerjavi z meritvami, ki smo jih izvajali ločeno vsak zase.

### 1.4.5 Povečevanja bremena med pošiljanjem

Zanimalo nas je kako se povečuje čas ob povečevanju velikosti bremena, ki ga pošiljamo v oblak. V ta namen smo izvedli meritve tako, da smo velikost bremena nastavili na 1 MB, potem pa velikost generirane datoteke vsakič povečali za 1 MB. Meritve so potekale iz Ribnice, 13.4. od 8:35 do 10:35, s povezavo 16/4 Mbps. Vidimo jih lahko na sliki 1.18.

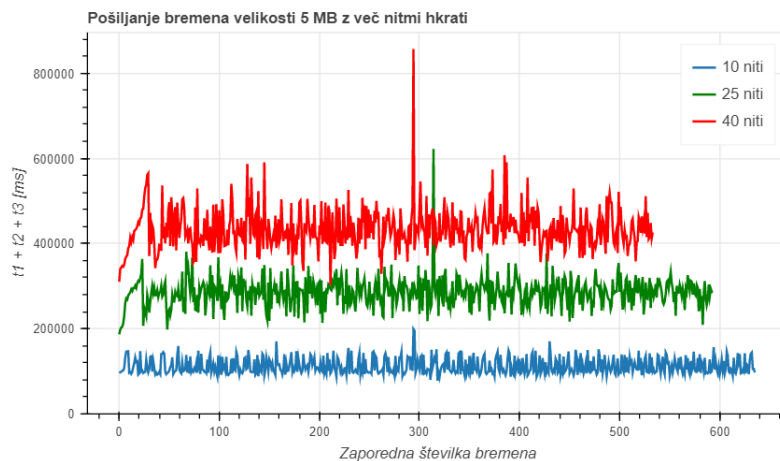


Slika 1.18: Pošiljanje datotek z različnimi velikostmi.

Na sliki 1.18 lahko opazimo, da smo s povečevanjem bremena pričakovano dobili dokaj konstantne čase, ki se linearno povečujejo s povečevanjem velikosti bremena. Ker smo z brezplačnim uporabniškim računom omejeni le na datoteke manjše od 2 GB, se takemu linearnemu naraščanju ne moremo izogniti.

### 1.4.6 Vpliv različnega števila niti

Meritve za pošiljanje več datotek hkrati smo izvedli še v Ribnici, s povezavo 16/4 Mbps in pri tem skušali preveriti kakšne razlike se pojavijo pri različnem številu vzporednih niti, ki hkrati pošiljajo datoteke. Velikost datotek, ki smo jih pošiljali je bila 5 MB, posamezne meritve za določeno število niti pa so trajale točno 120 minut.



Slika 1.19: Rezultati pošiljanja datotek velikosti 5 MB z različnim številom niti iz Ribnice.

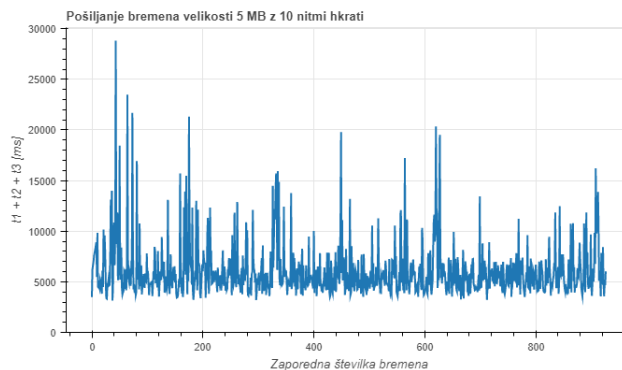
Število niti	Povprečni čas	Št. vseh datotek	Št. neuspeh pošiljanj	Odstotek neuspeh pošiljanj
10	112.067 ms	636	0	0 %
25	285.421 ms	622	28	4,5 %
40	433.673 ms	697	163	23,4 %

Tabela 1.10: Vpliv različnega števila niti na čase pošiljanja.

Iz rezultatov na sliki 1.19 in v tabeli 1.10 lahko vidimo da povečanje števila niti, ki hkrati vzporedno pošiljajo datoteke v oblak povzroči, da se povprečen čas prenosa ene datoteke podaljša, pri tem pa pride tudi do več neuspeh prenosov, ki pa so verjetno bolj posledica nizke hitrosti povezave, ki se še dodatno porazdeli med posamezne niti. Namesto potrditev so se ob neuspeh poskusih pojavila sporočila *Read timeout* in *Write timeout*.

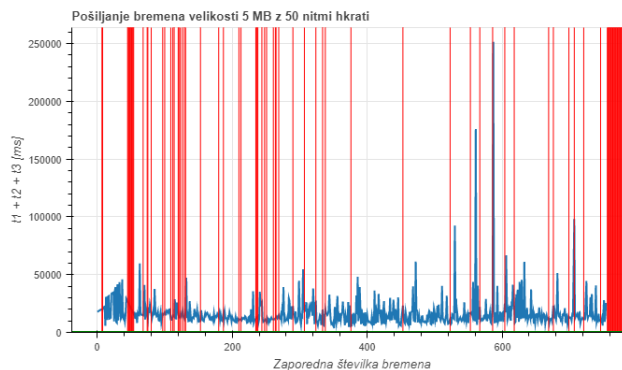
#### 1.4.7 Poskus preobremenitve oblaka Dropbox

Meritve smo zaradi večje hitrosti povezave (100/150 Mbps) opravili na fakulteti. Opravili smo tri trideset minutne meritve in z različnim številom niti pošiljali 5 MB velike datoteke. Z navpičnimi rdečimi črtami smo skušali ponazoriti pri katerih datotekah je prišlo do napake. To pomeni, da datoteka ni bila uspešno shranjena v oblak, v takem primeru pa namesto potrditve o shranjeni datoteki, v Benchcloudu prejmemo sporočilo, da je prišlo do napake, porabljen čas od začetka pošiljanja do napake pa se v končnem rezultatu ne shrani.



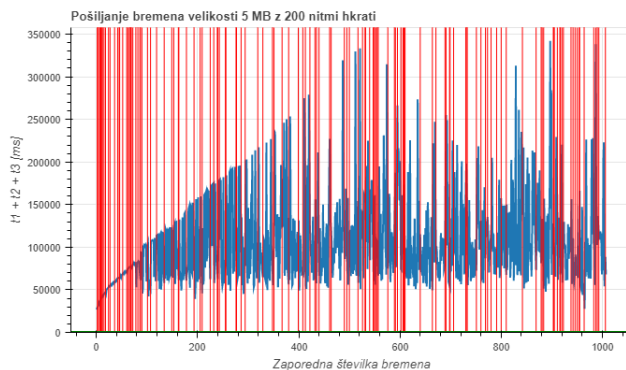
Slika 1.20: Pošiljanje datotek z 10 nitmi hkrati.

Med pošiljanjem z 10 nitmi hkrati na sliki 1.20 je prišlo do nekaj nihanj med časi pošiljanj, vendar so bile vse datoteke shranjene uspešno brez napak.



Slika 1.21: Pošiljanje datotek z 50 nitmi hkrati.

Ob poskusu 50 vzporednih pošiljanj na sliki 1.21 že lahko vidimo, da pride do nekaj neuspešnih pošiljanj, vendar se časi uspešnih pošiljanj z izjemo nekaj nihanj med seboj ne razlikujejo preveč.



Slika 1.22: Pošiljanje datotek z 200 nitmi hkrati.

Na sliki 1.22 pošiljanje 200 vzporednih niti že kaže znake obremenitve. Vidimo lahko, da časi pošiljanja niso več tako enakomerni, kot pri prejšnjih meritvah in naraščajo, poveča pa se tudi število izgubljenih datotek oz. neuspešnih pošiljanj.

Število niti	Povprečni čas	Št. uspešnih datotek	Št. neuspešnih pošiljanj	Odstotek neuspešnih pošiljanj
10	6064 ms	927	0	0 %
50	16.468 ms	693	88	11,3 %
200	106.946 ms	875	133	13,2 %

Tabela 1.11: Vpliv različnega števila niti na čase pošiljanja.

Povzetek meritev lahko vidimo v tabeli 1.11. Na slikah 1.21 in 1.22 lahko vidimo, da na začetku pride do naraščanja časa pošiljanja, kar si lahko razlagamo kot polnjenje vrste za shranjevanje datotek na strani oblachnega ponudnika, vendar pa se ta vzorec ne ponovi, zato ne moremo trditi, da smo oblak preobremenili.

## 1.5 Načrt dela

Zaradu težav pri usklajevanju nam je zmanjkalo časa da skupno pošiljanje opravimo še z datotekami v velikosti 200kB, zato nameravamo poglavje 1.4.4 dopolniti še v naslednjem tednu, ob tem pa poskusiti izvesti še 24-urne meritve in s tem opazovati trend spreminjanja časov prenosa skozi celoten dan. Meritve ping in tracert za Mega iz Vodice, saj v petek 20.4 je bil oblak neodziven.

V nadaljevanju imamo v načrtu še nekaj meritev:

- Poskusi preobremenitve so potekali preko brezžične povezave, kar je morda poslabšalo rezultate. Da se prepričamo bi isti poskus ponovili še preko ožičene povezave in opazovali ali so rezultati bolj točni

- Izvedba 24-urnih meritev, da ugotovimo ali se pojavlja kakšno izrazito obdobje obremenjenosti storitve
- Vse dosedanje meritve so bile izvedene samo za Dropbox, v nadaljevanju pa jih bomo izvedli še za ponudnika Mega in Google Drive

# Literatura

- [1] “Dropbox.” <https://www.dropbox.com/>.
- [2] “Mega.” <https://mega.nz/>.
- [3] “Google drive.” <https://drive.google.com/>.
- [4] X. Wang, “Benchmarking cloud storage systems,” Master’s thesis, Norwegian University of Science and Technology, Department of Telematics, 2014.
- [5] E. Bocchi, I. Drago, and M. Mellia, “Personal cloud storage benchmarks and comparison,” *IEEE Transactions on Cloud Computing*, vol. 5, no. 4, pp. 751–764, 2015.
- [6] “Benchcloud.” <https://github.com/zenja/benchmarking-cloud-storage-systems>.
- [7] “Wireshark.” <https://www.wireshark.org/>.
- [8] “Ipdata.” <https://ipdata.co/>.