

## 목차

1. Is the given set of periodic tasks schedulable under EDF? .....	2
2. The following set of periodic tasks is scheduled using RM. Select all correct statements.....	2
3. The given set of periodic tasks is executed together with a Polling Server with period $T_s = 12$ . .....	3
4. The following two periodic tasks are executed with EDF. ....	4
<References> .....	6

1. Is the given set of periodic tasks schedulable under EDF?

	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$
$C_i$	6	5	1
$T_i$	9	15	5
$D_i$	9	15	5

(a) Yes.

**(b) No.**

(c) No statement can be made using the sufficient and necessary test.

EDF 스케줄링이 가능하려면 프로세서 이용률(Processor Utilization)  $U$ 는 다음을 만족해야 한다.

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i} \leq 1$$

주어진 작업 세트가 EDF 상에서 스케줄링 가능한지 확인하기 위해, 프로세서 이용률 (Processor Utilization)을 구하면

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i} = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} = \frac{6}{9} + \frac{5}{15} + \frac{1}{5} = 1.2$$

이는 1보다 큰 값을 가지므로, 주어진 작업은 EDF 스케줄링 할 수 없다.

2. The following set of periodic tasks is scheduled using RM. Select all correct statements.

	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$
$C_i$	4	1	2
$T_i$	11	9	6
$D_i$	11	9	6

(a) The task set passes the sufficient (but not necessary) schedulability test.

**(b) The task set fails the sufficient (but not necessary) schedulability test.**

(c) According to the sufficient (but not necessary) test, the task set is not schedulable with RM.

주어진 작업 세트가 RM 스케줄링 될 수 있는지 확인하기 위해서, 프로세서 이용률  $U$ 를 구하면

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i} = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} = \frac{4}{11} + \frac{1}{9} + \frac{2}{6} \cong 0.8081$$

RM 스케줄링의 이용률 상한(Utilization Bound)과 비교하기 위해, 이용률 상한  $U_b$ 를 구하면

$$U_b(n) = n \left( 2^{\frac{1}{n}} - 1 \right) = 3 \left( 2^{\frac{1}{3}} - 1 \right) = 0.7798$$

위의 결과에 따라  $U > U_b$  이므로, 주어진 작업 세트는 RM으로 스케줄링 될 수 있음을 보장하지 않는다.

### 3. The given set of periodic tasks is executed together with a Polling Server with period $T_s = 12$ .

	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$
$C_i$	2	3	1
$T_i$	14	11	7
$D_i$	14	11	7

Considering the sufficient (but not necessary) schedulability test, what is the maximum (integer) execution time  $C_s$  of the Polling Server such that the set of periodic tasks together with the Polling Server is schedulable with RM?

(a)  $C_s = 1$

**(b)  $C_s = 2$**

(c)  $C_s = 3$

(d)  $C_s = 4$

주어진 모든  $C_s$  값에서 RM 이용률 상한과 이용률을 비교하기 위해서, 주어진 작업 세트의 RM 이용률 상한을 구하면

$$U_b(3) = 4 \left( 2^{\frac{1}{4}} - 1 \right) \cong 0.7568$$

각  $C_s$ 에 대한 이용률을 구하면

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i} + \frac{C_s}{T_s} = \frac{2}{14} + \frac{3}{11} + \frac{1}{7} + \frac{C_s}{12}$$

$$C_s = 1: U = \frac{2}{14} + \frac{3}{11} + \frac{1}{7} + \frac{1}{12} \cong 0.6418$$

$$Cs = 2: U = \frac{2}{14} + \frac{3}{11} + \frac{1}{7} + \frac{2}{12} \cong 0.7251$$

$$Cs = 3: U = \frac{2}{14} + \frac{3}{11} + \frac{1}{7} + \frac{3}{12} \cong 0.8084$$

$$Cs = 4: U = \frac{2}{14} + \frac{3}{11} + \frac{1}{7} + \frac{4}{12} \cong 0.8918$$

$Cs = 1$ 과  $Cs = 2$ 인 경우까지  $U \leq U_b$ 를 만족하므로 가장 큰  $Cs$ 의 값은 2이다.

#### 4. The following two periodic tasks are executed with EDF.

	$\tau_1$	$\tau_2$
$C_i$	1	1
$T_i$	2	4
$D_i$	2	4

We would like to schedule an aperiodic job  $\tau_a$  with the following execution time  $C_a = 1$  and release time  $r_a = 0$  using a Total Bandwidth Server (TBS) with utilization  $U_s = 0.25$ . What is the smallest guaranteed absolute deadline  $d_a$  of  $\tau_a$  such that all jobs meet their deadlines?

(a)  $d_a = 2$

(b)  $d_a = 3$

**(c)  $d_a = 4$**

(d)  $d_a = 5$

TBS를 사용하여 비주기적 작업(aperiodic job)을 스케줄링 할 때, 비주기적 작업  $\tau_a$ 의 마감시간은 다음과 같이 계산할 수 있다 .

$$d_k = \max(r_k, d_{k-1}) + \frac{C_k}{U_s}$$

$\tau_a$ 의 첫 번째 마감 시간(deadline)  $d_1 = \max(0, d_0) + \frac{C_a}{U_s}$ 이고, 정의에 따라  $d_0 = 0$ 이므로, 이를 계산하면

$$d_1 = \max(0, 0) + \frac{1}{0.25} = 4$$

해당 마감 시간이 모든 작업의 마감 시간을 만족하는 최소 보장 절대 마감 시간 (smallest guaranteed absolute deadline)인지 확인하면 다음과 같다.

- $\tau_1$ 은 2 단위 시간마다 스케줄링 되므로, 4 단위 시간 동안, 각각 나뉘어진 2 단위시간에서 1 단위 시간( $C_1$ ) 만큼 실행된다.
- $\tau_1$ 은 4 단위 시간마다 스케줄링 되므로, 4 단위 시간 동안, 1 단위 시간( $C_2$ ) 만큼 실행된다.
- $\tau_1$ 과  $\tau_2$ 는 4 단위 시간 동안 총 3 단위 시간( $C_1*2 + C_2$ ) 동안 실행된다.
- TBS에 의해서 스케줄링 된  $\tau_a$ 는 4 단위 시간( $d_1=4$ ) 동안 1 단위 시간동안 실행된다.
- $\tau_1, \tau_2, \tau_a$ 는 총 4 단위 시간동안 4 단위 시간만큼 실행되므로, 모든 작업이 각각의 마감 시간을 만족하면서 스케줄링이 가능하다.

따라서 최소 보장 절대 마감시간  $d_a = d_1 = 4$ 이다.

## <References>

1. Real-Time Scheduling Lecture Notes - Washington University
2. EECS571 Lecture Notes - The University of Michigan
3. Real-Time Systems Lecture Presentation - University of Aveiro
4. Real-Time Scheduling Aperiodic tasks Presentation - University of Pavia