

무선 센서 네트워크 환경에서 그리드 기반 다중 질의 처리 기법*

강광구[○] 성동욱 유재수

충북대학교 정보통신공학과

kang@netdb.cbnu.ac.kr sergei@netdb.cbnu.ac.kr yjs@chungbuk.ac.kr

Multi-Query Processing Based On Grid In Wireless Sensor Networks

Gwang-Goo Kang[○] Dong-Ook Seong Yeo Jae-Soo Yoo

Dept. of Information and Communication Engineering, Chung-buk National University

무선 센서 네트워크는 광범위한 영역의 온도, 습도 조도 등 다양한 데이터를 수집할 수 있는 수백 ~ 수천 개의 센서 노드들로 구성되어 있다. 센서 노드는 제한된 무선 통신 대역폭, 낮은 컴퓨팅 성능 그리고 에너지 공급 등 여러 하드웨어적 제약사항을 가지고 있다[1,2]. 최근에는 센서 네트워크를 효율적으로 운용하기 위해서 데이터 전송 비용을 줄이기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 대표적인 연구로 다중 영역 질의가 발생하였을 때, 중복되는 영역에 대해서 센서의 데이터를 공유하여 데이터 전송을 줄이는 기법이 제안되었다[3]. 본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 다중 질의 발생시 중복 영역에 대해서 기존 질의의 병합 라우팅 패스를 최대한 유지하면서 병합 데이터를 공유하는 그리드 기반 다중 질의 처리 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 그리드 구조를 이용하여 센서 노드의 직관적인 위치 판별을 가능케 하여 주변 노드들과의 불필요한 메시지 전송을 줄이고, 중복된 영역을 인지함으로써 효율적으로 질의를 처리한다.

제안하는 기법은 인-네트워크 환경에서 다중 질의 시 중복된 영역에 대한 병합 데이터와 데이터 전송을 공유 하기 위해 그리드 구조를 이용한다. 초기에 센서가 배포되면, 센서 네트워크를 그리드 셀로 나눈다. 각각의 셀은 코드 $[(0, 0), (0, 1), (0, 2), \dots, (X, Y)]$ 로 나타낸다. 각 노드는 자신의 위치 $[x, y]$ 와 센서 네트워크 크기 $([0, X] \times [0, Y])$ 그리고 그리드 해상도 $([X] \times [Y])$ 정보를 유지함으로써 어떠한 셀 코드를 나타내는 지역에 대한 지리적인 정보를 알 수 있다. 각 노드는 영역 질의를 받았을 때, 질의 영역을 나타내는 셀들의 집합을 독립적으로 확인할 수 있다. 이것은 각 노드가 중복된 영역 여부에 대한 연산을 가능하게 한다. 센서 노드는 기본적으로 4개의 저장 정보를 유지한다. Node_info는 노드의 기본적인 정보로 자신의 위치와 고유 아이디 번호가 포함되어 있다. Query_list는 질의와 질의를 나타내는 셀들의 집합에 대한 정보이며, Cell_list는 셀에 대한 코드 및 지리적인 영역 정보이다. 마지막으로 Parent_info는 부모노드의 위치와 부모노드의 셀 코드 정보로써 질의 추가 시 노드는 부모 노드와의 추가적인 통신 없이 질의 중복 관계 여부를 알 수 있다. 각 노드는 이와 같은 저장 정보를 유지함으로써 다른 노드와의 불필요한 메시지 송수신을 줄여 센서 네트워크를 효율적으로 사용한다. 그림 1은 센서 네트워크에 단일 질의가 배포된 상황이다. 질의가 발생하면 각 노드는 회색 노드(Root node)까지 병합 라우팅 패스를 구축한다. 여기서 회색 노드 R_1 은 질의가 최초로 삽입된 노드이고, 이때 각 노드는 부모 노드의 위치와 셀 정보를 유지하게 된다. 그림 2는 기존 질의(Q_1)가 수행 도중에 새로운 질의(Q_2)가 삽입된 상황이다. 제안하는 기법은 다중 질의 시 센서 노드에 의해 발생된 병합 데이터 공유를 증가시키기 위해서 기존 질의의 병합 라우팅 패스를 최대한 유지한다. 질의 Q_2 에 포함된 노드 중에서 Q_1 과 Q_2 를 소유하고 있는 노드를 제외한 나머지 노드는 R_2 까지 병합 라우팅 패스를 구축한다. 그리고 질의가 중복된 영역에 있는 노드들은 기존 질의의 병합 라우팅 패스를 유지한다. 노드 S_1 은 자신의 부모 노드(N_1) 셀 정보를 확인하여 부모 노드와의 질의 중복 관계를 알 수 있다. 즉, 노드 N_1 은 Q_1 만 포함되어 있고, 노드 S_1 은 Q_1, Q_2 가 포함되어 있어 S_1 은 중복된 영역에서 최상위 노드임을 인지 한다. 이 노드를 Separate node라고 정의한다. Separate node로 인지한 노드들은(S_1, S_2) 더 이상 부모 노드로 데이터를 전송하지 않고, 중복된 영역에 있는 노드 중에서 R_1 과 R_2 로 데이터 전송을 담당하는 노드로 전송한다. 그림 3은 중복된 영역들의 데이터가 하나로 병합되는 질의 노드 R_1, R_2 로 데이터를 전송하는 라우팅 패스를 보여준다. 데이터 병합 패스는 노드 S_1 과 S_2 가 소유하고 있는 데이터를 한 곳으로 병합하는 패스이며, 데이터 전송 링크는 하나로 병합된 데이터를 각 질의 노드로 전송하는 패스이다. 노드 $CN_{1,2}$ 중앙

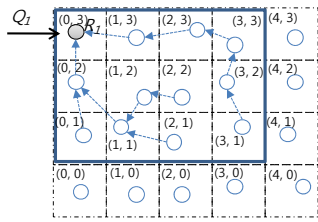


그림 1. 단일 질의 처리

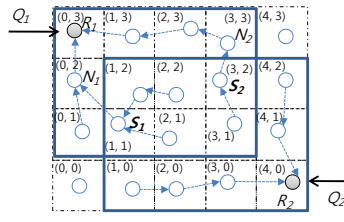


그림 2. 다중 질의 발생

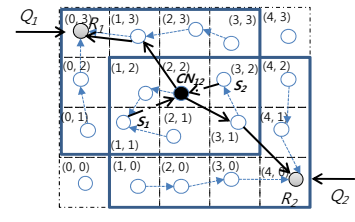


그림 3. 다중 질의 처리

노드)은 Q_1 과 Q_2 에 대한 중복된 영역의 최종으로 병합된 데이터를 소유한 노드로서 중복된 영역 노드 중에서 각 질의 노드와 거리가 가장 균형이 알맞은 노드이다. 노드 S_1 과 S_2 는 중앙 노드 CN_{12} 의 위치를 알 수 없지만, 각 노드 사이에 메시지 송수신 없이 중앙 노드 CN_{12} 방향으로 데이터를 전송할 수 있다. 중복된 영역에 있는 노드들은 중복된 영역들의 셀들의 지리적인 정보와, 질의 노드 위치 정보를 가지고 각 셀에 대한 거리를 확인할 수 있다. 셀과 각 질의 노드 거리의 합에서 가장 작은 값을 가지는 셀에 포함되는 노드는 중복된 영역에 대해서 중앙 노드가 되며, 노드 S_1 과 S_2 는 그 셀 방향으로 데이터를 전송한다. 이것은 다음 아래의 식 1로 나타낼 수 있다.

$$Cell_{(x, y)} = \{Cell \mid \text{MIN}[\sum_{i=1}^N \text{dis}(\forall Cell \subseteq Q_1 \cap Q_2 \cap \dots \cap Q_N, R_i)]\} \quad (\text{식 1})$$

위 식을 그림 6과 같이 설명하면, $Cell_{(x, y)}$ 은 중앙 노드를 포함하는 셀을 의미하며, 셀 (2, 2)에 해당된다. $\forall Cell \subseteq Q_1 \cap Q_2 \cap \dots \cap Q_N$ 은 다중 질의에서 중복된 영역을 나타내는 셀로써 셀 (1, 1), (1, 2), (2, 1), (2, 2), (3, 1), (3, 2)이고, R_1 는 질의 노드 R_1, R_2 가 해당된다. dis 는 셀 영역의 시작 좌표와 질의 노드와의 거리이다. 즉, 셀 (2, 2)는 R_1 과의 거리, R_2 와의 거리의 합은 나머지 셀들과 R_1, R_2 의 거리의 합보다 최소가 되어서 선출된다. 선출된 셀 안에 포함되는 노드 CN_{12} 은 중앙 노드임을 인지하고 데이터를 병합 후 각 질의 노드로 데이터를 전송한다. 제안하는 기법은 기존 기법에서 사용하는 데이터 병합 패스와 데이터 전송 링크를 기존과 같은 방법이지만, 고정된 병합 패스를 피함으로써 가변적인 영역 질의에도 효율적인 데이터 공유를 발생시킨다. 또한 그리드를 적용시켜 센서 노드간에 불 필요한 메시지 전송을 회피함으로써 센서 네트워크를 효율적으로 사용한다. 제안하는 기법의 우수성을 보이기 위해 기존 기법 [3]과 시뮬레이션을 통해 성능을 비교 평가했다. 센서 노드는 200m x 200m의 영역에 선형적으로 배치 하였으며, 그리드 해당도는 20 x 20 로 설정하였다. 질의 크기를 50m x 50m로 고정하고, 질의 수를 30 개 ~ 100개로 변화시키면서 에너지 소모량을 측정하였고, 질의 수를 50개로 고정시키고, 질의 영역 크기를 가로, 세로 40m ~ 100m로 변화시키면서 에너지 소모량을 측정한 결과, 제안하는 기법은 기존 기법에 비해 에너지 소모를 약 65%로 감소시켰다. 기존 기법은 가변적인 영역에 따라 에너지 소모량을 다르게 나타나는 반면, 제안하는 기법은 비슷한 에너지 소모량을 보였다.

본 논문에서는 무선 센서 네트워크 환경에서 그리드 구조를 이용한 에너지 효율적인 다중 질의 처리 기법을 제안하였다. 기존 연구는 초기에 센서 네트워크를 배포하는 과정에서 고정된 병합 라우팅 패스를 구축함으로써 다중 질의의 중복된 영역에 대해서 데이터 및 데이터 전송 공유를 증가시켰다. 그러나 가변적인 영역 질의에 대해서는 고정된 병합 패스 때문에 비 효율적인 데이터 공유를 초래하고, 각 질의에 대해서 따로 처리하여 데이터 전송 비용이 증가하는 문제점이 있다. 제안하는 기법은 그리드를 이용함으로써 가변적인 영역 질의에 대해서도 효율적인 데이터 공유가 발생하며, 중복된 영역에서 효율적으로 데이터를 전송하기 위해 중앙 노드를 선정하는 수학적 모델링을 제안하였다. 또한, 각 노드간에 불 필요한 메시지 전송을 줄여 센서 네트워크를 효율적으로 사용한다. 그 결과 질의 처리시 발생하는 에너지 소모가 기존 기법에 비해 약 65% 감소되었다. 향후 연구로는 질의 겹침이 증가함에 따라 복잡도를 고려하여 중앙 노드를 선정하는 기법에 대해 연구하겠다.

참고문헌

[1] A. Silberstein and J. Yang, "Many-to-Many Aggregation for Sensor Networks", In the IEEE 23rd International Conference Data Engineering, pp. 989-995, 2007.
 [2] X. Yang, et al "In-Network Execution of Monitoring Queries in Sensor Networks", In Proceedings of the 2007 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, 2007.
 [3] Z. Zhang, Ajay D. Kshemkalyani and Sol M. Shatz, "Dynamic Multi-Root, Multi-Query Processing Based on Data Sharing In Sensor Networks", International Conference on Distributed Computing on Sensor System, 2008.