(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월02일
(11) 등록번호 10-2221356
(24) 등록일자 2021년02월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 12/781 (2013.01) *H04L 12/24* (2006.01)
H04L 12/721 (2013.01) *H04W 84/18* (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04L 45/52 (2013.01)
H04L 41/145 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0116059
(22) 출원일자 2020년09월10일
심사청구일자 2020년09월10일
(56) 선행기술조사문헌
KR102011215 B1*
KR1020150066377 A*
KR1020120105901 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
주식회사 두두아이티
서울특별시 금천구 가마산로 96, 213호(가산동, 대륭테크노타운8차)
(72) 발명자
남수만
경기도 오산시 오산로132번길 10 원동e-편한세상 2단지 216동 404호
박영선
서울특별시 금천구 한내로 69-54 주공14단지아파트 1402동 303호
(74) 대리인
특허법인영비

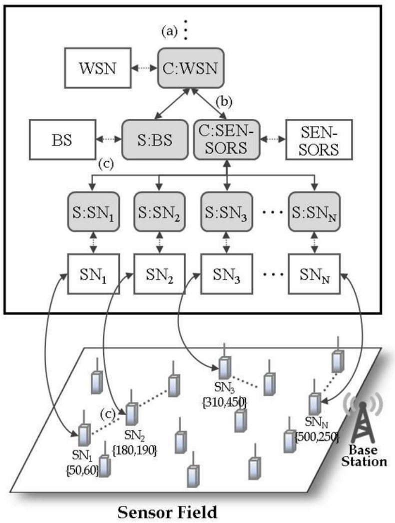
전체 청구항 수 : 총 4 항 심사관 : 김대성

(54) 발명의 명칭 **무선 센서 네트워크를 위한 DEVS 기반의 시뮬레이션 장치**

(57) 요 약

DEVS 기반의 시뮬레이션 장치가 제공된다. 상기 DEVS 기반의 시뮬레이션 장치는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해 구현되는: DEVS(discrete event system) 모델에 포함되는 복수의 센서 원자 모델들의 출력 메시지에 따라 시뮬레이션을 위한 복수의 라우팅 프로토콜 중 어느 하나를 설정하는 WSN(wireless sensor network) 모델 및 상기 시뮬레이션을 진행하기 위해 미리 지정된 센서 원자 모델로 이벤트 정보를 출력하고, 상기 설정된 라우팅 프로토콜에 따른 결과값을 수집하는 실험 프레임 모델을 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
H04L 45/14 (2013.01)
H04W 84/18 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

적어도 하나의 프로세서를 포함하고,

상기 적어도 하나의 프로세서에 의해 구현되는:

DEVS(discrete event system specification) 모델에 포함되는 복수의 센서 원자 모델들의 출력 메시지에 따라 시뮬레이션을 위한 복수의 라우팅 프로토콜 중 어느 하나를 설정하는 WSN(wireless sensor network) 모델; 및

상기 시뮬레이션을 진행하기 위해 미리 지정된 센서 원자 모델로 이벤트 정보를 출력하고, 상기 설정된 라우팅 프로토콜에 따른 결과값을 수집하는 실험 프레임 모델

을 포함하고,

상기 WSN 모델은,

미리 정해진 위치값에 각각 매핑되며 입력 메시지에 따라 내부 상태를 천이하고, 천이 결과를 나타내는 출력 메시지를 상기 DEVS 모델 내의 부모 모델로 전달하는 복수의 센서 원자 모델; 및

상기 복수의 센서 원자 모델 중 어느 하나로부터 전달되는 결과값에 따라 내부 상태를 천이하고, 상기 결과값에 대한 분석이 종료되면 수동 상태로 되돌아가는 기지국 원자 모델

을 포함하고,

상기 WSN 모델은,

이벤트 메시지의 발생 위치에 기반하여 후속되는 시뮬레이션에서의 상기 복수의 센서 원자 모델들의 커플링 릴레이션을 새롭게 설정함으로써 상기 라우팅 프로토콜이 적용된 시뮬레이션 환경을 갱신하고, 하위에 배치된 원자 모델로 상기 라우팅 프로토콜에 기반한 커플링 릴레이션 정보를 전달하는 DEVS 기반의 시뮬레이션 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 미리 설정된 라우팅 프로토콜이 다중 경로 프로토콜인 경우, 상기 WSN 모델은 하위 센서 원자 모델들에게 복수 개의 라우팅 정보를 미리 설정하고, 이벤트 메시지가 최초 전달된 소스 모델에서 발생된 보고서가 상기 기지국 원자 모델에 도착할 때까지 상기 하위 센서 원자 모델들의 커플링 릴레이션을 반복하여 갱신하는 DEVS 기반의 시뮬레이션 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 실험 프레임 모델은,

상기 DEVS 모델의 루트 코디네이터로부터 시작 메시지를 입력 받고, 상기 시작 메시지에 기반하여 상기 복수의 센서 원자 모델 중 하나로 이벤트 메시지를 임의적으로 출력하는 이벤트 생성 모델

을 포함하는 DEVS 기반의 시뮬레이션 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 WSN 모델은,

상기 이벤트 메시지를 처음으로 수신한 센서 원자 모델로부터 출력된 보고서가 상기 기지국 원자 모델에 전달될 때까지, 상기 복수의 센서 원자 모델들의 커플링 릴레이션을 반복하여 새롭게 설정하는 것을 특징으로 하는 DEVS 기반의 시뮬레이션 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 이하의 설명은 무선 센서 네트워크를 위한 DEVS 기반의 시뮬레이션 장치에 관한 것이다. 보다 구체적으로, DEVS 모델에 포함되는 복수의 센서 원자 모델들의 출력 메시지에 따라 WSN 모델에서 복수의 라우팅 프로토콜 중 어느 하나를 설정함으로써 원자 모델 차원에서는 작은 리소스 투입만으로 다양한 라우팅 프로토콜의 시뮬레이션을 지원하는 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 4차 산업혁명 시대의 도래로써 다양한 환경에 대한 데이터 수집과 분석의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 무선 센서 네트워크(WSN: wireless sensor network)는 자동화된 원격 정보 수집을 목적으로 하여 다양한 응용 분야(예. 과학 분야, 의학 분야, 군사 분야 등)에서 폭넓게 활용되고 있다. 센서 노드들은 이벤트를 감지하고, 계산하고, 그에 대한 보고서를 생성하고, 기지국(BS: base station)은 센서들로부터 이벤트 보고서를 수집하여 사용자에게 정보를 제공한다. 그 과정에서, 센서 노드들은 WSN의 구축 초기에 설정된 라우팅 프로토콜에 따라 스스로가 전달 노드(forwarding node)가 되어, 센서와 센서 또는 센서와 기지국을 서로 연결한다.

[0003] 따라서 수많은 센서들이 배치되는 센서 네트워크는 통신 토폴로지와 라우팅 프로토콜에 의해 그 성능과 수명에 큰 영향을 받게 된다. 또한, 센서 노드들이 실제 필드에 배치된 이후에는 거리, 시간 등의 문제로 라우팅 프로토콜을 새롭게 설정하기가 어려운 실정이다. 따라서, 센서 네트워크 구축 전 단계에서 센서 네트워크에 대한 모델링과 시뮬레이션에 대한 기술을 이용하여 WSN의 동작과 성장 예측이 매우 중요하다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0004] (비특허문헌 0001) P. Levis, N. Lee, M. Welsh, and D. Culler, "TOSSIM: Accurate and scalable simulation of entire TinyOS applications," SenSys'03 Proc. First Int. Conf. Embed. Networked Sens. Syst., pp. 126-137, 2003.

(비특허문헌 0002) B. L. Titzer, D. K. Lee, and J. Palsberg, "Avrora: Scalable sensor network simulation with precise timing," 2005 4th Int. Symp. Inf. Process. Sens. Networks, IPSN 2005, vol. 2005, pp. 477-482, 2005.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 적어도 하나의 실시 예에 따르면, DEVS(discrete event system specification) 모델에 포함되는 복수의 센서 원자 모델들의 출력 메시지에 따라 시뮬레이션을 위한 복수의 라우팅 프로토콜 중 어느 하나를 설정하는 WSN(wireless sensor network) 모델 및 시뮬레이션을 진행하기 위해 미리 지정된 센서 원자 모델로 이벤트 정보를 출력하고, 설정된 라우팅 프로토콜에 따른 결과값을 수집하는 실험 프레임 모델을 포함하는 DEVS 기반의 시

뮬레이션 장치가 제공된다. 상기 WSN 모델은 상기 복수의 센서 원자 모델들의 이전 출력 메시지에 기반하여 후속되는 시뮬레이션에서의 상기 복수의 센서 원자 모델들의 커플링 릴레이션을 새롭게 설정하고, 이에 따라 원자 모델 차원에서의 시뮬레이션 효율을 높이고 리소스를 절약하도록 지원한다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 측면에 따르면 DEVS 기반의 시뮬레이션 장치가 제공된다. 상기 DEVS 기반의 시뮬레이션 장치는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해 구현되는: DEVS(discrete event system) 모델에 포함되는 복수의 센서 원자 모델들의 출력 메시지에 따라 시뮬레이션을 위한 복수의 라우팅 프로토콜 중 어느 하나를 설정하는 WSN(wireless sensor network) 모델 및 상기 시뮬레이션을 진행하기 위해 미리 지정된 센서 원자 모델로 이벤트 정보를 출력하고, 상기 설정된 라우팅 프로토콜에 따른 결과값을 수집하는 실험 프레임 모델을 포함할 수 있다.

[0007] 일 실시 예에 따르면, 상기 WSN 모델은 미리 정해진 위치값에 각각 매핑되며 입력 메시지에 따라 내부 상태를 천이하고, 천이 결과를 나타내는 출력 메시지를 상기 DEVS 모델 내의 부모 모델로 전달하는 복수의 센서 원자 모델 및 상기 복수의 센서 원자 모델 중 어느 하나로부터 전달되는 결과값에 따라 내부 상태를 천이하고, 상기 결과값에 대한 분석이 종료되면 수동 상태로 되돌아가는 기지국 원자 모델을 포함할 수 있다.

[0008] 다른 일 실시 예에 따르면, 상기 WSN 모델은 상기 복수의 센서 원자 모델들의 이전 출력 메시지에 기반하여 후속되는 시뮬레이션에서의 상기 복수의 센서 원자 모델들의 커플링 릴레이션을 새롭게 설정함으로써 상기 라우팅 프로토콜이 적용된 시뮬레이션 환경을 갱신할 수 있다.

[0009] 또 다른 일 실시 예에 따르면, 상기 실험 프레임 모델은 상기 DEVS 모델의 루트 코디네이터로부터 시작 메시지를 입력 받고, 상기 시작 메시지에 기반하여 상기 복수의 센서 원자 모델 중 하나로 이벤트 메시지를 임의적으로 출력하는 이벤트 생성 모델을 포함할 수 있다.

[0010] 또 다른 일 실시 예에 따르면, 상기 WSN 모델은 상기 이벤트 메시지를 처음으로 수신한 센서 원자 모델로부터 출력된 보고서가 상기 기지국 원자 모델에 전달될 때까지, 상기 복수의 센서 원자 모델들의 커플링 릴레이션을 반복하여 새롭게 설정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 WSN을 위한 시뮬레이션을 지원하는 DEVS 모델의 예시도를 나타낸다.

도 2a 내지 도 2d는 도 1의 DEVS 모델 내의 각각의 원자 모델을 설명하는 예시도이다.

도 3은 일 실시 예에 따라 구현된 WSN을 위한 DEVS 모델이 도시된다.

도 4는 일 실시 예에 따른 DEVS 모델에 기반하여 WSN에 대한 시뮬레이션의 초기화와 라우팅 설정 과정을 도시한다.

도 5는 도 4의 DEVS 모델에 기반하여 WSN에 대한 시뮬레이션 과정을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 실시 예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 실시될 수 있다. 따라서, 실시 예들은 특정한 개시형태로 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0013] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0014] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0015] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들

을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0016] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0017] 이하, 실시예들을 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고, 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0018] 도 1은 WSN을 위한 시뮬레이션을 지원하는 DEVS 모델의 예시도를 나타낸다. 일 실시 예에 따른 컴퓨팅 장치는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는 WSN에 관한 DEVS 모델을 구현할 수 있다. 구체적으로, 적어도 하나의 프로세서는 실제 세계에서의 하나의 객체(object)를 하나의 원자 모델 단위로 구현할 수 있다. 원자 모델은 대상이 되는 객체의 입력, 출력, 내부 상태들, 상태 천이에 연관되는 시간 및 천이 함수로 정의될 수 있다. 구체적으로, 천이 함수(transition function)는 현재 상태 및 입력에 따라 다음 상태와 출력을 결정할 수 있다. 예시적으로, 프로세서가 생성하는 원자 모델 M의 형식은 아래의 수학식 1과 같이 정의될 수 있다.

수학식 1

[0019]
$$M = \langle X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, t_a \rangle$$

[0020] 상기 수학식 1에서 X는 이산사건 입력 집합, S는 일련의 이산사건 상태의 집합, Y는 이산사건 출력 집합, δ_{int}는 내부 상태 천이 함수, δ_{ext}는 외부 상태 천이 함수, λ는 출력 함수 및 ta는 시간 진행 함수를 나타낸다.

[0021] 일 실시 예에 따른 프로세서는 실제 센서에 대응하는 센서 원자 모델 SN(111), 실제 기지국에 대응하는 기지국 원자 모델 BS(112)을 구현할 수 있다. 예시적으로, 한 개의 센서 원자 모델 SN(111)이 설명되나, WSN의 환경에 따라 열 개, 백 개 등과 같이 수 많은 센서 원자 모델이 생성될 수 있음은 기술 분야의 전문가에게는 자명한 사실일 것이다.

[0022] 또한, 프로세서는 시뮬레이션을 진행하기 위한 이벤트 정보를 출력하는 이벤트 생성 모델 GENR(113), 이벤트 데이터와 기지국 원자 모델로부터 수신한 보고서를 저장하고 관리하는 데이터 관리 모델 TRANS(114)을 원자 모델로서 구현될 수 있다. 위에서 설명된 각각의 원자 모델들에 대해서는 추가적인 도면과 함께 보다 자세히 설명될 것이다.

[0023] 프로세서는 WSN에 관한 DEVS 모델 내에 하위의 원자 모델들을 연결하는 결합 모델을 생성할 수 있다. 마찬가지로, 프로세서는 하위의 결합 모델들을 서로 연결하는 결합 모델을 생성할 수도 있다. 예시적으로, WSN 내에 실제 배치될 센서의 개수에 따라 복수의 센서 원자 모델들이 생성될 수 있다. 프로세서는 복수의 센서 원자 모델들을 서로 연결하는 센서 결합 모델 SENSORS(121)를 생성할 수 있다. 또한, 프로세서는 센서 결합 모델 SENSORS(121)과 기지국 원자 모델 BS(112)을 연결하는 제1 결합 모델 WSN(122)을 생성할 수 있다. 제1 결합 모델 WSN(122)은 복수의 센서 원자 모델들의 이전 출력 메시지에 기반하여 후속되는 시뮬레이션에서의 상기 복수의 센서 원자 모델들의 커플링 릴레이션을 새롭게 설정함으로써 상기 라우팅 프로토콜이 적용된 시뮬레이션 환경을 갱신할 수 있다. 상기 복수의 센서 원자 모델들의 커플링 릴레이션은 각각의 시뮬레이션 단계에서 루트 코디네이터에 시작 메시지로부터 결정될 수 있다. 루트 코디네이터는 제1 결합 모델 WSN(122)로 라우팅 프로토콜을 시험하기 위한 시작 메시지를 전달한다. 제1 결합 모델 WSN(122)은 Dijkistra 라우팅 프로토콜 또는 LEACH 라우팅 프로토콜 등과 같이 시뮬레이션 대상이 되는 다양한 알고리즘에 기반하여 하위 모델들의 경로를 결정한다. 제1 결합 모델 WSN(122)은 하위에 배치된 원자 모델로 결정된 라우팅 프로토콜에 기반한 커플링 릴레이션 정보를 전달할 수 있다.

[0024] 제1 결합 모델 WSN(122)은 복수의 센서 원자 모델들의 이전 출력 메시지에 기반하여 후속되는 시뮬레이션에서의 상기 복수의 센서 원자 모델들의 커플링 릴레이션을 새롭게 설정함으로써 상기 라우팅 프로토콜이 적용된 시뮬레이션 환경을 갱신할 수 있다.

[0025] 다른 일 실시 예로서, 제1 결합 모델 WSN(122)는 이벤트 메시지를 처음으로 수신한 센서 원자 모델로부터 출력된 보고서가 기지국 원자 모델 BS(112)에 전달될 때까지, 상기 복수의 센서 원자 모델들의 커플링 릴레이션을 반복하여 새롭게 설정함으로써 다중 경로에 대한 시뮬레이션을 지원할 수도 있다.

[0026] 마찬가지로, 프로세서는 이벤트 생성 모델 GENR(113)과 데이터 관리 모델 TRANSD(114)을 연결하는 제2 결합 모델 EF(123)을 생성할 수 있다. 프로세서는 제1 결합 모델 WSN(122)과 제2 결합 모델 EF(123)을 연결하는 상위 결합 모델 EF_WSN(131)을 생성하고, 상위 결합 모델 EF_WSN(131)은 후술되는 루트 코디네이터와 연결될 수 있다.

[0027] 예시적으로, 프로세서가 생성하는 결합 모델 CM의 형식은 아래의 수학식 2와 같이 정의될 수 있다.

수학식 2

[0028]

$$CM = \langle X, Y, \{M_i\}, EIC, EOC, IC, SELECT \rangle$$

[0029] 상기 수학식 2에서 X는 이산사건 입력 집합, Y는 이산사건 출력 집합, $\{M_i\}$는 하위에 존재하는 이산사건 컴포넌트 모델(예. 원자 모델 또는 결합 모델), EIC(external input coupling)는 외부 입력 연결 관계, EOC(external output coupling)는 외부 출력 연결 관계, IC(internal coupling)는 내부 연결 관계, select는 같이 시간에 존재하는 이벤트가 발생시키는 모델들에 대한 선택 함수를 나타낼 수 있다. 위와 같은 결합 모델은 더 크게 결합된 모델과 상위에서 합쳐질 수 있거나, 더 복잡한 모델을 만들기 위해 복수의 원자 모델과 결합될 수 있다.

[0030] 도 2a 내지 도 2d는 도 1의 DEVS 모델 내의 각각의 원자 모델을 설명하는 예시도이다. 도 2a를 참조하면, 센서 원자 모델 SN(111)의 예시도가 도시된다. 센서 원자 모델(111)은 시뮬레이션 대상이 되는 WSN 내에서 미리 정해진 위치값에 각각 매핑될 수 있다. 또한, 센서 원자 모델 SN(111)은 입력 메시지에 따라 내부 상태를 천이하고, 천이 결과를 나타내는 출력 메시지를 상기 DEVS 모델 내의 동형 모델 또는 부모 모델로 전달할 수 있다.

[0031] 센서 원자 모델(111)은 입력 포트로부터 이벤트 입력 신호 event_in을 수신할 수 있다. 이 경우에, 센서 원자 모델(111)은 내부 상태가 passive 상태에서 sensing 상태로 변경되며, 보고서를 생성할 수 있다.

[0032] Sensing 상태에서 센서 원자 모델(111)은 출력 포트 report_out을 통해 생성된 보고서를 다른 센서 원자 모델로 전달할 수 있다. 출력 포트를 통해 보고서 전달을 시도하는 동안, 센서 원자 모델(111)은 sensing 상태에서 forwarding 상태로 내부 상태가 천이된다. 상기 다른 센서 원자 모델은 WSN 모델을 통해 결정된 라우팅 프로토콜에 따라 센서 원자 모델(111)의 보고서 전달이 결정된 센서 원자 모델을 나타낸다. 본 실시 예는 센서 원자 모델(111) 차원에서는 라우팅 프로토콜 자체에 대한 시뮬레이션은 수행되지 않고, WSN 모델을 통한 라우팅 결과로서 미리 지정된 센서 원자 모델로의 보고서만을 전달하게 되므로, 원자 모델 단위에서는 리소스를 절약하면서 다양한 라우팅 방법을 시험하는 효과를 기대할 수 있다.

[0033] 마찬가지로, 센서 원자 모델(111)로부터 입력 포트 report_in을 통해 그 보고서를 전달 받은 중계 노드는 데이터를 분석한 후, 그 보고서를 출력 포트 report_out을 통해 다음 센서 원자 모델에게 전달할 수 있다. 만약, 루트 코디네이터에 의해 결정된 다음 노드가 기지국 원자 모델 BS(112)인 경우라면, 다음 센서 원자 모델은 출력 포트 sn_out을 통해 보고서를 기지국 원자 모델 BS(112)로 전달할 수 있다.

[0034] 도 2b를 참조하면, 기지국 원자 모델 BS(112)이 도시된다. 기지국 원자 모델(112)은 복수의 센서 원자 모델 중 어느 하나로부터 전달되는 결과값에 따라 내부 상태를 천이할 수 있다. 예시적으로, 그러나 한정되지 않게 센서 원자 모델로부터 전달되는 결과값은 이벤트 정보에 관한 보고서를 나타낼 수 있다. 기지국 원자 모델 BS(112)는 수신된 결과값에 대한 분석이 종료되면 passive 상태(수동 상태)로 되돌아갈 수 있다.

[0035] Passive 상태에서, 기지국 원자 모델 BS(112)은 입력 포트 report_in를 통해 센서 원자 모델에서 전달되는 보고서를 전달받을 수 있다. 보고서가 전달되면, 기지국 원자 모델 BS(112)는 passive 상태에서 receiving 상태로 천이된다. Receiving 상태에서, 기지국 원자 모델 BS(112)은 전달된 보고서의 데이터를 분석하면서, 내부 상태

를 analyzing 상태로 천이한다. 기지국 원자 모델 BS(112)은 전달된 보고서에 대한 분석이 완료되면, 출력 포트 out을 통해 미리 지정된 서버로 보고서의 결과 데이터를 전송한다.

[0036] 도 2c를 참조하면, 원자 모델 단위인 이벤트 생성 모델 GENR(113)이 도시된다. 예시적으로, 이벤트 생성 모델 GENR(113)은 결합 모델로 구현되는 실험 프레임 모델 EF(123)의 하위 모델로서 DEVS 모델 내에 존재할 수 있다. 구체적으로, 이벤트 생성 모델 GENR(113)은 DEVS 모델의 루트 코디네이터로부터 시작 메시지를 입력받고, 상기 시작 메시지에 기반하여 상기 복수의 센서 원자 모델 중 하나로 이벤트 메시지를 임의적으로 출력할 수 있다.

[0037] Active 상태에서, 이벤트 생성 모델 GENR(113)은 이벤트 메시지를 임의적으로 생성할 수 있다. 또한, 이벤트 생성 모델 GENR(113)은 생성된 이벤트 메시지를 출력 포트 out을 통해 루트 코디네이터에 의해 선택된 센서 원자 모델로 출력한다. 그 이후에 데이터 관리 모델 TRANSD(114)로부터 발생된 데이터가 입력 포트 stop을 통해 전달되면, 이벤트 생성 모델 GENR(113)은 내부 상태를 active 상태에서 passive 상태로 변경하며, 더 이상 새로운 이벤트 정보를 생성하지 않을 수 있다.

[0038] 도 2d를 참조하면, 원자 모델 단위인 데이터 관리 모델 TRANSD(114)이 도시된다. 데이터 관리 모델 TRANSD(114)은 설정된 라우팅 프로토콜에 따른 결과값을 수집할 수 있다. 구체적으로, active 상태에서 데이터 관리 모델 TRANSD(114)은 입력 포트 ariv를 통해 이벤트 생성 모델 GENR(113)로부터 발생된 이벤트 데이터를 수신한다. 또한, active 상태에서 데이터 관리 모델 TRANSD(114)은 입력 포트 solved를 통해 기지국 원자 모델 BS(112)로부터 전달되는 데이터 보고서의 결과 정보를 수신한다. 데이터 관리 모델 TRANSD(114)은 이벤트 데이터 및 데이터 보고서의 결과 정보를 이용하여 전체 시뮬레이션 모델을 분석하며 active 상태를 유지한다. 미리 설정된 시뮬레이션 시간이 지나게 되면, 데이터 관리 모델 TRANSD(114)은 출력 포트 out을 통해 stop 데이터를 출력한다.

[0039] 도 3은 일 실시 예에 따라 구현된 WSN을 위한 DEVS 모델이 도시된다. 도 3을 참조하면, 제1 결합 모델 WSN과 제2 결합 모델 EF를 포함하는 EF-WSN 모델이 도시된다. WSN 모델은 DEVS(discrete event system specification) 모델에 포함되는 복수의 센서 원자 모델들의 출력 메시지에 따라 시뮬레이션을 위한 복수의 라우팅 프로토콜 중 어느 하나를 설정할 수 있다. WSN 모델의 하위 모델로서 복수의 센서 원자 모델들을 연결하는 결합 모델인 SENSORS와 기지국 원자 모델 BS가 배치될 수 있다. 구체적으로, SENSORS 모델은 N(N은 임의의 자연수) 개의 동형 센서 원자 모델을 생성하기 위해 커널 모델인 WSN 모델 내에 정의된다. 하나의 원자 센서 모델이 생성되는 경우, 각각의 원자 센서 모델들의 ID와 위치 정보는 WSN 모델에 저장된다. 기지국 원자 모델 BS는 원자 센서 모델 SN으로부터 결과값인 보고서를 전달 받고, 분석한다.

[0040] 실험 프레임 모델 EF는 하위 모델로서 두 개의 원자 모델을 포함한다. 구체적으로, 실험 프레임 모델 EF는 시뮬레이션을 진행하기 위해 미리 지정된 센서 원자 모델로 이벤트 정보를 출력하고, 상기 설정된 라우팅 프로토콜에 따른 결과값을 수집할 수 있다. 구체적으로, , 이벤트 생성 모델 GENR은 데이터 발생기로서 주기적으로 이벤트 메시지를 생성하여 센서 원자 모델로 전달한다. 또한, 데이터 관리 모델 TRANSD은 센서 원자 모델 또는 기지국 원자 모델 BS로부터 전달되는 데이터를 수집하고 분석한다.

[0041] 도 4는 일 실시 예에 따른 DEVS 모델에 기반하여 WSN에 대한 시뮬레이션의 초기화와 라우팅 설정 과정을 도시한다. 도 4를 참조하면, 각각의 원자 모델은 시뮬레이터들과 일 대 일로 매핑된다. 또한, 결합 모델들을 하위 모델들을 제어하는 코디네이터들과 일 대 일로 매핑된다. 상기 모델 매핑이 완료된 경우, DEVS 모델 내의 최상위 모델에 연결되는 루트 코디네이터를 시뮬레이션을 위한 시간 초기화를 수행하는 제1 메시지를 전송한다. 하위 결합 모델들은 루트 코디네이터로부터 보내지는 시간 초기화에 대한 제1 메시지를 수신한다. 만약, 제1 메시지를 수신한 결합 모델이 WSN 모델인 경우, 시뮬레이션을 위한 복수의 라우팅 프로토콜 중 어느 하나를 선택하고, 선택된 라우팅 프로토콜에 기반하여 하위 원자 모델들의 커플링 릴레이션을 갱신한다. 루트 코디네이터는 그의 자식 코디네이터로부터 완료 메시지가 수신되면, 각각의 원자 모델들이 시뮬레이션을 수행하기 위해 소요되는 최소 시간을 결정한다.

[0042] 구체적으로, 루트 코디네이터로부터 전달되는 제1 메시지는 제1 결합 모델 WSN(a)을 경유하여 제2 결합 모델 SENSOR(b)에 도달된다. 제2 결합 모델 SENSOR는 그 자신이 WSN 모델에 포함되기 때문에, 각각의 센서 원자 모델들의 위치 정보에 기반하여 그들의 라우팅을 설정한다. 라우팅 설정은 시뮬레이션을 위한 복수의 라우팅 프로토콜 중에서 필요에 따라 선택된 제1 라우팅 프로토콜에 기반하여 설정될 수 있다. 예시적으로, 그러나 한정되지 않게 제1 라우팅 프로토콜이 Dijkstra 라우팅 프로토콜인 경우, WSN 모델은 최소 경로 알고리즘에 기반하여 하나의 센서 원자 모델을 소스로 하여 목적지가 되는 다른 센서 원자 모델을 선택할 수 있다. 위와 같은 과정과 같이, 제1 결합 모델 WSN(a)은 시뮬레이션 과정에 포함되는 모든 센서 원자 모델들의 라우팅 정보를 저장

하고, 그 정보를 하위 모델인 센서 원자 모델에 전달한다. 각각의 센서 원자 모델은 부모 모델에 자신의 최초 시간과 함께 완료 메시지를 전달한다. 제2 결합 모델 SENSOR는 기지국 원자 모델 BS와 각각의 센서 원자 모델로부터 수신된 시간 정보를 비교하고, 자신의 부모 모델에 가장 작은 시간과 함께 완료 메시지를 전달한다. 루트 코디네이터는 모든 하위 모델로부터 가장 작은 시간을 확인하고, 시뮬레이션의 시작 시간을 결정할 수 있다.

[0043] 도 5는 도 4의 DEVS 모델에 기반하여 WSN에 대한 시뮬레이션 과정을 도시한다. DEVS 모델을 구현한 프로세서는 미리 정의된 모델을 이용하여 시뮬레이션을 수행한다. WSN 모델은 DEVS 메시지들을 수신하게 되면, 자식 모델들의 라우팅 정보에 따라 하위의 센서 원자 모델들 사이의 커플링 릴레이션을 설정한다. 예시적으로, 그러나 한정되지 않게 미리 설정된 라우팅 프로토콜이 다중 경로 프로토콜인 경우에, WSN 모델은 자식 모델들에게 복수개의 라우팅 정보를 미리 설정할 수 있다. 또한, WSN 모델은 이벤트 메시지가 최초 전달된 소스 모델에서 발생된 보고서가 기지국 원자 모델 BS에 도착할 때까지 하위 센서 원자 모델들의 커플링 릴레이션을 반복하여 갱신할 수 있다.

[0044] 최초 시간이 결정된 경우, DEVS 모델의 루트 코디네이터는 이벤트 생성 모델 GENR로 시뮬레이션 시작에 관한 제2 메시지를 전송한다. GENR은 이벤트 메시지를 임의적으로 생성하고, 미리 약속된 위치 정보에 대응하는 센서 원자 모델로 생성된 이벤트 메시지를 전달한다. 이벤트 메시지가 새롭게 추가된 제2 메시지는 제1 결합 모델 WSN(a)을 경유하여 제2 결합 모델 SENSOR의 코디네이터(b)로 전달된다. 상기 코디네이터는 WSN 모델은 호출하고, 호출된 WSN 모델은 이벤트의 발생 위치에 기반하여 하위 원자 모델들의 커플링(EOC: external output coupling)을 수정하고, 하나의 시뮬레이터를 선택한다. 선택된 시뮬레이터는 제2 메시지를 수신하고, 대응하는 센서 원자 모델에 정의된 함수들을 호출한다. 상기 시뮬레이터에 의해 활성화된 센서 원자 모델 SN1은 GENR로부터 발생된 이벤트 정보를 통해 보고서를 생성한다. SN1에 의해 생성된 보고서는 SN1에 대응하는 시뮬레이터에 전달되는 출력 메시지로서 센서 결합 모델 C:SENSORS에 전달된다. 센서 결합 모델의 코디네이터의 WSN 모델은 출력 메시지를 분석하고, 미리 결정된 라우팅 프로토콜에 따라 다음 센서 원자 모델 SN2을 결정하고, SN1과 SN2 사이의 커플링(IC: internal coupling)을 수정한다. 상기 센서 결합 모델의 코디네이터는 출력 메시지를 새로운 입력 메시지로 변경하고, 변경된 커플링에 따라 SN2로 제3 메시지를 전달한다.

[0045] SN2에 대응하는 시뮬레이터는 상기 제3 메시지를 전달 받고, 자신의 SN2 모델 내에 정의된 함수를 호출하고, 상기 시뮬레이터는 SN2 모델로부터 보고서를 수신한다. 또한, 상기 시뮬레이터는 센서 결합 모델 C:SENSORS에 보고서를 포함하는 출력 메시지를 보내고, 같은 방식으로 센서 결합 모델 C:SENSORS의 WSN 모델은 대상이 되는 다음 원자 센서 모델을 결정한다. 센서 결합 모델 C:SENSORS과 하위 자식 모델들 사이의 동일한 과정이 반복되고, SNN은 보고서를 생성하고, 생성된 보고서는 기지국 원자 모델 BS로 전달한다. 센서 결합 모델 C:SENSORS는 그 보고서 정보가 포함된 메시지를 수신하고 SNN과 BS 사이의 커플링(EIC: external input coupling)을 수정할 수 있다. 기지국 원자 모델 BS는 보고서를 받은 후에 그 보고서를 분석할 수 있다. 위와 같은 본 실시 예에 따른 WSN 모델은 하위 원자 모델들의 커플링 릴레이션을 변경함으로써 다양한 라우팅 프로토콜을 실험함과 동시에 센서 원자 모델 차원에서 소모되는 리소스를 최소화하는 효과를 제공할 수 있다.

[0046] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0047] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로,

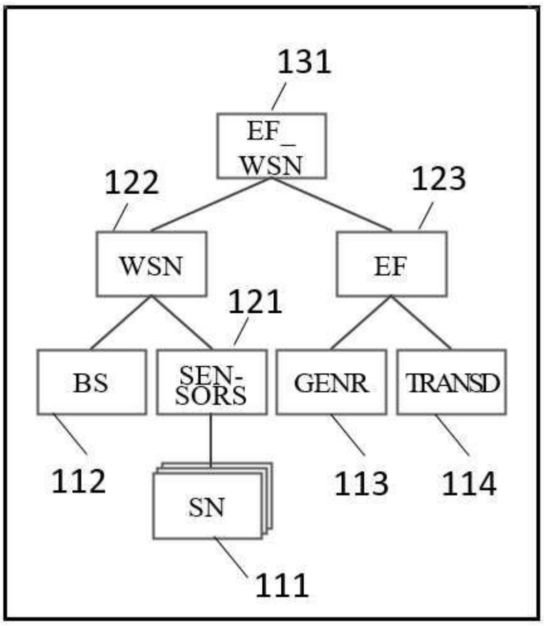
또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0048] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

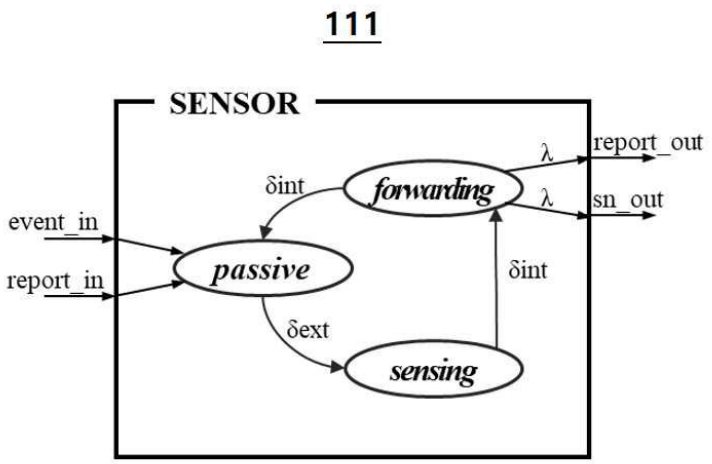
[0049] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

도면

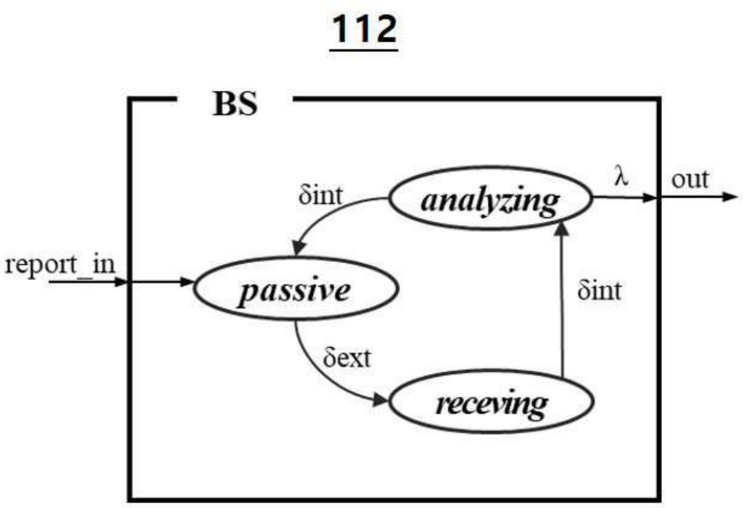
도면1



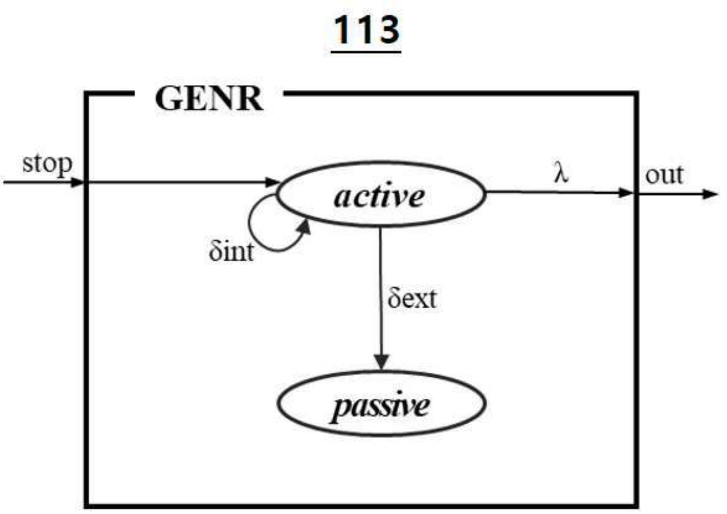
도면2a



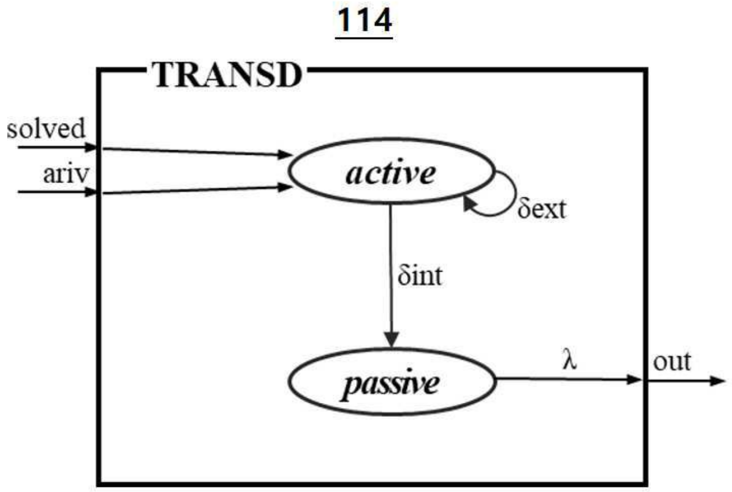
도면2b



도면2c

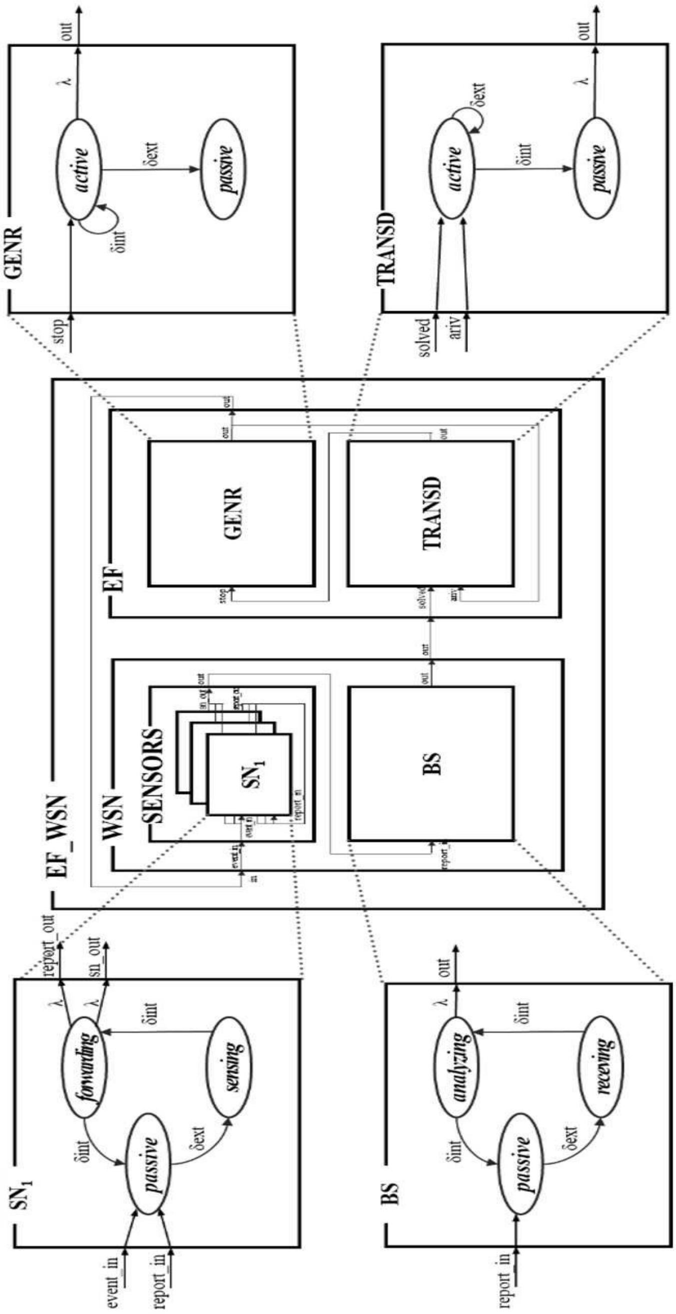


도면2d

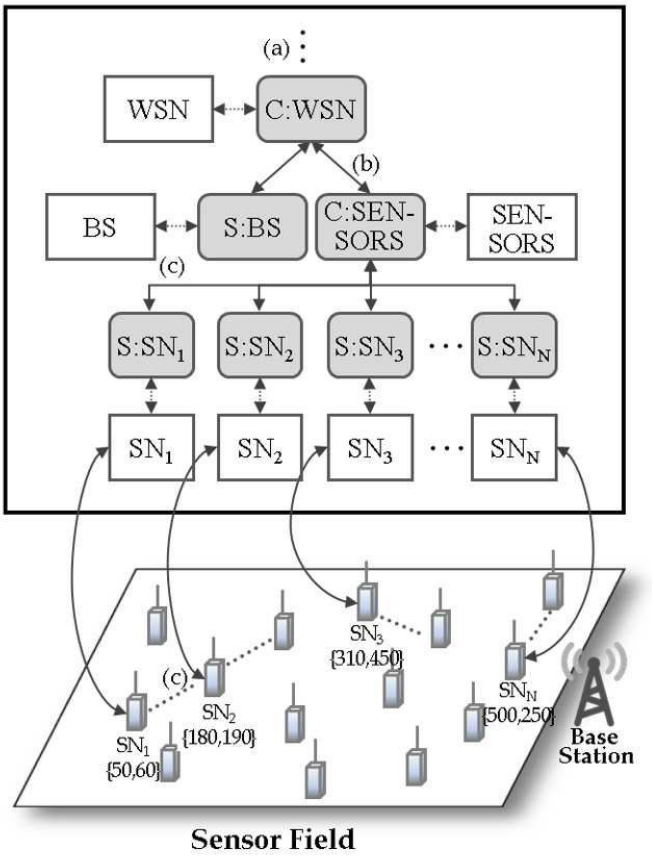


도면3

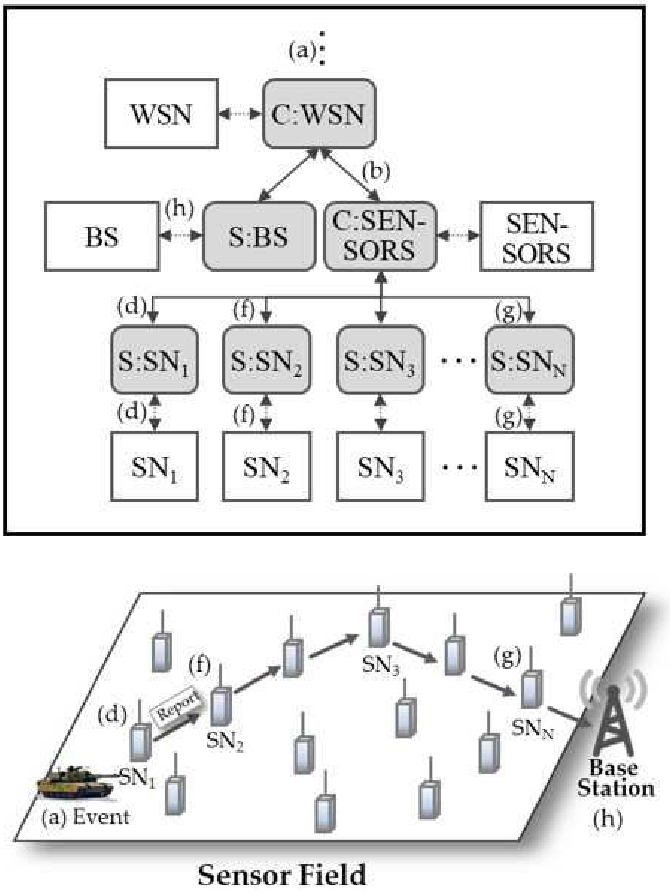
300


GENR
active
passive
stop
out
TRANSD
solved
ariv
EF_WSN
WSN
SENSORS
EF
BS
forwarding
sensing
event_in
report_in
report_out
sn_out
analyzing
receiving

도면4


(a)
WSN
C:WSN
(b)
BS
S:BS
C:SEN-SORS
SEN-SORS
(c)
S:SN1
S:SN2
S:SN3
S:SNN
SN1
SN2
SN3
SNN
(c)
SN1
{50,60}
SN2
{180,190}
SN3
{310,450}
SNN
{500,250}
Base Station
Sensor Field

도면5


(a)
WSN
C:WSN
(b)
BS
(h)
S:BS
C:SEN-SORS
SEN-SORS
(d)
(f)
(g)
S:SN1
S:SN2
S:SN3
S:SNN
SN1
SN2
SN3
SNN
(f)
(d)
Report
SN2
SN3
(g)
SNN
SN1
(a) Event
Base Station
(h)
Sensor Field