Telekomunikacijski inženiring

dr. Iztok Humar

Vsebina

- Značilnosti TK prometa, preprosti modeli, uporaba
  - Uvod
  - Značilnosti telekomunikacijskega prometa
  - Modeliranje vodovno komutiranih zvez
    - Erlang B
    - Erlang C
  - Modeliranje v paketnih omrežjih
    - M/M/1
  - Značilnosti internetnega prometa

Telekomunikacijski inženiring

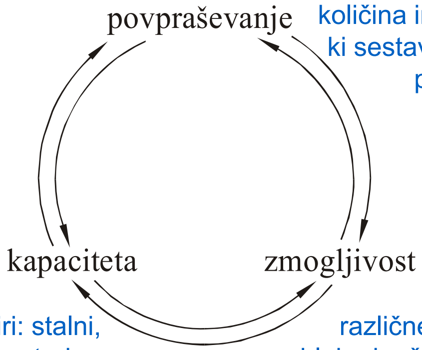
Možni načrtovalski pristopi

- “Od začetka”:
  - težaven pristop
  - zahteva načrtovalca z izkušnjami, pristopa se ni mogoče “priučiti”
  - uporaba tujih izkušenj (drugi operaterji, podobni sistemi)
  - postavitev pilotskih sistemov – ustrezno skaliranje
  - uporaba tehnik modeliranja/simulacij

- Nadgradnja/dopolnjevanje obstoječih sistemov
  - enostavnejši pristop
  - dobro poznano izhodišče
  - običajno poznani vplivi parametrov/odzivi na spremembe v sistemu
  - mogoči poizkusi (omejenega obsega)
  - iterativni postopki
  - modeliranje in simulacije lahko služi kot dodatna podpora odločitvam

povpraševanje-kapaciteta-zmogljivost

- **Tradicionalna vloga TK inženiringa:**
  - **zagotavljati tolikšne kapacitete, kot so potrebne za prenašanje želenih podatkov v skladu z zahtevano kakovostjo storitev**
- **Medsebojna zveza treh značilnosti TK omrežij**



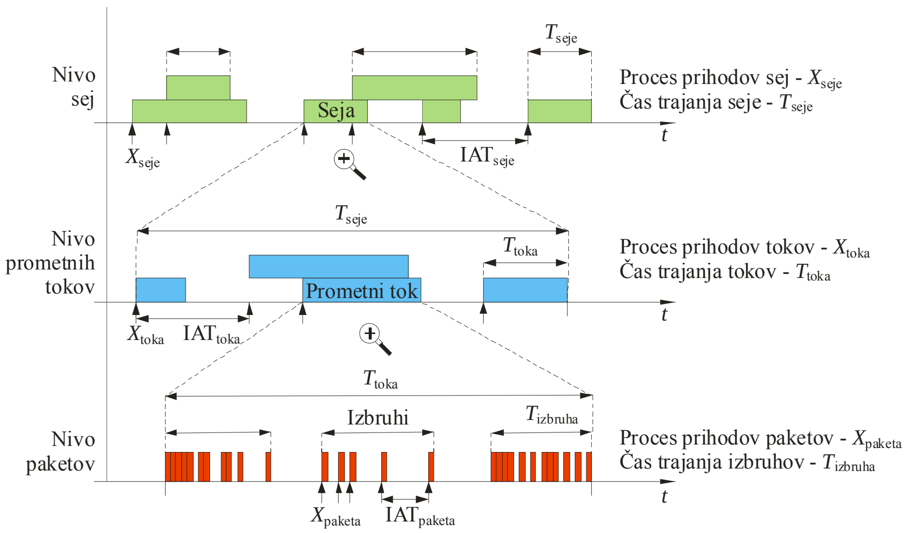
količina in značilnosti prometnih tokov, ki sestavljajo prometno obremenitev: porazdelitve prihodov, trajanje klicev ...

omrežni viri: stalni, prilagodljivi potrebam

različne metrike QoS/QoE: blokada, čakanje, izgube paketov

Značilnosti TK prometa (porazdelitvene funkcije)

Katere parametre želimo opisati?



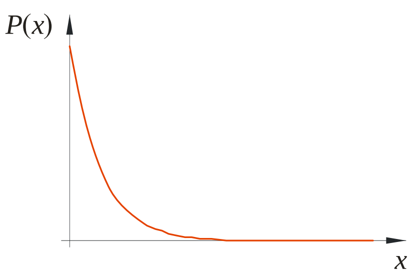
Eksponentna porazdelitev

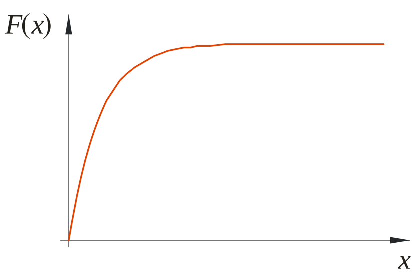
Porazdelitev:

$$P(x) = \lambda e^{-\lambda x}$$

Kumulativna porazdelitvena funkcija:

$$F(x) = P(X \le x) = 1 - e^{-\lambda x}$$





- **Značilnost: funkcija s kratkim repom** $F^c(x) \sim e^x, \quad x \to \infty$
- **Uporaba: eksponentna porazdelitev časov med prihodi zahtevkov se je uporabljala pri modelih klasične telefonije (porazdelitev časov med prihodi klicev) in zgodnjih teorijah čakalnih vrst (prihodi paketov) – v modelih Kleinrocka.**

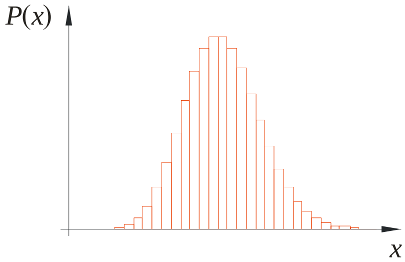
Poissonova porazdelitev

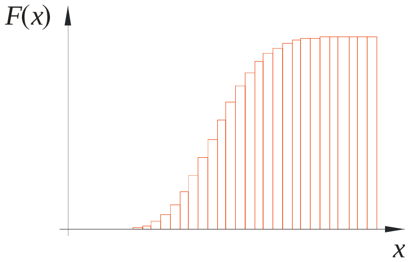
Porazdelitev:

$$P(x)=\frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x!},\quad x=0,1,2,\ldots$$

Kumulativna porazdelitvena funkcija:

$$F(x)=\sum_{i=0}^{x}\frac{e^{-\lambda}\lambda^{i}}{i!}$$





- **(1) časi so eksponentno porazdeljeni in (2) časi so med seboj neodvisni.**
- **Uporaba: Poissonova porazdelitev je najpogosteje uporabljena v modelih s področja klasične telefonije. Erlangovi modeli verjetnosti blokade in čakanja slonijo na Poissonovi porazdelitvi števila prihodov klicev v časovnih intervalih določene dolžine.**

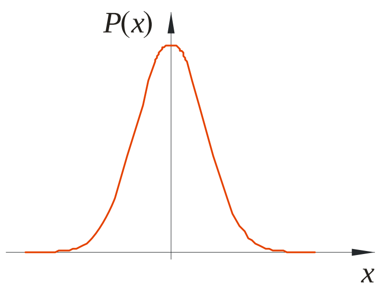
Normalna porazdelitev

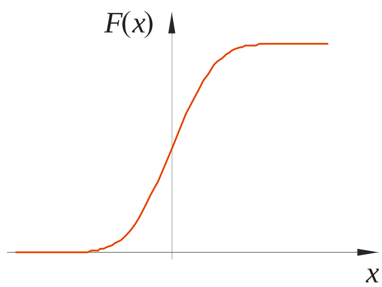
Porazdelitev:

$$P(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Kumulativna porazdelitvena funkcija:

$$F(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{x}e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}\,dx=\frac{1}{2}\left[1+\operatorname{erf}\left(\frac{x-\mu}{\sigma\sqrt{2}}\right)\right]$$





- **Matematiki tovrstno porazdelitev imenujejo normalna porazdelitev, fiziki jo nazivajo Gaussova porazdelitev, v družboslovju pa jo imenujejo zvonasta krivulja.**

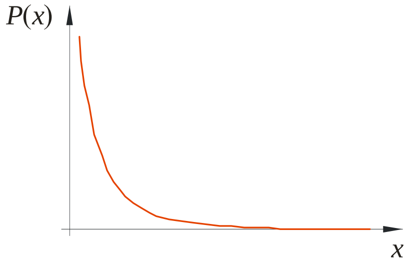
Pareto porazdelitev

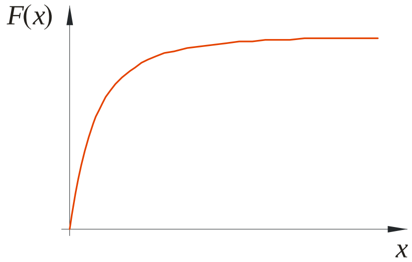
Porazdelitev:

$$P(x) = \alpha b^{\alpha} x^{-\alpha-1}$$

Kumulativna porazdelitvena funkcija:

$$F(x) = 1 - (b/x)^{\alpha}, \qquad \alpha, b \geq 0, \qquad x \geq b.$$





- **Uporaba: modeliranje deležev procesorskega časa posameznih računalniških procesov (1,05 ≤ α ≤ 1,25); v telekomunikacijah za modeliranje časov držanja klicev, velikosti oken pri VBR videu, opis časov med prihodi sej pri prometu protokola *telnet*, za opis velikosti FTPDATA izbruhov in za opis porazdelitve velikosti datotek.**

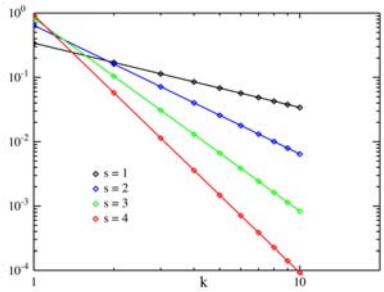
Zipfova in njej podobna porazdelitev

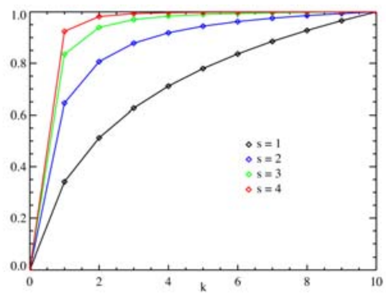
Porazdelitev:

$$P(k) = \Omega / k$$

$$P(k) = \Omega / k^{\alpha}$$

Kumulativna porazdelitvena funkcija:





- **Zipfova porazdelitev se je prvič identificirala v knjižničarstvu (pogostnost besed). Uporaba v telekomunikacijah; modeliranje popularnosti virov – verjetnosti (pogostnosti) dostopa do npr. spletnih strani.**

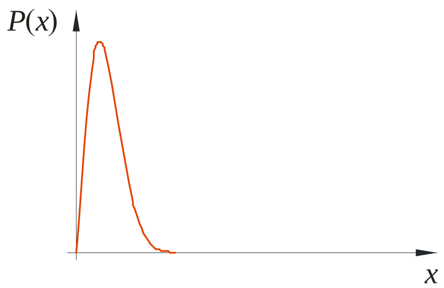
Weibullova porazdelitev

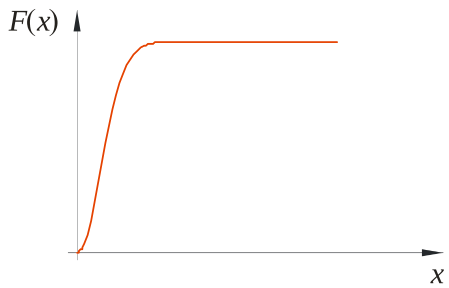
Porazdelitev:

$$P(x) = (a/b)(x/b)^{(a-1)} \mathrm{e}^{-(x/b)^a},$$

Kumulativna porazdelitvena funkcija:

$$F(x) = 1 - \mathrm{e}^{-(x/b)^a}, \qquad a, b \geq 0,$$





- Uporaba: analiza čakalnih vrst v primeru uporabe samopodobnega prometa – porazdelitve v čakalnih vrstah se podrejajo Weibullovim porazdelitvam. Weibullova porazdelitev se uporablja tudi za modeliranje časov neaktivnosti uporabnikov med zaporednimi zahtevki HTTP.

Praktična uporaba

- Izkaže se, da za opis sej, ki so vezane na obnašanje uporabnikov (ljudi), ponavadi zelo dobro ustrezajo:
  - eksponentne porazdelitve časov med prihodi sej (oz. posledično)
  - Poissonove porazdelitve števila prihodov v časovnih intervalih
- Za opis entitet, vezanih na prenos datotek, pa se ponavadi uporabljajo:
  - porazdelitve z dolgim repom, npr. Pareto porazdelitev
- Bolj nadrobne značilnosti telekomunikacijskega prometa (prenos paketov) so precej bolj kompleksne. Zaenkrat ne obstajajo relativno preprosti modeli za njihov opis, ki bi omogočili široko uporabo.
- Nasvet: načrtovanje izvajamo na makroskopski ravni, določene nadrobne značilnost znotraj sej aproksimiramo z ustreznimi približki, pogosto kar CBR.