

무선 센서 네트워크를 위한 셀 기반 자기 구성 알고리즘의 제안

최재영^o 정영지

원광대학교 대학원 컴퓨터 공학과

{kassaka^o, yjchung}@wonkwang.ac.kr

Cell based Self Configuring Algorithm for Wireless Sensor Networks

Jae-young Choi^o, Yeong-Jee chung

Dept. of Computer Engineering, Wonkwang University

요 약

무선 센서네트워크는 다수의 센서 노드로 구성되어 데이터를 수집하는 네트워크다. 센서 네트워크를 이루는 노드는 대부분 이동성이 없는 고정식 노드이다. 그러나 현재 센서 네트워크의 다양한 응용의 확장은 이동성있는 모바일 센서노드에 대한 지원을 요구하고 있다. 본 논문에서는 이동성 있는 모바일 센서 노드의 네트워크 구성과 데이터 전송을 위해 셀을 기반으로 센서네트워크를 구성하고, 셀의 헤드를 이용하여 이동성 노드로부터 싱크 노드로의 데이터 전송이 가능하도록 무선 센서네트워크의 자기 구성 알고리즘을 제안하였다.

1. 서 론

무선 센서 네트워크는 다수의 센서 노드로 이루어진 네트워크를 말하며, 각각의 센서노드는 주변 환경을 센싱하여 정보를 수집하게 된다. 이 센서 네트워크는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구현하기 위한 기술중 하나로 인식되고 있으며, 기술의 발전에 따라 그 응용기술이 폭발적으로 개발될 것으로 기대된다 1).

이러한 센서 네트워크는 환경 감시, 전장의 적군의 동향 감지, 대규모 온실 환경 또는 공장의 작업 환경 등 특정한 영역 내에서 정보를 수집하고 이를 처리하기 위해 개발되고 발전하였다. 따라서 무선 센서 네트워크는 기본적으로 특정 위치에 고정되어 주변 환경에 대한 정보를 수집하는 노드의 구성에 대해 연구되어 왔으며, 센서 네트워크상에서 이동하는 객체에 대한 네트워크 구성에 대한 연구는 많지 않은 편이다.

본 논문에서는 센서 네트워크상에서 이동성을 지닌 센서 노드의 네트워크 구성을 지원하는 자기 구성 알고리즘을 제안하고자 한다.

2. 무선 센서네트워크의 라우팅 알고리즘

무선 센서 네트워크에 적용되는 자기 구성 알고리즘은 크게 평면 라우팅(flat routing)을 이용하는 것과 계층적 라우팅(hierarchical routing)을 이용하는 두 가지로 분류된다1).

평면 라우팅은 센서 필드 전체를 하나의 영역으로 간주하여 필드내의 모든 노드들이 동등하게 라우팅에 참여할 수 있도록 하고 라우팅에 있어 전송 효율을 높이기 위해 센서 노드간 멀티홉 라우팅을 수행한다. 따라서 네트워크의 구성은 데이터 전송에 따라 가변적으로 이루어지게 된다. 대표적인 알고리즘으로 SAR, Directed Diffusion, SPIN, Minimum Cost Forwarding Algorithm for Large Sensor Networks를 들 수 있다 2)3).

평면 라우팅을 사용하는 경우 데이터를 전송하는 센서 노드의 위치에 맞추어 라우팅 패스가 데이터 전송시 혹은 네트워크 구성시 설정되며, 이동 노드를 지원하기 위해서는 네트워크의 구

성을 주기적으로 다시 해야 할 필요가 있다.

계층적 라우팅은 네트워크를 클러스터링을 기반으로 한 다수의 영역으로 분할하여 각각의 클러스터 영역 안에 존재하는 특정 노드에 특정임무를 수행하는 헤드의 역할을 부여하여 헤드와 헤드, 그리고 헤드와 싱크 노드간의 라우팅을 수행하도록 한다. 대표적인 알고리즘으로 LEACH, PEGASIS, TEEN, APTEN를 들수있다 4)5).

계층적 라우팅을 사용하는 경우 네트워크는 클러스터의 재생성 주기에 따라 재구성되며, 이동성을 지닌 노드의 경우 통신을 위해 클러스터 헤드와 동기를 맞추어야 하는 알고리즘의 특성상 모바일 노드의 이동에 따른 네트워크의 재구성이 빈번하게 발생할 가능성이 존재한다.

3. 셀 기반의 무선 센서네트워크 자기구성 알고리즘

3.1 알고리즘의 제안

현재까지의 무선 센서네트워크의 자기 구성과 라우팅에 관한 알고리즘은 고정된 센서가 주변 환경을 감시하는 것에 목적을 두고, 이를 위해 이동성 없는 고정된 센서 노드가 데이터를 수집하고 이를 싱크노드로 전송하는 기능을 개발하는데 연구를 집중하였다.

따라서 위치가 고정되어 있지 않고 이를 특정화할 할 수 없는 노드의 경우 노드의 위치를 시간적으로 분석할 경우 이를 특정화 할 수 있는 것에 기반을 두고 라우팅 테이블을 구성하여 이를 해결하는 것을 고려할 수 있다.

그러나 이는 센서네트워크의 재구성을 빈번하게 하여 라우팅 테이블의 구성을 위한 메시지 교환의 증가를 가져와 센서 노드의 에너지 소모를 증가시키는 단점이 있다. 이는 센서 네트워크의 수명을 단축시키는 결과를 가져 오게 된다.

그러므로 기존의 자기 구성 알고리즘을 대신하여 모바일 센서 노드의 이동성을 지원하는 네트워크의 자기구성을 위한 알고리즘이 필요하다.

본 논문에서는 이를 위해 모바일 센서 노드를 제외하고, 무선 이동성이 없는 센서 노드를 기반으로 네트워크 내에 셀을 구성하여, 이 셀을 통해 인접한 이동 모바일 센서 노드의 데이터 전송을 지원하는 계층적 무선 센서네트워크 자기 구성 알고리즘을 제안하고자 한다.

이 논문(또는 저서)은 2005년도 교육인적자원부 지방연구중심 대학육성사업 헬스케어기술개발사업단의 지원에 의하여 연구되었음.

셀 기반 자기 구성 네트워크에서 사용되는 주요 파라미터는 다음과 같다.

<i>R</i>	전체 노드를 셀 헤드로 설정하기 위한 라운드 수
<i>P</i>	네트워크에서 셀 헤드 설정 확률
<i>CID</i>	셀 헤드 설정 메시지 ID
<i>NID</i>	센서 노드 ID
<i>T</i>	셀 헤드 설정 판별 값

[표 1] 제안된 알고리즘에 사용되는 파라미터

네트워크의 자기 구성은 다음과 같은 순서로 진행된다.

```

begin
  set up P
  calculate R by  $R=Round(100/P)$ 
  Broadcasting Cell Creation Message From Sink
  while(if a good enough do)
    begin
      Broadcasting Cell Creation Message From Cell Head
    end
  end
end
    
```

3.2 파라미터 *P* 와 *R*의 설정

제안한 자기구성 알고리즘은 센서노드의 셀 구성을 기반으로 이동성 노드의 네트워크 구성을 이루게 된다. 따라서 본 알고리즘에서 센서 필드 상에 셀 구성은 중요한 문제 중 하나이다. 센서네트워크를 구성하는 센서 노드들은 그 자체가 노드 주변의 환경 정보를 수집하고 이를 싱크 노드로 전송하는 한편 주변의 센서 노드들이 전송하는 정보를 싱크노드로 중개하는 하나의 셀 헤드 역할도 수행해야 한다. 그렇지만 센서 필드상의 전체 노드가 각각의 셀을 구성하는 것은 비효율적이므로 센서 노드중 일부만이 셀 헤드로 동작하여 셀을 구성하여 전체 네트워크의 에너지 소모를 감소시키는 것이 필요하다.

이를 위해 센서 노드들은 주기적으로 노드 중 일부를 *P*로 설정하여, 이 노드들이 셀 헤드로 동작하게 된다.

그리고 이러한 설정 주기를 라운드라 말하며 네트워크는 *R* 라운드를 수행하게 되면 네트워크는 초기화된다. 이를 위한 *R*은 *P*를 이용하여 [수식 1]에서 구한다.

$$R = \text{round}(100/P) \quad \text{-----} \quad \text{[수식 1]}$$

파라미터 *P*와 *R*은 각 센서 노드 설정시 결정된다.

3.3 싱크 노드에서의 Cell Creation Message 브로드캐스팅

싱크 노드는 각 라운드의 초기에 자신의 주변 노드로 Cell Creation Message를 전송하게 된다. 이 메시지는 셀 구성 메시지 전송 노드의 ID, Cell Creation Message ID(*CID*), 싱크노드로의 라우팅 매트릭 값을 갖는다.

Cell Creation Message는 고유한 *CID*를 가지고 있으며, *CID*는 정수로서 각 라운드마다 증가하게 된다. 이 *CID*는 한 라운드에 전송되는 모든 셀 구성 메시지에 있어 동일하다. 각 노드는 *CID*를 통해 자신이 몇 번째 라운드에 참가하는지 여부를 판별하여 셀 헤드 선발 메시지에 대한 수행을 결정하며, 중복으로 셀 헤드 선발에 참여하는 것을 방지한다. 라우팅 매트릭값은 싱크 노드로의 홑 수를 의미한다.

Cell Creation Message를 받은 센서 노드는 [수식 2]를 통해 셀 헤드로 동작 여부를 결정하게 된다.

$$T = ((NID \bmod R) - ((CID \bmod R) - 1)) \quad \text{-----} \quad \text{[수식 2]}$$

각 센서 노드는 정해진 수식을 계산 T값이 0인 경우 셀 헤드로

로 동작하며, 그 외의 경우 센서노드로 동작하게 된다.

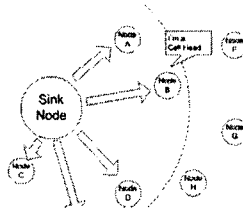
셀 헤드가 되지 못한 센서 노드는 현 라운드에는 센서 노드로 동작하며, 다음 라운드에 셀 헤드 선발에 참여하게 된다.

한번 셀 헤드로 동작한 센서노드는 전체 라운드가 끝나는 시점까지 더 이상 셀 헤드로 동작하지 않는다. 각 센서노드는 현재 진행되는 라운드의 숫자를 파악하여 전체 노드가 셀 헤드를 수행한 시점이 되면 센서 노드를 초기화하여 셀 헤드 설정에 참여한다.

3.3.1 셀 설정의 예

[그림 1]에서 싱크노드는 자신의 통신 범위 내의 센서 노드를 대상으로 셀 헤드의 설정을 시도한다. 싱크노드는 Cell Creation Message를 브로드캐스트하고 이를 수신한 센서 노드는 셀 설정을 한다.

셀 헤드로 결정된 노드는 메시지를 보낸 싱크노드자신의 노드 ID를 전송하여 싱크 노드의 라우팅 테이블에 자신을 등록하고 자신의 라우팅 테이블 또한 갱신한다. 셀 헤드로 설정되지 못한 노드는 같은 메시지 ID의 셀 구성 메시지가 도착 하더라도 더 이상 셀 헤드 설정에 관여하지 않는다.



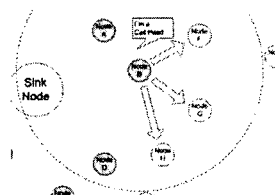
[그림 1] 싱크 노드에서의 셀 구성 메시지 전송

3.4 셀 헤드에서의 Cell Creation Message 브로드캐스팅

위의 과정을 통해 셀 헤드로 결정된 노드는 Cell Creation Message를 주변에 브로드캐스트 한다. 이 메시지는 싱크노드로부터 받은 Cell Creation Message와 같은 *CID*를 사용하여 센서 노드의 셀 설정시 중복된 설정 참가를 막는다. Cell Creation Message를 받은 주변 노드는 [수식 2]를 통해 셀 헤드 설정에 참가한다. 다른 센서 노드부터 정해진 응답 기간 동안 응답이 없는 경우 Cell Creation Message 전송은 종료된다. 이러한 Cell Creation Message 전송은 전체 네트워크 구성시까지 반복된다.

3.4.1 셀 설정의 예

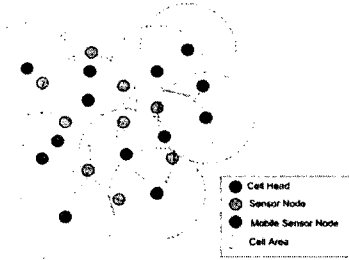
[그림 1]에서 Node B가 셀 헤드로 설정된 경우 [그림 2]에서 보듯이 싱크 노드와 마찬가지로 Cell Creation Message를 브로드캐스트 한다. 싱크 노드에서의 셀 구성 메시지 전송 때에는 다르게 셀 헤드로부터의 셀 구성 메시지는 한 노드가 다수의 셀 헤드로부터 메시지를 수신 받게 된다. 센서 노드는 먼저 자신이 셀 헤드로 동작할 지 여부를 설정하게 된다. 셀 헤드로 설정된 센서 노드는 자신이 받은 메시지 중 가장 라우팅 매트릭 값이 적은 셀 헤드로 자신의 노드 ID를 전송하여 라우팅 테이블을 구성한다.



[그림 2] 설정된 셀 헤드에서의 셀 구성 메시지 전송

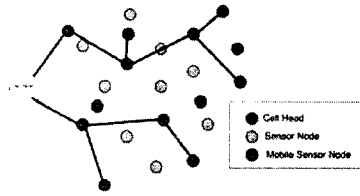
3.5 셀 기반 네트워크

이렇게 전체 네트워크에 셀 구성 메시지가 전달되면, 네트워크는 설정된 셀 헤드만을 대상으로 네트워크를 구성하게 된다.



[그림 3] 셀 기반 무선센서 네트워크

이러한 셀 기반 네트워크는 각 셀 헤드가 설정시 제공한 노드 ID를 통해 라우팅 테이블을 구성하게 된다.

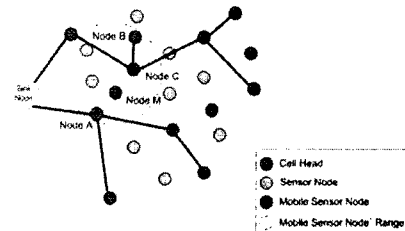


[그림 4] 셀 기반 무선 센서 네트워크의 라우팅

3.6 이동성 노드의 지원

상기와 같이 센서 네트워크가 구성되면 구성된 센서 네트워크는 각각의 셀을 기반으로 구성되게 된다.

이동성을 지닌 센서 노드는 전송할 데이터가 발생하는 경우 이의 전송을 위해 가장 가까운 셀 헤드를 찾게 된다.



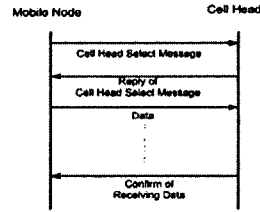
[그림 5] 이동 노드의 데이터 전송

이동 무선 센서 노드는 셀 구성에 참여하지 않으며, 데이터 전송이 필요한 경우를 제외하면 네트워크를 구성하지 않는다. 다만 데이터 전송이 필요한 경우 자신의 전송 범위내의 셀 헤드를 선택하여 데이터 전송을 일임하게 된다.

그림 5의 경우 노드 M은 데이터 전송을 위해 주변 셀 헤드에 셀 헤드 선택 메시지를 발송한다. 이를 수신한 셀 헤드는 이에 대한 응답으로 자신이 가진 싱크노드로서의 라우팅 메트릭 값, 노드 ID를 전송한다.

센서 노드는 이 메트릭 값을 판별하여 가장 메트릭 값이 적은 셀 헤드를 선택하고 이 셀 헤드에 자신의 데이터를 전송하게 된다.

데이터 전송을 위한 메트릭 값은 단순 흡수를 이용하며, 그림 5의 경우 셀 헤드인 노드 A의 흡수가 가장 적으므로 노드 M은 노드 A에 자신의 데이터를 전송하게 된다.



[그림 6] 셀헤드와 Mobile Node의 통신

모바일 노드는 데이터 전송후 일정 시간 데이터 전송에 대한 확인을 기다린후 확인이 없으면, 새로운 셀 헤드 선택 메시지를 브로드캐스트 하여 다시 데이터를 전송하게 된다. 이는 모바일 노드의 셀간 핸드오프와 셀 헤드의 결함에 대해 대비하기 위한 것이다.

셀 헤드로 설정되지 않은 이동성이 없는 일반 센서 노드의 데이터 전송은 모바일 센서노드와 같은 방법으로 이루어지게 된다.

3.7 네트워크의 유지

네트워크는 정해진 라운드마다 네트워크를 새로 구성하여 네트워크 토폴로지의 변화에 대비한다.

그리고 셀 헤드는 주기적으로 HELLO 메시지를 브로드캐스팅 한다. 각 노드는 자신의 라우팅 테이블에 있는 셀 헤드로부터 정해진 시간동안 HELLO메시지가 없는 경우 이를 싱크 노드로 보고하고, 싱크 노드는 전체 네트워크를 재구성 한다.

4. 결론

본 논문에서는 모바일 센서 노드의 네트워크 구성과 데이터 전송을 지원하기 위한 셀 기반 자기 구성 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 센서 노드 중 정해진 비율로 각 라운드마다 셀 헤드를 선발하여 네트워크를 여러 셀의 중첩으로 구성하고 이 셀 헤드에 데이터 전송을 일임하여 네트워크 전체의 구성을 간소화하고 모바일 센서 노드의 데이터 전송을 지원하도록 설계되었다.

향후 연구에서는 제안된 알고리즘에서의 효과적인 셀 헤드의 비율과 모바일 노드의 셀간 이동시 보다 효율적인 핸드오프 방안에 대해 연구해야 할 것이다.

5. 참고문헌

[1] I. F. Akyildiz et al., "Wireless sensor networks: a survey", Computer Networks, Vol. 38, pp. 393-422, March 2002.
 [2] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks, Proceedings of the ACM MobiCom'00, Boston, MA, 2000
 [3] W.R. Heinzelman, J. Kulik, H. Balakrishnan, Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks, Proceedings of the ACM MobiCom'99, Seattle, Washington, 1999
 [4] W.R. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks, IEEE Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences, January 2000
 [5] Arati Manjeshwar et al., "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks," Proc. Second Int'l Workshop Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, 2001.