



Università della Calabria D.E.I.S.



Corso di

SISTEMI TELEMATICI

a.a. 2010-2011

Docente: Ing. Peppino Fazio

Ing. P. Fazio

*Calabria
University
Laboratory on
TelecommUnication
Research
Engineering*



Ing. P. Fazio

CONTATTI:

pfazio@deis.unical.it - 0984-494660



Programma

Ing. P. Fazio

Introduzione: Modelli funzionali

**Architetture di rete, servizi e protocolli;
I modelli ISO-OSI e TCP-IP a confronto.**

Sezione 1: Reti TCP/IP

**Storia;
Architettura della rete Internet;
Protocolli ARP/RARP;
Comunicazione Inter-processes.**



Programma

Sezione 2: Internet e i suoi protocolli

Ing. P. Fazio

Indirizzamento e instradamento nelle reti IP

Il protocollo IPv4

Routing

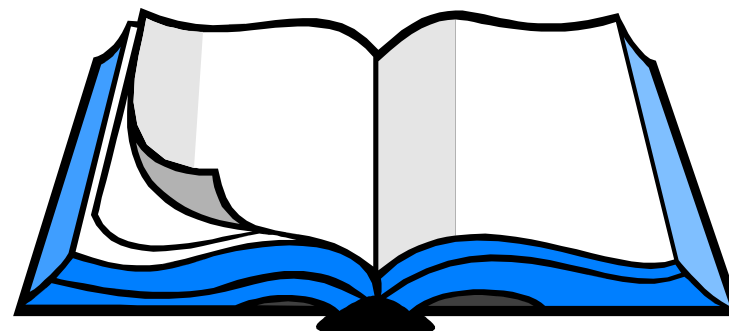
I protocolli di trasporto: UDP e TCP

Gestione della mobilità in IP

Reti Wireless



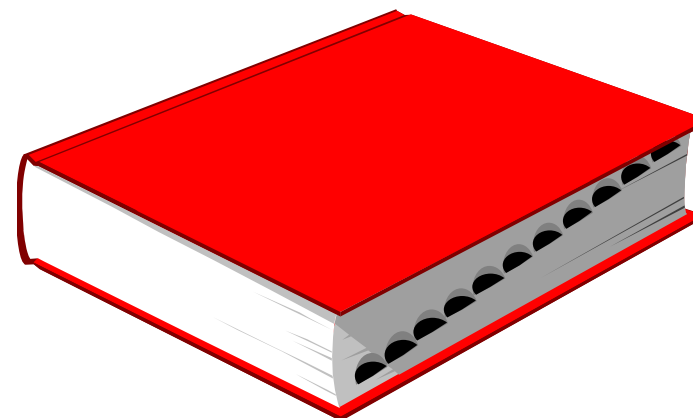
Testi consigliati



A.S. Tanenbaum
Computer Networks, 3rd Ed.
Prentice Hall Intern.

D. E. Comer
Internetworking with TCP/IP (Vol. I)
Prentice Hall 1995

J.F. Kurose, K.W. Ross
Internet e Reti di calcolatori
McGraw-Hill



Appunti e altro materiale didattico distribuito durante il corso



Telematica

Telematica:

È un neologismo di origine francese, nato verso la fine degli anni 70, come acronimo delle parole “telecomunicazioni” e “informatica” per sottolineare il ruolo complementare delle tecnologie di “trattamento” e “trasporto” dell’informazione



Telematica

L'integrazione tra telecomunicazioni e informatica è testimoniata dall'uso sempre più diffuso delle “unità di elaborazione” come:

- apparecchiature terminali per fornire servizi di TLC;
- apparecchiature infrastrutturali nelle reti di TLC per permettere il trasporto dell'informazione a distanza.



Telematica

Apparecchiature terminali

sono usate come origine o destinazione dell'informazione in svariate applicazioni che richiedono il colloquio a distanza tra unità di elaborazione e/o memorizzazione della informazione, ovvero tra unità di elaborazione e operatori umani (automazione d'ufficio, tele-controllo dei processi produttivi, tele-elaborazione)



Telematica

Apparecchiature infrastrutturali

sono usate per:

- trasporto e utilizzazione dell'informazione tramite il rispetto di regole procedurali controllo della evoluzione della comunicazione (inizializzazione e servizi a valore aggiunto);
- supporto alla gestione del servizio e dell'infrastruttura per utilizzare al meglio le risorse disponibili.



Telematica

Oggi con il termine *telematica* si intende:

“la disciplina che tratta i principi e le soluzioni tecniche per porre in corrispondenza applicazioni residenti in sistemi di elaborazione tra loro interconnessi con risorse di telecomunicazione”



Telematica

In questo quadro rientrano:

Tecniche di strutturazione e codifica della informazione;

Organizzazione delle funzioni di trasferimento e utilizzazione delle informazioni (architetture di comunicazione);

Infrastrutture e modalità di trasporto dell'informazione a distanza.



Telematica

Ing. P. Fazio

In questo quadro rientrano:

Tecniche di accesso alle risorse condivise da parte delle sorgenti di informazione;

Tecniche di controllo del traffico in rete e di instradamento dell'informazione;

Applicazioni e servizi che ubbidiscono a determinati riferimenti architettureali.



Telematica

Ing. P. Fazio

Ci occuperemo di:

- Infrastrutture
- Architetture
- Applicazioni e servizi



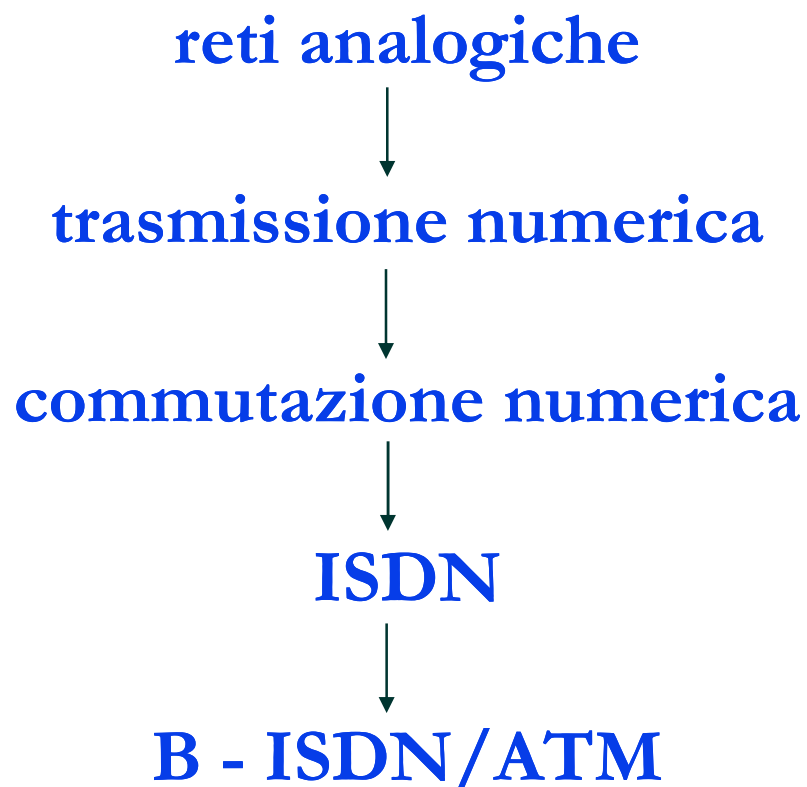
Infrastrutture

Ing. P. Fazio

Infrastrutture tipiche per applicazioni telematiche sono:

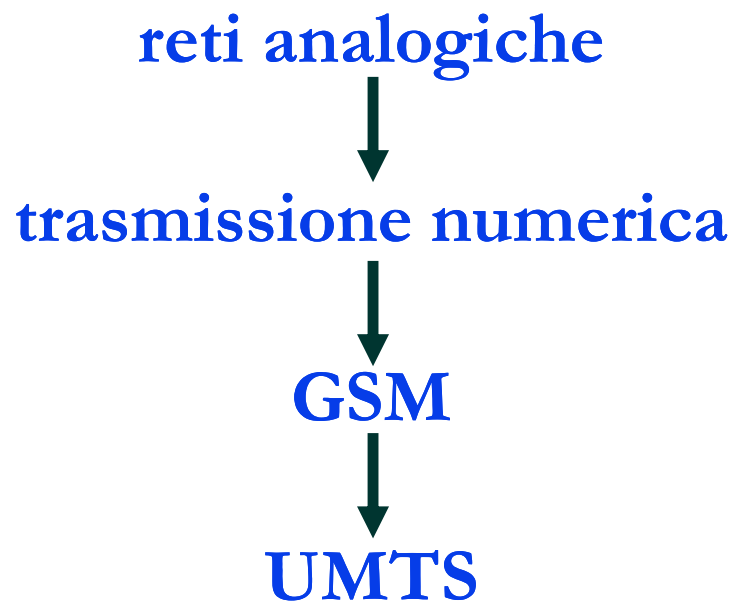
- Reti in area geografica (WAN – Wide Area Network);
- Reti in area locale (LAN – Local Area Network);
- Reti in area metropolitana (MAN – Metropolitan Area Network).

Evoluzione della rete telefonica





Evoluzione della rete di telefonia mobile



Evoluzione delle reti dati WAN

- X-25
- Frame Relay
- ARPANET (1969)
- Internet

Caratteristica : commutazione di pacchetto





Reti dati WAN

- vasta estensione geografica (nazione)
- rete pubblica
- gestori diversi



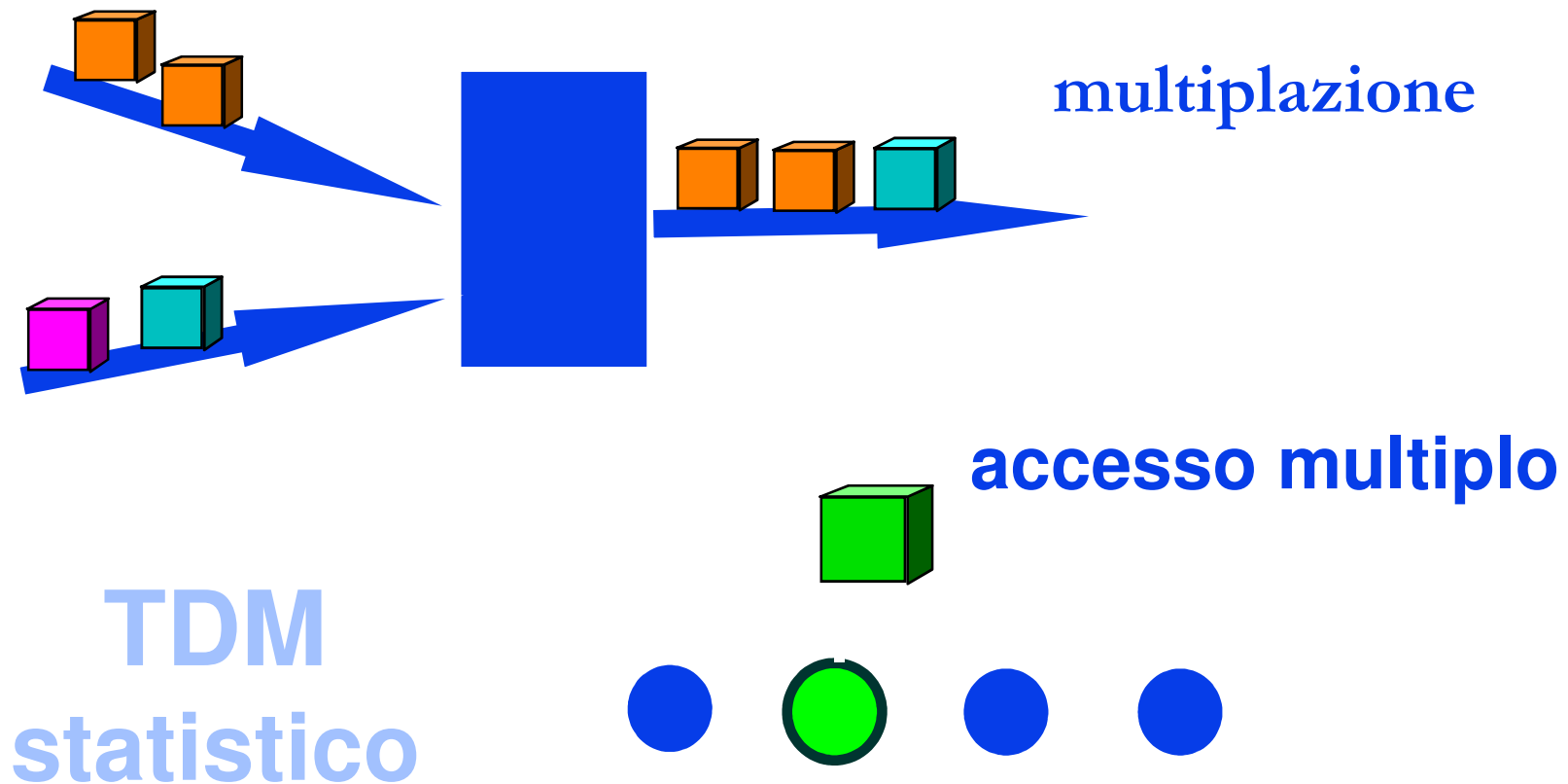
Reti Locali per dati (LAN)

- alta velocità di trasmissione ($> 1\text{Mbps}$)
- bassi tassi d'errore (10^{-6} - 10^{-7})
- limitata estensione geografica ($< 10\text{Km}$)
- rete privata
- costi contenuti
- mezzo condiviso con moltiplicazione a divisione di tempo



Ing. P. Fazio

LAN: Mezzo condiviso



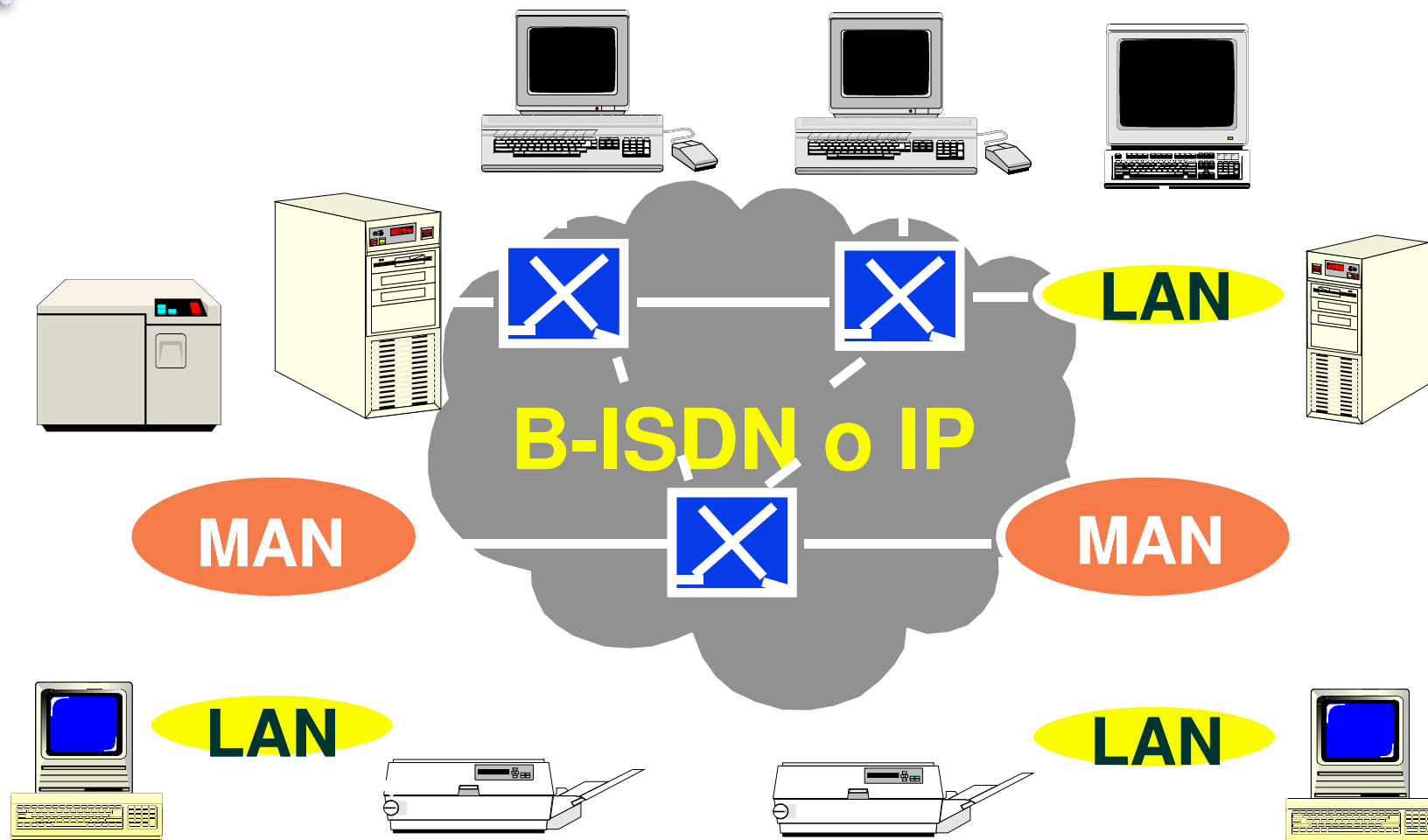


Reti metropolitane (MAN)

- velocità elevate (fibra ottica) $\gg 10$ Mbit/s
- estensione (quartiere, città) > 100 Km
- canale condiviso
- integrazione di servizi
(priorità, servizio isocrono)
- ambiente pubblico, unico gestore

Es. CATV

*Scenario
di reti a larga banda*



Ing. P. Fazio



Tecniche di commutazione in reti numeriche

CCITT

Commutazione:

il processo di interconnessione di unità funzionali, canali di trasmissione o circuiti di telecomunicazione per il tempo necessario al trasferimento di segnali.



Tecniche di commutazione in reti numeriche

Commutazione

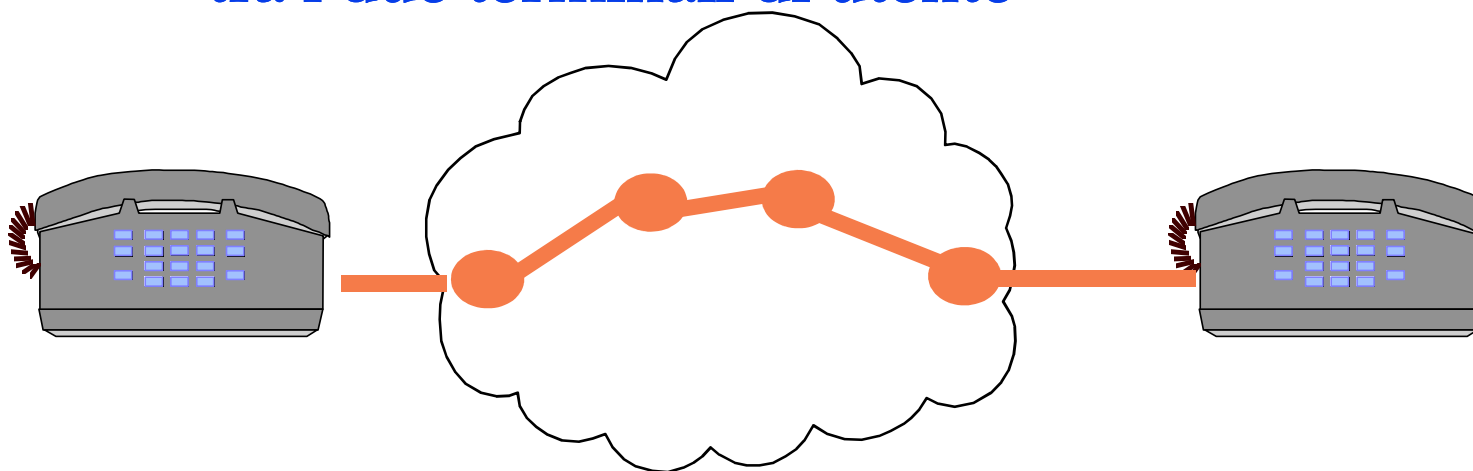
- di circuito
 - nata con le reti telefoniche
- di pacchetto
 - nata con le reti di calcolatori

Commutazione di circuito

Commutazione di circuito:

La rete usa le risorse disponibili per allocare un circuito a ogni richiesta di servizio

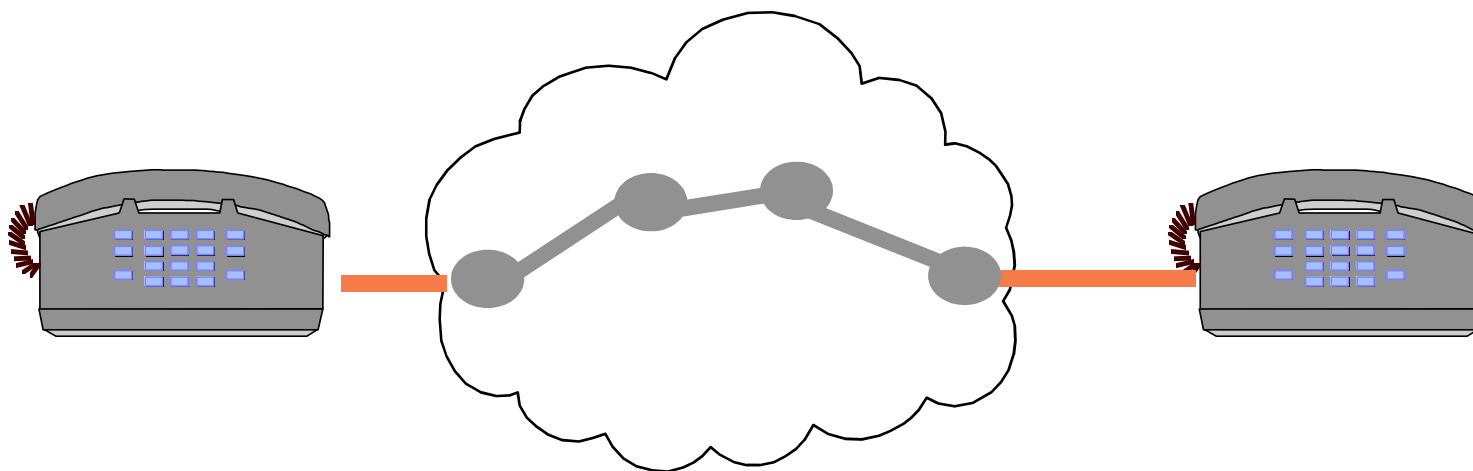
Un circuito costituisce un collegamento fisico tra i due terminali di utente



Commutazione di circuito

Il circuito è di uso esclusivo dei due utenti per tutta la durata della comunicazione.

Le risorse sono rilasciate solo al termine della comunicazione, su indicazione degli utenti.



Commutazione di circuito

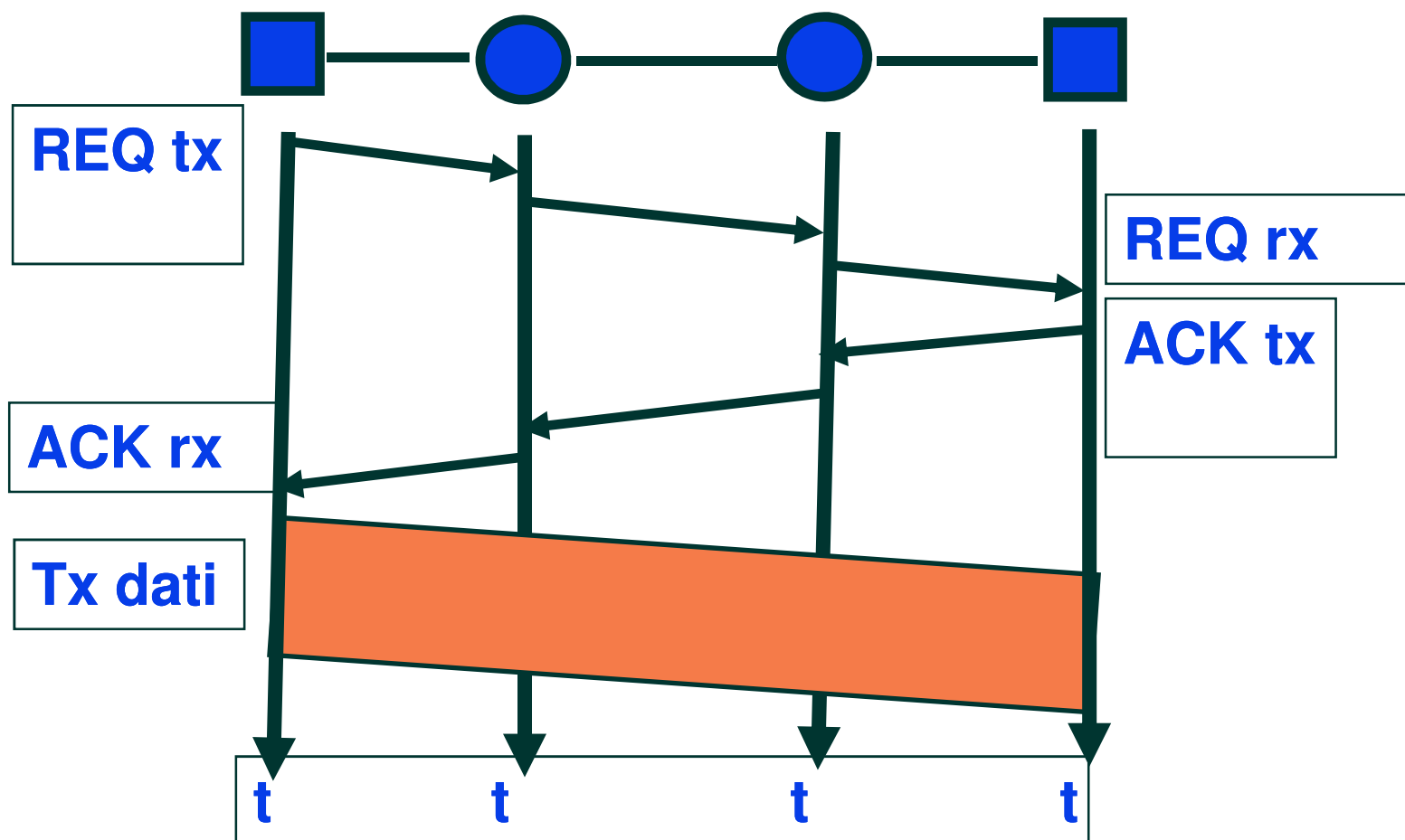
Tre fasi:

- impegno
- trasferimento dati
- svincolo





Commutazione di circuito





Commutazione di circuito

Vantaggi:

- ritardi di trasferimento costanti
- trasparenza del circuito (stessi formati, velocità, protocolli tra canali entranti e uscenti dal nodo di commutazione)



Commutazione di circuito

Svantaggi:

- risorse dedicate a una comunicazione efficienza buona solo in caso di sorgenti non intermittenti;
- nessuna conversione di formati, velocità, protocolli tariffazione in base al tempo di esistenza del circuito.



Commutazione di circuito

Calcolo dell'efficienza h :

$$h = D / (C + D + R)$$

- C = tempo necessario per costruire il circuito
(da frazioni di secondo a 5 s)
- D = tempo impiegato per trasferire i dati
(da frazioni di secondo a 1 s)
- R = tempo necessario per il rilascio del canale



Commutazione di circuito

Nelle reti ad alta velocità la commutazione di circuito è sconsigliata per via della bassa efficienza

Esempio: si voglia trasmettere un file dati di piccole dimensioni, 1000 byte, su una rete con valore di $C+R = 2 \text{ s}$

per avere un'efficienza $h=0,98$ si deve avere $D = 98 \text{ s}$

cioè una velocità di $(1000 \times 8) / 98 = 81,6 \text{ bit/s}$

se scegliamo una velocità più ragionevole, es.

10 Kbit/s, l'efficienza si riduce a $h=0,286$

se poi scegliamo 10 Mbit/s l'efficienza diventa $h=0,0004$

Commutazione di pacchetto

Commutazione di pacchetto:

Non si allocano risorse per l'uso esclusivo
di due o più utenti

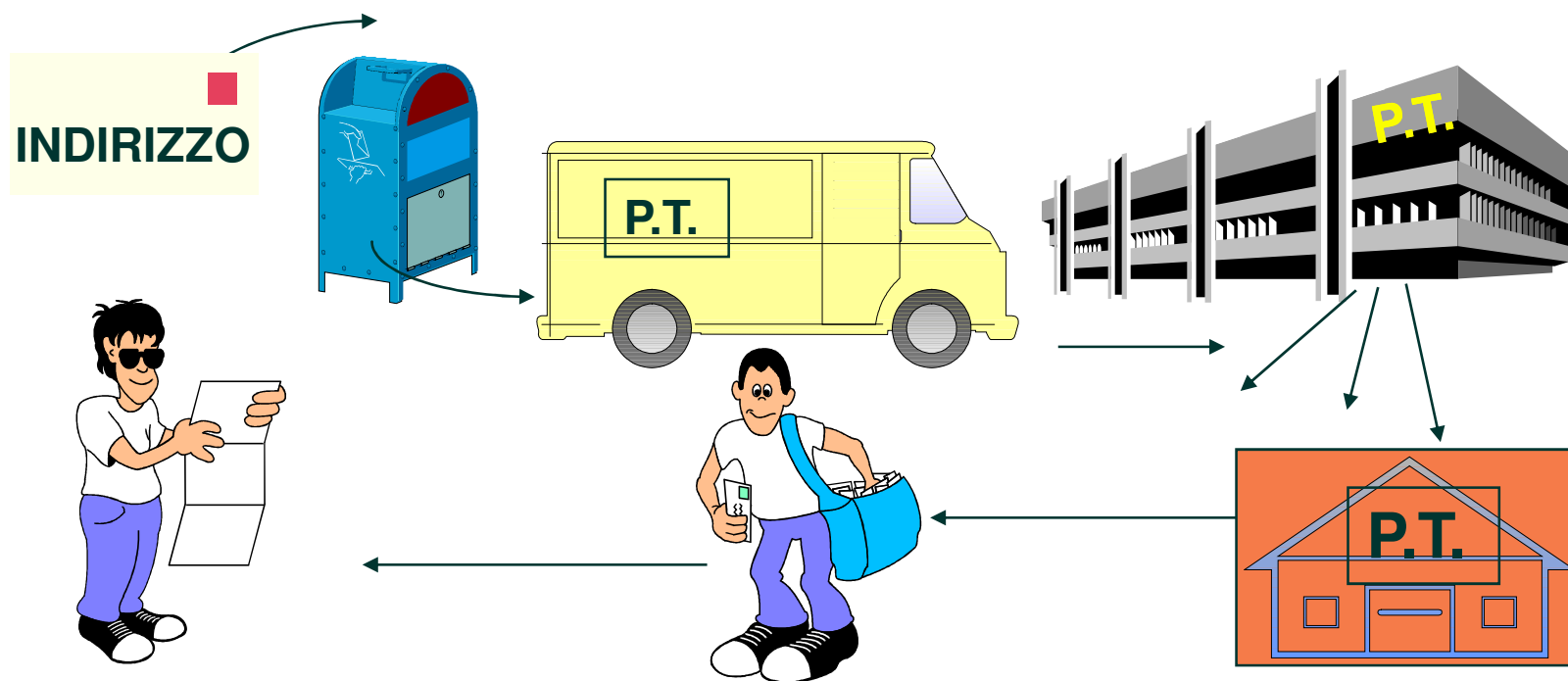
Studiata espressamente per sorgenti
intermittenti



Commutazione di pacchetto

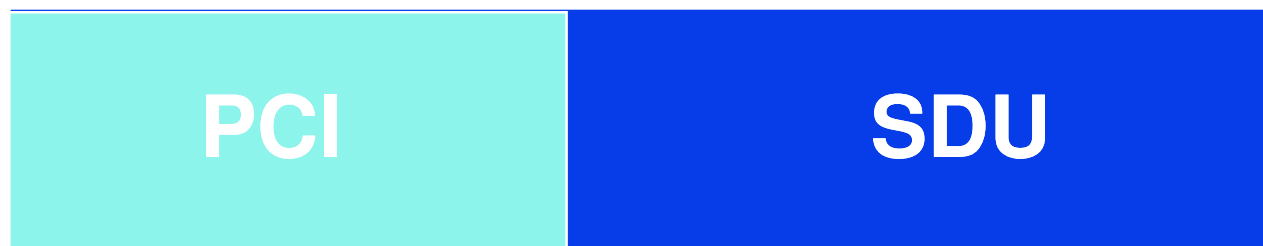
Funzionamento analogo al sistema postale: si utilizzano diversi mezzi per far arrivare a destinazione una lettera

Ing. P. Fazio



Commutazione di pacchetto

L'informazione da trasferire è organizzata in unità dati che comprendono informazione di utente e di controllo



PCI = protocol control information
(informazione di controllo)

SDU = service data unit (informazione di
utente)

Commutazione di pacchetto

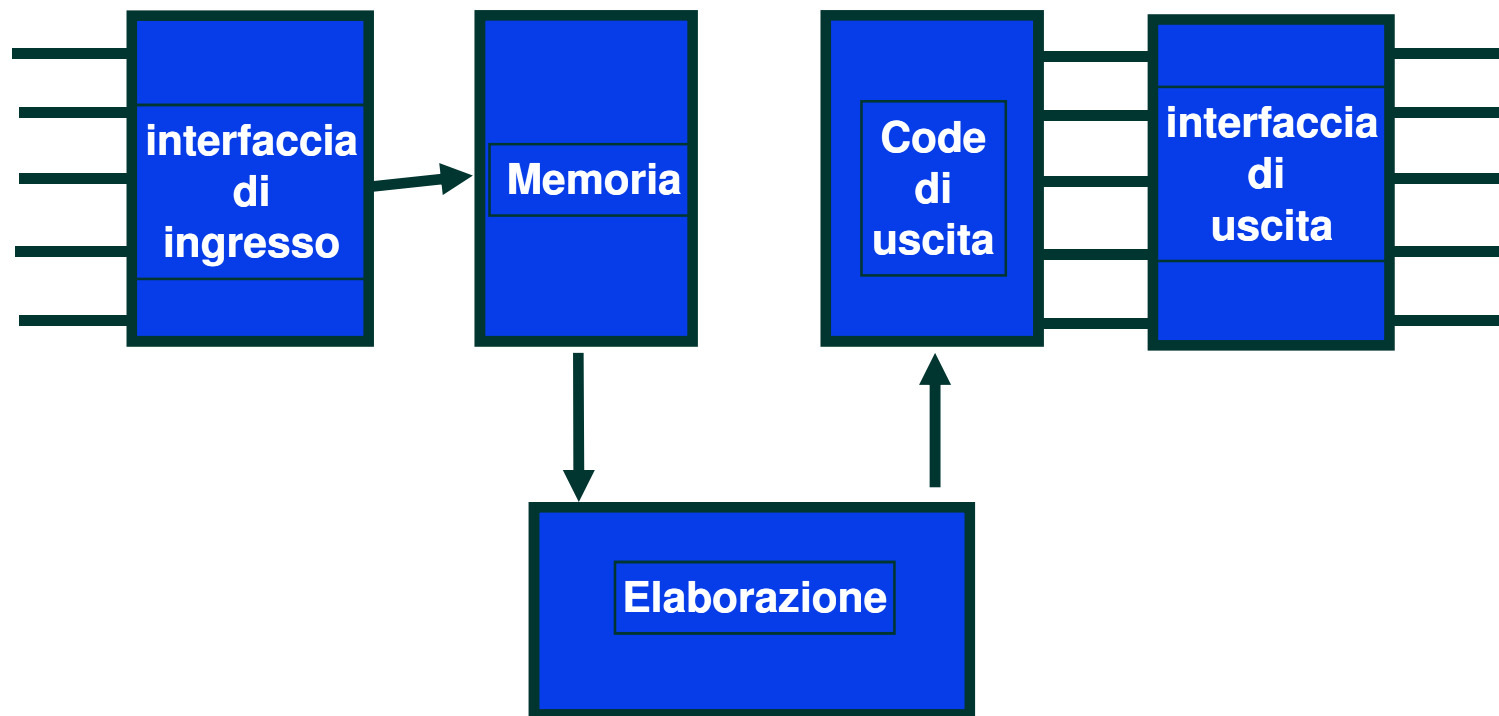
Le unità dati vengono consegnate alla rete

- ogni nodo
 - memorizza il pacchetto
 - elabora il pacchetto e determina il canale su cui inoltrarlo
 - mette il pacchetto in coda per la trasmissione sul canale

➔ funzionamento “store and forward”

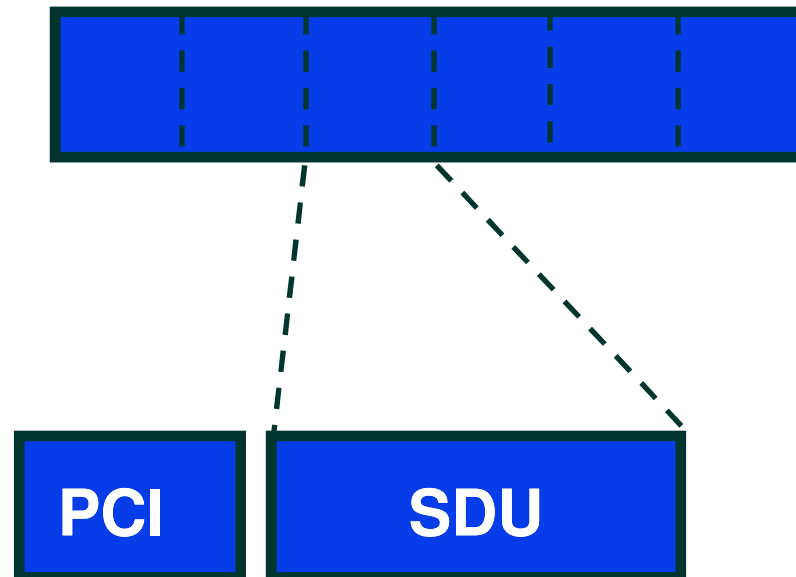
Commutazione di pacchetto

Struttura di un nodo di rete a commutazione di pacchetto



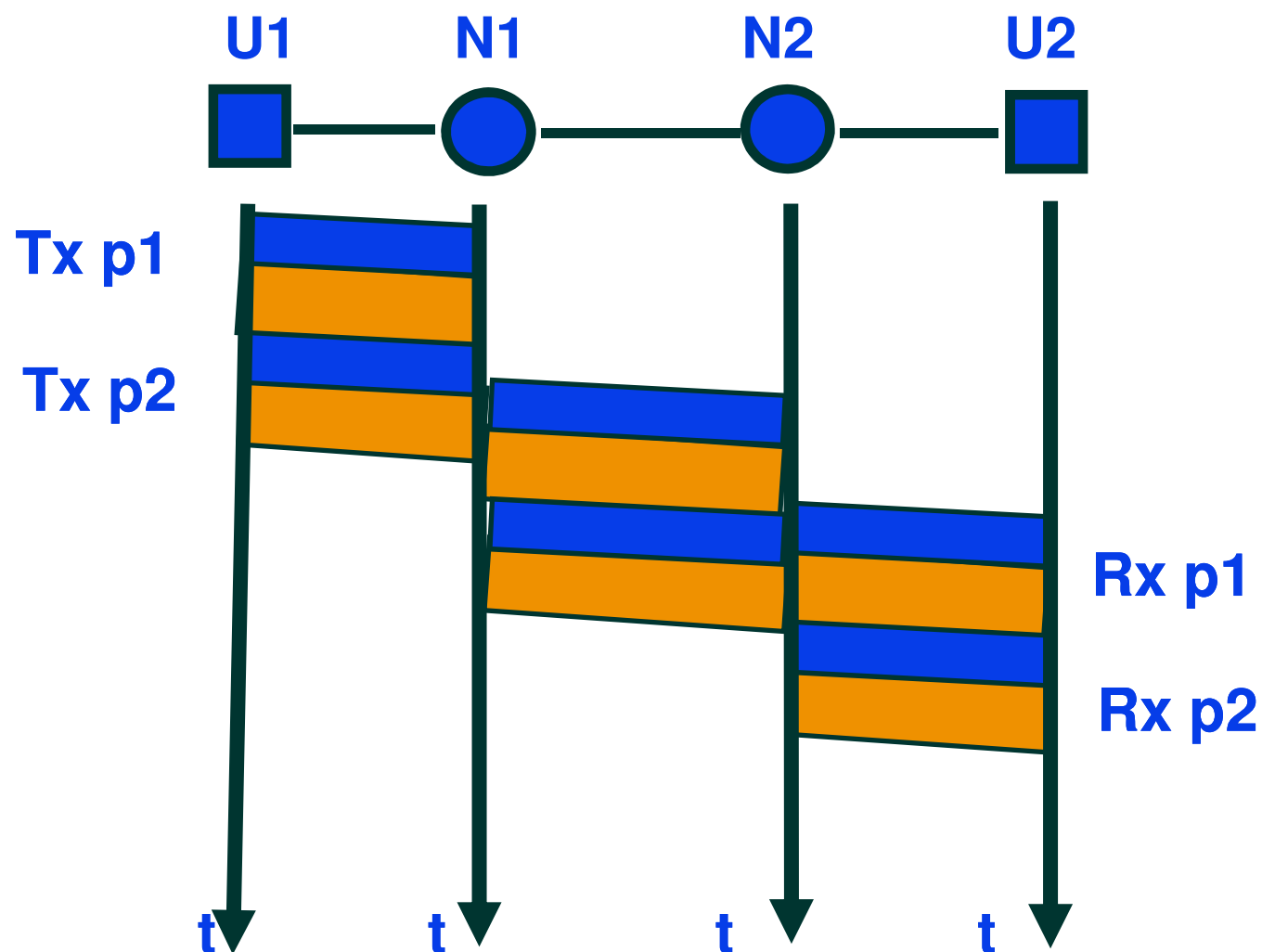
Commutazione di pacchetto

L'informazione di utente può dover essere
frazionata in molti pacchetti





Commutazione di pacchetto



Commutazione di pacchetto

La lunghezza dei pacchetti è determinata da:

- possibilità di parallelizzazione
- ritardo di pacchettizzazione
- percentuale di informazione di controllo
- probabilità di errore

Pacchetti brevi favoriscono la trasmissione in parallelo su canali diversi di pacchetti di una stessa comunicazione.



Commutazione di pacchetto

La lunghezza dei pacchetti è determinata da

- possibilità di parallelizzazione
- ritardo di pacchettizzazione
- percentuale di informazione di controllo
- probabilità di errore

pacchetti lunghi riducono la percentuale di informazione di controllo

Commutazione di pacchetto

Pacchetti lunghi riducono la percentuale di informazione di controllo

- PCI di dimensione p bit
- SDU di dimensione s bit

frazione di informazione di controllo

$$p / (s + p)$$

Commutazione di pacchetto

La lunghezza dei pacchetti è determinata da

- possibilità di parallelizzazione
- ritardo di pacchettizzazione
- percentuale di informazione di controllo
- probabilità di errore

pacchetti corti riducono la probabilità di errore



Commutazione di pacchetto

Pacchetti corti riducono la probabilità di errore

- pacchetti di n bit
- canale con errori indipendenti
- probabilità di errore p

probabilità che un pacchetto sia corretto

$$(1 - p)^n$$

per $n \rightarrow \infty$ questa probabilità tende a zero, qualsiasi sia il valore di p .

Commutazione di pacchetto

Commutazione di pacchetto

- vantaggi rispetto alla commutazione di circuito
- utilizzazione efficiente delle risorse anche in presenza di traffico intermittente

Commutazione di pacchetto

Commutazione di pacchetto

- vantaggi rispetto alla commutazione di circuito
- possibilità di controllo di correttezza lungo il percorso

Commutazione di pacchetto

Commutazione di pacchetto

- vantaggi rispetto alla commutazione di circuito
- possibilità di conversioni di velocità, formati, protocolli

Commutazione di pacchetto

Commutazione di pacchetto

- vantaggi rispetto alla commutazione di circuito
- tariffazione in funzione del traffico trasmesso

Commutazione di pacchetto

Commutazione di pacchetto

- svantaggi rispetto alla commutazione di circuito
- elaborazione di ogni pacchetto in ogni nodo

Commutazione di pacchetto

Commutazione di pacchetto

- svantaggi rispetto alla commutazione di circuito
- ritardo di trasferimento variabile

Servizi di una rete a pacchetto

I servizi di una rete a commutazione di pacchetto possono essere

- datagram (senza connessione)
- circuito virtuale (con connessione)





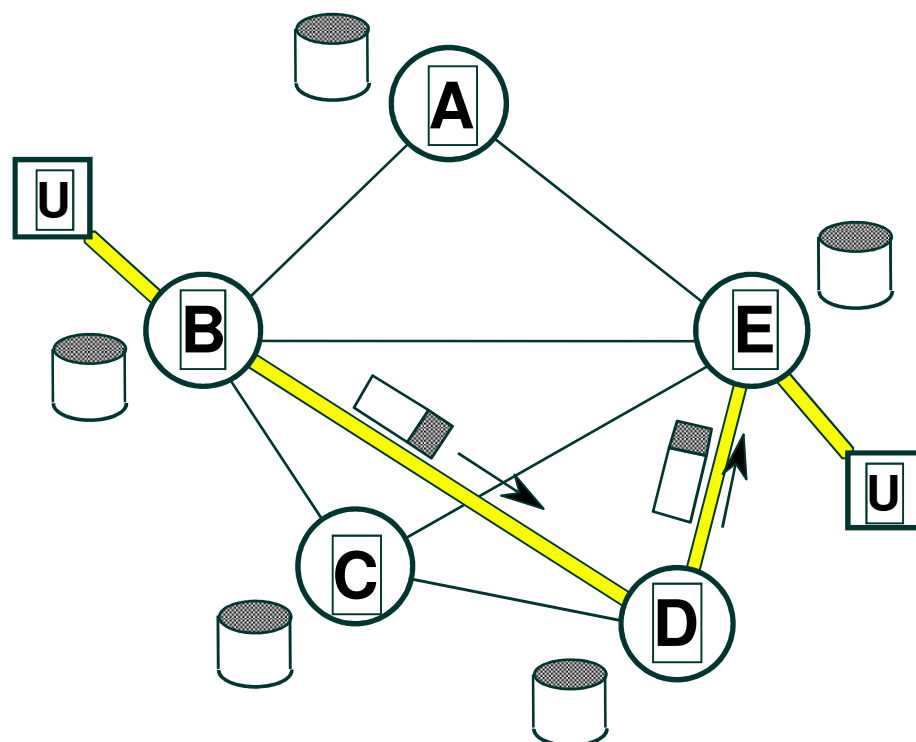
Servizio circuito virtuale

Servizio circuito virtuale (con connessione)

- la comunicazione è suddivisa in tre fasi
 - apertura connessione
 - trasferimento dati
 - chiusura connessione
- esiste un accordo preliminare tra i due interlocutori e il fornitore del servizio
- pacchetti diversi con uguale sorgente e destinazione seguono tutti lo stesso percorso



Funzionamento di una rete a circuito virtuale



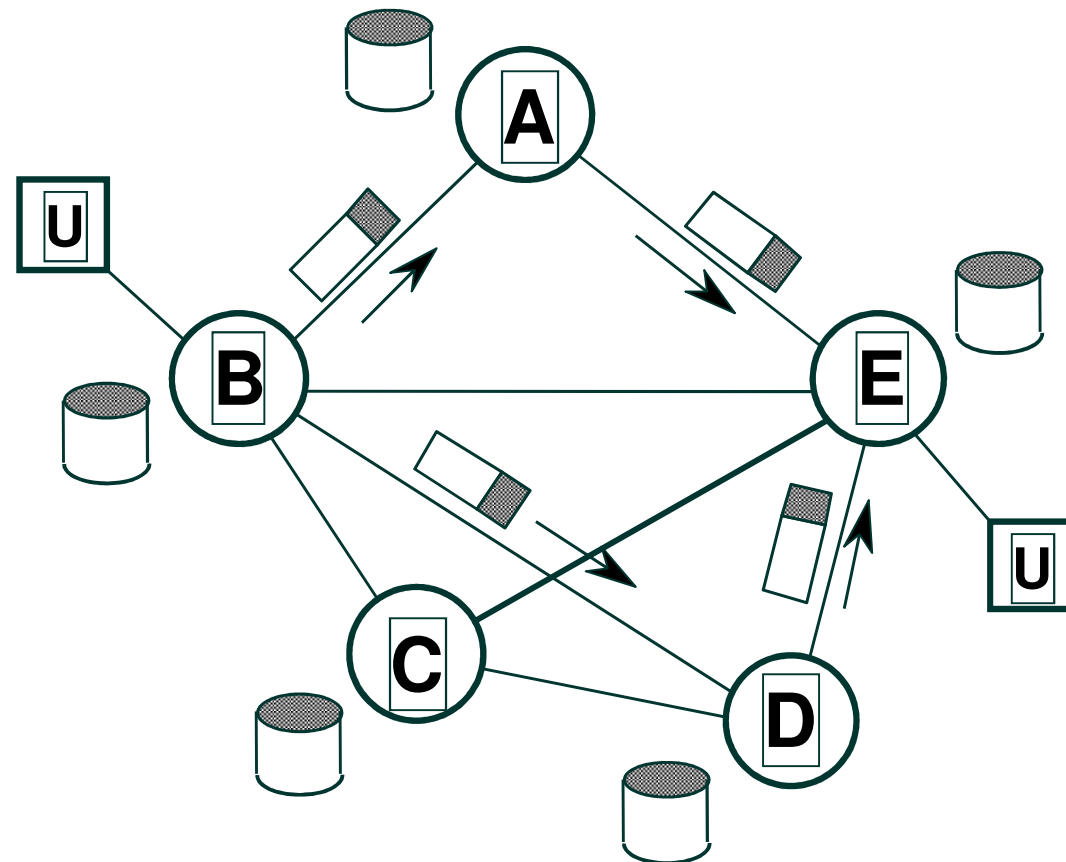


Servizio datagramma

Servizio datagram (senza connessione)

- non esiste una suddivisione della comunicazione in tre fasi perché non c'è alcun accordo preliminare sulla fornitura del servizio;
- pacchetti diversi con uguale sorgente e destinazione possono seguire percorsi diversi

Funzionamento di una rete a datagramma





Servizio circuito virtuale

Il servizio circuito virtuale in reti a pacchetto non è equivalente al servizio in reti a circuito perché

**non si allocano staticamente
risorse a
una comunicazione**



Servizio circuito virtuale

Servizio circuito virtuale (con connessione)

- vantaggi rispetto al datagram
 - mantenimento della sequenza
 - minore variabilità dei ritardi
 - instradamento solo in fase di apertura di connessione
 - minore informazione di controllo per pacchetto



Servizio circuito virtuale

Servizio circuito virtuale (con connessione)

- svantaggi
 - ritardi per la costruzione del circuito virtuale e del suo rilascio



Applicazioni e servizi

Servizi (teleservizi) diversi richiedono alla rete prestazioni diverse

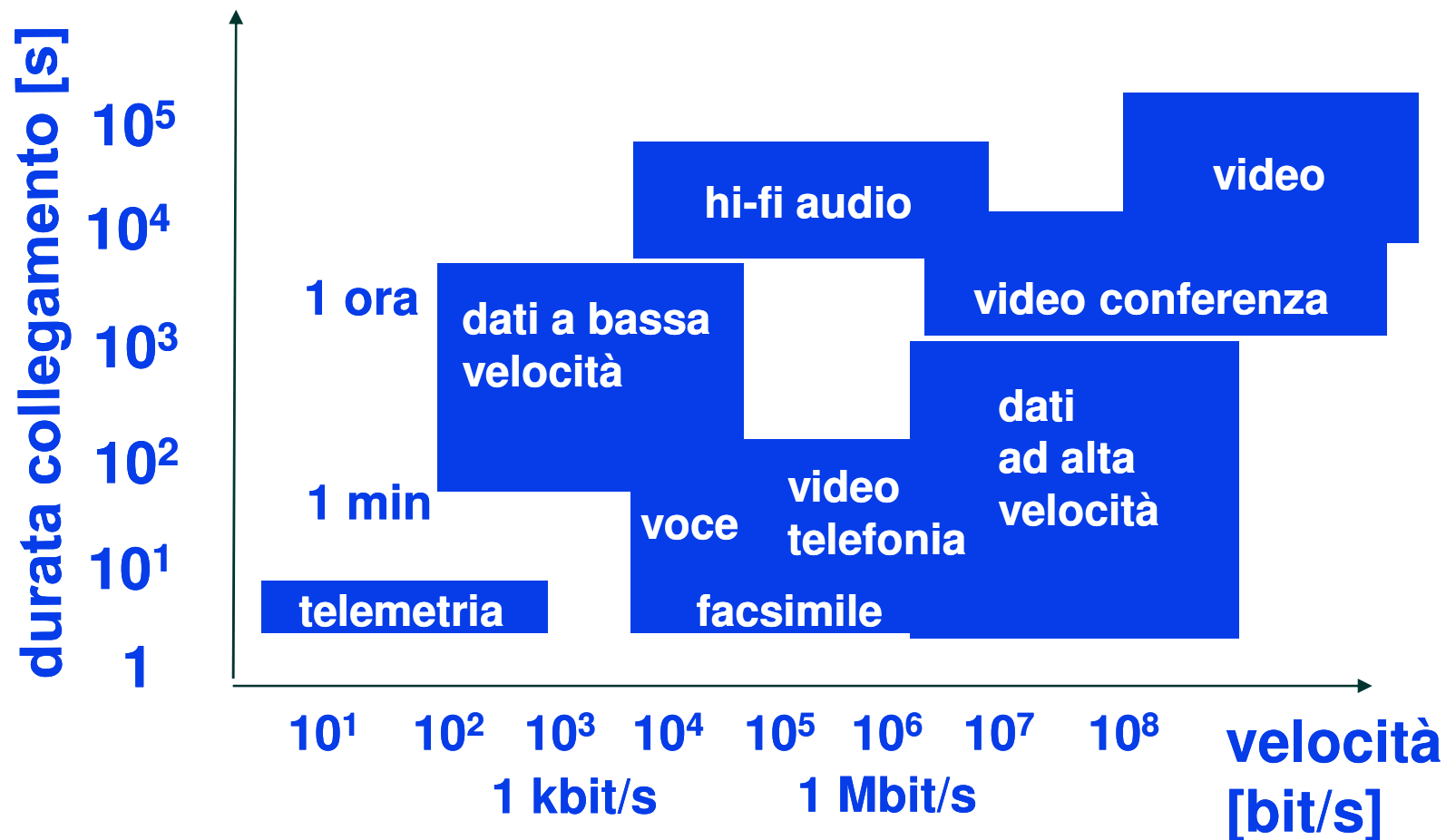
Indici di qualità

- ritardo (valor medio, percentile, tempo reale)
- velocità
- probabilità di errore
- probabilità di blocco



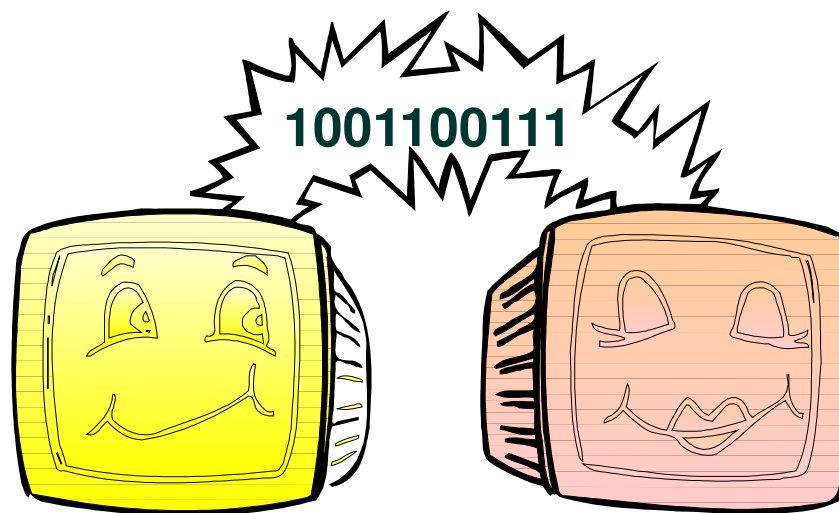
Ing. P. Fazio

Applicazioni e servizi



Architetture e protocolli

Comunicazione:
trasferimento di informazioni secondo
convenzioni prestabilite



La comunicazione richiede cooperazione



Architetture e protocolli

Ing. P. Fazio

Per progettare e gestire sistemi atti consentire
la comunicazione è indispensabile
una descrizione astratta delle modalità
di comunicazione tra le parti

Architetture e protocolli

Una descrizione astratta delle modalità
di comunicazione tra due o più utenti
richiede la definizione di un

modello di riferimento





Architetture e protocolli

Primo passo:

Al massimo livello di astrazione
il modello di riferimento specifica una

architettura di comunicazione



Architetture e protocolli

Un'architettura di comunicazione definisce

- gli **oggetti** usati per descrivere il processo di comunicazione
- le **relazioni** tra tali oggetti
- le **funzioni** necessarie per la comunicazione
- le **modalità organizzative** delle funzioni



Architetture e protocolli

Si usano architetture stratificate

- semplicità di progetto
- facilità di gestione
- semplicità di standardizzazione
- separazione di funzioni

Architettura OSI





Architetture e protocolli

Ultimo passo:

Gli aspetti più di dettaglio di un
modello di riferimento riguardano i

protocolli di comunicazione



Architetture e protocolli

CCITT

Protocollo:

descrizione formale delle procedure
adottate per assicurare la comunicazione
tra due o più funzioni dello stesso livello
gerarchico



Architetture e protocolli

I protocolli definiscono

- semantica (insieme di comandi e risposte)
- sintassi (struttura di comandi e risposte)
- temporizzazione (sequenze temporali di comandi e risposte)

di una comunicazione



Ing. P. Fazio

Architettura OSI





Architettura OSI

I principi fondamentali
definiti dal modello di riferimento OSI
sono oggi universalmente accettati



Architetture e protocolli

Elementi di un'architettura di comunicazione

- sistemi
- processi applicativi
- mezzi trasmissivi



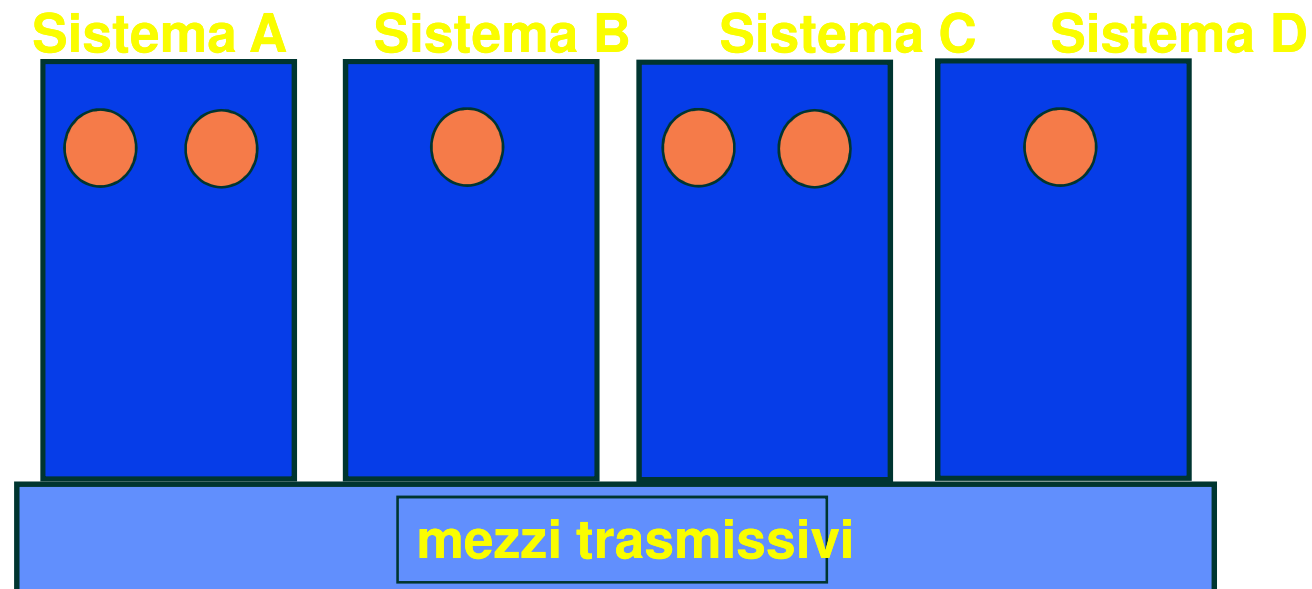
Architetture e protocolli

Elementi di un'architettura di comunicazione

- sistemi
 - effettuano il trattamento e/o trasferimento di informazione in vista di specifiche applicazioni
- processi applicativi
 - coinvolti da esigenze di interazione con altri processi
- mezzi trasmissivi
 - la struttura fisica di interconnessione tra i sistemi



Architetture e protocolli



● processi applicativi



Architetture e protocolli

- strati (livelli)
- sottosistemi



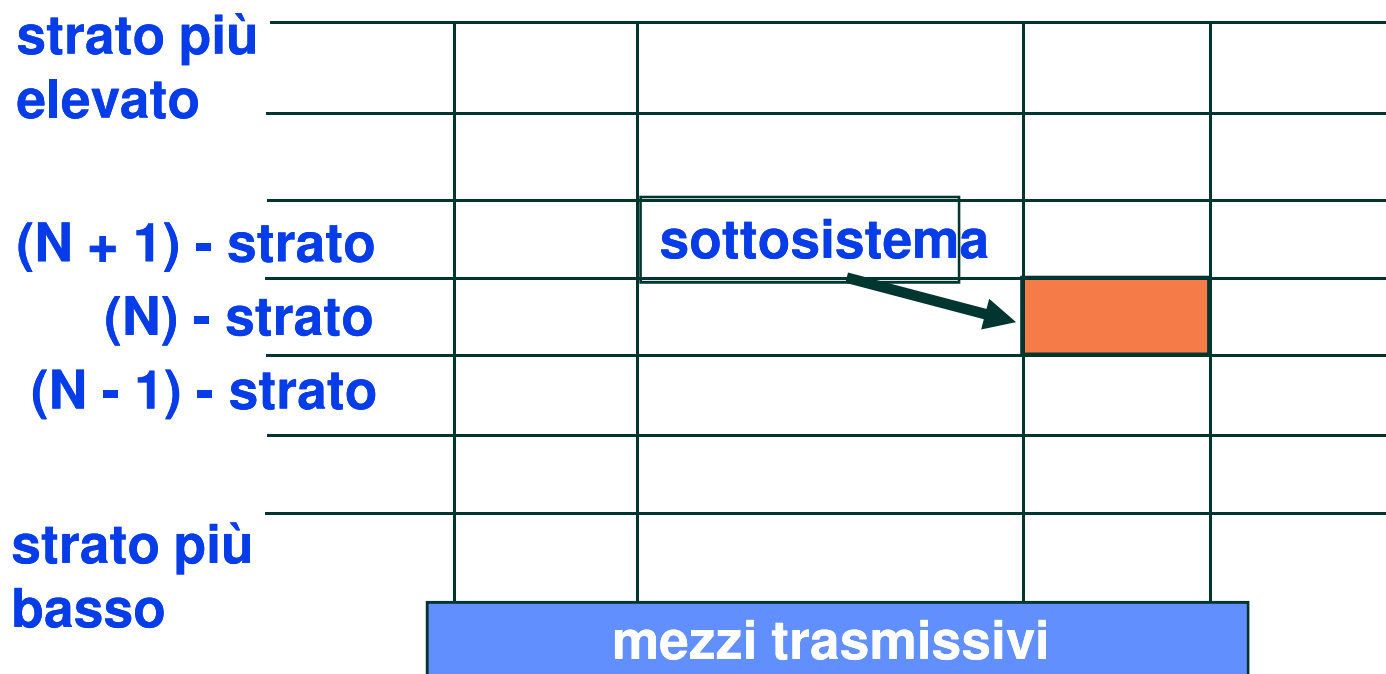
Architetture e protocolli

- Ogni sistema è logicamente composto da una successione ordinata di sottosistemi, ad ognuno dei quali è associato un sottoinsieme funzionale
- Uno strato è l'unione di tutti i sottosistemi omologhi (di uguale rango) appartenenti a sistemi interconnessi



Architetture e protocolli

Ing. P. Fazio





Architetture e protocolli

Funzioni orientate al trasferimento

- Connessione fisica
- Trasmissione
- Controllo di errore trasmissivo
- Multiplazione e commutazione
- Controllo di flusso
- Controllo della qualità di servizio



Architetture e protocolli

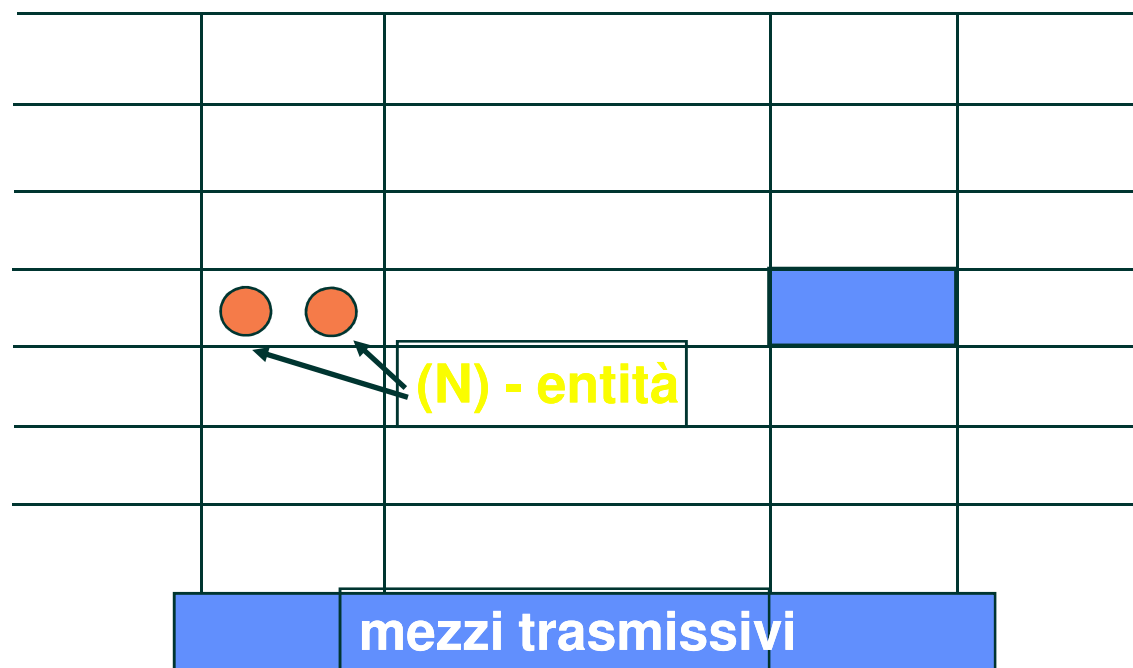
Funzioni orientate all'utilizzazione

- Gestione del dialogo
- Adattamento sintattico
- Adempimenti semantici



Architetture e protocolli

Ing. P. Fazio





Architetture e protocolli

Entità:

- elementi attivi di un sottosistema
- svolgono una o più funzioni di strato
- interagiscono all'interno di uno strato



Architetture e protocolli

Stratificazione

ogni strato

- fornisce servizi “a valore aggiunto” al livello immediatamente superiore

usando

- i servizi del livello immediatamente inferiore
- le proprie funzioni



Ing. P. Fazio

Architetture e protocolli

- servizi
- fornitori di servizio
- utenti del servizio
- punti di accesso al servizio (SAP)



Architetture e protocolli

Gli utenti del livello N e le entità $(N+1)$
cooperano e comunicano usando l' (N) - servizio
fornito dall' (N) - fornitore di servizio

Ing. P. Fazio

$(N + 1)$ - strato

usa

(N) - strato

(N) - servizio

fornisce



Architetture e protocolli

Ing. P. Fazio

$L'(N)$ - servizio è un sottoinsieme delle funzioni dell' (N) -strato che sono visibili all' $(N+1)$ -strato

$L'(N)$ - servizio è definito in modo indipendente dalle procedure con cui è effettivamente realizzato

$(N + 1)$ - strato

usa

(N) - strato

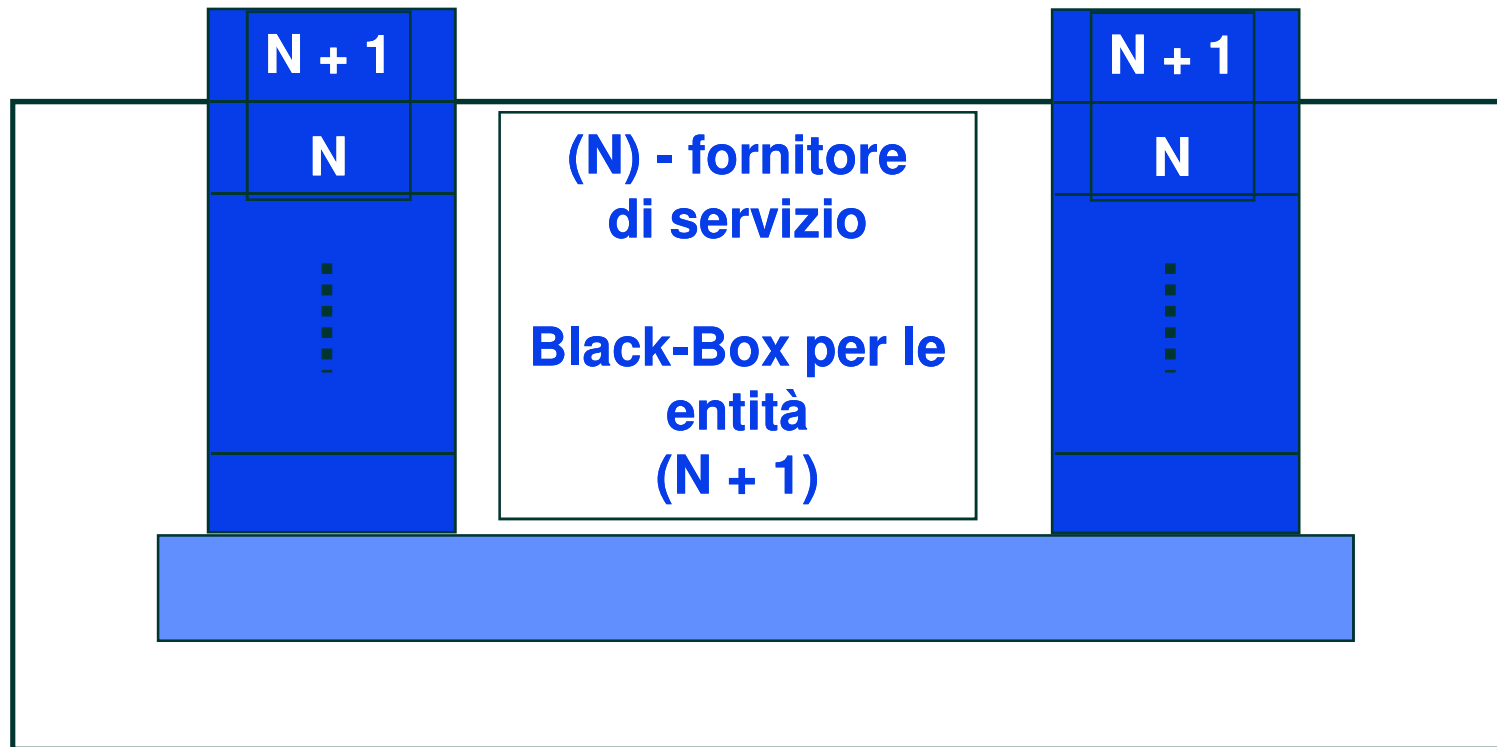
fornisce

(N) - servizio



Architetture e protocolli

(N) - servizio

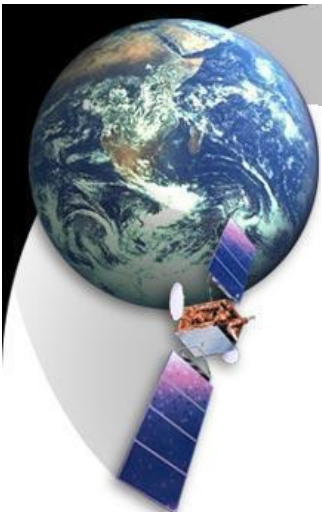




Architetture e protocolli

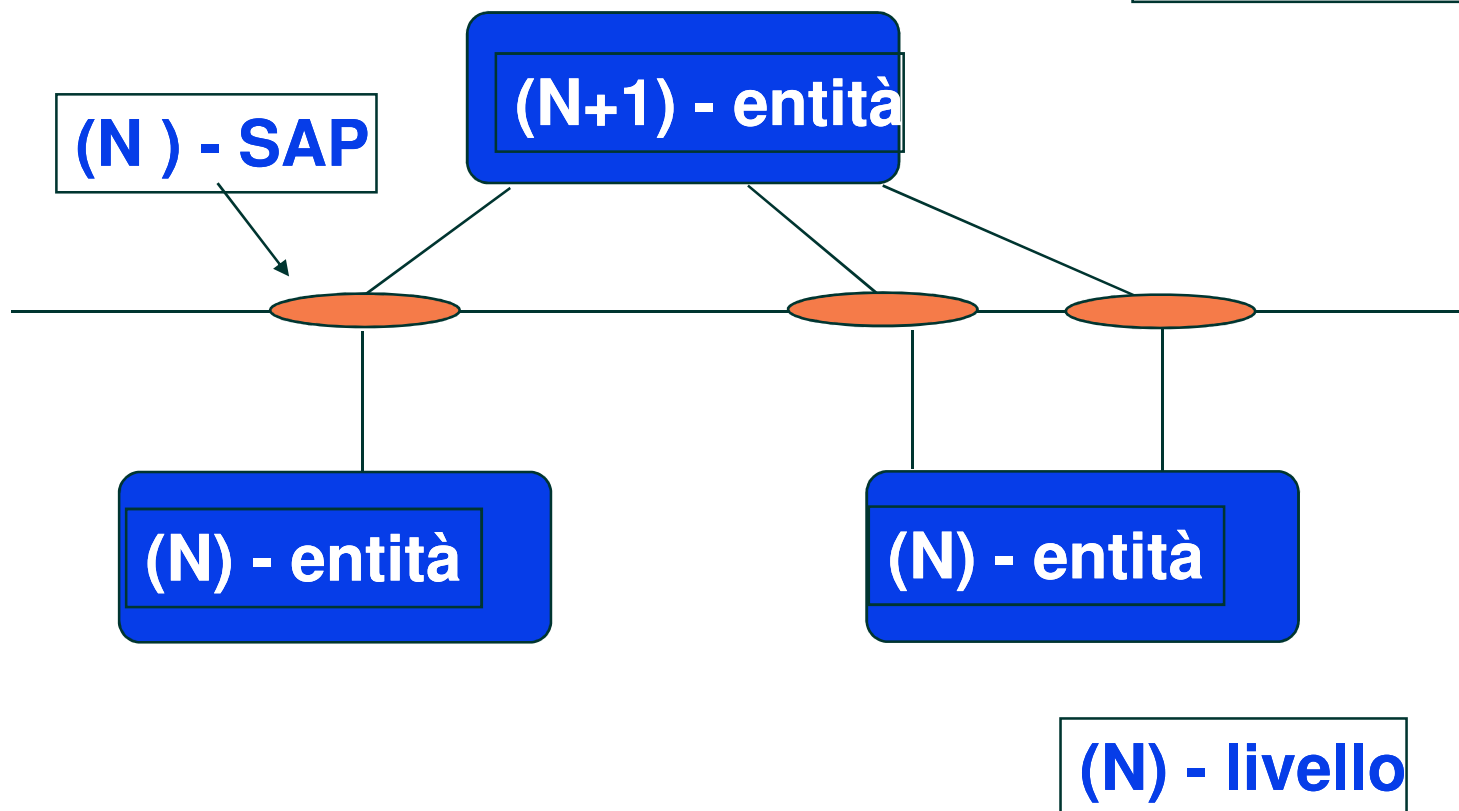
(N)-SAP (Service Access Point)

- l'interfaccia logica tra una (N)-entità e una (N+1)-entità
- gli (N)-SAP sono i punti in cui l'(N+1)-strato può accedere ai servizi offerti dall'(N)-strato
- ogni SAP è univocamente identificato da un indirizzo
- un (N)-SAP può essere fornito da una sola (N)-entità ed essere utilizzato da una sola (N+1)-entità
- tuttavia una (N)-entità può fornire vari (N)-SAP ed una (N+1)-entità può utilizzare vari (N)-SAP



Architetture e protocolli

(N+1) - livello





Architetture e protocolli

Ing. P. Fazio

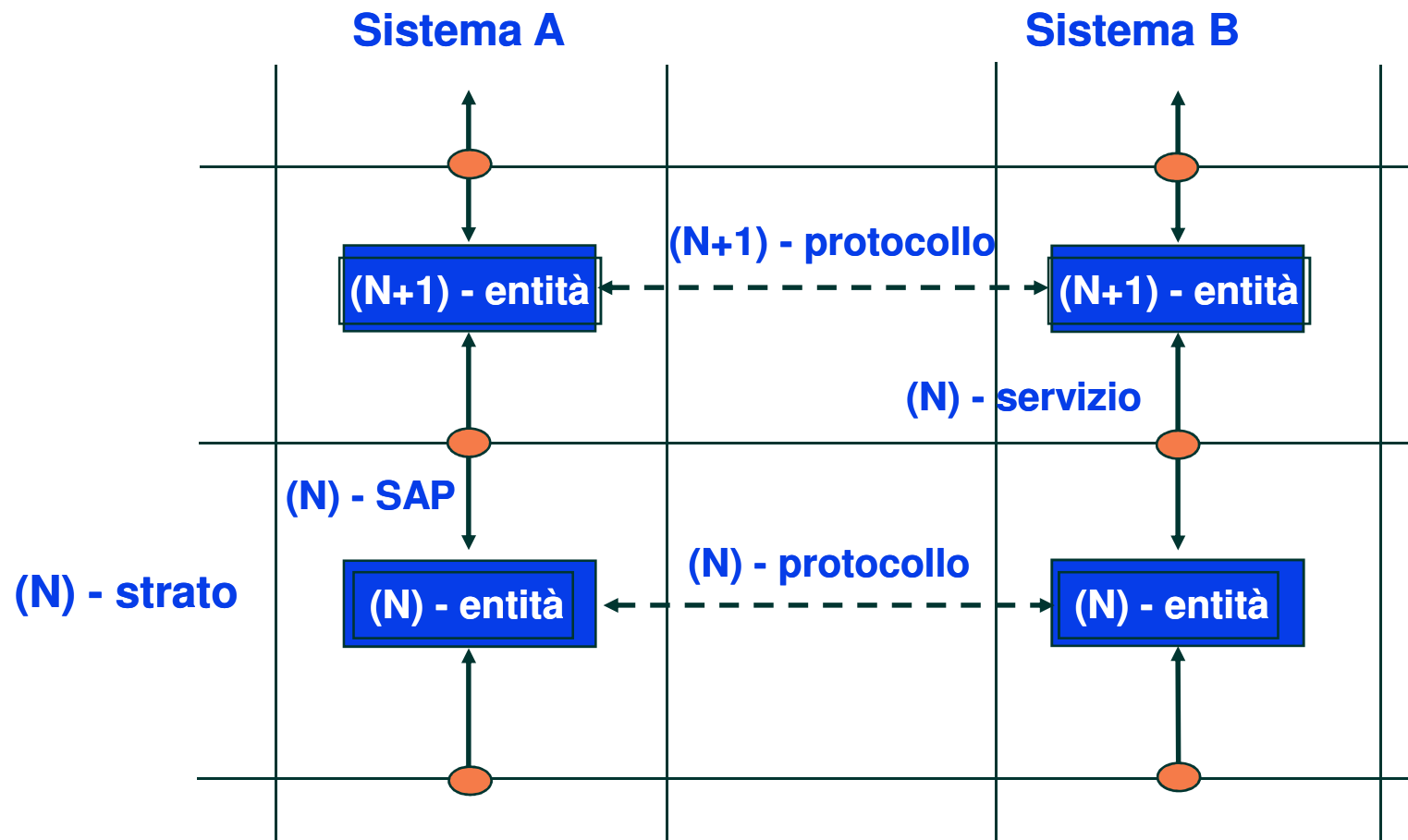
(N)-protocollo

- è l'insieme di regole che riguardano l'(N)-strato e che governano l'interazione tra (N)-entità alla pari
 - (N)-entità alla pari sono entità del (N)-sottosistema di sistemi diversi



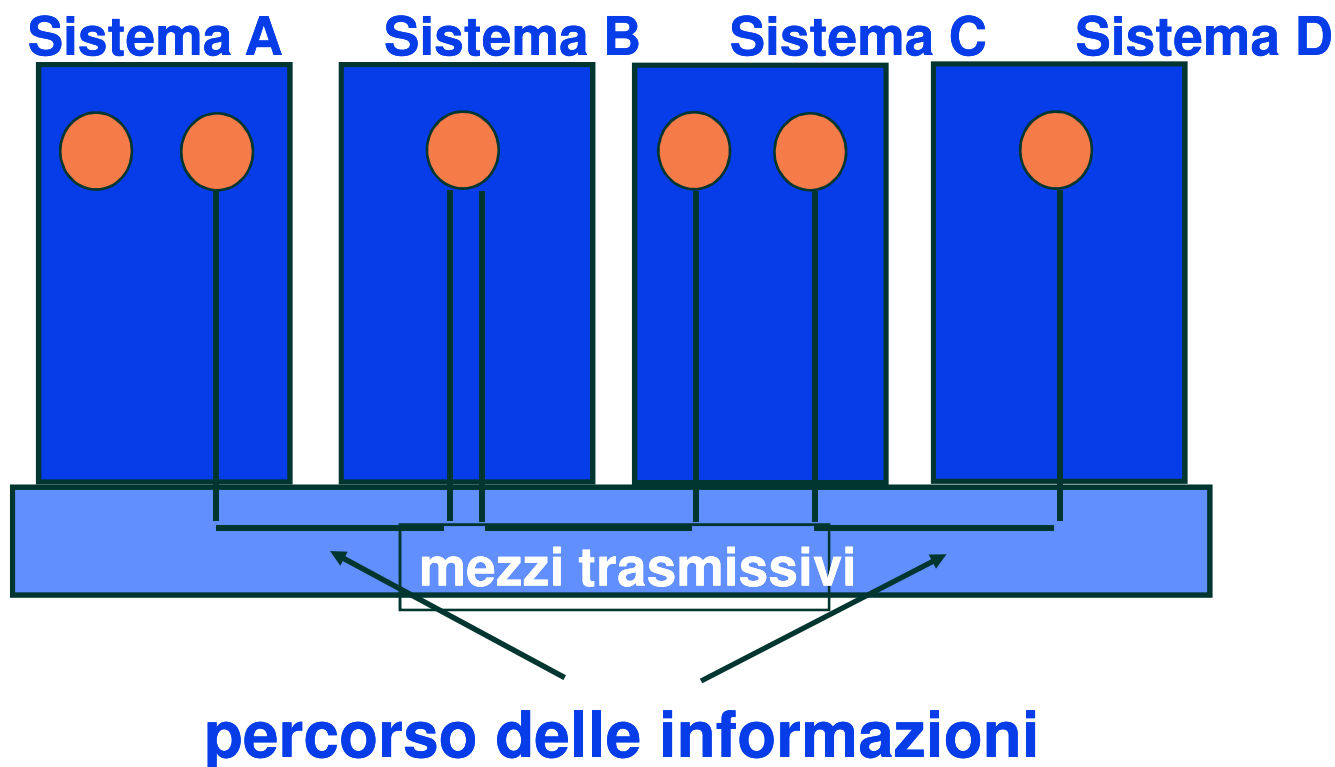
Ing. P. Fazio

Architetture e protocolli





Architetture e protocolli





Architetture e protocolli

Tipi di informazioni

- informazioni di utente
- informazioni di controllo



Architetture e protocolli

- **Informazioni di utente**
sono l'oggetto primario dello scambio per le finalità del processo di comunicazione
- **Informazioni di controllo**
hanno lo scopo di coordinare le azioni da svolgere in modo cooperativo da parte delle entità di strato



Architetture e protocolli

Informazioni di utente si distinguono in:

- informazioni (dati) intra-strato
- informazioni (dati) inter-strato



Architetture e protocolli

Informazioni di controllo si distinguono in:

- informazioni di protocollo (PCI)
sono scambiate tra entità alla pari
(flusso intra-strato)
- informazioni di interfaccia
sono scambiate tra entità residenti
in strati contigui dello stesso sistema
(flusso inter-strato)



Architetture e protocolli

Unità di dati

- le informazioni di utente o di controllo scambiate in un processo di comunicazione sono strutturate in unità informative specifiche di ogni strato, dette

unità di dati



Architetture e protocolli

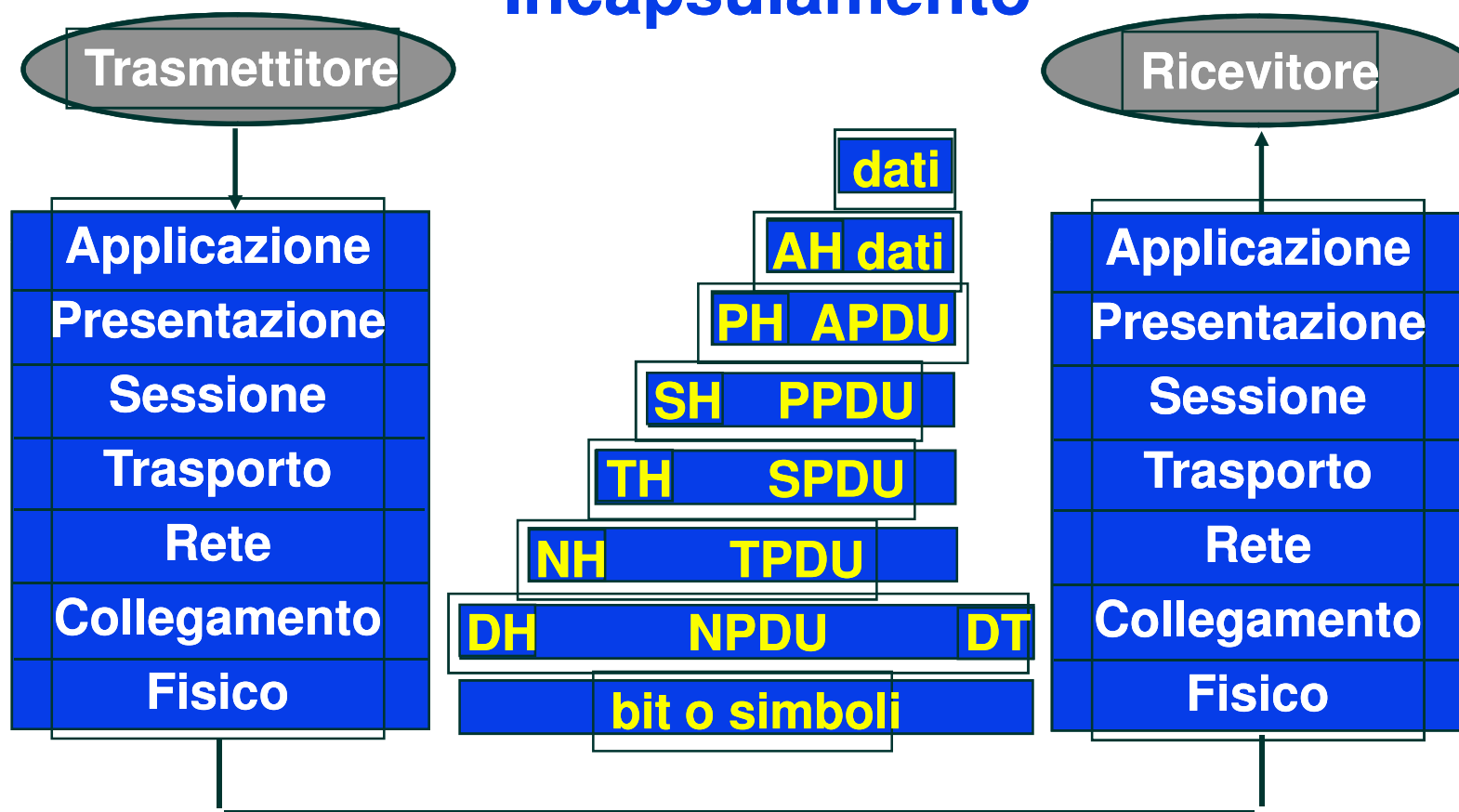
Nello strato N si hanno varie unità di dati

- PDU (Protocol Data Unit)
- SDU (Service Data Unit)
- PCI (Protocol Control Information)



Architettura OSI

Incapsulamento





Architetture e protocolli

Nello strato N si hanno varie unità di dati

(N)-PDU (Protocol Data Unit)

contiene una (N)-SDU + una (N)-PCI

(N)-PCI (Protocol Control Information)

- contiene informazioni di controllo generate dalle (N)-entità

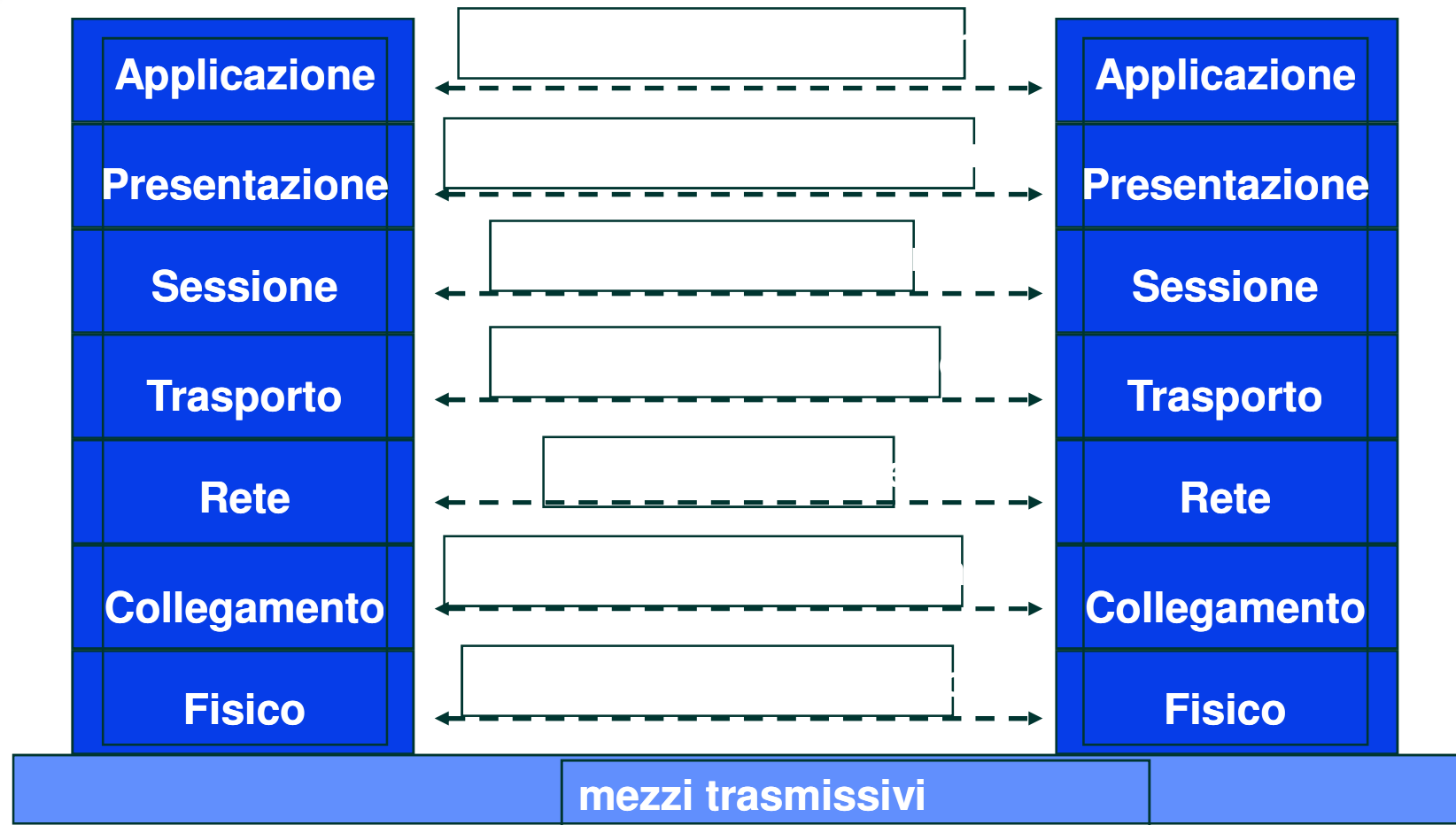
(N)-SDU (Service Data Unit)

- è una parte di informazioni dell'interfaccia che una (N+1)-entità trasferisce ad una (N)-entità nello stesso sistema



Architettura OSI

Ing. P. Fazio

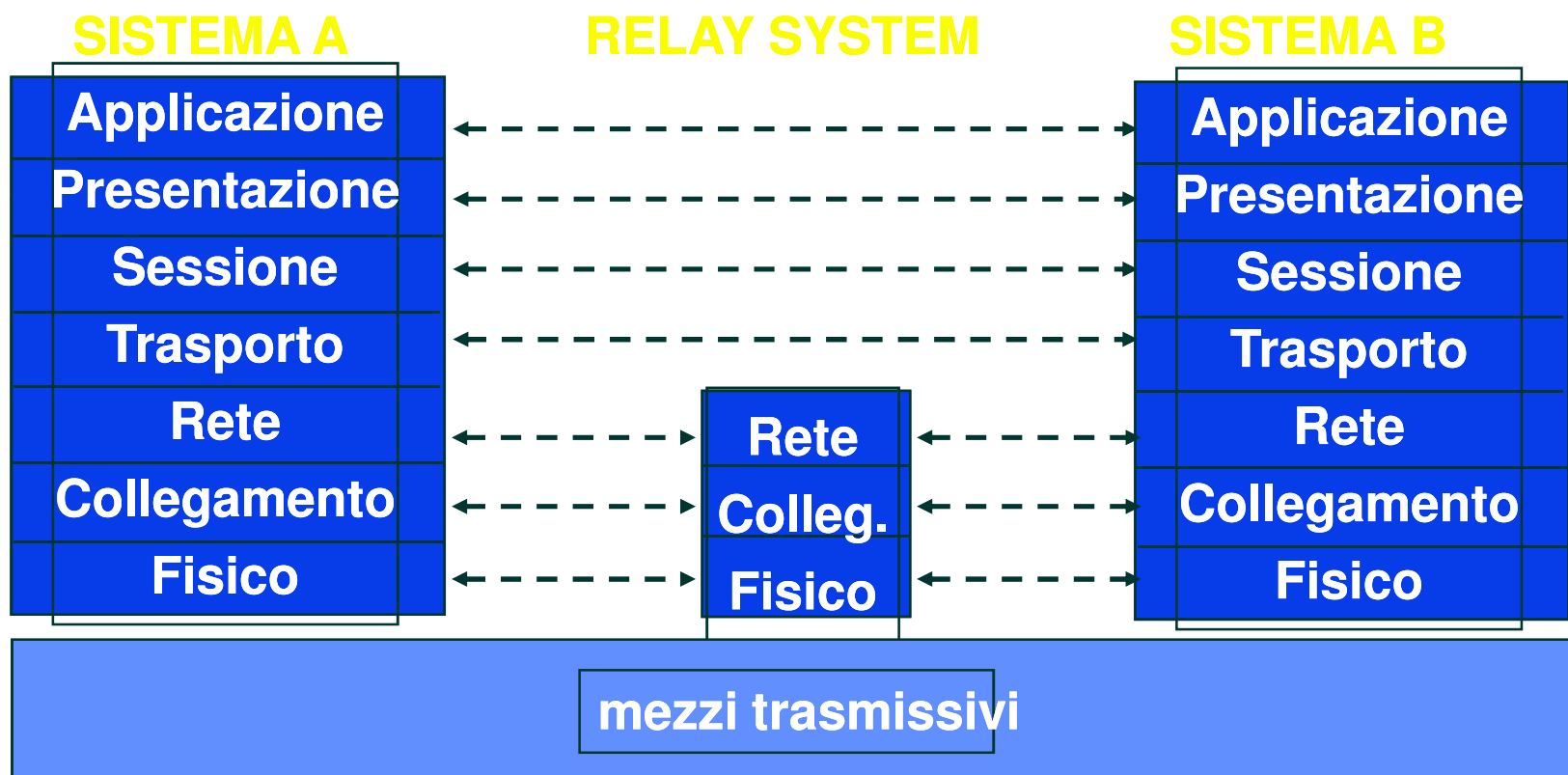




Architettura OSI

- sistemi terminali
- sistemi di rilegamento (relay)

Ing. P. Fazio





Architettura OSI

Livello 1 - FISICO

- 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 livello di collegamento
- le unità dati sono bit o simboli



Architettura OSI

Livello 2 - COLLEGAMENTO

- fornisce i mezzi funzionali e procedurali per il trasferimento delle unità dati tra entità di livello rete e per fronteggiare malfunzionamenti del livello fisico
- funzioni fondamentali:
 - rivelazione e recupero degli errori di trasmissione
 - controllo di flusso
- Il livello 2 è generalmente diviso in due sottolivelli:
MAC e LLC



Architettura OSI

Livello 3 - RETE

- fornisce i mezzi funzionali e procedurali per lo scambio di informazioni tra entità di livello trasporto
- fornisce i mezzi per instaurare, mantenere e abbattere le connessioni di rete tra entità di livello trasporto
- funzioni fondamentali:
 - instradamento
 - indirizzamento



Architettura OSI

Livello 4 - TRASPORTO

- fornisce alle entità di livello sessione le connessioni di livello trasporto
- colma le deficienze della qualità di servizio delle connessioni di livello rete
- frammentazione di messaggi in pacchetti
- funzioni: connessione, controllo di errore e di flusso



Architettura OSI

Livello 5 - SESSIONE

- 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



Architettura OSI

Livello 6 - PRESENTAZIONE

- risolve i problemi di compatibilità per quanto riguarda la rappresentazione dei dati da trasferire
- risolve i problemi relativi alla trasformazione della sintassi dei dati (es. colloquio di sistemi basati su sistemi operativi diversi)
- può fornire servizi di cifratura delle informazioni



Architettura OSI

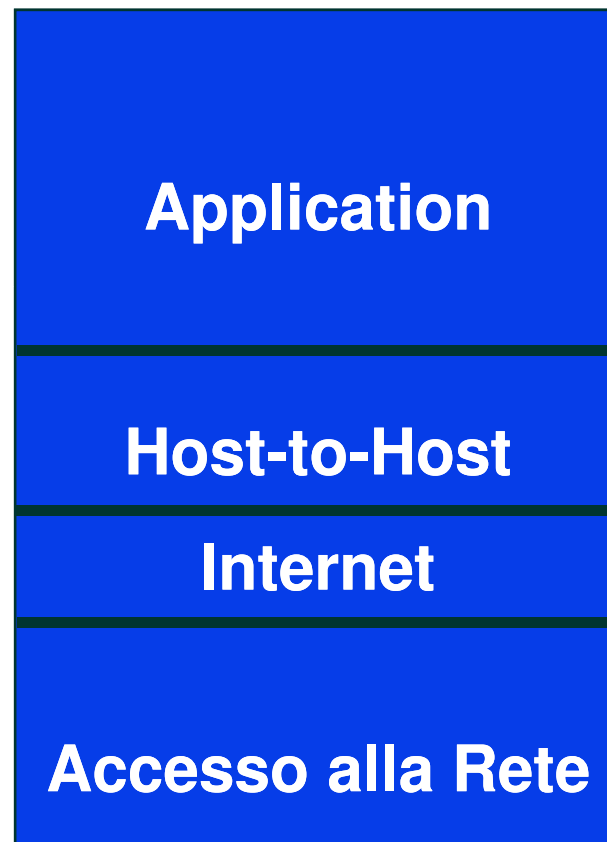
Livello 7 - APPLICAZIONE

- fornisce ai processi applicativi i mezzi per accedere all'ambiente OSI
- esempi di servizio
 - trasferimento di file - FTAM
 - terminale virtuale - VT
 - posta elettronica - X.400



Ing. P. Fazio

Architettura TCP/IP





Architettura TCP/IP

Livello - ACCESSO ALLA RETE

- include le funzioni che nel modello OSI sono comprese negli strati fisico, di link e rete; quest'ultimo per ciò che riguarda gli aspetti connessi al funzionamento di ogni singola rete (sottostrato di rete basso)
- comprende le funzionalità per il trasferimento dei dati tra due sistemi terminali connessi alla stessa rete
- può essere realizzato con gli strati pertinenti di qualunque tipo di architettura; il servizio che deve essere offerto allo strato superiore può essere con o senza connessione



Architettura TCP/IP

Livello - INTERNET

- consente l'interfunzionamento delle varie reti componenti con funzionalità che nel modello OSI sono collocate in un sottostrato di rete alto
- fornisce un servizio di strato senza connessione
- il protocollo di strato è IP (Internet Protocol): esso provvede, tra l'altro, all'instradamento attraverso reti multiple in cascata per trasferire dati tra sistemi terminali connessi a reti diverse



Architettura TCP/IP

Livello - TRASPORTO o HOST-to-HOST

- corrisponde allo strato di trasporto e a parte dello strato di sessione del modello OSI
- un tipo di protocollo di questo strato è il TCP (Transmission Control Protocol), nell'ambito del quale il servizio di strato è con connessione
- un protocollo alternativo è l'UDP (User Datagram Protocol), che opera nell'ambito di un servizio di strato senza connessione



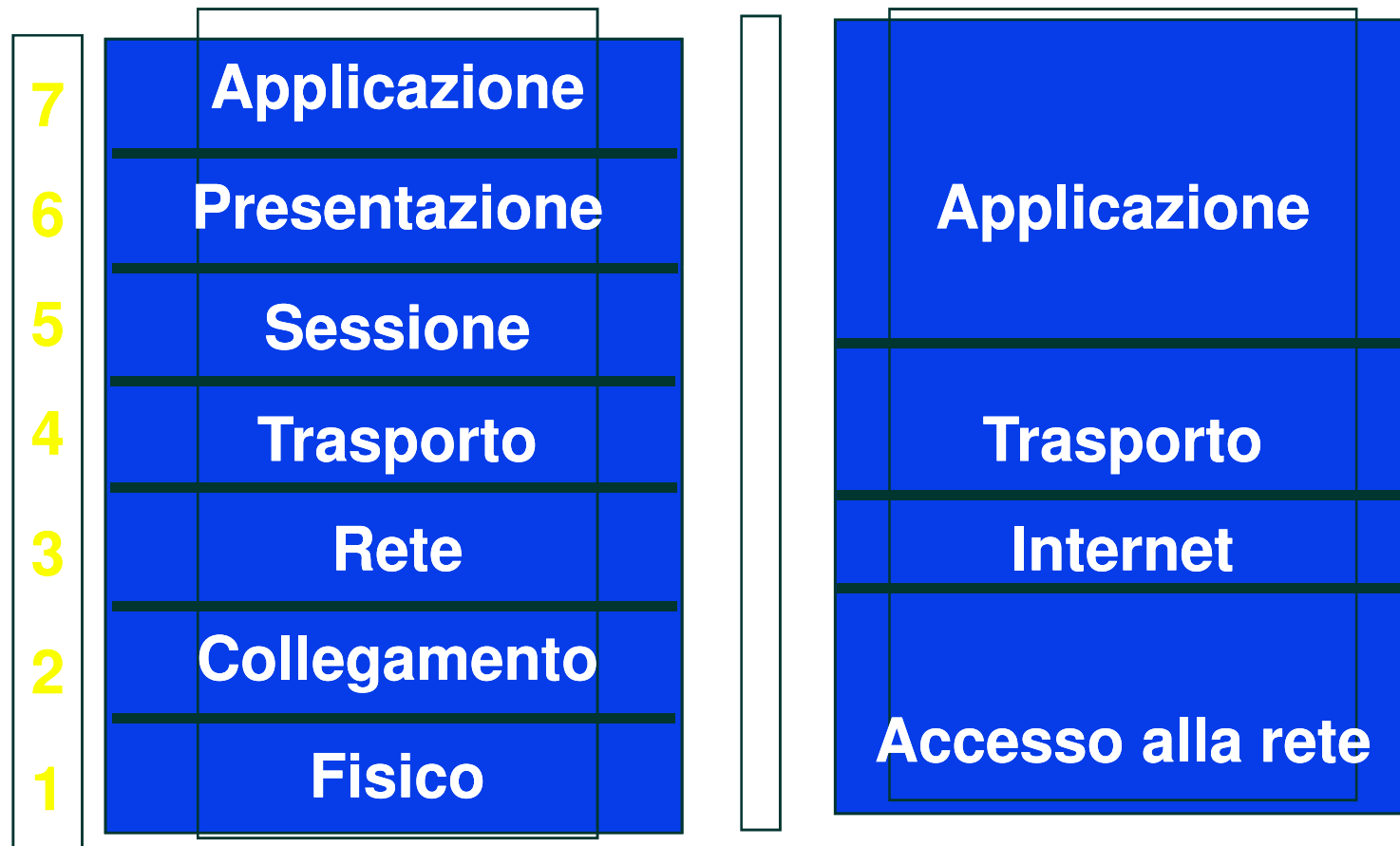
Architettura TCP/IP

Livello - APPLICAZIONE

- corrisponde a parte dello strato di sessione e agli strati di presentazione e di applicazione del modello OSI
- es. telnet, ftp, smtp, dns, http

OSI

TCP/IP





OSI vs. TCP/IP

OSI

- il principale contributo del modello OSI è la distinzione tra servizi, interfacce e protocolli
 - la definizione di un servizio dice “cosa” offre lo strato, ma non “come” lo strato opera
 - l'interfaccia di uno strato dice ai processi dello strato superiore come accedere ad esso, specificando i parametri e i risultati attesi
 - il protocollo di strato è una scelta dello strato stesso, purché fornisca il servizio specificato

OSI vs. TCP/IP

- il modello OSI è nato prima della definizione dei suoi protocolli
 - pro: il modello è abbastanza generale
 - contro: il progetto non teneva conto dei problemi reali specifici di alcune reti (es. LAN)

OSI

- supporta a livello di rete servizi con e senza connessione
- supporta a livello di trasporto servizi con connessione

TCP/IP

- supporta a livello di rete servizi senza connessione
- supporta a livello di trasporto servizi con e senza connessione



OSI vs. TCP/IP

Critiche al modello OSI

- tempismo errato: all'apparire di OSI, TCP/IP era già diffuso tra le università e molti produttori decisero di investire su TCP/IP
- tecnologia errata: i livelli non sono tutti necessari (5, 6); alcuni livelli sono sovraccarichi di funzioni (2, 3); alcune funzioni sono ripetute a vari livelli (controllo flusso)
- implementazione errata: data la complessità del modello e dei protocolli, le prime implementazioni furono pesanti
- politica errata: OSI era visto come la proposta della burocrazia governativa contrapposta al dinamismo universitario

