

A solid orange vertical bar is located on the far left side of the image, extending from the top to the bottom.

NTP

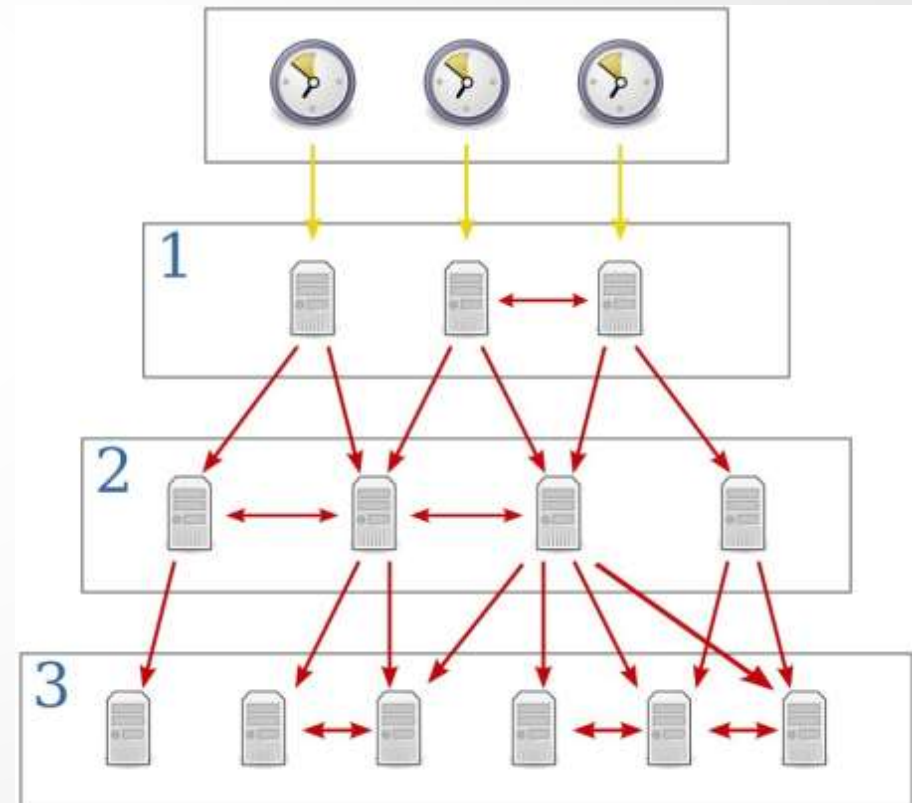
NETWORK TIME PROTOCOL

NTP – Aspectos generales

- NTP es un protocolo cuyo propósito es sincronizar relojes de equipos a través de redes con latencia variable.
- Se definió en:
 - NTPv3 RFC 1305
 - SNTPv4 RFC 2030
 - NTPv4 RFC 5905
- Protocolo de transporte
 - UDP
- Puerto del servicio
 - 123
- Precisión:
 - 10 milisegundos a través de Internet
 - 200 microsegundos en LAN

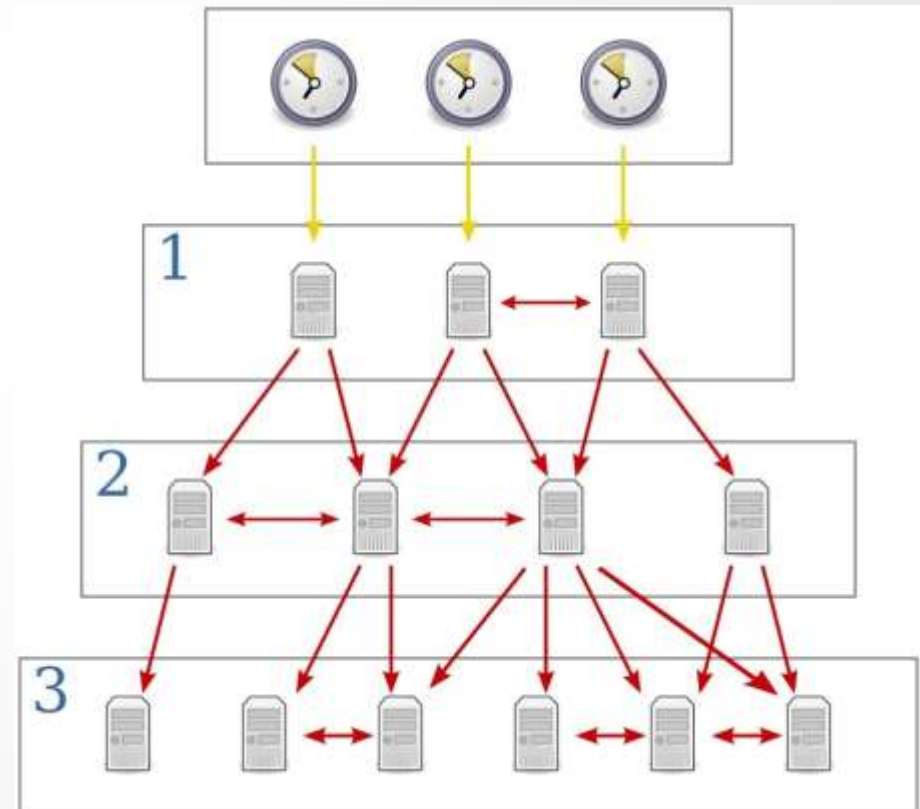
NTP – Arquitectura

- NTP utiliza una arquitectura jerárquica, en la que cada nivel denominado **stratum** se enumera de cero (0) a tres (3).
- Stratum 0. dispositivos de tiempo de alta precisión v.g. relojes atómicos, GPS u otros. Son los relojes de referencia. Los servidores NTP puede anunciarse como stratum 0.
- Stratum 1. Computadores conectados directamente a dispositivos de stratum 0. Su tiempo de sistema se sincroniza con márgenes de unos cuantos microsegundos de sus dispositivos conectados. Los servidores de stratum 1 pueden hacer par con otros servidores stratum 1 para control de precisión y backup. Se conocen como servidores de tiempo primarios.



NTP – Arquitectura

- Stratum 2. Son computadores que están sincronizados a través de la red con servidores stratum 1. Un computador stratum 2 puede consultar a varios servidores stratum 1 y seleccionar la representación de tiempo más precisa de entre estos. Los computadores stratum 2 pueden hacer par con otros computadores stratum 2 para proporcionar tiempo más estable y robusto a todos los dispositivos en el grupo de pares.
- Stratum 3. Computadores que se sincronizan con servidores stratum 2. Usan los mismos algoritmos para emparejamiento y muestreo de datos que stratum 2 y pueden actuar como servidores para computadores stratum 4 y así, sucesivamente hasta stratum 15



Modos de operación NTP

- Servidor primario
 - Se sincroniza con un reloj de referencia UTC (Coordinated Universal Time) como GPS, Galileo, etc.
- Servidor secundario
 - Se asocia a uno o más servidores upstream y a uno o mas servidores downstream y clientes
- Cliente
 - Se sincroniza con uno o mas servidores
 - No provee sincronización

Modos de Protocolo NTP

- Modos de asociación: la relación entre dos pares NTP
 - Simétrico
 - Cliente/servidor
 - Difusión
 - Adicionalmente se definen:
 - Asociación persistente – activada al inicio y no se desactivan nunca
 - Asociación efímera – activadas a la llegada de un paquete y desactivadas en caso de errores o timeout

Association Mode	Assoc. Mode Value	Packet Mode Value
Symmetric Active	1	1 or 2
Symmetric Passive	2	1
Client	3	4
Server	4	3
Broadcast Server	5	5
Broadcast Client	6	N/A

Modos de Protocolos NTP

- Modos de asociación cliente/servidor:
 - Cliente/servidor
 - Un cliente persistente envía paquetes de modo 4 al servidor
 - El servidor devuelve paquetes de modo 3
 - Los servidores proveen sincronización a uno o mas clientes, pero no acepta sincronización de estos
 - Un servidor puede ser también un generador de reloj de referencia que obtiene el tiempo directamente de una fuente estándar como un receptor GPS
 - Los clientes extraen sincronización de los servidores

Modos de Protocolos NTP

- Modos simétrico:
 - Un par opera tanto como un servidor como como un cliente usando sea una asociación simétrica activa o pasiva.
 - Una asociación simétrica activa persistente envía paquetes simétricos activos (modo 1) a la asociación par simétrica activa
 - Alternativamente, puede activarse una asociación simétrica pasiva efímera a la llegada de una paquete simétrico activo sin asociación coincidente.
 - La asociación envía paquetes simétricos pasivos (modo 2) y persiste hasta que ocurre un error o un timeout.
 - Ambas partes envían y extraen sincronización entre si.

Modos de Protocolos NTP

- Modos difusión:
 - Una asociación de servidor de difusión persistente envía paquetes de servidor de difusión (modo 5) periódicos que pueden ser recibidos por múltiples clientes.
 - Al recibir un paquete de servidor de difusión sin una asociación coincidente, se activa una asociación de cliente de difusión efímera (modo 6) y persiste hasta un error o un timeout
 - Un servidor de difusión envía sincronización a los clientes y otros servidores.

Detección dinámica de servidores

- Existen dos asociaciones especiales que proveen una función de detección dinámica de servidores: cliente manycast y servidor manycast
- Asociaciones de cliente manycast:
 - Persistente:
 - El cliente envía paquetes de cliente (modo 3) a una dirección designada de grupo de difusión o multicast IPv4 o IPv6.
 - Los servidores manycast designados dentro del rango del campo TTL en el encabezado del paquete escuchan por paquetes con tal dirección.
 - Si un servidor esta disponible para sincronización, devuelve un paquete (modo 4) usando la dirección unicast del cliente.
 - Cuando el cliente recibe el paquete, activa una asociación de cliente efímera (modo 3).
 - La asociación efímera persiste hasta que ocurre un error o un timeout.
 - Efímera:
 - Las asociaciones efímeras compiten entre si.
 - El cliente selecciona al mejor candidato y las demás se desactivan a su vencimiento.

Paquete NTP

- El paquete NTP tiene el siguiente formato:
 - *LI – Leap Indicator*: Advierte de un inminente incremento o decremento de un segundo en el ultimo minuto del mes actual.
 - *VN – Version Number*: Versión de NTP.
 - *Mode*: Indica el modo de asociación.
 - *Stratum* – Estrato: representa el estrato
 - *Poll* – número con signo. Indica el intervalo máximo de tiempo entre dos mensajes sucesivos expresado en segundos y como la potencia de 2 más cercana
 - *Precision* – Entero con signo que indica la precisión del reloj local expresado en segundos a la potencia de 2 más cercana

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
LI		VN		Mode		Stratum					Poll					Precision															
Root Delay																															
Root Dispersion																															
Reference ID																															
Reference Timestamp (64)																															
Origin Timestamp (64)																															
Receive Timestamp (64)																															
Transmit Timestamp (64)																															
Extension Field 1 (variable)																															
Extension Field 2 (variable)																															
Key Identifier																															
dgst (128)																															

Paquete NTP

- Campos de mensaje NTP:
 - *Root Delay* – Indica el retardo estimado del round-trip respecto a la fuente de referencia primaria.
 - *Root Dispersion* – Indica la dispersión estimada respecto a la fuente de referencia primaria
 - *Reference ID* – Identifica el reloj de referencia y el tiempo de su última actualización, con el propósito de utilizarse en funciones de gestión
 - *Reference Timestamp* – Indica el tiempo de la ultima actualización del reloj de referencia.
 - *Origin Timestamp* – el tiempo en el que se originó el ultimo mensaje NTP recibido, copiado de su campo Transmit Timestamp al llegar
 - *Receive Timestamp* – El tiempo local cuando el ultimo mensaje NTP fue recibido.
 - *Transmit Timestamp* – El tiempo local cuando el ultimo mensaje NTP fue transmitido

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
LI	VN	Mode	Stratum												Poll										Precision						
Root Delay																															
Root Dispersion																															
Reference ID																															
Reference Timestamp (64)																															
Origin Timestamp (64)																															
Receive Timestamp (64)																															
Transmit Timestamp (64)																															
Extension Field 1 (variable)																															
Extension Field 2 (variable)																															
Key Identifier																															
dgst (128)																															

Paquete NTP

- Campos de mensaje NTP:
 - Extension Field 1
 - Extension Field 2
 - Key Identifier
 - dgst –
- **Obs:**
 - Timestamp registra el número de segundos relativos a UTC.
 - UTC inició a medir el tiempo el 01 de enero de 1972.
 - El inicio conceptual del tiempo NTP es *01 de enero de 1900*.
 - El timestamp NTP se codifica como un número sin signo de 64 bits en el que los primeros 32 bits codifican la parte entera del timestamp y los últimos 32 bits codifican la parte fraccional.
 - Los 32 bits de precisión proporcionan casi 232 picosegundos de exactitud.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
LI	VN		Mode		Stratum										Poll								Precision								
Root Delay																															
Root Dispersion																															
Reference ID																															
Reference Timestamp (64)																															
Origin Timestamp (64)																															
Receive Timestamp (64)																															
Transmit Timestamp (64)																															
Extension Field 1 (variable)																															
Extension Field 2 (variable)																															
Key Identifier																															
dgst (128)																															

Paquete NTP

- Leap Indicator (LI)

Value	Meaning
0	no warning
1	last minute of the day has 61 seconds
2	last minute of the day has 59 seconds
3	unknown (clock unsynchronized)

- Mode

Value	Meaning
0	reserved
1	symmetric active
2	symmetric passive
3	client
4	server
5	broadcast
6	NTP control message
7	reserved for private use

- Stratum: Indica el nivel del servidor local

Value	Meaning
0	unspecified or invalid
1	primary server (e.g., equipped with a GPS receiver)
2-15	secondary server (via NTP)
16	unsynchronized
17-255	reserved

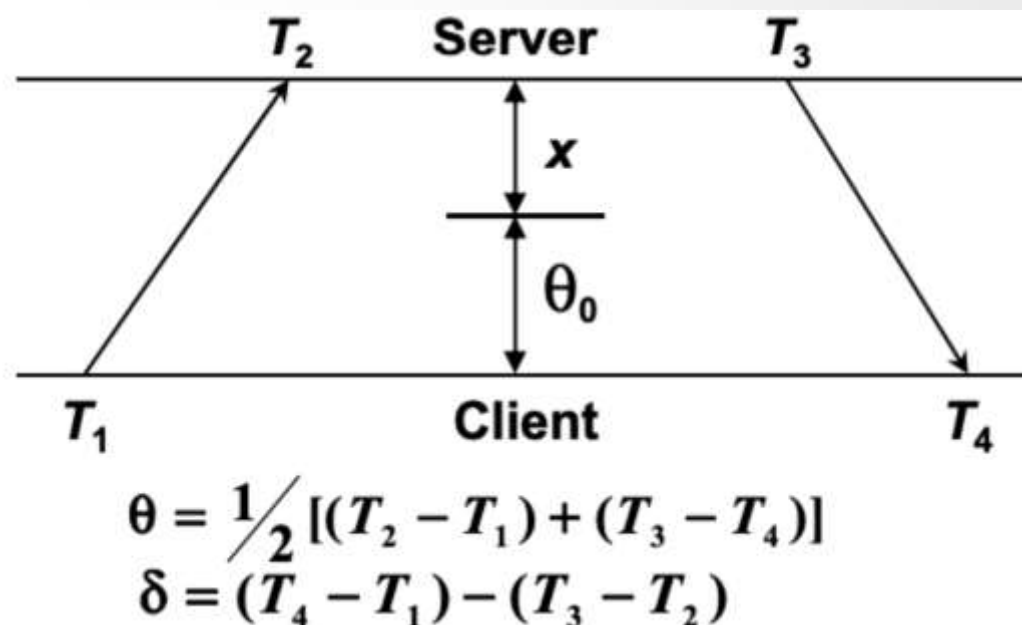
Algoritmo de sincronización de reloj

- Un cliente NTP requiere regularmente el tiempo actualizado de uno o mas servidores NTP.
- Cuando recibe los datos de tiempo, el cliente calcula la compensación y el retardo RTT de acuerdo al siguiente diagrama:
- La compensación es la diferencia entre dos relojes:

$$\theta = \left| \frac{(t_2 - t_1) + (t_3 - t_4)}{2} \right|$$

- El retardo de red se calcula como:

$$\delta = (t_4 - t_1) - (t_3 - t_2)$$



Algoritmo de sincronización de reloj

- t_1 – marca de tiempo de la transmisión del paquete de petición del cliente
- t_2 – marca de tiempo de la recepción del paquete de petición en el servidor.
- t_3 – marca de tiempo de la transmisión del paquete de respuesta del servidor.
- t_4 – marca de tiempo de recepción del paquete de respuesta en el cliente.

Ejercicio

- Explique el algoritmo de ajuste de hora en el NTP

Referencias

- <https://www.ecured.cu/NTP>
- <https://tools.ietf.org/html/rfc5905>
- <https://tools.ietf.org/html/rfc8633>
- <https://tools.ietf.org/html/rfc1305>
- <https://www.incibe-cert.es/blog/ntp-sntp-y-ntp-sincronizacion-tiempo-necesito>
- <https://www.eecis.udel.edu/~mills/ntp.html>
- <http://www.ntp.org/>