



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년09월15일
(11) 등록번호 10-0982333
(24) 등록일자 2010년09월08일

(51) Int. Cl.

G06F 9/06 (2006.01) G06F 1/32 (2006.01)

G06F 17/10 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0093113

(22) 출원일자 2009년09월30일

심사청구일자 2009년09월30일

(56) 선행기술조사문헌

논문: 한국정보과학회

JP11184717 A

JP2004272323 A

KR100747504 B1

전체 청구항 수 : 총 9 항

(73) 특허권자

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 가좌동 900

(72) 발명자

김경훈

경상남도 진주시 상대2동 301-94번지 202호

이완연

강원도 춘천시 칠전동 대우아파트 106동 203호

(74) 대리인

조흥오

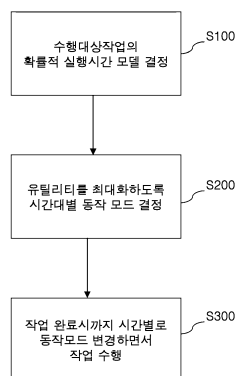
심사관 : 복진요

(54) 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 실행 시간을 확률적으로 예측하고 예측된 확률적 실행 시간에 기초하여 동작 모드를 실시간으로 스케줄링함으로써 제한된 에너지 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 하는 방법 및 장치에 관한 것으로서, 적어도 하나 이상의 동작 모드를 스케줄링하는 방법에 있어서, 수행 대상 작업의 확률적 실행 시간 모델을 결정하는 제1 단계; 및 상기 결정된 확률적 실행 시간 모델에 기초하여 작업이 완료될 때까지 수행 대상 작업의 유틸리티를 최대화할 수 있도록 시간대별로 실행할 동작 모드를 결정하는 제2 단계를 포함하고, 작업이 완료될 때까지 상기 결정된 동작 모드를 시간대별로 변경하면서 수행하는 것을 특징으로 하는 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 방법을 제공한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

적어도 하나 이상의 동작 모드를 스케줄링하는 방법에 있어서,

수행 대상 작업의 확률적 실행 시간 모델을 결정하는 제1 단계; 및

상기 결정된 확률적 실행 시간 모델에 기초하여 작업이 완료될 때까지 수행 대상 작업의 유틸리티를 최대화할 수 있도록 시간대별로 실행할 동작 모드를 결정하는 제2 단계

를 포함하고,

작업이 완료될 때까지 상기 결정된 동작 모드를 시간대별로 변경하면서 수행하는 것을 특징으로 하는 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 단계에서의 확률적 실행 시간 모델은, 특정 시간에서 수행 대상 작업이 수행되고 있을 확률에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 확률적 실행 시간 모델은,
$$P_t = 1 - \int_0^t C_x dx$$
 (여기서, C_x 는 수행 대상 작업의 확률 분포 함수임)에 의해 결정하는 것을 특징으로 하는 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2 단계는, 사용 가능 에너지 잔존량에 기초하여 사용 가능 에너지 잔존량의 범위 내에서 동작 모드를 결정하는 것을 특징으로 하는 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 동작 모드는
$$\int_0^M F_u(SO_t^i) \cdot P_t^i dt$$
 (여기서, SO_t^i 는 i^{th} 작업에 대해 시간 t 에서 선택되는 동작 모드이고, $F_u(SO_t^i)$ 는 동작 모드 SO_t^i 의 유틸리티임)의 수식을 최대화할 수 있는 시간을 결정함으로써 동작 모드를 결정하는 것을 특징으로 하는 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 동작 모드는 $\int_0^W F_r(SO^i_t)dt \leq E_{\max}$ (여기서, $F_r(SO^i_t)$ 는 동작 모드 SO^i_t 의 전력 소비량(power consumption)임)의 조건하에서 결정되는 것을 특징으로 하는 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 동작 모드의 결정은,

$$P_{\pi_x} \cdot \frac{U_x - U_{x-1}}{R_x - R_{x-1}} = P_{\pi_y} \cdot \frac{U_y - U_{y-1}}{R_y - R_{y-1}} \quad (여기에서, \quad W \geq \pi_x > \pi_y > 0 \text{ 이고}$$

$2 \leq x \leq y \leq N$ 임)를 따르는 π_m 들을 계산하고, 상기 계산된 π_m 의 시간에서 동작 모드를 변경하는 것으로 결정하는 것을 특징으로 하는 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 동작 모드의 변경은 유틸리티가 한단계 낮은 동작 모드로의 변경인 것을 특징으로 하는 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 방법.

청구항 9

적어도 하나 이상의 동작 모드를 스케줄링하는 장치에 있어서,

수행 대상 작업의 확률적 실행 시간 모델을 결정하고, 상기 결정된 확률적 실행 시간 모델에 기초하여 작업이 완료될 때까지 수행 대상 작업의 유틸리티를 최대화할 수 있도록 동작 모드를 결정하되, 작업이 완료될 때까지 상기 결정된 동작 모드를 수행하는 것을 특징으로 하는 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

본 발명은 동작 모드의 스케줄링 방법 및 장치에 관한 것으로서, 특히 실행 시간을 확률적으로 예측하고 예측된 확률적 실행 시간에 기초하여 동작 모드를 실시간으로 스케줄링함으로써 제한된 에너지 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 배터리로 동작하는 모바일 전자 기기에서 에너지 관리는 매우 중요한 문제이다. 예컨대, 노트북 컴퓨터나 이동 통신 단말기 등과 같이 배터리를 사용하는 모바일 전자 기기에서 배터리가 완전히 소모되기 전까지 주어진 작업(task)을 작업 종료시까지 수행할 수 있도록 배터리를 유지하는 것이 매우 중요하다. 이는 결국 제한된 배터리 성능을 유지하면서 시스템의 성능(performance)을 최대화하기 위한 에너지 관리 방안이 필요하다는 것을 의미한다.
- [0003] 모바일 전자 기기에서 수행되는 작업 예컨대, 동영상 스트리밍 서비스와 같은 대부분의 작업들의 완료 시간은 일반적으로 예측하기 어렵다. 이러한 불확실성이 작업의 실행 시간을 결정하기 어렵게 하고 최적의 에너지 소비율을 결정하기 어렵게 한다. 실행 시간의 불예측성을 처리하기 위한 보수적인 모델은 최대 실행 시간(worst-case execution time)을 적용하는 것이다. 그러나 이는 리소스의 비효율을 초래한다. 왜냐하면 최대 실행 시간은 보통 최악의 실행 케이스에 대비하여 매우 크게 설정되기 때문이다.
- [0004] 한편, 특정한 시간 동안 에너지 공급을 유지하기 위한 제어 방법이 일부 제안된 것들이 있다. 이러한 방법은 특정 시간 동안 전체 에너지 소비가 주어진 에너지 사용 가능량보다 크지 않은 고정 동작 모드를 할당한다. 그러나, 이러한 연구는 고정된 실행 시간의 작업을 고려하므로, 최대 실행 시간 범위의 실행 시간의 작업을 고려하지 않는다는 점에서 한계점을 가지고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0005] 본 발명은 상기한 바와 같은 점을 감안하여 안출된 것으로서, 적어도 하나 이상의 동작 모드를 갖는 작업을 수행하는 경우 수행 대상 작업의 확률적 실행 시간 모델을 결정하고, 이에 기초하여 실시간으로 동작 모드를 변경할 수 있도록 스케줄링함으로써 제한된 에너지를 효율적으로 활용할 수 있는 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0006] 또한, 본 발명은 배터리에 의해 동작하는 모바일 전자 기기의 배터리 사용 가능 잔존량을 실시간으로 고려하여 동작 모드를 스케줄링하도록 함으로써 작업 완료시까지 에너지를 완전히 소모시키지 않고 작업을 수행하도록 함으로써 작업 수행의 완전성과 안전성을 높이고, 사용자의 편의성을 증대시킬 수 있는 방법 및 장치를 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

과제 해결수단

- [0007] 상기한 바와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명은, 적어도 하나 이상의 동작 모드를 스케줄링하는 방법에 있어서, 수행 대상 작업의 확률적 실행 시간 모델을 결정하는 제1 단계; 및 상기 결정된 확률적 실행 시간 모델에 기초하여 작업이 완료될 때까지 수행 대상 작업의 유틸리티를 최대화할 수 있도록 시간대별로 실행할 동작 모드를 결정하는 제2 단계를 포함하고, 작업이 완료될 때까지 상기 결정된 동작 모드를 시간대별로 변경하면서 수행하는 것을 특징으로 하는 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 방법을 제공한다.
- [0008] 여기에서, 상기 제1 단계에서의 확률적 실행 시간 모델은, 특정 시간에서 수행 대상 작업이 수행되고 있을 확률에 의해 결정될 수 있다.

- [0009] 또한, 상기 확률적 실행 시간 모델은,
$$P_t = 1 - \int_0^t C_x dx$$
 (여기서, C_x 는 수행 대상 작업의 확률 분포 함수임)에 의해 결정할 수 있다.

- [0010] 또한, 상기 제2 단계는, 사용 가능 에너지 잔존량에 기초하여 사용 가능 에너지 잔존량의 범위 내에서 동작 모드를 결정할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 동작 모드는 $\int_0^W F_u(SO_t^i) \cdot P_t^i dt$ (여기서, SO_t^i 는 i^{th} 작업에 대해 시간 t 에서 선택되는

동작 모드이고, $F_u(SO_t^i)$ 는 동작 모드 SO_t^i 의 유틸리티임)의 수식을 최대화할 수 있는 시간을 결정 함으로써 동작 모드를 결정할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 동작 모드는 $\int_0^W F_r(SO_t^i) dt \leq E_{\max}$ (여기서, $F_r(SO_t^i)$ 는 동작 모드 SO_t^i 의 전력 소비량 (power consumption)임)의 조건하에서 결정되도록 구성할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 동작 모드의 결정은,

[0014] $P_{\pi_x} \cdot \frac{U_x - U_{x-1}}{R_x - R_{x-1}} = P_{\pi_y} \cdot \frac{U_y - U_{y-1}}{R_y - R_{y-1}}$ (여기에서, $W \geq \pi_x > \pi_y > 0$ 이고

$2 \leq x \leq y \leq N$ 임)를 따르는 π_n 를 계산하고, 상기 계산된 π_n 의 시간에서 동작 모드를 변경하는 것으로 결정할 수도 있다.

[0015] 또한, 상기 동작 모드의 변경은 유틸리티가 한단계 낮은 동작 모드로의 변경이도록 할 수도 있다.

[0016] 본 발명의 다른 측면에 의하면, 적어도 하나 이상의 동작 모드를 스케줄링하는 장치에 있어서, 수행 대상 작업의 확률적 실행 시간 모델을 결정하고, 상기 결정된 확률적 실행 시간 모델에 기초하여 작업이 완료될 때까지 수행 대상 작업의 유틸리티를 최대화할 수 있도록 동작 모드를 결정하되, 작업이 완료될 때까지 상기 결정된 동작 모드를 수행하는 것을 특징으로 하는 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 장치를 제공할 수 있다.

효 과

[0017] 본 발명에 의하면, 적어도 하나 이상의 동작 모드를 갖는 작업을 수행하는 경우 수행 대상 작업의 확률적 실행 시간 모델을 결정하고, 이에 기초하여 실시간으로 동작 모드를 변경할 수 있도록 함으로써 제한된 에너지를 효율적으로 활용할 수 있는 방법 및 장치를 제공할 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명은 배터리에 의해 동작하는 모바일 전자 기기의 배터리 사용 가능 잔존량을 실시간으로 고려하여 동작 모드를 스케줄링하도록 함으로써 작업 완료시까지 에너지를 완전히 소모시키지 않고 작업을 수행하도록 함으로써 작업 수행의 완전성과 안전성을 높이고, 사용자의 편의성을 증대시킬 수 있는 방법 및 장치를 제공할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명에 의한 실시예들을 상세하게 설명한다.

[0020] 도 1은 본 발명에 의한 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 방법의 일실시예를 나타낸 흐름도이다.

[0021] 우선, 본 발명에 의한 스케줄링 방법은, 수행 대상 작업의 확률적 실행 시간 모델을 결정한다(S100). 확률적 실행

행 시간 모델이라 함은, 특정 작업이 특정 시간 t 에서 수행되고 있을 확률에 대한 모델(함수)을 의미하는 것으로서, 다음과 같은 이론에 의해 결정될 수 있다. 일반적으로 작업(task)은 입력되는 데이터의 양, 관련된 동

작 모드, 명령어의 종류 등에 따라서 도 2와 같은 확률적 분포(C_t)와 같이 형태의 변화가 심한 작업 종료 시간을 갖는다. 종래에는 전술한 바와 같이 최대 실행 시간(worst-case execution time)을 기반으로 에너지 소모량을 결정하였으나 도 2와 같이 평균 실행 시간이 최대 실행 시간보다 현저히 짧은 경우에는 사용 가능한 에너

지 자원의 낭비가 발생하게 된다. 도 2와 같은 확률적 분포 C_t 를 도 3과 같이 누적 함수(cumulative

probability, $\int_0^t C_x dx$)로 표현하면 누적 함수의 차함수(tail probability, $P_t = 1 - \int_0^t C_x dx$)는

도 4와 같이 나타낼 수 있다. 도 4의 차함수는 특정 작업이 시간 t 에서 수행되고 있을 확률을 나타내는 것으

로서 t 값이 증가함에 따라 누적 함수가 항상 증가하므로 차함수는 항상 감소하는 특성을 가진다. 이러한 차함수를 본 발명에서의 확률적 실행 시간 모델로 사용할 수 있다. 이를 위해서, 특정 작업에 대하여 도 2와 같

은 확률적 분포 C_t 를 알 수 있도록 미리 데이터를 축적하여 두는 것도 바람직하다.

[0022] 다음으로, 확률적 실행 시간 모델이 결정되면, 결정된 확률적 실행 시간 모델에 기초하여 작업이 완료될 때까지 수행 대상 작업의 유틸리티를 최대화할 수 있도록 시간대별로 실행할 동작 모드를 결정한다(S200). 즉, 단계

(S100)에서 확률적 실행 시간 모델이 결정되면, 결정된 시간 모델에 의해 특정 시간 t 에서 작업이 수행될 확률을 알 수 있으므로, 이에 기초하여 수행 대상 작업의 유틸리티(utility)를 최대화할 수 있도록 동작 모드를 결정(스케줄링)하게 된다.

[0023] 여기에서, 유틸리티(utility)라는 개념은 일종의 QoS(Quality of Service)의 평균적인 기대값과 유사한 개념으로서, 높은 유틸리티를 갖는 동작 모드는 에너지 소모량이 더 크고 작업 수행 효율이 높아지고 반대로 낮은 유틸리티를 갖는 동작 모드는 에너지 소모량은 적은 대신 작업 수행 효율은 낮은 것으로 정의할 수 있다. 작업 수행 효율이라 함은 예컨대 모터의 동작 속도, 데이터 전송 속도, 데이터 처리량, CPU의 동작 전압, 동작 클럭 속도 등과 같은 것으로서, 유틸리티가 높으면 동작 속도 등이 증가하지만 그에 상응하여 에너지 소비가 증가하게 된다. 본 발명에서, 각각의 동작 모드는 서로 다른 유틸리티를 가지며 미리 유틸리티값(utility value)가 할당된 것으로 가정한다.

[0024] 이와 같이, 유틸리티를 최대화하면서 작업이 진행됨에 따라 실시간으로 동작 모드를 결정하는 것은 사용 가능한 에너지 잔존량에 기초하여 결정되어야 한다. 예컨대 배터리로 동작하는 노트북 컴퓨터의 경우 유틸리티를 최대화하는 동시에 현재 시간에서 사용가능한 에너지 잔존량(즉, 배터리 잔존량)의 범위 내에서 동작 모드의 선택이 이루어져야 한다. 전술한 바와 같이, 시간이 경과함에 따라 특정 작업이 계속 수행될 확률은 점차 감소하게 되므로, 시간의 경과에 따라 동작 모드는 낮은 유틸리티를 갖는 동작 모드를 선택해야 하며, 이는 어느 시점에서 동작 모드를 변경할 것인가를 결정하는 문제로 된다.

[0025] 도 5 및 도 6은 동작 모드를 결정하는 방법을 설명하기 위한 도면으로서, 도 5는 보수적인 동작 모드 결정 방법이고 도 6은 본 발명에 의한 동작 모드 결정 방법을 단순화하여 나타낸 것이다. 도 5 및 도 6에서는 설명의 편의를 위하여 유틸리티(utility)를 QoS로서 나타내었다.

[0026] 도 5를 참조하면, 최대 수행 시간을 바탕으로 하여, 최대 수행 시간인 10시간 동안 3의 Qos값을 제공하는 q2 단 일 동작 모드로 작업을 수행하고 있음을 알 수 있다. 이에 비하여 도 6의 경우에는 수행 시간이 경과함에 따라 서로 다른 동작 모드(점차로 낮은 QoS 값을 갖는 순서)를 변경되고 있음을 알 수 있다. 이는 도 4에서 나타낸

바와 같이 확률적 실행 시간 모델인 P_t 가 항상 감소한다는 특성을 이용한 것으로서, 모든 작업들이 100% 수행하는 처음 2시간 동안에는 고성능 고에너지 소모 동작 모드인 q3으로 동작하고, 2시간과 4시간 사이의 수행시

간 동안은 q2로 동작하며, 수행될 가능성이 매우 낮은 4시간 이후에는 저성능 저에너지 소모인 q1으로 동작하고 있다. 수행 완료 시간이 2인 경우, 제안하고자 하는 도 6의 방법은 도 5의 방법보다 3배 증가된 QoS 결과값을 보여주고, 수행 완료 시간이 최대 경우인 10시간일 때에도 도 6의 방법과 같은 에너지 소모량을 가지도록 q1을 결정하면 도 5와 동일한 QoS 결과 값을 갖게 된다.

[0027] 즉, 단계(S200)은 이와 같이 최대 수행 시간까지 에너지를 지속적으로 제공하면서 수행 결과 QoS 값(즉, 유틸리티)을 최대화하도록, 확률적 수행 시간 모델을 바탕으로 제한된 에너지 자원을 차등적으로 분배하도록 수행 동작 모드를 결정하는 문제로서, 주어진 에너지량을 사용하여 주어진 최대 수행 완료 시간을 만족하면서 확률적 실행 시간 모델에 따른 기대 수행 결과 유틸리티값을 최대화하도록 에너지 소모량을 결정하는 문제이며, 이는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0028] maximize $\int_0^{W^i} F_u(SO_t^i) \cdot P_t^i dt$, subject to $\int_0^{W^i} F_r(SO_t^i) dt \leq E_{\max}$.

[0029] (여기서, SO_t^i 는 i^{th} 작업에 대해 시간 t 에서 선택되는 동작 모드이고, $F_u(SO_t^i)$ 는 동작 모드 SO_t^i 의 유틸리티이며, $F_r(SO_t^i)$ 는 동작 모드 SO_t^i 의 전력 소비량(power consumption)임)

[0030] 이러한 수학식 1을 만족시키는 해는 각각의 i 및 $0 \leq t \leq W^i$ 에 대해서 SO_t^i 를 결정하게 된다. 즉, 각 동작 모드의 시작 시간 및 종료 시간을 결정하게 된다.

[0031] 상기 수학식 1은 다음과 같은 성질을 갖는다.

[0032] 1) $R_x < R_y < R_z$ 및 $U_x < U_y < U_z$ 에 대해 $\frac{U_y - U_x}{R_y - R_x} < \frac{U_z - U_y}{R_z - R_y}$ 인 동작 모드 O_y 는 제외한다. (여기서, R_x 는 동작 모드 O_x 의 전력 소비량이고, U_x 는 동작 모드 O_x 의 유틸리티임)

[0033] 2) $0 < t_1 < t_2 \leq W$ 에 대해 $F_u(SO_{t_1}) \geq F_u(SO_{t_2})$ $F_r(SO_{t_1}) \geq F_r(SO_{t_2})$ 이다.

[0034] 1)의 성질에 의하여, 유틸리티값이 에너지 소비율의 오목 함수(concave function)를 따르지 않는 동작 모드는 제외할 수 있다. 따라서, 유틸리티는 에너지 소비율의 오목 함수이다(즉, $2 \leq n \leq (N-1)$ 에 대해

$\frac{U_n - U_{n-1}}{R_n - R_{n-1}} \geq \frac{U_{n+1} - U_n}{R_{n+1} - R_n}$). 또한, 2)의 성질에 의하여, 고유유틸리티 동작 모드에서 저유틸리티 동작 모드로의 변경만을 고려할 수 있다. 성질 2는 $2 \leq n \leq N$ 에 대하여 $0 \leq \pi_n \leq \pi_{n-1} \leq W$ (여기서, π_n 은 동작 모드 O_n 에서 동작 모드 O_{n-1} 으로 변경되는 시점(전이점))임을 의미하므로, 수학식 1은 다음과 같이 다시 정리할 수 있다.

수학식 2

[0035]

$$\begin{aligned} & U_N \cdot \int_0^{\pi_N} P_i dt + U_{N-1} \cdot \int_{\pi_N}^{\pi_{N-1}} P_i dt + \dots + U_1 \cdot \int_{\pi_2}^{\pi_1} P_i dt \\ & \text{maximize} \quad , \quad \text{subject to} \\ & R_N \cdot \pi_N + R_{N-1}^i \cdot (\pi_{N-1} - \pi_N) + \dots + R_1^i \cdot (\pi_1 - \pi_2) \leq E_{\max} \end{aligned}$$

[0036]

(여기에서, 최대 실행 시간에 대한 최소 유틸리티 U_1 을 적어도 보장할 수 있도록 $\pi_1 = W$ 이고, O_n 이 사용되지 않는 경우 $\pi_n = 0$ 또는 $\pi_n = \pi_{n+1}$ 임)

[0037]

이러한 수학적 2에 의하여, 모든 π_n 들을 구하게 되면 최적의 스케줄링을 수행할 수 있게 된다. π_n 는 다음과 같은 수학적 3을 따른다.

수학적 3

[0038]

$$P_{\pi_x} \cdot \frac{U_x - U_{x-1}}{R_x - R_{x-1}} = P_{\pi_y} \cdot \frac{U_y - U_{y-1}}{R_y - R_{y-1}} \quad (여기에서, \quad W \geq \pi_x > \pi_y > 0 \text{ 이고}$$

$$2 \leq x \leq y \leq N \text{ 임})$$

[0039]

고정된 값 π_2 로부터, 수학적 3을 만족시키는 $\pi_3, \dots, \pi_N$ 을 결정할 수 있다. $\pi_2 = 1$ 에서 $\pi_2 = W$ 까
지 반복적으로 $\pi_3, \dots, \pi_N$ 을 계산하면 $E_{\max}$ 와 매칭되는 정확한 π_n 들을 찾을 수 있다.

[0040]

우선, $\pi_2 = 1$ 로 하고, $3 \leq n \leq N$ 에 대하여 $P_{\pi_n} = P_{\pi_2} \cdot \frac{U_2 - U_1}{R_2 - R_1} \cdot \frac{R_n - R_{n-1}}{U_n - U_{n-1}}$ 를 만족
하는 π_n 을 찾는다. P_t 의 정의로부터 $0 \leq P_{\pi_n} \leq 1$ 이므로, $P_{\pi_n} > 1$ 인 π_n 의 값은 0으로 설정된
다. 이는 탐색하는 스케줄의 에너지 소비량을 계산하고 이를 주어진 에너지($E_{\max}$)와 비교한다. 탐색하는
스케줄의 에너지 소비량이 주어진 에너지량보다 작다면, π_2 의 값을 증가시키고 $n \geq 3$ 인 π_n 에 대해서 다
시 탐색한다. $\pi_2 = W$ 이고 에너지 소비량이 주어진 에너지량보다도 아직도 작은 경우라면 $n \geq 4$ 인 나머
지 시간 π_n 을 다시 탐색한다. 마찬가지로, $\pi_j = W$ 이고 에너지 소비량이 아직도 주어진 에너지량보다 작
다면, π_j 대신 π_{j+1} 을 증가시킨다. 이러한 과정을 탐색되는 스케줄의 에너지 소비량이 $E_{\max}$ 와 같게
될 때까지 반복한다.

[0041]

이러한 과정을 통해, π_n 들을 구할 수 있는데 이는 동작 모드를 변경하게 되는 시간 정보를 의미하고, 이러

한 시간 정보에 기초하여 작업 완료시까지 각각의 시간대별로 선택된 동작 모드에서 작업을 수행하고 시간 정보에 상응하는 시점에서 동작 모드를 변경(예컨대 유틸리티가 한 단계 낮은 동작 모드로 변경)하면서 작업을 수행하게 된다(S300).

[0042] 이상에서, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 본 발명을 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되는 것이 아님은 물론이다. 예컨대, 전술한 실시예의 내용은 M개의 복수 작업인 경우에도 확장 적용할 수 있다. 이 경우, 수학적 식 1은 다음과 같이 표현할 수 있다.

수학적 식 4

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^M \int_0^{W^i} F_u(SO_t^i) \cdot P_t^i dt \\ \text{[0043] maximize} & \quad , \text{ subject to } \sum_{i=1}^M \int_0^{W^i} F_r(SO_t^i) dt \leq E_{\max} . \end{aligned}$$

[0044] 이러한 수식을 이용하여 주어진 에너지량을 M개의 작업에 분배하도록 결정하면 복수개의 작업에 대해서도 전체적인 유틸리티를 최대화할 수 있도록 동작 모드를 스케줄링 할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0045] 도 1은 본 발명에 의한 확률적 실행 시간에 기초한 동작 모드의 스케줄링 방법의 일실시예를 나타낸 흐름도이다.

[0046] 도 2는 일반적인 작업의 작업 종료 시간의 확률적 분포를 나타낸 도면이다.

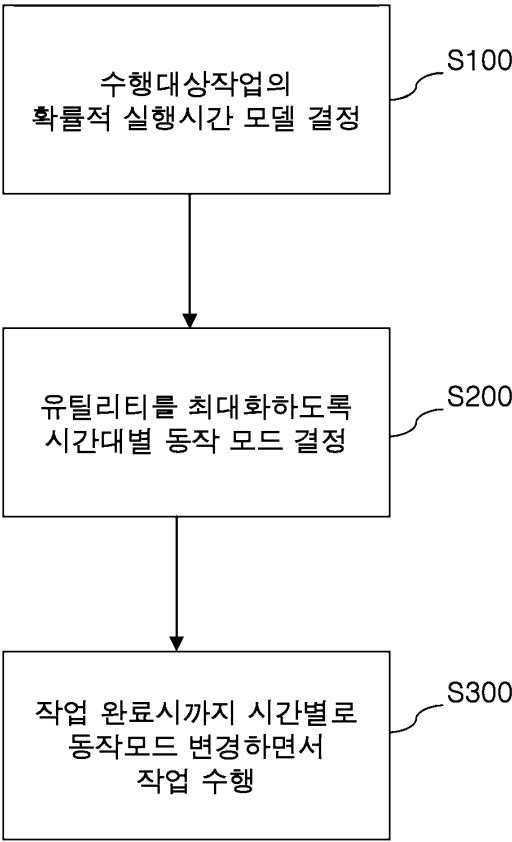
[0047] 도 3은 도 2의 확률적 분포의 누적 함수를 나타낸 도면이다.

[0048] 도 4는 도 2 및 도 3의 누적 함수의 차함수를 나타낸 도면이다.

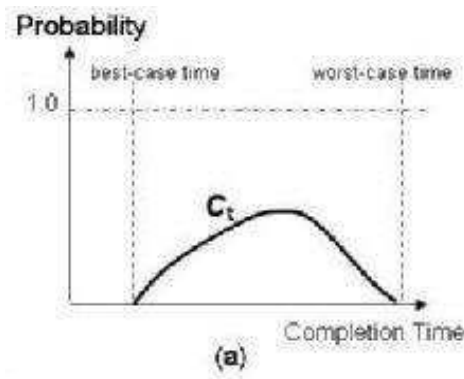
[0049] 도 5 및 도 6은 동작 모드를 결정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도면

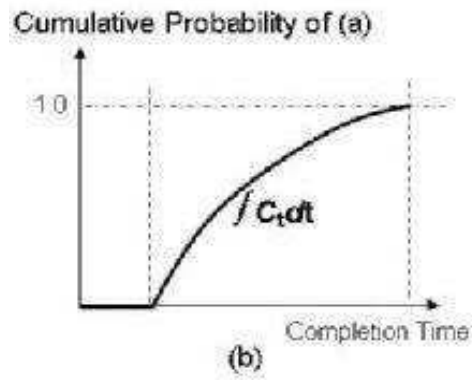
도면1



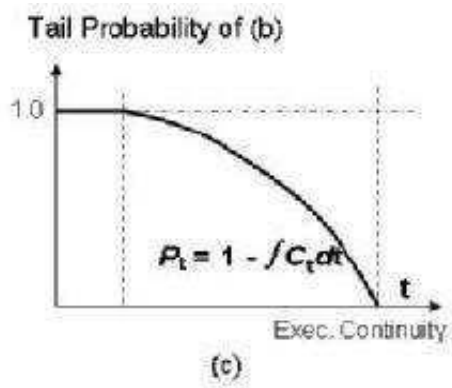
도면2



도면3



도면4



도면5



도면6

