

## 무선 센서 네트워크에서 에너지 효율적인 인-네트워크 밀도 질의 처리

이지희<sup>o</sup> 성동욱 강광구 유재수

충북대학교 정보통신공학과

{jhlee, sergei, joyana}@netdb.cbnu.ac.kr, yjs@cbnu.ac.kr

### Energy Efficient In-network Density Query Processing in Wireless Sensor Networks

JiHee Lee<sup>o</sup> DongOok Seong GwangGoo Kang JaeSoo Yoo

Department of Information and Communication Engineering, Chungbuk National University

네트워크 전체 영역에서 대상 객체가 원하는 밀도로 분포하는 영역을 찾아내는 밀도 질의는 이동 객체 모니터링 응용의 한 분야이다. 예를 들어, 밀도 질의는 야생 동물 무리의 위치 탐색이나 교통 체증이 발생한 지역을 탐색하는데 유용하게 사용 될 수 있다. 기존에 제안 된 밀도 질의 처리 기법[1]은 질의를 배포하고 데이터를 수집하여 결과를 생성하는 연산 노드와 객체를 모니터링 하는 일반 노드로 네트워크를 구성한다. 질의 결과를 생성하기 위해 연산 노드에서 중앙 집중식 질의 처리를 수행하기 때문에 대규모의 데이터 전송이 발생하여 네트워크의 수명을 감소시킨다. 뿐만 아니라, 일반 노드와 성능이 뛰어난 연산 노드의 이중 센서로 네트워크가 구성이 되기 때문에 네트워크를 구축하기 위한 큰 오버헤드가 발생하며, 확장성에도 문제를 가지고 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 동종 센서 네트워크를 기반으로 하여 네트워크 성능을 최대화 할 수 있는 에너지 효율적인 인-네트워크 밀도 질의 처리 기법을 제안한다.

제안하는 에너지 효율적인 네트워크 내 밀도 질의 처리 기법은 크게 가능성 기반의 예상 지역 선정 기법과 센싱 영역 면적 기반 결과 보정 기법으로 구성된다. 가능성 기반의 예상 지역 선정 기법은 임의의 지역에서 발생하는 자연 현상의 분포는 일반적으로 인접 지역에서 일어나는 자연 현상과 유사하거나 크게 차이가 나지 않는다는 이론에 입각한다. 예를 들어, '해수온이 15°C 이상이고, 크기가 100m<sup>2</sup> 이상인 지역을 알려달라' 와 같은 질의가 배포되면, 질의에서 요청하는 온도 이상을 가진 지점을 찾고 인접한 지역의 수온은 처음 찾은 지점과 유사한 해수온 분포를 가지므로 이 지점부터 일정한 크기만큼 영역을 확장해 나가면서 조건에 만족하는 영역을 조사하면 전체 지역을 탐색하여 결과를 반환하는 것보다 질의 처리를 위한 비용과 처리 시간의 측면에서 큰 이익을 가질 수 있다. 그러므로 가능성 기반 예상 지역 선정 기법은 최초의 시발점이 되는 노드인 트리거 노드를 찾는 것이 가장 중요하다. 트리거 노드는 질의에서 주어진 밀도를 만족시키는 영역이고, 트리거 노드로부터 영역의 크기를 확장시키면 질의의 결과를 높은 확률을 가지게 된다. 트리거 노드는 센서 노드에서 센싱한 객체 밀도를 반환하는 식(1)에 기반하여, 센싱 영역의 밀도가 배포 된 질의의 밀도와 같거나 그 이상인 노드를 선정한다. 센싱한 객체 밀도가 질의에서 주어진 밀도보다 높은 노드는 모두 후보 트리거 노드가 되지만, 그 중에서도 가장 높은 정도의 밀도를 가지는 노드가 순차적으로 실제 트리거 노드가 된다.

트리거 노드 선정 조건 - (센싱 영역의 객체 밀도  $\pm a$ )  $\geq$  배포된 질의의 객체 밀도 - 식(1)

위에서 언급한대로, 트리거 노드에 기반한 가장 가능성이 높은 지역부터 검증하는데, 인근 지역의 가능성이 높기 때문에 인근 노드가 센싱 더해나가면서 조사 영역을 확장해 나간다. 트리거 노드를 중심으로 한 조사 가능 영역을 설정하고, 조사 가능 영역을 사방형으로 논리적 분할을 수행한다. 질의 결과 영역은 반드시 트리거 노드를 포함해야 하기 때문에, 트리거 노드를 포함 할 수 있는 다양한 위치의 영역 선정 가능성을 고려한 최대 영역이 조사 가능 영역으로 설정된다. 조사 가능 영역을 사방형으로 분리하고, 분리 된 인근 지역에 위치한 노드들이 수집한 센싱 객체의 밀도를 수집하여, 각 지역의 밀도를 계산하고, 이 정보를 바탕으로 하여 질의 결과 영역을 결정한다. 예를 들어, 그림 1에서 최대 조사 가능 영역을 설정한 후, 사방형으로 분리 된 각 영역에서 센싱한 객체 밀도를 수집한다. 그림에서 각 방향의 밀도는 0.5count/m<sup>2</sup>, 0.2count/m<sup>2</sup>, 0.5count/m<sup>2</sup>, 0.8count/m<sup>2</sup> (북쪽부터 시계방향)가 된다. 그렇기 때문에 최종적으로 질의 결과 영역은 각 영역에서 수집 된 밀도와 같은 비율로

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업의 결과임.(No. 2009-0080279)

위치시켜서 결과를 생성한 후 질의 처리를 완료하게 된다.

센서 노드의 센싱 반경에 따라 결과 정확도에 많은 영향을 미친다. 센서 노드의 센싱 영역이 중복됨에 따라 대상 객체가 중복 탐지되는 문제와 센싱 영역이 작아 센싱 불가 영역이 생김에 따라 대상 객체에 대한 탐지가 불가능한 경우도 발생한다. 두 가지 경우는 모두 질의 결과의 정확도 감소로 연결된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 센싱 영역 면적 기반의 결과 보정 기법을 제안한다.

그림 2에서와 같이 센싱 영역의 중복 됨에 따라 객체가 중복 탐지 되면 실제 객체의 수보다 더 많은 수가 센싱이 된다. 반면에 센싱 불가 영역이 있을 경우 누락 되어버리는 객체가 존재하게 된다. 그렇기 때문에 센싱 영역의 중복 및 불가 영역을 집계하고 그 정도에 따라 결과를 보정한다. 각 노드는 센싱 반경이 결정 되어 있기 때문에 자신의 센싱 영역이 이웃 노드의 센싱 영역과 어느 정도의 면적이 겹치는지, 혹은 그렇지 않은지에 대한 연산이 가능하다. 그러므로, 센싱 중복 영역 및 불가 영역을 집계한 후 식(2)를 이용하여 면적 기반의 결과 보정 기법을 수행하게 된다.

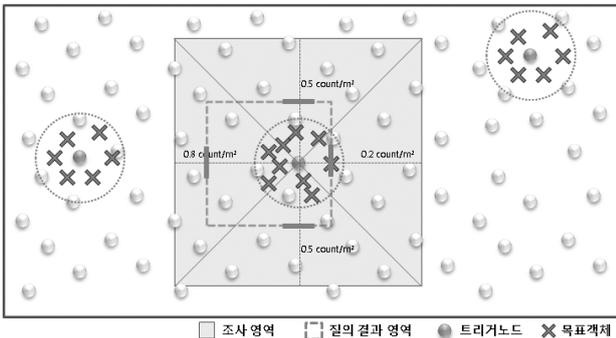
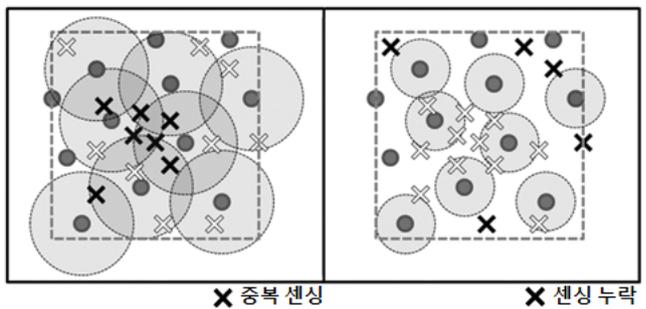


그림 1 트리거 노드 선정 및 질의 결과 영역 변환



(a) 객체 중복 센싱 문제 (b) 객체 센싱 누락 문제

그림 2 센싱 영역에 따른 중복센싱 센싱누락 문제

$$\text{보정객체수} = \frac{\text{질의 결과 영역의 면적}}{\sum(\text{전체 센싱 영역의 면적}) + \sum(\text{중복 센싱 영역의 면적})} \times \text{센싱 객체의 수} - \text{식(2)}$$

그림 3은 네트워크 사이즈에 따른 전체 네트워크의 생존 시간을 평가한 결과이다. 기존 기법은 전체 노드가 질의 결과 영역을 찾기 위해 데이터를 수집하고 연산 노드로 수집한 데이터를 송수신하지만, 제안하는 기법은 모든 연산을 네트워크 내 연산으로 처리하기 때문에 송수신 비용의 감소에 따른 에너지 소모를 줄이게 된다. 네트워크의 크기에 따라 에너지 소모량이 최대 약 92% 감소하였고 네트워크 생존 시간은 480% 증가함을 보였다. 그림 4는 네트워크의 크기에 따른 제안하는 기법과 보정 기법을 적용한 후의 밀도 질의 정확도를 평가한 결과이다. 보정 기법을 적용하기 전의 제안하는 기법의 질의에 만족하는 밀도 영역 탐지 비율은 평균 76% 이지만, 보정 기법을 적용한 후에는 평균 90%로 상승함으로 보임으로써, 보정 기법이 본 제안하는 기법에 있어 의미가 있음을 확인 할 수 있었다.

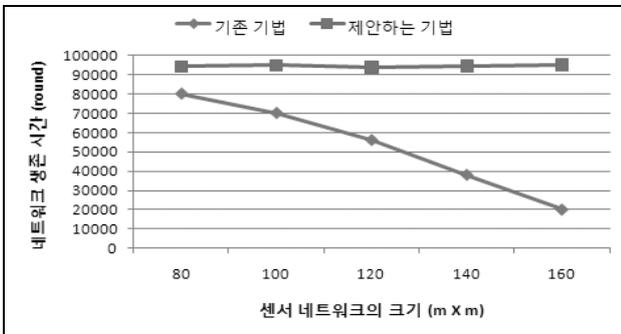


그림 3. 센서 네트워크 크기에 따른 전체 네트워크의 수명

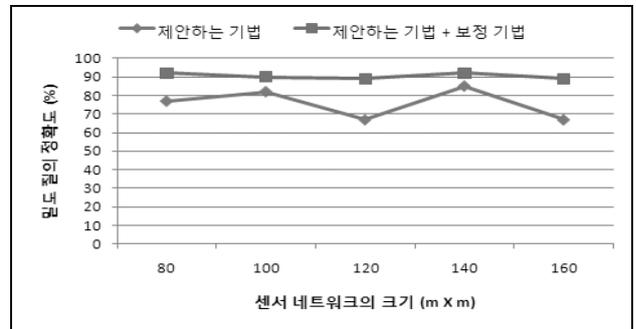


그림 4. 제안하는 기법과 보정 기법의 밀도 질의 정확도

참 고 논 문

[1] Xuegang, H., Hua, L., " Snapshot Density Queries on Location Sensors," Proc. of the 6th ACM international workshop on Data engineering for wireless and mobile access, pp.75-78, 2007.