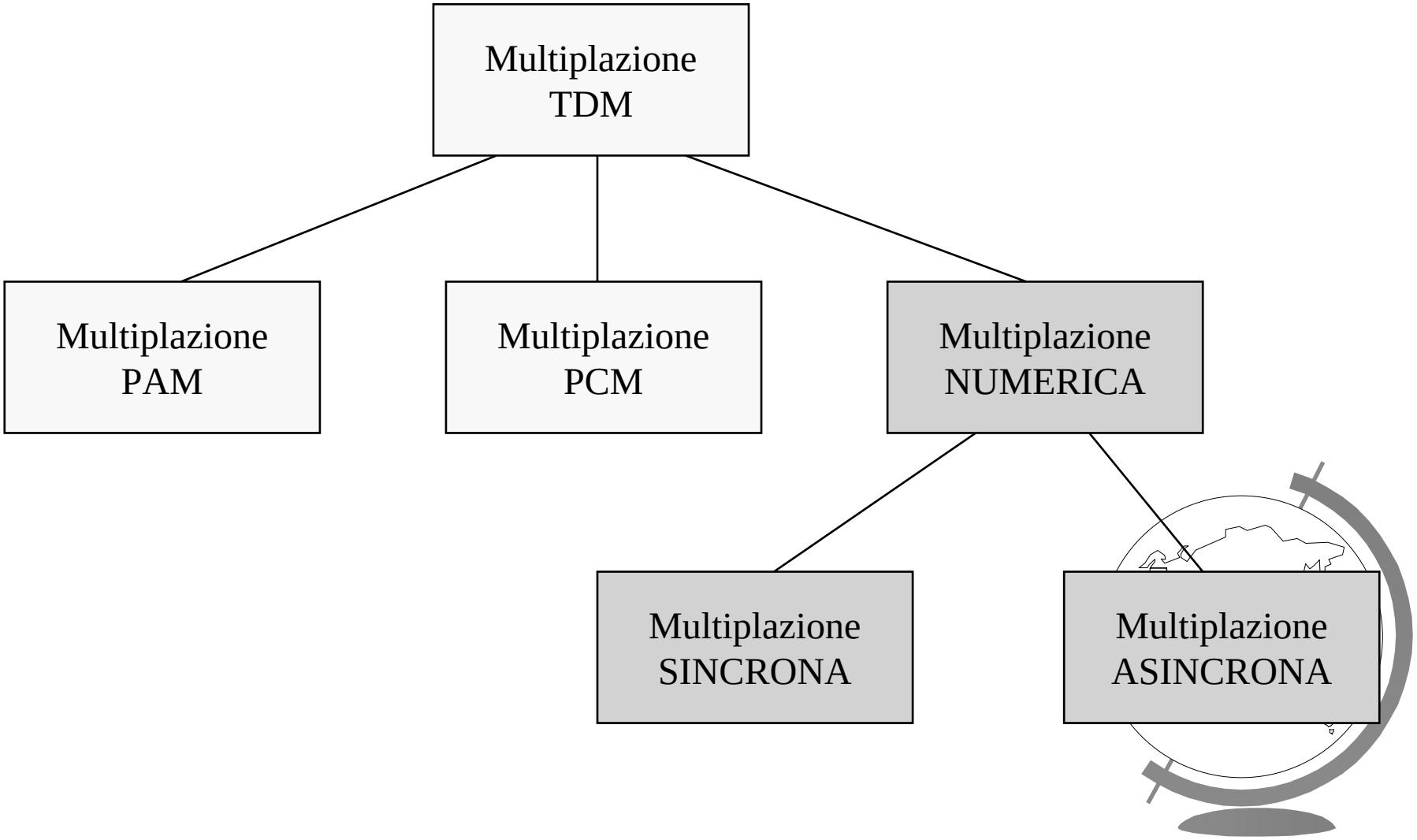


MULTIPLAZIONE A DIVISIONE DI TEMPO NEI SISTEMI TRASMISSIVI

Prof. Ing. Maurizio Casoni

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

METODI DI MULTIPLAZIONE TDM



RICHIAMI SULLE GERARCHIE DIGITALI PCM

La trasmissione digitale dell'informazione si basa su tecniche di organizzazione dei bit in frame a divisione di tempo:

- ***Standard USA***
  24 canali vocali a 64 Kbit/s
  1 bit di framing
  livello base: 1.544 Mbit/s (DS-1)

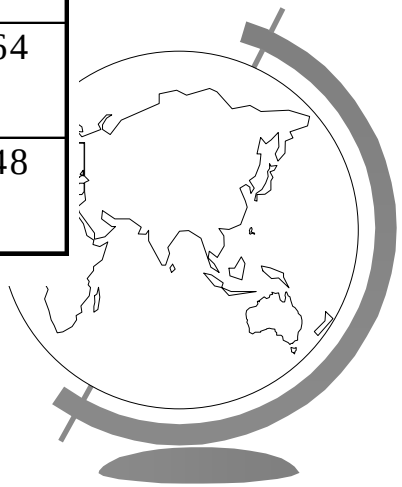
- ***Standard Europeo***
  30 canali vocali a 64 Kbit/s
  1 byte di framing
  1 byte di segnalazione
  livello base: 2.048 Mbit/s (E-1)

Per *framing* si intende il meccanismo utilizzato per indicare al ricevitore dove iniziare a contare i canali



North American and International TDM Carrier Standards

North American			International (ITU-T)		
Digital Signal Number	Number of Voice Channel	Data Rate (Mbps)	Level Number	Number of Voice Channel	Data Rate (Mbps)
DS-1	24	1.544	1	30	2.048
DS1-C	48	3.152	2	120	8.448
DS-2	96	6.312	3	480	34.368
DS-3	672	44.736	4	1920	139.264
DS-4	4032	274.176	5	7680	565.148



MULTIPLAZIONE NUMERICA

- I flussi dati tributari sono ricevuti dall'apparato di multiplazione già nel formato numerico (si ricorda che nel PCM I tributari all'apparato erano in forma analogica mentre il segnale multiplex generato è numerico)
- Si origina così una multiplazione di tipo gerarchico
- Vi sono due principali tecniche di multiplazione numerica in base alla relazione temporale dei rispettivi cronosegnali
  - *Segnali sincroni*, i cui orologi hanno uguali frequenze, almeno in media;
  - *Segnali plesiocroni*, i cui orologi hanno frequenze solo nominalmente uguali entro prescritti margini di tolleranza
- Multiplazione numerica sincrona con tributari sincroni genera flussi numerici usando un unico cronosegnale
- Multiplazione numerica asincrona con tributari plesiocroni genera flussi numerici usando cronosegnali con frequenze solo nominalmente uguali



MULTIPLAZIONE DI FLUSSI TRIBUTARI SU UNICO SEGNALE MULTIPLEX

Richiede due operazioni principali

- Portare i tributari alla stessa frequenza, in quanto nel segnale multiplato è stata a loro assegnata la stessa percentuale di banda
- Portare in fase i bit dei tributari, perchè l'istante di trasmissione di ogni bit è dato dal multiplatore e non dall'istante di ricezione dei bit entro il tributario; si impiega una memoria tampone per ogni flusso tributario per disaccoppiare gli istanti di ricezione e trasmissione



SISTEMA PLESIOCRONO

Mediante multiplazione e' possibile combinare un certo numero di segnali DS-1 o E-1 per ottenere flussi a capacita' piu' elevata

- Ad ogni stadio di multiplazione i tributari non sono perfettamente sincronizzati (a causa della non perfetta identita' delle frequenze dei singoli orologi)-> si e' sviluppato il ***sistema plesiocrono PDH*** (Plesiochronous Digital Hierarchy)
- ad ogni orologio e' consentito di oscillare in un certo intervallo di frequenze
- il multiplatore legge ogni tributario alla velocita' massima
- se non ci sono bit nel buffer di ingresso (perche' i bit stanno arrivando a velocita' minore) il multiplatore inserisce *bit di stuffing*
- e' presente anche un meccanismo per segnalare al demultiplatore quali sono i bit di stuffing



PROBLEMI ASSOCIATI A PDH

- Ogni volta che si rende necessario inserire o estrarre un certo tributario dal multiplex occorre effettuare tutte le operazioni di demultiplazione e rimultiplazione

- difficoltà di gestione e di riconfigurazione della rete, essendo di tipo manuale

- Scarsa capacità (cioè pochi bit) riservata alle funzioni di controllo e gestione per le attuali estese e complesse reti di telecomunicazioni

- esistenza di standard differenti con la nascita di soluzioni proprietarie



STANDARD SDH/SONET

- ***SONET*** (Synchronous Optical NETwork) è nato come standard proposto da Bellcore e standardizzato da ANSI per sfruttare l'alta capacita' trasmissiva delle fibre ottiche;

- La versione standardizzata dal ITU-T alla fine degli anni ‘80 è ***SDH*** (Synchronous Digital Hierarchy) e rappresenta lo standard mondiale per I sistemi di trasmissione numerici punto-punto

- Gli standard ITU-T che si riferiscono a SDH sono G.707, G.708, G.709

- Definisce una gerarchia di velocità per la trasmissione digitale dove:
  - STS-1 (Synchronous Transport Signal - level 1) è il livello di base della gerarchia SONET. La gerarchia ITU-T è analoga ma parte da STS-3 di SONET e si chiama STM-1 (Synchronous Transport Module-level 1).
  - piu' STS-1 possono essere combinati per dare luogo agli STS di livello piu' alto

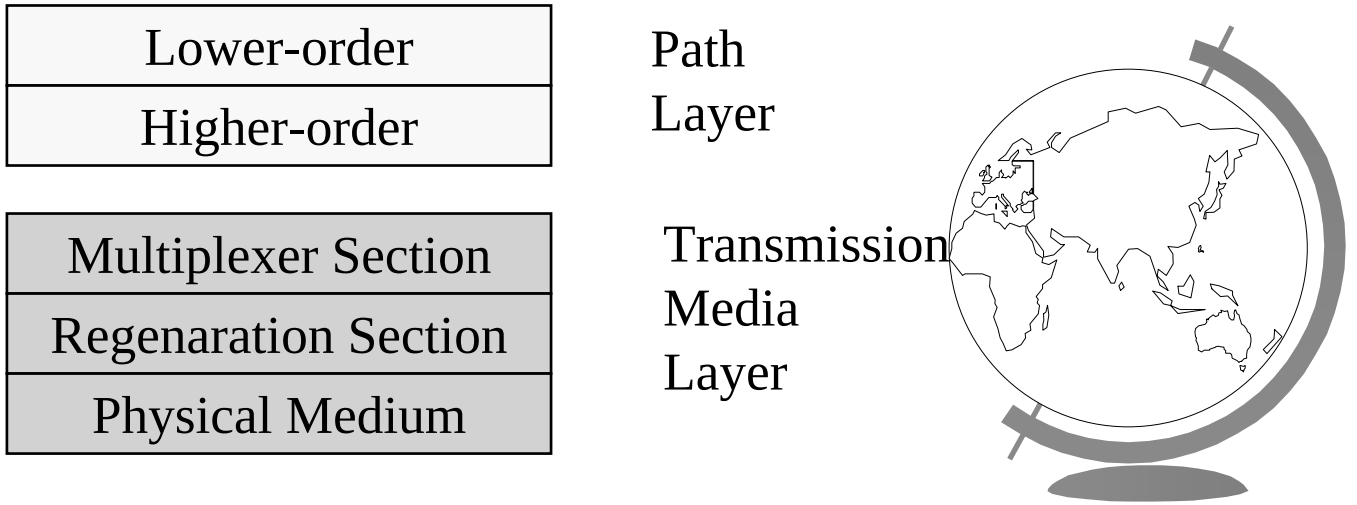


SDH/SONET SIGNAL HIERARCHY

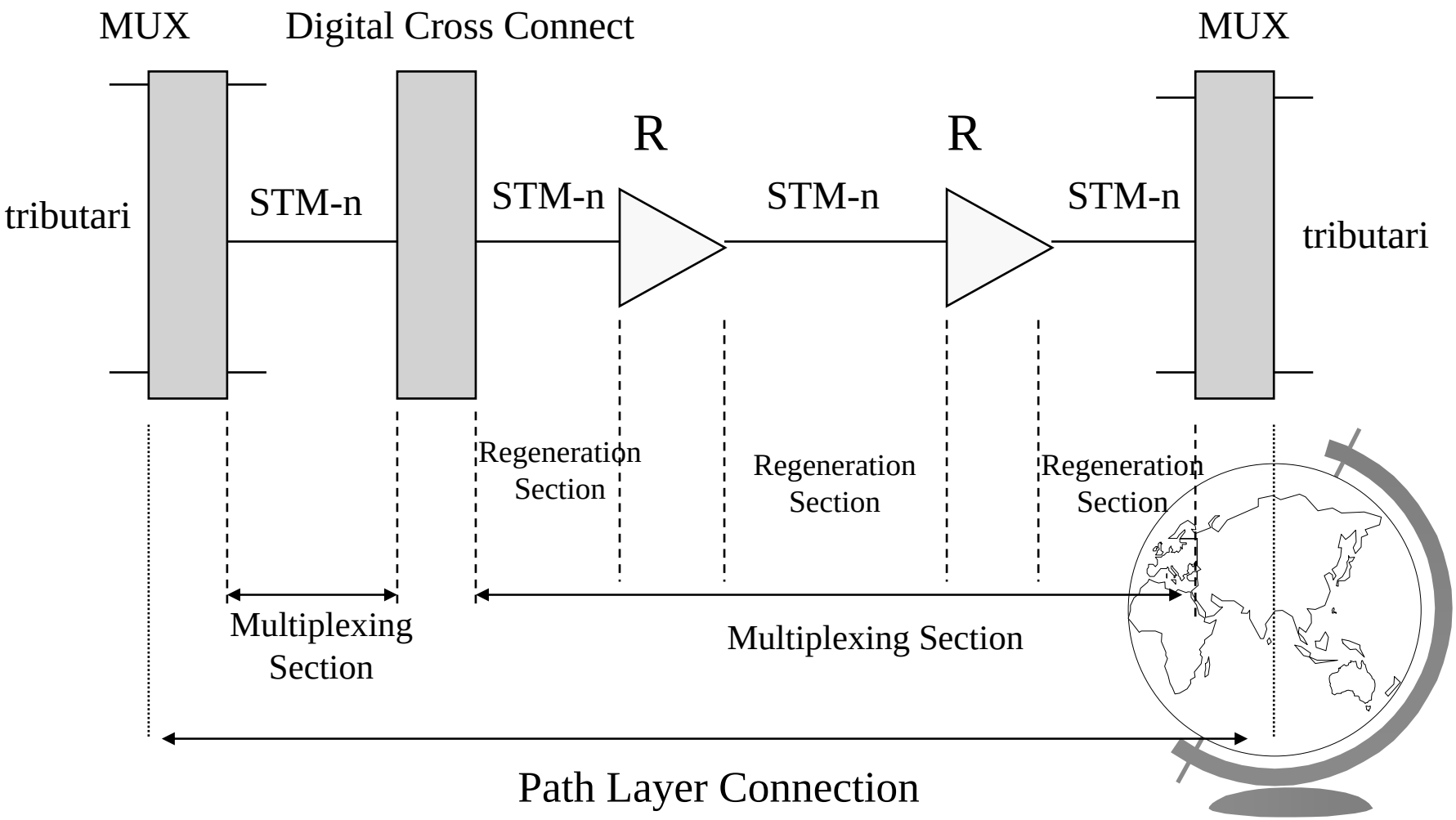
ANSI/SONET Designation (ottica)	ANSI/SONET Designation (elettronica)	ITU-T/SDH Designation	Data Rate (Mbps)	Payload Rate (SPE)
OC-1	STS-1	-	51.84	50.112
OC-3	STS-3	STM-1	155.52	150.336
OC-9	STS-9	STM-3	466.56	451.008
OC-12	STS-12	STM-4	622.08	601.344
OC-18	STS-18	STM-6	933.12	902.016
OC-24	STS-24	STM-8	1244.16	1202.688
OC-36	STS-36	STM-12	1866.24	1804.032
OC-48	STS-48	STM-16	2488.32	2405.376
OC-192	STS-192	STM-64	9953.28	9621.504
		STM-256	39813.12	

SDH: ARCHITETTURA

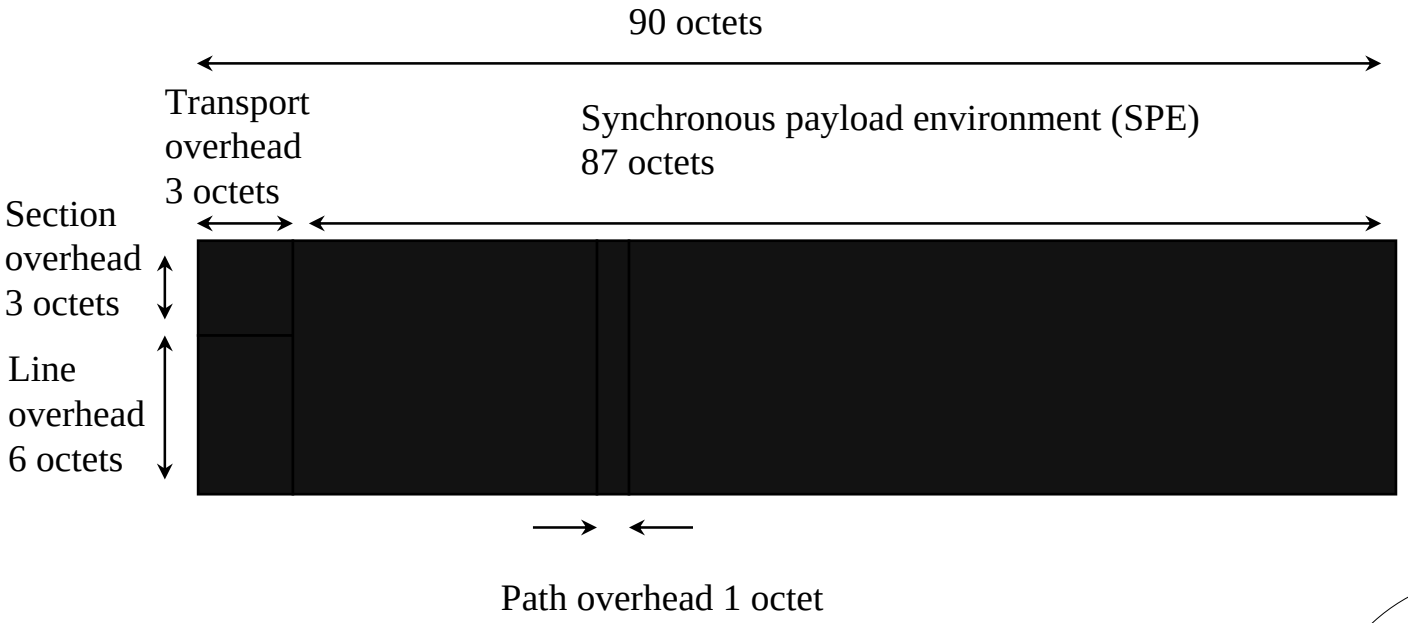
- ***Path Layer***: fornisce le risorse necessarie per il trasporto dei segnali numerici tra dispositivi di ingresso ed uscita della rete; a seconda della capacità vi sono percorsi di ordine inferiore o superiore che comprendono più percorsi di ordine inferiore
- ***Transmission Media Layer***: fornisce le risorse necessarie per il trasporto dei segnali numerici tra dispositivi SDH attraverso un mezzo trasmissivo
  - *Sezione di multiplazione*: individua un percorso di una o più tratte terminato su apparati SDH che effettuano la mux di segnali SDH
  - *Sezione di rigenerazione*: individua singola tratta trasmissiva in cui uno dei due capi è un rigeneratore
  - *Mezzo fisico*: specifica le caratteristiche del supporto di trasmissione



ARCHITETTURA: ESEMPIO

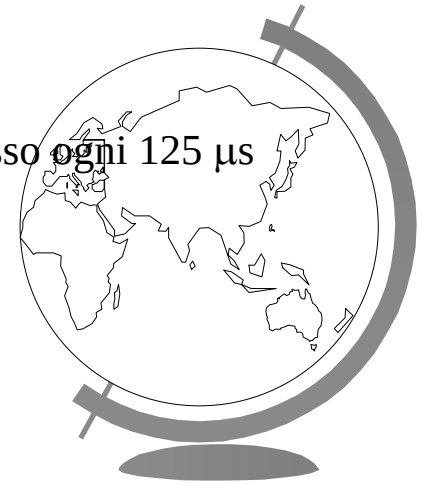


FORMATO DELLA TRAMA SONET STS-1



Il blocco base nella costruzione della trama e' STS-1: 810 ottetti trasmesso ogni 125 μs dando luogo alla velocitá di 51.84 Mbit/s.

Il frame puó vedersi come una matrice di 9 righe di 90 ottetti.

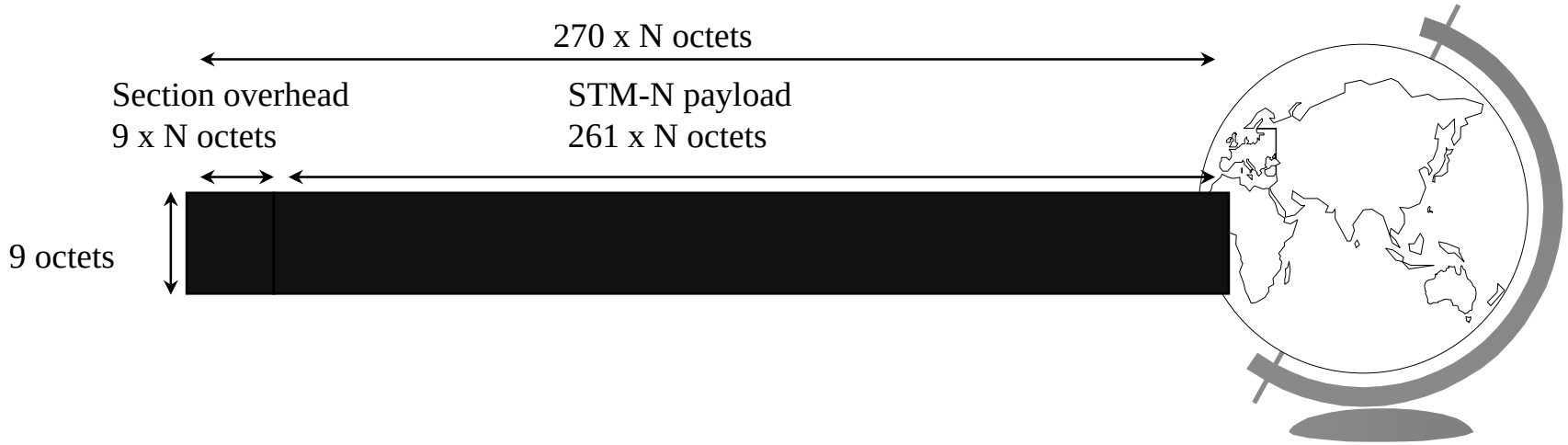


FORMATO DELLA TRAMA STS-1

- La trasmissione avviene una riga per volta da sinistra a destra e dall'alto al basso
- Le prime tre colonne del frame sono dedicate agli ottetti di overhead:

  9 ottetti di overhead di sezione: es. funzioni di costruzione del frame, monitoraggio

  18 ottetti di overhead di linea: es sincronizzazione
- Il resto e' *payload:* contiene una colonna di *path overhead* che non e' necessariamente la prima del payload: l'overhead di linea contiene un puntatore che indica dove inizia l'overhead
- STM-N si ottiene secondo lo schema :



FRAMING BASATO SU SDH

SDH introduce il concetto di ***Virtual Container:***

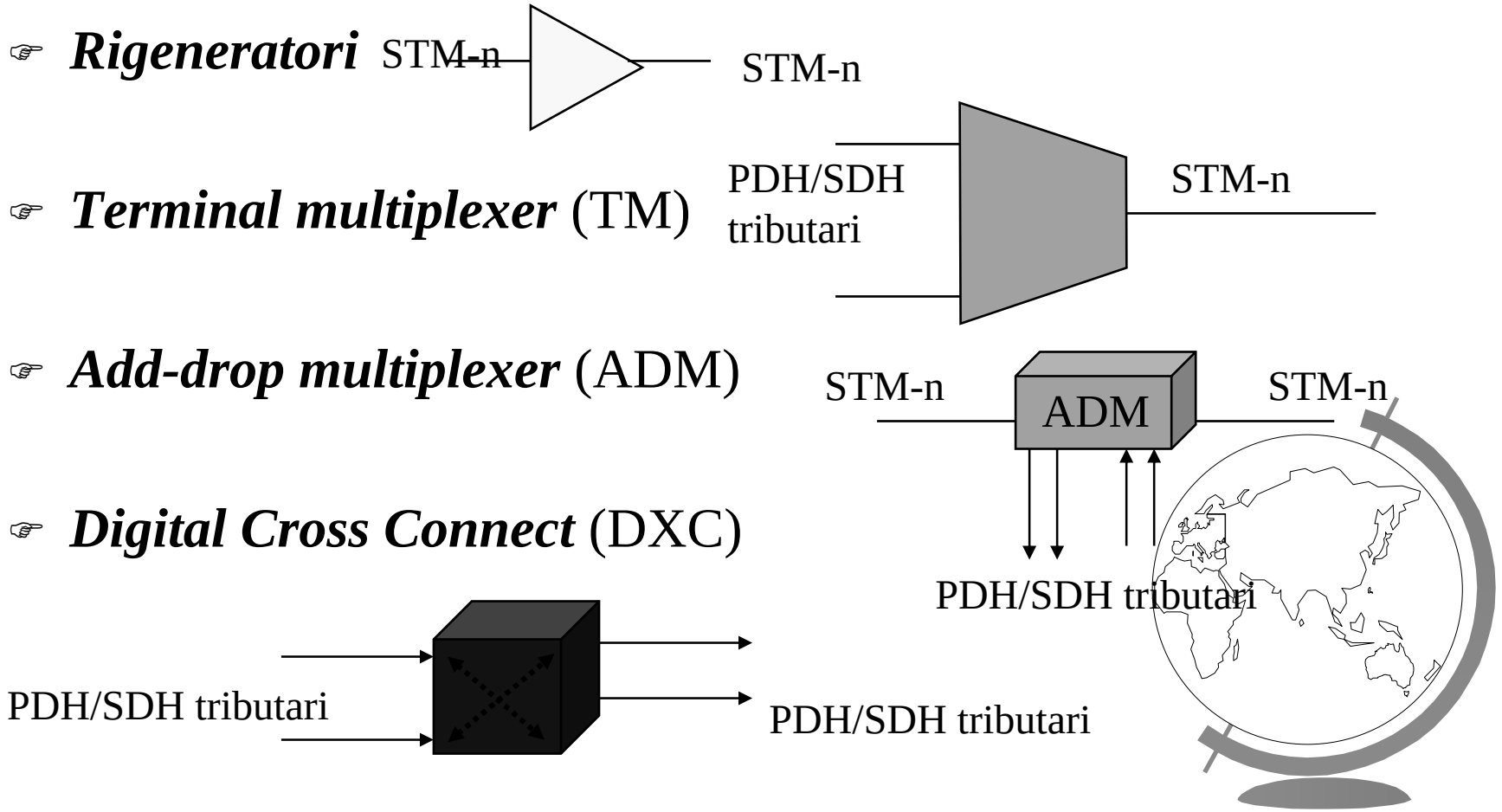
- e' un insieme di strutture di prefissate dimensioni in grado di trasportare diversi tipi di tributari con differenti formati e velocita'
- ad esempio segnali PDH possono essere incapsulati in un appropriato virtual container
- esiste un virtual container per ciascun tipo di segnale PDH
- il virtual container puo' fluttuare all'interno del payload
- il virtual container insieme al puntatore che ne definisce la posizione all'interno del payload prende il nome di Administration Unit



APPARATI SDH

Vi sono quattro tipi principali di apparati:

- ***Rigeneratori*** STM-n → STM-n
- ***Terminal multiplexer*** (TM) PDH/SDH tributari → STM-n
- ***Add-drop multiplexer*** (ADM) STM-n → ADM → STM-n, PDH/SDH tributari
- ***Digital Cross Connect*** (DXC) PDH/SDH tributari → PDH/SDH tributari



APPARATI

- Rigeneratori:
  - Consentono collegamenti punto-punto di tipo SDH anche su lunghe distanze
  - Con cavi in fibra ottica si possono raggiungere le centinaia di Km
  - Rigenerano il segnale per controbattere il rumore che si è aggiunto al segnale
- Terminal Multiplexer:
  - Interfacciano più linee in ingresso a bassa velocità con unica in uscita ad alta velocità
- Add-drop Mux:
  - Apparato originale di SDH che consente di accedere direttamente (cioè senza demux) al singolo tributario
- Digital Cross Connect:
  - Effettuano una permutazione di tributari dalle porte di ingresso a quelle di uscita



RETE SDH: ESEMPIO

- Grazie alle funzioni di ADM e DXC è possibile costruire una vera e propria rete con SDH
- La struttura più diffusa è quella con topologia ad anello che impiega solo ADM
- Anello: procedure di riconfigurazione automatica in caso di guasti

