Operační systémy

Vlákna a procesy – Implementační aspekty

Petr Krajča

Katedra informatiky
Univerzita Palackého v Olomouci

Implementační aspekty: UNIX (1/2)

- proces – původně základní entita vykonávající činnost
- procesy tvoří hierarchii, každý proces identifikován pomocí PID
- systém při inicializaci spustí první proces (`init`)
- nový proces (potomek) vytvořen voláním `fork()` – vytvoří kopii aktuálního procesu

```
pid_t n_pid = fork();
if (n_pid < 0) { /* chyba */ }
else if (n_pid == 0) { /* kod potomka */ }
else { /* kod rodice */ }
```

- používá se společně s voláním `exec` – nahraje do paměti kód ze souboru a začne jej provádět
- v rámci vztahu rodič-potomek jsou sdílené některé zdroje (např. popisovače souborů)
- sirotci – pokud rodičovský proces skončí dřív, přejde pod `init`
- zombie – proces již skončil, ale existuje v systému
- priorita – nice (40 hodnot)

Implementační aspekty: UNIX (2/2)

- vlákna přidána do Unixů později (dříve i ve formě knihoven)
- $\Longrightarrow$ není zcela konzistentí s původní koncepcí
- Jak se má zachovat `fork()`?
- oddělené mechanismy pro synchronizaci vláken a procesů
- vlákno – běžná procedura s jedním argumentem vracející jednu hodnotu

```
void *foo(void *arg) {
   /* kod vlakna */
   return (void *)42;
}
pthread_t thr;
void * result;

pthread_create(&thr, NULL, foo, (void *)123);
/* kod provadeny hlavnim vlaknem */
pthread_join(thr, &result);
```

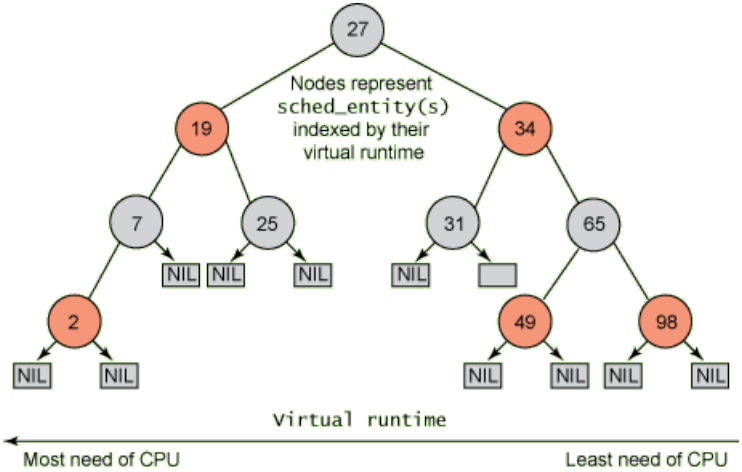
Plánování procesů v Linuxu

- interně jádro pracuje s vlákny i procesy stejně
- proces/vlákno $\Longrightarrow$ task (účastní se plánování)
- systémové volání `clone` – zobecněný `fork` (umožňuje definovat, které struktury se mají sdílet)
  - paměťový prostor
  - otevřené soubory
  - I/O
  - id rodiče
  - ...
- stavy úloh: běžící, připravené k běhu, uspané-přerušitelné – čeká na nějakou podmínku, uspané-nepřerušitelné (čeká na nějakou kritickou HW operaci), zastavené, skončené (zombie)
- je možné vybrat typ plánovače – obecný, dávkové úlohy, FIFO nebo RR (pro práci v reálném čase)

Plánování procesů v Linuxu

Completely Fair Scheduler

- varianta Guaranteed scheduleru
- tasky organizovány v RB-stromu (podle toho, kolik dostaly času)
- je zvolen ten, který získal nejméně času (tj. nejlevější list)
- priority řešeny pomocí koeficientů
- díky automatickému vyvažování má vyběr tasku složitost $O(\log n)$.


27
Nodes represent
sched_entity(s)
indexed by their
virtual runtime
19
34
7
25
31
65
NIL
NIL
NIL
NIL
2
49
98
NIL
NIL
NIL
NIL
NIL
NIL
Virtual runtime
Most need of CPU
Least need of CPU

Implementační aspekty: Windows (1/6)

- vlákno – základní jednotka vykonávající činnost (účastní se plánování)
- process – obsahuje jedno a více vláken (společné zdroje a paměť)
- job – slučuje několik procesů dohromady (společné správa, nastavení kvót, atd.)
- fiber – ,,odlehčené vlákna" implementované v kontextu vlákna (kooperativní multitasking)

Vznik procesu

- není vyžadován vztah rodič-potomek
- `CreateProcess` – funkce vytvařející nový proces (10+ argumentů); příprava ve spolupráci s daným subsystémem, více verzí jednoho programu v jednom souboru
- `CreateThread` – funkce vytvářející nové vlákno v principu podobná `pthread_create`

```
BOOL WINAPI CreateProcess(
  __in_opt     LPCTSTR lpApplicationName,
  __inout_opt  LPTSTR lpCommandLine,
  __in_opt     LPSECURITY_ATTRIBUTES lpProcessAttributes,
  __in_opt     LPSECURITY_ATTRIBUTES lpThreadAttributes,
  __in         BOOL bInheritHandles,
  __in         DWORD dwCreationFlags,
  __in_opt     LPVOID lpEnvironment,
  __in_opt     LPCTSTR lpCurrentDirectory,
  __in         LPSTARTUPINFO lpStartupInfo,
  __out        LPPROCESS_INFORMATION lpProcessInformation
);
HANDLE WINAPI CreateThread(
  __in_opt   LPSECURITY_ATTRIBUTES lpThreadAttributes,
  __in       SIZE_T dwStackSize,
  __in       LPTHREAD_START_ROUTINE lpStartAddress,
  __in_opt   LPVOID lpParameter,
  __in       DWORD dwCreationFlags,
  __out_opt  LPDWORD lpThreadId
);
```

Implementační aspekty: Windows (2/6)

- plánování se účastní vlákna

Stavy vláken

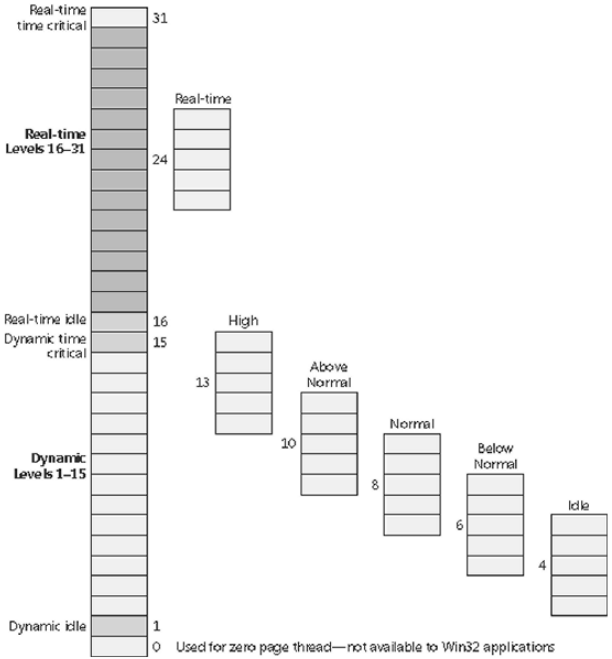
- initiliazed – během inicializace vlákna
- ready – čekající na běh (z těchto vláken vybírá scheduler další pro běh)
- standby – vlákno připraveno k běhu na konkrétním CPU
  - přechod do running
  - přechod do ready (pokud vlákno s vyšší prioritou přeslo do režimu standby)
- running – vlákno běží; možné přechody
  - vlákno s vyšší prioritou získalo CPU (návrat do standby nebo ready)
  - po vypršení kvanta $\Longrightarrow$ ready
  - čekání na událost $\Longrightarrow$ waiting
  - ukončení vlákna
- waiting – čeká na nějakou událost; přechod do ready, standby či running (v případě úloh s vysokou prioritou)
- transition – zásobník je mimo fyzickou paměť (přechod do ready)
- terminated – vlákno je ukončeno (lze změnit na initialized)

Implementační aspekty: Windows (3/6)

- pokud se objeví vlákno s vyšší prioritou ve stavu ready než má vlákno ve stavu running, dostane CPU; aktuálně běžící vlákno je přesunuto na začátek příslušné fronty

Priority

- priorita – hodnota 0–31 přiřazena vláknu (32 úrovňová fronta)
- třída priority – vlastnost procesu udávající základní prioritu vláken
  - Real-time (24)
  - High (13)
  - Above normal (10)
  - Normal (8)
  - Below normal (6)
- priority vláken – Time critical, highest, above normal, normal, below normal, lowest, idle
- priorita vlákna je dána relativně k prioritě procesu + další úpravy
- kategorie priorit
  - idle (0) – zero page thread
  - dynamické úrovně (1–15) – běžné procesy
  - real-time úrovně (16–31) – systémové procesy (nejedná se o realtime systém)


Real-time
time critical
31
Real-time
Real-time
Levels 16–31
24
Real-time idle
16
High
Dynamic time
critical
15
13
Above
Normal
Normal
10
Dynamic
Levels 1–15
Below
Normal
8
Idle
6
4
Dynamic idle
1
0
Used for zero page thread—not available to Win32 applications

Implementační aspekty: Windows (4/6)

Velikost kvanta

- závisí na verzi OS
  - workstation – 6 jednotek (2 tiky přerušení časovače)
  - server – 36 jednotek (12 tiků)
- velikost jde měnit (v nastavení nebo dočasně)
- při čekání, přepnutí, atd. se velikost kvanta mírně snižuje
- proces na popředí – všechna jeho vlákna mají $3\times$ větší kvantum

Dočasné zvýšení priority (Priority Boost)

- u procesů s dynamickou úrovní
- po dokončení I/O zvýšena priorita o
  - $+1$ – disk, CD-ROM, grafická karta
  - $+2$ – síťová karta, ser. port
  - $+6$ – klávesnice, myš
  - $+8$ – zvuková karta
- po uplynutí kvanta se priorita snižuje o jedna až na základní hodnotu

Implementační aspekty: Windows (5/6)

- po čekání na událost nebo synchronizaci s jiným vláknem
  - na dobu jednoho kvanta zvýšena priorita o 1
  - při synchronizaci – vlákno může získat prioritu o jedna vyšší než mělo vlákno, na které se čekalo
- vlákno na popředí po dokončení čekací operace $\Longrightarrow$ priorita $+2$
- aktivita v GUI $\Longrightarrow$ priorita $+4$
- vlákno už dlouho neběželo (řádově sekundy) $\Longrightarrow$ priorita 15 + 2x delší kvantum

Implementační aspekty: Windows (6/6)

SMP

- proces i vlákno má nastavenou masku affinity – seznam povolených CPU, kde může běžet
- každé vlákno má ještě dvě hodnoty – ideální procesor a minulý procesor
- procesor pro vlákno je vybírán nasledovně
  1. nečinný CPU
  2. ideální CPU
  3. minulý CPU
  4. aktuální CPU
- každý procesor má svůj vlastní plánovač $\Longrightarrow$ lepší škálování

macOS

- koncepčně vychází z Unixu $\Longrightarrow$ pojetí procesů, vláken
- k plánování se používá víceúrovňová fronta

Grand Central Dispatch

- rozšíření OS a prog. jazyků
- umožňuje snadno provádět bloky kódu ve vláknech
- existuje několik front, kam se jednotlivé úlohy řadí (každá má thread-pool)
- globální fronty se umožňují přizpůsobit konkrétnímu HW
- soukromé fronty (úkoly zpracovávany sekvenčně), ale v samostatném vláknu
- rozšíření C $\Longrightarrow$ blok kódu:

```
x = ^{ printf("Foo!\n"); }
y = ^(int a) { return a * 10; }
x(); y(20);
```

- příklad použití:

```
dispatch_async(dispatch_get_main_queue(), ^{.... });
```