



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년07월21일
(11) 등록번호 10-2424416
(24) 등록일자 2022년07월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21D 3/00 (2006.01) G06F 11/28 (2006.01)
G21C 17/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G21D 3/001 (2013.01)
G06F 11/28 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0134465
(22) 출원일자 2020년10월16일
심사청구일자 2020년10월16일
(65) 공개번호 10-2022-0050605
(43) 공개일자 2022년04월25일
(56) 선행기술조사문헌
KR1019980038742 A
KR1020080065936 A
KR1020110001566 A
KR1020180049020 A

(73) 특허권자
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
허균영
경기도 수원시 영통구 센트럴타운로 76, 6109동 2004호(이의동, e편한세상 광고)
김태완
서울특별시 강남구 선릉로 221, 102동 105호(도곡동, 도곡텍슬아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 이용호

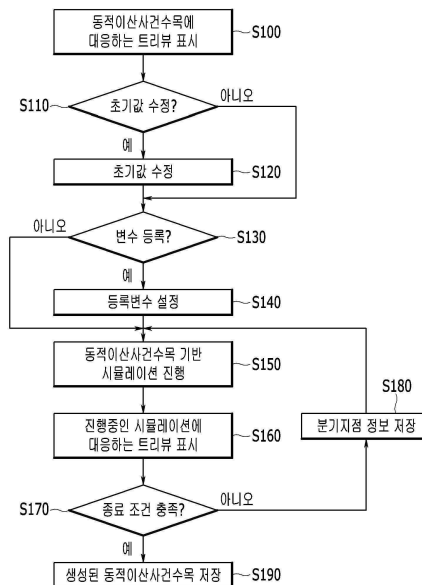
(54) 발명의 명칭 동적이산사건수목의 분석 장치 및 그 방법

(57) 요약

동적이산사건수목의 분석 방법 및 장치가 개시된다.

이 장치의 시뮬레이션부는 복수의 기기들 및 운전원 동작 수행 시점을 포함하는 물리모델의 시뮬레이션을 수행하면서 감시변수 및 제어변수를 수집하고, 수집된 감시변수를 사용하여 분기규칙을 결정하며, 결정된 분기규칙에 (뒷면에 계속)

대표도 - 도6



기반하여 분기지점을 생성하고, 생성된 분기지점에 기반하여 분기확률 계산 및 상기 제어변수를 변경하며, 계산된 분기확률 및 변경된 제어변수를 이용하여 물리모델의 시뮬레이션을 재수행하여, 물리모델에 대한 동적 신뢰도 평가의 결과인 동적이산사건수목을 생성한다. 분석 처리부는 시뮬레이션부에서 생성된 동적이산사건수목을 사용하여 시뮬레이션부를 통해 물리모델에 대한 시뮬레이션을 재수행하면서 생성된 동적이산사건수목에 대한 분석을 수행할 수 있도록 한다. 시뮬레이션부는 분석 처리부의 제어에 따라 감시변수 및 제어변수와 분기지점에서의 시뮬레이션 진행 정보를 분석 처리부로 제공하고, 분석 처리부는 동적이산사건수목에 대응하는 트리뷰를 표시하고, 표시된 트리뷰를 통한 사용자의 선택에 따라 시뮬레이션부에 의한 동적이산사건수목에 대한 시뮬레이션의 재수행을 제어한다.

(52) CPC특허분류
G21C 17/00 (2013.01)
 (72) 발명자

김중현
 광주광역시 북구 설죽로 600, 101동 807호(일곡동, 삼호아파트)

백세진
 울산광역시 중구 운곡안길 41-1, 1층(다운동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1075000746
과제번호	1803008-0219-CG100
부처명	원자력안전위원회
과제관리(전문)기관명	한국원자력안전재단
연구사업명	원자력안전연구사업/원자력안전규제기술개발
연구과제명	범용목적 동적신뢰도분석도구 개발 및 운전절차서 적용범위 평가사례 연구
기여율	1/1
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2018.04.01~2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

동적이산사건수목의 분석 장치로서,

복수의 기기들 및 운전원 동작 수행 시점을 포함하는 물리모델의 시뮬레이션을 수행하면서 감시변수 및 제어변수를 수집하고, 수집된 감시변수를 사용하여 분기규칙을 결정하며, 결정된 분기규칙에 기반하여 분기지점을 생성하고, 생성된 분기지점에 기반하여 분기확률 계산 및 상기 제어변수를 변경하며, 계산된 분기확률 및 변경된 제어변수를 이용하여 상기 물리모델의 시뮬레이션을 재수행하여, 상기 물리모델에 대한 동적 신뢰도 평가의 결과인 동적이산사건수목을 생성하는 시뮬레이션부, 그리고

상기 시뮬레이션부에서 생성된 동적이산사건수목을 사용하여 상기 시뮬레이션부를 통해 상기 물리모델에 대한 시뮬레이션을 재수행하면서 상기 생성된 동적이산사건수목에 대한 분석을 수행할 수 있도록 하는 분석 처리부

를 포함하며,

상기 시뮬레이션부는 상기 분석 처리부의 제어에 따라 상기 감시변수 및 제어변수와 상기 분기지점에서의 시뮬레이션 진행 정보를 상기 분석 처리부로 제공하고, 상기 분석 처리부는 상기 동적이산사건수목에 대응하는 트리뷰(tree view)를 표시하고, 표시된 트리뷰를 통한 사용자의 선택에 따라 상기 시뮬레이션부에 의한 상기 동적이산사건수목에 대한 시뮬레이션의 재수행을 제어하는,

동적이산사건수목의 분석 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 시뮬레이션부는,

상기 물리모델의 시뮬레이션을 수행하면서 상기 감시변수 및 상기 제어변수를 수집하는 물리모델,

상기 감시변수를 이용하여 상기 시뮬레이션의 분기지점을 결정하기 위한 분기규칙을 결정하는 진단모델,

상기 분기규칙에 기반하여 적어도 하나의 분기지점을 생성하는 스케줄러,

상기 적어도 하나의 분기지점에 기반하여 상기 복수의 기기들의 고장 여부 및 상기 운전원 동작 수행 시점과 관련된 분기확률을 계산하고, 상기 제어변수를 변경하는 기기작동모델, 그리고

상기 분석 처리부에게 시뮬레이션 결과인 동적이산사건수목에 대한 정보를 제공하고, 상기 분석 처리부의 제어에 따라, 상기 스케줄러가 동적이산사건수목을 사용한 시뮬레이션을 재수행하도록 하는 제어를 수행하며, 상기 시뮬레이션 재수행시 시뮬레이션 수행 중인 정보를 상기 스케줄러를 통해 전달받아서 상기 분석 처리부로 전달하는 시뮬레이션 제어부

를 포함하며,

상기 스케줄러는, 상기 분기확률 및 변경된 제어 변수를 상기 물리모델로 전달하여 상기 물리모델이 상기 시뮬레이션을 재수행하여 상기 시뮬레이션 결과인 동적이산사건수목을 생성하도록 지원하는,

동적이산사건수목의 분석 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 분석 처리부는,

상기 동적이산사건수목을 구성하는 개별 사건시퀀스를 식별하여 전체 사건시퀀스를 구성하는 사건시퀀스 구성부,

상기 사건시퀀스 구성부에 의해 구성되는 전체 사건시퀀스를 트리뷰로 구성하여 표시하는 트리뷰 처리부, 그리고

상기 시뮬레이션부로부터 동적이산사건수목을 전달받아서 상기 사건시퀀스 구성부로 전달하여 사건시퀀스를 구성하고, 구성된 사건시퀀스에 대해 상기 트리뷰 처리부를 통해 대응하는 트리뷰로 구성하여 표시되도록 한 후, 상기 트리뷰를 통한 사용자의 선택에 따라 상기 시뮬레이션부를 제어하여 대응하는 시뮬레이션을 재수행시키는 분석 제어부

를 포함하는, 동적이산사건수목의 분석 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 사건시퀀스는 하나 이상의 분기로 구성되고, 각각의 분기는 분기명을 사용하며, 각각의 사건시퀀스는 구성된 분기의 분기명의 누적을 통해 사건시퀀스 형태가 결정될 수 있는,

동적이산사건수목의 분석 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 사건시퀀스 구성부는 전체 사건시퀀스 중에서 미리 설정된 형태의 사건시퀀스를 검색할 수 있고, 검색된 사건시퀀스에 대해 상기 트리뷰 처리부가 상기 트리뷰 상에 표시할 수 있는,

동적이산사건수목의 분석 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 분석 제어부는 상기 검색된 사건시퀀스에 대해 상기 시뮬레이션부를 통한 시뮬레이션의 재수행이 진행되도록 하는,

동적이산사건수목의 분석 장치.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 분석 제어부는 상기 시뮬레이션부를 통한 시뮬레이션 중에 상기 트리뷰를 통한 상기 사용자의 분기지점 선택이 있는 경우, 상기 분기지점에서의 시뮬레이션을 정지시킨 후, 상기 사용자의 선택에 따라 상기 시뮬레이션을 종료하거나, 또는 입력값의 수정을 수행하거나, 또는 상기 시뮬레이션을 재개하는 처리를 수행하는,

동적이산사건수목의 분석 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 입력값은 상기 분기지점에서의 공정 운전 조건, 기기 고장 유무 및 기기 신뢰도 정보를 포함하는,

동적이산사건수목의 분석 장치.

청구항 9

제3항에 있어서,

상기 트리뷰 처리부는 상기 사용자에게 의해 선택된 분기지점을 상기 트리뷰 내에 표시하거나, 또는 상기 사용자에게 의해 선택된 분기지점에 대응하는 정보를 상기 분기지점에 대응하도록 상기 트리뷰 내에 표시하거나, 또는 상기 사용자에게 의해 선택된 분기지점을 기준으로 상위 사건시퀀스 또는 하위 사건시퀀스를 서로 구별되도록 표시하거나, 또는 상기 트리뷰 전체 또는 일부를 확대하거나 축소하여 표시하는,

동적이산사건수목의 분석 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 분석 처리부는 상기 시뮬레이션 진행시 감시될 감시변수가 등록변수로 등록되는 경우, 상기 시뮬레이션 진행 중에 상기 등록변수의 상태를 상태 창을 통해 표시하거나, 또는 상기 등록변수에 대한 상태 변화를 이력 그래프를 통해 제공하는,

동적이산사건수목의 분석 장치.

청구항 11

분석 장치가 동적이산사건수목에 대한 분석을 수행하는 방법으로서,

복수의 기기들 및 운전원 동작 수행 시점을 포함하는 물리모델의 시뮬레이션을 수행하여 상기 물리모델에 대한 동적 신뢰도 평가의 결과로서 생성된 동적이산사건수목에 대응하는 트리뷰를 표시하는 단계 - 상기 동적이산사건수목은 상기 물리모델의 시뮬레이션을 수행하면서 감시변수 및 제어변수를 수집하고, 수집된 감시변수를 사용하여 분기규칙을 결정하며, 결정된 분기규칙에 기반하여 분기지점을 생성하고, 생성된 분기지점에 기반하여 분기확률 계산 및 상기 제어변수를 변경하며, 계산된 분기확률 및 변경된 제어변수를 이용하여 상기 물리모델의 시뮬레이션을 재수행함으로써 생성됨 -, 그리고

상기 트리뷰를 통한 사용자의 선택에 따라 상기 동적이산사건수목을 구성하는 전체 사건시퀀스 또는 일부 사건시퀀스에 대한 시뮬레이션을 재수행하는 단계

를 포함하는 동적이산사건수목의 분석 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 트리뷰를 표시하는 단계와 상기 시뮬레이션을 재수행하는 단계 사이에,

상기 시뮬레이션의 초기값을 변경하는 단계, 그리고

상기 감시변수 중에서 상기 사용자에 의해 선택되는 감시변수를 등록변수로 등록하는 단계

를 더 포함하고,

상기 시뮬레이션을 재수행하는 단계에서, 상기 등록변수에 대한 상태를 감시하도록 표시하는,

동적이산사건수목의 분석 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 시뮬레이션을 재수행하는 단계는,

상기 트리뷰에서 표시되는 사건시퀀스 중에서 사용자에게 의해 특정된 사건시퀀스를 검색하는 단계, 그리고

검색된 사건시퀀스에 대한 시뮬레이션을 재수행하는 단계

를 포함하는, 동적이산사건수목의 분석 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 검색된 사건시퀀스에 대한 시뮬레이션은 상기 검색된 사건시퀀스의 종료 시점으로부터 재개되는 시뮬레이션인,

동적이산사건수목의 분석 방법.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 시뮬레이션을 재수행하는 단계는,

상기 시뮬레이션의 진행 상태에 대응하는 트리뷰를 표시하는 단계,

상기 트리뷰를 통해 표시된 사건시퀀스의 분기지점 중에서 사용자에게 의해 특정 분기지점이 선택되는 경우, 선택된 분기지점에서 상기 시뮬레이션을 정지시키는 단계, 그리고

상기 선택된 분기지점에서, 상기 사용자의 선택에 따라, 상기 시뮬레이션을 종료하거나, 또는 상기 분기지점에서의 입력값을 수정하거나, 또는 상기 시뮬레이션을 재개하는 단계

를 포함하는, 동적이산사건수목의 분석 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 동적이산사건수목의 분석 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 신뢰도공학에서 사용되는 사건수목(event tree, ET)은 어떤 조건이 맞으면 그 시점에서 달라지는 상황을 반영하여 시나리오를 2개 이상으로 분기하고, 각각의 시나리오가 전개되는 모습을 보여주는 방법을 지칭한다. 여기서, 어떤 조건이 맞아 시나리오가 분기되는 시점을 분기지점이라고 지칭하며, 사건수목은 분석자가 사전 지식을 활용하여 다수의 분기지점이 도래할 순서를 미리 정하게 된다.

[0003] 다만, 종래의 사건수목은 분석자가 사전 지식을 활용하여 분기지점이 도래할 순서를 미리 지정함에 따라 물리모델의 시뮬레이션 결과를 반영할 수 없다. 또한, 종래의 사건수목은 공정의 안전성에 대한 평가를 수행함에 있어 각 분기 별로 공정을 모사하는 물리모델에 대한 변화를 적용할 수 없으므로, 물리모델의 시뮬레이션 결과에 따른 정확도가 감소되는 단점이 존재할 수 있다.

[0004] 한편, 동적이산사건수목(Dynamic Discrete Event Tree, DDET)은 개념적인 측면에서는 기존의 사건수목 방법론과 동일하다. 그러나, 동적이산사건수목은 분기지점을 미리 정하는 방식이 아니라 물리모델을 시뮬레이션한 결과를 실시간으로 반영하여 분기지점을 설정하기 때문에 기존의 방법에서 분기지점의 순서를 미리 정해 놓는 것과는 차이가 있다. 특히, 물리모델을 사람이 개입하여 제어하거나 우연적인 요소 예컨대 기기고장 등이 발생하는 경우를 모사하려면 일반적인 사건수목과는 다른 방법이 필요하다. 즉, 이러한 시나리오 분석에서는 미리 분기 지점을 정하고 시작하는 기존의 사건수목이 더 이상 유효하지 않기 때문에 동적이산사건수목을 적용하여야 한다.

[0005] 이러한 동적이산사건수목은 다수의 모듈의 무작위적 조합에 의해 생성되며, 생성되는 동적이산사건수목에 포함되는 분기지점마다 사건시퀀스가 다수로 분기되어 마지막에 가서는 사건시퀀스를 나타내기 위해 대규모 데이터가 생성된다.

[0006] 따라서, 동적이산사건수목에 기반하는 사건시퀀스로부터 중요한 정보를 얻기 위해서는 대규모 데이터의 동적이산사건수목을 효과적으로 관리하고 분석하는 방법이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 대규모 데이터의 동적이산사건수목을 효과적으로 관리하고 분석하는 동적이산사건수목의 분석 장치 및 그 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기한 바와 같은 본 발명의 과제를 달성하고, 후술하는 본 발명의 특징적인 효과를 실현하기 위한, 본 발명의

특징적인 구성은 하기와 같다.

- [0009] 본 발명의 일 측면에 따르면, 동적이산사건수목의 분석 장치가 제공되며, 이 장치는,
- [0010] 복수의 기기들 및 운전원 동작 수행 시점을 포함하는 물리모델의 시뮬레이션을 수행하면서 감시변수 및 제어변수를 수집하고, 수집된 감시변수를 사용하여 분기규칙을 결정하며, 결정된 분기규칙에 기반하여 분기지점을 생성하고, 생성된 분기지점에 기반하여 분기확률 계산 및 상기 제어변수를 변경하며, 계산된 분기확률 및 변경된 제어변수를 이용하여 상기 물리모델의 시뮬레이션을 재수행하여, 상기 물리모델에 대한 동적 신뢰도 평가의 결과인 동적이산사건수목을 생성하는 시뮬레이션부, 그리고 상기 시뮬레이션부에서 생성된 동적이산사건수목을 사용하여 상기 시뮬레이션부를 통해 상기 물리모델에 대한 시뮬레이션을 재수행하면서 상기 생성된 동적이산사건수목에 대한 분석을 수행할 수 있도록 하는 분석 처리부를 포함하며, 상기 시뮬레이션부는 상기 분석 처리부의 제어에 따라 상기 감시변수 및 제어변수와 상기 분기지점에서의 시뮬레이션 진행 정보를 상기 분석 처리부로 제공하고, 상기 분석 처리부는 상기 동적이산사건수목에 대응하는 트리뷰(tree view)를 표시하고, 표시된 트리뷰를 통한 사용자의 선택에 따라 상기 시뮬레이션부에 의한 상기 동적이산사건수목에 대한 시뮬레이션의 재수행을 제어한다.
- [0011] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 동적이산사건수목의 분석 방법이 제공되며, 이 방법은,
- [0012] 분석 장치가 동적이산사건수목에 대한 분석을 수행하는 방법으로서, 복수의 기기들 및 운전원 동작 수행 시점을 포함하는 물리모델의 시뮬레이션을 수행하여 상기 물리모델에 대한 동적 신뢰도 평가의 결과로서 생성된 동적이산사건수목에 대응하는 트리뷰를 표시하는 단계 - 상기 동적이산사건수목은 상기 물리모델의 시뮬레이션을 수행하면서 감시변수 및 제어변수를 수집하고, 수집된 감시변수를 사용하여 분기규칙을 결정하며, 결정된 분기규칙에 기반하여 분기지점을 생성하고, 생성된 분기지점에 기반하여 분기확률 계산 및 상기 제어변수를 변경하며, 계산된 분기확률 및 변경된 제어변수를 이용하여 상기 물리모델의 시뮬레이션을 재수행함으로써 생성됨 -, 그리고 상기 트리뷰를 통한 사용자의 선택에 따라 상기 동적이산사건수목을 구성하는 전체 사건시퀀스 또는 일부 사건시퀀스에 대한 시뮬레이션을 재수행하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0013] 본 발명에 따르면, 분기지점을 미리 정하는 방식이 아니라 물리모델을 시뮬레이션한 결과를 실시간으로 반영하여 분기지점을 설정하는 동적이산사건수목에 대한 시뮬레이션을 재수행하면서 분석이 가능하도록 할 수 있다.
- [0014] 또한, 사건시퀀스 중에서 특정 사건시퀀스를 선별하고 해당 사건시퀀스의 종료 시점 이전의 입력 자료를 검토 및 재정비한 후 재계산을 수행할 수 있도록 함으로써 특정 사건시퀀스에 대한 분석이 가능하다.
- [0015] 또한, 시뮬레이션을 수행하는 중에 목적에 따라 특정 분기지점에서 시뮬레이션을 정지시킨 후 시뮬레이션을 종료시키거나 각종 입력값을 수정한 다음 시뮬레이션을 재개할 수 있으므로, 미세하고 정교한 동적이산사건수목 기반 분석을 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 동적이산사건수목 분석 장치의 개략적인 구성 블록도이다.
- 도 2는 도 1에 도시된 동적이산사건수목 기반 시뮬레이션부의 구체적인 구성 블록도이다.
- 도 3은 도 1에 도시된 분석 처리부의 구체적인 구성 블록도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따라 동적이산사건수목에 대응하는 트리뷰를 구성하여 표시한 예를 도시한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따라 시뮬레이션시 물리모델의 변수 값의 변화를 확인할 수 있는 이력 그래프의 예를 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 동적이산사건수목의 분석 방법의 개략적인 흐름도이다.
- 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 동적이산사건수목의 분석 방법의 개략적인 흐름도이다.
- 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 동적이산사건수목의 분석 방법에서 사건시퀀스의 종류가 표시된 트리뷰의 예를 도시한 도면이다.

도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 동적이산사건수목의 분석 방법의 개략적인 흐름도이다.

도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따라 분기지점 t_2 에서 시뮬레이션이 정지된 후 사용자가 선택할 수 있는 작동의 예를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다
- [0018] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0019] 본 발명에서 설명하는 장치들은 적어도 하나의 프로세서, 메모리 장치, 통신 장치 등을 포함하는 하드웨어로 구성되고, 지정된 장소에 하드웨어와 결합되어 실행되는 프로그램이 저장된다. 하드웨어는 본 발명의 방법을 실행할 수 있는 구성과 성능을 가진다. 프로그램은 도면들을 참고로 설명한 본 발명의 동작 방법을 구현한 명령어(instructions)를 포함하고, 프로세서와 메모리 장치 등의 하드웨어와 결합하여 본 발명을 실행한다.
- [0020] 이하, 본 발명의 실시예에 따른 동적이산사건수목 분석 장치에 대해 설명한다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 동적이산사건수목 분석 장치의 개략적인 구성 블록도이다.
- [0022] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 동적이산사건수목 분석 장치(10)는 동적이산사건수목 기반 시뮬레이션부(100) 및 분석 처리부(200)를 포함한다.
- [0023] 동적이산사건수목 기반 시뮬레이션부(100)는 복수의 기기들을 포함하는 물리모델의 시뮬레이션을 수행하면서 감시변수 및 제어변수를 수집하고, 수집된 감시변수를 사용하여 분기규칙을 결정하며, 결정된 분기규칙에 기반하여 분기지점을 생성하고, 생성된 분기지점에 기반하여 분기확률 계산 및 제어변수를 변경하며, 계산된 분기확률 및 변경된 제어변수를 이용하여 물리모델의 시뮬레이션을 재수행하여, 물리모델에 대한 동적 신뢰도 평가의 결과인 동적이산사건수목을 생성한다.
- [0024] 분석 처리부(200)는 동적이산사건수목 기반 시뮬레이션부(100)에서 생성된 동적이산사건수목을 사용하여 동적이산사건수목 기반 시뮬레이션부(100)를 통해 물리모델에 대한 시뮬레이션을 재수행하면서 동적이산사건수목에 대한 분석을 수행할 수 있도록 한다.
- [0025] 구체적으로, 분석 처리부(200)는 동적이산사건수목에 포함된 모든 사건시퀀스를 전개하고 전개된 사건시퀀스 중에서 선택된 사건시퀀스에 대해서 선택적으로 분석할 수 있도록 하거나, 또는 시뮬레이션 중에 사용자의 개입에 의해 특정 분기를 선택하여 분석할 수 있도록 할 수 있다. 여기서, 사건시퀀스는 시뮬레이션이 시작되어 종료되는데까지의 순서를 지칭한다. 이러한 사건시퀀스는 크게 네 가지로 구분되지만, 사용자가 원하는 종료 상황에 따라 더 세부적으로 분류될 수도 있다.
- [0026] 1) 정상종료(N) : 사건시퀀스가 특정 조건에 도달하는 경우 물리모델로 계산되는 시스템의 상태가 안전하거나 또는 정상적인 상황으로 간주될 수 있도록 종료된 사건시퀀스를 지칭한다.
- [0027] 2) 사고종료(D) : 사건시퀀스가 정상종료(N)하지 않은 것으로, 시스템의 상태가 위험하거나 비정상적인 상황으로 간주할 수 있도록 종료된 사건시퀀스를 지칭한다. 이러한 사고종료(D)의 경우, 사용자가 원하는 종료 조건을 추가하여 다양한 종류의 사고종료(D) 형태를 확인할 수도 있다. 두 개 이상의 감시변수를 개별 또는 동시 충족되는 경우 등으로 나누어 종료 조건에 포함시킴으로써 사고시퀀스별 다양한 종료 상황을 반영하는 것이 그 예일 수 있다.
- [0028] 3) 컷오프종료(C) : 사건시퀀스가 진행됨에 있어 각 분기지점에서는 신뢰도모델에서 계산된 분기확률이 이전 분기의 분기확률과 누적곱으로 계산되어, 사전에 정의된 절삭값(Truncation 또는 컷오프) 이하로 내려가면 개연성이 매우 작다고 판단하여 물리모델의 계산을 종료하는 경우의 사건시퀀스를 지칭한다. 그러나, 이러한 컷오프

종료(C)는 시뮬레이션을 멈추지 않고 계속 진행했을 경우, 정상종료(N) 또는 사고종료(D)에 도달할 수 있다.

- [0029] 4) 미확인종료(U) : 물리모델의 시뮬레이션 과정에서 알 수 없는 이유 또는 입력 오류 등의 이유로 시뮬레이션이 종료되는 경우의 사건시퀀스를 지칭한다. 이러한 미확인종료(U)의 사건시퀀스는 계산 결과를 신뢰할 수 없으므로 분석에서 제외하거나 다시 시뮬레이션을 수행하여 올바른 결과가 도출되도록 할 수 있다.
- [0030] 분석 처리부(200)는 선택적인 사건시퀀스의 재수행과 관련하여, 예를 들어, 전술한 미확인종료(U)에 해당하는 사건시퀀스를 선별하여 재수행시킴으로써 분석을 수행할 수 있다.
- [0031] 또한, 분석 처리부(200)는 시뮬레이션 수행 중 특정 분기지점에서 시뮬레이션을 정지시킨 후, 해당 시뮬레이션을 완전히 중단시키거나, 또는 공정 운전 조건, 기기 고장 유무, 기기 신뢰도 정보 등과 같은 입력을 수정한 다음 시뮬레이션을 재시작시키거나 종료 시점부터 재개시킬 수 있다.
- [0032] 또한, 분석 처리부(200)는 물리모델의 감시변수 중에서 특정 감시변수를 시뮬레이션 시작 시 등록변수로 등록하여 시뮬레이션 종료때까지 계속 감시할 수 있다. 따라서, 시뮬레이션 재수행시 동적이산사건수목 기반 시뮬레이션부(100)는 분석 처리부(200)에서 등록된 등록변수에 대한 값을 분석 처리부(200)에게 지속적으로 제공해야 한다.
- [0033] 한편, 분석 처리부(200)는 동적이산사건수목이 나타내는 사건시퀀스들을 구분하기 위해 분기별로 대응하는 분기명을 사용한다. 예를 들어, 각각의 분기들은 자동/수동 분기규칙 번호, 해당 분기규칙으로 발생된 분기 번호 등으로 구성된 분기명에 의해 구분될 수 있다. 따라서, 분기지점까지 거처온 분기명을 누적하면 해당 사건시퀀스의 형태를 알 수 있다. 또한, 각각의 분기에 대해 분기시각이 기록되며, 이는 시뮬레이션 시간을 기준으로 기록될 수 있다.
- [0034] 또한, 분석 처리부(200)는 사용자가 시각적으로 동적이산사건수목의 형태를 볼 수 있도록 디스플레이 등을 통해 대응되는 트리 형태(트리뷰(tree view))로 표시할 수 있다. 따라서, 사용자는 트리 형태로 표시된 동적이산사건수목을 통해 사건시퀀스를 인지하고 원하는 사건시퀀스 또는 분기를 선택하여 재수행시킬 수 있다. 이에 대해서는 추후 구체적으로 설명한다.
- [0035] 이하, 전술한 동적이산사건수목 기반 시뮬레이션부(100)에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0036] 도 2는 도 1에 도시된 동적이산사건수목 기반 시뮬레이션부(100)의 구체적인 구성 블록도이다.
- [0037] 도 2에 도시된 바와 같이, 동적이산사건수목 기반 시뮬레이션부(100)는 물리모듈(110), 스케줄러(120), 진단모듈(130), 기기작동모듈(140), 저장부(150) 및 시뮬레이션 제어부(160)를 포함한다.
- [0038] 물리모듈(110)은 복수의 기기들을 포함하는 물리모델의 시뮬레이션을 수행하고, 수행된 시뮬레이션에 기반한 감시변수와 제어변수를 수집할 수 있다.
- [0039] 일례로, 물리모듈(110)은 수집된 감시변수 및 수집된 제어변수를 스케줄러(120)로 전달하여 진단모듈(130)의 분기규칙 진단을 지원할 수 있다.
- [0040] 예를 들어, 물리모듈(110)은 물리모델로부터 특정 시간에서의 온도, 압력, 유량, 수위 또는 진동 중 어느 하나와 같은 공정의 상태와 관련된 감시변수를 수집할 수 있다.
- [0041] 물리모듈(110)은 물리모델로부터 공정을 구성하는 기기의 운전상태와 같은 공정의 운영과 관련된 제어변수를 수집할 수 있다.
- [0042] 예를 들어, 공정의 운영은 복수의 기기들 중 펌프의 운전률 25% 내지 운전률 50% 중 어느 하나, 밸브의 열림률 25% 내지 열림률 50% 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0043] 또한, 물리모듈(110)은 미리 전달된 분기확률의 절삭 값과 계산된 분기확률을 비교하여 더 낮은 값을 가지면 해당 분기의 시뮬레이션을 종료할 수 있다.
- [0044] 또한, 물리모듈(110)은 절삭 값이 계산된 분기확률과 비교하여 더 높은 값을 가지면 계산된 분기확률을 고려하여 상기 해당 분기의 시뮬레이션을 수행할 수 있다.
- [0045] 본 발명의 실시예에 따르면, 물리모듈(110)은 MARS-KS(Multidimensional Analysis of Reactor Safety-Korean Industrial Standards), 스페이스(SPACE), 트레이스(TRACE), 멜코어(MELCOR), MAAP(Modular Accident Analysis Program) 중 어느 하나의 안전해석 코드를 이용하여 생성될 수 있는 물리모델을 포함할 수 있다.

- [0046] 예를 들어, 동적이산사건수목에 기반한 시뮬레이션부(100)가 원자력발전소의 물리모델에 대한 시뮬레이션을 수행하는 경우, 물리모델은 MARS-KS, SPACE, TRACE 등의 안전해석 코드로 개발되어 물리모델(110)에 들어갈 수 있으며, 중대사고를 평가한다면 MELCOR, MAAP 등의 안전해석 코드가 사용될 수 있다.
- [0047] 하지만, 물리모델은 반드시 이와 같은 안전해석 코드에 국한되는 것도 아니며 원자력발전소 안전성 평가에만 해당되는 것도 아니다.
- [0048] 이와 같이, 물리모델(110)은 물리모델을 실행시키고 그 결과물을 스케줄러(120)와 주고 받는 모듈로서, 물리모델의 감시변수는 실시간으로 물리모델(110)을 통해 스케줄러(120)에 전달되어 분기규칙의 진단을 지원할 수 있으며, 반대로 특정 분기규칙이 만족되면 스케줄러(120)로부터 공정 내의 기기에 대한 제어조치를 전달받고, 이를 물리모델에 전달하여, 물리모델의 시뮬레이션을 지원할 수 있다.
- [0049] 스케줄러(120)는 진단모듈(130)에 의해 결정된 분기규칙에 기반하여 적어도 하나의 분기지점을 생성할 수 있다.
- [0050] 또한, 스케줄러(120)는 기기작동모듈(140)에 의해 계산된 분기확률 및 변경된 제어 변수를 물리모델(110)로 전달하여 물리모델(110)이 이미 수행된 시뮬레이션을 재수행하도록 지원하고, 저장부(110)에 진단모듈(130)에 의해 결정된 분기규칙을 저장할 수 있다.
- [0051] 스케줄러(120)는 시뮬레이션이 시작되면 물리모델(110), 진단모듈(130) 및 기기작동모듈(140)과 미리 설정된 시간 스텝마다 통신하여 물리모델(110), 진단모듈(130) 및 기기작동모듈(140)에서 나온 결과를 공유하고, 미리 설정된 순서에 따라 물리모델(110), 진단모듈(130) 및 기기작동모듈(140)을 호출할 수 있다.
- [0052] 일례로, 스케줄러(120)는 특정 시간에서 2개 이상의 분기규칙이 결정될 경우, 특정 시간에 대하여 적용할 분기규칙을 2개 이상의 분기규칙 중 어느 하나로 결정하고, 나머지 분기규칙을 특정 시간 이후의 시간스텝에 적용할 수 있다.
- [0053] 즉, 스케줄러(120)는 분기규칙이 다수일 경우, 다수의 분기규칙 중 어느 하나의 분기규칙을 결정하여, 결정된 분기규칙부터 순차적으로 시뮬레이션에 적용할 수 있다.
- [0054] 스케줄러(120)는 결정된 분기규칙에 따른 분기지점을 생성할 시, 생성될 분기지점에서 작동할 기기의 수, 단일 기기의 성능, 제어변수의 종류, 복수의 기기들의 동작과 관련된 물리적인 특징, 운전원의 판단에 따른 운전조건에서의 시간과 기기의 동작 또는 공정이 진행되는 동안에 발생될 수 있는 고장모드 중 어느 하나에 따라 분기지점의 개수를 결정하여 결정된 개수의 분기지점을 생성할 수 있다.
- [0055] 스케줄러(120)는 성능 또는 안전 상의 이유로 동일한 기기가 여러 개(예: 3대중 1대 가동, 3대중 2대 가동 등)가 있을 때, 분기지점에서 작동하는 개수에 따라 분기지점을 생성할 수 있다. 이외에도, 스케줄러(120)는 기기의 다양한 작동 상태에 따라 분기지점을 생성하도록 설정될 수 있다.
- [0056] 또한, 스케줄러(120)는 미리 설정된 규칙이 아니라 운전원이 판단하여 운전조건이 바뀌는 경우에 대해 운전원이 조치하는 시간(예: 특정 상황이 발생한 다음 10초후, 20초후 등)이 다른 경우, 분기지점을 생성할 수 있다.
- [0057] 또한, 스케줄러(120)는 공정이 진행되는 동안에 발생하는 고장(예: 공정 작동 중에 전원 공급 실패, 특정 펌프의 작동중 정지 등)에 의한 분기지점을 생성할 수 있다.
- [0058] 스케줄러(120)는 변경된 제어변수 및 계산된 분기확률을 물리모델(110)로 전달할 수 있다.
- [0059] 스케줄러(120)는 개별 모듈 간의 정보교환을 담당하고, 필요시 해당 정보를 기반으로 분기를 생성하며 최종적으로 생성된 동적이산사건수목을 저장부(150)에 결과를 저장함으로써 동적이산사건수목 모델 내에서 사고해석을 총괄적으로 관리할 수 있다.
- [0060] 진단모듈(130)은 물리모델(110)에 의해 수집된 감시변수를 이용하여 재 수행될 시뮬레이션의 분기지점을 결정하기 위한 분기규칙을 진단 및 결정할 수 있다.
- [0061] 일례로, 진단모듈(130)은, 자동동작모듈(132)과 수동동작모듈(134)을 포함하고, 자동동작모듈(132)은, 수집된 감시변수의 조건을 미리 설정된 알고리즘에 따라 분기규칙을 진단 및 결정하고, 수동동작모듈(134)은, 자동동작모듈(132)과 동일한 알고리즘을 따르거나 사람의 의사결정을 모사할 수 있는 운전원 모델(operator model)에 기반하여 분기규칙을 진단 및 결정할 수 있다.
- [0062] 운전원모델은 수동동작모듈(134)에서 사람의 의사결정을 모사할 수 있는 모델을 포함한다.

- [0063] 진단모듈(130)은 스케줄러(120)에서 전달된 감시변수를 이용하여 분기규칙을 검토하고, 어떤 분기규칙이 활성화 되어야 하는지를 판단할 수 있다.
- [0064] 기기작동모듈(140)은 스케줄러(120)에 의해 생성된 적어도 하나의 분기지점에 기반하여 복수의 기기들의 고장 여부 및 운전원의 동작 수행 시점을 고려하여 분기확률을 계산하고, 물리모듈(110)에 의해 수집된 제어변수를 변경할 수 있다.
- [0065] 일례로, 기기작동모듈(140)은 불린(Boolean) 연산을 통해 할당된 단절집합을 재조합하여 생성된 분기지점에서의 최종 최소단절집합을 도출하여 제어변수를 변경할 수 있다.
- [0066] 기기작동모듈(140)은 최종 최소단절집합이 분기지점까지 거처온 경로를 추적 가능함에 따라, 분기지점에서 특정 기기의 고장상태가 결정될 경우, 하위 시나리오에 상기 추적된 경로에 대한 정보를 누적 반영하여 제어변수를 변경하고, 기기 고장모드에 따른 고장모드 제어조건을 추가하여 상기 도출된 최종 최소단절집합을 변형함으로써 고장유무에 대한 사용자의 가정사항 기반의 시나리오가 전개되도록 제어변수를 변경할 수 있다.
- [0067] 기기작동모듈(140)은 진단모듈(130)에서 특정 분기규칙이 결정되면, 기기의 고장여부를 확인하여 분기확률을 계산하고 물리모델에 부여할 적절한 작동 상태를 설정하기 위해 분기확률을 계산하고, 제어 변수를 변경할 수 있다.
- [0068] 예를 들어, 기기작동모듈(140)에서 최종적으로 설정된 작동 여부는 스케줄러(120)를 통해 물리모듈(110)로 전달 되어, 물리모델을 통해 일정 시간 스텝동안 계산에 반영될 수 있다.
- [0069] 저장부(150)는 ROM(Read-Only Memory) 또는 명령을 저장할 수 있는 다른 유형의 정적 저장 장치, 또는 RAM(Random Access Memory) 또는 정보 및 명령을 저장할 수 있는 다른 유형의 동적 저장 장치일 수 있거나, 또는 EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), CD-ROM(Compact Disc Read-Only Memory) 또는 다른 콤팩트 디스크 저장 장치 또는 광 디스크 저장 장치(압축 광 디스크, 레이저 디스크, 광 디스크, 디지털 다용도 디스크, 블루 레이 디스크 등을 포함함), 자기 디스크 저장 매체 또는 다른 자기 저장 장치, 또는 명령 또는 데이터 구조의 형태로 예상 프로그램 코드를 운반하거나 저장할 수 있으면서 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 다른 매체일 수 있으며, 이것은 제한되지 않는다.
- [0070] 예를 들어, 저장부(150)는 물리모듈(110)에서 수집된 각종 감시변수 및 제어변수, 각종 분기규칙, 진단모듈(130)에서 결정된 분기규칙, 스케줄러(120)에서 생성된 분기지점(예를 들어, 분기지점에 대응하는 분기명), 물리모델에 대한 시뮬레이션 결과로 생성된 동적이산사건수목 등을 저장한다. 이외에도, 본 발명의 실시예에서 사용되는 항목에 대해 필요한 경우 추가로 저장될 수 있다.
- [0071] 시뮬레이션 제어부(160)는 분석 처리부(200)에게 시뮬레이션 결과인 동적이산사건수목에 대한 정보를 제공하고, 분석 처리부(200)의 제어에 따라, 스케줄러(110)가 동적이산사건수목을 사용한 시뮬레이션을 재수행하도록 하는 제어를 수행한다. 또한, 이러한 시뮬레이션 재수행시 시뮬레이션 수행 중인 정보를 스케줄러(110)를 통해 전달 받아서 분석 처리부(200)로 전달한다.
- [0072] 이와 같이, 동적이산사건수목 기반 시뮬레이션부(100)는 물리모델에서 감시변수와 제어변수를 획득하거나 변경할 수 있고, 제어변수의 상태에 따라서 동적이산사건수목 방법으로 분기하여 관찰하고 싶은 분야에서는 제한 사항 없이 적용이 가능한 동적이산사건수목에 기반한 공정 안전성 평가를 시뮬레이션할 수 있으며, 또한, 이미 수행된 시뮬레이션에 의해 생성된 동적이산사건수목에 기반하여 시뮬레이션을 재수행하면서 각종의 사건시퀀스에 대한 분석이 수행될 수 있도록 한다.
- [0073] 도 3은 도 1에 도시된 분석 처리부(200)의 구체적인 구성 블록도이다.
- [0074] 도 3에 도시된 바와 같이, 분석 처리부(200)는 입출력부(210), 저장부(220), 사건시퀀스 구성부(230), 트리뷰 처리부(240) 및 분석 제어부(250)를 포함한다.
- [0075] 입출력부(210)는 구체적으로는 입력 장치(212)와 출력장치(214)로 구성되며, 입력 장치(212)는 복수의 방식으로 사용자의 입력을 수신할 수 있다. 예를 들어, 입력 장치(212)는 마우스, 키보드, 터치 스크린, 마이크, 센싱 장치 등일 수 있다. 출력 장치(214)는 복수의 방식으로 정보를 디스플레이하거나 음성을 출력할 수 있다. 예를 들어, 출력 장치(214)는 LCD(Liquid Crystal Display, LCD), LED(Light Emitting Diode, LED) 디스플레이, OLED(Organic Light Emitting Diode) 디스플레이, 스피커 등일 수 있다.
- [0076] 저장부(220)는 동적이산사건수목 기반 시뮬레이션부(100)에서 전달되는 동적이산사건수목, 사건시퀀스 구성부

(230)에서 구성된 사건시퀀스 정보, 트리뷰 처리부(240)에서 생성되는 트리뷰 정보, 동적이산사건수목의 시물레이션을 위한 초기 설정값, 등록변수 등의 정보를 저장할 수 있다. 이외에도, 본 발명의 실시예에 따른 분석 처리부(200)에서 사용되는 각종의 변수, 단절 값, 제어 값 등에 대해 필요한 경우 저장부(220)에 추가로 저장될 수 있다.

- [0077] 사건시퀀스 구성부(230)는 동적이산사건수목을 사용하여 개별 사건시퀀스를 식별하여 전체 사건시퀀스를 구성하고, 구성된 사건시퀀스 정보를 저장부(220)에 저장한다. 이러한 사건시퀀스는 전술한 바와 같이, 정상종료(N) 사건시퀀스, 사고종료(D) 사건시퀀스, 컷오프종료(C) 사건시퀀스 및 미확인종료(U) 사건시퀀스로 구분될 수 있다.
- [0078] 사건시퀀스 구성부(230)는 사건시퀀스를 구성하는 분기들의 분기명을 사용하여 구성될 수 있다. 사건시퀀스를 구성하는 각각의 분기들은 공정의 상태 발생확률 등과 같은 다양한 정보를 갖고 있다. 각각의 분기들은 자동수동 분기규칙 번호와 해당 분기규칙으로 발생된 분기 번호를 분기명으로 둔다. 따라서, 해당 분기지점까지 거처온 분기명을 누적하면 사건시퀀스의 형태를 알 수 있다. 또한, 각각의 분기는 누적 분기명에 대한 정보를 포함하여 사건시퀀스의 흐름을 알 수 있도록 해 준다. 또한, 각각의 분기는 분기지점에서 분기시각을 기록하며 이 시간은 물리모듈(110)의 시물레이션 시간을 기준으로 한다.
- [0079] 한편, 조건부 분기확률은 분기지점에서 해당 분기의 발생확률을 의미하며 해당 분기지점까지의 총 분기확률은 사건시퀀스의 발생 확률을 의미하는 것으로, 절삭값과 비교하여 종료 조건을 만족하는지 점검된다. 각각의 분기는 해당 분기지점에서 분기규칙을 구성하는 진단 조건의 충족 현황을 제시하며 이러한 조건들이 만족된 결과로 활성화된 자동 또는 수동 분기규칙 작동현황도 제시할 수 있다.
- [0080] 또한, 모든 분기는 물리모듈(110)의 기기작동 상태를 달리 갖추기 때문에 분기별 물리모듈(110)의 기기 작동 및 고장 여부를 알 수 있는 현황 정보를 포함하고 있다. 마지막으로, 등록변수의 값이 포함되며, 이를 통해 사건시퀀스별로 사용자가 원하는 등록변수의 양상을 파악할 수 있다.
- [0081] 이와 같이, 사건시퀀스를 구성하는 각각의 분기에 대응하여 해당 분기에서의 상태 등을 알 수 있도록 하는 각종의 정보가 함께 저장부(220)에 저장될 수 있다.
- [0082] 사건시퀀스 구성부(230)는 구성된 사건시퀀스 정보를 사용하여, 분석 제어부(250)로부터의 요청에 따라, 특정 사건시퀀스, 예를 들어, 미확인종료(U) 사건시퀀스를 찾아서 해당 정보를 분석 제어부(250)로 제공할 수 있다.
- [0083] 또한, 사건시퀀스 구성부(230)는 구성된 사건시퀀스 정보를 사용하여, 분석 제어부(250)로부터의 요청에 따라, 특정 사건시퀀스에 포함된 특정 분기지점에 대한 정보를 분석 제어부(250)로 제공할 수 있다. 물론, 이러한 정보는 저장부(220)에 저장되어 있어 분석 제어부(250)가 특정 분기지점에 대한 정보를 획득할 수 있으나, 시물레이션 도중에 특정 분기지점에 대한 정보는 시물레이션 수행과 관련된 정보가 포함될 수 있으므로, 이러한 정보는 시물레이션 도중에 사건시퀀스 구성부(230)로부터 획득하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0084] 분기지점에 대한 정보는, 예를 들어 다음과 같은 정보를 포함할 수 있으나, 이것으로만 한정되는 것은 아니다.
- [0085] - 분기명 : 예) A_1_1
- [0086] - 누적 분기명 : 예) A_1_1-A_2_1-M_1_5-N
- [0087] - 분기시각
- [0088] - 분기확률
- [0089] - 조건부 분기확률
- [0090] - 진단규칙별 참/거짓
- [0091] - 자동진단 작동현황
- [0092] - 수동진단 작동현황
- [0093] - 물리모듈 기기작동 여부(On/Off, Open/Close)
- [0094] - 물리모듈 기기작동 여부(0~100%)
- [0095] - 물리모듈 기기고장 여부

- 등록변수별 값

- [0096] - 등록변수별 값
- [0097] 또한, 사건시퀀스 구성부(230)는 구성된 사건시퀀스 정보를 사용하여, 분석 제어부(250)로부터의 요청에 따라, 특정 분기지점을 포함하는 상위 사건시퀀스 또는 하위 사건시퀀스 정보를 분석 제어부(250)로 제공할 수 있다.
- [0098] 트리뷰 처리부(240)는, 예를 들어 도 4에 도시된 바와 같이, 동적이산사건수목을 트리 형태(수목 형태)로 구성된 리뷰로서 분석 제어부(250)로 제공할 수 있다. 이 때, 리뷰 처리부(240)는 사건시퀀스 구성부(230)에서 구성된 사건시퀀스 정보를 참조하여 리뷰 내의 사건시퀀스별로 대응하는 정보를 함께 나타낼 수 있다. 예를 들어, 사건시퀀스 종류, 분기명 등이 표시될 수 있다.
- [0099] 트리뷰 처리부(240)는 분석 제어부(250)의 요청에 따라, 사용자에게 의해 선택되거나 필터링된 특정 사건시퀀스를 리뷰 내에 표시하거나, 또는 사용자에게 의해 선택된 분기지점을 리뷰 내에 표시하거나, 또는 사용자에게 의해 선택된 분기지점과 관련된 정보를 리뷰 내에 표시하거나, 또는 사용자에게 의해 선택된 분기지점을 기준으로 상위 사건시퀀스 또는 하위 사건시퀀스를 서로 구별되도록 표시하거나, 또는 리뷰 전체 또는 일부를 확대하거나 축소하여 표시할 수 있으며, 본 발명의 실시예에서는 이것으로만 제한되지 않고, 전술한 작동들 외에 다양한 형태의 리뷰 처리가 가능할 수 있다.
- [0100] 분석 제어부(250)는 동적이산사건수목 기반 시물레이션부(100)에 의해 생성된 동적이산사건수목을 전달받아서 사건시퀀스 구성부(230)를 통해 사건시퀀스로 구성하고, 리뷰 처리부(240)를 통해 대응하는 리뷰로 구성하여 입출력부(210)를 통해 사용자에게 표시할 수 있다.
- [0101] 또한, 분석 제어부(250)는 입출력부(210)를 통한 사용자의 입력에 따라 리뷰로 표시된 동적이산사건수목에 대해 동적이산사건수목 기반 시물레이션부(100)가 시물레이션을 재수행하도록 제어할 수 있다. 이 때, 분석 제어부(250)는 입출력부(210)를 통해 입력된 시물레이션 초기 설정값, 등록변수 등에 대한 정보를 동적이산사건수목 기반 시물레이션부(100)로 전달하여 시물레이션 재수행시 사용될 수 있도록 할 수 있다.
- [0102] 또한, 분석 제어부(250)는 입출력부(210)를 통해 사용자에게 표시된 리뷰 상에서의 사용자의 처리 입력에 대응하는 처리를 사건시퀀스 구성부(230) 및 리뷰 처리부(240)를 통해 수행한 후 그 결과를 입출력부(210)를 통해 표시할 수 있다. 예를 들어, 사용자에게 의해 선택되거나 필터링된 특정 사건시퀀스를 리뷰 내에 표시하거나, 또는 사용자에게 의해 선택된 분기지점을 리뷰 내에 표시하거나, 또는 사용자에게 의해 선택된 분기지점과 관련된 정보를 리뷰 내에 표시하거나, 또는 사용자에게 의해 선택된 분기지점을 기준으로 상위 사건시퀀스 또는 하위 사건시퀀스를 서로 구별되도록 표시하거나, 또는 리뷰 전체 또는 일부를 확대하거나 축소하여 표시할 수 있다.
- [0103] 또한, 분석 제어부(250)는 동적이산사건수목 기반 시물레이션부(100)에서 진행 중인 시물레이션에 대한 수치적인 현황을 제공받아서 입출력부(210)를 통해 상태 창 형태로 표시할 수 있다.
- [0104] 예를 들어, 분석 제어부(250)는 시물레이션의 시작부터 종료까지의 시간 표시, 시물레이션 초기에 설정한 종료 조건 표시, 분기 특성별 또는 종료 상태 유형에 따라 종류별로 생성된 분기 및 사건시퀀스의 개수 표시 등을 상태 창을 통해 제공할 수 있다. 여기서, 시물레이션 진행 달성도도 함께 표시될 수 있으며, 이러한 시물레이션 진행 달성도는 생성된 분기와 사건시퀀스의 개수를 통해 추정될 수 있다.
- [0105] 또한, 분석 제어부(250)는 전술한 상태 창을 통해 표시되는 정보 중 수정이 가능한 정보에 대해, 입출력부(210)를 통한 수정 입력을 받아서 동적이산사건수목 기반 시물레이션부(100)로 전달하여 진행 중인 시물레이션에 반영되도록 할 수 있다.
- [0106] 또한, 분석 제어부(250)는 진행 중인 시물레이션의 사건시퀀스의 원인과 결과 그리고 특성을 파악할 수 있도록 하는 분기 정보를 전술한 상태 창 또는 다른 상태 창을 통해 제공할 수 있다. 이러한 분기 정보로는 감시변수, 분기규칙 진단, 분기 생성, 분기별 기기의 고장 유무 등의 정보를 제공하고 제공된 정보를 수정할 수 있도록 한다. 이 때, 수정된 정보에 대해서는 동적이산사건수목 기반 시물레이션부(100)로 전달하여 진행 중인 시물레이션에 반영될 수 있도록 할 수 있다.
- [0107] 따라서, 사용자는 분기 정보를 표시하는 상태 창을 통해, 특정 분기까지 누적된 데이터 정보를 확인할 수 있고, 이를 통해 충족된 조건이나 초기 입력과 달라진 항목에 대해 구분하여 알 수 있다.
- [0108] 또한, 분석 제어부(250)는 입출력부(210)를 통해 물리모듈(110)의 변수 값의 변화를 확인할 수 있는 이력 그래프를, 예를 들어 도 5에 도시된 바와 같이, 제공할 수 있다. 즉, 시물레이션이 진행되거나 종료되었을 때, 한

개 이상의 사건시퀀스에 대해 물리모듈(110)의 감시변수를 선택하여 변화를 확인할 수 있도록 할 수 있다.

- [0109] 선택적으로, 분석 제어부(250)는 사건시퀀스 및 감시변수들을 필터링 기능을 통해 선택적으로 확인할 수 있도록 할 수 있다.
- [0110] 이하, 본 발명의 실시예에 따른 동적이산사건수목의 분석 방법에 대해 설명한다.
- [0111] 본 실시예는, 동적이산사건수목 전체에 대해 시뮬레이션이 재수행되는 방법에 대한 것이다. 이하의 동적이산사건수목 전체에 대해 시뮬레이션이 재수행되는 방법은 전술한 동적이산사건수목의 분석 장치(10)에 의해 수행될 수 있다.
- [0112] 설명 전에, 전술한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 동적이산사건수목의 분석 방법에서 사용되는 사건시퀀스에 대해 종료 상태에 따라 4가지 종료, 즉 정상종료(N), 사고종료(D), 컷오프종료(C) 및 미확인종료(U)로 구분하는 것을 가정한다.
- [0113] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 동적이산사건수목의 분석 방법의 개략적인 흐름도이다.
- [0114] 도 6을 참조하면, 동적이산사건수목 기반 시뮬레이션부(100)에 의해 수행된 결과로 생성된 동적이산사건수목에 대응하는 트리뷰가 분석 처리부(200)의 입출력부(210)를 통해 표시된다(S100). 예를 들어, 도 4에 도시된 바와 같이, 동적이산사건수목에 대응하는 트리뷰가 표시될 수 있다.
- [0115] 트리뷰를 통해 표시된 동적이산사건수목에 대한 분석을 위한 시뮬레이션 재수행시 사용될 시뮬레이션 초기값을 변경할 것인지가 판단된다(S110). 이 때, 시뮬레이션 초기값에는 시뮬레이션 종료 조건이 포함될 수 있다.
- [0116] 만약 시뮬레이션 초기값의 변경이 요청되는 경우 시뮬레이션 초기값 중 요청된 초기값에 대해 사용자로부터 입력된 값으로 변경한다(S120).
- [0117] 시뮬레이션 초기값을 변경하였거나 또는 시뮬레이션 초기값 변경이 없는 경우, 감시변수의 등록이 있는지가 판단된다(S130). 즉, 물리모델의 감시변수 중에서 시뮬레이션 재수행 중에 계속 감시될 감시변수의 등록이 있는지가 판단된다.
- [0118] 만약 감시변수의 등록이 있는 것으로 판단되면, 사용자에게 의해 입력되거나 선택된 감시변수를 등록변수로 등록 설정한다(S140).
- [0119] 이와 같이, 감시변수의 등록이 있거나 또는 등록이 없는 경우, 동적이산사건수목 기반 시뮬레이션부(100)는 분석 처리부(200)의 제어에 따라 동적이산사건수목에 대한 시뮬레이션의 재수행을 진행한다(S150).
- [0120] 이와 같이, 시뮬레이션이 진행되면, 진행되는 시뮬레이션에 대응하는 트리뷰가 표시된다(S160). 즉, 시뮬레이션이 진행되는 경과를 알 수 있도록 다양한 방식을 통해 트리뷰가 표시될 수 있다. 이 때, 표시되는 트리뷰, 특히 트리뷰 내의 분기지점에는 분기지점에 대한 정보, 예를 들어, 분기명, 분기시간, 분기확률 등의 정보가 함께 표시될 수 있다. 또한, 트리뷰와 함께 시뮬레이션의 진행 상태를 알 수 있도록 하는 상태 창, 등록변수의 상태를 확인할 수 있는 상태 창, 감시변수의 변화를 확인할 수 있는 이력 그래프 등이 표시될 수 있다. 이러한 상태 창은 통합적으로 하나의 상태 창이거나 또는 각각 다른 창으로 형성될 수 있다.
- [0121] 그 후, 시뮬레이션의 종료 조건이 판단되고(S170), 만약 종료 조건이 충족되지 않으면, 종료 조건이 충족될 때까지 시뮬레이션 정보, 예를 들어 분기지점 정보 등을 저장한 후(S180), 시뮬레이션을 계속 진행하는 단계(S150)부터 반복 수행한다.
- [0122] 한편, 상기 단계(S170)에서 시뮬레이션의 종료 조건이 충족되면, 시뮬레이션 수행의 결과로 생성된 동적이산사건수목의 정보를 저장하고, 시뮬레이션의 재수행을 종료한다(S190).
- [0123] 이와 같이, 본 발명의 실시예에서는 분기지점을 미리 정하는 방식이 아니라 물리모델을 시뮬레이션한 결과를 실시간으로 반영하여 분기지점을 설정하는 동적이산사건수목에 대한 시뮬레이션을 재수행하면서 분석이 가능하도록 할 수 있다.
- [0124] 다음, 본 발명의 다른 실시예에 따른 동적이산사건수목의 분석 방법에 대해 설명한다.
- [0125] 본 실시예는, 동적이산사건수목의 특정 사건시퀀스에 대해 시뮬레이션이 재수행되는 방법에 대한 것이다. 이하의 동적이산사건수목의 특정 사건시퀀스에 대해 시뮬레이션이 재수행되는 방법은 전술한 동적이산사건수목의 분석 장치(10)에 의해 수행될 수 있다.

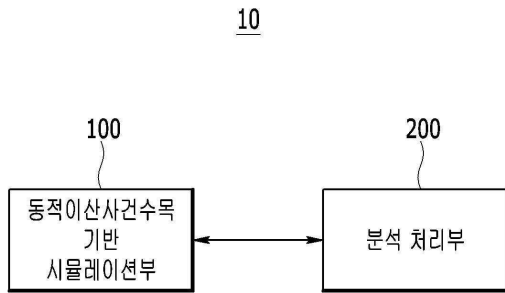
- [0126] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 동적이산사건수목의 분석 방법의 개략적인 흐름도이다. 특히, 본 실시예는 동적이산사건수목의 특정 시간시퀀스에 대한 분석을 위한 방법에 해당한다.
- [0127] 도 7을 참조하면, 동적이산사건수목 기반 시물레이션부(100)에 의해 수행된 결과로 생성된 동적이산사건수목에 대응하는 트리뷰가 분석 처리부(200)의 입출력부(210)를 통해 표시된다(S200).
- [0128] 그 후, 트리뷰에서 특정 사건시퀀스의 선택이 있는지가 판단된다(S210). 예를 들어, 도 4와 같이 표시된 트리뷰의 사건시퀀스에서 정상종료(N), 사고종료(D), 컷오프종료(C) 및 미확인종료(U) 중 특정 종료의 사건시퀀스가 선택될 수 있다. 예를 들어, 도 8에 도시된 바와 같이 사건시퀀스의 종료 형태가 표시된 상태에서, 물리모델의 시물레이션 과정에서 알 수 없는 이유 또는 입력 오류 등의 이유로 시물레이션이 종료되는 경우의 사건시퀀스를 지칭하는 미확인종료(U)의 사건시퀀스가 선택될 수 있다. 이러한 미확인종료(U) 형태의 사건시퀀스의 경우에는 계산의 정확도와 신뢰도가 떨어진다. 따라서, 해당 시퀀스만 별도로 시물레이션을 재개하여 누락된 시퀀스를 전개하거나 데이터를 복구할 수 있도록 할 수 있다.
- [0129] 다음, 선택된 특정 사건시퀀스의 종료 시점 이전의 입력 정보를 검토하고 재정비한 후 시물레이션이 재개되도록 하기 위해, 시물레이션 재개시 사용될 시물레이션 초기값을 변경할 것인지가 판단된다(S220). 이 때, 시물레이션 초기값에는 시물레이션 종료 조건이 포함될 수 있다.
- [0130] 만약 시물레이션 초기값의 변경이 요청되는 경우 시물레이션 초기값 중 요청된 초기값에 대해 사용자로부터 입력된 값으로 변경한다(S230).
- [0131] 시물레이션 초기값을 변경하였거나 또는 시물레이션 초기값 변경이 없는 경우, 감시변수의 등록이 있는지가 판단된다(S240). 즉, 물리모델의 감시변수 중에서 시물레이션 재수행 중에 계속 감시될 감시변수의 등록이 있는지가 판단된다.
- [0132] 만약 감시변수의 등록이 있는 것으로 판단되면, 사용자에게 의해 입력되거나 선택된 감시변수를 등록변수로 등록 설정한다(S250).
- [0133] 다음, 감시변수의 등록이 있거나 또는 등록이 없는 경우, 선택된 사건시퀀스에 대한 시물레이션이 재개된다(S260).
- [0134] 이와 같이, 시물레이션이 재개되면, 진행되는 시물레이션에 대응하는 트리뷰가 표시된다(S270). 즉, 선택된 사건시퀀스에 대한 시물레이션이 계속 진행되는 경과를 알 수 있도록 트리뷰가 표시될 수 있다. 이 때, 표시되는 트리뷰, 특히 분기지점에는 분기지점에 대한 정보, 예를 들어, 분기명, 분기시간, 분기확률 등의 정보가 함께 표시될 수 있다. 또한, 트리뷰와 함께 시물레이션의 진행 상태를 알 수 있도록 하는 상태 창, 등록변수의 상태를 확인할 수 있는 상태 창, 감시변수의 변화를 확인할 수 있는 이력 그래프 등이 표시될 수 있다. 이러한 상태 창은 통합적으로 하나의 상태 창이거나 또는 각각 다른 창으로 형성될 수 있다.
- [0135] 그 후, 시물레이션의 종료 조건이 판단되고(S280), 만약 종료 조건이 충족되지 않으면, 종료 조건이 충족될 때까지 시물레이션 정보, 예를 들어 분기지점 정보 등을 저장한 후(S290), 특정 사건시퀀스에 대한 시물레이션을 계속 진행하는 단계(S260)부터 반복 수행한다.
- [0136] 한편, 상기 단계(S280)에서 시물레이션의 종료 조건이 충족되면, 시물레이션 수행의 결과로 생성된 동적이산사건수목의 정보를 저장하고, 선택된 사건시퀀스에 대한 시물레이션의 계속 진행을 종료한다(S295).
- [0137] 이와 같이, 본 발명의 실시예에서는 사건시퀀스 중에서 특정 사건시퀀스를 선별하고 해당 사건시퀀스의 종료 시점 이전의 입력 자료를 검토 및 재정비한 후 재계산을 수행할 수 있도록 함으로써 특정 사건시퀀스에 대한 분석이 가능하다.
- [0138] 다음, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 동적이산사건수목의 분석 방법에 대해 설명한다.
- [0139] 본 실시예는, 동적이산사건수목의 특정 분기지점에서 시물레이션의 정지 후 재개되는 방법에 대한 것이다. 이하의 동적이산사건수목의 특정 사건시퀀스에 대해 시물레이션이 재수행되는 방법은 전술한 동적이산사건수목의 분석 장치(10)에 의해 수행될 수 있다.
- [0140] 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 동적이산사건수목의 분석 방법의 개략적인 흐름도이다.
- [0141] 도 9를 참조하면, 동적이산사건수목에 대응하는 트리뷰가 표시되고, 트리뷰를 통해 표시된 동적이산사건수목에 대한 분석을 위한 시물레이션 재수행시 사용될 시물레이션 초기값의 변경과 감시변수의 등록 후 시물레이션을

재수행하면서 대응하는 트리뷰를 표시하는 단계(S300 ~ S360)는 도 6을 참조하여 설명한 전술한 단계(S100 ~ S160)와 동일하므로 설명의 편의를 위해 여기에서는 구체적인 설명을 생략한다.

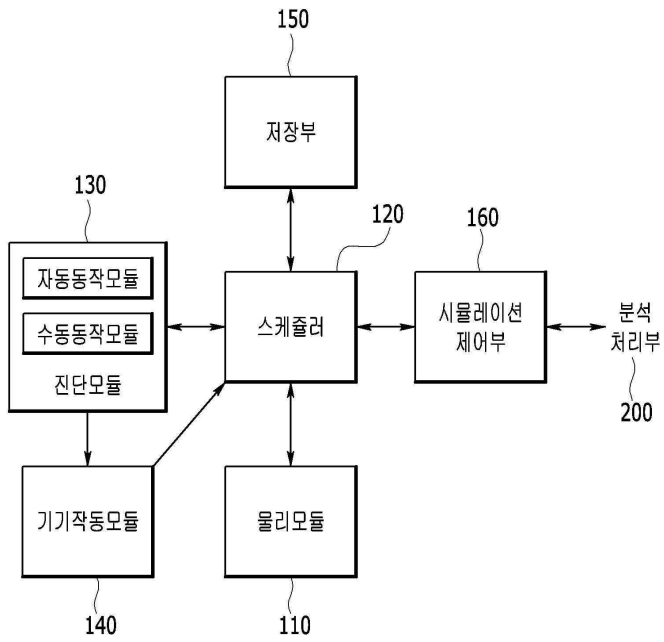
- [0142] 이와 같이, 시뮬레이션이 진행되면서 대응하는 트리뷰가 표시되고 있는 상태에서 특정 분기지점이 선택되는지가 판단된다(S370). 예를 들어, 도 10에 도시된 바와 같이, 시뮬레이션이 분기지점 t_2 에 도달한 상태 또는 도달하기 전에, 사용자에 의해 트리뷰에서 분기지점 t_2 가 선택될 수 있다.
- [0143] 만약 특정 분기지점이 선택되는 경우 선택된 분기지점에서 시뮬레이션을 정지시킨 후(S380), 시뮬레이션을 종료할 것인지, 시뮬레이션의 입력값을 수정할 것인지, 또는 시뮬레이션을 재개할 것인지가 판단된다. 이러한 판단은 도 10에 도시된 바와 같이, 트리뷰의 선택된 분기지점 t_2 상에 “재개?”, “종료?”, “입력값 수정?” 등을 표시하고, 이러한 표시를 통한 사용자의 선택 입력에 의해 수행될 수 있다.
- [0144] 구체적으로는, 먼저 시뮬레이션의 종료가 판단된다(S390). 만약 시뮬레이션을 종료하는 것이 아닌 것으로 판단되면, 입력값의 수정이 판단된다(S400). 만약 입력값을 수정하는 것으로 판단되면, 공정 운전 조건, 기기 고장 유무, 기기 신뢰도 정보 등과 같은 입력값에 대해 사용자의 입력에 따른 수정을 수행한다(S410).
- [0145] 입력값을 수정한 후에는 분기지점에서 정지된 시뮬레이션을 재개할 것인지가 판단된다(S420).
- [0146] 만약 분기지점에서 정지된 시뮬레이션을 재개하는 것으로 사용자의 선택이 있는 경우에는 수정된 입력값을 사용하여 선택된 분기지점에서부터 다시 시뮬레이션을 재개하도록 상기 단계(S350)부터 반복 수행한다.
- [0147] 그러나, 분기지점에서 정지된 시뮬레이션을 재개하는 선택이 없으면, 시뮬레이션의 종료부터 다시 판단되는 상기 단계(S390)부터 재수행된다. 물론 이러한 시퀀스는 순서가 정해져 있는 것이 아니고 응용에 따라 다양한 형태로 변경하여 적용될 수 있다.
- [0148] 만약 상기 단계(S390)에서 시뮬레이션의 종료가 판단되는 경우에는 수행된 시뮬레이션 정보, 예를 들어 동적이산사건수목 등의 정보를 저장한 후 시뮬레이션을 종료한다(S430).
- [0149] 한편, 상기 단계(S370)에서 분기지점이 선택되지 않은 경우에는 시뮬레이션의 종료 조건이 판단되고(S440), 만약 종료 조건이 충족되지 않으면, 종료 조건이 충족될 때까지 시뮬레이션 정보, 예를 들어 분기지점 정보 등을 저장한 후(S450), 시뮬레이션을 계속 진행하는 단계(S350)부터 반복 수행한다.
- [0150] 한편, 상기 단계(S440)에서 시뮬레이션의 종료 조건이 충족되면, 시뮬레이션 수행의 결과로 생성된 동적이산사건수목의 정보를 저장하고, 시뮬레이션의 재수행을 종료한다(S430).
- [0151] 이와 같이, 본 발명의 실시예에서는 시뮬레이션을 수행하는 중에 목적에 따라 특정 분기지점에서 시뮬레이션을 정지시킨 후 시뮬레이션을 종료시키거나 각종 입력값을 수정한 다음 시뮬레이션을 재개할 수 있으므로, 미세하고 정교한 동적이산사건수목 기반 분석을 수행할 수 있다.
- [0152] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예는 장치 및 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있다.
- [0153] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

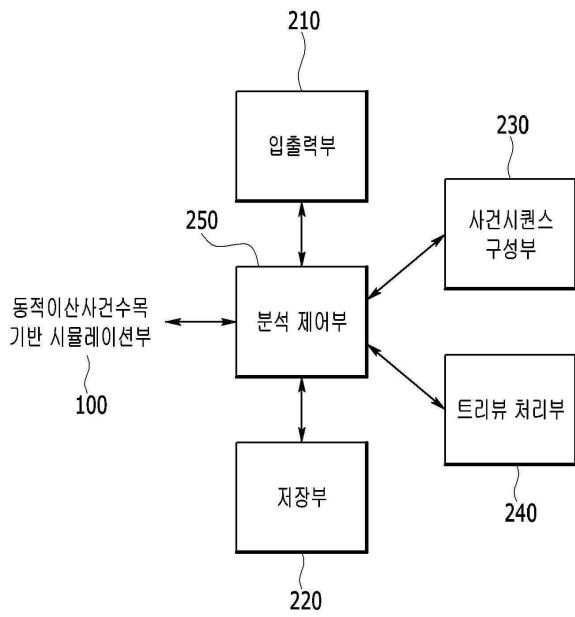
도면1



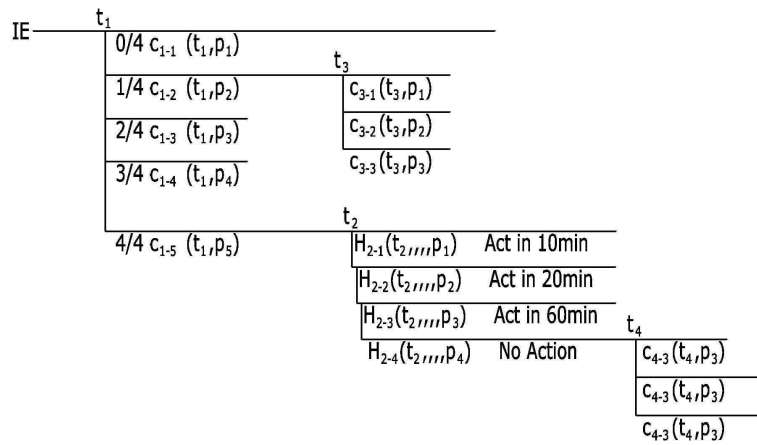
도면2



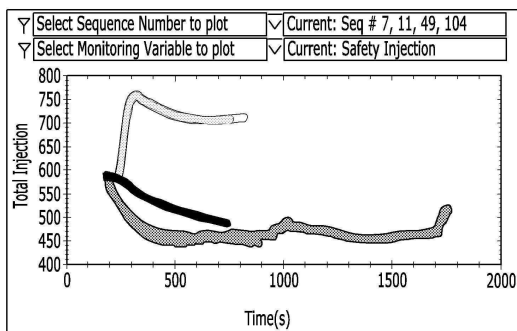
도면3



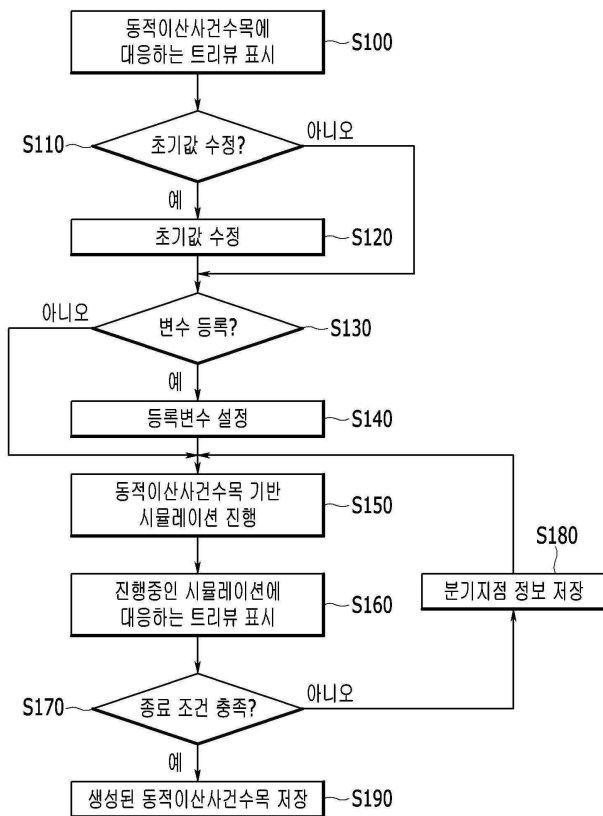
도면4



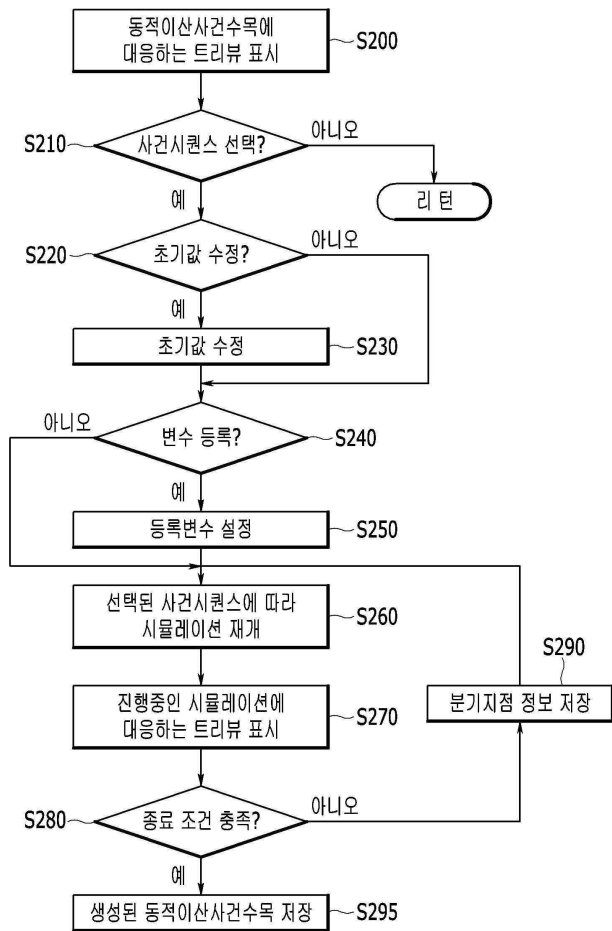
도면5



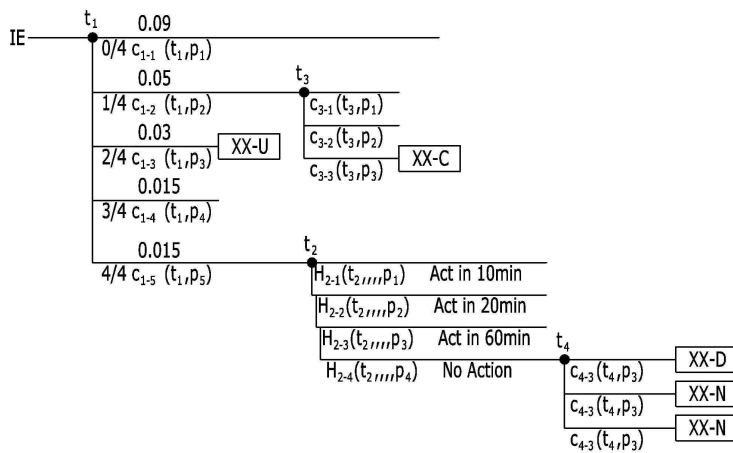
도면6



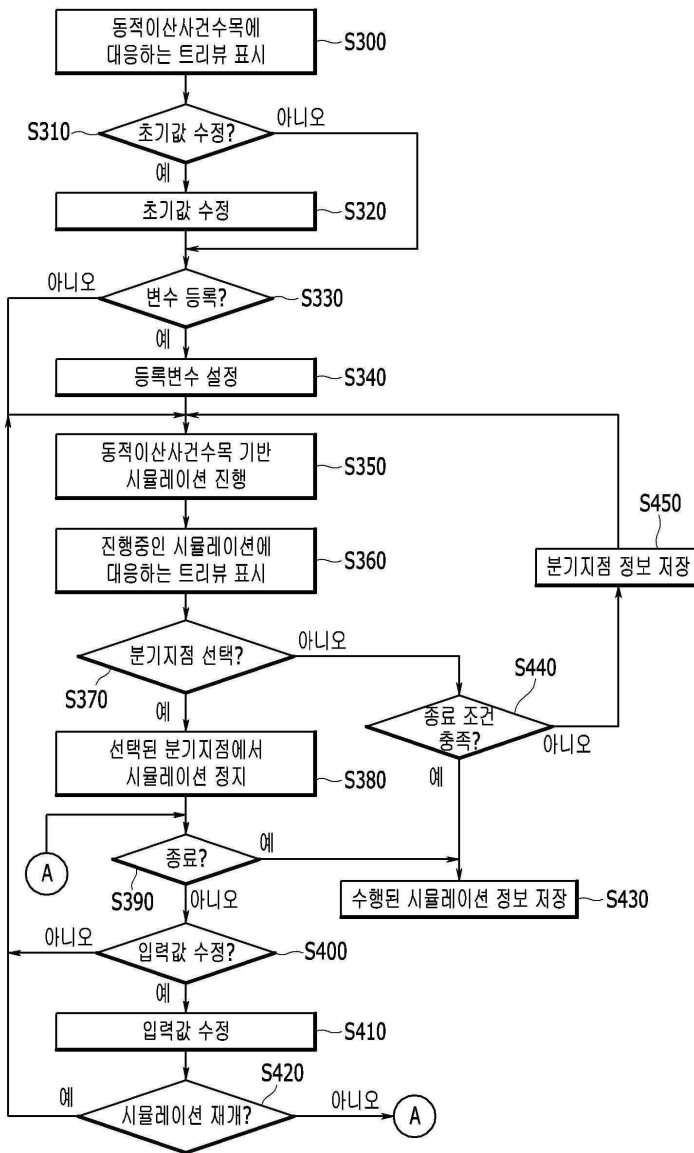
도면7



도면8



도면9



도면10

