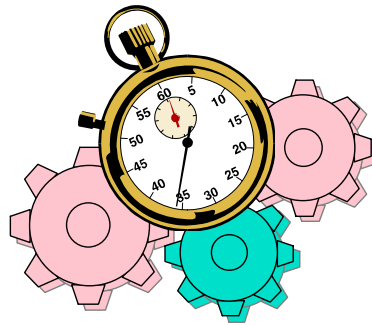


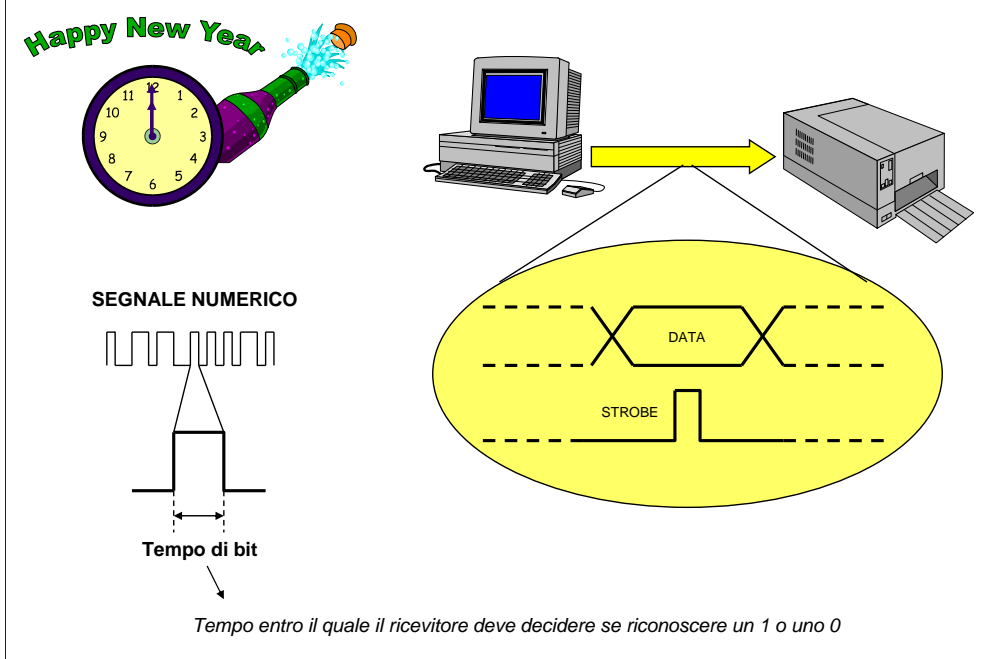
SDH - Tecnica sincrona

SDH



Aspetti di sincronizzazione

Il concetto di sincronismo

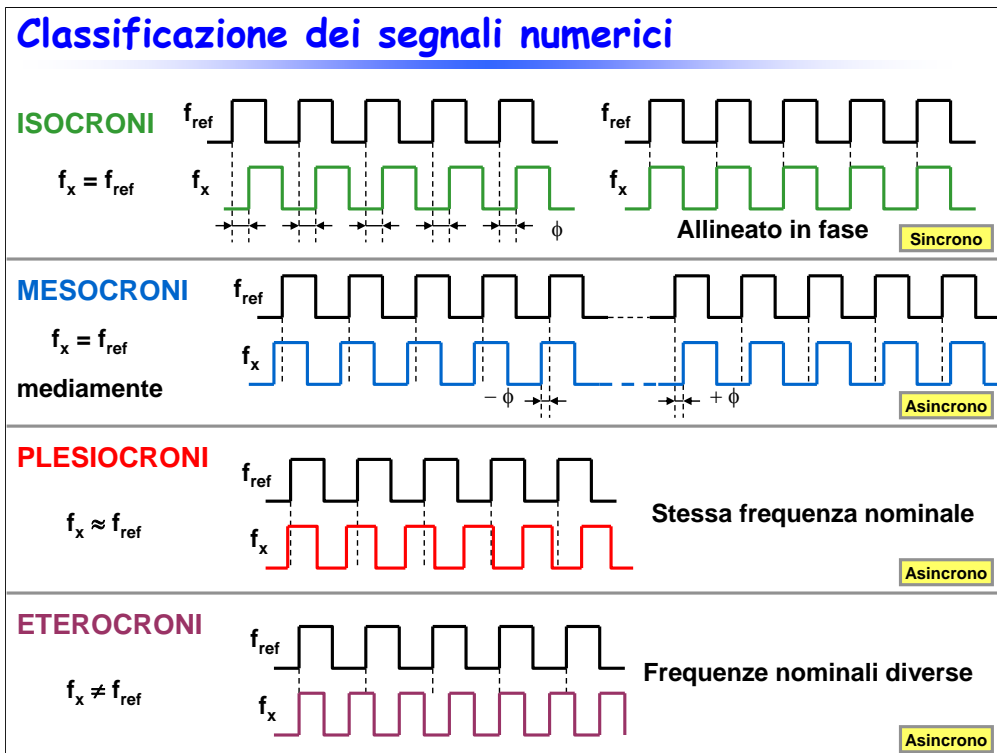


Tipicamente nel funzionamento di apparati e sistemi che trattano l'informazione sotto forma di segnali numerici, quali sono ad esempio i sistemi per l'elaborazione e l'immagazzinamento di dati oppure i sistemi di trasmissione e commutazione utilizzati nelle reti numeriche di telecomunicazioni, si individuano, oltre ad operazioni che possono essere eseguite in tempi indipendenti, alcune operazioni che, per un corretto risultato, necessitano di procedere rispettando una ordinata sequenza temporale.

Ad esempio una Stampante può procedere all'esecuzione della stampa su carta con tempi indipendenti dal resto del sistema, ma nel momento in cui riceve i dati dal Personal Computer deve rispettare dei tempi ben precisi, scanditi dal relativo segnale di sincronizzazione, definiti dal protocollo di interfacciamento.

Nel campo dei sistemi di telecomunicazioni il concetto di sincronizzazione può essere applicato a diversi livelli di astrazione del sistema considerato:

Rete, Elemento di Rete, Blocco Funzionale, Circuito, Elemento Circuitale.



Nel momento in cui si prende in considerazione la relazione tra i cronosegnali associati a due distinti segnali numerici, occorre fare importanti considerazioni. A tale riguardo e per comprendere i concetti che stanno alla base della tecnica SDH, è utile classificare i segnali numerici dal punto di vista della temporizzazione. Due segnali numerici si dicono:

isocroni (sincroni), se la fase tra istanti caratteristici corrispondenti nei cronosegnali associati non varia nel tempo. Un caso particolare di segnali sincroni è quando i fronti coincidono. In tale condizione, ottenibile con l'utilizzo delle memorie tampone, i segnali si dicono allineati:

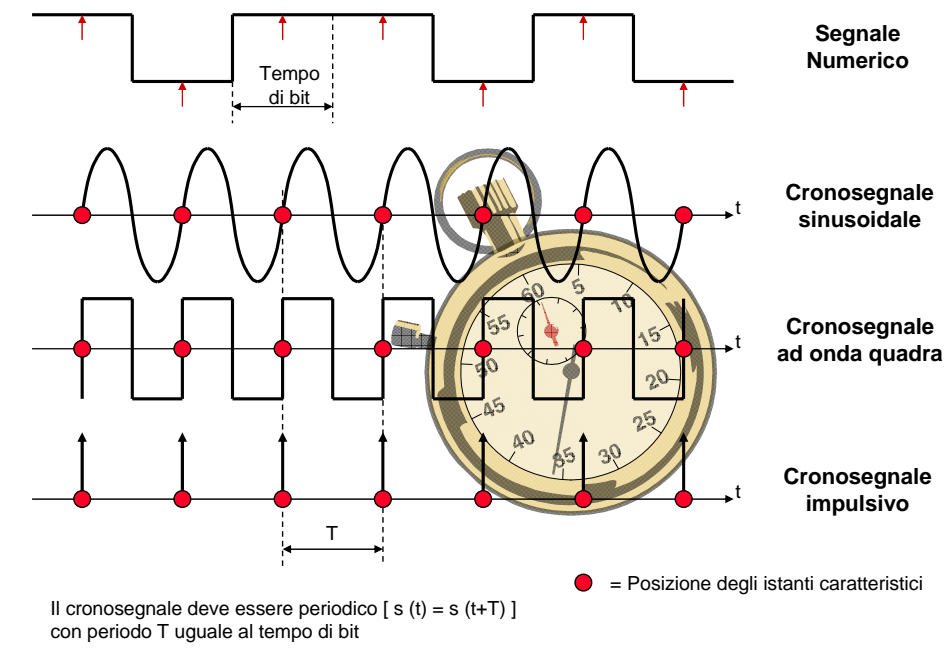
mesocroni, se i rispettivi cronosegnali associati hanno esattamente la stessa frequenza media;

plesiocroni, se i rispettivi cronosegnali associati hanno frequenze che, a seconda della precisione dei rispettivi oscillatori, differiscono tra loro da un valore assegnato, detto frequenza nominale. Le differenze sono comunque tali da essere rigorosamente contenute entro limiti stabiliti dalla raccomandazione ITU-T G.811;

eterocroni, se i rispettivi cronosegnali associati hanno frequenze nominali diverse.

Nel campo delle reti numeriche, i due tipi di segnale di maggiore interesse pratico sono i segnali "mesocroni" e quelli "plesiocroni". Infatti la condizione di perfetto sincronismo implicita nella definizione di "segnali sincroni" non è realizzabile dal punto di vista pratico tra segnali trasportati in una rete geograficamente estesa, a causa delle variazioni di fase accumulate lungo i collegamenti tra i nodi della rete. Quindi segnali che nascono rigorosamente sincroni, generati cioè a partire da un unico clock, possono, al termine dei loro rispettivi tragitti nella rete, risultare fortemente degradati dal punto di vista delle relazioni di sincronismo, pur mantenendo, nel lungo termine, la caratteristica di avere la stessa frequenza media. Pertanto in una rete numerica sincrona i segnali, che dovrebbero risultare sincroni, sono di fatto tra loro mesocroni. In particolari situazioni poi alcuni segnali possono risultare, per limitati intervalli di tempo, plesiocroni rispetto alla rete.

Segnale numerico e sincronismo



L'aspetto essenziale di un segnale numerico è la natura discreta dell'informazione ad esso associata. Vi sono segnali numerici generati da sorgenti intrinsecamente discrete (calcolatori, teletext, ecc.) ed altri segnali generati da sorgenti intrinsecamente analogiche. Per queste ultime, al fine di associarne il contenuto informativo ad un segnale numerico, è necessario effettuare le operazioni di campionamento e quantizzazione.

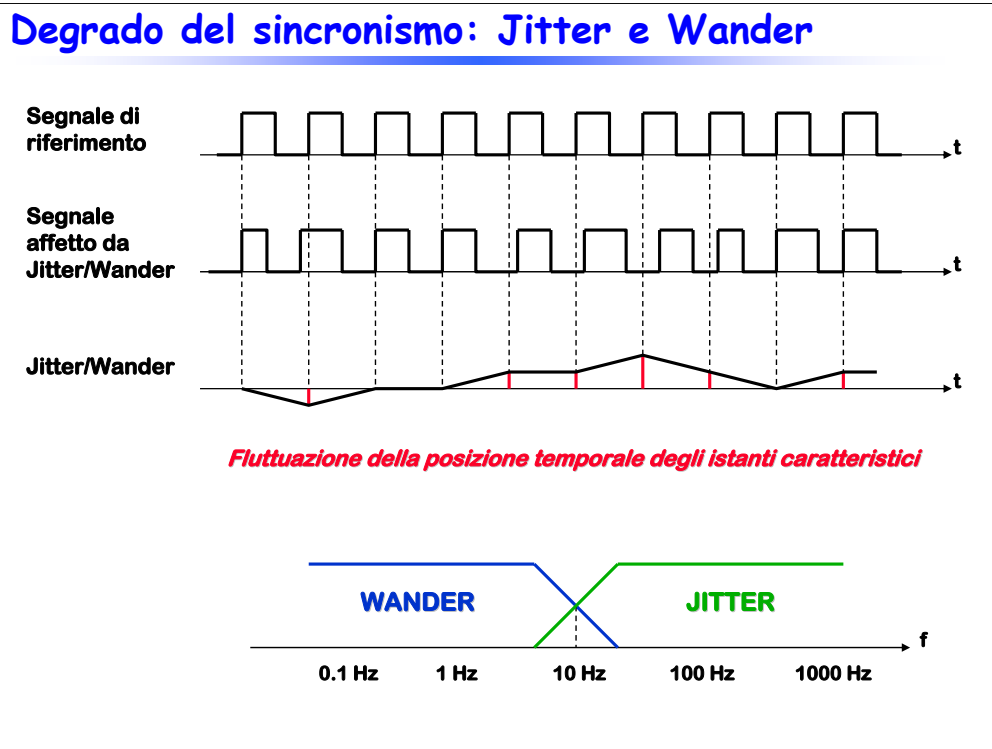
Si sottolinea come in un segnale numerico sia di fondamentale importanza, ai fini del riconoscimento dell'informazione in esso contenuta, la successione degli istanti caratteristici in cui hanno inizio i segnali elementari di cui è costituito.

Ad ogni segnale numerico deve pertanto essere associato un segnale di sincronismo o cronosegnale.

Tale cronosegnale può essere inviato su una linea a parte, come avviene all'interno dei calcolatori e nei collegamenti di breve lunghezza, oppure essere trasportato intrinsecamente dallo stesso segnale numerico.

Un cronosegnale quindi è caratterizzato da una forma d'onda particolarmente semplice da cui è possibile estrarre, osservando il regolare succedersi di eventi (istanti caratteristici), le informazioni che consentono di misurare il trascorrere del tempo.

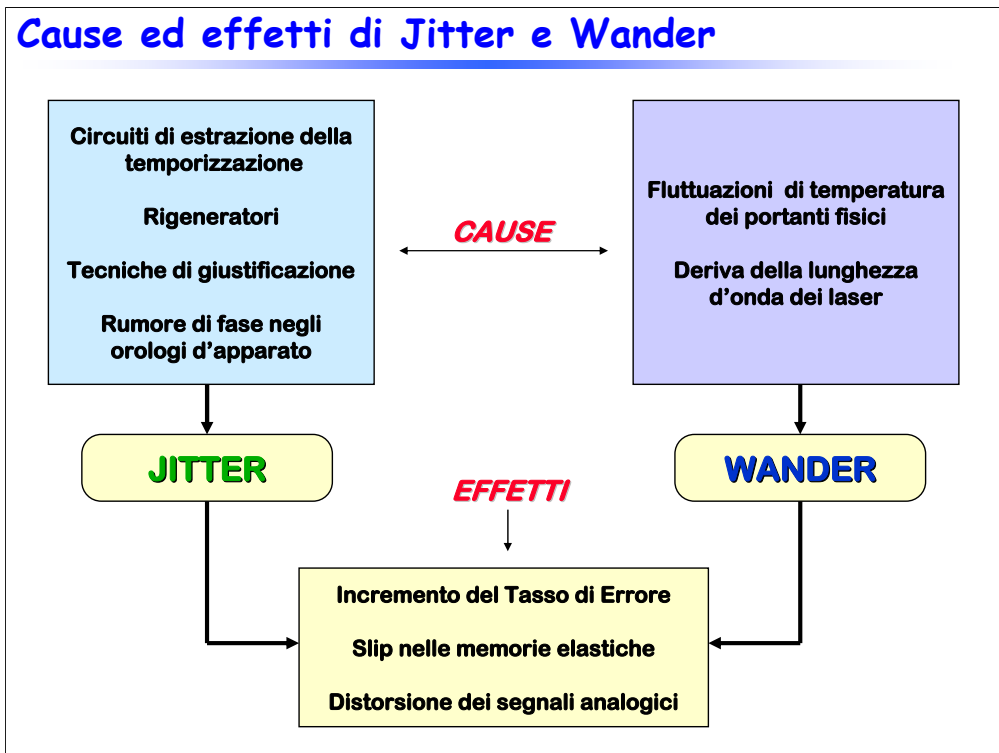
La grandezza fondamentale che caratterizza un cronosegnale è la frequenza con la quale si succedono nel tempo i suoi istanti caratteristici: in un cronosegnale ideale tale frequenza è costante nel tempo e, quindi, gli istanti caratteristici sono equispaziati. I cronosegnali reali invece, sono inevitabilmente affetti da fluttuazioni della posizione degli istanti caratteristici, causate da degradazioni di varia natura generate internamente agli orologi reali.



I fenomeni fisici che sono all'origine delle fluttuazioni di fase dei segnali numerici sono molteplici, alcuni dipendono dalla natura intrinseca dell'orologio, altri derivano dalla trasmissione dei cronosegnali in una rete di sincronizzazione complessa e geograficamente estesa.

Nel campo delle trasmissioni numeriche il fenomeno delle fluttuazioni della posizione degli istanti caratteristici è denominato Jitter con riferimento alle variazioni veloci e Wander per quelle lente.

Il confine è posto convenzionalmente intorno alla frequenza di 10 Hz.



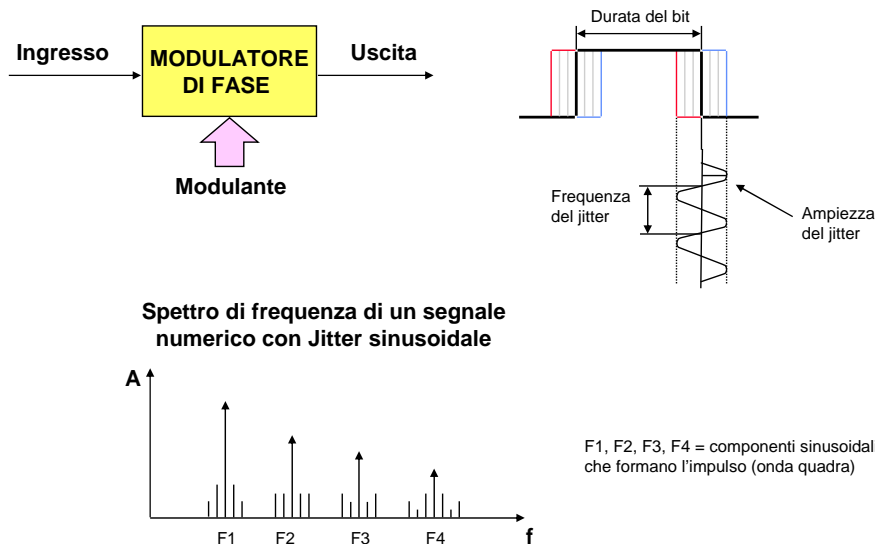
Il Jitter è essenzialmente prodotto dai circuiti di estrazione della temporizzazione e da quelli di rigenerazione del segnale di linea, dall'impiego di tecniche di giustificazione nei multiplatori, dal rumore di fase presente negli oscillatori degli orologi d'apparato.

Il Wander è causato dalle fluttuazioni di temperatura dei portanti fisici (che si traducono in variazioni del tempo di propagazione), dalla deriva della lunghezza d'onda dei laser nei sistemi ottici (variazioni del tempo di propagazione dovute alla dispersione cromatica delle fibre), dalle tecniche di giustificazione (tempo di attesa).

Jitter e Wander sono a loro volta causa di importanti degradazioni della qualità del trasporto quali: incremento del tasso d'errore, slip nelle memorie elastiche presenti all'ingresso degli apparati numerici, distorsione dei segnali analogici ricostruiti in ricezione dopo la conversione numerico/analogica.

Caratteristiche generali del Jitter/Wander

JITTER = Modulazione di Fase indesiderata (degrado del segnale)



Il Jitter/Wander si manifesta come una indesiderata modulazione di fase che produce un degrado del segnale numerico. Il jitter è tipico di tutti i segnali numerici in quanto contraddistinti dall'essere associati ad una temporizzazione.

Se la modulazione indesiderata ha componenti inferiori a 10 Hz si parla di "Wander".

In generale si possono individuare tre principali sorgenti di Jitter e di Wander:

i rigeneratori numerici che danno luogo al "Timing Jitter" che, a sua volta, può essere suddiviso, in linea generale, in "Pattern-Dependent Jitter" ed in "Random Jitter";

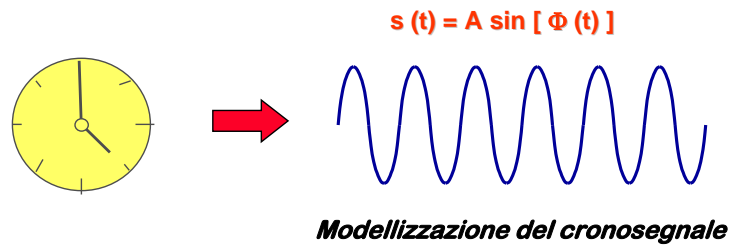
i moltiplicatori asincroni che danno luogo al "Waiting Time Jitter";

i componenti elettronici che, a causa del rumore intrinseco dovuto alla temperatura, influenzano gli oscillatori da cui si ottengono i segnali numerici provocando un errore casuale nella fase della temporizzazione (quest'ultima sorgente di jitter è la meno influente).

Il Jitter, essendo a tutti gli effetti una modulazione di fase, può vedersi come il risultato di un processo di modulazione dove il segnale numerico privo di jitter entra in un modulatore insieme al segnale modulante.

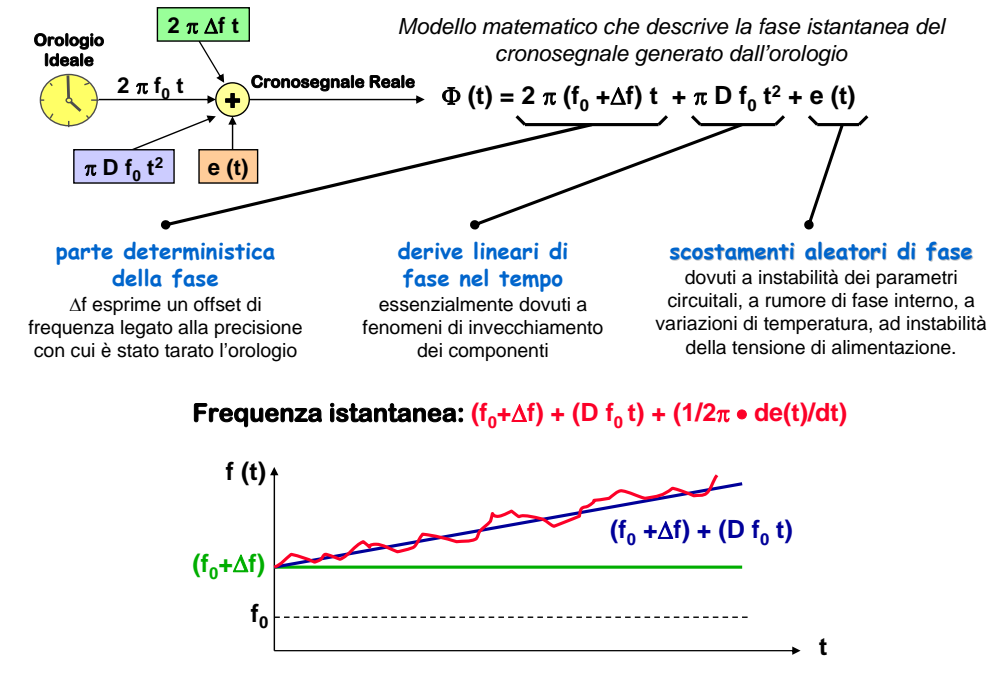
Pertanto lo spettro di un segnale numerico affetto da jitter è costituito dalle righe in cui si scompone il segnale quando è privo di modulazione, ciascuna attornata dalle bande di modulazione dovute al segnale modulante con indice di modulazione via via più elevato con l'aumentare dell'ordine delle righe stesse.

Definizione di orologio



Nel campo delle Telecomunicazioni si indica con il termine orologio o clock ogni dispositivo che, utilizzando un opportuno fenomeno fisico oscillatorio è in grado di generare i cronosegnali (ad esempio di tipo sinusoidale), necessari al funzionamento degli apparati.

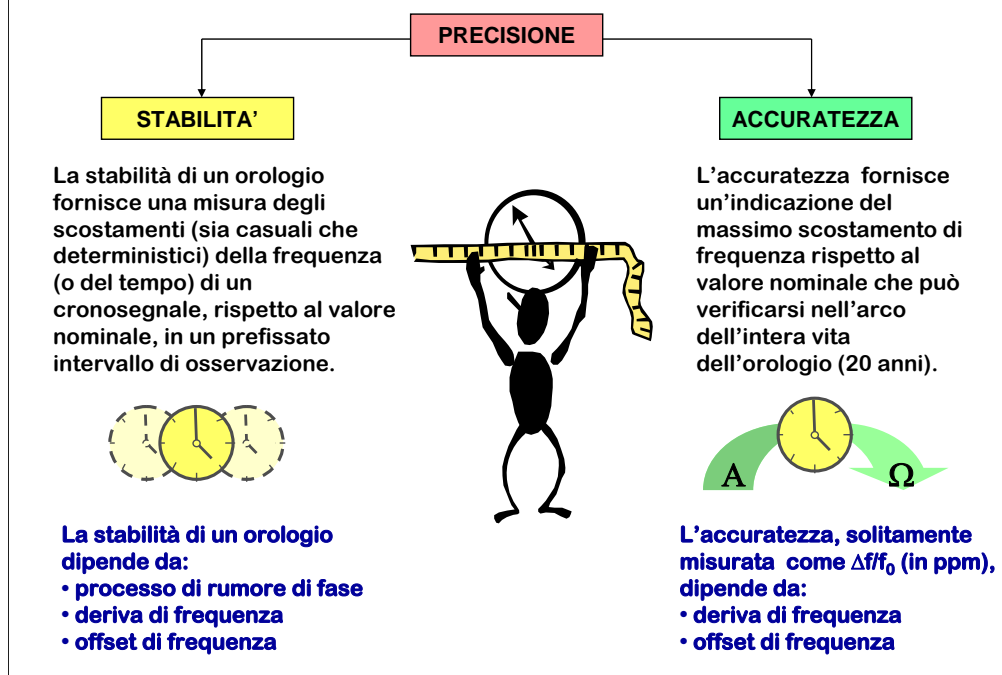
Modello matematico per un cronosegnale



Nel campo delle Telecomunicazioni si indica con il termine orologio o clock ogni dispositivo che, utilizzando un opportuno fenomeno fisico oscillatorio, è in grado di generare i cronosegnali necessari al funzionamento degli apparati.

Al fine di rappresentare in modo dettagliato il comportamento degli orologi reali, sono stati proposti dei modelli matematici per descrivere la frequenza istantanea di cronosegnali generati da questi dispositivi. Il più generale di tali modelli descrive la fase istantanea $\Phi(t)$ come somma di tre termini che rappresentano, nell'ordine, la parte deterministica della frequenza iniziale, gli scostamenti deterministici (derivate) di frequenza dipendenti dal tempo (essenzialmente dovuti a fenomeni di invecchiamento dei componenti) e gli scostamenti aleatori di frequenza (essenzialmente dovuti a instabilità dei parametri circuitali, a rumore interno di varia natura, a variazioni di temperatura e ad instabilità della tensione di alimentazione).

Parametri per la misura dei cronosegnali




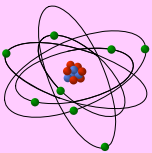
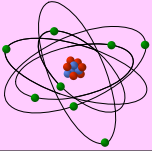

La qualità dei cronosegnali viene solitamente indicata con il parametro "precisione" il quale descrive, di fatto, la qualità con cui un orologio misura il tempo. La precisione definisce la caratteristica di un orologio di produrre, istante per istante, una indicazione di tempo (orario) non significativamente difforme da quella prodotta da un orologio di riferimento. La precisione di un orologio viene descritta attraverso due attributi fondamentali: la stabilità e l'accuratezza.

La stabilità di un orologio fornisce una misura degli scostamenti della frequenza di un cronosegnale, rispetto al valore nominale, in un prefissato intervallo di osservazione, mentre l'accuratezza fornisce un'indicazione del massimo scostamento di frequenza rispetto al valore nominale che può verificarsi nell'arco dell'intera vita dell'orologio, per esempio su 20 anni.

Sia l'accuratezza che la stabilità sono influenzate da tutte le componenti, sia deterministiche sia aleatorie, presenti nel modello di riferimento del cronosegnale.

Per caratterizzare la precisione di un orologio sono stati introdotti, prima dall'IEEE e poi anche dall'ITU-T, una serie di parametri quali TE, TDEV, TVAR, AVAR, ecc.

Tipi di Orologi

	<i>Tecnologia</i>	<i>Accuratezza</i>	<i>Stabilità (24 ore)</i>
	Cesio	$2 \cdot 10^{-12}$	$3 \cdot 10^{-14}$
	Rubidio	$1 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-13}$
	Quarzo	$5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-10}$

Esistono vari tipo di orologi di sincronismo, caratterizzati da diversi gradi di accuratezza e stabilità. Attualmente, nelle reti di telecomunicazioni, vengono utilizzati tre diverse tecnologie per le sorgenti di sincronismo dalle quali prendono nome i diversi tipi di orologi:

Gli **Orologi al Quarzo**, oltre ad offrire una buona stabilità a breve termine, presentano il vantaggio di essere semplici ed economici, ma hanno lo svantaggio della dipendenza della frequenza di oscillazione dall'invecchiamento ($1 \cdot 10^{-7}$ /giorno) e dalla temperatura ($1 \cdot 10^{-6}$ /°C).

La tecnologia impiegata sfrutta il fenomeno della piezoelettricità.

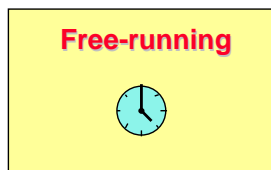
Gli **Oscillatori Atomici** (*Cesio* e *Rubidio*) basano il loro funzionamento sul raggiungimento della frequenza di risonanza che rende massimo il numero di transizioni atomiche tra due stati quantici di energia (E_A ed E_B) ammessi dagli atomi dei gas utilizzati.

La differenza di energia $E_B - E_A$ fra questi due livelli energetici è proporzionale, secondo la costante di Plank, alla frequenza f_0 della radiazione elettromagnetica, in genere compresa tra i 100 MHz ed i 100 GHz, necessaria per determinare la transizione degli atomi dal livello inferiore a quello superiore ($E_B - E_A = h \cdot f_0$).

Il passaggio di alcuni atomi dal livello energetico iniziale A al livello energetico B è dunque stimolato dall'applicazione di una radiazione a microonde di frequenza f_0 . Un meccanismo di controreazione provvisto di opportuno rivelatore, consente di sintonizzare automaticamente tale frequenza sul valore che rende massimo il numero di transizioni atomiche di stato. In questo modo la stabilità e l'accuratezza del segnale di uscita dell'orologio sono determinate dalle proprietà intrinseche della struttura nucleare ed elettronica dell'elemento atomico impiegato.

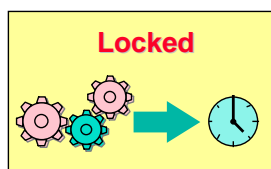
Gli oscillatori atomici hanno un'elevatissima precisione a lungo termine, in particolare quelli al cesio, tale da renderli i naturali candidati per realizzare gli orologi primari di riferimento delle reti di sincronizzazione. Gli orologi al Rubidio, pur mantenendo una elevata precisione a lungo termine, risultano più economici di quelli al Cesio.

Modalità di funzionamento degli Orologi



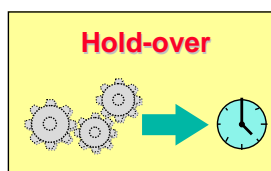
oscillazione libera
della sorgente di
sincronismo
(autonomo)

*Modalità dei clock
di tipo Master*



agganciato ad una
sorgente di
sincronismo esterna
(asservito)

*Modalità dei clock
di tipo Slave*



mantenimento, entro certi
limiti, delle caratteristiche
della frequenza di
riferimento anche in
assenza di quest'ultima

L'orologio di sincronismo deve garantire i seguenti modi di funzionamento definiti nella raccomandazione ITU-T: G.810.

free-running = oscillazione libera della sorgente di sincronismo;

In tale condizione il segnale di uscita del clock è fortemente condizionato dai propri elementi oscillanti e non è controllato con tecniche di aggancio di fase. In questa modalità il clock non ha mai avuto in ingresso un riferimento proveniente dalla rete o ha perso il riferimento esterno e non ha la possibilità di accedere ai dati acquisiti durante una precedente connessione con un riferimento esterno.

Locked = agganciato ad una sorgente di sincronismo esterna;

In tale condizione il segnale di uscita, controllato da un riferimento esterno posto in ingresso al clock, possiede la stessa frequenza media a lungo termine del segnale di riferimento e la funzione errore di tempo (TE) tra uscita ed ingresso è contenuta. La modalità locked è quella che ci si attende da un clock slave.

hold-over = mantenimento, da parte di un orologio asservito, della frequenza di aggancio anche in assenza di quest'ultima.

In tale condizione il clock non ha più in ingresso il segnale di riferimento, ma utilizza i dati acquisiti in precedenza, mentre si trovava nella condizione di aggancio, per controllare la propria uscita. I dati immagazzinati sono utilizzati per controllare le variazioni di frequenza e di fase, consentendo di ricreare una condizione di aggancio che rispetta determinate specifiche.

Grandezze per la misura della stabilità (G.810)



Principali parametri definiti da IEEE e ITU-T



TE: Time Error

esprime l'errore che un orologio reale commette nella misura del tempo generato rispetto ad un orologio di riferimento considerato ideale.

TIE: Time Interval Error

esprime l'errore che un orologio reale commette nella misura di un intervallo di tempo τ generato da un orologio di riferimento considerato ideale.

MTIE: Maximum Time Interval Error

Permette di stimare il valore picco-picco delle fluttuazioni di fase che caratterizzano gli offset di frequenza ed i salti di fase. Risulta molto utile per il progetto dei buffer degli apparati.

TIE_{rms} : root mean square Time Interval Error
il valore efficace del TIE

ADEV: Allan Deviation

mette in evidenza, anche se in modo approssimato, le tipologie di rumore di fase presenti nei cronosegnali

MDEV: Modified Allan Deviation

mette in evidenza, in modo univoco, tutte le tipologie di rumore di fase presenti nei cronosegnali.

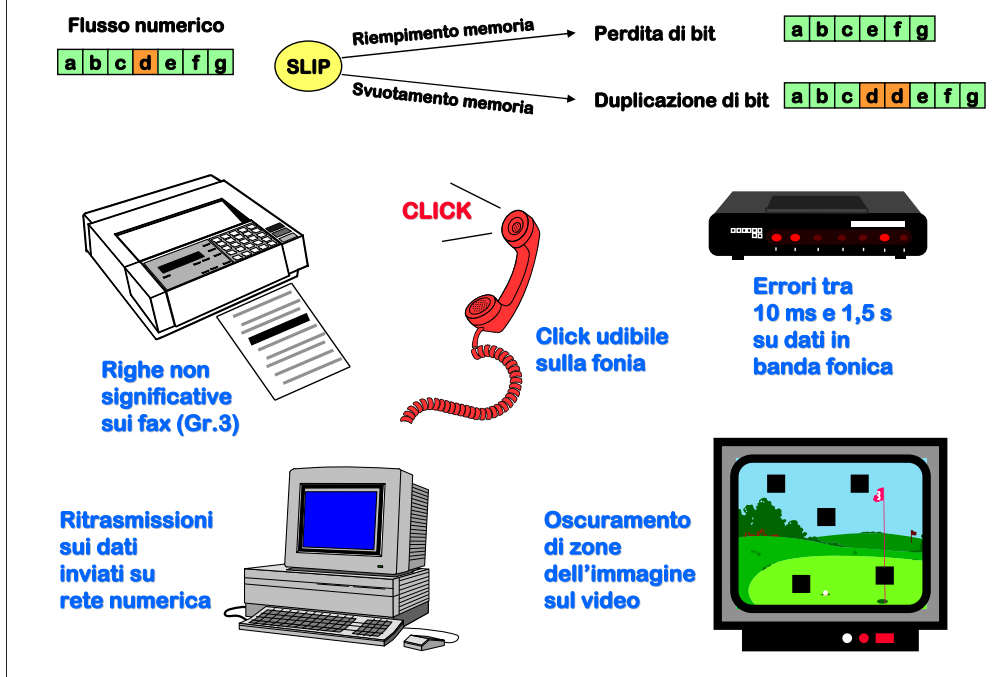
TDEV: Time Deviation

mette in evidenza, in modo univoco, tutte le tipologie di rumore di fase presenti nei cronosegnali.

TVAR: Time Variance

il TDEV elevato al quadrato

Effetti della qualità del sincronismo sui servizi



Sincronizzare significa distribuire in ogni nodo della rete segnali di riferimento che soddisfino determinate caratteristiche di qualità in modo che gli apparati operino su una base di riferimenti temporali comuni. Ciò è necessario affinché lo scambio di informazioni tra gli apparati possa avvenire senza che le memorie elastiche tendano a riempirsi o a svuotarsi eccessivamente. Infatti l'eccessivo svuotamento o riempimento di tali memorie può portare rispettivamente alla duplicazione o alla perdita di bit con conseguente ripercussione sulla qualità dei servizi.

Tali eventi noti con il termine di slip devono essere limitati entro limiti tali da assicurare un alto livello di qualità dei servizi mediante le rete di sincronizzazione.

Le degradazioni subite dai servizi possono essere così riassunte:

Fax di Gruppo 3: assenza di un massimo di otto linee orizzontali che, considerando una risoluzione di 100 linee/pollice, provoca la ricezione di una linea non significativa alta più di 2 mm.

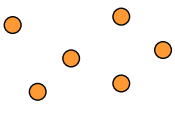
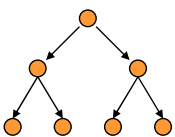
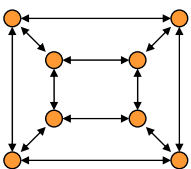
Fonia: provoca un click facilmente udibile che però non compromette l'intelligibilità. Problemi maggiori possono nascere sulle comunicazioni foniche criptate come ad esempio quella utilizzata nel sistema radiomobile numerico.

Trasmissione dati in banda fonica: causa un burst di errori su un intervallo di tempo compreso tra 10 ms e 1,5 s.

Trasmissione dati numerica: causa la ritrasmissione di un certo numero di blocchi in funzione del tipo di protocollo. Ciò produce un rallentamento del throughput e, nel caso peggiore, la caduta della connessione logica.

Video: A seconda del tipo di codifica e di compressione utilizzata si possono verificare oscuramenti o distorsioni di alcune zone dell'immagine per periodi di alcuni secondi.

Strategie di sincronizzazione

Aspetti Positivi	Struttura di rete	Aspetti Negativi
Semplicità di implementazione Indipendenza delle prestazioni di rete da guasti sul singolo nodo	ANARCHICA (ASINCRONA) 	Necessità di orologi di ottima qualità frequenti tarature degli orologi
Assenza di timing-loop in condizioni di funzionamento normale Semplicità di implementazione	DISPOTICA (MASTER/SLAVE) 	Frequenza di oscillazione della rete controllata a livello centrale Necessità di riconfigurazione in caso di guasto del master
Consente il controllo decentralizzato della frequenza Ammissibilità di nodi con orologi di media qualità Ogni nodo ha lo stesso peso sulle prestazioni di rete	DEMOCRATICA (MUTUA) 	Dipendenza della frequenza e della stabilità dai tempi di ritardo della rete Timing-loop Elevata complessità di implementazione

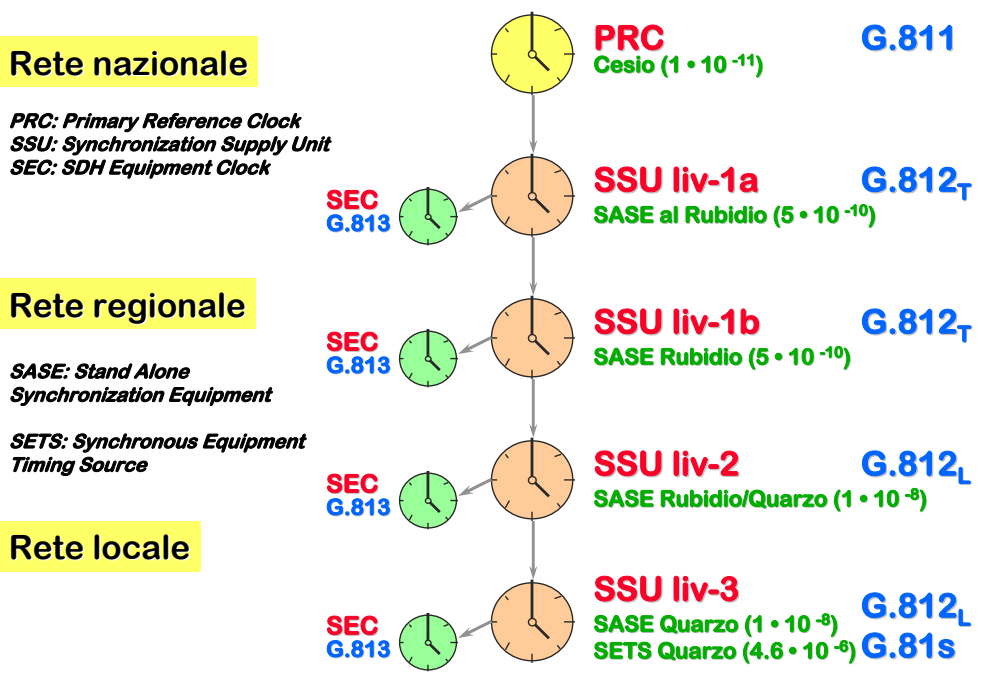
Al fine di soddisfare i requisiti di qualità della rete trasmissiva (in termini di SLIP), occorre definire una opportuna strategia di sincronizzazione.

La strategia anarchica o asincrona prevede che gli orologi siano tutti indipendenti. Presenta il vantaggio della semplicità e di non richiedere connessioni di sincronizzazione tra i nodi, ma richiede orologi precisi, tarati sullo stesso valore nominale. Ciò provoca un progressivo scarto di fase, dovuto anche all'invecchiamento, al rumore di fase, alla temperatura, richiedendo periodiche tarature. Viene utilizzata per le reti PDH che non necessitano di un riferimento di sincronizzazione comune.

La strategia dispotica o master-slave si basa sull'asservimento, diretto o indiretto, degli orologi che compongono la rete ad un orologio primario di riferimento con eccellenti prestazioni di stabilità ed affidabilità. Tale strategia può prevedere l'articolazione della rete su più livelli con topologia ad albero. Tale topologia garantisce la rete contro eventuali problemi di timing-loop anche se a volte occorre magliare la rete per aumentarne l'affidabilità. Un altro aspetto critico è legato alla dipendenza da un unico riferimento che, nel caso venga a mancare, comporta la perdita del riferimento. Questo problema viene risolto predisponendo gli orologi al funzionamento in holdover. Questa modalità viene utilizzata nella rete SDH.

La strategia democratica o mutua prevede il controllo diretto di ciascun orologio da un certo numero di altri orologi allo scopo di garantire la stessa frequenza media per tutti i segnali di temporizzazione in uscita. Il comportamento dinamico di tale rete è così complesso da non consentire la previsione della frequenza assoluta in regime stazionario. Tale aspetto, anche se può apparire trascurabile, risulta critico in caso di interconnessione con un'altra rete. Inoltre si possono verificare problemi di instabilità e di loop soprattutto nei transitori dovuti alla attivazione/disattivazione di un nodo. Ha comunque il vantaggio di avere un controllo decentralizzato della frequenza e quindi un guasto ad un orologio non ha grande impatto sulle prestazioni complessive.

Caratteristiche nei vari livelli della rete



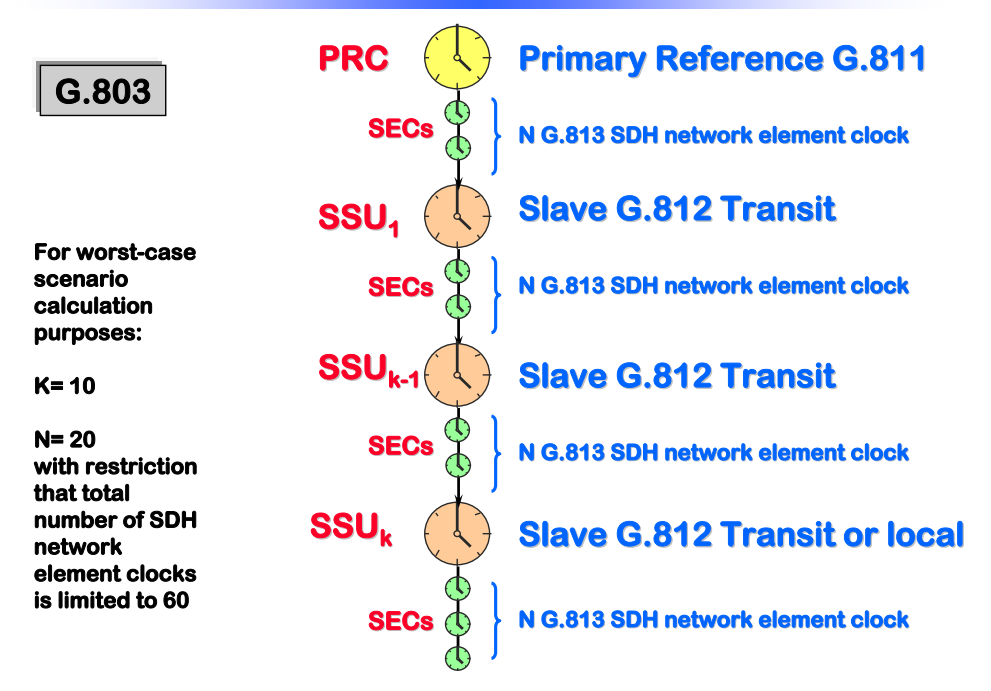
Il primo livello comprende l'orologio primario di riferimento, generalmente al cesio, con elevate prestazioni di accuratezza e stabilità, le cui specifiche sono riportate nella Racc. G.811.

I livelli intermedi della rete sono invece costituiti da orologi di edificio di centrale (SSU) interconnessi da catene di orologi di apparato SDH (SEC).

Le principali funzioni degli SSU sono filtrare il segnale di riferimento in ingresso al fine di generare un'ottima approssimazione del segnale proveniente dall'orologio primario, mantenere un segnale di uscita con buona stabilità ed accuratezza anche in assenza di segnale di riferimento in ingresso (condizione di holdover) e distribuire il segnale di sincronismo a tutti gli apparati sincroni installati nello stesso edificio di centrale.

Gli orologi di apparato SDH pur conservando le funzionalità di asservimento ad un segnale in ingresso e di holdover in caso di assenza di riferimenti, presentano stabilità ed accuratezza inferiori rispetto agli orologi di edificio di centrale.

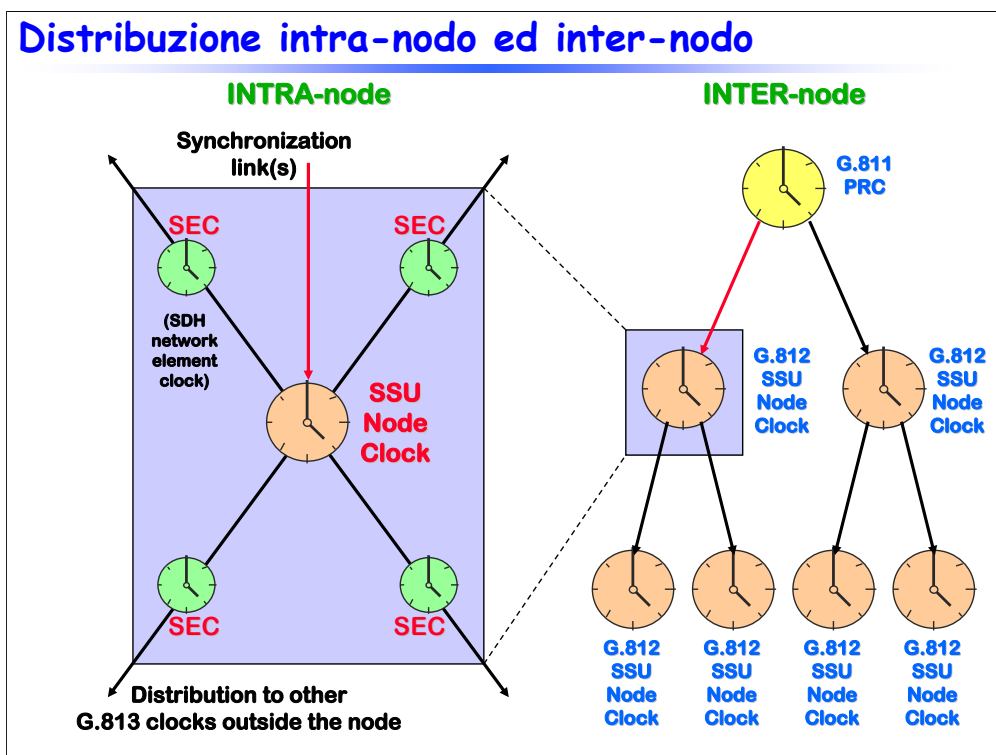
Synchronization network reference chain



Allo scopo di verificare la più severa degradazione che il segnale di riferimento primario subisce nella sua distribuzione attraverso una rete di sincronizzazione, è stata definita la configurazione limite di una catena di orologi in cascata (G.803).

Gli orologi SSU sono interconnessi da sottocatene composte al massimo da N=20 orologi di apparato SDH (SEC) in cascata con il vincolo di comprendere fino a K=10 orologi di edificio SSU fermo restando un numero totale di SEC limitato a 60.

L'architettura della rete di sincronizzazione per la gerarchia sincrona prevede due possibili tipologie di distribuzione dei segnali di sincronismo: intra-nodo inter-nodo.



La distribuzione dei segnali di sincronismo intra-nodo riguarda ciò che avviene all'interno di un nodo e può comprendere più apparati sincroni, mentre quella inter-nodo si applica tra i nodi geograficamente distribuiti.

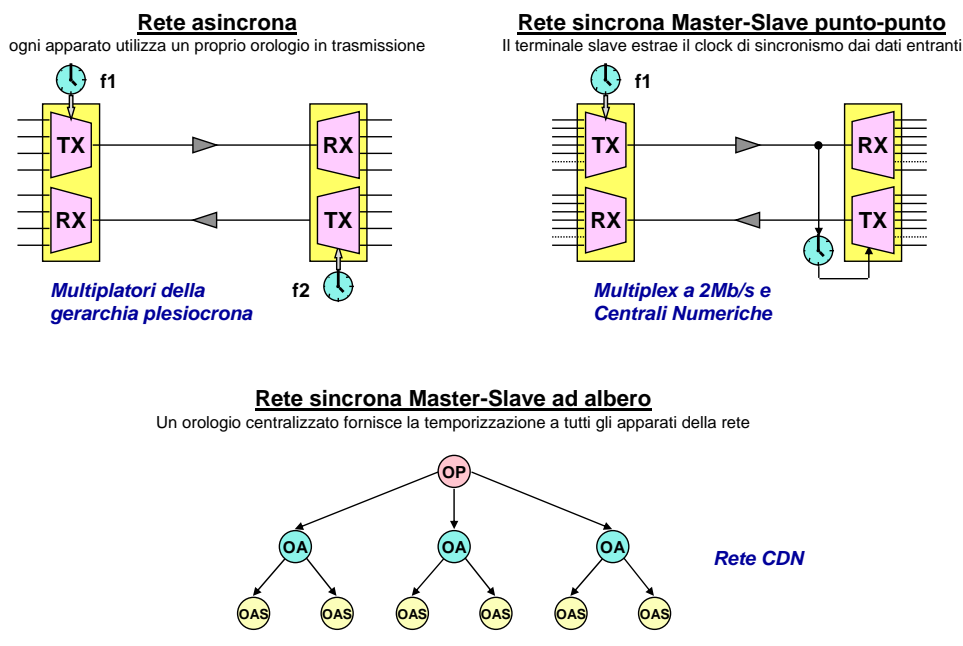
La prima viene effettuata secondo una topologia a stella nella quale l'orologio di edificio centrale riceve il riferimento dai collegamenti di sincronizzazione provenienti da altri nodi e lo distribuisce, filtrato, a tutti gli orologi di apparato del nodo. Come obiettivo si prevede di utilizzare collegamenti a 2.048 Mb/s o a 2.048 MHz: in particolare, il riferimento di sincronizzazione per l'SSU potrebbe essere estratto da un apparato SDH.

La distribuzione inter-nodo può essere realizzata mediante collegamenti trasmissivi prevedendo, tuttavia, come soluzione finale l'utilizzo dei segnali di linea dei collegamenti SDH. Per quanto riguarda la realtà nazionale, nel breve e medio termine potrebbero essere utilizzati canali a 2,048 Mb/s trasportati su sistemi trasmissivi plesiocroni sfruttando così, in una prima fase, l'attuale rete di sincronizzazione delle centrali numeriche. Tali flussi, per essere trasportati sulle lunghe distanze vengono multiplati nei flussi della gerarchia PDH di livello superiore e successivamente vengono demultiplati per essere restituiti nella località di destinazione. L'attraversamento della catena di multi-demultiplazione plesiocrona provoca un aumento del rumore di fase sui segnali di riferimento a causa del pulse-stuffing, comunque limitato entro valori tali da non inficiare le prestazioni prescritte per la rete di sincronizzazione.

Solo in seguito alla diffusione dei sistemi SDH il sincronismo potrà essere distribuito con segnali STM-N.

In ogni caso non potranno essere impiegati flussi tributari plesiocroni (2Mb/s) trasportati su sistemi sincroni in quanto affetti dalle degradazioni prodotte dall'attività del puntatore.

Esempi di modalità di sincronizzazione



Rete Asincrona

La rete si definisce asincrona quando ogni apparato presenta in trasmissione un proprio orologio di temporizzazione, la cui frequenza di cifra può variare entro limiti specificati.

In tale regime di sincronizzazione operano attualmente i moltiplicatori della gerarchia plesiocrona dove, per mantenere inalterate le caratteristiche di frequenza e fase dei tributari entranti nella catena di moltiplicazione, viene usata la tecnica del pulse stuffing.

Rete sincrona master-slave punto-punto

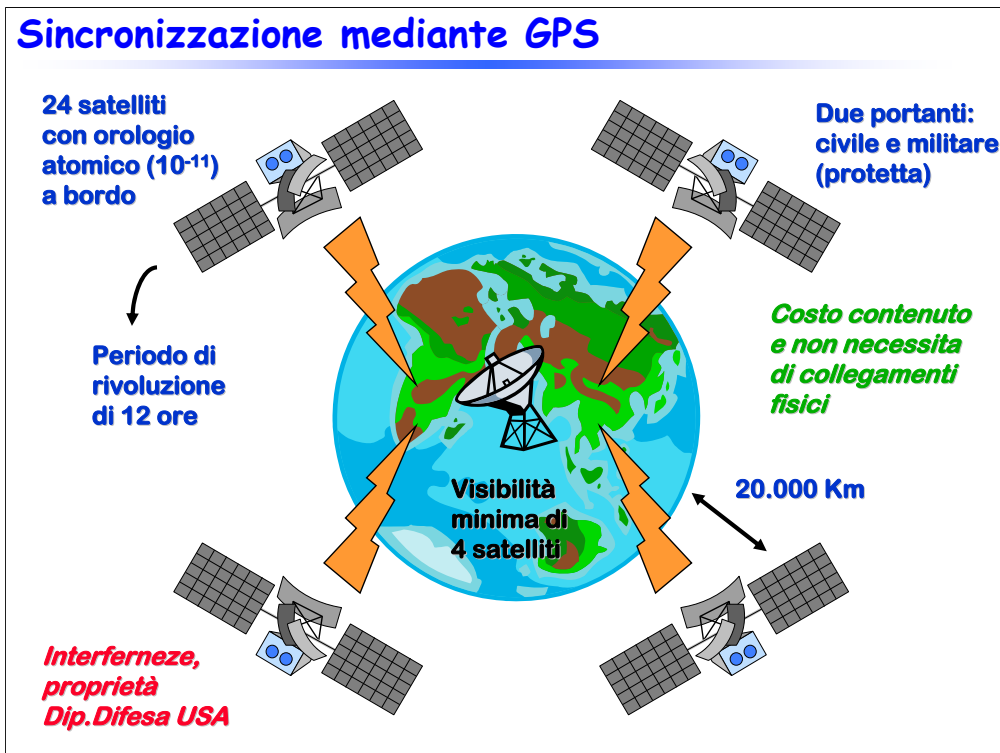
La modalità di sincronizzazione master-slave punto-punto si ha quando l'apparato master temporizza i dati trasmessi con il proprio clock, mentre l'apparato slave estrae dai dati entranti il segnale di sincronismo, con il quale temporizza la propria trasmissione.

In tale regime di sincronizzazione operano attualmente i multiplex a 2 Mb/s e le centrali numeriche.

Rete sincrona master-slave ad albero

La rete sincrona del tipo master-slave ad albero prevede un orologio principale (OP) di elevate prestazioni ed alta stabilità, situato nel centro nazionale, che fornisce la temporizzazione a tutti gli apparati presenti sul territorio; nei principali centri di compartimento sono ubicati gli orologi asserviti (OA), sincronizzati da OP; infine nei centri di compartimento inferiori sono situati gli orologi asserviti secondari (OAS), sincronizzati dagli OA.

Tale modalità di sincronizzazione viene impiegata attualmente nell'ambito della rete CDN.



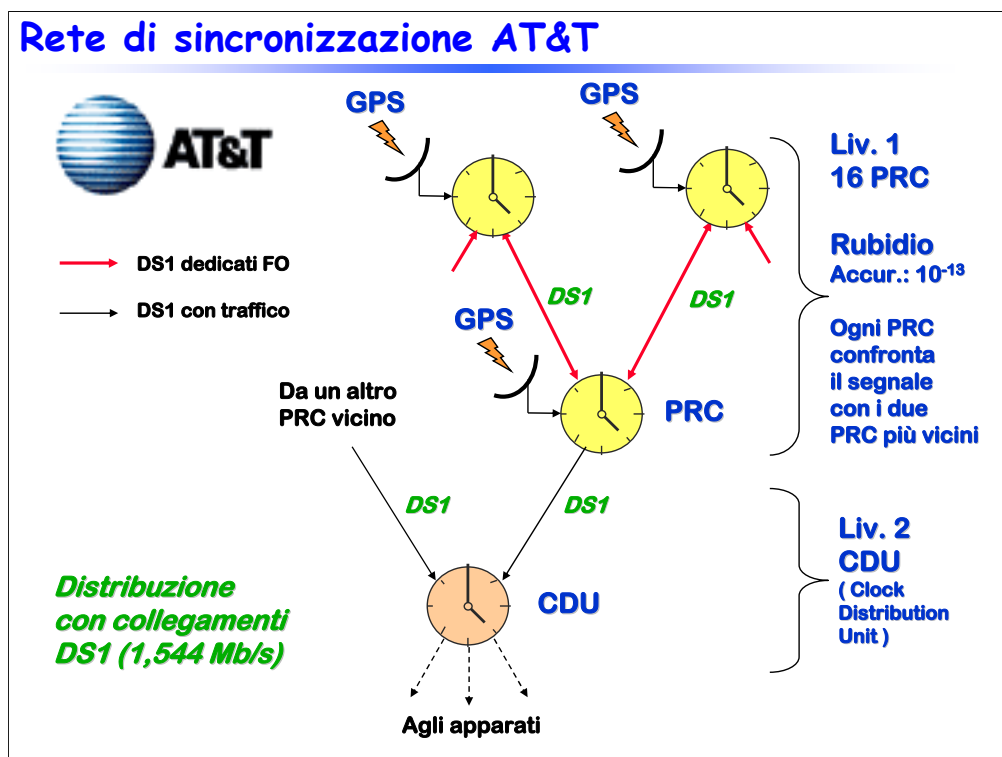
Il GPS è un sistema controllato dal dipartimento della difesa degli Stati Uniti, costituito da 24 satelliti equipaggiati con orologi atomici sincronizzati fra loro che trasmettono segnali di temporizzazione.

Per il corretto funzionamento, l'antenna GPS ricevente deve essere in visibilità con almeno 4 satelliti in modo tale da minimizzare l'errore relativo.

Il segnale di sincronizzazione in uscita dal ricevitore GPS ha una accuratezza (10^{-11}) adeguata per costituire un PRC.

I vantaggi dell'utilizzo del GPS sono rappresentati dal costo contenuto rispetto ad un PRC al cesio, ed una collocazione in rete più versatile poiché non necessita di collegamenti fisici con la sorgente di sincronismo.

Gli svantaggi sono la sensibilità alle interferenze da altri sistemi, scarsa visibilità dei satelliti, dipendenza della disponibilità del segnale GPS dal dipartimento della difesa USA.



AT&T : American Telephone & Telegraph Co.

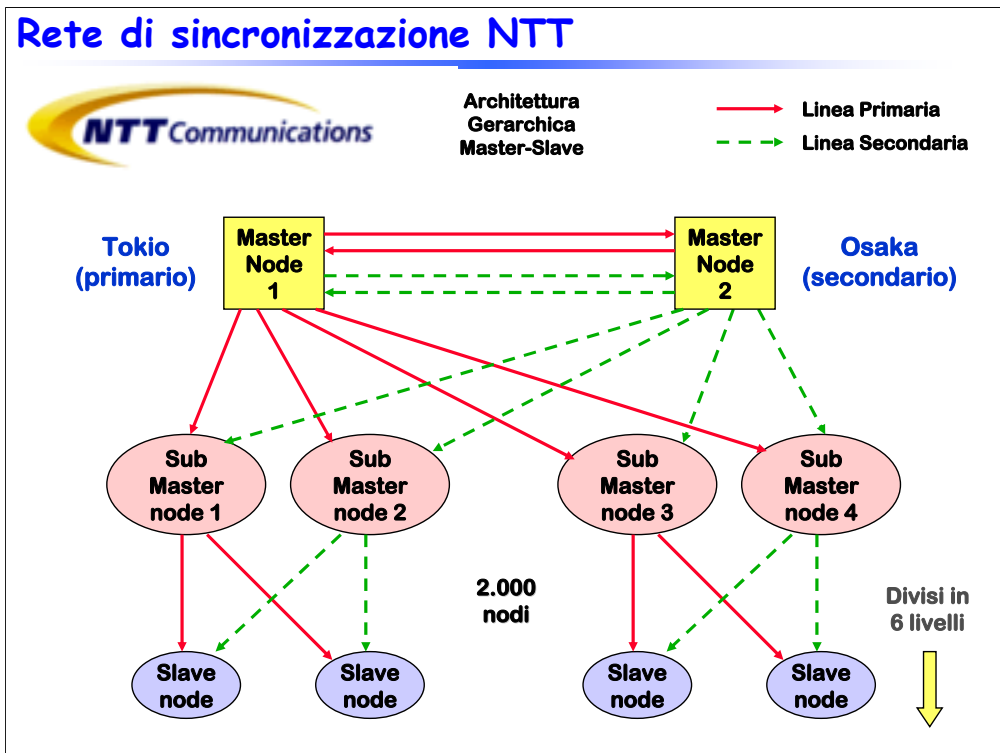
Primo gestore al mondo ad avere investito in nuove architetture e tecnologie per realizzare la propria rete di sincronizzazione.

La rete della AT&T è formata da 10 PRC costituiti da un oscillatore al rubidio (ridondato) sincronizzato con un ricevitore GPS. In questo modo, alla stabilità a lungo termine del GPS si unisce quella a breve termine offerta dal rubidio.

Ogni PRC verifica la propria frequenza verso quella dei due PRC più vicini geograficamente mediante collegamenti su sistemi ottici e flussi DS1 dedicati. In questo modo la stabilità a lungo termine di ogni nodo primario viene garantita con una accuratezza dell'ordine del 10^{-13} .

Il secondo livello è costituito da unità di distribuzione CDU (Clock Distribution Unit), che ricevono il sincronismo da due fra i PRC più vicini mediante segnali DS1 con traffico.

AT&T ritiene che sia necessario una revisione di questa rete per tenere conto delle esigenze per gli anni 2000.



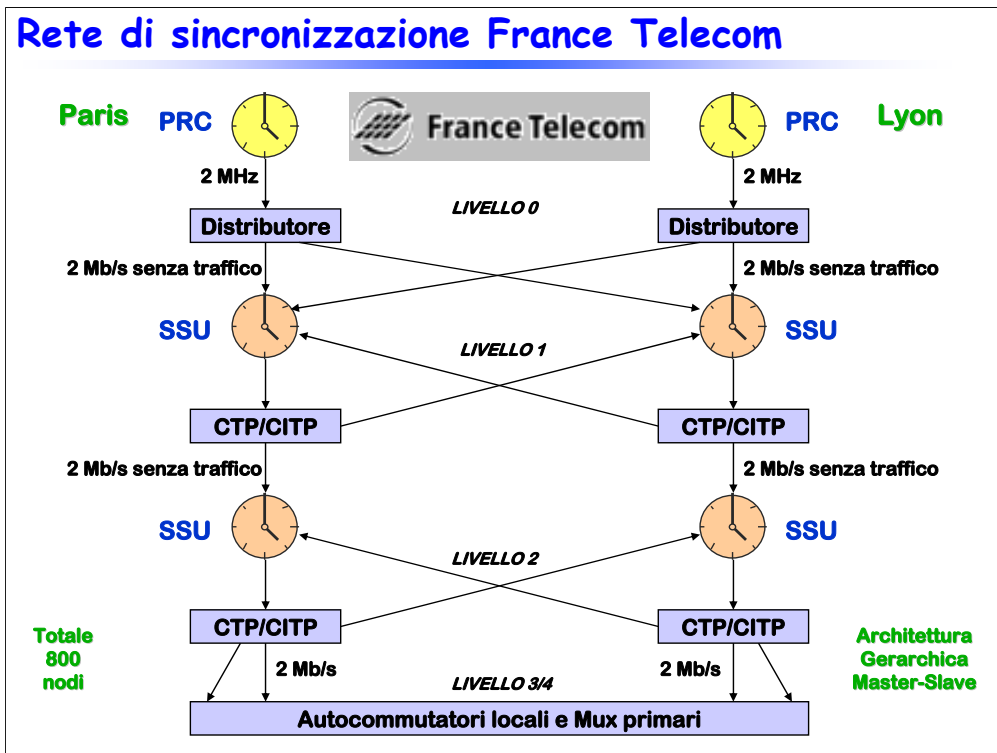
NTT: Nippon Telephone & Telegraph company

La rete NTT viene presa come riferimento per presentare la realtà giapponese, data la sua importanza e significatività tecnica rispetto alle reti di altri gestori giapponesi.

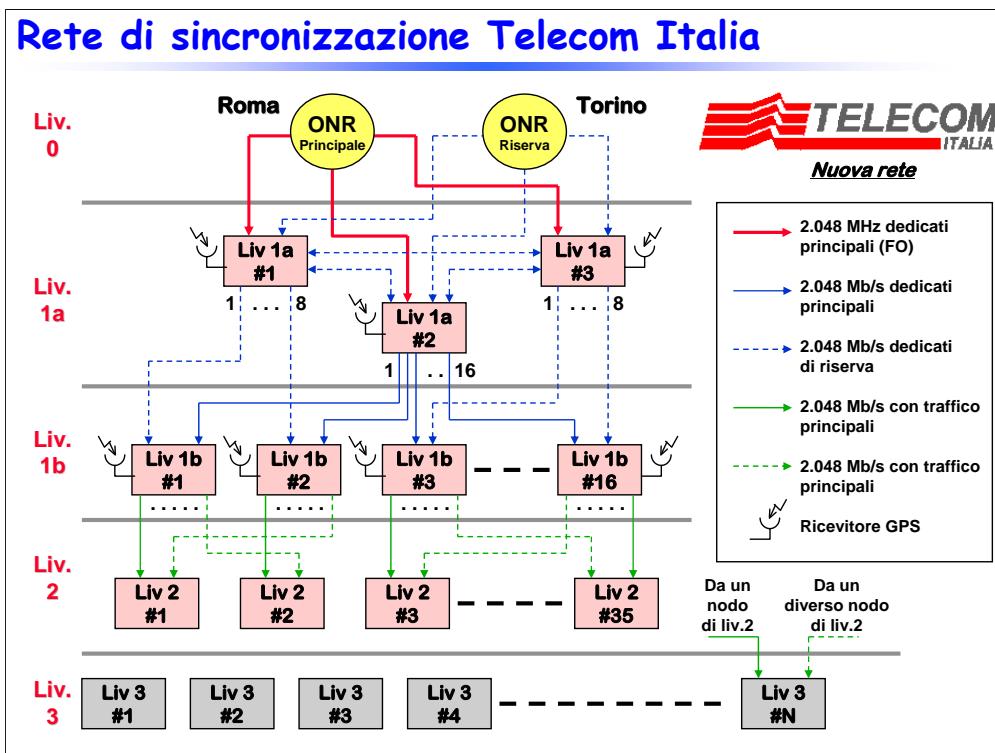
La rete di sincronizzazione della NTT è stata realizzata con architettura gerarchica Master-Slave. La rete di TLC nipponica è una fra le maggiori al mondo e sicuramente la maggiore per quanto riguarda la densità di abitanti e quindi di telefoni.

Per questa ragione la rete è suddivisa nelle varie regioni geografiche e, nell'ambito di ogni regione in numerosi livelli gerarchici.

La rete di sincronizzazione si estende quindi per altri sei livelli al di sotto dei Sub Master Node raggiungendo un totale di circa 2000 nodi tra locali e di transito (i nodi totali della rete sono circa 7000).



La rete pubblica francese è sincronizzata attraverso una rete di tipo gerarchico Master-Slave consistente di circa 800 nodi.



La nuova rete di sincronizzazione adottata in Italia, in corso di realizzazione, è del tipo Master-Slave, con rete di distribuzione ad albero. L'architettura è fortemente ridondata al fine di assicurare una elevata disponibilità dei flussi di sincronizzazione.

livello 0, costituito da 2 Orologi Nazionali di Riferimento (ONR) uno a Roma e uno di riserva a Torino. Essi generano un segnale di sincronismo sinusoidale a 2,048 MHz che raggiunge le centrali di livello 1a.

livello 1a, costituito da 3 nodi appartenenti all'area urbana di Roma dotati di SSU al rubidio e con ricevitore GPS. Ciascun nodo 1a è collegato direttamente con l'ONR primario (2.048MHz in FO) e con l'ONR di riserva (2.048 Mb/s dedicati). Tra i nodi è prevista inoltre una maglia di collegamenti a 2Mb/s dedicati di riserva da utilizzare nel caso in cui un nodo perda ogni riferimento con gli ONR.

livello 1b, costituito da 16 nodi distribuiti su tutto il territorio nazionale (nodi intercontinentali, nazionali ed interdistrettuali di transito), anch'essi equipaggiati con SSU al rubidio e con ricevitore GPS. Ciascun nodo riceve i riferimenti da due nodi di livello 1a mediante collegamenti a 2.048 Kb/s dedicati. In condizioni normali tutti i nodi di livello 1b ricevono il sincronismo dal medesimo nodo di livello 1a.

livello 2, costituito da 35 nodi con SSU al quarzo che vanno a coprire i rimanenti SGT sul territorio nazionale. Ciascun nodo riceve i riferimenti da due nodi distinti di livello 1b mediante collegamenti a 2.048 Kb/s dedicati e/o di traffico.

livello 3, costituito da circa 200 nodi che coprono i principali SGU, con SSU al quarzo. Ciascun nodo riceve i riferimenti da due nodi distinti di livello 2 mediante collegamenti a 2.048 Kb/s di traffico.