

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.4.51>
JIIBC 2020-4-7

성능 비교 항목들을 적용한 계층형 라우팅 프로토콜간의 성능비교

Performance Comparison between Hierarchical Routing Protocols applying New Performance Evaluation Items

이종용*

Jong-Yong Lee*

요약 WSN은 배터리와 같은 제한된 전원을 가진 센서 노드가 무선으로 구성된 네트워크이다. 센서 노드의 배터리가 모두 소모되면 해당 노드는 더는 동작하지 않으며, 일정 이상의 노드가 동작하지 않으면 네트워크는 제 역할을 하지 못하게 된다. 따라서 노드의 에너지 효율을 높여 에너지 소모를 최소화하면 네트워크의 수명을 증가시킬 수 있다. 에너지 효율을 높이기 위한 프로토콜은 다양하게 있으며, 그중 클러스터 방식과 체인 방식의 프로토콜이 있다. 본 논문은 무선 센서 네트워크의 성능 향상을 위해 별도로 연구한 라우팅 프로토콜의 성능 평가를 검토하고자 한다. 비교 기준은 대표적인 계층 라우팅 프로토콜인 LEACH 프로토콜로 선택되었으며, 비교 대상은 CHEF와 FLCFP, LEACH-DFL 라우팅 프로토콜로 퍼지 로직과 함께 고려되었다. 본 논문에서는 성능 비교를 위한 다양한 기준이 제시되었으며, 각 프로토콜의 시뮬레이션 실행을 통해 성능을 비교하였다. CHEF, FLCFP, LEACH-DFL의 성능 비교, LEACH, Puzzy Logic과의 프로토콜 등을 통해 다른 프로토콜의 성능을 비교하기 위한 기준점을 제시하고, 프로토콜의 성능 향상을 위한 추가적인 설계 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

Abstract WSN is a wirelessly configured network of sensor nodes with limited power such as batteries. If the sensor node's battery is exhausted, the node is no longer available. Therefore, if the network is to be used for a long time, energy consumption should be minimized. There are many Wireless Sensor Network Protocols to improve energy efficiency, including Cluster-based and chain-based Protocols. This paper seeks to examine the performance evaluation of routing protocols studied separately for the improvement of performance in wireless sensor network. The criteria for comparison were selected as the LEACH protocol, a representative hierarchical routing protocol, and the comparison targets considered CHEF and FLCFP and LEACH-DFL routing protocols with Fuzzy Logic. Various criteria for performance comparison were presented in this paper, and the performance was compared through simulation of each protocol. The purpose is to present a reference point for comparing the performance of other protocols through the performance comparison of CHEF, FLCFP, and LEACH-DFL, protocols with LEACH and Fuzzy Logic, and to provide additional design methods for improving the performance of protocols.

Key Words : WSN, Routing Protocol, Comparison, Performance, CHEF, FLCFP, LEACH-DFL

*정회원, 광운대학교 인제나눔학부대학
접수일자 2020년 7월 24일, 수정완료 2020년 8월 7일
게재확정일자 2020년 8월 7일

Received: 24 July, 2020 / Revised: 7 August, 2020 /
Accepted: 7 August, 2020

*Corresponding Author: jyonglee@kw.ac.kr

Ingenium college of liberal arts, KwangWoon University, Korea

I. 서 론

WSN은 데이터를 수집할 수 있는 센서 노드들이 무선으로 구성된 네트워크를 말한다[1-3]. 센서 노드들은 일반 가정이나 자연환경, 도로 등에 설치되어 환경의 변화를 측정 혹은 관찰할 수 있다. WSN은 이러한 장점들도 있지만, 단점도 존재한다. WSN는 유선 네트워크와는 달리 센서 노드마다 배터리와 같은 제한된 전원이 장착되어 동작한다. 배터리가 모두 소모되어 버리면 해당 센서 노드는 더는 제 역할을 하지 못하게 된다. 그러므로 네트워크가 오랫동안 유지되려면 에너지 소모를 최소화해야 한다. 네트워크의 에너지 효율을 높이기 위한 WSN 프로토콜이 다수 존재하며 방식도 다양하다.

무선 센서 네트워크의 라우팅 프로토콜은 센서 노드의 전송 경로 설정 방법을 네트워크 분야의 BS로 정의한다. 센서 노드 운영환경의 제한정보, 네트워크 종류 및 정의된 무선 센서 네트워크에서의 라우팅 방법에 따른 무선 센서 네트워크. 선택된 라우팅 프로토콜은 무선 센서 네트워크의 수명에 직접적인 영향을 미치는 센서 노드의 에너지 소비 효율에 영향을 미칠 것이다. 네트워크의 수명주기인 라우팅 프로토콜, 센서 노드의 효율적인 에너지 소비는 네트워크의 수명과 직접적인 관계가 있다. 무선 센서 네트워크는 크게 두 종류로 나눌 수 있다. 능동적 네트워크와 대응적 네트워크. 능동적 네트워크는 환경의 주기적 검출과 전송 감지의 동력에 배치되며, 데이터 전송에 있어 정기적인 모니터링이 필요한 무선 센서 네트워크에 적합하다. 반응형 네트워크는 환경을 검출함으로써 검출된 데이터 값의 변화에 대응하여 데이터를 지속적으로 즉시 처리하고 있다. [4-8]

무선 센서 네트워크의 라우팅 프로토콜인 플랫폼 라우팅, 위치 기반 라우팅은 계층적 라우팅에 분류된다. 그 중에서, 많은 연구자들이 계층적 라우팅 프로토콜의 LEACH와 관련된 많은 연구를 하게 되었다. 특히 생활 속에 남아 있는 에너지와 센서 노드의 네트워크를 개선하고, 다양한 LEACH As를 네트워크 분야로 제안하였다. 단, 네트워크 프로토콜의 종류에 따라 성능을 평가해 왔으며, FND, LND에 한정되어 있다. 이 논문에서, 라우팅 프로토콜이 무선 센서 네트워크의 수명에 직접적인 영향을 미치는지를 조사한다.

CHEF, FLCFP, LEACH-DFL 라우팅 프로토콜의 성능 비교를 제시하기 위해 개선된 LEACH에 기반한 일반적인 계층적 라우팅 프로토콜. 기존 성과 평가와 관련하여 남은 에너지 등의 비율에 대해 정의된 성과 기준과 평

가할 클러스터 수장이 선출한 비율. 이 논문의 나머지 부분은 제2장 관련 작업, 제3장 성과기준 및 평가에서 관련되며, 성과기준의 성과평가와 시뮬레이션 결과를 설명한다. 그리고 제4절은 그 결론을 제시한다.

II. 관련 연구

1. LEACH

LEACH Protocol은 클러스터 기반 라우팅 프로토콜이다. [9-10] 센서 공간을 클러스터로 나누고, 클러스터마다 클러스터를 대표하는 클러스터 헤드 노드가 하나씩 있다. LEACH Protocol은 클러스터 헤드 선출이 이루어지는 설정 단계와 실질적으로 전송이 이루어지는 정상 상태 단계가 있다. 클러스터 헤드는 클러스터 내 멤버 노드의 데이터를 모아 전송하기 때문에 에너지 소모가 많다. 설정 단계에서는 식 (1)의 $T(n)$ 임계식을 이용하여 클러스터 헤드를 선정한다.

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1 - p(r \bmod \frac{1}{p})} & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

LEACH Protocol의 순서도는 아래 그림 1과 같다.

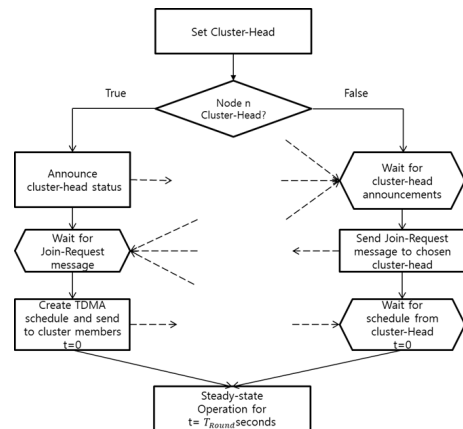


그림 1. LEACH Protocol 순서도
Fig. 1. Flowchart of LEACH Protocol

2. CHEF

무선 센서 네트워크(CHEF) 프로토콜의 퍼지 로직을 사용하는 클러스터 헤드 선택 메커니즘은 무선 센서 네

트위크의 수명을 최대화하기 위해 퍼지 논리 접근법을 사용했다. [11] 이 기법은 굵다 프로토콜과 유사하지만 기지국이 모든 노드에서 정보를 수집할 필요는 없다. 대신에, CHEF 프로토콜은 퍼지 로직을 사용하는 지역화된 클러스터 헤드 선택 메커니즘을 사용한다. 각 노드는 0과 1 사이의 난수를 선택한다. 임의의 센서 노드의 무작위 번호가 공식 2보다 작을 경우 노드는 FIS를 통해 시작 값을 계산하고 후보자에게 기회를 알려준다. 즉, 이 메시지는 노드가 클러스터 헤드에 대한 값을 가진 클러스터 헤드의 후보임을 의미한다. 다음과 같다.

$$P_{opt} = p \times \alpha \quad (2)$$

여기서 는 클러스터 헤드 선택 확률과 동일하며, 클러스터 헤드의 후보 비율을 정의하는 상수임. 시작 값이 가장 큰 노드를 클러스터 헤드로 선택한다. 클러스터 헤드를 선택한 후에는 모든 프로세스(광고 메시지, CH 메시지 조합, 안정화 상태 단계)가 LEACH와 같으며, 클러스터 헤드 후보 노드는 r반경 내의 노드로부터 후보 메시지를 수신한다. r반경은 다음과 같다.

$$r = \sqrt{\frac{M^2}{\pi np}} \quad (3)$$

식 (3) M은 센서 공간의 길이를 의미하며, p는 클러스터 헤드 선택 확률을 의미하며, n은 총 노드 수를 의미한다. 그리고 노드 중심은 그림 2와 같이 노드 A의 범위 r 내에 있는 모든 노드로부터의 거리의 합이다.

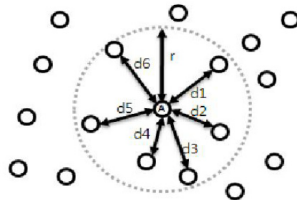


그림 2. A 노드 중심과의 거리
 Fig. 2. Node center within distance r of node A

다음 표 1은 CHEF 라우팅 프로토콜에 입력된 퍼지 이론 변수를 보여준다.

표 1. CHEF 프로토콜 입력 변수
 Table 1. Input Variable in CHEF

입력 변수	수준		
노드 잔여 에너지	낮음	보통	높음
노드 중심도	가까움	보통	멀

3. FLCFP

FLCFP(Fuzzy Logic Cluster Formation Protocol)는 비클러스터 노드가 3개의 파라미터를 사용하여 클러스터 헤드(CHs)를 선택하여 CH 확률 값을 계산할 수 있도록 도와주는 퍼지 논리 접근법을 기반으로 한다. [12] FIS(Fuzzy Information System)를 이용하여 LEACH 프로토콜을 개선함으로써 WSN의 수명을 연장하는 것으로, 주어진 입력에서 퍼지 로직을 이용한 출력으로 사고의 정형화 과정을 제공한다. 다음 표 2는 FLCFP 라우팅 프로토콜에 입력된 퍼지 이론 변수를 보여준다.

표 2. FLCFP 프로토콜 입력 변수
 Table 2. Input Variable in FLCFP

입력 변수	수준		
CH 잔여 에너지	낮음	보통	높음
기지국과의 거리	가까움	보통	멀
CH와의 거리	가까움	보통	멀

4. LEACH-DFL

LEACH-DFL(Dual Puzzy Logic) 프로토콜은 클러스터 기반 무선 센서 네트워크에서 효율적인 네트워크 구성을 위해 클러스터 헤드 선택과 클러스터 구성 모두에서 퍼지 로직을 적용하는 라우팅 프로토콜이다. [13] 제안된 LEACH-DFL 프로토콜은 클러스터 헤드 선택 및 클러스터 구성에 퍼지 추론 시스템을 사용한다. 다음 표 3은 FLCFP 라우팅 프로토콜에 입력된 퍼지 이론 변수를 보여준다.

표 3. LEACH-DFL 프로토콜 입력 변수
 Table 3. Input Variable in LEACH-DFL

입력 변수	수준		
CH 잔여 에너지	낮음	보통	높음
기지국과의 거리	가까움	보통	멀
CH와의 거리	가까움	보통	멀

다음 표 4는 클러스터 구성에 따른 비교 라우팅 프로토콜에 대한 클러스터 헤드 선택 및 적용 방법을 나열한다.

표 4. 라우팅 프로토콜 비교 항목
Table 4. The Comparison Items Table of Protocols

라우팅 프로토콜	CH FIS 입력 변수	CH 선출 방법	MN FIS 입력 변수	클러스터 구성 방법
LEACH	없음	T(n) 임계식	없음	최소 에너지 값을 기준
	에너지	P 값보다 작은 값을 가진 노드 선택		
CHEF	주변 노드 거리	후보 노드와 멤버 노드의 기회 값 비교 기회값이 높은 노드로 확인된 기회 값 CH	없음	CH의 근처 노드들로 구성
FLCFP		T(n) 임계식	CH 에너지	각 CH로 적용된 기회 값
			CH와 BS 간의 거리	기회 값이 가장 큰 CH 클러스터에 가입
			CH와의 거리	
LEACH-DFL	특정 범위 내에서 주변 노드까지의 거리	잔류 에너지	잔류에너지	CH와 BS 간의 거리 노드에서 클러스터 헤드까지의 거리

III. 제 안

다음은 네트워크의 평가 기준에 대한 항목 4가지를 제안하고자 한다. 네트워크 수명, 에너지 소비, 확장성, CH 선출 비율등에 따라 평가기준을 제시하고, 이를 통해 시뮬레이션과 비교 결과를 나타내고자한다.

- **네트워크 수명** : 일반적으로 무선 센서 네트워크 수명시간은 센서 네트워크가 센서 네트워크 작동의 운전가능성을 고려한 후 경과한 시간을 의미한다. 첫 번째 노드는 데드타임(FND)으로 데드타임(LND)을 가장 많이 고려한 마지막 노드다. 또한, 노드의 80%가 사망한 경우를 고려하여, 네트워크 성능의 부재에 대한 의미를 규정한다.

- **에너지 소비** : 무선 센서 네트워크의 에너지 소비량은 구성된 센서 네트워크 노드의 에너지 소비량으로 동작하는 네트워크를 말한다. 이것은 무선 센서 네트워크의 수명과 직접적인 관계가 있다. 즉, 소비 에너지와 그에 따른 나머지 에너지를 정의하기 위한 평가다.
- **확장성** : 무선 센서 네트워크의 네트워크 크기 및 센서 분야의 노드 수의 확장성 변화에 따른 수용성을 말한다. 광역 필드의 무선 센서 네트워크는 필수 엔드포인트다.
- **CH 선출 비율** : 무선 센서 네트워크에서 CH 선출 비율은 클러스터 헤드 노드 클러스터링에서 풀 멤버로 선출되는 수의 비율로 Setup-Phase를 통해 작동할 수 있다. 각 라운드에서 클러스터 헤드의 선택을 고려하는 것은 클러스터 헤드의 선택률과 안정성 분포에 의해 정의된다.

IV. 모의 실험 및 성능 비교 결과

1. 실험 환경

LEACH 및 CHEF, FLCFP, LEACH-DFL 라우팅 프로토콜의 각 네트워크 수명, 에너지 소비, 확장성 및 CH 선출 비율 항목을 비교한 성과를 요약한다. 무선 센서 네트워크에서 폐기된 노드는 표 5와 같이 무작위로 배열되었다. 그리고 5000라운드를 운영할 라운드의 수. 네트워크의 필드 크기는 필드 크기에 맞게 100m * 100m, 200m * 200m, 400m * 400m로 설정되었다.

표 5. 모의 실험 매개변수
Table 5. Simulation Parameters

Simulation Parameters	Control Variables
Node Position	임의 배치
Network Size(field)	100*100/200*200/400*400
Node Count	100
Initial Energy(joule)	0.5
Cluster Header Selection ratio(p)	0.1
E _{amp} (J/bit)	13*10 ⁻⁶ (-16)
E _{elec} (J/bit)	50*10 ⁻⁹ (-9)
Packet Size(bit)	2000
Round(r)	5000

2. 수명 주기

네트워크 수명 및 ML-LEACH 및 LEACH DL-LEACH와 비교한 성능은 다음 그림 3에 요약되어 있다. 네트워크 크기로 구분되는 왼쪽 막대 그래프 LEACH, CHEF, FLCFP, LEACH-DFL을 기반으로 하며, 무선 센서 네트워크 FND의 총 노드 기준으로는 ND가 50%이고 성능 평가에서 ND가 80%인 경우.

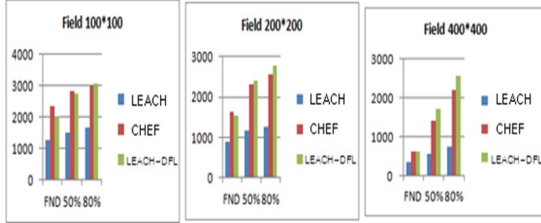


그림 3. 각 프로토콜의 필드별 FND와 ND of 50%, ND of 80%
 Fig. 3. Each of Fields of Protocols FND, ND of 50%, ND of 80%

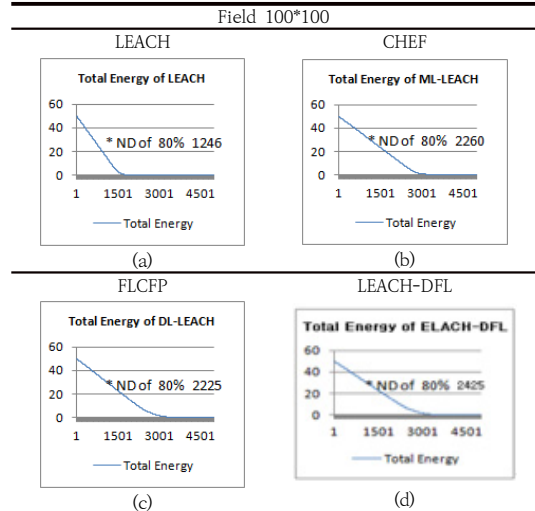
필드 100m * 각 필드 100m는 LEACH를 기반으로 한다. CHEF, FLCFP, LEACH-DFL 프로토콜은 각각 186.09%, 159.86%의 증가를 보였다. CHEF, FLCFP, LEACH-DFL은 각각 186.20%, ND 50%의 182.76%의 증가를 보였다. 주방장, FLCFP, LEACH-DFL은 각각 180.12%, ND 80%에서 184.01%의 상승률을 보였다. 또한 200m * 200m는 LEACH를 기반으로 한다. FND에서 FLCFP와 LEACH-DFL은 각각 183.45%, 172.90%의 증가를 보였다. FND에서는 CHEF, FLCFP, LEACH-DFL이 각각 198.37%, ND에서는 206.45%의 증가를 보였다. 주방장, FLCFP, LEACH-DFL은 ND에서 각각 203.58%, 221.86%의 증가율을 보였다. 또한 400m * 400m는 LEACH를 기반으로 한다. FND에서 FLCFP와 LEACH-DFL은 각각 169.32%, 173.70%의 증가를 보였다. FND에서는 CHEF, FLCFP, LEACH-DFL이 각각 249.39%, ND에서는 301.23%의 증가를 보였다. 주방장, FLCFP, LEACH-DFL은 각각 291.50%, ND 341.57%의 증가율을 보였다. 필드 증분 규모가 CHEF을 개선함에 따라 LEACH-DFL의 에너지 효율이 높아졌음에도 불구하고 이를 확인할 수 있다.

3. 에너지 소모

LEACH, CHEF, FLCFP 및 LEACH-DFL의 에너지 소비량 비교는 다음 표 6과 같다. 프로토콜 크기 전체의 에너지 소비량을 측정했다. 센서 필드의 크기에 따라 100 * 100 크기 필드에서 표 6- (a)와 (b) 및 (c)가 표시된다. LEACH의 80% ND는 1246으로 표시된다. CHEF의 80% ND는 2260으로 표시되고 80% FLCFP의 ND는 2225로 표시된다. LEACH-DFL의 경우는 2425로 표시된다.

표 6. 모의 실험 매개변수

Table 6. Each of Protocols of Fields Total Energy Consumption



4. 확장성

그림 3에 나타낸 LEACH, CHEF, FLCFP 및 LEACH-DFL의 확장성을 고려하기 위해 표 7을 재구성한다.

표 7. 필드 크기에 대한 FND, ND의 각 프로토콜 라운드 수 50% ND 80%

Table 7. The Number of Round of Each Protocol of FND, ND of 50%, ND of 80% for the Field Size

	FND	100*100	200*200	400*400
LEACH		1258	882	365
Rate of decrease		100%	70.11%	29.01%
CHEF		2341	1618	618
Rate of decrease		100%	69.12%	26.40%
FLCFP		2011	1525	634
Rate of decrease		100%	75.83%	31.53%
LEACH-DFL		2011	1525	634
Rate of decrease		100%	75.83%	31.53%

FND의 경우, LEACH, CHEF, FLCFP, LEACH-DFL 200 * 200, 400 * 400 * 400에 비해 센서 분야의 3%와 5% 범위의 변화는 불완전한 것으로 보인다. 그리고 LEACH와 비교하여 ND가 50%인 경우, CHEF 및 FLCFP가 200 * 200 및 400 * 400을 나타냈으며, 각각 5%와 10%의 증가율, 13%, 24%의 증가율을 보였다. 마지막으로, LEACH와 비교하여 ND가 80%일 때, CHEF 및 FLCFP 200 * 200 및 400 * 400 * 각각 10%, 15%, 28%, 38%가 센서 분야에서 증가한다. 즉, CHEF는 LEACH보다 확장성이 뛰어나다. 그리고 FLCFP보다 CHEF가 더욱 뛰어난 확장성이다.

5. 클러스터 헤드 선출 비율

LEACH, CHEF, FLCFP 및 LEACH-DFL의 각 라운드 CH 선택 비율에 대한 성능 비교는 다음과 같다.

CH는 그림 4의 라운드에 따라 확률적으로 선출했다. 확률적 값 선택 $p = 0.1$ 과 관련하여 CH가 선택한 확률적 값은 LEACH 100 * 100 및 200 * 200 및 400 * 400에 관한 것이다. 각 0.105, 0.106, 0.105 A는 5%와 6%와 5%의 상대적 오류를 나타내고 있다. 그리고 CH가 선출한 확률론(FLCFP)은 약 100 * 100 * 100 및 200 * 200 및 400 * 400 * 400이다. 각 0.1009, 0.1012, 0.9963은 0.9%와 1.2%, -0.37%의 상대적 오류로 간주된다. 또한 CH가 선출한 확률론(LEACH-DFL)은 약 100 * 100 및 200 * 200 및 400 * 400이다. 각 0.1001, 0.10018 및 0.1001은 1%와 1%의 상대적 오류를 나타낸다. FLCFP는 LEACH보다 필드 크기에 따라 균등하다. 상대적 오류 범위는 LEACH보다 4% 미만이다. 즉, 필드 크기에 따른 클러스터 헤드 선출 비율은 LEACH보다 FLCFP가 낫다는 것을 보여준다. 그리고 LEACH-DFL이 FLCFP보다 낫다. 선출된 클러스터 헤드 10은 분포가 중심이라는 것을 보여준다. 단, 필드의 크기는 분포가 불균형화되므로 크기가 커짐을 알 수 있다.

V. 결 론

오늘날까지 센서 네트워크의 성능 향상을 위해 무선 센서 네트워크의 라우팅 프로토콜에 관한 연구가 제안되었다. 특히 무선 센서 네트워크의 수명을 연장하는 방법이 주로 사용됐다. 결과적으로, 제안된 라우팅 프로토콜의 다양한 성능 검증은 수명주기, 에너지소모, 확장성, 클러스터 헤드 선출 비율로 제시되었다.

본 논문에서는 기존 LEACH 및 Fuzzy Logic을 적용한 CHEF, FLCFP, LEACH-DFL를 기반으로 정의한 성능평가 항목을 검증하였다. 그 결과 라이프사이클 항목에서는 프로토콜별 400*400 필드에서 FLCFP가 기존 LEACH에 비해 169.32% 증가했고, LEACH-DFL은 173.7% 증가했다. 에너지 소비 범주에서, 각 프로토콜의 400*400 필드에서, LEACH는 ND 80%, FLCFP의 491, ND의 1092, LEACH-DFL의 1352를 보였다. 다음으로 확장성 범주에서는 각 프로토콜에 대해 필드 400* 400에서 80% DeadNode가 발생했을 때 LEACH에 비해 FLCFP와 LEACH-DFL이 각각 28%, 38% 증가했다. CH 선택 비율 항목에서 각 프로토콜에 대해 CH 선거 확률을 0.1로 설정한 400*400 필드에서 LEACH는 0.105로 5% 상대적 오류를, FLCFP는 -0.37% 상대적 오류를, LEACH-DFL은 0.1001로 1% 상대적 오류를 보였다. 성능비교평가 결과 FLCFP와 LEACH-DFL은 네트워크 수명을 연장함에 따라 LEACH보다 에너지 소비 효율이 우수한 것으로 확인됐다. 확장성도 우수해 CH 당선 확률은 우수한 것으로 확인됐다. 기존 네트워크 라이프사이클의 제한된 성능비교를 넘어 성능비교 기준이 되는 비교항목을 도출하는 것도 큰 의미가 있다.

References

- [1] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communications Magazine, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2002.1024422>
- [2] Kim, Tae-Rim; Song, Jong-Gyu; Im, Hyun-Jae; Kim, Bum-Su; / Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, v.20, no.8, 15-22, August 2019
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.8.15>
- [3] RHEE, Yunseok; KIM, Young Hwan. A Holistic Energy Coordination System for Multiple Personal Sensors. JOURNAL OF ADVANCED INFORMATION TECHNOLOGY AND CONVERGENCE, 2017, 7.2: 73-90.
DOI : 10.14801/jaitc.2017.7.2.73
- [4] J.Y. Lee, "Energy Improvement of WSN Using The Stochastic Cluster Head Selection", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 15, No. 1(2015), pp.125-129.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.1.125>
- [5] Y.I. Song, K.D. Jung, S.R. Lee, and J.Y. Lee, "A Study of Cluster Head Election of TEEN applying the Fuzzy Inference System", International Journal of Advanced Smart Convergence, Vol.5, No.1(2016), pp. 66-72.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/IJASC.2016.5.1.66>

- [6] W.S. LEE, K.D. Jung, and J.Y. Lee, "Improvement of Cluster Head selection of LEACH Protocol" International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), Vol.12, No.20, 2017.
- [7] J.Y. Lee, K. Jung, H. Jung, and D. Lee, "Improving the Energy Efficiency of a Cluster Head Election for Wireless Sensor Networks", International Journal of Distributed Sensor Networks, Article ID 305037, 6 pages, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1155%2F2014%2F305037>
- [8] J.Y. Lee, K. Jung, B. Shrestha, J. LEE, and S. Cho, "Energy Efficiency Improvement of the of a Cluster Head Selection for Wireless Sensor Networks", International Journal of Smart Home, Vol. 8, No. 3, pp.9-18, 2014.
- [9] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1109/HICSS.2000.926982>
- [10] S. Lindsey, and C.S. Raghavendra. "PEGASIS: Power-efficient gathering in sensor information systems." Aerospace conference proceedings, 2002. IEEE. Vol. 3. IEEE, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1109/AERO.2002.1035242>

저 자 소 개

이 종 용(정회원)



- 1983년 2월: 한양대학교 원자력공학과(공학사)
- 1988년 2월: 광운대학교 전자공학과(공학석사)
- 1993년 2월: 광운대학교 전자공학과(공학박사)
- 2005년 3월~현재: 광운대학교 교수
- 관심분야: 자동제어, 센서네트워크, 영상인식, 빅데이터

※ 이 논문은 2019년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음.