M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Forgalmi tervezés az Interneten

Dr. Molnár Sándor

Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

2015

Áttekintés

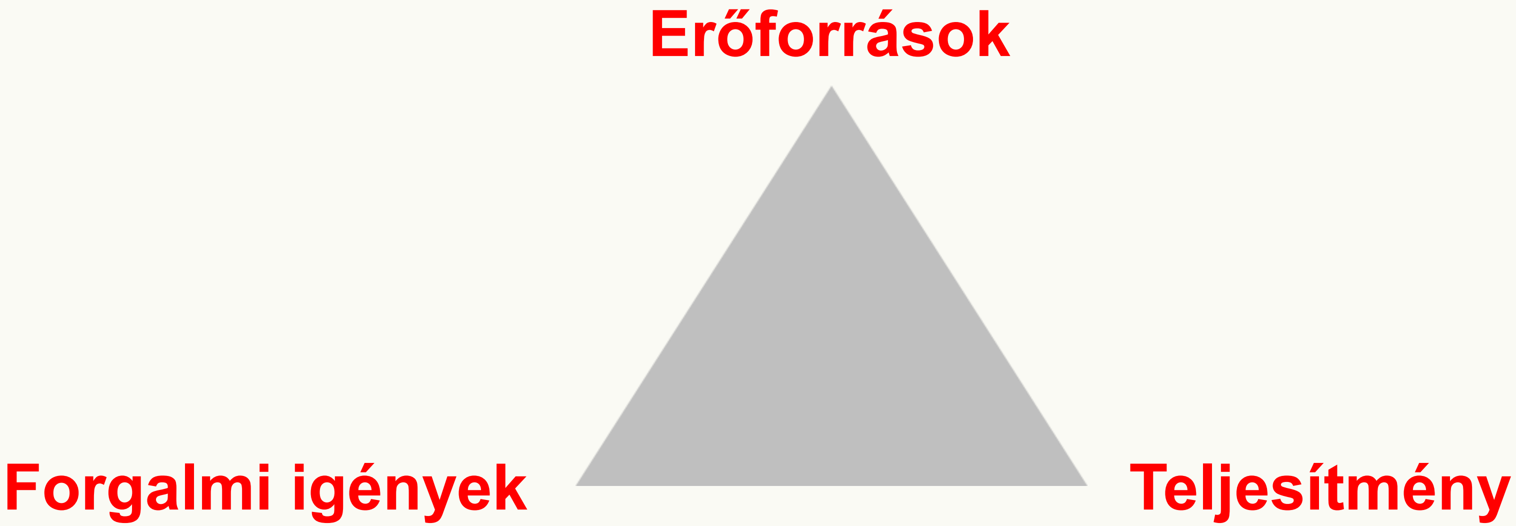
- Cél
- A telefonhálózatok forgalmi méretezése
- Az Internet forgalmi tervezése
- Összefoglalás

Az előadások célja

- Hogyan kell az Interneten forgalmi tervezést végezni?
- Létezik-e a telefonhálózatok tervezéséhez hasonló egyszerű módszer az Internet forgalmi méretezésére?
- Létezik-e az Internet Erlang formulája?

A telefonhálózatok forgalmi méretezése

Mi az a forgalmi tervezés?



A telefonhálózatok forgalmi méretezése

Ki az az Erlang?

Agner Krarup Erlang (1878 – 1929)

dán matematikus és mérnök
a forgalomelmélet alapítója

"The Theory of Probabilities and Telephone Conversations",
Nyt Tidsskrift for Matematik B, vol 20, 1909.

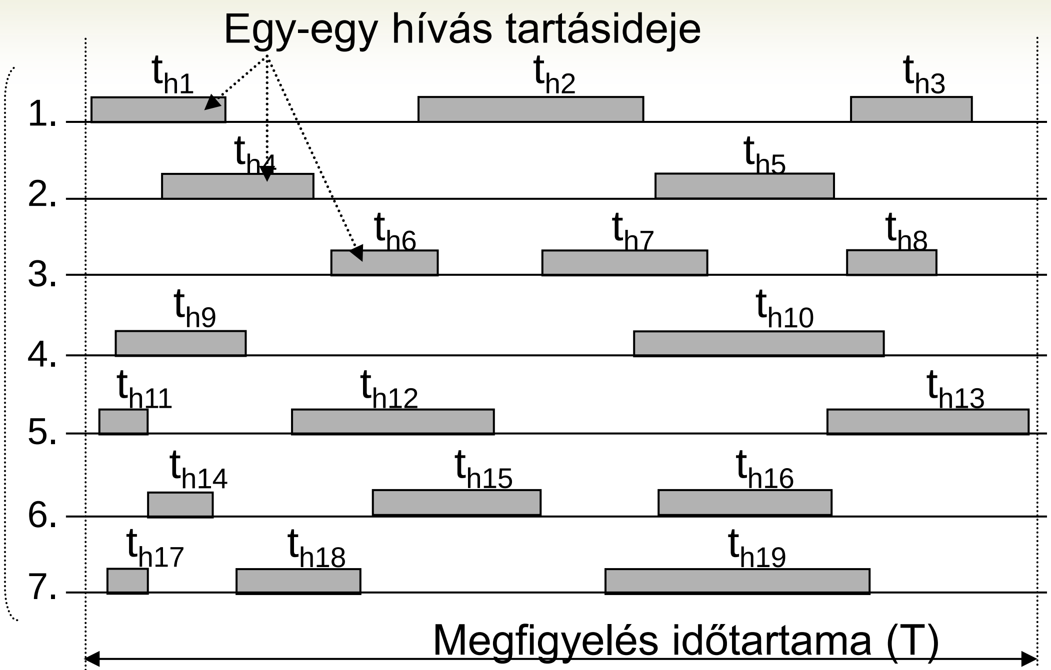
"Solution of some Problems in the Theory of Probabilities of Significance in Automatic Telephone Exchanges", Elektrotkeknikeren, vol 13, 1917.

A telefonforgalom jellemzői

- A forgalomnak **statikus** a természete
  - Létezik **tipikus felhasználó** és **tipikus felhasználói viselkedés**
  - Forgalmi jellemzők változékonysága **korlátos**: lehet átlagokkal számolni!

- A forgalmi modell:
  - Hívások: **Poisson folyamat**
  - Tartásidő: **exponenciális eloszlás**

Hogy mérjük a telefonforgalmat?



c: a nyalábban a hívások száma

t_{hi}: az i-edik beszélgetés tartásideje

$t_{átl}$: a t_{hi} tartásidők átlagértéke

A c számú hívás (a nyaláb) forgalmának volumene:

$$Q = \sum_{i=1}^{c} t_{hi} = c \times t_{átl}$$

A forgalom:

$$A = \frac{Q}{T} = \frac{c \times t_{átl}}{T}$$

ahol T = megfigyelés ideje

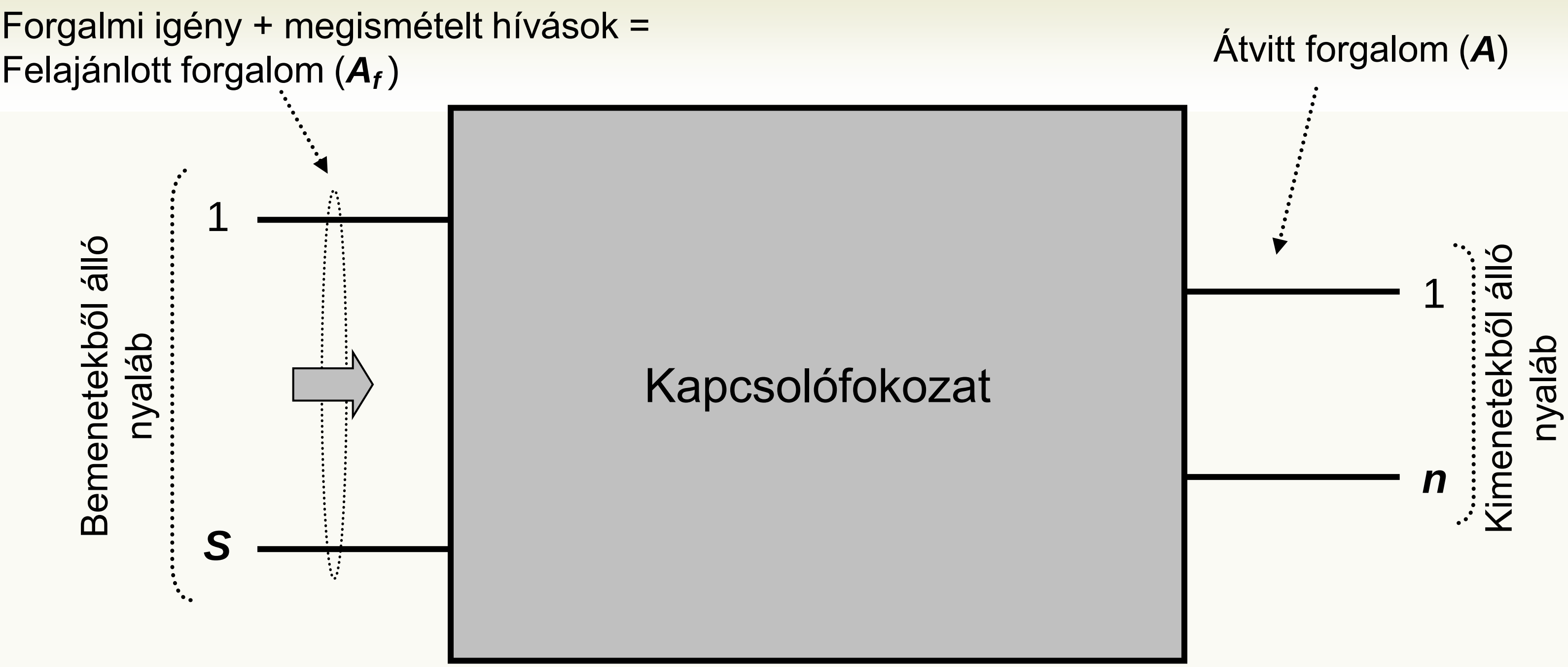
Példa: egy telefonközpont 1800 hívást bonyolít le, és átlagosan egy hívás 3 percig tart:

$$A = \frac{1800 \times 3}{60} = 90$$ erlang

Hogyan értelmezzük a forgalmat?

- A forgalom mértékegysége: **erlang**
  - A forgalom értéke akkor 1 erlang (A = 1 erlang), ha a forgalmi volumen értéke egyenlő a megfigyelés időtartamával (Q=T)
- Az **erlangban** kifejezett forgalom értelmezése
  - n vonalból álló nyaláb esetében:
    - a nyalábban **egyidejűleg foglalt vonalak számának várható értéke**;
    - a **kezdeményezett hívások számának várható értéke** az átlagos tartásidőnek megfelelő időtartam alatt
  - egyetlen vonal esetében: a megfigyelés időtartama alatt a **vonal foglalttá válásának valószínűsége**.

A forgalom fajtái



A_f	Felajánlott forgalom
A	Átvitt forgalom
$A_v = A_f - A$	Elvesző (blokkolt) forgalom

A forgalom időbeli változásai

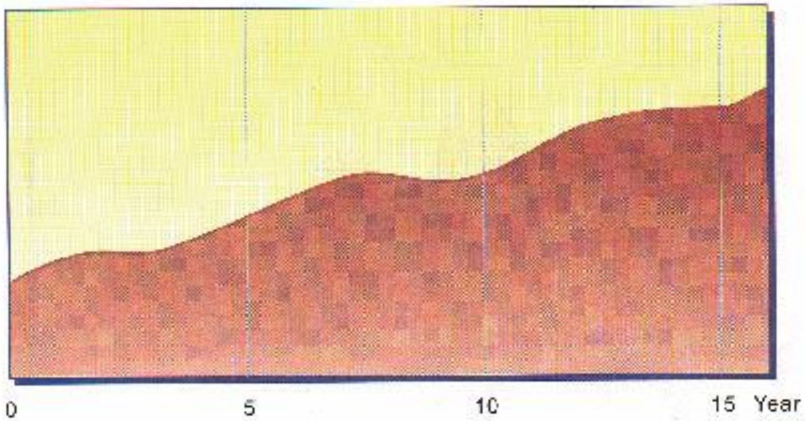


Figure 7 Many-year traffic trend with market fluctuations

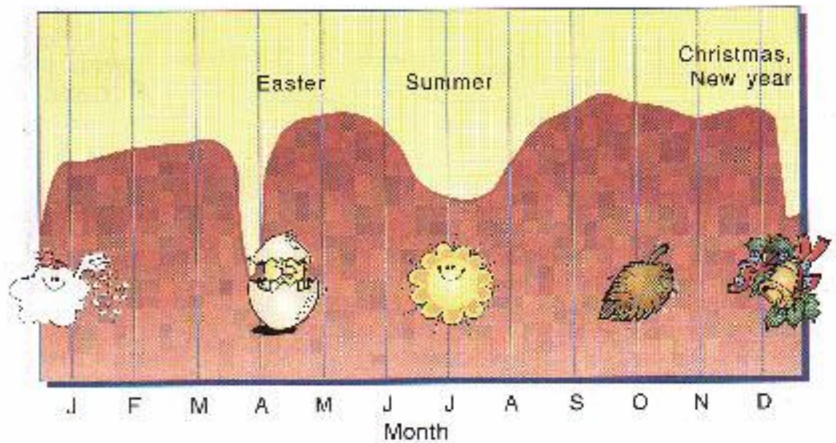


Figure 6 Typical busy hour variation over one year

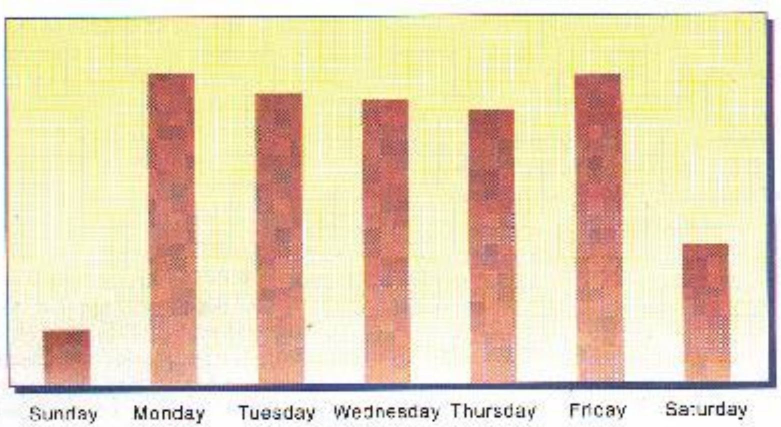


Figure 5 Typical busy hour traffic variation over seven weekdays

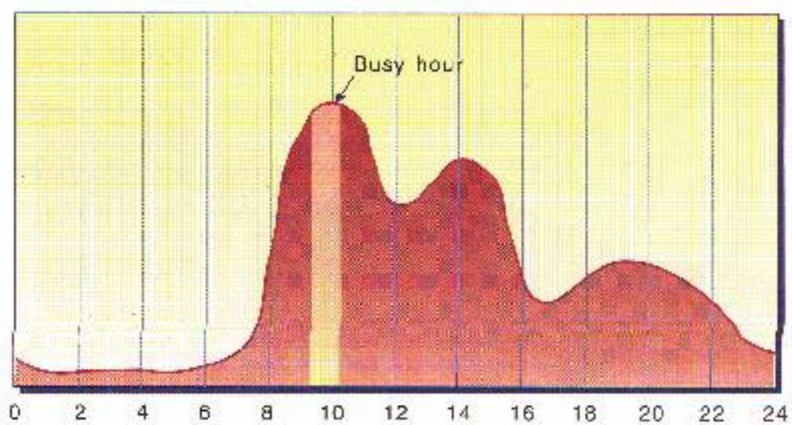
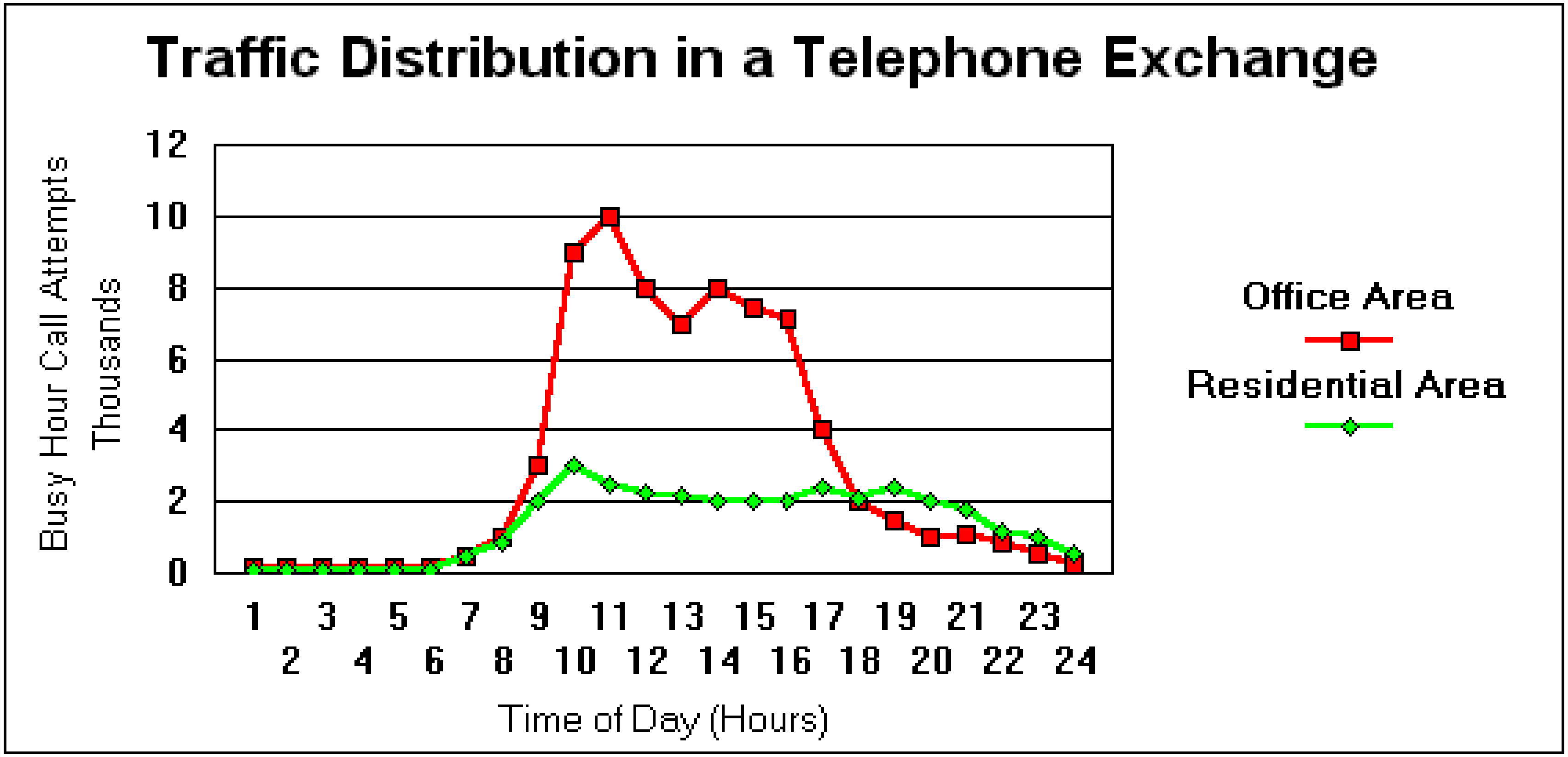


Figure 4 Typical 24-hour traffic variation

A forgalom változásai időskálákon

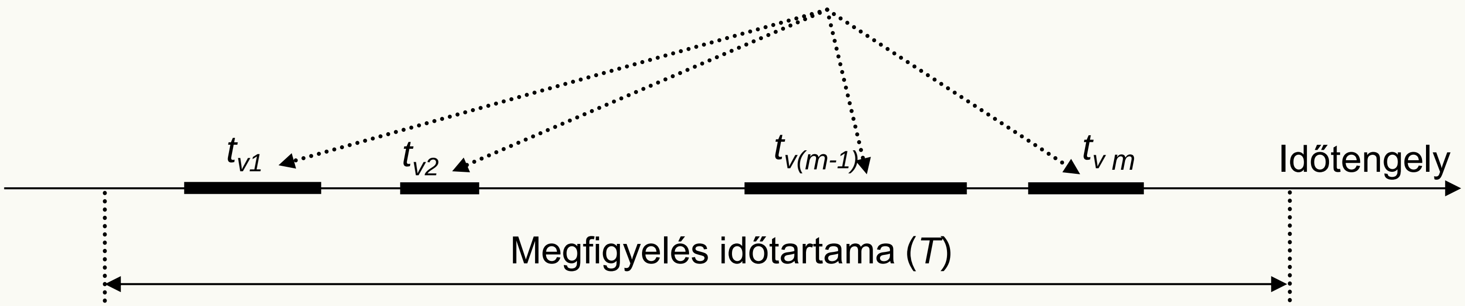
- Eltérő időskálák: évek…másodpercek
- Többnyire determinisztikus:
  - Évek: trendek
  - Hónapok: szezonális változások
  - Hetek: különböző napokon eltérő aktivitás
  - Napok: napi rutinoknak megfelelő változások
- Sztochasztikus
  - Órák és percek: változások az aktív felhasználók számától függően (Poisson)

A maximális forgalmú óra (busy hour)



Teljesítményjellemzők

Amikor a fokozat minden kimenete foglalt (t_v)



IDŐTORLÓDÁS (*E*) $= \dfrac{\sum_{x=1}^{m} t_{vx}}{T}$

Annak valószínűsége, hogy minden vonal foglalt

HÍVÁSTORLÓDÁS (B) $= \dfrac{A_v}{A_f}$

Annak valószínűsége, hogy egy hívás vissza lesz utasítva

Az Erlang B formula

Az időtorlódás:

$$E_B(A_f, N) = \frac{\dfrac{A_f^n}{N!}}{\displaystyle\sum_{x=0}^{N} \frac{A_f^x}{x!}}$$

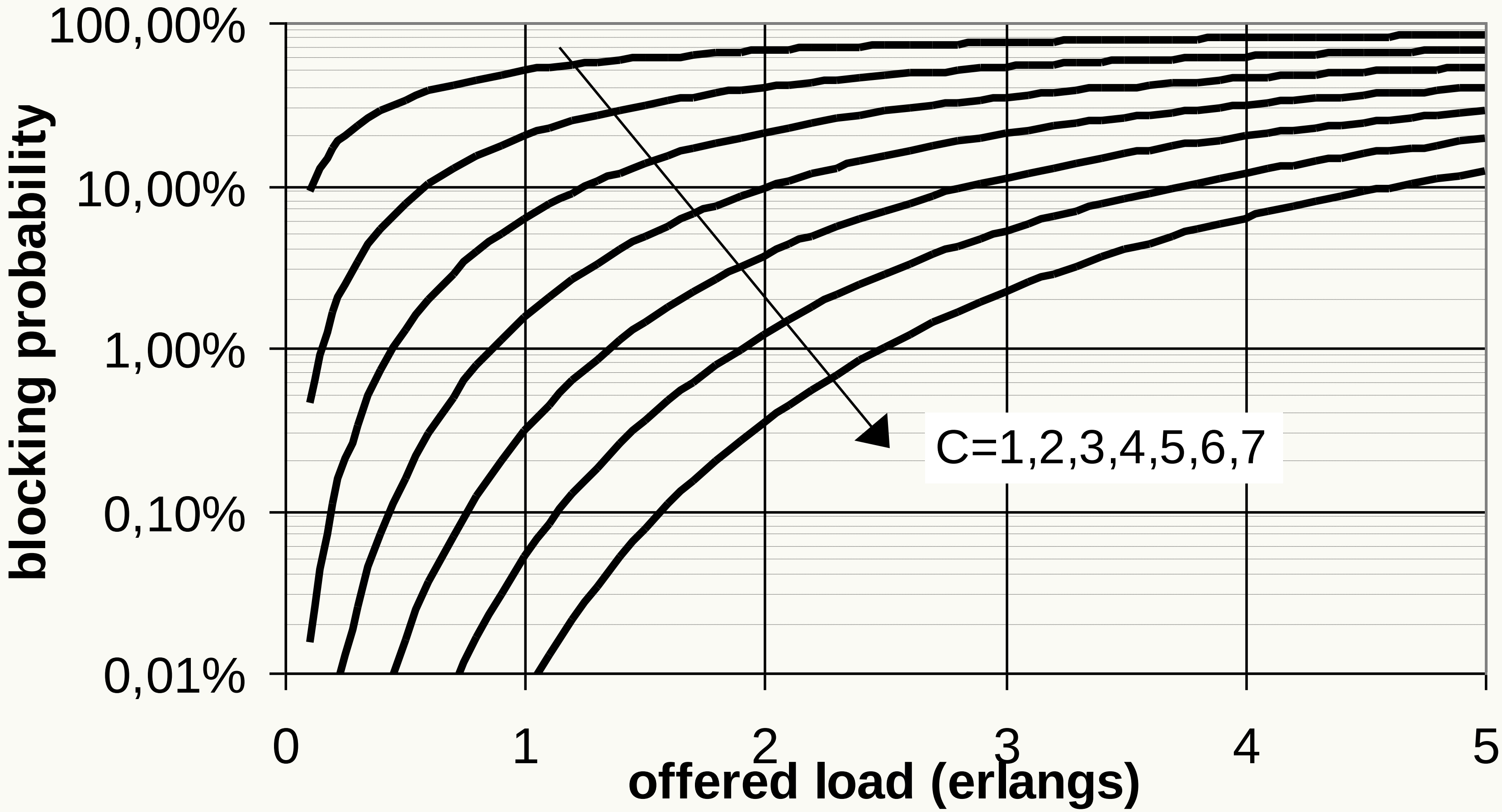
Feltételek:

- Blokkolt hívások elvesznek (nincs újrahívás)
- Hívások Poisson folyamat szerint érkeznek
- A hívások hosszának eloszlása lehet tetszőleges!

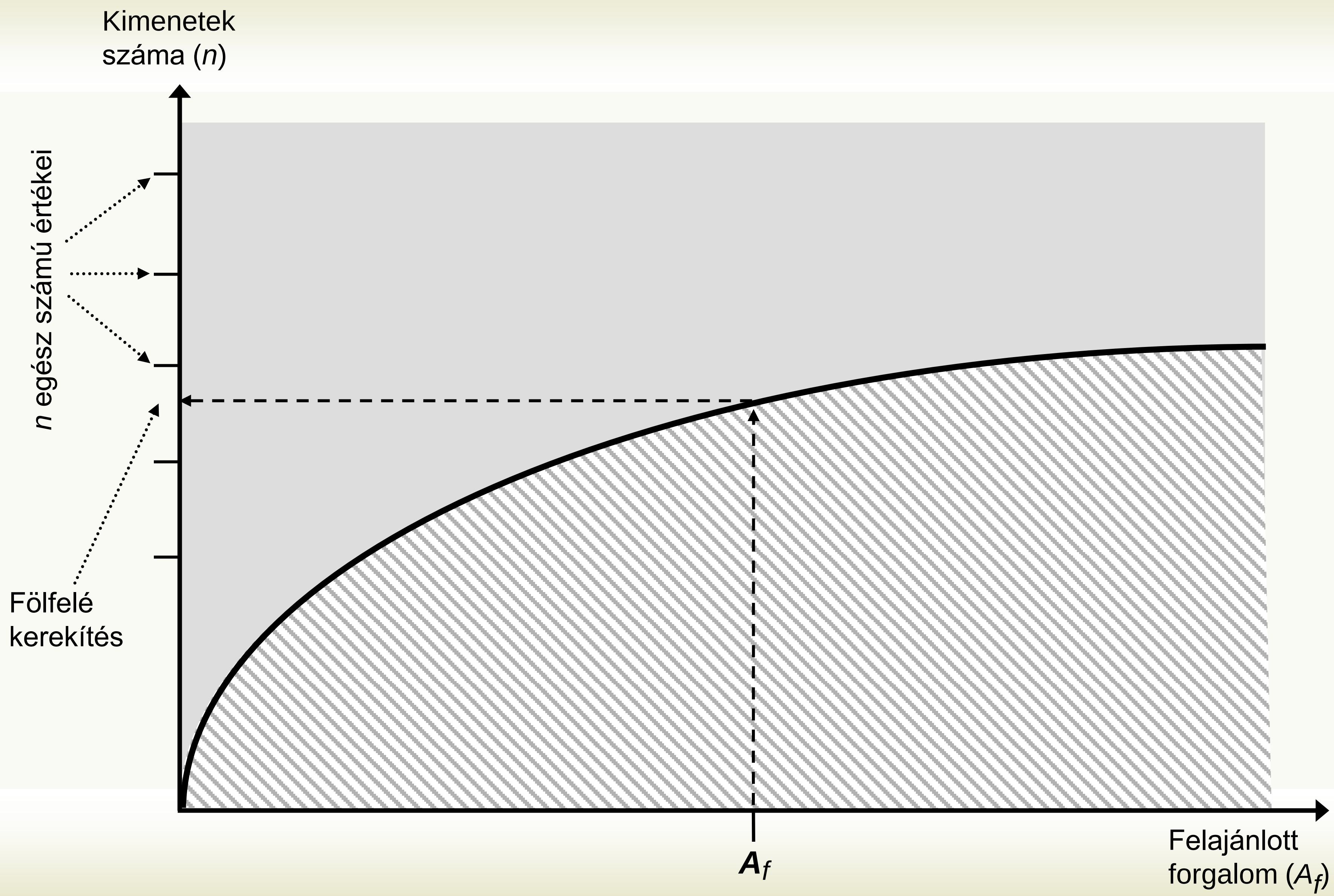
Hívástorlódás = Időtorlódás

$B = E_B(A_f)$

Az Erlang B formula alkalmazása: $B = E_C(A_f)$

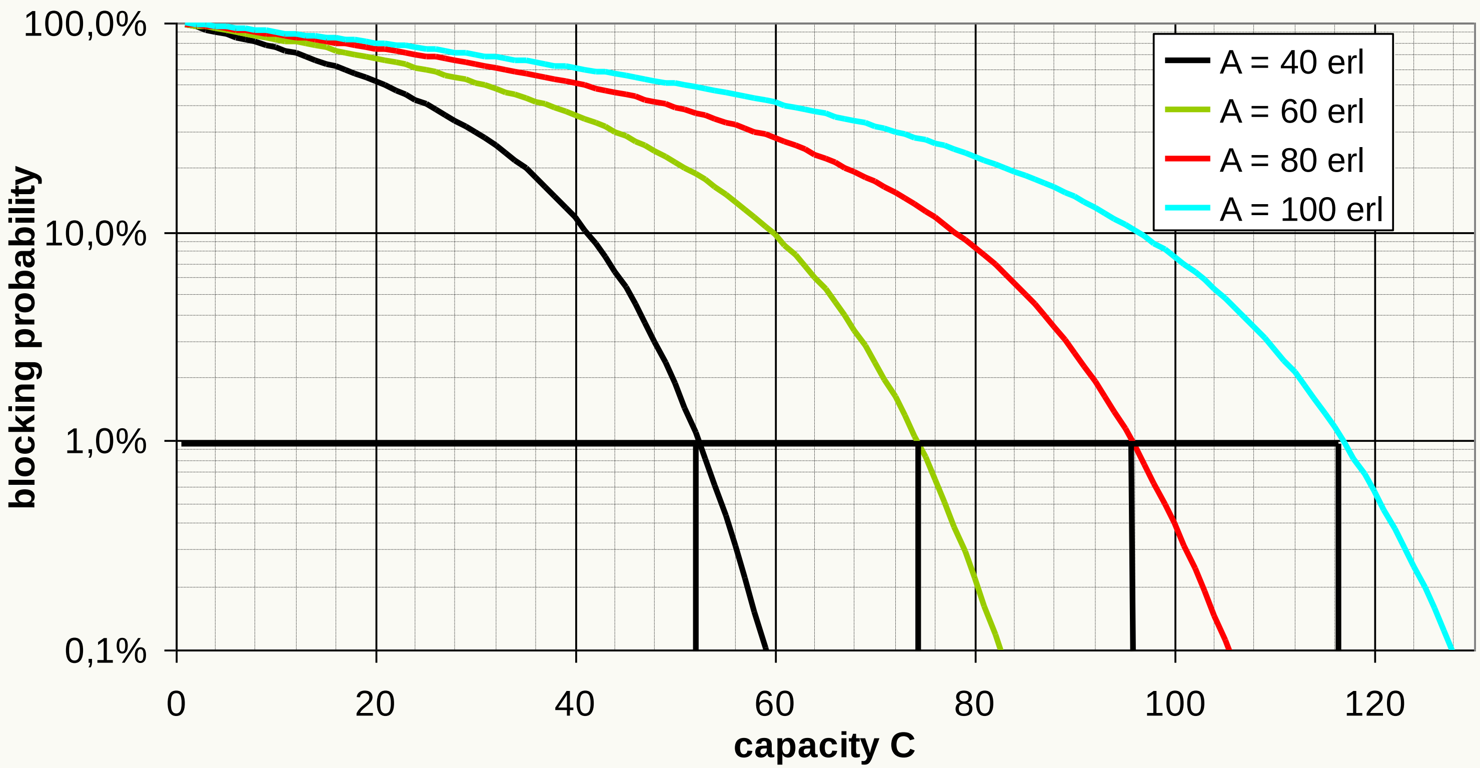


Az Erlang diagram: $n = f(A_f, E)$



Példa

Mennyi vonal szükséges és mekkora a hatékonyság, ha 1% blokkolási valószínűséget engedünk meg?



40 erl	C >= 53	η = 74.9%
60 erl	C >= 75	η = 79.3%
80 erl	C >= 96	η = 82.6%
100 erl	C >= 117	η = 84.6%

Az Erlang C formula

A hívás késleltetésének valószínűsége:

$$E_C(A_f, N) = \frac{A_f^{\,N}}{A_f^{\,N} + N!(1-\frac{A}{N})\sum_{k=0}^{N-1}\frac{A_f^{\,k}}{k!}}$$

Feltételek:

- Blokkolt hívások várakoznak (nem vesznek el)
- Hívások Poisson folyamat szerint érkeznek
- A hívások hossza exponenciális eloszlású

Az Erlang C formula alkalmazása

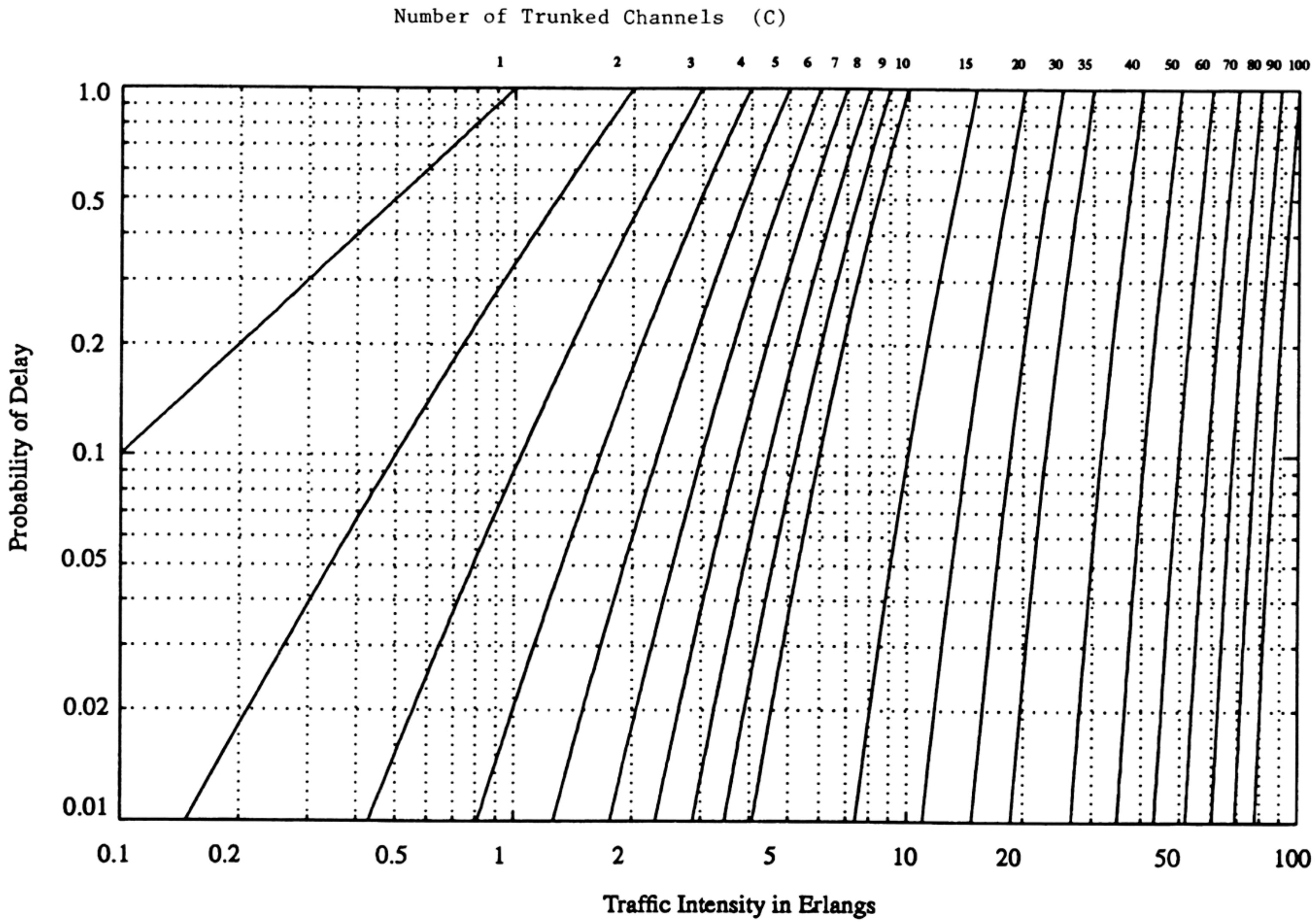


Figure 3.7 The Erlang C chart showing the probability of a call being delayed as a function of the number of channels and traffic intensity in Erlangs.

Számítások az Erlang C formulával

- M/M/s sorbanállási rendszer
  - Poisson érkezési intenzitás λ
  - átlagos hívás hossza σ
  - kihasználtság $\rho = \lambda\sigma/C$
- Little törvény: $EQ = \lambda EW$
  - Várakozási idő a sorban: ***W***
  - Sorhossz: ***Q***
- **Átlagos sorhossz:** $EQ = E_c\rho/(1-\rho)$
- **Átlagos várakozási idő:** $EW = E_c\rho/\lambda(1-\rho)$

Irodalom

- Richard Parkinson, Traffic Engineering Techniques in Telecommunications, Tutorial