

무선 센서 네트워크에서 방향성을 가진 데이터 전달 프로토콜에 관한 연구

A Study on data transmission protocol with directional in Wireless Sensor Network

김태환, 남규태, 오세웅*

동명정보대학교 정보대학원, 동의대학교 멀티미디어공학과*

Kim Tae-Hwan, Nam Gu-Tae, Oh Sei-Woong*

Graduate School of Information, Tongmyong Univ. of Information Technology, School Subject of Multimedia Engineering, Dongeui University*

요약

무선 센서 네트워크는 초소형, 초경량의 센서 모듈을 이용하여 재앙에 따른 인명 구조, 농축 산물 관리 시스템, 가정자동시스템 등과 같은 곳의 정보를 수집하여 활용하는 기술이다. 본 논문은 기존의 데이터 전달 연구들보다 에너지 효율과 신뢰성이 높아 질 수 있도록 하는 방향성을 가진 데이터 전달 프로토콜을 제안하고, 기존의 연구를 분석하여 성능 비교한다.

Abstract

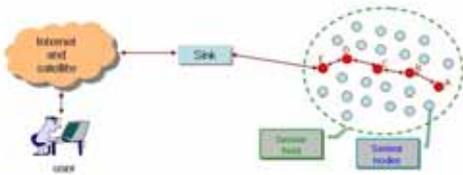
The Wireless Sensor Network is technology that makes possible utilize the information collected from rescue, the agricultural and livestock management system, and the home automation system by using an ultra-small sized, ultra-lightweight sensor module. This study proposes the routing protocol with directional nature that can improve the utilization by higher energy efficiency and reliability than those of existing studies on data transmission, and we also analyze the current studies, make a comparison of them in performance.

I. 서론

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)는 자연재해나 재앙에 따른 인명 구조, 가정 자동 시스템 등의 사람이 직접 수집하기 힘든 곳의 정보를 그림 1과 같이 구성하여 전달한다. 그림 1을 보면 수 개에서 수천, 수만 개의 센서 노드(sensor node), 센서 노드들이 구성하고 있는 센서 필드(sensor field), 사용자와 직접적인 연결을 담당하는 싱크 노드(sink

node)로 구성되어 있다[1]. 이러한 각 센서 노드들은 초경량, 초소형, 저가, 저전력 등을 요구한다. 이러한 요구사항으로 인하여 자원 사용의 제약, 무한한 전원 공급의 불가능 등으로 일반 유·무선 네트워크의 프로토콜 구조를 이용하기는 힘들다. 기존의 연구들은 다음과 같은 새로운 방식의 데이터 전달 프로토콜 연구들이 진행 중이다. 첫째, 효율적인 에너지 사용으로 센서 네트워크의 수명을 향상시키는 연구이다. 둘째,

수많은 센서 노드들이 데이터 전달 경로를 유지하고 관리하는 것이 불가능하다. 따라서 경로 없이 목적지 노드(sink node)까지 데이터를 전달하는 방법이 연구 중이다.



▶▶ 그림 1. 무선 센서 네트워크 구성도

본 논문에서는 센서 네트워크 모든 노드들에게 데이터를 분산(disseminate)시켜 전달하고, 그 과정에서 협상을 이용한 중복된 데이터 줄이는 방법으로 에너지 효율을 향상시키는 방법을 제시한 SPIN (Sensor Protocols for Information via Negotiation) 프로토콜을 설명하고 분석한다. 그리고 SPIN 프로토콜의 문제점인 여전히 남아 있는 불필요한 에너지 소모로 인한 활용도가 떨어지는 이유를 설명하고, 이를 개선한 에너지 효율을 높이고 활용도를 최대화시키는 방향성을 가진 데이터 전달 프로토콜을 제안한다.

2절에서는 관련 연구를 크게 2가지로 분류하여 설명하고, SPIN 프로토콜을 기술한다. 3절에서는 제안한 방향성을 가진 데이터 전달 프로토콜에 대해서 설명하고, 4절에서는 고정되지 않은 경로를 이용한 데이터 전송 방식 중 하나인 SPIN 프로토콜과 성능 비교하여 분석한다. 마지막으로 결과 및 향후 과제를 5절에서 설명한다.

II. 관련 연구

본 절에서는 무선 센서 네트워크에서 데이터 전송 방식을 다음과 같이 크게 2가지로 나누어 설명한다. 고정된 경로를 이용하여 수집된 정보 전달하는 방식과 고정되지 않은 경로를 이용하여 목적지 노드까지

정보 전달하는 방식으로 나눈다.

1. 고정된 경로를 이용한 데이터 전송 방식

센서 네트워크 초기 형성시 목적지 노드로부터 길의에 의해 생성된 경사(gradient)를 이용하거나[2], 각 노드들이 목적지 노드까지 최소 비용 측정치를 이용하여[3] 데이터 전송 경로를 고정시키고, 이 경로를 이용하여 전달하는 방식들이 있다. 소스 노드에서 목적지 노드까지 데이터 전달 시간이 단축되고, 플러딩 전송 방식으로 인한 데이터 중복(redundancy) 및 오버랩(overlap)의 문제점을 해결하여 센서 네트워크의 전체 데이터 트래픽을 줄여 에너지 효율을 높였다. 하지만, 경로에 포함된 노드의 에러 발생에 따른 대처 능력이 떨어지는 문제점과 센서 노드의 확장 및 동적인 위치 변화에 따라 경로가 적응하는데 발생하는 지연 시간 및 신뢰성 저하를 보이는 문제점이 나타나고 있다.

2. 고정되지 않은 경로를 이용한 데이터 전송 방식

이 방식은 센서 네트워크 내의 전체 노드들에게 수집된 정보를 분산(dissemination)하여 목적지 노드가 습득할 수 있도록 하는 플러딩(flooding) 방식이다. 이 방식은 데이터 중복과 오버랩 등의 문제점으로 인해 에너지 효율이 떨어지고 네트워크 상의 많은 트래픽 발생으로 충돌이 늘어나 에러가 발생하고 신뢰성도 저하된다. 현재 이러한 문제점을 해결하기 위하여 많은 연구들이 진행 중이다. 그 중 하나인 SPIN 프로토콜[4][5]은 그림 2와 같이 데이터를 전달하려고 하는 노드와 인근 노드들간 meta-data(ADV, REQ message)를 이용하여 협상 한 후 실제 데이터를 전송하는 방식으로 플러딩 방식의 데이터 중복과 오버랩의 문제를 해결함으로써 센서 네트워크 상의 트래픽을 줄여서 에너지 효율을 높였다. 또한 협상 과정에서 메시지 잃어버림(lose)이나 충돌로 인하여 협상이 이루어지지 않을 경우 재협상을 함으로써 신뢰성을 높이고 있다. 또한 그림 2-a와 같이 피어투피

어(peer-to-peer) 방식을 취하던 초기 연구방식을 그림 2-b와 같이 브로드캐스트(broadcast) 방식으로 바꿔 기존의 방식보다 에너지 효율을 향상시켜 활용도를 높였다.

하지만, 다음과 같이 불필요한 트래픽 발생으로 에너지 효율을 저하 시키고 있다. SPIN 프로토콜은 기존의 피어투피어 방식에서 브로드캐스트 방식으로 개선되면서 데이터 전달이 이웃 노드들 개수 n번만큼의 에너지가 소비되던 것이 1/n번의 에너지 소비로 가능해져 에너지 효율이 좋아졌다. 그러나 브로드캐스트 방식으로 인하여 신뢰성이 떨어지는 것을 보완하기 위하여 재요구 메시지를 이용함으로써 메시지의 수가 증가되어 에너지 효율 면에서 많은 효과를 보지 못한다. SPIN 프로토콜은 모든 노드에게 데이터가 전달된다. 이는 목적지 노드까지 데이터를 전달하기 위해 실제적으로 필요한 노드뿐만 아니라 그 외의 센서 노드에게도 데이터가 전달되는 불필요한 트래픽이 발생하여 에너지 효율을 저하시키는 요소가 된다.

III. 제안한 방향성을 가진 데이터 전달 프로토콜

본 절에서는 데이터 이동 방향을 나타내기 위하여 각 센서 노드의 에지(edge) 값을 설정하는 부분과 각 노드들의 다양한 상태 정보를 이용하여 협상할 수 있도록 하는 부분으로 나누어 제안한 프로토콜을 설명한다.

1. 방향성을 가지기 위한 에지 비용 설정 알고리즘

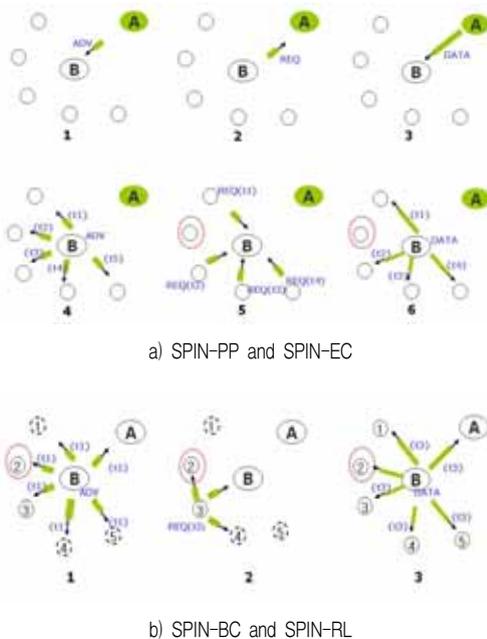
앞 절에서 설명한 SPIN 프로토콜은 수집된 정보를 센서 네트워크내의 모든 노드들에게 전달하여 에너지 효율이 저하되는 점을 개선하기 위하여 각 노드에 에지 비용 값을 설정하여 방향성을 가지게 함으로써 보다 나은 에너지 효율을 가지는 센서 네트워크를 제안한다.

이 에지 비용(edge Cost)은 식 1에 의해서 다음과 같이 계산한다. 각 노드의 에지 비용을 C라고 하고 n은 이웃 노드들에게서 받은 에지 비용들의 집합이라고 한다면 노드의 에지 비용은 집합의 최소값에 1을 더하여 설정한다.

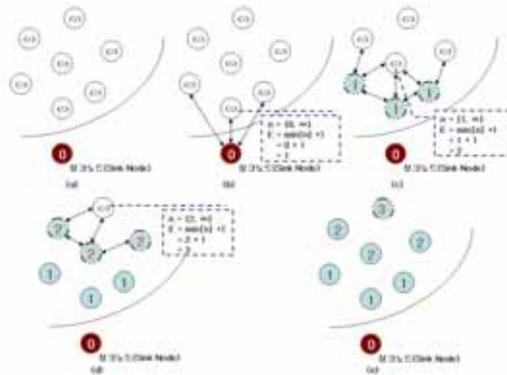
$$C = \min[n] + 1 \quad (\text{식 1})$$

$$n = \{ \text{이웃 노드들의 에지비용 값} \}$$

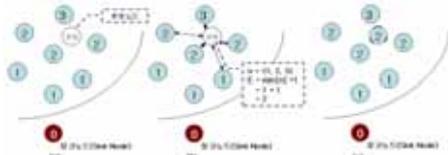
그림 3-a를 보면 초기 에지 비용 설정시 목적지 노드인 싱크 노드의 에지 비용을 0으로 하고 나머지 모든 센서 노드들을 무한대(∞) 값으로 설정한다. 처음 목적지 노드가 자신의 에지 비용을 인근 노드들에게 알리면 식 1을 이용하여 자기 자신의 에지 비용을 설정하고 다시 인근 노드들에게 자신의 비용을 알린다.



▶▶ 그림 2. 센서 네트워크에서 SPIN 프로토콜



a) 센서 네트워크 초기 에지 비용 설정



b) 확장성을 고려한 센서 노드의 에지 비용 설정

▶▶ 그림 3. 방향설정을 위한 에지 비용 설정 방법

이렇게 반복함으로써 전체 센서 노드들의 에지 비용이 설정되게 된다. 따라서 목적지 노드까지 데이터를 전달하기 위해 필요한 노드만을 이용함으로써 전체 센서 네트워크의 메시지 수를 줄여 에너지 소비량을 낮출 수 있을 것으로 기대된다.

2. 수집된 정보를 전달하기 위한 센서 노드간의 협상 알고리즘

앞서 제안한 에지 비용만을 이용한 데이터 전달하는 것은 고정된 경로를 이용한 데이터 전달 프로토콜에서 제시한 것과 비슷한 문제점을 보이고 있다. 따라서 SPIN의 협상 프로토콜을 이용하여 데이터 전달을 수행하게 함으로써 특정 노드 즉, 경로상의 노드에게만 집중되는 부하를 분산시킬 수 있을 것이다. 따라서 신뢰성을 높이고 에너지 소비를 분산시켜 효율성이 높아지는 것을 기대한다. 또한 SPIN 프로토콜에서와 같이 협상 내용을 에너지 상태 값만 가지는 것이 아니라 표 1과 같이 센서 노드의 내부 큐 지연 시간에 따른 상태 값도 같이 협상하므로써 최적의 노

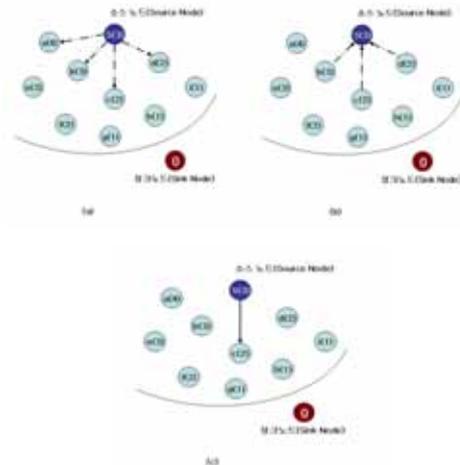
드들을 이용하여 데이터를 전달할 수 있도록 한다.

[표 1] 협상에 필요한 경계 값(threshold)

	내 용
Ex	데이터 전달 지원 노드의 에너지 상태 값
Qx	센서 노드의 내부 큐 상태 값

본 논문에서 제안한 협상 프로토콜은 그림 4과 같이 데이터 전달을 하려고 하는 소스 노드가 질의하는 REQ_HELP 메시지, 이 메시지를 받은 이웃 노드들이 데이터를 전달 받으려고 지원하는 REP_VOT 메시지, 그리고 실제 데이터 이렇게 3개로 나뉜다. 그림 4-b에서는 REP_VOT 메시지를 받은 소스 노드가 최적의 노드들을 선택하여 실제 수집한 정보를 전달할 수 있도록 한다.

이로 인하여 목적지 노드까지 방향성이 설정됨으로써 데이터 전달에 필요한 노드만을 이용하고, 더욱 강화된 협상을 통하여 최적의 상태 노드를 선택함으로써 에러를 줄이고, 재전송 메시지의 빈도수도 줄일 수 있다. 따라서 에너지 효율 및 신뢰성을 높여 전체 센서 네트워크의 수명을 연장시킬 수 있다. 또한, 추가되는 노드나 동적인 네트워크 형성시에도 적용이 가능하도록 하여 보다 다양한 곳에서 활용 하도록 한다.



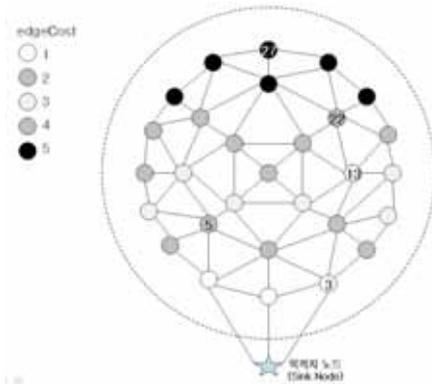
▶▶ 그림 4. 협상을 이용한 최적의 상태 노드를 이용한 데이터 전달 프로토콜

IV. 성능 비교 및 분석

SPIN과 본 논문에서 제안한 프로토콜에 대한 성능을 측정을 위해 표 2와 같이 실험 환경을 적용하고, 그림 4와 같은 테스트 네트워크 망을 만들었다. 그리고, 성능 분석은 불연속 이벤트 모델링 시뮬레이션(a discrete-event modeling simulator with Visual C++: DEVSIM++)을 이용한다. 각각의 프로토콜 결과값은 그림 5와 같이 각 예지 비용에서 노드들(소스 노드 번호: 3, 5, 13, 22, 27)을 하나씩 선택하여 소스 노드로 지정하고, 목적지 노드가 정보를 취하기까지의 전체 센서 네트워크내의 센서 노드들의 처리 시간 및 메시지 수를 측정하여 서로 비교한다.

[표 2] 실험 환경

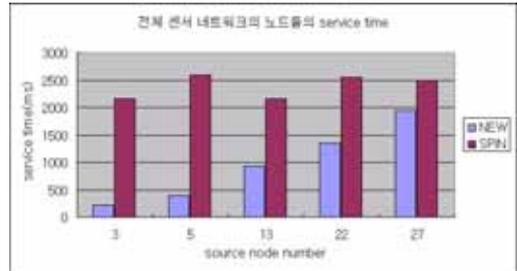
	내용
노드 개수	29개
링크 개수	69개
최대 예지 비용	5
Network losses	none
Queuing delays	Exponential(0.1s)



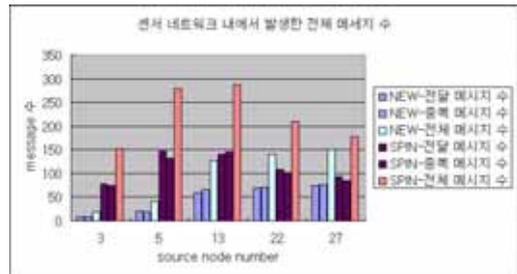
▶▶ 그림 5. 무선 센서 네트워크 테스트 망

본 논문에서 제안한 프로토콜과 SPIN 프로토콜의 활용도(utilization)를 비교한 결과 그림 6과 같이 제안한 새로운 프로토콜이 SPIN 프로토콜보다 전체 센

서 네트워크의 노드 활용도(Utilization)가 좋은 경우 (best case) 90%, 나쁜 경우(worst case) 22%가 더 좋아졌음을 알 수 있다. 그리고, 그림 7을 보면 메시지 발생 빈도수가 평균 57% 정도가 줄어서 에너지 효율이 좋아지는 것을 볼 수 있다.



▶▶ 그림 6. SPIN과 NEW 프로토콜의 처리된 시간 비교



▶▶ 그림 7. SPIN과 NEW 프로토콜의 발생된 메시지 수 비교

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 센서 네트워크 내의 모든 노드들에게 데이터를 전달하는 방식의 SPIN 프로토콜의 방식에 데이터 전달 방향을 제시함으로써 에너지 효율이 높아지는 것을 알 수 있었다. 또한 최적의 노드를 이용하여 데이터를 전달함으로써 에러발생이 줄어들어 신뢰성을 높이는 효과를 볼 수 있다. 향후 계획으로는 본 논문의 프로토콜을 보다 다양한 환경에서 적용이 가능하도록 보완하고, 시스템을 설계 및 구현을 하여 보다 현실적인 연구가 되도록 한다.

■ 참고문헌 ■

- [1] Jan F.Akyildiz et al., "A survey on Sensor Networks," IEEE Communication Magazine, Vol.40, No.8, Aug.2002, pp.102-114.
- [2] C. Intanagonwiwat et al., "Directed diffusion for wireless sensor networking," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.11, No.1, Feb.2003, pp.2-16.
- [3] Fan Ye, et al., "A scalable solution to minimum cost forwarding in large sensor networks," Proc.Tenth International Conference on Computer Communications and Networks, 2001. pp.304-309.
- [4] W.R Heizelman et al., "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks," Proc. ACM Mobicom'99, 1999, pp.174-185.
- [5] J. Kulik, W. R. Heinzelman, and H. Balakrishnan, "Negotiation-based protocols for disseminating information in wireless sensor networks," Wireless Networks, vol. 8, no. 2-3, pp.169-185, 2002.