



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

## Protocolli: strato PH

Luca Veltri

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

Corso di Reti di Telecomunicazioni A, a.a. 2006/2007  
<http://www.tlc.unipr.it/veltri>

## Strato fisico (PH)

- Strato fisico (PH)
  - mezzi trasmissivi
  - interfacce fisiche, interfacce di rete
  - mo(demo)dulazione
  - multiplazione sincrona e asincrona e commutazione
  - (UI) bit, byte, container
  - wired e wireless
- Strato PH, esempi
  - PDH, SDH, Ethernet PH, etc.

2

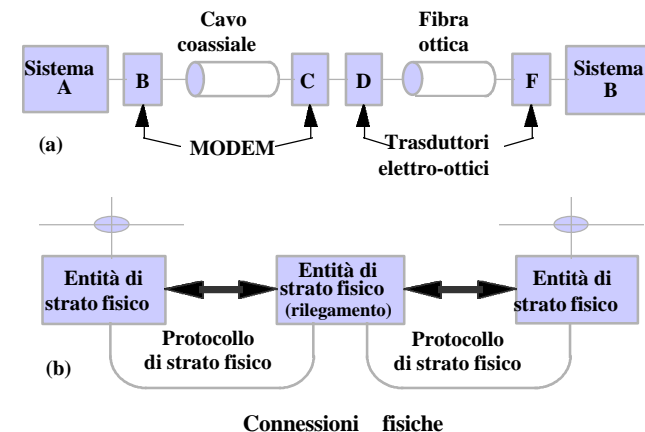
## Strato Fisico

- 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 multiplazione e commutazione

3

## Esempio di PH connessione

- (a) schema fisico  
(b) schema logico



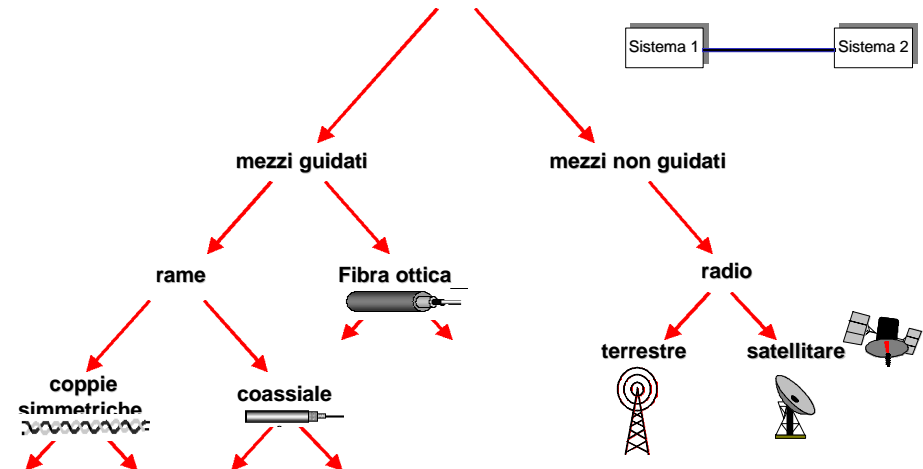
4

## 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) Ritmo binario: ritmo binario di picco 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

5

## Strato PH: Mezzi trasmissivi

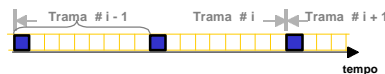


6

## Strato PH: Multiplazione

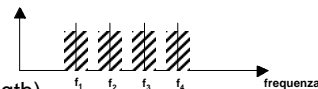
- In alcuni casi lo strato PH provvede a moltiplicare più flussi tributari (a bassa velocità) sullo stesso canale (ad alta velocità)
- 4 tipi di multiplazione:

### ➤ divisione di tempo (TDM)



### ➤ divisione di frequenza (FDM)

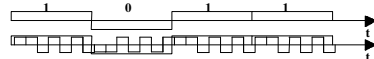
- in alcuni casi chiamata WDM (wavelength)



### ➤ divisione di spazio (SDM)



### ➤ divisione di codice (CDM)



7

## 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 multiplazione utilizzati in ingresso/uscita
  - SDM, TDM, WDM, .. → SD-Switching, TD-Switching, ..



8

## 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)

9

## Esempi di strato PH:

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

## Multiplazione TDM plesiocrona e sincrona

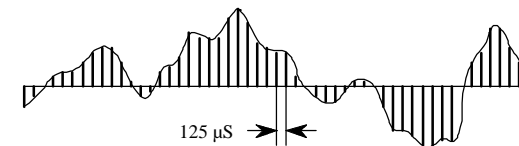
Multiplazione tra flussi con ritmo binario costante

- Multiplazione 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)
- Multiplazione 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**)

11

## PCM (Pulse Code Modulation)

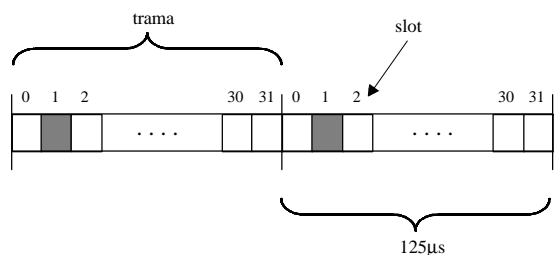
- Sviluppati negli anni '60
- I segnali vocali erano codificati con modulazione PCM
- Il segnale fonico è campionato a frequenza uguale a 8 kHz (8000 campioni al secondo, 1 campione ogni 125  $\mu$ s) ed ogni campione è codificato con 8 bit



12

## 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



13

## 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

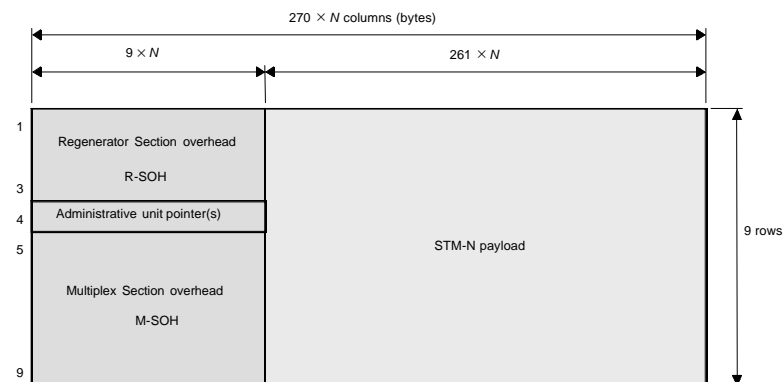
14

## 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  $\mu$ s
- La multiplazione SDH risulta standardizzata dalle raccomandazioni ITU-T G707, G708, G709

15

## Struttura del modulo di trasporto SDH



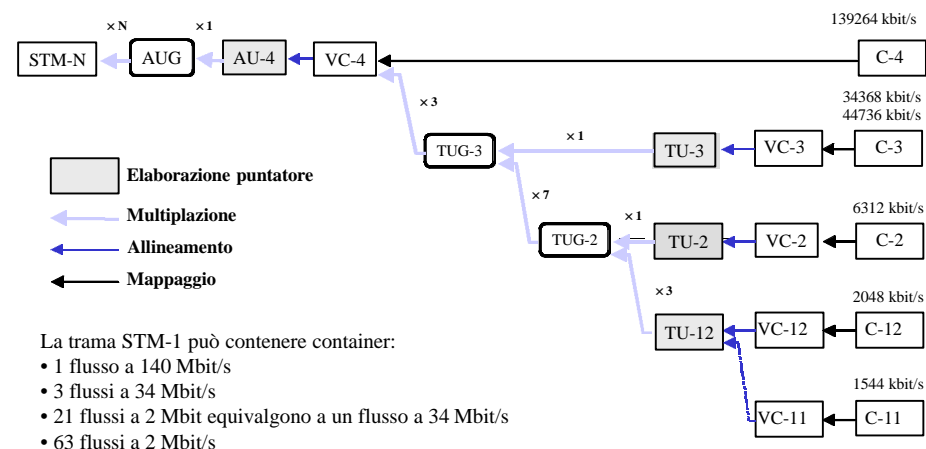
16

## 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)

17

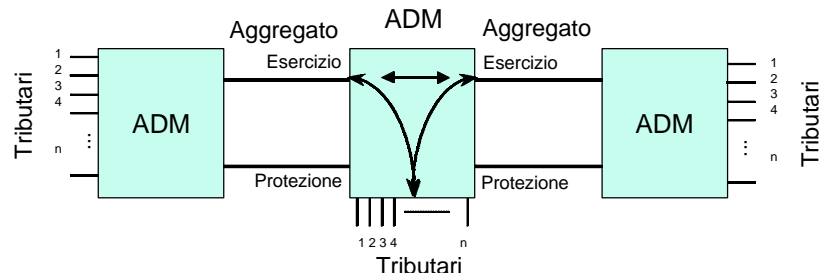
## Schema generale di multiplazione SDH



18

## Apparati di rete SDH: Multiplatore e Add-Drop

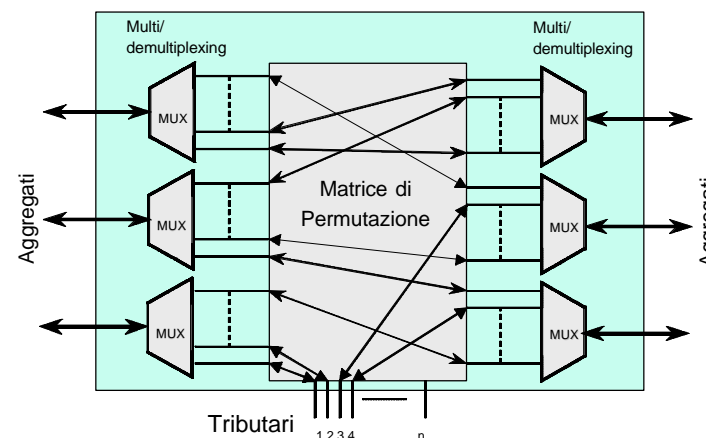
- **Multiplatore Terminale (MPX):** multipla tributari plesiocroni e sincroni in un flusso SDH. E' situato all'estremo del collegamento ed include anche i terminali di linea con interfacce standardizzate
- **Multiplatore Add-Drop (ADM):** inserisce e preleva i tributari da un flusso aggregato. Le sue due interfacce di linea, East e West, permettono di inserirlo lungo un collegamento trasmissivo



19

## 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



20