

데이터 방향성에 기반한 향상된 PEGASIS 라우팅 프로토콜 기법 연구*

정성민*, 박선호*, 한영주*, 정태명**

*성균관대학교 컴퓨터 공학과

**성균관대학교 정보통신공학부

e-mail : smjung,shpark,yjhan@imtl.skku.ac.kr*, and tmchung@ece.skku.ac.kr**

A Study on Enhanced PEGASIS Routing Protocol Based on Data Direction*

Sung-Min Jung*, Seon-Ho Park*, Young-Ju Han*, Tai-Myoung Chung**

*Dept. of Computer Engineering, Sungkyunkwan University

**School of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

센서 네트워크는 센서 디바이스를 이용해 원하는 정보를 수집하고 전달하는 일종의 애드혹 (Ad-Hoc)네트워크이다. 현재 센서 네트워크의 기술은 많은 분야에서 응용이 예상되고 있지만 센서의 여러 특성에 의해 기존의 애드혹 라우팅 기법을 적용하기에 적합하지 않아 여러 가지의 라우팅 기법이 제안되고 있다. 제안된 여러 기법 중 체인기반 프로토콜(Chain-Based Protocol)인 PEGASIS(Power-Efficient GATHERing in Sensor Information Systems) 라우팅 기법은 헤드 노드의 선택과정에 있어서 BS(Base Station)의 위치를 고려하지 않고 체인으로 연결된 노드들 중에 하나가 헤드 노드로 선택됨으로써 불필요한 데이터의 이동이 발생하게 된다. 본 논문에서는 PEGASIS 라우팅 기법의 성능향상을 위해 BS 노드의 위치를 고려한 데이터 이동의 방향성에 기반한 라우팅을 통해 향상된 PEGASIS 라우팅을 제안한다. 데이터의 이동의 방향성에 기반한 라우팅은 데이터의 불필요한 이동 경로를 줄임으로써 기존의 라우팅보다 에너지 효율면에서 뛰어난 성능을 보인다.

1. 서론

센서 네트워크는 상황인지를 위한 센싱 기능과 정보처리 능력, 그리고 통신 능력을 갖춘 다양한 센서 디바이스를 이용하여 특정한 요청에 원하는 정보를 수집하고 전달하는 일종의 애드혹(Ad-Hoc) 네트워크이다[1][2].

센서 노드들간의 무선 애드혹 네트워크에서 기존에 제안된 라우팅 프로토콜은 센서 네트워크가 가지는 특성들로 인해 센서 네트워크에 적용하기에 적합하지 않다[1]. 따라서 센서 네트워크에서 요구되는 네트워크의 자가 구성적 능력, 제한된 전력, 그리고 데이터 지향적 특성을 고려한 네트워크 라우팅 기법이

요구된다. 현재 제안된 라우팅 기법을 크게 분류하면 수평적(Flat), 계층적(Hierarchical), 그리고 위치기반(Location-based) 라우팅 기법으로 나누어 볼 수 있는데 인접한 노드들간의 유사한 정보의 중복전달로 인한 에너지 낭비를 줄이기 위한 데이터 병합(Data Aggregation)이 필요하다는 특성을 고려할 때 계층적 기법의 라우팅이 수평기반의 라우팅 보다는 많은 이점을 가진다[2].

계층적 라우팅 기법 중 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)라우팅 기법의 단점을 보완하기 위해 제안된 PEGASIS(Power-Efficient GATHERing in Sensor Information Systems) 라우팅 기법은 헤드 노드가 데이터를 수집할 때 불필요한 데이터의 이동이 발생함

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음.

로써 센서 네트워크의 전체적인 효율성을 저하 시킬 수 있는 취약점을 가지고 있다.

본 논문은 PEGASIS 라우팅 기법에 대해 취약점을 살펴보고 취약점 해결 모델을 제안한다. 2 장에서는 LEACH 라우팅 기법과 PEGASIS 라우팅 기법에 대해 알아보고, 3 장에서는 PEGASIS 라우팅 기법이 가지고 있는 취약점에 대해 분석한다. 4 장에서는 데이터 이동의 방향성을 이용한 해결방안을 알아보고 마지막으로 5 장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 센서 네트워크 라우팅 기법의 비교

라우팅 기법은 크게 평면적 라우팅 기법과 계층적 라우팅 기법 그리고 위치기반 라우팅 기법으로 나누어 볼 수가 있다[2].

- 수평적 라우팅 기법

수평적 라우팅 기법은 대부분 플러딩(Flooding)[2]에 기반을 둔 라우팅 기법이다. 무선 센서 네트워크의 노드는 전역 식별자를 가지기 어렵기 때문에 각 노드는 같은 역할을 가지게 되며 전송되는 데이터에 기반을 둔 라우팅을 구현한다.

- 계층적 라우팅 기법

이 기법은 네트워크를 일정 규모의 지리적인 집합으로 나누어 그룹을 형성한 후 이 그룹 내에서 감지한 데이터를 수집한 후 데이터 병합을 수행하여 전송량을 줄인 후 BS 노드로 최종 전송하는 방식이다. 이는 무선 센서 네트워크의 배치 및 동작의 특성을 살펴볼 때 밀접하게 위치한 노드들은 비슷한 데이터를 감지할 수 있기 때문에 국부지역(Local Area)에서 이를 병합하여 줄임으로써 전체 네트워크의 전송량을 줄일 수 있다.

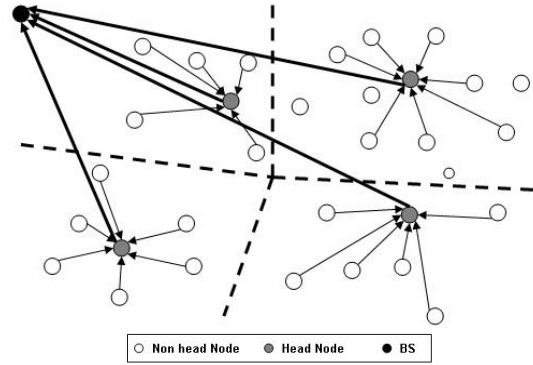
- 위치기반 라우팅 기법

이 기법은 노드의 위치정보에 기반하여 라우팅을 수행하는 기법으로써 노드들은 자신의 위치를 미리 알고 있어야 하는 단점을 가진다.

2.2 LEACH 라우팅 기법

센서 네트워크의 구조적 특성상 다수의 노드에서 BS(Base Station)노드로 데이터를 전송하면 BS 노드에 인접해 있는 노드들은 전송량이 많아져 다른 지역의 노드보다 먼저 에너지 소모가 이루어질 수 밖에 없다. 따라서 LEACH 라우팅 기법에서는 네트워크간의 에너지 소모를 균등하게 하여 네트워크 생존시간을 최대화 하기 위해 분산된 환경의 클러스터 기반의 네트워크 구조로 데이터 전송을 수행하게 된다[3].

(그림 1)과 같이 LEACH 라우팅 기법에서는 클러스터가 구성되면 클러스터내의 센서 노드들은 헤드 노드로 데이터를 전송한다. 하지만 이 방법은 클러스터 헤드에서 BS 노드로 직접 전송하기에는 에너지 소모가 크고, 네트워크가 확장 되었을 때 현실적으로 전송거리가 미치지 못할 수 있기 때문에 이에 대한 개선이 필요하다[3].



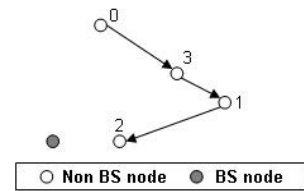
(그림 1) LEACH 라우팅 기법

2.3 PEGASIS 라우팅 기법

PEGASIS 라우팅 기법은 LEACH 라우팅 기법의 클러스터 구성과 데이터의 전송 방법을 개선하여 에너지 소모를 줄일 수 있다. 각 노드는 가장 근접한 노드로 데이터를 전송하고 이들 중 하나의 노드가 BS 노드로 전송하는 역할을 돌아가면서 수행을 하게 된다 [4]. PEGASIS 라우팅 기법의 동작과정은 다음과 같다.

- 체인 생성

체인생성은 (그림 2)와 같이 Greedy 알고리즘을 이용한 Self-organization 기법과 BS 노드에서 체인을 구성하여 노드에게 브로드 캐스트 하는 두 가지 기법이 있다. 전자의 경우, BS 노드로부터 가장 먼 거리에 있는 노드부터 체인형성 과정이 시작된다. 그림과 같이 BS 노드로부터 거리가 가장 먼 노드 0 이 체인의 시작점이 되고 노드 0 은 가장 인접한 노드 3 을 체인의 다음 노드로 선택한다. 이 과정은 모든 노드가 체인에 속할 때까지 반복하게 된다. 이때 각 노드들은 신호의 세기(Signal Strength)를 이웃 노드와의 거리 측정을 위해 이용을 한다. 이중에 오직 하나의 노드만이 정보를 받을 수 있도록 신호의 세기를 조정하게 된다[4][5].



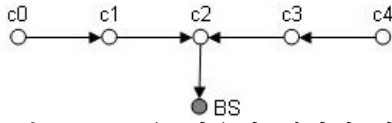
(그림 2) 체인형성 과정

- 데이터 전송

체인이 형성된 후에는 노드는 자신의 데이터를 이웃 노드에게 전송하고 이를 수신한 노드는 자신의 데이터와 수신한 데이터를 병합하여 다시 이웃 노드에게 전송한다. BS 노드로 전송하는 역할은 각 노드들이 서로 역할을 차례로 맡게 된다.

데이터 전송은 (그림 3)과 같이 이루어지게 되는데 먼저 노드 c2 가 헤드의 역할을 맡았다면, 토큰(Token)을 노드 c0 에게 전달하고 이를 수신한 c0 는 데이터를 c1 으로 전달하고 c1 은 수신한 데이터와 자신의 데이터를 병합하여 c2 로 전달한다. c1 으로부터 데이터를 수신한 c2 는 다시 c4 로 토큰을 전달하여 반대

방향의 데이터를 수집한다[4][5].



(그림 3) 토큰을 이용한 데이터 전달

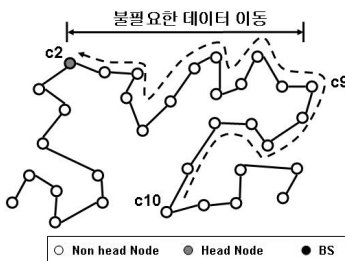
3. PEGASIS 라우팅 기법의 취약점

PEGASIS 라우팅 기법은 다음과 같은 취약점을 갖는다 [2][6][7].

- 네트워크에 대한 전반적인 위치 정보가 필요하다.
- 헤드 노드를 선택할 때 각 노드의 에너지 고려가 없다.
- Greedy 알고리즘을 적용할 때 지연이 발생할 수 있다.
- 헤드 노드에서 병목현상(Bottleneck)이 발생할 수 있다.
- 헤드 노드를 선택할 때 BS 노드의 위치에 대한 고려가 없다.

이런 여러 취약점 중에서 헤드 노드의 선택시 BS 노드의 위치에 대한 고려가 없는 취약점에 대해 자세히 살펴 보자.

먼저 Greedy 알고리즘을 이용하여 체인을 형성한 후에 헤드 노드를 선택할 때 각 i 라운드에서는 $i \bmod N$ (N : 전체 노드의 수)번째 노드가 그 역할을 하게 된다. 하지만 이런 헤드 노드의 선택은 BS 노드의 위치에 대한 고려를 하지 않아 불필요한 오버헤드를 발생 시킬 수가 있다. 즉 센서 네트워크에서 데이터를 전송할 때 헤드 노드의 위치에 따라 데이터를 불필요하게 BS 노드와 반대 방향으로 전송해야 할 경우가 생기게 된다.



(그림 5) 불필요한 데이터의 전송 발생

(그림 5)에서 체인의 형성과정이 끝난 뒤에 c_2 가 헤드 노드로 선택이 되고 c_{10} 의 데이터를 수집하려할 때 c_2 는 c_{10} 에 토큰을 보내게 되고 c_{10} 은 c_2 로 데이터를 전송한다. 이때 화살표 방향으로 데이터를 이동 시킴으로써 경로에 위치한 각 노드들은 데이터 병합을 수행 하게 된다. 하지만 BS 노드와 최단 거리를 고려해 볼 때 c_9 부터 c_2 까지 데이터의 이동으로 데이터 병합에 드는 불필요한 에너지 소모가 일어나게 된다. 따라서 PEGASIS 라우팅 기법에서 헤드 노드의 선

택할 때 BS 노드의 위치를 고려한 데이터 이동이 요구되며, 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 데이터 이동에 방향성을 추가하는 방법을 제안하고자 한다.

4. 데이터 이동의 방향성 부여

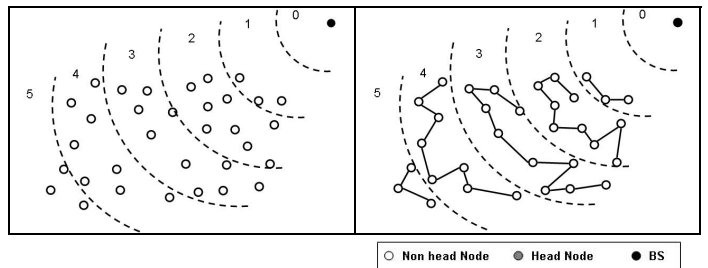
본 논문에서 제안하는 방향성에 기반한 라우팅 기법은 다음의 4 단계로 설명할 수 있다.

4.1 레벨의 설정

센서 네트워크에서 각 노드들은 BS 노드로부터 자신만의 레벨을 부여 받게 된다. 레벨은 BS 노드의 신호 크기를 이용하여 (그림 6-a)과 같이 BS 노드의 위치에서 동심원 형태로 지정이 된다. 레벨 간격은 BS 노드의 설정에 따라 다양하게 이루어질 수 있을 것이다. 여기서 레벨이 높다는 것은 BS 노드로 부터 더 멀리 있다는 것을 의미한다.

4.2 레벨 구간에서 체인의 설정

각 레벨의 구간에서 BS 노드와 가장 먼 노드에서부터 Greedy 알고리즘을 이용한 체인을 형성하게 된다. (그림 6-b)와 같이 체인을 형성할 수 있고, 이 체인의 형성 과정은 PEGASIS 라우팅 기법에서 사용되는 방법을 기반으로 하고 체인 형성할 때 Binary-Combining Scheme 을 이용한다. Binary-Combining Scheme 은 Linear-Chain Scheme 과는 달리 체인을 적절한 개수로 나누고 각 체인에서 하나의 노드가 헤드 노드의 역할을 맡아서 인접한 헤드 노드에 데이터를 전달하고 최종적으로 여러 헤드 노드중에 하나의 노드가 데이터를 병합하여 BS 노드에 데이터를 전달하는 방법이다 [5].



(a) 레벨 설정 (b) 체인 설정
(그림 6) 센서네트워크의 레벨과 체인 설정

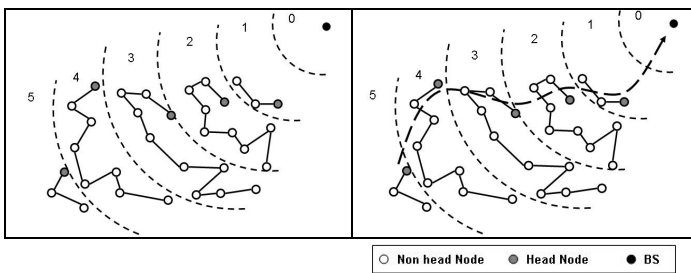
4.3 체인에서 헤드 노드의 설정

(그림 7-a)에서 각 레벨의 구간 즉 각 체인에서 헤드 노드가 설정 된다. L 레벨의 헤드 노드는 i 라운드에서 $i \bmod M_L$ (M_L : L 의 레벨을 가진 노드 갯수) 번째 노드가 선정이 된다. 노드 선정후에 자기의 노드의 위치를 자신의 레벨보다 한 단계 높은 상위 노드와 한 단계 낮은 하위 노드에게 선정 사실을 알리게 된다. 데이터를 전송할 때 헤드 노드는 그 레벨의 구간에서 나머지 노드들의 데이터를 받아 자기보다 낮은 레벨의 헤드 노드 혹은 BS 노드에게 전송하게 된다.

4.4 데이터의 전달

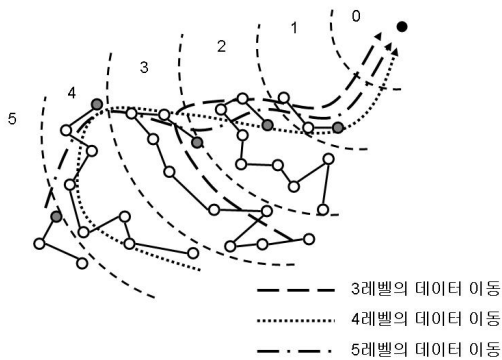
데이터를 전달할 때 PEGASIS 라우팅 기법을 기반으로 각 레벨의 중간 노드들은 체인으로 형성된 자신과 가장 가까운 노드에게 데이터를 전달하고 데이터를 수신한 노드들은 자신의 데이터를 데이터 병합 과정을 거쳐 체인상의 다음 노드로 전달하게 된다.

(그림 7-b)에서 각 레벨에서의 헤드 노드는 그 데이터를 자신보다 낮은 레벨의 헤드 노드에게 전송하게 되고 결국 1 레벨의 헤드 노드가 BS 노드에게 최종적으로 데이터를 전송하게 된다. 각 레벨의 헤드 노드는 해당 레벨의 노드들 또는 한단계 높은 레벨의 헤드 노드로부터 데이터 수신과 그 데이터를 자신보다 한단계 낮은 레벨의 헤드 노드에게 전달할 책임을 갖는다.



(a) 헤드 노드 설정 (b) 데이터의 전송
(그림 7) 헤드 노드 설정과 데이터의 전송

위의 4 단계의 과정을 정리해보면 센서 노드들의 집합을 동심원 형태로 나누고 레벨을 지정하였다. 같은 레벨에서 체인을 형성하게 되고 각 레벨에서 하나의 헤드 노드를 지정하여 라우팅을 구현함으로써 불필요한 데이터의 이동을 방지하게 된다.



(그림 8) 각 레벨에서의 데이터 이동

(그림 8) 에서 각 레벨에서 데이터 이동의 모습을 보여 주고 있다. BS의 노드의 위치를 고려한 레벨 기반의 라우팅 기법은 데이터 이동의 방향성을 이용하여 센서 네트워크 상에서 불필요한 에너지 소모를 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

5. 결론

센서 네트워크의 가장 고려해야 할 사항 중에 하나는 에너지 제약의 문제이다. 하지만 불필요한 데이터의 전송으로 인하여 경로상의 각 노드에서 일어나는

데이터 병합에 소모되는 에너지는 상당하다.

본 논문에서 PEGASIS 라우팅 기법의 확장으로 데이터 이동의 방향성을 고려한 라우팅 기법을 제안하였다. 이 라우팅 기법은 기존의 PEGASIS 라우팅 기법이 가지고 있던 불필요한 데이터 이동이 발생하는 취약점을 BS 노드에 대한 방향성을 이용한 데이터의 이동을 통해 해결하였다

향후, 본 논문에서 제안한 기법의 성능평가를 통한 검증과 함께 네트워크의 효율성을 극대화 시킬 수 있는 레벨의 설정과 헤드 노드의 선정에 대해 계속 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

- [1] Ian F. Akyildiz et al., "A Survey on Sensor Networks," IEEE Commun. Mag., Vol. 40, No. 8, pp. 102-114, Aug. 2002.
- [2] Jamal N. Al-Karaki, Ahmed E. Kamal, "Routing Techniques in Wireless Sensor Networks : A survey," IEEE Wireless Commun. Vol. 11, Issue 6, pp. 6-28, Dec. 2004
- [3] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Network," Jan. 2000.
- [4] S. Lindsey and C. Raghavendra, "PEGASIS : Power-Efficient Gathering in Sensor Information System," IEEE Aerospace Conf. Proc., Vol. 3, pp.1125-1130, 2002
- [5] Kemei Du, Jie Wu, and Dan Zhou, "Chain-based Protocols for Data Broadcasting and Gathering in the Sensor Networks", Parallel and Distributed Processing Symposium, Apr. 2003.
- [6] Jamil Ibriq and Imad Mahgoub, "Cluster-Based Routing in Wireless Sensor Networks: Issue and Challenge", 2004.
- [7] Tri Pham, Eun jik Kim, and Melody Moh, "On Data Aggregation Quality and Energy Efficiency of Wireless Sensor Network Protocols – Extended Summary", BroadNets 2004, pp.730-732, 2004.
- [8] Stephanie Lindsey, Cauligi Raghavendra, and Krishna Sivalingam, "Data Gathering Algorithms in Sensor Networks Using Energy Metrics", Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions, Vol. 13, Issue 9 , pp. 924-935, Sep. 2002.
- [9] Stephanie Lindsey, Cauligi Raghavendra, and Krishna Sivalingam, "Data Gathering in Sensor Networks using the Energy*Delay Metric", Parallel and Distributed Processing Symposium, Apr. 2001.