

도로감시 센서 네트워크에서 이벤트 감지 성능 보장 카메라 센서 최적 배치 기법

최윤범, 김용호, 김훈
인천대학교 전자공학과
e-mail:cyb_love@naver.com

An Efficient Sensor Deployment Scheme in Wireless Sensor Networks

Yun-Bum Choi, Yong-Ho Kim, Hoon Kim,
Dept of Electronic Engineering, University of Incheon

요 약

무선 센서 네트워크란 센서를 통해 주변환경에 대한 정보를 수집하고 센서간의 무선 통신을 이용하여 다른 센서들과 정보를 나눔으로써 하나의 네트워크를 구성하는 것이며, 최근 기술 발전으로 인해 다양한 센서들이 널리 보급되면서 다양한 응용 분야가 등장하고 있다. 최근에는 다양해져가는 센서 네트워크에서 카메라 센서 기반 도로 감시 센서 네트워크에 대한 이슈가 대두되고 있으며, 도로 감시 센서 네트워크의 영역이 점점 대규모화가 되면서 최소의 네트워크 구축 비용으로 센서 네트워크의 요구 사항을 만족하는 센서 배치 문제에 관심이 증가되고 있다. 본 고에서는 카메라 센서 기반 도로 상황을 감지하는 네트워크에서 최소의 네트워크 구축비용으로 이벤트 감지에 대한 성능을 보장하는 센서 배치 기법을 고려했다. 이를 위해 카메라 센서의 이벤트 전달 및 감지 성능을 만족하는 센서간의 간격을 도출하여서 이를 센서 배치에 적용한다.

1. 서론

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network, WSN)는 컴퓨팅 능력과 무선통신 능력을 갖춘 무선 센서가 네트워크를 형성하고, 서로 간에 획득한 센싱 정보를 송수신하여 원격지에서 감시/제어의 용도로 활용할 수 있는 기술을 말한다. 최근 눈부신 기술 발전으로 더 작고 저렴한 가격의 무선 센서들이 널리 보급되면서 무선 센서 네트워크의 응용 분야가 다양해지고 있다[1]. 이러한 상황에서 최근 카메라 센서 기반 도로 감시 네트워크에 대한 관심이 증대되고 있으며, 이러한 센서 네트워크를 구축하기 위해 고려되어야 할 요소는 센서의 전력 소모 최소화와 효율적인 센서의 배치, 그리고 Ad-hoc 네트워크 기술의 자가 구성 등이 있다. 이 중에서 특히 센서 배치는 카메라 센서 기반 도로 감시 네트워크의 영역이 점점 대규모화가 되어가면서 이벤트 전달 및 감지 성능을 보장하면서 네트워크 구축비용(센서 개수)을 절감하는 문제로 중요한 의미를 가진다[2-3].

이에 따라, 네트워크 구축비용을 절감하면서 이벤트 전달 및 감지 성능을 만족하는 기존의 센서 배치 기법들을 살펴보면 다음과 같다[4-7].

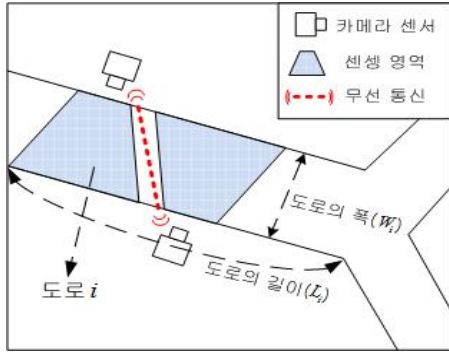
[4]에서는 센싱 영역을 최대화하기 위해서 이전에 배치된 센서의 정보를 기반으로 센서를 하나씩 배치시키면서 탐지 영역을 확장하는 방법을 제안되었고, [5]에서는 최적화 기법 중에 SA 기법을 이용한 센서 재배치 기법이 제

안되었다. 그러나 이러한 기존의 센서 배치 기법들에서 적용되는 각 센서의 센싱 영역은 일반적으로 Disk 형태로 고려되며, 이를 기반으로 전체 영역에 대한 센서의 이벤트 전달 및 감지 성능을 만족하는 배치를 한다. 그러나 Disk 형태의 일반적인 센싱 영역은 카메라 특성인 상하 좌우 시야각 등을 고려해야하는 카메라 센서의 센싱 영역으로 적용하기 어렵고, 또한 도로 상황을 감지하는 센서 네트워크에서 전체 영역을 고려하는 기존의 배치 기법을 적용하기가 어렵다. 그러므로 카메라 센서의 특성을 고려한 센싱 영역의 도출이 필요하며, 도로 지역만을 고려한 센서배치 기법이 필요한 실정이다[8].

본 고에서는 최소의 네트워크 구축비용으로 네트워크의 요구 성능인 이벤트 전달 및 감지 성능을 만족하는 카메라 센서 기반 도로 상황 감시 센서 네트워크의 배치 기법을 소개한다. 이를 위해, 카메라 센서의 센싱 영역을 도출하여, 이를 통해 센서 네트워크 구축 비용을 절감하면서, 이벤트 전달 및 감지 성능에 관한 요구성능을 보장하는 센서간의 간격을 통해 이를 센서 배치에 적용하는 방안을 제시한다.

2. 시스템 모델

센서 배치 시 고려하는 시스템 모델은 그림 1과 같이 카메라 센서를 통해서 도로 i 에서의 폭(W_i)과 길이(L_i)의 영역을 감지하는 네트워크이며, 이를 위해 센서 네트워크



(그림 1) 도로 감시 센서 네트워크 센서 배치

를 구축하기 위한 기본적인 요구사항인 이벤트 전달 및 감지 성능에 대한 사항은 다음과 같다.

이벤트 전달 및 감지 성능

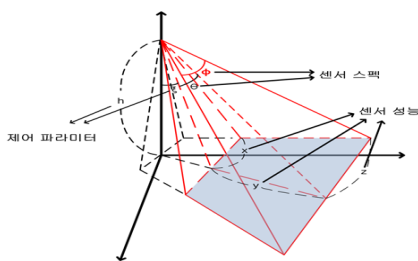
본 고에서는 센서 네트워크의 구축시 고려되는 기본적인 요구사항으로는 이벤트 전달 및 감지 성능 등이 있다.

이벤트 전달 성능은 이벤트를 감지한 소스 노드에서 배치된 센서들에 의해 직접 또는 간접적인 방법으로 네트워크상에서 연결되어서 싱크노드까지 정보를 주고 받아야 한다. 이를 위해 적어도 1개 이상의 이웃 센서가 도로 i 에서의 센서 통신 반경(d_{con_i}) 내에 배치하여야 한다. 이벤트 감지 성능은 모든 도로 영역이 배치된 센서의 센싱 가능영역으로 커버되어야 한다. 이를 위해서 카메라 센서의 센싱 영역을 고려하여서 도로 i 에서의 이벤트 감지 성능을 만족하는 센서간의 간격(d_{cov_i})을 도출하여, 센서 배치시에 고려한다.

카메라 센서의 센싱 영역

본 고에서 사용되는 카메라 센서는 그림 2와 같이 카메라의 좌우 시야각 등의 특성을 고려하여서 센싱 영역이 결정된다. 이러한 센싱 영역은 도로를 감지하는 2차원의 센싱영역을 고려하며, 이벤트 감지 성능을 보장하는 영역으로 가정한다.

카메라 센서의 센싱 영역의 도출을 위한 센서 파라미터는 카메라 센서의 상하 시야각(θ) 및 좌우 시야각(ϕ) 등의 센서의 성능을 고려한 센서 성능 파라미터와 설치되는 센서의 높이(h)와 설치되는 센서의 위치각(ξ) 등과 같



(그림 2) 감시 카메라 센서 모델

이 카메라 센서 설치 시 고려하는 제어 파라미터로 나뉜다. 그리고 도출된 센싱 영역은 사다리꼴의 모양으로 나오며, 센서 성능 및 제어 파라미터를 통해 센싱 영역의 윗변(x), 아랫변(y), 높이(z)을 도출한다.

3. 센서 배치 문제 구성 및 제안 기법

본 고에서는 도로상황 감지를 하는 카메라 센서 기반 네트워크에서 이벤트 전달 및 감지 성능을 동시에 만족시키면서 배치되는 센서의 개수를 최소화하는 기법을 소개한다.

문제 구성

이벤트 전달 및 감지 성능을 최소의 센서로 만족하는 센서 배치 문제를 고려한다. (1)에서 S_i 는 도로 i 에 배치되는 센서의 수를 의미한다.

$$\text{Min } \sum_i S_i \tag{1}$$

s.t. 이벤트 전달 및 감지 성능 만족

제안 기법

최소의 센서 개수로 이벤트 전달 및 감지 성능을 동시에 만족하는 센서 간의 간격(D_i)은 센싱 영역의 중복이 없어야 한다. 이러한 사항을 고려하여 도로 i 에서의 센서의 이벤트 전달 성능을 만족하는 통신 반경과 이벤트 감지 성능을 만족하는 센서간의 간격의 최소값으로 최종적인 센서간의 간격을 도출한다.

$$D_i = \text{Min}(d_{con_i}, d_{cov_i}) \tag{2}$$

본 고에서 배치되는 센서들간의 최대 통신 반경은 모두 동일하게 가정한다. 그리고 이벤트 감지 성능을 만족하는 센서간의 간격은 동일한 도로열에 적용이 가능하며, 센싱 영역의 높이와 도로의 폭을 기준으로 이벤트 감지 성능을 만족시키는 센서간의 간격이 도출된다.

4. 성능 평가

본 고에서 수행할 모의실험은 주어진 파라미터를 이용해서 일정 길이로 고정된 도로의 폭을 변화시키는 상황에서 카메라 센서 배치시 일반적으로 사용하는 임의 배치 기법과 수식 (3), (4), (5)에 따른 제안 기법에 대한 센서간의 간격을 비교하여서 제안 기법의 성능을 비교 분석한다. 이를 위한 시뮬레이션 환경은 표 1과 같다. 카메라 센서의 성능 파라미터인 상하 시야각은 30°이고, 좌우 시야각은 60°이다. 그리고 제어 파라미터인 배치되는 센서의 위치각은 30°이고, 배치되는 높이는 10m로 가정하며, 이벤트 전달 성능을 만족하기 위한 센서들간의 통신 반경은 50m로 가정한다. 그리고 배치할 도로의 길이는 300m이며, 도

<표 1> 모의실험 환경

Parameters	Values
상하 시야각(θ)	30°
좌우 시야각(ϕ)	60°
센서 위치 각(ξ)	30°
센서 배치 높이(h)	10m
통신 반경	50m
배치도로의 길이(L)	300m
배치도로의 폭(W)	1m ~ 20m

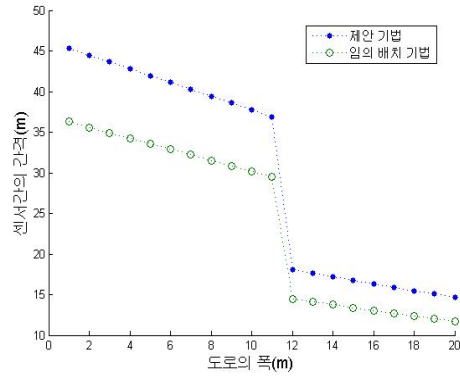
로의 폭은 1m에서 20m까지 변화시키면서 고려한다. 그 결과 도로의 폭이 넓어 질수록 이벤트 전달 및 감지 성능을 만족시키기 위해서 센서간의 간격이 줄어 들고 있음을 확인 할 수 있다. 그리고 도로의 폭이 11m부터는 센싱 영역의 높이가 도로의 폭보다 짧아져서 센서간의 간격이 급감되는 것을 알 수 있다. 또한 제안 기법이 기존의 임의 배치 기법에 비해 약 20%의 성능 향상이 있음을 알 수 있다.

4. 결론

무선 센서 네트워크 구축 시 센서 배치문제는 시스템 구축비용과 성능에 직접적으로 관련되는 중요한 부분이다. 본 고에서는 도로 상황을 감지하는 카메라 센서의 배치를 고려하여서, 네트워크 구축 비용을 최소화하면서 이벤트 전달과 이벤트 감지라는 두 가지 요구사항을 고려하는 센서 네트워크 배치문제를 구성하였다. 향후 연구로 이벤트 발생 빈도 등을 고려하여서 이벤트 전달 및 감지 성능에 대한 사용자 요구사항을 만족하는 센서 배치 기법에 대해서 고려한다.

참고문헌

[1] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, Wireless sensor networks: a survey, Computer Networks 38 (4) (2002) 393 - 22.
 [2] J. Hill, R. Szewczyk, A. Woo, S. Hollar, D. Culler, and K. Pister. System Architecture Directions for Networked Sensors. International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS-IX), 2000.



(그림 3) 도로의 폭에 따른 센서간의 간격

[3] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, and D. Estrin. Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks. ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM'00), 2000.
 [4] A. Howard, M. J. Mataric, and G.S. Sukhatme, "An incremental self-deployment algorithm for mobile sensor networks," Autonomous Robots, Special Issue on Intelligent Embedded Systems, Vol.13 No.2, pp.113-126, September 2002.
 [5] Frank Y.S. Lin and P.L. Chiu, "A Near optimal Sensor Placement Algorithm to Achieve Complete Coverage/Discrimination in Sensor Networks," IEEE Communications Letters, vol. 9, no. 1, January 2005, pp 43-45.
 [6] C. Chang, K. Shih, H. Chang, and H. Liu, "Energy-Balanced Deployment and Topology Control for Wireless Sensor Networks", Proceedings of IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM), November 2006.
 [7] Y. Zou and K. Chakrabarty, "Sensor Deployment and Target Localization Based on Virtual Forces," in Proc. IEEE INFOCOM '03, pp. 1293-1303, 2003.
 [8] P. Kulkarni, D. Ganesan, P. Shenoy, Q. Lu, SensEye: a multi-tier camera sensor network, in: Proc. of ACM Multimedia, Singapore, November 2005.