

이학석사 학위논문

무선 센서 네트워크를 위한
클러스터 2중 분할 알고리즘

A Cluster Duplication Partition Algorithm
for Wireless Sensor Networks

지도교수 장길웅

2006년 2월

한국해양대학교 대학원

응용과학과

주세영

本 論 文 을 侏 世 榮 의 理 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함

위원장 공학박사 김 재 환 인

위 원 이학박사 김 익 성 인

위 원 공학박사 장 길 웅 인

2006 년 1 월 8 일

한국해양대학교 대학원

목 차

1. 서론.....	1
2. 관련 연구.....	3
3. 클러스터 2중 분할 알고리즘.....	7
3.1 가정.....	7
3.2 클러스터의 2중 분할 알고리즘 기술.....	8
3.3. 분할된 클러스터의 프레임과 라운드.....	10
3.4. 클러스터 2중 분할의 장단점.....	13
4. 성능평가.....	14
5. 결론 및 향후 과제.....	20
6. 참고문헌.....	21
Abstract.....	24

그림 목차

<그림 1> 계층적 클러스터 기반 무선 센서 네트워크	2
<그림 2> LEACH의 타임라인	4
<그림 3> 제안된 알고리즘을 적용한 네트워크	10
<그림 4> 제안한 알고리즘의 타임라인	11
<그림 5> LEACH와 제안하는 알고리즘의 타임라인 비교	12
<그림 6> 클러스터 2중 분할 알고리즘 구현	14
<그림 7> 노드 간 최대 거리에 따른 에너지 소모	15
<그림 8> 노드 간 최대 거리에 따른 노드 쌍의 수	16
<그림 9> 노드 간 평균 거리	17
<그림 10> 제안한 알고리즘과 LEACH의 에너지 소모 비교	18
<그림 11> 노드 수에 따른 1회 데이터 수집 시 소모되는 에너지	19

1. 서 론

현재 개발되어진 저전력의 소형 마이크로 센서들로 구성된 마이크로 센서 네트워크는 민간, 군사의 다양한 환경에 대한 감시를 가능하게 한다. 이들 소형 마이크로 센서들은 접근이 어려운 영역이나 재난 구조를 위한 응용으로 임의 배치 될 수 있다. 임의 배치된 마이크로 센서들은 자가 구성능력을 가지고 있으며 자가 구성능력을 통하여 무선 센서 네트워크를 형성 한다. 무선 센서 네트워크를 구성하는 센서들은 전력이 제한되어 있고 임의 배치되어 소모된 배터리의 충전이나 교체가 어렵다는 특징을 가지고 있다. 이로 인해 제공된 제한된 전력을 효율적으로 사용할 필요성이 있다[1].

무선 센서 네트워크에서 센서 노드의 주 기능은 센싱(sensing), 데이터 처리(computation), 전력소모(power consumption), 무선 통신(radio communication)을 한다. 이 중에서 에너지 소모는 대부분 무선통신을 이용할 때 발생된다[5]. 그러므로 통신 양을 줄이고자 하는 연구가 주로 수행되고 있다.

센서의 전력을 효율적으로 사용하기 위하여 많은 라우팅 프로토콜(Routing Protocol)들이 제안되었다[2,3,4]. 통신 횟수를 줄이기 위해 데이터를 통합하여 전송하는 방식과 데이터를 수집할 때 모든 노드에게 요청하는 것이 아니라 실제 데이터가 필요한 노드에게만 요청함으로써 불필요한 에너지 소모를 줄이는 방식도 있다. 에너지 효율을 위해 제안된 다수의 라우팅 프로토콜들이 통신 횟수를 줄이기 위해 데이터를 통합하여 전송하는 클러스터(Cluster) 방식을 취하고 있다. 센서를 임의 배치하고 센서에 자가 구성능력을 주어 마이크로 센서 네트워크를 구성한다. 구성된 마이크로 센서 네트워크를 지역적 클러스터 단위로 나누고 각 클러스터마다 클러스터 헤드(Cluster Head)가 존재하여 데이터를 수집하고 통합하여 싱크(sink)나 상위 클러스터 헤드로 데이터를 전달하는 방법이다. 그림 1은 클러스터 기반 라우팅 프로토콜에서 센서 네트워크의 구성을 보여 준다.

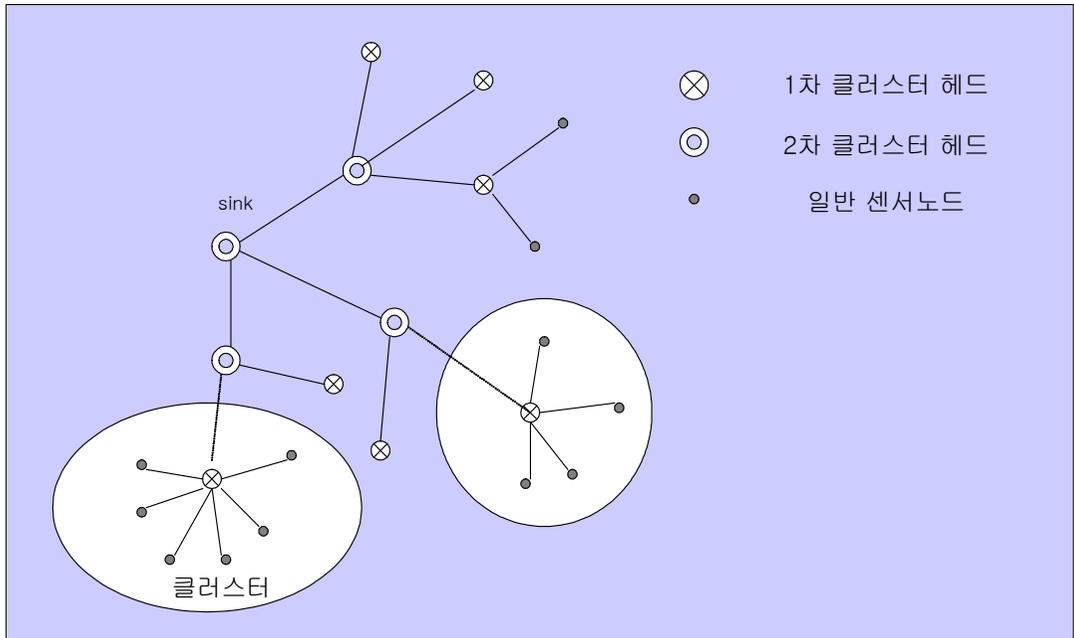


그림 1. 계층적 클러스터 기반 무선 센서 네트워크

무선 센서 네트워크는 인접한 노드 간 유사한 정보의 중복 전달이 많기 때문에 에너지 낭비를 줄이기 위한 데이터 모음이 필요하다. 이러한 특성을 고려할 때 클러스터 기반의 계층적 라우팅 기법은 많은 장점을 가진다. 지역적 클러스터를 형성함으로써 인접한 지역에서 발생한 사건에 대한 유사한 정보를 클러스터 헤드로 전송하고 클러스터 헤드가 데이터 모음을 수행하여 보다 에너지 효율적인 라우팅을 가능하게 한다. 본 논문에서는 인접한 노드가 유사 또는 동일한 데이터를 가진다는 특성을 이용한다. 네트워크를 구성하는 클러스터를 논리적으로 2중 분할하고 분할된 클러스터가 교대로 데이터를 수집하는 방법을 사용하여 에너지 효율을 높이는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서 본 논문과 관련된 네트워크 프로토콜을 기술하고 3장에서는 에너지 효율을 높이기 위한 클러스터 2중 분할 알고리즘을 기술한다. 4장에서는 모의실험 및 성능평가를 기술하고 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 과제를 제시한다.

2. 관련 연구

임의 배치된 무선 센서의 자가 구성능력에 의해 구성된 무선 센서 네트워크는 센서간의 간격이나 배치가 일정하지 못하다. 중복되어 배치되거나 완전히 겹쳐서 배치될 수 있다. 이러한 무선 센서 네트워크는 유사데이터 또는 동일한 데이터를 전송하여 불필요한 통신이 발생한다. 무선 센서 네트워크에서 인접한 노드간의 유사한 정보의 중복 전달로 인한 에너지 낭비를 “데이터 모음(data aggregation)”을 통해 줄일 수 있다. 이러한 특성을 고려할 때 클러스터단위로 데이터를 모아 전송하는 계층적 라우팅 기법은 많은 장점을 가진다. 즉, 구성된 무선 센서 네트워크를 지역적으로 분리하여 클러스터를 형성함으로써 인접한 지역에서 발생한 사건에 대한 유사한 정보를 클러스터 헤드로 전송한다. 클러스터 헤드는 데이터 모음을 수행하여 상위 헤드나 싱크(sink)로의 전송을 함으로써 보다 에너지 효율적인 라우팅을 가능하게 하며, 요청된 질의에 대한 클러스터 헤드에 의한 전달로 비효율적인 질의의 플러딩을 막을 수 있다.

LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)[2]는 대표적인 클러스터링 기반 라우팅 프로토콜로써, 클러스터 헤드가 클러스터 노드로부터 데이터를 수집, 통합하여 싱크로 전송을 한다. 이 기법은 네트워크에 있는 모든 센서 노드들에 에너지 소비를 공정하게 분산시키기 위하여 에너지 집약적인 기능을 하는 클러스터 헤드를 순환시킨다. 또한 전체적인 통신비용을 줄이기 위해 클러스터 헤드에서 클러스터내의 데이터를 수집하여 클러스터 단위로 통합한다. LEACH의 동작은 클러스터헤드의 순환을 위해 클러스터가 구성되는 설정(setup) 단계와 여러 개의 TDMA 프레임으로 구성되는 지속상태(steady-state) 단계로 구성된 라운드 단위로 동작한다. LEACH에서는 TDMA를 사용하여 노드간 간섭을 피하고 클러스터간의 간섭을 피하기 위하여 각 클러스터들이 서로 다른 확산 코드를 사용한다(그림 2).

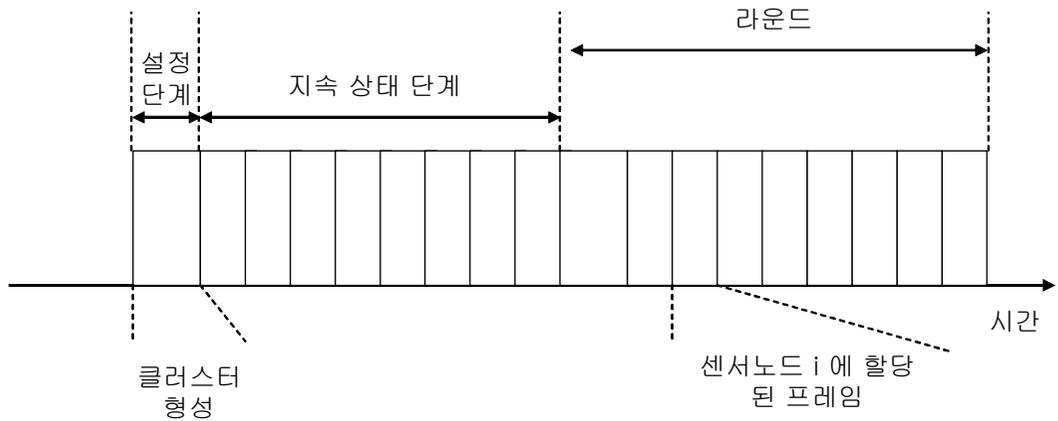


그림 2. LEACH의 타임라인

TEEN(Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol)[3]은 세서 노드들이 주기적으로 전송할 데이터를 가지지 않는다는 점을 제외하고, LEACH와 유사하게 동작한다. LEACH가 사전적 센서 네트워크에 적합한 특성을 가지지만, TEEN은 시간 임계적인 데이터를 처리한다는 점에서 반응적 센서 네트워크에 적합하다. TEEN은 LEACH의 클러스터 형성 기법을 사용하나, TEEN에서 센서 노드들은 클러스터 결정 시간에 클러스터 헤드가 방송한 임계 값인 H_t 와 S_t 에 기반을 두고 현재 감지된 데이터를 전송할지를 결정한다. 즉, 감지된 데이터의 값이 처음으로 H_t 를 초과하면, 이를 저장하여, 해당 시간 슬롯에 전송한다. 이후에는 감지된 데이터의 값이 저장된 값보다 S_t 이상 큰 경우에 저장하고, 해당 시간 슬롯에 전송한다.

APTEEN(Adaptive Periodic Threshold-sensitive Energy Efficient Sensor Network Protocol)[4]은 사전적(proactive) 센서 네트워크와 반응적(reactive) 센서 네트워크의 한계점을 최소화하면서 두 가지의 장점을 통합하는 하이브리드 네트워크를 제공한다. APTEEN을 채택한 하이브리드 네트워크의 센서 노드들은 데이터를 주기적으로 전송할 뿐만 아니라 특정한 데이터 속성 값의 갑작스런 변화에도 반응한다. APTEEN은 클러스터가 형성되면 클러스터 헤드

가 데이터 속성, 임계값, TDMA 스케줄, 카운트 시간을 포함하는 파라미터를 방송한다. 시간 임계적 데이터를 처리하고, 사전적 동작을 위해서 센서 노드가 카운트 시간동안 데이터를 전송하지 않은 경우 데이터를 전송한다. 인접한 노드들이 유사한 데이터를 감지하는 특성을 활용하여 인접한 두 노드의 쌍을 지어 각 쌍에 대해 한 노드만이 질의에 응답하고, 다른 노드는 수면 모드에서 전력 소비를 줄일 수 있도록 한다.

SPIN(Sensor Protocol for information via Negotiation)[8]은 협상과 자원 적응에 의해 플러딩의 결함을 처리하기 위해 설계된 것으로, 센서 노드가 데이터에 대해 광고하고, 싱크로부터 요청을 기다리는 형태의 데이터 중심적 라우팅 기법이다. 이는 센서 노드가 데이터를 방송하는 대신 센서 데이터를 기술하는 메타 데이터를 전송하여 보다 효율적으로 동작하고 에너지를 보존하도록 한다. SPIN은 ADV, REQ, DATA 의 세 가지 메시지를 가진다. 센서 노드는 메타 데이터를 가지는 ADV 메시지를 방송한다. ADV의 메시지를 수신한 이웃 노드가 데이터에 대한 관심을 가지고 REQ 메시지를 전송하면 해당 이웃 노드를 위한 DATA 메시지를 전송한다. 결과적으로, 전체 센서 네트워크에서 해당 데이터에 관심 있는 센서 노드들은 데이터에 대한 사본을 얻게 된다. SPIN은 가까이 있는 노드들이 유사한 데이터를 가지는 속성을 활용하여 다른 노드가 가지지 않는 데이터만을 분배하도록 한다. 또한, 사전적으로 동작하여 사용자가 데이터를 요청하지 않은 경우에도 네트워크 전체에 정보를 분산시킨다.

SAR(Sequential Assignment Routing)[9]은 라우팅 결정을 위해 각 경로에 있는 에너지 자원과 QoS, 그리고 각 패킷의 우선순위를 고려한다. 트리 구조의 다중 경로가 설정되어 특정 경로가 실패하는 경우에도 경로 재 계산을 위한 오버헤드가 없다. 각 노드에서 싱크까지의 다중 경로를 설정하기 위하여 싱크의 1홉 이웃들을 시작으로 낮은 QoS와 에너지 보유량을 가지는 노드들을 피하면서 구성된 다중 트리가 형성된다. 트리 설정 절차가 끝나면 각 노드는 다중 경로에 속하게 되고, 각 노드는 싱크로 메시지를 전달할 트리를 선택

할 수 있게 된다. 각 노드마다 두 개의 파라미터 Energy resources(해당 센서 노드가 경로를 독점하여 사용할 경우 전송할 수 있는 패킷 수), Addictive QoS metric(해당 값이 높을수록 낮은 QoS를 의미)가 싱크를 향한 각 경로와 연관된다. SAR에서는 addictive QoS metric과 패킷의 우선순위와 관련된 가중치 계수의 곱인 weighted QoS metric을 계산하여 이의 평균값을 네트워크의 생존 기간 동안 최소화 시키고자 한다. 위상 변화에 반응하기 위하여, 주기적인 경로 재 계산이 싱크에 의해 시작된다. 실패에 대한 복구는 이웃 노드 간의 핸드셰이킹 절차를 통해 이루어지고, 지역 경로 복구 기법도 사용된다. 또한, 지역적인 협력 정보 처리를 위한 Single Winner Election(SWR)과 Multi Winner Election(MWE) 기법이 사용된다.

3. 클러스터 2중 분할 알고리즘

3.1. 가정

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 다음과 같은 가정을 전제로 한다.

- 클러스터의 형성은 모든 센서 노드가 클러스터 헤드와 직접 통신이 가능한 범위로 설정하기 때문에 모든 센서는 클러스터 헤드와 직접 통신이 가능하다.
- 네트워크의 센서 노드가 부족할 경우 정확한 환경에 대한 감시가 어려우므로 네트워크를 구성하는 노드의 수가 할당된 지역을 센싱할 만큼 충분히 많다.
- 본 논문에서 제안하는 클러스터 2중 분할은 클러스터 각 노드에 고유 아이디를 부여한다는 특성상 고정 클러스터를 유지 한다.

3.2 클러스터의 2중 분할 알고리즘 기술

클러스터 내 인접한 두 센서 노드의 센싱 데이터가 동일하거나 유사하다는 특성을 고려하면 하나의 센서만 데이터를 전송하고 다른 하나는 수면모드로 전환하여 에너지 효율을 높일 수 있다[3]. 본 논문에서 제안하는 알고리즘에서는 이 특성을 이용하여 인접한 두 개의 센서를 하나로 묶어 교대로 주위 환경에 대한 센싱을 하도록 하며 헤드 또한 두개가 존재하여 두 헤드가 교대로 데이터를 수집 및 통합하여 전송하도록 한다.

본 논문에서 제안한 클러스터 2중 분할 알고리즘은 다음과 같은 절차로 동작한다. 우선 네트워크가 구성되면, 네트워크를 구성하는 각 노드들은 통신을 통해 인접한 이웃노드와 쌍을 이룬다. 이웃한 노드와 쌍을 이루기 위해 각 노드는 인접한 노드를 찾는 광고메시지를 발송하고, 이웃 노드로부터 수신되는 신호의 강도와 회신 시간을 통해 자신과 쌍을 이루기 적합한 하나의 노드를 결정하여 쌍(이하 ‘노드 쌍’이라 칭함)을 이룬다. 이웃한 노드 간 센싱 범위가 겹치지 않을 경우는 쌍을 이루지 않고 독립하여 존재(이하 ‘독립노드’라 칭함) 한다.

클러스터 헤더는 LEACH와 같은 방식의 자기 선출 방식으로 정해지며 정해진 헤드(헤드A)와 쌍을 이룬 노드도 헤드(헤드B)가 된다. 노드 쌍은 광고메시지를 발송한 노드(노드A)가 선행노드가 되고, 응답메시지를 발송한 노드(노드B)가 후행노드가 된다. 헤드A가 정해지면, 헤드A는 각 쌍과 독립노드에 헤드 설정 메시지를 발송하고 각 노드 쌍과 독립노드는 수신했음을 알리는 메시지를 전송 한다. 헤드A는 노드 쌍과 독립노드의 회신 순서에 따라 고유ID를 부여하여 고유ID에 대한 동기화 메시지와 함께 각 노드로 발송한다. 동기화 메시지를 수신하면 헤드B와 노드B는 수면 모드로 전환한다. 헤드A의 지속상태 단계가 끝나고, 헤드A와 노드A가 수면모드로 전환하면 헤드B는 설정단계없이 라운드 초기 수신한 동기화 데이터를 바탕으로 지속상태로 돌입하여 에너지

소모를 줄인다. 각 노드 쌍은 설정단계에서 수신된 동기화 데이터를 통해 할당된 프레임에 두 노드가 교대로 데이터를 송신한다.

고유ID의 설정과 노드 쌍의 구성은 많은 데이터 송수신 횟수를 가지므로 에너지 효율을 위해 초기 형성된 노드 쌍과 초기 설정 단계에 부여한 고유ID는 변경하지 않고 사용한다. 두 번째 설정 단계부터는 고유ID부여 과정 없이 동기화 메시지만을 발송하여 네트워크 전반적인 에너지 소모를 줄인다. 또한 헤드가 교대로 데이터 수집 및 전송을 하므로 독립노드는 헤드설정에서 제외되며 노드 쌍을 이룬 노드만 헤드설정에 참여한다.

3.3. 분할된 클러스터의 프레임과 라운드

본 논문에서는 헤드A와 헤드B가 교대로 헤드 역할을 하고 노드 쌍에서 교대로 센싱하여 클러스터내의 데이터를 수집하기 때문에 하나의 헤드와 센서의 절반에 해당하는 노드가 센싱을 하게 된다. 센서의 숫자가 적지만 인접한 이웃 노드가 교대로 센싱하기 때문에 데이터 수집이 클러스터의 한 부분으로 편중되지 않고 전반적으로 퍼지게 된다.

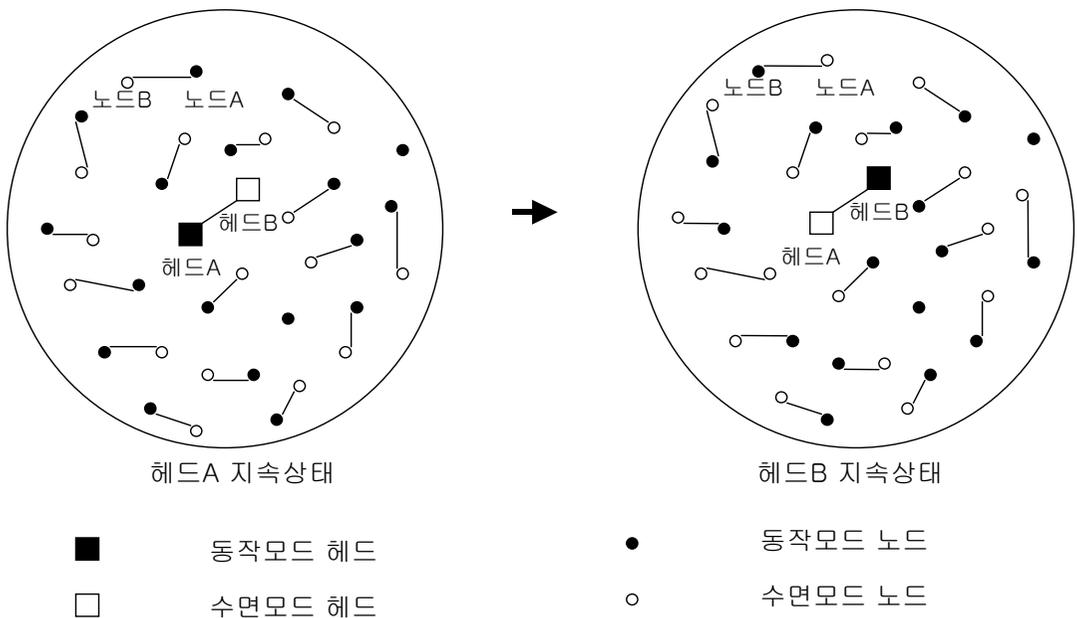


그림 3. 제안된 알고리즘을 적용한 네트워크

그림 3은 제안된 알고리즘을 적용한 네트워크의 한 예로써 실선으로 연결된 노드는 노드 쌍을 나타낸 것이며 실선으로 연결되지 않은 노드는 독립노드를 나타낸다. 본 논문에서 제안한 클러스터 2중분할 알고리즘은 각 노드 쌍의 노드들이 교대로 센싱하여 데이터수집이 편중되지 않음을 보여 준다.

알고리즘 동작은 라운드 단위로 동작하며 라운드는 설정단계와 지속상태단

계로 이루어진다. 설정단계에서는 고유ID에 대하여 헤드A에서 동기화 메시지를 전송한다. 지속상태단계는 헤드A의 지속상태단계와 헤드B의 지속상태단계로 나뉘어진다. 설정단계와 두개의 지속상태단계를 합한 시간을 하나의 라운드로 한다.

그림 4에서 보는 바와 같이 한 라운드 동안 각 고유ID에 대하여 헤드A의 지속상태와 헤드B의 지속상태에 두 개의 프레임이 할당되며 노드 쌍에 속한 두 노드가 교대로 센싱하여 해당 지속상태 프레임에 데이터를 전송한다. 독립노드는 센싱 범위가 겹치는 인접 이웃노드가 없으므로 데이터의 유실을 막기 위해 단독으로 라운드 동안 센싱하여 할당된 두 프레임에 모두 데이터를 전송한다.

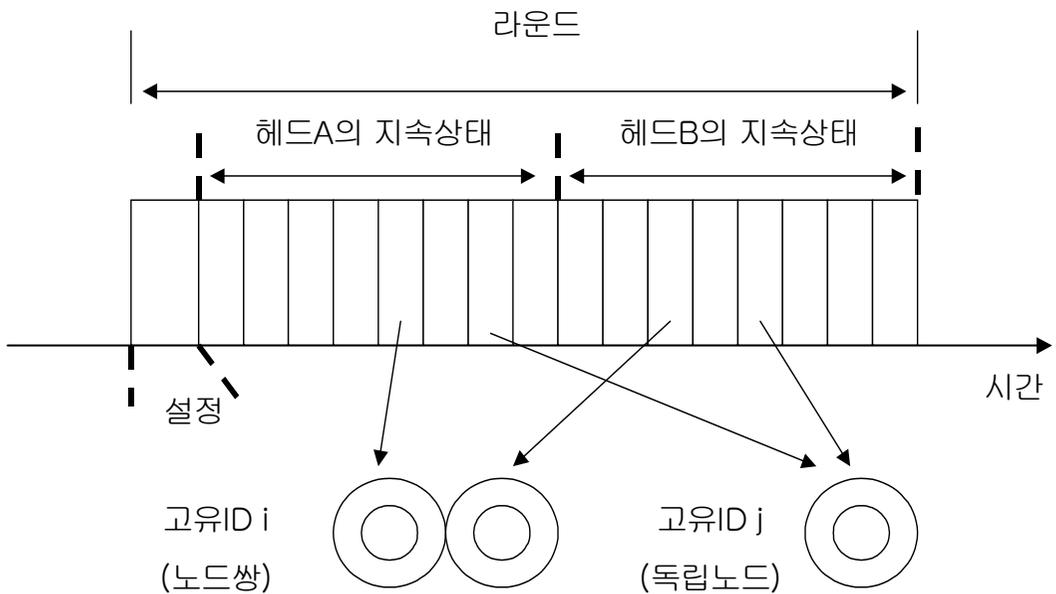
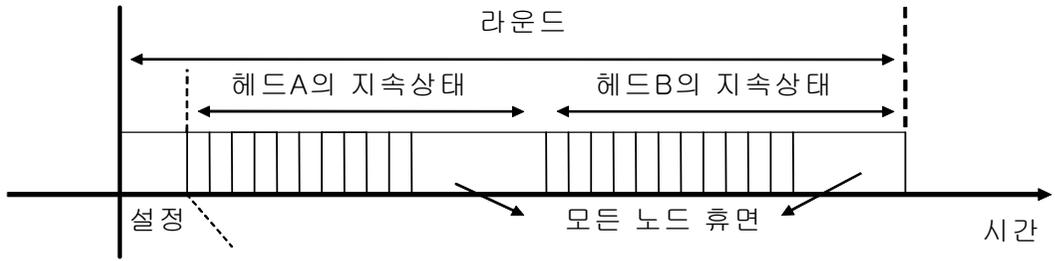


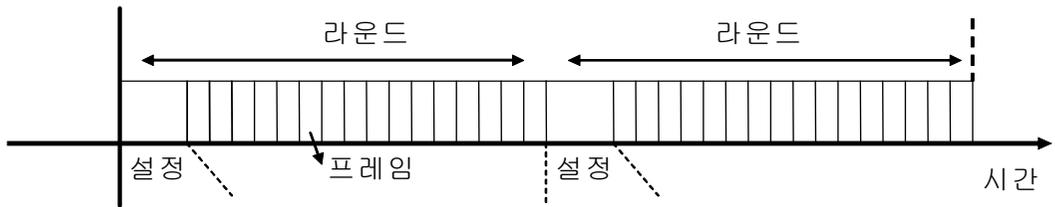
그림 4. 제안한 알고리즘의 타임라인

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 LEACH와 같은 길이의 헤드 지속상태를 가지며 각 노드 쌍과 독립노드에 할당하고 남은 시간은 모든 노드가 센싱하고 데이터 전송은 없는 휴면 모드를 취하여 에너지를 절약한다. 따라서 헤

드 두 개의 지속상태가 합쳐져서 한 라운드가 되는 본 알고리즘의 라운드는 LEACH의 라운드보다 길다(그림 5).



(가) 제안한 알고리즘



(나) LEACH

그림 5. LEACH와 제안하는 알고리즘의 타임라인 비교

3.4. 클러스터 2중 분할의 장단점

본 알고리즘의 장점은 기존의 클러스터 기반 프로토콜에서 헤드가 변경될 때 마다 방송되는 동기화 메시지의 횟수를 2개의 헤드와 노드 쌍에 고유ID를 부여하여 줄였다. 또 모든 노드로부터 센싱 데이터를 수집하지 않고 인접한 이웃 노드가 쌍을 이루어 한 노드만이 센싱하고 다른 한 노드는 수면을 하여 각 노드의 데이터 전송과 센싱 횟수를 줄였다. 이로 인해 네트워크의 수명을 증가시킬 수 있다.

반면에 기존 클러스터 기반 프로토콜이 클러스터 내 전체 데이터를 2회 수집하는 동안에 제안하는 알고리즘은 1회의 전체 데이터를 수집한다. 따라서 기존 클러스터 기반 프로토콜의 각 라운드마다 수집되는 데이터에 비해 신뢰성이 떨어지는 단점이 있다.

4. 성능평가

제한된 전력의 효율적 사용을 위해 제안한 클러스터 2중분할 알고리즘을 여러 가지 환경에서 모의실험하고 그 성능을 분석해 본다. 실험 비교 대상으로 클러스터 기반 프로토콜인 LEACH와 성능 비교를 하였다. 시뮬레이션 프로그램은 Microsoft Visual Basic 6.0을 사용하여 이벤트 처리 방식으로 각 프로토콜을 실험요소에 맞게 구현하였다.

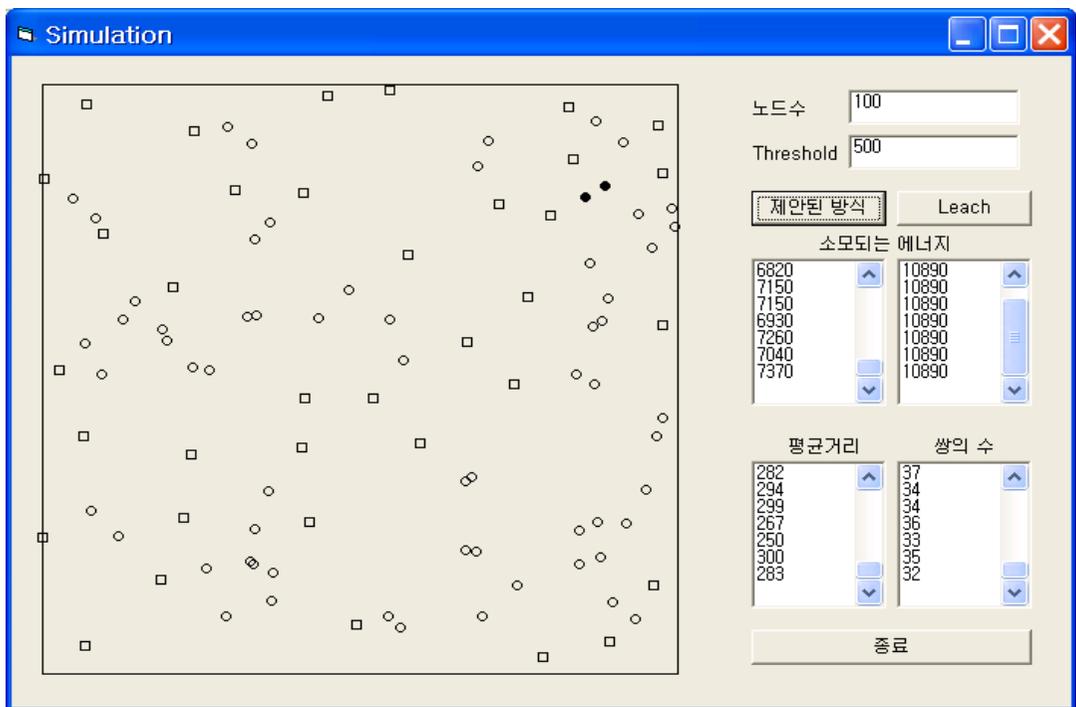


그림 6. 클러스터 2중 분할 알고리즘 구현

그림 6은 본 논문에서 제안한 클러스터 2중 분할 알고리즘은 Microsoft Visual Basic 6.0으로 구현한 모습이다. 검은색으로 채워진 동그라미는 클러스터 헤드이며 빈 동그라미는 노드 쌍을 형성한 노드이다. 그리고 사각형은 독립노

드를 나타낸다.

하나의 클러스터를 정사각형으로 표현하였으며 100개의 노드를 임의로 배치시키고 노드 쌍을 형성하는 노드간 거리에 따라 제안된 알고리즘의 에너지 소모량과 노드간 거리, 노드 쌍의 수를 조사 하고 노드를 형성하는 노드 간 최대거리 300을 설정하고 LEACH와의 에너지 효율을 비교하였다. 네트워크의 에너지 소모는 각 노드가 데이터 1회 전송 시 동일한 에너지를 소모하도록 하고 노드 쌍의 형성은 정해진 노드 간 최대 거리에 따라 최대 거리를 넘지 않는 노드만이 형성하도록 설정 하였다.

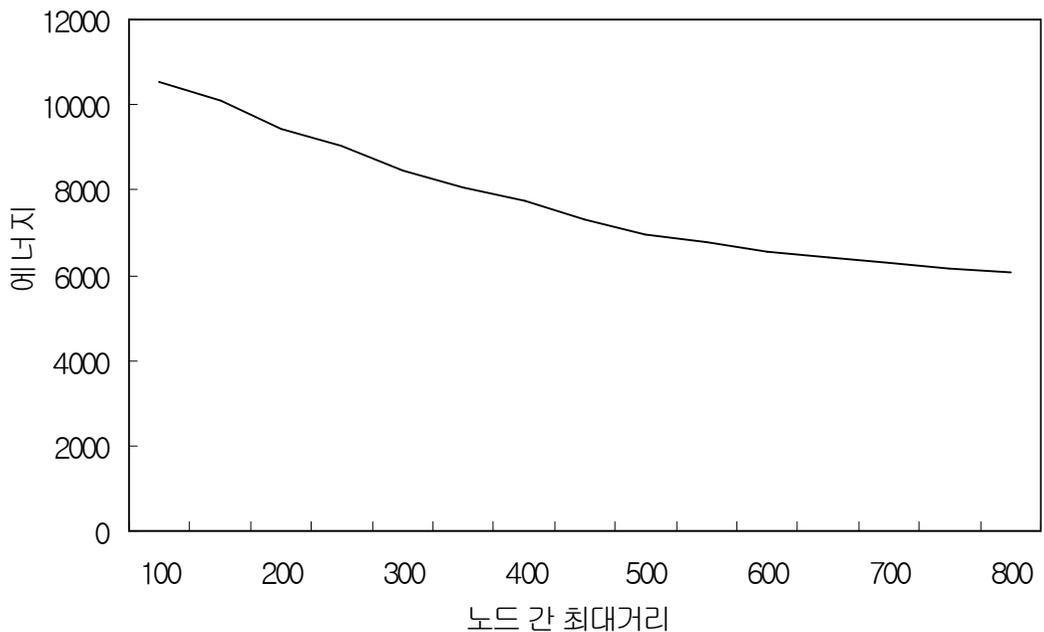


그림 7. 노드 간 최대 거리에 따른 에너지 소모

본 논문에서 제안한 클러스터 2중 분할 알고리즘은 노드 간 최대 거리 설정을 통해 노드 쌍을 형성하여 교대로 데이터를 수집 및 전송하므로 노드 간 최대 거리에 따른 에너지 소모를 실험하였다. 그림 7에서 결과를 볼 수 있으

며 노드 간 최대 거리를 크게 설정 할수록 에너지 소모가 줄어들었다. 수집되는 데이터 유형에 따라 노드 간 최대 거리 설정을 통하여 에너지의 효율을 높여 네트워크의 수명을 연장 할 수 있음을 보여 준다.

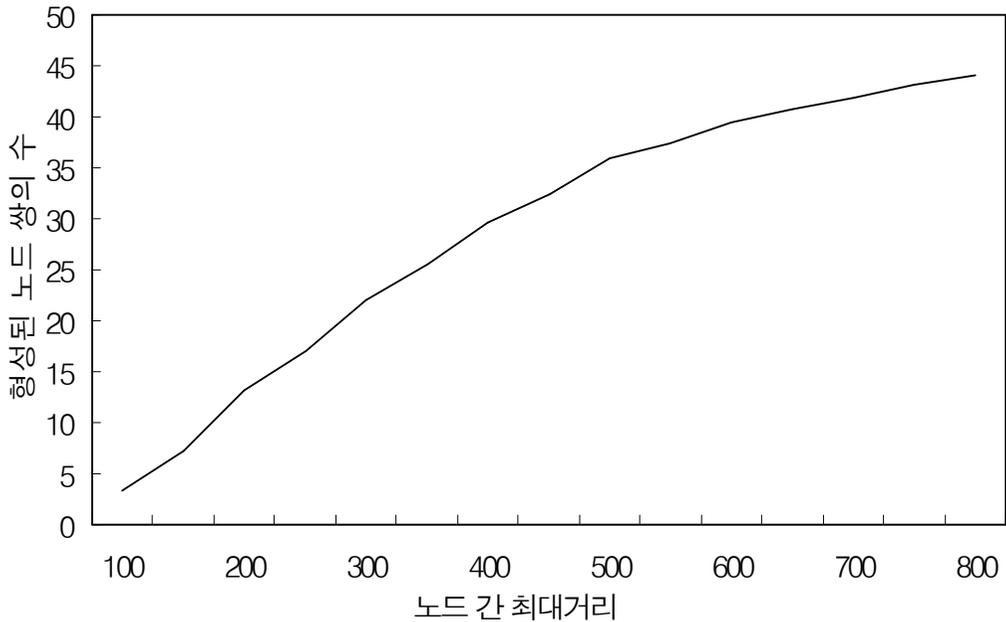


그림 8. 노드 간 최대 거리에 따른 노드 쌍의 수

그림 8은 노드 쌍을 형성하는 노드 간 최대 거리에 따른 노드 쌍의 수를 나타낸다. 노드 쌍의 수는 인접 노드 간 유사한 데이터의 중복 전달과 관련이 있으며 유사 데이터의 중복 전달은 네트워크의 불필요한 에너지 소모를 유발시킨다. 본 논문에서 제안한 클러스터 2중 분할을 통해 노드 쌍을 형성함으로써 유사데이터의 중복 전달 횟수를 줄여 에너지 네트워크 전반적인 에너지 소모를 줄일 수 있다. 인접 지역 내 수집되는 데이터의 오차가 큰 경우 데이터 유실을 최소화하기 위하여 노드 쌍을 형성하는 노드 간 최대 거리를 짧게 함으로써 데이터에 대한 신뢰성을 증가 시킬 수 도 있다. 무선 센서 네트워크

를 통하여 센싱 하고자 하는 데이터는 데이터의 유형에 따라 유사한 값을 가지는 데이터의 범위가 다를 수 있다. 데이터의 신뢰성과 네트워크의 에너지 효율을 생각하여 노드 간 최대 거리를 데이터의 유형에 따라 조율할 필요성이 있다. 넓은 범위에 걸쳐 유사한 데이터를 가질 경우 노드 쌍을 형성하는 노드 간 최대 거리를 길게 하여 노드 쌍의 숫자를 증가시켜 네트워크의 에너지 효율을 높일 수 있으며 유사한 데이터를 가지는 범위가 좁고 수집 데이터의 신뢰성이 높아야 할 경우는 노드간 거리를 짧게 설정할 수 있다.

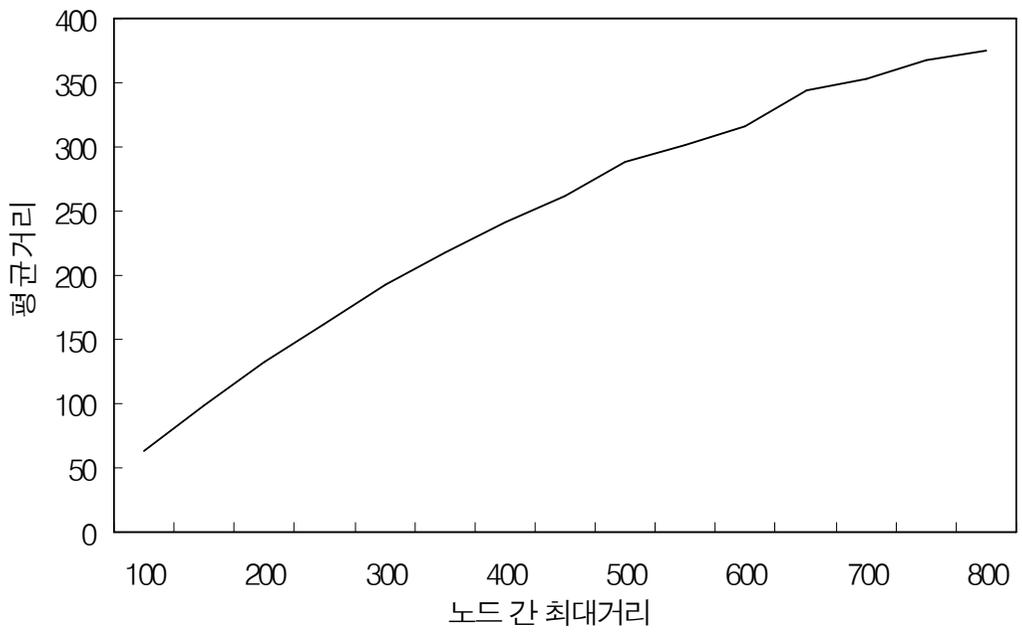


그림 9. 노드 간 평균 거리

본 논문에서 제안한 클러스터 2중 분할 알고리즘은 클러스터를 구성하는 노드 쌍의 노드간 거리에 따라서 에너지의 효율 및 데이터의 신뢰성이 결정된다. 따라서 에너지 효율 및 데이터 신뢰성을 위한 적정 거리의 설정이 필요하다. 그림 9는 최대 거리 설정에 따른 노드 쌍을 형성한 노드간 거리 평균

을 나타낸 것으로 효율적인 최대 거리 설정을 위하여 참조가 될 수 있는 사항이다. 본 실험에서 나타난 노드간 거리 평균은 노드 간 최대 거리 850의 설정에 노드 간 평균 거리는 400을 넘지 않는다.

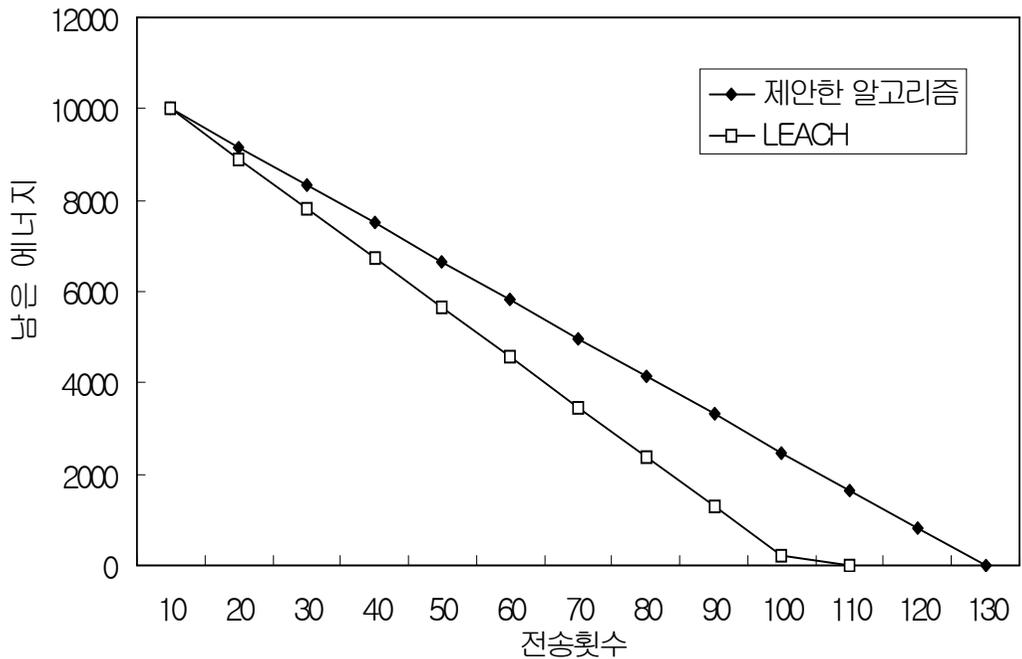


그림 10. 제안된 알고리즘과 LEACH의 에너지 소모 비교

그림 10은 최종적으로 동일한 에너지를 주어 제안한 알고리즘과 LEACH의 에너지 효율을 비교 하였다. 제안한 알고리즘은 노드 쌍을 형성하는 노드 간 최대 거리를 300으로 설정하였다. 초기 클러스터를 형성하는 각 노드에 주어진 전체 에너지를 10000으로 설정하고 클러스터 내에서 1회 데이터 수집 시 소모되는 에너지를 실험 하였다. 그림 10은 클러스터를 형성하는 노드의 에너지 효율을 데이터 수집 횟수를 기준으로 나타낸 것이다. 보는 바와 같이 본 논문에서 제안한 알고리즘의 효율이 LEACH보다 높게 나옴을 알 수 있다. 본 논문에서 제안한 클러스터 2중 분할 알고리즘은 두개의 헤드가 교대로 데이

터 처리를 하고 두개의 노드가 교대로 센싱을 하기 때문에 기존의 클러스터 기반 프로토콜보다 높은 에너지 효율을 가지고 있음을 보여 준다.

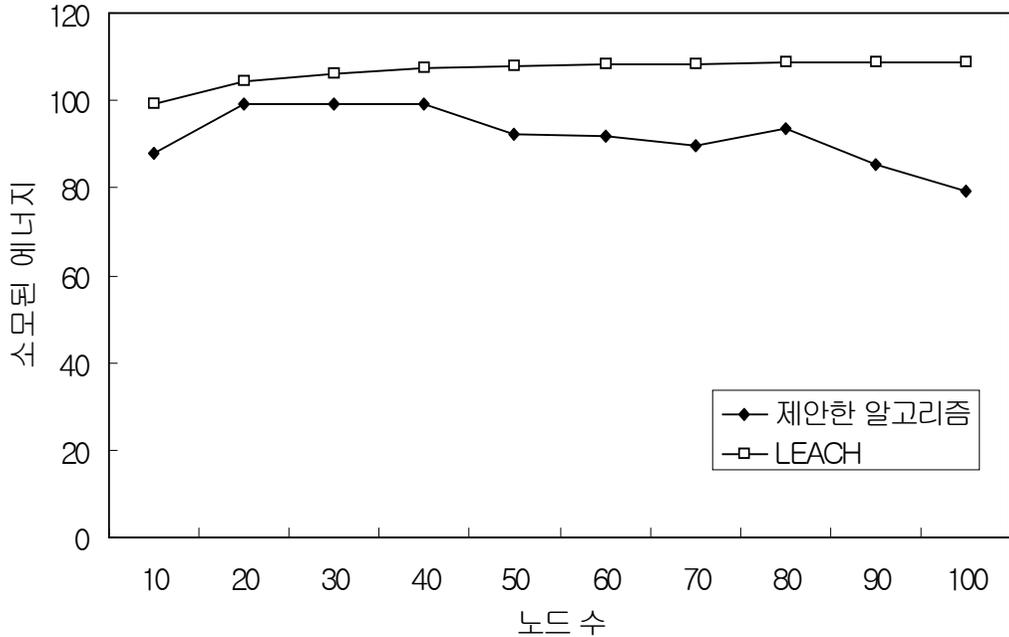


그림 11. 노드 수에 따른 1회 데이터 수집 시 소모되는 에너지

그림 11은 클러스터 내 노드 수에 따라 각 노드가 소모하는 평균 에너지를 제안한 클러스터 2중 분할 알고리즘과 LEACH를 비교하였다. 노드 쌍을 형성하는 노드 간 최대 거리를 300으로 설정하여 실험하였다. LEACH는 노드 수가 증가함에 따라 소모되는 평균 에너지는 증가한 반면 본 논문에서 제안한 클러스터 2중 분할 알고리즘은 노드수가 증가함에 따라 소모되는 평균 에너지가 감소하였다. 이는 클러스터 2중 분할 알고리즘이 LEACH와 비교하여 에너지 효율 측면에서 우수함을 보여준다.

5. 결론 및 향후 과제

무선 센서에 대한 기술의 발달로 무선 센서네트워크를 통한 주위 환경이나 감시가 가능하게 되어 무선 센서네트워크를 위한 많은 프로토콜들이 발표 되었다. 특히 이들 네트워크는 에너지가 제한되어 있고 보충이 어렵기 때문에 네트워크의 에너지 효율을 위한 프로토콜이 중점적으로 개발 되었다.

본 논문은 센서 네트워크에서 에너지 효율을 위해 제안된 방식 중 특히 부각되고 있는 클러스터 방식 프로토콜이 데이터를 헤드에서 수집하고 집약하여 전송한다는 특성과 이웃한 노드 간 유사 데이터를 가진다는 특성을 이용하였다. 네트워크를 클러스터 단위로 나누고 클러스터를 구성하는 노드들을 노드 쌍을 형성하여 클러스터를 2중 분할하고 2중 헤드를 형성하여 교대로 데이터를 전송함으로써 에너지 효율을 높이도록 하였다. 성능 평가를 통해 본 논문에서 제안한 클러스터 2중 분할 알고리즘이 현존하는 클러스터 기반 프로토콜보다 에너지 효율 측면에서 성능이 높게 나타남을 알 수 있었다.

향후 과제로 제안한 알고리즘은 두개의 노드가 교대로 센싱을 하기 때문에 발생할 수 있는 데이터 유실을 최대한으로 줄이고 네트워크의 수명을 연장할 수 있는 프레임 및 라운드의 길이에 대해 추가적으로 연구되어야 하며 노드 쌍을 형성하는 노드 간 최대 거리의 효율적인 설정방법도 연구되어야 할 것이다.

6. 참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," in IEEE Communication magazine, vol.40, No. 8, pp.102–114, August 2002.
- [2] Wendi B. Heinzelman et al., "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Sensor Networks," Phd thesis, Massachusetts Institute of Technology, June 2000.
- [3] Arati Manjeshwar et al. "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in wireless Sensor Networks," Proc. Second Int. I Workshop Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, 2001.
- [4] Arati Manjeshwar et al. "APTEEN: A hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks," IEEE Proc. Of the int I. Parallel and Distributed Processing Symposium(IPDPS : 02), pp.195–202, Apr. 2002.
- [5] S.Madden, M. Franklin and J. Hellerstein, "TAG : a Tiny Aggregation Service for Ad-Hoc Sensor Networks," ACM SIGOPS Operating Systems Review, Volume 36, Issue SI, pp. 131–146, Winter 2002
- [6] K. Sohrabi, J. Gao, V. Ailawadhi and J. Pottie, "Protocols for Self-Organization of a Wireless Sensor Network," IEEE Personal communications, Oct 2000
- [7] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, vol. 40, Issue: 8, pp. 102–114, August 2002.
- [8] W. R. Heinzelman et al., "Adaptive Protocols for Information Dissemin

- ation in Wireless Sensor Networks," Proc. ACM Mobicom 99, 1999, pp. 174–185.
- [9] K. Sorabi et al., "Protocols for Self-Organization of a Wireless Sensor Network," IEEE Personal Communication, Vol.7, No.5, 2000, pp. 16–27.
- [10] Alec Woo, David Culler, "A transmission Control scheme for media access in sensor networks," in Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, Rome, Italy, July 2001, ACM.
- [11] P. Bahl and V. Padmanabhan. "RADAR: An In-building RF-based User Location and Tracking System," In Proc. of INFOCOM, 2000. pp. 775–784.
- [12] D. Johnson, D. Maltz, Y-C. Hu, and J. Jetcheva, "The dynamic source routing protocol for mobile ad-hoc networks," Internet Draft Pottie, "Protocols for Self-Organization of a Wireless Sensor Network," IEEE Personal communications, Oct 2000.
- [13] K. Whitehouse. "RF Characterization over Distance," In localization. Millennium. berkeley.edu / data-repository.html
- [14] C. Intanagonwiwat et al., "Directed diffusion for wireless sensor networking," IEEE/Acm transactions Networking. Vol.11, No.1, Feb. 2003. pp.2–16.
- [15] V. Bharghavan, A. Demers, S. Shenker, and L. Zhang, "Macaw: A media access protocol for wireless lans," in Proceedings of the ACM SIGCOMM Conference, 1994.
- [16] Jaap C. Haartsen, "The Bluetooth radio system," IEEE Personal Communications Magazine, pp.28–36, Feb. 2000.
- [17] Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan, and Deborah Estrin,

"Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks," in Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, Boston, MA, US A, Aug. 2000, pp.56–67, ACM.

- [18] John Heidemann, Fabio Silva, Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan, Deborah Estrin, and Deepak Ganesan, "Building efficient wireless sensor networks with low-level naming," in Proceedings of the Symposium on Operating Systems Principles, Lake Louise, Banff, Canada, Oct. 2001.
- [19] G. J. Pottie and W. J. Kaiser. "Embedding the Internet : Wireless integrated network sensors." Communications of the ACM, 43(5):51–51, May 2000.
- [20] Y Yao and J. Gehrke. "Query Processing for Sensor Networks." In proc. Of CIDR, 2003.

A Cluster Duplication Partition Algorithm for wireless Sensor Networks

Se Young Joo

Department of Applied Science

Graduate School

Korea Maritime University

ABSTRACT

In this thesis, we propose a cluster duplication algorithm in wireless sensor networks. In the cluster-based protocol, a cluster head aggregates the data from the individual nodes. In general, wireless networks environment has the same data between neighbor nodes. Using two features mentioned above, the proposed algorithm is designed to enhance the energy efficiency of system network. A pair of nodes between neighbors becomes a group, and one of the group is in turn active and the other is idle during one round. There is also two cluster heads in a cluster, and in turn they aggregate the data from the nodes.

We evaluate the performance of the proposed algorithm using the computer simulation and compare it with the LEACH. The numerical results show that the proposed algorithm is able to offer better performance than the LEACH in terms of energy efficiency.