



# Un prologo ai Sistemi Distribuiti



Corso di Laurea in Informatica, Programmazione Distribuita  
Delfina Malandrino, [dmalandrino@unisa.it](mailto:dmalandrino@unisa.it)  
<http://www.unisa.it/docenti/delfinamalandrino>

## Organizzazione della lezione

2

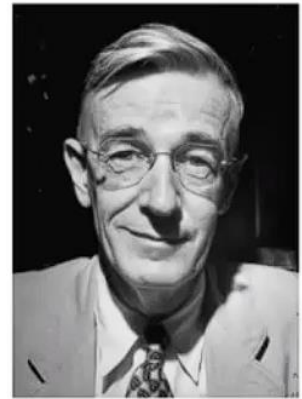
- Visioni del futuro . . . dal passato
- I Sistemi Distribuiti . . .
  - ▣ ... Perché?
  - ▣ Come si caratterizzano?
- Conclusioni

# Vannevar Bush (1945)

## La sua visione

4

- Coordina la ricerca militare USA dell'epoca
  - ▣ progetto Manhattan (bomba atomica)
  - ▣ progetto per ENIAC: primo calcolatore elettronico
- Su Atlantic Monthly, scrive "As we may think"
- Dall'esperienza fatta sorge la necessità di organizzare le informazioni in maniera più produttiva
  - ▣ Precursore degli ipertesti



# Vannevar Bush (1945)

## La sua tesi

5

- "Siamo alle soglie di una nuova era: l'era delle informazioni"
- "Dobbiamo trovare una maniera per facilitare l'accesso e l'organizzazione delle informazioni in maniera più intuitiva"
- Presenta il "Memex" per mettere in relazione informazioni in maniera simile al cervello umano

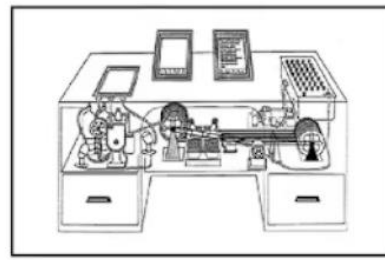


# Vannevar Bush (1945)

## La sua tesi

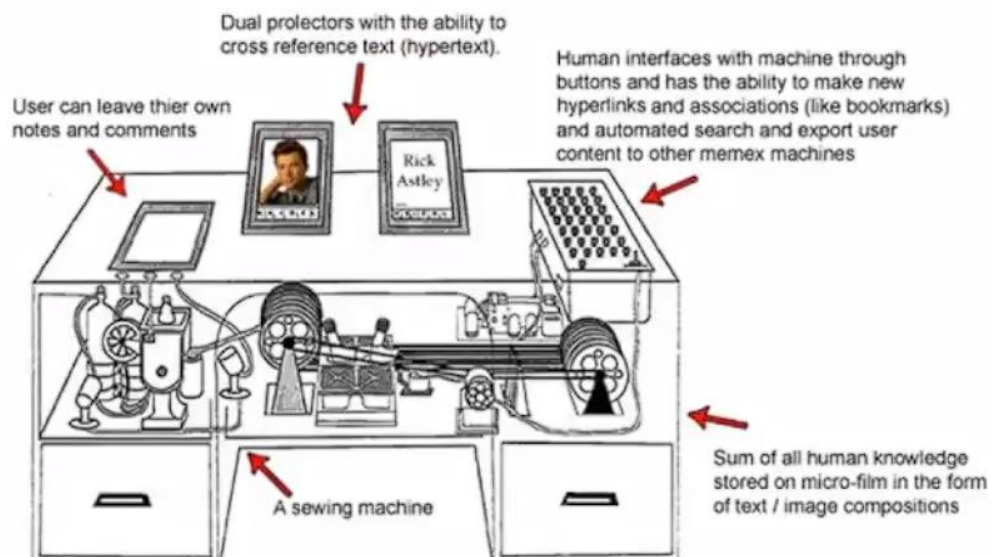
6

- Memex: Il primo ipertesto!
- Organizzato come un **sistema distribuito**:
  - ▣ "It consists of a desk, and while it can presumably be operated from a distance, it is primarily the piece of furniture at which he works."
  - ▣ "mesh of associative trails [ . . . ] ready to be dropped into the memex"
  - ▣ "a device in which an individual stores all his books, records, and communications, and which is mechanised so that it may be consulted with exceeding speed and flexibility"



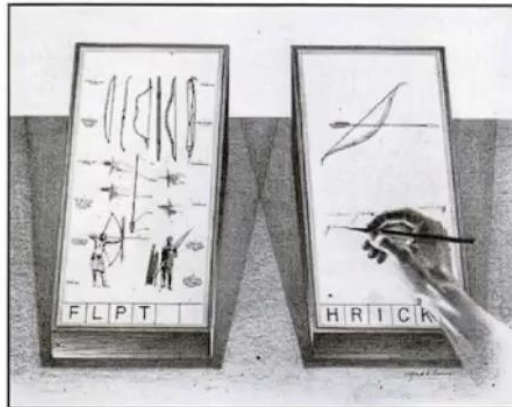
# Vannevar Bush (1945)

## Come sarebbe apparso il Memex



# Vannevar Bush (1945)

Alcune altre visioni



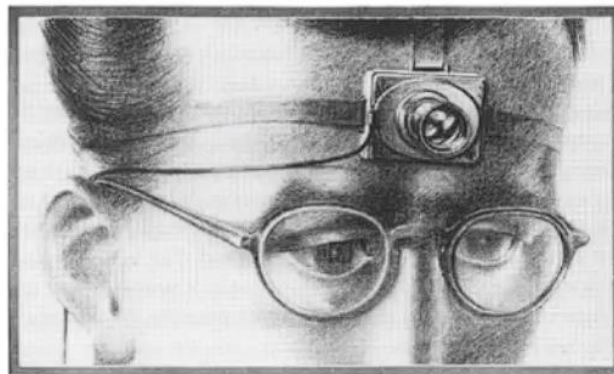
**MEMEX IN USE** is shown here. On one transparent screen the operator of the future writes notes and commentary dealing with reference material which is projected on the screen at left. Insertion of the proper code symbols at the bottom of right-hand screen will tie the new item to the earlier one after notes are photographed on supermicrofilm.

Indovinato?

*Touchscreen!*

# Vannevar Bush (1945)

Alcune altre visioni



A scientist of the future records experiments with a tiny camera fitted with universal-focus lens. The small square in the eyeglass at the left sights the object (*LIFE* 19(11), p. 112).

Indovinato?

*Google Glass!*



# John Licklider

## La rete come computer

- Pioniere dell'Informatica degli anni '60
  - ▣ Vice-Presidente di Bolt Beranek and Newman (BBN): primo router, primo computer time-sharing, Logo, games, etc.
  - ▣ DARPA: progettazione di ARPANet
- Studia la comunicazione e l'uso dei computer in rete
  - ▣ propone il concetto di rete galattica
    - rete di computer interconnessi da cui ciascun utente può accedere ai dati ed ai programmi da qualunque postazione
- Anticipa diversi trend e risultati tecnologici recenti
  - ▣ le reti, Internet, cloud computing, social network, . . .



# John Licklider

## Intergalactic Computer Network

- Nel 1963, scrive un memorandum per un gruppo di lavoro che conduceva a DARPA
- Lo intitola: "Memorandum For Members and Affiliates of the Intergalactic Computer Network"
- Alcuni argomenti che vengono trattati:
  - ▣ eterogeneità dei linguaggi di programmazione e dei (nascendi) linguaggi di controllo della comunicazione
  - ▣ necessità di un linguaggio di comunicazione intermedio e indipendente (⇒TCP!)
  - ▣ scenario in cui uno scienziato usa programmi e dati disponibili sulla rete (Cloud!)

# John Licklider

## Intergalactic Computer Network

- Articolo del 1969, propone il "COMPUTER" come mezzo di comunicazione
- Enfatizzando la comunicazione, porta come esempio l'uso dei computer e della rete per gestire un meeting
- Anticipando sia le video conferenze, sia la collaborazione su rete, sia anche i sistemi di supporto alle decisioni per meeting co-locati



# John Licklider

## Computer as a Communication Device

### Research

*Take any problem worthy of the name, and you find only a few people who can contribute effectively to its solution. . . Bring these people together physically in one place to form a team, and you have trouble. . . There has to be some way of facilitating communication among people without bringing them together in one place.*

### L'impatto di Internet sulla ricerca, oggi

Riviste elettroniche, videoconferenze, electronic reviews . . .





# Thomas J. Watson

Una famosa citazione sulla quantità di computer al mondo

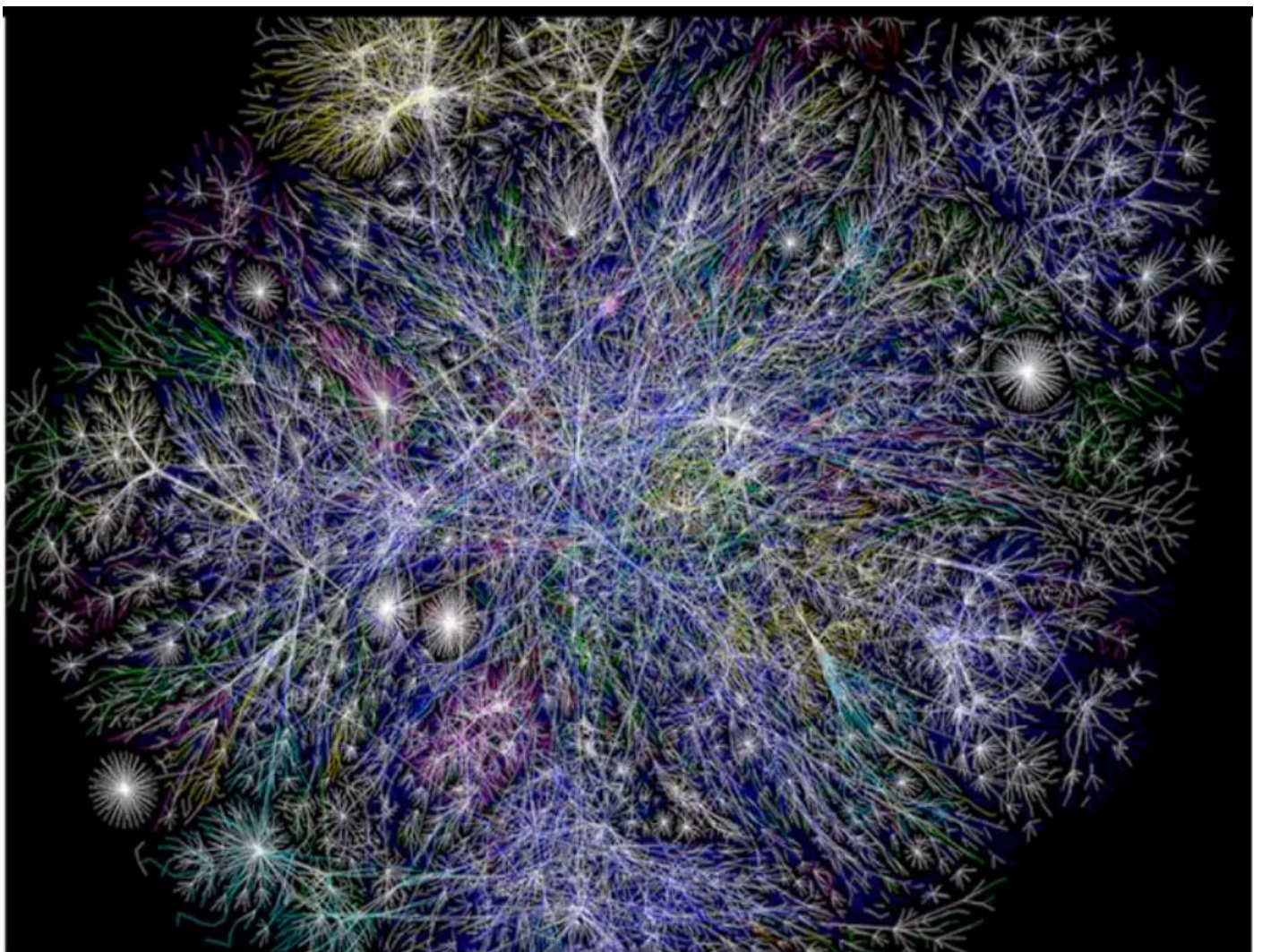
Thomas J. Watson (?)

*I think there is a world market for maybe five computers*

Presidente dell' IBM, 1943

Forse derivata da Howard Aiken:

*"Four or five computers could meet all of the United Kingdom's computing needs."*



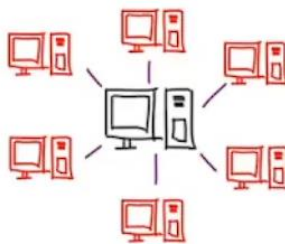
# Organizzazione della lezione

- Visioni del futuro . . . dal passato
- I Sistemi Distribuiti . . .
  - ▣ ... Perché?
  - ▣ Come si caratterizzano?
- Conclusioni

## Sistema distribuito

### Definizione

- ▮ Un Sistema Distribuito consiste di:
  - ▣ un insieme di macchine, gestite in maniera autonoma ed indipendente
  - ▣ connesse attraverso una rete
- ▮ Ogni nodo coordina il proprio lavoro attraverso uno strato di software, detto **middleware**
  - ▣ che permette all'utente (o al programmatore/progettista) di percepire il sistema come un'unica entità





# Un approccio metodologico

- Il successo o l'insuccesso delle innovazioni non capita "per caso"
- L'ingegno, l'intuito, il duro lavoro, la preparazione servono a intuire che le condizioni sono mature per una innovazione "strabiliante"
- Motivazioni di tipo:
  - ▣ Tecnologico
  - ▣ Economico
  - ▣ Sociale
  - ▣ Politico
  - ▣ ...

perché?

perché?

# Un approccio metodologico

- Il rapidissimo sviluppo delle tecnologie hardware mette a dura prova le tecniche di progettazione e realizzazione di software e sistemi
- L'evoluzione di un sistema è necessaria per poter inglobare il progresso tecnologico
  - ▣ mantenendo la possibilità di poter riutilizzare le risorse "legacy" (hw, sw, dati) delle precedenti versioni del sistema
- Un sistema distribuito permette di:
  - ▣ assecondare e seguire l'evoluzione della tecnologia, inserendola nel sistema
  - ▣ comporre il sistema con componenti, tecnologie, sistemi diversi utilizzando lo strumento "migliore" in ciascun contesto/problema

## La legge di Moore

- Diverse leggi empiriche elaborate nel corso degli anni si sono provate fedeli nel prevedere la velocità di evoluzione

Una delle leggi più citate dell'informatica:

## La legge di Moore

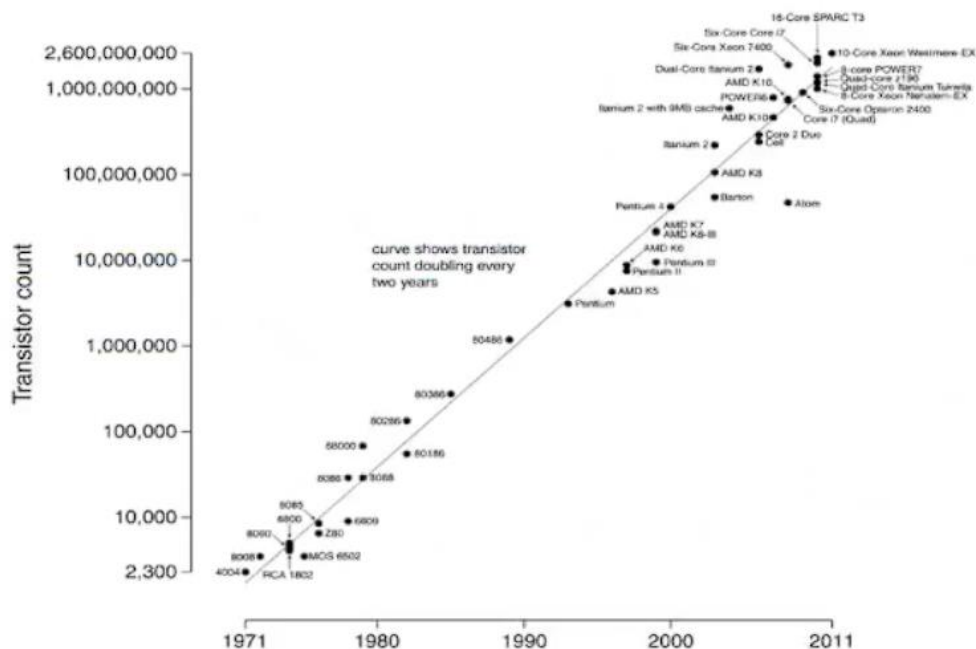
Il numero di transistor per chip raddoppia ogni due anni

Il motore della crescita del nostro campo: il nostro desktop costa poche centinaia di euro, ed è potente quanto calcolatori che ne costavano milioni una decina di anni fa



## La legge di Moore

## Microprocessor Transistor Counts 1971-2011 & Moore's Law



# Motivazioni economiche



- Rispondono in maniera completa alle esigenze del mercato
  - ▣ Caratterizzato da numerose e frequenti acquisizioni, integrazioni e fusioni di aziende
- Facilitare l'integrazione in tempi brevi del sistema informativo tra aziende diverse
  - ▣ per fusioni aziendali
  - ▣ per federazioni con aziende dello stesso gruppo
- Permettono la separazione del sistema informativo in aziende diverse in caso di downsizing (separate dalla casa madre)
- Minimizzano il time to market
  - ▣ permettendo di assemblare soluzioni pre-confezionate ("off the shelf"), combinando sistemi hw/sw diversi, in un unico sistema
- Oggi la "platea" sono gli utenti di Internet: numero enorme di utenti
  - ▣ deve essere possibile accomodare picchi di carico aggiungendo risorse (i sistemi centralizzati non "scalano")

# Le leggi che regolano le reti



- Lo sviluppo di una rete dipende dalla utilità che questa porta ad una platea di utenti
  - ▣ quanto più ampiamente utilizzabili sono i servizi che si possono immaginare, tanto maggiore è il loro valore commerciale, permettendo investimenti
- Le leggi di Reed, Sarnoff, Metcalfe sono tre leggi che definiscono il valore di una rete con riferimento al numero di connessioni



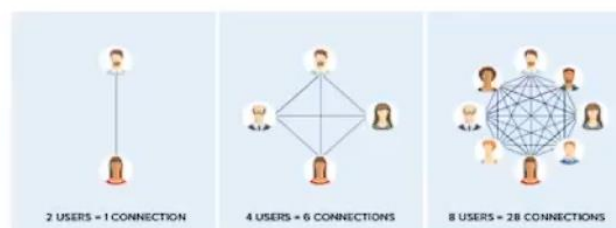
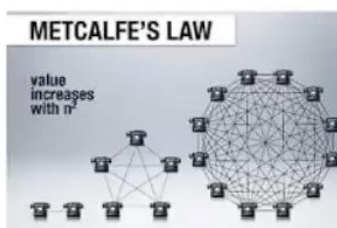
# Le leggi che regolano le reti

- **Sarnoff's law**: il valore o utilità di una rete di broadcast è direttamente proporzionale al numero di utenti:  $V = a \cdot N$ 
  - una rete con 100 membri ha 10 volte più valore di una rete con 10
  - Valore della rete N, con due reti il valore è N+M
- Più persone sono collegate, maggiore è il valore della rete, come sanno bene i pubblicitari



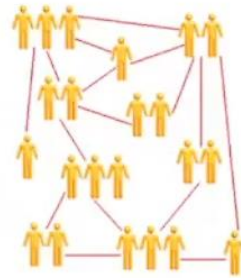
# Le leggi che regolano le reti

- **Metcalfe's law**: il valore di una rete di comunicazione è direttamente proporzionale al quadrato del numero degli utenti:  $V = a \cdot N + b \cdot N^2$ 
  - Posso comunicare con ogni altro nodo della rete
  - Valore della rete  $N^2$ , con due reti il valore è:  $N^2 + N^2 + 2NM$
- Indicando con n il numero degli utenti, il numero massimo di connessioni possibili è:
  - $n(n-1) = n^2 - n$
  - che è asintotico a  $n^2$  per valori grandi di n



# Le leggi che regolano le reti

- **Reed's law:** il valore di una rete sociale è direttamente proporzionale ad una funzione esponenziale in N:  $V = a \cdot N + b \cdot N^2 + c \cdot 2^N$ 
  - ▣ Valore della rete  $2^N$ , con due reti il valore è:  $2^N \times 2^M$
  - ▣ L'utilità delle grandi reti, formate da reti di reti (con particolare riferimento alle reti di relazione sociale) cresce esponenzialmente con la dimensione della rete
- Il valore di una rete, Internet in particolare, cresce in modo esponenziale se associato a gruppi con interessi comuni, che condividono idee, interessi, obiettivi e che abbiano un senso di appartenenza



# Le leggi che regolano le reti

- Il valore di una rete può quindi essere lineare (Sarnoff), quadratico (Metcalfe) o esponenziale (Reed)
  - ▣ Dipende dall'uso che ne viene fatto
    - Se viene distribuito contenuto, il valore è lineare
    - Se vengono consentite transazioni, commercio elettronico, il valore è quadratico
    - Con lo sviluppo delle comunità è esponenziale. Per chi investe in Rete sembrerebbe ovvio (ma non succede spesso) puntare sulla legge di Reed

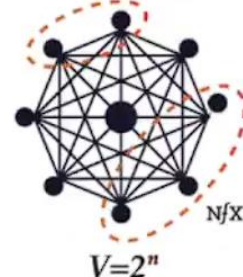
Sarnoff's Law



Metcalfe's Law



Reed's Law

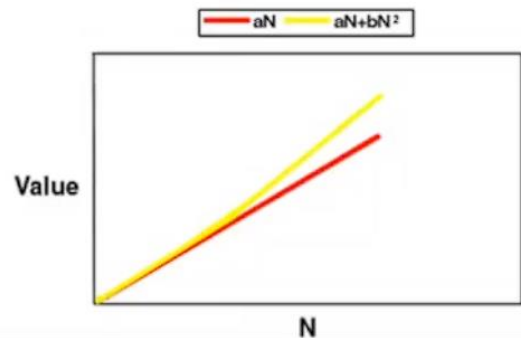


# Le leggi che regolano le reti

## L'evoluzione

- Quando  $N$  è piccolo, il modello di "Broadcast" (Sarnoff) cresce quasi quanto quello quadratico (Metcalfe)
- Reti contraddistinte dal piccolo numero di utenti, che ricevono/accedono contenuti uguali per tutti, presenti in quantità non dipendente da  $N$
- Classica situazione delle reti televisive, della "prima" Internet, basata sull'accesso a poche informazioni (ad esempio: FTP)

Figure 1

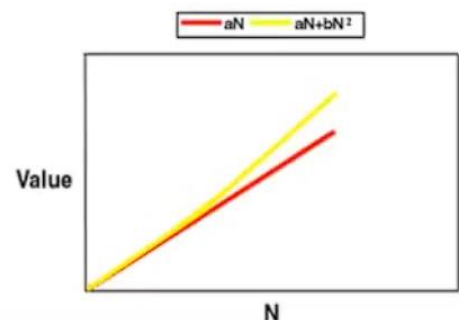


# Le leggi che regolano le reti

## L'evoluzione

- Man mano che la rete cresce, iniziano gli scambi tra utenti, permettendo la creazione di un grafo completo
  - ▣  $N \cdot (N - 1)$  archi, che fanno aumentare di valore alla rete (ad esempio: la mail)
- Questo significa che fondere due reti di dimensione  $N$  e  $M$  porta un valore che non è solo la somma dei due valori,  $N^2 + M^2$ , ma contiene anche il termine  $2N \cdot M$ :

Figure 1



- ▣  $(N + M)^2 = N^2 + M^2 + 2N \cdot M$

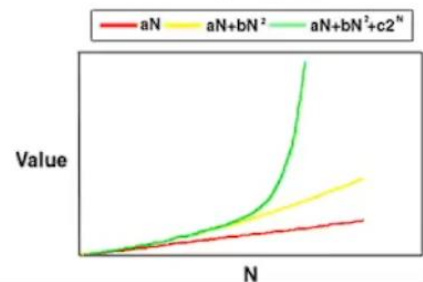


# Le leggi che regolano le reti

## L'evoluzione

- Quando una rete diventa molto grande
  - ▣ Si formano i gruppi, ed il valore di una rete diventa pari al numero di gruppi non banali che si possono formare:
  - ▣  $2^N - N - 1$
- Questo termine, dato dalla Legge di Reed, risulta crescere molto più velocemente di quelli relativi alle leggi di Sarnoff e di Metcalfe, e giustifica la crescita e la diffusione di Internet dell'ultima decade
  - ▣ Social Internet: Facebook, etc.
  - ▣ N.B.: la legge di Reed è prima di Facebook!

Figure 2



## Conclusioni

- Visioni del futuro . . . dal passato
- I Sistemi Distribuiti . . .
  - ▣ ... Perché?
  - ▣ Come si caratterizzano?
- Conclusioni

# Le keyword di un sistema distribuito

- Remoto
- Concorrenza
- Assenza di uno stato globale
- Malfunzionamenti parziali
- Eterogeneità
- Autonomia
- Evoluzione
- Mobilità

## Le keyword di un sistema distribuito

### □ Remoto

- ▣ componenti locali/remote
- ▣ componenti potenzialmente localizzate su macchine diverse

### □ Concorrenza

- ▣ Un sistema distribuito è per sua stessa natura concorrente
  - contemporanea esecuzione di due (o più) istruzioni è possibile, su macchine diverse
  - non esistono strumenti come lock e semafori che sulle architetture multiprocessore (multicore), strettamente accoppiate, permettono di gestire in maniera più “semplice” la sincronizzazione

### □ Assenza di uno stato globale

- ▣ Non esiste una maniera per poter determinare lo stato globale del sistema, in quanto la distanza e la eterogeneità del sistema non permette di definire con certezza lo stato in cui si trova ciascun nodo

# Le keyword di un sistema distribuito

## □ Malfunzionamenti parziali

- Ogni componente di un sistema distribuito può smettere di funzionare correttamente, in maniera indipendente dalle altre componenti e questo fallimento non deve inficiare le funzionalità che sono localizzate altrove

## □ Eterogeneità

- Un sistema distribuito per sua stessa definizione è eterogeneo per tecnologia sia hardware che software
- L'eterogeneità si realizza in tutti i contesti:
  - hardware
  - sistema operativo
  - rete di comunicazione
  - protocolli di rete
  - linguaggi di programmazione
  - applicazioni, etc.

# Le keyword di un sistema distribuito

## Autonomia

- Un sistema distribuito non ha un singolo punto dal quale esso può essere controllato, coordinato e gestito
- La collaborazione va ottenuta mediando le richieste del sistema distribuito con quelle del sistema che gestisce ciascun nodo, tramite politiche di condivisione e di accesso, formalmente specificate e rigidamente applicate

## Evoluzione

- I sistemi distribuiti devono assecondare la evoluzione dell'ambiente all'interno del quale vengono realizzati e forniscono le loro funzionalità
- Un sistema distribuito può cambiare anche in maniera sostanziale durante la sua vita, sia perchè cambia l'ambiente sia perchè cambia la tecnologia utilizzata
- La flessibilità di un sistema distribuito deve assicurare che la migrazione verso ambienti diversi, tecnologie differenti e applicazioni nuove può essere assecondata con successo e senza costi eccessivi

## Mobilità

- Mobilità dei nodi e delle risorse (ad esempio, dati) all'interno del sistema in modo da poter adattare al meglio le prestazioni del sistema



# Conclusioni

Visioni del futuro . . . dal passato

I Sistemi Distribuiti . . .

- ▣ ... Perché?
- ▣ Come si caratterizzano?

Conclusioni



Nelle prossime lezioni:

- ☐ Open Distributed Processing: un modello di riferimento
- ☐ La trasparenza di un Sistema Distribuito
- ☐ Middleware