



A Study on New Deferring Method for Optional Tasks to Improve Schedulability

Gi-Hyeon Song^{*}

Department of Management Information System, Health Institute of Technology

ABSTRACT

The imprecise computation technique prevents timing faults and achieves graceful degradation by making sure that an approximate result of an acceptable quality is available to the user whenever the exact result of the desired quality cannot be obtained in time. In the imprecise scheduling, NORA algorithm can find a schedule with the minimum total error for a task system consisting solely of on-line tasks that are ready upon arrival. But the NORA algorithm has low schedulability problem. Then, DOP algorithm delays the optional parts of the earliest deadline tasks as many as possible but the algorithm is almost similar to SMF(Schedule Mandatory First) algorithm. Next, DMO algorithm showing similar total error and schedulability to DOP algorithm preserving deadline order of tasks is proposed. To improve schedulability of DMO algorithm, this paper proposes a new algorithm which delays the optional parts of the earliest deadline tasks as many as possible. The proposed algorithm shows higher schedulability and similar total error than DMO algorithm.

© 2015 KKITS All rights reserved

KEY WORDS : Imprecise scheduling, Total error, Higher schedulability, Delay optional tasks, On-line scheduling, DOTMP algorithm

ARTICLE INFO: Received 24 April 2015, Revised 12 June 2015, Accepted 12 June 2015.

1. 서론

^{*}Corresponding author is with the Department of Management Information System, Health Institute of Technology 21 Chungjeong-ro, Dong-Gu, Daejeon KOREA

E-mail address: ghsong@hit.ac.kr

실시간 시스템에 과부하가 발생하면 과부하가 발생한 순간부터 이 실시간 시스템이 제대로 동작하지 못하게 된다. 이러한 과부하 상황에서 태스크를 필수적 부분과 선택적 부분으로 구성하고 필수적 부분들을 우선적으로 처리하되 가급적 선택

적 부분들도 최대한으로 처리하여 정확한 결과는 아니지만 만족할만한 수준의 결과를 산출하고자 비정밀 계산이 제안되었다 [1-7]. 비정밀 계산 기법에서 각 태스크는 필수부분과 선택부분으로 구성된다. 필수부분은 해당 태스크의 만기 이전에 반드시 실행이 완료되어야 하는 것 이고 선택부분은 필수부분의 실행이 완료된 이후에 결과의 질을 높이기 위하여 선택적으로 실행될 수 있다.

대표적인 비정밀 계산 기법인 NORA 알고리즘 [2]은 최소의 총오류를 보장하지만 임의의 새로운 태스크가 도착할 때 그 새로운 태스크의 필수부분을 처리할 수 없는 경우들이 발생하여 스케줄가능성(Schedulability)이 낮아지는 문제가 있었다. 그래서, 이 문제를 개선하기 위하여 최근에는 선택적 태스크들의 지연방법을 활용하고 있다. DOP 알고리즘 [1]에서는 임의의 시점에서 스케줄 대상이 되는 각 태스크들의 필수부분들을 우선적으로 모두 스케줄 하고 선택부분들은 그들의 만기 순으로 차례대로 나중에 스케줄 되는 것이다. 그러다 보니, 만기가 빠른 선택부분들은 지연되고 만기가 늦은 선택적부분들이 스케줄 되어 진다. 그럼으로서 차후에 도착하는 새로운 온라인 태스크들의 필수적부분들을 스케줄시킬수 있는 빈 시간을 확보하게 된다. 그러나, DOP 알고리즘도 NORA 알고리즘에 비하여 필수부분들의 스케줄가능성을 향상시키지만 지연된 선택부분들이 스케줄되지 못함으로써 총 오류가 증가하는 단점이 발생하며 스케줄링 과정에서 태스크들의 만기 순서를 위반하는 경우가 자주 발생한다. 또한, DOP 알고리즘은 SMF (Schedule Mandatory First) 알고리즘과 스케줄링 전략이 거의 비슷하다는 단점이 있다 [6].

NORA 알고리즘의 단점인 낮은 스케줄가능성을 개선하기 위하여 비정밀 태스크들의 만기 순서들을 위반해 가면서 까지 선택적 부분들을 최대한으로 지연시키었던 DOP 알고리즘도 스케줄가능성은 크

게 향상시키었지만 지연된 선택적 부분들로 인하여 총오류를 증가시키는 단점을 초래하였다. 그래서, 이러한 문제를 개선하기 위하여 최근에 DMO (defering Method of the Optional Tasks) 알고리즘 [6]이 제안되었으며 이 알고리즘은 비정밀 태스크들의 선택적부분들을 DOP 알고리즘 처럼 최대한 지연시키지 않고 특정 한계를 계산하여 그 한계까지만 지연시키어 필수적부분들에 대한 스케줄가능성을 높이며 DOP 알고리즘 이나 SMF 알고리즘의 총 오류와 비슷한 수준의 총 오류를 산출하면서도 만기 순서 위반이 전혀 발생하지 않는다는 점에서 NORA 및 DOP 알고리즘과 차별화 된다.

한편, 본 논문에서는 위의 DMO 알고리즘처럼 비정밀 태스크들의 만기순서위반이 전혀 발생하지 않고 DMO 알고리즘과 총오류는 비슷하면서도 스케줄가능성이 확실히 더 높은 DOTMP 알고리즘을 제시하고자 한다. 마지막으로, 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 비정밀 실시간 스케줄링을 소개하고 제 3 장에서는 기존의 선택적 태스크 지연 방법들에 대한 발전 과정에 대하여 기술하고 제 4 장에서는 개선된 선택적 태스크 지연 방법인 DOTMP 알고리즘에 대하여 소개하고자 한다. 마지막으로 제 5 장에서는 결론을 기술하겠다.

2. 비정밀 실시간 스케줄링 소개

본 연구에서는 비정밀 실시간 태스크의 속성을 다음과 같이 정의한다 [6, 8]. 선점형 비정밀 태스크들의 집합 $T = \{T_1, T_2, T_3, \dots, T_n\}$ 에서, 각 태스크 T_i 는 $\{R_i, D_i, M_i, O_i\}$ 로 정의된다.

R_i : 준비시간, D_i : 만기, M_i : 태스크 T_i 의 필수부분 실행요구시간, O_i : 태스크 T_i 의 선택부분 실행요구시간]

2.1 SMF 알고리즘

SMF (Schedule Mandatory First) 알고리즘은 임의의 시점에 스케줄 대상이 되는 비정밀 태스크들의 필수 실행부분들을 만기 순으로 우선 실행하고 실행할 필수부분이 더 이상 없다면 선택부분들을 만기 순서대로 차례로 실행하는 것이다. 이러한 SMF 알고리즘은 비정밀 태스크들의 필수 실행부분들을 언제나 우선적으로 실행시킴으로써 필수 실행부분들의 스케줄가능성이 다른 알고리즘들에 비하여 가장 높다. 그러나 다른 알고리즘으로 실행 가능할 수 있었던 만기가 빠른 태스크들의 선택부분들을 실행하지 못함으로써 그 만큼 총 오류가 증가되는 단점을 피할 수 없게 된다. 이 알고리즘은 EDF (Earliest Deadline First) 알고리즘과 극단으로 대조되는데 EDF 알고리즘은 비정밀 태스크들의 만기 순서를 철저히 준수하는 관계로 만기가 빠른 태스크들의 선택부분들을 가급적 많이 스케줄시킬 수 있게 되어 만기가 늦은 태스크들의 스케줄가능성을 심각하게 저하시키지만 총오류를 최소화 시키는 장점이 있어 필수적부분들의 스케줄가능성과 총오류라는 두 가지 중요한 스케줄링 관점에서 극명하게 대조된다.

2.2 NORA 알고리즘

이 알고리즘은 NORA (No-Off-line tasks and on-line tasks Ready upon Arrival) 알고리즘이라고 불리우는데 여기에서는, 모든 태스크들이 그들의 필수적부분들을 그들의 만기들이내에 수행을 완료시키며 그들의 선택적부분들은 가능한 한 최대한 수행시킨다. 임의의 스케줄링 결정 시점에서 태스크들은 EDF (Earliest Deadline First) 전략으로 스케줄된다. NORA 알고리즘[2]은 도착은 되었지만 아직까지 실행이 완료되지 못한 모든 태스크들에

대하여 예약리스트 (reservation list)를 유지한다. 그리고, 이 예약리스트를 어떤 시점에 선택적부분들을 스케줄시키며 얼마나 많은 시간을 그들에게 할당할 것인가에 대한 정보로서 사용한다. 이러한 예약리스트는 아직 수행이 완료되지 못한 모든 필수적부분들의 예약된 스케줄이다. 이러한 스케줄은 역 스케줄링 전략(reverse scheduling approach)을 사용하여 구성된다. 역 스케줄링 전략에서 모든 태스크들은 가장 늦은 만기부터 현재 시간까지 역으로 스케줄된다. 즉, 각 태스크는 그 자신의 만기 또는 만기 이전에서 스케줄되는데 스케줄되는 순서는 가장 늦은 시작 시간을 갖는 태스크 순이다. 이 스케줄에 있어서, 태스크에 할당된 구간이 예약리스트에서의 예약구간(reserved interval)이다. 이것은 필수적부분들의 실행을 위하여 예약된 것이다. 예약리스트는 각 각의 필수적부분을 위하여 예약된 시간의 양 뿐만 아니라 이 예약리스트의 시작 시점과 끝 시점으로 정의된다. 이 예약리스트를 보면 어떤 구간들이 예약되어 있고 어떤 구간들이 예약되어 있지 않은지 구별할 수 있다. NORA 알고리즘은 예약구간내에서는 결코 어떠한 선택적부분도 스케줄하지 않는다. 이러한 방법으로 이 알고리즘은 각 각의 필수적부분에게 충분한 양의 시간을 할당하여 이 필수적부분이 그의 만기이내에 실행이 완료될 수 있도록 보장할 수 있게 된다.

NORA 알고리즘은 특정한 상황과 제약조건 하 (FMC : fesible Mandatory Constraint) 에서만 최소의 총오류를 산출한다. 제약조건 이외의 다른 상황에서는 다른 알고리즘들로는 스케줄 가능할 수 있었던 태스크 집합을 NORA 알고리즘으로 스케줄할 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 그럼으로써, 필수적부분들의 스케줄가능성이 낮아지는 결과를 초래하기도 한다.

3. 기존의 선택적 태스크 지연 방법의 발전 과정

비정밀 태스크 계산 모델에서는 임의의 시점에서 스케줄가능한 태스크들의 모든 필수적부분들을 만기 내에 스케줄 시키고 나서 시간적 여유가 있다면 선택적부분들을 그들의 만기 순서로 지연시키는 방법으로 다음에 도착하는 온라인 태스크들의 스케줄가능성을 높여 왔다[1, 5, 11]. NORA 알고리즘은 동적으로 도착하는 온라인 태스크들의 필수부분들을 예약리스트의 빈 공간에 할당하지 못하여 스케줄링 시키지 못 할 경우가 종종 발생하고, DOP 알고리즘[1] 이나 SMF (Schedule Mandatory First) 알고리즘은 만기가 빠른 태스크들의 선택적부분들을 최대한 지연시키는 관계로 많은 선택적부분들을 스케줄 시키지 못하여 총 오류가 증가되는 단점이 있었다. 다음으로 제안된 DMO 알고리즘[6]은 DOP 알고리즘에서 처럼 선택적부분들을 최대한 지연시키지 않고 합리적인 조건을 만족시키는 특정 한계 값을 갖는 태스크까지만 지연시켜 DOP 알고리즘에서의 문제점인 만기순서위반 현상을 완벽하게 개선하였다. 지금까지 소개한 선택적 태스크들의 지연 알고리즘들을 구체적으로 소개하면 다음과 같다.

3.1 DOP 알고리즘

온라인상에서는 이후에 발생 할 태스크를 예측할 수 없는 비주기적 태스크의 특성으로 인해 최적의 알고리즘이 존재할 수 없다. 더우기, 실시간 시스템에서 비정밀 태스크의 경우는 필수적부분과 선택적부분의 생성 비율이 상황에 따라 다양하며 예측 불가하다는 특성이 있으며 그 태스크의 부하가 낮거나 높아지는 시점을 예측 할 수 없기 때문에 상황에 따라 유연하게 대처 할 수 있는 알고리

즘이 필요하다. NORA 알고리즘은 특정 조건하에서 최소의 총오류를 보장하지만 이후에 발생하는 새로운 태스크에 대한 스케줄가능성이 낮아진다. 반면, SMF 알고리즘은 새로운 태스크에 대해 높은 스케줄가능성을 보이지만 총오류가 크게 증가하는 문제가 발생한다. 두 가지 알고리즘은 특정 태스크 상황 하에 좋은 성능을 내는 것이 증명되었지만, 그 성능이 태스크의 필수적부분과 선택적부분의 비율에 따라 달라지는 것을 보임으로서 태스크 비율에 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

DOP 알고리즘[1]은 현재 태스크 집합의 총오류를 최소화 하면서 이후에 발생할 태스크에 대한 필수적부분의 스케줄가능성을 높일 수 있는 알고리즘 으로서, 태스크의 필수적부분과 선택적부분의 비율에 관계없이 좋은 성능을 보인다. 선택적부분의 비율이 낮은 경우 필수적부분의 처리율은 큰 차이가 나지 않으며 이러한 상황에서는 선택적 부분의 처리가 중요하게 된다. DOP는 이러한 경우에 낮은 총오류를 발생시키는 NORA 알고리즘과 비슷한 총오류를 산출한다. 반면, 필수적부분의 비율이 낮은 경우에는 필수적부분의 처리가 중요하게 되고, 이 때, DOP는 필수적부분의 처리율이 우수한 SMF 알고리즘에 근접한 필수적부분 처리율을 보여주었다[1].

3.2 DMO 알고리즘

비정밀 태스크들의 필수적부분들을 우선적으로 처리하는 DOP 알고리즘[1]은 NORA 알고리즘[2]에 비하여 필수적부분들의 스케줄가능성이 현저히 높다. 그러나, 선택적부분들을 최대한 지연시키는 관계로 총오류가 증가하는 단점이 발생하였다. 또한, 선택적부분들을 최대한 지연시키는 과정에서 만기 순서 위반 현상이 발생된다. 한편, NORA 알고리즘은 특정 제약조건하에서 최소의 총오류를

산출하지만 다음에 도착하는 온라인 태스크들의 필수적부분들을 예약리스트에 할당시키지 못하는 경우가 종종 발생하여 필수적부분들의 스케줄가능성이 낮아지게 된다. 이에 DMO 알고리즘[6]은 비정밀 태스크들의 선택적부분들을 만기가 빠른 순서로 어느 특정 태스크까지만 지연시키어 비정밀 태스크들의 스케줄링시 만기 순서를 철저히 준수하면서 필수적부분들의 스케줄가능성 면에서 NORA 알고리즘 보다 월등히 우수하고 만기 순서를 지키지 못하는 DOP 알고리즘과는 필수적부분들의 스케줄가능성과 총 오류 면에서 유사한 성능을 보이는 알고리즘으로 최근에 제안되었다[6].

그런데, 비정밀 태스크들의 만기 순서를 준수하면서 DMO 알고리즘보다 스케줄가능성과 총오류 면에서 보다 더 우수한 알고리즘을 개발하고자 연구 하던 중 DMO 알고리즘과 총 오류는 비슷하나 스케줄가능성이 확실히 더 높은 새로운 알고리즘을 개발하였으며 다음 장에서 구체적으로 이 새로운 알고리즘을 소개하고자 한다.

4. 개선된 선택적 태스크 지연 방법

4.1 DOTMP 알고리즘

NORA 알고리즘[2]은 온라인 상에서 동적으로 도착하는 비정밀 태스크들 중 임의의 시점에서 스케줄 대상이 되는 비정밀 태스크들의 필수적부분들이 반드시 스케줄 가능하다는 FMC (feasible Mandatory Constraint) 제약조건이 만족되는 한 최소의 총오류만이 발생한다고 보장할 수 있지만 다음에 동적으로 도착되는 온라인 태스크들의 필수적부분들을 예약리스트에 할당하지 못하여 필수적부분들의 스케줄가능성이 낮아지게 된다. 그러나, SMF 방법에 기반한 DOP 알고리즘은 비정밀 태스

크들의 필수 부분들을 우선적으로 먼저 실행하기 때문에 NORA 알고리즘에 비하여 필수적부분들의 스케줄가능성이 현저히 높아진다. 그러나, 이 알고리즘은 선택적부분들을 최대한 지연시키는 관계로 지연시킨 선택적부분들의 실행요구시간에 비례하여 선택적부분들의 총오류가 증가되는 단점이 발생하였다. 또한, SMF 알고리즘과 동일한 스케줄링 방법을 사용하고 있어 차별화가 어려우며 비정밀 태스크들의 모든 필수적부분들이 스케줄된 후 선택적부분들이 만기 순서에 따라 나중에 스케줄됨으로서 만기가 늦은 태스크의 필수적부분이 만기가 빠른 태스크의 선택적부분보다 먼저 스케줄되는 만기 순서 위반 현상이 발생된다. 다음으로 제안된 DMO 알고리즘[6]은 DOP 알고리즘의 단점인 만기 순서위반을 개선하면서 DOP 알고리즘과 필수적부분들의 스케줄가능성과 총오류 면에서 유사한 성능을 보인다. 그러나, DMO 알고리즘도 만기 순서를 준수함으로써 만기 순서에 제약을 받지 않는 SMF 알고리즘이나 DOP 알고리즘보다 스케줄가능성과 총오류 면에서 성능이 약간 떨어진다[6].

이에 본 논문에서는 비정밀 태스크들의 선택적부분들을 만기가 빠른 순서로 DMO 알고리즘보다 더 많이 지연시키어 만기 순서를 준수하면서 DMO 알고리즘 보다 필수적부분들의 스케줄가능성 면에서 우수하고 총 오류 면에서는 유사한 성능을 보이는 새로운 DOTMP 알고리즘을 제시하였다.

본 알고리즘의 구성은 다음의 <그림 1>과 같다. DOTMP_Schedule()에서는 온라인으로 예측불허하게 도착하는 비정밀 태스크들 중 임의의 시점에서 스케줄대상이 되는 비정밀 태스크들을 대상으로 만기가 짧은 태스크 순으로 각 태스크의 필수부분과 선택부분 실행요구시간의 합이 그 태스크의 만기보다 작거나 같은지 계산하는 과정을 반복하여 이 조건이 만족되지 않는 첫 번째 태스크의 인덱스(MPOS)를 구한다. 그런 다음, 이 태스크의 인덱스

보다 작은 인덱스를 갖는 태스크들의 선택적 부분 들은 무조건 지연시키며 이 태스크 인덱스 보다 같거나 큰 인덱스를 갖는 태스크들의 선택적부분 들을 그들 각 각의 만기 이전 까지만 스케줄 시키 게 된다. DOTMP_Schedule()에서는 임의의 시점에 서 스케줄 대상이 되는 태스크들을 대상으로 하여 만기가 짧은 태스크 순으로 각 태스크의 필수부분 과 선택부분 실행요구시간의 합이 그 태스크의 만 기 보다 작거나 같으면 해당하는 선택적 태스크를 지연시키고 그 선택적 태스크의 실행요구시간을 현재 스케줄 시간에 누적시키지 않는다. 그러나, 이 경우에 DMO_Schedule()에서는 이 선택적 태스 크의 실행요구시간을 현재 스케줄 시간에 누적시 키어 다음 선택적 태스크의 스케줄링여부를 결정 하게 된다[6].

```

void DOTMP_Schedule(ith, InterStart, InterEnd)
{
    MPOSI = Find_MPOSI (InterStart, InterEnd);
    Length = InterEnd - InterStart;
    i = 1;
    While(i <= NbtPrevStep)
    {
        Task = ListTask[i];
        Perform_Mandatory_Scheduling;
        if (i >= MPOSI && TaskSystem[Task].Oi > 0)
        {
            Task = ListTask[i];
            Perform_Optional_Scheduling;
        }
        i++;
    }

    int Find_MPOSI (InterStart, InterEnd)
    {
        ST = InterStart;
        for (i=1; i<=NbtPrevStep; i++)
        {
            Task = ListTask[i];
            SST = ST + TaskSystem[Task].Mi
                + TaskSystem[Task].Oi;
            if (SST > TaskSystem[Task].Di) return (i);
            else ST = ST + TaskSystem[Task].Mi;
        }
    }
}
    
```

그림 1. 제안된 DOTMP 알고리즘
Figure 1. The Proposed DOTMP Algorithm

4.2 DOTMP 알고리즘의 예

표 1. 태스크 집합
Table 1. Task Sets

	R_i	M_i	O_i	D_i
T_1	0	4	3	7
T_2	0	2	1	12
T_3	0	3	1	13
T_4	0	2	6	16
T_5	0	3	4	20

DOTMP 알고리즘의 예를 들면, 태스크 만기의 오름차순으로 정렬되어 있는 <표 1>의 태스크 집합에서 현재 스케줄 시간 $R_1 = 0$ 에서 시작하여 T_1 의 필수부분 = 4 와 선택부분 = 3 이라는 실행요구시간의 합 = 7 이 이 태스크의 만기 = 7 보다 작거나 같으므로 $O_1 = 3$ 은 지연되며 현재 스케줄 시간은 $0 (R_1) + 4 (M_1) = 4$ 가 된다. 다음으로 만기가 큰 T_2 의 필수부분 = 2 와 선택부분 = 1 이라는 실행요구시간의 합 = 3 을 현재 스케줄 시간 4 에 더하면 7이 되는데 이 또한 T_2 의 만기 = 12 보다 작거나 같으므로 $O_2 = 1$ 은 지연되며 현재 스케줄 시간은 기존의 스케줄 시간 $4 + 2 (M_2) = 6$ 이 된다. 이어서, 다음으로 만기가 큰 T_3 의 필수부분 = 3 과 선택부분 = 1 이라는 실행요구시간의 합 = 4 를 현재 스케줄 시간 6 에 더하면 10 이 되는데 이 또한 T_3 의 만기 = 13 보다 작거나 같으므로 $O_3 = 1$ 은 지연되며 현재 스케줄 시간은 기존의 스케줄 시간 $6 + 3 (M_3) = 9$ 가 된다.

이제, 다음으로 만기가 큰 T_4 의 필수부분 = 2 와 선택부분 = 6 이라는 실행요구시간의 합 = 8 을 현재 스케줄 시간 9 에 더하면 17이 되어 T_4 의 만기 = 16 보다 크게 되어 MPOSI 의 값이 4 가 되며 O_4 와 O_5 는 더 이상 지연되지 않고 만기 까

지만 스케줄링 된다. 결과적으로, <표 1>의 태스크 집합에서 MPOSI의 값 4보다 작은 인덱스를 갖게 되는 선택적 태스크들인 O_1, O_2 , 그리고 O_3 가 지연되며 MPOSI의 값 4보다 크거나 같은 인덱스를 갖는 선택적 태스크들인 O_4 와 O_5 는 그들 각각의 만기까지만 스케줄 된다. 그러므로 <표 1>의 태스크 집합을 DOTMP 알고리즘으로 스케줄링 하면 다음의 <표 2>와 같다.

표 2. DOTMP 알고리즘의 스케줄링 결과
Table 2. Scheduling Result of DOTMP Algorithm

태스크	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
현재 스케줄 시간	0	4	6	9	16
스케줄 시간	4 M_1	2 M_2	3 M_3	2 M_4 , 5 O_4	3 M_5 , 1 O_5
지연 여부	O_1 지연	O_2 지연	O_3 지연	O_4 지연 없음	O_5 지연 없음

4.3 실험결과

본 실험에서는 임의의 비정밀 태스크 $T_i = \{R_i, D_i, M_i, O_i\}$ 를 정의하고 이 비정밀 태스크를 구성하는 각각의 인자들인 R_i, D_i, M_i, O_i 값들은 임의의 난수들로 랜덤하게 생성한다. 또한, 이러한 태스크 100개로 구성된 태스크 집합 100개를 생성하여 본 논문에서 제안한 DOTMP 알고리즘의 성능을 기존의 NORA 알고리즘, DOP 알고리즘 그리고 DMO 알고리즘과 스케줄가능성과 총오류라는 두 가지 중요한 스케줄링 관점에서 비교해 보았다.

다음의 <표 3>에서는 비교 대상이 되는 각 알고

리즘별로 스케줄링 했을 때, 100개의 태스크 집합들 중 스케줄 가능한 태스크 집합의 개수(왼쪽)와 총오류(오른쪽)를 비교해 보았다. 다음의 <그림 2>, <그림 3>에서 알 수 있듯이 DOTMP 알고리즘은 DMO나 DOP 알고리즘과 총오류는 비슷하면서도 스케줄가능성(Schedulability)면에서 DMO 알고리즘보다 높으며 최적의 알고리즘인 SMF나 DOP 알고리즘과 비슷하다.

DOTMP 알고리즘의 특징은 DMO 알고리즘보다도 선택적 태스크들을 좀 더 많이 지연시키었음에도 불구하고 총오류를 더 이상 증가시키지 않으면서 스케줄가능성이 더 높아졌다는 점이다.

표 3. 스케줄가능성(왼쪽)과 총오류(오른쪽)
Table 3. Schedulability(left) and Total Error(right)

n	SMF DOF	EDF NOF A	DMO	DOT MP	k	SMF	EDF	DMO	DOT MP
1	98	0	92	96	1	266	230	268	268
2	98	0	87	92	2	244	207	256	256
3	99	0	96	99	3	246	215	252	264
4	100	0	93	98	4	256	219	264	264
5	99	0	93	98	5	304	254	304	304
6	98	0	94	94	6	234	177	239	239
7	100	0	96	99	7	243	210	244	244
8	99	0	89	94	8	273	221	277	277
9	100	0	93	96	9	259	230	267	268
10	99	0	90	97	10	254	213	270	270

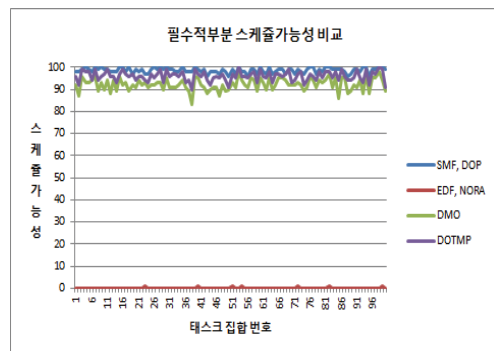


그림 2. 스케줄가능성의 실험결과
Figure 2. Experimental Result of the Schedulability

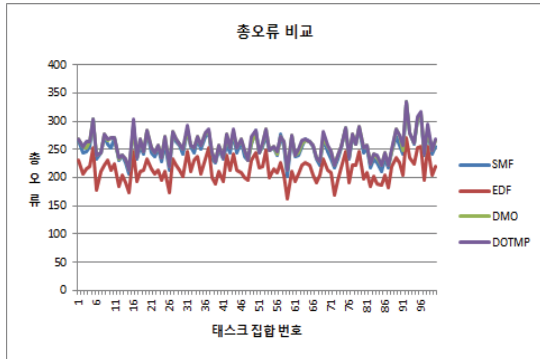


그림 3. 총 오류(Total Error)의 실험결과
Figure 3. Experimental Result of the Total Error

즉, DOTMP 알고리즘이 비정밀 태스크 집합에서 태스크들을 온라인으로 스케줄 할 때 총오류를 더 이상 증가시키지 않으면서 스케줄가능성을 최대한 높일 수 있는 선택적부분 지연 알고리즘이라는 점에서 큰 의미가 있다고 본다.

5. 결 론

비정밀 계산모델에서 선택적부분들을 지연시킴으로서 다음에 동적으로 예측불허하게 도착하는 온라인 태스크들의 필수적부분들의 스케줄가능성을 높이고자 하는 연구들이 최근에 시도되어 왔다. 그들 중 한 연구인 DOP 알고리즘은 비정밀 태스크들의 필수적부분들을 가장 먼저 우선적으로 처리하고 시간적 여유가 있을 때, 선택적 부분들을 그들의 만기 순서로 처리하다 보니 필수적부분들의 스케줄가능성은 EDF나 NORA 알고리즘 보다 현격히 높아지나 선택적부분들을 최대한 지연시키다 보니 총오류가 증가되는 문제가 발생하였으며 만기 순서 위반 현상도 초래되었다. 또한, DMO 알고리즘은 만기 순서 위반 현상은 발생하지 않지만 SMF나 DOP 알고리즘보다 스케줄가능성면에서 성능이 떨어지는 문제가 있어서 총오류를 증가시키지 않으면서 스케줄가능성이 DMO 알고리즘보다

높고 SMF나 DOP 알고리즘과 유사한 알고리즘이 개발될 필요가 있었다. 따라서, 본 논문에서는 DMO 알고리즘의 선택적부분 지연 방법을 개선하여 DMO 알고리즘보다 필수적부분들의 스케줄가능성을 좀 더 높일 수 있는 합리적인 선택적부분 지연 방법인 DOTMP 알고리즘을 제안하고 실험을 통하여 필수적부분들의 스케줄가능성과 총오류 라는 두 가지 중요한 스케줄링 관점에서 다른 유사 알고리즘들과 비교하여 그 성능의 우수성을 입증하였다.

실험 결과, DOTMP 알고리즘은 만기 순서를 철저히 준수 하면서도 필수적부분들의 스케줄가능성 면에서 EDF나 NORA 알고리즘에 비하여 월등히 우수할 뿐 아니라 DMO 알고리즘보다도 우수하며 DOP 알고리즘과는 비슷한 성능을 보였다. 총오류 측면에서는 EDF나 NORA 알고리즘 보다는 선택적부분들의 지연으로 인하여 총오류가 더 많이 발생하는 단점은 있으나 DOP 알고리즘이나 DMO 알고리즘과는 비슷한 총오류 성능을 보였다. 본 논문에서 제안한 DOTMP 알고리즘은 실시간 운영체제의 구현시 스케줄링 오버헤드로 인한 만기 위반 현상을 감소시킬 경우나 유선 TV 분야 그리고 고객이 요구하는 마감일(due dates)에 맞추어 생산하는 생산시스템 등에 유용하게 활용될 수 있을 것이라고 기대한다. 그러나, 본 논문에서 제안된 DOTMP 알고리즘이 다른 선택적 부분 지연 알고리즘들보다 스케줄가능성 면에서 우수하지만 총오류를 NORA 알고리즘 수준으로 개선할 필요가 있다고 보며 향후, 이에 대한 연구가 기대된다.

References

- [1] H. P. Choi, and Y. S. Kim, *An EDF based real-time scheduling algorithm for imprecise computation*, Korea Information Processing

- Society(A), Vol. 18-A, No. 4, pp. 143-148, 2011.
- [2] W. K. Shih, and J. W. S. Liu, *On-line scheduling of imprecise computations to minimize error*, SIAM Journal on Computing, Vol. 25, No. 5, pp. 1105-1121, 1996.
- [3] W. K. Shih, C. R. Lee, and C. H. Tang, *A fast algorithm for scheduling imprecise computations with timing constraints to minimize weighted error*, in Proceedings of the 21st IEEE Real-Time Systems Symposium, pp. 305-310, 2000.
- [4] Gi-Hyeon Song, *An on-line algorithm to search minimum total error for imprecise real-time tasks with 0/1 constraint*, Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 8, No. 12, pp. 1589-1596, 2005.
- [5] J. M. Chen, W. C. Lu, W. K. Shih, and M. C. Tang, *Imprecise computations with deferred optional tasks*, Journal of Information Science and Engineering, Vol. 25, pp. 185-200, 2009.
- [6] Gi-Hyeon Song, Keun-Hyeong Jeon, *A study on the defering method of the optional tasks*, Journal of The Korea Knowledge Information Technology Society(JKKITS), Vol. 9, No. 1, pp. 22~29, 2014.
- [7] J. H. Kim, K. H. Song, K. H. Choi, and G. H. Jung, *Performance evaluation of on-line scheduling algorithms for imprecise computation*, Proceedings Fifth International Conference on Real-Time Computing Systems and Applications, 1998.
- [8] Gi-Hyeon Song, *An efficient algorithm to minimize total error of the imprecise real time tasks with 0/1 constraint*, Journal of Korea Computer Industry Education Society, Vol. 7, No. 4, pp. 309~320, 2006.
- [9] Gi-Hyeon Song, *Scheduling algorithm to*

- minimize total error for imprecise on-line tasks*, Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 10, No. 12, pp. 1741-1751, 2007.
- [10] Gi-Hyeon Song, *An improved online algorithm to minimize total error of the imprecise tasks with 0/1 constraint*, Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 34, No. 10, pp. 493-501, 2007.

스케줄가능성을 향상시키기 위한 새로운 선택적 태스크 지연 방법에 관한 연구

송기현

대전보건대학교 경영정보과

요 약

비정밀 계산 기법은 제한된 시간 이내에 요구되는 품질의 정확한 결과 값이 산출될 수 없을 때 수용할 만한 품질의 근사 결과 값을 유도해 냄으로서 시간상의 오류들을 방지하며 시간상의 제약조건들과 결과 값의 품질 및 정확도 사이의 상호 보완적 역할을 달성하게 된다. NORA 알고리즘은 도착과 동시에 실행 준비가 되는 온라인 태스크들만으로 구성되는 태스크 시스템에서 최소의 총오류를 갖는 스케줄을 발견할 수 있지만 스케줄가능성이 낮아지는 문제가 있다. 한편, DOP 알고리즘이 만기가 빠른 태스크들의 선택 실행부분들을 최대한 지연시키게 되지만 이 알고리즘은 SMF 알고리즘과 거의 비슷하다. 그 후에, 태스크들의 만기 순서를 준수하면서 DOP 알고리즘과 비슷한 총오류와 스케줄가능성을 보이는 DMO 알고리즘이 제시되었다. 본 논문에서는 이 DMO 알고리즘의 스케줄가능성을 향상시키기 위하여 만기가 빠른 태스크들의 선택적부분들을 최대한 지연시키는 새로운 알고리즘을 제시하였다. 제시된 알고리즘은 DMO 알고리즘보다 높은 스케줄가능성을 보이며 비슷한 총오류를 나타낸다.

감사의 글

본 논문은 대전보건대학교의 2014학년도 학술 연구조성비를 지원 받음.



Gi-Hyeon Song received the bachelor's degree and M.S. degree in the Department of Computer Sciences and Statistics from the Chungnam National University in 1985 and 1987 respectively. He

received the Ph.D. degree in the Department of Computer Engineering from Ajou University in 1999. He has been a professor in the Department of Management Information System at Daejeon Health Sciences College since 1990. His current research interests include real-time scheduling, embedded system, radar tracking. He is a member of the KKITS.

E-mail address: ghsong@hit.ac.kr