Hálózatok II
2007

1: Bevezetés: Internet, rétegmodell
Alapok: aszimptótika, gráfok

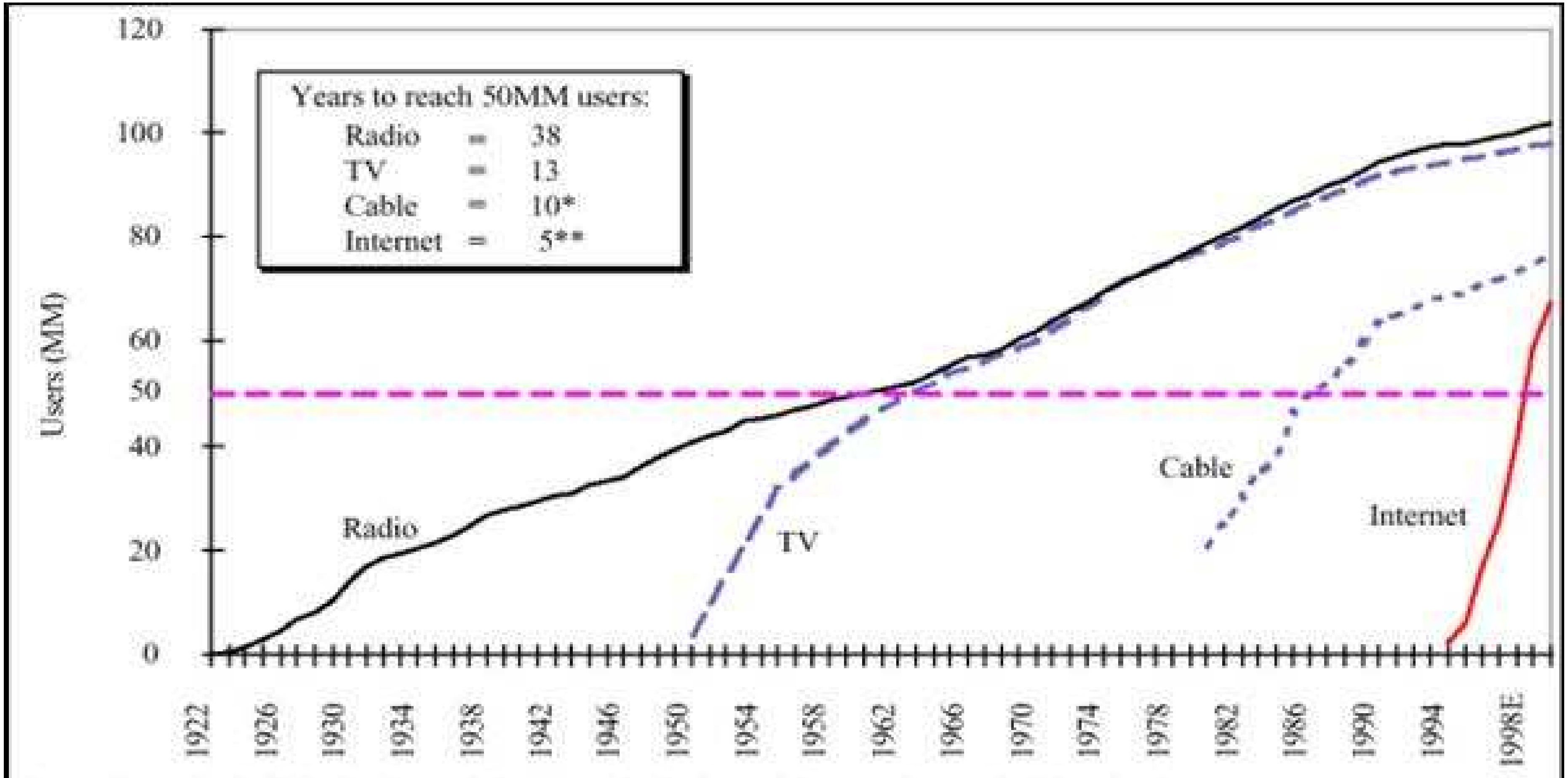
Az előadáshoz

- Előadás: Szerda 17:00 – 18:30
- Gyakorlat: nincs
- Vizsga írásbeli
- Honlap: http://people.inf.elte.hu/lukovszki/Courses/G/07NWII
- Irodalom:
  - J. Cheriyan, R. Ravi: Approximation Algorithms for Network Problems, Lecture Notes.
  - T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest: Introduction to Algorithms. MIT Press, 1990.
  - Aktuális publikációk

Tartalom

- Bevezetés: Internet, rétegmodell
- Alapok: algoritmus elemzés, gráfok, minimális feszítőfák
- Routing legrövidebb utakkal – Legrövidebb utak fája
- IP prefix lookup – Trie, hashing
- TCP – hatékonyság, fairness
- Online kapcsolat engedélyezés kontroll ATM hálózatokban
- Peer to peer hálózatok – elosztott információ

Motiváció



Source: Morgan Stanley Technology Research. E = Morgan Stanley Research Estimate. Data are for U.S. media adoption.

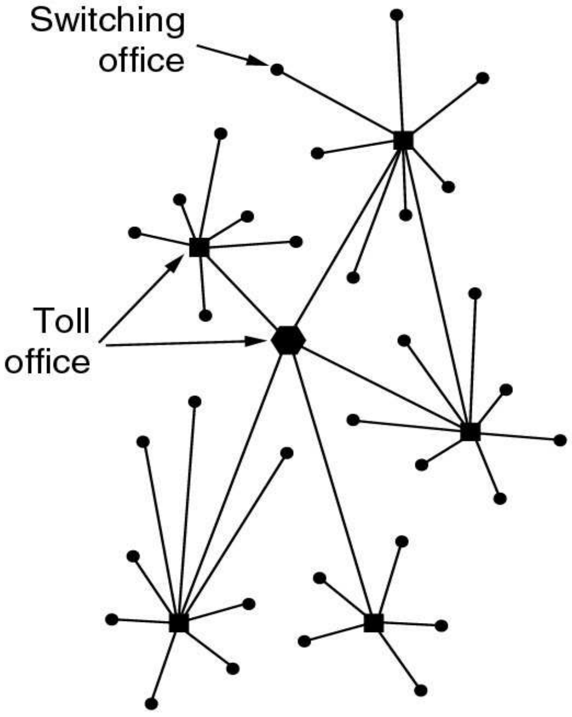
** We use the launch of HBO in 1976 as our estimate for the beginning of cable as an entertainment/advertising medium. Though cable technology was developed in the late 1940's, its initial use was primarily for the improvement of reception in remote areas. It was not until HBO began to distribute its pay-TV movie service via satellite in 1976 that the medium became a distinct content and advertising alternative to broadcast television.*

*** Morgan Stanley Technology Research Estimate.*

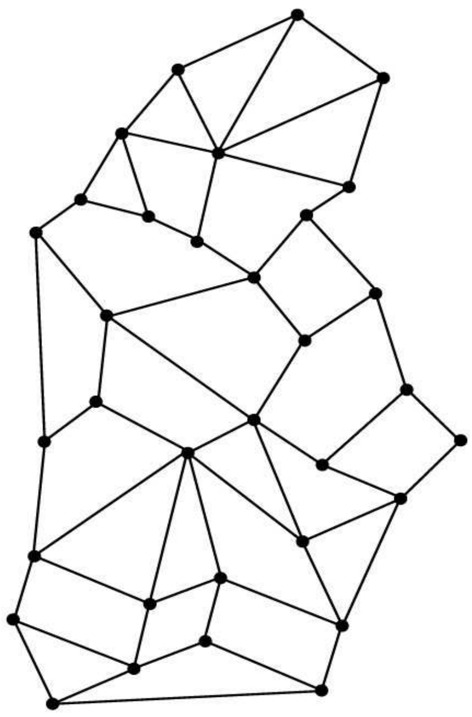
Hálózatok struktúrájának összehasonlítása

Hierarchikus telefon-hálózat

Az Internet



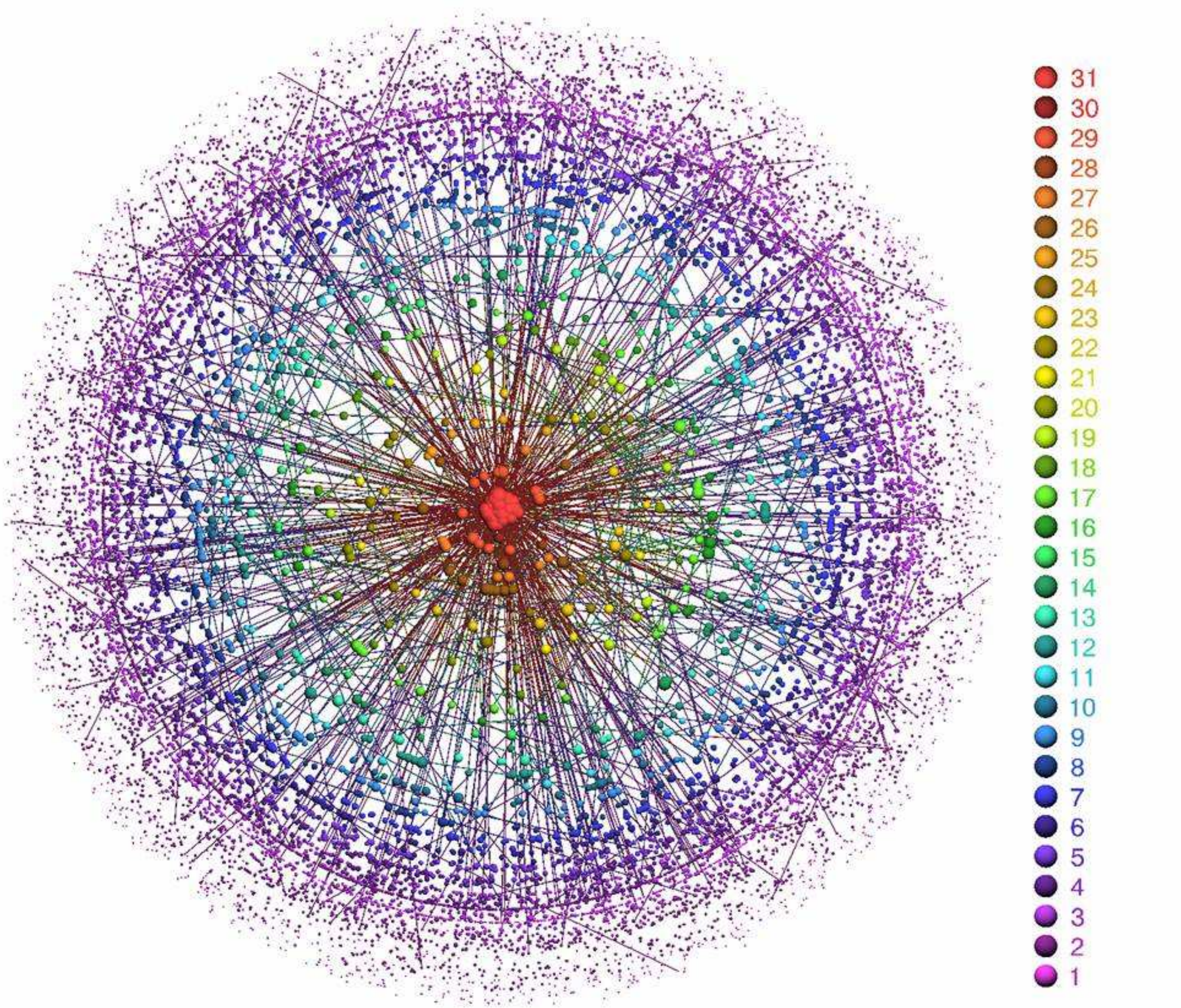
(a)



(b)

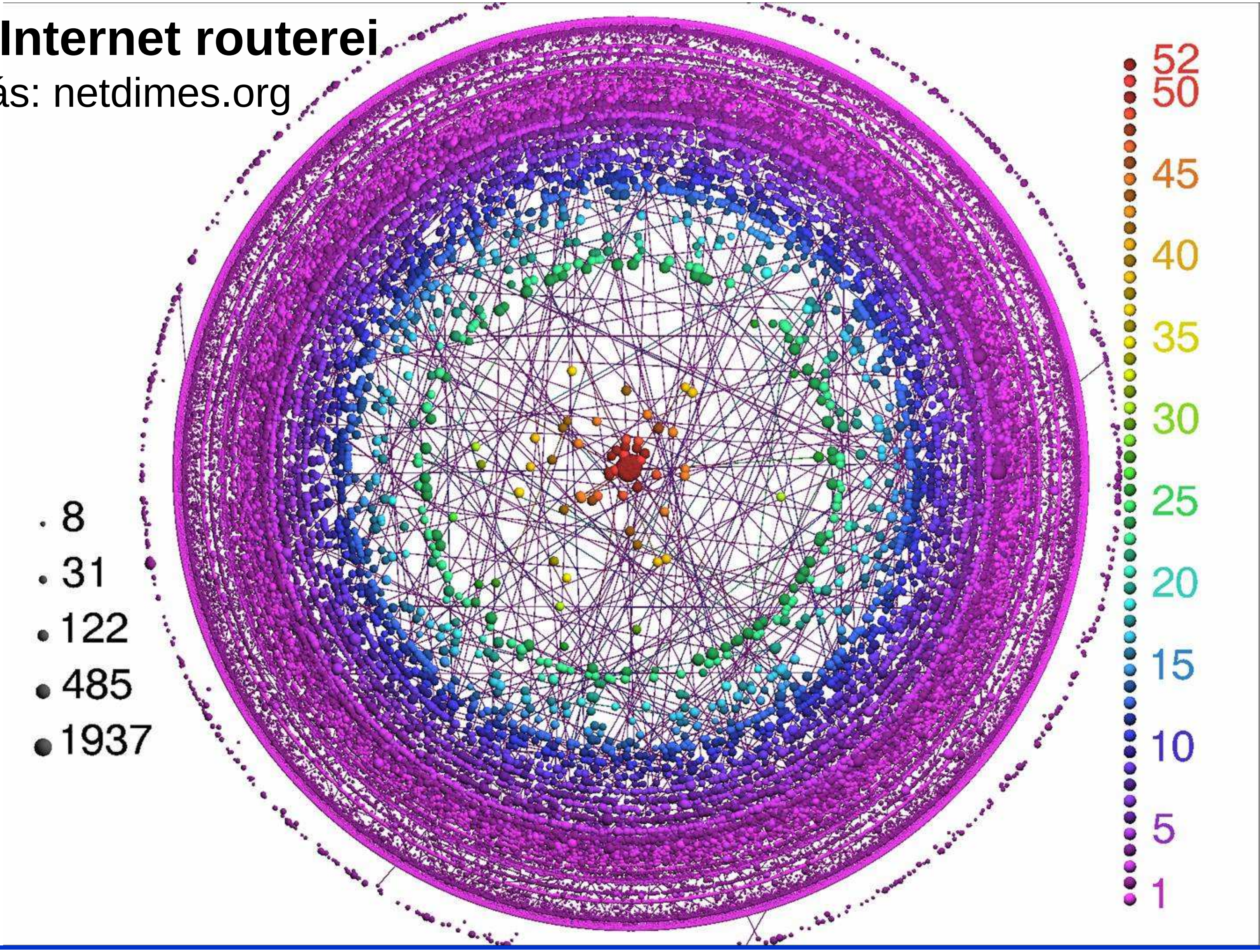
Az Internet – Autonóm rendszerek

forrás:
netdimes.org
(lanet-vi)



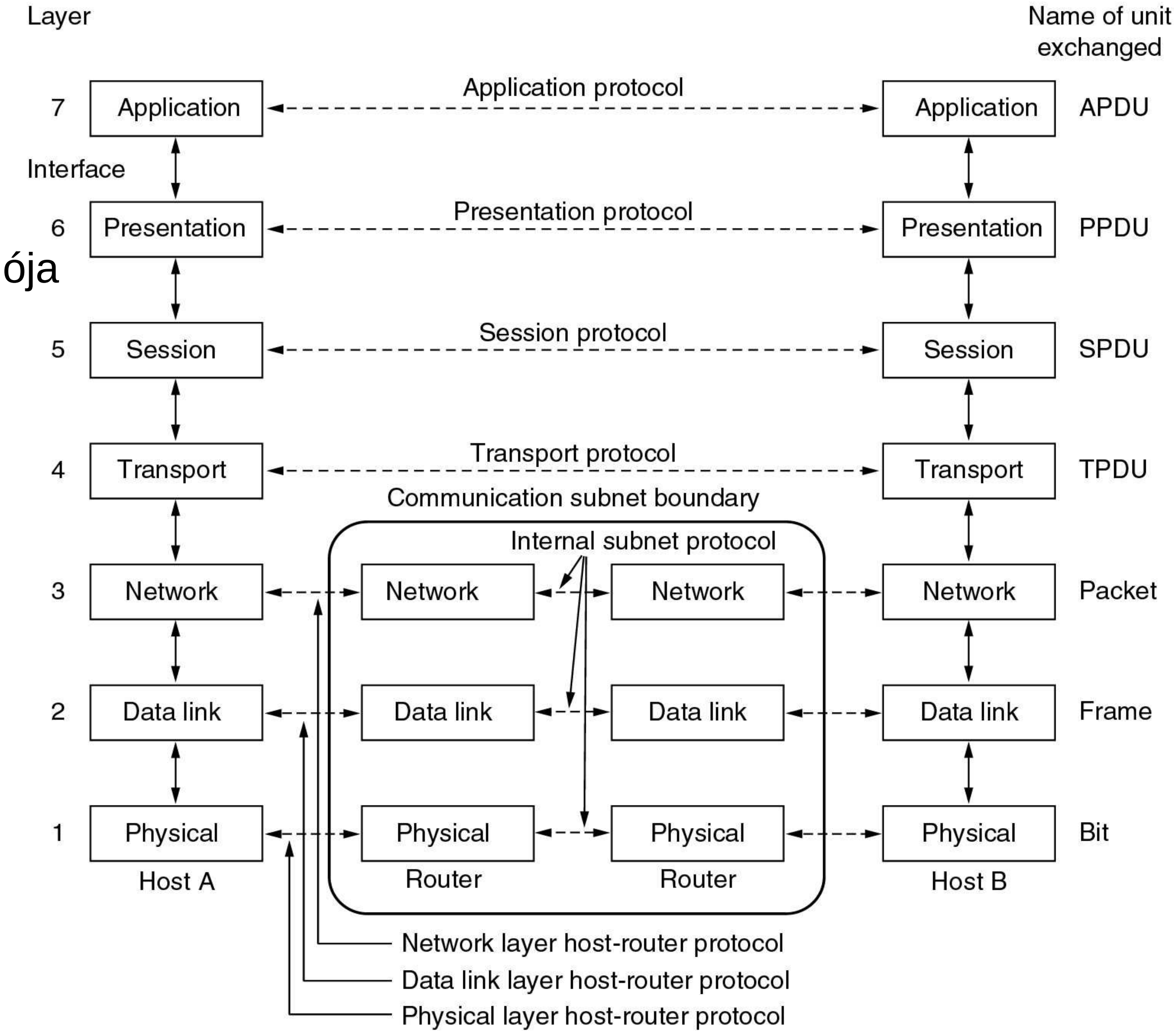
Az Internet routerei

forrás: netdimes.org

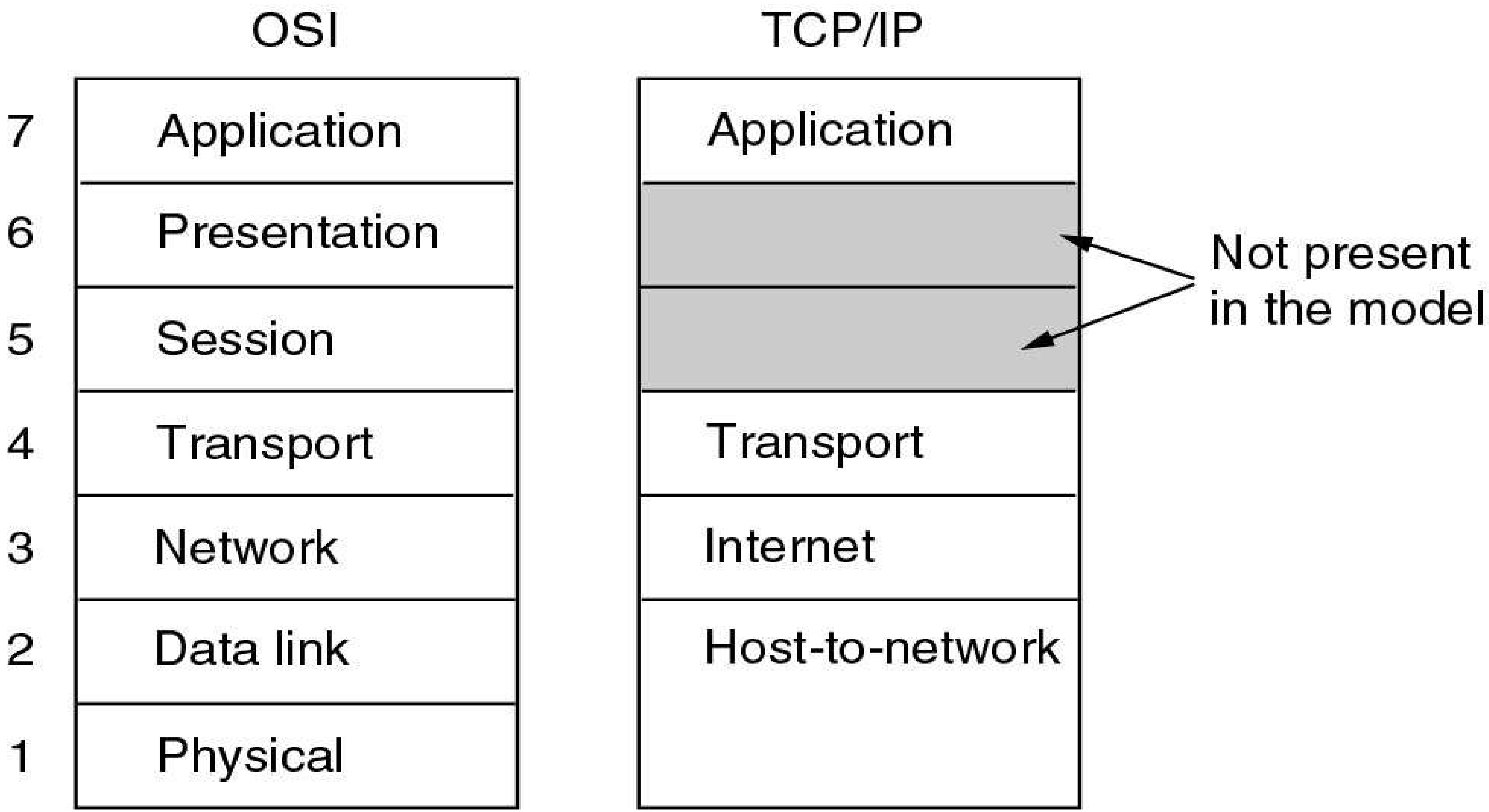


Az ISO/OSI Referenciamodell

7. Felhasználói (Application)
   - E-Mail, Terminal, Remote login
6. Prezentációs (Presentation)
   - Az adatok rendszerfüggő prezentációja (EBCDIC/ASCII)
5. Ülés (Session)
   - Felépítés, befejezés, újrakezdési pontok
4. Szállítói (Transport)
   - Szegmentálás, Torlódáselkerülés
3. Hálózati (Network)
   - Routing
2. Adatkapcsolati (Data Link)
   - Check sum, folyam-felügyelet
1. Fizikai (Physical)
   - Elektronikus, mechanikus, optikai eszközök



OSI versus TCP/IP



Aszimptótika

Legyen $f,g : \mathbf{N_0} \to \mathbf{R}$ két függvény.

- f majdnem mindig nem nagyobb g-nél, $f \leq_{mm} g$, ha $\exists\, n_0 \in \mathbf{N_0}\ \forall\, n \geq n_0,\ n \in \mathbf{N}_0 : f(n) \leq g(n)$.
- $f(n) = O(g(n))$, ha $\exists\, c \in \mathbf{R} : f \leq_{mm} c\, g$. (c konstans, n-től független)
- $f(n) = \Omega(g(n))$, ha $\exists\, c \in \mathbf{R} : c\, g \leq_{mm} f$.
- $f(n) = \Theta(g(n))$, ha $f = O(g)$ és $f = \Omega(g)$.
- $f(n) = o(g(n))$, ha $\lim_{n \to \infty} f(n) / g(n) = 0$.
- $f(n) = \omega(g(n))$, ha $\lim_{n \to \infty} g(n) / f(n) = 0$.

Aszimptótika

Egy algoritmus komplexitása:

- Legyen P : probléma,
  I : input,
  A: algoritmus, ami megoldja P-t
- $T_A(I)$: az A algoritmus futási ideje I inputtal
- $S_A(I)$: az A algoritmus tárigénye I inputtal
- $T_A(n) := \sup \{T_A(I) : |I| \leq n\}$
- $S_A(n) := \sup \{S_A(I) : |I| \leq n\}$

Aszimptótika

P probláma komplexitása:

- $T(P) = O(f(n))$, ha $\exists$ A algoritmus, hogy A megoldja P-t és $T_A(n) = O(f(n))$
- $T(P) = \Omega(f(n))$, ha $\forall$ A algoritmus ami megoldja P-t : $T_A(n) = \Omega(f(n))$
- $T(P) = \Theta(f(n))$, ha $T(P) = O(f(n))$ és $T(P) = \Omega(f(n))$
- $T(P) = o(f(n))$, ha $\exists$ A algoritmus, hogy A megoldja P-t és $T_A(n) = o(f(n))$
- $T(P) = \omega(f(n))$, ha $\forall$ A algoritmus, ami megoldja P-t : $T_A(n) = \omega(f(n))$

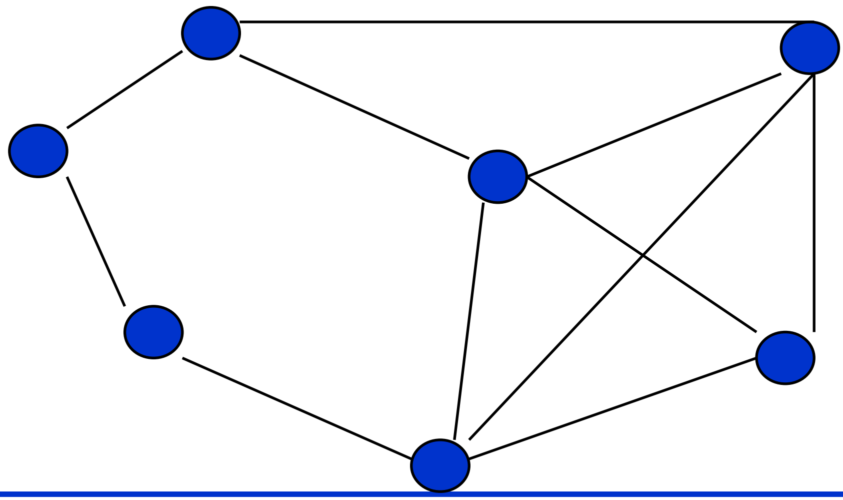
Gráfok

- Kommunikációs hálózatok reprezentációja: Gráfok
- Gráf $G=(V,E)$
  - V: Csomópontok (csúcsok) halmaza
  - E: Élek halmaza
  - Amikor több gráffal dolgozunk, akkor egy G gráf csomópontjainak halmazát $V(G)$ –vel, éleinek halmazát $E(G)$ –vel jelöljük.

  - Csomópont – Router, Switch, Host…
  - Él – fizikai összeköttetés (Link)

Irányítatlan gráfok

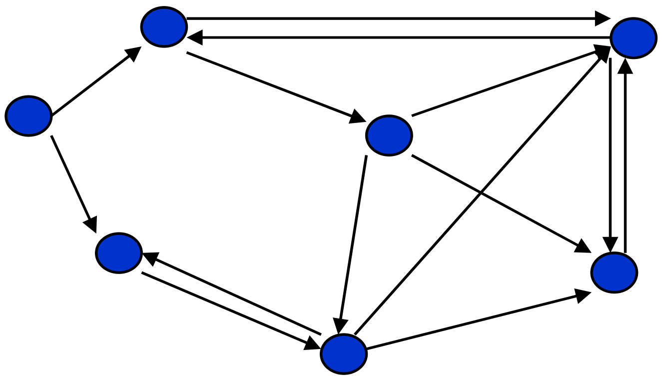
- Az élekhez nics irány hozzárendelve
- Az éleket a csomópontok kételemű részhalmazai reprezentálják: $e=\{u,v\}$
- Azt mondjuk, hogy az él $e=\{u,v\}$ a u és v csomóponthoz incidens.
- Ha a csomópont u és v egy éllel össze van kötve, akkor azt mondjuk, hogy u és v adjacens.

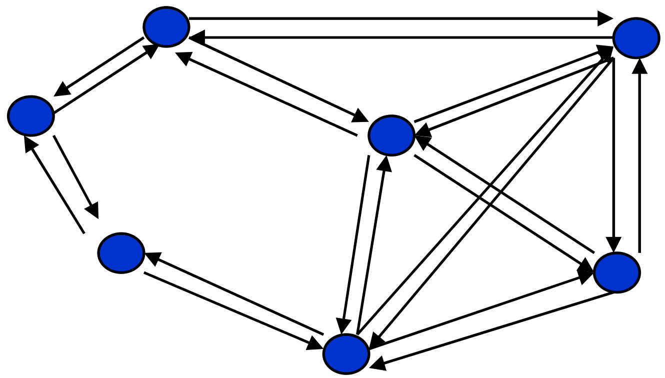


Irányított gráfok (Digráfok)

- Minden élnek van egy kezdőpontja és egy végpontja
- Az éleket csomópontok rendezett párjával reprezentáljuk $e=(u,v)$.
- Egy v csomópont ki-foka: $|\{ e \in E: e=(v,w) \}|$
- Egy v csomópont be-foka: $|\{ e \in E: e=(u,v) \}|$
- Egy speciális eset: szimmetrikusan irányított gráfok:

$(u,v) \in E \Leftrightarrow (v,u) \in E$.



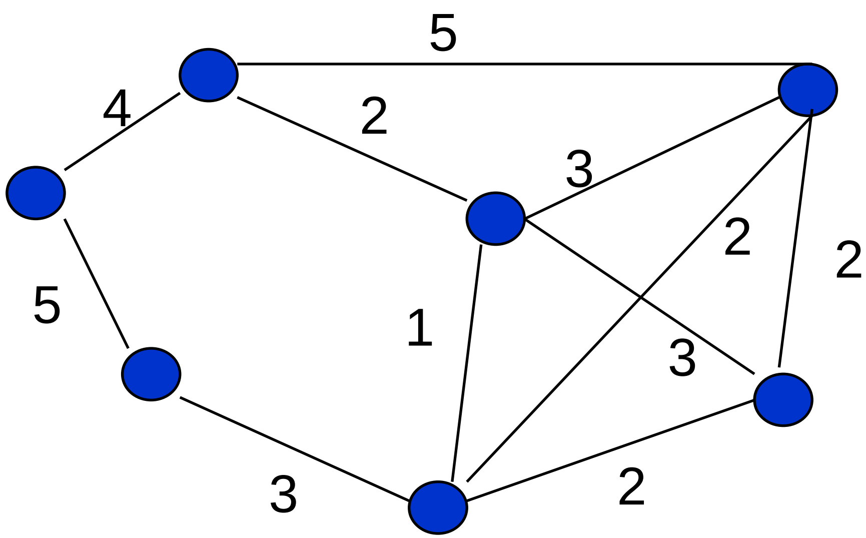


Gráfok reprezentációja

- A továbbiakban mindig $n=|V|$ a csomópontok száma és $m=|E|$ az élek száma a gráfban.
- G gráf szokásos reprezentációja:
  - A csomópontok listája
  - Az élek listája
  - Minden csomóponthoz egy lista a hozzá incidens élekről (irányított gráfoknál egy külön lista a bemenő es a kimenő élekről)
  - Tárigény: $O(n+m)$
- Alternativ: Adjazecia mátrix
  - nxn mátrix A
  - a_{ij} = 1, ha csomópont i és j össze vannak kötve egy éllel, egyebként 0.
  - Tárigény: $O(n^2)$

Súlyozott gráfok

- A csomópontokhoz ill. élekhez gyakran súlyok vannak rendelve. Pl. minden élhez rendelhetünk egy kapacitást c : $E \rightarrow \mathrm{R}^+$ függvény által, ami a link sávszélességét adja meg.

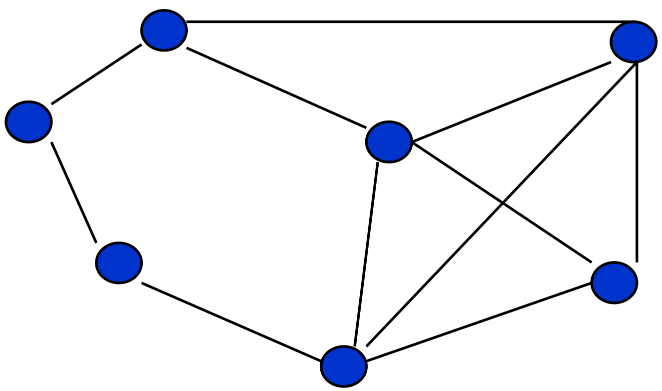


Út, kör

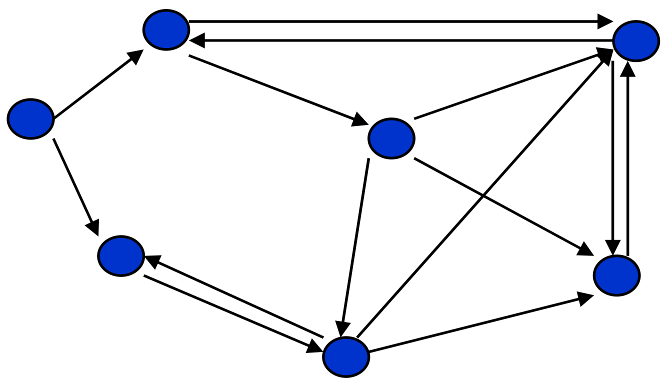
- Egy út u-tól v-hez egy $G=(V,E)$ gráfban ($u,v \in V$) egymást követő élek egy olyan sorozata $(x_0,x_1),(x_1,x_2),\ldots,(x_{k-1},x_k)$, ahol $u = x_0$, $v = x_k$.
- Egy egyszerű út u-tól v-hez egy olyan út u-tól v-hez, ahol minden csomópont csak egyszer fordul elő.
- Egy P út hossza egy súlyozatlan gráfban az élek száma P-ben.
- Egy P út hossza egy súlyozott gráfban az élek súlyainak összege P-ben.
- Egy kör (ciklus) egy $G=(V,E)$ gráfban egymást követő élek egy olyan sorozata $(x_0,x_1),(x_1,x_2),\ldots,(x_{k-1},x_k)$, ahol $x_0= x_k$.
- Egy egyszerű kör egy olyan kör, amelyben minden csomópont csak egyszer fordul elő.

Összefüggőség, erős összefüggőség

- Egy irányítatlan gráf *G* összefüggő, ha *G*-ben minden csomópontból minden más csomóponthoz létezik egy út.
- Egy irányított gráf *G* erősen összefüggő, ha *G*-ben minden csomópontból minden más csomóponthoz létezik egy irányított út.



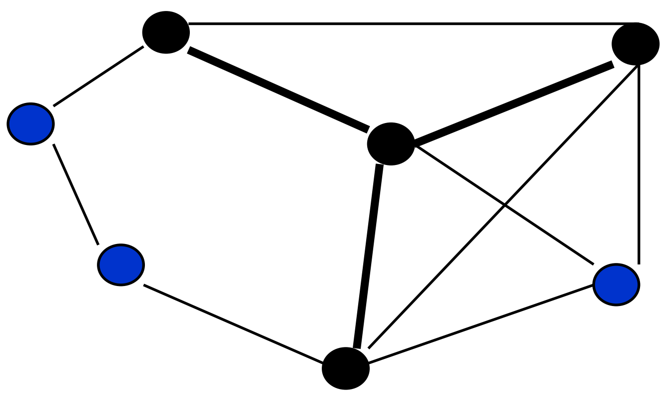
összefüggő



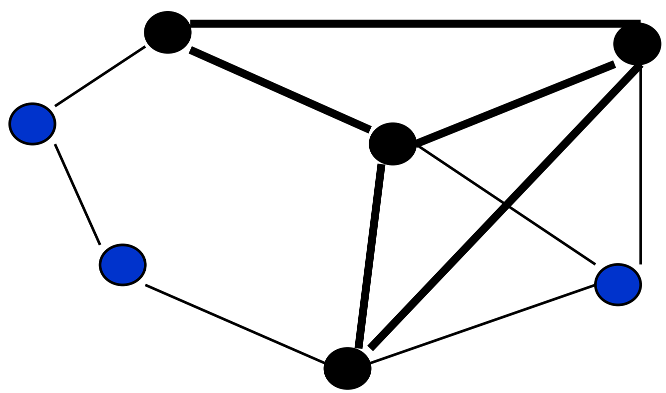
nem erősen összefüggő

Teljes gráf, részgráf, indukált részgráf

- Egy gráf teljes, ha a gráf minden lehetséges élet valóban tartalmaz.
- Egy $G'=(V',E')$ gráf részgráfja $G=(V,E)$ gráfnak, ha $V' \subseteq V$ és $E' \subseteq E$.
- G' indukált részgráfja G-nek, ha E' minden olyan élet tartalmaz E-ből, amely V' két csomópontját köti össze.



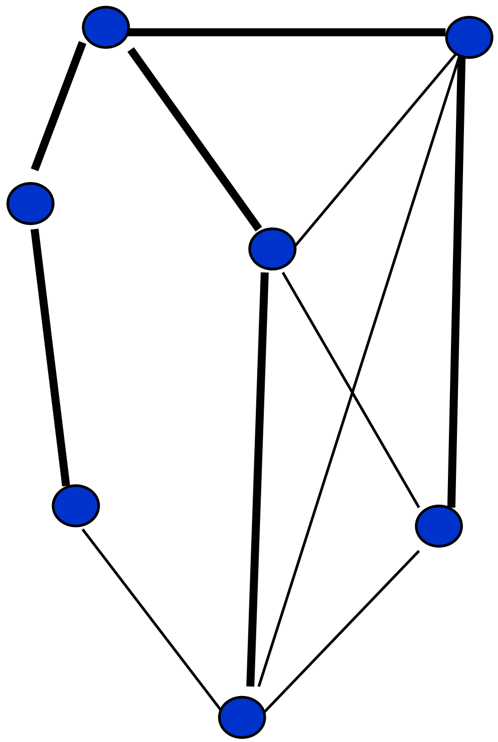
részgráf



indukált részgráf

Fák, Feszítőfák

- Egy irányítatlan gráf egy fa, ha összefügő és nem tartalmaz kört.
- Egy irányítatlan $G=(V,E)$ gráf feszítőfája egy olyan fa, melynek csomóponthalmaza V és részgráfja G-nek.
- A csomópontokat, melyek foka 1, leveleknek nevezzük.
- Ha egy fa egy csomópontja ki van jelölve mint gyökér, akkor a fát gyökeres fának nevezzük.
- Egy gyökeres fában minden v csomópontnak a gyökér kivételével pontosan egy $p(v)$ szülő csomópontja van, amely v-hez adjacens és a v-től a gyökérhez vezető egyértelmű úton van. Minden más v-hez adjacens csomópontot v gyermekének nevezünk.
- Ha egy irányítatlan gráf nem összefüggő, akkor a maximális összefüggő részgráfjait a gráf összefüggő komponenseinek nevezzük.



Egy feszítőfa