



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PARMA  
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

## Protocolli di strato PH e DL

Luca Veltri

(mail.to: luca.veltri@unipr.it)

Corso di Reti di Telecomunicazioni A, a.a. 2004/2005

<http://www.tlc.unipr.it/veltri>

## Strato fisico (PH)

### Strato fisico (PH)

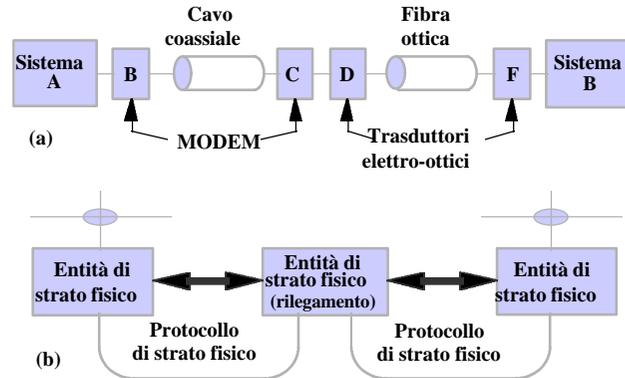
- Strato fisico (PH)
  - mezzi trasmissivi
  - interfacce fisiche, interfacce di rete
  - modulazione
  - multiplexing sincrona e asincrona e commutazione
  - (UI) bit, byte, container
  - wired e wireless
- Strato PH, esempi
  - PDH, SDH

### Strato Fisico

- Assicura l'indipendenza della comunicazione dalle caratteristiche del mezzo trasmissivo che si utilizza, fornendo un trasferimento il più possibile affidabile
  - i dati di utente sono trasferiti cercando di assicurare un elevato grado di integrità della sequenza di cifre binarie ricevute rispetto a quella trasmessa
- Fornisce i mezzi fisici (meccanici e elettrici) funzionali e procedurali che sono necessari per
  - attivare, mantenere e disattivare eventuali connessioni di strato
  - trasferire le cifre binarie dei dati di utente tra due o più entità di collegamento
- il trasferimento può essere orientato al bit o al byte
  - le unità informative trasferite possono essere blocchi di bit o di byte
- In alcuni casi può includere funzionalità di multiplexing e commutazione

## Esempio di PH connessione

- (a) schema fisico
- (b) schema logico

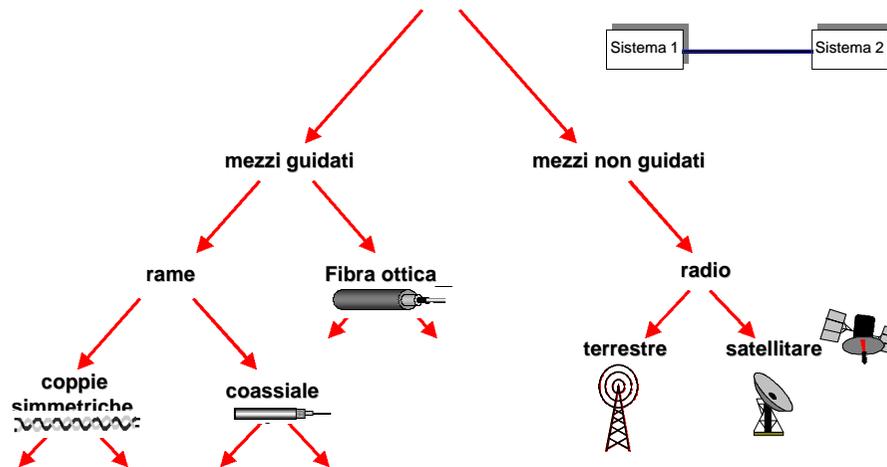


Connessioni fisiche

## Qualità di una PH-comunicazione

- 1) **disponibilità del servizio:** quota parte media di tempo in cui la connessione è esente da condizioni di fuori servizio
- 2) **tasso di errore binario (BER- Bit Error Ratio):** frequenza media dell'evento di cifra binario che è ricevuta errata rispetto a quella emessa
- 3) **cadenza di trasferimento:** ritmo binario medio che si può garantire nel trasferimento tra l'entità emittente e quella ricevente
- 4) **ritardo di trasferimento:** intervallo di tempo che intercorre tra l'istante di emissione di una cifra binaria da parte dell'entità di origine e quello della sua ricezione da parte dell'entità di destinazione

## Strato PH: Mezzi trasmissivi



## Strato PH: Multiplazione

- In alcuni casi lo strato PH provvede a moltiplicare più flussi tributari (a bassa velocità) sullo stesso canale (ad alta velocità)
- 4 tipi di multiplazione:

- **divisione di tempo (TDM)**

The diagram shows a sequence of frames: Trama # i-1, Trama # i, and Trama # i+1, plotted against 'tempo' (time).
- **divisione di frequenza (FDM)**

The diagram shows frequency slots  $f_1, f_2, f_3, f_4$  plotted against 'frequenza' (frequency). A note states: 'in alcuni casi chiamata WDM (wavelength)'.  

The diagram shows multiple parallel channels, representing Space Division Multiplexing (SDM).
- **divisione di codice (CDM)**

The diagram shows a sequence of code blocks, representing Code Division Multiplexing (CDM).

## Strato PH: Commutazione

- Nodi che operano a livello di strato PH effettuano commutazione tra flussi in ingresso e flussi in uscita



- La commutazione viene effettuata in accordo ai meccanismi di moltiplicazione utilizzati in ingresso/uscita
  - SDM, TDM, WDM, .. → SD-Switching, TD-Switching, ..

9

## Strato PH: Relay Systems

- Relay Systems (nodi di rete) di strato PH possono avere il seguente scopo/funzionalità:
  - **effettuare commutazione tra flussi entranti e flussi uscenti**
    - proprio dei protocolli PH Connection Oriented (CO)
  - **effettuare rilancio tra due tratte fisiche (mezzi trasmissivi), rigenerando il flusso digitale da ingresso a uscita**
    - per aumentare la distanza percorsa
      - a causa dei limiti imposti dal mezzo (attenuazione, distorsione)
    - per utilizzare/interfaciare mezzi di tipo diverso
      - esempio rame e fibra
  - **replicare lo stesso flusso su più tratte fisiche**
    - broadcasting (e.g. hub Ethernet)

10

## Moltiplicazione TDM plesiocrona e sincrona

Moltiplicazione tra flussi con ritmo binario costante

- Moltiplicazione plesiocrona:
  - se i flussi tributari (in ingresso ad un moltiplicatore) possono avere frequenze diverse dal loro valore nominale (non sono sincrone rispetto al clock del flusso aggregato)
- Moltiplicazione sincrona:
  - i flussi tributari hanno frequenze coincidenti al loro valore nominale (sono sincrone rispetto al clock del flusso aggregato)
    - (nella pratica si riesce ad ottenere una condizione detta di mesocronia ↔ stessa frequenza media)

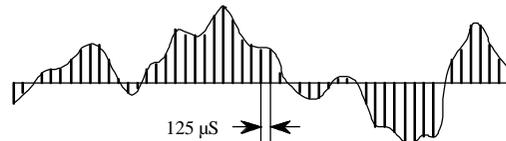
12

Esempi di strato PH:

Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH)  
e  
Synchronous Digital Hierarchy (SDH)

## PCM (Pulse Code Modulation)

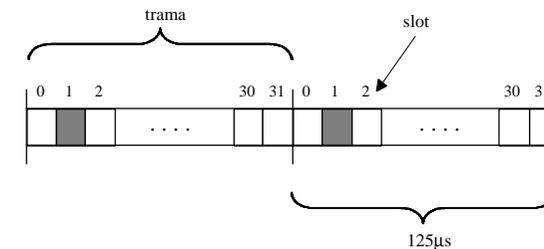
- Sviluppatisi negli anni '60
- I segnali vocali erano codificati con modulazione PCM
- Il segnale fonico è campionato a frequenza uguale a 8 kHz (8000 campioni al secondo, 1 campione ogni 125  $\mu$ s) ed ogni campione è codificato con 8 bit



13

## Trama PCM - flusso primario

- Ogni campione è inserito in un intervallo di canale (slot) di una trama multiplex PCM; la durata della trama è uguale a 125  $\mu$ s.
- Ogni slot ha lunghezza uguale a 8 bit, mentre la banda associata ad ogni slot è uguale a 64 kbit/s
- Se si considera un ritmo binario  $C_m$  uguale a 2.048 Mbit/s (flusso PCM primario), la trama sarà composta da 32 intervalli di canale
  - due di questi canali sono utilizzati per ricostruire il sincronismo di trama e per segnalazione



14

## Gerarchia di moltiplicazione plesiocrona (PDH)

- La gerarchia di moltiplicazione plesiocrona è definita nella raccomandazione G-702 dell'ITU-T e prevede:
  - un flusso di base a 64 Kbps moltiplicato con una trama sincrona entro un *flusso primario* a 2,048 Mbps
  - flussi di ordine superiore a 8,484, 34,368, 139,264 Mbps ottenuti mediante moltiplicazione plesiocrona successiva a gruppi di quattro tributari partendo dal flusso primario
    - La caratteristica fondamentale di questa moltiplicazione è che permette la trasmissione dei flussi tributari lasciandone inalterato il relativo orologio di temporizzazione. Ciò è ottenuto mediante la tecnica del *pulse stuffing* (giustificazione positiva)
    - La trama presenta una lunghezza costante mentre sono variabili i bit di tributario trasmessi in ogni trama

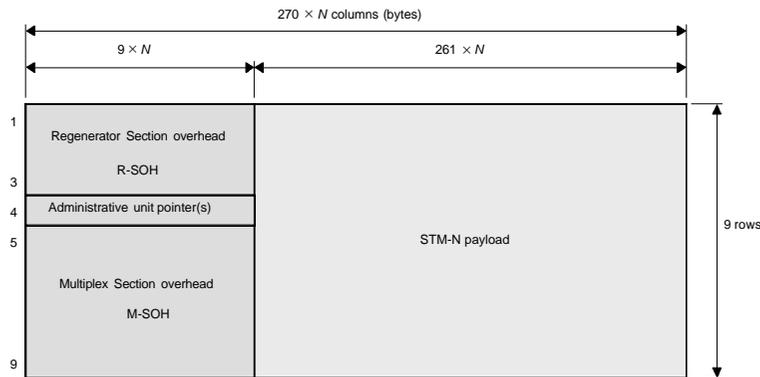
15

## Gerarchia di moltiplicazione sincrona (SDH)

- La gerarchia SDH è organizzata su livelli gerarchici detti moduli di trasporto sincrono a livello N (STM-N) in cui il parametro N assume i valori 1, 4, 16, 64 per i primi quattro livelli della gerarchia
- La frequenza binaria del primo livello (STM-1) è 155,52 Mbps
- La frequenza degli altri livelli gerarchici è ottenibile come prodotto  $N \times 155,52$  Mbps
- Tutti i livelli gerarchici sono organizzati in trame della durata di 125  $\mu$ s
- La moltiplicazione SDH risulta standardizzata dalle raccomandazioni ITU-T G707, G708, G709

16

## Struttura del modulo di trasporto SDH



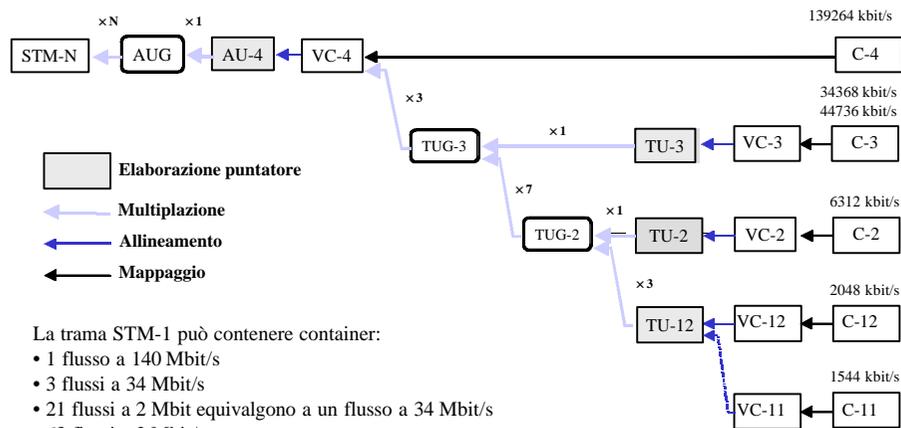
17

## Il modulo di trasporto sincrono (STM)

- Sono le strutture numeriche che costituiscono il supporto di trasporto della rete SDH
  - Rappresentano le trame dei diversi ordini gerarchici della gerarchia sincrona
- La trasmissione delle cifre dei moduli di trasporto sincrono avviene in modo sincrono con l'orologio di rete
- Ogni STM è costituito da una capacità utile di carico e da una parte di controllo (overhead)
- Ogni parte di carico è a sua volta composto da un overhead e da una o più parti di carico interne di dimensione inferiore
- La parte di overhead svolge funzioni di allineamento di trama, controllo del tasso di errore e di O&M (Operation and Management)

18

## Schema generale di moltiplicazione SDH



- La trama STM-1 può contenere container:
- 1 flusso a 140 Mbit/s
  - 3 flussi a 34 Mbit/s
  - 21 flussi a 2 Mbit equivalgono a un flusso a 34 Mbit/s
  - 63 flussi a 2 Mbit/s

19

## Apparati di rete SDH: Moltiplicatore

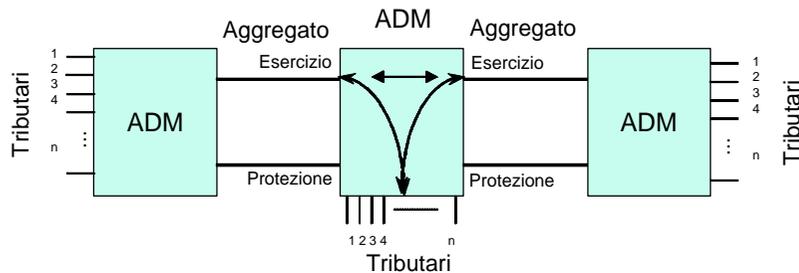
- **Moltiplicatore Terminale (MPX):** moltiplica tributari plesiocroni e sincroni in un flusso SDH. E' situato all'estremo del collegamento ed include anche i terminali di linea con interfacce standardizzate
- Normalmente il moltiplicatore terminale è un Add-Drop Multiplexer (ADM) sottoequipaggiato, in figura è mostrato un ADM in configurazione di Terminale di Linea con protezione 1+1 (N.B ogni link è bidirezionale)



20

## Apparati di rete SDH: Multiplatore Add-Drop

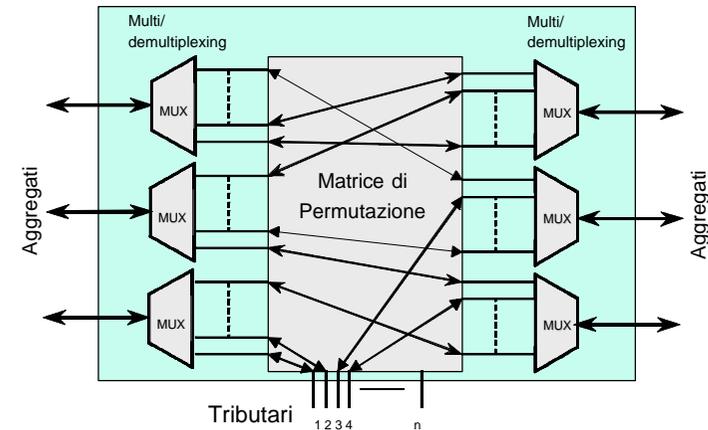
- **Multiplatore Add-Drop (ADM):** inserisce e preleva i tributari da un flusso aggregato. Le sue due interfacce di linea, East e West, permettono di inserirlo lungo un collegamento trasmissivo
- In figura è mostrato un ADM in configurazione lineare di Add-Drop con protezione 1+1



21

## Apparati di rete SDH: Digital Cross Connect

- **Digital Cross Connect (DXC):** permuta i flussi contenuti negli aggregati ad alta velocità e gli eventuali tributari attestati localmente. Monitorizza la qualità dei flussi.



22

## Strato di collegamento (DL)

- Strato di collegamento (DL)
  - delimitazione
  - controllo di errore
  - recupero di errore, controllo di flusso
- Strato DL, esempi
  - HDLC/LAPB/X.25
  - SLIP
  - PPP

## Strato di collegamento (DL)

## Strato di collegamento (DL)

- Assicura l'indipendenza della comunicazione dalle caratteristiche del sottostante strato fisico (indipendenza dalle sue modalità operative)
- Fornisce i meccanismi per il trasferimento di blocchi di informazione (UI) garantendo una corretta delimitazione e identificazione delle stesse
  - **lo strato fisico è in generale capace di trasferire solo blocchi elementari di informazione (bit o byte)**
- Può fornire meccanismi e procedure per un trasferimento affidabile delle informazioni (nei confronti di perdite, errori, duplicazioni, fuori sequenza)
  - **rivelazione degli errori trasmissivi**
  - **recupero del corretto trasferimento delle UI in caso di errori**
- In aggiunta, può implementare le seguenti funzioni
  - **controllo di flusso**
  - **gestione (instaurazione, abbattimento e re-inizializzazione) di una DL-connesione**

25

## Protocolli di DL

- Possono essere classificati in base alla minima quantità informativa che sono in grado di trattare; si hanno
  - **protocolli orientati al carattere**
  - **protocolli orientati al bit**
- Le DL-PDU, ovvero le UI di un DL protocollo, vengono indicate spesso con il termine di trama
- Un DL protocollo può operare:
  - **con connessione**
    - servizio articolato in tre fasi (instaurazione, trasferimento, abbattimento)
    - legame logico tra le SDU scambiate (possibilità di controllo di flusso e di sequenzialità)
  - **senza connessione**
    - necessità di indirizzamento completo del DL-SDU
    - possibilità di perdita di sequenza
    - due modalità:
      - servizio confermato
      - servizio non confermato

26

## DL-servizio con connessione

- Al DL-utente possono essere forniti i mezzi per
  - **instaurare una DL-connesione con un altro DL utente**
  - **negoziare la voluta qualità di servizio sulla DL-connesione da instaurare**
  - **trasferire DL-SDU su una DL-connesione**
  - **operare un controllo di flusso**
  - **operare una re-inizializzazione (reset)**
  - **abbattere una DL-connesione**

27

## Il protocollo X.25 di livello 2

- E' il protocollo di strato di collegamento normalizzato dall'ITU-T (ex CCITT) per l'accesso a una rete pubblica per dati a pacchetto
- Riguarda quindi in queste reti l'interfaccia tra DTE e DCE
- E' un protocollo orientato al bit ed è una delle opzioni del protocollo HDLC (High-Level Data Link Control) normalizzato dall'ISO
- E' molto simile a altri protocolli di DL, quali HDLC (High-Level Data Link Control) e LLC (Logical Link Control)

28

## Il protocollo X.25 di livello 2

- Procedura per
  - la **delimitazione delle trame**: uso dei delimitatori (flag) e del riempimento/svuotamento di bit
  - la **rivelazione di errore**: uso di codici polinomiali con un polinomio generatore di 16° grado
  - il **recupero in caso di errore**: uso del metodo a finestra variabile con riemissione non selettiva
  - il **controllo di flusso**: uso delle trame supervisive RR e RNR

29

## Formato della trama del protocollo X.25 di livello 2

FLAG	ADDRESS	CONTROL	Dati (pacchetto X.25)	FCS	FLAG
01111110	8 bit	8 bit	variabile	16 bit	01111110

30

## Tipi di trame definite nel protocollo X.25 di livello 2

Tipo di trama	Comandi	Risposte	Codifica								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Informativa	I		0	N(s)			P	N(r)			
Supervisione	RR	RR	1	0	0	0	P/F	N(r)			
	RNR	RNR	1	0	1	0	P/F	N(r)			
	REJ	REJ	1	0	0	1	P/F	N(r)			
Non numerata	SARM	DM	1	1	1	1	P/F	0	0	0	
	SABM		1	1	1	1	P	1	0	0	
	DISC		1	1	0	0	P	0	1	0	
		UA		1	1	0	0	F	1	1	0
		FRMR		1	1	1	0	F	1	1	0

31

## Serial Line Internet Protocol (SLIP)

- "A NONSTANDARD FOR TRANSMISSION OF IP DATAGRAMS OVER SERIAL LINES: SLIP", IETF Request For Comments, RFC 1055, June 1988
- SLIP is merely a packet framing protocol: SLIP simply frames IP packets on a serial line
- It provides no addressing, no packet type identification, no error detection-correction or compression mechanisms
- The SLIP protocol defines two special characters: END (decimal 192), and ESC (decimal 219)
- If a data byte is the same code as END character, a two byte sequence of ESC and decimal 220 is sent instead
- If a data byte is the same code as an ESC character, an two byte sequence of ESC and decimal 221 is sent instead
- When the last byte in the packet has been sent, an END character is then transmitted

32

- It is possible to use a modified algorithm, which is to begin as well as end packets with an END character
- This will flush any erroneous bytes between two frames
- There is no maximum packet size for SLIP

## Point to Point Protocol (PPP)

- "The Point-to-Point Protocol (PPP)", IETF Request For Comments, RFC 1661, July 1994
- PPP provides a standard interface to transport multi-protocol datagrams over point-to-point links (it is a Data Link protocol)
- PPP is designed for simple links that provide full-duplex simultaneous bi-directional operation
- Esegue funzioni di:
  - delimitazione di trama
  - controllo di errore
  - recupero di errore (opzionale)
  - moltiplicazione di differenti connessioni

- Inoltre permette di:
  - supportare differenti protocolli di livello 3 (tra cui IP)
  - negoziare informazioni di configurazione di livello 3 (nel caso di IP: host\_address, default router/gateway, DNS)
  - supportare meccanismi di autenticazione
- PPP is composed of three main components:
  - .A method for encapsulating multi-protocol datagrams
  - .A Link Control Protocol (LCP) for establishing, configuring, and testing the data-link connection
  - .A family of Network Control Protocols (NCPs) for establishing and configuring different network-layer protocols
- E' attualmente il protocollo di livello 2 più usato in Internet per collegamenti (punto-punto)
  - e.g. attraverso PSTN/ISDN

## PPP frame

- PPP frames looks like the HDLC (High-level Data Link Control) standard

flag	addr	control	protocol	information	CRC	flag
7E	FF	03				7E
1	1	1	2	up to 1500 bytes	2	1

- ◆ Each frame begins and ends with a flag byte whose value is 0x7e
- ◆ Address byte is always 0xff
- ◆ Control byte, with a value of 0x03
- ◆ Protocol field is one or two octets, and its value identifies the upper layer packet encapsulated in the Information field
- ◆ The Information field contains the upper layer packet
- ◆ The CRC field is a cyclic redundancy check