

# Laboratorio Essere Digitali

Docenti: Prof. Juan Carlos De Martin, Prof. Angelo  
Raffaele Meo, Prof. Marco Mezzalama, Dott. Antonio  
Santangelo

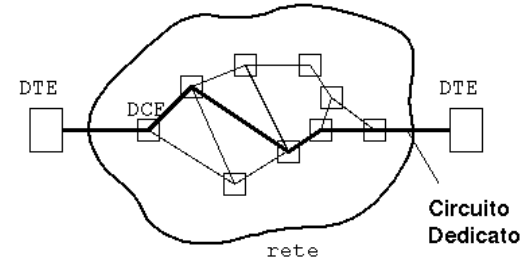
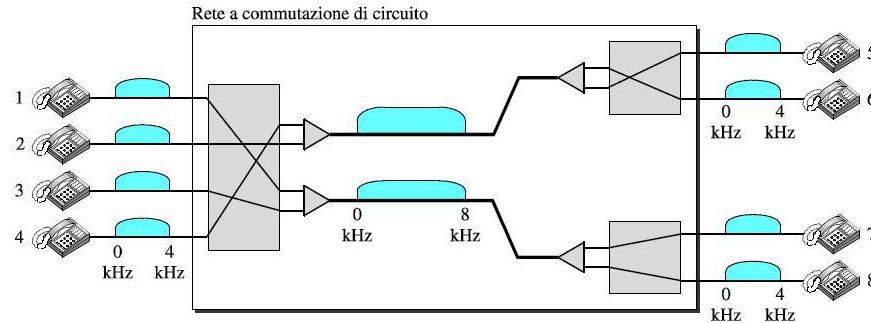
Torino, novembre/dicembre 2018

# Storia, principi e architettura di **Internet** e del **Web**


# Il papà di Internet



# Le reti telefoniche negli anni '50

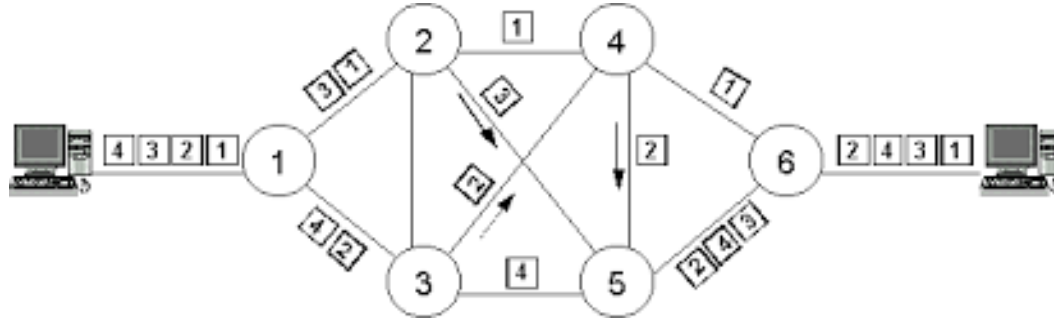


- Un **filo di rame** collega un **apparecchio telefonico** a una **centrale**
- Un **filo di rame** collega tra loro **due centrali**
- **Fare il numero** significa ordinare alla rete di creare un **circuito elettrico dedicato** che mette insieme tutti i fili necessari per far parlare A con B
- Questa tecnica di comunicazione si chiama **commutazione di circuito**



Ideazione di  
**un modo diverso di**  
trasmettere dati

# Anni '50: reti a pacchetto



- Tema di ricerca in USA, UK, Francia
- [Joseph Licklider](#) definisce il concetto di **commutazione di pacchetto**
  - un messaggio viene **suddiviso in pacchetti**
  - ogni pacchetto ha un **indirizzo di destinazione**
  - la rete fa da “**sistema postale**” elettronico
  - ogni pacchetto viaggia **indipendentemente** dagli altri



perché?

# Reti telefoniche vs reti a pacchetti

- Reti telefoniche
  - **qualità garantita** (filo dedicato)
  - **non robuste** (se unico filo tagliato = non si parla)
  - **poco economiche** (se il filo è occupato, non puoi comunicare)
- Reti a pacchetto
  - **migliore utilizzo risorse** (più pacchetti possono usare lo stesso filo perché l'indirizzo di destinazione permette di distinguere tra questi)
  - **qualità non garantita** (il filo è condiviso)
  - **robuste** (sono possibili più percorsi)





## Scontro di visioni: **TLC** contro **Informatici**

# Recepimento reti a pacchetti nei '50

- Il mondo **TELECOMUNICAZIONI** (che aveva grandi laboratori di ricerca e poteva orientare la ricerca):
  - aveva **seri dubbi che si potesse garantire qualità sufficiente usando le reti a pacchetti** (avevano in mente in primis le telefonate)
  - pensava che sarebbe stato **meglio investire in meccanismi per rendere più robuste le reti telefoniche** permettendo circuiti multipli
  - **ATT rifiuta di lavorare su commutazione di pacchetto**

# Anni '60: Paul Baran



- studia la **robustezza delle reti**
- conclude che una **rete robusta a guasti** (dalle ceseie di un pazzo, all'escavatore distratto, all'attacco nucleare) **deve essere a pacchetti**

- la rete è **robusta by design**
  - basta prevedere percorsi multipli e poi,
  - siccome ogni pacchetto viene smistato in modo indipendente dagli altri,
  - se c'è un guasto la rete cambia percorso
- questo **costa meno** di rendere robusta una rete telefonica (dove un numero di telefono indica un percorso fisico)



Visto che il settore privato rifiuta di studiare la commutazione di pacchetto, allora interviene il  
**Governo**



# **DARPA**

## **Defense Advanced Research Projects Agency**

**7 febbraio 1958**



# 29 Ottobre 1969: nasce ARPANET

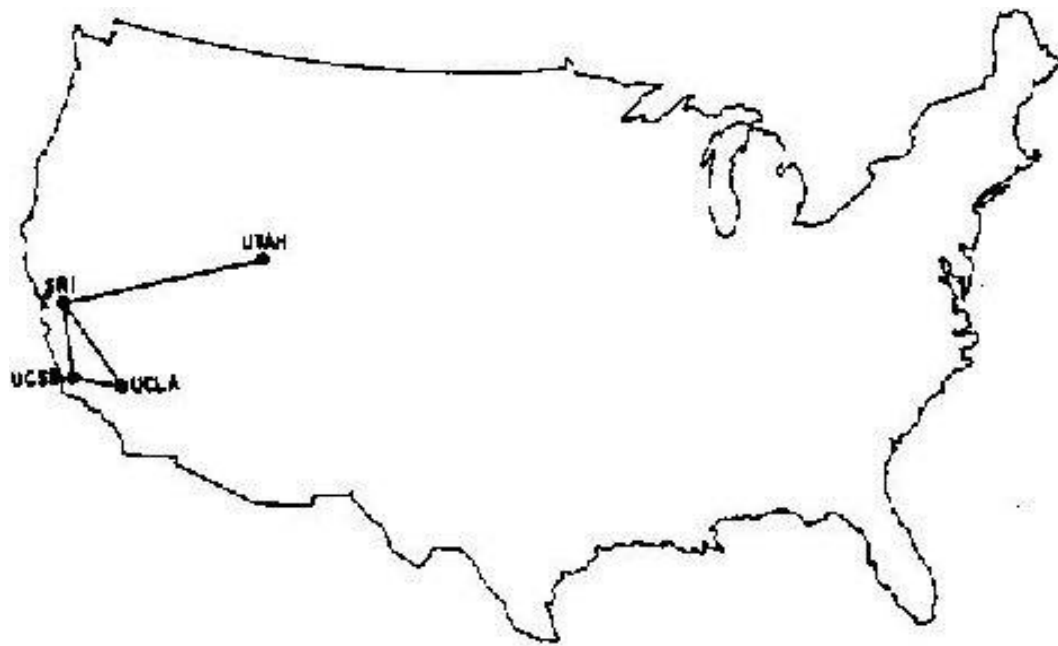
- ARPA = Advanced Research Projects Agency è una **agenzia del governo USA che finanzia progetti di ricerca avanzati** con l'obiettivo **espandere la frontiera tecnologica** andando oltre le esigenze militari immediate
- ARPANET = prima rete a pacchetto **funzionante**

# ARPANET

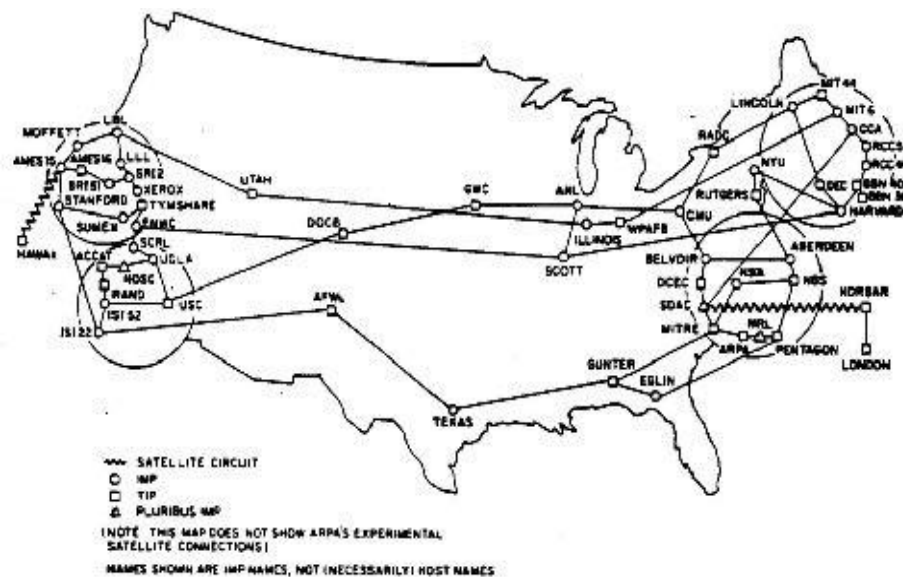
- un progetto gestito in maniera **collaborativa**, non rigidamente top-down
- **utenti** hanno voce in capitolo nelle scelte e propongono idee e applicazioni (come l'email)
- è qui che nasce e si radica l'idea di “**un popolo della rete**”



ARPANET, Dicembre 1969



## ARPANET, Luglio 1977



# Reti alternative a ARPANET

- X.25
  - rete a pacchetti con emulazione di circuito
  - standard ITU
  - inizialmente in UK poi tutto il mondo
- UUCP/USENET
  - “gruppi di discussione” usati ancora oggi
- Altre
  - Cominciava a esserci il **bisogno di una tecnologia per connettere queste reti tra loro**

# 1973: “Inter networking” -> Internet

- Bob Kahn, Vint Cerf, altri
- protocollo per **permettere a reti a pacchetti diverse di scambiarsi informazioni**
- idea chiave: **nascondere le differenze** tra le reti creando un protocollo comune a tutte



# Internet Protocol (IP)



IP è come una sorta di **lingua franca**.  
Precisa le informazioni di base per rendere possibile la commutazione di pacchetto tra ogni rete

# Best effort

**Best effort** (abbreviazione di **consegna best effort**) è il termine con cui, nell'ambito delle [reti di telecomunicazioni](#), si definisce un servizio che non dà alcuna garanzia dell'effettiva consegna dei dati né tantomeno livelli di qualità o priorità garantiti.

## Caratteristiche [\[ modifica \]](#) [modifica wikitesto \]](#)

---

In una rete *best effort* la banda disponibile e i tempi di consegna dipendono, in maniera non decidibile, dal carico di rete. A seconda della disponibilità di risorse, il traffico verrà consegnato o scartato. Rinunciare a caratteristiche di controllo del traffico e della congestione garantisce d'altra parte dei vantaggi in termini di costi e prestazioni assolute, riuscendo comunque a mantenere una buona qualità se le capacità della rete eccedono di buona misura le richieste effettive.

Un esempio di rete *best effort* è [Internet](#), mentre le reti di [telefonia](#) tradizionale sono basate sulla [commutazione di circuito](#). Durante la fase di connessione di una chiamata telefonica tradizionale vengono allocate in maniera riservata le risorse necessarie: se non disponibili la comunicazione non verrà nemmeno iniziata.

Al termine *best effort* si contrappone [Quality of Service](#) (QoS), che denota un insieme di tecnologie e protocolli utilizzati per garantire appunto un certo livello di qualità del servizio in una rete condivisa, attraverso la classificazione del traffico, la gestione della congestione e l'allocazione ottimale delle risorse di rete.

# Best effort = no garanzie di qualità

- La rete deve essere semplice e **non cercare di fare cose strane con i pacchetti**
- Semplicemente si limita a **smistarli nell'ordine in cui gli arrivano** guardando solo l'indirizzo di destinazione
- Se c'è **troppo traffico** i pacchetti possono subire **ritardi o venir scartati**



Alcune applicazioni possono tollerare qualche pacchetto perso (VoIP, video streaming, ecc).

Altre applicazioni invece hanno bisogno di tutti i dati (email, trasferimento file, ecc).

**come fare a recuperare i  
pacchetti persi quando  
l'applicazione lo richiede?**



# Transfer Control Protocol TCP

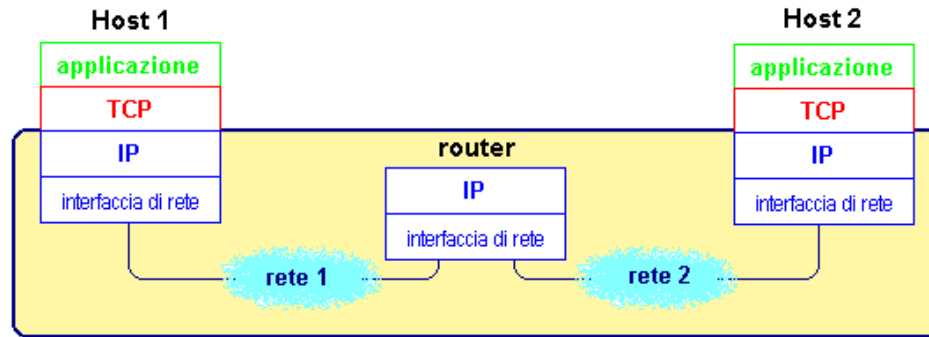
**apre una connessione tra due computer**

**ritrasmette gli eventuali pacchetti persi fino a  
quando non arrivano tutti**

**se i pacchetti arrivano fuori ordine, li mette in ordine**

**TCP usa (presuppone) IP**

# Settembre 1981: TCP/IP



- IP (**I**nternet **P**rotocol) si occupa di **instradare i pacchetti** verso la destinazione: è il **protocollo eseguito dagli apparati di rete** (detti “router”)
- I **computer connessi a Internet** (detti invece “end host”) utilizzano **TCP e UDP**

# Note su TCP/IP: “La rete è stupida”

- Siccome IP è più semplice di TCP e siccome la rete parla solo IP, si usa dire nel mondo Internet che
  - la rete è stupida
  - l'intelligenza sta negli end host (ossia ai bordi)
- Questa caratteristica del design di Internet si chiama **principio end-to-end**

# Note su TCP/IP: “I router costano poco”

- Siccome la rete è stupida **non è troppo difficile e costoso costruire router efficienti** che smistino velocemente il traffico
- Chiave del successo di Internet:
  - i router **costano poco** (rispetto alle centrali della rete telefonica)
  - i router smistano **molto velocemente** il traffico
- Questo **spiega** (in parte) **come mai alla fine si sono affermate le reti a pacchetto**



# 1 Gennaio 1983: si passa a TCP/IP

- Data a partire dalla quale ufficialmente si passa dai protocolli ARPANET ai protocolli di Internet (ossia al TCP/IP)
- Il **Governo USA** praticamente dice che da ora in poi **acquisterà soltanto apparati che sono conformi alle specifiche TCP/IP (il grande potere del 'procurement' governativo)**

# 1980 - 1985: NSF finanzia l'upgrade

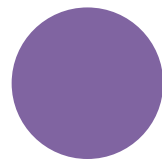
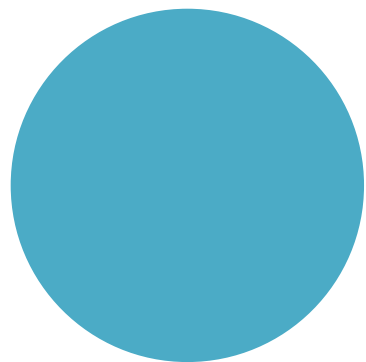
- Sistemata la questione dei protocolli universali per parlarsi in rete, si comincia a usare Internet
- Si rende necessario **aggiornare l'infrastruttura fisica di ARPANET per avere più capacità**
- Aggiornamento finanziato dalla **National Science Foundation (NSF)**
- Da 56 kb/s in dorsale nel 1986 a 45 Mb/s in dorsale nel 1991 (dove “in dorsale” significa nei collegamenti tra quelli che sono i router più importanti)

# Fine anni '80-Inizio anni '90

- Molte tecnologie di rete in competizione tra loro: IP è solo una delle proposte, da molti considerata non “seria”...
- IBM, Microsoft, Novell, Digital, ecc. hanno le loro tecnologie di rete
- Gli operatori telefonici investono moltissime risorse in tecnologia **ATM** - Asynchronous Transfer Mode, uno standard ANSI e ITU per comunicazioni integrate, che poi verrà soppiantato da TCP-IP
- Ancora a inizio anni '90 ci sono importanti imprenditori italiani che ritengono che “Internet non abbia futuro”

# 1995+: apertura commerciale

- Nel 1995 il **governo USA** rende **possibile usare Internet per scopi commerciali**
- **Prima del 1995 non era possibile** perché era stata **finanziata con soldi pubblici**
- Da questo momento in poi diventano sempre più importanti gli ISP (**Internet Service Providers**) ossia operatori commerciali che vendono il servizio di accesso a Internet



# Principi di Internet

## Quattro principi base

- Inter-networking
- Principio end-to-end
- Best effort (= no garanzie di qualità)
- Net neutrality

# Inter-networking

- Internet nasce per **unire tra loro reti diverse** come ARPANET e X.25
- Basata su una **lingua franca**
- Ai giorni nostri Internet viene usata per unire tra loro reti diversissime come:
  - **4G** ossia le reti cellulari
  - **WiFi**
  - reti in **fibra**, etc

# Principio end to end

- La rete implementa protocolli più semplici così si può andare più veloce e costa meno implementare una rete robusta
- Le applicazioni sono infatti molto complesse se confrontate con il protocollo IP
- Questo significa che **la complessità sta ai bordi della rete** (“end to end”)



# Best effort = no garanzie di qualità

- Siccome la rete è semplice **non cerca di fare cose strane con i pacchetti**
- Semplicemente si limita a **smistarli nell'ordine in cui gli arrivano** guardando solo l'indirizzo di destinazione
- Se c'è **troppo traffico** i pacchetti possono subire **ritardi o venir scartati**

# Net neutrality

- Il fatto che Internet sia stata progettata e implementata seguendo i **principi end-to-end e best effort**
- Ha generato l'**aspettativa che questi principi continuino a valere** come “legge naturale” di Internet
- Ossia ha generato l'**aspettativa che la rete sia neutrale** e faccia solo il suo lavoro di smistamento dei pacchetti
- Anche se oggi **gli ISP hanno la tecnologia per bloccare o rallentare il traffico** di BitTorrent, Skype, etc.
- Questo ha generato numerosi dibattiti e controversie

# Net neutrality: i vantaggi

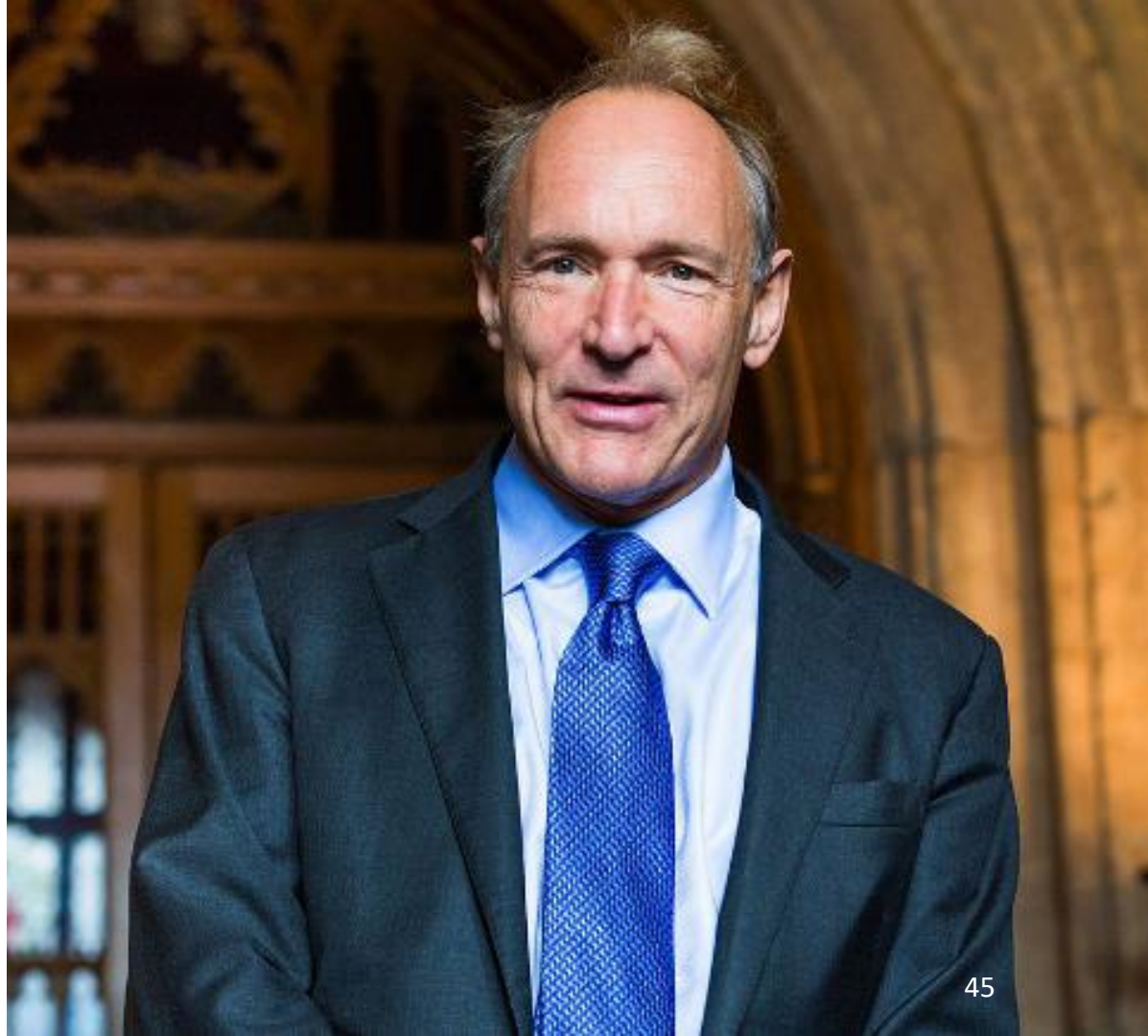
- Esplosione di **innovazione**, abilitata dal fatto che “basta parlare IP”, senza dover chiedere permesso a nessuno (sicuramente non a chi possiede la rete).
- **Uguale possibilità di espressione per tutti**, perché ciò che si inserisce nella rete ha la stessa probabilità di qualunque altro contenuto di essere instradato.
- **Uguale possibilità di accesso ai contenuti per tutti**, perché qualunque contenuto a cui si voglia accedere ha la stessa probabilità di ogni altro contenuto di essere raggiunto.

## II World Wide Web (WWW)



● **Tim Berners-Lee** (e altri) al CERN, a partire dal 1989

● **Problema:** come condividere documenti tra gruppi di ricerca che usavano computer, programmi e formati diversi?

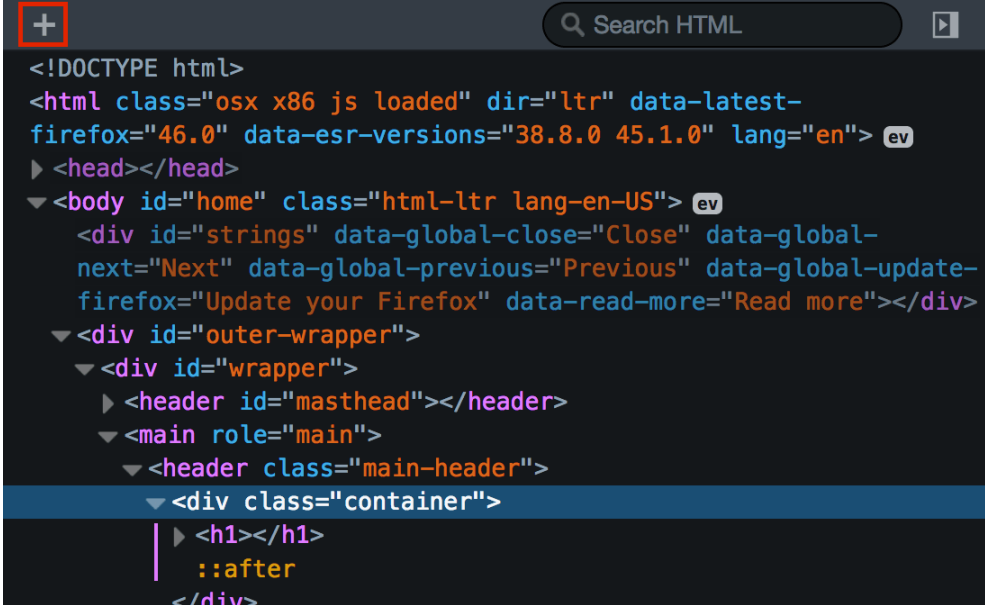


# Storia

Ci volevano due cose:

- un **linguaggio comune per descrivere i documenti** (tra l'altro rendendo possibili link tra loro)
- un modo standard per **“pubblicare”** tali documenti sulla rete

- **HTML (HyperText Mark-up Language)**
- Testo con all'interno comandi per corsivo, sottolineato, a capo, link, ecc. Al momento alla **versione 5** (2014).
- Prima versione ufficiale nel 1993.



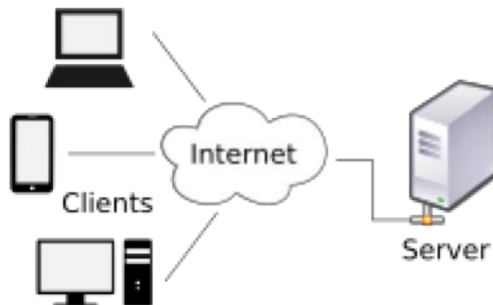
```
<!DOCTYPE html>
<html class="osx x86 js loaded" dir="ltr" data-latest-
firefox="46.0" data-esr-versions="38.8.0 45.1.0" lang="en">
  <head></head>
  <body id="home" class="html-ltr lang-en-US">
    <div id="strings" data-global-close="Close" data-global-
next="Next" data-global-previous="Previous" data-global-update-
firefox="Update your Firefox" data-read-more="Read more"></div>
    <div id="outer-wrapper">
      <div id="wrapper">
        <header id="masthead"></header>
        <main role="main">
          <header class="main-header">
            <div class="container">
              <h1></h1>
              ::after
            </div>
```

## HTTP (HyperText Transport Protocol)

Protocollo che specifica come richiedere un documento da un computer che lo possiede (il server) da parte di un computer che lo vuole (il client). Versione 1.0 rilasciata nel 1991 (e poi standardizzata da RFC 1945 del 1996).








Il World Wide Web è un'**architettura 'client-server'**: un computer (il 'servitore') ha dei documenti. Quando questi interessano ad un altro computer (il 'cliente'), il cliente invia una richiesta al servitore, che glieli manda. Questo scambio avviene tramite **messaggi HTTP**, che a loro volta usano TCP per garantire affidabilità, ecc. della comunicazione.



Il servitore è detto **web server**. Si tratta di un computer connesso a Internet che a bordo ha sia i **contenuti** che vuole rendere pubblici sia **un software apposito** per renderli disponibili tramite HTTP (come [apache.org](https://en.wikipedia.org/wiki/apache.org) o IIS di Microsoft, v. [https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_web\\_server\\_software](https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_web_server_software)).



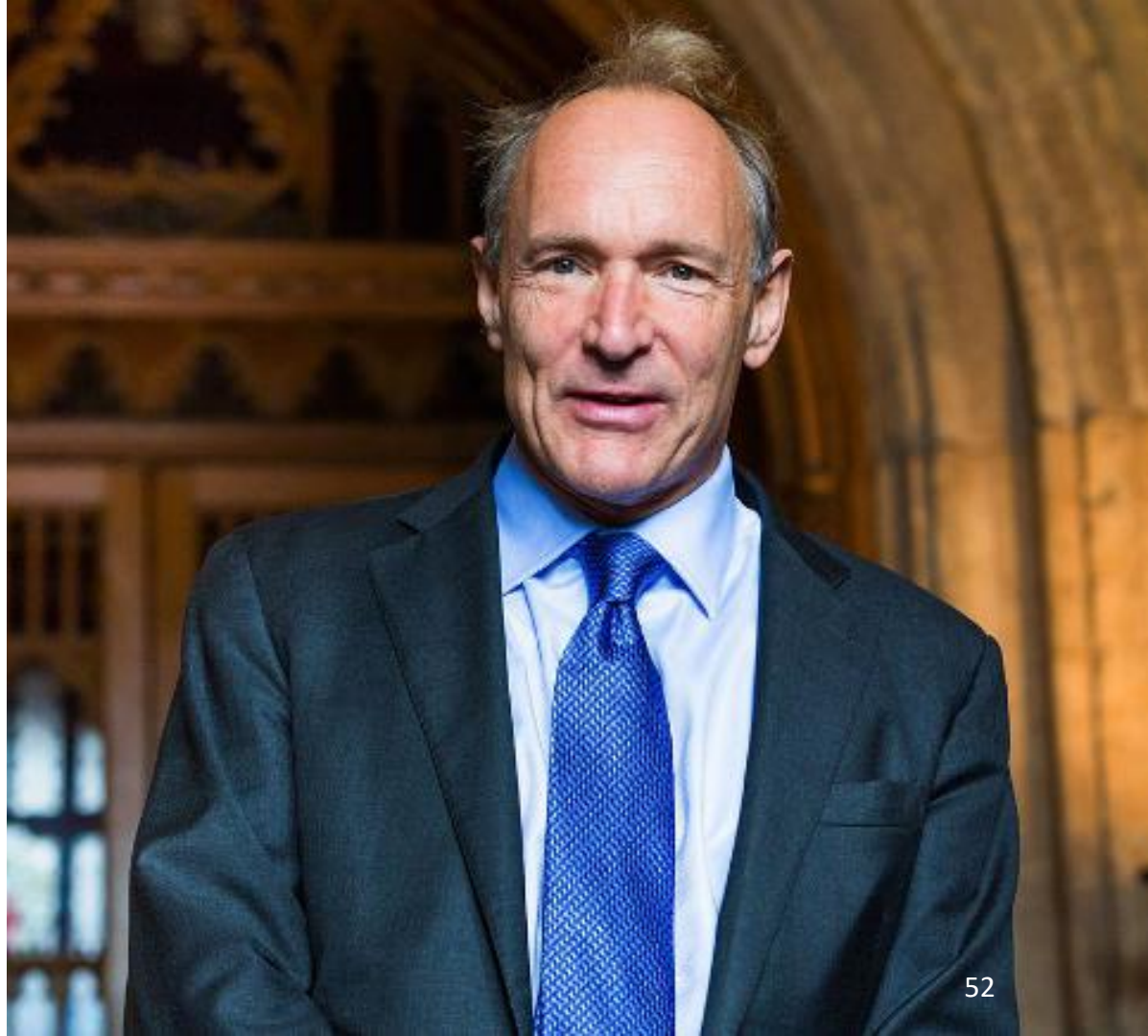
Il cliente è qualsiasi computer (inclusi smartphone) connesso a Internet che ha a bordo **un apposito software** che 1) implementa un cliente HTTP e 2) è in grado di visualizzare contenuti espressi in HTML, ovvero un 'browser' o 'navigatore Web' (come Firefox, Chrome, Safari, ecc. v. [https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_web\\_browsers](https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_web_browsers)).




## Relazione tra Internet e web

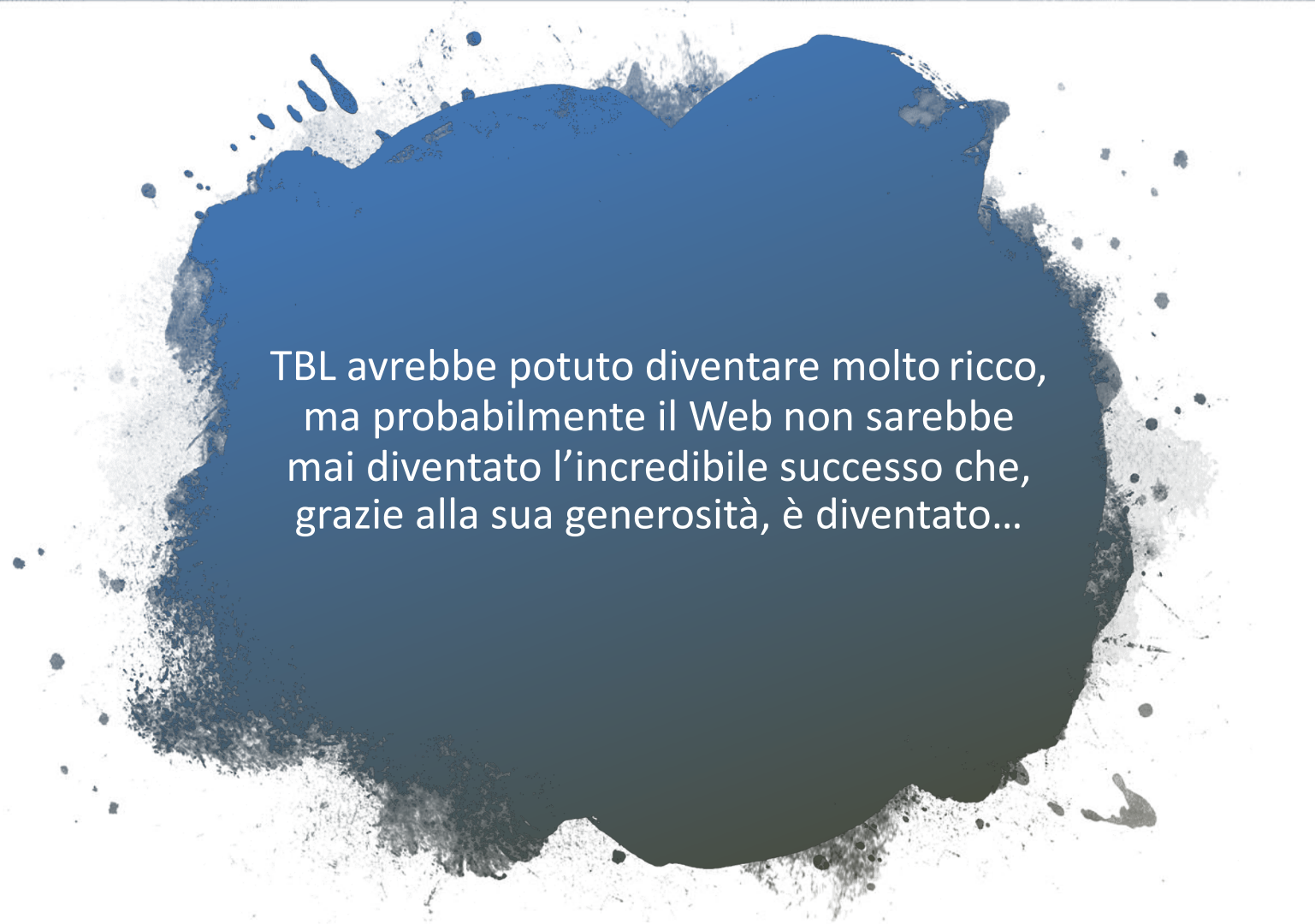
- Il web è implementato da un protocollo che si chiama HTTP e che si basa su TCP
- In altre parole questo significa che possiamo vedere **il web** come una **applicazione distribuita che gira su Internet**
- Ci sono dei server web con dei contenuti e dei client che usano HTTP per scaricarli

- Tim Berners-Lee sviluppa **sia HTML** (basandosi su iniziative precedenti), **sia HTTP** e poi pubblica entrambi con una prima implementazione software.
- Successivamente (nel 1994), viene creato il **WWW Consortium**, ovvero **W3C**, che standardizza i protocolli e i linguaggi del Web (non di Internet). V. <http://w3c.org>.





TBL donò sia HTML,  
sia HTTP al  
**pubblico dominio**



TBL avrebbe potuto diventare molto ricco,  
ma probabilmente il Web non sarebbe  
mai diventato l'incredibile successo che,  
grazie alla sua generosità, è diventato...

era già successo  
con ARPANET/INTERNET

**Un'architettura complessiva che concede  
molta autonomia e controllo agli utenti**

**Un'architettura che però negli ultimi 15  
anni ha subito un progressivo  
scivolamento verso nuove forme di  
centralizzazione e intermediazione**