

WSN 환경에서 Fuzzy Logic을 활용한 동적 싱크 재배치 기법

이태호^o, 김민우^{*}, 이병준^{*}, 김경태^{**}, 윤희용^{*}

성균관대학교, 정보통신대학 전자전기컴퓨터공학과^o

성균관대학교, 정보통신대학 전자전기컴퓨터공학과^{*}

성균관대학교, 소프트웨어대학 소프트웨어학과^{**}

e-mail: {leetaeho, kimmw95, byungjun}@skku.edu^o, kyungtaekim76@gmail.com^{**}, youn7147@skku.edu^{*}

Dynamic Sink Relocation with Fuzzy Logic for WSN

Tae-Ho Lee^o, Min-Woo Kim^{*}, Byung-Jun Lee^{*}, Kyung-Tae Kim^{**}, Hee-Yong Youn^{*}

Dept. of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University^o

Dept. of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University^{*}

Dept. of Software, Sungkyunkwan University^{**}

● 요약 ●

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network, WSN)에서의 싱크 이동은 전력 문제와 관련하여 해결해야 할 중요한 문제이다. 또한 고정된 싱크를 사용하면 노드의 과도한 에너지 소비로 인해 네트워크 성능이 저하될 수 있는 문제점이 있다. 본 논문에서는 센서 노드의 클러스터가 퍼지 로직(Fuzzy Logic)을 기반으로 형성되고 싱크 재배치가 동적 2단계 메커니즘을 사용하여 결정되는 에너지 효율적인 싱크 재배치 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 싱크 재배치에 필요한 통신 오버 헤드를 최소화하고 데이터 패킷의 손실이나 지연을 최소화하여 싱크 재배치를 허용한다. 시뮬레이션 결과 제안 기법이 기존의 WSN의 대표적인 싱크 재배치 기법보다 네트워크 수명과 처리량 측면에서 우수하다는 것을 확인할 수 있었다.

키워드: 싱크 재배치(Sink Relocation), 퍼지 로직(Fuzzy Logic), 클러스터 헤드(Cluster Head, CH)

I. Introduction

싱크 재배치 기법은 싱크를 실시간으로 재배치함으로써 통신 오버 헤드를 줄이기 위한 목적으로 널리 연구되어왔다. 일반적으로 싱크를 배치하는데 있어 두 가지 기법인 정적 싱크(Static Sink)와 동적 싱크(Dynamic Sink)로 분류된다[1]. 정적 싱크는 데이터 수집 과정에서 고정된 위치에 싱크를 유지하는 기법이며, 동적 싱크의 경우 싱크의 위치가 데이터 수집량 등에 따라 유연하게 재배치되는 기법이다.

최근 연구에서 동적 싱크 재배치 기법으로 Queen Honey Bee Migration (QHBM)이라 불리는 동적 싱크 재배치 기법이 제안되었다 [2]. 이 기법은 꿀벌들이 여왕벌을 기준으로 이동하는 것을 모방한 기법으로써 여러 클러스터 중 가장 많은 잔여 에너지를 가진 클러스터 헤드의 방향으로 싱크가 재배치된다. 하지만 해당 기법에서는 센서 노드의 지리적 위치는 무시한 채 싱크 검색 범위만을 고려하여 재배치한다는 문제점을 가진다.

본 논문에서는 퍼지 로직을 활용한 향상된 QHBM 기법을 제안한다. 본 논문의 기법은 동적 오버헤드를 줄이고 네트워크 수명을 연장하기 위해 동적 싱크 재배치와 클러스터 편성을 함께 고려한다.

II. Preliminaries

최근까지 WSN 환경에서 노드의 수명을 연장하기 위해 싱크의 위치를 조정하는 기법에 대한 많은 연구가 진행되었다. 싱크를 조정하는 두 가지 방법인 정적 싱크 및 동적 싱크 재배치 기법에서 정적 싱크를 사용하였을 때 싱크와 다른 노드 간의 통신이 중단 없이 지속될 수 있다는 장점을 가진다. 그러나 전체 WSN 환경에서 동적 싱크 재배치 기법보다 에너지 및 자원 균형이 부족하여 에너지 효율성이 낮다. 따라서 고정 싱크 방식은 동적 싱크 재배치 방식보다 30% 효율이 더 낮은 것으로 나타났다[3].

III. The Proposed Scheme

제안 기법은 2단계에 걸친 알고리즘으로 구성된다. 첫 번째 단계는 실시간 매개변수 값을 수집하는 검색 단계이며, 두 번째 단계는 검색 단계에서 수집 된 매개변수를 기반으로 싱크가 재배치 될 위치를 선택하고 실제로 싱크를 이동하는 단계이다. 또한, 제안 된 기법이 반복 될 때마다 클러스터의 재구성 과 CH가 검색 단계 전에 새롭게

업데이트된다. 이 업데이트 과정에는 퍼지 로직 컨트롤러를 기반으로 한 향상된 Gravitational Search Algorithm (GSA)을 사용한다.

Table 1. Fuzzy rules for the fuzzy logic controller

Rule		IMP(t)	ITER	a(t-p)		a(t)
1		L	L	M		H
2		L	L	L		M
3	<i>If</i>	L	H	H	<i>Then</i>	M
4		H	L	M		M
5		H	H	L		L

검색 단계 후 수집된 각 섹션의 확률을 기반으로 싱크가 다음 단계로 이동할 위치가 결정된다. 8개의 섹션 중 가장 높은 확률을 가진 섹션이 선택되고, 선택된 섹션의 양 극 중 더 높은 확률을 가진 방향으로 싱크가 재배치된다. 이렇게 이동된 싱크는 통신을 지속하며, 통신 과정에서 CH 중 특정 임계값 이하로 에너지가 저하되면 다시 검색 단계를 시작하여 싱크를 재배치하게 된다.

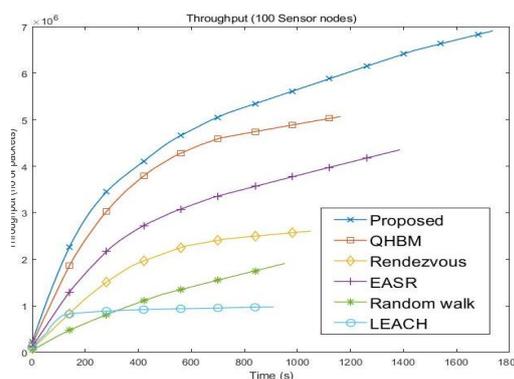


Fig. 1. Result of simulation

IV. Conclusions

본 논문에서는 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network, WSN) 환경의 수명 연장을 위해 조건에 따라 싱크의 위치를 재배치하는 기법을 제안하였다. 싱크를 새로운 위치로 이동시키기 위해 2단계 검색으로 수집된 매개변수를 기반으로 CH를 선택한 다음 CH를 기준으로 싱크가 재배치됩니다. 또한, 싱크가 이동하는 동안, 데이터 수집의 흐름이 중단되지 않도록 데이터를 일시적으로 저장하는 랑데부 포인트를 사용합니다. 시뮬레이션 결과 제안 기법이 기존의 5개의 기법과 비교하였을 때 높은 에너지 효율, 네트워크 수명 및 패킷 처리량을 제공함을 알 수 있었다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신-방송연구 개발 사업(No. 2016-0-00133, 초연결 IoT 노드의

군집 지능화를 통한 Edge Computing 핵심 기술 연구), SW중심대학지원사업(2015-0-00914), 한국연구재단 기초연구사업(No.2016R1A6A3A11931385, 실시간 공공안전 서비스를 위한 소프트웨어 정의 무선 센서 네트워크 핵심기술 연구, 2017R1A2B2009095, 실시간 스트림 데이터 처리 및 Multi-connectivity를 지원하는 SDN 기반 WSN 핵심 기술 연구, 2019R111A1A01058780, 머신러닝 기술을 사용한 SDN기반 무선센서네트워크의 효율적 관리), BK21PLUS 사업의 일환으로 수행되었음.

REFERENCES

- [1] C. Gherbi, Z. Aliouat and M. Benmohammed, "An adaptive clustering approach to dynamic load balancing and energy efficiency in wireless sensor networks", Energy, Vol.114, pp.647-662, Nov. 2016.
- [2] G. J. Jong, Aripriharta, Hendrick and G. J. Horng, "A Novel Queen Honey Bee Migration (QHBM) Algorithm for Sink Repositioning in Wireless Sensor Network", Wireless Personal Communications, Vol.95, Issue.3, pp.3209-3232, Aug. 2017.
- [3] M. A. Zahhad, S. M. Ahmed and N. Sabor, "Mobile Sink-Based Adaptive Immune Energy-Efficient Clustering Protocol for Improving the Lifetime and Stability Period of Wireless Sensor Networks", IEEE Sensors Journal, Vol.15, Issue.8, pp.4576-4586, Apr. 2015.