

# Napredni algoritmi i strukture podataka

Ograničenje stope pristupa (Rate Limiting), Token Bucket, TTL



**Univerzitet u Novom Sadu**  
**Fakultet Tehničkih Nauka**

## Zaštite do sada

- ▶ Tokom ovog kursa, radili smo nekoliko različitih tehnika i algoritama za zaštitu (uglavnom) podataka, ali i konkretnih struktura
- ▶ Videli smo da možemo da štitimo memorijsku strukturu (Memtable) da bi dobili trajnost podataka — koristili smo **Write Ahead Log (WAL)** kao čitavu strukturu sa svojim setom algoritama

- ▶ Videli smo da moramo štiti podatke na disku, ne samo u **WAL-u**, već i u **SSTable-u**, i za to smo koristili **CRC** mehanizam
- ▶ Da bi ustanovili da li je možda došlo do problema nakon zapisivanja podataka
- ▶ Videli smo da prilikom učitavanja podatka, prvo trebamo da konsultujemo CRC da bi bili sigurni da su podaci koje čitamo ispravni

- ▶ Nakon toga smo videli kako možemo da razmenimo podatke sa drugim učesnicima, i za te potrebe koristili smo **Merkle** stabla
- ▶ Videli smo kako možemo da ustanovimo da li je neki podatak, deo većeg skupa podataka
- ▶ Videli smo kako možemo u situacijama kada su podaci na više čvorova da ustanovimo gde su problemi, i da kroz mrežu šaljemo jako malo podataka za te provere
- ▶ Zatim smo videli, kako možemo samo da pošaljemo deo podataka koji je problematičan

## Još jedna zaštita...

- ▶ Sve ove strukture i algoritme smo koristili da bi zaštili neki deo sistema
- ▶ Uglavnom podatke, prilikom čitanja, pisanja, razmene
- ▶ Ovih tehnika ima još, ali ovde ćemo stati
- ▶ **ALI** treba da štitimo i sistem od prevelike količine zahteva po jedinici vremena

# Pitanje 1

Ali kako da štitimo celokupan sistem od prevelike količine zahteva u jedinici vremena...?

Ideje :) ?

## Pitanje 2

Žasto bi to radili uopšte...?

Ideje :) ?

## Ograničenje stope pristupa — uvod

- ▶ U računarskim mrežama, ograničenje brzine/stope se koristi za kontrolu brzine/stope zahteva poslatih ili primljenih od strane kontrolera mrežnog interfejsa
- ▶ Ograničavanje stope/brzine pristupa (Rate Limiting) je procedura koja nam omogućava kontrolu brzine kojom korisnici mogu da šalju zahteve sistemu
- ▶ **Rate Limiting** se uglavnom koristi za zaštitu servera od neželjenih rafala, zlonamernih napada
- ▶ Zaštita sistema od prekomerne upotrebe ograničavanjem koliko često korisnici mogu da im pristupe, ima nekoliko prednosti



- ▶ Pomaže protiv napada *denial-of-service*, pokušaja prijave *brute-force* i drugih vrsta nasilnog ponašanja korisnika
- ▶ Može i da se koristi kod različitih servisa da se vidi da li imamo dovoljno finansija da pristupimo nekakvom resursu
- ▶ Web servisi mogu da ga koriste kada pružaju usluge korisnicima da bi odbili zahteve, ako su prekoračili limit

- ▶ Postoji razni tipovi Rate Limiting-a npr:
  - ▶ **Rate limiter korisnika** omoguććava nekim grupama korisnika ograničen pristup sistemu — broj/trajanje zahteva korisnika obično je vezan za njihove ključeve ili IP adrese
  - ▶ **Rate limiter istovremene/serverske brzine** prati koliko je paralelnih sesija ili veza dozvoljeno za nekim grupama korisnika — ublažava DDoS napade
  - ▶ **Rate limiter lokacije** ograničava brzine/stope pristupa za neke regione, kao i za definisani vremenski period — moguće je definisati različite stepene pristupa za razne lokacije

## Primeri algoritama

- ▶ Neki od primera algoritama za rešavanje ovog problema:
  - ▶ **Token Bucket** — radimo danas
  - ▶ Leaky Bucket
  - ▶ Fixed Window Counter
  - ▶ Sliding Logs
  - ▶ Sliding Window Counter

## Rate limiter kod sistema za skladištenje podataka

- ▶ Neki sistemi za skladištenje velikie količine podatak su implementirali ovaj mehanizam
- ▶ To ih nekada izdvaja od drugih sličnih sistema i zato su čest izbor korisnika
- ▶ **RocksDB**, na primer, direktno podržava ovaj mehanizam, i zato je ponekad češći izbor od recimo **LevelDB**
- ▶ Ali pored problema koje ova grupa algoritama rešava, za ovaj tip sistema vezuje se još zanimljivih upotreba

## Pitanje 3

...za ovaj tip sistema vezuje se još zanimljivih upotreba...?

Ideje :) ?

- ▶ Kod upotrebe ovih sistema, korisnici možda žele da priguše maksimalnu brzinu pisanja u okviru nekog ograničenja iz mnogo razloga
- ▶ Na primer, brzi zapisi izazivaju strašne skokove u kašnjenju čitanja ako prekorače definisani prag
- ▶ RocksDB ima mogućnosti da korisnici mogu da podese Rate limiter kako njima odgovara
- ▶ Pruža čak i mogućnost dinamičkog ograničenja — **Auto-tuned Rate Limiter**  
(RocksDB Docs, <http://rocksdb.org/blog/2017/12/18/17-auto-tuned-rate-limiter.html>)

## Pitanje 4

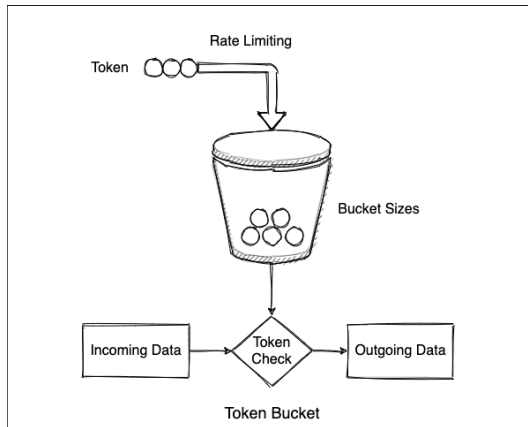
Gde bi mogli da čuvamo podešenja vezano za limiter, npr. koliko zahteva po jedinici vremena (sekund, minut, sat, ...)

Ideje :) ?

## Token Bucket — uvod

- ▶ Ovo je najjednostavniji algoritam za ograničavanje brzine pristupa
- ▶ Jednostavno pratimo broj zahteva napravljenih u zadatom vremenskom intervalu
- ▶ Zbog svoje jednostavnosti, dosta se koristi
- ▶ Google cloud koristi ovaj algoritam (ili je koristio), za Task Queue opciju koja se nudi koirsnicima kao usluga
- ▶ Jednostavno se implementira, i lako može da se poveže sa velikim brojem različitih slučajeva korišćenja





(What is Token Bucket and Leaky Bucket algorithms)

## Token Bucket — algoritam

- ▶ Za svaki zahtev korisnika treba:
  - ▶ Proveriti da li je vreme proteklo od poslednjeg resetovanja brojača vremena
  - ▶ Ako vreme nije isteklo, treba proveriti da li korisnik ima dovoljno preostalih zahteva da obradi dolazni zahtev
  - ▶ Ako korisniku nije preostalo slobodnih zahteva, trenutni zahtev se odbacuje uz nekakvu poruku
  - ▶ U suprotnom, smanjujemo brojač za **1**, i vršimo obradu dolaznog zahteva
  - ▶ Ako je vreme proteklo, tj. razlika resetovanog vremena i trenutnog vremena je veća od definisanog intervala, resetujemo broj dozvoljenih zahteva na unapred definisano ograničenje, i definišemo novo vreme resetovanja

## Token Bucket — primer

Pimer: 3/min:

- ▶ REQ **11:01:20** — > BUCKET [11:01:05, 3] => OK
- ▶ REQ **11:01:25** — > BUCKET [11:01:05, 2] => OK
- ▶ REQ **11:01:30** — > BUCKET [11:01:05, 1] => OK
- ▶ REQ **11:01:35** — > BUCKET [11:01:05, 0] => FAIL
- ▶ REQ **11:03:00** — > BUCKET [11:03:00, 2] => OK // uradimo update vremena, broja tokena, pustimo zahtev i smanjimo broj tokena za **1**
- ▶ ...

## Pitanje 5

Gde čuvati ove informacije...?

Ideje :) ?

- ▶ Za aplikativne stvari, obično u memoriji ili nekoj sistemu koji čuva podatke u memoriji zbog brzine
- ▶ Pošto mi pravimo sistemsku stvar, i pravimo storage engine — pa možemo čuvati u našem sistmu :)
- ▶ Svaki korisnik može da bude **ključ**, dok **vrednost** može da sadrži vremensku odrednicu i broj tokena



## Pitanje 6

Možemo li nekako da automatizujemo proces reseta tokena...? Na kraju krajeva nema potrebe da korisnički zahtev trigeruje i proverava (potencijalno) usporavamo zaheteve...

Ideje :) ?

## Time-to-live — TTL

- ▶ Ovaj pojam u različitim primenama ima drugačiji kontekst
- ▶ Time-to-live (TTL) je definisani vremenski period tokom kojeg paket ili podaci treba da postoje na računaru, bazi, mreži, itd. pre nego što budu odbačeni ili uklonjeni
- ▶ Sve ovo radimo sa ciljem, da smanjimo čitanje sadržaja sa diska
- ▶ ALI da opet sa druge strane ne opteretimo sistem previše
- ▶ ILI da ne zavisimo od korisnika

- ▶ Ova tehnika se dosta koristi kod recimo keširanja sadržaja, ili sličnih tehnika, pružajući mogućnost da podaci budu u memoriji neko duže vreme **AKO** se oni će šće koriste
- ▶ Ovo nam omogućava da ne pravimo dodatne strukture
- ▶ ALI zahteva da imamo pozadinski brojač da li je vreme isteklo
- ▶ U zavisnosti od primene, i tipa aplikacije, podataka, načina pristupa možmo da izaberemo neku od tehnika



## Sistemi za skladištenje podatka i TTL

- ▶ Dosta sistema omogućava korisnicima da naprave poseban tip koji će se skladištiti — TTL
- ▶ Danas, manje više svaki Key-Value store omogućava ovaj tip
- ▶ Korisnici treba da obezbede **ključ**, **ttl** odnosno koliko dugo (u nekoj jedinici vremena) podataka biti aktivan, i sam podatak
- ▶ Ove tipove obično ne možemo menjati
- ▶ AKO TTL istekne, mi kao korisnici moramo da napravimo nov zapis — obično, ali nije striktno pravilo

## Pitanje 7

AKO TTL istekne, mi kao korisnici moramo da napravimo nov zapis...kako da sistem zna da je TTL istekao...?

Ideje :) ?

- ▶ Kada se podaci dodaju u sistem, oni se svakako mogu zapisati u Memtable, pa i u SSTable kada dodje do kompakcije
- ▶ Sistem može da održava posebnu strukturu sa ključevima, podacima i vremenom
- ▶ Za svaki podatak može da se pokrene poseban sat u pozadini koji odbrojava
- ▶ Kada vreme istekne, podatak biva obrisao
- ▶ Ova ideja se može iskoristiti recimo za token bucket
- ▶ Kada vreme istekne signalizirati da se tokeni resetuju
- ▶ **Ovaj mehanizam nije obavezan za implementaciju u vašem projektu**

## Pitanje 8

Dosta sistema omogućava korisnicima da naprave poseban TTL tip koji će se skladištiti. Da li možemo doati još neke tipove sa kojima smo radili na ovom predmetu..

Ideje :) ?

# Tipovi

- ▶ Pored TTL-a, razni sistemi omogućavaju dodatne tipove podataka
- ▶ Ovi tipovi podataka mogu biti specifični za neke primene, recimo **streaming**
- ▶ Kao na primer sistemi kao što su **Redis** i **Riak** omogućavaju da se napravi **HyperLogLog**, **Bloom Filter**, **Count-min sketch** itd.
- ▶ Ako pogledamo, ovo nije ništa čudno
- ▶ Do sada smo pravili te strukture, uglavnom, u memoriji
- ▶ Ako sistem padne, nema više naših podataka
- ▶ Tako da bi bilo lepo sačuvati negde na stabilan medijum te informacije

- ▶ Ako pogledamo našu strukturu, vidmo da mi čuvamo **ključ kao string, a vrednost kao niz bajtova** — opšti oblik
- ▶ Ovo nam daje mogućnost da u taj niz bajtova smetimo šta god hoćemo :D
- ▶ To znači da recimo **HyperLogLog, Bloom Filter, Count-min sketch, SimHash** možemo da serijalizujemo u niz bajtova i da dodamo pod nekim ključem
- ▶ **ALI** klasičan **PUT** neće raditi posao, pošto on očekuje 2 stvari ključ i vrednost
- ▶ A nama će trebati **bar** još jedna vrednost za ispravan rad
- ▶ Za te, specifične tipove podataka, možemo da napravimo i specifične funkcije

- ▶ Na taj način smo relativno jednostavno obezbedili da korisnicima pružimo neke napredne funkcije
- ▶ Nismo narušili model, nismo ugrozili sistem
- ▶ Korisnici su srećni i zadovoljni
- ▶ A i vi ste, pošto izmene nisu tako grandiozne
- ▶ Ovo nas dovodi do jedne jako bitne stvari...
- ▶ **Think Twice Code Once! :)**

## Šta dalje?

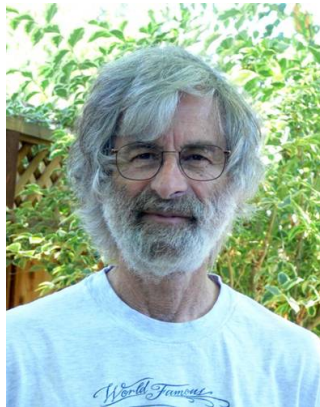
- ▶ Na ovom predmetu samo smo zagrevali jednu veliku i interesantnu oblast :)
- ▶ **AKO** nekoga bude zanimalo možda više da se uključi u oblast par stvari koje možete kasnije dodati:
  - ▶ Pozadinske aktivnosti
  - ▶ Kompresiju podataka
  - ▶ Prefix and Range scan
  - ▶ Mogućnost kofigurabilnog odabira algoritma kompakcije
  - ▶ Optimizacija parametara veličine/broja SSTable-a
  - ▶ Optimizacija parametara za cache
  - ▶ Optimizacija parametara za rate limiting
  - ▶ Pristup preko interneta
  - ▶ Distribuirati sadržaj i mogućnost rada na više čvorova
  - ▶ ....
- ▶ *Don't tell me the sky's the limit when there are footprints on the moon. — Paul Brandt*



## Zaključak

Ako bi probali da zaključimo sve o čemu smo pričali tokom ovog predmeta, to bi bilo:

*Thinking doesn't guarantee that we won't  
make mistakes. But not thinking  
guarantees that we will.*



(Leslie Lamport, Turing Award, amongst others)

## Dodatni materijali

- ▶ Tokenbucket
- ▶ Understanding Rate Limiting Algorithms
- ▶ Managing Your Data Lifecycle with Time to Live Tables
- ▶ An Improved Token Bucket Algorithm for Service Gateway Traffic Limiting

# Pitanja

Pitanja :) ?