



L'ora esatta in rete!

Ovvero come ho imparato a non preoccuparmi ed amare l'orologio

Web: www.top-ix.org

Place: FTWWT24 Veneto

Date: 19/6/2024

Speaker: Alessandro Galardini

La rete

Caratteristiche tecniche

Aggiornamento piattaforma effettuato Q4-22/Q1-23

Fabric carrier grade su tecnologia Nokia, con architettura spine/leaf

Servizi L2VPN basati su BGP-EVPN

Underlay di trasporto Segment Routing MPLS su protocollo IS-IS con protezione TI-LFA

Trasporto ottico su dark fiber di proprietà e spettro, link di dorsale 200G/400G



Il tempo

Tempo Coordinato Universale - UTC

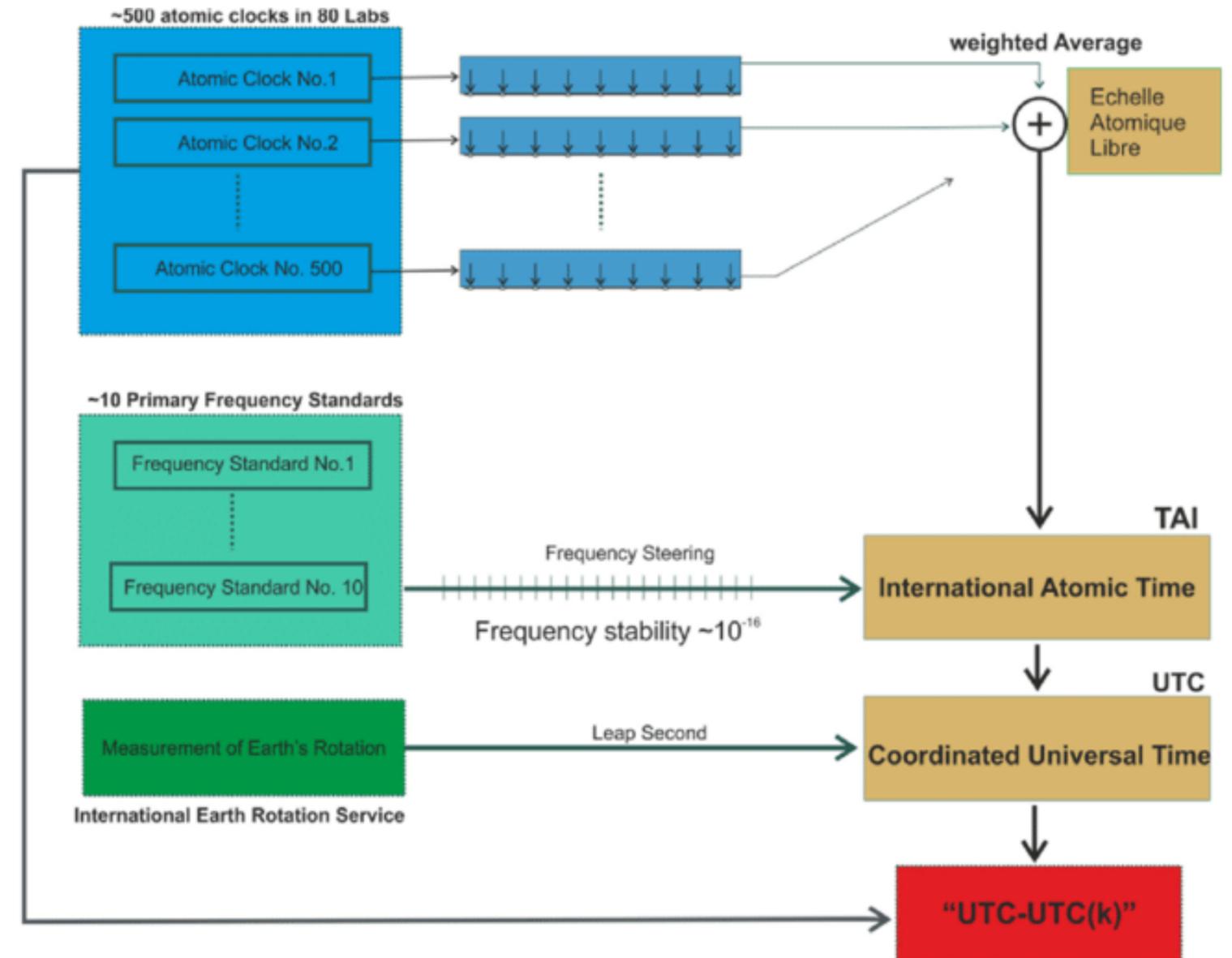
UTC è la scala temporale di riferimento mondiale

Il secondo è l'unità di scala e misura del tempo

Calcolati dall'Istituto dei Pesi e delle Misure (BIPM) di Parigi sotto l'autorità della Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM)

Scala è generata come sintesi dalla comparazione di circa 450 orologi atomici presenti in 85 laboratori di tempo nazionali (NMI)

Ogni NMI realizza un'approssimazione locale in tempo reale chiamata UTC(k)



I sistemi di sincronizzazione

Infrastrutture critiche

Uso pervasivo nella vita quotidiana:

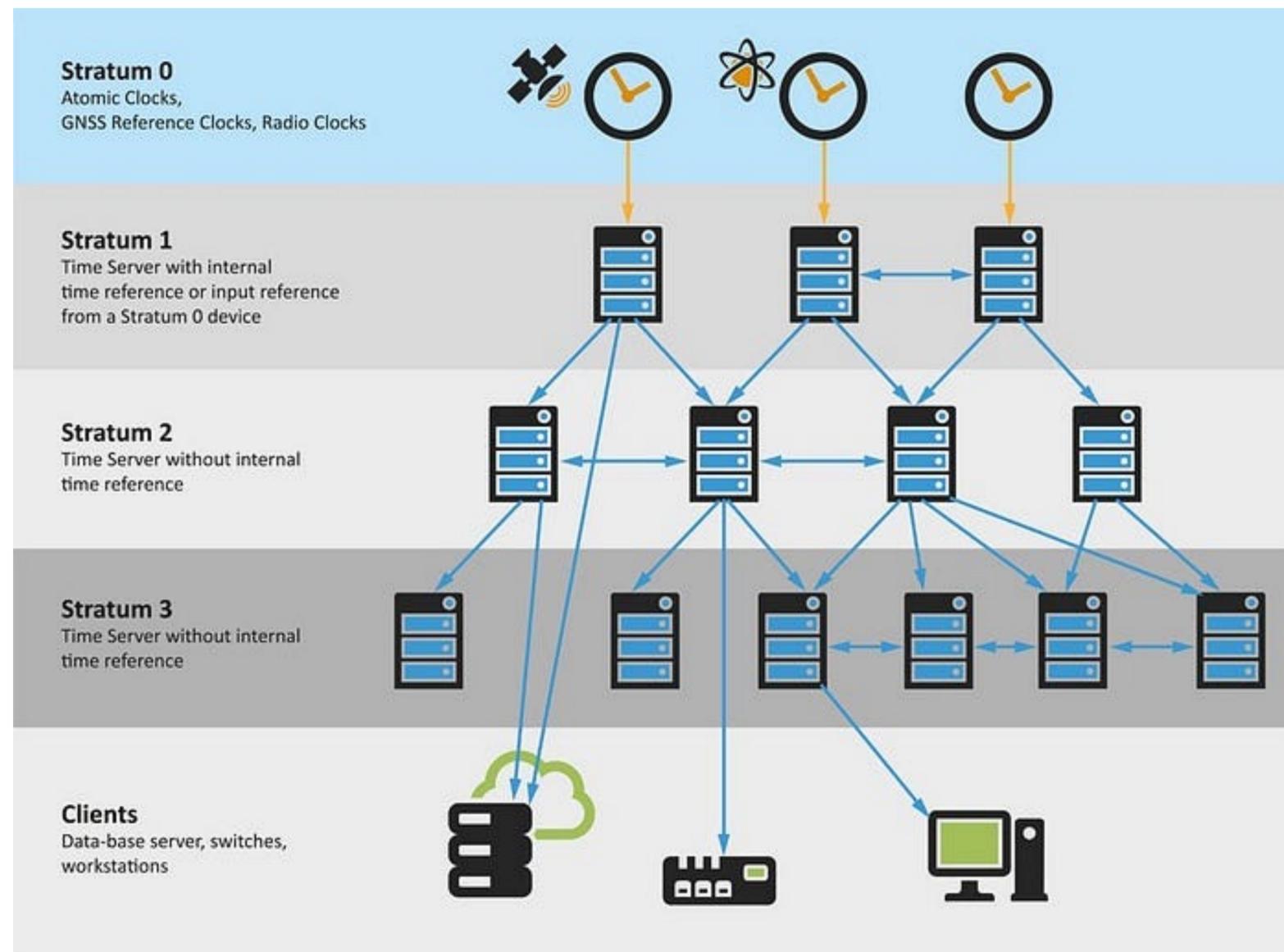
- distribuzione elettrica (oscilloperturbografo/PMU)
- sistemi bancari e finanziari (MIFID2 - audit e tracciabilità)
- trasporto ferroviario e aereo (automazione, localizzazione)
- sistemi di controllo e supervisione (automazione, SCADA)
- reti di telecomunicazione
- sistemi di localizzazione
- comunicazioni elettroniche

Sempre maggiore attenzione nella creazione di sistemi nazionali di sincronizzazione tempo/frequenza affidabili, robusti e neutrale



Setup tradizionale per sistemi elettronici

Rete pubblica



Pool di server NTP pubblici (NMI, privati)

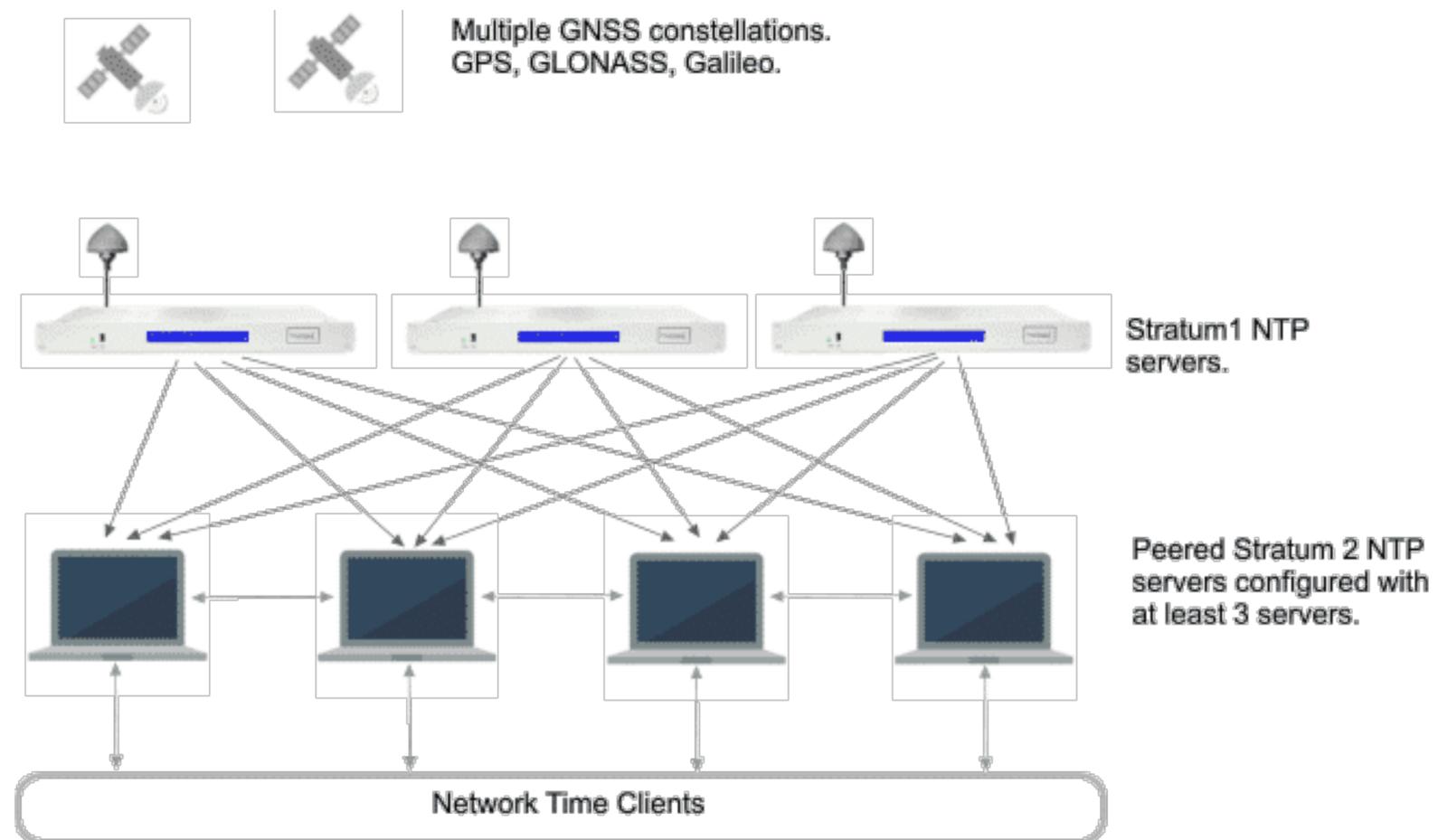
Sorgente primaria da:

- orologi atomici (istituti metrologici)
- GNSS (GPS, GALILEO, GLONASS, BEIDOU, etc)

Nessun controllo sulla sorgente e sul trasporto

Setup tradizionale per sistemi elettronici

Rete privata



Pool di server NTP privato

Sorgente primaria da GNSS

Trasporto su rete locale - QoS controllato
(secondo policy e metodi definiti dal gestore della rete
stessa con controllo end to end della comunicazione tra
orologio sorgente e clients utilizzatori)

Rischi

Vulnerabilità dei sistemi GNSS

Molteplici vettori di rischio e potenziali vulnerabilità:

- casuali (interferenze e multipath in ricezione, attività solari, disservizi)
- volontari (jamming e spoofing del segnale, disattivazione selettiva, attacchi cyber)

Infrastruttura critica con limitate possibilità di ridondanza del vettore del segnale di riferimento

Tracciabilità della sorgente non garantita

Satelliti, limiti tecnici e politici
L'Iran ha mandato in tilt i sistemi di Israele, nei Baltici pare che la Russia abbia creato problemi ai voli. La Cina studia alternative di backup
di Leopoldo Benacchio
5 giugno 2024

NEWS
Russia suspected of jamming GPS signal in Finland
© 12 November 2018

NEWS
Technology
GPS error caused '12 hours of problems' for companies
Baraniuk
gy reporter
ruary 2016 | Technology

Rai News.it
SCIENZA E TECNOLOGIA > SCIENZE NATURALI E BIOMEDICHE > ASTRONOMIA
Astronomia
Una forte tempesta solare sta colpendo la terra, rischi per Gps e telefoni
Gli effetti più importanti sono previsti nella giornata di oggi. A causa della tempesta potrebbero subire conseguenze anche le reti elettriche, i velivoli spaziali, i satelliti e altre tecnologie
© 11/05/2024

System engineers were "called out of bed" over the problems

Several companies were hit by hours of system warnings after 15 GPS satellites broadcast the wrong time, according to time-monitoring company

Definizioni

Stabilità e accuratezza

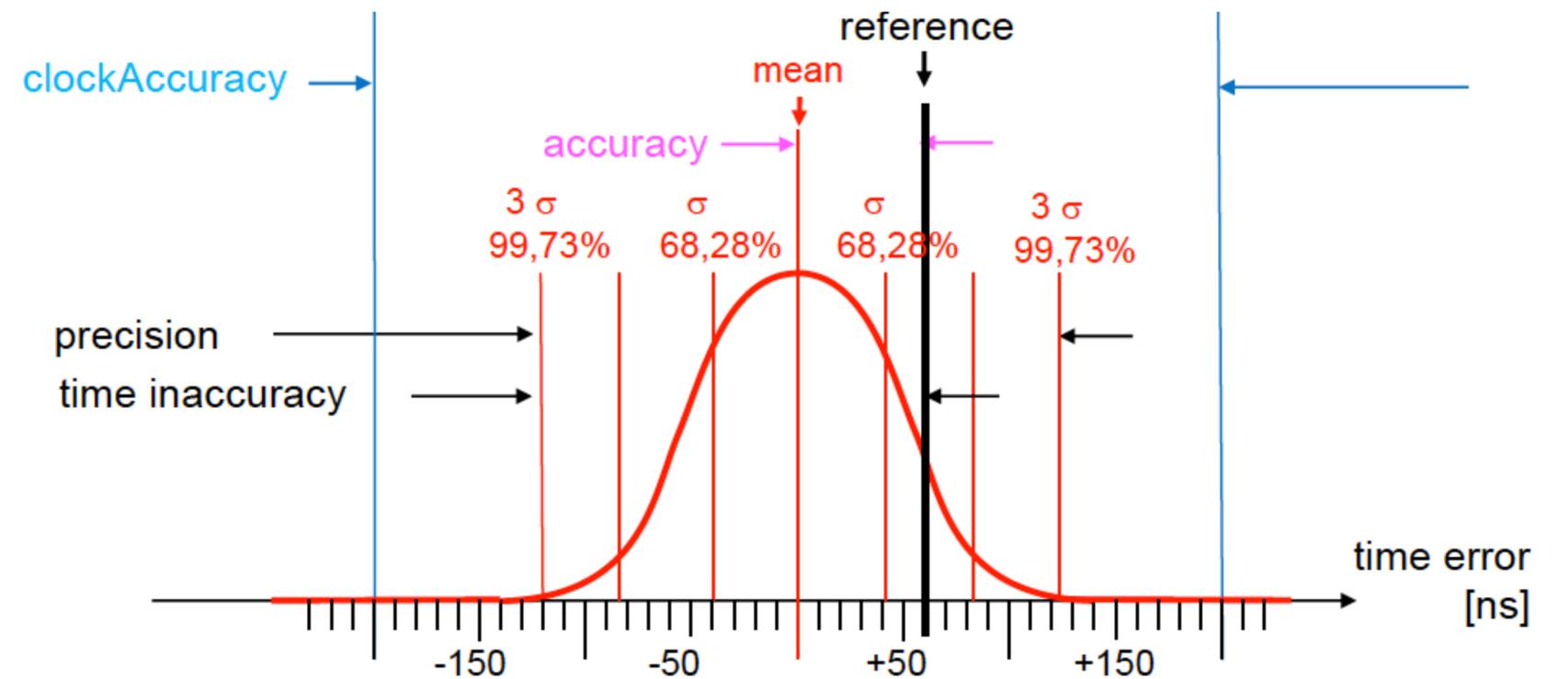
Errore di tempo (time error): deviazione dal riferimento temporale utilizzato per la misurazione o la sincronizzazione (curva rossa)

Accuratezza (accuracy): media dell'errore sul tempo o sulla frequenza tra l'orologio in esame e un orologio di riferimento perfetto (-60 ns)

stabilità (precision): deviazione dall'errore medio sul tempo o sulla frequenza tra l'orologio in esame e un orologio di riferimento perfetto (120ns con una varianza di 3σ)

Imprecisione temporale (time inaccuracy): errore temporale non superato dal 99,7% delle misurazioni, valutato su una serie di 1000 misurazioni (circa 20 minuti) in stato stazionario [IEC 62439-3] (180ns)

Accuratezza dell'orologio (clock accuracy): imprecisione temporale garantita dal produttore (± 200 ns)



Definizioni

Sincronizzazione e sintonizzazione



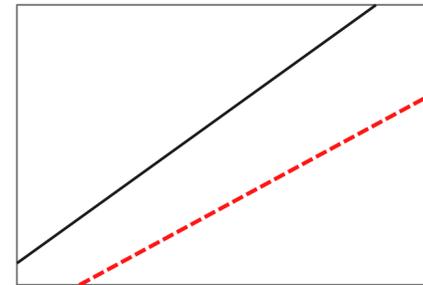
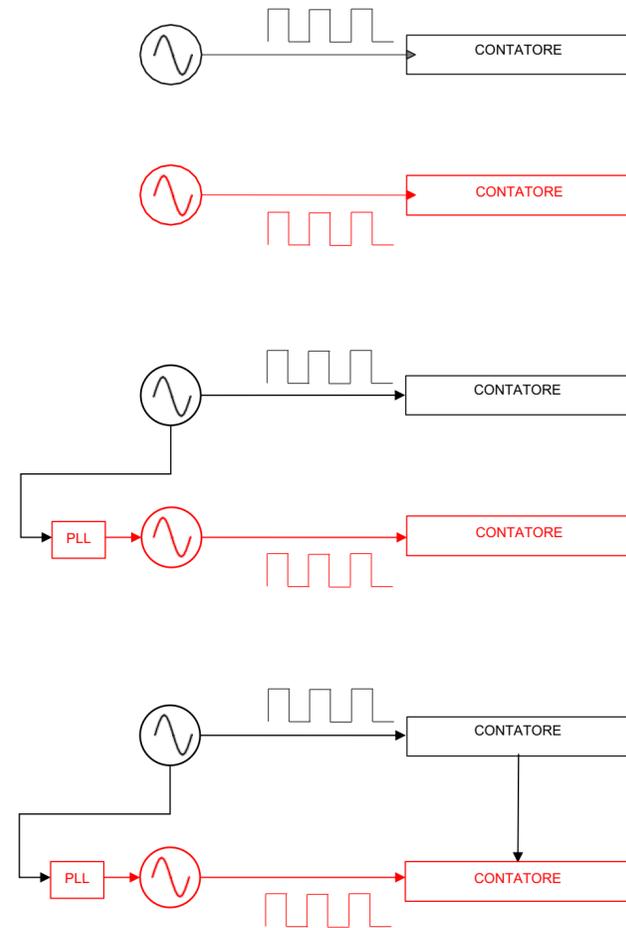
SINCRONIZZAZIONE
=
REGOLARE IL TEMPO



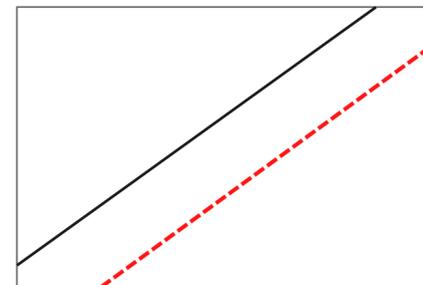
SINTONIZZAZIONE
=
REGOLARE LA FREQUENZA

Definizioni

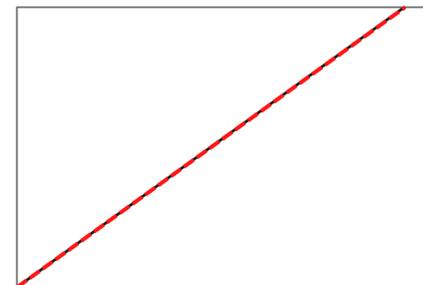
Sincronizzazione e sintonizzazione



NON SINCRONIZZATO



FREQUEUNZA
SINCRONIZZATA
(SINTONIZZATO)



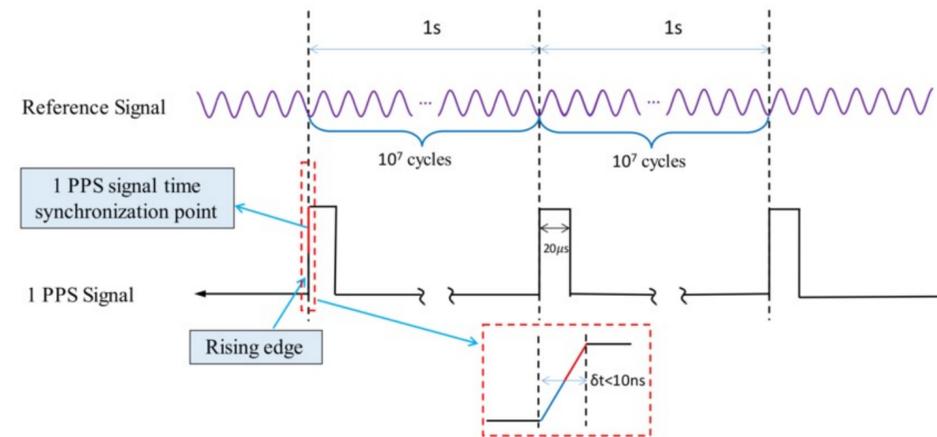
TEMPO e FASE
SINCRONIZZATI

Segnali di riferimento

Analogici

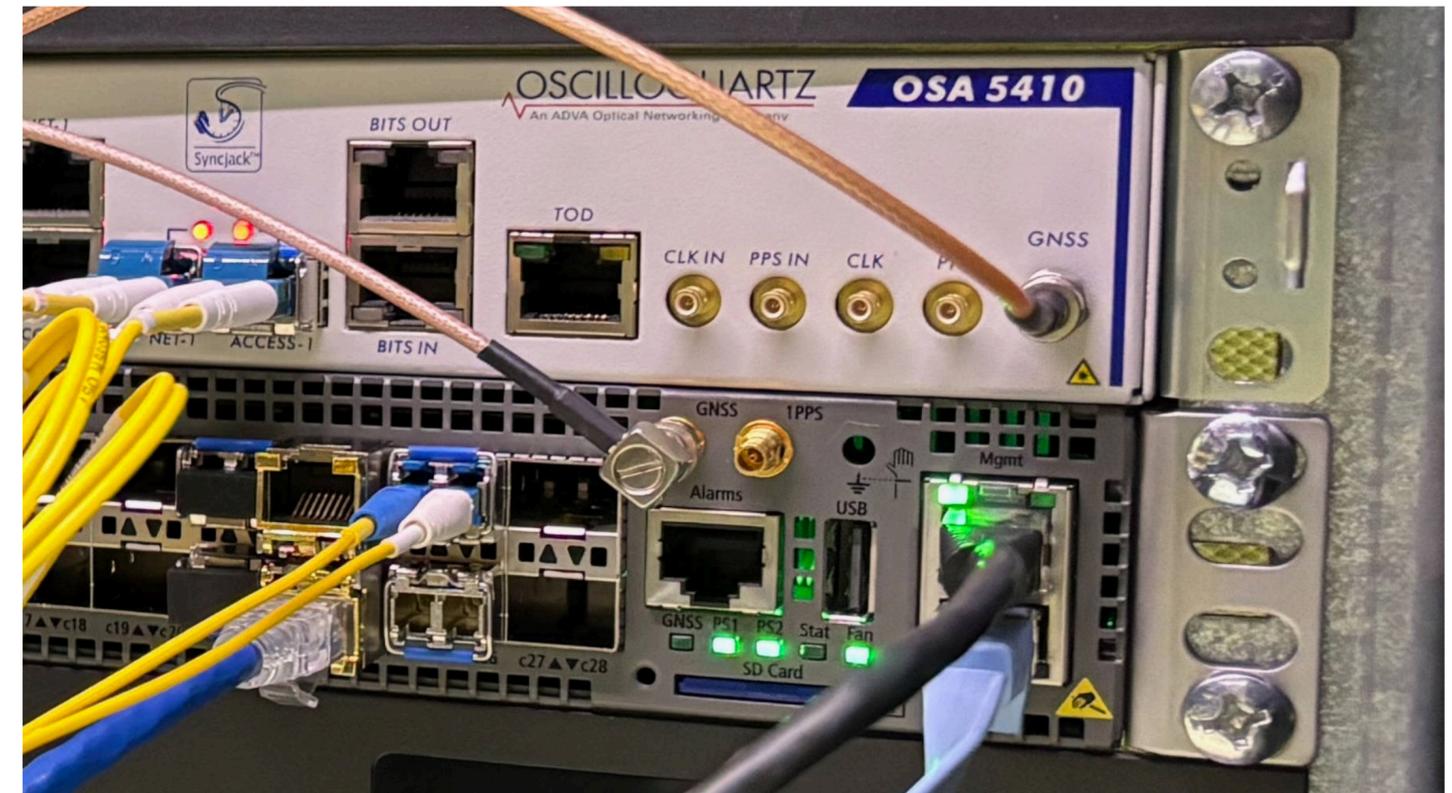
Sorgenti di riferimento temporale del secondo vengono primariamente veicolati come segnali analogici su cavo coassiale - non si parla della data e ora esatta!!

Riferimento di tempo come segnale onda quadra in tensione (PPS)



Riferimento di frequenza come segnale sinusoidale a 10MHz

È necessaria taratura lunghezza cavi (soprattutto per PPS) per considerare il ritardo introdotto dal cavo stesso (5ns/m circa)

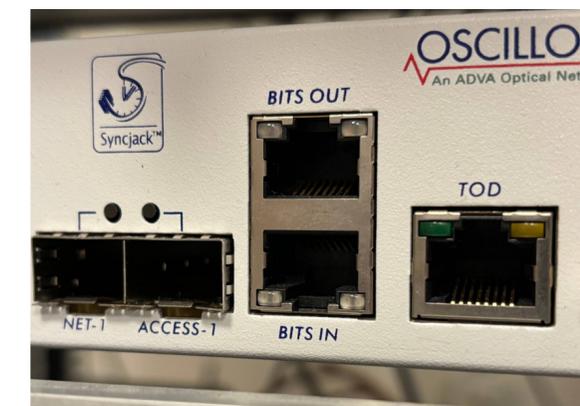


Segnali di riferimento

Time of day / Timecode

L'indicazione della data e ora esatta di riferimento viene codificata come segnale digitale.

- IRIG, segnale modulato a velocità variabile con codifica binaria utilizzabile anche come di sincronizzazione a bassa accuratezza (derivazione militare) (codifiche simili CCSA)
- NMEA, segnale seriale con codifica testuale delle informazione e bit rate variabile (derivazione mercantile, usato principalmente dai ricevitori GNSS come uscita)(codifiche simili: CISCO)
- G.8271, segnale seriale secondo standard ITU-T
- NTP



Network Time Protocol

Descrizione

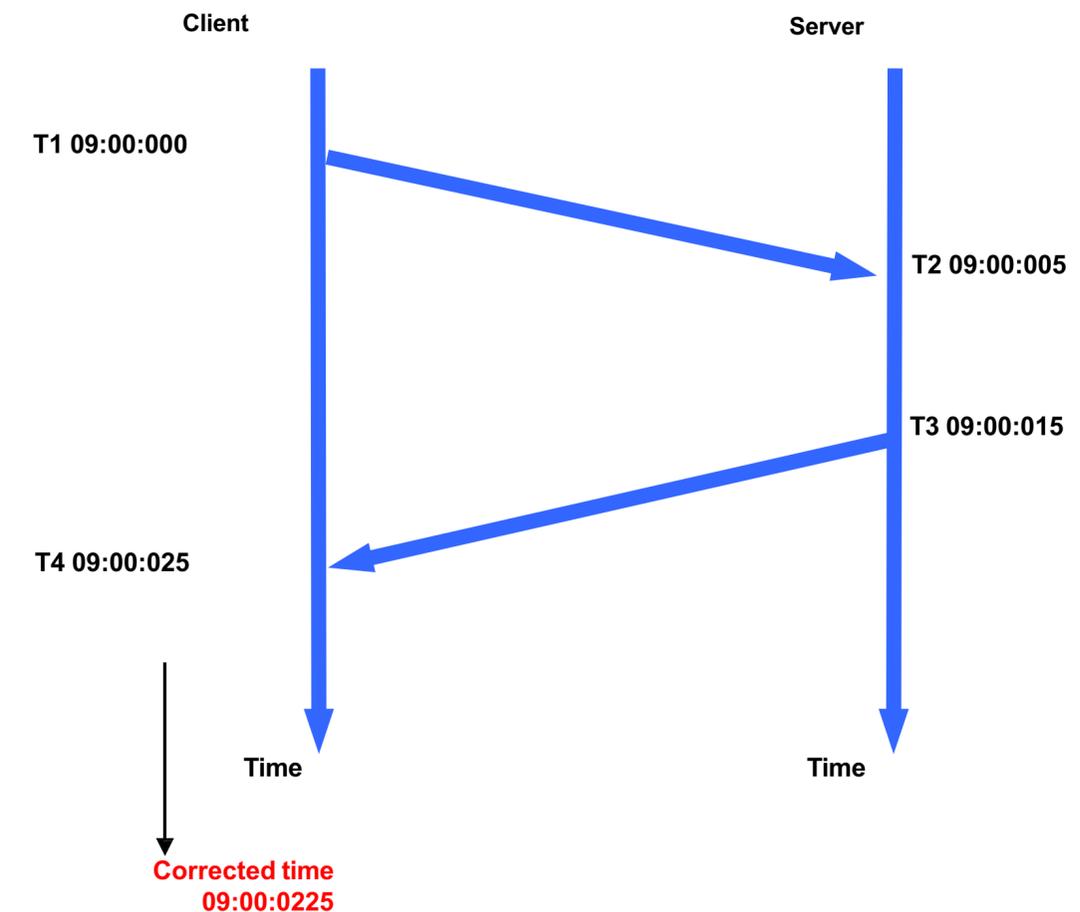
Nasce per la sincronizzazione su rete a commutazione di pacchetto, con trasporto basato su UDP

Forse uno dei protocolli più datati ancora in produzione, standardizzato in diversi RFC con radici a partire dalla Internet Engineering Note [IEN-173](#) (1980)

La differenza temporale tra i due orologi è semplicemente calcolata come

$$\text{Clock Offset} = [(T2 - T1) - (T4 - T3)] / 2$$

Distribuisce il tempo UTC con un'accuratezza nell'ordine dei millisecondi.



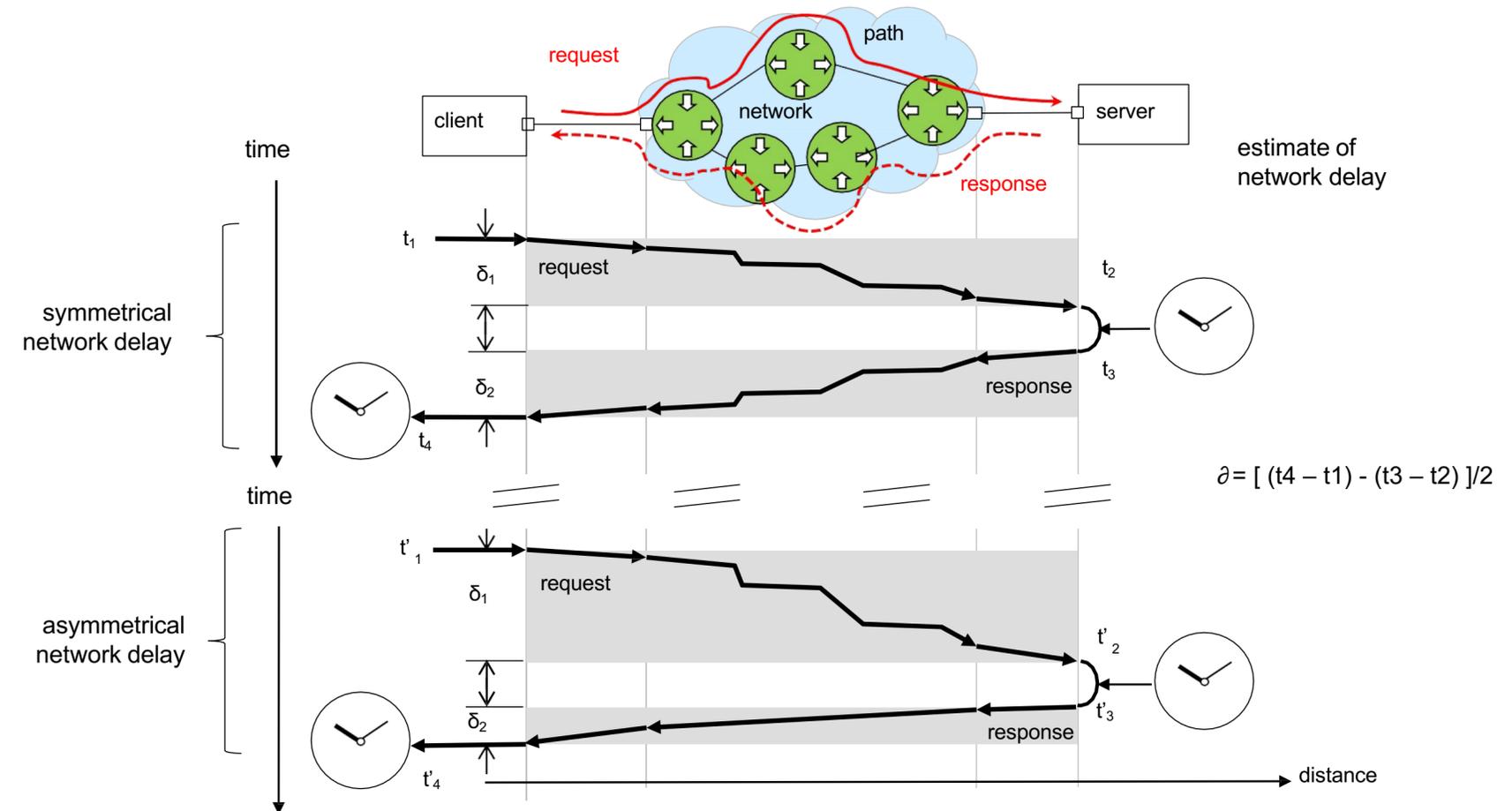
Network Time Protocol

Problemi

NTP stima solo il ritardo del percorso round trip tra server e client!

La principale assunzione del protocollo è la simmetricità del percorso di andata e quello di ritorno dei pacchetti – non garantita su Internet

Inoltre il tempo di processamento software sia lato server che lato client non viene stimato e utilizzato nel calcolo del ritardo



Precision Time Protocol (PTP)

Descrizione

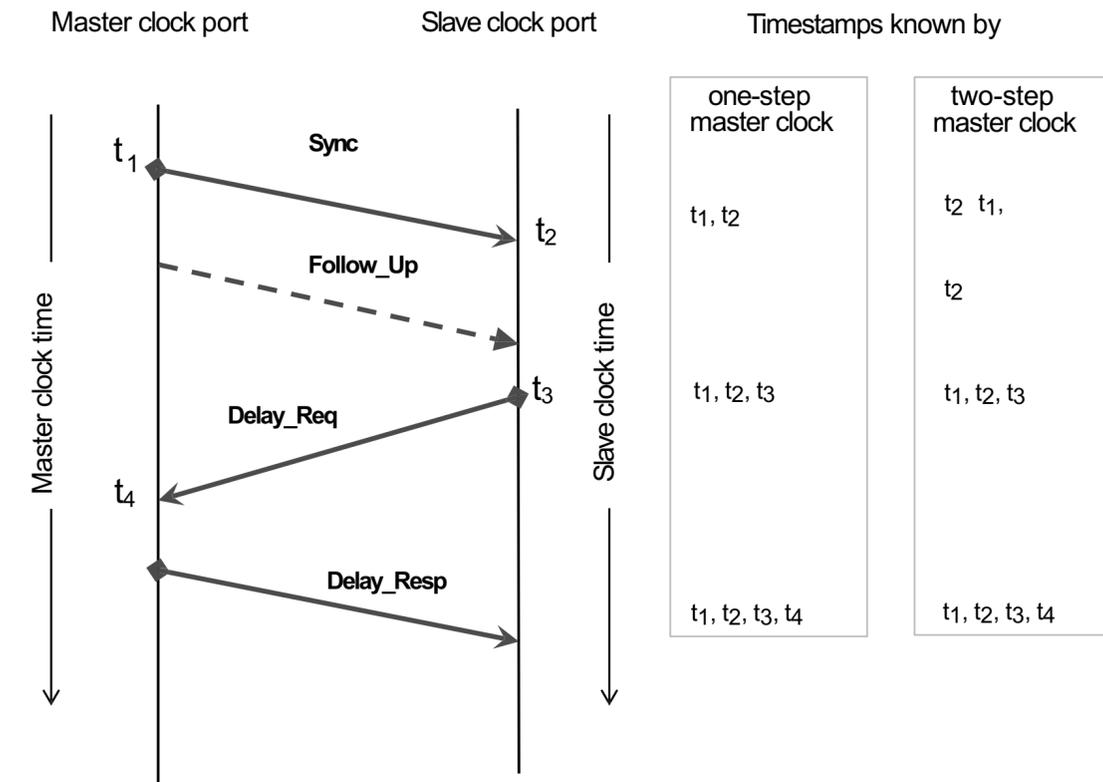
Stessi obiettivi del NTP, con alcuni miglioramenti.

Trasporto sia a livello 2 (trame Ethernet) che livello 3 (IP/UDP)

Si basa sul marcatore temporale (timestamping) hardware dei pacchetti inviati

Aggiunta dei messaggi di follow_up/delay_resp per veicolare separatamente i valori di marcatore misurati dall'host remoto senza farlo al volo

Utilizza il concetto di profili per identificare il setup di opzioni attive e configurate al fine di rispondere a criteri di prestazioni e interoperabilità per ambito di applicazione



Offset:

(slave clock error and one-way path delay)

$$\text{Offset}_{\text{SYNC}} = t_2 - t_1$$

$$\text{Offset}_{\text{DELAY_REQ}} = t_4 - t_3$$

We assume path symmetry, therefore

$$\text{Mean Path Delay} = [(t_2 - t_1) + (t_4 - t_3)] \div 2$$

$$\text{Slave Clock offset} = [(t_2 - t_1) - (t_4 - t_3)] \div 2$$

Precision Time Protocol (PTP)

Miglioramenti

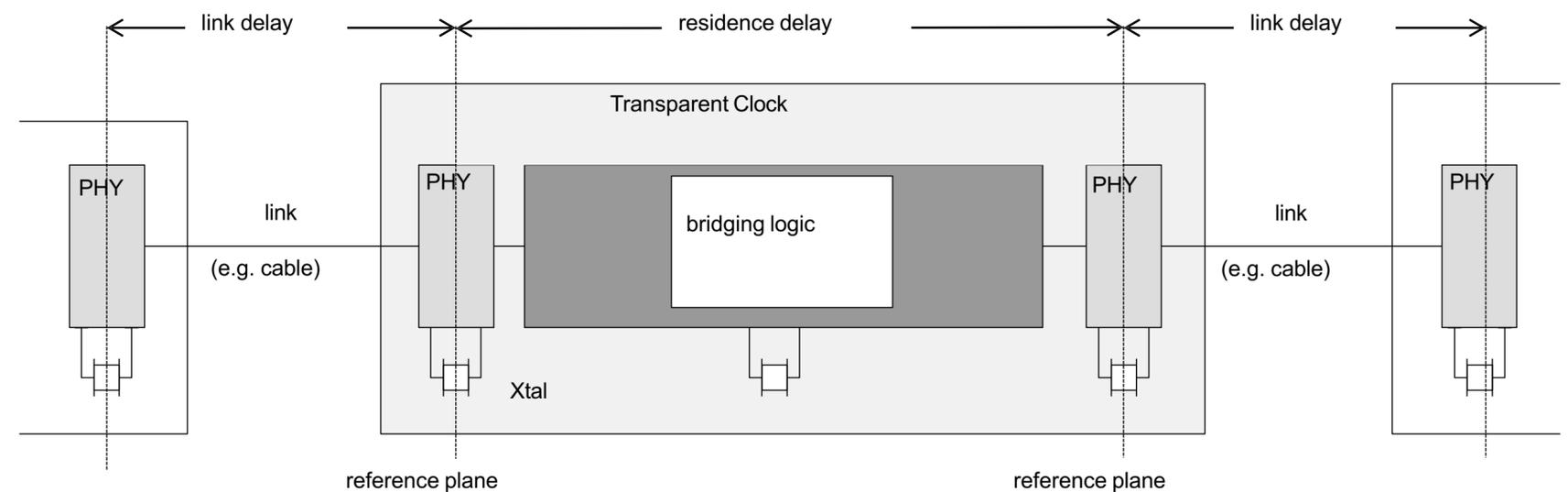
Il timestamping avviene al livello MAC dell'interfaccia di rete, in modo da eliminare ogni variabilità di processamento dei pacchetti legati a buffering e operazioni sui pacchetti da parte del router/switch/nic

È possibile recuperare un riferimento di frequenza usando molteplici scambi di pacchetti

Utilizzo del Best Master Clock Algorithm per definire la gerarchia di sincronizzazione ed evitare loop di riferimento

Possibilità di variare le prestazioni

- modificando il numero di pacchetti di sincronizzazione per secondo
- impostazione manuale del valore di asimmetria tra i percorsi di andata e ritorno (taratura)



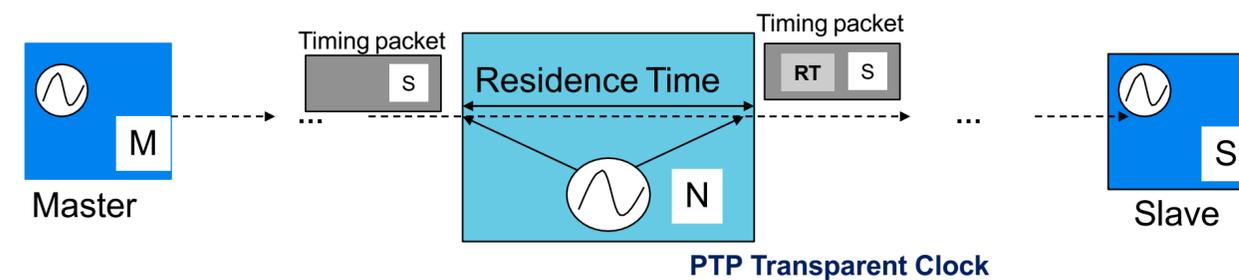
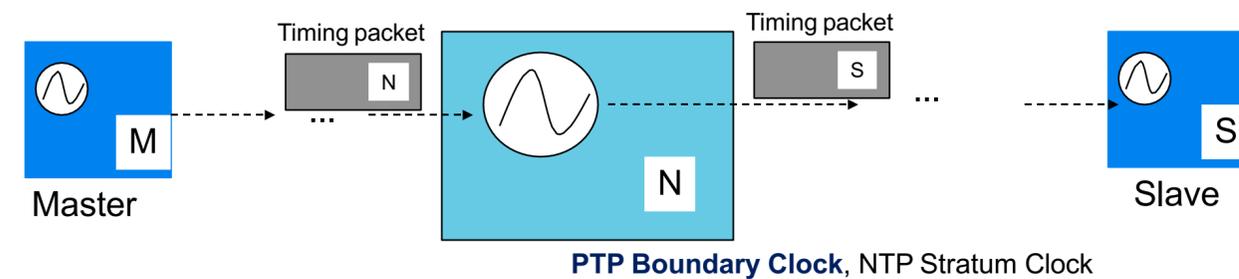
Precision Time Protocol (PTP)

Miglioramenti

PTP definisce due tipologie di supporto al protocollo per i device sul percorso di rete.

BOUNDARY CLOCK: nodo che termina i pacchetti e rigenera un clock locale dell'apparato

TRANSPARENT CLOCK: nodo che lascia passare i pacchetti aggiungendo solo l'informazione relativa al tempo di attraversamento del nodo



Synchronous Ethernet (SyncE)

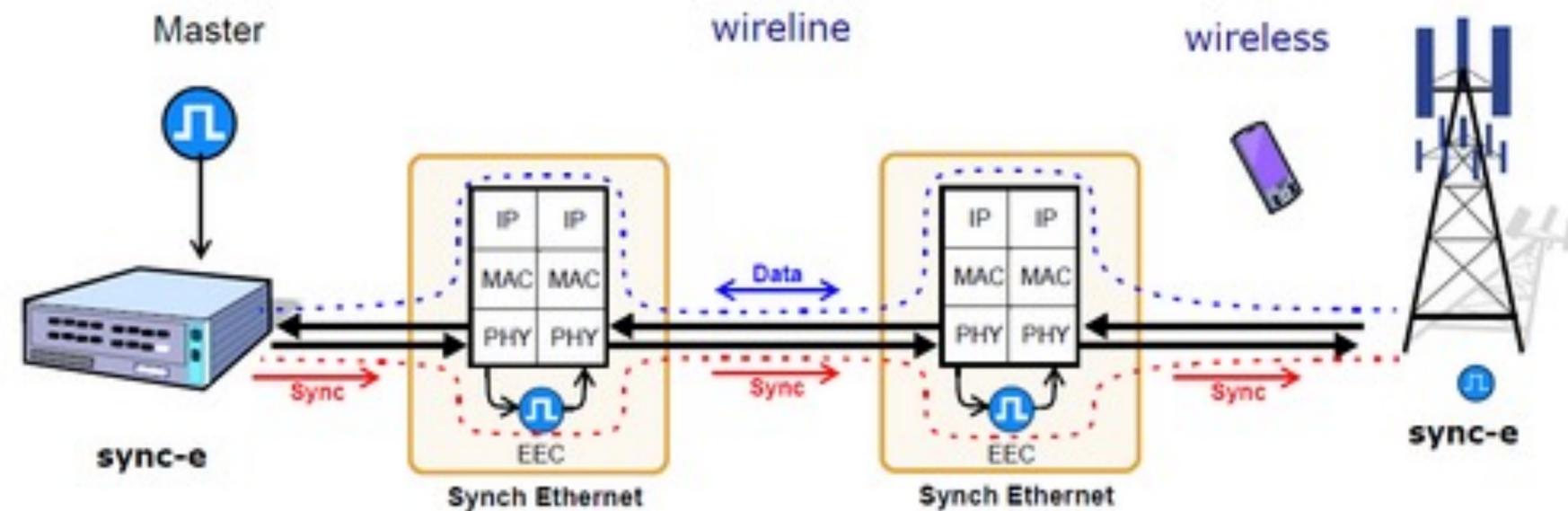
Descrizione

Standard ITU-T basato sulle specifiche SDH per il trasferimento di un riferimento di frequenza utilizzando il livello fisico Ethernet

Utilizzo di parte della trama di un frame Ethernet per trasferire un riferimento di frequenza all'orologio del dispositivo di rete

Creazione di un canale di signaling ESMC basato sul sistema SSM di SDH per la propagazione delle caratteristiche dell'orologio di riferimento finalizzate alla selezione della sorgente ed evitare timing loop

Richiede architetture di rete altamente gerarchiche con supporto di SyncE su tutti i link di rete



Generazione di un orologio locale

Setup comune

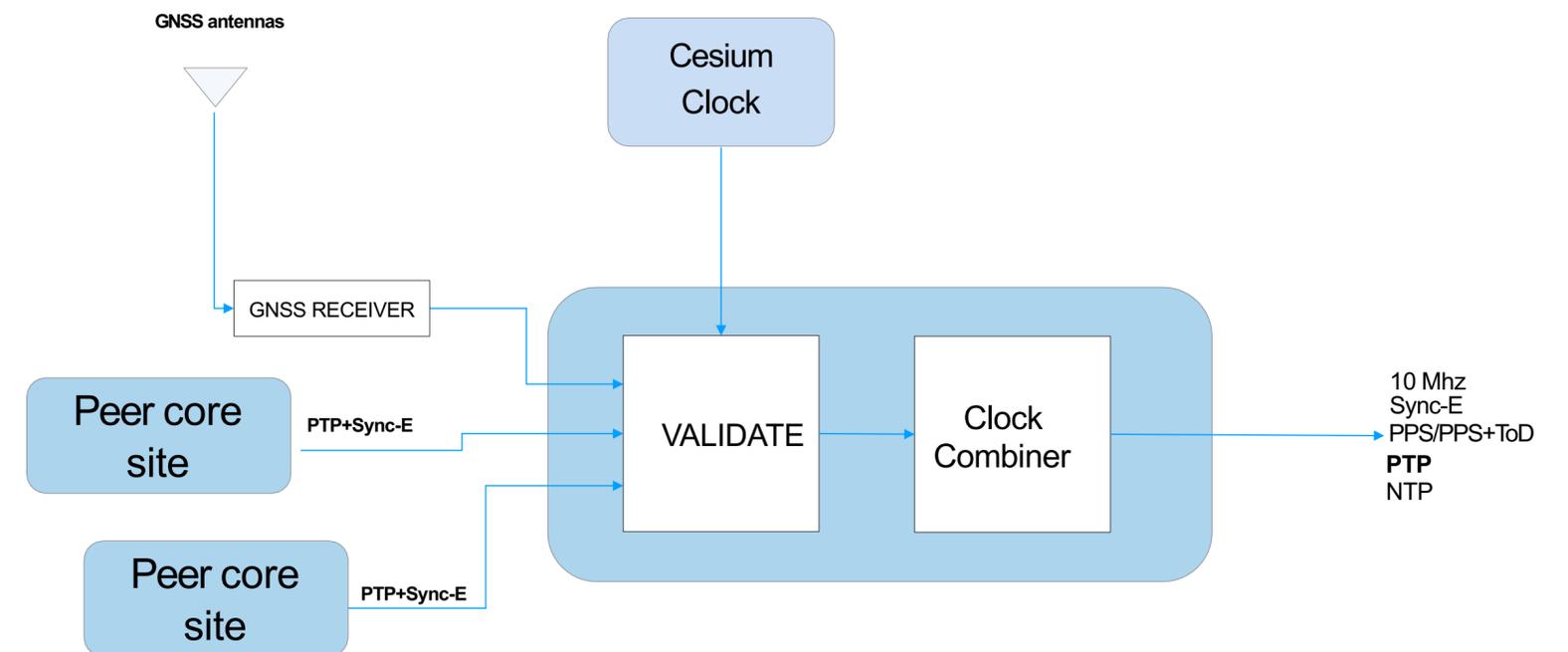
Il dispositivo di rete responsabile della distribuzione del timing di rete combina le sorgenti in base al livello di qualità segnalato/priorità impostato dall'utenze

Utilizzo di PTP+SyncE su vettore cablato, molteplici GNSS su vettore radio

In caso di guasto, possibilità di uso di un orologio di riferimento in frequenza di alta qualità (orologio atomico al Cesio)

Generazione di segnali di riferimento in uscita su tutti gli standard

Capacità di monitoraggio dei KPI di ogni sorgente e confronto mutuo tra diverse sorgenti



Nuovi standard

Network time security (NTS) e PTP 2.1

NTP/PTP sono vulnerabili:

- permeabile ad attacchi di tipo man-in-the-middle, spoofing, replay
- autenticazione basata su shared secret e MD5/SHA1

NTS (RFC8915) è l'evoluzione di NTP con l'aggiunta di autenticazione e cifratura:

- autenticazione basata su TLS
- cifratura basata su AES, con offload del processo ad altro server
- Immune ad attacchi MITM e replay

PTP 2.1 (IEEE 1588-2019) aggiunge degli elementi TLV di autenticazione basati su chiave simmetrica all'interno dei pacchetti

TaaS - Time as a Service

Il servizio

Tracciabile a UTC(IT)

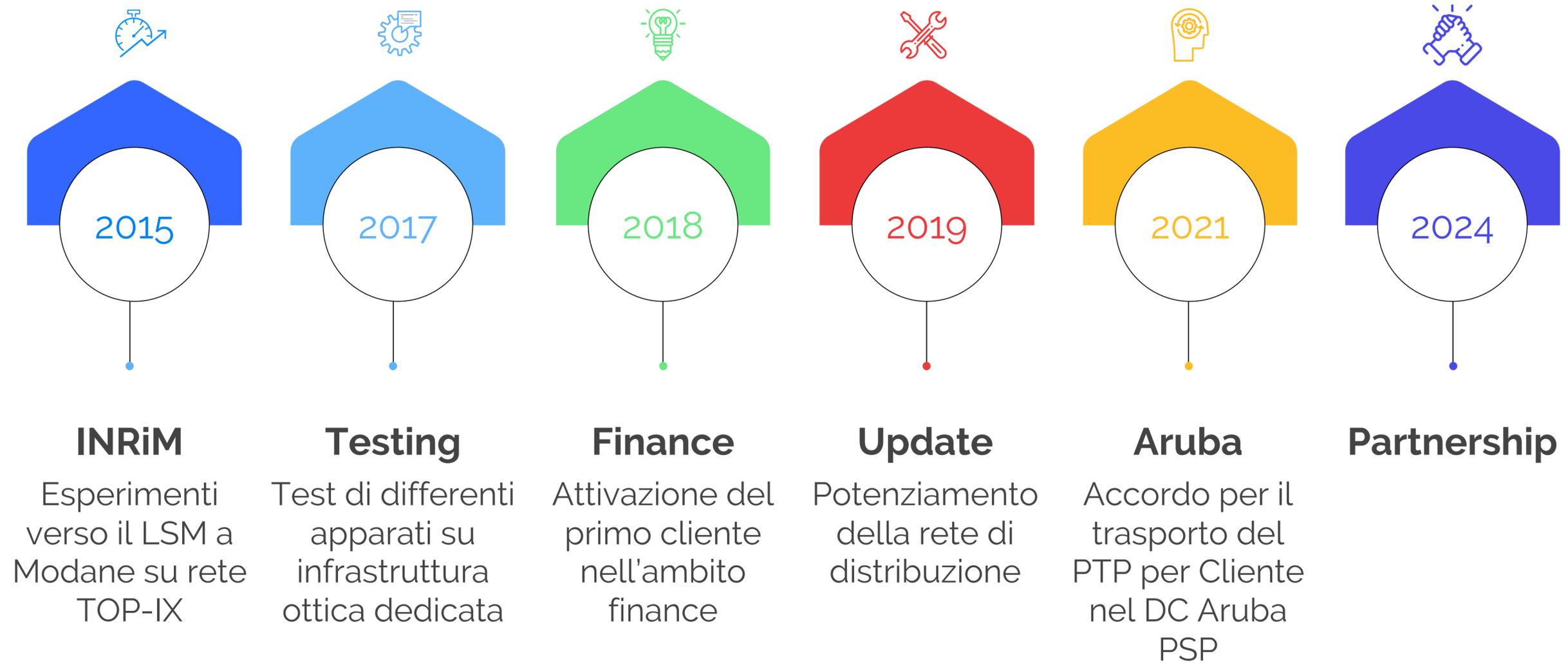
Basic: NTP server disponibile su **rete privata** a tutti gli afferenti alla piattaforma IX Top-IX (**gratuitamente**)

Premium: basato su **PTP+SyncE**



TaaS - Time as a Service

Timeline



Servizi di sincronizzazione da un IXP

Che succede in Europa

LINX offre da molti anni un servizio NTP <https://www.linx.net/services/additional-services/>

ESpanix offre servizi NTP e PTP <https://www.espanix.net/en/espanixtime/>

NETNOD ha un portafoglio completo di servizi : <https://www.netnod.se/landing-page/netnod-time>
Coinvolto anche per la sincronizzazione di reti 5G in fase di realizzazione

NEUTRALITA' come chiave di successo, garanzia di non competizione ed equa collaborazione con tutti gli operatori commerciali sul mercato

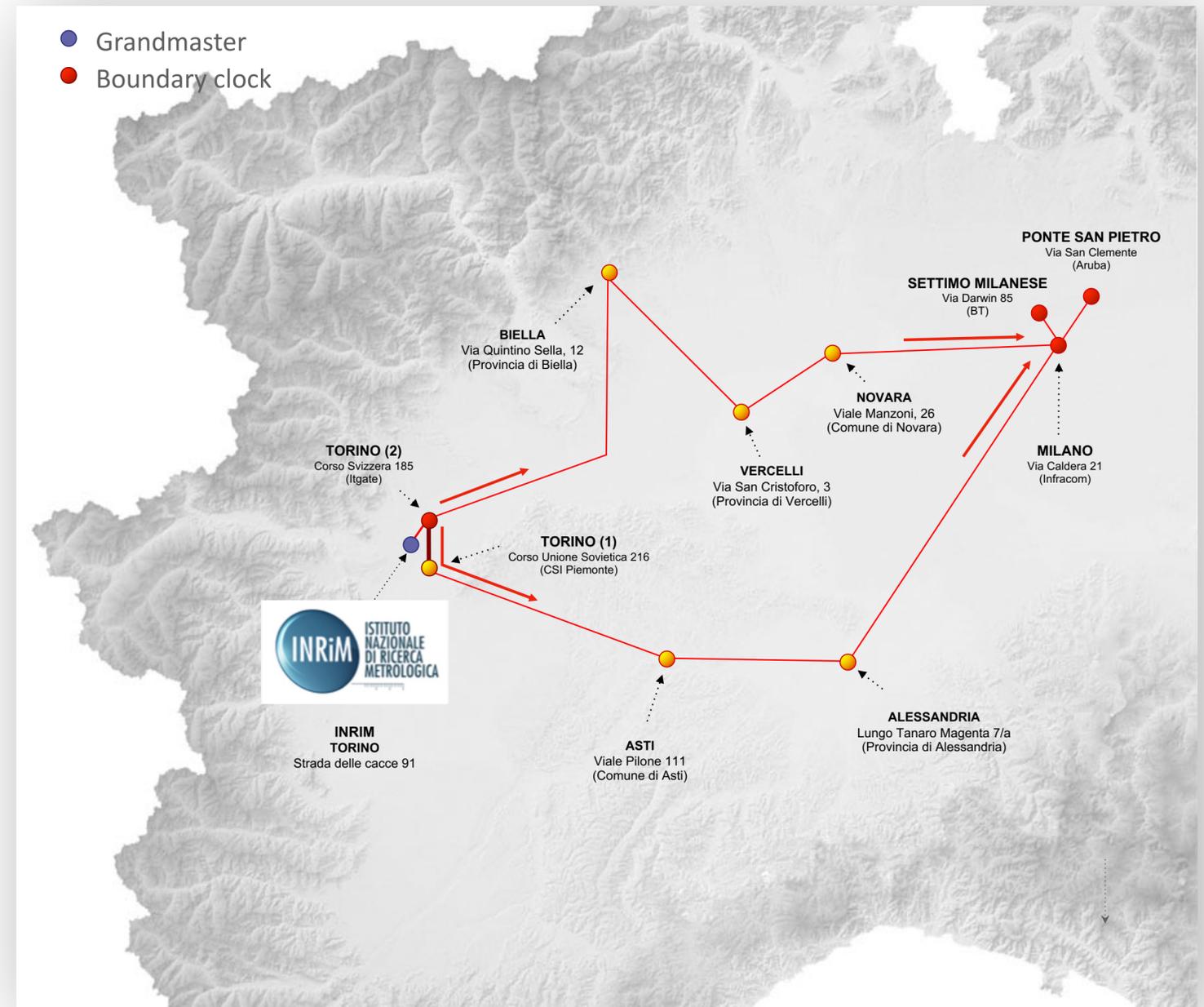
TaaS - Time as a Service

Infrastruttura

Infrastruttura ridondata sul backbone TOP-IX

Collegamenti punto-punto basati su **G8275.1 Ethernet Multicast** e link fisici su lambda aliene dedicate @1Gb

I device fungono da Boundary clock (porta/e Slave e porta/e Master di propagazione o consegna) con KPI dei delay Slave-Master e Master-Slave per garantire l'accuratezza.



TaaS - Time as a Service

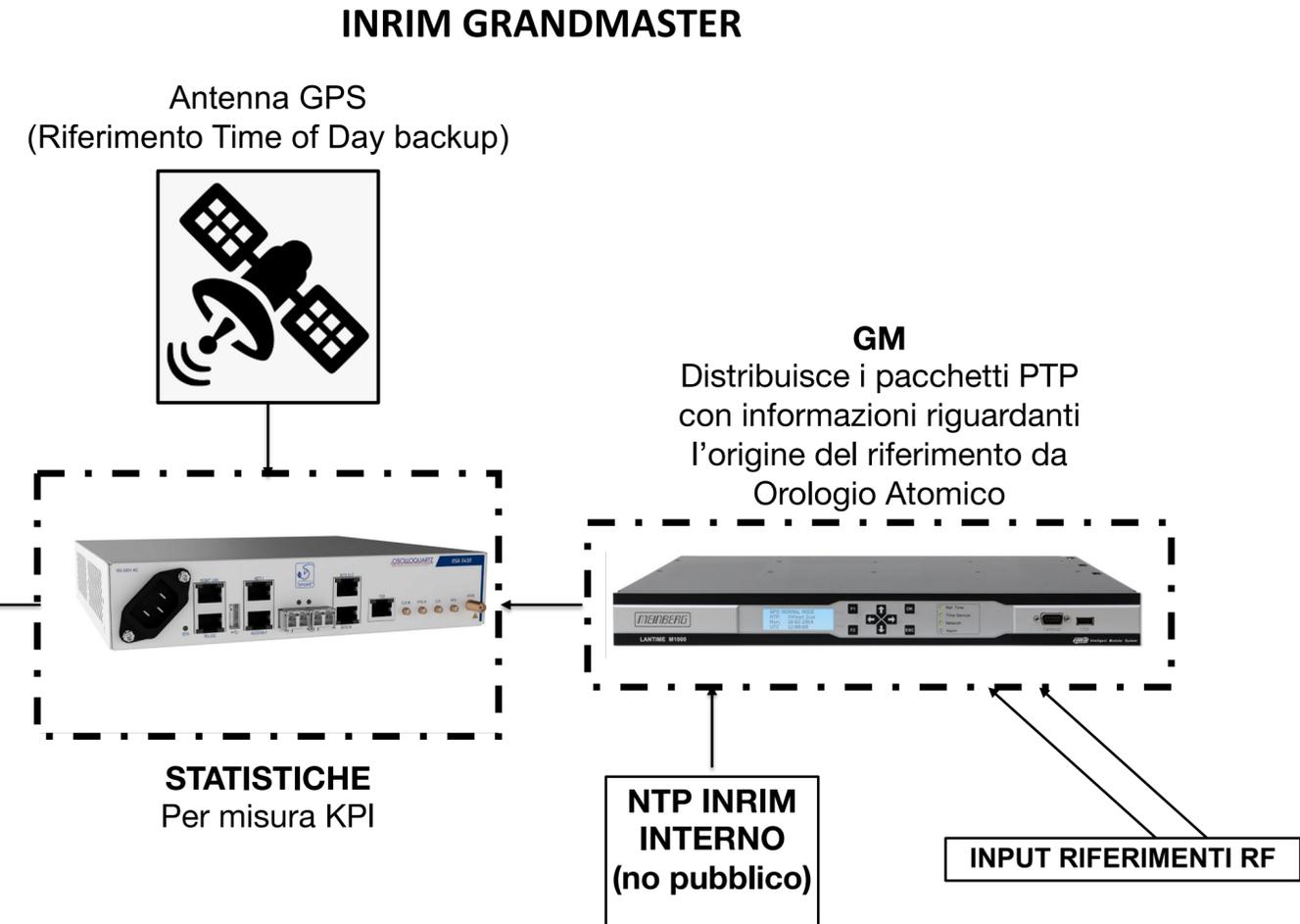
Infrastruttura

Struttura nodo di partenza presso INRIM Torino

Apparati ridondati

Data base Time Series per l'acquisizione dei KPI di misura e monitoraggio

Dashboard personalizzata realtime con storico basato su log testuali



TIME INTERVAL COUNTER

Monitoraggio

TaaS - Time as a Service

Tracciabilità e Taratura

Il setup e l'installazione di nuovi punti di distribuzione prevedono una taratura del tempo consegnato attraverso strumentazione certificata di INRiM.

Necessaria la compensazione delle eventuali asimmetrie del percorso fisico.

Il monitoraggio del GrandMaster in INRiM e dei KPI raccolti permettono la tracciabilità ad UTC(IT).



Orologio al Cesio trasportabile della scala UTC(IT)



Ricevitore GNSS ad alta precisione con antenna geodetica

Strategia di implementazione

Approccio Federato/Partnership

I servizi di sincronizzazione sono ormai considerati **SERVIZI CRITICI** per il funzionamento di alcuni servizi essenziali in Italia

TOP-IX si propone come attore in grado di fornire tali servizi su **scala nazionale** attraverso un **approccio federato in partnership** con altri soggetti

Partnership attualmente attive:

- **Aruba**
- **NaMeX**

La **neutralità** insita nelle attività di IXP (soprattutto se su base associativa/consortile) è fondamentale nell'operatività di questi servizi



THANKS!

Web: www.top-ix.org

E-mail: alessandro.galardini@top-ix.org