Postavka 1: Uvod

DISTRIBIURANI ALGORITMI I SISTEMI

Iz kursa CSCE 668
Proleće 2014

Autor izvorne prezentacije:
Prof. Jennifer Welch

Distribuirani Sistemi (DS)

- Distribuirani sistemi su ušli u široku upotrebu:
  - deljenje resursa
  - komunikacija
  - poboljšana performanse
    - brzina
    - otpornost na otkaze (fault tolerance)
- Karakterišu ih:
  - nezavisne aktivnosti (konkurencija)
  - slabo spregnut paralelizam (heterogenost)
  - inherentna neodređenost

Neodređenost u DS

- Neodređenost potiče od:
  - različitih brzina procesora
  - promenljivog komunikacionog kašnjenja
  - (delimičnih) otkaza
  - višestrukih ulaznih tokova i interaktivnih ponašanja

Rasuđivanje o DS

- Neodređenost otežava proveru korektnosti sistema
- Savladavanje ovih teškoća:
  - identifikacija i apstrakcija osnovnih problema
  - precizna formulacija problema
  - projektovanje algoritama za rešavanje problema
  - dokazivanje korektnosti algoritama
  - analiza složenosti algoritama (npr., vreme, prostor, poruke)
  - dokazivanje nemogućih rezultata i donjih granica

Moguća korist od teorije

- pažljive specifikacije razjašnjavaju nameru
- povećana sigurnost u korektnost
- ako je apstrakcija dobra, rezultati su relevantni u mnogim situacijama
- Saznanja o inherentnim ograničenjima
  - npr. NP-potpunost

Oblasti primene

- Oblasti iz kojih potiču klasični problemi distribuiranog/konkurentnog računanja:
  - operativni sistemi
  - (distribuirane) baze podataka
  - softver otporan na otkaze
  - komunikacione mreže
  - multiprocesorske arhitekture
- Novije oblasti primene:
  - računanja u klaudu (cloud computing)
  - mobilna računanja, …

Osnovni modeli DS (1/2)

- Uvode se dva osnovna komunikaciona modela:
  - sa slanjem poruka
  - sa deljenom memorijom
- i dva osnovna vremenska modela:
  - sinhroni
  - asinhroni

Osnovni modeli DS (2/2)

	Slanje poruka	Deljena memorija
sinhroni	Da	Ne
asinhroni	Da	Da

(Sinhroni model sa deljenom memorijom je PRAM)

Pregled tema: Deo I (osnove)

- Ovde spadaju kanonički problemi i pitanja:
  - graf algoritmi
  - izbor lidera
  - međusobno isključivanje
  - konsenzus otporan na otkaze
  - uzročnost (causality) i vreme

Pregled tema: Deo II (Simulacije)

- „Simulacije" su apstrakcije, ili tehnike, koje dati model pretvore u jednostavniji model. Na primer:
  - slanje svima i slanje u grupi
  - distribuirana deljena memorija
  - jače vrste deljenih promenljivih
  - više sinhronizma
  - više benignih otkaza

Pregled tema: Deo III (Napredne teme)

- Nastavci u nekim već uvedenim pravcima:
  - nasumični algoritmi (randomized algorithms)
  - jače vrste deljenih objekata proizvoljne vrste
  - koje vrste problema su rešive u asinhronim sistemima
  - detektori otkaza
  - samo-stabilizacija

Odnos teorije i prakse

- OS sa deljenjem vremena: pitanja u vezi (virtuelne) konkurencije procesa kao što su:
  - međusobno isključivanje
  - međusobno blokiranje (deadlock)

  takođe se pojavljuju u DS
- MIMD multiprocesori:
  - nema zajedničkog takta => asinhroni model
  - zajednički takt => sinhroni model
- slabo spregnute mreže, ala Internet, => asinhroni model

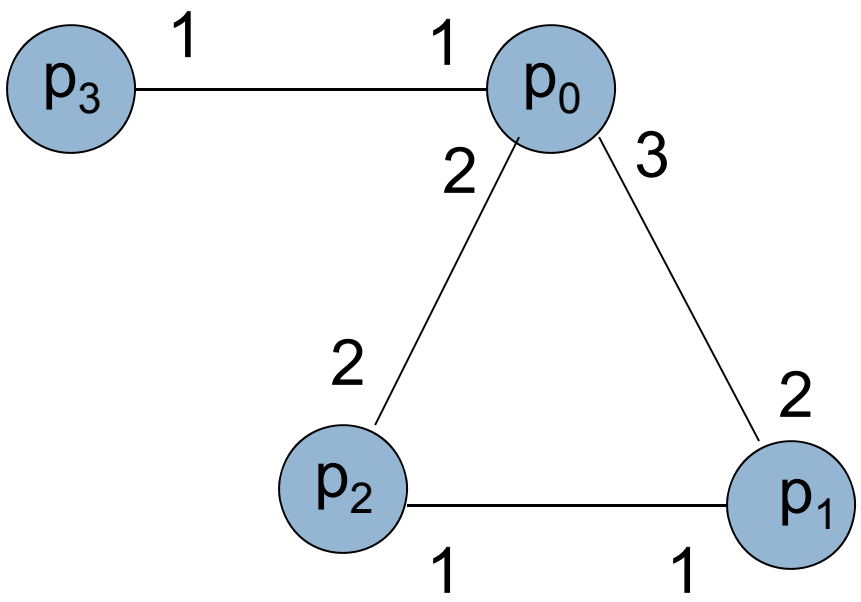
Odnos teorije i prakse

- Modeli otkaza:
  - ispad: procesor u otkazu jednostavno stane. Idealizacija stvarnosti.
  - Vizantijski (proizvoljno): konzervativna predpostavka, kada je model otkaza nepoznat ili zlonameran.
  - Samo-stabilizacija: algoritam se automatski oporavlja iz prolaznog stanja korupcije; potreban je za aplikacije koje se dugo izvršavaju.

Model sa slanjem poruka

- procesori su p_0, p_1, …, p_{n-1} (čvorovi grafa)
- dvosmerni kanali od-tačke-do-tačke (neusmereni lukovi grafa)
- svaki procesor označava svoje strane kanala 1, 2, 3,…; može da nezna ko je na drugom kraju

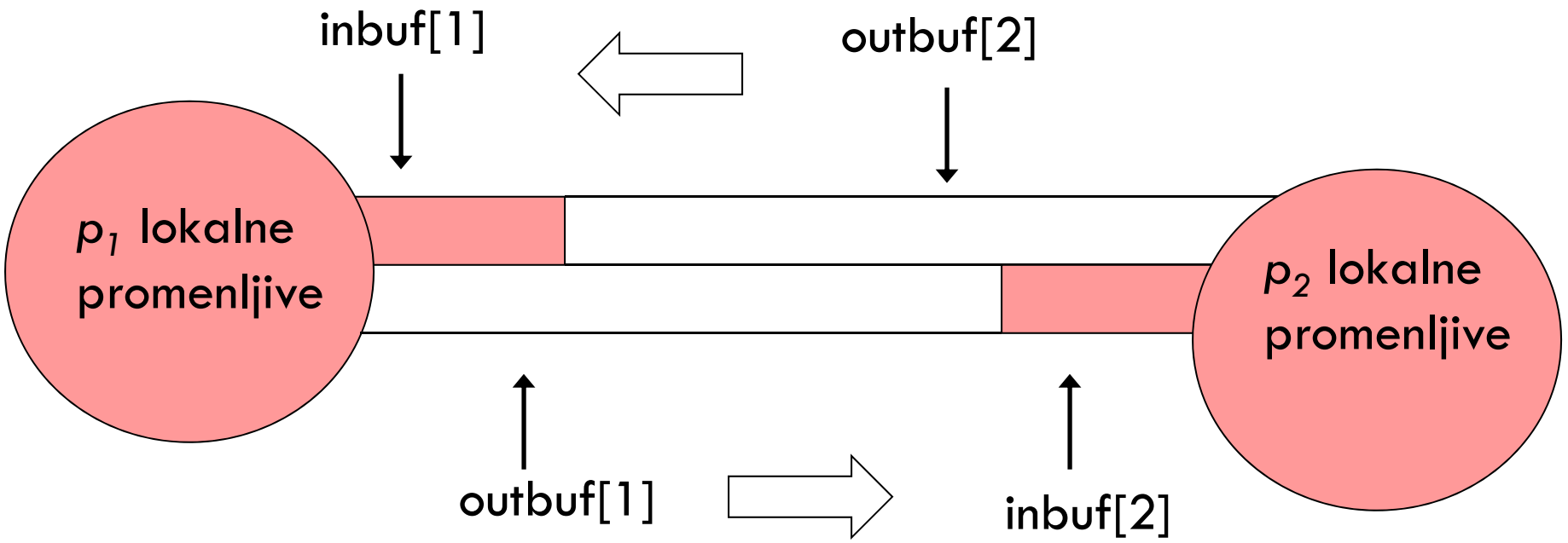
Model sa slanjem poruka



Modeliranje procesora i kanala

- Procesor je automat (state machine) koji čine
  - lokalna stanja procesora
  - mehanizmi za modeliranje kanala
- Kanal usmeren od procesora p_i ka procesoru p_j modelira se sa dve promenljive:
  - *outbuf* promenljiva od p_i i
  - *inbuf* promenljiva od p_j
- *Outbuf* odgovara fizičkom kanalu, a *inbuf* odgovara redu dolaznih poruka.

Modeliranje procesora i kanala



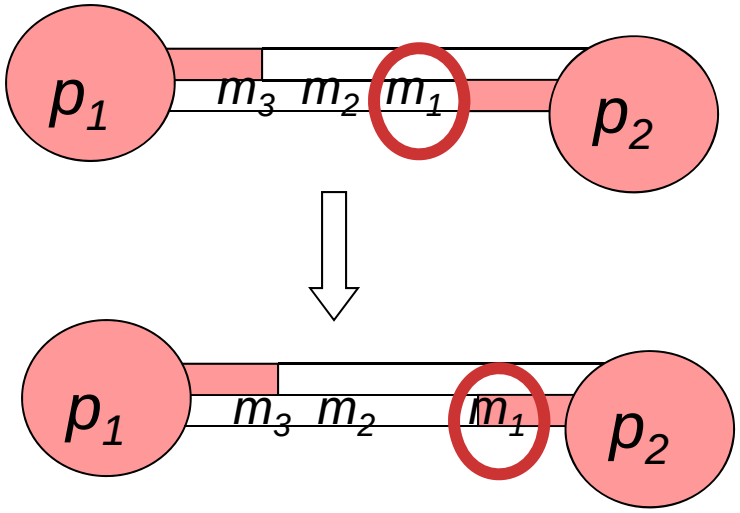
Obojena oblast (lokalne prom + inbuf) je *dostupno* stanje procesora.

Konfiguracija

- Vektor stanja procesora (uključujući outbufs, tj. kanale), je *konfiguracija* sistema (elementi su stanja pojedinačnih procesora).
- Sadrži tekući snimak (snapshot) sistema: dostupna stanja procesora (lokalne prom + redovi dolaznih poruka) kao i komunikacioni kanali.

Događaj isporuke (poruke)

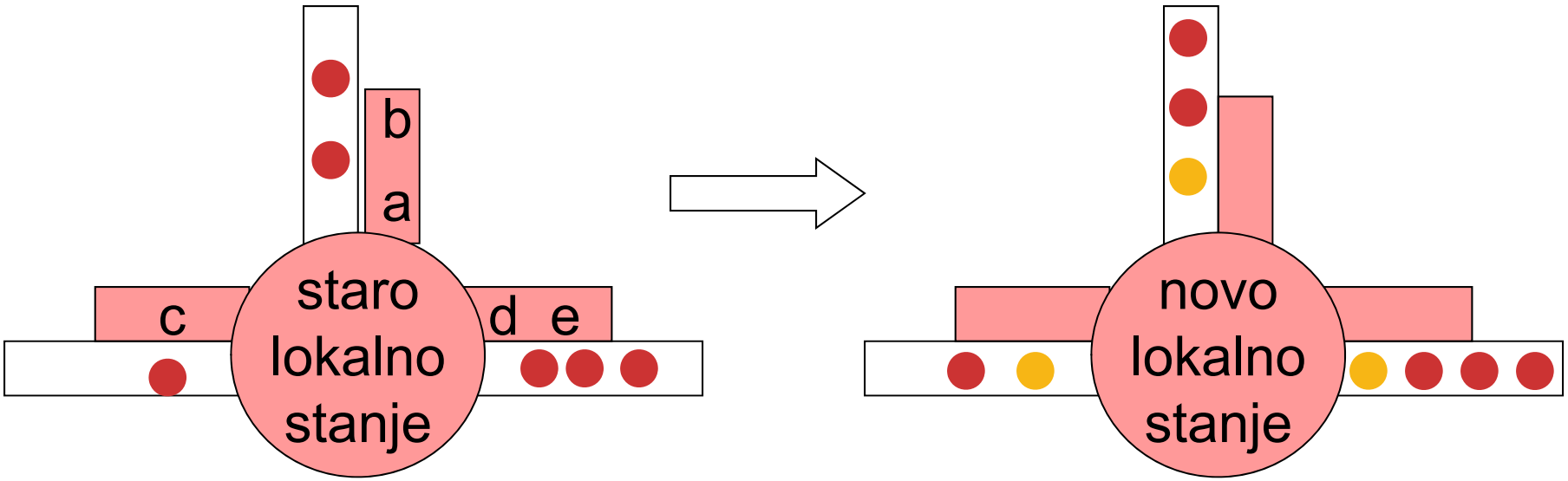
- Prebacuje poruku iz outbuf pošiljaoca u inbuf primaoca; poruka će biti raspoloživa u sledećem koraku primaoca.



Događaj računanja

- Dešava se u jednom procesoru.
- Počinje sa starim dostupnim stanjem (lokalne prom + dolazne poruke).
- Primeni se funkcija prelaza iz automata za dati procesor; obrade se sve dolazne poruke.
- Završava sa novim dostupnim stanjem, sa praznim inbufs, i novim odlaznim porukama.

Događaj računanja



ljubičasto označava dostupno stanje: lokalne prom i dolazne poruke
belo označava bafere odlaznih poruka

Izvršenje

- Format je

  config, event, config, event, config, …

- u prvom config: svaki procesor je u početnom stanju i svi inbufs su prazni
- za svaki susedan (config, event, config), novi config je isti kao stari config osim ako je *event*:
  - događaj isporuke: zadata poruka se prenosi iz outbuf pošiljaoca u inbuf primaoca
  - događaj računanja: zadato stanje procesora (uključujući outbufs) menja se prema funkciji prelaza

Prihvatljivost

- Def. izvršenja daje neke osnovne „sintaksne" uslove
  - obično uslove *sigurnosti* (true u svakom konačnom prefiksu)
- Ponekad hoćemo da postavimo dodatna ograničenja
  - obično uslovi *životnosti* (na kraju se nešto desi)
- Izvršenja koja zadovolje dodatna ograničenja su *prihvatljiva*; to su izvršenja koja moraju da reše problem koji je od interesa.
  - Definicija značenja "prihvatljiv" se menja od konteksta do konteksta, zavisno od detalja onoga šta se modelira.

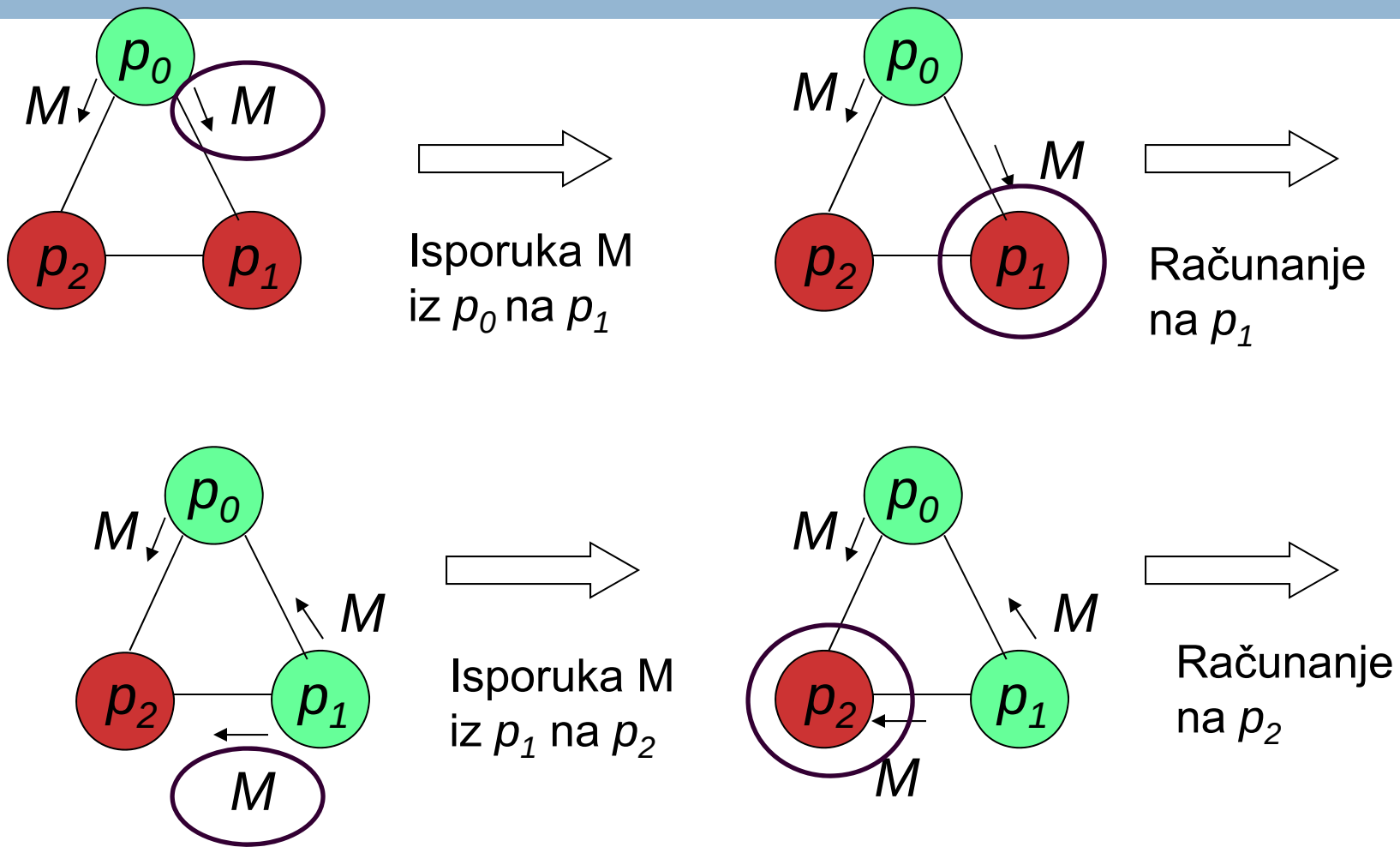
Asinhrona izvršenja

- Izvršenje je *prihvatljivo za asinhroni model* ako:
  - svaka poruka iz outbuf na kraju bude isporučena
  - svaki procesor obavlja neograničen broj koraka.
- Nema ograničenja na to kada se događaji dešavaju: nisu isključena proizvoljna kašnjenja poruka i relativne brzine procesora.
- Modelira se pouzdan sistem (nema gubitaka poruka i ni jedan procesor ne prestaje da radi).

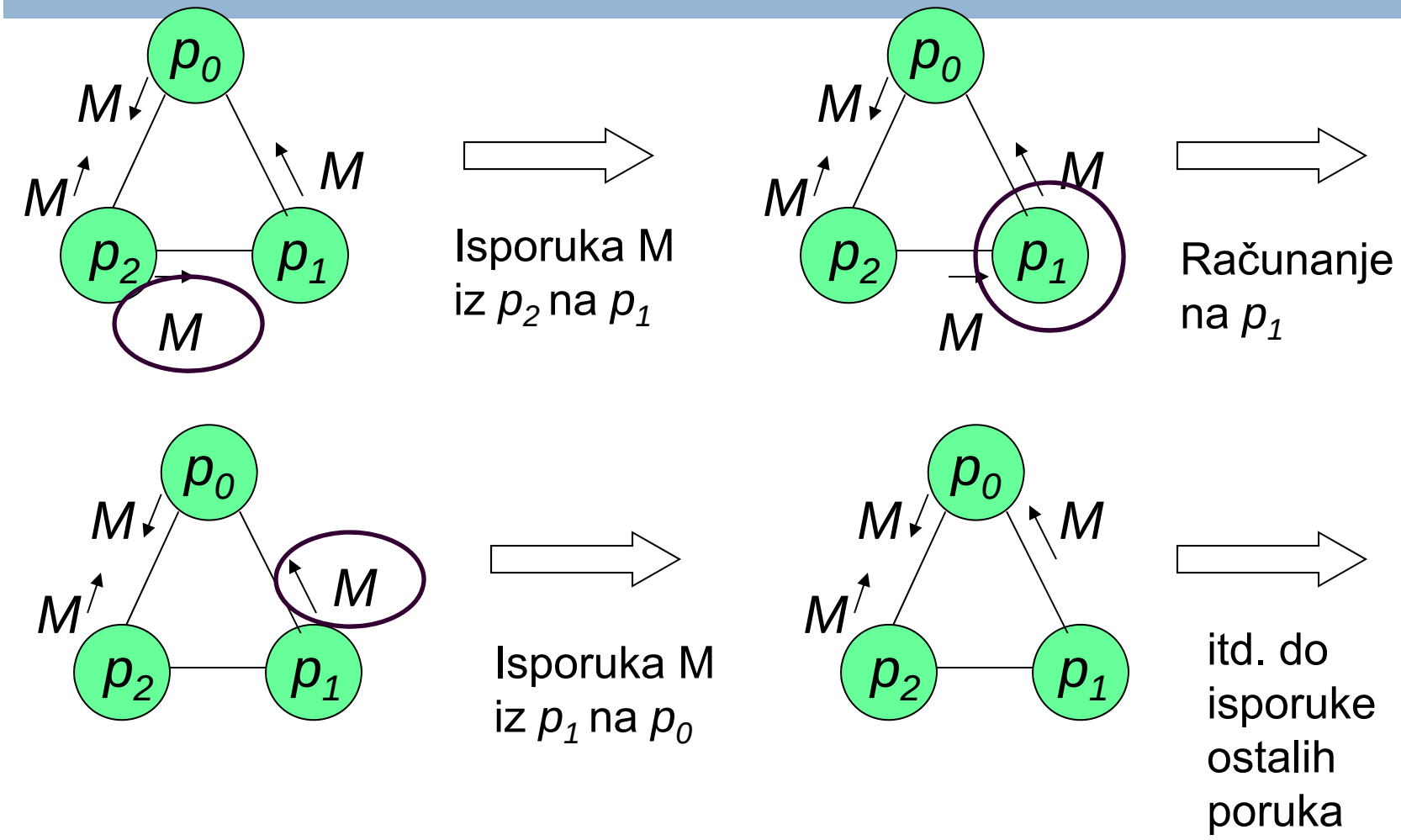
Primer: Plavljenje (Flooding)

- Opiši jednostavn algoritma plavljenja kao kolekciju automata u interakciji.
- Lokalno stanje svakog procesora sadrži prom *color*, koja ima vrednost bilo crveno ili zeleno.
- Na početku:
  - p_0: *boja* = zeleno, svi outbufs sadrže *M*
  - drugi: *boja* = crveno, svi outbufs prazni
- Prelaz: Ako je *M* u inbuf i *boja* = crveno, onda promeni *boju* u zeleno i pošalji *M* u sve outbufs.

Primer: Plavljenje (1/2)



Primer: Plavljenje (2/2)



Nedeterminizam

- Predhodno izvršenje nije jedino prihvatljivo izvršenje algoritma Plavljenje na tom trouglu.
- Ima ih nekoliko, zavisno od redosleda u kom se poruke isporučuju.
- Npr., poruka od p_0 je mogla stići do p_2 pre poruke od p_1.

Završetak (Termination)

- Iz tehničkih razloga, prihvatljiva izvršenja se definišu kao beskonačna.
- Međutim, algoritmi se često završavaju.
- Radi modeliranja završetka algoritma, identifikuju se stanja *završetka* rada procesora: stanja u koja kad se uđe više se ne može izaći.
- Izvršenje je *završeno* kada je rad svih procesora završen i nema poruka u tranzitu (u inbufs ili outbufs).

Završetak algoritma Plavljenja

- Definišimo stanja *završetka* rada procesora kao ona u kojima je *boja* = zelena.

Metrika složenosti komunikacije

- **Složenost komunikacije:** max broj poruka poslatih u bilo kom prihvatljivom izvršenju.

- To je metrika najgoreg slučaja.
- Kasnije će biti reči o metrikama prosečnog slučaja.

Složenost komunikacije za algoritam Plavljenje

- Složenost komunikacije: jedna poruka se šalje preko svakog luka u svakom smeru. Br. poruka je $2m$, gde je m = broj lukova grafa.

Metrika složenosti obrade

- Kako meriti vreme u asinhronim izvršenjima?
- Napraviti **vremensko izvršenje** dodelom neopadajućih realnih vremena događajima, tako da je vreme između slanja i prijema bilo koje poruke *najviše 1*.
- Time se normalizuje najveće kašnjenje poruke unutar izvršenja da bude jedna jedinica vremena; ali i dalje se dopušta proizvoljno učešljavanje događaja.
- **Složenost obrade:** max vreme do završetka u bilo kom *vremenski* prihvatljivom izvršenju.

Složenost obrade za algoritam Plavljenje

- Setimo se da su stanja *završetka* rada procesora ona stanja u kojima je *boja* = zeleno.

- Složenost obrade: *dijametar* + *1* vrem. jedinca. (Čvor postaje zelen kada ga dostigne „lanac" poruka iz p_0.)
  - *Dijametar* grafa je maksimum najkraćeg puta od čvora *v* do čvora *w*, preko svih čvorova *v* i *w* unutar grafa.

Sinhroni sistemi sa slanjem poruka (1/2)

- Izvršenje je **prihvatljivo** za sinhroni model ako je ono beskonačna sekvenca „rundi“.
- Šta je „runda"?
- To je sekvenca događaja isporuke koji prebacuju sve poruke u tranzitu u inbuf, praćena sekvencom događaja računanja, po jedan za svaki procesor.

Sinhroni sistemi sa slanjem poruka (2/2)

- Nova def. prihvatljivosti obuhvata osobinu istovremenog marša poruka kod sinhronog modela.
- Ova def. takođe implicira sledeće:
  - svaka poslata poruka je isporučena
  - svaki procesor izvodi beskonačan broj koraka.
- **Vreme** se meri kao broj rundi do završetka.

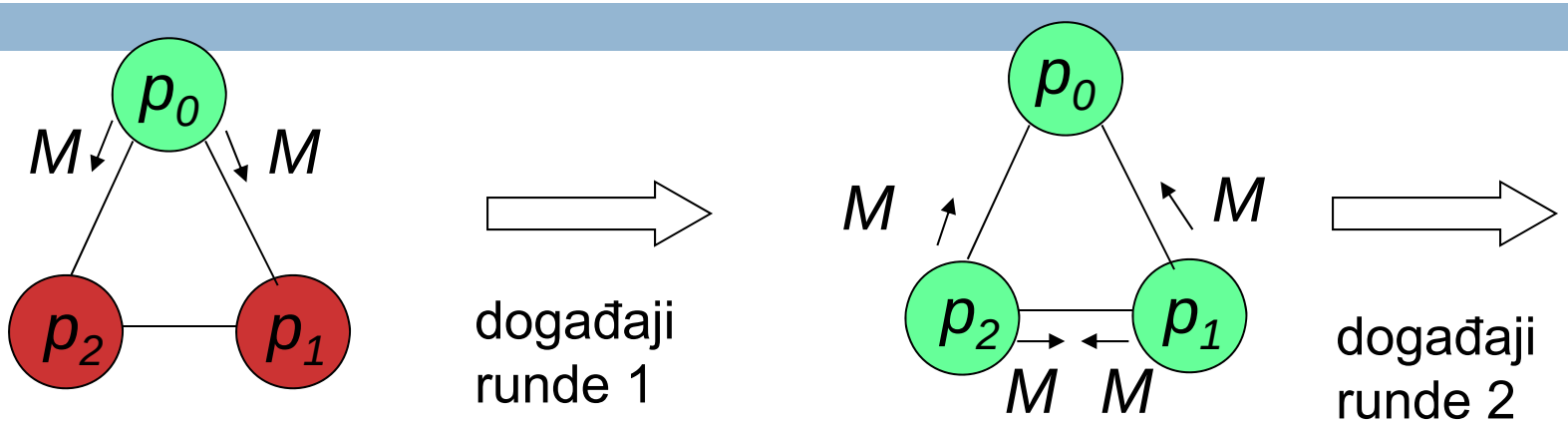
Primer sinhronog modela (1/3)

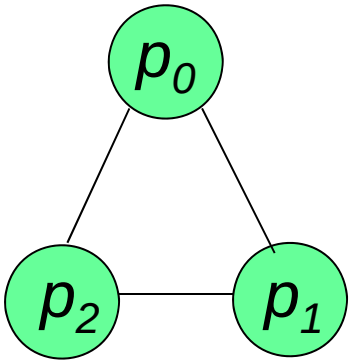
- Neka se alogoritam plavljenja izvršava u sinhronom modelu na trouglu.
- Runda 1:
  - isporuka M od p_0 na p_1
  - isporuka M od p_0 na p_2
  - p_0 ne radi ništa (jer nema dolaznih poruka)
  - p_1 prima M, postaje zelen i šalje M ka p_0 i p_2
  - p_2 prima M, postaje zelen i šalje M ka p_0 i p_1

Primer sinhronog modela (2/3)

- Runda 2:
  - isporuka M od p_1 na p_0
  - isporuka M od p_2 na p_0
  - isporuka M od p_2 na p_1
  - isporuka M od p_1 na p_2
  - p_0 ne radi ništa jer mu je vred. prom. *boja* već zelen
  - p_1 ne radi ništa jer mu je vred. prom. *boja* već zelen
  - p_2 ne radi ništa jer mu je vred. prom. *boja* već zelen

Primer sinhronog modela (3/3)





Složenost za sinhroni algoritam Plavljenje

- Posmatraju se samo izvršenja koja su prihvatljiva za sinhroni model (tj. koja zadovoljavaju def. sinhronog modela)
- Složenost obrade (vreme) je *dijametar + 1*
- Složenost komunikacije (br. poruka) je *2m*
- Isto kao u asinhronom slučaju.
- Što nije uvek slučaj za sve algoritme.