Chapter 03
프로세스와 스레드

Contents

학습목표

- 프로세스가 생성된 후 어떤 상태 변화를 거치는지 알아본다.
- 프로세스 제어 블록의 구성과 문맥 교환 시 동작 과정을 이해한다.
- 프로세스의 생성과 복사, 전환 과정을 이해한다.
- 스레드의 개념을 이해하고 멀티스레드 시스템의 장점을 알아본다.

1-1 프로세스의 개념

프로그램

- 저장장치에 저장되어 있는 정적인 상태

프로세스

- 실행을 위해 메모리에 올라온 동적인 상태

그림 3-1 레시피와 요리에 비유한 프로그램과 프로세스

1-2 요리사 모형에의 비유

코스 요리 메뉴와 주문서

코스 요리 A
1인당 3만 원
전 채: 샐러드/수프
메 인: 안심/등심
디저트: 녹차/커피

코스 요리 B
1인당 2.5만 원
전 채: 죽/수프
메 인: 닭튀김/새우튀김
디저트: 과일/커피

코스 요리 C
1인당 2.1만 원
전 채: 죽/샐러드
메 인: 새우튀김/안심
디저트: 커피/케이크

그림 3-2 **코스 요리 메뉴**

- 일련번호: 16
- 테이블 번호: 4
- 전체 인원: 1
- 코스: C
  - 샐러드
  - 안심: 웰던
  - 케이크: 딸기

- 일련번호: 15
- 테이블 번호: 3
- 전체 인원: 1
- 코스: C
  - 죽: 채소
  - 안심: 미디엄
  - 케이크: 초콜릿

- 일련번호: 14
- 테이블 번호: 2
- 전체 인원: 2
- 코스: A
  - 수프: 양파
  - 등심: 미디엄
  - 녹차

- 일련번호: 13
- 테이블 번호: 2
- 전체 인원: 2
- 코스: B
  - 수프: 토마토
  - 새우튀김: 바삭하게
  - 과일

- 일련번호: 12
- 테이블 번호: 1
- 전체 인원: 1
- 코스: A
  - 샐러드
  - 안심: 웰던
  - 커피: 진하게

그림 3-3 **주문서의 예**

1-2 요리사 모형에의 비유

일괄 작업 방식의 요리

- 레스토랑에 테이블이 하나만 있는 것
- 요리사는 주문서를 받은 순서대로 요리
- 현재 손님의 식사가 끝나야 다음 손님을 받을 수 있어 작업 효율이 떨어짐
- 주문서가 도착한 순서대로 요리를 하기 위해 '주문 목록'을 사용(주문 목록은 큐(queue)로 처리)

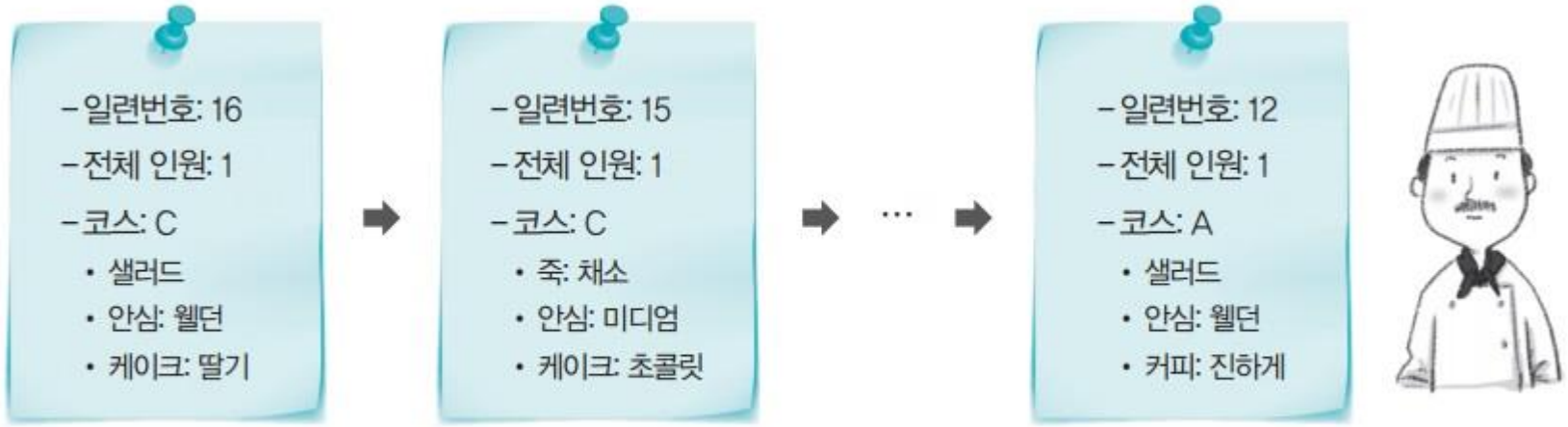


그림 3-4 일괄 작업 방식의 요리

1-2 요리사 모형에의 비유

시분할 방식의 요리

- 요리사 1명이 시간을 적당히 배분하여 여러 가지 요리를 동시에 하는 방식
- 요리사는 주문 목록에 있는 주문서 중 하나를 가져다가 요리함
- 모든 요리가 제공되면 주문 목록에서 삭제

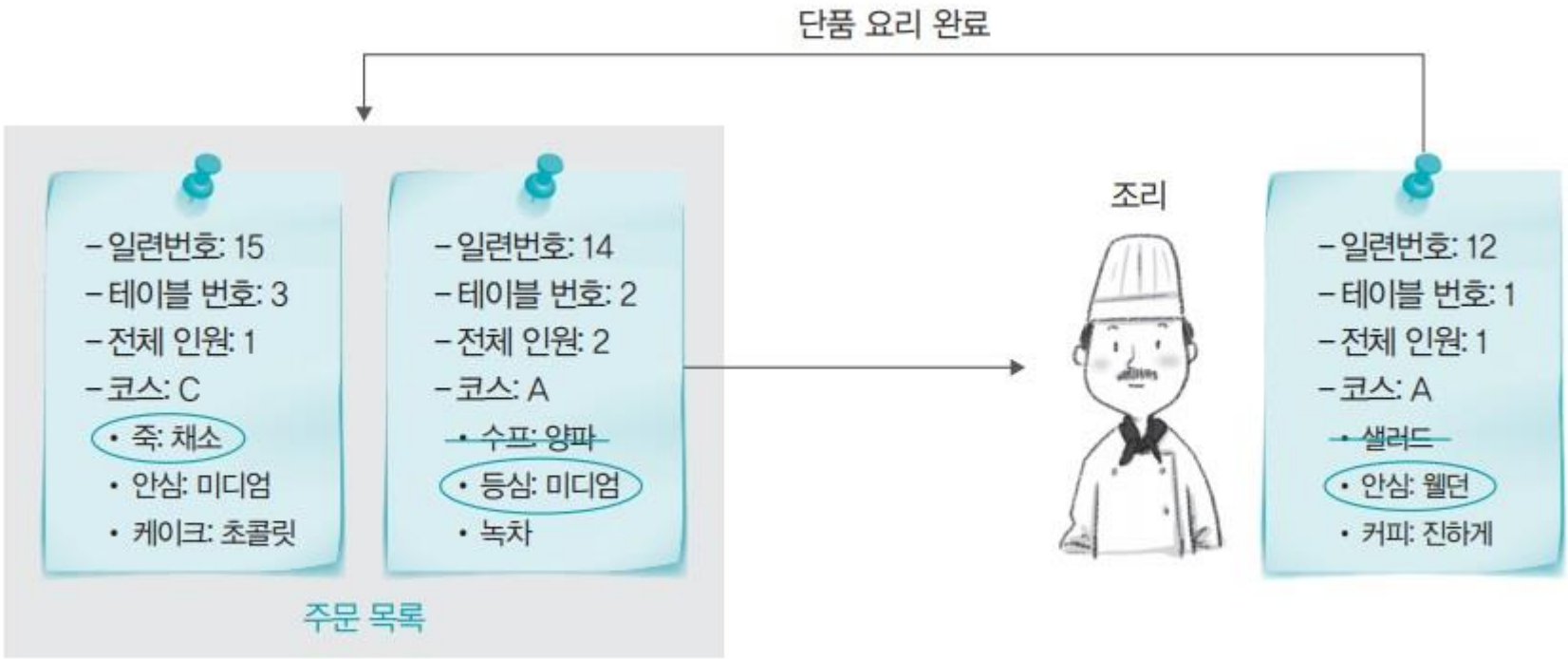


그림 3-5 시분할 방식의 요리

1-2 요리사 모형에의 비유

시분할 방식에서의 예상치 못한 상황 처리

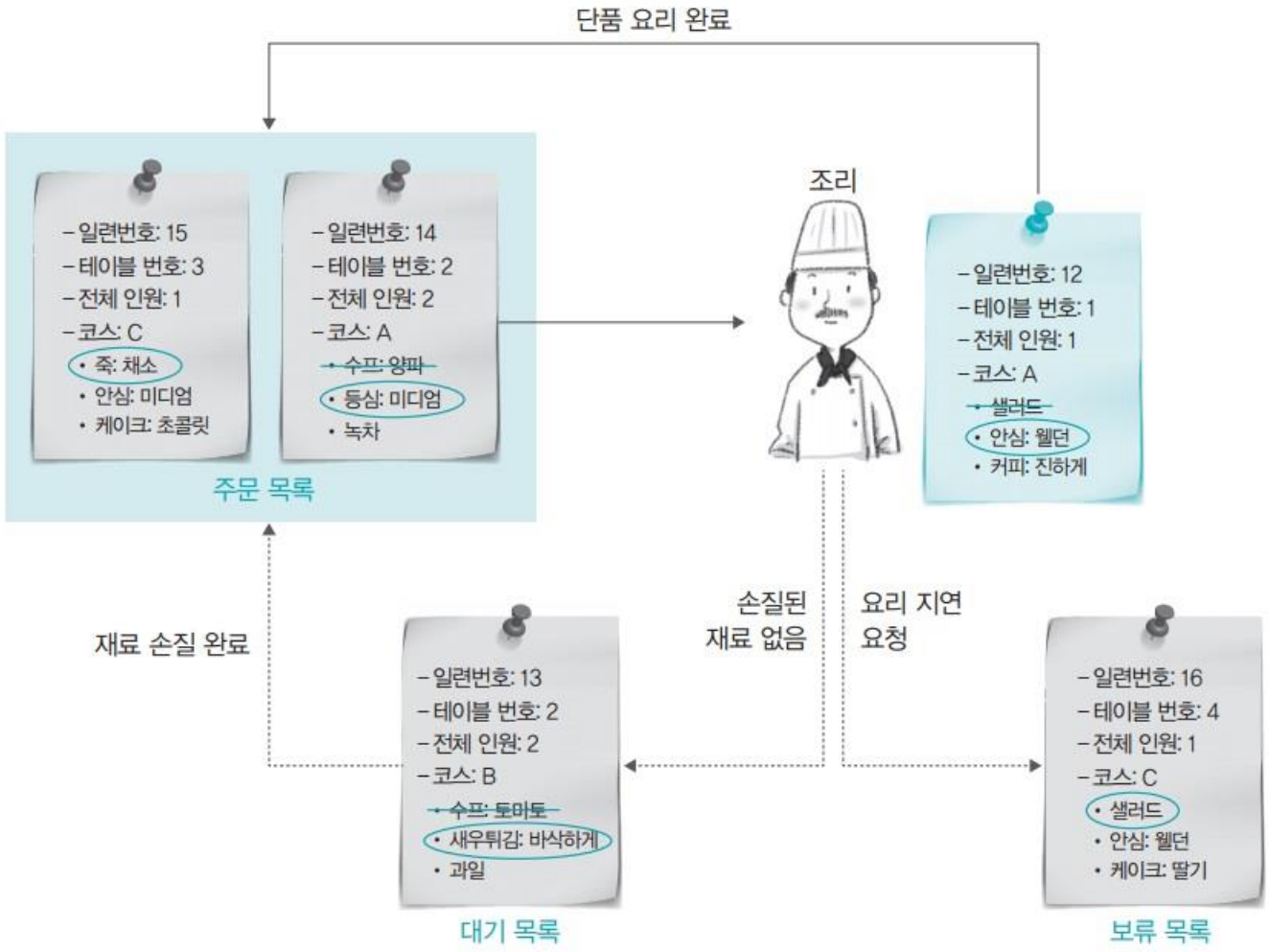


그림 3-6 대기 목록과 보류 목록

1-3 프로그램에서 프로세스로의 전환

프로세스 제어 블록Process Control Block, PCB

- 운영체제가 해당 프로세스를 위해 관리하는 자료 구조
  - 프로세스 구분자 : 각 프로세스를 구분하는 구분자
  - 메모리 관련 정보 : 프로세스의 메모리 위치 정보
  - 각종 중간값 : 프로세스가 사용했던 중간값

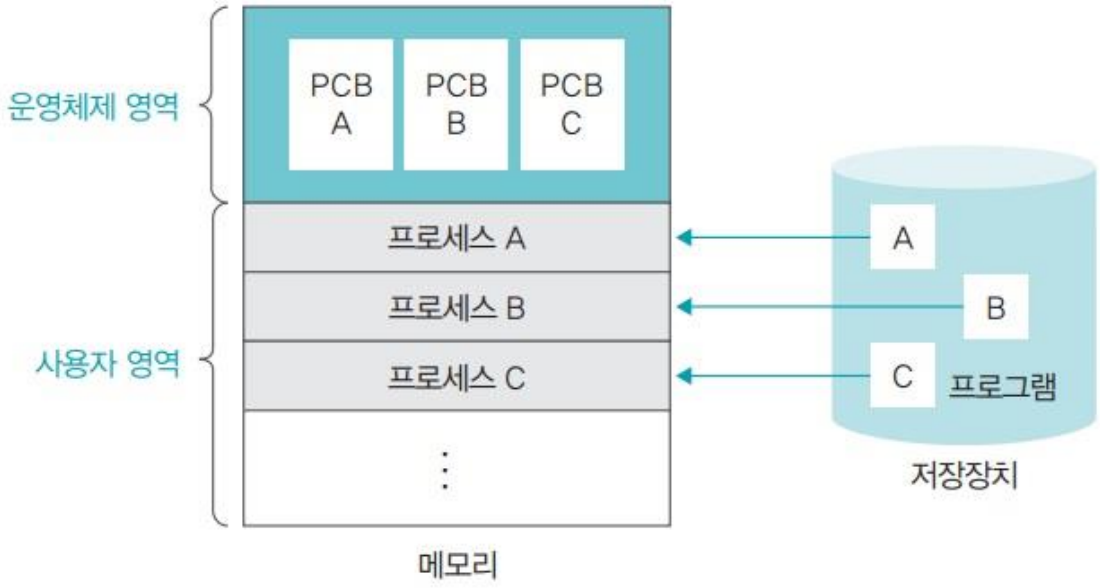


그림 3-7 프로그램이 메모리에 올라와 프로세스가 되는 과정

1-3 프로그램에서 프로세스로의 전환

프로세스와 프로그램의 관계

- 프로그램이 프로세스가 된다는 것은 운영체제로부터 프로세스 제어 블록을 얻는다는 뜻
- 프로세스가 종료된다는 것은 해당 프로세스 제어 블록이 폐기된다는 뜻

정의 3-1 프로세스와 프로그램의 관계

프로세스 = 프로그램 + 프로세스 제어 블록

프로그램 = 프로세스 − 프로세스 제어 블록

1-4 프로세스의 상태

프로세스의 네 가지 상태

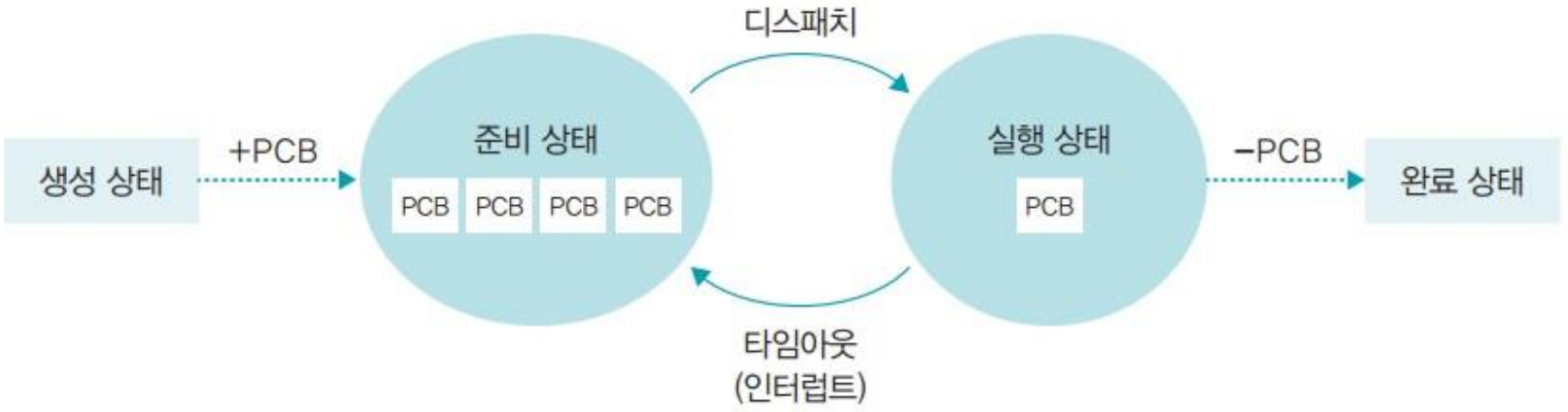


그림 3-8 간단한 프로세스의 상태

- **생성 상태** : 프로세스가 메모리에 올라와 실행 준비를 완료한 상태
- **준비 상태** : 생성된 프로세스가 CPU를 얻을 때까지 기다리는 상태
- **실행 상태** : 준비 상태에 있는 프로세스 중 하나가 CPU를 얻어 실제 작업을 수행하는 상태
- **완료 상태** : 실행 상태의 프로세스가 주어진 시간 동안 작업을 마치면 진입하는 상태 (프로세스 제어 블록이 사라진 상태)

1-4 프로세스의 상태

프로세스의 네 가지 상태

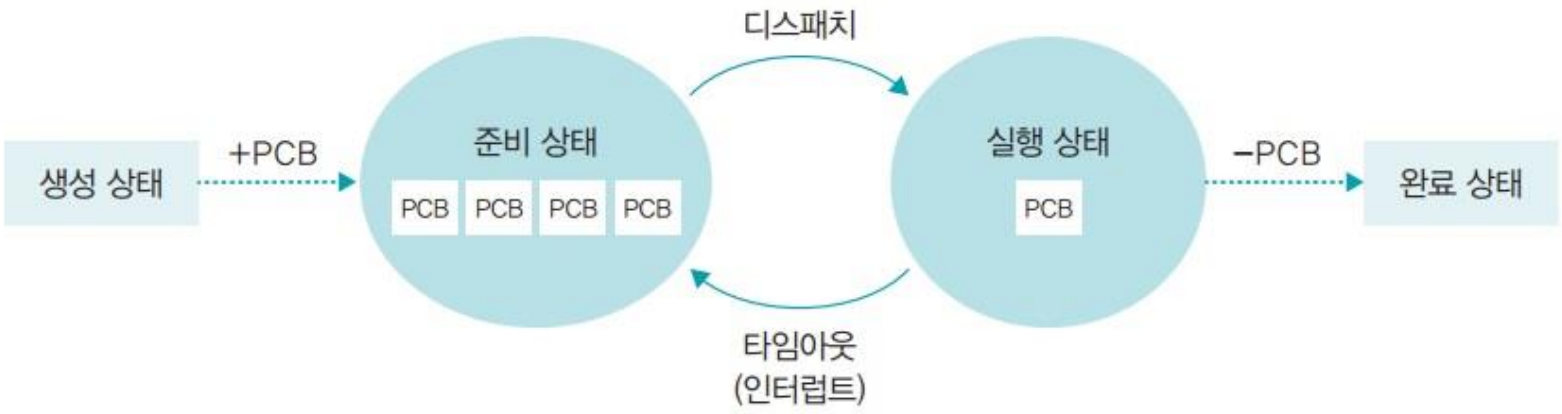


그림 3-8 간단한 프로세스의 상태

- **디스패치** : 준비 상태의 프로세스 중 하나를 골라 실행 상태로 바꾸는 CPU 스케줄러의 작업
- **타임아웃** : 프로세스가 자신에게 주어진 하나의 타임 슬라이스 동안 작업을 끝내지 못하면 다시 준비 상태로 돌아가는 것

1-4 프로세스의 상태

프로세스의 다섯 가지 상태

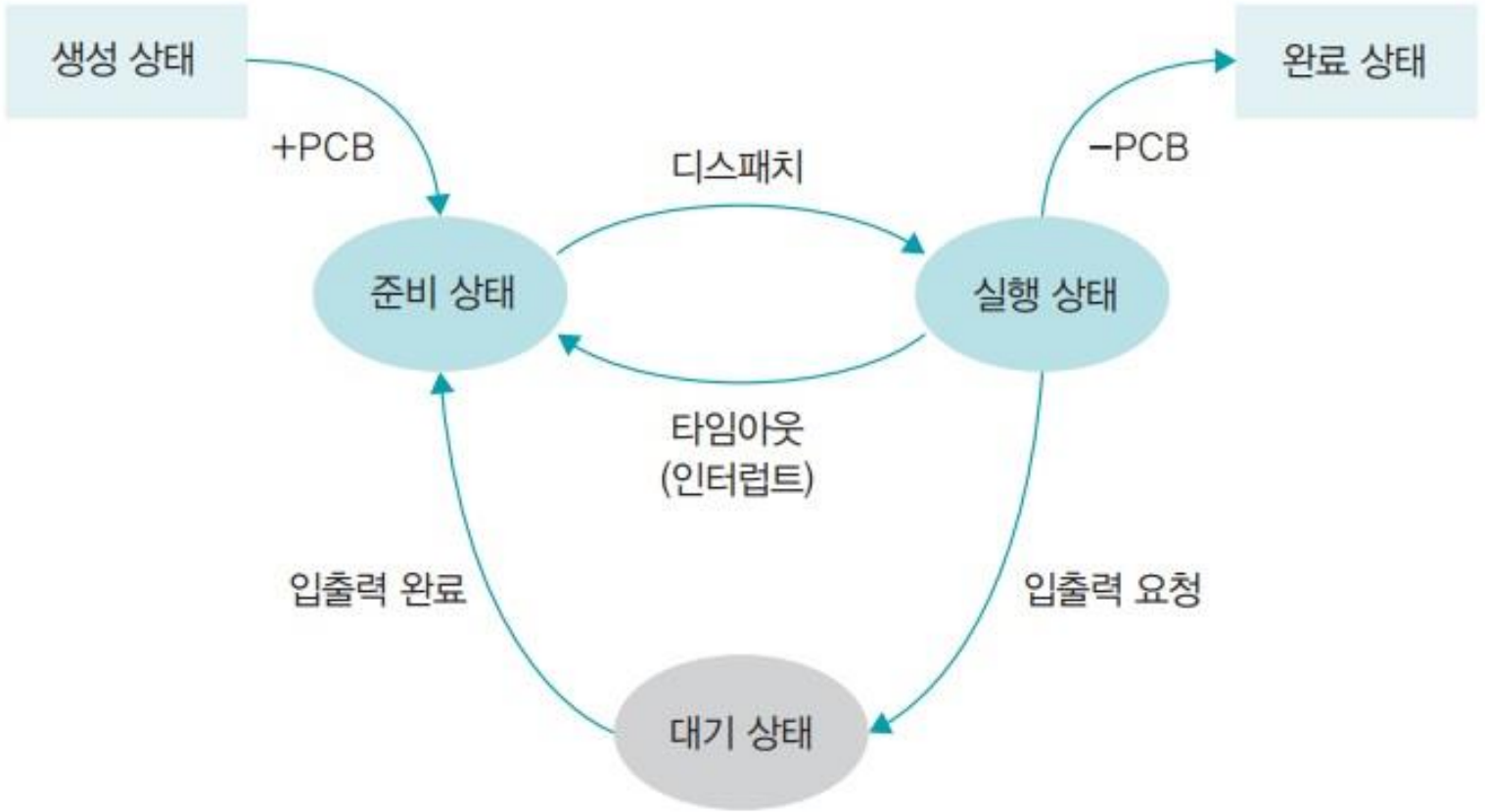


그림 3-9 대기 상태를 추가한 프로세스의 상태

1-4 프로세스의 상태

생성 상태

- 프로그램이 메모리에 올라오고 운영체제로부터 프로세스 제어 블록을 할당받은 상태
- 생성된 프로세스는 바로 실행되는 것이 아니라 준비 상태에서 자기 순서를 기다리며, 프로세스 제어 블록도 같이 준비 상태로 옮겨짐

준비 상태

- 실행 대기 중인 모든 프로세스가 자기 순서를 기다리는 상태
- 프로세스 제어 블록은 준비 큐에서 기다리며 CPU 스케줄러에 의해 관리
- CPU 스케줄러는 준비 상태에서 큐를 몇 개 운영할지, 큐에 있는 어떤 프로세스의 프로세스 제어 블록을 실행 상태로 보낼지 결정
- CPU 스케줄러가 어떤 프로세스 제어 블록을 선택하는 작업은 dispatch(PID) 명령으로 처리
- CPU 스케줄러가 dispatch(PID)를 실행하면 해당 프로세스가 준비 상태에서 실행 상태로 바뀌어 작업이 이루어짐

1-4 프로세스의 상태

실행 상태

- 프로세스가 CPU를 할당받아 실행되는 상태
- 실행 상태에 있는 프로세스는 자신에게 주어진 시간, 즉 타임 슬라이스 동안만 작업할 수 있음
- 그 시간을 다 사용하면 timeout(PID)가 실행되어 실행 상태에서 준비 상태로 옮김
- 실행 상태 동안 작업이 완료되면 exit(PID)가 실행되어 프로세스가 정상 종료
- 실행 상태에 있는 프로세스가 입출력을 요청하면 CPU는 입출력 관리자에게 입출력을 요청하고 block(PID)를 실행
- block(PID)는 입출력이 완료될 때까지 작업을 진행할 수 없기 때문에 해당 프로세스를 대기 상태로 옮기고 CPU 스케줄러는 새로운 프로세스를 실행 상태로 가져옴

1-4 프로세스의 상태

대기 상태

- 실행 상태에 있는 프로세스가 입출력을 요청하면 입출력이 완료될 때까지 기다리는 상태
- 대기 상태의 프로세스는 입출력장치별로 마련된 큐에서 기다리다가 완료되면 인터럽트가 발생하고, 대기 상태에 있는 여러 프로세스 중 해당 인터럽트로 깨어날 프로세스를 찾는데 이것이 wakeup(PID)
- wakeup(PID)로 해당 프로세스의 프로세스 제어 블록이 준비 상태로 이동

완료 상태

- 프로세스가 종료되는 상태
- 코드와 사용했던 데이터를 메모리에서 삭제하고 프로세스 제어 블록을 폐기
- 정상적인 종료는 간단히 exit( )로 처리
- 오류나 다른 프로세스에 의해 비정상적으로 종료되는 강제 종료를 만나면 디버깅하기 위해 종료 직전의 메모리 상태를 저장장치로 옮기는데 이를 코어 덤프(core dump)라고 함

1-4 프로세스의 상태

표 3-1 **프로세스의 상태와 관련 작업**

상태	설명	작업
생성 상태	프로그램을 메모리에 가져와 실행 준비가 완료된 상태이다.	메모리 할당, 프로세스 제어 블록 생성
준비 상태	실행을 기다리는 모든 프로세스가 자기 차례를 기다리는 상태이다. 실행될 프로세스를 CPU 스케줄러가 선택한다.	dispatch(PID): 준비→실행
실행 상태	선택된 프로세스가 타임 슬라이스를 얻어 CPU를 사용하는 상태이다. 프로세스 사이의 문맥 교환이 일어난다.	timeout(PID): 실행→준비 exit(PID): 실행→완료 block(PID): 실행→대기
대기 상태	실행 상태에 있는 프로세스가 입출력을 요청하면 입출력이 완료될 때까지 기다리는 상태이다. 입출력이 완료되면 준비 상태로 간다.	wakeup(PID): 대기→준비
완료 상태	프로세스가 종료된 상태이다. 사용하던 모든 데이터가 정리된다. 정상 종료인 exit와 비정상 종료인 abort를 포함한다.	메모리 삭제, 프로세스 제어 블록 삭제

1-4 프로세스의 상태

휴식 상태

- 프로세스가 작업을 일시적으로 쉬고 있는 상태
- 유닉스에서 프로그램을 실행하는 동중에 [Ctrl]+[Z] 키를 누르면 볼 수 있음
- 종료 상태가 아니기 때문에 원할 때 다시 시작할 수 있는 상태

```
zoch@ubuntu:~$ sleep 100
^Z
[1]+  Stopped                 sleep 100
zoch@ubuntu:~$ jobs
[1]+  Stopped                 sleep 100
zoch@ubuntu:~$ bg
[1]+ sleep 100  &
zoch@ubuntu:~$ jobs
[1]+  Running                 sleep 100 &
```

그림 3-10 유닉스에서 프로세스 정지 상태 화면

1-4 프로세스의 상태

보류 상태

- 프로세스가 메모리에서 잠시 쫓겨난 상태
- 프로세스는 다음과 같은 경우에 보류 상태가 됨
  - 메모리가 꽉 차서 일부 프로세스를 메모리 밖으로 내보낼 때
  - 프로그램에 오류가 있어서 실행을 미루어야 할 때
  - 바이러스와 같이 악의적인 공격을 하는 프로세스라고 판단될 때
  - 매우 긴 주기로 반복되는 프로세스라 메모리 밖으로 쫓아내도 큰 문제가 없을 때
  - 입출력을 기다리는 프로세스의 입출력이 계속 지연될 때

1-4 프로세스의 상태

보류 상태를 포함한 프로세스의 상태

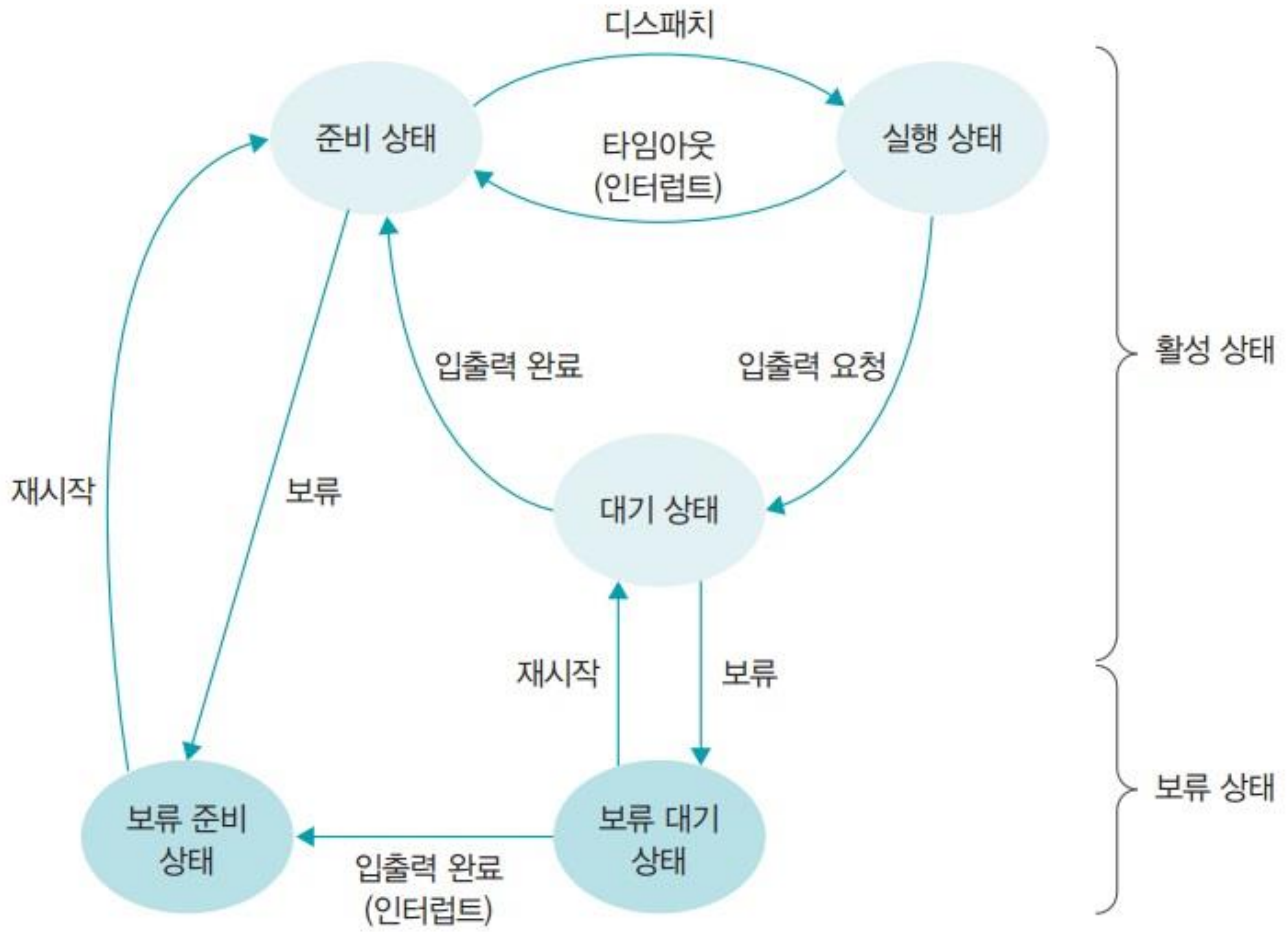


그림 3-11 보류 상태를 포함한 프로세스의 상태

2-1 프로세스 제어 블록

프로세스 제어 블록(PCB)

- 프로세스를 실행하는 데 필요한 중요한 정보를 보관하는 자료 구조
- 프로세스는 고유의 프로세스 제어 블록을 가짐
- 프로세스 생성 시 만들어져서 프로세스가 실행을 완료하면 폐기

프로세스 제어 블록의 구성

그림 3-12 **프로세스 제어 블록의 구성**

2-1 프로세스 제어 블록

프로세스 제어 블록의 구성(1)

- **포인터** : 준비 상태나 대기 상태의 큐를 구현할 때 사용
- **프로세스 상태** : 프로세스가 현재 어떤 상태에 있는지를 나타내는 정보
- **프로세스 구분자** : 운영체제 내에 있는 여러 프로세스를 구현하기 위한 구분자
- **프로그램 카운터** : 다음에 실행될 명령어의 위치를 가리키는 프로그램 카운터의 값
- **프로세스 우선순위** : 프로세스의 실행 순서를 결정하는 우선순위
- **각종 레지스터 정보** : 프로세스가 실행되는 중에 사용하던 레지스터의 값

그림 3-12 **프로세스 제어 블록의 구성**

2-1 프로세스 제어 블록

프로세스 제어 블록의 구성(2)

- **메모리 관리 정보** : 프로세스가 메모리의 어디에 있는지 나타내는 메모리 위치 정보, 메모리 보호를 위해 사용하는 경계 레지스터 값과 한계 레지스터 값 등
- **할당된 자원 정보** : 프로세스를 실행하기 위해 사용하는 입출력 자원이나 오픈 파일 등에 대한 정보
- **계정 정보** : 계정 번호, CPU 할당 시간, CPU 사용 시간 등
- **부모 프로세스 구분자와 자식 프로세스 구분자** : 부모 프로세스를 가리키는 PPID와 자식 프로세스를 가리키는 CPID 정보

그림 3-12 프로세스 제어 블록의 구성

2-1 프로세스 제어 블록

포인터

- 대기 상태에는 같은 입출력을 요구한 프로세스끼리 연결할 때 포인터 사용

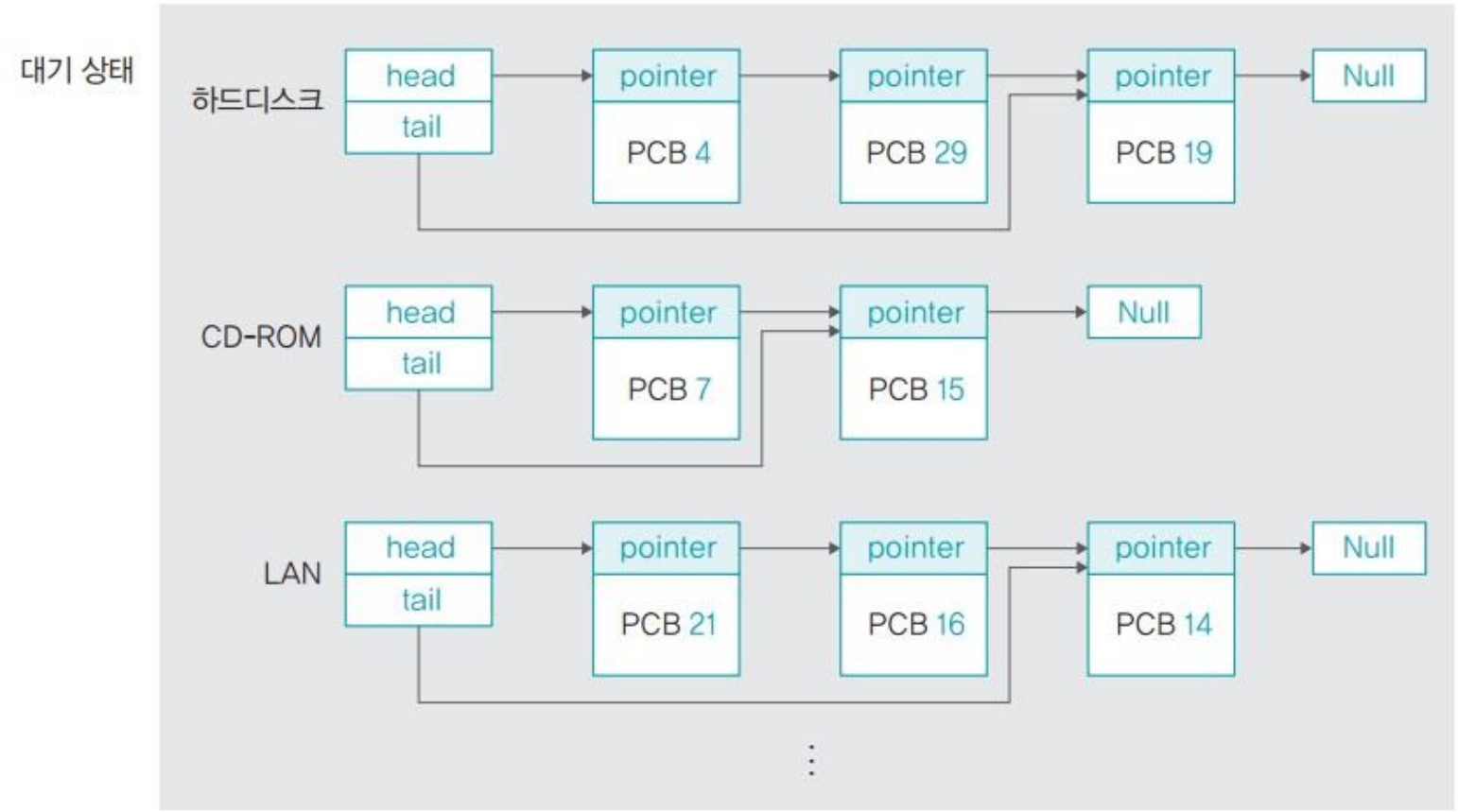


그림 3-13 대기 상태의 대기 큐

2-2 문맥 교환

요리 작업의 전환

- 주문서를 바꾸는 것과 동시에 작업 환경을 바꾸는 것

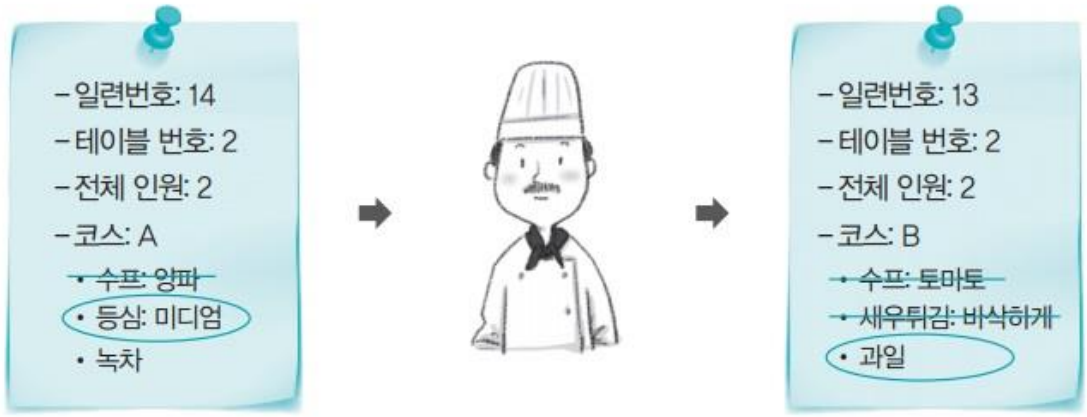


그림 3-14 **요리 작업의 전환 과정**

문맥 교환

- CPU를 차지하던 프로세스가 나가고 새로운 프로세스를 받아들이는 작업
- 실행 상태에서 나가는 프로세스 제어 블록에는 지금까지의 작업 내용을 저장하고, 반대로 실행 상태로 들어오는 프로세스 제어 블록의 내용으로 CPU가 다시 세팅

2-2 문맥 교환

문맥 교환 절차

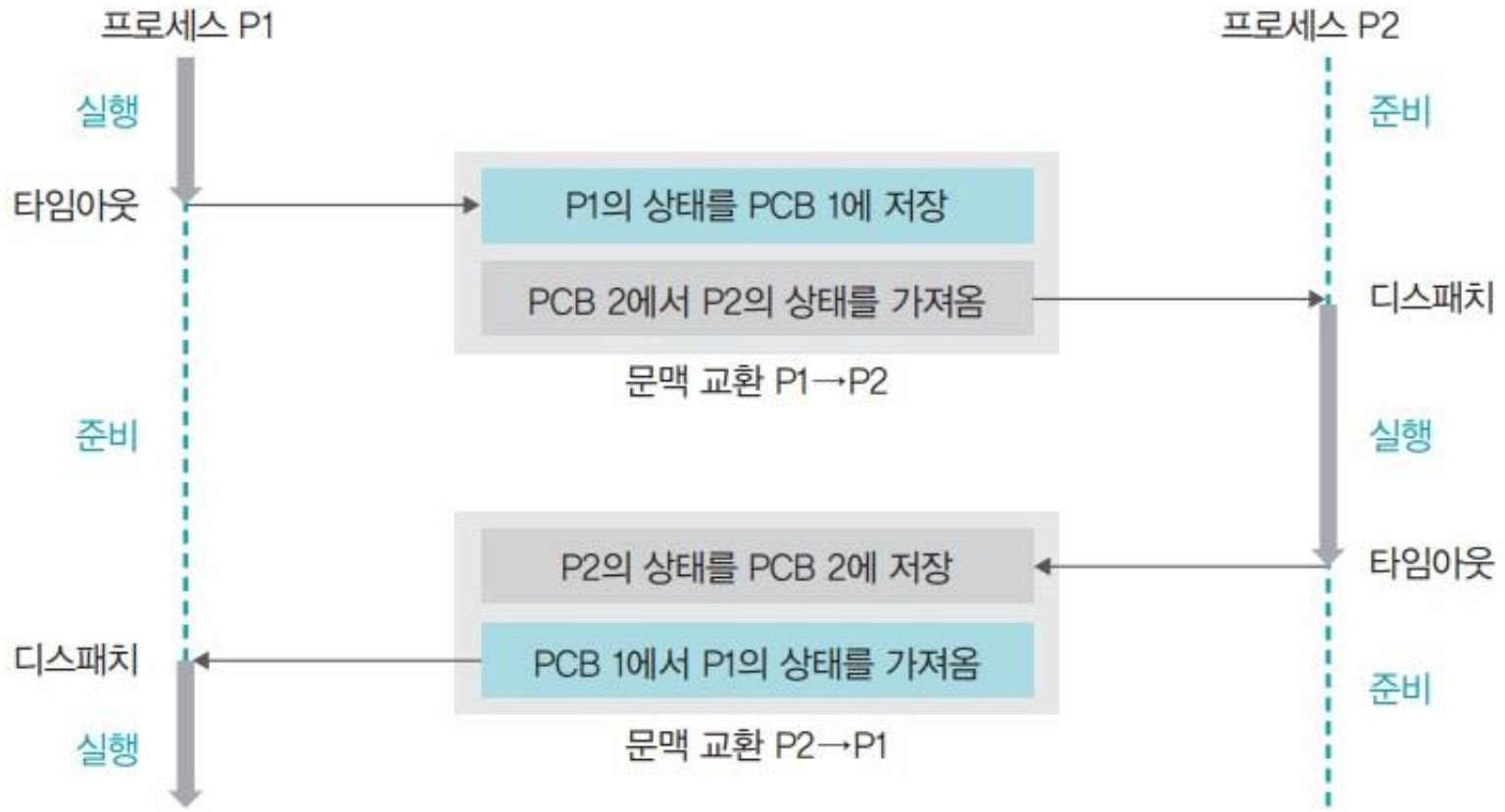


그림 3-15 **문맥 교환 과정**

3-1 프로세스의 구조

프로세스의 구조

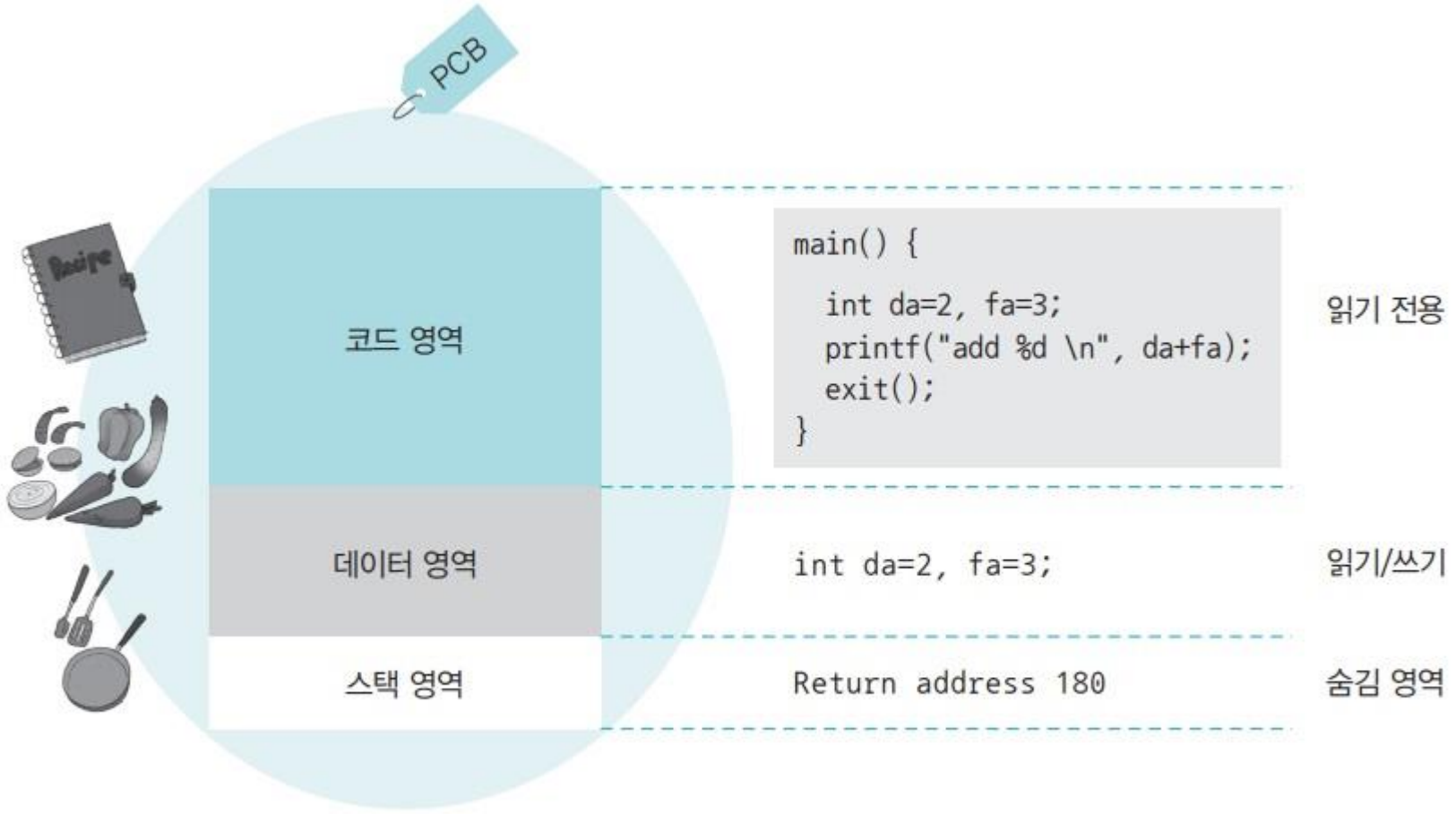


그림 3-16 **프로세스의 구조**

3-1 프로세스의 구조

코드 영역

- 프로그램의 본문이 기술된 곳
- 프로그래머가 작성한 코드가 탑재되며 탑재된 코드는 읽기 전용으로 처리됨

데이터 영역

- 코드가 실행되면서 사용하는 변수나 파일 등의 각종 데이터를 모아놓은 곳
- 데이터는 변하는 값이기 때문에 이곳의 내용은 기본적으로 읽기와 쓰기가 가능

스택 영역

- 운영체제가 프로세스를 실행하기 위해 부수적으로 필요한 데이터를 모아놓은 곳
- 프로세스 내에서 함수를 호출하면 함수를 수행하고 원래 프로그램으로 되돌아올 위치를 이 영역에 저장
- 운영체제가 사용자의 프로세스를 작동하기 위해 유지하는 영역이므로 사용자에게는 보이지 않음

3-2 프로세스의 생성과 복사

fork( ) 시스템 호출의 개념

- 실행 중인 프로세스로부터 새로운 프로세스를 복사하는 함수
- 실행 중인 프로세스와 똑같은 프로세스가 하나 더 만들어짐

그림 3-17 fork() 시스템 호출의 개념

3-2 프로세스의 생성과 복사

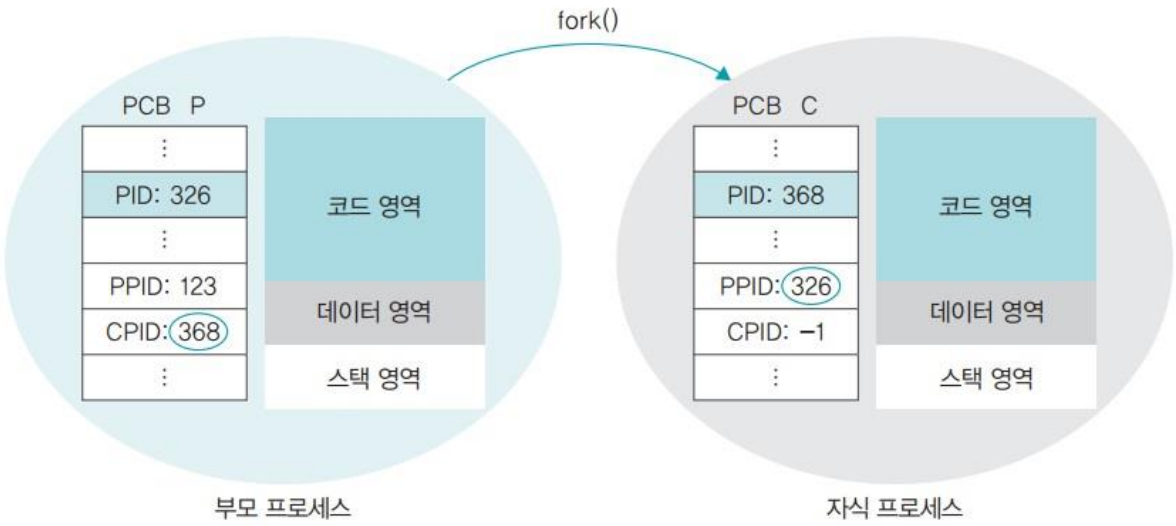
fork( ) 시스템 호출의 개념

정의 3-2 fork() 시스템 호출

fork() 시스템 호출은 실행 중인 프로세스를 복사하는 함수이다. 이때 실행하던 프로세스는 부모 프로세스, 새로 생긴 프로세스는 자식 프로세스로서 부모-자식 관계가 된다.

3-2 프로세스의 생성과 복사

fork( ) 시스템 호출의 동작 과정



- fork( ) 시스템 호출을 하면 프로세스 제어 블록을 포함한 부모 프로세스 영역의 대부분이 자식 프로세스에 복사되어 똑같은 프로세스가 만들어짐
- 단, 프로세스 제어 블록의 내용 중 다음이 변경됨
  - 프로세스 구분자
  - 메모리 관련 정보
  - 부모 프로세스 구분자와 자식 프로세스 구분자

3-2 프로세스의 생성과 복사

fork( ) 시스템 호출의 장점

- 프로세스의 생성 속도가 빠름
- 추가 작업 없이 자원을 상속할 수 있음
- 시스템 관리를 효율적으로 할 수 있음

fork( ) 시스템 호출의 예 (그림 3-19)

- 부모 프로세스의 코드가 실행되어 fork( ) 문을 만나면 똑같은 내용의 자식 프로세스를 하나 생성
- 이때 fork( ) 문은 부모 프로세스에 0보다 큰 값을 반환하고 자식 프로세스에 0을 반환
- 만약 0보다 작은 값을 반환하면 자식 프로세스가 생성되지 않은 것으로 여겨 'Error'를 출력

3-2 프로세스의 생성과 복사

fork( ) 시스템 호출의 예

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

void main()
{   int pid;

    pid=fork();

    if(pid<0) { printf("Error");
                exit(-1); }

    else if(pid==0) { printf("Child");
                      exit(0); }

    else { printf("Parent");
           exit(0); }
}
```

부모 프로세스

프로세스 복사

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

void main()
{   int pid;

    pid=fork();

    if(pid<0) { printf("Error");
                exit(-1); }

    else if(pid==0) { printf("Child");
                      exit(0); }

    else { printf("Parent");
           exit(0); }
}
```

자식 프로세스

그림 3-19 fork() 시스템 호출 코드의 예

3-3 프로세스의 전환

exec( ) 시스템 호출의 개념

- 기존의 프로세스를 새로운 프로세스로 전환(재사용)하는 함수
  - fork( ): 새로운 프로세스를 복사하는 시스템 호출
  - exec( ): 프로세스는 그대로 둔 채 내용만 바꾸는 시스템 호출

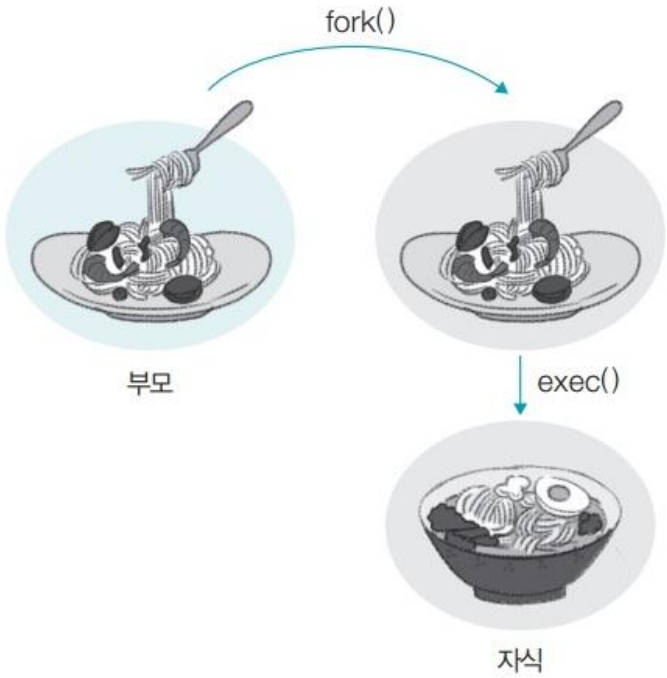


그림 3-20 exec() 시스템 호출의 개념

3-3 프로세스의 전환

정의 3-3 exec() 시스템 호출

exec() 시스템 호출은 이미 만들어진 프로세스의 구조를 재활용하는 것이다.

exec( ) 시스템 호출의 동작 과정 (그림 3-21)

- exec( ) 시스템 호출을 하면 코드 영역에 있는 기존의 내용을 지우고 새로운 코드로 바꿔버림
- 데이터 영역이 새로운 변수로 채워지고 스택 영역이 리셋
- 프로세스 제어 블록의 내용 중 프로세스 구분자, 부모 프로세스 구분자, 자식 프로세스 구분자, 메모리 관련 사항 등은 변하지 않지만 프로그램 카운터 레지스터 값을 비롯한 각종 레지스터와 사용한 파일 정보가 모두 리셋

3-3 프로세스의 전환

exec( ) 시스템 호출의 동작 과정

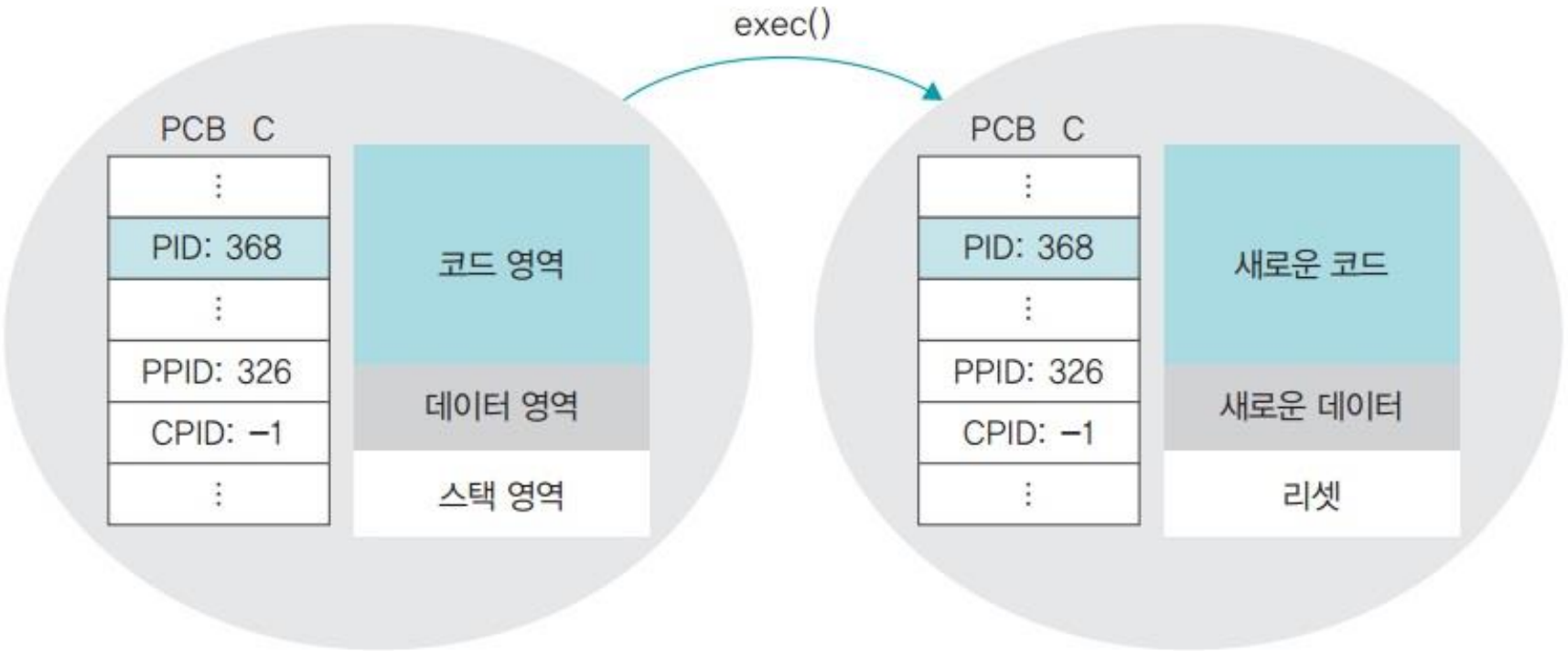


그림 3-21 exec() 시스템 호출 후 프로세스의 변화

3-3 프로세스의 전환

exec( ) 시스템 호출의 예 (그림 3-22)

- 부모 프로세스의 fork( ) 문을 실행하여 자식 프로세스를 생성하고, wait( ) 문을 실행하여 자식 프로세스가 끝날 때까지 기다림
- 새로 생성된 자식 프로세스는 부모 프로세스의 코드와 같음
- exec( ) 시스템 호출을 사용하여 새로운 프로세스로 전환하더라도 프로세스 제어 블록의 각종 프로세스 구분자(PID, PPID, CPID)가 변경되지 않기 때문에, 프로세스가 종료된 후 부모 프로세스로 돌아올 수 있음

3-3 프로세스의 전환

exec( ) 시스템 호출의 예

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

void main()
{    int pid;

     pid=fork();

     if(pid<0) { printf("Error");
                 exit(-1); }

    else if(pid==0) {  /* child process */
             execlp("mplayer", "mplayer", NULL);
             exit(0); }

    else {  wait(NULL);
            printf("mplayer  Terminated");
            exit(0); }
}
```

부모 프로세스

```
/* mplayer - music player */
        ⋮
void main()
{
        ⋮
   mplayer
   실행 코드
        ⋮
}
```

자식 프로세스(exec( ) 실행)

그림 3-22 exec() 시스템 호출 코드의 예

3-4 프로세스의 계층 구조

유닉스의 프로세스 계층 구조

- 유닉스의 모든 프로세스는 init 프로세스의 자식이 되어 트리 구조를 이룸

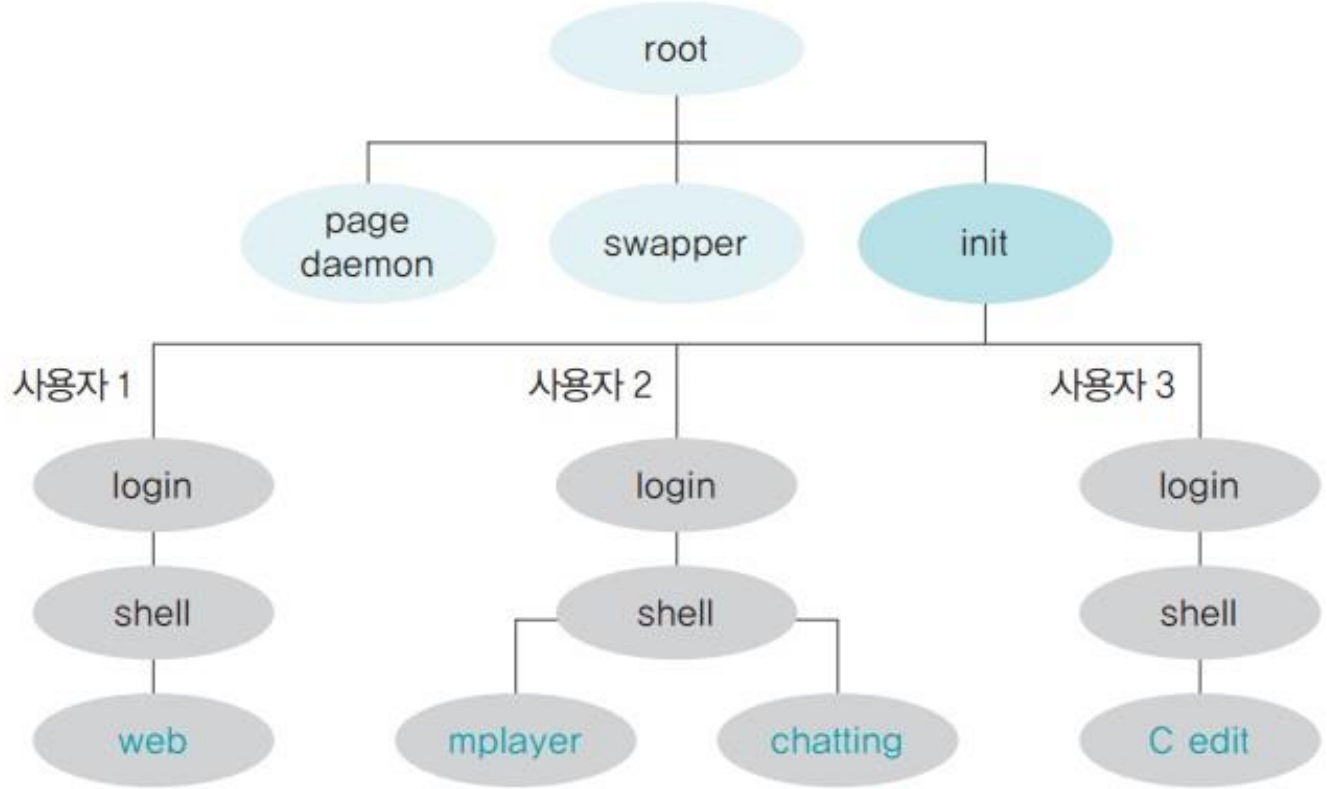


그림 3-23 유닉스의 프로세스 계층 구조

3-4 프로세스의 계층 구조

프로세스 계층 구조의 장점

- 여러 작업을 동시에 처리할 수 있다.

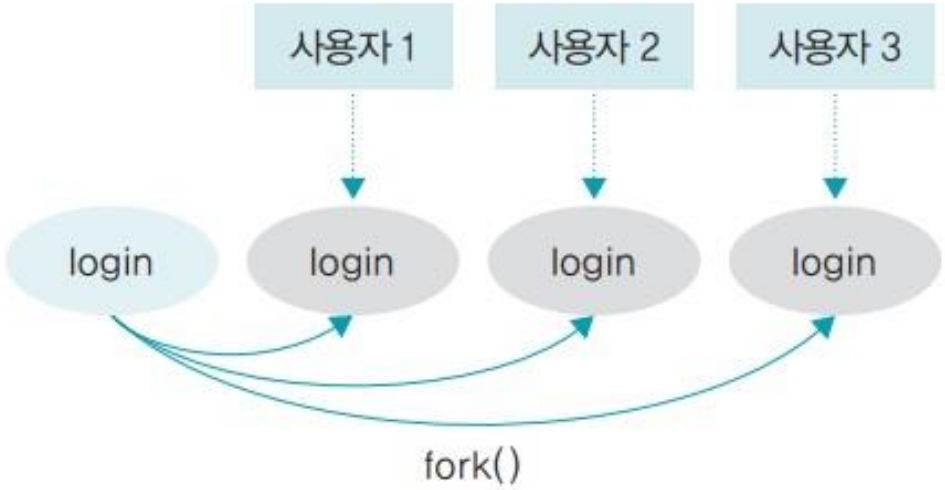


그림 3-24 여러 사용자를 동시 처리

3-4 프로세스의 계층 구조

프로세스 계층 구조의 장점

- 프로세스의 재사용이 용이하다.

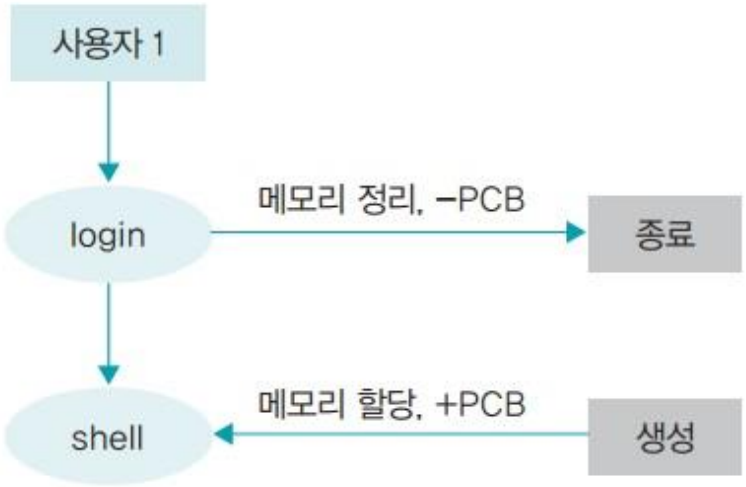
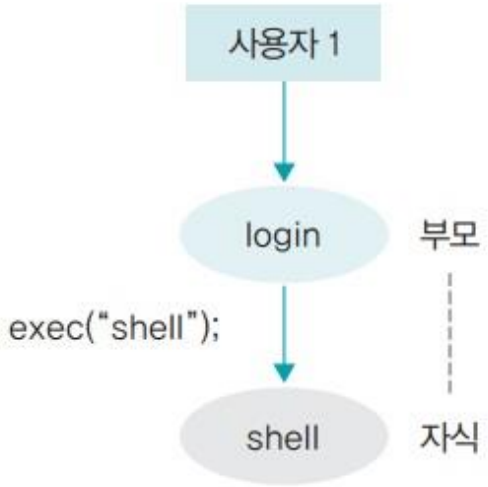


그림 3-25 **프로세스의 재사용**



- 자원 회수가 쉽다.
  - 프로세스를 계층 구조로 만들면 프로세스 간의 책임 관계가 분명해져서 시스템을 관리하기가 수월

3-4 프로세스의 계층 구조

고아 프로세스

- 프로세스가 종료된 후에도 비정상적으로 남아 있는 프로세스 중 부모 프로세스가 자식보다 먼저 죽는 경우
- C 언어의 exit( ) 또는 return( ) 문은 자식 프로세스가 작업이 끝났음을 부모 프로세스에 알리는 것으로 고아 프로세스 발생을 미연에 방지함

```
int main() {
    printf("Hello \n");
    exit(0);
}
```

그림 3-26 exit 함수

4-1 스레드의 개념

스레드의 정의

- CPU 스케줄러가 CPU에 전달하는 일 하나
- CPU가 처리하는 작업의 단위는 프로세스로부터 전달받은 스레드
  - 운영체제 입장에서의 작업 단위는 프로세스
  - CPU 입장에서의 작업 단위는 스레드

정의 3-4 스레드

프로세스의 코드에 정의된 절차에 따라 CPU에 작업 요청을 하는 실행 단위이다.

4-1 스레드의 개념

프로세스와 스레드의 차이

- 프로세스끼리는 약하게 연결되어 있는 반면 스레드끼리는 강하게 연결되어 있음

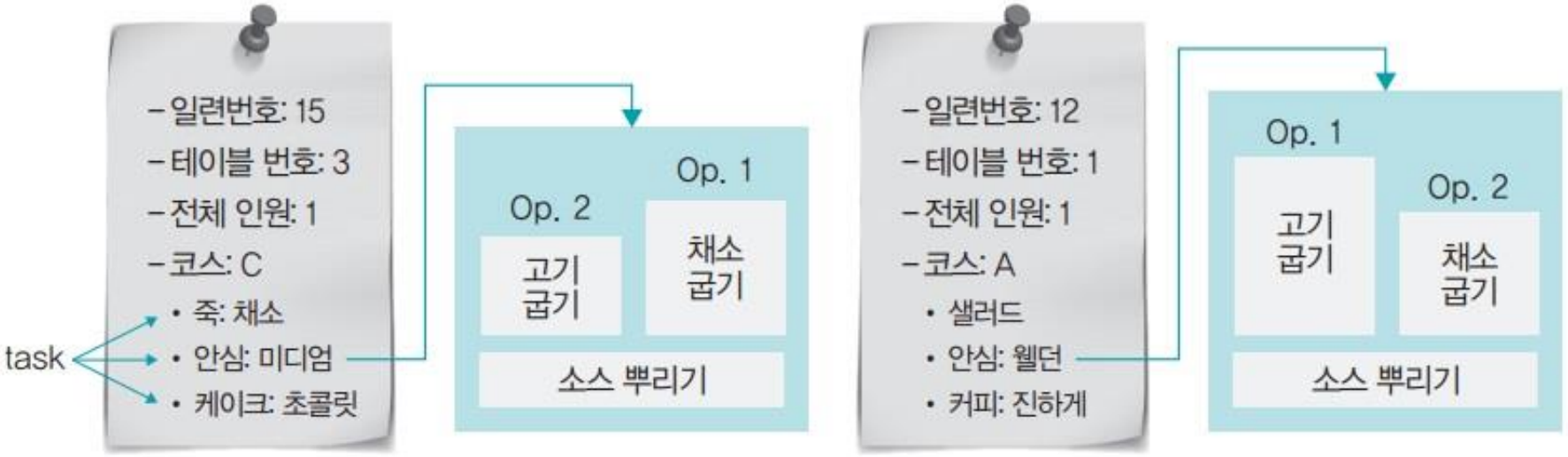


그림 3-27 **작업과 일의 차이**

4-1 스레드의 개념

멀티태스크와 멀티스레드의 차이

- **멀티태스크** : 여러 개의 프로세스로 구성된 것
- **멀티스레드** : 하나의 프로세스에 여러 개의 스레드로 구성된 것

(a) 멀티태스크

(b) 멀티스레드

그림 3-28 **멀티태스크와 멀티스레드의 차이**

4-1 스레드의 개념

멀티스레드

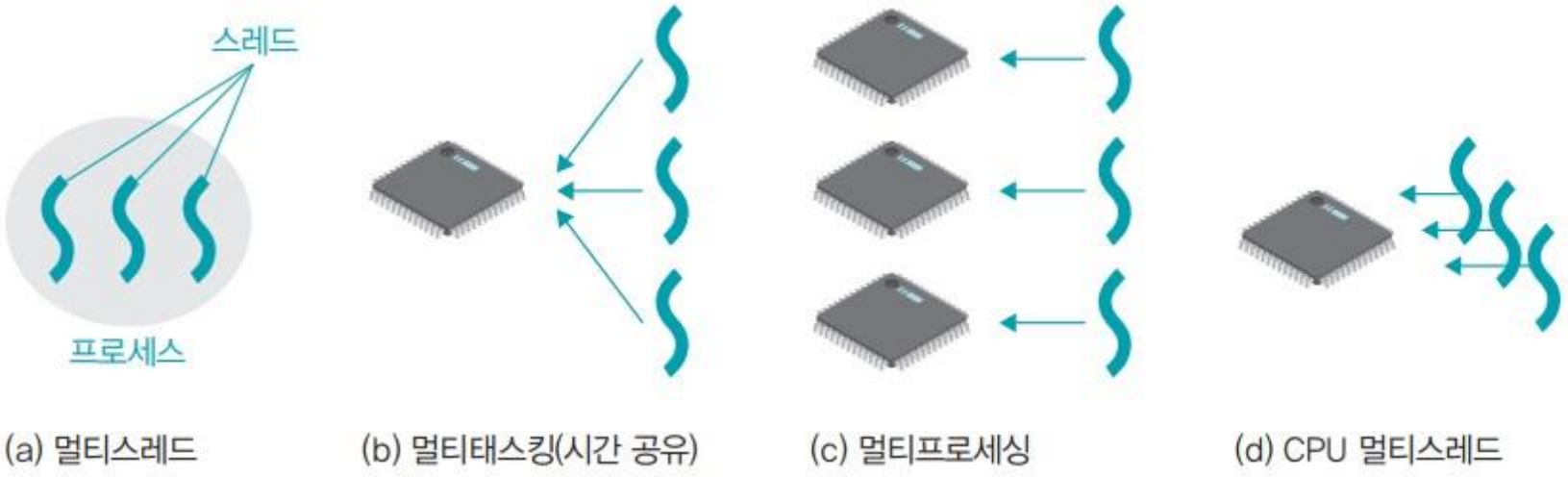
- 프로세스 내 작업을 여러 개의 스레드로 분할함으로써 작업의 부담을 줄이는 프로세스 운영 기법

멀티태스킹

- 운영체제가 CPU에 작업을 줄 때 시간을 잘게 나누어 배분하는 기법

멀티프로세싱

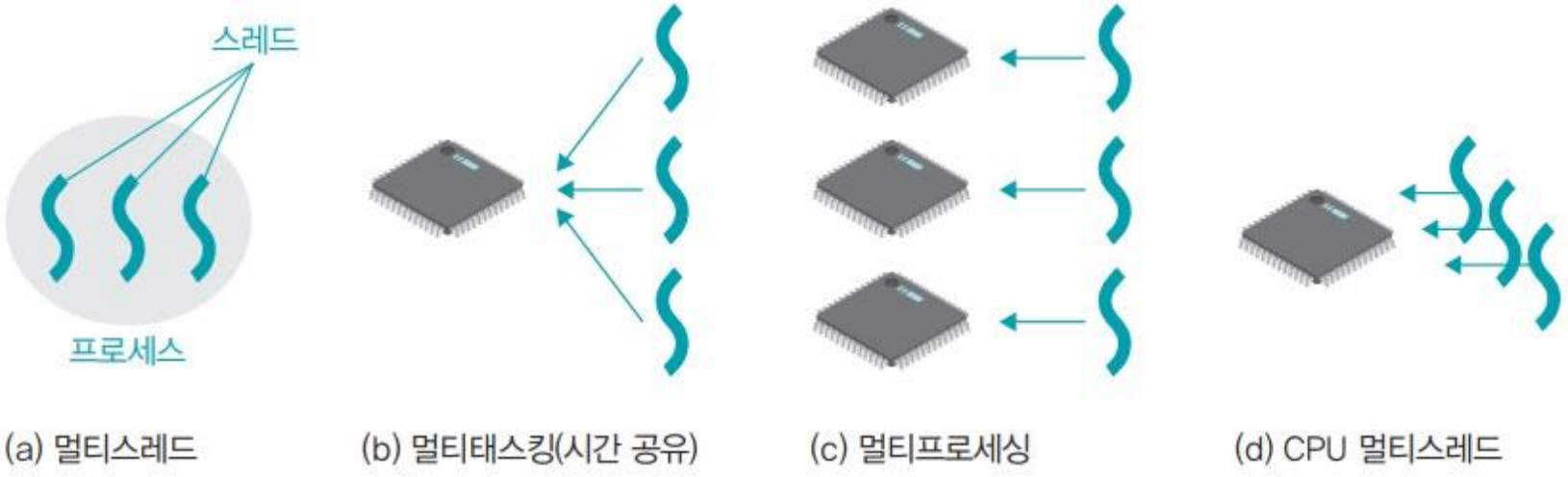
- CPU를 여러 개 사용하여 여러 개의 스레드를 동시에 처리하는 작업 환경



4-1 스레드의 개념

CPU 멀티스레드

- 한 번에 하나씩 처리해야 하는 스레드를 파이프라인 기법을 이용하여 동시에 여러 스레드를 처리하도록 만든 병렬 처리 기법
  - **멀티스레드** : 운영체제가 소프트웨어적으로 프로세스를 작은 단위의 스레드로 분할하여 운영하는 기법
  - **CPU 멀티스레드** : 하드웨어적인 방법으로 하나의 CPU에서 여러 스레드를 동시에 처리하는 병렬 처리 기법



4-2 멀티스레드의 구조와 예

멀티태스킹의 낭비 요소

- fork( ) 시스템 호출로 프로세스를 복사하면 코드 영역과 데이터 영역의 일부가 메모리에 중복되어 존재하며, 부모-자식 관계이지만 서로 독립적인 프로세스이므로 이러한 낭비 요소를 제거할 수 없음

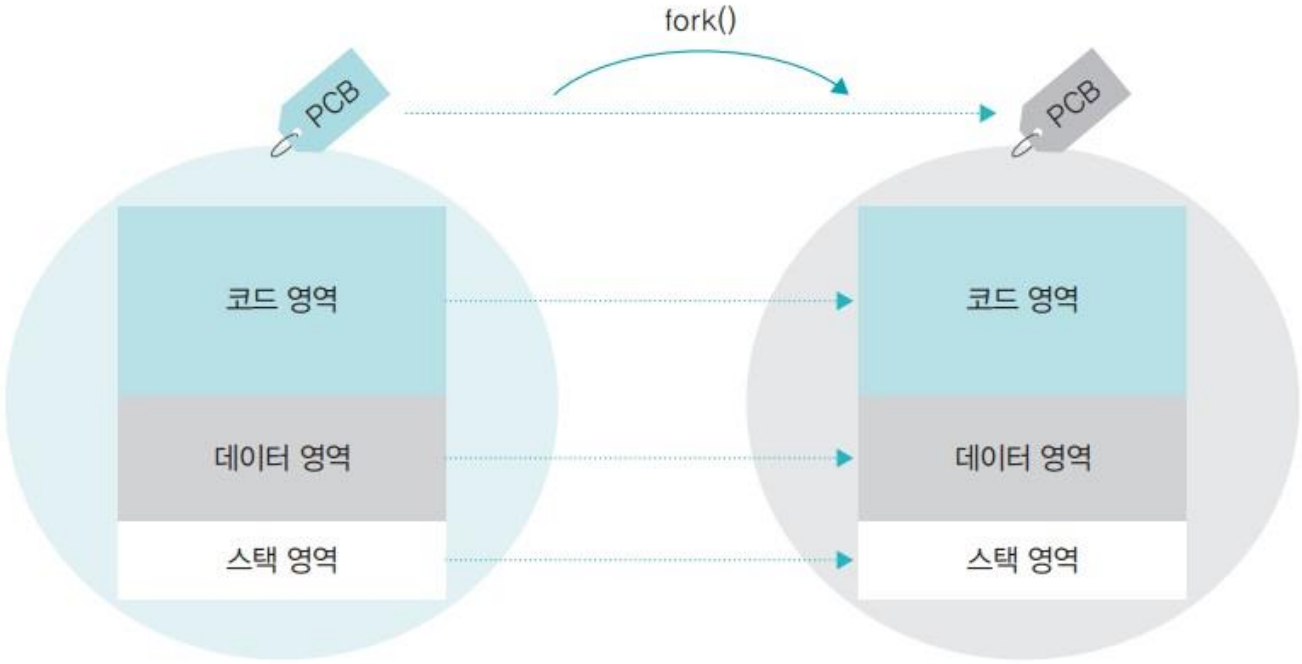
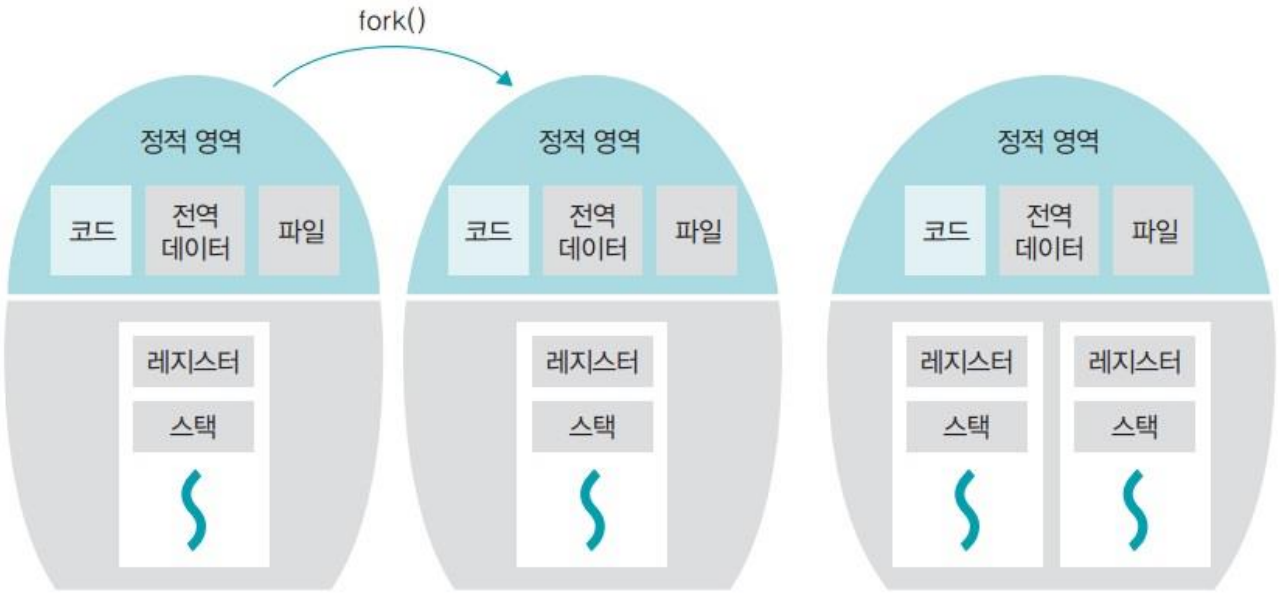


그림 3-30 멀티태스킹의 낭비 요소

4-2 멀티스레드의 구조와 예

멀티태스킹과 멀티스레드의 차이

- fork( ) 시스템 호출로 여러 개의 프로세스를 만들면 필요 없는 정적 영역이 여러 개가 됨
- 멀티스레드는 코드, 파일 등의 자원을 공유함으로써 자원의 낭비를 막고 효율성 향상



(a) 멀티태스킹 (b) 멀티스레드

그림 3-31 멀티태스킹과 멀티스레드의 구조

4-2 멀티스레드의 구조와 예

자바 스레드 코드의 예

- main{ } 위쪽에 있는 class TH_test extends Thread{ }는 스레드 객체로, 이는 TH_test 객체를 확장하여 스레드를 만듦
- TH_test 객체의 run( ) 부분을 스레드로 만들어 실행하며 'Th_Test'를 백 번 출력

```
class TH_test extends Thread {
     public void run() {
        for (int i=0; i<100; i++)
            System.out.println("Th_Test\n"); }
 }

 public class test_main {
     public static void main(String[] args) {
        TH_test TH_print=new TH_test();
        TH_print.start();
        for (int i=0; i<100; i++)
            System.out.println("Test_Main\n"); }
 }
```

```
⋮
Th_Test
Th_Test
Test_Main
Test_Main
⋮
Test_Main
Test_Main
Th_Test
Th_Test
⋮
```

자바 스레드 코드 | 동시 실행 결과

그림 3-32 자바 스레드 코드의 예

4-2 멀티스레드의 구조와 예

fork( ) 시스템 호출로 작성한 코드 예

- 프로세스 제어 블록, 코드, 데이터 등이 모두 2배가 됨으로써 스레드를 사용하는 것보다 낭비가 심함

```
include <stdio.h>
include <unistd.h>

nt main()
    int i=0, pid;

    pid=fork();

    if(pid<0) { printf("Error");
                exit(-1); }

    else if(pid==0) { for(i=0; i<100; i++)
                        printf("Th_Test\n");
                      exit(0); }

    else { for(i=0; i<100; i++)  /* parent */
                printf("Test_Main\n");
           exit(0); }
```

부모 프로세스

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main()
{    int i=0, pid;

     pid=fork();

     if(pid<0) { printf("Error");
                 exit(-1); }

     else if(pid==0) { for(i=0; i<100; i++)
                         printf("Th_Test\n");
                       exit(0); }

     else { for(i=0; i<100; i++)  /* parent */
                 printf("Test_Main\n");
            exit(0); }
}
```

자식 프로세스

그림 3-33 멀티태스킹 코드의 예

4-3 멀티스레드의 장단점

멀티스레드의 장점

- 응답성 향상
- 자원 공유
- 효율성 향상
- 다중 CPU 지원

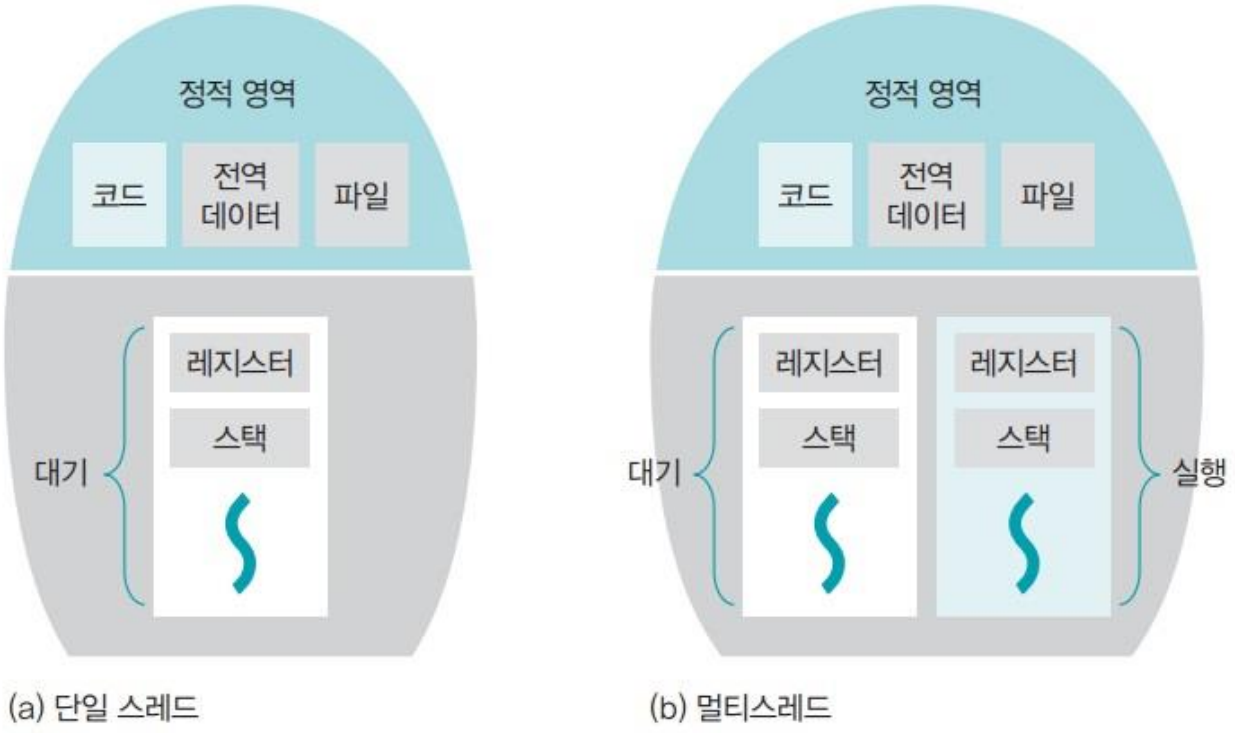
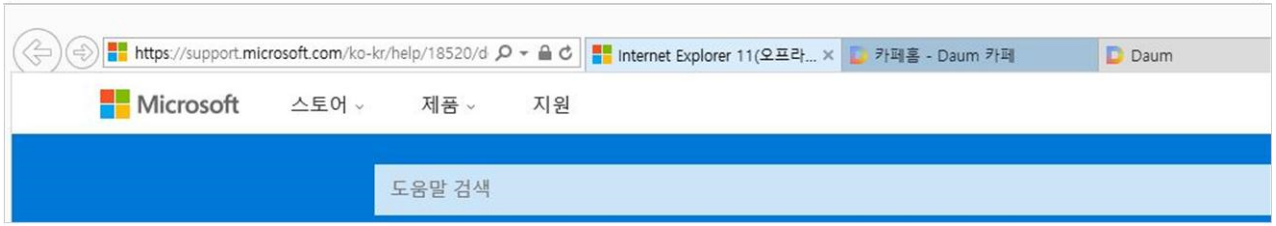


그림 3-34 **단일 스레드와 멀티스레드의 구조**

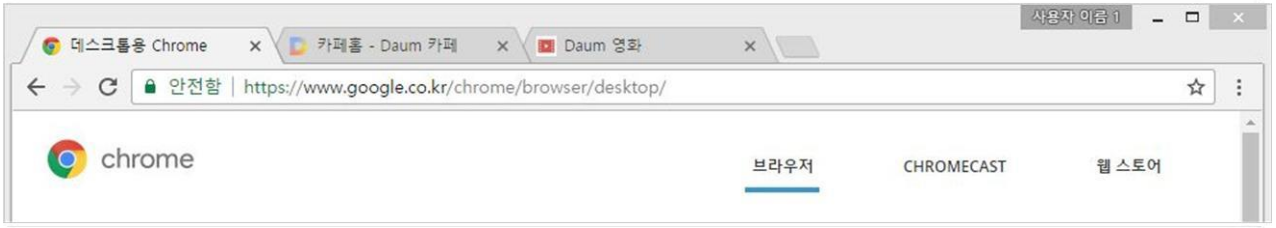
4-3 멀티스레드의 장단점

멀티스레드의 단점

- 모든 스레드가 자원을 공유하기 때문에 한 스레드에 문제가 생기면 전체 프로세스에 영향을 미침
- 인터넷 익스플로러에서 여러 개의 화면을 동시에 띄웠는데 그중 하나에 문제가 생기면 인터넷 익스플로러 전체가 종료



(a) 멀티스레드를 이용하는 인터넷 익스플로러



(b) 멀티태스킹을 이용하는 크롬

그림 3-35 **멀티탭 기능 구현 방식의 차이**

4-4 멀티스레드 모델

커널 스레드와 사용자 스레드

- **커널 스레드** : 커널이 직접 생성하고 관리하는 스레드
- **사용자 스레드** : 라이브러리에 의해 구현된 일반적인 스레드

4-4 멀티스레드 모델

사용자 스레드

- 사용자 프로세스 내에 여러 개의 스레드가 커널의 스레드 하나와 연결(1 to N 모델)
- 라이브러리가 직접 스케줄링을 하고 작업에 필요한 정보를 처리하기 때문에 문맥 교환이 필요 없음
- 커널 스레드가 입출력 작업을 위해 대기 상태에 들어가면 모든 사용자 스레드가 같이 대기하게 됨
- 한 프로세스의 타임 슬라이스를 여러 스레드가 공유하기 때문에 여러 개의 CPU를 동시에 사용할 수 없음

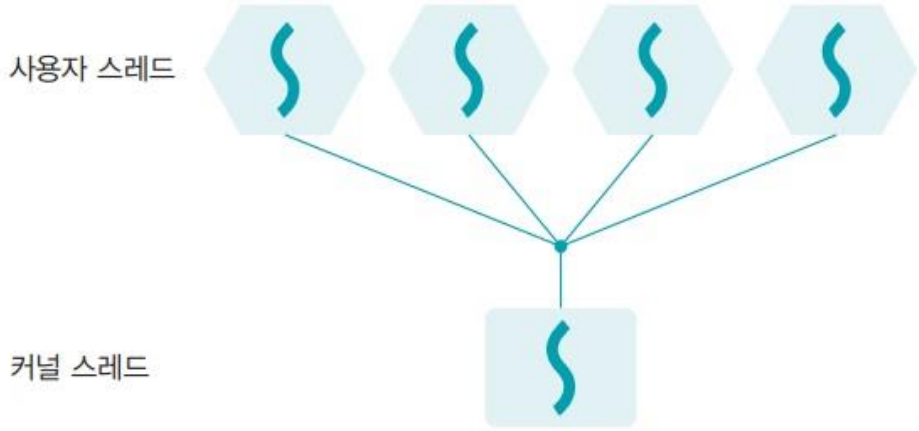


그림 3-36 사용자 레벨 스레드(1 to N 모델)

4-4 멀티스레드 모델

커널 스레드

- 하나의 사용자 스레드가 하나의 커널 스레드와 연결(1 to 1 모델)
- 독립적으로 스케줄링이 되므로 특정 스레드가 대기 상태에 들어가도 다른 스레드는 작업을 계속할 수 있음
- 커널 레벨에서 모든 작업을 지원하기 때문에 멀티 CPU를 사용할 수 있음
- 하나의 스레드가 대기 상태에 있어도 다른 스레드는 작업을 계속할 수 있음
- 커널의 기능을 사용하므로 보안에 강하고 안정적으로 작동
- 문맥 교환할 때 오버헤드 때문에 느리게 작동

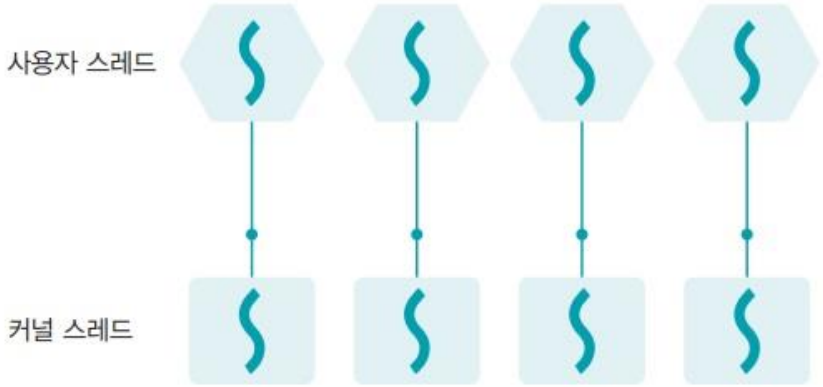


그림 3-37 커널 레벨 스레드(1 to 1 모델)

4-4 멀티스레드 모델

멀티레벨 스레드

- 사용자 스레드와 커널 스레드를 혼합한 방식(M to N 모델)
- 커널 스레드가 대기 상태에 들어가면 다른 커널 스레드가 대신 작업을 하여 사용자 스레드보다 유연하게 작업을 처리할 수 있음
- 커널 스레드를 같이 사용하기 때문에 여전히 문맥 교환 시 오버헤드가 있어 사용자 스레드만큼 빠르지 않음
- 빠르게 움직여야 하는 스레드는 사용자 스레드로 작동하고, 안정적으로 움직여야 하는 스레드는 커널 스레드로 작동

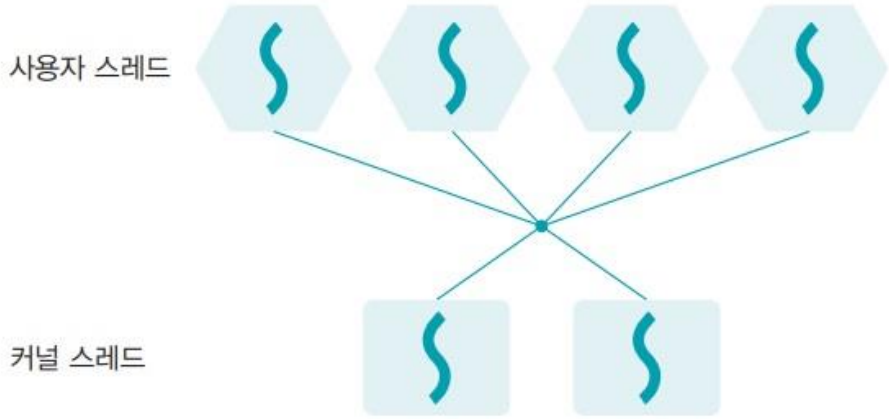


그림 3-38 멀티레벨 스레드(M to N 모델)

심화학습 5-1 프로세스의 동적 할당 영역

프로세스의 구조

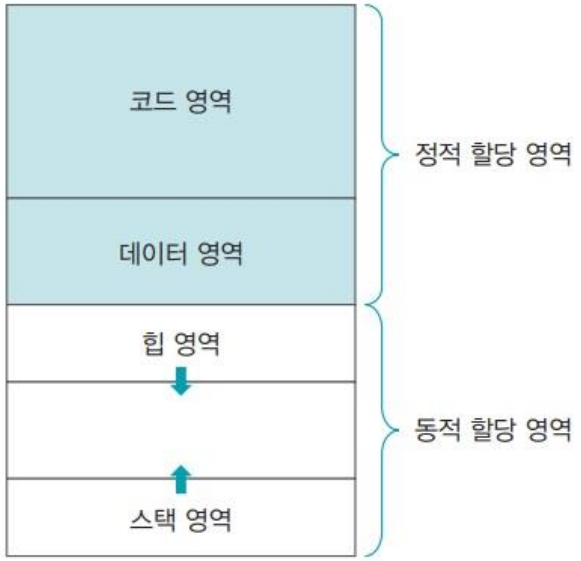


그림 3-39 프로세스의 상세 구조

- **코드 영역** : 프로그램의 본체가 있는 곳
- **데이터 영역** : 프로그램이 사용하려고 정의한 변수와 데이터가 있는 곳
- **스택 영역과 힙 영역** : 프로세스가 실행되는 동안 만들어지는 영역으로, 그 크기가 늘어났다 줄어들기도 하는 동적 할당 영역

5-1 프로세스의 동적 할당 영역

스택 영역

- 스레드가 작동하는 동안 추가되거나 삭제되는 동적 할당 영역
- 스레드가 진행됨에 따라 커지기도 하고 작아지기도 함

```
int main() {
        int a=1, b=2;
        printf("main %d %d\n", a b);
        add(a, b);
❶ ➡     exit(); }

add(int c, int d) {
        mul(c, d);
❷ ➡     printf("add %d\n", c+d); }

mul(int e, int f) {
        printf("mul %d\n", e*f); }
```

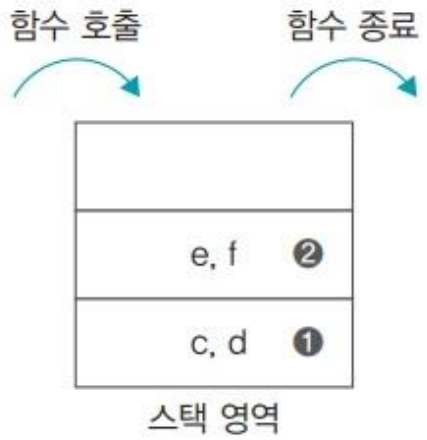


그림 3-40 함수 호출과 스택

5-1 프로세스의 동적 할당 영역

힙 영역

- 프로그램이 실행되는 동안 할당되는 변수 영역
- 포인터, malloc( ) 함수, calloc( ) 함수 등은 메모리를 효율적으로 사용하기 위해 만들어진 것으로 어쩌다 한 번 쓰는 큰 배열을 처음부터 선언하고 끝까지 놔두는 일이 없어야 함

```
main() {
    int sarr[50];
    int *darr;

    darr=(int*)malloc(sizeof(int)*50);

    free(darr);
```

그림 3-41 malloc() 함수 코드의 예

5-2 exit ( )와 wait ( ) 시스템 호출

exit( ) 시스템 호출

- 작업의 종료를 알려주는 시스템 호출
- exit( ) 함수를 선언함으로써 부모 프로세스는 자식 프로세스가 사용하던 자원을 빨리 거둬 갈 수 있음
- exit( ) 함수는 전달하는 인자를 확인하여 자식 프로세스가 어떤 상태로 종료되었는지를 알려주는데, 인자가 0이면 정상 종료이고 -1이면 비정상 종료

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main()
{    int pid;

     pid=fork();

     if(pid<0) { printf("Error");
                 exit(-1); }

     else if(pid==0) { printf("Child");
                       exit(0); }

     else {  printf("Parent");
             exit(0); }
}
```

부모 프로세스

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main()
{    int pid;

     pid=fork();

     if(pid<0) { printf("Error");
                 exit(-1); }

     else if(pid==0) { printf("Child");
                       exit(0); }

     else {  printf("Parent");
             exit(0); }
}
```

자식 프로세스

그림 3-44 fork() 코드의 예

5-3 프로세스의 동적 할당 영역

wait( ) 시스템 호출

- 자식 프로세스가 끝나기를 기다렸다가 자식 프로세스가 종료되면 다음 문장을 실행하는 시스템 호출
- 부모 프로세스와 자식 프로세스 간 동기화에도 사용

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main()
{    int pid;

     pid=fork();

     if(pid<0) { printf("Error");
                 exit(-1); }

     else if(pid==0) {
             printf("C=%d", getpid());
             exit(0); }

     else { wait(NULL);
            printf("P=%d", getpid());
            exit(0); }
}
```

부모 프로세스

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main()
{    int pid;

     pid=fork();

     if(pid<0) { printf("Error");
                 exit(-1); }

     else if(pid==0) {
             printf("C=%d", getpid());
             exit(0); }

     else { wait(NULL);
            printf("P=%d", getpid());
            exit(0); }
}
```

자식 프로세스

그림 3-45 wait() 시스템 호출이 포함된 fork() 코드

5-3 프로세스의 동적 할당 영역

Wait( ) 함수의 응용

- 전면 프로세스에서는 셸이 wait( ) 함수를 사용하기 때문에 자식 프로세스가 끝날 때까지 다음 명령어를 입력받을 수 없음
- 후면 프로세스에서는 셸이 wait( ) 함수를 사용하지 않기 때문에 다음 명령어를 받아들일 수 있음

```
01  sleep 100     // 전면 프로세스
02  sleep 100&    // 후면 프로세스
```

Thank You