

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.2.379

JCCT 2022-3-50

무선센서망 내 KOCED 라우팅 프로토콜 광역분야 성능평가

KOCED performance evaluation in the wide field of wireless sensor network

김태현*, 박세영**, 윤대열***, 이종용****, 정계동*****

TaeHyeon Kim*, Sea Young Park**, Dai Yeol Yun***,
Jong-Yong Lee****, Kye-Dong Jung*****

요약 무선 센서 네트워크에서는 직접 접근이 어려운 환경에 대량으로 센서 노드들이 배치된다. 배터리 교체나 재충전 등 전력 공급이 어렵다. 에너지를 센서 노드와 같이 사용하는 것이 매우 중요하다. 따라서, 네트워크의 수명을 늘리기 위해 중요한 고려 사항은 각 센서 노드의 에너지 소비를 최소화하는 것이다. 무선 센서 노드의 에너지가 에너지를 다하여 방전되면 센서 노드의 제 역할을 할 수 없으며, 네트워크 내 노드의 일정량(50% 또는 80%) 이상이 소진되면 네트워크가 제 역할을 하지 못한다. 따라서 노드의 에너지 소비를 최소화하고 네트워크를 장기간 유지하기 위해 다양한 프로토콜에서 제안된 방법이다. 우리는 클러스터의 중심점과 잔류 에너지를 고려하고 플롯 포인트와 K-평균을 고려한다(WSN은 최적의 클러스터링 클러스터링을 제안한다). KOCED 프로토콜에 대한 성능 평가를 하고자한다. 최근 머신러닝 방법 중 하나인 K-평균 알고리즘을 적용한 프로토콜을 비교하고 성능 평가 요소를 제시하고자 한다.

주요어 : 무선센서네트워크, 에너지 효율성, 성능평가, 케이오씨이디, 성능항목

Abstract In a wireless sensor network, a large number of sensor nodes are deployed in an environment where direct access is difficult. It is difficult to supply power, such as replacing the battery or recharging it. It is very important to use the energy with the sensor node. Therefore, an important consideration to increase the lifetime of the network is to minimize the energy consumption of each sensor node. If the energy of the wireless sensor node is exhausted and discharged, it cannot function as a sensor node. Therefore, it is a method proposed in various protocols to minimize the energy consumption of nodes and maintain the network for a long time. We consider the center point and residual energy of the cluster, and the plot point and K-means (WSN suggests optimal clustering). We want to evaluate the performance of the KOCED protocol. We compare protocols to which the K-means algorithm, one of the latest machine learning methods, is applied, and present performance evaluation factors.

Key words : WSN, Energy Efficiency, Routing Protocol, KOCED, Performance Evaluation

*정회원, 정회원, 광운대학교 플라즈마 디스플레이학과 박사과정 Received: February 28, 2022 / Revised: March 1, 2022
(제1저자) Accepted: March 8, 2022

**정회원, 광운대학교 실감융합콘텐츠학과 박사과정 (참여저자) *Corresponding Author: gdchung@kw.ac.kr

***정회원, 광운대학교 플라즈마 디스플레이학과 교수 (참여저자) KwangWoon Univ, Korea

****정회원, 광운대학교 인제니움학과 교수 (참여저자)

*****정회원, 광운대학교 인제니움학과 교수 (교신저자)

접수일: 2022년 2월 28일, 수정완료일: 2022년 3월 1일

게재확정일: 2022년 3월 8일

I. 서론

정보기술(IT)은 사업, 생산, 국방, 공공사업, 교육에 폭넓게 적용되고 있다. 마이크로 컴퓨팅 기기를 객체에 내장하고 유비쿼터스 컴퓨팅을 제공함으로써 편리하고 유효한 방식으로 삶이 변화하고 있다. 원격 컴퓨터로 사물을 지능화함으로써, 사용자들은 실제 농성을 더 정확하게 인지할 수 있다. 무선 센서 네트워크는 다량의 센서 노드를 구성하여 수집한 정보를 처리하여 유비쿼터스 컴퓨팅 기술과 결합하여 프로세서로 전송하는 소형 무선 송수신기 네트워크 시스템이다. 즉, 센서 노드가 수집한 데이터를 취합하고 수집된 데이터를 관할하는 기지국으로 구성된 네트워크이다. [1-2]

WSN의 센서 노드는 직접 접근이 어려운 환경에 대량으로 배치되는 경우가 많기 때문에 센서 노드의 배터리 교체나 충전이 어려우므로 센서 노드의 제한적인 배터리의 에너지 효율성을 중요시 한다. 따라서 노드의 에너지 소비를 최소화하고 네트워크를 오랫동안 유지하기 위해 다양한 프로토콜이 제안되었다.[3-4]

K-평균 클러스터링을 사용하는 무선 센서 프로토콜은 클러스터 헤드를 분리한 후 클러스터를 형성하는 것이 아니라 클러스터를 먼저 구성한다. 이 기술은 클러스터가 고르게 형성되어 클러스터에 속한 대부분의 멤버 노드가 균일하게 존재한다는 장점이 있다. 이 방법에서는 클러스터 구성 후 잔류 에너지가 많은 노드나 클러스터의 중심과 거리가 가장 근접한 센서 노드를 클러스터 헤드로 선정했다. 다만 기지국에서 거리가 가장 먼 센서 노드가 같은 노드나 클러스터 헤드가 지속적으로 클러스터 헤드가 돼 FND가 빠르게 생성된다는 단점이 있다.[5-6]

본 논문에서는 K-평균 클러스터링 문제를 개선한 KOCED 프로토콜을 위한 K-평균 알고리즘 및 K-메이드 알고리즘과 성능 평가를 비교한다. KOCED(중심성, 에너지 및 거리를 고려한 WSN에 대한 최적 클러스터링을 갖는 K-평균) 프로토콜은 에너지 효율에 대한 K-평균 알고리즘을 적용하는 클러스터링 알고리즘으로, 클러스터 헤드 선택은 $(k = \sqrt{\frac{N}{2\pi}} \sqrt{\frac{\epsilon_{fs}}{\epsilon_{mp}} \frac{M}{d_{1oBS}^2}})$ 최적화하여 이루어진다. 또한 클러스터링을 실제로 수행하면 클러스터에 노드가 매우 적거나 너무 많을 수 있으며 클러스터 헤드를 선택하면 잔류 에너지가 적은 노드가

선택되므로 첫 번째 노드 데드(FND)는 물론 데이터 전송에도 빠르게 실패한다. 잔존 에너지가 거의 없는 노드를 클러스터 헤드로 선택하는 문제는 선거 확률 임계값 방정식에서 에너지 항을 고려함으로써 개선된다. K-평균 클러스터링 문제를 개선한 KOCED 프로토콜의 경우 K-평균 알고리즘들의 성능 평가 비교를 통해 특정 환경에 장점이 있는지 알아보고자 한다. 또한 K-평균 알고리즘의 장단점을 제시한다. 그리고 수행평가 지수를 제시하고자 한다.

논문의 전체 구성은 다음과 같다. 섹션 2는 관련연구를 소개한다. K-평균 알고리즘 클러스터링 방법 및 장단점에 대한 자세한 내용은 섹션 3에 섹션 4는 KOCED, K-평균 알고리즘의 성능을 평가한다. 마지막으로, 섹션 5에서 결론으로 구성되어있다.

II. 관련연구

1. K-means 프로토콜

K-평균 군집화는 대표적인 분리 군집화 알고리즘 중 하나이며, 원리는 간단하지만 성능이 좋다. K-평균 군집의 각 군집에는 하나의 중심이 있다. 클러스터 내 센서 노드들은 중심점에 속하며, 해당 중심에 위치한 노드들이 모여 클러스터를 형성한다. K-평균 군집 분석에서는 사전에 군집 수를 결정해야 한다. 일반적으로 값이 클수록 군집 수가 증가하고 값이 작을수록 군집 수가 줄어든다. 센서 노드의 수가 식 (1)과 같이 필요한 클러스터 수가 계산된다. [7-8]

$$k \cong \sqrt{n/2} \quad (1)$$

또 다른 방법은 EM(Elbow Method) 알고리즘으로 클러스터 수를 순차적으로 증가시켜 결과를 모니터링하는 것이다. 클러스터를 추가할 때 이전보다 더 나은 결과가 없으면 이전 클러스터 수가 k로 설정된다.

K-평균 군집 분석에서 군집 k의 수가 결정되면 초기 군집 중심점을 결정해야 한다. 이것을 초기화 기법이라고 한다. 이때, K-평균 군집화는 Forgy 알고리즘을 사용한다. Forgy 알고리즘의 경우 초기 성단은 k개의 임의의 점들에 의해 설정되기 때문에 각 성단의 무게중심은 중심으로부터 퍼져나가는 경향이 있다. 이러한 특성 때문에 Forgy 알고리즘이 선호된다.

클러스터 수가 일정 숫자를 넘으면 센서 노드 간 충돌과 간섭으로 네트워크의 수명이 줄어든다. K-평균 군집 분석은 군집이 LEACH 프로토콜에 비해 균일하게 구성된다는 이점을 보여준다. LEACH 프로토콜에 비해서는 클러스터 구축에 오랜 시간이 걸리고, 클러스터 수를 결정하는 실증방식에 의존한다는 단점이 있다.

2. KC 프로토콜

K-평균 중심(KC) 프로토콜은 K-평균 클러스터링 알고리즘을 기반으로 개선된 프로토콜이다. 센서 공간을 클러스터로 분할한 후 클러스터 중심 근처에 있는 노드가 클러스터 헤드로 선택된다.

KC 프로토콜은 클러스터 헤드 선택 횟수가 가장 적은 노드 중 클러스터 센터에 거리가 근접한 노드를 클러스터 헤드로 선출한다. 따라서 클러스터의 모든 노드가 한 번 회전하여 클러스터 헤드로 선택될 수 있으며, 이에 따라 에너지 소비가 분산되어 네트워크의 에너지 효율을 높일 수 있다. [9]

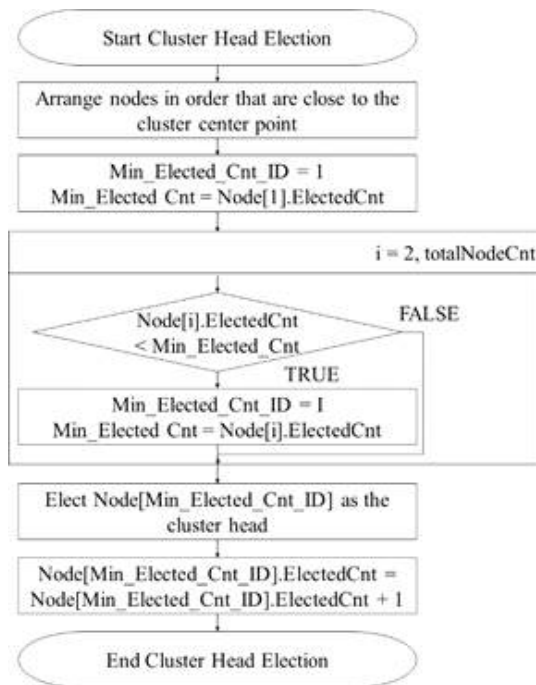


그림 1. KC 프로토콜 CH의 선출 순서
 Figure 1. The order of selection of KC Protocol CH

3. KCE 프로토콜

KC 프로토콜과 유사하게 KCE 프로토콜은 클러스터 중심에 가까운 노드를 의미하지만 노드의 남은 에너지도

고려하여 클러스터 헤드로 선택한다. 잔존 에너지가 고려되기 때문에 잔존 에너지가 적은 노드는 처음에 클러스터 헤드로 선택되지 않는다. [10]

KCE 프로토콜은 클러스터 헤드를 선택할 때 클러스터의 중심과 거리뿐만 아니라 노드의 잔류 에너지도 고려하기 때문에 노드의 잔류 에너지가 소진될 때까지 한 노드가 연속적으로 선택되는 경우는 없다. 따라서 KC 프로토콜처럼 클러스터 헤드로 각 노드를 몇 번 선택했는지 저장하지 않는다. KCE 프로토콜은 클러스터 헤드로 무조건 재추면 에너지가 높은 노드를 선택하지는 않는다. 클러스터의 노드 중 클러스터 중심점에 가장 가까운 노드가 가장 많은 에너지를 가진 노드 중에서 클러스터 헤드로 선택된다.

4. KOCED 프로토콜

KOCED(K-means with Optimal clustering for WSN considering Centrality, Energy, and Distance) 프로토콜은 클러스터링에 계산량이 높은 단점을 보완하기 위함이다. 그것은 언제 발생했는지로 제한되었다. 이렇게 하면 라운드마다 클러스터링 프로세스를 거칠 필요가 없기 때문에 필요한 계산 시간량이 길다는 문제점을 보완할 수 있다.

KOCED 프로토콜의 클러스터 수 k를 최적화하는 문제를 해결하기 위해 일반적으로 K-평균 클러스터링 알고리즘의 센서 노드 수가 n일 때 클러스터 수를 $(\sqrt{n/2})$ 또는 이에 가까운 숫자로 설정한다.

클러스터 헤드를 선택할 때 KOCED 프로토콜은 클러스터 중심으로부터의 거리와 노드의 잔류 에너지만을 고려하므로 에너지 소비량이 많은 기지국으로의 전송은 고려하지 않는다.

특히 K-평균 클러스터링 알고리즘은 임의로 클러스터 수를 정의하거나 노드 수를 $(\sqrt{n/2})$ 로 결정하거나 노드 수에 근접하여 결정함으로써 WSN의 수명을 최대화하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 에너지 모델 방정식을 사용하여 클러스터 수를 최적화하여 이 문제를 해결하려고 했습니다. 이를 위해 라운드당 소비되는 에너지를 계산하고 라운드당 소비되는 에너지를 최소화할 클러스터 수로 구분했다. 이를 통해 클러스터 수 최적화를 정의할 수 있다.

III. K-평균 알고리즘의 성능비교 평가

1) K-means 클러스터링

k-평균 알고리즘의 클러스터링 구성 단계는 EM 알고리즘을 사용하여 구성된다. 기대 단계와 최대화 단계로 구성된다. K-평균 군집 분석에서는 각 군집의 중앙점과 각 군집이 속한 군집의 위치에 대한 두개의 조건이 모두 충족되면 EM 알고리즘이 적용된다. k-평균 알고리즘의 군집화 과정은 다음과 같다. 아래 표 1에서와 같이 1단계에서 클러스터링 작업을 수행하면 클러스터 헤드 선택 표시가 보라색으로 표시됩니다. 또한 클러스터링 영역이 선택한 클러스터 헤드 주위에 표시된다.

표 1. K-평균 알고리즘 : 군집화 작업
Table 1. K-means Algorithm : Clustering Works

첫단계 : 클러스터링 1	클러스터 헤드선정
두 번째 단계 : 클러스터링 2	클러스터 헤드선정
세 번째 단계 : 클러스터링 3	클러스터 헤드선정

2) KC, KCE, KOCED 프로토콜의 비교

k-평균 알고리즘을 사용하여 KC, KCE 및 KOCED 알고리즘의 요소를 비교한다. 클러스터링 방법, 군집 수, 군집화 시간, 군집화 선택 방법 등 다양한 요인에 대해 요약된다. KC, KCE 및 KOCED 알고리즘의 요소를 비교하고자 한다. 따라서 표 2는 KC, KCE 및 KOCED 알고리즘의 요소 비교를 나타낸다.

표 2. KC, KCE, KOCED 알고리즘의 방법비교
Table 2. Method comparison of KC, KCE, KOCED algorithms

	KC	KCE	KOCED
클러스터링 방법	K-means 클러스터링 알고리즘		
클러스터 갯수	$\sqrt{n/2}$ 또는 근접의 수		최적의 수
클러스터링 시기	매 라운드마다		첫 라운드와 죽은 노드 발생 다음 라운드
클러스터 헤드 선정	적은 수의 선택으로 중앙점에 가까운 노드	에너지가 많이 남아 있는 노드들이 중심점에 근접한 노드	잔류 에너지 및 중앙점 또는 기지국에 가까운 적합한 노드
클러스터 헤드 선정이유	클러스터 헤드는 부하가 심하고 FND가 빠르기 때문에 노드 하나만 계속 선택하면 하나씩 선택	클러스터 헤드는 많은 에너지를 소비하므로 남은 에너지가 많은 노드를 먼저 선택	에너지가 우선시되면 전송 거리가 증가하고, 전송거리가 우선시되면 에너지가 줄어드는 문제를 해결하려면 점수 연산을 통해 적절한 노드를 선택
클러스터 선정방법	1. 각 노드는 자체적인 선택 횟수를 저장 2. 노드 중에서 선택 횟수가 가장 적은 노드 집합 3. 세트에서 중앙점에 가장 가까운 노드를 선택	1. 노드 중 잔류 에너지가 가장 많은 노드 세트를 확보 2. 그룹 중앙에 가장 가까운 노드를 선택	1. 클러스터의 평균 에너지보다 큰 노드 집합 2. 세트의 노드가 ScoreBS, ScoreCC 작업을 수행 3. 총 전송 거리가 짧은 MAX (ScoreBS) 및 MAX(ScoreCC) 노드를 선택

IV. 실험 및 결과

제안된 라우팅 프로토콜의 에너지 효율을 검증하기 위해 MATLAB 시뮬레이터를 사용한 k-평균 알고리즘 알고리즘을 비교했다. 성능 시뮬레이션을 위한 매개 변수는 다음과 같이 설정되었다. 시뮬레이션 환경에서 센서 노드 100개가 무작위로 생성된 후 모든 노드가 고정되고 동일한 초기 에너지 값을 갖는다고 가정했다. 또한,

기지국은 센서 필드 외부에 있다. 구체적인 시뮬레이션 매개변수는 표 5에 정의되어 있다. 센서 필드의 크기는 $(100 \times 100)/(200 \times 200)/(400 \times 400)$ 이고, 기지국의 위치는 $(50, 150)/(100, 300)/(200, 600)$ 이고, 센서 노드의 초기 에너지는 0.5 J이고, E_{DA} 는 데이터 집계 에너지 소산이며, E_{elec} 는 전송 에너지 소비량이고, ϵ_{fs} 는 증폭 에너지를 나타낸다.

표 3. 실험 매개변수
 Table 3. Experimental Parameter

Parameter	Value
병합에너지(E_{DA})	5 nJ/bit/
증폭에너지(ϵ_{mp})	0.0013 pJ/bit
증폭에너지(ϵ_{fs})	10 pJ/bit
전송에너지(E_{elec})	50 nJ/bit
센서 공간 (Meter)	$(100 \times 100) / (200 \times 200) / (400 \times 400) / M$
노드의 수 (n)	100
기지국의 위치	$(50,150) / (100, 300) / (200, 600) / point$
초기값 (E_0)	0.5 J

1) KC, KCE, KOCED 프로토콜의 성능 비교

k-평균 알고리즘에서는 k-평균의 클러스터링 구성 단계를 살펴보고 클러스터링이 어떻게 형성되는지 이해한다. 또한 k-평균을 적용한 알고리즘인 KC, KCE, KOCED 알고리즘에 대해서도 성능평가를 실시한다.

다음 그림 2와 표 4는 KC, KCE 및 KOCED 프로토콜을 비교한 결과입니다. 그림 2에서는 비교를 위해 각 필드를 (100×100) , (200×200) , (400×400) 으로 설정했다.

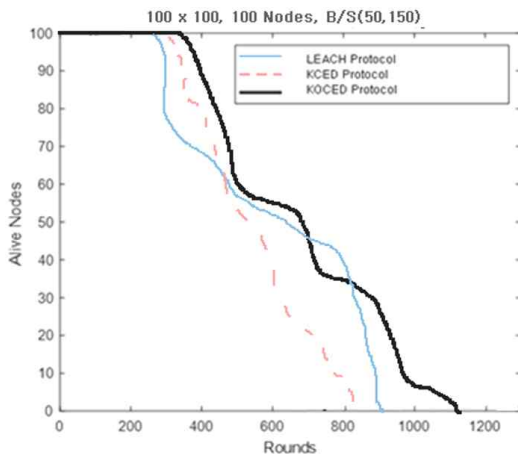


그림 2-(a). 100 X 100 프로토콜 성능

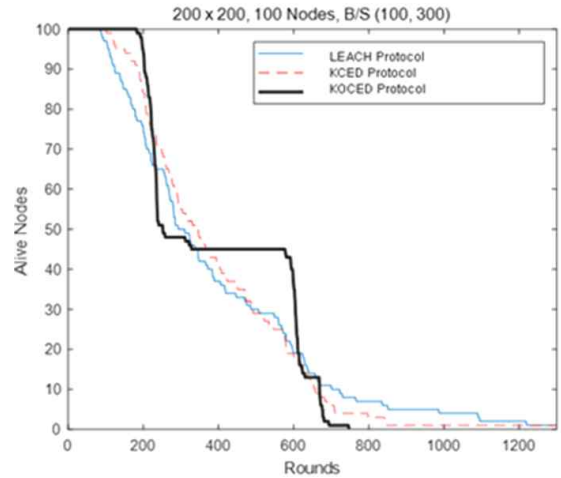


그림 2-(b). 200 X 200 프로토콜 성능

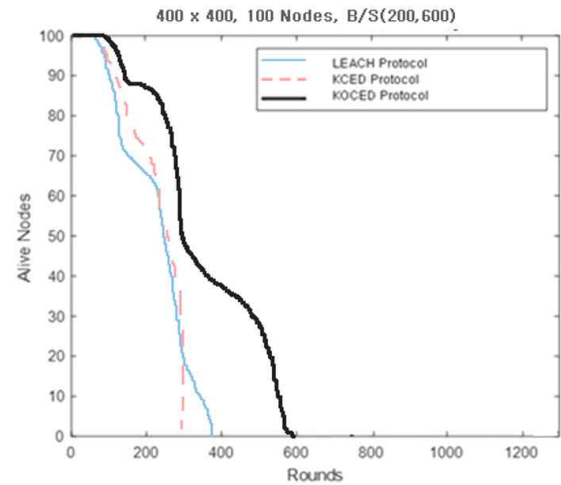


그림 2-(c). 400 X 400 프로토콜 성능

그림 2. 필드별 KC, KCE, KOCED 프로토콜 성능
 Figure 2. Performance of KC, KCE and KOCED protocols by field

표 4. KC, KCE 및 KOCED 프로토콜의 각 분야에 대한 FND, HND, LND
 Table 4. FND, HND, LND for each field of KC, KCE and KOCED protocols

FND	100 * 100	200 * 200	400 * 400
KC	346	161	98
KCE	374	173	101
KOCED	412	214	134
HND	100 * 100	200 * 200	400 * 400
KC	612	256	243
KCE	587	287	249
KOCED	734	243	311
LND	100 * 100	200 * 200	400 * 400
KC	912	1231	392
KCE	804	1124	305
KOCED	1123	789	598

V. 결론

무선 센서 네트워크에서는 직접 접근이 어려운 환경에 대량으로 센서 노드들이 배치된다. 배터리 교체나 충전 등 전력 공급이 어렵다. 센서 노드의 에너지로 사용하는 것이 매우 중요하다. 따라서, 라우팅 프로토콜에 네트워크 수명을 높이기 위해 중요한 고려 사항은 각 센서 노드의 에너지 소비를 최소화하는 것이다.

대표적인 기계 학습 기술인 K-평균을 사용하는 많은 라우팅 프로토콜이 제안되었다. 이에 따라 KC, KCE, KOCED 프로토콜의 성능을 비교한다. 성능 비교 결과는 다음과 같다. K-평균 프로토콜의 경우, KC, KCE 및 KOCED 프로토콜은 FND (100 * 100) 필드에서 346, 374 및 412 라운드에서 발생하였다. 그리고 (200 * 200) 필드에서는 161, 173, 214 라운드에서 발생했다. 그리고 (400 * 400) 필드에서는 98, 101 그리고 134 라운드에서 발생하였습니다. 따라서, K-평균 알고리즘 중, KOCED 프로토콜은 넓은 분야에서 가장 높은 효율성을 가진 것으로 보인다. 이것은 클러스터링 프로세스의 (K_{opt}) 최적화 및 에너지 고려의 결과이다. 향후 연구로 KOCED 프로토콜의 평가 요소에 대한 항목을 제시하고 네트워크의 수명을 늘리기 위한 연구를 진행할 예정이다.

References

- [1] KIM, Jeong-lae; KIM, Kyu-dong. "Presentation of central motion techniques: limpness motion function and limpness sensory unit function.", *International Journal of Advanced Culture Technology*, pp. 56-61, 2016. doi:10.17703/IJACT.2016.4.3.56
- [2] 원달수. "스마트 환경재해 관리를 위한 서비스 플랫폼 설계", *문화기술의 융합*, pp. 247-252, 2018.
- [3] Callaway Jr, E. H; "Wireless sensor networks: architectures and protocols", CRC press, 2013.
- [4] Akyildiz, I. F; Su, W; Sankarasubramaniam, Y; Cayirci, E; "Wireless Sensor Networks: A Survey.", *Computer networks*, 2002, Volume 38, Issue 4, pp. 393-422. doi: 10.1016/S1389-1286(01)00302-4
- [5] Mainwaring, A; Culler, D; Polastre, J; Szewczyk, R; Anderson, J; "Wireless Sensor Networks For Habitat Monitoring.", *Pro-ceedings of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications*, 2002, pp. 88-97. doi:

10.1145/570738.570751

- [6] Du, Xiaojiang, and Hsiao-Hwa Chen. "Security in wireless sensor networks." *IEEE Wireless Communications* 15.4, pp. 60-66, 2008. doi: 10.1109/MWC.2008.4599222
- [7] Ye, W; Heidemann, J; Estrin, D; "An Energy-Efficient MAC Protocol For Wireless Sensor Networks." *IEEE In: Proceedings. Twenty-First Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, 2002, pp. 1567-1576. doi: 10.1109/INFCOM.2002.1019408
- [8] M. Aslam; N. Javaid; A. Rahim, U; Nazir, A. Bibi; "Survey Of Extended LEACH-Based Clustering Routing Protocols For Wireless Sensor Networks." *IEEE 14th International Conference on High Performance Computing and Communication & 2012 IEEE 9th International Conference on Embedded Software and Systems*. 2012, pp. 1232-1238. doi: 10.1109/HPCC.2012.181
- [9] A. Razaque; M. Abdulgader; C. Joshi; F. Amsaad; M. Chauhan; "P-LEACH: Energy Efficient Routing Protocol For Wireless Sensor Networks.", *Applications and Technology Conference (LISAT)*. IEEE, 2016, pp. 1-5. doi: 10.1109/LISAT.2016.7494137
- [10] T. Qiang; W. Bingwen; D. Zhicheng; "MS-Leach: A Routing Protocol Combining Multi-Hop Transmissions And Single-Hop Transmissions.", *In: 2009 Pacific-Asia Conference on Circuits, Communications and Systems*. 2009, pp. 107-110. doi: 10.1109/PACCS.2009.13