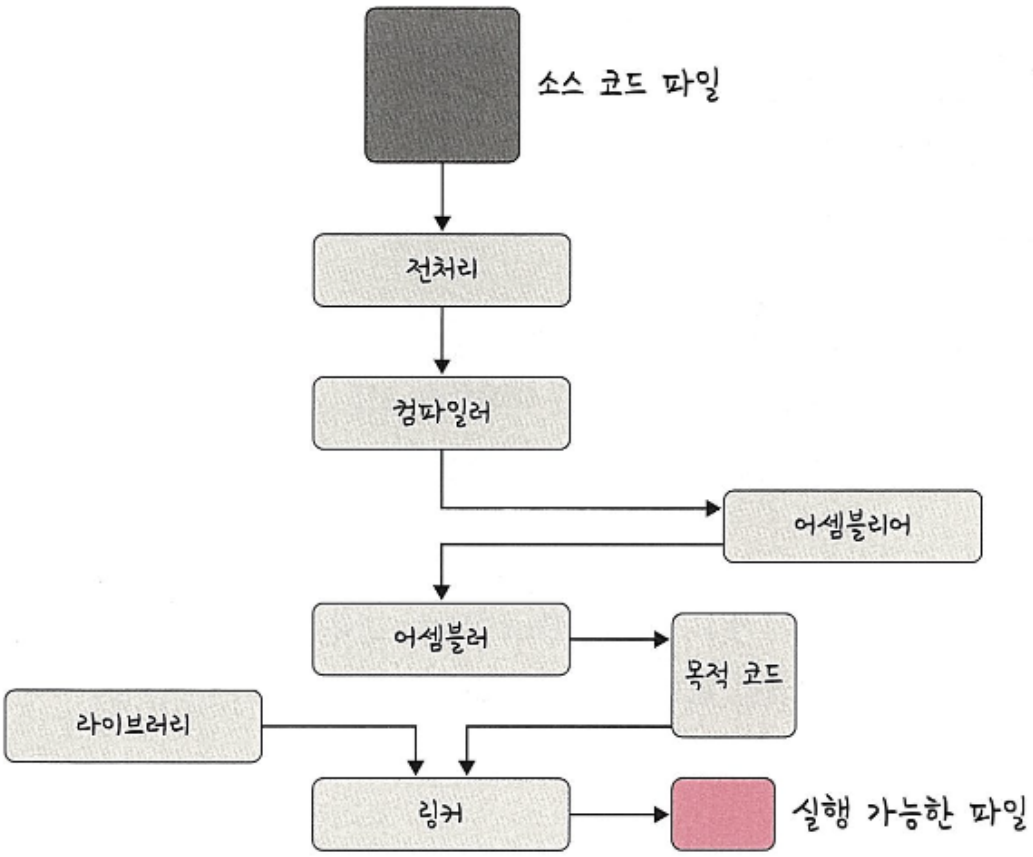
3.3 프로세스와 스레드

- 프로세스는 컴퓨터에서 실행되고 있는 프로그램을 말하며 CPU 스케줄링의 대상이 되는 작업이라는 용어와 거의 같은 의미로 쓰인다.
- 스레드는 프로세스 내 작업의 흐름을 지칭한다.

3.3.1 프로세스와 컴파일 과정

- 프로세스는 프로그램으로부터 인스턴스화된 것을 말한다.
- 예를 들어 프로그램은 구글 크롬 프로그램과 같은 실행파일이며, 이를 두번 클릭하면 구글 크롬 프로세스가 시작되는 것이다.
- 프로그램은 컴파일러가 컴파일 과정을 거쳐 컴퓨터가 이해할 수 있는 기계어로 번역되어 실행될 수 있는 파일이 되는것을 의미하며 ‘컴파일 과정’ 이란 다음과 같다.(c언어 기반)

▼ 그림 3-17 프로그램의 컴파일 과정



전처리

- 소스코드의 주석을 제거하고 #include 등 헤더파일을 병합하여 매크로를 치환한다.

컴파일러

- 오류 처리, 코드 최적화 작업을 하며 어셈블리어로 변환된다.

어셈블러

- 어셈블리어는 목적코드(object code)로 변환된다.
- 이때 확장자는 운영체제마다 다른데 리눅스에서는 .o 이다.

링커

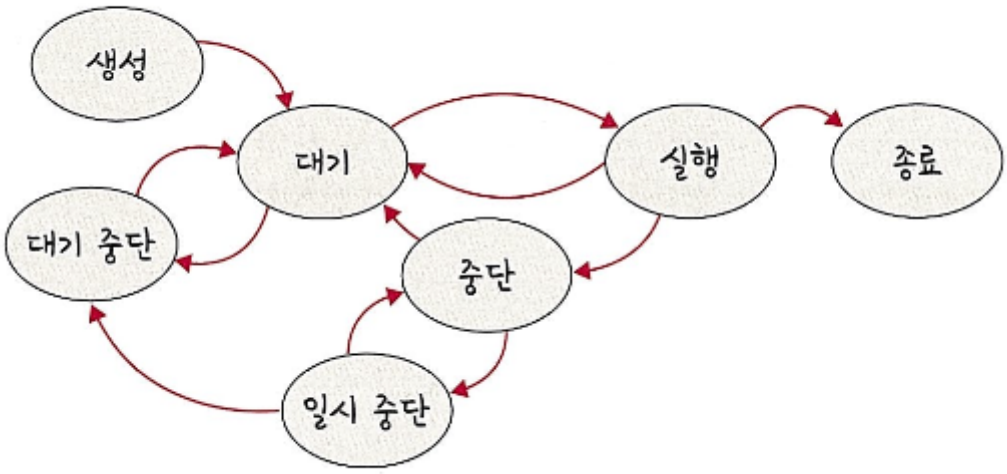
- 프로그램 내에 있는 라이브러리 함수 또는 다른 파일들과 목적 코드를 결합하여 실행 파일을 만든다.
- 실행 파일의 확장자는 .exe 또는 .out이라는 확장자를 갖는다.

정적 라이브러리와 동적 라이브러리

- 라이브러리는 정적 라이브러리와 동적 라이브러리로 나뉜다.
- 정적 라이브러리는 프로그램 빌드 시 라이브러리가 제공하는 모든 코드를 실행 파일에 넣는 방식이며, 시스템 환경 등 외부 의존도가 낮고 코드 중복 등 메모리 효율성이 떨어지는 단점이 있다.
- 동적 라이브러리 프로그램 실행 시 필요할 때만 DLL이라는 함수 정보를 통해 참조하는 방식이며, 메모리 효율성에서의 장점과 외부 의존도가 높아진다는 단점이 있다.

3.3.2 프로세스의 상태

▼ 그림 3-18 프로세스의 상태



생성 상태

- 생성 상태는 프로세스가 생성된 상태를 의미하며 fork() 또는 exec()함수를 통해 생성한다, 이때 pcb가 활당된다.

fork()

- fork()는 부모 프로세스의 주소공간을 그대로 복사하여 새로운 자식 프로세스를 생성하는 함수이다.
- 주소 공간만 복사할 뿐이지, 부모 프로세스의 비동기 작업 등을 상속하지 않는다.

exec()

- 새롭게 프로세스를 생성하는 함수이다.

대기상태

- 대기상태는 메모리 공간이 충분하면 메모리를 할당받고 아니면 아닌 상태로 대기 하고 있으며 cpu 스케줄러로부터 소유권이 넘어오기를 기다리는 상태이다.

대기 중단 상태

- 대기 중단 상태는 메모리 부족으로 일시 중단된 상태이다.

실행 상태

- 실행 상태는 cpu 소유권과 메모리를 할당받고 인스터럭션을 수행중인 상태를 의미하다.

중단 상태

- 중단 상태는 어떤 이벤트가 발생한 이후 기다리며 프로세스가 차단된 상태이다.
- i/o 디바이스에 의한 인터럽트로 이런 형상이 많이 발생하기도 한다.
- 예를 들어 프린트 인쇄 버튼을 눌렀을 때 프로세스가 잠깐 멈춘 듯 할때가 있는 상태.

일시 중단 상태

- 일시 중단 상태는 대기 중단과 유사하다. 중단된 상태에서 프로세스가 실행되려고 했지만 메모리 부족으로 일시 중단된 상태이다.

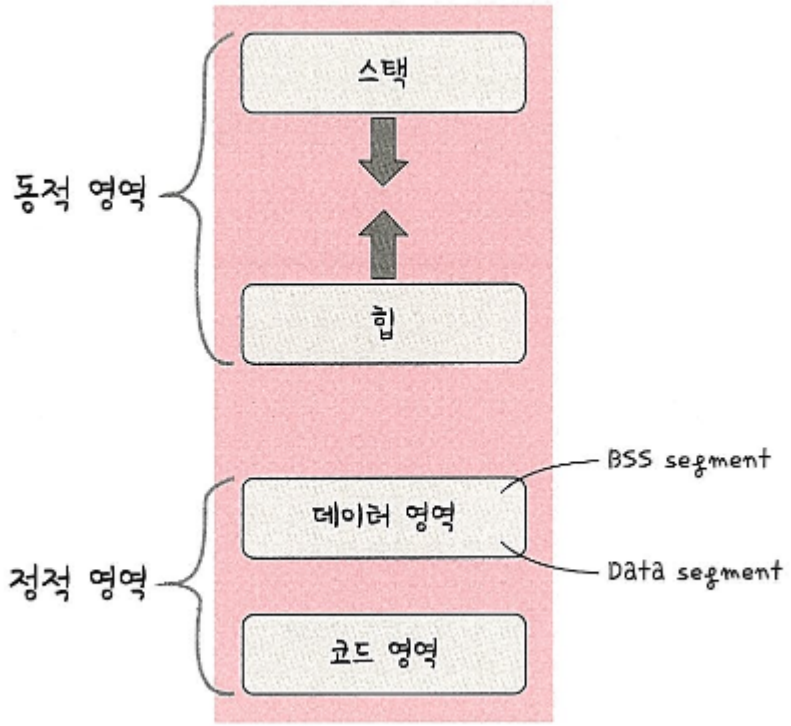
종료 상태

- 종료 상태는 메모리와 cpu 소유권을 모두 놓고 가는 상태를 말한다.
- 종료는 자연스럽게 종료되는것도 있지만 부모 프로세스가 자식 프로세스를 강제시키는 비자발적 종료로 종료되는 것도 있다.
- 자식 프로세스에 할당된 자원의 한계치를 넘어서거나 부모 프로세스가 종료되거나 사용자가 process.kill 등 여러 명령어로 프로세스를 종료할때 발생한다.

3.3.3 프로세스의 메모리 구조

- 운영체제는 프로세스에 적절한 메로리를 할당하는데 다음 구조를 기반으로 할당한다.

▼ 그림 3-19 프로세스의 메모리 구조



- 위에서부터 스택, 힙, 데이터영역, 코드영역으로 나뉜다. 스택은 위 주소부터 할당되고 힙은 아래 주소부터 할당된다.

스택

- 스택에는 지역변수, 매개변수, 함수가 저장되고 컴파일 시에 크기가 결정되며 “동적:”인 특징을 갖는다.
- 스택 영역은 함수가 함수를 재귀적으로 호출하면서 동적으로 크기가 늘어날 수 있는데, 이때 힙과 스택의 메모리 영역이 겹치면 안 되기 때문에 힙과 스택 사이의 공간을 비워 놓는다.

힙

- 힙은 동적 할당할 때 사용되며 런타임 시 크기가 결정된다. 예를들어 벡터 같은 동적 배열은 당연히 힙에 동적할당된다. 힙은 동적인 특징을 가진다.

데이터영역

- 데이터 영역은 전역변수, 정적변수가 저장되고, 정적인 특징을 갖는 프로그램이 종료되면 사라지는 변수가 들어가는 영역이다.

- 데이터 영역은 BSS 영역과 Data영역으로 나뉘고 BSS영역은 초기화 되지 않은 변수가 0으로 초기화 되어 저장되며 Data영역은 0이 아닌 다른 값으로 할당된 변수들이 저장된다.

코드영역

- 코드 영역은 프로그램에 내장 되어 있는 소스 코드가 들어가는 영역이다. 이 영역은 수정 불가능한 기계어로 저장되어 있으며 정적인 특징을 가진다.

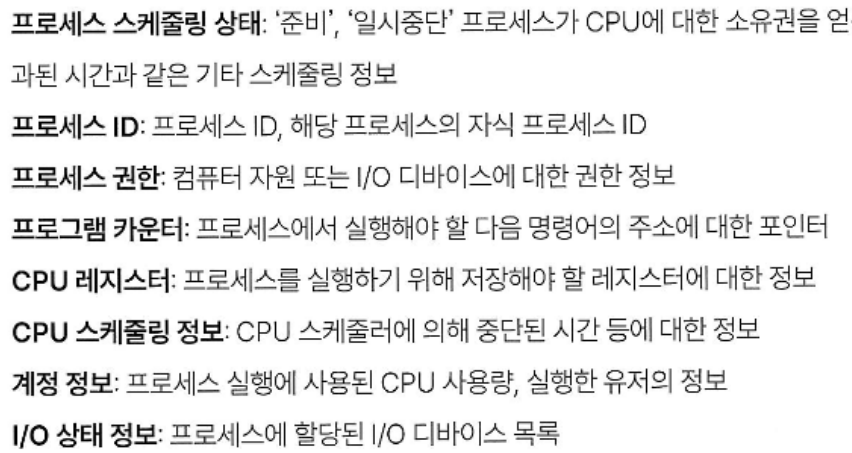
3.3.4 PCB

- PCB(process Control Block)는 운영체제에서 프로세스에 대한 메타데이터를 저장한 데이터를 말한다.
- 프로세스 제어 블록이라고 하며 프로세스가 생성되면 운영체제는 해당 PCB를 생성한다.
- 프로그램이 실행되면 프로세스가 생성되고 프로세스 주소 값들에 앞서 설명한 스택, 힙 등의 구조를 기반으로 메모리가 할당된다
- 이 프로세스의 메타데이터들이 PCB에 저장되어 관리된다. 이는 프로세스의 중요한 정보를 포함하고 있기 때문에 일반 사용자가 접근하지 못하도록 커널 스택의가장 앞부분에서 관리된다.

```
메타데이터
  - 데이터에 관한 구조화된 데이터이자 데이터를 설명하는 작은 데이터, 대량의 정보 가운데에서 찾고 있는 정보를 효율적으로 찾아내서 이용하기 위해 일정한 규칙에 따라 콘텐츠에 대해 부여되는 데이터
```

PCB의 구조

- PCB는 프로세스 스케줄링 상태, 프로세스 ID등의 다음과 같은 정보로 이루어져 있다.

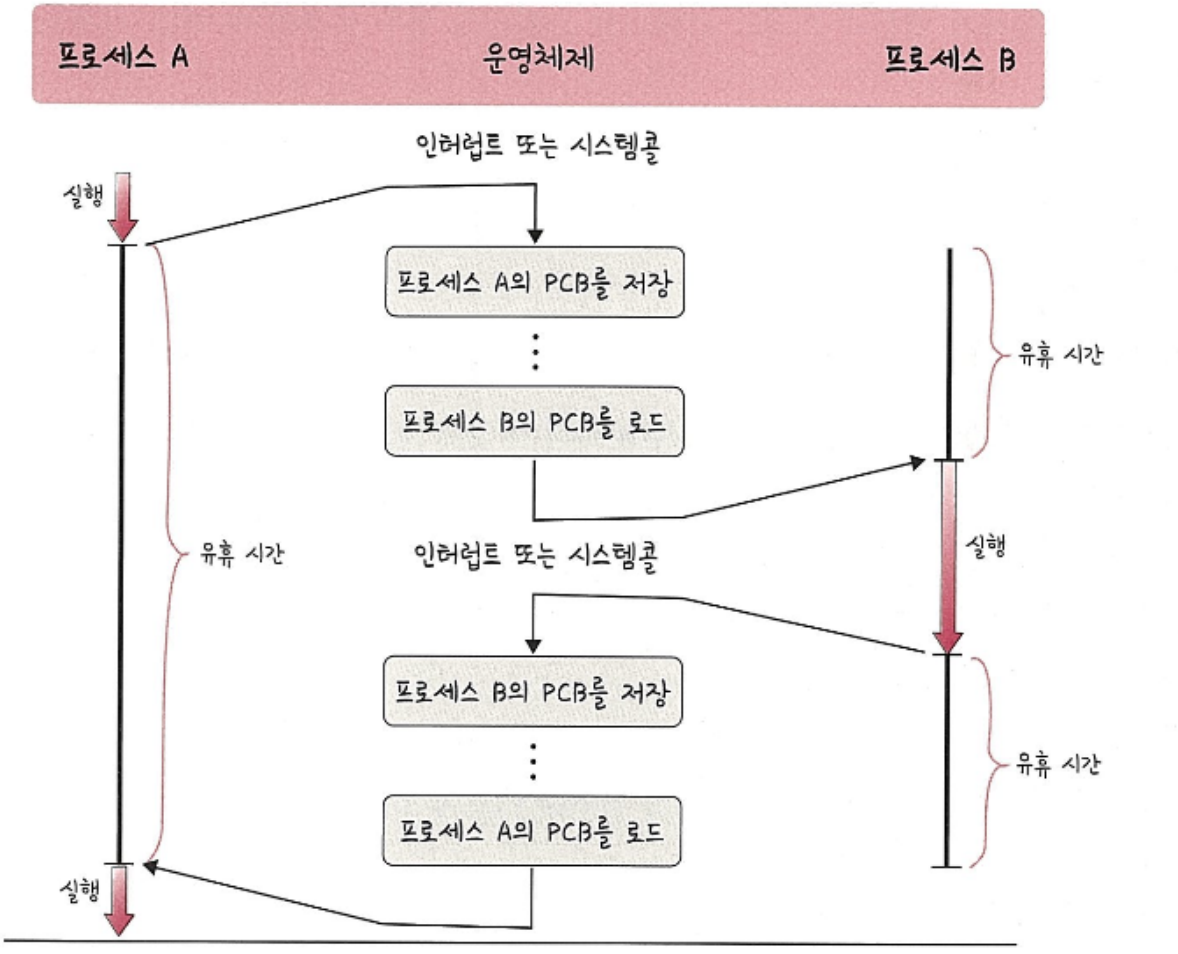


- **프로세스 스케줄링 상태**: '준비', '일시중단' 프로세스가 CPU에 대한 소유권을 얻은 이후 또는 이후 경과된 시간과 같은 기타 스케줄링 정보
- **프로세스 ID**: 프로세스 ID, 해당 프로세스의 자식 프로세스 ID
- **프로세스 권한**: 컴퓨터 자원 또는 I/O 디바이스에 대한 권한 정보
- **프로그램 카운터**: 프로세스에서 실행해야 할 다음 명령어의 주소에 대한 포인터
- **CPU 레지스터**: 프로세스를 실행하기 위해 저장해야 할 레지스터에 대한 정보
- **CPU 스케줄링 정보**: CPU 스케줄러에 의해 중단된 시간 등에 대한 정보
- **계정 정보**: 프로세스 실행에 사용된 CPU 사용량, 실행한 유저의 정보
- **I/O 상태 정보**: 프로세스에 할당된 I/O 디바이스 목록

컨텍스트 스위칭

- 컨텍스트 스위칭은 앞서 설명한 PCB를 교환하는 과정을 말하낟.
- 한 프로세스에 할당된 시간이 끝나거나 인터럽트에 의해 발생한다.
- 컴퓨터는 많은 프로그램을 동시에 실행하는 것 처럼 보이지만 어떠한 시점에서 실행되고 있는 프로세스는 단 한개이며, 많은 프로세스가 동시에 구동되는 것 처럼 보이는 것은 다른 프로레스와의 컨텍스트 스위칭이 빠른 속도로 실행되기 때문이다.
- 현대 컴퓨터는 멀티코어의 cpu를 가지기 때문에 한 시점에 한 개의 프로그램이라는 설명은 틀린 설명이다. 하지만 컨텍스트 스위칭을 설명할 때는 싱글코어를 기준으로 설명한다.

▼ 그림 3-20 컨텍스트 스위칭



- 한개의 프로세스 A가 실행하다 멈추고, A의 PCB를 저장하고 다시 프로세스 B를 로드하여 실행한다. 그리고 다시 프로세스 B를 로드하여 실행한다. 그리고 다시 프로세스 B의 PCB를 저장하고 A의 PCB를 로드한다.

- 컨텍스트 스위칭이 일어날 때 앞의 그림처럼 유휴시간이 발생하는 것을 볼 수 있다. 이뿐만 아니라 컨텍스트 스위칭에 드는 비용이 더 있다 → 캐시미스

비용 : 캐시미스

- 컨텍스트 스위칭이 일어날때 프로세스가 가지고 있는 메모리 구조가 그대로 있으면 잘못된 주소 변환이 생기므로 캐시 클리어 과정을 겪게 되고 이 때문에 캐시미스가 발생한다.

스레드에서의 컨텍스트 스위칭

- 컨텍스트 스위칭은 스레드에서도 일어난다. 스레드는 스택 영역을 제외한 모든 메모리를 공유하기 때문에 스레드 컨텍스트 스위칭의 경우 비용이 더 적고 시간도 더 적게 걸린다.

3.3.5 멀티 프로세싱

- 멀티프로세싱은 여러 개의 '프로세스'. 즉 멀티 프로세스를 통해 동시에 두 가지 이상의 일을 수행할 수 있는 것을 말한다.
- 이를 통해 하나 이상의 일을 병렬로 처리할 수 있으며 특정 프로세스의 메모리, 프로세스 중 일부에 문제가 발생되더라도 다른 프로세스를 이용해서 처리할 수 있으므로 신뢰성이 높은 강점이 있다.

웹 브라우저

- 웹 브라우저는 멀티 프로세스 구조를 가지고 있으며 다음과 같다.

▼ **그림 3-21** 웹 브라우저의 멀티프로세스 구조

- **브라우저 프로세스**: 주소 표시줄, 북마크 막대, 뒤로 가기 버튼, 앞으로 가기 버튼 등을 담당하며 네트워크 요청이나 파일 접근 같은 권한을 담당합니다.
- **렌더러 프로세스**: 웹 사이트가 '보이는' 부분의 모든 것을 제어합니다.
- **플러그인 프로세스**: 웹 사이트에서 사용하는 플러그인을 제어합니다.
- **GPU 프로세스**: GPU를 이용해서 화면을 그리는 부분을 제어합니다.

IPC

- 멀티프로세스는 IPC(Inter Process Communication)이 가능하며 IPC는 프로세스끼리 데이터를 주고받고 공유 데이터를 관리하는 매커니즘을 뜻한다.
- 클라이언트와 서버를 예로 들 수 있는데, 클라이언트는 데이터를 요청하고 서버는 클라이언트 요청에 응답하는 것도 IPC의 예이다.
- IPC의 종류로는 공유 메모리, 파일, 소켓, 익명 파이프, 명명 파이프, 메시지 큐가 있다.
- 이들은 모두 메모리가 완전히 공유되는 스레드보다는 속도가 떨어진다.

공유 메모리

- 공유 메모리는 여러 프로세스에 동일한 메모리 블록에 대한 접근 권한이 부여되어 프로세스가 서로 통신할 수 있도록 공유 버퍼를 생성하는 것을 말한다.
- 기본적으로 각 프로세스의 메모리를 다른 프로세스가 접근할 수 없지만 공유 메모리를 통해 여러 프로세스가 하나의 메모리를 공유할 수 있다.

- IPC방식 중 어떠한 매개체를 통해 데이터를 주고받는 것이 아닌 메모미를 자체를 공유하기 때문에 불필요한 데이터 복사의 오버헤드가 발생하지 않아 가장 빠르며 같은 메모리 영역을 여러 프로세스가 공유하기 때문에 동기화가 필요하다.
- 하드웨어 관점에서 공유 메모리는 cpu가 접근할 수 있는 큰 랜덤 접근 메모리인 RAM을 가리키기도한다.

파일

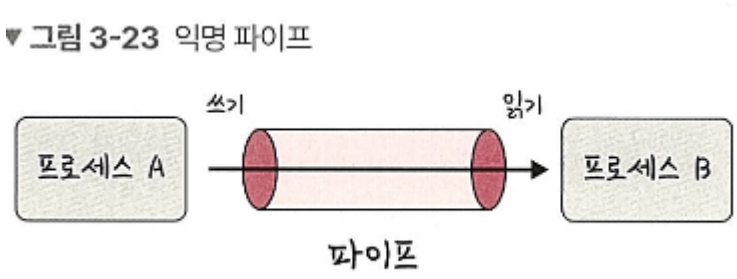
- 파일은 디스크에 저장된 데이터 또는 파일 서버에서 제공한 데이터를 말한다.
- 이를 기반으로 프로세스간 통신을 한다.

소켓

- 동일한 컴퓨터의 다른 프로세스나 네트워크의 다른 컴퓨터로 네트워크 인터페이스를 통해 전송하는 데이터를 의미하며 TCP UDP가 있다.

익명 파이프

- 익명 파이프는 프로세스간 FIFO 방식으로 읽히는 임시 공간인 파이프를 기반으로 데이터를 주고 받으며, 단방향 방식의 읽기 전용, 쓰기 전용 파이프를 만들어서 작동하는 방식을 말한다.

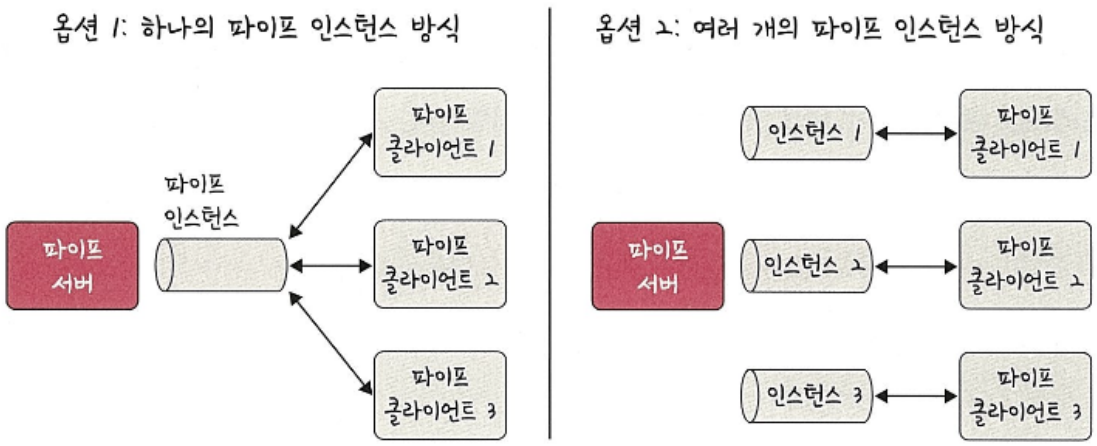


- 이는 부모, 자식 프로세스간에만 사용할 수 있으며 다른 네트워크 상에서는 사용이 불가능하다.

명명된 파이프

- 명명된 파이프는 파이프 서버와 하나 이상의 파이프 클라이언트 간의 통신을 위한 명명된 단방향 또는 이중 파이프를 말한다. 클라이언트.서버 통신을 위한 별도의 파이프를 제공하며, 여러 파이프를 동시에 사용할 수 있다.
- 컴퓨터의 프로세스끼리 또는 다른 네트워크상의 컴퓨터와도 통신을 할 수 있다.

▼그림 3-24 명명된 파이프

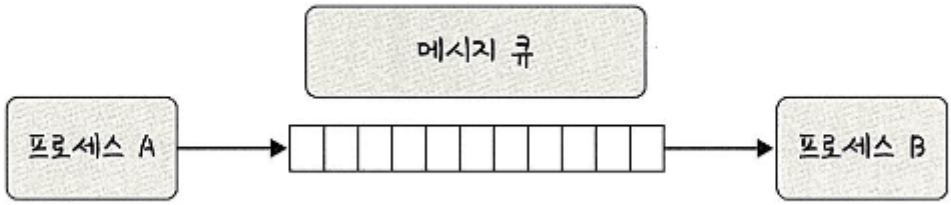


- 보통 서버용 파이프와 클라이언트용 파이프를 구분해서 작동하며 하나의 인스턴스를 열거나 여러 개의 인스턴스를 기반으로 통신한다.

메시지 큐

- 메시지 큐는 메시지를 큐 데이터 구조 형태로 관리하는 것을 의미한다.
- 이는 커널의 전역변수 형태 등 커널에서 전역적으로 관리되며 다른 IPC 방식에 비하여 사용 방법이 매우 직관적이고 간단하며 다른 코드의 수정 없이 단지 몇 줄의 코드를 추가시켜 간단하게 메시지 큐에 접근할 수 있는 장점이 있다.

▼그림 3-25 메시지 큐



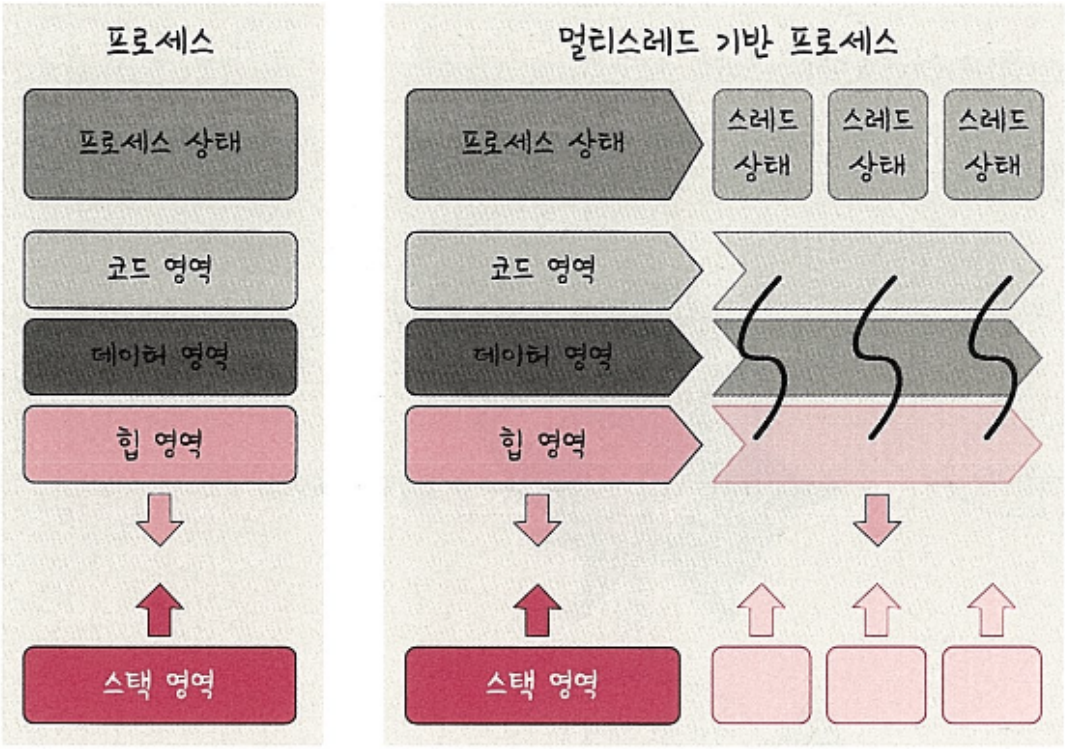
- 공유 메모리를 통해 iPC를 구현할 때 쓰기 및 읽기 빈도가 높으면 동기화 떄문에 기능을 구현하는것이 매우 복잡해지는데, 이때 대안으로 메시지큐를 사용하기도 한다.

3.3.6 스레드와 멀티 스레딩

스레드

- 스레든는 프로세스의 실행 가능한 가장 작은 단위이다.
- 프로세스는 여러 스레드를 가질 수 있다.

▼ 그림 3-26 프로세스와 멀티스레드



- 코드, 데이터, 스택, 힙을 각각 생성하는 프로세스와 달리 스레드는 코드, 데이터, 힙은 스레드끼리 공유한다.
- 그외 영역은 각각 생성된다.

멀티 스레딩

- 멀티 스레딩은 프로세스 내 작업을 여러 개의 스레드, 멀티 스레드로 처리하는 기법이며 스레드끼리 서로 자원을 공유하기 때문에 효율성이 높다.
- 예를 들어 웹 요청을 처리할때 새 프로세스를 생성하는 대신 스레드를 사용하는 웹 서버의 경우 훨씬 적은 리소스를 소비하며, 한 스레드가 중단되어도 다른 스레드는 실행 상태일 수 있기 때문에 중단되지 않은 빠른 처리가 가능하다.
- 또한 동시성에서도 큰 장점이 있다.

- 하지만 한 스레드에 문제가 생기면 다른 스레드에도 영향을 끼쳐 스레드로 이루어져 있는 프로세스에 영향을줄 수 있는 단점이 있다.

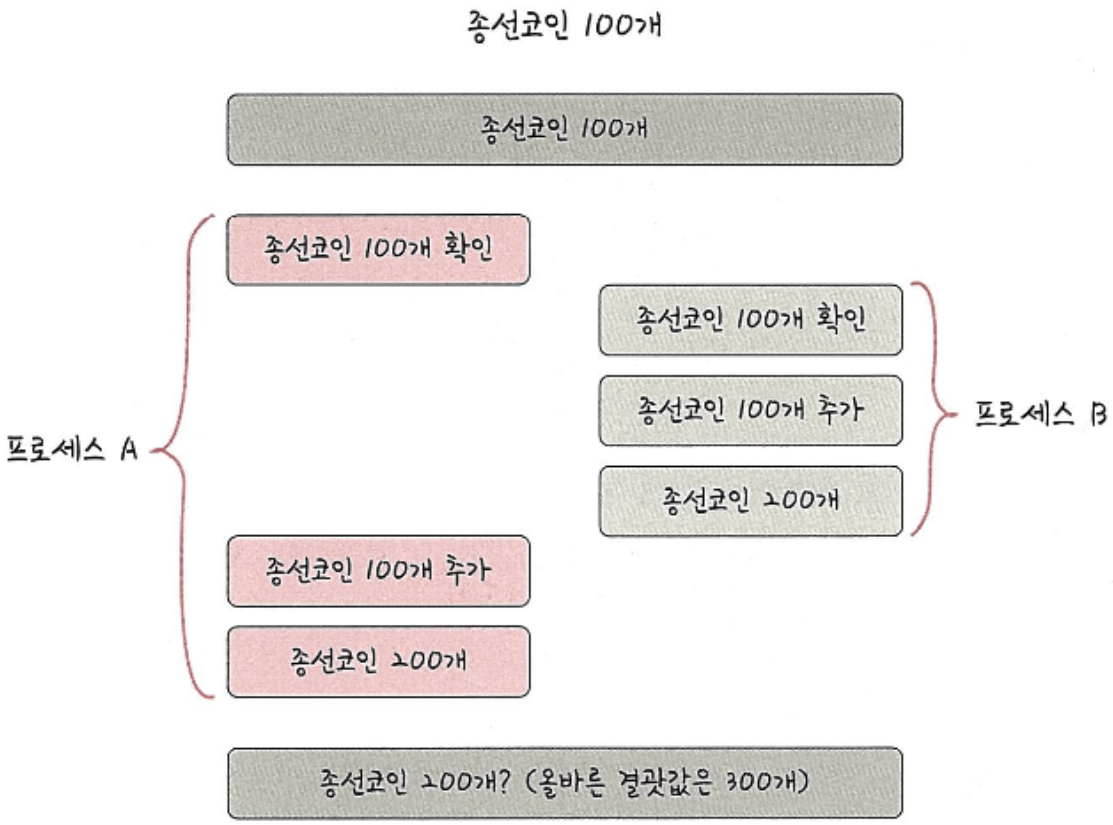
```
동시성
  - 서로 독립적인 작업들을 작은 단위로 나누고 동시에 실행되는 것처럼 보여주는 것
```

3.3.7 공유 자원과 임계 영역

공유 자원

- 공유 자원은 시스템 안에서 각 프로세스, 스레드가 함께 접근할 수 있는 모니터, 프린터, 메모리, 파일, 데이터 등의 자원이나 변수등을 의미한다.
- 이 공유 자원을 두개 이상의 프로세스가 동시에 읽거나 쓰는 상황을 경쟁 상태(race condition)라고 한다.
- 동시에 접근을 시도할 때 접근의 타이밍이나 순서 등이 결괏값에 영향을 줄 수 있는 상태다.

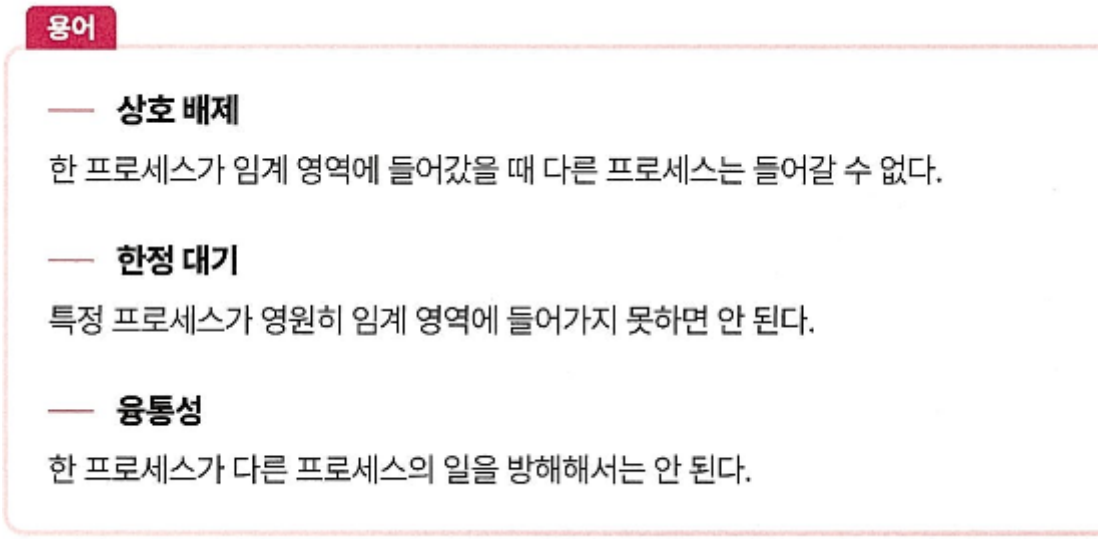
▼ 그림 3-28 공유 자원 예시



- 프로세스 A와 B가 동시에 접근하여 타이밍이 꼬여 정상 결괏값은 300인데 200이 출력된다.

임계 영역

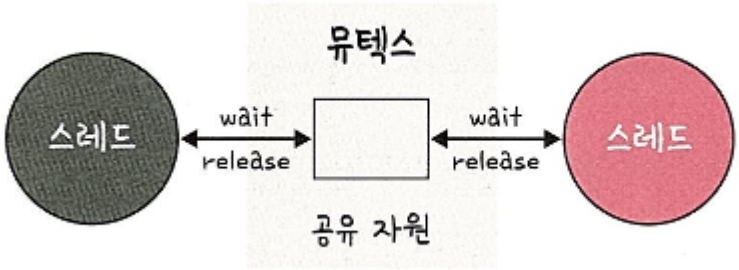
- 공유 자원에 접근할 때 순서 등의 이유로 결과가 달라지는 영역을 임계 영역(critical section)이라 한다.
- 임계 영역을 해결하기 위한 방법은 뮤텍스, 세마포어, 모니터 세가지가 있으며 이 방법 모두 상호 배제, 한정 대기, 융통성이란 조건을 만족한다.
- 이 방법에 토대가 되는 매커니즘은 lock이다. 예를 들어 임계 구역을 화장실이라고 가정하면 화장실에 a라는 사람이 들어간 다음 문을 잠근다. 그리고 다음 사람이 이를 기다리다가 a가 나오면 화장실을 쓸 수 있다.



뮤텍스

- 뮤텍스는 공유 자원을 사용하기 전에 설정하고 사용한 후에는 해제하는 잠금이다.
- 잠금이 설정되면 다른 스레드는 잠긴 코드 영역에 접근할 수 없다.
- 또한 뮤텍스는 하나의 상태만 가진다.

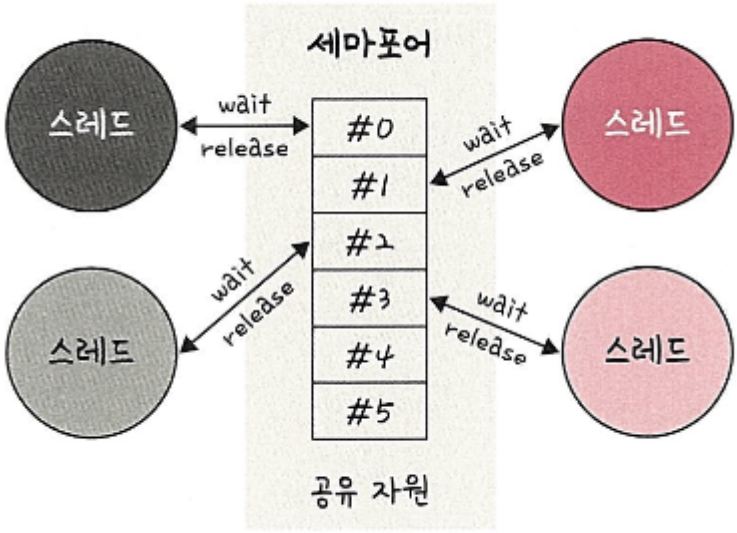
▼ 그림 3-29 뮤텍스



세마포어

- 세마포어는 일반화된 뮤텍스이다.
- 간단한 정수 값과 두가지 함수 wait 및 signal로 공유자원에 대한 접근을 처리한다.
- wait()는 자신의 차례가 올 때까지 기다리는 함수이며, signal()은 다음 프로세스로 순서를 넘겨주는 함수다.

▼ 그림 3-30 세마포어



- 프로세스가 공유 자원에 접근하면 세마포어 에서 wait()작업을 수행하고 프로세스가 공유 자원을 해제하면 세마포어에서 signal() 작업을 수행한다.
- 세마포어에는 조건 변수가 없고 프로세스가 세마포어 값을 수정할때 다른 프로세스는 동시에 세마포어 값을 수정할 수 없다.

바이너리 세마포어

- 바이너리 세마포어는 0 또는 1값만 가진다.

- 구현의 유사성으로 인해 뮤텍스는 바이너리 세마포어라 할 수 있다.
- 하지만 뮤텍스는 리소스에대한 접근을 동기화하는데 사용되는 매커니즘이고, 세마포어는 신호를 기반으로 상호 배제가 일어나는 신호 매커니즘이다.

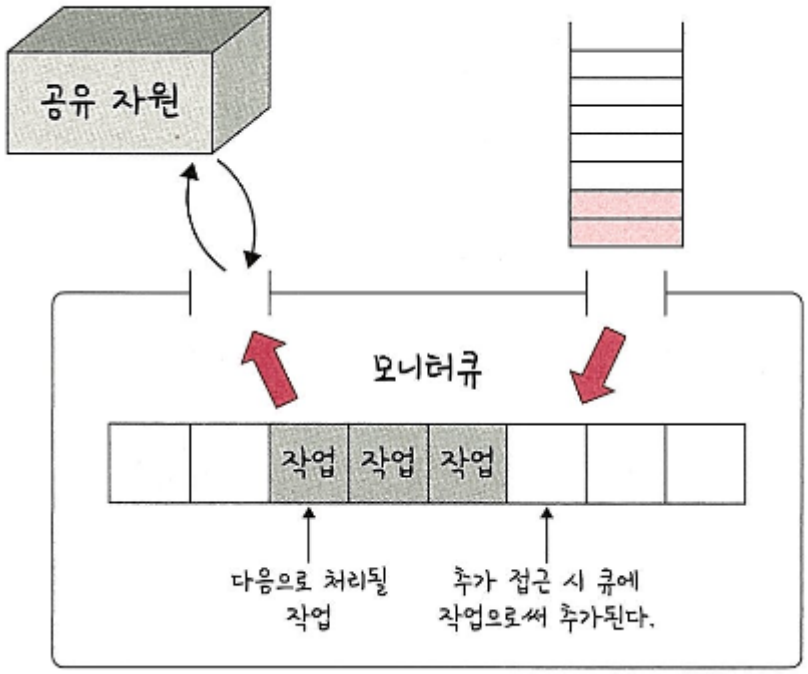
카운팅 세마포어

- 카운팅 세마포어는 여러 개의 값을 가질 수 있는 세마포어이며, 여러자원에 대한 접근을 제어하는데 사용된다.

모니터

- 모니터는 둘 이상의 스레드나 프로세스가 공유 자원에 안전하게 접근할 수 있도록 공유 자원을 숨기고 해당 접근에 대한 인터페이스만 제공한다.

▼ 그림 3-31 모니터



- 모니터는 모니터큐를 통해 공유 자원에 대한 작업들을 순차적으로 처리한다.
- 모니터는 세마포어보다 구현하기 쉬우며 모니터에서 상호 배제는 자동인 반면에, 세마포어에서는 상호 배제를 명시적으로 구현해야하는 차이점이 있다.

3.3.8 교착상태

- 교착상태는 두 개 이상의 프로세스들이 서로가 가진 자원을 기다리며 중단된 상태를 말한다.
- 프로세스 a가 프로레스 b의 어떤 자원을 요청할 때 프로세스 b도 프로세스 a가 점유하고 있는 자원을 요청하는 것이다.

교착상태의 원인

- **상호 배제**: 한 프로세스가 자원을 독점하고 있으며 다른 프로세스들은 접근이 불가능합니다.
- **점유 대기**: 특정 프로세스가 점유한 자원을 다른 프로세스가 요청하는 상태입니다.
- **비선점**: 다른 프로세스의 자원을 강제적으로 가져올 수 없습니다.
- **환형 대기**: 프로세스 A는 프로세스 B의 자원을 요구하고, 프로세스 B는 프로세스 A의 자원을 요구하는 등 서로가 서로의 자원을 요구하는 상황을 말합니다.

교착상태의 해결 방법

1. 자원을 할당할 때 애초에 조건이 성립되지 않도록 설계합니다.
2. 교착 상태 가능성이 없을 때만 자원 할당되며, 프로세스당 요청할 자원들의 최대치를 통해 자원 할당 가능 여부를 파악하는 '은행원 알고리즘'을 씁니다.
3. 교착 상태가 발생하면 사이클이 있는지 찾아보고 이에 관련된 프로세스를 한 개씩 지웁니다.

4. 교착 상태는 매우 드물게 일어나기 때문에 이를 처리하는 비용이 더 커서 교착 상태가 발생하면 사용자가 작업을 종료합니다. 현대 운영체제는 이 방법을 채택했습니다. 예를 들어 프로세스를 실행시키다 '응답 없음'이라고 뜰 때가 있죠? 교착 상태가 발생한 경우에 이와 같은 경우가 발생하기도 합니다.

용어

— **은행원 알고리즘**

총 자원의 양과 현재 할당한 자원의 양을 기준으로 안정 또는 불안정 상태로 나누고 안정 상태로 가도록 자원을 할당하는 알고리즘