Tranzijentna analiza prometa na univerzitetskoj GRID mreži u BiH

Adnan Huremović, Mesud Hadžialić, Edina Ademović, Mirela Softić

***Sadržaj* — Projektovanje GRID mreže na nivou BiH zahtijeva ispravno matematsko modeliranje saobraćajnih tokova koji bi opterećavali resurse mreže. Uzevši u obzir planirano opterećenje aplikacijama koje generiše svaki od subjekata (univerziteta), napravljen je matematski model generisanih tokova u mreži. Dobijene su orjentacione vrijednosti koje se mogu uzeti kao referentne pri projektovanju infrastrukture za GRID**

***Ključne riječi* — GRID, MMPP, QoS.**

I. Uvod

UNIVERZITETSKA mreža u BiH je projekat čija je realizacija izvjesna u skorom periodu. Da bi se optimalno predvidjeli potrebni resursi, neophodno je prije implementacije izgraditi model koji će što vjernije opisati potrebe svih subjekata u planiranoj topologiji.

U ovom radu dat ćemo jednostavan model pogodan za procjenu zahtjeva za resursima. Model je temeljen na procjenama generisanog saobraćaja univerziteta u BiH, te matematskim modelima saobraćajnih tokova. Kao matematski modeli korišteni su Poissonovi procesi modulisani Markovljevim lancima (MMPP)

II. GRID Akademska mreža u BiH

Razvoj akademske mreže u BiH je proces koji traje već nekoliko godina i koji još nije završen. Evidentan je problem nedostatka integrisane backbone infrastrukture za podršku, te nedostatak kritične mase razvijenih servisa kao što su integrisane e-biblioteke sadržaja, videokonferencijski projekti učenja na daljinu, ili multiprocesorske simulacije na nivou jednog ili čak više univerziteta u BiH. Pitanja konačne implementacije, kao i probleme projektovanja potrebne infrastrukture, te način integrisanja mreže (ili već kreiranih fragmenata) u jedinstven evropski akademski prostor – GEANT (pan-European research and education network), moguće je riješiti (ili baFr postaviti na ispravan način) realnom predikcijom generisanih saobraćajnih tokova u akademskoj mreži.

III. Aplikacije univerziteta u budućoj GRID arhitekturi

Sa aspekta QoS parametara, aplikacije koje će se koristiti u Univerzitetskoj mreži Bosne i Hercegovine, moguće je klasificirati u sljedeće dvije klase:

1. best-effort aplikacije, bez velikih ograničenja za kašnjenje i varijaciju kašnjenja. U ovu klasu spadaju e-mail, web pristup, digitalne biblioteke,
2. aplikacije sa varijabilnim intenzitetom saobraćaja, kao što su video konferencija, VoIP i virtuelna laboratorija.

Na području BiH postoji ukupno 99 fakulteta, koji su ogranizovani u osam univerziteta (Sarajevo, Istočno Sarajevo, Tuzla, Banja Luka, Bihać, Zenica i dva centra u Mostaru). Svakom univerzitetu je pridružena po jedna univerzitetska biblioteka, a struktura članica Univerzitetske mreže je sljedeća: 30,3% fakulteta prirodnih nauka, 22,2% fakulteta tehničkih nauka 39,4% fakulteta društvenih nauka te 8,1% akademija umjetnosti.

Kao model izvora saobraćaja posmatran je Univerzitet u Sarajevu. Uz činjenicu da u okviru Univerziteta u Sarajevu ukupno ima 23 fakulteta, sa pretpostavkom da fakulteti sa širim studentskim i aplikacijskim potencijalom imaju po 300 aktivnih korisnika, a ostali fakulteti po 100 korisnika dobija se ukupno 3000 aktivnih korisnika. Pretpostavka je da svi aktivni korisnici koriste osnovne mrežne aplikacije, web pristup i e-mail, te digitalnu biblioteku i VoIP. Aplikacija video konferencije će se koristiti na po jednom terminalu na svakom fakultetu u okviru Univerziteta u Sarajevu, a aplikacija virtuelne laboratorije bi se koristila na terminalima koji bi bili na svim fakultetima prirodnih i tehničkih nauka.

Na osnovu gore napravljenih procjena, u Tabeli 1 prikazana je struktura ukupnog toka u slučaju maksimalnog opterećenja jednog izvora (univerziteta):

Adnan Huremović, BH Telecom Sarajevo, Obala Kulina bana 8, Sarajevo, Bosna i Hercegovina (telefon: 00387 61812861; faks: 387 33215704; e-mail: adnan.huremovic@bhtelecom.ba).

Mesud Hadžialić, Elektrotehnički fakultet u Sarajevu, Zmaja od Bosne bb, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina; (e-mail: mesud.hadzialic@etf.unsa.ba).

Edina Ademović, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Zmaja od Bosne bb, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina; (e-mail: edina.ademovic@bhtelecom.ba)

Mirela Softić, Elektroprivreda BiH, Vilsonovo šetalište 15, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina; (e-mail: msoftic@elektroprivreda.ba)

TABELA 1: STRUKTURA OPTEREĆENJA U UNIV. MREŽI.

Servisi	Broj istovremenih korisnika	Kapacitet	Precentualno učešće
e-mail	200	12,8 Mbps	17,30%
WWW	200	12,8 Mbps	17,30%
VoIP	200	16 Mbps	21,70%
Interaktivni video, virtuelna laboratorija, i kontrola instrumenata	4	6 Mbps	8%
Interaktivni pristup dokumentima	50	25 Mbps	33,70%
Zahtjevne simulacije, matematski modeli i sl.	3	1,5 Mbps	2%
Ukupan kapacitet	657	74,1 Mbps	100%

IV. MATEMATSKI MODEL

Aplikacije u mreži tretiramo kao izrazito vremenski varijabilne (VoIP, video i zahtjevne simulacije), te ostale best-effort aplikacije temeljene uglavnom na TCP/IP protokolu (WWW, e-mail, digitalne biblioteke). Izvore saobraćaja kao što su video sekvence ili glas karakteriše velika sporadičnost sa naglim promjenama intenziteta generisanih paketa iz kodera. Ovakav izlazni uzorak odlikuje se visokim stepenom korelacije, tako da u općem slučaju nije pogodno opisivati samo Poissonovim dolaznim procesom. Opredijelili smo se za modeliranje pomoću Poissonovog procesa moduliranog Markovljevim lancem (MMPP). MMPP ima jače izraženu korelaciju, a do određenog stepena nije prekompleksan za analitičko razmatranje kao što je to slučaj sa drugim dugoročno zavisnim modelima kao što su samoslični procesi.

MMPP predstavlja Poissonov proces dolazaka čiji intenzitet nije konstantan, već se mijenja u skladu sa Markovljevim lancem sa *k* stanja, a koji je nezavisan od dolaznog procesa. Za opći slučaj MMPP definišemo matricu Q kao matricu gustoća prelaza, modulirajućeg markovljevog kanca i Λ kao matricu čiji dijagonalni elementi sadržavaju intenzitete dolazaka koji odgovaraju različitim stanjima lanca:

$$Q = \begin{pmatrix} -\omega_{11} & \omega_{12} & \cdots & \omega_{1m} \\ \omega_{21} & -\omega_{22} & \cdots & \omega_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_{m1} & \omega_{m2} & \cdots & -\omega_{mm} \end{pmatrix}$$

$$\Lambda = diag(\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_m)$$

Stanje složenog procesa nastalog superpozicijom N MMPP procesa je $(i_1, i_2, ..., i_N)$ gdje i_j označava stanje j-te komponente MMPP. Ukupni intenzitet dolazaka pri stanju $(i_1, i_2, ..., i_N)$ jednak je zbiru intenziteta pojedinačnih procesa koji ovise o stanju ij:

$$\lambda(i_1, i_2, ..., i_N) = \sum_{j=1}^{N} \lambda_{i_j}$$

Matrica gustoća prelaza i matrica intenziteta dolazaka kompozitnih, kao i rezultantnog procesa procesa imat će sljedeći oblik:

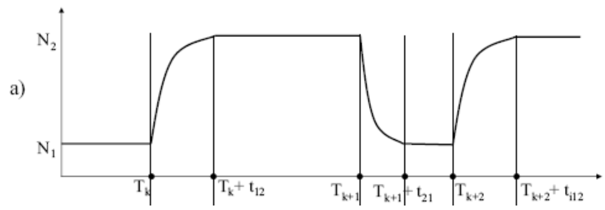
$$Q = \begin{bmatrix} -\alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & -\alpha_{21} \end{bmatrix}$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix}$$

V. PONAŠANJE MMPP PROCESA NA REDU ČEKANJA

Neka se red čekanja poslužuje sa Poissonovom raspodjelom intenziteta posluživanja μ. Ako kod ovakvog MMPP/M/1 sistema stavimo da je MMPP konstruisan od *H* stanja (S_1, ...S_H), od kojih svako predstavlja jedan Poissonov proces sa svojim intenzitetom λ_i, i ako pretpostavimo da je trajanje svakog od stanja dovoljno dugo (tj. da je $\lambda_i >> \omega_i$), analiza sistema će se svesti na analizu H M_i/M/1 sistema, sa korekcijom koja se odnosi na prelazni proces između dva stanja.

Posmatrajmo MMPP-2 proces. Srednji broj dolazaka u trenutku t prikazan je na Sl. 1:

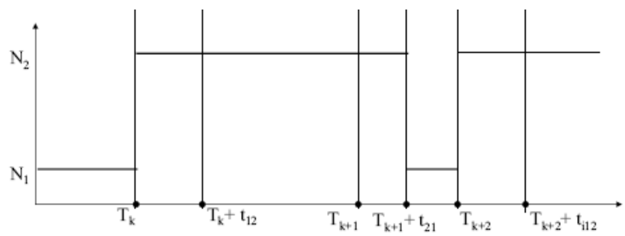


Sl. 3. Tranzicije u MMPP-2

Označimo li sa Q_i dužinu reda čekanja u i-tom stanju MMPP procesa, a sa p_i vjerovatnost da će MMMPP biti u i-tom stanju, tada je, uzevši u obzir gornje razmatranje, dužina reda čekanja MMPP/M/1 sistema data sa:

$$Q = \sum_{i=1}^{H} p_i Q_i \qquad (1)$$

Vremenska konstanta prelaznog procesa na Sl.1 je u općem slučaju nepoznata. Stoga ćemo u našem razmatranju uzeti konzervativni slučaj, tj, pretpostavit ćemo da je broj dolazaka na red čekanja u oba prelazna intervala jednak najgorem mogućem slučaju kako je prikazano na Sl. 2:



Sl. 2. Konzervativni slučaj prelaznog procesa

Ovakvo razmatranje zahtijeva korekciju vjerovatnoća iz izraza (1). Za određivanje vjerovatnosti p_i [3]: potrebno je odrediti stacionarne vjerovatnosti za svako stanje S_i, zatim napraviti procjenu trajanja prelaznih procesa između stanja. Prelazni proces nikada nije u potpunosti izvršen, ali možemo postaviti proizvoljnu ε-okolinu stacionarne vjerovatnosti unutar koje je tranzicijski period završen. Treanzicijske periode između stacionarnih stanja S_i i S_j označit ćemo sa t_{ij}, a način evaluacije dužine tranzicijskih perioda dat je u narednom poglavlju. Nakon određivanja stacionarnih vjerovatnosti pi, te prelaznih perioda t_{ij}, modifikovane vjerovatnosti pi' odredimo pomoću izraza [3]

$$p_i' = p_i + \sum_{j}^{\lambda_i > \lambda_j} p_i \alpha_{ij} t_{ij} - \sum_{j}^{\lambda_i < \lambda_j} p_j \alpha_{ji} t_{ji} \qquad (2)$$

Superponirajući izlazne procese korištenjem izraza (1) sa novim vjerovatnostima pi' odredimo opterećenje sistema.

A. Tranzijentna analiza

Ovdje ćemo opisati tranzijentno ponašanje M/M/1 sistema. Srednja dužina reda čekanja N(t) je data sa:

$$N(t) = \sum_{k=0}^{\infty} P_k(t) \cdot k$$

gdje je $P_k(t)$ vjerovatnoća da je na red čekanja stiglo k korisnika u trenutku t [2]. Za procjenu N(t) u toku prelaznog perioda poteebno je odrediti odgovarajuće $P_k(t)$.

Kada MMPP/M/1 uđe u stacionarno stanje M_i, $P_k(t)$ je konstanta sa analitičkim rješenjem koje se može odrediti analizom M_i/M/1 sistema:

$$p_k = (1-\rho)\rho^k$$

Međutim, tokom prelaza između stanja S_i u S_j, $P_k(t)$ je vremenska funkcija do uspostavljanja stacionarnog stanja. Ovu vremensku funkciju ćemo odrediti na sljedeći način: odmah nakon početka tranzicije, red sadrži h zahtjeva sa vjerovatnoćom $P_h(t)$. Analitički izraz za vjerovatnost $P_{h,k}(t)$ da će red sadržavati k korisnika u trenutku t pod uslovom da je sadržavao h korisnika u trenutku 0 dat je sa [1]:

$$P_{h,k}(t) = e^{-(\lambda+\mu)t} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{\frac{(k-h)}{2}} \cdot$$

$$\cdot \left[I_{k-h}\left(2t\sqrt{\lambda\mu}\right) - I_{k+h+2}\left(2t\sqrt{\lambda\mu}\right) \right] + \left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{h+1} P_{0,k+h+1}(t)$$

U gornjoj relaciji je λ - intenzitet dolazaka na red, μ - intenzitet posluživanja, I_k – modifikovana Besselova funkcija prve vrste, tj:

$$I_k(x) = \sum_{m=0}^{+\infty} \frac{\left(\frac{x}{2}\right)^{2m+k}}{m!(k+m)!}$$

Posljednja vjerovatnost je data sa [1]

$$P_{0,j}(t) = \frac{p^j}{q^j} \cdot$$

$$\cdot \sum_{n=j}^{+\infty} e^{-(\lambda+\mu)t} \frac{(\lambda+\mu)^n t^n}{n!} \sum_{k=0}^{\left\lfloor \frac{n-j}{2} \right\rfloor} \frac{n+1-2k}{n+1} \binom{n+1}{k} p^k q^{n-k}$$

gdje je

$$p = \frac{\lambda}{\lambda+\mu} \text{ i } q = \frac{\mu}{\lambda+\mu}$$

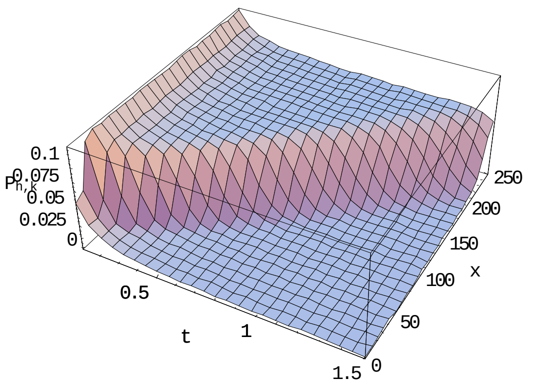
a $\lfloor x \rfloor$ označava najveći cijeli broj koji nije veći od realnog broja x.

Nadalje vrijedi:

$$P(k) = \sum_{h=0}^{\infty} P_{h,k}(t) P_h$$

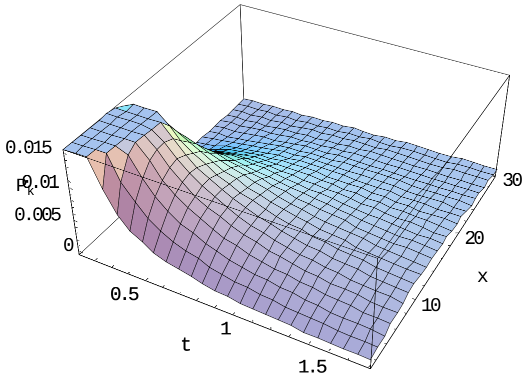
$$N(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{h=0}^{\infty} P_{h,k}(t) P_h k$$

Izraz za N(t) sadrži beskonačne sume (obzirom da sistem u praksi nikada ne dostigne vrijednost stacionarnog stanja). Obzirom da funkcija $I_k(x)$ veoma brzo raste sa porastom intenziteta λ i μ, u numeričoj analizi se javlja problem neodređenog izraza ∞ - ∞. Stoga je za numeričko provođenje gore opisane analize potrebno odrediti granicu kod koje se sumiranje može zaustaviti. Analizom ponašanja tranzijentnih vjerovatnosti možemo zaključiti da je vjerovatnost $P_{h,k}(t)$, kako je i intuitivno za očekivati, maksimalna za bliske vrijednosti h i k, a gornja granica značajnog sumiranja u izrazu za $P_{h,k}(t)$ ovisi od vremena tranzicije. Drugim riječima, za veća vremena tranzicije potrebno je uzeti više članova sume da bi aproksimacija bila tačnija. Na Sl. 3 prikazana je ova ovisnost:



Sl. 3. Ovisnost vjerovatnoće Ph,k od vremena tranzicije t i granice sumiranja x

Ponašanje druge vjerovatnosti kod koje figurišu beskonačne sume, $P_k(t)$ ilustrovano je na Sl.4:



Sl. 4. Ovisnost $P_k(t)$ od vremena t i granice sumiranja x.

Na Sl. 4 se vidi da su vjerovatnosti $P_k(t)$ koncentrisane uglasnom oko koordinatnog početka, te da sa porastom vremena tranzicije i porastom indeksa sumiranja vjerovatnosti naglo opadaju. Stepen opadanja vjerovatnosti $P_k(t)$ kao i njene vrijednosti uslovljeni su izborom početnih parametara MMPP procesa.

VI. PRORAČUNI I REZULTATI

Pri analizi modela opisanog u dijelu III, korišten je MMPP sa parametrima: λ_1=74Mbps, λ_2=51Mbps, α_{12}=0,17 α_{21}=0,08. Pri izboru prelaznih vjerovatosti referisali smo se na [7],[3], gdje je također analiziran model prometa u GRID mreži. Analizirano je maksimalno opterećenje mreže.

Vremena boravka u stacionarnim stanjima eksponencijalno su raspodijeljena, sa srednjim vrijednostima t_1=5,88 s i t_2=12,5 s. Za izvođenje potrebnih vjerovatnosti pod pretpostavkom inicijalnog kapaciteta mreže od 80 Mbps (opterećenje mreže ρ = 92,5%) tranzijentna vremena traju oko 1,5 s (gdje smo uzeli u obzir usvojene granice sumiranja pri aproksimacijama beskonačnih suma). Analiza provedena u [3] također pokazuje značajan udio tranzijentnog vremena u odnosu na trajanja stacionarnih stanja za visoko opterećenje mreže. Rezultati analize su prikazani u Tabeli 2.

TABELA 2: UTICAJ PRELAZNOG PROCESA NA RED ČEKANJA

λ [Mbps]	$\overline{N}_q$	$\overline{N}'_q$	**Potrebno povećanje memorije**
74,1	237,5	297,7	25,3%
74,2	119,1	149,1	25,2%
74,5	48,1	59,9	24,7%
75	24,3	30,2	24,0%
76	12,5	15,3	22,7%
77	8,5	10,3	21,6%
78	6,5	7,8	20,6%
79	5,2	6,3	19,8%
80	4,4	5,3	19,0%
85	2,5	2,9	16,3%
90	1,7	2,0	14,5%

Vidimo da je utjecaj tranzijentnih procesa našeg MMPP modela značajan (do 25% ukupnog povećanja memorije u odnosu na modeliranje MPPP prometom sa zanemarenjem tranzicijskog procesa).

ZAKLJUČAK

Modeliranje prometa na univerzitetskoj mreži predstavlja izazov kako zbog planiranog opsega i broja izvora, tako i zbog prirode samog prometa koji se generiše u takvoj mreži. Imajući u vidu varijabilnu prirodu velikog broja servisa u ovakvim mrežama, napravljen je model izvorišta zasnovan na MMPP procesu. Zbog složene prirode modularnih procesa i namjere da se mreža dimenzioniše na način da se kapaciteti optimalno iskorištavaju, u obzir je uzet i utjecaj prelaznih procesa između stacionarnih stanja modela. Dobijeni su rezultati koji daju orjentir za korekcije koje treba uzeti u obzir prilikom planiranja kapaciteta mreže korištenjem neke od klasičnih metoda.

LITERATURA

[1] W.Leguesdron, J. Pellaumail, G. Rubino, B.Sericola: "Transient analysis of the M/M/1 queue", Advances in Applied Probability, No 25, 1993.

[2] L. Kleinrock, "Queueing Systems", Volume I: Theory, John Wiley& Sons, 1975

[3] B. Ciciani, A. Santoro, P. Romano: "Approximate Analytical Models for NetworkedServers Subject to MMPP Arrival Processes,"6-th IEEE International Symposium on Network Computing and Applications, 2007, Cambridge.

[4] T. Yoshihara, S. Kasahara, Y. Takahashi, "Practical time-scale fitting of self similar traffic with Markov-modular Poisson process". *Telecommunication Systems, vol. 17, no.1-2,185–211*, (2001).

[5] G. Dán, V. Fodor, G. Karlsson: „Analysis of the packet loss process for multimedia traffic", *Proc. of the 12th International Conference on Telecommunication Systems, Modeling and Analysis*, 2004.

[6] Kang, S.H.; Sung, D.K.; Choi, B.D.:"An empirical real-time approximation of waiting time distribution in MMPP (2)/D/1" *Communications Letters, IEEE Volume 2*, Jan 1998.

[7] H. Li, M. Muskulus, L. Wolters: „Modeling job arrivals in a data-intensive Grid", Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin/Heilderberg, Vol 4376/2007.

[8] M. Krunz, H. Hughes, "Analysis of a Markov-modular fluid model for multimedia traffic with loss and delay priorities," *Journal of High Speed Networks, Vol. 3, No. 3, pp. 309-329, IOS Press*, 1994

[9] M. Krunz, H. Hughes, "Analysis of a Markov-modular fluid model for multimedia traffic with loss and delay priorities," *Journal of High Speed Networks, Vol. 3, No. 3, pp. 309-329, IOS Press*, 1994

[10] W. Willinger, V. Paxson: "Where mathematics meets the internet", Notices on AMS, 1998

ABSTRACT

Designing GRID network infrastructure in Bosnia and Herzegovina demands appropriate mathematical modeling for traffic flows in network. With respect to traffic charge generated by every source in future network, mathematical model of source flows was proposed. In this paper, authors gained referent values for future designing GRID infrastructure.

TRANSIENT TRAFFIC ANALYSIS FOR UNIVERSITY GRID NETWORK IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Adnan Huremović, Mesud Hadžialić, Edina Ademović, Mirela Softić