

Reti di telecomunicazioni 1

Introduzione: nozioni di base

Nozioni di base

Servizio di telecomunicazione: insieme di procedure che consentono il trasferimento a distanza di informazioni.

Un servizio

- prefigura il rapporto tra un cliente, interessato a inviare e ricevere informazioni, e un fornitore di servizio, responsabile del trasporto delle informazioni
- è regolato da un contratto, in cui vengono specificati la natura del servizio e i requisiti di qualità (tasso di errore, ritardo di trasferimento delle unità informative) a cui la fornitura deve essere rispondere.

Rete di telecomunicazione: complesso di apparati e dispositivi di TLC che consentono di fornire il servizio.

Nozioni di base

Organismi di standardizzazione a livello internazionale:

- ITU = International Telecommunication Union: ITU-T e ITU-R
- ETSI = European Telecommunications Standard Institute
- IEEE = Institute of Electrical and Electronic Engineers
- altri: TIA, ARIB, NATO, MIL, ...

Nozioni di base

I servizi possono essere classificati in base a varie caratteristiche.

Classificazione in base al **tipo di informazione** trasportata:

- voce
- video (immagini fisse e in movimento)
- dati (e-mail, file transfer, ...)

Classificazione in base alla possibilità di combinare più tipi di informazione:

- **servizi monomediali:** trasferiscono un solo tipo di informazione
- **servizi multimediali:** trasportano contemporaneamente due o più tipi di informazione

Nozioni di base

Un servizio è caratterizzato dalla modalità con cui vengono impiegate le risorse di comunicazione (di rete) necessarie per l'espletamento del servizio stesso

- **configurazione** - dipendente dal numero di destinatari dell'informazione
 - punto-punto - es.: conversazione telefonica tra due utenti
 - multipunto - es.: audioconferenza a tre
 - diffusiva o broadcast - es.: servizio televisivo via etere
- **direzione**
 - servizi unidirezionali
 - servizi bidirezionali, simmetrici o asimmetrici
- **inizializzazione**

Nozioni di base

In relazione alla **modalità di inizializzazione**, si distingue tra:

- **inizializzazione su base chiamata** (servizi commutati) - il servizio si articola nelle fasi di richiesta del servizio, assegnazione delle necessarie risorse di rete, rilascio delle risorse assegnate
- **inizializzazione su base contrattuale** o su prenotazione (servizi permutati) - il servizio è assegnato su base semipermanente tra due utenti (es.: leased lines per collegamento dati)

Il cenno alla modalità di inizializzazione fa emergere che la fornitura di un servizio coinvolge il trasferimento di:

- informazioni di utente - carico utile
- informazioni di controllo - segnalazione associata o a canale comune
- informazioni di gestione della rete - TMN = Telecommunications Management Network

Un servizio commutato si basa sul trasferimento di informazioni di controllo da parte del terminale di utente, mentre un servizio permutato presuppone implicitamente l'intervento della TMN nella realizzazione e nel mantenimento di una connessione.

Nozioni di base

Classificazione principale dei servizi di TLC in base alla raccomandazione I.211 di ITU-T

- **Servizi interattivi:** informazioni in entrambi i versi
 - servizi di conversazione - ad es. telefonia e videotelefonia
=> tempo reale
 - servizi di messaggistica - ad es. e-mail
=> tempo differito
 - servizi di consultazione o data retrieval - ad es. video-on-demand, teledidattica, accesso a banche dati - l'utente regola il trasferimento delle informazioni nell'ambito del servizio
- **Servizi distributivi:** informazioni in un solo verso
 - servizi senza controllo della presentazione - ad es. servizio televisivo tradizionale
 - servizi con controllo della presentazione - ad es. televideo

Nozioni di base

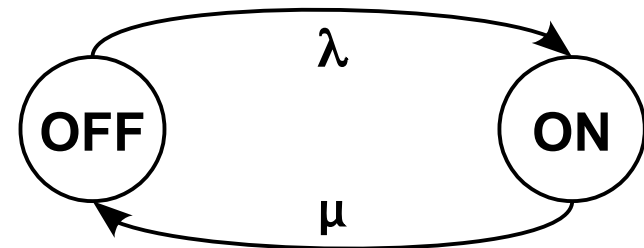
Sorgenti

Le caratteristiche della sorgente di informazione rappresentano un elemento fondamentale per specificare un servizio e, soprattutto, per quantificare l'impegno delle necessarie risorse di rete.

- Sorgenti analogiche: ad es. origine di un segnale vocale
- Sorgenti numeriche: ad es. un terminale dati

Spesso, anche i segnali generati in forma analogica vengono convertiti in forma numerica prima di essere trasmessi. In tale contesto ha senso parlare di attività di una sorgente, che può essere modellizzata statisticamente mediante una catena di Markov a due stati:

- stato di attività (ON)
- stato di inattività (OFF)
- λ , μ : frequenze medie di transizione di stato



Nozioni di base

Fattore di burstiness di una sorgente

- P = frequenza di cifra di picco durante i periodi di attività
- A = frequenza media di cifra
- $B = A/P$ = fattore di burstiness

Sulla base del fattore di burstiness, si distingue tra

- sorgenti CBR (Constant Bit Rate): $B = 1$
- sorgenti VBR (Variable Bit Rate): $B < 1$

La necessità di impegnare con maggiore o minore continuità le risorse trasmissive influenza molte scelte, tra cui la strategia di assegnazione delle stesse risorse: ad es., assegnare una risorsa in modo esclusivo a una sorgente con B nettamente minore di 1 comporterebbe uno spreco.

Esempi di sorgenti con valori di B nettamente diversi: voce (con diversi tipi di codifica...), trasferimento file, sessione dati interattiva (web browsing, emulatore di terminale, ecc.).

Nozioni di base

I servizi possono essere classificati anche in base alla frequenza di picco delle sorgenti.

- **Servizi a bassa velocità:** $P < 100 \text{ kbit/s}$.
Es.: fonia e dati a bassa velocità.
- **Servizi a media velocità:** $100 \text{ kbit/s} < P < 10 \text{ Mbit/s}$.
Es.: audio ad alta fedeltà, dati in ambito locale, videoconferenza.
- **Servizi ad alta velocità:** $P > 10 \text{ Mbit/s}$.
Es.: video digitale.

Esempi di considerazioni su frequenza di picco e intermittenza per servizi diversi:

- l'audio ad alta fedeltà richiede una frequenza di picco commisurata alla massima frequenza percepibile dall'orecchio umano (circa 20 kHz)
- la trasmissione del parlato richiede una **frequenza di picco inferiore**: una banda di meno di 4 kHz è sufficiente per l'intellegibilità delle parole pronunciate
- al parlato possono essere applicate codifiche di sorgente piuttosto specifiche, che comprimono in misura diversa in istanti diversi, producendo così un **traffico più intermittente** rispetto all'audio ad alta fedeltà

Nozioni di base

Ulteriore classificazione:

- **Servizi portanti:** dedicati al trasporto di unità informative tra l'interfaccia di utente e un'altra interfaccia, senza entrare nel merito del contenuto delle unità trasportate.
- **Servizi applicativi o teleservizi:** si basano su servizi portanti e vengono forniti all'utente da un terminale.
- **Servizi a valore aggiunto** (rispetto al teleservizio): sono legati alla presenza ad es. di un content provider, che fornisce e manipola i contenuti.

Nel seguito, ci si occuperà essenzialmente di servizi portanti.

Nozioni di base

Parametri di prestazione (e requisiti di qualità) di un servizio:

- probabilità di blocco
- tempo di trasferimento delle unità informative (ritardo), caratterizzabile statisticamente ad es. in termini di media e varianza
=> **trasparenza temporale**
- frequenza media di cifra nel trasferimento
- probabilità di perdita di unità informative e/o tasso di errore
=> **integrità informativa**, anche detta **trasparenza semantica**

Un servizio conversazionale ha esigenze più stringenti di trasparenza temporale.

Per un servizio di trasferimento dati, è più importante l'integrità informativa.

Un servizio di qualità superiore ai requisiti non è opportuno: costerebbe di più e quindi per il cliente comporterebbe un prezzo maggiore per prestazioni non richieste.

Nozioni di base

Altre classificazioni delle reti di telecomunicazione

- **Pubbliche o private.**
- **Dedicate** al trasporto di un solo tipo di informazione (es.: rete telefonica, reti dati), oppure **integrate** per trasferire contemporaneamente più tipi di informazione.
- In area locale (**LAN** = Local Area Network), in area metropolitana (**MAN** = Metropolitan Area Network), in ambito geografico (**WAN** = Wide Area Network), a seconda delle distanze più o meno grandi tra gli utenti che connettono. Nello scenario moderno, la connessione tra diverse reti mediante "router" è alla base del concetto di internetworking (Internet).

Nozioni di base

Da un punto di vista topologico, una rete è un **grafo** costituito da **nodi** e **rami** (collegamenti tra coppie di nodi).

Modalità di scambio di informazione tra due nodi:

- simplex (unidirezionale)
- half duplex (bidirezionale alternato)
- full duplex (bidirezionale contemporaneo)

Possibili topologie: a maglia (completa o incompleta), ad albero, a stella, ad anello, a bus.

Si differenziano per costo, prestazioni, affidabilità.

Il costo può essere descritto in termini di numero di rami per un fissato numero di nodi, costo di strutture aggiuntive come il centro stella o il bus, numero medio di rami da attraversare per andare da un nodo a un altro.

Nozioni di base

Per una rete in ambito geografico, i nodi si distinguono in:

- **nodi di accesso**, che sono connessi sia a terminali di utente che ad altri nodi
- **nodi di transito**, che sono connessi solo ad altri nodi (di transito e/o di accesso), non a terminali di utente

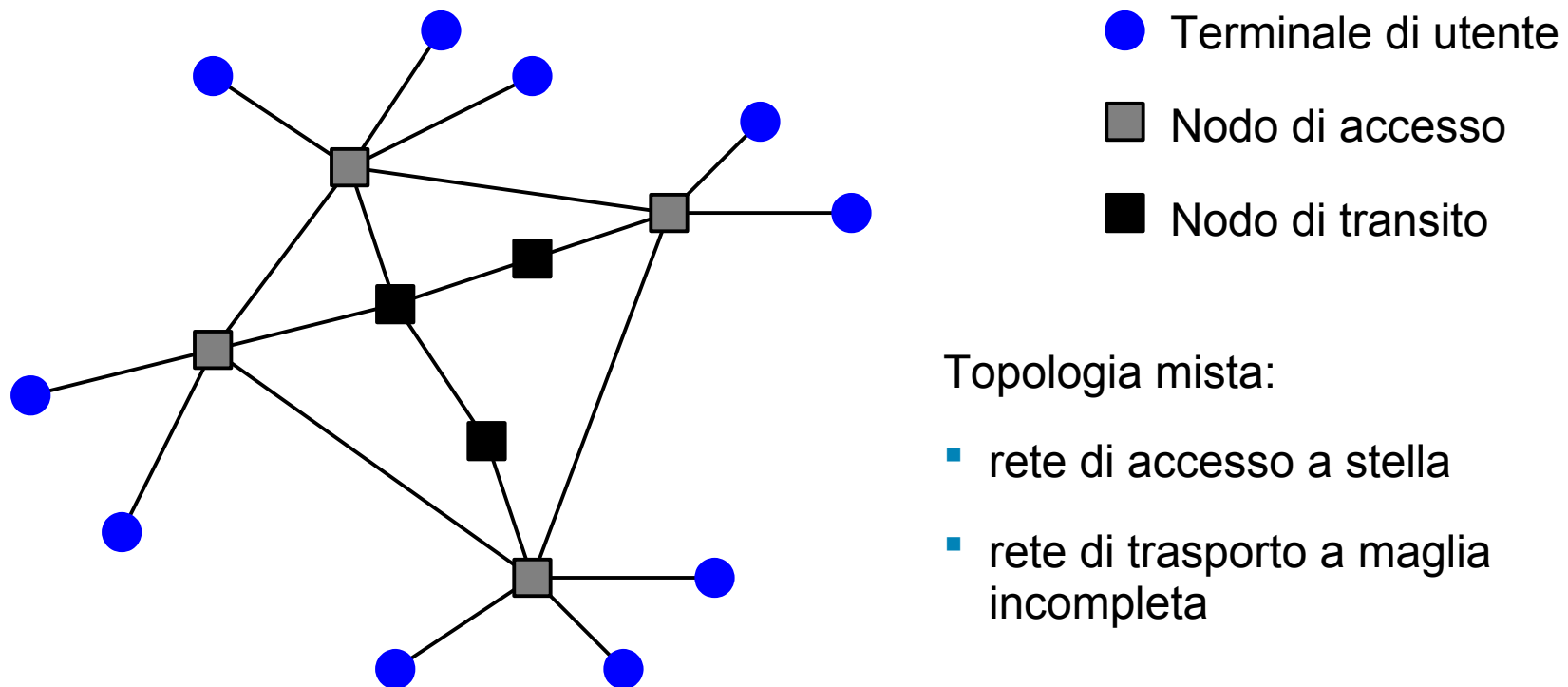
Dal punto di vista strutturale, una rete in ambito geografico può corrispondentemente essere suddivisa in:

- **rete di accesso**, costituita dai terminali di utente e dai nodi di accesso
- **rete di transito**, costituita dai nodi di accesso e dai nodi di transito

Nota: i nodi di accesso appartengono sia alla rete di accesso che alla rete di transito.

Nozioni di base

Rete di accesso e rete di transito - Esempio



Modi di trasferimento

Il trasferimento a distanza di informazioni presuppone che ogni elemento della rete allochi le necessarie risorse.

Ad es., se tra due utenti connessi direttamente bisogna trasferire informazioni strutturate in IU (Information Unit = Unità Informativa) di b bit, ognuna delle quali da consegnare a destinazione in t secondi, allora è necessario un collegamento numerico con capacità di b/t bit al secondo tra sorgente e destinazione.

In generale, l'attraversamento di una rete pone problemi molto più complessi della fornitura della adeguata capacità sul collegamento diretto tra due nodi.

Ad es., se il trasferimento tra sorgente e destinatario comporta l'attraversamento di $N-1$ nodi intermedi e il massimo ritardo complessivo è sempre t , ognuno dei collegamenti deve avere una capacità di Nb/t bit/s.

Comunque, per inquadrare in modo efficace ed esaustivo le modalità di trasferimento delle informazioni attraverso la rete, bisogna introdurre i **modi di trasferimento**.

Modi di trasferimento

Un **modo di trasferimento** è specificato da tre aspetti essenziali.

- La **tecnica di moltiplicazione** descrive le modalità con cui la capacità (banda) disponibile sul collegamento tra due nodi viene condivisa tra diverse IU (FDM, TDM, CDM, WDM, ...).
- La **modalità di commutazione** descrive le modalità con cui le IU ricevute sui collegamenti in ingresso di un nodo (di commutazione) vengono trasferite sui collegamenti in uscita; la commutazione è composta da instradamento (selezione del ramo di uscita per una certa IU su un ramo di ingresso) e attraversamento (attuazione della decisione dell'instradamento).
- L'**architettura protocollare** definisce le modalità (regole) con cui due nodi (non necessariamente adiacenti) si scambiano informazioni e presuppone l'aggiunta di informazioni di controllo per l'attuazione delle regole stesse.

Modi di trasferimento

Alcune osservazioni

- La scelta del modo di trasferimento da adottare per una certa rete dipende dal tipo di servizio che si deve fornire e dalle tecnologie hardware e software utilizzabili.
- In generale, l'obiettivo di una rete di TLC è quello di incrementare la disponibilità di accesso al servizio (capillarità spinta), contestualmente all'incremento della capacità di trasportare informazioni nel suo ambito.
- La complessità delle soluzioni adottate è andata crescendo nel passaggio da reti dedicate (soprattutto alla fonia) a reti integrate e multimediali.
- La **trasparenza temporale** (IU trasferite con ritardo costante) è tipica dei servizi conversazionali, mentre la **trasparenza semantica** (integrità delle IU) è tipica dei servizi dati.

Modi di trasferimento

Suddivisione di importanza fondamentale:

- servizi a **commutazione di circuito** (CS = Circuit Switching); operano essenzialmente con **banda assegnata**;
- servizi a **commutazione di pacchetto** (PS = Packet Switching); operano essenzialmente con **banda prenotata**.

La gestione con banda assegnata è efficace se si devono trasferire dati praticamente sempre a un ritmo fissato; è inefficiente (comporta spreco di banda) per sorgenti di dati molto intermittenti (con fattore di burstiness nettamente minore di 1); da qui l'importanza della commutazione a pacchetto.

Modi di trasferimento

Servizi **Circuit Switching**:

- si articolano nelle fasi di **instaurazione**, **trasmissione** dei dati e **rilascio** delle risorse impegnate;
- il percorso delle IU viene stabilito nella fase di instaurazione e rimane lo stesso per tutta la fase di trasmissione, durante la quale i nodi attraversati non devono prendere nuove decisioni sull'instradamento delle IU.

Servizi **Packet Switching**:

- l'**intestazione (header)** di ciascuna IU contiene le informazioni necessarie per il suo indirizzamento/instradamento;
- poiché non c'è banda assegnata, i nodi devono essere forniti di **buffer** di memoria per immagazzinare le IU che trovano momentaneamente non disponibile il ramo di uscita desiderato;
- si distingue tra servizi orientati alla connessione (**connection oriented**) e non orientati alla connessione (**connection-less**).

Modi di trasferimento

Servizi **packet switching connection oriented**: si articolano nelle seguenti fasi.

- **instaurazione** di chiamata virtuale: si individua un ***circuito virtuale*** tra sorgente e destinatario
- **trasmissione** dei dati
- **rilascio** delle risorse, che sono state solo prenotate, non assegnate, sui singoli collegamenti (multiplexing statistico)

L'instradamento viene deciso nella fase di instaurazione e rimane lo stesso per tutta la fase di trasmissione dei dati.

Quindi per l'indirizzamento/instradamento si usa un LCN = Logical Connection Number, non servono indirizzi di sorgente e destinatario. Il LCN ha validità **locale**: due nodi possono usare LCN diversi per lo stesso circuito virtuale, e possono usare anche lo stesso LCN per circuiti virtuali distinti.

Modi di trasferimento

Servizi **packet switching connection-less**:

- non si ha alcuna forma preventiva di prenotazione di banda; l'instradamento viene effettuato per ogni IU
- non è garantito che tutte le IU relative a una certa trasmissione seguano lo stesso percorso da sorgente a destinatario e arrivino sequenziate come in partenza

Quindi per l'indirizzamento/instradamento si usa la coppia di indirizzi di sorgente e destinatario, e tali indirizzi devono avere validità (e unicità) a livello globale.

Nota: l'indirizzo della sorgente è necessario per permettere al destinatario di rispondere.

Modi di trasferimento

Riguardo ai virtual circuit, si può fare la seguente distinzione.

- **SVC = Switched Virtual Circuit**
- **PVC = Permanent Virtual Circuit:** configurazione effettuata una volta per tutte dal centro di gestione della rete. Il circuito virtuale rimane impostato per tutta la durata contrattuale, la comunicazione è "always on", il sistema A non deve aprire una connessione per arrivare al sistema B.
Esempi: ADSL, Frame Relay.

Modi di trasferimento

Componenti di ritardo

Circuit Switching

- **trasmissione:** ritardo dipendente dalla capacità di ciascun collegamento
- **propagazione:** ritardo dipendente dalla lunghezza di ciascun collegamento
- **elaborazione:** ritardo pagato solo nella fase di instaurazione e dovuto alla funzione di instradamento

Packet Switching

Si ha una componente di ritardo in più oltre alle stesse del circuit switching:

- **attesa** dovuta all'eventuale accodamento delle IU nei buffer dei nodi

Modi di trasferimento

Componenti di ritardo

Il ritardo totale nella fase di trasmissione dati è pressoché costante per il circuit switching, mentre è aleatorio per il packet switching, specialmente nel caso connection-less.

La trasparenza temporale è massima per la commutazione a circuito, peggiora per la commutazione a pacchetto, specialmente se connection-less.

Nel caso di commutazione di pacchetto, una causa in più di ritardo (aleatorio) è dovuta all'eventuale accodamento delle IU nei buffer dei nodi attraversati.

Nel caso di commutazione di pacchetto non orientata alla connessione, una ulteriore causa di ritardo aleatorio è dovuta all'eventuale necessità di risequenziare le IU ricevute: quelle che seguono percorsi più lunghi possono ritardare maggiormente, costringendo ad attenderle mentre sono già arrivate quelle spedite prima.

Modi di trasferimento

Tecniche di moltiplicazione

Consentono la condivisione di un canale di comunicazione di adeguata capacità tra un certo numero di flussi di informazione.

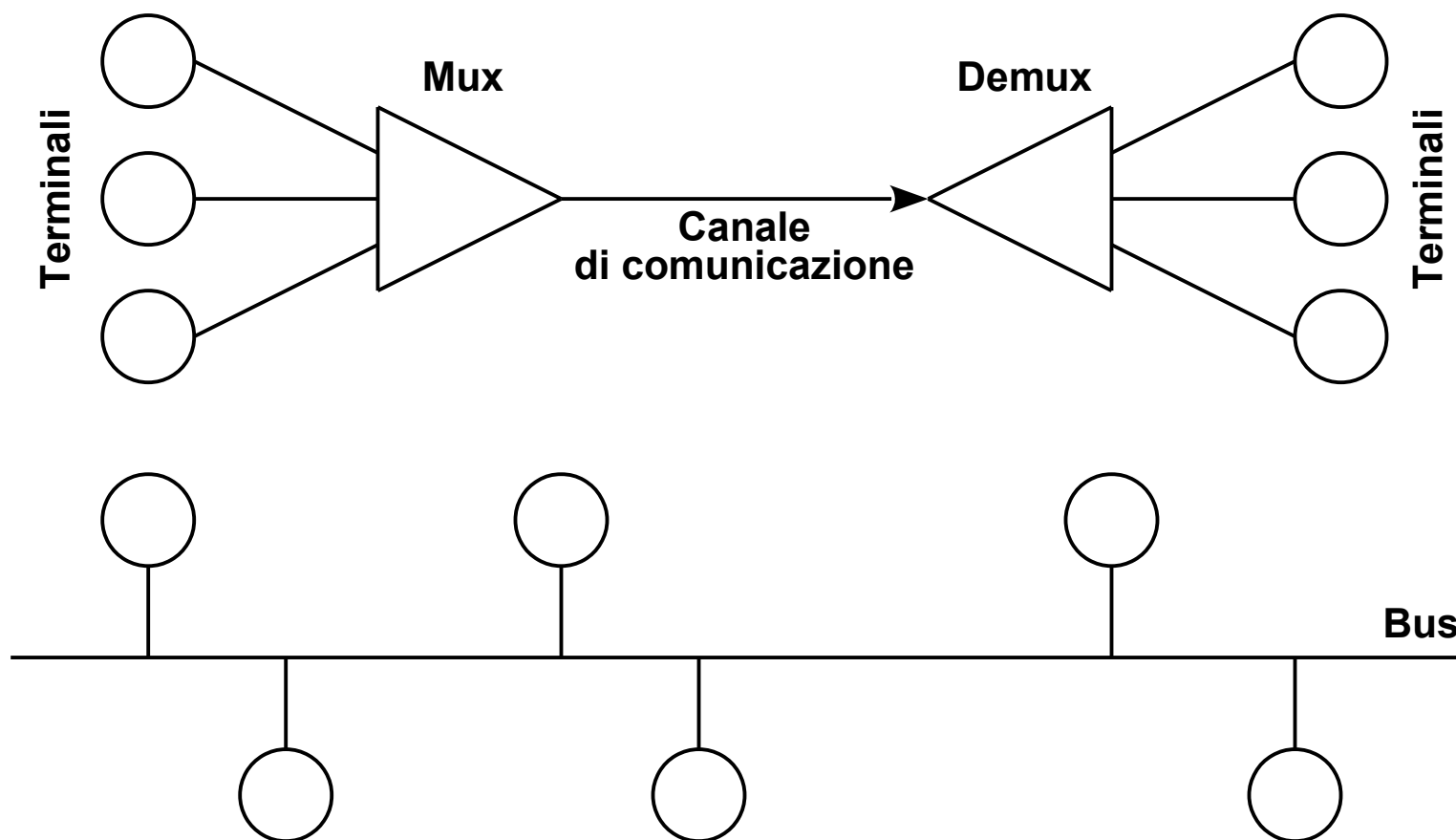
Alternative: Frequency Division Multiplexing (FDM), Time Division Multiplexing (TDM), Code Division Multiplexing (CDM), Wavelength Division Multiplexing (WDM), ...

Due tipi fondamentali di configurazioni:

- ad accesso centralizzato (con uso di moltiplicatore e demoltiplicatore)
- ad accesso distribuito (ad es. mediante bus condiviso)

Modi di trasferimento

Tecniche di multiplazione



Modi di trasferimento

Tecniche di moltiplicazione

In riferimento a una **tecnica TDM centralizzata**, ci sono due aspetti importanti da gestire nel coordinamento tra moltiplicatore (Mux) e demoltiplicatore (Demux):

- **delimitazione** delle IU trasmesse sul canale, per permettere al Demux di distinguere le IU nel flusso binario che viene elaborato dal ricevitore
- **indirizzamento** delle IU recuperate

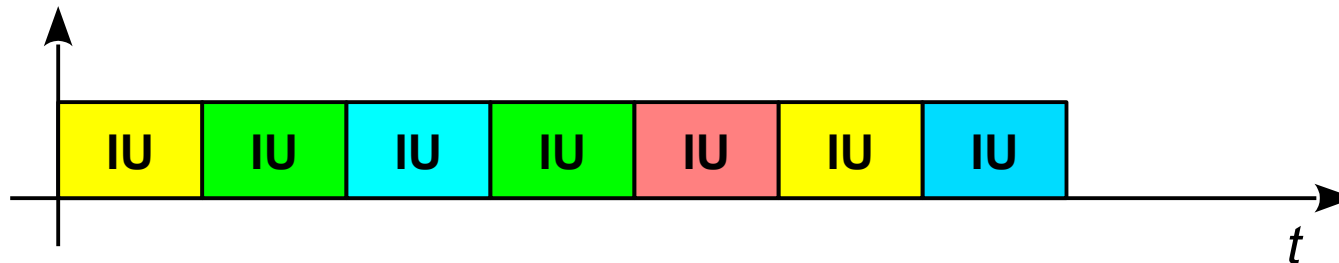
Risulta così interessante la seguente classificazione:

- moltiplicazione **slotted**
 - **slotted periodical**
 - **slotted statistical**
- moltiplicazione **continuous**

Modi di trasferimento

Tecniche di moltiplicazione

La **moltiplicazione slotted** prevede la suddivisione dell'asse temporale in "slot" di lunghezza adatta a contenere una singola IU.



Le IU sono di lunghezza costante, quindi la loro **delimitazione** è **implicita**.

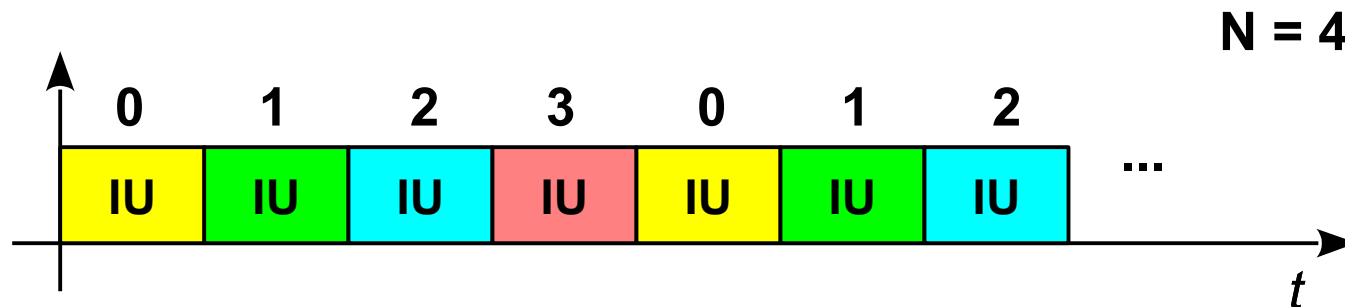
La costanza della lunghezza delle IU permette la delimitazione implicita, che però al tempo stesso richiede la **sincronizzazione** tra Mux e Demux per la corretta individuazione del confine tra IU consecutive.

Modi di trasferimento

Tecniche di moltiplicazione

Nell'alternativa **slotted periodical**, gli slot sono organizzati in sequenze regolari e ripetitive di N elementi.

Una sequenza base di N slot costituisce una **trama**.



L'inizio di ogni trama è marcato da una informazione di allineamento.

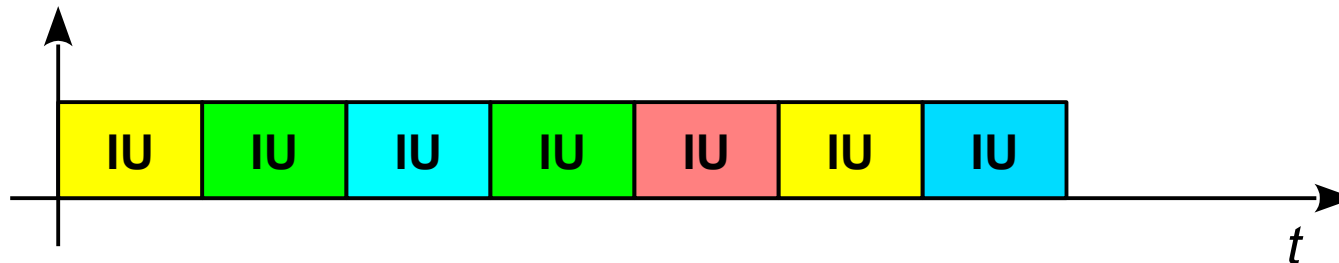
La delimitazione delle IU è implicita, trattandosi di moltiplicazione slotted.

L'indirizzamento è implicito: è individuato univocamente dalla posizione (slot) occupata dalla IU all'interno della trama.

Modi di trasferimento

Tecniche di moltiplicazione

Nell'alternativa **slotted statistical** non esiste una struttura periodica e l'assegnazione degli slot a IU di diversi flussi su base statistica.



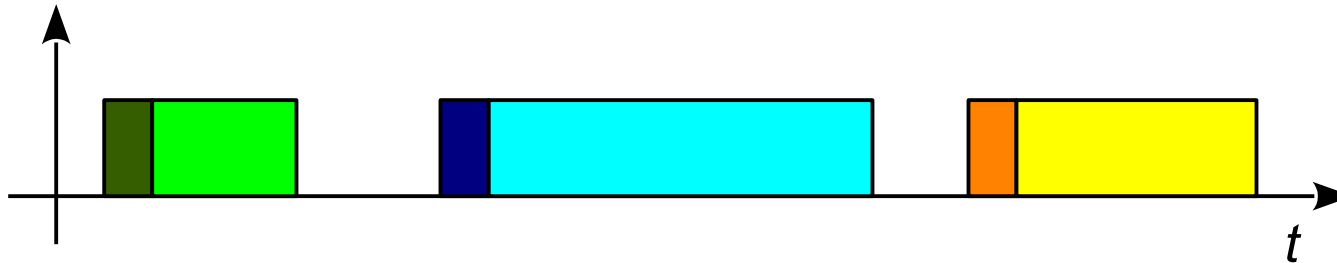
La delimitazione delle IU è implicita, trattandosi di moltiplicazione slotted.

A causa dell'assenza di una struttura periodica, l'indirizzamento delle IU deve essere esplicito.

Modi di trasferimento

Tecniche di multiplazione

La **multiplazione continuous** permette IU di lunghezza variabile e quindi, al tempo stesso, richiede una delimitazione esplicita delle IU, ad es. mediante opportuna intestazione (header).



Evidentemente mancano le condizioni perché possano essere impliciti la delimitazione e l'indirizzamento: si hanno

- delimitazione esplicita
- indirizzamento esplicito

Modi di trasferimento

Tecniche di moltiplicazione

Attualmente vengono usati due tipi di moltiplicazione.

- **TDM sincrona (S-TDM):** opera con **assegnazione di banda** (N porzioni di banda, cioè N slot, per N coppie sorgente-destinatario) ed è basata sull'alternativa **slotted periodical**; la capacità assegnata alla singola coppia sorgente-destinatario, cioè al singolo slot, prende il nome di **canale base**.
- **TDM asincrona (A-TDM):** opera con **prenotazione di banda** ed è basata sull'alternativa **slotted statistical**; tipicamente viene impiegata in presenza di **sorgenti intermittenti**, con fattore di burstiness nettamente minore di 1, per usare efficientemente la capacità del canale di comunicazione. Ci possono essere contese per l'uso della capacità disponibile.

Modi di trasferimento

Tecniche di multiplazione - Osservazioni

▪ Circuit switching

- opera con **assegnazione di banda** sui singoli rami
- presuppone terminali compatibili e tipicamente è abbinato a multiplazione sincrona per fornire un **servizio di tipo chiamata**, con rispetto di condizioni di trasparenza temporale

▪ Packet switching

- opera con condivisione delle risorse da parte degli utenti attivi, per i quali si effettua solo una **prenotazione di banda** sui singoli rami
- consente il cambiamento di **formato** delle IU e quindi è adatto alla comunicazione tra terminali eterogenei e al tempo stesso richiede una **struttura protocollare** più complessa
 - nel caso connection oriented si offre un servizio di tipo **chiamata virtuale** o **circuito virtuale**
 - nel caso connection-less si offre un servizio di tipo **datagramma**

Modi di trasferimento

Tecniche di multiplazione - Osservazioni

Il circuit switching e il packet switching connection-less sono fondamentalmente orientati alla fonia e ai dati, rispettivamente.

Alternative intermedie:

- **multirate circuit switching** - in fase di instaurazione, permette di allocare più canali base per una singola chiamata, mediante **sovramultiplazione sincrona**
- **ATM = Asynchronous Transfer Mode** - si basa su pacchetti di lunghezza fissa, con multiplazione A-TDM, ed è stato concepito per il trasporto integrato di voce, video e dati con servizio connection oriented
- **Frame Relay** - si basa su pacchetti di dimensione variabile, con multiplazione continuous, e prevede un carico di elaborazione ridotto sui nodi di transito; il servizio è di tipo connection oriented

Modi di trasferimento

Architetture protocollari

Un **protocollo** rappresenta un insieme di regole per lo scambio di informazioni tra sistemi anche non adiacenti.

Su ciascun sistema, i protocolli sono organizzati secondo un'architettura gerarchica.

Il modello di riferimento è l'**OSI** (Open System Interconnection) dell'ISO (International Standard Organization), anche se ormai è molto diffuso anche il modello **TCP/IP**, nato in ambito Internet.

La struttura gerarchica prevede una "pila" di strati (layer) o livelli (level), individuati in base ai criteri di:

- **raggruppamento**
- **stratificazione**

Modi di trasferimento

Architetture protocollari

Raggruppamento:

- il generico **strato N** raggruppa funzioni simili; lo svolgimento della singola funzione è demandato a una **N-entità**
- l'insieme delle N-entità costituisce lo **strato N**

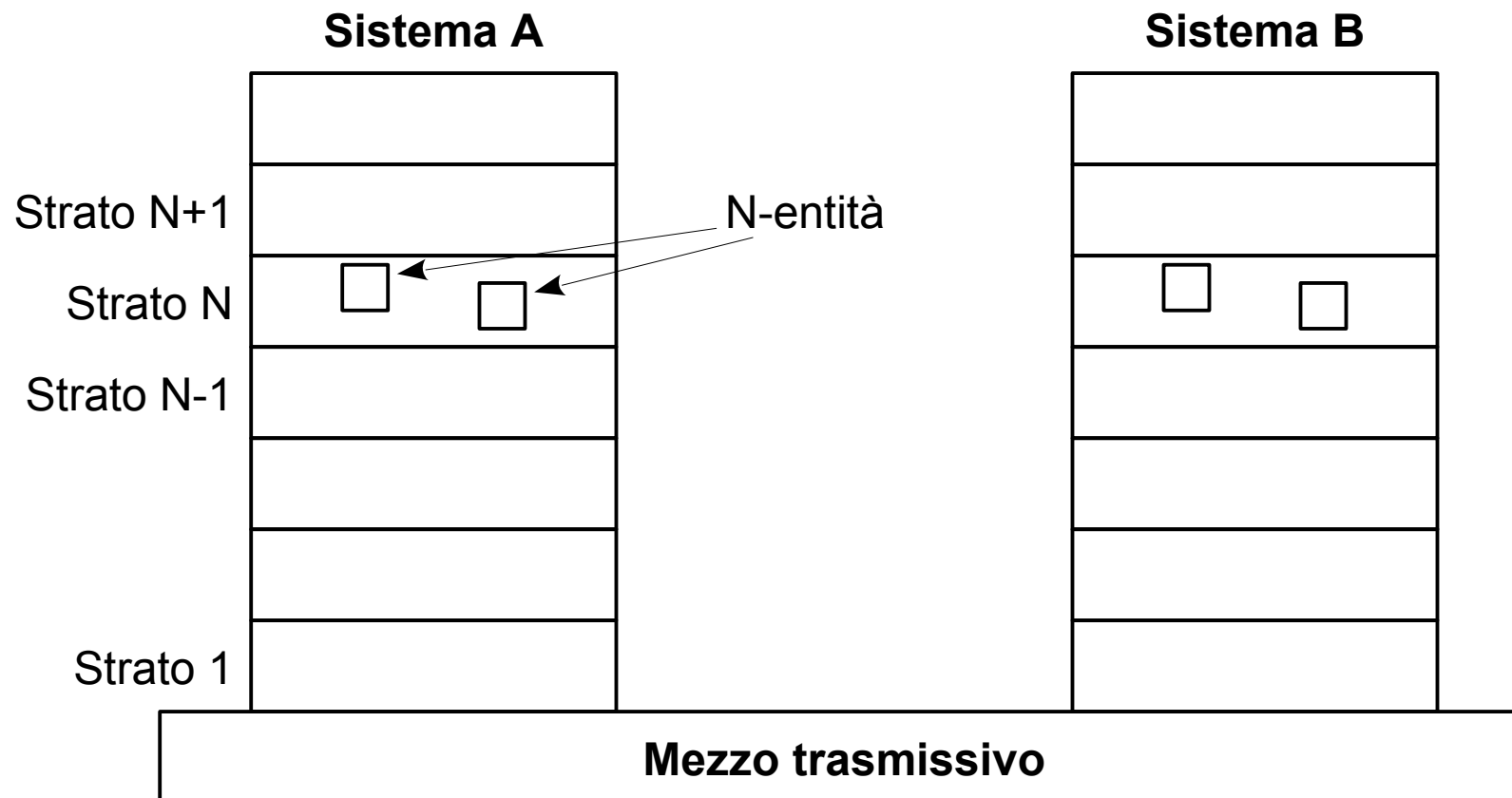
Stratificazione:

- un sistema è costituito da un insieme di strati organizzati in modo gerarchico, con interazione diretta possibile solo tra strati adiacenti, mediante opportune interfacce
- nella filosofia OSI, le modalità di interlavoro tra strati adiacenti sono specificate in modo possibilmente indipendente da come le funzioni sono realizzate nei singoli strati

L'organizzazione a strati/livelli rende modulari e flessibili l'organizzazione di un sistema e le comunicazioni tra sistemi, favorendo l'interoperabilità e permettendo di sostituire l'implementazione di un singolo strato della pila.

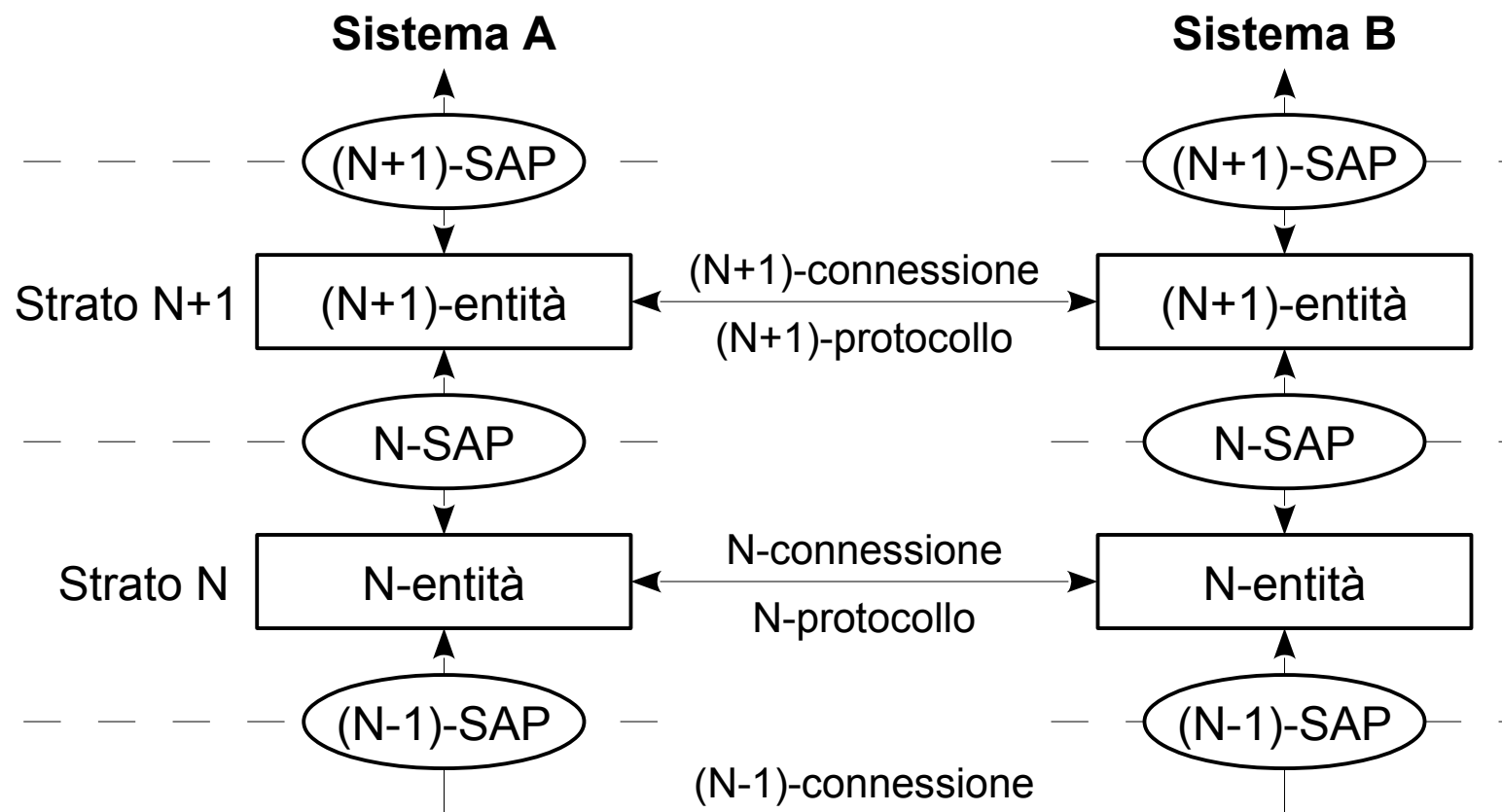
Modi di trasferimento

Architetture protocollari



Modi di trasferimento

Architetture protocollari



Modi di trasferimento

Architetture protocollari

Una N-connessione (virtuale) è il servizio che lo strato N rende disponibile allo strato N+1 all'interfaccia denominata (N+1)-SAP (Service Access Point).

Una N-connessione ha luogo tra due N-entità collocate sui due sistemi e consente l'interazione tra le stesse entità.

Ogni livello riceve servizi in forma di connessioni virtuali dal livello sottostante, fino a raggiungere il livello fisico, le cui entità hanno a disposizione il mezzo trasmissivo per il trasferimento delle unità informative.

Un N-protocollo definisce le modalità di scambio di informazioni tra due N-entità collocate su due diversi sistemi e si basa sul servizio reso da una (N-1)-connessione.

Modi di trasferimento

Architetture protocollari

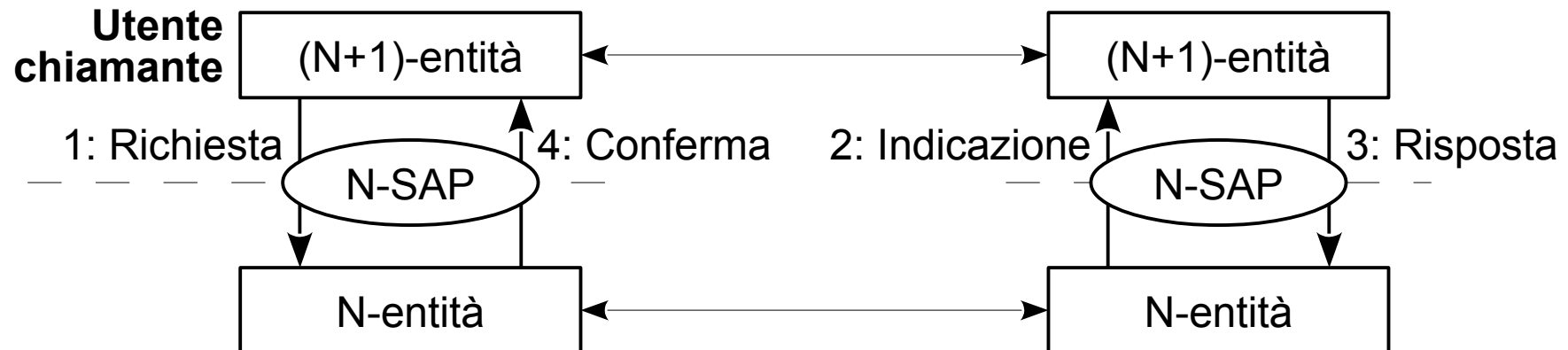
Di seguito, le **primitive di segnalazione** tra entità dello stesso sistema, nell'ordine temporale in cui vengono usate.

- 1 - Richiesta:** l'utente chiamante emette una richiesta di connessione.
- 2 - Indicazione:** il servizio avvisa l'utente chiamato.
- 3 - Risposta:** l'utente chiamato accetta la connessione.
- 4 - Conferma:** il servizio notifica al chiamante l'accettazione della richiesta.

Servizio confermato: usa tutte le primitive.

Servizio non confermato: usa solo richiesta e indicazione.

Servizio iniziato dal fornitore: usa solo le primitive di indicazione.



Modi di trasferimento

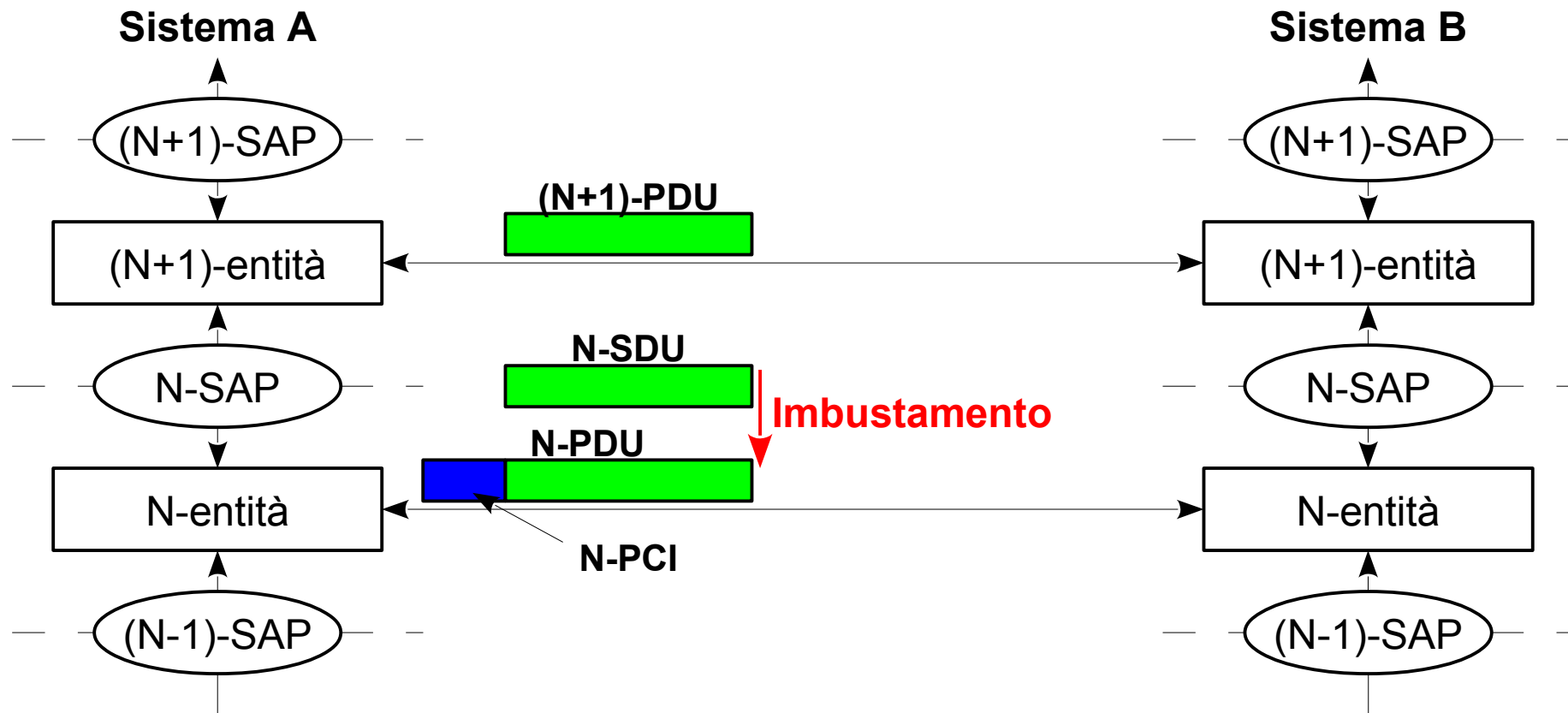
Architetture protocollari

Alcune funzioni tipiche che possono competere al generico strato:

- imbustamento = incapsulamento
- segmentazione e riassemblaggio
- controllo di sequenza
- controllo di errore
- controllo di flusso
- controllo della connessione
- multiplazione

Modi di trasferimento

Architetture protocollari



Modi di trasferimento

Architetture protocollari

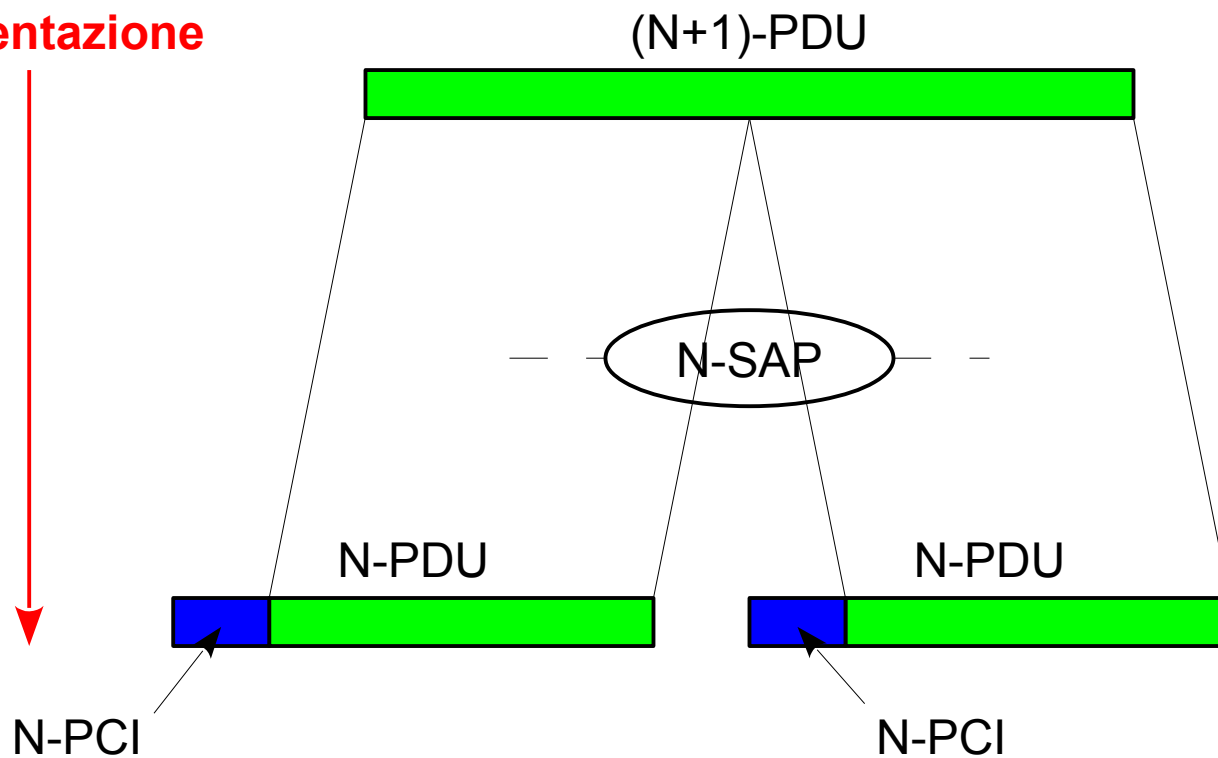
Tipi di IU scambiate tra N-entità:

- (N+1)-PDU = Protocol Data Unit di livello N+1, scambiate tra due (N+1)-entità su sistemi diversi in base a un certo (N+1)-protocollo, portano informazioni relative al "collegamento logico" tra le entità
- N-PCI = Protocol Control Information di livello N = informazione di controllo contenuta in una N-PDU
- N-SDU = Service Data Unit di livello N = unità informativa scambiata in corrispondenza dell'N-SAP tra una (N+1)-entità e una N-entità dello stesso sistema; è responsabile del "trasferimento fisico" delle informazioni sulla "pila" degli strati protocollari

Modi di trasferimento

Architetture protocollari

Segmentazione



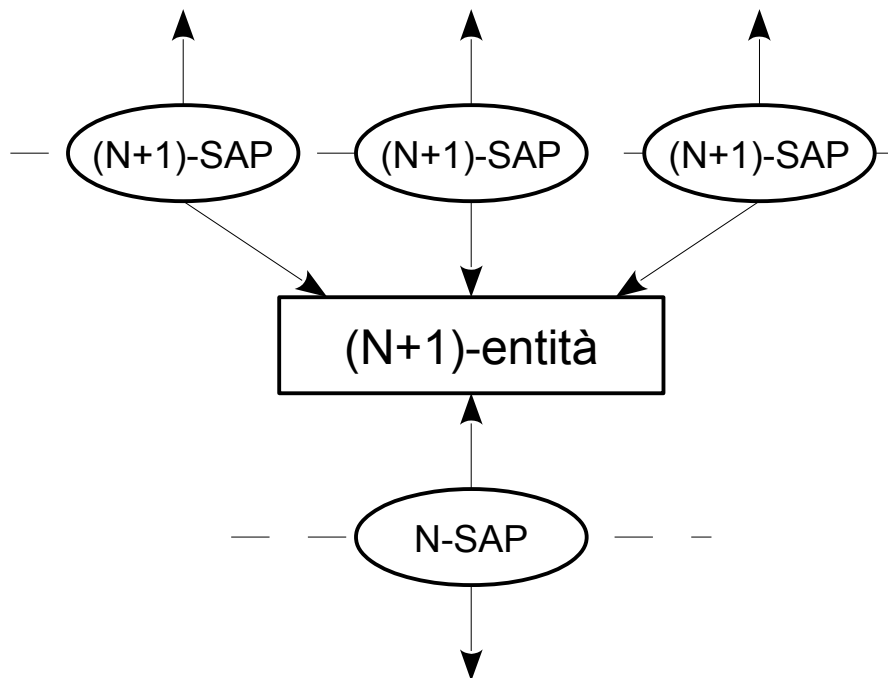
Riassemblaggio

Modi di trasferimento

Architetture protocollari

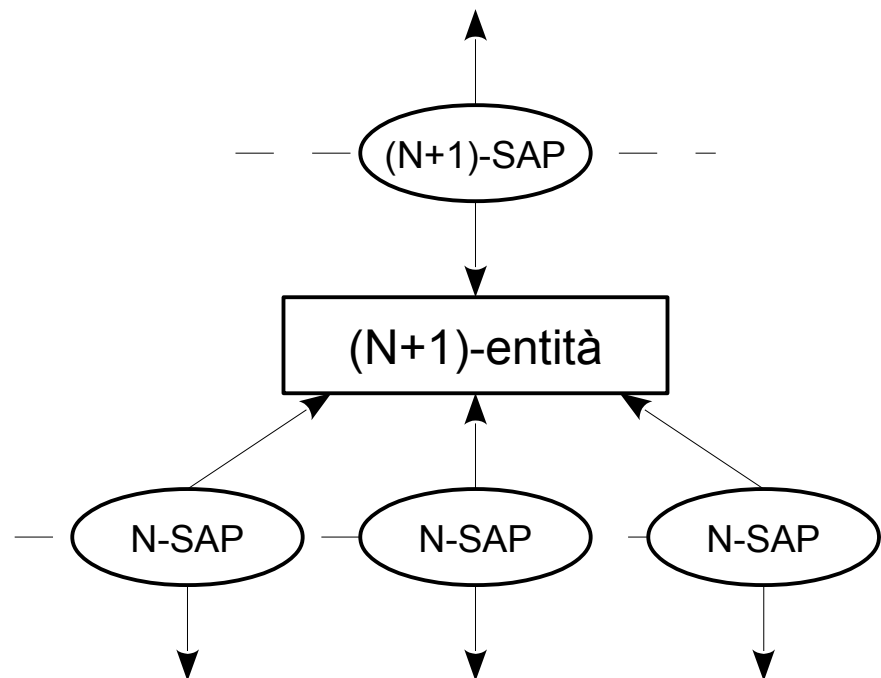
Multiplazione

più di una (N+1)-connessione
su una singola N-connessione



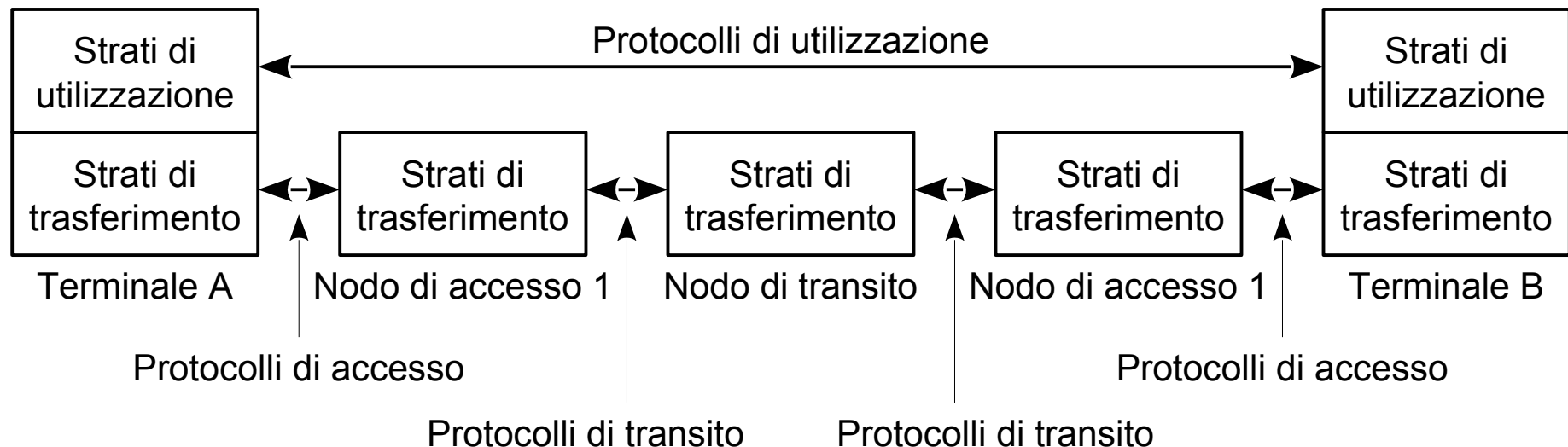
Multiplazione inversa

una (N+1)-connessione
su più N-connessioni



Modi di trasferimento

Architetture protocollari



Strati di utilizzazione: includono funzionalità relative a generazione, utilizzazione e strutturazione delle IU, in modo piuttosto indipendente dalla rete di comunicazione.

Strati di trasferimento: definiscono le modalità di trasferimento delle IU attraverso una certa rete.

Infine, è opportuno notare che in ogni strato possono risiedere sia funzionalità dedicate al trattamento delle informazioni di controllo, sia funzionalità dedicate al trattamento delle informazioni: si distingue tra **piano di controllo** e **piano di utente**, con **pile protocollari diverse**.

Modi di trasferimento

Architetture protocollari

Modello ISO/OSI: funzioni organizzate su 7 strati/livelli: lo strato 1 è il meno "astratto", mentre lo strato 7 è il più astratto.

Il generico strato attinge alle informazioni fornite dallo strato sottostante e le fornisce arricchite allo strato superiore.

7 - Applicazione (Application Layer)
6 - Presentazione (Presentation Layer)
5 - Sessione (Session Layer)
4 - Trasporto (Transport Layer)
3 - Rete (Network Layer)
2 - Collegamento (Data Link Layer)
1 - Fisico (Physical Layer)

Modi di trasferimento

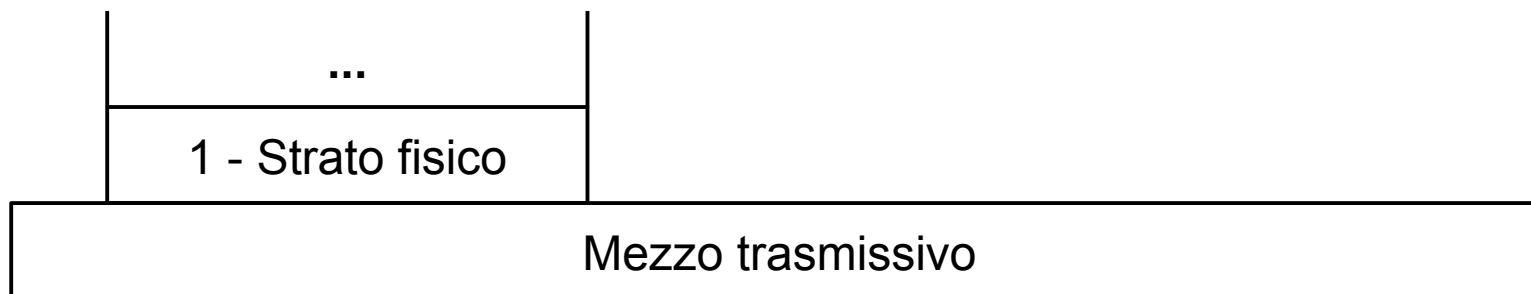
Architetture protocollari

1 - Strato fisico

"PDU" di livello 1: **bit**.

Interfaccia il sistema con il mezzo trasmissivo, cioè con il mezzo fisico su cui viaggiano le informazioni sotto forma di **bit**.

A questo livello si definiscono le caratteristiche meccaniche ed elettriche/optiche della connessione fisica: mezzo trasmissivo, topologia, modalità full-duplex o half-duplex, codifica, modulazione.



Modi di trasferimento

Architetture protocollari

2 - Strato di collegamento

PDU di livello 2: **trama** (frame) = sequenza di bit.

Il livello 2 gestisce il trasferimento di trame, occupandosi dell'occorrenza di errori ed eventualmente della ritrasmissione.

Può gestire il controllo di flusso.

Gestisce il controllo dell'accesso al collegamento, mediante un opportuno protocollo di accesso (si vedrà il caso del MAC di Ethernet o IEEE 802.3 - CSMA/CD).

Esempio di protocolli di livello 2: HDLC (High Level Data Link Control).

Modi di trasferimento

Architetture protocollari

3 - Strato di rete

PDU di livello 3: ***pacchetto*** (packet).

Provvede all'instradamento dei pacchetti, individuando la corrispondente sequenza di nodi e rami; così maschera allo strato superiore (4, di trasporto) la tecnica di commutazione utilizzata.

Può effettuare traduzione di indirizzi di rete, multiplazione, controllo di flusso applicato alle singole sorgenti, controllo di congestione per evitare fenomeni di saturazione nei buffer dei nodi.

Esempio di protocollo di livello 3: IP = Internet Protocol.

Modi di trasferimento

Architetture protocollari

4 - Strato di trasporto

PDU di livello 4: **segmento** (segment).

Gestisce lo scambio di informazioni da estremo a estremo (ignorando quindi la sequenza di nodi e rami intermedi attraversati).

Indirizza le unità dati alla corrispondente applicazione, mediante indirizzo di "porta" o di "socket".

Può effettuare moltiplicazione, gestione della qualità del servizio, controllo e recupero degli errori, ecc.

Esempio di protocollo di livello 4: TCP = Transmission Control Protocol.

Modi di trasferimento

Architetture protocollari

5 - Strato di sessione

Gestisce il dialogo tra entità di presentazione. Ad es. effettua il "session recovery" in seguito a un'interruzione del sottostante servizio di trasporto, evitando di dover ricominciare da capo il corrispondente trasferimento dati.

6 - Strato di presentazione

Consente l'interazione tra applicazioni che rappresentano i dati mediante formati diversi, effettuando una "traduzione" tra diverse sintassi. Esempi di funzioni: compressione, cifratura, sicurezza mediante gestione di codici e password.

7 - Strato di applicazione

Fornisce, mediante un processo o programma applicativo, l'interfaccia di utente per l'accesso a servizi informativi distribuiti.

Esempi: servizio di invio e-mail mediante applicazione SMTP, trasferimento di file mediante applicazione FTP, terminale virtuale su elaboratore remoto = TELNET, ...

Modi di trasferimento

Architetture protocollari - Osservazioni

Nella fase di trasferimento dati in una rete a commutazione di circuito, con servizio esclusivamente orientato alla connessione, i nodi di commutazione svolgono essenzialmente funzioni di strato fisico.

In una rete a pura commutazione di pacchetto, nei nodi di commutazione risiedono funzioni fino allo strato di rete.

In altri tipi di rete (ad es. ATM e Frame Relay), nei nodi di transito (core switch) non risiedono funzionalità di strato di rete, che risiedono nei nodi di accesso (edge switch).