

센서 네트워크 환경에서 에너지 효율적인 인-네트워크 조인 질의 처리

장용진*, 여명호*, 서동민**, 유재수*

*충북대학교 정보통신공학과

**한국과학기술원 전산학과

e-mail : {jaj1004, mhyeo}@netdb.cbnu.ac.kr, dmseo@dbserver.kaist.ac.kr, yjs@cbnu.ac.kr

An Energy-Efficient In-Network Join Query Processing in Sensor Networks

Yong-Jin Jang*, Myung-Ho Yeo*, Dong-Min Seo**, Jae-Soo Yoo*

*Dept. of Information & Communication Engineering, Chung Buk National University

**Dept. of Computer Science, Korea Advanced Institute of Science and Technology

요 약

본 논문에서는 센서네트워크 환경에서 에너지 효율적인 인-네트워크 조인 질의 처리기법을 제안한다. 제안된 기법은 데이터의 요약된 정보 시놉시스를 사용한다. 각 영역의 전체 시놉시스의 크기를 고려하여 예비 조인 조정자를 선정하는 방법과 최종 데이터를 싱크 노드로 전송하는 비용을 줄인다. 제안하는 기법의 우수성을 보이기 위해 기존 기법과의 성능 비교를 수행한다.

1. 서론

최근 반도체 기술과 무선 통신 기술 그리고 센서 기술이 발전함에 따라 무선 센서 네트워크에 대한 관심도 크게 증가하고 있다[1]. 몇몇 센서 네트워크 응용에서는 서로 다른 센서영역에 존재하는 센서 데이터의 조인 질의에 관심을 갖기 시작하였다. 가장 쉽게 생각할 수 있는 조인 방법은 서로 다른 영역의 데이터를 얻기 위해 질의를 내리게 되고, 각 영역의 있는 센서들은 조인 하기 위해 싱크 노드로 데이터를 수집한다. 그리고 싱크 노드는 전송받은 데이터를 조인하여 결과를 얻을 수 있지만 조인 결과에 관계없는 포함된 모든 데이터를 전송하기 때문에 높은 통신비용을 발생시킨다. 보다 효율적으로 조인 질의를 처리하기 위한 방법으로 시놉시스 조인(Synopsis join)이 있다[2]. 조인 질의를 요청 받은 각 영역의 센서 노드들은 센서 데이터의 시놉시스를 생성하고, 시놉시스를 중간 지점의 예비 조인을 수행하는 센서 노드로 전달한다. 그 다음, 예비 조인을 통해 조인에 실제 참여하는 데이터를 결정하고, 각 영역의 센서 노드들은 해당 데이터만을 싱크 노드로 전달하고, 싱크 노드가 최종 조인을 수행한다. 하지만, 예비 조인을 위한 시놉시스를 전달하는 과정과 최종 데이터를 싱크 노드로 전송하는 과정에서 여전히 작지 않은 에너지를 소모한다. 본 논문에서는 각 영역의 전체 시놉시스의 크기를 고려하여 예비 조인 조정자를 선정하는 방법

과 최종 데이터를 싱크 노드로 전송하는 비용을 줄이기 위한 기법을 제안한다.

2. 제안하는 인-네트워크 조인 질의 처리 기법

제안하는 기법은 특징은 싱크 노드가 각 조인 영역에 질의를 전송하고 질의를 전송받은 각 센서노드들은 데이터의 시놉시스를 생성한다. 그리고 시놉시스 크기를 고려하여 예비 조인 조정자를 선정 후, 예비 조인을 수행 한다. 예비 조인을 후, 최종 조인에 참여 여부를 비트 코드로 질의 영역 센서에게 전달 한다. 또한 조인의 참여하는 속성을 참조 테이블로 생성하고, 싱크 노드로 전달한다. 그리고 예비 조인 결과를 수신한 센서 노드는 조인 질의에 참여하지 않는 튜플과 참조 테이블에 포함된 속성값을 제거한 후 데이터를 싱크 노드로 전송하고 최종 조인을 수행한다.

2.1 질의 배포 및 시놉시스 생성

조인 질의가 요청되면, 싱크 노드는 각 영역의 대표 센서 노드로 질의를 전송하고, 대표 센서 노드는 영역 안에 포함된 모든 센서 노드에게 GPRS 프로토콜을 사용하여 질의를 전달한다. 질의를 수신한 각 센서 노드는 조인 속성에 따라 데이터를 정렬하고 시놉시스를 생성한다. 시놉시스는 각 센서들이 가지고 있는 데이터에 대한 요약 정리된 테이블이며, 동일한 조인 속성에 대한 카운터정보를 포함한다.

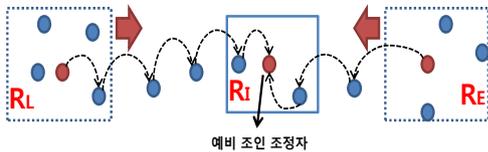
2.2 예비 조인 조정자 선정 및 시놉시스 라우팅

최소의 통신 비용으로 질의를 수행하기 위해 각 영

* 이 논문은 2009 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업의 결과임. (No.2009-0090279)

역의 각 센서들에서 생성한 시놉시스를 최종 조인의 관련있는 데이터로 수집하기 위해 예비 조인한다. 예비 조인을 하기 위하여 적절한 위치에 있는 예비 조인 조정자에서 시놉시스를 수집 해야 한다. 예비 조인 조정자를 선정 하는 방법은 그림 1 의 R_L 과 R_E 는 자신의 전체 시놉시스 크기를 알 수 없기 때문에 만약 R_E 영역에 시놉시스 크기가 크다면 불균등한 에너지 소모가 발생한다. 시놉시스는 예비 조인 조정자까지 다중 홉으로 전달되기 때문에, 이점에서 착안하여 식(1)을 이용하여 시놉시스의 크기에 따른 지연시간을 결정한다. 즉, 시놉시스 크기가 크다면 전송지연시간은 길어져 전송홉수가 작아지고, 시놉시스 크기가 작다면 전송지연시간은 짧아 전송홉수가 많아진다.

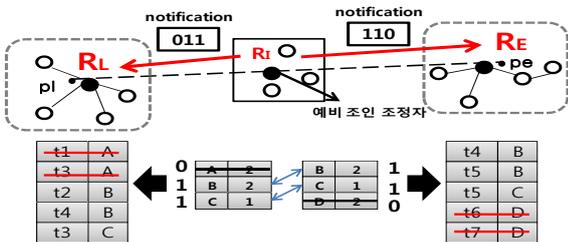
$$\begin{aligned} \{ \text{전송 지연 시간} \} & \text{식(1)} \\ & = \{ \text{시놉시스 크기} \} \times \{ \text{지연 단위 시간} \} \end{aligned}$$



(그림 1) 홉간의 거리를 통한 라우팅

2.3 예비 조인 기반 비트 코드 및 참조 테이블 생성

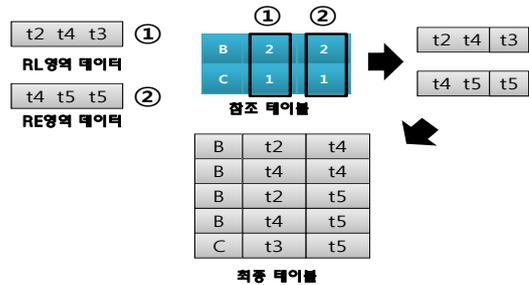
각 영역의 시놉시스들에 대한 예비 조인과 비트 코드 생성 및 전달 과정은, 먼저 R_L 의 대표센서는 각 센서로부터 받은 시놉시스를 예비 조인 조정자로 전송한다. 같은 방법으로 R_E 의 대표센서도 시놉시스를 전송한다. 그리고 시놉시스를 받은 예비 조인 조정자는 질의에 참여하지 않는 영역의 튜플들에 대한 정보를 획득하기 위해서 예비 조인 연산을 수행하고 조인 결과에 포함되는 각 영역의 튜플들은 '1'로 설정되고 포함되지 않는 튜플들은 '0'으로 설정하고 각 시놉시스에 대해 비트열을 만든다. 또한 그림 2 와 같이 예비 조인 연산을 통해, 각 영역의 시놉시스에 부여된 비트열은 각 영역 안에 포함된 센서들의 데이터가 싱크 노드의 질의 처리에 필요한지 또는 필요하지 않은지에 대한 정보를 알려주는 비트 코드로 사용된다. 그리고 대표센서는 이 정보를 자신과 같은 영역에 포함된 센서들에게 배포하며, 각 센서들은 싱크 노드의 질의 처리에 참여하는 데이터만을 싱크 노드로 전송할 수 있다. 마지막으로, 예비 조인 조정자는 예비 조인 결과에 대한 참조 테이블을 만들어 싱크 노드에 전달한다. 참조 테이블은 예비 조인 결과에 포함되는 각 영역들에 대한 시놉시스들의 튜플로 구성된다.



(그림 2) 예비 조인 및 비트 코드 생성

2.4 최종 조인(Final Join)

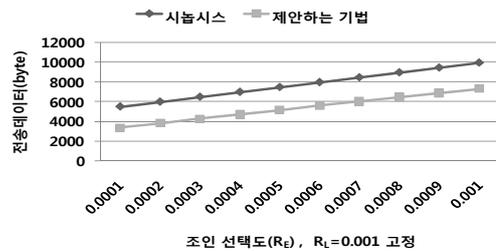
싱크 노드는 참조 테이블과 데이터 값(t)을 통해 데이터를 도출하고 최종 조인을 수행한다. 데이터 도출 과정은 그림 3 과 같다. 예를 들어 R_L 로부터 t2, t4, t3 데이터를 전송 받고 참조 테이블 중에 R_L 에 대한 튜플 정보인 (B, 2)와 (C, 1)을 통해, B = (t2, t4), C = (t3)가 전달되었음을 알 수 있다. R_E 경우도 B = (t4, t5), C = (t5)임을 알 수 있다. 데이터 도출 과정이 끝난 후 최종 조인을 수행한다.



(그림 3) 참조 테이블을 통한 최종 조인

3. 성능평가

제안하는 기법에서 사용한 시뮬레이션 환경은 다음과 같다. 센서 네트워크는 500m x 500m 의 사각형 형태를 가지고 있다. 이 영역 상에 400 개의 센서 노드들이 균등하게 분포되어 있고 40m 의 통신 반경을 가지고 있다. 그리고 시놉시스 조인을 기초로 하여 실험하였다. 그림 4 는 R_L 은 0.001 의 조인 선택도로 고정하고 R_E 를 0.0001~0.001 로 비교해 측정하였다. 실험결과 기존의 시놉시스 조인보다 우수한 성능을 보이며, 데이터 전송량이 30% 감소하였다.



(그림 4) 조인 선택도에 따른 전송비용

4. 결론

본 논문에서는 기존에 제안된 시놉시스 조인에 문제점을 제시하고 각 영역의 전체 시놉시스의 크기를 고려 하여 예비 조인 조정자를 선정하는 방법과 최종 데이터를 싱크 노드로 전송하는 비용을 줄이기 위한 기법을 제안하였다. 성능 평가 결과, 기존의 기법보다 우수한 성능을 보이고, 데이터 전송량이 30% 감소하였다.

참고문헌

[1] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, and D. Estrin. Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks. In *Proceedings of Mobi-Comm*. 2000.
 [2] H. Yu, E.-P. Lim, and J. Zhang, "On in-network synopsis join processing for sensor networks," in *Mobile Data Management*, 2006.