

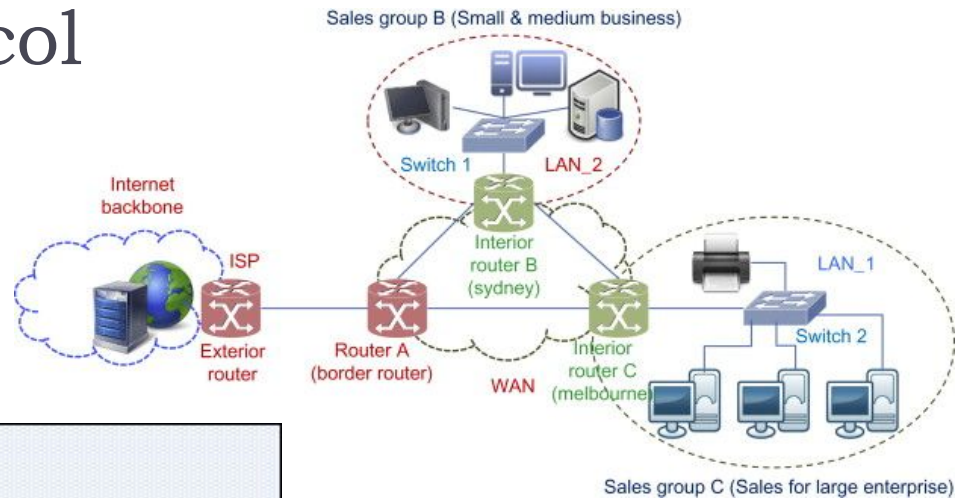
Hálózatok építése és üzemeltetése

Az Internet

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

Border Gateway Protocol Update üzenet

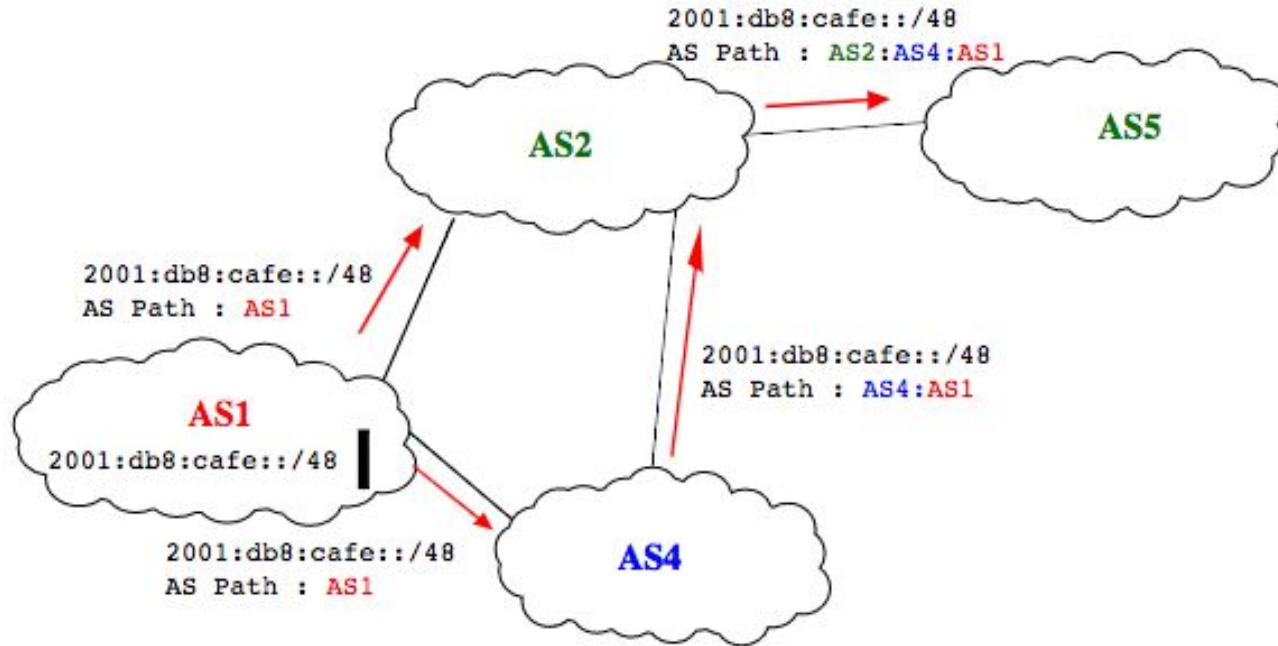


16 bits		
Unfeasible Routes Length (2 bytes)		Unreachable Routes
Withdrawn Routes (variable-length)		
Total Path Attribute Length (2 bytes)		
Path Attributes (variable-length)		Path Attributes
Length (1 byte)	Prefix (1 / 2 / 3 / 4 bytes)	Network Layer Reachability Information (NLRI) (variable-length)
Length (1 byte)	Prefix (1 / 2 / 3 / 4 bytes)	
Length (1 byte)	Prefix (1 / 2 / 3 / 4 bytes)	

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 Routing Information Base

```
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>
```

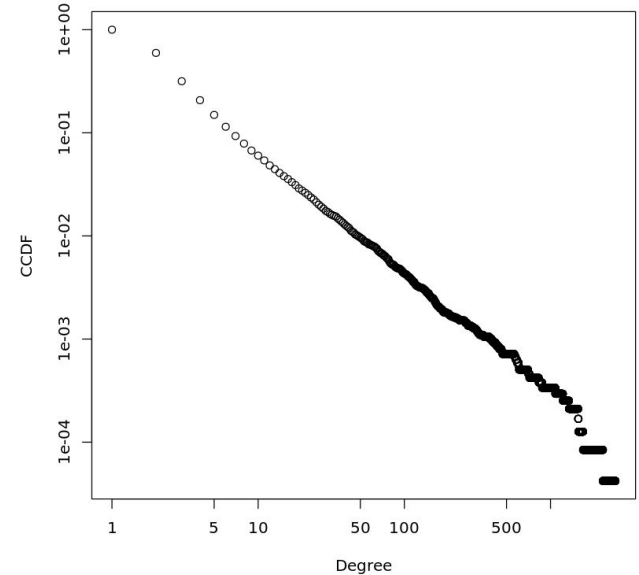

Szerezzünk be RIB-eket!

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

Eredmények

Az internet mint gráf

- Rika gráf:
 - Csomópontok száma: 23748
 - Kapcsolatok száma: 58414
 - Átlagos fokszám: 4.91948795688058
- Kis világ tulajdonság
 - Az átmérő (a leghosszabb legrövidebb út) nagyon kicsit a pontok számához képest: 9
- Skálafüggetlen fokszámeloszlás
 - Karakterisztikus eloszlás, mely hatványfüggvényt követ
 - Nagyon változatos a csomópontok fokszáma

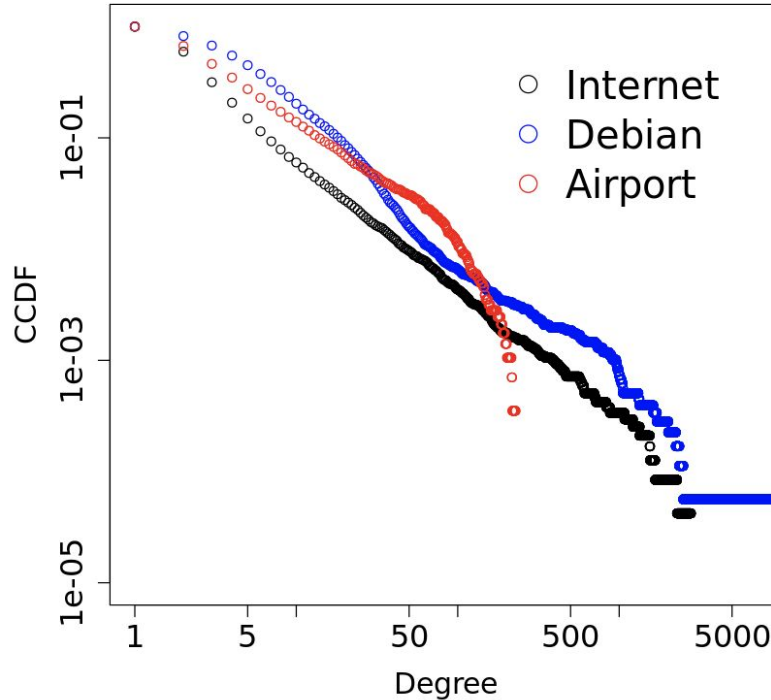


A valós hálózatok struktúrája meglepően hasonló

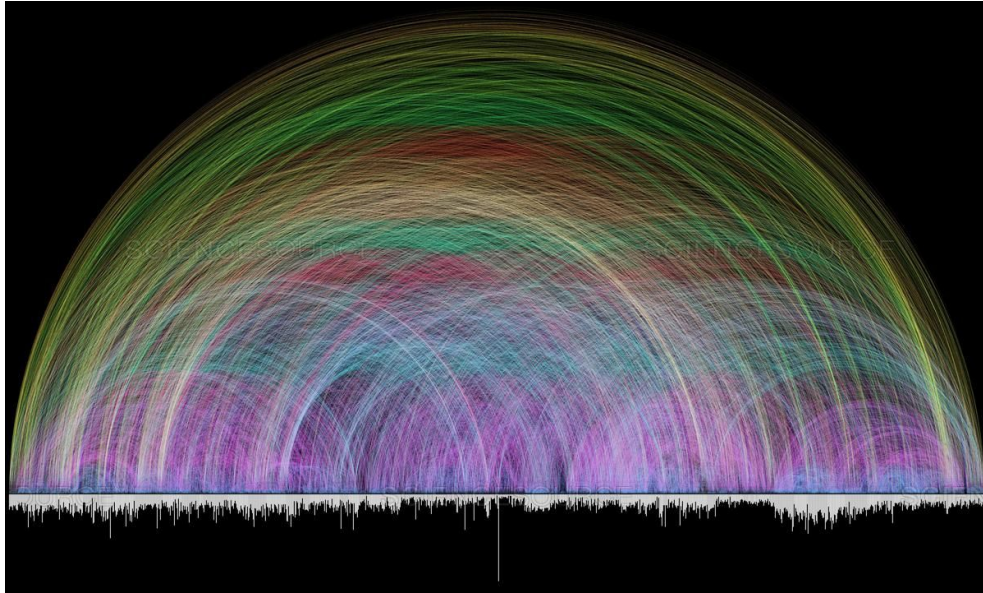
	Csomópontok száma	Kapcsolatok száma	Átlagos fokszám	Átmérő
Internet	23748	58414	4.919	9
Debian (Etch)	17771	92669	10.429	10
Légiközlekedés	2845	10409	7.317	10

A valós hálózatok struktúrája meglepően hasonló

- Fokszámeloszlás



A valós hálózatok szerkezete hasonló



Közösségi háló, **Hollywoodi színészek hálózata**, Szexuális hálózat, **Hivatkozási hálózatok**, Fehérje hálózatok, **Internet**, **Open Source szoftverek struktúrája**, **Táplálékláncok**, **WWW**, **Metabolikus hálózatok**, **Színháló**, **Komplex hardverstruktúrák**, **Légiközlekedés**, **Emberi agy**

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, a természet törvényei szerint 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 (pl. YouTube)
 - Adatközpontok helyének tervezése (felhő szolgáltatásokhoz)
 - Útválasztási módszerek és protokollok fejlesztése
 - Overlay hálózatok (p2p)

Navigáció (routing)

Columbo



1: Tudjuk ki a gyilkos.

2: Tudjuk, hogy követte el

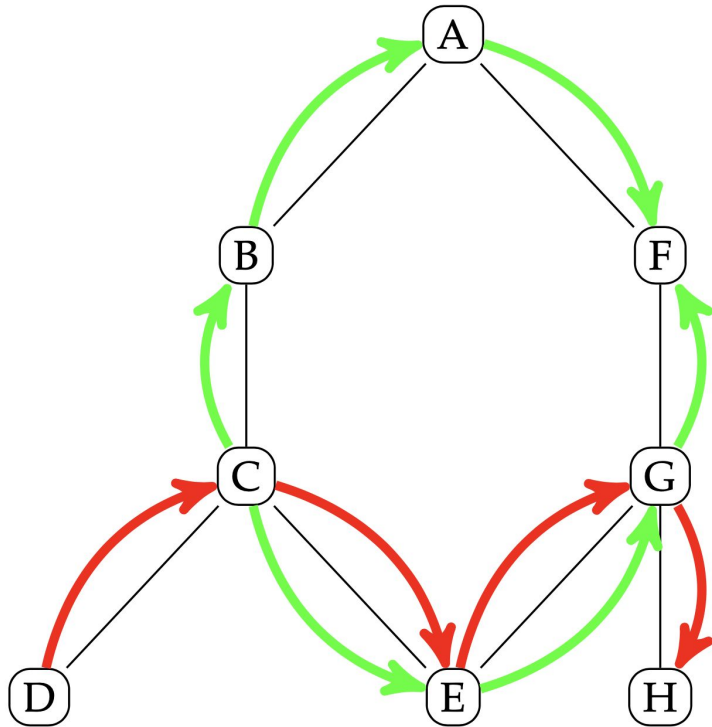
3: Tudjuk, hogy Columbo el fogja kapni.

Mégis miért nézzük?

Útvonalak



A legrövidebb út

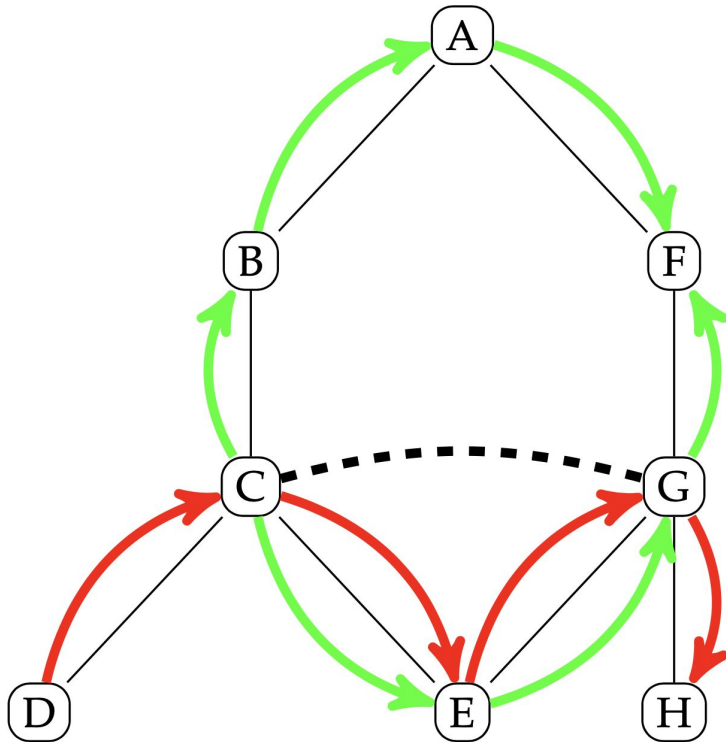


- + Egyszerű
- + Érthető
- + Könnyen számolható
- + Optimális
- Globális tudás kell hozzá
- Mesterséges, nem életszerű
- Szerkezettől függően nagyon változó

⁶E. W. Dijkstra. "A Note on Two Problems in Connexion with Graphs". In: *NUMERISCHE MATHEMATIK* 1.1 (1959), pp. 269–271.

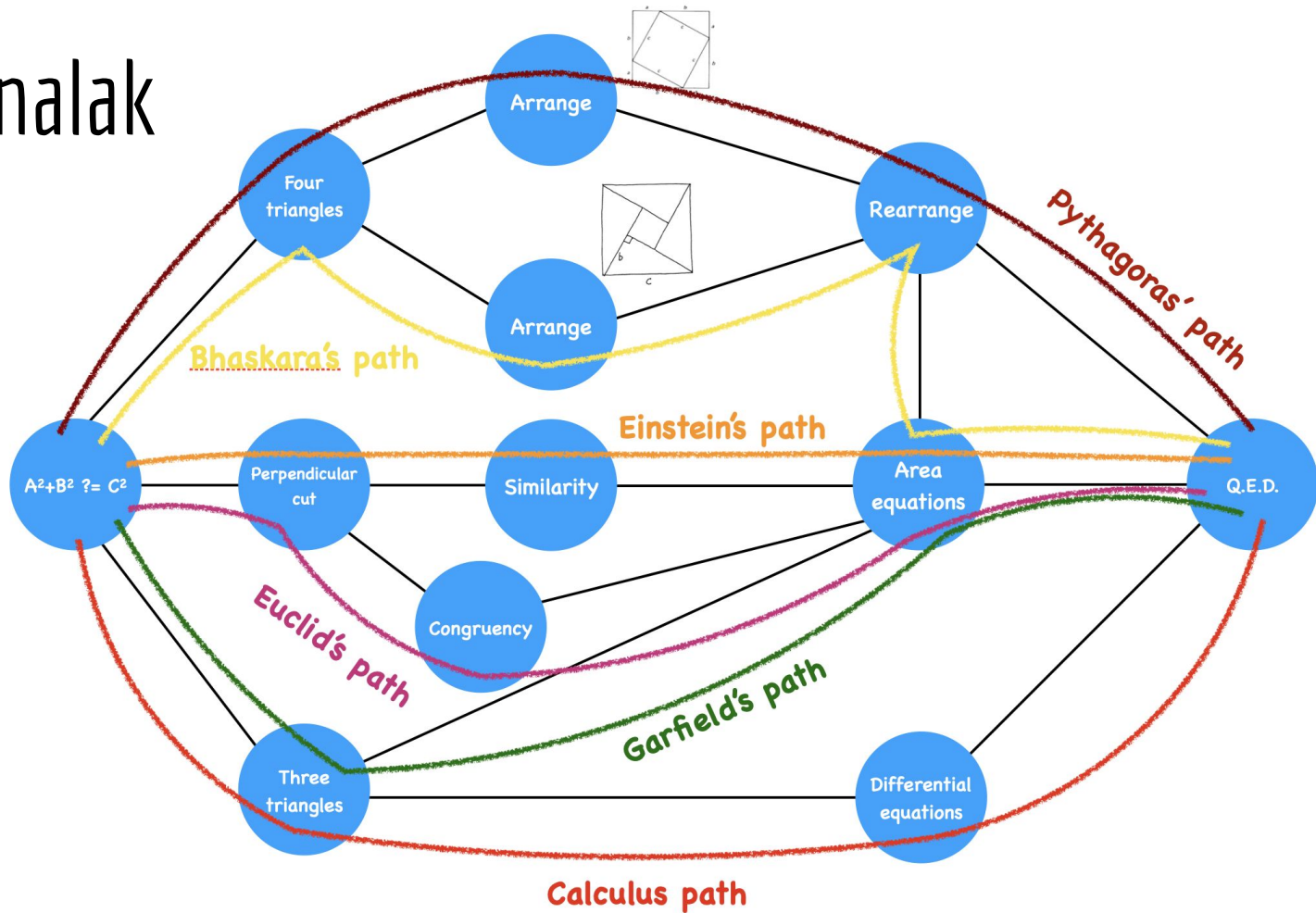
```
function Dijkstra(Network, source):  
  dist[source] := 0  
  for each vertex v in Network do  
    if v != source then  
      dist[v] := infinity  
    add v to Q  
  while Q is not empty do  
    v := node in Q with min dist[v]  
    remove v from Q  
    for each neighbor u of v do  
      alt := dist[v] + length(v, u)  
      if alt < dist[u] then  
        dist[u] := alt  
  return dist[]  
end function
```

A legrövidebb út

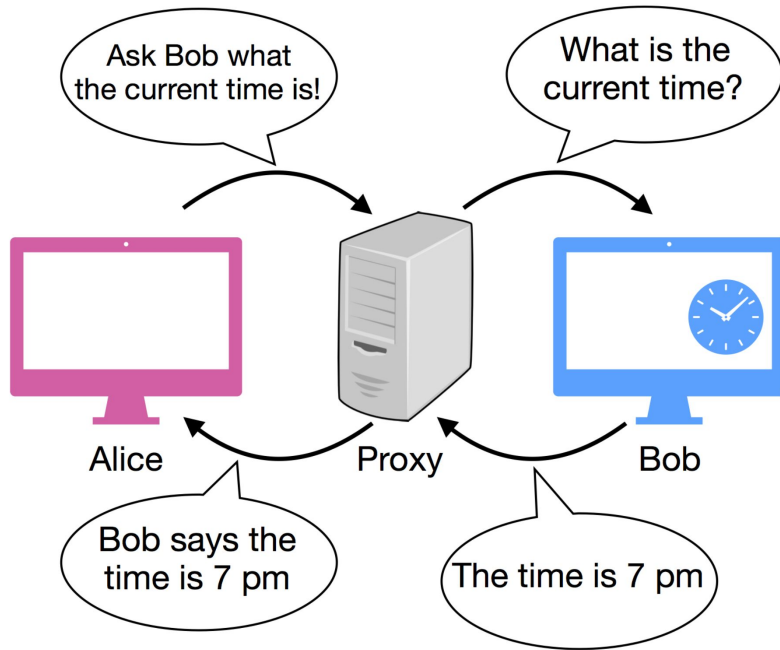


- + Egyszerű
- + Érthető
- + Könnyen számolható
- + Optimális
- Globális tudás kell hozzá
- Mesterséges, nem életszerű
- Szerkezettől függően nagyon változó

Valódi útvonalak



Internet proxy-k



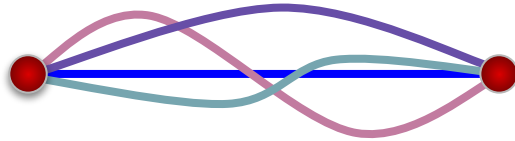
Vivek S Pai et al. "The dark side of the Web: an open proxy's view". In: ACM SIGCOMM Computer Communication Re- view 34.1 (2004), pp. 57-62.



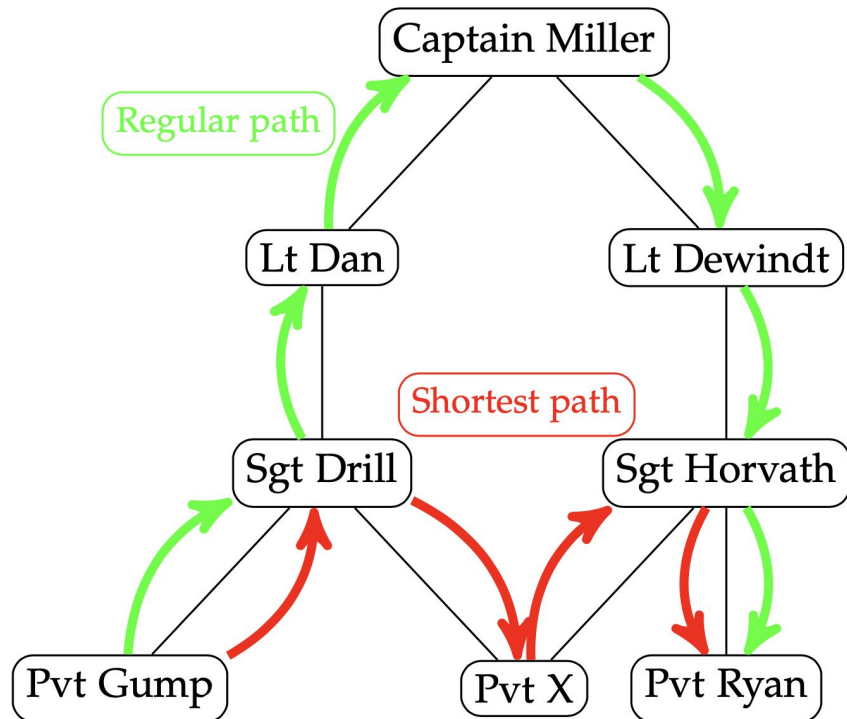
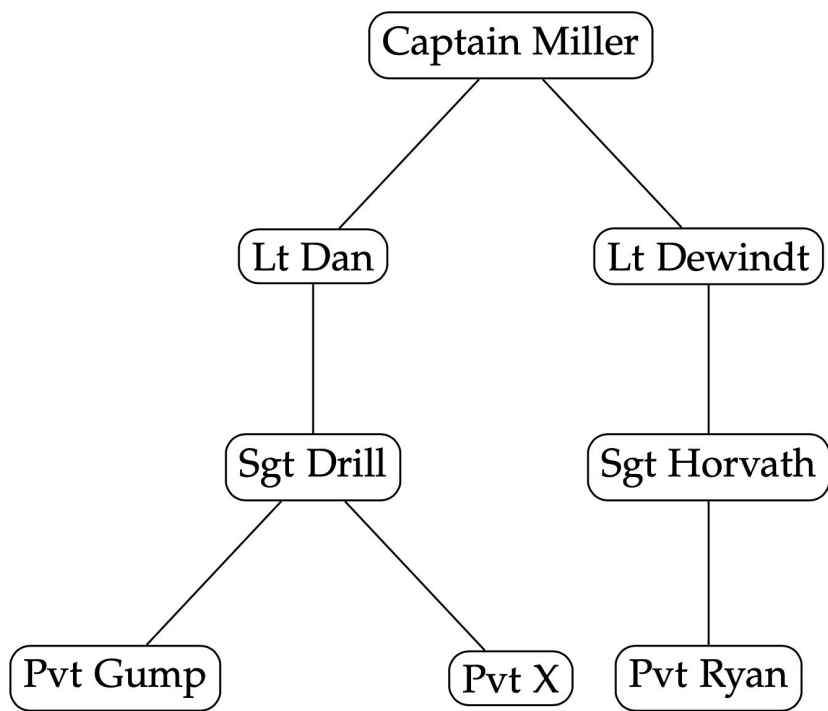
Navigáció/Útvonal kutatás

*"It is good to have an end to journey toward,
but it is the journey that matters in the end."*

Ernest Hemingway

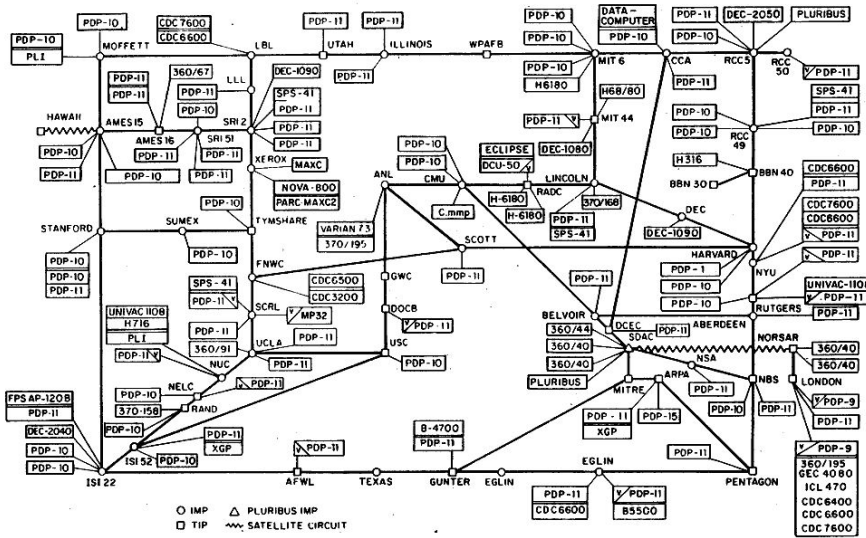


A hálózatok és útvonalak logikája - Hadsereg



Internet

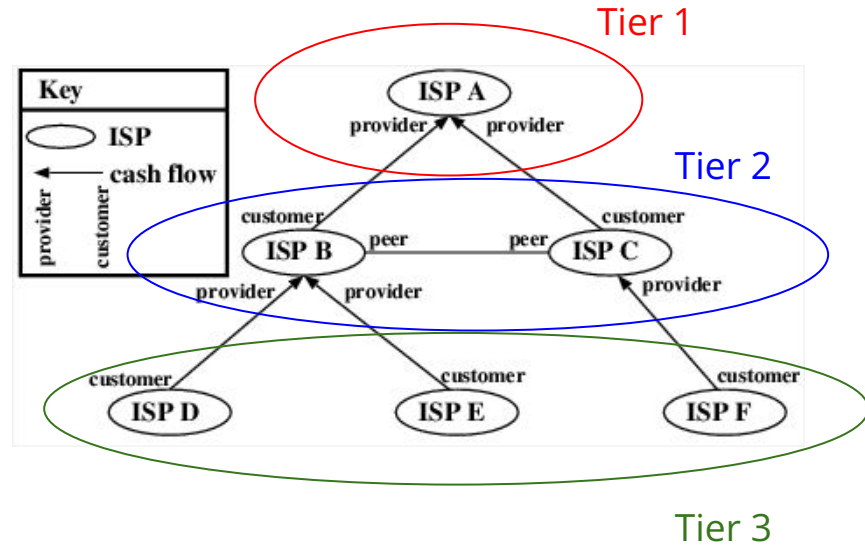
ARPANET LOGICAL MAP, MARCH 1977



(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

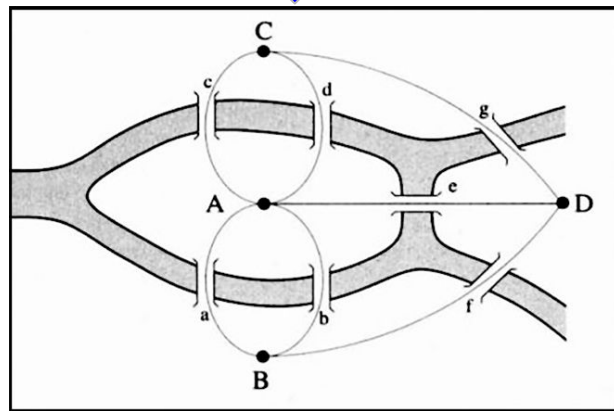
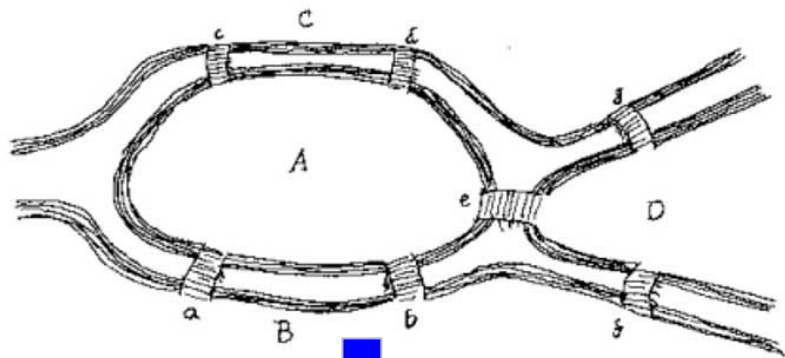
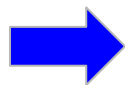
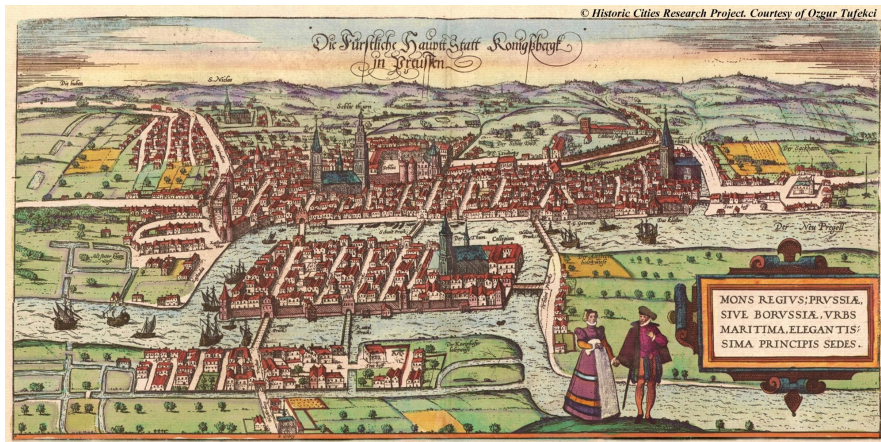
Tier 1 pl: AT&T, Orange, Lumen Tech., Verizon, Tata



Légiközlekedés

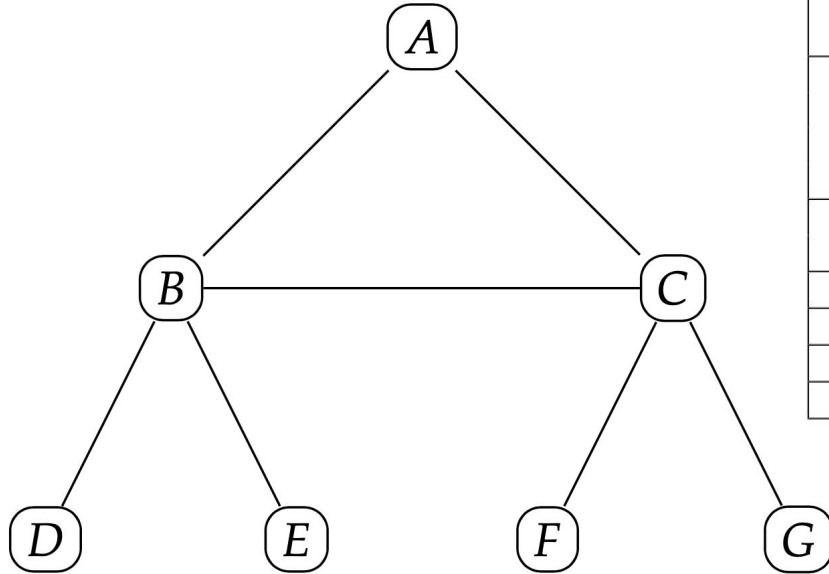


L. Euler: A königsbergi hidak problémája



Adatgyűjtés

Internet-útvonalak

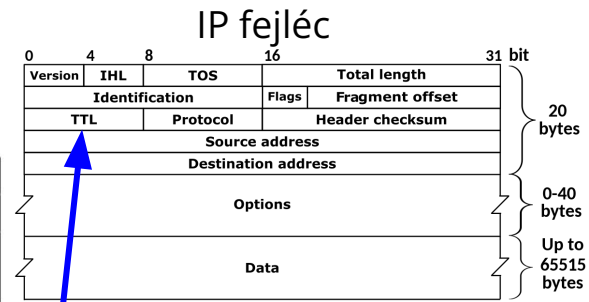


Forgalom irányítása: routing táblákkal

Körmentes

Routing tables of the nodes			
Node	Destination	Next step	
B	D	D	
	E	E	
	A	A	
	C, F, G	C	
C	F	F	
	G	G	
	A	A	
A	B, D, E	B	
	C, F, G	C	
	D	ALL	B
	E	ALL	B
	F	ALL	C
	G	ALL	C

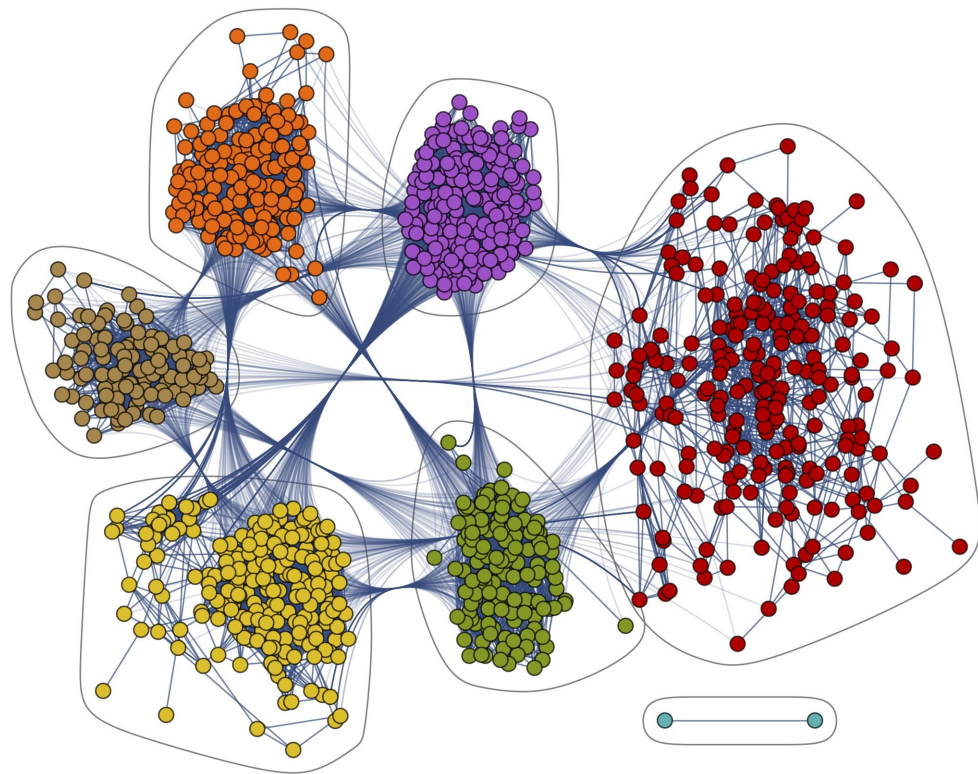
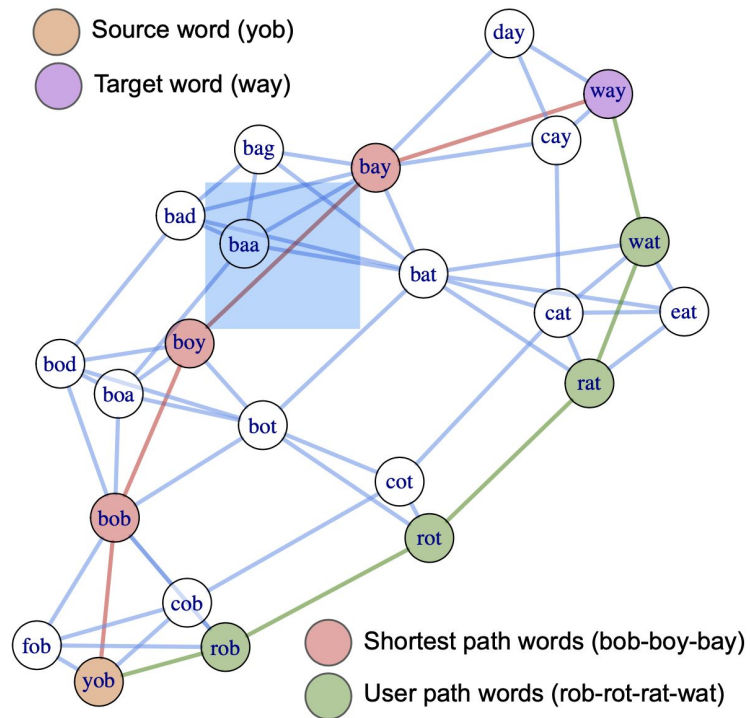
Biztonsági megoldás: TTL
Traceroute



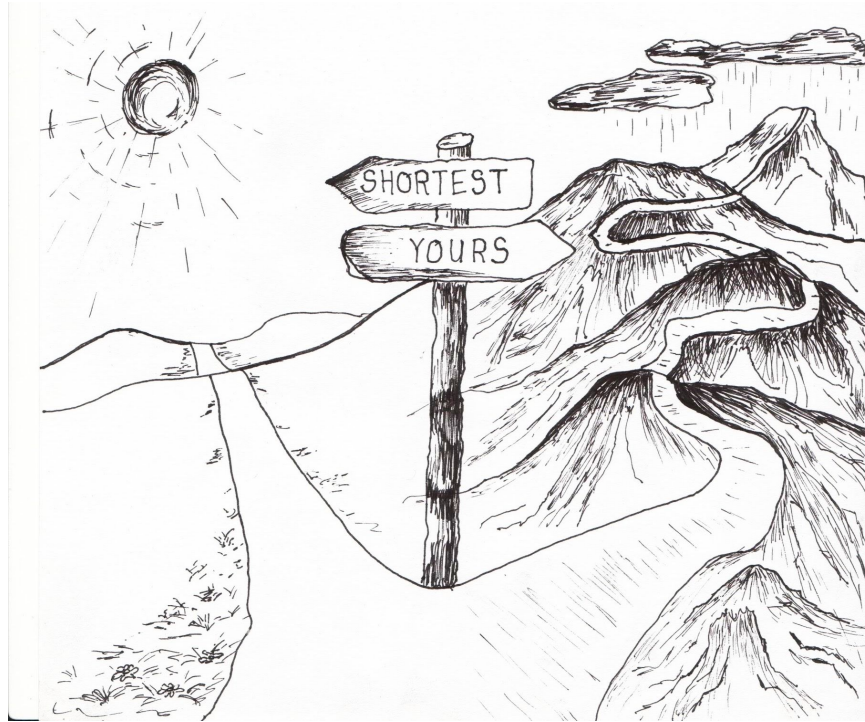
Nem körmentes

Routing tables of the nodes			
Node	Destination	Next step	
B	D	D	
	E	E	
	A	A	
	C, F, G	A	
C	F	F	
	G	G	
	A	A	
A	B, D, E	B	
	C, F, G	B	
	D	ALL	B
	E	ALL	B
	F	ALL	C
	G	ALL	C

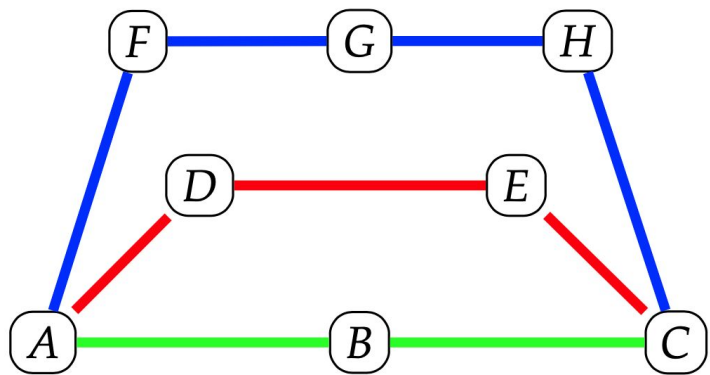
Szóháló



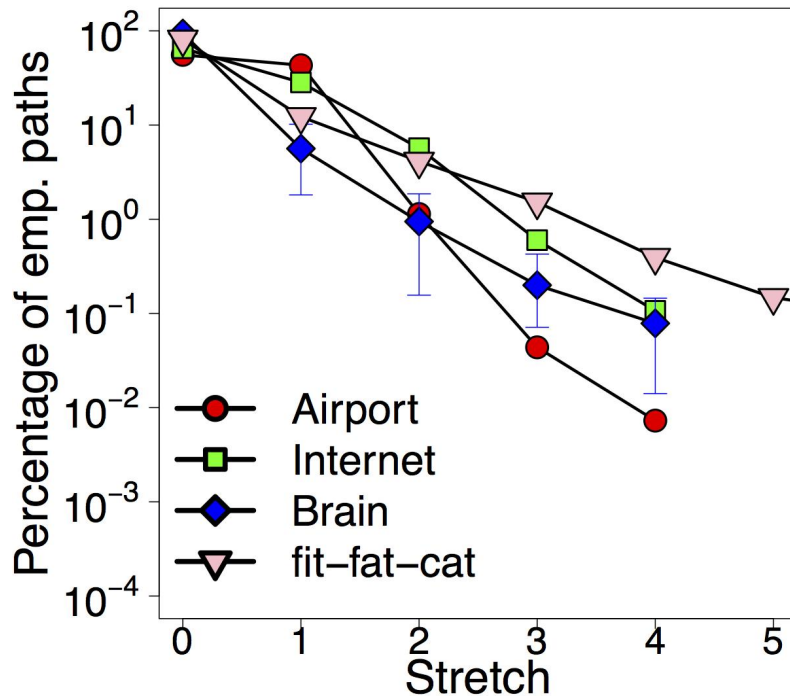
Az útvonalak természetete



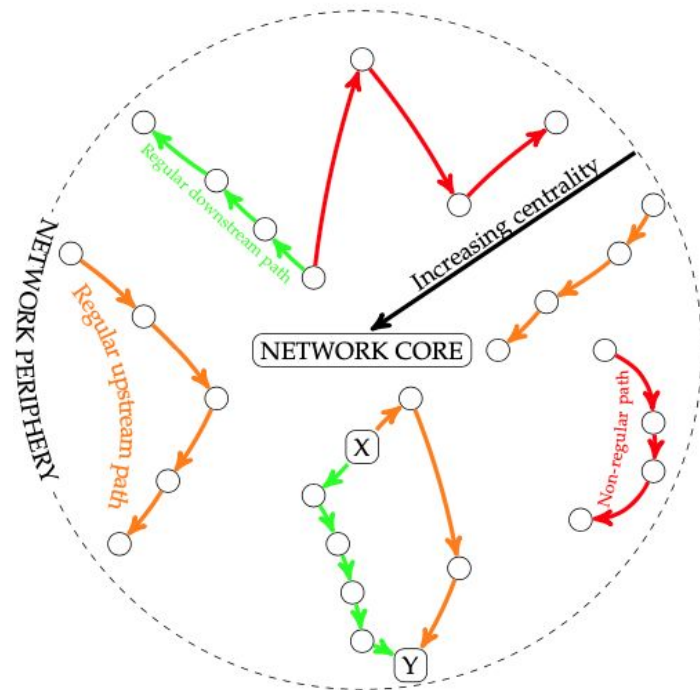
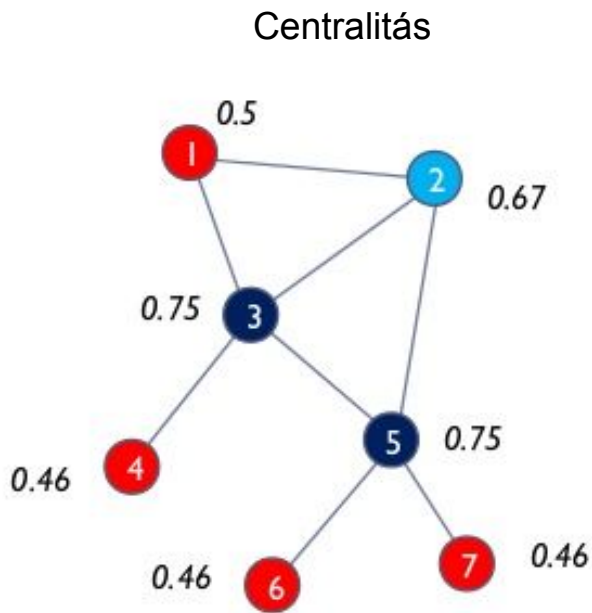
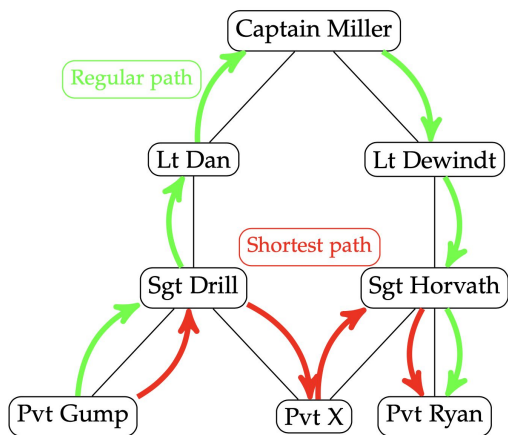
A valós útvonalak nyúlnak



Átlag 10-30%



Hierarchia (belső logika) és lejtés



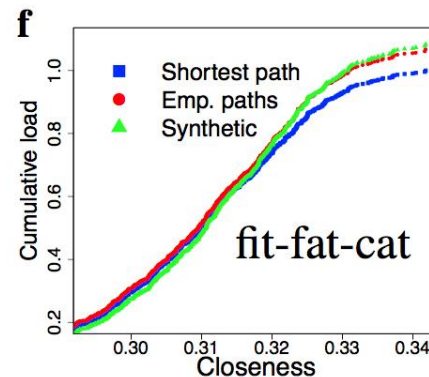
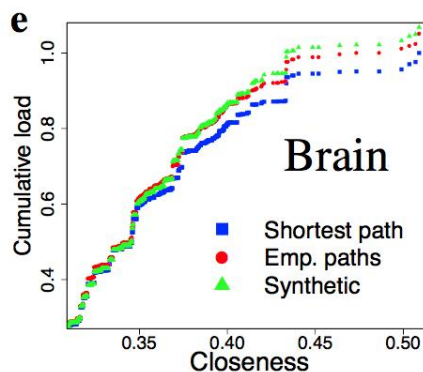
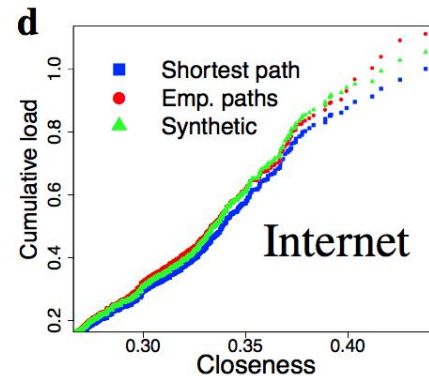
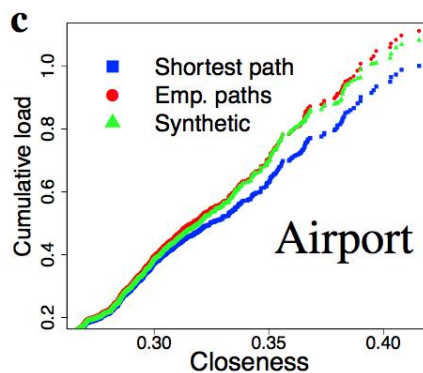
90% reguláris

Röviden

1. Az útvonalak követik a hálózat hierarchiáját (belső logikát)

2. Kerülik a belsejét

3. Szeretnek rövidek lenni



Alkalmazások

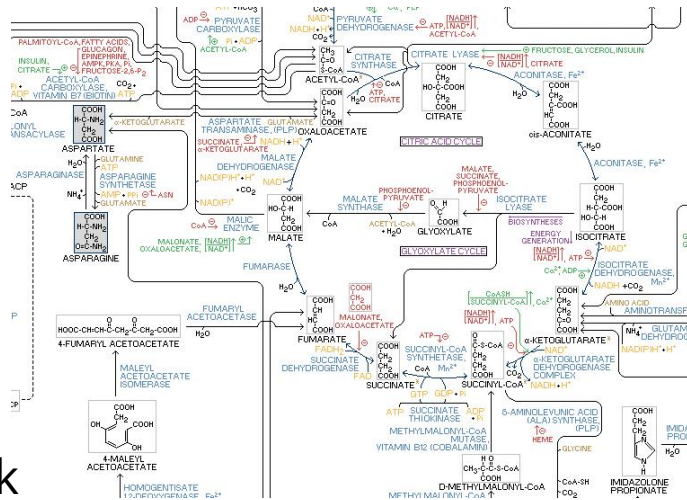
Tömegközlekedés

Hálózati forgalom

Cég és adminisztratív hierarchiák

Vírus elleni védekezés

Gyógyszer mellékhatások

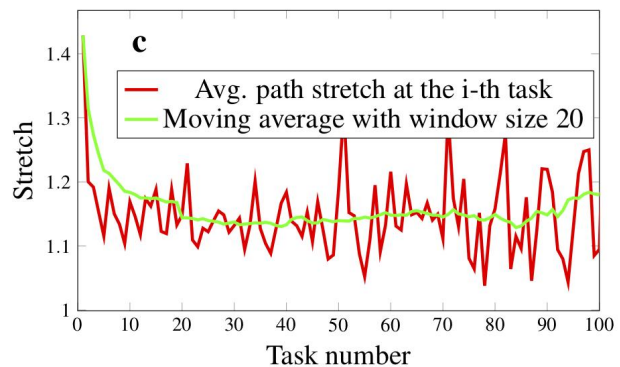
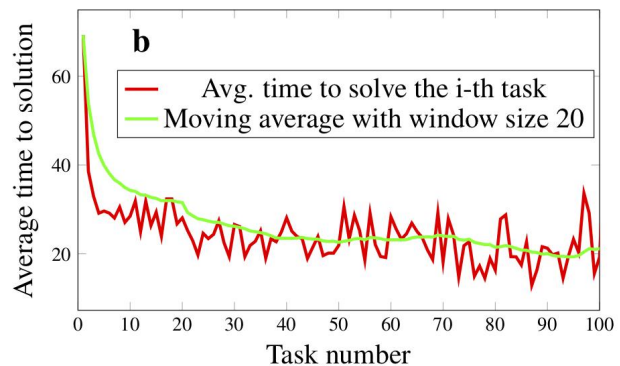
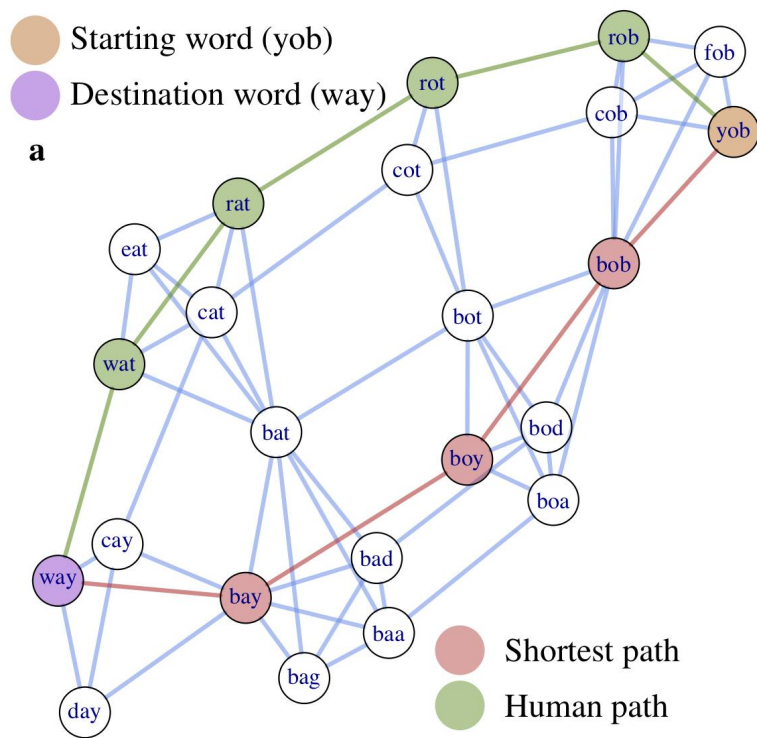


John R. Vane

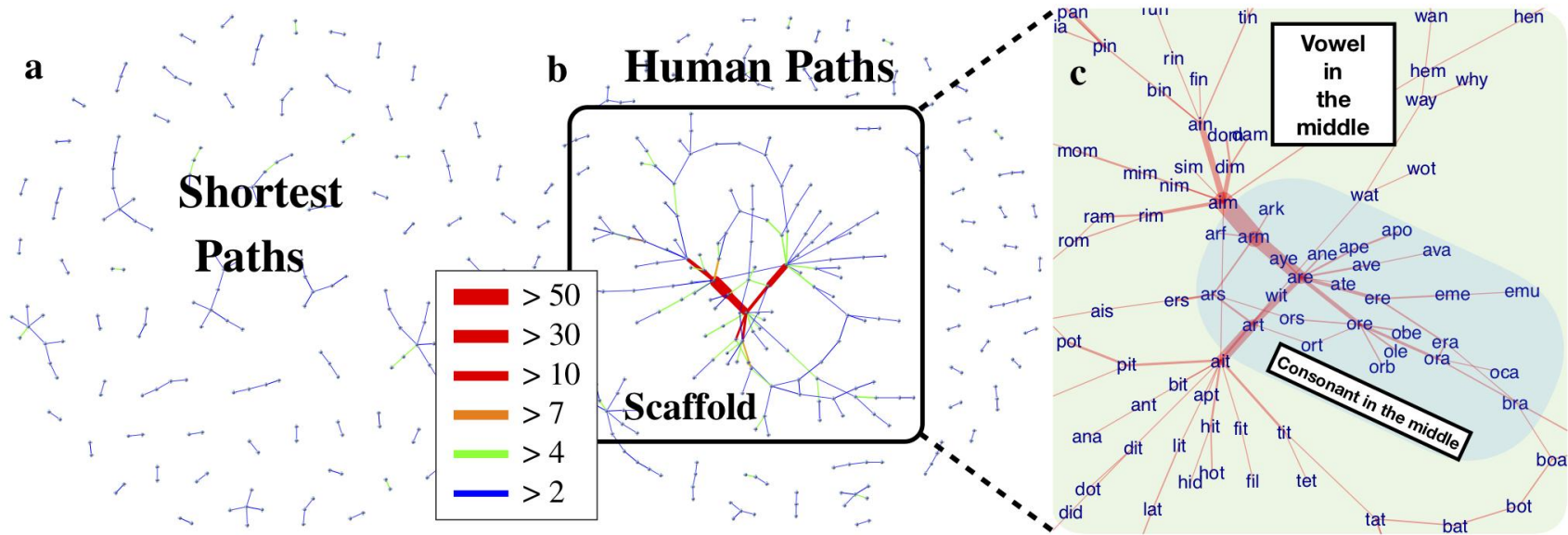
Aspirin szabadalom - Bayer 1899

Pontos hatásmechanizmus: John R. Vane 1971!

A hierarchia természetete



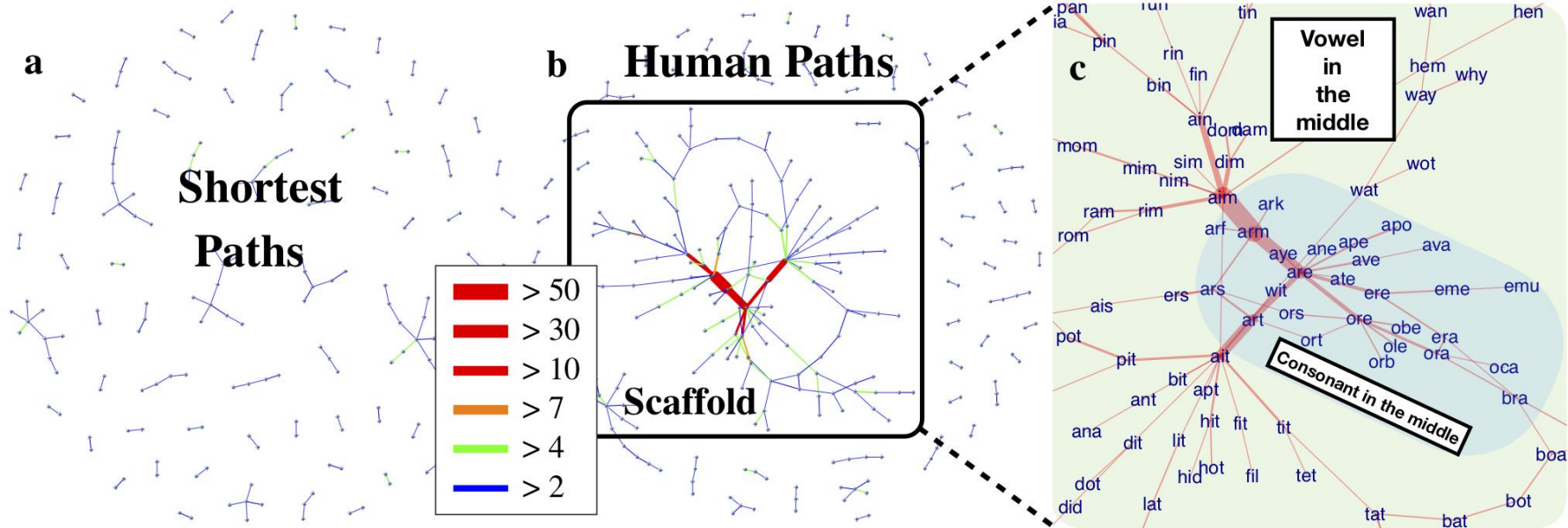
A hierarchia természetete



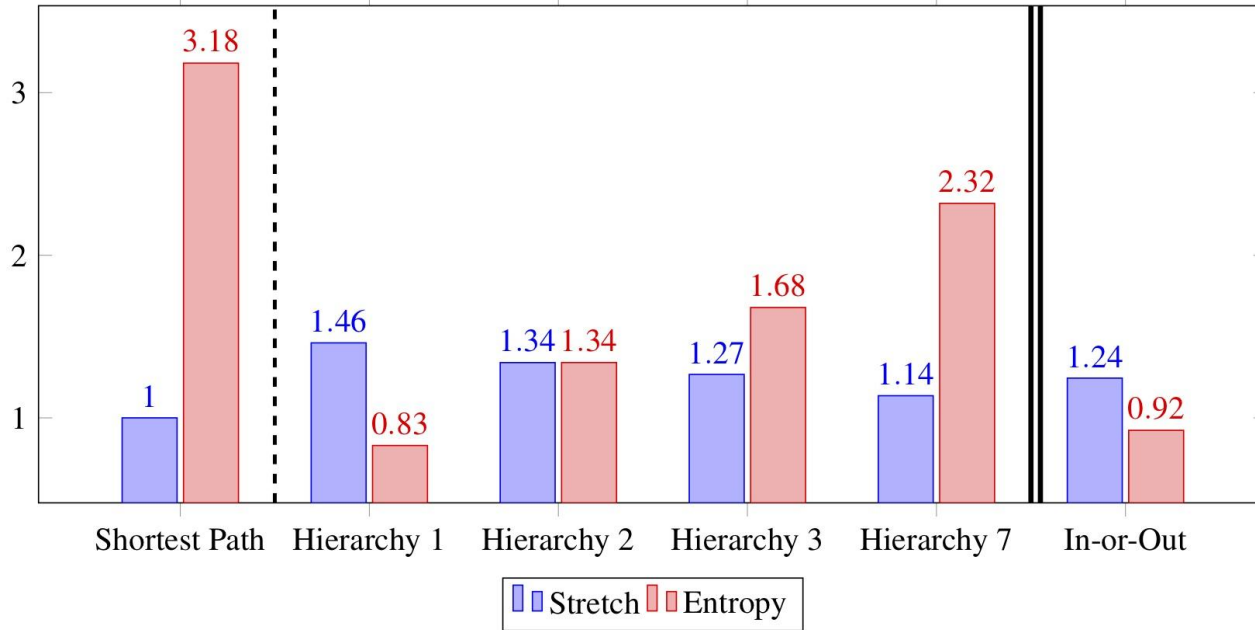
Tényleg számít az útvonal!

- Szignifikáns eltérés a legrövidebb utaktól
- Karakterisztikus eltérés bizonyos hálózati részek irányába
- Ezek az eltérések tükrözik a koncepciót, ahogy gondolkodunk a rendszerről, a világról
- Egyénre jellemző a mintázat





Miért csináljuk ezt?



Routing tables of the nodes		
Node	Destination	Next step
B	D	D
	E	E
	A	A
	C, F, G	C
C	F	F
	G	G
	A	A
	B, D, E	B
A	B, D, E	B
A	C, F, G	C
D	ALL	B
E	ALL	B
F	ALL	C
G	ALL	C

