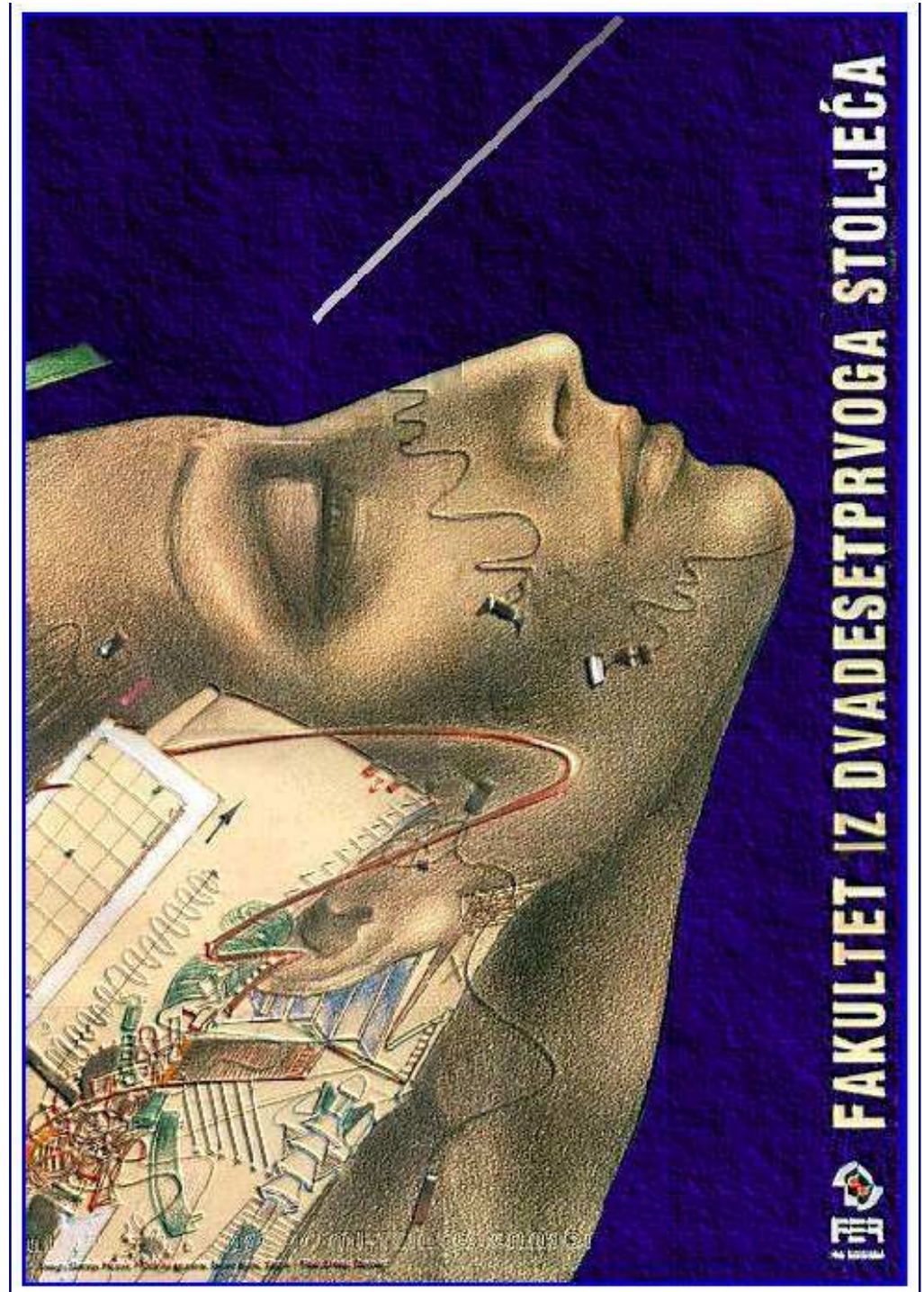


# Napredni modeli i baze podataka

Predavanja

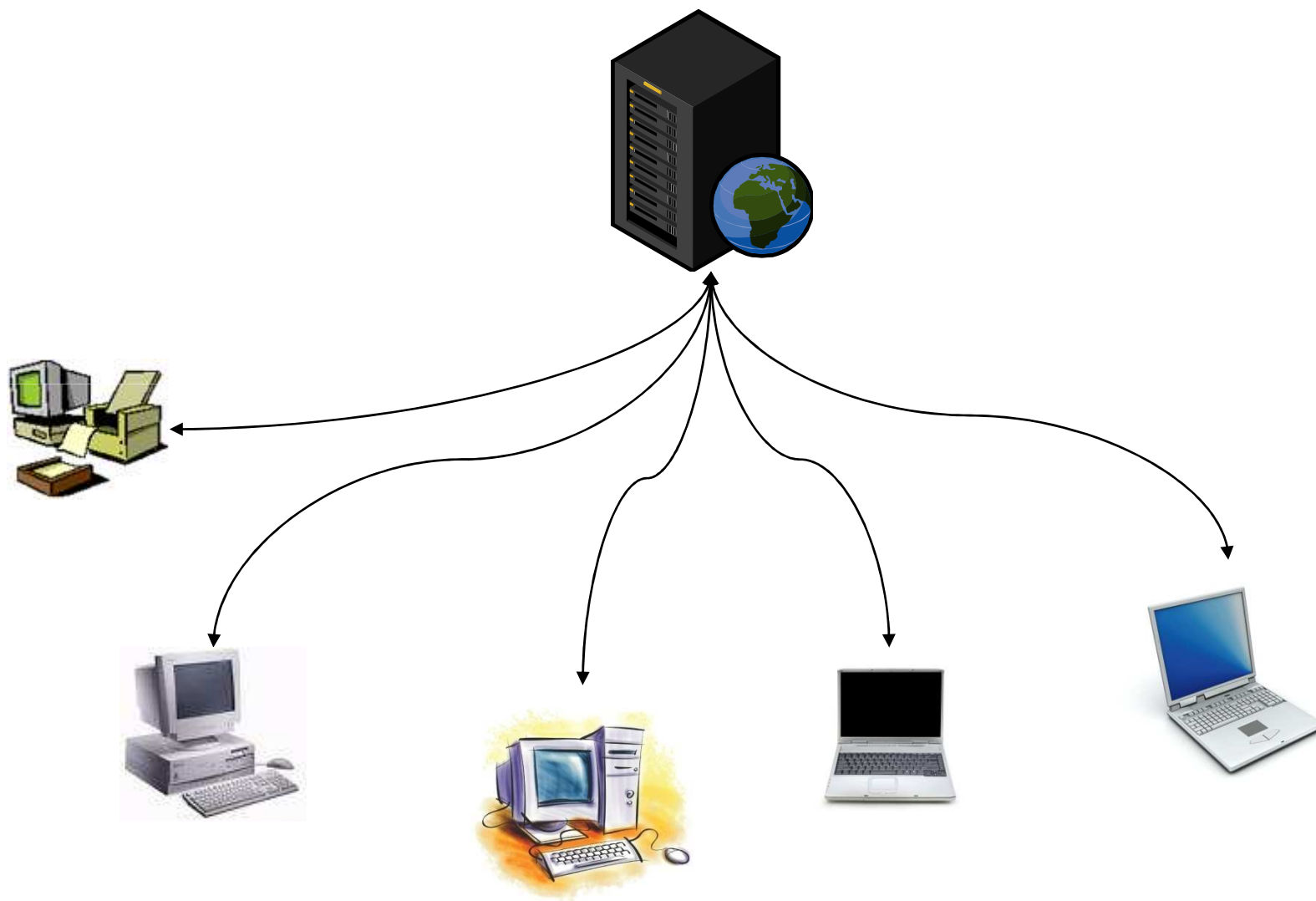
## 12. Sustavi ravnopravnih sudionika

Prosinac 2008.



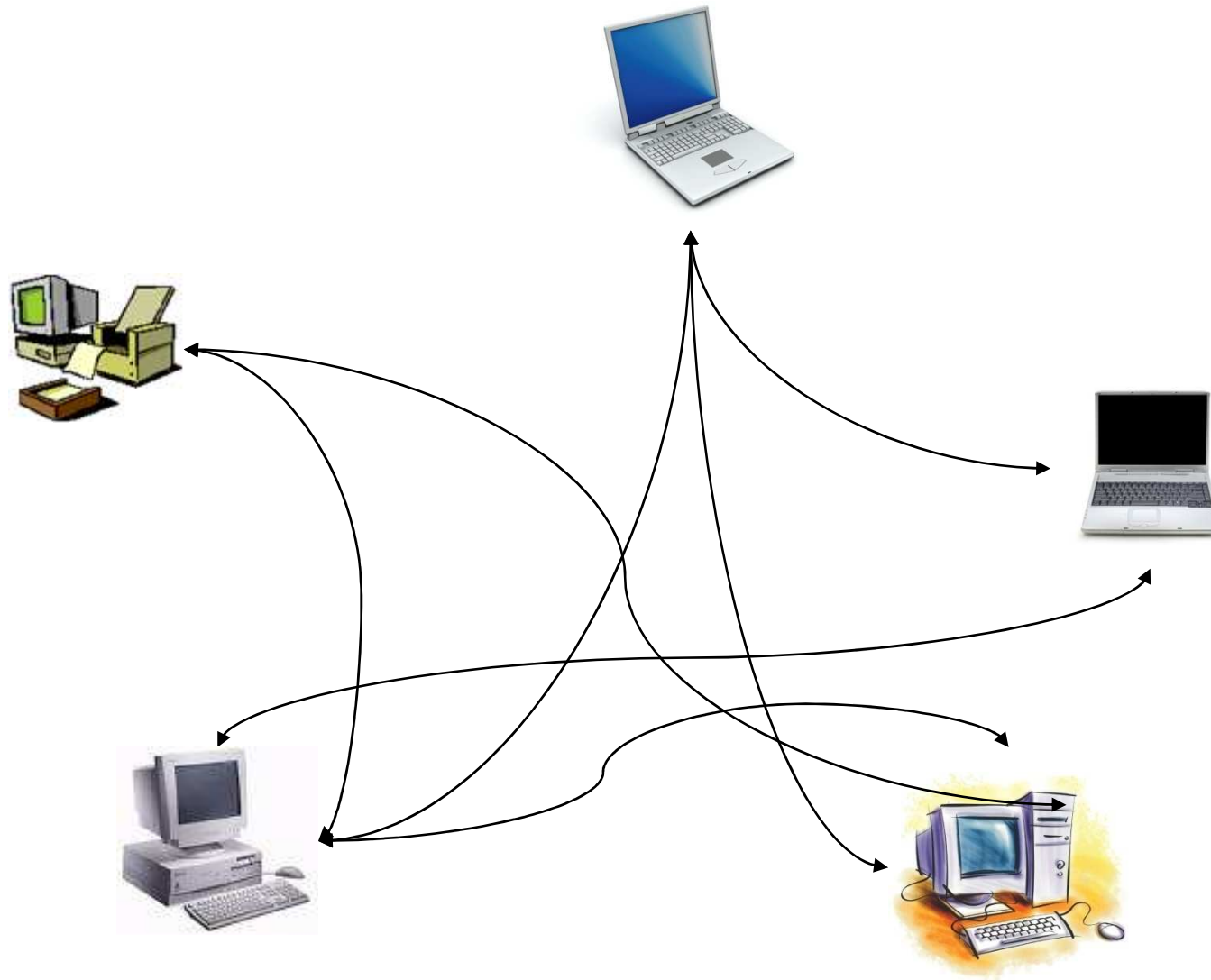
# Klijent-poslužitelj arhitektura

---



# Arhitektura ravnopravnih sudionika

---



# Sustav ravnopravnih sudionika (engl. *Peer-To-Peer System, P2P System*)

---

- koriste raspodijeljena sredstva kako bi obavili neku zadaću na decentralizirani način
- sredstva:
  - računalna snaga
  - podaci (bilo da je riječ o pohranjivanju ili razmjeni)
  - mrežna propusnost
  - prisutnost (ljudska ili računalna)
  - ...
- stara ideja ali veliki zamah tek u ovom stoljeću ( razvoj širokopojasnih mreža, jeftiniji i dostupniji hardver)

# Neke definicije

---

Dijeljenje računalnih resursa i usluga direktnom razmjenom između sustava.  
*P2P Working Group*

P2P jest klasa aplikacija koje koriste sredstva (prostor za pohranjivanje podataka, procesorsko vrijeme, sadržaj, ljudsko prisustvo) koja su raspoloživa u krajnjim točkama Interneta. Budući da pristupanje tim sredstvima pretpostavlja rad u okolini nestabilne spojnosti i nepredvidivih IP adresa, P2P čvorovi moraju djelovati izvan DNS sustava adresiranja i posjedovati znatnu ili potpunu autonomiju.

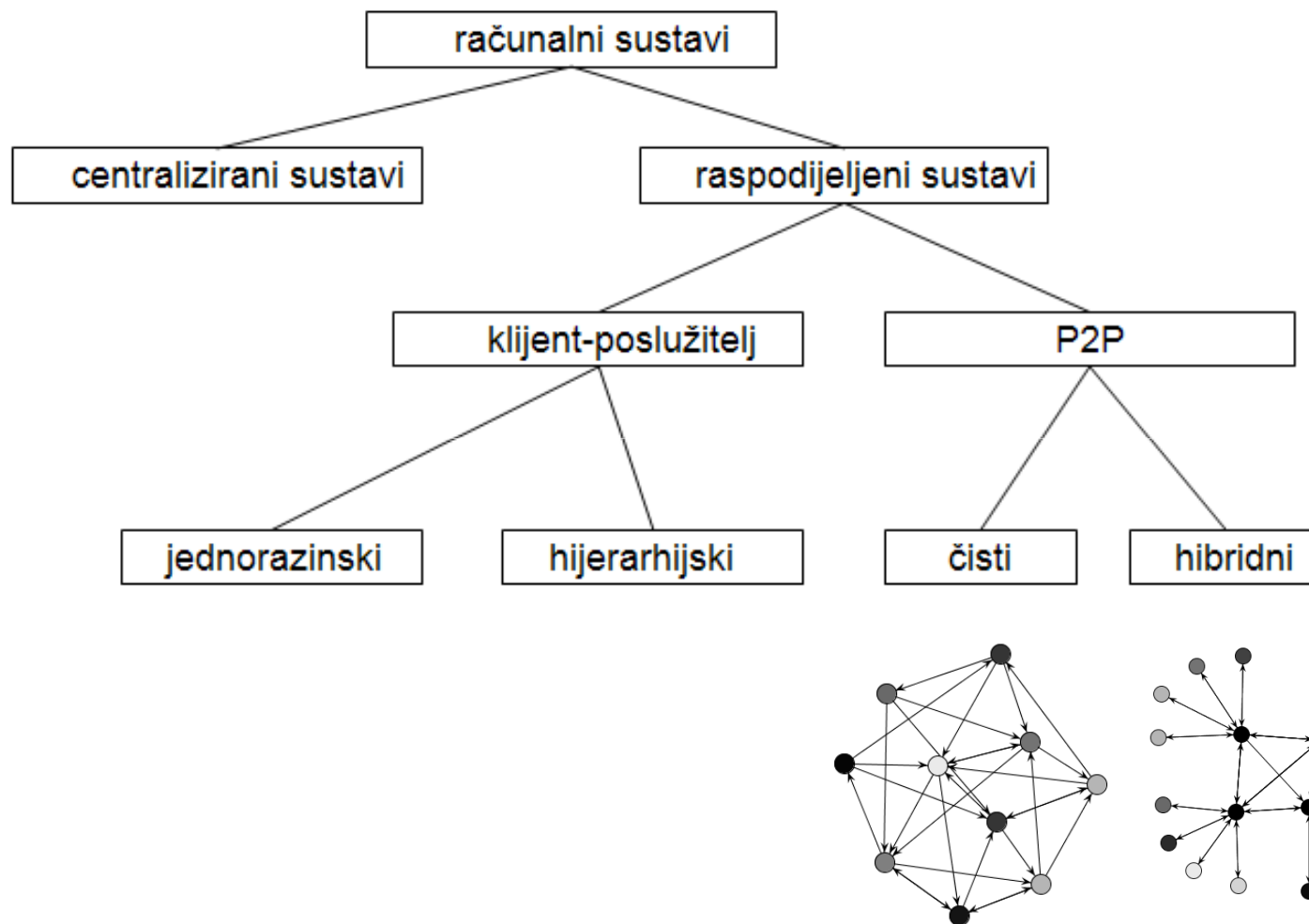
*C. Shirky*

Smisao P2P sustava (i ono što ih definira) je dijeljenje: primanje i davanje resursa unutra P2P zajednice.

*D. Milojičić*

# **Taksonomije P2P sustava**

# Čisti i hibridni P2P sustavi





# Strukturirani i nestrukturirani P2P sustavi

---

- strukturirani sustavi:
  - globalna raspodijeljena tablica raspršenog adresiranja (engl. distributed hash table)
  - svaki čvor u sustavu se brine za određeni podskup adresnog prostora
  - logaritamski broj (s obzirom na ukupan broj čvorova u mreži) skokova potrebnih da se pronađe traženi podatak
- nestrukturirani sustavi - uspostavljaju poveznice među čvorovima neovisno o semantici čvorova odnosno podacima raspodijeljenima po sustavu
- polustrukturirani sustavi



# Tri generacija P2P sustava

---

- **prva generacija** – čvorovi organizirani oko jednog ili više centralnih poslužitelja. (npr. *Napster*, *SETI@home*)
- **druga generacija** – decentralizacija (npr. *Gnutella*, *FastTrack*, *eDonkey2000*, *BitTorrent*)
- **treća generacija** – anonimnost korisnika i njihovih akcija unutar sustava (npr. *FreeNet*, *Free Haven*, *GNUnet* )

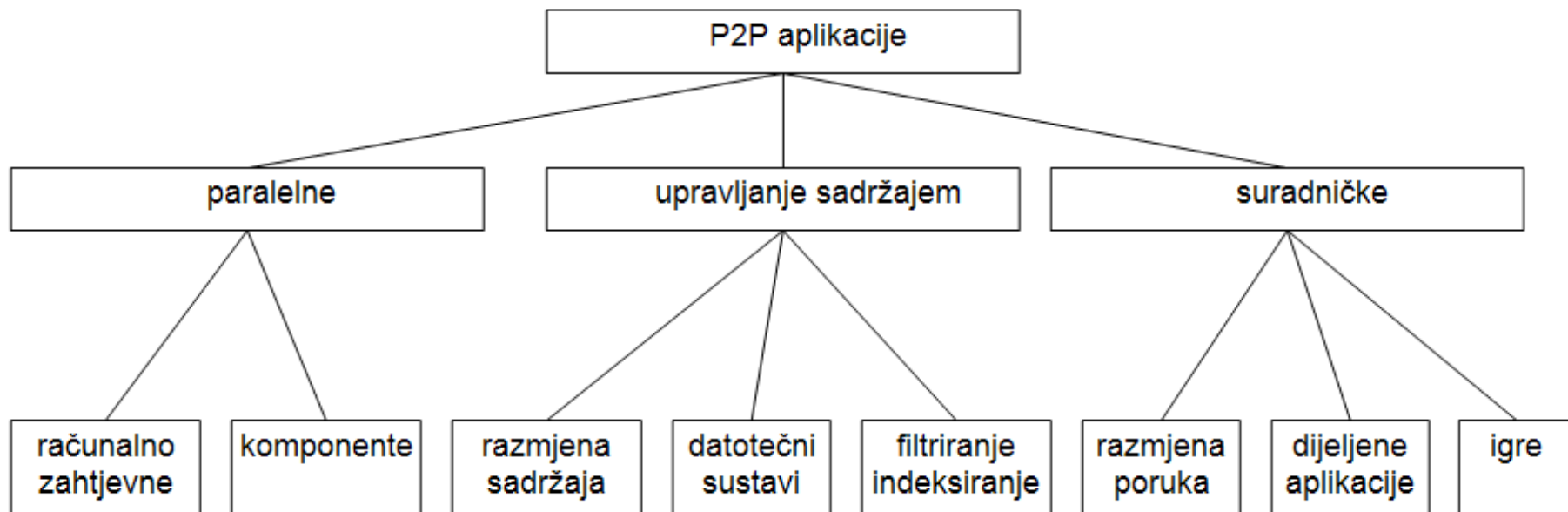
# Različite zadaće

---

- sustavi za raspodijeljeno izračunavanje (npr. *SETI@home*)
- sustavi za dijeljenje podataka (npr. *Gnutella*)
- suradnički sustavi (npr. *Jabber*)
- platforme (npr. *JXTA*)

# P2P aplikacije

---

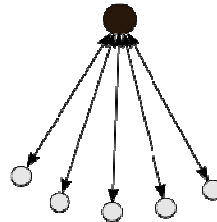


# **Svojstva P2P sustava**

# Svojstva P2P sustava: decentralizacija

---

- **Decentralizacija** je temeljno svojstvo sustava ravnopravnih sudionika.
- Centralizirani sustavi (kao što su klijent-poslužitelj sustavi) se oslanjaju na "jedno" računalo koje poslužuje sve klijente:
  - skupo
  - mogućnost zagušenja
  - *single point of failure*
- P2P sustavi su uvijek decentralizirani – neki potpuno (čisti) a neki samo djelomično (hibridni):
  - jeftiniji
  - puno robusniji i otporniji na pojavu nepredviđenih okolnostiali i:
  - problem pristupa mreži
  - sigurnost
  - pretraživanje mreže
  - ...



# Svojstva P2P sustava: skalabilnost

---

- **Skalabilnost** odnosno sposobnost rasta uz zadržavanje osobina sustava jest svojstvo koje se direktno oslanja na decentralizaciju sustava.
- Decentralizirani sustav, u kojem sudionici imaju aktivnu ulogu, inherentno omogućuje elegantniji rast sustava
- Razmjena podataka ne predstavlja problem, ali pretraživanje da, npr.:
  - *Gnutella* (loša svojstva skalabilnosti)
  - *SETI@home* (dobra svojstva skalabilnosti)

# Svojstva P2P sustava: anonimnost

---

- Ciljevi **anonimnosti** u P2P sustavima su:
  - osigurati anonimnost korisnika kako bi slobodno koristio usluge sustava bez straha od potencijalnih posljedica
  - onemogućiti cenzuru i zabranu sadržaja u sustavu
- Provođenje bilo koje razine anonimnosti obično podrazumijeva uspostavljanje triju vrsta anonimnosti između para sudionika koji komuniciraju:
  - anonimnost pošiljaoca
  - anonimnost primatelja
  - međusobna anonimnost
- Neke standardne tehnike:
  - skriveni putovi (engl. *covert paths*)
  - nedobrovoljno pohranjivanje (engl. *non-voluntary placement*)
  - enkripcija



# Svojstva P2P sustava: samoorganizacija, cijena vlasništva, namjenska spojnost

---

- Posljedica decentralizacije: nema centralnog autoriteta
- Čvorovi se moraju moći **sami organizirati**
- Dijeljeno vlasništvo – smanjenje **cijene vlasništva** (npr. SETI@home obavlja svoje proračune brže od super računala *ASCI White* pri čemu košta manje od 1% cijene super računala )
- Korisnici se obično uključuju s nekom **namjenom** i jednom kad su je ostvarili izlaze iz sustava.
- Bitno je oblikovati P2P aplikacije da dopuštaju nagla isključivanja odnosno namjenska uključivanja u sustav

# Učinkovitost

---

- P2P sustavi povećavaju svoje potencijale akumulacijom sredstava kao što su prostor za pohranjivanje podataka ili računalna snaga
- Zbog decentralizirane naravi takvih sustava, nameću se ograničenja u mogućnosti korištenja svih sredstava sustava
- Temeljni je problem efikasnog usmjeravanja poruka unutar sustava
- Dva su temeljna postupka kojima se nastoji povećati učinkovitost sustava:
  - replikacija
  - inteligentno usmjeravanje i organizacija sustava

# Svojstva P2P sustava: sigurnost

---

- Pred aplikacije koje se koriste u okviru P2P sustava postavljaju se dvojaki zahtjevi:
  - potrebno je osigurati **sigurnost** sudionika
  - ali je i često potrebno omogućiti zaobilaženje sigurnosne politike u okolini u kojoj se nalazi sudionik (npr. vatrozid, NAT)
- S druge strane, P2P aplikacije ne smiju omogućiti zlouporabu, sigurnosne rupe niti narušavanje integriteta operacijskog sustava. Zlonamjerni korisnici pokušavaju napade na računala preko otvorenih mrežnih ulaza ili ubacivanjem malicioznih datoteka lažnog identiteta u sustav
- Osim toga, sigurnost se odnosi i na zaštitu autorskog i intelektualnog vlasništva od neovlaštenog kopiranja i razmjene

# Svojstva P2P sustava: transparentnost, otpornost na pogreške, interoperabilnost

---

- **Transparentnost** P2P sustava se odnosi na:
  - transparentnost imenovanja
  - transparentnost administriranja P2P aplikacija
  - transparentnost platforme
- **Otpornost na pogreške:**
  - *single point of failure* (riješeno decentralizacijom)
  - isključivanje, nedostupnost sudionika i sadržaja
  - maliciozno ponašanje, itd.
- **Interoperabilnost** – mogućnost suradnje različitih P2P sustava zasad nije ostvarena. Projekti kao JXTA daju pružaju dobre temelje.

# Povijesni razvoj P2P sustava

---

- Internet je originalno (kasnih 1960-tih) zamišljen kao P2P sustav
- Nekoliko prvih računala u ARPANET-u (računala s američkih univerziteta Stanford, Los Angeles, Utah...) su bila nezavisna računala koja su već bila u pogonu i imala su **jednak status** - ARPANET ih je kao takve i povezivao, kao jednake i ravnopravne entitete a ne u klijent/poslužitelj ili gospodar/sluga odnosu
- Rani Internet je također funkcionirao u duhu P2P filozofije (vatrozidovi su bili nepoznati sve do kraja 1980-tih)
- Prve aplikacije koje su bile u širokoj uporabi, FTP i TELNET, su bile klijent poslužitelj aplikacije, ali svako računalo se zapravo moglo naći u svakoj ulozi

# UseNet (1979.)

---

- Usenet (engl. *USEr NETwork* – korisnička mreža) je globalni decentralizirani raspodijeljeni internetski sustav za razmjenu poruka
- Tom Truscott i Jim Ellis su 1979. godine osmislili ovaj sustav kod kojeg korisnici pišu članke (engl. *articles*, često se nazivaju i *posts*) i šalju ih, u obliku elektroničke pošte, svom poslužitelju
- Poruke su organizirane u tematske grupe. Također, poruke unutar grupe koje su nastale kao odgovor na postojeću poruku se grupiraju uz inicijalnu poruku čime se može pratiti nit rasprave (engl. *thread*).
- Poslužitelji održavaju liste poruka i međusobno razmjenjuju (nove) poruke (za to je razvijen i poseban protokol – NNTP: Network News Transport Protocol ) te, naravno, pružaju klijentima usluge čitanja.
- I danas iznimno popularan i raširen

# DNS(1983.)

---

- DNS (engl. *Domain Name system* – sustav domenskih nazivlja) povezuje različite informacije s takozvanim domenskim imenima (engl. *domain names*).
- Najvažnije, služi kao svojevrstan "telefonski imenik" pri čemu prevodi nazive računala koje koriste ljudi (npr. [www.fer.hr](http://www.fer.hr)) u IP adrese (npr. 161.53.72.23) koje su potrebne uređajima i aplikacijama kako bi mogle međusobno komunicirati
- Nastao kao rješenje za problem dijeljenja datoteka
- Ustrojen hijerarhijski i stapa hijerarhijski model posjedovanja informacija s P2P modelom
- Načelno, svako DNS računalo može kontaktirati bilo koje drugo DNS računalo ali u normalnom načinu rada postoji standardni put po hijerarhijskoj ljestvici u potrazi za nekim domenskim imenom
- Sjajan primjer skalabilnog sustava – od inicijalnih par tisuća računala za koja je bio dizajniran 1983. godine narastao 10,000 puta i danas ubraja stotine milijuna računala trenutno spojenih na Internet!



# FidoNet(1984.)

---

- U nastojanju da poveže postojeće BBS-ove (engl. *Bulletin Board System*) sustave pomoću svoje "Fido" aplikacije Tom Jennings je 1984. osnovao novu nekomercijalnu mrežu – *FidoNet*
- BBS omogućuje korisniku da se spoji putem telefonske linije i pomoću terminala dostavlja ili skida podatke, čita vijesti i razmjenjuje poruke s drugim korisnicima.
- *FidoNet* je organiziran hijerarhijski pri čemu su određeni administratori na svakoj razini koji se brinu o funkcioniranju *FidoNet* čvorova i razrješavaju sporove između članova.
- Vrhunac popularnosti doživio je početkom 1990-tih, a iako je u uporabi i danas, *FidoNet* se veličinom drastično smanjio.

# ICQ(1996.)

---

- ICQ (dolazi of fraze engl. *I seek you* – tražim te) je program za razmjenu poruka (tzv. *chat* program).
- Prvu verziju programa je objavila tvrtka Mirabilis 1996. godine.
- Danas su *chat* programi odnosno mreže vrlo popularne i raširene pa tako postoje i brojne alternative (npr. *MSN, Jabber, Google Talk, AIM, Yahoo*, itd.).
- Riječ je mahom o sustavima gdje se koriste centralni poslužitelji za uspostavu komunikacije između sudionika (dva ili više) nakon čega se komunikacija odvija direktno između sudionika.

# SETI@home(1999.)

---

- SETI (engl. *Search for Extra-Terrestrial Intelligence* – *potraga za vanzemaljskom inteligencijom*) je naziv koji obuhvaća broj organiziranih napora u otkrivanju inteligentnog života izvan našeg planeta.
- SETI je začet još šezdesetih godina prošlog stoljeća a prva SETI konferencija je održana 1961. godine.
- U sklopu SETI projekta pomoću teleskopa se prikupljaju ogromne količine podataka koje je potrebno analizirati.
- SETI@home je iznimno popularan projekt koji je pokrenut na Sveučilištu Berkley 1999. godine s namjenom da u analizi podataka pomognu dobrovoljci diljem svijeta koji će donirati svoje slobodne računalne resurse
- U potpunosti paralelan – iznimno skalabilan
- Više od 5 milijuna korisnika u više od 200 zemalja je doprinijelo s više od 19 milijardi sati procesorskog vremena (podatak iz 2007.)
- Od listopada 2006. SETI@home radi s 257 TeraFLOPova ( $10^{12}$  operacija s pomičnim zarezom u sekundi) što ga čini usporedivim s najbržim svjetskim superračunalima

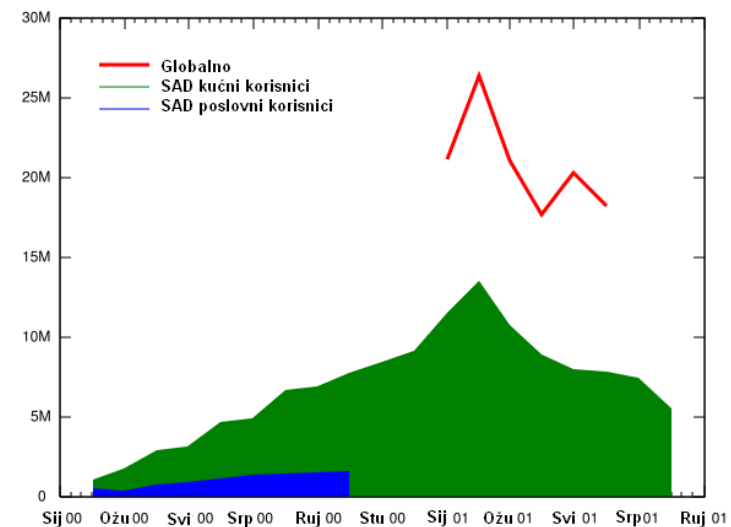
# FreeNet (1999.)

---

- Freenet je decentralizirana P2P mreža u kojoj se sudionicima u razmjeni podataka jamči anonimnost
- Protokol je osmislio Ian Clarke i prvi put opisao u svom članku 1999. godine
- Freenet je **čisti** P2P sustav pa je pristup mreži moguće ostvariti jedino preko nekog aktivnog sudionika mreže
- Iako je udio Freeneta u ukupnom P2P prometu zanemariv ova mreža je izuzetno važna iz dva razloga:
  - najzreliji predstavnik P2P mreža treće generacije
  - velik utjecaj u znanstvenim krugovima (prema *CiteSeeru* Clarkov članak o Freenetu je najcitiraniji članak iz područja računalnih znanosti u 2000. godini!)
- Freenet se aktivno razvija i trenutno je u verziji 0.7.

# Napster (1999.)

- Kako bi olakšao razmjenu glazbenih datoteka, Shawn Fanning je 1999. napravio prvu verziju programa za razmjenu sadržaja i nazvao ga *Napster*
- *Napster* je bio centralizirane arhitekture:
  - svako računalo bi se prijavilo na centralni poslužitelj
  - centralni poslužitelj je odgovarao na upit
  - sama razmjena se odvijala između sudionika (na rubovima mreže)
- Danas postoji kao legalan servis za razmjenu glazbe

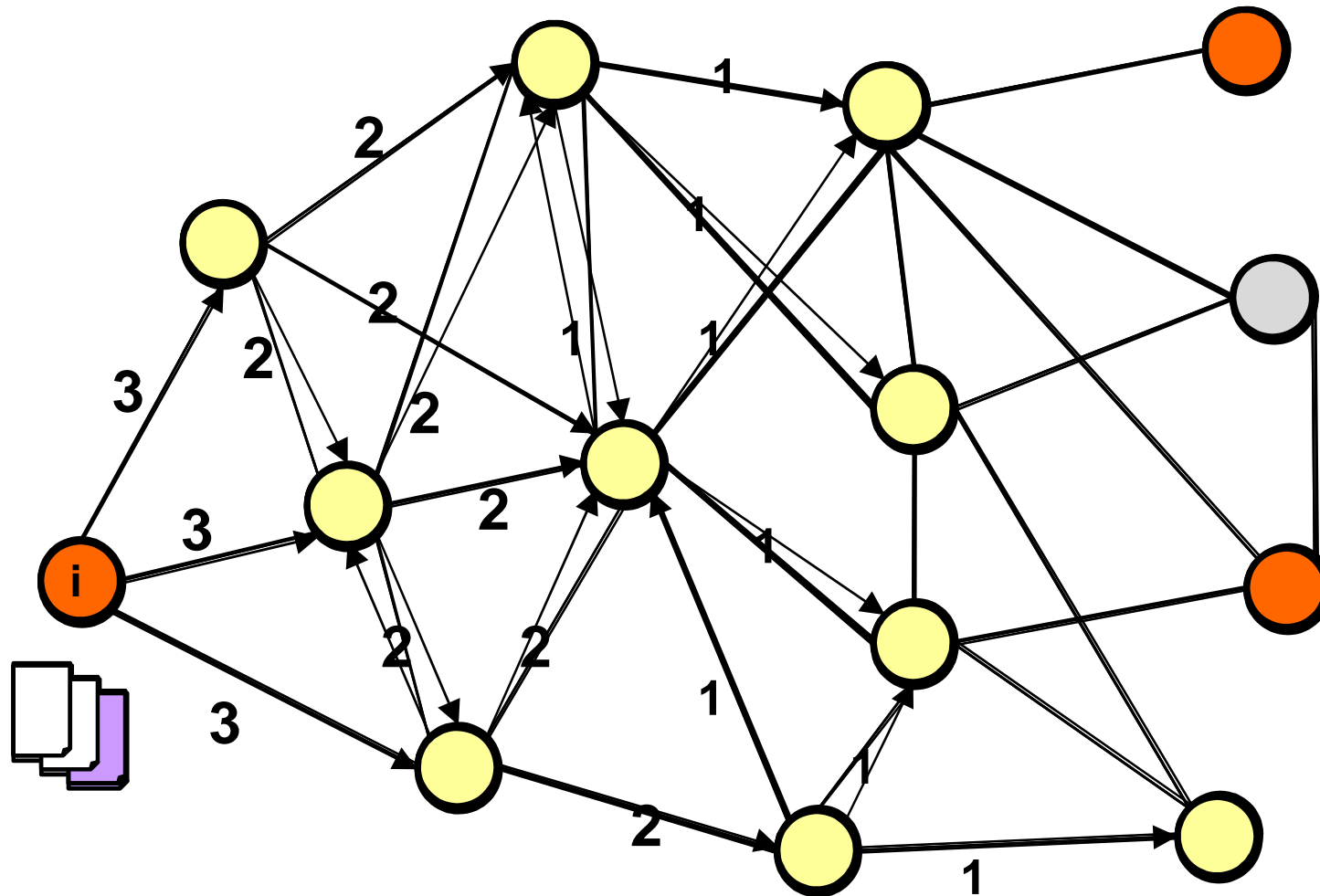


# Gnutella (2000.)

---

- Početkom 2000. godine Justin Frankel i Tom Pepper (tada zaposlenici *Nullsofta*) su razvili i na *Nullsoftovim* poslužiteljima objavili prvi *Gnutella* klijent.
- *Gnutella* klijente i sam protokol je nastavila razvijati zajednica programera
- Potpuno decentraliziran sustav
- Arhitektura:
  - verzija 0.4 (čista)
  - verzija 0.6 (hibridna)
- Najcitiraniji primjer mreža za razmjenu sadržaja
- I danas aktivna
- *Mike's protocol*

# Gnutella – preplavljanje (engl. flooding)





# eDonkey2000 (2000.)

---

- U rujnu 2000. godine Jed McCaleb je objavio prve klijentske i poslužiteljske aplikacije za novu P2P mrežu za razmjenu sadržaja - eDonkey2000
- Mreža je bila zamišljena nalik Napsteru – centralni poslužitelj je služio kao imenik te je odgovarao na upite i posredovao pri ostvarivanju konekcija
- U kasnijim verzijama protokola ostvarena veza između poslužitelja pa je na taj način klijent mogao pronaći sadržaje i na drugim klijentima koji nisu spojeni na isti centralni poslužitelj
- Tvrtka MetaMachines je kreirala Overnet P2P mrežu za razmjenu sadržaja koja je mogla surađivati s eDonkey mrežom ali je, za razliku od nje, bila u potpunosti decentralizirana.
- 2004. godine eDonkey mreža je bila najpopularnija P2P mreža za razmjenu sadržaja na svijetu
- Uslijed pravnih tužbi tvrtka MetaMachines je prestala razvijati svoj klijent i mrežu Overnet
- Ipak, eDonkey mreža je i dalje aktivna, ponajviše u Europi.

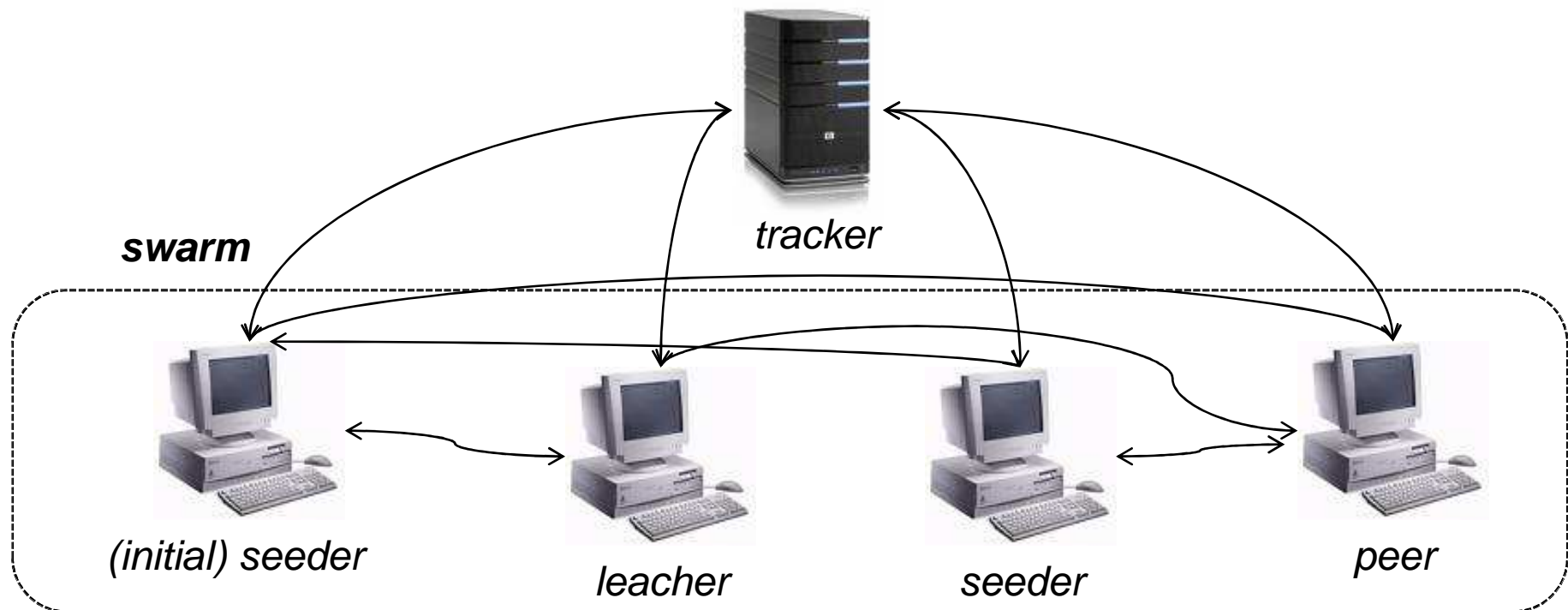
# FastTrack (2001.)

---

- *FastTrack* je P2P mreža za razmjenu sadržaja koju su dizajnirali Niklas Zennström, Janus Friis i programerski tim na čelu s Jaan Tallinnom, a koju je u ožujku 2001. predstavila nizozemska tvrtka *Consumer Empowerment*
- Mreža je ustrojena kao hibridna P2P mreža i koristi tzv. superčvorove kako bi povećala skalabilnost
- Detalji protokola nikada nisu objavljeni
- *FastTrack* je 2003. godine bila najpopularnija P2P mreža za razmjenu sadržaja
- Nakon brojnih pravnih tužbi i naplaćenih kazni danas se unutar mreže razmjenjuju samo sadržaji koji nisu zaštićeni autorskim pravima i mreža je praktički ugasla.

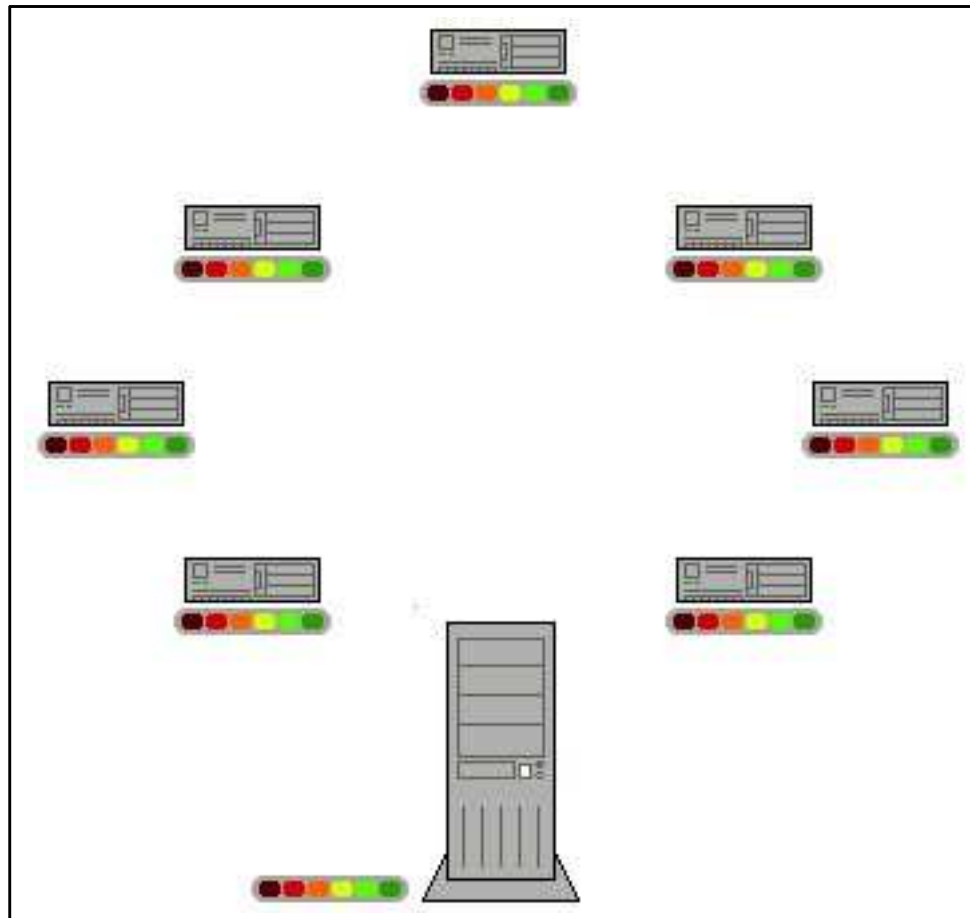
# BitTorrent (2001.)

- Bram Cohen je u 2001. osmislio novi P2P protokol za razmjenu velike količine podataka koji je nazvao BitTorrent.
- Sustav je zamišljen kao potpuno decentraliziran pri čemu postoji proizvoljan broj "centralnih" računala koja posreduju prilikom razmjene nekog sadržaja



# BitTorrent – razmjena dijelova datoteke

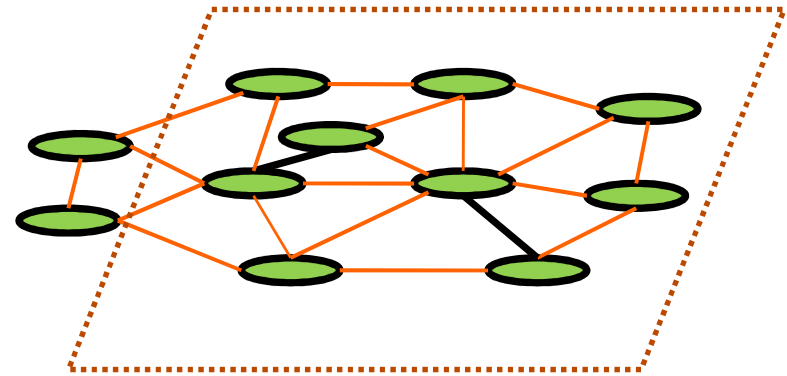
---



# Raspodijeljene tablice raspršenog adresiranja

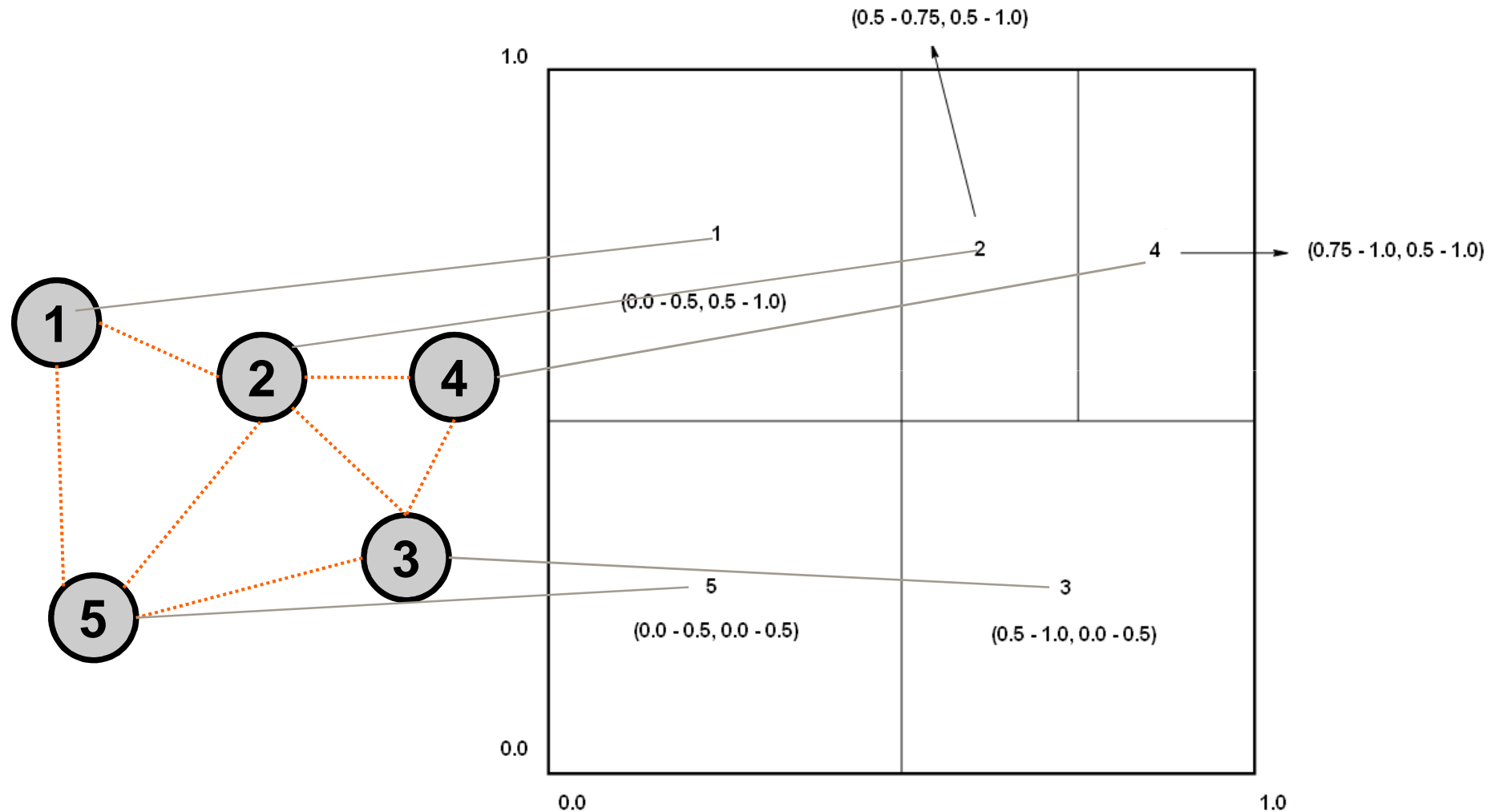
- Raspodijeljene tablice raspršenog adresiranja (engl. *DHT - Distributed Hash Table*) su decentralizirani raspodijeljeni sustavi koji omogućuju funkcionalnost tablica raspršenog adresiranja odnosno implementiraju dvije funkcije:

- `stavi(ključ, vrijednost)`
- `dohvati(ključ)`



- Svaki čvor koji sudjeluje u sustavu može pozivati te dvije funkcije, odnosno zaslužan je za obavljanje tih funkcija.
- Odgovornost za preslikavanje ključa u vrijednost je raspodijeljena među sudionicima u sustavu na takav način da promjene u sastavu sudionika ne izazivaju velike promjene u sustavu.
- Pružaju infrastrukturu za razvoj mnogih složenijih aplikacija kao što su raspodijeljeni datotečni sustavi, P2P sustavi za razmjenu podataka, sustavi za distribuciju podataka, sustavi za razmjenu poruka (engl. *instant messaging*), itd.

# Raspodijeljene tablice raspršenog adresiranja



# Raspodijeljene tablice raspršenog adresiranja

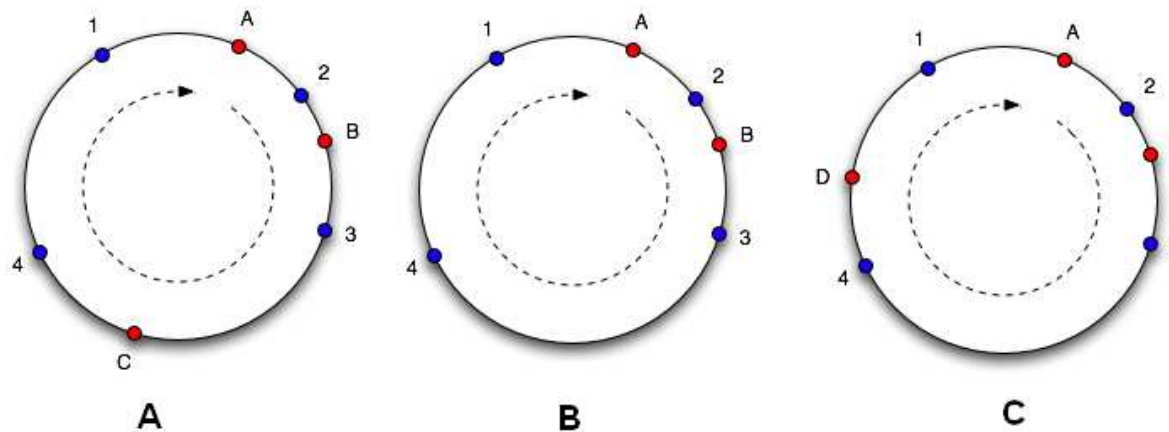
---

- Svojstva:
  - **decentralizacija** – sudionici tvore sustav koji nema centralni autoritet
  - **skalabilnost** – sustav funkcionira učinkovito i s jako velikim brojem sudionika
  - **otpornost na pogreške** – sustav je stabilan i dovoljno pouzdan usprkos kontinuiranom dolasku, odlasku i kvaru sudionika
- Kako bi se mogla ostvariti ova dobra svojstva svaki sudionik održava veze samo s malim brojem sudionika u sustavu, tipično s  $O(\log(n))$ . Na taj način je ograničen posao koji je potrebno obaviti uslijed promjena u sastavu.
- Svaki sudionik u sustavu biva zadužen za određeni dio prostora ključeva.
- Većina raspodijeljenih tablica raspršenog adresiranja, prilikom preslikavanja ključeva u čvorove, koristi neku vrstu konzistentnog raspršenog adresiranja



# Konzistentno raspršeno adresiranje (engl. *consistent hashing*)

- David Karger, Eric Lehman, Tom Leighton, Matthew Levine, Daniel Lewin, and Rina Panigrahy. **Consistent Hashing and Random Trees: Tools for Relieving Hot Spots on the World Wide Web.** STOC 1997
- uobičajeno:  $\text{hash}(o) \% n$
- Ideja konzistentnog raspršenja jest da:
  - ako se **doda novi** spremnik on preuzme samo mali ("pravedan") dio opterećenja
  - ako se **isključi** neki spremnik njegovo se opterećenje razdijeli ostalima
- Primjer: isključuje se spremnik C, uključuje spremnik D



# Primjeri

---

- Neki od primjera raspodijeljenih tablica raspršenog adresiranja su:
  - *CAN* [Ratnasamy2001]
  - *Chord* [Stoica2001]
  - *Pastry* [Rowstron2001]
  - *Tapestry* [Zhao2001]
  - *Symphony* [Manku2003]
  - *Kademlia* [Maymounkov2002]
  - *Koorde* [Kaashoek2003]
  - *Viceroy* [Malkhi2002]
  - *Skipnet* [Harvey2003]
  - itd.
- Brojne su i aplikacije koje koriste raspodijeljene tablice raspršenog adresiranja, npr.
  - *BitTorrent*
  - *eMule*
  - *GNUnet*
  - *JXTA*
  - itd.

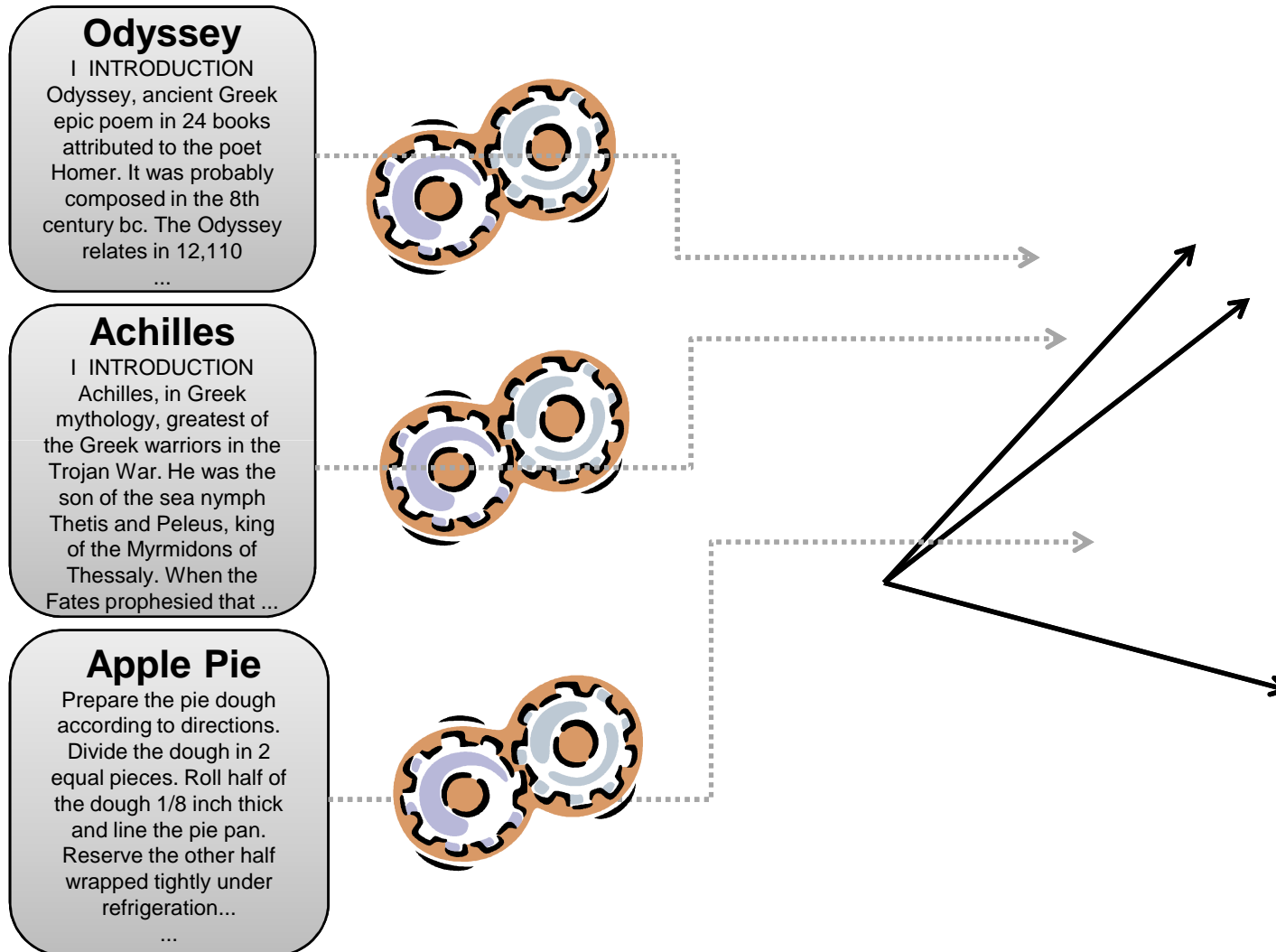
# Dohvat na temelju sadržaja

---

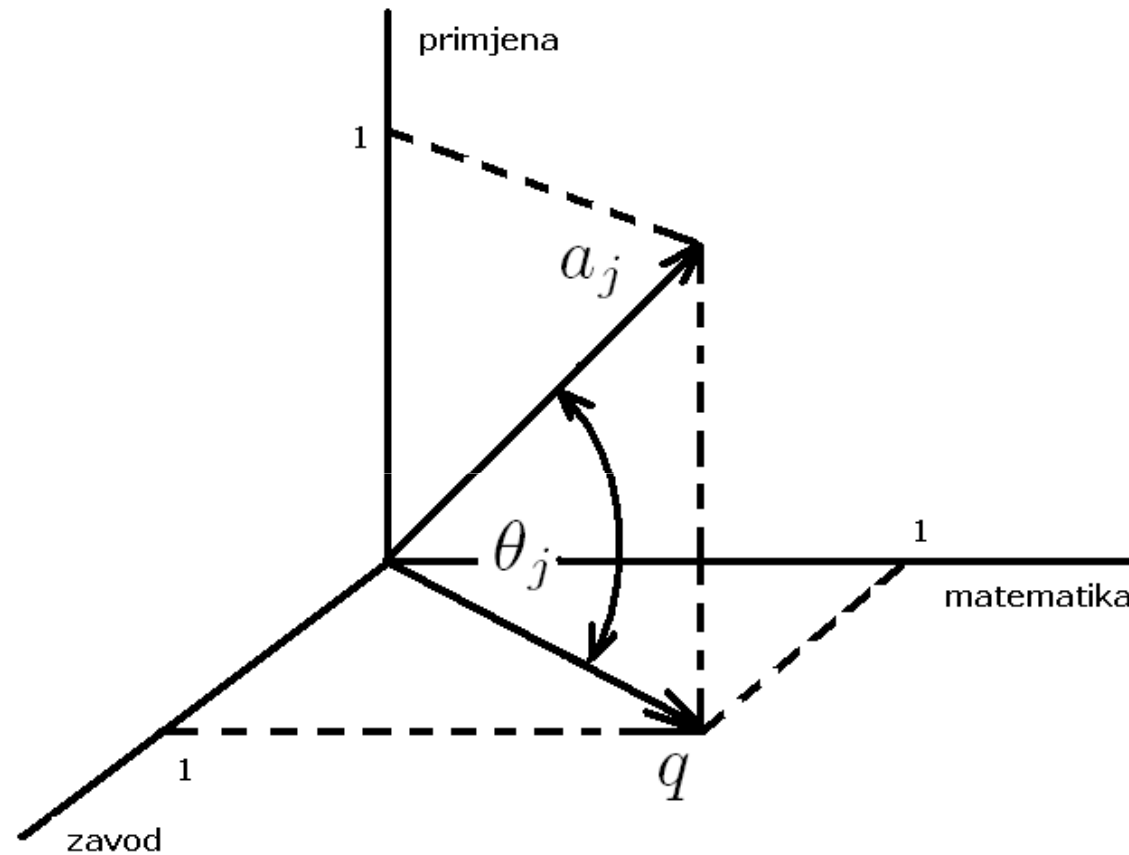
- Trenutni P2P sustavi za razmjenu sadržaja omogućavaju samo dohvat na temelju ograničenog skupa metapodataka (naziv, tip, veličina,...)
- Kako dohvatiti na temelju sadržaja?
- Npr. kako dohvatiti sve članke koji su slični zadanom članku?
- Dokument predstavljamo vektorom u n-dimenzionalnom prostoru
- Sličnost između dokumenata **d1** i **d2** računamo kao kosinus kuta između vektora dokumenata **d1** i **d2**

$$\cos \theta_j = \frac{a_j^T q}{\|a_j\|_2 \|q\|_2} = \frac{\sum_{i=1}^t a_{ij} q_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^t a_{ij}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^t q_i^2}}$$

# Dokumenti se predstavljaju kao vektori



# Dohvat na temelju sadržaja - VSM



$a_j$  = Zavod za primijenjenu matematiku

$q$  = zavod matematika

## *term x document* matrica

---

|            | $a_0$ | ... | $a_j$    | ... | $a_n$ |
|------------|-------|-----|----------|-----|-------|
| zavod      | 1     |     | <b>1</b> |     |       |
| matematika | 0     |     | <b>1</b> |     |       |
| primjena   | 0     |     | <b>1</b> |     |       |
| fizika     | 1     |     | <b>0</b> |     |       |

## ***tf x idf* načelo**

---

- Pretprocesiranje teksta (eliminacija stop-riječi, normalizacija riječi, pojmovnik, ...)
- Težina indeksnih pojmova se određuje kao umnožak:

$$tf \times idf$$

- ***tf*** – *term frequency* (učestalost pojma u dokumentu)
  - ***idf*** – *inverse document frequency* (inverzna učestalost pojma u kolekciji)
- 
- Pojam je značajniji što se češće pojavljuje u dokumentu a što manje u ostalim dokumentima

# Načelo rada strukturiranih P2P sustava koji omogućuju dohvat na temelju sadržaja

---

