

# USN 환경에서 거리 가중치를 사용한 개선된 HEED 프로토콜

정수형<sup>1\*</sup>, 유해영<sup>2</sup>

## Advanced HEED protocol using distance weight in USN

Su Hyung Jeoung<sup>1\*</sup> and Hae Young Yoo<sup>2</sup>

**요약** 최근 USN 환경에서 다양한 센서 네트워크 활용 가능성이 높아지고 있다. 하지만 기존에 제안되었던 센서네트워크 라우팅 프로토콜들이 현실적으로 어려움 점이 있다. 본 논문에서는 대표적인 계층적 라우팅 프로토콜인 HEED가 가지는 생존성과 부분 클러스터 생성의 문제를 해결하고자 에너지 거리 가중치를 사용한 개선된 HEED 라우팅 프로토콜을 제안하고자 한다.

본 논문에서 제안한 개선된 HEED 프로토콜은 기존의 HEED보다 각 노드들의 잔존 에너지양과 거리 가중치를 두어 새로운 CH를 초기에 선정하고 선출된 CH노드의 잔존 에너지양이 50%가 되는 시점을 기준으로 교체해 주는 방식을 제안하였다. 이를 통해서 클러스터 내의 모든 노드들이 에너지 소비를 공평하게 함으로써 전체 클러스터의 생존율을 약 30% 가량 향상시킬 수 있었다. 또한 CH를 교체 선출함에 있어서도 응답시간을 기준으로 기존의 CH노드와 가장 가까운 곳에 위치하는 노드로 교체하도록 하는 기법을 적용하였다.

**Abstract** Recently, Study for routing protocol is gone vigorously in the Ubiquitous Sensor Network. A hierarchical routing protocol is being practical and received interest among them. Therefore we analyze a weak point of HEED. And I suggest the new protocol that solved a weak point of HEED.

The new protocol that we propose puts weight in the energy remainder amount than HEED and elect CH. And elected CH is designed to change by new node when quantity of energy leftover becomes less than 50%. Therefore all nodes come to use energy fairly. The protocol that we proposed can prove the cluster survival rate about 30%. And CH is more effective because when elect CH replace, response time selects small node.

**Key Words** : USN Routing Protocol, HEED, Energy efficient routing, Sensor Network, Clustering

### 1. 서론

최근 USN(Ubiquitous Sensor Network)에 대한 관심이 증가하면서 이를 현실에 적용하고자 하는 다양한 응용들이 연구되어지고 있다. 환경 감시, 화재 감시, 의료 시스템, 군사 응용 등 다양한 분야에 적용 가능한 USN 관련 기술들은 현실적으로 매우 유용한 기술로 인식되고 있다. 이러한 센서 네트워크 환경의 특징은 기존의 유선 방식의 네트워크 환경과는 다르게 수많은 센서 노드들이 정해진 공간에 자유롭게 배치되어 자가로 네트워크를 구성하고, 사용자가 원하는 정보를 수집하여 구성된 자가 네트워크를 통해서 정해진 싱크노드 혹은 베이스 스테이션으로 전달한다는 점이다.

그러나 이처럼 유용한 USN 관련 응용 기술들을 적용하기에 앞서 먼저 해결되어야 할 것이 있다. 이는 USN 환경에서 사용되는 노드(Node)에 대한 기반 기술인 라우팅 기술에 대한 것이다. 기존에 효과적인 라우팅을 수행하기 위해서 제안된 다양한 프로토콜들이 존재한다. 이들을 구분해 보면, 크게 다음과 같이 3가지로 구분할 수 있다. 수평적(Flat), 계층적(Hierarchical) 그리고 위치기반(Location-based) 라우팅 프로토콜이다[1].

대표적인 수평적 라우팅 프로토콜인 Direct Diffusion이나 SAR은 기존의 Ad-hoc 환경에서 사용하던 라우팅 기법을 센서 네트워크 환경에 적합하도록 수정한 방법으로 적용성에 문제점이 있다. 또한 위치 기반 프로토콜로 제안된 SPEED 등도 아직은 현실화 하는데 많은 문제점

<sup>1</sup>선문대학교 IT교육원

\*교신저자: 정수형(21int@sunmoon.ac.kr)

접수일 09년 01월 12일      수정일 09년 02월 10일

<sup>2</sup>단국대학교 컴퓨터정보학부

재제확정일 09년 02월 18일

이 따른다. 이에 계층적 라우팅 프로토콜의 현실적으로 타당성이 높다고 인정되고 있는 실정이다.

계층적 라우팅 프로토콜인 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)가 적용성이 높아 많이 연구되고 있다[2]. 그리고 LEACH 프로토콜이 지닌 클러스터 헤더 선정 시 문제점을 해결하고자 HEED(A Hybrid, Energy-Efficient, Distributed Clustering Approach for Ad-hoc Sensor Networks)가 제안되었다[3]. HEED는 노드의 분산, 밀도, 노드 용량, 위치 인식 등에 대한 가정을 배제하고 모든 센서 노드들이 언제나 클러스터와 헤더 역할을 번갈아 수행할 수 있다는 전제조건을 갖는다.

하지만 LEACH의 경우, 클러스터 헤더를 선출하는데 공정성은 높으나 클러스터 헤더가 다음 라운드까지만 사용되고 매 라운드마다 헤더 노드를 재-선출함으로써 전체 클러스터 그룹의 전력 소모량이 증가한다는 단점을 가지고 있다. 그리고 HEED의 경우, 클러스터 헤더를 선출하는데 LEACH와 비교해 볼 때 다양한 파라미터들을 고려하기는 하지만 클러스터링 설정이 LEACH를 근간으로 하고 있기 때문에 데이터 수집 후의 전송 과정에서 에너지 낭비 문제가 여전히 존재하게 된다.

이에 본 논문에서는 계층적 라우팅 프로토콜인 LEACH와 HEED의 문제점을 살펴보고 이에 대한 해결책으로 각 노드의 에너지 잔존량과 현재 클러스터 헤더와의 근접 거리 등을 고려하여 다음 클러스터 헤더를 선출하는 방법을 제안하고자 한다. 또한 앞서 언급한 두 가지 라우팅 프로토콜과 달리 2 계층으로 구성된 네트워크를 구성하게 함으로써 전체 센서 노드들의 에너지 소비량을 감소시킬 수 있음을 보이고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 지금까지 언급된 유비쿼터스 센서 네트워크 라우팅 알고리즘 기법들에 대해서 정리하고, 본 논문에서 참고한 LEACH, HEED 라우팅 프로토콜의 취약점에 대하여 분석하고 이를 기술한다. 3장에서는 본 논문이 제안하고자 하는 효과적인 USN 라우팅 프로토콜의 구조 및 동작과정에 대하여 기술한다. 4장에서는 제안하는 라우팅 프로토콜에 대해 NS-2 시뮬레이터를 사용하여 기존의 대표적인 계층적 라우팅 프로토콜인 LEACH와 HEED와 함께 전체 노드들의 에너지 소비량, 클러스터 헤더로 선출된 노드의 에너지 소비량, 네트워크 생존율 등에 대한 시뮬레이션 수행 결과를 기술하고 이에 대한 성능 평가를 기술한다. 마지막으로 본 논문에서 효과적인 클러스터 헤더 선출 및 전력 소비 절약을 위해 제안한 라우팅 프로토콜에 대한 분석 및 향후 연구에 대하여 기술한다.

## 2. 관련연구

이번 절에서는 기존에 센서 네트워크를 위해서 제안되었던 대표적인 라우팅 프로토콜들에 대해서 구분해 보고 그 중에서 본 논문에서 관심을 가지고 살펴본 2가지 계층적 라우팅 프로토콜에 대한 검토 결과를 기술하였다.

### 2.1 기존의 USN 라우팅 기법

본 논문에서는 기존에 연구된 센서 네트워크 환경에서 사용 가능한 라우팅 프로토콜들을 다음과 같이 3가지 구분 기준을 사용하여 정리하였다. 이를 [표 1]에 나타내고 있다.

[표 1] 기존의 USN 라우팅 프로토콜 분류

구분	설명
수평적 라우팅 프로토콜	평면적인 개념을 도입한 플러딩(Flooding)에 기반한 라우팅 기법 Ad-hoc과 달리 USN 환경에서 노드들은 자가 망 구성 능력이 부족하기 때문에 도입에 현실적인 어려움 존재[4]
계층적 라우팅 프로토콜	근접 거리를 기준으로 소규모 네트워크 그룹(클러스터)을 구성한 후 데이터를 수집하여 헤더 노드에게 자료를 전송하여 최종 목적지인 SINK 노드로 중계하는 라우팅 기법[3] 헤더 단위로 데이터를 중계함으로써 SINK 노드에 중복 전송되는 자료가 감소
위치기반 라우팅 프로토콜	노드들의 위치(Location) 정보를 기반으로 망을 구성하는 기법[6] 노드들의 위치 정보를 저장하기 위한 노드들의 메모리 공간이 부족하다는 단점

유비쿼터스 센서 네트워크에 적용 가능한 라우팅 프로토콜은 다양하게 많다. 또한 현재도 전 세계의 관련된 연구자들에 의해서 여전히 연구가 진행되고 있다. 이에 본 논문에서는 앞서 제안된 다양한 라우팅 프로토콜 중에서 현실적인 타당성이 높다고 판단되어 활발하게 연구의 대상이 되고 있는 계층적 라우팅 프로토콜에 대해서만 언급하고자 한다. 그 중에서 대표적인 LEACH와 HEED에 대해서 살펴보고자 한다.

### 2.2 LEACH

기존의 Ad-hoc 네트워크 환경에서는 다양한 네트워크 자가 구성능력을 지닌 개체들이 망을 구성하고 수집된 정보를 사전에 구성된 네트워크로 점-대-점 통신 방식을 사용하여 전송할 수 있었다. 하지만 유비쿼터스 센서 네트워크 환경에서의 센서 노드들은 이러한 네트워크 자가

구성 능력이 떨어진다. 이에 LEACH에서는 센서 노드들이 최종 목적지 노드(SINK)의 광고 메시지에 대해서 초기 설정 과정에서 클러스터 헤더(CH)를 선출하고 CH를 중심으로 부분적인 네트워크(Clustering)를 구성하는 계층적인 라우팅 방식을 제안하였다. 두 번째 단계로 클러스터 단위로 SINK의 요청이 있을 때나 각각의 센서 노드들이 정보를 수집할 때 마다 수집된 정보를 CH에게 전달하고, 이를 CH가 SINK에게 2차적으로 다시 전달하는 방식으로 통신을 수행하도록 설계되었다.

세 번째로 CH를 확률에 기반을 두어 재-선출하고 일반 노드들이 새롭게 선출된 CH에게 정보를 전달한다. 이러한 LEACH에서는 CH로 선출된 노드의 에너지 소비량이 다른 일반 센서 노드들과 비교할 때 현격하게 많이 소비됨으로 인해서 클러스터의 유지 기간이 짧아진다는 문제점을 해결하고자 CH를 클러스터 그룹에 속한 모든 센서 노드들에게 공평하게 라운드 단위로 재-선출하도록 제안하고 있다.

LEACH에서 일반 센서 노드들은 선출된 CH에게 TDMA 방식을 사용하여 다른 노드들과 충돌 없이 정보를 전달하고, SINK와 CH 사이에서는 CDMA 방식을 사용하여 정보를 전달한다. SINK와 CH 사이에서의 통신은 직접 통신을 수행하기 때문에 사용되는 에너지의 소비량은 자료를 수신할 때(수식 1)와 송신할 때(수식 2)로 구분하여 나타낼 수 있다.

$$E_{Rx}(k) = k \times E_{elec} \dots\dots\dots (1)$$

$$E_{Tx}(k, d) = k \times E_{elec} + k \times \epsilon_{fs} d^2 \dots\dots\dots (2)$$

수식에서 나타내는 바와 같이, 데이터를 수신할 때에는 수신한 자료의 크기 (k byte)와 데이터 집합에 소요되는 에너지양의 곱에 비례한다. 두 번째로 데이터를 송신할 때에는 앞서 보인 데이터 수신할 때 소요되는 에너지양과 자료의 크기에 송신 노드와 수신 노드 사이의 거리 (d)의 제곱과 자유 공간 채널 모델에서 사용하는 파라미터( $\epsilon_{fs}$ )를 곱한 값을 추가로 요구하게 된다. 이를 통해서 주로 데이터 송신을 담당하는 클러스터 헤더의 에너지 소비량이 현격히 큰 것을 알 수 있다.

이처럼 LEACH에서는 클러스터 헤더와 일반 노드 사이의 에너지 소비량에 큰 차이를 보이기 때문에 LEACH는 헤더 노드를 선출함에 있어서 모든 센서 노드들에게 공평하게 기회를 부여함으로써 공평한 에너지 소비를 유도할 수 있도록 한다. 하지만, 공평한 에너지 소비를 보장하기 위해서 매 라운드 단위로 클러스터 헤더를 변경하

는 점이 치명적인 약점이 된다.

### 2.3 HEED(Hybrid, Energy-Efficient Distributed clustering approach)

HEED는 Purdue 대학의 Ossama Younis와 Sonia Fahmy가 노드의 남은 에너지량을 사용하여 클러스터 헤더를 선출하도록 하는 센서 네트워크 라우팅 프로토콜이다. 이에 대한 핵심적인 내용은 (수식 3)에 나타내고 있다.

$$CH_{prob} = C_{prob} \times \frac{E_{residual}}{E_{MAX}} \dots\dots\dots (3)$$

수식 3에서 설명하고 있는 것처럼 HEED에서 CH를 선정하기 위해서는 전체 노드 중 클러스터 헤더의 비율 ( $C_{prob}$ )과 노드들의 최대 에너지양( $E_{MAX}$ )로 임의의 노드의 잔류 에너지양( $E_{residual}$ )을 나눈 값을 곱하여 결정하게 된다. 이렇게 구한  $CH_{prob}$  값을 비교하여 가장 높은 확률을 가진 노드가 CH로 선정되는 것이다. 하지만  $CH_{prob}$  가 동일한 노드가 존재할 경우에는 다음의 (수식 4)를 사용하여 최소 도달 파워 값(AMRP)가 가장 작은 노드를 클러스터 헤더로 설정하게 된다.

$$AMRP = \frac{\sum_{i=0}^M MinPwr_i}{M} \dots\dots\dots (4)$$

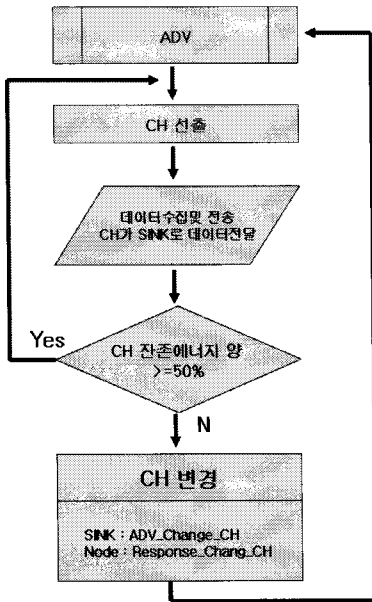
수식 4에서 M은 클러스터 그룹 내의 노드의 수를 의미하며,  $MinPwr_i$ 는 클러스터 헤더로 선정된 노드에서 주위 노드 i에게 데이터를 전송하기 위한 최소 소모 전력을 의미한다.

이처럼 세부적으로 2단계를 거쳐 선정된 CH를 선출하여 하위 클러스터 그룹들을 생성한 후, CH가 직접 SINK에게 데이터를 전달하도록 하는 구조는 기존의 LEACH와 유사한 구조를 가진다. 이러한 HEED의 단점은 CH가 클러스터 그룹 내에서 골고루 분배되지 않는다는 단점과 유사한  $CH_{prob}$ 가 존재할 경우 클러스터 그룹 내의 모든 노드들에 대해서 AMRP를 구한 후 비교함으로써 발생하는 오버헤드이다. 또한 모든 노드들에 대해서 동기화하여 CH를 선출해야 한다는 점도 단점이다.

### 3. 제안 시스템

#### 3.1 제안 시스템 구조

본 논문에서는 앞 절에서 살펴본 바와 같이 기존에 연구된 대표적인 계층적 라우팅 프로토콜인 LEACH와 LEACH의 단점을 수정하여 좀 더 에너지 효율적이고 네트워크 생존 시간을 향상시킬 수 있는 프로토콜을 제안하고자 한다. 본 논문에서 유비쿼터스 센서 네트워크 환경에서 에너지 효율성과 네트워크 생존 시간을 향상시키기 위해서 제안한 프로토콜의 전체적인 동작구조는 크게 2단계로 나누어 구성된다. 첫 번째 단계는 CH선출 단계로 HEED에서 제안한 잔존 에너지 양을 구하는 기법을 수정하여 적용한다. 두 번째 단계는 첫 번째 단계에서 선출된 CH의 잔존 에너지 양이 50% 미만일 경우 CH의 요청에 의해서 새로운 CH로 변경하는 단계이다. 이를 [그림 1]에 나타내고 있다.



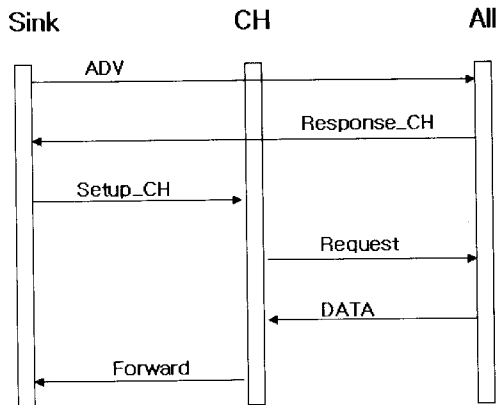
[그림 1] 제안시스템의 전체 동작과정

그림 1에서 나타낸 제안 시스템에 대해서 자세하게 살펴보면, 첫 번째로 각 노드들의 잔존 에너지 양과 클러스터 그룹 내의 노드의 수를 고려하여 CH를 선출하는 단계는 기존의 HEED와 유사하나 잔존 에너지 양에 좀 더 중요성을 높이고자 이에 대한 파라미터를 변경하여 적용하였다. 이를 수식 5에 나타낸다.

$$CH_{prob} = C_{prob} \times \left( \frac{E_{residual}}{E_{MAX}} \right)^2 \dots\dots\dots (5)$$

수식 5와 같이 CH를 선출할 때 노드들이 가지는 초기 최대 에너지양에 대한 잔존 에너지양의 비율의 제곱값을 사용하여 CH 선출에 적용함으로써 초기 CH 선출에서 발생 가능한 충돌 문제를 해결할 수 있다.

[그림 2]는 CH를 선출하기 위한 동작절차에 대해 나타낸다.



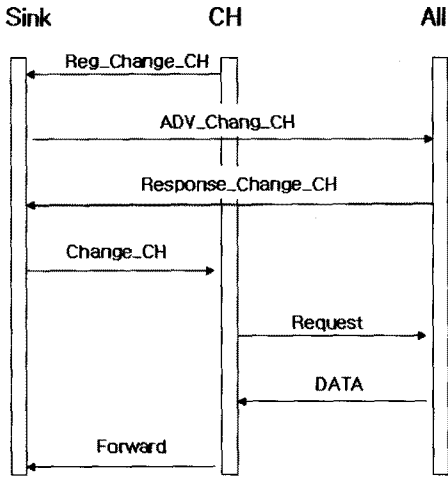
[그림 2] 초기 CH선출 단계

전체 시스템의 구조에서 언급한 바와 같이 현재의 CH가 잔존 에너지양이 50% 이하로 감소할 경우 SINK에게 CH 변경 요청을 하도록 한다. 그러면 SINK는 Change\_CH 신호를 모든 노드들에게 전송하고, 이를 수신한 클러스터 내부의 모든 노드들은 SINK가 요청한 현재 잔존 에너지양과 응답시간을 SINK에게 전송하게 된다. 두 번째 단계에서 사용하는 응답시간을 구하기 위해서 (수식 6)을 사용한다.

$$T_{res-node} = \frac{T_{node-n}}{T_{MAX}} \dots\dots\dots (6)$$

$$T_{node-n} = T_{ADV-Change} - T_{Res-Change}$$

수식 6과 같이 SINK로부터 전달받은 그룹 내부의 노드들이 응답한 잔존 에너지 양과 CH로부터 노드까지의 거리를 측정하는 것을 대신하여 수신한 응답시간을 측정할 값을 사용하여 SINK는 후보 노드들 중에서 특정 노드를 다음 주기 동안의 CH로 재-선출하게 된다. 이를 그림 3에서 나타내고 있다.



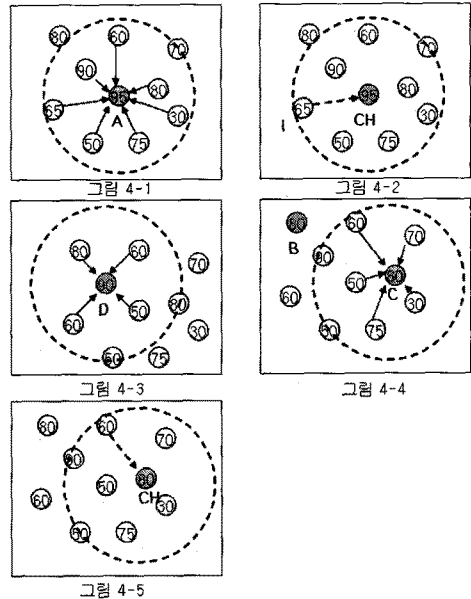
[그림 3] CH 재-선출 단계

지금까지 설명한 바와 같이 본 논문에서 제안한 시스템은 2 단계 구조를 가지고 있다. 이는 기존의 HEED와 마찬가지로 잔존 에너지 양을 기준으로 CH를 선출한다. 하지만 잔존 에너지 양을 측정한 결과에 대한 비중도를 좀 더 높이는 방안을 적용함으로써 초기 CH 설정 과정에서 발생 가능한 충돌 현상을 회피할 수 있도록 한다. 또한 CH 재 선출 과정에서 기존의 CH와 거리가 가까운 노드를 차기 CH 노드로 설정하도록 SINK의 요청에 대한 응답시간을 측정하고 있다. 이를 통해서 기존의 CH와 거리가 가까운 노드를 선택하게 됨으로써 새로운 CH를 재-선출하는데 드는 에너지 소비량을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 CH로부터 SINK까지의 거리에 반비례해서 소비되는 전력량을 효과적으로 감소시킴으로써 구성된 네트워크의 생존시간도 늘릴 수 있을 것으로 생각된다.

### 3.2 제안시스템 동작과정

본 절에서는 논문에서 제안한 시스템이 동작하는 과정을 보이고자 5개 이내의 노드들로 구성된 클러스터를 생성하고 데이터를 전달하는 과정에 대한 가상의 시나리오를 작성하여 이를 설명하고자 한다. [그림 4]는 제안 시스템의 동작과정에 대해서 나타내고 있다.

그림 4-1은 초기 클러스터를 생성하는 과정을 보여주고 있다. 먼저 노드들의 잔존 에너지 비율을 조사하여 가장 높은 A 노드를 CH로 가정한 후, 주변의 노드들을 논문에서 제안한 바와 같이 5개 이내의 노드들로 구성된 클러스터를 생성한다. 그림 4-2는 생성된 클러스터 내부에서 노드 I가 데이터를 CH에게 송신하는 과정을 나타낸다. 노드 A는 현재 CH로 동작중이다.



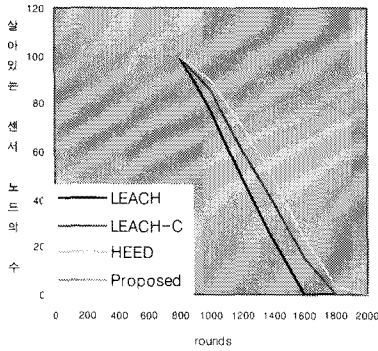
[그림 4] 제안시스템의 동작과정

그림 4-3은 현재의 CH 역할을 수행하던 A 노드의 에너지 잔류량이 50% 이하로 변경하면서 CH에 대한 재 선출 요청을 SINK로 보내게 되고 이를 반영한 SINK가 CH를 재선출할 것을 지시한 후 후보 노드로 D노드가 잔류 에너지 비율이 90%로 가장 높기 때문에 주변의 노드들이 응답을 한 과정을 보이고 있다. 하지만 D 노드는 잔존 에너지 비율은 높지만 클러스터를 구성하기 위한 주변 노드의 수가 4개로 부족하기 때문에 CH로 선출될 수 없다. 이에 그림 4-4에서 노드 B와 C가 후보 노드로 나타나게 되며, 앞서 제시한 조건에 적합한 C 노드가 CH로 재-선출됨을 나타낸다. 마지막으로 재-선출된 CH를 중심으로 새로운 데이터가 전달되는 과정을 그림 4-5에 나타내고 있다.

## 4. 성능 분석 및 평가

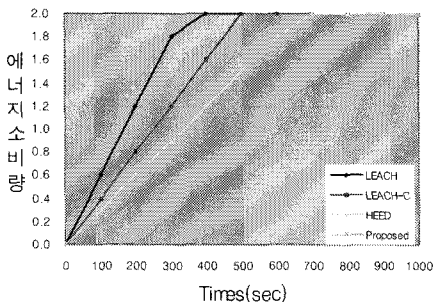
본 논문에서는 제안하는 USN 라우팅 프로토콜에 대한 실험을 위해서 NS-2 시뮬레이션 환경을 사용하여 100m\*100m의 공간을 가정하고, 해당 공간에 100개의 노드가 분배되어 있음을 가정하였다. 그리고 각각의 클러스터는 5개 이내의 노드를 가지는 클러스터링을 하는 것을 전제 조건으로 한다. 각 노드가 가지는 초기 에너지 값은 2J로 설정하였다. 그리고 기존의 대표적인 계층적 라우팅 프로토콜인 LEACH, LEACH-C, HEED와 시뮬레

이전 결과를 비교할 수 있도록 동일한 조건에서 동일한 실험을 200회 반복 수행한 결과의 평균값을 가지고 성능 평가에 사용하였다.



[그림 5] 노드 생존율 비교

그림 5에서 볼 수 있듯이 기존의 알고리즘들과 비교했을 때 30%이상 향상된 노드 생존율을 보이는 것을 알 수 있다. 이는 기존의 프로토콜들과 달리 CH가 잔존 에너지를 측정하여 50% 미만일 경우 다른 노드를 CH로 교체함으로써 클러스터 내의 모든 노드들이 공평하게 에너지를 보유함으로써 클러스터의 전체 생존율을 뿐만 아니라 각각의 노드들의 생존율도 향상되었음을 의미한다. 이를 통해서 향후 CH 교체 시점을 정하기 위한 CH의 잔존 에너지가 어느 정도 남았을 때 교체하는 것이 가장 효과적인지를 밝히는 것도 중요한 과제가 될 것이다.



[그림 6] 시간에 따른 에너지 소모량

그림 6은 단위 시간에 따른 노드들의 에너지 소모량을 비교한 그래프이다. 기존의 LEACH, LEACH-C, HEED와 비교해 볼 때 본 논문에서 제안한 프로토콜이 에너지 소모량도 시간이 지남에 따라서 최대 약 12% 이상 적게 소

모되는 것을 보이고 있다. 각각의 노드들이 클러스터 내에서 공평하게 에너지를 소비할 뿐만 아니라 CH를 교체함에 있어서 기존의 CH노드로부터 가장 가까운 거리에 있어 응답시간이 빠른 노드로 교체함으로써 CH노드 교체시에 발생하는 오버헤드를 줄임으로써 기존의 연구들보다 효과적인 에너지 소비량 감소를 보인 것으로 예상된다.

## 5. 결론

본 논문에서는 유비쿼터스 센서 네트워크 환경에서 사용 가능하도록 제안된 다양한 라우팅 프로토콜들에 대해서 살펴보고 동작 방식이나 환경에 따라서 3가지 부류로 분류해 보았다. 현실적으로 적용 가능성이 높은 것으로 인식되고 있는 계층적 라우팅 프로토콜이다. 그 중에서도 LEACH와 최근의 HEED가 많은 관련 연구자들의 관심이 되고 있다. 이에 본 연구에서도 이를 토대로 에너지 소비량과 CH로부터 노드까지의 거리를 기준으로 한 새로운 방법을 제안하였다. 그리고 제안한 프로토콜에 대한 효율성과 생존성이 좀 기존의 프로토콜들보다 좀 더 우수함을 보였다. 이에 향후 HEED가 고려하고 있는 다양한 파라미터들에 대해서 좀 더 깊이 있게 살펴보고 이를 발전시킬 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, S. Weilian, Y. Sankarasubramaniam and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks", IEEE COMMUNICATIONS Magazine, 2002.
- [2] O. Younis, M. Krunz and S. Ramasubramanian, "Node Clustering in Wireless Sensor Networks: Recent Developments and Deployment Challenges", IEEE Network, Vol. 20, pp. 20-25, May 2006.
- [3] F. Bouhafs, M. Merabti and H. Mokhtar, "A Semantic Clustering Routing Protocol for Wireless Sensor Networks", in Proceeding of CCNC, vol. 1, pp. 351-355, Jan. 2006.
- [4] Q. Jiang, D. Manivannan, Routing Protocols for Sensor Networks, IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC'04), 2004.
- [5] O. Younis and S. Fahmy, "HEED: a Hybrid, Energy-Efficient, Distributed clustering approach for Ad hoc Sensor Networks", IEEE Trans. on Mobile Computing, vol. 3, pp. 366-379, Oct. 2004.

- [6] 김진수, “센서 네트워크에서 클러스터 상태 전이를 이용한 에너지 절약 방안”, 한국 컴퓨터정보학회논문지, 제12권 제2호, 2007. 5.
- [7] 조용현, 이향택, 노병희, 유승화, “무선 센서망에서 에너지 효율적인 클러스터 재구성을 위한 동적 헤드 선출 방법”, 한국통신학회논문지, vol. 30, no. 11A, 2005. 5.
- [8] 여명호, 김유미, 유재수, “무선 센서 네트워크를 위한 에너지 효율적인 이중 레이어 분산 클러스터링 기법”, 정보과학회논문지, 데이터베이스 제35권 제1호, 2008.2.

---

**정 수 형(Su Hyung Jeoung)**

[정회원]



- 1993년 2월 목포대학교 전산통계학과 졸업(이학사)
- 1997년 2월 광운대학교 전산대학원 정보통신학과 졸업(이학석사)
- 2004년 단국대학교 컴퓨터학부 박사수로
- 2004년 ~ 현재 선문대학교 IT교육원 강의전담교수

<관심분야>

USN, BPM, 워크플로우

---

**유 해 영(Hae Young Yoo)**

[정회원]



- 1979년 2월 단국대학교 수학과 졸업(이학사)
- 1982년 2월 단국대학교 대학원 수학과 수료(이학석사)
- 1994년 2월 아주대학교 대학원 컴퓨터공학과 수료(공학박사)
- 2002년 ~ 2003년 단국대학교 멀티미디어대학원장
- 1985년 ~ 현재 단국대학교 컴퓨터학부 교수

<관심분야>

소프트웨어공학, BPM, 역공학, 유비쿼터스