



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)

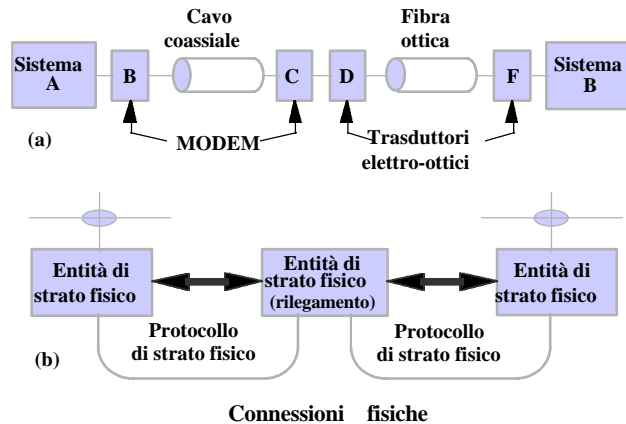
- Strato fisico (PH)
 - mezzi trasmissivi
 - interfacce fisiche, interfacce di rete
 - modulazione
 - multiplexing sincrona e asincrona e commutazione
 - (UI) bit, byte, container
 - wired e wireless
- Strato PH, esempi
 - PDH, SDH

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



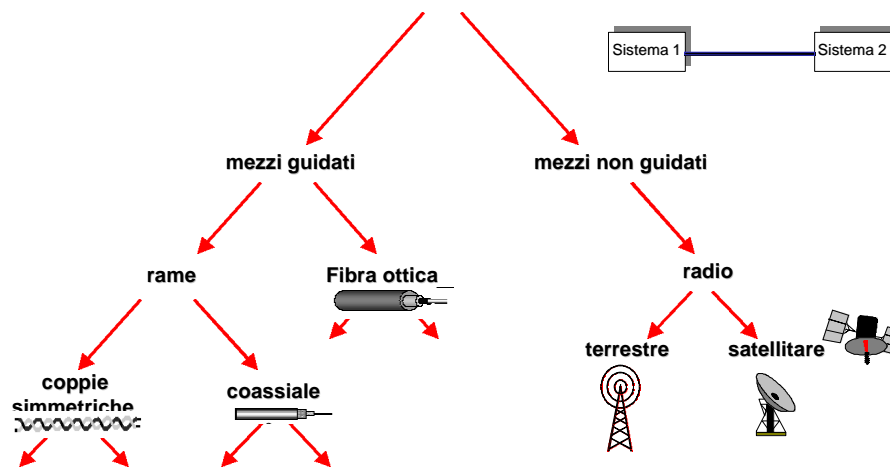
5

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

6

Strato PH: Mezzi trasmissivi

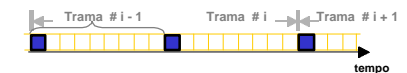


7

Strato PH: Multiplazione

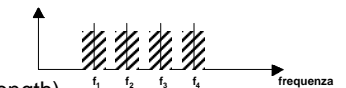
- In alcuni casi lo strato PH provvede a moltiplicare più flussi tributari (a bassa velocità) sullo stesso canale (ad alta velocità)
- 4 tipi di multiplazione:

➤ **divisione di tempo (TDM)**

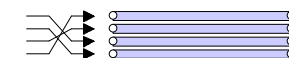


➤ **divisione di frequenza (FDM)**

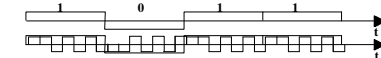
- in alcuni casi chiamata WDM (wavelength)



➤ **divisione di spazio (SDM)**



➤ **divisione di codice (CDM)**



8

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 multiplexazione 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/interfacciare mezzi di tipo diverso
 - esempio rame e fibra
 - **replicare lo stesso flusso su più tratte fisiche**
 - broadcasting (e.g. hub Ethernet)

10

Multiplexazione TDM plesiocrona e sincrona

Multiplexazione tra flussi con ritmo binario costante

- Multiplexazione 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)
- Multiplexazione sincrona:
 - i flussi tributari hanno frequenze coincidenti al loro valore nominale (sono sincroni 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)

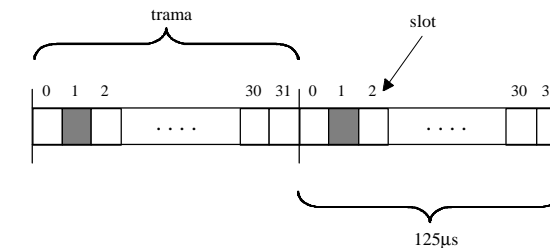
- Sviluppati negli anni '60
- I segnali vocali erano codificati con modulazione PCM
- Il segnale fonico è campionato a frequenza uguale a 8 kHz (8000 campioni al secondo, 1 campione ogni 125 μ s) ed ogni campione è codificato con 8 bit



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 μ 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 multiplazione plesiocrona (PDH)

- La gerarchia di multiplazione plesiocrona è definita nella raccomandazione G-702 dell'ITU-T e prevede:
- un flusso di base a 64 Kbps multiplato 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 multiplazione plesiocrona successiva a gruppi di quattro tributari partendo dal flusso primario
 - La caratteristica fondamentale di questa multiplazione 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

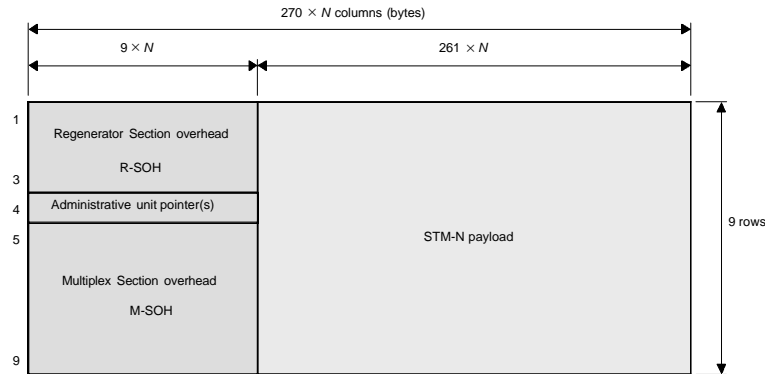
15

Gerarchia di multiplazione 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 μ s
- La multiplazione SDH risulta standardizzata dalle raccomandazioni ITU-T G707, G708, G709

16

Struttura del modulo di trasporto SDH



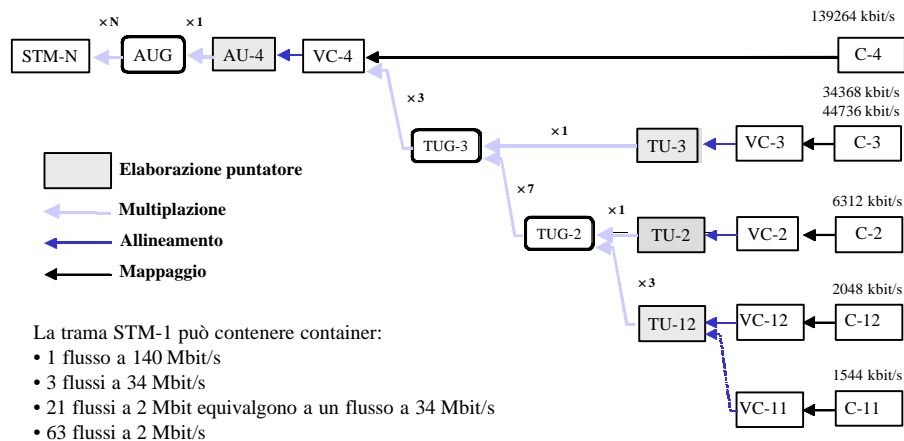
17

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 multiplazione SDH



19

Apparati di rete SDH: Multiplatore

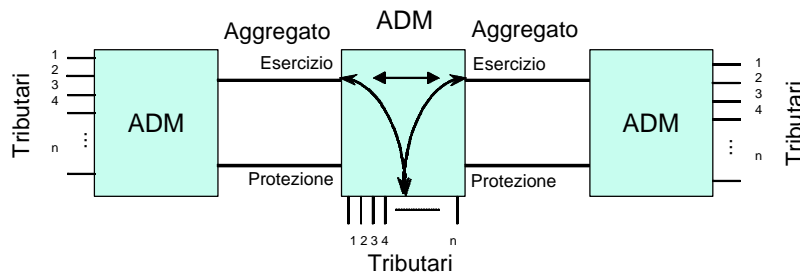
- **Multiplatore Terminale (MPX):** moltiplica tributari plesiocroni e sincroni in un flusso SDH. E' situato all'estremo del collegamento ed include anche i terminali di linea con interfacce standardizzate
- Normalmente il multiplatore terminale è un Add-Drop Multiplexer (ADM) sottoequipaggiato, in figura 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

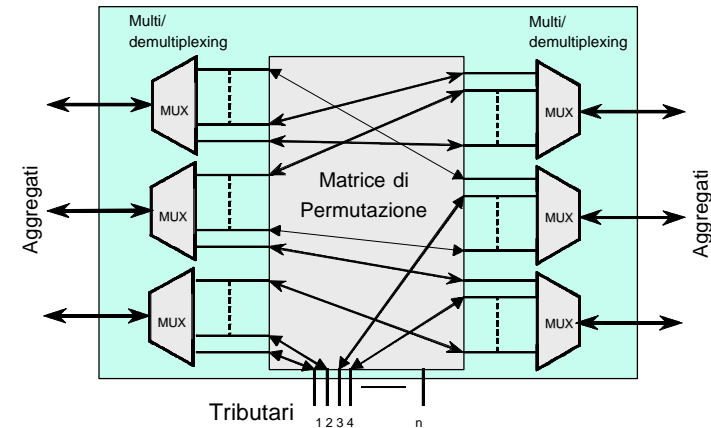
- **Multiplatore Add-Drop (ADM):** inserisce e preleva i tributari da un flusso aggregato. Le sue due interfacce di linea, East e West, permettono di inserirlo lungo un collegamento trasmissivo
- In figura è mostrato un ADM in configurazione lineare di Add-Drop con protezione 1+1



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-connessione**

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-connessione con un altro DL utente
 - negoziare la voluta qualità di servizio sulla DL-connessione da instaurare
 - trasferire DL-SDU su una DL-connessione
 - operare un controllo di flusso
 - operare una re-inizializzazione (reset)
 - abbattere una DL-connessione

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 supervisory 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

33

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)
 - multiplazione di differenti connessioni

34

- 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

35

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

36