

P4P za unapređivanje efikasnosti i performansi P2P sistema

D. Danilović, V. Radojičić, N. Gospić

Sadržaj — P2P (Peer to Peer) postavlja nove izazove za postizanje efikasnijeg i pravičnijeg korišćenja mrežnih resursa. Bez mogućnosti eksplicitne komunikacije sa provajderima mreže, P2P aplikacije uglavnom zavise od neefikasnog mrežnog zaključivanja i nenadgledanog izbora *peer*-ova. Ovo dalje vodi ka potencijalnoj neefikasnosti, kako za P2P aplikacije tako i za provajdere mreža. U radu je predstavljena unapređena arhitektura, pod nazivom P4P, koja omogućava efikasniju zajedničku kontrolu P2P saobraćaja između aplikacija i provajdera mreža a time i smanjenje operativnih troškova mreže uz istovremeno povećanje performansi P2P sistema.

Ključne reči — Efikasnost, mrežna arhitektura, P2P, P4P

I. UVOD

Osnovni problem u mrežnim arhitekturama je sa kojom efikasnošću mrežne aplikacije koriste mrežne resurse koji su u vlasništvu provajdera mreže. Ovaj problem je veoma važan jer može imati značajnog uticaja na performanse aplikacija, efikasnost i ekonomiju poslovanja provajdera mreže kao i celokupnu kompleksnost sistema.

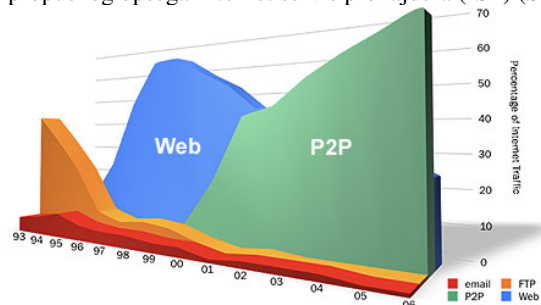
U svom najizvornijem obliku, P2P označava mrežu ravnopravnih računara, ukazujući time na razliku u odnosu na klijent-server model koji je dominirao mrežama pre pojave Interneta, a dominira i strukturom samog Interneta danas. U P2P mrežama svaki čvor ima dvostruku ulogu, ponašajući se i kao klijent i kao server u isto vreme.

Osnovni problem vezan za P2P protokol je u tome što on ne vodi računa o lokaciji izvora podataka prilikom preuzimanja fajla sa mreže, što dovodi do toga da paketi podataka dolaze sa svih strana sveta, prolazeći kroz desetine skupih rutera i hiljade kilometara podvodnih kablova, čime povećavaju troškove provajdera i nepotrebno angažuju mrežnu infrastrukturu. Ovakva sloboda u izboru izvora podataka fundamentalno menja problem tradicionalne kontrole saobraćaja koju je isključivo sprovodio provajder mreže i koji je obično rešavan u kontekstu date matrice saobraćajnih zahteva sa potpunim poznavanjem stanja mreže [1].

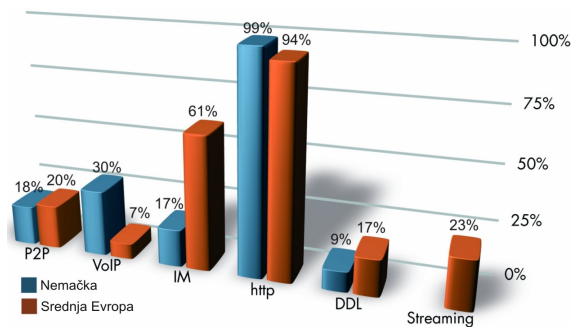
P4P tehnologija pomaže da oni koji razmenjuju fajlove biraju jedni druge na načine kojima doprinose efikasnijem funkcionisanju mreže. Eksperimenti su pokazali da P4P sistemi održavaju ili unapređuju nivo performansi izvornih P2P aplikacija, dok u isto vreme značajno smanjuju troškove provajdera mreža kroz efikasnije korišćenje resursa mreže.

II. POTREBE ZA UNAPREĐENJEM P2P SISTEMA

Studije [2] pokazuju da P2P troši značajan deo ukupnog propusnog opsega Internet servis provajdera (ISP) (Sl.1).



Sl. 1. Trend rasta P2P saobraćaja [2]



Sl. 2. Relativni broj korisnika po aplikaciji u odnosu na ukupan broj korisnika na Internetu [2]

Sa Sl.2. se vidi da oko 20% korisnika na Internetu koristi P2P aplikacije. Ovaj relativno mali broj korisnika generiše do 70% ukupnog saobraćaja na Internetu. Ovako veliki nivo P2P saobraćaja povećava iskorišćenje mreže provajdera, koje može dovesti do degradacije performansi za ostale aplikacije. S druge strane, 99% tradicionalnih (*http*) Internet korisnika generiše samo 23% ukupnog saobraćaja.

Postojeći Internet nema protokol koji omogućava eksplicitno komuniciranje između aplikacija i ISP. Aplikacija samo određuje destinaciju za tekući saobraćaj dok mreža kontroliše izabrane rute kao i brzine prenosa na tim rutama. Međutim, sve veći rast P2P saobraćaja predstavlja značajne izazove u efikasnoj kontroli saobraćaja imajući na umu da ni mreža ni P2P sistem nemaju kompletnu kontrolu nad efikasnošću sistema. Zbog toga, da bi unapredili efikasnost, P2P aplikacije će morati da se oslone na tzv. reverzni inženjering kako bi došli do informacija kao što su topologija mreže, stanja i pravila upravljanja tokovima u mreži. Ovo predstavlja prilično

veliki izazov uprkos značajnom napretku mernih tehnika u mrežama.

Nove tehnologije, kao što je MPLS (*MultiProtocol Label Switching*) otežavaju sam proces zaključivanja o mrežnoj topologiji. Procena raspoloživog propusnog opsega i verovatnoće gubitka okvira je otežana za krajnje hostove (*end-host subscribers*) jer je mogućnost njihove procene ometena uskim grlom tzv. "poslednje milje". Krajnji hostovi teško mogu da identifikuju koji link je nedovoljno iskorišćen a koji preopterećen [3].

Dinamična šema distribucije P2P saobraćaja uzrokuje:

- raspršenost saobraćaja i mnogo veće opterećenje nekih linkova okosnice (*backbone* linkova);
- povećanje tranzitnog saobraćaja za ISP drugog reda koji plaćaju usluge Interneta. Čak i za ISP prvog reda povećanje saobraćaja između istih može dovesti do debalansa i potencijalnog kršenja *peering* ugovora;
- velike probleme provajderima mreže koji ulažu dosta vremena u cilju prognoziranja saobraćaja i određivanja pravog načina rutiranja;
- smanjenje performansi WEB saobraćaja čime provajderi gube korisnike.

P2P sistemi su jedan od razloga zašto korisnici biraju provajdere koji omogućavaju velike brzine prenosa. Međutim zbog degradacije performansi mreže može se dogoditi da korisnici napuštaju svoje provajdere i prelaze kod drugih. Zbog toga, da bi garantovali dobre performanse za WEB saobraćaj i za aplikacije u realnom vremenu, provajderi širom sveta su počeli sa implementacijom različitih metoda detekcije P2P saobraćaja, kao i ograničavanjem istog. S jedne strane pokušava se sa instaliranjem P2P "keš" uređaja, koji će između ostalog ograničavati protok P2P aplikacijama [4]. Ipak, keširanje sadržaja može voditi pitanju odgovornosti za legalnosti istih. Zatim, moguće je korišćenje DPI (*Deep Packet Inspection*) uređaja u cilju ograničenja P2P saobraćaja [5]. Ovi uređaju vrše duboku inspekciju paketa i na osnovu te analize detektuje se aplikacija koja je vlasnik paketa. S druge strane, provajderi su pokušali i sa unapređenjem infrastrukture i uvođenjem P2P usluge koja se plaća pa čak i sa potpunim onemogućavanjem P2P saobraćaja.

Nasuprot tome, kao odgovor na ovakvu nepopularnu politiku ISP, proizvođači P2P programa su preduzeli odgovarajuće mere:

- omogućili su aplikacije koje dozvoljavaju enkripciju i dinamične portove kako bi se izbegla identifikacija od strane provajdera mreže;
- nekoliko P2P sistema su počeli sa istraživanjem tehnika samo-adapacije, kao što je razmatranje lokalnog izbora *peer*-ova u cilju postizanja efikasnije kontrole saobraćaja [1] (npr. u okviru istog autonomnog sistema, najmanje kašnjenje itd.) Mada ovakve tehnike imaju potencijal da unaprede i mrežnu efikasnost i performanse aplikacija, postoje fundamentalna ograničenja u tome šta P2P može postići sam.

Sa visokim nivoom P2P saobraćaja problem kontrole saobraćaja mora se sprovoditi zajedničkim snagama ISP i proizvođača P2P aplikacija.

Međutim, ako bi krajnji P2P korisnici trebalo da učestvuju u optimizaciji mrežnih resursa, onda im mreže moraju omogućiti komunikacioni kanal u cilju zajedničke kontrole saobraćaja i pristup svojim statusnim informacijama o topologiji i mrežnoj politici. Omogućavanje takvog komunikacionog kanala postiže se uvođenjem P4P, čime se postiže proaktivno učešće mrežnih provajdera u P2P-u.

III. P4P ARHITEKTURA

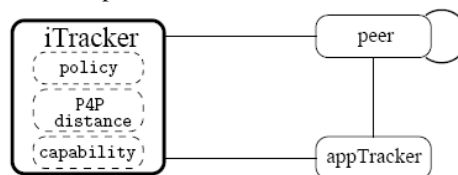
Osnovni zahtevi koje treba da ispuni arhitektura P4P sistema su:

- bolje performanse P2P sistema,
- efikasnije korišćenje mrežnih resursa,
- skalabilnost i zaštita privatnosti,
- otvoren standard,
- fleksibilnost za veliki broj različitih P2P aplikacija,
- doprinos provajdera u cilju dostizanja većih brzina P2P sistema.

P4P protokol se zasniva na ideji da P2P program poznaje topologiju mreže i da za izvore podataka bira one koji su mu najbliži i sa kojima je najekonomičnije ostvariti vezu, čime se minimiziraju troškovi prenosa podataka.

Osnovni elementi P4P sistema su kontrolni segment, upravljački segment za nadgledanje dešavanja na kontrolnom segmentu i komponente segmenta podataka koji uključuje funkcije za diferencijaciju i prioritizaciju aplikacionog saobraćaja [5].

Najvažniji deo P4P sistema je kontrolni segment. Na ovom segmentu P4P uvodi *iTracker* servere kako bi omogućio portal za komunikaciju P2P sistema i ISP. *iTracker* u P4P sistemu omogućava podeljene odgovornosti za kontrolu, između P2P i provajdera. Takođe čini da P4P sistem bude inkrementalno implementiran i proširiv.



Sl. 3. *iTracker* interfejsi

Na Sl.3 su predstavljeni entiteti u P4P sistemu:

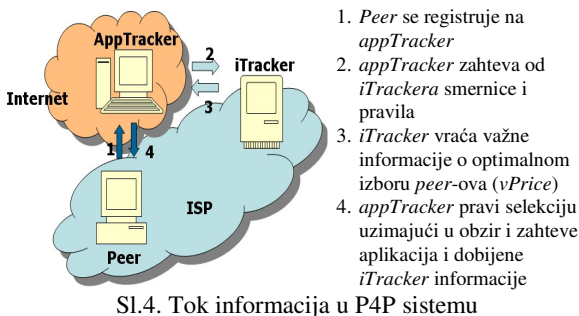
- *iTracker*-i, u vlasništvu individualnih provajdera,
- *appTracker*-i, vlasništvo proizvođača P2P aplikacija i
- P2P klijenti (*peer*-ovi).

iTracker je server koji koristi informacije o topologiji mreže kako bi, između ostalog, analizirao saobraćaj na linkovima i dao sugestije klijentima u izboru efikasnijih linkova ka *peer*-ovima. Svaki provajder bi trebalo da omogući *iTracker* servere u svojoj mreži. *iTracker* je portal za tri vrste informacija u vezi sa mrežnim provajderom putem interfejsa:

- *policy* interfejs - smernice i pravila;

- *distance* interfejs - mrežni status, topologija, virtualne cene (*vPrice*);
 - *capability* interfejs –mogućnosti koje mreža nudi.
- appTracker** radi na serveru proizvođača P2P aplikacije. On prima informacije od svih klijenata i daje im listu čvorova na kojima se nalaze željene informacije.

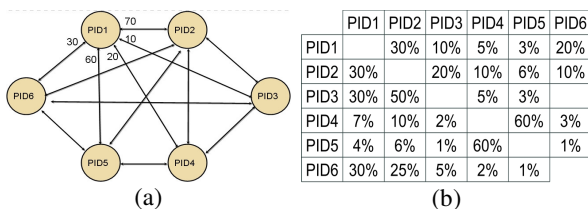
Jezgro arhitekture je **P4P distance interfejs** putem koga komuniciraju provajder i aplikacija na nivou virtualnih cena i troškova. Kraće se ovaj interfejs označava kao **p-distance** interfejs. Primer korišćenja *distance* interfejsa dat je na Sl. 4.



Sl.4. Tok informacija u P4P sistemu

Što je virtualna cena nekog linka veća, veći je "trošak" koji aplikacija uzrokuje provajderu mreže ako koristi taj link [6]. Drugim rečima, *p-distance* reflektuje mrežni status i preferenciju ISP-a u vezi sa nivoom P2P saobraćaja na svojim linkovima. Može se koristiti da obuhvati veliki broj mrežnih metrika, kao što su: iskorišćenje *backbone* linka u vršnom satu, nivo zagušenja, prioritete *interdomain* linkove itd.

P4P *distance* interfejs omogućava saznanje o priključnim tačkama (*PoP-Point of Presence*) na kojima se nalaze *peer*-ovi koje razmenjuju P2P sadržaj kao i saznanje o virtualnim cenama između njih. Kako bi se očuvala privatnost ISP i korisnika, interfejs dodeljuje jedinstvene identifikacione PID (*Identification number*) brojeve svakom *PoP*-u¹. Zatim, za dati par čvorova *i* i *j*, *iTracker* ustanovljava *p-distance* p_{ij} , od PID-*i* do PID-*j* (Sl.5a).



Sl. 5a. Virtualne cene između čvorova; 5b. Konvertovanje virtualnih cena u težinsku matricu [6]

Aplikacija podešava nivo saobraćaja (u skladu sa težinskom matricom) tako što manje opterećuje "skuplje" linkove (Sl.5b).

¹ PID se može dodeliti grupi korisnika koji imaju određeni status na mreži. U radu je zbog jednostavnosti uzet primer da je ta grupa na priključnoj tački *PoP*.

P-distance se mogu izračunati korišćenjem metode optimalne dekompozicije sa dve promenljive (*shadow price*). Ova metoda je bliže opisana u radu.

IV. POSTUPAK OPTIMIZACIJE

iTracker kreira virtualnu topologiju $G_k=(V_k,E_k)$ za P2P sesiju *k*, gde je *V* grupa čvorova kojima se dodeljuje PID a *E* grupa linkova između tih čvorova. *iTracker* proračunava u_i^k i d_i^k , ukupne *upload* i *download* kapacitete *peer*-ova na PID-*i* ka čvorovima u ostalim PID-ovim. t_{ij}^k je nivo saobraćaja od PID-*i* ka PID-*j* u *k*-toj sesiji. Zatim, *iTracker* prikuplja mrežne statusne informacije uključujući:

1. b_e , pozadinski saobraćaj na linku *e* (saobraćaj koji nije kontrolisan od strane P4P)
2. c_e , kapacitet linka *e*
3. $I_e(i, j)$, ukazuje na link *e* koji se nalazi na ruti kojim se rutira saobraćaj između PID-*i* i PID-*j* u topologiji *G*, $I_e(i, j) = 1$ ako je *e* na ruti između *i* ka *j*.

iTracker rešava optimizacioni problem: **minimizacija maksimalnog korišćenja linka (min MLU) uz maksimizaciju ukupnog protoka za svaku P2P sesiju**[2]:

$$\min_{\forall k: t^k \in T^k} \max_{e \in E} (b_e + \sum_k \sum_{i \neq j} t_{ij}^k I_e(i, j)) / c_e \quad (1)$$

$$s.t. \quad \forall k, \max_i \sum_{j \neq i} t_{ij}^k \quad (2)$$

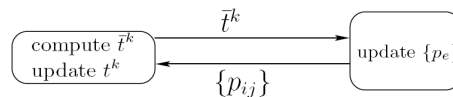
$$s.t. \quad \forall \text{PID } i, \sum_{j \neq i} t_{ij}^k \leq u_i^k, \quad (3)$$

$$\forall \text{PID } i, \sum_{j \neq i} t_{ji}^k \leq d_i^k, \quad (4)$$

$$\forall i \neq j, t_{ij}^k \geq 0 \quad (5)$$

Metodom optimalne dekompozicije sa dve promenljive, uz uslove (2)-(4) i $\sum_i \sum_{j \neq i} t_{ij}^k \geq T_k^{opt}$, treba minimizirati [3]:

$$\min \sum_i \sum_{j \neq i} p_{ij} t_{ij}^k \quad (6)$$



Sl.6 Interakcija između *iTracker*-a i aplikacije [2]

Intrakcija između *iTracker*-a i aplikacije, (Sl.6), se odvija na sledeći način:

- Provajder proračunava $\{p_e(t)\}$, čime ukazuje na status i politiku mreže;
- Aplikaciona sesija *k* dobija $\{p_{ij} \mid p_{ij} = \sum_e p_e I_e(i, j)\}$ od *iTracker*-a i lokalno proračunava t_k kako bi optimizovala $\sum_{ij} p_{ij} t_{ij}^k$;
- *iTracker* povratnom petljom dobija t_k i podešava p_e super-gradijent metodom [2], sve dok se ne dostigne optimalno rešenje.

Nakon toga *iTracker* daje sugestije za izbor *peer*-ova što predstavlja skup normalizovanih težina $w_{ij}^k = t_{ij}^k / \sum_j t_{ij}^k$.

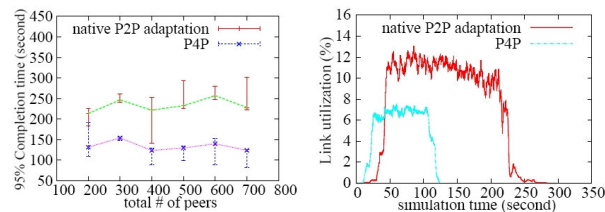
Onda, kada klijent iz PID-*i* bira *peer*-ove iz drugih PID-

ova, izabraće *peer* u PID-j sa verovatnoćom w_{ij}^k . Jednostavna strategija izbora *peer*-ova može biti i proračunavanje verovatnoće izbora *peer*-a a koja je opadajuća funkcija distance p_{ij} (Sl.5b). P2P aplikacija zatim rangira *p-distance* na principu: manja distanca, veći rang.

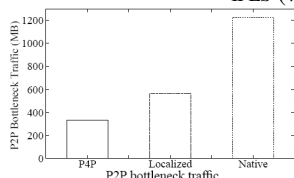
V. MERENJE PERFORMANSI UNAPREĐENOG P2P

Prilikom provere unapređenih performansi P2P sistema potrebno je posmatrati sledeće karakteristike:

- Vreme završetka sesije (*Completion Time*) – Definiše vreme potrebno da i poslednji *peer* u grupi preuzme fajl sa mreže;
- Prosečan broj *backbone* linkova koju jedinica P2P saobraćaja pređe u mreži provajdera (*P2P bandwidth-distance product, BDP*);
- Nivo P2P saobraćaja na linku u mreži koji je najviše iskorišćen.



(a) Vreme kompletiranja (b) Iskorišćenje linka ATLA-IPLS (700 peer)



(c) P2P bottleneck saobraćaj

Sl. 7. Rezultati integracije P4P [6]

Korišćenjem ovih merenja dobijaju se rezultati iz realnih mreža koji su prikazani na Sl. 7a. i Sl. 7b [3] [6]. Ovi rezultati ukazuju da P4P omogućava za oko 45% bolje vreme kompletiranja fajla i smanjenje iskorišćenosti *backbone* linka za otprilike 50%. Ono što je važnije, P4P redukuje saobraćaj na *bottleneck* linku za 3 puta (Sl. 7c).

U Tabeli 1., su upoređene vrednosti ostvarenog izvornog P2P i P4P saobraćaja. Pokazuje se da P4P smanjuje iskorišćenost propusnog opsega na *interdomain* linkovima.

TABELA 1: ODNOS OSTVARENOG IZVORNOG P2P I P4P SAOBRAĆAJA

	Izvorni P2P	P4P	Odnos (Izvorni:P4P)
Spoljni↔ Spoljni	1.631.202.356,111	1.649.733.748,383	0.99
Spoljni→ISP	80.122.658,973	52.324.572,291	1.53
ISP→ Spoljni	24.585.624,462	14.438.221,829	1.70
ISP↔ ISP	1.747.896,203	11.816.340,071	0.15
Ukupno	1.737.658.535,749	1.728.312.882,574	1.01

Konkretno, nivo *interdomain* saobraćaja ka i od izvornog P2P sistema je za 53% i 70% viši nego isti u P4P sistemu, respektivno. Takođe, u P4P sistemu gustina saobraćaja unutar same mreže je više od 5 puta veća (1:

0.15) jer *peer*-ovi više preuzimaju podatke od svojih *intradomain peer*-ova.

P4P efikasno smanjuje i količinu saobraćaja među-gradskih područja unutar iste mreže (Tabela 2.). Konkretno, u običnom P2P sistemu količina ostvarenog lokalnog saobraćaja je samo 6. 27% ukupnog saobraćaja u mreži, dok sa P4P ova vrednost iznosi 57. 98%.

TABELA 2: STATISTIKA INTERNOG SAOBRAĆAJA [3]

	Ukupan saobraćaj	Medugradski	Lokalni	% Lokalizacije
Izvorni	1.747.896.203	1.638.304.110	109.592.093	6.27%
P4P	11.816.340.071	4.965.808.460	6.850.531.611	57.98%
Odnos (Izvorni:P4P)	0.15	0.32	0.02	0.11

Jedinica BDP je dobar pokazatelj koliko daleko P2P klijenti idu u preuzimanju blokova podataka od svojih suseda. P4P sistem je rezultirao u 5 puta manjoj jedinici BDP (5.5:0.89), čime se jasno pokazuje prednost P4P sistema koji na ovaj način višestruko smanjuje opterećenje nekih *backbone* linkova.

VI. ZAKLJUČAK

Prikazani rezultati testova ukazuju da P4P unapređuje ili održava isti nivo performansi izvornih P2P aplikacija dok u isto vreme omogućava efikasnije korišćenje mrežnih resursa čime značajno smanjuje troškove privajdera mreže. Na ovom problemu nastavljaju se intenzivna istraživanja. Veoma je važno izvršiti analizu koje informacije treba da budu dostupne na portalu i identifikovati tehnike i algoritme koje bi omogućili efikasniju kontrolu saobraćaja.

LITERATURA

- [1] V. Aggarwal, A. Feldmann, and C. Scheideler. Can ISPS and P2P users cooperate for improved performance? In *Proc. of ACM SIGCOMM*, Volume 37 (Issue 3), pp 29 – 40, 2007.
- [2] Internet Study 2007, ipoque GmbH, Germany 2007. Available: <http://www.ipoque.com/resources/internet-studies/internet-study-2007/>.
- [3] H. Xie., A. Krishnamurthy, A. Silberschatz, R. Yang. P4P, Provider Portal for Applications. In *Proc. of ACM SIGCOMM*, Volume 38 (Issue 4), pp 351-362, 2008.
- [4] K. Gummadi, R. Dunn, S. Saroiu, S. Gribble, H. Levy, and J. Zahorjan. Measurement, modeling, and analysis of a peer-to-peer file-sharing workload. In *Proc. of ACM SIGOPS*, volume 37 (Issue 5), pp 314 – 329, 2003.
- [5] Network-based application recognition (NBAR). Cisco, 2008. Available:http://www.cisco.com/en/US/products/ps6616/prod_case_studies_list.html
- [6] H. Xie. P4P: Proactive Provider Assistance for P2P. Yale University, 2008. Available: http://codex.cs.yale.edu/avi/home-page/p4p-dir/talks/P4P_NYP2Pmeetup ppt

ABSTRACT

P2P is posing significant new challenges to achieving efficient and fair utilization of network resources. In this paper P4P architecture that allow more effective cooperative traffic control, lower network operational cost and higher performance of P2P systems is presented.

IMPROVEMENT OF EFFICIENCY AND PERFORMANCE OF P2P SYSTEM USING P4P

D. Danilović, V. Radojičić, N. Gospić