

# Posrednici umreženih sustava

**Prof.dr.sc. Siniša Srbljić**

**Prof.dr.sc. Dalibor Vrsalović**

**Dr.sc. Dejan Škvorc**

**Dr.sc. Ivan Skuliber**

Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Laboratorij za potrošaču usmjereno računarstvo

## **2. Predavanje**

# **Zahtjevi tijekom oblikovanja posredničkih sustava**

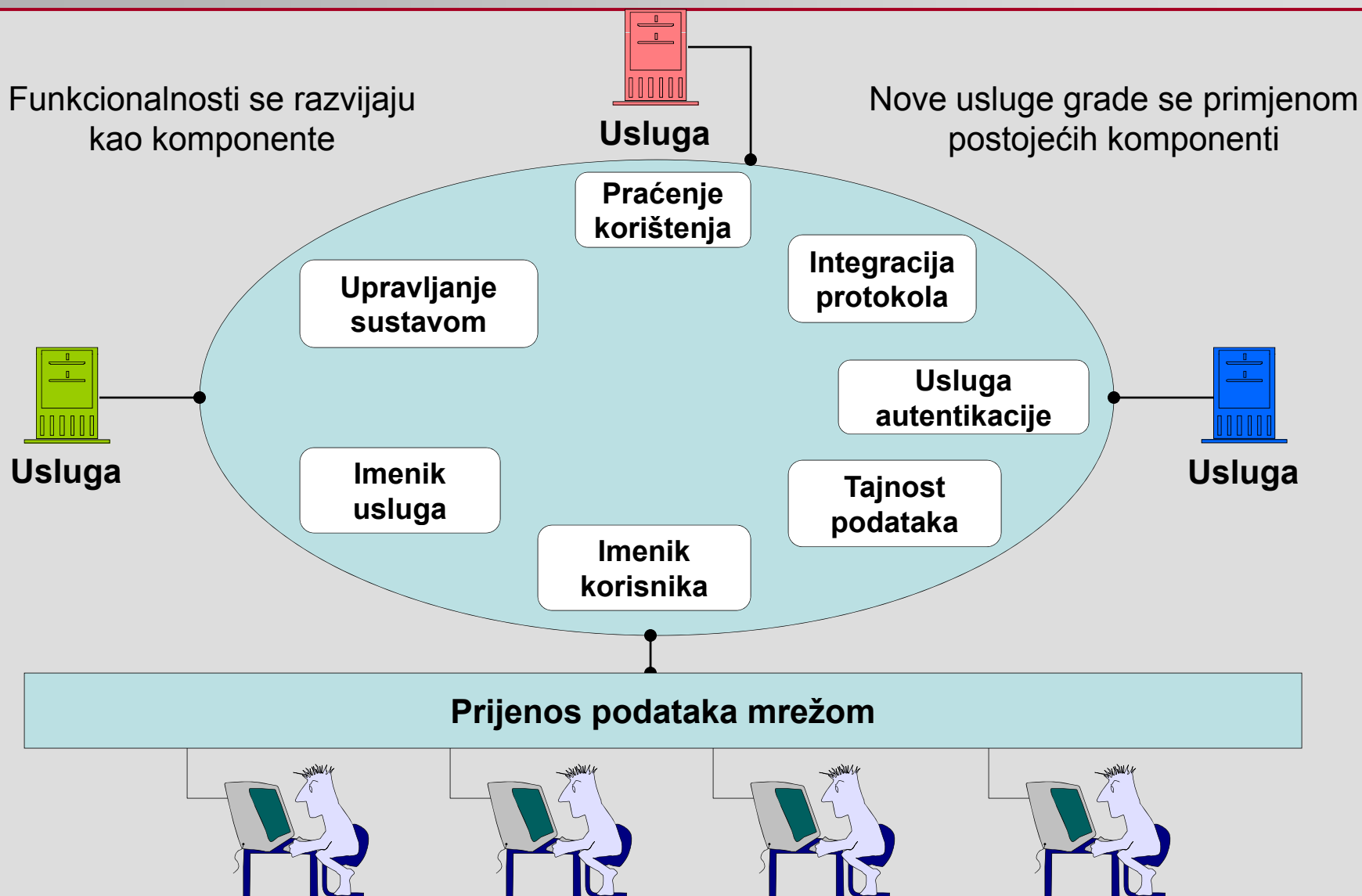
**Dr.sc. Dejan Škvorc**

Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Laboratorij za potrošaču usmjereno računarstvo

# Sadržaj predavanja

- **Pregled osnovnih zahtjeva za posredničke sustave**
  - pouzdanost
  - razmjerni rast
  - sigurnost
  - kvaliteta usluge
  - kvaliteta doživljaja
  - transparentnost
  - otvorenost
  - međudjelovanje
  - prenosivost
  - proširivost
  - prilagodljivost
- **Pouzdanost**
  - uvišestručavanje i konzistentnost
  - otpornost na pogreške
- **Literatura**

# Arhitekture zasnovane na posredniku



# Sadržaj predavanja

- **Pregled osnovnih zahtjeva za posredničke sustave**
  - pouzdanost
  - razmjerni rast
  - sigurnost
  - kvaliteta usluge
  - kvaliteta doživljaja
  - transparentnost
  - otvorenost
  - međudjelovanje
  - prenosivost
  - proširljivost
  - prilagodljivost
- **Pouzdanost**
  - uvišestručavanje i konzistentnost
  - otpornost na pogreške
- **Literatura**

# Pouzdanost

- **Sposobnost sustava da obavlja svoje zadaće besprekidno i bez pogreške unutar određenog vremena**
- **Postiže se modelima**
  - uvišestručavanja i konzistentnosti
    - u svakom trenutku postoje konzistentne kopije podataka
  - otpornosti na pogreške
    - sustav otkriva, dojavljuje i otklanja pogreške u svom radu

# Razmjerni rast

- **Engl. *scalability***
- **Sposobnost razmjerne prilagodbe:**
  - veličini
    - broj korisnika – količina sredstva
  - prostornoj rasprostranjenosti
    - lokalno, regionalno, globalno
  - načinu upravljanja
    - jedna ili više administrativnih domena

# Razmjerni rast

- **Ustupak svojstva razmjernog rasta i radnih svojstava (engl. scalability/performance trade-off)**
  - vrijeme kašnjenja
  - mrežni promet
  - radno opterećenje
- **Za održanje radnih svojstava sustava uz povećanje broja korisnika uz prihvatljive troškove potrebno je:**
  - uvišestručavanje sredstava
  - prostorna raspodijeljenost sredstava
  - asinkrona komunikacija dijelova sustava



# Razmjerni rast

- **Google**
  - Sklopovska infrastruktura
    - reda veličine 1,000,000 poslužitelja
    - rasprostranjeno diljem svijeta
  - GFS, MapReduce, BigTable
    - baze podataka nisu skalabilne na tako visokom nivou
    - koriste svoje modele pouzdanih skalabilnih skladišta podataka i upravljanja podacima
  - <http://highscalability.com/google-architecture>

# Sigurnost

- **Teško ostvariti dobar model sigurnosti zbog raširenosti na sve komponente**
- **Uobičajene sigurnosne prijetnje**
  - presretanje
    - neovlašteni pristup uslugama ili podacima
  - prekid
    - usluga ili podaci postanu nedostupni ili uništeni
  - izmjena
    - neovlaštena promjena usluga ili podataka
  - umetanje
    - dodavanje usluga ili podataka koji inače ne bi trebali postojati

# Sigurnost

---

- **Sigurnosni mehanizmi**

- enkripcija
  - osigurava tajnost podataka
- autentikacija
  - provjera identiteta korisnika, poslužitelja ili usluge
- autorizacija
  - dodjela i provjera dozvola za pristup sredstvima
- praćenje rada
  - bilježenje korisničkih aktivnosti

# Sigurnost

- **Najčešće ostvarene usluge sigurnosti**
  - sigurni komunikacijski kanali
    - zaštita poruka od presretanja, izmjene i umetanja informacija
    - ostvaruje se autentikacijom sudionika komunikacije te održanjem cjelovitosti i tajnosti poruka (enkripcija)
  - kontrola pristupa
    - kontrola nad načinom na koji vanjski entiteti koriste i pristupaju zajedničkim sredstvima
    - ostvaruje se autentikacijom i autorizacijom
    - zahtjev za određenim sredstvom prihvaća se jedino ako korisnik ima odgovarajuća autorizacijska prava

# Kvaliteta usluge

- **Engl. *Quality-of-Service* (QoS)**
- **Skup objektivnih parametara oko kojih se i korisnici i pružatelji usluga slažu da u određenoj mjeri opisuju kvalitetu usluge**
  - mrežna propusnost
  - brzina prijenosa podataka
  - mrežno kašnjenje
  - izgubljeni paketi tijekom komunikacije
  - prioriteti podataka/korisnika/aplikacija
  - prioriteti očuvanja podataka
  - vrijeme isteka sredstva

# Kvaliteta doživljaja

- **Engl. *Quality-of-Experience* (QoE, QoX)**
- **Definira korisnikov subjektivni doživljaj kvalitete usluge**
  - neke korisnike lakše je zadovoljiti
- **Najčešći faktori koji utječu na QoE**
  - cijena korištenja
  - pouzdanost sustava
  - učinkovitost sustava
  - sigurnost i privatnost sustava
  - korisniku bliska sučelja
  - korisnikov osjećaj sigurnosti u sebe pri korištenju

# Transparentnost

- **Prikriva činjenicu da su sredstva fizički raspodijeljena**
- **Više razina transparentnosti**
  - pristup (engl. access transparency)
  - lokacija (engl. location transparency)
  - migracija (engl. migration transparency)
  - premještanje (engl. relocation transparency)
  - uvišestručavanje (engl. replication transparency)
  - paralelnost (engl. concurrency transparency)
  - kvar (engl. failure transparency)

# Transparentnost

- **Transparentnost pristupa**

- prikrivanje načina pristupa sredstvima i razlika u predočavanju podataka (prikriivanje platforme i arhitekture sustava koja sadrže sredstva)
- npr. kako je organiziran datotečni sustav

- **Transparentnost lokacije**

- prikrivanje mjesta na kojem se nalazi sredstvo u sustavu
- npr. za dohvaćanje sredstva koristi se naziv sredstva umjesto lokacije sredstva



# Transparentnost

- **Transparentnost migracije**
  - prikrivanje promjene lokacije sredstva tako da ne utječe na način pristupa sredstvu
  - npr. nomadski pristup
- **Transparentnost kretanja**
  - prikrivanje kretanja sredstva, pri čemu sredstvo može mijenjati položaj tijekom pristupa sredstvu
  - npr. pokretni pristup (Mobile CARNet)

# Transparentnost

- **Transparentnost uvišestručavanja**
  - prikrivanje više istovrsnih sredstava ili preslika nekog sredstva
  - npr. sustav s više poslužitelja
- **Transparentnost paralelnosti**
  - prikrivanje uporabe istog sredstva od drugih korisnika
  - problem očuvanja konzistentnosti dijeljenih sredstava
  - npr. Web poslužitelj

# Transparentnost

- **Transparentnost na kvar**
  - prikrivanje kvara
  - otkrivanje kvara i obnavljanje sustava nije vidljivo korisnicima
- **Kakva je transparentnost potrebna?**
  - ovisi o namjeni posrednika (sukladno korisničkim zahtjevima)
  - ovisi o utjecaju na radna svojstva, složenost i troškove sustava

# Otvorenost

- **Pruža usluge sukladno normiranim pravilima te definiranoj sintaksi i semantici**
- **Otvoreni standard je specifikacija koja je:**
  - javno dostupna svima
  - stvorena i razvijana demokratskim putem
    - nije nečije vlasništvo
  - nije komercijalno iskoristiva
    - proizvodi (različite implementacije standarda) jesu
  - neovisna o tehnologiji
    - definira sustav dovoljno općenito da proizvodi mogu biti kompatibilni

# Otvorenost

---

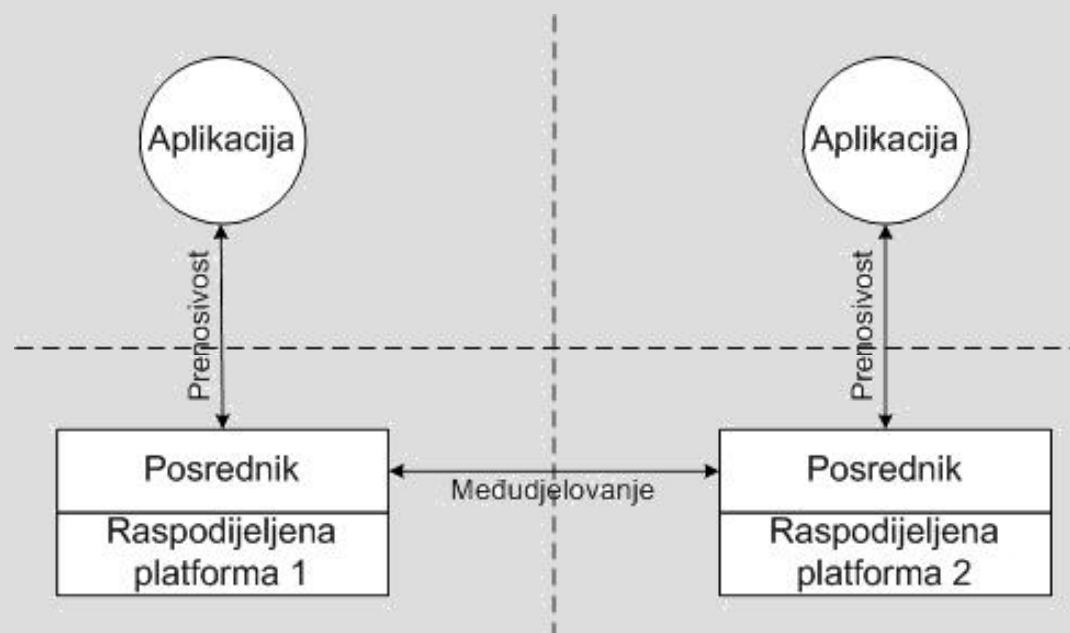
- **Otvorenost je prepostavka za:**
  - međudjelovanje (engl. interoperability)
  - prenosivost (engl. portability)
  - proširivost (engl. extensibility)

# Međudjelovanje

- **Engl. *interoperability***
- **Postojanje komponenti različitih proizvođača koje mogu zajedno raditi**
  - dodaje se apstraktni sloj koji prikriva detalje i razlike pojedinih komponenti
- **Međusobno djelovanje različitih uređaja**
  - mreža omogućuje pristup podacima različitim uređajima te njihovo međudjelovanje (osobna računala, ručna računala, mobilni telefoni, namjenski uređaji)

# Prenosivost

- **Engl. *portability***
- **Omogućiti izvođenje aplikacija na različitim sustavima**
  - standardizacija sučelja (API) između posrednika i aplikacija



# Proširivost

- **Engl. *extensibility***
- **Mogućnost dodavanja novih usluga i sredstava**
  - jednostavno
  - troškovno prihvatljivo
- **Potrebno imati dobro definiran i standardiziran skup sučelja (API) te modularnost sustava**





# Prilagodljivost

---

- **Engl. *adaptability***
- **Mora poznavati svoje komponente i njihov status**
- **Dinamički podesiv**
- **Pronalazi optimalno ponašanje za postizanje cilja**
- **Optimalno koristi sredstva**

# Sadržaj predavanja

- **Pregled osnovnih zahtjeva za posredničke sustave**
  - pouzdanost
  - razmjerni rast
  - sigurnost
  - kvaliteta usluge
  - kvaliteta doživljaja
  - transparentnost
  - otvorenost
  - međudjelovanje
  - prenosivost
  - proširljivost
  - prilagodljivost
- **Pouzdanost**
  - uvišestručavanje i konzistentnost
  - otpornost na pogreške
- **Literatura**

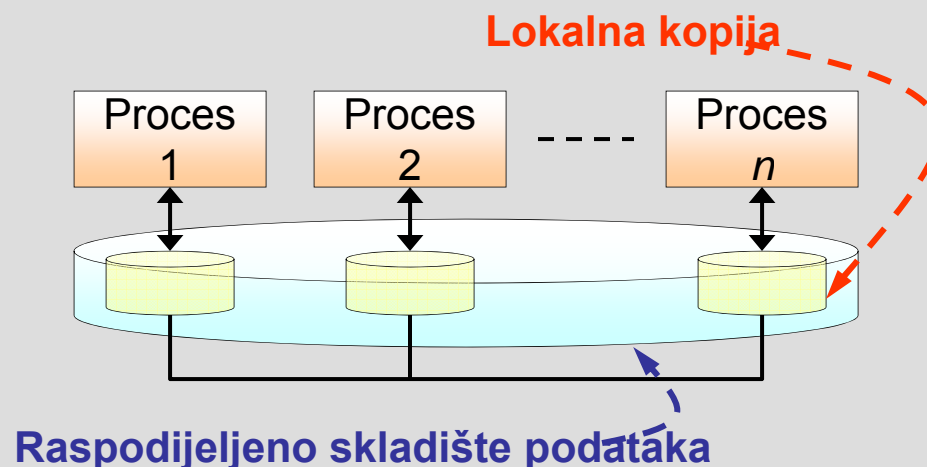
# Uvišestručavanje i konzistentnost

- **Uvišestručavanje sredstava doprinosi pouzdanosti**
  - također i razmjernom rastu te boljim radnim svojstvima sustava
- **Rezultat uvišestručavanja su replike (kopije podataka)**
- **Problem modela uvišestručavanja je održavanje replika konzistentima**
  - kada se lokalna replika ažurira, trebaju se ažurirati i ostale replike u sustavu

# Uvišestručavanje i konzistentnost

- **Raspodijeljeno skladište podataka**

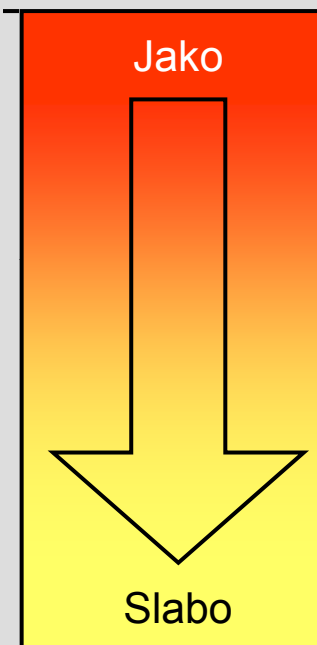
- proširenje modela raspodijeljene zajedničke memorije, raspodijeljene baze podataka i raspodijeljenog datotečnog sustava
- svako računalo ima lokalni sustav za pohranu i vlastite lokalne kopije podataka
  - konzistentnost: lokalni sustavi svih procesa moraju biti usklađeni



# Uvišestručavanje i konzistentnost

- **Modeli održavanja konzistentnosti**

- Stroga konzistentnost
- Slijedna konzistentnost
- Opuštena konzistentnost
- FIFO konzistentnost
- Slaba konzistentnost
- Konzistentnost prilikom otpuštanja
- Konzistentnost prilikom zauzimanja



- **Model većeg stupnja strogoće teže je i ostvariti**

# Uvišestručavanje i konzistentnost

- **Stroga konzistentnost**

- najrestriktivniji model
- u svakom trenutku sve replike podataka u skladištu moraju odražavati najnoviju promjenu podataka
- svaka operacija čitanja nad objektom  $x$  vraća vrijednost koja odgovara rezultatu posljednje operacije pisanja nad objektom  $x$
- najzahtjevniji model za ostvarenje

# Uvišestručavanje i konzistentnost

- **Slaba konzistentnost**

- model uvodi operaciju sinkronizacije
  - lokalne operacije pisanja procesa propagiraju do svih kopija u drugim procesima
- nijedna operacija nije omogućena dok ne završi sinkronizacija kopija prethodne operacije pisanja

# Uvišestručavanje i konzistentnost

- **Konzistentnost prilikom otpuštanja**
  - koriste se dvije dodatne operacije
    - *zauzmi* – za ulazak u kritični odsječak
    - *otpusti* – za izlazak iz kritičnog odsječka
  - kada proces ulazi u kritični odsječak, podaci čuvani kritičnim odsječkom moraju biti u konzistentnom stanju
  - kada proces napušta kritični odsječak, sve načinjene promjene propagiraju na ostale replike

|    |   |
|----|---|
| P1 | <b>Zau(L)</b> W(x)a W(x)b <b>Otp(L)</b> |
| P2 | <b>Zau(L)</b> R(x)b <b>Otp(L)</b>       |
| P3 | R(x)a                                   |
|    | vrijeme →                               |



# Uvišestručavanje i konzistentnost

- **Konzistentnost prilikom zauzimanja**
  - koristi operacije *zauzmi* i *otpusti*
  - prilikom ulaska u kritični odsječak poziva se *zauzmi*
    - osigurava dovođenje lokalne kopije podatka koji se štiti sinkronizacijskom varijablom u konzistentno stanje
  - prilikom izlaska iz kritičnog odsječka poziva se *otpusti*
    - podatak se ne dovodi u konzistentno stanje već samo u trenutku kada neki drugi proces poziva operaciju *zauzmi*

|    |   |
|----|---|
| P1 | <b>Zau(Lx)</b> W(x)a <b>Zau(Ly)</b> W(y)b <b>Otp(Lx)</b> <b>Otp(Ly)</b> |
| P2 | <b>Zau(Lx)</b> R(x)a R(y)NIL  |
| P3 | <b>Zau(Ly)</b> R(y)b  |
|    | vrijeme →   |

# Otpornost na pogreške

- **Omogućava raspodijeljenom sustavu da otkriva, dojavljuje i uklanja pogreške pri svojem radu**
- **Otpornost na pogreške doprinosi pouzdanosti**
  - također i dostupnosti te sigurnosti sustava
- **Pogreške (engl. *faults*) uzrokuju kvarove (engl. *errors*)**
  - kvar onemogućuje sustav da obavlja svoju funkciju
- **Grupiranje pogrešaka prema učestalosti**
  - privremene: pojave se jednom i nestanu
  - povremene: pojavljuju se i nestaju
  - trajne: prisutne su dok god se pogreška ne otkrije i ukloni

# Otpornost na pogreške

- **Zalihost**

- najčešći pristup ostvarenja modela otpornosti na pogreške
- postojanje više identičnih kritičnih komponenti sustava
  - u slučaju pogreške neke komponente prebacivanje rada na neku od identičnih zalihosnih komponenti

# Otpornost na pogreške

- **Pouzdani komunikacijski mehanizmi**

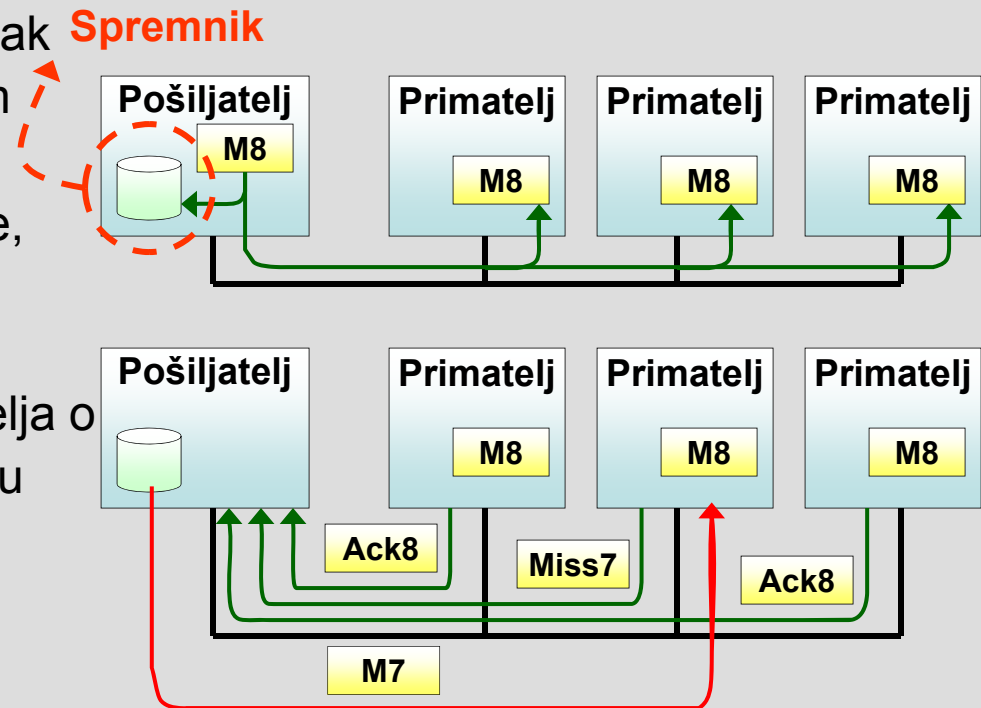
- mora imati potporu za višesmjerno komuniciranje (engl. multicasting)
- poruka poslana grupi procesa mora biti dostavljena svakom članu grupe
- treba uzeti u obzir rubne slučajeve, npr. kada novi proces pristupa grupi ili kada se proces uruši
- složeni za ostvariti

# Otpornost na pogreške

- **Pouzdana komunikacijski mehanizmi**

- najjednostavniji pristup

- korištenje spremnika odaslanih poruka, nemogućnost razmjernog rasta
    - pošiljatelj šalje poruke sa slijednim brojem i sprema ih u spremnik
    - primatelji potvrđuju primitak poruke
    - ako primatelj primijeti gubitak **Spremnik** poruke, odgovara slijednim brojem izgubljene poruke
    - u slučaju izgubljene poruke, pošiljatelj ponovo šalje traženu poruku
    - nakon potvrde svih primatelja o primitku poruke, primatelj ju briše iz spremnika

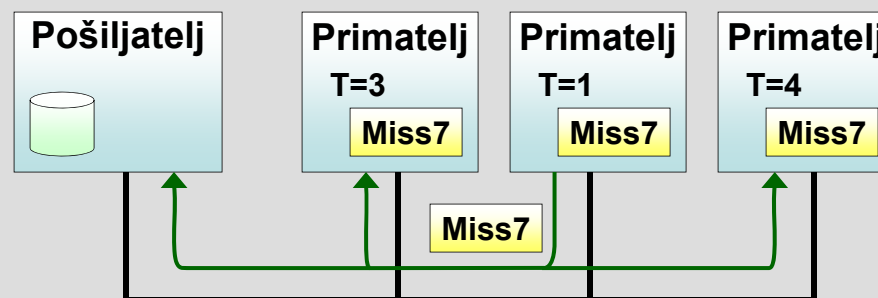


# Otpornost na pogreške

- **Pouzdani komunikacijski mehanizmi**

- postupak potiskivanja potvrda

- primatelji ne šalju nazad odgovor o potvrdi primitka poruke, poboljšano svojstvo razmjernog rasta
- kada neki primatelj primijeti gubitak poruke, nakon nasumičnog vremena odašilje negativnu potvrdu svim entitetima grupe (i pošiljatelju)
- ako u međuvremenu već primi negativnu potvrdu od nekog drugog entiteta iz grupe, entitet ne šalje svoju negativnu potvrdu

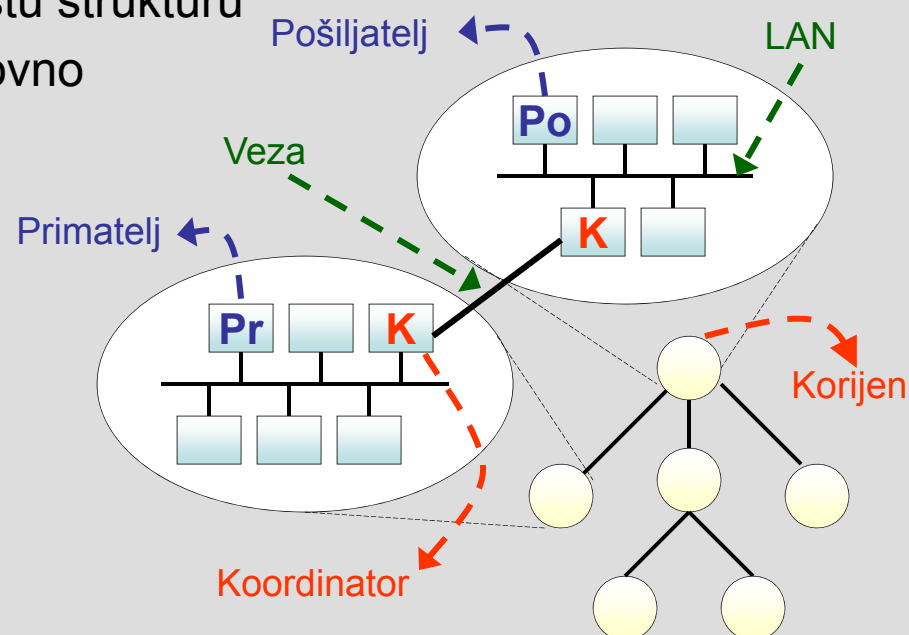


# Otpornost na pogreške

- **Pouzdana komunikacijski mehanizmi**

- hijerarhijsko potiskivanje potvrda

- svi entiteti koji su fizički bliski i mogu komunicirati putem lokalnih mreža grupiraju se u oblak sa jedinstvenim koordinatorom
    - koordinator ostvaruje vezu sa koordinatorima ostalih oblaka
    - svi oblaci zajednički čine stablastu strukturu
    - ako neki od entiteta zatraži ponovno slanje poruke, njegov lokalni koordinator pokušava poslužiti zahtjev
    - ako lokalni koordinator ne može sam poslužiti zahtjev, onda ga prosljeđuje na više instance
    - bolje svojstvo razmjernog rasta



# Literatura

---

- **A. Puder, K. Römer, F. Pilhofer: “Distributed Systems Architecture: A Middleware Approach”, Morgan Kaufmann Publishers, 2006**
- **Qusay H. Mahmoud: “Middleware for Communications”, John Wiley & Sons Ltd, 2004**
- **M. Lerner, G. Vanecek, N. Vidovic, and D. Vrsalovic: “Middleware Networks: Concept, Design and Deployment of Internet Infrastructure”, Kluwer Academic Publishers, 2000**