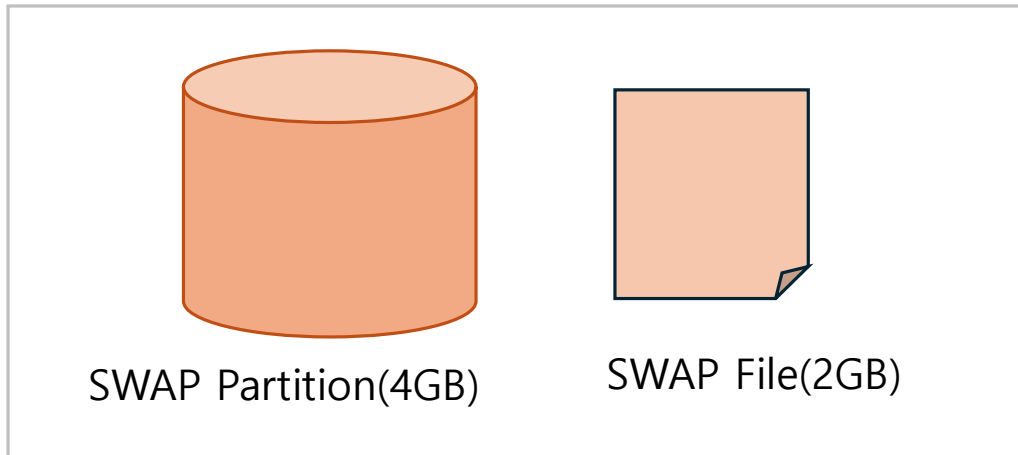


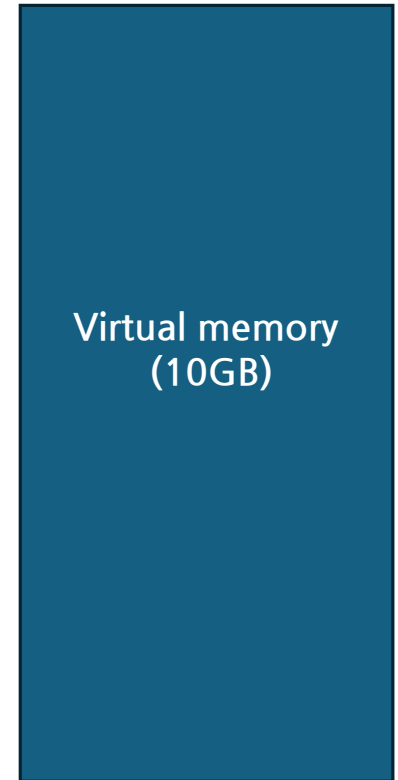
# 가상 메모리(virtual memory)

- 물리 메모리의 용량 한계 문제를 해결하기 위한 방법
- 필요한 부분만 메모리에 적재 시켜 구동하는 방식
- 가상 메모리 용량 = 물리 메모리 용량 + Swap
- Swap
  - 메모리 영역으로 사용하기 위해 할당된 공간
  - 기존 Swap 공간은 메모리 2배로 지정 (예) RAM이 4GB 인 경우 8GB로 지정
  - 최근에는 작은 용량의 swap file을 만들어 사용하거나, 클라우드 환경에서는 생략되는 경우도 있음

Physical memory(RAM) = 4GB

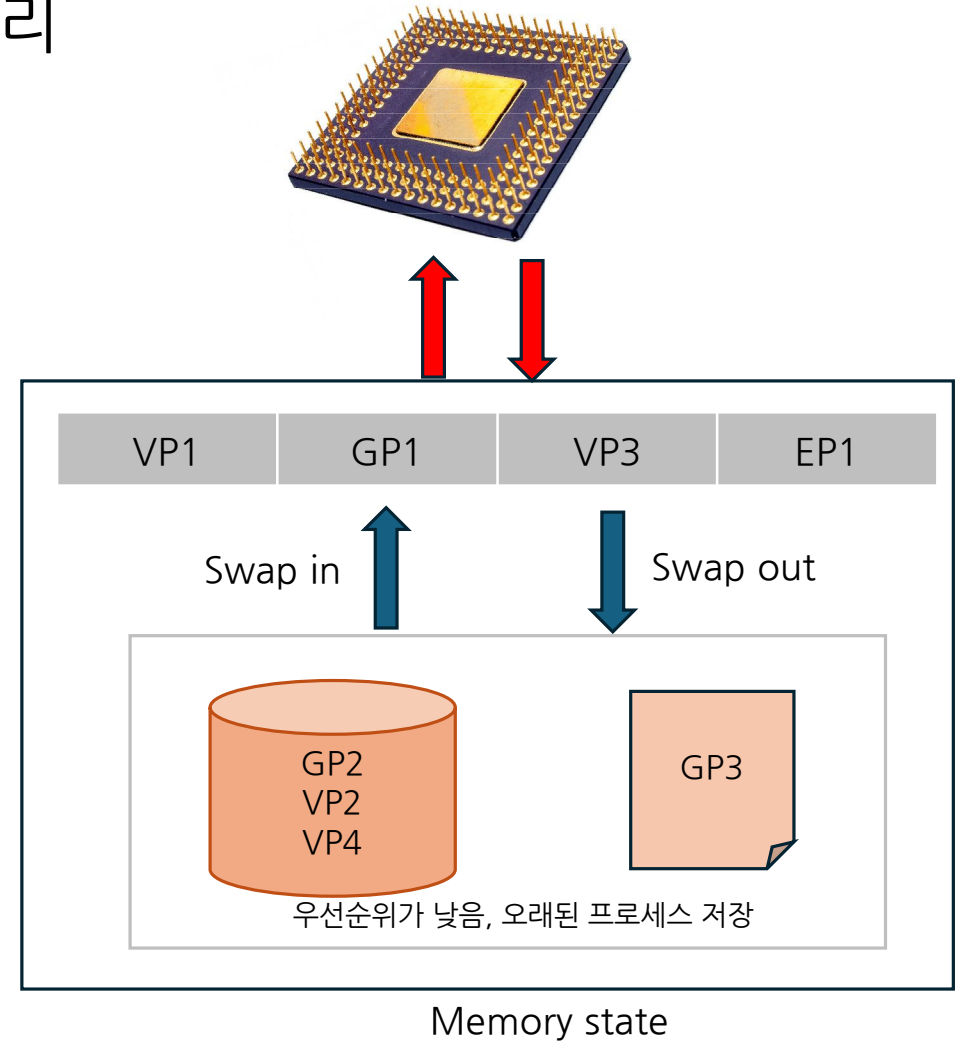
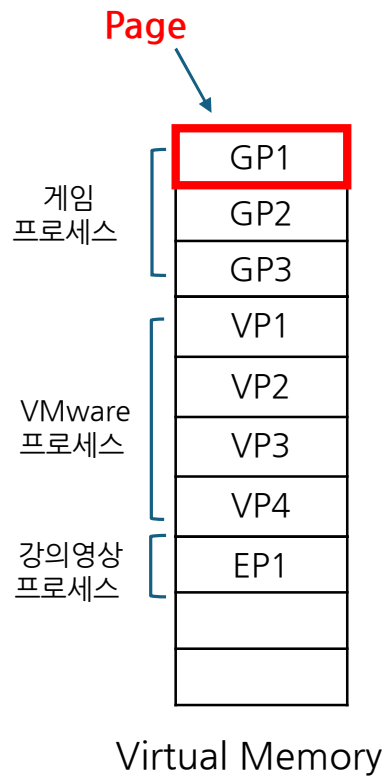
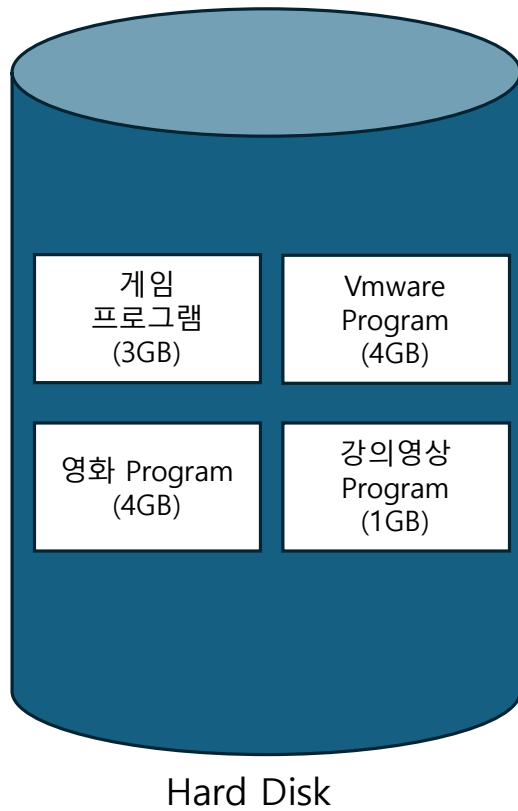


Virtual memory  
(10GB)



Virtual Memory = Physical memory + Swap partition+ Swap file

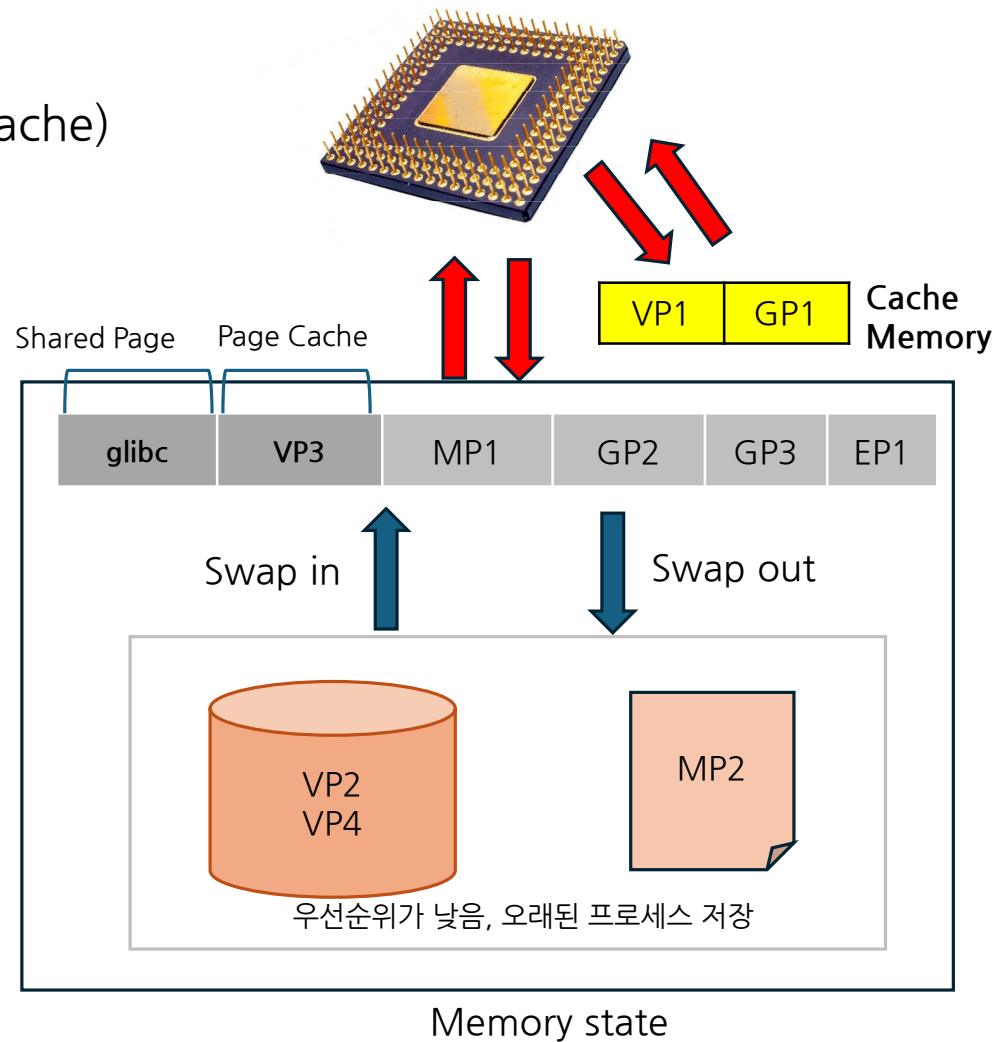
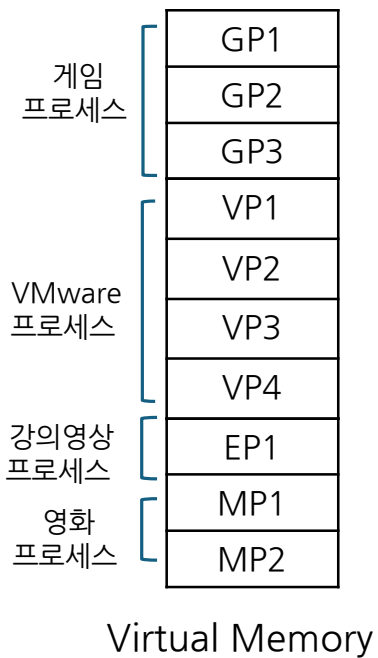
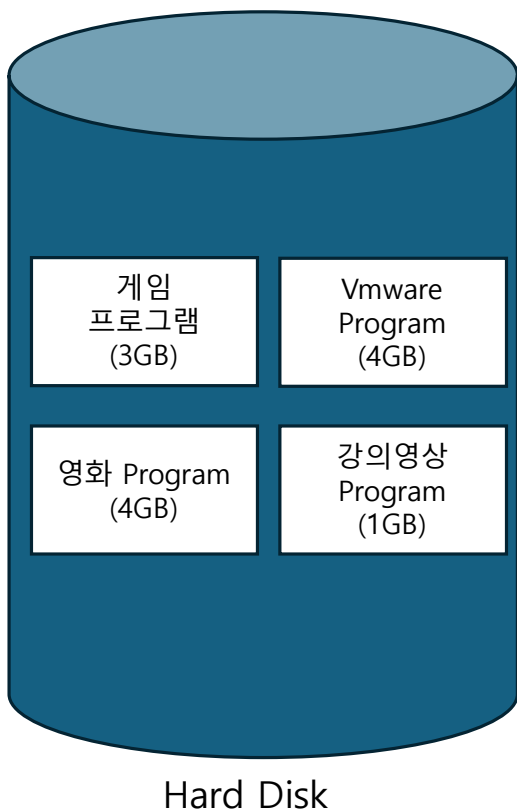
# Paging 기법을 사용하여 가상 메모리 관리



# Paging을 줄이기 위한 방법

- Shared page + Cache Memory(=slab+ page cache)

\* Shared Pages == Shared memory



# 메모리가 부족할 경우

- SWAPO이 활발해지면서 CPU 사용률이 하락
- Threshing 발생
  - Page 부재가 너무 빈번하게 발생하여 CPU가 process 수행보다 page 교재에 더 많은 시간을 소요하는 비정상적 현상
- Threshing이 해결되지 않을 경우 out of memory 상태로 판단
  - Swap out가 지속적으로 발생하면 메모리가 부족
- 중요도가 낮은 프로세스를 찾아 강제 종료

# CPU 사용률은 지속적으로 점검

- 특정 시점만 체크할 경우 CPU 사용률이 높아 보일 수 있음
- 지속적 점검은 CPU 사용률이 급격하게 떨어지는 구간을 발견 가능성도 있음
- 메모리 적재량을 함께 점검하면서 thrashing 유무 확인
- 추가적인 서버 자원(RAM 증량)을 배치하는 등 해결 방안 마련

## ① 메모리 관리 명령어 free


				Share memory (프로세스들이 공유하는 메모리양)		Swapping 없이도 새로운 프로세스에서 할당 가능한 메모리 크기
<pre>[root@localhost ~]# free -h</pre>						
	total	used	free	shared	buff/cache	available
Mem:	3.8Gi	1.4Gi	2.0Gi	26Mi	716Mi	2.4Gi
Swap:	3.9Gi	0B	3.9Gi			

사용중인 커널 버퍼 크기+ 사용중인 페이지 캐쉬 + 사용중인 slab(커널 캐쉬)

## ② 메모리 관리 명령어 top

System time, Uptime, User

```
top - 21:26:17 up 3:10, 2 users, load average: 0.00, 0.00, 0.00
Tasks: 253 total, 1 running, 252 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 0.6 us, 0.1 sy, 0.0 ni, 99.3 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st
MiB Mem : 3883.6 total, 2053.2 free, 1366.0 used, 716.8 buff/cache
MiB Swap: 4012.0 total, 4012.0 free, 0.0 used. 2517.6 avail Mem
```



Load average

- CPU가 수행하는 작업 양을 평균값으로 표시

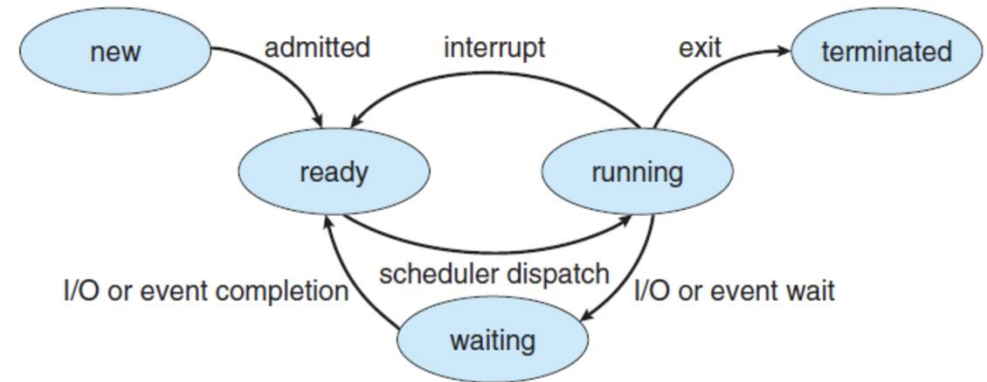
- 1분 동안, 5분 동안, 15분 동안의 평균 시스템 부하(일정 주기로 합산해서 CPU 사용률 출력)

(예) single core에서 1.00이 나오면 CPU 사용률이 100%, 1.12 이면 112%로 CPU 오버로딩으로 부하 발생



## Tasks

- Total : 실행중인 전체 프로세스 개수,
- 프로세스 상태
  - Running : 실행 중인 프로세스 개수
  - Sleep : 대기상태의 프로세스 개수
  - Stopped: 정지된 상태의 프로세스 개수
  - Zombie: 좀비 프로세스 개수



- 프로세스는 I/O 기반의 일(I/O bound)과 CPU 기반의 일(CPU-bound)을 번갈아 가면서 수행
- I/O 기반의 일을 하게 될 때는 CPU는 idle 타임에 들어가게 됨

```
top - 21:26:17 up 3:10, 2 users, load average: 0.00, 0.00, 0.00
Tasks: 253 total, 1 running, 252 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 0.6 us, 0.1 sy, 0.0 ni, 99.3 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st
MiB Mem : 3883.6 total, 2053.2 free, 1366.0 used, 716.8 buff/cache
MiB Swap: 4012.0 total, 4012.0 free, 0.0 used. 2517.6 avail Mem
```

## %Cpu(s)

- CPU 사용률 출력 ( CPU가 어떻게 사용되고 있는지 사용율을 보여주는 영역(총합이 100%))
  - us : user 영역에서의 CPU 사용률
  - sy : 커널 영역에서의 CPU 사용률
  - id : 유휴상태의 CPU 사용률, 사용하고 있지 않고 있는 비율 → 여유 있는 CPU 사용률
  - ni : 우선순위 설정에 사용되는 CPU 사용률
  - wa : I/O이 완료될 때까지 기다리고 있는 CPU 사용률
  - hi : 하드웨어 인터럽트에 사용되는 CPU 사용률
  - si : 소프트웨어 인터럽트에 사용되는 CPU 사용률
  - st : CPU를 VM에서 사용하여 대기하는 CPU 사용률

```
top - 21:26:17 up 3:10, 2 users, load average: 0.00, 0.00, 0.00
Tasks: 253 total, 1 running, 252 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 0.6 us, 0.1 sy, 0.0 ni, 99.3 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st
MiB Mem : 3883.6 total, 2053.2 free, 1366.0 used, 716.8 buff/cache
MiB Swap: 4012.0 total, 4012.0 free, 0.0 used. 2517.6 avail Mem
```

us, ni, wa값이 크면 원인 분석이 필요

## MiB Mem & Mib Swap

- 메모리와 Swap 관련 영역
- Mem 사용량이 가득 찼을 때 swap 메모리 영역 사용
  - total : 총 메모리량
  - free : 사용가능한 메모리량
  - used : 사용 중인 메모리 양
  - buff/cache : I/O관련하여 사용되고 있는 버퍼의 크기
  - avail Mem : Swapping 없이도 새로운 프로세스에서 할당 가능한 메모리 크기

```
top - 21:26:17 up 3:10, 2 users, load average: 0.00, 0.00, 0.00
Tasks: 253 total, 1 running, 252 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 0.6 us, 0.1 sy, 0.0 ni, 99.3 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st
MiB Mem : 3883.6 total, 2053.2 free, 1366.0 used, 716.8 buff/cache
MiB Swap: 4012.0 total, 4012.0 free, 0.0 used. 2517.6 avail Mem
```

## PR과 NI

- PR와 NI는 프로세스 우선 순위 값
- PR(priority)
  - 커널에 의해서 스케줄링 되는 프로세스의 우선 순위 값으로 일반 사용자는 조작이 불가능(PR가 작을 수록 우선순위가 높음)
  - $PR = 20 + nice$  (예) PR이 0, 20, 39 일 때 nice는 -20, 0, 19
- NI(nice)
  - PR에 영향을 주는 값, 사용자는 NI를 통해 프로세스 우선 순위를 제어할 수 있음
  - nice값이 낮을 수록 우선순위가 높아짐(-20에 가까울수록)
  - nice 값이 높을 수록 우선순위가 낮아짐(19에 가까울수록)

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
1875	gildong	20	0	5066660	369808	135908	S	1.7	9.3	0:29.57	gnome-shell
848	root	20	0	456568	9216	7680	S	0.3	0.2	0:23.64	vmtoolsd
1	root	20	0	173084	16500	10716	S	0.0	0.4	0:02.99	systemd
2	root	20	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.06	kthreadd
3	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.00	rcu_gp
4	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.00	rcu_par_gp
5	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.00	slub_flushwq
6	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.00	netns
8	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.08	kworker/0:0H-kblockd
9	root	20	0	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.29	kworker/u256:0-events_unbound

- VIRT: 해당 프로세스가 사용하고 있는 virtual memory 전체 크기(RES+Swap)
- RES : 해당 프로세서가 사용하고 있는 physical memory 크기
- SHR : 해당 프로세스가 사용하고 있는 shared memory 크기

```
top - 21:26:17 up 3:10, 2 users, load average: 0.00, 0.00, 0.00
Tasks: 253 total, 1 running, 252 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 0.6 us, 0.1 sy, 0.0 ni, 99.3 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st
MiB Mem : 3883.6 total, 2053.2 free, 1366.0 used, 716.8 buff/cache
MiB Swap: 4012.0 total, 4012.0 free, 0.0 used. 2517.6 avail Mem
```

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
1875	gildong	20	0	5066660	369808	135908	S	1.7	9.3	0:29.57	gnome-shell
848	root	20	0	456568	9216	7680	S	0.3	0.2	0:23.64	vmtoolsd
1	root	20	0	173084	16500	10716	S	0.0	0.4	0:02.99	systemd
2	root	20	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.06	kthreadd
3	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.00	rcu_gp
4	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.00	rcu_par_gp
5	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.00	slub_flushwq
6	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.00	netns
8	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.08	kworker/0:0H-kblockd
9	root	20	0	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.29	kworker/u256:0-events_unbound

- S : 프로세스의 현재 상태
- %CPU : 해당 프로세스의 CPU 사용률
- %MEM : 해당 프로세스가 사용하는 메모리 사용률
- TIME+ : 프로세스가 사용한 전체 CPU 시간
- COMMAND : 해당 프로세스를 실행한 명령어

```
top - 21:26:17 up 3:10, 2 users, load average: 0.00, 0.00, 0.00
Tasks: 253 total, 1 running, 252 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 0.6 us, 0.1 sy, 0.0 ni, 99.3 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st
MiB Mem : 3883.6 total, 2053.2 free, 1366.0 used, 716.8 buff/cache
MiB Swap: 4012.0 total, 4012.0 free, 0.0 used. 2517.6 avail Mem
```

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
1875	gildong	20	0	5066660	369808	135908	S	1.7	9.3	0:29.57	gnome-shell
848	root	20	0	456568	9216	7680	S	0.3	0.2	0:23.64	vmtoolsd
1	root	20	0	173084	16500	10716	S	0.0	0.4	0:02.99	systemd
2	root	20	0	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.06	kthreadd
3	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.00	rcu_gp
4	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.00	rcu_par_gp
5	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.00	slub_flushwq
6	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.00	netns
8	root	0	-20	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.08	kworker/0:0H-kblockd
9	root	20	0	0	0	0	I	0.0	0.0	0:00.29	kworker/u256:0-events_unbound

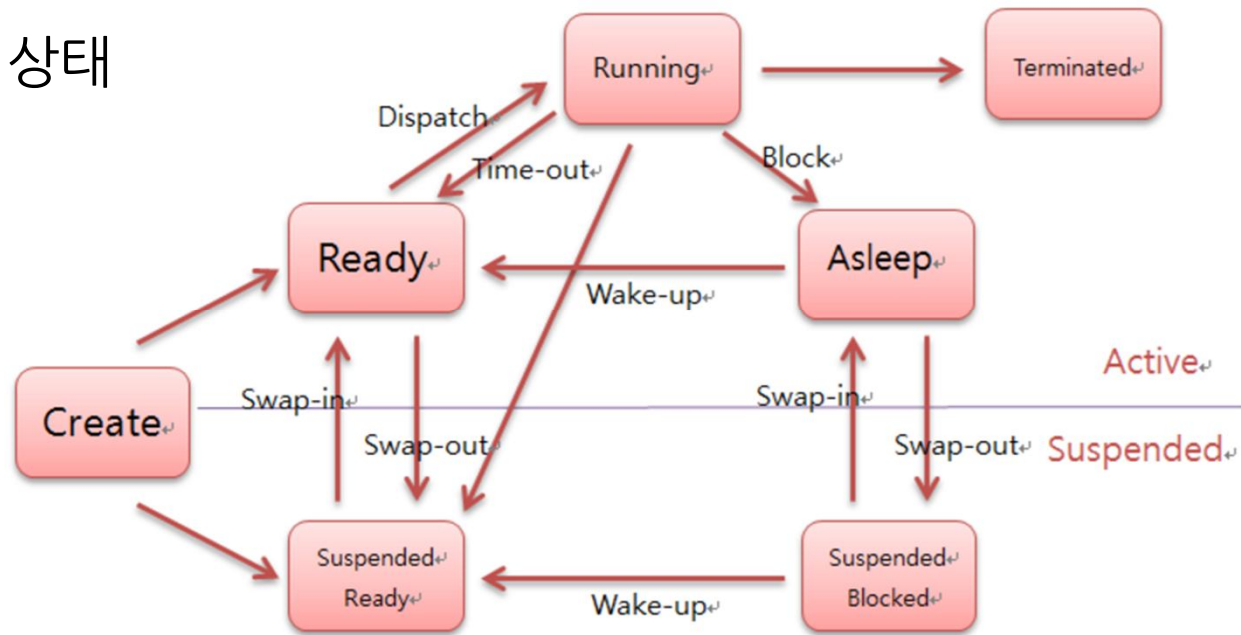
상태 코드	설명
D	디스크 I/O에 의해 대기하고 있는 상태
L (Lock)	메모리에서 페이지가 잠금 된 상태
I (소문자 l)	멀티 쓰레드 상태(CLONE_THREAD)
N (Nice)	낮은 우선순위(다른 사용자들이 nice 명령어를 사용하여)
R (Running)	실행되고 있거나 실행될 수 있는 상태(실행 큐에 있음)
S (Sleep)	인터럽트에 의한 대기 상태(특정 이벤트가 완료되기까지 기다림)
s (session leader)	세션 리더
T (Traced)	작업 제어 신호에 의해 중지된 상태
t	트레이싱 하는 동안 디버거에 의해 중지된 상태
W	페이징 상태(커널 버전 2.6.xx 이후로 사용안함)
X	프로세스가 죽어 있는 상태(상태값으로 볼 수 없음)
Z (Zombie)	사용되지 않는 프로세스(좀비프로세스), 종료되었지만 부모프로세스에 의해 회수되지 않음
<	높은 우선순위(다른 사용자들이 nice 명령어를 사용하지 않음)
+	포어그라운드(fore-ground)프로세스 그룹에 있음

## 메모리 내부 명령어

명령어	설명
1	CPU 코어별 사용현황
m	메모리 사용률 시각화 표시
P	CPU 사용률이 높은 프로세스를 기준으로 나열
M	메모리 사용률이 높은 프로세스를 기준으로 나열
T	수행 시간이 긴 프로세스를 기준으로 나열
k	지정된 프로세스 종료 시 사용

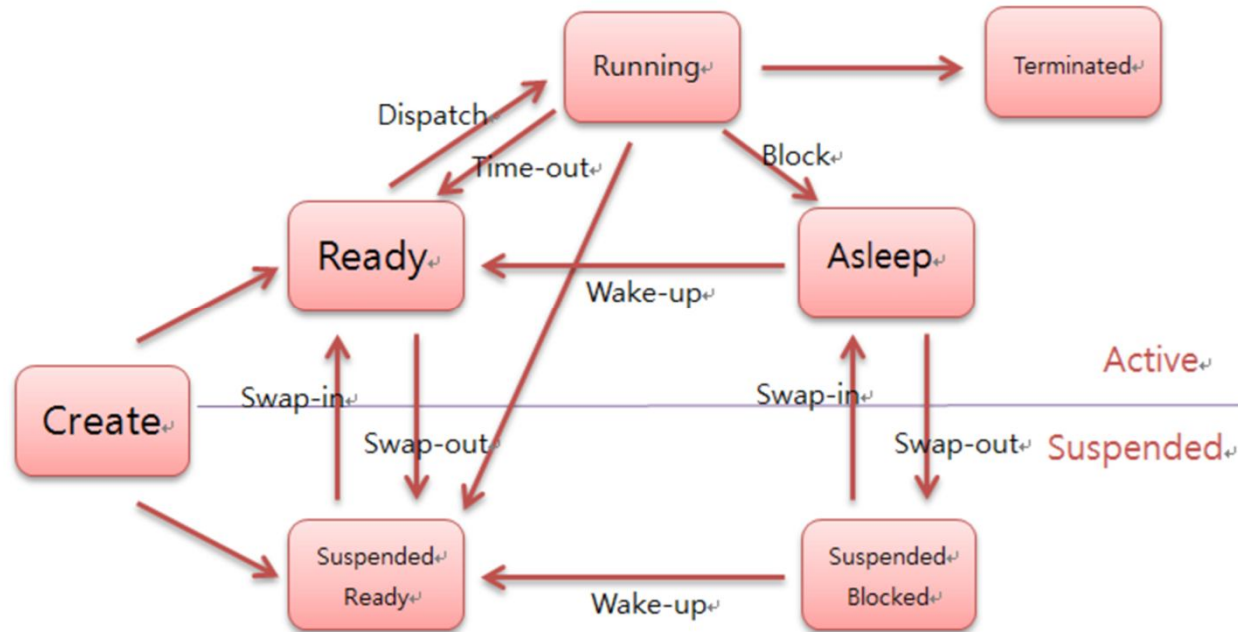


- 프로세스 상태



Ready	프로세스가 주기억장치에 적재+ 실행에 필요한 모든 자원을 얻은 상태
Running	프로세스가 CPU를 점유하여 실행중인 상태
Terminated	프로세스가 종료된 사태
Sleep	주기억장치에 적재되었지만 필요한 자원을 얻지 못한 상태
Suspended Ready	필요한 자원을 얻었지만 주기억 장치에 적재되지 못한 상태
Suspended Block	필요한 자원도 없고 주기억장치에 적재되지 못한 상태

- 상태 전이



Dispatch	프로세스 스케줄러에 의해 결정된 우선 순위에 따라 프로세스가 CPU를 점유하게 되는 상태
Time out	프로세스가 실행 중이다가 제한된 시간을 다 소비하여 CPU 점유를 빼앗기는 상태
Block	실행중인 프로세스가 외부 요인에 의해 자원을 빼앗기는 상태
Wake up	프로세스가 자원을 할당 받은 상태
Swap in	프로세스가 주기억장치에 적재되는 상태
Swap out	프로세스가 주기억장치에서 해제되는 상태

### ③ Swap 메모리 상태 확인 명령어 swapon

```
[root@localhost ~]# swapon
NAME          TYPE          SIZE USED PRIO
/dev/dm-1 partition 3.9G  0B   -2
[root@localhost ~]#
```

\* Partition 형태로 Swap이 생성되어 사용 중