



**Politecnico
di Milano**

**Dipartimento di
Elettronica e
Informazione**

Reti di Telecomunicazione

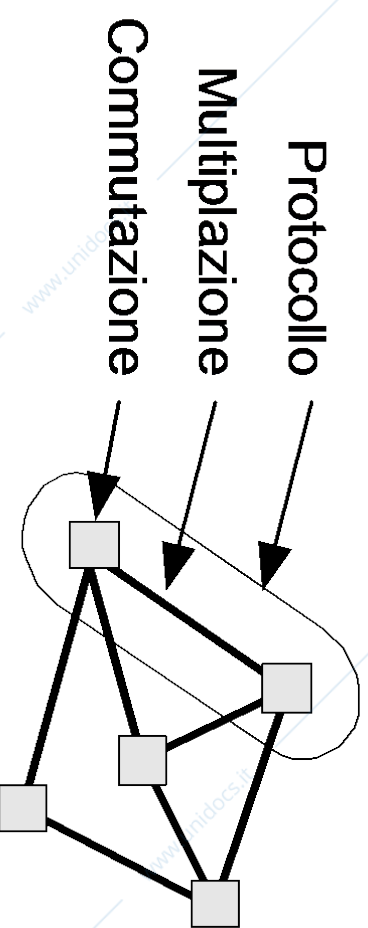
Modi di trasferimento dell'informazione



Servizi di trasferimento dell'informazione

Generalità

- **Informazione da trasferire strutturata in unità informative (UI)**
- **Un servizio di comunicazione ha tre componenti chiave (detti «modi di trasferimento»)**
 - ◆ **Tecnica di commutazione**
 - **Tipo di funzionamento dei nodi di rete per instradare l'informazione**
 - ◆ **Tecnica di moltipolazione**
 - **Modalità di condivisione della banda nei rami della rete**
 - **Può variare da rete di accesso a rete di trasporto**
 - ◆ **Architettura protocollare**
 - **Tipo di stratificazione delle funzioni di comunicazione nelle apparecchiature di utente e nei nodi di rete**





Sommario

- **Architetture di protocolli**
- **Tecniche di commutazione**
- **Tecniche di moltiplicazione**

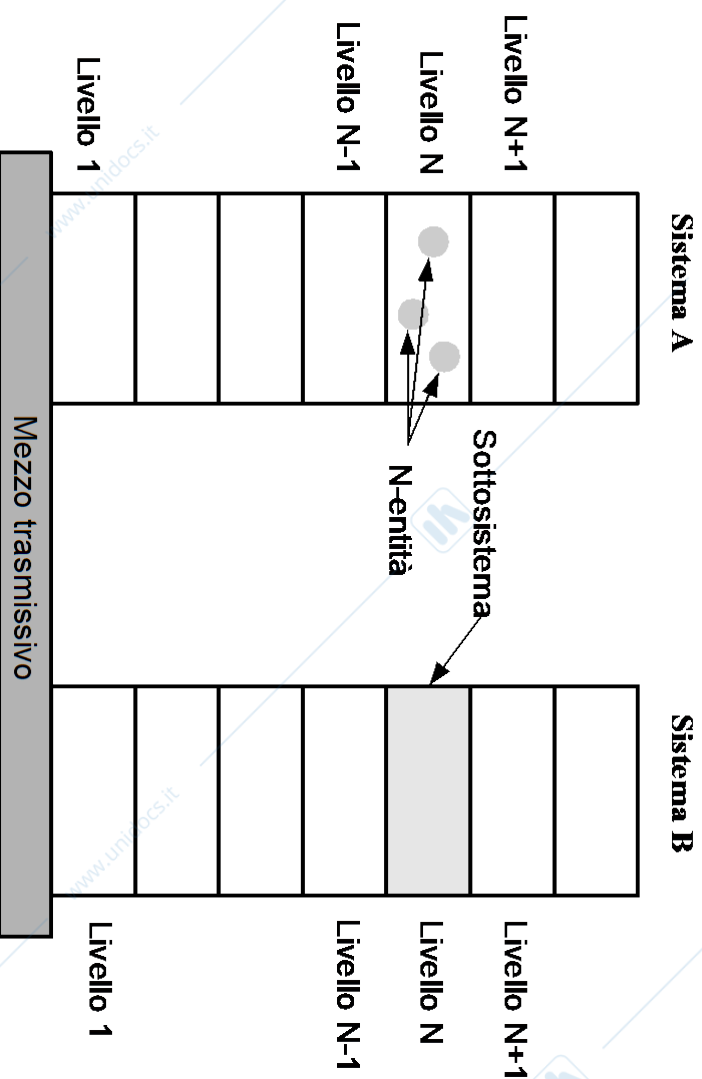
Modi di trasferimento



Modi di trasferimento

Architettura di protocolli

- **Modello OSI - Open Systems Interconnection**
 - ◆ Standard ISO 7498 (1983) per la interconnessione dei sistemi aperti
- **Due criteri fondamentali**
 - ◆ Raggruppamento: funzioni simili per logica/tecnologia associate in gruppi omogenei
 - ◆ Stratificazione: gruppi gerarchicamente organizzati da definire interfacce omogenee

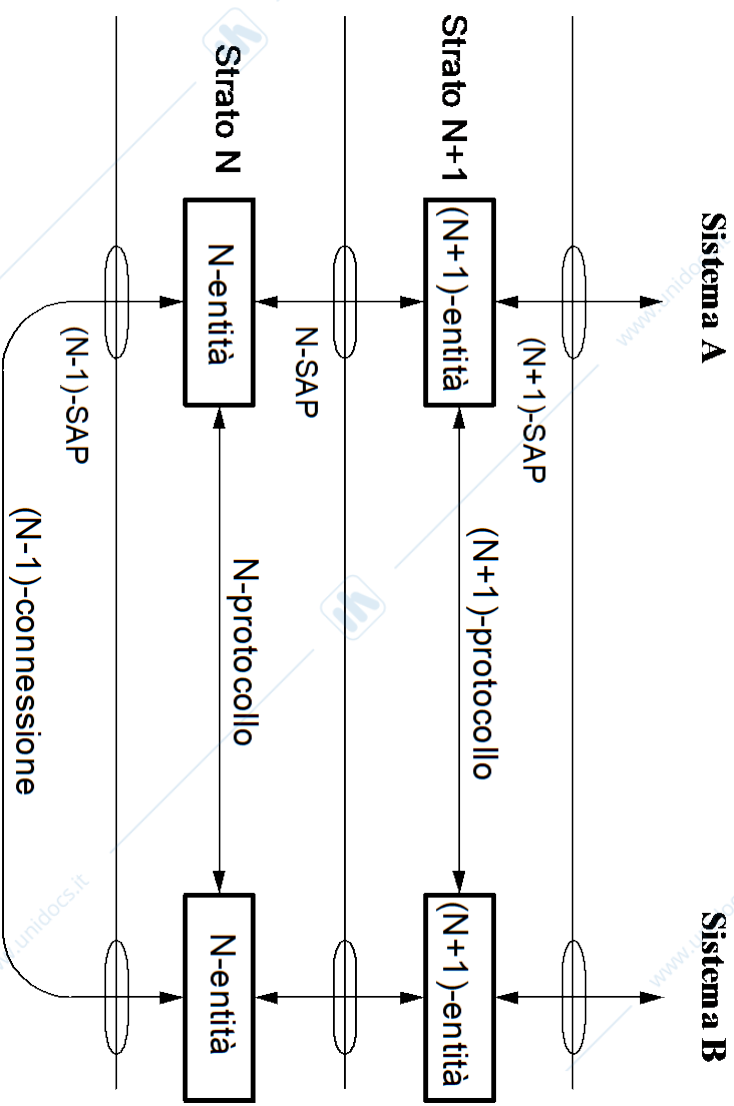




Modello OSI

Caratteristiche

- Ogni strato aggiunge valore ai servizi forniti dallo strato inferiore e li fornisce allo strato superiore
- N-servizio fornito indipendentemente dalle procedure realizzative
- N-strato fornisce servizio (N-connessione) alle (N+1)-entità all'interfaccia N-SAP
- N-protocollo regola l'interazione tra N-entità dei due sistemi
- Trasferimento di dati tra due sistemi al livello N+1 richiede la cooperazione di due (N+1)-entità e di una N-connessione

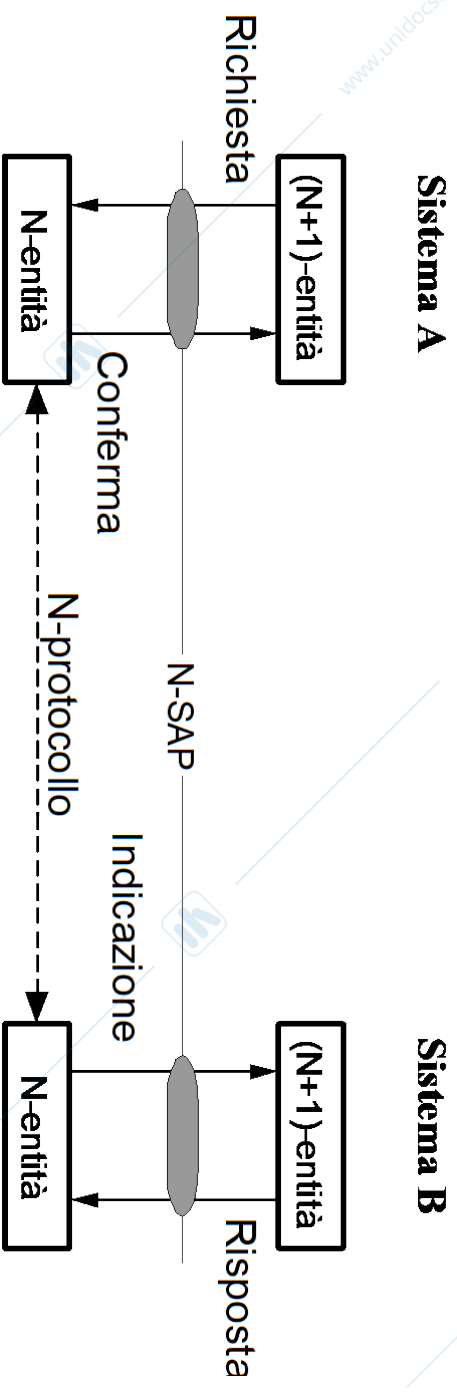




Modello OSI

Primitive scambiate ai SAP

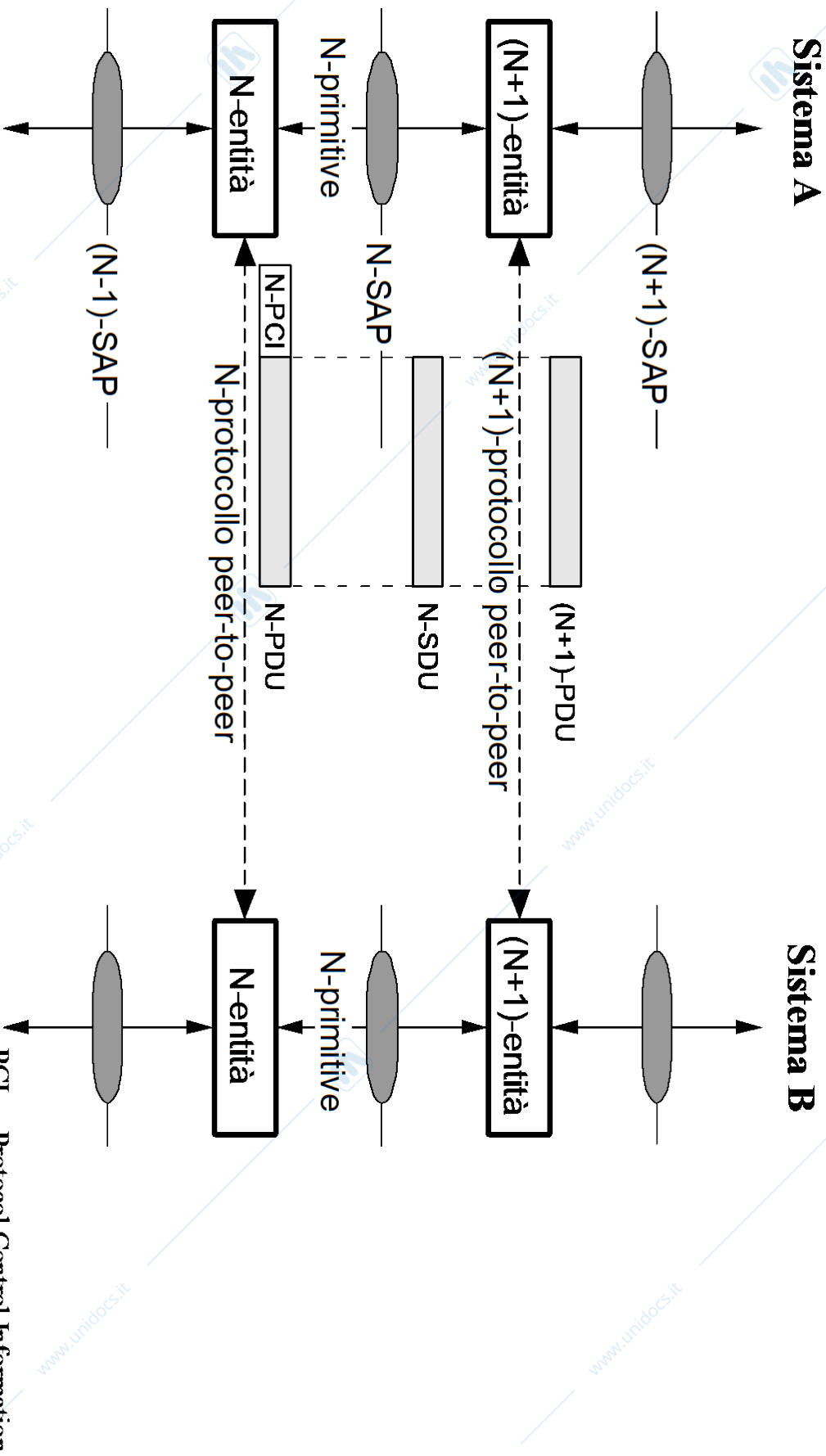
- **Tipo di servizio**
 - ◆ **Confermato**
 - Richiesta
 - Indicazione
 - Risposta
 - Conferma
 - ◆ **Non confermato**
 - Richiesta
 - Indicazione
 - ◆ **Iniziato dal fornitore**
 - **Indicazione**





Modello OSI

Relazione tra unità dati

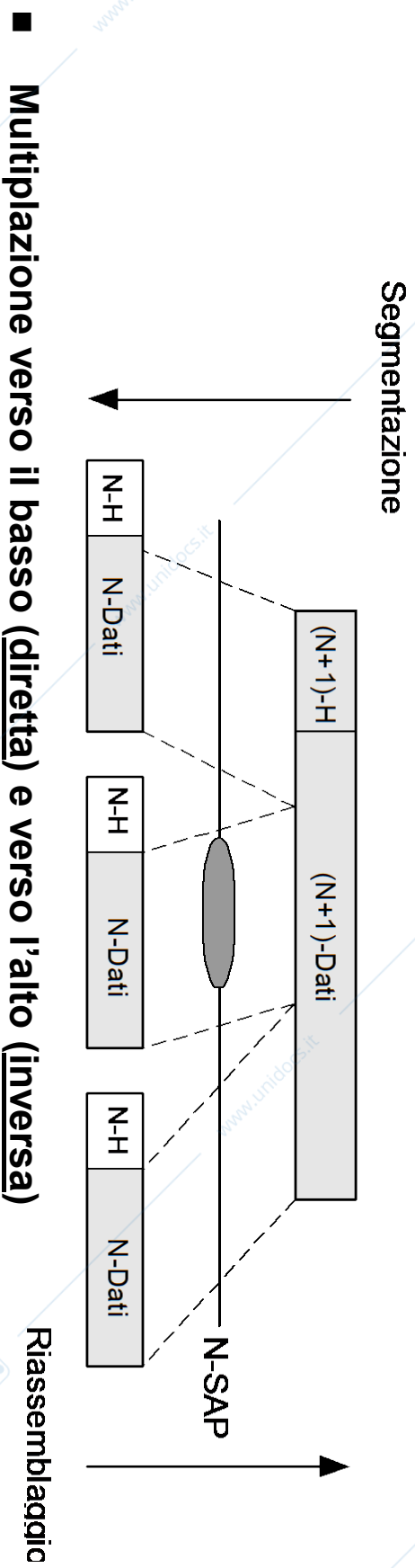




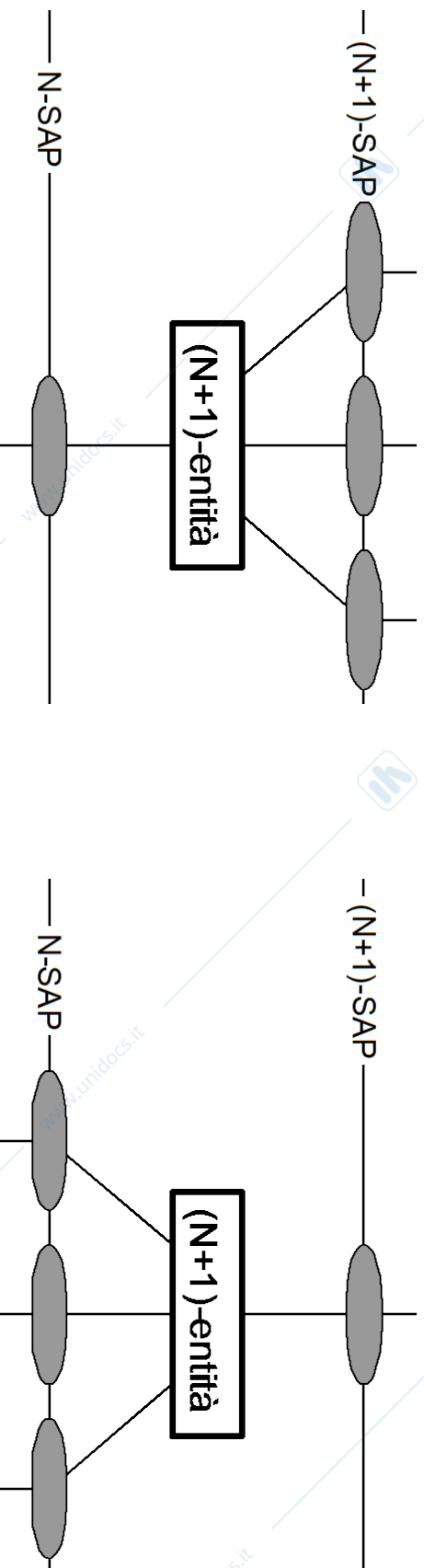
Modello OSI

Relazione tra unità dati

- Segmentazione e riassetblaggio



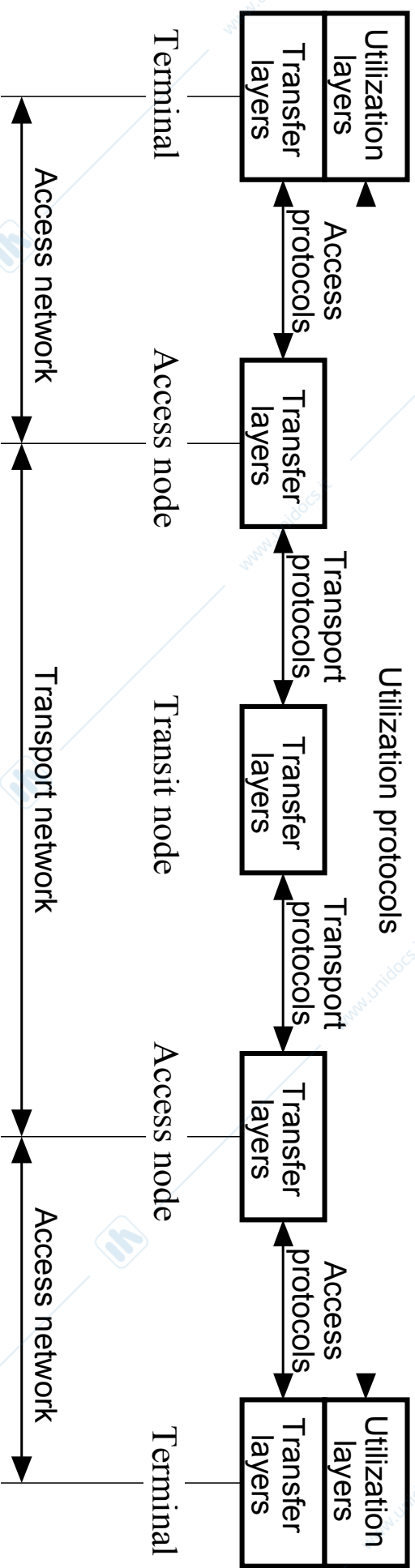
- Moltiplicazione verso il basso (diretta) e verso l'alto (inversa)





Modello a strati

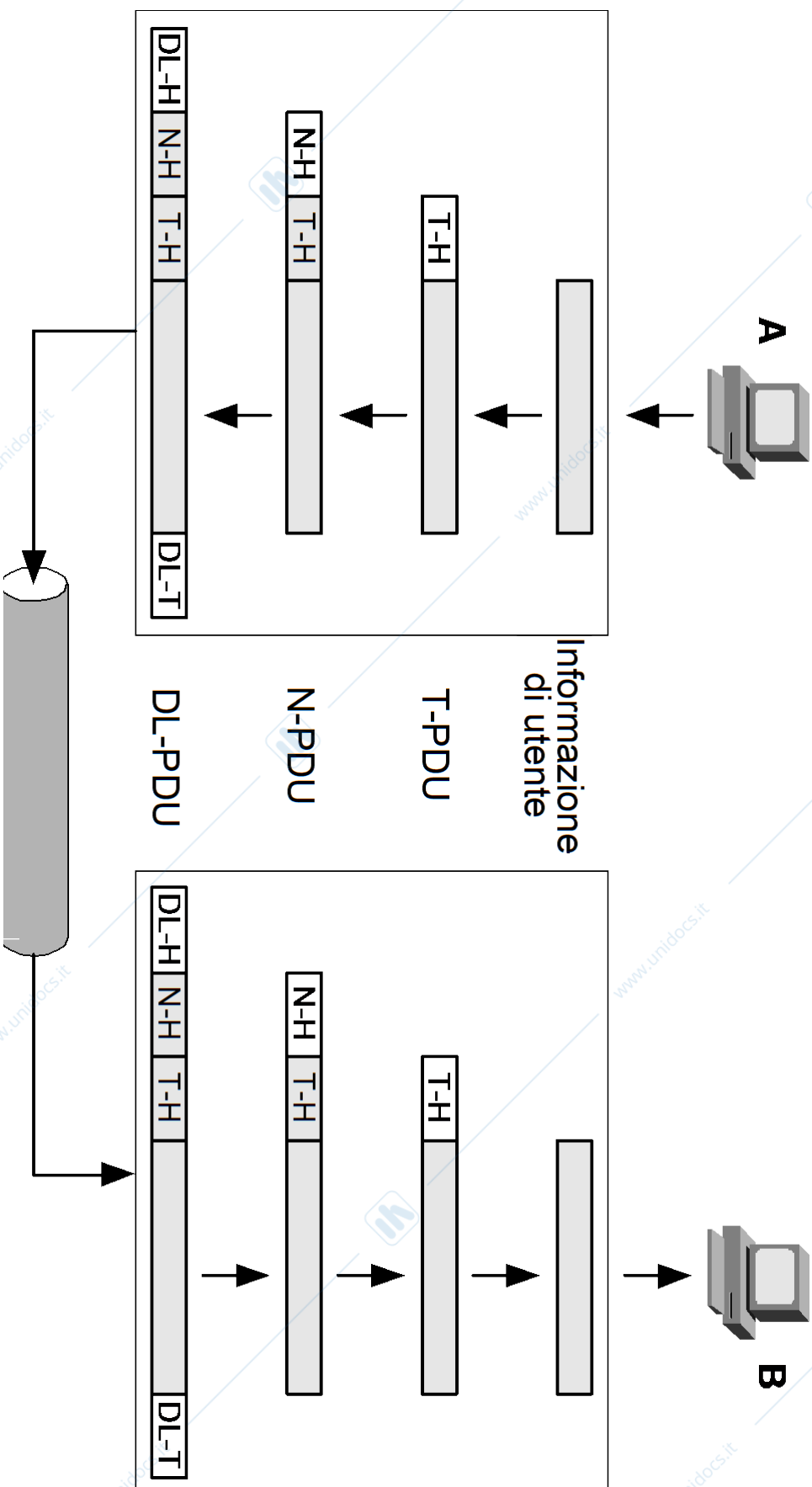
Tipologia di strati





Modello a strati

Relazione tra unità dati





Modello a strati

Architettura a strati

- **Strato di applicazione**
 - ◆ Fornisce l'interfaccia d'utente (un processo o programma applicativo) per l'accesso a servizi informativi distribuiti
 - ◆ Protocollo di applicazione consente l'interazione tra entità di applicazione
 - ◆ Es.: file transfer protocol (FTP)
- **Strato di trasporto**
 - ◆ Ultimo degli strati di utilizzazione (end-to-end)
 - ◆ Fornisce diverse classi di servizio di trasporto
 - Può colmare deficienze della connessione di rete
 - Può ottimizzare le prestazioni (QoS) end-to-end (recupero d'errore di procedura e controllo di flusso parziale/totale)
 - ◆ Trasferisce UI denominate segmenti
 - ◆ Primo strato ad effettuare moltiplicazione: più connessioni di trasporto sulla stessa connessione di rete
 - ◆ Es.: TCP/UDP



Modello a strati

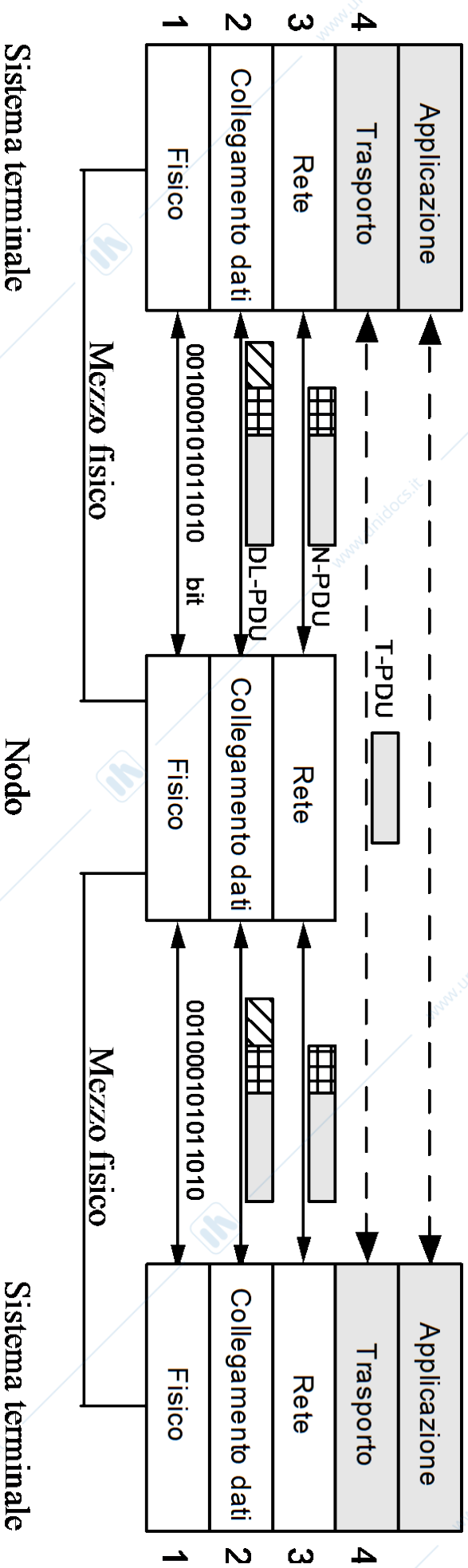
Architettura a strati

- **Strato di rete**
 - ◆ Svolge funzioni di trasferimento dati nodo-nodo, instaurando e rilasciando connessioni logiche
 - ◆ Trasferisce/spezza UI in pacchetti e li instrada, controllandone il flusso
 - ◆ Maschera alle entità di trasporto la tecnica di commutazione
 - ◆ Es.: IP
- **Strato di collegamento dati**
 - ◆ Trasferisce UI prive di errore tra entità di rete su un mezzo trasmissivo reale
 - ◆ Trasferisce/spezza UI in trame, le delimita, le trasmette sequenzialmente e ne gestisce i riscontri ricevuti
 - ◆ Svolge funzioni di rivelazione e recupero di errori
 - ◆ Es.: HDLC, SS No. 7 LAP-D, IEEE 802.X
- **Strato fisico**
 - ◆ Rende disponibile il mezzo fisico per la trasmissione dei singoli bit
 - ◆ Attiva, mantiene e rilascia il circuito fisico (specifica dell'interfaccia fisica, elettrica e procedurale)
 - ◆ Es.: RS-232



Modello a strati

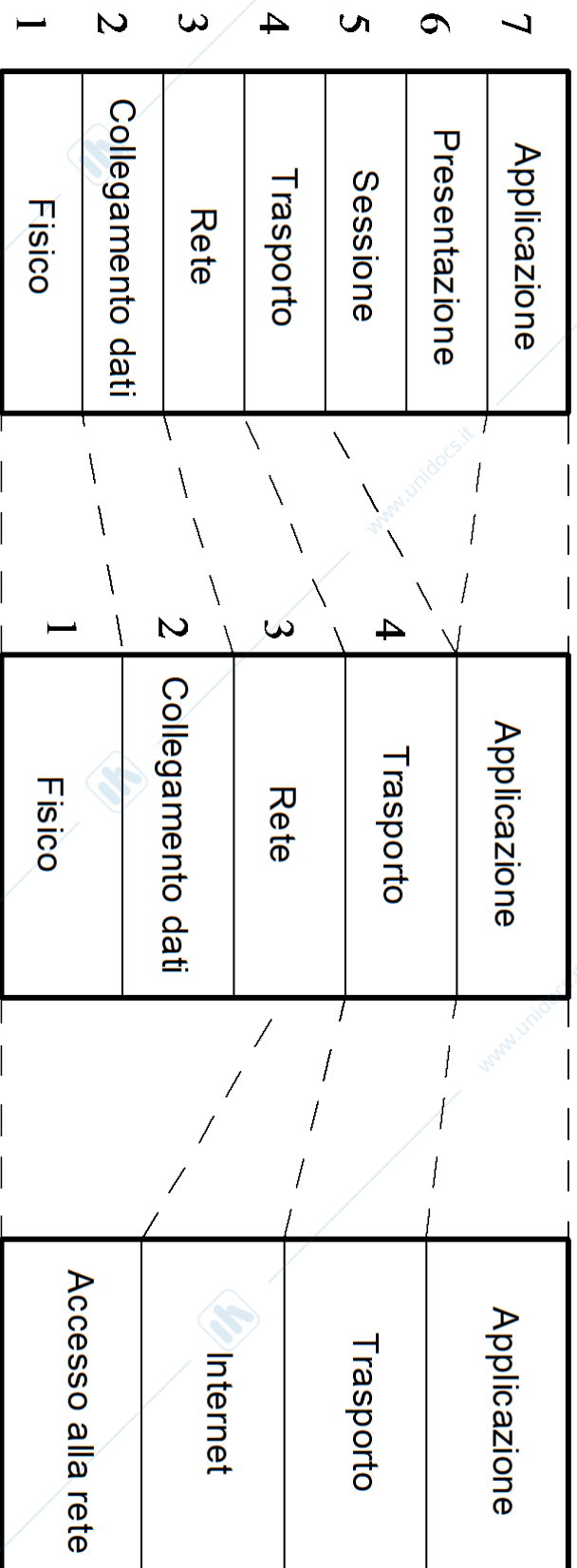
Trasferimento di informazioni in rete





Modelli a strati

Relazione tra architetture



OSI

Modello ibrido

TCP/IP



Modello OSI

Architettura a strati

- **Strato di presentazione**
 - ◆ Trasforma, formatta e modifica la sintassi dei dati utilizzati dalle entità di applicazione (compression, encryption)
 - ◆ Prepara i dati in forma processabile dall'entità di applicazione
 - ◆ I dati sono scambiati secondo la sintassi
 - del sistema A
 - del sistema B
 - di trasferimento
- **Strato di sessione**
 - ◆ Gestisce il dialogo e lo scambio di dati tra entità di presentazione
 - ◆ Sincronizza il dialogo mascherando la eventuale interruzione del servizio di trasporto
 - ◆ Definisce punti di sincronizzazione per ogni attività per
 - Riprendere il dialogo dopo un guasto da un punto opportuno
 - Consegnare in blocco le UI tra due punti di sincronizzazione



Modello TCP/IP

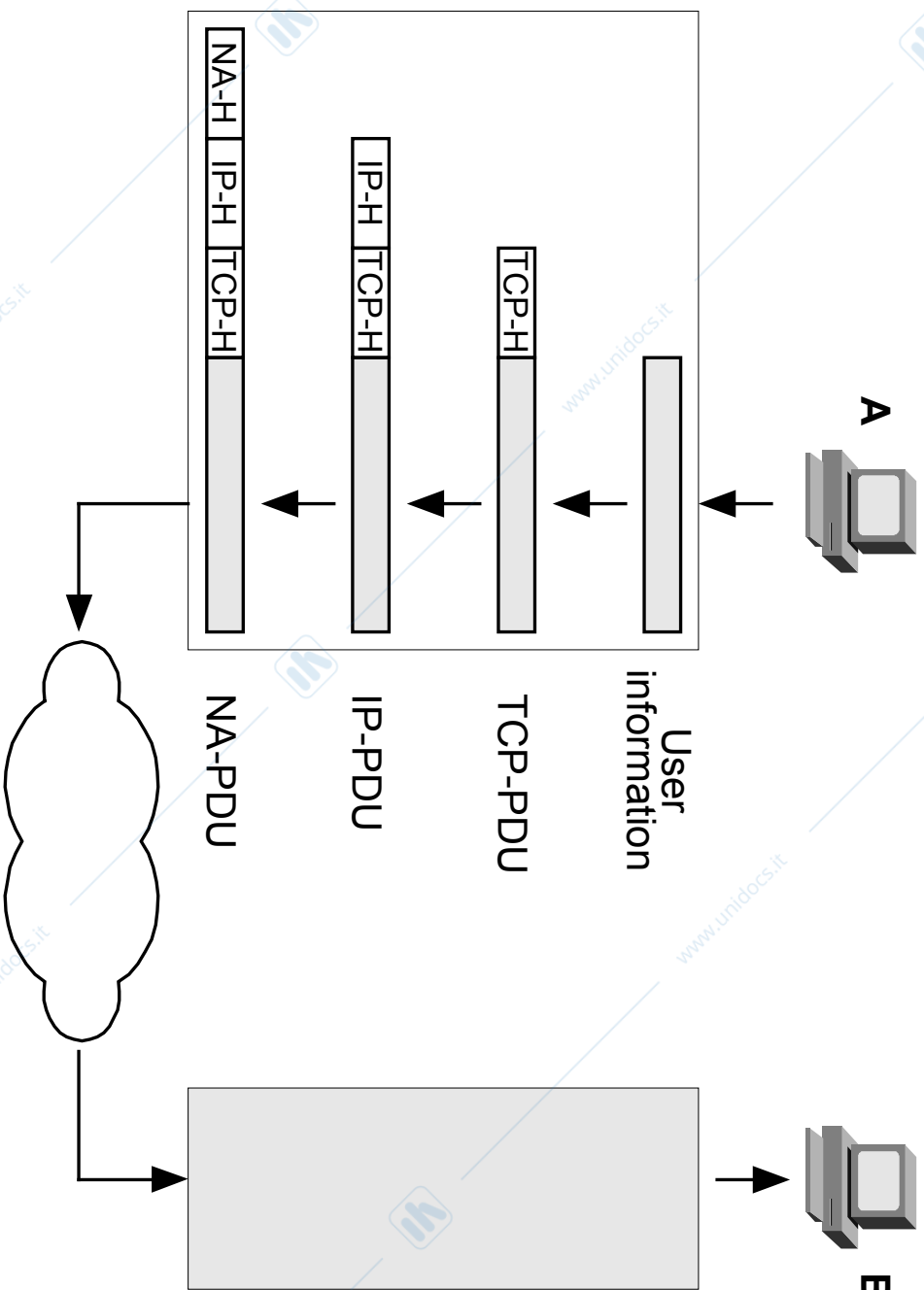
Architettura a strati

- **Strato di applicazione**
 - ◆ Fornisce l'interfaccia d'utente (un processo o programma applicativo) per l'accesso a servizi informativi distribuiti
- **Strato di trasporto**
 - ◆ Ultimo degli strati di utilizzazione (end-to-end)
 - ◆ Fornisce diverse classi di servizio di trasporto
 - ◆ Es.: TCP, UDP
- **Strato Internet**
 - ◆ Svolge funzioni di trasferimento dati nodo-nodo, anche attraverso reti eterogenee
 - ◆ Es.: IP
- **Strato di accesso alla rete**
 - ◆ Fornisce tutte le risorse necessarie ad accedere a una risorsa di comunicazione (rete geografica, rete locale, collegamento punto-punto)
 - ◆ Maschera tutte le caratteristiche dei protocolli di linea e di trasporto fisico delle informazioni



Modello TCP/IP

Relazione tra unità dati





Sommario

- **Architetture di protocolli**
- **Tecniche di commutazione**
- **Tecniche di moltiplicazione**



Tecniche di commutazione

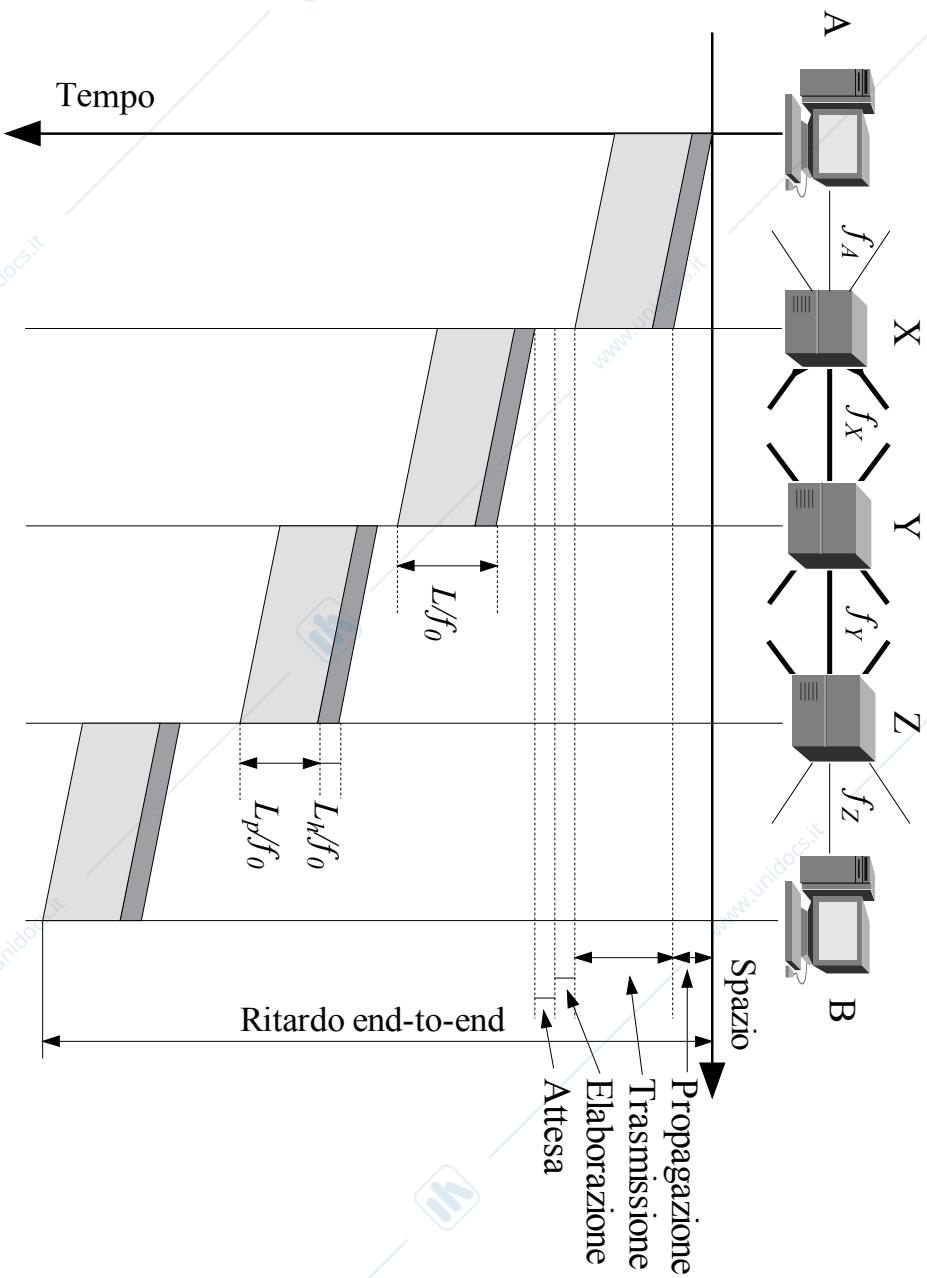
Generalità

- **Commutazione**
 - ◆ Funzione svolta da ogni nodo della rete di commutazione
 - ◆ Associa rami di uscita a rami di ingresso per ogni UI
 - 1 ramo di uscita per ogni ramo di ingresso per servizio punto-punto
 - >1 ramo di uscita per ogni ramo di ingresso per servizio multipunto
- **Funzioni espletate dalla commutazione**
 - ◆ Instradamento
 - Funzione decisionale: scegliere il ramo di uscita
 - Scelta non univoca → adozione di opportuni algoritmi
 - ◆ Attraversamento
 - Funzione attuativa: operare l'instradamento delle UI
 - Modalità attuativa dipende dal tipo di rete di connessione
- **Servizi base per il trasferimento di informazioni**
 - ◆ Commutazione di circuito
 - ◆ Commutazione di pacchetto



Tecniche di commutazione

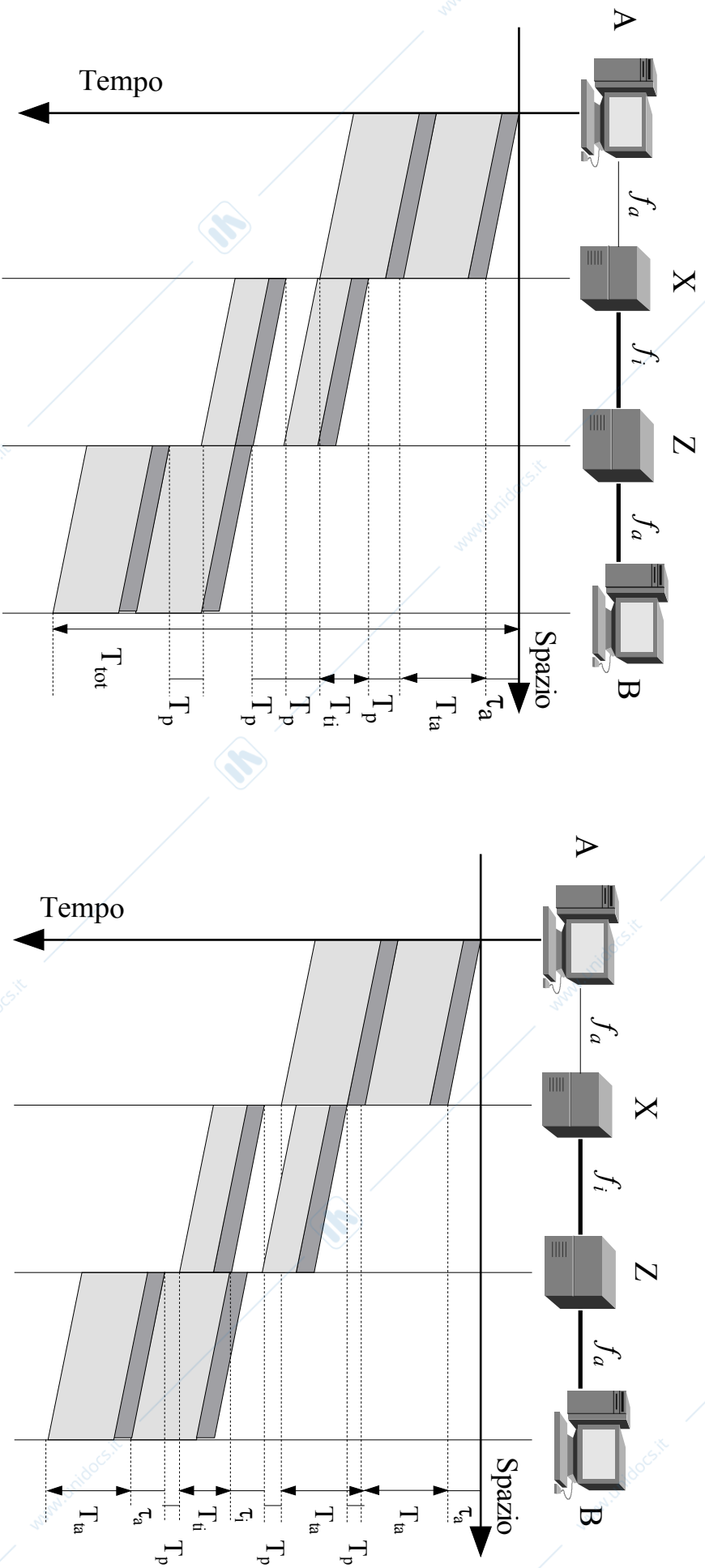
Commutazione di pacchetto





Tecniche di commutazione

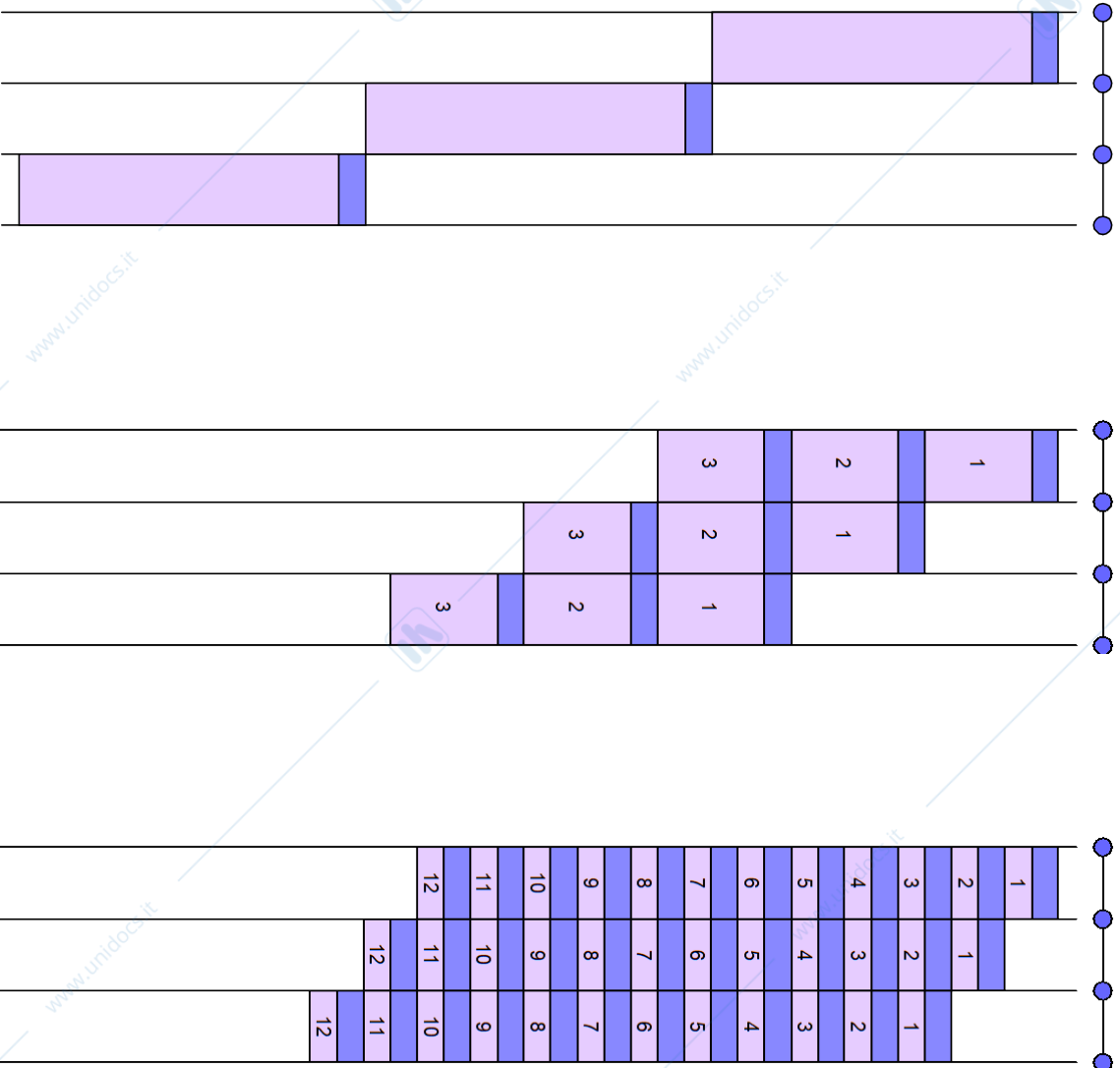
Commutazione di pacchetto





Commutazione di pacchetto

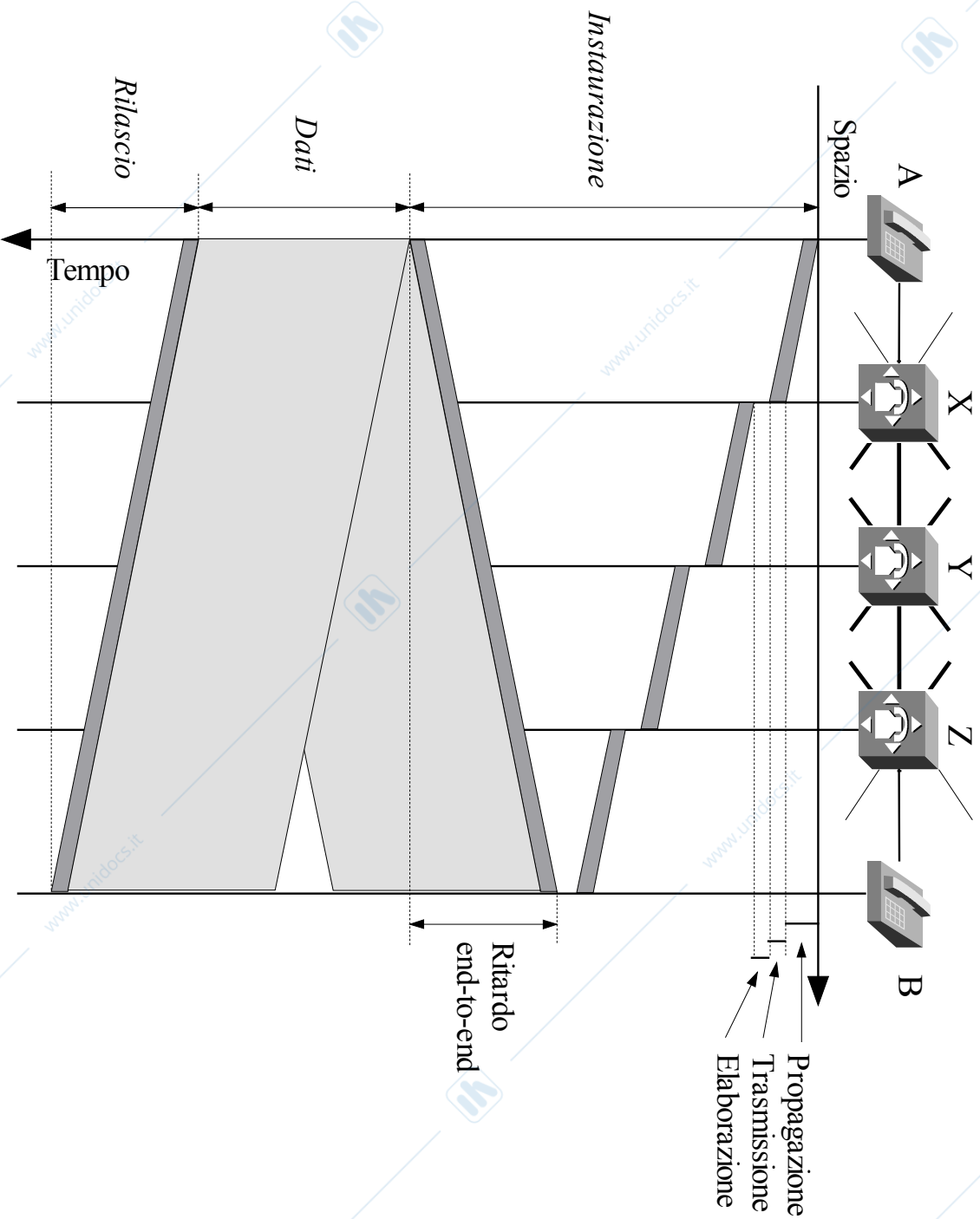
Frammentazione di UI





Tecniche di commutazione

Commutazione di circuito





Commutazione di pacchetto

Tipologia dei servizi

- **Connectionless (CL)**
 - ◆ Nessuna instaurazione preventiva di un percorso end-to-end
 - ◆ UI trattate come unità indipendenti
 - ◆ Instradamento delle UI
 - Instradamento su base UI può creare fuori-sequenza
- **Connection-oriented (CO)**
 - ◆ Servizio in tre fasi
 - Instaurazione percorso end-to-end (associazione temporanea di sequenza di connessioni nodo-nodo)
 - Invio UI
 - Rilascio risorse
 - ◆ Instradamento delle UI
 - Instradamento lungo lo stesso percorso garantisce integrità di sequenza

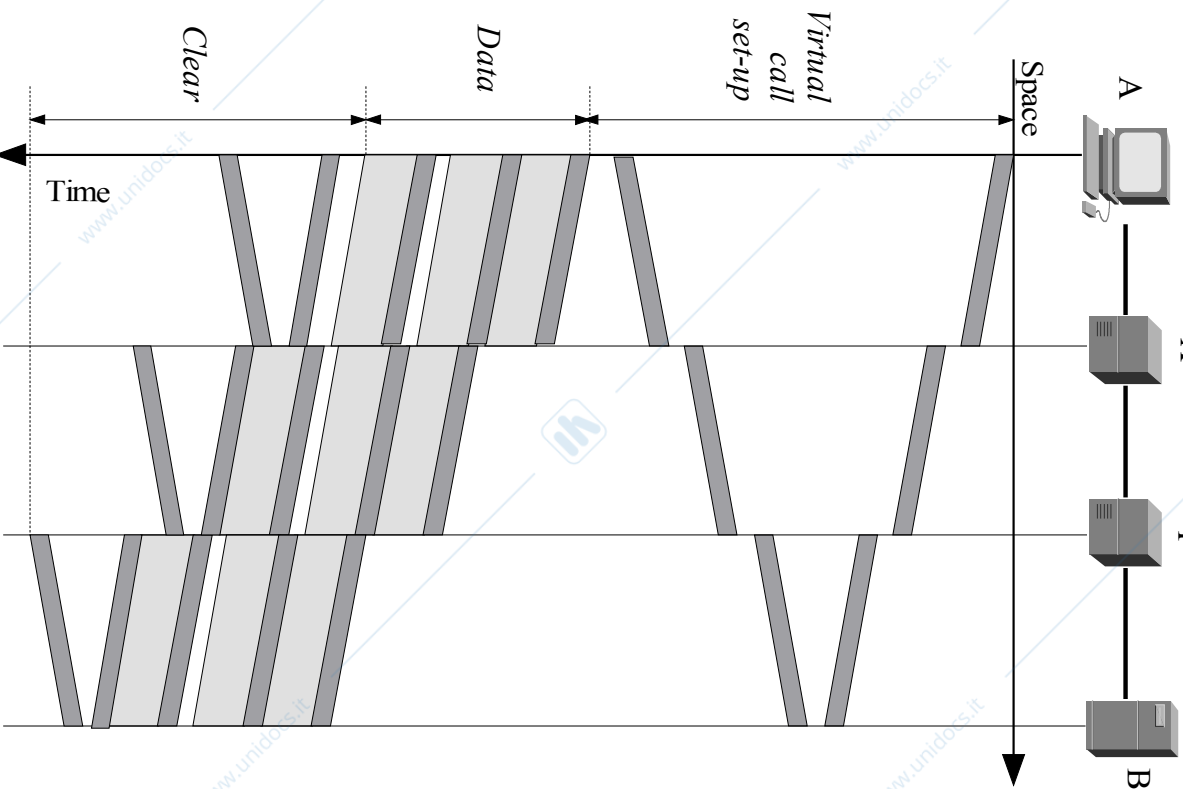
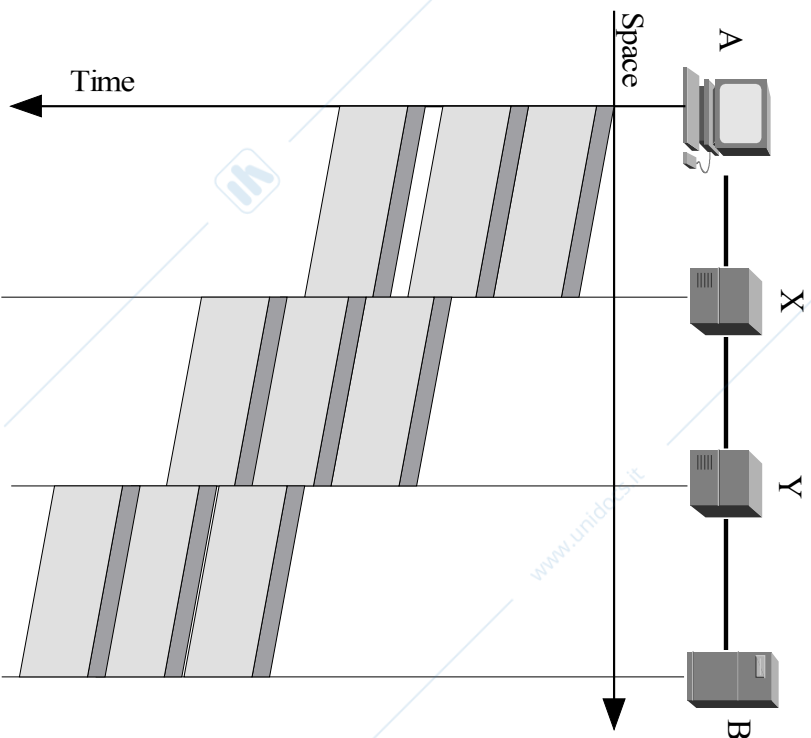


Commutazione di pacchetto

Servizi CL e CO

Circuito Virtuale

Datagramma





Servizi di trasferimento dell'informazione

Trasparenza

- **Caratteristiche di prestazione**
 - ◆ **Trasparenza temporale**
 - **Minima variabilità nel tempo di trasporto delle UI**
 - **Particolarmente importante per i servizi in tempo reale (es. voce)**
 - ◆ **Trasparenza semantica (integrità informativa)**
 - **Corrispondenza tra flusso binario emesso e ricevuto**
 - **Particolarmente importante per i dati**
 - **Integrità di cifra (misura: tasso di errore)**
 - **Integrità di sequenza**

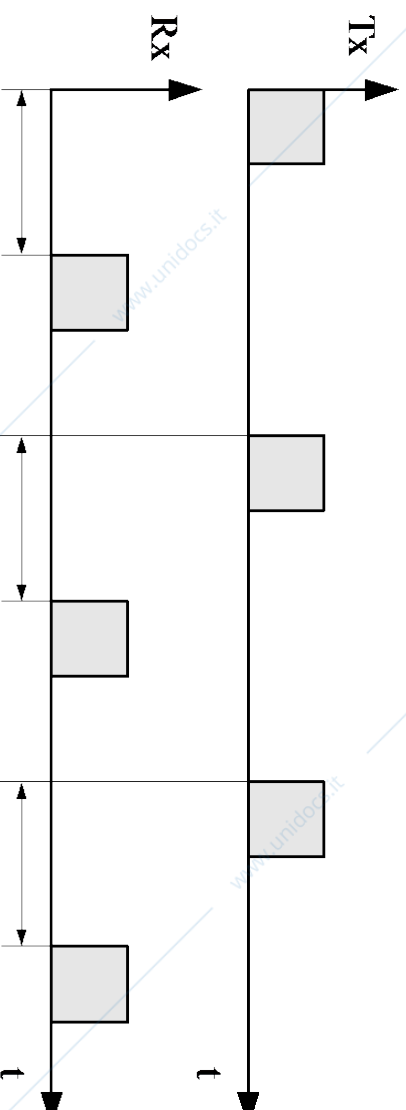


Servizi di trasferimento dell'informazione

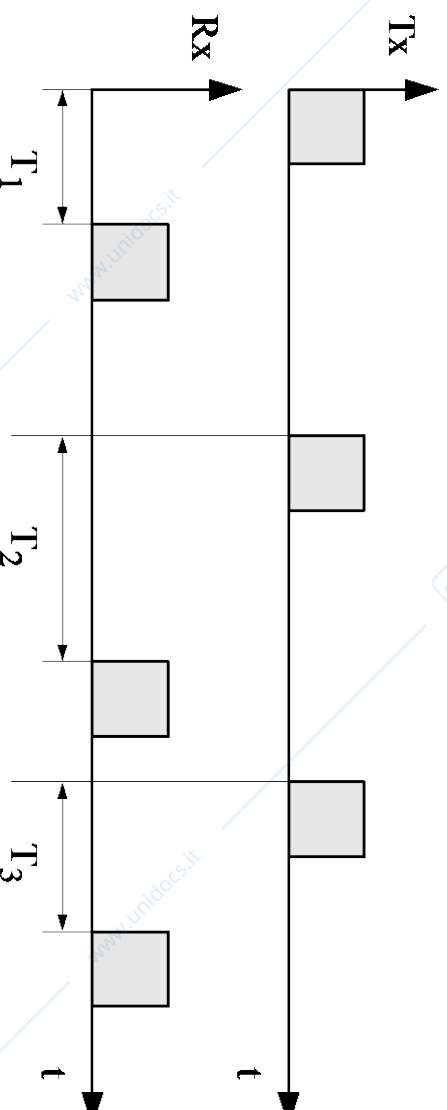
Trasparenza temporale

■ Trasparenza temporale

- ◆ Presente: variabilità nulla o minima dei tempi di transito delle UI



- ◆ Assente: variabilità significativa dei tempi di transito delle UI





Tecniche di commutazione

Fondamenti

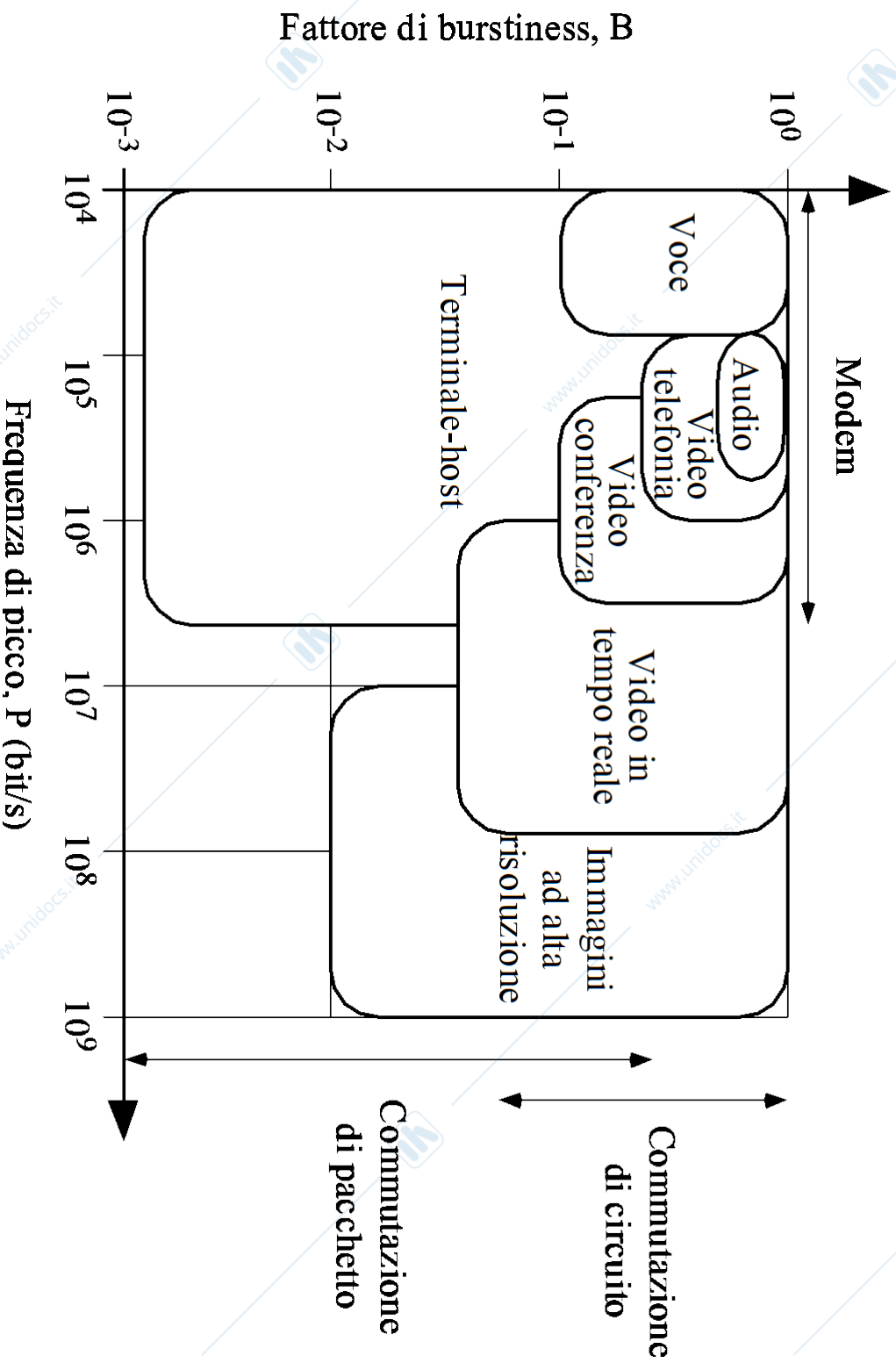
- **Commutazione di circuito**
 - ◆ Risorse di rete dedicate esclusivamente agli utenti attivi
 - **Banda completamente a disposizione degli utenti che la ricevono**
 - ◆ Tipo di servizio
 - **Chiamata**
 - ◆ I canali attraversano nodi di commutazione
 - ◆ Moltiplicazione deterministica
 - ◆ Trasparenza temporale: tempo di ritardo costante
 - ◆ Semplice struttura protocollare
 - ◆ QoS espressa in termini di probabilità di rifiuto di chiamata

- **Commutazione di pacchetto**
 - ◆ Risorse di rete condivise da tutti gli utenti attivi
 - **Nessuna garanzia sulla disponibilità di risorse al tempo della trasmissione**
 - ◆ Tipo di servizio
 - **Circuito virtuale (VC): servizio CO**
 - **Datagramma (DG): servizio CL**
 - ◆ I pacchetti attraversano nodi di tipo S&F
 - ◆ Moltiplicazione statistica
 - ◆ Flessibilità di accesso: la rete non trasporta UI in modo trasparente
 - ◆ Complessa struttura protocollare
 - ◆ QoS espressa in termini di ritardo e probabilità di perdita di pacchetto



Caratteristiche dei servizi di telecomunicazione

Fattore di burstiness

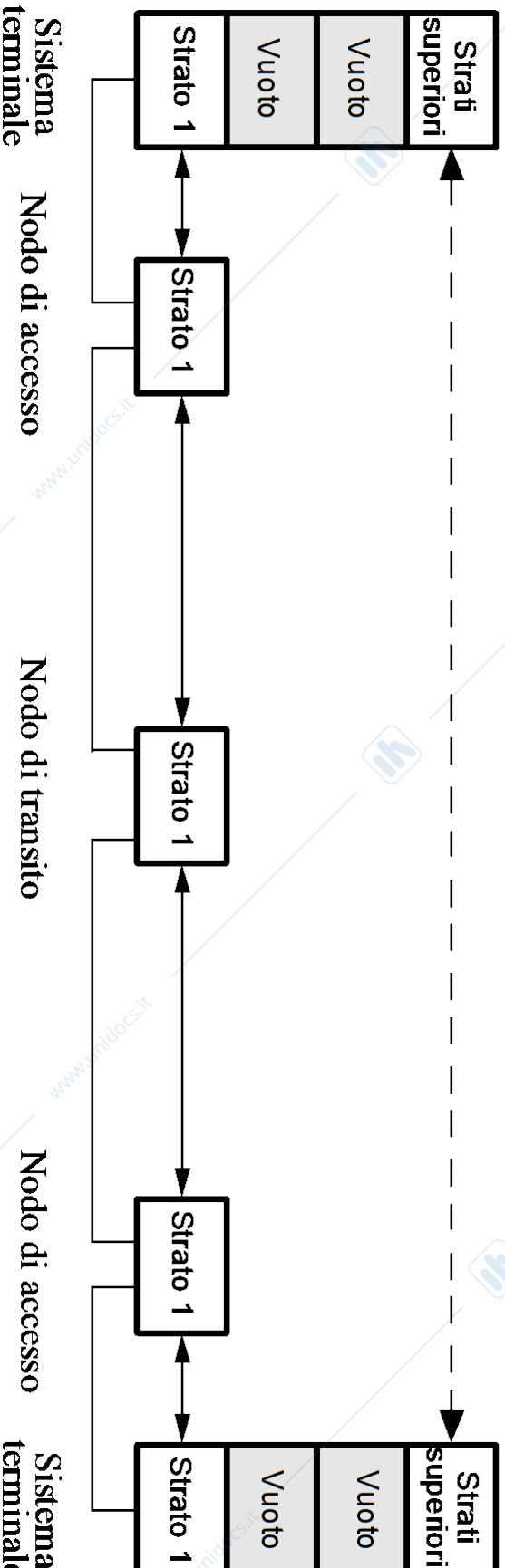




Modi di commutazione

Commutazione di circuito

- **Caratteristiche**
 - ◆ Servizio implicitamente orientato alla connessione
 - ◆ Funzionalità di ogni nodo di rete: limitata al livello 1
 - ◆ Attraversamento dei nodi senza elaborazione dell'informazione

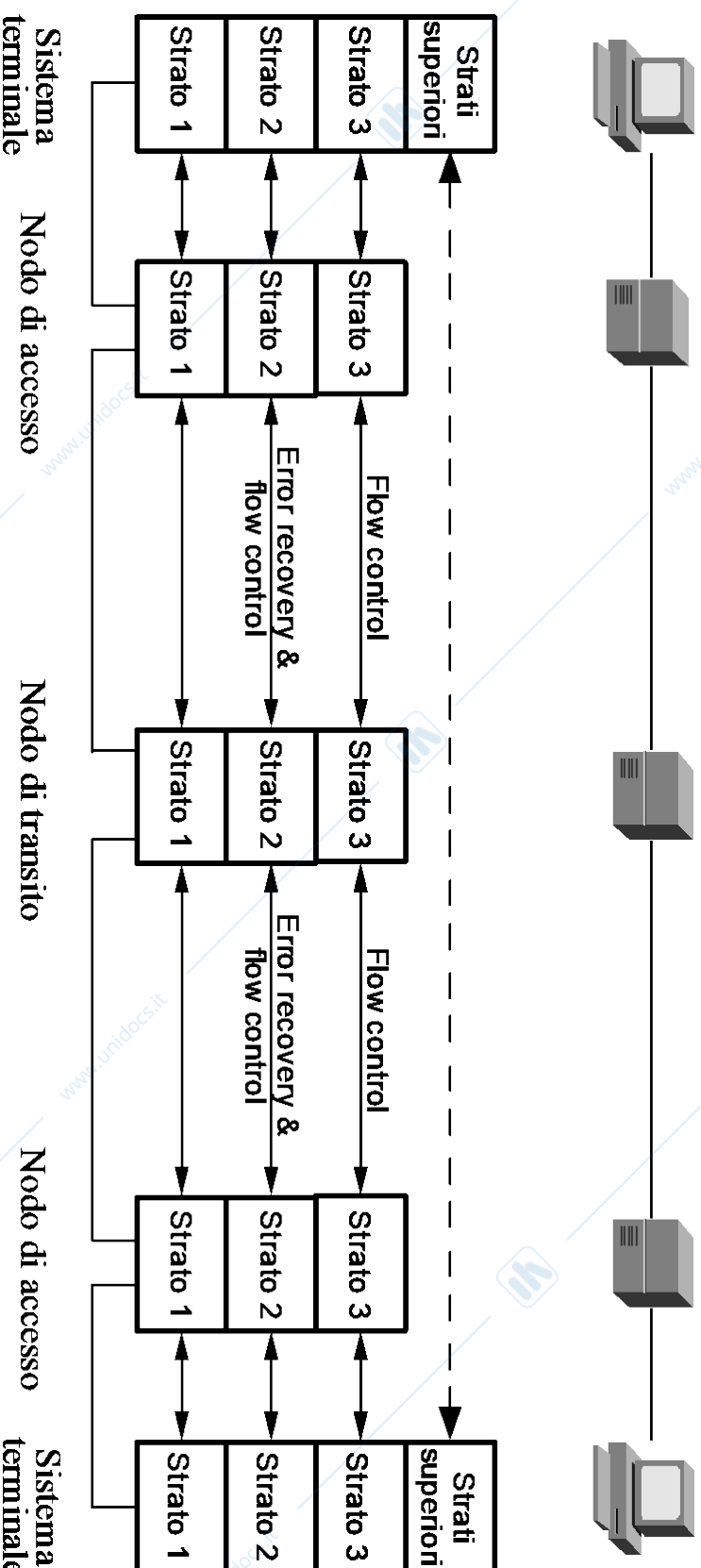




Modi di commutazione

Commutazione di pacchetto

- **Caratteristiche**
 - ◆ Servizio orientato alla connessione o senza connessione
 - ◆ Funzionalità di ogni nodo di rete: fino al livello 3
 - ◆ Grande tempo di elaborazione per pacchetto
 - ◆ Ridotto throughput per nodo





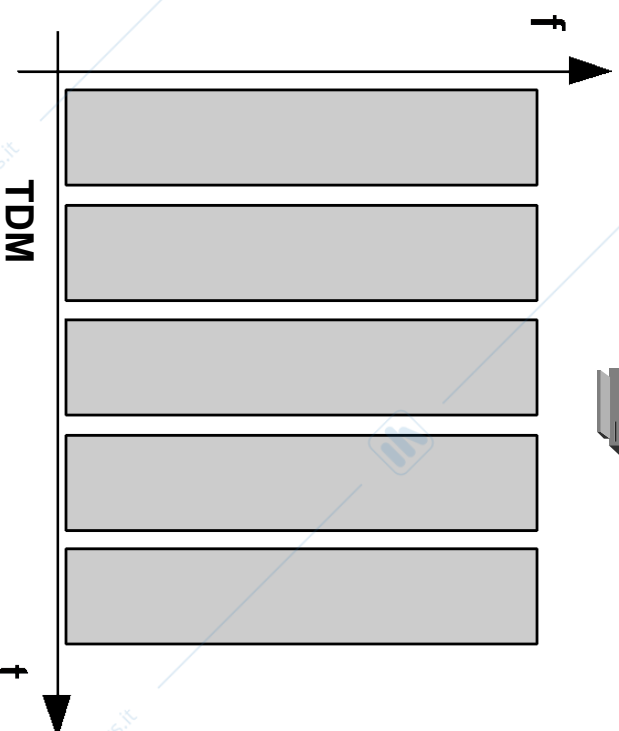
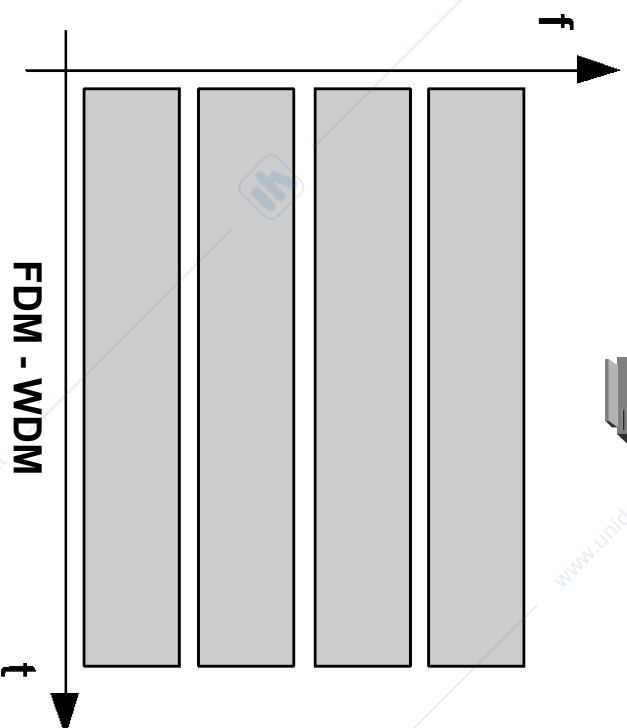
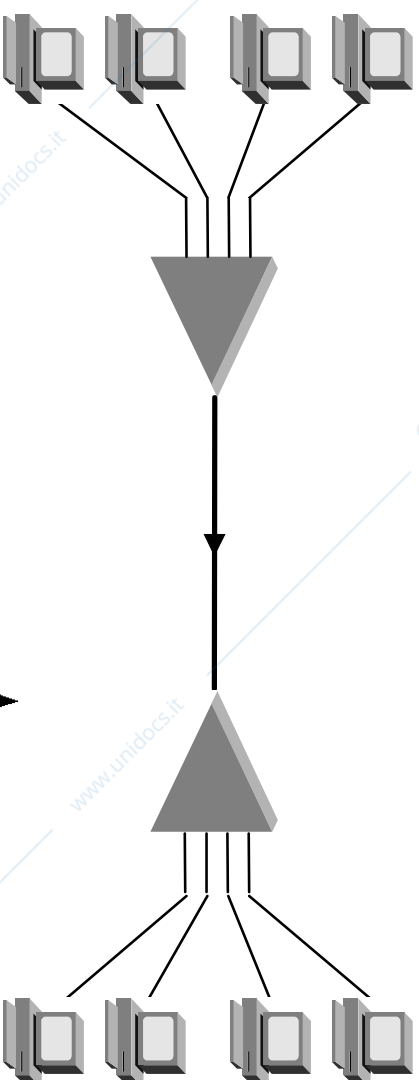
Sommario

- **Architetture di protocolli**
- **Tecniche di commutazione**
- **Tecniche di moltiplicazione**



Tecniche di moltiplicazione

Modalità



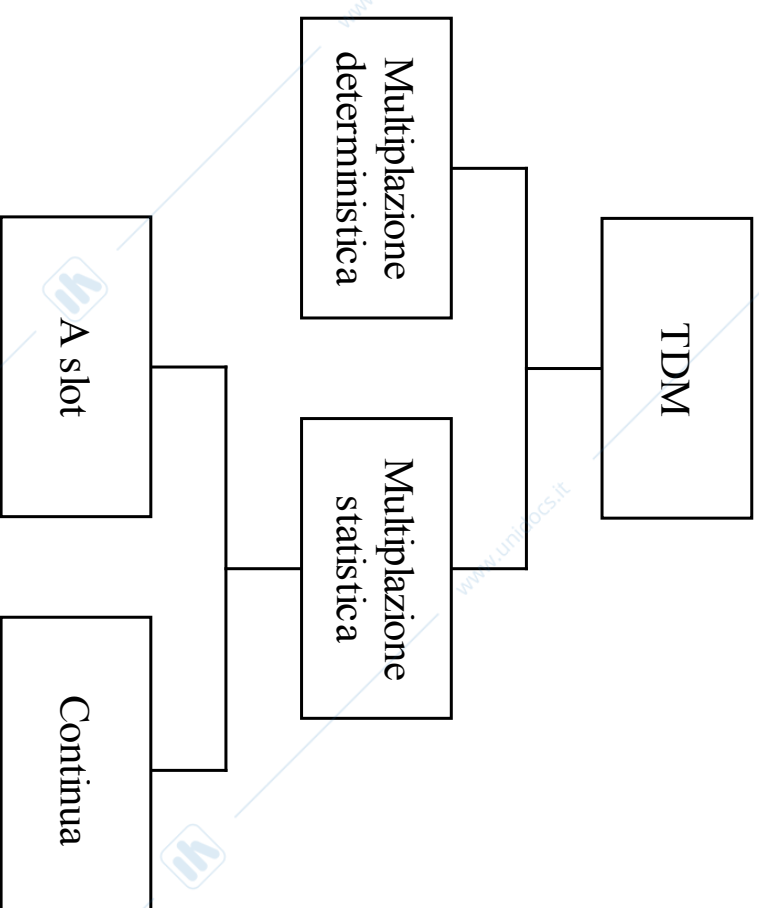
Duplexing: FDD/TDD

Modi di trasferimento



Tecniche di moltiplicazione

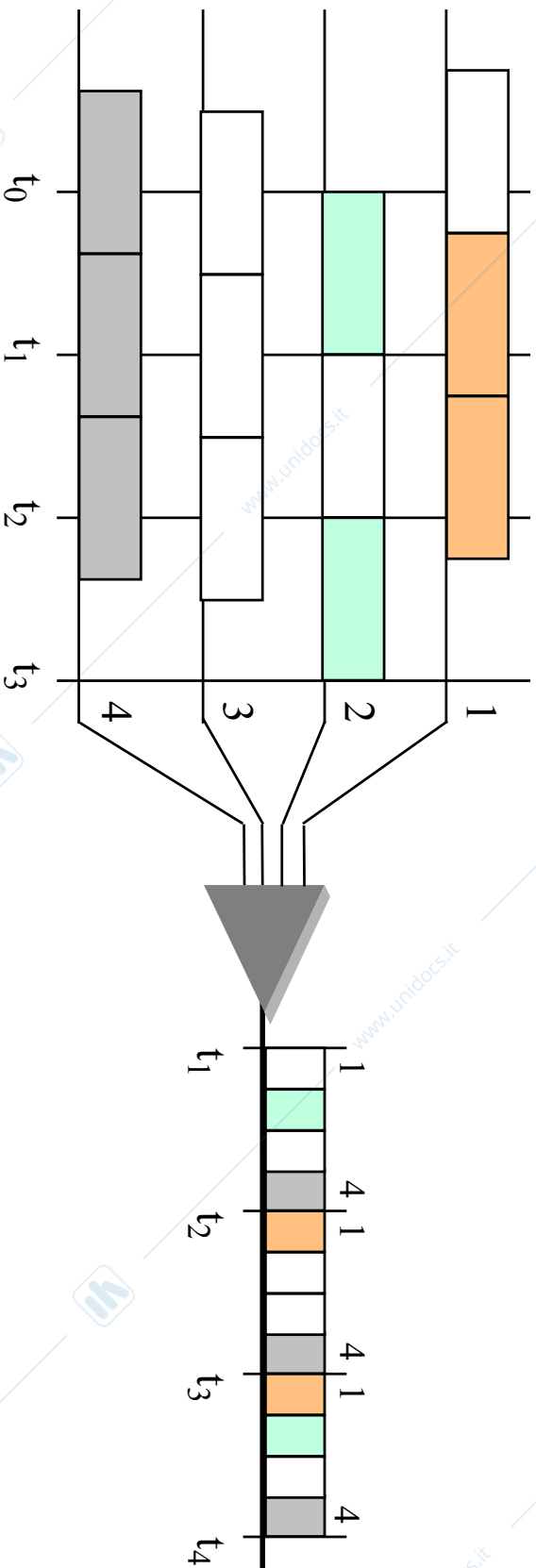
Tassonomia



- **Parametri**
 - ◆ N: numero di sorgenti
 - ◆ f_i : flusso generato dalla sorgente
 - ◆ f_m : flusso in uscita dal moltiplicatore
- **Moltiplicatore:** $f_m \leq Nf_i$
- **Concentratore:** $f_m < Nf_i$



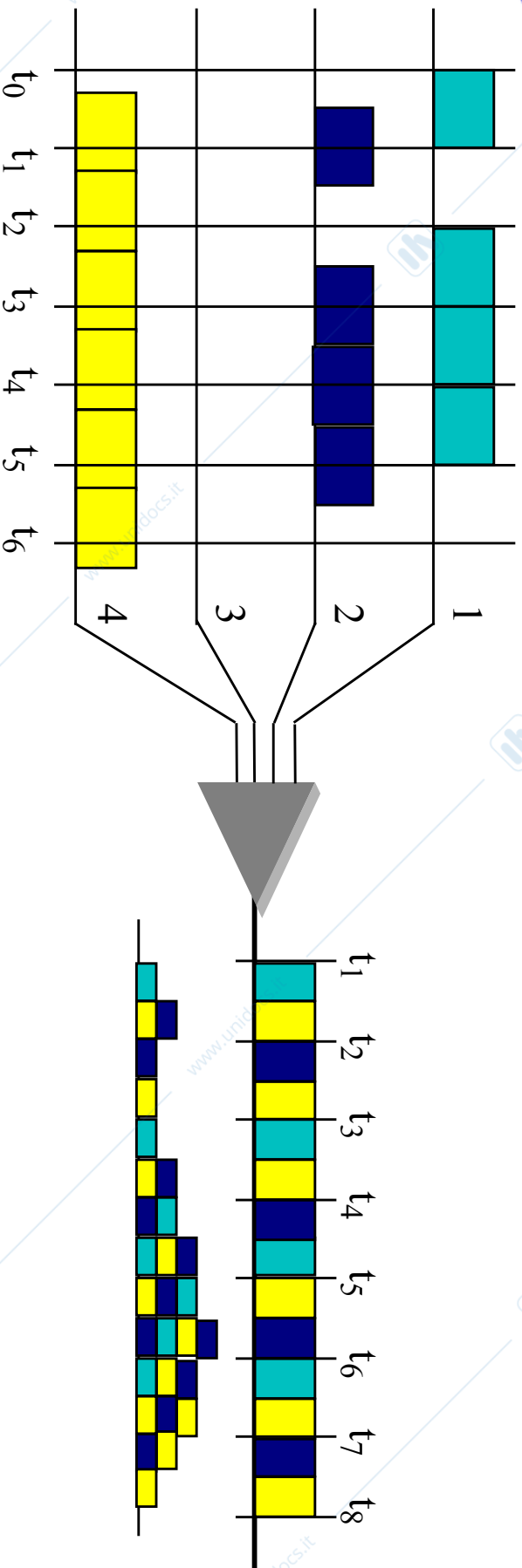
Moltiplicazione deterministica



- **Moltiplicazione deterministica**
 - ◆ Utilizzata con sorgenti CBR
 - ◆ $f_m = Nf_t$



Moltipolazione statistica



■ Moltipolazione statistica

- ◆ Utilizzata con sorgenti VBR
- ◆ $f_m \leq Nf_t$ Dimensionamento corretto
- ◆ $f_m > Nf_t$ Sovra - dimensionamento

■ Dimensionamento corretto

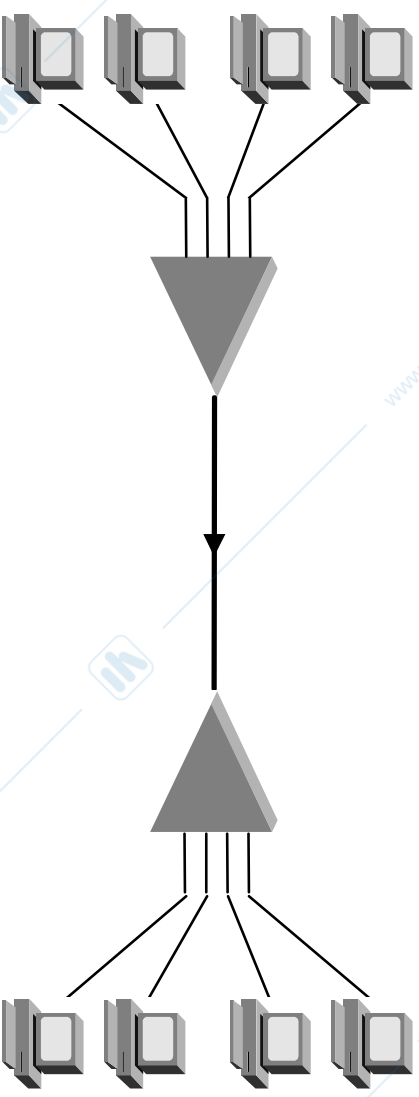
- ◆ $f_m \geq \sum_{i=1}^N A_i$



Tecniche di moltiplicazione

Problematiche

- **Allineamento**
 - ◆ Quando inizia la trama?
- **Delimitazione UI**
 - ◆ Quando inizia lo slot/pacchetto
 - Implicita
 - Esplicita
- **Indirizzamento UI**
 - ◆ Dove deve andare la trama?
 - Implicito
 - Esplicito
- **Oss: Lunghezza UI**
 - ◆ Fissa
 - ◆ Variabile



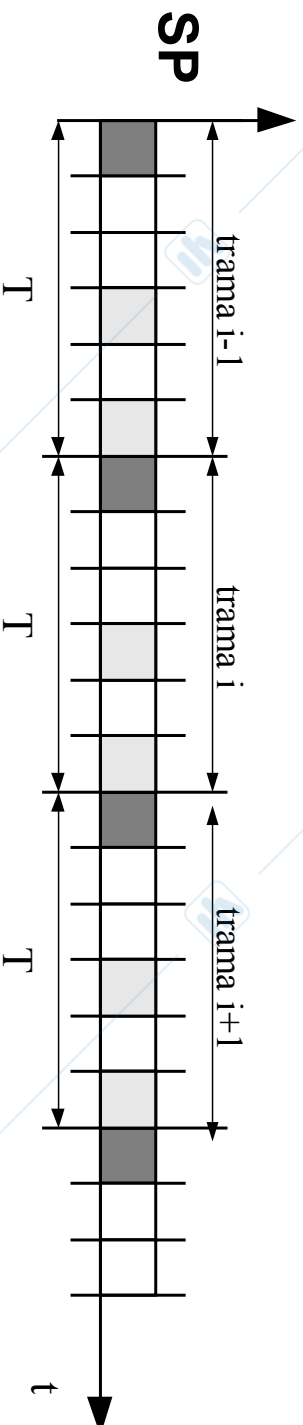
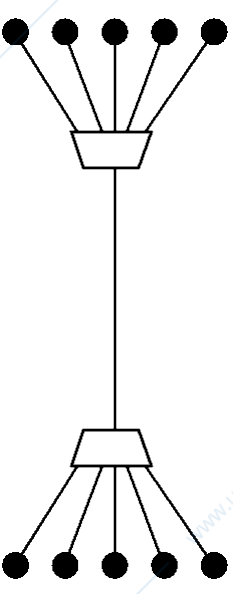


Tecniche di moltiplicazione

Moltiplicazione sincrona (deterministica)

■ Definizione di trama

- ◆ Slot organizzati in trame di uguale lunghezza (durata T)
- ◆ Parola di allineamento in posizione prefissata
- ◆ Esecuzione di opportuna strategia di allineamento
- ◆ Delimitazione implicita UI
- ◆ Indirizzamento implicito UI





Tecniche di moltiplicazione

Moltiplicazione TDM deterministica

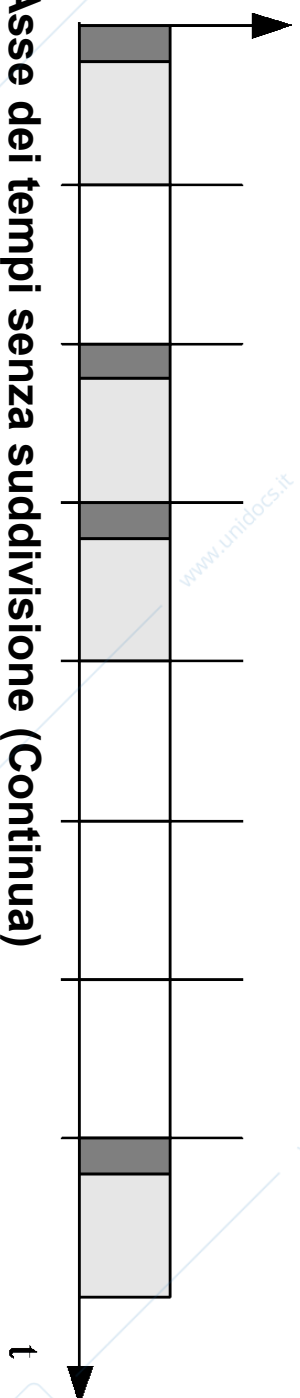
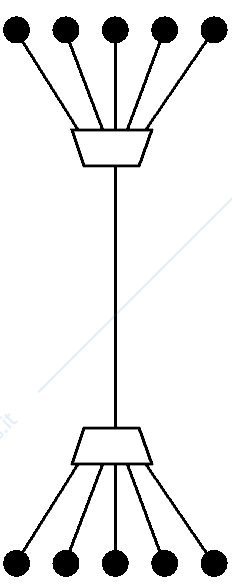
- **Moltiplicazione deterministica**
 - ◆ UI a lunghezza fissa con cadenza periodica sul canale moltiplicato
 - ◆ Slot in ogni trama assegnati a specifiche coppie sorgenti-destinazioni
- **Frequenza di cifra segnale moltiplicato**
 - ◆ C_c : bit/slot
 - ◆ F_c : capacità di canale (bit/s)
 - ◆ C_a : bit/trama addizionali per servizio (allineamento + segnalazione)
 - ◆ F_a : capacità addizionale per servizio (bit/s)
 - ◆ C_m : bit/trama
 - ◆ F_m : capacità canale moltiplicato (bit/s)
 - ◆ N: #slot di utente/trama
 - ◆ $F_m = C_m / T = (N C_c + C_a) / T = N F_c + F_a$
- **Assegnazione canali**
 - ◆ A slot singolo: capacità $F_c = C_c / T$ (es. 64 kbit/s)
 - ◆ A slot multiplo (sovramoltiplicazione): capacità $F_c = n C_c / T$ con $1 \leq n \leq N$ (es. 384 kbit/s)
 - ◆ A frazione di slot (sottomoltiplicazione): capacità $F_c = n / T$ con $1 \leq n \leq C_c$ (es. 8 kbit/s)

Tecniche di moltiplicazione

Moltiplicazione asincrona (statistica)

■ Asse dei tempi diviso in intervalli di tempo (A slot)

- ◆ UI a lunghezza fissa
- ◆ Delimitazione implicita UI
- ◆ Indirizzamento esplicito
- ◆ Richiede procedure di sincronizzazione di UI tra trasmittente e ricevente



■ Asse dei tempi senza suddivisione (Continua)

- ◆ UI a lunghezza variabile
- ◆ Delimitazione esplicita UI
- ◆ Indirizzamento esplicito

