



**Rotary Club Catania 4 canti Centenario**  
**Mercoledì 25 Maggio 2011 - Katane Palace Hotel, Catania**

# ***Dal Cervello Umano a Facebook***

## ***Introduzione alla Nuova Scienza delle Reti Complesse***

**Alessandro Pluchino**

**Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Catania**

**Come si chiama questo attore?**

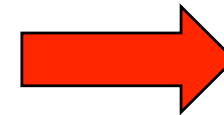


**Kevin Bacon**

## Il gioco di Kevin Bacon: trovare il “Numero di Bacon” di un attore

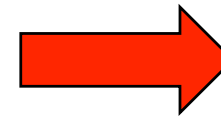
- Pensate ad un attore A

- Se A ha recitato in un film con Bacon...



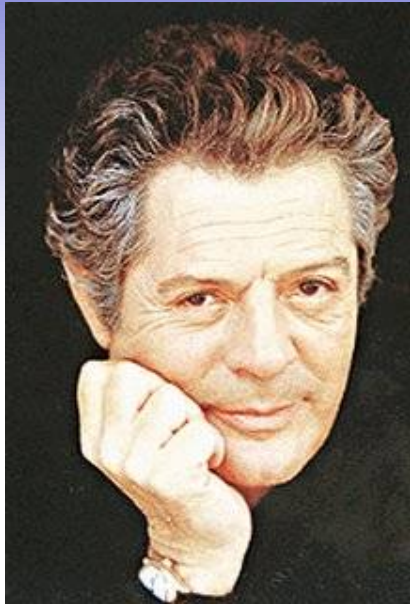
Ha un Numero  
di Bacon  $NB=1$

- Se A non ha mai recitato  
*personalmente* con Bacon, ma ha  
recitato con qualcuno che a sua volta  
ha recitato con Bacon...



Ha un Numero  
di Bacon  $NB=2$

...e così via...



**NB=2**

Poppies are also flowers (1966)



**Eli Wallach**

Misfit (1961)



**NB=2**

Mystic River (2003)

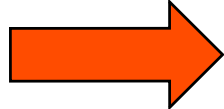


Broadway (2003)

**Fay Wray**

**NB=1**

A Few Good Men (1992)



Copyright © 1998 Columbia Pictures, Inc.

**Numero medio di passaggi: 2,78**

**NB=3**



Hollywood on Parade (1932)



# L'Oracolo di Bacon (1997, Virginia – USA)

UNIVERSITY of VIRGINIA

## Computer Science

Research

Teaching

People

Community

Of interest to: [Prospective Students](#), [Members](#)

## The Oracle of Bacon at Virginia

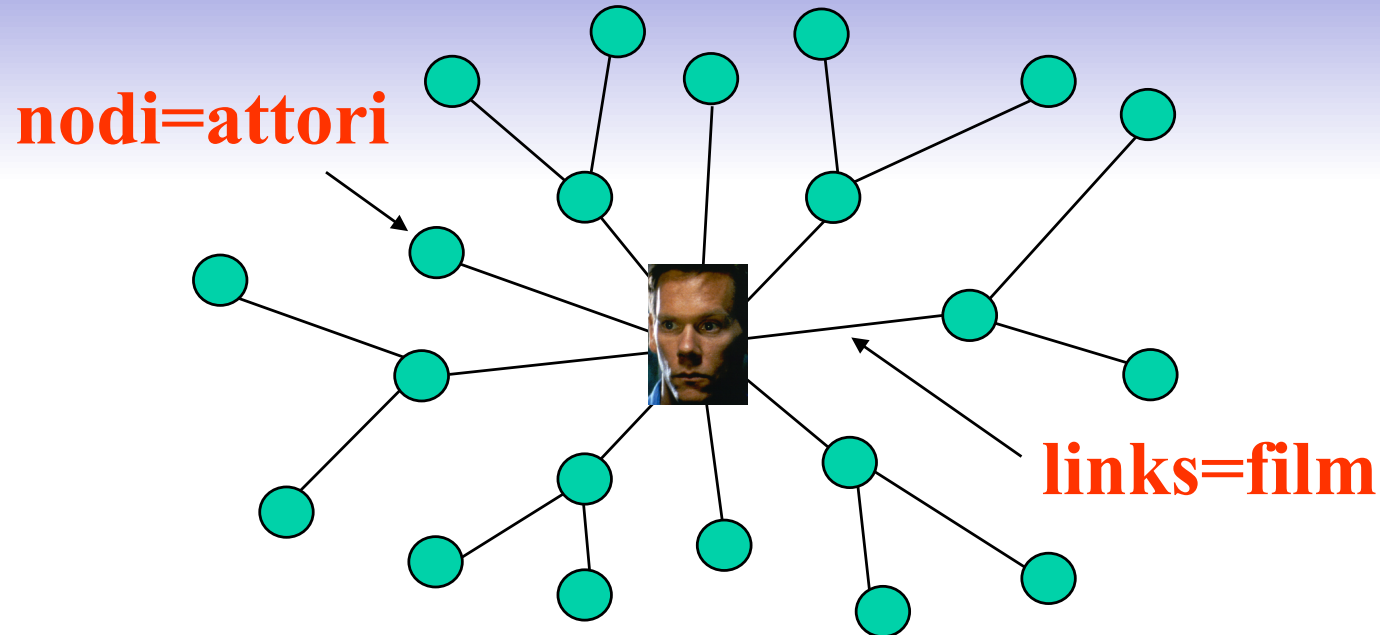
The **Oracle** says: [marcello mastroianni](#) has a Bacon number of 2.

[Marcello Mastroianni](#) was in [Poppies Are Also Flowers \(1966\)](#) with [Eli Wallach](#)  
[Eli Wallach](#) was in [Mystic River \(2003\)](#) with [Kevin Bacon](#)

Enter the name of an actor or actress:

e.g. [Elvis Presley](#) or [Robert De Niro](#) or [Sarah Jessica Parker](#)

## Rete di collaborazioni cinematografiche



**Kevin Bacon** sembra essere al centro della rete delle collaborazioni tra gli attori... ma è veramente così?

**Ci dispiace per lui ma in realtà Bacon non ha proprio nulla di speciale!!!**

## Star Links

to  using

[Need help?](#)

All actor and movie data used by the Oracle comes from the [Internet Movie Database](#).  
Please also visit the [Oracle of Bacon at Virginia](#) page.



Department of Computer Science  
School of Engineering, University of Virginia  
151 Engineer's Way, P.O. Box 400740  
Charlottesville, Virginia 22904-4740

Comments: <http://oracleofbacon.org/comments.html>  
[Site directory](#), [Other addresses](#)  
[Server statistics](#)

© Created by *Patrick Reynolds* and the *CS Web Team*

# Rete delle collaborazioni tra attori



**Alvaro Vitali**

Mortacci  
(1989)



**Vittorio  
Gassmann**

Sleepers  
(1996)



**Brad Pitt**



**Arnold  
Schwarzenegger**

Last Party  
2000 (2001)



**Philip  
Seymour Hoffman**

Il Talento di  
Mr.Ripley (1999)



**Renato Scarpa**

Ravanello Pallido  
(2001)



**Luciana  
Littizzetto**

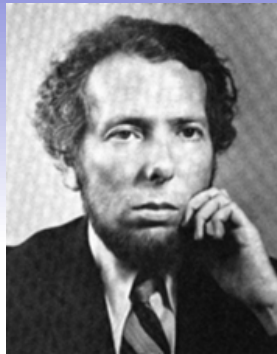
## Lista di “centralità” nella rete di collaborazione degli attori (212250 actors)

Rank	Name	Average distance	# of movies	# of links
1	Rod Steiger	2.537527	112	2562
2	Donald Pleasence	2.542376	180	2874
3	Martin Sheen	2.551210	136	3501
4	Christopher Lee	2.552497	201	2993
5	Robert Mitchum	2.557181	136	2905
6	Charlton Heston	2.566284	104	2552
7	Eddie Albert	2.567036	112	3333
8	Robert Vaughn	2.570193	126	2761
9	Donald Sutherland	2.577880	107	2865
10	John Gielgud	2.578980	122	2942
11	Anthony Quinn	2.579750	146	2978
12	James Earl Jones	2.584440	112	3787
...				
<b>876</b>	<b>Kevin Bacon</b>	<b>2.786981</b>	<b>46</b>	<b>1811</b>
...				

**La rete degli attori è un “piccolo mondo”:  
uno Small World!**

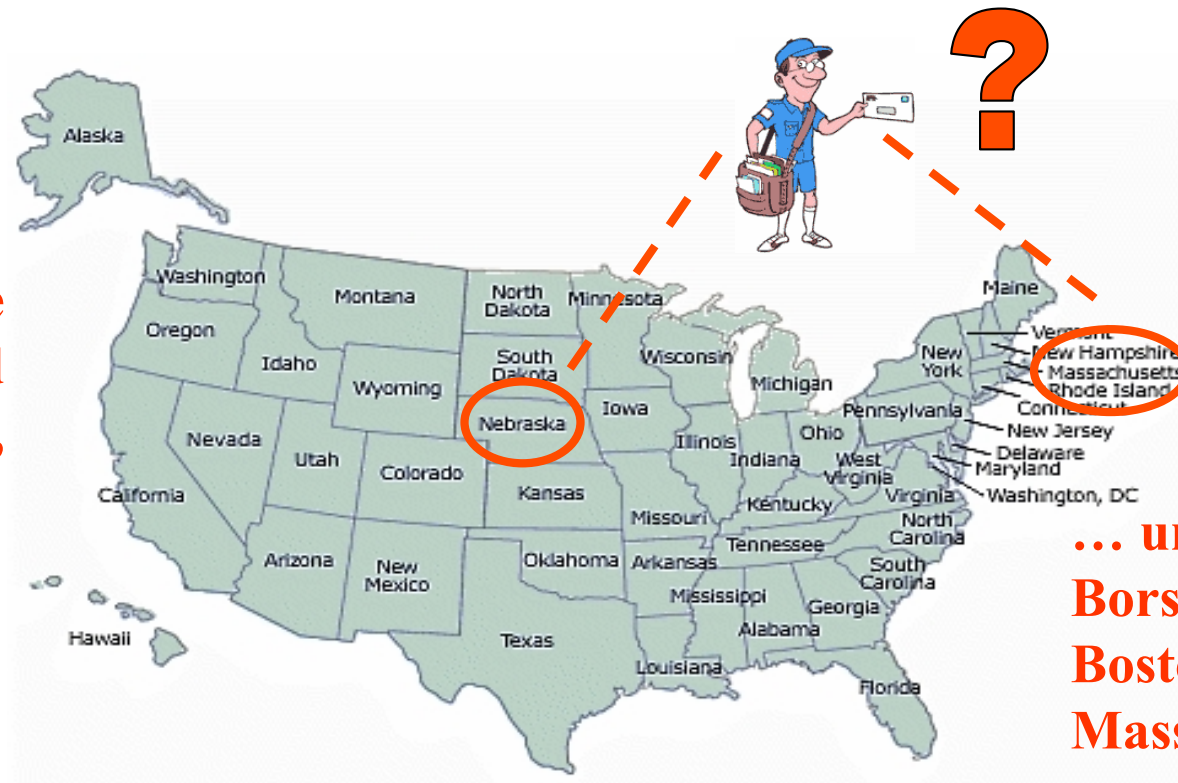


**Ma quanto è generale il fenomeno del  
“piccolo mondo”?**



## L'esperimento di Stanley Milgram (Harvard, anni '60)

**160 persone  
prese a caso ad  
Omaha,  
Nebraska...**



**... un agente di  
Borsa di  
Boston,  
Massachussets**

...la risposta è:

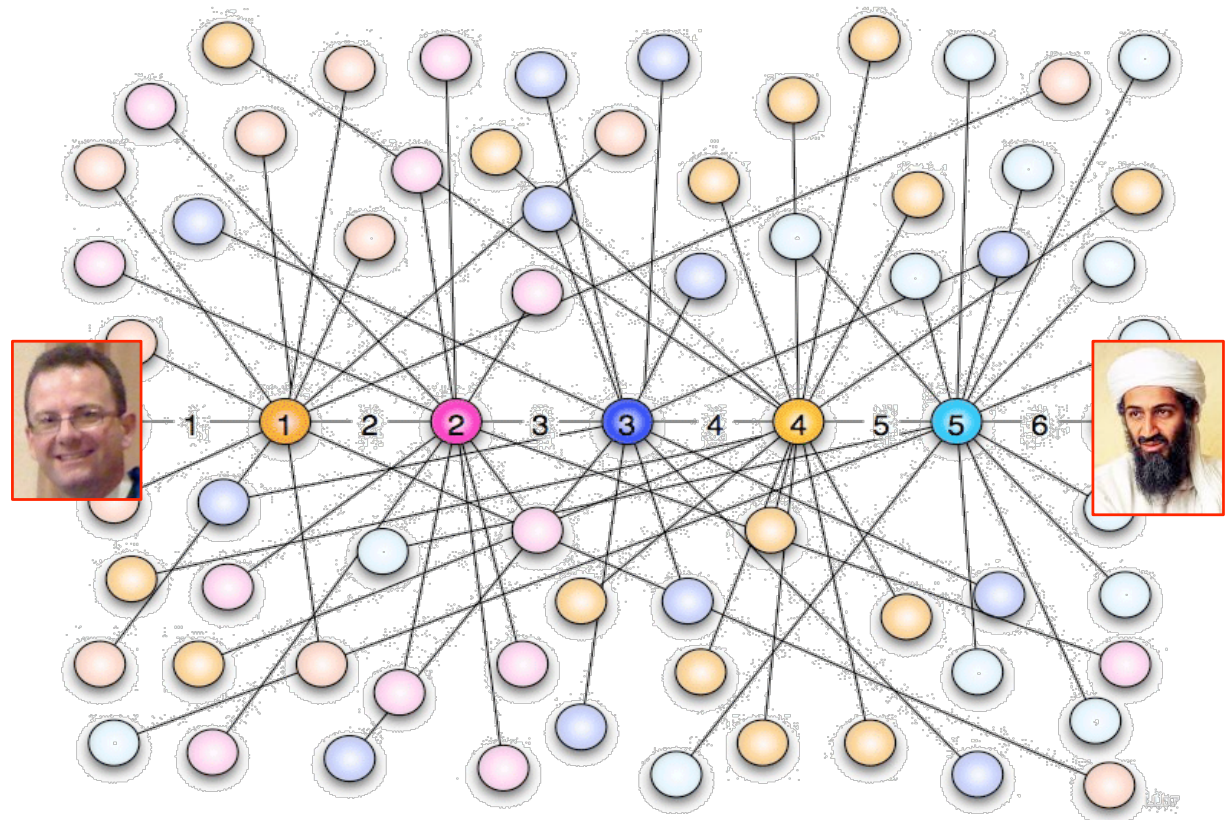
**6 GRADI DI SEPARAZIONE!**

**La rete sociale degli  
Stati Uniti è un  
“piccolo mondo”!**



# “Six degrees of separation”

Successive ricerche hanno dimostrato che anche la rete sociale mondiale è un “piccolo mondo”!



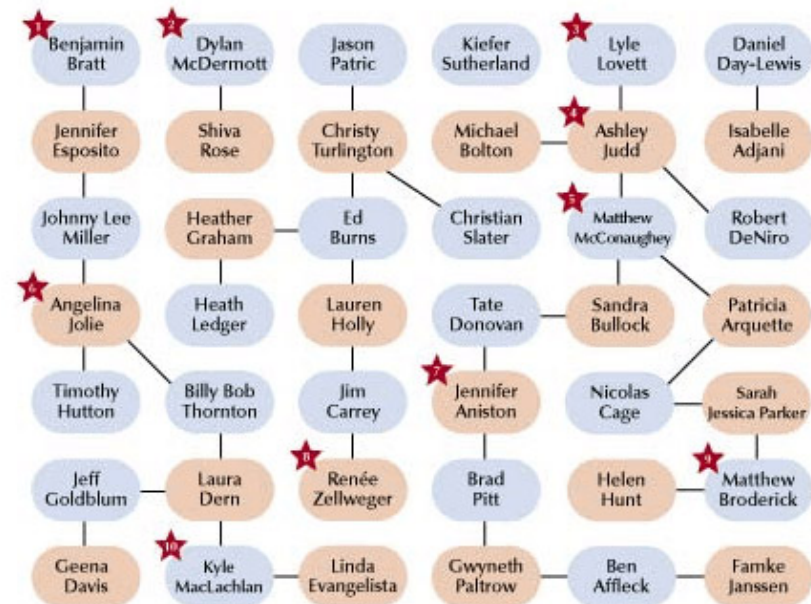
Varianti sul tema...☺

# Da "six degrees" a "sex degrees"...

## La rete delle relazioni amorose di Julia Roberts

sexdegrees

**J**ulia Roberts is on a hot streak. She won the Best Actress award at the Golden Globes for her role in *Erin Brockovich* and the buzz is she'll grab the coveted Oscar as well. She's got *Ocean's Eleven* and *America's Sweethearts* on her plate and Benjamin Bratt on her arm. In the past Julia's clocked some off-screen time with several of her leading men. The numbers beside the names will help you with the running commentary below.



# Reti di collaborazioni scientifiche

<http://www.ams.org/mathscinet/collaborationDistance.html>

AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY  
**MathSciNet** Mathematical Reviews on the Web

Search MSC

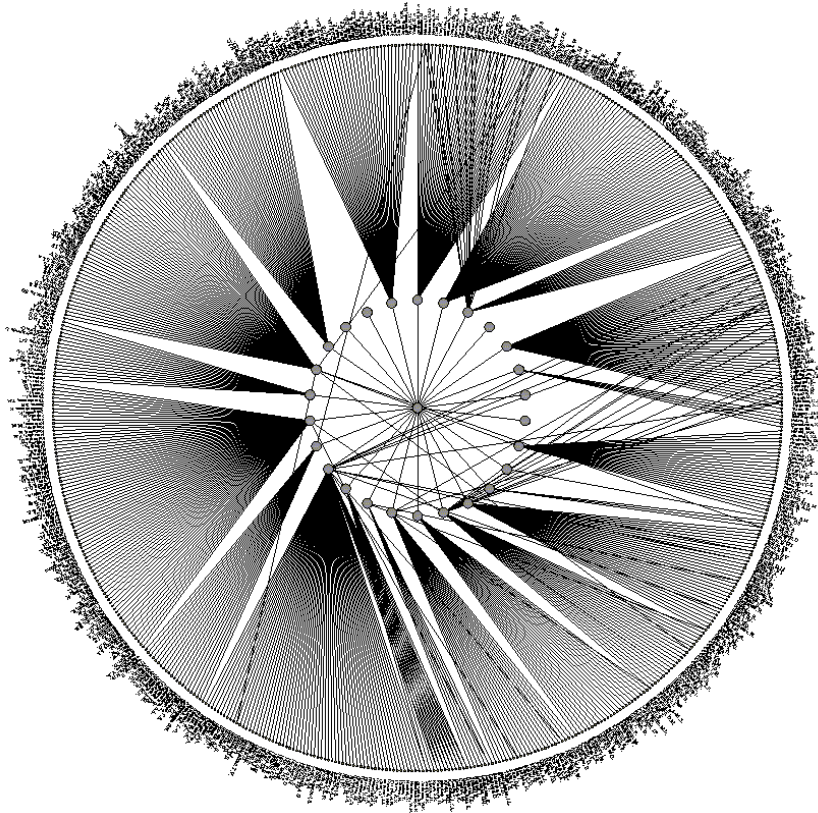
Collaboration Distance

Current Journals

Current Publications

Author Name

Alessandro Pluchino



## il mio "piccolo mondo"...

**My Collaboration Distance with Constantino Tsallis = 1**

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis [MR2441210 \(2009h:82053\)](#)

**My Collaboration Distance with Murray Gell-Mann = 2**

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis [MR2441210 \(2009h:82053\)](#)

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann [MR2188923 \(2006f:82005\)](#)

**My Collaboration Distance with Richard Feynman = 3**

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis [MR2441210 \(2009h:82053\)](#)

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann [MR2188923 \(2006f:82005\)](#)

Murray Gell-Mann coauthored with Richard Phillips Feynman [MR0090430 \(19,813e\)](#)

**My Collaboration Distance with Stephen Hawking = 4**

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis [MR2441210 \(2009h:82053\)](#)

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann [MR2188923 \(2006f:82005\)](#)

Murray Gell-Mann coauthored with James B. Hartle [MR1105972](#)

James B. Hartle coauthored with Stephen W. Hawking [MR0726732 \(85i:83022\)](#)

**My Collaboration Distance with Werner Heisenberg = 5**

A. Pluchino coauthored with Andrea Rapisarda [MR2070689](#)

Andrea Rapisarda coauthored with Marko Robnik [MR1618594](#)

Marko Robnik coauthored with Wolfgang Kundt [MR0598131 \(82b:85003\)](#)

Wolfgang Kundt coauthored with Pascual Jordan [MR0127937 \(23 #B982\)](#)

Pascual Jordan coauthored with Werner Karl Heisenberg [MR1069378 \(91i:01142\)](#)

**My Collaboration Distance with Albert Einstein = 6**

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis [MR2441210 \(2009h:82053\)](#)

Constantino Tsallis coauthored with A. K. Rajagopal [MR1698773 \(2000d:81073\)](#)

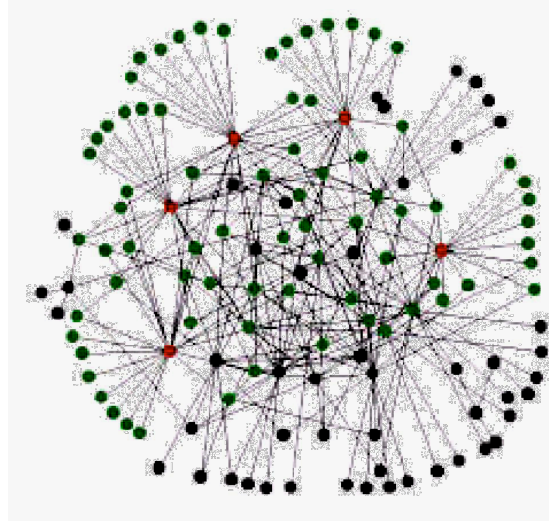
A. K. Rajagopal coauthored with E. C. George Sudarshan [MR0406252 \(53 #10043\)](#)

E. C. George Sudarshan coauthored with Emil Wolf [MR0180280 \(31 #4515\)](#)

Emil Wolf coauthored with Max Born [MR0108202 \(21 #6918\)](#)

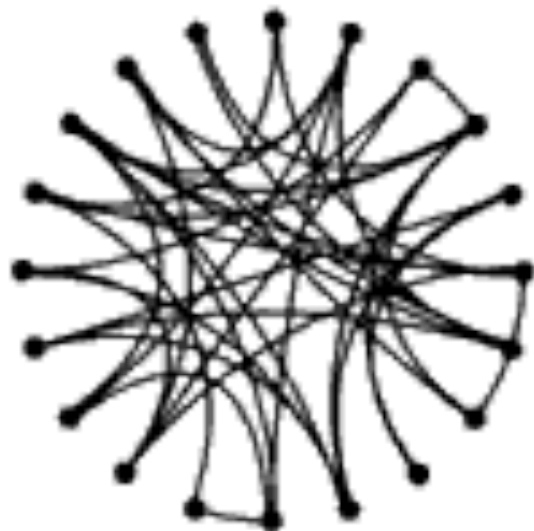
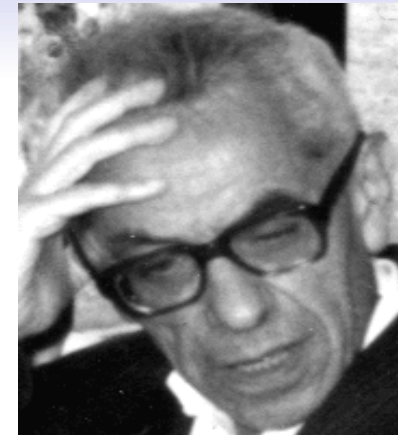
Max Born coauthored with Albert Einstein [MR0718489 \(85d:01024\)](#)

**Ma qual'è il segreto delle  
reti "piccolo mondo"**

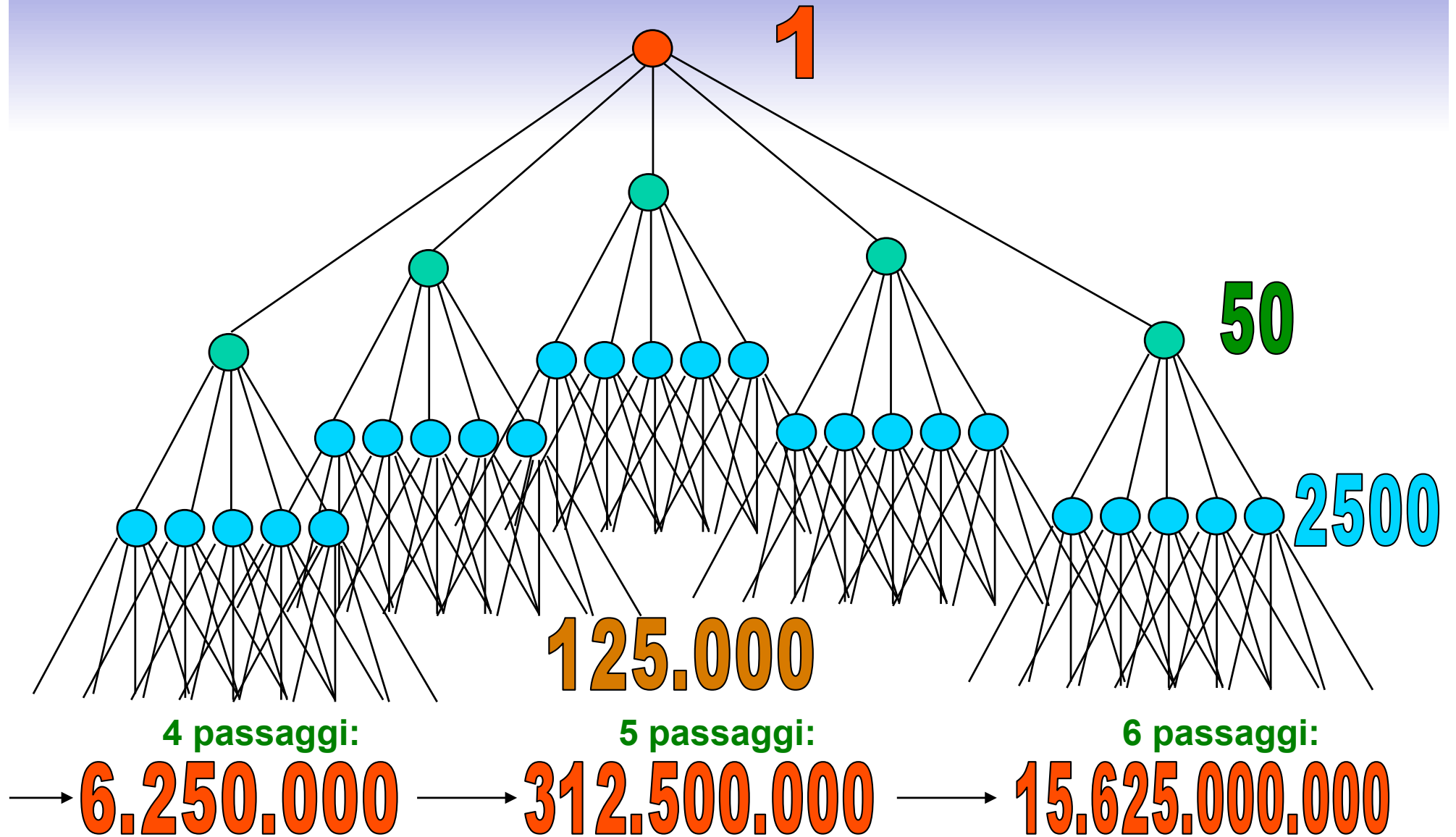


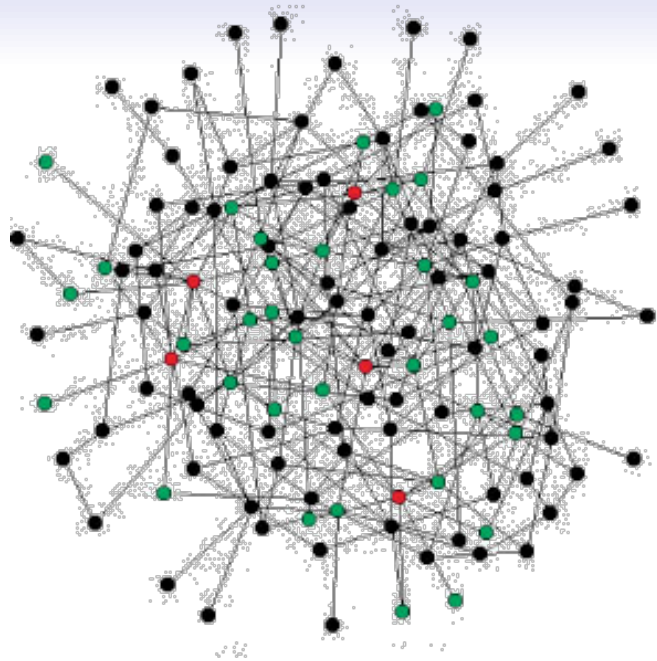
**Pál Erdős (Ungheria, 1913-1996)**

# **I grafi casuali**



# Rete di amicizie casuali (random):





Dunque i grafi casuali  
posseggono la proprietà di  
**piccolo mondo!!!**

Però a ben guardare manca  
loro un'altra essenziale  
**proprietà** delle vere reti  
sociali...

**QUALE?**

# Social Networks: Facebook

facebook Home **Profilo** Amici Posta Alessandro Pluchino Impostazioni Esci

## Alessandro Pluchino

Bacheca Info Foto Video +

Modifica informazioni

### Informazioni di base

Sesso:	Uomo
Data di nascita:	11 luglio 1967
Città natale:	Modica, Italy
Situazione sentimentale:	Sposato con Milena Curto
Orientamento politico:	Sostenitore della democrazia diretta, senza mediazione dei partiti
Orientamento religioso:	Sostenitore della spiritualità diretta, senza mediazione delle religioni

### Informazioni di contatto

E-mail:	alessandro@pluchino.it
Città in cui ti trovi adesso:	Catania, Italy
Sito Web:	<a href="http://www.pluchino.it">http://www.pluchino.it</a>

### Istruzione e lavoro

Università:	Università di Catania '94 Ph.D. in Fisica Teorica
Scuola superiore:	Liceo Classico Tommaso Campailla '85
Datore di lavoro:	Dipartimento di Fisica e Astronomia – Università di Catania
Posizione:	Assistant Professor

**Pagine** [Mostra tutto \(13\)](#)

Mostra le foto in cui ci sono io (35)  
[Modifica il mio profilo](#)

Trovate notizie su di me sul mio sito web: [www.pluchino.it](http://www.pluchino.it)

### Informazioni

Situazione sentimentale:	Sposato con Milena Curto
Data di nascita:	11 luglio 1967
Città in cui ti trovi adesso:	Catania, Italy
Città natale:	Modica, Italy
Orientamento politico:	











# Social Networks: Facebook

facebook Home Profilo Amici Posta Alessandro Pluchino Impostazioni Esci

Cerca amici Crea una nuova lista Modifica la lista Elimina lista


Tutte le connessioni  
Trova amici  
Invita amici  
Sfoglia  
Rubrica telefonica  
Aggiunti di recente  
Aggiornati di recente

Liste  
Amici  
Pagine  
Invita amici ad iscriversi a Facebook

	<b>Adriana Ciancio</b>	Aggiungi alla lista ▼	×
	<b>Adriana Mare</b>	Aggiungi alla lista ▼	×
	<b>Agata Moschini</b>	Aggiungi alla lista ▼	×
	<b>Albert-Laszlo Barabasi</b> Notre Dame	Aggiungi alla lista ▼	×
	<b>Alberto Pulvirenti</b>	Aggiungi alla lista ▼	×
	<b>Aldo Miceli</b>	Aggiungi alla lista ▼	×
	<b>Alessandro Avolio</b>	Aggiungi alla lista ▼	×
	<b>Alessandro Costanzo</b> Istituto D'Arte	Aggiungi alla lista ▼	×
	<b>Alessia Di Stefano</b>	Aggiungi alla lista ▼	×
	<b>Alessia Garigali</b>	Aggiungi alla lista ▼	×

# Social Networks: Facebook






facebook Home Profilo Amici Posta Alessandro Pluchino Impostazioni Esci Ricerca



**Adriana Ciancio** è alle prese con la quadratura del cerchio e sa che in un modo o nell'altro riuscirci. 18 minuti fa

Bacheca Info Foto Riquadri Eventi

Scrivi qualcosa...


Allega:     

Condividi

Guarda le foto di Adriana (3)  
Invia un messaggio a Adriana  
Manda un poke a Adriana

**Informazioni**  
Data di nascita:


**Amici in comune**  
6 amici in comune Mostra tutti



Milena Curto Lia Marcoccio Loredana Fallica


**Amici**  
85 amici Mostra tutti

Scrivi un commento...




**Adriana Ciancio** è alle prese con la quadratura del cerchio e sa che in un modo o nell'altro ci deve riuscire. 23 minuti fa · Commenta · Mi piace

Scrivi un commento...




**Adriana Ciancio**



**Adriana could really use some help fertilizing their crops in FarmVille!**  
Adriana noticed their crops are a bit on the puny side because they haven't been fertilized yet...

ieri alle 20.37 tramite FarmVille · Commenta · Mi piace · Fertilize their crops

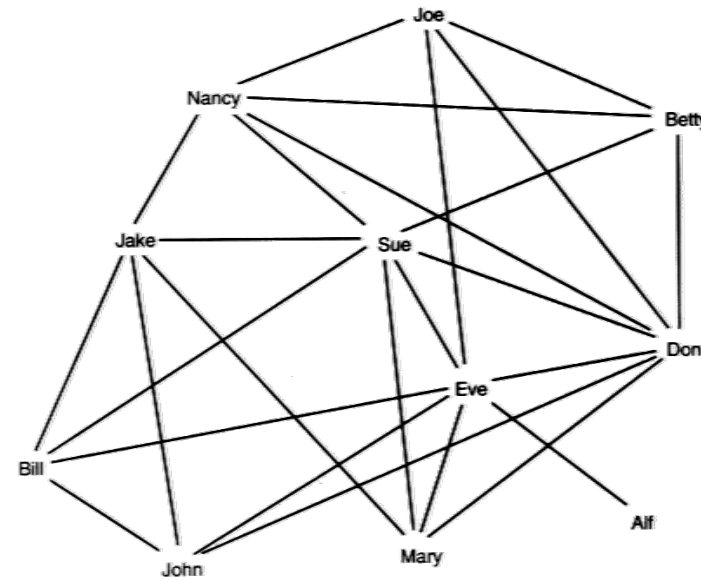
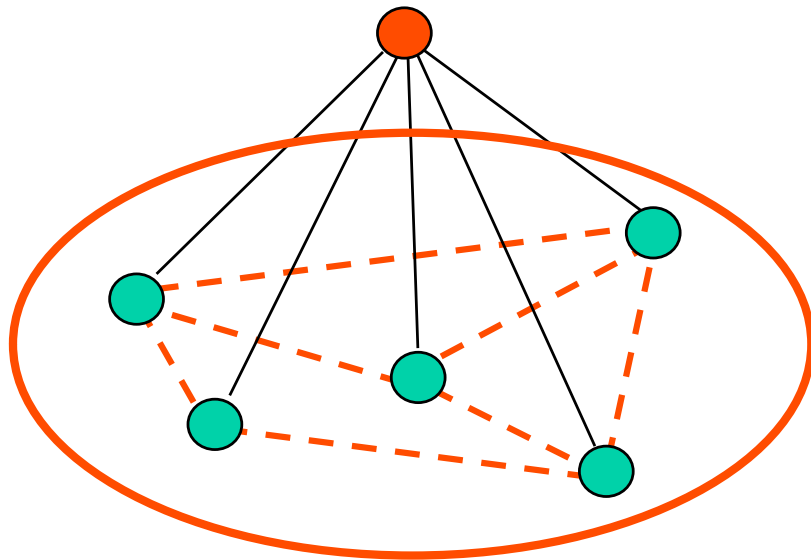


**Adriana Ciancio** IL ROTARY VA A LIBRINO! Mercoledì 27 alle ore 16.30 i soci del Rotary Catania 4 cantì si recheranno presso l'oratorio salesiano "Giovanni Paolo II" di Librino dove trascorreranno un pomeriggio di gioco e merenda con i bambini che frequentano l'oratorio (circa 50-60!). Verrà anche consegnato un contributo finanziario pe...

Mostra tutto  
Ieri alle 19.42 · Commenta · Non mi piace più

Adriana e Lia Marcoccio piace questo elemento

**Su Facebook, come In tutte le vere reti sociali, i nostri amici sono spesso anche amici tra di loro!**

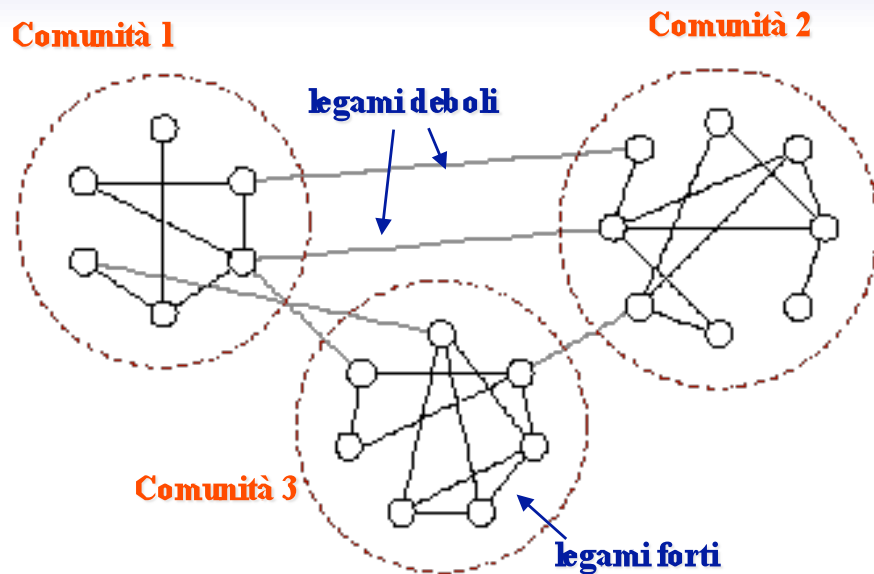


Rete sociale che mostra i legami di conoscenza tra undici amici.

**Quello che manca alle reti casuali è quindi:**

**l'aggregazione!**

# Moduli e Comunità nelle Reti Complesse

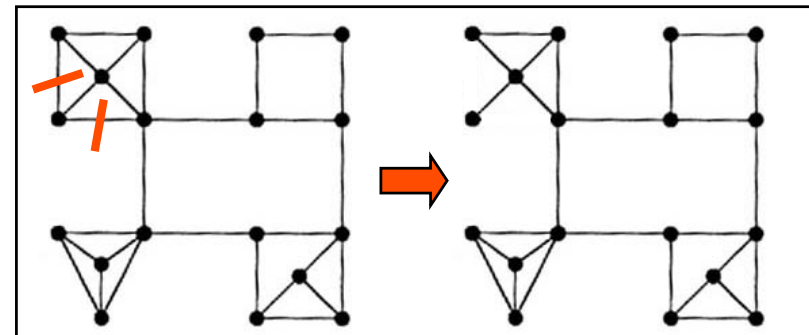
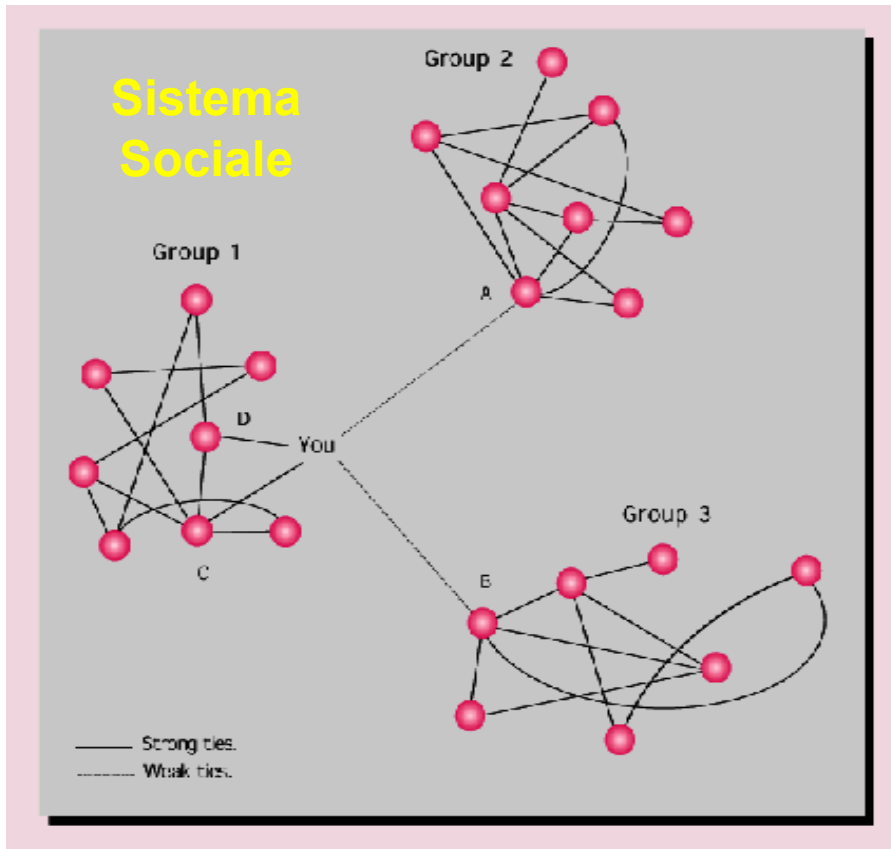


**Moduli e comunità** all'interno di una rete complessa possono essere intuitivamente definiti come **sottoinsiemi di nodi che risultano più densamente connessi** se confrontati con il resto della rete.

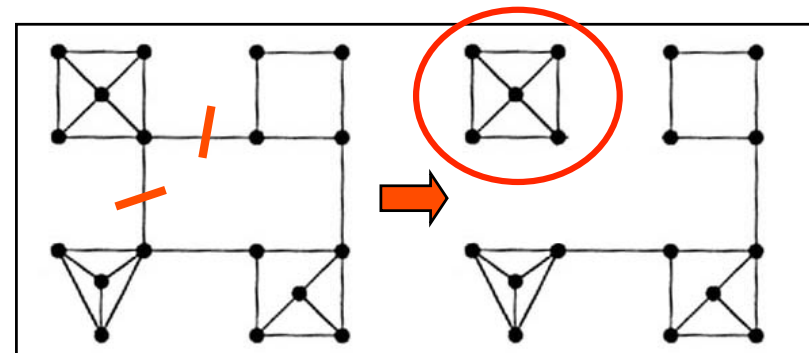
Le comunità, naturalmente, sono fondamentali nelle **reti sociali** (cerchie di amici, partiti, culture, elites), ma sono importanti anche nelle reti **biochimiche, metaboliche** o **neuronali** (gruppi funzionali), nel **world wide web** (clusters tematici), nelle reti **economiche**, nelle **food webs**, nei **clusters di computers** e così via...

Mark Granovetter (Baltimora, 1973)

# “La forza dei legami deboli”

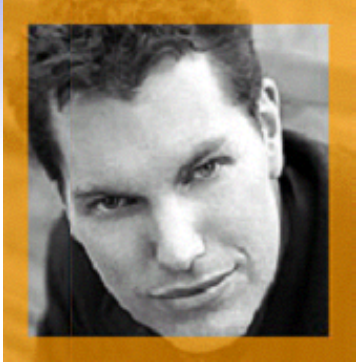


Taglio di due legami forti



Taglio di due legami deboli

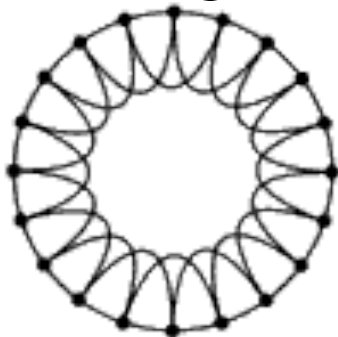
# POI, FINALMENTE....



**Nel 1998 Watts e Strogatz (USA) scoprono che il segreto delle reti “piccolo mondo” si trova al confine tra ordine e disordine!**

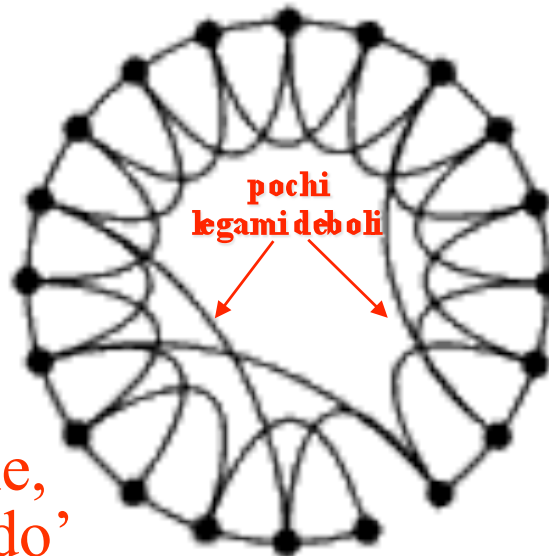


**rete regolare**

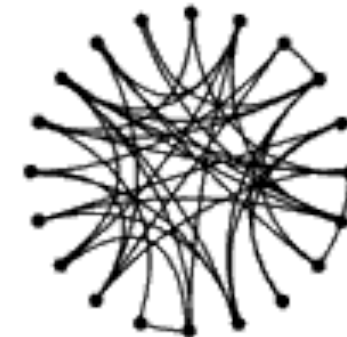


Ha una forte aggregazione, ma non è un ‘piccolo mondo’

**rete small-world**



**rete casuale**



E' un ‘piccolo mondo’, ma non ha aggregazione

# PICCOLA DIGRESSIONE STATISTICA...

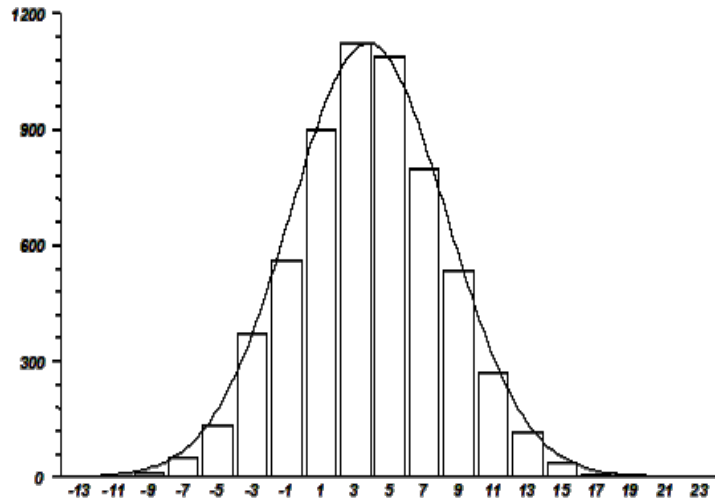
Qual'è la forma della distribuzione dell'altezza o del peso in una popolazione?



Qual'è la forma della distribuzione della ricchezza in una popolazione?

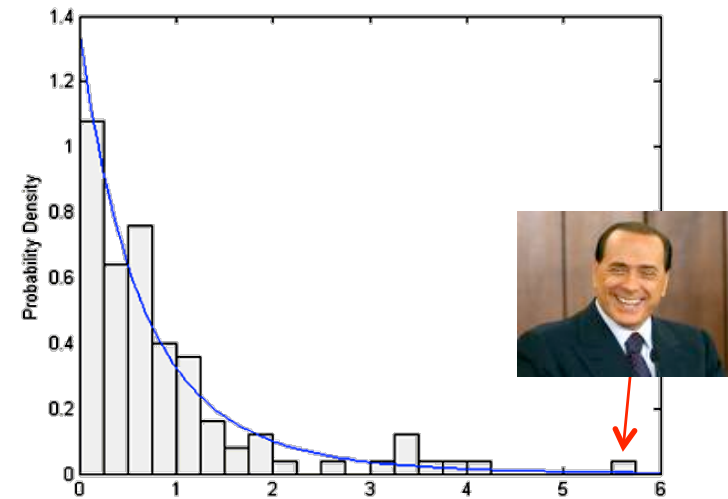


## La curva Gaussiana



**Esiste una dimensione tipica (la "media")**

## La legge di potenza



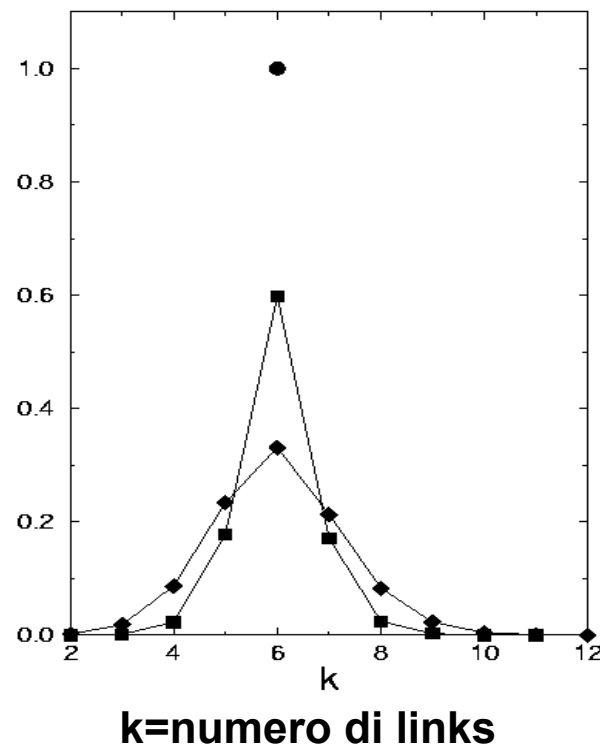
**NON esiste una dimensione tipica (invarianza di scala)**

# Modello Small World di Watts-Strogatz

## IMPORTANTE:

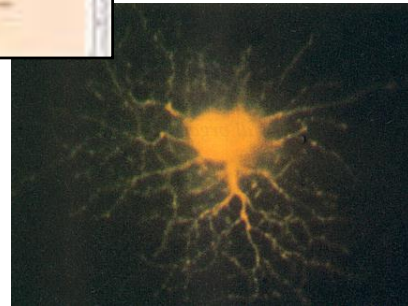
Gli Small Worlds di Watts e Strogatz sono reti 'egualitarie', cioè tutti i nodi hanno *circa* lo stesso numero medio di links (distribuzione Gaussiana)

$P(k)$ =frazione di nodi con quel numero di links

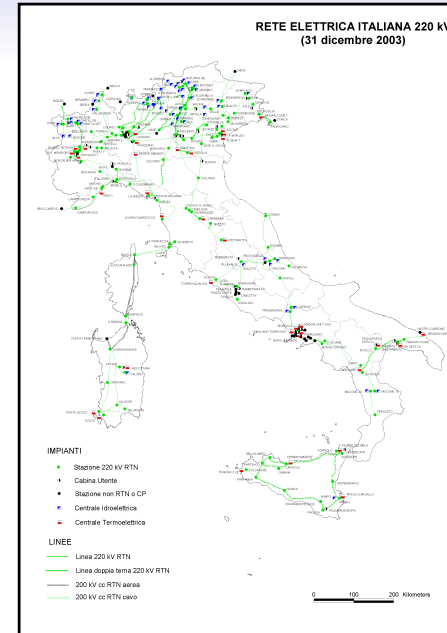


Watts and Strogatz, Nature **393**, 440 (1998)

# Esempi di reti "egualitarie"

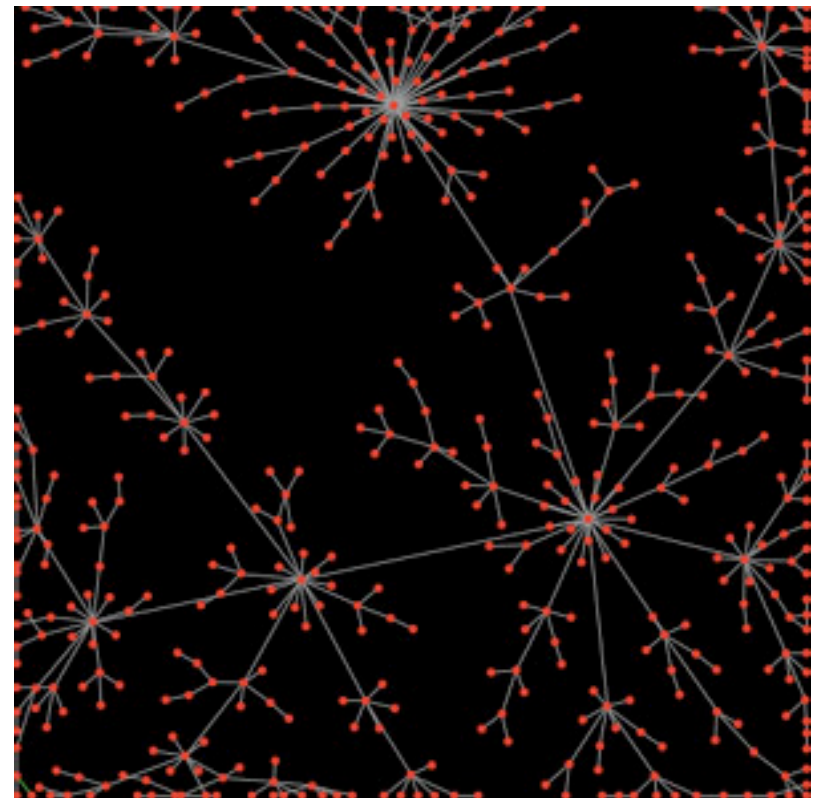
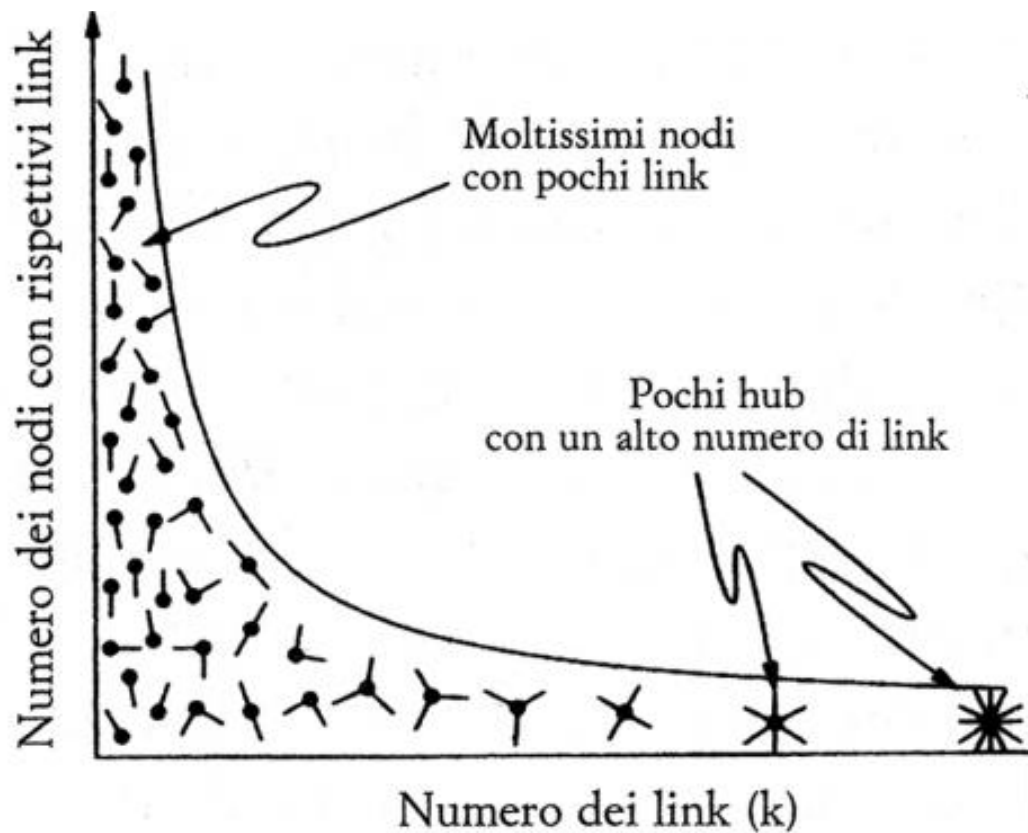


**Reti di neuroni**



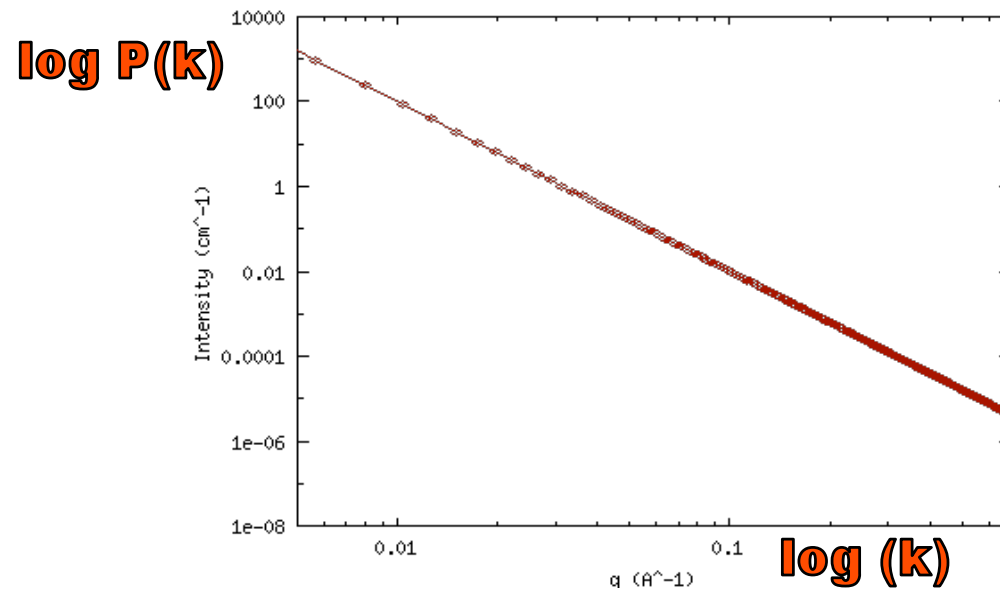
**Reti elettriche**

**Ma in molte reti Small World la distribuzione dei links segue una legge di potenza analoga a quella della ricchezza:**



# Distribuzione dei links nelle Reti Small World "aristocratiche"

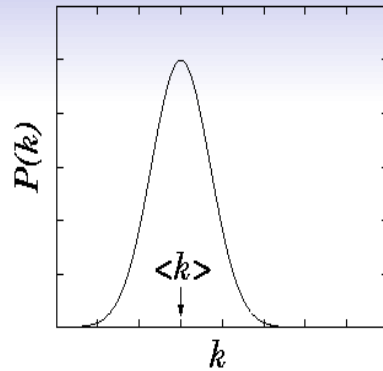
La "legge di potenza" in scala logaritmica è una retta!



**NON** esiste una dimensione tipica  
(invarianza di scala  $\rightarrow$  reti scale free)

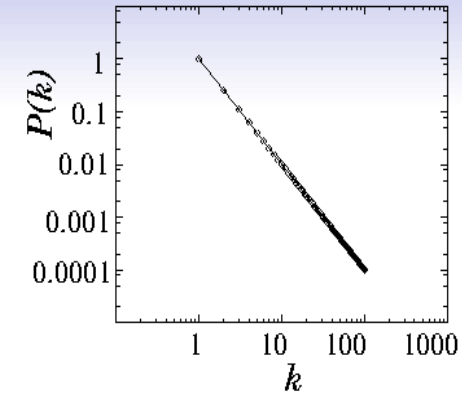
# La scoperta delle "Scale Free Networks"

Gaussiana



**Distribuzioni  
dei links**

Legge di Potenza

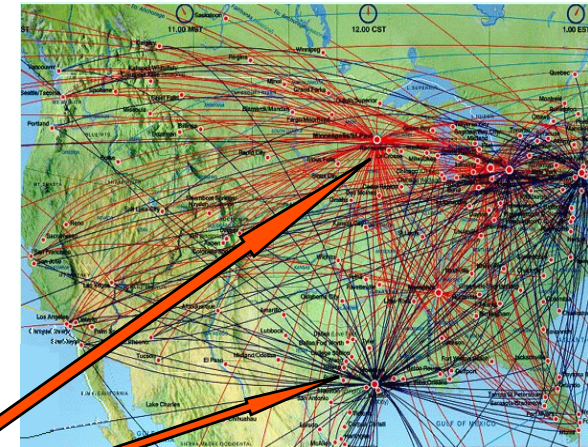


**Reti Egualitarie:  
hanno una scala  
caratteristica**



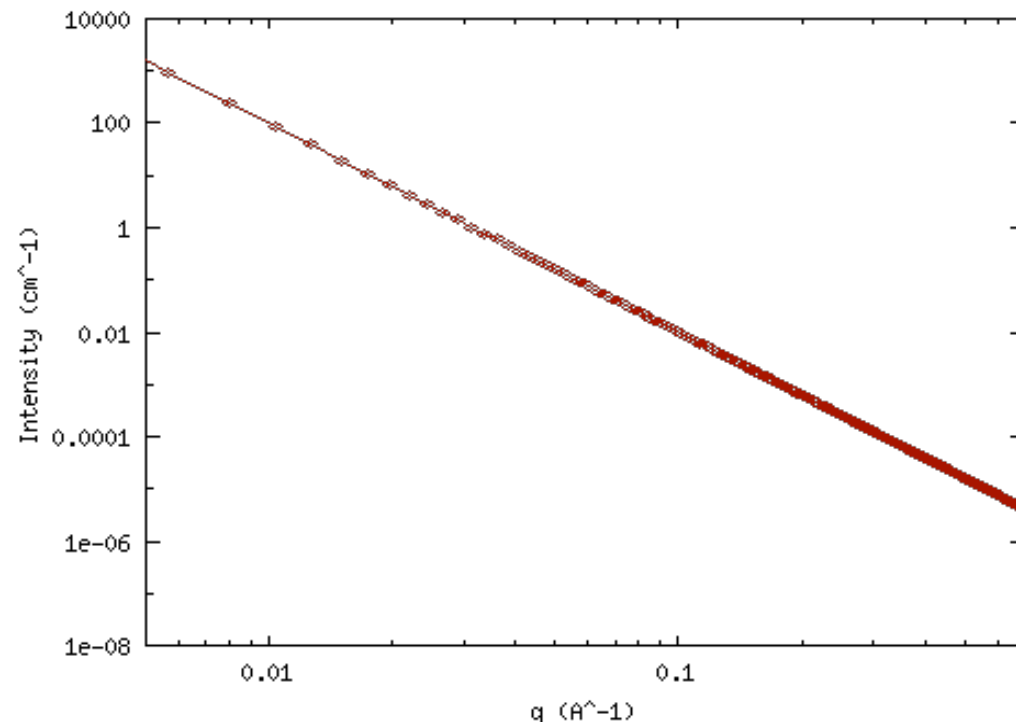
**A.L. Barabási  
(USA, 1999)**

**"hub", nodi  
iperconnessi**



**Reti Aristocratiche:  
sono prive di scala  
(scale free)**

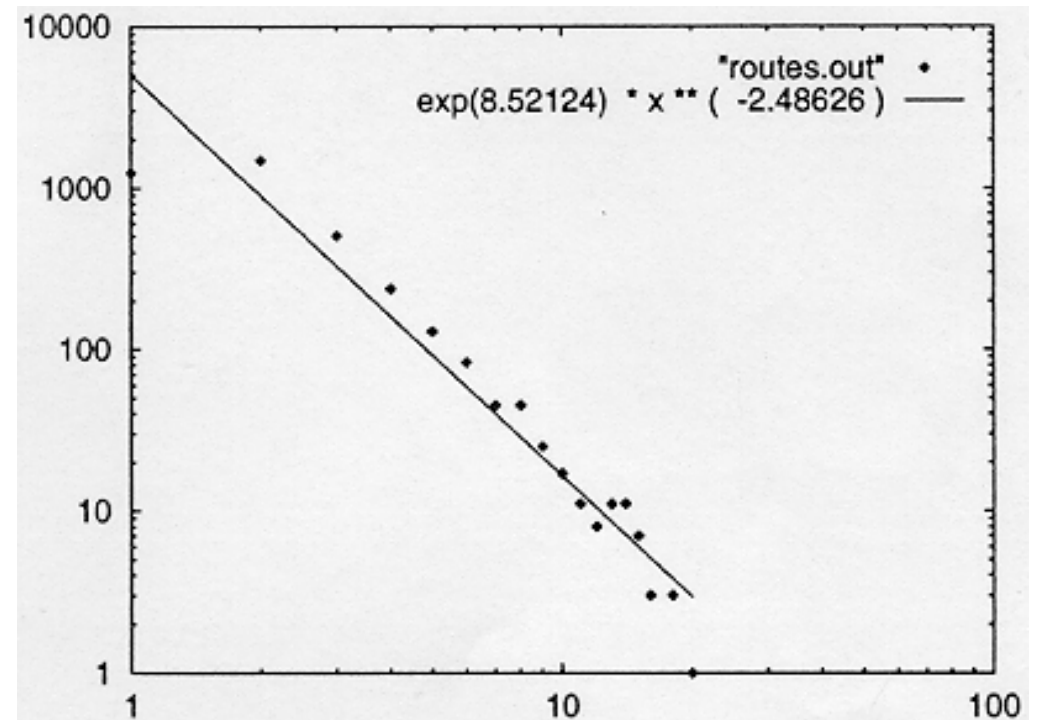
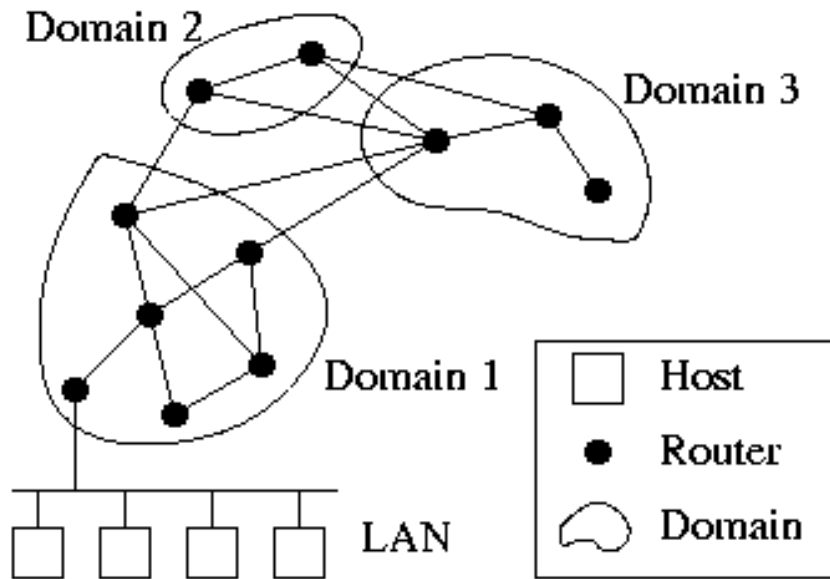
# Ubiquità delle Scale Free Networks



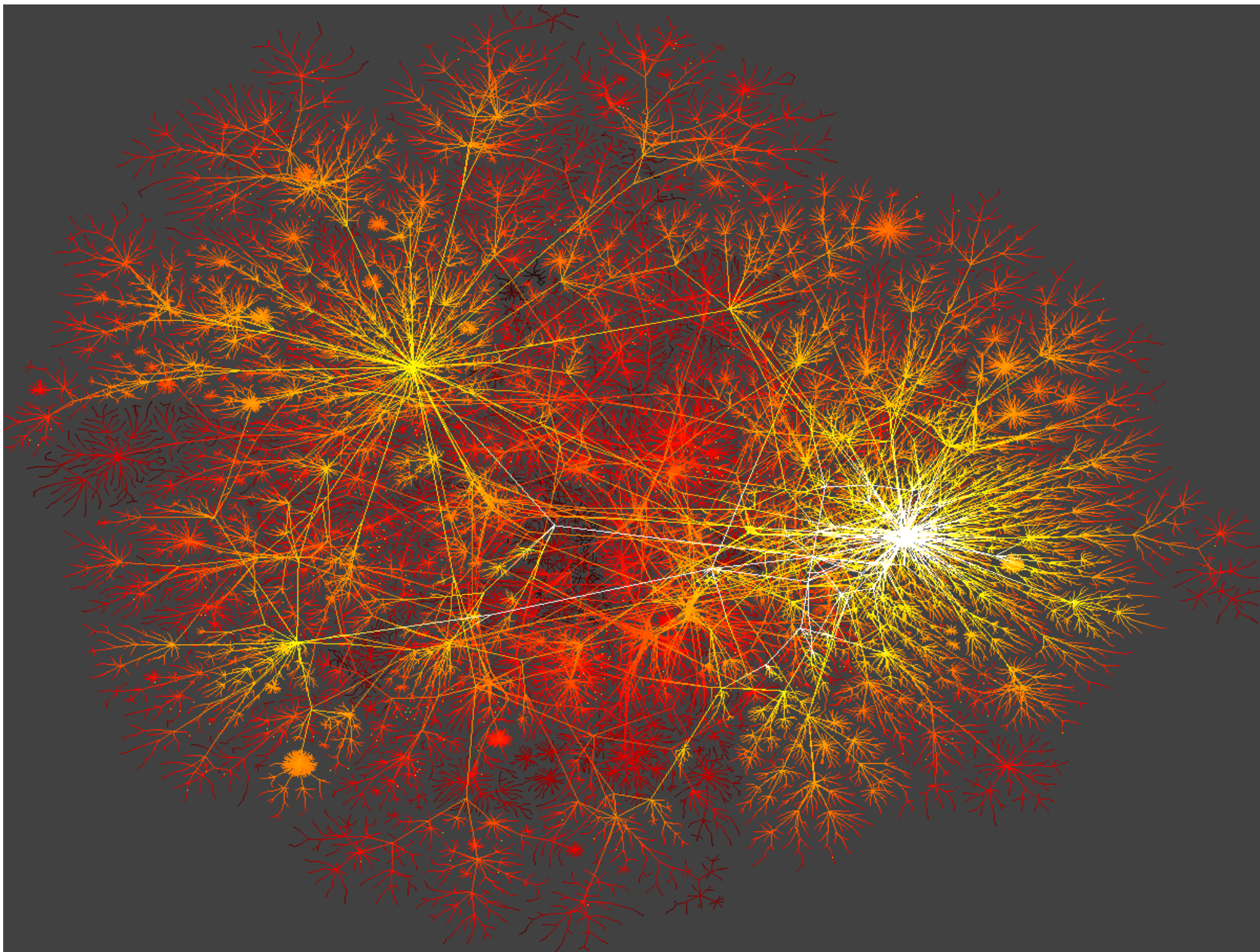
# INTERNET

Nodi: computers, routers

Links: linee di telecomunicazione



(Faloutsos, Faloutsos and Faloutsos, 1999)

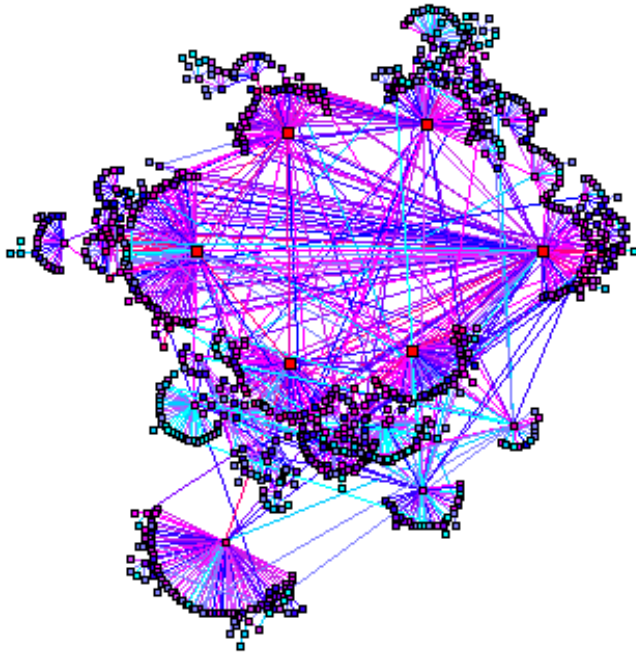


# World Wide Web

Nodes: WWW documents

Links: URL links

800 milioni di documenti  
(S. Lawrence, 1999)



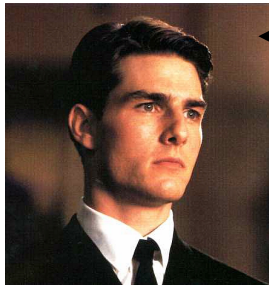
**ROBOT:** cerca tutti  
gli URL presenti in un  
documento e li esplora  
ricorsivamente

R. Albert, H. Jeong, A-L Barabasi, Nature, **401** 130 (1999)

# NETWORK DEGLI ATTORI

Nodi: attori

Links: film comuni



Days of Thunder (1990)  
Far and Away (1992)  
Eyes Wide Shut (1999)

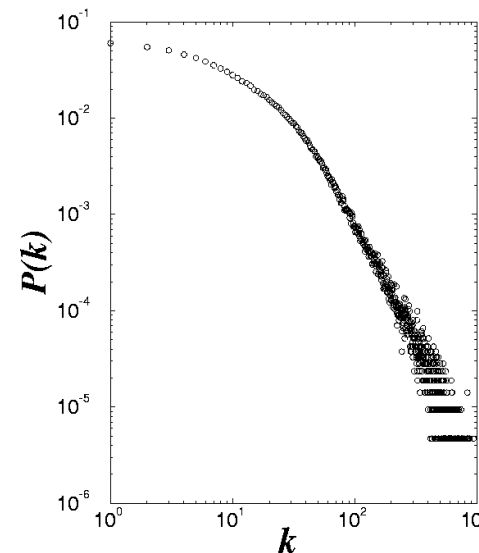


**$N = 212,250$  actors**

**$\langle k \rangle = 28.78$**

**$P(k) \sim k^{-\gamma}$**

**$\gamma = 2.3$**





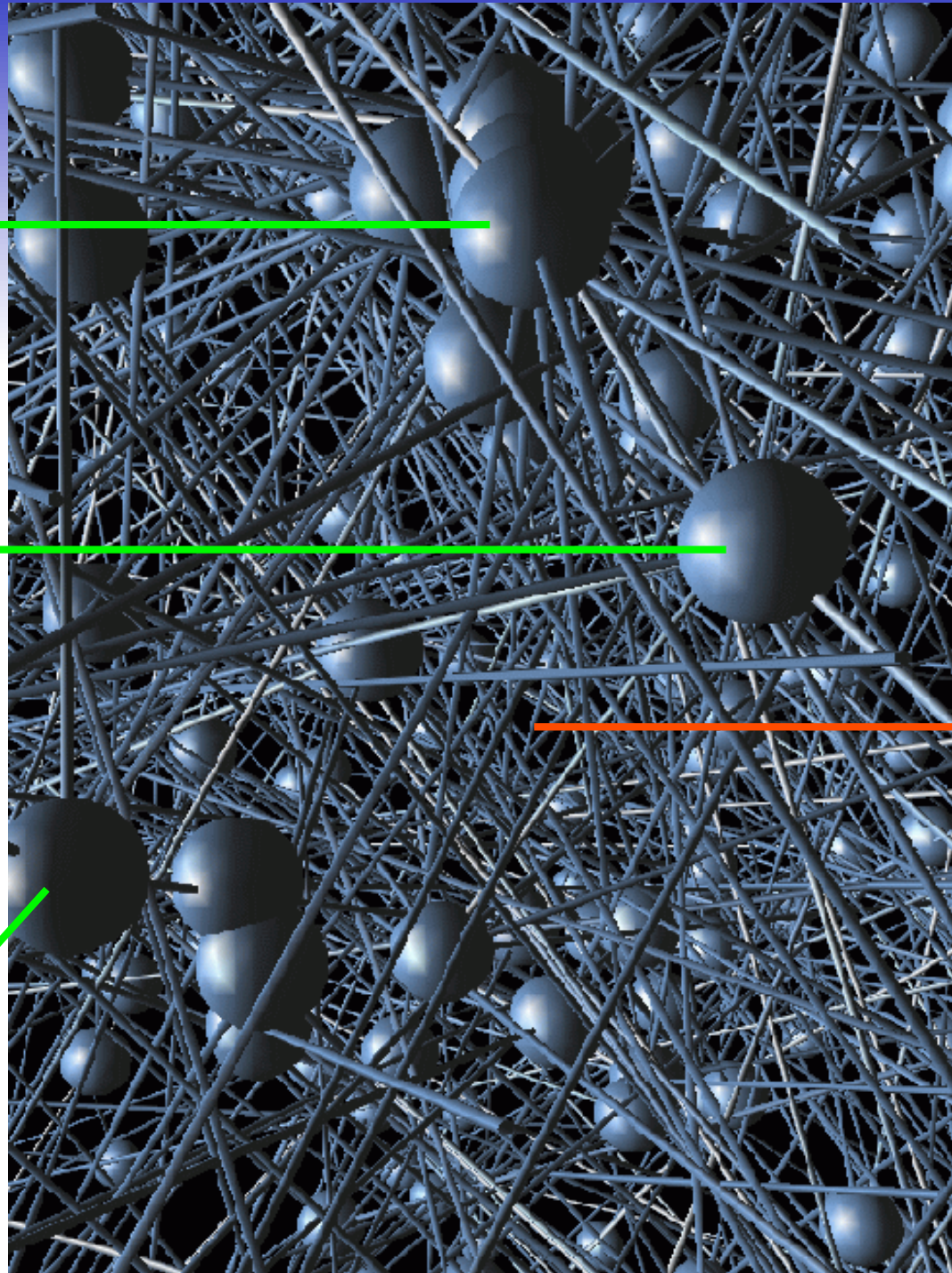
#1 Rod Steiger



#2 Donald Pleasence



#3 Martin Sheen



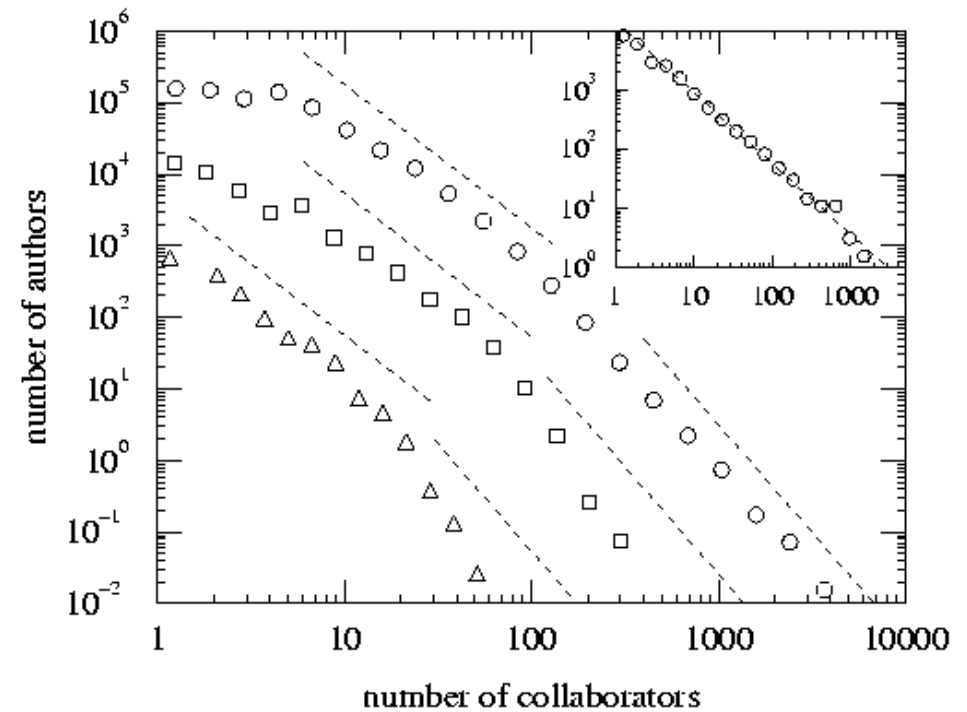
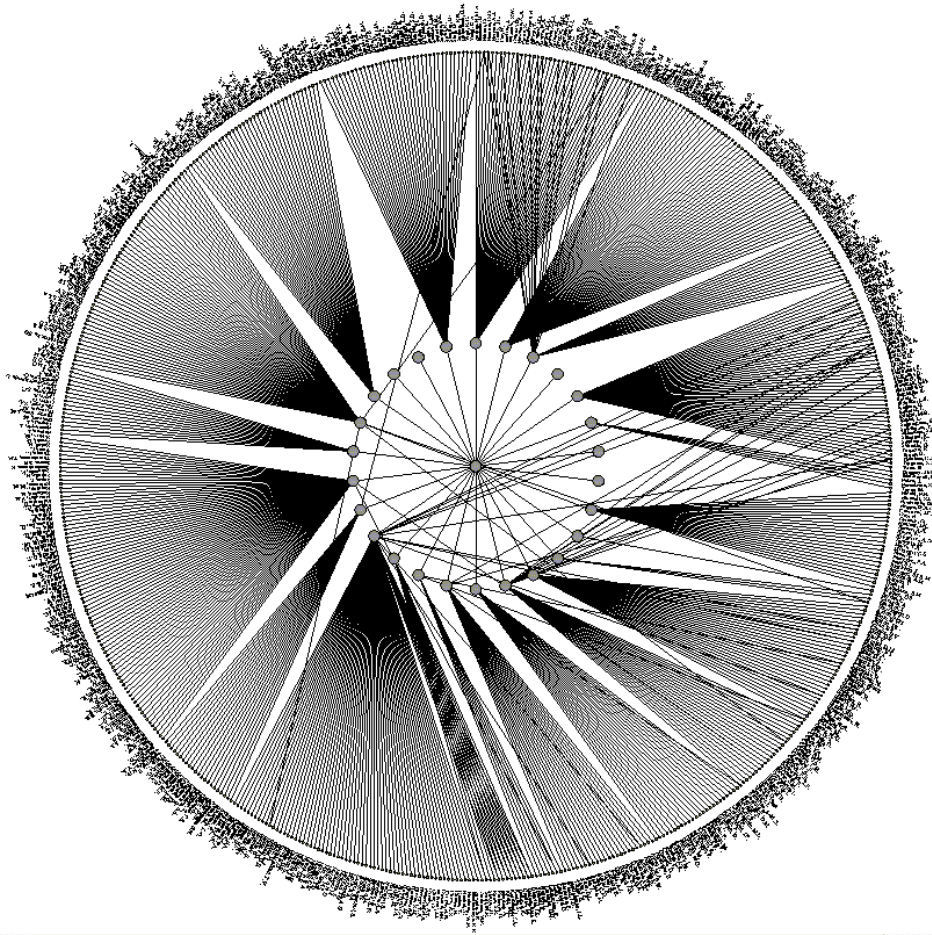
#876  
Kevin Bacon



# RETE delle COLLABORAZIONI SCIENTIFICHE

Nodi: scienziati (autori)

Links: articoli in comune

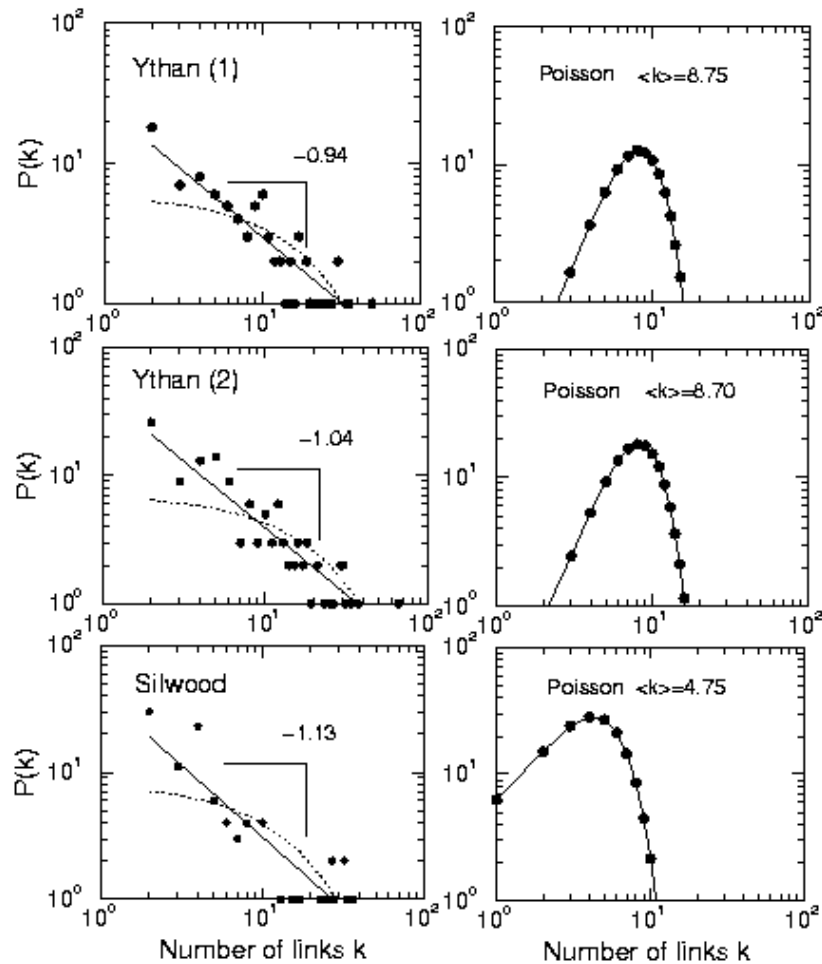


(Newman, 2000, H. Jeong et al 2001)

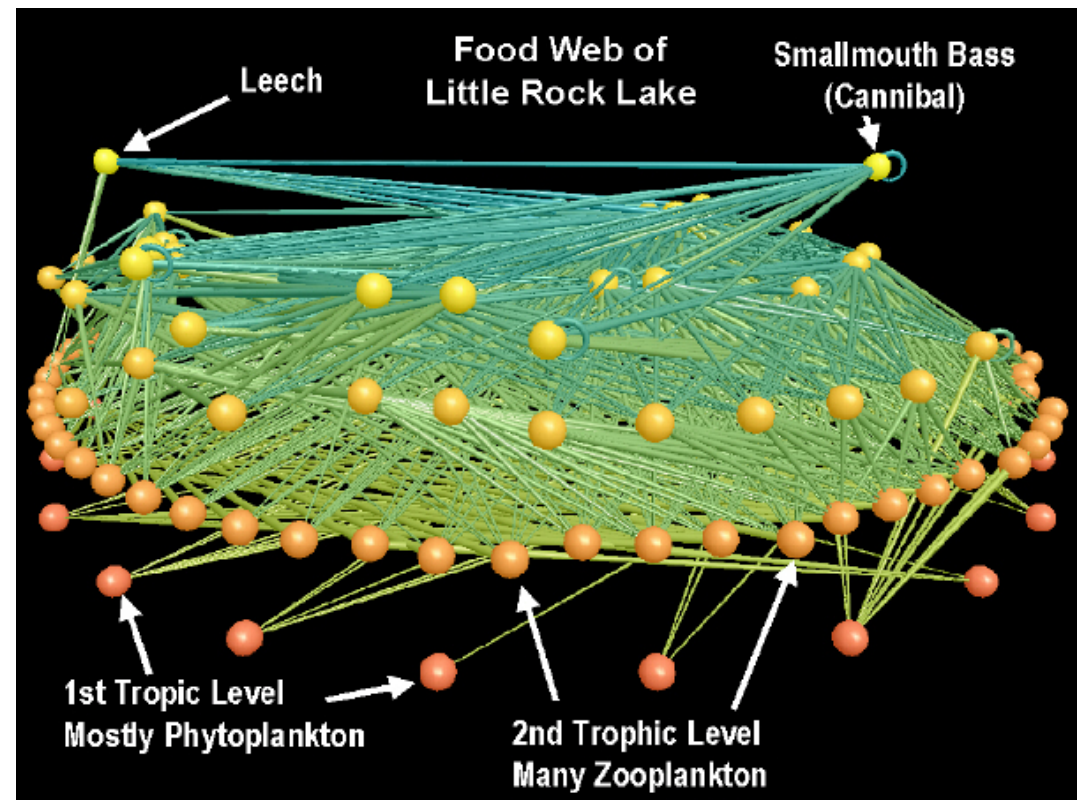
# RETI ALIMENTARI

Nodi: specie

Links: interazione preda-predatore



R. Sole (cond-mat/0011195)

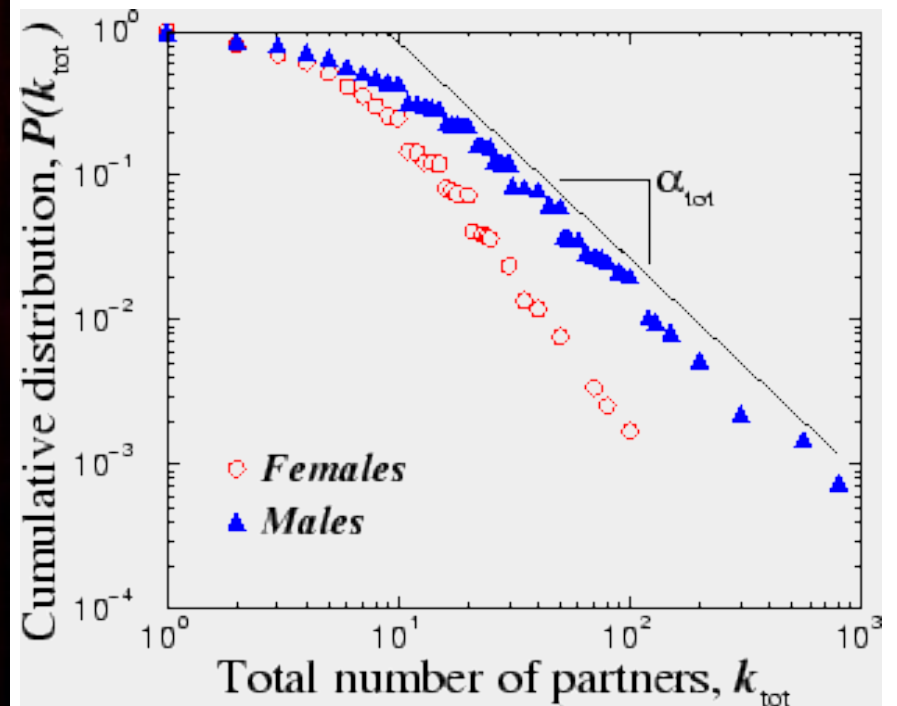


R.J. Williams, N.D. Martinez *Nature* (2000)

# RETI DI CONTATTI SESSUALI

**Nodi:** persone (femmine;maschi)

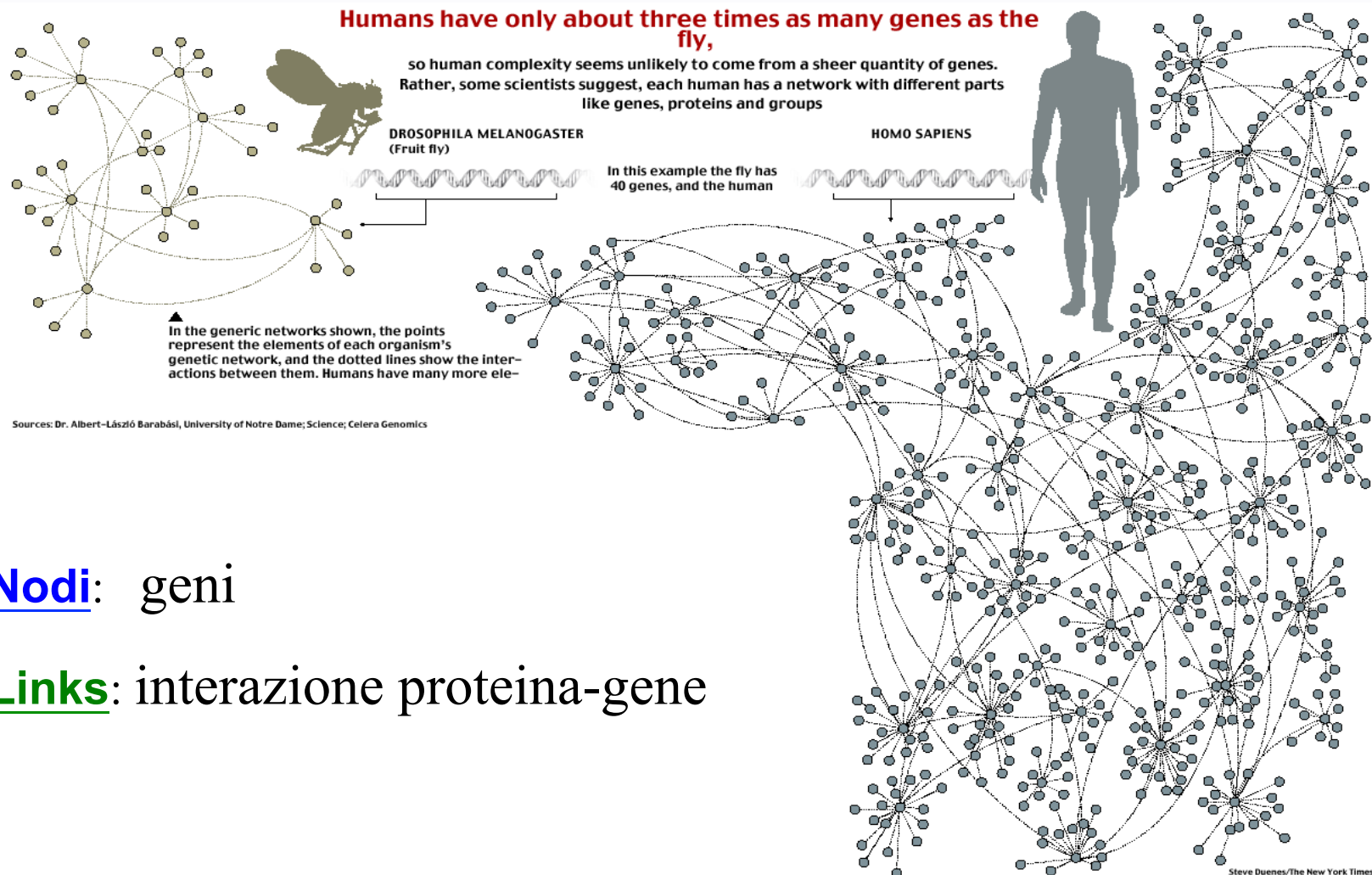
**Links:** relazioni sessuali



4781 Svedesi; 18-74;  
59% percentuale di risposta.

Liljeros et al. Nature 2001

# Reti geniche



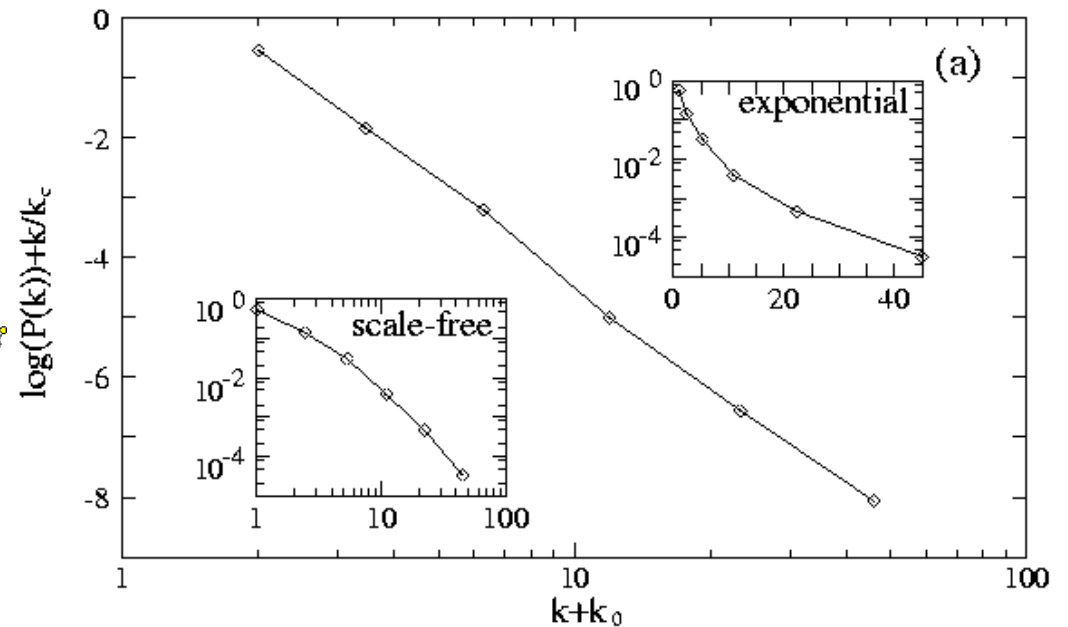
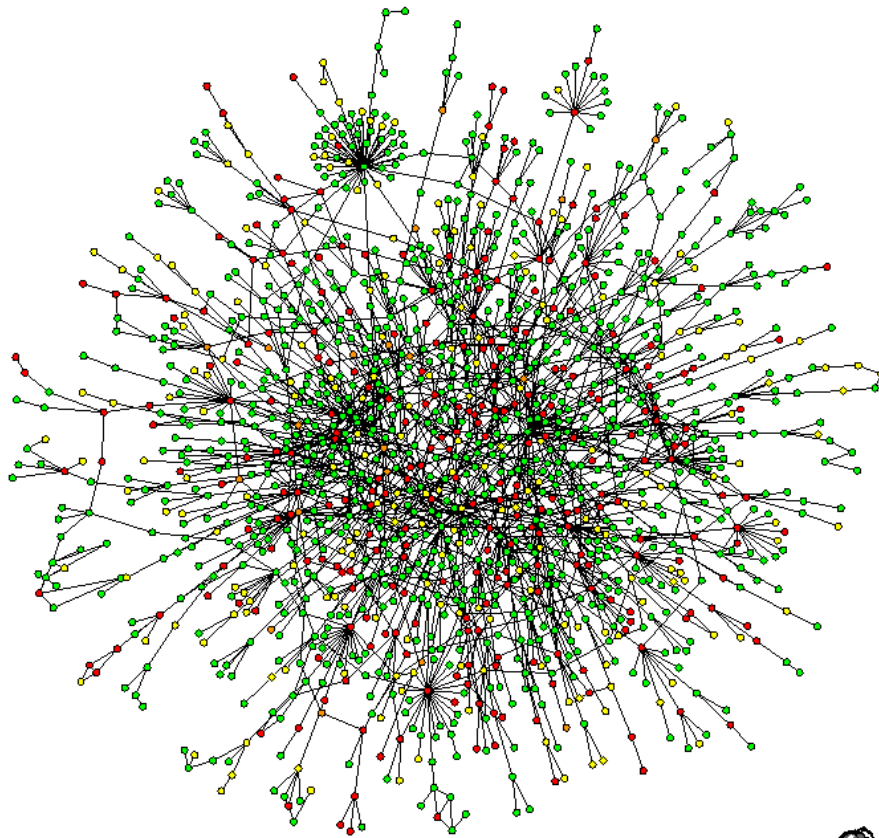
Nodi: geni

Links: interazione proteina-gene

# Reti di proteine

Nodi: proteine

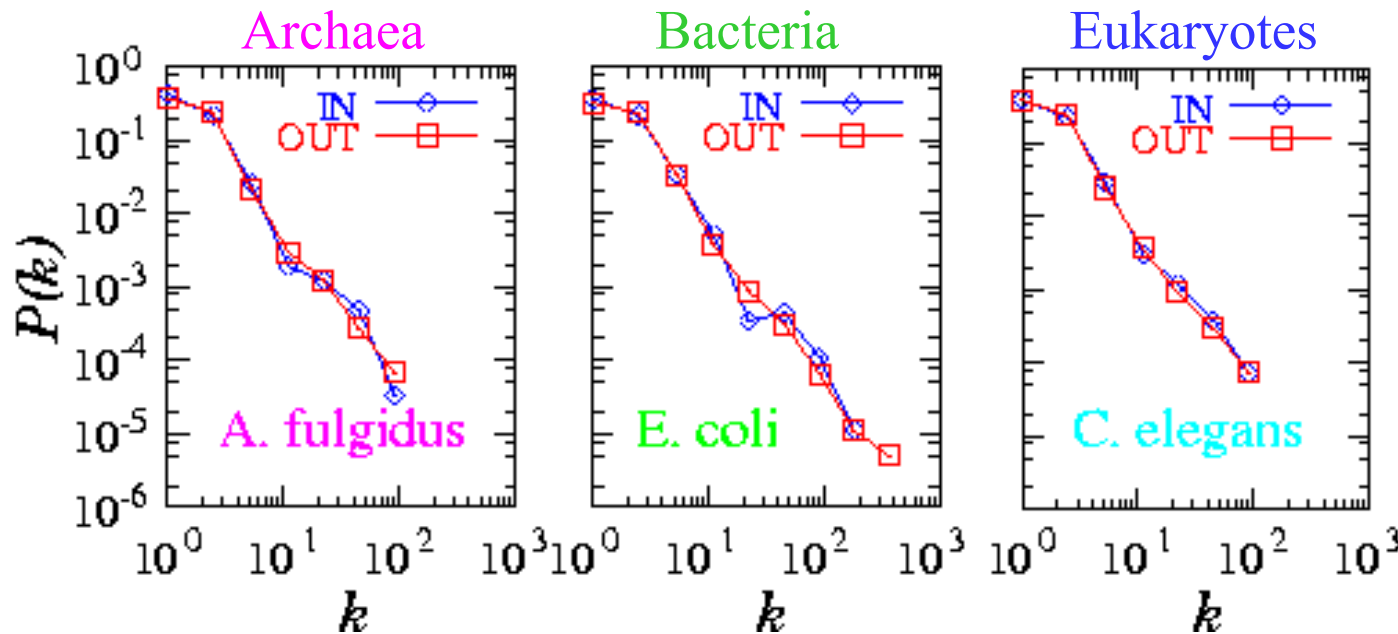
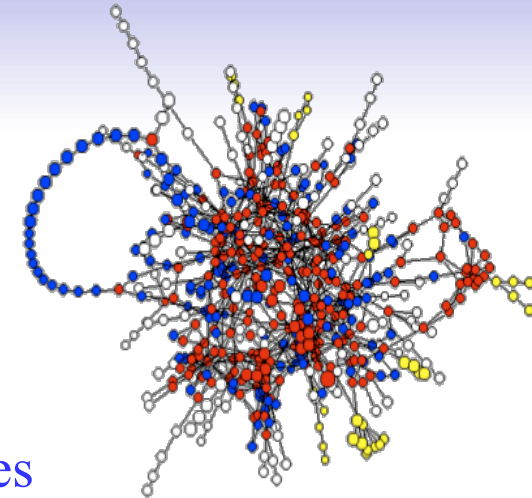
Links: interazioni proteina-proteina



H. Jeong, S.P. Mason, A.-L. Barabasi, Z.N. Oltvai, Nature 411, 41-42 (2001)

# Reti metaboliche

Nodi: molecole  
Links: reazioni biochimiche

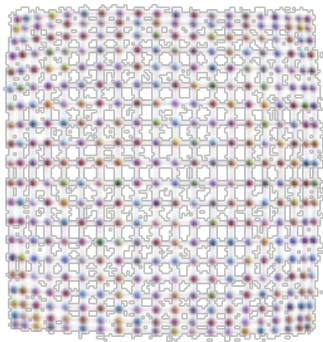


Le reti metaboliche degli organismi dei 3 domini della vita sono **scale-free** networks!

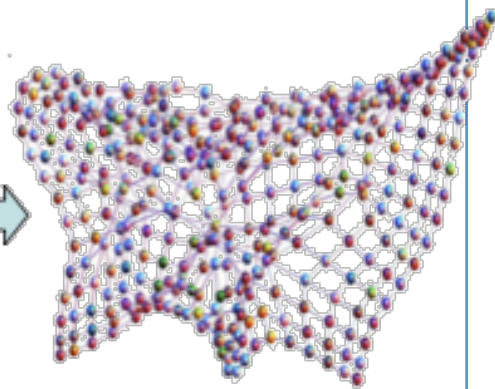
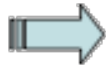
# Modello Small World dei Terremoti

Nodi: blocchi che simulano la crosta terrestre

Links: trasferimento di stress sismico

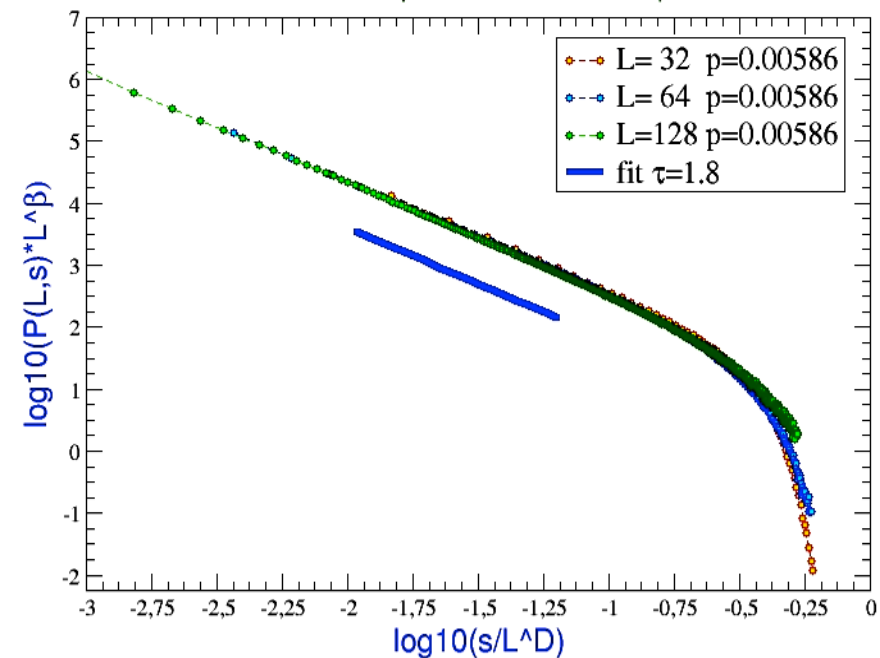


Reticolo  
di blocchi  
regolare



Reticolo  
di blocchi  
Small-World

Finite-size scaling for Dissipative OFC model on a Small World topology ( $\alpha=0.21$ )  
The critical exponents are  $D=2$  and  $\beta=3.6$

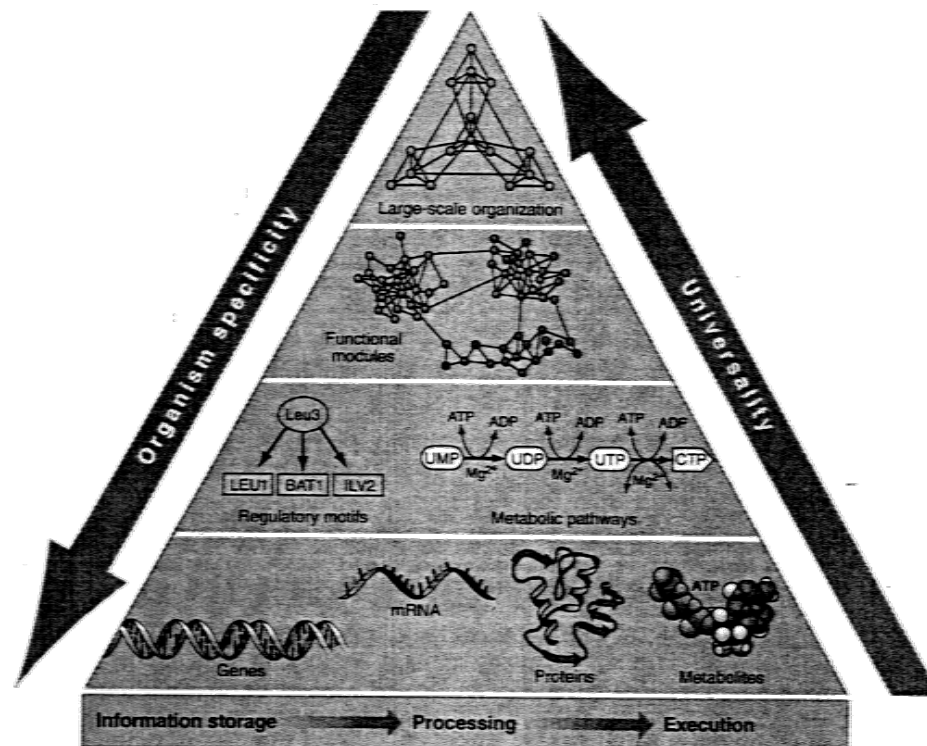


*F.Caruso, V.Latora, A.Pluchino, A.Rapisarda and B.Tadic, Eur. Phys. J. B 50 (2006) 243-247*

*F.Caruso, A.P., V.Latora, S.Vinciguerra, A.Rapisarda, Physical Review E 75 (2007) 055101(R)*

# Scale-free networks

Moltissimi sistemi del mondo reale presentano la stessa struttura: sono piccoli mondi privi di scala!

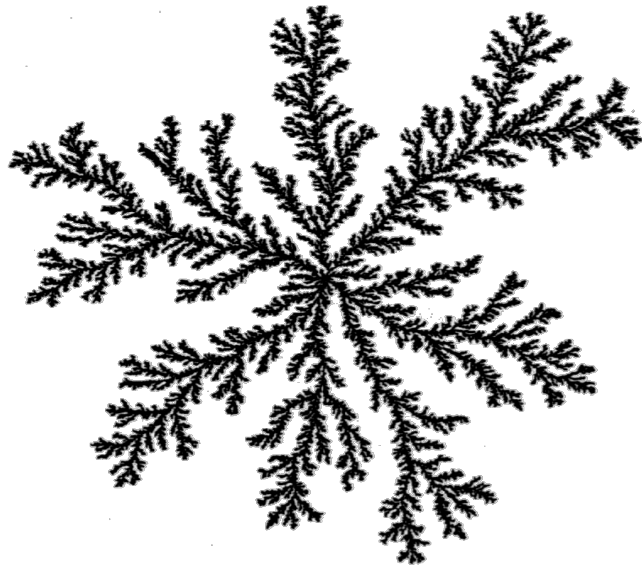


Ma **COME** si formano queste reti?

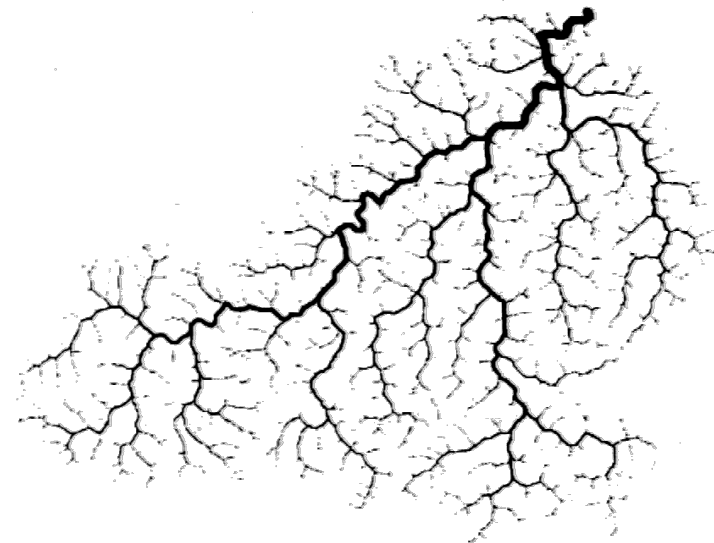
# Crescita delle reti complesse

In realtà il meccanismo è molto semplice ed è noto a tutti...

**I ricchi diventano sempre più ricchi!**



Aggregazione di molecole  
limitata dalla diffusione



Rete fluviale generata da  
un processo di erosione

**Con questa semplice regola si genera spontaneamente la legge di potenza nella distribuzione dei links!**

# Crescita delle reti complesse

## Attacco Preferenziale

I nodi ricchi di links diventano sempre più ricchi...

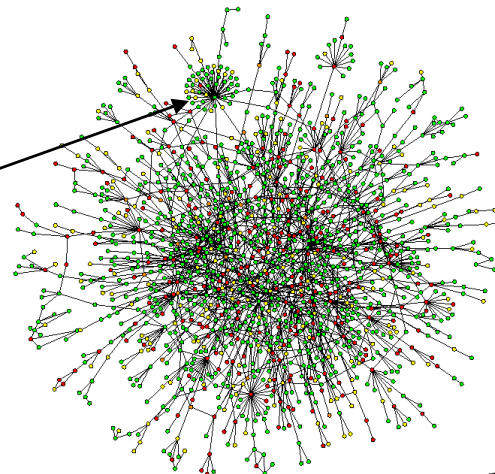
Se ci sono costi o  
limiti di carico

Se non c'è alcun costo  
o limite di carico



**Reti piccolo mondo  
egualitarie**

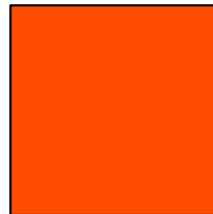
Si formano gli  
“hub”, ovvero nodi  
iperconnessi



**Reti piccolo mondo  
aristocratiche**

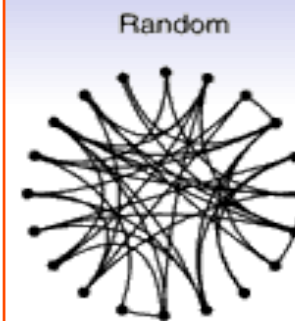
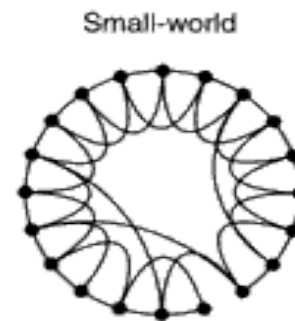
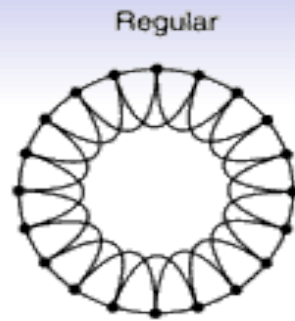


Ma **PERCHE'** la maggior parte dei sistemi complessi  
evolve *spontaneamente* in reti piccolo mondo?



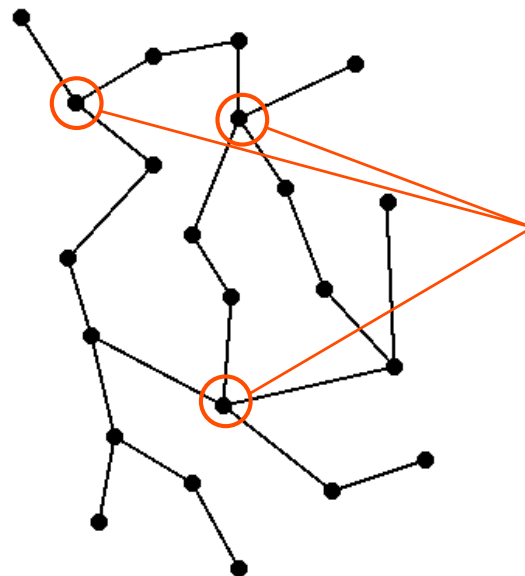
# Vantaggi delle reti piccolo mondo

**1. Maggiore efficienza nella circolazione della informazione**

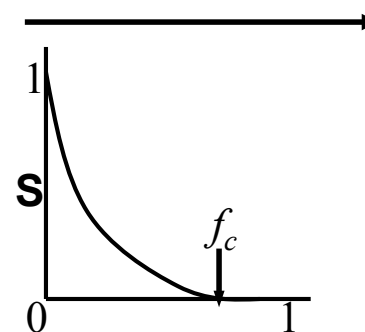


**La forza dei legami deboli!**

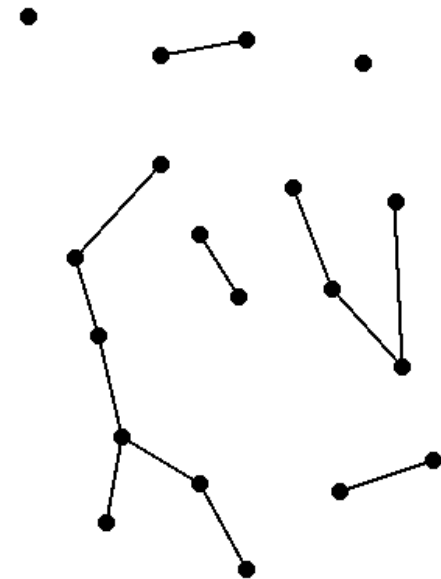
**2. Alta tolleranza agli errori, ai guasti casuali e agli attacchi non organizzati**



**node failure**



**Frazione di nodi eliminati,  $f$**



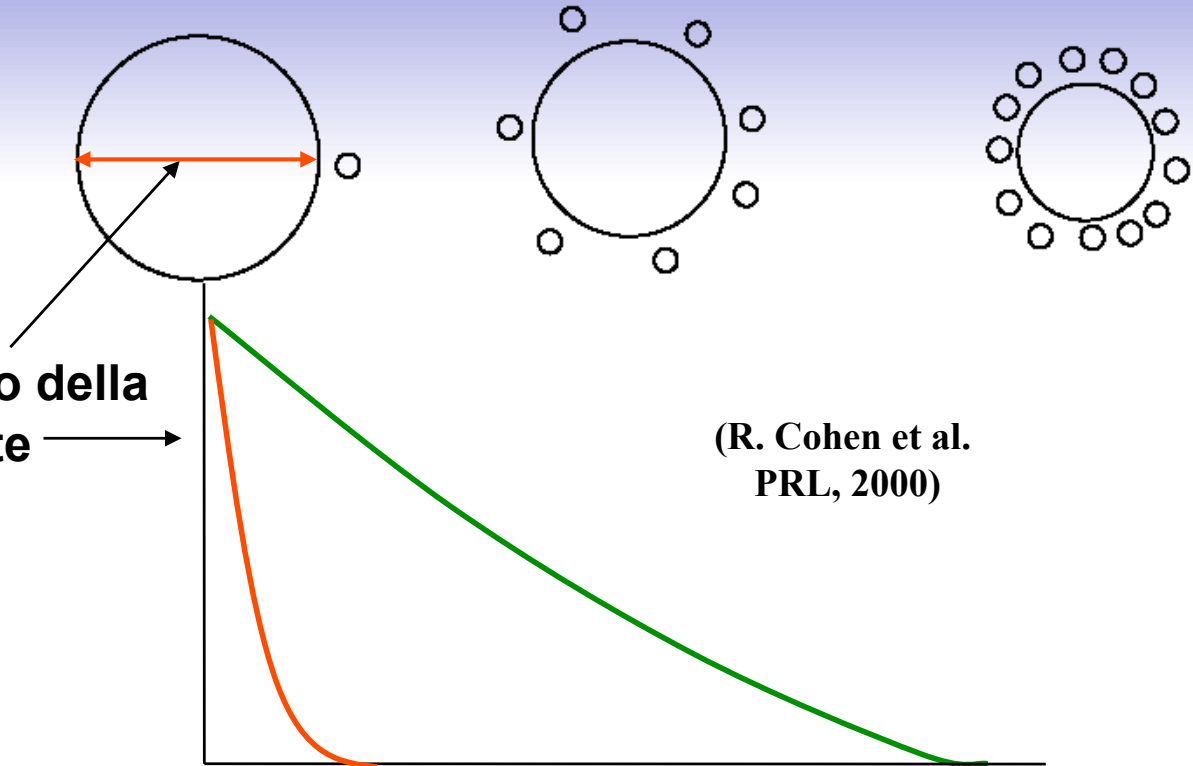
# Il tallone di Achille delle reti piccolo mondo

L'alta tolleranza agli errori o ai **GUASTI CASUALI** impedisce la frammentazione totale del sistema...

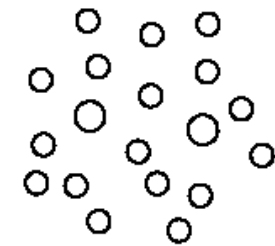
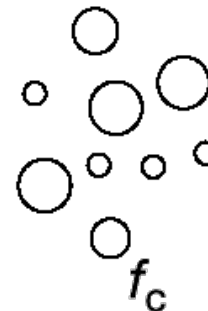
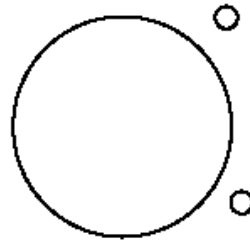
Diametro della Rete

ma...


... non è così per gli **ATTACCHI MIRATI** agli hub o ai legami deboli, che producono rapidamente la totale disgregazione del sistema!



$f_c$  = soglia critica di hub distrutti



Frammentazione totale!



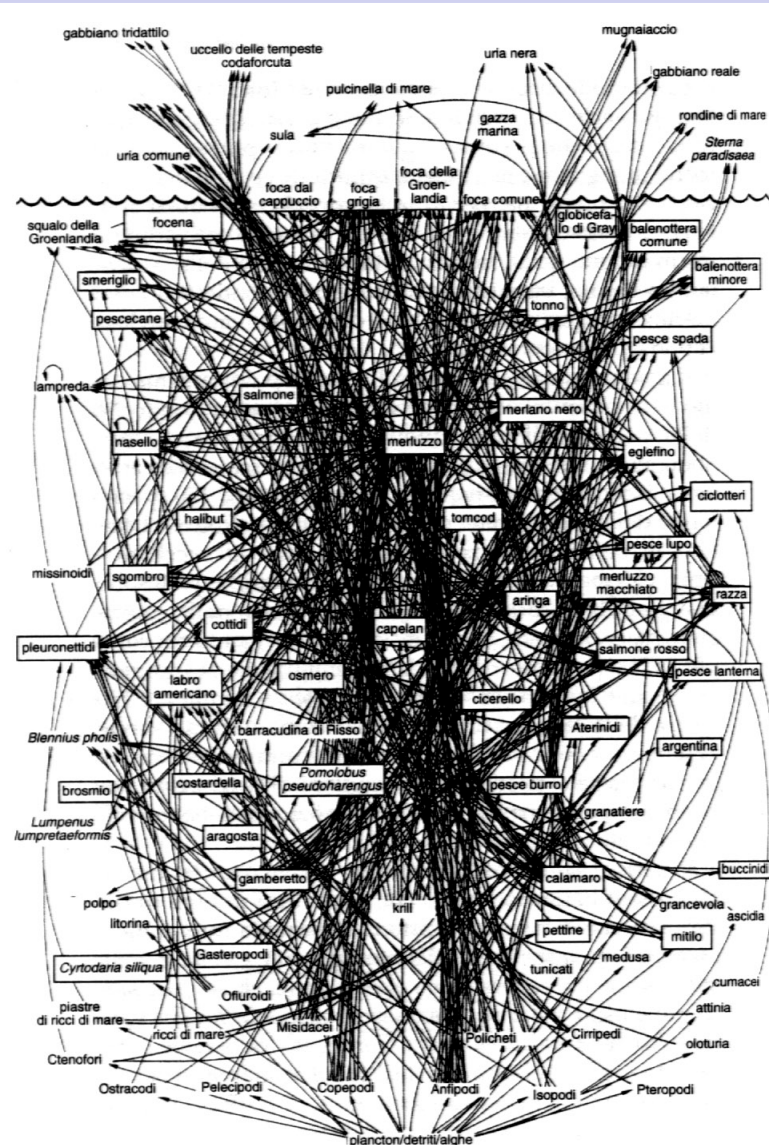
# Effetti collaterali in un mondo di Reti Complesse



# Esempio 1: ecosistemi

A metà degli anni '80 i merluzzi dell'Atlantico nordoccidentale cominciarono a scarseggiare...

...e siccome le foche della Groenlandia si nutrono di merluzzi, il governo Canadese pensò di risolvere il problema sterminando per diversi anni milioni di foche!



Ma la rete alimentare nord atlantica è un sistema "scale free" formato da 150 specie diverse che interagiscono in modo complesso e non lineare!

Una alterazione del numero delle foche diede luogo a decine di catene di retroazioni il cui effetto finale fu di ridurre ulteriormente il numero di merluzzi!

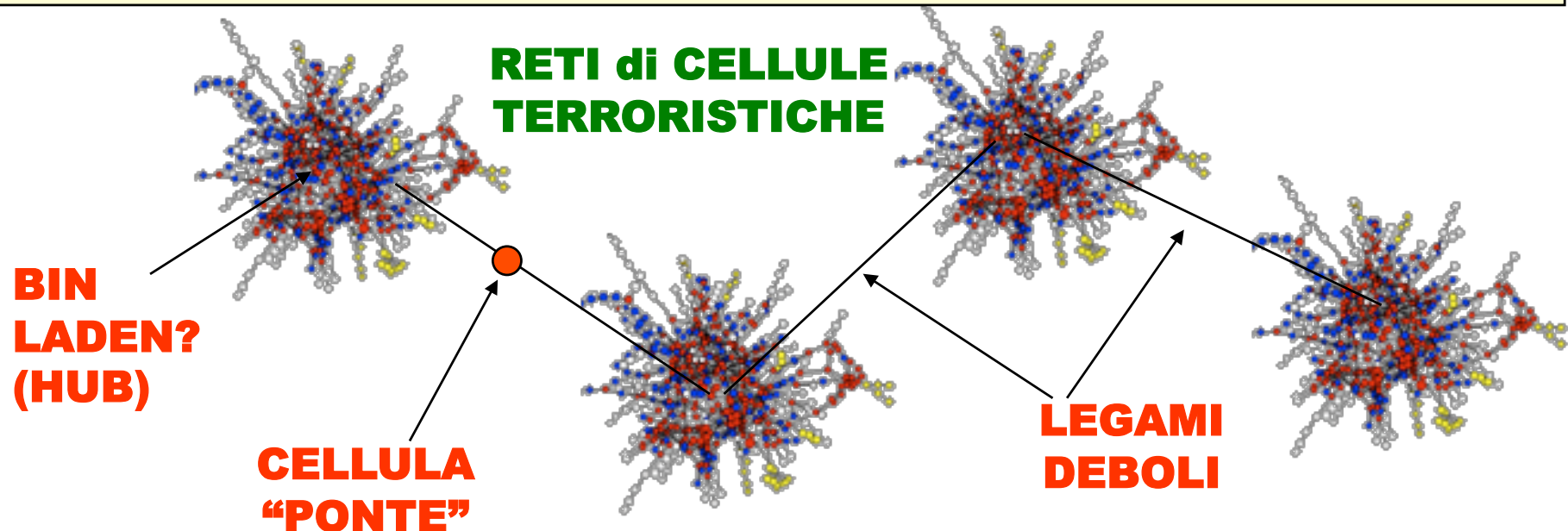


## Esempio 2: attacchi terroristici

COME PUTROPPO SAPPIAMO, ATTACCHI TERRORISTICI MIRATI AGLI HUB DELLE NOSTRE RETI SOCIALI, ECONOMICHE ED INFORMATICHE POSSONO PRODURRE GRAVISSIME CONSEGUENZE...



D'altra parte la conoscenza delle proprietà strutturali delle reti piccolo mondo potrebbe aiutarci nel tentativo di neutralizzare le reti di **cellule terroristiche decentralizzate** tipo Al Qaida. In questo senso aver eliminato Bin Laden potrebbe essere stato inutile, mentre per disgregare il sistema potrebbe essere più efficace agire sulle cellule ponte.

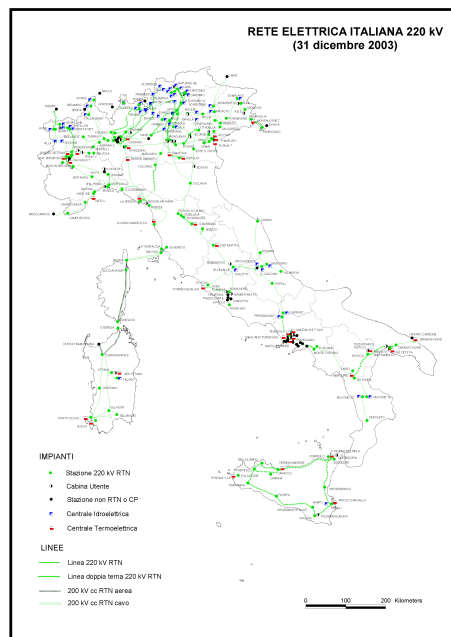


# Esempio 3: rischi di black-out

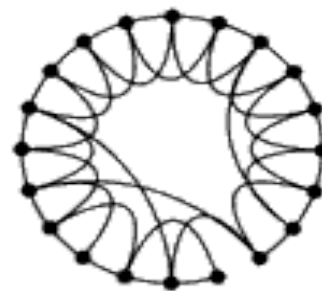
## LA STRUTTURA DI PICCOLO MONDO DELLE RETI ELETTRICHE CI ESPONE A RISCHI DI BLACK-OUT

Le reti elettriche, come sappiamo, sono egualitarie e non hanno HUB ma i loro legami deboli le espongono comunque a rischi di black-out totali (come è accaduto nel 2003 sia negli Stati Uniti – ad Agosto - che in Italia – a Settembre).

### RETE ELETTRICA ITALIANA



Small-world



### RETE ELETTRICA DEGLI STATI UNITI



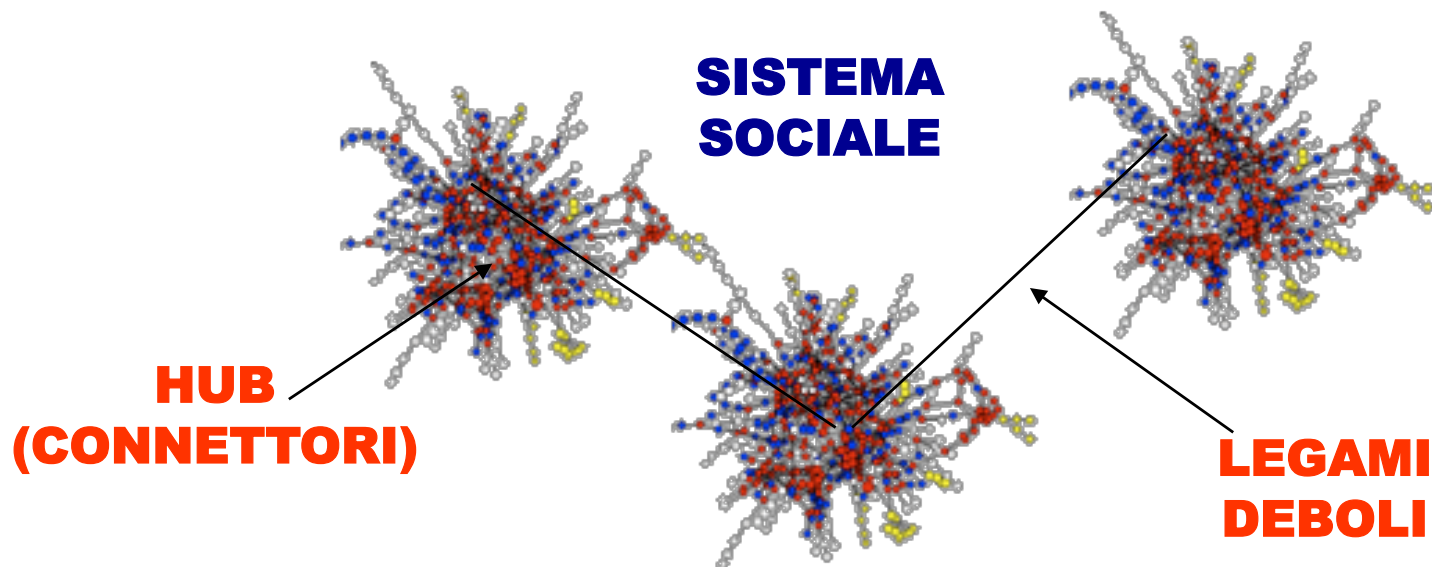
# Esempio 4: diffusione di epidemie

## SOGLIE CRITICHE NELLA ESPLOSIONE DELLE EPIDEMIE INFETTIVE E NELLA DIFFUSIONE DELLE MODE E DEI VIRUS INFORMATICI

**RETI REGOLARI:** L'epidemia rimane circoscritta a causa della mancanza di connettori e di legami deboli (“**gruppi chiave**”).

**RETI EGUALITARIE:** Esiste una soglia critica nella percentuale di legami deboli di lunga distanza, oltre la quale l'epidemia si espande senza controllo (*Zanette - 2001*)

**RETI ARISTOCRATICHE:** La presenza di hubs azzerava la soglia critica: quindi le malattie e i virus si diffondono *in ogni caso!* (*Vespignani-Pastor Satorras - 2001*)



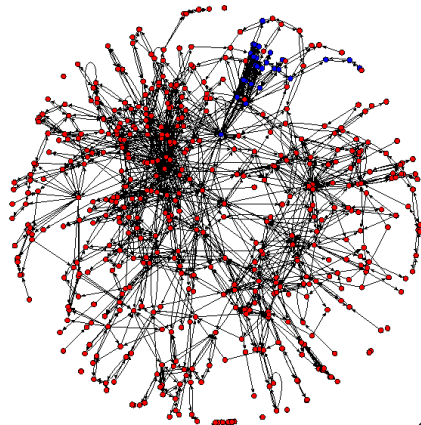
# Esempio 5: ripercussioni sull'economia

## L'INEVITABILITA' DELLA LEGGE DI PARETO E DELLA SPEREQUAZIONE DELLA RICCHEZZA

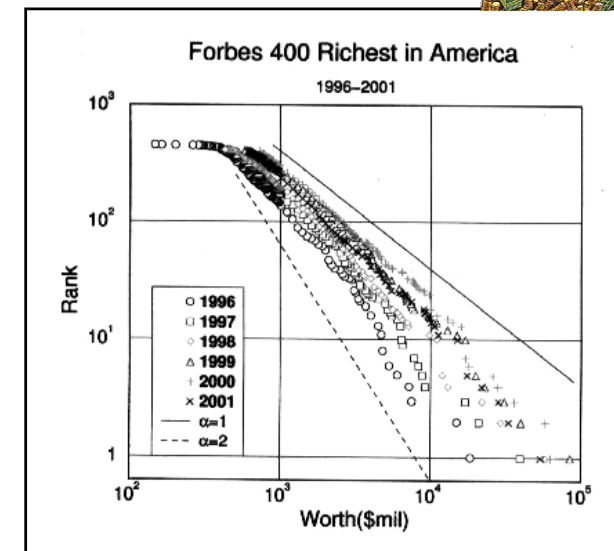
Il ricco diventa *veramente* sempre più ricco! La sperequazione non dipende dalle capacità o dal talento nel “far soldi” dei singoli individui ma solo dall'**irregolarità dei “ritorni di investimento”** ed emerge spontaneamente e automaticamente come caratteristica organizzativa della rete: la ricchezza tende a **“superconcentrarsi”** nelle mani di pochissimi individui (Bouchaud-Mezard-2001)



### RETE DELLA RICCHEZZA

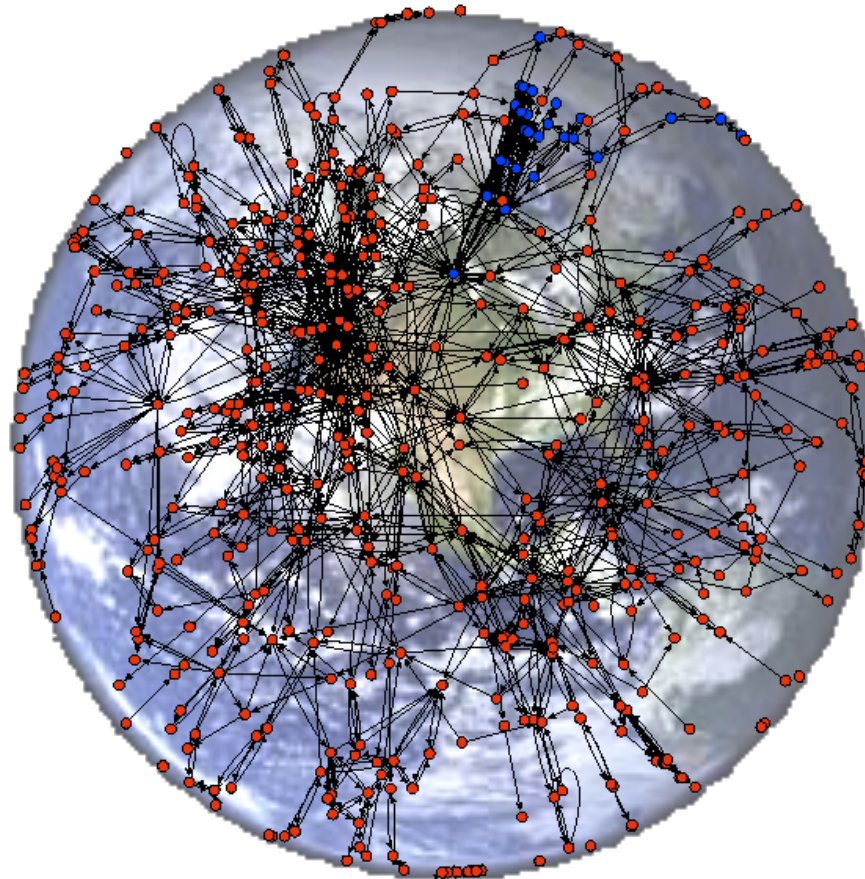


**Vilfredo Pareto (1897)**

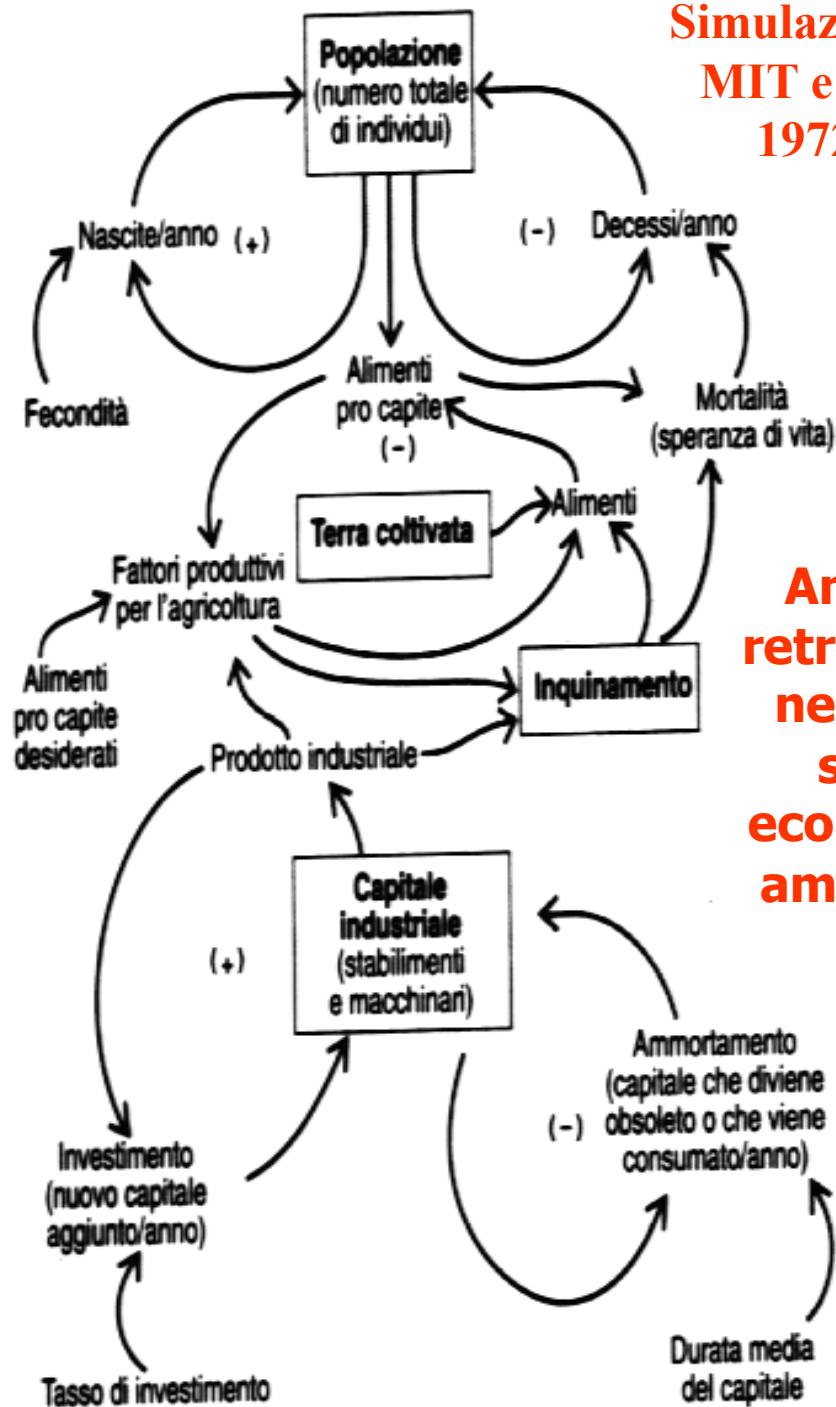


## Esempio 6: ripercussioni planetarie

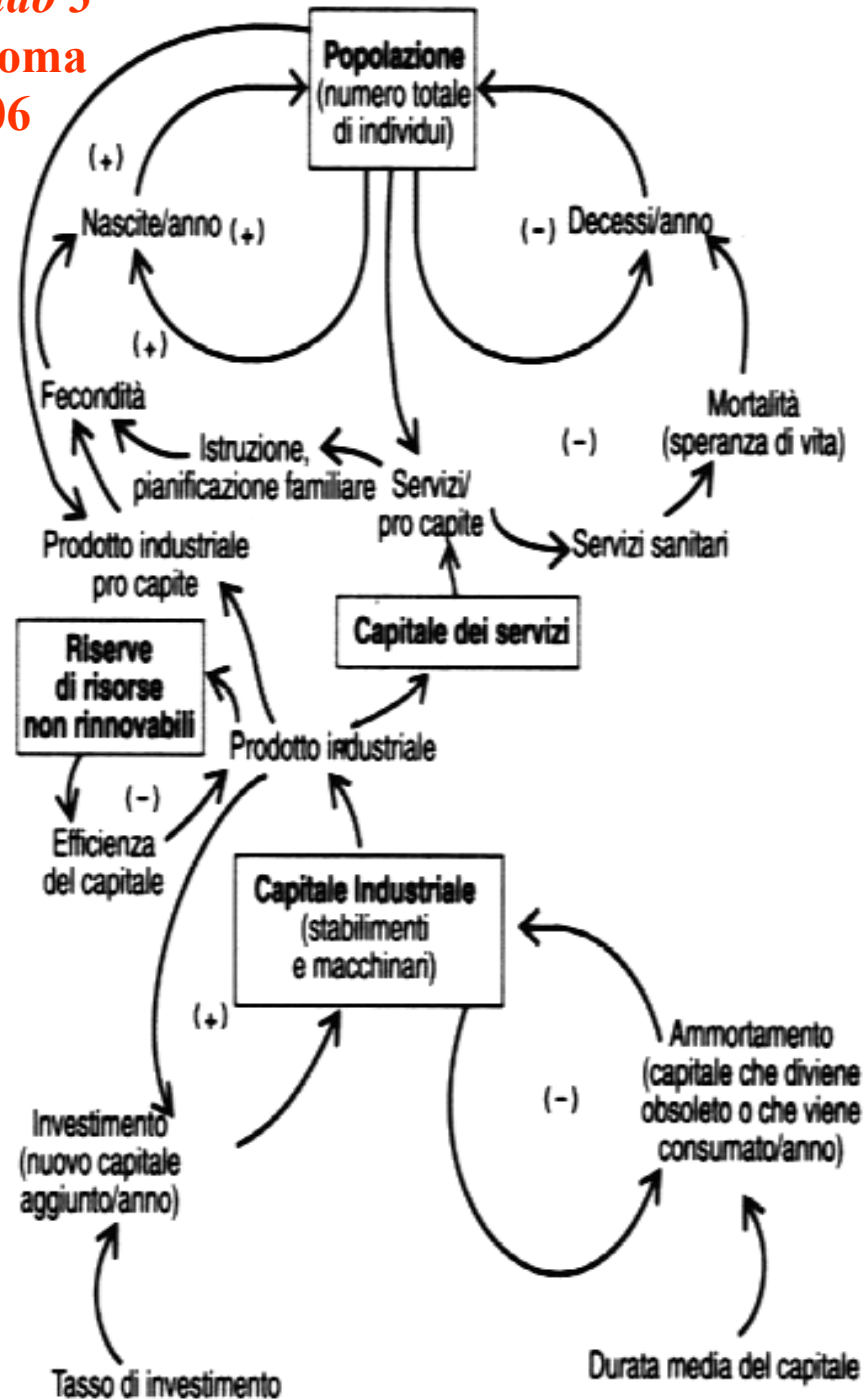
**NEGLI ULTIMI DECENNI IL SISTEMA SOCIO-ECONOMICO GLOBALE DEL PIANETA HA RAGGIUNTO UNA COMPLESSITA' ENORME E SI E' TRASFORMATO IN UN'UNICA GRANDE RETE GLOBALE...**



**Simulazione "Mondo 3"**  
**MIT e Club di Roma**  
**1972-1992-2006**



**Anelli di retroazione nelle reti socio-economico-ambientali**



# Ci stiamo avvicinando a una soglia critica?

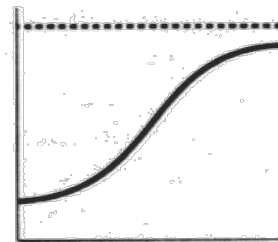


Se si tiene conto delle risorse disponibili, esistono quattro possibili modi di avvicinamento della popolazione mondiale alla **capacità di carico** del pianeta:

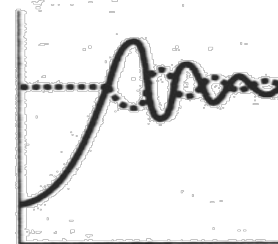
(Simulazioni "Mondo 3" - MIT e Club di Roma 1972-1992-2006)



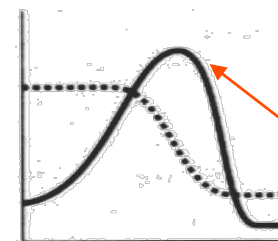
- Si ha crescita continua se*
- i limiti fisici sono molto lontani;
  - oppure*
  - i limiti fisici crescono anch'essi con andamento esponenziale.



- Si ha crescita sigmoide se*
- i segnali provenienti dai limiti fisici sono precisi, istantanei e hanno risposte immediate;
  - oppure*
  - la popolazione o l'economia si limitano senza bisogno di segnali dall'esterno.



- Si ha superamento e oscillazioni se*
- i segnali o le risposte sono ritardati;
  - oppure*
  - i limiti non possono essere erosi o sono in grado di recuperare presto gli effetti dell'erosione.

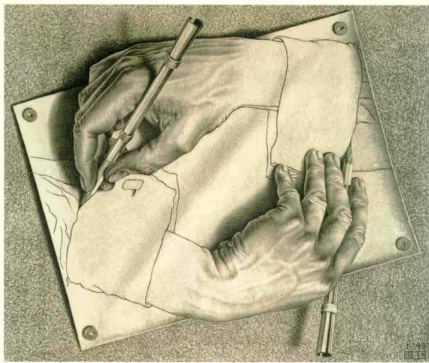


**SOGLIA CRITICA?**

- Si ha superamento e collasso se*
- i segnali o le risposte sono ritardati;
  - oppure*
  - i limiti possono essere erosi (subire una degradazione irreversibile quando vengono superati)

# In conclusione: quale futuro ci attende?

Lo scopo della Scienza è sempre consistito nello “*scoprire una significativa semplicità in mezzo a una complessità disordinata*” (H.Simon)



## IL PARADOSSO DELLA COMPLESSITA'

Oggi la nuova **Scienza della Complessità** si basa sulla percezione che il mondo è per molti versi **più semplice** di quanto non appaia!

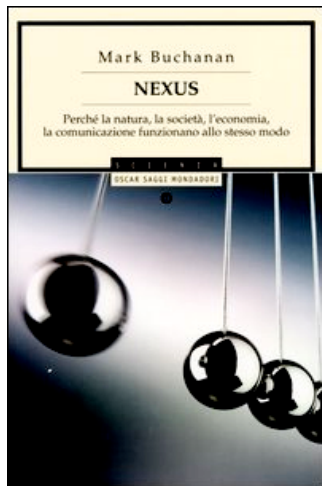
**Per comprendere il mondo, ma soprattutto per cercare di migliorarlo e di evitare il peggio, bisogna però cambiare prospettiva e pensare in termini di reti complesse...**



...ricordando che, in definitiva, il destino del nostro “**piccolo mondo**” è solo nelle nostre mani...

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE E LA PAZIENZA!

## 2 Saggi divulgativi sulle Reti Complesse



**Mark Buchanan**

*“Nexus. Perché la natura, la società, l'economia, la comunicazione funzionano allo stesso modo”*

**Oscar Saggi Mondadori**



**Fritjof Capra**

*“La Rete della Vita. Una nuova visione della natura e della scienza”*

**SuperBUR, Collana Scienza**