Programa

- Es estático
- No tiene program counter
- Existe desde que se edita hasta que se borra

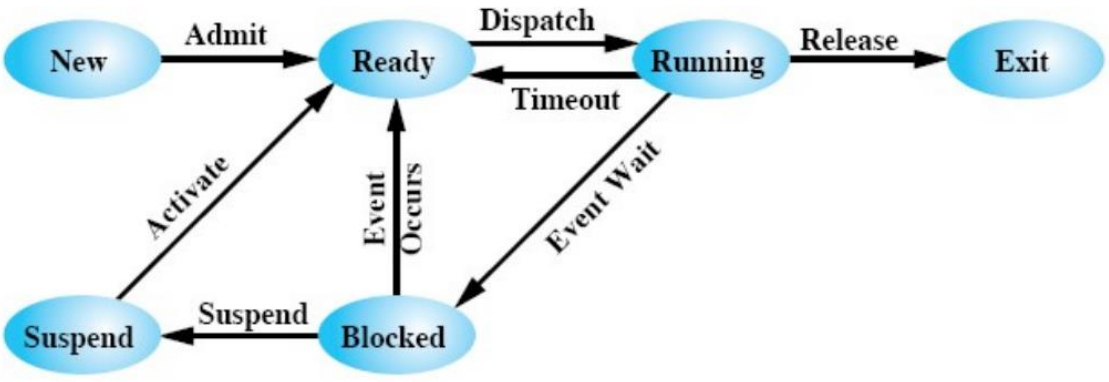
Proceso

- Programa en ejecución
- Tarea, Job y Proceso son lo mismo
- Según su historial de ejecución se pueden clasificar en
    - CPU Bound
    - I/O Bound
- Es dinámico
- Tiene program counter
- Su ciclo de vida comprende desde que se lo ejecuta hasta que termina

PCB

- Una por proceso
- Contiene información del proceso
- Es lo primero que se crea cuando se hace un fork y lo último que se borra cuando termina

Estados



Planificadores

- Es la clave de la multiprogramación
- Está diseñado de manera apropiada para cumplir las metas de
    - Menor tiempo de respuesta

- Mayor rendimiento
- Uso eficiente del procesador

Long Term Scheduler

- Admite nuevos procesos a memoria
- Controla el grado de multiprogramación

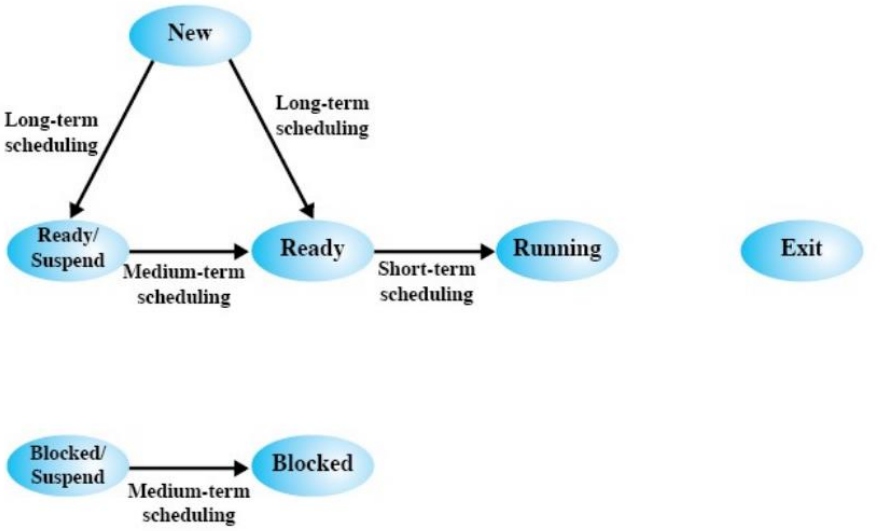
Medium Term Scheduler

- Realiza el swapping entre disco y la memoria cuando el SO lo determina

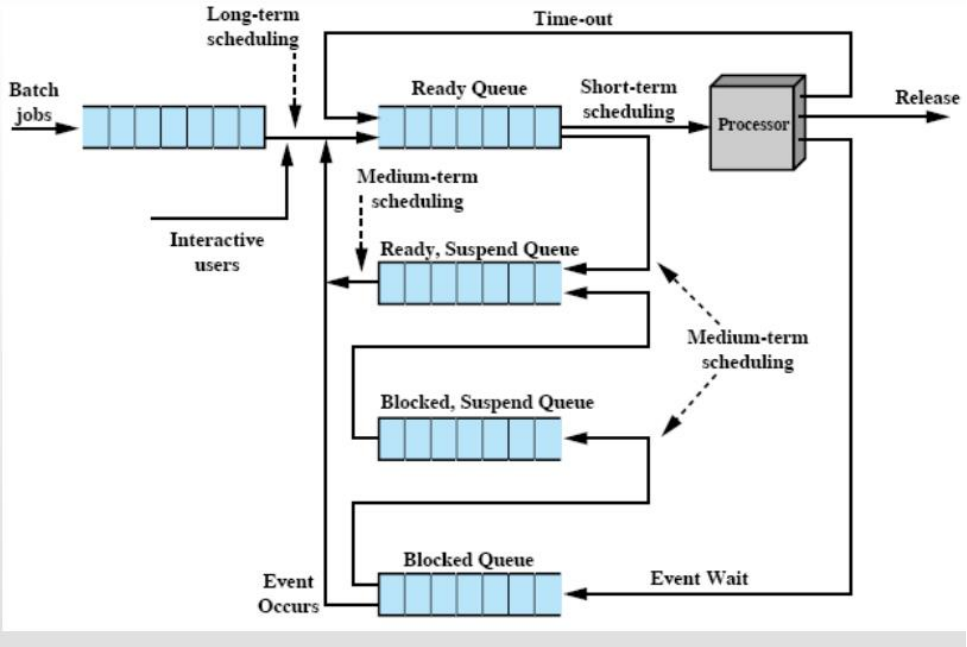
Short Term Scheduler

- Determina qué proceso pasará a ejecutarse

Planificadores y estados



Planificadores y Colas



Tiempos de los procesos

- Retorno:
  - Tiempo que transcurre desde que el proceso llega al sistema hasta que completa su ejecución
- Espera:
  - Tiempo que el proceso se encuentra en el sistema esperando (sin ejecutarse)
  - Tiempo de Retorno – Tiempo usando la CPU
- Promedios:
  - Tiempos promedios de los anteriores

Políticas apropiativas y no apropiativas

- No apropiativo
  - Una vez que el proceso está en estado de ejecución, continúa hasta que termina o se bloquea por algún evento (EJ: I/O)
- Apropiativa
  - El proceso en ejecución puede ser interrumpido y llevado a la cola de listos
    - Mayor overhead pero mejor servicio
    - Un proceso no monopoliza el procesador

Algoritmos de planificación

First In First Out (FIFO)

- No apropiativo
- Cuando hay que elegir un proceso para ejecutar, se selecciona el más viejo (el primero en llegar)
- No favorece a ningún tipo de procesos pero en principio se puede decir que los CPU Bound terminan al comenzar su primer ráfaga, mientras que los I/O Bound

Shortest Job First (SJF)

- Política no apropiativa que selecciona el proceso con la ráfaga más corta
- Cálculo basado en la ejecución previa
- Procesos cortos se colocan delante de procesos largos
- Los procesos largos pueden sufrir inanición

Round Robin (RR)

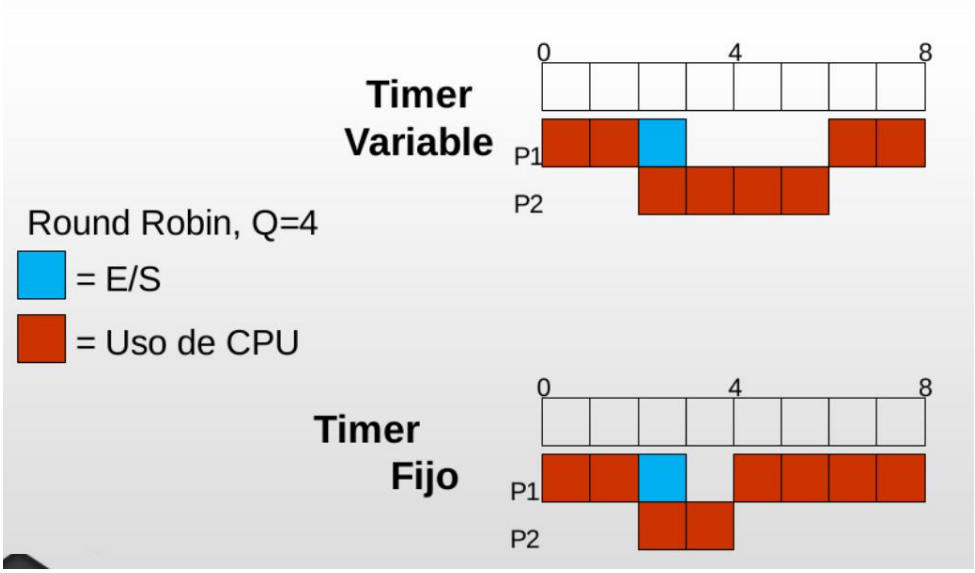
- Política basada en un reloj
- Apropiativa
- Quantum (Q)
    - Medida que determina cuánto tiempo podrá usar el procesador cada proceso
    - Un quantum pequeño da mayor overhead de context switch
    - Un quantum grande puede provocar que un proceso no utilice todo su quantum y termine antes de usarlo, por lo que el algoritmo funcionaría como un FIFO
- Cuando un proceso es expulsado de la CPU es colocado al final de la cola de listos y se selecciona otro
- Existe un contador que indica las unidades de CPU en las que el proceso se ejecutó. Si ese contador llega a 0, el proceso es expulsado
    - Este contador puede ser Global (Aplica a todos los procesos) o Local (Almacenado en la PCB)
    - Existen dos variantes con respecto al valor inicial del contador
        - Timer Variable
        - Timer Fijo

Timer Variable

- El contador se inicializa en Q cada vez que un proceso es asignado a la CPU
- Es el más utilizado

Timer Fijo

- El contador se inicializa en Q cuando su valor es cero
- Se puede ver como un valor de Q compartido entre los procesos



Algoritmo con Uso de Prioridades

- Cada proceso tiene un valor que representa su prioridad
    - A menor valor, mayor prioridad
- Se selecciona el proceso de mayor prioridad de los que se encuentran en la cola de listos
- Existe una cola de listos por cada nivel de prioridad
- Procesos de baja prioridad pueden sufrir inanición
    - Solución:
        - Aging:
            - Se incrementa la prioridad de un proceso cuando lleva mucho tiempo esperando en la cola de listos
        - Penalty:
            - Se baja la prioridad de procesos que lleven mucho tiempo usando la CPU
- Puede ser un algoritmo apropiativo como no serlo

Shortest Remaining Time First (SRTF)

- Versión apropiativa de SJF
- Selecciona al prceso el cual le resta menos tiempo de ejecución en su siguiente ráfaga
- Favorece procesos I/O Bound ya que son los que pasan menos tiempo usando la CPU, por lo que las ráfagas son más cortas que los CPU Bound

Algoritmos de planificación – CPU + I/O

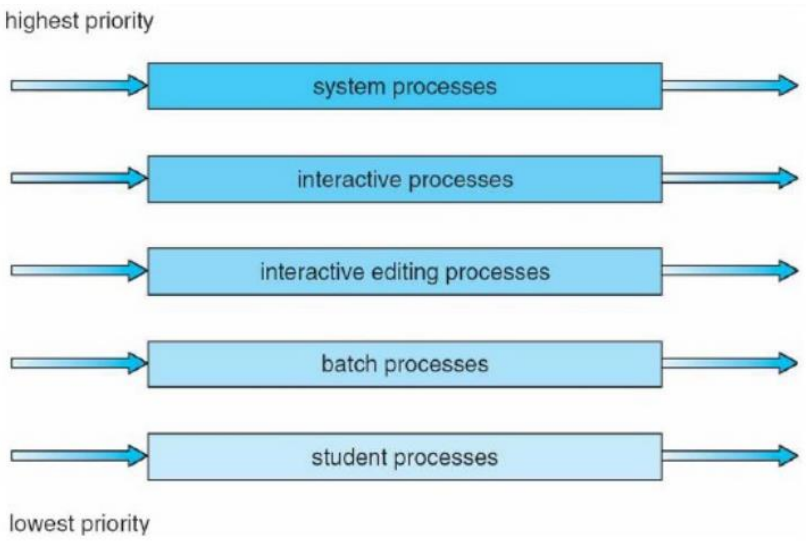
- Ciclo de vida de un proceso: Uso de CPU + Operaciones de I/O
- Cada dispositivo tiene su cola de procesos en espera y un planificador por cada cola
- Se considera I/O independiente de la CPU (DMA, PCI, etc.)
    - Uso de CPU y operaciones de I/O en simultaneo

Algoritmos de planificación – Criterios de desempate

- Orden de aplicación
    - Orden de llegada de los procesos
    - PID de los procesos
- Se mantiene siempre la misma política

Colas Multinivel

- Los planificadores actuales son combinaciones de los algoritmos anteriores
- La cola de listos es dividida en varias colas
- Los procesos se colocan en colas según una clasificación que realiza el sistema operativo
- Cada cola posee su propio algoritmo de planificación denominado “Planificador Horizontal”
- A su vez, existe un algoritmo que planifica las colas denominado “Planificador Vertical”
- Retroalimentación
    - Un proceso puede cambiar de una cola a la otra



Planificación con múltiples procesadores

- La planificación es más compleja cuando hay múltiples CPUs
- La carga se divide entre distintas CPUs logrando capacidades de procesamiento mayores
- Si un procesador falla, el resto toma el control

Criterios

- Planificación temporal
  - Qué proceso y durante cuánto tiempo
- Planificación espacial
  - En qué procesador ejecutar
  - Huella
    - Estado que el proceso va dejando en la caché de un procesador
  - Afinidad
    - Preferencia de un proceso para ejecutar en un procesador
- La asignación de procesos a un procesador puede ser
  - Estática
    - Existe una afinidad de un proceso a una CPU
  - Dinámica
    - La carga se comparte (balanceo de carga)
- La política puede ser
  - Tiempo compartido
    - Se puede considerar una cola global o una cola local a cada procesador
  - Espacio compartido
    - Grupos (threads / hilos)
    - Particiones

Clasificaciones

- Procesadores homogéneos
  - Todas las CPUs son iguales
  - No existen ventajas físicas sobre el resto
- Procesadores heterogéneos
  - Cada procesador tiene su propia cola, su propio clock y su propio algoritmo de planificación

Otra clasificación

- Procesadores débilmente acoplados
  - Cada CPU tiene su propia memoria principal y canales
- Procesadores fuertemente acoplados

    - Comparten memoria y canales
- Procesadores especializados
    - Uno o más procesadores principales de uso general y uno o más procesadores de uso específico

Memoria

La parte del SO que administra la memoria se llama “Administrador de memoria”

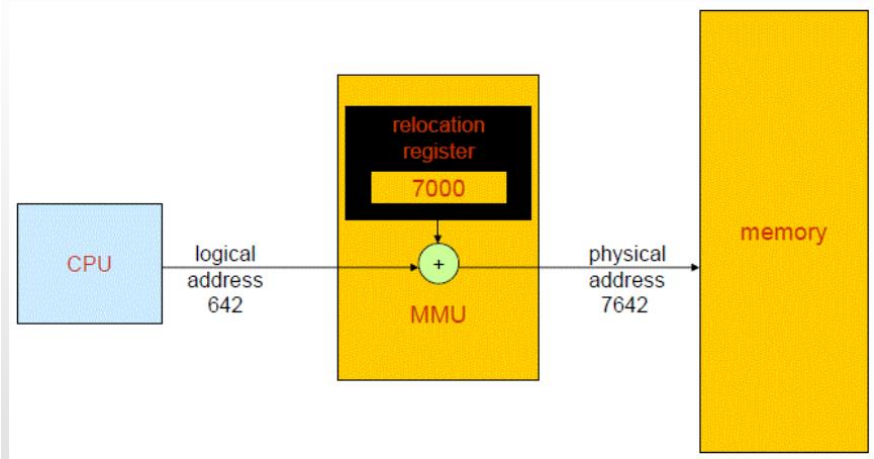
- Lleva un registro de las partes de la memoria que se están utilizando y de aquellas que no
- Asigna espacio en memoria a los procesos cuando estos la necesitan
- Libera espacio de memoria asignada a procesos que han terminado

Se espera que el SO haga uso eficiente de esta memoria con el fin de alojar el mayor número de procesos (multiprogramación)

Direccionamiento

- Dirección Lógica
    - Es una dirección que enmascara o abstrae una dirección física
    - Referencia una localidad en memoria
    - Se la debe traducir a una dirección física
- Dirección Física
    - Es la dirección real con la que se accede efectivamente a memoria
    - Representa la dirección absoluta en memoria principal
- La CPU trabaja con direcciones lógicas y para acceder a la memoria se deben transformar en direcciones físicas
- El mapeo entre direcciones virtuales y físicas se realiza mediante el hardware (MMU)

Traducción MMU



Asignación de memoria

- Particiones Fijas
    - La memoria se divide en particiones o regiones de tamaño fijo (tamaños iguales o diferentes)
    - Alojan un único proceso
    - Cada proceso se coloca en alguna partición de acuerdo a algún criterio
        - First Fit
        - Best Fit
        - Worst Fit
        - Next fit
    - Fragmentación Interna
- Particiones Dinámicas
    - Las particiones varían en tamaño y número
    - Alojan un proceso cada una
    - Cada partición se genera en forma dinámica del tamaño justo que necesita el proceso
    - Fragmentación Externa

Fragmentación

Se produce cuando una localidad de memoria no puede ser utilizada por no encontrarse en forma contigua

- Fragmentación Interna
    - Se produce en el esquema de particiones fijas, por ejemplo
    - Es interna a la localidad asignada
    - Es la porción de la localidad que queda sin utilizar
- Fragmentación Externa
    - Se produce en el esquema de particiones dinámicas, por ejemplo
    - Son huecos que van quedando en la memoria a medida que los procesos finalizan
    - Al no encontrarse en forma contigua puede darse el caso de que tengamos memoria libre para alocar un proceso, pero que no la podamos utilizar
    - Se soluciona con la compactación pero es muy costosa

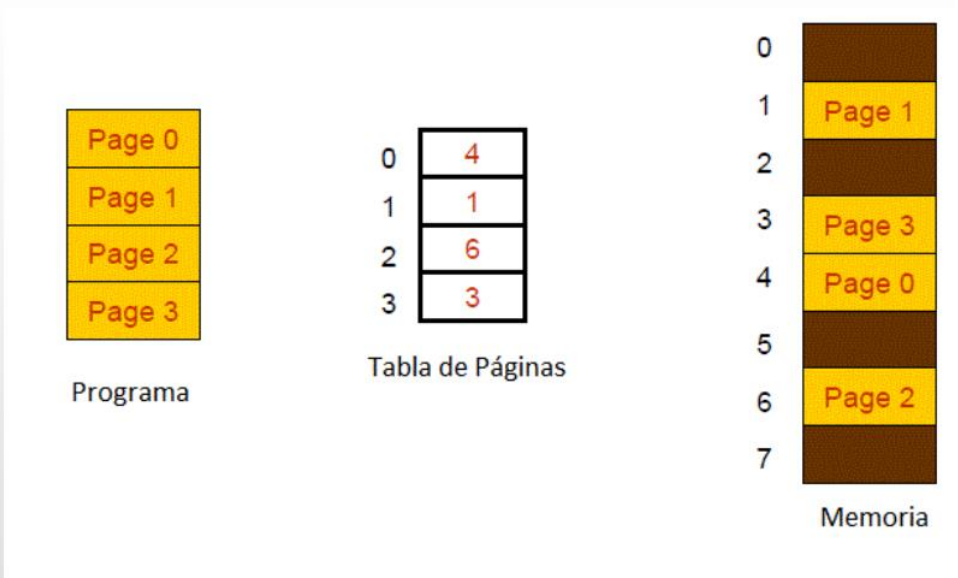
Paginación

- La memoria se divide en porciones de igual tamaño llamadas marcos
- El espacio de direcciones de los procesos se divide en porciones de igual tamaño denominadas páginas
- Tamaño páginas = Tamaño marco = 512 Bytes

- El SO mantiene una tabla de páginas para cada proceso, la cual contiene el marco donde se encuentra cada página
- La paginación bajo demanda es un técnica eficiente de manejar esta estrategia (Puede causar trashing)
- Puede causar fragmentación interna

Direccionamiento con paginación

- Un proceso en ejecución hace referencia a una dirección virtual
- El SO busca la página en la tabla de páginas del proceso y determina en qué marco se encuentra
- La dirección física se forma por la concatenación de la dirección de inicio del marco que aloja la página y un desplazamiento



Segmentación

- Se puede ver como una mejora de la paginación
- Puede haber fragmentación externa
- Ahora la tabla de segmentos, además de tener la dirección de inicio del mismo, tiene la longitud o límite
- Las direcciones lógicas constan de dos partes
    - Un número de segmento
    - Un desplazamiento dentro del segmento

Memoria virtual con paginación

- La técnica de paginación intenta alocar la mayor cantidad de paginas necesarias posibles
- Cada vez que hay que alocar una pagina en un marco, se produce un fallo de página (hard page fault)

- Si no hay espacio necesario para alocar una página, hay que seleccionar una página víctima, con lo cual existen varios algoritmos
- La mayoría de los algoritmos predicen el comportamiento futuro mirando el comportamiento pasado

Algoritmo optimo

- Selecciona la pagina cuya próxima referencia se encuentra mas lejana a la actual
- Imposible de implementar

Least Recently Used

- Reemplaza la página que no fue referenciada por más tiempo
- Cada página debe tener información del instante de su ultima referencia, lo que causa mayor overhead

First In First Out

- Trata a los frames en uso como una cola circular
- Simple de implementar
- La pagina mas vieja en la memoria es reemplazada
- La pagina puede ser necesitada pronto

First In First Out con Segunda chance

- Se utiliza un bit adicional de referencia
- Cuando la pagina se carga en memoria, el bit R se pone en 0
- Cuando la pagina es referenciada el bit R se pone en 1
- La victima se busca en orden fifo, se selecciona la primer pagina cuyo bit está en 0
- Mientras se busca la victima, cada bit R que tiene el valor 1 se cambia a 0 y se reencola

Asignación de marcos en paginación

- Asignacion fija
    - A cada proceso se le asigna una cantidad arbitraria de marcos
    - A su vez, para el reparto se puede usar
        - Reparto equitativo
            - Se asigna la misma cantidad de marcos a cada proceso
        - Reparto proporcional
            - Se asignan marcos en base a la necesidad que tiene cada proceso
- Asignacion dinámica

    - Los procesos se van cargando en forma dinámica de acuerdo a la cantidad de marcos que necesiten

Alcance del reemplazo

- Reemplazo Global
    - El fallo de página de un proceso puede reemplazar la página de cualquier proceso
- Reemplazo Local
    - El fallo de página de un proceso solo puede reemplazar sus propias paginas

Descarga asincronica de paginas

- El sistema operativo reserva uno o varios marcos para la descarga asincrónica de paginas
- Cuando es necesario descargar una pagina modificada
    - La pagina que provoco el fallo se coloca en un frame designado a la descarga asincrónica
    - El SO envía la orden de descargar asincrónicamente la pagina modificada mientras continua la ejecución de otro proceso
    - El frame de descarga asincrónica pasa a ser el que contenia a la pagina victima que ya se descargó correctamente

Performance

- La técnica de paginación por demanda puede generar una degradación de rendimiento del sistema debido a que el reemplazo de paginas es costoso

- Tasa de *page faults* $0 < p < 1$:
    - Si $p = 0$, no hay *page faults*
    - Si $p = 1$, cada referencia es un *page fault*
- *Effective Access Time*: medida utilizada para medir este costo:
    - **Am** = tiempo de acceso a la memoria real
    - **Tf** = tiempo de atención de un fallo de página
    - **At** = tiempo de acceso a la tabla de páginas. Es igual al tiempo de acceso a la memoria (*Am*) si la entrada de la tabla de páginas no se encuentra en la *TLB* (cache donde residen las traducciones de direcciones realizadas)

$$\mathbf{TAE = At + (1 - p) * Am + p * (Tf + Am)}$$

Trashing

- Se dice que un sistema está en trashing o hiperpaginación cuando pasa más tiempo paginando que ejecutando procesos

- Si un proceso cuenta con todos los frames que necesita, no habría trashing. Salvo excepciones como la anomalía de Belady
- Existen técnicas para evitarlo
    - Estrategia de working set

Modelo de Localidad

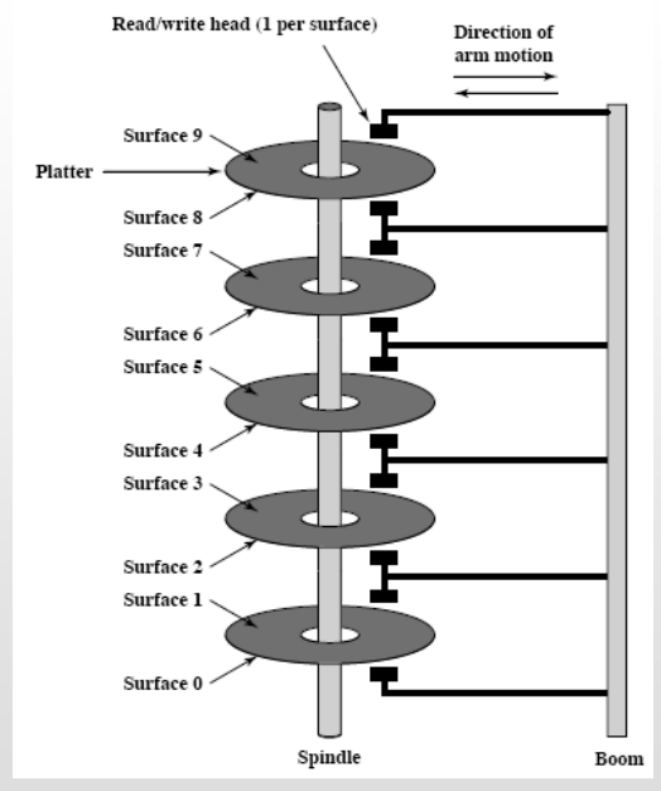
- Las referencias a datos y programas dentro de un proceso tienden a agruparse
- La localidad de un proceso en un momento dado se da por el conjunto de paginas que son referenciadas en ese momento
- En cortos periodos de tiempo, el proceso necesitará pocas “piezas” del proceso (una página de instrucciones y otra de datos)
- Se define una ventana de trabajo (Δ) que contiene las referencias de memoria más recientes
- Working set es el conjunto de páginas que tienen las Δ referencias a páginas más recientes

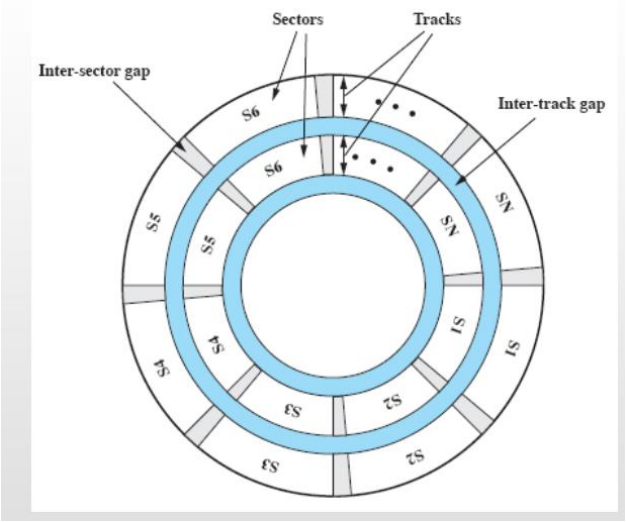
Selección del Δ

- Δ chico: no cubrirá la localidad. Toma muy pocas referencias
- Δ grande: puede tomar varias localidades. Toma referencias de la localidad y algunas más, posiblemente viejas
- Para determinar la medida del *working set* debemos tener en cuenta:
    - m = cantidad de *frames* disponibles
    - D = demanda total de *frames*
    - WSS_i = medida del *working set* del proceso$_i$
    - $\sum WSS_i = D$
    - Si $D \rangle m$ habrá **thrashing**

Discos

Organización física de un HDD





Capacidad de un HDD

- La capacidad de un disco esta dada por el producto de:
  - Cantidad de caras: W
  - Cantidad de pistas: X
  - Cantidad de sectores por pista: Y
  - Tamaño de sector: Z

$$capadidad = W * X * Y * Z$$

Acceso a un HDD

- Para realizar una *E/S*, por ejemplo un acceso a disco, se requiere de una llamada al sistema (*System Call*). En la misma se especifica:
  - Tipo de operación (*E* o *S*)
  - Dirección en disco para la transferencia (file descriptor que se obtuvo al abrir un archivo)
  - Dirección en memoria para la transferencia (de donde se lee o escribe)
  - Número de bytes a transferir
- Este requerimiento es pasado, por el *kernel*, al subsistema de *E/S* quien lo traduce en: **(#Cara, #Cilindro, #Sector)**

Tiempo de acceso a un HDD

- El tiempo de acceso esta dado por:
  - **Seek time** (posicionamiento): tiempo que tarda en posicionarse la cabeza en el cilindro
  - **Latency time** (latencia): tiempo que sucede desde que la cabeza se posiciona en el cilindro hasta que el sector en cuestión pasa por debajo de la misma
  - **Transfer time** (transferencia): tiempo de transferencia del sector (bloque) del disco a la memoria

Si el tiempo de latencia no se conoce, se considera que es igual a lo que tarda el disco en dar media vuelta (tiempo de latencia promedio)

- **Almacenamiento secuencial**:
  *seek + latency + (tiempo_transferencia_bloque * #bloques)*
- **Almacenamiento aleatorio**:
  *(seek + latency + tiempo_transferencia_bloque) * #bloques*

Prefijos

- Prefijos: nos permiten representar números largos de manera más reducida
- Prefijos binarios:
  - Nos permiten crear múltiplos binarios (basados en potencias de 2)
  - Son similares, en concepto, aunque difieren en valor a los prefijos del *Sistema Internacional* (SI) basados en potencias de 10
  - En la práctica se adopta el sistema de prefijos binarios

Unidades básicas de información (en bytes)				
Prefijos del Sistema Internacional			**Prefijo binario**	
Múltiplo - (Símbolo)	Estándar SI	Binario	**Múltiplo - (Símbolo)**	**Valor**
kilobyte (kB)	10^3	2^{10}	**kibibyte (KiB)**	2^{10}
megabyte (MB)	10^6	2^{20}	**mebibyte (MiB)**	2^{20}
gigabyte (GB)	10^9	2^{30}	**gibibyte (GiB)**	2^{30}
terabyte (TB)	10^{12}	2^{40}	**tebibyte (TiB)**	2^{40}

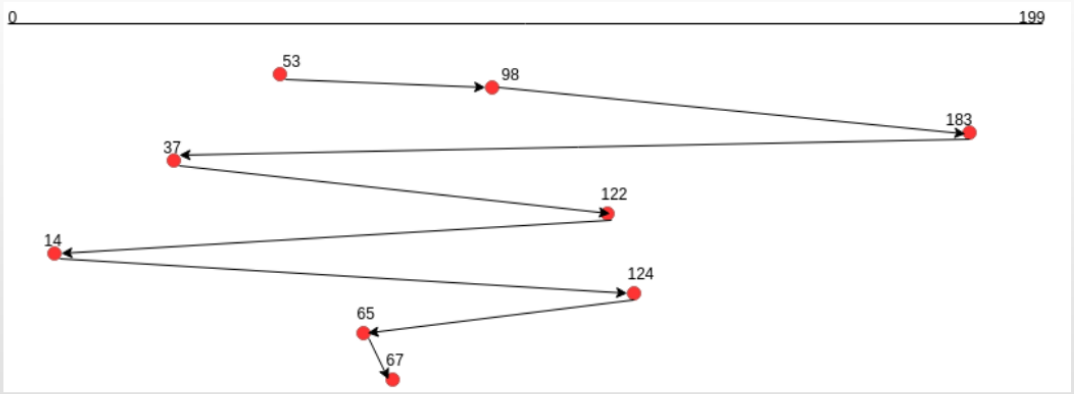
Planificación de requerimientos de un HDD

- Seek time → parámetro que más influye en el tiempo de acceso al disco
- El sitema operativo:
  - Es responsable de utilizar el hardware en forma eficiente. Para los discos, esto significa obtener el menor tiempo de atención de los requerimientos
  - Debe por lo tanto minimizar el tiempo de *seek* → implica menor distancia de recorrido por el brazo

Algoritmos de planificación

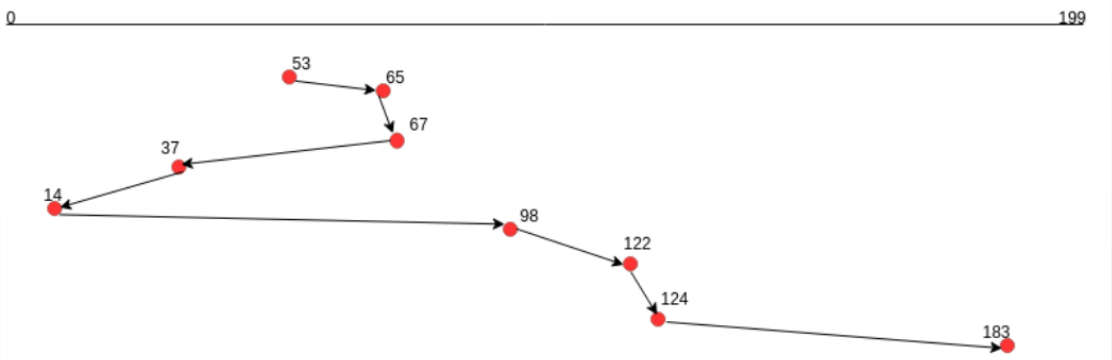
- Objetivo: minimizar el movimiento de la cabeza
- Como: ordenando lógicamente los requerimientos pendientes (*que estan en la cola*) al disco, considerando el número de cilindro de cada requerimiento. En cualquier momento se pueden encolar nuevo movimientos
- La atención de requerimientos a pistas duplicadas se resuelven según el algoritmo de planificación:
  - **FCFS**: se atienden de manera separada (tantas veces como se requieran). Por ejemplo, si tengo $\{10, 40, 70, 10\}$, al 10 lo atiendo 2 veces
  - **SSTF/SCAN/LOOK/C-SCAN/C-LOOK**: se atienden de manera consecutiva

- **FCFS**: atiende los requerimientos por orden de llegada



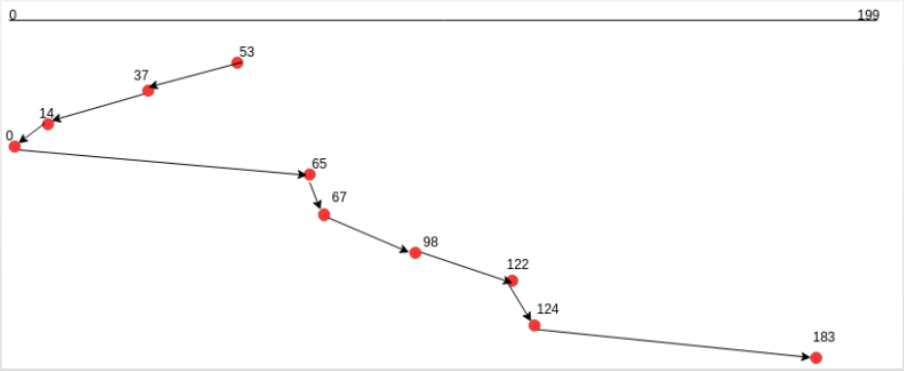
Movimientos: 640

- **SSTF**: selecciona el requerimiento que requiere el menor movimiento del cabezal



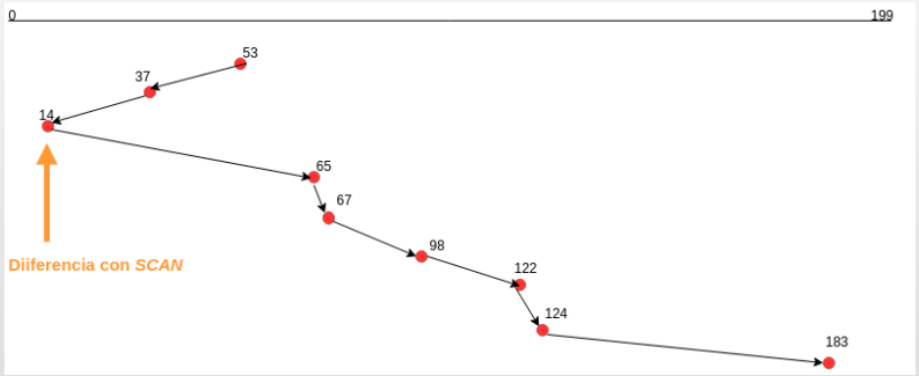
Movimientos: 235

- **SCAN**: barre el disco en una dirección atendiendo los requerimientos pendientes en esa ruta hasta llegar a la última pista del disco y cambia la dirección. Es **importante** saber en que pista se **está** y de que pista se **viene** para determinar el sentido del cabezal



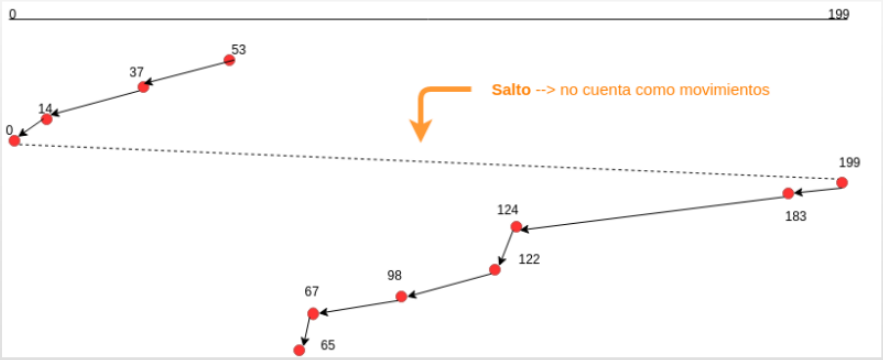
Movimientos: 236

- **LOOK**: se comporta igual que el *SCAN* pero no llega hasta la última pista del disco sobre la dirección actual sino que llega hasta el último requerimiento de la dirección actual. Es **importante** saber en que pista se **está** y de que pista se **viene** para determinar el sentido del cabezal



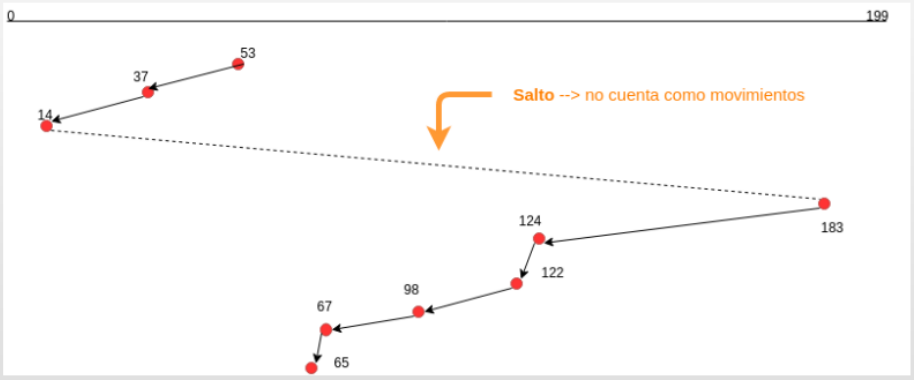
Movimientos: 208

- **C-SCAN**: se comporta igual que el *SCAN* pero restringe la atención en un solo sentido. Al llegar a la última pista del disco en el sentido actual vuelve a la pista del otro extremo (**salto** $\rightarrow$ no se cuentan los movimientos) y sigue barriendo en el mismo sentido



Movimientos: 187

- **C-LOOK**: se comporta igual que el *LOOK* pero restringe la atención en un solo sentido. Al llegar a la última pista de los requerimientos en el sentido actual vuelve a la primer pista más lejana del otro extremo (**salto** → no se cuentan los movimientos) y sigue barriendo en el mismo sentido



Movimientos: 157

Atencion de page faults

- Existen requerimientos especiales que deben atenderse con urgencia. Los *fallos de página* indican simplemente que tienen mayor prioridad con respecto a los requerimientos convencionales, por lo tanto deben ser atendidos inmediatamente después del requerimiento que se esta atendiendo actualmente
- La lógica de atención de múltiples *PF* se maneja según el algoritmo de planificación. Ejemplos:
  - **FCFS**: Si tengo {10, 40PF, 70PF, 10}, primero se atiende al 40PF y luego al 70PF
  - **SSTF**: si tengo {10, 40PF, 70PF, 10} y estoy en la pista 65, primero atiendo al 70PF y luego al 40PF
- En todos los algoritmos, los movimientos utilizados para atender estos requerimientos especiales deben ser contados

- Una vez que no existan más requerimientos por *page faults* en la cola, se procede:
  - **FCFS**: en orden *FCFS*
  - **SSTF**: en orden *SSTF*
  - **SCAN**: con el sentido que determina la atención de los últimos dos requerimientos $\rightarrow$ puede cambiar de sentido
  - **C-SCAN**: con el sentido original $\rightarrow$ el sentido no cambia
  - **LOOK**: del mismo modo en que lo hace el *SCAN*
  - **C-LOOK**: del mismo modo en que lo hace el *C-SCAN*