

Sistemas de Tempo-Real

Aula 9

Outros aspectos do escalonamento de tempo-real

Escalonamento sem preempção
Questões de aplicação prática em sistemas reais

Aula anterior (8)

- Execução conjunta de tarefas **periódicas e aperiódicas**
 - Execução de aperiódicas em *background*
- Utilização de **servidores de tarefas aperiódicas**
 - Servidores de **prioridades fixas**
 - Polling Server - PS
 - Deferrable Server - DS
 - Sporadic Server - SS
 - Servidores de **prioridades dinâmicas**
 - Total Bandwidth Server – TBS
 - Constant Bandwidth Server - CBS

Escalonamento sem preempção

O escalonamento **sem preempção** consiste em executar as tarefas completamente, **sem permitir a sua suspensão** para execução de outras tarefas de maior prioridade

Características principais (vantagens):

- É **muito simples de realizar** já que não é necessário salvaguardar o estado intermédio de execução das tarefas (estas executam sem interrupção).
- O tamanho total de **stack necessário para o sistema é mínimo** (igual aos requisitos de stack da tarefa com maiores requisitos)
- Não é necessário **nenhum protocolo** específico para controlo do **acesso a recursos partilhados** (as tarefas executam com exclusão mútua)

Escalonamento sem preempção

Características principais (desvantagens):

- Implica uma **penalização ao nível da escalonabilidade** do sistema, principalmente quando há tarefas com tempos de execução longos.
- Essa penalização torna-se excessiva quando simultaneamente se pretende executar tarefas com elevado ritmo de activação.

A penalização da escalonabilidade do sistema pode ser vista como um **bloqueio no acesso a um recurso partilhado, o CPU**. Isto permite utilizar os testes de escalonabilidade apresentados anteriormente para sistemas com preempção e acesso a recursos partilhados.

Neste caso,

$$B_i = \max_k \bar{I}_{p(i)}(C_k)$$

Escalonamento sem preempção

Para além de se considerar o termo de bloqueio correspondente, existem ainda algumas **adaptações** a efectuar nas análises de escalonabilidade que usam o cálculo do tempo de resposta.

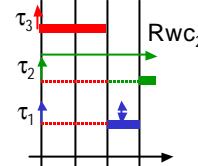
Calculo de R_{wc_i} com prioridades fixas:

$$I_i = B_i + \sum_{k=hp(i)}^{R_{wc_i}} (\bar{a}_i/T_k + 1) * C_k$$

O processo iterativo é executado **apenas sobre I_i** uma vez que, após iniciar, a tarefa i executará até final, e deverá incluir activações no **último instante**

$$I_i(0) = B_i + \sum_{k=hp(i)}^{R_{wc_i}} C_k$$

$$I_i(m+1) = B_i + \sum_{k=hp(i)}^{R_{wc_i}} (\bar{a}_i(m)/T_k + 1) * C_k$$



Sistemas de Tempo-Real

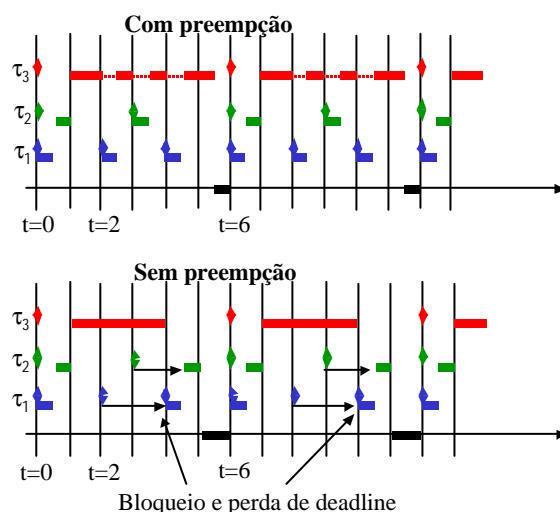
5

Luis Almeida, DETUA, Novembro de 2003

Escalonamento sem preempção

Tabela de propriedades das tarefas

τ_i	T_i	C_i
1	2	0.5
2	3	0.5
3	6	3



Sistemas de Tempo-Real

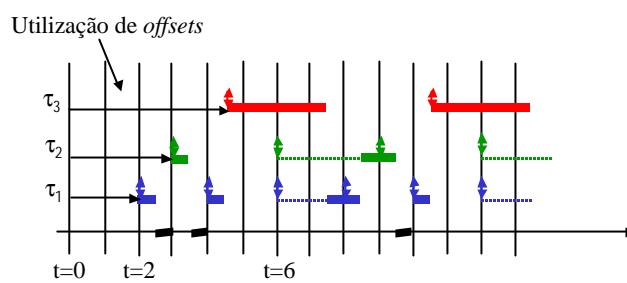
6

Luis Almeida, DETUA, Novembro de 2003

Escalonamento sem preempção

Tabela de propriedades das tarefas

τ_i	T_i	C_i	O_i
1	2	0.5	2
2	3	0.5	3
3	6	3	4.5



A **utilização de offsets** pode ser particularmente eficaz no escalonamento sem preempção, permitindo por vezes **tornar escalonável** um sistema não-escalonável.

Aspectos de implementação prática

Na construção de **aplicações reais** existem alguns aspectos a ter em conta por influenciarem a exactidão dos testes de escalonabilidade das tarefas:

- O custo dos **mecanismos internos** do executivo (e.g. *tick handler*)
- O custo adicional das **mudanças de contexto**
- Os **tempos de execução** das tarefas
- Outras rotinas de atendimento de **interrupções**
- **Desvios nos instantes de activação** das tarefas

Aspectos de implementação prática

Determinação do custo adicional do atendimento do tick

- O atendimento do **relógio do sistema** (*tick*) utiliza tempo de CPU para além da execução das tarefas (*overhead*).
- Trata-se da actividade de **maior prioridade** executada pelo sistema e pode ser modelada como uma **tarefa periódica**
- O respectivo **overhead** (σ) tem um impacto substancial na eficiência do sistema já que se trata de uma parte da largura de banda que é subtraída à disponibilidade do CPU para execução das tarefas da aplicação.
- Pode ser medida quer directamente quer recorrendo a uma função longa, executada sem e com interrupções do *tick* (período T_{tick}) e medindo a diferença dos tempos de execução (C_1^0 e C_1^1 respectivamente).

Neste caso,
$$\sigma = (C_1^1 - C_1^0) / \epsilon C_1^1 / T_{\text{tick}}$$

Aspectos de implementação prática

Determinação do custo adicional das mudanças de contexto

- As **mudanças de contexto** também requerem tempo de CPU para além da execução do código das tarefas (*overhead*).
- Uma forma simples de medir este *overhead* (δ) consiste em utilizar um par de tarefas, uma longa e a outra de maior prioridade, rápida (T_2) e vazia (sem código). Basta medir o tempo de execução da primeira, sozinha (C_1^0) e juntamente com a segunda (C_1^1).

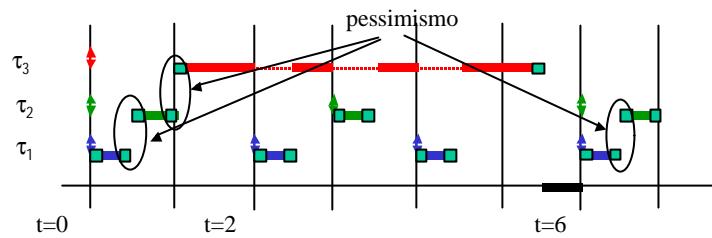
Neste caso,

$$\delta = (C_1^1 - C_1^0) / \epsilon C_1^1 / T_2$$

Aspectos de implementação prática

Utilização do custo adicional das mudanças de contexto (cont.)

- Uma forma **simples** (mas pessimista) de ter em conta o *overhead* das mudanças de contexto (δ) consiste em **adicionar** esse termo aos **tempos de execução** das tarefas. Dessa forma, não apenas se toma em linha de conta a mudança de contexto relativa à própria tarefa como também as relativas a todas as preempções que possam ocorrer.



Sistemas de Tempo-Real

11

Luis Almeida, DETUA, Novembro de 2003

Aspectos de implementação prática

Determinação dos tempos de execução das tarefas

- Normalmente efectuada com recurso à **análise do código fonte**, para determinar o **trajecto de execução mais longo**, de acordo com os dados de entrada.
- Depois é analizado o **código objecto** para contar os ciclos de relógio do CPU necessários para executar as instruções do referido trajecto mais longo.

Notar que o **tempo de execução** de uma tarefa **poderá variar** de instância para instância de acordo com os dados de entrada ou com condições do sistema, por via da utilização de **condicionais** e **ciclos**.

Sistemas de Tempo-Real

12

Luis Almeida, DETUA, Novembro de 2003

Aspectos de implementação prática

Determinação dos tempos de execução das tarefas (cont.)

- Também é possível **executar a tarefa isoladamente** e de forma controlada, fornecendo-lhe os **dados de entrada adequados** e medindo o tempo de execução na plataforma destino.
(este método experimental requer algum cuidado para garantir que se obtém um majorante do tempo de execução!)

Os **processadores complexos** actuais usam *pipelines* e *caches* (de dados e/ou de instruções) que melhoram substancialmente o tempo médio de execução de um programa mas apresentam um pior caso muito penalizante.

Para este casos, usam-se análises específicas para reduzir o pessimismo do pior caso (máximas ocorrências de *chace misses* e *pipeline flushes* de acordo com a efectiva sequência de instruções).

Sistemas de Tempo-Real

13

Luis Almeida, DETUA, Novembro de 2003

Aspectos de implementação prática

Impacto de outras rotinas de atendimento de interrupções

- Regra geral as rotinas de **atendimento de interrupções** executam com um **nível de prioridade superior** ao de todas as tarefas no sistema.
- Assim, num sistema de **prioridades fixas**, o respectivo impacto pode ser directamente tido em conta, incluindo estas **rotinas como tarefas** nas análises de escalonabilidade.
- Em sistemas de **prioridades dinâmicas** a situação é mais complexa. Considera-se, neste caso, que as janelas de tempo em que as rotinas executam não estão disponíveis para a execução de tarefas. Isto pode ser tido em conta na análise de carga imposta ao CPU.

Sistemas de Tempo-Real

14

Luis Almeida, DETUA, Novembro de 2003

Aspectos de implementação prática

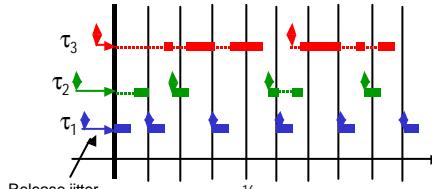
Impacto de desvios nos instantes de activação de tarefas

- Uma tarefa pode sofrer **desvios** nos respectivos instantes de activação, e.g. quando a tarefa é activada pela terminação de outra, ou por uma interrupção externa, ou por uma mensagem recebida por um porto de comunicação, a activação pode variar relativamente ao instante previsto – chama-se a este efeito **variação de disparo (release jitter)**
- A existência de release jitter tem de ser tida em conta na análise de escalonabilidade pois a tarefa poderá executar fora dos instantes previstos.

Aspectos de implementação prática

Impacto de desvios nos instantes de activação de tarefas

- Uma tarefa pode sofrer **desvios** nos respectivos instantes de activação, e.g. quando a tarefa é activada pela terminação de outra, ou por uma interrupção externa, ou por uma mensagem recebida por um porto de comunicação, a activação pode variar relativamente ao instante previsto – chama-se a este efeito **variação de disparo (release jitter)**
- A existência de *release jitter* tem de ser tida em conta na análise de escalonabilidade pois a tarefa poderá executar fora dos instantes previstos.



Aspectos de implementação prática

Impacto de desvios nos instantes de activação de tarefas

- A existência de *release jitter* pode ser tida em conta como uma antecipação dos instantes de activação das instâncias seguintes.

Calculo de Rwc_i usando preempção e prioridades fixas

$$\text{e } i, Rwc_i = I_i + C_i \quad \text{com} \quad I_i = S_k \hat{I}_{hp(i)} \epsilon (Rwc_i + J_i) / T_k * C_k$$

$$Rwc_i(0) = S_k \hat{I}_{hp(i)} C_k + C_i$$

$$Rwc_i(m+1) = S_k \hat{I}_{hp(i)} \epsilon (Rwc_i(m) + J_i) / T_k * C_k + C_i$$

Resumo da Aula 9

Outro aspectos do escalonamento de tempo-real

- Escalonamento **sem preempção**
- Questões de **aplicação prática** em sistemas reais