

Webinar AgID "La Governance della Rete tra Intelligenza Artificiale e Cybersicurezza", 1 Dicembre 2025



Internet: infrastruttura e funzionamento

Mario Loffredo

Vice Responsabile dell'Unità Sistemi e Sviluppo Tecnologico
IIT-CNR/Registro .it



Sommario

- Origini ed evoluzione di Internet
- Infrastruttura attuale
 - Gestione e regolamentazione
 - TCP/IP
 - Indirizzamento
 - Autonomous Systems e instradamento
 - DNS
- Il Web

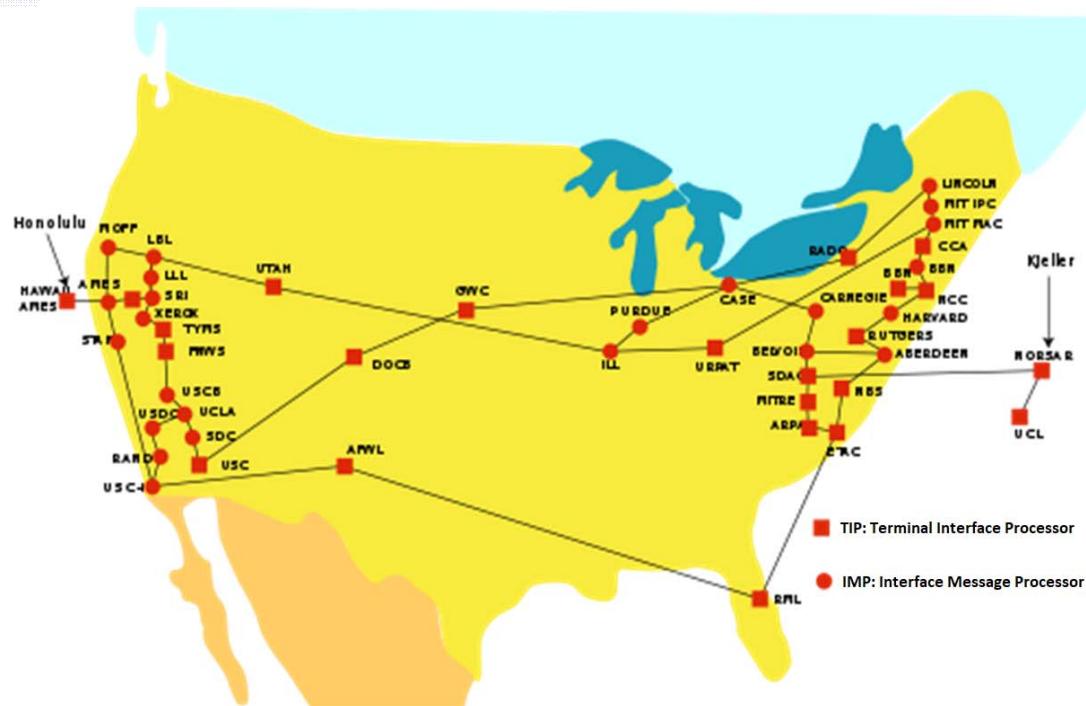


ARPANET (Advanced Research Projects Agency NETwork)

- È stata la **prima vera rete** antesignana di Internet
 - Anno di nascita: 1969
 - Contesto: Guerra Fredda, necessità di creare una rete di comunicazione capace di resistere ad eventi catastrofici (attacco nucleare)
 - Obiettivo: permettere lo scambio di informazioni e la condivisione di risorse informatiche fra centri di ricerca, università e laboratori militari
 - Livello fisico: linee telefoniche ad-hoc a 50 Kbps
- Innovazioni tecnologiche introdotte:
 - **Commutazione di pacchetto** (Packet Switching): i dati vengono suddivisi in pacchetti dati di lunghezza fissa. Ogni pacchetto è indipendente e può seguire percorsi diversi per arrivare a destinazione. L'ordine di ricezione dei pacchetti non è importante.
 - **NCP** (Network Control Protocol): predecessore del TCP/IP, permetteva la connessione fra differenti host
 - Prime implementazioni di servizi: **Email**, **FTP** (File Transfer Protocol), **Telnet**, **servizi di naming** (predecessori del DNS)



ARPANET nel 1974



Registro.it
L'ANAGRAFE DEI DOMINI .IT

Registro.it è gestito da:



ISTITUTO
DI INFORMATICA
E TELEMATICA



Consiglio Nazionale
delle Ricerche



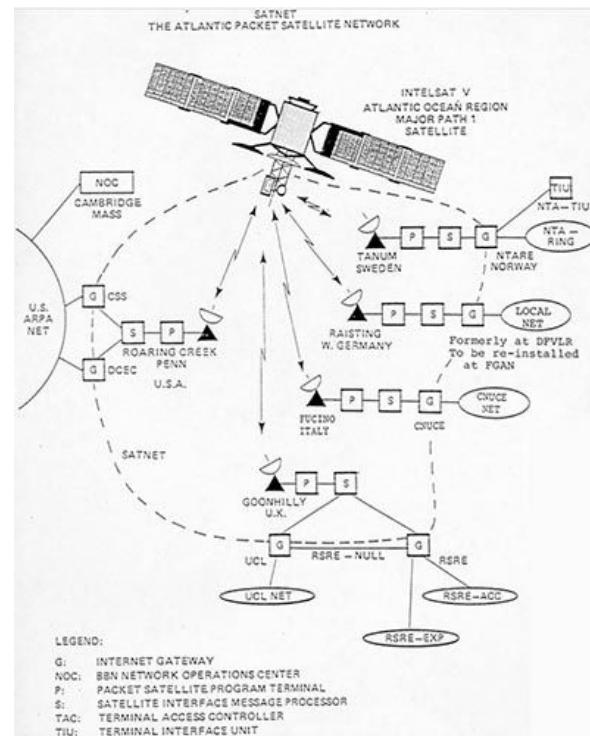
Da ARPANET a Internet

- Per tutti gli anni 70, ARPANET continuò a svilupparsi in ambito universitario e governativo
- Nel 1974, **Robert Kahn e Vint Cerf** svilupparono la prima suite di protocolli di comunicazione per reti a commutazione di pacchetto eterogenee (poi TCP/IP)
- Negli anni 80, con l'avvento dei personal computer, la rete cominciò a svilupparsi anche al di fuori della comunità scientifica
- Nel 1983, il progetto ARPA esaurì il suo scopo. La componente militare si isolò dando vita ad una propria rete, chiamata MILNET
- Tra il 1989 ed il 1991, il World Wide Web nacque al CERN ad opera di **Tim Berners-Lee** per condividere informazioni attraverso documenti collegati da link

E in Italia ?



- Il 30 Aprile del 1986, si stabilì al CNUCE (ex Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico), istituto del CNR, il primo collegamento Internet tra Italia e Stati Uniti, attraverso la rete terrestre e il satellite
- Il dominio .it "cnuce.cnr.it" è stato registrato il 23 Dicembre 1987 dal CNUCE, segnando la nascita del primo dominio italiano e del Registro .it (ora gestito dall'IIT-CNR)
- Il ccTLD .it era stato delegato all'Italia da IANA pochi mesi prima, sempre nel 1987





Dai bps ai Tbps

- Anni '80: Modem analogici – 300 bps → 56 Kbps
- Anni '90: ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) – 640 Kbps → 20 Mbps
- Anni '10: FTTC (Fiber to the Cabinet) – 50 Mbps → 200 Mbps
- Anni '15-'20: FTTH (Fiber to the Home) – 1 Gbps → 10 Gbps
- Oggi: DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) – → 30-40 Tbps
XGS-PON (10-Gigabit Symmetric Passive Optical Network) – → 10 Gbps
- Reti mobili: 2G (→ 9.6 Kbps), 3G (→ 2 Mbps), 4G (→ 300 Mbps), 5G (→ 20 Gbps)



Gestione e regolamentazione

- **IANA** (Internet Assigned Numbers Authority): assegna gli indirizzi IP ai RIR e coordina la gestione della radice (root zone) del DNS
- **ICANN** (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers): sovrintende alla gestione globale dei nomi di dominio e delle risorse numeriche su Internet
- **RIR** (Regional Internet Registry): sovrintende all'assegnazione e alla registrazione delle risorse numeriche di Internet in una specifica area geografica. I RIR presenti sono: AfriNIC, APNIC, ARIN, LACNIC e RIPE
- **IETF** (Internet Engineering Task Force): sviluppa e pubblica **RFC** (Request for Comments), che sono documenti "normativi" per protocolli e tecnologie di rete
- **W3C** (World Wide Web Consortium): gestisce gli standard per il Web, come HTML, CSS e altre tecnologie

TCP/IP



- **TCP** (Transmission Control Protocol): gestisce il flusso delle informazioni che vengono scambiate tra due nodi della rete. I dati vengono spezzettati in pacchetti più piccoli e poi ricomposti nel momento in cui arrivano al computer a cui sono destinati
 - RFC 793, 879, 2873, 6429, 6528, 6691, 9293
- **IP** (Internet Protocol): consente di identificare ciascun nodo della rete tramite un indirizzo univoco
 - RFC 760, 791, 1349, 2474, 6864 – IPv6 1883, 2460, 8200
- Con il TCP/IP, oggi è possibile interconnettere non solo computer, ma qualsiasi tipo di dispositivo, da stampanti, telefoni, robot, videocamere
- Senza il TCP/IP, non ci sarebbe Internet come la conosciamo e tutte le sue derivazioni (es. IoT)



Indirizzamento

IPv4

32 bit, circa 4,3 miliardi di indirizzi. Oggi quasi esaurito

Quattro gruppi di numeri decimali separati da punti (es. 192.168.1.1)

Configurazione manuale o DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

Sicurezza non integrata nel protocollo

IPv6

128 bit, $\approx 3.4 \times 10^{38}$ indirizzi

Otto gruppi di cifre esadecimali separati da due punti (es. 2001:db8::1)

Autoconfigurazione (SLAAC - StateLess Address Auto Configuration) + DHCPv6

IPSec integrato nel protocollo



Autonomous Systems e instradamento

- Internet è oggi una rete costituita da migliaia di reti private, pubbliche, aziendali e governative collegate tra loro tramite protocolli, dispositivi e tecnologie di comunicazione standardizzati
- L'interconnessione avviene preferibilmente tramite gli **IXP** (Internet eXchange Point) cioè punti in cui diversi Autonomous Systems si scambiano informazioni di instradamento e traffico attraverso router
 - Un **AS** identifica un insieme di reti sotto il controllo di una singola autorità amministrativa. Ogni AS che utilizza la rete pubblica deve essere registrato presso il rispettivo RIR
 - Un **router** è un dispositivo di rete che collega dispositivi e reti informatiche ad altre reti. I router svolgono tre funzioni principali: determinazione del percorso, inoltro dei dati, bilanciamento del carico
- L'instradamento (o **routing**) è il processo di selezione del percorso migliore su una rete utilizzando un insieme di regole predeterminate



DNS (Domain Name System)

- Gli indirizzi IP sono difficili da ricordare, vanno bene per la comunicazione fra le macchine
- Gli utenti preferiscono utilizzare “nomi” più mnemonici
- Inizialmente la gestione veniva effettuata tramite l'utilizzo di un file HOSTS.TXT gestito dal Network Information Center di Stanford Research Institute
- Con l'aumentare dei nodi della rete ci si è resi conto che la gestione centralizzata era inadatta



DNS (cont.)

- Definito nel 1983 presso ISC (Information Science Institute) dell' USC (University of Southern California)
 - RFC 1034, 1035, 1123, 1537, 1912, 2182 e successivi aggiornamenti (44 RFC in tutto!)
 - Ad ogni macchina connessa alla rete può essere assegnato un nome simbolico
 - Il DNS fornisce:
 - **risoluzione diretta:** metodo per associare il nome simbolico di una macchina all'indirizzo (o agli indirizzi) IP della macchina stessa
 - **risoluzione inversa:** metodo per associare ad un indirizzo IP il nome simbolico della macchina



DNS: concetti generali

- Database distribuito
- Modello client-server
- Tre componenti principali:
 - spazio dei nomi a dominio e informazioni associate
 - nameserver (server che mantiene le informazioni)
 - resolver (client per l'interrogazione dei nameserver)



Lo spazio dei nomi a dominio

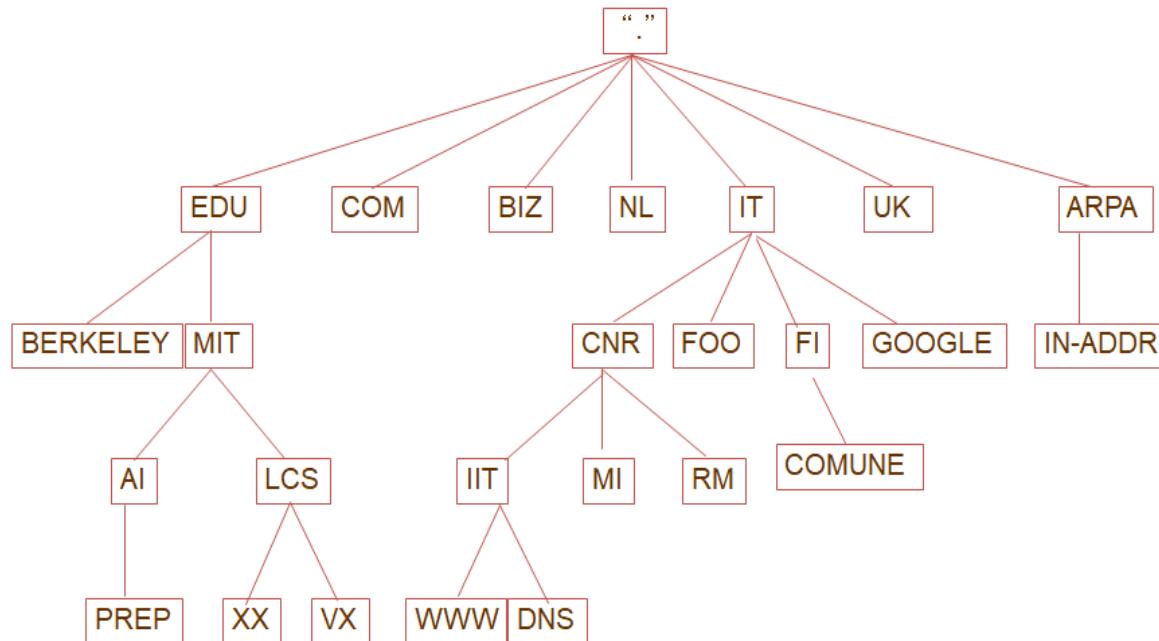
- Lo spazio dei nomi a dominio è organizzato secondo un modello gerarchico:
 - ha una struttura logica “ad albero rovesciato”
 - ciascun nodo dell’albero rappresenta un dominio
 - ogni dominio può essere suddiviso in altri domini: sottodomini
 - ogni nodo ha una etichetta che lo identifica rispetto al padre

La radice dell’albero è unica, e la sua etichetta è vuota. Generalmente viene indicata anche come “.”

- Struttura dello spazio dei nomi a dominio:
 - domini generici (generic Top Level Domain - **gTLD**)
 - domini nazionali (country code Top Level Domain - **ccTLD**)
 - domini per la risoluzione inversa (**arpa**)



Esempio di spazio dei nomi a dominio



gTLD



- 1998: nasce ICANN per gestire i nomi di dominio e vengono delegati i primi gTLD (.com, .net, .org, .edu, .gov, .int, .mil)
- 2000: primo round "proof-of-concept" (.biz, .info, .name, .pro, .aero, .coop, .museum)
- 2004: round "sponsored" (.asia, .jobs, .mobi, .tel, .travel, .xxx, .cat)
- 12 Gennaio 2012: Apertura round principale con 1.930 domande e oltre 1.200 gTLD delegati ad oggi
 - Inclusi gTLD IDN (Internationalized Domain Name)
 - Aprile 2026: prossimo round

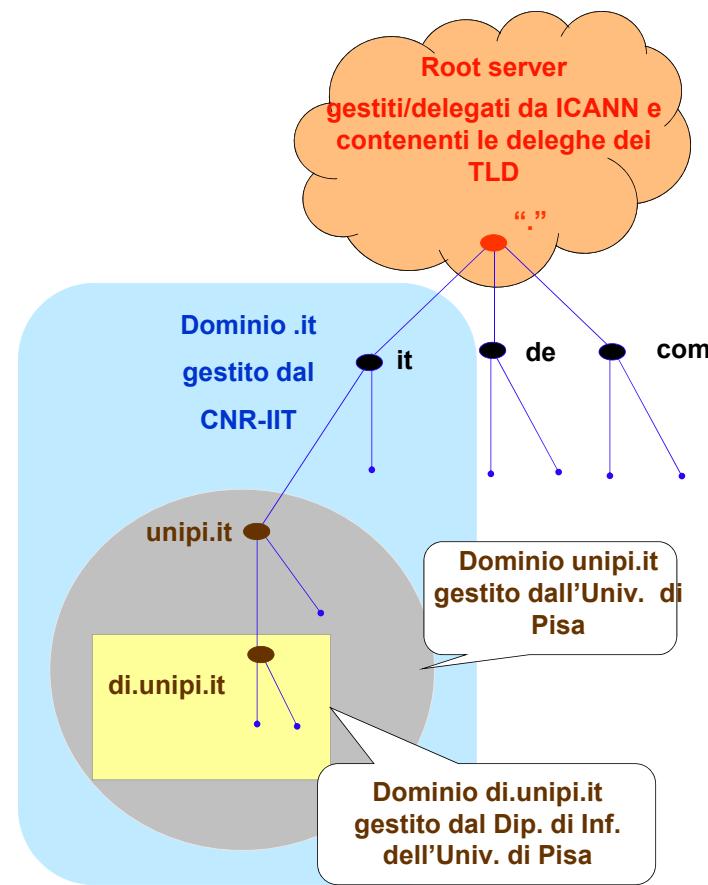
ccTLD



- domini nazionali, rappresentati dai codici ISO 3166-1 di 2 lettere (ccTLD)
 - it Italia
 - fr Francia
 - de Germania
 -
 - eu delegato da IANA/ICANN il 28 Aprile 2005 e entrato in funzione il 7 Dicembre 2005
- domini nazionali, rappresentati dai nomi delle nazioni in caratteri non ASCII (ccTLD IDN)
 - i primi 3 che sono stati attivati il 5 Maggio 2010 sono:
 - Egitto مصر (Egypt)
 - Arabia Saudita السعودية (AlSaudiah)
 - Emirati Arabi امارات (Emarat)

Gestione dei domini

- Il DNS permette a organizzazioni dotate di un proprio dominio di:
 - delegare ad altri la gestione degli eventuali domini figli (sotto-domini)
 - amministrare la relazione nomi-indirizzi del proprio dominio in maniera autonoma ed indipendente
 - definire le regole di naming all'interno del proprio dominio



I root server



- I root-server sono i nameserver della “.” (radice).
- Sono essenziali al funzionamento del DNS perchè:
 - contengono le informazioni sui TLD e sui relativi nameserver ai quali ne delegano la gestione
 - contengono le informazioni per la risoluzione inversa (risoluzione indirizzo-nome a dominio)
- Ogni resolver deve conoscere nomi e indirizzi dei root-server
 - elenco dei [13 root server](#) gestiti da 12 operatori diversi
 - poco più di [1900 anycast root server](#)
 - [file di root](#)



Nameserver autoritativi

- Un nameserver si definisce **autoritativo** quando è “in possesso dei dati” per una determinata zona dell’albero dei nomi
- Per un dominio vi possono essere più nameserver autoritativi
 - per avere una maggiore affidabilità è fortemente consigliato averne più di uno
- I nameserver autoritativi si dividono in:
 - Primario (master)
 - Secondari (slave)
- Nel processo di risoluzione dei nomi attraverso il meccanismo del **"round-robin"** vengono utilizzati sia il nameserver primario che i nameserver secondari



Esempio di risoluzione diretta

- Un browser web richiede l'indirizzo IP del nome di dominio `www.example.com`. Il sistema operativo del computer invia una richiesta di risoluzione diretta al resolver locale
- Il resolver controlla se ha già l'indirizzo IP nella sua cache. Se sì, restituisce subito il risultato.
- Se l'indirizzo non è in cache, il resolver inizia una ricerca ricorsiva:
 - Interroga un root server per conoscere i nameserver autoritativi del dominio di primo livello `.com`
 - Poi interroga un nameserver di quelli ottenuti per trovare un nameserver autoritativo del dominio di secondo livello `example.com`.
 - Poi interroga un nameserver di quelli ottenuti che ha l'indirizzo IP (record A o AAAA) del nome a dominio `www.example.com`
 - Una volta ottenuto l'indirizzo IP, il resolver lo restituisce al browser e lo memorizza nella sua cache per future richieste

Il Web



- Il Web è una rete di documenti collegati tra loro, accessibili tramite Internet
- Il browser opera come client ed invia richieste ad un server per ottenere una risorsa (pagina, immagine, file)
- La comunicazione avviene attraverso un protocollo standard chiamato **HTTP**
- Ruolo dei componenti principali
 - **Browser Web:** interpreta i documenti e li mostra all'utente
 - **Server Web:** custodisce le risorse e risponde alle richieste dei client
 - **Connessione:** Internet e protocolli di rete permettono il trasferimento dei dati



HTTP, URL e HTML

- **HTTP** (HyperText Transfer Protocol)
 - È il protocollo che regola il dialogo tra browser e server
 - La versione sicura è HTTPS, in cui il canale di comunicazione è criptato
- **URL** (Uniform Resource Locator)
 - L'indirizzo che identifica una risorsa sul Web
 - Struttura: protocollo://dominio/percorso/risorsa
 - Permette al browser di sapere dove trovare ciò che deve scaricare
- **HTML** (HyperText Markup Language)
 - Il linguaggio standard per creare le pagine web
 - Descrive la struttura e il contenuto (testi, link, immagini)
 - I browser interpretano l'HTML e lo presentano come una pagina navigabile



Versioni di HTTP

- 1991: HTTP/0.9 prima versione minimale (solo GET)
- 1996: HTTP/1.0 RFC 1945 deprecato
- 1997: HTTP/1.1 8 RFC obsoleti, RFC 9110-12
- 2015: HTTP/2 RFC 7540, 8740
- 2019: HTTP/3 RFC 9114 (HTTP over QUIC)
- Distribuzione attuale sui siti Web:
 - 50% HTTP/1.1
 - 45% HTTP/2
 - 5% HTTP/3



GRAZIE

Registro.it
L'ANAGRAFE DEI DOMINI .IT

Registro.it è gestito da:



ISTITUTO
DI INFORMATICA
E TELEMATICA



Consiglio Nazionale
delle Ricerche