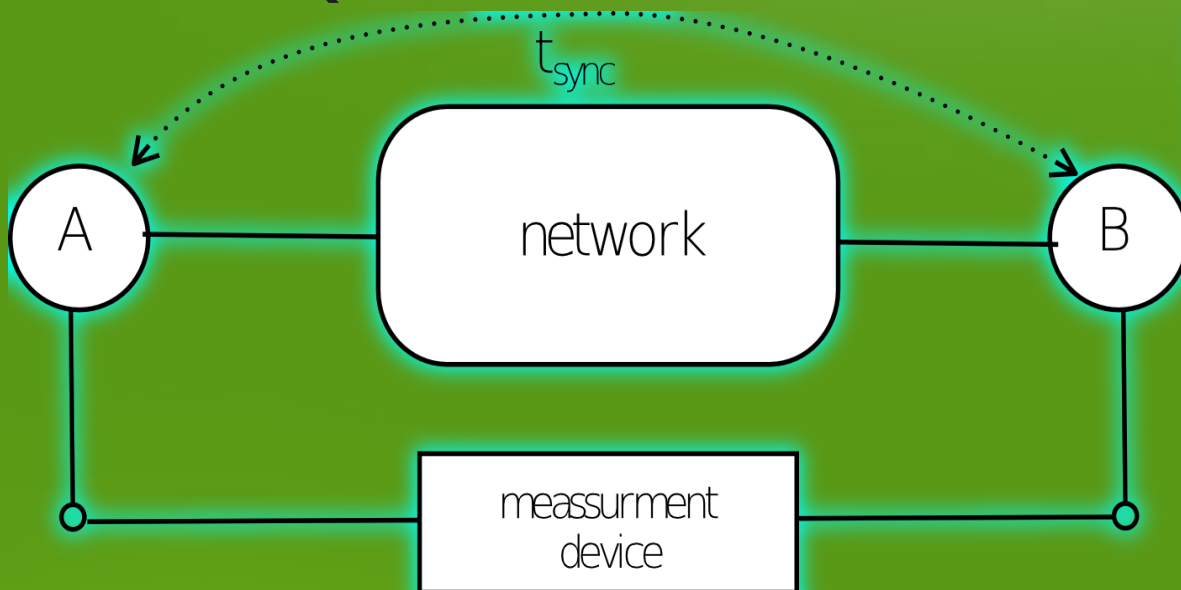


Zhodnocení metod pro synchronizaci času v řídicích systémech

Cíle...

- PTP - měření
- NTP - měření
- GPS - měření
- PTPd - portace na QNX

- QNX - tvorba nástrojů pro měření
- SCADA - reálné využití
- Spirent (k měření)
- OMNeT++ (param. model SCADA systému)



PTP

- Přesnost až desítky ns v laboratorních podm. (monotonic)
- Výpočet „delta“
- Multicast, unicast
- Provoz na nespolehlivých linkách
- Nejen průmyslově používané linkové technologie
- L2/L3 (Ethernet, PROFINET, UDP IPv4/6)
- Plně funkční v různých topologiích (star, mesh, chain...)

NTP

- Přesnost až 200us (UTC – leap / atom.)
- Multicast, unicast
- Menší nároky na přenosové pásmo
- Nespolehlivá linka
- L3 (pouze UDP IPv4/6!)
- Stratum 0..N (stromová hierarchie)
- reply/response jako PTP (ale iniciovaný klientem) + výběr nejlepšího (průnik a různé podmínky)

GPS

- Přesnost jednotky ns (oboje atomic + UTC)
- Anténa, kabel ke každé stanici, 1PPS (low jitter, ToD 0.5s předem)
- Drahé
- Grandmaster
- PLL/FLL/... (phase locked loop, freq. l. l.) => přesnost
- V mnoha systémech není tato přesnost potřeba

Spirent & OMNeT++

- Různé typy trafficu (priorita/velikost paketu; zatížení pásma nás. 20%)
- Různé topologie
- Model systému na základě tříd trafficu
- Validace modelu porovnáním simulačních měření s reálnými

Vyhodnocení, aktuální výsledky

- Metody vycházející z Packet Delay Variation
- Odchylky (průměrná, standardní, TDEV)
- Je hotová portace PTPd na QNX
- Rozpracovány měřicí/demonstrační aplikace
- Jsou určeny metody měření

Master

```
0$ sudo ptpd2 -G -b vboxnet0 -C -DVfS
(ptpd info)      20:22:43.189715 (___) Info:      Going to check lock /v
un/kernel_clock
(ptpd info)      20:22:43.268386 (___) Info:      No ptpd2 daemons detec
in parallel (as expected)
(ptpd info)      20:22:43.279765 (___) Info:      1 ntpd daemons detecte
parallel (as expected)
(ptpd info)      20:22:43.279941 (___) Info:      Going to check lock /v
un/kernel_clock
(ptpd info)      20:22:43.280001 (___) Info:      Startup finished suces
ly
# Timestamp, State, Clock ID, One Way Delay, Offset From Master, Slave to Ma
, Master to Slave, Drift, Discarded Packet Count, Last packet Received
2013-01-24 20:22:43.280044, init,
(ptpd info)      20:22:43.342671 (init) refreshed IGMP multicast members
(ptpd info)      20:22:43.342757 (init) now in state PTP_LISTENING
2013-01-24 20:22:43.342802, lstn_init, 1
(ptpd info)      20:22:55.280165 (lstn_init) now in state PTP_MASTER
2013-01-24 20:22:55.280209, mst, 0a0027fffe000000(unknown)/00
s (ptpd notice)  20:23:33.482569 (___) shutdown on close signal
0$
```


Slave

```
ttyp0: sh
(ptpd info) 19:18:59.944142 (lstn_init) refreshed IGMP multicast memberships
(ptpd info) 19:18:59.944142 (lstn_init) now in state PTP_LISTENING
2013-01-24 19:18:59.951727, lstn_init, 1
(ptpd info) 19:19:11.943320 (lstn_init) refreshed IGMP multicast memberships
(ptpd info) 19:19:11.943320 (lstn_init) now in state PTP_LISTENING
2013-01-24 19:19:11.951112, lstn_init, 1
(ptpd info) 19:19:23.952498 (lstn_init) refreshed IGMP multicast memberships
(ptpd info) 19:19:23.952498 (lstn_init) now in state PTP_LISTENING
2013-01-24 19:19:23.990113, lstn_init, 1
(ptpd info) 19:19:28.402193 (lstn_init) now in state PTP_SLAVE
2013-01-24 19:19:28.404038, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.000000000, 0.000000000, 0.000000000, 0.000000000, 0, 0, I
(ptpd notice) 19:19:29.402124 (slv) Received first Sync from Master
(ptpd notice) 19:19:29.402124 (slv) going to arm DelayReq timer for the first time, with initial rate: 0
(ptpd warning) 19:19:29.412124 (slv) Performing hard frequency reset, by setting frequency to zero
(ptpd warning) 19:19:29.412124 (slv) Going to step the system clock to 1359055378s 304791211ns
(ptpd warning) 19:22:58.304791 (slv) Finished stepping the system clock to 1359055378s 304791211ns
2013-01-24 19:19:29.483177, flt,
2013-01-24 19:19:29.483178, flt,
2013-01-24 19:19:29.483179, init,
(ptpd info) 19:22:58.384785 (init) refreshed IGMP multicast memberships
(ptpd info) 19:22:58.384785 (init) now in state PTP_LISTENING
2013-01-24 19:22:58.394786, lstn_reset, 2
(ptpd info) 19:22:59.284723 (lstn_reset) now in state PTP_SLAVE
2013-01-24 19:22:59.287248, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.000000000, 0.000000000, 0.000000000, 0.000000000, 0, 0, I
(ptpd notice) 19:23:00.284655 (slv) Received first Sync from Master
(ptpd notice) 19:23:00.284655 (slv) going to arm DelayReq timer for the first time, with initial rate: 0
2013-01-24 19:23:00.294655, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.000000000, -0.001536127, 0.000000000, -0.003072254, -1536, 0, S
2013-01-24 19:23:01.255479, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.000000000, -0.001536127, 0.000743983, -0.003072254, -1536, -1, D
(ptpd notice) 19:23:01.254744 (slv) received first DelayResp from Master
(ptpd notice) 19:23:01.285565 (slv) Servo: Going to slew the clock with the maximum frequency adjustment
2013-01-24 19:23:01.285567, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.000000000, -0.008141885, 0.000743983, -0.013211517, -9677, -1, S
2013-01-24 19:23:01.326246, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.000000000, -0.008141885, 0.003818983, -0.013211517, -9677, -2, D
2013-01-24 19:23:02.285500, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.000000000, -0.005701688, 0.003818983, 0.001808141, -15378, -2, S
2013-01-24 19:23:02.389971, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.000000000, -0.005701688, -0.001955154, 0.001808141, -15378, -3, D
2013-01-24 19:23:03.286996, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.000000000, 0.000923894, -0.001955154, 0.00039648, -14455, -3, S
2013-01-24 19:23:03.826314, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.000000000, 0.000923894, -0.005296572, 0.00039648, -14455, -4, D
2013-01-24 19:23:04.285869, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.000000000, -0.005030065, -0.005296572, 0.010099778, -19485, -4, S
2013-01-24 19:23:05.136805, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.000000000, -0.005030065, -0.003919769, 0.010099778, -19485, -5, D
2013-01-24 19:23:05.288170, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.000000000, -0.002592033, -0.003919769, 0.004915713, -22077, -5, S
2013-01-24 19:23:05.949342, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.001365872, -0.002592033, 0.000547777, 0.004915713, -22077, -6, D
2013-01-24 19:23:06.286853, slv, 0a0027fffe000000(unknown)/01, 0.001365872, 0.003360322, 0.000547777, 0.
```