

Upravljanje vrlo velikim skupovima podataka na Internetu

Goran Delač

3.12.2014.

Veliki skupovi podataka

Razvoj modernih informacijskih i komunikacijskih tehnologija (globalne mreže internet) omogućio je prikupljanje **vrlo velikih skupova** podataka



Veliki broj informacijskih sustava praćen povećanim mogućnostima komunikacijskih kanala i spremničkih prostora

Veliki skupovi podataka

Vrlo velikih skupova podataka su skupovi koje nije moguće obraditi tradicionalnim postupcima i programskim rješenjima **u razumnom vremenu.**



Red veličine petabyte (1 000 000 000 MB)

Veliki skupovi podataka

Koja je veličina skupova podataka i koliko brzo rastu?

Preko **90% podataka** ikada zapisanih nastalo je u **zadnje 2 godine**

Svaka **dva dana** zapiše se jednaka količina podataka kao od početka vremena do **2003. godine**.

Veliki skupovi podataka

Koja je veličina skupova podataka i koliko brzo rastu?

Do **2020.** bit će zapisano **40 ZB** podataka (danas 3.2 ZB)
 $1 \text{ ZB} = 10^{21} \text{ B}$

1570 novih web-stranica stvori se **svake minute**

Veliki skupovi podataka

Koja je veličina skupova podataka i koliko brzo rastu?

Svake minute

Pošalje se **204 milijuna** e-poruka

Stvori **1.8 milijuna** lajkova na Facebooku

Pošalje se **278 000** tweetova

Postavi se **200 000** slika na Facebook

Pretraži se **2.4 milijuna** pojmova na Googleu

Veliki skupovi podataka

Jednostavan pristup globalnom znanju



Usporedba: Stara knjižnica u Aleksandriji
čuvala je oko 64 GB podataka
(10 stoljeća)

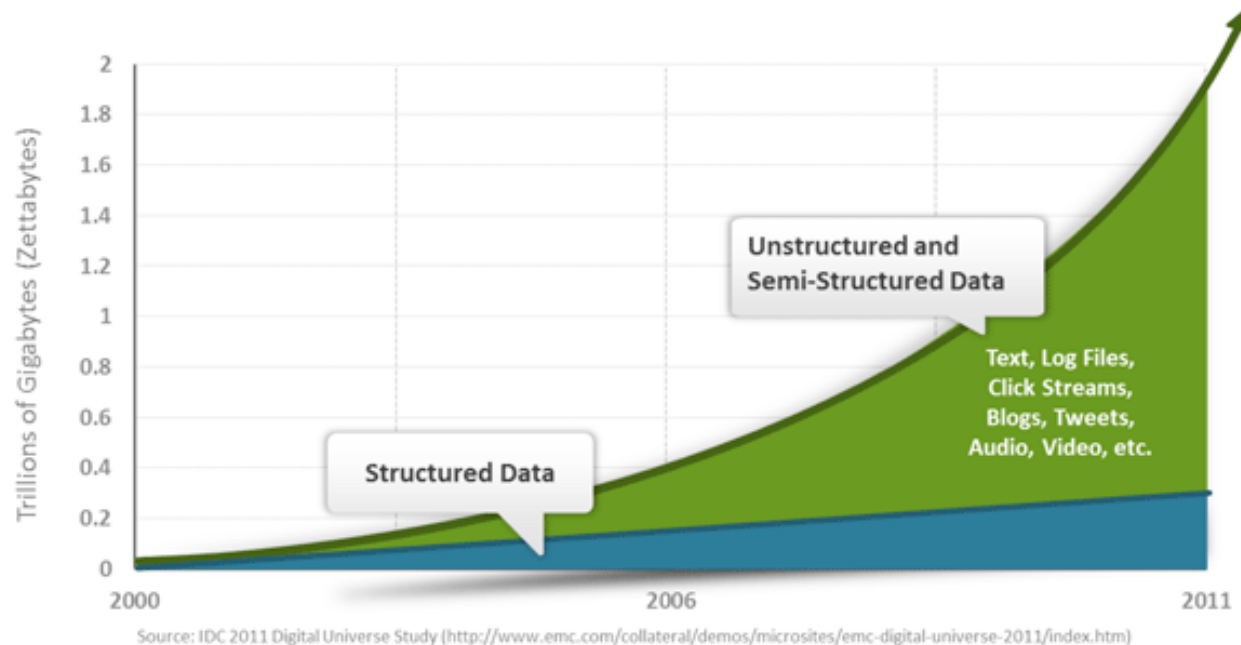


Veliki skupovi podataka

Problem

Većinom se prikupljaju **nestrukturirani** podaci

- Teško pretraživanje i ekstrakcija znanja



Veliki skupovi podataka

Problem

Većinom se prikupljaju **nestrukturirani** podaci

- Teško pretraživanje i ekstrakcija znanja
- Raznolikost podataka – treba pronaći značaj

Pohrana **vrlo velikih** datoteka

- Datoteke po više TB

Obrada u **razumnom** vremenu

- Obrada klasičnim računalnim arhitekturama može trajati godinama

Veliki skupovi podataka

Količina

Raspodijeljeni datotečni sustav



Brzina

Metoda MapReduce



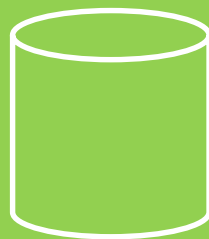
Raznolikost

Suradničko filtriranje
Rangiranje web-stranica

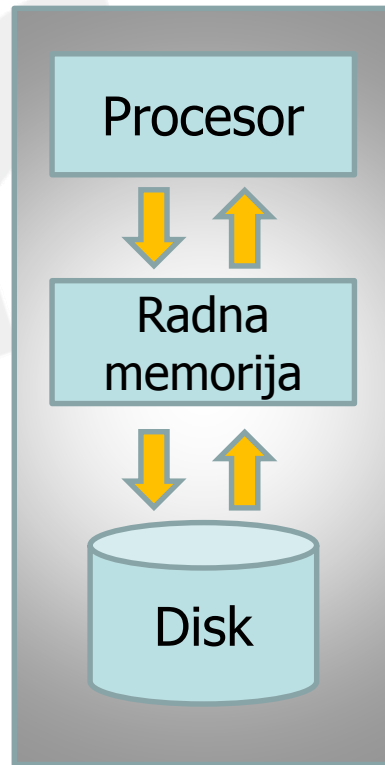


Količina

Raspodijeljeni datotečni sustav



Raspodijeljeni datotečni sustav

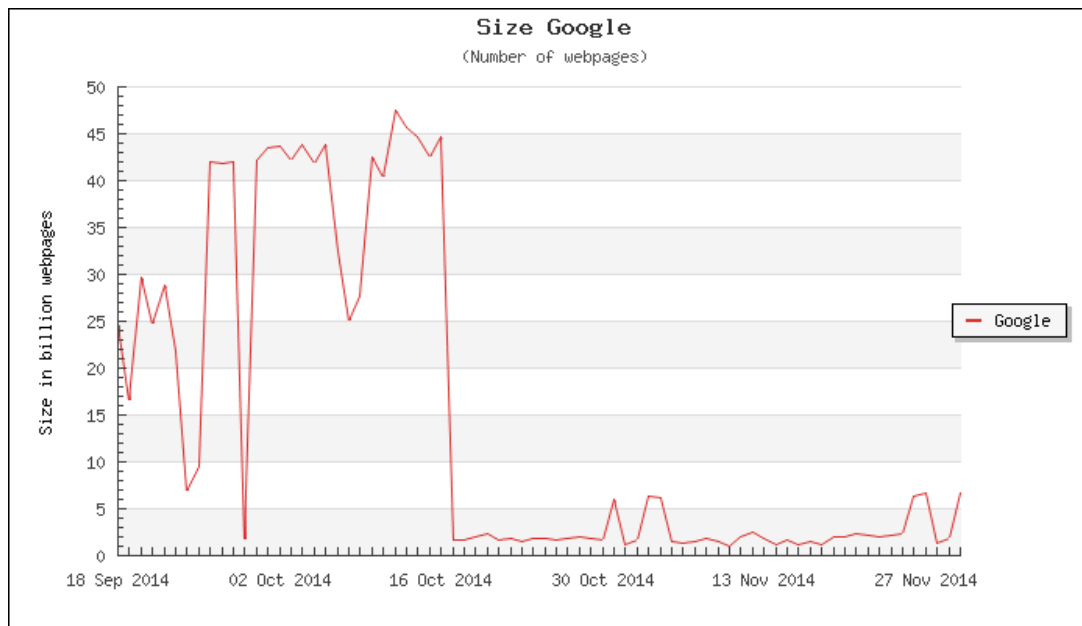


Problemi:

Datoteke ne stanu u radnu memoriju

Zagušenje: disk – radna memorija

Raspodijeljeni datotečni sustav



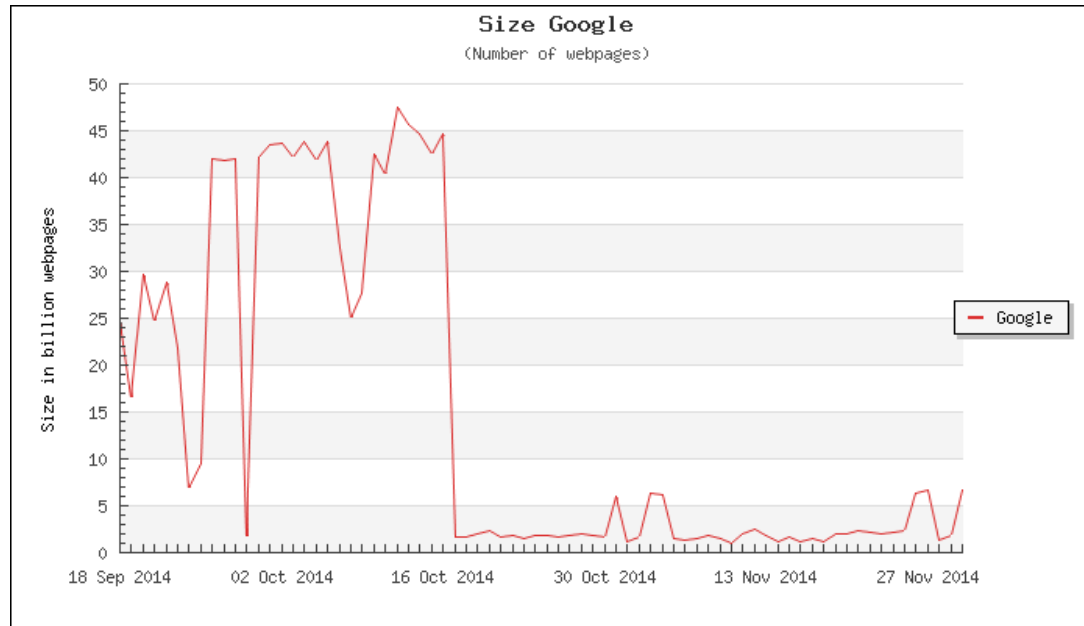
Izvor: <http://www.worldwidewebsize.com/>

Indeks veličine **50** milijardi zapisa

Ako je jedan zapis **20 KB**, ukupno ima **1000 TB** podataka

Ako brzina čitanja s diska **50 MB/s**, potrebno je približno **230 dana** kako bi se podaci učitali u radnu memoriju

Raspodijeljeni datotečni sustav



Izvor: <http://www.worldwidewebsize.com/>

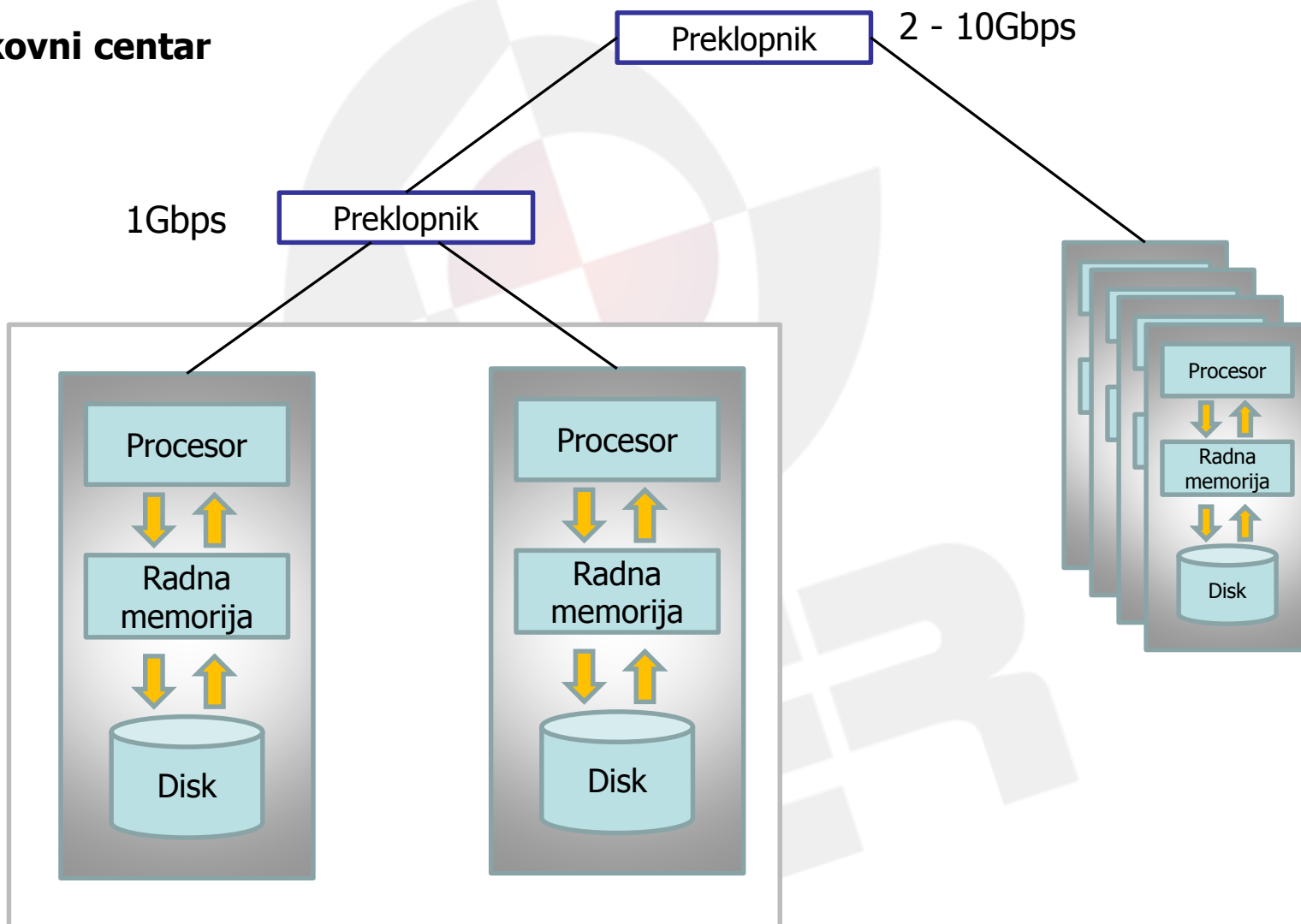
Rješenje je **paralelizacija**

Ako **1000 čvorova** istovremeno učitava podatke,
potrebno je približno **5.5 sati**

Raspodijeljeni datotečni sustav

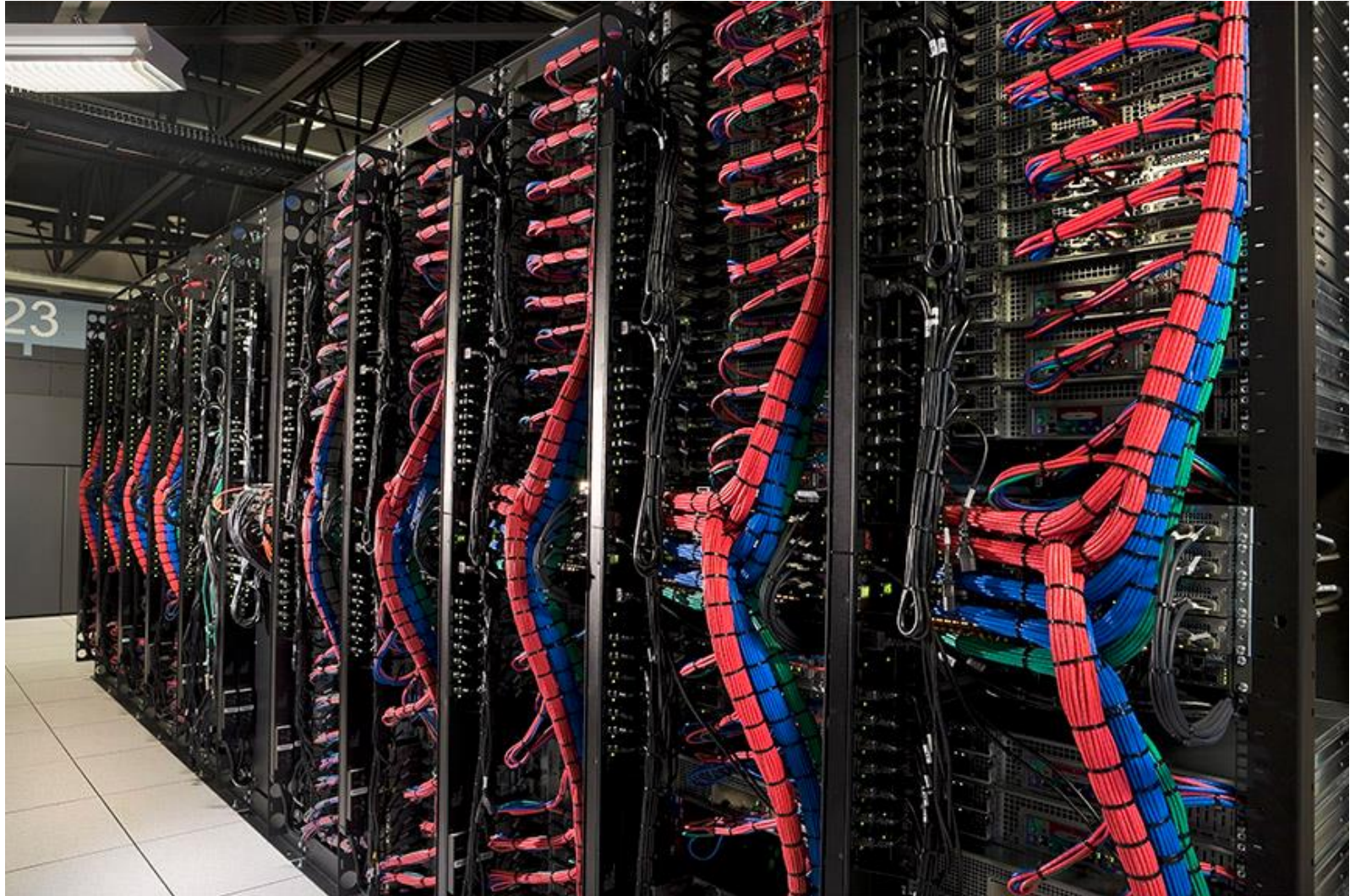


Podatkovni centar



Uobičajeno 16-64 čvora po ormaru

Raspodijeljeni datotečni sustav



Raspodijeljeni datotečni sustav



Raspodijeljeni datotečni sustav omogućuje **globalni** adresni prostor

Moguća je pohrana vrlo velikih datoteka (red veličine 1TB)

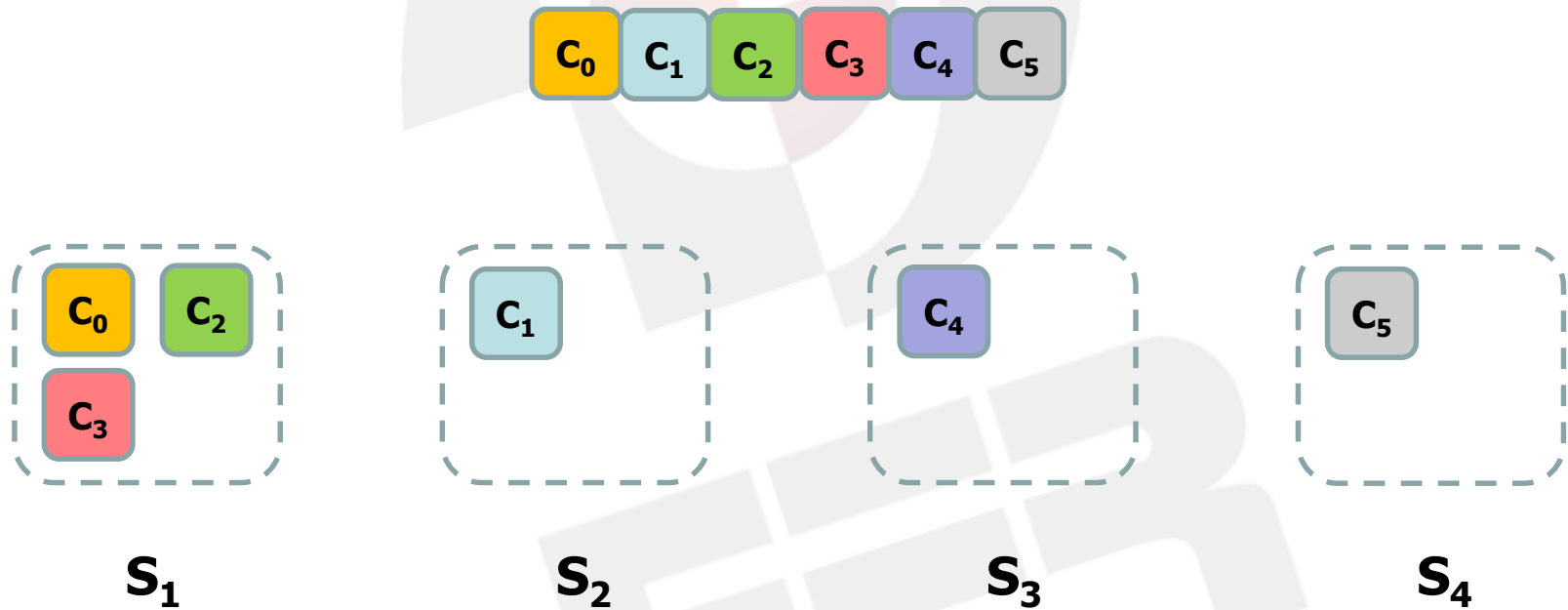
Značajan problem predstavlja mogućnost kvara čvora

- **Potrebno je osigurati stalnu dostupnost podataka**

Raspodijeljeni datotečni sustav



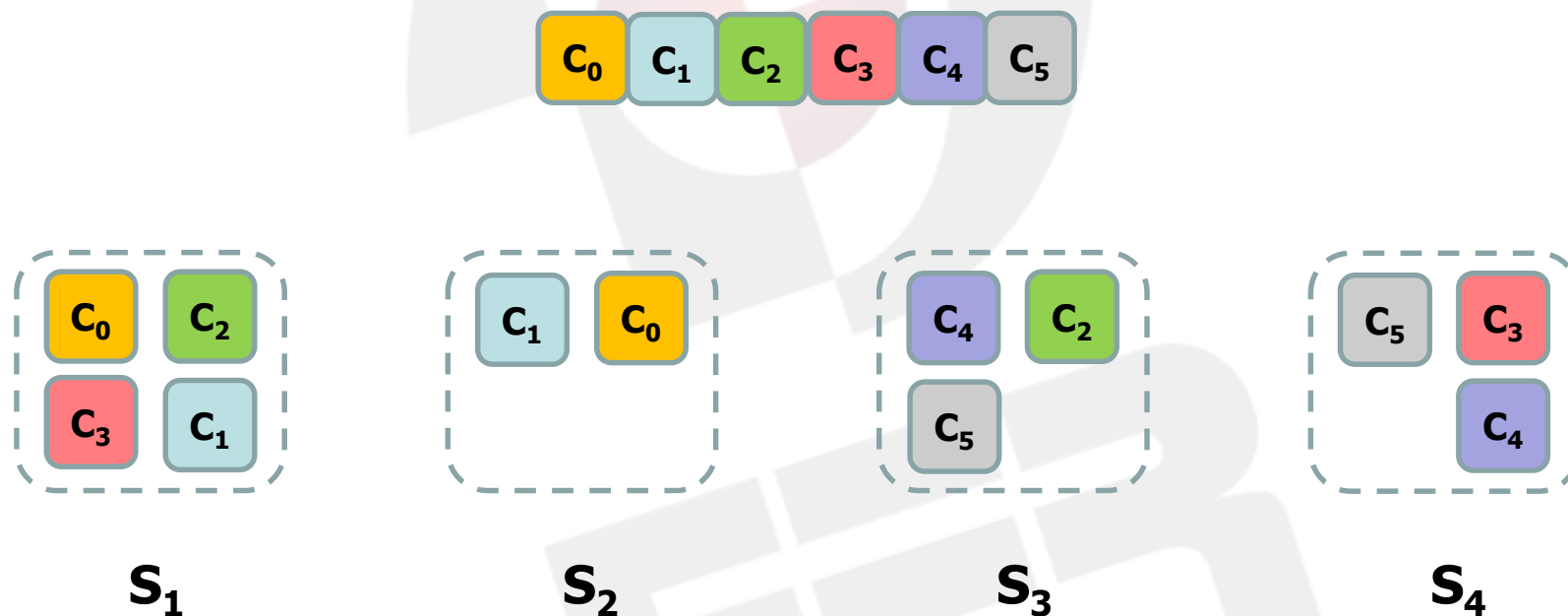
Datoteke se dijele u komadiće (chunks) i raspodjeljuju na više različitih čvorova



Raspodijeljeni datotečni sustav



Komadiće je potrebno **replikirati** kako bi se omogućila dostupnost



Isti komadići raspoređuju se na **različite** čvorove

Raspodijeljeni datotečni sustav



Uobičajena veličina komadića je **16 - 64 MB**

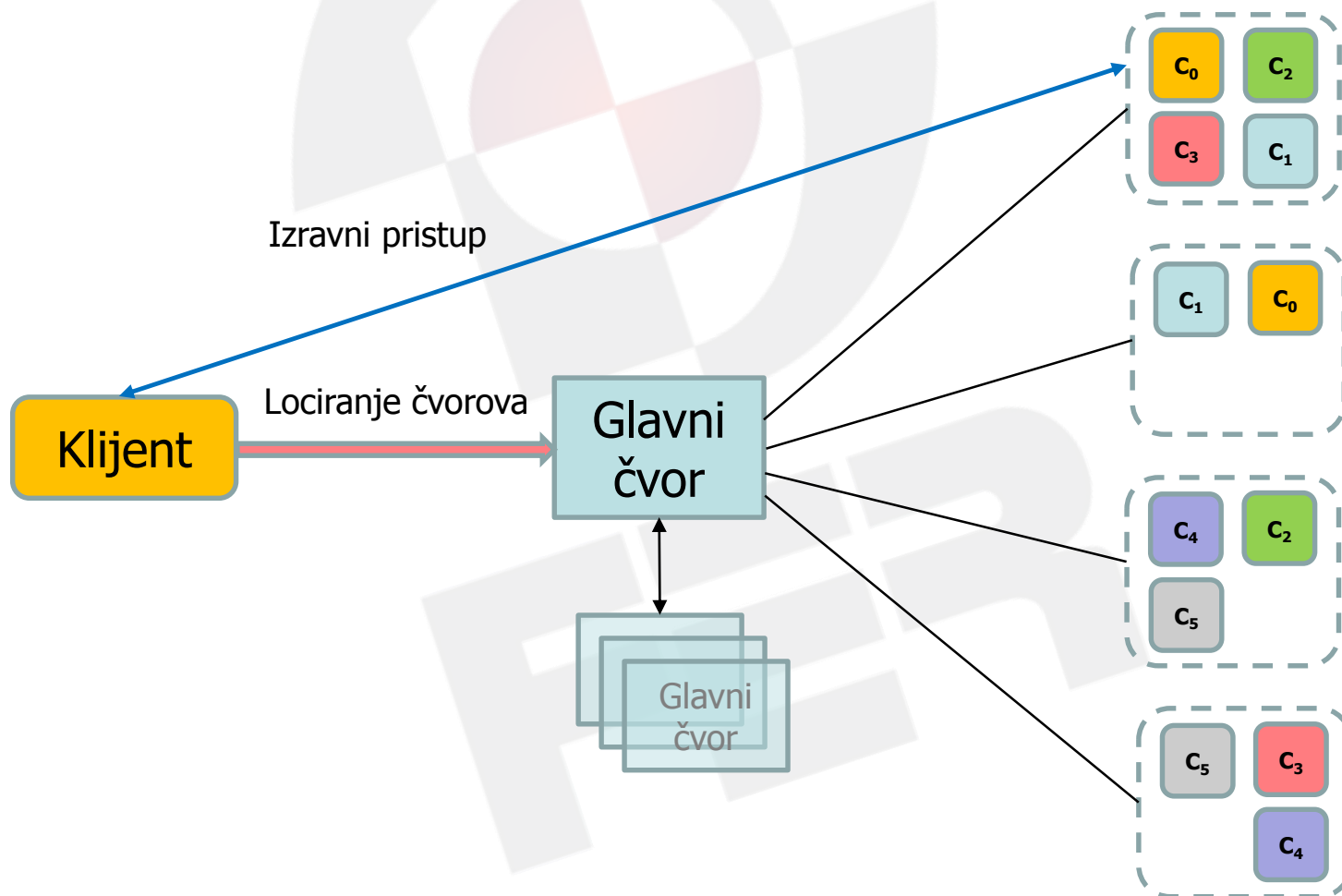
Podaci se repliciraju **2 – 3 puta** (najčešće u praksi je 3x)

Cilj je replicirati podatke u različitim ormarima (izbjegava se nedostupnost zbog kvara preklopnika)

Raspodijeljeni datotečni sustav



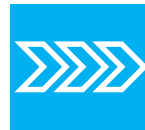
Najpoznatiji sustavi su Google GFS i Hadoop HDFS



Brzina

Metoda MapReduce





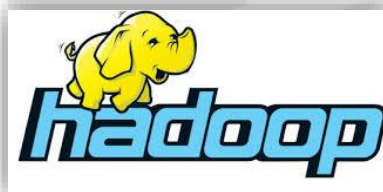
Cilj: Učinkovita obrada vrlo velikih podataka uz korištenje prednosti distribuiranog sustava podataka

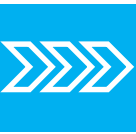
Čvorovi na kojima su pohranjeni podaci koriste se za izračun

- Približavanje izračunavanja podacima (operacije nad podacima se izvršavaju lokalno na čvoru gdje su pohranjeni)

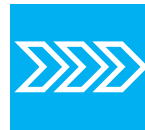
Jednostavan model paralelnog programiranja

- Složeni procesi poput sinkronizacije skriveni su od korisnika





- 1) Mapiranje ulaza
 - Raspoređivanje ulaznih podataka
 - Izlaz: par **ključ, vrijednost**
- 2) Grupiranje međurezultata
 - Parovi ključ, vrijednost se sortiraju (po ključu)
- 3) Reduciranje i pohrana rezultata
 - Obavlja se postupak redukcije nad grupiranim parovima ključ, vrijednost



Primjer: Brojanje riječi u tekstu

Istraživanje metoda pretraživanja vrlo velikih skupova podataka na internetu od posebnog je značaja za razvoj i širenje internet tehnologija. Podaci se pohranjuju u distribuirane datotečne sustave te im se može pristupiti putem globalne mreže internet. Sustavi za pohranu i obradu podataka moraju održavati svojstvo razmjernog rasta s obzirom na veličinu podataka pohranjenih u pojedinoj datoteci.



1) Mapiranje ulaza

(istraživanje, 1)

(metoda, 1)

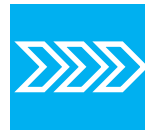
(pretraživanje, 1)

(podatak, 1)

...

Ključ: Riječ

Vrijednost: Broj ponavljanja



Primjer: Brojanje riječi u tekstu

2) Grupiranje međurezultata

Istraživanje metoda pretraživanja vrlo velikih skupova podataka na internetu od posebnog je značaja za razvoj i širenje internet tehnologija. Podaci se pohranjuju u distribuirane datotečne sustave te im se može pristupiti putem globalne mreže internet. Sustavi za pohranu i obradu podataka moraju održavati svojstvo razmjernog rasta s obzirom na veličinu podataka pohranjenih u pojedinoj datoteci.



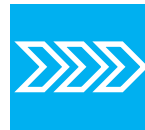
(podatak, 1)

(podatak, 1)

(podatak, 1)

(podatak, 1)

...



Primjer: Brojanje riječi u tekstu

2) Reduciranje rezultata

Istraživanje metoda pretraživanja vrlo velikih skupova podataka na internetu od posebnog je značaja za razvoj i širenje internet tehnologija. Podaci se pohranjuju u distribuirane datotečne sustave te im se može pristupiti putem globalne mreže internet. Sustavi za pohranu i obradu podataka moraju održavati svojstvo razmjernog rasta s obzirom na veličinu podataka pohranjenih u pojedinoj datoteci.

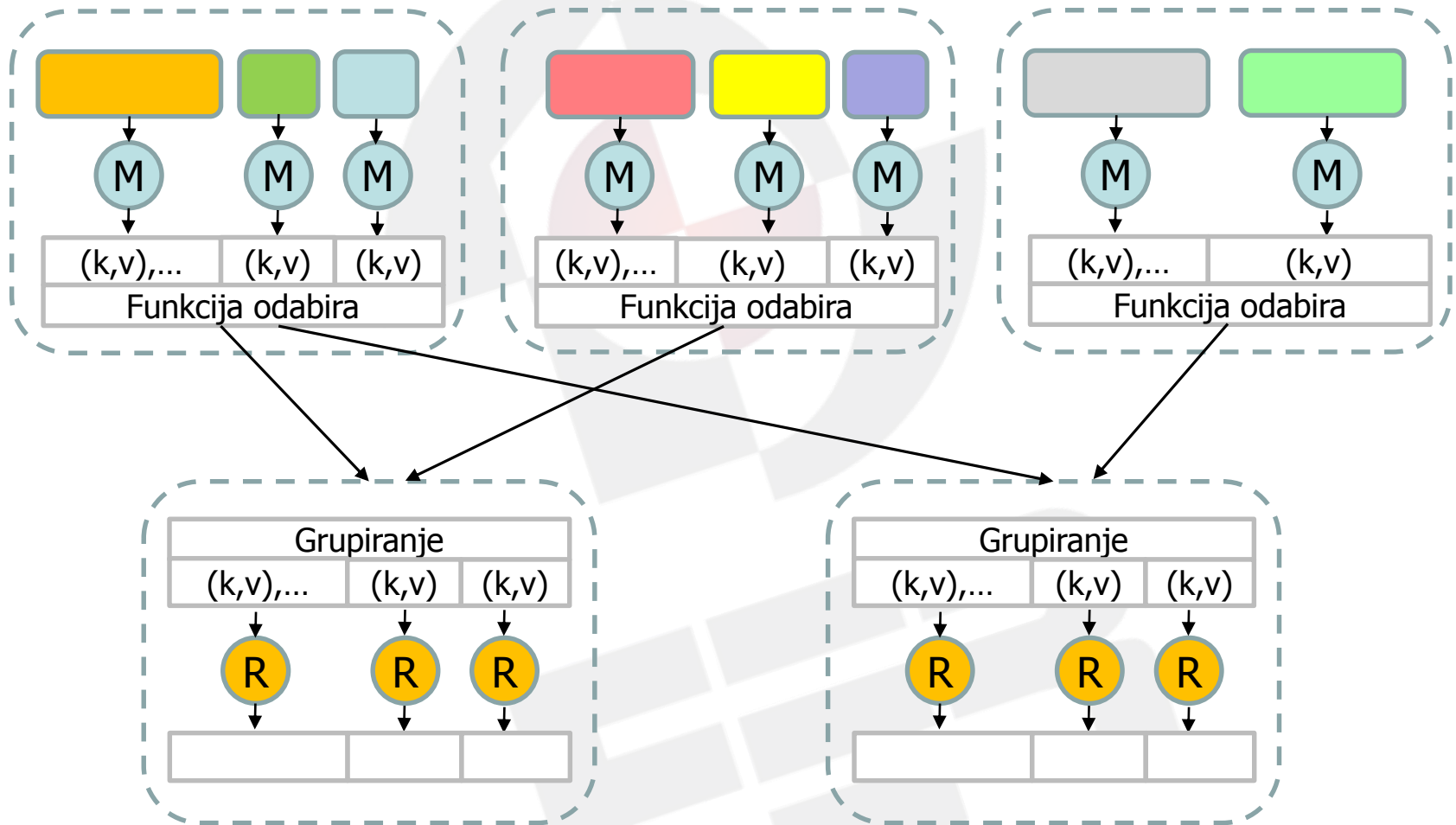
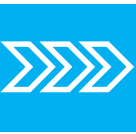


(podatak, 4)

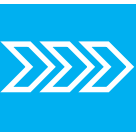
...

Obavlja se **operacija** zbrajanja nad svim vrijednostima s **istim ključem**

Metoda MapReduce



Metoda MapReduce



M **R** Za zadavanje zadataka mapiranja i redukcije zadužen je **glavni čvor**

Glavni čvor vodi računa o kvarovima unutar mreže čvorova
i poduzima odgovarajuće postupke oporavka

Glavni čvor vodi računa o učinkovitosti izračunavanja:
zadaci se zadaju na način da su izračuni što bliže podacima



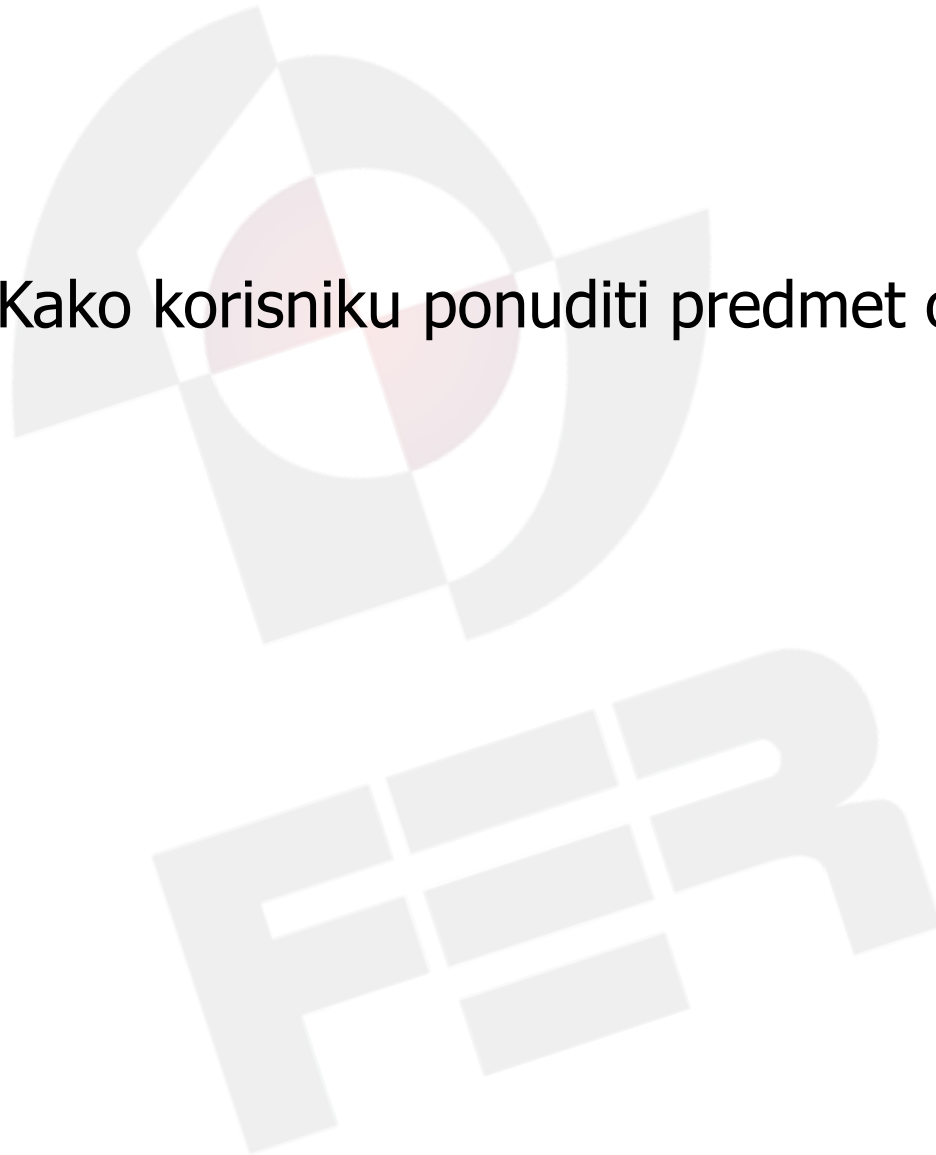
Raznolikost

Suradničko filtriranje
Rangiranje web-stranica





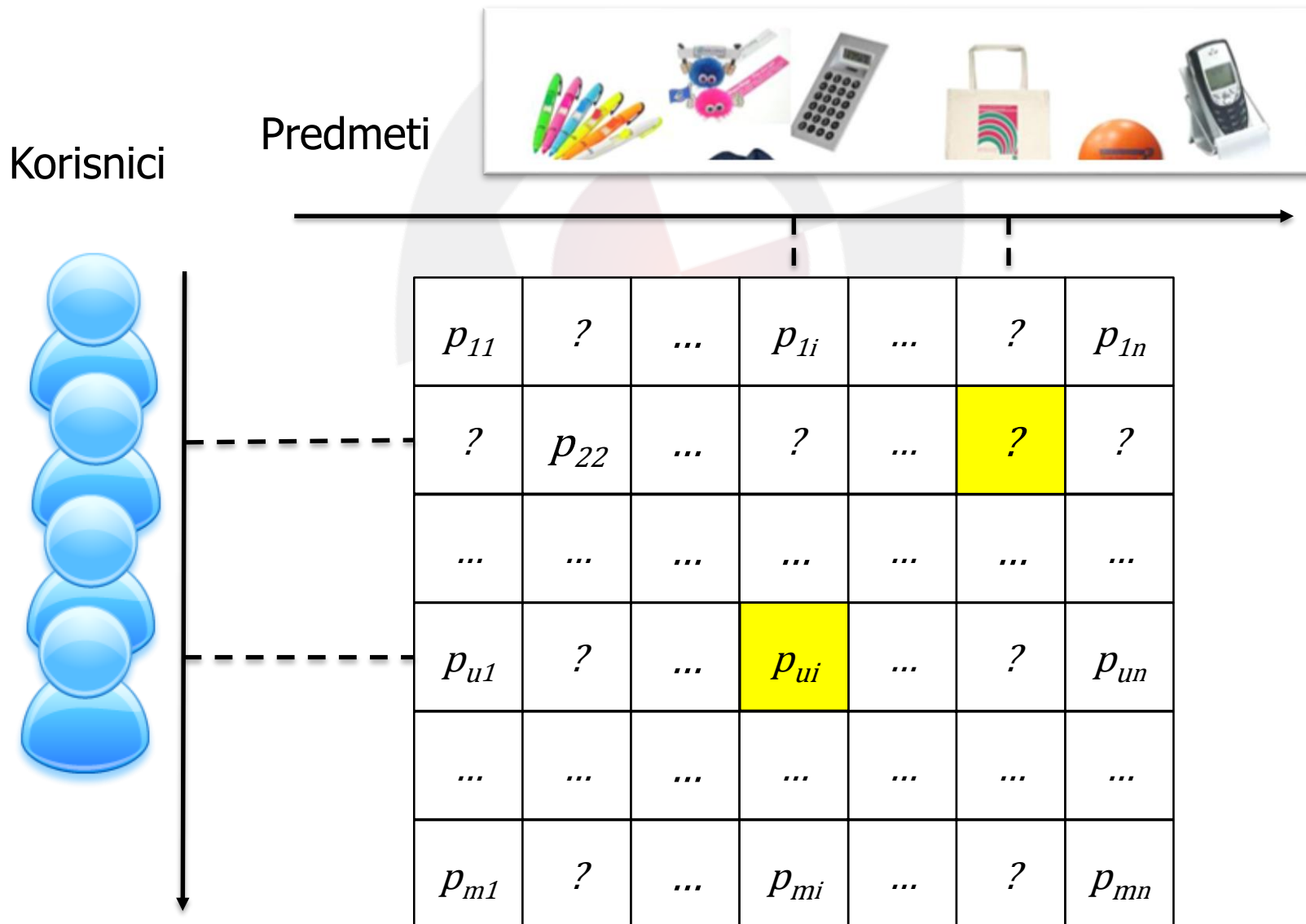
Kako korisniku ponuditi predmet od interesa?







Suradničko filtriranje



Suradničko filtriranje



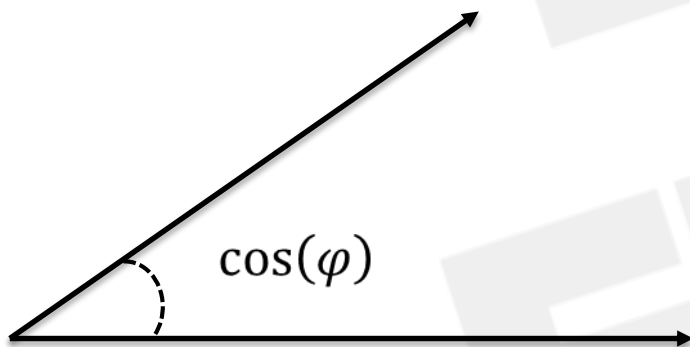
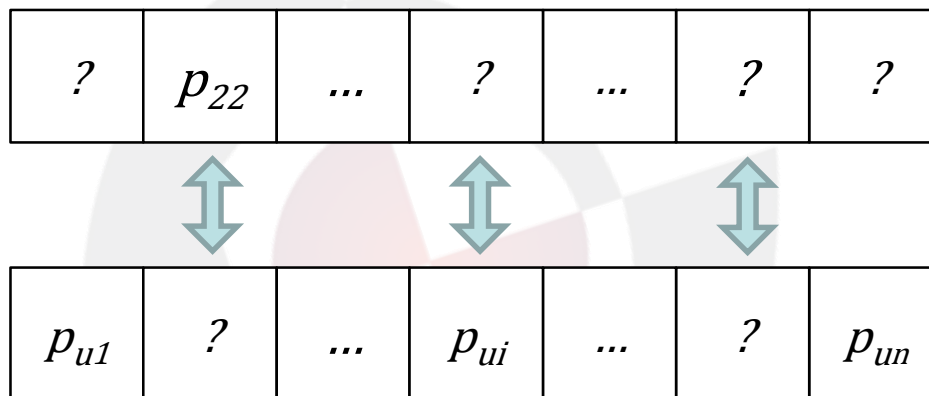
Korisnici

Predmeti



p_{11}	?	...	p_{1i}	...	?	p_{1n}
?	p_{22}	...	?	...	?	?
...	...	...	...	...	...	...
p_{u1}	?	...	p_{ui}	...	?	p_{un}
...	...	...	...	...	...	...
p_{m1}	?	...	p_{mi}	...	?	p_{mn}

Suradničko filtriranje



$$\cos(\varphi) = 1$$

Identični korisnici

$$\cos(\varphi) = -1$$

Različiti korisnici



1. Izračuna se sličnost svih parova korisnika
2. Odaberu se slični korisnici (određen je prag)
3. Predlažu se predmeti
 - Korisniku K_1 predlažu se predmeti koji su od interesa sličnog korisnika K_2

Suradničko filtriranje



Korisnik	Predmet 1	Predmet 2	Predmet 3
K ₁	1	0	1
K ₂	0	1	0
K ₃	1	1	1

preporuka

$$K_1 - K_2 \quad \frac{(1,0,1) \cdot (0,1,0)}{\|(1,0,1)\| \|(0,1,0)\|} = 0$$

$$K_1 - K_3 \quad \frac{(1,0,1) \cdot (1,1,1)}{\|(1,0,1)\| \|(1,1,1)\|} = \frac{2}{\sqrt{2}\sqrt{3}} = 0.8165$$

$$K_2 - K_3 \quad \frac{(0,1,0) \cdot (1,1,1)}{\|(0,1,0)\| \|(1,1,1)\|} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.5773$$



p_{11}	?	...	p_{1i}	...	?	p_{1n}
?	p_{22}	...	?	...	?	?
...	...	...	...	...	...	...
p_{u1}	?	...	p_{ui}	...	?	p_{un}
...	...	...	...	...	...	...
p_{m1}	?	...	p_{mi}	...	?	p_{mn}

Usporedba **vrlo velikog** broja vektorskih parova

Za 100 000 vektora treba usporediti $\binom{100\,000}{2} \approx 5 \cdot 10^9$ parova

Suradničko filtriranje



Poboljšavanje učinkovitosti

Poznavanje podataka



Predmeti



Podaci o kupnji



p_{11}	?	...	p_{1i}	...	?	p_{1n}
?	p_{22}	...	?	...	?	?
...	...	...	...	...	...	...
p_{u1}	?	...	p_{ui}	...	?	p_{un}
...	...	...	...	...	...	...
p_{m1}	?	...	p_{mi}	...	?	p_{mn}

Suradničko filtriranje



Poboljšavanje učinkovitosti

Poznavanje podataka



Filtriranje **predmet – predmet**

Veličina ovisi o broju predmeta, a ne o broju kupaca





Poboljšavanje učinkovitosti

Računanje sažetka osjetljivo na položaj
Locality **S**ensitive **H**ashing - LSH

Cilj: računanje sličnosti u **jednom** prolazu kroz matricu



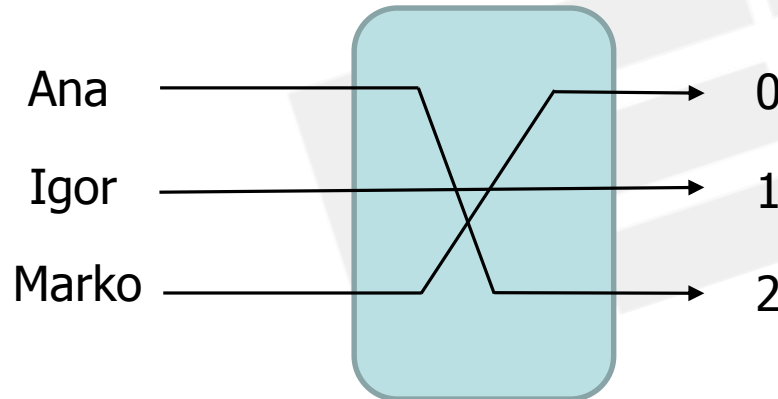
Poboljšavanje učinkovitosti

Računanje sažetka osjetljivo na položaj
Locality **S**ensitive **H**ashing - LSH

Funkcija izračunavanja sažetka (Hash function)

Ulazna vrijednost

Izlazna vrijednost





Poboljšavanje učinkovitosti

Računanje sažetka osjetljivo na položaj
Locality **S**ensitive **H**ashing - LSH

Funkcija izračunavanja sažetka (Hash function)

Primjer: Dijeljenje s ostatkom



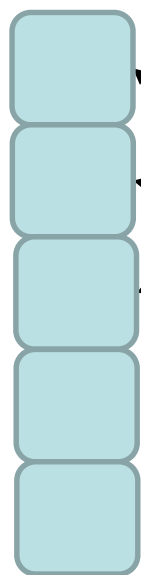
Suradničko filtriranje



Poboljšavanje učinkovitosti

Računanje sažetka osjetljivo na položaj
Locality **S**ensitive **H**ashing - LSH

Pretinci



Računanje
sažetka

Svaki pojas ima
zasebnu funkciju

p_{11}	?	...	p_{1i}	...	?	...	p_{1n}
?	p_{22}	...	?	...	?	?	?
...	...	...	...	...	...	...	...
p_{u1}	?	...	p_{ui}	...	?	...	p_{un}
...	...	...	...	...	...	...	...
p_{m1}	?	...	p_{mi}	...	?	...	p_{mn}

b pojaseva
p stupaca



Poboljšavanje učinkovitosti

Računanje sažetka osjetljivo na položaj
Locality **S**ensitive **H**ashing - LSH

Kandidati za slične vektore

- Dovoljno je da su grupirani u isti pretinac u barem jednom pojasu

Kandidate se dodatno provjerava izravnom usporedbom



Poboljšavanje učinkovitosti

Računanje sažetka osjetljivo na položaj
Locality **S**ensitive **H**ashing - LSH

Vjerojatnost da se dva vektora sličnosti **0.8**
neće grupirati u barem jedan pretinac.

Vektori su identični u jednom pojasu s vjerojatnošću:

$$0.8^2 = 0.64$$

Vektori nisu identični niti u jednom pojasu:

$$(1 - 0.64)^4 = 0.0168$$

p_{11}	?	...	p_{1i}	...	?	...	p_{1n}
?	p_{22}	...	?	...	?	?	?
...	...	...	...	...	...	...	...
p_{u1}	?	...	p_{ui}	...	?	...	p_{un}
...	...	...	...	...	...	...	...
p_{m1}	?	...	p_{mi}	...	?	...	p_{mn}

4 pojasa
2 stupaca

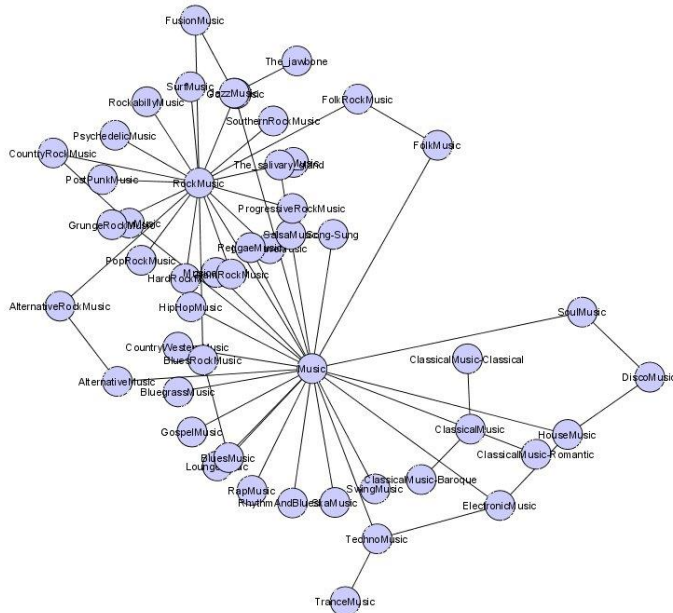
Podaci kao graf



Vrlo **velike količine podataka** pohranjuju se u obliku **grafa**

Opis odnosa između različitih entiteta

- Veze između Internet stranica
- Prijateljstva na društvenim mrežama
- Veze između računala
- ...



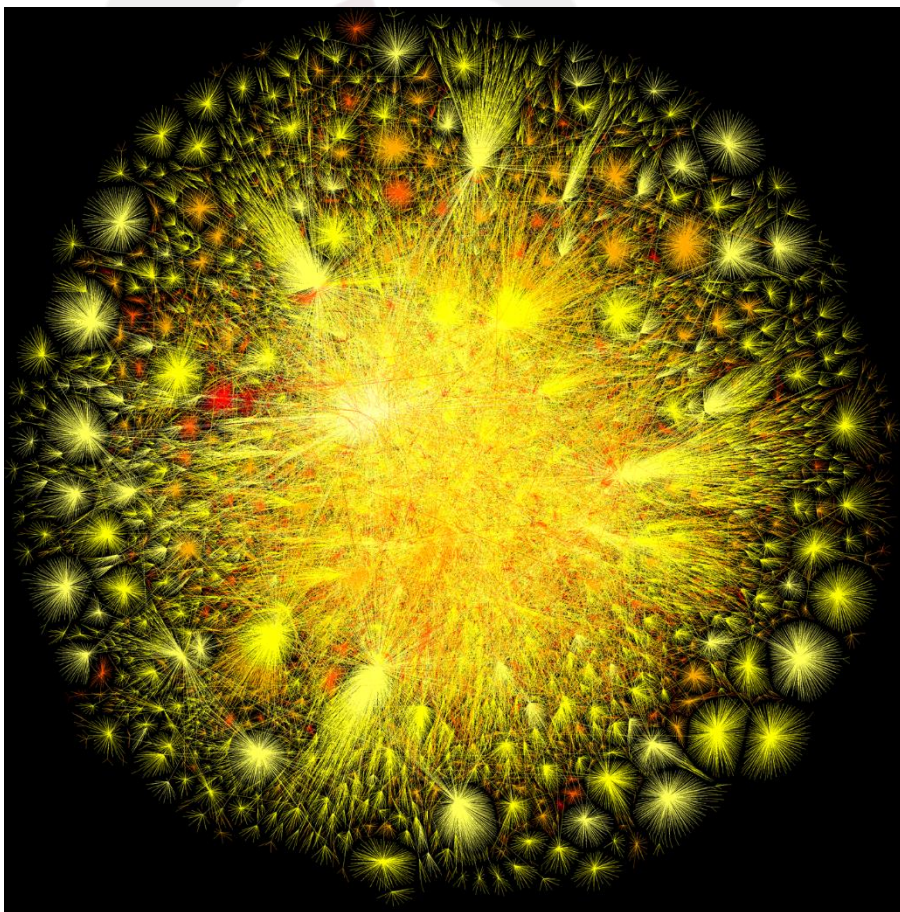


Graf prijatelja na mreži Facebook (2010)





Grafički prikaz povezanosti interneta





Vrlo **velike količine podataka**
pohranjuju se u obliku **grafa**

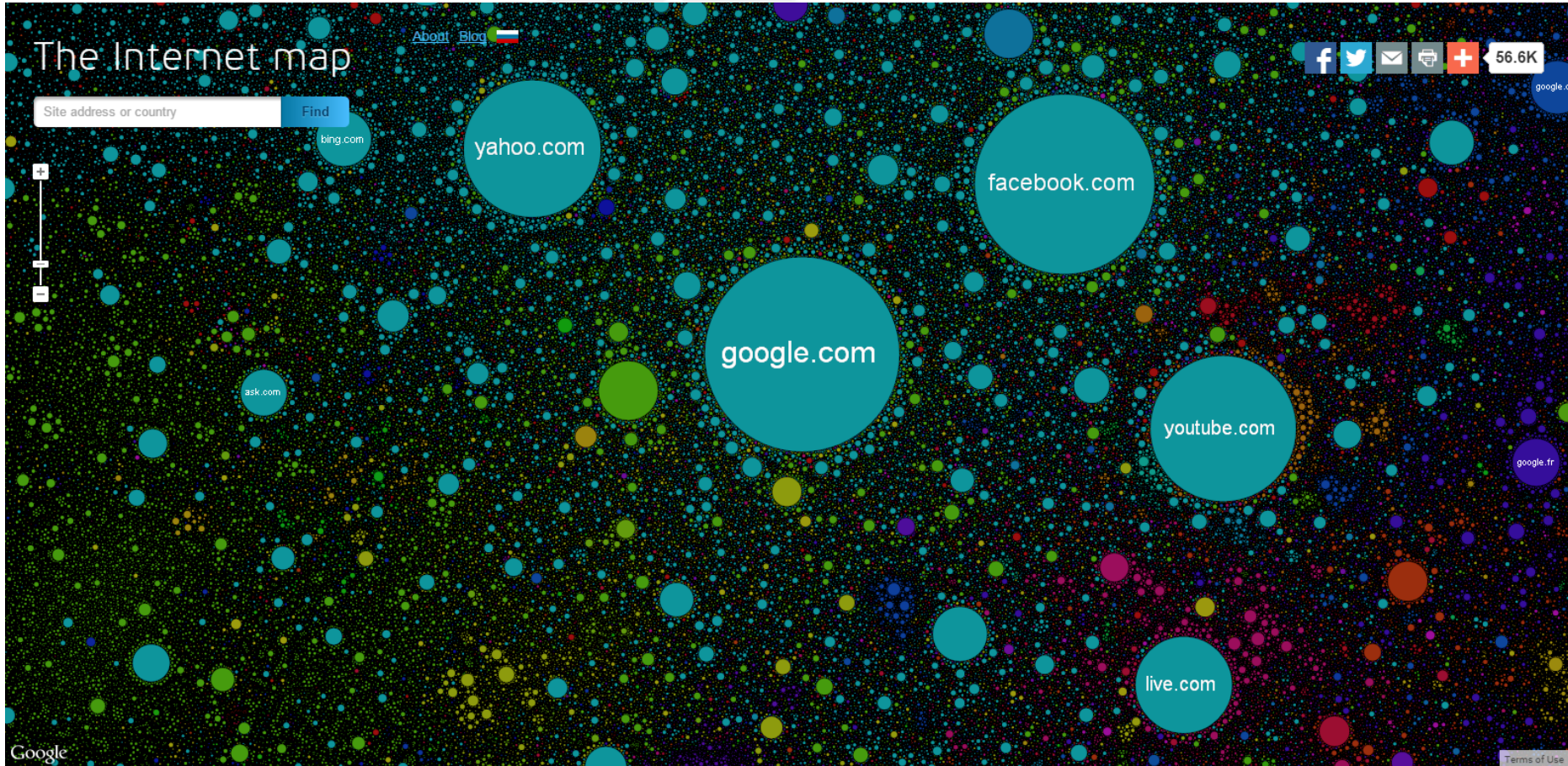
Problem: Pretraživanje podataka – identificiranje ključnih dijelova grafa

Pretraživanje interneta: Koje su stranice bitne?

Pretraživanje društvenih mreža: Koji pojedinci postavljaju trendove?

...

Rangiranje stranica





Algoritam rangiranja stranica (Page Rank)



Izazovi:

Kojim stranicama se može vjerovati?

Koje stranice najbolje odgovaraju upitu?

Rješenje: Analiza strukture grafa interneta.

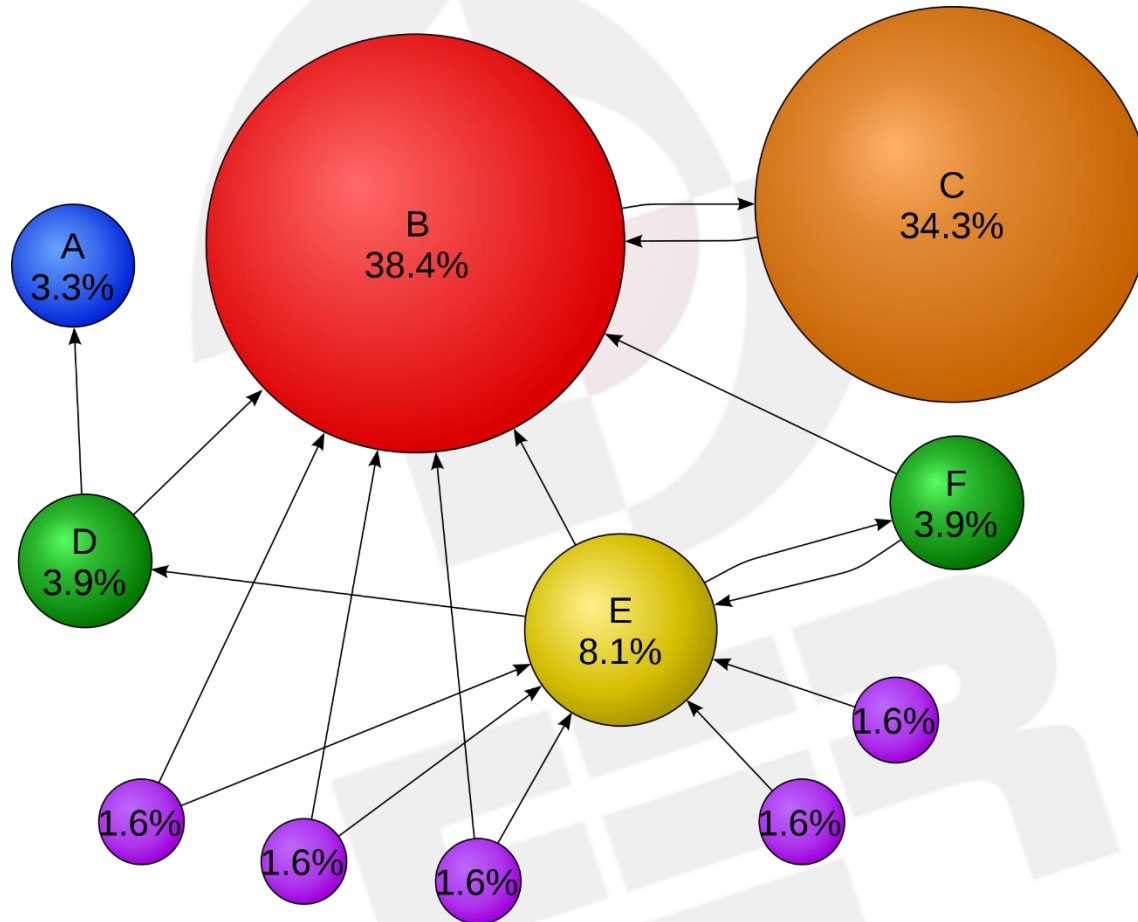


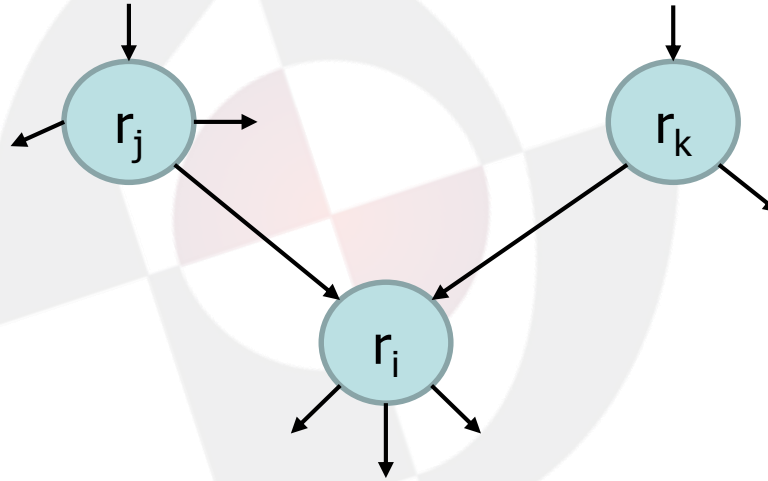
Pretpostavke

Ulazne poveznice značajne za **rang stranice**

Ulazne poveznice od **značajnijih** stranica **vrijede više**

Rangiranje stranica





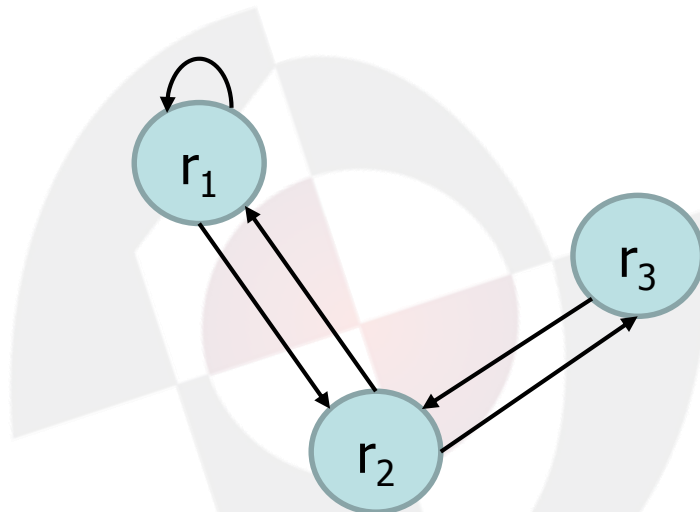
$$r_i = \frac{r_j}{3} + \frac{r_k}{2}$$

Rang stranice ravnomjerno se dijeli po izlaznim poveznicama

Rangiranje stranica



$$r_j = \sum_{i \rightarrow j} \frac{r_i}{d_i}$$



$$r_1 = \frac{r_1}{2} + \frac{r_2}{2}$$

$$r_2 = \frac{r_1}{2} + r_3$$

$$r_3 = \frac{r_2}{2}$$

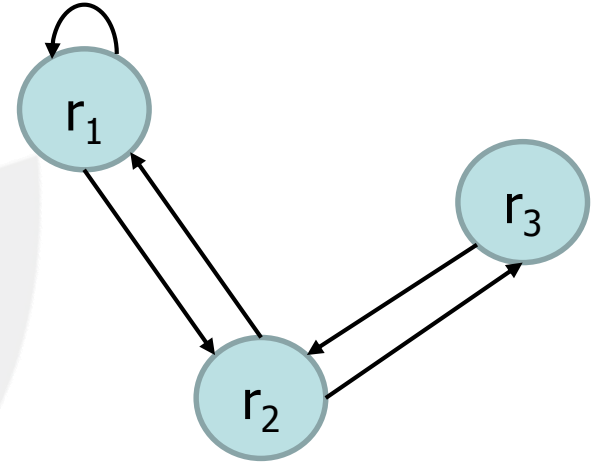
$$r_1 + r_2 + r_3 = 1$$

$$r_1 = 2/5 \quad r_2 = 2/5 \quad r_3 = 1/5$$



Iterativni postupak računanja

$$r_j = \sum_{i \rightarrow j} \frac{r_i}{d_i}$$



Definira se matrica M takva da za $i \rightarrow j$ $M_{j,i} = 1/d_i$

$$r = M r$$

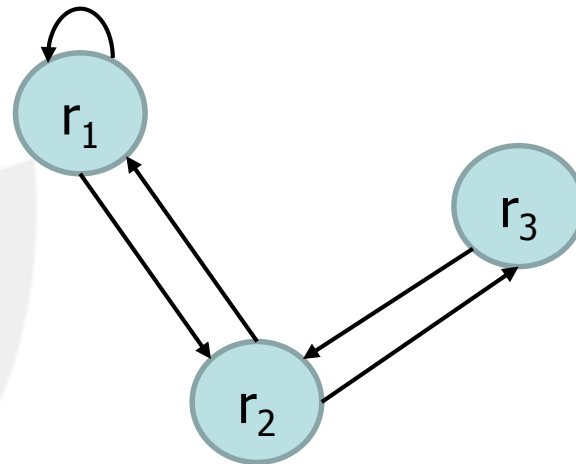
Rangiranje stranica



Iterativni postupak računanja

$$r = M r$$

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/2 & 1/2 & 0 \\ 1/2 & 0 & 1 \\ 0 & 1/2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{bmatrix}$$



$$\begin{array}{ccccccc} \begin{bmatrix} 1/3 \\ 1/3 \\ 1/3 \end{bmatrix} & \rightarrow & \begin{bmatrix} 1/3 \\ 3/6 \\ 1/6 \end{bmatrix} & \rightarrow & \begin{bmatrix} 5/12 \\ 1/3 \\ 3/12 \end{bmatrix} & \rightarrow & \dots \rightarrow \begin{bmatrix} 2/5 \\ 2/5 \\ 1/5 \end{bmatrix} \\ \text{1. korak} & & \text{2. korak} & & \text{3. korak} & & \end{array}$$

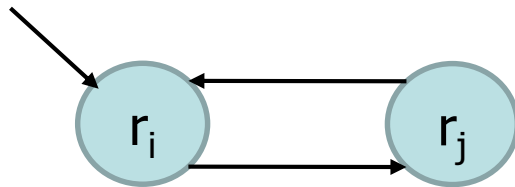


Iterativni postupak računanja

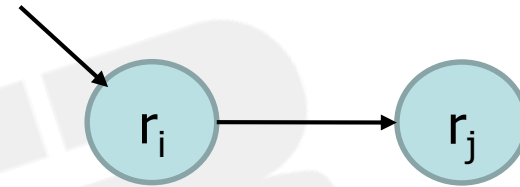
$$r = M r$$

Uvijek će dati jedinstveno rješenje ako graf zadovoljava sljedeće uvjete:

Ne postoji problem „zamke“



Ne postoji problem „slijepe ulice“





Iterativni postupak računanja

$$r = M r$$

[Brin – Page 1998]

Slučajni hod – omogućava se skok u bilo koji čvor grafa s određenom vjerojatnosti $(1 - \beta)$

$$r_j = \sum_{i \rightarrow j} \beta \frac{r_i}{d_i} + (1 - \beta) 1/n$$

$$\beta = [0.8, 0.9] \quad (\text{Slučajni skok svakih 5 koraka})$$

Sažetak

Raspodijeljeni datotečni sustav

- Pohrana podataka na više čvorova uz replikaciju
- GFS, HDFS



Metoda paralelnog računanja MapReduce

- Zadaci se istovremeno izvršavaju na više čvorova
- Rezultati se reduciraju (agregacija)
- Hadoop



Suradničko filtriranje

- Sustavi preporuke – pronalazak sličnih korisnika
- Amazon Item-Item Collaborative Filtering



Rangiranje stranica

- Određivanje važnosti web-stranica –indeks pretraživanja
- Google Page Rank



Budućnost

Može se očekivati dramatičniji rast količine podataka

Širenje tržišta mobilnih aplikacija, nove platforme...

Internet stvari (Internet of Things)

Budućnost

Internet stvari

Maleni uređaji s jedinstvenom adresom povezani u mrežu

Senzori, aktuatori, mobilni uređaji, ugrađena računala, stolna računala,...



Budućnost

Internet stvari

Upravljanje raznovrsnim tehničkim sustavima

- Energetska mreža
- Industrijski pogoni
- Praćenje okoliša
- Zdravstvo
- Pametna kuća
- Prometni sustavi
- ...

Budućnost

Internet stvari

Upravljanje željezničkim sustavima

Sprječavanje isklizavanja vlaka iz tračnica

Senzori na pruzi mjere temperaturu kotača

Podaci se šalju i obrađuju u podatkovnom centru

Smanjena isklizavanja za 75%



<http://www.informationweek.com/it-leadership/union-pacific-delivers-internet-of-things-reality-check/d/d-id/1105644?>

Budućnost

Internet stvari

Upravljanje željezničkim sustavima

Sprječavanje sudara

GPS senzori na vlaku



http://http://newsroom.cisco.com/feature/1374948/How-the-Internet-of-Things-is-Keeping-Trains-on-Track?utm_medium=rss?

Budućnost

Internet stvari

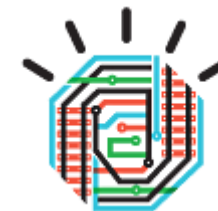
Pametna željeznica

Analiza velikih skupova podataka

Bolji rasporedi – bolja iskoristivost vlakova

Bolje održavanje

Veća sigurnost



IBM

http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/rail_transportation/ideas/

Hvala na pažnji!



Pitanja ?