

Informacijske mreže

Prvi međuispit 14.04.2000.

(grupa B)

1. Sustav za nadzor sadrži dekodler kapaciteta 1.6 MIPS-a prima signale od 5 uređaja koji dojavljuju svoj ispravan rad. Prvi uređaj dojavljuje ispravno funkcioniranje slanjem poruke 10000, drugi 01000 i tako redom. Prilikom prijenosa poruke moguća je pojava greške koja se očituje invertiranjem samo jednog bita poruke (npr. 10000 prelazi u 10100), ali sustav ne prenosi poruku 00000. Vjerojatnost dolaska svake takve poruke je 4%. Vjerojatnosti dolaska ispravnih poruka su iste. Sama dekodler poruke je implementiran u obliku funkcije napisane u strojnom kodu, s time da se za odlučivanje (čvor) koristi 10 instrukcija, a za grananje (grana) 5 instrukcije. Odredite srednje trajanje programa, dužinu koda i opterećenje procesora uz pretpostavku 16.000 zahtjeva za dekodiranjem poruka u 1 sekundi.

2. Na ATM komutacijski čvor spojena su 3 korisnika koja generiraju tokove koji se vladaju po eksponencijalnoj razdiobi sa prosječnim intenzitetom 120000, 170000 i 190000 ćelija u sekundi. Pretpostavite da 4% ćelija ima CLP bit postavljen na 1 (niži prioritet) dok ostale imaju CLP bit postavljen na 0 (viši prioritet). ATM komutacijski čvor može obraditi 5×10^5 ćelija u sekundi.

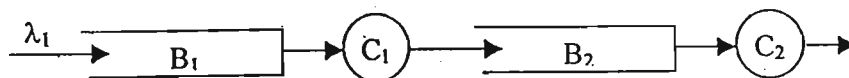
Izračunajte:

- Koliko procesor opterećuju ćelije nižeg, a koliko ćelije višeg prioriteta
- Srednji broj ćelija višeg i nižeg prioriteta u spremniku

Napomena: Veličine ATM ćelija su uvijek fiksne duljine i iznose 53 okteta.

3. Dva sustava posluživanja su nadovezana jedan na drugi kako je prikazano na slici. U prvi sustav posluživanja dolaze paketi fiksne duljine. Nakon što ih posluži prvi poslužitelj, predaje ih dalje drugom poslužitelju. Međudolazna vremena se ravnaju po eksponencijalnoj razdiobi. Prosječna brzina dolaznog ćelijskog toka je $\lambda = 1500$ paketa/s. Oba poslužitelja poslužuju svoje pakete konstantnom brzinom $C = 1900$ paketa/s. Koliko moraju biti veliki spremnici B_1 i B_2 kako bi broj odbačenih ćelija pri prolasku kroz oba sustava posluživanja bio jednak nula?

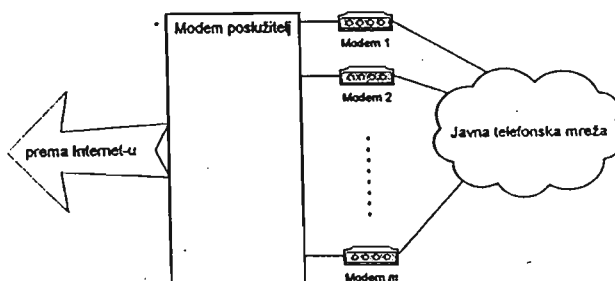
Napomena: Na početku posluživanja nema paketa u spremnicima i oba poslužitelja već rade.



4. Zadan je sustav za pristup Internet-u (Internet Access sustav), koji se sastoji od modem poslužitelja i određenog broja modema (vidi sliku). Vaš je zadatak da odredite sljedeće:

- potreban broj modemskih ulaza kako bi vjerojatnost gubitka poziva, bila ispod 15%,
- prosječno opterećenje svakog modema u glavnom prometnom satu,
- zaradu pružatelja ove usluge ako je cijena minute poziva 0.25 kn.

Sustav je potrebno dimenzionirati za glavni prometni sat, u kojem se prosječno očekuje pokušaj pristupa usluzi od strane 85 korisnika. Pretpostavite prosječno trajanje poziva od 12 minuta.



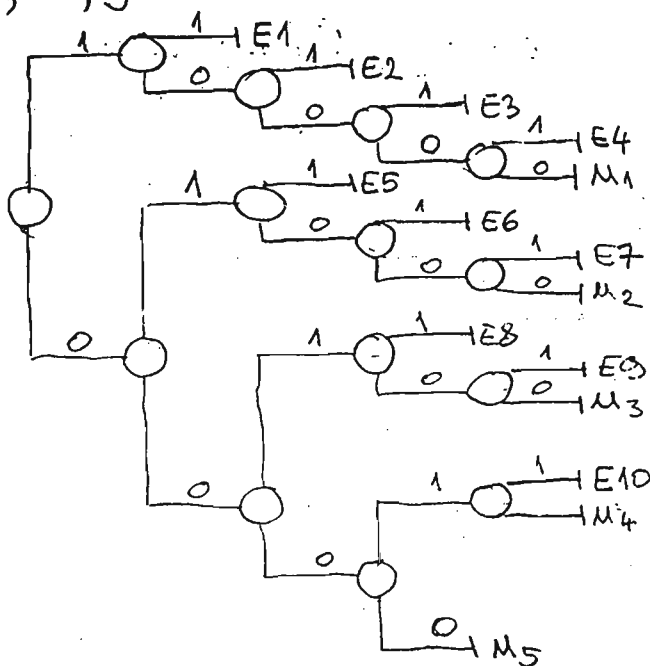
5. Na lokalnu telefonsku centralu, s mogućnosti samo izlaznih poziva, spojeno je 15 telefonskih aparata, čiji korisnici prosječno u glavnom prometnom satu imaju 2 poziva prosječne duljine 12 minuta. Vaš je zadatak da:

- odredite potreban broj telefonskih linija na povezivanje na javnu telefonsku mrežu, ako je maksimalno dozvoljena vjerojatnost čekanja 10%.
- odredite minimalno potreban kapacitet poslužitelja koji obrađuje zahtjeve za pozivom uz uvjet da je ukupno vrijeme obrade zahtjeva za pozivom manje od 50 ms. Pretpostavite da svaki poziv zahtjeva izvršavanje 1300 instrukcija. Koliko je u tome slučaju vrijeme čekanja zahtjeva u repu sustava posluživanja.

1 KONTROLNA ZADACA = 11.04.20001 2. grupa 23
 $\bar{b} = 5 \text{ bitu}$
 $C = 1,6 \text{ MIPS}$
 $d\bar{c} = 10 \text{ I}$
 $d_g = 5 \text{ I}$
 $\lambda = 16000 \text{ erl/d}$
 $P_{\text{bilo koje pogreške}} = 4\%$
 $P_{\text{ispravnih prijemosa}} = \text{su iste}$
 $T_s, M, S = ?$

i	poruka
1	1 0 0 0 0
2	0 1 0 0 0
3	0 0 1 0 0
4	0 0 0 1 0
5	0 0 0 0 1

I kartolina 20
 14.04.2000



$$N_p = 4 + 3 + 2 + 1 = 10$$

$$P_p = 0.04$$

$$P_i = (1 - 10 \cdot 0.04) / 5 = 0.12$$

$$b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = 5d\bar{c} + 4d_g$$

$$b_5 = 4d\bar{c} + 3d_g$$

$$b_{e1} = 2d\bar{c} + d_g$$

$$b_{e2} = b_{e5} = 3d\bar{c} + 2d_g$$

$$b_{e3} = b_{e6} = b_{e8} = 4d\bar{c} + 3d_g$$

$$b_{e4} = b_{e7} = b_{e9} = b_{e10} = 5d\bar{c} + 4d_g$$

$$\bar{b} = \sum_i p_i \cdot b_i = 0.12 \cdot [4 \cdot (5d\bar{c} + 4d_g) + (4d\bar{c} + 3d_g)] +$$

$$+ 0.04 \cdot [(2d\bar{c} + d_g) + 2 \cdot (3d\bar{c} + 2d_g) + 3 \cdot (4d\bar{c} + 3d_g) + 4 \cdot (5d\bar{c} + 4d_g)]$$

$$\bar{b} = 4,48 d\bar{c} + 3,48 d_g$$

$$\bar{b} = 44,8 \text{ I} + 17,4 \text{ I} = 62,2 \text{ I}$$

$$T_s = \bar{b} / C_p = 38,875 \mu\text{s} \quad (\text{srednje trajanje programa za dekodiranje jedne poruke})$$

$$S = \lambda T_s = 0,622 \text{ erl}$$

$$M = N_{\bar{c}} \cdot d\bar{c} + N_g \cdot d_g = 14 \cdot 10 + 13 \cdot 5 = 205 \text{ I}$$

$$b) T_s = T_w = \frac{\lambda T_s}{(1-g)} = \frac{\lambda T_s}{(1-\lambda T_s)}$$

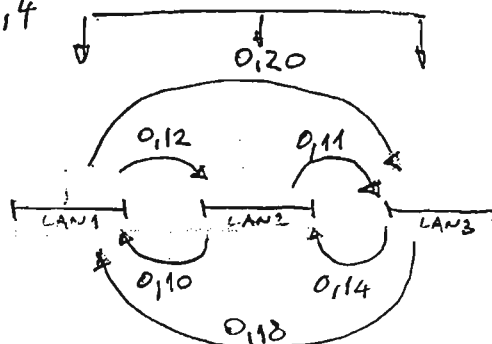
$$T_s (1 - \lambda T_s) = \lambda T_s^2 \Rightarrow (1 - \lambda T_s) = \lambda T_s \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1 = 2\lambda T_s \Rightarrow T_s = 1/2\lambda$$

$$T_s = \bar{b}/c$$

$$\Rightarrow C = \bar{b} \cdot 2\lambda = 80 \text{ MIPS}$$

$$c) g = \lambda \cdot T_s = \lambda_u \cdot \bar{b}/c = 0,4$$



LAN1: 8xPCx70 erl/s

2xWSx96 erl/s

LAN2: 4xPCx70 erl/s

4xWSx96 erl/s

1xSx112 erl/s

LAN3: 10xPCx70 erl/s

2xSx112 erl/s

$C_{\text{lam}} = 10 \text{ Mbit/s} \rightarrow \text{greska}$

$C_{\text{fast}} = 100 \text{ Mbit/s}$ W

$\bar{b} = 1500 \cdot 8 \text{ bit}$

M/M/m - sustav

$g_{1,2,3}, T_{w1,2,3} = ?$

a) $C = 256 \text{ kbit/s}$

$T_w < 20 \text{ ms}$

$m_{1,2} = ?$

b) $g_{ij} = ?$

c) $m = 2, m$

$T_w = ?$

$$\lambda_{1\text{lok}} = 8 \cdot 70 + 2 \cdot 96 = 752 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_{2\text{lok}} = 4 \cdot 70 + 4 \cdot 96 + 1 \cdot 112 = 776 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_{3\text{lok}} = 10 \cdot 70 + 2 \cdot 112 = 924 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_{1u} = \lambda_{1\text{lok}} + 0,1 \lambda_{2\text{lok}} + 0,18 \lambda_{3\text{lok}} = 995,92 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_{2u} = 0,12 \lambda_{1\text{lok}} + \lambda_{2\text{lok}} + 0,14 \lambda_{3\text{lok}} = 995,6 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_{3u} = 0,20 \lambda_{1\text{lok}} + 0,11 \lambda_{2\text{lok}} + \lambda_{3\text{lok}} = 1159,76 \text{ erl/s}$$

$$g = \lambda_i \cdot T_{si} = \lambda_i \cdot \bar{b} / C_{\text{fast}} \Rightarrow g_1, g_2, g_3$$

$$g_1 = 0,1135104 \text{ erl}$$

$$g_2 = 0,119472 \text{ erl}$$

$$g_3 = 0,1391712 \text{ erl}$$

$$T_{si} = 120 \mu\text{s}$$

$$T_w = \frac{g \cdot T_s}{(1-g)} \Rightarrow T_{w1} = 16,287 \mu\text{s} \quad T_{w2} = 16,281 \mu\text{s} \quad T_{w3} = 19,4 \mu\text{s}$$

a)

$$\lambda_{12} = 0,12 \lambda_{1\text{lok}} + 0,20 \lambda_{1\text{lok}} + 0,10 \lambda_{2\text{lok}} + 0,18 \lambda_{3\text{lok}} = 484,56 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_{23} = 0,14 \lambda_{3\text{lok}} + 0,18 \lambda_{3\text{lok}} + 0,11 \lambda_{2\text{lok}} + 0,20 \lambda_{1\text{lok}} = 531,44 \text{ erl/s}$$

$$T_w = \frac{\lambda T_s^2}{1 - \lambda T_s} \Rightarrow T_w (1 - \lambda T_s) = \lambda T_s^2 \Rightarrow \lambda T_s^2 + \lambda T_w T_s - T_w = 0$$

$$\lambda_{12} \rightarrow 484,56 T_s^2 + 9,6912 T_s - 20 \cdot 10^{-3} = 0 \Rightarrow T_{s1} \leq 1,8859 \text{ ms} \quad T_s = 21,88$$

$$T_{s1} \leq \bar{b} / C_u \Rightarrow C_u \geq \bar{b} / T_{s1} \Rightarrow C_u \geq 6,363 \text{ Mbit/s}$$

$$m_1 = \lceil C_u / C \rceil = 25$$

$$\lambda_{23} \rightarrow 531,44 T_s^2 + 10,6288 T_s - 20 \cdot 10^{-3} = 0 \Rightarrow T_{s2} \leq 1,732 \text{ ms} \quad T_s = 21,73$$

$$C_u \geq \bar{b} / T_{s2} \Rightarrow C_u \geq 6,93 \text{ Mbit/s}$$

$$m_2 = \lceil C_u / C \rceil = 28$$

$\lambda_1 = 120 \cdot 10^3 \text{ erl/s}$
 $\lambda_2 = 170 \cdot 10^3 \text{ erl/s}$
 $\lambda_3 = 130 \cdot 10^3 \text{ erl/s}$
 $\lambda = 5 \cdot 10^5 \text{ erl/s}$
 $4\% \rightarrow PR = 1 \text{ (niži prioritet)}$
 $b = 53.8 \text{ bit}$
a) $S_1, S_0 = ?$
b) $L_{w1}, L_{w2} = ?$

14.04.2020

a) $\lambda_{M1} = 0,04 \cdot (120 + 170 + 130) \cdot 10^3 = 10,2 \cdot 10^3 \text{ erl/s}$
 $\lambda_{M0} = 0,96 \cdot (120 + 170 + 130) \cdot 10^3 = 460,8 \cdot 10^3 \text{ erl/s}$

$T_s = 1/\lambda = 2 \mu s$

$S_0 = T_s \cdot \lambda_{M0} = 0,9216 \text{ erl}$

$S_1 = T_s \cdot \lambda_{M1} = 0,0384 \text{ erl}$

b) $\overline{t_{sci}^2} = T_s^2$ $R_1 = S_1 + S_0 = 0,96 \text{ erl}$ $R_0 = S_0 = 0,9216 \text{ erl}$

$T_0 = \frac{1}{2} \sum \lambda_i \cdot \overline{t_{sci}^2} = \frac{T_s^2}{2} \sum \lambda_i = \frac{\lambda T_s^2}{2} = 0,06 \mu s$

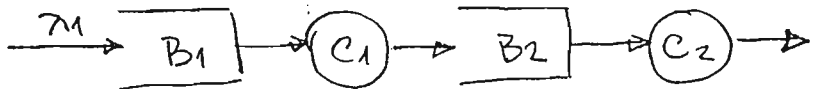
$T_{w1} = \frac{T_0}{(1-R_1) \cdot (1-R_0)} = 306,122 \mu s$

$T_{w0} = \frac{T_0}{(1-S_0)} = 12,244 \mu s$

$L_{w1} = \lambda_{M1} \cdot T_{w1} = 5,877 \text{ jed.}$

$L_{w0} = \lambda_{M0} \cdot T_{w0} = 5,642 \text{ jed.}$

3) M/D/1 - razlika
 $\lambda = 1500 \text{ erl/s}$
 $C = 1500 \text{ erl/s}$
 $P_{posluživanja} = 1$
 $B_1, B_2 = ?$



$B_1 = \infty, B_2 = 0$

4) GPS \rightarrow 85 korisnika / 12 minuta, $C = 64 \text{ kbit/s}$

a) $P_g \leq 15\%$

$m = ?$

b) $g_i = ?$

c) $\text{cijena} = 0,25 \text{ kn/min}$
 $\text{zarada} = ? \text{ (1h)}$

a) $\lambda = 85 \text{ erl/60 min} = 1,416 \text{ erl/s}$
 $T_s = 12 \text{ min}$
 $A = \lambda T_s = 17 \text{ erl}$
Erlang B-formule ($A=17, P=0,15$)
 $\Rightarrow m =$

b) $g_i = (1-P_g) \cdot \lambda T_s / m$
 $g_i =$

c) $\text{zarada} = m \cdot g_i \cdot \text{cijena} \cdot \text{GPS}$
 $\text{zarada} =$

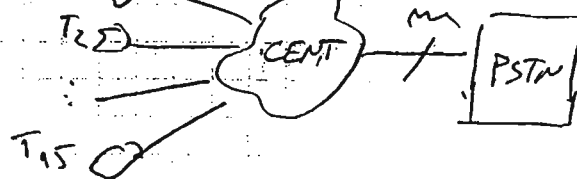
$$a) P_2 = 10\%$$

$$m = ?$$

$$b) T_0 \leq 50 \text{ ms}$$

$$\bar{b} = 1300 \text{ I}$$

$$T_w = ?; C_{\min} = ?$$



14.04.2000

$$a) \lambda = 15 \cdot 2 / 60 \text{ min} = 0,5 \text{ erl/min}$$

$$T_s = 12 \text{ min}$$

$$A = \lambda T_s = 6 \text{ erl}$$

$$\text{Erlang-C formula (A=6; P=0,1)} \Rightarrow m$$

$$m =$$

$$b) M/M/1\text{-sustav}$$

$$\frac{1}{T_q} = T_s + T_w = T_s + \frac{\sum \lambda \bar{t}_i^2}{2(1-\rho)} = T_s + \frac{\lambda T_s^2}{2(1-\lambda T_s)} \Rightarrow$$

$$(T_q - T_s) \cdot 2(1 - \lambda T_s) = \lambda T_s^2 \Rightarrow$$

$$(\lambda - 2\lambda) T_s^2 + (2 + 2\lambda T_q) T_s - 2T_q = 0 \Rightarrow$$

$$-0,5 T_s^2 + 2,05 T_s - 0,1 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_{s1} = 40,375 \text{ ms} \quad T_{s2} = 4,051 \text{ ms}$$

$$\bar{b} = C \cdot T_s \Rightarrow C_{\min} = \bar{b} / T_{s\max} = 26,33 \text{ kIPS} = 0,02633 \text{ MIPS}$$

PISHENI ISPIT - 25.06.1997.

M/M/1-sustav s čekanjem

1.

$$\lambda_1 = 330 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_2 = 270 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_3 = 440 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_4 = 210 \text{ erl/s}$$

$$\text{kod 3 od 5}$$

$$p_{ci} = 1/10$$

$$a) C_{\min} = ?$$

$$b) T_w = T_s$$

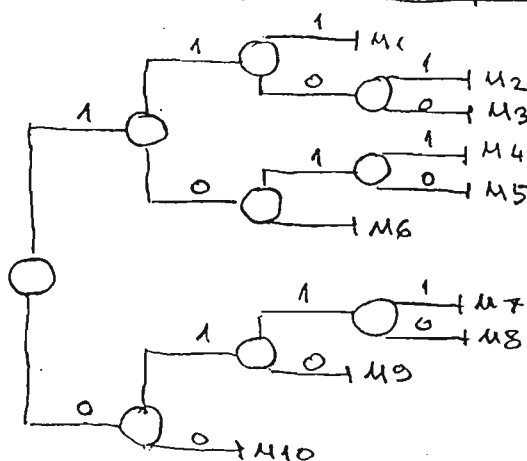
$$C = ?$$

$$c) C = 100 \text{ MIPS}$$

$$g = ?$$

poruka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
dužina	20	25	30	30	45	40	45	25	30	30
kod	11100	11010	11001	10110	10101	10011	01110	01101	01011	00111

KIP



a) vrijeme dekodiranja poruka se zanemaruje

$$\bar{b} = \sum p_i \cdot b_i = \frac{1}{10} \sum b_i = 32 \text{ kI}$$

$$\lambda_n = \sum \lambda_i = 1250 \text{ erl/s}$$

$$C = \min \Rightarrow g = 1$$

$$g = \lambda_n T_s = \lambda_n \cdot \bar{b} / C_{\min}$$

$$\Rightarrow C_{\min} = \lambda_n \cdot \bar{b} / g = 40 \text{ MIPS}$$

$$b) \quad g = \lambda T_s = \lambda \cdot \bar{b} / c_m = \lambda \cdot \bar{b} / (m \cdot c) \Rightarrow$$

$$g_1 = 0,90855$$

14.04.200

$$g_2 = 0,8896875$$

$$c) \quad m_1 = 2 \cdot m_1 = 50 \quad T_{s1} = \bar{b} / (m_1 \cdot c) = 937,5 \mu s$$

$$m_2 = 2 \cdot m_2 = 56 \quad T_{s2} = \bar{b} / (m_2 \cdot c) = 837,053 \mu s$$

$$g_1 = \lambda_{12} \cdot T_{s1} = 0,454275$$

$$g_2 = \lambda_{23} \cdot T_{s2} = 0,4484375$$

$$T_{w1} = \frac{\lambda_{12} T_{s1}^2}{(1 - g_1)} = 780,398 \mu s$$

$$T_{w2} = \frac{\lambda_{23} T_{s2}^2}{(1 - g_2)} = 670,725 \mu s$$

1. Radna stanica procesorske snage 48 MIPS-a služi kao poslužitelj 4 internet usluge. WWW paketi zahtijevaju u prosjeku dohvat 8000 okteta s tvrdog diska radne stanice, ftp 16000 okteta, gopher 4000, a WAIS 6000 okteta. Intenziteti kojim se paketi pojavljuju su slijedeći: WWW 980, ftp 280, gopher i WAIS po 70 paketa u sekundi.

Uz pretpostavku da svaki oktet zahtjeva u prosjeku poziv 3 instrukcije odredite:

- (a) prosjecno vrijeme cekanja, opterećenje i prosjecno vrijeme cekanja za svaku uslugu, ako su WWW paketi najviseg prioriteta, a WAIS i gopher paketi najnižeg prioriteta.
(b) isto kao i pod (a), samo uz obrnute prioritete.

RJESENJE

$$(a) \quad T_0 = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^3 \lambda_i \cdot \overline{t_{si}^2}, \quad \overline{t_{si}^2} = \overline{t_{si}}^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{r_i}\right) = 2 \cdot \overline{t_{si}}^2$$

$$T_0 = \frac{1}{2 \cdot C^2} \sum_{i=1}^3 \lambda_i \cdot b_i^2 = 269.336 \mu s$$

$$\rho_1 = 0.49 \text{ erl}$$

$$\rho_i = \lambda_i \cdot T_{si} \Rightarrow \rho_2 = 0.28 \text{ erl}$$

$$\rho_3 = 0.04375 \text{ erl}$$

$$\rho = \sum_{i=1}^3 \rho_i \Rightarrow$$

$$\boxed{\rho = 0.81375 \text{ erl}}$$

$$T_{w1} = \frac{T_0}{1 - \rho_1} \Rightarrow$$

$$\boxed{T_{w1} = 0.528 \text{ ms}}$$

$$T_{w2} = \frac{T_0}{(1 - \rho_1) \cdot (1 - \rho_1 - \rho_2)} \Rightarrow$$

$$\boxed{T_{w2} = 2.296 \text{ ms}}$$

$$T_{w3} = \frac{T_0}{(1 - \rho_1 - \rho_2) \cdot (1 - \rho)} \Rightarrow$$

$$\boxed{T_{w3} = 6.287 \text{ ms}}$$

$$T_w = \sum_{i=1}^3 \frac{\lambda_i}{\lambda} \cdot T_{wi} \Rightarrow$$

$$\boxed{T_w = 1.458 \text{ ms}}$$

- (b) T_0, ρ_i - isto kao i pod (a)

$$T_{w3} = \frac{T_0}{1 - \rho_3} \Rightarrow$$

$$\boxed{T_{w3} = 0.282 \text{ ms}}$$

$$T_{w2} = \frac{T_0}{(1 - \rho_3) \cdot (1 - \rho_3 - \rho_2)} \Rightarrow$$

$$\boxed{T_{w2} = 0.4165 \text{ ms}}$$

$$T_{w1} = \frac{T_0}{(1 - \rho_3 - \rho_2) \cdot (1 - \rho)} \Rightarrow$$

$$\boxed{T_{w1} = 2.138 \text{ ms}}$$

$$\boxed{T_w = 1.608 \text{ ms}}$$

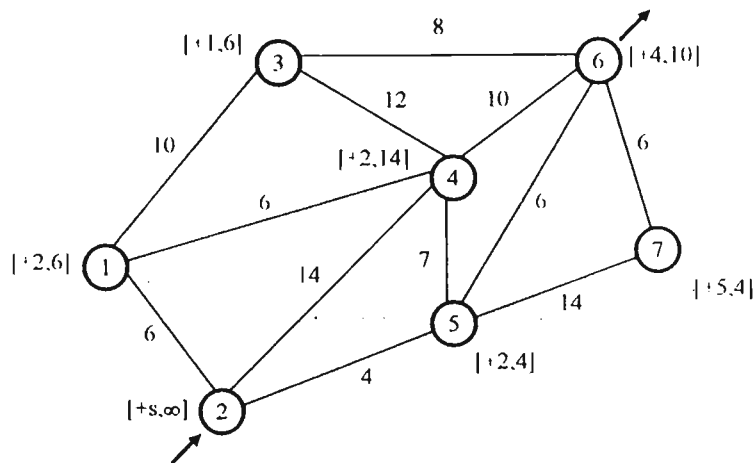
2. Za mrežu zadanu matricom kapaciteta grana odredite primjenom algoritma Ford-Fulkersona maksimalni kapacitet između čvorova 2 i 6.

17.09.27

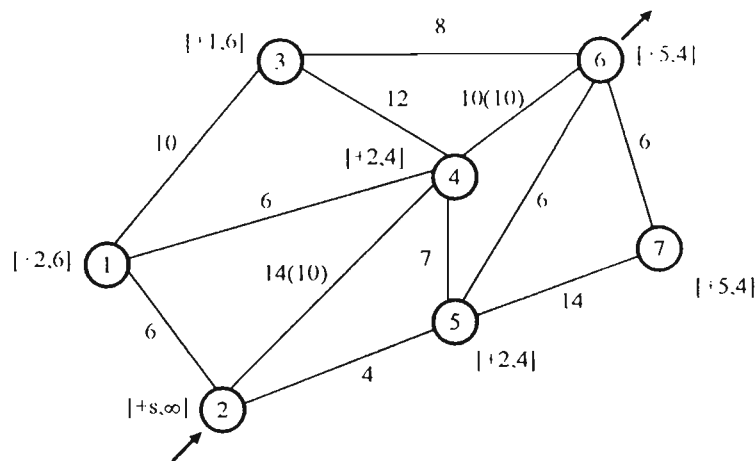
$$C = \begin{bmatrix} - & 6 & 10 & 6 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & - & 0 & 14 & 4 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & - & 12 & 0 & 8 & 0 \\ 6 & 14 & 12 & - & 7 & 10 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 7 & - & 6 & 14 \\ 0 & 0 & 8 & 10 & 6 & - & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 14 & 6 & - \end{bmatrix} \times 2048 \text{ kbit/s}$$

RJESENJE

1. iteracija

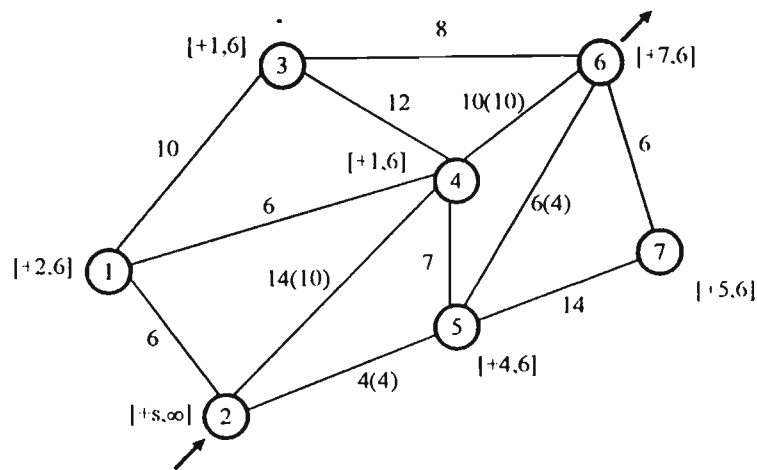


2. iteracija

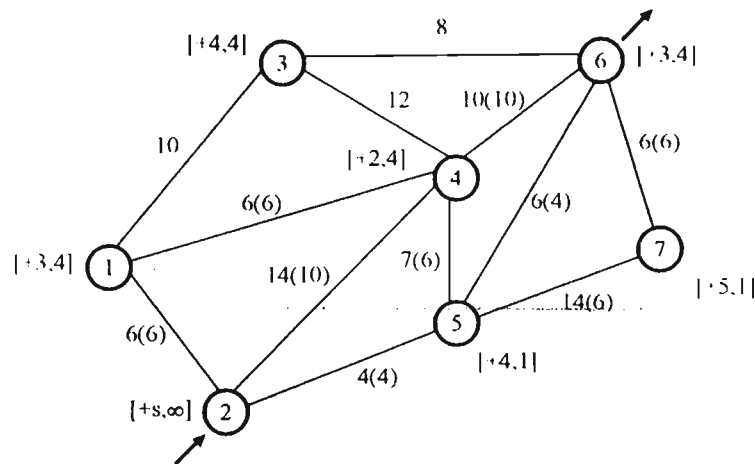


3. iteracija

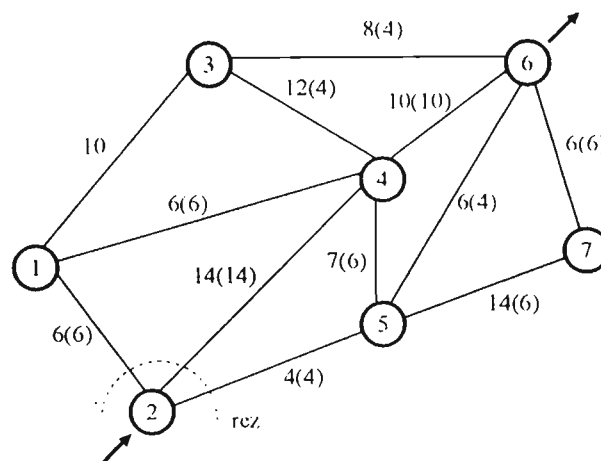
17.09.97



4. iteracija



Rjesenje:



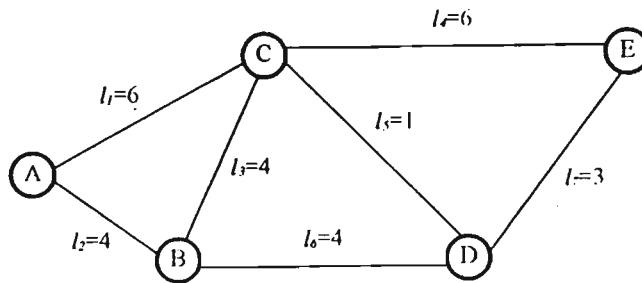
Maksimalni kapacitet (pod uvjetom da ostali cvorovi ne komuniciraju) jest jednak sumi tokova primarnog reza, dakle

$$C = (6 + 14 + 4) \times 2048 \text{ kbit/s}$$

$$C = 24 \times 2048 \text{ kbit/s}$$

3. Za mrežu prema slici sa zadanim ulaznim intenzitetima i kapacitetima grana odredite primjenom algoritma fiksnog usmjeravanja toka raspodjelu ulaznih tokova po granama. Prosječna dužina paketa je 1024 okteta.

17. 09. 97



$$[\gamma_{jk}] = \begin{bmatrix} - & 20 & 25 & 35 & 40 \\ 20 & - & 35 & 15 & 25 \\ 25 & 35 & - & 10 & 25 \\ 35 & 15 & 10 & - & 30 \\ 40 & 25 & 25 & 30 & - \end{bmatrix} \text{ erl/s}$$

$$C = [4096 \quad 1024 \quad 2048 \quad 512 \quad 4096 \quad 2048 \quad 4096] \text{ kbit/s}$$

RJESENJE

$$\gamma = \sum_j \sum_k \gamma_{jk} = 520 \text{ erl/s}$$

Pocetni tokovi:

$$\begin{array}{llll} \text{A-B } l_2 & \text{B-C } l_3 & \text{C-D } l_5 & \text{D-E } l_7 \\ \text{A-C } l_1 & \text{B-D } l_6 & \text{C-E } l_5 - l_7 & \\ \text{A-D } l_1 - l_5 & \text{B-E } l_6 - l_7 & & \\ \text{A-E } l_1 - l_5 - l_7 & & & \end{array}$$

Duzine za pronalazenje najkracih tokova

$$l_i = \frac{C_i}{\gamma \cdot (C_i - \lambda_i \cdot \bar{b}_i)^2}$$

i	λ_i	l_i [10^{-9}]
1	$(25+35+40) \times 2$	200 1.3
2	20×2	40 4.1
3	35×2	70 1.8
4	0	0 3.7
5	$(35+40+10+25) \times 2$	220 1.5
6	$(15+25) \times 2$	80 2.0
7	$(40+25+25+30) \times 2$	240 1.7

$$T = \sum_{i=1}^M \frac{\bar{b}_i \cdot \lambda_i}{\gamma \cdot (C_i - \lambda_i \cdot \bar{b}_i)} \Rightarrow T = 4.52 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\bar{b}}{\gamma} \text{ s}$$

Tokovi najkraceg puta:

$$\begin{array}{llll} \text{A-B } l_1 - l_3 & \text{B-C } l_3 & \text{C-D } l_5 & \text{D-E } l_7 \\ \text{A-C } l_1 & \text{B-D } l_6 & \text{C-E } l_5 - l_7 & \\ \text{A-D } l_1 - l_5 & \text{B-E } l_6 - l_7 & & \\ \text{A-E } l_1 - l_5 - l_7 & & & \end{array}$$

17.09.97

Dakle, treba provjeriti da li skidanje prometa (20 erl/s) sa l_2 i dodavanje istog granama l_1 - l_3 smanjuje kasnjenje

i	λ_i	
1	$(25+35+40) \times 2$	220
2	20×2	20
3	35×2	90
4	0	0
5	$(35+40+10+25) \times 2$	220
6	$(15+25) \times 2$	80
7	$(40+25+25+30) \times 2$	240

slijedi

$$T = \sum_{i=1}^M \frac{\bar{h} \cdot \lambda_i}{\gamma \cdot (C_i - \lambda_i \cdot \bar{h})} \Rightarrow T = 4.538 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\bar{h}}{\gamma} \text{ s}$$

dakle, nema poboljšanja, te je stoga početna matrica usmjeravanja i konacna.

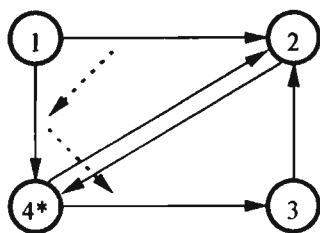
Ispitni rok - drugi

09.09. '97

1.

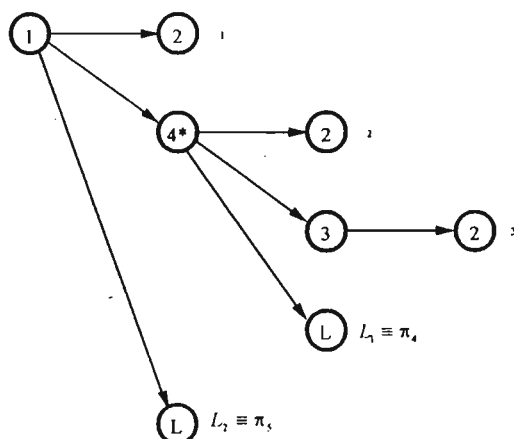
Zadana je mreza s komutacijom kanala, u kojoj se koristi upravljanje s izvorista uz mogućnost prenošenja. Vas je zadatak da izračunate GOS za komunikaciju između čvorova 1 i 2.

Blokiranja grana su 0.15, a usmjeravanje preticnog prometa je zadano strelicama uz početni i čvor s mogućnošću odluke (4*). Izračunajte preneseni promet za svaki od puteva, te potreban broj snopova za svaku granu koja sudjeluje u komunikaciji između navedenih čvorova.



$$[a_{ij}] = \begin{bmatrix} - & 22 & 28 & 26 \\ 22 & - & 30 & 20 \\ 28 & 30 & - & 24 \\ 26 & 20 & 24 & - \end{bmatrix} \text{ erl}$$

RJESENJE



$$P_{\pi 1} = Q_1 = x_{12}$$

$$P_{\pi 2} = Q_2 \cdot (1 - Q_{1(2)}) = x_{14} \cdot x_{42} \cdot (1 - x_{12}) = x_{14} \cdot x_{42} \cdot y_{12}$$

$$\begin{aligned} P_{\pi 3} &= Q_3 \cdot (1 - Q_{1(3)} - Q_{2(3)}) = x_{14} \cdot x_{43} \cdot x_{32} \cdot (1 - x_{12} - Q_{2(3)}(1 - Q_{1(2(3))})) = \\ &= x_{14} \cdot x_{43} \cdot x_{32} \cdot (1 - x_{12} - x_{42}(1 - x_{12})) \\ &= x_{14} \cdot x_{43} \cdot x_{32} \cdot y_{12} \cdot y_{42} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\pi 4} &= x_{14} \cdot [1 - Q_{1(4)} - Q_{2(4)} - Q_{3(4)}] = x_{14} \cdot [1 - x_{12} - Q_{2(4)} \cdot (1 - Q_{1(2(4))}) - Q_{3(4)} \cdot (1 - Q_{1(3(4))} - Q_{2(3(4))})] \\ &= x_{14} \cdot [y_{12} - x_{42} \cdot y_{12} - x_{43} \cdot x_{32} \cdot (1 - x_{12} - Q_{2(3(4))}) \cdot [1 - Q_{1(2(3(4))})]] \\ &= x_{14} \cdot [y_{12} - x_{42} \cdot y_{12} - x_{43} \cdot x_{32} \cdot (y_{12} - x_{42} \cdot y_{12})] \\ &= x_{14} \cdot y_{12} \cdot (y_{42} - x_{43} \cdot x_{32} \cdot y_{42}) \\ &= x_{14} \cdot y_{12} \cdot y_{42} \cdot (1 - x_{43} \cdot x_{32}) \end{aligned}$$

$$P_{\pi 5} = 1 - \sum_{i=1}^4 P_{\pi i}$$

dakle, slijedi

$$P_{\pi 1} = 0.85 \quad P_{\pi 2} = 0.108375 \quad P_{\pi 3} = 13.8178 \cdot 10^{-3} \quad P_{\pi 4} = 5.30719 \cdot 10^{-3} \quad P_{\pi 5} = 22.5 \cdot 10^{-3}$$

$$GOS = \sum P_L,$$

9.09.97

$$GOS = 27.81 \cdot 10^{-3}$$

preneseni promet po putevima

$$a_{\pi} = a_{12} \cdot P_{\pi}, \quad a_{12} = 22 \text{ erl}$$

$$a_{\pi 1} = 18.7 \text{ erl}, \quad a_{\pi 2} = 2.384 \text{ erl}, \quad a_{\pi 3} = 0.304 \text{ erl}, \quad a_{L1} = 0.117 \text{ erl}, \quad a_{L2} = 0.495 \text{ erl}$$

potreban broj snopova po granama

- preneseni promet po granama

$$a_{i12} = a_{\pi 1} = 18.7 \text{ erl}$$

$$a_{i14} = a_{\pi 2} + a_{\pi 3} + a_{\pi 4} = 2.805 \text{ erl}$$

$$a_{i42} = a_{\pi 2} = 2.384 \text{ erl}$$

$$a_{i43} = a_{i32} = a_{\pi 3} = 0.304 \text{ erl}$$

M/M/m s gubicima, Erlang-B, ali treba ponudjeni promet,

$$a_o = \frac{a_i}{1-x} = \frac{a_i}{0.85}$$

$$P_m \leq 15\%$$

slijede rjesenja

$$a_{o12} = 22 \text{ erl} (A = 20 \text{ erl}, P_m = 0.131436)$$

$$\Rightarrow m_{12} = 21$$

$$a_{o14} = 3.3 \text{ erl} (A = 3.4 \text{ erl}, P_m = 0.145142)$$

$$\Rightarrow m_{14} = 5$$

$$a_{o42} = 2.805 \text{ erl} (A = 2.8 \text{ erl}, P_m = 0.0932876)$$

$$\Rightarrow m_{42} = 5$$

$$a_{o43} = a_{o32} = 0.358 \text{ erl} (A = 0.4 \text{ erl}, P_m = 0.0540541)$$

$$\Rightarrow m_{43} = m_{32} = 2$$

2.

Posluzitelj internet usluga je potrebno spojiti na mrežu pomoću transmisijske veze. Očekivani intenziteti nailazaka su za WWW uslugu 100 paketa u sekundi, za gopher uslugu 5 paketa u sekundi, te za ftp uslugu 50 paketa u sekundi. Prosječna dužina paketa je za sve usluge 512 okteta, a razdiobe vjerojatnosti dužina paketa su za WWW uslugu E_r s $r=4$, za gopher uslugu E_r s $r=8$, te za ftp uslugu E_r s $r=2$.

Vas je zadatak odrediti minimalni kapacitet transmisijske veze a da ukupno vrijeme koje paket provede u prijenosu (čekanje na prijenos i sam prijenos) ne bi bilo veće od 10ms.

Odredite opterećenje, prosječno vrijeme čekanja i prijenosa ako je kapacitet transmisijske veze 10 Mbit/s.

RJESENJE

$$\lambda = \lambda_w + \lambda_g + \lambda_f = 155 \text{ erl}$$

$$\bar{b} = 512 \text{ oktet} = 4096 \text{ bit}$$

$$A = T_q = 10 \text{ ms}$$

prosječno vrijeme čekanja

$$T_w = \frac{\sum \lambda_i \cdot \bar{t}_{si}^2}{2 \cdot (1 - \rho)}, \quad \bar{t}_{si}^2 = T_s^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{r}\right)$$

$$T_w = T_q - T_s = \frac{T_s^2}{2 \cdot (1 - \lambda \cdot T_s)} \left[\lambda_w \cdot \left(1 + \frac{1}{r_w}\right) + \lambda_g \cdot \left(1 + \frac{1}{r_g}\right) + \lambda_f \cdot \left(1 + \frac{1}{r_f}\right) \right]$$

9.9.97

$$T_w = T_q - T_s = \frac{T_s^2}{2 \cdot (1 - \lambda \cdot T_s)} \cdot G, \quad G = 205.625$$

$$2 \cdot T_q - 2 \cdot T_s - 2 \cdot \lambda \cdot T_q \cdot T_s + 2 \cdot \lambda \cdot T_s^2 = G \cdot T_s^2$$

$$(2 \cdot \lambda - G) \cdot T_s^2 - (2 + 2 \cdot \lambda \cdot T_q) \cdot T_s + 2 \cdot T_q = 0$$

$$T_{s1} = 44.56 \text{ ms (KRIVO)}$$

$$T_{s2} = T_s = 4.3 \text{ ms}$$

$$C = \frac{\bar{b}}{T_s}, \quad \boxed{C = 952563.741 \text{ bit/s}}$$

$$\rho = 0.6665 \text{ erl}$$

$$C' = 10 \text{ Mbit/s}$$

$$T_s = \frac{\bar{b}}{C}, \quad \boxed{T_s = 0.4096 \text{ ms}}$$

$$T_w = \frac{T_s^2}{2 \cdot (1 - \rho)} \cdot G, \quad \boxed{\rho = 0.063488 \text{ erl}}, \quad \boxed{T_w = 18.42 \mu\text{s}}$$

3.

Između 7 cvorova je potrebno primjenom algoritma Prim-Dijkstra povuci optimalno stablo.

Cvorovi su zadani koordinatama: A(-4,1), B(-4,-3), C(-2,0), D(-1,-3), E(0,-1), F(0,2) i G(3,0).

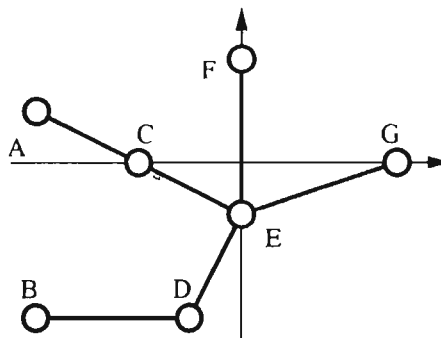
U tako dobivenoj mreži je potrebno odrediti optimalne iznose kapaciteta grana koristeći matricu ulaznih intenziteta i pretpostavku da je ukupna cijena mreže 50% veća od minimalne.

Prosječna dužina paketa je 1024 bita.

NAPOMENA: Koristite Manhattan distance pri određivanju optimalnog stabla.

$$[\gamma_{jk}] = \begin{bmatrix} - & 200 & 225 & 400 & 450 & 350 & 250 \\ 315 & - & 275 & 300 & 315 & 275 & 300 \\ 250 & 415 & - & 300 & 260 & 350 & 280 \\ 300 & 420 & 370 & - & 320 & 415 & 260 \\ 400 & 270 & 350 & 285 & - & 400 & 360 \\ 350 & 325 & 200 & 315 & 200 & - & 280 \\ 275 & 280 & 225 & 260 & 200 & 290 & - \end{bmatrix} \text{ erl/s}$$

RJESENJE



- A-C : $\lambda_1 = 3765 \text{ erl / s}$
- C-E : $\lambda_2 = 6315 \text{ erl / s}$
- F-E : $\lambda_3 = 3750 \text{ erl / s}$
- E-G : $\lambda_4 = 3260 \text{ erl / s}$
- B-D : $\lambda_5 = 3690 \text{ erl / s}$
- E-D : $\lambda_6 = 6195 \text{ erl / s}$

$$d_1 = 3, d_2 = 3, d_3 = 3, d_4 = 4, d_5 = 3, d_6 = 3.$$

kapaciteti

$$C_i = \lambda_i \cdot \bar{b} + \frac{D_e}{d_i} \cdot \sqrt{\lambda_i \cdot d_i} \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^6 \sqrt{\lambda_i \cdot d_i}}, \quad \sum_{i=1}^6 \sqrt{\lambda_i \cdot d_i} = 705.7185$$

dodatna cijena

$$D_e = 0.5 \cdot DI_{\min}, \quad DI_{\min} = \sum_{i=1}^6 \bar{b} \cdot \lambda_i \cdot d_i = 86205440$$

$$D_e = 43102720$$

kapaciteti

$$C_1 = 6.02 \text{ Mbit / s}$$

$$C_2 = 9.27 \text{ Mbit / s}$$

$$C_3 = 6 \text{ Mbit / s}$$

$$C_4 = 5.08 \text{ Mbit / s}$$

$$C_5 = 5.92 \text{ Mbit / s}$$

$$C_6 = 9.12 \text{ Mbit / s}$$

prosječno vrijeme čekanja

$$T_w = \frac{\bar{b}}{\gamma \cdot D_e} \left(\sum_{i=1}^M \sqrt{\lambda_i \cdot d_i} \right)^2, \quad \gamma = 12860 \text{ erl / s}, \quad \lambda = 26975 \text{ erl / s}, \quad \bar{n} = 2.0976 \text{ erl / s},$$

$$T_w = 0.92 \text{ ms}$$

Informacijske mreže

Pismeni ispit 25.6.1997.

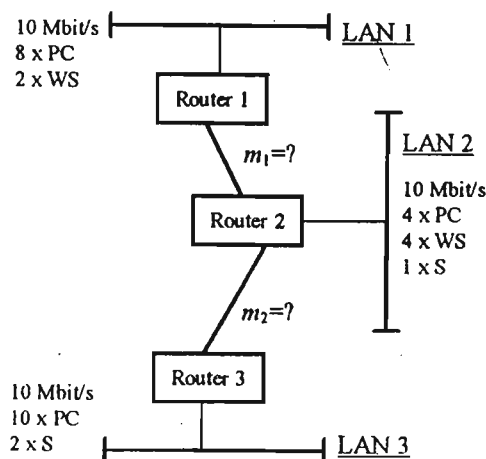
1. Osobno računalo nadzire rad 4 uređaja u industrijskom postrojenju. Uređaji u prosjeku šalju 330, 270, 440 odnosno 210 poruka u sekundi, kodiranih kodom 3 od 5. Poruke izazivaju na osobnom računalu pokretanje određenih rutina, čije su dužine dane u tablici. Ako pretpostavimo da su sve poruke jednako vjerojatne odredite:

- minimalno dopustiv kapacitet procesora,
- kapacitet procesora ako se želi da prosječno vrijeme čekanja bude jednako prosječnom vremenu posluživanja, te
- opterećenje procesora ako je njegov kapacitet 100 MIPS

poruka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
dužina	20	25	30	30	45	40	45	25	30	30	[kIPS]

2. Tri lokalne mreže sabirničkog tipa (FastEthernet, 100Mbit/s) spojene su pomoću routera u konfiguraciju prema slici. Pretpostavka je da osobno računalo (PC) u toku najvećeg dnevnog prometnog opterećenja generira 70, radna stanica (WS) 96 a poslužitelj (S) 112 paketa u sekundi. Određen dio prometa koji generiraju uređaji priključeni na sabirnicu se odnosi na promet između lokalnih mreža (vidi tablicu). Ako pretpostavite da je prosječna dužina paketa 1500 okteta, da su raspodjele vjerojatnosti dužina paketa eksponencijalne, te da je nailazak paketa opisan eksponencijalnom razdiobom, odredite opterećenja i prosječna vremena čekanja za svaku lokalnu mrežu, a za komunikacije između routera odredite:

- potreban broj komunikacijskih kanala kapaciteta 256 kbit/s između routera, uz uvjet da je prosječno vrijeme čekanja manje od 20ms
- opterećenje komunikacija između routera
- prosječno vrijeme čekanja ako se broj komunikacijskih kanala udvostruči.



$$\Gamma = \begin{bmatrix} - & 12 & 20 \\ 10 & - & 11 \\ 18 & 14 & - \end{bmatrix} [\%]$$

25.02.19

3. Primjenom algoritma minimalnog reza-maksimalnog toka odredite za mrežu zadanu matricom kapaciteta najveći mogući informacijski tok koji može biti prenesen od čvora 2 prema čvoru 7.

NAPOMENA: Navedite sve iteracije.

$$C = \begin{bmatrix} - & 0 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & - & 0 & 4 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & - & 5 & 0 & 4 & 0 \\ 7 & 0 & 0 & - & 2 & 2 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & - & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & - & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & - \end{bmatrix} \times 2.048 \text{ Mbit/s}$$

25.6.97

(2)

LAN1

Correlation point

$$\lambda_{1tot} = 8.70 + 2.96$$

$$= 11.66 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_{11} = \lambda_{1tot} \cdot 0.12$$

$$= 1.3992 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_{12} = \lambda_{1tot} \cdot 0.2$$

$$= 2.332 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_1 = \lambda_{1tot} + \lambda_{11} + \lambda_{12}$$

$$= 13.3912 \text{ erl/s}$$

$$\bar{S} = 1500 \cdot 8 = 12 \cdot 10^3 \text{ b}$$

$$C = 100 \cdot 10^6 \text{ b/s}$$

$$S_1 = \lambda_1 \cdot \frac{\bar{S}}{C}$$

$$S_1 = 0.1195 \text{ erl}$$

$$30\% \left\{ \begin{aligned} T_{w1} &= \frac{S_1 \cdot \bar{S}}{1 - S_1} = \frac{63.1}{C(1 - S_1)} \end{aligned} \right.$$

$$T_{w1} = 16.286 \text{ } \mu\text{s}$$

Kommunikationsrichtung

$$1-2 \Rightarrow m_1$$

$$10\% \left\{ \begin{aligned} \lambda_{12} &= \lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{21} + \lambda_{22} \\ &= 484.56 \end{aligned} \right.$$

$$C = 256 \text{ kb/s}$$

$$A_{12} = \lambda_{12} \cdot \frac{\bar{S}}{C} =$$

$$A_{12} = 22.715 \text{ erl}$$

LAN2

$$\lambda_{2tot} = 5.70 + 4.96 = 10.66$$

$$= 10.66 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_{21} = \lambda_{2tot} \cdot 0.1$$

$$= 1.066 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_{23} = \lambda_{2tot} \cdot 0.11$$

$$= 1.1726 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_2 = \lambda_{2tot} + \lambda_{21} + \lambda_{23}$$

$$= 12.8986 \text{ erl/s}$$

$$S_2 = 0.1195 \text{ erl}$$

$$T_{w2} = 16.286 \text{ } \mu\text{s}$$

$$2-3 \Rightarrow m_2$$

$$\lambda_{23} = \lambda_{23} + \lambda_{13} + \lambda_{32} + \lambda_{33}$$

$$= 531.44$$

$$A_{23} = \lambda_{23} \cdot \frac{\bar{S}}{C}$$

$$A_{23} = 24.941 \text{ erl}$$

LAN3

$$\lambda_{3tot} = 10.70 + 2.12$$

$$= 12.82 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_{31} = \lambda_{3tot} \cdot 0.18$$

$$= 2.3076 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_{32} = \lambda_{3tot} \cdot 0.14$$

$$= 1.7948 \text{ erl/s}$$

$$\lambda_3 = \lambda_{31} + \lambda_{32} + \lambda_{33}$$

$$= 15.9224 \text{ erl/s}$$

$$S_3 = 0.1392 \text{ erl}$$

$$T_{w3} = 19.405 \text{ } \mu\text{s}$$

24.6.57

$$A_{12} = 22.714 \text{ erl}$$

$$T_w = 20 \text{ ms}$$

Erlang-C

$$A_{23} = 24.911 \text{ erl}$$

$$T_w = \left(\frac{P_m}{1-s} \right) \frac{T_s}{1-s}$$

$$T_s = 120 \mu\text{s}$$

$$T_s = 46.875 \text{ ms}$$

$$\frac{A_n}{s} = m_1$$

$$m = 25$$

$$s = 0.9$$

$$P_m = 0.507923$$

$$T_w = 238.08 \text{ ms}$$

$$m = 30$$

$$s = 0.76$$

$$P_m = 0.1105271$$

$$T_w = 21.587 \text{ ms}$$

$$m_1 = 35$$

$$s = 0.64$$

$$P_m = 0.00911077$$

$$T_w = 1.186 \text{ ms}$$

$$m_1 = 35$$

$$m = 30$$

$$s = 0.84$$

$$P_m = 0.267825$$

$$T_w = 78.46 \text{ ms}$$

$$m_2 = 35$$

$$s = 0.72$$

$$P_m = 0.0436961$$

$$T_w = 7.315 \text{ ms}$$

$$m_2 = 35$$

$$(c) m_1 = 70$$

$$A = 22.714$$

$$s_1 = \frac{A}{m_1}$$

$$s_1 = \frac{?}{0}$$

$$m_2 = 70$$

$$A = 24.911$$

$$s_1 = \frac{A}{m_2}$$

$$s_2 = \frac{?}{0}$$

①

$$\lambda = \sum \lambda = 1000 \text{ erl/s} \quad 1280 \text{ erl/s}$$

$$\bar{L} = 24\% = 32 \text{ KIPS-2}$$

(a) $S =$

$$S = \lambda \frac{\bar{L}}{C}$$

$$C = \lambda \bar{L}$$

$$C = 40 \text{ MIPS-2}$$

(b)

$$T_w = \frac{ST_s}{2(1-S)}$$

$$M/D/1$$

$$S = \frac{2}{3} = \lambda \frac{\bar{L}}{C}$$

Prüfung

M/M/1

$$C = \frac{\lambda \bar{L}}{S} = C = 60 \text{ MIPS-2}$$

$$T_w = \frac{ST_s}{1-S}$$

$$S = \frac{1}{2}$$

(c)

$$S = \lambda \frac{\bar{L}}{C} = 0.5 \text{ erl}$$

$$C = \frac{\lambda \bar{L}}{S}$$

$$C = 80 \text{ MIPS-2}$$

3.

C =

①

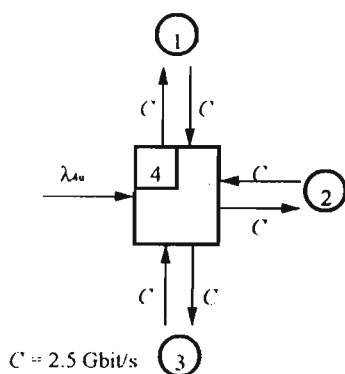
$$C = 4 + 2 + 3 = 9 \cdot 2048 \text{ Mbit/s}$$

1 ispitni rok

1. Komutacijski cvor paketske mreze je spojen s tri identicna komutacijska cvora transmissijskim vezama kapaciteta 2.5 Gbit/s. Paketi su duzine 53 okteta a intenziteti nailazaka su slijedeci : od cvora 1 $9 \cdot 10^5$ paketa u sekundi, od cvora 2 $16 \cdot 10^5$ paketa u sekundi i od cvora 3 $10 \cdot 10^5$ paketa u sekundi. Ulazni promet u mrezu iz cvora 4 je intenziteta $5 \cdot 10^5$ paketa u sekundi.

Zadatak je odrediti:

- potreban kapacitet procesora za usmjeravanje paketa, ako je prosjecan broj instrukcija potrebnih za usmjeravanje jednog paketa 4 I, a zahtjev da prosjecno zadržavanje paketa u cvoru bude $0.4 \mu s$.
- velicinu spremnika paketa ako je prosjecno zadržavanje 1ms, te
- opterećenje i prosjecna vremena cekanja na dolaznim i odlaznim transmissijskim vezama, ako je usmjeravanje paketa u komutacijskom cvoru zadano tablicom (broj u i -tom retku i j -tom stupcu oznacava postotak dolaznog prometa s i -tog cvora koji se usmjerava j -tom cvoru).



	1	2	3	4
1	-	30	45	25
2	20	-	50	30
3	35	45	-	20
4	35	30	30	-

35

RJESENJE

$$\lambda_{1d} = 9 \cdot 10^5 \text{ erl} / s$$

$$\lambda_{2d} = 16 \cdot 10^5 \text{ erl} / s$$

$$\lambda_{3d} = 10 \cdot 10^5 \text{ erl} / s$$

$$\lambda_{4u} = 5 \cdot 10^5 \text{ erl} / s$$

$$M/M/1 \text{ sustav, } \lambda_{uk} = \sum_i \lambda_i = 4 \cdot 10^6 \text{ erl} / s$$

$$(a) \bar{b} = 41$$

prosjecno vrijeme cekanja

$$T_w = \frac{\lambda \cdot T_s^2}{1 - \lambda \cdot T_s}$$

ukupno vrijeme provedeno u procesorskoj jedinici: cekanje + posluživanje

$$T_q = T_w + T_s = A, \quad A = 0.4 \mu s$$

$$T_s = \frac{A}{A + A \cdot \lambda}$$

$$T_s = 0.154 \mu s$$

$$T_w = 0.246 \mu s$$

$$C = \frac{\bar{b}}{T_s},$$

kapacitet

$$C = 26 \text{ MIPS}$$

$$(b) A = 1 \text{ ms}$$