

Hálózatok II

ősz 2006

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

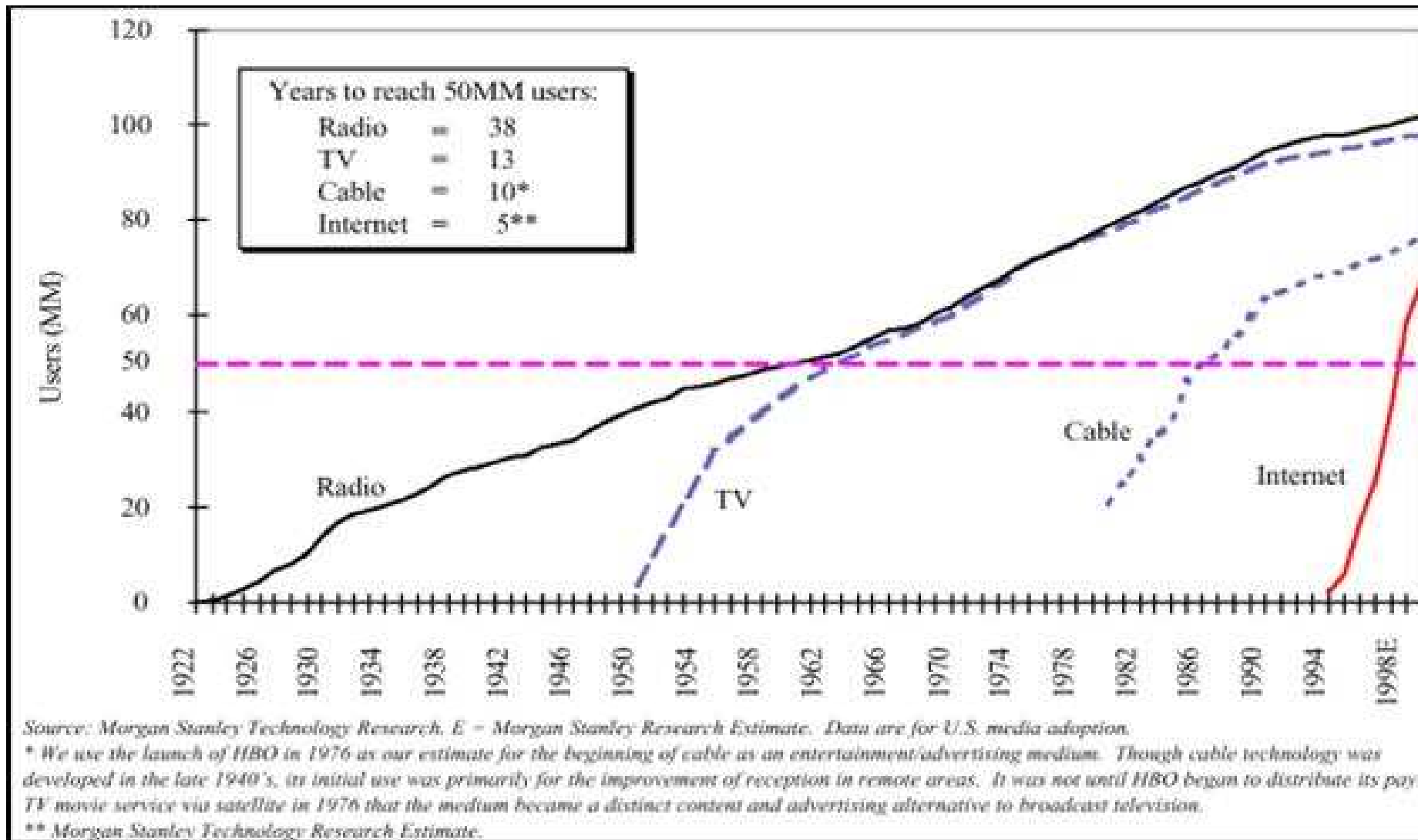
Az előadáshoz

- Előadás: Csütörtök 16:45 – 18:15
- Gyakorlat: nincs
- Vizsga írásbeli
- Honlap: <http://people.inf.elte.hu/lukovszki/Courses/0607NWII>
- 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

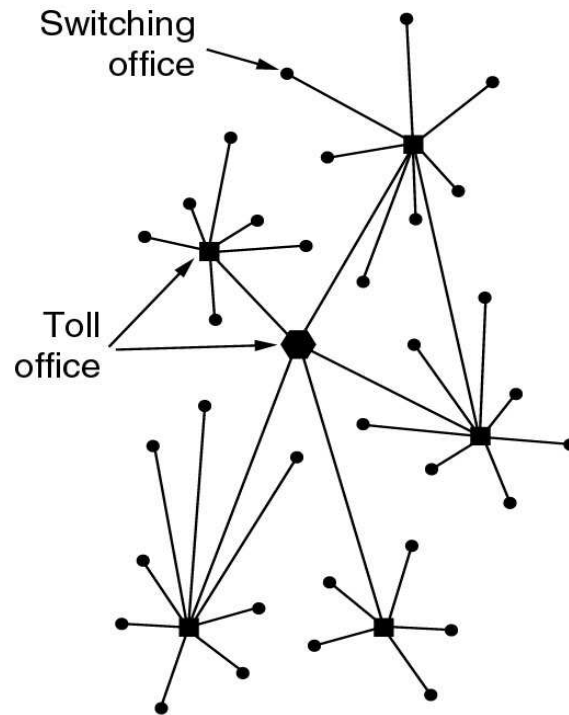
Motiváció



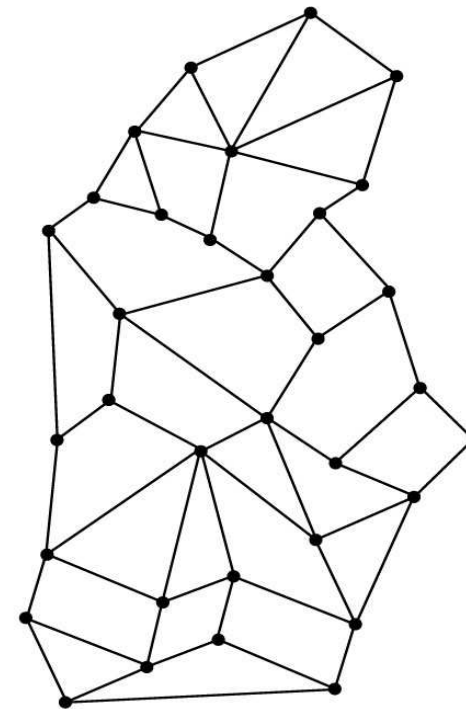
Hálózatok struktúrájának összehasonlítása

Hierarchikus telefon-hálózat

Az Internet



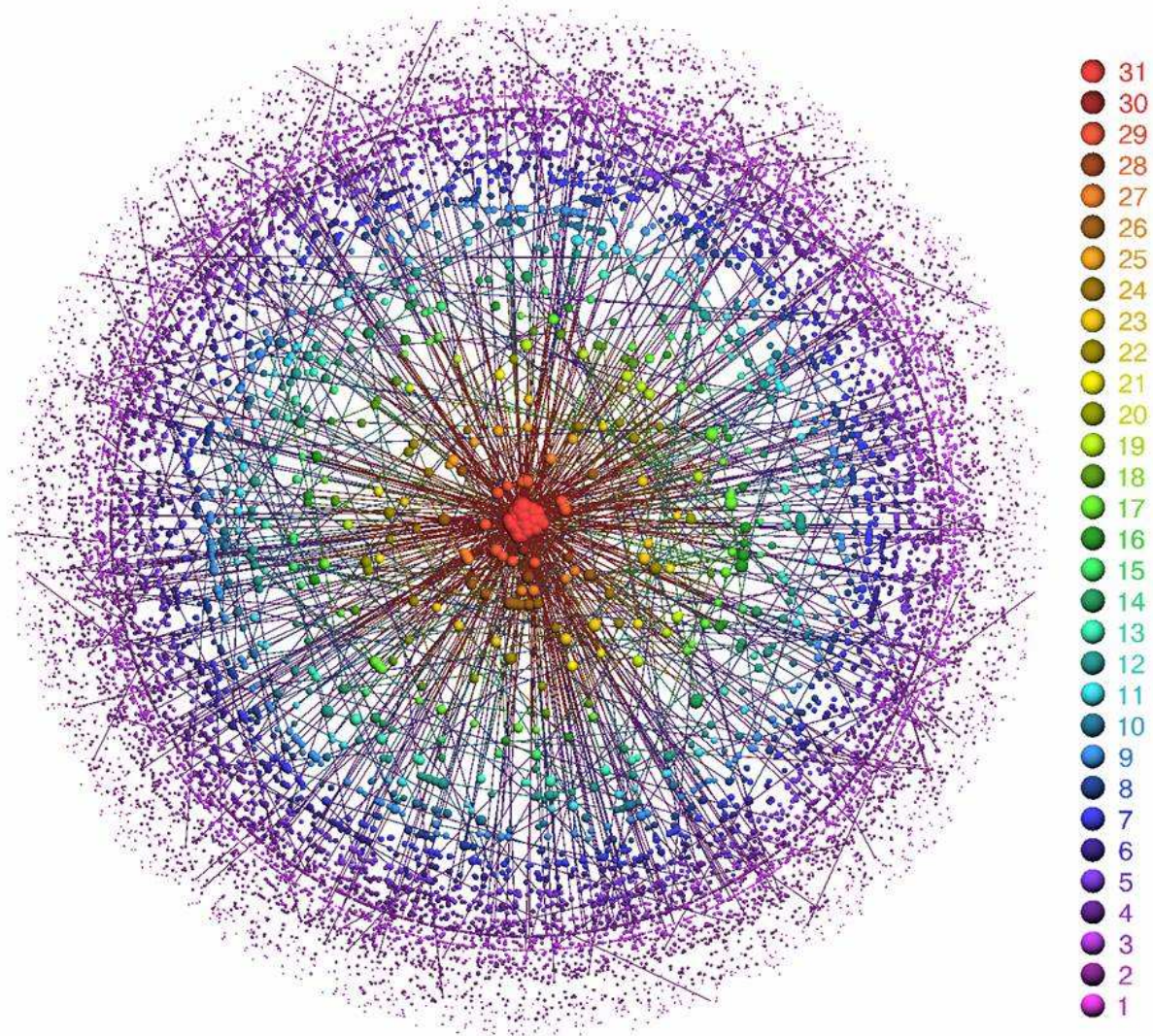
(a)



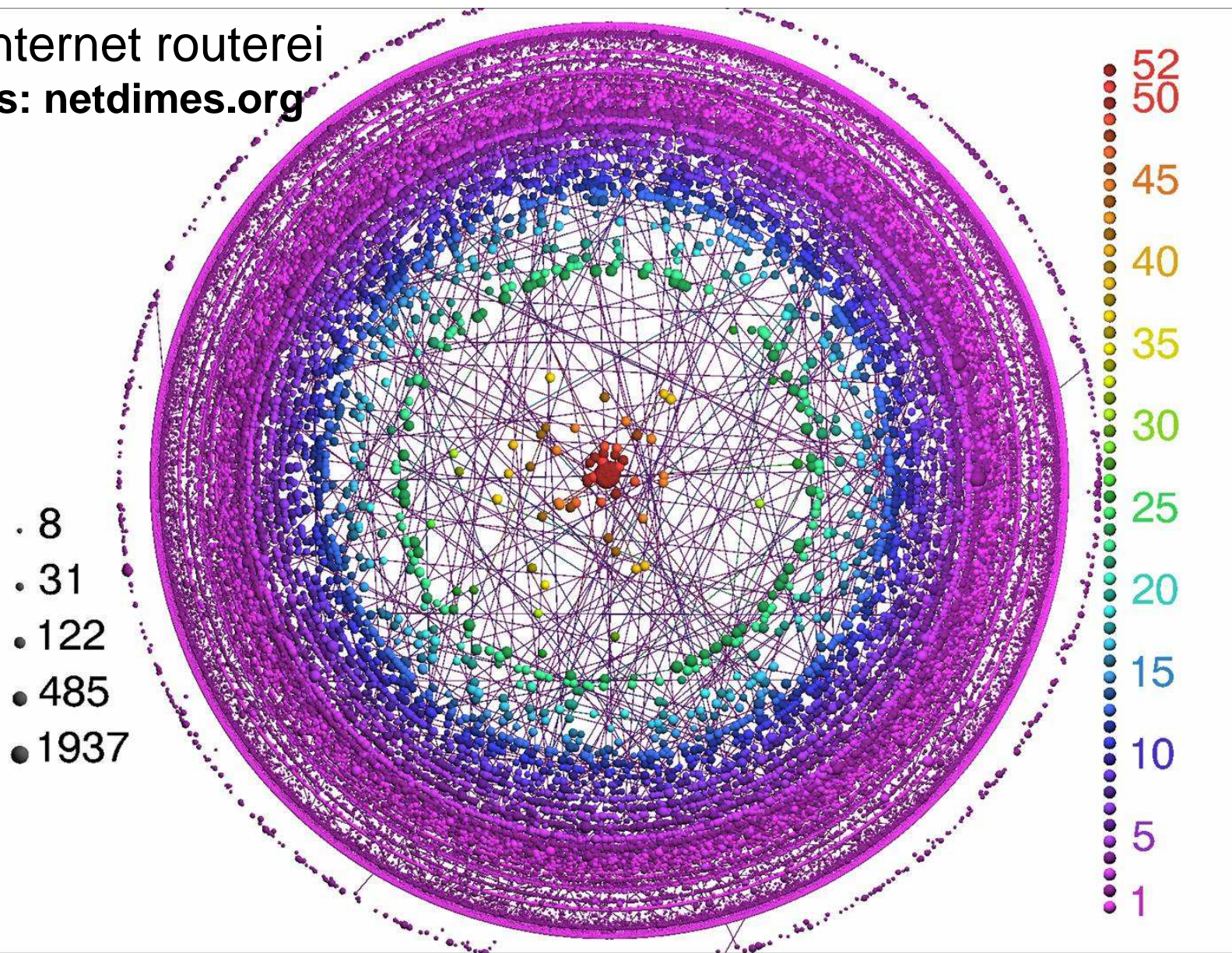
(b)

Az Internet – Autonóm rendszerek

forrás:
netdimes.org
(lanet-vi)

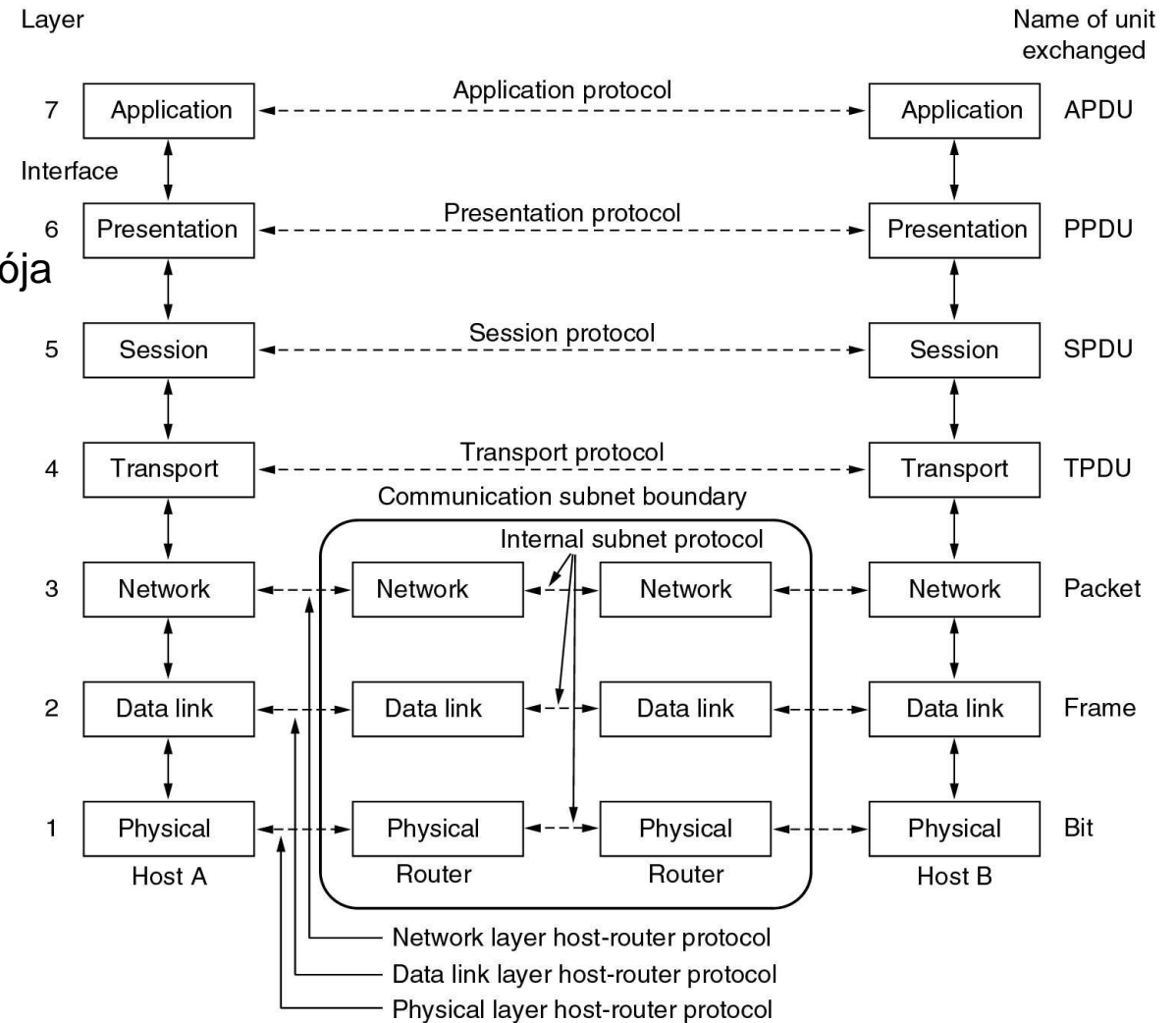


Az Internet routerei
forrás: netdimes.org

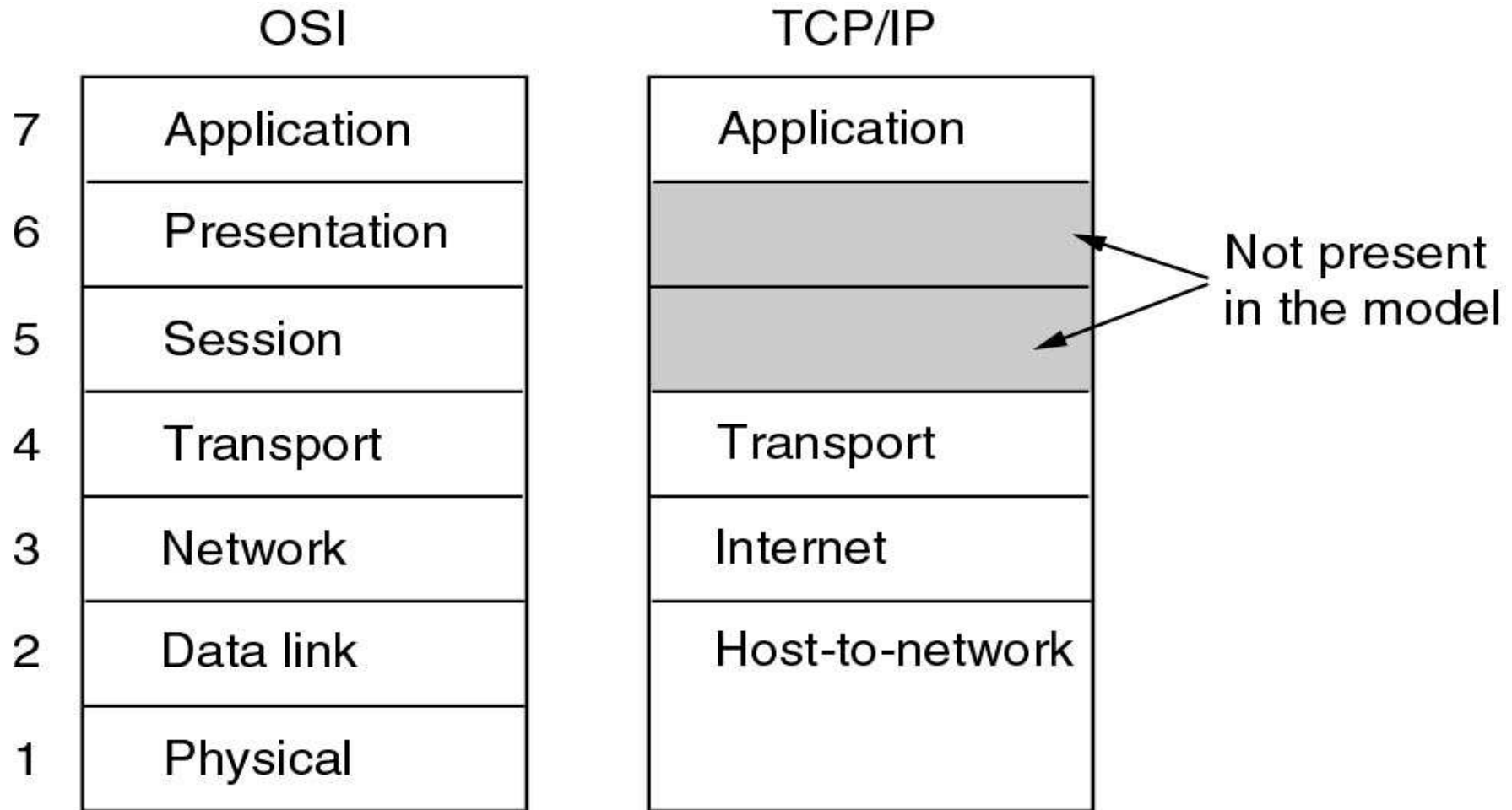


Az ISO/OSI Referenciamodell

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



OSI versus TCP/IP



Aszimptótika

Legyen $f, g : \mathbf{N}_0 \rightarrow \mathbf{R}$ két függvény.

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

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 probléma komplexitása:

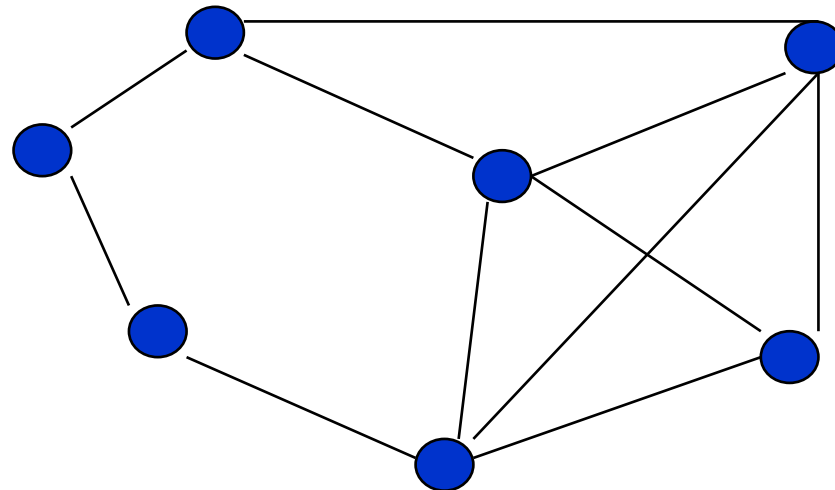
- $T(P) = O(f(n))$, ha $\exists A$ algoritmus, hogy A megoldja P -t és $T_A(n) = O(f(n))$
- $T(P) = \Omega(f(n))$, ha $\forall A$ algoritmus ami megoldja P -t : $T_A(n) = \Omega(f(n))$
- $T(P) = \Theta(f(n))$, ha $T(P) = O(f(n))$ és $T(P) = \Omega(f(n))$
- $T(P) = o(f(n))$, ha $\exists A$ algoritmus,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

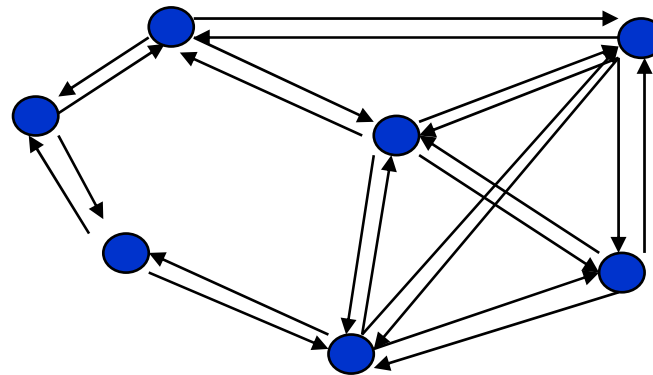
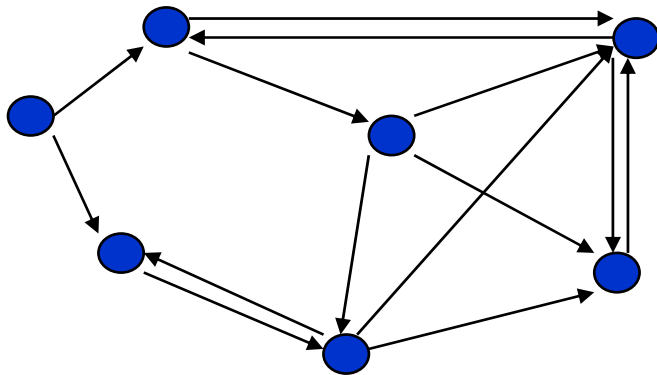
Írányítatlan gráfok

- Az élekhez nincs irány hozzárendelve
- Az éleket a csomópontok kételemű részhalmazai reprezentálják: $e=\{u,v\}$
- Azt mondjuk, hogy az él $e=\{u,v\}$ a u és v csomópontához **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:
 $(u,v) \in E \Leftrightarrow (v,u) \in E$.

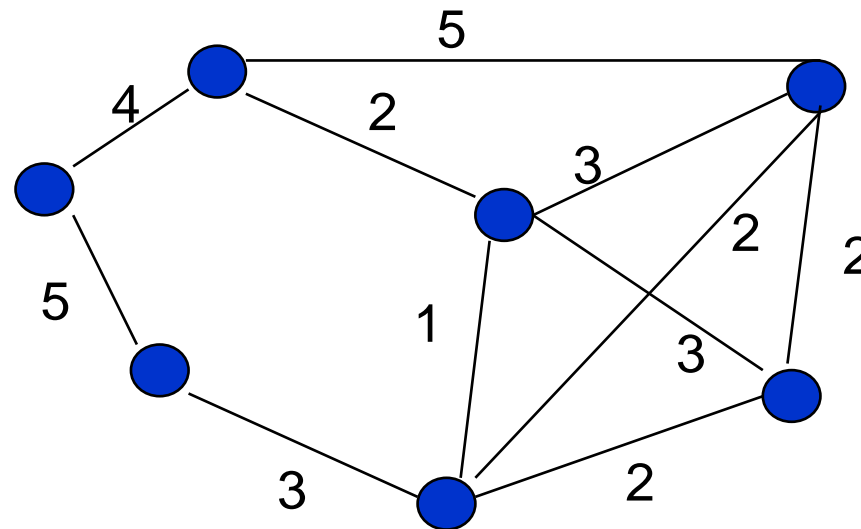


Gráfok reprezentációja

- A továbbiakban mindig $n=|V|$ a csomópontok száma és $m=|E|$ az élek száma a gráfban.
- G gráf szokásos reprezentációja: Incidencia lista
 - A csomópontok listája
 - Az élek listája
 - Minden csomóponthoz egy lista a hozzá incidens élekről (irányított gráfoknál egy külön lista a bemenő és a kimenő élekről)
 - Tárigény: $O(n+m)$
- Alternatív: Adjacencia mátrix
 - $n \times n$ 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 $cap : E \rightarrow \mathbb{R}^+$ függvényt, ami a link sávszélességét adja meg.

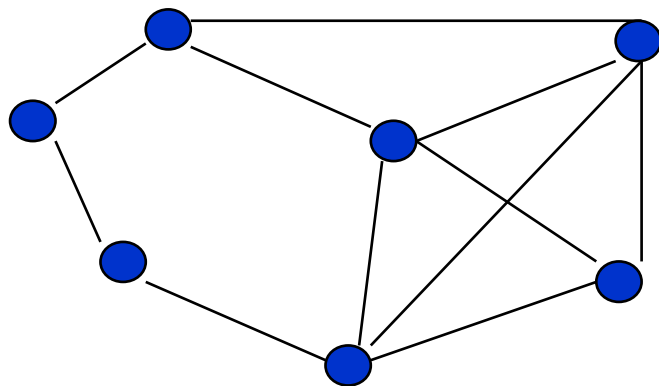


Út, kör

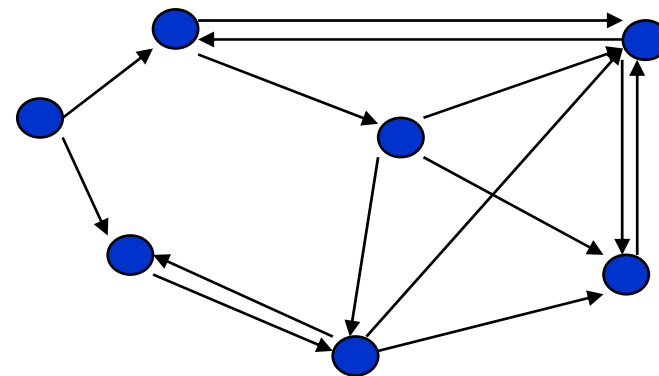
- Egy **út** u -tól v -hez egy $G=(V,E)$ gráfban ($u,v \in V$) egymást követő élek egy olyan sorozata $(x_0,x_1),(x_1,x_2),\dots,(x_{k-1},x_k)$, ahol $u = x_0$, $v = x_k$.
- Egy **egyszerű út** u -tól v -hez egy olyan út u -tól v -hez, ahol minden csomópont csak egyszer fordul elő.
- Egy P **út hossza** 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 $(x_0,x_1),(x_1,x_2),\dots,(x_{k-1},x_k)$, 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.



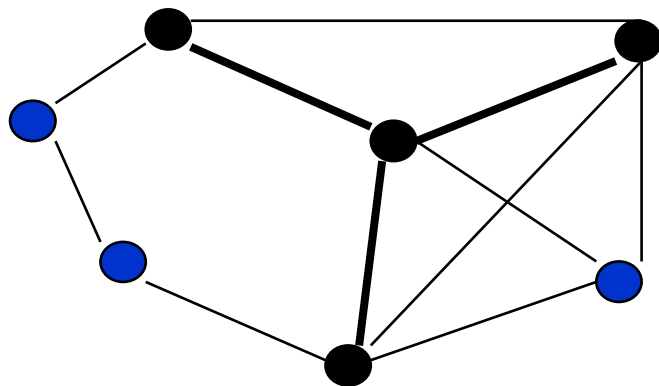
összefüggő



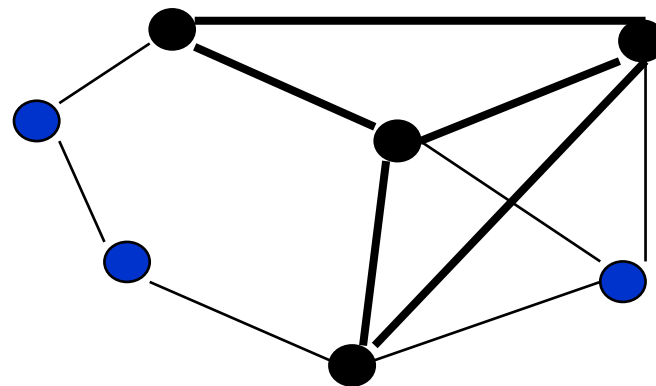
nem erősen összefüggő

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.



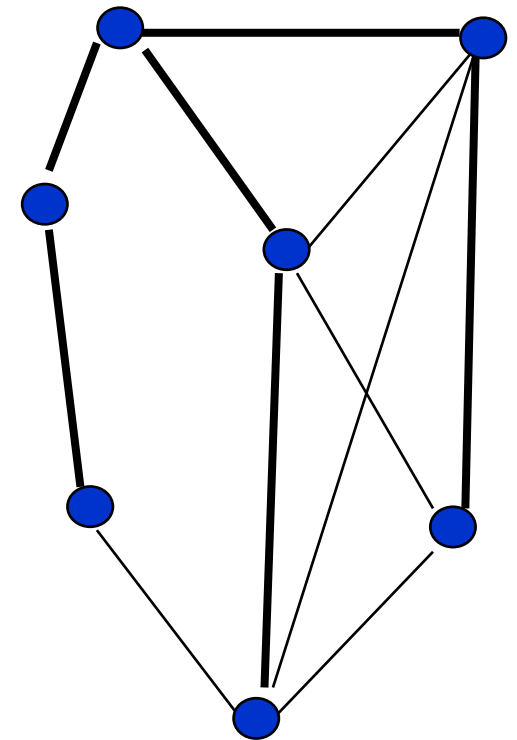
részgráf



indukált részgráf

Fák, Feszítőfák

- Egy irányítatlan gráf egy **fa**, ha összefüggő 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