



# **Internet: modelli di riferimento e architetture di rete**

Prof. Elio Toppano – Università di Udine



# Indice

- Il software di rete: il modello a strati
- Architettura di rete
- Il modello ISO-OSI e TCP-IP

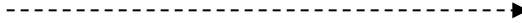


Una analogia:

Toppano  
(Università Udine)



A



Rossi  
(Università Macerata)



A

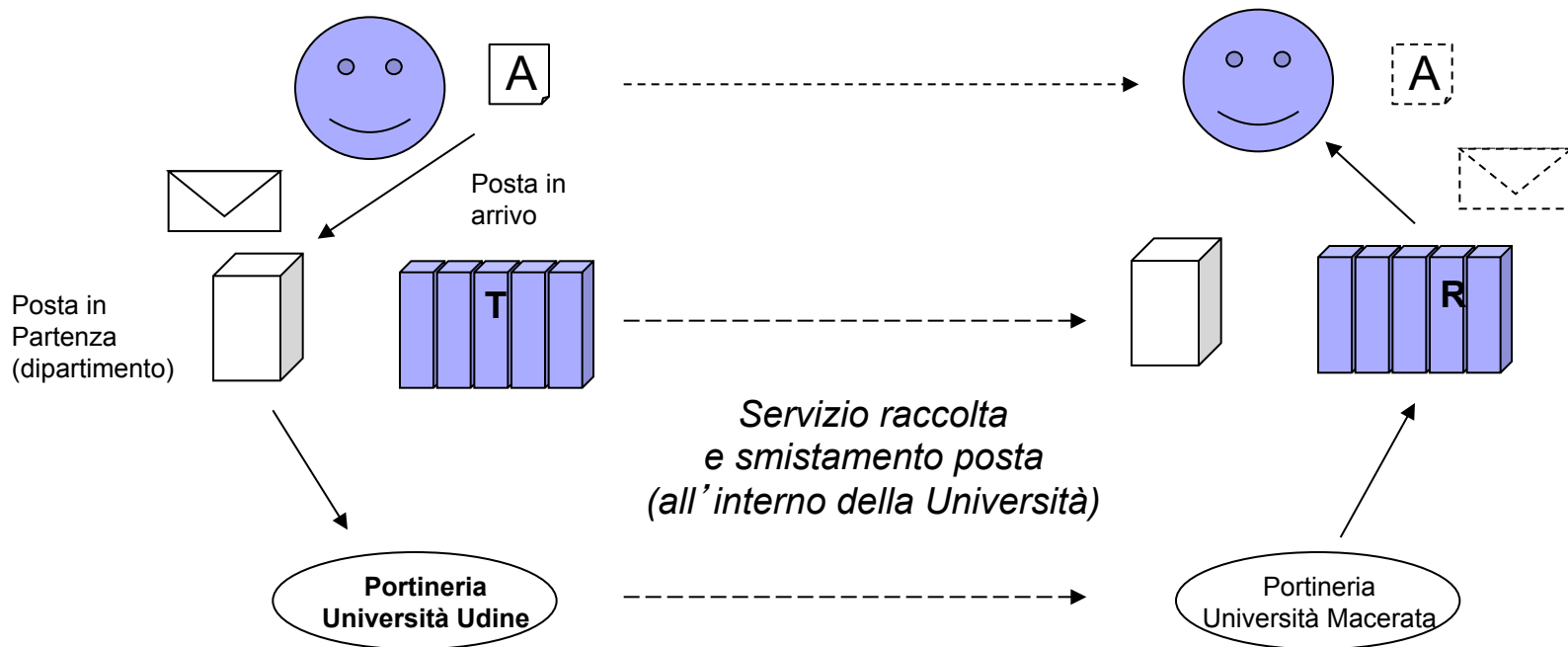
Toppano  
(Università Udine)

Rossi  
(Università Macerata)



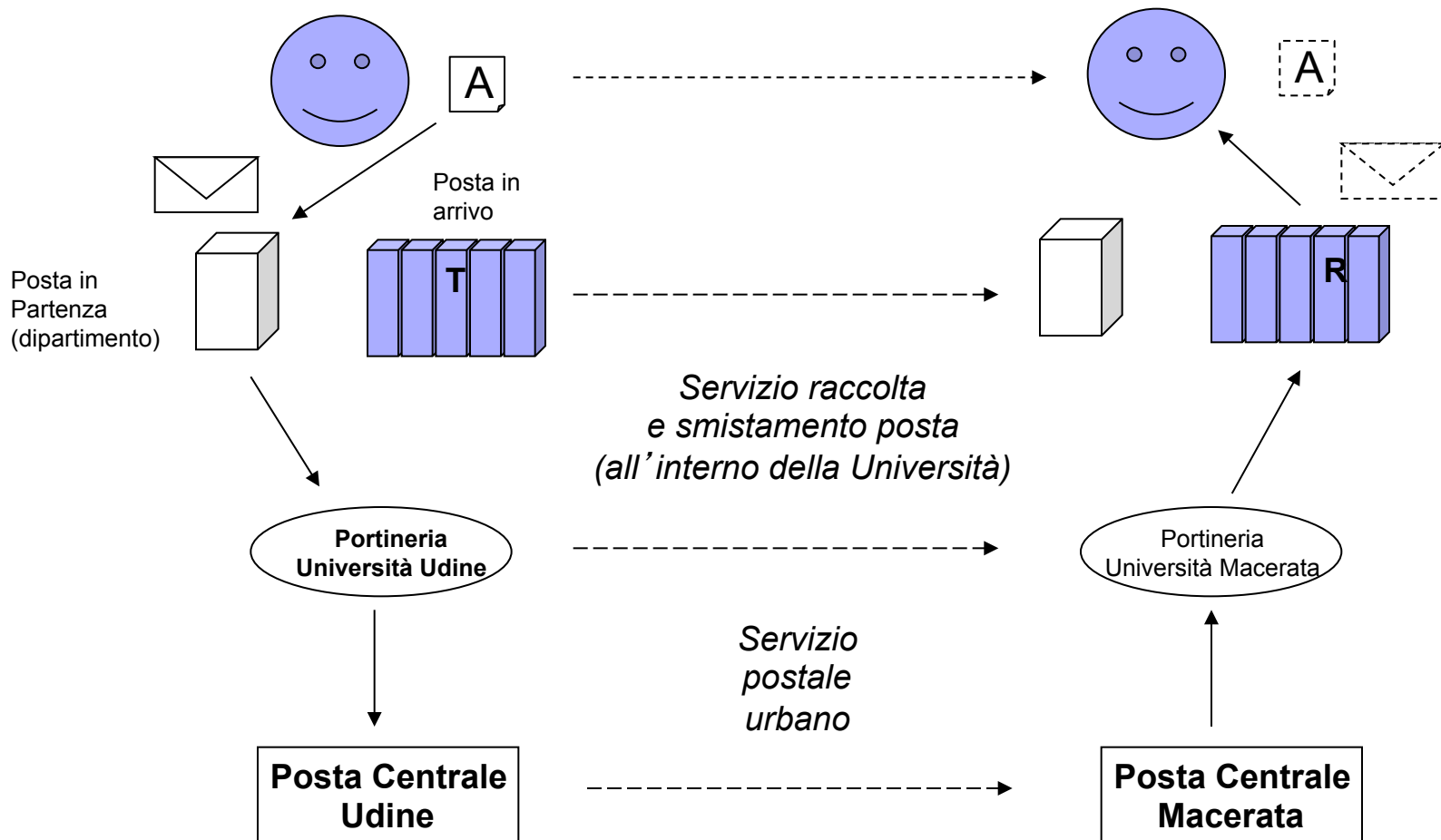
Toppano  
(Università Udine)

Rossi  
(Università Macerata)



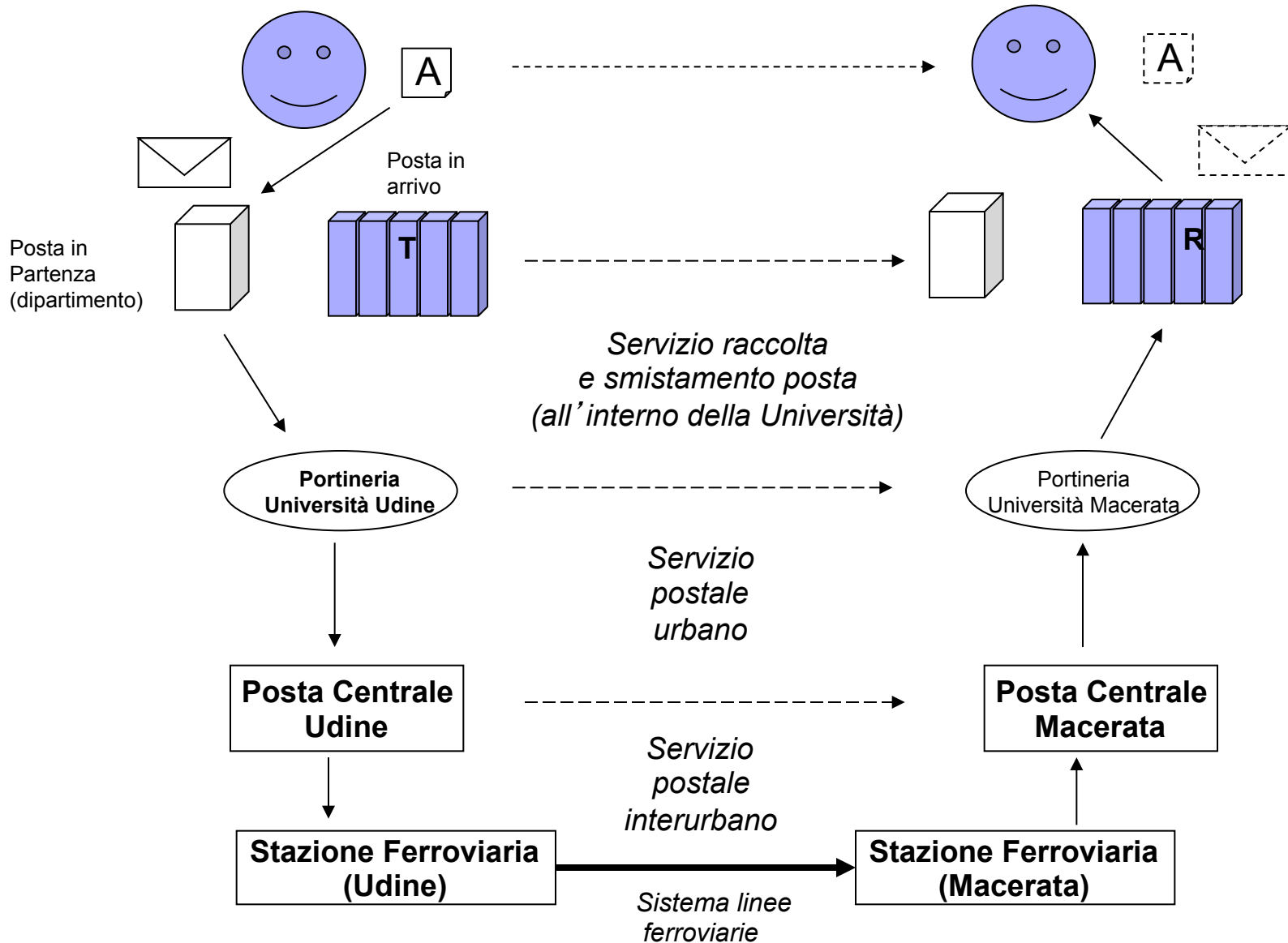
**Toppano**  
(Università Udine)

**Rossi**  
(Università Macerata)



Toppano  
(Università Udine)

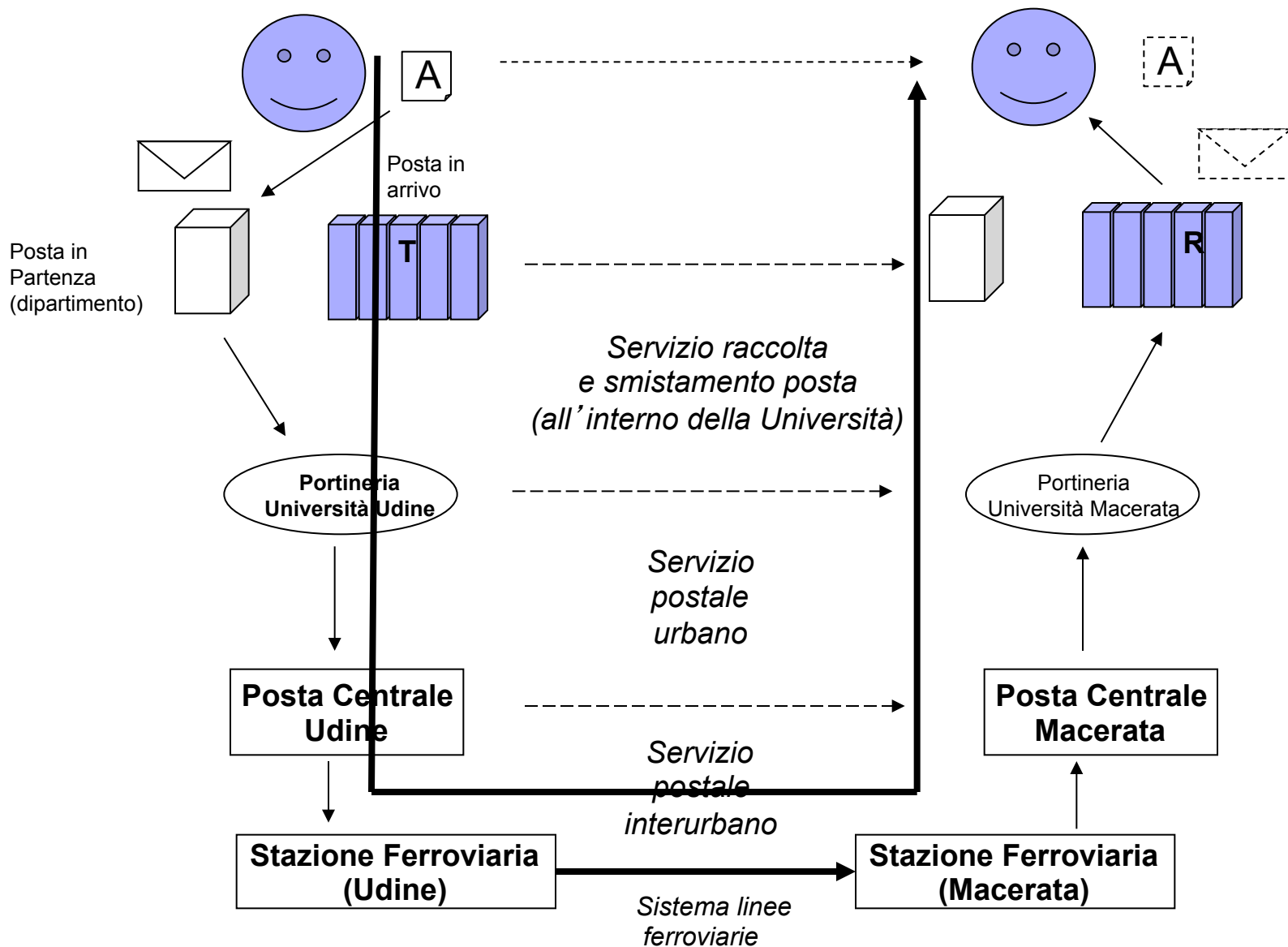
Rossi  
(Università Macerata)





Toppano  
(Università Udine)

Rossi  
(Università Macerata)

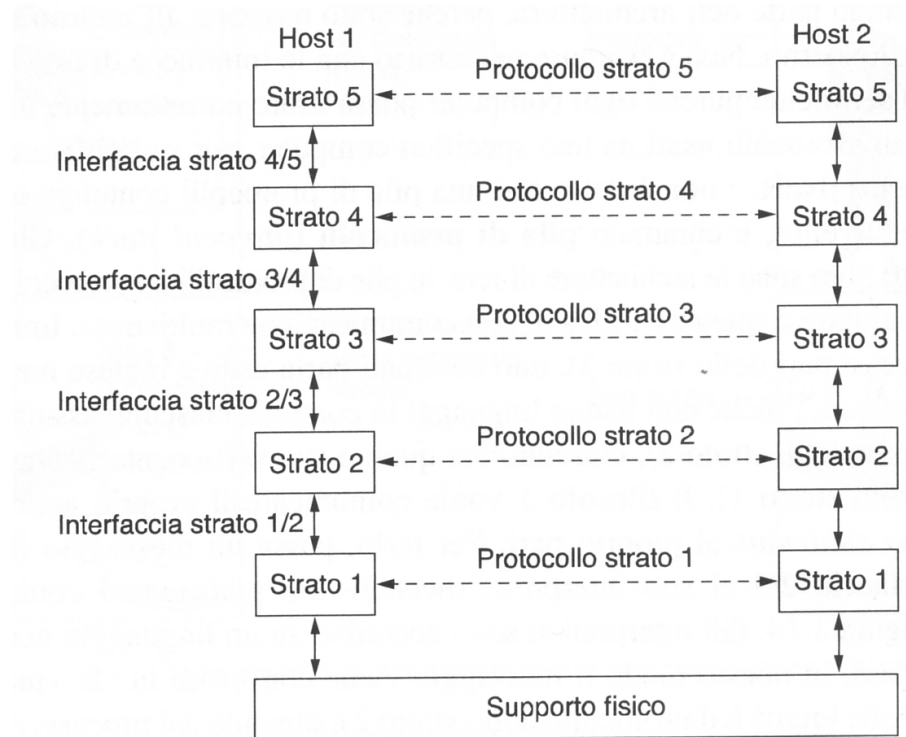


# Modello concettuale del SW di rete

## ■ Modellazione a strati.

## ■ Concetti di base:

- Strati o livelli (layers)
- Entita' dello strato, entita' pari o paritarie
- Interfacce
- Servizio
- Protocolli



# Strati ed entità

- Per ridurre la complessità di progetto, il SW di rete è organizzato in *strati* detti anche *livelli* (o layers)
- Ogni livello è composto da una o più *entità* (implementate in HW o SW)
- Ciascun host contiene uno stesso insieme ordinato di livelli rappresentati per convenienza come una pila verticale
- Entità appartenenti allo stesso livello su host differenti vengono dette *entità paritarie* (peer-entities)

# I servizi

- Lo scopo di ciascun livello è quello di fornire *servizi* ai livelli superiori, *mascherando come questi servizi sono implementati* (*astrazione*)
- Un servizio e' un insieme di *operazioni* (o procedure) che un livello – detto fornitore – fornisce a quello sovrastante (detto utente)
- Ad eccezione del livello più alto, un livello N **fornisce** servizi di livello N alle entità del livello N+1. Le entità di livello N, eccetto il livello 1, per comunicare **usano** i servizi di livello N-1
- Le entità di livello 1 comunicano direttamente tramite i mezzi trasmissivi che le interconnettono



# Affidabilità del servizio

## ■ *Servizi affidabili*

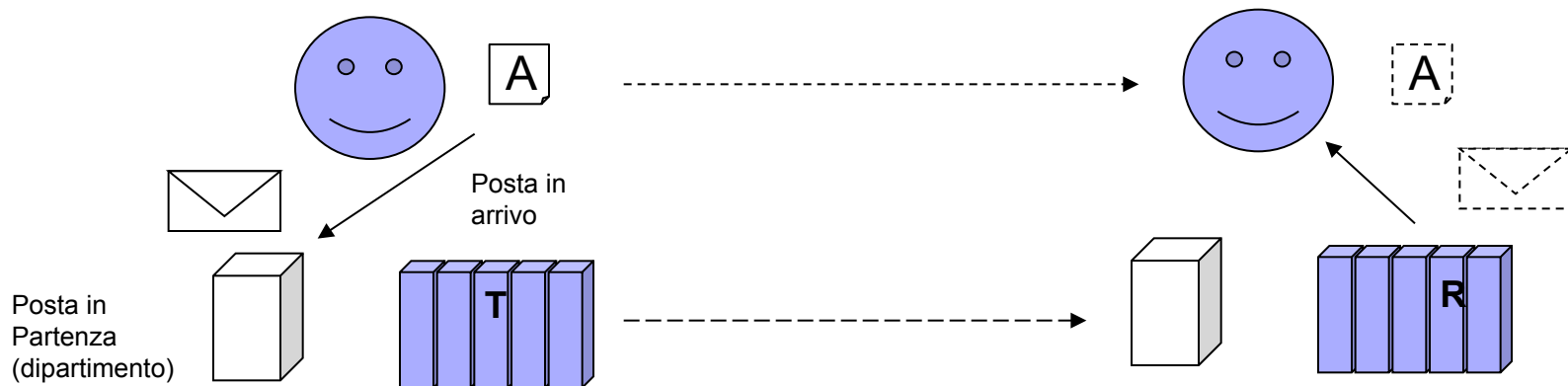
Un servizio affidabile garantisce una ricezione dei messaggi: **completa** (tutti) e **corretta** (cioè **senza errori e in ordine**). L'affidabilità è ottenuta mediante segnali di riscontro e ritrasmissioni. Può introdurre ritardi inaccettabili.

## ■ *Servizi non affidabili*

Un servizio non affidabile non garantisce la ricezione completa e corretta dei messaggi.

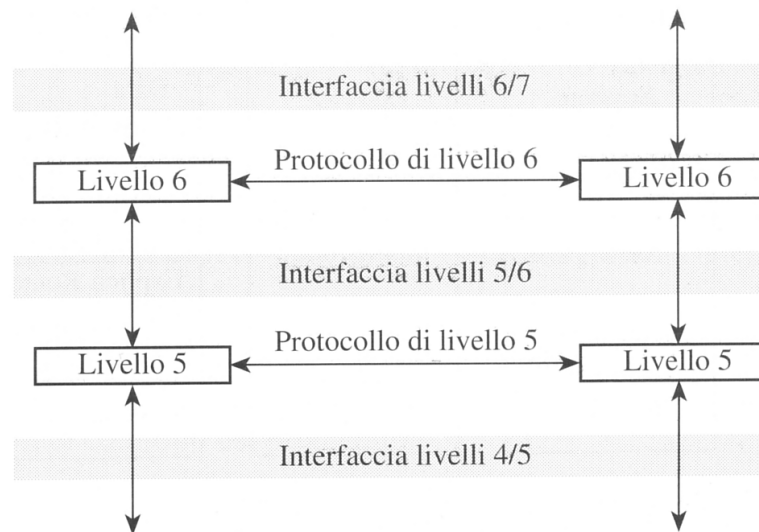
# Principio di Stratificazione

- I protocolli stratificati sono progettati in modo che lo strato N alla destinazione riceva esattamente lo stesso oggetto inviato dallo strato N alla sorgente



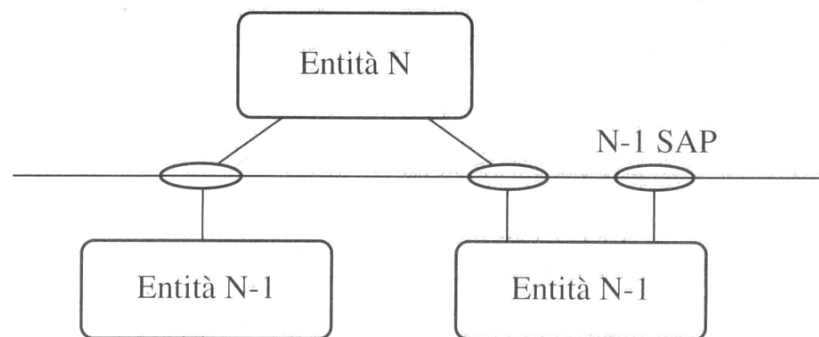
# Le interfacce

- Le *interfacce* specificano il modo in cui i livelli contigui comunicano tra di loro

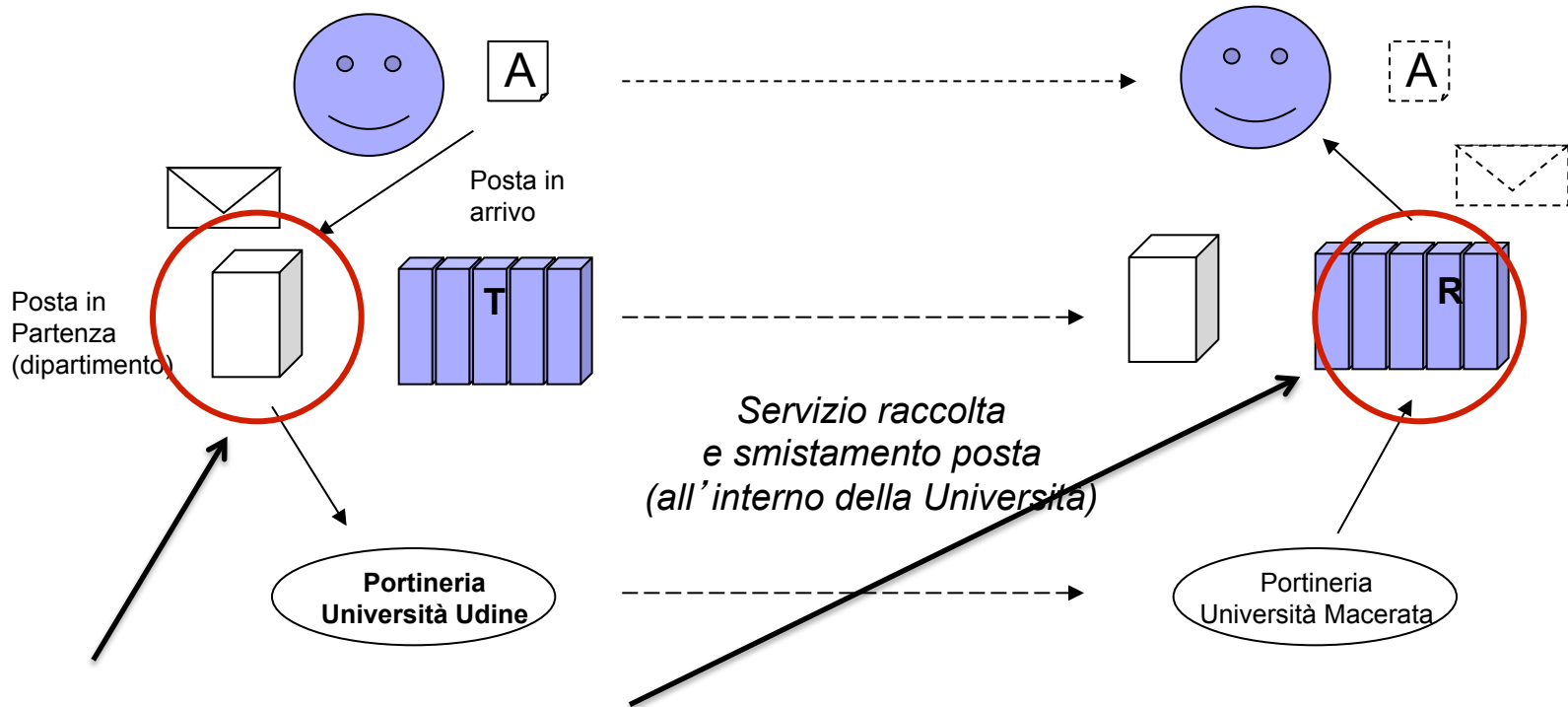


# Punti di accesso ai servizi

- Le entità usano e forniscono servizi tramite *porte* o *punti di accesso* detti SAP (Service Access Points)
- I SAP del livello N-1 o (N-1)-SAP sono i punti nei quali il livello N può accedere ai servizi del livello N-1
- Ogni N-SAP ha un indirizzo che lo identifica univocamente



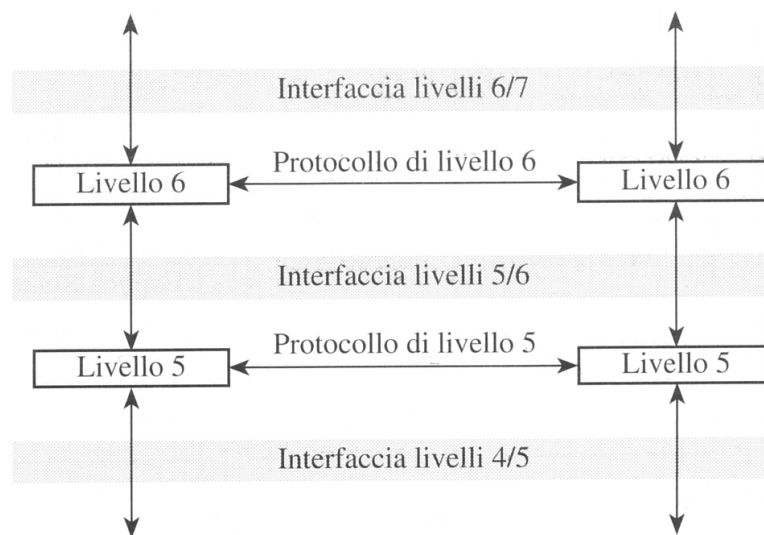




punti di  
accesso al servizio di raccolta e smistamento

# Protocolli

- Un *protocollo* definisce come le entita' di un livello in un nodo scambiano informazioni con le entita' loro pari in un altro nodo. In particolare definisce i *formati* e il *significato* dei messaggi, i *tipi* e le *sequenze di azioni* da effettuare per svolgere un servizio



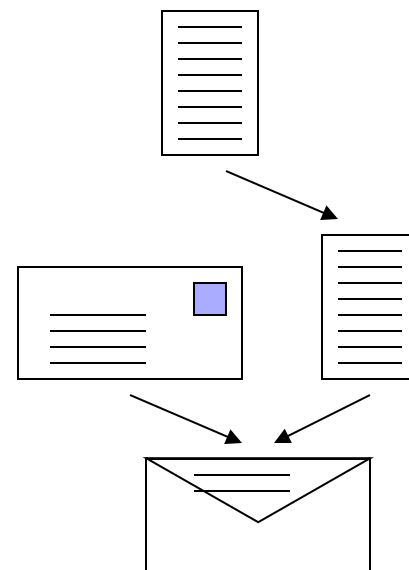
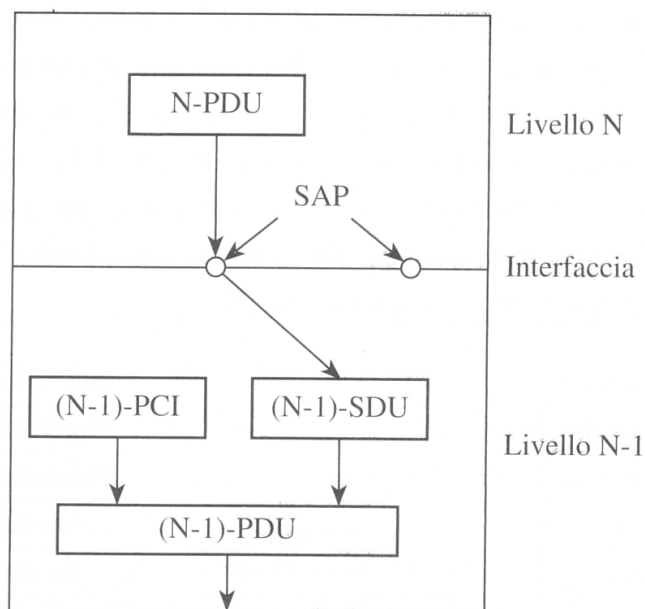
# Imbustamento

- Ogni livello N-1 aggiunge ai dati ricevuti dal livello superiore N alcune informazioni di controllo del protocollo N-1, dette comunemente “busta di livello N-1”

**PDU: Protocol Data Unit**

**SDU: Service Data Unit**

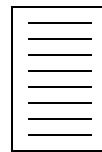
**PCI: Protocol Control Information**



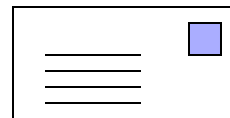
**MITTENTE**

**N-PDU**

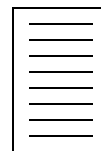
**Livello N**



**(N-1)-PCI**

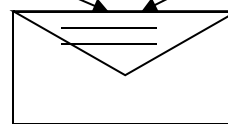


**(N-1)-SDU**

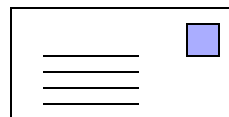


**Livello N-1**

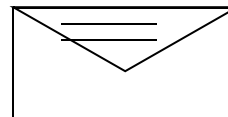
**(N-1)-PDU**



**(N-2)-PCI**

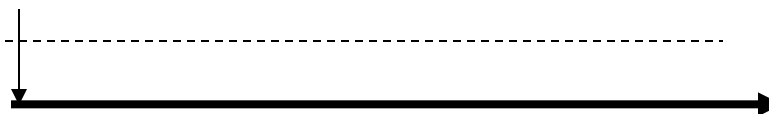
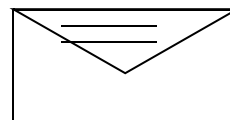


**(N-2)-SDU**



**Livello N-2**

**(N-2)-PDU**



**DESTINATARIO**

**N-PDU**

**Livello N**

**(N-1)-PCI**

**(N-1)-SDU**

**Livello N-1**

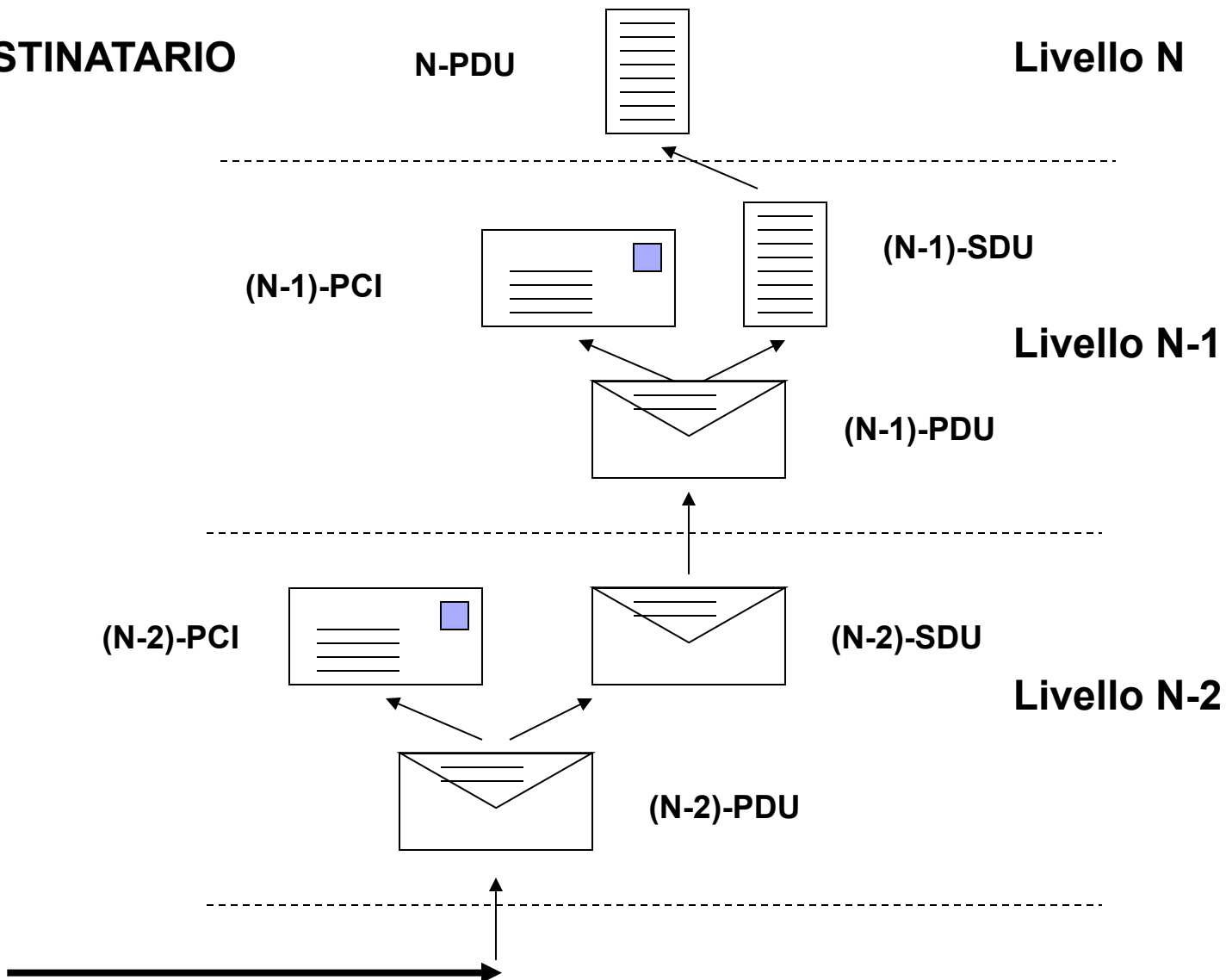
**(N-1)-PDU**

**(N-2)-PCI**

**(N-2)-SDU**

**Livello N-2**

**(N-2)-PDU**



# Riassumendo ...

- Per diminuire la complessità le reti sono organizzate come una pila di **strati**, **layer** o **livelli**.
- Numero e funzione degli strati variano a seconda della rete
- Lo scopo di ogni strato è fornire **servizi** agli strati di livello superiore
- Lo strato  $n$  di un computer è **logicamente** in comunicazione con lo strato  $n$  di un **altro** computer
- Tra uno strato e il sottostante c'è un'**interfaccia** che definisce le **operazioni (servizi)** che lo strato inferiore rende disponibili a quello superiore
- Le regole e le convenzioni usate nella comunicazione sono i **protocolli dello strato  $n$**



# Architettura di rete

- L'insieme dei livelli e dei relativi servizi e protocolli è detta *architettura di rete*
- La specifica della architettura di rete deve essere abbastanza dettagliata da consentire la realizzazione di SW e/o HW che, per ogni livello, implementi il relativo protocollo
- Tutti gli host devono contenere implementazioni conformi in termini di livelli e protocolli

# Tipi di architetture

- **Proprietaria:** è una architettura basata su scelte indipendenti e arbitrarie del costruttore ed è generalmente incompatibile con architetture diverse. Il produttore non rende pubbliche le specifiche per cui nessun altro può produrre apparati compatibili. Esempio: vecchie reti IBM SNA, Digital DECNET Phase IV, Appletalk
- **Standard de facto:** è una architettura basata su specifiche di pubblico dominio diventata di larghissima diffusione. Esempio: Internet Protocol Suite (o TCP/IP)
- **Standard de iure:** è una architettura basata su specifiche pubbliche approvate da organismi di standardizzazione internazionali. Esempio: IEEE 802 per LAN





# **Il modello ISO-OSI e TCP/IP**



# Il modello ISO/OSI

- ISO: International Standard Organization
- OSI: Open Systems Interconnection
- E' un modello:
  - definisce i livelli e COSA devono fare
- Per ogni livello sono stati definiti degli standard
  - definiscono COME deve funzionare

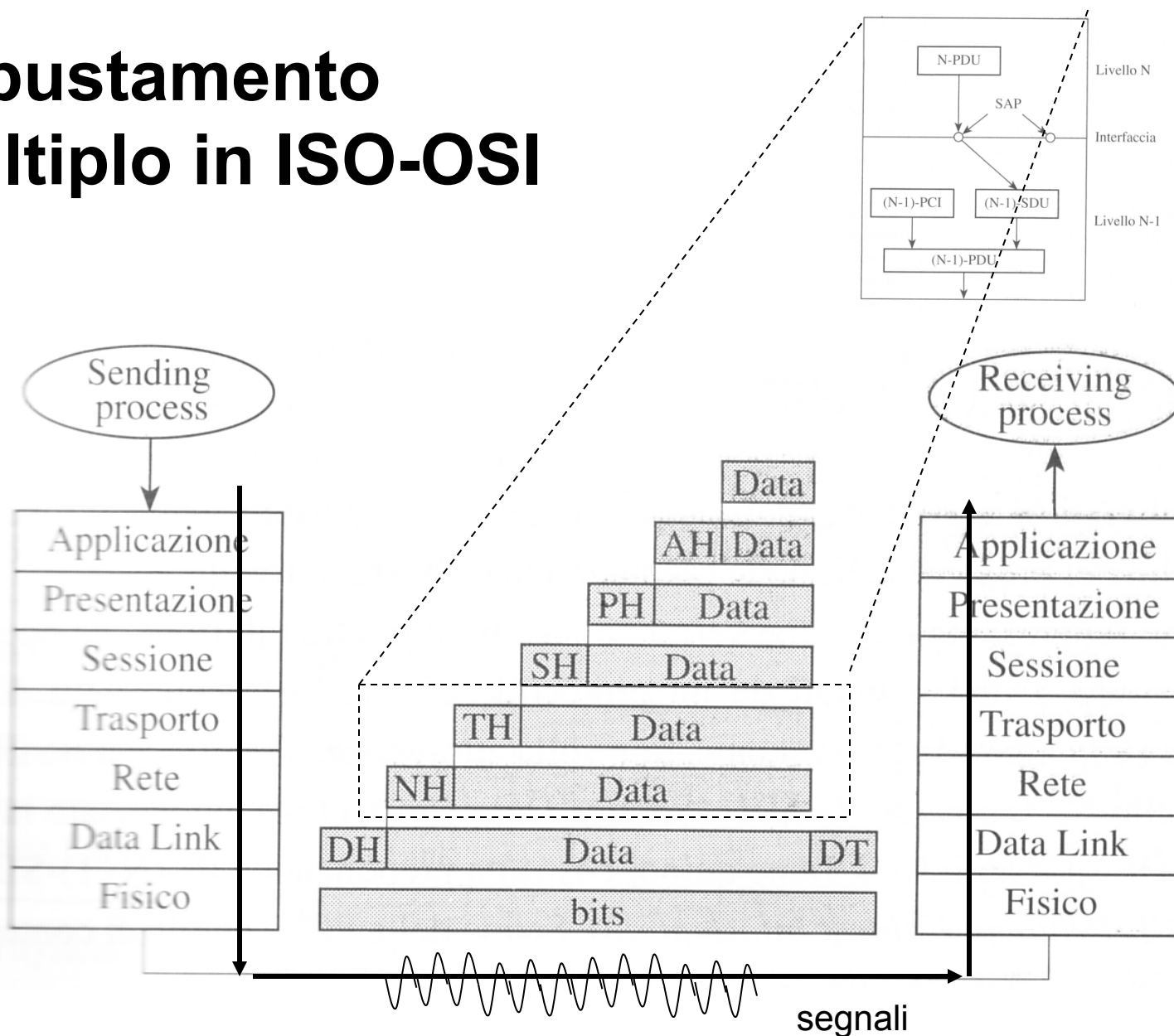
# Il modello di riferimento ISO-OSI

- Il modello concettuale prevede 7 livelli:

- ☐ L7: Applicazione
- ☐ L6: Presentazione
- ☐ L5: Sessione
- ☐ L4: Trasporto
- ☐ L3: Rete
- ☐ L2: Collegamento dati
- ☐ L1: Fisico (connessione fisica via HW)

<b>Applicazione</b>
<b>Presentazione</b>
<b>Sessione</b>
<b>Trasporto</b>
<b>Rete</b>
<b>Data Link</b>
<b>Fisico</b>

# Imbustamento multiplo in ISO-OSI

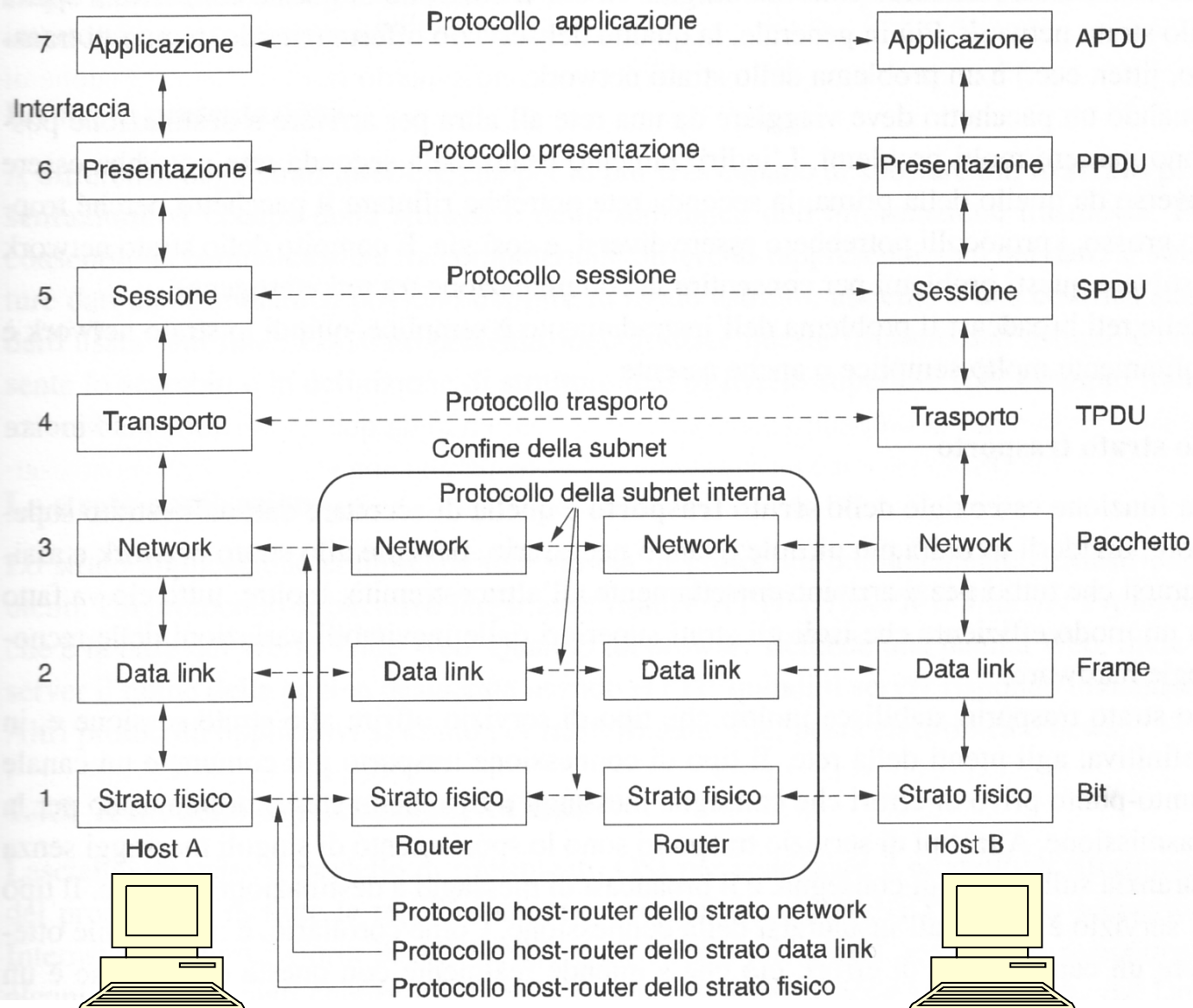


# Sistemi intermedi

- Nei nodi di commutazione (sistemi intermedi) vengono usati, in generale, un sottoinsieme dei livelli:
  - **Ripetitori** (livello L1)
  - **Bridge e Switch** (livelli L1,L2)
  - **Router** (livelli L1,L2, L3)
  - [Gateway (livelli L1, ..., L7)]

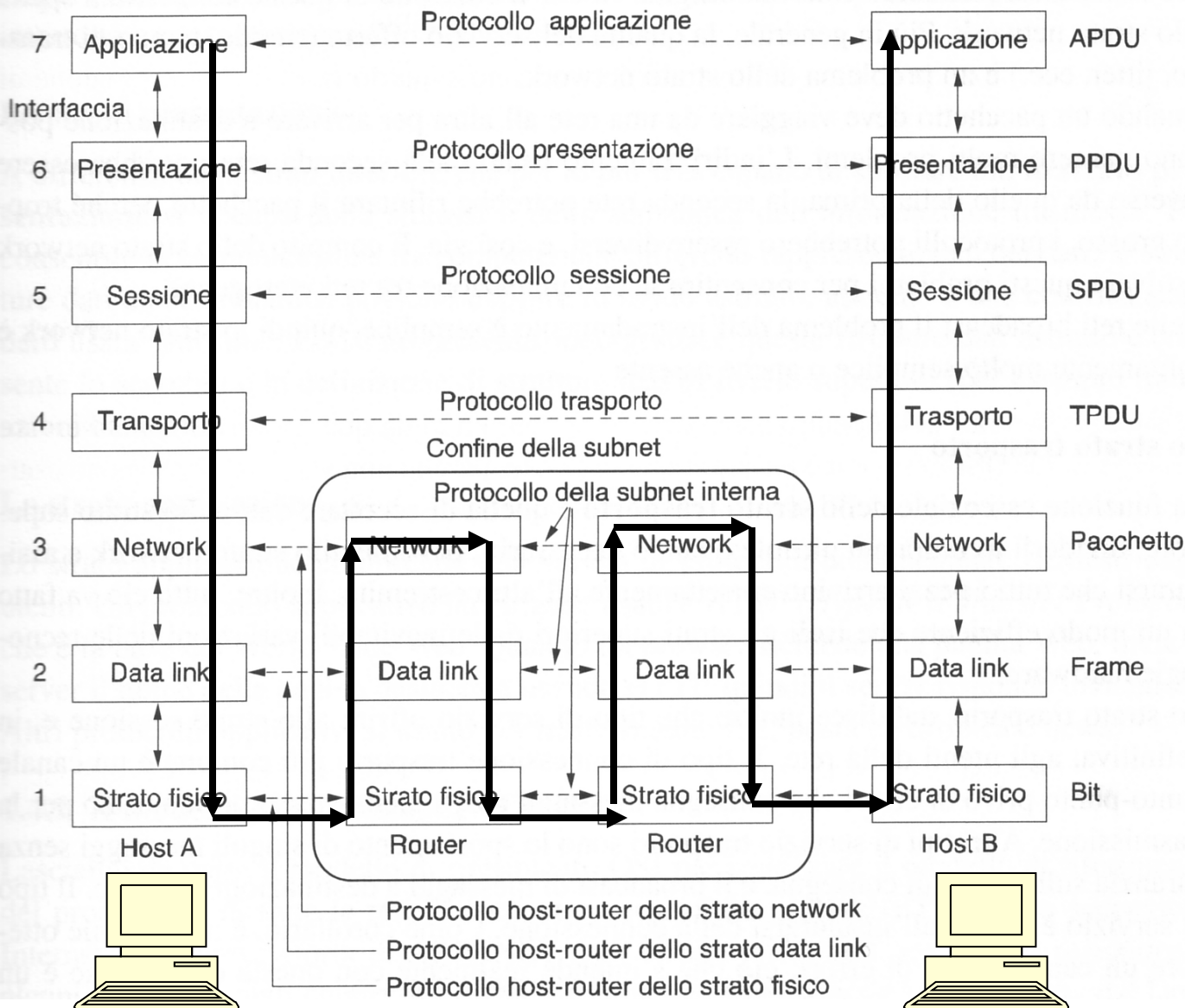
Strato

Nome dell'unità  
d'informazione scambiata



Strato

Nome dell'unità  
d'informazione scambiata



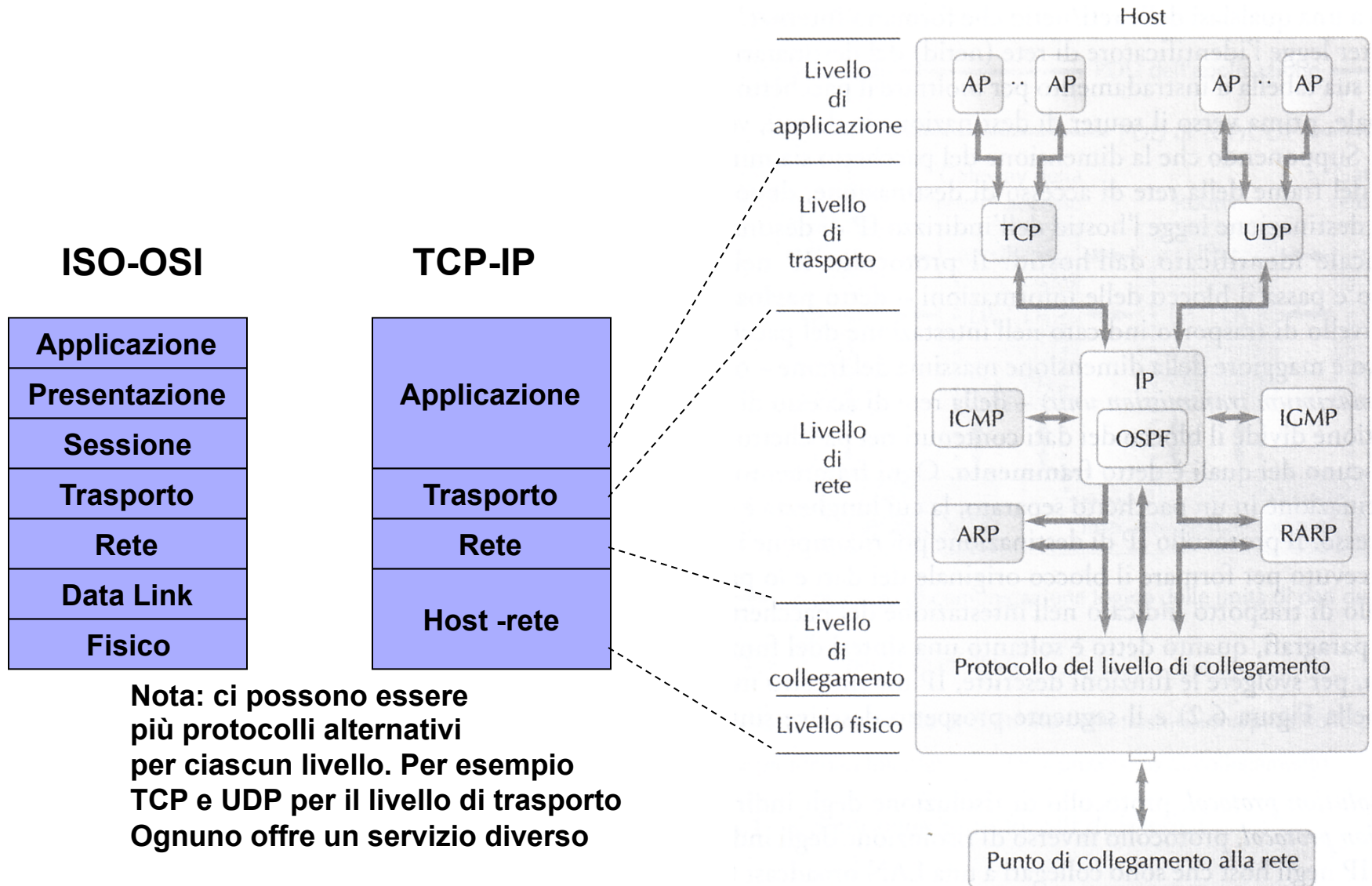


# Internet Protocol Suite (TCP/IP)

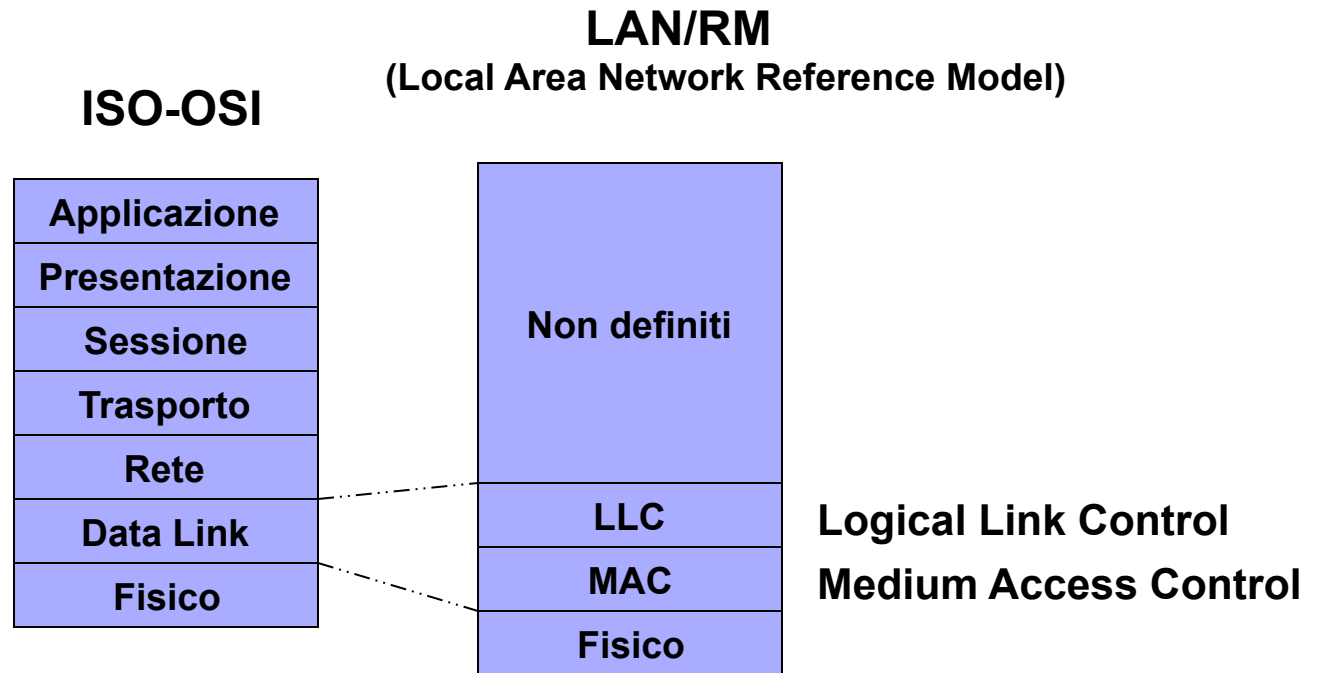
- Il modello prevede 4 livelli:
  - Applicazione (telnet, FTP, SMTP, DNS, HTTP, ecc.)
  - Trasporto (TCP,UDP)
  - Rete (IP, ARP, RARP, ICMP, IGMP, OSPF, ecc.)
  - Host-rete (non specificato)



# Confronto ISO-OSI e Suite TCP/IP



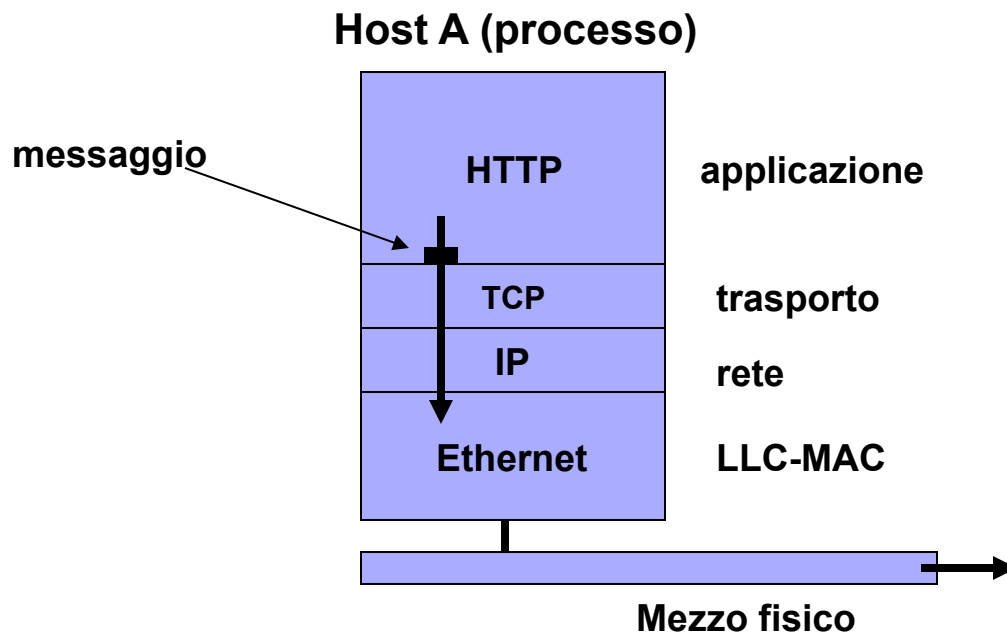
# Confronto ISO/OSI e LAN/RM



**Nota: un livello può essere decomposto in sottolivelli**

# Esempio di imbustamento multiplo

- I dati prodotti da un processo che gira sull' host A, vengono inviati al livello applicazione dove sono imbustati in un messaggio HTTP, da qui la busta HTTP passa al livello di trasporto dove viene inserita in un *segmento* TCP che viene, a sua volta, imbustato, a livello di rete, in un *pacchetto* IP e trasmesso come *trama/frame* su rete locale Ethernet (802.3)



# Nomi usati per i PDU in TCP/IP

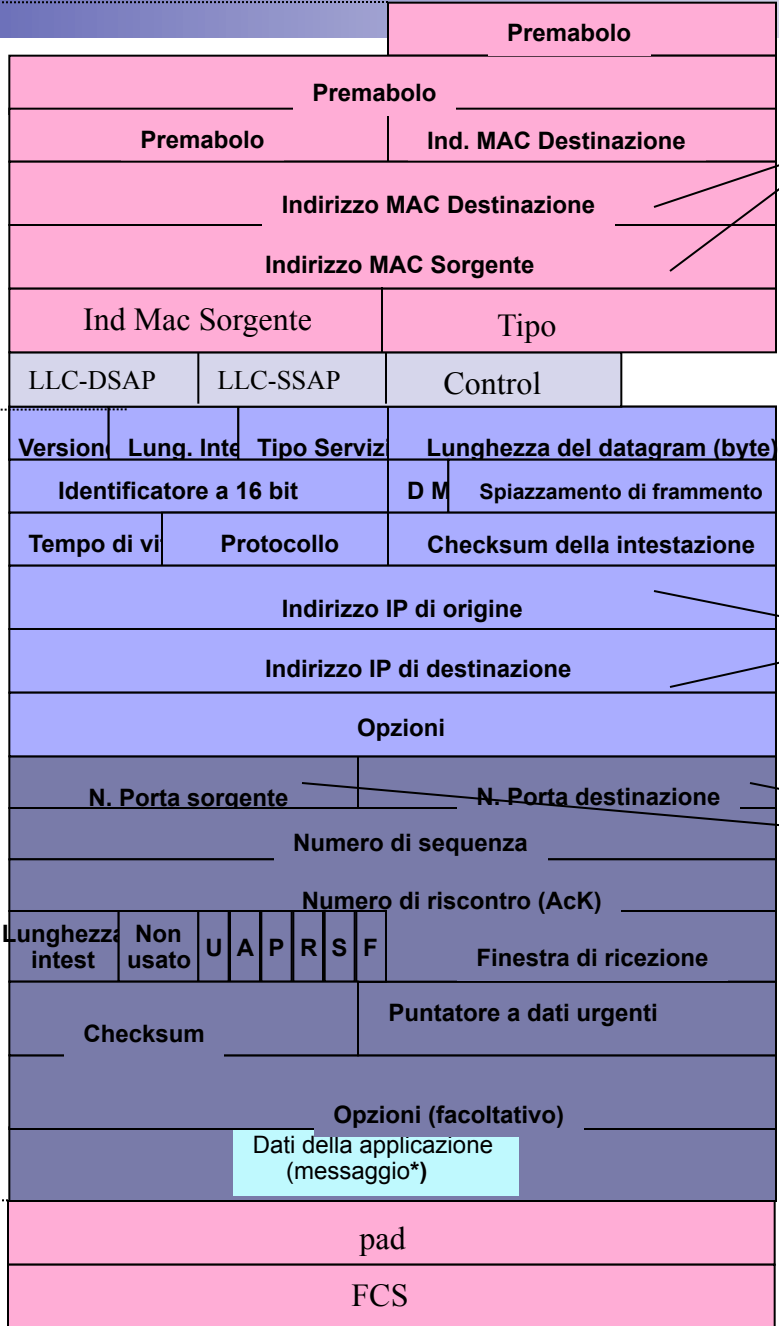
- **Segmento** (o Transport PDU) a livello di trasporto (TCP-UDP)
- **Pacchetto** o datagramma a livello di rete (IP)
- **Trama** o frame a livello data link (es Ethernet)
- **Segnale** a livello fisico

Ethernet  
802.3

LLC

IP

TCP



Indirizzi MAC  
(es. B2-8B-1F-C4-53-71)

Indirizzi IP  
(es. 158.110.144.109)

Porte  
(es. 80)

# Esempio di *frame* catturato con il programma *Ethereal*. Come è fatto?

esempio1 - Ethereal

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Help

Filter: Expression... Clear Apply

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	145.254.160.237	65.208.228.223	TCP	3372 > http [SYN] Seq=0 Len=0 MSS=1460
2	0.911310	65.208.228.223	145.254.160.237	TCP	http > 3372 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 win=5840 Len=0 MSS=1380
3	0.911310	145.254.160.237	65.208.228.223	TCP	3372 > http [ACK] Seq=1 Ack=1 win=9660 Len=0
4	0.911310	145.254.160.237	65.208.228.223	HTTP	GET /download.html HTTP/1.1
5	1.472116	65.208.228.223	145.254.160.237	TCP	http > 3372 [ACK] Seq=1 Ack=480 win=6432 Len=0
6	1.682419	65.208.228.223	145.254.160.237	TCP	[TCP segment of a reassembled PDU]
7	1.812606	145.254.160.237	65.208.228.223	TCP	3372 > http [ACK] Seq=480 Ack=1381 win=9660 Len=0
8	1.812606	65.208.228.223	145.254.160.237	TCP	[TCP segment of a reassembled PDU]

Frame 4 (533 bytes on wire, 533 bytes captured)

- Ethernet II, Src: Xerox\_00:00:00 (00:00:01:00:00:00), Dst: fe:ff:20:00:01:00 (fe:ff:20:00:01:00)
- Internet Protocol, Src: 145.254.160.237 (145.254.160.237), Dst: 65.208.228.223 (65.208.228.223)
- Transmission Control Protocol, Src Port: 3372 (3372), Dst Port: http (80), Seq: 1, Ack: 1, Len: 479
- Hypertext Transfer Protocol

Tre tipi di indirizzi:

- MAC (L1-2)
- IP (L3)
- # porte (L4)
- indirizzo simbolico (L5)

Messaggio HTTP (L4): 479 otteti  
Intestazione segmento L3: 20 otteti  
Intestazione datagramma L2: 20 otteti  
Intestazione frame L1: 14 otteti

TOTALE frame: 533 otteti

Nota: 1 otteto = 1 byte

Frame (frame), 533 bytes

P: 43 D: 43 M: 0


Start

IT

19:23  
21/10/2014

# Chi è chi nelle reti

- **PTT** (Post, Telegraph & Telephone) è l'amministrazione che gestisce in una nazione i servizi trasmissivi
- **ITU** (International Telecommunication Union) ex CCITT, è l'organismo internazionale che emette le specifiche tecniche che devono essere adottate dalle PTT
- **ISO** (International Standard Organization) è l'ente di standardizzazione che si occupa anche di standard informatici
- **ANSI** (American National Standards Institute) è il rappresentante dell'USA nell'ISO

- 
- **IEEE** (Institute Of Electrical and Electronics Engineers) organizzazione professionale con gruppi di standardizzazione
  - **IAB** (Internet Architecture Board) è il comitato che approva gli standard di Internet
  - **IETF** (Internet Engineering Task Force) è un organo dello IAB per l'ingegnerizzazione di Internet





# Gli standard di Internet

- Request for Comments (RFC)
  - Sono gli “standard” di Internet
  - Sono disponibili in rete
- Esempi: [RFC 793 \(TCP\)](#)