

VREMENA ČEKANJA U IZDELJENOM PRSTENU SA DELIMIČNIM DIFUZNIM SAOBRAĆAJEM I ODLAGANJEM PUNOG SLOTA

Mirjana Zafirović-Vukotić,
Institut Mihajlo Pupin, Beograd

Sadržaj - *Osnovni mehanizam pristupa u izdeljenom prstenu sa oslobađanjem slotova od strane određišta je modeliran u ovom radu. Pun slot posle čitanja od strane određišta se oslobađa i određište ne sme da ga koristi za svoju predaju. Matrica saobraćaja je parcijalna difuzna, i stanica ne sme slati sama sebi. Aproximativni analitički model je zasnovan na modelu sa slučajnim prozivanjem i Markovljevim rutiranjem servera, i srodan je modelima sličnih izdeljenih prstena i saobraćajnih matrica. Tačnost modela je potvrđena upoređivanjem prema simulaciji. Diskutovani su različiti načini procene parametra modela.*

1. UVOD

U ovom radu se razmatra mehanizam pristupa medijumu u izdeljenom prstenu koji je lokalna mreža velikih brzina i ATM orijentisana. Analizira se mehanizam pristupa medijumu, gde određište stanica oslobađa slot koji je bio upotrebljen i predaje ga narednoj stanici, baš kao što je to u ranijim verzijama Orvela [2]. U novijoj verziji Orvela i u ATMR (ATM Ring) [1] i ALIne [4], određište stanica prazni slot, ali ga može iskoristiti za predaju jednog svog minipaketa.

Osnovni mehanizam pristupa u takvom prstenu je sledeći. Prsten je podeljen na izdeljke (ili slotove) jednake dužine, kao što je ilustrovano na sl. 1. Slotovi kruže kroz prsten. Slot može biti pun ili prazan. U punom slotu se nalazi jedan minipaket. Pun slot, kružeći kroz prsten, dolazi do određište stanice, koja ga pročita i predaje minipaket višem sloju. Određište stanica ne može iskoristiti slot koji je bio pun za sopstvenu predaju minipaketa.

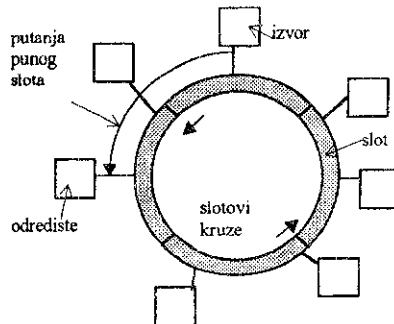
Modeliranje za slučaj kada određište stanica može iskoristiti slot, je predstavljeno u [3] kada stanica može slati paket sebi, i u [6] kada ne može slati paket sebi. Modeliranje za slučaj kada određište stanica ne može iskoristiti slot, ali stanica može slati paket samoj sebi je predstavljeno u [5]. U ovom radu se primenjuje metodologija modeliranja razvijena i primenjena u [3], [6] i [5] za preostali, četvrti slučaj: određište stanica ne može iskoristiti slot, i svaka stanica ne može slati paket sama sebi.

Takav mehanizam pristupa modeliramo pomoću sistema sa više servera i više redova čekanja (*multiple-server, multiqueue system*) gde vremena prelazaka tj.

vremena između dva uzastopna trenutka prozivanja, nisu jednaki nuli. Strategija opsluživanja reda je 1-ograničena. Server proziva redove saglasno izvesnoj disciplini prozivanja, koja je zavisna od vremena opsluživanja klijenta. U ovom radu je sačinjena aproksimacija očekivanog vremena čekanja u takvom sistemu, koja je zasnovana na modelu prozivanja sa markovljevim rutiranjem servera, 1-ograničenom disciplinom opsluživanja i sa Puasonovim procesima dolazaka.

2. OPŠTI MODEL

Prsten je podeljen na m slotova. Trajanje slota ili dužina u vremenskim jedinicama, je σ . Prsten ima n stanica (redova) Q_1, \dots, Q_n . Mi pretpostavljamo da su rastojanja između susednih stanica ista i jednaka s . Minipaketi tj. klijenti pristižu u red Q_i saglasno nezavisnom Puasonovom procesu intenziteta λ .



Sl 1. Putanja punog slota.

U ovom radu se razmatra slučaj *parcijalne difuzne saobraćajne matrice*: svaki minipaket koji potiče od Q_i ima određište Q_j sa verovatnoćom $1/(n-1)$ ako je $i \neq j$, i nula ako je $i = j$.

Redove proziva više servera, jedan server odgovara jednom slotu. Ako je red Q_i koji je prozvan, prazan, server S proziva naredni red Q_{i+1} . U suprotnom, S opslužuje saglasno 1-ograničenoj disciplini, tj. opslužuje samo jednog klijenta iz reda Q_i . Ovo odgovara transferu minipaketa u slotu iz Q_i do Q_j . Posle tog opsluživanja,

S proziva Q_{j+1} . Stoga je disciplina opsluživanja zavisna od vremena opsluživanja.

Vreme prelaska servera izmedju prethodno prozvanog reda i Q_i je konstanta i iznosi s . Vreme opsluživanja odgovara vremenu prostiranja slota od izvora Q_i do odredišta Q_j umanjeno za s . Vremena opsluživanja su medjusono nezavisne, jednako raspodelje slučajne promenljive B sa sledećom raspodelom, i prva dva centralna momenta:

$$P\{B = sk\} = 1/(n-1), \quad k = 1, 2, \dots, n-1 \quad (1)$$

$$\beta = \frac{\tau}{2}, \quad (2)$$

$$\beta^{(2)} = \frac{(2n-1)\tau^2}{6n}. \quad (3)$$

Ponudjeni saobraćaj na Q_i , ρ , je definisan kao

$$\rho = \lambda\beta. \quad (4)$$

3. PRSTEN SA JEDNIM SLOTOM

Razmatrajmo prsten sa jednim slotom u prvom trenutku. Stoga imamo model prozivanja sa više redova i jednim opsluživačem.

Disciplina prozivanja je zavisna od vremena opsluživanja u opštem modelu izdeljenog prstena. Za trenutak ćemo pretpostaviti da ova zavisnost ne postoji, i iskoristiti model prozivanja sa Markovljevim rutiranjem servera.

Od sada ćemo smatrati da se sistem nalazi u ravnoteži. Definišimo sada ψ kao verovatnoću da je red kome je ponudjeno opsluživanje nije prazan. Zbog argumenta balansa rada ψ je takođe jednako srednjem broju prispelih minipaketa za predaju u Q_i izmedju dve susedne posete (i potencijalnih servisa) servera na Q_i .

Server posećuje Q_j po odlasku iz Q_i , sa verovatnoćom p_{ij} :

$$p_{ij} = \begin{cases} a = 1 - \psi, & j = i + 1, \\ b = \frac{1}{n-1} \psi, & j \neq i + 1 \end{cases} \quad (5)$$

Očekivano vreme ET_{ii} izmedju dve uzastopne posete (i potencijalnih opsluživanja) servera na Q_i , je evaluirano počevši od inverznog Markovljevog lanca procesa odlazaka, kao što je predstavljeno u apendiksu, dovodeći do jednačine (15). Srednji broj dolazaka minipaketa izmedju dve susedne posete ψ je određeno jednostavno pomoću Litlovog zakona, dakle množeći ET_{ii} srednjim intenzitetom dolazaka λ ,

$$\psi = \lambda \frac{\sigma}{1 - n\lambda\beta}. \quad (6)$$

Dakle, iz (5) i (6) imamo

$$b = \frac{2\lambda\sigma}{(n-1)(2-n\lambda\sigma)}. \quad (7)$$

Primenjujući rezultate za slučaj Markovljevog rutiranja servera dobijamo očekivano vreme čekanja minipaketa EW , kao što sledi:

$$EW = \frac{n\lambda\beta^{(2)} + s}{2(1-n\rho-n\lambda s)} + \frac{1-n\rho}{n(1-n\rho-n\lambda s)} \sum_{k=1}^n ET_{ik} \quad (8)$$

gde $ET_{ij} := E\{\text{vreme izmedju odlaska slota/ servera } S \text{ iz reda } Q_j \text{ i njegovog poslednjeg odlaska iz } Q_i\}$.

Zamenjujući (16) iz apendiksa A u (8), dobijamo

$$EW = \frac{\sigma}{n(2-(n+2)\lambda\sigma)} \left[\frac{n(n+1)\lambda\sigma}{3} - 1 + \frac{2}{n} \sum_{j=1}^n y_j \right] \quad (9)$$

sa $\sum y_j$ koje je izračunato kao što je predstavljeno u apendiksu A, i dato u relaciji (18). Dalje, iz (9) i (18), dobijamo sledeći izraz

$$EW = \frac{\sigma}{n(2-(n+2)\lambda\sigma)} \left[\frac{n(n+1)\lambda\sigma}{3} + 1 - \frac{2}{nb} + \frac{2n}{1-(1-nb)^n} \right] \quad (10)$$

4. PRSTEN SA VIŠE SLOTOVA

Razmatrajmo izdeljeni prsten sa više slotova. Tada imamo model sa m servera i više redova čekanja koji ne može biti egzaktno rešen. Aproximiramo ga modelom sa jednim opsluživačem koji ima m puta veću brzinu opsluživanja. Drugim rečima, modeliramo prsten sa jednim slotom, umesto prstena sa više slotova. Stoga se jednačina (10) koristi za slučaj proizvoljnog broja slotova u prstenu. Prisetimo da je mala osetljivost kašnjenja na broj slotova u prstenu vidljiva i u simulacionim eksperimentima, videti apendiks B.

5. TESTIRANJE MODELA

Detaljan simulacioni model izdeljenog prstena je sačinjen u programskom jeziku Turbo Pascal 6.0. Rezultati simulacije su upoređeni sa približnim analitičkim rezultatima, kao što je prikazano u tabelama I-V u apendiksu B. Rezultati su takođe ilustrovani na slici 2.

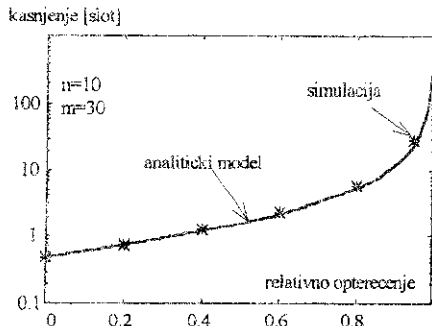
Sledeći parametri su razmatrani:

- konfiguracija*: linijska brzina prenosa = 155 Mbit/s, broj slotova = 1, 30, broj stanica = 30, 10 i 3;
- sistemski parametri*: informaciono polje slota = 48 bajtova i overhead u slotu = 6 bajtova.
- Puasonovi dolasci minipaketa imaju relativni intenzitet λ / λ_{sup} .

Očekivano kašnjenje minipaketa je prikazano normalizovano na trajanje slota σ . Za odabrane parametre, trajanje slota iznosi :

$$\sigma = 2.787 \mu s. \quad (11)$$

Simulacije su bile veoma dugačke, najčešće 10^8 slotova tj. 7.5 h simuliranog vremena. Dobijeni su 90% intervali poverenja koji su veoma mali zbog dugog trajanja eksperimenata. Najveća polovina intervala poverenja jednaka je 0.04 slota, za relativno opterećenje 0.95.



Sl. 2. Očekivano kašnjenje minipaketa u funkciji od relativnog opterećenja za slučaj prstena sa 10 stanica i 30 slotova.

Analički model daje procenu očekivanog vremena čekanja minipaketa koje se razlikuje od simulacije kao što sledi.

- Za relativno opterećenje do 0.60 razlika je manja od 0.25 trajanja slota ili $0.7 \mu s$. Procene se razlikuju od simulacije za manje od 14%.
- Za relativno opterećenje od 0.80 razlika je manja od 1.39 trajanja slota ili $3.9 \mu s$. Procene se razlikuju od simulacije za manje od 20%.
- Za veoma velika relativna opterećenja, koja su veća od 0.80, analitički model znatno odstupa od rezultata simulacije, i nije primenljiv za takva opterećenja.

Jasno, na veoma velikim opterećenjima, simulacija pokazuje veoma velika kašnjenja koja su čak i veća nego ona koja su dobijena modelom sa slučajnim prozivanjem. To ukazuje na veoma veliki uticaj korelacije između procesa trajanja opsluživanja i procesa prozivanja, na veoma velikim opterećenjima koji vodi ka nepreciznosti u procenama.

6. DISKUSIJA

Parametar ψ je određen relacijom (6) saglasno definiciji koja je dodeljena tom parametru u odeljku 3. Parametar ψ može biti definisan i drugačije, kao što je urađeno u radu [3], gde je primenom heuristike izabrano

$$\psi = \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda}{\lambda_{sup}} \right)^2, \quad (12)$$

a gornja granica od λ iznosi

$$\lambda_{sup} = \frac{2}{(n+2)\sigma}. \quad (13)$$

Ta se heuristika može i ovde primeniti i ona dovodi do nešto preciznijih procena za opterećenja 0.60 i 0.80 nego relacija (6) za numeričke primere za koje je model testiran prema simulaciji. Ipak postojanje heuristike u izboru ovog parametra unosi nejasnoću u primenljivost modela i za numeričke primere koji nisu obuhvaćeni u ovom radu. Stoga je izabran ψ kao što je dato relacijom (6) koja ne uključuje heuristiku.

7. ZAKLJUČAK

Novi aproksimativni modeli teorije redova čekanja je razvijen, koji procenjuje očekivana vremena čekanja minipaketa, videti relaciju (10). Testovi naspram simulacije pokazuju izvrsnu primenljivost ovog modela za relativna opterećenja do 0.80, sa netačnošću u procenama kašnjenja koja nisu veća od 20% ili $3.9 \mu s$.

LITERATURA

- [1] K. Imai, T. Ito, H. Kasahara, N. Morita, "ATMR: Asynchronous transfer mode ring protocol", *Comp. Netw. & ISDN Syst.*, vol. 26, no. 6-8, pp. 785-798, March 1994.
- [2] J. L. Adams, "Orwell", *Comp. Netw. & ISDN Syst.*, vol. 26, no. 6-8, pp. 771-784, March 1994.
- [3] M. Zafirović-Vukotić, I.G. Niemegeers, "Waiting Times in Orwell and ATMR", *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, Vol. 11, No. 2, pp. 177-186, 1998.
- [4] Siemens, TransXpress ALine, Product Folder, Technical Description, Product Release 1.0, A30808-X3693-B105-1-7618, Oslo: Siemens AS, Feb. 1998.
- [5] M. Zafirović-Vukotić, I.G. Niemegeers, "Vremena čekanja u izdvojenom prstenu u kome određite odlaže puni slot", *Zbornik radova TELFOR'97*, novembar 1997, Beograd, str. 321-324.
- [6] M. Zafirović-Vukotić, "Vremena čekanja u ATMR/Orwell prstenu sa jednim slotom i delimičnim difuznim saobraćajem", *Zbornik radova SYM-OP-IS'98*, Herceg Novi, septembar 1998, str. 395-399.

APENDIKS A: IZVODJENJE $\sum v_j$

Primitimo da je raspodela u stacionarnom stanju verovatnoća q_i za red Q_i jednaka $q_i = 1/n$. Očekivano vreme između dolaska servera u Q_i i njegovog narednog odlaska iz Q_i , jednaka (videti npr. [3])

$$EV_i = \frac{1}{q_i} \frac{\rho s}{1 - \rho} \quad (14)$$

Odredimo sada ET_n . Prema [3],

$$ET_n = (EV_i + s) \left[1 + \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n-1} (x_k + x_n - x_k) \right] \quad (15)$$

sa $x_k := E\{\# \text{ koraka koji su potrebni za prvi ulazak u } Q_i \text{ po\u010dev\u0161i od } Q_i\}$, a $y_i = x_{k,i,k}, y_n = x_{kk}, k=1..n$. Mo\u017ee se pokazati da $y_n = x_{ii} = 1/q_i = n$, koriste\u0107i (11). Posle algebarskih manipulacija, (15) postaje

$$\sum_{k=1}^n ET_k = \frac{\sigma}{1-n\rho} \left[-1 + \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j \right]. \quad (16)$$

Pomo\u0107u teorije markovljevih lanaca, dobijamo

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_i \\ \dots \\ y_{n-1} \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \dots \\ 1 \\ \dots \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b & b & b & \dots & b & \dots & b & 0 \\ a & b & b & \dots & b & \dots & b & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b & b & b & \dots & b & \dots & b & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b & b & b & \dots & b & \dots & a & b & 0 \\ b & b & b & \dots & b & \dots & a & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_i \\ \dots \\ y_{n-1} \\ y_n \end{bmatrix} \quad (17)$$

Posle izvesne algebre, dobijamo

$$\sum_{j=1}^n y_j = n - \frac{1}{b} + \frac{n^2}{1-(1-nb)^n}. \quad (18)$$

APENDIKS B: TABELE O\u010cEKIVANIH VREMENA KA\u0160NENJA MINIPAKETA

Tabela I. Ka\u0161njenja za slu\u010daj prstena sa 30 stanica i jednim slotom (max load = 258 Mbit/s).

relativno optere\u0107enje	optere\u0107enje [Mbit/s]	simulacija [slot]	EW [slot]
0.20	52	0.76±0.00	0.76
0.40	103	1.26±0.00	1.22
0.60	155	2.47±0.00	2.25
0.80	207	6.96±0.00	5.57
0.95	245	39.21±0.04	25.28

Tabela II. Ka\u0161njenja za slu\u010daj prstena sa 10 stanica i jednim slotom (max load = 230 Mbit/s).

relativno optere\u0107enje	optere\u0107enje [Mbit/s]	simulacija [slot]	EW [slot]
0.20	46	0.74±0.00	0.75
0.40	92	1.19±0.00	1.20
0.60	138	2.22±0.00	2.18
0.80	184	5.73±0.00	5.36
0.95	218	28.92±0.02	24.44

Tabela III. Ka\u0161njenja za slu\u010daj prstena sa 3 stanice i jednim slotom (max load = 184 Mbit/s).

relativno optere\u0107enje	optere\u0107enje [Mbit/s]	simulacija [slot]	EW [slot]
0.20	33	0.70±0.00	0.73
0.40	66	1.06±0.00	1.15
0.60	99	1.81±0.00	2.06
0.80	132	4.23±0.00	5.10
0.95	157	20.10±0.04	22.70

Tabela IV. Ka\u0161njenja za slu\u010daj prstena sa 10 stanica i 30 slotova (max load = 230 Mbit/s).

relativno optere\u0107enje	optere\u0107enje [Mbit/s]	simulacija [slot]	EW [slot]
0.20	46	0.75±0.00	0.75
0.40	92	1.22±0.00	1.20
0.60	138	2.28±0.00	2.18
0.80	184	5.83±0.00	5.36
0.95	218	28.71±0.02	24.44

Tabela V. Ka\u0161njenja za slu\u010daj prstena sa 3 stanice i 30 slotova (max load = 184 Mbit/s).

relativno optere\u0107enje	optere\u0107enje [Mbit/s]	simulacija [slot]	EW [slot]
0.20	33	0.71±0.00	0.73
0.40	66	1.08±0.00	1.15
0.60	99	1.88±0.00	2.06
0.80	132	4.38±0.00	5.10
0.95	157	19.84±0.04	22.70

Abstract - The basic access mechanism in the slotted rings with the destination release of used slots is modeled in this paper. A full slot is emptied by the destination station, and the destination station may not reuse it for its own transmission. The traffic matrix is a partial broadcast matrix and a station may not send to itself. The analytic model is based on a random polling model with the Markovian server routing. Its accuracy is proved by comparing to the simulations results. Approximation of a model parameter is discussed.

WAITING TIMES IN THE SLOTTED RING WITH THE PARTIAL BROADCAST MATRIX AND WITHOUT THE SLOT REUSE,
M. Zafirovi\u0107-Vukotić