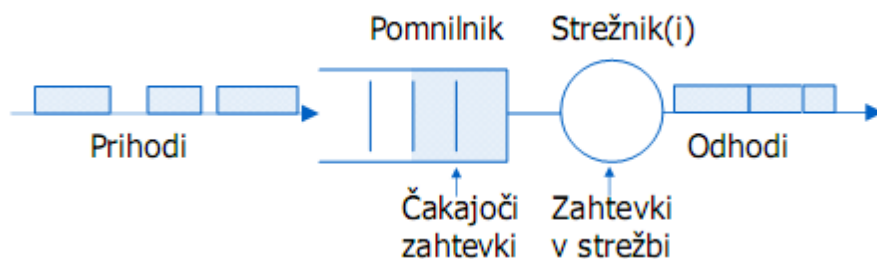


## Telekomunikacijski inženiring snov

### 1. Uporaba simulacij – namen in pomen:

- Namen: Simulacije izvajamo pred izgradnjo sistema ali pred spreminjanjem ali nadgradnjo sistema. S simulacijami lahko zmanjšamo možnost napak, preprečimo nepredvidene zamašitve v omrežju, preprečimo preobremenjenost omrežnih virov ali pod obremenjenost omrežnih virov. Z njimi lahko tudi optimiziramo zmogljivost sistema.
- Orodja za simuliranje TK omrežij, ki smo jih spoznali: NS2, COMNET orodja so primerna za simuliranje telekomunikacijskih sistemov in za simuliranje računalniških mrež

### 2. Predstavite, narišite in obrazložite model strežnega sistema s čakalno vrsto in navedite področja uporabe.



- $m$  = število strežnikov
- $b$  = velikost pomnilnika
- Strežni sistem vsebuje enega ali več strežnikov. Zahtevki prihajajo po določeno storitev, tisti zahtevki, ki pridejo v sistem in ne prejmejo storitev takoj so razporejeni v čakalno vrsto (pomnilnik)

### 3. Katere podatke nivoja IP najpogosteje zbiramo pri meritvah prometa?

- Podatki iz glave mrežnega nivoja IP in transportnega nivoja ter časovni žig.

### 4. Predstavite povezavno in nepozavno orientirano komutirane primere za IP omrežja

- Pri principu povezavnosti gre za to, ali komunicirajoči osebki pred izmenjavo podatkov vzpostavijo zvezo/sejo ali ne.

	Povezavno orientirane	Nepovezavno orientirane
<b>Prednosti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- možna večja zanesljivost prenosa, odprava napak</li> <li>- možnost nadzora pretoka, preprečevanje zasičenja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- enostavnost</li> </ul>
<b>Slabosti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- potrebujemo signalizacijo</li> <li>- protokoli / omrežja so kompleksnejša</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nezmožnost zanesljivega prenosa (best-effort)</li> </ul>

- Tokokrogovna omrežja so povezavno orientirana (povezavnost zagotavlja fizični tokokrog)
- Paketna omrežja so lahko povezavna ali nepovezavna (povezavnost odvisna od protokolov)

	Tokokrogovna komutacija	Paketna komutacija
<b>Povezavno</b>	ISDN, PSTN, SDH	ATM, MPLS
<b>Nepovezavno</b>	---	Ethernet, IP

## 5. DiffServ: Namen in opis delovanja

- Namen:
  - o Klasificira vstopni promet glede na politiko zagotavljanja kakovosti storitev.
- Delovanje:
  - o Diffserv za klasifikacijo uporablja polje ToS (type of service) v glavi IP paketa Polje ToS vsebuje 8 bitov, prvi 4 biti predstavljajo prioriteto IP paketov. Biti 3 in 4 se uporabljata za bolj precizno razdelitev prometa v prioritete razrede.
  - o Sistem najprej razvrsti promet glede na razred nato pa na delež izgub. DiffServ pa ne določa deleža izgub ampak za to poskrbi upravljalec omrežja. Vsak usmerjevalnik znotraj omrežja z DiffServ odčita polje ToS in paket razvrsti v različne čakalne vrste glede na razred prometa.
  - o Je eden od mehanizmov za izvajanje QoS. Ni zmožljivostno in pomnilniško potraten. Ima popolnoma odpravljen shranjevanje in obdelavo sej. Omogoča več razredov storitev (premium, assured, olympic service).

## 6. Erlang B model (izračun verjetnosti blokade B)

- omogoča izračun verjetnosti blokade
- verjetnost, da so ob prihodu nove zahteve vsi strežniki zasedeni,
- v tem primeru se nova zahteva blokira (zavrže) in se je ne obravnava več
- predpostavlja eksponentne porazdelitve:
  - o dohodnih časov novih zahtev
  - o strežnih časov posameznih zahtev
- Parametri, ki mu jih določamo, so:
  - o B – verjetnost blokade,
  - o S – število strežnikov,
  - o A – ponujen promet [erlang].
- Erlang B se uporablja, kadar je blokiran klic blokiran
- Primer: Nekdo pokliče neko telefonsko številko in dobi signal »zasedeno«.

$$B = \frac{A^S}{S!} \frac{1}{\sum_{i=0}^S \frac{A^i}{i!}}$$

## 7. Erlang C model (izračun verjetnosti čakanja / zasedenih strežnikov)

- izračun verjetnosti čakanja
- izračun verjetnosti, da so ob prihodu nove zahteve vsi strežniki zasedeni,
  - o v tem primeru se nova zahteva postavi v čakalno vrsto in čaka na prosti strežnik
- enako kot Erlang B predpostavlja eksponentne porazdelitve dohodnih časov novih zahtev in strežnih časov posameznih zahtev.
- Parametri, ki mu jih določamo, so:
  - o S – število strežnikov,
  - o A – ponujen promet [erlang],
  - o T1 – sprejemljivi čas čakanja na prost strežnik [s],
  - o T2 – povprečni čas zadrževanja v strežniku [s],
  - o P(>0) – verjetnost čakanja na prost strežnik,
  - o P(>t) – verjetnost, da čakamo na strežnik več kot T1 sekund,
  - o D1 – povprečni čas čakanja na prost strežnik [s],
  - o D2 – povprečni čas čakanja na prost strežnik dejansko zakasnenih zahtev [s].
- Erlang C se uporablja, kadar je blokiran klic zakasnen (se postavi v čakalno vrsto)
- Primer: Nekdo pokliče klicni center in čaka na prostega operaterja, ki bo klic sprejel.

$$P(T_1) = P(>0) e^{-\frac{(S-A)T_1}{T_2}} \quad D_1 = P(>0) \frac{T_2}{(S-A)} \quad D_2 = \frac{T_2}{(S-A)}$$

**8. Razlika med Erlang B in Erlang C modelom? Na katerih področjih ju uporabljamo, katere parametre jima določamo? Za oba navedi praktičen primer.**

- Naloga 6 in 7

**9. Opiši strežni sistem M/M/1 in njegovo uporabo.**

- en sam strežnik z neskončnim pomnilnikom in neskončno populacijo,
  - Poissonov proces prihodov, s številom zahtevkov  $\lambda$ ,
  - eksponenten proces strežbe, s parametrom  $\mu$ ,  $\mu = \frac{1}{T_s}$ ,
  - naključni prihodi in strežba,
  - stabilno stanje:  $\lambda < \mu$ ,
  - časi med prihodi in strežbo so porazdeljeni po eksponentni porazdelitvi,
  - časi strežbe in intervali prihodov so med seboj neodvisni
  - FIFO (First In First Out) način razvrščanja
- 
- Uporabljamo ga, kadar je število zahtev veliko, kadar je vpliv posamezne zahteve na celoten sistem majhen ter kadar so vse zahteve med seboj neodvisne, kar pomeni, da je njihova odločitev za uporabo sistema neodvisna od ostalih zahtev. Gre za \*/D/∞ sistem s konstantno zakasnitvijo.
  - Pasivno analiziranje prometa – (prisluškujemo, gledamo, snifamo) → POSLUŠAMO  
Zgolj zajemamo in analiziramo promet na povezavah in v realnih omrežjih.
  - Aktivno analiziranje prometa - promet sami generiramo in nato merimo → POŠILJAMO  
V sistem pošiljamo sintetičen promet in analiziramo obnašanje. Problem nastopi, ko oddajamo promet in spreminjamo obremenitev prometa, saj »slika« ni več realna.

**10. Kaj sta SNMP in SMTP?**

- SNMP = Simple Network Management Protocol (trenutno SNMPv3)
  - prvotna standardizacija zelo enostavna, - nastal zaradi interneta,
  - rast velikosti in kompleksnosti protokola, - razvit in sprejet izjemno hitro,
  - glavni standard za upravljanje omrežij.
- 
- Ključni elementi SNMP-ja so:
    - o MIB (Management information base):
      - porazdeljeno skladišče za informacije za upravljanje omrežja,
    - o SMI (Structure of Management Information):
      - jezik za definicijo podatkov za MIB objekte,
    - o SNMP protokol: prenos informacij in instrukcij med upravljalcem in upravljanimi objekti ter varnost, zmožnost administracije – nove zmožnosti v SNMP v3.
  - Prednosti: - Slabosti:
    - o velika popularnost o kljub »Simple« je relativno kompliciran (SNMP-v2)
    - o fleksibilnost in razširljivost o ni učinkovit (velika količina redundantnih informacij).
  - SMTP:
    - o SMTP je preprost protokol in hkrati standard za prenos elektronske pošte na internetu. S temi protokoli prenašamo elektronsko pošto med različnimi sistemi, povezanimi s TCP/IP. To so samo protokoli, ki so namenjeni za prenose elektronske pošte, medtem ko potrebujemo za sestavo pošte druge programe, ki jim pravimo uporabniški agenti (user agents).

### 11. Kaj je komutacija in katere vrste komutacij poznamo? Primerjaj jih s strani načrtovanja.

- Komutacija je usmerjanje. Gre za dinamično multipleksiranje v omrežju, ki temelji na vzpostavljanju povezav oz. sprotne odločanju kam usmeriti določeno PDU.
- Statična (permanentna) postavitev pravil komutacije
- Dinamična (sprotna) postavitev pravil komutacije:
  - o Ločenost za vsak PDU, sejo, zvezo, pri tem pa potrebujemo signalizacijo.
    - Tokokrogovna komutacija: Fleksibilno postavljanje tokokrogovnih povezav, pri čemer smo priča statični ter dinamični topologiji.
    - Paketna komutacija: Vsak paket (PDU) nosi vse podatke za usmerjanje skozi omrežje, paket je lahko spremenljive dolžine, izvor pa lahko oddaja toliko paketov, kot dopušča celotno omrežje (ne le kapaciteta tokokrogovne povezave).

	<b>Tokokrogovna komutacija</b>	<b>Paketna komutacija</b>
<b>Prednosti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stalno zagotovljeni viri v omrežju</li> <li>- ni medsebojnega vpliva povezav</li> <li>- predvidljive zakasnitve, majhno potresavanje zakasnitve</li> <li>- kvaliteta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- možnost statističnega multipleksiranja</li> <li>- možnost podpore izbruhom prometa</li> <li>- omejitve oddaje sporočil postavlja omrežje (ne tokokr. povezava)</li> </ul>
<b>Slabosti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lahko slabša izkoriščenost virov v omrežju (odvisno od tipa prometa!)</li> <li>- nujno je vzpostavljanje povezav</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zakasnitve niso nujno predvidljive</li> <li>- v nepovezavnih omrežjih večja verjetnost napak, manjša zanesljivost</li> <li>- medsebojni vpliv tokov sporočil</li> <li>- potrebna je obdelava vsakega posameznega paketa</li> </ul>

### 12. Kakšen je namen SS7?

- SS7 (Signalizacija številka 7) je živčni sistem sodobnih telekomunikacijskih sistemov.
- Skrbi za vzpostavljanje zvez ter za dodatne inteligentne storitve.
- Njegov protokolni sklad je zgrajen iz 7 nivojev – od spodaj navzgor:
  - fizični -- podatkovni -- omrežni -- transportni -- sejni -- prezentacijski -- aplikacijski
- SS7 je zaprto omrežje, ki ne podpira varnostnih mehanizmov.
- Je dragocen vir informacij za nadzor, upravljanje in načrtovanje TK omrežij.
- Z nadzorne plati je vrednost SS7 zelo velika, saj skrbi za:
  - o odkrivanje in preprečevanje zlorab,
  - o odkrivanje preobremenitev, preden izbruhne problem,
  - o prometna poročila (statistika),
  - o kontrolo obračunavanja,
  - o odkrivanje napak (alarm management),
  - o analizo zmogljivosti (performance management),
  - o analizo prometa (traffic analysis),
  - o analizo protokola (protocol analysis),
  - o analizo klicev z nastavljenimi filtri (multicriterial filtering),
  - o kakovost storitev (QoS),
  - o sledenje klicem,
  - o stanje omrežja in promet v realnem času

### 13. Kaj je načrtovanje, modeliranje in vodenje? Opiši na praktičnem primeru.

- Načrtovanje omrežij: Naloga načrtovalca omrežja je zgraditi TK omrežje:
  - o ki ustreza uporabnikom,
  - o ki je učinkovito
  - o napraviti to ekonomično.Načrtovanje omrežij: od začetka ter nadgradnja obstoječih sistemov.
- Modeliranje:
  - o Model je poenostavljena predstavitev sistema, ki analitiku omogoča razumevanje odziva na vhodne parametre. Modeliranje je proces gradnje modela.
  - o Model mora biti čimbolj podoben realnemu sistemu, upoštevati je potrebno ključne lastnosti in parametre sistema in mora biti čimbolj enostaven.
  - o Dober model je kompromis med realnostjo in enostavnostjo.
  - o Navadno je sistem opisan matematično - matematični modeli (stohastični, deterministični, dinamični, statični). Rezultati so matematično natančni, realno približni, v velikih omrežjih so neuporabni.
- Vodenje/upravljanje omrežij:
  - o Posamezne elemente telekomunikacijskih omrežij je potrebno voditi, nadzorovati in upravljati: centralno vodenje telekomunikacijskih omrežij ter razpršeno vodenje telekomunikacijskih omrežij.
  - o Pristopi za upravljanje v TK omrežjih: SNMP, CORBA ter WWW + XML.

### 14. Razloži princip povezanosti ter njegovo povezanost s komutacijo.

- Naloga 4

### 15. Navedi in opiši orodja za simuliranje TK omrežij ter navedi področja, kjer jih uporabljamo.

- Za simuliranje TK omrežij uporabljamo simulacijski orodji COMNET III ter NS2
- Lastnosti COMNET-a:
  - o enostavnost - celotno upravljanje z uporabo grafičnega uporabniškega vmesnika,
  - o že zgrajeni modeli realnih (komercialno dostopnih) elementov (3Com stikala, ...),
  - o vsebuje skoraj vse potrebne elemente, protokole, usmerjevalne algoritme
  - o možnost prilagajanja aplikacijskih izvorov s kompleksnejšimi konstrukti.
- Lastnosti NS2:
  - o brezplačen in popoln vpogled v izvorno kodo
  - o možnost spreminjanja/dodajanja poljubnih elementov,
  - o neomejene možnosti pri simulacijah
  - o potrebno veliko znanja in podrobno poznavanje izvorne kode simulatorja
- Orodji uporabljamo za:
  - o TK sisteme in PC omrežja,
  - o promet (letalski, cestni),
  - o zdravstvo,
  - o proizvodnjo,
  - o strežbo (banke, trgovine),
  - o ekonomijo.

### 16. IntServ mehanizem – namen in opis delovanja?

- Uporablja protokol (RSVP) za rezervacijo virov.
- Signalizacija vzdolž celotne poti rezervira vire.
- Lahko nepovezavno in povezavno orientiran.
- Ni primeren za hrbtenična omrežja.
- Vsi usmerjevalniki morajo podpirati RSVP ter ostale tehnologije.
- Na Ethernetu ni možno zagotoviti časovno omejene zakasnitve.
- Prisotni so kompleksnost usmerjevalnika, množica sej, več režije...
- Za IntServ prometne razrede velja, da je kakovost storitve zagotovljena, da je obremenitev storitev nadzorovana ter da je v uporabi najboljši možen način (best effort).

### 17. Primerjaj DiffServ in IntServ, z vidika DiffServ-a.

- DSCP polje pri DiffServu omogoča le omejen nabor storitvenih razredov. Količina informacij je prenosorazmerna številu storitvenih razredov.
- DiffServ je bolj razširljiv kot IntServ.
- Kompliciran postopek označevanja, razvrščanja in preoblikovanja se izvaja le na robnih usmerjevalnikih. Jedrni usmerjevalniki se ukvarjajo zgolj s po razredih agregiranim prometom.
- DiffServ in IntServ sta sestavna dela mehanizma (QoS – Quality of Service)

### 18. Kaj pomeni „best-effort(s)“ ter kje se pojavlja?

- „Best-effort“ je edini razred storitev, ki ga ponuja internet. Zanj je značilno, da ni zagotovila, da bodo datagrami dostavljeni pravočasno oziroma da sploh bodo dostavljeni.

### 19. Pojasni nalogo načrtovalca (v NMVTKO).

- Naloga načrtovalca je zgraditi TK omrežje, ki ustreza uporabnikom (uporabnika zanimata korist in cena), ki je učinkovito ter da to napravi ekonomično (zelo dobro omrežje je po navadi zelo drago in je potrebno najti kompromis).

### 20. Pojasni načrtovanje omrežja.

- Omrežje načrtujemo od začetka (na podlagi ocene - koliko je upor in kakšne so njihove zahteve) ali kot nadgradnjo obstoječih sistemov (možna nadgradnja).

### 21. Primerjaj Best-Effort, DiffServ ter IntServ.

	<b>Best-Effort</b>	<b>DiffServ</b>	<b>IntServ</b>
<b>Storitev</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Povezljivost</li><li>- Ni izolacije</li><li>- Nobenih zagotovil</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Izolacija agregiranih tokov</li><li>- Zagotavljanje celotni agregaciji</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tokovna izolacija</li><li>- Zagotavljanje tokom</li></ul>
<b>Doseg storitve</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- End-to-end</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Domenski</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- End-to-end</li></ul>
<b>Kompleksnost</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ni vzpostavitve</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Dolgotrajna vzpostavitvev</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Vzpostavitev za tok</li></ul>
<b>Razširljivost</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Velika razširljivost (vozlišča skrbijo samo za stanje usmerjevalnikov)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Razširljivost (robni usmerjevalniki skrbijo za agregiran pretok, jedrni usmerjevalniki pa skrbijo za celoten razred)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ni razširljiv (vsak usmerjevalnik mora skrbeti za stanje nabora tokov)</li></ul>

### 22. Možne motnje v omrežju

- ATM:
  - o izgubljanje celic
- Mobilna:
  - o podvajanje paketov
  - o namerno dodajanje šuma za identificiranje prisotnosti zveza
  - o premajhna pasovna širina
- IP:
  - o izgubljanje in podvajanje paketov: loss [%]
  - o zakasnitve pri prenosu paketov: delay [s]
  - o potresavanje zakasnitev: jitter [s]
  - o premajhna pasovna širina: bandwidth [bit/s]

**23. Kakšen je stabilen sistem? Navedi primer.**

- Stabilen sistem je sistem, kjer se stanja sistema ne spreminjajo več.
- Primer stabilnega sistema je sistem M/M/1 ko je pogoj  $\lambda < \mu$  izpolnjen.

**24. Kaj je QoS in kaj je QoE? Razlika med njima.**

- QoE - Quality of Experience, je subjektivno merilo za določanje kvaliteto izkušnje pri uporabi neke storitve ali aplikacije. Npr: Ocenjevalna lestvica MOS (Mean Opinion Score)
- QoS - Quality of Service, je objektivno merilo s katerim določamo kvaliteto zveze. QoS določa možne motnje v omrežju (izgube paketov, zakasnitve, zakasnitev/jitter)

**25. Razloži pojme: Waiting time, Service time, Blocking probability in Busy hour.**

- Waiting time (čakalni čas), je čas, ki ga mora zahteva počakati preden bo na vrsti
- Service time (čas obdelave), je čas, ki ga strežnik porabi za obdelavo posamezne zahteve
- Busy hour (najbolj obremenjena ura), je najbolj prometna ura v dnevu
- Blocking probability (verjetnost blokade), je verjetnost, da so ob prihodu nove zahteve vsi strežniki zasedeni

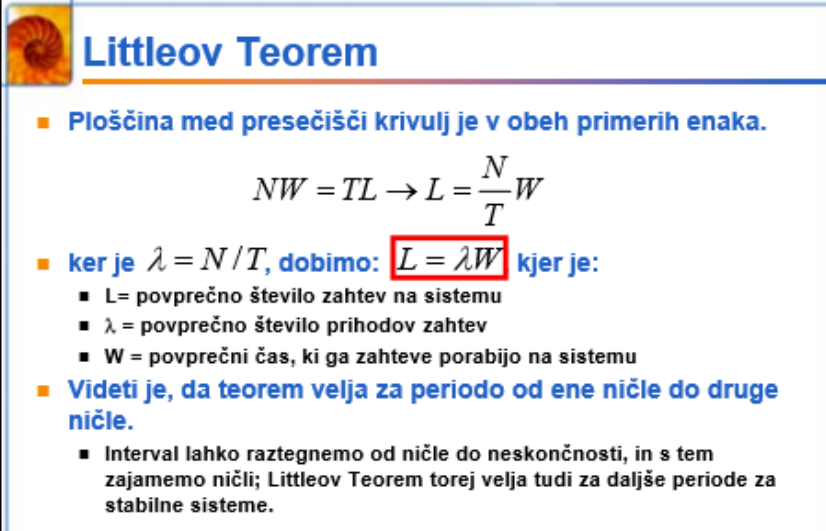
**26. Kaj so to elastične in neelastične aplikacije?**

- Elastične aplikacije, je večina tradicionalnih aplikacij interneta in so najpogosteje uporabljene aplikacije omrežja IP (http, ftp, smtp, peer-to-peer...):
  - o dopuščajo zakasnitve in izgube datagramov
  - o so se zmožne prilagajati trenutnim zamašitvam v omrežju
  - o tipično temeljijo na protokolu TCP
- Neelastične aplikacije so moderne aplikacije, ki v omrežja z IP prehajajo naknadno (VoIP, videokonference, ...):
  - o zahtevajo prenos podatkov v realnem času
  - o občutljive so na zakasnitve, potresavanje, izgubo paketov in prenosne zmogljivosti omrežja
  - o tipično temeljijo na protokolu UDP

### 30 . Littleov teorem, pomen.

Littleov Teorem povezuje povprečen čas, ki ga potrebuje neko opravilo v kateremkoli sistemu z številom opravil, čakajočih na sistemu.

Pomen littlovega teorema je, da nam omogoča izračunanje čakalnih vrst.



**Littleov Teorem**

- Ploščina med presečišči krivulj je v obeh primerih enaka.

$$NW = TL \rightarrow L = \frac{N}{T}W$$

- ker je  $\lambda = N/T$ , dobimo:  $L = \lambda W$  kjer je:
  - L= povprečno število zahtev na sistemu
  - $\lambda$  = povprečno število prihodov zahtev
  - W = povprečni čas, ki ga zahteve porabijo na sistemu
- Videti je, da teorem velja za periodo od ene ničle do druge ničle.
  - Interval lahko raztegnemo od ničle do neskončnosti, in s tem zajamemo ničli; Littleov Teorem torej velja tudi za daljše periode za stabilne sisteme.

### 31. Kaj je parameter MOS in kako ga določimo?

MOS(Mean Opinion score) je subjektivna ocena. Ocenjevanje kakovosti za oceno MOS poteka:

- lestvica vrednosti : od 1 do 5

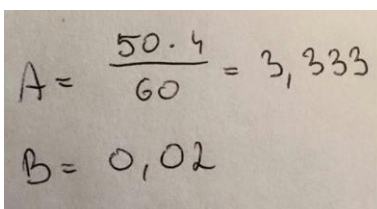
- neposredno ocenjevanje po metodi določanja absolutnih ocen -ACR (Absolute Category Rating)

- relativno glede na referenčni signal po metodi določanja degradacije -DCR (Degradation Category Rating)

Točke	Kakovost govora	Sprememba gesla
5	Odlična	Neslišna
4	Dobra	Slišna, nemoteča
3	Zadovoljiva	Rahlo moteča
2	Skromna	Moteča
1	Slaba	Zelo moteča

Je ena od meritev QoE(quality of experience).

**32. Ponudnik internet storitev ponuja pomoč svojim uporabnikom na brezplačni telefonski številki 080. Tehniki potrebujejo razširitev problema v povprečju po 4 minute. Povprečno število klicev je 50 v uri. Želimo, da je 2% klicev blokiranih zaradi zadostnih linij. Določite potrebno število linij.**


$$A = \frac{50 \cdot 4}{60} = 3,333$$
$$B = 0,02$$

Potem izberemo Erlang B calculator na internetu in dobimo 8 linij.



### **33. Pasivna in aktivna analiza prometa.(prednosti,slabosti, značilnosti, primer)**

#### Pasivni sistemi

- ☒ Zgolj zajemajo in analizirajo promet na povezavah, v omrežju
- ☒ Navadno v realnih omrežjih

#### Aktivni sistemi

- ☒ V omrežje pošiljajo "sintetičen promet" in analizirajo obnašanje
- ☒ Omrežje je lahko sintetično ali realno

#### Pasivna orodja

- ☒ SNMP Agenti
- ☒ tcpdump
- ☒ NetFlow

#### Aktivna orodja

- ☒ ping
- ☒ traceroute

Primera: Pasivna analiza program Tstat (sistem za tekočo pasivno analizo podatkov IP, UDP in TCP)  
Aktivna analiza na primer aktivne meritve pri uporabi mehanizmov QoS.

## Računske naloge

**27. Če imamo uporabnika z 1erl prometa na liniji, kolikšna je možnost uspešne vzpostavitve klica če ga pokličemo.**

- Erlang B Formula:

$$B = \frac{\frac{A^n}{n!}}{\sum_{i=0}^n \frac{A^i}{i!}} = \frac{\frac{A^n}{n!}}{1 + \frac{A}{1} + \frac{A^2}{2} + \frac{A^3}{3 * 2} + \dots + \frac{A^n}{n!}}$$

○ B = Verjetnost blokade (Probability of blocking)  
A = Promet (Traffic)  
N = Število strežnikov (Number of servers)

V našem primeru imamo samo eno linijo (S = 1):

$$B = \frac{\frac{1^1}{1}}{1 + \frac{1}{1}} = \frac{1}{2} = 0,5 = 50\%$$

50% verjetnosti je, da bo klic vzpostavljen.

**28. Usmerjevalnik obdela zahtevo v 1ms. Na usmerjevalnik pride 800 zahtev v sekundi. Kolikšen je povprečni čas zadrževanja zahtevkov na usmerjevalniku?**

- $\lambda$  = število zahtevkov
- $T_s$  = hitrost obdelave zahteve
- $L$  = povprečno zahtev v sistemu
- $\mu$  = proces strežbe
- $W$  = povprečni čas zahtev v sistemu
- $\phi$  = obremenjenost omrežja

$$\lambda = 800$$

$$T_s = 1ms$$

$$\phi = \frac{\lambda}{\mu} = 0,8$$

Obremenjenost omrežja

$$\mu = \frac{1}{T_s} = 1000$$

(koliko jih lahko obdela v 1s)

Povprečno zahtev v sistemu:

$$L = W * \lambda = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = 4$$

Povprečni čas zahtev v sistemu:

$$W = \frac{L}{\lambda} = \frac{\phi}{\lambda(1 - \phi)} = \frac{1}{\mu - \lambda} = 5ms$$

**29. Dva uporabnika se pogovarjata po telefonu in ustvarjata 200mErl prometa. Kolikšna je verjetnost, da bo tretji kličoči na zvezo čakal 20s, če zveza povprečno traja 2ms?**

$$P(T1) = P(> 0) * e^{-(S-A) * \frac{T1}{T2}} = 0,875$$