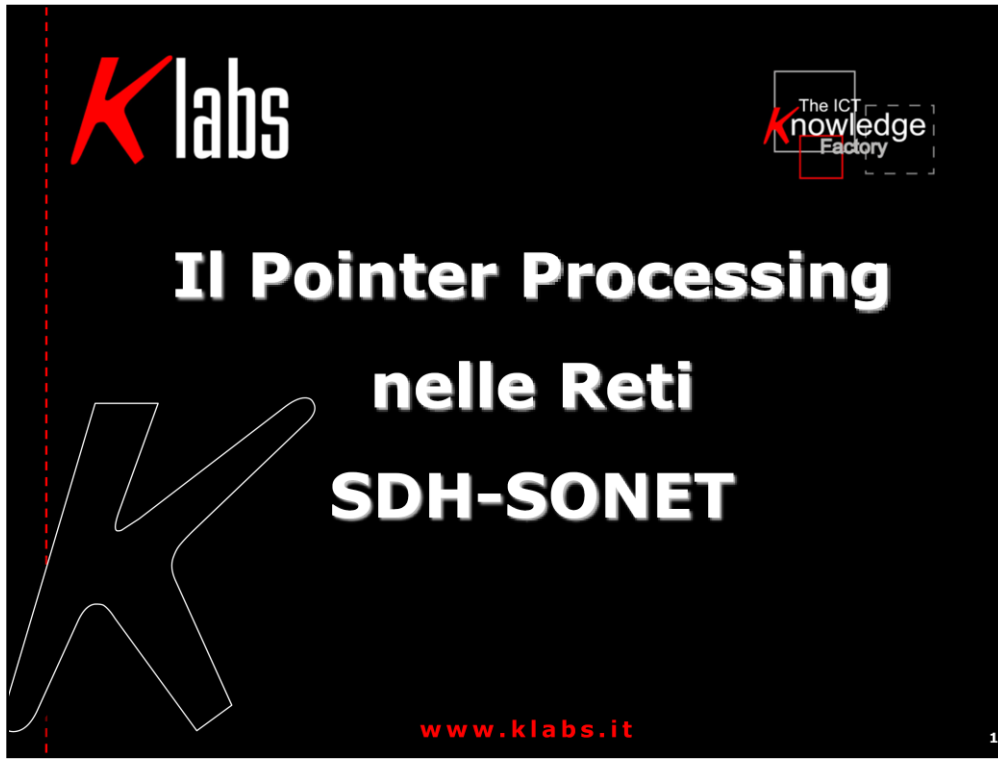


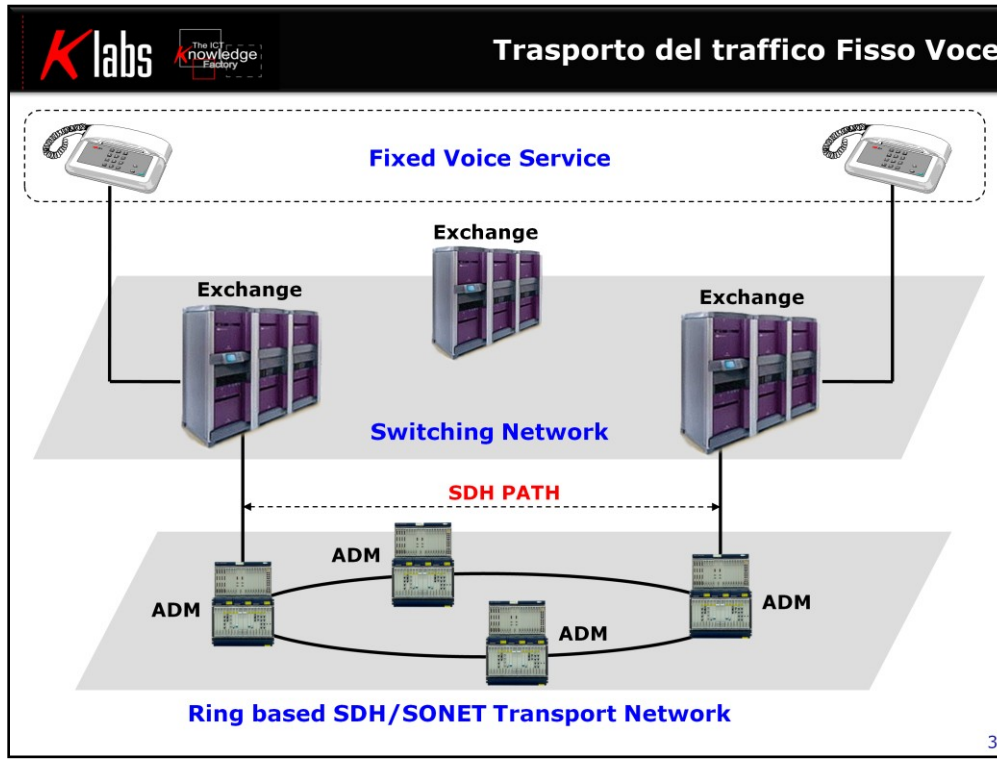
K Labs S.r.l. all right reserved

Agenda

- Servizi trasportati su reti Sincrone
- Il principio delle reti sincrone
- Richiami alla struttura della trama SDH e SONET
- Allineamento dei Virtual Container nell'Unità Amministrativa
- Descrizione dei byte del Puntatore
- La giustificazione Positiva
- La giustificazione Negativa
- Laboratorio: Simulazione del Pointer Processing
- Cause di movimento del puntatore nelle reti

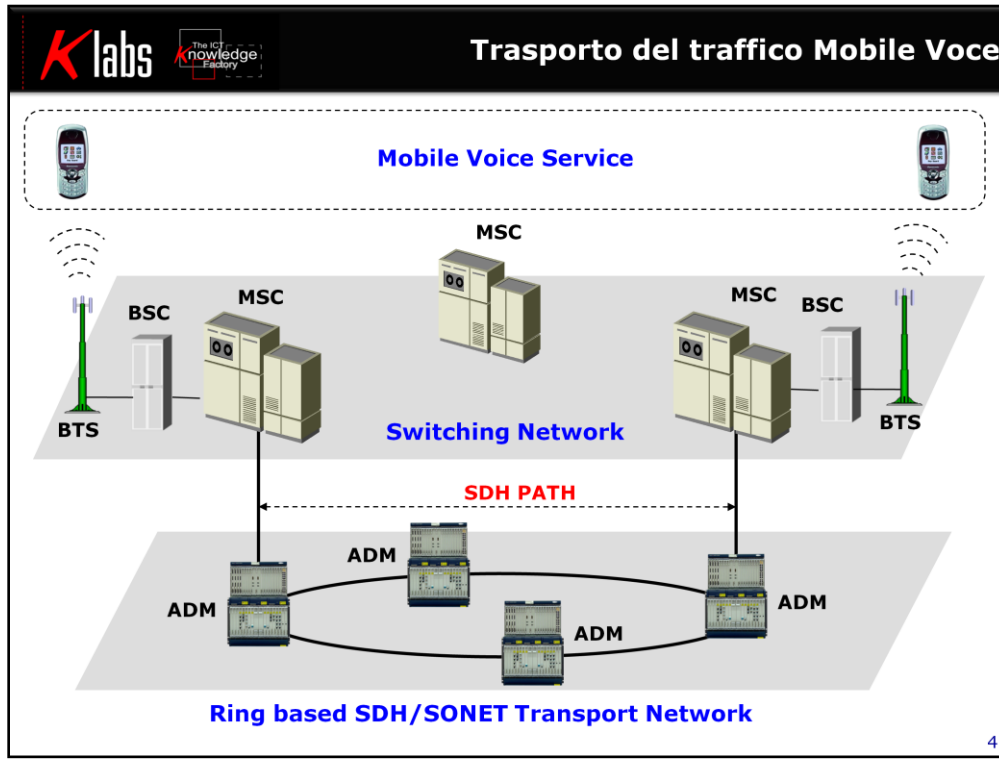
2

K Labs S.r.l. all right reserved



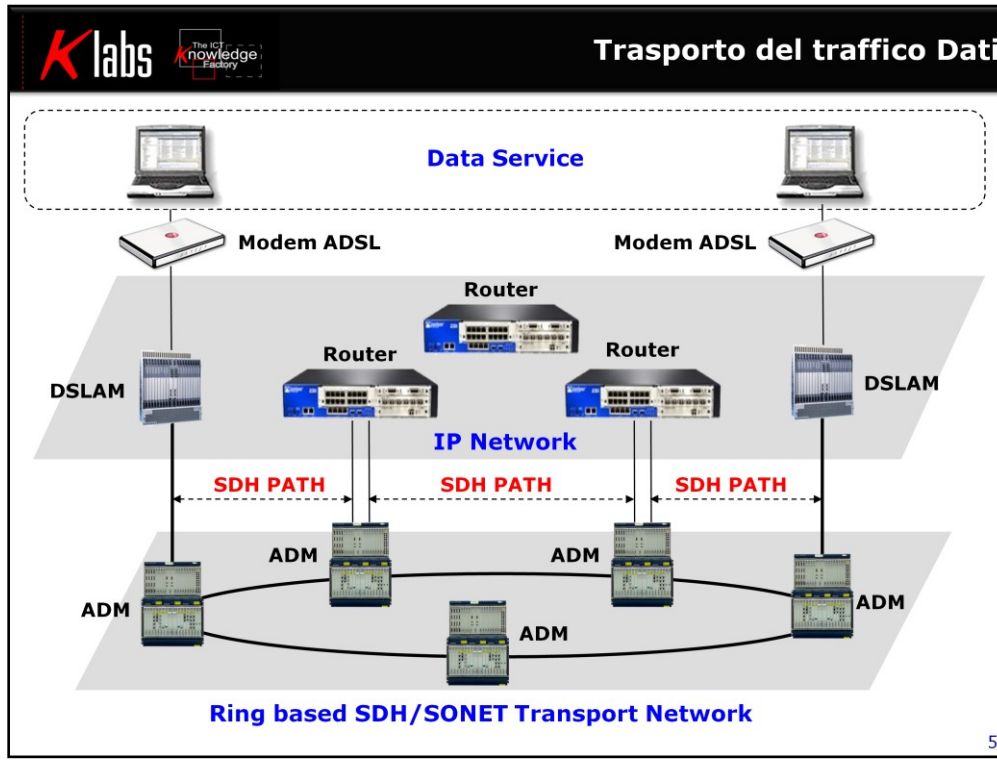
La rete SDH (Synchronous Digital Hierarchy) è largamente utilizzata per il trasporto dei flussi numerici a 2Mbs generati dalle centrali numeriche di commutazione (Digital Exchenge) presenti nella rete fissa a commutazione di circuito per il servizio voce. Il trasporto del segnale client avviene mediante la creazione dei path SDH, mappando i 2Mb/s all'interno della trama SDH.

K Labs S.r.l. all right reserved



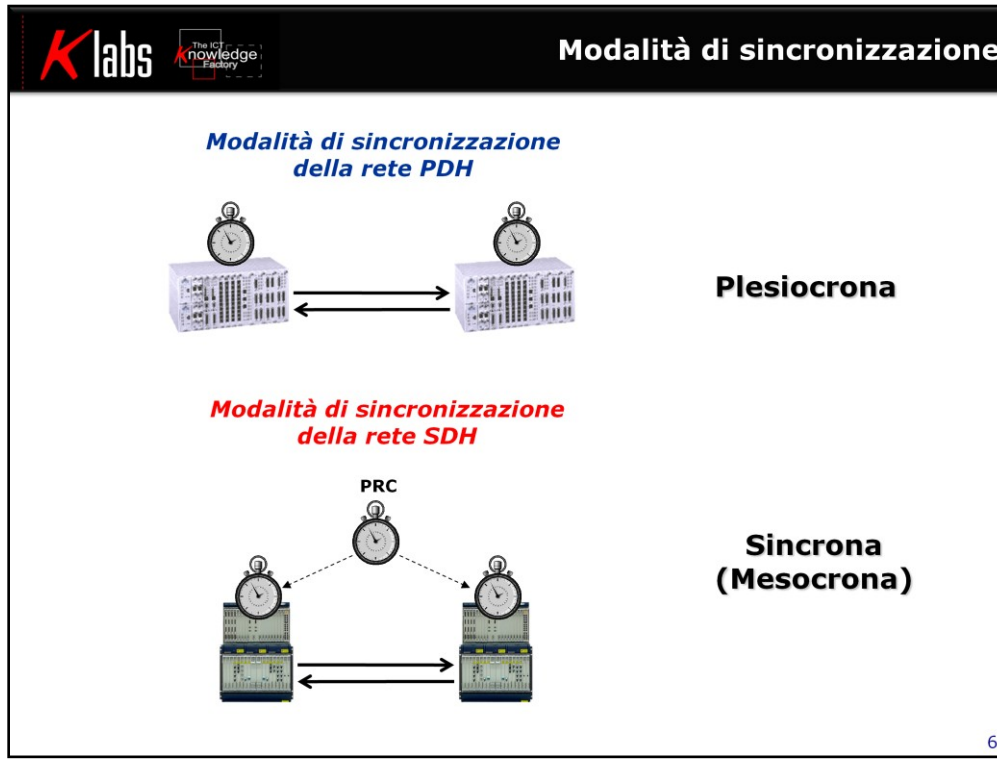
La rete di trasporto SDH (Synchronous Digital Hierarchy) è largamente utilizzata anche per il trasporto dei flussi numerici a 2Mbs generati dalle centrali numeriche di commutazione (Mobile Switching Center) presenti nella rete mobile a commutazione di circuito per il servizio voce (GSM). Il trasporto del segnale client avviene mediante la creazione dei path SDH, mappando i 2Mb/s all'interno della trama SDH.

K Labs S.r.l. all right reserved



Infine la rete di trasporto SDH viene utilizzata per il trasporto dei dati nelle reti a commutazione di pacchetto (IP) tra i vari elementi che compongono la rete come i Router e i DSLAM. Il trasporto del segnale client avviene mediante la creazione dei path SDH, mappando i pacchetti IP o le trame Ethernet all'interno della trama Sincrona.

K Labs S.r.l. all right reserved



Esistono diverse strategie utilizzabili per la sincronizzazione per una rete trasmissiva, ma quelle di interesse pratico sono sostanzialmente due: quella plesiocrona oppure quella sincrona.

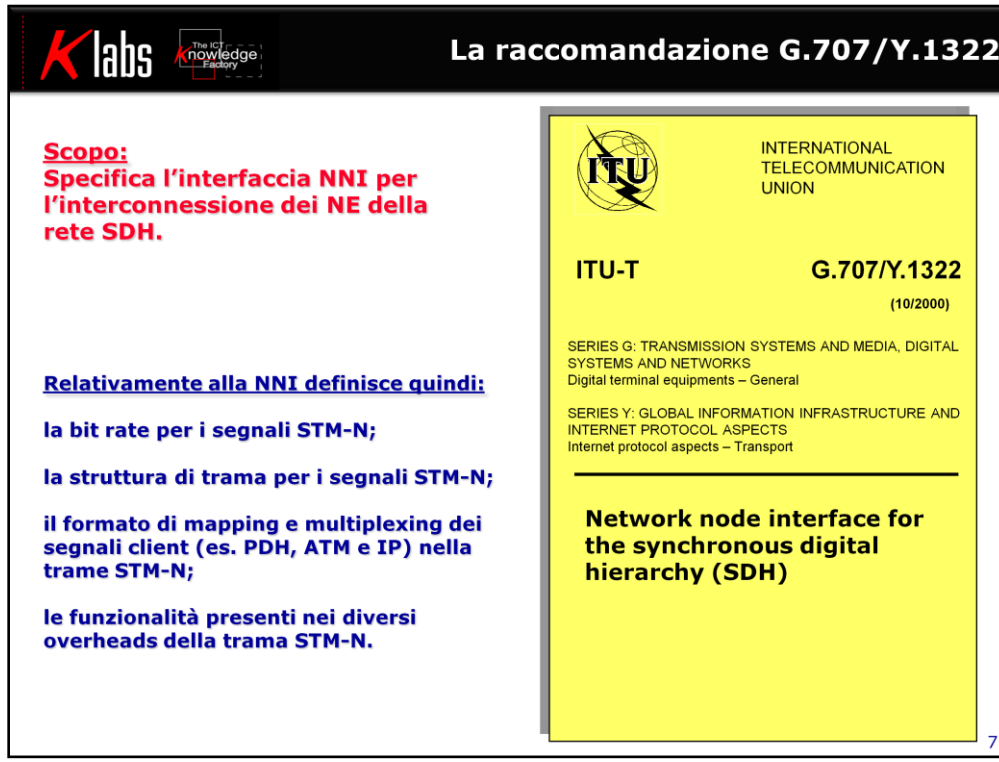
La modalità plesiocrona, detta anche anarchica, utilizza una rete che non prevede la distribuzione del sincronismo di riferimento, per cui ogni nodo dispone di un orologio locale indipendente. Le inevitabili differenze di frequenza tra le varie sorgenti di temporizzazione vengono compensate mediante l'impiego della tecnica di giustificazione ("stuffing").

Al contrario, in ambito sincrono è prevista la distribuzione di un cronosegnale di riferimento dal quale ogni apparato presente in rete estrae la propria sincronizzazione. I vantaggi offerti da una rete trasmissiva completamente sincrona sono dati dalla "osservabilità" cioè dalla possibilità di estrarre ed inserire i tributari nella trama del segnale di linea durante le operazioni di multi-demultiplazione, senza dover effettuare continue operazioni di giustificazione che inevitabilmente, a lungo andare, provocano un accumulo di wander sul segnale trasportato.

L'impossibilità di disporre, dall'inizio degli anni '70, di orologi di temporizzazione di adeguata precisione a basso costo e la difficoltà di trasportare il segnale di sincronismo con elevata stabilità lungo tutta la rete, portò alla inevitabile scelta di impiegare la modalità di sincronizzazione plesiocrona, utilizzando la strategia sincrona solamente a livello di reti locali o per collegamenti a breve distanza.

Lo sviluppo tecnologico iniziato a partire dagli ani '80, rendendo disponibili sia oscillatori con elevata stabilità ad un prezzo ragionevole sia apparati in grado di distribuire il segnale di temporizzazione con un elevato grado di affidabilità, ha permesso di rivedere le posizioni e di valutare la possibilità di rendere le reti di telecomunicazioni sincrone.

K Labs S.r.l. all right reserved



Lo scopo della raccomandazione G.707/Y.1322, è quella di specificare l'interfaccia NNI (Network Node Interface) necessaria per interconnettere i Network Element (NE) della rete SDH (Synchronous Digital Hierarchy) per il trasporto di diversi tipi di payloads.

Perciò, in riferimento alla NNI di una rete digitale sincrona (inclusa la B-ISDN), questa raccomandazione definisce:

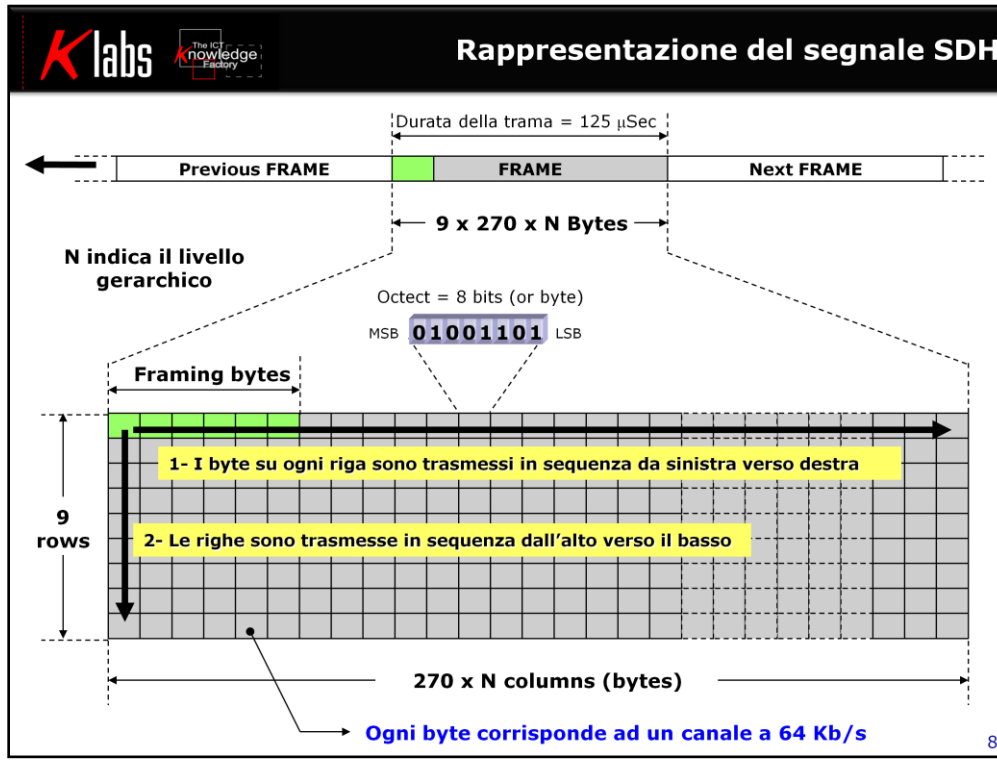
– la bit rate per i segnali STM-N;

– la struttura di trama per i segnali STM-N;

– il formato di mapping e multiplexing dei segnali client (es. PDH, ATM e IP) nella trame STM-N;

– le funzionalità presenti nei diversi overheads della trama STM-N.

K Labs S.r.l. all right reserved



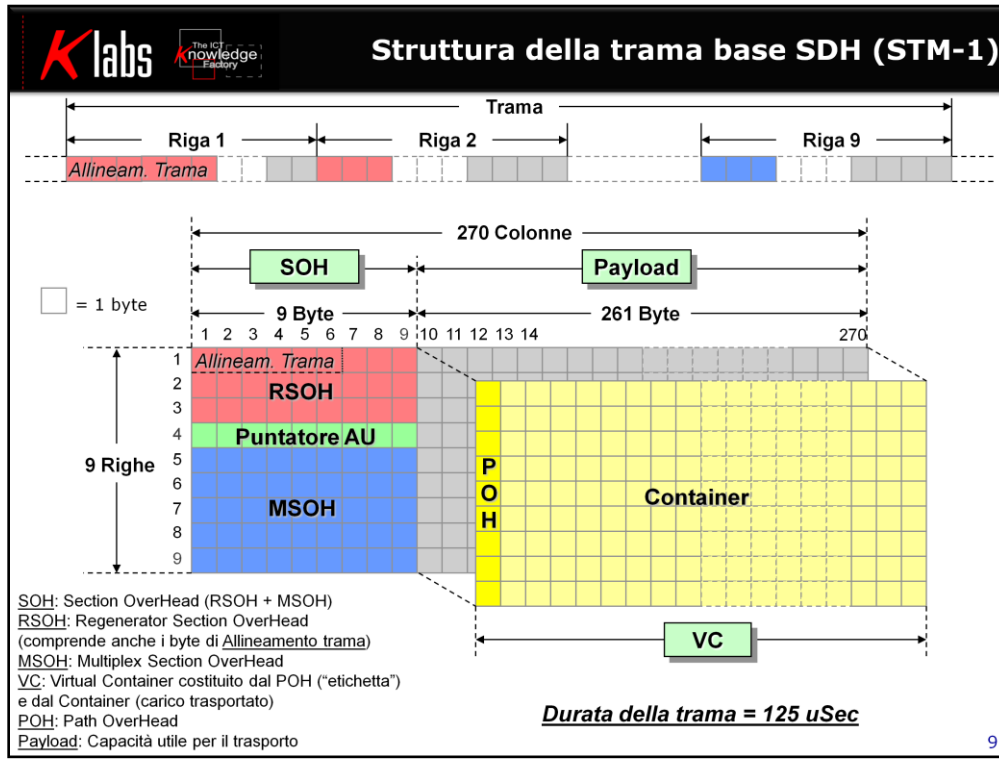
Il segnale SDH è organizzato in trame della durata di 125 µSec, uguale per tutti i livelli gerarchici. Ogni trama è composta da una sequenza ordinata di byte (8 bits) ognuno dei quali occupa una precisa posizione all'interno della trama stessa e rappresenta una capacità trasmissiva equivalente di 64Kb/s.

Poiché il numero di byte per trama è estremamente elevato, risulterebbe alquanto difficoltoso rappresentare la struttura dei segnali STM-N su una sola linea, come si era soliti fare nel caso di trame PDH. Pertanto, per una maggior chiarezza, le trame STM-N vengono rappresentate con una matrice bidimensionale di Y righe per X colonne. Il numero di righe è sempre pari a 9 per ogni livello gerarchico SDH, mentre il numero di colonne è un multiplo di 270 e varia in funzione del livello gerarchico N.

I byte delle trame SDH vengono trasmessi scandendo la matrice riga dopo riga, da sinistra a destra e dall'alto al basso. Anche all'interno del singolo byte si esegue la sequenza di trasmissione da sinistra verso destra, trasmettendo per primi i bit più significativi.

L'identificazione della trama avviene mediante un certo numero di byte di allineamento, che operano come un "marker", posti all'inizio della trama stessa; nella struttura bidimensionale occupano, ovviamente, i primi box in alto a sinistra. Sono in numero variabile a seconda del livello gerarchico. I "framing byte" garantiscono l'identificazione di ogni singolo byte all'interno della struttura della trama sincrona.

K Labs S.r.l. all right reserved



La trama del segnale di linea STM-1 viene rappresentata con una matrice di byte organizzati in 9 righe per 270 colonne. All'interno di tale trama possono essere identificate due aree principali:

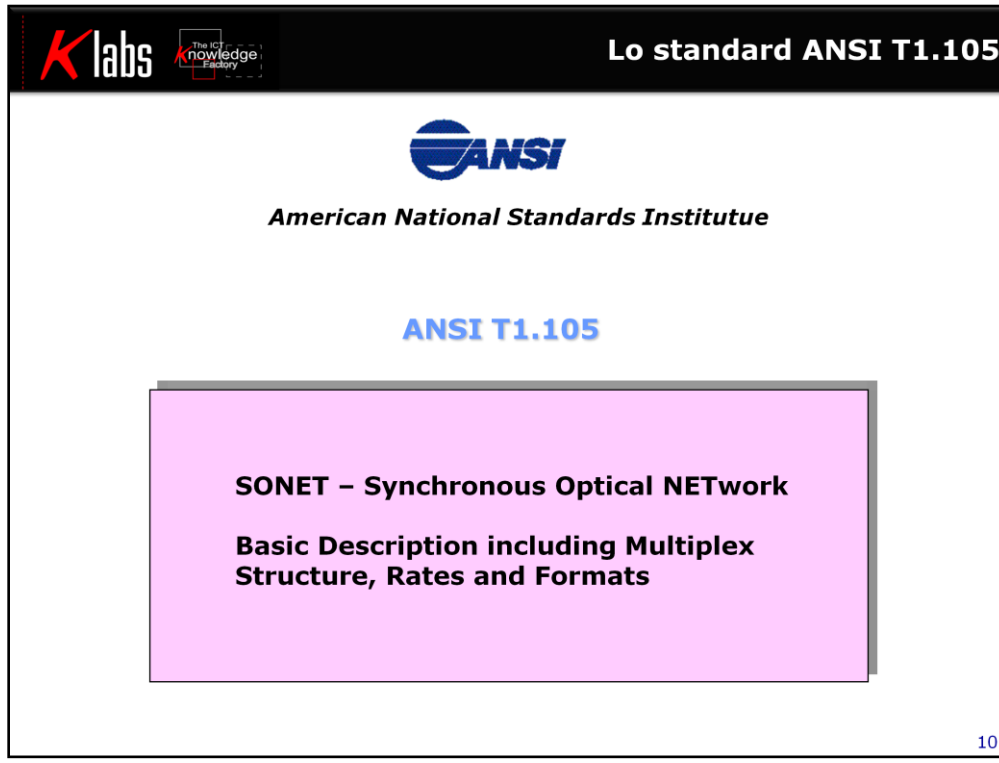
Overhead di Sezione SOH: occupa le prime nove colonne della trama ed è dedicata a funzioni quali allineamento trama, monitoraggio degli errori, gestione degli allarmi, canali dati ausiliari, ecc. Essa rappresenta quindi una capacità aggiunta per le funzioni controllo e non trasporta byte relativi ai tributari. Risulta suddivisa a sua volta in RSOH (Regenerator Section OverHead) che occupa le prime tre righe ed in MSOH (Multiplexer Section OverHead) che occupa le righe dalla 5 alla 9. La quarta riga è riservata per Puntatore AU (Puntatore dell'Unità Amministrativa).

Payload: rappresenta la capacità utile di trasporto del segnale STM-1 dove vengono trasportati i bit di tributario. Questi ultimi però non sono collocati direttamente all'interno dei byte del payload, ma devono prima essere inseriti, con un'operazione chiamata "Mapping", all'interno di un'unità di trasporto che è il Virtual Container (VC). Il VC è formato, a sua volta da una capacità utile, il "Container", e da una capacità aggiuntiva, il "POH", che, come nel caso dell'MSOH ed dell'RSOH, svolge funzioni di controllo.

Pur occupando tutta la capacità disponibile nel Payload (9 righe per 261 colonne), il VC non viene inserito in modo fisso, ma la sua posizione può variare all'interno del Payload stesso. Tale posizione è comunque sempre indicata dal Puntatore AU, contenuto nella quarta riga dell'SOH, che realizza quindi una sorta di "allineamento", consentendo quindi di identificare, all'interno di qualsiasi trama, la posizione la relativa semantica dei byte del Virtual Container.

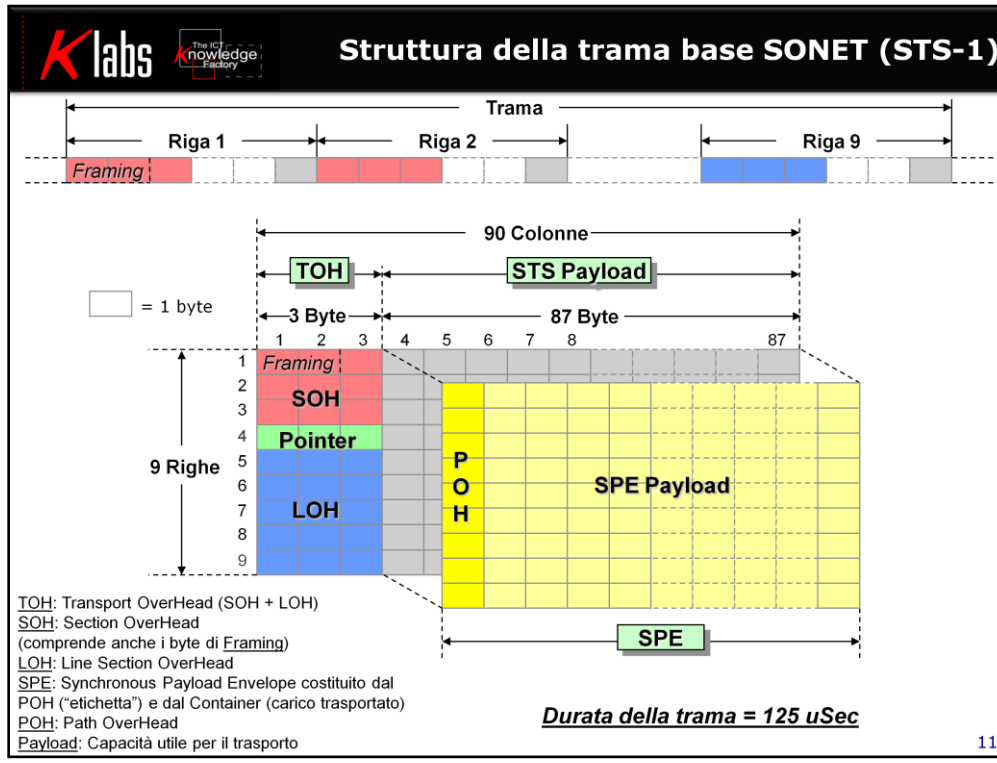
L'insieme costituito dal Payload e dal puntatore AU è chiamato Unità Amministrativa.

K Labs S.r.l. all right reserved



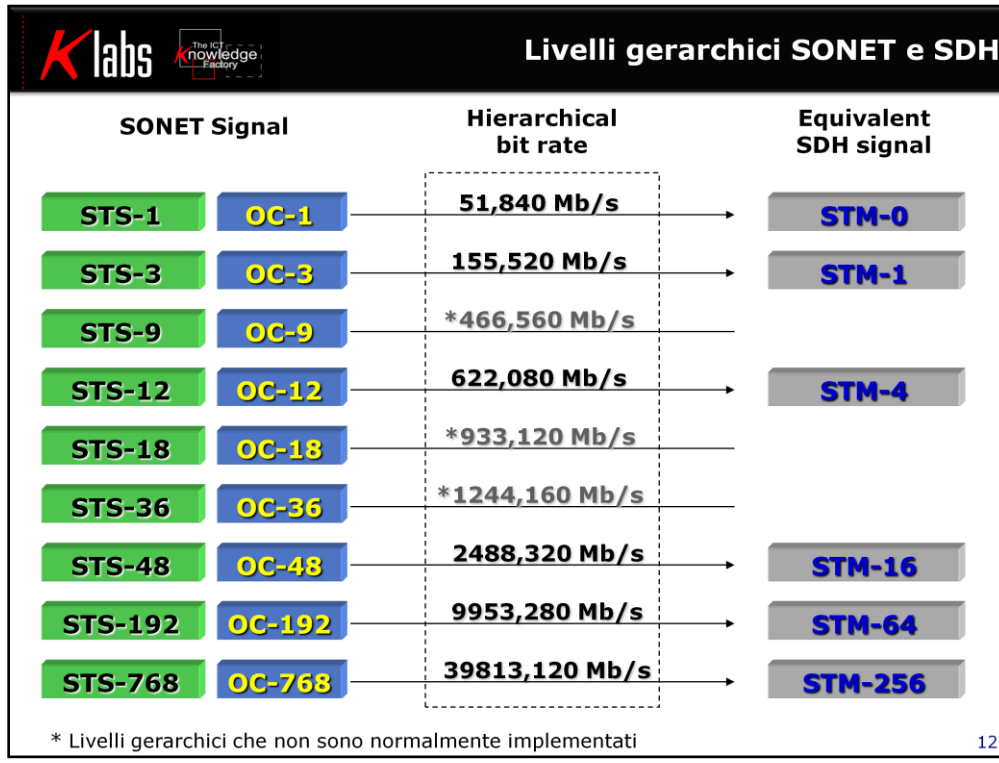
Nel Nord America (Stati Uniti e Canada) viene utilizzato lo standard ANSI . La normativa di Riferimento è la T1.105. Essa definisce l'architettura e la struttura di trama del sistema SONET, del tutto simile e parzialmente compatibile con lo standard SDH.

K Labs S.r.l. all right reserved



Nello standard SONET il livello base è chiamato STS-1 ed è caratterizzato da una bit rate di 51,840 Mb/s. Concettualmente la trama è simile a quella dell'STM-1 anche se cambiamo il numero dei bit per trama e la denominazione delle strutture numeriche.

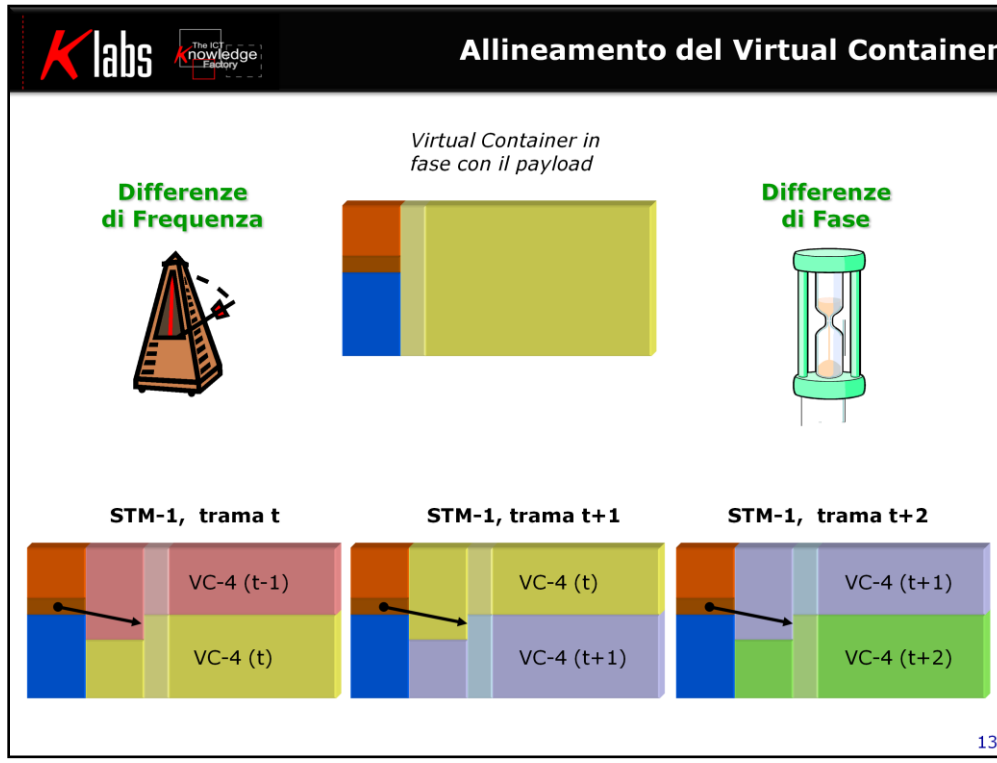
K Labs S.r.l. all right reserved



Come già accennato, l' SDH è la gerarchia digitale sincrona utilizzata ovunque con l'esclusione di USA, Canada e Giappone, nelle quali viene utilizzato il SONET.

Le specifiche di questa tecnologia trasmissiva iniziarono negli USA prima del 1985. Per il sistema SONET il livello base è a 51,84 Mb/s ed è denominato STS-1 (Synchronous Transport Signal). Quando questa bit rate viene trasmessa su un cavo ottico, il segnale prende il nome di OC-1 (Optical Carrier).

K Labs S.r.l. all right reserved

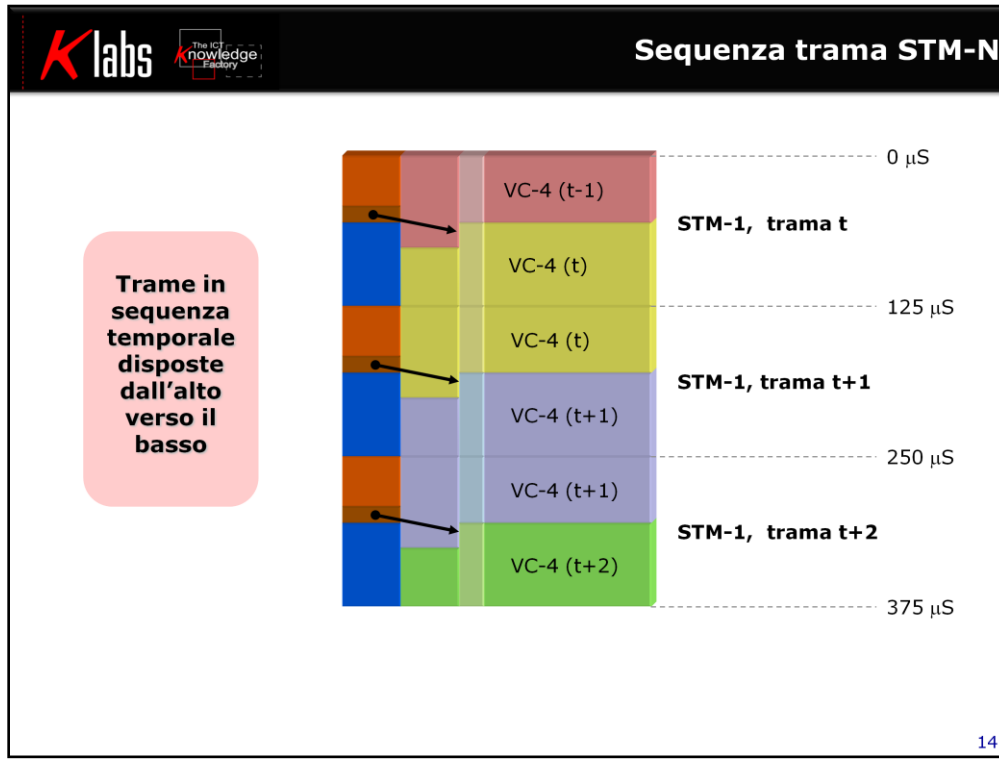


Come si è avuto modo di constatare il concetto di multiplazione sincrona presuppone che i clock, con i quali vengono temporizzati i segnali SDH, di tutti gli elementi della rete trasmissiva siano agganciati ad un unico riferimento di sincronizzazione.

Tuttavia la normativa SDH ha previsto una struttura di trama tale da consentire alla rete di operare correttamente anche in presenza di apparati con clock non agganciati all'orologio di sincronizzazione (guasti, disturbi sulla temporizzazione, wander ...).

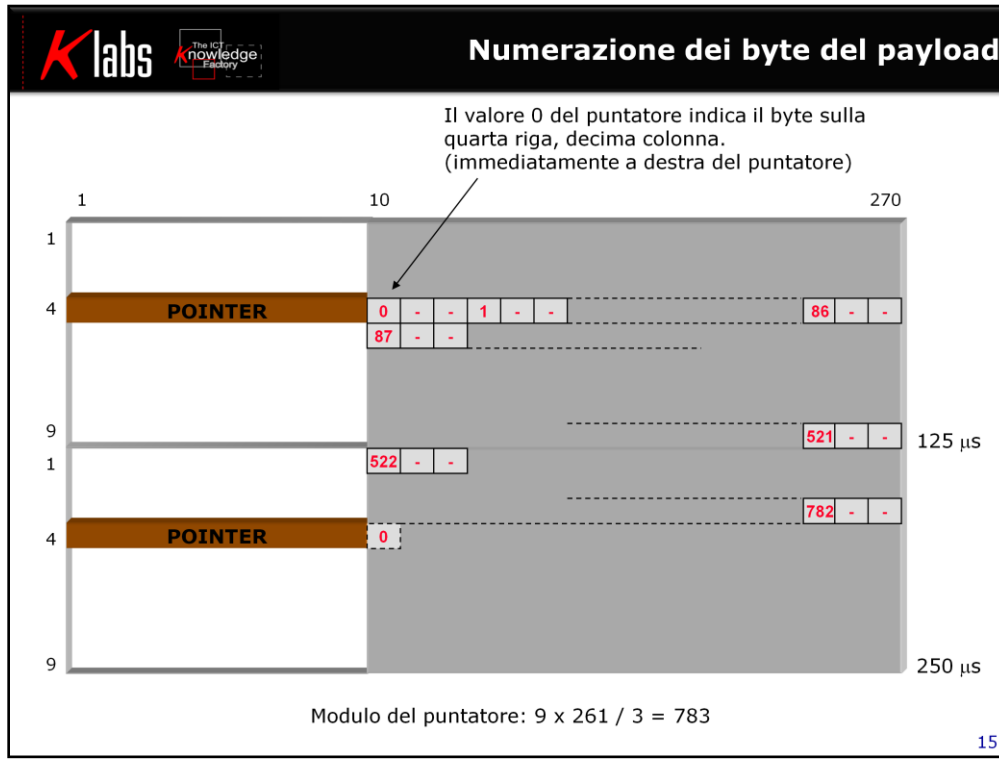
Si prevede quindi che il carico VC-4 possa avere una frequenza ed una fase che, entro certi limiti, possano essere diverse ed indipendenti da quella della struttura di trasporto AU. Tali differenze di frequenza e fase vengono compensate facendo fluttuare opportunamente la posizione del carico all'interno della struttura numerica di trasporto. In particolare, il valore del puntatore consente al VC di collocarsi in un punto del payload indipendentemente dalla fase della trama STM-N, mentre gli aggiornamenti del puntatore o giustificazioni, consentono di recuperare le differenze di frequenza.

K Labs S.r.l. all right reserved



Per meglio comprendere il concetto di prolungamento del VC nella trama successiva, si possono rappresentare le trame STM-N allineandole dall'alto verso il basso.

K Labs S.r.l. all right reserved



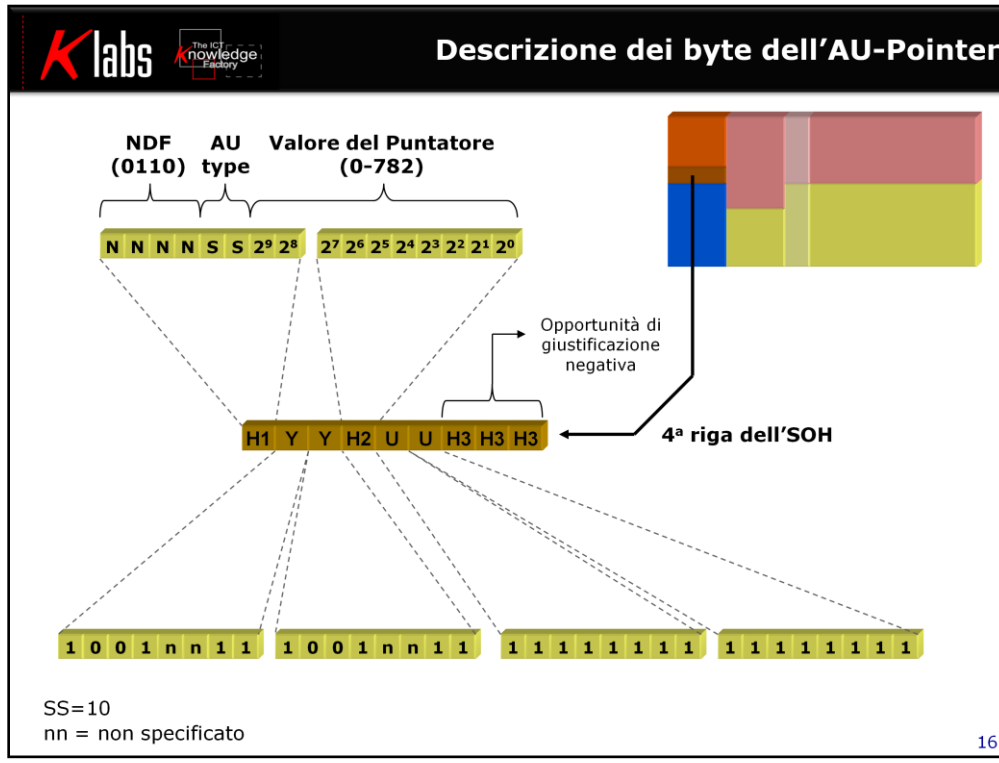
Per poter allocare dinamicamente il VC-4 nell'AU occorre numerare i byte del payload. In realtà la posizione di inizio del VC-4, che come noto è data dal byte J1, non può coincidere con qualsiasi byte del payload ma avviene rispettando una numerazione di tre byte per volta.

Il valore 0 del puntatore indica il byte sulla quarta riga, decima colonna (immediatamente a destra del puntatore). Tale particolarità è necessaria per non dover bufferizzare le prime tre righe del payload che precedono il Pointer. Infatti, ricordando che i byte vengono ricevuti da sinistra verso destra e dall'alto verso il basso e quindi è bene che il puntatore indichi la posizione del VC-4 a partire dalla quarta riga del payload.

Conseguenza di ciò è che il VC-4 indicato dal pointer della trama t può iniziare nella trama t+1. Infatti i valori da 522 a 782 sono contenuti nel payload della trama successiva.

I byte non sono numerati tutti ma a gruppi di tre. Pertanto il modulo del puntatore è 9 x261 / 3 = 783.

K Labs S.r.l. all right reserved



Nella quarta riga dell'SOH trovano posto nei nove byte dedicati al puntatore. Il valore del puntatore è contenuto nei byte denominati H1 e H2, indica la locazione del byte dove inizia il VC-4. I due byte allocati per le funzioni di puntatore possono essere visti come un'unica word i cui ultimi dieci bit determinano il valore del puntatore.

Il valore del puntatore AU-4 è un numero binario valido nel range 0-782 il quale indica l'offset, ad incrementi di tre byte per volta, tra la posizione del puntatore ed il primo byte del VC-4.

I primi 4 bit di H1 sono dedicati al New Data Flag (NDF) il cui utilizzo verrà descritto in seguito.

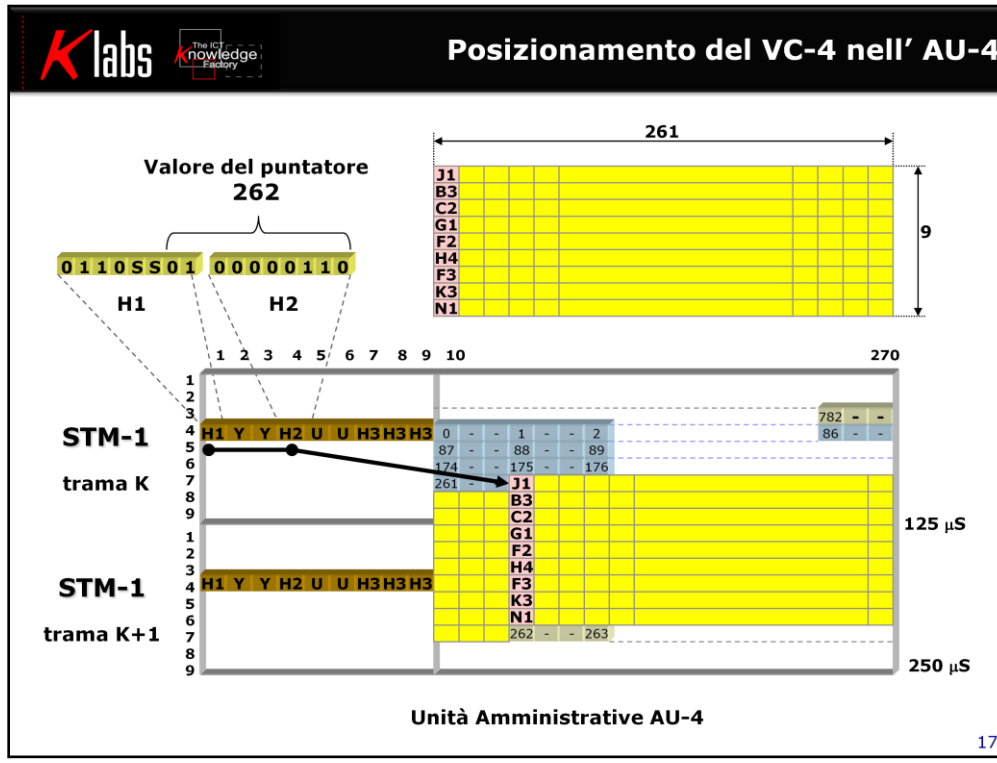
I due bit s di H1 identificano il tipo di AU (il valore 10 indica AU-4). Nelle precedenti versioni della G.707 veniva incluso nell'algoritmo di identificazione del puntatore, ma nella nuova versione non entra in tale meccanismo.

I byte Y sono dei riempimenti fissi, con i bit nn non specificati.

I Byte U sono due byte tutti a 1.

I tre Byte H3, come si vedrà specificatamente in seguito, forniscono l'opportunità di giustificazione negativa.

K Labs S.r.l. all right reserved



Il Puntatore AU rende disponibile un sistema di allineamento flessibile e dinamico del VC-4 nella trama AU-4. Per allineamento dinamico si intende che il VC-4 può "fluttuare" all'interno dell' AU-4. Così il puntatore può correggere non solo le differenze di fase ma anche differenze di velocità di trama.

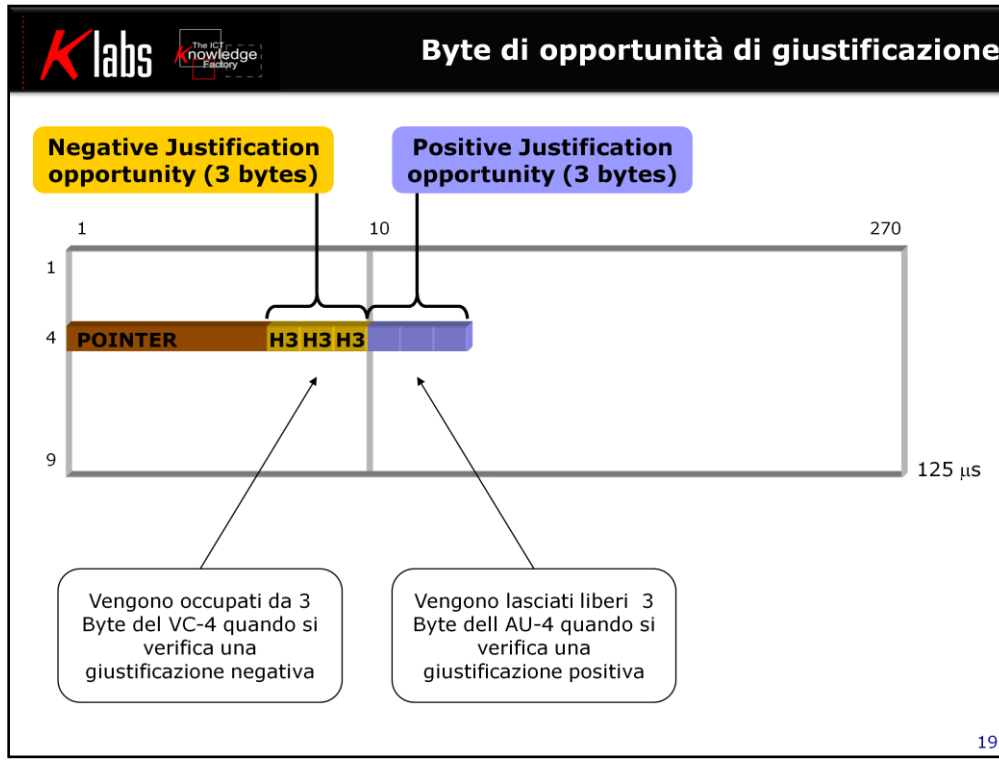
Il puntatore, contenuto nei byte H1 e H2, indica il punto di partenza del VC all'interno dell' AU ovvero stabilisce l'indirizzo di partenza del VC e potrà assumere un valore compreso tra 0 e 782 equivalente ad un contatore modulo 783, pari a (9*261) / 3 (il valore 3 è dovuto al fatto che le correzioni vengono effettuate a step di + o - 3 byte per volta). Il valore 0 del puntatore corrisponde alla posizione immediatamente a destra dopo i byte H3.

K Labs S.r.l. all right reserved



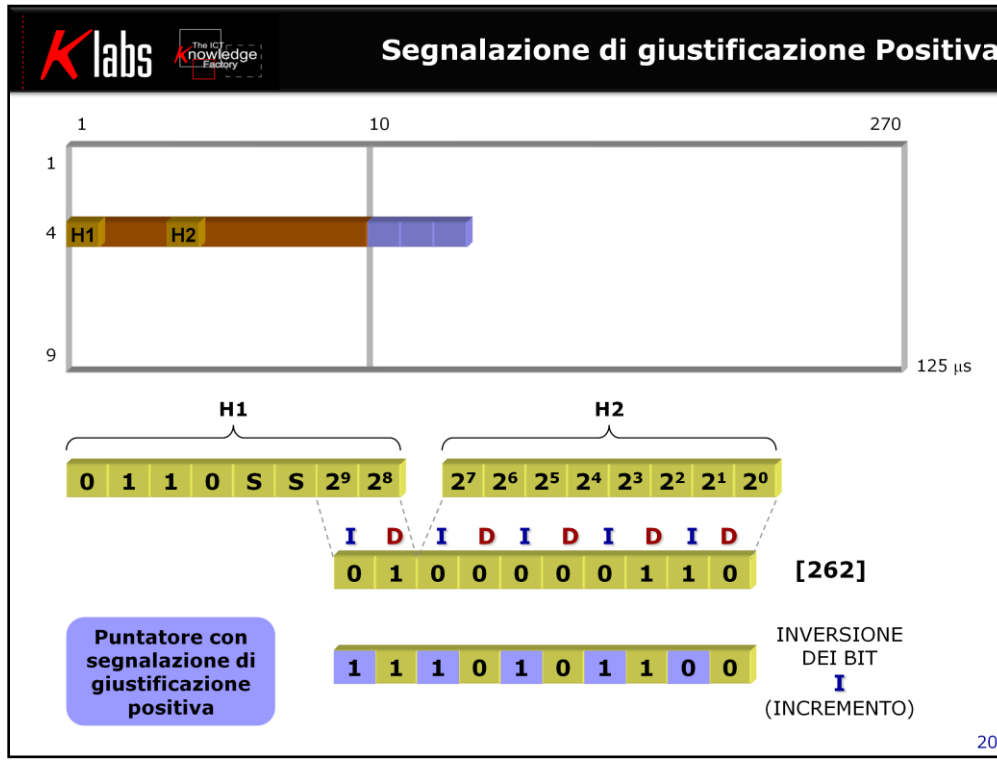
Il calendario gregoriano è il calendario ufficiale della maggior parte dei paesi del mondo. Esso prende il nome da papa Gregorio XIII, che lo introdusse nel 1582, È una modificazione del calendario giuliano, che era in vigore in precedenza. Secondo il calendario giuliano, sono bisestili gli anni la cui numerazione è multipla di 4: l'anno giuliano medio dura quindi 365 giorni e 6 ore. Questa durata non corrisponde esattamente a quella dell'anno solare medio, che si ricava dalle osservazioni astronomiche: quest'ultimo infatti è più corto di 11 minuti e 14 secondi. Di conseguenza, il calendario giuliano accumula un giorno di ritardo ogni circa 128 anni rispetto al trascorrere delle stagioni. Dal 325, anno in cui il Concilio di Nicea stabilì la regola per il calcolo della Pasqua, nel 1582 si era ormai accumulata una differenza di circa 10 giorni. Questo significava, ad esempio, che la primavera, in base alle osservazioni astronomiche, non risultava più iniziare il 21 marzo, ma l'11 marzo. Così la Pasqua, che avrebbe dovuto cadere la prima domenica dopo il plenilunio di primavera, veniva spesso a cadere nella data sbagliata. Venne dunque stabilito di recuperare i giorni perduti, in modo da riallineare la data d'inizio delle stagioni con quella che si aveva nel 325 e di modificare la durata media dell'anno, in modo da prevenire il ripetersi di questo problema. Per recuperare i dieci giorni perduti, si stabilì che il giorno successivo al 4 ottobre 1582 fosse il 15 ottobre; inoltre, per evitare interruzioni nella settimana, si convenne che il 15 ottobre fosse un venerdì, dal momento che il giorno precedente, il 4, era stato un giovedì. Per modificare la durata media dell'anno, venne cambiata la regola che decide gli anni bisestili: secondo la nuova regola, gli anni la cui numerazione è multipla di 100 sono bisestili soltanto se essa è anche multipla di 400: vale a dire, sono bisestili gli anni 1600, 2000, 2400... mentre non lo sono gli anni 1700, 1800, 1900, 2100, 2200, 2300... Tutti gli altri anni la cui numerazione è multipla di 4 rimangono bisestili. (Per i secoli precedenti resta valido il calendario giuliano quindi gli anni 1500, 1400, 1300... sono tutti bisestili.)

K Labs S.r.l. all right reserved



La trama SDH contiene dei byte di opportunità di giustificazione. In particolare gli ultimi tre byte del puntatore AU, denominati H3, Vengono occupati da 3 Byte del VC-4 quando si verifica una giustificazione negativa. Viceversa, quando si verifica una giustificazione positiva vengono lasciati liberi 3 Byte dell'AU-4 immediatamente a destra del puntatore.

K Labs S.r.l. all right reserved



La segnalazione di presenza di giustificazione positiva o negativa avviene utilizzando gli stessi bit dei byte H1 e H2 del puntatore utilizzati per indicare l'offset per il posizionamento dinamico del VC-4.

Come si avrà modo di approfondire nel seguito, la giustificazione serve a recuperare eventuali differenze di frequenza tra gli apparati della rete SDH. Il recupero avviene al superamento della soglia di 3 byte, mediante i 3 byte di giustificazione positiva o i 3 byte di giustificazione negativa, a seconda della differenza relativa tra i clock di trasmissione e quello di ricezione.

La segnalazione di presenza di giustificazione nella trama corrente non avviene mediante l'immediato aggiornamento del valore del puntatore, ma tramite inversione dei 5 bit identificati con "I" (incremento) del puntatore se si tratta di giustificazione positiva oppure dall'inversione dei 5 bit indicati con "D" (decremento) del puntatore se si tratta di giustificazione negativa.

L'effettivo aggiornamento del valore del puntatore (incrementato o decrementato di uno) avverrà alla trama successiva.

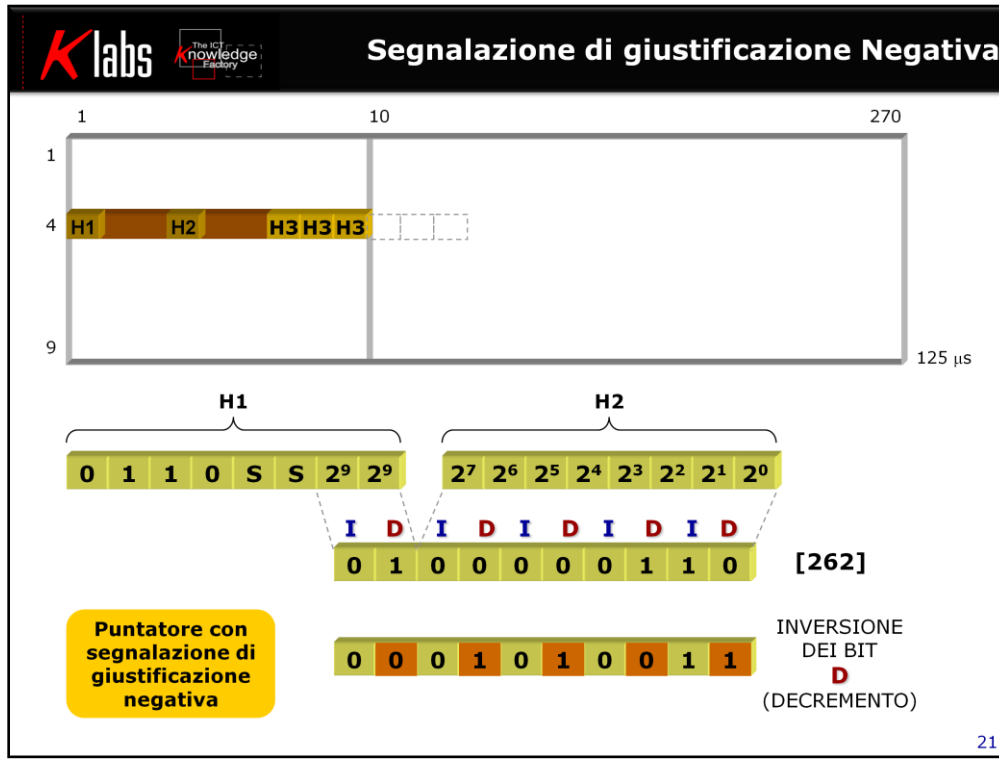
Questo sistema garantisce un certo grado di protezione del puntatore contro gli errori di linea, poiché l'informazione di incremento o decremento, che è un'informazione pregiata, viene inviata sempre su 5 bit, mentre un normale incremento o decremento di un numero binario avviene quasi sempre per variazione di un solo o di pochi bit.

Il ricevitore interpreta l'inversione dei bit a priorità di maggioranza.

Dopo una operazione di giustificazione non sono permessi altri movimenti del puntatore per le tre trame successive.

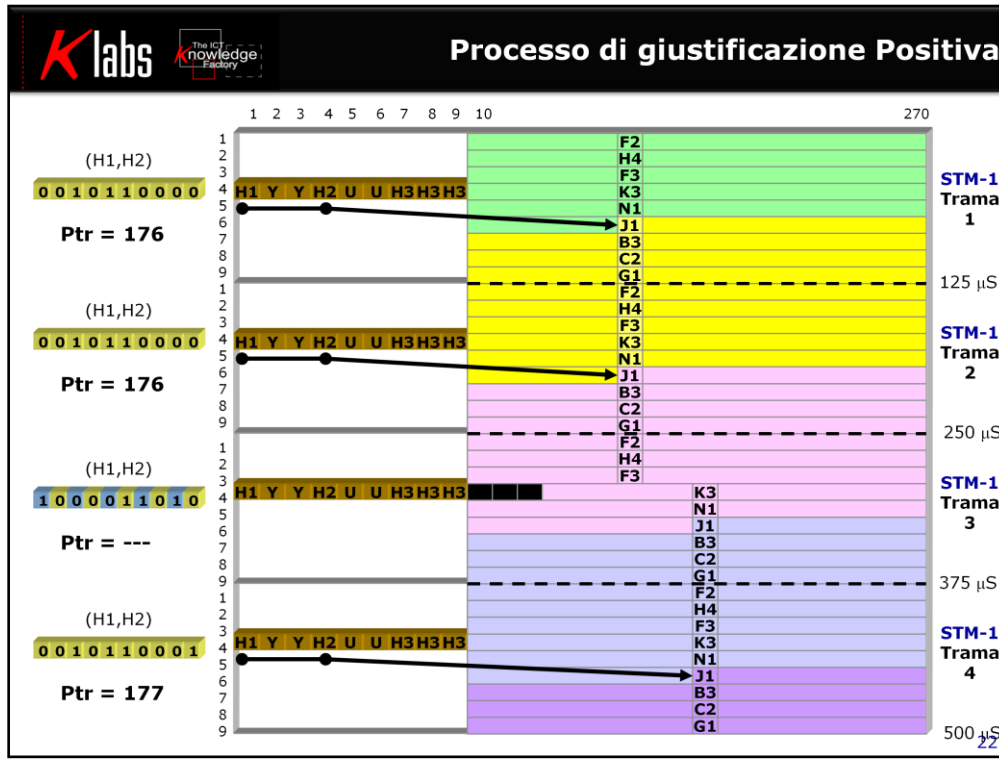
In caso di AIS tutti i bit del puntatore sono settati a "1".

K Labs S.r.l. all right reserved



La segnalazione di presenza di giustificazione nella trama corrente non avviene mediante l'immediato aggiornamento del valore del puntatore, ma tramite inversione dei 5 bit identificati con "I" (incremento) del puntatore se si tratta di giustificazione positiva oppure dall'inversione dei 5 bit indicati con "D" (decremento) del puntatore se si tratta di giustificazione negativa.

K Labs S.r.l. all right reserved



Se la velocità di trama del VC é troppo lenta rispetto a quella dell'AU, allora l'allineamento del VC deve essere periodicamente slittato indietro nel tempo ed il valore del puntatore deve essere incrementato di uno.

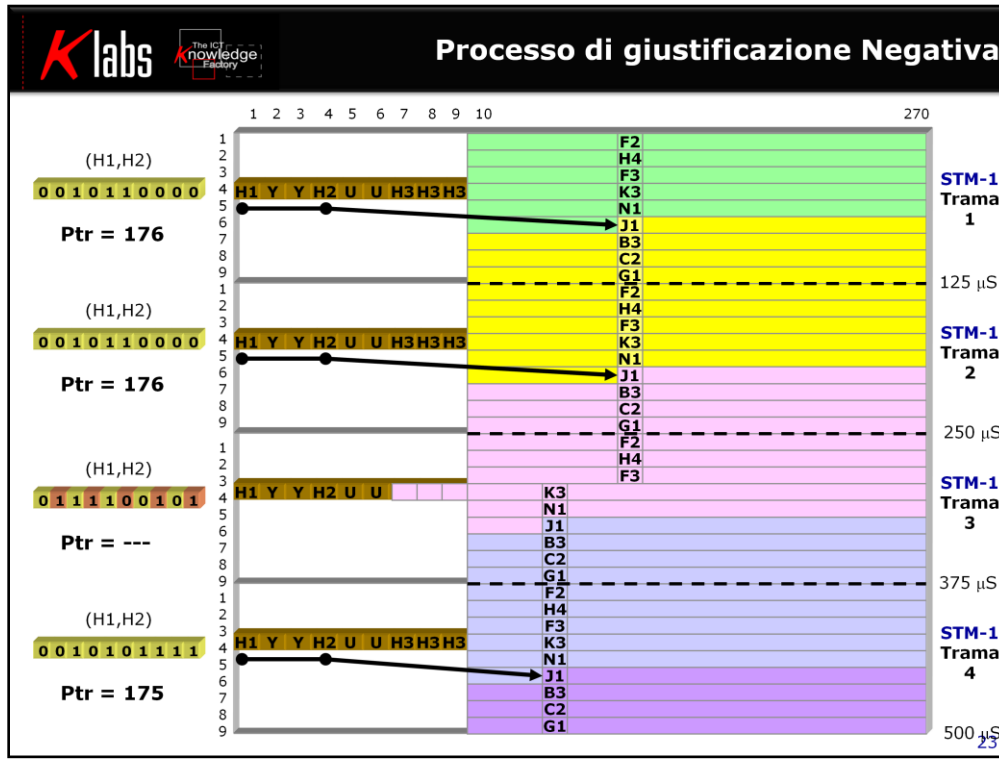
Quando tale slittamento supera i 3 byte si segnala l'evento invertendo i bit I del puntatore che costituiscono la segnalazione al ricevitore dell'avvenuta giustificazione positiva.

Conseguentemente i 3 byte di opportunità di giustificazione positiva non contengono dati significativi. Dalla trama successiva il puntatore é incrementato di uno (modulo 782).

Dopo una giustificazione positiva non sono permessi altri movimenti del puntatore per tre trame successive.

Un caso particolare si verifica quando il puntatore è posizionato sulla locazione 782 e deve essere incrementato di uno. In tal caso, nella trama in cui avviene la segnalazione di giustificazione positiva il VC, per effetto della comparsa dei tre byte di giustificazione positiva, terminerà esattamente al byte precedente la locazione 0 dell' AU. In tale trama il puntatore è aggiornato con il valore 0.

K Labs S.r.l. all right reserved



Se la velocità di trama del VC é troppo elevata rispetto a quella dell'AU, allora l'allineamento del VC deve essere periodicamente slittato avanti nel tempo ed il valore del puntatore deve essere decrementato di uno.

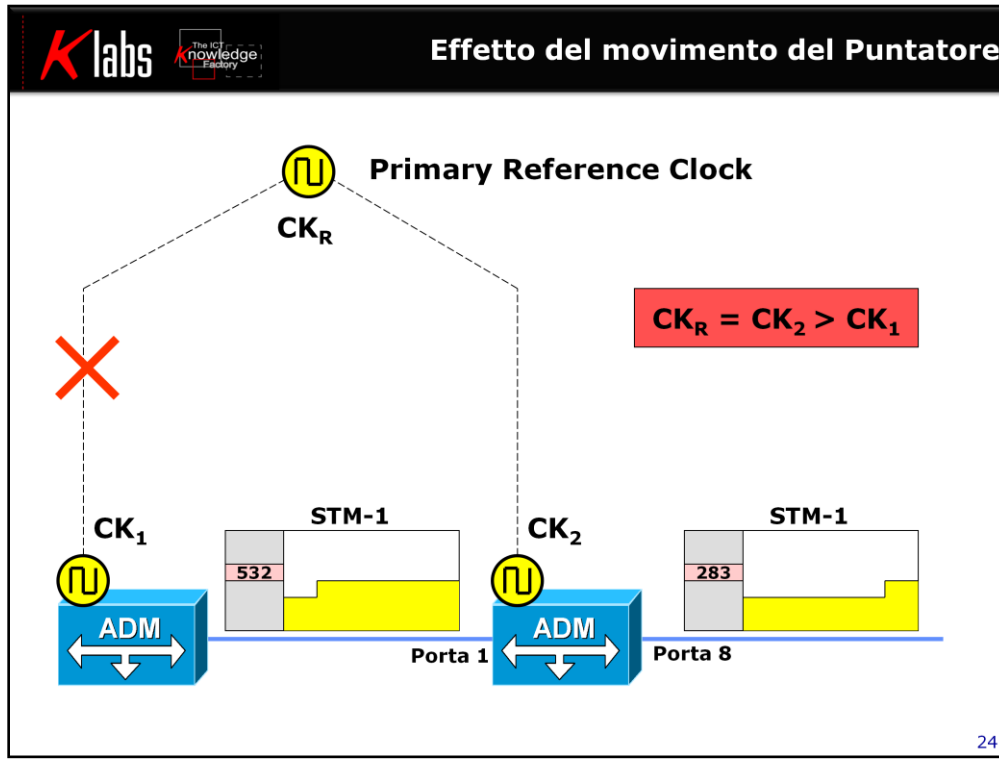
Quando tale slittamento supera i 3 byte si segnala l'evento invertendo i bit D del puntatore che costituiscono la segnalazione al ricevitore dell'avvenuta giustificazione negativa.

Conseguentemente i 3 byte di opportunità di giustificazione negativa (H3) contengono dati significativi. Dalla trama successiva il puntatore é decrementato di uno (modulo 782).

Dopo una giustificazione negativa non sono permessi altri movimenti del puntatore per tre trame successive.

Un caso particolare si verifica quando il puntatore è posizionato sulla locazione 0 e deve essere decrementato di uno. In tal caso, nella trama K in cui avviene la segnalazione di giustificazione negativa, il VC inizia occupando i byte H3 e termina nella trama successiva K+1 occupando il byte immediatamente precedente la locazione 782. In tale trama il VC inizierà alla locazione 782. Il puntatore aggiornato al nuovo valore 782 viene letto solo successivamente all'inizio del VC iniziato nella trama K+1 e, pertanto, il puntatore indicherà la posizione del successivo VC con inizio alla trama K+2.

K Labs S.r.l. all right reserved



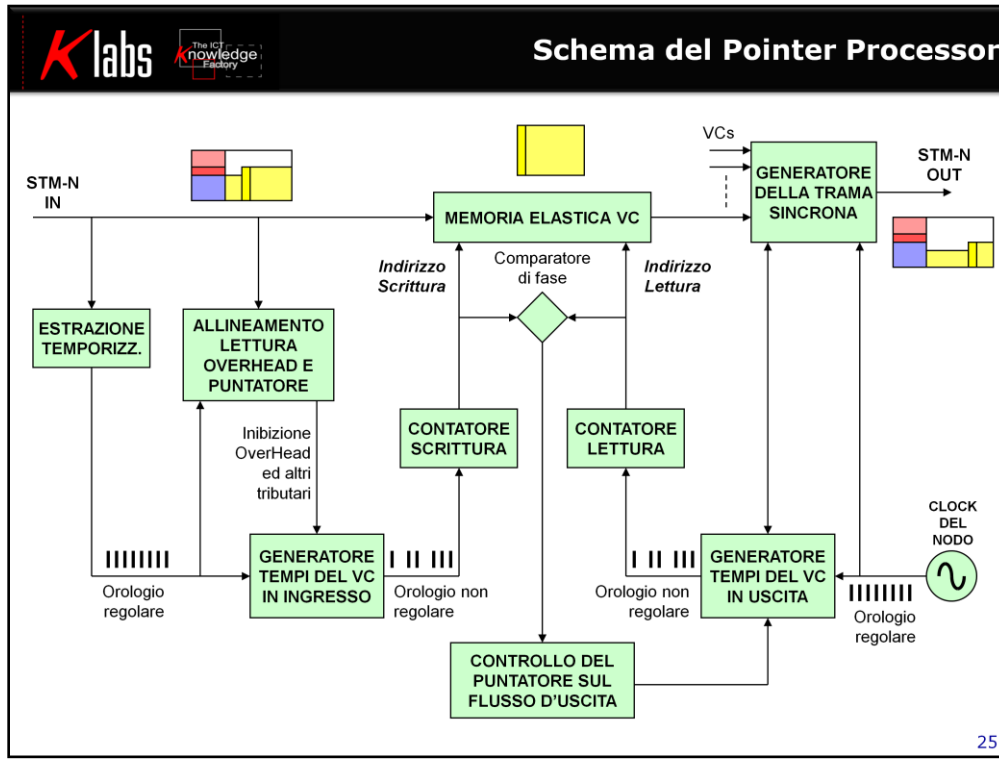
In condizione di rete SDH perfettamente sincrona il puntatore viene utilizzato dall'apparato solo per compensare eventuali differenze di fase tra segnali STM ad esso connessi. Pertanto, nell'esempio illustrato, il VC-4 posizionato nella locazione 532 dell' STM-1 connesso alla porta 1, viene instradato con puntatore 283 sull' STM-1 connesso alla porta 8.

Allorquando si verifica un problema sulla rete di sincronismo (o nell'orologio di un apparato) si ha, come diretta conseguenza, che il segnale STM-1 connesso dalla porta 1, giunge con una frequenza di cifra differente rispetto a quella dell' ONR, ad esempio con un valore inferiore.

Il puntatore dovrà quindi compensare tali differenze di frequenza consentendo al VC "scaricato" dalla porta 1, che arriva più lentamente, di poter scorrere indietro nel tempo rispetto all' AU della porta 8 che necessariamente è temporizzato con l'orologio locale. Ciò avviene mediante successivi incrementi del puntatore accompagnati da giustificazione positiva.

L'evento giustificazione con conseguente variazione del valore del puntatore ricorre tanto più frequente quanto più grande è la differenza di frequenza del segnale proveniente dalla porta 1 rispetto al clock sul quale è agganciato l'apparato in questione.

K Labs S.r.l. all right reserved



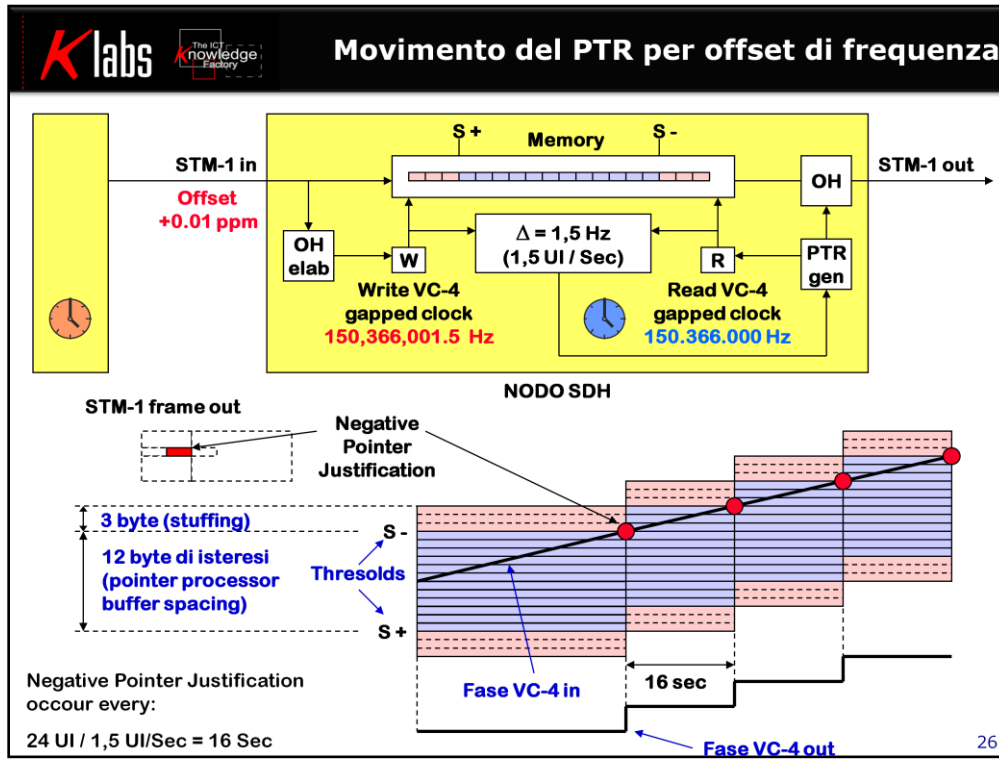
Per descrivere quali operazioni di sincronizzazione sia necessario attuare sui VC, occorre considerare il caso di un ADM o di un DXC, posti nei nodi di transito della rete SDH, nei quali vengono permutati i VC dei flussi STM-N in ingresso.

Poiché ciascun flusso di ingresso è caratterizzato dalla temporizzazione del nodo SDH che lo ha generato, eventualmente degradata da jitter e wander, accumulati durante la trasmissione, l'apparato SDH deve risincronizzare con l'orologio locale del nodo tutti i VC trasportati dai flussi STM-N d'ingresso.

Per attuare la risincronizzazione si utilizzano delle memorie elastiche che vengono scritte utilizzando la temporizzazione estratta dai flussi entranti e vengono lette con la temporizzazione dell'orologio locale.

A causa delle inevitabili differenze tra la frequenza di scrittura e quella di lettura delle memorie elastiche, differenze riconducibili sia alle caratteristiche di funzionamento reale della rete di sincronizzazione sia alla presenza di jitter e di wander sui segnali STM-N afferenti al nodo, si devono prevedere meccanismi di giustificazione positiva, nulla, negativa dei Virtual Container dei flussi uscenti dal nodo.

K Labs S.r.l. all right reserved



Si considerano gli effetti della differenza di frequenza a lungo termine in un nodo SDH perfettamente sincronizzato (frequenza dell'STM-1 out pari a 155520 KHz) in cui sopraggiunge un STM-1 il cui clock è caratterizzato da un offset di 0.01 ppm.

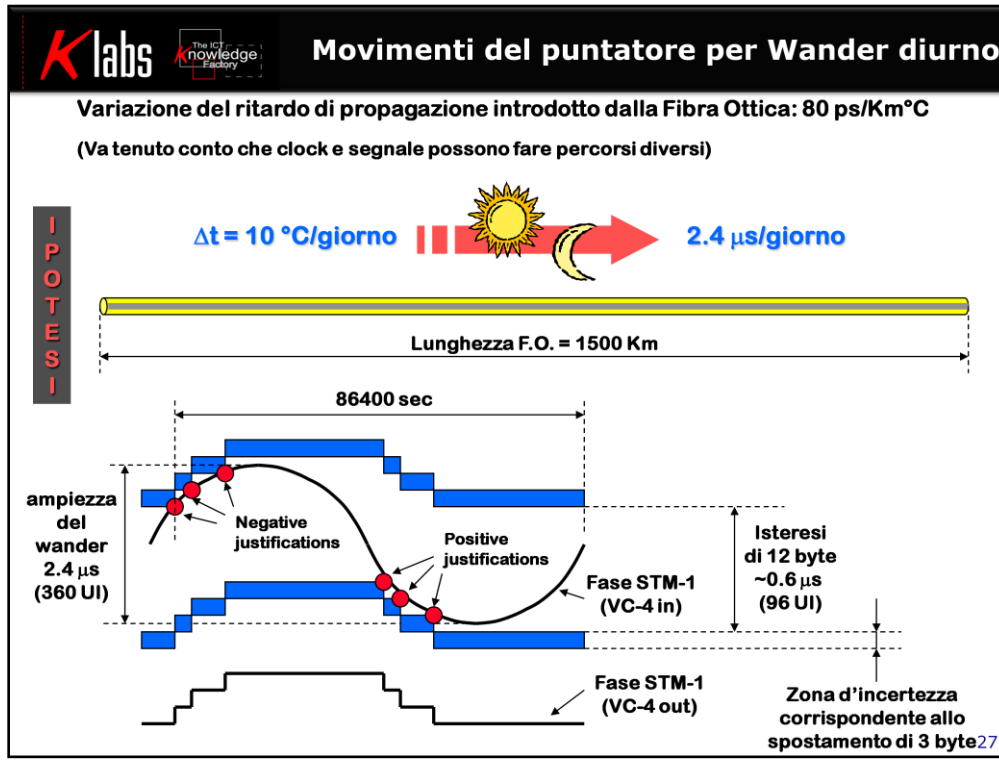
Ipotizzando che il VC-4 in ingresso non subisca giustificazioni da parte del nodo precedente, il clock bucato del VC-4 in uscita è di 150336 KHz mentre il clock bucato del VC-4 in ingresso è di 150336.0015 KHz, ossia con una differenza di 1,5 Hz che corrisponde a 1,5 UI (Unit Intervals) per secondo.

Ogni secondo il clock bucato del VC-4 in uscita estrarrà 1,5 bit in meno dalla memoria rispetto a quelli introdotti dal clock bucato del VC-4 di ingresso. Nel caso del VC-4 la giustificazione è di 24 bit (3 byte), pertanto il puntatore dovrà effettuare una giustificazione negativa ogni 24/1,5 = 16 secondi al fine di assicurare che lo stesso numero di bit escano ed entrino nella memoria evitando situazioni di overflow.

Di fatto anche la velocità media del clock bucato del VC-4 in uscita diventa, in virtù delle giustificazioni, pari a 150336.0015 KHz, ma poiché, per ragioni pratiche, la decisione di effettuare la giustificazione avviene quando il riempimento della memoria supera una certa soglia, l'andamento della fase è di tipo a gradino anziché lineare.

Di fatto l'offset di frequenza è come se fosse stato quantizzato e codificato nelle giustificazioni del puntatore.

K Labs S.r.l. all right reserved

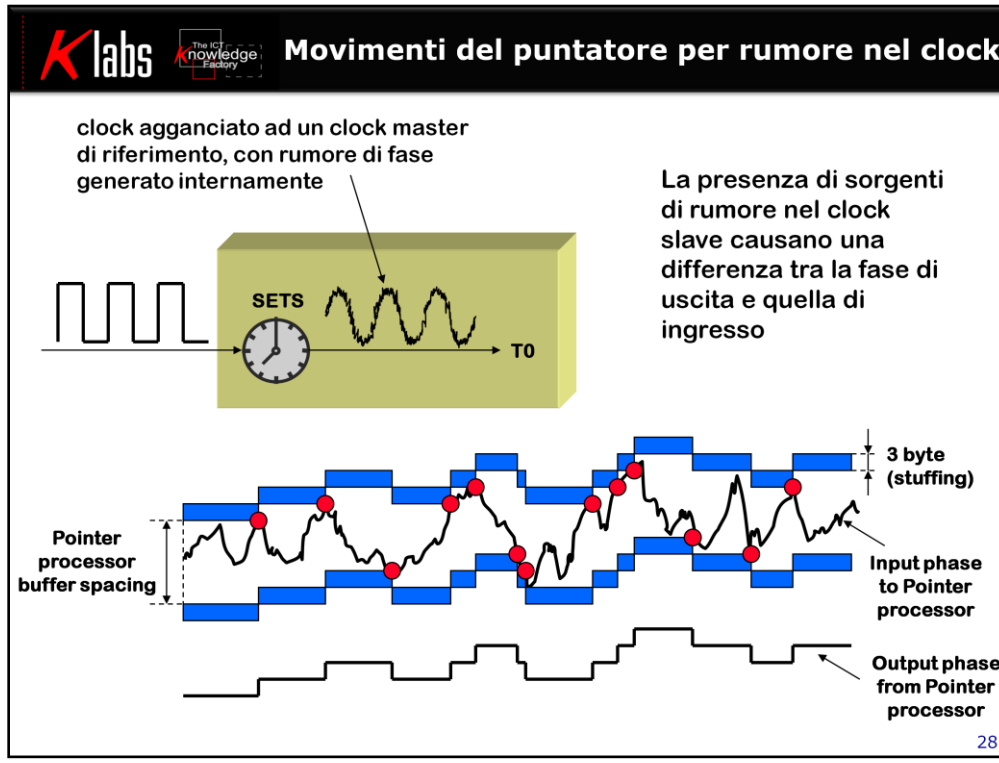


La variazione del ritardo di propagazione introdotto da una fibra ottica si aggira intorno agli 80 ps al chilometro per una variazione di un grado di temperatura. Ipotizzando una fibra ottica lunga 1500 Km ed una escursione termica tra il giorno e la notte di 10°C, si ottiene, potenzialmente, un wander con ampiezza picco-picco di 2,4 μsec.

Tale variazione di fase può essere rappresentata come un segnale sinusoidale con periodo di 84600 secondi (un giorno).

Se prendiamo in considerazione il VC-4, il quale ha un il clock bucato di uscita di valore nominale pari a 150366 KHz, un wander di 2,4 μsec corrisponde a 360 UI. Poiché il buffer del puntatore ha una dimensione di 96 bit (12 byte) tra le due soglie, si può ragionevolmente ipotizzare che nell'arco di una giornata si verifichino 2 o 3 movimenti di puntatore in ogni direzione.

K Labs S.r.l. all right reserved



Anche quando un clock slave è agganciato ad un clock master di riferimento, in realtà la frequenza del clock slave, a causa del rumore di fase in esso presente, non è esattamente uguale a quella master.

Infatti la presenza di sorgenti di rumore nel clock slave causano una differenza tra la fase di uscita e quella di ingresso. Considerando la situazione a lungo termine la fase di uscita di fatto segue quella di ingresso. La differenza tra variazioni brevi e variazioni lente dipende praticamente dal Q del circuito del clock. Se il Q è molto alto allora il tempo che intercorre tra quando il rumore appare sulla fase in uscita ed il momento in cui viene applicata la compensazione può essere relativamente lungo. Nel frattempo le componenti a frequenza maggiore del rumore sono transitate senza essere state compensate. Per esempio un PLL di un clock locale operante a 155,520 MHz può avere un Q di 10^{10} il che significa che il rumore superiore a circa 0,01 Hz passa in uscita senza correzione.

Se l'ampiezza del rumore è sufficientemente piccola verrà assorbita all'interno del buffer del puntatore. La maggior parte dei rumori generano segnali che, se campionati in modo casuale, hanno un errore di fase con distribuzione di tipo gaussiano. Tale distribuzione ha la proprietà che i grandi errori di fase sono meno probabili di quelli piccoli.

Come noto il buffer del processore del puntatore del VC-4 ha un'isteresi di 96 UI. Se, ad esempio, un clock slave produce rumore con una deviazione standard minore di 50 ns, è improbabile che si producano movimenti di puntatore.

Se invece il rumore generato dal clock slave ha un'ampiezza sufficiente per produrre movimenti di puntatore, la scala dei tempi alla quale il segnale di rumore cambia (da un cambiamento lento ad un cambiamento rapido) determina il tempo tra i movimenti di puntatore.

K Labs S.r.l. all right reserved

Bibliografia



Autori vari: **La sincronizzazione nelle reti di telecomunicazioni** - Ed. CSELT

Mike Sexton, Andy Ried: **Transmission Networking** - Artech House

Raccomandazione ITU-T **G.707** (www.itu.org)

Standard ANSI **T1.105** (www.ansi.org)

29

K Labs S.r.l. all right reserved



K Labs S.r.l. all right reserved