

분산 센서 네트워크에서 데이터 수집에 대한 연구

박상준, 이종찬*

¹군산대학교 컴퓨터정보통신공학부

A study of data harvest in distributed sensor networks

Sangjoon Park,¹ Jongchan Lee^{1*}

¹School of Computer Information & Communication Engineering, Gunsan National University

요약 센서 네트워크에서 센서 노드의 구성은 연속적인 단일한 지역에 분포하기도 하지만 네트워크의 특성에 따라 여러 분리된 지역에 노드들이 분포하여 네트워크를 운영할 수 있다. 여러 지역에 분포된 센서 노드에 대한 자료 수집은 기존의 연속적인 지역의 자료 수집과는 특성이 달라질 수 있다. 따라서 분산된 지역에 의한 센서 네트워크의 운영은 기존의 연속적인 네트워크와는 다르게 운영될 수 있다. 본 논문에서는 분산된 지역에서 분포된 센서 노드에 대한 데이터 수집 방법에 대해 기술한다. 분산된 지역의 노드들은 이동 싱크와의 즉각적인 연결이 불가능할 수 있으므로 노드의 운영방안에 대해 고려하여야 한다. 이동 싱크와의 즉각적인 연결 방안에서는 실시간 데이터 전송이 가능하겠지만 분산 지역에서의 싱크 연결은 이동 싱크의 이동 특성을 고려하여야 한다. 본 논문에서는 시뮬레이션 결과를 통하여 제안 방안을 분석하고자 한다. 시뮬레이션 결과에서 분산 센서 네트워크에서 주기적 데이터 수집 방안이 임계치 방안에 의한 데이터 수집보다 전체 운영시간이 더 길게 나타남을 보이고 있다.

Abstract In sensor networks, sensor nodes are usually distributed to manage the networks in continuous unique area, however as by the network property nodes can be located in several areas. The data gathering of distributed nodes to several areas can be different with current continuous area. Hence, the distributed networks can be differently managed to the current continuous networks. In this paper, we describe the data gathering of sensor nodes in distributed sensor areas. It is possible that sensor nodes cannot instantly connect the mobile sink, and the node operation should be considered. The real time data sending to the instant connection scheme of mobile sink can be implemented, but the property of mobile sink should be considered for the sink connection of distributed areas. In this paper, we analyze the proposed scheme by the simulation results. The simulation results show that the overall lifetime to the periodic data gathering method is longer than the threshold method.

Key Words : distributed sensor networks, sensor node, mobile sink and agent

1. 서론

센서 네트워크는 지난 십수년간 다양한 분야에서 수요가 증대되고 있다[12,3,4]. 또한 센서 네트워크에 대한 개발은 산업분야에서 뿐만 아니라 대학 혹은 연구기관에서도 다양하게 접근되고 있다. 그리고 향후 센서 네트워크에 대한 응용분야는 더욱 증가될 것으로 보고 있다 [5-8].

기존의 센서 네트워크의 구성은 데이터를 센싱하고 보고하는 센서 노드와 데이터를 수집하는 싱크 시스템, 그리고 싱크 시스템으로부터 받은 데이터를 축적하거나 프로세싱하는 서버로 구성된다[9]. 센서 노드는 작은 크기의 저비용 시스템을 기준으로 하며 넓은 지역에 분포하도록 구성한다. 센서 노드는 목표치의 데이터를 감지하였을 경우 해당 센싱 데이터를 싱크 시스템에 보고한다[10]. 이렇게 센서 노드는 저비용의 시스템으로 일정

*Corresponding Author : Jongchan Lee (Gunsan National Univ.)

Tel: +82-10-3393-1806 email: chan2000@kunsan.ac.kr

Received April 2, 2015

Revised (1st April 30, 2015, 2nd May 6, 2015)

Accepted May 7, 2015

Published May 31, 2015

지역에 대량으로 구성되다보니 시스템의 운용적인 측면이 고려되기도 한다. 센서 노드는 저전력 운용을 기본으로 하기 때문에 시스템의 운용의 구성적인 측면과 싱크와의 데이터 전송에 대한 방식에 의하여 네트워크의 성능이 크게 좌우한다. 노드의 운용은 저전력 소비를 위한 노드의 운용 모드를 구성하는 것이다. 기본적인 운용 모드는 송신, 수신, 센싱 그리고 대기모드 등으로 나뉜다. 데이터의 송신과 수신은 노드 자체의 센싱 데이터에 대한 송신도 있지만 다른 노드로부터 받은 데이터에 대한 송수신도 있다. 이는 일정 영역에서의 노드의 구성에서 발생하는 라우팅 때문이다. 단일한 노드가 직접적으로 싱크에 데이터를 전달할 수 있는 환경이 아니므로 다른 이웃 노드들을 이용하여 자신의 센싱 데이터를 전송하는 것이다. 따라서 이웃하는 노드들로부터 지속적으로 데이터를 라우팅할 경우 해당 노드는 자신의 센싱 데이터에 대한 전력 소모뿐만 아니라 라우팅에 대한 전력 소모도 고려하여야 한다. 대기모드는 센서 노드가 이웃 노드에 대한 라우팅 전송이나 센싱 데이터의 전송 등의 데이터 전송관련 기능을 수행하지 않을 경우 전력 모소를 줄이기 위한 방안이다. 이렇게 센서 노드는 기본적인 모드를 운용함으로써 자신의 노드 생명을 연장할 수 있다. 또한 이러한 기본적인 센서 모드에 대한 기능적인 운용에 의해 전력 소비의 방안이 달라질 수 있으며, 이는 전체 네트워크의 운영 시간에 영향을 미친다.

센서 노드의 라우팅은 센서 네트워크의 운영에 큰 부분을 차지한다. 센서 노드와 싱크 시스템 간의 데이터 전송 및 제어 메시지 전송은 노드의 전력 소비에 영향을 미치며, 이는 전체 네트워크의 운용시간을 좌우한다. 따라서 네트워크 운용 시간의 극대화를 위한 라우팅 방안이 지속적으로 제안되고 있다. 여기서 고려해야할 사항은 센서 네트워크를 구성하는 요소들의 이동성이다. 센서 네트워크의 경우 보통 노드는 특정 장소에 정지한 상태로 있으며 싱크 시스템의 경우 이동을 하면서 노드들로부터 데이터를 수집하는 것으로 설계된다. 따라서 센서 노드가 센싱한 데이터를 싱크에게 어떻게 전달하느냐가 네트워크의 운용 시간을 결정하는 주요한 요소가 된다. 기존의 센서 네트워크 방안에서는 네트워크 지역이 일정한 형태로 퍼져있으며, 이에 센서 노드들도 일정한 간격으로 있다는 가정 하에 싱크와의 네트워크를 구성하였다. 하지만 센서 네트워크는 그 적용 범위도 다양해지며 응용 범위도 넓어지고 이는 실정이다. 이는 기존에 적

용되던 방안이 지속적으로 그 영역을 넓혀가는 센서 네트워크의 응용 범위에 다양성을 제공하지 못할 수 있다. 센서 네트워크의 환경은 기존의 단일한 지역에서의 네트워크 환경에서 다양한 지역 환경에서 네트워크를 구성할 수 있는 것이다. 따라서 본 논문에서는 단일한 지역에서의 센서 네트워크의 구성이 아니라 다양한 네트워크 환경에 대해 고려한다. 특히, 분산 지역에서의 센서 네트워크의 구성에 대한 방안을 기술한다. 센서 네트워크의 운용은 응용 서비스에 따라 언제든지 분산 지역에서 운용될 수 있다. 그러면 분산지역에서의 센서 네트워크에 대한 운용 방안이 제공되어야 한다.

본 논문에서는 다음과 같이 구성한다. 제 2장에서는 분산 센서 네트워크의 대한 특성에 대해 기술하며, 이에 대한 방안을 설명한다. 제 3장에서는 분산 센서 네트워크에 대해 시뮬레이션을 통하여 성능평가를 수행하며, 4장에서 결론을 맺는다.

2. 분산 네트워크 구성

기존의 센서 네트워크의 구성은 노드의 위치가 연속적으로 일정지역에 위치하는 형태로 구성되었다. 이렇게 되면 일정한 간격으로 센서 노드들이 위치할 수 있으며, 노드의 임의의 데이터를 센싱하여 싱크 시스템에 데이터를 전달할 경우 다른 센서 노드들을 이용하여 데이터를 전달할 수 있게 된다. 따라서 연속적인 노드들의 구성을 기반으로 한 라우팅 방안이 고려될 수 있다. 하지만 센서 네트워크의 응용범위가 증대되고 있는 시점에서 센서 노드의 구성이 일률적인 간격으로 구성될 수도 있지만 분산된 지역에 센서 노드들이 놓이게 될 수도 있다. Fig. 1의 경우 기존의 연속적인 센서 노드의 구성과 분산된 지역에서의 센서 노드를 보이고 있다.

Fig. 1에서 (a)의 경우 앞서 설명한 바와 같이 센서 노드들이 연속적으로 위치한 것을 보이고 있다. 이러한 네트워크 환경에서는 센서 노드가 싱크 시스템 특히, 이동 싱크에게 전달한 데이터가 존재하면 라우팅 방안을 수행한다. 또한 이웃 노드들은 이러한 라우팅 방안에 협력하여 이동 싱크에게 데이터가 정상적으로 전달되도록 한다. 따라서 이러한 방식에서는 이웃 노드와의 관계, 이동 싱크의 이동성 등을 통하여 이동 싱크의 위치를 신속히 파악하게 된다.

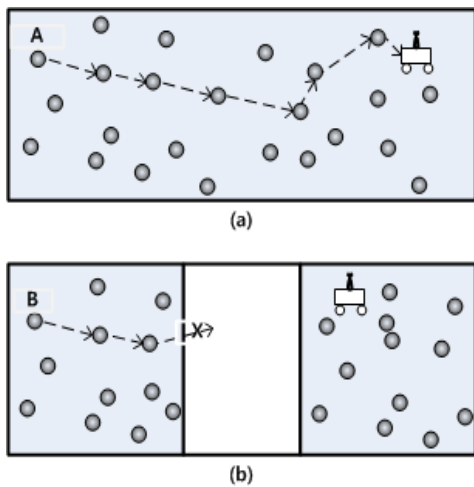


Fig. 1. Sensor node location

하지만 (b)의 경우 센서 노드의 구성은 다르게 된다. 우선 노드들의 구성이 연속적인 것이 아니라 그림에서 보는 바와 같이 중간 지역에 노드가 전혀 없는 지역이 존재할 수 있다. 센서 네트워크에서는 중간 노드의 라우팅을 통하여 노드의 데이터가 전달되게 되는데 이 경우 중간 지역에 노드가 존재하지 않으면 이동 싱크에게 데이터를 전달할 수 없게 되는 것이다. 그림에서는 보는 바와 같이 노드 B가 감지한 데이터를 이웃 노드를 통하여 이동 싱크에게 전달하지만 센서 노드가 없는 중간 지역에서 해당 데이터 전송이 끊기게 되는 것이다. 그림 (a)에서는 만일 노드 A가 데이터 전송에 대한 노력을 지속적으로 기울인다면 충분히 이동 싱크에게 데이터가 전달 되겠지만, 그림 (b)에서와 같이 노드 B가 데이터를 전송하려고 해도 중간 끊어진 지역으로 인하여 데이터가 이동 싱크에게 전달되는 것이 불가능하게 된다. 따라서 노드 B가 지속적으로 데이터 전송을 위해 이웃 노드를 통하여 데이터를 보내게 되면 노드 B의 전력은 데이터 전달이라는 실효성 없이 소모될 것이다. 그러므로 그림 (b)에서와 같은 분산 지역에서는 이동 싱크로의 지속적인 데이터 전송 시도가 불필요한 전력 낭비를 초래할 수 있다. 이 경우 이동 싱크가 해당 지역 안으로 들어오기까지 대기하고 있어야 한다. 따라서 해당 지역으로의 이동 싱크의 방문이 알려지면 노드의 데이터 전송이 가능하게 된다.

분산 지역 환경에서는 센서 네트워크 구성이 기존의 연속적인 지역의 노드 환경에서의 구성과는 다르게 적용 된다. 분산 지역에서의 센서 노드들은 데이터 전송 시

순 이동 싱크가 자신의 지역에 들어와 있는지 파악하여야 한다. 여기서 이동 싱크의 방문에 대한 파악은 두 가지 방법으로 나누어진다. 첫 번째로 이동 싱크의 방문이 규칙적일 경우이다. 이동 싱크가 분산 지역을 정해진 시간으로 방문하게 되면 센서 노드는 이동 싱크의 방문 시간에 대해 동기를 맞출 수 있게 된다. 따라서 정해진 시간이 흐른 뒤에 이동 싱크의 방문이 예상되면 데이터 전송을 위해 준비를 하며, 이동 싱크가 데이터 수집 후 해당 지역을 떠나게 되면 이동 싱크에 대한 데이터 전송을 중지하는 것이다. 두 번째로 이동 싱크가 비주기적으로 방문하는 경우이다. 이 경우 센서 노드는 이동 싱크의 방문 시간을 예측할 수 없으며 이동 싱크는 해당 지역을 방문하게 되면 자신의 방문을 알려야 한다. 물론 주기적인 싱크의 방문 방식에서도 자신의 방문을 알리는 것을 수행할 수 있지만, 특히 비주기적인 방문에서는 이동 싱크의 방문을 센서 노드들이 파악하고 있어야 한다.

Fig. 2는 분산 환경에서의 이동 싱크와 센서 노드와의 데이터 전송에 대한 절차를 보이고 있다. 그림에서 보면 센서 노드가 이동 싱크의 방문 시그널을 수신하게 되면, 전송에 대한 라우팅을 형성한다. 분산 지역에 들어온 이동 싱크는 해당 지역에서 데이터를 수신하기 위하여 노드에 데이터 전송 준비를 하게 된다. 센서 노드와 이동 싱크 간의 라우팅이 형성되면 센서 노드는 이동 싱크로 데이터 전송을 수행하며, 다른 노드로부터 전달된 데이터도 라우팅에 의해 이동 싱크로 전달한다.

```

if (sink visiting) {
    if(sink visiting signal) {
        make routing to sink
        data transmission
        if(data receive) {
            forwarding data
        }
    }
    else {
        wait until signal receiving
    }
}
else if (sink departure) {
    turning sleep mode
    if(data sensing) {
        data registering
    }
}
}
    
```

Fig. 2. Data transmission/receive

일정시간 센서 노드로부터 데이터를 수신한 이동 싱크는 데이터 수신을 종료하고 다른 분산 지역으로의 이

동 준비를 수행한다. 따라서 해당 지역을 벗어날 경우 이동 싱크는 센서 노드들에게 싱크의 이동을 알리게 되며, 싱크의 이동에 대해 수신한 노드들은 데이터 전송을 멈추고 다음 방문 때까지 이동 싱크를 기다리게 되는 것이다. 만일 이동 싱크의 방문이 주기적이라면 센서 노드는 다음 싱크의 방문을 위한 타이머를 둘 수 있다. 따라서 타이머가 종료되면 이동 싱크의 방문 시점으로 간주하고 싱크의 방문 시그널을 대기한다. 또한 싱크의 방문 시그널 수신에 대비하여 데이터 전송을 준비한다.

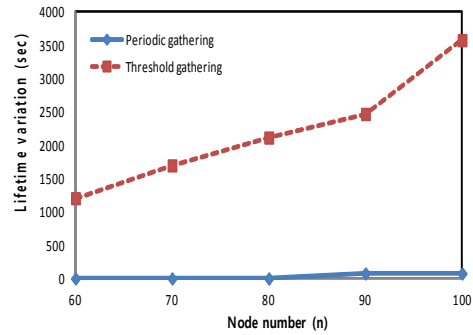
3. 성능평가

본 장에서는 제안한 방식에 대한 시뮬레이션을 통하여 성능평가를 수행한다. 분산 지역을 기준으로 이동 싱크는 주기적으로 방문한다고 가정한다. 센서노드는 고정형 센서 노드이며, 전체 전력의 크기는 연속적인 전송 전력을 기준으로 5분으로 가정한다.

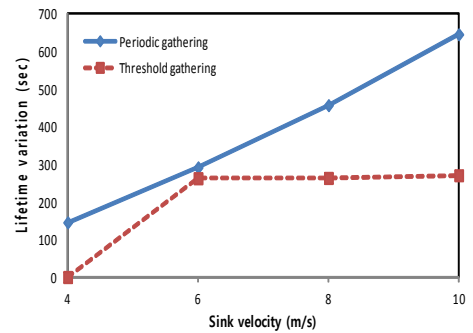
Table 1. Simulation parameters

Parameters	Performance
Area size	100 m * 100 m
Distance between clusters	50 m
Node number	50 ~ 100
Transmission range of node	10 m
The mobile sink speed	1 ~ 10 m/s
Sink mobility	Determined path
Transmission range of sink	20 m
Transmission power	0.5 W
Received power	0.2 W
Idle power	0.01 W
Sensing processing power	0.05W

이동 싱크는 해당 분산 지역에 진입하면 자신의 방문을 알리는 것으로 가정하며, 싱크의 방문이 이루어지면 센서 노드들은 자신의 데이터를 전송한다. Table 1은 시뮬레이션 환경을 보이고 있다. 그림 3은 네트워크 구성 요소와 네트워크의 생존시간 차이를 보이고 있다. 그림 3의 (a)에서는 센서 노드의 수와 네트워크의 생존시간 차이를 보이고 있으며, 그림 3의 (b)는 이동 싱크의 이동 속도와 네트워크 생존 차이를 보이고 있다. 여기서 네트워크 생존 시간은 임의의 센서 노드가 자신의 에너지를 소모하여 더 이상 정상적인 기능을 수행하지 못할 경우의 시점이다.



(a) Effect of node number



(b) Effect of sink velocity

Fig. 3. Network lifetime difference

4. 결론

센서 네트워크의 응용분야는 향후 증가할 것으로 예상된다. 네트워크의 구성도 단일한 구성에서 벗어나 다양한 방식으로 구성 것으로 예상하며, 이에 대한 네트워크 운용이 필요하다. 본 논문에서는 분산 환경에서의 네트워크 구성에 대해 고려하였다. 분산 환경에서는 센서 노드가 이동 싱크에 실시간적으로 데이터를 전송할 수 있는 환경이 아니기 때문에 이에 대한 네트워크 구성이 필요하다. 따라서 이동 싱크가 네트워크 지역에 방문하였을 경우에만 데이터 전송이 가능하게 된다. 이동 싱크의 방문은 주기적인 방문과 비주기적인 방문으로 나누어지며, 본 논문에서는 주기적인 방문을 기준으로 하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 분산 환경에서의 센서 네트워크의 생존 시간을 분석하였다.

References

- [1] Ian F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, vol.40, no.8, pp.102-114, August 2002.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MCOM.2002.1024422>
- [2] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," in Proc. IEEE HICSS, pp.1-8, January, 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/hicss.2000.926982>
- [3] V. Mhatre and C. Rosenberg, "Homogenous vs Heterogeneous Clustered Sensor Networks: A Comparative Study," in Proc. IEEE ICC, pp.3646-3651, June, 2004..
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICC.2004.1313223>
- [4] Inhee Joe and Sangwoo Kim, "Mobility Management for Mobile Sinks using Soft Handover in Large-Scale Sensor Fields," in Proc. IEEE NCM, pp.272-275, August, 2010.
- [5] M. Haneef, W. Zhou and Z. Deng, "MG-LEACH: Multi Group Based LEACH an Energy Efficient Routing Algorithm for Wireless Sensor Network," in Proc. IEEE ICACT, pp.179-183, February, 2012.
- [6] Y. Faheem, S. Boudjit and K. Chen, "Dynamic Sink Location Update Scope Control Mechanism for Mobile Sink Wireless Sensor Networks," in Proc. IEEE WONS, pp.171-178, January, 2011..
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/wons.2011.5720189>
- [7] X. Chen and P. Yu, "Research on Hierarchical Mobile Wireless Sensor Network Architecture with Mobile Sensor Nodes," in Proc. IEEE BMEI, pp.2863-2867, October, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/bmei.2010.5639549>
- [8] L. Barolli, T. Yang, G. Mino, A. Durresi, F. Xhafa and M. Takizawa, "Performance Evaluation of Wireless Sensor Networks for Mobile Sensor Nodes Considering Goodput and Depletion Metrics," in Proc. IEEE ISPA, pp. 63-68, May, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ispa.2011.22>
- [9] C. Nam, Y. Ku, J. Yoon and D. Shin, "Cluster Head Selection for Equal Cluster Size in Wireless Sensor Networks," in Proc. IEEE NTISS, pp.618-623, July, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/niss.2009.182>
- [10] W. Liu, K. Lu, J. Wang, G. Xing and L. Huang, "Performance Analysis of Wireless Sensor Networks With Mobile Sinks," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol.61, no.6, pp.2777-2788, July, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TVT.2012.2194747>
- [11] J. Oh, "Optimum Design of the Microphone Sensor Array for 3D TDOA Positioning System", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 14, No. 1, pp.31-36, Feb. 28, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2014.14.1.31>
- [12] J. Oh, "A Study on PDOP due to the Position Error of Acoustic Sensors in the 3D TDOA Positioning System", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 15, No. 1, pp.199-205, Feb. 28, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/jiibc.2015.15.1.199>
- [13] Y.-D. Joo, "Analysis on Security Vulnerabilities of a Biometric-based User Authentication Scheme for Wireless Sensor Networks", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 14, No. 1, pp.147-153, Feb. 28, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/jiibc.2014.14.1.147>

박 상 준(Sangjoon Park)

[정회원]



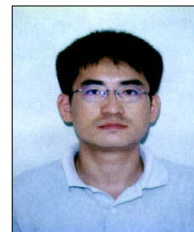
- 2002년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 공학박사
- 2007년 3월 ~ 현재 : 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과 교수

<관심분야>

센서 네트워크, 시뮬레이션 모델링, 인터넷 망 분석

이 종 찬(Jongchan Lee)

[정회원]



- 2000년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 공학박사
- 2005년 3월 : 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과 교수

<관심분야>

이동체 추적, 무선 멀티미디어