

# 에너지 효율적인 LEACH 기반 체이닝 프로토콜 연구

준회원 유 완 기\*, 정회원 권 태 욱\*

## LECEEP : LEACH based Chaining Energy Efficient Protocol

Wan-ki Yoo\* Associate Member, Tae-wook Kwon\* Regular Member

### 요 약

무선 센서 네트워크의 가장 중요한 요구사항인 효율적인 에너지 사용을 위해 클러스터 구조를 가진 계층 기반 라우팅 프로토콜로 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)가 제안되었다. LEACH 프로토콜은 수많은 센서 노드들이 임의 개수의 클러스터를 구성하고, 각 클러스터에는 멤버 노드와 클러스터 헤드가 존재한다. 멤버 노드들은 데이터를 감지하여 자신이 소속된 클러스터 헤드에게 전송하고 클러스터 헤드는 멤버 노드에게 전송받은 데이터를 융합하여 Base Station(BS)에게 전송한다. LEACH 프로토콜에서는 클러스터 헤드가 균등하게 분포되는 것을 보장하지 않고, 융합된 데이터를 BS에게 직접 전송하기 때문에 에너지 소모가 크다는 제한사항을 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 제한사항을 개선하기 위해, 클러스터 헤드간 체인을 형성해 멀리 떨어진 BS가 아니라 가장 가까운 인접 클러스터 헤드에게 데이터를 전송하고, 최종적으로 BS와 가장 가까운 클러스터 헤드가 데이터를 융합해 전송하는 LECEEP를 제안한다. 시뮬레이션 결과 LECEEP가 LEACH 프로토콜과 비교하여 시간 경과에 따른 전체 네트워크의 에너지 소모 및 생존 노드 수 측면에서 우수함을 확인하였다.

Key Words : White

### ABSTRACT

LEACH, one of hierarchical based routing protocols, was proposed for energy efficiency which is the most important requirement of Wireless Sensor Network(WSN). LEACH protocol is composed of a cluster of certain large number of clusters, which have a cluster head and member nodes. Member nodes send sensing data to their cluster heads, and the cluster heads aggregate the sensing data and transmit it to BS. The challenges of LEACH protocol are that cluster heads are not evenly distributed, and energy consumption to transmit aggregated data from Cluster heads directly to BS is excessive. This study, to improve LEACH protocol, suggests LECEEP that transmit data to contiguity cluster head that is the nearest and not far away BS forming chain between cluster head, and then the nearest cluster head from BS transmit aggregated data finally to BS. According to simulation, LECEEP consumes less energy and retains more number of survival node than LEACH protocol.

### I. 서 론

무선 센서 네트워크는 최근 관심이 집중되고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅과 함께 많이 연구되고 있는 분야로, 광범위하게 설치되어 있는 유무선 네트워크 인프라에 상황인지를 위한 다양한 센서 디바이스를

결합하여 감지된 환경데이터를 응용서비스 서버와 연동하는 기술로 많은 수의 노드가 배치된 센서 필드, 센서와 그 외부 망을 연결하는 Base Station (BS)으로 이루어져 있다.

무선 센서 네트워크에서 가장 중요한 특성은 센서 노드가 배터리로 동작하는 저전력, 저가의 시스

\* 국방대학교 전산정보학과 NGN 연구실(Killvern@naver.com, Kwontw9042@hanmail.net)

논문번호 : KICS2009-10-499, 접수일자 : 2009년 10월 30일, 최종논문접수일자 : 2010년 5월 10일

템이라는 것이다. 따라서 센서 노드의 수명이 배터리에 의해 좌우되기 때문에 전력의 사용을 효율적으로 하여 네트워크의 생존시간(lifetime)을 최대화하는 것이 중요하다<sup>1)</sup>.

일반적으로 무선 센서 네트워크 라우팅 프로토콜은 네트워크 구조에 따라 평면 기반 라우팅(flat based routing), 계층 기반 라우팅(hierarchical based routing), 위치 기반 라우팅(location based routing)으로 분류된다. 최근에는 노드의 에너지 소모 절감과 균형, 낮은 지연 등을 위해 계층 기반 라우팅이 많이 연구되고 있으며 그 중 대표적인 프로토콜이 LEACH와 PEGASIS 프로토콜이다<sup>2)</sup>.

LEACH 프로토콜은 클러스터 기반 네트워크 구조로 데이터를 전송한다. 네트워크는 확률 기반으로 임의의 k개의 클러스터를 구성하고 클러스터마다 하나의 클러스터 헤드를 선출한다. 클러스터가 구성되면 클러스터 헤드는 멤버 노드들에게 TDMA 스케줄을 전파한다. 데이터를 감지한 멤버 노드들은 클러스터 헤드에게 데이터를 전송하고 클러스터 헤드는 이를 융합하여 BS에게 직접 전송한다. 에너지 소모를 분산시키기 위해 클러스터 헤드 역할은 순환하며 수행한다.

LEACH 프로토콜이 비록 계층 기반을 통해 에너지 소모를 줄이고 노드간 균등한 에너지 소모가 이루어지도록 설계되었지만 노드가 클러스터 헤드로 선출되어 데이터를 직접 BS로 전송하는 과정에서 대부분의 에너지를 소모하게 된다. 게다가 클러스터 헤드가 네트워크 내에서 균등하게 분포되는 것을 보장하지 않기 때문에 BS와 거리가 멀리 떨어진 어느 한 지점에 집중될 경우 모든 클러스터 헤드들의 에너지 소모가 커진다는 제한사항이 있다.

본 논문에서는 무선 센서 네트워크의 클러스터 기반 구조의 대표적인 LEACH 프로토콜과 비교하여 클러스터 헤드에서 BS까지의 데이터 전송량을 줄이기 위해 멤버 노드와 클러스터 헤드간 데이터 전송은 기본적으로 LEACH 프로토콜을 따르되 클러스터 헤드간, 클러스터 헤드와 BS간 전송에는 PEGASIS 프로토콜의 체이닝 기법을 적용하여 노드의 전송간 효율적 에너지 사용 및 노드의 수명을 늘릴 수 있는 LECEEP 알고리즘을 제시하였다. 또한 네트워크 시험모델의 대표적인 옴넷을 사용하여 네트워크 전체 소모 에너지와 소멸되는 노드 비율에 따른 라운드 수를 분석하였다.

시뮬레이션 결과 LECEEP 알고리즘은 LEACH 프로토콜에 비해 라운드별 전체 네트워크 소모 에

너지에서는 약 19%, 소멸되는 노드 비율에 따른 라운드 수에서는 약 26%까지 효율성이 증가하였다. 이를 통해 LEACH 프로토콜이 가지고 있던 주요 제한사항인 클러스터 헤드의 과도한 전송 에너지 소모와 노드간 균등하지 못한 에너지 소모를 개선할 수 있었다.

## II. 관련연구

### 2.1 LEACH 프로토콜

LEACH 프로토콜은 네트워크를 구성한 센서 노드 간 에너지 소모를 균등하게 하여 네트워크 생존 시간을 최대화하기 위해 분산된 환경의 클러스터 기반의 네트워크 구조로 데이터를 전송한다. 네트워크는 임의의 k개의 클러스터를 구성하여, 각 클러스터마다 하나의 클러스터 헤드를 선출하고 에너지 소비를 공정하게 분배하기 위해 클러스터 멤버들 사이에서 그 역할을 순환시킨다. 클러스터 내부의 멤버 노드들은 클러스터 헤드로 데이터를 전송하고 클러스터 헤드들은 전송되는 정보의 양을 줄이기 위해 이를 융합하여 BS에게 직접 전송한다. 또한 LEACH는 클러스터 내부, 클러스터간 충돌을 감소시키기 위해 각각 TDMA, CDMA MAC을 사용한다. 시뮬레이션 결과, LEACH를 가장 효율적으로 사용하기 위한 클러스터 헤드의 수는 전체 노드의 5%로 나타났다<sup>3)</sup>.

LEACH 프로토콜의 동작 단계는 설정(setup), 지속상태(steady state) 2단계로 구성된다. 설정 단계에서는 클러스터가 구성되고 클러스터 헤드들이 선정되며, 다시 광고단계, 클러스터 설정단계, 스케줄 생성단계로 나누어져 동작한다. 지속상태 단계에서는 BS까지 실제 데이터를 전송하며 오버헤드를 최소화하기 위해 설정단계보다 지속상태 단계를 더 길게 구성한다.

LEACH 프로토콜에서 클러스터가 구성될 때 노드들은 현 라운드동안 클러스터 헤드가 될 것인지 결정한다. 노드 n이 0과 1사이의 난수 r을 선택하고 이 값이 임계치 T(n)보다 작다면 노드는 현 라운드 동안 클러스터 헤드가 된다. 임계치 T(n)은 아래 식에 의해 결정된다.

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

위 식에서 P는 결정된 클러스터 헤드의 비율이

며,  $r$ 은 현재 라운드,  $G$ 는 이전 라운드  $\frac{1}{P}$  동안 클러스터 헤드로 선출되지 않은 노드들의 집합이다. 0 라운드 동안 ( $r=0$ ), 각 노드는 클러스터 헤드가 될 확률로  $P$ 를 가진다. 또한 클러스터 헤드로 선출된 노드는 다음  $\frac{1}{P}$  동안 클러스터 헤드가 될 수 없다.

결국 클러스터 헤드가 될 수 있는 노드들이 점점 적어지기 때문에 남아있는 노드들의 클러스터 헤드가 될 확률이 점점 증가하게 된다. 선정된 클러스터 헤드들은 그들이 클러스터 헤드로 선출된 사실을 알리기 위해 네트워크의 나머지 노드들에게 광고 메시지를 전파한다. 광고 메시지를 수신한 non-CH 노드들은 광고 메시지의 수신 세기 등을 이용해 자신이 속하고자 하는 클러스터를 결정하고, 클러스터의 멤버가 되기 위해 해당 클러스터의 클러스터 헤드에게 메시지를 전파한다. 클러스터에 포함되기를 원하는 노드들로부터의 메시지를 모두 수신하면 클러스터 헤드는 노드 수를 기준으로 TDMA 스케줄을 생성하고 이를 멤버 노드들에게 전파한다. 멤버 노드들은 자신에게 할당된 스케줄동안 자신의 데이터를 클러스터 헤드에게 전송하고, 클러스터 헤드는 수신된 데이터를 융합(agggregation)하여 BS까지 전송한다<sup>4)</sup>.

LEACH 프로토콜이 비록 클러스터 구성과 클러스터 헤드 선택 알고리즘을 통해 네트워크 수명을 증가시킬 수는 있지만 아직 많은 제한사항이 있다. LEACH 프로토콜은 모든 노드들이 필요하다면 BS까지 도달하기 위한 충분한 에너지를 가지고 전송할 수 있다는 점, 각 노드가 다른 MAC 프로토콜을 지원할 충분한 연산능력이 있다는 점 등을 가정한다. 또한 기 결정 클러스터 헤드의 수를 네트워크를 통해 어떻게 균등하게 분배할 것인가에 관한 것은 분명하지 않다. 따라서 선발된 클러스터 헤드들이 네트워크의 한 부분에 집중될 가능성이 존재해 어떤 노드들은 클러스터 헤드를 전혀 찾지 못할 수도 있다. 게다가 에너지 소모를 줄일 수 있지만 BS로부터 멀리 떨어진 클러스터 헤드들은 가까운 클러스터 헤드보다 많은 에너지를 소모하기 때문에 불균등한 에너지 소모가 일어날 수 있다<sup>5)</sup>.

### 2.2 PEGASIS 프로토콜

PEGASIS 프로토콜의 핵심 아이디어는 노드들이 가장 가까운 이웃 노드들과 통신하고, BS로 데이터를 전송하는 리더 노드 역할을 돌아가며 수행하는 것이다. 이 방법은 전송 에너지가 모든 노드들에게

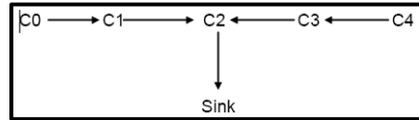


그림 1. 토큰을 이용한 데이터 전송  
Fig. 1. Token passing Data Transmission

균등하게 분배될 수 있게 한다. 결국 PEGASIS 프로토콜은 각 노드의 수명주기를 증가시키는 것과 근접한 노드들 사이에서 전송하는 것을 통해 전송을 위한 대역폭 소모를 감소시키는 2가지 목적이 있다<sup>6)</sup>.

PEGASIS 프로토콜은 임의의 노드에서 시작하여 greedy 알고리즘을 사용해 이웃 노드와 하나의 체인을 구성한다. 체인이 형성된 후 노드는 자신의 데이터를 체인으로 연결된 이웃 노드에게 전송하고 이를 수신한 노드는 자신의 데이터와 수신한 데이터를 융합하여 다시 이웃 노드에게 전송한다. 최종적으로 BS에게 데이터를 전송하는 역할은 라운드별로 임의의 노드가 돌아가며 맡는다. 데이터 전송은 토큰을 사용하여 이루어지는데 BS로 데이터를 전송하는 대표 노드가 토큰을 체인의 말단 노드에게 전송하면서 시작된다.

그림 1에서 노드 C2가 대표 노드의 역할을 맡았다면, 토큰을 말단인 노드 C0에게 전달하고 토큰을 전달받은 노드 C0은 데이터를 노드 C1에게 전송한다. 노드 C1은 수신한 데이터와 자신의 데이터를 융합하여 노드 C2로 전달한다. 노드 C1으로부터 데이터를 수신한 노드 C2는 다시 노드 C4로 토큰을 전달하여 같은 방법으로 반대 방향의 데이터를 수집한다.

PEGASIS 프로토콜은 연구 결과에 따라 LEACH보다 에너지 효율 측면에서 우수한 것으로 알려져 있으나 전체 노드를 하나의 체인으로 연결해 데이터를 전송하기 때문에 네트워크가 대규모로 확장되었을 때 제한 사항이 발생한다. 전체 체인을 거쳐서 데이터를 BS로 전송하기 때문에 전송에 대한 지연이 발생할 수 있고, 체인상 하나의 노드가 소멸되거나 추가되었을 때마다 체인을 재구성해야한다는 제한사항 등이 있다<sup>7)</sup>.

### III. LECEEP(LEACH based Chaining Energy Efficient Protocol)

LECEEP는 기존 LEACH와 PEGASIS 프로토콜을 분석하여 LEACH 프로토콜의 제한사항을 개선

하기 위해 LEACH와 PEGASIS 프로토콜의 장점을 혼합하는 알고리즘이다. LEACH 프로토콜의 경우 클러스터 구조를 통해 기존 평면 기반 라우팅에 비해 네트워크 수명을 증가시킬 수 있지만 거리가 먼 BS까지의 데이터 전송시 클러스터 헤드의 과도한 전송 에너지 소모 측면에서 제한 사항이 발생한다. 이러한 제한 사항을 개선하기 위해 LECEEP는 기존의 LEACH 프로토콜이 사용한 클러스터 구조를 기반으로 클러스터 헤드간 전송시 PEGASIS 프로토콜에서 사용하는 greedy 알고리즘을 이용한 체이닝 기법을 적용하여 클러스터 헤드가 직접 BS로 전송하는 것이 아니라 인접 클러스터 헤드를 경유하여 BS로 전송함으로써 전송 거리 단축에 의한 에너지 경감을 목적으로 한다.

LECEEP의 동작은 기본적으로 LEACH 프로토콜에 기반하고 있으며 LEACH 프로토콜은 라운드 구성이 설정 단계와 지속 상태 단계로 나누어지고, 설정 단계는 다시 광고 단계, 클러스터 구성 단계, 스케줄 생성 단계로 나누어진다. LECEEP는 설정 단계의 스케줄 생성 단계 이후에 체인 형성 단계가

추가되어 동작한다. LECEEP의 전체적인 흐름도는 그림 2와 같고 굵은 점선으로 표시된 부분이 기존 LEACH 프로토콜에 추가된 부분이며 나머지 부분은 LEACH 프로토콜과 동일하다.

LECEEP 흐름도의 세부 동작은 다음과 같다. ⑩ 클러스터 헤드는 자신이 클러스터 헤드로 선출되었다는 사실을 BS에게 전파하는데 이때 자신의 가장 기본적인 정보만을 전파한다. ⑪ 클러스터 헤드들에게 보고를 받은 BS가 자신의 위치와 수신한 클러스터 헤드들의 메시지 세기를 이용해 거리를 계산하고 이를 바탕으로 각 클러스터에게 응답을 한다. ⑫ 응답 메시지에 클러스터 헤드 i가 BS와 가장 거리가 가까운 노드라면 이 클러스터 헤드가 체인이 형성된 후 데이터를 전송할 때 가장 최후에 BS로 데이터를 전송하는 노드로 지정되는 정보가 포함된다. ⑬ 만약 클러스터 헤드 i가 BS와 가장 거리가 먼 노드라면 이 클러스터 헤드가 체인이 형성될 때 시작노드로 지정된다. ⑭ 클러스터 헤드 i가 BS와 가장 가깝지도, 가장 멀지도 않다면 체인 형성시 중간 노드로 지정된다. ⑮ 체인 형성이 완료되면 데이터

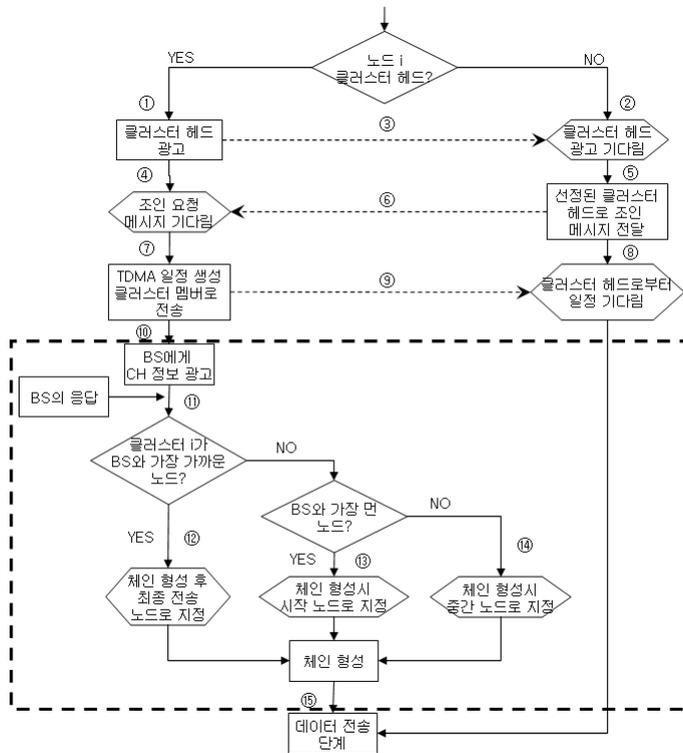


그림 2. LECEEP 흐름도  
Fig. 2. Flow Chart of LECEEP

전송을 위한 단계로 들어간다. 그림 2는 LECEEP의 흐름도이다.

LECEEP의 흐름도를 따라 프로토콜이 동작하면 그림 3과 같은 방법으로 이루어진다. 그림 3의 (a)는 LECEEP이 적용되기 전 최초의 네트워크 상태를 보여주고 있다. 그림의 노드들은 실제 노드들이 분포되는 상황을 고려한 분포이며 BS는 네트워크 외부에 위치하고 있다.

그림 3의 (b)는 광고 단계가 종료된 후 변화된 네트워크의 상태를 보여준다. 다른 노드들과 달리 진하게 표시된 노드들이 클러스터 헤드로 선출된 노드들을 나타낸다. 진하게 표시된 노드들은 다른 노드들에게 광고 메시지를 전달하고 있는 상태이며 다른 노드들은 클러스터 헤드로부터 광고를 기다리는 상태이다.

그림 3의 (c)는 클러스터가 형성되는 단계로 각 클러스터는 라운드가 종료될 때까지 유지된다. 동일한 클러스터내의 노드들은 같은 모양으로 표시한 그림이다. 이때 클러스터 헤드와 BS간 정보 교환이 이루어지며 BS에 의해 체인 구성의 시작, 중간 클러스터 헤드 및 최종 데이터 전송 클러스터 헤드가 선정된다.

그림 3의 (d)는 클러스터 헤드간 greedy 알고리즘을 사용해 임의의 체인이 형성된 모습을 나타내

는 그림이다. 화살표는 차후 데이터 전송시 체인을 따라 전송되는 데이터의 방향을 나타내며 좌측 아래쪽의 클러스터 헤드에서 데이터 전송이 시작되고 우측 위쪽의 클러스터 헤드가 최종적으로 BS에게 데이터를 전송한다.

그림 3의 (e)는 클러스터내의 멤버 노드들이 TDMA 스케줄에 의해 클러스터 헤드로 데이터를 전송하는 것을 나타낸다. 그림에서 표시된 것처럼 다른 클러스터 내에서도 동일하게 클러스터 헤드로 데이터 전송이 이루어진다.

그림 3의 (f)는 클러스터 헤드가 BS로 데이터를 전송하는 상황을 보여주고 있다. 기존의 LEACH에서 클러스터 헤드는 각각 직접 BS로 데이터를 전송하는데 비해 LECEEP에서는 클러스터 헤드가 체인을 중심으로 가장 가까운 인접 클러스터 헤드에게 데이터를 전송하고 BS와 가장 가까운 마지막 클러스터 헤드가 이 데이터를 융합해 최종적으로 BS로 전송하는 것을 알 수 있다.

#### IV. LECEEP 성능 분석

LEACH 프로토콜과 LECEEP의 성능 분석에 사용한 라디오 모델은 LEACH와 PEGASIS 프로토콜에서 사용한 first order radio model을 적용하였다.

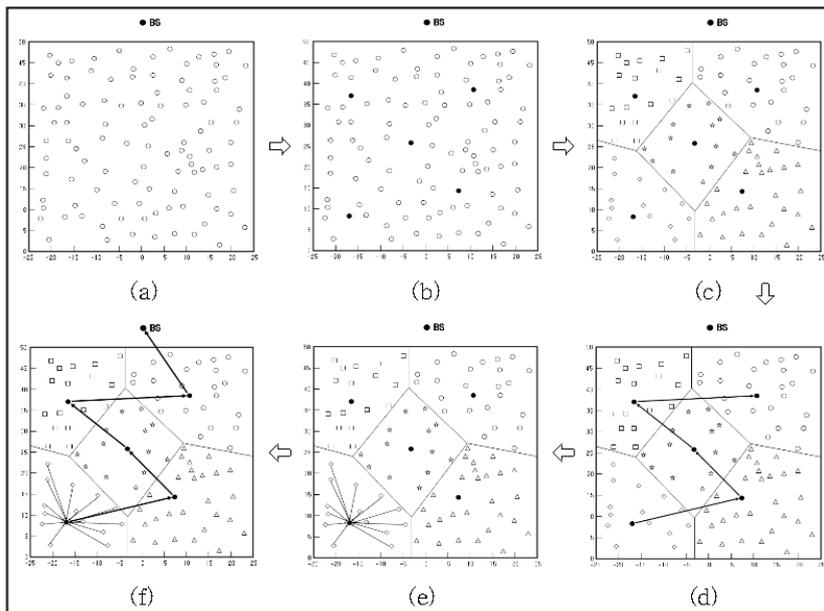


그림 3. LECEEP 동작  
Fig. 3. Operation of LECEEP

실험을 위한 전체 네트워크 배치는 50 X 50 (m), 노드의 수는 100개이며 BS는 (x=25, y=100)좌표에 배치하였다. 노드의 초기 에너지는 0.25 (J)이며, 전송 데이터 크기는 2000 (bit)이다<sup>8)</sup>.

4.1 라운드별 전체 네트워크 소모 에너지 비교

LEACH 프로토콜과 LECEEP 알고리즘의 라운드별 전체 네트워크 소모 에너지를 비교하면 그림 4와 같은 결과가 나온다.

그림 4에서 X축은 라운드 수로 100 라운드 단위로 표시하였고 Y축은 전체 노드의 총 소모 에너지로 단위는 줄(J)이다. 마름모 모양이 LEACH 프로토콜의 그래프이고, 사각형 모양이 LECEEP의 그래프이다. 그래프를 보면 LEACH 프로토콜과 LECEEP 모두 노드가 죽기 시작하기 전까지 비교적 일정하게 소모 에너지가 증가하는 것을 볼 수 있으며 노드가 죽기 시작한 후부터는 완만하게 기울기가 감소하는 것을 볼 수 있다. LEACH 프로토콜과 LECEEP의 보다 정확한 비교를 위해 LEACH 프로토콜의 첫 노드가 죽기 이전 값만 비교를 했을 때 612 라운드시 LEACH 프로토콜의 경우는 18.11 J이고, LECEEP의 경우는 14.88 J이다. 즉, LECEEP가 LEACH 프로토콜에 비해 약 17.8% 효율적이다. 또한 612 라운드 이전을 라운드별로 비교할 때 LECEEP가 LEACH 프로토콜에 비해 약 16 ~ 19% 정도 효율적으로 나타난다.

추가적으로 첫 노드가 죽기 시작한 지점부터 마지막 노드가 죽을때까지의 라운드 수는 LEACH 프로토콜이 454 라운드, LECEEP가 484 라운드로 LECEEP가 LEACH 프로토콜보다 약 6.6% 정도 더 많다. 이는 LECEEP가 LEACH 프로토콜보다 소모 에너지 분포가 고르다는 것을 나타내며 노드가 급격하게 죽지 않는다는 것을 보여준다.

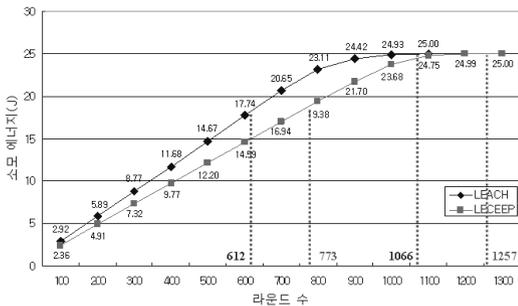


그림 4. 라운드별 전체 네트워크 소모 에너지 비교  
Fig. 4. Total energy consumption due to round

4.2 소멸되는 노드 비율에 따른 라운드 수 비교

LEACH 프로토콜과 LECEEP의 소멸되는 노드 비율에 따른 라운드 수를 비교하면 그림 5와 같은 결과가 나온다.

그림 5에서 X축은 소멸되는 노드의 비율이며 Y축은 수행 라운드 수이다. 또한 점무늬가 LEACH 프로토콜이며 체크무늬가 LECEEP이다. 그래프에서는 비교가 쉽게 하기 위해 소멸되는 노드의 비율 중 최초, 10%, 25%, 50%, 100%의 다섯 가지 값을 사용하였다. 위 그림에서 볼 수 있듯이 전체적으로 LECEEP가 LEACH 프로토콜보다 수행 라운드 수가 많은 것을 볼 수 있으며 약 17%에서 최대 26%까지 수행 라운드 수가 많은 것을 볼 수 있다. 특히 최초 노드가 소멸되는 시점을 보면 LEACH 프로토콜이 612 라운드, LECEEP가 773 라운드로 이 때의 차이가 26%로 가장 차이가 많이 나는 시점이다. 이로 인해, LECEEP가 LEACH 프로토콜보다 효율적으로 전송 에너지를 사용할 뿐만 아니라 전체 노드가 균등하게 에너지를 사용한다는 것을 알 수 있다. 위의 결과를 라운드별 소멸되는 노드의 수로 바꾸어 나타내면 그림 6과 같다.

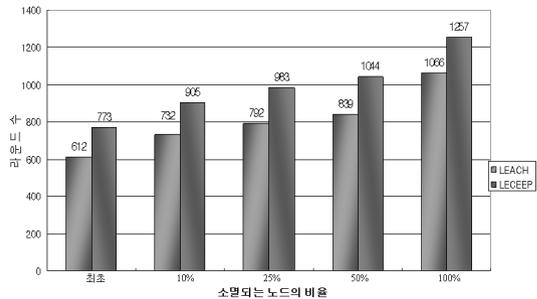


그림 5. 소멸되는 노드 비율에 따른 라운드 수 비교  
Fig. 5. Energy consumption rate of node disappearance

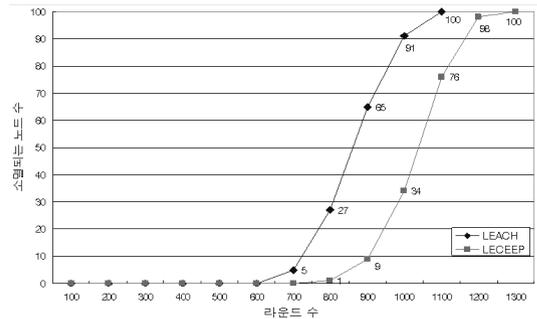


그림 6. 라운드별 소멸되는 노드 수 비교  
Fig. 6. Comparative disappearance of nodes due to round

그림 6에서 X축은 진행되는 라운드 수를 나타내며, Y축은 소멸되는 노드의 수를 나타낸다. 마름모 모양이 LEACH 프로토콜을 나타내며, 사각형 모양이 LECEEP이다. 노드가 더 빨리 소멸되는 것이 LEACH 프로토콜임을 알 수 있는데 특히 라운드가 진행될수록 급격하게 노드가 소멸된다. LEACH 프로토콜과 LECEEP의 소멸되는 노드 수 차이는 800 라운드일 때 26, 900 라운드일 때 54, 1000 라운드일 때 57로 점점 증가하는 것을 알 수 있다.

### V. 결론

본 논문은 무선 센서 네트워크 환경에서 제한된 에너지를 극복하기 위한 방법으로 LEACH와 PEGASIS 프로토콜의 장점을 혼합한 LECEEP를 제안하여 실험을 통해 성능을 검증하였고, 기존의 LEACH 프로토콜에 비해 크게 두 가지 사항을 개선할 수 있었다.

먼저 LEACH 프로토콜의 경우 클러스터 헤드가 클러스터내의 융합된 데이터를 BS로 직접 전송하여 전송 에너지를 과도하게 소모하는데 반해 LECEEP는 클러스터 헤드들이 인접 클러스터 헤드에게만 데이터를 전송하고 대표 노드만이 BS로 전송을 하기 때문에 송신 출력 및 전송 거리가 감소하여 전송 에너지의 소모가 최소화될 수 있다.

두 번째는 LEACH 프로토콜의 경우 선정된 클러스터 헤드가 BS와 거리가 먼 네트워크의 일부분에 집중될 경우 클러스터 헤드의 전송에너지가 과도하게 소모될 수 있었는데, LECEEP는 BS에 의해 BS와 가장 가까운 클러스터 헤드가 대표노드로 지정이 되기 때문에 불필요한 전송 에너지 낭비를 최소화할 수 있고, 최대 26% 정도의 네트워크 수명을 늘릴 수 있었다. 또한 BS에 의해 거리 계산이 이루어지기 때문에 센서 노드들이 받는 추가적인 부담은 매우 적다고 할 수 있다.

본 논문에서는 클러스터의 구성에 관한 사항을 LEACH 프로토콜과 동일하게 하였다. 하지만 실험 결과 같은 조건에서 클러스터 개수를 기존 5개에서 10개로 변화시켰을 때 약 2 ~ 12 % 정도의 에너지 효율이 증가함을 알 수 있었다. 이는 클러스터가 증가할수록 클러스터 헤드간의 거리가 가까워지기 때문일 것으로 예상되는데 클러스터 개수를 계속 증가시키다보면 PEGASIS 프로토콜과 비슷해지며 추가적으로 발생하는 오버헤드를 무시할 수 없게

된다. 따라서 LECEEP에서 가장 효율적이면서 클러스터 구성에 따른 단점이 보완되는 적정 클러스터 수를 찾아내는 연구가 필요할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] C. M. Cordeiro, D. P. Agrawal. *AD HOC & SENSOR NETWORKS*. pp.471-500.
- [2] 이상학, “센서 네트워크 기술동향”, *전자부품연구원*, 2005. 10.
- [3] K. Akkaya, M. Younis. “A survey on routing protocols for wireless sensor networks,” *Science Direct* 2003.
- [4] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan. “Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks,” *Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences*, 2000.
- [5] 이승주, “e-LEACH에서의 클러스터 헤드 선출 오버헤드 감소 메커니즘”, *국민대학교*, 2008.
- [6] J. N. Al-Karaki, A. E. Kamal. “Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey,” *IEEE Wireless Communications*, 2004.
- [7] S. Lindsey, C. S. Raghavendra. “PEGASIS: Power-Efficient GATHERing in Sensor Information Systems,” *Proc of IEEE Aerospace Conference*, 2002.
- [8] F. J. Ros, P. M. Ruiz. “Implementing a New Manet Unicast Routing Protocol in NS2”, *Dept. of Information and Communications Engineering University of Murcia*, 2004.

유 완 기 (Wan-ki Yoo)

준회원



2005년 3월 육군사관학교 무기공학과 학사

2010년 1월 국방대학교 전산정보학과 석사

<관심분야> Wireless Sensor Networking, RFID/USN Systems

권태욱 (Tae-wook Kwon)

정회원



1986년 3월 육군사관학교 컴퓨터학과 학사

1995년 9월 미 해군대학원 컴퓨터공학과 공학석사

2001년 2월 연세대학교 컴퓨터공학과 공학박사

2007년 7월~현재 국방대학교 국방정보체계전공 조교수

<관심분야> Next Generation Networks, Computer Communication, Sensor Networking, Cloud Computing, RFID/USN Systems, Virtual Reality