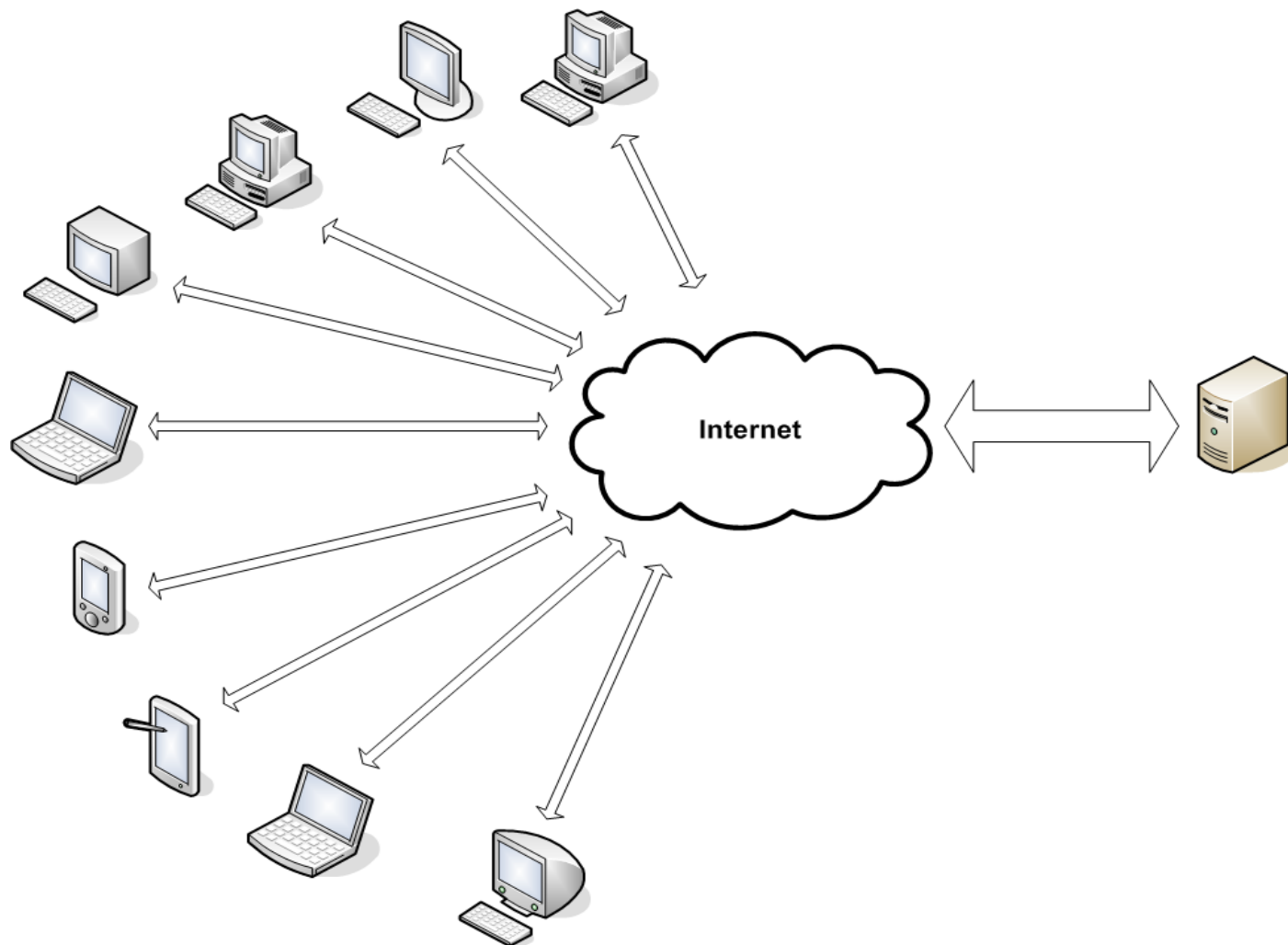


P2P Mreže

- Tradicionalna Internet arhitektura je klijent-server
- U ovoj arhitekturi su jasno podeljene uloge na poslužioce i korisnike uloga.
- Arhitektura je centralizovana i broj korisnika (klijenata) je daleko veći od broja poslužilaca.

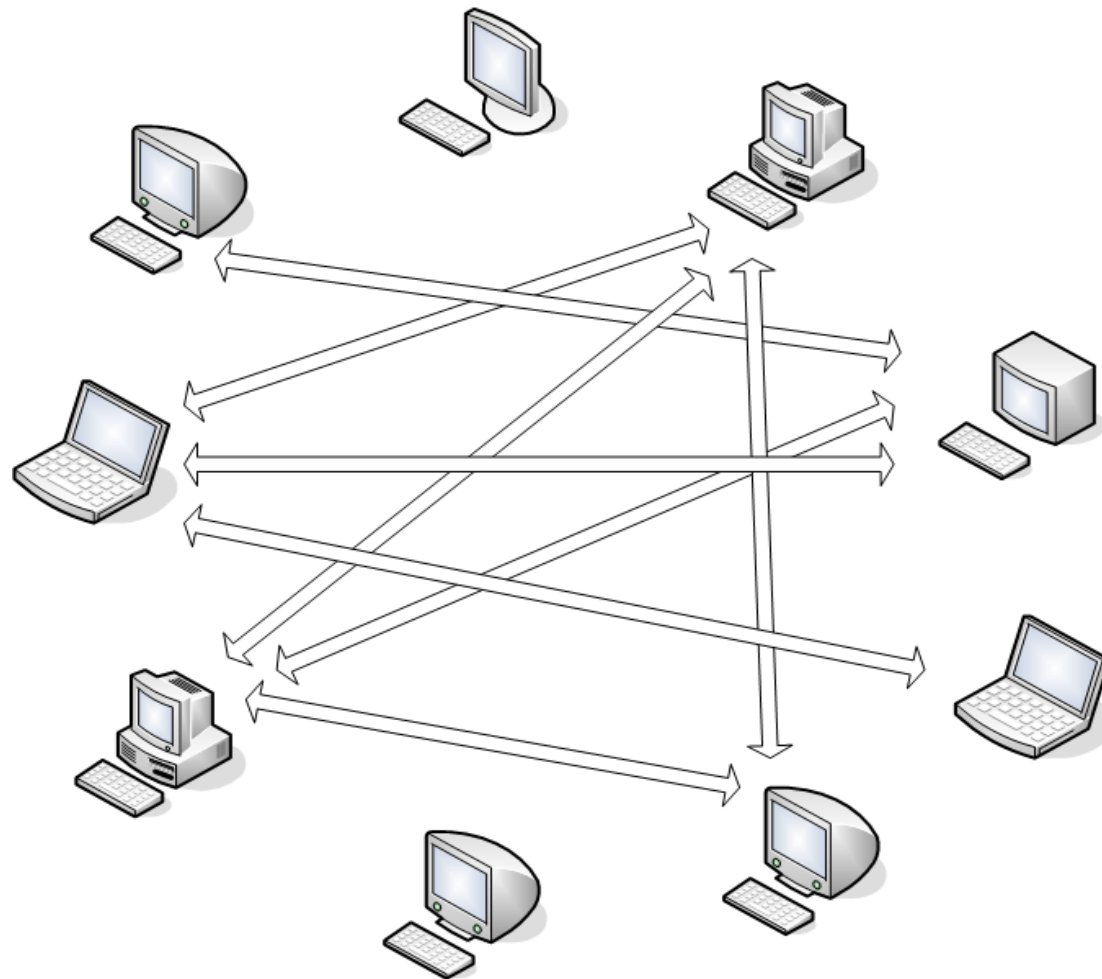
Ilustracija: klijent server arhitektura



P2P mreže

- U P2P mreži svi računari su i poslužioc i korisnici – i u tome je osnovna razlika na klijent-server koncept.
- Na taj način računari pružaju mogućnost drugim računarima da koriste njihove resurse.
- Ti resursi mogu biti spoljašnje memorije, procesorsko vreme ili mrežna povezanost.
- Jedna od osnovnih prednosti je da se u P2P mrežama, u odnosu na tradicionalnu klijent-server arhitekturu, otklanja opasnost da zbog otkaza jednog čvora, otkaže ceo sistem.

Ilustracija: P2P arhitektura



Odlike P2P mreža

Visok stepen decentralizacije – mali broj namenskih centralnih čvorova – ili ih uopšte nema.

Samo-organizacija – jednom kada je računar uključen u P2P mrežu, nadalje nije potrebna praktično nikakva ručna konfiguracija.

Pripadnost u više administrativnih domena – računari koji čine P2P mrežu ne pripadaju i nisu kontrolisani od strane jedne organizacije. U načelu svaki računar je kontrolisan od strane Nezavisnog pojedinca koji se dobrovoljno uključio u sistem.

Prednosti P2P mreža

Jednostavno puštanje u rad sistema. P2P mreža potrebuje vrlo malo ili nimalo namenske infrastrukture, i stoga je investicija koja je potrebna za puštanje sistema u rad mala u poređenju sa odgovarajućim klijent-server sistemom.

Organski rast sistema. P2P mreža može ostvariti ogroman rast bez potrebe za ulaganjima u infrastrukturu (kao što je zamena servera jačim u klijent-server sistemima).

Otpornost na otkaze i napade. Vrlo je mali broj čvorova (ili ne postoje) koji su kritični za rad sistema. Da bi napao P2P mrežu, napadač mora da napadne veliki broj čvorova simultano.

Bogatstvo i raznovrsnost resursa. Popularne P2P mreže poseduju resurse koje mali broj firmi u svetu sebi može da realizuje u svojim mrežama. Takođe ti resursi su raznovrsni u pogledu hardvera, programske podrške, napajanja, geografske lokacije i jurisdikcije. To povećava otpornost na otkaze i napade, pored ostalog.

- P2P mreža predstavlja klasu distribuiranih sistema. Formira se na aplikativnom nivou.
- Ovakav tip mreže koja se formira na aplikativnom nivou, iznad neke postojeće mreže, se naziva prekrivačka (“overlay”) mreža.
- Prekrivačka mreža realizuje indeksiranje i otkrivanje drugih učesnika u P2P mreži, dok je prenos podataka funkcija IP mreže.
- Prekrivačka mreža je u stvari usmereni graf $G=(N,E)$, gde je N skup računara koji pripadaju P2P mreži a E skup prekrivačkih veza. Par računara koji su povezani vezom iz skupa E poznaju međusobno IP adresu i komuniciraju direktno.

Dve su bitne osobine P2P mreže:

- deljenje računarskih resursa u direktnoj razmeni, bez posredovanja centralizovanog servera
- sposobnost da normalno funkcionišu u slučaju nestabilnosti i promenljive povezanosti

Primena P2P mreža

- sistemi za komunikaciju i kolaboraciju (napr. interaktivna komunikacija i komunikacija instant porukama, - Skype),
- distribuirane računarske obrade (napr. SetAtHome, GenomeAtHome),
- podrška Internet uslugama (različite aplikacije za zaštitu mreža itd.),
- Deljenje i distribucija datoteka (pre svega multimedijalnih sadržaja - većina sistema koji su danas u upotrebi).
- Distribucija TV programa (P2P IPTV, primeri PPLive, CoolStreaming, BBC iPlayer, Skinkers LiveStation).
- Distribucija web sadržaja (P2P web CDN - Content Distribution Network, mreža web cache i DNS servera koji repliciraju web sadržaje i smanjuju tako opterećenje na web serverima koji hostuju popularne sadržaje)

Podela P2P mreža

Prema strukturi overlay mreže, delimo ih na strukturirane i nestrukturirane.

Kod strukturiranih postoji algoritam prema kom se formira overlay mreža, i zato ova mreža ima određenu topologiju.

Svaki čvor ima jedinstveni identifikator u velikom prostoru ključeva. Identifikatori su uniformno raspoređeni u tom prostoru.

Identifikator čvora određuje njegovu poziciju u strukturi prekrivačke mreže i ograničava skup njegovih veza.

Struktura prekrivačkog grafa se bira tako da omogući efikasno usmeravanje na bazi ključa (key based routing).

Izbor između strukturirane i nestrukturirane prekrivačke mreže je kompromis.

Sa jedne strane, strukturirana mreža omogućuje efikasno usmeravanje na bazi ključa.

Sa druge strane, potrebni su dodatni resursi da bi se tokom rada održala struktura grafa.

Naročito u situacijama kada se broj članova dinamički brzo menja, održavanje prekrivačke strukture predstavlja trošak u smislu korišćenja resursa.

Neki P2P sistemi koriste obe tehnike. Tako neke verzije BitTorrenta koriste usmeravanje na bazi ključeva za pronalaženje tracker čvorova, ali koriste nestrukturiranu prekrivačku mrežu za distribuciju sadržaja.

Za indeksiranje u strukturiranim mrežama se najčešće koriste distribuirane hash tabele (Distributed Hash Tables, DHT). Primer strukturirane mreže je Chord.

DHT mreže su decentralizovani distribuirani sistemi koji pružaju sistem mapiranja koji odgovara hash tabelama koje sadrže parove (ključ, vrednost).

Kada učesnici dolaze ili napuštaju mrežu, parovi ključ-vrednost se premeštaju između čvorova jer se mapiranje ključeva na čvorove menja. To je utrošak u pogledu održavanja mreže. Ovaj utrošak je proporcionalan brzini promene broja članova.

Poznati slučajevi primene DHT mreže su BitTorrent (u nekim verzijama) i eDonkey.

Kod nestrukturiranih ne postoji algoritam koji određuje strukturu overlay mreže. Za pronalaženje sadržaja obično se koristi lavinsko usmeravanje (flooding) poruke zahteva za nekim sadržajem kroz prekrivačku mrežu.

Alternativa lavinskom je slučajno usmeravanje zahteva kroz prekrivačku mrežu.

Razlikuju se tri tipa nestrukturiranih mreža.

- potpune P2P mreže kod kojih su svi učesnici potpuno ravnopravni i ne postoje čvorovi infrastrukture. Primer je Gnutella mreža.
- hibridne decentralizovane P2P mreže, kod kojih postoji centralni kataloški server, koji održava listu članova mreže i datoteka koje su kod njih dostupne. Primer je Napster, koji je bio jedna od prvih P2P mreža i koji je ukinut zbog distribucije zaštićenih sadržaja.
- delimično centralizovane P2P mreže, kod kojih postoje čvorovi infrastrukture – superčvorovi, kojima se dinamički dodeljuje uloga da opslužuju određeni deo mreže tako što indeksiraju i keširaju datoteke u tom delu mreže. Primer je Kazaa.

- Razlika između strukturiranih i nestrukturiranih je pored ostalog i u tome što su nestrukturirani pogodni za pronalaženje pouzdanog (široko repliciranog sadržaja) dok su strukturirani pogodni za pronalaženje bilo kakvog sadržaja, bez obzira koliko redak on bio.

- Razlika između sistema za distribuciju podataka kao što je BitTorrent i sistema za deljenje datoteka, kao što je eDonkey, je što BitTorrent ne uključuje mogućnost pretrage sadržaja – korisnici do same torrent datoteke dolaze spoljnim putem.

Distribucija sadržaja

- BitTorrent koristi takozvani swarming protokol za distribuciju sadržaja.
- Sadržaj se deli na niz blokova, i svaki blok se zasebno šalje svim čvorovima u roju (swarm).
- Roj je skup korisnika koji dele jedan torrent.
- Seed je čvor koji poseduje ceo sadržaj.

- Učesnik roja je peer. Peer koji skupi sve blokove takođe postaje seed.
- Leech je obično peer koji još nije seed, ali može biti i peer koji malo doprinosi roju (loš share ratio – veliki download a mali upload).
- Tracker je čvor koji vodi o evidenciju o članovima roja. Kada se novi učesnik uključuje, od njega dobija adrese drugih učesnika u roju.

- Po isteku svakog swarming intervala, susedi u prekirvačkoj mreži šalju jedan drugom podatke o tome koje blokove poseduju.
- Svaki čvor analizira informacije koje je dobio od suseda i zatim zahteva nedostajuće blokove od suseda koji ih poseduju.
- Da bi mreža funkcionisala, blokovi moraju biti ravnomerno raspoređeni među učesnicima – da bi se omogućilo da računari mogu da pronađu nedostajuće blokove kod suseda i da blokovi ostanu dostupni kada pojedini računari napuste mrežu.

Bitna funkcija P2P mreže je replikacija sadržaja, koja se radi zbog povećanja dostupnosti sadržaja i performansi mreže.

Replikacija može biti:

- pasivna (koja se prirodno relizuje kako članovi prebacuju datoteke kod sebe),
- zasnovana na keš mehanizmu (kod mreža kod kojih se datoteke kada su pronađene prebacuju preko posrednika, posrednici čuvaju kopije), i
- aktivna replikacija.

Napadi na P2P mreže

Članstvo u P2P mreži je otvoreno ili labavo kontrolisano, što omogućuje takozvani Sybil attack.

U tom napadu napadač formira veliki broj različitih identiteta pod njegovom kontrolom u P2P mreži.

Jednom kada je veliki broj članova pod njegovom kontrolom, napadač može da zaobiđe brojne mehanizme zaštite koji se oslanjaju na replikaciju ili glasanje (voting).

Primer Sybil napada

Na primer napadač može da ubaci veliki broj članova koji se svi vežu za istu vrednost ključa i kada neki korisnik zahteva sadržaj sa tom vrednošću ključa, svi članovi pod kontrolom napdača će odgovoriti da sadržaj ne postoji – na taj način napadač je sprečio distribuciju određenog sadržaja.

Napadi na P2P mreže II

Free riding je zlonamerno korišćenje P2P mreže u smislu da pojedini korisnici koriste mrežu za svoje potrebe ali ne doprinose radu mreže, na primer kroz deljenje svojih resursa.

BitTorrent koristi tehniku da svaki korisnik koji želi da „skine“ neku datoteku od drugog korisnika, mora da omogući drugom korisniku da skine neki drugi deo datoteke od njega, ili rizikuje da drugi korisnik prekine vezu.

P2P TV

- Koriste se kao jeftino i efikasno rešenje za prenos multimedijalnog toka preko Interneta u realnom vremenu
- Izvor video sadržaja deli video tok u segmente (chunks), koji se dalje razmenjuju između čvorova i tako se distribuiraju učesnicima
- Dva nivoa se mogu identifikovati: prekrivački i IP nivo

NAPA-WINE

- P2P-HQTV (P2P for High Quality TV live streaming over the Internet)
- Za uspešno funkcionisanje ovakve mreže bitno je da postoji što bolja saradnja između IP nivoa koji prenosi pakete sa sadržajem i prekrivačkog nivoa (overlay), na kom postoji P2P topologija
- Topologija prekrivačke mreže je generic mesh
- Segmenti video sadržaja razmenjuju se korišćenjem swarming-like pristupa
- Ref: Architecture of a Network-Aware P2P TV Application: The NAPA-WINE Approach, Robert Birke et al., IEEE Communications Magazine, June 2011, Vol. 49, No. 6

Podsistem za nadzor

- Važan element P2P-HQTV arhitekture
- Preko njega aplikacija stalno dobija ažurne informacije o stanju mreže i ocene performanse toka od strane krajnjih korisnika
- Ova informacija se može koristiti za rekonfiguraciju prekrivačke mreže i mehanizma distribucije video segmenata
- Zato je važno da postoji način da IP nivo obavesti prekrivački nivo o bitnim događajima

Moduli NAPA-WINE arhitekture

- Korisnički modul
 - Modul za planiranje
 - Prekrivački modul
 - Modul za nadzor
-
- Sloj baze podataka
 - Sloj komunikacije porukama

Korisnički modul

- User module
- Sadrži:
 - GUI
 - biblioteke za kodiranje/dekodiranje video sadržaja
 - Podršku za nadzor kvaliteta videa, koja prati QoE od strane krajnjeg korisnika

Modul za planiranje

- Scheduler module
- Planira slanje i prijem segmenata video sadržaja, kako prema drugim učesnicima u P2P mreži, tako i prema lokalnim modulima
- Određuje šta (koji video segmenti) i kome (kojim učesnicima koji pripadaju skupu suseda) će biti ponuđeno/trажeno

Prekrivački modul

- Overlay module
- Ovaj modul vrši izbor „susedstva“ – skupa učesnika P2P mreže sa kojima lokalni čvor razmenjuje informacije
- Otkrivanje novih učesnika i uspostavljanje veze sa njima su takođe funkcije ovog modula

Modul za nadzor

- Monitoring module
- Nadziera kvalitet veza sa drugim učesnicima u P2P mreži:
 - mrežna udaljenost,
 - dostupni propusni opseg,
 - prisustnost NAT (Net. Addr. Translation) uređaja na putanji do učesnika
 - Kašnjenje između učesnika (RTT, delay jitter)
 - Verovatnoća gubitaka (loss probability)
- Ima dva režima rada:
 - pasivni (analizom poruka između dva učesnika)
 - aktivni (slanjem namenskih poruka za potrebe merenja kvaliteta veze).
Na primer, procena statusa veze sa kraja-na-kraj sa udaljenim učesnikom sa kojim se u tom trenutku ne razmenjuju video segmenti.

Sloj baze podataka

- Repositories and repository controller
- Baze podataka u kojima se čuvaju podaci o učesnicima – dostupne svim učesnicima
- Podaci iz modula za nadzor se smeštaju u ove baze
- Upravljački modul (rep. Controller) upravlja sadržajem baze i unosom i objavljivanjem podataka – realizuje skup API-ja za upis i čitanje podataka iz baze

Sloj komunikacije porukama

- Messaging layer
- Obezbeđuje API za slanje i prijem podataka u vidu poruka, koji koriste ostali moduli
- Dalja apstrakcija onih usluga koje već nude SAP tačke u TCP/IP protokol steku koji se koristi
- Takođe obezbeđuje funkcije za prolaz kroz NAT, pošto NAT može da spreči uspostavljanje veze sa nekim učesnicima u P2P mreži

Konstrukcija i održavanje skupa suseda

- Building and maintaining neighbourhoods
- Prekrivačka mreža u P2P sistemu je rezultat distribuiranog algoritma za konstrukciju i održavanje skupa suseda kod svakog učesnika
- Dve faze:
 - Inicijalizacija skupa suseda (bootstrapping). Realizuje se na osnovu podataka iz baza podataka (repositories)
 - Održavanje skupa suseda (overlay maintenance).

Održavanje skupa suseda

- Overlay maintenance
- Realizuje se na osnovu podataka iz baza podataka i na osnovu podataka dobijenih od drugih učesnika (gossiping mechanism).
- Kod dodavanja novih učesnika koristi se:
 - optimizacija (dodaju se najstabilniji učesnici i oni sa najviše resursa)
 - slučajni pristup (randomization) da bi se sprečile krhke (fragile) topologije gde postoje grupe učesnika koje su vrlo slabo povezane sa ostatkom P2P mreže.

Planiranje prenosa video segmenata

- Scheduling chunks and peers
- Osnovni cilj je da se multimedijalni tok primi na vreme i ravnomerno (smoothly)
- Učesnici razmenjuju informaciju o svom statusu da bi se omogućilo planiranje
- Informacija koja se razmenjuje predstavlja mape koje u odnosu na tokove u kojima učesnik učestvuje, pokazuje koje segmente učesnik poseduje a koji mu nedostaju

Pushing and Pulling Information

- Algoritam može da se oslanja na Push ili Pull operaciju
- Push – učesnik koji poseduje video segment odlučuje da ga pošalje nekom drugom učesniku
- Pull – učesnik kome je potreban neki video segment ga zahteva od drugog učesnika
- Teoretski, push mehanizam je efikasniji.
- Implementacije međutim se često zasnivaju na pull mehanizmu jer garantuje da neće doći do konflikta kod prijemnika