

Architetture stratificate Strato collegamento (strato 2)

Gruppo Reti TLC
nome.cognome@polito.it
<http://www.telematica.polito.it/>

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 1

Copyright

Quest'opera è protetta dalla licenza *Creative Commons NoDerivs-NonCommercial*. Per vedere una copia di questa licenza, consultare:

<http://creativecommons.org/licenses/nd-nc/1.0/>

oppure inviare una lettera a:

Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA.

This work is licensed under the *Creative Commons NoDerivs-NonCommercial* License. To view a copy of this license, visit:

<http://creativecommons.org/licenses/nd-nc/1.0/>

or send a letter to

Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA.

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 2

Funzioni strato collegamento

- Delimitazione trama
 - Delimitatori espliciti
 - Indicatori lunghezza
 - Lunghezza fissa
 - Silenzi tra pacchetti
- Multiplazione
- Indirizzamento
- Rivelazione errore
- Controllo di flusso (protocolli a finestra)
- Controllo di sequenza (protocolli a finestra)
- Correzione errore (protocolli a finestra)
- Protocolli accesso multiplo (solo per canali condivisi)
- Controllo di flusso sull'interfaccia (verso livelli superiori)

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 3

Protocolli di strato collegamento

- Derivano dal protocollo **SDLC** (Synchronous Data Link Control) utilizzato nell'architettura IBM SNA
- L'ANSI ha standardizzato SDLC come ADCCP (Advanced Data Communication Control Procedure) e l'ISO come **HDLC** (High-level Data Link Control)
- Il CCITT (poi ITU) ha derivato da HDLC LAP (Link Access Procedure) prima, **LAPB** (Link Access Procedure Balanced) poi
- Nelle reti locali esiste inoltre un sottostrato (MAC) per risolvere il problema di accesso multiplo

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 4

Protocolli di strato collegamento

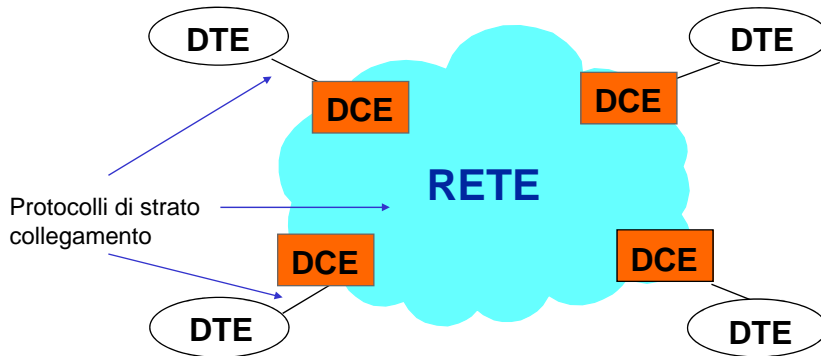
- Alla stessa famiglia di protocolli che derivano da **HDLC** appartengono:
 - LAPD (Link Access Procedure D-Channel)
 - LAPF (Link Access Procedure to Frame Mode Bearer Service)
 - LLC 802.2 (Logical Link Control)
 - PPP (Point-to-Point Protocol)
 - LAPDm (LAP for the mobile D channel)

Protocolli di strato collegamento

- Descriviamo le caratteristiche principali di **HDLC...**
- ... quindi, studiamo in dettaglio
 - **LAP-B**, protocollo di strato collegamento per X.25 e ISDN canale B
 - **LLC**, per reti locali
 - **PPP**, per collegamenti punto-punto su linea commutata
 - **Frame Relay**
 - **ATM** (non derivato da HDLC)

Esempio di rete pubblica

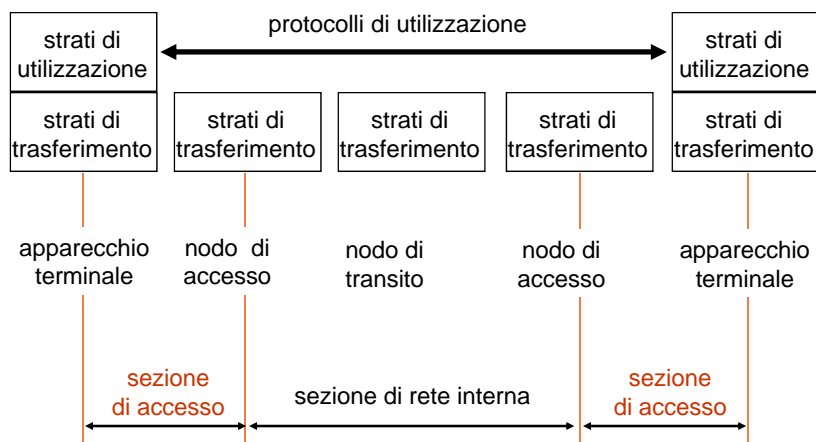
- DTE: Data Terminal Equipment
- DCE: Data Circuit-terminating Equipment



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 7

Architetture di rete



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 8

Caratteristiche comuni a molti protocolli strato 2

- Il formato delle PDU è:

01111110	indirizzo	controllo	dati	CRC	01111110
8	8	8/16	≥ 0	16	8

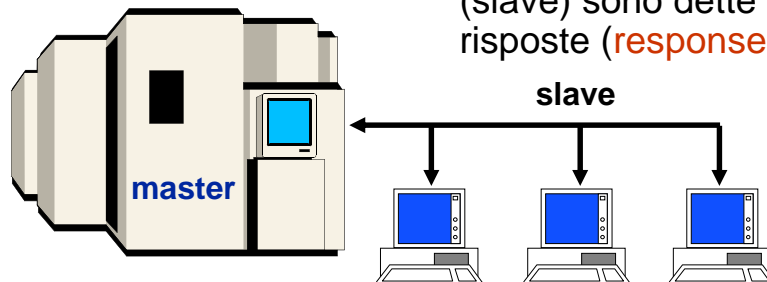
- Protocolli orientati al bit, con bit-stuffing per garantire la trasparenza dei dati (il flag di delimitazione 01111110 non può comparire nella PDU)
- L'indirizzo serve per le configurazioni multipunto (master/slave)
- Il campo di controllo differenzia le PDU

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 9

Uso di HDLC: Configurazioni Master/Slave

- Protocollo usato per gestire il colloquio tra stazioni master e slave
- Le PDU delle stazioni primarie (master) sono dette comandi (**command**), quelle delle stazioni secondarie (slave) sono dette risposte (**response**)



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 10

HDLC: modi operazionali

- Normal Response Mode (NRM)
 - Adatto a linee punto-punto o multipunto sbilanciate, con una stazione primaria e una o più secondarie. La stazione primaria pone a 1 il bit di P/F e abilita la stazione secondaria, che porrà a 1 il bit P/F della sua ultima PDU.

HDLC: modi operazionali

- Asynchronous Response Mode (ARM)
 - Configurazioni sbilanciate. La stazione secondaria non deve aspettare l'interrogazione (poll) della primaria.
- Asynchronous Balanced Mode (ABM)
 - Utilizzato in configurazioni punto-punto bilanciate. Il bit P/F richiede risposte immediate.

HDLC: tre gruppi di PDU

- Si distinguono dal *campo di controllo*
 - N(S) = num. Sequenza; N(R) = num. Riscontro
 - P/F = bit di poll/final

Informazione

0	N(S)	P/F	N(R)
---	------	-----	------

Supervisione

1	0	S	S	P/F	N(R)
---	---	---	---	-----	------

Non numerate (Unnumbered)

1	1	M	M	P/F	M	M	M
---	---	---	---	-----	---	---	---

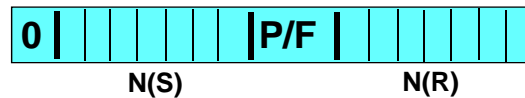
HDLC: tre gruppi di PDU

- Informazione
 - Dati in modalità connessa
- Supervisione
 - Riscontri (positivi e negativi)
- Non numerate (Unnumbered)
 - Gestione collegamento
 - Dati in modalità non connessa

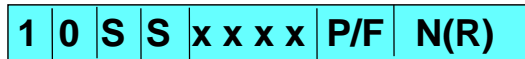
HDLC: Due schemi di numerazione

- Numerazione normale (modulo 8) ed estesa (modulo 128), con campi di controllo di 1 o 2 byte.

Informazione



Supervisione



Non numerate (Unnumbered)



HDLC vs LAP-B

- LAP-B (ISDN canale B) utilizza un sottoinsieme di trame rispetto a quelle definite in HDLC
- Si descrivono le trame utilizzate in LAP-B

LAP-B: trame di informazione (I)

Informazione

0	N(S)	P/F	N(R)
---	------	-----	------

- Permettono di trasferire dati
- I campi N(S) e N(R) consentono un controllo di errore con protocollo a finestra.
 - N(S) = numero di sequenza della PDU trasmessa
 - N(R) = numero di sequenza della PDU attesa

LAP-B: trame di supervisione (S)

Supervisione

1	0	S	S	P/F	N(R)
---	---	---	---	-----	------

- Permettono di trasferire riscontri
- RR (Receiver Ready - C/R)
 - riscontro positivo
- RNR (Receiver Not Ready - C/R)
 - riscontro positivo e dichiarazione di non disponibilità del ricevitore
- REJ (Reject - C/R)
 - richiesta di ritrasmissione di tutte le PDU a partire da N(R)

LAP-B: trame non numerate (U)

Non numerate (Unnumbered)

1	1	M	M	P/F	M	M	M
---	---	---	---	-----	---	---	---

- Principalmente trame di controllo della connessione
- Ci sono 5 bit di tipo M, quindi si potrebbero distinguere 32 PDU. LAP-B usa solo alcune di esse
- Trame di tipo *comando*:
 - **SABM**(E) (Set Asynchronous Balanced Mode), utilizzata per (ri)inializzare il collegamento
 - E = numerazione estesa (Extended)
 - **DISC** (Disconnect): annuncia che il collegamento viene abbattuto

LAP-B: trame non numerate (U)

- Trame di tipo *risposta*
 - **UA** (Unnumbered Acknowledgment): riscontro a PDU di inializzazione o di tipo DISC
 - **DM** (Disconnect Mode) collegamento non è inializzato
 - **FRMR** (FRaMe Reject) ricezione di una PDU corretta ma non riconosciuta, codifica in 24 bit di dati il perchè del rifiuto

Comandi e risposte LAPB

formato	comando	risposta	codifica								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
informazione	I (Information)		0	N(S)	P		N(R)				
supervisione	RR (Receiver Ready)	RR (Receiver Ready)	1	0	0	0	P/F	N(R)			
	RNR (Rec. Not Ready)	RNR (Rec. Not Ready)	1	0	1	0	P/F	N(R)			
	REJ (Reject)	REJ (Reject)	1	0	0	1	P/F	N(R)			
non numerato	SABM (Set Asynchr. Balanced Mode)		1	1	1	1	P	1	0	0	
	DISC (Disconnect)		1	1	0	0	P	0	1	0	
		DM (Disconnect Mode)	1	1	1	1	F	0	0	0	
		UA (Unnumbered Acknowledgement)	1	1	0	0	F	1	1	0	
		FRMR (Frame Reject)	1	1	1	0	F	0	0	1	

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 21

LAPB: Bit di Poll / Final

- Nelle trame di comando il bit P/F viene riferito come bit P (Poll).
- Nelle trame di risposta come bit F (Final).
- Il bit di Poll messo a 1 dal DTE (o DCE) sollecita una risposta dal DCE (o DTE).
- Il bit di Final posto a 1 specifica la risposta conseguente un'interrogazione (poll).
- DTE e DCE non possono emettere un altro P=1 prima di aver ricevuto F = 1.

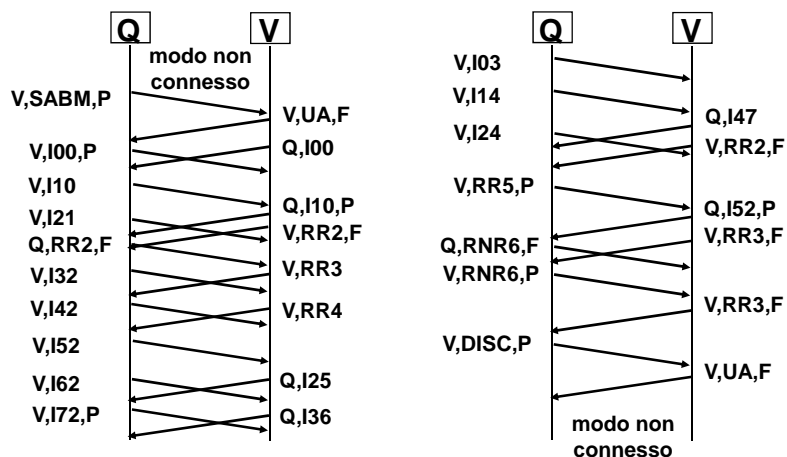
Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 22

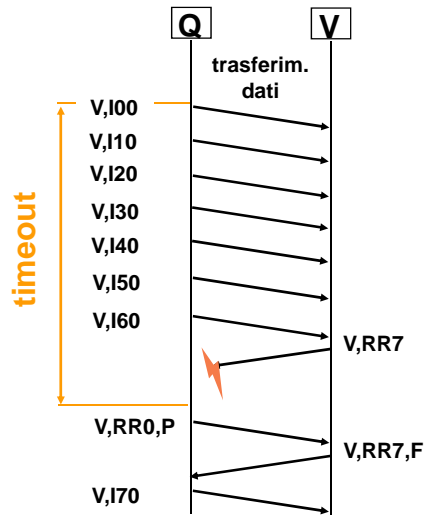
Indirizzi LAPB

- Il DTE ha indirizzo 00000011 (3)
- Il DCE ha indirizzo 00000001 (1)
- Il valore 3 è contenuto nei comandi
DCE ⇒ DTE e nelle risposte DTE ⇒ DCE
- Il valore 1 è contenuto nei comandi
DTE ⇒ DCE e nelle risposte DCE ⇒ DTE
- L'indirizzo permette di distinguere i comandi dalle risposte, e quindi di sapere se è stato trasmesso un bit di *poll* o di *final*

LAPB: esempio di dialogo



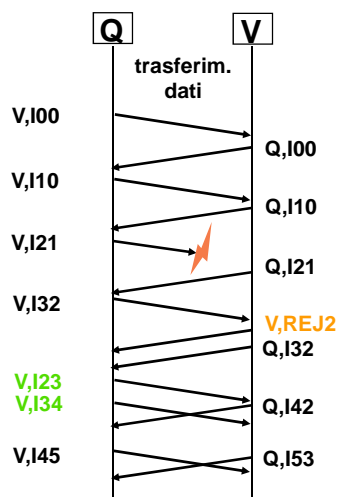
LAPB: recupero errore con time-out



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 25

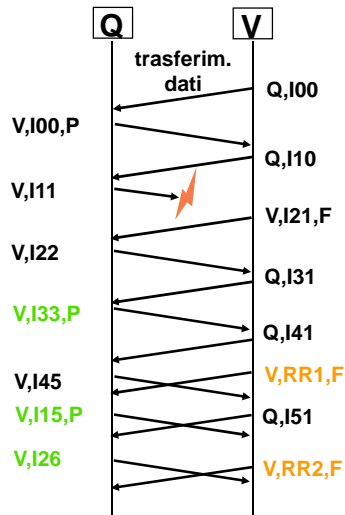
LAPB: recupero errore con REJ



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 26

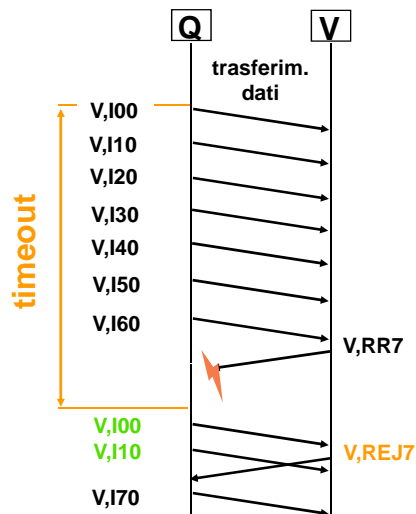
LAPB: recupero errore con bit P/F



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 27

LAPB: recupero con time-out e REJ

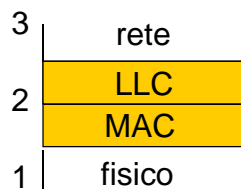


Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 28

Strato 2 nelle reti locali

- Il livello 2 è diviso in due sottolivelli:
 - LLC: Logical Link Control
 - MAC: Medium Access Control

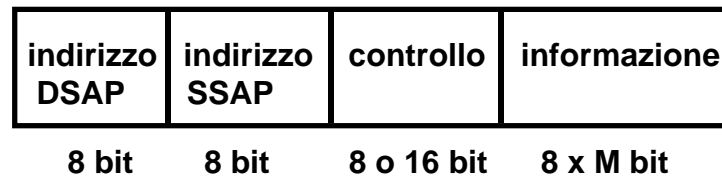


IEEE 802.2 Logical Link Control

- Protocollo per reti locali ispirato a HDLC.
- Standard ISO 8802/2.
- Principali caratteristiche:
 - protocollo orientato al byte
 - non si utilizzano delimitatori (delimitazione delegata a MAC)
 - non si controllano gli errori (non c'è il campo CRC, demandato al MAC)
 - PDU contengono indirizzo sorgente e indirizzo destinazione
 - pacchetti dimensione variabile

Formato PDU LLC

- Un bit, normalmente a zero perché non usato nell'indirizzo sorgente, serve per distinguere i comandi dalle risposte.
- Il campo di controllo è di 8 bit nelle PDU non numerate, di 16 nelle PDU numerate.
- La dimensione massima dipende dai vincoli dello strato MAC.



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 31

LLC PDU

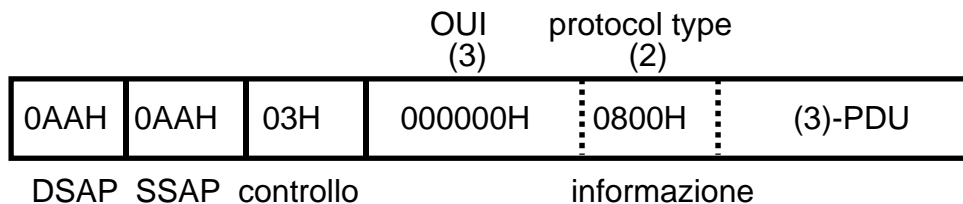
- Campi di indirizzo hanno due bit riservati per controllo (non usati per l'indirizzamento)
- Indirizzo "tutto 0" significa lo strato LLC stesso, per cui si possono esprimere solo fino a 63 indirizzi.
- Gli indirizzi assumono il ruolo di indicare il protocollo di livello superiore che genera/consuma i dati.

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 32

SNAP PDU

- E' stato definito un formato di estensione, detto SNAP (SubNetwork Access Protocol), da utilizzarsi per il trasporto di dati in modalità non orientata alla connessione.



Point to Point Protocol (PPP) RFC 1661

- PPP (Point to Point Protocol) è utilizzato nei collegamenti su linea telefonica tra host di utenza residenziale e provider Internet, oltre che su connessioni SONET/SDH o su circuiti ISDN.
- Il collegamento punto-punto cablato è più facile da gestire rispetto a collegamenti radio o a canali broadcast in generale.
- PPP è molto semplice (forse il più semplice protocollo di strato Data Link)

Obiettivi di PPP

- Delimitazione delle PDU
- Trasparenza del contenuto
- Riconoscimento (non correzione) degli errori
- Multiplazione di più protocolli di strato rete
- Controllo dell'attività sul collegamento
- Negoziazione dell'indirizzo di livello rete (tipicamente IP): i nodi ai due estremi del collegamento apprendono o configurano i propri indirizzi di rete
- Semplicità

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 35

Obiettivi di PPP

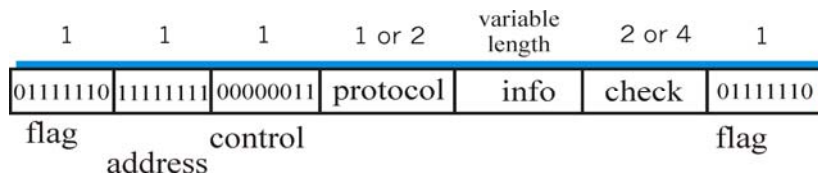
- PPP non ha come obiettivi:
 - correzione o recupero degli errori
 - controllo di flusso
 - mantenimento della sequenza
 - gestione di collegamenti multipunto

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 36

PDU PPP

- Flag: delimitatore (per il “framing”)
- Address: non ha significato (mantiene compatibilità con HDLC)
- Control: come per address
- Protocol: protocollo di livello superiore cui destinare i dati (simile a IEEE 802.2 LLC)



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 37

Byte Stuffing

- Per ottenere trasparenza, i dati devono poter contenere il byte 01111110 (che non deve essere interpretato come flag delimitatore)
- Il trasmettitore inserisce un byte di escape 01111101 prima di ogni byte 01111110 o 01111101 di dati
- Il ricevitore scarta il primo 01111101 della coppia



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 38

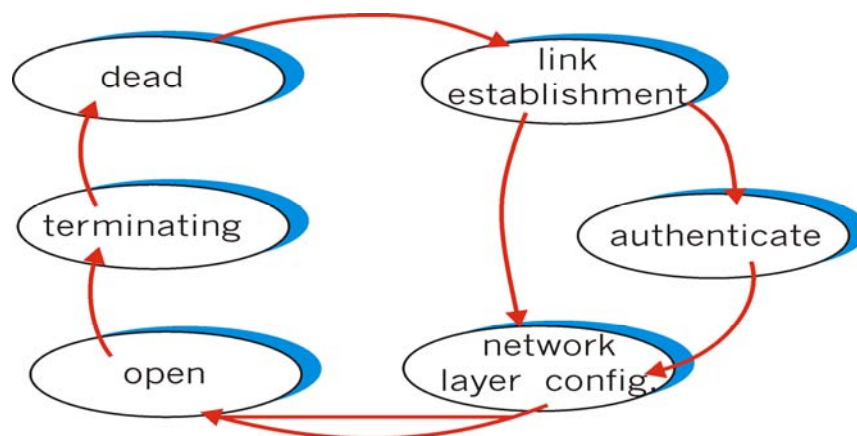
PPP Link Control Protocol

- Il protocollo PPP-LCP crea e abbatte il collegamento PPP, negoziando le opzioni
- Inizia nello stato di DEAD
- Opzioni: max frame length; authentication protocol; skip address and control fields
- Una volta stabilito il collegamento PPP e fatta l'autenticazione, se il protocollo di rete è IP
 - l'IP Control Protocol (RFC1332) configura i parametri di IP (tra cui indirizzi e l'eventuale compressione dei datagram IP) ai due estremi

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 39

PPP Data Control Protocol



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 40

Frame Relay

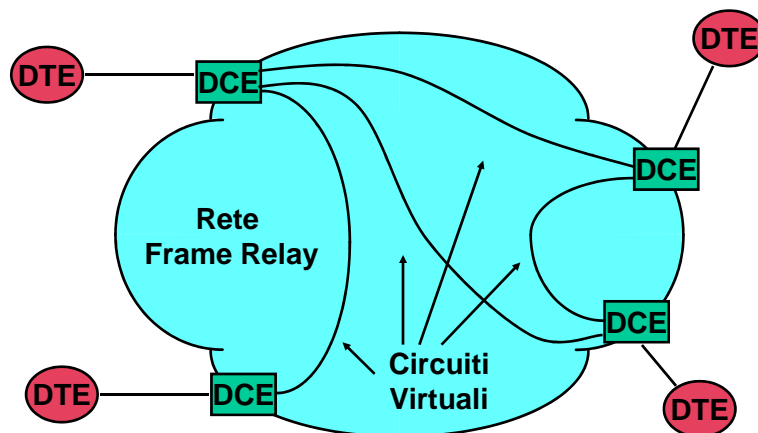
- Standard per costruire reti a pacchetto con circuiti virtuali (tipicamente permanenti) su scala geografica
- Fa parte di ISDN
- È molto utilizzato oggi per costruire reti private in ambito aziendale, per interconnessione LAN e dagli ISP per collegare router
- Velocità comprese tra 64 kb/s e 2 Mb/s
- Pacchetti di dimensione variabile
 - dimensione massima 4096 byte
- <http://www.frforum.com>

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 41

Frame Relay

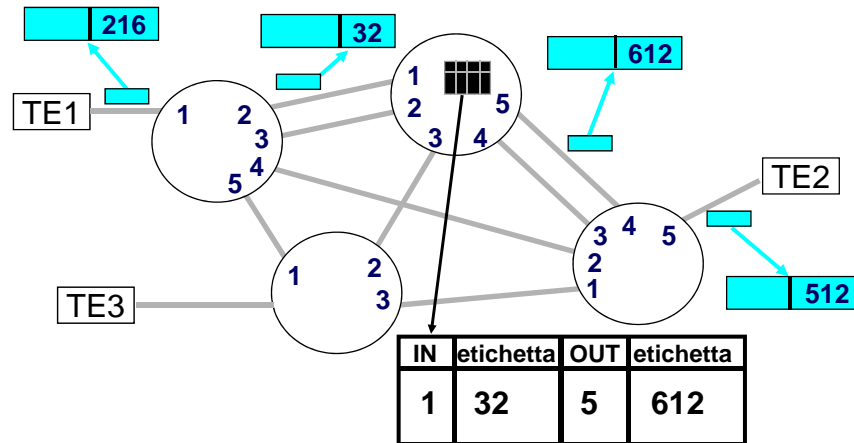
- Operano tipicamente su Permanent Virtual Circuit (anche se sono definiti circuiti virtuali commutati)



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 42

Circuiti Virtuali (richiamo)



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 43

LAPF

- Frame Relay utilizza il protocollo LAPF (Link Access Procedure to Frame mode bearer services)
- LAPF è suddiviso in due parti:
 - DL-CORE (raccomandazione I.233)
 - utilizzato da tutti i nodi della rete
 - DL-CONTROL
 - utilizzato solo dal mittente e dal destinatario

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 44

Pacchetto LAPF

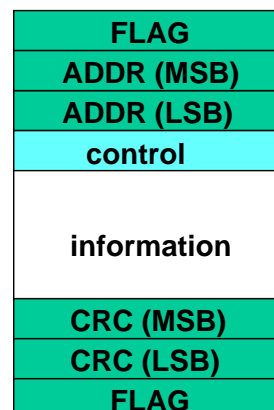
- Delimitazione con *flag* e *bitstuffing* per garantire la trasparenza dell'informazione



- DL-CORE
- DL-CONTROL (come HDLC con numerazione estesa)

Pacchetto LAPF

- Il campo ADDRESS contiene il DLCI (Data Link Connection Identifier) e alcuni bit aggiuntivi



- DL-CORE
- DL-CONTROL

Campo ADDRESS

- DLCI: Data Link Connection Identifier
- FECN/BECN: forward/backward explicit congestion notification
- DE: discard eligibility
- C/R: command/response
- D/C: DLCI or DL-CORE
- EA: extension bit

upper DLCI			C/R	EA 0
lower DLCI	FECN	BECN	DE	EA 1

formato default
(2 ottetti)

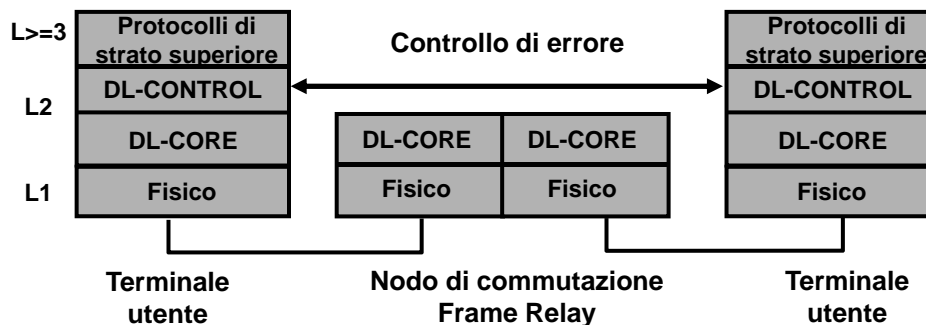
upper DLCI			C/R	EA 0
DLCI	FECN	BECN	DE	EA 0
lower DLCI or DL-CORE control			D/C	EA 1

formato 3 ottetti

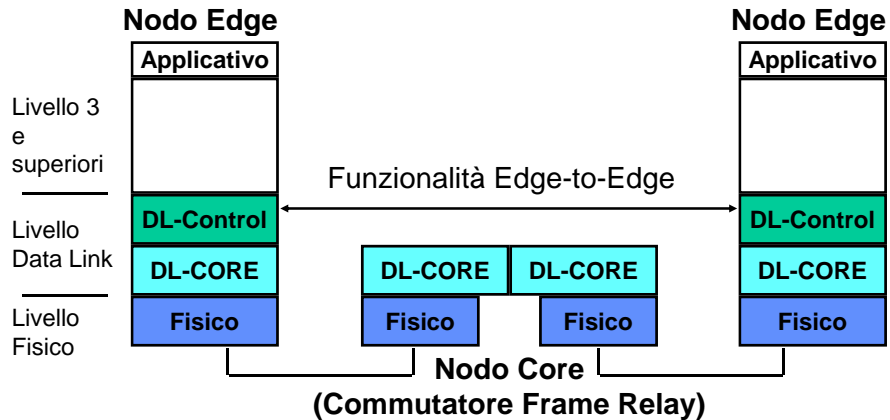
upper DLCI			C/R	EA 0
DLCI	FECN	BECN	DE	EA 0
DLCI				EA 0
lower DLCI or DL-CORE control			D/C	EA 1

formato 4 ottetti

Approccio core and edge



Approccio Core-and-Edge



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 49

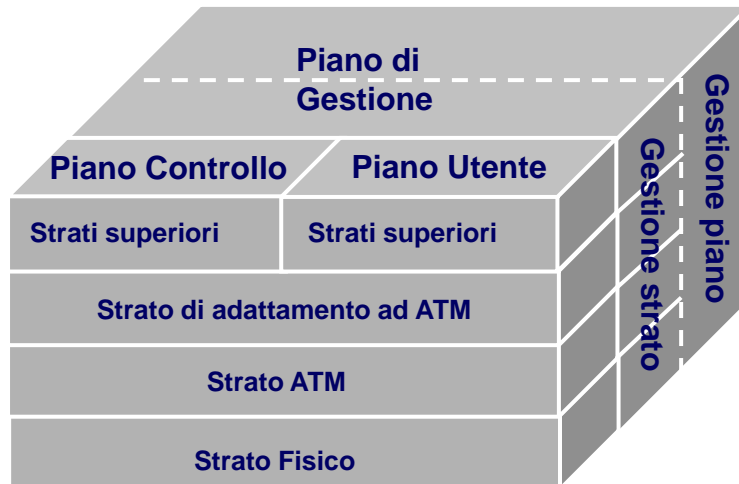
Asynchronous Transfer Mode: ATM

- Standard nato nell'ambito di una evoluzione di ISDN denominata B-ISDN (Broadband ISDN, anni'90)
- Rete a pacchetto con servizio circuito virtuale su scala geografica ,
- Obiettivi e caratteristiche:
 - velocità elevate (622 Mb/s e superiori)
 - bassa latenza per il trasporto di voce e video
 - uso di celle di dimensione fissa
 - 53 byte (48 byte di dati)
- <http://www.atmforum.com>

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 50

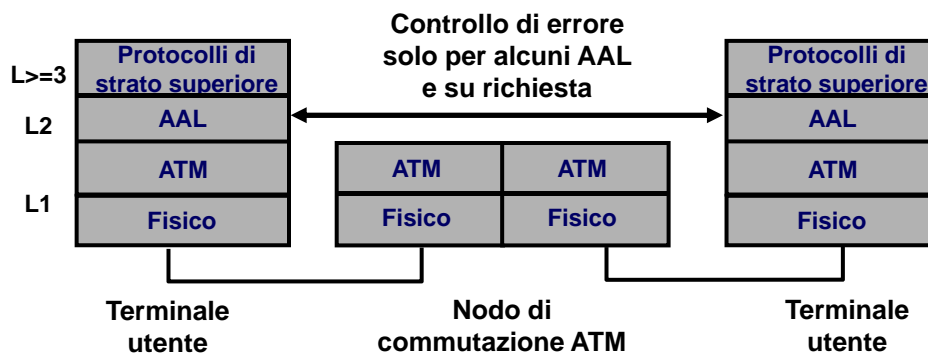
B-ISDN: modello di riferimento



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 51

B-ISDN: approccio core and edge

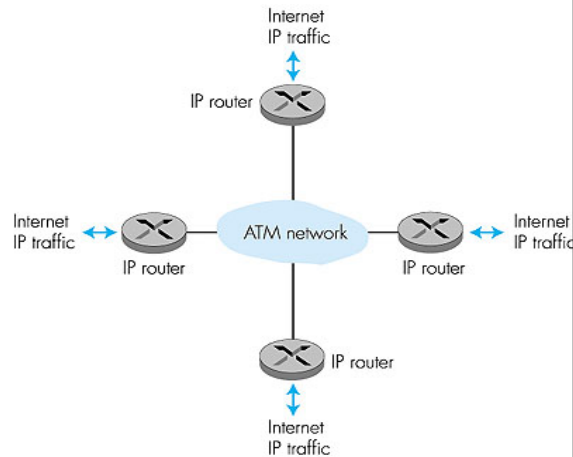


Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 52

ATM: a che strato OSI?

- Idea originale:
 - trasporto end-to-end:
ATM da desktop a desktop
- Realtà:
 - Interconnessione di router in Internet
 - IP su ATM
 - Usa ATM come una tecnologia di strato collegamento



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 53

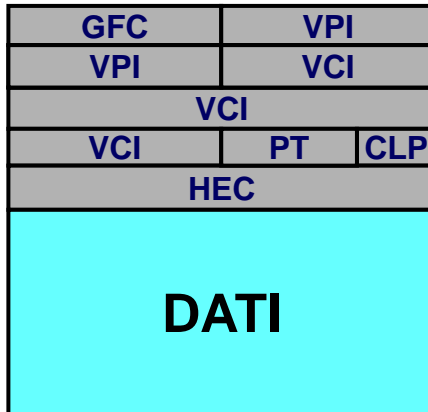
Formato cella ATM

- Intestazione (5 ottetti) + dati (48 ottetti)
- Cella di dimensione fissa per ridurre la complessità dei commutatori
- Cella di piccole dimensioni
 - bassa latenza
 - basso ritardo di pacchettizzazione della voce
- Due formati leggermente diversi
 - UNI: user-to-network interface
 - NNI: network-to-network interface

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

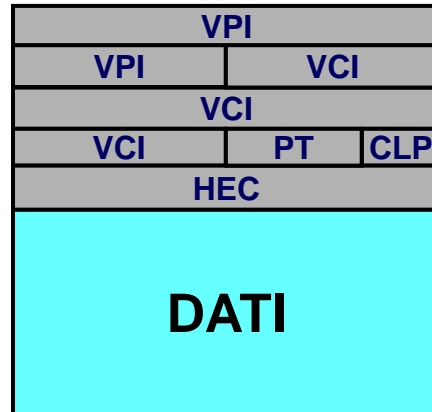
INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 54

Formato cella ATM



CELLA UNI

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino



CELLA NNI

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 55

Formato cella ATM

- Intestazione cella ATM (5 ottetti = 40bit)
 - GFC (4 bit): Generic Flow Control
 - VPI (8-12 bit): Virtual Path Identifier
 - VCI (16 bit): Virtual Circuit Identifier
 - PT (3 bit): Payload Type
 - CLP (1 bit): Cell Loss Priority
 - HEC (8 bit): Header Error Code

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 56

Formato cella ATM

- GFC - Generic Flow Control
 - È presente solo all'interfaccia UNI.
 - Permette alla rete di trasmettere all'utente informazioni riguardanti la quantità di celle che può essere immessa in rete.
 - Due algoritmi di controllo:
 - ON-OFF
 - Crediti

Formato cella ATM

- VPI - Virtual Path Identifier
 - Lunghezza variabile:
 - 8 bit alla UNI (256 VP's)
 - 12 bit alla NNI (4096 VP's)
 - Un certo numero di VPI sono destinati alla rete per scopi di gestione

Formato cella ATM

- VCI: Virtual Circuit Identifier
 - Identifica il singolo circuito virtuale all'interno di un VP.
 - Sono disponibili 65536 VC's in ogni VP.
 - Un esempio: link a 2,4 Gb/s, 1 VP, VC di identica capacità \Rightarrow 36Kb/s per ogni VC.

Formato cella ATM

- PT - Payload Type
 - Classifica il tipo di informazione presente nel payload.
 - Contiene l'identificativo denominato Payload Type Identifier (PTI).
 - Degli otto possibili codici PTI, quattro sono riservati alle funzioni di rete, gli altri alle funzioni d'utente.

Campo PT (Payload Type)

PT			SIGNIFICATO
0	0	0	<i>Cella utente</i> EFCI No congestione AAL 5 indication=0
0	0	1	<i>Cella utente</i> EFCI No congestione AAL 5 indication=1
0	1	0	<i>Cella utente</i> EFCI Congestione AAL 5 indication=0
0	1	1	<i>Cella utente</i> EFCI Congestione AAL 5 indication=1

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 61

Campo PT (Payload Type)

PT			SIGNIFICATO
1	0	0	Cella OAM (Operation and Maintenance)
1	0	1	Cella OAM (Operation and Maintenance)
1	1	0	Cella RM (Resource Management)
1	1	1	Codice non utilizzato Riservato per uso futuro

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 62

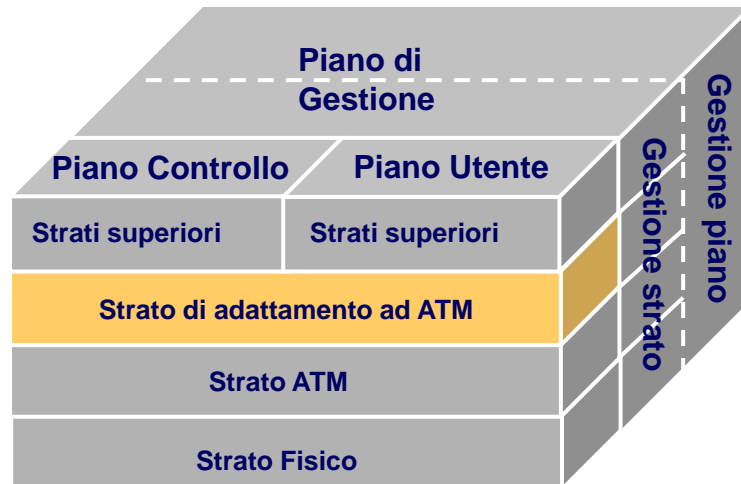
Formato cella ATM

- CLP - Cell Loss Priority
 - Due livelli di priorità ATM
 - Permette, nei commutatori ATM, di scartare selettivamente le celle in caso di congestione dei buffer.
 - CLP = 0 indica una cella ad alta priorità

Formato cella ATM

- HEC - Header Error Code
 - Consente il controllo della correttezza della sola intestazione della cella ATM.
 - Permette di correggere un singolo errore oppure di rilevare due errori (SEC/DED).

B-ISDN: modello di riferimento



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 65

AAL: ATM Adaptation Layer

- Integra il trasporto ATM per offrire servizi agli utenti.
- Strato dipendente dal servizio offerto.
- Esempi di funzioni AAL:
 - gestione degli errori di trasmissione
 - gestione della pacchettizzazione
 - gestione della perdita di celle
 - controllo di flusso

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 66

Protocollo di strato di adattamento ad ATM (AAL)

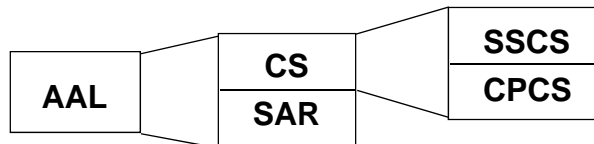
- Definisce 4 classi di servizio per gli utenti
- Le classi sono definite attraverso tre parametri principali
 - velocità di trasmissione della sorgente
 - modalità di connessione
 - relazione di temporizzazione tra punti terminali di connessione

Classi di servizio AAL

	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Riferimento temporale tra sorgente e dest.	necessario		non necessario	
Velocità	costante (CBR)	variabile (VBR)		
Modalità della connessione	orientato alla connessione			non connesso
Tipo di AAL utilizzato	AAL tipo 1	AAL tipo 2	AAL tipo 3/4 - 5	
Possibili applicazioni	voce 64kbit/s video CBR	video/audio VBR	dati	dati

Struttura AAL

- CS convergence sublayer
- SAR segmentation and reassembly
- SSCS service specific CS
- CPCS common part CS
- Alcuni sottolivelli possono essere assenti



Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

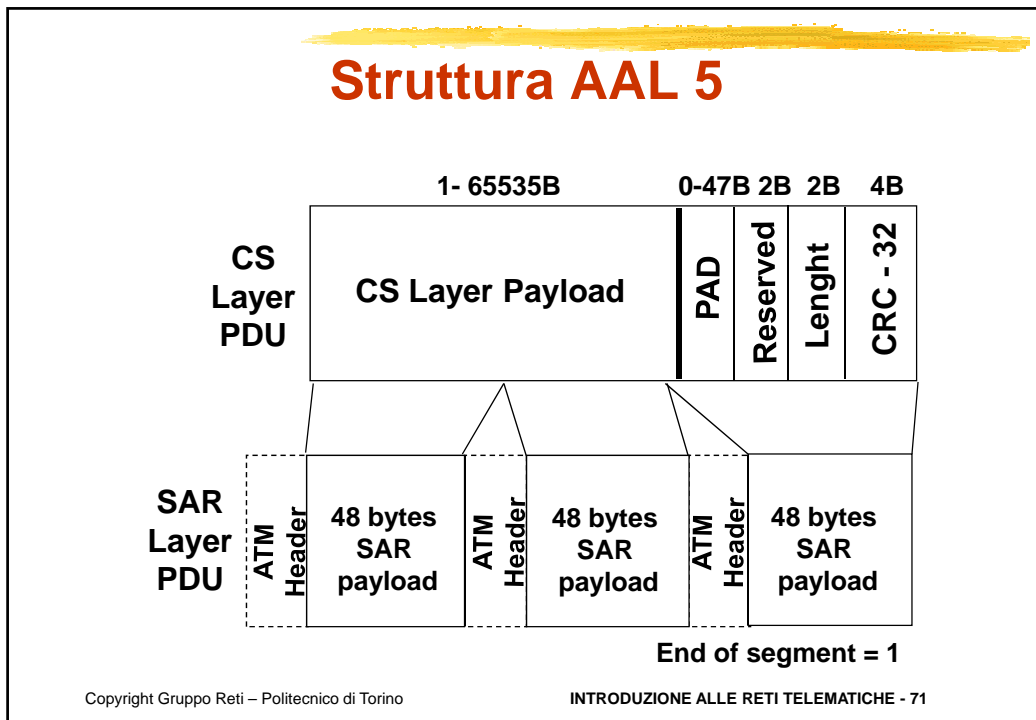
INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 69

Formato dati AAL

ATM Cell Header	SN	SNP	SAR - SDU			AAL 1		
47 byte								
ATM Cell Header	SN	IT	SAR - SDU		LI	CRC	AAL 2	
44 byte								
ATM Cell Header	ST	SN	RES	SAR - SDU		LI	CRC	AAL 3
44 byte								
ATM Cell Header	ST	SN	MID	SAR - SDU		LI	CRC	AAL 4
44 byte								
ATM Cell Header						AAL 5		
48 byte								

Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino

INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 70



- ### AAL 5
- Sottolivello CS "inesistente"
 - SAR utilizza tutti i 48 byte di payload
 - L'ultima cella ha il terzo bit del campo PT nell'intestazione ATM a 1
 - La corretta ricezione viene verificata con il calcolo del CRC a livello CS-PDU
- Copyright Gruppo Reti – Politecnico di Torino INTRODUZIONE ALLE RETI TELEMATICHE - 72

AAL 5

- Vantaggi
 - semplicità
 - efficienza
 - affidabilità (CRC - 32)
- Svantaggi
 - interviene sul terzo bit del campo PT dell'intestazione della cella ATM
 - soffre la perdita della cella con $PT = 1$

Confronto tra protocolli strato 2

Protocollo	Delimitazione pacchetti	Multiplicazione protocolli strato 3	Rilevazione errore	Correzione errore (protocollo a finestra)
LAPB	Delimitatore	Realizzato in strato superiore	SI	SI
LAPF core + LAPF control	Delimitatore	Mediante circuiti virtuali	SI, in LAPF core	Opzionale in LAP-F control
ATM (core)+ AAL (edge)	Demandato al livello fisico	Mediante circuiti virtuali	SI in AAL (edge)	NO
PPP	Delimitatore	NO	SI	NO
LLC	Demandato a MAC IEEE 802.3	SI	Opzionale	Opzionale
Ethernet MAC	Silenzi	SI	SI	NO

In grigio le informazioni o non previste nel corso o esaminate in seguito