

PA160

Synchronizace času

Čas na jednom uzlu

- Hodiny resp. časovač (timer)
 - Oscilující krystal křišťálu
 - Čítač
 - * Každá oscilace sníží hodnotu o jedna
 - * Přerušení při hodnotě nula
- Každé přerušení je *tik*
- Holding register
 - * Iniclace čítače po přerušení
 - Po přerušení zvýšen uložený čas

Distribuované počítače

- Každý uzel má vlastní časovač
 - Čas není automaticky synchronizován
 - Časové pokřivení (clock skew)
- Vazba na absolutní reálný čas
- Problémy
 - Vzájemná synchronizace uzlů
 - Synchronizace s reálným časem

Absolutní čas

- Původní definice časové jednotky
 - 1 sekunda je $1/86\,400$ slunečního dne
- Aktuální – atomové hodiny
 - Přechody Cesia 133
 - 1 sekunda je doba za niž proběhne 9 192 631 770 přechodů
- Mezinárodní atomový čas
 - Průměr měření cca 50 světových laboratoří

Universal Coordinated Time, UTC

- Atomový a sluneční čas se rozcházejí
- Skoková sekunda
 - Kompenzace rozchodu s rotací Země
 - Přidána když rozdíl mezi slunečním a atomových časem vzroste na 800 ms
- Výsledný čas je Univerzální koordinovaný čas (Universal Coordinated Time, UTC)
 - Nahradil GMT
- UTC dostupné celosvětově

Synchronizace hodin

- Základní východiska

- Množina uzlů s vlastními hodinami
- Přerušení H krát za sekundu

- $C_p(t)$ je čas měřený hodinami na stroji p

- Ideálně $C_p(t) = t$ pro všechna p
- Realita: Pokud existuje ρ takové, že platí

$$1 - \rho \leq \frac{dC}{dt} \leq 1 + \rho$$

pak hodiny C_p pracují se specifikací ρ .

- ρ definováno výrobcem (Maximální rychlost posunu času)
- Chceme-li, aby se hodiny rozešly nejvýše o δ , musíme je synchronizovat nejméně každých $\delta/2\rho$ sekund

Cristianův algoritmus

- Máme časový server
 - Nejlépe napojený na absolutní čas
- Každých $\delta/2\rho$ posílá každý uzel dotaz serveru
- Server odpoví (jak nejrychleji může) s vlastním (UTC) časem
- Naivní řešení: Uzel změní svůj čas

Problémy

- Podstatný – reakce na zpoždění
 - Čas přestane mít lineární průběh
 - * Nečekané a nežádoucí efekty
 - * Čas nemůže běžet „pозpátku“
 - Řešení
 - * Snížení absolutního času na přerušení
 - * „Zastavíme“ čas
- Malý – doba komunikace
 - Změř čas mezi zasláním (T_0) a přijetím (T_1) požadavku
 - Přičti čas přenosu $(T_0 + T_1)/2$
 - Možno ještě započítat čas zpracování na serveru (je-li znám)

Berkeley algoritmus

- Aktivní časový server
 - Periodicky se dotazuje uzlů na jejich absolutní čas
 - Spočítá průměrný čas podle časů uzlů
 - Pošle všem tento nový čas
- Vhodné pokud sever nemá absolutní čas
 - Obdoba UTC – čas, na němž se uzly shodnou

Decentralizovaná řešení

- Resynchronizační intervaly
 - Globálně dohodnutý „počátek“ T_0
 - i -tý interval začíná v čase $T_0 + iR$
 - i -tý interval končí v čase $T_0 + (i + 1)R$
 - R je dohodnutý systémový parametr
- Všichni pošlou broadcast se svým časem na začátku každého intervalu
- Zpracování na uzlu
 - Dojde S zpráv
 - Spočítá se průměr (s vyloučením m odlehlých hodnot)
 - Možné zlepšení při znalosti doby propagace zpráv

NTP protokol

- Network Time Protocol
 - NTP version 3 (RFC1305), version 2 (RFC1119), version 1 (RFC1059)
 - S(imple)NTP: RFC1769
- Hierarchická organizace
 - Stratum 1 přímo napojené na absolutní čas
 - Celkem až 16 úrovní (Stratum 16)
- Vysoce škálovatelné
- Více jak jeden server
 - Možná reakce na výpadek či ztrátu přesnosti
- Servery `tik.cesnet.cz` a `tak.cesnet.cz`

Logický čas

- Absolutní čas není vždy důležitý
- Podstatný *relativní* čas (souvislost dějů)
- *Logický čas*
 - Nevyžaduje absolutní synchronizaci
 - Potřeba shody na uspořádání

Lamportovy časové známky

- Relace „událo se dříve“ (happens-before)
- $a \rightarrow b$ znamená, že se všechny procesy dohodly, že a nastalo dříve než b .
- Současně platí, že pokud a je událost zaslání konkrétní zprávy a b je událost přijetí téže zprávy, pak nutně $a \rightarrow b$
- Vlastnosti
 - $a \rightarrow b$ je tranzitivní
 - Události x a y jsou *souběžné* (concurrent), pokud neplatí ani $x \rightarrow y$ ani $y \rightarrow x$

Realizace

- Každý proces má vlastní logické hodiny
- Pro události uvnitř jednoho procesu je zajištění relace „událo se před“ triviální
- Synchronizace mezi procesy probíhá jako součást zasílání zpráv
 - Každá zpráva obsahuje časovou známku odesílatele (T_s)
 - Pokud je čas přijímajícího (T_r) menší (mladší) než časová známka v přijímané zprávě, nastaví se $T_r = T_s + 1$
- **Dodatečná podmínka**
 - Žádné dvě události nenastanou ve stejný čas

Shrnutí

- Lamportův algoritmus umožňuje zajistit globální (logický) čas v distribuovaném systému
- Vlastnosti
 - Pokud a nastane před b ve stejném procesu, $C(a) < C(b)$
 - Pokud je a zaslání a b přijetí téže zprávy, $C(a) < C(b)$
 - Pro všechny různé události a a b platí $C(a) \neq C(b)$
- Algoritmus umožňuje globální uspořádání událostí v distribuovaném systému