



# Naslov predstavitve, predavanja

  
Laboratorij za telekomunikacije  
Fakulteta za elektrotehniko

## Modeliranje vodovno komutiranih zvez

doc.dr. Iztok HUMAR  
prof.dr. Janez BEŠTER

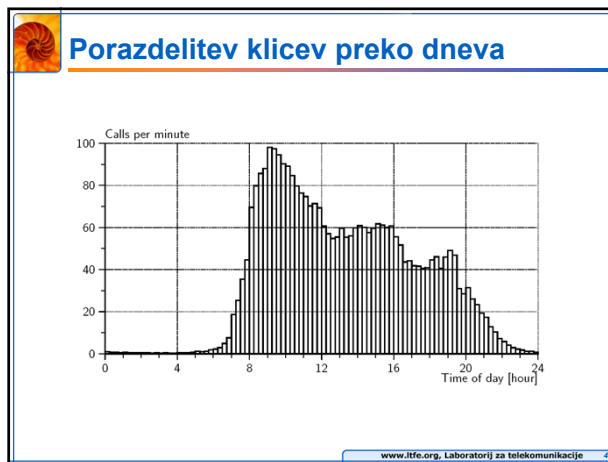
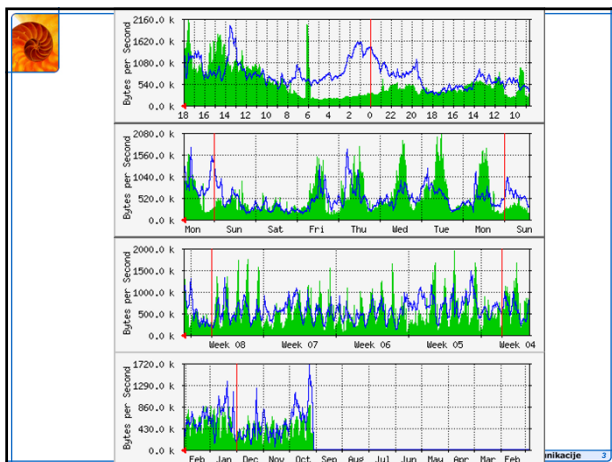
TKI [www.life.org](http://www.life.org), Laboratorij za telekomunikacije




## Vsebina

- Najbolj obremenjena ura (Busy Hour, BHCA)
- Erlang
- Stopnja strežbe (Grade of Service)
- Verjetnost blokade (Blocking Probability)
- Matematični model:
  - hiter in enostaven izračun
  - odstopanje od realnih porazdelitev – lahko slaba natančnost

[www.life.org](http://www.life.org), Laboratorij za telekomunikacije

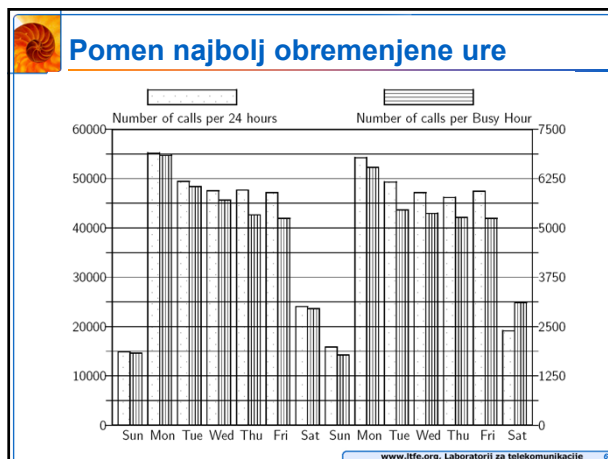




## Najbolj obremenjena prometna ura

- Promet uporabnikov, ki obremenjujejo sistem močno variira glede na uro v dnevu in dan v tednu.
- Večina sistemov je močno obremenjenih le nekaj ur v celem dnevu: Najbolj obremenjene prometne ure.
- Glavni cilj načrtovanja sistemov je zagotoviti, da so sistemi dovolj zmogljivi za normalno (stabilno) delovanje v teh urah.
  - Sisteme načrtujemo z določeno stopnjo rezerve (npr. 25 % – 35 %); podano v ITU-T Recommendation Q.543.
  - Takšno načrtovanje zagotavlja, da bo sistem imel dovolj zmogljivosti za normalno delovanje tudi izven ur z maksimalno obremenitvijo.
- Nadaljnje načrtovanje se nanaša na sisteme v času največje obremenitve.


[www.life.org](http://www.life.org), Laboratorij za telekomunikacije



# Naslov predstavitve, predavanja

## Erlang

- Erlang je enota za merjenje prometa.
- Promet v Erlangih definiramo kot:
 
$$a = \frac{\text{čas uporabe strežnika}}{\text{celoten čas}}$$
- Imamo 31 vodov. Na vsakem vodov komunicirajo po 30 min.
  - Čas uporabe je 30 min × 31 = 930 minut
  - Skupen čas 60 min
  - Promet je 930 min / 60 min = 15,5 erl
- Izračun ponujenega prometa:
  - N – število uporabnikov,
  - a – promet, ki ga generira povprečen uporabnik (npr. 3 min pogovora na uro → 3/60 = 0,05 Erl),
  - A – ponujen promet:  $A = N \times a$  (npr.  $N = 100, a = 0,05 \text{ Erl} \rightarrow A = 5 \text{ Erl}$ ).



www.lfpe.org, Laboratorij za telekomunikacije 7


## Sistemi z blokado (telefonske linije, VoIP)

- Stopnja strežbe (Grade of Service)
 
$$B = GoS = \frac{\text{število izgubljenih klicev}}{\text{število ponujenih klicev}}$$
- Predstavlja verjetnost blokade – verjetnost, da bo uporabnik zavrnjen ob dostopu do strežnika.
- Izračuni verjetnosti blokade se nanašajo na najbolj prometno uro.
  - Verjetnost blokade merimo iz povprečja intenzitet prometa med 30 najbolj obremenjenimi dnevi v letu
- Verjetnost blokade lahko znižamo:
  - Če dodamo število strežnikov v sistem
  - Prerazporedimo promet iz najbolj prometne ure v ostale termine, ko je promet v omrežju manj obremenjena termine

www.lfpe.org, Laboratorij za telekomunikacije 8

## Erlang B model

- 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 dohodnih časov novih zahtev,
  - eksponentne porazdelitve strežnih časov posameznih zahtev.



www.lfpe.org, Laboratorij za telekomunikacije 9

## Erlang B model

- Parametri:
  - A – ponujen promet [Erlang] (zahteve),
  - S – število strežnikov (kapaciteta),
  - B – verjetnost blokade (kakovost).
$$B = \frac{A^S}{S!} / \sum_{i=0}^S \frac{A^i}{i!}$$
- Primer izračuna:
  - imamo 1000 uporabnikov ( $N = 1000$ ),
  - uporabnik povprečno generira 0,05 Erlanga prometa ( $a = 0,05 \text{ Erl}$ ),
  - ponujen promet je torej 50 Erlangov ( $A = 50 \text{ Erl}$ ),
  - Verjetnost blokade naj ne bo večja od 1 % ( $B = 0,01$ ),
  - Izračun pokaže, da potrebujemo 64 linij ( $S = 64$ ).

www.lfpe.org, Laboratorij za telekomunikacije 10

## Sistemi s čakanjem (klicni center)

- Omogoča izračun verjetnosti čakanja – verjetnost, da so ob prihodu nove zahteve vsi strežniki zasedeni
- V tem primeru se nova zahteva postavi v čakalno vrsto in čaka na prost strežnik
- Enako kot Erlang B predpostavlja eksponentne porazdelitve dohodnih časov novih zahtev in strežnih časov posameznih zahtev

www.lfpe.org, Laboratorij za telekomunikacije 11

## Erlang C model

- Parametri:
  - S – število strežnikov,
  - A – ponujen promet [Erlang],
  - $T_1$  – sprejemljivi čas čakanja na prost strežnik [s],
  - $T_2$  – povprečni čas zadrževanja v strežniku [s],
  - $P(>0)$  – verjetnost čakanja na prost strežnik,
  - $P(>T_1)$  – verjetnost, da čakamo na strežnik več kot  $T_1$  sekund,
  - $D_1$  – povprečni čas čakanja na prost strežnik [s],
  - $D_2$  – povprečni čas čakanja na prost strežnik dejansko čakajočih zahtev [s].
$$P(>0) = \frac{A^S S}{S!(S-A) + \sum_{i=0}^{S-1} \frac{A^i}{i!}}$$


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

$$D_1 = P(>0) \frac{T_2}{(S-A)}$$

$$D_2 = \frac{T_2}{(S-A)}$$

www.lfpe.org, Laboratorij za telekomunikacije 12

# Naslov predstavitve, predavanja

 **Erlang C model - primer izračuna**

■ **Vhodni podatki:**



- $S = 24$
- $A = 20$  Erl
- $T_1 = 4$  s
- $T_2 = 4$  s


■ **Rezultati:**

- $P(>0) = 0,298$
- $D_1 = 0,298$  s
- $D_2 = 1$  s

$$P(>0) = \frac{A^S S}{S!(S-A)} + \sum_{i=0}^{S-1} \frac{A^i}{i!}$$
$$P(T_1) = P(>0) e^{-\frac{T_1}{T_2}}$$
$$D_1 = P(>0) \frac{T_2}{(S-A)}$$
$$D_2 = \frac{T_2}{(S-A)}$$

www.lfpe.org, Laboratorij za telekomunikacije 13



---

**HVALA ZA POZORNOST,  
VPRAŠANJA !?**

TK1 www.lfpe.org, Laboratorij za telekomunikacije