

EC4205 운영체제 프로젝트 과제: PintOS HW2

작성자: 팀1(20185054 김현서, 20195023 김민석) 저장소: [dodok8/GIST_PintOS](#)

Problem 1

현재의 PintOS는 `ready_list`에 들어 온 것을 순차적으로 실행한다. 이를 더 중요한(더 높은 우선 순위를 가진) 스레드부터 실행 될 수 있도록 다음 2가지를 구현한다.

- `ready_list`에서 가장 높은 우선 순위를 가진 스레드가 다음에 실행되도록 한다.
- `ready_list`에 추가된 스레드가 현재 스레드 보다 우선 순위가 높으면, 새 스레드가 실행되도록 한다.

Algorithm

1. 새로 생긴 thread가 현재 실행중인 thread보다 priority가 높은 경우 switching
2. 현재 실행중인 thread의 priority가 바뀌었고, 다른 `ready_list`의 thread보다 priority보다 낮아졌을 때 switching

이를 위해, `read_list`에 추가되는 경우, priority에 따라 높은 우선 순위가 먼저 들어가도록 하였고, `thread_create`와 `thread_set_priority`에서 switching이 필요한 경우, `thread_yield`를 호출하였다.

Implementation

```
// function to compare threads and use result in sort (pintos 2nd project)
bool less_pri_comp(struct list_elem *a, struct list_elem *b, void *aux)
{
    struct thread *a_thread = list_entry(a, struct thread, elem);
    struct thread *b_thread = list_entry(b, struct thread, elem);

    if (a_thread->priority > b_thread->priority)
        return true;
    else
        return false;
}
```

먼저 우선 순위를 비교하기 위해 `less_pri_comp`를 만들었다.

```
void thread_yield(void)
{
    ...
    if (cur != idle_thread)
    {
        list_insert_ordered(&ready_list, &cur->elem, &less_pri_comp, NULL);
    }
    ...
}
```

```
void thread_unblock(struct thread *t)
{
    ...
    list_insert_ordered(&ready_list, &t->elem, &less_pri_comp, NULL);
    ...
}
```

이렇게 스케줄링을 위해 `ready_list`에 접근 할 때, 우선 순위에 따라 정렬되게 했으므로, `ready_list`는 항상 정렬된 상태로 있다.

```
void thread_set_priority(int new_priority)
{
    ASSERT(PRI_MIN <= new_priority && new_priority <= PRI_MAX); // priority로 적합하
    지 않은 값이 들어올 경우 정지
    ...
    struct thread *next_t = list_entry(list_begin(&ready_list), struct thread,
    elem);

    if (!list_empty(&t->donation_list)) // Donation 처리를 위한 코드, 다음 단락에서 더
    자세히 설명
    {
        ...
    }

    if(t->priority < next_t->priority)
        thread_yield();
}
```

만약 현재 스레드의 우선 순위가 변경된 경우, `ready_list`의 다른 요소들은 이미 정렬된 상태이므로, 현재 스레드와 `ready_list`의 바로 다음 스레드를 비교해서 `thread_yield`를 호출하는 것으로 switching을 할 수 있다.

또한 테스트 과정에서 Time Out 문제가 계속 발생 했는데, 이는 qemu에서 기존 PintOS의 `0x8900`에서 종료 시퀀스를 지원하지 않기 때문에 생기는 문제임을 확인하고, 종료 포트에 대한 데이터를 수정해서 정상 종료 되도록 하였다. [참고자료](#)

```
void
shutdown_power_off (void)
{
    ...
    outw (0xB004, 0x2000);

    /* This is a special power-off sequence supported by Bochs and
       QEMU, but not by physical hardware. */
    for (p = s; *p != '\0'; p++)
        outb (0x8900, *p);
}
```

```
...
}
```

Problem 2

만약 어떤 프로세스가 공유 리소스를 선점하고 있는 경우, 락이 풀리기 전에 그 리소스에 접근 하면 안 된다. 그렇지만 우선 순위가 더 높은 스레드가 락이 풀리기 전에 스케줄링이 되어서 실행이 된 경우, 락이 풀리지 않았기 때문에 공유 리소스에는 접근을 할 수 없다. 이를 해결하기 위해, 더 우선 순위가 높은 스레드가 자신의 우선 순위를 넘겨주는(Donating) 을 구현해야 한다. 이러한 Donating은 이미 Donating이 일어난 프로세스에게 또 일어날 수도 있다. 이러한 중복된 Donating도 구현을 해야 한다.

Algorithm

Donating으로 변경되는 우선 순위 정보와 락에 관한 정보를 변경하기 위해 `thread`를 확장해야 한다. 도네이션이 끝나고 돌아 가야할 기존 `priority`, 도네이션을 한 요소를 저장하는 리스트, 현재 스레드가 기다리는 락, 위 도네이션 리스트에 리스트 엘리먼트를 저장할 때, 기존 `semaphore`의 `waiters`를 바로 쓰면, 리스트 엘리먼트의 포인터가 꼬이므로 이를 방지하기 위한 리스트 엘리먼트가 이렇게 저장할 수 있도록 `thread`를 확장한다.

스레드의 우선 순위를 바꿀 때(`thread_set_priority`), 기존 `priority`를 변경 하도록 하고, 또한 이 때 도네이션한 요소를 저장하는 리스트가 비어있지 않으면(Donation이 발생했음.) 여기서 가장 큰 `priority`로 변경하도록 한다. 이렇게 함으로써, `sync`와 관련된 함수들의 결과가 우선 순위 변경에 반영되도록 하였다.

세마포어와 컨디션 관련 함수들도 작동 구조를 변경했다. 원래 세마포어의 `waiters`는 순차적으로 들어가지만, 이를 우선 순위에 따라서 진행되도록 넣는 것으로 변경하였고, 삭제 시에도 정렬을 해서 우선 순위가 지켜지도록 바꾸었다.

락을 얻는 과정(`void lock_acquire(struct lock *lock)`)도 바뀌었는데, Priority Donation이 일어나는 상황이 경우, `holder`가 `NULL`이 아니면 이미 기존에 락을 가져간 스레드가 있다는 것이므로, 이 때 `priority`를 비교하여 진행해야 한다. Donation이 진행되어야 하는 경우(`holder`보다 현재 스레드의 `priority`가 높은 경우), 다음과 같이 진행된다.

1. 각 스레드의 기다리는 락을 현재 락으로 변경 한다.
2. `holder`의 도네이션 리스트에 현재 스레드를 우선 순위에 따라 저장한다.
3. nested한 상황을 해결하기 위해, `holder`의 락이 있는지 확인하면서 거슬러 올라가며 `priority`를 업데이트 해준다.
4. 이때, `depth`를 제한하기 위해 몇 번 올라 갔는지를 확인하고 최대 8번으로 제한한다.

락을 푸는 과정(`lock_release(struct lock *lock)`)의 경우, 락의 홀더의 도네이션 리스트를 순회하며, 그 락을 기다리고 있는 요소들을 리스트에서 제거하고, 홀더의 우선순위를 릴리즈할 락에서 일어난 도네이션을 제외한 `priority`로 우선 순위로 변경한 다음, 원래 로직을 진행한다.

Implementation

위의 알고리즘을 구현하기 위해, `sync.c`에서 주로 작업을 했고, 몇몇 `thread`관련 요소도 작업을 해야했다.

먼저 `struct thread`는 이렇게 확장되었다.

```
struct thread
{
```

```

'''
//for pintos 2nd project start
int real_priority;
struct list donation_list;
struct lock *cur_waiting_lock;
struct list_elem donationelem;
//for pintos 2nd project end
...
};

```

그리고 이렇게 확장된 쓰레드에 맞춰서 `thread_set_priority`가 변경되도록 하였다. 진짜 우선 순위와 우선 순위 둘 다 변경하고, donation이 일어난 상황일 경우, 이에 맞게 우선 순위를 변경하도록 하였다.

```

void thread_set_priority(int new_priority)
{
    ASSERT(PRI_MIN <= new_priority && new_priority <= PRI_MAX);
    struct thread *t = thread_current();
    t->real_priority = new_priority;
    t->priority = new_priority;
    struct thread *next_t = list_entry(list_begin(&ready_list), struct thread,
elem);

    if (!list_empty(&t->donation_list))
    {
        list_sort(&t->donation_list, &less_pri_comp, NULL);
        struct thread *next_donation_t = list_entry(list_front(&t->donation_list),
struct thread, donationelem);
        if(t->priority < next_donation_t->priority)
            t->priority = next_donation_t->priority;
    }
    ...
}

```

Semaphore 관련 함수들도 `list_inserted_order`와 `list_sort`를 사용하여 우선 순위를 지키며 `waiters`에 저장되게 하였다.

```

...
void sema_down(struct semaphore *sema)
{
    ...
    while (sema->value == 0)
    {
        list_insert_ordered(&sema->waiters, &thread_current()->elem, &less_pri_comp,
NULL);
        thread_block();
    }
    ...
}

```

```

}
...
void sema_up(struct semaphore *sema)
{
    ...
    if (!list_empty(&sema->waiters))
    {
        list_sort(&sema->waiters, &less_pri_comp, NULL);
        thread_unblock(list_entry(list_pop_front(&sema->waiters), struct thread,
elem));
    }
    sema->value++;
    decide_preemption();
    intr_set_level(old_level);
}
...

```

`decide_preemption`은 `thread_unlock`에 따라 `ready_list`에 변화가 생겼을 수 있으므로, 이에 `priority`에 따라 작동하도록 다음과 같은 일을 한다.

```

// function to compare to decide preemption of next thread by yield (pintos 2nd
project)
void decide_preemption()
{
    struct thread *cur_t = thread_current();
    struct thread *next_t = list_entry(list_begin(&ready_list), struct thread,
elem);

    if (cur_t->priority < next_t->priority)
    {
        thread_yield();
    }
}

```

`lock`과 관련된 함수도 nested donation과 이에 따른 `priority` 업데이트를 반영하기 위해 다음과 같이 변경한다.

```

...
void lock_acquire(struct lock *lock)
{
    ASSERT(lock != NULL);
    ASSERT(!intr_context());
    ASSERT(!lock_held_by_current_thread(lock));

    if (lock->holder != NULL && (lock->holder->priority < thread_current()->priority))
    {
        // 락의 홀더 존재 여부와 우선 순위를 비교하여, 아래와 같이 donation을 진행한다.
        thread_current()->cur_waiting_lock=lock;
        list_insert_ordered(&lock->holder->donation_list, &thread_current()-
>donationelem, &less_donation_pri_comp, NULL);
    }
}

```

```

// 도네이션 진행 중, 중첩된 도네이션이 일어났는지 확인하며 거슬러 올라가며 변경한다.
int nested_num=0;
struct thread *tmp_t=thread_current();
struct thread *holder_t;
while(tmp_t->cur_waiting_lock!=NULL)
{
    if(nested_num>=8)
        break;
    holder_t=tmp_t->cur_waiting_lock->holder;
    holder_t->priority=tmp_t->priority;
    tmp_t=holder_t;
    nested_num++;
}
}

sema_down (&lock->semaphore);
thread_current()->cur_waiting_lock=NULL;
lock->holder = thread_current ();
}

...

void lock_release(struct lock *lock)
{
    ...
    struct thread *release_t=lock->holder;
    struct list_elem *tmp_elem=list_begin(&release_t->donation_list);
    // 도네이션 리스트를 순회하며, 현재 락을 기다리고 있는 요소들을 도네이션 리스트에서 제거한다.
    while(tmp_elem!=list_end(&release_t->donation_list))
    {
        struct thread *tmp_t=list_entry(tmp_elem, struct thread, donationelem);
        if(tmp_t->cur_waiting_lock==lock)
            list_remove(&tmp_t->donationelem);
        tmp_elem=list_next(tmp_elem);
    }

    release_t->priority=release_t->real_priority;
    if(!list_empty(&release_t->donation_list))
    {
        list_sort(&release_t->donation_list, &less_donation_pri_comp, NULL);
        struct thread *next_donation_t=list_entry(list_front(&release_t->donation_list), struct thread, donationelem);
        if(release_t->priority < next_donation_t->priority)
            // 다음 도네이션을 하는 쓰레드의 우선 순위로 변경한다.
            release_t->priority=next_donation_t->priority;
    }

    lock->holder = NULL;
    sema_up(&lock->semaphore);
}

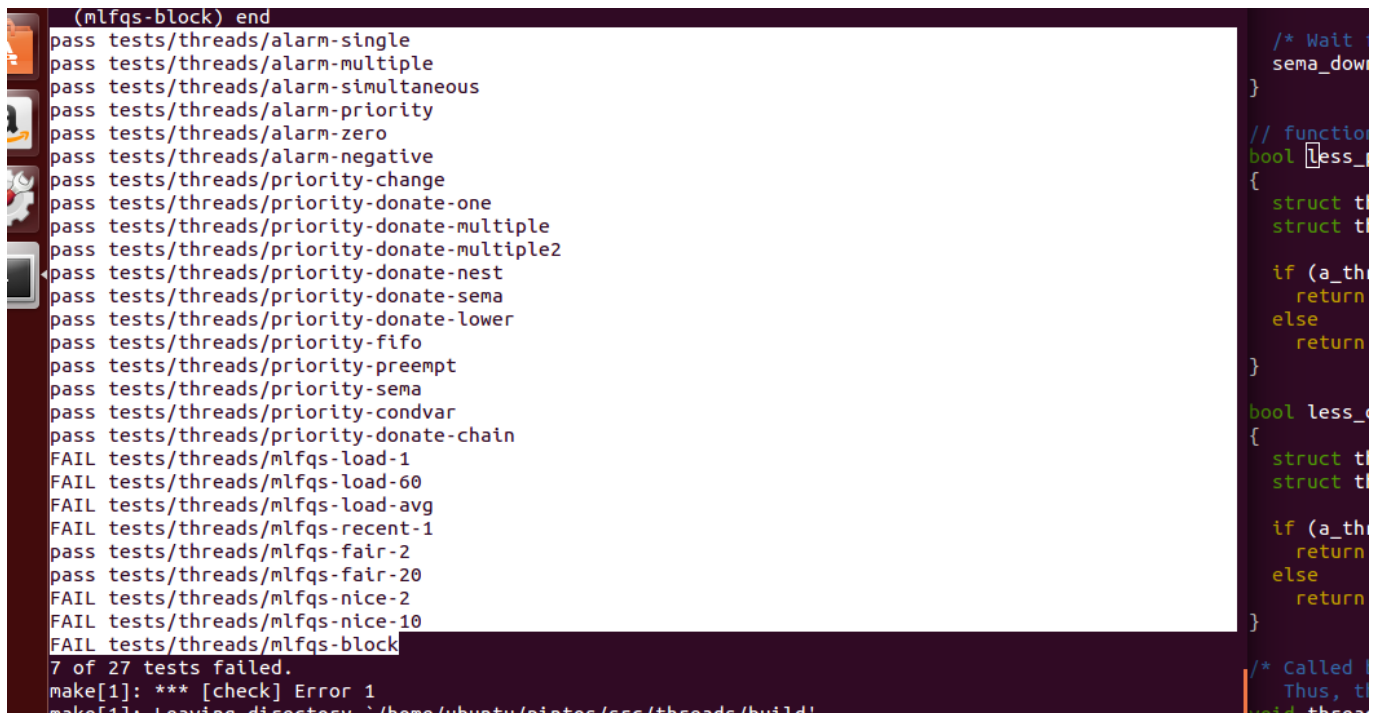
```

`less_donation_pri_comp`는 스레드의 `donationelem`의 우선 순위를 비교하기 위해 만든 함수이다.

```
bool less_donation_pri_comp(struct list_elem *a, struct list_elem *b, void *aux)
{
    struct thread *a_thread = list_entry(a, struct thread, donationelem);
    struct thread *b_thread = list_entry(b, struct thread, donationelem);

    if (a_thread->priority > b_thread->priority)
        return true;
    else
        return false;
}
```

Result



```
(mlfqs-block) end
pass tests/threads/alarm-single
pass tests/threads/alarm-multiple
pass tests/threads/alarm-simultaneous
pass tests/threads/alarm-priority
pass tests/threads/alarm-zero
pass tests/threads/alarm-negative
pass tests/threads/priority-change
pass tests/threads/priority-donate-one
pass tests/threads/priority-donate-multiple
pass tests/threads/priority-donate-multiple2
pass tests/threads/priority-donate-nest
pass tests/threads/priority-donate-sema
pass tests/threads/priority-donate-lower
pass tests/threads/priority-fifo
pass tests/threads/priority-preempt
pass tests/threads/priority-sema
pass tests/threads/priority-condvar
pass tests/threads/priority-donate-chain
FAIL tests/threads/mlfqs-load-1
FAIL tests/threads/mlfqs-load-60
FAIL tests/threads/mlfqs-load-avg
FAIL tests/threads/mlfqs-recent-1
pass tests/threads/mlfqs-fair-2
pass tests/threads/mlfqs-fair-20
FAIL tests/threads/mlfqs-nice-2
FAIL tests/threads/mlfqs-nice-10
FAIL tests/threads/mlfqs-block
7 of 27 tests failed.
make[1]: *** [check] Error 1
make[1]: Leaving directory: /home/ubuntuser/pintos/src/threads/build
```

```
/* Wait for
sema_down
}

// function
bool less_
{
    struct t
    struct t

    if (a_th
        return
    else
        return
}

bool less_
{
    struct t
    struct t

    if (a_th
        return
    else
        return
}

/* Called
Thus, t
void threa
```