



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Problem 1. Little-ov zakon

- A. U supermarket u redu za kasu u proseku je 4 kupaca. Kupci staju u red u proseku svakih 2 min u red stane jedan kupac. Koliko vremena u proseku kupac mora čekati u redu za kasu?

Rešenje:

Prosečan intezitet nailaska kupaca – jedan svakih 2 min; t.j. $\lambda = 1/2$ kupaca/min

Prosečno vreme prolaska (throughput time) = srednje vreme čekanja u redu =

$$= N / \lambda = 4 \text{ kupaca} / (1/2 \text{ kupaca/min}) = 8 \text{ min.}$$

- B. U restoranu se u proseku nalazi oko 60 gostiju, prosečno se svaki gost zadržava u restoranu oko 2 sata. Koliko gostiju u proseku ulazi u restoran na sat? Ako u redu čekanja u restoranu ima 30 ljudi (čekaju na sto), koliko dugo će u proseku svako iz reda čekati na sto?

Rešenje:

Intezitet nailaska gostiju - $\lambda = N/D = 60 \text{ gostiju} / 2 \text{ sata} = 30 \text{ gostiju} / \text{sat.}$

Sa tim intezitetom nailaska, dužina reda čekanja 30 gostiju, dakle

Srednje vreme čekanja u redu: $D = N / \lambda = 30 \text{ gostiju} / (30 \text{ gostiju} / \text{sat}) = 1 \text{ sat.}$

- C. Restoran brze hrane koristi 3.500 kilograma hamburgera nedeljno. Menadžer restorana želi da obezbedi da meso uvek bude sveže, t.j., meso ne sme biti starije od 2 dana u proseku kada se koristi. Koliko hamburgera će se u proseku čuvati u frižideru kao inventar?

Rešenje:

Intezitet nailaska = 3.500 kg/nedelja (= 500 kg/dan)

Prosečno vreme prolaska (throughput time) (= vreme čekanja u sistemu, D) = 2 dana

Prosečan inventar = $\lambda \cdot D = 500 \cdot 2 = 1000$ kilograma.

Problem 2. Izračunati ukupno kašnjenje od slanja prvog bita do prijema poslednjeg bita u sledećoj situaciji:

- A. Predajnik i prijemnik su povezani redno sa dva 1Gb/s linka i jednim komutatorom. Dužina paketa je 5000 bita. Svaki link prouzrokuje kašnjenje usled prostiranja od 10ms. Predpostavimo da komutator počinje prosleđivanje paketa neposredno nakon prijema poslednjeg bita paketa i red čekanja je prazan.

Rešenje:

Za svaki od linkova, kašnjenje usled prenosa (jednako $1\text{Gb/s} / 5\text{Kb/s} = 5\text{ms}$), na šta se dodaje još 10ms usled prostiranja poslednjeg bita u paketu po linku. Dakle, sa samo jednim komutatorom koji prosleđuje paket nakon prijema celog paketa, ukupno kašnjenje je dva kašnjenja usled prenosa + dva kašnjenja usled prostiranja = 30ms.

- B. Isto kao (A) sa tri komutatora i četiri linka.

Rešenje:

Za tri komutatora i dakle četiri linka ukupno kašnjenje je četiri kašnjenja usled prenosa + četiri kašnjenja usled prostiranja = 60ms.

Problem 3. Pod kojim uslovima će mreža sa komutacijom kola biti bolje rešenje nego sa komutacijom paketa?

Odgovor:

Komutacija kola nudi:

- Garantovani kapacitet prenosa. Uspostavom kanala, jedan TDM slot se rezerviše u svakom ciklusu (ramu) za tu vezu (prenosnu sesiju).
- Paketi se ne mogu primati van redosleda slanja. S obzirom da svi paketi prelaze istu putanju, oni nailaze na odredištu u istom redosledu kako su poslali.
- Kašnjenje je ograničeno. Paketi se prenose fiksnom brzinom duž linkova u dodeljenom kanalu – tako da se njihovo kašnjenje u prenosu može precizno proceniti.
- Bez gubitaka paketa. S obzirom da nema kolizije ili prepunjavanje bafera, nema razloga da ih mreža odbacuje.

Različiti streaming aplikacije (VoIP, video streaming, real-time monitorisanje,...) mogu imati koristi od navedenih svojstava.

Problem 4. Komutacija kola i komutacija paketa su dva različita načina deljenja linkova u komunikacionoj mreži. Označiti sa TAČNO i NETAČNO sledeće tvrdnje:

- A. Komutatori u mrežama sa komutacijom kola obrađuju poruke u fazi uspostave i faze raskidanja veze, dok komutatori u paketskoj komutaciji to ne rade.

TAČNO

- B. Pod nekim uslovima, mreža sa komutacijom kanala može sprečiti neki izvor da započne novu vezu.

TAČNO

- C. Kada je veza uspešno uspostavljena, komutator u mrežama sa komutacijom kola je u stanju da uspešno prosleđuje podatke bez potrebe da okviri podataka uključuju odredišnu adresu.

TAČNO

- D. Za razliku od paketske komutacije, komutatorima u mrežama sa komutacijom kola za uspešno funkcionisanje nisu potrebni nikakvi podaci o topologiji mreže.

NETAČNO

Problem 5. Posmatramo komutator sa TDM raspodelom (deljenjem) linka između 4 istovremenih konekcija (A, B, C i D) čiji paketi nailaze u grupama. Odlazni kapacitet linka je 1 paket/vreme trajanja slota. Predpostavimo da komutator radi duži vremenski period.

- A. Prosečan intezitet nailaska paketa u komutator tih konekcija (A - D), u paketima /vreme trajanja jednog slot, su 0.2, 0.2, 0.1 i 0.1 respektivno. Prosečna vremena kašnjenja izmerena na komutatoru (u slotovima) su 10, 10, 5 i 5. Kolika je prosečna zauzetost svakog od četiri odlaznih bafera u komutatoru?

Rešenje:

Sa TDM, svaka konekcija šalje 1 paket svakih 4 vremenskih slotova, ili 0.25 paketa/slo. Sa TDM ponašanje svake konekcije je nezavisno u odnosu na ostale konekcije. Dakle,

intezitet nailaska paketa za svaku konekciju je manji od odlaznog kapaciteta – dužina zauzetosti bafera će biti ograničena za sve konekcije.

Koristeći Little-ov zakon: $N = \lambda \cdot D$, tako

A: $N = 0.2 \cdot 10 = 2$ paketa

B: $N = 0.2 \cdot 10 = 2$ paketa

C: $N = 0.1 \cdot 5 = 0.5$ paketa

D: $N = 0.1 \cdot 5 = 0.5$ paketa

- B. Intezitet nailaska paketa konekcije A se menja u 0.4 paketa/slot. Inteziteti ostalih konekcija ostaju nepromenjeni kao i rad komutatora. Kolika je sada prosečna zauzetost odlaznog bafera za ove četiri konekcije (A - D)?

Rešenje:

Sledeći gore navedene razloge, promena u konekciji A nema uticaja na baferovanje konekcija B, C i D.

Intezitet nailaska po konekciji A sada prevazilazi kapacitet odlaznog linka, tako da je zauzetost bafera neograničena.

Problem 6. Prenosi se tok paketa dužine 1000 bitova kroz mrežu putanjom od Beograda do Niša. Nađeno je da kašnjenje u jednom smeru varira od 50ms (u odsustvu bilo kakvog kašnjenja usled čekanja u redovima čekanja) i 125ms (u slučaju maksimalnog kašnjenja usled punih redova čekanja) – sa prosekom od 75ms. Intezitet generisanja paketa naizvoru je 1 Mb/s. Prijemnik prima pakete istim intezitetom bez ikakvih gubitaka paketa.

- A. Proceniti srednji broj paketa u redu čekanja (baferu) na linku koji čini usko grlo na putanji (predpostavka je da se baferovanje paketa dešava samo na jednom komutatoru).

Rešenje:

$$\lambda = 1 \text{ Mb/s} = 1000 \text{ paketa/s}$$

$$D = 75 - 50 \text{ ms} = 25 \text{ ms (prosečno kašnjenje usled čekanja u baferu)}$$

$$N = \lambda \cdot D = (1000 \text{ paketa/s}) \cdot (0.25 \text{ s}) = 25 \text{ paketa.}$$

Ako se intezitet generisanja paketa na izvoru poveća na 2 Mb/s. Uočeno je da prijemnik prima pakete intezitetom od 1.6 Mb/s. prosečna dužina reda čekanja (zauzetosti bafera) nije značajnije promenjena u odnosu na gornju situaciju.

B. Koliki je intezitet gubitaka paketa u tom komutatoru?

Rešenje:

Poslato 2000 paketa/s, primljeno 1600 paketa/s, intezitet gubitaka paketa mora biti:

$$1 - (1600/2000) = 20\%$$

C. Koliko je ukupno kašnjenje u jednom smeru?

Rešenje:

$$N = 25 \text{ paketa}$$

$$\lambda = 1600 \text{ paketa/s}$$

$$D = N/\lambda = 25/1600 = 15.6\text{ms}$$

Problem 7. U komutator nailaze paketi i to 10% njih se obrađuje duž “spore putanje”, koja prouzrokuje prosečno kašnjenje od 1ms. Svi drugi paketi se upućuju po “brzoj putanji”, na kojoj je kašnjenje 0.1ms. Nakon određenog vremena observacije komutatora, uočen je srednji broj paketa u njemu je 19. Kojim prosečnim intezitetom paketi nailaze u komutator?

Rešenje:

$$N = 19 \text{ paketa}$$

$$\text{Prosečno kašnjenje} - D = (0.1) \cdot 1\text{ms} + (0.9) \cdot 0.1\text{ms} = 0.19\text{ms}$$

$$\text{Prosečan intezitet nailaska paketa} - \lambda = 19/0.00019 = 100000 \text{ paketa/sek.}$$

Problem 8. Posmatramo jedan komutator u mreži sa komutacijom kola koji šalje podatke na 1Mb/s odlazni link koristeći sinhroni vremenski multiplekser (TDM). Komutator podržava maksimalno 20 istovremenih veza (prenosnih sesija) na linku. Svi izvori saobraćaja generišu okvire konstantne dužine od 2000 bita. Nakon izvesnog vremena, utvrđeno je da je prosečan broj istovremenih veza koji koriste odlazni link jednak 10. Komutator prosleđuje okvire poslate od izvora (predajnika) svakih δ sekundi. Saglasno TDM-u. Odrediti vrednost δ .

Rešenje:

Dužina okvira – $l = 2 \cdot 10^3$ bita

Kapacitet odlaznog linka – $C = 10^6$ b/s

Vremensko trajanje jednog slot-a – $s = 2 \cdot 10^3 / 10^6$ sek. = 2ms.

Za $N = 20$ kompletni ciklus (vreme trajanja rama) - $\delta = 20 \cdot 2\text{ms} = 40\text{ms}$.