

무선 센서 네트워크에서 이동 싱크 그룹을 위한 에너지 효율적인 데이터 전달 프로토콜

임용빈^o 박호성 이정철 오승민 김상하

충남대학교 컴퓨터공학과

{ybyim, hspark, jcllee, smoh}@cclab.cnu.ac.kr, shkim@cnu.ac.kr

Energy-Efficient Data Dissemination Protocol for Wireless Sensor Networks with Mobile Sink Groups

Yongbin Yim, Hosung Park, Jeongcheol Lee, Seungmin Oh, and Sang-Ha Kim
Dept. Of Computer Engineering, Chungnam National University

1. 서 론

무선 센서 네트워크에서 싱크는 센서 필드 주변을 이동할 수 있다. 또한 다수의 싱크들이 근접한 지역에서 함께 움직이는 싱크 그룹이 될 수 있다. 예를 들면, 소방대나 군 소대의 이동이 있다. 이들은 목적지를 향해 같은 방향으로 이동하지만 항상 고정된 형태의 대열로 이동하지는 않는다. 즉, [1]에 제시된 그룹 이동 모델처럼 이동 싱크 그룹은 센서 필드 주변을 공동적으로 움직이지만, 멤버 싱크는 지역적으로 한정된 영역 안에서는 임의적으로 움직일 수 있다. 우리는 이러한 그룹의 움직임의 특성을 다음과 같이 정의한다; 1) 거시적 이동, 2) 미시적 이동. 거시적 이동은 멤버 싱크들이 공동적으로 움직이는 것을 말하고, 미시적 이동은 그룹의 한정된 지역 안에서 임의의 개별적인 움직임을 말한다.

이들 그룹에 데이터를 전달하기 위해서, 애드 혹 무선 네트워크에서는 지역적으로 관련된 다수의 목적지에 데이터를 전달하는 전통적인 geocasting 방안이 적용되어 왔다. 이 방안을 사용하여 지역적으로 한정된 위치에서 다수의 싱크들의 미시적 이동을 효과적으로 지원할 수 있지만, 영역 자체가 움직이는 거시적 이동에 대해서는 지원할 수 없다. 이를 해결하기 위해, 우리는 이전 연구로 RBDD [2]를 제안했다. 이 방안은 싱크 그룹의 새로운 영역을 주기적으로 계산하여 소스에게 업데이트 함으로써 거시적 이동을 지원할 수 있다.

그러나 RBDD는 다음과 같은 2가지 주요 문제점을 갖는다. 첫째, 주기적인 영역 계산을 위한 시그널링 오버헤드가 크다. 대표 싱크는 그룹 영역의 4배 크기의 플래딩을 해야 하며 모든 멤버 싱크들은 대표 싱크에게 자신의 위치 정보를 전송해야 한다. 둘째, 계산된 영역을 업데이트하는 비용이 크다. 대표 싱크는 그룹의 이동과 관계없이 주기적으로 매번 소스까지 업데이트를 해야 한다.

본 논문에서, 우리는 이동성을 가진 싱크 그룹의 고유한 특성을 고려하여 에너지 효율적인 싱크 그룹의 이동성을 지원하는 방안을 제시한다. 그룹 이동의 중요한 특성 중의 하나는 집단적 이동이다. 이것은 하나의 멤버 싱크의 움직임이 그룹 전체의 움직임도 반영한다는 것을 의미한다. 이 특성을 이용하여 제안 방안은 현재 지역을 벗어나는 싱크들만의 위치 업데이트를 통해 새로운 지역을 계산한다. 또한, 무선 통신 환경에서 브로드캐스팅의 오버히어링 (overhearing) 특성을 활용하여 데이터를 전송하는 동안 추가적인 위치 업데이트 수행 없이 전송 경로의 역으로 새로운 그룹 위치 정보를 전달한다. 따라서, 기존 방안에 비해 새로운 지역을 계산하는 비용을 줄이고, 계산된 지역의 정보를 매번 소스까지 업데이트 하는 비용을 줄일 수 있다. 또한 그룹의 거시적 이동이 크지 않을 경우 불필요한 지역 재계산 비용을 줄일 수 있다.

2. 제안 방안

이 방안의 핵심 절차는 몇몇 멤버 싱크만의 이동 정보로 이동 싱크 그룹을 추적하는 것과 지속적인 위치 서비스 없이 그룹의 이동 정보를 전달하는 방법이다.

2.1 싱크 그룹 추적

그룹이 이동함에 따라 계산된 영역을 벗어나는 싱크가 발생한다. 예를 들면 그림 1에서, 그룹이 음영의 원의 위치에서 빈 원의 위치로 이동을 한다. ①번 화살표와 같이 한 멤버 싱크가 이전 그룹 영역을 이탈한다. 이 싱크가 추적 프로세스를 야기시킨다. 또한, 하나 이상의 싱크가 영역 밖으로 이동할 수 있기 때문에, 이들 모두의 정보를 수집하여 싱크 그룹의 새 위치를 계산하는 것이 필요하다. 그러나 각 멤버의 위치를 알지 못하기 때문에 마지막으로 플래딩을 수행한 노드가 주체가 되어 이들의 정보를 수집한다. 이 노드를 피벗(pivot) 노드라고 하며, 피벗 노드는 다음과 같은 임무를 가진다.

1) 새 그룹 위치 계산

멤버 싱크들은 영역 정보인 C와 R을 가지고 있기 때문에 자신이 영역을 벗어났는지 인지할 수 있다. 영역을 벗어난 싱크가 이동 정보를 피벗에게 보고하면 피벗은 이 정보를 사용하여 새 그룹 위치를 계산한다.

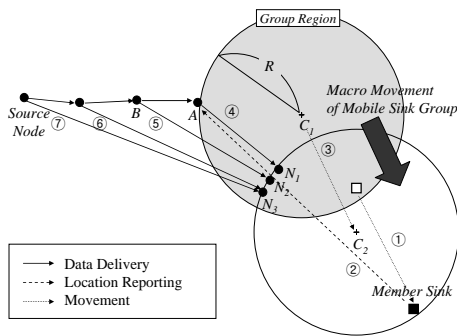


그림 1. 그룹 영역 계산과 위치 전달

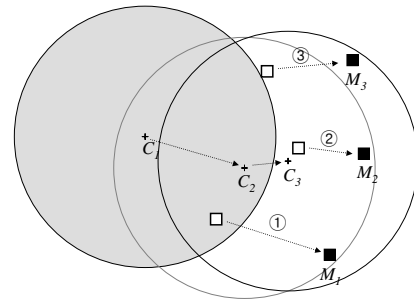


그림 2. 그룹 이동 정보 수집 과정

그림 1에서 볼 수 있듯이, ① 싱크 그룹이 이동하여 이전 영역을 벗어나게 되는 싱크가 발생한다. ② 이 싱크는 영역을 벗어났음을 알게 되고 현재 피벗 A에게 위치 보고를 수행한다. ③ A는 그룹의 새 위치를 계산한다. 소스는 이 때까지 그룹이 이전의 위치에 존재하는 것으로 알고 있기 때문에 다음 데이터를 현재 피벗 A에게 전달하게 된다. ④ A가 이 데이터를 받으면, 새로운 위치로 목적지를 다시 설정하여 그 곳으로 전달한다.

또한, 하나 이상의 멤버 싱크가 영역을 벗어날 수 있으므로 다음과 같이 싱크들의 정보를 수집하여 중심점을 계산한다. 그림 2를 보면 멤버 싱크의 움직임이 3개가 있다. 먼저 M_1 이 영역을 벗어나 영역에서 벗어난 거리만큼 중심점이 P_1 에서 P_2 로 이동했다. 다음에 M_2 의 이동이 있으나 새로 계산된 영역을 벗어나지 않았기 때문에 무시된다. 이후 M_3 가 이 영역을 벗어나고 역시 벗어난 거리만큼 이동하여 P_3 가 된다. 이러한 방법으로 새로운 원은 모든 싱크를 포함할 수 있다.

그룹의 이동 정보를 알기 위해 모든 멤버 싱크에게 플러딩과 같은 시그널링을 사용하는 대신 벗어난 몇몇 노드만 피벗에게 보고하므로 에너지 소비 측면에서 상당히 효율적이다

2) 이동 싱크 그룹의 위치 전달

피벗은 이동한 싱크 그룹의 새 위치를 계산하고, 이를 소스와 모든 멤버 싱크가 알 수 있게하는 역할을 한다. 멤버 싱크에게는 데이터를 플러딩 할 때 피벗 자신의 위치를 삽입하여 싱크가 영역을 벗어나면 이를 피벗에게 알려줄 수 있게 한다. 그리고, 그룹이 이동한 후에 싱크들이 그룹의 새 위치를 알 수 있게 하기 위해서, 피벗은 그룹 영역의 중심점과 반지름을 포함하여 제한적인 플러딩을 수행한다. 소스에게는 오버헤어링 특성을 이용하여 피벗에 그룹의 새 위치로 데이터를 전달할 때 전송 경로의 역으로 위치 정보가 전달되게 한다.

2.2 싱크 그룹 위치 전달

그룹의 위치를 알려주기 위한 소스로의 지속적인 위치 업데이트는 에너지 소비 측면에서 비효율적이다. 제안한 방안은 지속적인 업데이트를 방지하기 위해 이전 연구인 elastic routing [3]에서 이용하였던 오버헤어링 특성을 사용한다. Elastic routing에서는 한 노드가 싱크의 새 위치로 데이터를 보내면, 새 위치 정보를 이전 포워딩 노드가 오버헤어링 할 수 있다. 이 특징을 이용하면 지속적인 위치 업데이트 없이 싱크 그룹에게도 데이터를 전송할 수 있다. 즉, 위치 정보 전달을 위해 어떠한 추가 연산도 수행되지 않는다.

제안 방안에서도 현재 피벗이 새 지역으로 재설정하여 데이터를 포워딩 한다. 그러면, 이전 포워딩 노드가 이 영역 정보를 오버헤어링 할 수 있다. 예를 들면, 그림 2에서 피벗 A가 새 위치로 데이터를 보낸다. 그러면, 이전 포워딩 노드인 B가 이것을 오버헤어링 할 수 있다. 같은 방법으로 데이터를 전송하는 동안 새 영역 정보는 전송 경로의 역으로 소스에게까지 전달된다.

데이터 전달 시 그룹의 중심점을 향해 전달하기 때문에 피벗 노드가 항상 고정되어 있는 것이 아니다. 그러므로 본 논문에서는 피벗을 가장 최근에 제한적 플러딩을 수행한 노드로 지정한다. 한 예로 그림 2에서 볼 수 있듯이, 새 그룹 위치의 back-learning을 통해 N_1, N_2, N_3 가 차례대로 피벗으로 지정된다.

3. 참고문헌

- [1] X. Hong, M. Gerla, G. Pei, and C. Chiang, "A group mobility model for ad hoc wireless networks," in *Proc. ACM International Workshop on Modeling and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWiM)*, pp. 53-60, Aug. 1999.
- [2] H. Lee, J. Lee, S. Oh, and S. Kim, "Data Dissemination Scheme for Wireless Sensor Network with Mobile Sink Groups," in *Proc. of the IEEE International Symposium on PIMRC*, Sep. 2010.
- [3] F. Yu, S. Park, E. Lee and S. Kim, "Elastic routing: a novel geographic routing for mobile sinks in wireless sensor networks," *IET Communications*, Vol. 4, Iss. 6, pp. 716-727, 2010.