



**Politecnico
di Milano**

**Dipartimento di
Elettronica e
Informazione**

Reti di Telecomunicazione

Introduzione



Sommario

- **Servizi di telecomunicazione**
 - ◆ Tipologia dei servizi
 - ◆ Caratterizzazione della sorgente
- **Reti di telecomunicazione**

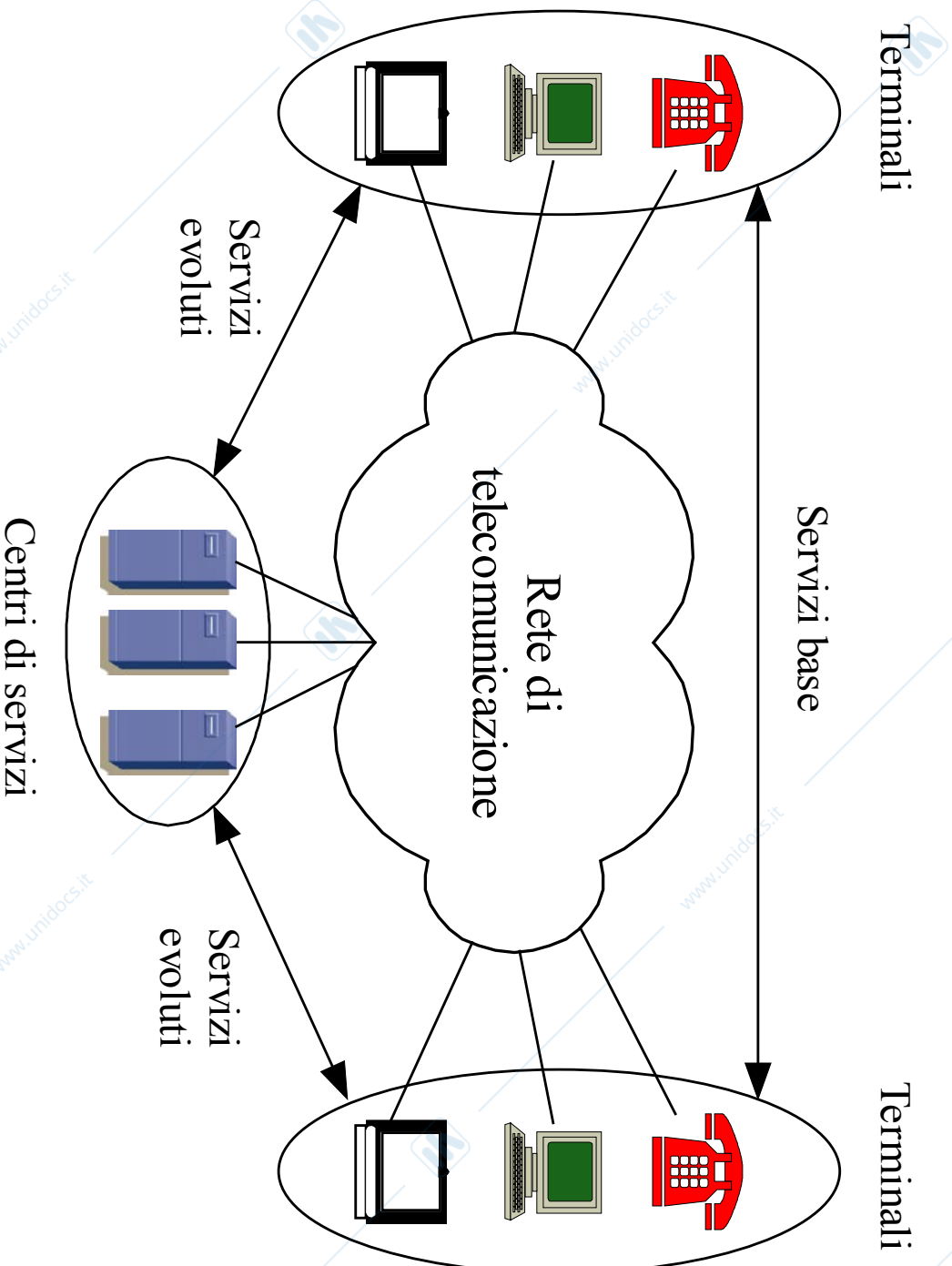


Sommario

- **Servizi di telecomunicazione**
 - ◆ Tipologia dei servizi
 - ◆ Caratterizzazione della sorgente
- **Reti di telecomunicazione**



Servizi e reti di telecomunicazione





Servizi di telecomunicazione

- **Caratteristiche del servizio**
 - ◆ **Natura informazione: uno solo o una combinazione di**
 - **Voce: Es. suoni**
 - **Dati: Es. testi**
 - **Immagini: Es. immagini fisse o in movimento**
 - ◆ **Tipo servizio**
 - **Monomediale: un solo tipo di informazione**
 - **Multimediale: almeno due tipi di informazione**
- **Oppure, «ortogonalmente» un servizio si può caratterizzare sulla base delle caratteristiche delle comunicazioni che lo supportano:**
 - ◆ **Modalità operative**



Servizi di telecomunicazione

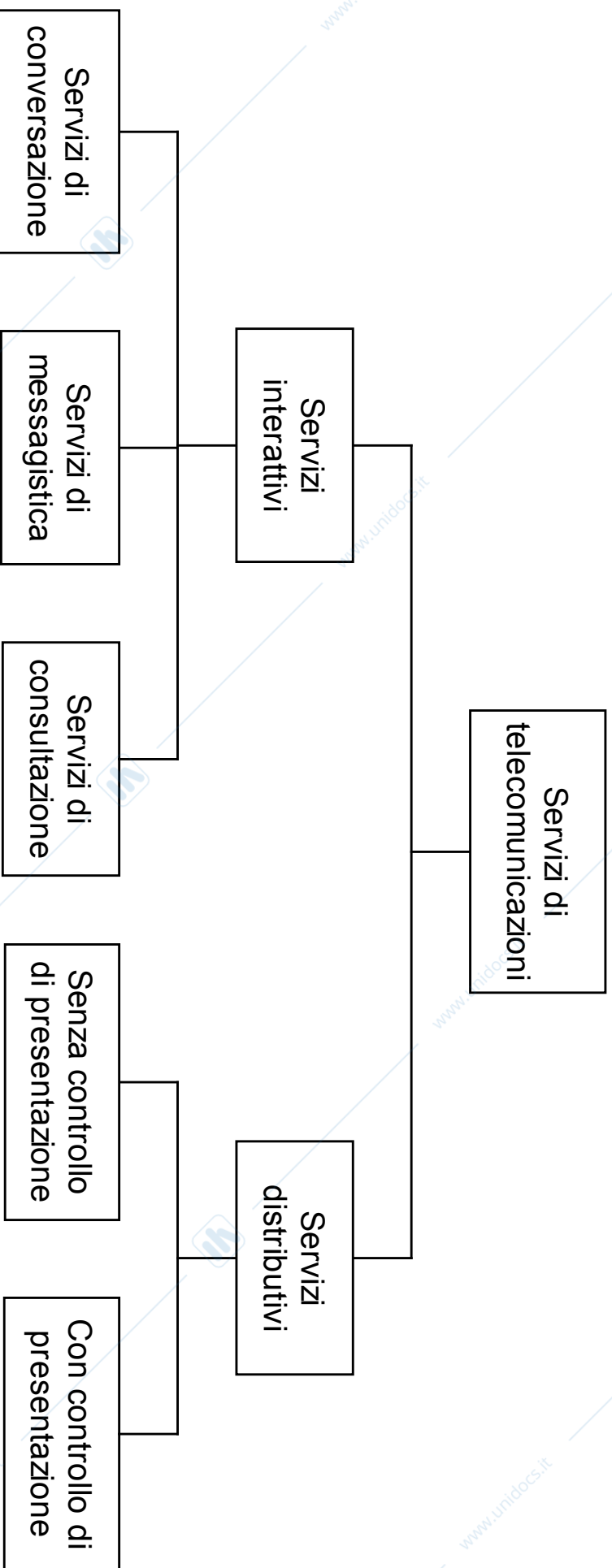
Caratteristiche delle comunicazioni

- **Configurazione**
 - ◆ Punto-punto: due punti di accesso
 - ◆ Multipunto: più di due punti di accesso
 - ◆ Diffusivo (broadcast)
- **Direzione**
 - ◆ Unidirezionale: un solo flusso informativo
 - ◆ Bidirezionale
 - Simmetrico: 2 flussi con stessi parametri
 - Asimmetrico: 2 flussi con parametri diversi
- **Inizializzazione**
 - ◆ 1 - Su base chiamata
 - Si articola in tre fasi: richiesta, utilizzazione, rilascio
 - Richiede il trasferimento della segnalazione
 - ◆ 2 - Su base contrattuale: permanente oppure a tempo
 - Non sono esplesate funzioni di segnalazione



Servizi di telecomunicazione

Tassonomia - ITU-T I.211





Servizi di telecomunicazione

Servizi interattivi

- **Servizi interattivi di conversazione**
 - ◆ Consentono scambio di informazioni in tempo reale (entità ritardo dipende dal servizio)
 - ◆ Esempio: Telefonia, Videotelefonia, Videoconferenza
- **Servizi interattivi di messaggistica**
 - ◆ Consentono scambio di informazioni in tempo differito
 - ◆ Uso di memorie
 - ◆ Esempio: Posta elettronica
- **Servizi interattivi di consultazione**
 - ◆ Consentono consultazione e reperimento di informazioni da centri di servizio
 - ◆ Utente richiede inoltre informazioni a centro di servizio
 - ◆ Utente controlla il trasferimento delle informazioni
 - ◆ Esempio: Teledidattica, Video on demand, Teleadvertising



Servizi di telecomunicazione

Servizi distributivi

- **Servizi distributivi senza controllo di presentazione**
 - ◆ Consentono la diffusione di informazioni a un numero arbitrario di utilizzatori
 - ◆ Utente non controlla l'ordine delle informazioni ricevute
 - ◆ Esempio: Broadcast TV, Pay TV, Video/audio distribution
- **Servizi distributivi con controllo di presentazione**
 - ◆ Consentono la diffusione di informazioni a un numero arbitrario di utilizzatori
 - ◆ Informazione strutturata in unità cicliche
 - ◆ Utente controlla l'ordine delle informazioni ricevute
 - ◆ Esempio: Teletext (Televideo)



Servizi di telecomunicazione

Attributi

	Configurazione			Direzione			Inizializzazione	
	Pt-pt	Mpt	Dif	Bid sim	Bid asim	Unid	Chiam.	Contr.
Interattivo Convers	◆	◆		◆	◆		◆	◆
Interattivo Mess	◆	◆		◆		◆	◆	
Interattivo Consult	◆	◆			◆		◆	◆
Distrib senza cont		◆	◆		◆	◆	◆	◆
Distrib con cont			◆			◆		◆



Servizi di telecomunicazione

Requisiti dei servizi

- Prestazioni richieste dai servizi dipendono fortemente dal tipo di servizio
- Parametri di prestazione del servizio
 - ◆ Probabilità di blocco
 - ◆ Tempo di ritardo (media, varianza, percentile)
 - ◆ Traffico trasportato (velocità media o «frequenza di trasmissione» media o «bit rate»)
 - ◆ Probabilità di perdita/errore

	Telefonia	Dati interattivi	e-mail	Video-on-demand
Prob. blocco	< 1%	$\cong 0$	$\cong 0$	$\cong 0$
Ritardo medio	< 100 ms	o(1 s)	o(1 min)	o(1 s)
Velocità media	10-64 kbit/s	1-100 kbit/s	o(bit/s)	o(Mbit/s)
Prob. perdita /errore	o(1%)	$\cong 0$	$\cong 0$	o(1%)



Sommario

- **Servizi di telecomunicazione**
 - ◆ Tipologia dei servizi
 - ◆ Caratterizzazione della sorgente
- **Reti di telecomunicazione**



Servizi di telecomunicazione

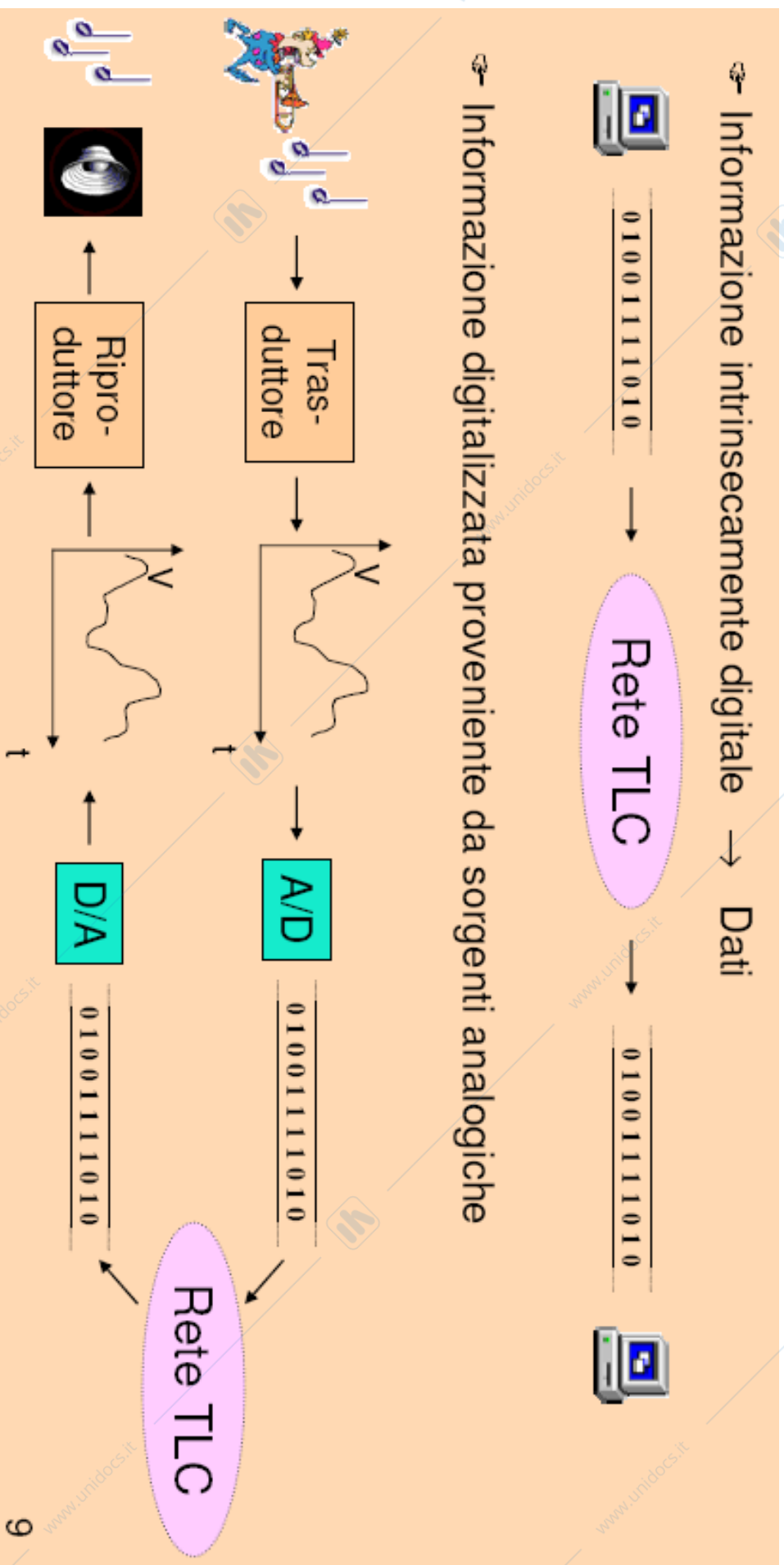
Caratteristiche delle sorgenti

- **Tipo di sorgente**
 - ◆ **Analogica** (richiede la conversione in forma numerica)
 - Le sorgenti analogiche emettono informazioni di vario tipo (es. suoni, immagini in movimento) che vengono anzitutto trasformate in segnali elettrici da appositi “trasduttori”. Il segnale in uscita dal trasduttore è ad esempio un valore di tensione che varia nel tempo. Il segnale può assumere valori arbitrari all’interno di un intervallo di tensioni (varia cioè in modo “continuo”).
 - La voce prodotta da un utente telefonico. Il trasduttore è il microfono nella cornetta telefonica, che produce un segnale elettrico. A destinazione il segnale elettrico viene mandato al riproduttore cioè l’altoparlante nella cornetta telefonica.
 - ◆ **Numerica**
 - Le sorgenti numeriche emettono informazione in forma digitale cioè costituita da una sequenza di “bytes” o bit.
 - **Esempi di sorgenti digitali:**
 - Un PC che accede ad un sito Web su Internet genera una sequenza di messaggi di richiesta che sono rappresentati da bytes.
 - Un terminale Bancomat, che accede al server della banca per compiere le transazioni necessarie, inviando opportune sequenze di caratteri (bytes).



Servizi di telecomunicazione

Caratteristiche delle sorgenti





Servizi di telecomunicazione

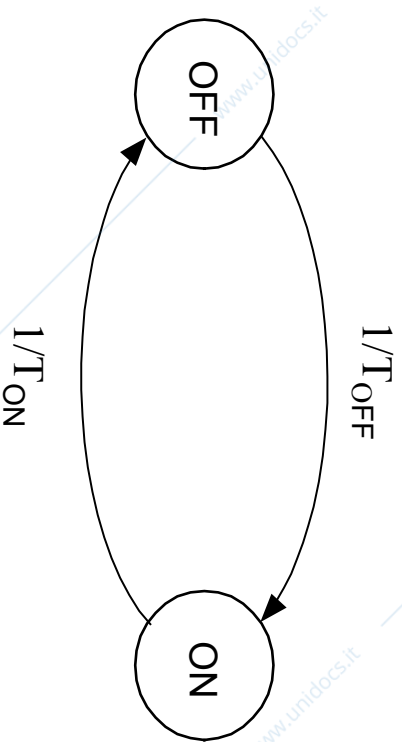
Modello di sorgente numerica ON-OFF

■ Modello basato su 2 parametri

- ◆ Frequenza di picco, P
- ◆ Frequenza media, A
 - Fattore di burstiness, B $B = \frac{A}{P}$
- ◆ Ton

■ Classificazione delle sorgenti

- ◆ Constant bit rate (CBR)
 - Voce codificata
 - Video codificato senza riduzione di ridondanza
 - File transfer
- ◆ Variable bit rate (VBR)
 - Voce codificata con soppressione dei silenzi
 - Video codificato con riduzione di ridondanza



$$(1/T_{\text{off}})P_{\text{off}} = (1/T_{\text{on}})P_{\text{on}}$$

$$P_{\text{off}} + P_{\text{on}} = 1$$

$$P_{\text{on}} = T_{\text{on}} / (T_{\text{on}} + T_{\text{off}})$$

$$P_{\text{on}} = B$$

$$P_{\text{off}} = T_{\text{off}} / (T_{\text{on}} + T_{\text{off}})$$



Reti di telecomunicazione

■ Richiami teorici sui modelli di sorgente CBR vs VBR (lavagna)

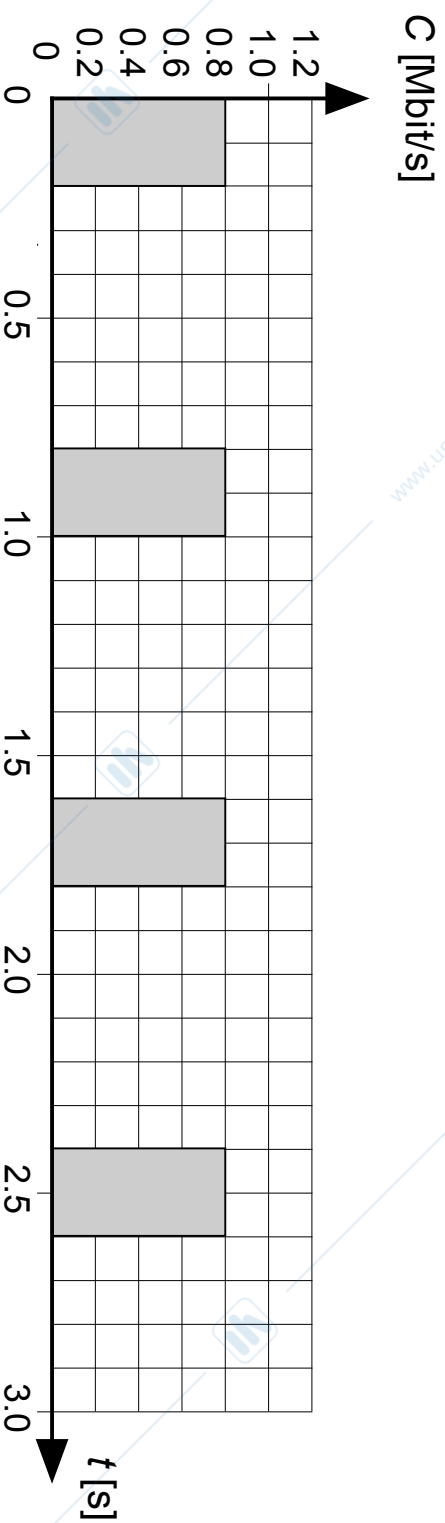


Servizi di telecomunicazione

Caratteristiche delle sorgenti

- Periodi di attività e inattività a durata fissa T_{ON} e T_{OFF}

$$B = \frac{T_{ON}}{T_{OFF} + T_{ON}}$$





Caratteristiche dei servizi di telecomunicazione

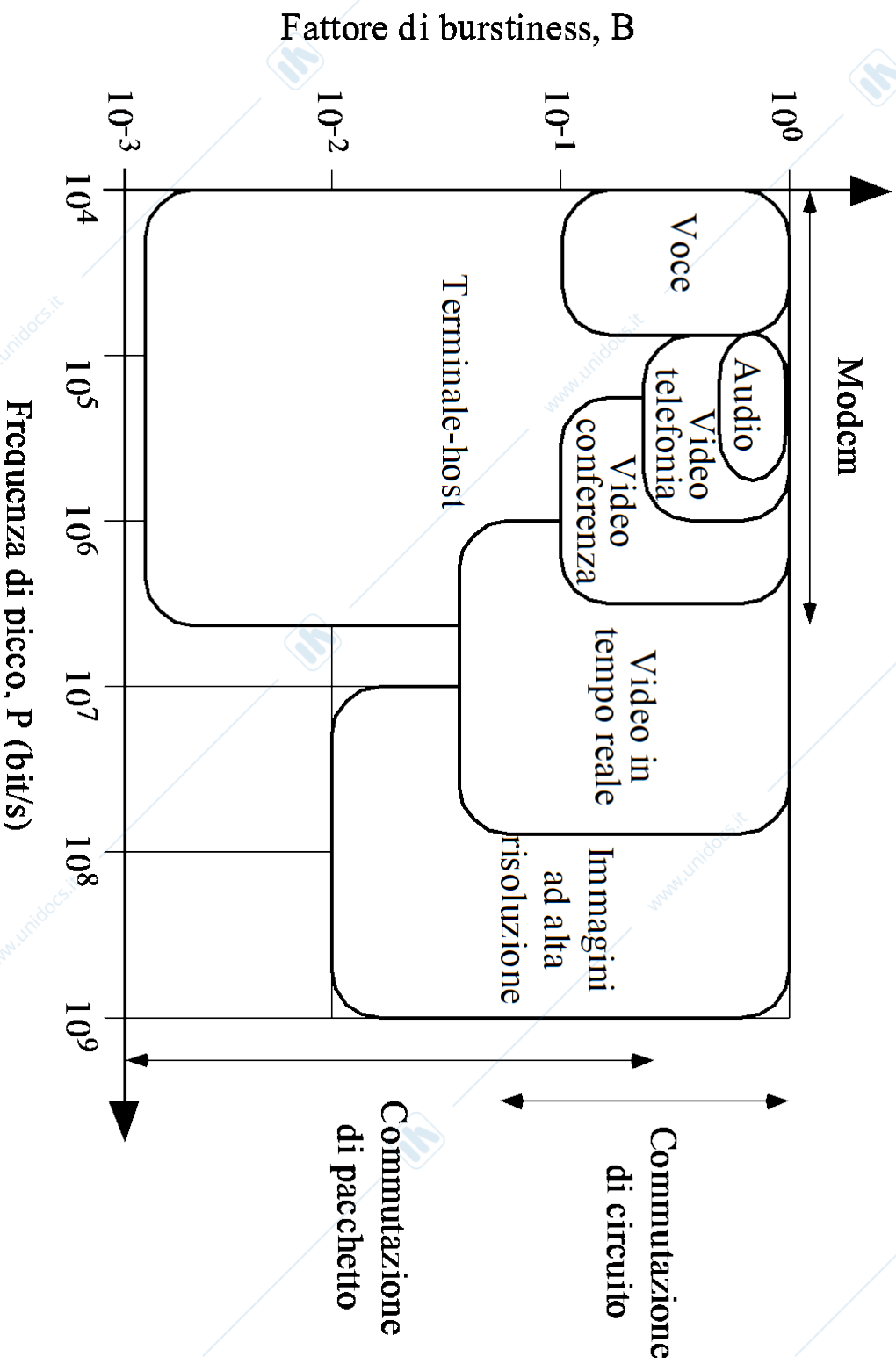
Frequenza di picco

Class	Mbit/s	Service
Low speed	0.0001-0.001 0.005-0.1 0.001-0.1	Telemetry/POS Voice Data/images
Medium speed	0.1-1 0.1-1 0.1-10	HI-FI sound Videoconference Data/images
High speed	1-5 10-50 10-1000	Compressed TV Uncompressed TV Data/images



Caratteristiche dei servizi di telecomunicazione

Fattore di burstiness





Sommario

- **Servizi di telecomunicazione**
- **Reti di telecomunicazione**
 - ◆ **Struttura**
 - ◆ **Topologia**

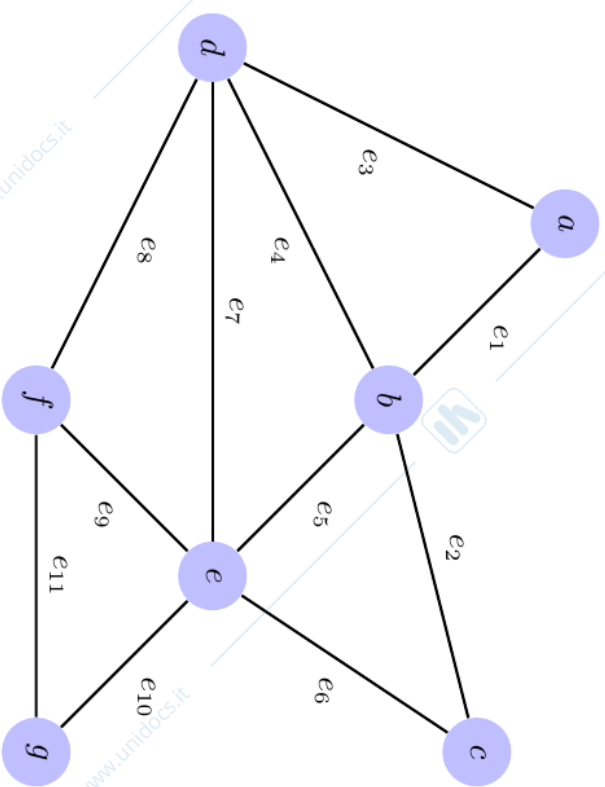


Reti di telecomunicazione

Rappresentazione mediante grafo

- Ogni rete può essere rappresentata in maniera semplificata mediante un grafo
- Richiami teorici sulla teoria dei grafi (lavagna)

- ◆ Grafo orientato vs non orientato
- ◆ Grado di un nodo
- ◆ Cammino minimo
- ◆ Cammino chiuso

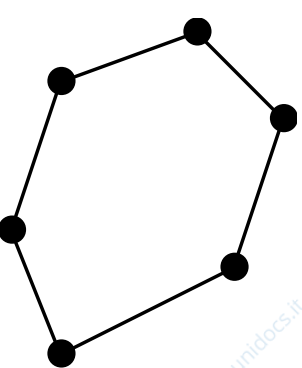
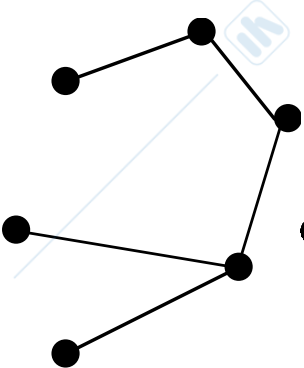
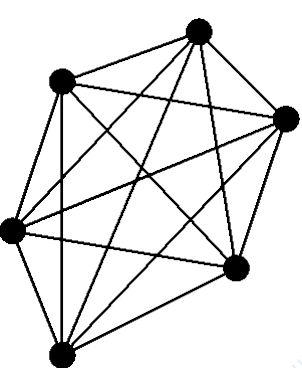
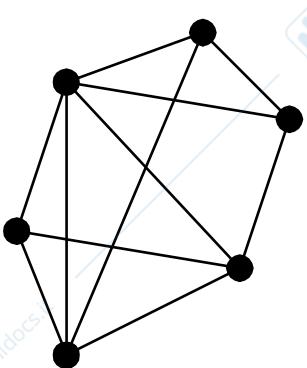




Reti di telecomunicazione

Topologie

- N nodi da interconnettere mediante link (costo del link α)
- **Maglia (più di un cammino chiuso)**
 - ◆ Numero rami E, $N < E < N(N-1)/2$
 - ◆ Costo: $o(N) < \text{costo} < o(N^2)$
 - ◆ Nodo generico può agire anche da smistatore
 - ◆ Caso particolare: Maglia completa
 - Tutti percorsi diretti
 - Costo = #rami = $\alpha(N(N-1)/2) = o(N^2)$
 - Rami dedicati alla coppia di nodi
 - Percorsi a lunghezza minima $L_{\min} = 1$
- **Albero (nessun cammino chiuso)**
 - ◆ $E = N - 1 \rightarrow \text{Costo} = \alpha(N - 1) = o(N)$
 - ◆ Percorsi a lunghezza variabile
 - ◆ Inaffidabile, praticabile solo se area limitata
- **Anello (un solo cammino chiuso)**
 - ◆ $E = N \rightarrow \text{Costo} = \alpha N = o(N)$
 - ◆ Praticabile sia in area estesa sia in area limitata



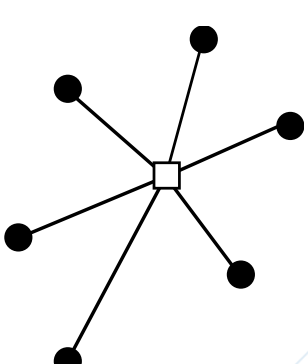


Reti di telecomunicazione

Topologie

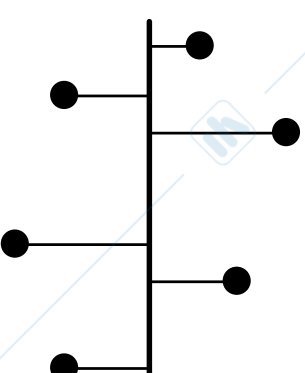
■ Stella

- ◆ N rami dedicati, uno per nodo
- ◆ 1 nodo di commutazione
- ◆ Costo = $\alpha N + \beta_{\text{nodo}} = o(N)$
- ◆ Percorsi a lunghezza fissa $L=2$
- ◆ Soluzione praticabile solo se nodi vicini



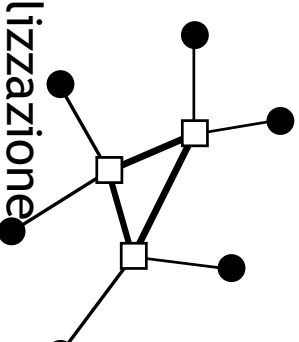
■ Bus

- ◆ Struttura centrale condivisa
- ◆ Procedure di mutuo controllo
- ◆ Costo = $\alpha N + \beta_{\text{bus}} = o(N)$
- ◆ Percorsi a lunghezza fissa $L=2$
- ◆ Praticabile solo se area limitata



■ Maglia + stella

- ◆ K nodi più complessi: instradamento più difficile
- ◆ Rami (giunzioni): risorse condivise ← alto fattore di utilizzazione

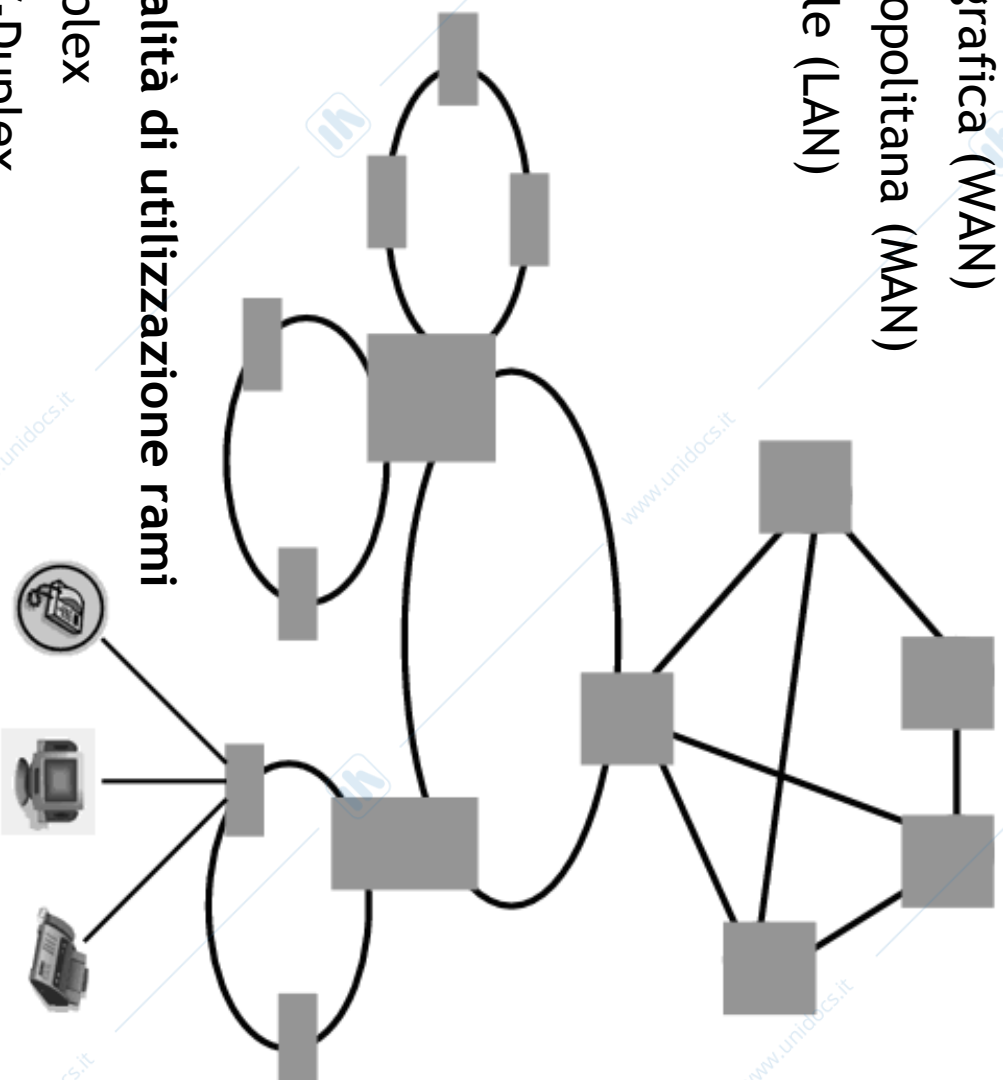




Reti di telecomunicazione

WAN, MAN, LAN

- Estensione di una rete di TLC
 - ◆ Geografica (WAN)
 - ◆ Metropolitana (MAN)
 - ◆ Locale (LAN)



Long haul
- 100s-1000s km
- Mesh

Metro (interoffice)
- 10s of km
- Rings

Access
- a few km
- Hubbed rings, trees

Users

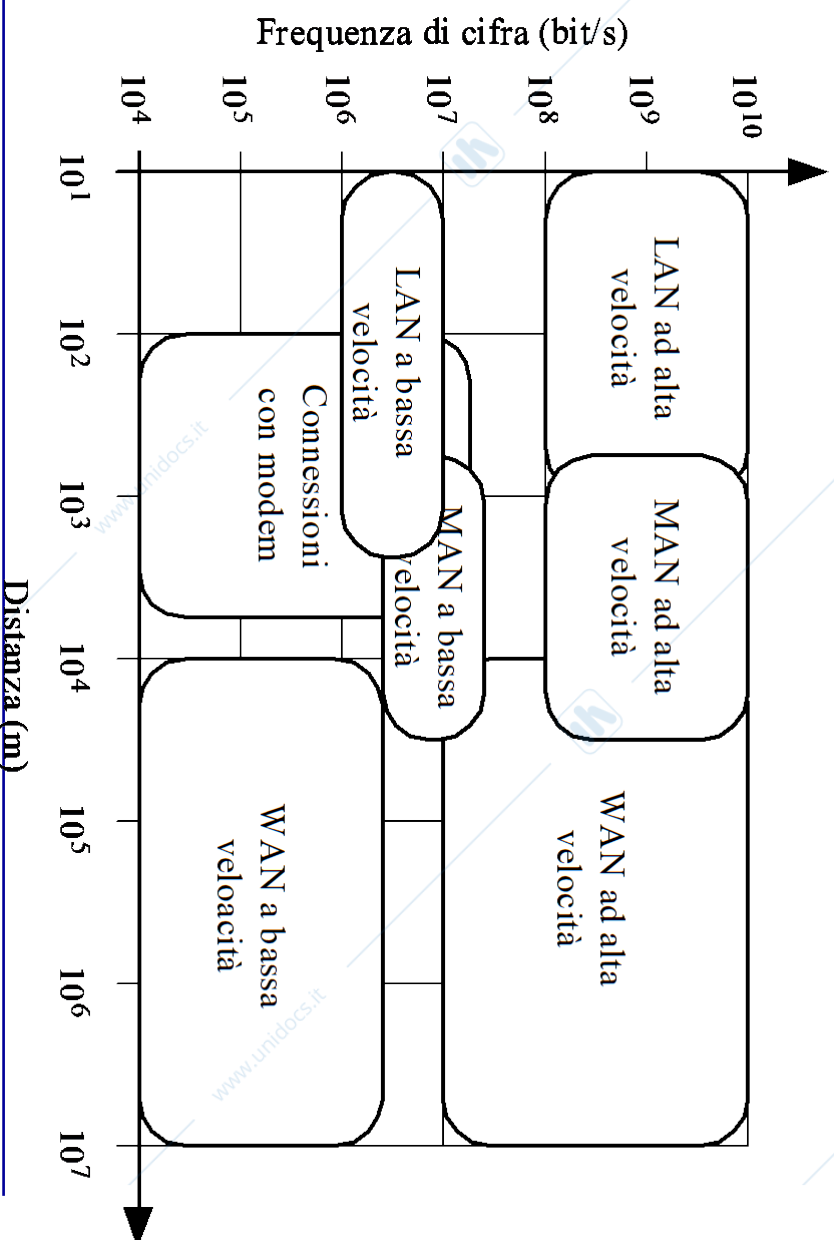
- NB: Modalità di utilizzazione rami
 - ◆ Simplex
 - ◆ Half-Duplex
 - ◆ Full-Duplex



Reti di telecomunicazione

Ambiti di impiego

- **Tipi di rete**
 - ◆ **LAN: Local Area Network**
 - Impiegate in aree limitate (tipicamente edifici, campus)
 - ◆ **MAN: Metropolitan Area Network**
 - Coprono estensioni fino ad alcune decine di km
 - ◆ **WAN: Wide Area Network**
 - Hanno copertura ampia a piacere

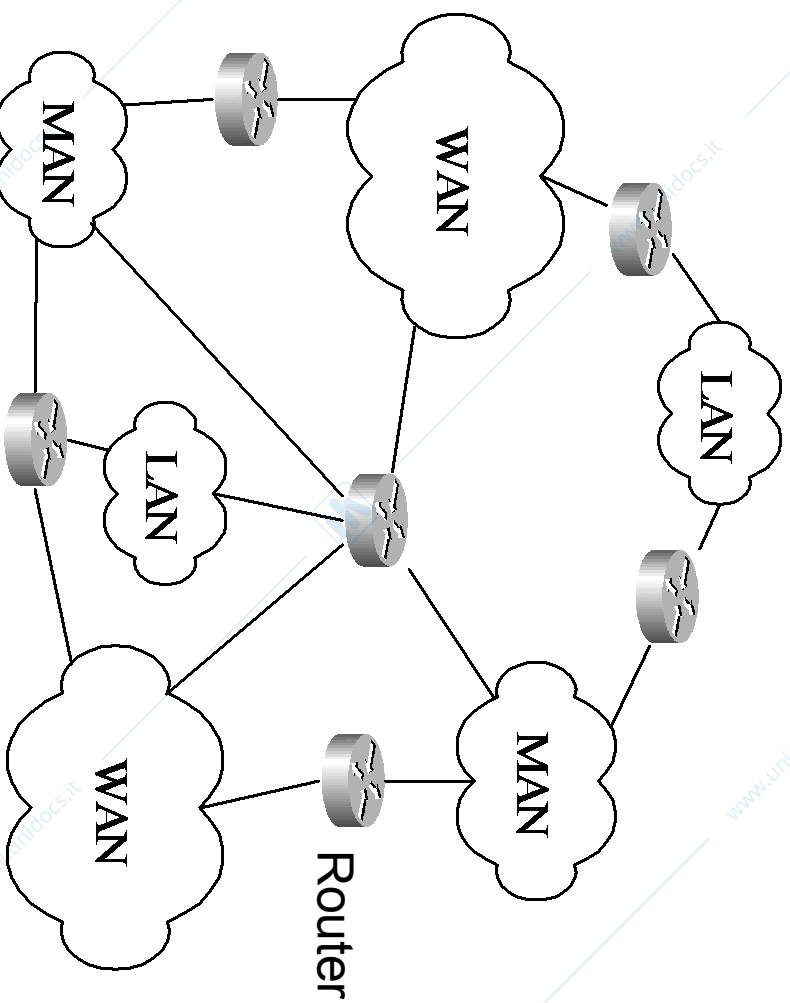




Reti di telecomunicazione

La rete Internet

- La rete Internet realizza un'unica rete planetaria che interconnette diverse tipologie di rete

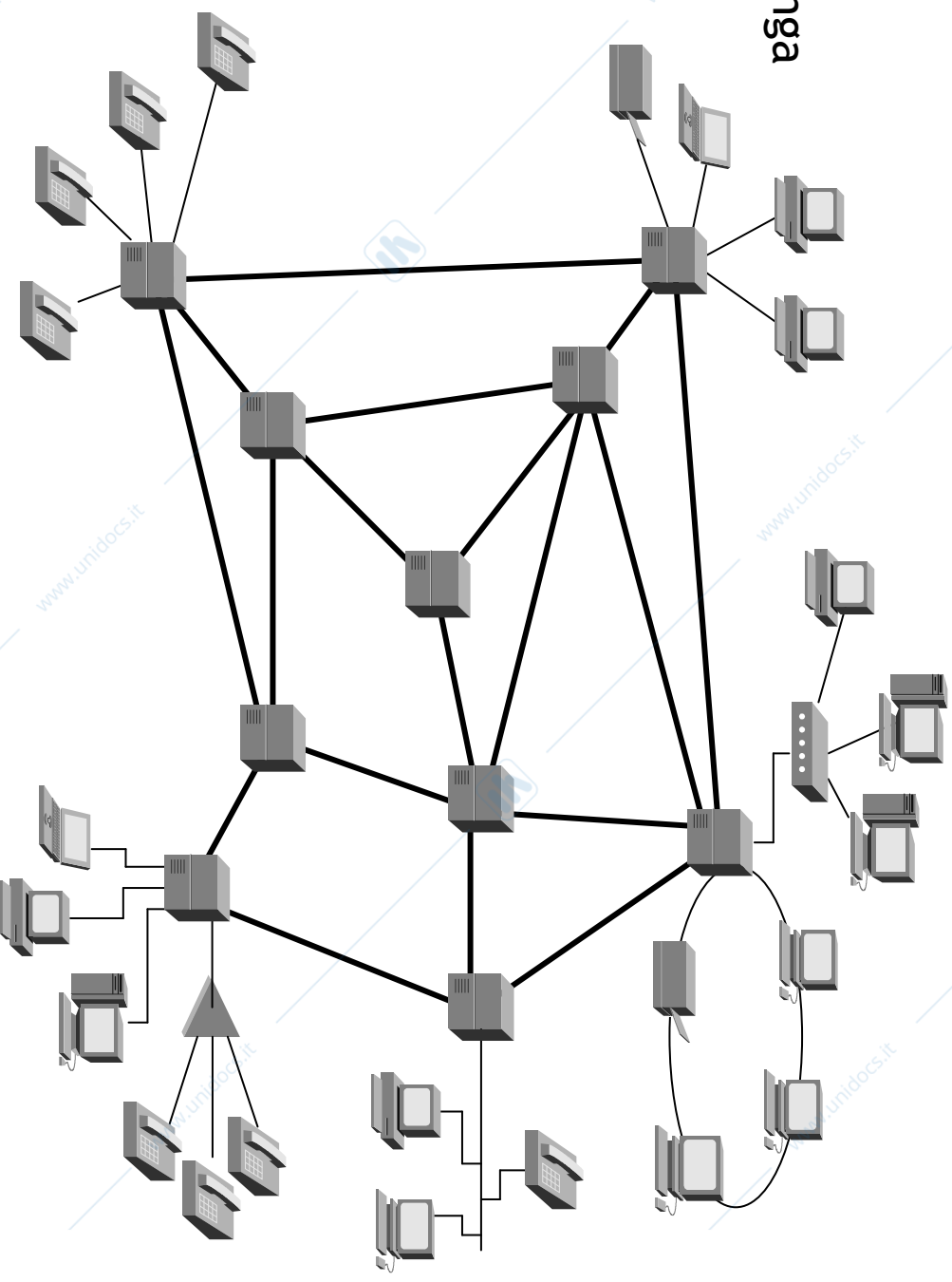




END

Schema generale di una rete

- **Due sezioni di rete**
 - ◆ Rete di trasporto (a lunga distanza)
 - ◆ Rete di accesso o di distribuzione
 - Area di utenza
 - Area di accesso
- **Criterio generale dimensionamento di rete**
 - ◆ Condivisione max di risorse

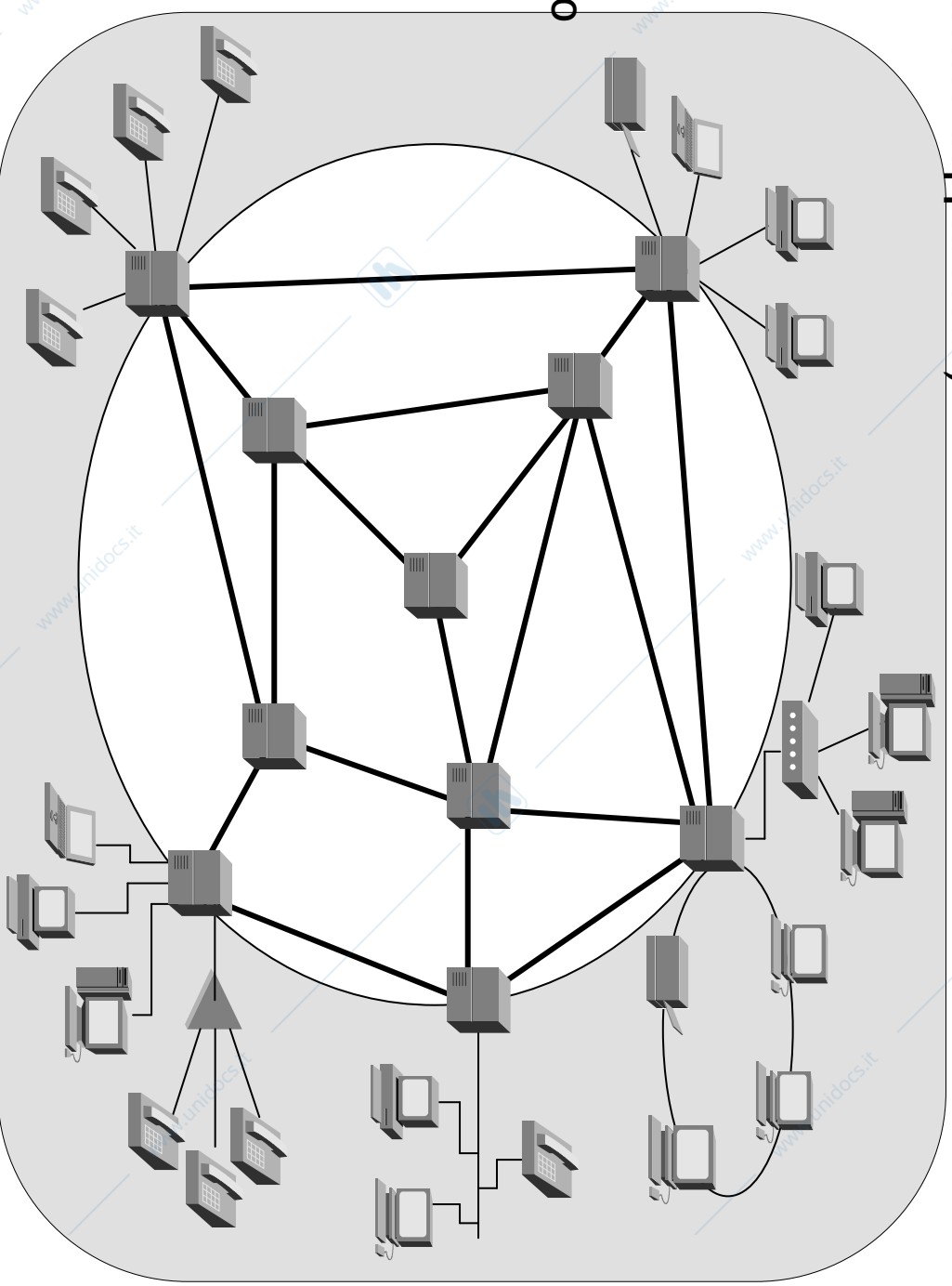


Reti di telecomunicazione

Rete di accesso

■ Grafo

- ◆ Topologia dipende dal servizio e dalla tecnologia
 - A stella (eventualmente doppia stella)
 - A bus
 - Ad anello
- ◆ Nodi
 - Nodi di accesso
 - Utenti
- ◆ Rami: linee di accesso



- **Grafo**
 - ◆ Topologia a maglia incompleta
 - ◆ **Nodi**
 - Nodi di transito
 - **Nodi di accesso**
- **Sistemi trasmissivi**
 - ◆ Apparatati terminali schematizzati nei nodi
 - ◆ Apparatati di linea schematizzati nei rami
- **Commutatori: realizzano le funzionalità di nodo di rete**

