



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0102243
(43) 공개일자 2013년09월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 19/00 (2011.01) H04L 12/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0023323

(22) 출원일자 2012년03월07일

심사청구일자 2012년03월07일

(71) 출원인

한국과학기술원

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119, 11호 12 (송도동)

(72) 발명자

김훈

인천광역시 연수구 송도동 9-5 송도웰카운티 4단지 406동 802호

최윤범

경기도 부천시 원미구 원미1동 두산아파트 106동 2004호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인무한

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터

(57) 요약

GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터가 개시된다. GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터는 센서의 성능에 대한 정보와 사용자가 요구하는 이벤트 감지율에 대한 정보를 입력 받고 이를 기초로 센서 배치 결과를 제공하는 인터페이스부, 센서 네트워크를 구성할 영역의 GIS(Geographic Information System) 정보를 기초로 상기 입력 받은 센서의 성능에 대한 정보를 이용하여 각 센서의 이벤트 전달 성능과 이벤트 감지 성능이 만족되도록 상기 센서를 배치하는 초기 배치부 및 상기 사용자가 요구하는 이벤트 감지율을 유지하면서 상기 영역에 배치되는 센서의 개수가 최소화 되도록 시스템 비용 함수를 이용한 SA(Simulated Annealing) 기법을 기초로 상기 배치된 센서를 재배치하는 재배치부를 포함할 수 있다.

대표도



(72) 발명자

이호원

대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 126동 904호

이수빈

대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 127동 1306호

함명원

대전광역시 서구 만년동 389번지 리체스오피스텔 202호

박준영

서울특별시 서초구 서초2동 우성아파트 502동 202호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10033822

부처명 지식경제부

연구사업명 산업원천기술개발사업

연구과제명 대규모 지능형 협업 무인 감시 시스템 운영 프레임워크 기술

주관기관 한국과학기술원

연구기간 2009.06.01 ~ 2014.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

센서의 성능에 대한 정보와 사용자가 요구하는 이벤트 감지율에 대한 정보를 입력 받고 이를 기초로 센서 배치 결과를 제공하는 인터페이스부;

센서 네트워크를 구성할 영역의 GIS(Geographic Information System) 정보를 기초로 상기 입력 받은 센서의 성능에 대한 정보를 이용하여 각 센서의 이벤트 전달 성능과 이벤트 감지 성능이 만족되도록 상기 센서를 배치하는 초기 배치부; 및

상기 사용자가 요구하는 이벤트 감지율을 유지하면서 상기 영역에 배치되는 센서의 개수가 최소화 되도록 시스템 비용 함수를 이용한 SA(Simulated Annealing) 기법을 기초로 상기 배치된 센서를 재배치하는 재배치부

를 포함하는 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 인터페이스부는,

상기 센서의 성능에 대한 정보로서 상기 센서의 연결성, 통신 반경 및 이동 거리에 대한 정보를 입력 받는 것을 특징으로 하는 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 초기 배치부는,

상기 GIS 정보와 상기 센서의 통신 반경에 대한 정보를 기초로 상기 영역 내에서 센서 간 이격 거리가 상기 센서의 평균 최대 통신 거리 이하가 되도록 유지하고, 상기 센서의 통신 반경이 상기 영역 전체를 커버하도록 배치하는 것을 특징으로 하는 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 초기 배치부는,

센서 배치 시 상기 GIS 정보를 기초로 센서 배치가 불가능한 지역에 배치된 센서를 제거하는 것을 특징으로 하는 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 재배치부는,

상기 시스템 비용 함수의 결과값이 최소가 되도록 상기 SA 기법을 이용하여 상기 센서의 추가, 제거 및 이동 중 적어도 하나를 반복 수행함으로써 상기 센서를 재배치하는 것을 특징으로 하는 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 인터페이스부는,

상기 센서 네트워크를 구성할 영역에 대한 지도 정보가 표시되는 지도 정보 표시창;

상기 GIS 정보를 입력 받는 GIS 정보 입력창;

상기 센서의 성능에 대한 정보를 입력 받는 센서 정보 입력창;

상기 센서 배치 결과를 표시하는 배치 결과 표시창;

상기 지도 정보에 입력된 상기 GIS 정보를 표시하는 GIS 정보 표시창; 및

상기 센서 배치 결과를 그래프로 표시하는 차트창

을 이용하여 상기 센서의 성능에 대한 정보와 상기 사용자가 요구하는 이벤트 감지율에 대한 정보를 입력 받고 상기 센서 배치 결과를 제공하는 것을 특징으로 하는 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 인터페이스부는,

상기 지도 정보 표시창을 이용하여 상기 센서의 위치, 연결성 및 통신 반경 중 적어도 하나에 대한 정보를 상기 지도 정보 상에 표시하는 것을 특징으로 하는 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 인터페이스부는,

상기 지도 정보를 복수개의 선으로 구분하는 상기 GIS 정보 입력창을 이용하여 상기 복수개의 선으로 구분된 각 구역별로 상기 센서의 연결성에 대한 정보와 이벤트 발생률에 대한 정보를 입력 받는 것을 특징으로 하는 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 인터페이스부는,

상기 GIS 정보 표시창을 이용하여 상기 구역별 전파 손실률과 이벤트 발생률에 대한 정보는 색의 농도로 표시하고, 물리적으로 센서 배치가 불가능한 구역에 대한 정보를 색의 명도로 표시하는 것을 특징으로 하는 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 GIS(Geographic Information System) 정보를 기반으로 센서 배치에 필요한 정보들을 입력 받고 센서가 배치된 결과를 표시하는 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 무선 센서 네트워크(WSN: Wireless Sensor Network)는 컴퓨팅 능력과 무선통신 능력을 갖춘 센서에 의해 형성되는 네트워크로서, 무선 센서 네트워크를 형성하는 각각의 센서는 서로 간에 획득한 센싱 정보를 송수신함으로써 이를 원격지에서 감시/제어 용도로 활용할 수 있도록 한다.

[0003] 최근 기술의 발달로 인하여 소형화되고 저렴한 센서의 보급이 확대되어 가면서 무선 센서를 이용한 새로운 응용분야가 등장하였고, 이와 같은 환경에서 WSN 구축 범위가 점차 대규모 영역으로 확대되어 가고 있다.

[0004] 이와 같이 점차 대규모 영역으로 확대되고 있는 WSN을 효과적으로 제공하기 위해서는 센서의 배치, 보안 및 관리기술, 센서의 에너지 소비 등 고려해야 할 문제들이 많으나, 특히 센서의 배치는 이벤트 전달 및 감지 성능에 대한 요구조건을 만족하면서 네트워크 구축 비용(센서 개수)을 절감하는 문제에서 중요한 의미를 갖는다.

[0005] 일반적으로 센서 네트워크의 이벤트 전달 및 감지 성능을 유지하면서 네트워크 구축 비용의 최소화를 위한 센서

배치하는 한번에 직접적으로 구하기 어렵다. 이에 따라 센서 배치를 반복적으로 수행함으로써 네트워크의 성능을 증가시키고 네트워크 구축 비용을 최소화하는 방법이 주로 연구되어 왔다.

[0006] 일 예로, Frank Y.S. Lin and P.L. Chiu, "A Nearoptimal Sensor Placement Algorithm to Achieve Complete Coverage/Discrimination in Sensor Networks", IEEE Communications Letters, vol. 9, no. 1, January 2005, pp 43-45. 에는 센서를 동일 간격으로 균일하게 초기 배치하고, 센서 개수, 이벤트 전달 및 감지 기능과 관련된 시스템 비용 함수를 정하고 이를 감소되도록 재배치하는 기법이 제안되어 있다. 그러나 센서를 균일하게 초기 배치하는 것은 반복적 재배치를 통해 궁극적으로 센서 네트워크의 성능을 개선하는 최적해를 도출할 수 있지만, 지역적 상이한 특성을 초기에 반영하지 않음으로 인해 일반적으로 최적해에 도달되는 시간이 오래 걸리게 되는 문제점이 있다.

[0007] 한편, JK Kim, NG O, JJ Kim, YM Lee, H Kim and BC Jung, "Search-Oriented Deployment Strategies using GIS for Wireless Sensor Networks", Korea Information and Communications Society, vol. 34, No.10, pp. 973-980, Oct 2009. 에서는 이와 같은 문제를 해결하고자 지역적 전파환경 차를 고려하여 센서간 연결성을 만족하는 최소 통신간격을 도출하여 초기 배치에 반영하는 방법을 제안하였다. 이 기법은 기존의 균일한 초기 배치에 비해 개선된 초기 센서 배치해를 얻고, 최적해를 얻는데 소요되는 시간의 단축이 가능하게 되었다.

[0008] 그러나, 이와 같은 방법들은 센서 네트워크를 구축할 전체 영역에서 이벤트 전달 및 감지 성능이 100%만족되는 것을 전제로 하는 것으로, 센서 네트워크에서 일반적으로 요구되는 성능을 반영하기가 어렵다.

[0009] 따라서, 보다 보편적인 이벤트 전달 및 감지 성능에 대한 요구 사항을 만족하면서 센서 네트워크 구축 비용을 절감할 수 있는 방법이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 넓은 지역의 감시, 모니터링 등을 목적으로 구축되는 센서 네트워크에서 GIS(Geographic Information System)의 지리적 정보를 이용하여 네트워크 성능을 유지하면서도 보다 비용 효율적인 센서 배치 기법을 적용한 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터가 제공된다.

과제의 해결 수단

[0011] GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터는 센서의 성능에 대한 정보와 사용자가 요구하는 이벤트 감지율에 대한 정보를 입력 받고 이를 기초로 센서 배치 결과를 제공하는 인터페이스부, 센서 네트워크를 구성할 영역의 GIS(Geographic Information System) 정보를 기초로 상기 입력 받은 센서의 성능에 대한 정보를 이용하여 각 센서의 이벤트 전달 성능과 이벤트 감지 성능이 만족되도록 상기 센서를 배치하는 초기 배치부 및 상기 사용자가 요구하는 이벤트 감지율을 유지하면서 상기 영역에 배치되는 센서의 개수가 최소화 되도록 시스템 비용 함수를 이용한 SA(Simulated Annealing) 기법을 기초로 상기 배치된 센서를 재배치하는 재배치부를 포함할 수 있다.

[0012] 일측에 따르면, 상기 인터페이스부는 상기 센서의 성능에 대한 정보로서 상기 센서의 연결성, 통신 반경 및 이동 거리에 대한 정보를 입력 받을 수 있다.

[0013] 다른 측면에 따르면, 상기 초기 배치부는 상기 GIS 정보와 상기 센서의 통신 반경에 대한 정보를 기초로 상기 영역 내에서 센서 간 이격 거리가 상기 센서의 평균 최대 통신 거리 이하가 되도록 유지하고, 상기 센서의 통신 반경이 상기 영역 전체를 커버하도록 배치할 수 있다.

[0014] 또 다른 측면에 따르면, 상기 초기 배치부는 센서 배치 시 상기 GIS 정보를 기초로 센서 배치가 불가능한 지역에 배치된 센서를 제거할 수 있다.

[0015] 또 다른 측면에 따르면, 상기 재배치부는 상기 시스템 비용 함수의 결과값이 최소가 되도록 상기 SA 기법을 이용하여 상기 센서의 추가, 제거 및 이동 중 적어도 하나를 반복 수행함으로써 상기 센서를 재배치할 수 있다.

[0016] 또 다른 측면에 따르면, 상기 인터페이스부는 상기 센서 네트워크를 구성할 영역에 대한 지도 정보가 표시되는 지도 정보 표시창, 상기 GIS 정보를 입력 받는 GIS 정보 입력창, 상기 센서의 성능에 대한 정보를 입력 받는 센서 정보 입력창, 상기 센서 배치 결과를 표시하는 배치 결과 표시창, 상기 지도 정보에 입력된 상기 GIS 정보를 표시하는 GIS 정보 표시창 및 상기 센서 배치 결과를 그래프로 표시하는 차트창을 이용하여 상기 센서의 성능에 대한 정보와 상기 사용자가 요구하는 이벤트 감지율에 대한 정보를 입력 받고 상기 센서 배치 결과를 제공할 수

있다.

- [0017] 또 다른 측면에 따르면, 상기 인터페이스부는 상기 지도 정보 표시창을 이용하여 상기 센서의 위치, 연결성 및 통신 반경 중 적어도 하나에 대한 정보를 상기 지도 정보 상에 표시할 수 있다.
- [0018] 또 다른 측면에 따르면, 상기 인터페이스부는 상기 지도 정보를 복수개의 선으로 구분하는 상기 GIS 정보 입력창을 이용하여 상기 복수개의 선으로 구분된 각 구역별로 상기 센서의 연결성에 대한 정보와 이벤트 발생률에 대한 정보를 입력 받을 수 있다.
- [0019] 또 다른 측면에 따르면, 상기 인터페이스부는 상기 GIS 정보 표시창을 이용하여 상기 구역별 전과 손실률과 이벤트 발생률에 대한 정보는 색의 농도로 표시하고, 물리적으로 센서 배치가 불가능한 구역에 대한 정보를 색의 명도로 표시할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 센서의 성능에 대한 정보와 사용자가 요구하는 이벤트 감지율에 대한 정보를 입력 받아 GIS(Geographic Information System) 정보를 기초로 사용자 요구하는 이벤트 감지율을 유지하면서 배치에 필요한 센서의 개수가 최소화 되도록 센서를 배치함으로써 네트워크 성능을 유지하면서도 보다 비용 효율적으로 센서를 배치할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터가 제공하는 화면을 나타내는 예시도이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터가 제공하는 화면을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 지도 정보 표시창을 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, GIS 정보 입력창을 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 센서 정보 입력창을 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 배치 결과 표시창을 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, GIS 정보 표시창을 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 있어서, 차트창을 설명하기 위한 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터가 제공하는 화면을 나타내는 예시도이다.
- [0024] 본 발명에 따른 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터는 도 1에 도시된 화면과 같은 인터페이스를 통하여 사용자로부터 센서 배치에 필요한 정보들을 입력 받고, 입력 받은 정보들과 GIS(Geographic Information System) 정보를 기초로 센서 네트워크를 구성할 영역에 센서를 배치한 후 그 결과를 표시한다.
- [0025] 이를 위하여 본 발명에 따른 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터는 인터페이스부, 초기 배치부 및 재배치부를 포함한다.
- [0026] 인터페이스부는 센서의 성능에 대한 정보와 사용자가 요구하는 이벤트 감지율에 대한 정보를 입력 받고 이를 기초로 센서 배치 결과를 제공한다. 여기서, 센서의 성능에 대한 정보는 센서의 연결성(connectivity)에 대한 정보, 센서의 통신 반경(coverage)에 대한 정보 및 센서의 이동 거리에 대한 정보 등을 포함할 수 있다. 그리고, 사용자가 요구하는 이벤트 감지율에 대한 정보는 도로 사고 감지율, 화재 사고 감지율, 범죄 사고 감지율 등을 포함할 수 있다.
- [0027] 상기 인터페이스부는 이와 같은 센서의 성능에 대한 정보 및 사용자가 요구하는 이벤트 감지율에 대한 정보와 함께 이벤트 발생률에 대한 정보를 입력 받을 수도 있다. 한편, 상기 센서가 카메라 센서인 경우 인터페이스부

는 센서의 성능에 대한 정보로서 카메라의 상, 하, 좌, 우 각도에 대한 정보와 연결성에 대한 정보를 입력 받고 카메라 센서의 위치 각, 카메라 센서의 높이 등과 같은 센서 설치 정보를 입력 받을 수 있다.

[0028] 초기 배치부는 센서 네트워크를 구성할 영역의 GIS 정보를 기초로 인터페이스부를 통해 입력 받은 센서의 성능에 대한 정보를 이용하여 각 센서의 이벤트 전달 성능과 이벤트 감지 성능이 동시에 100% 만족되도록 센서를 배치한다. 이때, 초기 배치부는 물리적 배치 가능성에 대한 GIS 정보를 기초로 센서 배치가 불가능한 지역에 배치된 센서를 제거할 수 있다.

[0029] 즉, 초기 배치부는 GIS 정보와 센서의 통신 반경에 대한 정보를 이용하여 센서 네트워크를 구성할 영역 내에서 센서 간 이격 거리가 센서의 평균 최대 통신 거리 이하가 되도록 유지하고, 상기 센서의 통신 반경이 상기 영역 전체를 커버하도록 배치함으로써 센서의 초기 배치를 수행한다.

[0030] 한편, 재배포치부는 인터페이스부를 통해 입력 받은 사용자 요구 이벤트 감지율을 유지하면서 센서 네트워크를 구성할 영역에 배치되는 센서의 개수가 최소화 되도록 시스템 비용 함수를 이용한 SA(Simulated Annealing) 기법을 기초로 초기 배치부에서 배치된 센서를 재배포치한다.

[0031] 상기 재배포치부는 센서 배치에 있어서 사용자의 최종 요구 사항을 만족시키기 위한 것으로서, 센서 배치 성능을 하나의 지표로 측정하기 위해 이를 비용화하여 센서 네트워크의 성능을 측정하는 시스템 비용 함수의 결과값이 최소가 되도록 SA 기법을 이용하여 센서의 추가, 제거하거나 초기 배치된 센서를 센서의 이동 거리(초기입력 정보)만큼 이동시키는 것을 반복 수행함으로써 초기 배치된 센서를 재배포치한다.

[0032] 이하, 본 발명에 따른 GIS 기반 센서 배치 시뮬레이터가 센서를 배치하는 과정을 보다 상세히 설명한다.

[0033] 이벤트 전달 성능

[0034] 송신 센서 i 로부터 수신 센서 j 로의 경로 이득을 L_{ij} , 수신 전력을 P_{ij} , 백색잡음에 의한 잡음전력을 N_0 라 할 경우, 센서 i 에서의 수신신호대 잡음비(SIR_{ij})는 다음의 수학적 식 1과 같다.

수학적 식 1

$$SIR_{ij} = \frac{P_{ij}L_{ij}}{N_0} \geq \eta$$

[0036] 이때 L_{ij} 가 거리에 따라 지수로 감소하는 모델을 적용하고, 수신신호대 잡음비의 성능이 이상인 조건에 따라 두 센서간 연결조건이 만족되는 거리 d_{ij} 는 다음의 수학적 식 2와 같다.

수학적 식 2

$$d_{ij} \leq \frac{P_t}{\eta N_0}$$

[0038] δ 를 $\left(\frac{P_t}{\eta N_0} \right)$ 으로 정의하여 치환하면, 수학적 식 2는 다음의 수학적 식 3과 같이 정리된다.

수학식 3

$$d_{ij} \leq \delta$$

[0039]

[0040] 수학식 3에서 δ 는 백색잡음밀도, 요구 수신신호대잡음비, 경로감쇄 등 지역적 환경에 따라 지역별로 상이할 수 있다.

[0041] 본 발명에서는 정보 전달을 위해서 최소 2개 이상의 센서가 d_{ij} 이하의 간격을 유지해야 함을 가정하며, 이를 만족하는 센서는 이벤트 전달 조건을 만족한다고 가정하고, 전체 센서 개수 대비 이벤트 전달 조건을 만족한 센서 개수의 비율을 이벤트 전달 성능인 P_{con} 로 정의된다.

[0042] 본 발명에서는 이벤트 전달 성능(P_{con})이 일정 요구조건 이상 즉, 사용자의 요구 조건을 만족해야 한다.

[0043] 이벤트 감지 성능

[0044] 본 발명에서 고려하는 이벤트 감지 성능은 전체 네트워크 영역에서 이벤트가 평균적으로 감지되는 확률(평균 이벤트 감지율)을 의미한다. 이러한 이벤트 감지 성능은 센서에 의해서 커버되는 영역에서 일어날 수 있는 이벤트 발생확률을 감안하여 구한다. 영역 i 에서 센서에 의해 커버되는 비율을 c_i 라고 하고, 이벤트 발생 확률을 e_i 라고 정의하면, 이벤트 감지 성능인 P_{det} 는 다음의 수학식 4를 통해 구할 수 있으며, 이 때 모든 영역에서의 이벤트 발생 확률의 합은 100%로 정의될 수 있다.

수학식 4

$$P_{det} = \sum_i c_i \times e_i$$

$$s.t \sum_i e_i = 100\%$$

[0045]

[0046] 본 발명에서는 이와 같은 이벤트 감지 성능이 일정 요구조건 이상 즉, 사용자의 요구 조건을 만족해야 한다.

[0047] 본 발명에 따른 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터는 상술한 바와 같은 이벤트 전달 성능 및 이벤트 감지 성능에 관한 센서 네트워크의 요구 성능을 만족시키면서 비용 효율적인 센서 배치 문제를 고려한다. 이를 위해 정보 전송을 위한 이벤트 전달 성능과 이벤트 감지 성능의 사용자 요구치를 만족하는 센서 배치를 위해서 영역별 상이한 이벤트 발생 확률을 고려해서 전체 영역을 커버하도록 센서를 배치하고, 동시에 센서 개수(N_s)가 최소가 되도록 하는 센서 배치 문제를 다음의 수학식 5와 같이 제시한다.

수학식 5

$$\text{Min } N_s$$

$$s.t. \quad P_{con} \geq x \quad (\text{전달 조건})$$

$$P_{det} \geq y \quad (\text{감지 조건})$$

[0048]

[0049] 이와 같은 센서 배치 문제를 해결하기 위해서 효과적인 초기배치 이후에 센서 배치 개수와 이벤트 전달 성능과 이벤트 감지 성능을 반영하는 시스템 비용 함수를 제시한다. 그리고 SA(Simulated Annealing) 기법을 사용하여 센서 개수의 최소화 및 성능 요구조건을 만족하는 수학식 5의 문제를 해결한다.

[0050] 일반적으로 센서 네트워크의 특정 이벤트 전달 및 감지 성능을 유지하면서 네트워크 구축 비용을 최소화하는 센서의 배치 위치를 한번에 직접적으로 구하기 어려운 것으로 인식되고 있다. 이에 따라 본 발명에서는 비교적 배치가 용이한 이벤트 전달 성능 및 이벤트 감지 성능을 100% 만족하도록 센서를 초기 배치한 이후에, 센서의 개수와 네트워크 성능으로 구성된 시스템 비용 함수를 이용해서 사용자가 요구하는 이벤트 감지율을 만족하는 동시에 센서 개수를 최소화하도록 센서 재배치를 수행한다.

[0051] 센서 초기 배치

[0052] 센서 초기 배치 시에는 전체 네트워크의 상이한 지리적 정보를 이용해서 이벤트 전달 성능과 이벤트 감지 성능을 동시에 모두 만족할 수 있도록 센서를 배치한다.

[0053] 이벤트 전달조건을 만족하는 배치를 위해 정방형 셀($k \times k$)을 고려하며, GIS 정보를 기초로 센서간 최대 통신거리에 대한 정보(d_{ij})를 이용해서 셀 k 내에서 각 셀의 센서 간 간격이 평균값인 $\overline{d_{con}}$ 이하가 유지되도록 센서를 배치한다.

[0054] 그리고 이벤트 감지 조건을 만족하는 배치를 위해서 센서의 센싱반경인 $\overline{d_{cov}}$ 로 커버 가능한 최대 정방형 셀($j \times j$)을 고려하여서 전체 영역을 커버하도록 배치한다.

[0055] 이와 같은 방법을 이용해서 이벤트 전달 및 감지 성능을 동시에 만족하기 위한 센서 간 이격 거리 d_s 는 다음의 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$d_s = \begin{cases} \overline{d_{con}}, & \text{if } \overline{d_{con}} \leq \overline{d_{cov}} \\ \overline{d_{cov}}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0056]

[0057] SA 기법을 이용한 센서 최종 배치

[0058] 본 발명에서는 효율적인 센서 초기 배치 이후에 시스템 비용 함수를 이용한 SA기법을 사용한다. 시스템 비용 함수 F 는 센서의 개수와 이벤트 전달 및 감지 성능에 관계되는 수식이며, 이는 다음의 수학식 7과 같이 표현된다.

수학식 7

$$F = C_{sen}f_{sen} + C_{con}f_{con} + C_{det}f_{det}$$

위 식에서 C_{sen} , C_{con} , C_{det} 는 센서의 개수와 이벤트 전달 및 감지에 관한 상대적인 비중을 나타내는 가중치 상수이다. 그리고 f_{sen} , f_{con} , f_{det} 는 각각 배치되는 센서의 개수, 이벤트 전달 성능, 이벤트 감지 성능에 관계되는 함수로 정의되며, F는 현재 구축된 네트워크의 성능을 나타내고 있다.

각 함수의 정의는 다음과 같다.

f_{sen} 은 현재 배치되고 있는 센서 개수에 관한 함수로 다음의 수학식 8로 나타낼 수 있다.

수학식 8

$$f_{sen} = \sum_i N s_i$$

f_{con} 은 이벤트 전달의 요구치를 기준으로 정의되는 단위 함수(unit function)로 다음의 수학식 9로 나타낼 수 있다. P_{con} 은 네트워크에 사용된 전체 센서 개수 대비 이벤트 전달 조건을 만족한 센서의 개수의 비율로 정의된다. 그리고 δ_{con} 은 이벤트 전달 기능에 대한 목적치로 정의된다.

수학식 9

$$f_{con} = u(P_{con} - \delta_{con})$$

f_{det} 은 이벤트 감지의 요구치를 기준으로 정의된 unit function으로 다음의 수학식 10으로 나타낼 수 있다. 그리고 P_{det} 은 네트워크의 감지성능에 관련된 변수로 수학식 4로 정의된다. 그리고 δ_{det} 은 이벤트 감지 기능에 대한 목적치로 정의된다.

수학식 10

$$f_{det} = u(P_{det} - \delta_{det})$$

즉, SA 기법을 센서 배치에 적용하기 위해서는 네트워크의 시스템 비용 함수인 수학식 7에 의해 결정되며, 이를 기반으로 SA 기법을 적용하여 현재의 시스템 비용의 해 X에 대해 이웃하는 새로운 해 Y를 얻고 각각의 시스템 비용을 비교해서 비용이 감소하는 방향으로 센서를 이동, 추가, 제거를 한다. 그리고 이러한 과정을 충분히 반복하여 최종적으로 센서의 최적 배치를 달성한다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터가 제공하는 화면을 설명하기 위한 도면이다.

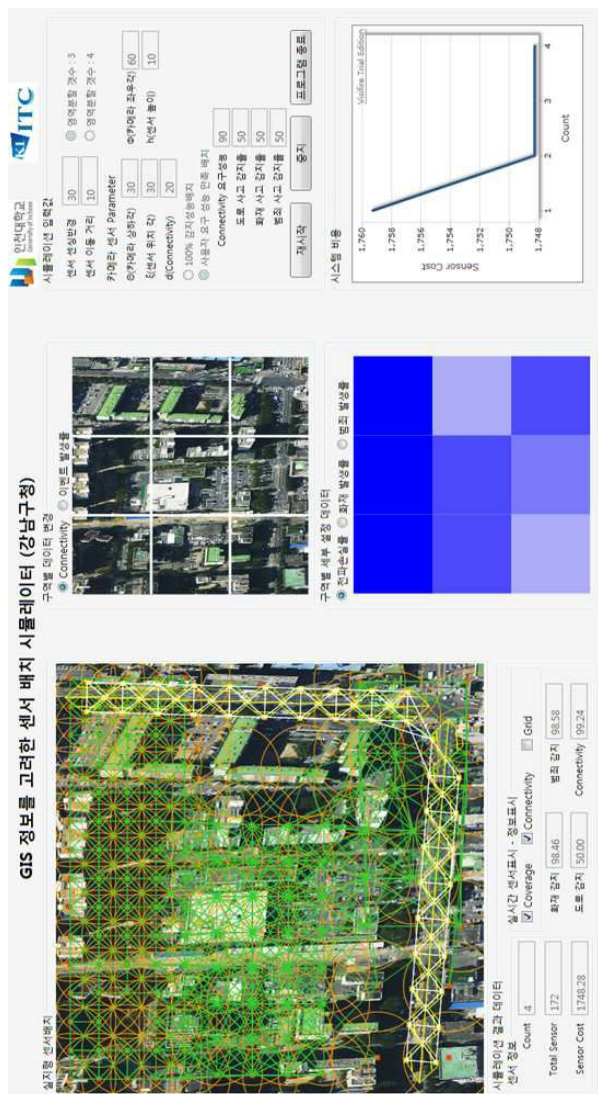
- [0070] 상술한 과정을 통하여 센서 배치가 수행되면 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터의 인터페이스부는 도 2에 도시된 것과 같은 화면을 제공한다.
- [0071] 인터페이스부가 제공하는 화면은 센서 네트워크를 구성할 영역에 대한 지도 정보가 표시되는 지도 정보 표시창(210), GIS 정보를 입력 받는 GIS 정보 입력창(220), 센서의 성능에 대한 정보를 입력 받는 센서 정보 입력창(230), 센서 배치 결과를 표시하는 배치 결과 표시창(240), 지도 정보에 입력된 GIS 정보를 표시하는 GIS 정보 표시창(250) 및 센서 배치 결과를 그래프로 표시하는 차트창(260)을 포함한다.
- [0072] 이하, 도 3 내지 도 8을 참조하여 각 창(210~260)에 대해 보다 상세히 설명한다.
- [0073] 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 지도 정보 표시창을 설명하기 위한 예시도이다.
- [0074] 도 3을 참조하면 인터페이스부는 지도 정보 표시창(210)을 이용하여 센서 네트워크를 구축할 영역의 지도 정보를 표시하는 한편, 도 1에 도시된 것과 같이 지도 정보 표시창(210)에 센서의 위치, 연결성 및 통신 반경 등에 대한 정보를 표시할 수 있다. 상기 지도 정보는 GIS 기반 센서 배치 시뮬레이터 안에 저장될 수 있다.
- [0075] 지도 정보 표시창(210)에는 GIS 센서 배치를 위한 목표 지역의 지도 정보가 로드될 수 있으며, 멀티터치 입력을 통하여 지도의 확대, 축소, 이동 등이 가능하다.
- [0076] 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, GIS 정보 입력창을 설명하기 위한 예시도이다.
- [0077] 인터페이스부는 도 4에 도시된 바와 같이 GIS 정보 입력창(220)에 지도 정보 표시창(210)에 표시된 지도 정보를 복수개의 선으로 구분하여 표시함으로써 복수개의 선으로 구분된 각 구역별로 상기 센서의 연결성에 대한 정보와 이벤트 발생률에 대한 정보를 입력 받을 수 있다.
- [0078] 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 센서 정보 입력창을 설명하기 위한 예시도이다.
- [0079] 인터페이스부는 도 5에 도시된 센서 정보 입력창(230)을 이용하여 사용자로부터 센서의 성능에 대한 정보를 입력 받을 수 있다.
- [0080] 일 예로, 도면에서는 센서의 성능에 대한 정보로서 센서의 센싱 반경, 센서의 연결성에 대한 정보와 이벤트 발생률에 대한 정보를 입력 받기 위해 영역을 분할하는 개수 및 센서의 이동 거리를 입력 받는 것이 도시되어 있다.
- [0081] 한편, 인터페이스부는 카메라 센서의 경우 센서 정보 입력창(230)을 이용하여 파라미터로서 카메라 센서의 상하 각, 좌우각, 위치 각, 높이 및 연결성에 대한 정보를 입력 받을 수 있다.
- [0082] 또한, 인터페이스부는 센서 정보 입력창(230)을 통해 사용자로부터 본 발명에 따른 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터가 100% 감지 성능의 센서 배치 또는 사용자가 요구하는 성능을 만족하는 센서 배치를 수행하도록 선택 받을 수 있다.
- [0083] 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 배치 결과 표시창을 설명하기 위한 예시도이다.
- [0084] 배치 결과 표시창(240)은 센서 배치 결과를 표시하는 창으로서, 입력된 각 파라미터를 기반으로 계산된 결과값을 출력한다. 도면에서는 일 예로, 센서 정보로서 센서 네트워크 구축에 필요한 총 센서 수, 비용, 이벤트 감지율, 연결성 등의 정보가 표시됨이 도시되어 있다.
- [0085] 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, GIS 정보 표시창을 설명하기 위한 예시도이다.
- [0086] 인터페이스부는 GIS 정보 표시창(250)을 이용하여 지도 정보를 전과 손실률, 이벤트 발생률 및 센서 배치 불가 지역별로 표시할 수 있다.
- [0087] 전과 손실률에 대한 정보를 표시하는 경우, 인터페이스부는 GIS 정보 표시창(250)에 지도 정보를 4*4 또는 3*3 구역으로 나누어 각 구역별 전과 손실률을 색의 농도로 표현할 수 있다. 도면에서는 일 예로, 색이 짙을수록 전과 손실률이 큼을 나타낸다.
- [0088] 이벤트 발생률을 표시하는 경우, 인터페이스부는 GIS 정보 표시창(250)에 지도 정보를 14*14 구역으로 나누어 각 구역별 이벤트 발생률을 색의 농도로 표현할 수 있다. 일 예로, 사용자가 이벤트로서 화재 발생률과 범죄 발생률을 입력한 경우 GIS 정보 표시창(250)에는 화재 발생률과 범죄 발생률을 합산한 값이 이벤트 발생률로서 표시될 수 있다.
- [0089] 배치 불가 지역에 대한 정보를 표시하는 경우, 인터페이스부는 GIS 정보 표시창(250)에 물리적으로 센서 배치가

불가능한 구역에 대한 정보를 색의 명도로 표시할 수 있다. 일 예로, 인터페이스부는 GIS 정보 표시창(250)에 물리적으로 배치가 가능한 지역은 어두운 색으로 표시하고 물리적으로 배치가 불가능한 지역은 밝은 색으로 표시할 수 있다.

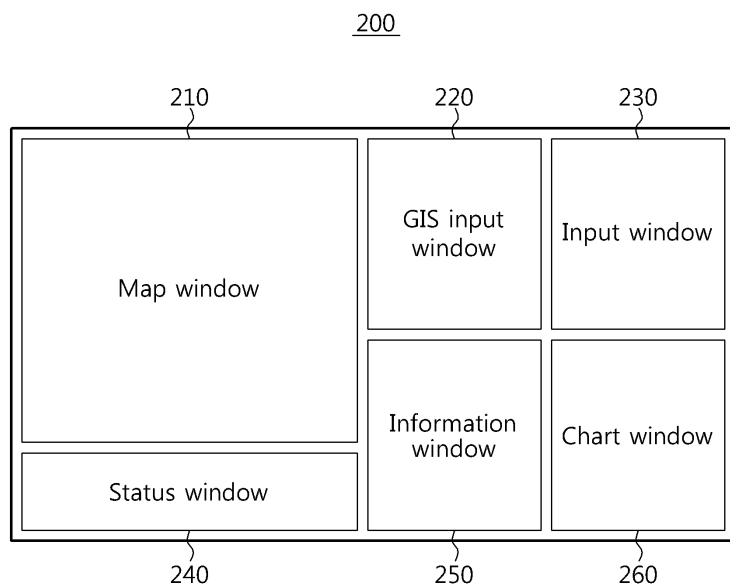
- [0090] 도 8은 본 발명의 일실시예에 있어서, 차트창을 설명하기 위한 예시도이다.
- [0091] 본 발명에 따른 GIS 정보 기반 센서 배치 시뮬레이터는 SA 기법을 활용하여 사용자가 요구하는 성능을 만족함과 동시에 센서 배치 비용이 감소되도록 센서를 배치하는데, 인터페이스부는 차트창(260)을 이용하여 이와 같이 감소되는 센서 배치 비용을 다양한 형태의 그래프/차트를 이용하여 표시함으로써 사용자에게 시뮬레이션을 수행함에 따라 비용이 줄어드는 상황을 보여줄 수 있다.
- [0092] 따라서, 본 발명에 따른 GIS 기반 센서 배치 시뮬레이터는 사용자 요구하는 이벤트 감지율을 유지하는 동시에 배치에 필요한 센서의 개수가 최소화 되도록 센서를 배치할 수 있기 때문에 네트워크 성능을 사용자가 원하는 만큼 유지하면서도 보다 비용 효율적인 센서를 배치를 수행할 수 있다.
- [0093] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0094] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

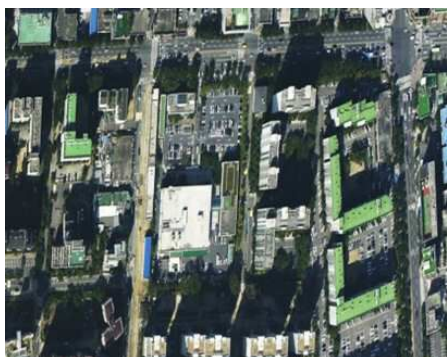
도면1



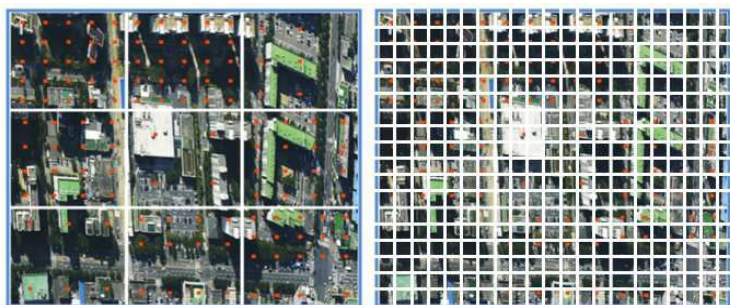
도면2



도면3



도면4



도면5

시뮬레이션 입력값

센서 센싱반경

30

영역분할갯수

3

센서 이동 거리

10

카메라 센서 Parameter

Θ (카메라 상하각)

30

Φ (카메라 좌우각)

60

ξ (센서 위치 각)

30

h(센서 높이)

30

d(Connectivity)

100

☒ 100% 감지성능배치

☐ 사용자 요구 성능 만족 배치

Connectivity 요구성능

90

도로 사고 감지율

50

화재 사고 감지율

50

범죄 사고 감지율

50

센서 배치 시작

중지

프로그램 종료

도면6

시뮬레이션 결과 데이터

센서 정보

Count

1

Total sensor

128

Sensor cost

1701.35405

실시간 센서표시-정보표시

☐ Coverage

☐ Connectivity

☐ Grid

화재 감지

98.1092

범죄 감지

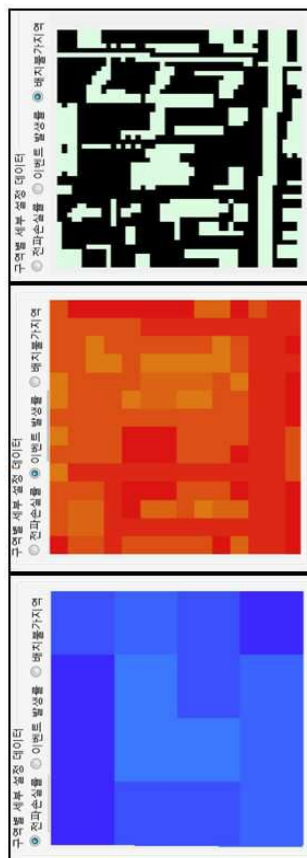
97.588599

도로 감지

Connectivity

97.65625

도면7



도면8

