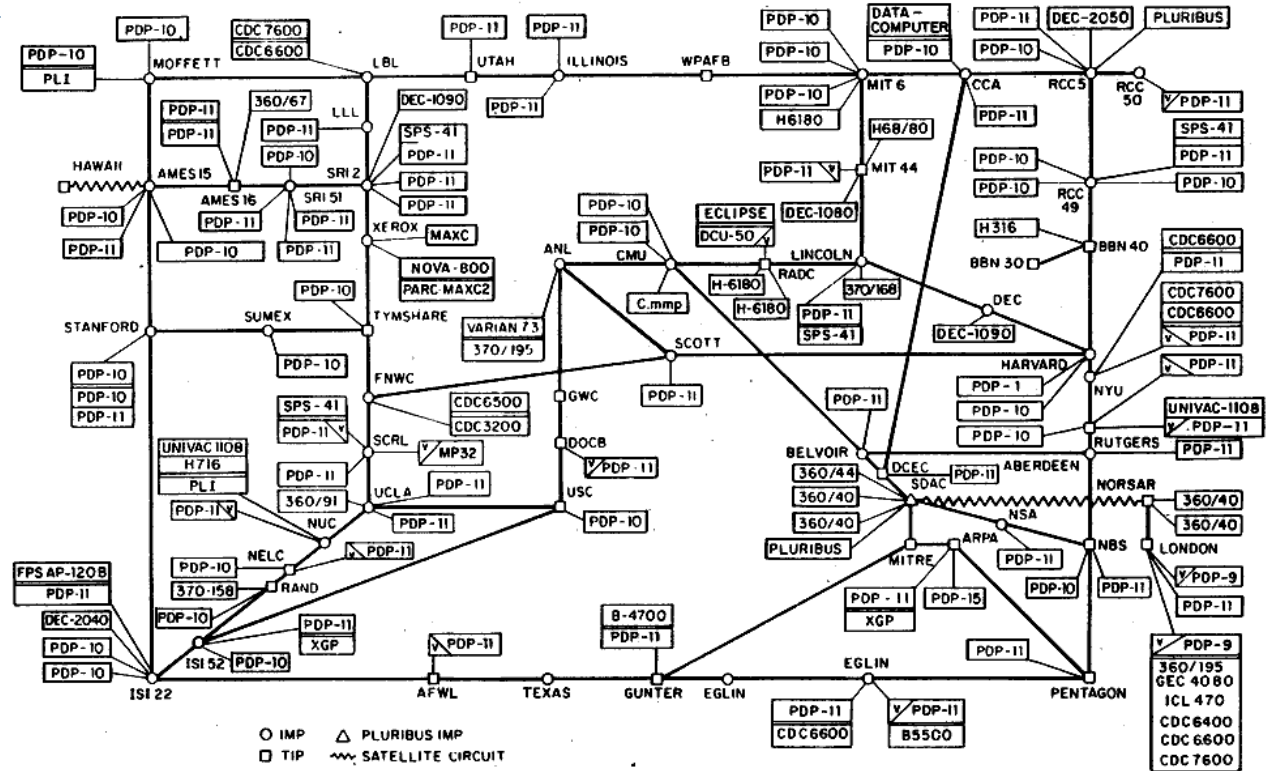


Hálózatok építése és üzemeltetése

Az Internet

Arpanet

ARPANET LOGICAL MAP, MARCH 1977



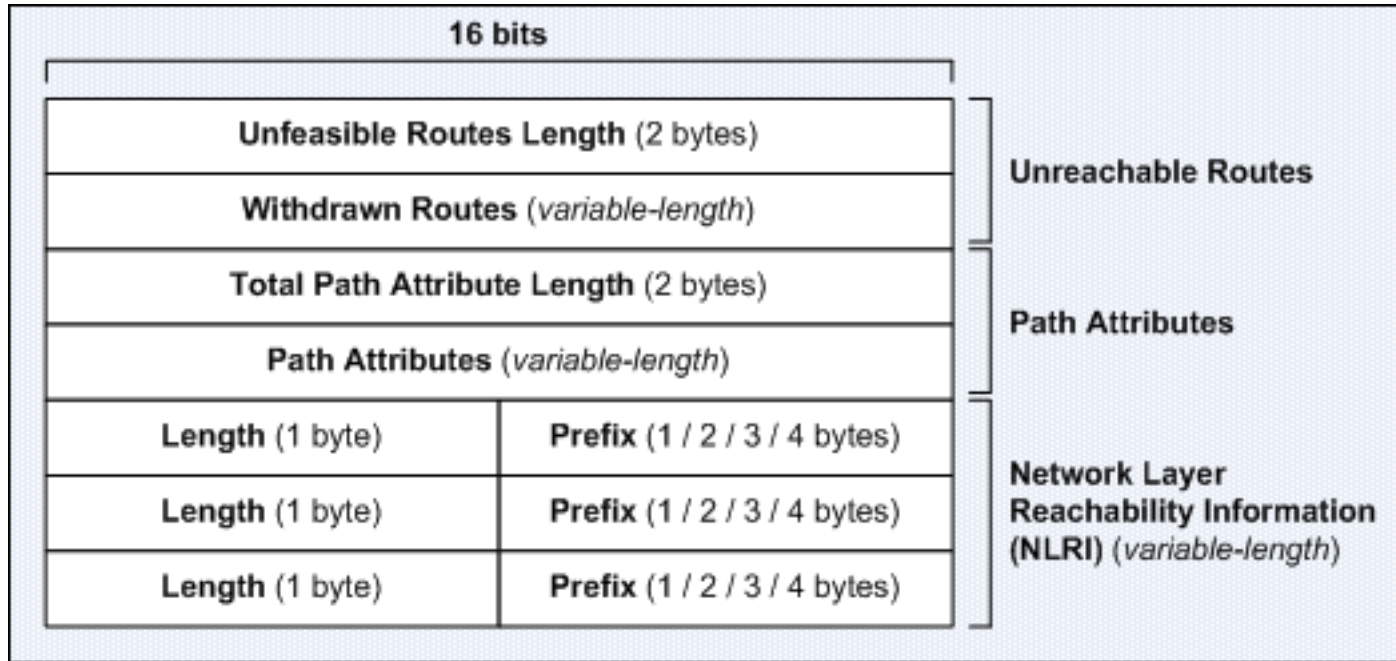
(PLEASE NOTE THAT WHILE THIS MAP SHOWS THE MOST POPULATION OF THE NETWORK ACCORDING TO THE BEST INFORMATION OBTAINABLE, NO CLAIM CAN BE MADE FOR ITS ACCURACY)

NAMES SHOWN ARE IMP NAMES, NOT (NECESSARILY) HOST NAMES

Arpanet kinyitása

- ▶ AS-ek tetszés szerint csatlakozhatnak a rendszerhez
- ▶ Autonomous systems AS-ek
 - ▶ Egy adminisztratív egység, pl: BME, HBONE, AT&T
 - ▶ AS-en belül HaEpUz
- ▶ Sorszámuk van, IANA adja ki <https://www.iana.org/>
- ▶ <https://ipinfo.io/>
- ▶ Csatlakozás teljesen elosztott módon, központi koordináció nélkül

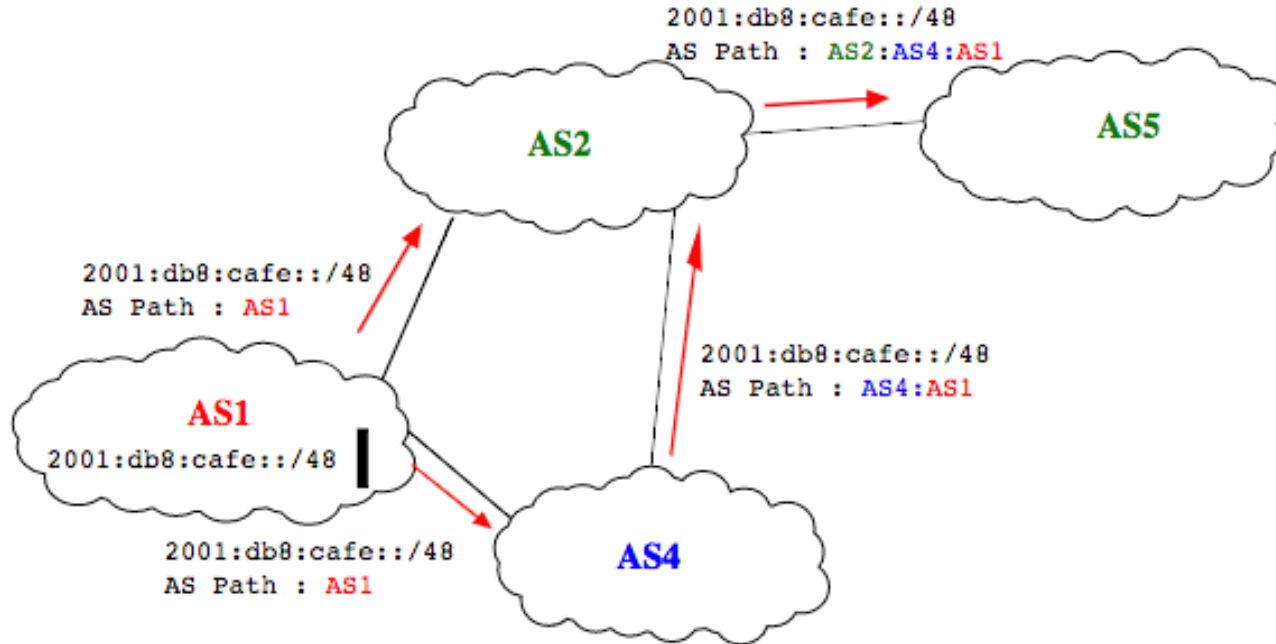
BGP Update



BGP Update

Path Attribute	Description	Characteristics
AS_PATH	Lists ASNs through which the route has been advertised	Well-known mandatory
NEXT_HOP	Lists the next-hop IP address used to reach an NLRI	Well-known mandatory
AGGREGATOR	Lists the RID and ASN of the router that created a summary NLRI	Optional transitive
ATOMIC_AGGREGATE	Tags a summary NLRI as being a summary	Well-known discretionary
ORIGIN	Value implying from where the route was taken for injection into BGP; i (IGP), e (EGP), or ? (incomplete information)	Well-known mandatory
ORIGINATOR_ID	Used by RRs to denote the RID of the iBGP neighbor that injected the NLRI into the AS	Optional nontransitive
CLUSTER_LIST	Used by RRs to list the RR cluster IDs in order to prevent loops	Optional nontransitive

BGP útvonalterjesztés példa



Topológia felderítés BGP RIB-ekkel

BGP RIB

```
RouterA# show ip bgp
BGP table version is 14, local router ID is 172.31.11.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i -
internal, r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
   Network        Next Hop           Metric LocPrf Weight Path
*> 10.1.0.0/24    0.0.0.0            0          32768 i
* i              10.1.0.2           0          100     0 i
*> 10.1.1.0/24    0.0.0.0            0          32768 i
*>i10.1.2.0/24    10.1.0.2           0          100     0 i
*> 10.97.97.0/24  172.31.1.3         0          0 64998 64997 i
*                172.31.11.4        0          0 64999 64997 i
* i              172.31.11.4        0          100     0 64999 64997 i
*> 10.254.0.0/24  172.31.1.3         0          0 64998 i
*                172.31.11.4        0          0 64999 64998 i
* i              172.31.1.3         0          100     0 64998 i
r> 172.31.1.0/24  172.31.1.3         0          0 64998 i
r                172.31.11.4        0          0 64999 64998 i
r i              172.31.1.3         0          100     0 64998 i
*> 172.31.2.0/24  172.31.1.3         0          0 64998 i
<output omitted>
```


Szerezzünk be RIB-eket!

- ▶ Routeviews project: <http://www.routeviews.org/>
- ▶ <http://archive.routeviews.org/>
- ▶ Le lehet tölteni egy csomót

Üzenetek

A valós hálózatok struktúrája meglepően hasonló

- ▶ Kis világ tulajdonság
 - ▶ Az átmérő nagyon kicsit a pontok számához képest ($\log N$)
- ▶ Klaszterezettség
 - ▶ A hálózat csomópontjai előszeretettel tömörülnek csoportokba
 - ▶ Ezt tükrözi a több nagyságrenddel magasabb klaszterezési együttható
- ▶ Skálafüggetlen fokszámeloszlás
 - ▶ Karakterisztikus eloszlás, mely hatványfüggvényt követ
 - ▶ Nagyon heterogén a csomópontok fokszáma

Hogy lehet ez?

- ▶ A valós hálókbán közös an önszerveződés
- ▶ A globális struktúra, a lokális döntések “összegeként” alakul ki
 - ▶ Pl. a Facebook nem más mint az emberek baráti kapcsolatainak összessége

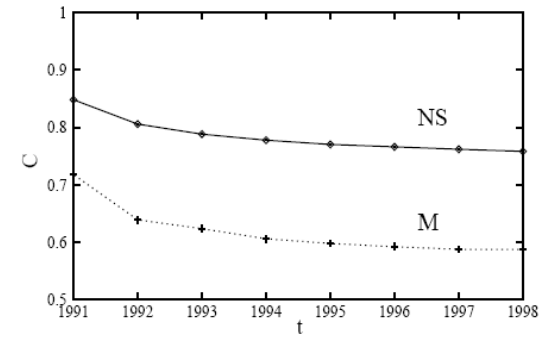
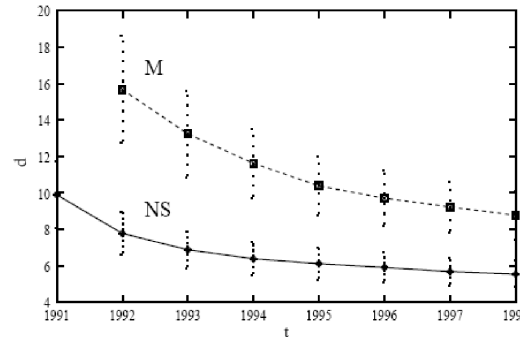
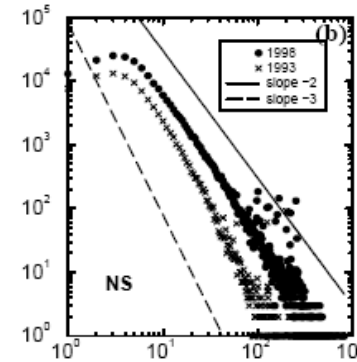
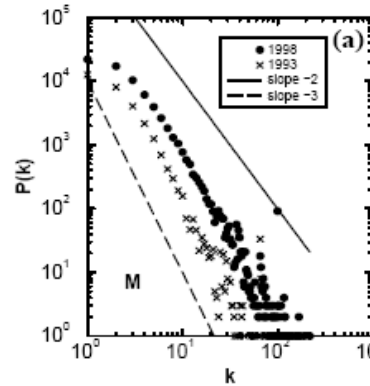
Mit vigyünk ebből haza?

- ▶ Az Internet nem mérnöki hálózattervezés eredménye!
- ▶ Sokkal inkább egy koordinálatlan önszerveződő hálózat egy mérnöki platform felett (elektronikus áramkörök)
- ▶ Éppen ezért el kell fogadnunk a saját törvényszerűségeit amikor Internet méretű szolgáltatásokat tervezünk mint pl:
 - ▶ Internet hibatűrésének javítása
 - ▶ Globális tartalomelosztó hálózatok (YouTube)
 - ▶ Adatközpontok helyének tervezése (felhő szolgáltatásokhoz)
 - ▶ Útválasztási módszerek és protokollok fejlesztése
 - ▶ Overlay hálózatok

Praktikus üzenetek általában

Kollaborációs hálózatok

- ▶ Matematikusok és idegtudósok
- ▶ Két szerzőt összekötünk ha van közös cikkük
- ▶ Óriási publikációs adatbázisok (pl. Researchgate)



Kollaborációs hálózatok

“The Erdős Number Project”

<http://www.oakland.edu/enp>



*Co-authors of Paul Erdős have number 1,
co-authors of co-authors number 2, etc.*

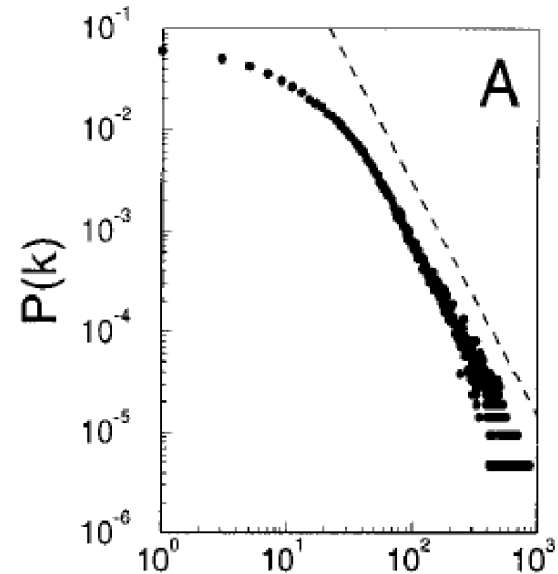


*Mathematicians form a highly clustered
($C = 0.14$) small world ($L = 7.64$)*

Kollaborációs hálózatok

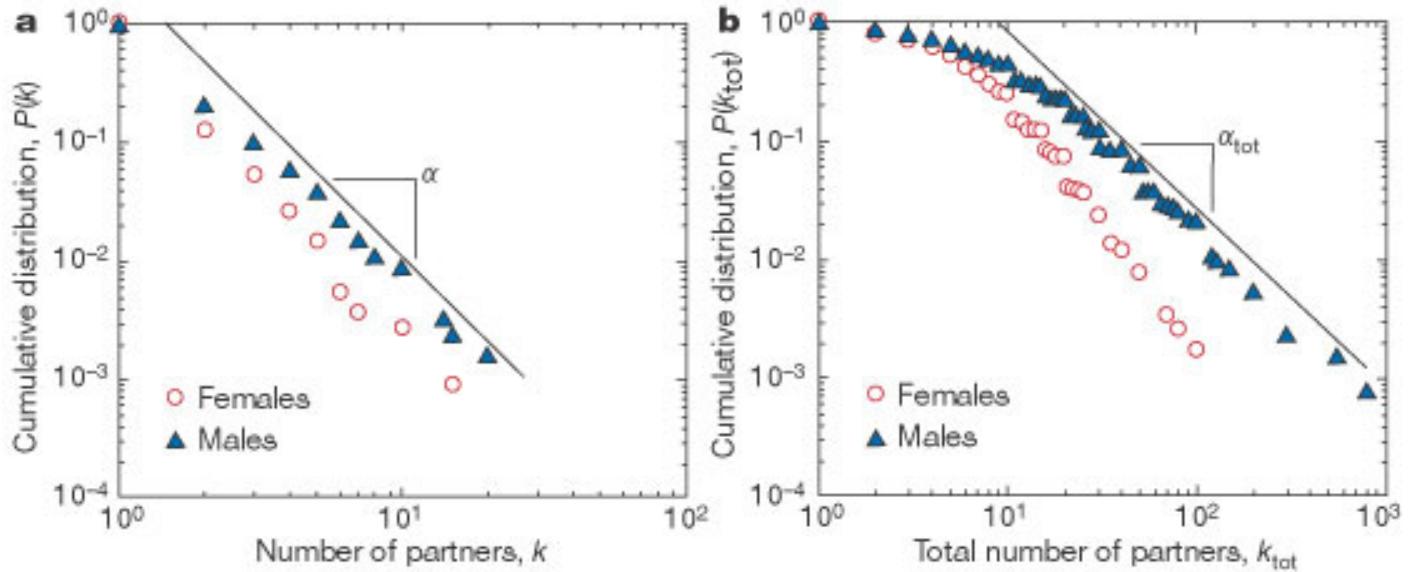
- ▶ Hollywood-i színészek
- ▶ Összekötünk két színészt ha van közös filmjük
- ▶ IMDB

N	$\langle k \rangle$	$\langle l \rangle$	C
225.226	61	3.65	0.79



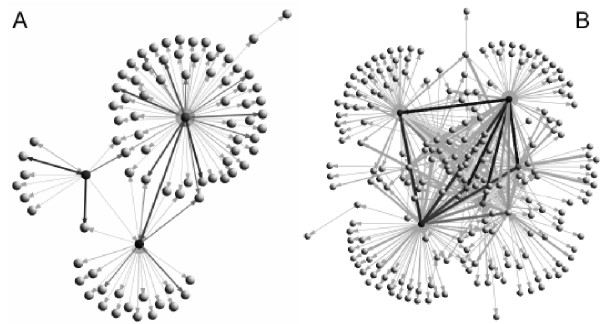
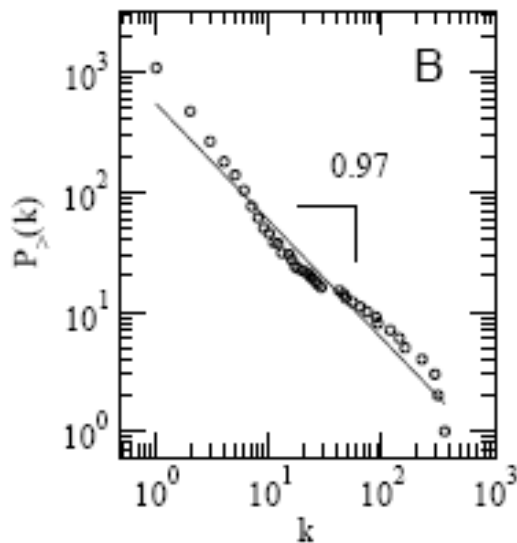
Szexuális háló

- ▶ Összekötünk két embert ha lefeküdtek egymással



Open source közösségek

- ▶ Összekötünk két embert ha kommunikáltak egymással

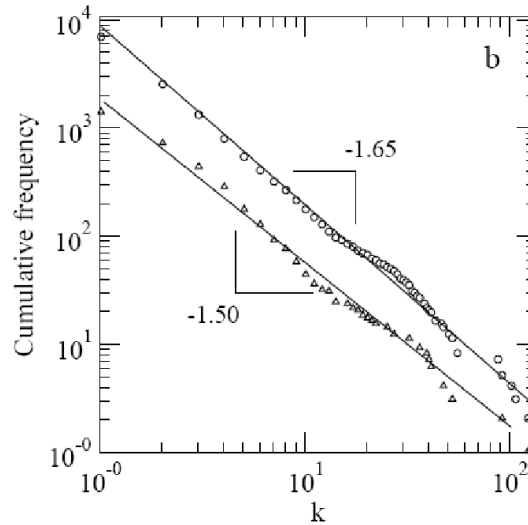
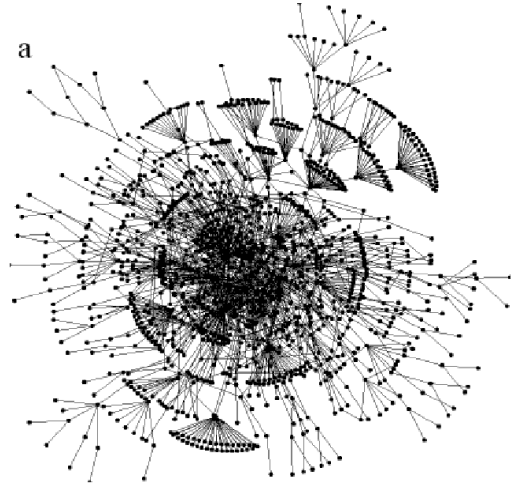


Project	N	L	ρ^w	$\langle k \rangle$	γ
Python	1090	3207	0.98	2.94	1.97
Gaim	1415	2692	0.98	1.9	1.97
Slashcode	643	1093	0.98	1.69	1.88
PCGEN	579	1654	0.98	2.85	2.04
TCL	215	590	0.98	2.74	1.97

Komplex szoftverek struktúrája

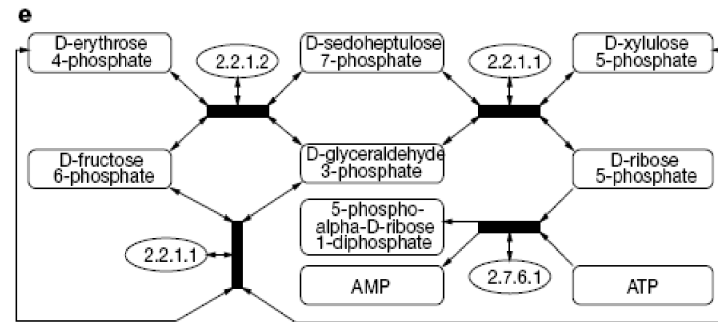
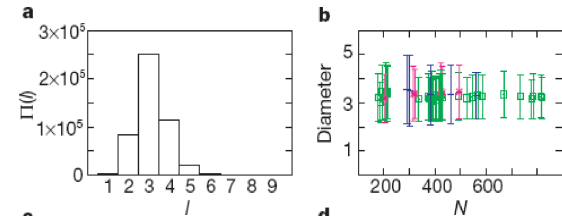
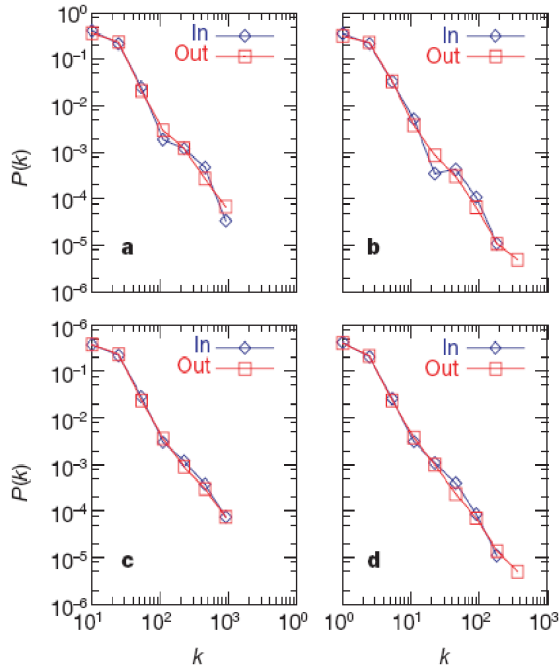
- ▶ Összekötünk két modult ha hívják egymást

N	$\langle l \rangle$	C
1376	6.39	0.06



Metabolikus hálózatok

- ▶ Összekötünk két molekulát ha ugyanabban a reakcióban vesznek részt



Táplálékláncok

- ▶ Ki kit eszik meg a földön

Food web	N	L	L/N^2	C	$\bar{\ell}$
El Verde Rainforest	155	1.51×10^3	0.026	0.12	2.20
Lake Tahoe	172	3.88×10^3	0.131	0.14	1.81
Mirror Lake	172	4.32×10^3	0.146	0.14	1.76

