Bulov model

Dragan Ivanović
dragan.ivanovic@uns.ac.rs

Katedra za informatiku, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

2015.

Bulov model

- Zasnovan na teoriji skupova i Bulovoj algebri
- Posmatrani pojam se ili nalazi ili ne nalazi u dokumentu
- Nema rangiranja
- Nema parcijalnog poklapanja upita i dokumenta
- Konjukcija tri terma: jednako se posmatra i dokument koji nema ni jedan term i dokument koji ima dva terma

Bulov model

- Tražene informacije se izražavaju upitom
- Upiti su logički izrazi, npr. Caesar AND Brutus
- Pretraživač vraća sve dokumente koji zadovoljavaju logički izraz

Da li Google koristi Bulov model?

Bulovi upiti

- Bulov model može odgovoriti na svaki upit koji je Bulov izraz
  - Bulovi upiti su upiti koji koriste operatore AND, OR i NOT za kombinovanje termova u upitu.
  - posmatra svaki dokument kao skup termova.
  - nedvosmislen: dokument ili zadovoljava upit ili ne
- Osnovni mehanizam za pretraživanje preko 30 godina
- Korisnici (npr. advokati) i dalje vole da ga koriste
  - tačno se zna sta je rezultat
- Koristi se u mnogo različitih sistema (npr. email)

Westlaw: primer Bulovog pretraživača

- Najveći komercijalni pretraživač pravnih materijala u smislu broja pretplatnika
- Preko pola miliona pretplatnika postavlja milione upita dnevno nad desetinama terabajta teksta
- Servis je pokrenut 1975.
- U 2005. Bulovi upiti ("Terms and Connectors") su i dalje podrazumevani tip upita, i koristi ga veliki procenat korisnika
- . . . iako rangirana pretraga postoji od 1992.

Westlaw: primeri upita

Zahtev: Informacije o pravnoj teoriji o sprečavanju odavanja poslovnih tajni od strane zaposlenih koji su prethodno bili zaposleni u konkurentskoj firmi

Upit: "poslovna tajna" /s oda! /s spreč! /s zaposle!

Zahtev: Uslovi za osobe sa posebnim potrebama kod pristupa radnom mestu

Upit: posebn! /s potreb! /p pristup /s radnom mestu (zaposlen /4 mesto)

Zahtev: Slučajevi o odgovornosti domaćina prema pijanom gostu

Upit: domaćin! /p odgovor! /p pijan! /p gost!

Westlaw: komentari

- /4 = u okviru četiri reči
- Razmak je disjunkcija, a ne konjunkcija!
  (konvencija u pre-Google eri)
- Dugački precizni upiti: operatori blizine, inkrementalni razvoj upita, različito od pretrage na webu
- Zašto profesionalni korisnici vole Bulov model: preciznost, kontrola, transparentnost
- Kada je Bulov model najbolji za pretragu? Zavisi od potreba korisnika, kolekcije dokumenata, veštine korisnika ...

Bulov model

- Koje doktorske disertacije Univerziteta u Novom Sadu sadrže reči Lucene I pretrage, ali ne MULTIMEDIJALNIH?
- Možemo uraditi **grep** nad svim doktorskim disertacijama tražeći Lucene i pretrage, i onda odbaciti sve linije koje sadrže multimedijalnih.
- Zašto ovo nije dobro rešenje?

Bulov model

- Koje doktorske disertacije Univerziteta u Novom Sadu sadrže reči Lucene I pretrage, ali ne MULTIMEDIJALNIH?
- Možemo uraditi **grep** nad svim doktorskim disertacijama tražeći Lucene i pretrage, i onda odbaciti sve linije koje sadrže multimedijalnih.
- Zašto ovo nije dobro rešenje?
  - sporo (za velike kolekcije)
  - „NOT multimedijalnih“ nije trivijalno
  - druge operacije (npr. nađi reč Lucene **blizu** reči pretrage) nisu izvodljive
  - rangiranje pogodaka ne postoji

Matrica incidencije term/dokument

	Ivanović D.	Milosavljević B.	Gostojić S.	Zarić M.	... ...
digitalan	1	1	1	1	
lucene	1	1	1	1	
dokument	1	1	1	1	
obrazovanje	0	0	1	0	
pretraga	1	1	1	1	
multimedijalan	0	1	1	1	
evaluacija	0	0	0	0	

...

Vrednost je 1 ako se term pojavljuje u dokumentu. Primer: obrazovanje se javlja u disertaciji *Gostojić S*. Vrednost je 0 ako se term ne pojavljuje u dokumentu. Primer: obrazovanje se ne javlja u *Milosavljević B*.

Matrica incidencije term/dokument

	Ivanović D.	Milosavljević B.	Gostojić S.	Zarić M.	... ...
digitalan	1	1	1	1	
lucene	1	1	1	1	
dokument	1	1	1	1	
obrazovanje	0	0	1	0	
pretraga	1	1	1	1	
multimedijalan	0	1	1	1	
evaluacija	0	0	0	0	

...

Vrednost je 1 ako se term pojavljuje u dokumentu. Primer: obrazovanje se javlja u disertaciji *Gostojić S.* Vrednost je 0 ako se term ne pojavljuje u dokumentu. Primer: obrazovanje se ne javlja u *Milosavljević B.*

Matrica incidencije term/dokument

	Ivanović D.	Milosavljević B.	Gostojić S.	Zarić M.	... ...
digitalan	1	1	1	1	
lucene	1	1	1	1	
dokument	1	1	1	1	
obrazovanje	0	0	1	0	
pretraga	1	1	1	1	
multimedijalan	0	1	1	1	
evaluacija	0	0	0	0	

...

Vrednost je 1 ako se term pojavljuje u dokumentu. Primer: obrazovanje se javlja u disertaciji *Gostojić S*. Vrednost je 0 ako se term ne pojavljuje u dokumentu. Primer: obrazovanje se ne javlja u *Milosavljević B*.

Vektor incidencije

- Postoji vektor sa elementima 0/1 za svaki term
- Za upit Lucene AND pretrage AND NOT multimedijalnih:
  - pretprocesiranje upita da bi se tokeni iz upita prebacili u termove: lucene AND pretraga AND NOT multimedijalan,
  - uzimanje vektora incidencije za lucene (*1111*), pretraga (*1111*) i multimedijalan (*0111*),
  - izračunavanje komplementa za vektor incidencije za multimedijalan (*1000*),
  - izračunavanje logičkog I (AND) po bitovima (eng. BITWISE AND) za tri vektora *1111* AND *1111* AND *1000* = *1000*

Odgovor na upit

Ivanović D., Informacioni sistem naučno-istraživačke delatnosti
...IndexSearcher klasa pripada biblioteci Apache **Lucene**. Ova klasa je namenjena **pretrazi** dokumenata koji su prethodno indeksirani upotrebom biblioteke Apache **Lucene**...

Veće kolekcije

- Ako kolekcija ima $N = 10^6$ dokumenata, svaki sa 1000 tokena

Veće kolekcije

- Ako kolekcija ima $N = 10^6$ dokumenata, svaki sa 1000 tokena
- U proseku 6 bajtova po tokenu, uključujući razmake i interpunkciju $\Rightarrow$ veličina kolekcije je oko 6 GB

Veće kolekcije

- Ako kolekcija ima $N = 10^6$ dokumenata, svaki sa 1000 tokena
- U proseku 6 bajtova po tokenu, uključujući razmake i interpunkciju $\Rightarrow$ veličina kolekcije je oko 6 GB
- Pretpostavimo da ima $M = 500{,}000$ različitih termova u kolekciji

Veće kolekcije

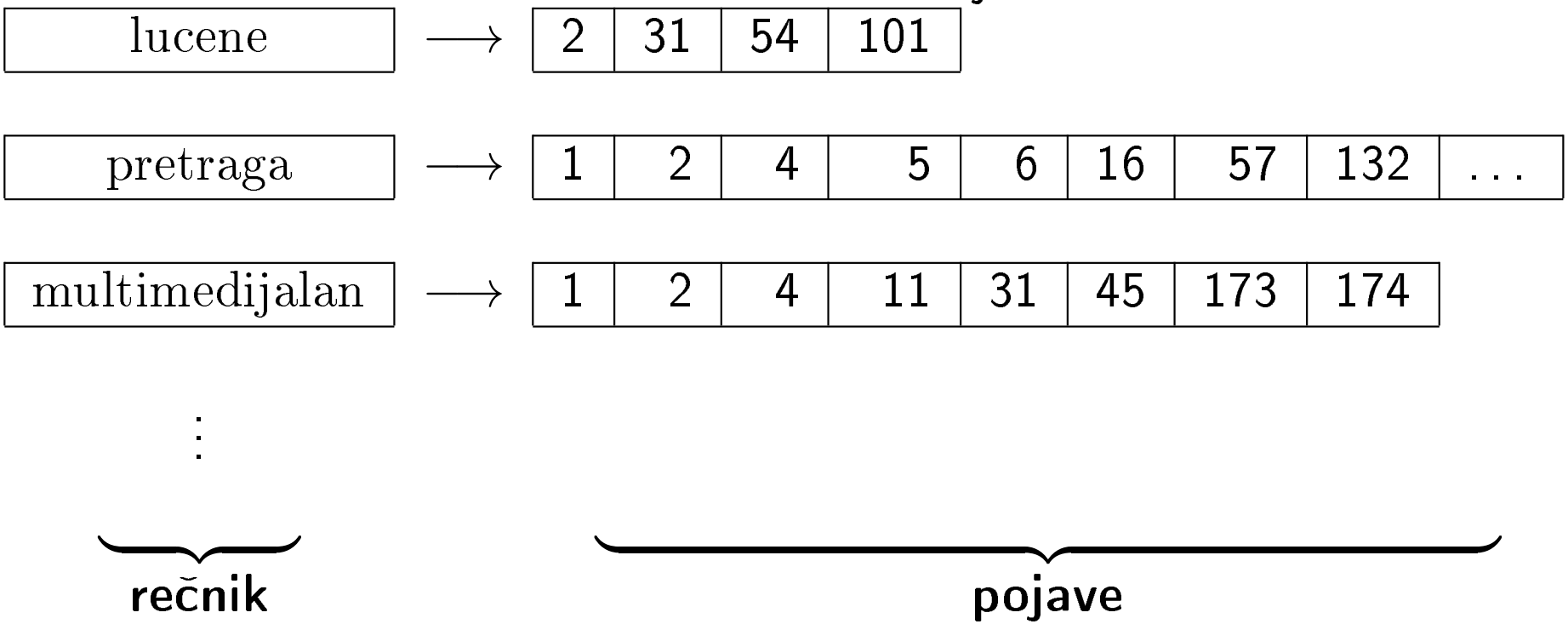
- Ako kolekcija ima $N = 10^6$ dokumenata, svaki sa 1000 tokena
- U proseku 6 bajtova po tokenu, uključujući razmake i interpunkciju $\Rightarrow$ veličina kolekcije je oko 6 GB
- Pretpostavimo da ima $M = 500{,}000$ različitih termova u kolekciji
- (Pravimo razliku između terma i tokena)

Ogromna matrica incidencije

- $M = 500{,}000 \times 10^6 =$ pola biliona nula i jedinica
- A matrica ne sadrži više od milion jedinica
  - matrica je vrlo retka
- Ima li bolje reprezentacije?
  - pamtimo samo jedinice

Invertovani indeks

Za svaki term t, čuvamo listu dokumenata koji sadrže t.

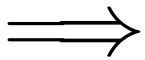


Konstrukcija invertovanog indeksa

1. Prikupljanje dokumenata koje treba indeksirati:
   Lucene biblioteka je otvorenog koda.
   Koristi se za pretragu tekstualnih sadržaja. . . . ,
2. Tokenizacija teksta - pretvaranje svakog dokumenta u listu tokena:
   Lucene | biblioteka | je | otvorenog . . . ,
3. Pretprocesiranje teksta - formiranje liste normalizovanih tokena, tj. termova koji će biti u rečniku:
   lucene | biblioteka | biti | otvoren . . . ,
4. Indeksiranje dokumenata - formiranje invertovanog indeksa koji ima rečnik i pojave.

Tokenizacija i pretprocesiranje

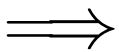
Dokument 1. Apache Lucene je javno dostupna biblioteka pisana u Javi namenjena pretraživanju teksta
Dokument 2. Programska biblioteka Apache Lucene omogućava full-text pretraživanje sa rangiranjem rezultata



Dokument 1. apache lucene biti javno dostupan biblioteka pisan u java namenjen pretrazivanje tekst
Dokument 2. programski biblioteka apache lucene omoguciti full text pretrazivanje sa rangiranje rezultat

Izračunavanje pojava

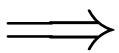
Dokument 1. apache lucene biti javan dostupan biblioteka pisan u java namenjen pretrazivanje tekst
Dokument 2. programski biblioteka apache lucene omoguciti full text pretrazivanje sa rangiranje rezultat



term	docID
apache	1
lucene	1
biti	1
javan	1
dostupan	1
biblioteka	1
pisan	1
u	1
java	1
namenjen	1
pretrazivanje	1
tekst	1
programski	2
biblioteka	2
apache	2
lucene	2
omoguciti	2
full	2
text	2
pretrazivanje	2
sa	2
rangiranje	2
rezultat	2

Sortiranje pojava

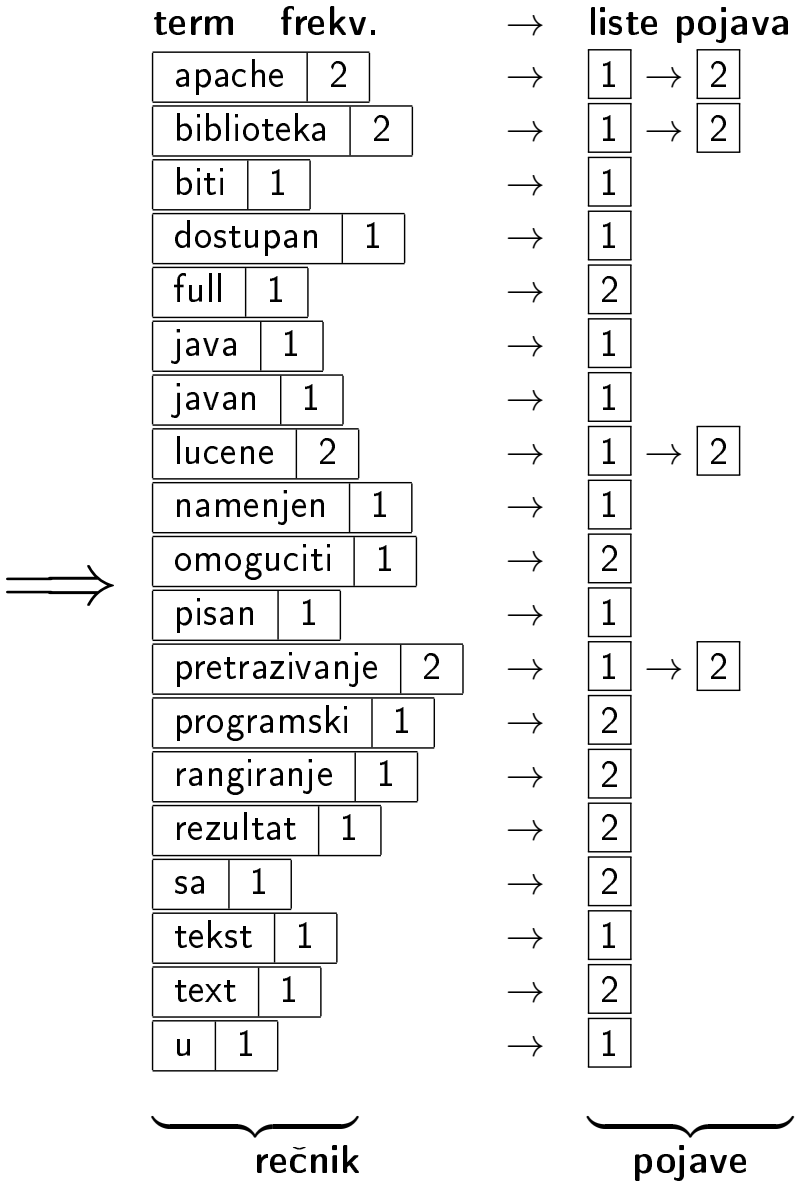
term	docID
apache	1
lucene	1
biti	1
javan	1
dostupan	1
biblioteka	1
pisan	1
u	1
java	1
namenjen	1
pretrazivanje	1
tekst	1
programski	2
biblioteka	2
apache	2
lucene	2
omoguciti	2
full	2
text	2
pretrazivanje	2
sa	2
rangiranje	2
rezultat	2



term	docID
apache	1
apache	2
biblioteka	1
biblioteka	2
biti	1
dostupan	1
full	2
java	1
javan	1
lucene	1
lucene	2
namenjen	1
omoguciti	2
pisan	1
pretrazivanje	1
pretrazivanje	2
programski	2
rangiranje	2
rezultat	2
sa	2
tekst	1
text	2
u	1

Kreiranje liste pojava, određivanje frekvencije pojavljivanja

term	docID
apache	1
apache	2
biblioteka	1
biblioteka	2
biti	1
dostupan	1
full	2
java	1
javan	1
lucene	1
lucene	2
namenjen	1
omoguciti	2
pisan	1
pretrazivanje	1
pretrazivanje	2
programski	2
rangiranje	2
rezultat	2
sa	2
tekst	1
text	2
u	1



Implementacija invertovanog indeksa - pitanja/dileme

- Konstrukcija: kako kreirati indeks za ogromne kolekcije?
- Koliko memorije nam treba za rečnik i indeks?
- Kompresija indeksa: kako efikasno skladištiti i obrađivati indeks za velike kolekcije?
- Rangiranje rezultata: kako izgleda invertovani indeks kada nam treba „najbolji“ odgovor?

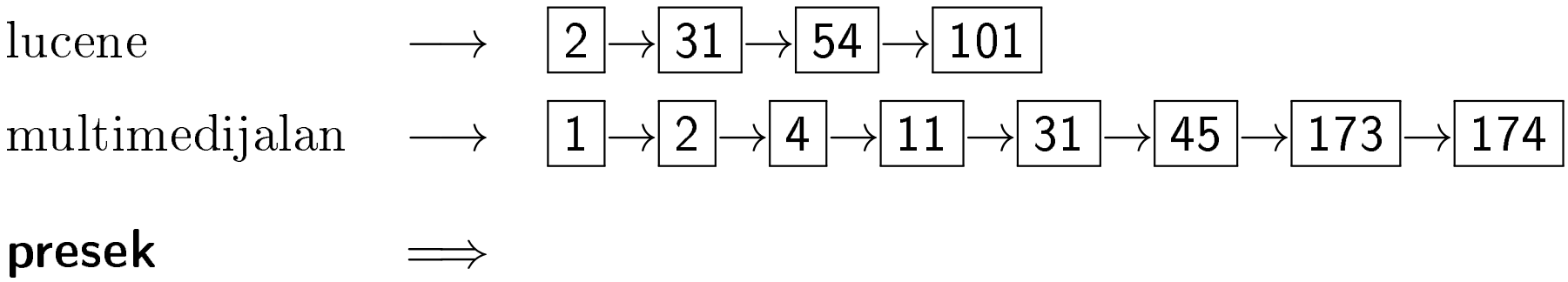
Jednostavan konjunktivni upit (dva terma)

- Razmotrimo jednostavan konjunktivni upit dva tokena Lucene AND multimedijalnih
- Algoritam za pronalaženje svih relevantnih dokumenata za ovaj upit pomoću invertovanog indeksa kreiranog na prethodno opisani način je sledeći:
  1. pretprocesiranje upita nakon čega se dobija konjuktivni upit dva terma (ne dva tokena, nego dva terma): lucene AND multimedijalan,
  2. pronalaženje terma lucene u rečniku termova,
  3. učitavanje liste pojava ovog terma iz fajla sa pojavama,
  4. pronalaženje terma multimedijalan u rečniku termova,
  5. učitavanje liste pojava ovog terma iz fajla sa pojavama,
  6. izračunavanje **preseka** ove dve liste pojava,
  7. vraćanje rezultata korisniku - vraćanje dokumenata koji se nalazu u prethodno izračunatom preseku.

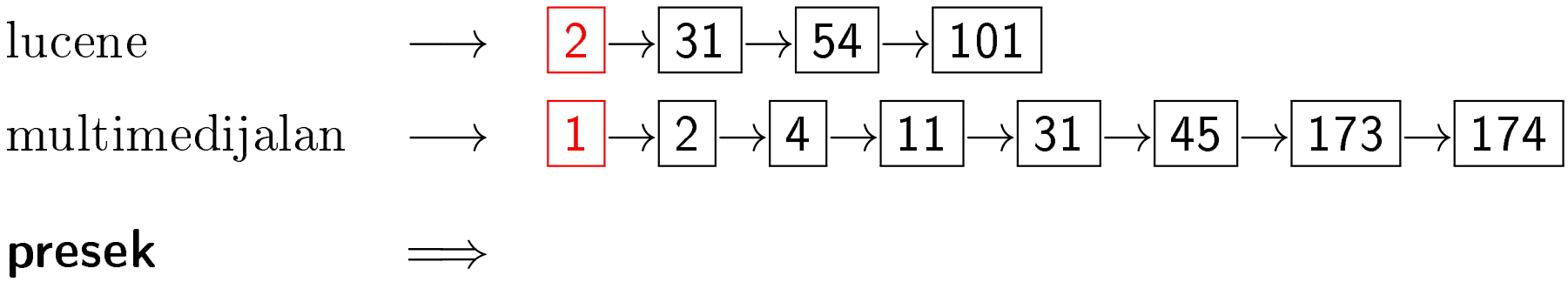
Izračunavanje preseka dve liste pojava: algoritam

```
Intersect(p1, p2)
 1  answer ← ⟨ ⟩
 2  while p1 ≠ nil and p2 ≠ nil
 3  do if docID(p1) = docID(p2)
 4        then Add(answer, docID(p1))
 5             p1 ← next(p1)
 6             p2 ← next(p2)
 7        else if docID(p1) < docID(p2)
 8                then p1 ← next(p1)
 9                else p2 ← next(p2)
10  return answer
```

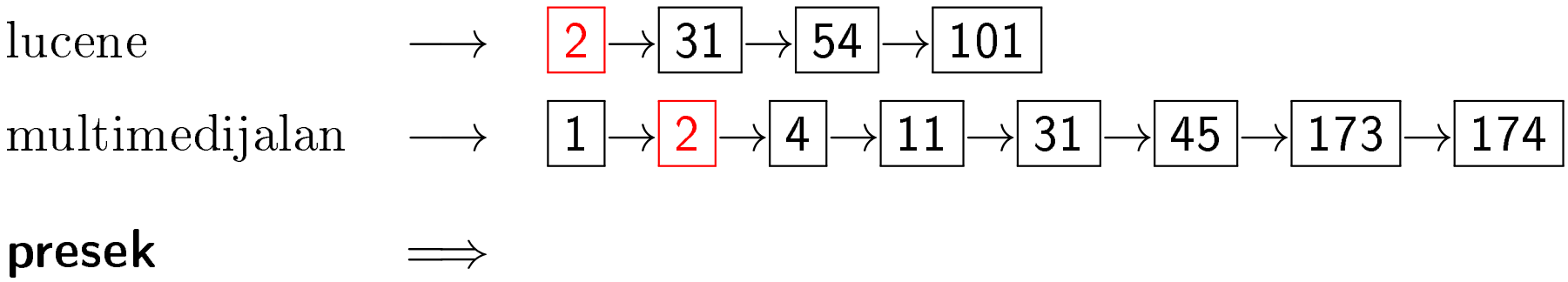
Izračunavanje preseka dve liste pojava



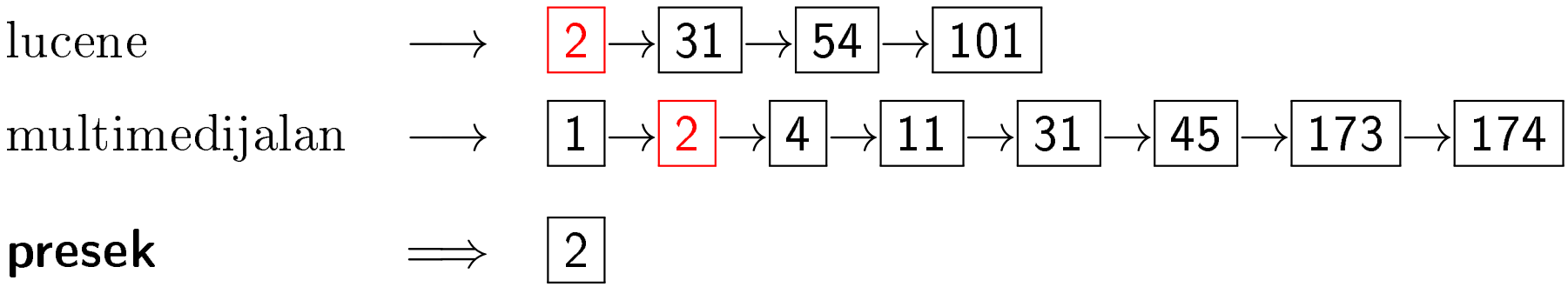
Izračunavanje preseka dve liste pojava



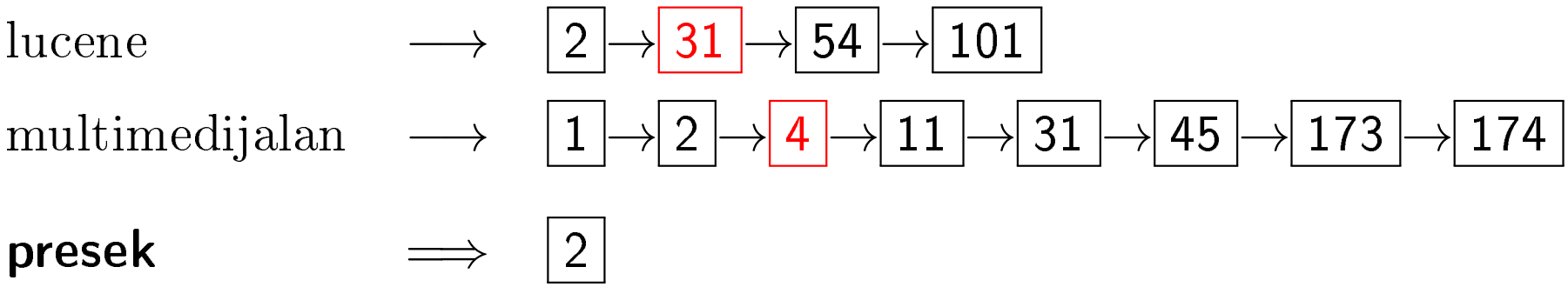
Izračunavanje preseka dve liste pojava



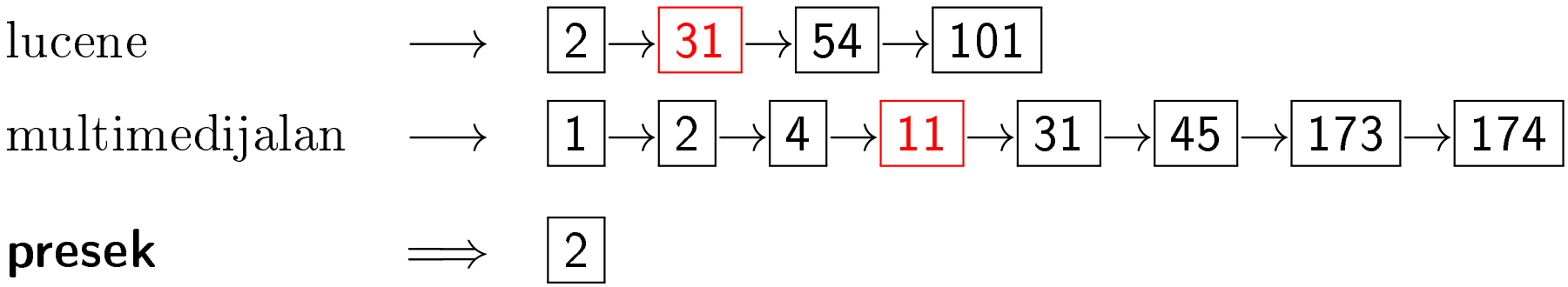
Izračunavanje preseka dve liste pojava



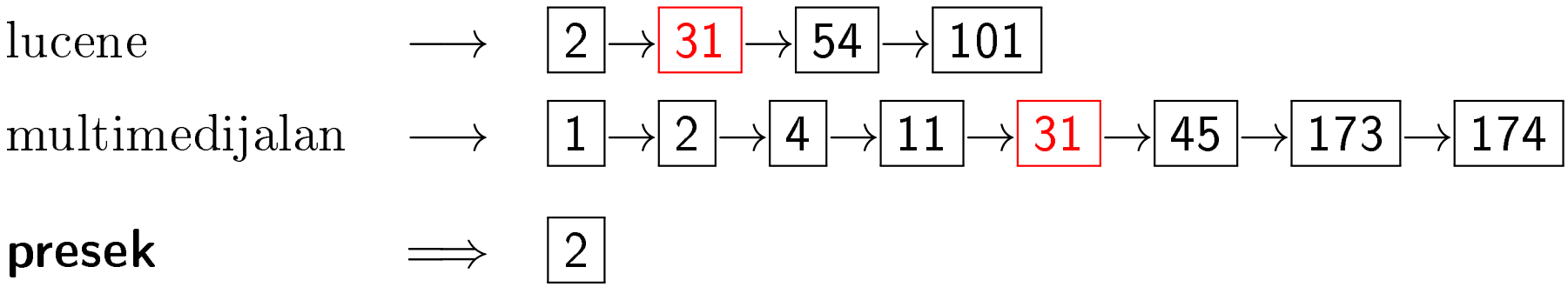
Izračunavanje preseka dve liste pojava



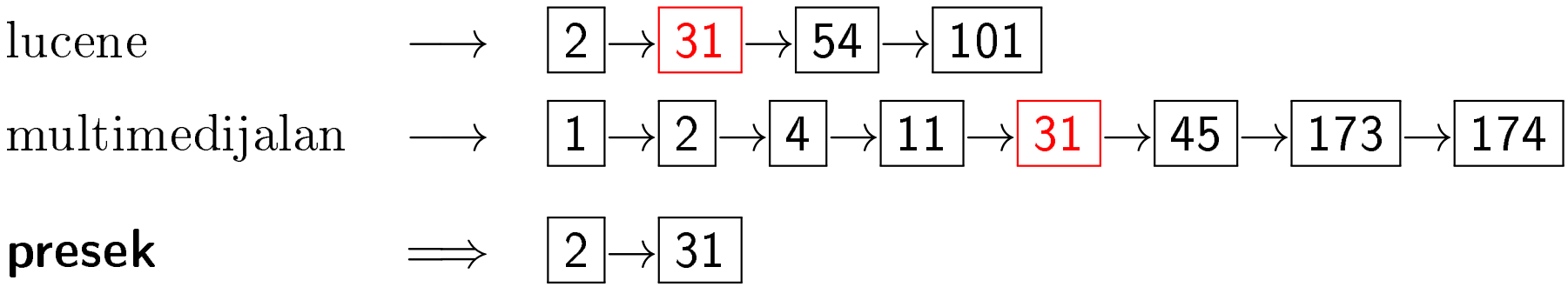
Izračunavanje preseka dve liste pojava



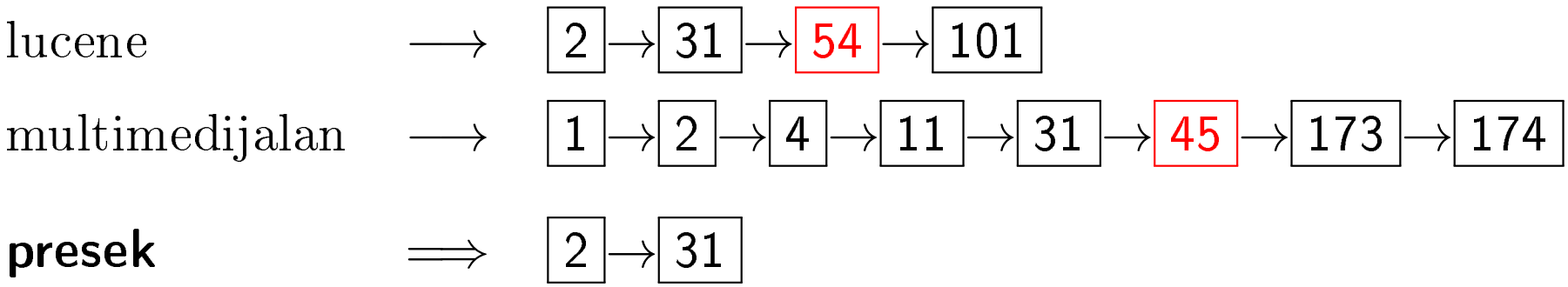
Izračunavanje preseka dve liste pojava



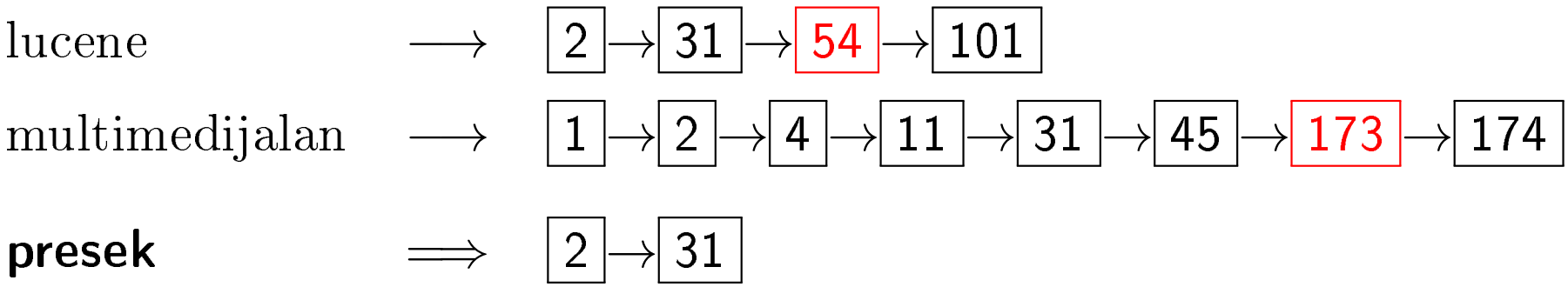
Izračunavanje preseka dve liste pojava



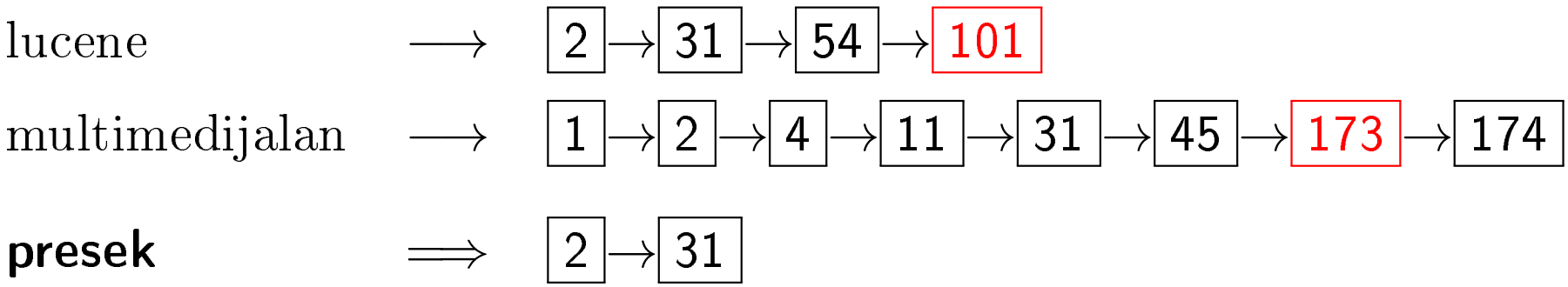
Izračunavanje preseka dve liste pojava



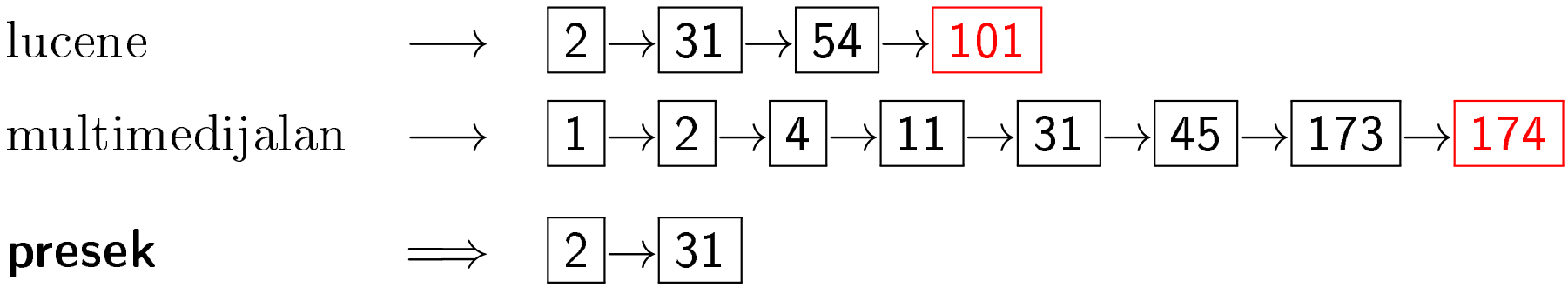
Izračunavanje preseka dve liste pojava



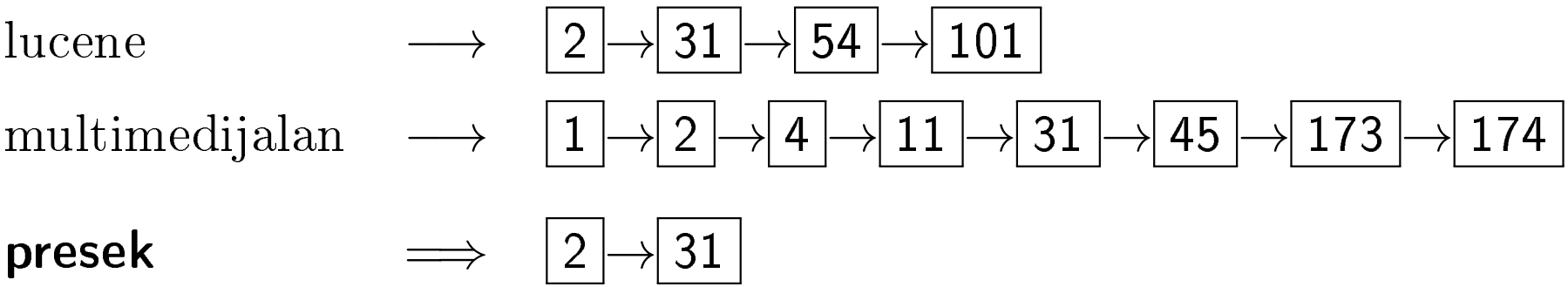
Izračunavanje preseka dve liste pojava



Izračunavanje preseka dve liste pojava



Izračunavanje preseka dve liste pojava



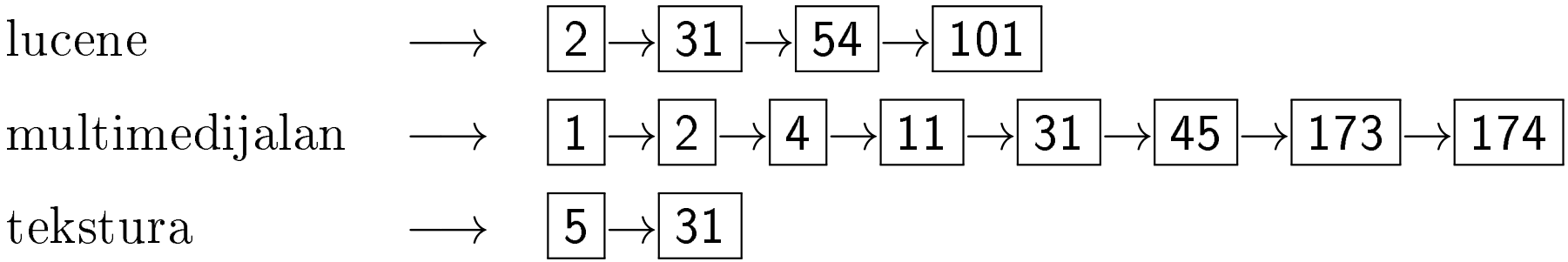
- linearna zavisnost od dužine liste
- radi samo ako su liste sortirane

Optimizacija upita

- Koja je minimalna složenost za implementaciju upita?
- Posmatramo upit koji je konjunkcija (AND) od n termova, $n > 2$
- Za svaki term, pribavi njegovu listu pojava, onda izračunaj AND za sve njih

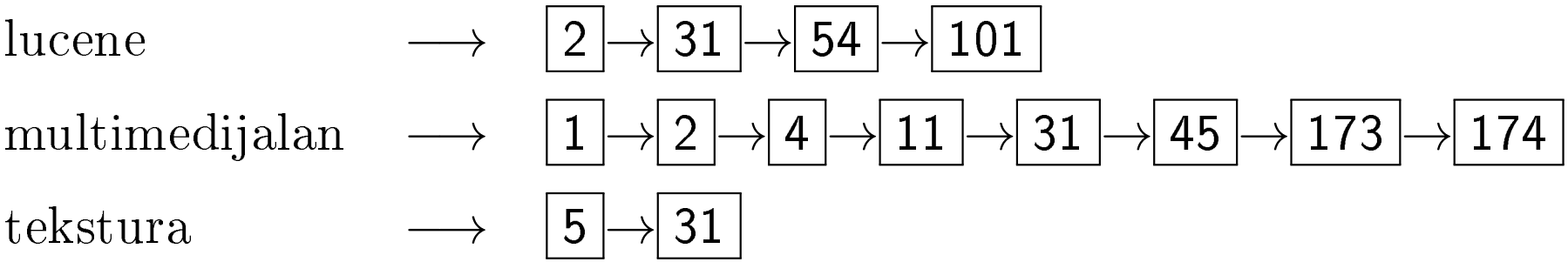
Optimizacija upita

- Primer upita: lucene AND multimedijalan AND tekstura



Optimizacija upita

- Primer upita: lucene AND multimedijalan AND tekstura
- jednostavna i efikasna optimizacija: obradi u rastućem redosledu frekvencije
- Počni od najkraće liste pojava
- U ovom primeru: prvo tekstura, potom lucene, potom multimedijalan



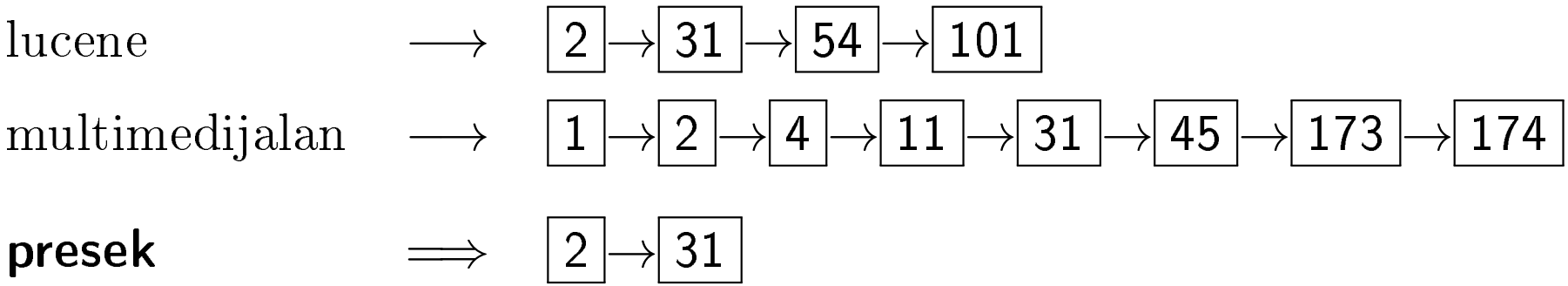
Optimizovani algoritam za konjunktivne upite

Intersect($\langle t_1, \ldots, t_n \rangle$)
1 *terms* $\leftarrow$ SortByIncreasingFrequency($\langle t_1, \ldots, t_n \rangle$)
2 *result* $\leftarrow$ *postings*(*first*(*terms*))
3 *terms* $\leftarrow$ *rest*(*terms*)
4 **while** *terms* $\neq$ nil and *result* $\neq$ nil
5 **do** *result* $\leftarrow$ Intersect(*result*, *postings*(*first*(*terms*)))
6 *terms* $\leftarrow$ *rest*(*terms*)
7 **return** *result*

Opštija optimizacija

- Primer upita:
  (lucene OR sphinx) AND (multimedijalan OR slika) AND (tekstura OR šablon)
- Pribavi frekvencije za sve termove
- Proceni veličinu svakog OR-a kao zbir frekvencija operanada (konzervativni pristup)
- Obradi u rastućem redosledu veličine OR-ova

Osnovni algoritam za izračunavanje preseka

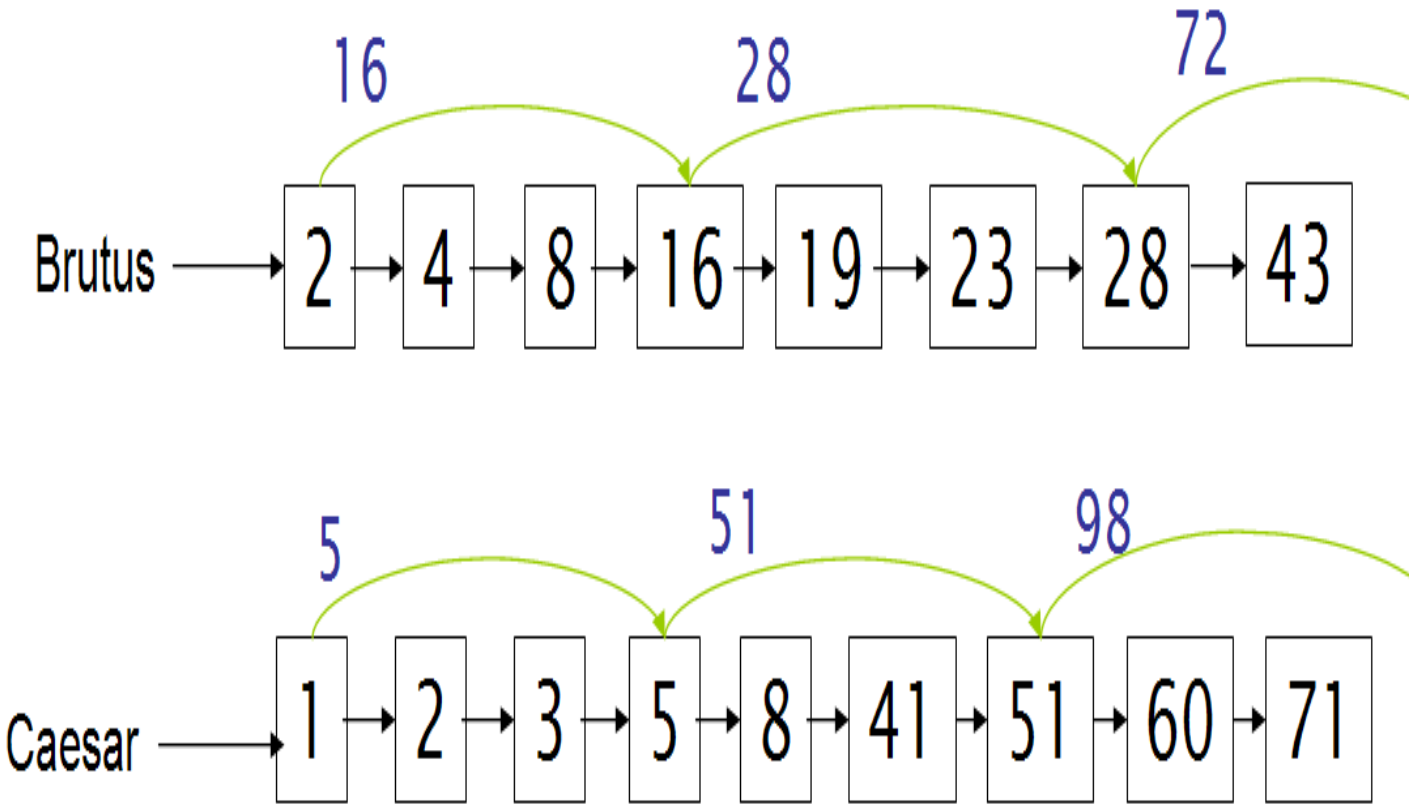


- Linearno zavisi od dužine lista
- Može li bolje?

Pointeri za preskakanje (skip pointers)

- Skip pointeri omogućavaju preskakanje pojava koje svakako neće biti u rezultatu
- Izračunavanje preseka može da se ubrza na taj način
- Neke liste pojava sadrže više miliona elemenata – brzina može biti problem ako je algoritam linearan
- Gde da stavimo skip pointere?
- Tako da ne pokvarimo rezultat?

Skip liste



Izračunavanje preseka sa skip pointerima

```
IntersectWithSkips(p1, p2)
 1  answer ← ⟨ ⟩
 2  while p1 ≠ nil and p2 ≠ nil
 3  do if docID(p1) = docID(p2)
 4        then Add(answer, docID(p1))
 5             p1 ← next(p1)
 6             p2 ← next(p2)
 7        else if docID(p1) < docID(p2)
 8                then if hasSkip(p1) and (docID(skip(p1)) ≤ docID(p2))
 9                     then while hasSkip(p1) and (docID(skip(p1)) ≤ docID(p2)
10                          do p1 ← skip(p1)
11                     else p1 ← next(p1)
12                else if hasSkip(p2) and (docID(skip(p2)) ≤ docID(p1))
13                     then while hasSkip(p2) and (docID(skip(p2)) ≤ docID(p1)
14                          do p2 ← skip(p2)
15                     else p2 ← next(p2)
16  return answer
```

Gde staviti skokove?

- Kompromis: Broj preskočenih elemenata / učestalost skakanja
- Više skokova: svaki skip pointer preskače malo elemenata, ali ga možemo češće koristiti
- Manje skokova: svaki skip pointer preskače puno elemenata, ali ga možemo retko koristiti

Gde staviti skokove?

- Jednostavna heuristika: za liste pojava dužine P, napraviti $\sqrt{P}$ skip pointera jednake dužine
- Ovo ignoriše distribuciju termova (podrazumeva uniformnu raspodelu)
- Jednostavno ako je indeks sporo promenljiv
- Koliko su skip pointeri korisni?
- Bili su jako korisni
- Sa današnjim procesorima nisu više presudni

Upiti-fraze

- Treba da odgovorimo na upit "sive pantalone" – kao fraza (niz reči)
- Dakle, *Voli da nosi sive košulje i plave pantalone* nije pogodak
- Koncept fraze korisnici su brzo usvojili
- Oko 10% upita na webu su upiti-fraze
- Posledice za invertovani indeks: nije više dovoljno čuvati samo docID

Dvorečni indeksi

- Indeksiraj svaki susedni par reči u tekstu kao frazu
- Na primer, *sive markirane pantalone* će dati dva para reči: *"sive markirane"* i *"markirane pantalone"*
- Svaki od parova se tretira kao term u rečniku
- Lako je odgovoriti na dvorečne upite

Duži upiti-fraze

- Dugačka fraza kao "sive markirane pantalone" može da se prikaže kao
  “sive markirane” AND “markirane pantalone”
- Moramo da uradimo filtriranje pogodaka da izdvojimo samo one dokumente koji stvarno sadrže celu frazu: **Voli da nosi sive markirane košulje i plave markirane pantalone**

Proširene dvoreči

- Parsiraj dokument i označi vrstu reči
- Vrste reči neka budu imenice (N) predlozi/prilozi (X)
- Tretiraj svaki niz reči oblika NX*N kao *proširenu dvoreč*
- Primeri:

Univerzitet	u	Beogradu
N	X	N

protokol	za	udaljenu	pretragu
N	X	X	N

- Uključi proširene dvoreči u rečnik

Problemi sa dvorečnim indeksima

- False positive: pronađeni dokument koji zapravo ne sadrži celu dugačku frazu
- Eksplozija indeksa zbog velikog broja termova u rečniku

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩

Pozicioni indeksi

- Pozicioni indeksi su dobra zamena za dvorečne indekse
- Liste pojava u nepozicionom indeksu: svaka pojava je docID
- Liste pojava u pozicionom indeksu: svaka pojava je docID i lista pozicija
- Primer: to_1 be_2 or_3 not_4 to_5 be_6

to, 993427:
⟨ 1, 6: ⟨7, 18, 33, 72, 86, 231⟩;
2, 5: ⟨1, 17, 74, 222, 255⟩;
4, 5: ⟨8, 16, 190, 429, 433⟩;
5, 2: ⟨363, 367⟩;
7, 3: ⟨13, 23, 191⟩; . . . ⟩

be, 178239:
⟨ 1, 2: ⟨17, 25⟩;
4, 5: ⟨17, 191, 291, 430, 434⟩;
5, 3: ⟨14, 19, 101⟩; . . . ⟩
Document 4 je pogodak!

Vežba

Prikazan je deo pozicionog indeksa u formatu: term: doc1: ⟨position1, position2, . . . ⟩; doc2: ⟨position1, position2, . . . ⟩; etc.

angels: 2: ⟨36,174,252,651⟩; 4: ⟨12,22,102,432⟩; 7: ⟨17⟩;
fools: 2: ⟨1,17,74,222⟩; 4: ⟨8,78,108,458⟩; 7: ⟨3,13,23,193⟩;
fear: 2: ⟨87,704,722,901⟩; 4: ⟨13,43,113,433⟩; 7: ⟨18,328,528⟩;
in: 2: ⟨3,37,76,444,851⟩; 4: ⟨10,20,110,470,500⟩; 7: ⟨5,15,25,195⟩;
rush: 2: ⟨2,66,194,321,702⟩; 4: ⟨9,69,149,429,569⟩; 7: ⟨4,14,404⟩;
to: 2: ⟨47,86,234,999⟩; 4: ⟨14,24,774,944⟩; 7: ⟨199,319,599,709⟩;
tread: 2: ⟨57,94,333⟩; 4: ⟨15,35,155⟩; 7: ⟨20,320⟩;
where: 2: ⟨67,124,393,1001⟩; 4: ⟨11,41,101,421,431⟩; 7: ⟨16,36,736⟩;

Koji dokument(i) zadovoljava sledeće upite-fraze: “fools rush in”, “fools rush in” AND “angels fear to tread”

Blizinska pretraga

- Pozicioni indeks se može koristiti i za blizinsku pretragu
- Na primer imamo upit **pretraga /3 metapodatak**
- Pronađi sve dokumente koji sadrže pretraga i metapodatak na rastojanju od najviše tri reči
- **Pretraga po metapodacima može biti implementirana upotrebom Lucene biblioteke** je pogodak
- **Rezultati pretraga digitalne biblioteke su prikazani u MARC 21 formatu metapodataka** nije pogodak

Blizinska pretraga

- Najjednostavniji algoritam: Dekartov proizvod pozicija za (i) employment i (ii) place

Blizinska pretraga

- Najjednostavniji algoritam: Dekartov proizvod pozicija za (i) employment i (ii) place
- Neefikasan za česte reči, naročito za stop reči

Blizinska pretraga

- Najjednostavniji algoritam: Dekartov proizvod pozicija za (i) employment i (ii) place
- Neefikasan za česte reči, naročito za stop reči
- Hoćemo da vratimo pozicije, ne samo listu dokumenata

Blizinska pretraga

- Najjednostavniji algoritam: Dekartov proizvod pozicija za (i) employment i (ii) place
- Neefikasan za česte reči, naročito za stop reči
- Hoćemo da vratimo pozicije, ne samo listu dokumenata
- Ovo je važno za dinamičke sažetke i sl.

Blizinski presek

```
PositionalIntersect(p1, p2, k)
 1  answer ← ⟨ ⟩
 2  while p1 ≠ nil and p2 ≠ nil
 3  do if docID(p1) = docID(p2)
 4        then l ← ⟨ ⟩
 5             pp1 ← positions(p1)
 6             pp2 ← positions(p2)
 7             while pp1 ≠ nil
 8             do while pp2 ≠ nil
 9                do if |pos(pp1) − pos(pp2)| ≤ k
10                      then Add(l, pos(pp2))
11                      else if pos(pp2) > pos(pp1)
12                              then break
13                   pp2 ← next(pp2)
14                while l ≠ ⟨ ⟩ and |l[0] − pos(pp1)| > k
15                do Delete(l[0])
16                for each ps ∈ l
17                do Add(answer, ⟨docID(p1), pos(pp1), ps⟩)
18                pp1 ← next(pp1)
19             p1 ← next(p1)
20             p2 ← next(p2)
21        else if docID(p1) < docID(p2)
22                then p1 ← next(p1)
23                else p2 ← next(p2)
24  return answer
```

Kombinovanje indeksa

- Dvorečni i pozicioni indeksi se mogu uspešno kombinovati
- Mnogo dvoreči su jako česte: Michael Jackson, Britney Spears, itd.
- Za ove dvoreči ubrzanje u odnosu na pozicioni indeks je značajno
- Način za kombinovanje: uključi česte dvoreči kao termove u rečnik; ostale fraze računaj pomoću pozicionog indeksa
- Williams et al. (2004): još bolja kombinovana pretraga, brža od pozicionog indeksa uz 26% više prostora za indeks, pored rednog broja dokumenta u kojem se nalazi term i liste pozicija skladišti i naredni term u dokumentu

„Pozicioni“ upiti i Google

- Za web pretraživače pozicioni upiti su bili mnogo skuplji od običnih Bulovih upita
- *“stanford university palo alto”*
- Zašto?
- Može li se to pokazati?

"Pozicioni" upiti i Google