



FONDAMENTI DI TELECOMUNICAZIONI

Prof. S. Marano

Università della Calabria

A.A. 2009-2010

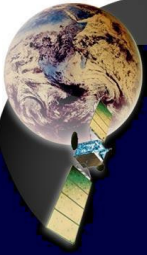


Salvatore Marano

E-mail: marano@deis.unical.it

Ufficio: DEIS – 7° piano Cubo 42C

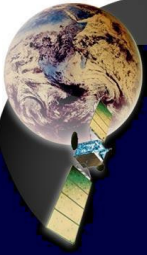
Tel. 0984-494702



Testi consigliati

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

Andrew S. Tanenbaum
Reti di Computer (terza ed.)
UTET, Torino, 1997.



Testi consigliati

W. Stallings

Data and Computer Communications” (6th ed.)

Prentice Hall, NJ, 1997

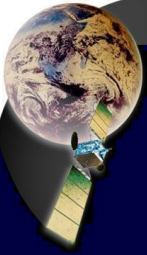
W. Stallings

Trasmissione Dati e Reti di Computer

Jackson Libri – 2000

**Appunti delle lezioni e altro materiale distribuito dal
docente o disponibile sulla pagina web:**

<http://culture.deis.unical.it>



Programma

Introduzione: Modelli funzionali

Architetture di rete, servizi e protocolli

I modelli ISO-OSI e TCP-IP a confronto

Sezione 1: Reti Dati

Funzioni delle reti a pacchetto

LAN

MAN, WAN

Sezione 2: Interconnessione di reti

Hub, bridge e router



Programma

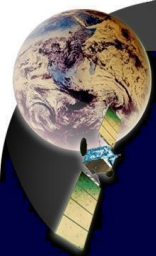
Sezione 3: Reti telefoniche

La rete telefonica e la sua evoluzione

ISDN

B-ISDN e ATM

Cenni sulle reti radiomobili cellulari



Qualche definizione...



Qualche definizione...

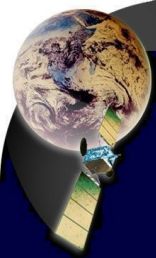


Elementi di rete

Servizi, sorgenti e segnali

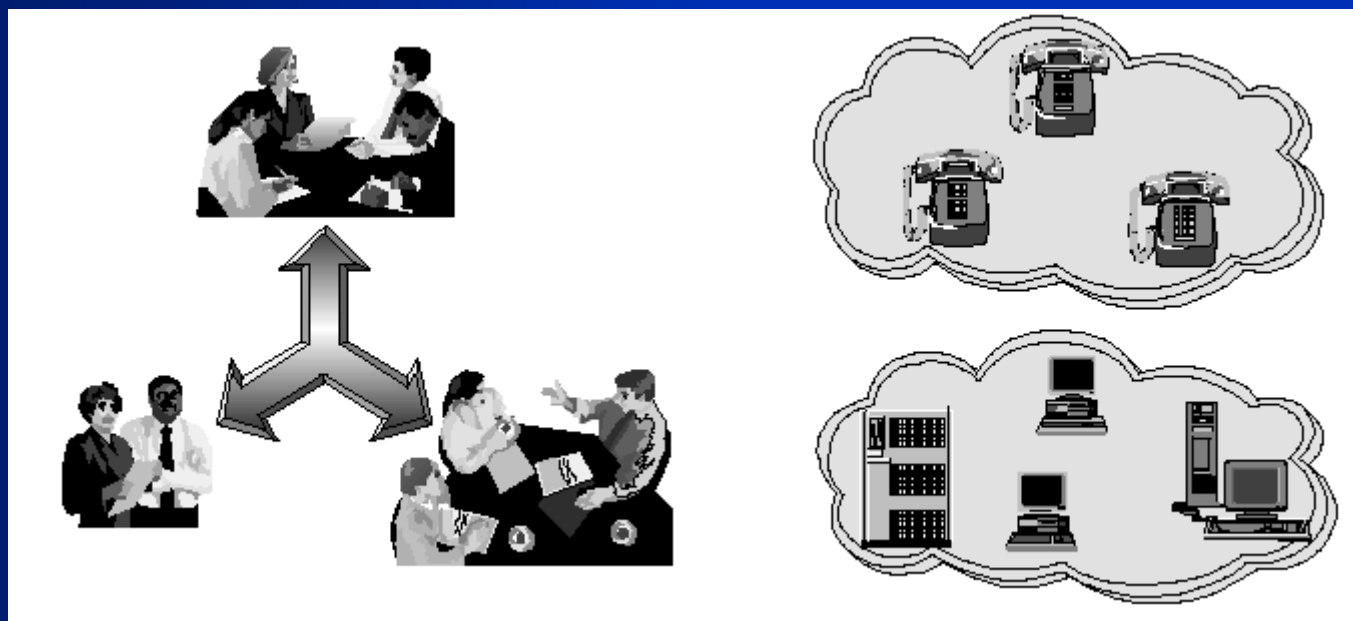
Infrastruttura di rete

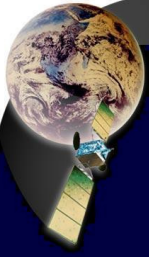
Funzioni di rete



Perché le reti di telecomunicazioni?

**Far comunicare persone tra loro...
...attraverso vari dispositivi (telefono, PC, ecc.)**





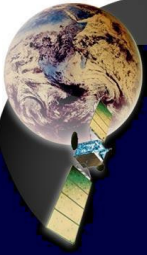
Telecomunicazioni

Si occupano della trasmissione delle informazioni (segnali) a distanza in modo affidabile ed efficiente



Qualche definizione tratta dal “Blue Book” del CCITT (oggi ITU-T)

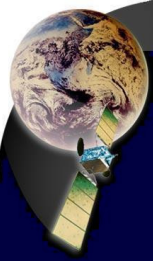
CCITT: The International Telegraph and Telephone
Consultative Committee dell'International
Telecommunication Union (ITU)
Dal 1994 il CCITT ha preso il nome di **ITU-T**



CCITT

Telecomunicazione:

**qualsiasi trasmissione e ricezione di
segnali che rappresentano segni, scrittura
immagini e suono, informazioni di qualsiasi
natura, attraverso cavi, radio o altri sistemi
ottici e elettromagnetici**



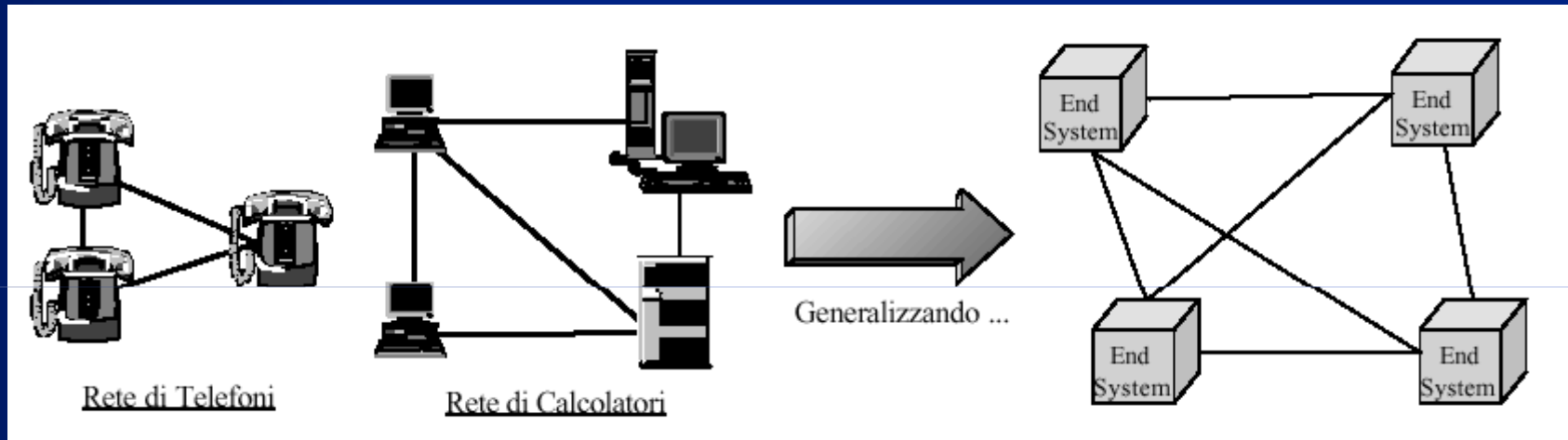
Modello elementare di telecomunicazione



- Lo scambio di informazione tra due utenti coinvolge una serie di aspetti spesso complessi che occorre analizzare partendo da semplici modelli



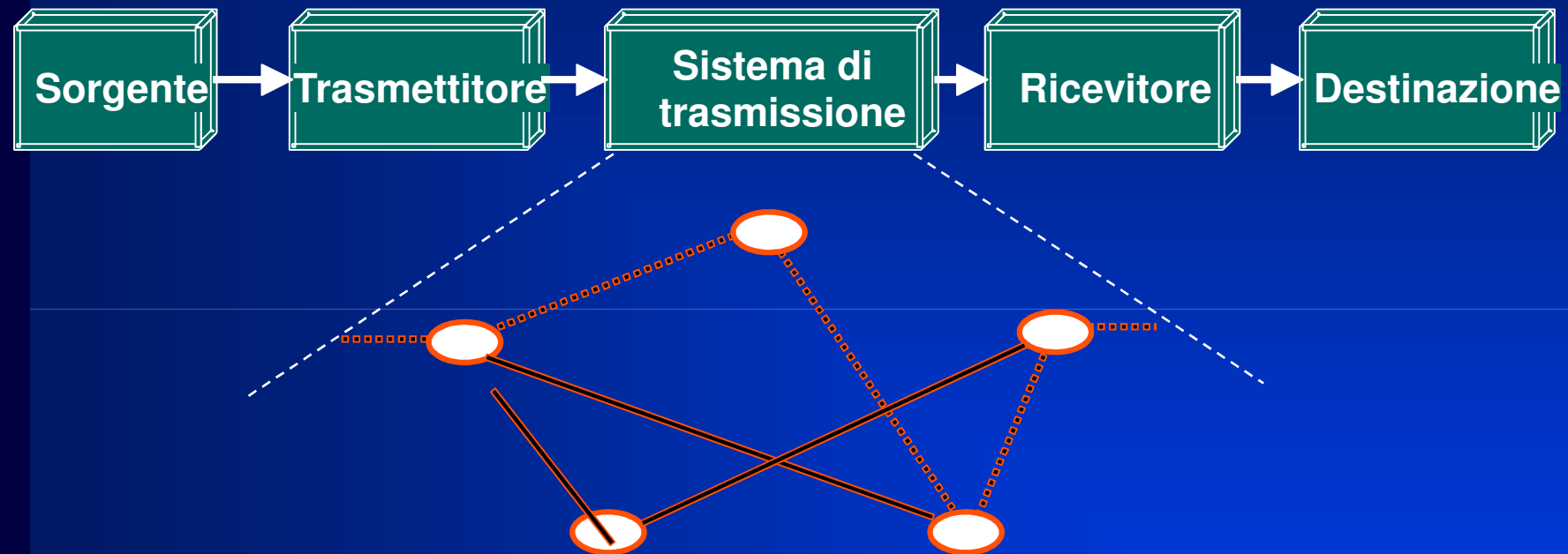
Soluzione antieconomica



- un canale per ogni coppia di nodi terminali
- N nodi mittenti/destinatari (end-system)
- $N(N-1)/2$ canali



Soluzione con nodi intermedi

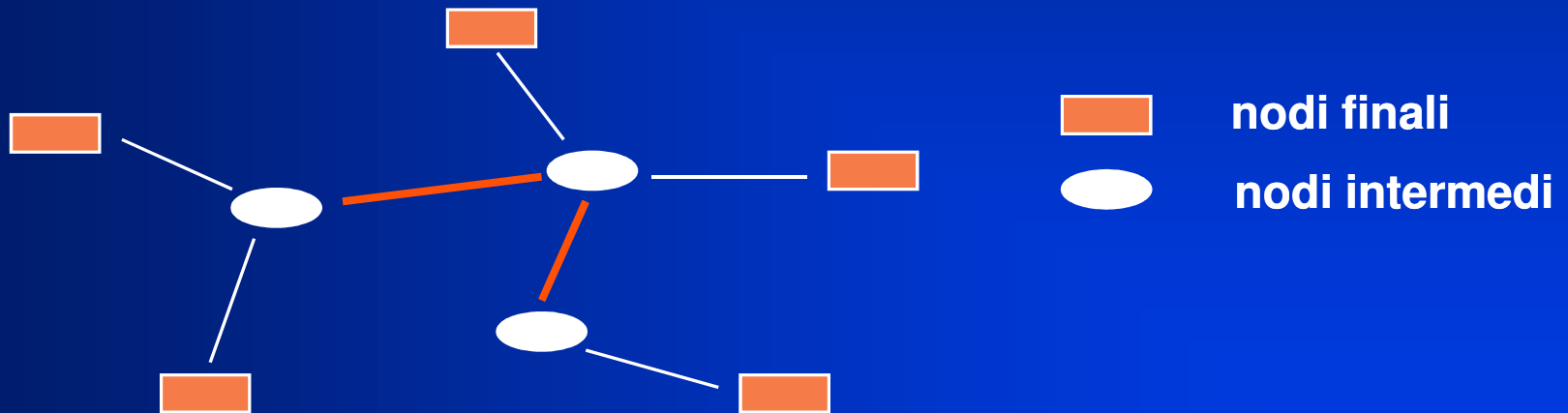


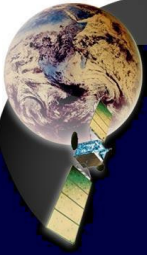
- ❖ **○ nodi intermedi (o switching node)**
- ❖ **— canali di trasmissione (o link)**
- ❖ **sorgente, destinazione: sistemi finali (o end-systems)**



Sistemi finali e nodi di commutazione

- ❖ sistemi finali (end-systems)
- ❖ nodi di commutazione (switching nodes)

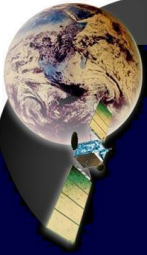




CCITT

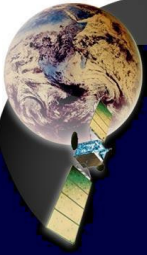
Rete di telecomunicazione:

un insieme di nodi e canali che fornisce
un collegamento tra due o più punti
per permettere la telecomunicazione
tra essi



Rete di telecomunicazione:

**un SISTEMA che fornisce SERVIZI
relativi al TRASFERIMENTO di
INFORMAZIONI ad una popolazione di
UTENTI DISTRIBUITI geograficamente**



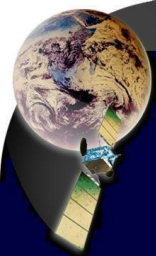
Una rete di telecomunicazione che conosciamo



Rete telefonica

Gli apparecchi telefonici sono terminali di utente collegati a una rete che fornisce servizi di telecomunicazione





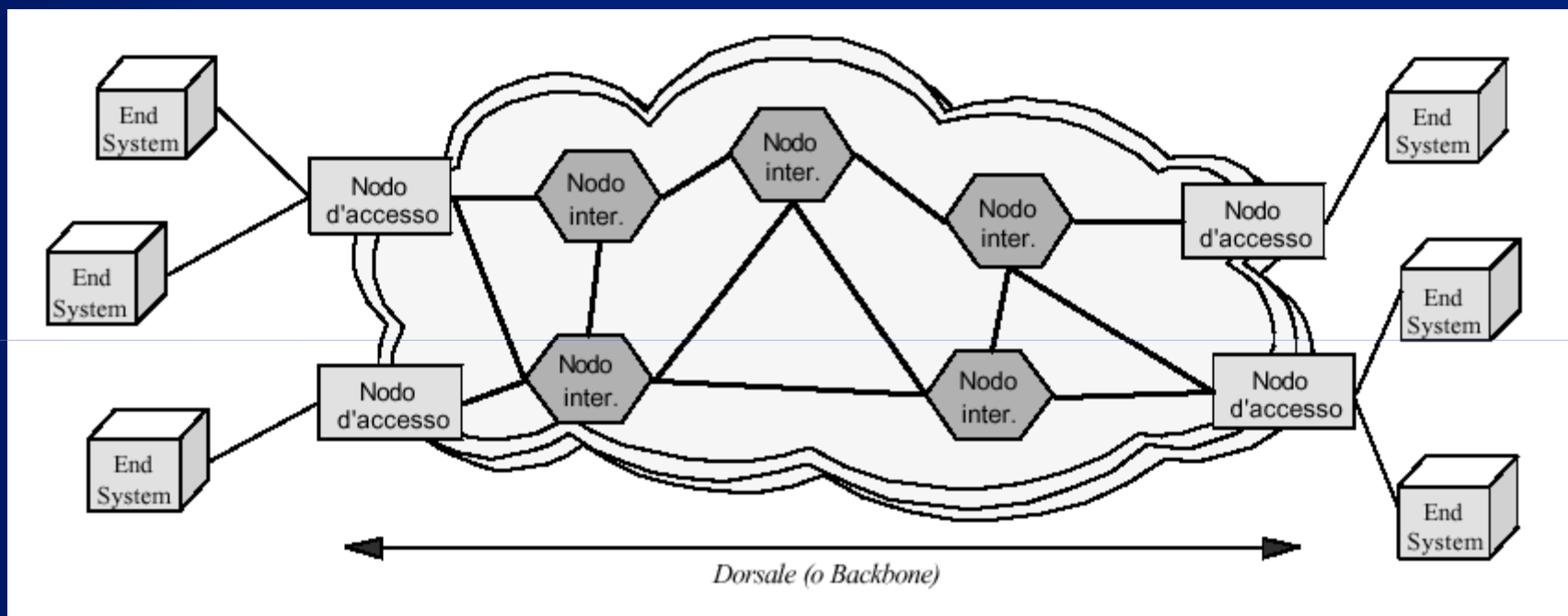
Rete di computer

I computer sono terminali di utente collegati a una rete che fornisce servizi di telecomunicazione





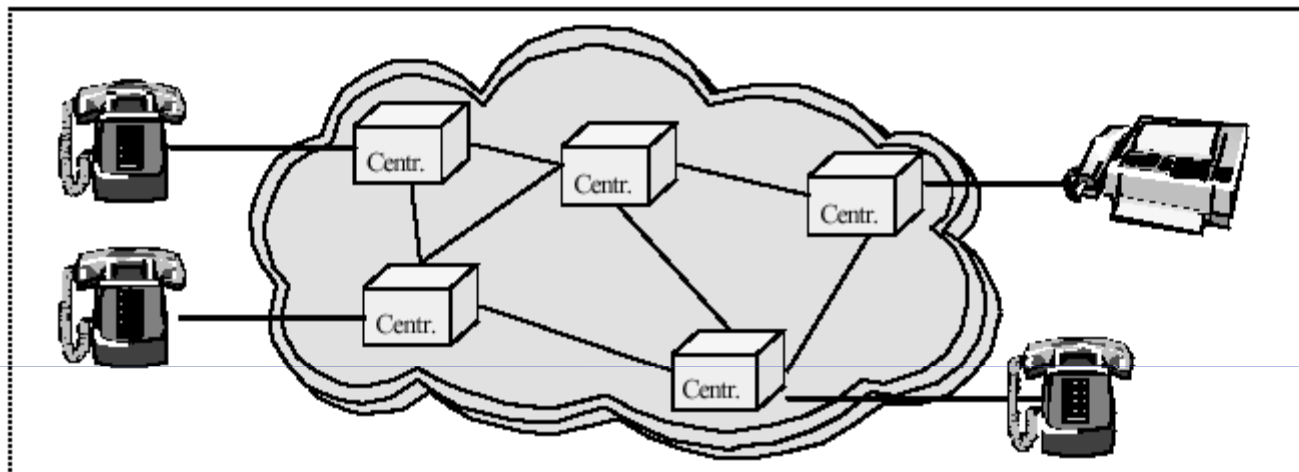
Uno sguardo più da vicino alla struttura di una rete



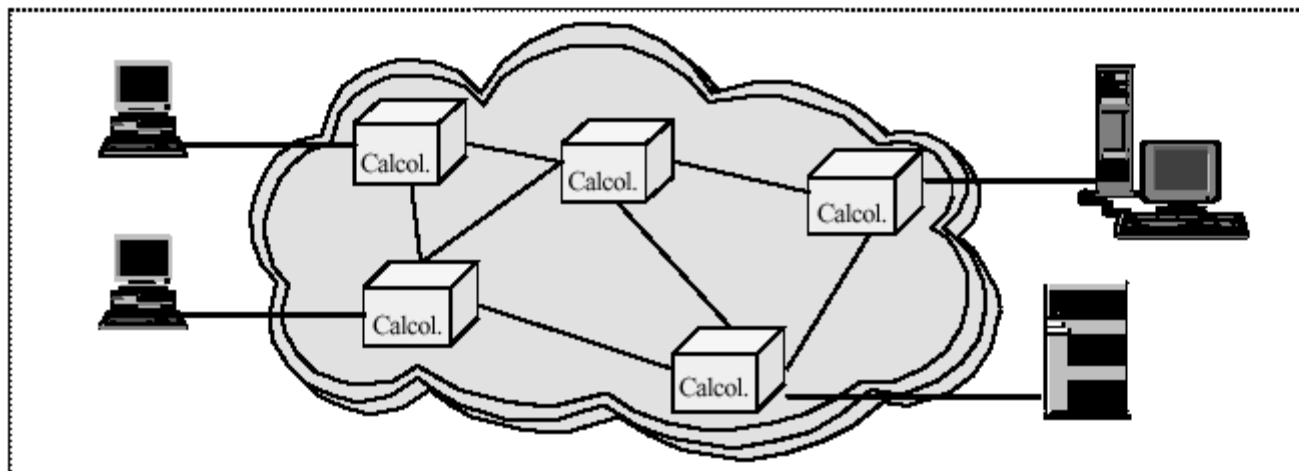
- L'insieme dei nodi intermedi forma la cosiddetta dorsale (o backbone o core network)
- I nodi intermedi collegati direttamente agli end-system sono detti nodi di accesso



Uno sguardo più da vicino alla struttura di una rete



Reti
Telefoniche



Reti
Dati

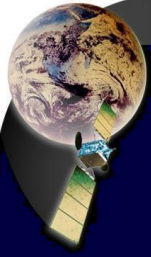


Tematiche

- ❖ **conversione dell'informazione in segnali**
- ❖ **studio delle caratteristiche dei segnali**
- ❖ **trasferimento di segnali attraverso un mezzo trasmissivo**
- ❖ **studio del rumore e dei suoi effetti**



Fondamenti di Telecomunicazioni



Tematiche

- ❖ organizzazione dell'informazione in unità informative
- ❖ instaurazione di un percorso nella rete
- ❖ procedure e regole di colloquio tra dispositivi
- ❖ procedure per la condivisione delle risorse da parte di più flussi informativi
- ❖ ecc.



Reti di telecomunicazioni



Tematiche

Ci occuperemo di:

- **Infrastrutture**
- **Architetture**
- **Applicazioni e servizi**



Qualche definizione...

Elementi di rete



Servizi, sorgenti e segnali

Infrastruttura di rete

Funzioni di rete



I servizi offerti da una rete

CCITT

Servizio di telecomunicazione:

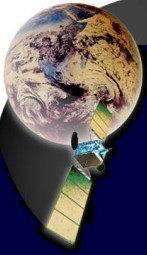
Ciò che viene offerto da un gestore pubblico o privato ai propri clienti al fine di soddisfare una specifica esigenza di telecomunicazione

(Raccomandazioni CCITT I.112 e I.211)



Servizi di telecomunicazione:

- **servizi portanti**
- **teleservizi**

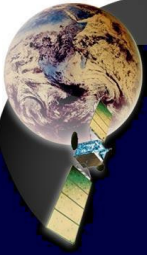


Servizio portante:

**un tipo di servizio di telecomunicazione
che fornisce la possibilità di trasmissione
di segnali tra interfacce utente - rete**

Esempio:

circuito diretto numerico punto - punto



Teleservizio:

un tipo di servizio di telecomunicazione che fornisce la completa possibilità di comunicazione tra utenti, includendo le funzioni degli apparati di utente, secondo protocolli concordati da gestori pubblici o Privati

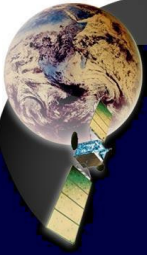
Esempi: telefonia, telefax



Servizio di base:

Fornisce all'utente un servizio di telecomunicazione con le minime funzionalità richieste dal servizio stesso

Esempi: telefonia di base (POTS), televisione

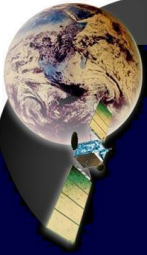


Servizio supplementare:

Fornisce all'utente un servizio con funzionalità aggiuntive rispetto al corrispondente servizio di base

Può essere offerto solo in associazione a un servizio di telecomunicazione di base

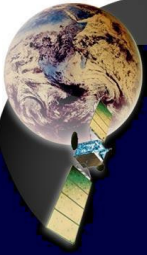
Modifica o integra uno o più servizi di base



Esempi di servizi supplementari:

Telefonia: avviso di chiamata, richiamo su occupato, trasferimento di chiamata, Numero Verde, segreteria telefonica

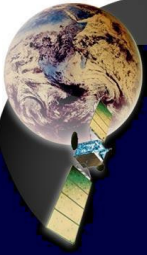
Televisione: Video-on-Demand (VOD),
Interactive Video-on-Demand (IVOD)



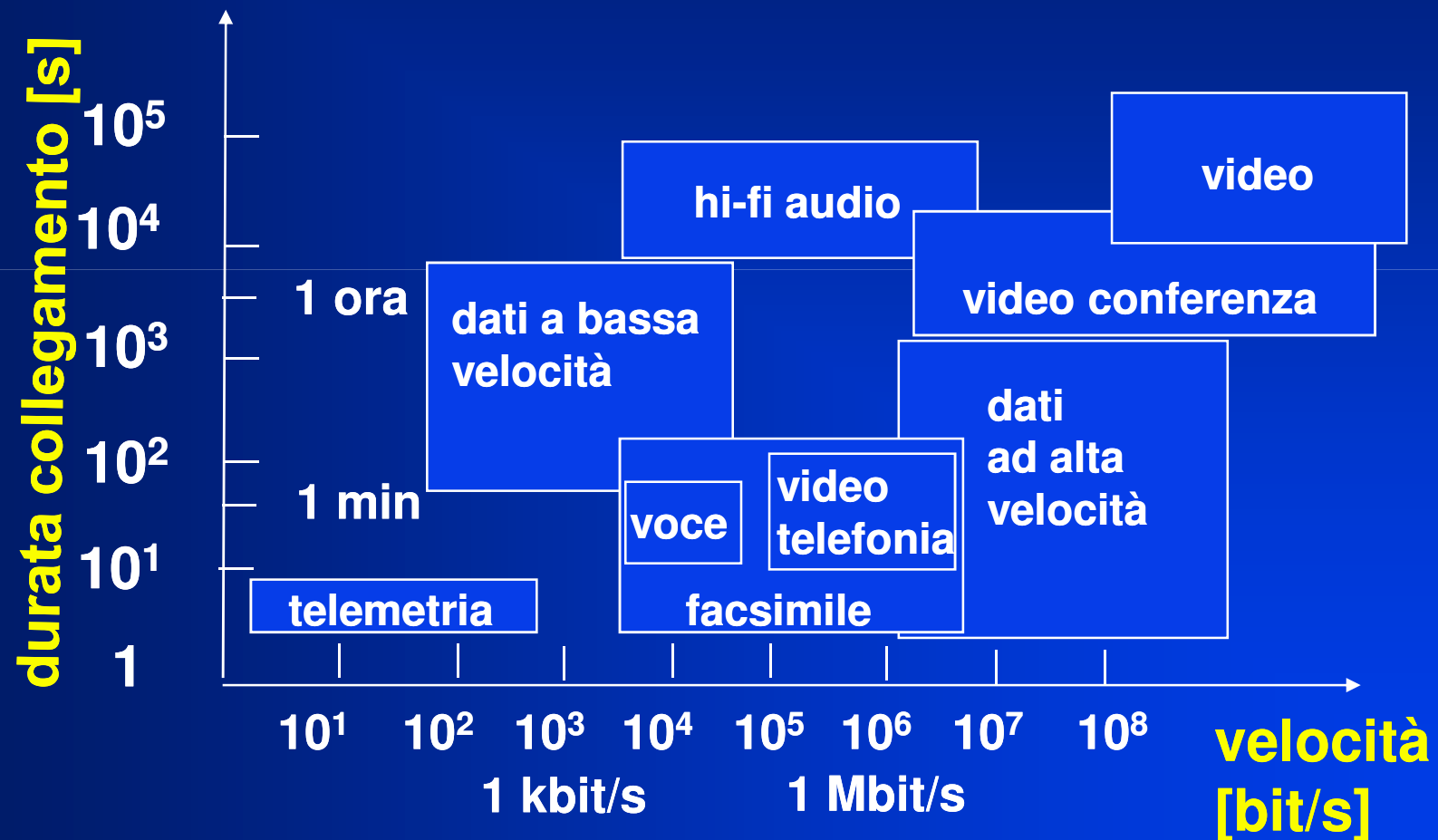
Servizi (teleservizi) diversi richiedono alla rete prestazioni diverse

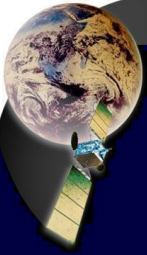
Indici di qualità

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



Caratteristiche di alcuni servizi





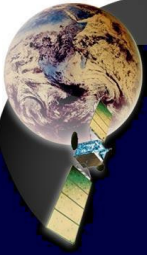
Per il progetto di una rete si devono definire le caratteristiche secondo le quali le informazioni vengono emesse dalle sorgenti nell'ambito di un servizio di telecomunicazione



Sorgenti

Sorgente di informazione

- voce, immagini, testo, video, dati, etc.
- es. telefono, PC, ...



Sorgenti di informazione

- **analogiche**

- + voce

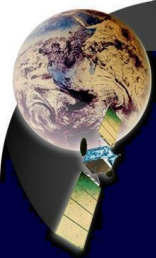
- + video

- **numeriche (o numerizzate)**

- + dati

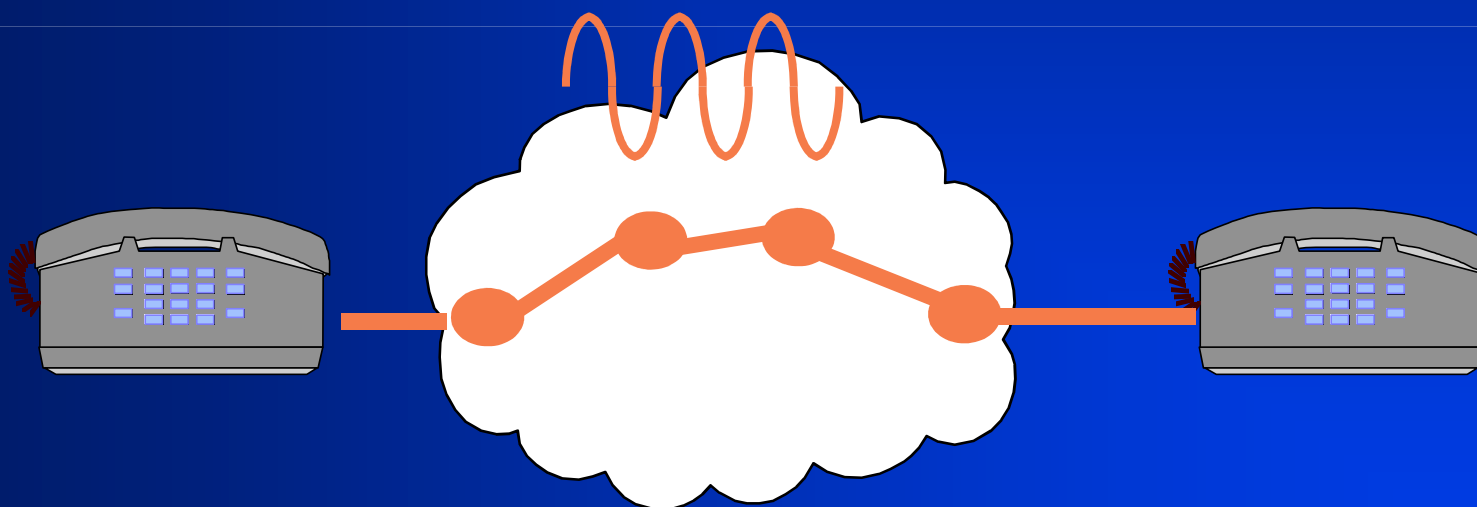
- + voce numerizzata

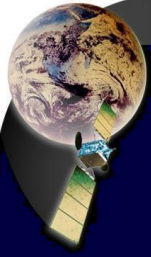
- + video numerizzato



Sorgenti

Sorgenti analogiche





Sorgenti

Sorgenti analogiche

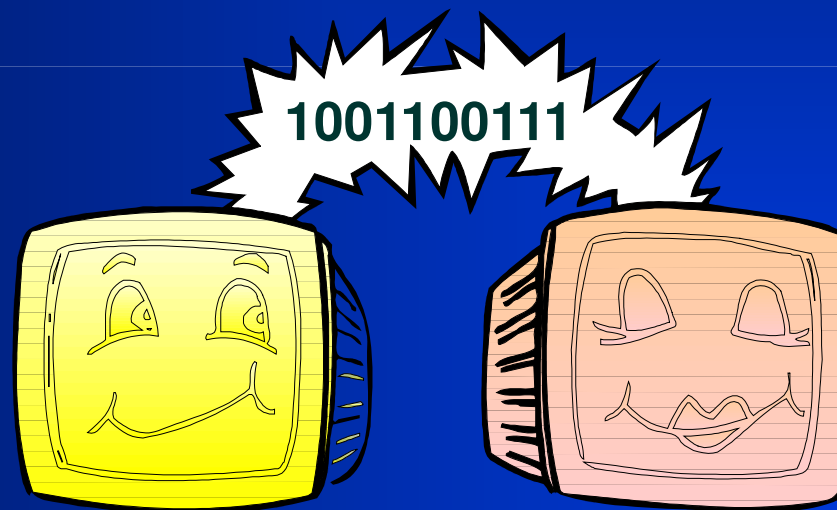
I dati analogici assumono valori continui in certi intervalli

- **es. voce e video sono sequenze la cui intensità varia con continuità; i dati raccolti dai sensori, come temperatura e pressione, sono misurati in modo continuo**



Sorgenti

Sorgenti numeriche





Sorgenti

Sorgenti numeriche

I dati numerici assumono valori discreti in certi intervalli

- **es. testo (o stringhe di caratteri); ogni carattere è rappresentato come una sequenza di bit per poter essere memorizzato e trasmesso dai sistemi di comunicazione e elaborazione dati**



Segnali

Segnali di informazione

Tutti i tipi di informazione considerati (voce, dati, immagini, video) possono essere rappresentati attraverso segnali elettromagnetici

Tali segnali, a seconda del mezzo trasmissivo e delle condizioni in cui si svolge la comunicazione possono assumere sia forma analogica che numerica



Segnali

Segnale di informazione

Un segnale analogico è un'onda elettromagnetica che varia con continuità

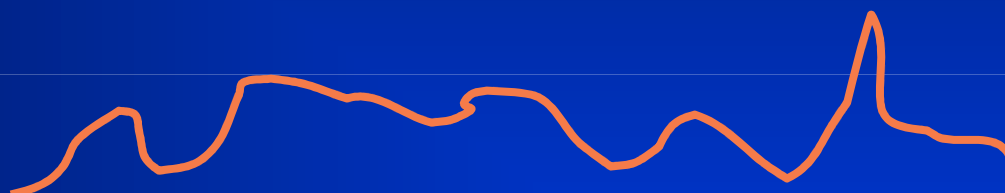
Un segnale numerico è una sequenza di impulsi in tensione



Segnali

Rappresentazione nel dominio del tempo

analogico



numerico

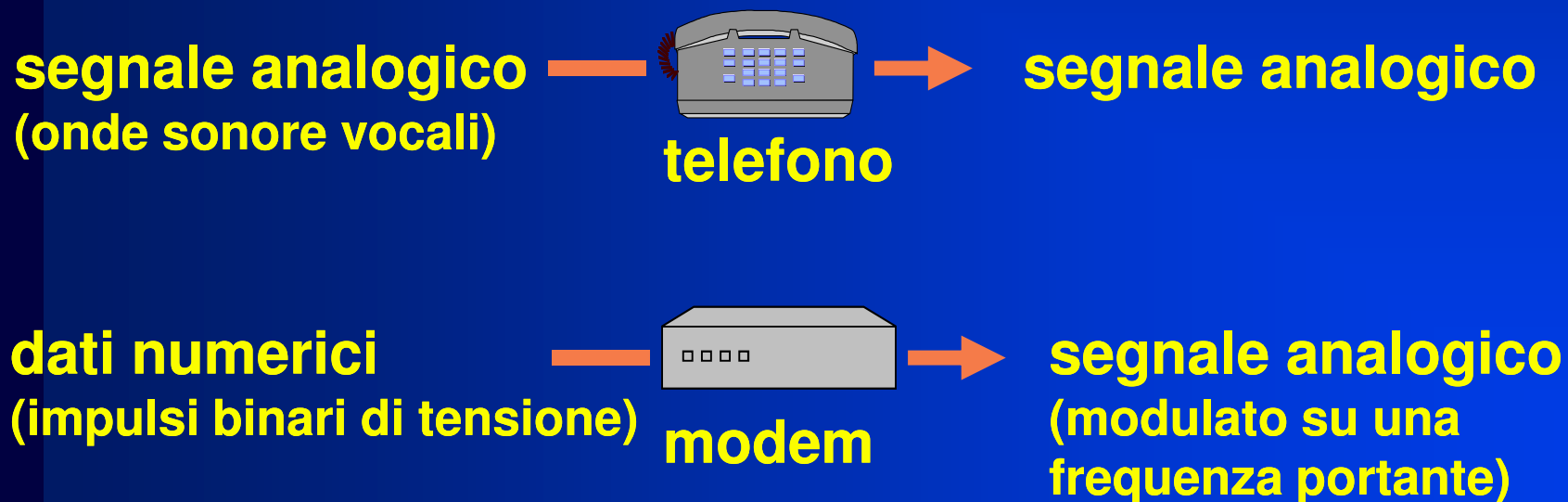




Segnali

Dati e segnali

Segnali analogici: rappresentano i dati tramite variazioni continue di onde elettromagnetiche

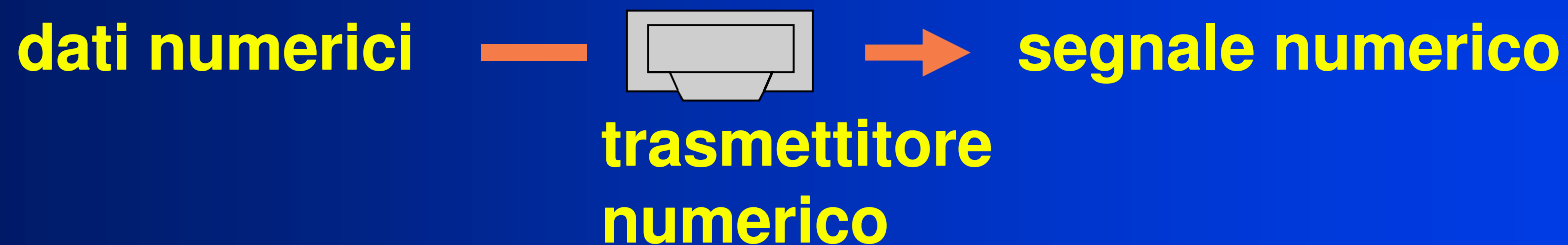
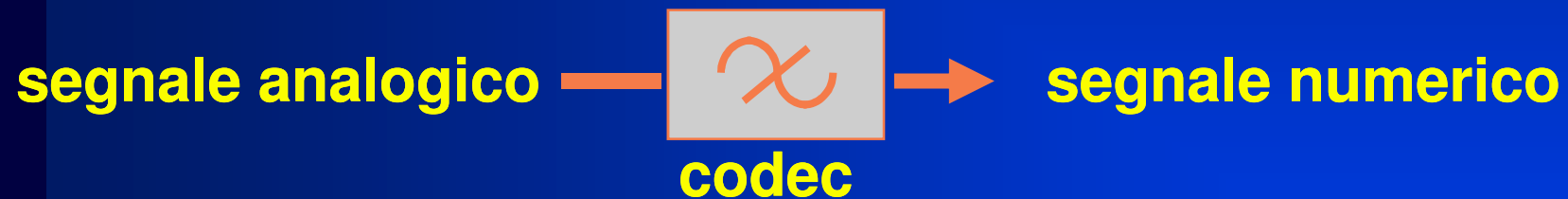


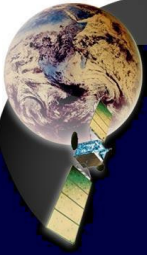


Segnali

Dati e segnali

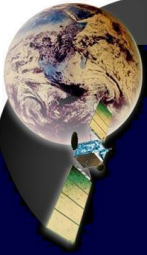
Segnali numerici: rappresentano i dati tramite sequenze di impulsi di tensione





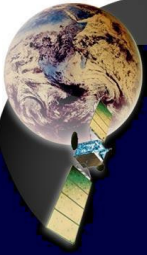
Sorgenti numeriche

- **a velocità costante (Constant Bit Rate - CBR)**
 - + voce numerizzata (64 kb/s, 32 kb/s)
 - + videoconferenza ($n \times 64$ kb/s)
- **a velocità variabile (Variable Bit Rate - VBR)**
 - + video MPEG (ordine dei Mb/s)
 - + file transfer (da kb/s a Mb/s)



Caratterizzazione

- sorgenti CBR
 - velocità (bit/s)
 - durata (s)
 - processo di generazione delle chiamate



Caratterizzazione

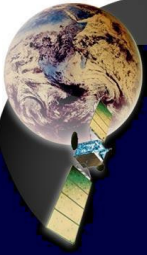
- sorgenti VBR

- **velocità di picco (bit/s)**
- **durata (s)**
- **velocità media (bit/s)**

oppure

**grado di intermittenza (burstiness) =
velocità di picco / velocità media**

- **processo di generazione delle chiamate**



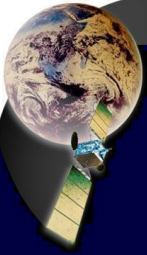
Caratterizzazione del traffico

- periodico

- segnali numerici risultanti dalla digitalizzazione di segnali vocali o video
- es. per voce PCM viene prodotto 1 byte di informazione ogni $125 \mu\text{s}$

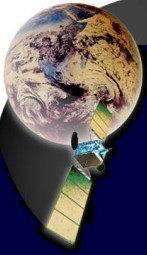
- aperiodico o impulsivo

- applicazioni di tipo transazionale in reti telematiche
- es. i messaggi di interrogazione a una banca dati sono generati a intervalli variabili e hanno lunghezze variabili



Caratterizzazione del traffico

- non tollerante alle perdite di informazione
 - es. nel trasferimento di un file o interrogazione di banca dati, la presenza di un solo byte errato può rendere inutilizzabile l'informazione
- tollerante alle perdite di informazione
 - la ridondanza intrinseca dell'informazione da trasferire fa sì che si possa tollerare la perdita di una piccola frazione di informazione senza degradare molto la qualità del servizio
 - es. segnali numerici risultanti dalla digitalizzazione di segnali vocali o video



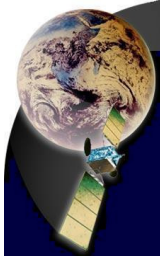
Caratterizzazione del traffico

- **isocrono**

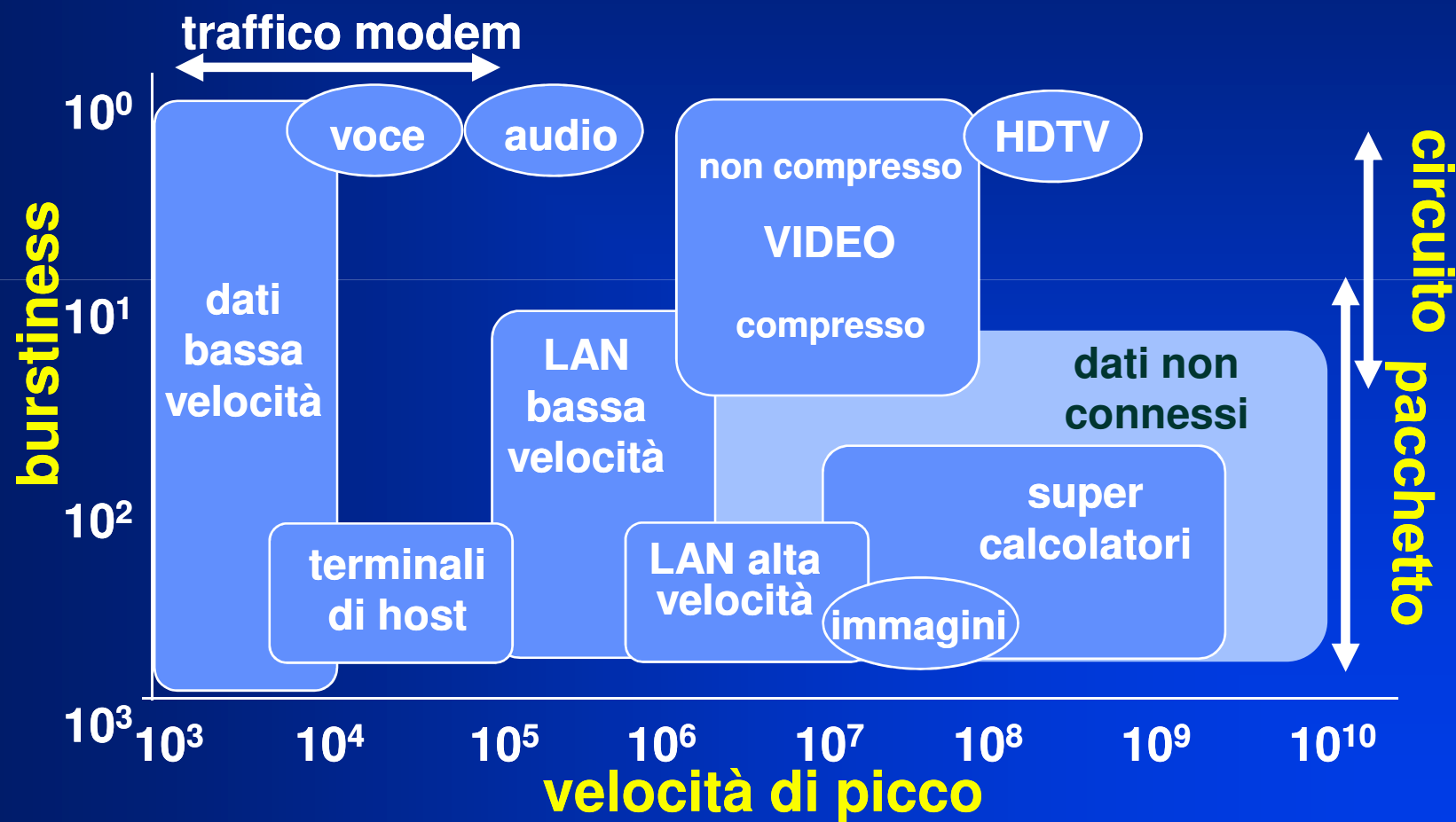
- **necessita di mantenere in ricezione le stesse relazioni temporali con cui i dati sono stati prodotti dalla sorgente**
- **bisogna disporre dei campioni con cadenza fissa**
- **es. segnali numerici risultanti dalla digitalizzazione di segnali vocali o video**

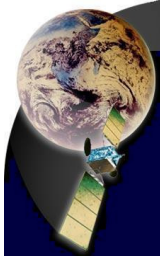
anisocrono o asincrono

- **il ritardo di una parte dell'informazione non è significativo**
- **es. trasferimento file, interrogazioni a banche dati**



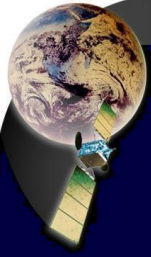
Caratteristiche di alcuni servizi





Caratteristiche di alcuni servizi

SERVIZIO	PBR	B
Voce	32 kbit/s	2
Dati interattivi	1 - 100 kbit/s	10
Trasferimento di file	1 - 10 Mbit/s	1 -10
TV standard	20 - 30 Mbit/s	2 - 3
TV ad alta definizione	100 - 150 Mbit/s	1 - 2
Video telefonia di qualità	~ 2 Mbit/s	5



Qualche definizione...

Elementi di rete

Servizi, sorgenti e segnali



Infrastruttura di rete

Funzioni di rete



Classificazioni delle reti

- ❖ reti a circuito
- ❖ reti a pacchetto

- ❖ reti pubbliche
- ❖ reti private

- ❖ reti telefoniche
- ❖ reti dati

- ❖ LAN
- ❖ MAN
- ❖ WAN

• ma non sono le uniche...



Infrastrutture

Infrastrutture tipiche per applicazioni telematiche sono:

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

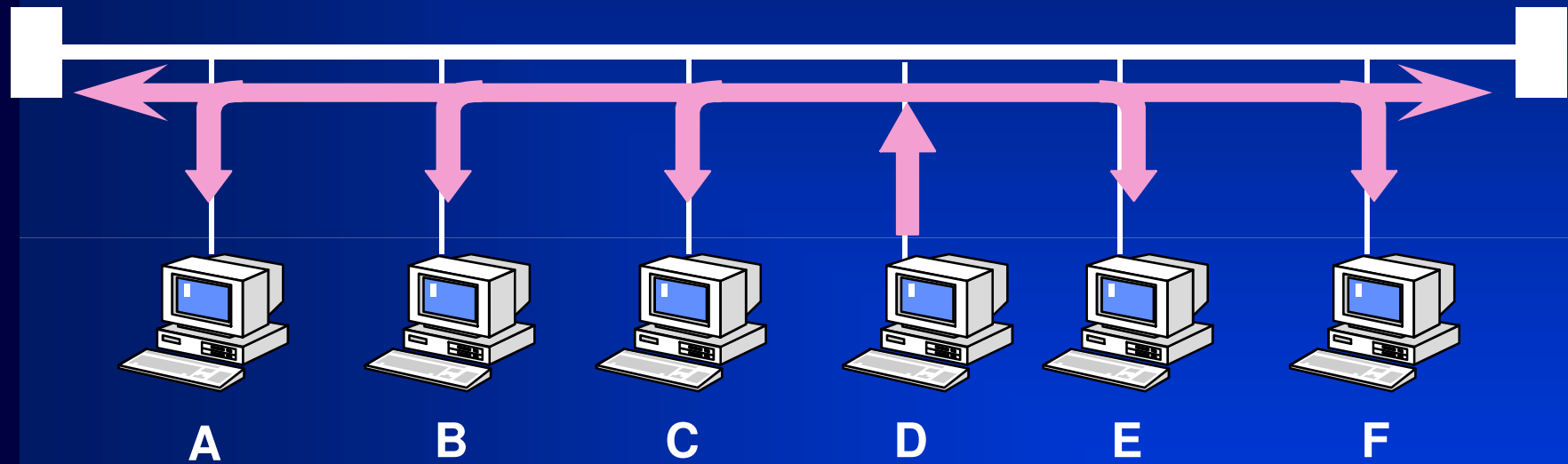


LAN: definizione

- ❖ **Una LAN è un sistema di comunicazione che permette ad apparecchiature indipendenti di comunicare tra di loro entro un'area delimitata utilizzando un unico canale fisico a velocità elevata e con basso tasso di errore**



LAN: mezzo trasmissivo condiviso

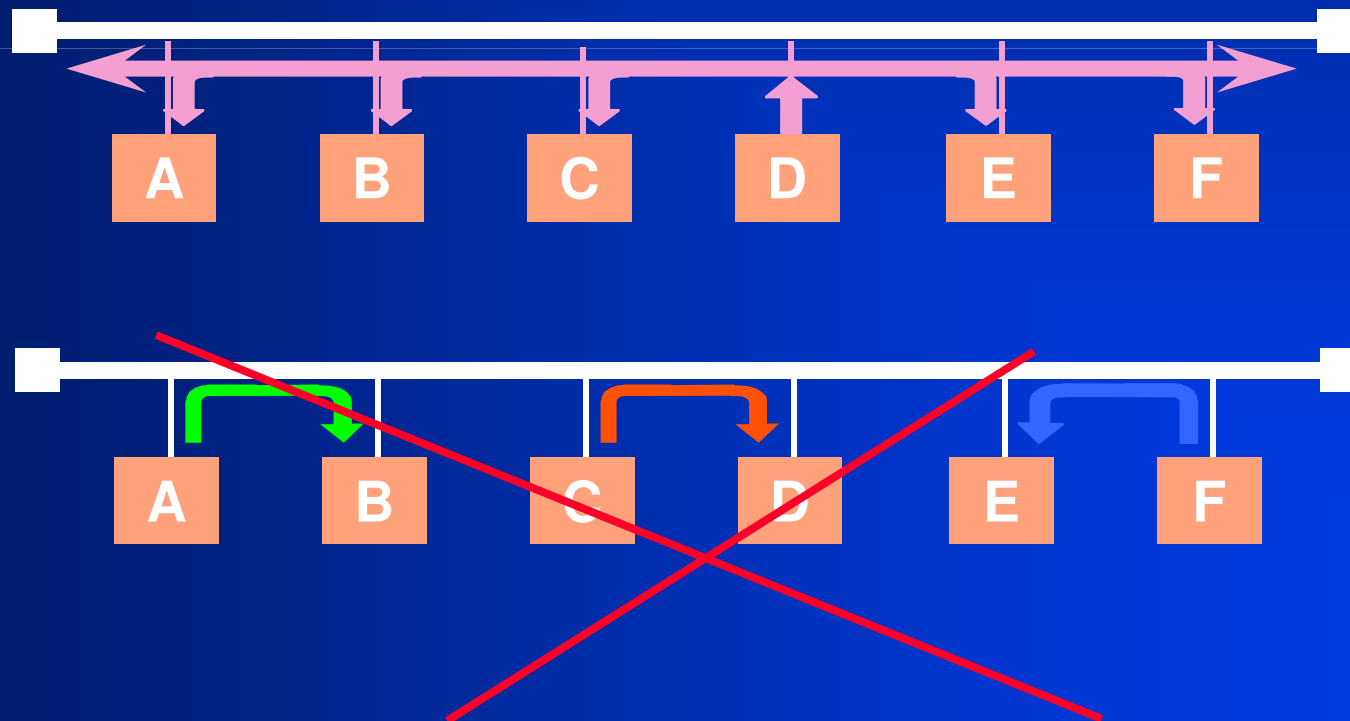




Limitazioni dell'accesso multiplo

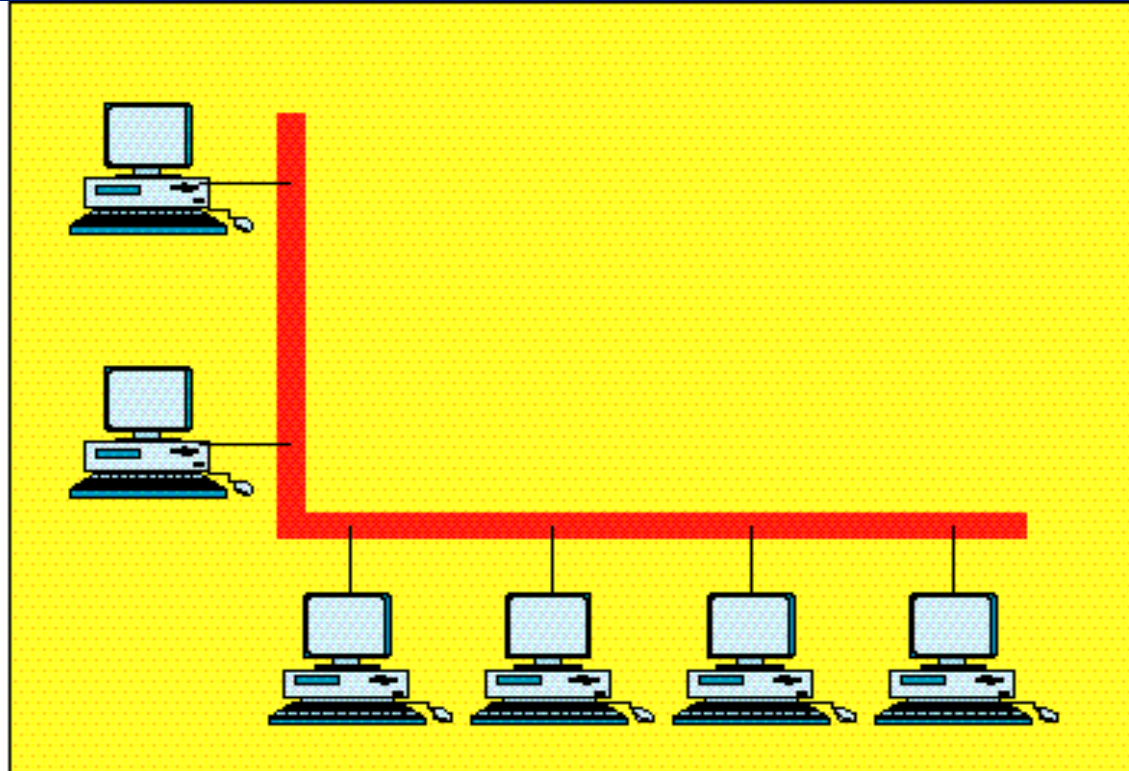
❖ Mezzo trasmissivo ad accesso multiplo

- Problemi di privacy delle informazioni
- Riduzione dell'efficienza del mezzo





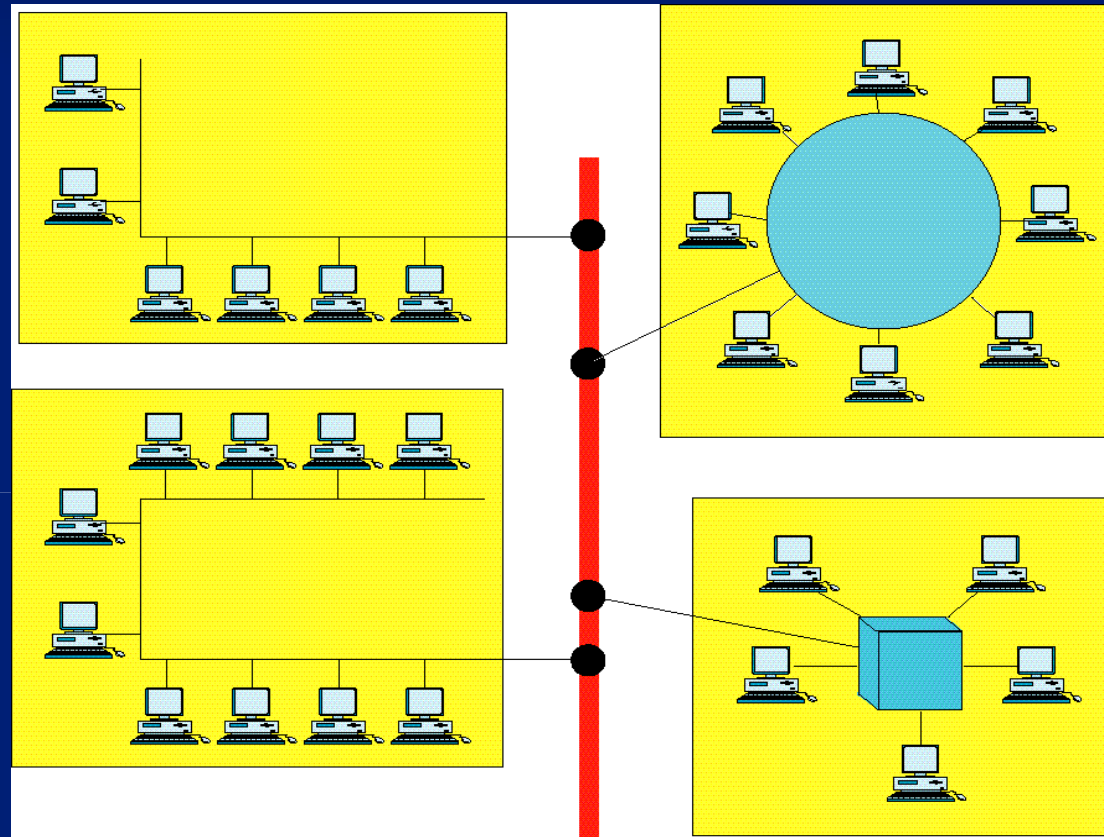
Local Area Network



Single building LAN



Local Area Network



Backbone

Multiple building LAN

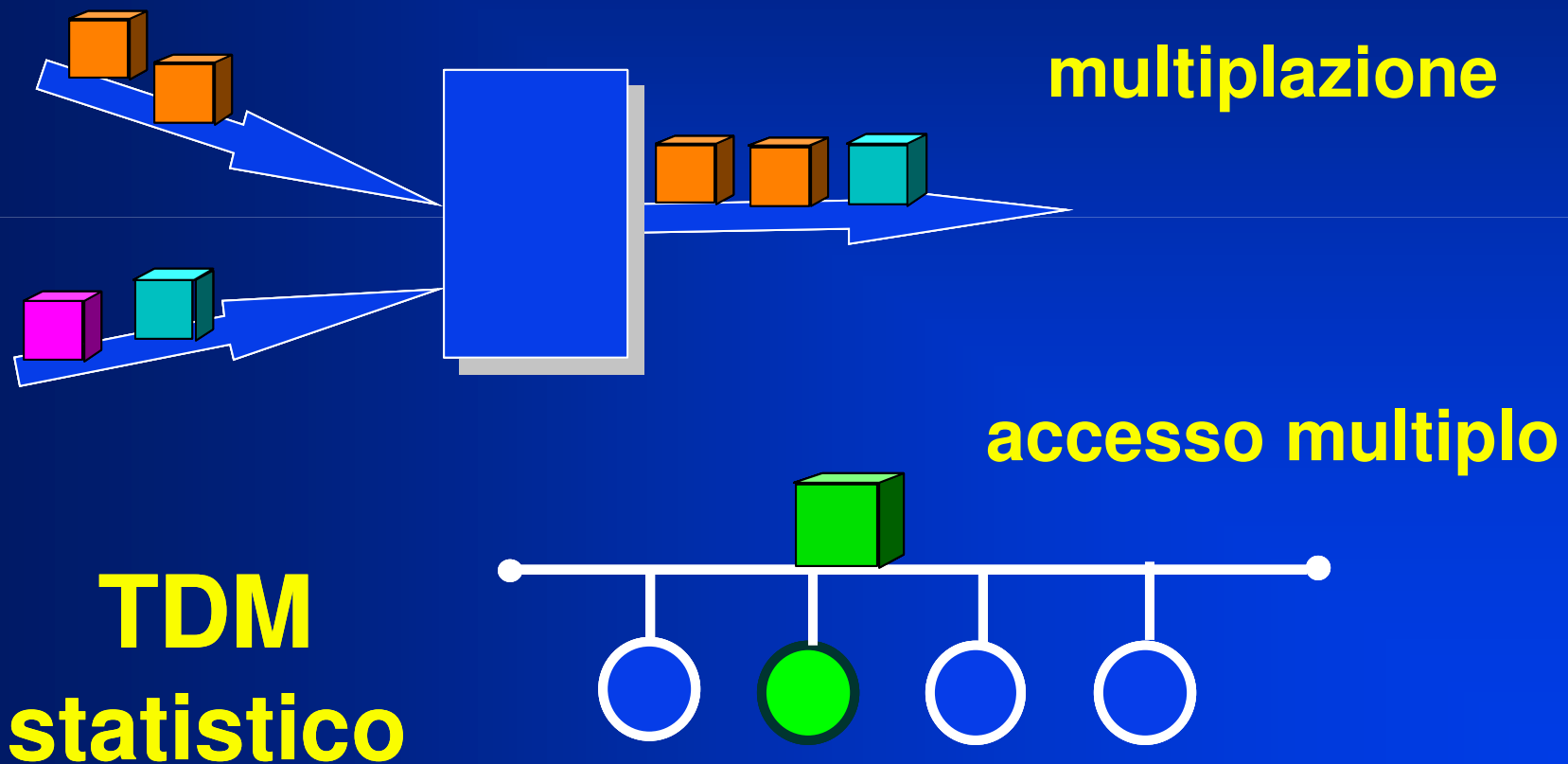


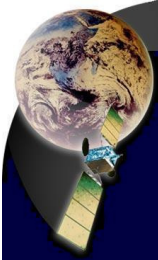
Reti Locali per dati (LAN)

- **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**



LAN: Mezzo condiviso



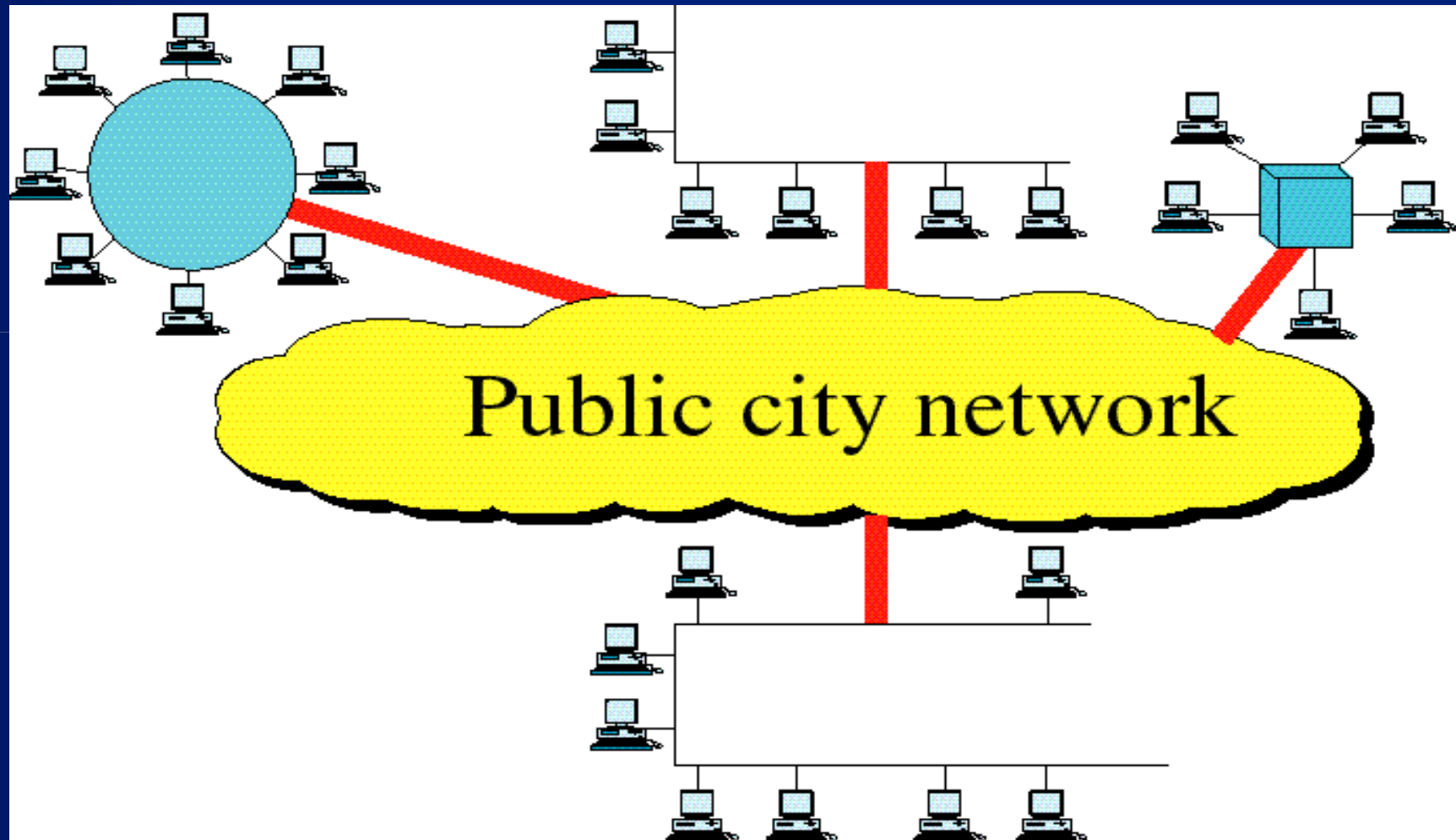


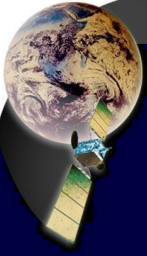
Evoluzione delle LAN

- **integrazione di servizi**
 - **traffico isocrono**
 - **priorità**
- **velocità di trasmissione più elevate**
- **estensioni geografiche maggiori**



Metropolitan Area Network





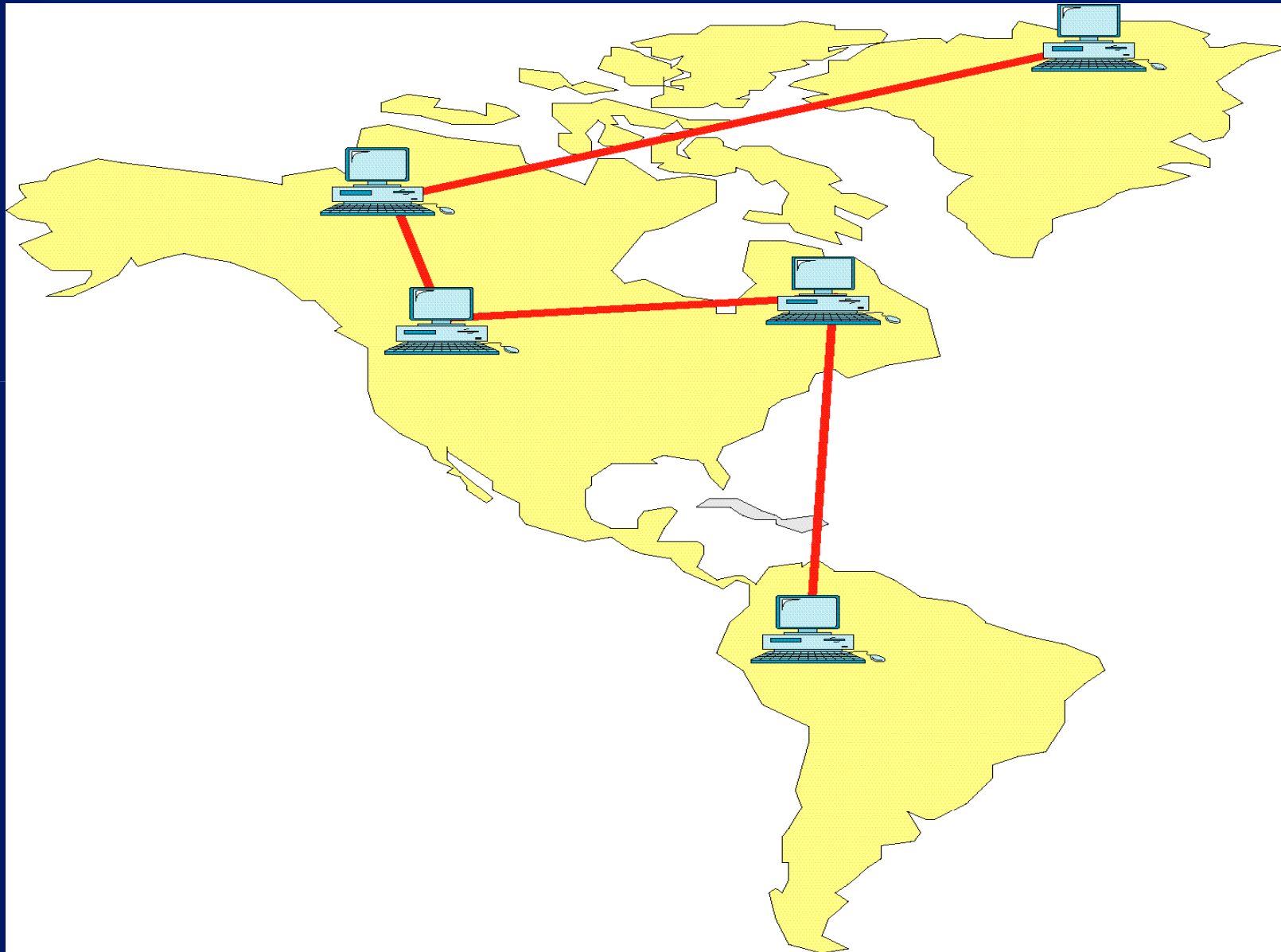
Reti metropolitane (MAN)

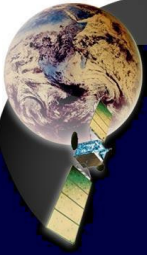
- **velocità elevate (fibra ottica) $\gg 10$ Mbit/s**
- **estensione (quartiere, città) > 100 Km**
- **canale condiviso**
- **integrazione di servizi
(priorità, servizio isocrono)**
- **ambiente pubblico, unico gestore**

Es. CATV



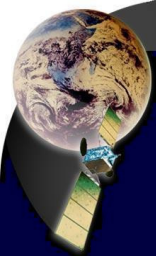
Wide Area Network



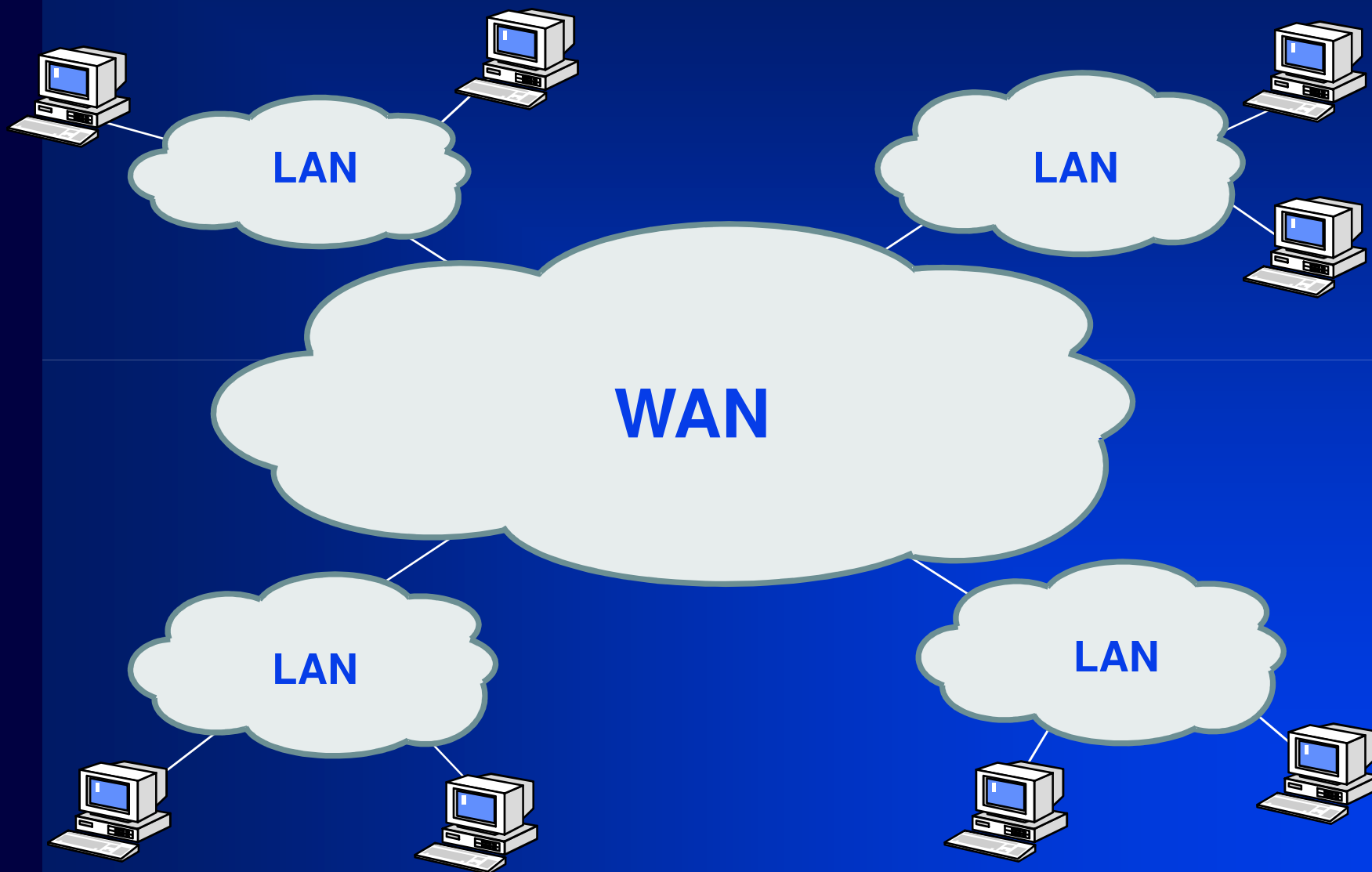


Reti dati WAN

- **limitata velocità di trasmissione (< 1Mbps)**
- **vasta estensione geografica (nazione)**
- **rete pubblica**
- **gestori diversi**



LAN e WAN





Infrastrutture

Reti in area geografica (WAN – Wide Area Network) possono essere:

- **dedicate (un unico servizio)**
- **integrate (una molteplicità di servizi)**
 - + ISDN a banda stretta
(narrowband ISDN o N - ISDN)**
 - + ISDN a banda larga
(broadband ISDN o B - ISDN)**



Evoluzione della rete telefonica

reti analogiche



trasmissione numerica



commutazione numerica



ISDN



B - ISDN/ATM



Evoluzione della rete di telefonia mobile

reti analogiche



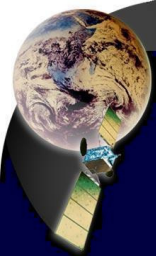
trasmissione numerica



GSM

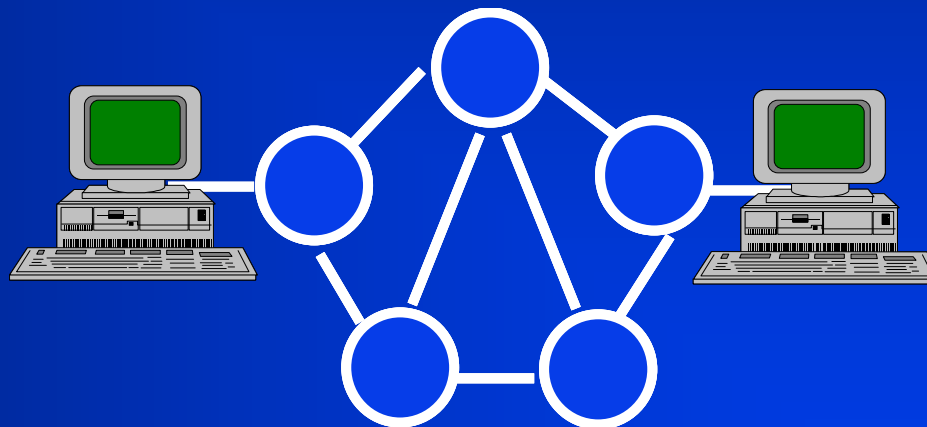


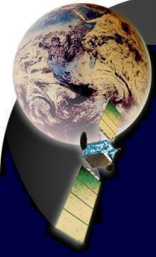
UMTS



Reti WAN dedicate per dati

- traffico molto impulsivo
- bassa tolleranza agli errori



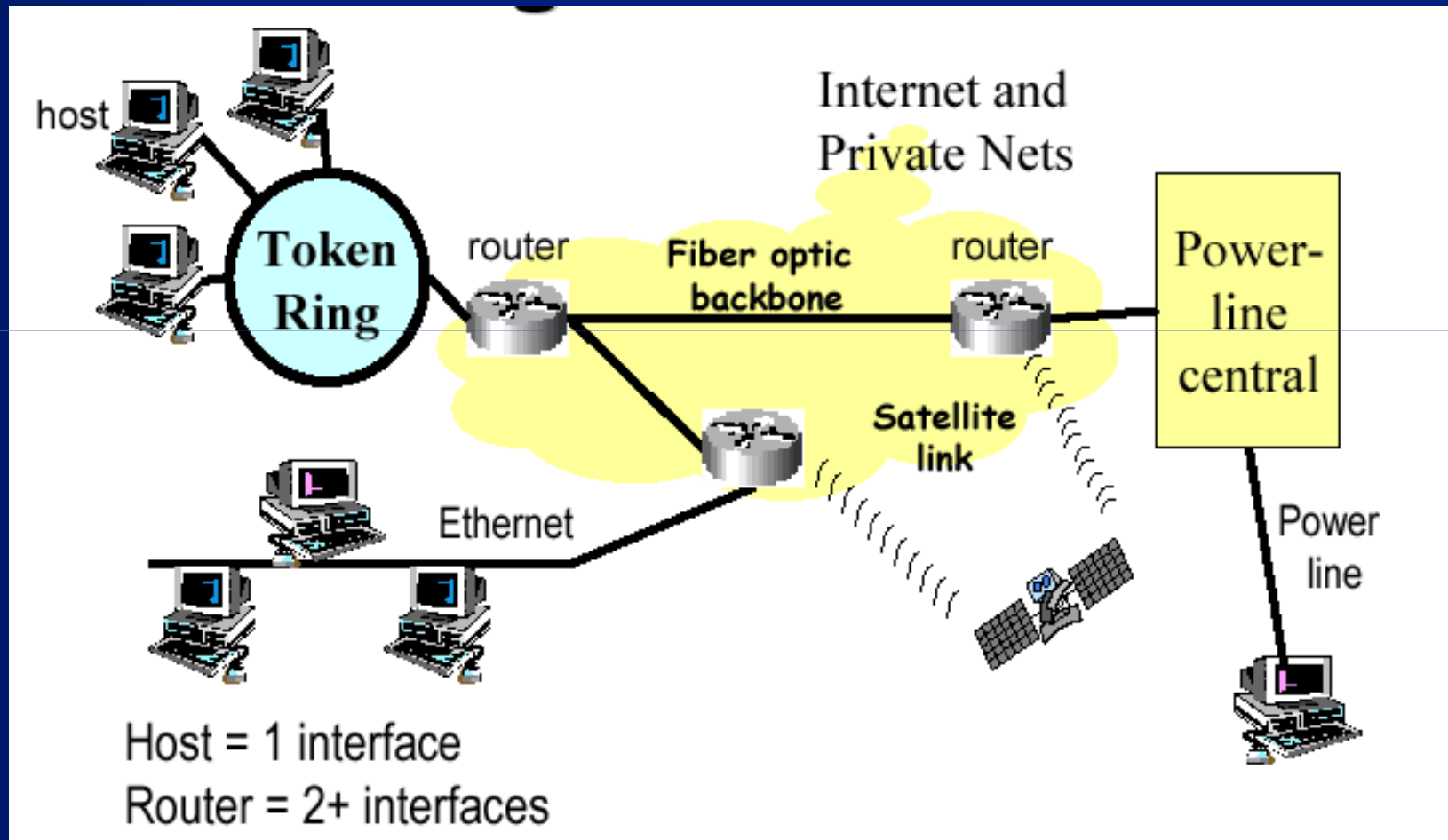


Evoluzione delle reti dati WAN

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

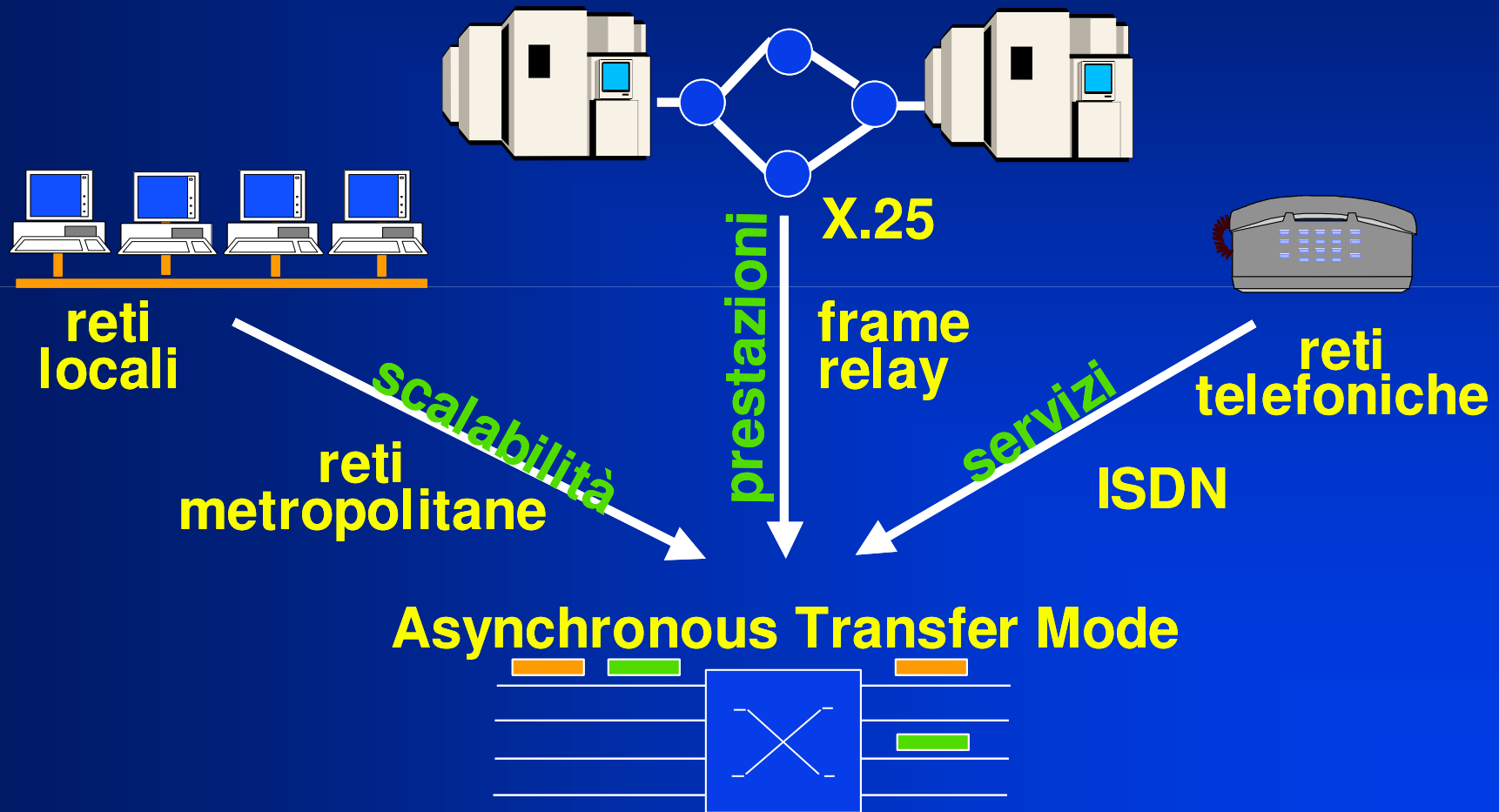
Caratteristica : commutazione di pacchetto

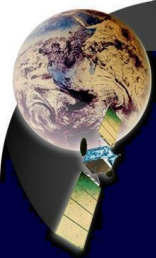
Internet: una rete di reti



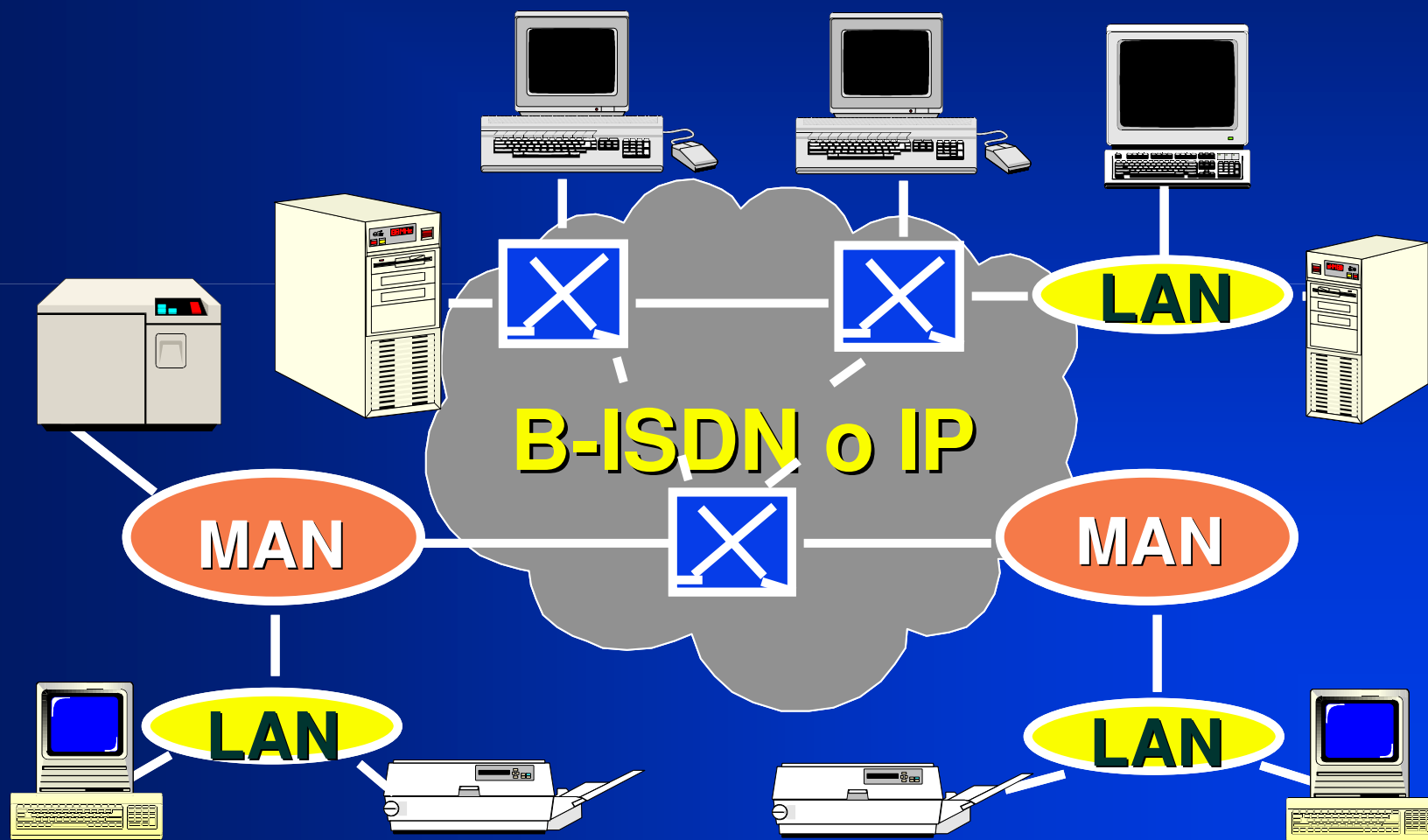


Evoluzione delle reti di telecomunicazione





Scenario di reti a larga banda





Uno sguardo più da vicino alla struttura di una rete telematica

- ❖ **network edge: end-system (host)**
- ❖ **network core:**
 - insieme di nodi di commutazione (router) interconnessi
- ❖ **access network: canali di comunicazione**



router



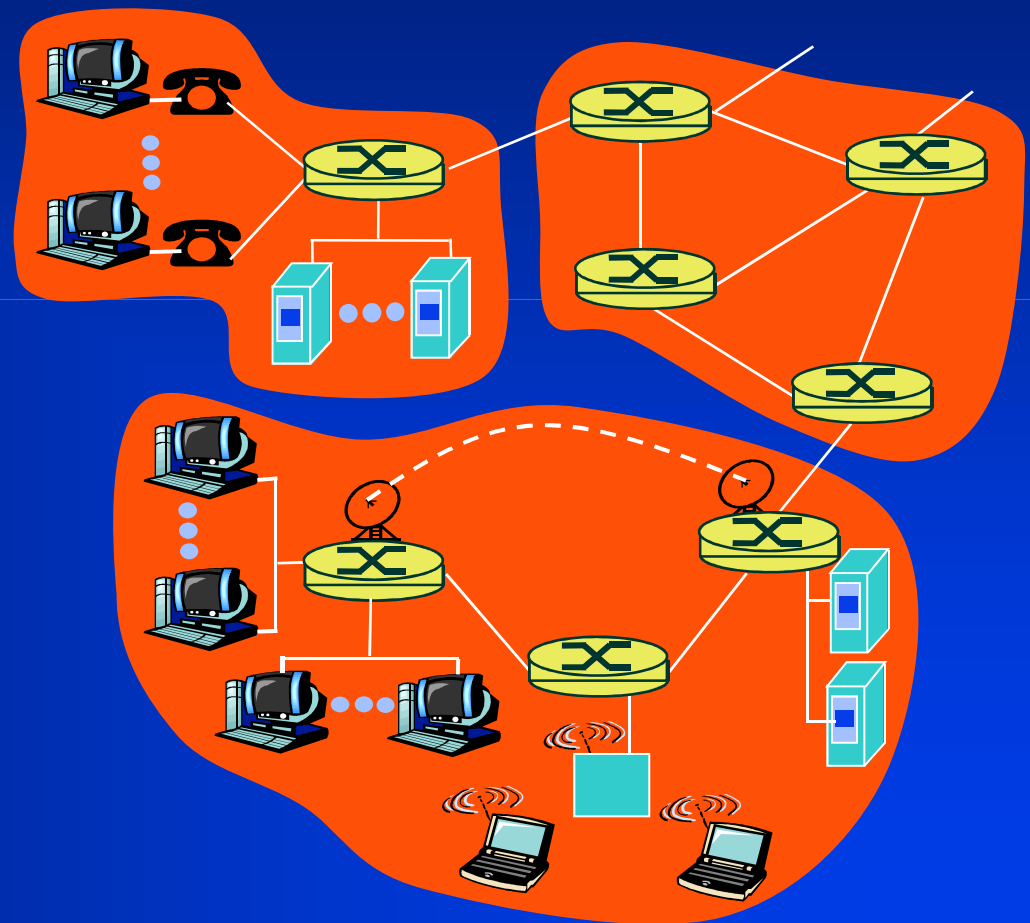
server

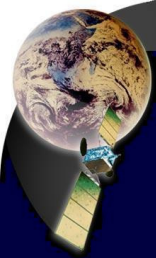


workstation



mobile





Uno sguardo più da vicino alla struttura di una rete telematica

❖ **network edge:**

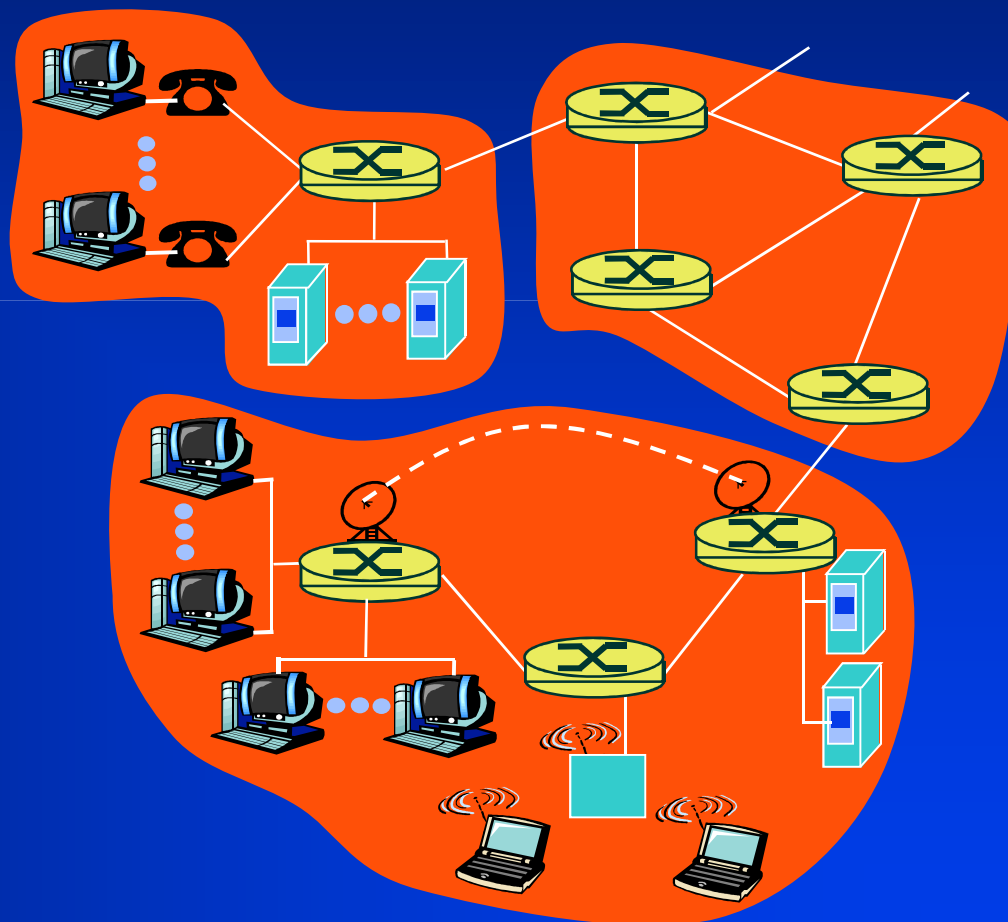
- modello di comunicazione tra end-system (client-server?)
- tipo di connessione

❖ **network core:**

- commutazione
- instradamento

❖ **access network:**

- quale tipo di canale?

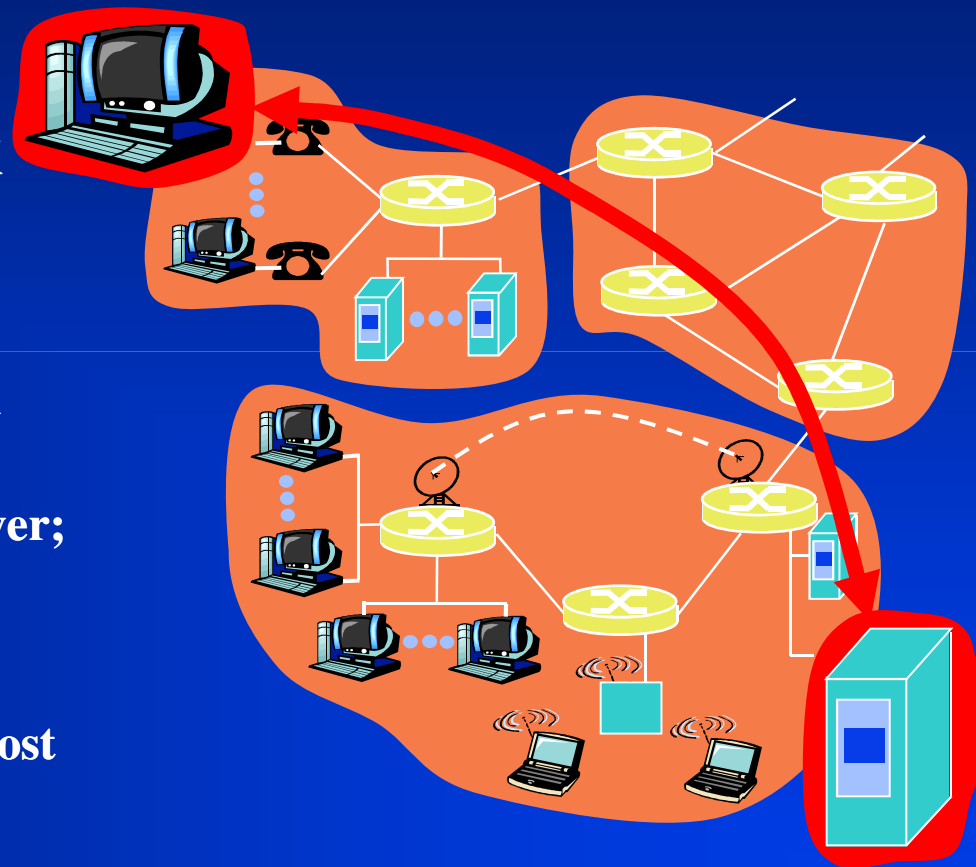


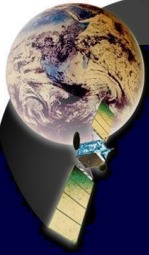


Network edge

❖ end systems (hosts):

- eseguono programmi applicativi
- es. WWW, email
- **modello client/server**
 - l'host client richiede e riceve un servizio dal server
 - es. WWW client (browser)/ server; email client/server
- **modello peer-peer**
 - interazione simmetrica tra gli host
 - es. teleconferenza





Modello client-server

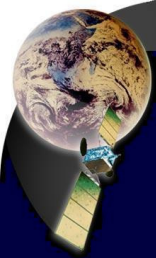
Molte applicazioni, specie nel mondo Internet, seguono il modello client/server:

- **client:** inizia l'interazione con il server (“parla per primo”), tipicamente richiedendo un servizio (es. richiesta di una pagina www, invio di un e-mail)
- **server:** fornisce al client il servizio richiesto (p.es. invia la pagina www richiesta, riceve e memorizza il messaggio di e-mail)

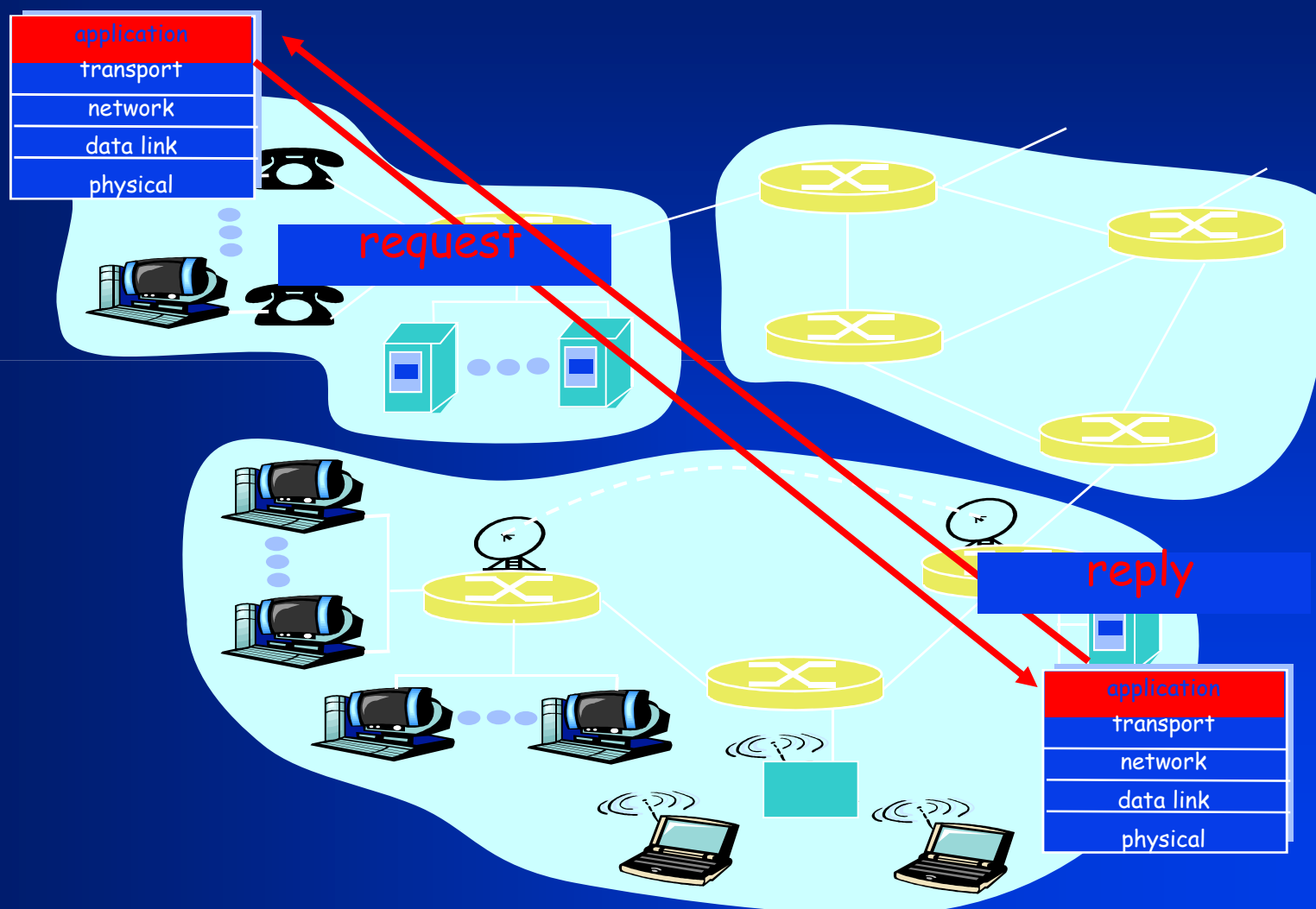


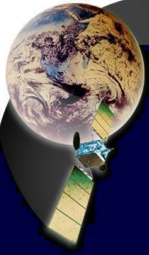
Modello client-server

I server vengono attivati al momento dell'accensione dell'elaboratore su cui sono stati installati e si pongono in attesa di richieste da parte dei client.



Modello client-server





Connessioni

Un servizio può essere

- **connection-oriented (CO): si stabilisce un accordo preliminare (connessione) tra rete e interlocutori, poi si trasferiscono i dati e infine si rilascia la connessione**
- **connectionless (CL): i dati vengono immessi in rete senza un accordo preliminare e sono trattati in modo indipendente**



Network edge: servizio “connection-oriented”

Obiettivo: trasferimento dati affidabile tra end-systems

- ❖ **setup (preparazione) del trasferimento dati**
- ❖ **trasferimento dati affidabile**
- ❖ **Es. TCP - Transmission Control Protocol**
 - servizio connection-oriented di Internet

❖ **trasferimento dati affidabile e ordinato**

- perdita: riscontri e ritrasmissioni

❖ **controllo di flusso**

- il trasmettitore non sovraccarica il ricevitore

❖ **controllo di congestione**

- il trasmettitore “rallenta” se la rete è congestionata



Network edge: servizio “connectionless”

Obiettivo: trasferimento dati tra end-systems

❖ **UDP - User Datagram Protocol:** servizio connectionless di Internet

- trasferimento non affidabile
- no controllo di flusso
- no controllo di congestione

Applicazioni che usano TCP:

❖ HTTP (WWW), FTP (file transfer), Telnet (remote login), SMTP (email)

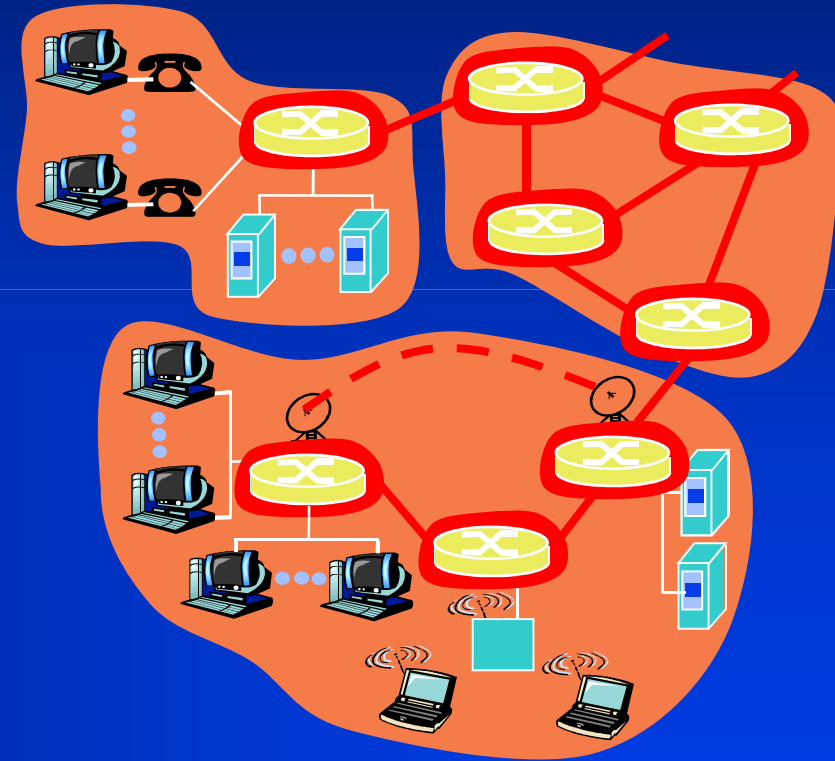
Applicazioni che usano UDP:

❖ streaming media, teleconferencing, Internet telephony

Network Core

❖ La domanda fondamentale:
come trasferire i dati
attraverso la rete?

- **circuit switching:** un circuito dedicato per chiamata: rete telefonica
- **packet-switching:** i dati sono inviati in rete “a pezzi”

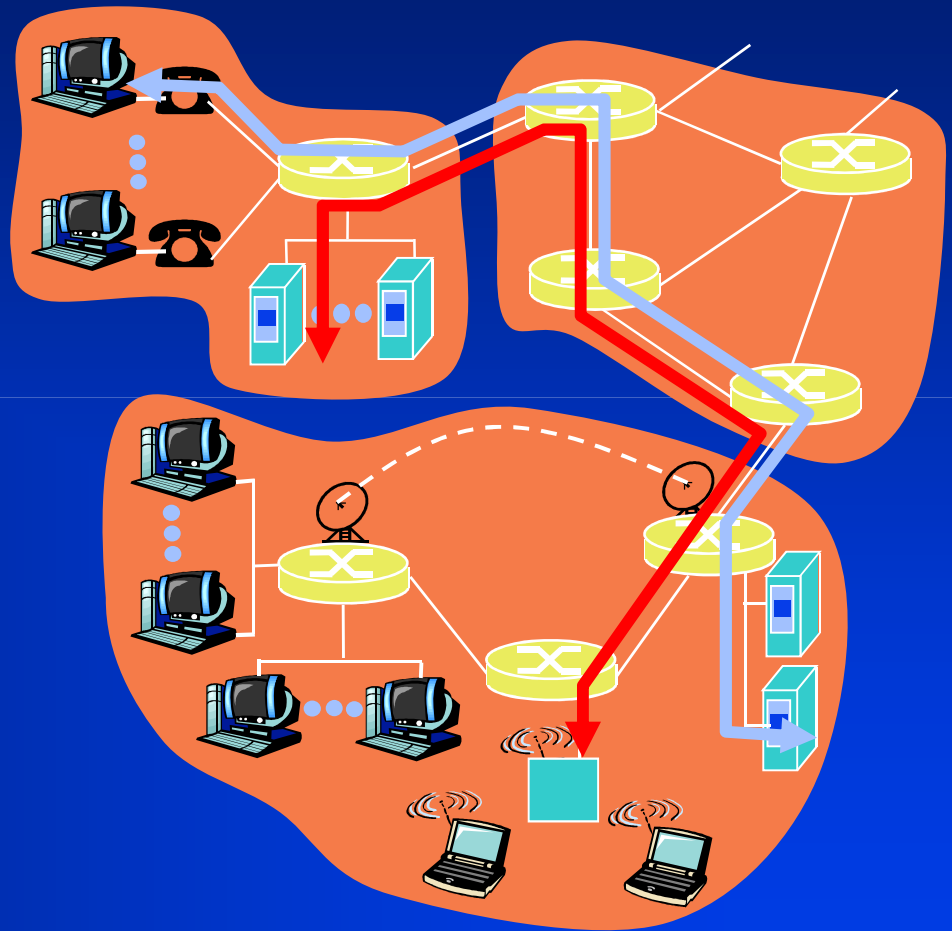




Network Core: Commutazione di Circuito

**Risorse end-to-end
riservate per la
“chiamata”**

- ❖ risorse dedicate: no
condivisione
- ❖ prestazioni circuit-like
(garantite)
- ❖ setup della chiamata
richiesto

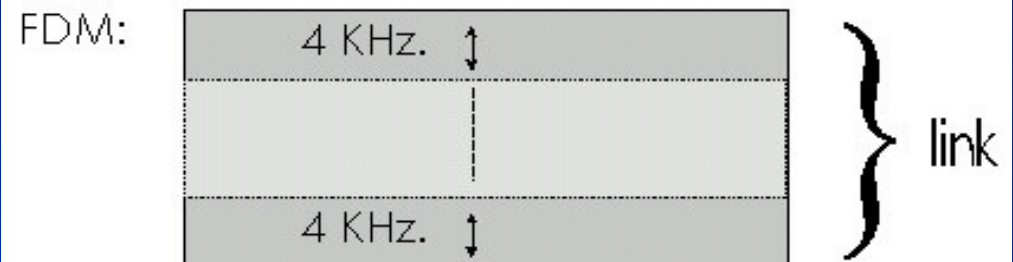




Network Core: Commutazione di Circuito

risorse di rete (es.,
banda) **divise in**
“pezzi”

- ❖ pezzi allocati alle chiamate
- ❖ pezzi non utilizzati (*idle*) se non occupati dalla chiamata assegnata (*no condivisione*)
- ❖ divisione della banda del link in “pezzi”
 - frequency division
 - time division



TDM:



All slots labelled  are dedicated to a specific sender-receiver pair.



Network Core: Commutazione di Pacchetto

**ogni flusso di dati end-to-end è
diviso in *pacchetti***

- ❖ i pacchetti degli utenti A, B *condividono* le risorse di rete
- ❖ ogni pacchetto usa tutta la banda sul link
- ❖ le risorse sono usate solo se necessario

Banda divisa in "pezzi"
Allocazione Dedicata
Prenotazione delle Risorse

contesa per le risorse:

- ❖ la domanda aggregata di risorse può superare l'ammontare disponibile
- ❖ congestione: pacchetti accodati, in attesa di usare il link
- ❖ store and forward: i pacchetti si muovono un "hop" alla volta
 - trasmissione sul link
 - attesa del turno per il link successivo