

Reti di Calcolatori  
AA 2012/2013



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

<http://disi.unitn.it/locigno/index.php/teaching-duties/computer-networks>

Architetture Protocollari

Renato Lo Cigno

---

---

---

---

---

---

---

---

Copyright

Quest'opera è protetta dalla licenza:

*Creative Commons*  
*Attribuzione-Non commerciale-Non opere derivate*  
*2.5 Italia License*

Per i dettagli, consultare  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/it/>



locigno@disi.unitn.it 2




---

---

---

---

---

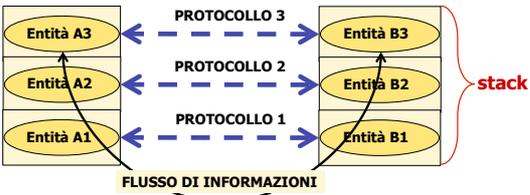
---

---

---

Architettura Protocollare

- Insieme dei protocolli e delle loro inter-relazioni che definiscono una architettura logica e fisica di comunicazione



locigno@disi.unitn.it 3




---

---

---

---

---

---

---

---



## Architetture: modello a strati

- Un'architettura di rete definisce:
  - il processo di comunicazione
  - le relazioni tra entità coinvolte nella comunicazione
  - le funzioni necessarie per la comunicazione
- Si usano architetture *stratificate*
  - semplicità di progetto
  - raggruppamento in *strati* (o *livelli*) di funzioni simili per logica o tecnologia
  - gerarchia tra strati

locigno@disi.unitn.it 4 

---

---

---

---

---

---

---

---



## Architetture: Origini

- L'idea di una architettura modulare e stratificata è simile ai principi di sviluppo modulare del codice
  - Pezzi riutilizzabili
  - Librerie senza dipendenze esterne
  - Costruzione "funzionale" dei servizi
    - Una entità di un certo strato costruisce le proprie funzioni sulla base delle funzioni dello strato sottostante e non in base a come queste funzioni sono realizzate
- Esistono molte architetture protocollari diverse:
  - ISO/OSI
  - TCP/IP
  - ISDN – B-ISDN
  - ...

locigno@disi.unitn.it 5 

---

---

---

---

---

---

---

---



## Architetture: quali studiare?

- Panoramica sul modello astratto ISO/OSI
  - acquisire concetti di base
  - avere un riferimento astratto su cui mappare i diversi modelli delle reti reali
  - imparare una terminologia precisa a cui riferirsi
- TCP/IP in quanto architettura di Internet
  - Sarà il nostro riferimento per tutto il corso
- Una veloce "occhiata" a modelli alternativi

locigno@disi.unitn.it 6 

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Architetture di rete

- In astratto, una rete è composta di *sistemi* (terminali, nodi...) collegati tra loro da mezzi trasmissivi

locigno@disi.unitn.it 7

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Strati o livelli

- Ogni sistema è composto da sottosistemi
- Ogni sottosistema realizza le funzioni proprie di uno strato tramite delle *entità*

	Sistema A	Sistema B
strato più elevato		
Strato N+1		sottosistema
Strato N		(N) - entità
Strato N-1		
strato inferiore	mezzi trasmissivi	

locigno@disi.unitn.it 8

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Stratificazione

- Ogni strato (o livello)
  - fornisce servizi allo strato superiore
  - usando
    - i servizi dello strato inferiore
    - le proprie funzioni
- Identificabili:
  - fornitori di servizio
  - utenti del servizio
  - punti di accesso al servizio: SAP (Service Access Point)

locigno@disi.unitn.it 9

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Servizi

- Gli utenti dello strato N sono le (N+1)-entità
- (N+1)-entità cooperano e comunicano usando (N)-servizi
- Gli (N)-servizi sono forniti dagli (N)-fornitori di servizio

locigno@disi.unitn.it 10

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Servizi

- Uno strato N+1 percepisce gli strati inferiori solo in quanto fornitori di un (N)-servizio
- Tutti gli strati da N in giù sono una "black box" per le (N+1)-entità

locigno@disi.unitn.it 11

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Service Access Point

- Un (N)-servizio è offerto ad una (N+1)-entità attraverso una interfaccia di programmazione che chiamiamo *punto di accesso al servizio* o (*Service Access Point - SAP*)

locigno@disi.unitn.it 12

---

---

---

---

---

---

---

---

**Protocolli** ISO/OSI

- Lo scambio di informazioni tra (N)-entità omologhe di sistemi diversi avviene con un (N)-protocollo

locigno@disi.unitn.it 13

---

---

---

---

---

---

---

---

**Indirizzi titoli e identificazione logica** ISO/OSI

- Ogni N-SAP è identificato da un N-indirizzo, ogni N-entità da un N-titolo
- L'indirizzo diventa anche un mezzo per identificare l'entità che su quel SAP riceve servizio

locigno@disi.unitn.it 14

---

---

---

---

---

---

---

---

**Connessioni** ISO/OSI

- Una connessione è una relazione esistente tra SAP diversi (sullo stesso strato) per lo scambio di dati tra interfacce

locigno@disi.unitn.it 15

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Creazione PDU

- In un sistema con M strati, i dati utente sono una M-SDU e ricevono una M-PCI, per formare una M-PDU
- Ogni strato inferiore tratta la PDU dello strato superiore come una "busta chiusa" a cui aggiungere solo un'intestazione
- Nel passaggio da un N-strato ad un (N-1)-strato, la N-PDU diventa una (N-1)-SDU e acquisisce una (N-1)-PCI (un'intestazione, con informazioni di "lavoro" dello strato)
- Nominalmente, prima della trasmissione, i dati ricevono tante intestazioni quanti sono gli strati attraversati nel sistema
- In ricezione, avviene il processo inverso

locigno@disi.unitn.it 16

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Creazione PDU

locigno@disi.unitn.it 17

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Creazione PDU

- Di strato in strato, la PDU acquisisce intestazioni (aggiunte in testa e in coda)

locigno@disi.unitn.it 18

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Creazione PDU

- Sulle unità dati esiste la possibilità di
  - segmentazione
  - concatenazione
- La segmentazione può avvenire sia costruendo più (N) - PDU da una (N) - SDU, sia generando più (N-1) - SDU da una (N) - PDU
- Analogamente per la concatenazione

locigno@disi.unitn.it 19

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Trasferimento informazioni

locigno@disi.unitn.it 20

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Trasferimento informazioni

locigno@disi.unitn.it 21

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Primitive

- Insieme di interazioni su una interfaccia che avvengono in tempi diversi e che permettono di offrire un servizio
- Esempio: servizio di trasferimento di una lettera nel sistema postale
  - Deposito della lettera nella buca delle lettere da parte del mittente
  - Consegna da parte del portatore della lettera nella buca delle lettere del destinatario
- Simile a una procedura (o funzione o routine) nel software

locigno@disi.unitn.it 22 

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Primitive

locigno@disi.unitn.it 23 

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Modello di riferimento ISO/OSI

- (Open System Interconnection) è recepito nei seguenti standard
  - ISO IS 7498
  - CCITT X.200
- I principi fondamentali definiti dal modello di riferimento OSI sono oggi universalmente accettati
- Ciò non significa che tutte le architetture di protocolli siano conformi al modello OSI ...
  - ... anzi praticamente non si usa da nessuna parte
  - ... e per questo ha un elevato valore come riferimento e confronto

locigno@disi.unitn.it 24 

---

---

---

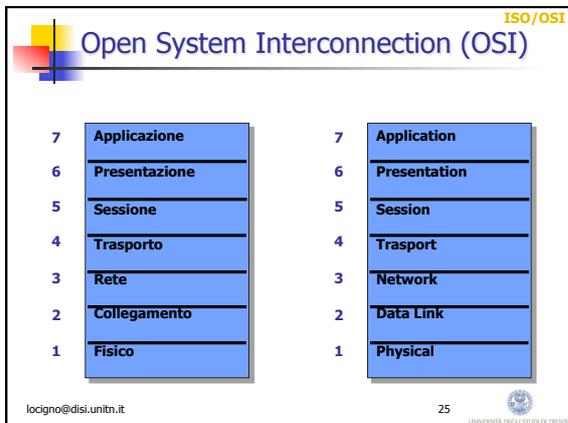
---

---

---

---

---




---

---

---

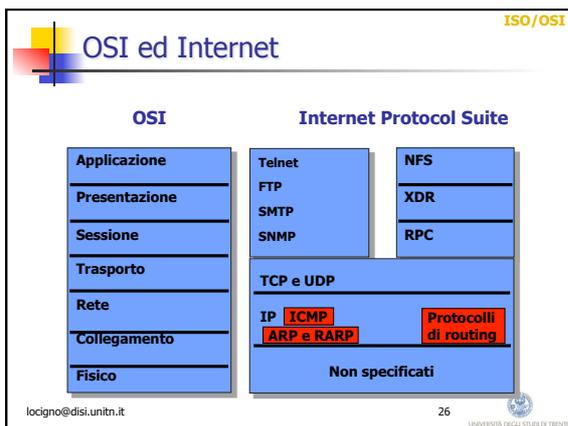
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

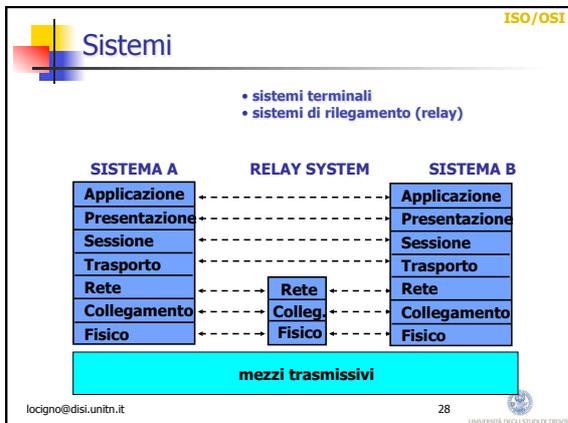
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Strato 1: fisico

- Physical layer:
  - fornisce i mezzi meccanici, fisici, funzionali e procedurali per attivare, mantenere e disattivare le connessioni fisiche
  - ha il compito di effettuare il trasferimento delle cifre binarie scambiate dalle entità di strato di collegamento
  - le unità dati sono bit o simboli
  - definizione di codifiche di linea, connettori, livelli di tensione

locigno@disi.unitn.it      29      UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Strato 2: collegamento

- Data link layer
  - fornisce i mezzi funzionali e procedurali per il trasferimento delle unità dati tra entità di strato rete e per fronteggiare malfunzionamenti dello strato fisico
  - funzioni fondamentali:
    - rivelazione e recupero degli errori di trasmissione
    - controllo di flusso
    - delimitazione delle unità dati

locigno@disi.unitn.it      30      UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Strato 3: rete

- Network layer
  - fornisce i mezzi per instaurare, mantenere e abbattere le connessioni di rete tra entità di strato trasporto
  - funzioni fondamentali:
    - instradamento
    - controllo di flusso e congestione
    - tariffazione

locigno@disi.unitn.it 31 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Strato 4: trasporto

- Transport layer
  - colma le carenze di qualità di servizio delle connessioni di strato rete
  - funzioni fondamentali:
    - controllo d'errore
    - controllo di sequenza
    - controllo di flusso
  - esegue moltiplicazione e demoltiplicazione di connessioni
  - Esegue la segmentazione dei dati in pacchetti e la loro ricomposizione a destinazione

locigno@disi.unitn.it 32 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Strato 5: sessione

- Session layer
  - assicura alle entità di presentazione una connessione di sessione
  - organizza il colloquio tra le entità di presentazione
  - struttura e sincronizza lo scambio di dati in modo da poterlo sospendere, riprendere e terminare ordinatamente
  - maschera le interruzioni del servizio trasporto
  - *Spesso integrato nelle funzioni dei livelli superiori*

locigno@disi.unitn.it 33 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Strato 6: presentazione

- Presentation layer
  - risolve i problemi di compatibilità per quanto riguarda la rappresentazione dei dati da trasferire
  - risolve i problemi relativi alla trasformazione della sintassi dei dati
  - può fornire servizi di cifratura delle informazioni
  - *Spesso integrato nelle funzioni del livello superiore*

locigno@disi.unitn.it 34

---

---

---

---

---

---

---

---

ISO/OSI

## Strato 7: applicazione

- Application layer
  - fornisce ai processi applicativi i mezzi per accedere all'ambiente OSI
- Esempi di servizio
  - trasferimento di file
  - terminale virtuale
  - posta elettronica

locigno@disi.unitn.it 35

---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

## Pila di protocolli Internet (TCP/IP)

- **applicazione:** di supporto alle applicazioni di rete
  - FTP, SMTP, HTTP
- **trasporto:** trasferimento dei messaggi a livello di applicazione tra il modulo client e server di un'applicazione
  - TCP, UDP
- **rete:** instradamento dei datagrammi dall'origine al destinatario
  - IP, protocolli di instradamento
- **link (collegamento):** instradamento dei datagrammi attraverso una serie di commutatori di pacchetto
  - PPP, Ethernet
- **fisico:** trasferimento dei singoli bit

applicazione
trasporto
rete
link
fisico

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE 1-37/2010

---

---

---

---

---

---

---

---

## Modello di riferimento ISO/OSI

- **presentazione:** consente alle applicazioni di interpretare il significato dei dati (es. cifratura, compressione, convenzioni specifiche della macchina)
- **sessione:** sincronizzazione, controllo, recupero dei dati
- La pila Internet è priva di questi due livelli!
  - ❖ questi servizi, *se necessario*, possono essere implementati nelle applicazioni o nel livello applicativo
  - ❖ sono necessari?

applicazione
presentazione
sessione
trasporto
rete
collegamento
fisico

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE 1-38/2010

---

---

---

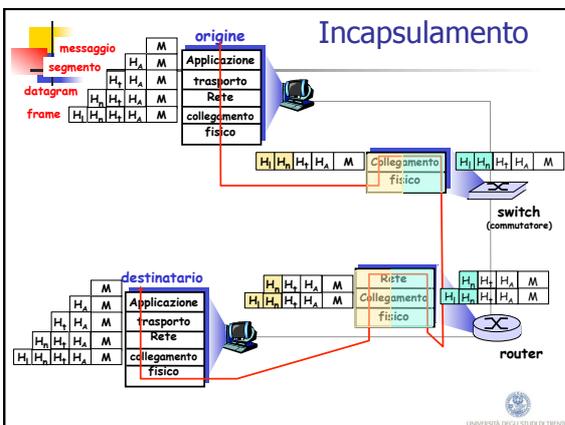
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

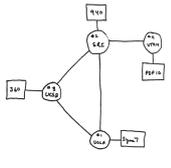
---

---

## Storia di Internet

**1961-1972: sviluppo della commutazione di pacchetto**

- 1961: Kleinrock - la teoria delle code dimostra l'efficacia dell'approccio a commutazione di pacchetto
- 1964: Baran - uso della commutazione di pacchetto nelle reti militari
- 1967: il progetto ARPANet viene concepito dall'Advanced Research Projects Agency
- 1969: primo nodo operativo ARPANet
- 1972:
  - dimostrazione pubblica di ARPANet
  - NCP (Network Control Protocol), primo protocollo tra nodi
  - Primo programma di posta elettronica
  - ARPANet ha 15 nodi



THE ARPANET NETWORK

---

---

---

---

---

---

---

---

## Storia di Internet

**1972-1980: Internetworking e reti proprietarie**

- 1970: rete satellitare ALOHAnet che collega le università delle Hawaii
- 1974: Cerf e Kahn - architettura per l'interconnessione delle reti
- 1976: Ethernet allo Xerox PARC
- Fine anni '70: architetture proprietarie: DECnet, SNA, XNA
- Fine anni '70: commutazione di pacchetti: ATM ante-litteram
- 1979: ARPANet ha 200 nodi

**Le linee guida di Cerf e Kahn sull'internetworking:**

- minimalismo, autonomia - per collegare le varie reti non occorrono cambiamenti interni
- modello di servizio best effort
- router stateless
- controllo decentralizzato

definiscono l'attuale architettura di Internet

---

---

---

---

---

---

---

---

## Storia di Internet

**1980-1990: nuovi protocolli, proliferazione delle reti**

- 1983: rilascio di TCP/IP
- 1982: definizione del protocollo smtp per la posta elettronica
- 1983: definizione del DNS per la traduzione degli indirizzi IP
- 1985: definizione del protocollo ftp
- 1988: controllo della congestione TCP
- nuove reti nazionali: Csetnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100.000 host collegati

---

---

---

---

---

---

---

---



## Storia di Internet

**1990-2000: commercializzazione, Web, nuove applicazioni**

- Primi anni '90: ARPAnet viene dismessa
- 1991: NSF lascia decadere le restrizioni sull'uso commerciale di NSFnet
- Primi anni '90: il Web
  - ipertestualità [Bush 1945, Nelson 1960's]
  - HTML, HTTP: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, poi Netscape
- Fine '90 : commercializzazione del Web

- Fine anni '90 – 2007:
- arrivano le "killer applications": messaggistica istantanea, condivisione di file P2P
- sicurezza di rete
- 50 milioni di host, oltre 100 milioni di utenti
- velocità nelle dorsali dell'ordine di Gbps



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

---

---

---

---

---

---

---

---



## Storia di Internet

**2008-2013:**

- 500 -> 900 milioni di host (Bho?) e gli smarphone??
- Voice, Video over IP
- Applicazioni P2P: BitTorrent (condivisione di file) Skype (VoIP), PPLive (video)...
- Più applicazioni: YouTube, gaming
- wireless, mobilità
- ...
- Non è storia è attualità ☺



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

---

---

---

---

---

---

---

---