

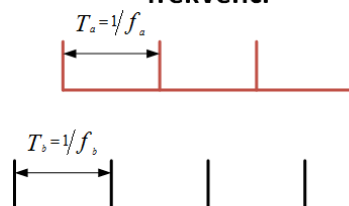
# Přesný čas v datových a transportních sítích, přenos se zachováním frekvence a fáze

## 1PPS, SyncE, PTP

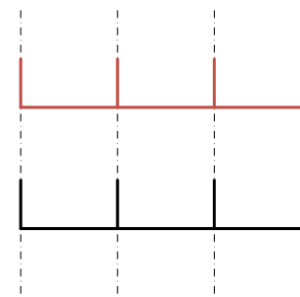
Martin Havlíček (mh@hke.cz)

# Synchronizace frekvence, fáze a času 1/2

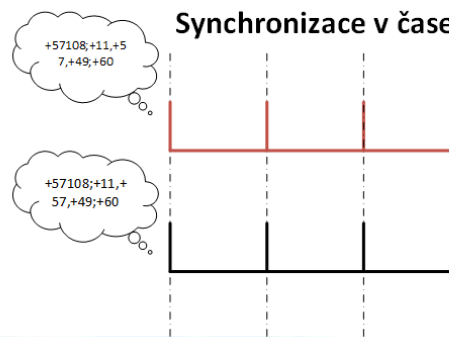
Synchronizace ve  
frekvenci



Synchronizace ve fázi

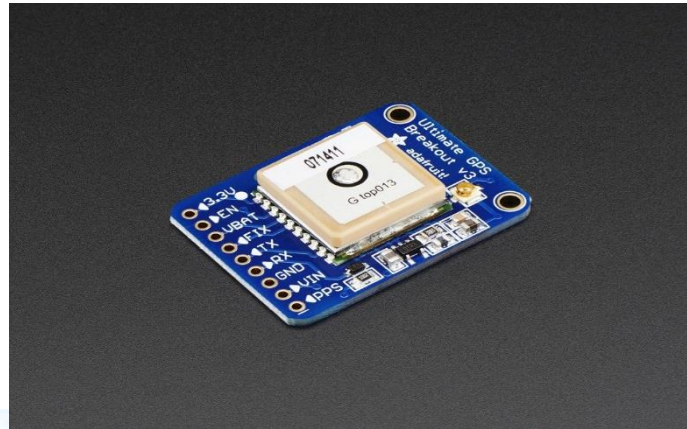
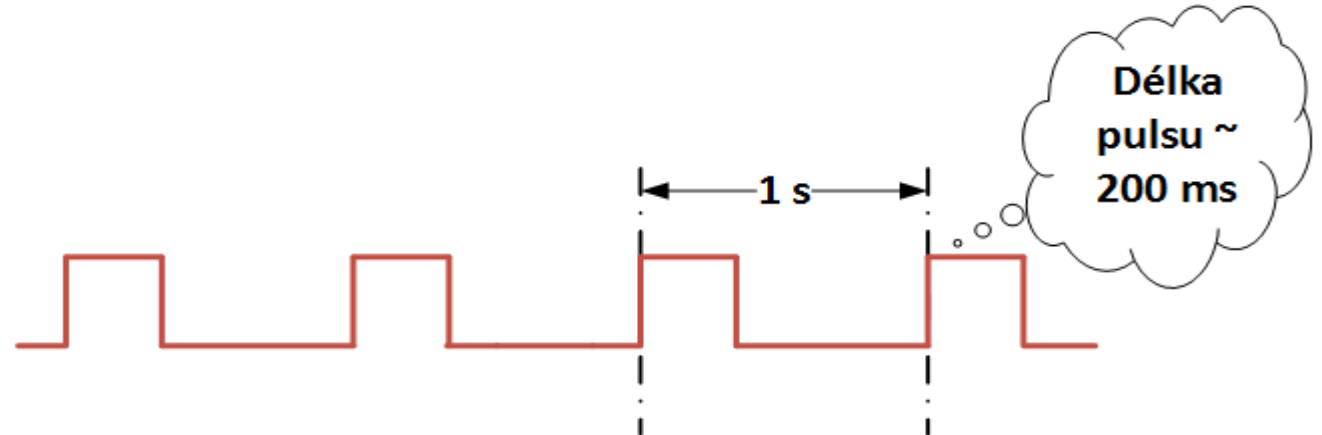


Synchronizace v čase



## Synchronizace frekvence času a fáze 2/2 -1PPS (Pulse Per Second)

- Slouží k synchronizaci lokálních oscilátorů.
- Přesnost pulsu závisí na strmosti náběžné a sestupné hrany.
- Komerčně dostupné GPS přijímače dosahují přesnosti  $\pm 1 - 10$  ns.
- Délka pulsu  $\sim$  ms
- Implementace (RFC 2783 ):
  - MS Windows ☹ ☹
  - Linux ☹ (> 2.6.34)
  - FreeBSD ☺



## Synchronizace frekvence a fáze a času v mobilních sítích třetí generace a LTE (-A)

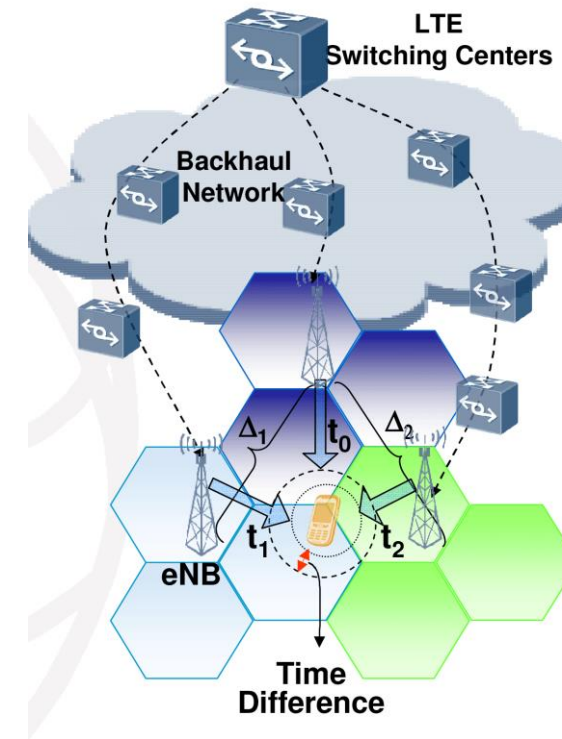
- Minimalizování výpadků spojení a zajištění spolehlivého handoveru.
- Dodržení předepsaných spektrálních požadavků.
- Zamezení interferencí mezi základnovými stanicemi.
- Zajištění kvality poskytované služby.
- Kompenzace Dopplerova jevu :  $\rightarrow \Delta f = \frac{\Delta v}{c} f_0$ 
  - Pendolino u České Třebové ( ~ 160 km/h): **150 ppb**

## Požadavky na synchronizaci v sítích třetí generace a LTE(-A) 1/2

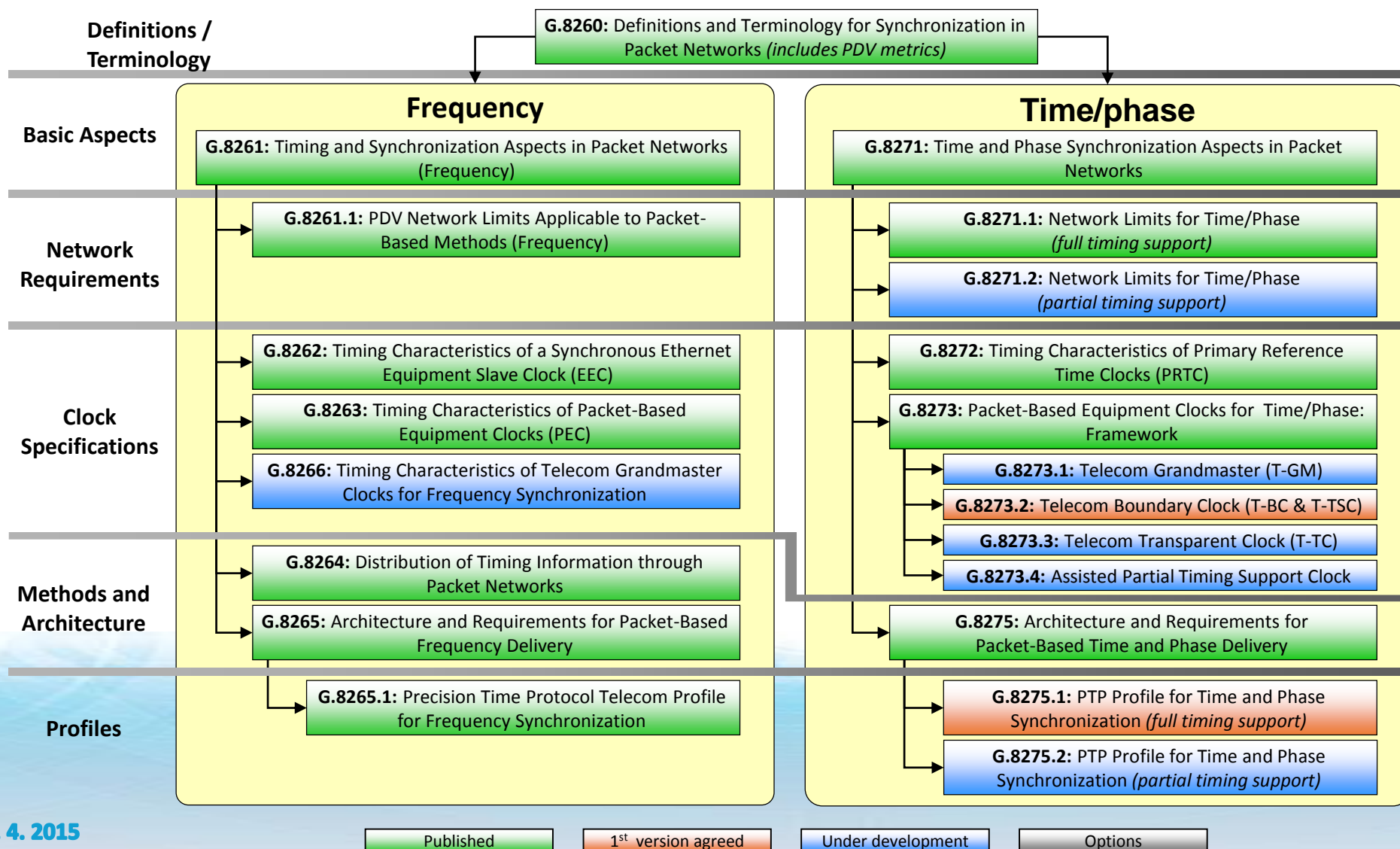
Technologie	Velikost buňky	$\Delta$ frekvence [ppb]	$\Delta$ fáze [ $\mu$ s]	$\Delta$ čas [ppb]	Doporučení/specifikace
<b>GSM</b>	Macro BTS	50			3GPP TS 45.010
	Pico BTS	10			
			$\pm 3,69$ ( vol.)		
<b>LTE FDD,TDD</b>	Wide Area	50			3GPP TS 36.104
	Med. Range				
	Local Area	100			
	Home Area	250			
<b>LTE TDD</b>	Wide Area >3km		$\pm 10$		3GPP TS 36.133
	Wide Area <3km		$\pm 3$		
	Home BS > 500m		$\pm 1,33 + T_{prop}$		
	Home BS < 500m		$\pm 3$		

## Požadavky na Synchronizaci LTE-A 2/2 - CoMP

- Co-ordinated MultiPoint
  - Coordinated Joint Transmission
- Přenos z více základnových stanic v jednom okamžiku.
- Zvýšení přenosových rychlostí:
- Požadavky na synchronizaci času/fáze: 1 – 5  $\mu$ s

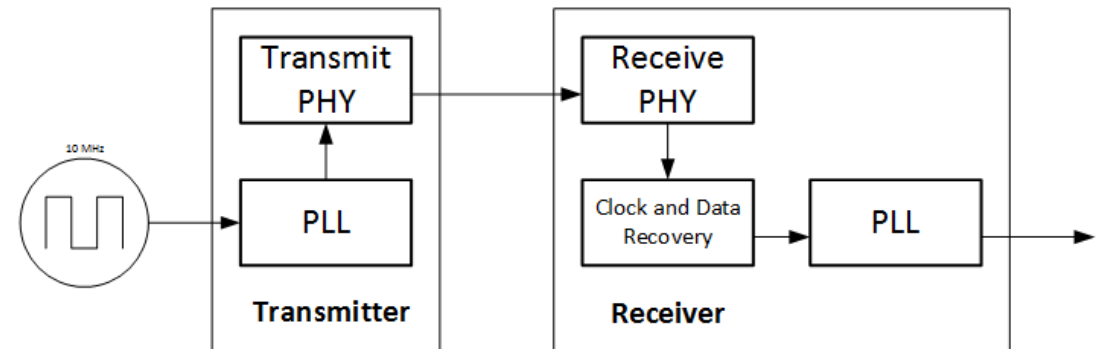


# Doporučení pro Synchronizaci v paketových sítích



## Synchronous Ethernet 1/3 - ITU-T G.8261,8262,8264

- Kompatibilní se standardem IEEE-802.3.
- Požadovaná přesnost lokálního oscilátoru 4.6 ppm ( x 100 ppm 802.3...).
- Synchronization Status Messaging ( ITU-T G.8264).





## Synchronous Ethernet Clock (EEC) 2/3 – G.8262

- Charakterizuje požadavky na fyzickou vrstvu SyncE.
- Definuje:
  - Definuje maximální frekvenční offset volně běžícího oscilátoru.
  - Maximální frekvenční offset mezi lokálním oscilátorem a referenční frekvencí PLL.
  - Parametry lokálního oscilátoru při dočasné ztrátě synchronizace.

## Synchronous Ethernet 3/3 - Synchronization status messaging

- Poskytuje informace o kvalitě synchronizace.
- Definováno v G.8264 - Ethernet synchronization messaging channel.
- Založeno na Organization-specific slow protocol (IEEE 802.3 Annex 57A,57B).
  - OUI: 00-19-A7
- OSSP jsou přenášeny jen mezi dvěma sousedními body.
- Dva typy zpráv ( G.781):
  - General Message – “Heart-beat” Obsahuje QL, frekvence x 1s.
  - Event Message – Obsahuje informaci o změně QL, odesílá se okamžitě.
  - Pokud není doručena žádná zpráva během 5ti sekund → QL\_FAILED .
- Loop-free topology ( 802.3ax ... ! ).

## Precision Time Protocol

- Protokol sloužící k synchronizaci času v paketových sítích.
- Standard IEEE-1588
- Cílem protokolu je poskytnout možnost synchronizace s přesností **lepší** než 1  $\mu$ s.
- Využití v telekomunikacích, průmyslu, automatizaci, řízení...
- Verze 2002,2008

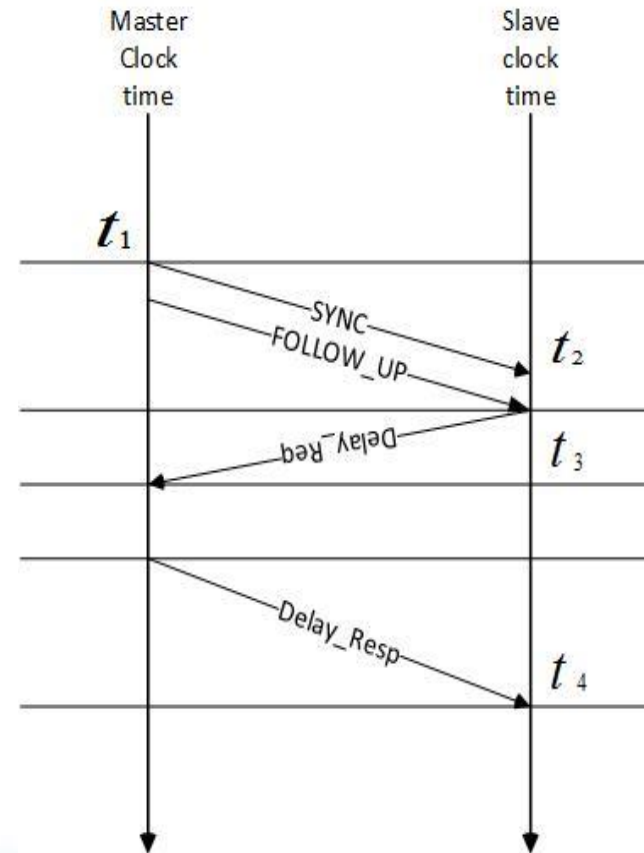
## Precision Time Protocol IEEE1588-2002 1/2

- Využívá transportu po protokolu UDP ( porty 319,320 )
- Využívá Multicastu (224.0.1.129 - 224.0.1.132)
- Četnost **Sync** zpráv 1 až 2 sekundy.
- S roustoucím počtem IEEE-1588 prvků v rámci jedné Multicast domény vzrůstá význam fronty požadavků v BC a OC → možný zdroj nejistot ☹

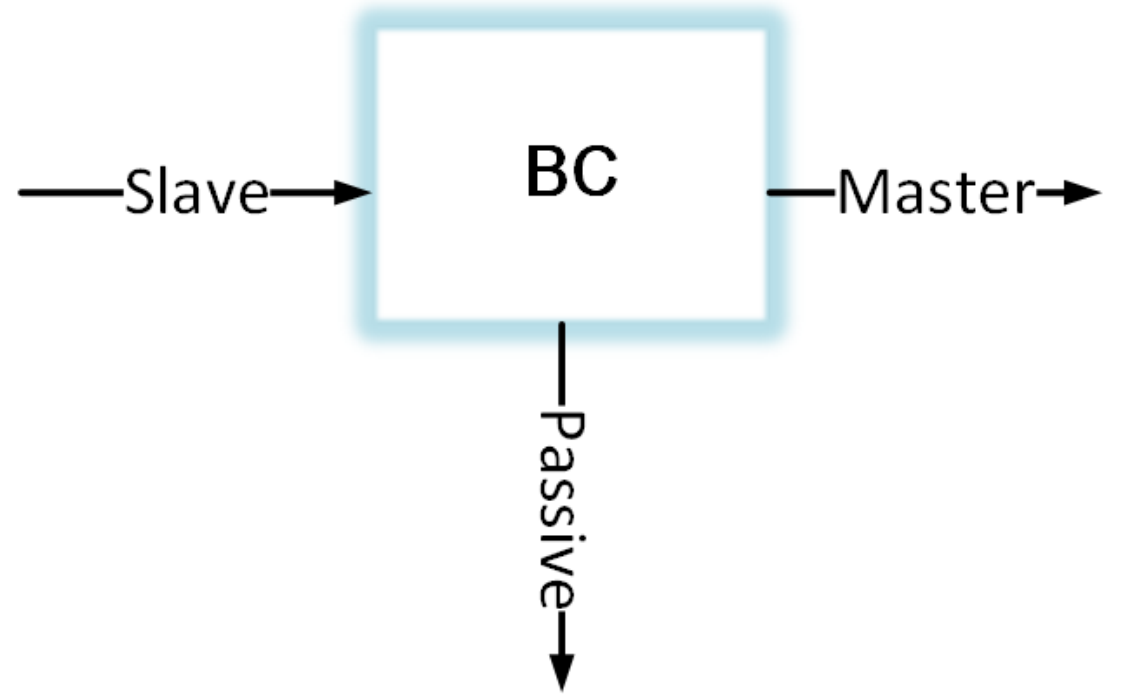
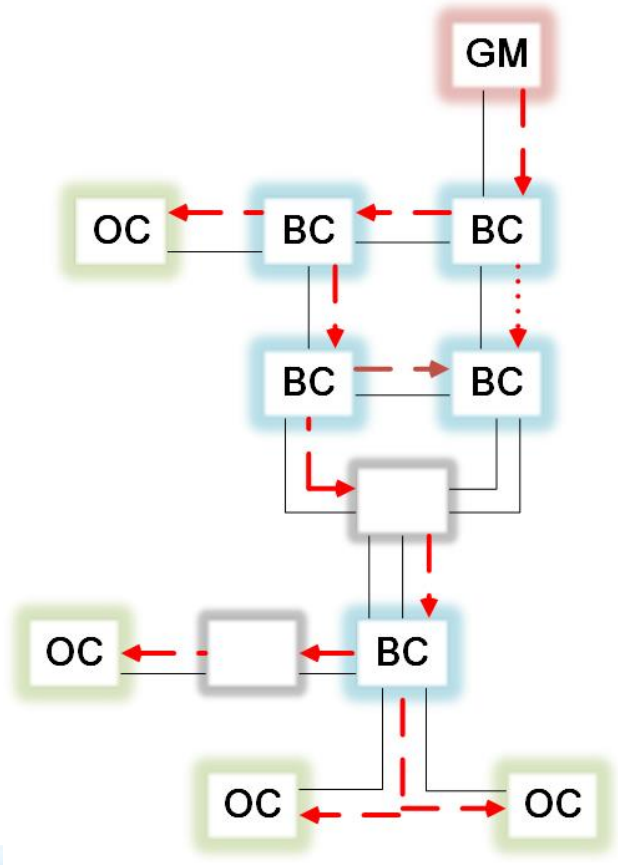
## Precision Time Protocol IEEE1588-2002 2/2

- Master – Slave architektura
- „Two step clock model“.
- Předpoklady:
  - $offset + delay = t_2 - t_1$
  - $t_2 - t_1 = t_4 - t_3$
- $Delay_{total} = (t_2 - t_1) + (t_4 - t_3)$
- Jednosměrné zpoždění  

$$Delay_{oneway} = \frac{(t_2 - t_1) + (t_4 - t_3)}{2}$$
- Důsledek: Předpoklad symetrické trasy ☹️.



# Best Master Clock Selection Algorithm (BMCA) 1/2



## Best Master Clock Selection Algorithm (BMCA) – Princip 2/2

- GM rozešlou zprávu **Announce**
- BMCA je spuštěn na každém IEEE-1588 prvku. Dojde k porovnání vlastních synchronizačních parametrů, s parametry doručenými ve zprávě **Announce**.
- Porovnávány jsou následující parametry: Priority1, clockClass, clockAccuracy, offsetScaledLogVariance, Priority2, clockIdentity (UUID – Pokud jsou předchozí parametry shodné).
- Na základě tohoto porovnání je rozhodnuto o stavu daného PTP portu: Master, Slave, Passive.

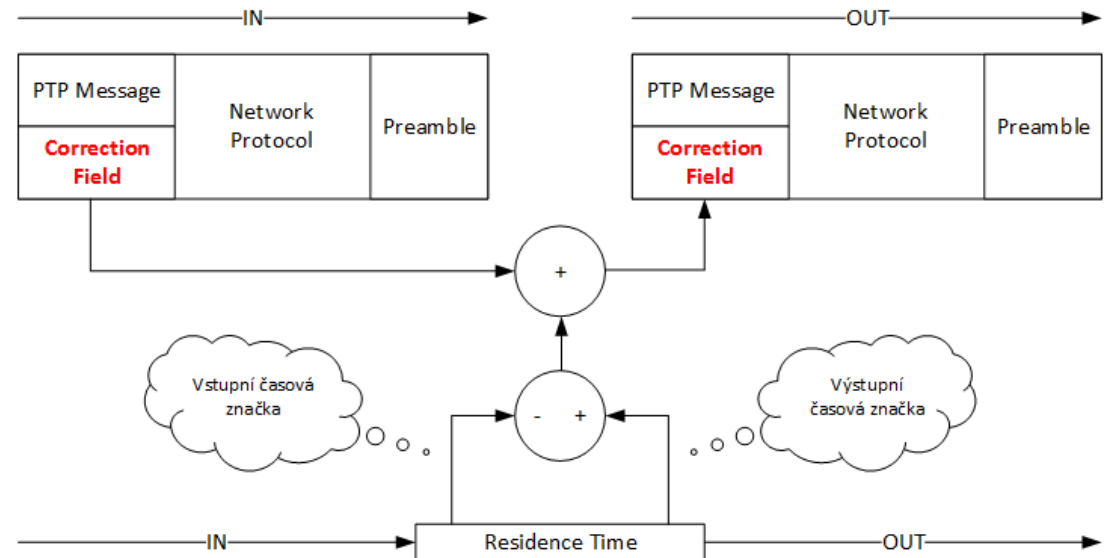
## Precision Time Protocol IEEE-1588-2008 (v2)

- Není zpětně kompatibilní s PTP v1.
- Možnost přímého transportu po Ethernetu.
- Dosažitelná přesnost lepší než 1 ns.
- Rychlejší synchronizace.
- Četnost zpráv může být zvolena ( Sync a Delay\_req až 128/s).
- Kratší zprávy.
- Definován prvek Transparent Clock - TC (Peer-to-Peer, End-To-End).
- Přidány možnosti redundance.
- Profily ( G.8265.1, G.8275.1...).
- Podpora Unicastu, alternativních časových stupnic ...



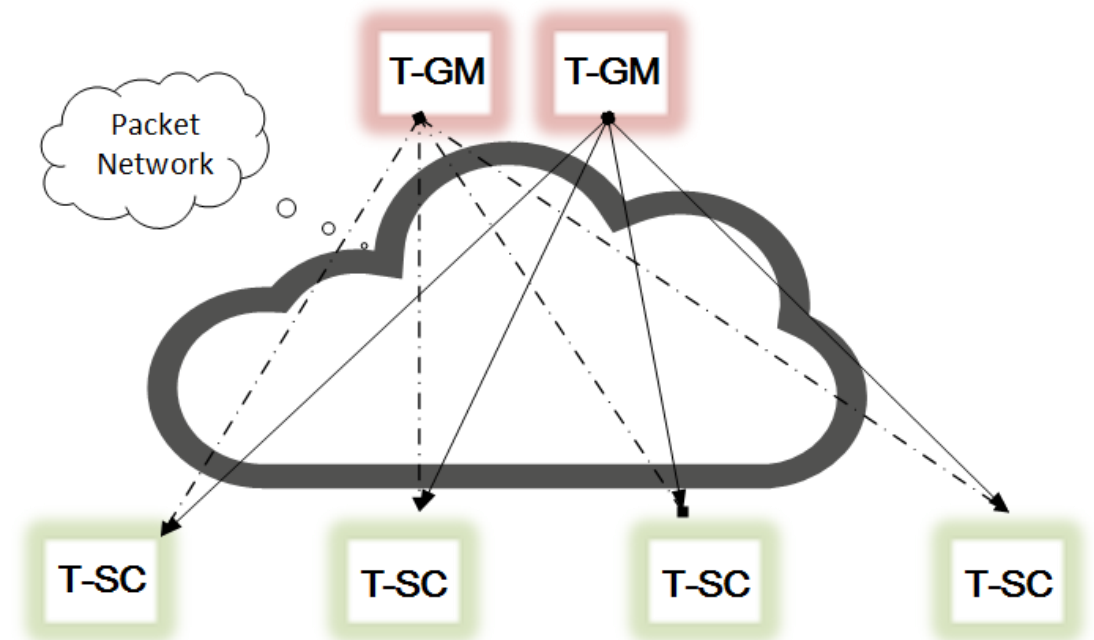
## Precision Time Protocol IEEE-1588 2008 (v2) - Transparent Clock (TC)

- TC neřeší BMCA → nezakončují signál z Master Clock ☺.
- Úkolem TC je korigovat rozptyl zpoždění PTP zpráv.
- TC řeší dobu pobytu PTP zprávy mezi vstupním a výstupním portem TC (Residence Time – RT).
- RT je připočtena k aktuální hodnotě Correction Field (CF).
- Není možné nasadit P2P a E2E TC v jedné cestě



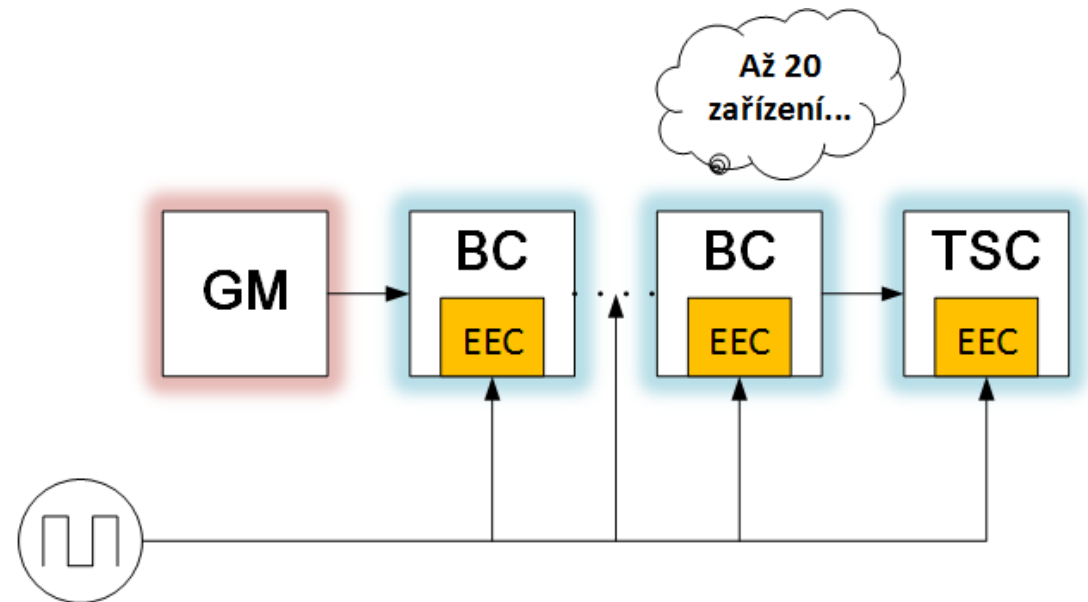
## Precision Time Protocol IEEE-1588 2008 (v2) – ITU.T-G.8265.1

- Definován za účelem synchronizace frekvence v mobilních sítích.
- Vztah k ITU-T G.781 (clockClass $\leftrightarrow$ SSM QL).
- Master Clock Selection : ( QL,PTSF,Local priority).
- Definován pro provoz v sítích bez přímé podpory PTP  $\rightarrow$  PDV ☹.
- Založeno na unicastu ( IPv4, IPv6).
- Alternativní BMCA



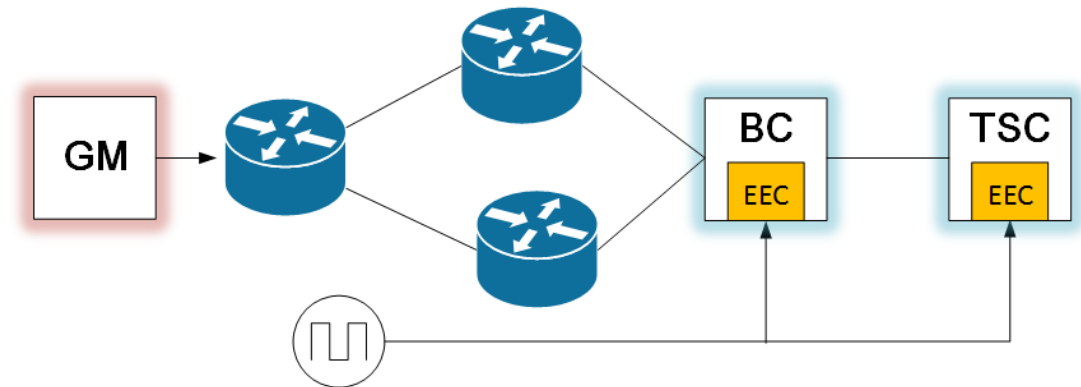
## Precision Time Protocol IEEE-1588 2008 (v2) – ITU.T-G.8275.1

- Využívá PTP protokol k přenosu **času a fáze**.
- Určeno pro přenos synchronizace v telekomunikačních sítích s pevně danými vztahy Master<->Slave.
- Možnost použít více geograficky oddělených T-GM.
- Vyžaduje BC (TC) v každém bode T-GM a PTP Slave.
- Synchronizační informace jsou přenášeny na 2. vrstvě ( IEEE1588-2008 Annex F).
- Implementuje Alternativní BMCA (localPriority, notSlave).



## Precision Time Protocol IEEE-1588 2008 (v2) – ITU.T-G.8275.2

- Zajištění možnosti synchronizace na stávající infrastrukturu.
- Snížení nároků na budování LTE-A infrastruktury.
- Využívá IP unicastu.
- Založeno na ITU-T G.8265.1 a G.8275.1.
- TBD 2016 ??



# Dotazy ?