



7.2 Planificación de procesos.

Introducción a los Sistemas Operativos, 2023-2024

Pablo González Nalda

Depto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos
EU de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz,
UPV/EHU

24 de marzo de 2024





Contenidos de la presentación

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

1 Planificación de procesos y procesadores

2 Evaluación del rendimiento

3 Políticas de planificación

4 Planificación en multiprocesadores

5 Planificación de tareas de tiempo real

6 ¿Más preguntas?



CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

1 Planificación de procesos y procesadores

2 Evaluación del rendimiento

3 Políticas de planificación

4 Planificación en multiprocesadores

5 Planificación de tareas de tiempo real

6 ¿Más preguntas?



Introducción

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

- Gestión de tiempo y de recursos (multiprocesador)
- Parámetros de rendimiento
- La política debe ser adecuada al comportamiento de los programas (cálculo/interactivos)
- Problemas del tiempo real y su interacción con las tareas de tiempo compartido
- Multiprocesador y cachés
- Planificación a corto plazo (entrada a la CPU)
- Planificación a largo plazo (prioridad inicial y *quantum*)
- Planificación a medio plazo (*swapping* o intercambio de procesos)



CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

- 1 Planificación de procesos y procesadores
- 2 Evaluación del rendimiento
- 3 Políticas de planificación
- 4 Planificación en multiprocesadores
- 5 Planificación de tareas de tiempo real
- 6 ¿Más preguntas?



Evaluación del rendimiento y comportamiento de los programas

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Eficiencia temporal $Eft = t_u/T$

Productividad $peticiones/T$

T de finalización de un programa *batch* t_f

T de espera de un proceso en la cola de preparados t_w

$$t_f = t_w + t_{CPU} + t_{Bloq}$$

Latencia T de respuesta o de espera medio en la cola de preparados (interactivos)

Equidad o predecibilidad Varianza baja \Leftrightarrow homogeneidad
Varianza alta \Rightarrow inanición



Comportamiento de los programas

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Intervalo de CPU

El *Intervalo de CPU* es el tiempo ininterrumpido o consecutivo de ejecución de un programa en la CPU (tiempo de servicio) hasta el paso a Bloqueado o expulsado.

Gráfico de distribución de probabilidades del intervalo de CPU (*heavy-tailed*)



CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Selección de un proceso para entrar en CPU

Expulsión por evento y por tiempo

Planificación multinivel

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

- 1 Planificación de procesos y procesadores
- 2 Evaluación del rendimiento
- 3 Políticas de planificación
- 4 Planificación en multiprocesadores
- 5 Planificación de tareas de tiempo real
- 6 ¿Más preguntas?



Políticas de planificación

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Selección de un proceso para entrar en CPU

Expulsión por evento y por tiempo

Planificación multinivel

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

- Selección del proceso, en función de ciertos criterios
- Planificación al abandonar un proceso la CPU, o políticas expulsoras
- Composición de políticas para diferentes tipos de procesos (planificación multinivel)



CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Selección de un proceso para entrar en CPU

Expulsión por evento y por tiempo

Planificación multinivel

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

First come, first served: FIFO en la cola de preparados, el proceso que lleve más tiempo preparado.

Problema: *efecto convoy*.



CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Selección de un proceso para entrar en CPU

Expulsión por evento y por tiempo

Planificación multinivel

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Smallest job first: el proceso que lleve menos tiempo terminarlo.

Problema: estimar la duración de un proceso o de su siguiente intervalo de CPU.



CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Selección de un proceso para entrar en CPU

Expulsión por evento y por tiempo

Planificación multinivel

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Cola de preparados ordenada por prioridades.

- Para cada prioridad se aplica FCFS.
- Inserción ordenada en la cola.
- Prioridades según usuario, características y necesidades del proceso.
- Prioridades estáticas, o dinámicas para afinar y evitar inanición.
- Ajuste de prioridades periódica o aperiódicamente (en las transiciones de estado)



CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Selección de un proceso para entrar en CPU

Expulsión por evento y por tiempo

Planificación multinivel

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

No expulsora

Una política **no** es expulsora si la única forma de que un proceso abandone el estado *ejecutándose* es bloqueándose o terminando el propio programa.



Expulsión por evento

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Selección de un proceso para entrar en CPU

Expulsión por evento y por tiempo

Planificación multinivel

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Si hay expulsión por evento y un proceso A entra en la cola de Preparados, el proceso B que estaba en *ejecutándose* se intercambia por el A. B pasa a *preparado* y A entra a ejecutarse.

Beneficia los tiempos de respuesta.

La expulsión por evento es necesaria cuando hay procesos de tiempo real (que deben dar resultado en un tiempo máximo).



Expulsión por tiempo

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Selección de un proceso para entrar en CPU

Expulsión por evento y por tiempo

Planificación multinivel

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

También se llama Turno Circular o *Round-Robin*. Se puede aplicar a FCFS o a una política de prioridades. Los sistemas que la usan se denominan de *tiempo compartido*.

Se define un *quantum* (q) o tiempo máximo de ejecución ininterrumpida, valor general o una cantidad de tiempo para cada proceso.

La Rutina de Atención a la Interrupción de Reloj se encarga de determinar cuándo es el final de quantum del proceso en estado *ejecutándose*.



Expulsión por tiempo: elección del *quantum*

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Selección de un proceso para entrar en CPU

Expulsión por evento y por tiempo

Planificación multinivel

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Como $t_r \leq (n - 1) \cdot q$ el tiempo de respuesta será menor cuanto menor sea q

Procesador compartido: con tiempos de respuesta despreciables el comportamiento es como si cada proceso de los N ejecutándose tuviera un ordenador de una potencia $1/N$.

Si $q \gg$ entonces desaparece la expulsión y no se pierde tiempo en los cambios de contexto. Si $q \rightarrow 0$ el tiempo desperdiciado en CS $t_{CS} \rightarrow \infty$

Si la mayor parte de procesos terminan su q el tiempo perdido será t_{CS}/q por lo que la eficiencia será $E f_t = 1 - \frac{t_{CS}}{q}$

Por tanto, para maximizar la eficiencia $q \gg t_{CS}$ que es opuesto a la idea de *procesador compartido*.



Planificación multinivel

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Selección de un proceso para entrar en CPU

Expulsión por evento y por tiempo

Planificación multinivel

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Procesos con diferentes necesidades: interactivos, tiempo real, *batch*, procesos del sistema...

Una cola por cada tipo de procesos y una política para combinarlas: elegir la cola de más importancia no vacía o distribuir proporcionalmente a la prioridad.

Colas realimentadas: los procesos *saltan* entre las colas, subiendo de prioridad y bajando de q cuando usan poca CPU, y menos prioridad y más q si acaba el tiempo.



CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Crterios de planificación en multiprocesadores

Políticas de planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

- 1 Planificación de procesos y procesadores
- 2 Evaluación del rendimiento
- 3 Políticas de planificación
- 4 Planificación en multiprocesadores**
- 5 Planificación de tareas de tiempo real
- 6 ¿Más preguntas?



CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Criterios de planificación en multiprocesadores

Políticas de planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Ordenador multiprocesador

Conjunto de procesadores con un espacio de direccionamiento de memoria física: SMP (*Shared-memory Multi-Processor*)

No son multicomputadores, cúmulos o *clusters*, en los que la memoria RAM es propia de cada procesador.

Las memorias cachés L1 y L2 son importantes por afectar al rendimiento.

Tener el [hilo](#) como entidad planificable mejora el rendimiento.



Tipos de planificación en multiprocesadores

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Crterios de planificación en multiprocesadores

Políticas de planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Planificación temporal Política de planificación para cada CPU
Planificación espacial Política de planificación para asignar procesos a los procesadores



Crterios de planificación en multiprocesadores

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Crterios de planificación en multiprocesadores

Políticas de planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Afinidad al procesador Mantener cada proceso siempre en el mismo procesador

- para aprovechar la *huella* (código y datos del proceso en la caché) y mejorar el rendimiento
- pero pueden quedar procesadores ociosos

Reparto de carga Cambiar el proceso de procesador para ejecutarlo en el primero libre

- para equilibrar el trabajo entre procesadores y mejorar el rendimiento (no ociosos)
- pero sobrecarga el bus de acceso a RAM y desaprovecha cachés



Criteria de planificación en multiprocesadores

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Criteria de planificación en multiprocesadores

Políticas de planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Si tenemos

- hilos como unidad planificable e
- interacción estrecha entre hilos (comunicación por el uso compartido de la memoria)

entonces si un hilo no es planificado y no progresa la aplicación entera se retrasa.

Solución: el SO da recursos de planificación a la aplicación entera, y ésta gestiona el tiempo de CPU con una librería de hilos.

Los hilos siguen siendo la unidad de planificación en el SO

Hilos en java: `yield`, `setPriority`, `sleep`



Políticas de tiempo compartido en multiprocesadores

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Criterios de planificación en multiprocesadores

Políticas de planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Políticas de tiempo compartido

Cola global única Reparto de carga
Cola local por procesador Afinidad al procesador



Políticas de espacio compartido en multiprocesadores

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Criterios de planificación en multiprocesadores

Políticas de planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Planif. en grupos Se intentan planificar todos los hilos de una aplicación a la vez

Particionado Un grupo de procesadores son de uso exclusivo de una aplicación para la ejecución de sus hilos

El particionado puede ser

fijo mismo número de procesadores por aplicación

flexible número variable según las necesidades de la aplicación, como las prioridades

estático asignado al inicio de la ejecución

dinámico variable según el uso de las CPUs asignadas

Tener CPUs ociosas es un tipo de fragmentación interna



CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

Tipos de tareas de tiempo real

Criterios de planificación de tareas de tiempo real

Políticas de planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

1 Planificación de procesos y procesadores

2 Evaluación del rendimiento

3 Políticas de planificación

4 Planificación en multiprocesadores

5 Planificación de tareas de tiempo real

6 ¿Más preguntas?



Planificación de tareas de tiempo real

CONTENIDOS

Planificación de
procesos y
procesadores

Evaluación del
rendimiento

Políticas de
planificación

Planificación en
multiprocesadores

Planificación de
tareas de tiempo
real

Tipos de tareas de tiempo
real

Criterios de planificación
de tareas de tiempo real

Políticas de planificación
de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Una tarea de tiempo real (TR) es un programa que debe dar un resultado en un tiempo determinado, sin importar la carga del sistema (ambulancia).

En sistemas de propósito general es muy difícil que las TR cumplan los plazos. Ha habido mejoras por puntos de expulsión de rutinas del núcleo.

$$e_i < D_i - F_i \leq P_i$$

ejecución, plazo (deadline), liberación (free), periodo (cte. o variable)



Tipos de tareas de tiempo real

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

Tipos de tareas de tiempo real

Criterios de planificación de tareas de tiempo real

Políticas de planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Plazo estricto TR crítico: central nuclear, piloto automático

Plazo no estricto *Soft real time*: avi acrítico

¿El sistema admite un funcionamiento degradado? ¿Hay parada segura?

Sistemas empotrados (*embedded*): ABS, ESP.



Criteria de planificación de tareas de tiempo real

CONTENIDOS

Planificación de
procesos y
procesadores

Evaluación del
rendimiento

Políticas de
planificación

Planificación en
multiprocesadores

Planificación de
tareas de tiempo
real

Tipos de tareas de tiempo
real

Criteria de planificación
de tareas de tiempo real

Políticas de planificación
de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

La planificación debe ser viable. Con tareas periódicas es posible un análisis de viabilidad previo.

Si una tarea es aperiódica, se debe convertir a periódica con el periodo mínimo (*“lleno el depósito como mucho cada tres semanas”*).

La viabilidad es necesaria en un sistema crítico. En uno acrítico se pueden minimizar los retrasos y el tiempo de retardo.



Políticas de planificación de tareas de tiempo real

CONTENIDOS

Planificación de
procesos y
procesadores

Evaluación del
rendimiento

Políticas de
planificación

Planificación en
multiprocesadores

Planificación de
tareas de tiempo
real

Tipos de tareas de tiempo
real

Criterios de planificación
de tareas de tiempo real

Políticas de planificación
de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

Frecuencia monótona elegir la que va a terminar antes, SJF

Plazo más cercano elegir la que *caduca* antes

Cuando no es posible establecer un plan de viabilidad, la
planificación es dinámica



CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

- 1 Planificación de procesos y procesadores
- 2 Evaluación del rendimiento
- 3 Políticas de planificación
- 4 Planificación en multiprocesadores
- 5 Planificación de tareas de tiempo real
- 6 ¿Más preguntas?



¿Más preguntas?

CONTENIDOS

Planificación de procesos y procesadores

Evaluación del rendimiento

Políticas de planificación

Planificación en multiprocesadores

Planificación de tareas de tiempo real

¿Más preguntas?

¿Más preguntas?



7.2 Planificación de procesos.

Introducción a los Sistemas Operativos, 2023-2024

Pablo González Nalda

Depto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos
EU de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz,
UPV/EHU

24 de marzo de 2024

