

# ***Reti di Telecomunicazioni 1***

***Corso "on-line" - AA2006/07  
Blocco 8 v2***

***Ing. Stefano Salsano  
e-mail: stefano.salsano@uniroma2.it***

1

## **● Il modello OSI**

- » **Livello di Strato Fisico**
- » **Livello di Collegamento (continua...)**
- » **Livello di Rete**
- » **Livello di Trasporto**
- » **Livello di Sessione**
- » **Livello di Presentazione**
- » **Livello di Applicazione**

2

Riprendiamo il discorso sulla funzionalità di delimitazione di trama propria dello strato di collegamento, che avevamo introdotto nel blocco 7.

La funzionalità di delimitazione delle unità informative serve ad individuare le unità informative all'interno del flusso "indistinto" di bit fornito dal livello fisico.

Analizzeremo alcuni meccanismi che possono essere utilizzati per realizzare la funzionalità di delimitazione di trama.

## Delimitazione di trama



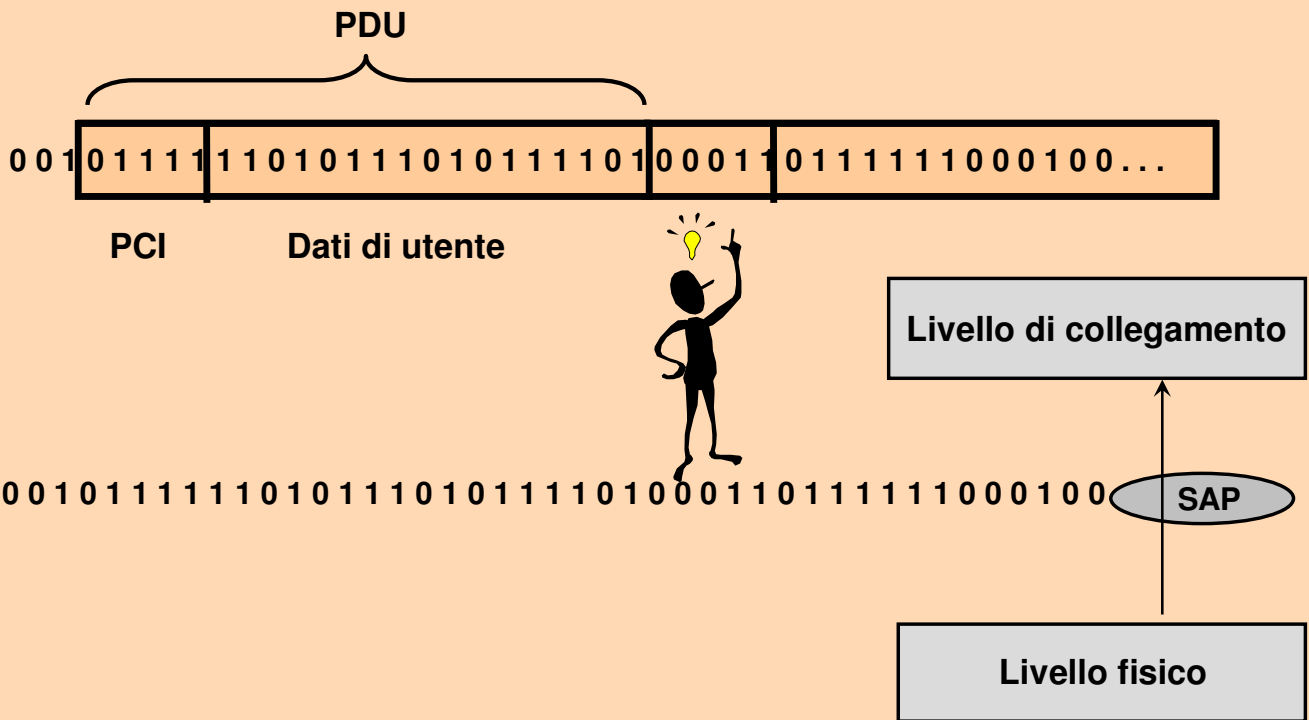
0010111111010111010111101000110111111000100

Livello di collegamento

SAP

Livello fisico

# Delimitazione di trama



5

**Premettiamo una distinzione tra due tipi diversi di protocolli di strato di collegamento: quelli orientati al carattere e quelli orientati al bit. Nei primi l'informazione viene trasmessa ed elaborata solo in forma di caratteri, nei secondi si trasmettono e ricevono bit, che vengono se necessario raggruppati in caratteri.**

**I protocolli più "moderni" sono in genere orientati al bit, i "vecchi" protocolli (es. trasmissione su linee seriali a bassa velocità) erano in genere orientati al carattere.**

# Protocolli di strato di collegamento

- In base alla definizione della *minima quantità informativa* che il protocollo è in grado di trattare si classificano in:
  - » protocolli orientati al carattere
  - » protocolli orientati al bit

7

## Protocolli orientati al carattere (esempio)

*Elenco dei caratteri di controllo in un protocollo orientati al carattere (esempio)*

Sigla	Carattere di Controllo	Significato	Sigla	Carattere di Controllo	Significato
SOH	Start of heading	Identifica l'inizio della sequenza di caratteri che costituisce l'intestazione del messaggio	ACK	Acknowledge	Segnala la ricezione senza errori di un blocco informativo
STX	Start of text	Identifica l'inizio della sequenza di caratteri che costituisce la parte informativa del messaggio	NAK	Negative acknowledge	Segnala la ricezione con errori di un blocco informativo
ETX	End of text	Identifica la fine della sequenza di caratteri che costituisce la parte informativa del messaggio	SYN	Synchronous idle	Serve per stabilire e mantenere la sincronizzazione di carattere tra stazione emittente e ricevente
EOT	End of transmission	Segnala la fine della trasmissione da parte della stazione emittente	ETB	End transmission block	Indica la fine di un blocco dati
ENQ	Enquire	Sollecita l'invio di una risposta da parte di un'altra stazione	DLE	Data link escape	Cambia il significato del carattere immediatamente seguente, se questo è un altro carattere di controllo

8

Nella slide precedente, a titolo di esempio si elencano i caratteri di controllo utilizzati in un protocollo orientato al byte. Un esempio di utilizzo di questi caratteri di controllo si può trovare a pag. 133 del testo “Reti per applicazioni telematiche”.

L’unità dati del livello di collegamento (indicata talvolta come DL-PDU cioè “Data Link-PDU”) viene spesso detta “trama”. Un generico esempio di trama di un protocollo di livello 2 orientato al bit è mostrato nella slide seguente.

## Protocollo di collegamento orientato al bit

Formato generico di un’unità dati di livello 2  
(detta “trama” o DL-PDU)



In ciascun protocollo può esserci

- solo l’Header
- solo il Trailer
- entrambi

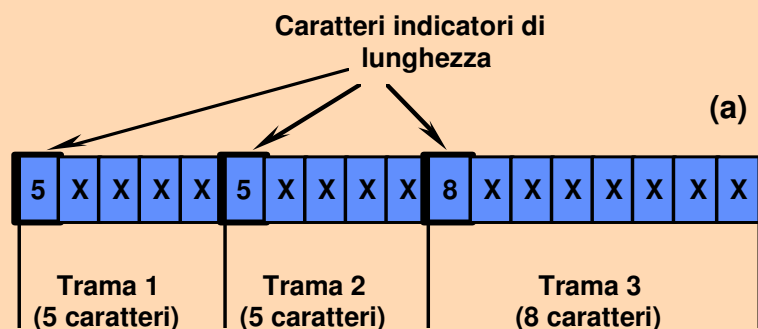
# Delimitazione delle trame

- Descriveremo i metodi con:
  - » 1) conteggio dei caratteri o delle cifre binarie
  - » 2) delimitatori di inizio e fine trama
    - » 2.a) inserimento dei caratteri di inizio e di fine trama
    - » 2.b) inserimento di campi di inizio e di fine trama
  - » 3) macchina a stati e correlazione (PDU lunghezza fissa)
  - » 4) violazione del codice di linea utilizzato nello strato fisico

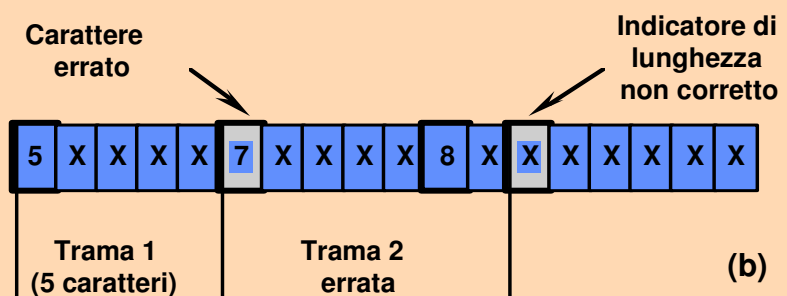
11

## Metodo del conteggio dei caratteri

a) procedimento di ricostruzione delle trame



b) ricostruzione delle trame in caso di errore su un carattere indicatore di lunghezza



12

Nella slide precedente si mostra un esempio di delimitazione di trama mediante conteggio dei caratteri. Il primo carattere della trama indica il numero di caratteri della trama, è possibile quindi in ricezione contare il giusto numero di caratteri, delimitare la trama e trasferirla allo strato superiore. Il carattere successivo indicherà la lunghezza della nuova trama e così via (vedere l'esempio (a) in alto nella slide precedente).

Questo meccanismo è molto semplice, ma ha il problema di non essere robusto agli errori trasmissivi. Se un errore modifica il valore del carattere che indica la lunghezza, non solo si riceverà in modo errato la trama corrente, ma non sarà possibile delimitare la trama successiva, perché non si ritrova nella posizione aspettata il carattere che indica la lunghezza, ma un carattere qualunque (vedere l'esempio (b) in basso nella slide precedente).

## Delimitatori di inizio e fine trama

- L'inizio e la fine della trama vengono identificati con speciali campi delimitatori (detti anche flag) composti da particolari sequenze di bit o da caratteri di controllo
- Esempi:

Campo di delimitazione (01111110)

0111111010111010111101000110111111000100

Caratteri/flag di inizio (SF) e fine (EF)

SF					EF	SF				EF			SF		
----	--	--	--	--	----	----	--	--	--	----	--	--	----	--	--

- **Problema:**
  - » bisogna evitare che i delimitatori appaiano all'interno delle trame
- Soluzioni:**
  - » 1) i delimitatori sono caratteri non ammessi (simboli riservati)
  - » 2) riempimento di bit/riempimento di carattere (bit-stuffing/char-stuffing)

**Un meccanismo più robusto prevede di inserire dei delimitatori di inizio e fine trama. Questi saranno ovviamente dei caratteri nel caso di un protocollo orientato al carattere oppure dei “campi” di bit contenenti una specifica sequenza di bit.**

**Il problema è ora quello di evitare che un delimitatore compaia all’interno di una trama e ne segnali la fine in modo erroneo.**

**Una possibile soluzione (nel caso di protocollo orientato al carattere) è quella di inserire dei caratteri speciali che non possono mai essere contenuti all’interno della trama. Lo svantaggio di questa operazione è che in si va a limitare il tipo di informazione che può essere trasferita come payload nelle trame. Se si usa questo approccio, spesso si deve cambiare la rappresentazione dell’informazione da trasferire per adattarla ad un “alfabeto” di caratteri utili limitato e questo può portare a delle inefficienze. Ad esempio alcuni protocolli seriali prevedono che si possa trasportare solo “testo” all’interno delle trame. Se si vuole trasportare informazione numerica (codificata come sequenza di bit) bisogna convertirla in una rappresentazione a caratteri di testo, che è inefficiente.**

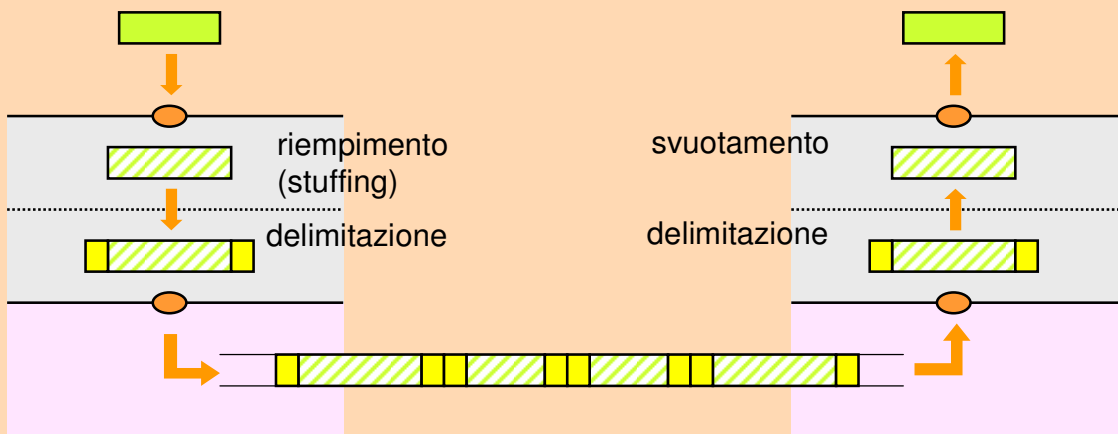
**La soluzione più generale si chiama riempimento di carattere o riempimento di bit rispettivamente nel caso di protocollo orientato al carattere o al bit (in inglese si usa “byte stuffing” o “bit stuffing”).**

**L’idea è quella di aggiungere all’interno della trama una informazione aggiuntiva per evitare confusione tra i delimitatori di trama e il contenuto della trama stessa. Il procedimento deve ovviamente essere invertibile: l’informazione aggiuntiva va opportunamente rimossa (“svuotamento”) in ricezione per poter ricreare le trame in modo conforme all’originale oggetto della trasmissione.**



# bit-stuffing & char-stuffing

- Obiettivo del bit/char stuffing: eliminare (mascherare) eventuali presenze dei simboli delimitatori all'interno della trama
- Normalmente gli algoritmi utilizzati operano sul blocco dati da inviare in modo sequenziale
  - » operando in modo sequenziale sui simboli elementari (bit o byte) componenti la Unità Informativa (UI)



17

Un esempio di riempimento di carattere è riportato nella slide successiva. Il delimitatore di inizio trama è costituito dalla sequenza di due caratteri detti “DLE” e “STX”, quello di fine trama dalla sequenza di due caratteri detti “DLE” e “ETX”. (DLE sta per “Data Link Escape”). Ogni volta che si incontra un carattere DLE all'interno del contenuto della trama si aggiunge (“riempimento”) un altro “DLE”. In ricezione se vi sono due DLE consecutivi, il primo viene eliminato (“svuotamento”) e il secondo NON viene considerato come parte di una sequenza di inizio o fine trama.

Quindi se c'è una sequenza DLE STX all'interno della trama che potrebbe essere scambiata per una sequenza di fine trama, questa diventa DLE DLE STX e in ricezione non può essere confusa con una sequenza di fine trama.

# Operazione di riempimento di carattere

sequenza originaria di caratteri



sequenza dopo l'operazione di riempimento



sequenza dopo l'operazione di svuotamento



19

Un esempio di riempimento di bit è riportato nella slide successiva. Il delimitatore di inizio trama è costituito da una sequenza di bit detta “flag” costituita da 6 cifre “1”: “11111” (DLE sta per “Data Link Escape”).

La regola di “riempimento” è la seguente: ogni volta che si incontra una sequenza di cinque “1” all’interno del contenuto della trama si aggiunge una cifra “0”. La regola di “svuotamento” è quella di eliminare una cifra “0” che appaia dopo cinque “1”. In questo modo una sequenza di sei “1” ricevuta può solo essere un “flag” di inizio o fine trama.

Ad esempio questo meccanismo è usato dal protocollo PPP che è il protocollo di livello 2 utilizzato nell’accesso ad Internet via modem.

## Operazione di riempimento di bit

**Esempio: flag 111111,**

occorre evitare la “simulazione” della sequenza 111111 nei campi informativi

**sequenza originaria di cifre binarie**

1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1

**sequenza dopo l'operazione di riempimento  
(inserisci “0” dopo cinque “1” consecutivi)**

1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1

**sequenza dopo l'operazione di svuotamento  
(togli uno “0” dopo cinque “1” consecutivi)**

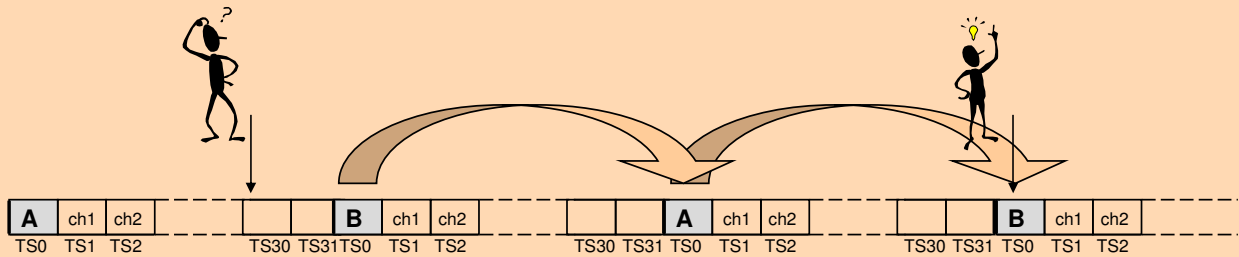
1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1

21

Il metodo a “correlazione” si basa sulla identificazione di informazioni note che si ripetono periodicamente. Si applica quindi a trame di lunghezza fissa. Un tipico esempio sono le trame “PCM” utilizzate per la multiplexazione di 30 chiamate telefoniche.

Il ricevitore in generale inizia a ricevere il flusso da una posizione casuale e prova ad identificare l'informazione nota. Appena la individua (o pensa di averla individuata) “salta” in avanti per un numero di bit pari alla lunghezza della trama e va a verificare se in questa posizione è presente o meno l'informazione nota. Dopo un certo numero di verifiche positive, assume di aver trovato la “sincronizzazione” di trama e può iniziare ad interpretare il contenuto della trama.

## “Macchina a stati” e correlazione



- La delimitazione di trama si basa sulla identificazione di una informazione nota che si ripete ciclicamente
- Le trame devono essere di dimensione fissa
- Il ricevitore impiega un tempo iniziale per acquisire la “sincronizzazione” di trama

23

## Violazione del codice di linea

- La delimitazione di trama è realizzata utilizzando le proprietà del livello fisico, ad esempio trasmettendo un'informazione con una codifica fisica non ammessa.
- In questo caso è il livello fisico a fornire al livello di collegamento le trame già delimitate.

24

**Il metodo basato sulla violazione della codifica di linea a livello fisico introduce una negazione delle regole di indipendenza tra livelli protocollari previste nel modello OSI.**

**In effetti lo svantaggio è che potrà essere utilizzato solo con alcuni livelli fisici, perché dipende dalle codifiche effettuate.**

**Questo tipo di eccezioni alla regola della indipendenza funzionale degli strati modello OSI viene definita funzionalità o meccanismo “cross-layer”, cioè che coinvolgono più strati.**

**Tali meccanismi “cross-layer” vengono in genere introdotti per ragioni di efficienza, o di semplificazione delle procedure, ma, ripeto, hanno lo svantaggio di “legare” un livello protocollare all’altro.**

**Analizziamo brevemente ora le funzionalità di controllo di flusso e controllo di congestione. Si noti che queste funzionalità vengono qui introdotte nel contesto del livello di collegamento, ma si svolgono in realtà anche in altri livelli protocollari (e lo stesso vale anche per il controllo di errore e per la delimitazione di unità informativa visti prima).**

# Controllo di flusso

- **Ha il compito di assicurare che ritmo di arrivo delle trame (in generale delle unità informative) non superi la capacità di memorizzazione e elaborazione della entità ricevente, in modo che non si verifichino perdite di informazione**
  - » **si regola l'emissione del flusso di dati di una entità emittente da parte della entità ricevente**
  - » **dipende dalle capacità di memorizzazione del ricevente (buffer) e dalla sua velocità di elaborazione e smaltimento**
  - » **spesso viene realizzata in interazione con la funzione di recupero di errore e/o di controllo di congestione**

27

Un esempio di controllo di flusso è quello nella trasmissione seriale "RS-232" (è la porta seriale a 9 piedini presente nei PC). Si può avere un controllo di flusso hardware detto RTS/CTS. E' presente una coppia di fili corrispondenti ai segnali RTS (Request To Send - pin 4) e CTS (Clear To Send - pin 5). Quando un dispositivo ricevente rileva l'attivazione del segnale RTS da parte del dispositivo trasmittente ed è pronto per ricevere, allora risponde attivando il CTS. Per interrompere l'invio dei dati da parte del trasmettitore, il ricevitore può disattivare il segnale CTS, e riattivarlo quando sarà nuovamente in grado di ricevere i dati.

La congestione si verifica quando le risorse non sono sufficienti alle attività necessarie per supportare un processo di comunicazione. Ad esempio, supponiamo che arrivino ad un collegamento unità informative ad un ritmo superiore a quello che il collegamento è in grado di smaltire. Le unità informative in eccesso vengono memorizzate in un “buffer” in attesa di essere trasferite, finché c’è capacità disponibile nel buffer, poi le ulteriori unità informative che arrivano quando il “buffer” è pieno vengono scartate. Questo fenomeno va ovviamente a compromettere l’esito o la qualità dei processi di comunicazione che sono supportati dalle unità informative scartate.

Il controllo di congestione si occupa di controllare queste situazioni, evitando che insorgano o limitandone la durata e gli effetti.

## Controllo di congestione

- **Il controllo della congestione ha lo scopo di recuperare e/o evitare eventuali situazioni di sovraccarico nella rete**
  - » si deve regolare l’emissione dei dati in modo da ridurre il grado di congestione della rete
- **Tecniche:**
  - » meccanismi con feedback dei nodi della rete
  - » meccanismi “end-to-end” (da estremo a estremo)
  - » routing adattativo
  - » controllo di ammissione di chiamata (CAC – Connection Admission Control), nel caso di comunicazioni orientate alla connessione
- **Il controllo della congestione si effettua in genere nel livello di rete (es. nelle reti ATM) o nel livello di trasporto (es. il protocollo TCP nelle reti IP)**

Nella slide precedente sono classificate le tecniche di controllo della congestione. Alcune tecniche prevedono che i nodi di rete mandino agli altri nodi e/o alle sorgenti delle informazioni legate allo stato attuale del nodo (tecniche con “feedback” dalla rete). Queste informazioni sono utilizzate dalle sorgenti di informazione e/o dagli altri nodi per modificare il loro comportamento. Ad esempio le sorgenti possono ridurre il loro ritmo di emissione se si è verificata una situazione di congestione, o se si è prossimi ad una congestione perché il carico è elevato.

Di contro, altre tecniche prevedono che i nodi di rete non prendano parte al controllo della congestione, ma siano solo i terminali ad occuparsene (tecniche “end-to-end” cioè da estremo a estremo). In questo caso i terminali provano a valutare “dall’esterno” la presenza di congestione e adattano il proprio ritmo cercando di risolvere o prevenire le situazioni di congestione.

Confrontando le tecniche “con feedback” dei nodi di rete e quelle “end-to-end” si verifica che le prime sono in genere più efficaci nel controllare la congestione mantenendo alta la utilizzazione delle risorse di rete. Di contro le tecniche con feedback hanno lo svantaggio di richiedere una forte interazione tra gli elementi coinvolti (nodi di rete e terminali) presupponendo quindi delle tecnologie “omogenee”. In altre parole le tecniche con feedback si possono adottare se tutti gli elementi coinvolti sono realizzati in una medesima tecnologia e parlano quindi “lo stesso linguaggio”.

Proseguendo nella analisi delle tecniche di controllo della congestione troviamo le tecniche di “routing” (instradamento) adattativo. Queste prevedono che il flusso delle informazioni attraverso la rete sia modificato in accordo allo stato di carico della rete stessa. Ad esempio nella rete telefonica una chiamata può essere realizzata mediante diversi percorsi tra i nodi di rete (le centrali telefoniche). Quando un collegamento tra due centrali è troppo carico, le nuove chiamate vengono dirottate su percorsi alternativi.



**Infine citiamo come ultima tecnica di controllo della congestione il fatto che nelle reti con connessione è possibile effettuare un controllo di accettazione delle connessioni. Questo controllo di accettazione realizza di fatto un controllo di congestione “preventivo”.**

**Verranno cioè ammessi ulteriori flussi informativi (e quindi instaurate nuove connessioni all’interno della rete) solo se sono disponibili le risorse necessarie per trasportare le connessioni esistenti e quelle nuove senza che si verifichi la congestione.**

## ● Il modello OSI

- » Livello di Strato Fisico
- » Livello di Collegamento
- » Livello di Rete
- » Livello di Trasporto
- » Livello di Sessione
- » Livello di Presentazione
- » Livello di Applicazione

## Lo Strato di rete

- **Lo strato di rete assicura**
  - » il trasferimento da estremo a estremo
  - » l'indirizzamento degli utenti
  - » la scelta della qualità di servizio
  - » l'indipendenza dai sottostanti mezzi di comunicazione
- **Lo strato di rete può essere fornito**
  - » con connessione
  - » senza connessione
- **La funzionalità principale dello strato di rete è l'instradamento**

35

Proseguiamo la nostra analisi dei livelli della architettura OSI con lo strato di rete. Grazie allo strato di rete le unità informative che i terminali si devono scambiare attraversano la rete e giungono alla corretta destinazione (lo strato di collegamento si preoccupava invece del trasferimento di unità informative tra due entità direttamente collegate da un mezzo fisico).

Lo strato di rete realizza quindi la funzione di instradamento delle unità informative verso la destinazione.

Per fare questo ha bisogno di un "indirizzamento" delle entità coinvolte, cioè di un meccanismo che identifichi univocamente i terminali che devono comunicare (ed i certi casi anche i nodi).

**La funzione di instradamento consiste in realtà di due funzioni distinte, una “decisionale” e una “attuativa”. La funzione decisionale consiste appunto nel decidere la strada che le unità informative devono percorrere per andare dalla sorgente alla destinazione. La funzione attuativa consiste nel trasferire effettivamente le unità informative lungo il percorso verso la destinazione.**

**Le due funzioni possono essere combinate o separate. In particolare se il livello di rete opera “con connessione” la funzione “decisionale” viene effettuata al momento della instaurazione della connessione e durante il trasferimento della informazione si esplica solo la funzione attuativa. Ad esempio questo accade nella rete telefonica: viene scelto il percorso della chiamata attraverso le centrali telefoniche al momento della instaurazione della chiamata. Durante la fase attiva della chiamata i nodi si preoccupano semplicemente di trasferire le unità informative (campioni vocali) lungo il percorso inizialmente fissato.**

**Se il livello di rete opera “senza connessione” la scelta del percorso è invece effettuata volta per volta per ogni unità informativa da trasferire.**

**La scelta del percorso (funzione decisionale dell'instradamento) viene effettuata in base all'indirizzo della destinazione ed è legata quindi alle modalità di indirizzamento.**

**Nel seguito si presentano diversi modi di realizzare l'indirizzamento nelle reti e si discute quindi il loro impatto sulle modalità di scelta del percorso.**

# Piani di indirizzamento

- **Esistono differenti piani di indirizzamento**
- **Questi possono essere di tipo**
  - » gerarchico su base geografica (es. rete telefonica )
  - » gerarchico su base non geografica (es. IP)
  - » non gerarchico (es. ethernet)
- **Gli indirizzi possono essere di tipo**
  - » numerico
    - » es. numeri di telefono, indirizzi IP
  - » mnemonico
    - » es. URL ([http://www.eln.uniroma2.it/Stefano\\_Salsano/](http://www.eln.uniroma2.it/Stefano_Salsano/))

**Un esempio di indirizzamento gerarchico di tipo geografico è quello della rete telefonica. Un numero telefonico è infatti composto dal prefisso internazionale, dal prefisso nazionale, dal numero di utente. Nel numero di utente le prime cifre individuano in genere una zona e inoltre nel caso di numeri attestati ad un centralino di una azienda, si può individuare una parte comune alla azienda e una parte che individua la singola linea.**

**Ad esempio, un numero di un interno dell'Università di Tor Vergata è:**

**0039 06 7259 7450**

**La gerarchia nell'indirizzamento viene sfruttata nell'effettuare l'instradamento. In particolare se l'indirizzamento è gerarchico un nodo non deve avere informazioni sulla strada verso tutti i possibili terminali, ma può utilizzare una informazione "aggregata" di più alto livello.**

**Ad esempio un nodo della rete telefonica italiana per instradare una chiamata verso un terminale con prefisso internazionale 0049 (Germania) non ha nessuna necessità di conoscere i dettagli della rete telefonica della Germania, ma ha solo bisogno di conoscere la strada verso una centrale telefonica "internazionale" che fornisca il collegamento verso la Germania. Una volta che la chiamata è giunta nella rete della Germania, la prima centrale esaminerà l'indirizzo individuando il prefisso di zona e inoltrando la chiamata alla centrale "di zona". Quest'ultima infine esaminerà la parte finale del numero di telefono per individuare la linea dell'utente destinatario della chiamata.**

**Si noti che la numerazione telefonica, che originariamente era esclusivamente di tipo gerarchico e geografico, si è ora evoluta in vari modi.**

**Anzitutto sono state aggiunte delle numerazioni "speciali": numero verde, numeri a tariffa speciale cioè vi sono dei prefissi (800, 144, 178...) che individuano un particolare tipo di servizi.**

**La associazione tra la numerazione "logica" (es. 800 805 812) e numero "fisico" viene mantenuta in un server logicamente centralizzato**

**Poi vi è il caso delle numerazioni telefoniche dei vari operatori cellulari: 335, 347, 320 ecc. in questo caso il numero non individua una zona geografica, ma un operatore. I meccanismi per l'associazione tra numero 320/xxxxxx e la localizzazione fisica del telefonino (location management) sono realizzati dalla rete cellulare.**

**Un esempio di indirizzamento gerarchico di tipo non geografico è quello della rete Internet.**

**Un indirizzo internet è costituito da 32 bit, cioè 4 byte. Ad esempio: 160.80.2.16**

**Senza fornire dettagli approfonditi (che saranno discussi in altri corsi), diciamo che l'indirizzo è diviso in due parti, una individua la "rete" e un'altra individua un computer o un nodo all'interno della "rete". Si assume cioè che la rete Internet è divisa in "reti" indipendenti. Ogni rete a sua volta può essere divisa in "sotto-reti" in modo gerarchico.**

**Nel caso della rete Internet i nodi devono avere quindi l'informazione necessaria per trovare un percorso verso le diverse "reti" di destinazione e possono ignorare l'informazione specifica delle sotto-reti e dei singoli terminali che sono contenuti all'interno di una "rete". Una volta che le unità dati (pacchetti IP) giungono nella rete di destinazione, i nodi possiederanno anche l'informazione più specifica relativa alle sotto-reti, fino ad arrivare alla sotto-rete di destinazione in cui sarà possibile inviare il pacchetto al terminale di destinazione.**

**Per avere una idea il numero di "reti" distinte che un nodo (si chiamano "router") nel cuore della rete IP deve conoscere è dell'ordine di 100.000. Il numero di sottoreti diverse potrebbe essere dell'ordine di qualche milione, mentre il numero di terminali IP diversi è dell'ordine delle centinaia di milioni.**

**Un esempio di indirizzamento non gerarchico è quello delle reti in area locale Ethernet.**

**Un indirizzo Ethernet è costituito da 48 bit, ossia 6 byte e si rappresenta in genere in forma esadecimale, ad esempio 00:60:97:98:1E:6B**

**L'indirizzo Ethernet viene univocamente associato ad una scheda Ethernet nel momento della fabbricazione della scheda, quindi non ha alcuna valenza geografica.**

**In una rete locale basata sulla tecnologia Ethernet l'indirizzamento e quindi l'instradamento è completamente "piatto" cioè non gerarchico. I terminali comunicano ai nodi di rete (detti "switch" Ethernet) il loro indirizzo ethernet e tutti gli switch propagano questa informazione, in modo che ogni switch abbia una tabella che indichi la strada per ogni possibile indirizzo ethernet di destinazione (ovviamente solo per i terminali collegati alla rete locale). Questo è possibile proprio perché una rete di questo tipo ha una estensione limitata in termini di numero di nodi (da pochi nodi a qualche decina di migliaia di nodi).**

# Instradamento

- **Statico / dinamico / adattativo**
- **Centralizzato / distribuito**

**L'instradamento (ci riferiamo alla funzione "decisionale") può essere realizzato in modo "statico" ossia con operazioni "manuali" di configurazione dei nodi (e quindi il suo aggiornamento realizzarsi su tempi lunghi) oppure "dinamico" cioè automaticamente aggiornato grazie allo scambio di informazioni tra i nodi e al ricalcolo automatico dei percorsi (e quindi si può aggiornare con tempi di risposta dell'ordine delle decine di milli-secondi). Una via intermedia è il modo "adattativo" in cui sono previsti degli instradamenti alternativi che vengono attivati quando si verificano certe circostanze (es. congestione).**

**Le scelte sull'instradamento possono essere fatte dai nodi di rete in modo "distribuito" oppure da una entità di gestione della rete che opera in modo centralizzato.**



**Ad esempio le reti telefoniche operano in genere con un instradamento di tipo adattativo che in genere è deciso da una entità di gestione “centralizzata”.**

**Le reti di tipo IP possono operare sia in modalità statica con decisione “centralizzata” che in modalità distribuita e dinamica. Le reti di dimensioni medio grandi operano tutte nel secondo modo, mentre il caso in cui l’instradamento è configurato in modo statico e “centralizzato” è limitato alle reti piccole (o agli apparati “di bordo” delle reti grandi).**

**Quando si opera in modo distribuito e dinamico, vi sono dei protocolli appositi, detti “protocolli di routing” che consentono ai nodi della rete IP (“router”) di scambiarsi le informazioni necessarie per calcolare i percorsi verso le possibili reti di destinazione.**

**Per concludere questa breve disamina del livello di rete, la slide successiva discute i modi diversi con cui si possono individuare le unità informative.**

**Si distinguono:**

- le reti a circuito, in cui le unità informative vengono identificate a partire dalla posizione all’interno di una trama di lunghezza fissa**
- le reti a pacchetto con connessione (basate su un identificativo di connessione)**
- le reti a pacchetto senza connessione (basate sull’indirizzo completo di destinazione).**

# Identificazione delle unità informative

- **Implicita**

- » in base alla posizione spaziale e/o temporale della unità informativa all'interno di una struttura di multiplazione (trama multiplata)

esempi: rete PCM/PDH, SDH (sono le reti inizialmente concepite per il trasporto dei flussi telefonici)

- **Esplicita**

- » A) tramite la presenza nella unità informativa di un identificatore di circuito virtuale (VCI, label, etichetta), a cui è associata la destinazione

esempi: X.25, ATM, MPLS

- » B) tramite la presenza nella unità informativa dell'indirizzo completo della destinazione

esempi: Ethernet, IP

51

- **Il modello OSI**

- » Livello di Strato Fisico
- » Livello di Collegamento
- » Livello di Rete
- » **Livello di Trasporto**
- » Livello di Sessione
- » Livello di Presentazione
- » Livello di Applicazione

52

## Lo strato di trasporto

- È il livello più basso con significato da estremo a estremo
- Fornisce alle entità di livello superiore le connessioni di livello trasporto (anche se il livello di rete non offre servizi di connessione)
- Colma le deficienze della qualità di servizio delle connessioni di livello rete
  
- **Funzioni principali:**
  - » moltiplicazione e suddivisione di connessioni
  - » frammentazione di messaggi in pacchetti (e ricostruzione)
  - » controllo di errore
  - » controllo di flusso e di congestione

53

**Passiamo ora allo strato di trasporto. Come indicato nella slide precedente, lo strato di trasporto è il più basso strato con significato da estremo-ad-estremo. Questo significa che la informazione relativa a questo strato viene scambiata esclusivamente tra i sistemi terminali, senza coinvolgere i nodi di rete.**

**Lo strato di trasporto integra i servizi offerti dal livello rete, aggiungendo quello che manca. Di seguito diamo tre esempi di questa “integrazione” di funzionalità.**

**Se lo strato di rete non offre un servizio con connessione, il livello di trasporto lo può fornire. In questo modo gli utilizzatori del servizio di trasporto possono contare sul concetto di connessione, ad esempio per essere sicuri che l'utilizzatore remoto sia attivo e disponibile alla comunicazione.**

**Un altro importante esempio è la funzionalità di controllo e recupero degli errori trasmissivi. Se supponiamo che il livello di rete non offra alcuna funzionalità di recupero degli errori, questa può essere opportunamente realizzata nel livello di trasporto.**

**Un ultimo esempio riguarda le funzionalità di controllo della congestione. Come dicevamo, può risultare difficile implementare le funzionalità di controllo di congestione all'interno della rete definendo dei "feedback" provenienti da nodi. Per questo è usata spesso la soluzione di trattare il controllo di congestione solo ai bordi della rete sui sistemi terminali (e quindi nel livello di trasporto).**

**Per finire con il livello di trasporto commentiamo brevemente due funzionalità peculiari del livello di trasporto:**

- La frammentazione di messaggi o in generale dei flussi di informazione in pacchetti, per adattarli alla dimensione massima dei pacchetti del livello rete**
- La funzione di indirizzamento/multiplazione del livello di trasporto che consente a diverse entità "utilizzatrici" delle connessioni di trasporto di comunicare utilizzando lo stesso indirizzo di rete. Per fare un esempio un web server può gestire contemporaneamente decine di richieste diverse, provenienti dai client. Sullo stesso server possono contemporaneamente essere attivi servizi di posta elettronica che a loro volta gestiscono una molteplicità di utenti. Tutte le comunicazioni possono avvenire utilizzando lo stesso indirizzo IP del server. I diversi flussi vengono individuati mediante identificativi a livello di trasporto.**

## ● Il modello OSI

- » Livello di Strato Fisico
- » Livello di Collegamento
- » Livello di Rete
- » Livello di Trasporto
- » Livello di Sessione
- » Livello di Presentazione
- » Livello di Applicazione

**Terminiamo infine la carrellata con tre slide che elencano le caratteristiche salienti dei tre livelli più alti della pila OSI.**

**Non si approfondiranno ulteriormente questi tre strati, dal momento che il loro utilizzo nella pratica non è significativo.**

**In effetti (e riprenderemo questo discorso più avanti) lo sviluppo di applicazioni in accordo al modello OSI (e quindi della intera pila protocollare OSI) non si è affermato. Il modello OSI rimane un importante riferimento modellistico, e ha influenzato lo sviluppo di molti protocolli e architetture di comunicazione, soprattutto nei livelli bassi della pila protocollare.**

## Livello 5 - Sessione

- **Assicura alle entità di presentazione una connessione di sessione**
- **Organizza il colloquio tra le entità di presentazione**
- **Struttura e sincronizza lo scambio di dati in modo da poterlo sospendere, riprendere e terminare ordinatamente**
- **Maschera le interruzioni del servizio trasporto**
  
- **Funzioni principali:**
  - » gestione del dialogo e sincronizzazione

59

## Livello 6 - Presentazione

- **Risolve i problemi di compatibilità per quanto riguarda la rappresentazione dei dati da trasferire**
- **Risolve i problemi relativi alla trasformazione della sintassi dei dati**
- **Può fornire servizi di cifratura delle informazioni**
  
- **Funzioni principali:**
  - » codec
  - » crittografia
  - » compressione

60

## **Livello 7 - Applicazione**

- **Fornisce ai processi applicativi i mezzi per accedere all'ambiente OSI**
  
- **Esempi di servizio**
  - » **trasferimento di file**
  - » **terminale virtuale (VT)**
  - » **posta elettronica (X.400)**
  - » **...**