



In-memory baze podataka

Ana Klobučar Barišić¹, Dorotea Žilec²

Uvod

Najvažniji resurs koji tvrtke i kompanije današnjice posjeduju su podatci. Razvojem tehnologije drastično se povećao broj organizacija koje se okreću modelu upravljanja temeljenom na podatcima (engl. *data-driven model*). Koriste se razni senzori koji daju trenutačne povratne informacije o promatranim varijablama, a time se stvaraju ogromne količine podataka koje je potrebno pohraniti, ali i obraditi. Također, promatraju se i obrađuju podatci konkurenata na tržištu i kretanje tržišnih cijena kako bi se opravdale poslovne odluke. Sve navedeno doprinosi količini podataka koje je potrebno obraditi, a time se javlja potreba za razvojem efikasnog i pouzdanog upravitelja bazama podataka.

Do sada, većina organizacija promijenila je način pohrane podataka iz datoteka i mapa u baze podataka. Jednostavnost korištenja i učinkovitost glavni su razlozi uspjeha baza podataka kao primarnog načina pohrane podataka. Još važnije, njenom pravilnom organizacijom omogućeno je brzo i smisleno upravljanje tim podatcima. Tradicionalno, baze podataka bile su pohranjene na diskovima, no zbog veće brzine rada dolazi do prelaska na in-memory baze podataka, dakle na baze gdje su podatci pohranjeni u glavnoj memoriji računala.

Evo nekoliko modernih primjera kada je važna brzina dohvaćanja i obrade podataka, a time i korištenje in-memory baze podataka, neizostavna.

1. Trkači automobili Formule 1 opremljeni su s do 600 pojedinačnih senzora, od kojih svaki bilježi desetke do stotine događaja u sekundi. Praćenje podataka koje šalju senzori za utrku od 2 sata proizvodi gigabajte ili čak terabajte podataka. Izazov je pohraniti, obraditi i analizirati prikupljene podatke tijekom utrke kako bi se optimizirali parametri automobila, npr. za otkrivanje kvarova dijelova, optimiziranje potrošnje goriva ili najveće brzine.
2. U Europi se proizvodi približno 15 milijardi lijekova koji se izdaju samo na recept. Praćenje bilo kojeg od njih generira oko 8000 zahtjeva čitanja u sekundi što omogućuje postavljanje mjera protiv krivotvorenja. Naime, analizom svih relevantnih čitanja može se rekonstruirati put određenog lijeka. Zahvaljujući tehnologiji u memoriji, moguće je pratiti 10 milijardi događaja u manje od 100 milisekundi.
3. Društvene mreže su prerasle svoju osnovnu svrhu i koriste se također za globalno brendiranje, marketing i zapošljavanje. Sve one stvaraju goleme količine podataka.

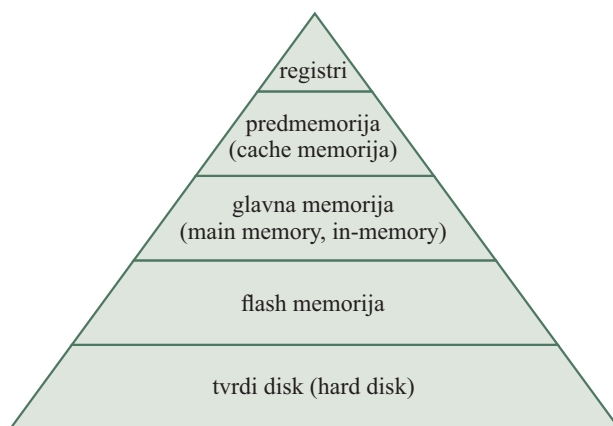
¹ Autorica je docentica na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, Zagreb; e-pošta: aklobucar@fsb.hr

² Autorica je magistra matematike i računarstva, Zagreb; e-pošta: dorotea.zilec@gmail.com

Primjerice, na Tweeteru se generira milijardu novih tweetova u samo 5 dana. Podatke treba analizirati u svrhu otkrivanja novih proizvoda, konkurencije i za sprečavanje zloupotreba. Kombiniranjem trendova s društvenih mreža i prodajnih kampanja može se kontrolirati tržište.

Memorijska hijerarhija

Memorija se sastoji od niza bajtova, a svaki se sastoji od adrese i dijela za pohranu informacija. U skladu s Von Neumannovim modelom računala instrukcije, podatci, međurezultati i rezultati pohranjuju se u memoriji i dohvaćaju se iz nje. U idealnom slučaju, procesoru bi trebao biti omogućen brz i neprekidan pristup memorijskom sustavu izrazito velikog kapaciteta, gdje su pohranjeni programi i podatci, kako bi se omogućilo izvršavanje programa brzinom koja je uvjetovana samo brzinom sklopovlja u procesoru. Nažalost, postizanje ravnoteže između brzina procesora i memorije nije uvijek jednostavno. Memorija koja bi radila istom brzinom kao i procesor i ujedno imala kapacitet od nekoliko desetaka ili stotina gigabajta, značajno bi povećala cijenu računalnog sustava, što negativno utječe na odnos cijene i performanse. Problem brzine, cijene i kapaciteta memorije rješava se uvođenjem memorijske hijerarhije.



Slika 1. Memorijska hijerarhija

Slika 1 prikazuje organizaciju memorijske hijerarhije u modernim računalnim sustavima, gdje je pristup podacima u višim slojevima puno brži nego u nižim slojevima. Uz brzinu pristupa podacima, prikazan je i odnos cijene i kapaciteta memorija po slojevima. Na samom dnu, najjeftiniji i najveći medij za pohranu podataka je tvrdi disk. Na razini iznad nalazi se flash memorija koja je značajno brža od tradicionalnog diska, ali se i dalje koristi kao tvrdi disk iz perspektive softvera zbog svoje postojanosti i karakteristika upotrebe. To znači da se iste metode za ulaz i izlaz blokova podataka koje su razvijene za tvrde diskove primjenjuju i za flash memoriju. Izravno dostupna glavna memorija nalazi se između flash memorije i predmemorije (cache). Registri procesora čine vrh memorijske hijerarhije. U modernim arhitekturama, procesor ne može obraditi podatke ako oni nisu pohranjeni u registrima. Stoga, podatci koji će biti obrađeni moraju biti preneseni kroz svaki od slojeva memorije dok ne dođu do registara. Podatci se smiju prenositi samo između dva susjedna

sloja. Kako se svaka operacija odvija unutar procesora, a podaci se moraju nalaziti u registrima, postoje barem četiri sloja koja se koriste isključivo za prijenos kada se pristupa podacima s diska.

Tablica 1 prikazuje vrijeme potrebno za pristup i čitanje s diska i iz glavne memorije. Uočavamo da je vrijeme potrebno za uzastopno čitanje podatka veličine 1 MB s diska 0.03 sekunde, dok je za uzastopno čitanje podatka iste veličine iz glavne memorije potrebno 0.25 milisekundi. Dakle, učitavanje podataka s tvrdog diska je čak 120 puta sporije u odnosu na učitavanje podataka iz glavne memorije. Dakle, učinkovitost programa koji koriste velike količine podataka uvelike ovisi o načinu korištenja hijerarhije memorije.

Tablica 1. Vrijeme pristupa i čitanja za disk i glavnu memoriju

dogadaj	vrijeme
pristup glavnoj memoriji	100 ns
uzastopno čitaj 1 MB podataka iz glavne memorije	250 000 ns
pristup disku	5 000 000 ns
uzastopno čitaj 1 MB podataka s diska	30 000 000 ns

Prednosti i mane in-memory baza

In-memory baza podataka je vrsta sustava za upravljanje bazama podataka koja se prvenstveno oslanja na glavnu memoriju za pohranu podataka, umjesto na tradicionalnu pohranu na disku. U prethodnom poglavlju smo pokazali koliko je brža glavna memorija od tvrdog diska, stoga spremanje podataka na glavnu memoriju ima sljedeće prednosti:

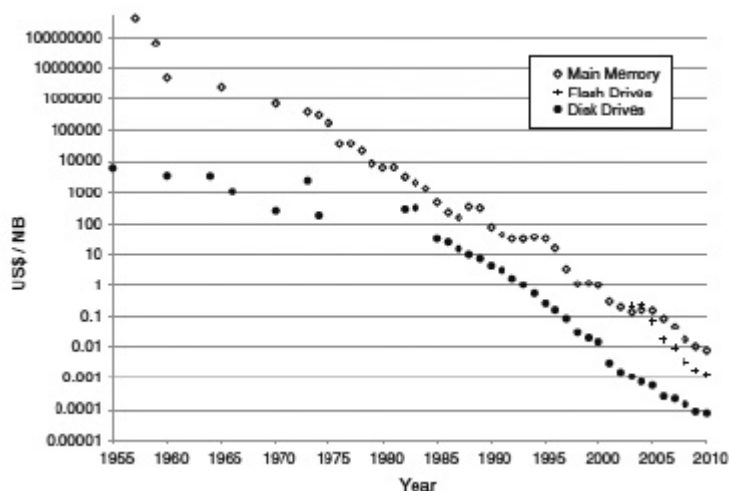
1. Brzina čitanja i pisanja podataka.
2. Brzo vrijeme proteklo od primitka zahtjeva koji je procesor uputio memoriji i procesorovog primitka podataka iz memorije.

Nadalje, strukture podataka korištene u glavnoj memoriji su jednostavnije što smanjuje opterećenje procesora prilikom pristupa podacima. Sve ovo omogućava učinkovito obrađivanje velikog broja transakcija i upita, poboljšavajući ukupne performanse aplikacije.

Nažalost, in-memory baze imaju i svoje nedostatke, a to su:

1. Glavna memorija je skuplja od diskovnog prostora.
2. Količina podataka koja se može pohraniti ograničena je dostupnom glavnim memorijom, što može biti ograničenje za velike skupove podataka.
3. Podatci pohranjeni u glavnoj memoriji su nestabilni i mogu se izgubiti ako sustav padne ili izgubi napajanje.
4. Podatci nisu trajni jer se glavna memorija obriše kada se računalo ugasi.

Iako se čini da mana ima više nego prednosti, lako ih se može riješiti. S napretkom tehnologije kapacitet glavne memorije značajno raste, a cijena vrlo brzo opada, što možemo vidjeti na slici 2.



Slika 2. Odnos kapaciteta i cijene glavne memorije, diska i flash memorije kroz godine

Što se tiče trajnosti i sigurnosti mogu se implementirati mehanizmi za čuvanje podataka:

- Periodično kreiranje Snapshot datoteka koje opisuju trenutno stanje baze.
- Zapisivanje svih izvedenih transakcija na tvrdi disk.
- Korištenje non-volatile RAM-a koji primjerice ima svoje napajanje iz baterije.
- Kombiniranje standardnih i in-memory baza.

Naravno, svi navedeni mehanizmi opet imaju svoje prednosti i nedostatke te odabir pravo načina osiguranja podataka ovisi o samoj poslovnoj aplikaciji.

Upisivanje podataka po stupcima

Da bismo uistinu iskoristili brzinu glavne memorije treba optimizirati pohranu i pristup podacima in-memory baze. To postizemo pametnom organizacijom podataka u glavnoj memoriji, kodiranjem podataka rječnikom, kompresijom, particijom i upotrebom diferencijalnog međuspremnika [3]. U ovom poglavlju ćemo detaljnije objasniti jednu od osnovnih karakteristika, a to je upis podataka po stupcima.

Tablice baze podataka su dvodimenzionalne strukture, dok je glavna memorija organizirana kao jednodimenzionalni niz adresa koje počinju od nule i serijski se povećavaju do najveće dostupne lokacije. Stoga, potrebno je odlučiti na koji način ćemo dvodimenzionalne strukture tablica preslikati u linearni memorijski adresni prostor. Za razliku od klasičnog pristupa pohrane koji se temelji na redcima, in-memory koriste pohranu po stupcima.

Tablica 2 prikazuje tablicu sa stupcima *ISBN*, *naslov* i *autor*. Tablica sadrži podatke o knjigama koje se mogu pronaći u knjižari. Primjenjujući raspored spremanja podataka po redcima, podatci bi u memoriju bili spremljeni na sljedeći način: “9789533421544, *Prstenova družina*, J. R. R. Tolkien; 9789531433334, *Harry Potter i kamen mudraca*, J. K.

Rowling; 9789533139463, Igre gladi, S. Collins”. Za razliku od toga, kod stupčastog rasporeda vrijednosti jednog stupca pohranjuju se zajedno, stupac po stupac. Tako bi ista Tablica 2 primjenom stupčastog rasporeda pohrane u memoriji bili zapisana na sljedeći način: “9789533421544, 9789531433334, 9789533139463; Prstenova družina, Harry Potter i kamen mudraca, Igre gladi; J. R. R. Tolkien, J. K. Rowling, S. Collins”.

Tablica 2. Tablica koja sadrži podatke o knjigama

ISBN	naslov	autor
9789533421544	Prstenova družina	J. R. R. Tolkien
9789531433334	Harry Potter i kamen mudraca	J. K. Rowling
9789533139463	Igre gladi	S. Collins

Ovaj način pohrane je jako koristan kod aplikacija koje provode analitičke obrade podataka. Naime, za razliku od tablice iz primjera koja ima samo tri atributa (ISBN, Naslov, Autor) stvarne tablice imaju puno atributa. Primjerice, tablica dužnika ima oko 300 atributa, a za analizu se pokazalo da je potrebno oko 17. Kada su podatci spremljeni po redcima možemo dohvatiti samo one potrebne. Osim toga, mehanizmi za kompresiju podataka bolje funkcioniraju na podacima koji su spremljeni po stupcima što nam je važno jer glavna memorija ima ipak manji kapacitet nego glavni disk.

Zaključak

In-memory baze podataka nisu novi koncept, međutim, njihova široka primjena i tehnološki napredak su se značajno razvili posljednjih godina. U narednim godinama, važnost in-memory baza podataka će vjerojatno rasti, s obzirom na sve veću potrebu za brzim pristupom podacima u analitici u stvarnom vremenu, strojnom učenju i drugim naprednim obradama podataka. Kako cijene glavne memorije opadaju i hardver postaje sve pristupačniji, očekuje se da će in-memory baze podataka postati sveprisutne u industrijama koje teže najvišoj razini performansi.

Literatura

- [1] P. M. ALVAREZ, M. L. AYALA, S. ORTEGA CISNEROS, *Main Memory Managment on Relational Database Systems*, Springer, Cham CH, 2022.
- [2] J. BANERJEE, *Oracle Database 12c Release 2 In-Memory – Tips and Techniques for Maximum Performance*, McGraw-Hill Education, New York NY, 2022.
- [3] H. PLATTNER, *A Course in In-Memory Data Managment – The Inner Mechanics of In-Memory Databases*, second edition, Springer, Berlin Heidelberg, 2014.
- [4] S. RIBARIĆ, *Grada računala, arhitektura i organizacija računarskih sustava*, Algebra, Zagreb, 2011.