두개의 프로세스가 있다고 가정

critical section 프로그램적 해결법의 충족 조건

mutual Exclusion : 프로세스 Pi가 critical section부분을 수행 중이면 다른 모든 프로세스들은 그들의 c.s에 들어가면 안된다.

progress: 아무도 C.S에 있지 않은 상태에서 CS에 들어가고자 하는 프로세스가 있으면 그렇게 해주어야 한다

bounded waiting: 프로세스가 CS에 들어가려고 요청한 후부터 그 요청이 허용될 때까지 다른 프로세스들이 CS에 들어가는 횟수에 한계가 있어야 한다

가정

- 모든 프로세스의 수행 속도는 0보다 크다
- 프로세스들 간의 상대적인 수행 속도는 가정하지 않는다.

해결 - 어떻게 소프트웨어적으로 락을 잘 걸었다 풀 수 있는가

알고리즘 1

턴을 교대로

```
do {
    while (turn != 0) # 체크 누구 차례인가(어느 프로세스)
    critical section
    turn - 1  # 턴을 변경해준다
    remainder section
} while(1)
```

progress 조건을 만족하지 못함!

알고리즘 2

```
do {
    flag[i] = true;
    while (flg[j]); ## 상대방 체크
    critical section
    flag[i] = false;
    remainder section
} while (1)
```

process i랑 j 둘다 flag만 true로 바뀌고 CS에 못들어가고 기다릴 수 있음

즉 둘다 2행까지 수행 후 끊임 없이 양보하는 상황 발생 가능

알고리즘 3 (peterson's algorithm)

```
do {
    flag[i] =true;
    turn = j;
    while (flag[j] && turn == j);
    critical section
        flag[i] = false;
    remainder section
} while(1);
```

3가지 조건을 다 만족하나 Busy Waiting(=spin lock)!!! 계속 cpu와 메모리를 쓰면서 wait

하드웨어적으로 test & modify를 atomic하게 수행할 수 있도록 지원하는 경우 앞의 문제는 단단히 해결

- 데이터를 읽는거랑 처리하는 걸 하나의 인스트럭션으로 처리할 수 없기 때문에 문제 발생

ex) test and set ==> a라는 데이터의 값을 읽고 1로 바꾸는 것을 하나의 인스트럭션으로 처리

Semaphores

앞의 방식들을 추상화시킴

추상자료형 - 오브젝트와 오퍼레이션으로 구성

Semaphore S

- integer variable
- 아래의 두가지 atomic 연산에 의해서만 접근 가능

```
P(s): while (S <=0) do no-op;
S--;  # 자원이 있으면 하나 가져가고 없음 while문을 돌면서 기다린다

V(s): S++  # 자원을 반납
```

그래도 busy-wait이긴 함

block & wakeup방식의 구현!! (sleep-lock)

semaphore를 다음과 같이 정의

```
typedef struct
{
   int valye;
    struct process *L;

}semaphore;
```

```
P(s): S.value--;
if(S.value <0)
{
    block();
}

V(s): S.value++;
if(S.value <=0) {
    wakeup(P)
}
```

block과 wakeup을 다음과 같이 가정

block:

- Critical Section의 길이가 긴 경우 block/wakeup이 적당
- 짧은 경우 busy-wait이 나을수도
- 일반적으로는 B/W가 더좋음

semaphore의 타입

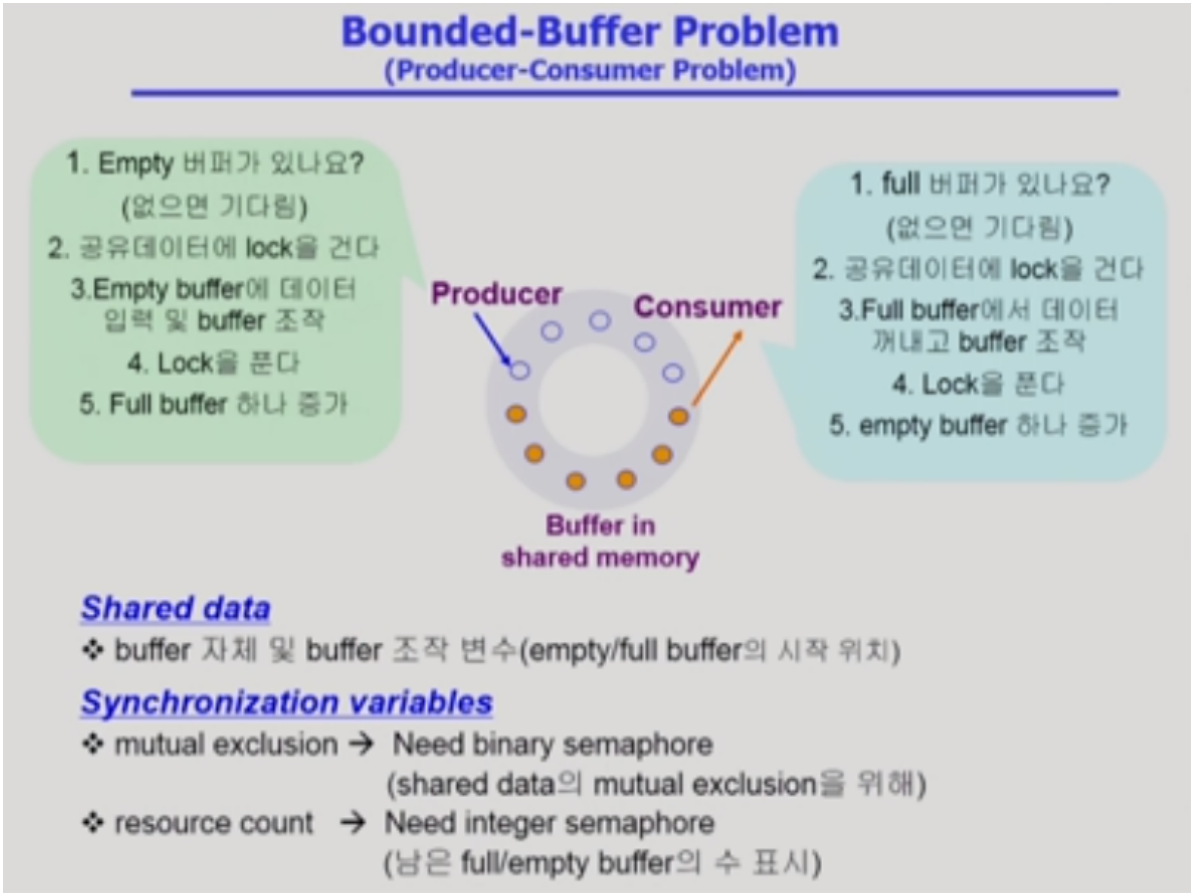
- counting semaphore
  - 도메인이 0이상인 임의의 정수값
  - 주로 resource counting에 사용
- Binary semaphore
  - 0 또는 1만 가질 수 있음
  - 주로 mutual exclusion (lock/unlock)에 사용

DEADLOCK

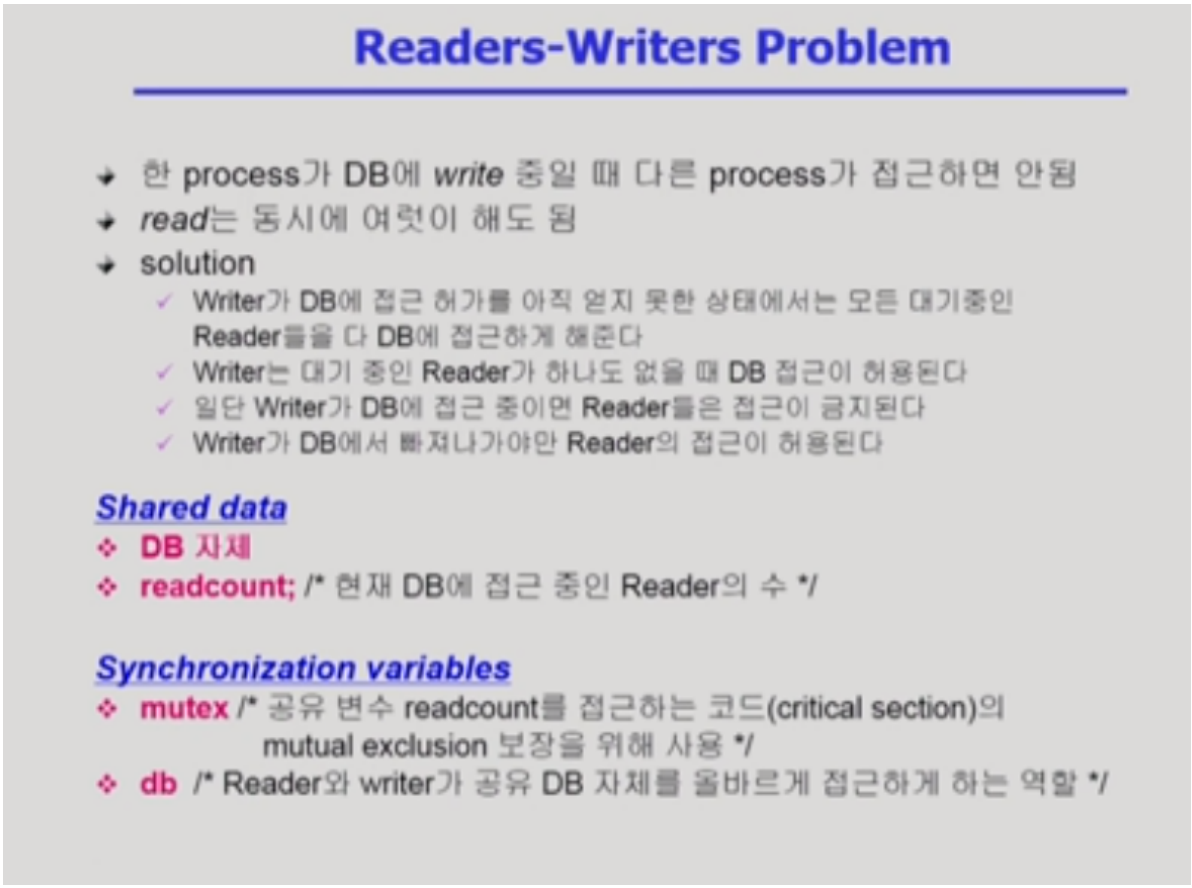
둘 이상의 프로세스가 서로 상대방에 의해 충족될 수 있는 event를 무한히 기다리는 현상

Bounded buffer problem

임시로 데이터를 저장하는 버퍼의 크기가 유한하기 때문에 발생



Readers-Writers Problem



Dining-philosophers Problem

5명의 철학자는 생각하거나 / 밥을 먹거나 이걸 계속 반복

근데 밥을 먹으려면 왼쪽 오른쪽 젓가락을 다 잡아야됨

근데 왼쪽을 잡고 싶은데 옆에 애가 잡고 있다면 밥을 못먹겠지..

공유자원의 문제!

Dining-Philosophers Problem

Synchronization variables

```
semaphore chopstick[5];
/* Initially all values are 1 */

Philosopher i
do {
    P(chopstick[i]);
    P(chopstick[(i+1) % 5]);
     ...
    eat();
     ...
    V(chopstick[i]);
    V(chopstick[(i+1) % 5]);
     ...
    think();
     ...
} while (1);
```

Dining-Philosophers Problem

- 앞의 solution의 문제점
  - ✓ Deadlock 가능성이 있다
  - ✓ 모든 철학자가 동시에 배가 고파져 왼쪽 젓가락을 집어버린 경우
- 해결 방안
  - ✓ 4명의 철학자만이 테이블에 동시에 앉을 수 있도록 한다
  - ✓ 젓가락을 두 개 모두 집을 수 있을 때에만 젓가락을 집을 수 있게 한다
  - ✓ 비대칭
    - 짝수(홀수) 철학자는 왼쪽(오른쪽) 젓가락부터 집도록

Dining-Philosophers Problem

```
enum {thinking, hungry, eating} state[5];
semaphore self[5]=0;
semaphore mutex=1;
```

Philosopher i

```
do {    pickup(i);
        eat();
        putdown(i);
        think();
} while(1);
```

```
void putdown(int i) {
      P(mutex);
      state[i] = thinking;
      test((i+4) % 5);
      test((i+1) % 5);
      V(mutex);
}
```

```
void pickup(int i) {
      P(mutex);
      state[i] = hungry;
      test(i);
      V(mutex);
      P(self[i]);
}
```

```
void test (int i) {
      if (state[(i+4)%5]!=eating && state[i]==hungry
          && state[(i + 1) % 5] != eating)  {
        state[i] = eating;
        V(self[i]);
      }
}
```