

## Hálózati terminológiák:

- Számítógépes kommunikációs világ:
    - hálózatszerkezési szempontból lehet:
      - MAN/WAN
      - LAN (tipikusan Ethernet alapú) – területileg korlátos, általában egy épületen belül
    - a végberendezések intelligensek, a hálózaton belüli eszközök nem olyan okosak
  - „Telco” világ:
    - hálózatszerkezési szempontból lehet:
      - gerinchálózat (backbone)
      - hozzáférési hálózat (access network) – földrajzilag szétszórtan elhelyezkedő lakossági előfizetők kiszolgálása
    - a végberendezések „buták”, az intelligencia a hálózatban van megvalósítva
- Cél: olcsó, integrált szolgáltatások nyújtása az előfizetőknek.

## A megvalósítás lehetséges alternatívái:

- B-ISDN (ATM alapú) – forradalom
- újgenerációs hálózatok (next generation network – NGN) – a meglévő hálózatok hatékonyabb használata

## A hálózati technológiák osztályozása:

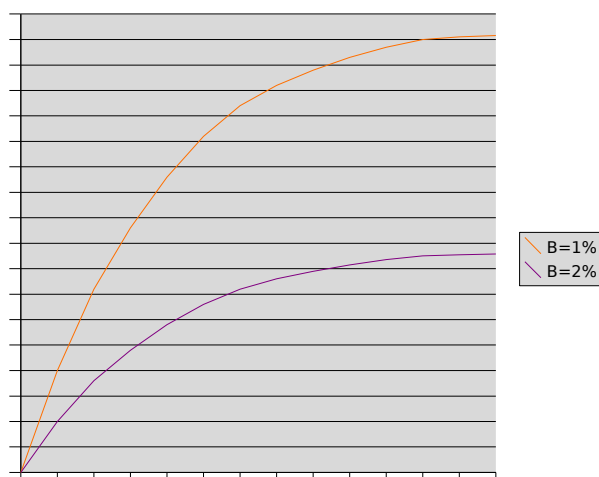
- csomagkapcsolt hálózatok:
  - összeköttetés- orientált:
    - kommunikáció előtt kapcsolatfelépítés
  - összeköttetésmentes
- áramkörkapcsolt hálózatok:
  - szükséges a kapcsolatfelépítés és -lebontás:
    - jelzésprotokoll szükséges
      - jelzi a hálózatnak a kapcsolat létesítését
      - a hívott felet azonosítja
      - csöngetés, foglaltság jelzése
      - követelmények (pl. minőség) jelzése a hálózat felé:
        - forgalmi leírásokkal, sztochasztikus jellemzőkkel
          - átlagos bitsebesség, legnagyobb bitsebesség, börsztösség (a leghosszabb időszak, amikor a küldő maximális bitsebességgel küld)
  - PDH, SDH: beszédátvitelre találták ki, ez meghatározza a működést:  $125 \mu s$  - onként egy nyolc bites minta átvitele történik egy beszédcsatornán (64 kbps adatátviteli sebesség)
  - PDH:
    - multiplexálás:
      - E1: 32 db 64 kbps beszédcsatorna (valójában 30, az 1. és a 17. jelzési célra fenntartva)
      - 2,048 Mbps

- E2: 4 db E1 csatorna
  - 8,448 Mbps
  - azért nem pont  $4 \cdot E1$ , mert az eszközök óráinak szinkronizálatlansága miatt kiegészítő jelzésre szolgáló bitek kerülnek a csatornára
- a PDH hátránya: minden leágazásnál teljesen újra kell keretezni (SDH- ban már nem)
- multiplexálás áramkörkapcsolt hálózatban:
  - M/M/C/C, azaz exponenciális eloszlás szerint érkeznek a kérések, exponenciális eloszlású a kiszolgálási idő, C kiszolgáló egység van, és ugyanakkora a rendszer kapacitása, tehát nincs puffer
  - a beszédidő várhatóértéke:  $E(Y) = 3 \text{ min}$
  - a felhasználó által érzékelhető minőségi paraméter a blokkolási valószínűség
    - az általánosan elfogadott érték (GSM hálózatokban is):  $B < 1\%$
    - számítása: Erlang- képlet:
 
$$B = \frac{\frac{a^C}{C!}}{\sum_{n=0}^C \frac{a^n}{n!}}$$
    - $a = \frac{\lambda}{\mu}$
    - $\lambda$  - érkezési intenzitás
    - $\mu$  - a kiszolgálás intenzitása

## Gazdaságosság, economy of scale:

### Gazdaságosság áramkörkapcsolt hálózatokban

- a blokkolási valószínűség a forgalom és a C kapacitás függvénye:  $B = f(a, C)$
- minél nagyobb a forgalom, annál kisebb kapacitásbővítés szükséges ugyanakkora forgalomnövekedés kezeléséhez adott blokkolási valószínűség mellett
- vízszintes tengely: a forgalom
- függőleges tengely: a szükséges kapacitás



## Gazdaságosság csomagkapcsolt hálózatokban

- optimálisabb az erőforrás- kihasználás
- hogyan válasszuk meg a hálózat kapacitását?
  - legyen N bemenő linkje egy routernek (vagy ATM kapcsolónak)! A routernek egy kimenő linkje legyen, ennek kapacitása C! (Ezt a C-t keressük.)
  - az i. bemeneten a kapcsolat átlagos bitsebessége legyen  $a_i$ , az i. kapcsolat legnagyobb sebessége pedig legyen  $r_i$ !
  - triviális, hogy  $\sum_{i=1}^N a_i \leq C \leq \sum_{i=1}^N r_i$
  - 3 lehetőség:
    - $C = \sum_{i=1}^N r_i$ 
      - ez ekvivalens az áramkörkapcsolt technikában használt megközelítéssel
    - $C = \sum_{i=1}^N a_i$ 
      - M/M/1/B megoldás
      - nagy a várható csomagvesztés
    - $\sum_{i=1}^N a_i < C < \sum_{i=1}^N r_i$ 
      - a nyújtani kívánt szolgáltatás alapján határozzuk meghatározza
        - például: VoIP esetén a megengedett csomagvesztés nagyjából 1%
  - a gazdaságossági tényező a statisztikai multiplexálás nyeresége:
    - $\frac{\sum_{i=1}^N r_i}{C}$ 
      - VoIP szolgáltatás esetén ez az érték jellemzően 1,1 és 1,4 között van
    - példa: ADSL szolgáltatás
      - $\frac{\sum_{i=1}^N g_i}{C} = 10 \dots 20$  - over subscription factor, alulméretezési tényező
      - $g_i$  - az i. felhasználónak ajánlott legnagyobb bitsebesség
  - változó késleltetésből, változó bitsebességből adódó problémák:
    - a két tulajdonság összefügg, work- conservative ütemezés esetén érvényes a következő összefüggés:
      - $\sum_{i=1}^N \lambda_i d_i$  állandó, ahol  $d_i$  az i. felhasználó késleltetése
      - work- conservative ütemezés: ha a pufferben van csomag, akkor azt továbbítani kell a linken
      - létezik minimális késleltetés az átviteli közeg fizikai paramétereinek alapján
    - csomagvesztés
      - áramkörkapcsolt hálózatokra is értelmezhető megfelelője a bithiba arány (ez különösen vezeték nélküli esetben nagy)
    - pipeline technika:

- a csomagokat kisebb csomagokra darabolják, ezzel a megoldással csökkenthető az end2end késleltetés, mivel a hálózati útvonalon levő routerek párhuzamosan dolgozhatnak ugyanazon csomag egyes darabjain
- P csomagra bontás esetén a teljes késleltetés arányos  $P+H-1$  – gyel, egyébként  $P \times H$  – val
  - P: darabok száma
  - H: hop count, azaz az útvonalon levő routerek/ATM kapcsolók száma

## Hálózati technológiák definiálásának módszertana:

- milyen alapelvek, algoritmusok érvényesek a hálózatban?
- módszertan:
  - követelmények felállítása
  - döntések (számítások alapján)
- követelmények:
  - minőségi követelmények
  - multiplexálás:
    - statisztikai multiplexálás
    - TDM/FDM
  - megbízhatóság
    - hiba esetén is képes ellátni feladatát a hálózat
    - megoldások:
      - proaktív tervezés – redundancia beépítése, megbízható rendszerelemek
      - reaktív algoritmusok – tartalék útvonalak
        - átkapcsolásra követelmény:  $50 \mu s$  alatt
        - IP esetén az OSPF protokollban néhány percig is eltarthat az átállás
    - a rendelkezésre állás mérhető:
      - $$A = \frac{MeanTimeBetweenFailures}{MeanTimeBetweenFailures + MeanTimeToRepair}$$
      - a célkitűzés általában 99,999 % rendelkezésre állás
      - a költség durván a kilencesek számának exponenciális függvénye
        - ( $A = 99,999$  % költsége nagyjából duplája  $A = 99,99$  % költségének)
  - sokrétű szolgáltatás nyújtása
    - service neutral hálózat
      - a hálózat nem ismeri az átvitt szolgáltatásokat
        - következmény: nehézkes QoS
      - pl. IP
    - „optimalizált” hálózat
      - a hálózat információval rendelkezik az átvitt szolgáltatásokról
      - pl. ATM
    - alap hordozó- szolgáltatások biztosítása
  - különböző fizikai és 2. rétegbeli hálózatokra kell felkészülni
  - különböző technológiák befogadása
    - a heterogenitás biztosítása a cél
  - skálázhatóság

- entitások száma: N
  - ha N exponenciálisan növekszik, legyen a probléma kezelésére  $O(\log N)$  komplexitású megoldás
  - maximális bitsebesség:  $B_{max}$
  - maximális end2end késleltetés:  $D_{max}$
- kapacitás allokáció
  - cél: a forgalom igazságos multiplexálása
  - ha K forrás van és  $x_i$  az egyes források forgalma, a fairness index:
 
$$fairness\ index = \frac{(\sum_{i=1}^K x_i)^2}{K \cdot \sum_{i=1}^K x_i^2}$$
    - amennyiben a fairness index = 1, a multiplexálás igazságos
    - ha a fairness index = 0, a multiplexálás igazságtalan
- elosztott menedzselés
  - sok berendezés
    - a mérési adatok hatalmas mennyisége miatt amit csak lehet, helyben kell feldolgozni
  - mobilitás biztosítása
  - biztonság
  - felhasználói szabadság
    - a jogi környezet határozza meg
- tervezési döntések
  - analitikus, operációs, szimulációs kutatási módszerek segítségével
  - entitások
  - címzés
    - lokális
    - globális
  - elnevezés és cím összerendelése
  - routing
  - állapotok
    - hol legyenek az állapotok?
    - mikor/hogyan jönnek létre és szűnnek meg?
      - hard state
        - a kapcsolat bontása explicit utasítással történik
      - soft state
        - a kapcsolat bontásához nem szükséges explicit utasítás
  - erőforrás allokálás
    - FDM
    - TDM
  - a hálózat határainak definiálása

# IP specifikáció

## **Alapelvek:**

- fontos szempontok (fundamental principles)
  - multiplexálás
    - változó csomaghossz
    - önhordó csomag (célcím és küldő címe a csomagfejlécben)
  - átlátszó (transparent)
    - a hálózatban IP szinten a folyamra vonatkozó állapot nincs nyilvántartva
    - nem szabad megváltoztatni a hasznos információt („Don't mess with my data!”)
  - routing/connectivity
    - cél a hálózatban teljes elérhetőség biztosítása
  - E2E argument
    - az állapotot a végpontokban kell nyilvántartani
      - következmény: „egyszerűbb” router architektúrák
      - későbbi következmény: QoS nehézkes, QoS- hez állapot nyilvántartása szükséges a hálózatban
      - csomagdarabolás van a hálózatban, ha szükséges, de a visszaállítás csak a végpontban lehetséges
  - heterogenitás
    - AS rendszerek
      - (AS: NRO, 5 RIR)
  - elnevezés és cím
    - DNS: globális elosztott adatbázis
- másodlagos szempontok (secondary principles)
  - útvonalirányítás
    - OSPF, RIP, BGP
  - protokoll stack
    - IP
    - data- link layer
    - physical layer
    - a '90- es évek végén, 2000- es évek elején
      - IP
      - MPLS
      - data- link layer
      - physical layer
  - torlódásvezérlés, folyamvezérlés
    - TCP
  - mobilitás támogatása
    - később lett csak definiálva a mobile IP
  - biztonság
    - az ARP protokoll nem biztonságos

- IP értékelése
  - negatív
    - nem jól átgondolt tervezés
  - pozitív
    - sokan használják
    - szemlélet
    - szabványosítási folyamat az IETF- nél: kizárólag kipróbált technológia lehet szabvány
      - „We reject kings, we like a solution which has been tested.”