DISTRIBUIRANI ALGORITMI I SISTEMI

Iz kursa CSCE 668
Proleće 2014

Autor izvorne prezentacije:
Prof. Jennifer Welch

Tipovi podataka izvan registara

- Registri podržavaju *read* i *write* operacije
- Moguće su WF simulacije jedne vrste registara pomoću druge vrste
  - različiti brojevi vrednosti, čitača, pisača
- Šta je sa (WF) simuliranjem značajno različitih vrsta tipova podataka pomoću registara?
- Generalno, šta je sa (WF) simuliranjem objekta tipa *X* pomoću objekata tipa *Y* ?

Ključan uvid

- Sposobnost objekata tipa *Y* da mogu simulirati objekte tipa *X* je povezana sa sposobnošću tih tipova podataka da reše konsenzus!
- Fokusiramo se na sisteme koji su:
  - asinhroni
  - sa deljenom memorijom
  - oslobođeni-čekanja (WF)

Primer FIFO reda

- Sekvencijalna specifikacija FIFO reda:
  - operacija sa pozivom *enq(x)* i odgovorom *ack*
  - operacija sa pozivom *deq* i odgovorom *return(x)*
  - sekvenca operacija je prihvatljiva akko svaki *deq* vraća najstariju ulančanu vred koja još uvek nije izlančana (vraća $\perp$ ako je red prazan)

Algoritam konsenzusa za $n = 2$ sa korišćenjem FIFO reda

Inicijalno Q = [0] i *Prefer*[*i*] = ⊥

Prefer[*i*] := ulaz od p_i

val := *deq*(Q)

if *val* = *0* **then**

  odluči se za ulaz od p_i

else

  temp := *Prefer*[1 − *i*]

  odluči se za *temp*

Algoritam konsenzusa za $n = 2$ sa korišćenjem FIFO reda

Inicijalno Q = [0] i *Prefer*[*i*] = ⊥

jedan deljeni FIFO red i dva deljena registra

Prefer[*i*] := ulaz od p_i

val := *deq*(Q)

if *val* = *0* **then**

    odluči se za ulaz od p_i

else

    temp := *Prefer*[1 − *i*]

    odluči se za *temp*

Algoritam konzenzusa za $n = 2$ sa korišćenjem FIFO reda

Inicijalno Q = [0] i *Prefer*[*i*] = ⊥

jedan deljeni FIFO red i dva deljena registra

Prefer[*i*] := ulaz od p_i

upiši moj ulaz u moj registar

val := *deq*(Q)

if *val* = *0* **then**

    odluči se za ulaz od p_i

else

    temp := *Prefer*[1 − *i*]

    odluči se za *temp*

Algoritam konsenzusa za $n = 2$ sa korišćenjem FIFO reda

Inicijalno Q = [0] i *Prefer*[*i*] = ⊥

jedan deljeni FIFO red i dva deljena registra

Prefer[*i*] := ulaz od p_i

upiši moj ulaz u moj registar

val := *deq*(Q)

if *val* = *0* **then**

  odluči se za ulaz od p_i

else

  temp := *Prefer*[1 − *i*]

  odluči se za *temp*

koristi deljeni red za arbitražu između 2 proc: prvi koji izlanča početnu 0-lu pobeđuje, vrednost odluke je njegov ulaz

Algoritam konzenzusa za $n = 2$ sa korišćenjem FIFO reda

Inicijalno Q = [0] i *Prefer*[*i*] = ⊥

jedan deljeni FIFO red i dva deljena registra

Prefer[*i*] := ulaz od p_i

upiši moj ulaz u moj registar

val := *deq*(Q)

if *val* = *0* **then**

  odluči se za ulaz od p_i

else

  temp := *Prefer*[1 − *i*]

  odluči se za *temp*

koristi deljeni red za arbitražu između 2 proc: prvi koji izlanča početnu 0-lu pobeđuje, vrednost odluke je njegov ulaz

gubitnik dobija vred odluke iz registra drugog proc

Implikacije algoritma konsenzusa sa korišćenjem FIFO reda

- Prepodst. da želimo da simuliramo na WF način FIFO red koristeći read/write registre
- Da li je to moguće?
- Ne! Ako bi bilo moguće, mogli bi da rešimo konsenzus:
  - simuliraj FIFO red koristeći registre
  - koristi simulirani red i predhodni algoritam za rešenje konsenzusa

Proširenje algoritma za više proc?

- Da li možemo koristiti FIFO redove za rešenje konsenzusa za više od 2 proc?
- Sposobnost atomskog izlančavanja vred je bila ključ za algoritam za 2 proc:
  - jedan proc. saznaje da je pobednik
  - drugi saznaje da je gubitnik
- Nije jasno kako treba rukovati sa 3 proc.
- Predpost. da imamo različit tip podataka:

Specifikacija Compare & Swap


```
compare&swap(X : adresa deljene mem,
                    old: vred,
                    new: vred)
  previous := X    // previous je lok. prom.
  if previous = old then X := new
  return previous
```

dešava se atomski

Algoritam konsenzusa sa korišćenjem Compare & Swap

Initially *First* = ⊥

val := *compare&swap*(*First*, ⊥, moj ulaz)
if *val* = ⊥ **then**
    odluči se za svoj ulaz
else
    odluči se za *val*

Algoritam konsenzusa sa korišćenjem Compare & Swap

jedan deljen C&S objekt

Initially *First* = ⊥

val := *compare&swap*(*First*, ⊥, moj ulaz)
if *val* = ⊥ **then**
    odluči se za svoj ulaz
else
    odluči se za *val*

Algoritam konsenzusa sa korišćenjem Compare & Swap

jedan deljen C&S objekt

Initially *First* = ⊥

if *First* = ⊥ then stavi moj ulaz

val := *compare&swap*(*First*, ⊥, moj ulaz)

if *val* = ⊥ **then**

    odluči se za svoj ulaz

else

    odluči se za *val*

Algoritam konsenzusa sa korišćenjem Compare & Swap

Initially *First* = ⊥

jedan deljen C&S objekt

if *First* = ⊥ then stavi moj ulaz

val := *compare&swap*(*First*, ⊥, moj ulaz)

if *val* = ⊥ **then**

  odluči se za svoj ulaz

else

  odluči se za *val*

istovremeno odredi da li si pobednik i vrednost za koju treba da se odluče svi gubitnici

Nemogućnost konsenzusa 3-Proc pomoću FIFO reda

Teorema (11.3): WF konsenzus pomoću FIFO redova i registara nije moguć ako je $n > 2$

Dokaz: Iste strukture kao za registre

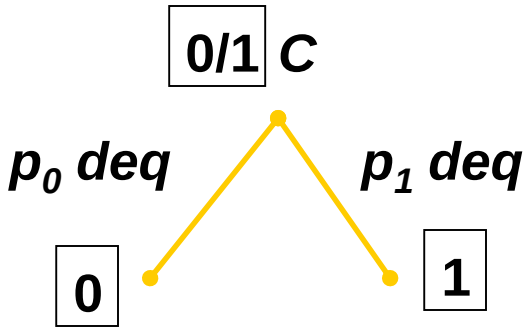
Ključna razlika je kad se razmatra situacija u kojoj je:

- C bivalentna
- $p_0(C)$ 0-valentna i $p_1(C)$ je 1-valentna

Nemogućnost konsenzusa 3-Proc pomoću FIFO reda

- p_0 i p_1 moraju da pristupaju istom FIFO redu

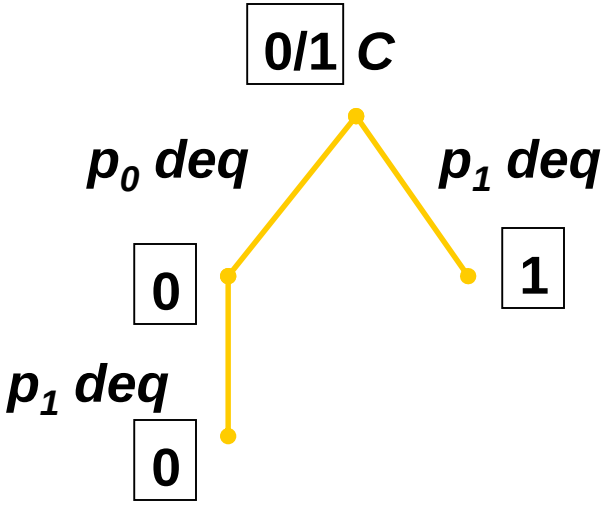
Sluč. 1: Oba koraka su *deq*



Nemogućnost konsenzusa 3-Proc pomoću FIFO reda

- p_0 i p_1 moraju da pristupaju istom FIFO redu

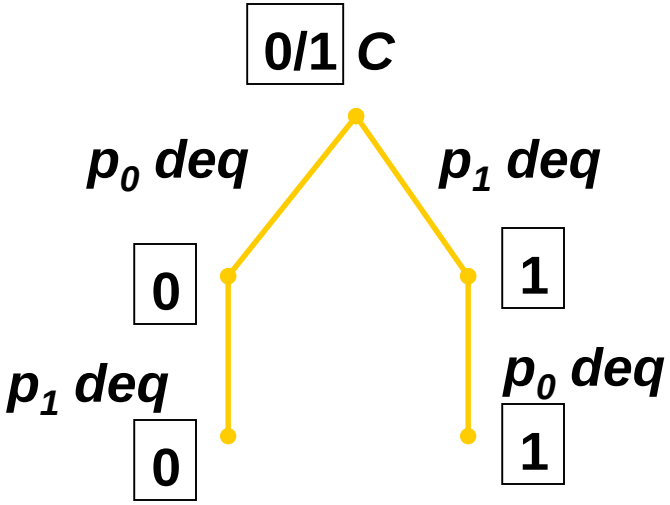
Sluč. 1: Oba koraka su *deq*



Nemogućnost konsenzusa 3-Proc pomoću FIFO reda

- p_0 i p_1 moraju da pristupaju istom FIFO redu

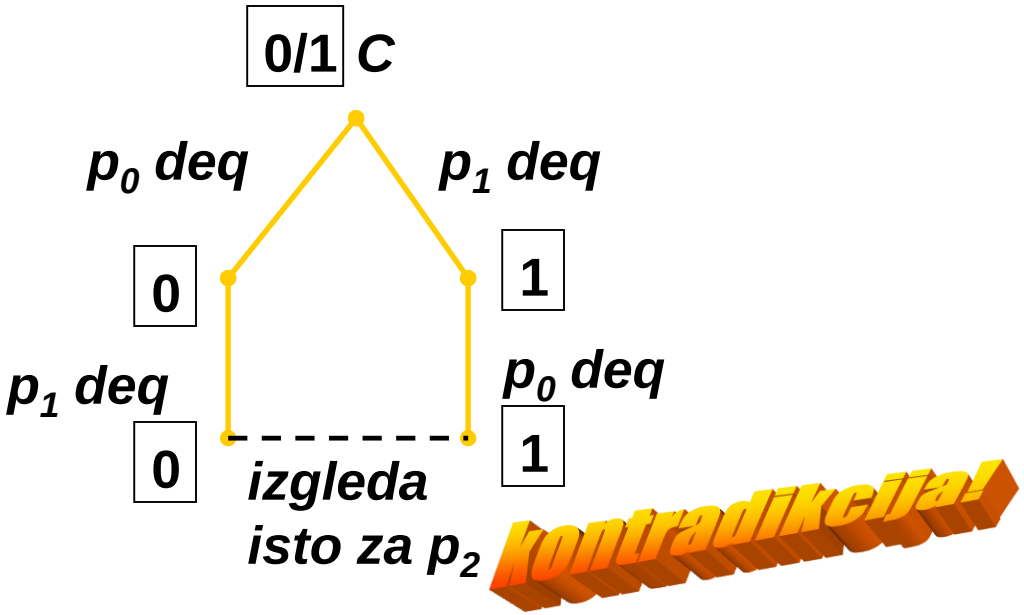
Sluč. 1: Oba koraka su *deq*



Nemogućnost konsenzusa 3-Proc pomoću FIFO reda

- p_0 i p_1 moraju da pristupaju istom FIFO redu

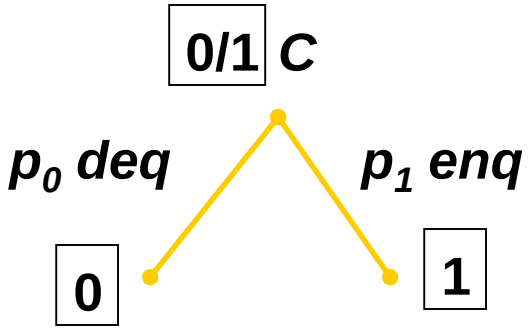
Sluč. 1: Oba koraka su *deq*



Dokaz nemogućnosti

Sluč. 2: p_0 deq i p_1 enq

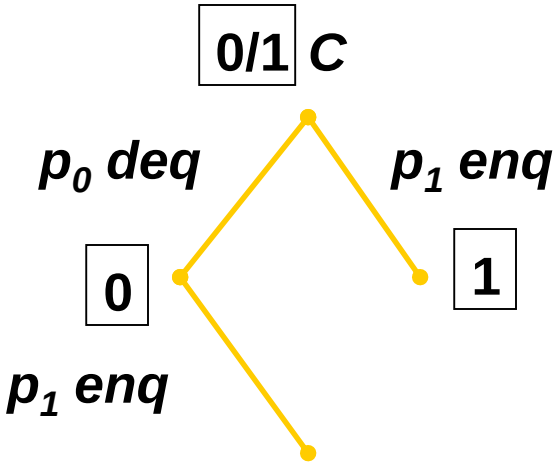
Sluč. 2.1: Red nije prazan u C



Dokaz nemogućnosti

Sluč. 2: p_0 deq i p_1 enq

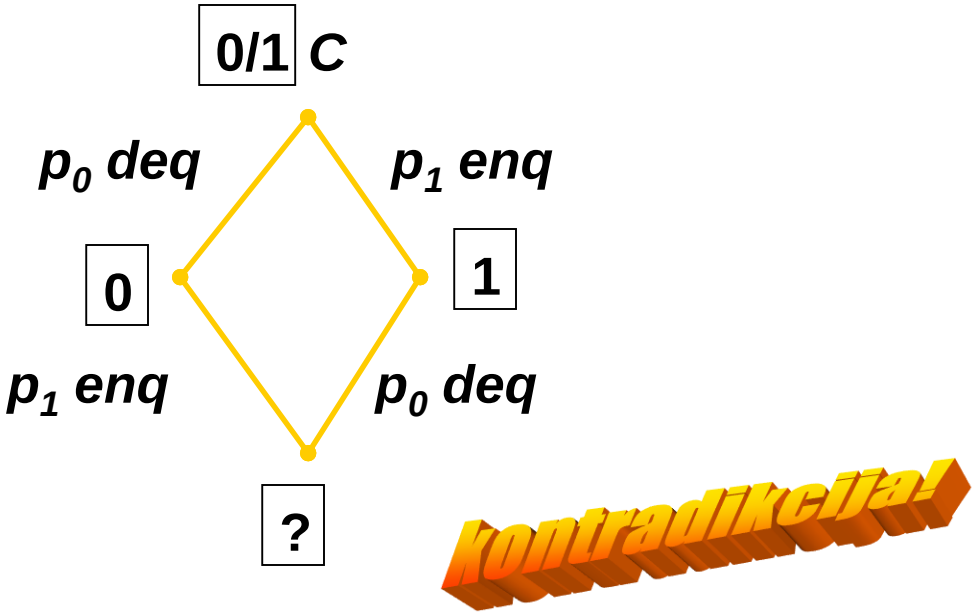
Sluč. 2.1: Red nije prazan u C



Dokaz nemogućnosti

Sluč. 2: p_0 deq i p_1 enq

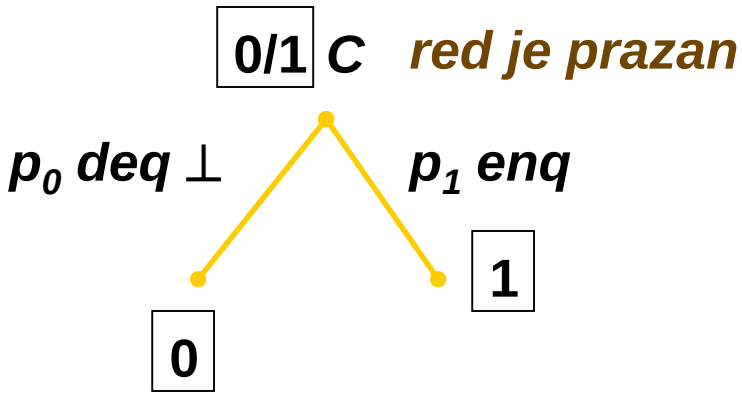
Sluč. 2.1: Red nije prazan u C



Dokaz nemogućnosti

Sluč. 2: p_0 deq i p_1 enq

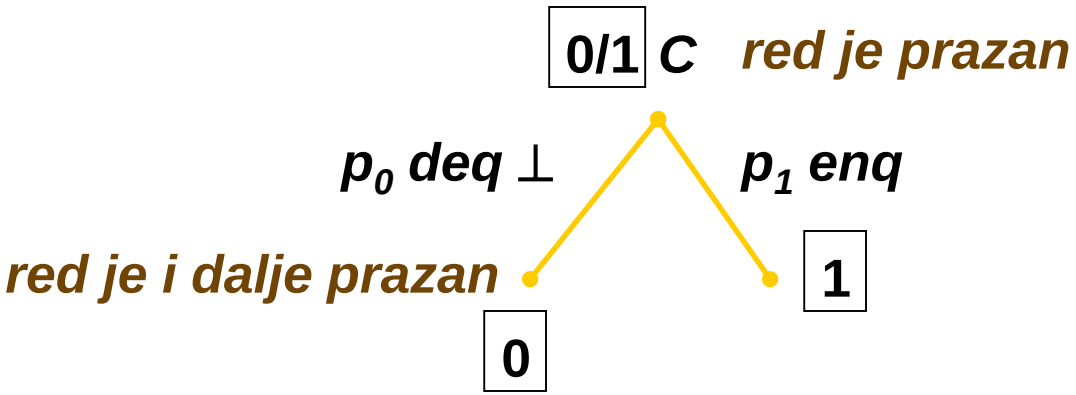
Sluč. 2.2: Red je prazan u C



Dokaz nemogućnosti

Sluč. 2: p_0 deq i p_1 enq

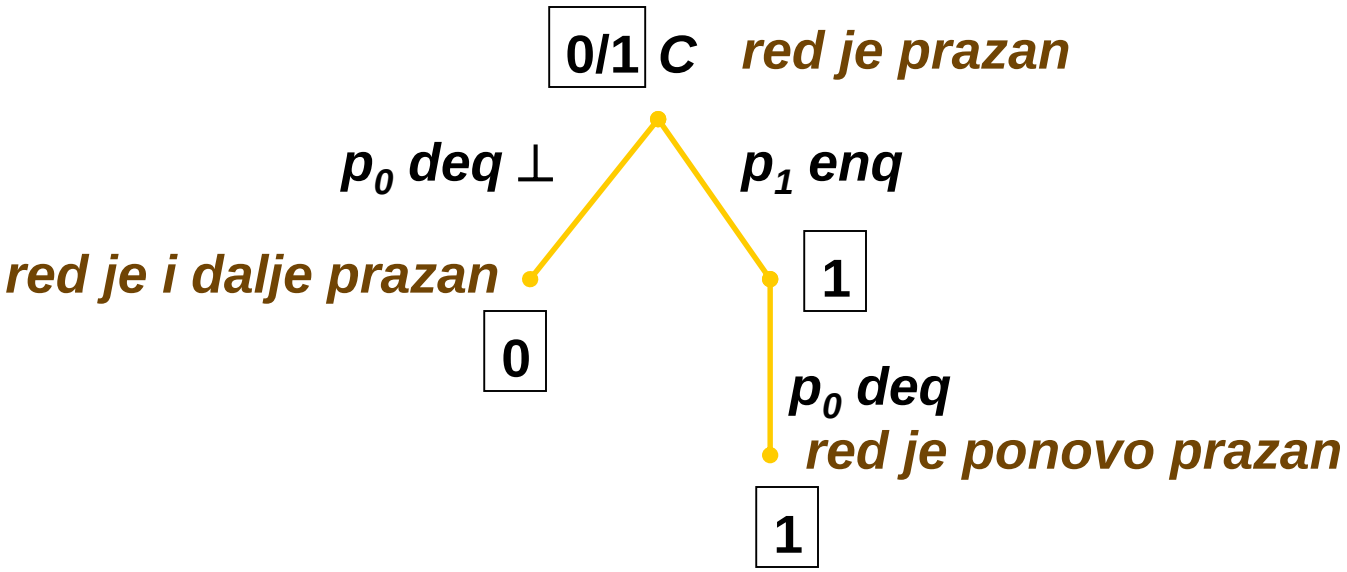
Sluč. 2.2: Red je prazan u C



Dokaz nemogućnosti

Sluč. 2: p_0 deq i p_1 enq

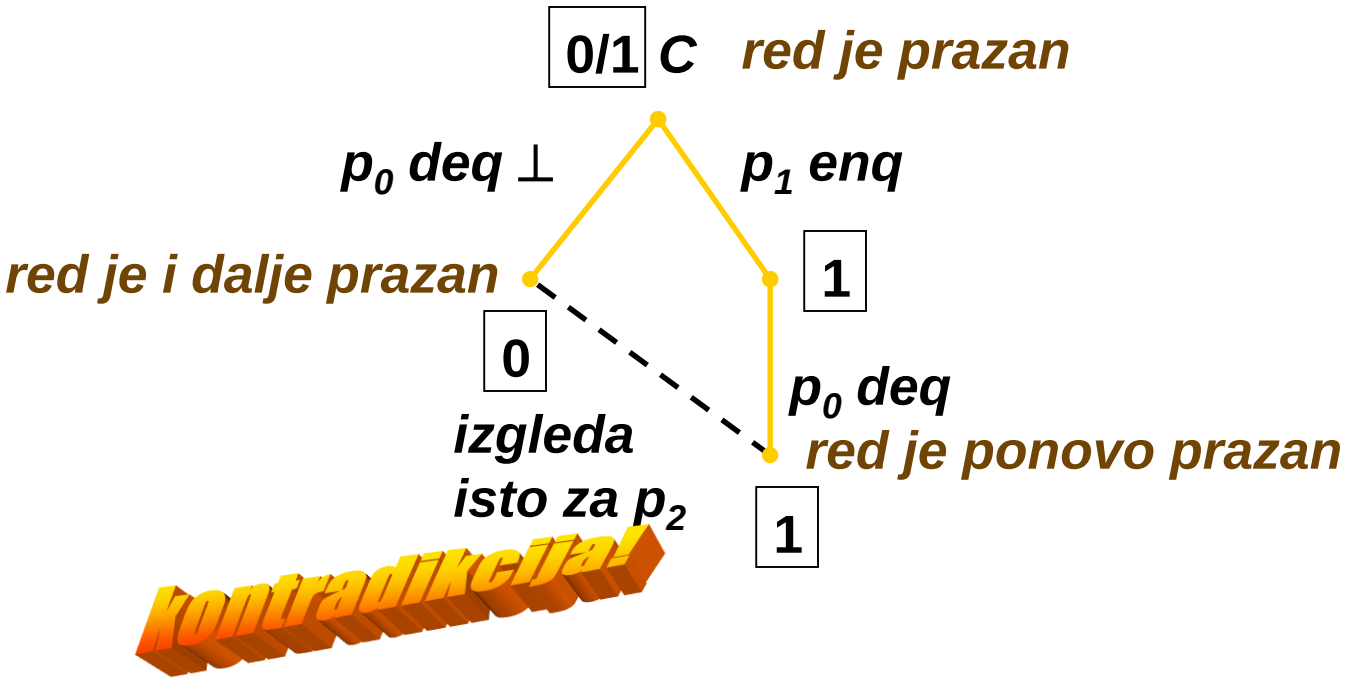
Sluč. 2.2: Red je prazan u C



Dokaz nemogućnosti

Sluč. 2: p_0 deq i p_1 enq

Sluč. 2.2: Red je prazan u C



Dokaz nemogućnosti

Sluč. 3: Oba p_0 i p_1 enq (na istom redu).

Domaći: Pogledati dokaz u knjizi.

Zaključak: ne postoji WF algoritam sa korišćenjem FIFO redova i registara za konsenzus za 3 proc.

Implikacije

- Predpost. da hoćemo da simuliramo C&S objekt na WF način pomoću FIFO redova (i registara)
- Da li je to moguće?
- Ne ako je $n > 2$! Da je to moguće, mogli bi da rešimo konsenzus pomoću FIFO redova (i reg.):
  - simuliraj C&S objekt pomoću FIFO redova (i reg.)
  - koristi simulirani C&S objekt i c&s algoritam za rešenje konsenzusa

Generalizacija ovih argumenata

- Predhodni rezultati u vezi FIFO redova i C&S objekata sugerišu kriterijum za određivanje da li postoje WF simulacije:
- na osnovu sposobnosti tipova podataka da reše konsenzus za određeni broj proc.

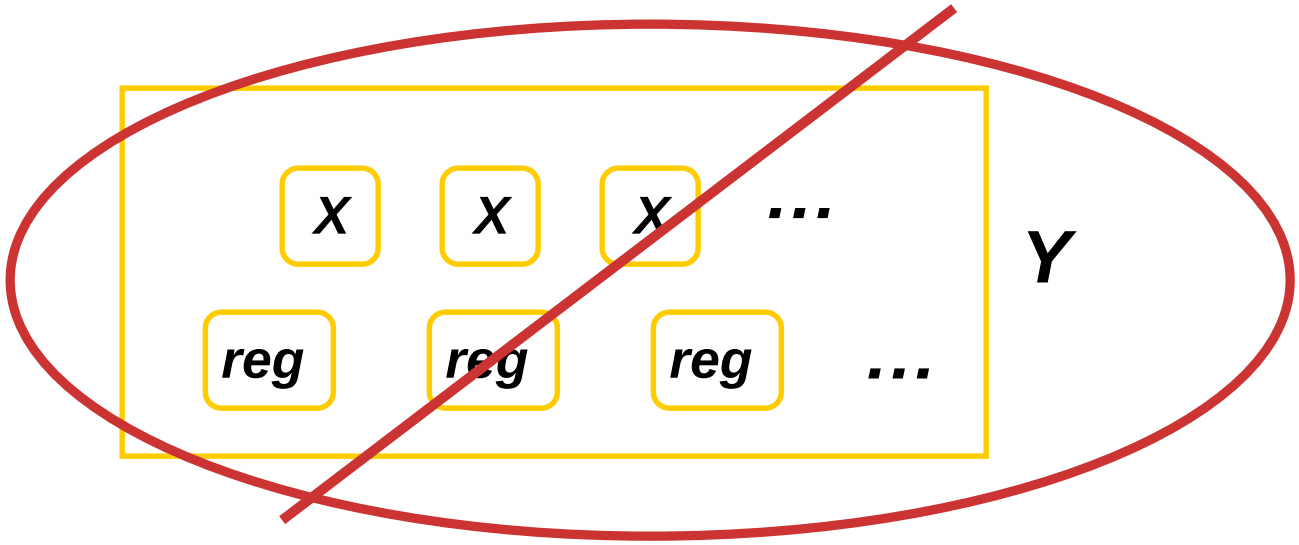
Broj konsenzusa

Tip podataka *X* ima **broj konsenzusa** *n* ako je *n* najveći broj proc. za koje se konsenzus može rešiti samo pomoću objekata tipa *X* i read/write registara

tip data	**broj konsenzusa**
read/write registar	1
FIFO red	2
compare&swap	∞

Korišćenje brojeva konsenzusa

Teorema (11.5): Ako tip pod. *X* ima broj konsenzusa *m* i tip pod. *Y* ima broj konsenzusa *n* sa $n > m$, onda ne postoji WF simulacija objekta tipa *Y* pomoću objekata tipa *X* i read/write registara u sistemu sa više od *m* proc



Korišćenje brojeva konsenzusa

Dokaz: Predpost. radi kontradikcije da postoji WF simulacija *S* od *Y* pomoću *X* i registara u sistemu sa *k* proc, gde je $m < k \leq n$

- Konstruišimo algoritam konsenzusa za $k > m$ proc pomoću objekata tipa *X* (i registara):
  - Koristi *S* za simulaciju objekata tipa *Y* pomoću objekata tipa *X* (i registara)
  - Koristi simulirane objekte tipa *Y* (i registre) u algoritmu konsenzusa za *k* proc, koji postoji jer je $CN(Y) = n$

Posledice

- Ne postoji WF simulacija bilo kog objekta sa br. konsenzusa > 1 samo pomoću read/write registara

- Ne postoji WF simulacija bilo kog objekta sa br. konsenzusa > 2 samo pomoću FIFO redova i read/write registara

Univerzalnost

- Razmotrimo sad pozitivne rezultate u vezi broja konsenzusa
- Tip podataka je **univerzalan** ako objekti tog tipa (zajedno sa read/write registrima) mogu da simuliraju bilo koji tip podataka na WF način
- **Teorema:** Ako tip podataka *X* ima broj konsenzusa *n*, onda je on univerzalan u sistemu sa najviše *n* proc

Dokazivanje univerzalnosti

1. Opiši algoritam koji simulira bilo koji tip podataka
   - koristi C&S (umesto bilo kog objekta sa brojem konsenzusa *n*)
   - simulacija je samo **neblokirajuća**, slabija od WF
2. Promeni da koristi bilo koji objekt sa brojem konsenzusa *n*
3. Promeni da bude WF
4. Promeni da se ograniči korišćena delj. mem.

Neblokirajuća (Non-blocking, NB)

- Odnos NB prema WF je analogan sa odnosnom nema međusobnog blokiranja prema nema izgladnjivanja (no-lockout) kod međusobnog isključivanja
- **Neblokirajuća** simulacija: u bilo kojoj tački izvršenja, ako je bar jedna operacija nerešena (odgovor još nije spreman), onda postoji konačna sekvenca koraka od strane jednog proc koja završava *jednu* od nerešenih operacija
- Ne garantuje da će se svaka nerešena operacija na kraju završiti

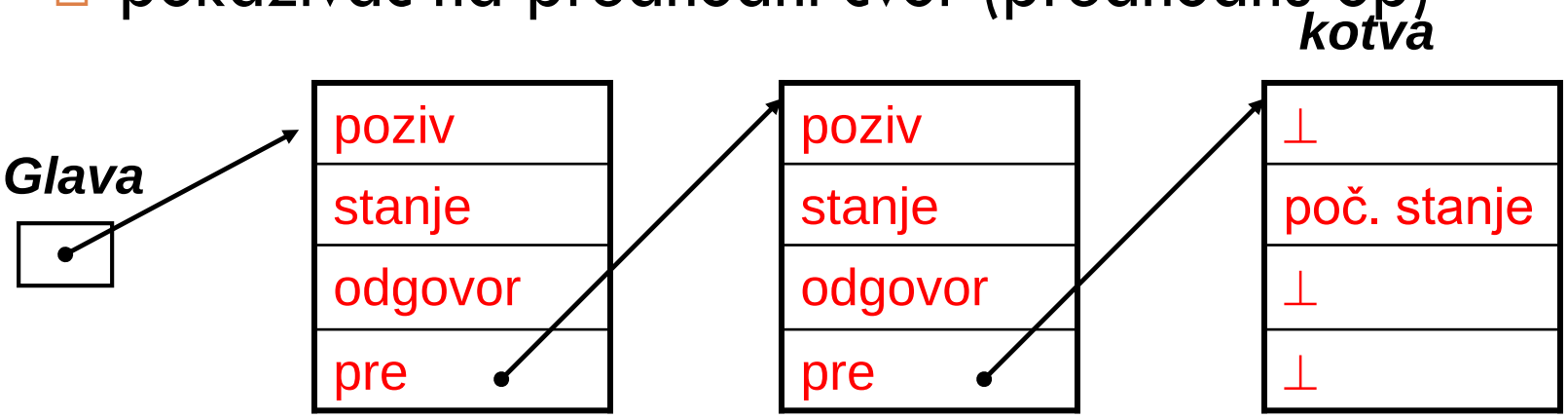
Univerzalna konstrukcija

- Čuvaj istoriju operacija koje su bile primenjene na simulirani objekt kao deljenu listu
- Da bi primenio operaciju na simulirani objekt, pozivajući proc. mora da umetne odgovarajući „čvor“ u tu listu:
  - zgodno je staviti najnoviji čvor na *glavu* (početak) liste
- C&S objekt se koristi za ažuriranje glave te liste

Detalji povezane liste

Svaki čvor povezane lista ima:

- poziv (operacija koja se poziva)
- novo stanje simuliranog objekta
- odgovor za operaciju
- pokazivač na predhodni čvor (predhodnu op)



Simulacija

Na početku Head pokazuje na čvor kotva

- predstavlja početno stanje simuliranog objekta

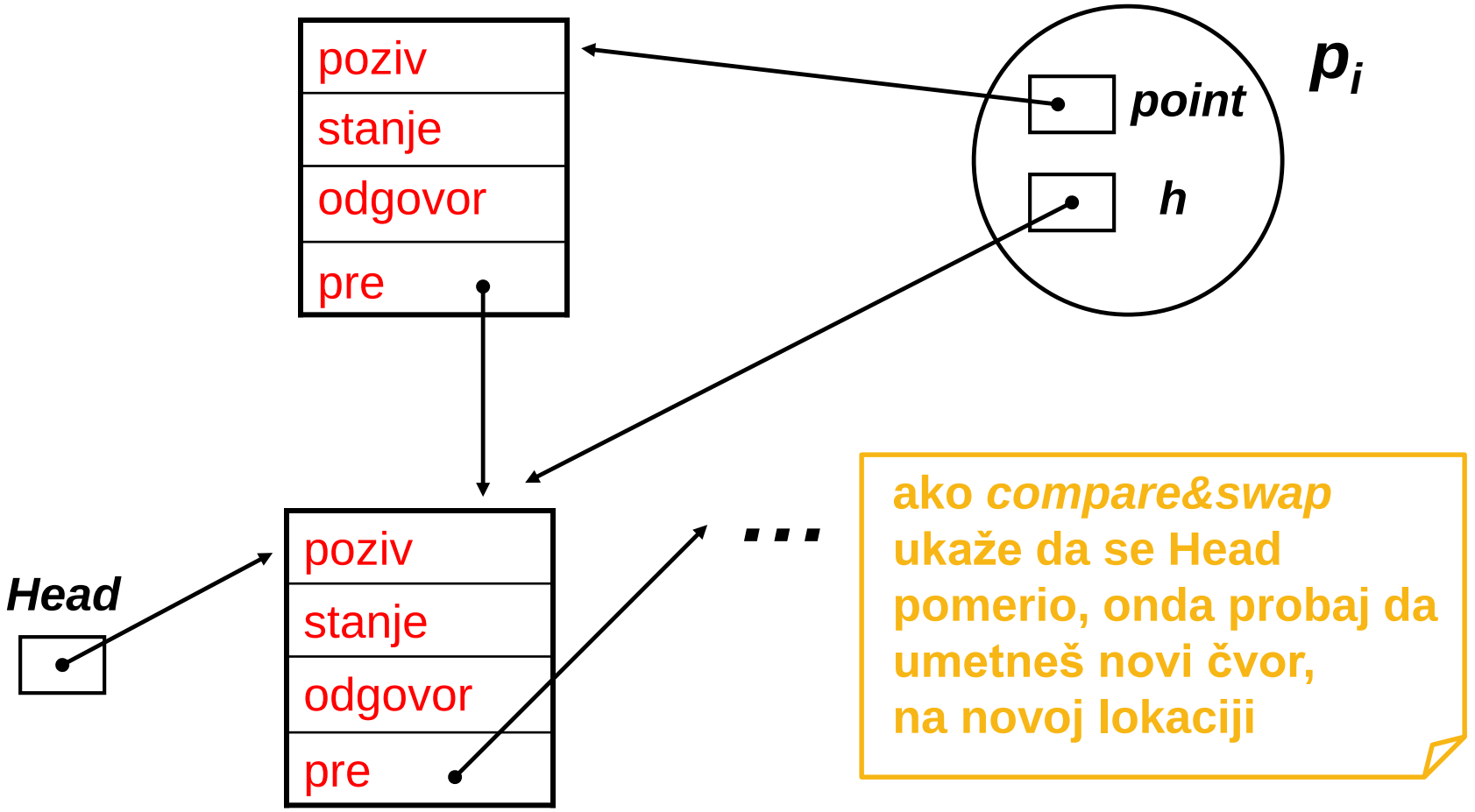
Kad se desi poziv inv:

- dodeli novi čvor liste u deljenoj memoriji, na koji pokazuje lokalna promenljiva point
- point.inv := inv
- repeat
  - h := Head // h je lokalna prom
  - point.state, point.response := apply(inv,h.state)
  - point.before := h
- until compare&swap(Head,h,point) = h
- omogući izlaz određen sa point.response

zavisi od simuliranog tipa podataka

ako *Head* i dalje poka. na isti čvor kao *h*, onda usmeri *Head* da pokaže na nov čvor

Slika simulacije



Ojačanja algoritma

- Da bi zamenili C&S objekt sa bilo kojim objektom sa brojem konsenzusa *n* (broj proc):
  - definiši **objekt konsenzusa** (verziju tipa podataka za problem konsenzusa)
  - zaobiđi poteškoću da se objekt konsenzusa može koristit samo jednom, dodajući objekt konsenzusa u svaki čvor povezane liste

Ojačanja algoritma

- Da bi dobili WF implementaciju, koristiti ideju **pomaganja:** proc pomažu jedan drugom da završe nezavršene operacije (ne samo svoje sopstvene)
- Da bi smanjili veličinu liste (da ne raste bez ograničenja), potrebno je voditi evidenciju o čvorovima liste koji se mogu reciklirati

Efekat rendomizacije

- Predpost. da oslabimo uslov životnosti za deljenu mem. čije sekvence oper. se mogu linearizovati:
  - operacije se moraju završiti sa velikom verovatnoćom
- Sad se rendomizirani algoritam konsenzusa može koristiti za simulaciju bilo kog tipa podataka pomoću bilo kog drugog tipa podataka, uključujući read/write registre
- Tj., nestaje hijerarhija