Planificación de Procesos

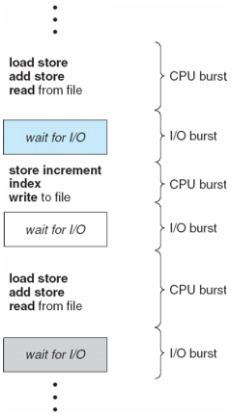
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur

Planificación de Procesos

- Conceptos Básicos
- Criterios de Planificación
- Algoritmos de Planificación
- Planificación de hilos
- Planificación de Múltiples Procesadores
- Planificación en Tiempo Real
- Ejemplos de Sistemas Operativos

Conceptos Básicos

- Máxima utilización de CPU obtenida con multiprogramación
- La ejecución de procesos consiste de ***ciclos*** de ejecución de CPU y esperas en E/S.
- Distribución de ráfagas de CPU



Planificador de CPU

- Selecciona entre los procesos en memoria que están listos para ejecutar, y aloca la CPU a uno de ellos.
- La decisión de planificar la CPU puede tener lugar cuando un proceso:
  1. Conmuta de ejecutando a estado de espera.
  2. Conmuta de ejecutando a estado de listo.
  3. Conmuta de espera a listo.
  4. Termina.
- La planificación de 1 y 4 es ***no apropiativa***.
- Las otras planificaciones son ***apropiativas***.

Despachador

- El módulo despachador pasa el control de la CPU al proceso seleccionado por el planificador de corto término; esto implica:
  - cambio de contexto
  - conmutación a modo usuario
  - salta a la dirección apropiada en el programa de usuario para reiniciarlo
- *Latencia de despacho* – tiempo que toma al despachador para detener un proceso e iniciar otro.

Criterios de Planificación

- **Utilización de CPU** – mantener la CPU tan ocupada como sea posible
- **Procesamiento total (Throughput)** – número de procesos que completan sus ejecución por unidad de tiempo.
- **Tiempo de retorno** – cantidad de tiempo para ejecutar un determinado proceso.
- **Tiempo de Espera** – cantidad de tiempo que un proceso ha estado esperando en las colas.
- **Tiempo de respuesta** – cantidad de tiempo que transcurre desde que fue hecho un requerimiento hasta que se produce la primer respuesta, **no salida.**

Planificación Primero-Entrar, Primero-Servido (FCFS)

- Ejemplo:

Proceso	Tiempo de Ráfaga
P_1	24
P_2	3
P_3	3

- Suponer que los procesos llegan en el orden: P_1 , P_2 , P_3
  La carta de Gantt para la planificación es:

- Tiempo de espera para P_1 = 0; P_2 = 24; P_3 = 27
- Tiempo medio de espera: (0 + 24 + 27)/3 = 17

Planificación FCFS

Suponer que los procesos llegan en el orden

P_2 , P_3 , P_1 .

- La carta de Gantt para la planificación es:

- Tiempo de espera para P_1 = 6; P_2 = 0, P_3 = 3
- Tiempo medio de espera: (6 + 0 + 3)/3 = 3
- Mucho mejor que el caso anterior.
- *Efecto Convoy* los procesos cortos delante de los procesos largos

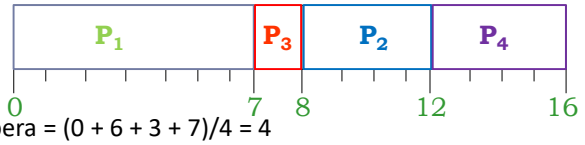
Planificación Job-Más Corto Primero (SJF)

- Se asocia con cada proceso la longitud de su *próxima* ráfaga de CPU. Se usa estas longitudes para planificar los procesos con el tiempo más corto.
- Dos esquemas:
  - **No apropiativo**
  - **Apropiativo**
- SJF es óptimo – da el mínimo tiempo de espera promedio para un dado conjunto de procesos.

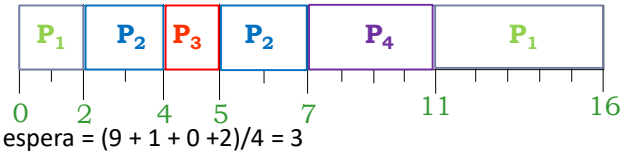
Ejemplo de SJF

Proceso	Tiempo de llegada	Ráfaga
P_1	0.0	7
P_2	2.0	4
P_3	4.0	1
P_4	5.0	4

- **SJF (no apropiativo)**



- Tiempo medio de espera = (0 + 6 + 3 + 7)/4 = 4
- **SJF (apropiativo)**



- Tiempo medio de espera = (9 + 1 + 0 +2)/4 = 3

Planificación por Prioridad

- Con cada proceso se asocia un número
- La CPU es alocada al proceso con prioridad más alta según la convención elegida.
  - Apropiativo
  - No apropiativo
- SJF es un algoritmo planificador con prioridad.
- **Problema** ⇒**Inanición** – los procesos de baja prioridad pueden no llegar a ejecutarse nunca.
- **Solución** ≡ **Envejecimiento** – se incrementa en el tiempo la prioridad de los procesos en espera.

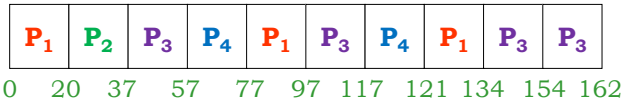
Round Robin (RR)

- Cada proceso toma una pequeña unidad de tiempo de CPU (***quantum***). Luego de este tiempo el proceso es quitado de la CPU y agregado a la cola de listos.
- Si hay *n* procesos en la cola de listos y el tiempo del quantum es *q*, entonces cada proceso toma 1/*n* del tiempo de CPU en rebanadas de a lo sumo *q* unidades de tiempo a la vez. Los procesos no esperan mas que (*n*-1)*q* unidades de tiempo.
- Rendimiento
  - *q* largo ⇒ Primero-Entrar, Primero-Salir
  - *q chico* ⇒ *q* debe ser grande con respecto al cambio de contexto, sino la sobrecarga es demasiado grande.
  - Con un Quantum PEQUEÑO se incrementan los Cambios de Contexto

Ejemplo: RR con Quantum = 20

Proceso	Ráfaga
P_1	53
P_2	17
P_3	68
P_4	24

- La carta de Gantt:

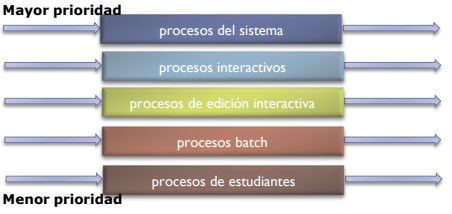


- Típicamente, mayor tiempo de retorno promedio que SJF, pero mejor *respuesta*.

Colas Multinivel

- La cola de listos esta particionada en varias colas separadas, cada una tiene diferente prioridad.
- Cada cola tiene su propio algoritmo de planificación.
- La planificación debe ser hecha entre las colas. Se elige el proceso que está en la cola de mayor prioridad.
  - Planificación con prioridad fija. Posibilidad de inanición.
  - Tajada de tiempo – cada cola tiene una cierta cantidad de tiempo de CPU que puede planificar entre sus procesos.

Por ejemplo: colas con prioridad basada en el tipo de proceso

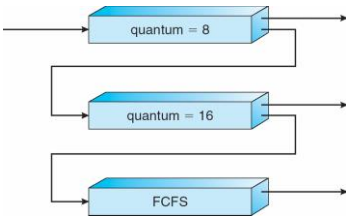


Colas Multinivel Realimentadas

- Un proceso puede moverse entre varias colas.
- El planificador de colas multinivel realimentadas está definido por los siguientes parámetros:
  - Número de colas
  - Algoritmos de planificación para cada cola
  - Método usado para determinar cuando mejorar un proceso
  - Método usado para determinar cuando degradar un proceso
  - Método usado para determinar en que cola entra un proceso cuando necesita servicio.

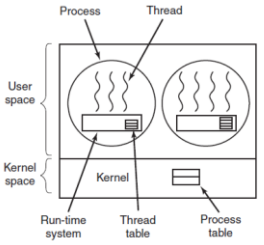
Ejemplo de Colas Multinivel Realimentadas

- Tres colas:
  - Q_0 – quantum de 8 milisegundos
  - Q_1 – quantum de 16 milisegundos
  - Q_2 – FCFS
- Planificación
  - Un nuevo job entra a la cola Q_0 el cual es servido FCFS. Cuando gana la CPU, el job recibe 8 milisegundos. Si no finaliza en 8 milisegundos, el job es movido a la cola Q_1.
  - En Q_1 el job es nuevamente servido FCFS y recibe 16 milisegundos adicionales. Si aún no completa, es movido a la cola Q_2.

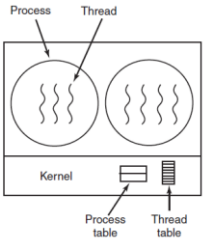


Planificación de Hilos

- Planificación Local – Como deciden las librerías de hilos poner el hilo en un LWP (Light-Weight Process). ***PROCESS-CONTENTION SCOPE (PCS)***
- Planificación Global – Como el kernel decide que hilo del kernel es el siguiente que corre. ***SYSTEM-CONTENTION SCOPE (SCS)***



Implementación de librería a nivel de usuario



Implementación a nivel de kernel

Planificación Múltiple-Procesador

- La planificación de CPU es más compleja cuando hay disponibles múltiples CPUs. *Procesadores homogéneos* en un multiprocesador.
- *Cómo se planifica.*
  - *Simétrica: una cola para todos los procesadores ó una cola para cada uno de los procesadores*
  - *Asimétrica*
- *Carga compartida*
  - Migración Push
  - Migración Pull
- *Dónde se ejecuta. PROCESSOR AFFINITY* – el proceso tiene afinidad con el procesador en el cual se está ejecutando. Puede ser **SOFT** o **HARD AFFINITY**

Planificación Tiempo Real

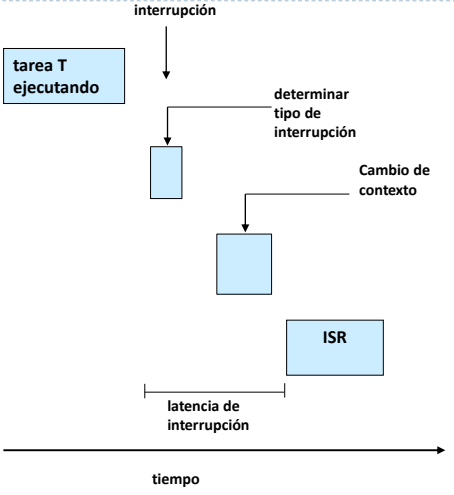
- *Sistemas de Tiempo Real Duro (**HARD REAL-TIME**)* – requiere completar tareas críticas en una cantidad de tiempo garantizado.
- *Computación de Tiempo Real Blando (**SOFT REAL-TIME**)* – requiere que los procesos críticos reciban prioridad sobre otros.

CONSIDERAR LA LATENCIA

Planificación Tiempo Real

Dos tipos de latencias afectan el rendimiento

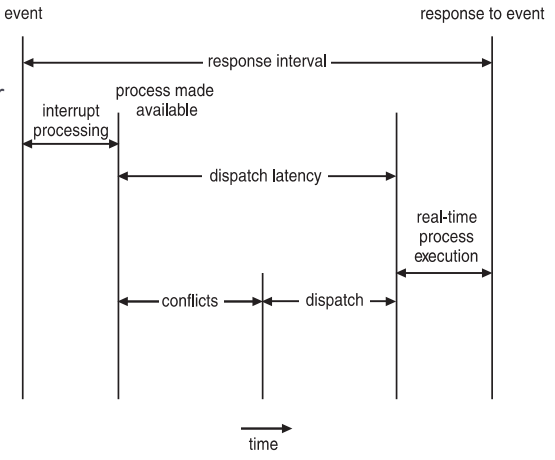
1. **LATENCIA DE INTERRUPCIÓN** – tiempo desde que arriba la interrupción hasta que comienza la rutina de atención de la interrupción.
2. **LATENCIA DE DESPACHO (DISPATCH LATENCY)** – tiempo del despachador de parar un proceso e iniciar otro.



Planificación Tiempo Real

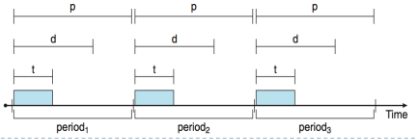
Fase conflicto de la **LATENCIA DE DESPACHO**.

1. Apropiación de cualquier proceso que se está ejecutando en modo kernel.
2. Liberar recurso de proceso con baja prioridad necesitado por proceso con alta prioridad.



Planificación Tiempo Real

- Para la planificación en tiempo real blando *SOFT REAL-TIME*, el planificador debe ser apropiativo y basado en prioridades.
- Para tiempo real duro (*HARD REAL-TIME*) debe soportar vencimientos (deadlines).
  - Procesos tienen nuevas características:
    - **PERIÓDICOS** requieren la CPU a intervalos constante. **APERIÓDICOS**.
    - tiempo de procesamiento ***t***, deadline ***d***, período ***p***
    - $0 \le t \le d \le p$
    - **Rate** de la tarea periódica es $1/p$



Planificación Tiempo Real

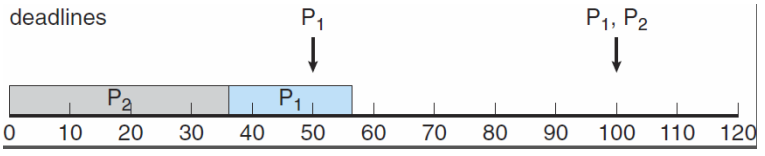
- Planifica las tareas periódica utilizando prioridades estáticas con apropiación.
- Medida de utilización de CPU t_i/p_i
- Para la aceptación de un nuevo proceso se debe cumplir la siguiente condición:
- Por ejemplo:

$$\sum \frac{t_i}{p_i} \leq 1$$

P_1: $p_1 = 50$, $t_1 = 20$, $t_1/p_1 = 0{,}40$

P_2: $p_2 = 100$, $t_2 = 35$, $t_2/p_2 = 0{,}35$

prior(P_2) > prior(P_1)



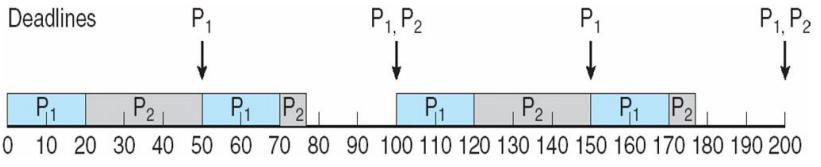
Planificación Tiempo Real – RATE MONOTONIC

- La prioridad se asigna en función de la inversa de su período. Prioridad ESTÁTICA
- Períodos cortos = prioridad alta; Períodos largos= prioridad baja
- Por ejemplo:

P_1: $p_1 = 50$, $t_1 = 20$ – $t_1/p_1 = 0{,}40$

P_2: $p_2 = 100$, $t_2 = 35$ – $t_2/p_2 = 0{,}35$

prior(P_1) > prior(P_2)



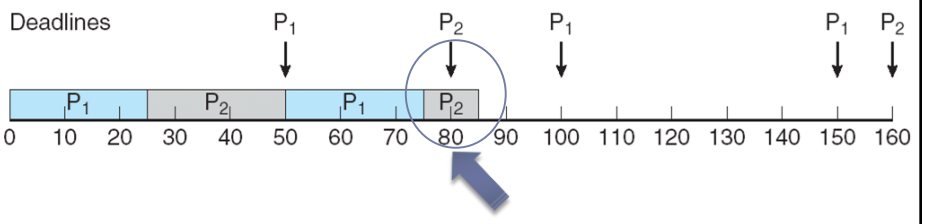
Planificación Tiempo Real – RATE MONOTONIC

- Por ejemplo:

  P_1: $p_1 = 50$, $t_1 = 25$ – $t_1/p_1 = 0{,}50$

  P_2: $p_2 = 80$, $t_2 = 35$ – $t_2/p_2 = 0{,}44$

  prior(P_1) > prior(P_2)



No cumple el deadline

Planificación Tiempo Real – EDF

Earliest-Deadline-First (EDF)

- Las prioridades son asignadas de acuerdo al deadline.

  cuanto más cercano el deadline, mayor la prioridad;

  cuanto más tardío el deadline, menor la prioridad.

Las prioridades son DINÁMICAS.

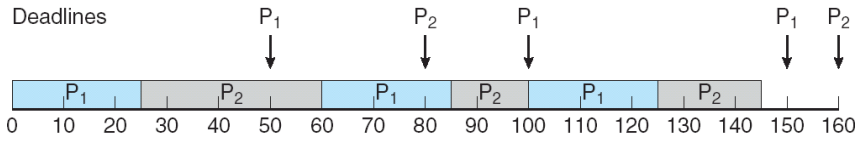
Planificación Tiempo Real – EDF

- Por ejemplo:

  P_1: $p_1 = 50$, $t_1 = 25 - t_1/p_1 = 0{,}50$

  P_2: $p_2 = 80$, $t_2 = 35 - t_2/p_2 = 0{,}44$

  inicialmente, prior(P_1) > prior(P_2)



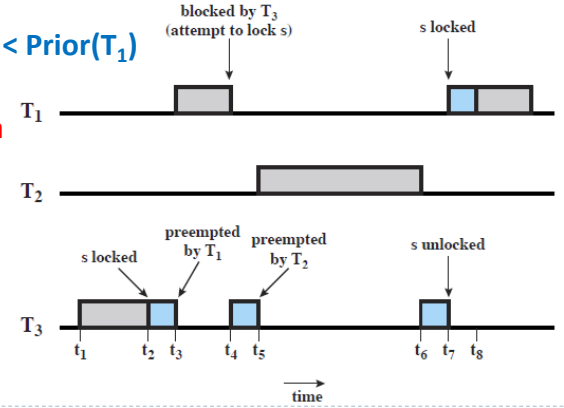
Planificación Tiempo Real

Inversión de Prioridades

Esta situación ocurre cuando un proceso de mayor prioridad espera por un proceso de menor prioridad.

Prior(T_3) < Prior(T_2) < Prior(T_1)

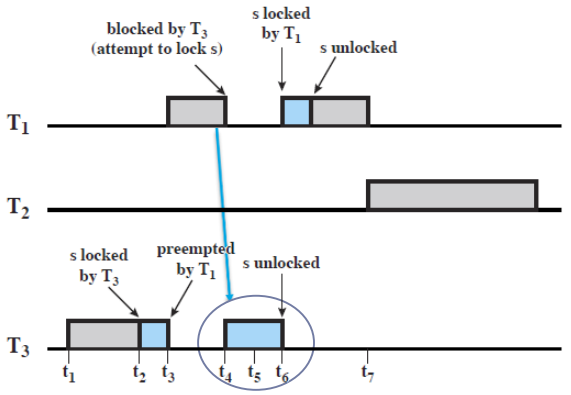
Problema: T_1 espera que termine T_3 y T_2



Planificación Tiempo Real

Inversión de Prioridades

Una solución es **herencia de prioridades**



Ejemplos de Sistemas Operativos

- **Unix Tradicional**
- **Linux**
- **Solaris**
- **Windows**

Planificación Tradicional en UNIX

Esta planificación emplea colas multinivel (los niveles se definen en bandas de prioridades) usando Round Robin en cada una de ellas:

$$P_j(i) = \text{Base}_j + \frac{CPU_j(i)}{2} + \text{nice}_j \quad (1)$$

$$CPU_j(i) = \frac{CPU_j(i-1)}{2} \quad (2)$$

(1) Es utilizada para ajustar dinámicamente la prioridad (producto del uso de CPU).

(2) Es usada para implementar el "envejecimiento" cuando el proceso espera. Así evita la inanición.

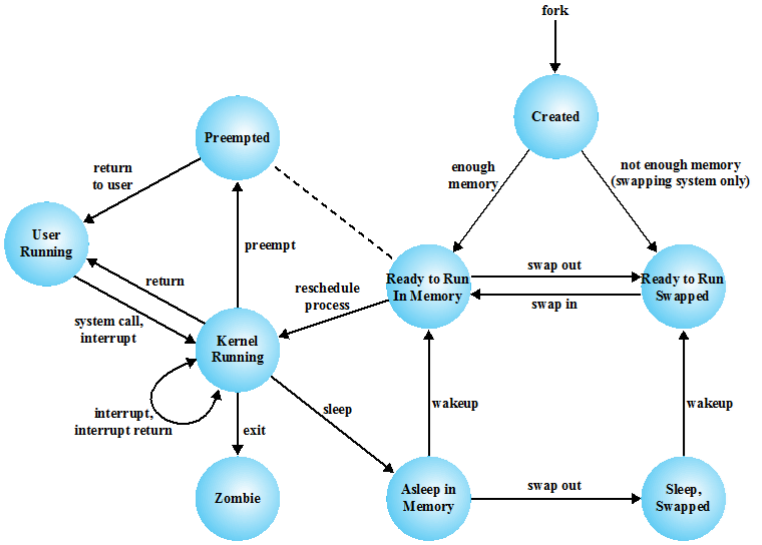
$CPU_j(i)$ = Mide la utilización del procesador por el proceso *j* en el intervalo *i*.

$P_j(i)$ = Prioridad del proceso *j* en el comienzo del intervalo *i*; valores bajos implican prioridades altas.

Base_j = Prioridad base del proceso *j*.

nice_j = Factor de ajuste controlable por el usuario

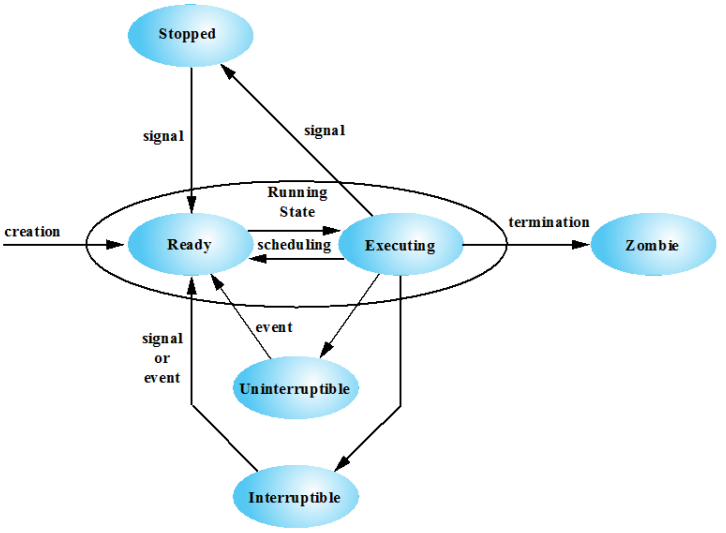
Unix – Diagrama Estado Procesos



Planificación en Linux

- Anterior a la versión del kernel 2.5, corre una variación del algoritmo de planificación standard de UNIX
- Version 2.5 propone un tiempo de planificación constante de orden *O*(1)
  - Apropiativo, basado en prioridades. Dos rangos de prioridades: tiempo compartido y tiempo real.
  - **Tiempo Real** rango entre 0 a 99 y valor de **nice** entre 100 y 140
  - Altas prioridades obtiene un mayor q
  - Una tarea está disponible para *running* mientras le quede tiempo en su intervalo de tiempo (**active**)
  - Si no le queda tiempo (**expired**), no está disponible para *running* hasta que todas las otras tareas utilicen sus intervalos de tiempo
  - Todas las tareas en run-able se mantiene la información en la estructura de datos **runqueue** por CPU
    - Dos arreglos de prioridad (active, expired)
    - Tareas indexadas por prioridad
    - Cuando no hay más tareas en active, los arreglos se intercambian
  - Funcionó bien, pero los tiempos de respuesta deficientes para los procesos interactivos

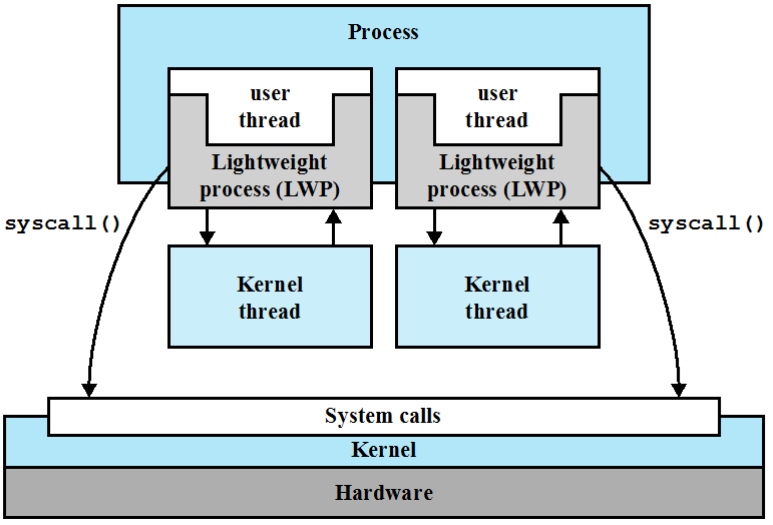
Linux - Diagrama Estado Procesos



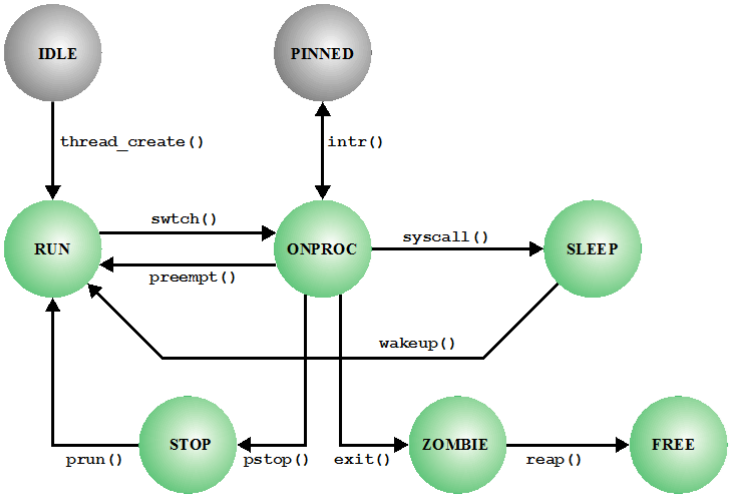
Solaris

Process	• Incluye el espacio de direcciones del usuario, stack y el PCB.
User-level Threads	• Unidad de ejecución creada por el usuario en el proceso.
Lightweight Processes (LWP)	• Mapeo entre ULTs y kernel threads.
Kernel Threads	• Entidad fundamental que puede ser planificada y despachada para ejecutar en uno de los procesadores del Sistema.

Solaris

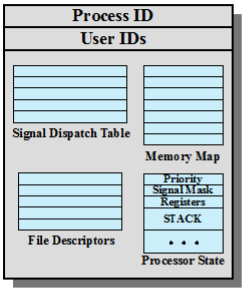


Solaris - Diagrama Estado Procesos

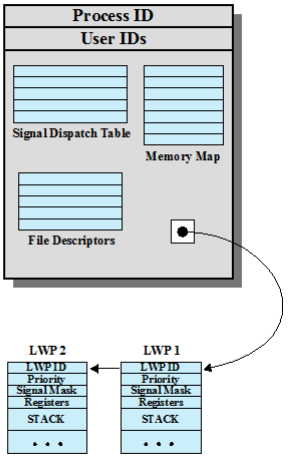


Solaris

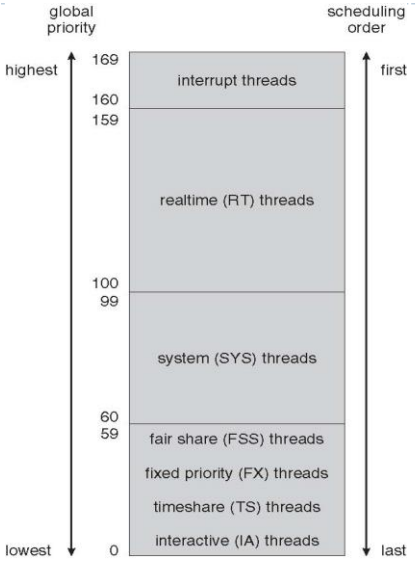
UNIX Process Structure



Solaris Process Structure

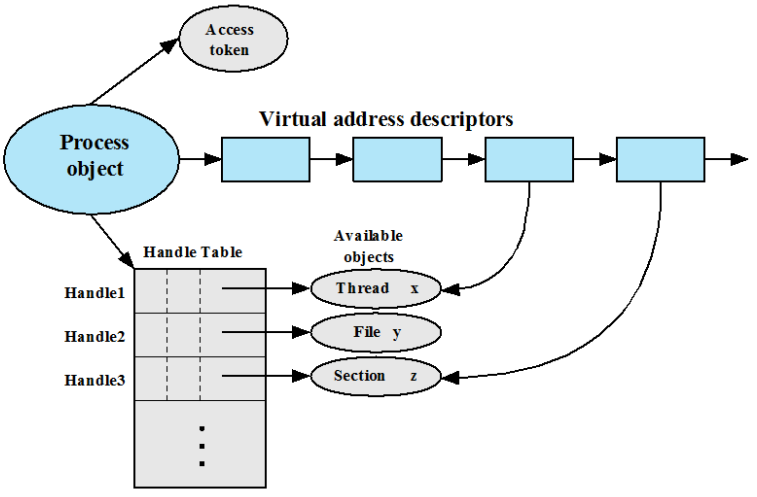


Solaris - Planifición

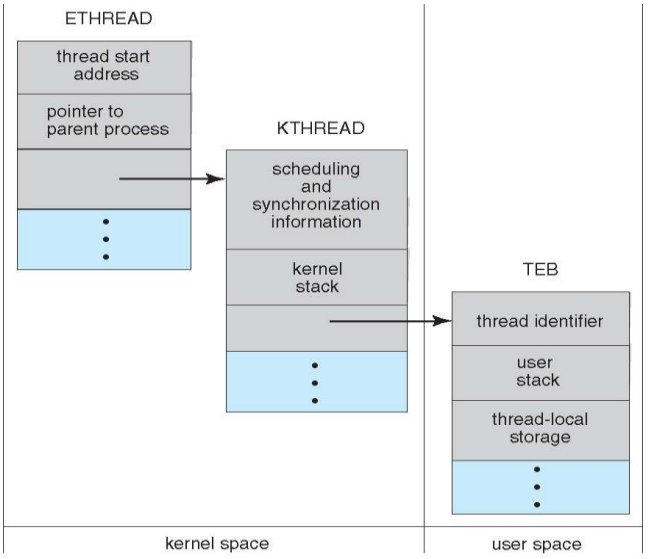


Windows

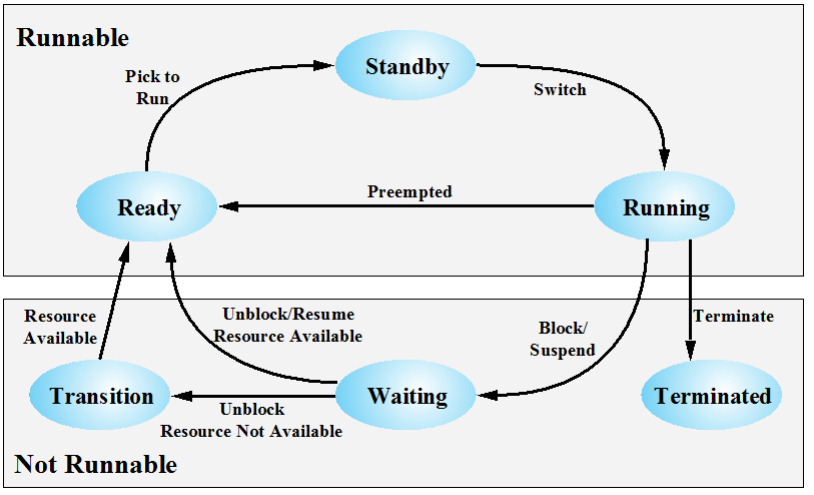
Un proceso en Windows y sus recursos



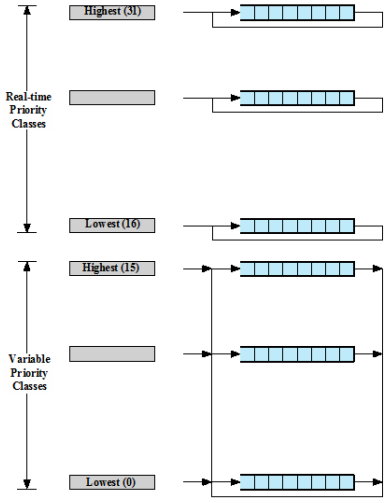
Windows



Windows – Diagrama de Estado Threads



Windows - Planificación



Bibliografía:

- Silberschatz, A., Gagne G., y Galvin, P.B.; "*Operating System Concepts*", 7ma Edición 2009; 9na Edición 2012; 10ma Edición 2018.
- Stallings, W. *"Operating Systems: Internals and Design Principles"*, Prentice Hall, 6ta Edición 2009; 7maEdición 2011; 9na Edición 2018.