유비쿼터스 센서 네트워크 환경에서 목표영역에서의 에너지 효율을 고려한 데이터 수집 프로토콜

정기원° 신동규 이용재 신용태
숭실대학교
jels@cherry.ssu.ac.kr°, nicesdg@empal.com
kodante@digicaps.com, shin@cherry.ssu.ac.kr

Energy Efficient Data Collection Protocol for Target-Region in Ubiquitous Sensor Network

Ki-Won Jung°, Dong-Gyu Shin, Young-Jae Lee, Young-Tae Shin
Dept. of Computing, Soongsil University

요 약

오늘날 유비쿼터스 센서 네트워크는 다양한 분야에서의 응용이 연구되고 있고 이를 위해 해결해야할 기술적 과제 역시 다양하다. 그 중에서도 효율적인 에너지 활용 능력이 중요시 되고 있는데 본 논문에서는 이러한 USN의 특성을 고려하여 특정 지역에서 에너지의 효율을 고려한 데이터 수집 프로토콜을 제안한다.

1. 서론

유비쿼터스 센서 네트워크는 인간과 자연, 그리고 사물과 끊임없이 상호작용하고 자연 현상에 대해 탐구하고자 하는 지적 욕구에 의한 산물이라 할수 있다. 이러한 유비쿼터스 센서 네트워크는 현상을 감지하는 센싱 기술과 함께 무선 통신 기술이 핵심을 이루고 있는데 소형화, 경제적 비용, 저전력 구동 등이 주요 기술적 해결 과제로 인식되고 있다. 센서 네트워크는 수많은 센서 노드들로 구성이 되고 사람의 접근이 용이하지 않는 환경에서 동작할수 있기 때문에 배터리 전원을 효율적으로 사용하는 것이 무엇보다 중요하다. 본 논문에서는 이러한 센서 네트워크의 특성에 적합하도록 목표영역 에서의 에너지 효율을 고려한 데이터 수집 프로토콜을 제안한다.

2 유비쿼터스 센서 네트워크 라우팅 프로토콜

2.1 플러딩 (Flooding)

플러딩은 패킷을 네트워크 전체로 브로드캐스팅 하기 위한 패킷 전달방식으로, 그 동작 방식이 비교적 간단하다. 또한 라우팅 패스(Path) 를 설정하고 유지하기 위한 별도의 설정이 필요하지 않기 때문에 토폴로지 설정과 관련한 추가 비용이 들지 않는 다는 장점이 있다. 그러나 센서 네트워크의 특성상 무선 전송영역이 서로 중첩되는 특성을 갖고 있기 때문에 플러딩 수행중 패킷 충돌(collision) 및 브로드캐스트 패킷의 중복 수신(duplication) 으로 인한 네트워크 성능 저하가 문제점으로 인식되고 있다[1].

2.2 GEAR

GEAR(Geographical and Energy Aware Routing)는 센서 네트워크의 쿼리가 특정 영역에만 국한되는 상황을 가정한다. GEAR 는 기존의 플러딩을 사용하는 대신 효율적인 에너지의 이용을 고려하여 목표영역에 쿼리를 전송하는 프로토콜이다.

GEAR 는 목표영역에 쿼리를 전달하기 위해 두 가지 데이터 전송 알고리즘을 사용한다. 싱크에서 목표영역 까지 에너지 소모 비용에 관한 학습을 통해 다음 노드를 선택하는 과정과 목표영역 내 모든 센서 노드에게 에너지 효율적으로 쿼리를 전달하기 위해 지역내에서 순환적으로 포워딩을하는 과정이 있다[2].

3. 제안하는 데이터 수집 프로토콜

센서 노드들 간의 밀집도가 낮은 환경에서 특정 영역에 대한 정보를 수집하기 위해 싱크는 목표영역을 한정할수 있다. 싱크로부터 설정된 목표영역에 대한 좌표는 쿼리패킷에 기록되어 목표영역내의 센서 노드들만 플러딩 토폴로지를 형성하도록 한다. 각 노드는 위치 정보 제공 시스템(예- 위성 등을 이용한 위치정보 제공, 지역 기반 위치정보 제공 등)에 의해 자신의 위치 정보를 알고있는 것을 전제하였고 노드들간의 주기적인 메세지 교환을 통해 이웃노드들의 위치정보 역시 알고있는 것을 전제하였다. 이를 위해 각 노드는 이웃노드 리스트를 관리하며 모든 노드는 한 센서 네트워크 에서 고유한 임의 의 식별자가 부여된다.

3.1 목표영역 에서의 플러딩 패스 설정과정

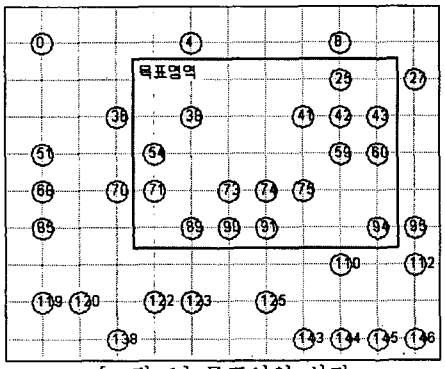
센서 노드들 에게 목표영역을 알리고 쿼리를 전송하기 위해 제어 메세지를 사용한다. 제어 메세지는 센서 노드들에게 특정 동작을 지시하게 되는데 쿼리 전송을 위한 플러딩 패스 설정, 플러딩 패스의 중복설정 방지, 데이터 수집을 위한 동작을 나타낸다.

[표-1] 제어 메세지

메시지	설명
INIT	플러딩 패스 설정 메시지. 목표영역 알림과 플러딩 패스 설정을 위한 초기화 메시지.
ACT	패스 중복설정 방지 메시지. INIT 메시지에 의한 플러딩 패스 설정후 중복 설정 방지를 위한 통지 메시지.
DATA	데이터 수집 메시지. 종단노드로 부터 역패스로 전송되며 노드들에게 DATA수집과 취합을 지시.

3.1.1 목표영역 설정

싱크 로부터 설정된 목표영역의 좌표 정보와 쿼리를 함께 전송한다. 싱크로부터 발생한 쿼리 패킷은 다른 여러가지 알고리즘을 통해 목표영역 까지 전달될수 있는 것을 가정한다.[3][4]



[그림-1] 목표영역 설정

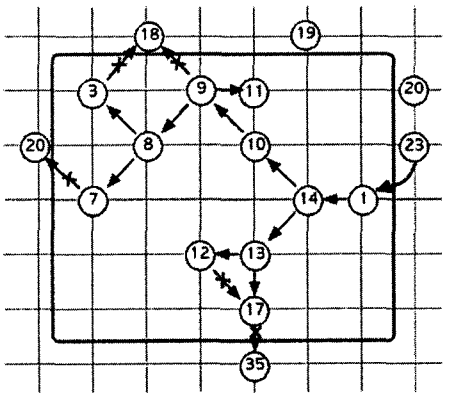
3.1.2 에너지 효율을 고려한 플러딩 패스설정

쿼리패킷은 목표영역 내의 임의의 노드에게 전송되며 목표영역 내 에서 가장 먼저 쿼리패킷을 발견한 노드부터 에너지 효율을 고려한 플러딩 패스를 구성하게 된다. 노드들은 제어 메세지에 의해 동작을 결정하게 되는데 INIT 메세지는 노드들 에게 목표영역을 알리고 플러딩 패스를 설정한다. 목표영역 내에서 패스가 설정 되면서 다른 이웃 노드에 의해 부모 노드를 두개 이상 갖게되는 패스 중복 설정 문제가 발생할수 있다. 이를 방지하기 위해 이미 패스가 설정이 되어 하나의 부모 노드 식별자를 획득한 노드에게 다른 이웃 노드로부터 패스 설정을 위한 INIT 메세지가 전송된다면 이를 거부하기 위해 ACT 메세지가 전송된다. 이웃 노드 리스트 상에서 목표영역에 속하는 이웃 노드가 존재 하지 않을경우 노드는 플러딩 패스 설정 과정을 종료하고 데이터 수집을 알리는 DATA 메세지를 부모 노드에게 전송한다. 플러딩 패스를 설정하는 과정에서 다음 노드를 선택하는 알고리즘은 다음과 같다.

```
L(Nx) : 다음 후보 노드들의 리스트
L(Ni) : 노드의 이웃 노드 리스트
L(Np) : 부모노드의 이웃노드 리스트
Np : 부모 노드

[다음노드 선택 알고리즘]
L(Nx) = L(Ni) – L(Np) – Np  ----------(1)

[Pseudo Code] ----------(2)
- Node_State -
'P' : Parent Node
'E' : Sensing Enable
'D' : Sensing Disable

//Nx 는 전송가능한 다음 노드들의 리스트
Next[] = getNextNodes(node_list , derive_list)
loop
    if(Next[x].state = 'E') //Node_State 정보
        sendTo(Next[x], packet)
    x++
until num_of_nodes(Next[x])
```

[그림-2] 다음노드 선택 메커니즘

다음노드 선택 알고리즘(1) 에서는 전송 가능한 다음 노드들의 리스트를 반환한다. 즉, 현재 노드의 이웃 리스트에서 부모 노드를 포함한 부모 노드의 이웃 리스트와 중복되는 노드 를 리스트에서 제외하면 플러딩 패스를 설정하기 위한 다음 노드들의 리스트가 반환된다. (2) Pseudo Code 에서는 반환된 전송가능한 다음 노드들의 리스트 Next[] 로 쿼리 패킷을 전송하는 과정을 나타낸다. (1) 다음노드 선택 알고리즘 을 통해 얻은 전송가능한 다음 노드들을 모두 플러딩 패스로 설정하는 것은 아니다. 이 노드들 중 목표영역을 벗어난 노드 역시 플러딩 패스에서 제외 되어야 한다. 때문에 반환된 다음 노드들의 개수만큼 루프를 반복하며 Node_State 정보를 확인한다. Node_State 값이 'E' 이면 목표영역 내부에 위치하기 때문에 플러딩 패스를 형성하기 위한 패킷을 전송한다. 반면에 Node_State 값이 'D' 이면 목표영역의 외부에 위치하기 때문에 패킷을 전송하지 않는다. Node_State 'P' 는 부모노드 임을 나타내며 수집된 데이터 전송을 위한 역패스 설정시 식별된다.



[그림-3] 목표영역내 플러딩 패스 설정

3.2 데이터 수집과 취합

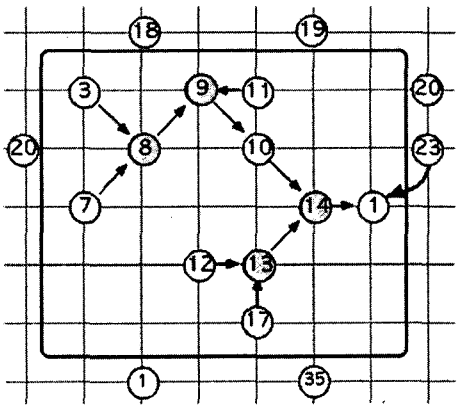
플러딩 패스를 형성하는 과정 에서 노드는 자신의 이웃 리스트 정보를 참조한다. 이웃 리스트에 부모 노드를 제외한 더이상의 다른 이웃 노드가 존재하지 않거나 목표영역에서 벗어나는 노드만이 존재 한다면 노드는 패스 설정 과정을 종료한다. 그리고 데이터 수집과 전송을 알리기 위해 DATA 메세지를 부모 노드 즉, 패스의 역방향 으로 전송한다. 수집한 데이터와 함께 부모 노드에게 DATA 메세지를 전송하기 위해서는 DATA 메세지 전송조건을 만족해야한다. DATA 메세지의 전송조건은 노드의 이웃 리스트 테이블에서 State 항목에 State 'E' 로 표기된 노드의 개수만큼 DATA 메세지를 수신해야 한다.

[표-2] node 9 의 이웃 리스트 테이블

ID	Nx(x, y)	State	D_rcv
10	(33, 21)	P	.
8	(17, 21)	E	.
18	(17, 8)	D	.
11	(33, 16)	E	.

표-2는 노드 9의 이웃 리스트 테이블을 나타낸다. 노드9의 이웃 노드들은 노드8, 10, 11, 18 이며 State 'E' 를 나타내는 노드8, 11 에게 플러딩 패스를 설정한다. State 'D' 를 나타내는 노드 18은 목표영역에 포함되지 않기 때문에 플러딩 패스를 설정하지 않는다. State 'P' 를 나타내는 노드10 은 부모노드 로서 노드9가 수집한 데이터를 전송받게 된다. 노드9는 DATA 메세지 전송조건에 따라 노드8과 노드11로부터 DATA 메세지를 수신해야 부모노드인 노드10에게 DATA 메세지를 전송할수 있다.

이러한 DATA 메세지 전송 조건은 패스의 종단 노드를 제외한 목표 영역내 플러딩 패스를 구성하는 모든 노드에게 적용되며 이는 중복된 데이터 전송을 막고 데이터 취합을 위한 조건이다.



[그림-4] 데이터 취합을 위한 센서 노드의 동작

그림 4는 역패스를 향해 DATA 메세지를 전송하고 수집된 데이터를 취합하는 노드를 나타낸다.

4. 결론

본 논문은 유비쿼터스 센서 네트워크에서 활용될수 있는 라우팅 프로토콜과 그 특성을 알아보았다. 이러한 USN 환경에서 데이터 전송을 위한 다양한 경로설정 방법이 존재하지만 무엇보다도 에너지를 보다 효율적으로 활용할수 있는 방법이 개발 되어야 할것이다. 본 논문에서는 특정 영역 즉, 싱크가 데이터 수집을 원하는 지역에서 에너지 효율적인 경로설정을 위한 프로토콜을 제안하였다. 이것은 기존의 플러딩 방식을 개선하였으며 싱크에게 데이터 수집을 위한 새로운 방법을 제공한다.

참고문헌

[1] Y-C Tseng, S-Y Ni, Y-S Chen, and J-P Sheu, "The Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network," ACM/Kluwer Wireless Networks, No. 8, pp. 153-167, 2002.

[2] Yan Yu, Ramesh Govindan and Deborah Estrin. "Geographical and Energy Aware Routing: A Recursive Data Dissemination Protocol for Wireless Sensor Networks," UCLA Computer Science Department Technical Report UCLA/CSD-TR-01-0023, May 2001.

[3] Gregory G. Finn. "Routing and addressing problems in large metropolitan-scale internetworks," Technical Report ISI/RR-87-180, USC/ISI, March 1987.

[4] Yong-Bae Ko and Nitin H. Vaidya. "Location-Aided Routing (LAR) in Mobile Ad Hoc Networks," In Proceedings of the Fourth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom'98), Dallas, TX, 1998.