

ZigBee 기반의 WSN을 위한 Dixon 테스트를 통한 노드 연결 지원

유승언[○], 이태호^{*}, 이병준^{*}, 김경태^{**}, 윤희용^{*}

[○]성균관대학교 정보통신대학 전자전기컴퓨터공학과

^{**}성균관대학교 소프트웨어대학 소프트웨어학과

e-mail: {seyoo90, leetaeho, byungjun}@skku.edu[○], kyungtaekim76@gmail.com^{**}, youn7147@skku.edu^{*}

Supporting Node Connectivity with Dixon's Test for ZigBee-based WSN

Seung-Eon Yoo[○], Tae-Ho Lee^{*}, Byung-Jun Lee^{*}, Kyung-Tae Kim^{**}, Hee-Yong Youn^{*}

[○]Dept. of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University

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

● 요약 ●

본 논문에서는 ZigBee 기반의 WSN과 노드 연결을 위한 새로운 기법을 제안한다. 이 기법은 통신 노드 간에 격리된 노드의 수를 최소화하기 위해 수신신호강도(RSSI) 샘플에 적용된 디슨 테스트(Dixon's test)를 사용하여 ZigBee 기반의 WSN을 위한 새로운 노드 연결 구조로써 특이점(outlier)을 제거하여 적은 수의 RSSI 값으로도 정확한 노드 연결이 가능하다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 제안하는 기법이 기존의 RSSI 기반의 기법보다 더 높은 정확도를 유지하면서 처리 시간은 줄어든 것을 증명하였다.

키워드: 지그비(ZigBee), 노드연결(Node connectivity), 수신신호강도(RSSI), 디슨 테스트(Dixon's test), 고립된 노드(Isolated node), 무선 센서 네트워크(WSN)

I. Introduction

무선 센서 네트워크(WSN)는 일상생활 및 산업 환경에서 다양한 데이터를 효과적으로 수집하는 데 널리 사용되고 있다. 지그비(ZigBee)는 리소스가 제한된 센서 노드로 구성된 WSN에 효율적인 네트워크로써 낮은 에너지 소비, 낮은 복잡성, 저비용 그리고 WSN에 적합한 고용량의 무선 통신이라는 특징을 가진다[1]. ZigBee 기반의 WSN은 운송 시스템, 스마트 홈, 의료 모니터링 등 다양한 IoT 분야에서 활용되고 있다.

ZigBee 기반의 WSN의 성능을 극대화하기 위해서는 노드 연결이 만족되어야 한다. 하지만 노드가 일반적으로 무작위로 배치되기 때문에 고립된 노드가 항상 존재하게 되고 이를 연결하기 위해 에너지가 고갈되게 된다[2]. 따라서 에너지 소비를 최소화하기 위해 네트워크에서 모든 노드의 연결을 유지하는 것이 중요하다. 본 논문에서 제안된 기법은 디슨 테스트(Dixon's test)를 사용하여 샘플링된 RSSI 데이터 집합에서 불필요한 값을 제거한 후 거리를 판단하고 가장 작은 거리의 노드를 선택하여 연결함으로써 전체 네트워크에서 격리된 노드의 처리 시간을 감소시키고 에너지 소비를 최소화하는 데 목적이 있다.

II. Preliminaries

1.1 ZigBee 네트워크

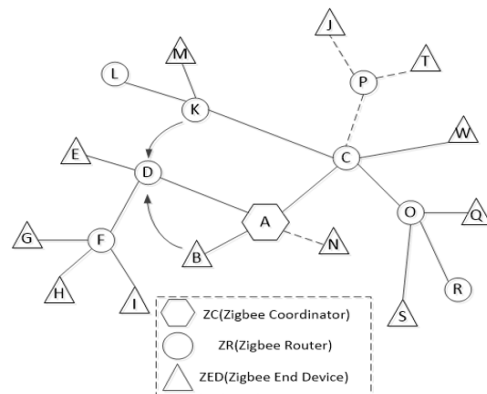


Fig. 1. An example of ZigBee network

ZigBee 네트워크는 ZigBee Coordinator(ZC), ZigBee Router(ZR) 그리고 ZigBee End Device(ZED)로 구성되며 ZigBee 기반의 WSN 환경은 트리, 스타 및 메시와 같은 다양한 토폴로지로 구성된다. 트리 토폴로지에서는 하나의 ZC와 여러 ZR/ZED가 세

개의 구성 매개 변수인 라우터 노드 수(R_m), 하위 노드 수(C_m) 및 최대 트리 깊이(L_m)로 연결된다. [그림 1]은 ZigBee 네트워크 예를 나타낸 그림이다.

1.2 수신신호강도(RSSI)

수신신호강도를 의미하는 $RSSI$ 는 무선 통신 프로토콜의 전송 계층의 선택적 필드로서 송신기에서 전송된 신호의 강도를 기반으로 링크의 품질을 결정하는데 사용된다[3]. 신호 강도에 따라 크게 달라지며 다음 식과 같이 음영 전송 모델을 사용하여 연결된 노드들 간의 거리를 측정한다.

$$RSSI(d) = RSSI(d_0) - 10nlg(d) + X_\sigma \quad (1)$$

1.3 디슨 테스트(Dixon' s test)

작은 샘플 데이터에서 특이점(Outlier)을 제거하기 위해 개발된 통계 테스트인 디슨 테스트는 데이터가 정상적으로 분포되고 평균 또는 분산시간이 자남에 따라 천천히 변하는 상황에서 효과적인 테스트이다[4,5]. 디슨 테스트는 극한 차이 비율(r_{min} 과 r_{max})과 임계값 $r(\alpha, n)$ 사이의 관계를 활용한다. 여기서 α 는 유의 수준이고 n 은 샘플 데이터 세트의 크기이다. 정규 분포 $[e_1, e_2, e_3, \dots, e_n]$ 을 따르는 오름차순의 샘플 데이터 세트를 가정한다. $r_{min} > r(\alpha, n)$ 일 때 e_1 은 특이점으로 가정하며, $r_{max} > r(\alpha, n)$ 이면 e_n 은 특이점으로 가정한다.

III. The Proposed Scheme

본 논문에서 제안한 기법은 디슨 테스트를 사용하여 적은 수의 $RSSI$ 값을 처리함으로써 높은 정확성을 유지하며 빠른 처리를 구현한다. 먼저, 연결을 위해 노드를 선택할 때 $RSSI$ 값을 사용한다. 디슨 테스트는 특이점 값을 제거하기 위해 잠재적인 부모 노드와 격리된 노드의 각 쌍 사이에 수집된 $RSSI$ 값을 집합에 적용한다. 또한 높은 정확도와 속도의 거리 추적을 허용하고 총 5단계로 이루어진다.

1) 1단계

n 개의 $RSSI$ 데이터를 수집하여 오름차순으로 정렬한다.

$$RSSI_1 \leq RSSI_2 \leq RSSI_3 \leq \dots \leq RSSI_n \quad (2)$$

2) 2단계

유의수준 α 를 설정하며 α 는 이상 값으로 잘못된 측정값을 선택할 확률을 나타낸다.

3) 3단계

다음 수식을 사용하여 테스트 기준을 계산한다. r_{min} 은 가장 작은 $RSSI$ 값인 $RSSI_1$ 이 이상 $RSSI$ 값인지 판단하는 데

사용된다. r_{max} 도 가장 큰 $RSSI$ 값인 $RSSI_n$ 이 이상 $RSSI$ 값인지 판단하는 데 사용된다.

4) 4단계

특이점 $RSSI$ 값을 확인하고 거부한다. $r_{min} > r(\alpha, n)$ 이면 $RSSI_1$ 은 특이점으로써 제거된다. $r_{max} > r(\alpha, n)$ 인 경우 $RSSI_n$ 은 특이점이므로 제거된다.

5) 5단계

나머지 $RSSI$ 값을 제거한 후 남은 값을 m 으로 가정한 다음 수식을 사용하여 $RSSI_{mean}$ 의 평균값을 계산한다.

$$RSSI_{mean} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m RSSI_i \quad (3)$$

본 논문의 정확성을 검증하기 위하여 ZigBee 네트워크를 100*100 영역 내에 생성하여 시뮬레이션을 수행하였다.

[그림 2]는 1000번의 시뮬레이션 실행 후 4에서 20까지 다른 수의 $RSSI$ 샘플을 사용하여 얻은 기법의 정확도를 비교한 그래프이며, 제안한 기법이 가장 높은 정확성을 보여준다.

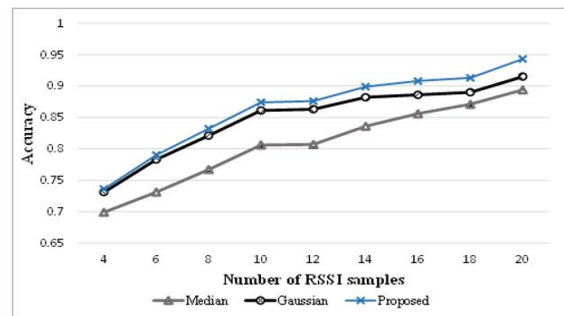


Fig. 2. Accuracy with different numbers of RSSI values

[그림 3]은 $RSSI$ 기반 기법의 처리 시간을 다른 수의 $RSSI$ 샘플과 비교한 그래프이다. Median 기법은 가장 적은 처리 시간을 보여주지만 정확성이 떨어지며 제안한 기법은 Median 기법보다 더 많은 시간이 소요되지만 정확성은 더 높은 것을 알 수 있다.

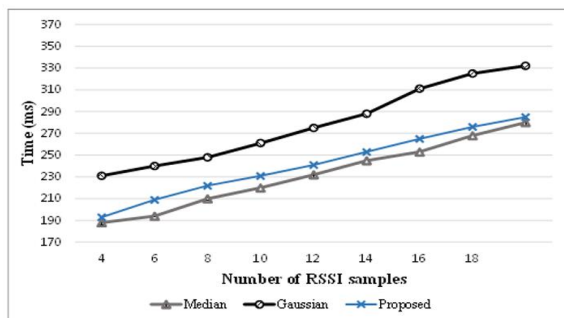


Fig. 3. The comparison of the processing times of the schemes

[그림 4]는 Dixon 테스트를 기반으로 한 기법이 다른 두 기법과 비교하여 최적의 효율성을 보여주며 *RSSI* 값이 상대적으로 작을 때 더 효과적이다. 또한 *RSSI* 값의 수가 10을 초과한 후에 효율성이 감소하는데 이는 샘플 크기와 정확도에 의존하는 처리 시간 사이에 균형이 존재한다는 것을 나타낸다. 따라서 샘플 크기가 10인 상태가 제안한 기법에 적합한 값을 의미한다.

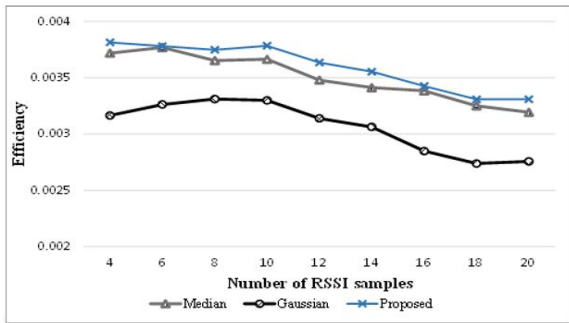


Fig. 4. The comparison of efficiency of the schemes

IV. Conclusions

본 논문에서는 통신 노드 간에 격리된 노드의 수를 최소화하기 위해 *RSSI* 샘플에 적용된 Dixon 테스트를 사용하여 ZigBee 기반의 WSN을 위한 새로운 노드 연결 구조를 제안하였다. 제안한 기법은 샘플링된 *RSSI* 데이터 집합에서 발생하는 특이점을 효과적으로 제거할 수 있으며 나머지 *RSSI* 값의 평균을 이용하여 거리를 판단하고 가장 작은 거리의 노드를 선택하여 연결합니다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 전체 네트워크에서 격리된 노드의 수를 최소화하여 처리 시간을 감소시키고 에너지 소비를 최소화하는 효과를 가진다. 앞으로의 연구 계획으로 k-means 클러스터링과 같은 접근 방식을 채택하여 네트워크 연결성을 높이고 범위를 확장하여 노드 간 거리가 매우 작을 때에도 제안한 기법을 더욱 향상시킬 방법에 대해 연구할 예정이다.

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), BK21PLUS 사업의 일환으로 수행되었음.

REFERENCES

- [1] R-C. Wang, R-Sh. Chang, J-H. Yen and P-I. Lee, "A dynamic topology reformation algorithm for power saving in ZigBee sensor networks," International Journal of Distributed Sensor Networks, vol.2013, pp. 1-10, September 2013.
- [2] M-S. Pan, C-H. Tsai and Y-C Tseng, "The orphan problem in ZigBee wireless networks," IEEE Trans. Mobile Computing, vol. 8, no. 11, pp. 1573-1584, Nov. 2009.
- [3] S. M. Chung, J. S. Song, K. T. Kim and H. Y. Youn. "Enhancing node connectivity by utilizing RSSI for ZigBee-based WSN." in proceedings of the 2016 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), pp. 555-560, JejuIsland, Korea, Oct. 2016.
- [4] Dixon, W. J. "Processing data for outliers." Biometrics, vol.9, no.1, pp. 74-89, 1953.
- [5] Gu, Jianyu, et al. "A noise detection method for NDVI time series data based on dixon test." in proceedings of the 2012 first international conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics), August 2012.