

Clustering 및 위치정보를 활용한 WSN(Wireless Sensor Network) 성능 향상 방안 연구

전진한¹ · 홍성훈^{2*}

¹(주)네트컴정보통신 · ²(주)네트컴정보통신

A Study for Improving WSNs(Wireless Sensor Networks) Performance using Clustering and Location Information

Jin-han Jeon¹ · Seong-hun Hong^{2*}

¹Netcom Information & Communication Co., Ltd · ²Netcom Information & Communication Co., Ltd

E-mail : jhjeon@netcom.co.kr / shhong@netcom.co.kr

요 약

접근이 어렵거나 지속적인 모니터링이 필요한 서비스에 적용 가능한 WSN(Wireless Sensor Network) 기술은 최근 그 응용 분야의 확대 및 효율성으로 연구 개발의 필요성이 점증하고 있는 분야이다. 본 논문은 WSN의 패킷 전송률을 증가시키고 센서 노드들의 수명을 연장하기 위해 제시된 기존 연구들을 분석한 후, 센서 노드들에 Clustering 및 위치 기반 기법 적용 시 기존 연구 대비 성능 향상 요인들을 분석하였으며 이를 기반으로 패킷 손실률과 네트워크 수명 측면에서 향후 WSN의 성능 향상을 위한 새로운 기법에 대한 연구를 수행 할 예정이다.

ABSTRACT

Recently, the need of researches and developments about WSN(Wireless Sensor Network) technologies, which can be applied to services to regions where the access is difficult or services that require continuous monitoring, has gradually increased due to its expansion and efficiency of the application areas. In this paper, we analyze existing researches which focused on reducing packet loss rate and increasing lifetime of sensor nodes. Then, we conduct studies about performance improvement factors where some schemes - clustering and location-based approaches - are applied and compare our study results with existing researches. Based on our studies, we are planning to conduct researches about a new scheme that could contribute to improve WSN's performance in terms of packet loss rate and network lifetime.

키워드

WSN(Wireless Sensor Network), Clustering, Location-based Approaches, Packet loss rate, Network Lifetime

1. 서 론

WSN(Wireless Sensor Network) 기술은 접근이 어려운 지역 및 지속적인 모니터링이 필요한 서비스에 적합한 기술로 최근 응용 분야의 확대 및 효율성의 증가로 인해 연구 개발의 필요성이 점증하

고 있는 분야이다.

WSN 시스템은 그림 1.과 같이 필요한 데이터를 수집하는 센서 노드, BS(Base Station) 및 데이터베이스/웹 서버 등으로 구성된다. 센서 노드는 자료를 수집하는 말단의 센서 노드 및 BS와 통신을 지원하는 Router 또는 Gateway로 분류된다. Router 또는 Gateway로 분류된 센서 노드들은 Routing Protocol의 설계 및 구현 시 방안별로 말

* corresponding author

단 센서 노드들의 데이터를 통합하고 필요없는 데이터의 송수신을 최소화 할 수 있는 기능을 제공한다.

본 논문에서는 센서 노드에서 BS로 데이터를 전송하는 라우팅 프로토콜에 대한 기존 연구들을 분석하고, Clustering 및 위치 기반 정보를 이용하여 기존 연구 대비 성능 향상 요인들을 분석한다. 추후 분석된 요인들을 기반으로 데이터 전송 시 패킷 손실을 감소 및 센서 노드를 포함한 네트워크 수명 연장 방안 연구를 수행할 예정이다.

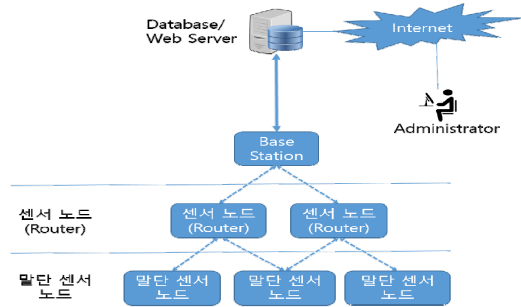


그림 1. WSN Physical Architecture

II. 관련 연구

WSN에 대한 연구는 센서 노드 등 구성요소의 성능을 향상하여 WSN 시스템의 성능을 향상시키는 방안과 Routing 등의 개선을 통해 성능을 향상시키는 방안으로 분류된다.

[1]은 센서 노드, Base Station, 및 Database/Web Server 등 WSN 시스템 구성요소 중 센서 노드의 개선을 통하여 공기의 품질 모니터링 서비스의 성능 개선을 보여 주고 있다.

WSN 시스템의 라우팅 프로토콜의 개선을 통해 WSN 시스템의 수명 개선 및 패킷 전송률의 향상을 위한 방안들은 다음과 같다.

[2]는 GAF(Geographical Adaptive Fidelity)를 도입하여 일정 수준의 Routing Fidelity를 유지하면서 불필요한 센서 노드를 통신에 포함시키지 않도록 라우팅을 구성하여 WSN의 수명을 증가시킬 수 있도록 고안된 방안이다.

[3]은 MANET(Mobile Ad hoc Network)환경을 위해 제안된 Energy-aware Routing Protocol이나 에너지 보호를 위한 방안이기 때문에 WSN에도 적용할 수 있다. 기본 배경은 무선 네트워크 장비(센서 노드)의 가장 큰 에너지 손실 원은 인터페이스라는 사실에서 의거하여, 휴지 상태(idle state)에서는 센서 노드의 Radio를 off 상태로 유지하여 에너지 효율을 증가시킬 수 있도록 고안된 방안이다.

계층적 프로토콜은 WSN을 Cluster라 부르는 몇 개의 그룹으로 나눈 후, CH(Cluster Header)를 선출하여 CH가 그 Cluster의 데이터 전송을 관리하는

구조이다. 이때, CH는 다른 센서 노드에 비해 에너지 소비가 심하며, WSN의 수명 증가를 위해 CH의 에너지 소비 감소 방안이 필요하다.

LEACH[4]는 Cluster 내에서 라운드 당 특정 매개변수(노드의 잔여 에너지 등)를 이용하여 CH를 선정하며 CH가 그 라운드에서 해당 Cluster 내 통신을 관리 한다. 매 라운드 별 CH는 별도로 선정되며, 한번 CH로 선정되었던 노드는 CH 자격이 있는 다른 노드들이 모두 CH로 한번 씩 선정될 때까지는 CH로 선정되지 않도록 CH 선정 조건을 제한하여 CH에 가해지는 에너지 소비를 분산하는 방법을 사용한다. 이때, Cluster 내에서 Non-CH는 CH로 수집한 데이터를 전달하는 시간을 제외하고는 휴지 상태(idle state)를 유지하며, CH는 Cluster의 노드로부터 수신한 데이터를 통합하여 Base Station으로 전송한다.

III. WSN Routing 성능 개선 방안

LEACH는 분산형 알고리즘을 사용하여 CH를 선정하기 때문에 적절치 못한 CH의 선정은 불가피하게 성능저하를 초래한다. 이를 극복하기 위해 LEACH-C[5]를 도입하였다. LEACH-C는 중앙 제어 알고리즘으로 BS에서 모든 센서 노드들의 정보(위치 및 잔여 에너지)를 이용하여 최적의 Cluster를 구성하고 이에 상응하는 CH를 선정한다.

본 논문에서는, 중앙 제어 알고리즘을 적용하여 WSN을 구성할 경우 센서 노드의 에너지 손실 및 패킷 손실을 줄일 수 있는 요인들을 분석하고 이를 기반으로 성능 개선 방안을 제시한다.

표 1. WSN 성능 개선 고려 사항

구분	고려 사항
Cluster 선정	- 센서 노드의 위치 및 수량을 고려한 Cluster 수 및 범위
CH 선정	- 센서 노드들의 잔여 에너지, 위치 정보 및 CH로 동작 시 예상 에너지 소비량을 고려
CH to BS Routing	- WSN의 분포 범위로 인해 CH to BS의 Direct 통신이 불가한 경우 - BS와 직접 통신하는 CH가 2 이상인 경우

표 1. WSN 성능 개선 고려 사항은 기존 연구방안을 분석한 후 기존 연구방안의 성능 개선을 위한 고려 사항을 보여 준다.

계층적 프로토콜에서 중앙 제어 알고리즘을 적

용할 경우 센서 노드와 달리 에너지 및 컴퓨팅 성능에서 자유로운 BS에서 데이터 전송을 위한 알고리즘을 수행할 수 있으며 BS는 모든 센서 노드의 위치 및 잔여 에너지 정보를 획득할 수 있다. 중앙 제어 알고리즘 적용 시 WSN 성능 개선 방안은 1) Cluster 선정, 2) CH 선정 및 3) WSN의 분포 범위로 인해 CH에서 BS로 직접 통신이 불가할 경우, CH에서 BS로의 라우팅 등이 포함되며 각 항목별 자세한 성능 개선 방안은 다음과 같다.

1) Cluster 선정: Cluster의 범위(Coverage), 수 및 Cluster 당 센서 노드의 수는 WSN의 센서 노드의 분포 범위 및 수량에 의해 결정된다. 더불어 적용되는 WSN 센서 노드의 전송 범위 및 전송 시간 설을 피하기 스케줄링 방안 등이 Cluster 선정에 영향을 미치는 요인이다.

Cluster의 범위는 Cluster 내에서 CH와 Non-CH 사이의 통신 시 최소의 에너지를 소비할 수 있는 적절한 범위를 선정해야 한다.

Cluster의 수는 WSN의 전체 범위 및 센서 노드들의 전체 수량 및 분포 등에 의해 결정된다.

Cluster 당 적절한 센서 노드의 수량은 CH의 기능(센서 노드들의 데이터 수집, 수집된 데이터 통합 및 데이터 라우팅)수행 시 소모되는 에너지 량을 고려하여 결정해야 한다. Cluster 당 센서 노드의 수가 많은 경우, CH는 기능 수행을 위해 보다 많은 에너지를 소모하게 되며 이로 인해 전체 WSN의 성능(수명)에 영향을 초래할 수 있다.

위에서 언급한 요인들을 고려하면 최적의 Cluster 선정은 다양한 환경 및 방안에 대한 시뮬레이션의 수행이 선행되어야 하며 그 결과 분석을 통해 최적의 Cluster 선정을 위한 방안을 도출해야 한다. 이를 위한 시뮬레이션 수행 및 최적의 Cluster 선정 방안 도출은 추후 진행할 예정이다.

2) CH 선정: CH는 Cluster 내 센서 노드들이 수집한 데이터를 수신하여 통합하고, 통합한 데이터를 BS로 직접 전송할 수 없을 경우, CH 간의 라우팅을 통해 BS로 데이터를 전송하기 위한 라우팅 결정 과정에도 참여해야 한다.

또한, CH는 WSN의 센서 노드 들 중 데이터 통합 및 BS로 전송 등 핵심역할을 수행하므로 장애 발생 시 중단없는 서비스 제공을 위한 백업 대책이 필요하다. 이를 위해 BCH(Backup CH) 선정 및 동작을 위한 방안과 CH와 BCH 간의 데이터 처리 동기화 기법에 대한 고려 또한 필요하다.

더불어, 기존 연구에서는 CH 선정 시 센서 노드의 현재 에너지 잔량만을 고려하고 있으나 Cluster 내부에서의 CH 후보들의 상대적 위치(Cluster 중앙에서 CH 후보들 간의 거리 등)를 반영할 경우 선정된 CH와 Cluster 내의 Non-CH 간의 데이터 전송 시 발생하는 에너지 소비를 줄일 수 있다. 이를 반영하기 위해 (수식 1)을 도입하여 Cluster 내의 모든 센서 노드에 대해서 CH 후보가 될 수 있는 Score 값을 계산하며 가장 높은 Score 값을 가진

노드가 CH가 되도록 한다.

(수식 1)에서 E_i 는 Cluster 내의 센서 노드 i 의 잔여 에너지 량, D_i 는 센서 노드 i 와 Cluster 중앙과의 거리, α ($0 \leq \alpha \leq 1$)는 가중치를 의미한다.

$$Score(CH_i) = \begin{cases} E_i + \alpha \frac{1}{D_i^2}, & E_i \geq \sum_{i=1}^n E_i \\ 0, & E_i < \sum_{i=1}^n E_i \end{cases} \quad (1)$$

(수식 1)을 적용하여 CH 노드 선정 시 가중치 (α) 값에 의해 WSN의 성능이 영향을 받을 수 있으므로 시뮬레이션을 통해 다양한 환경에서 적용 가능한 최적의 가중치 값을 구해야 한다.

3) CH에서 BS로의 라우팅: WSN의 범위가 좁은 경우 CH에서 BS로의 라우팅 방안은 고려할 필요가 없다. 그러나 센서 노드의 분포가 넓어서 CH에서 BS로 직접 통신이 불가할 경우 CH에서 BS로 통신을 위한 라우팅을 설정하여야 한다. 라우팅은 BS에서 각 Cluster의 CH 간 BS로 통신하기 위해 설정한 경로를 이용한다. 그림 2. CH to BS 라우팅은 각각의 CH에서 BS로 데이터를 전송하기 위한 설정된 경로를 나타낸다.

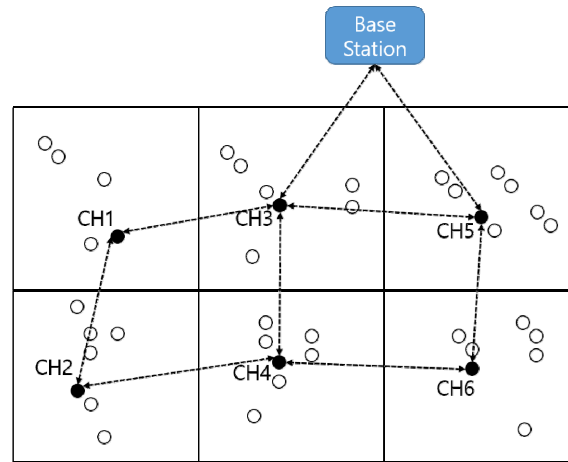


그림 2. CH to BS 라우팅

그림 2.에서 CH3와 CH5는 다른 CH에서 전송된 데이터를 릴레이 전송하는 역할을 담당하고 있다. 이 경우 CH3와 CH5는 데이터 전송 및 수신으로 다른 CH에 비해 에너지 소비가 급격히 증가할 가능성이 존재한다. 이의 해소 방안은 1) CH3와 CH5의 에너지 잔여량을 지속적으로 모니터링하여 에너지 잔여량이 많은 CH에서 BS와 통신하도록 라우팅 경로를 관리하는 방안 2) 각 CH에서 BS로 데이터 전송 시 CH3와 CH5로 임의로 프레임 전송

송하는 방안(Round Robin 포함 다수의 방안)이 존재한다. 각 방안별 WSN 성능 향상은 추후 시뮬레이션에 의해 비교할 예정이다.

IV. 결론 및 향후 과제

WSN 라우팅 프로토콜의 성능은 센서 노드에서 수집한 데이터를 BS로 전송 시 발생하는 패킷 손실률과 모든 센서 노드들이 데이터를 수집하고 통합하여 BS로 전송할 수 있는 기능을 유지하는 WSN 수명에 의해 결정된다.

본 논문에서는 WSN의 성능 향상을 위해 기존 연구 결과 중 계층적 프로토콜을 분석하여 각 방안별로 WSN의 패킷 손실률을 줄이고 수명을 연장할 수 있는 고려 사항을 도출하였다. 도출된 고려 사항은 1) Cluster 선정 2) CH 선정 및 3) CH에서 BS로 통신 시 라우팅에 대한 성능 개선 등의 내용을 포함하며 이를 기반으로 각 항목별 WSN의 성능 개선을 위한 방안을 제시하였다.

향후 제시한 성능 개선 방안을 항목별로 분석한 후 시뮬레이션을 수행하여 최적의 변수 및 방안을 분석하고 이를 기반으로 WSN을 위한 계층적 라우팅 프로토콜을 제안할 예정이다.

References

[1] Sherin Abraham, Xinorog Li, "A Cost-Effective Wireless Sensor Network System for Indoor Air Quality Monitoring Applications," *Procedia Computer Science*, Vol. 34, pp. 165-171, July. 2014.

[2] Ya Xu, John Heidenmann, Deborah Estrin, "Geography-informed energy conservation for Ad hoc routing," in *Proceeding of the 7th Annual International conference on Mobile computing and networking*, New York: NY, pp. 70-84, 2001.

[3] K Jamieson, H Balakrishnan, R Morris, "Span: An energy-efficient coordination algorithm for topology maintenance in ad hoc wireless networks" in *Proceeding of the 7th Annual International conference on Mobile computing and networking*, New York: NY, pp. 85-96, 2001.

[4] Wendi Rabiner Heinzelman, Anantha Chandrakasan, Hari Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks", in *Proceeding of the 33rd Annual Hawaii International conference on System Science*, Maui:HI, 2000.

[5] Wendi Rabiner Heinzelman, Anantha Chandrakasan, Hari Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks", *IEEE transaction on Wireless Communication*, Vol. 1, NO. 4, pp. 660-670, 2002.