

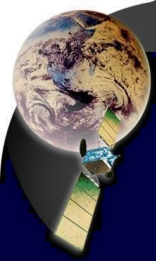


# **SISTEMI TELEMATICI**

**Prof. S. Marano**

**Università della Calabria**

**A.A. 2014-2015**



**Salvatore Marano**

**E-mail: [marano@dimes.unical.it](mailto:marano@dimes.unical.it)**

**Ufficio: DIMES – 6° piano Cubo 41C**

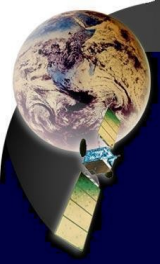
**Tel. 0984-494702**



## *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...*



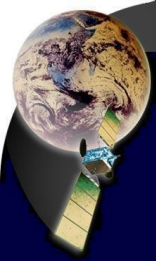
**Elementi di rete**

**Servizi, sorgenti e segnali**

**Infrastruttura di rete**

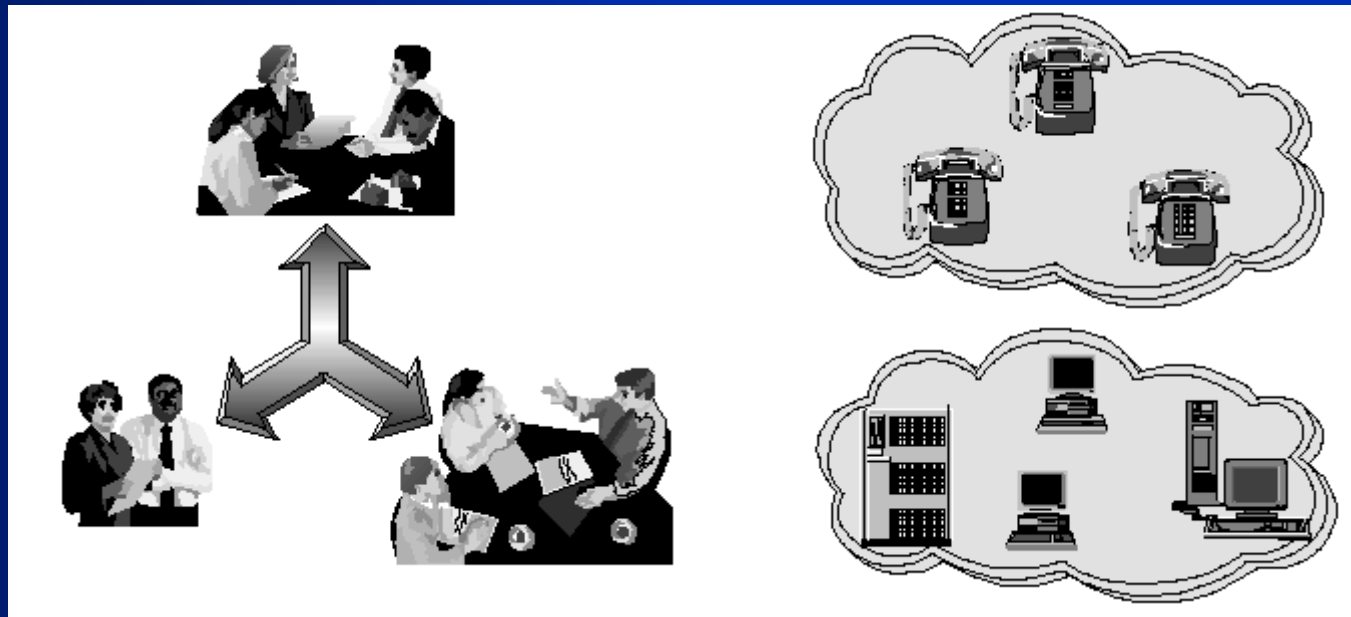
**Funzioni di rete**

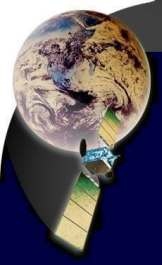




# *Perché le reti di telecomunicazioni?*

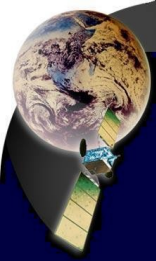
**Far comunicare persone tra loro...  
...attraverso vari dispositivi (telefono, PC, ecc.)**





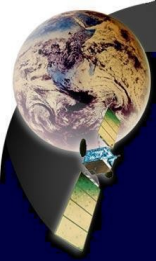
# *Telecomunicazioni*

**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)**

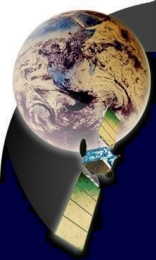
CCITT: The International Telegraph and Telephone  
Consultative Committee dell'International  
Telecommunication Union (ITU)  
Dal 1994 il CCITT ha preso il nome di **ITU-T**



**CCITT**

**Telecomunicazione:**

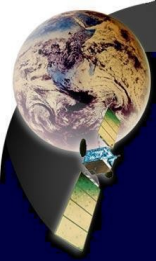
**qualsiasi trasmissione e ricezione di  
segnali che rappresentano segni, scrittura  
immagini e suono, informazioni di qualsiasi  
natura, attraverso cavi, radio o altri sistemi  
ottici e elettromagnetici**



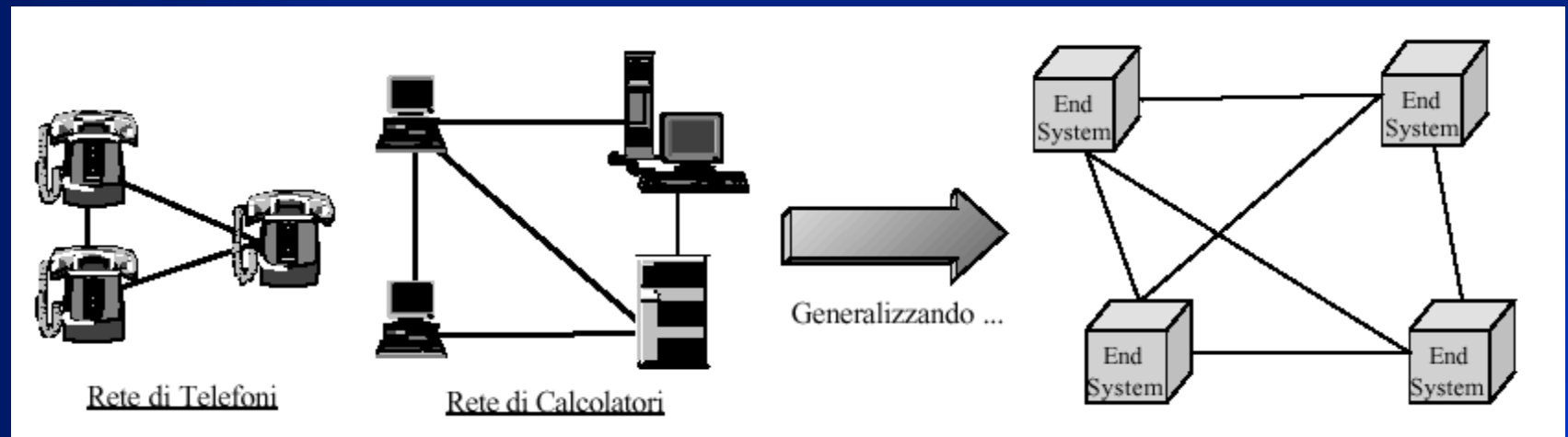
# *Modello elementare di telecomunicazione*



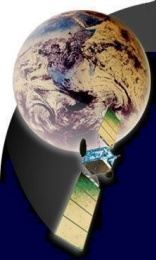
- **Lo scambio di informazione tra due utenti coinvolge una serie di aspetti spesso complessi che occorre analizzare partendo da semplici modelli**



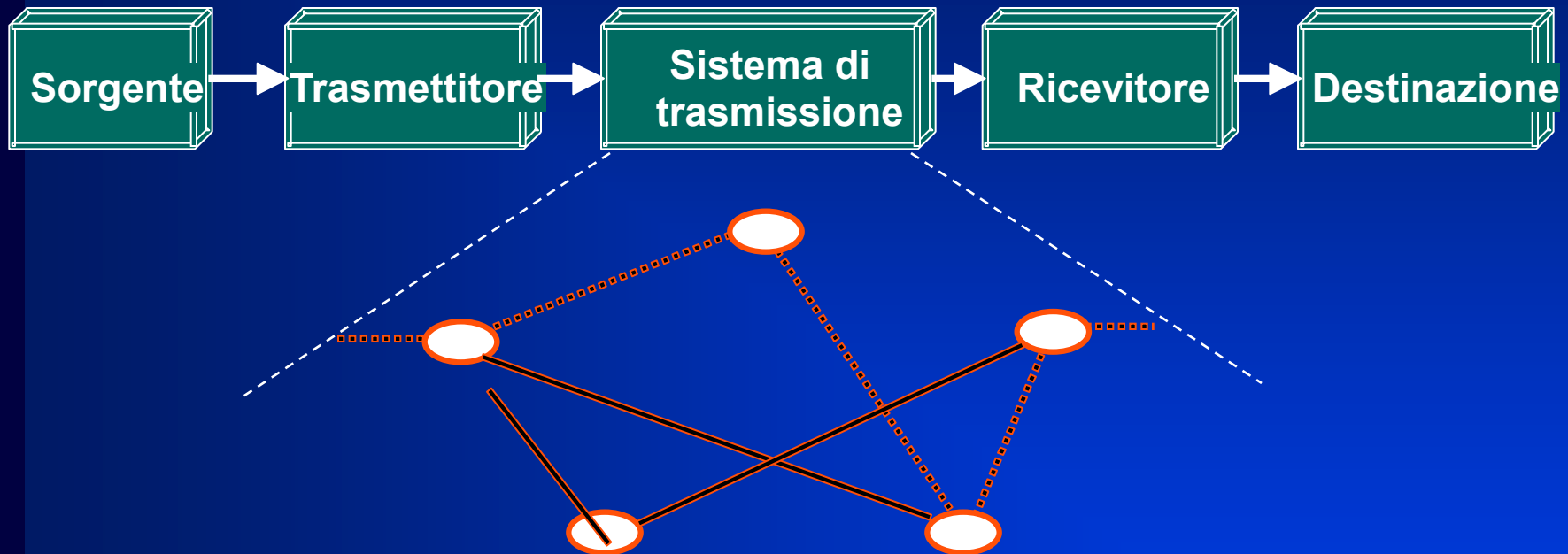
# *Soluzione antieconomica*



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



# *Soluzione con nodi intermedi*

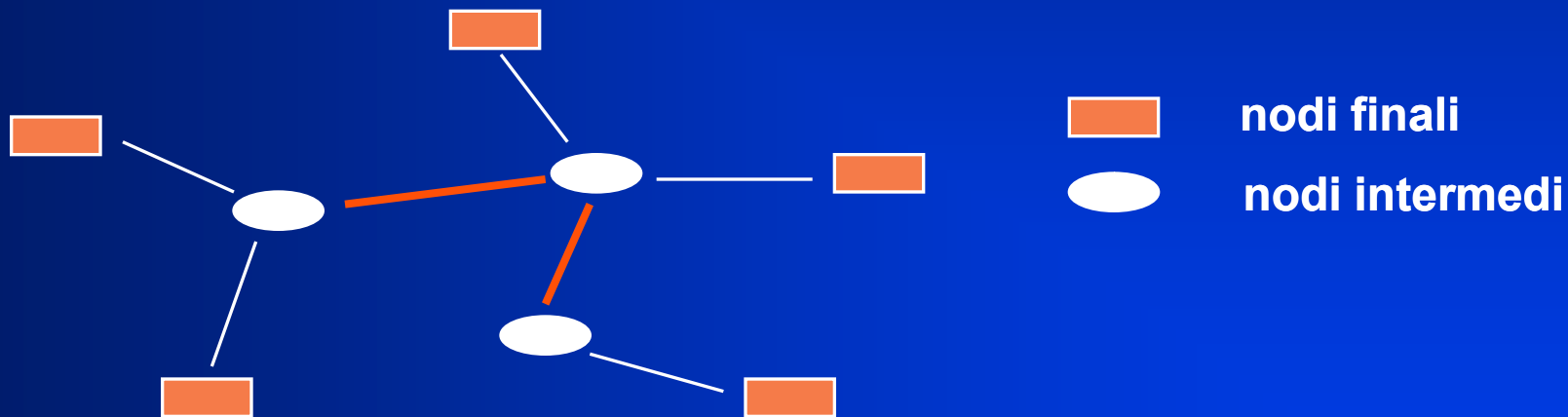


- ❖ ○ nodi intermedi (o switching node)
- ❖ — canali di trasmissione (o link)
- ❖ sorgente, destinazione: sistemi finali (o end-systems)

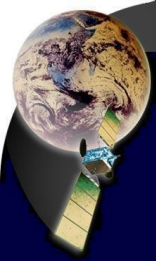


# *Sistemi finali e nodi di commutazione*

- ❖ 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**

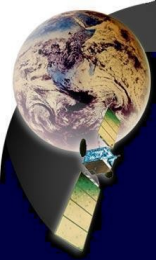


**Rete di telecomunicazione:**

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



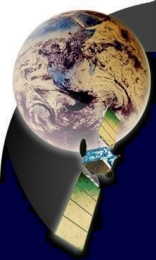
# **Una rete di telecomunicazione che conosciamo**



# Rete telefonica

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





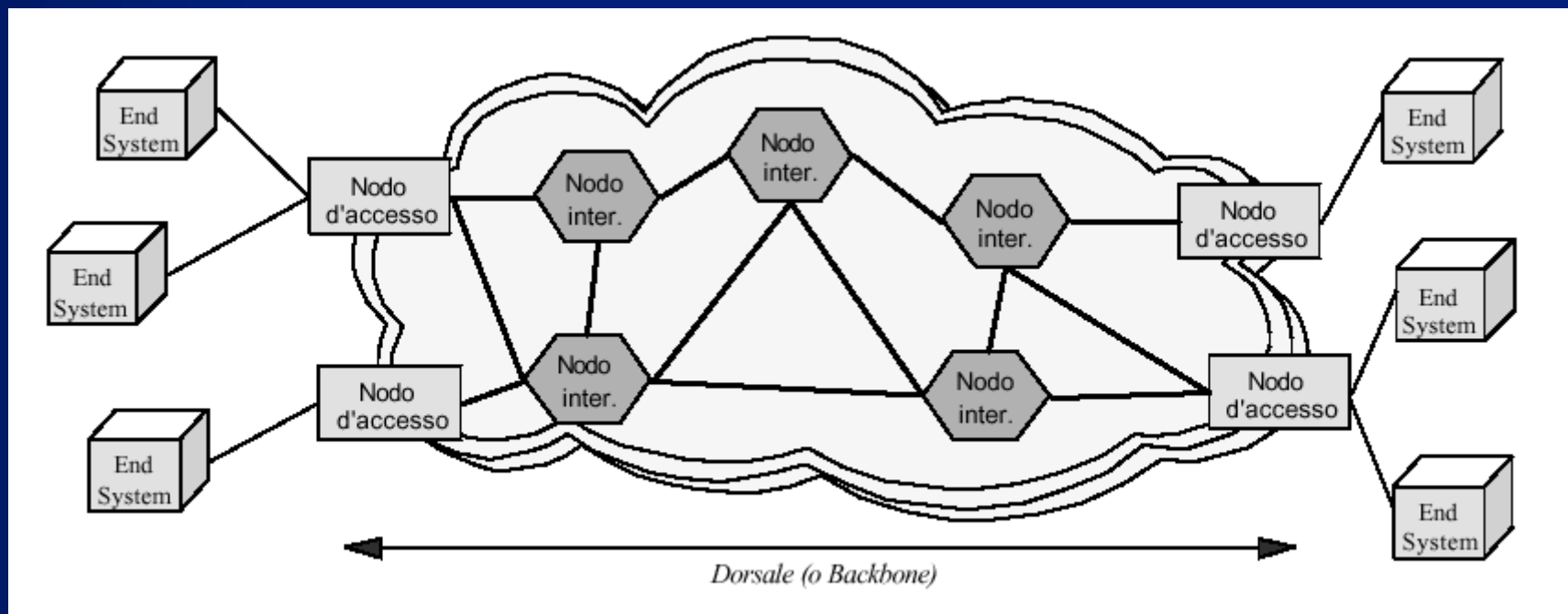
# Rete di computer

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

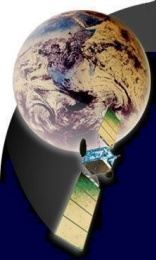




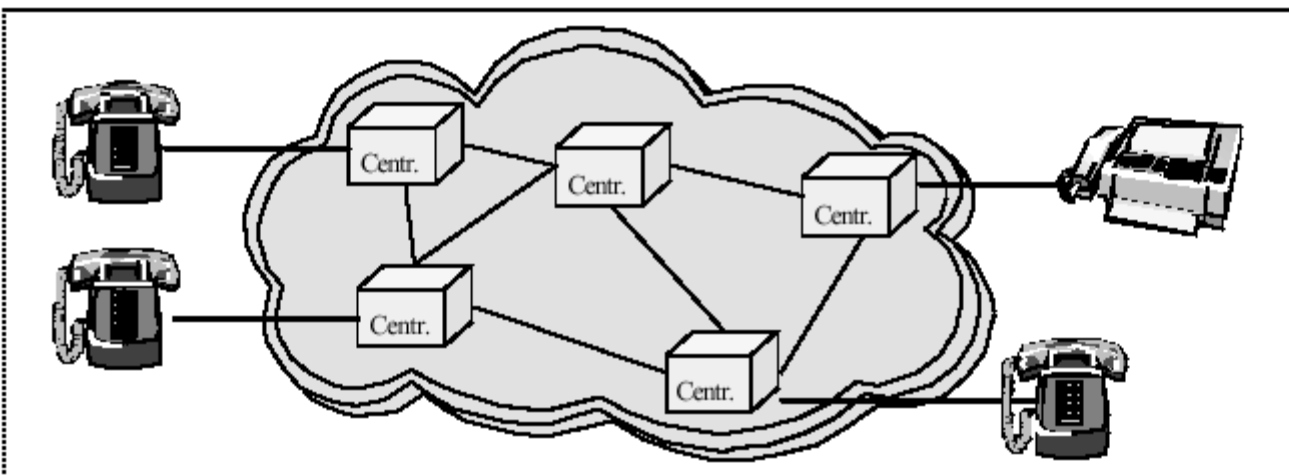
# *Uno sguardo più da vicino alla struttura di una rete*



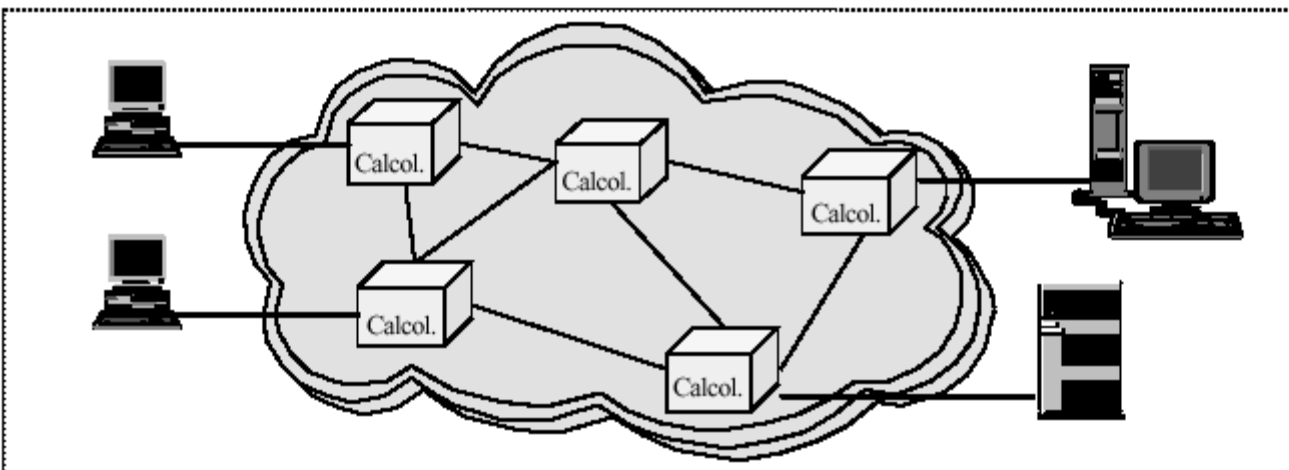
- L'insieme dei nodi intermedi forma la cosiddetta dorsale (o backbone o core network)
- I nodi intermedi collegati direttamente agli end-system sono detti nodi di accesso



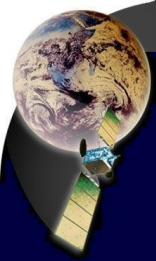
# *Uno sguardo più da vicino alla struttura di una rete*



Reti  
Telefoniche



Reti  
Dati



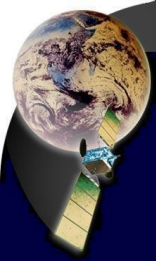
# ***Tematiche***

- ❖ **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.**



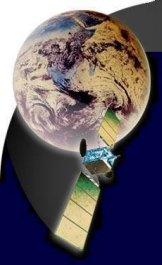
**Reti di telecomunicazioni**



# ***Tematiche***

**Ci occuperemo di:**

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



## *Qualche definizione...*

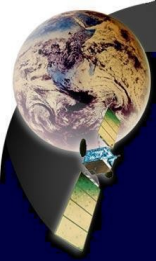
**Elementi di rete**



**Servizi, sorgenti e segnali**

**Infrastruttura di rete**

**Funzioni di rete**



## *I servizi offerti da una rete*

### **CCITT**

#### **Servizio di telecomunicazione:**

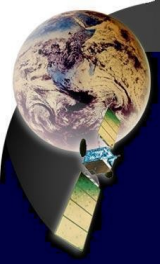
**Ciò che viene offerto da un gestore pubblico o privato ai propri clienti al fine di soddisfare una specifica esigenza di telecomunicazione**

**(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**

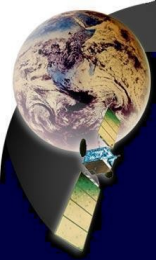
**Televisione: Video-on-Demand (VOD), Interactive Video-on-Demand (IVOD)**



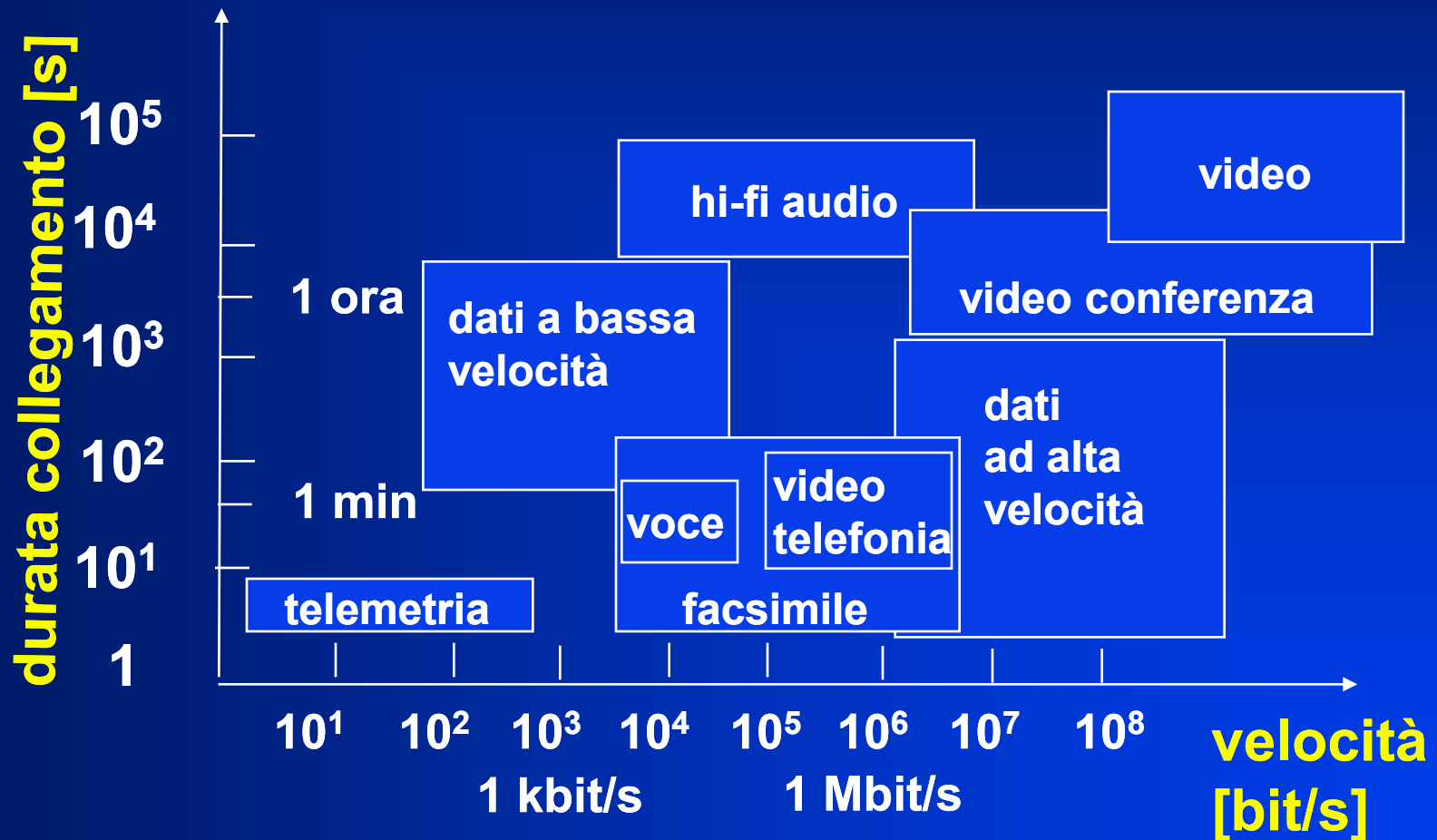
**Servizi (teleservizi) diversi richiedono alla rete prestazioni diverse**

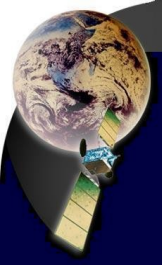
**Indici di qualità**

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

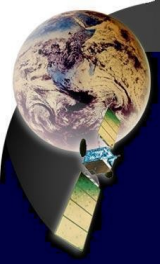


## Caratteristiche di alcuni servizi





**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

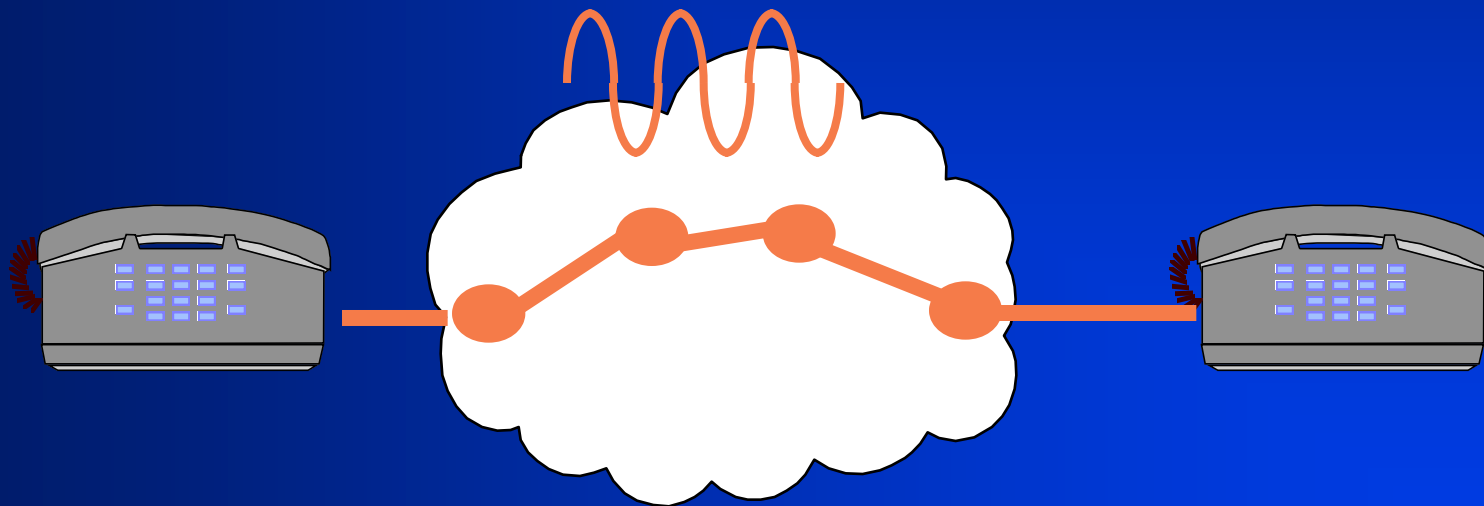
- + voce numerizzata

- + video numerizzato

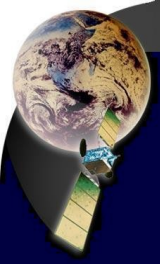


# *Sorgenti*

## Sorgenti analogiche







# *Sorgenti*

## Sorgenti analogiche

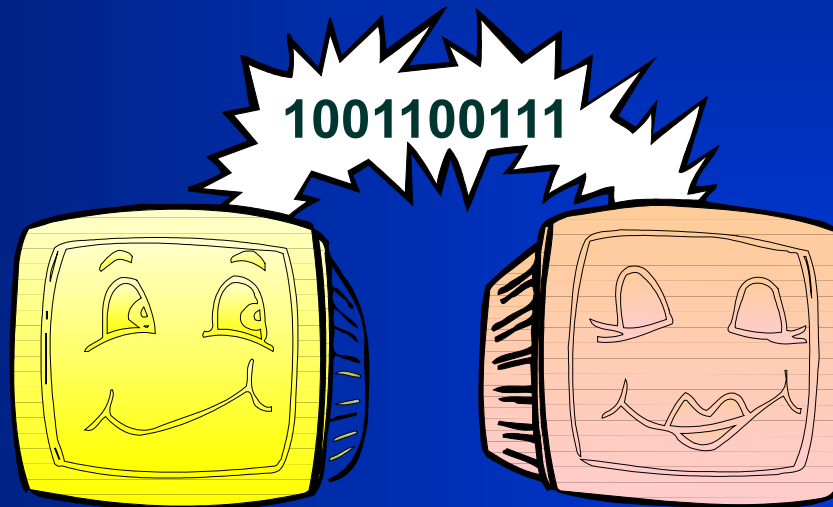
**I dati analogici assumono valori continui in certi intervalli**

- **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



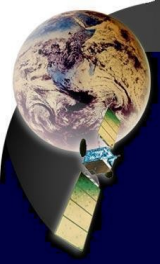


# *Sorgenti*

## 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**

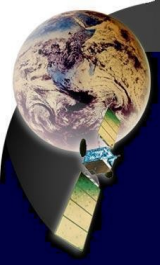


# *Segnali*

## **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**

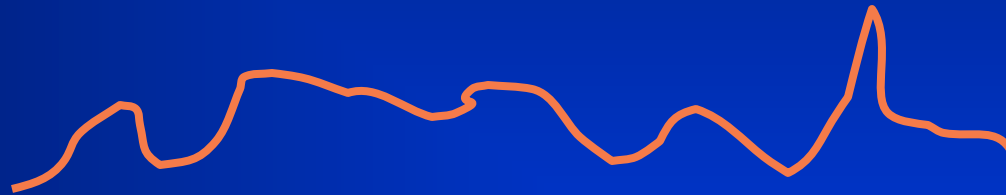
**Un segnale numerico è una sequenza di impulsi in tensione**



# *Segnali*

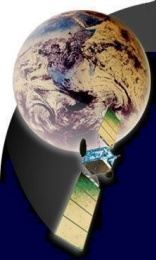
## Rappresentazione nel dominio del tempo

**analogico**



**numerico**

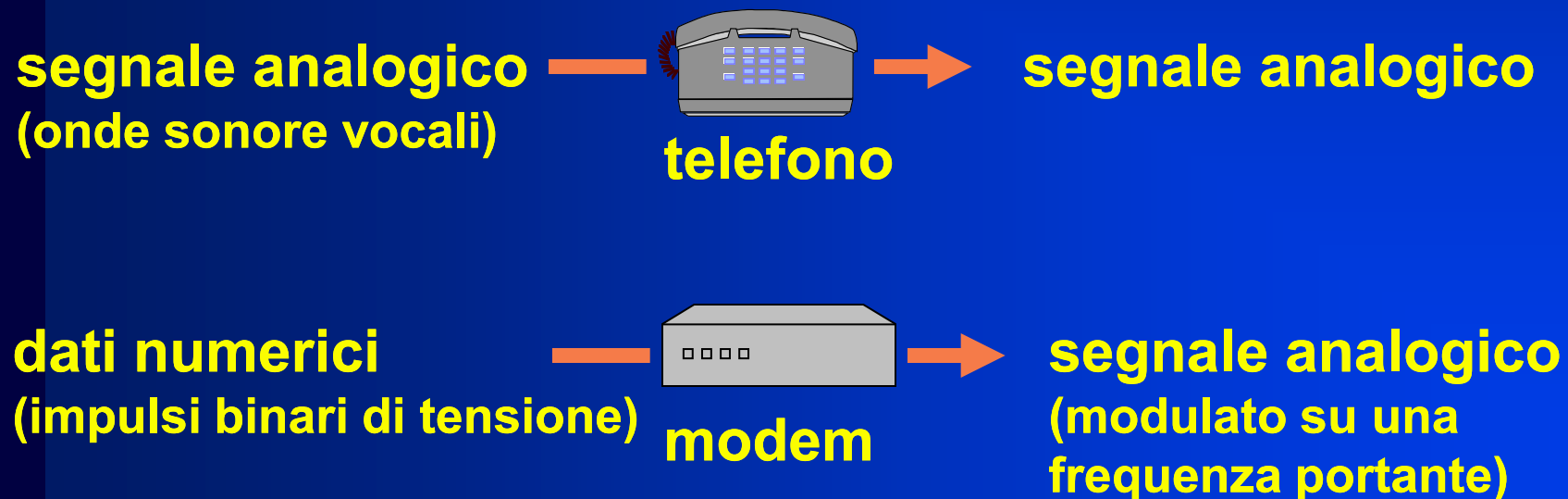




# Segnali

## Dati e segnali

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

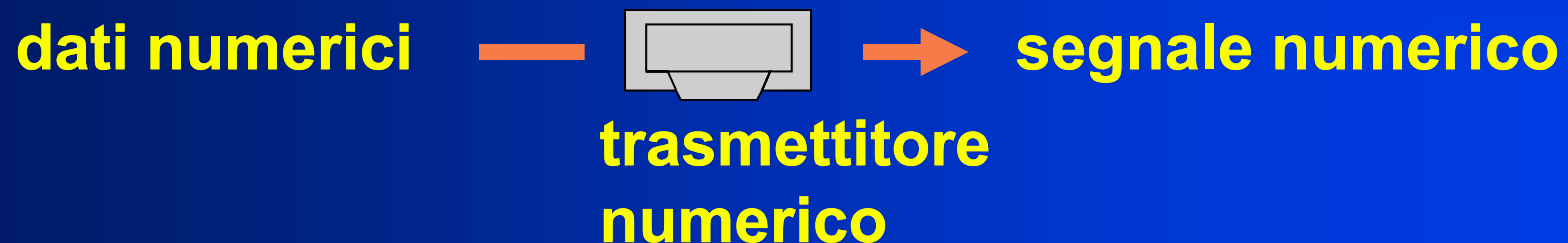
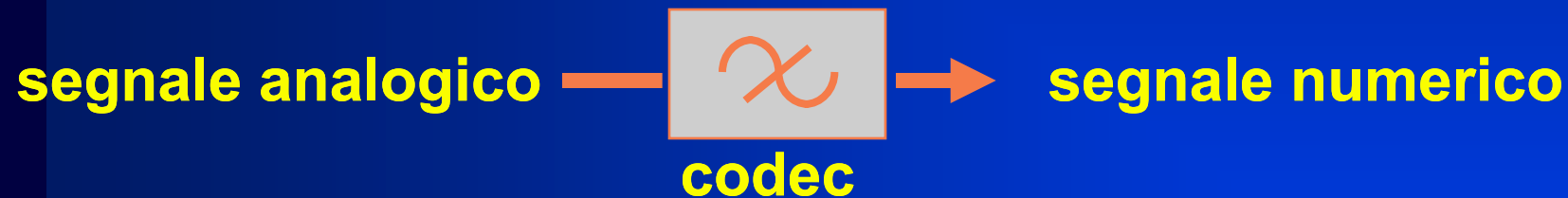




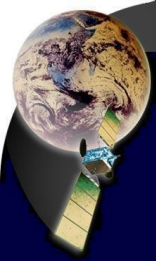
# *Segnali*

## Dati e segnali

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

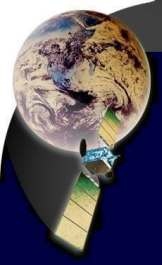






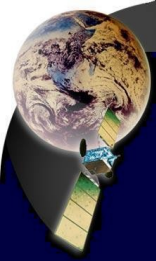
## *Sorgenti numeriche*

- **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

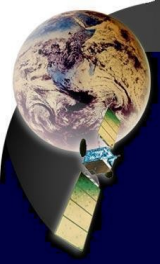
- sorgenti VBR

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

oppure

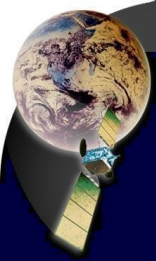
grado di intermittenza (burstiness) =  
velocità di picco / velocità media

- processo di generazione delle chiamate



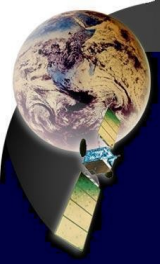
## Caratterizzazione del traffico

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



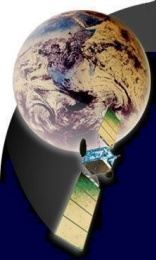
## Caratterizzazione del traffico

- **isocrono**

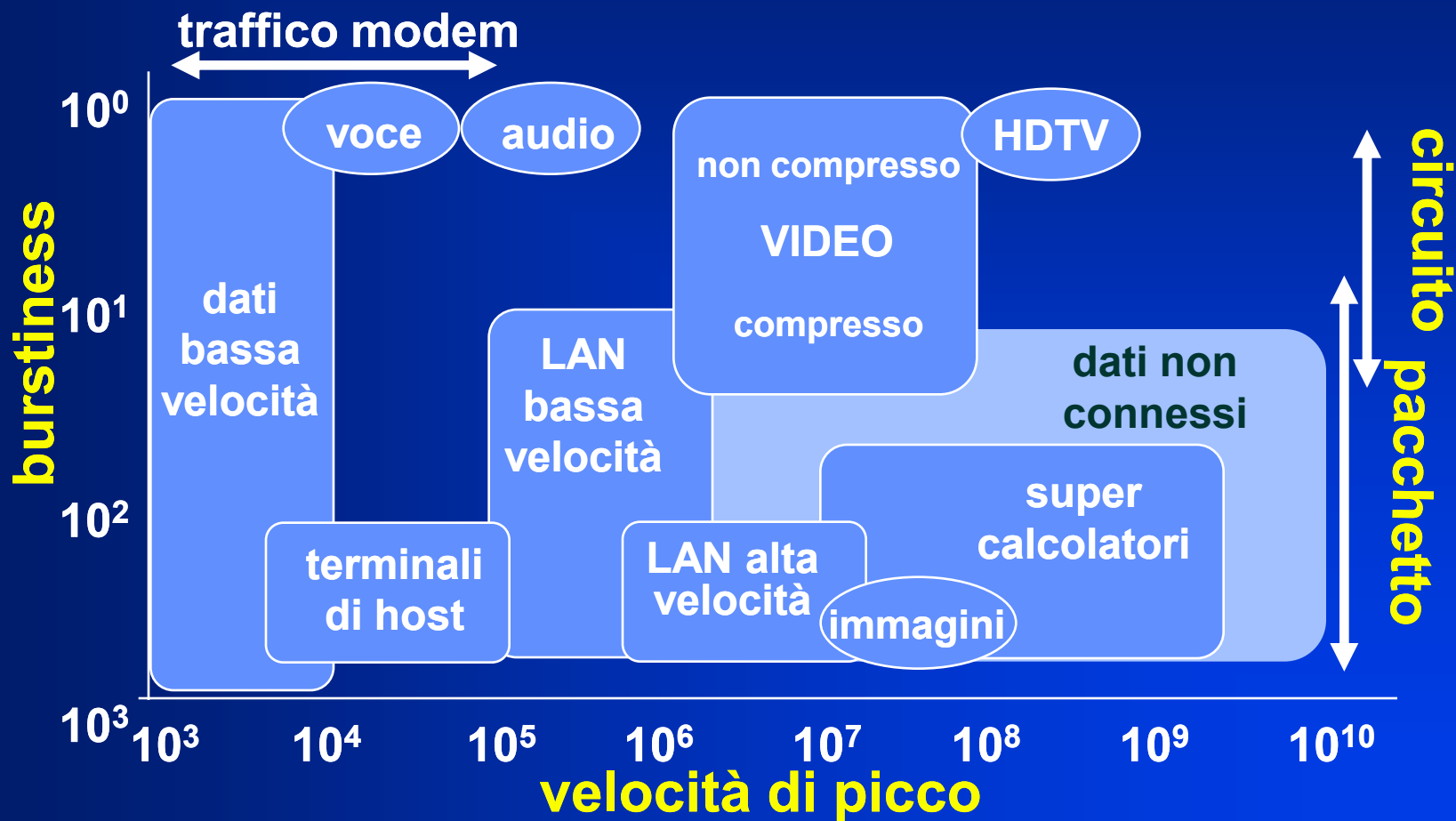
- **necessita di mantenere in ricezione le stesse relazioni temporali con cui i dati sono stati prodotti dalla sorgente**
- **bisogna disporre dei campioni con cadenza fissa**
- **es. segnali numerici risultanti dalla digitalizzazione di segnali vocali o video**

### **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***

<b>SERVIZIO</b>	<b>PBR</b>	<b>B</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

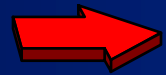




## *Qualche definizione...*

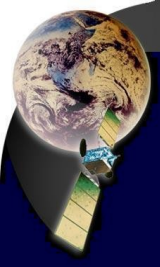
**Elementi di rete**

**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**

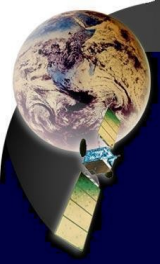
• **ma non sono le uniche...**



# ***Infrastrutture***

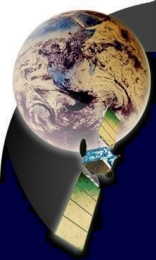
**Infrastrutture tipiche per applicazioni telematiche sono:**

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

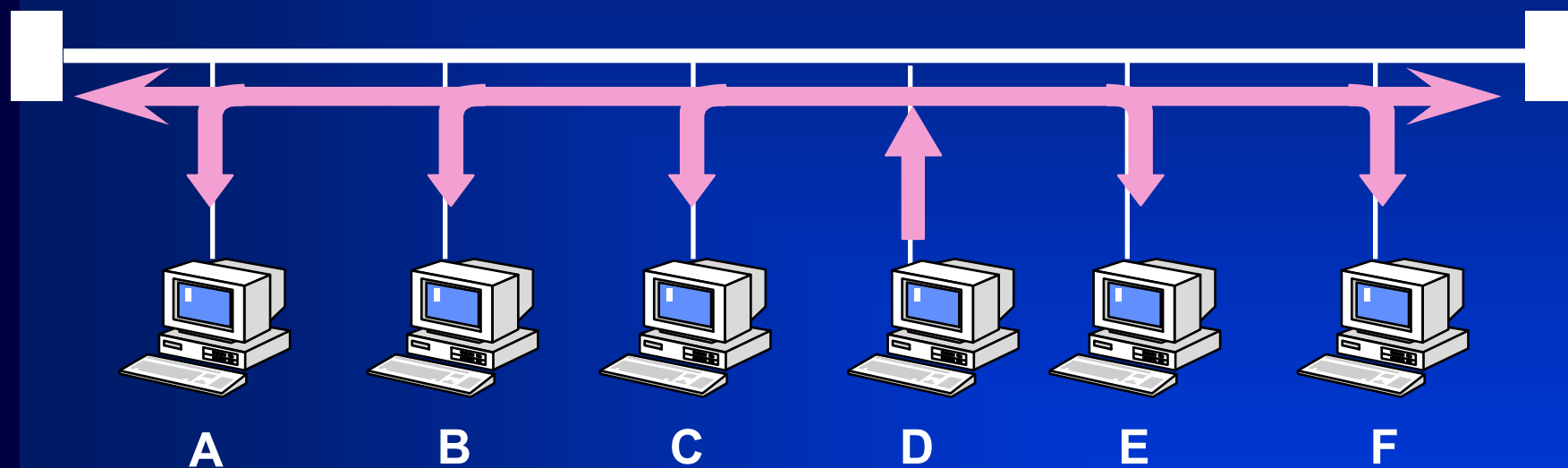


## ***LAN: definizione***

- ❖ **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*

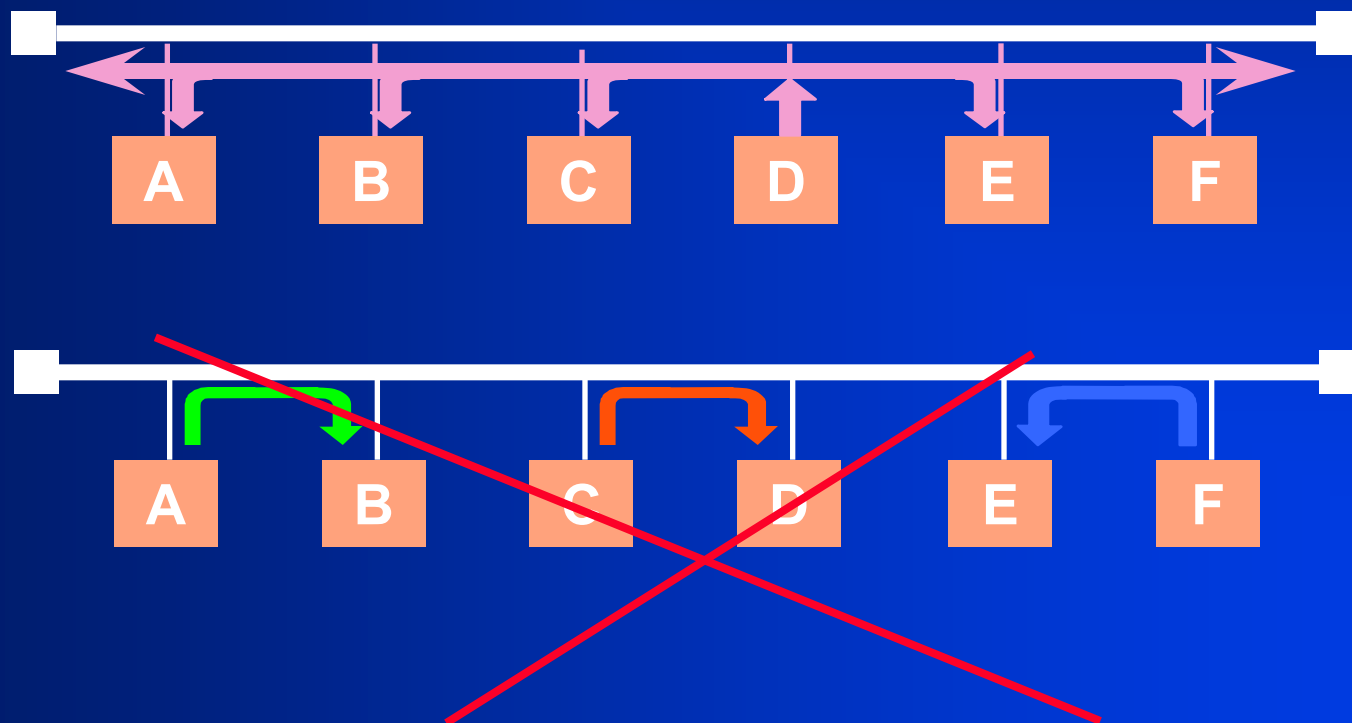


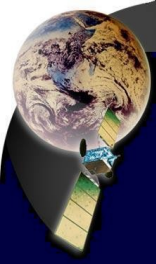


# *Limitazioni dell'accesso multiplo*

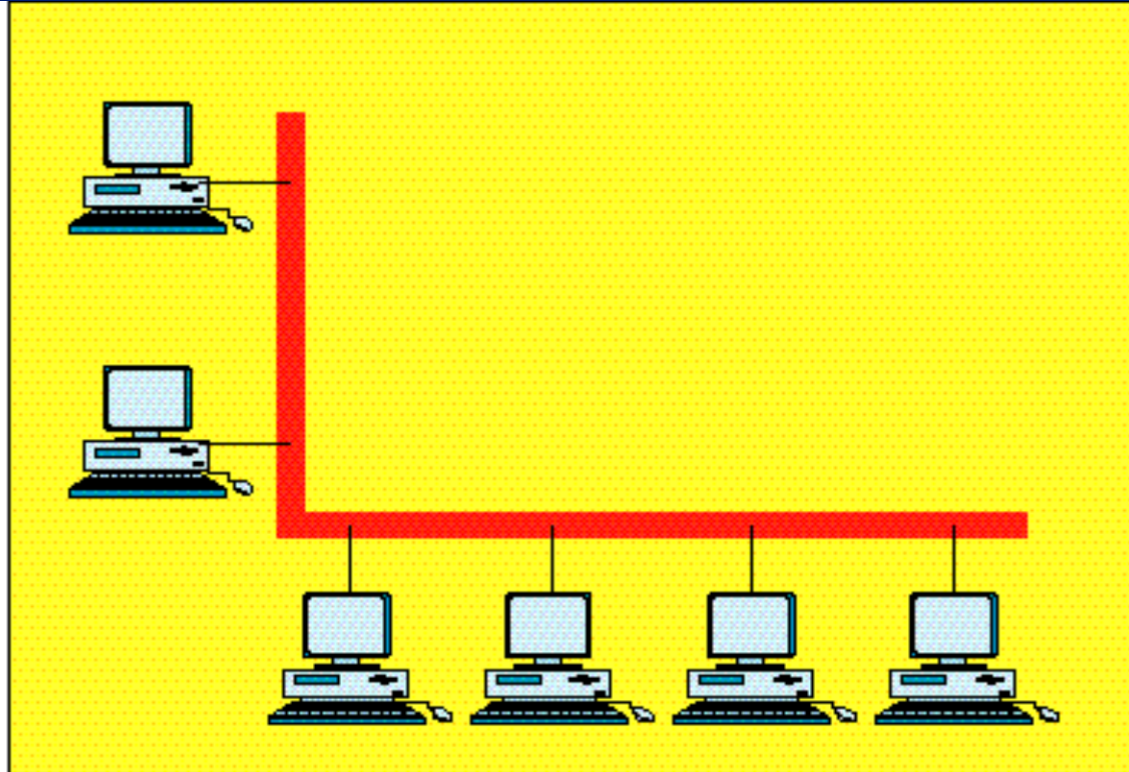
## ❖ Mezzo trasmissivo ad accesso multiplo

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





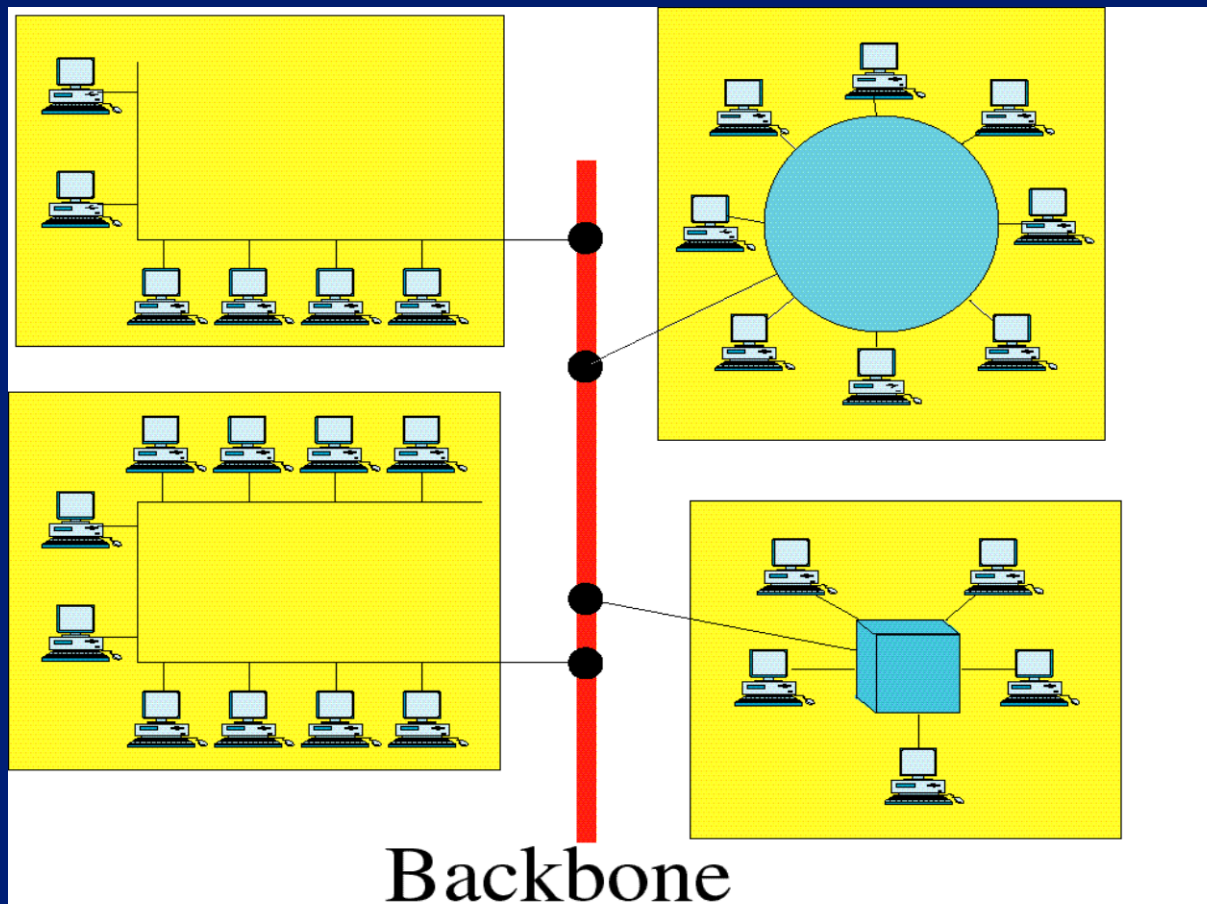
# *Local Area Network*



Single building LAN

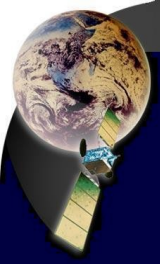


# Local Area Network



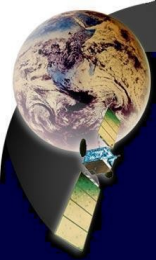
## Multiple building LAN



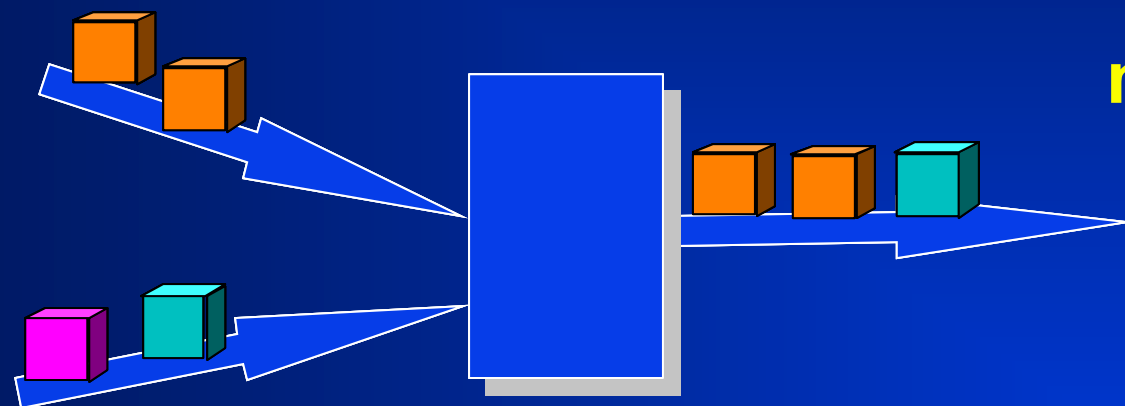


# *Reti Locali per dati (LAN)*

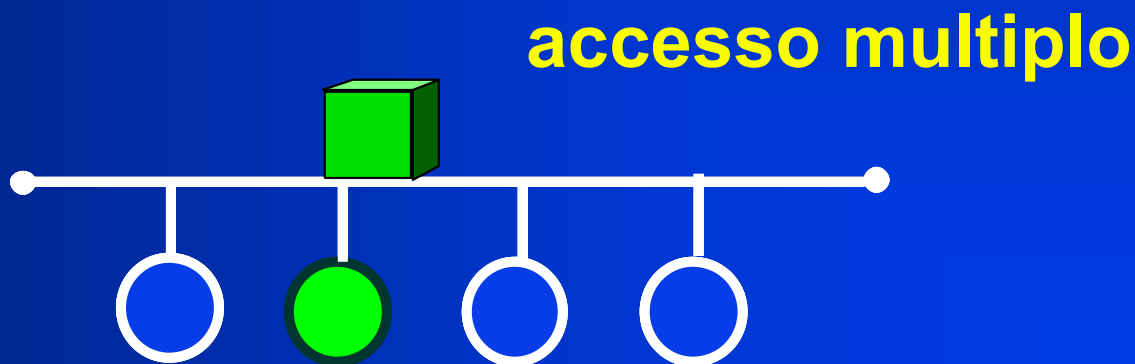
- alta velocità di trasmissione ( $> 1\text{Mbps}$ )
- bassi tassi d'errore ( $10^{-6}$ - $10^{-7}$ )
- limitata estensione geografica ( $< 10\text{Km}$ )
- rete privata
- costi contenuti
- mezzo condiviso con moltiplicazione a divisione di tempo



# *LAN: Mezzo condiviso*



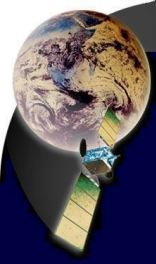
**TDM  
statistico**



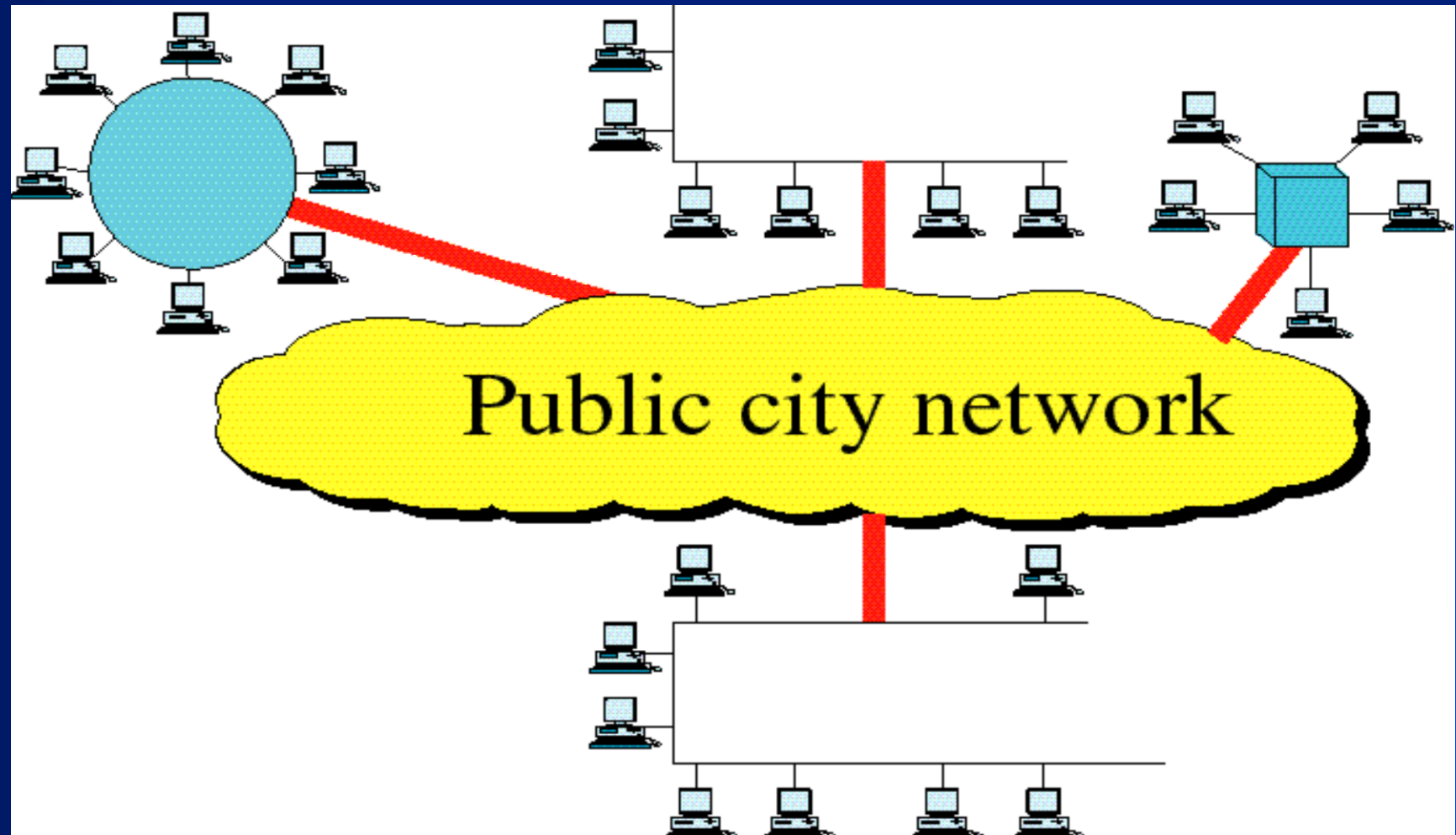


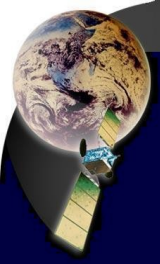
# Evoluzione delle LAN

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



# *Metropolitan Area Network*





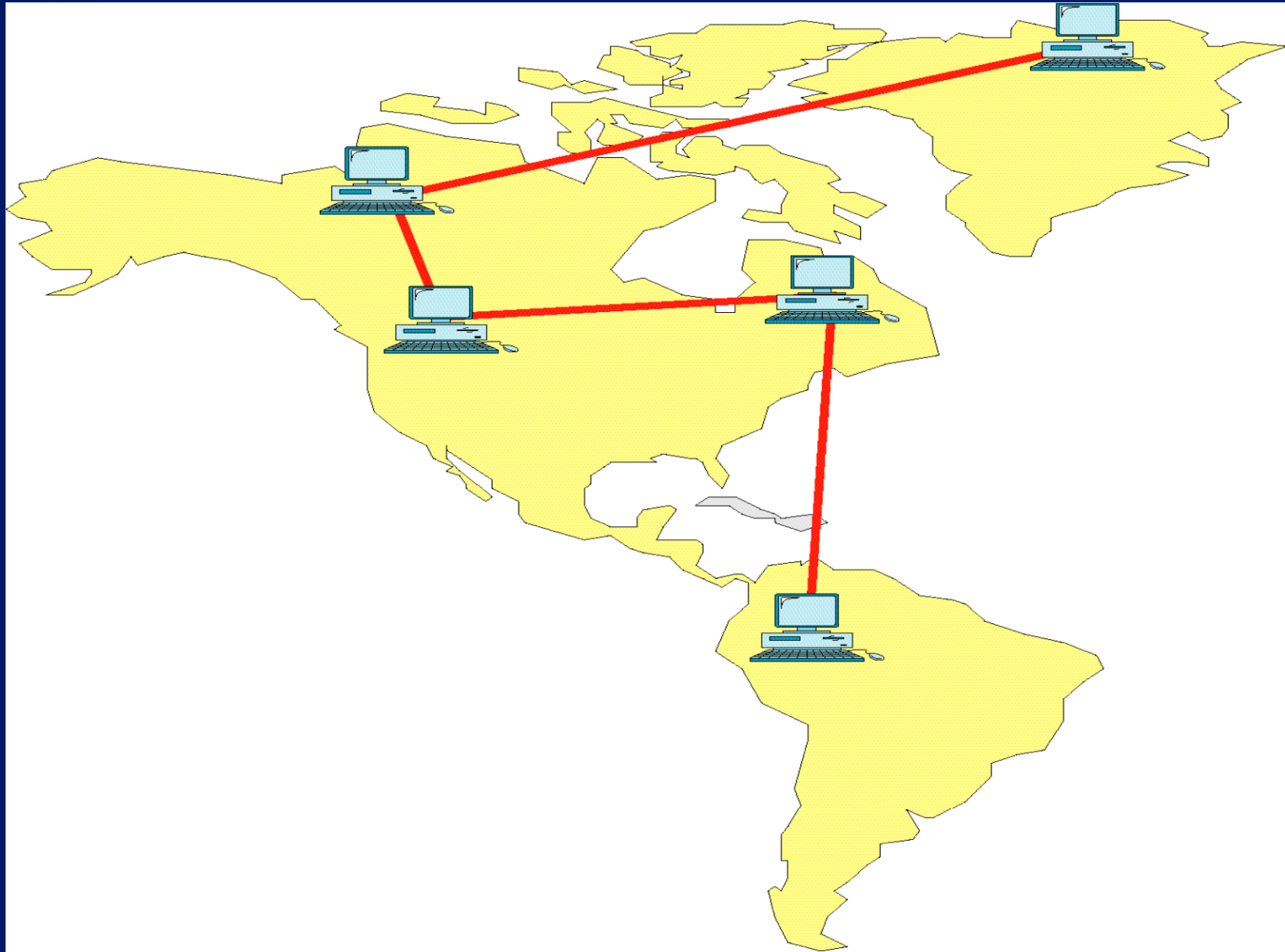
## ***Reti metropolitane (MAN)***

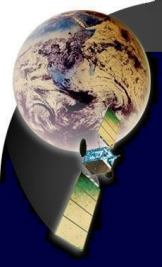
- **velocità elevate (fibra ottica)  $\gg 10$  Mbit/s**
- **estensione (quartiere, città)  $> 100$  Km**
- **canale condiviso**
- **integrazione di servizi  
(priorità, servizio isocrono)**
- **ambiente pubblico, unico gestore**

**Es. CATV**



# *Wide Area Network*



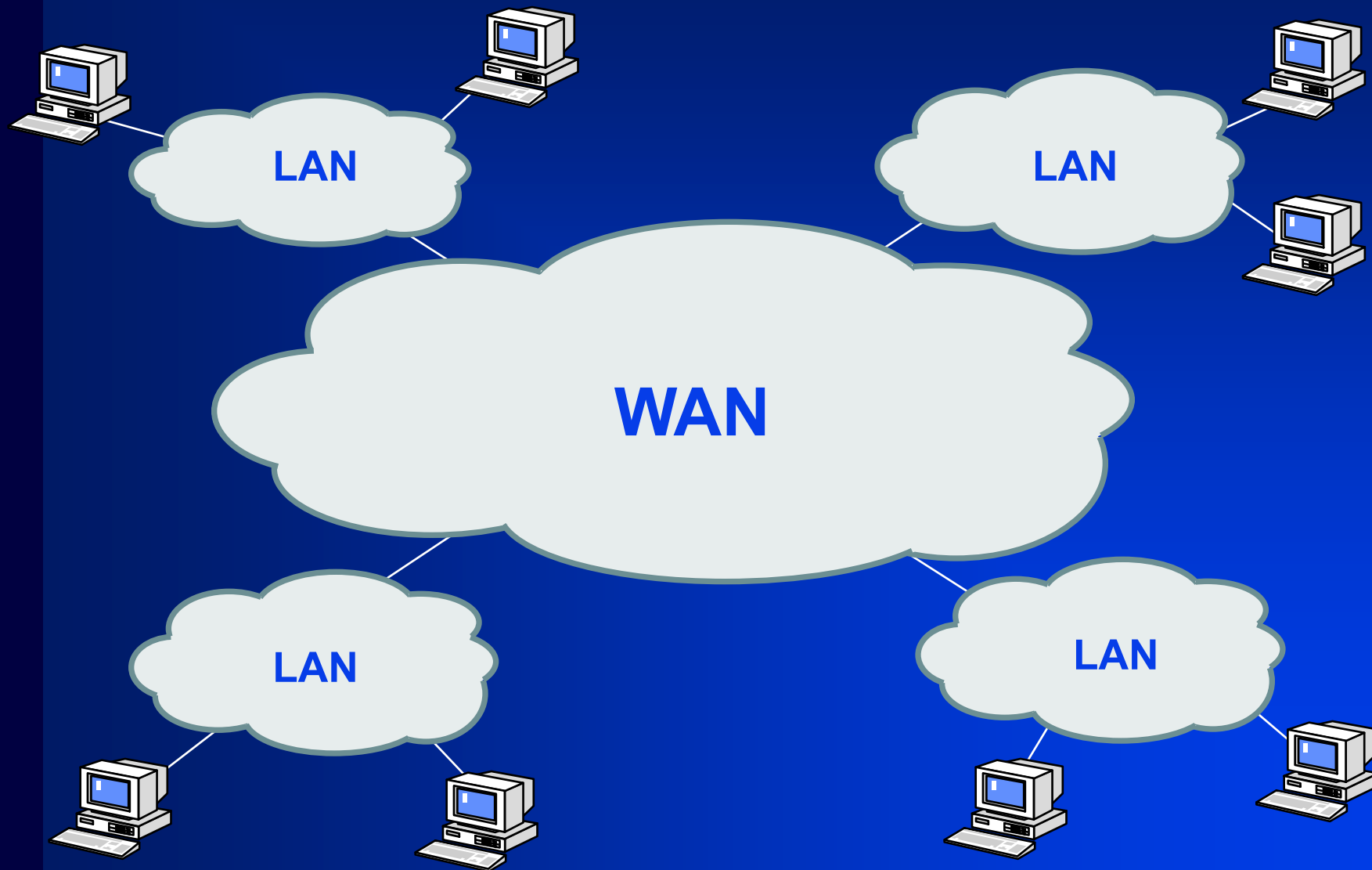


## ***Reti dati WAN***

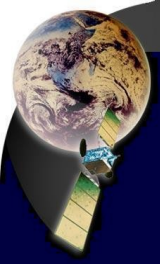
- **limitata velocità di trasmissione (< 1Mbps)**
- **vasta estensione geografica (nazione)**
- **rete pubblica**
- **gestori diversi**



# *LAN e WAN*



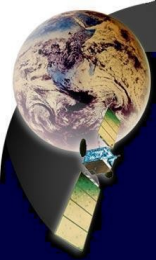




# *Infrastrutture*

**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**



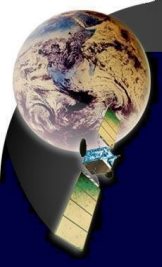
**trasmissione numerica**



**GSM**

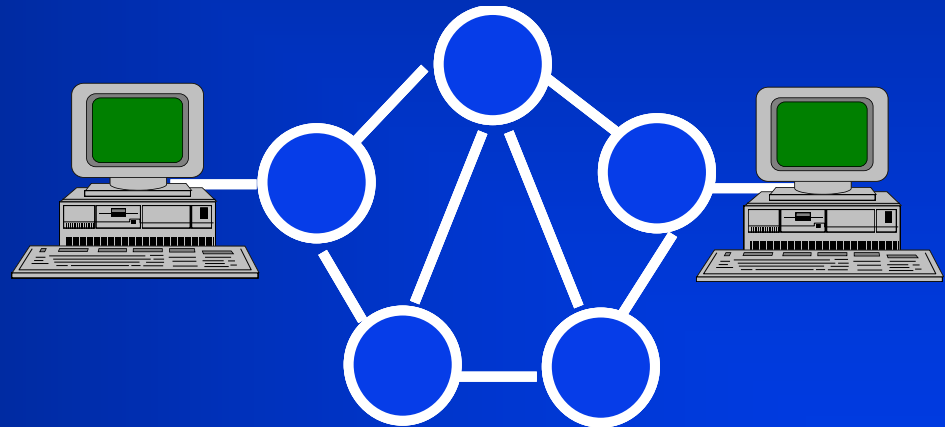


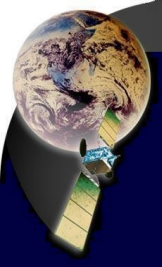
**UMTS**



# *Reti WAN dedicate per dati*

- traffico molto impulsivo
- bassa tolleranza agli errori





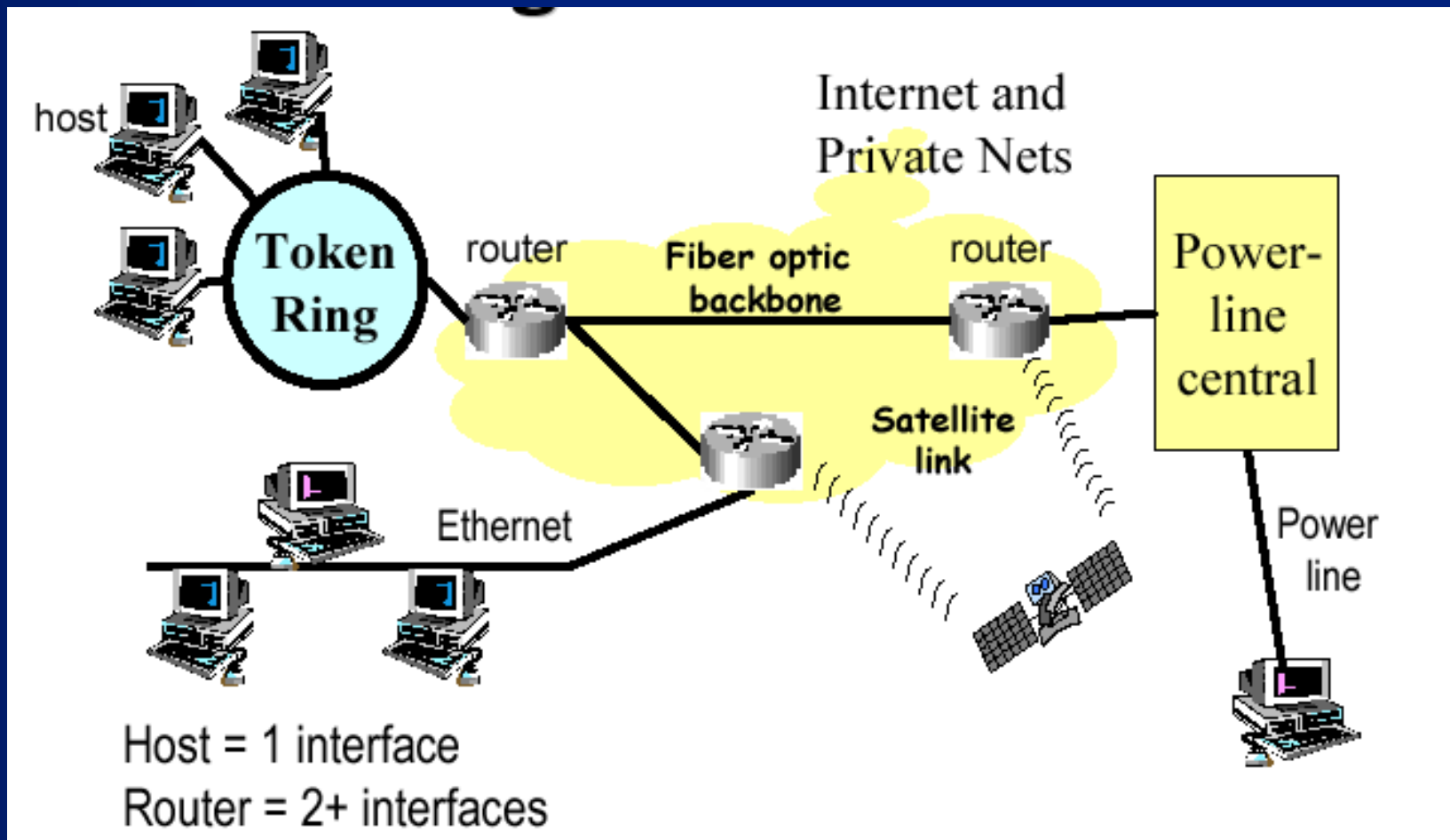
# ***Evoluzione delle reti dati WAN***

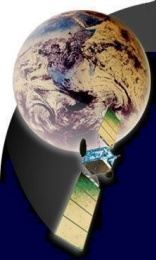
- **X-25**
- **Frame Relay**
- **ARPANET (1969)**
- **Internet**

**Caratteristica : commutazione di pacchetto**

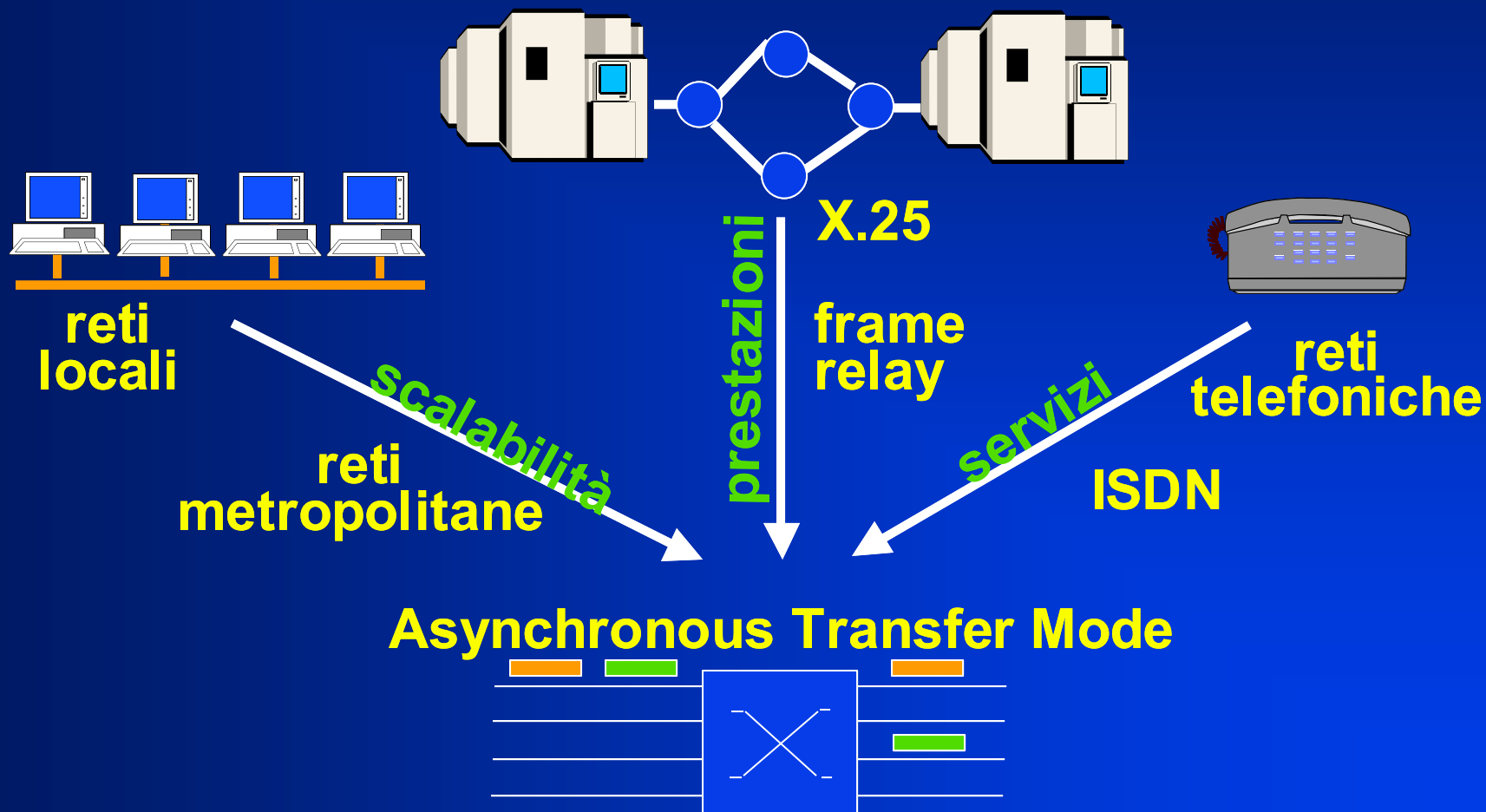


# *Internet: una rete di reti*



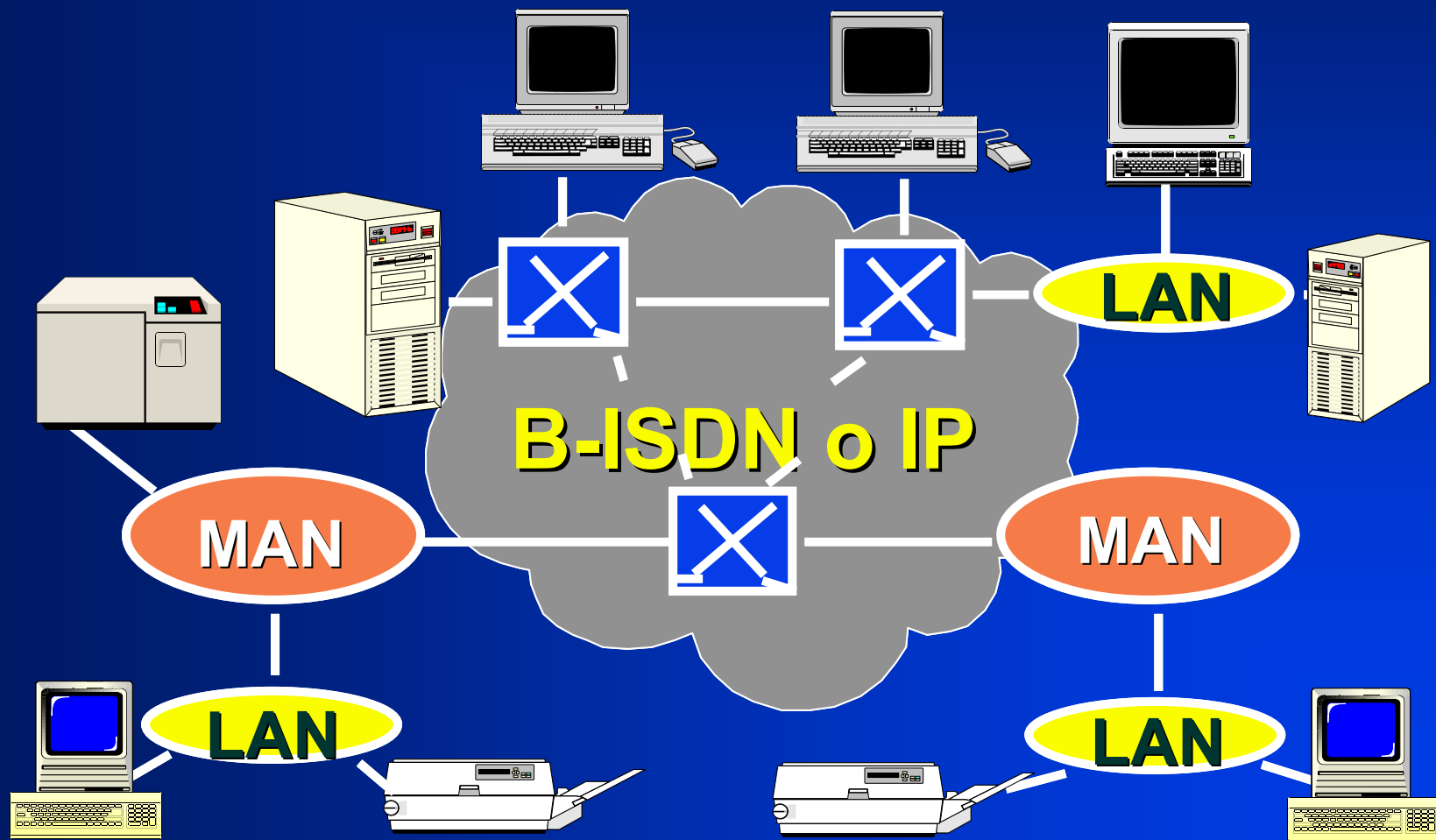


# Evoluzione delle reti di telecomunicazione





# 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



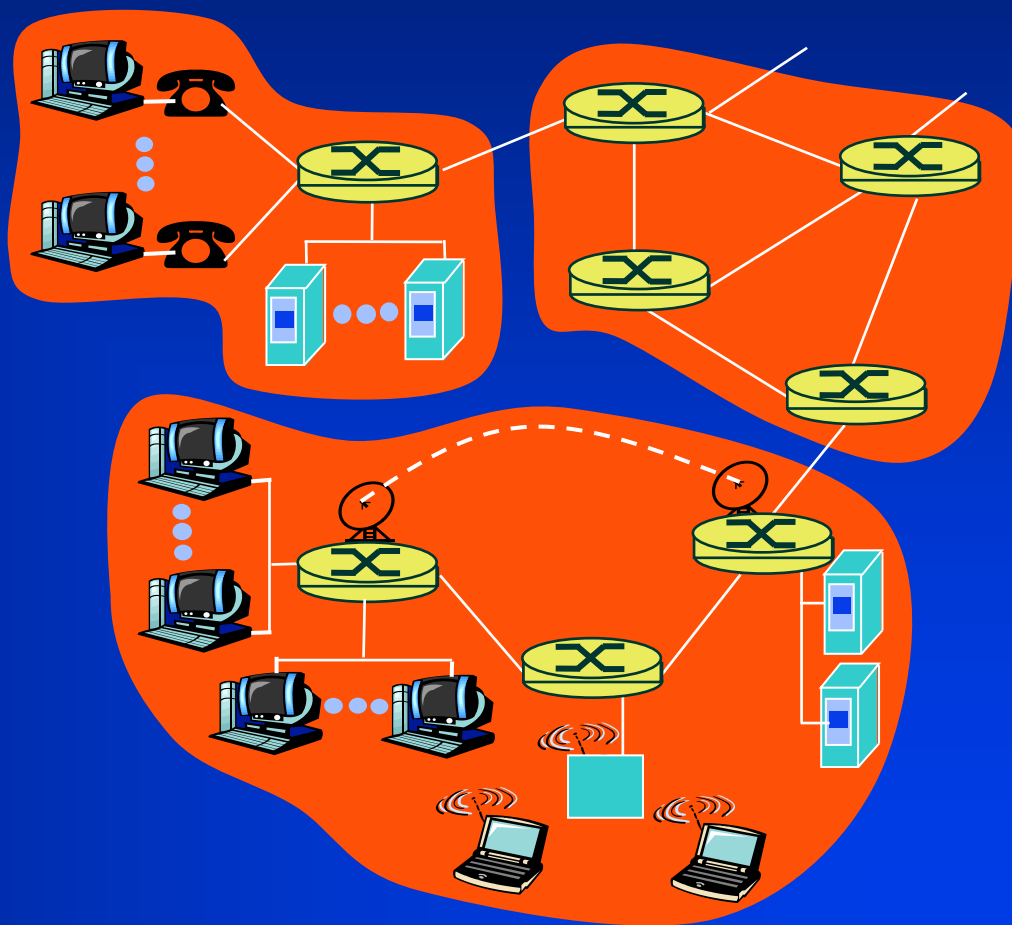
server

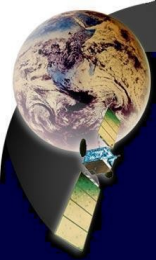


workstation



mobile





# *Uno sguardo più da vicino alla struttura di una rete telematica*

## ❖ **network edge:**

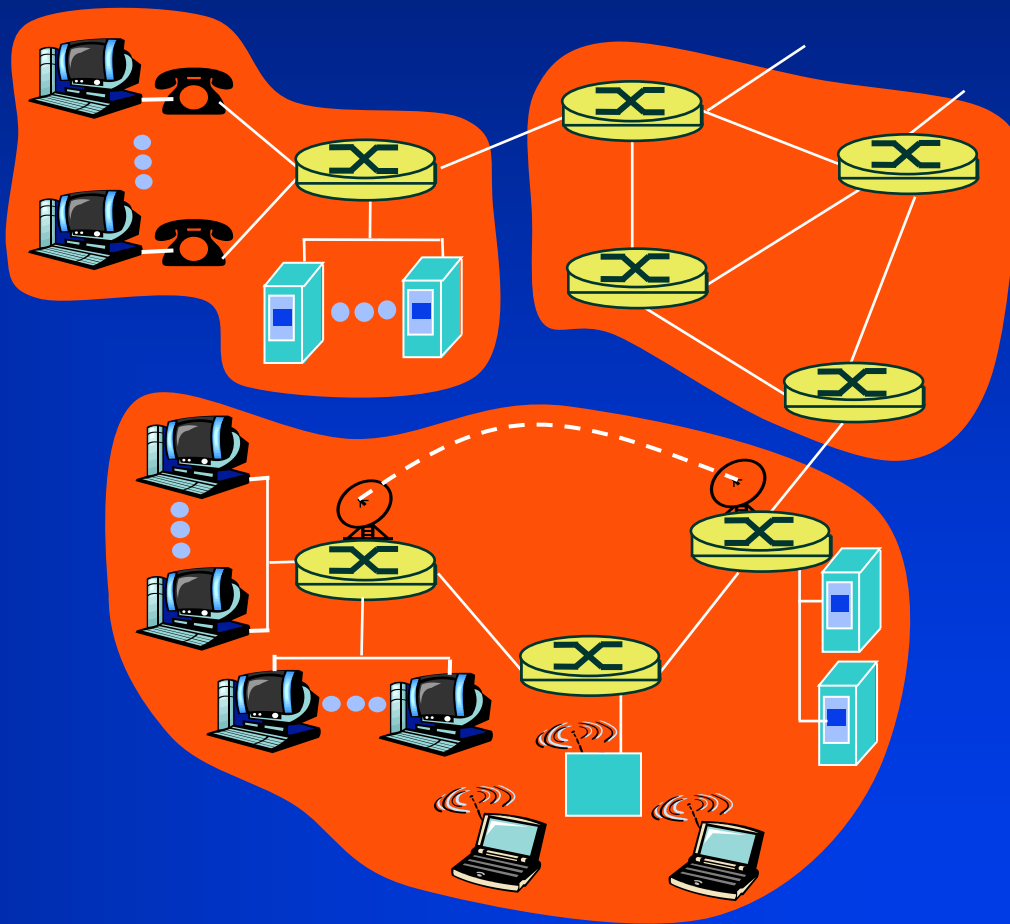
- modello di comunicazione tra end-system (client-server?)
- tipo di connessione

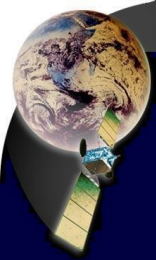
## ❖ **network core:**

- commutazione
- instradamento

## ❖ **access network:**

- quale tipo di canale?

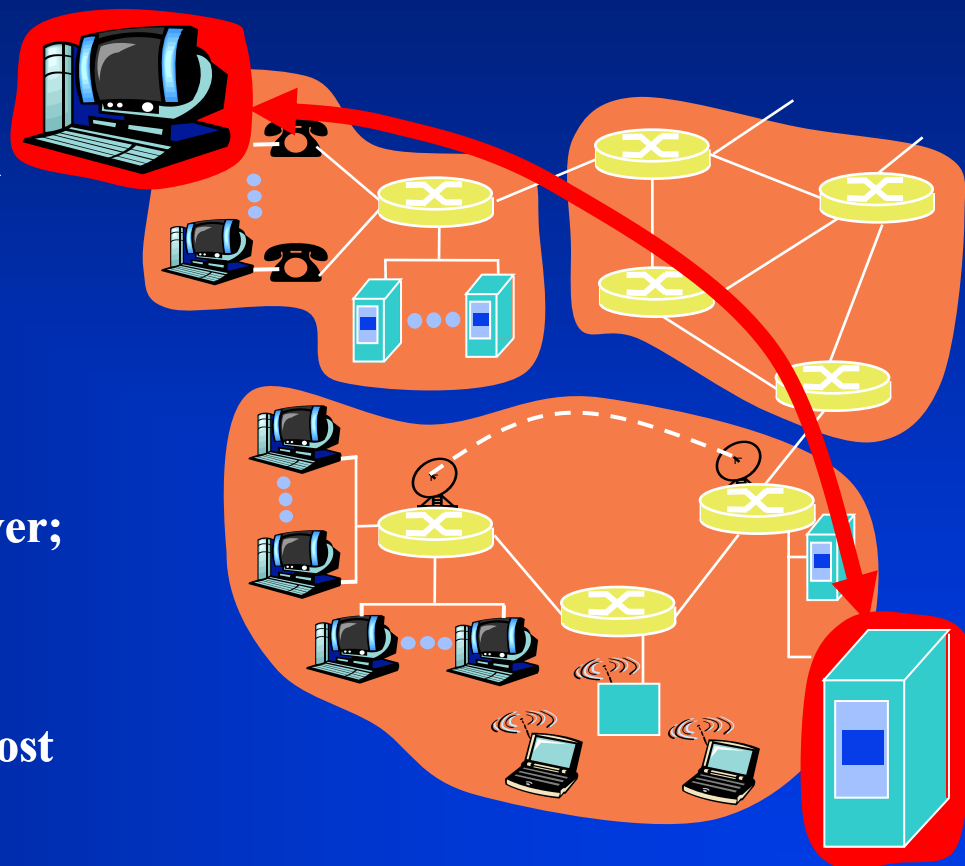


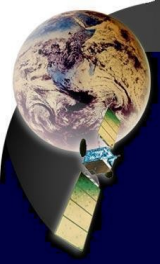


# Network edge

## ❖ 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

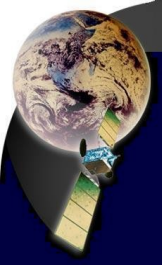




# *Modello client-server*

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)

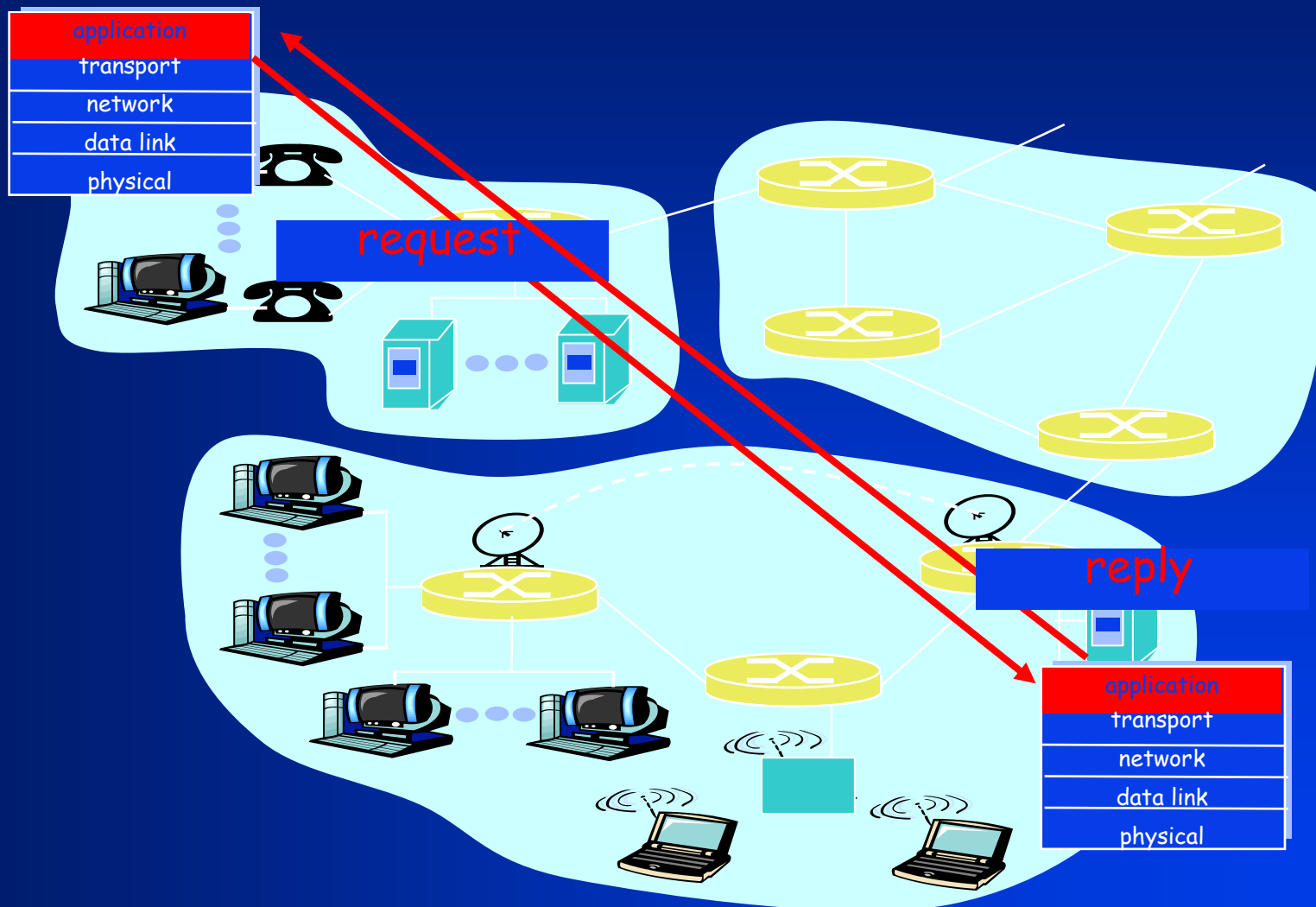


# ***Modello client-server***

**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

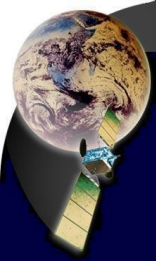
❖ **controllo di flusso**

– 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:**

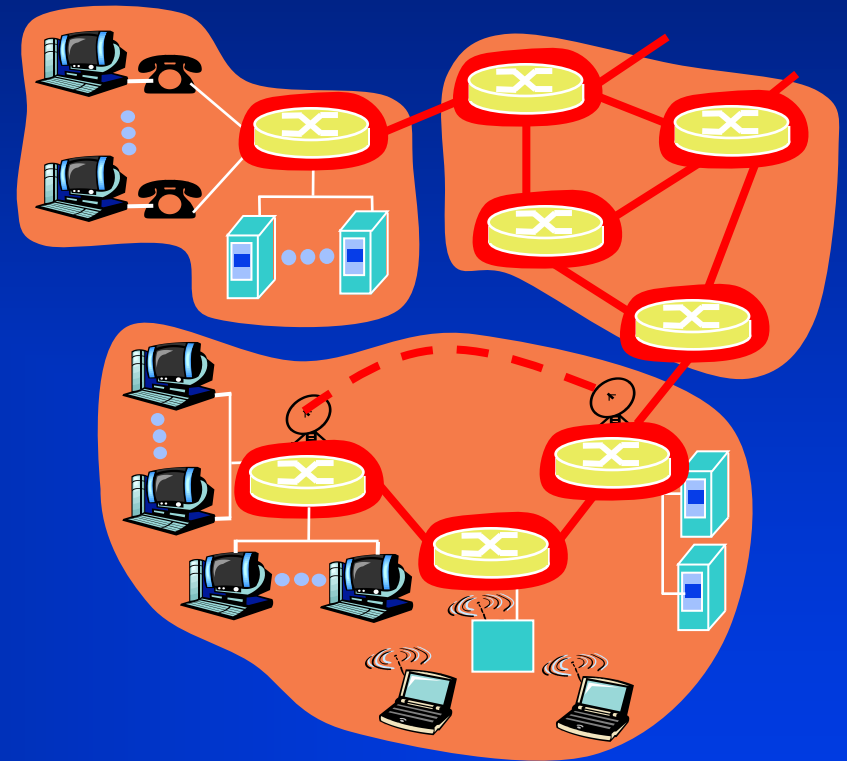
- ❖ streaming media, teleconferencing, Internet telephony

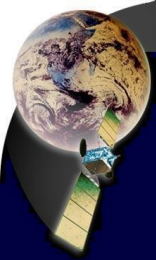


# Network Core

❖ 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”

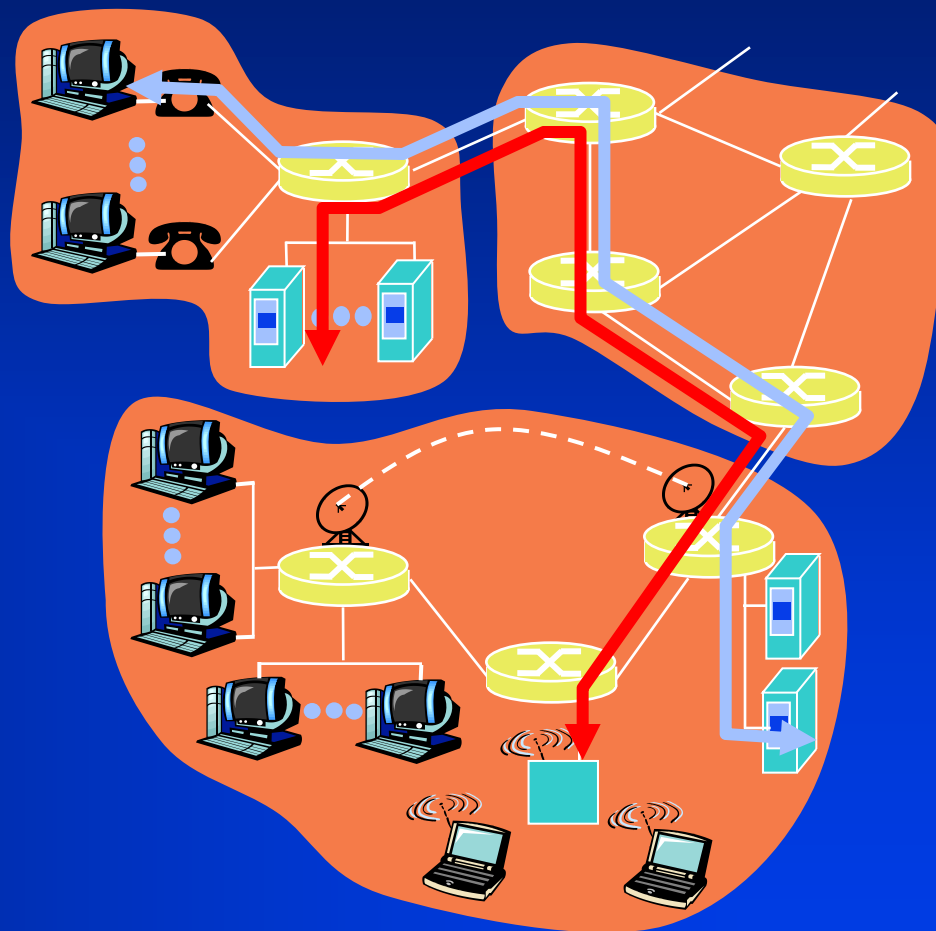




# Network Core: Commutazione di Circuito

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

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



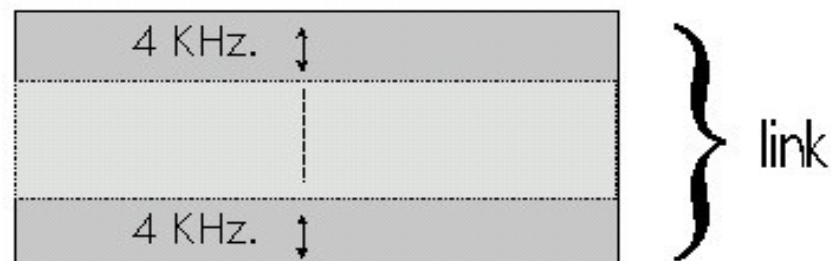


# Network Core: Commutazione di Circuito

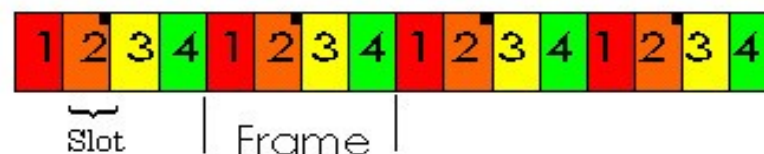
risorse di rete (es.,  
banda) **divise in**  
**“pezzi”**

- ❖ *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

FDM:



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