

무선 센서 네트워크 환경에서 k -Dominant 스카이라인 질의 처리를 위한 에너지 효율적인 기법

포미미⁰, 장수민, 유재수

충북대학교 정보통신공학과

pomimi1116@hanmail.net, jsm@cbnu.ac.kr, yjs@cbnu.ac.kr

Energy-Efficient Method for Processing k -Dominant Skyline Queries in Wireless Sensor Networks

Weiwei Bao⁰, Sumin Jang, Jaesoo Yoo

Department of Information and Communication Engineering, Chungbuk National University

최근에 물류/유통, 환경 감시, 홈 자동화 시스템 등과 같은 다양한 응용 프로그램들은 무선 센서를 이용하여 데이터를 수집하고 사용하는 사례가 증가하고 있다. 본 논문은 무선 센서 네트워크의 환경에서 다중 속성을 갖는 데이터에 대한 여러 가지 질의들 중에 스카이라인 질의와 k -Dominant 스카이라인 질의를 효율적으로 처리하는 기법을 제안한다. 스카이라인은 다차원 데이터 중에서 다른 데이터에 의해 지배 (Dominate) 되지 않는 데이터들이다. 또한 k -Dominant 스카이라인은 임의의 k 개의 차원들에서 다른 데이터에 의해 지배되지 않는 데이터들을 의미한다 [1][2]. 관련연구로는 무선 센서 네트워크의 환경에서 k -Dominant 스카이라인 질의를 처리하는 EKS (energy-efficient k -dominant skyline query algorithm) 알고리즘을 제안하였다[2]. EKS알고리즘은 k -Dominant 스카이라인과 스카이라인 간의 관련성을 이용하여 데이터를 기지국까지 전송 하는 과정 중에 후보 k -Dominant 스카이라인이 될 수 없는 데이터를 기지국으로 전송하지 않는다. 그러나 최종 k -Dominant 스카이라인 질의 결과를 만들기 위해서 일부분 제거된 데이터들을 기지국까지 전송하여 최종적인 검증은 기지국에서 하여 처리한다. 이러한 과정은 센서의 에너지 소모량을 증가시키는 문제점을 가지고 있다. EKS알고리즘의 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문은 센서 네트워크의 환경에서 효율적으로 k -Dominant 스카이라인 질의를 처리하는 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 크게 둘 단계로 나누어 있다. 첫 번째 단계는 Bottom-Up 방식으로 센서 노드들 간의 지배여부를 비교하여 후보 k -Dominant 스카이라인 데이터들만을 기지국으로 우선 전송한다. 두 번째 단계는 그 후보 k -Dominant 스카이라인을 Top-Down 방식을 통하여 전체 노드들로부터 이를 최종 k -Dominant 스카이라인인지를 검증하여 처리한다. 제안한 기법의 첫 번째 단계에서는 보다 센서간의 전송비용을 줄이기 위해서 하위 센서 노드의 전체 차원 값들을 상위 센서 노드에게 전송하기 이전에 센서 노드들 간의 $kSum$ 값으로 경쟁하여 일부 차원 데이터 값들만을 전송한다. 이때 사용되는 $kSum$ 값은 센서 노드들이 $d_i / (\max(d_i) - \min(d_i))$ 를 통하여 각 차원 데이터 값을 0부터 1사이의 값으로 정규화한 값($nScore$)을 통하여 산출된다. 이때 d_i 는 센서 노드가 갖은 i 번째 차원에 해당하는 센서 데이터 값을 의미하고 $\min(d_i)$ 과 $\max(d_i)$ 는 i 번째 차원의 최소값과 최대값이다. 이때 $kSum$ 값은 각 센서 노드가 자신 갖고 있는 $nScore$ 값 중에 가장 큰 값으로 k 개의 합이다. $kSum$ 값이 클수록 다른 데이터를 지배할 확률이 높으므로 이를 통하여 우수한 필터성능을 갖고 있는 k 개 차원들을 찾고 이 k 개 차원들에 해당된 값으로 센서 노드들을 서로 비교하여 지배여부를 검사한다. 이때 지배되는 센서 데이터들은 k -Dominant 스카이라인이 질의의 결과가 아니므로 후보 k -Dominant 스카이라인 집합에 포함되지 않는다.

그림 1은 제안한 기법의 k -Dominant 스카이라인이 질의처리과정을 예제를 통해서 보여준다. 각 센서 노드들의 데이터 값과 각 차원 대응된 $nScore$ 값, 그리고 $kSum$ 값들은 그림 1(a)와 같다. 센서 노드 A, B, C 들은 5차원 데이터이고 각 차원은 (0, 10), (1, 9), (0, 7), (2, 12), (1, 11)의 최소값 $\min(d_i)$ 와 최대값 $\max(d_i)$ 을 가지고 있다. 이때 k -Dominant 스카이라인 질의에서 k 값이 3이고 모든 차원에서 데이터 값은 클수록 좋다는 것을 가정한다. 센서 노드간의 데이터 전송량을 최소화하기 위해서 전체 센서 데이터를 전송하지 않고 하위 센서 노드의 패키지 (노드 ID, $kSum$ 값, $kSum$ 값을 구성하는 차원의 위치정보)들을 상위 노드에게 전송한다. 그림 1(b)에서 하위 센서노드 A, B 각각 패키지 {A, 2.11, (1, 3, 4)}, {B, 2.05, (1, 2, 5)}를 상위 센서 노드 C에 전송되는 것을 보여준다. 이때 상위 노드 C는 자신의 $kSum$ 과 하위 노드 A, B의 $kSum$ 값들을 비교하여 이 중에 가장 큰 $kSum$ 값을 갖는 노드 A를 선택하고 그 차원의 위치정보 {1, 3, 4}를 하위 노드 A, B에게 전송하여 그 위치에 해당하는 센서 데이터를 요청하고 상위 노드 C에서 서로 지배여부를 통하여 후보 k -Dominant 스카이라인을 산출하고 이를 상위노드로 전송한다. 이러한 과

정을 반복하여 산출된 후보 k -Dominant 스카이라인만을 기지국까지 전송함으로써 센서 노드간의 데이터 전송량을 획기적으로 감소시킨다.

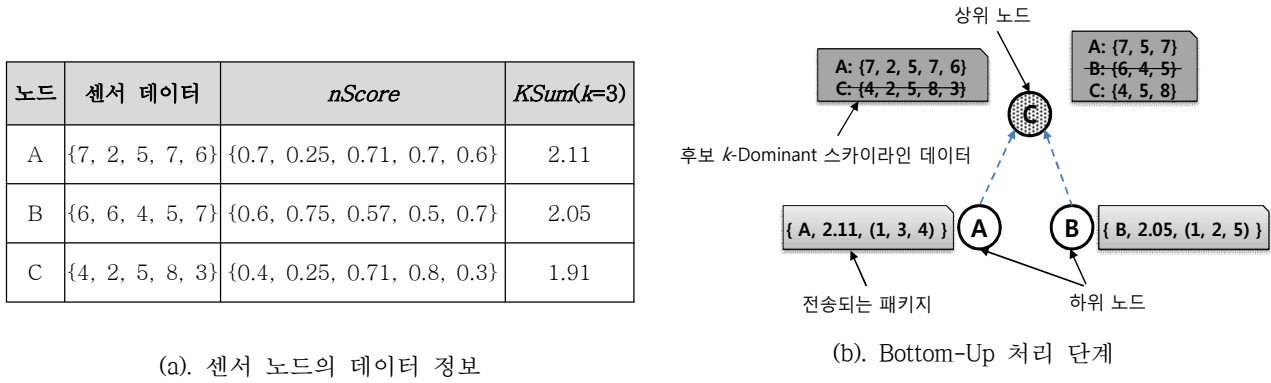


그림 1. 제안하는 기법의 k -Dominant 스카이라인 처리과정

제안하는 기법의 우수성을 평가하기 위해서 시뮬레이션을 통하여 EKS알고리즘과 비교하였다. 시뮬레이션 환경은 Java 언어로 작성되었으며, 통신 반경은 10m인 센서 노드는 200 개로 100m*100m 크기의 평지에 균일하게 배치하고 기지국(BS)은 (50m, 50m)에 위치한다. 또한 각 센서에서 발생하는 데이터가 차원 수는 8이고 각 차원의 값을 1부터 100까지 임의의 정수 값을 갖도록 설정하고, k -Dominant 스카이라인 질의의 k 값은 3로 설정하였다.

그림 2는 센서 노드 수의 증가에 따른 센서 노드들의 에너지 소모량을 비교하였다. 기존의 기법은 기지국으로 거의 모든 센서 데이터를 전송하기 때문에 제안하는 기법보다 센서 노드들의 에너지 소모량이 더 급격히 증가하는 것으로 보여준다. 제안하는 기법은 센서 노드들의 $kSum$ 값을 이용하여 후보 k -Dominant 스카이라인 데이터만을 기지국까지 전송하기 때문에 센서 노드의 개수에 대해 큰 영향을 받지 않는다.

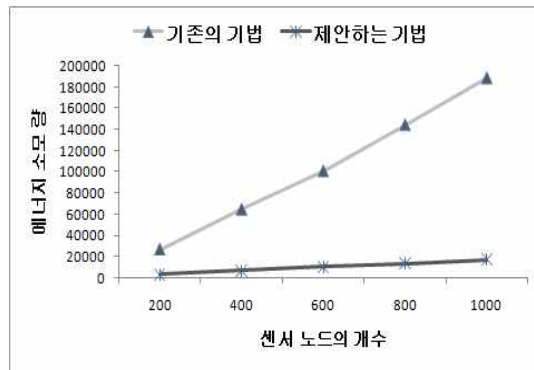


그림 2. 센서 개수에 따른 에너지 소모량

본 논문은 무선 센서 네트워크 환경에서 k -Dominant 스카이라인 질의처리를 위한 효율적인 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 각 센서 노드의 센서 데이터들을 기지국까지 전송하는 과정에서 노드간의 경쟁을 통하여 전송할 후보 k -Dominant 스카이라인 데이터를 최소화함으로써 기존의 기법보다 센서의 에너지 소모량을 탁월하게 감소시키는 효과가 있다. 향후 연구 방향은 제안한 기법을 다양한 실 응용프로그램에 적용하여 보다 향상된 알고리즘을 구현하고자 한다.

참고 문헌

[1] J.Chomicki, P. Godfrey, J. Gryz, and D. Liang, "Skyline with Presorting", In proceedings of ICDE, pp.717, 2003.
 [2] Md.Anisuzzaman Siddique, Yasuhiko Morimoto, "K-Dominant Skyline Computation by Using Sort-Filtering Method", In proceedings of PAKDD, pp.839-848, 2009.
 [3] Jianmei Huang, Junchang xin, Guoren Wang, Miao Li, "Efficient k -Dominant Skyline Processing in Wireless Sensor Networks", In proceedings of HIS, pp.289-294, 2009.