



equicomferencia²⁰²¹
HITELESSÉG | SZAKMAISÁG | INNOVÁCIÓ

Óraszinkronizáció az 5G-ben

Lizskai János

| senior rendszermérnök

| +36 20 267 7027

| lizskai.janos@equicom.hu

Elvárások az 5G hálózatokkal szemben

Miért 5G?

A *The Next Generation Mobile NetWorks Alliance* már 2015-ben felhívta a figyelmet arra, hogy szükséges van egy olyan rendszerre, amely megnyitja az utat a IoT elterjedéséhez.

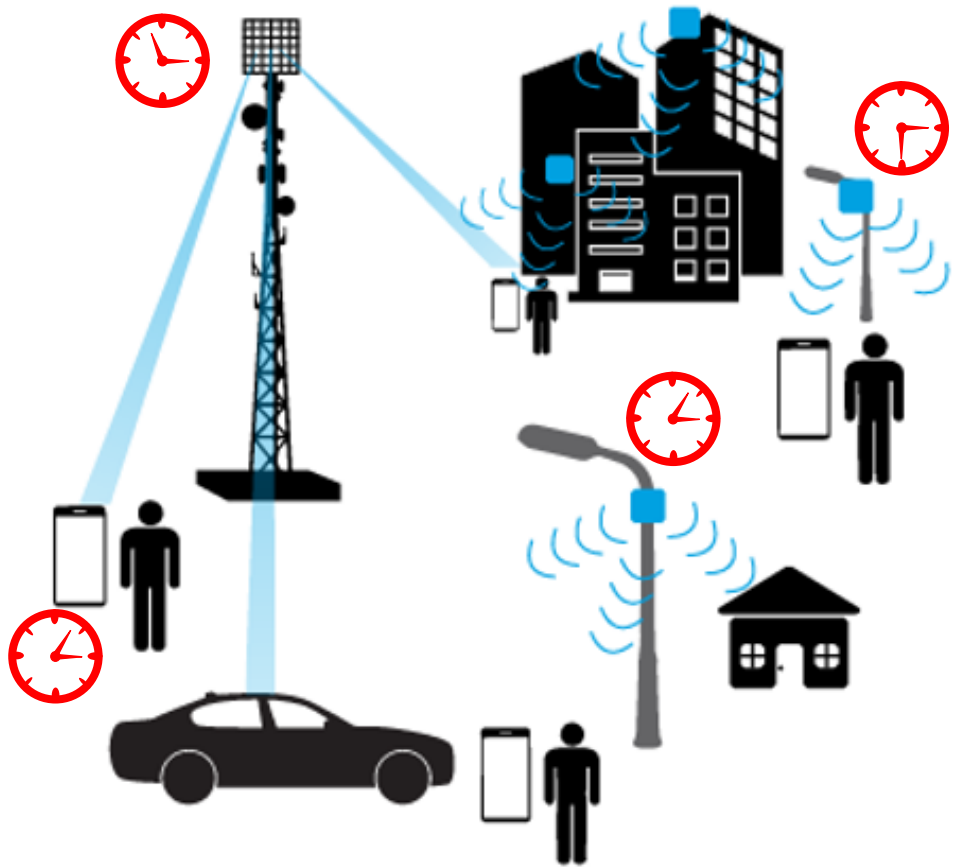
Elvárások:

- Több tízezer felhasználó és több 10 Mbps sebesség
- 100 Mbps nagyvárosi környezetben
- Irodai környezetben legalább 1Gbps sebesség
- Több százezer szenzoros kapcsolat
- Nagyobb lefedettség
- Jelentős spektrális hatékonyságnövekedés
- Energiahatékonyság
- Csökkenő késleltetés LTE-hez képest



5G RF teljesítmény

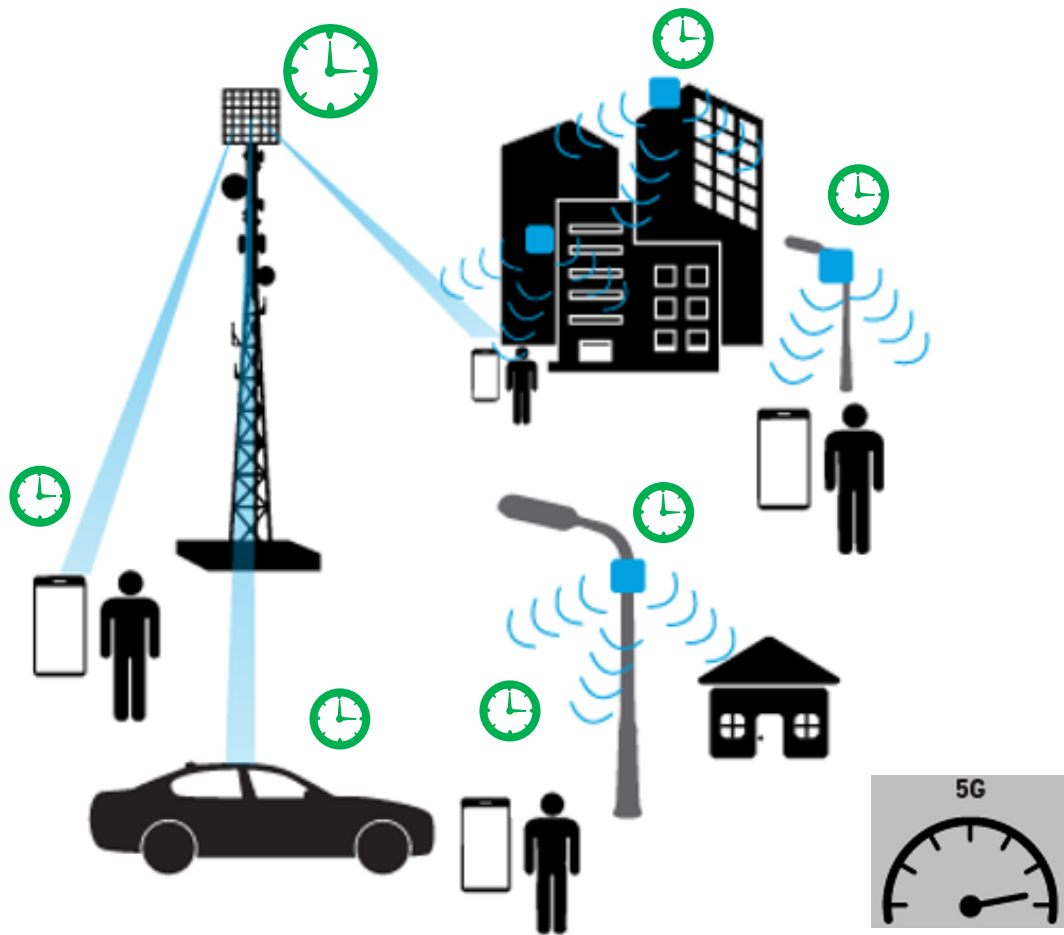
Az időzítés kritikus fontosságú



- Kétirányú kapcsolat TDD-vel
- Interferencia cellák közt
- Handover probléma
- Sérült adat
- Elégtelen sáv szélesség
- Romló hangminőség

Óraszinkron szükségessége

5G igényli a nanoszekundumos pontosságot



Új technológiák

- TDD: Time Division Duplex
- DSS: Dynamic Spectrum Sharing
- CoMP: Coordinated Multipoint
- CA: Carrier Aggregation
- Beamforming

Időszinkronizáció ellenőrzése

Mikor szükséges ellenőrizni az időszinkront?



5G telepítés

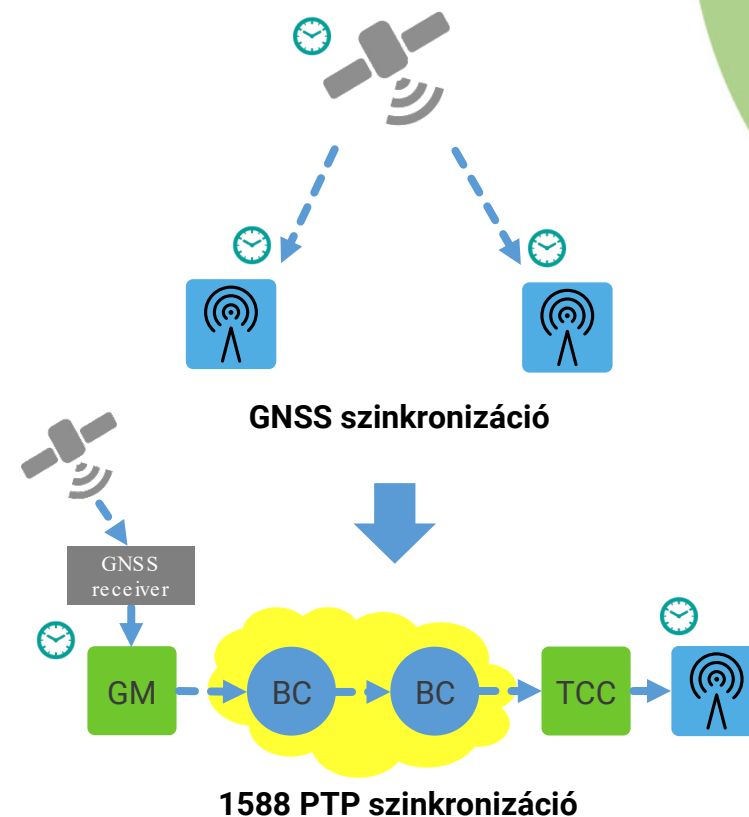


4G/5G üzemeltetés/hibakeresés

Hálózati szinkronizáció

Miért 1588 PTP és SyncE?

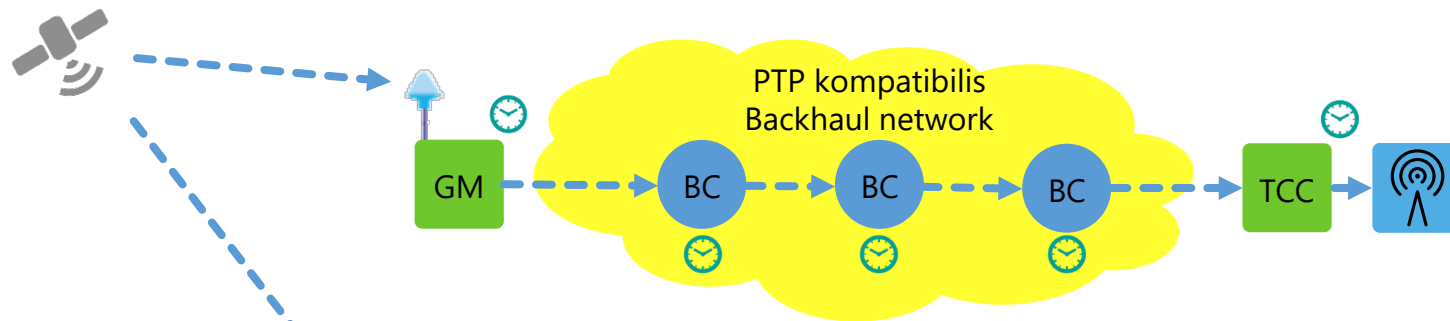
- 5G igényli a frekvencia, fázis és idő szinkronizációt
 - Támogatni kell az új technológiákat, mint TDD, DSS, CoMP, CA és beamforming
- GNSS vevő támogatja a szinkronizációt
 - Mindenhol GNSS vevő használata költséges
 - Sűrűn lakott területeken a GNSS vevő nem működik jól
- Megoldás az IEEE 1588 PTP (Precision Time Protocol)
 - A 1588 PTP támogatja a nagy pontosságú fázis és idő szinkronizációt
 - Kétféle 1588 PTP profil: G.8275.1 and G.8275.2



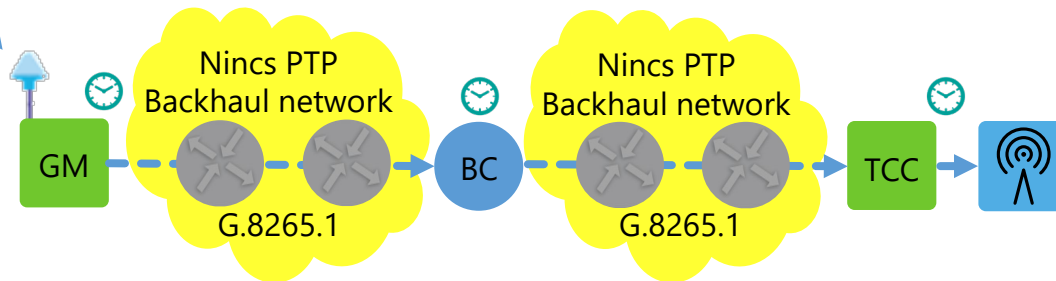
BC: Boundary Clock
GM: Grand Master
GNSS: Global Navigation Satellite System
TCC: Time Client Clock

IEEE 1588 PTP profilok

G.8275.1 és G.8275.2



PTP támogatott a teljes útvonalon, G.8275.1 Telecom Profile



PTP részben támogatott, G.8275.2 Telecom Profile

GM: Grand Master
BC: Boundary Clock
TCC: Time Client Clock

Óraszinkron megoldások

Abszolút idő

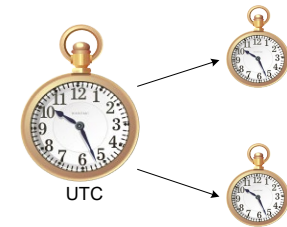
- Mennyi az idő nálad, a te időzónádban?
 - Időbélyeg
 - Time of Day (ToD)
 - Összehangolt Universal Time (UTC), ami a világidőt és a lokális időket szabályozza

Frekvencia szinkronizáció

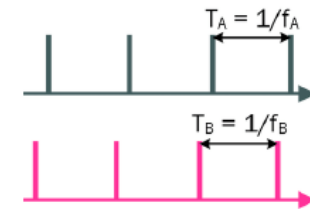
- Ciklusok száma időegységenként, ügyelve arra, hogy az órák azonos ütemben járjanak
- Kommunikációs rendszerek adó-vevő óráinak szinkronizálása

Fázis/idő szinkronizáció

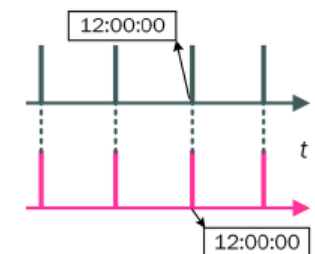
- Impulzus élek igazítása időben
- Kulcsfontosságú 5G esetén
- Igénylik: TDD, CA, CoMP, beamforming, stb.



(a) Frequency synch.



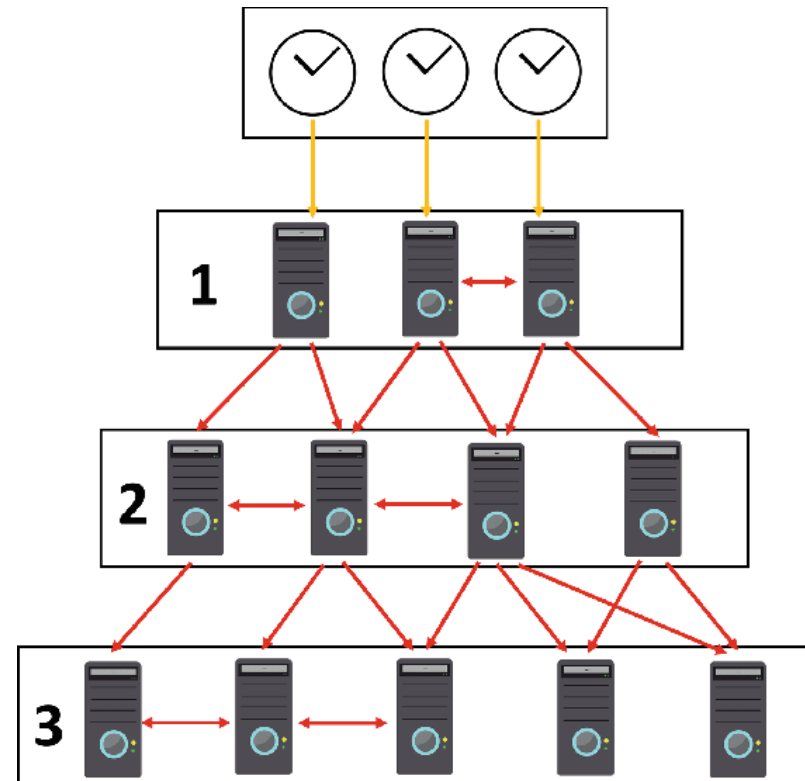
(b) Phase/time synch.



NTP protokoll

Network Time Protocol

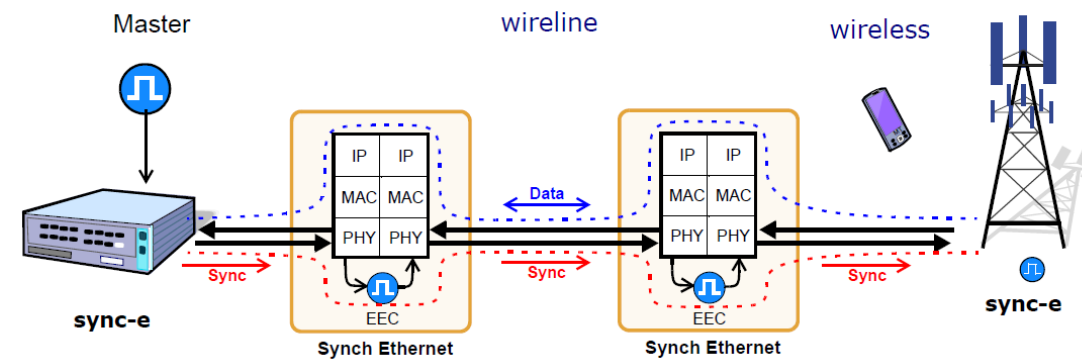
- TIME/DAYTIME, csak órabeállításra
- NTP (David L. Mills, 1985-)
 - Óraszinkronizáció
 - Internet
 - Nagy késleltetés és jitter esetén
 - Aszimmetrikus késleltetés hibát okoz
 - CÉL: órák együtt járása, $N \cdot 10-100\text{ms}$
 - Nincs garancia a pontosságra
 - Nem használható vezérlésre
- Sok esetben már nem elégséges



Szinkron Ethernet

SyncE

- Fizikai rétegen alapuló frekvencia szinkronizálás
- ITU-T szabványosította az IEEE-vel együttműködve
- Három ajánlás
 - ITU-T Rec. G.8261 – architektúra és wander performancia
 - ITU-T Rec. G.8262 – SyncE órák
 - ITU-T Rec. G.8264 – ESMC specifikáció
- Az útvonal minden eszközének támogatnia kell
- Szinkronizálás állapotüzenetekkel – SSM
- Ethernet szinkronizációs üzenetcsatorna - ESMC
- Nem támogat idő és fázis szinkronizációt

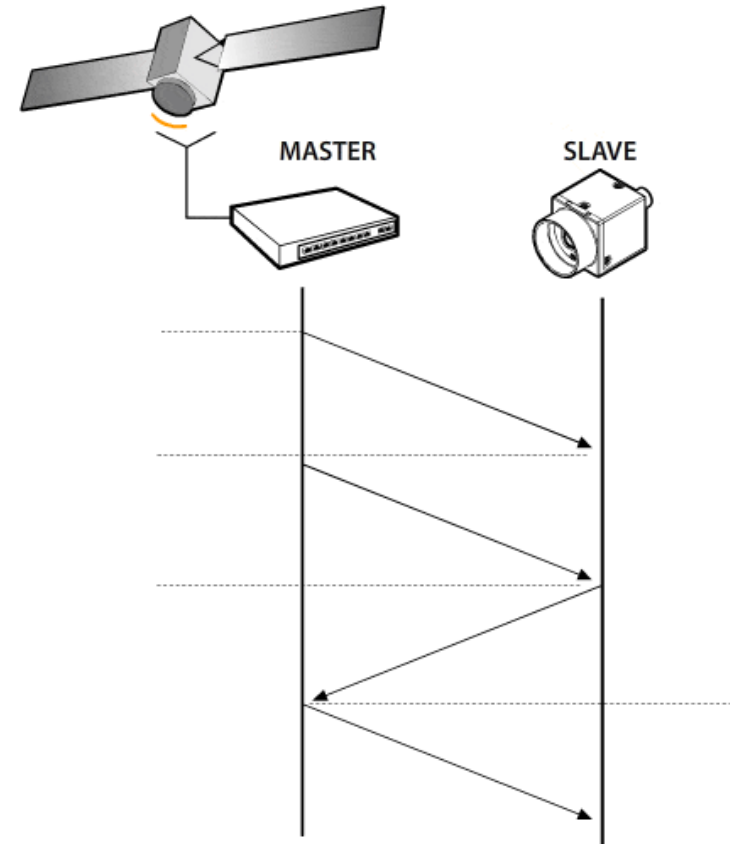


PRC: Primary Reference Clock (Master Clock)
SSM: Synchronization Status Message
ESMC: Ethernet Synchronization Message Channel

IEEE 1588 PTP

Precision Time Protocol

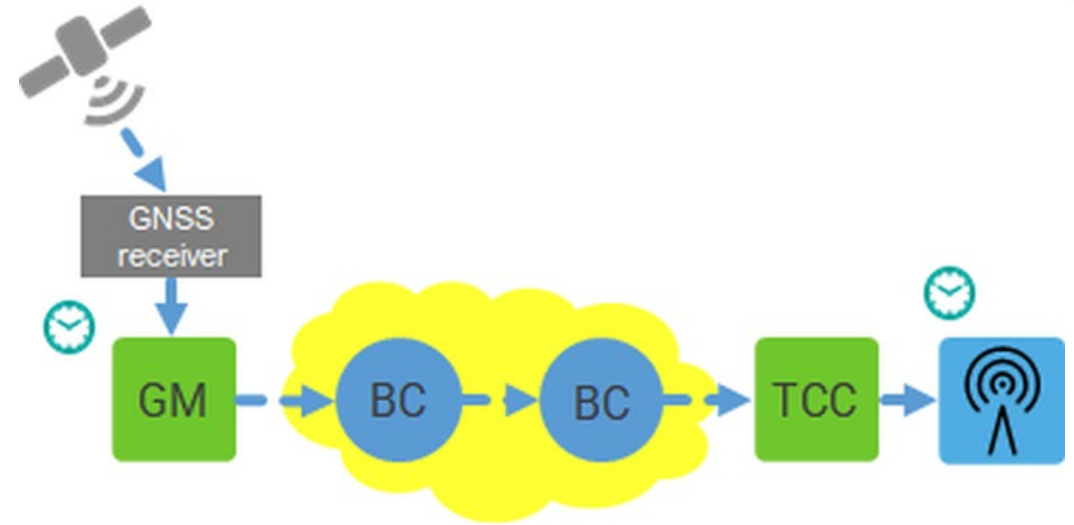
- Szabvány: IEEE 1588-2008 (PTPv2)
- Master-Slave szinkronizációs protokoll
- Lokális hálózat (LAN), elsősorban Ethernet
 - UDP (IPv4 vagy IPv6) beágyazás
 - Ethernet (type field: 0x88F7) beágyazás
 - Multicast és Unicast
- Üzenetek egyirányú késleltetésének mérése
 - Lehetővé teszi a pontos szinkronizálást
 - Szükséges, hogy a hardver elemek támogassák
- Szakadásmentes TAI alapú időformátumot használ



IEEE 1588 PTP

Topológia

- GNSS receiver
- Grand Master – GM
 - Időreferencia szolgáltató
- Boundary Clock - BC
 - Többinterfészes hálózati eszköz
 - Felfelé szolga, lefelé mester
 - Feladata: idő szétosztása
- Transparent Clock - TC
 - Méri az általa okozott késleltetést
 - Ezt továbbadja a szolgáknak
 - A szolgák így javítják az idő pontosságát
- Kommunikációs csatornák
 - Ethernet kapcsolatok
 - Feltételezés: állandó késleltetés, szimmetrikus működés



IEEE 1588 PTP

Hol használják?

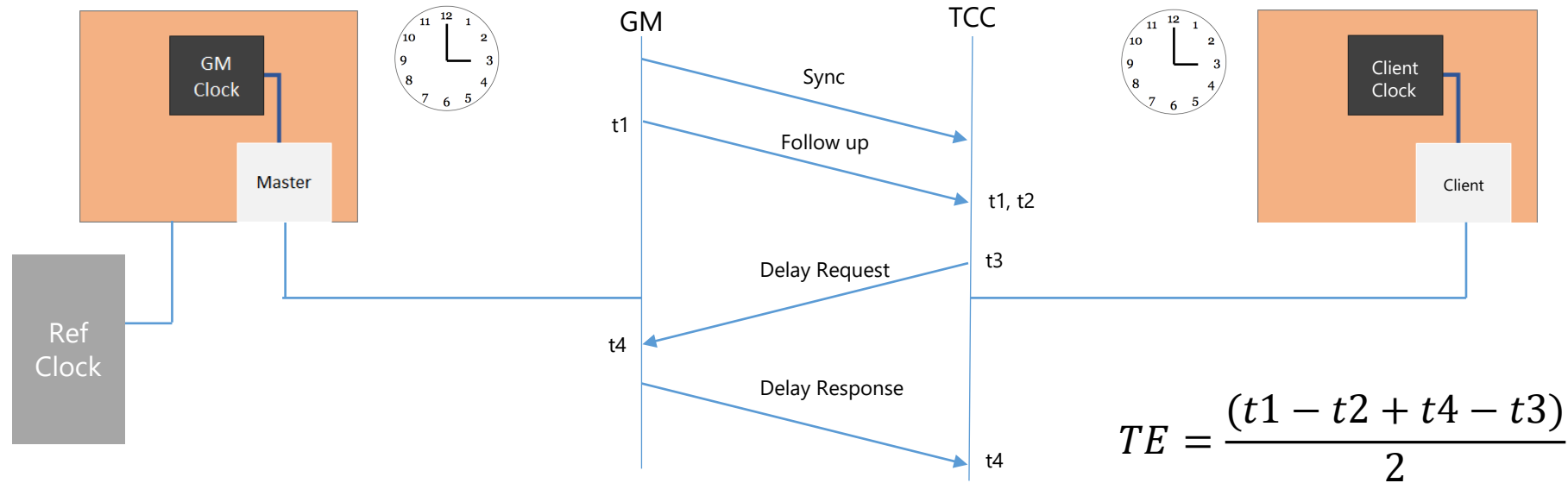
Alkalmazások

- Pénzügyi rendszerek, elektronikus kereskedelem
- Mérésadatgyűjtés és irányítástechnika
- Multimédia (Audio and Video Bridging, AVB)
- **Telekommunikáció**
 - Lehetővé teszi a pontos szinkronizálást
 - Szükséges, hogy a hardver elemek támogassák



IEEE 1588 PTP

Fázis, frekvencia és idő szinkronizálás



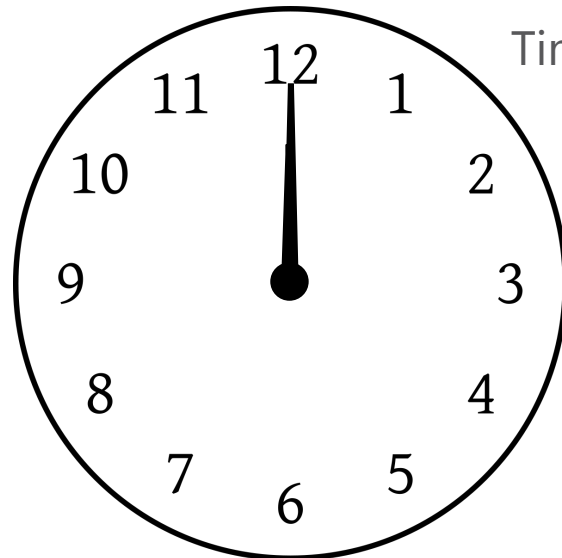
IEEE 1588 Precision Time Protocol (PTP)

- Feltételezés: kimenő és bejövő csomagok késleltetése megegyezik
- Nagyon pontos fázis, frekvencia idő szinkronizálás

GM: Grand Master
BC: Boundary Clock
TCC: Time Client Clock
TE: Time Error

Mi a Time Error?

UTC (Universal Time Clock)

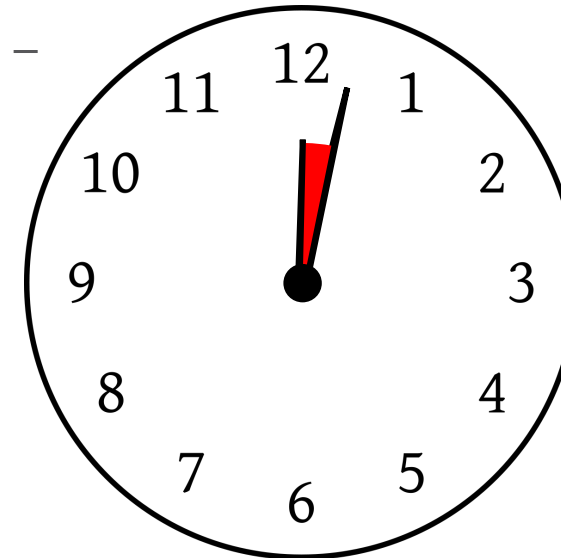


12:00

$$\text{Time Error} = \text{Vizsgált Óra} - \text{UTC}$$

TE = 2 perc

Vizsgált óra

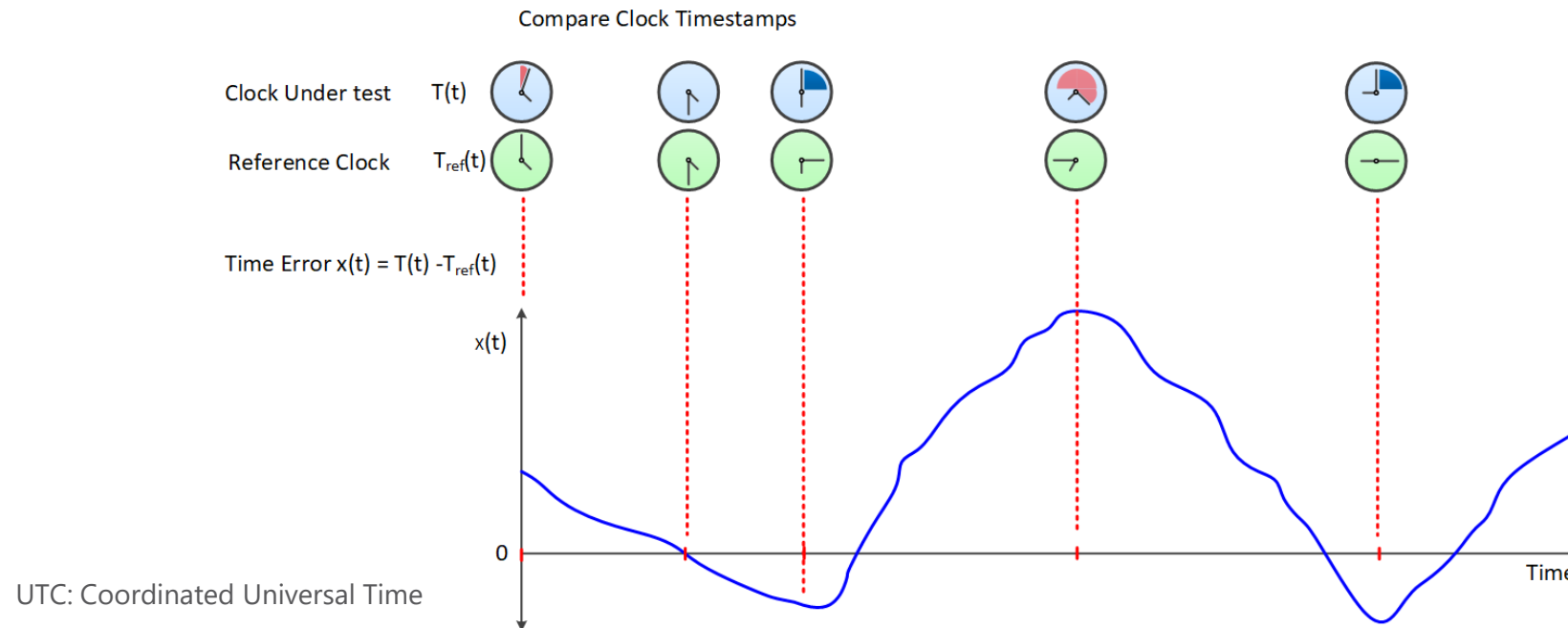


12:02

Time Error mérése az UTC-hez (Universal Time Clock) viszonyítva történik

Mi a Time Error?

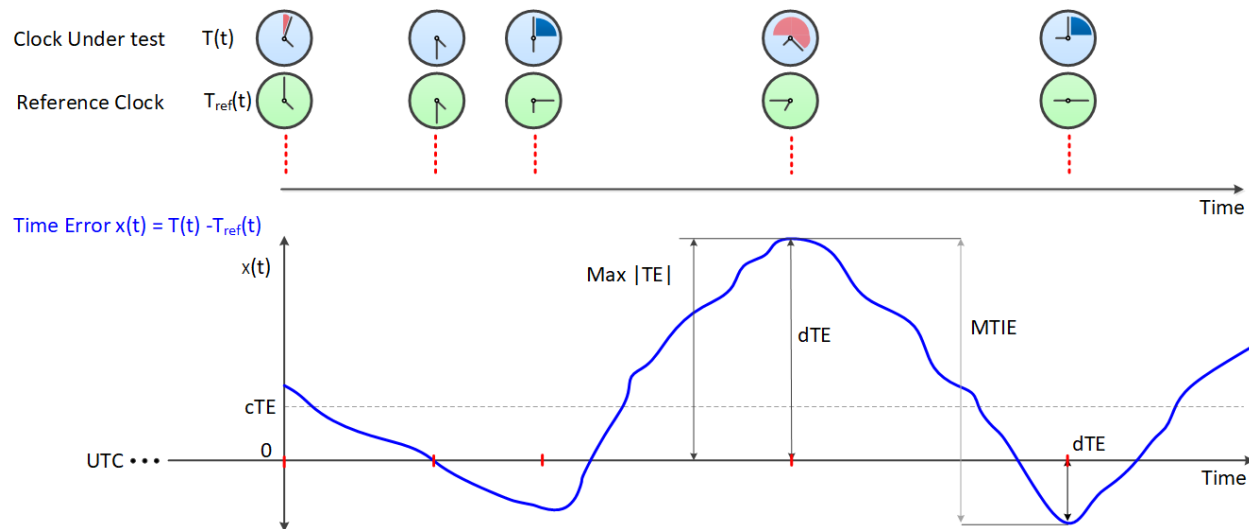
A tesztelt óra $T(t)$ és a nagy pontosságú referencia idő $T_{ref}(t)$ közötti különbség.



Time Error mérőszámok

Szükséges tudni, hogy az egyes hálózati elemek megfelelnek-e a szűk az elvárásoknak, mennyivel járulnak hozzá a Time Error-hoz.

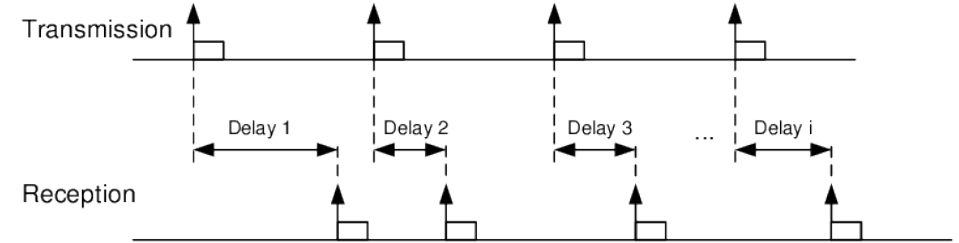
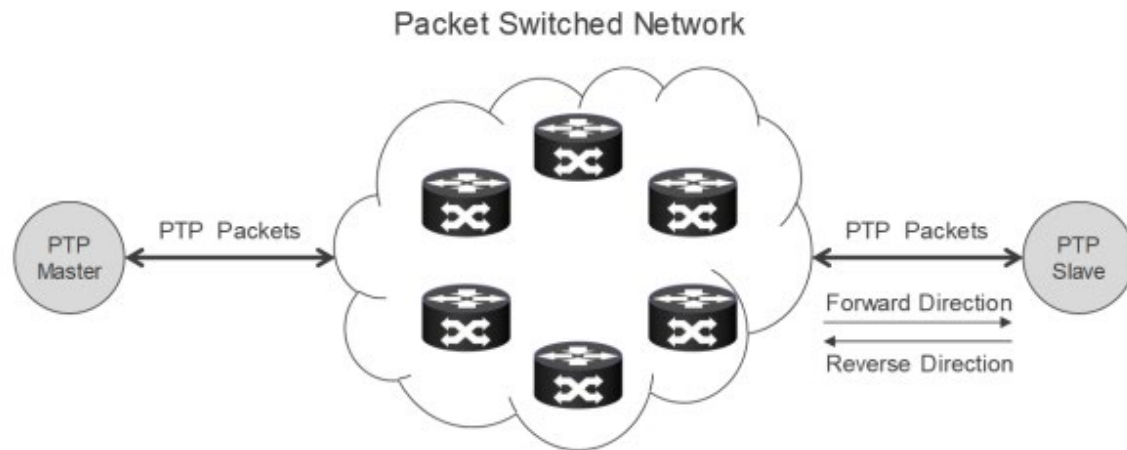
Kulcs mérőszámok



- **cTE**: Constant Time Error, a Time Error átlagos értéke
 - TE sorozat 1000 másodperces intervallumban átlagolva (ITU G.8273.2)
 - Érdekes paraméter, útvonal késleltetés aszimmetriájára utal
- **dTE**: Dynamic Time Error, dinamikus Time Error, az függvény amplitúdója
 - MTIE dTE csúcs-csúcs értéke
 - MTIE a dTE megfelelés minősítéséhez
- **Max |TE|** legnagyobb különbség a vizsgált és referencia óra közt

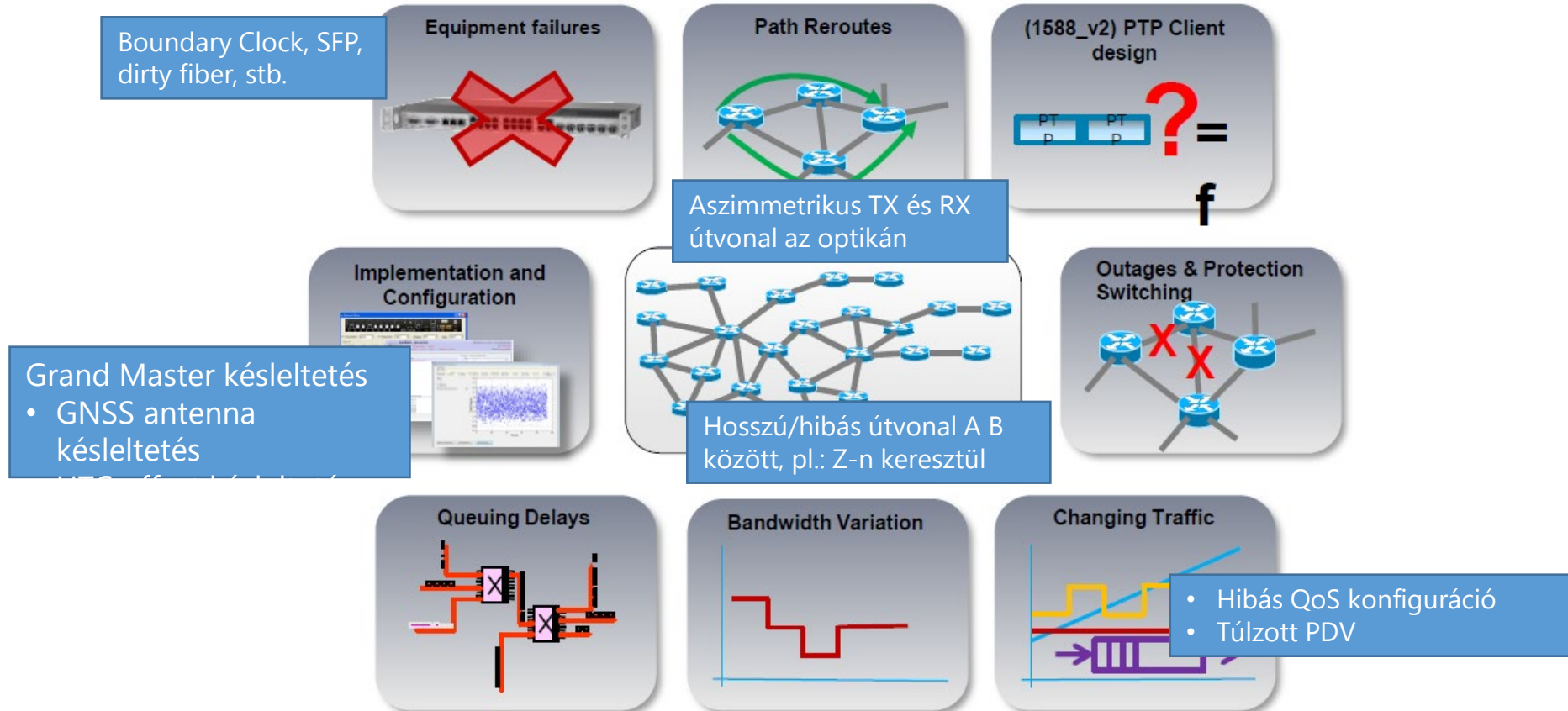
Packet Delay Variation (PDV)

Jitter

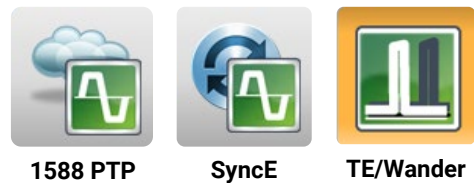


- A Packet Delay Variation a referencia csomagok közötti késleltetés változás
- Mindkét irányban szükséges mérni

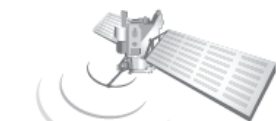
Szinkronizációt befolyásoló tényezők



Teszt a lelke mindennek!



GPS and Atomic Clock (PRC)



GPS

Grand master

Packet sync flow

T-BC

T-BC

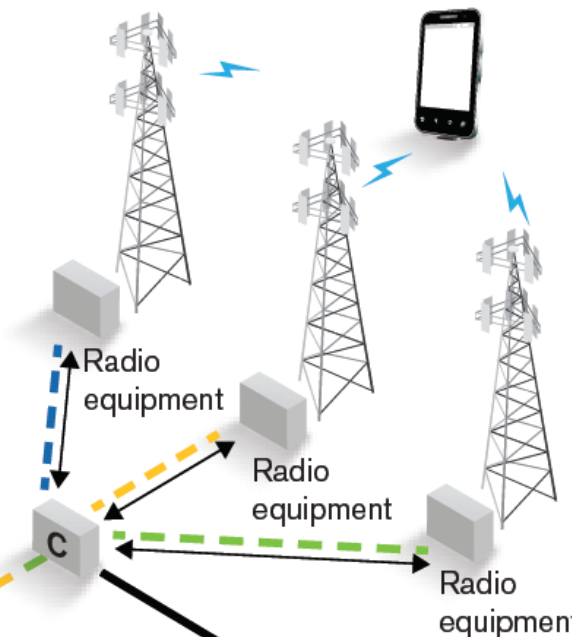
T-TSC

1PPS
Signal under test
(Time error measurement)



GPS

USB powered
portable GPS receiver





equicomferencia²⁰²¹
HITELESÉG | SZAKMAISÁG | INNOVÁCIÓ

Köszönöm a
figyelmet!

Lizskai János

| senior rendszermérnök
| +36 20 267 7027
| lizskai.janos@equicom.hu

**EQUICOM Méréstechnikai
Kft.**

H-1162 Budapest, Mátyás király u. 12. |
T.: +36 1 272 1234 |
www.equicom.hu |