

UNA GIORNATA PARTICOLARE



A cura di Massimo Nannini ()*

Sommario

Almanacco del giorno 29 ottobre "Accadde Oggi"

La rete Arpanet

Gli anni '80 e la nascita di Internet

Da Arpanet al World Wide Web (WWW)

Il protocollo TCP/IP ed il modello ISO/OSI

Il Protocollo http

Il 29 ottobre 1969, un esperimento universitario segna l'inizio della comunicazione digitale con l'invio del primo messaggio su ARPANET, la rete precursore di Internet. Il messaggio, una singola parola "login", arrivò incompleto ma segnalò un grande passo avanti tecnologico. ARPANET, sviluppata inizialmente dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti, si evolse nel sistema globale di Internet, alimentato da innovazioni come il protocollo TCP/IP e il World Wide Web, che hanno trasformato la nostra interconnessione digitale.

Almanacco del giorno 29 ottobre "Accadde Oggi"

È la sera del 29 ottobre 1969, 55 anni fa, tre mesi dopo lo sbarco sulla Luna, quando un piccolo team dell'università della California guidato dal prof. Leonard Kleinrock, ora novantenne, prova a mandare un messaggio all'Università di Stanford attraverso la rete Arpanet, messaggio costituito da una sola parola che a noi oggi risulta piuttosto familiare "login".

Leonard Kleinrock racconta che quella sera ad assisterlo nell'esperimento era presente un solo membro del team il suo studente Charley Kline, e a ricevere il messaggio, dall'altra parte del "filo", il collega prof. Bill Duval dell'Università di Stanford. Al primo tentativo di trasmissione la rete andò in crash dopo la digitazione della lettera "o", dunque il messaggio ricevuto fu solamente "lo".

Nonostante l'apparente fallimento dell'esperimento le due lettere 'l' e 'o' arrivarono a destinazione e come spesso racconta Leonard Kleinrock «Non lo avevamo pianificato, ma non potevamo trovare un messaggio migliore: conciso, potente e profetico». Infatti pronunciando le due lettere arrivate all'inglese si ottiene la parola "hello".

Ad onore della storia il messaggio completo venne poi trasmesso e ricevuto correttamente ma ci vollero alcune ore.

Tutto questo, dopo 55 anni, che pensandoci bene non sono poi molti, rispetto ai grandi progressi tecnologici in questo campo, suona come preistoria. Fu soltanto l'inizio di un lungo viaggio che come tutti i viaggi comincia con un primo passo, magari un pochino barcollante, ma che un piede dopo l'altro ci ha portati lontano.

La rete Arpanet

Arpanet (Advanced Research Projects Agency Network) nasce appunto alla fine degli anni '60 come progetto sperimentale dell'ARPA (Advanced Research Projects Agency) del Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti. L'obiettivo iniziale era di creare una rete di comunicazione robusta e decentralizzata per mantenere i contatti tra diverse istituzioni anche in caso di guerra o interruzioni di comunicazione.

Nel 1965 gli accademici Leonard Kleinrock, Paule Baran e Donald Davies teorizzarono la trasmissione dei dati con la commutazione di pacchetto, affermando che la trasmissione avvenisse in modo lineare. Secondo tale teoria l'informazione, se divisa in pacchetti, poteva

viaggiare lungo la rete e una volta arrivata a destinazione venire nuovamente riassemblata aumentando l'efficienza della rete e riducendo la perdita di dati.

Nel 1969 ARPA realizzò il primo collegamento tra i computer dell'Università della California (UCLA) e lo Stanford Research Institute di Palo Alto. Successivamente collegarono anche l'Università della California Santa Barbara (UCSB) e quella dello Utah. L'invio del primo messaggio del 29 ottobre 1969 fece nascere ufficialmente la rete Arpanet.

Nei primi anni '70, la rete si espanse e coinvolse università, centri di ricerca ed alcune aziende sia negli Stati Uniti sia in Europa rendendo così Arpanet un progetto internazionale.

Gli anni '80 e la nascita di Internet

Importante punto di svolta avvenne nel 1973 quando gli informatici Robert Kahn e Vinton Cerf, misero a punto l'Internet Protocol Suite. Fu un passo fondamentale nello sviluppo della rete tanto che il progetto venne rinominato e si cominciò a parlare di Internet. In breve la rete si espanse con l'inserimento di molti altri nodi sia negli Stati Uniti sia in Europa e l'avvio del primo servizio di invio di pacchetti dati a pagamento. Ulteriore spinta espansionistica venne dalla nascita dei personal computer che permise la diffusione della nuova tecnologia al di fuori dell'ambito accademico.

Anche l'Italia in quegli anni partecipò attivamente allo sviluppo della rete Internet, infatti fu il quarto paese Europeo a connettersi.

Il 30 Aprile 1986 venne stabilito il primo collegamento Internet Italiano.



Centro di calcolo Cnuce – fonte CNR

Un comando "ping" partì dal Cnuce (Centro universitario per il calcolo elettronico) di Pisa e arrivò a Roaring Creek, in Pennsylvania, grazie a un "Butterfly Gateway", un enorme router fornito dal Governo americano. Pochi istanti dopo dagli Stati Uniti arrivò la risposta "Ok", dando così formalmente vita al primo nodo della rete Internet in Italia.

Questo primo messaggio transatlantico partito da Pisa verso la Pennsylvania utilizzò un sistema di rete misto terrestre e satellitare in quanto al tempo non erano ancora presenti dorsali sottomarine che collegavano le due sponde dell'oceano.

Da Arpanet al World Wide Web (WWW)

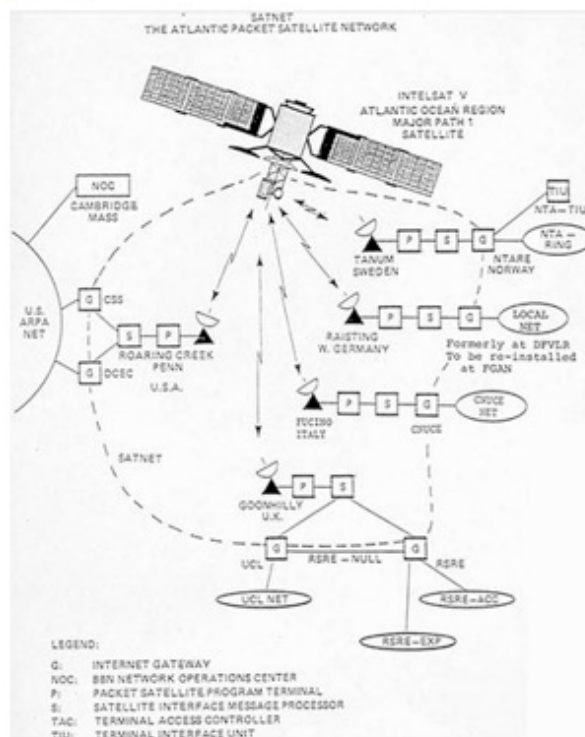
Il passaggio da Arpanet al World Wide Web (WWW) fu un processo graduale e complesso, basato su innovazioni tecniche e concettuali che si sovrapposero nel corso degli anni. Sebbene Arpanet e il World Wide Web facciano parte della storia di Internet, si riferiscono a due aspetti diversi: Arpanet era una rete di computer mentre il Web è un sistema di accesso e condivisione di contenuti su Internet.

Dopo che Arpanet adottò il protocollo TCP/IP nel 1983, le reti poterono connettersi facilmente tra loro, formando così Internet, un insieme di reti che comunicavano con lo stesso linguaggio. Questo favorì lo sviluppo e la crescita di nuove reti locali ed internazionali.

Nel 1989, Tim Berners-Lee, un ricercatore al CERN di Ginevra, propose un sistema per migliorare la condivisione di informazioni tra ricercatori, dando origine al concetto di World Wide Web. La sua idea fu quella di collegare documenti ipertestuali tramite link, in modo tale che gli utenti potessero navigare tra le informazioni.

Berners-Lee sviluppò tre tecnologie fondamentali per il Web: HTML (HyperText Markup Language), il linguaggio usato per creare pagine web; URL (Uniform Resource Locator), per identificare univocamente le risorse online; e HTTP (Hypertext Transfer Protocol), per la trasmissione delle informazioni su Internet.

Nel 1991, Berners-Lee lanciò il primo sito web al CERN, spiegando il concetto del WWW e fornendo istruzioni su come creare e consultare pagine web. Da qui, il World Wide Web iniziò a diffondersi, offrendo una piattaforma più



Pisa, 30 aprile 1986

Il Primo nodo Internet in Italia

Rete satellitare atlantica Satnet (CNR Arpanet)

intuitiva per accedere alle informazioni su Internet.

Il protocollo TCP/IP ed il modello ISO/OSI

Come abbiamo detto in precedenza il funzionamento della rete Internet si basa fondamentalmente sull'applicazione del protocollo TCP/IP ad una infrastruttura di rete con topologia a stella dove ogni nodo è collegato ad un nodo centrale, dunque la rete è il supporto fisico per la trasmissione dei dati ed il protocollo rappresenta l'insieme delle "regole grammaticali" che permettono ai nodi di scambiarsi messaggi compiuti.

Il modello ISO/OSI e il protocollo TCP/IP sono tra i pilastri fondamentali delle telecomunicazioni moderne, essendo stati creati per regolare e facilitare la comunicazione tra dispositivi di rete. Questi modelli, con l'aggiunta del protocollo HTTP, rendono possibile la trasmissione e la ricezione di informazioni su Internet, formando la base della comunicazione digitale.

Cos'è il Modello OSI?

Il modello OSI (Open Systems Interconnection) è uno standard creato dall'International Organization for Standardization (ISO) nel 1984 per definire un'architettura a strati che permetta la comunicazione tra dispositivi in rete. È diviso in sette strati (layer), ciascuno con una specifica funzione ed un ruolo nell'organizzare e regolare il flusso di dati. Anche se il modello OSI non è stato adottato direttamente come standard operativo in molte reti moderne, è fondamentale come struttura di riferimento per comprendere la comunicazione e l'interazione tra i vari protocolli.

Strati del Modello OSI

1. Strato Fisico (Physical Layer): Definisce le caratteristiche fisiche della connessione, come cavi, connettori, segnali elettrici, e modalità di trasmissione (bit per bit).
2. Strato di Collegamento Dati (Data Link Layer): Organizza i dati in frame, gestisce la correzione degli errori a livello di collegamento, e controlla il flusso di dati tra dispositivi vicini sulla rete locale.
3. Strato di Rete (Network Layer): Gestisce l'indiradamento dei dati tra nodi, definendo indirizzi logici (come gli indirizzi IP) per identificare i dispositivi sulla rete.
4. Strato di Trasporto (Transport Layer): Assicura il trasferimento dei dati in modo affidabile tra host finali, usando protocolli come TCP (Transmission Control Protocol) e UDP (User Datagram Protocol).
5. Strato di Sessione (Session Layer): Stabilisce, gestisce e termina le sessioni di comunicazione tra dispositivi, sincronizzando la trasmissione dei dati.
6. Strato di Presentazione (Presentation Layer): Traduce i dati tra il formato di rete e quello

comprensibile dall'applicazione, gestendo anche la compressione e la crittografia.

7. Strato Applicazione (Application Layer): È lo strato più vicino all'utente, che fornisce servizi di rete diretti, come la posta elettronica, il trasferimento di file e il web browsing.

Importanza del Modello OSI

Il modello OSI è stato concepito per essere modulare, permettendo a ogni strato di funzionare indipendentemente dagli altri, il che facilita lo sviluppo e la compatibilità dei protocolli. Per esempio, il livello di trasporto può essere rappresentato sia da TCP che da UDP, e questa scelta non influisce sugli strati sottostanti, come il livello di rete.

Cos'è il Modello TCP/IP?

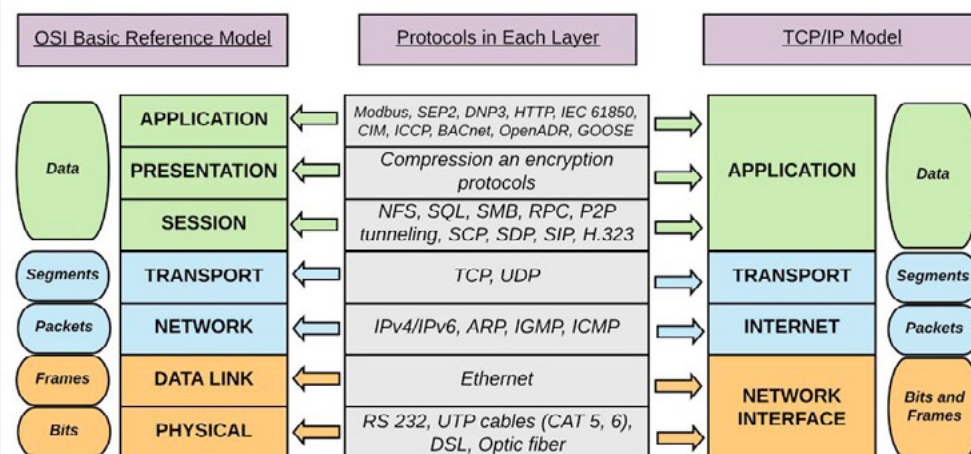
Il modello TCP/IP, sviluppato da DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) negli anni '70, è il protocollo standard di Internet e costituisce una struttura di riferimento più semplice rispetto al modello OSI. È diviso in quattro livelli, che corrispondono approssimativamente agli strati del modello OSI, ma con alcune differenze.

Livelli del Modello TCP/IP

1. Livello di Accesso alla Rete (Network Access Layer): Combina le funzionalità degli strati fisico e di collegamento dati del modello OSI, gestendo la trasmissione fisica dei dati sulla rete e l'interfacciamento con il mezzo fisico.
2. Livello di Internet (Internet Layer): È equivalente allo strato di rete del modello OSI e si occupa di instradare i dati, assegnando gli indirizzi IP e utilizzando protocolli come IP (Internet Protocol), ICMP (Internet Control Message Protocol) e ARP (Address Resolution Protocol).

3. Livello di Trasporto (Transport Layer): Questo strato gestisce la trasmissione dei dati tra host, principalmente attraverso TCP, che garantisce affidabilità e controllo di flusso, e UDP, che permette una trasmissione più veloce ma meno affidabile.

4. Livello Applicazione (Application Layer): Raggruppa gli strati di sessione,



Modello ISO/OSI – TCP/IP (ResearchGate)

presentazione e applicazione del modello OSI, includendo protocolli come HTTP, FTP, SMTP, e DNS, che offrono servizi direttamente agli utenti.

Differenze tra il Modello OSI e il Modello TCP/IP

- Numero di Strati: Il modello OSI ha sette strati, mentre TCP/IP ne ha solo quattro, integrando alcune funzioni degli strati superiori e inferiori.
- Focus Operativo: Il modello OSI è teorico e generalista, mentre TCP/IP è stato progettato specificamente per Internet.
- Indipendenza e Modifica: Nel modello TCP/IP, alcuni protocolli sono più strettamente integrati nei rispettivi strati, mentre OSI favorisce una maggiore indipendenza tra i livelli, permettendo aggiornamenti più modulati.

Il Protocollo http

HTTP (Hypertext Transfer Protocol) è un protocollo del livello applicazione del modello TCP/IP utilizzato per il trasferimento di ipertesti, ossia documenti collegati tramite link, come per esempio le pagine web. Il protocollo HTTP fu stato creato nei primi anni '90 da Tim Berners-Lee e Robert Cailliau al CERN, ed è stato fondamentale per lo sviluppo del World Wide Web.

Funzionamento del Protocollo http

- Connessione Client-Server: HTTP è un protocollo client-server. Quando un utente (client) richiede una pagina web, invia una richiesta HTTP al server che ospita il sito. Il server risponde con i dati della pagina, che vengono visualizzati sul browser.
- Richieste e Risposte: Le richieste HTTP sono strutturate in metodi, come GET (per richiedere dati), POST (per inviare dati), PUT, DELETE, e altri, che definiscono l'azione da eseguire.
- Stateless: HTTP è senza stato, il che significa che ogni richiesta è indipendente dalle altre. Ogni connessione viene aperta, servita e chiusa senza che il server mantenga informazioni tra una richiesta e l'altra.

Evoluzione di http

- HTTP/1.0 e HTTP/1.1: HTTP/1.0 è stata la prima versione ufficiale, ma è stata migliorata da HTTP/1.1, che ha introdotto connessioni persistenti, permettendo al server di mantenere aperta la connessione e di inviare più risposte senza doverla riaprire ogni volta.
- HTTP/2: Lanciato nel 2015, HTTP/2 ha portato miglioramenti di velocità e efficienza, supportando il multiplexing, cioè la possibilità

di gestire più richieste simultaneamente su una singola connessione.

- HTTP/3: HTTP/3 è l'ultima versione, che utilizza il protocollo QUIC invece di TCP per aumentare ulteriormente la velocità e la sicurezza del trasferimento dati.

Per concludere la nostra breve esposizione sul funzionamento della rete Internet possiamo sintetizzare il tutto dicendo che il modello ISO/OSI, il protocollo TCP/IP ed il protocollo HTTP rappresentano i concetti fondamentali e i meccanismi pratici che ci permettono il trasferimento delle informazioni sulla rete. Più specificatamente il modello ISO/OSI fornisce il quadro teorico, TCP/IP e HTTP formano la base operativa per la trasmissione e la fruizione dei contenuti su Internet, assicurando che i dispositivi possano interagire in modo efficace, affidabile e accessibile per l'utente finale.

Il 29 ottobre 1969 fu veramente una giornata particolare!

Keywords: ARPANET; Internet; Leonard Kleinrock; Charley Kline; Bill Duval; commutazione di pacchetto; TCP/IP; Modello OSI; World Wide Web (WWW); Tim Berners-Lee; HTML; HTTP; CERN; Robert Kahn; Vinton Cerf; CNUCE; Butterfly Gateway; HTTP/2; HTTP/3; rete decentralizzata; Advanced Research Projects Agency (ARPA); Roaring Creek.



(*) Massimo Nannini

IT engineer and business consultant,
info@gemaxconsulting.it

A SPECIAL DAY

On October 29, 1969, a university experiment marked the beginning of digital communication with the transmission of the first message over ARPANET, the precursor to the Internet. The message, a single word—"login"—was incomplete but symbolized a significant technological leap. ARPANET, initially developed by the U.S. Department of Defense, evolved into the global Internet system, fueled by innovations like the TCP/IP protocol and the World Wide Web, transforming how we connect digitally.

By Massimo Nannini

Summary

October 29 Almanac: "On This Day"

The ARPANET Network

The 1980s and the Birth of the Internet

From ARPANET to the World Wide Web (WWW)

The TCP/IP Protocol and ISO/OSI Model

The HTTP Protocol

October 29 Almanac: "On This Day"

On the evening of October 29, 1969, 55 years ago, just three months after the Moon landing, a small team from the University of California led by Professor Leonard Kleinrock (now in his 90s) attempted to send a message to Stanford University through the ARPANET network. The message consisted of a single word familiar to us today: "login."

Leonard Kleinrock recalls that on that evening, the only person assisting him was his student, Charley Kline. On the receiving end of the "wire" was Professor Bill Duval from Stanford University. During the first transmission attempt, the network crashed after the letter "o" was typed, resulting in the message "lo" being received.

Despite the apparent failure, the letters "l" and "o" reached their destination. As Kleinrock often remarks: "We hadn't planned it, but we couldn't have found a better message: concise, powerful, and prophetic." Indeed, when pronounced in English, the letters spell "hello."

The full message was eventually transmitted successfully, though it took several hours.

Thinking about it now, 55 years is not a long time, given the immense technological progress since then. That moment marked the beginning of a long journey, one that started with a first step—perhaps a bit wobbly—but step by step, it took us far.

The ARPANET Network

ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network) emerged in the late 1960s as an experimental project by ARPA, part of the U.S. Department of Defense. Its goal was to create a robust, decentralized communication network capable of maintaining connections between institutions even during a war or communication disruption.

In 1965, academics Leonard Kleinrock, Paul Baran, and Donald Davies theorized packet-switching as a means of linear data transmission. This theory suggested that information, when divided into packets, could travel across the network and be reassembled at the destination, improving efficiency and reducing data loss.

By 1969, ARPA established the first link between computers at the University of California (UCLA) and the Stanford Research Institute in Palo Alto. Later, connections were added to UC Santa Barbara (UCSB) and the University of Utah. The transmission of the first message on October 29, 1969, officially launched the ARPANET network. During the 1970s, ARPANET expanded, involving universities, research centers, and some companies in both the U.S. and Europe, making it an international project.

The 1980s and the Birth of the Internet

A pivotal moment came in 1973 when computer scientists Robert Kahn and Vinton Cerf developed the Internet Protocol Suite. This marked a fundamental step in the network's development, leading to the project's renaming as "Internet." The network rapidly expanded, incorporating additional nodes across the U.S. and Europe, as well as launching the first paid data packet transmission service.

The emergence of personal computers further accelerated the spread of this new technology beyond academic settings.

Italy also played a key role in the Internet's development, becoming the fourth European country to connect. On April 30, 1986, the first Italian Internet connection was established.

At Pisa's CNUCE (University Center for Electronic Computing), a "ping" command was sent to Roaring Creek, Pennsylvania, through a "Butterfly Gateway" router provided by the U.S. government. Moments later, the reply "Ok" arrived, formally creating Italy's first Internet node.

From ARPANET to the World Wide Web (WWW)

The transition from ARPANET to the World Wide Web (WWW) was gradual, driven by technical

and conceptual innovations. ARPANET was a computer network, whereas the Web is a system for accessing and sharing content on the Internet. After adopting the TCP/IP protocol in 1983, ARPANET allowed networks to connect more easily, forming a unified Internet. This spurred the creation and growth of new local and international networks.

In 1989, Tim Berners-Lee, a researcher at CERN in Geneva, proposed a system for improving information sharing among researchers, leading to the concept of the World Wide Web. He developed three key technologies:

1. HTML (HyperText Markup Language) for creating web pages.
2. URL (Uniform Resource Locator) for uniquely identifying online resources.
3. HTTP (Hypertext Transfer Protocol) for transmitting information.

In 1991, Berners-Lee launched the first website at CERN, explaining the WWW concept and providing instructions for creating and browsing web pages. The Web quickly spread, offering an intuitive platform for accessing online information.

The TCP/IP Protocol and the ISO/OSI Model

As previously mentioned, the operation of the Internet relies fundamentally on the application of the TCP/IP protocol to a network infrastructure with a star topology, where each node is connected to a central node. In this setup, the network serves as the physical medium for data transmission, while the protocol provides the "grammatical rules" that enable nodes to exchange coherent messages.

The ISO/OSI model and the TCP/IP protocol are foundational pillars of modern telecommunications, created to regulate and facilitate communication between network devices. Together with the HTTP protocol, these models make it possible to transmit and receive information over the Internet, forming the basis of digital communication.

What is the OSI Model?

The OSI (Open Systems Interconnection) model is a standard developed by the International Organization for Standardization (ISO) in 1984 to define a layered architecture enabling communication between network devices. It consists of seven layers, each with a specific function and role in organizing and regulating data flow. Although the OSI model has not been directly adopted as an operational standard

for many modern networks, it remains an essential reference structure for understanding communication and interaction between protocols.

OSI Model Layers:

1. Physical Layer: Defines the physical characteristics of the connection, such as cables, connectors, electrical signals, and transmission modes (bit-by-bit).
2. Data Link Layer: Organizes data into frames, manages error correction at the link level, and controls data flow between nearby devices on a local network.
3. Network Layer: Handles data routing between nodes, assigning logical addresses (like IP addresses) to identify devices on the network.
4. Transport Layer: Ensures reliable data transfer between endpoints using protocols like TCP (Transmission Control Protocol) and UDP (User Datagram Protocol).
5. Session Layer: Establishes, manages, and terminates communication sessions between devices, synchronizing data transmission.
6. Presentation Layer: Translates data between the network format and the format understandable by the application, handling compression and encryption.
7. Application Layer: Closest to the user, it provides direct network services, such as email, file transfer, and web browsing.

Importance of the OSI Model:

The OSI model is modular, allowing each layer to operate independently of the others, which facilitates the development and compatibility of protocols. For instance, the transport layer can be represented by either TCP or UDP, and this choice does not affect the underlying layers, such as the network layer.

What is the TCP/IP Model?

The TCP/IP model, developed by DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) in the 1970s, is the Internet's standard protocol and provides a simpler reference structure compared to the OSI model. It consists of four layers that roughly correspond to the layers of the OSI model, with some differences.

TCP/IP Model Layers:

1. Network Access Layer: Combines the functions of the physical and data link layers in the OSI model, managing the physical

transmission of data and interfacing with the physical medium.

2. Internet Layer: Equivalent to the OSI network layer, it manages data routing, assigns IP addresses, and uses protocols such as IP (Internet Protocol), ICMP (Internet Control Message Protocol), and ARP (Address Resolution Protocol).

3. Transport Layer: Manages data transmission between hosts, primarily through TCP (which ensures reliability and flow control) and UDP (which allows faster but less reliable transmission).

4. Application Layer: Groups the session, presentation, and application layers of the OSI model, including protocols like HTTP, FTP, SMTP, and DNS that provide direct services to users.

Differences Between OSI and TCP/IP Models

- Number of Layers: The OSI model has seven layers, while TCP/IP has only four, integrating some functions of the upper and lower layers.
- Operational Focus: The OSI model is theoretical and general, while TCP/IP was designed specifically for the Internet.
- Layer Independence: The OSI model promotes greater independence between layers, allowing for more modular updates, while TCP/IP protocols are more tightly integrated within their respective layers.

HTTP Protocol

HTTP (Hypertext Transfer Protocol) is an application-layer protocol within the TCP/IP model used for transferring hypertexts—documents linked via hyperlinks, such as web pages. HTTP was developed in the early 1990s by Tim Berners-Lee and Robert Cailliau at CERN and was pivotal to the development of the World Wide Web.

How HTTP Works

- Client-Server Connection: HTTP is a client-server protocol. When a user (client) requests a web page, it sends an HTTP request to the server hosting the site. The server responds with the page's data, which is displayed in the browser.
- Requests and Responses: HTTP requests use methods like GET (to retrieve data), POST (to send data), PUT, DELETE, and others, which define the actions to be performed.
- Stateless Protocol: HTTP is stateless, meaning each request is independent of others. Connections are opened, served, and closed

without the server retaining information between requests.

Evolution of HTTP

- HTTP/1.0 and HTTP/1.1: HTTP/1.0 was the first official version but was improved by HTTP/1.1, which introduced persistent connections, allowing servers to keep connections open and send multiple responses without reopening them each time.
- HTTP/2: Introduced in 2015, HTTP/2 improved speed and efficiency, supporting multiplexing—handling multiple requests simultaneously over a single connection.
- HTTP/3: The latest version uses the QUIC protocol instead of TCP to further enhance speed and security in data transfer.

The ISO/OSI model, TCP/IP protocol, and HTTP protocol represent the fundamental concepts and practical mechanisms that enable information transfer over the Internet. Specifically:

- The ISO/OSI model provides the theoretical framework.
- TCP/IP and HTTP form the operational foundation for transmitting and accessing content on the Internet.

These mechanisms ensure effective, reliable, and accessible communication for end users. Indeed, October 29, 1969—a significant day in Internet history—marked the beginning of it all!

Keywords: ARPANET; Internet; Leonard Kleinrock; Charley Kline; Bill Duval; packet switching; TCP/IP; OSI Model; World Wide Web (WWW); Tim Berners-Lee; HTML; HTTP; CERN; Robert Kahn; Vinton Cerf; CNUCE; Butterfly Gateway; HTTP/2; HTTP/3; decentralized network; Advanced Research Projects Agency (ARPA); Roaring Creek.