

Corso di
RETI DI CALCOLATORI
9 CFU

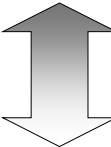
a.a. 2020-2021
II anno / II semestre

Reti di calcolatori Prof. Gianni Fenu

1

Introduzione I - 1

Reti di calcolatori
(esplicito per l'utente)



Sistemi distribuiti
(implicito per l'utente)

Reti di calcolatori 02 Prof. Gianni Fenu

2

Reti per aziende I - 1

condividere risorse

alta affidabilità

risparmio economico

modello client-server

Reti di calcolatori 03 Prof. Gianni Fenu

3

Modello Client - Server I - 1

Macchina client

Macchina server

Richiesta

Rete

Risposta

Processo client

Processo server

Reti di calcolatori 04 Prof. Gianni Fenu

4

Reti per persone I - 1

accesso a informazioni remote

comunicazione uomo-uomo

intrattenimento interattivo

sistemi di scambio delle informazioni
(e-mail, newsgroup, www, videoconferenza,...)

Reti di calcolatori 05 Prof. Gianni Fenu

5

Reti per persone (applicazioni domestiche) I - 1

Esempi di commercio elettronico

| Sigla | Sigla per esteso | Esempio |
|-------|------------------------|--|
| B2C | Business-to-consumer | Ordinare libri on-line |
| B2B | Business-to-business | Il costruttore di automobili ordina pneumatici dal fornitore |
| G2C | Government-to-consumer | Lo stato raccoglie la dichiarazione dei redditi elettronicamente |
| C2C | Consumer-to-consumer | Acquistare on-line prodotti usati in un'asta |
| P2P | Peer-to-peer | Scambio file |

Reti di calcolatori 06 Prof. Gianni Fenu

6

Personal Digital Assistant (PDA)

DIGITAL DIVIDE

differenze tra

soggetti utilizzatori e società utilizzatrici di strumenti di
Information e Communication Technologies
e
soggetti e società non in grado di impiegare o disporre di
strumenti ICT

7

(pacchetti)

reti broadcast (a tutti)

reti multicast (ad alcuni ma non a tutti)

reti point-to-point (collegamento biunivoco - unicast)

8

Hardware delle reti I - 1

Classificazione per reti di calcolatori:

- **Local Area Networks**
- **Metropolitan Area Networks**
- **Wide Area Networks**
- Wireless Networks
- Home Networks
- Internetworks

Reti di calcolatori 09 Prof. Gianni Fenu

9

Hardware delle reti I - 1

Classificazione della scala di interconnessione.

| Distanza tra i processori | Processori situati nello stesso/a | Esempio |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1 m | Metro quadrato | Personal area network |
| 10 m | Stanza | } Local area network |
| 100 m | Edificio | |
| 1 km | Campus | |
| 10 km | Città | } Metropolitan area network |
| 100 km | Nazione | } Wide area network |
| 1.000 km | Continente | |
| 10.000 km | Pianeta | |
| | | Internet |

Reti di calcolatori 10 Prof. Gianni Fenu

10

Reti Locali (Local Area Network) I - 1

Dimensioni

Tecnologia trasmissiva

Topologia

(IEEE 802.3, IEEE 802.4, IEEE 802.5)

Reti di calcolatori 11 Prof. Gianni Fenu

11

Reti Metropolitane (Metropolitan Area Network) I - 1

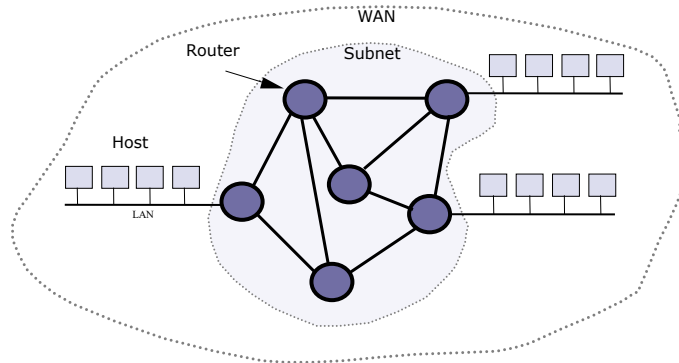
Architettura della rete metropolitana DQDB
(Distributed Queue Dual Bus) IEEE 802.6

The diagram illustrates the DQDB (Distributed Queue Dual Bus) architecture. It features two horizontal buses: an upper bus with a rightward-pointing arrow and a lower bus with a leftward-pointing arrow. A series of stations, represented by purple squares, are connected to both buses. Each station has two vertical arrows pointing towards the buses, indicating bidirectional communication. On the left, a station is labeled 'Elaboratore'. On the right, a station is labeled 'Head end'. Dotted arrows above and below the buses indicate the direction of data flow.

Reti di calcolatori 12 Prof. Gianni Fenu

12

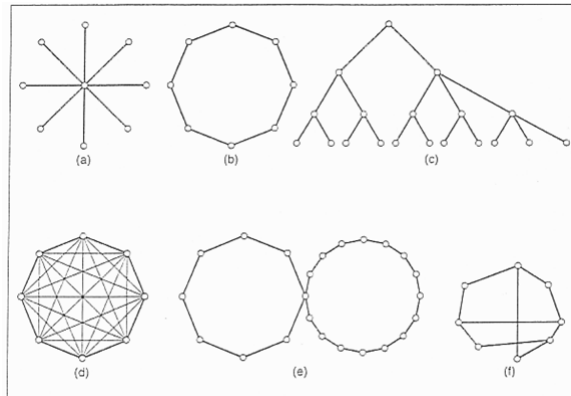
Relazione fra host (macchine utente) e sottorete di comunicazione (subnet)



Sottorete di comunicazione

- Linee di trasmissione o comunicazione
- Nodi di commutazione

Topologie per sottoreti punto-a-punto

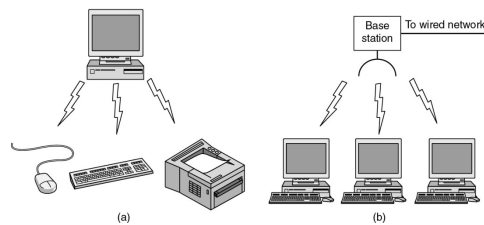


(a) Stella. (b) Anello. (c) Albero. (d) Completa. (e) Anelli Secanti. (f) Irregolare

- Calcolatori Portatili
- Palmari (Personal Digital Assistant)
- Terminali: TACS (8 Kbps) , GSM (9,6 Kbps), GPRS (33,6 Kbps), UMTS (384 Kbps - 2,048 Mbps)
- Bluetooth device
- IEEE 802.11 a/b/g/n

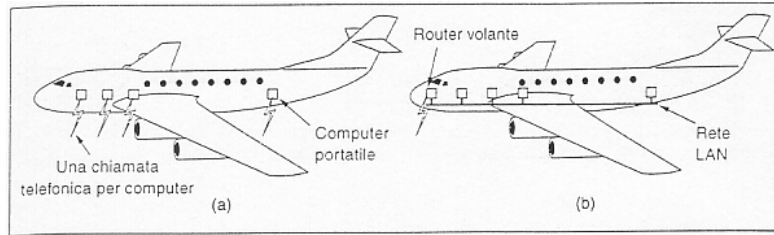
Categorie di Wireless Networks

- System interconnection
- Wireless LANs
- Wireless WANs

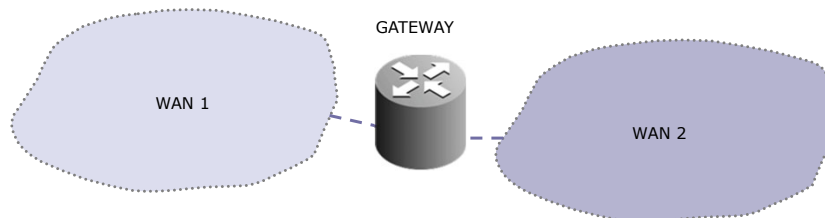


(a) Bluetooth configuration
(b) Wireless LAN

- (a). Calcolatori portatili individuali
- (b). Una LAN volante

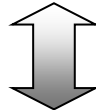


Gateway



Gerarchie di protocolli

Riduzione della complessità di progettazione nelle reti

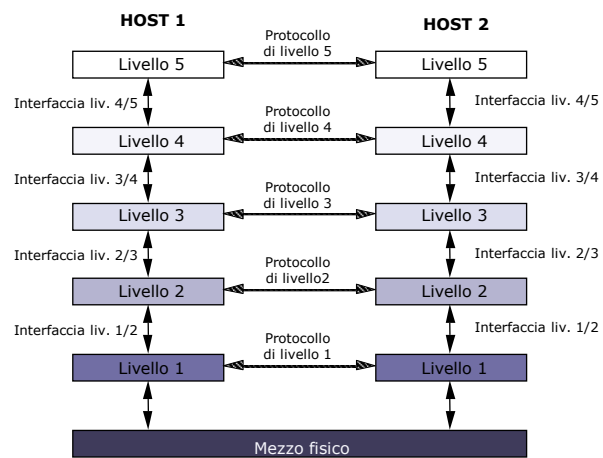


Suddivisione per strati o livelli
(funzionalità e contenuto)

livello n di una macchina colloquia col livello n di un'altra
le regole per il colloquio sono dette **protocolli**

21

Livelli, protocolli, interfacce.



22

SOFTWARE DELLE RETI I - 1

macchine di stesso livello sono dette **pari** (peer)

il passaggio avviene attraverso il **mezzo fisico**

tra livelli adiacenti c'è una **interfaccia** che definisce operazioni primitive e servizi offerti al livello superiore

Reti di calcolatori 23 Prof. Gianni Fenu

23

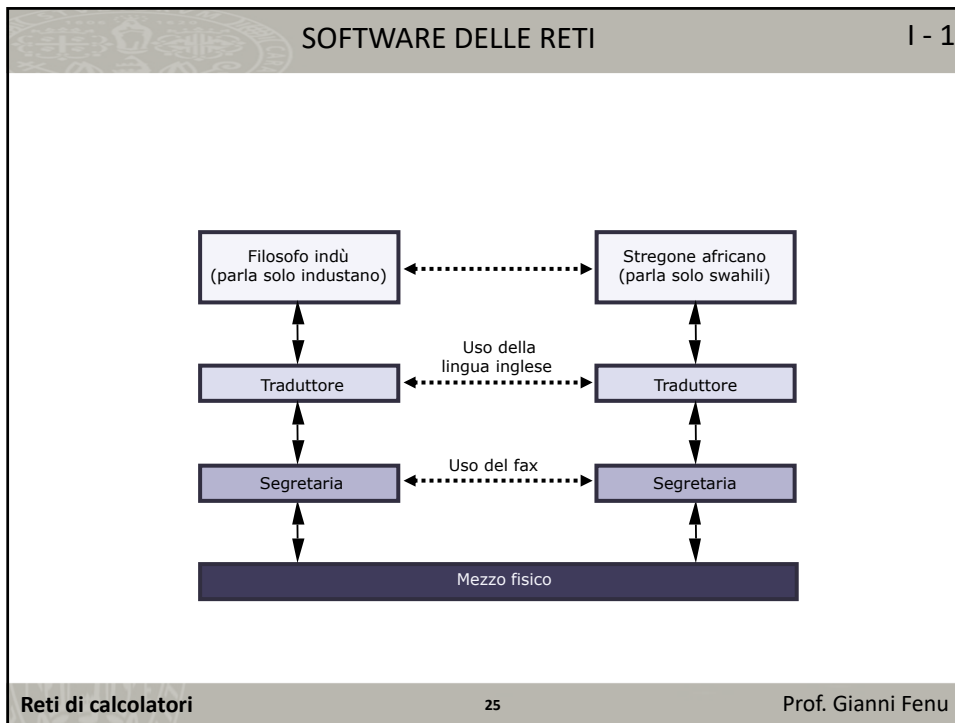
SOFTWARE DELLE RETI I - 1

un insieme di livelli e protocolli e' detto **architettura di rete**

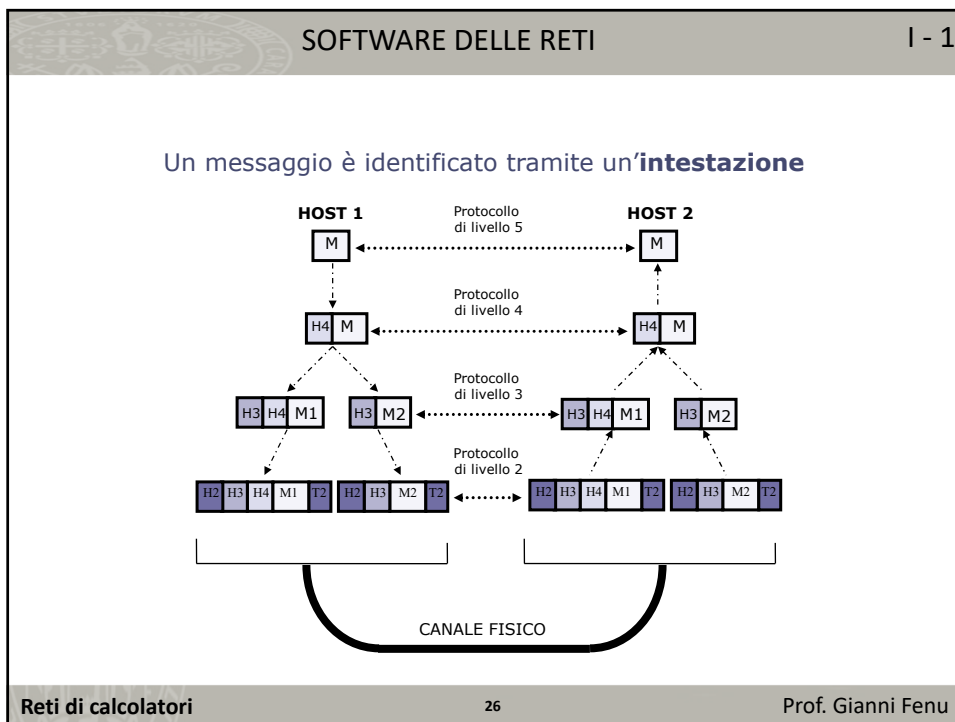
l'insieme dei protocolli, uno per livello, e' chiamata **pila di protocolli**

Reti di calcolatori 24 Prof. Gianni Fenu

24



25



26

SOFTWARE DELLE RETI I - 1

differenze tra protocolli e interfacce

astrazione di processi pari

Reti di calcolatori 27 Prof. Gianni Fenu

27

Aspetti progettuali per livelli I - 1

ogni livello deve poter identificare: mittente e destinatario

regole di trasferimento dei dati:

- comunicazioni simplex
- comunicazione half-duplex
- comunicazioni duplex

Reti di calcolatori 28 Prof. Gianni Fenu

28

ad una connessione possono corrispondere più canali logici

in genere si ha per ogni connessione due canali logici:
uno per dati normali e uno per dati urgenti

controllo degli errori

meccanismo per comunicare il corretto ricevimento

ordine di ricevimento (meccanismi di sequenzializzazione)

alta velocità del mittente e bassa velocità del destinatario

Lunghezza dei messaggi

(meccanismi di suddivisione, trasmissione, ricomposizione)

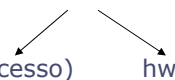
una connessione un processo

una connessione piu' processi

31

Elementi attivi di un livello **entità**

es. sw (processo) hw (interfaccia I/O)



entita' di pari livello su diversi elaboratori sono **entità pari**

32

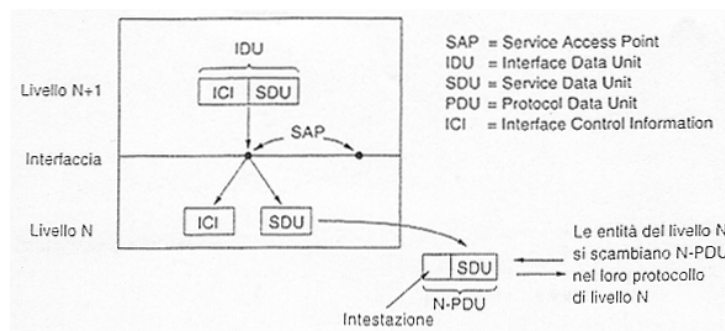
Entità di livello n esimo (**fornitore di servizi**)
 implementano servizi al livello n+1 esimo (**utente di servizi**)

i servizi sono disponibili presso i **SAP** (Service Access Point)

(ogni SAP e' un punto con un indirizzo univoco;

es. in telefonia il punto e' la presa e l'indirizzo e' il num. tel.)

33



34

Servizi orientati alla connessione e servizi privi di connessione I - 1

servizi orientati alla connessione
(instaurazione, trasferimento dati, rilascio)
es. servizio telefonico

servizi privi di connessione
(fase unica)
es. sistema postale

Quality of Service (QoS)
QoS in un ftp di archivio
QoS in una conversazione voce o video

Servizi orientati alla connessione e servizi privi di connessione I - 1

servizi affidabili confermano l'avvenuta ricezione ma caricano la rete
di ulteriori dati

servizi privi di connessione e non affidabili sono detti **servizi
datagramma**

servizi privi di connessione ma affidabili sono detti **servizi
datagramma con messaggio di avvenuto ricevimento (ack)**

Servizi orientati alla connessione e servizi privi di connessione I - 1

| | Servizio | Esempio |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Orientato alla connessione | Flusso affidabile di messaggi | Sequenza di pagine |
| | Flusso affidabile di byte | Scaricamento di filmati |
| | Connessione inaffidabile | Voice over IP |
| Senza connessione | Datagram inaffidabile | E-mail spazzatura (spam) |
| | Datagram con conferma | Messaggistica istantanea |
| | Request-reply | Interrogazione di un database |

37

Primitive dei servizi

I - 1

un servizio e' un insieme di **primitive** (operazioni)

| Primitiva | Significato |
|------------|--|
| LISTEN | Attesa bloccante di una connessione in arrivo |
| CONNECT | Stabilisce una connessione con un pari in attesa |
| RECEIVE | Attesa bloccante per un messaggio in arrivo |
| SEND | Manda un messaggio al pari |
| DISCONNECT | Termina una connessione |

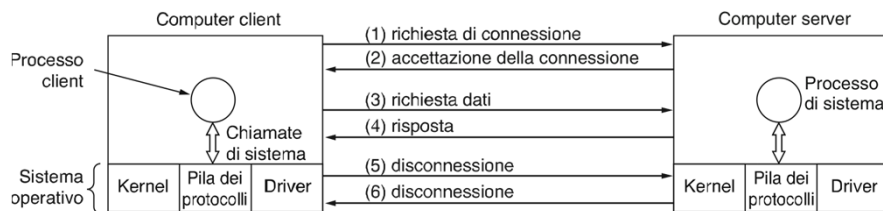
38

ogni primitiva viene specificata da parametri (macchina a cui collegarsi, tipo di servizio, dimensione messaggi,..)

esempio di servizi confermati e non confermati:

| | | | |
|---------------------------|------------|-------------------------------|------------|
| servizi confermati | request | servizi non confermati | request |
| | indication | | indication |
| | response | | |
| | confirm | | |

Esempio di primitive impiegate durante l'invio di pacchetti in una semplice rete orientata alla connessione tra un client e un server



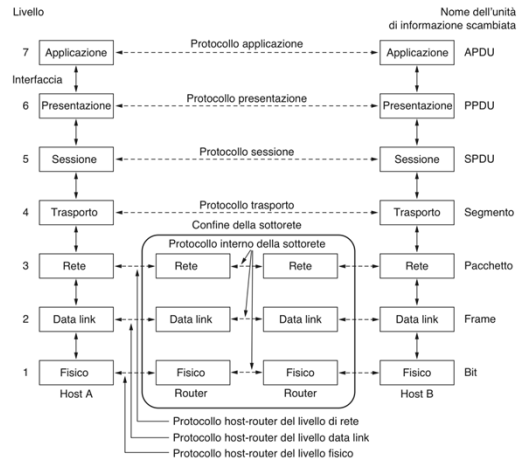
un servizio e' un insieme di **primitive** (operazioni)

1. CONNECT.request – Richiede di stabilire una connessione.
 2. CONNECT.indication – Trasmette un segnale all'entità chiamata.
 3. CONNECT.response – Usata dall'entità chiamata per accettare o rifiutare le chiamate.
 4. CONNECT.confirm – Comunica all'entità chiamante se la chiamata è stata accettata.
 5. DATA.request – Richiede la spedizione dei dati.
 6. DATA.indication – Segnala l'arrivo dei dati.
 7. DISCONNECT.request – Richiede il rilascio di una connessione.
 8. DISCONNECT.indication – Informa il proprio pari a proposito delle richieste.
1. CONNECT.request – Componi il numero telefonico di Zia Millie.
 2. CONNECT.indication – Il suo telefono squilla.
 3. CONNECT.response – Lei alza la cornetta.
 4. CONNECT.confirm – Senti il termine dello squillo.
 5. DATA.request – La inviti per un tè.
 6. DATA.indication – Lei ascolta il tuo invito.
 7. DATA.request – Lei dice che sarebbe lieta di venire.
 8. DATA.indication – Tu ascolti la sua accettazione.
 9. DISCONNECT.request – Tu chiudi la comunicazione.
 10. DISCONNECT.indication – Lei sente che hai interrotto la comunicazione e la interrompe a sua volta.

un **servizio** e' un insieme di primitive (operazioni) che un livello fornisce al livello superiore

un **protocollo** e' un insieme di regole che governano il formato e il significato delle informazioni che vengono scambiate tra entità pari di un livello i-esimo

Il modello di riferimento ISO-OSI (1983)
Open System Interconnection



43

Livello fisico (physical layer)

trasmette bit lungo un canale di comunicazione

controlla il voltaggio da attribuire ai bit

per quanti microsecondi il bit deve essere trasmesso

se possono viaggiare bit in due direzioni

quali connettori usare

quali pin usare

44

| Livello di collegamento (data-link layer) | | I - 1 |
|--|----|-------------------|
| <p>a) organizza i bit in frame (trame) (centinaia o migliaia di byte)</p> <p>b) li invia</p> <p>c) attende conferma dell'avvenuto ricevimento (ack)</p> <p>individua dei bit delimitatori</p> <p>ritrasmette le frame (trame) non ricevuti o danneggiati (mancata conferma di ricevimento (ack))</p> <p>S (veloce) → D (lento)</p> | | |
| Reti di calcolatori | 45 | Prof. Gianni Fenu |

45

| Livello di rete (network layer) | | I - 1 |
|--|----|-------------------|
| <p>gestisce e controlla le operazioni di sottorete</p> <p>determinazione dei cammini S-D</p> <p>tabelle di instradamento: statiche e dinamiche</p> <p>congestione</p> <p>enumerazione dei pacchetti</p> <p>da una rete ad un'altra possono cambiare: velocità, numerazione e dimensione del pacchetto, modalità di instradamento (reti eterogenee)</p> | | |
| Reti di calcolatori | 46 | Prof. Gianni Fenu |

46

Livello di trasporto (transport layer)

I - 1

accetta dati dal livello superiore, li spezza in pacchetti piu' piccoli e li consegna indipendentemente dai livelli superiori

connessione di rete = connessione di trasporto

n connessioni di rete = connessione di trasporto
(alta velocità - downward multiplexing)

connessione di rete = n connessioni di trasporto
(ottimizzazione - upward multiplexing)

livello di trasporto definisce una connessione punto-punto e associa una numerazione ad ogni sessione

S (veloce) → D (lento) controllo del flusso

Reti di calcolatori

47

Prof. Gianni Fenu

47

Livello di sessione (session layer)

I - 1

consente a utenti di macchine diverse di stabilire sessioni

gestisce l'ordine della/e trasmissione/i realizzata/e dal livello di trasporto e ne determina la contemporaneità o l'alternanza

gestione del token di sessione, l'estremità che lo possiede trasmette

sincronizzazione: il livello di sessione inserisce dei controlli che consentono anche ad un ftp interrotto di riprendere dall'ultimo controllo trasmesso correttamente

Reti di calcolatori

48

Prof. Gianni Fenu

48

Livello di presentazione (presentation layer)

I - 1

gestisce la sintassi e la semantica richiesta dalla macchina dell'utente

(ad es.) codifica i dati in modo standard

rende possibile la comunicazione fra calcolatori con rappresentazioni differenti di stringhe di caratteri (ASCII, EBCDIC, Unicode,..), interi (complemento a 1, a 2,..), etc., definendo in modo astratto le strutture dati e utilizzando in modo dinamico le codifiche standard

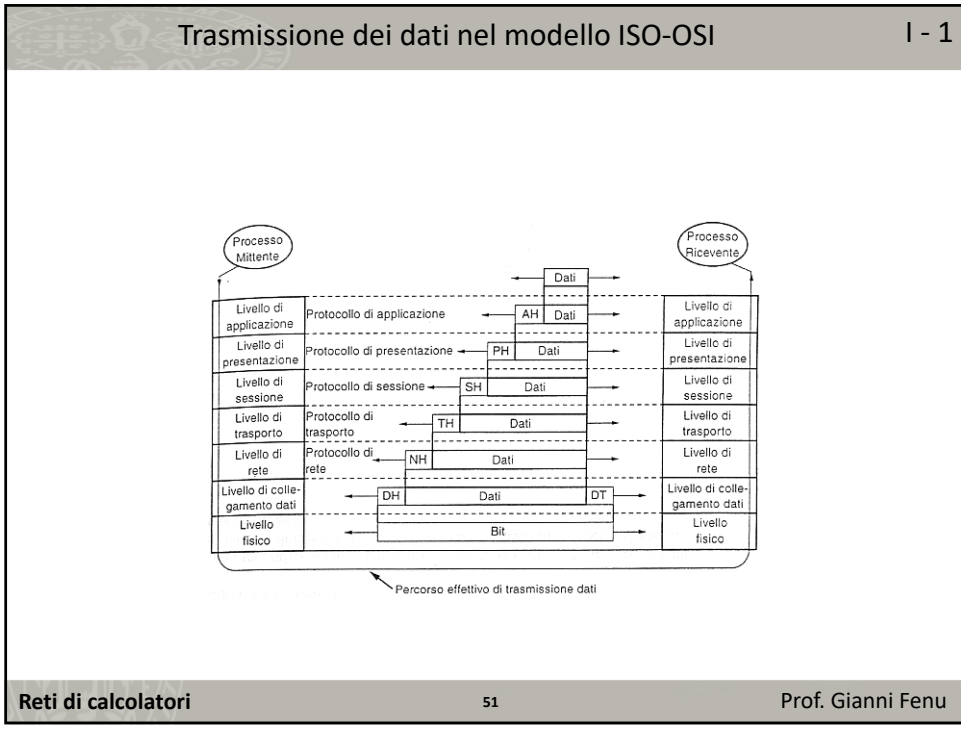
Livello di applicazione (application layer)

I - 1

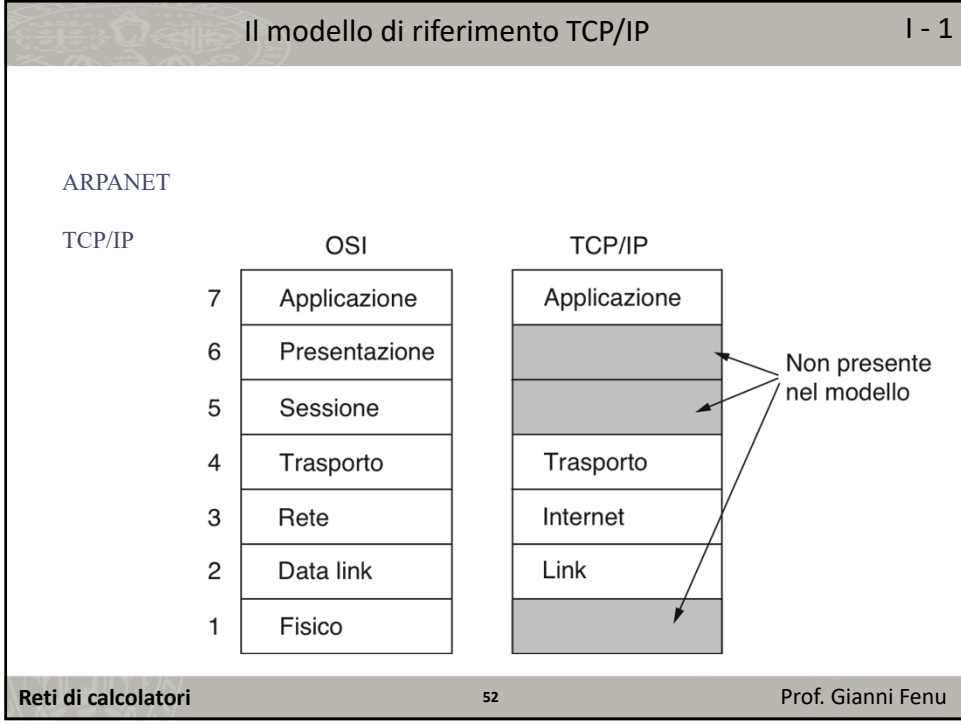
l'insieme dei protocolli necessari al colloquio applicativo

ad es:

- gestione di terminali diversi su una stessa rete (con diverse sequenze di escape e modalita' di editing) – terminale virtuale
- trasferimenti di file tra macchine differenti di una stessa rete con rappresentazioni diverse
- gestione di invio dei messaggi da ambienti differenti secondo un'unica modalita' di interscambio dei formati



51



52

| Livello Internet (IP) | | I - 1 |
|---|----|-------------------|
| <p>rete a commutazione di pacchetto basata su un livello privo di connessione (livello Internet)</p> <p>analogia col sistema postale (buste differenti, francobolli diversi, diversi sistemi postali)</p> <p>e' compito del destinatario riordinare i pacchetti (buste)</p> <p>missione del livello: scelta del cammino ed evitare la congestione</p> | | |
| Reti di calcolatori | 53 | Prof. Gianni Fenu |

53

| Livello trasporto (TCP/UDP) | | I - 1 |
|---|----|-------------------|
| <p>serve a host (entità pari) per condurre una conversazione</p> <p>a) TCP (Transmission Control Protocol), protocollo orientato alla connessione e affidabile, che consegna pacchetti a IP (per comunicazione in cui e' richiesta affidabilità)</p> <p>b) UDP (User Datagram Protocol), protocollo datagramma non orientato alla connessione e non affidabile, che consegna pacchetti a IP (per comunicazioni veloci o in cui non e' richiesta affidabilità)</p> | | |
| Reti di calcolatori | 54 | Prof. Gianni Fenu |

54

I - 1

Livello applicativo

esempi di applicazioni:

- TELNET (terminale virtuale)
- FTP (trasferimento archivi)
- SMTP (trasferimento posta elettronica)
- DNS (associazione nomi-numeri)
- HTTP (trasferimento ipertestuale)
- SNMP (gestione di rete)
- NNTP (gestione di news-group)

| | | | | | |
|---------|--------------|------|-------|--------|----------|
| Livelli | Applicazione | HTTP | SMTP | RTP | DNS |
| | Trasporto | TCP | | UDP | |
| | Internet | IP | | ICMP | |
| | Link | DSL | SONET | 802.11 | Ethernet |

Protocolli

Reti di calcolatori 55 Prof. Gianni Fenu

55

I - 1

Efficacia dei modelli di riferimento

Efficacia dei modelli di riferimento

apocalisse dei due elefanti (Clark – MIT)

ISO-OSI

TCP/IP

Reti di calcolatori 56 Prof. Gianni Fenu

56

Esempi di Rete (ARPANET) I - 1

ARPANET (anni '60)
(Advanced Research Projects Agency NETWORK)

IMP
(Interface Message Processor)

DNS
(Domain Name System)

Reti di calcolatori 57 Prof. Gianni Fenu

57

Esempi di servizi per la comunicazione dei dati I - 1

Esempi di servizi per la comunicazione dei dati

Reti X.25

CCITT X.25 anni '70

commutazione a pacchetto (128 byte o 256 byte)

protocollo del livello fisico X.21

circuito virtuale commutato / circuito virtuale permanente

PAD (Packet Assembler Disassembler) X.3

term. prot. X.28 → PAD prot. X.29 → rete prot. X.25

Reti di calcolatori 58 Prof. Gianni Fenu

58

Frame Relay (1/2)

servizi orientati alla connessione e privi di dorsale

prima della cura:

massiccio controllo errori su linee lente e poco affidabili

dopo la cura:

linee veloci e molto affidabili

Frame Relay (2/2)

linee virtuali affittate

pacchetti fino a 1600 byte
(di cui 10 bit di individuazione circuito)

semplice scarto dei pacchetti sbagliati o corrotti
(servizio senza conferma ricevimento)

Reti Broadband-ISDN e reti ATM

?

reti telefoniche analogiche, numeriche, commutate, servizi hi-tech

B-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network)

il sistema sottostante di supporto e'

ATM (Asynchronous Transfer Mode)**ATM** (1/4)

piccoli pacchetti di dimensione fissa

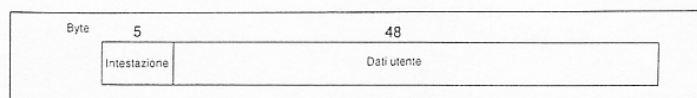


Fig. 1-29 Una cella ATM.

tecnologia a commutazione di celle (cell relay)

ATM (2/4)

commutazione di circuito → commutazione di celle

la commutazione di celle consente:

- traffico costante (voce/video) e traffico variabile;
 - commutazione digitale delle celle;
 - celle orientate alla connessione (viene stabilito un circuito virtuale permanente);
 - ordine di consegna (ma non la consegna).
- (25 Mbps, 34Mbps)
 - 155,52 Mbps (HDTV)
 - 622 Mbps (4 ch HDTV)
 - (xxx Gbps)

ATM (3/4)**Modello di riferimento ATM/B-ISDN**

| Livello OSI | Livello ATM | Sottolivello ATM | Funzionalità |
|-------------|-------------|------------------|---|
| 3/4 | AAL | CS | Fornisce l'interfaccia standard (convergenza) |
| | | SAR | Segmentazione e riassetto |
| 2/3 | ATM | | Flusso di controllo Generazione / estrazione dell'intestazione delle celle Gestione del circuito / cammino virtuale Multiplexing / demultiplexing delle celle |
| 2 | Fisico | TC | Disaccoppiamento della sequenza di celle Generazione e verifica del checksum dell'intestazione Imballaggio / disimballaggio delle celle dall'involucro Generazione dei frame |
| 1 | | PMD | Temporizzazione dei bit Accesso fisico alla rete |

Fig. 1-31 I livelli e i sottolivelli ATM, e le loro funzioni.

ATM (4/4)

AAL (ATM Adaptation Layer)

- { CS (Convergence Sublayer)
- SAR (Segmentation And Reassembly)

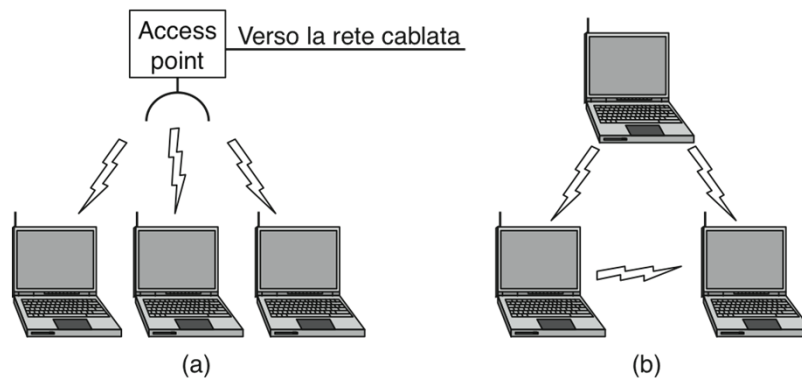
ATM (Asynchronous Transfer Mode)

Livello fisico

- { TC (Transmission Convergence)
- PMD (Physical Medium Dependent)

Confronto fra servizi (tecnologie)

| Caratteristica | X.25 | Frame Relay | ATM AAL |
|----------------------------|------|-------------|-----------|
| Orientato alla connessione | Si | Si | Si |
| Velocità normale | .064 | 1.5 | 155 |
| Commutata | Si | No | Si |
| Carico utile fisso | No | No | No |
| Carico utile massimo | 128 | 1600 | Variabile |
| VC permanenti | Si | Si | Si |
| Multicasting | No | No | Si |

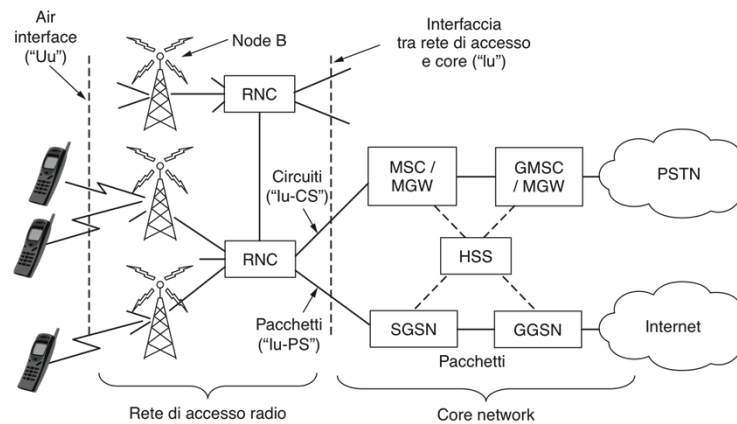
IEEE 802.11 (Wi-Fi)**Prima modalita': connessione AP to PC****Seconda modalita': connessione PC to PC (ad hoc networking)****IEEE 802.11 (Wi-Fi)**

(a) Una rete wireless con un access point. (b) Una rete ad hoc.

- **IEEE 802.11 – Wi-Fi Alliance:**
 - IEEE 802.11a (54 Mbps – 5 Ghz) 1999-2001
 - IEEE 802.11b (11 Mbps – 2.4 Ghz) 1998-1999
 - IEEE 802.11g (54 Mbps – 2.4 Ghz) 2001-2003
 - IEEE 802.11n (250 Mbps – 2.4 Ghz) 2004-2006
- **IEEE 802.16 – Wi-Max Forum:**
 - IEEE 802.16e (75 Mbps – 2-6 Ghz) 2004-2005
mobile 130 Km/h
- **IEEE 802.20 – Mobile-Fi:**
 - IEEE 802.16e (75 Mbps – 3,5 Ghz) 2004-2007
mobile 250 Km/h

69

Architettura della rete UMTS



70

RFID

Uso di RFID per costruire una rete con oggetti di uso quotidiano

