

센서 네트워크에서 시놉시스와 인코딩을 이용한 에너지 효율적인 인-네트워크 조인 질의 처리

An Energy-Efficient In-Network Join Query Processing using Synopsis and Encoding in Sensor Network

여명호*, 장용진**, 김현주**, 유재수**
국방과학연구소*, 충북대학교 정보통신공학과**

Myung-Ho Yeo(myungho.yeo@gmail.com)*, Yong-Jin Jang(yjjang85@gmail.com)**,
Hyun-Ju Kim(flowerkind@nate.com)**, Jae-Soo Yoo(yjs@chungbuk.ac.kr)**

요약

최근 많은 연구자들은 서로 다른 영역에 저장된 센서 데이터를 이용한 조인 질의에 관심을 갖고 있다. 기존 기법은 예비 조인 조정자가 센서 노드로부터 시놉시스를 수집하고, 조인 질의 처리에 필요한 센서 데이터를 결정한다. 기지국은 전체 데이터를 수집하는 대신 일부 센서 데이터를 수집하여 최종 조인 처리를 수행한다. 하지만, 예비 조인을 수행하는 과정에서 통신 오버헤드를 발생시키는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하는 새로운 에너지 효율적인 인-네트워크 조인 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 네트워크 내부에서 예비 조인 조정자를 선정한다. 예비 조인 조정자는 조인의 초기 단계에서 조인 결과에 포함되지 않는 데이터를 제거하고 센서 데이터의 압축을 수행한다. 기지국은 압축된 데이터의 일부와 데이터 압축을 위한 인코딩 테이블을 수집하고 조인 결과를 결정한다. 그 결과, 제안하는 기법은 예비 조인 처리를 위한 통신 비용을 줄이고 네트워크 수명을 연장시킨다.

■ 중심어 : | 센서네트워크 | 조인 질의 | 인-네트워크 | 데이터 압축 | 데이터 병합 |

Abstract

Recently, many researchers are interested in using join queries to correlate sensor readings stored in different regions. In the conventional algorithm, the preliminary join coordinator collects the synopsis from sensor nodes and determines a set of sensor readings that are required for processing the join query. Then, the base station collects only a part of sensor readings instead of whole readings and performs the final join process. However, it has a problem that incurs communication overhead for processing the preliminary join. In this paper, we propose a novel energy-efficient in-network join scheme that solves such a problem. The proposed scheme determines a preliminary join coordinator located to minimize the communication cost for the preliminary join. The coordinator prunes data that do not contribute to the join result and performs the compression of sensor readings in the early stage of the join processing. Therefore, the base station just collects a part of compressed sensor readings with the decompression table and determines the join result from them. In the result, the proposed scheme reduces communication costs for the preliminary join processing and prolongs the network lifetime.

■ keyword : | Sensor Networks | Join Query | In-Network | Data Compression | Data Aggregation |

* 이 논문은 2010년 교육과학기술부"지역거점연구단육성사업/충북BIT연구중심대학육성사업단"와 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업의 결과임.(No. 2009-0089128)

접수번호 : #101223-004

심사완료일 : 2011년 02월 15일

접수일자 : 2010년 12월 23일

교신저자 : 유재수, e-mail : yjs@chungbuk.ac.kr

1. 서론

최근 반도체 기술과 무선 통신 기술 그리고 센서 기술이 발전함에 따라 무선 센서 네트워크에 대한 관심도 크게 증가하고 있다. 무선 센서 네트워크는 환경 감시, 군사적, 의학적, 재난 방재 등 많은 분야에서 널리 사용되고 있다[1]. 센서 네트워크는 수 백~수 천개의 센서 노드로 구성되며, 센서 노드는 센싱을 위한 센서 모듈, 데이터 처리를 위한 CPU, 데이터 저장을 위한 메모리, 무선 통신을 위한 통신 회로로 구성된다[2]. 이 센서 노드에 의해 측정된 정보는 기지국 또는 싱크 노드로 전송되며, 사용자는 기지국이나 싱크 노드로부터 정보를 획득한다. 하지만, 센서 노드는 일반적으로 배터리로 동작하기 때문에 에너지 사용의 제약을 가지고 있다. 따라서 센서네트워크의 다양한 연구 분야에서 에너지 사용에 대한 고려는 필수적이다[3]. 센서 노드는 여러 개의 센서 모듈을 가지고 있기 때문에 센서 데이터는 다중 속성으로 표현되며, 연속적으로 발생하는 특징을 가지고 있다. 이러한 데이터를 하나의 데이터 튜플로 고려하고, 네트워크를 하나의 분산 데이터베이스 관점에서 처리하기 위한 연구들이 많이 진행되고 있다. 대표적인 센서 데이터베이스 연구로는 TinyDB[4][5]가 있다. TinyDB는 SQL 형태의 질의 언어를 제공하며, 인-네트워크(In-network) 처리 기법을 통해 SUM, AVG, COUNT와 같은 병합 질의를 효율적으로 처리하기 위한 방법을 제공한다.

몇몇 센서 네트워크 응용에서는 서로 다른 센서영역에 존재하는 센서 데이터의 조인 질의에 관심을 갖기 시작하였다. 예를 들면, [그림 1]과 같이 R_L 지역에 배치된 센서들의 데이터와 R_R 지역에 배치된 센서들의 데이터에 대한 조인 질의를 통해 특정 시간 구간 안에 입구를 통해 출구를 나간 차량들의 정보를 획득할 수 있다. 가장 쉽게 생각할 수 있는 조인 방법은 서로 다른 영역의 데이터를 얻기 위해 질의를 내리게 되고, 각 영역에 있는 센서들은 조인하기 위해 싱크 노드로 데이터를 전달한다. 그리고 싱크 노드는 전송받은 데이터를 조인하여 결과를 얻을 수 있지만 조인 결과에 관계없는 포함된 모든 데이터를 전송하기 때문에 높은 통신비용을 발

생시킨다. 보다 효율적으로 조인 질의를 처리하기 위한 방법으로 시놉시스 조인(Synopsis join)[6]이 있다. 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. 즉, 예비 조인을 네트워크 내부에서 수행하고, 싱크 노드로 전달되는 최종 데이터의 수를 줄임으로써 통신 비용을 감소시킨다. 하지만, 예비 조인을 위한 시놉시스를 전달하는 과정과 최종 데이터를 싱크 노드로 전송하는 과정에서 여전히 작지 않은 에너지를 소모한다.

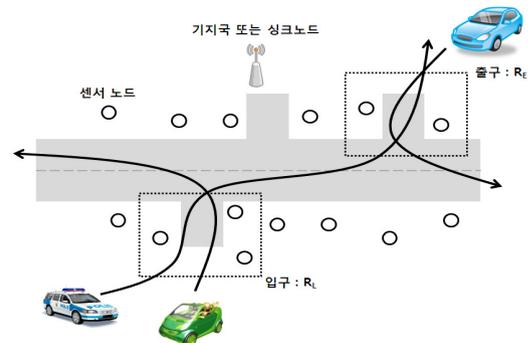


그림 1. 차량 추적 시스템

본 논문에서는 각 영역의 전체 시놉시스의 크기를 고려하여 예비 조인 조정자를 선정하는 방법과 최종 데이터를 싱크 노드로 전송하는 비용을 줄이기 위한 기법을 제안한다. 기존 기법의 경우, 예비 조인 조정자를 선정하기 위해서 영역간 거리와 시놉시스 크기, 네트워크 밀도, 메모리 저장 공간 등을 동시에 고려하여 예비 조인 조정자가 존재할 수 있는 영역을 설정한다. 하지만, 영역에 포함된 센서노드로부터 해당 정보를 획득하기 위해서는 추가적인 통신이 필요하다는 문제점을 가지고 있다. 제안하는 기법은 시놉시스가 다중 홉으로 전달된다는 점에 착안하여 시놉시스의 크기에 따라 지연 시간을 설정하고, 매 전송 홉마다 지연시간을 가지고 시놉시스를 다음 노드로 전달함으로써 시놉시스 라우

팅의 에너지 소모를 균등하게 한다. 또한, 예비 조인 후 조인에 참여하는 속성들을 포함하는 참조 테이블을 싱크 노드로 전송함으로써 각 영역의 최종 데이터 전달시 데이터 압축을 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구로 시놉시스 조인과 시놉시스 조인이 가지고 있는 문제점을 기술한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하고 있는 기법을 단계별로 상세히 기술하고, 4장에서는 성능평가를 통해 제안하는 기법의 우수성을 입증한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

II. 관련연구

조인 질의를 처리하기 위해서 질의 영역 안에 있는 센서들의 모든 데이터를 싱크 노드로 전송할 수 있다. 하지만, 이 방법은 질의 처리에 참여하지 않은 센서들의 데이터를 전송하기 때문에 많은 데이터 전송 비용이 발생해서 센서 네트워크 환경에서는 적합하지 않다. Nath et al. [7]과 같은 기존에 제안된 병합 질의 처리 기법은 부분 결과를 이용하여 평균 또는 합계와 같은 병합 질의를 처리한다. 하지만, 이 방법을 그대로 조인 질의에 적용하는 것은 힘들다. Abadi et al. [8]에서 제안한 REED는 몇 개의 노드들로 이루어진 그룹마다 질의 테이블을 하나씩 저장한 후에, 그룹단위로 네트워크에서 조인연산을 수행 하는 방법이다. 이 방법은 네트워크 밀도가 높지 않으면 그룹 수가 감소하여 성능이 떨어진다는 단점이 있다. 최근 네트워크 내부에서 예비 조인을 통해 싱크 노드로 전달되는 데이터를 필터링하기 위한 기법이 제안되었다[6]. [그림 2-4]는 Yu et al. [6]의 시놉시스 조인 기법의 처리 과정을 나타낸다. 먼저, [그림 2]와 같이 싱크 노드는 R_L 과 R_E 영역에 질의를 전송한다. 이 때, GPCR 기법을 이용하여 각 R_L, R_E 영역에서 중심과 가장 가까운 센서가 영역의 대표 노드로 선정된다. 그 다음, 질의 영역 R_L 과 R_E 에 포함된 센서 노드들은 자신의 데이터를 요약하여 시놉시스를 만들고, 대표 센서 노드로 시놉시스를 전달하며 대표 노드들은 [그림 3(a)]와 같이 시놉시스를 예비 조인 조정

자로 전달한다. 예비 조정자는 각 조인 영역의 중간 지점(R_I)영역에서 선정되며, 시놉시스를 이용하여 각 영역에서 최종 조인에 참여하는 데이터를 필터링하는 역할을 수행한다. 이 과정을 예비조인(Preliminary Join)이라고 하며, 예비 조인 조정자는 [그림 3(b)]와 같이 그 결과를 각 영역의 대표 노드에게 전송한다. 마지막으로 [그림 4]와 같이 R_L 과 R_E 영역 내에 있는 센서들은 예비 조인 결과를 이용하여 질의에 참여하는 데이터를 싱크 노드로 전송한다.

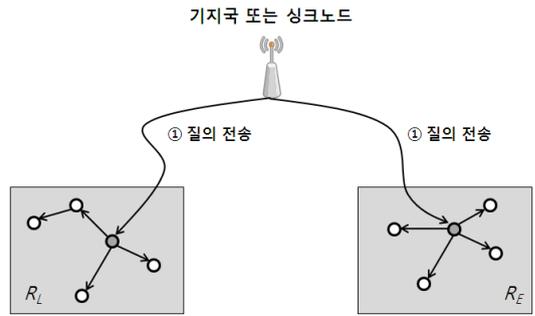
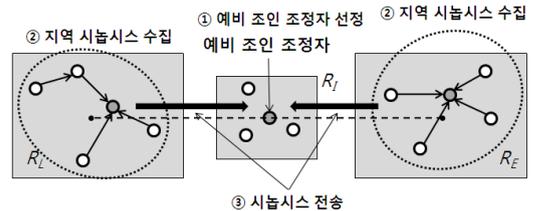
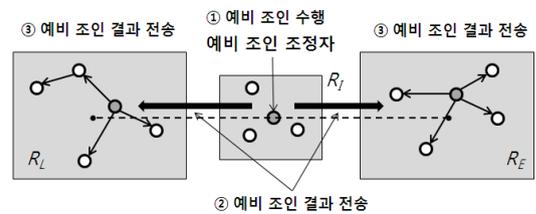


그림 2. 시놉시스 조인 - 질의배분



(a) 시놉시스 전송



(b) 예비 조인 결과 전송

그림 3. 시놉시스 조인 - 예비 조인 단계

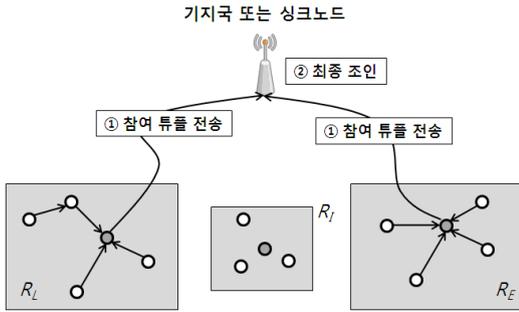


그림 4. 시놉시스 조인 - 최종 조인 단계

III. 제안하는 기법

본 장에서는 시놉시스 전송 과정에서 시놉시스의 크기를 고려하여 예비 조인 조정자를 선정하는 방법과 최종 데이터를 싱크 노드로 전송하는 비용을 줄이기 위한 기법을 제안한다. 싱크 노드로 요청된 조인 질의는 다음과 같은 순서에 의해 처리되며, 각 단계별 상세한 처리 과정은 다음절에 기술한다.

[1단계] 질의 배포 및 시놉시스 생성

싱크 노드가 각 조인 영역에 질의를 전송한다. 질의를 전송 받은 각 센서 노드들은 데이터의 시놉시스를 생성한다.

[2단계] 예비 조인

[예비 조인 조정자 선정 및 시놉시스 라우팅]

시놉시스 크기를 고려하여 시놉시스를 전달하며, 양쪽으로부터 시놉시스를 수신 받은 센서 노드를 예비 조인 조정자로 선정한다.

[예비 조인 결과 통보]

예비 조인 조정자는 시놉시스를 이용하여 예비 조인을 수행한 후, 최종 조인에 참여 여부를 비트 코드로 질의 영역 센서에게 전달한다.

[3단계] 참조 테이블 생성 및 전송

조인 참여하는 속성과 각 영역에서 참여하는 튜플의 수에 대한 정보를 참조 테이블로 생성하고, 싱크 노드

로 전달한다.

[4단계] 최종 조인

예비 조인 결과를 수신한 센서 노드는 조인 질의에 참여하지 않는 튜플과 참조 테이블에 포함된 속성값을 제거한 후 데이터를 싱크 노드로 전송한다. 최종 데이터를 수신한 싱크 노드는 최종 조인을 수행함으로써 질의에 대한 최종 결과값을 도출한다.

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 질의를 전달한다. [그림 2]와 같이 싱크 노드가 R_L 과 R_E 영역에 질의를 요청하면, 싱크 노드는 자신이 가지고 있는 지리학적 정보를 통하여 중간지점과 가장 가까운 센서에게 질의를 전달한다. 그리고 이 센서가 대표센서가 된다. 대표 센서는 $root(R_L)$ 과 $root(R_E)$ 로 표기한다. $root(R_L)$ 은 가장 가까운 이웃 센서에게 전달하는 GPSR 프로토콜을 사용하여 R_L 영역에 있는 모든 센서에게 질의가 전달된다[9]. $root(R_E)$ 도 마찬가지로 영역에 포함된 모든 센서 노드에게 질의를 전달한다. 질의를 수신한 각 센서 노드는 조인 속성에 따라 데이터를 정렬하고, [그림 5]와 같이 시놉시스를 생성한다. 시놉시스는 각 센서들이 가지고 있는 데이터에 대한 요약 정리된 테이블이며, 동일한 조인 속성에 대한 카운터정보를 포함한다.

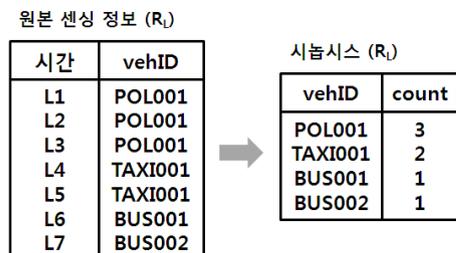


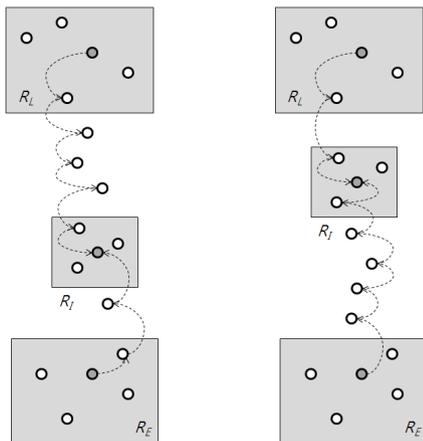
그림 5. 시놉시스 정보 예

2. 예비 조인

최소의 통신 비용으로 질의를 수행하기 위해 R_L 과

R_E 의 각 센서들에서 생성한 시놉시스를 최종조인의 관련 있는 데이터로 수집하기 위해 예비 조인한다. 예비 조인을 하기 위하여 적절한 위치에 있는 예비 조인 조정자에서 시놉시스를 수집해야 한다. 예비 조인 조정자를 선정하는 가장 쉬운 방법은 두 영역의 중간 지점에 위치한 센서 노드를 예비 조인 조정자로 선정하는 것이다. 하지만, 만약 R_E 영역에 시놉시스 크기가 크다면 전송비용은 R_L 보다 R_E 의 전송비용이 많이 발생하여 불균등한 에너지 소모가 발생한다. 기존 기법은 R_L 과 R_E 두 영역의 시놉시스 크기, 네트워크 밀도, 메모리 저장 공간을 동시에 고려하여 예비 조인 조정자를 선정하는 방법을 제안하지만 실제 응용에서는 추가적인 통신없이 R_L 과 R_E 영역에 대한 정보를 획득하기 어렵고, 센서 노드의 분포가 균일하지 않기 때문에 기존 예비 조인 조정자 위치 선정 기법은 실제 응용에 적합하지 않다. 제안하는 기법은 시놉시스는 예비 조인 조정자까지 다중 홉으로 전달된다는 점에서 착안하여 식(1)과 같이 시놉시스의 크기에 따른 지연시간(T_d)을 결정하고, 매 전송 홉마다 지연 시간동안 머무른 후 시놉시스를 다음 노드로 전달함으로써 시놉시스 라우팅의 에너지 소모를 균등하게 한다. 즉, 시놉시스 크기가 크다면 전송지연시간은 길어져 전송홉수가 작아지고, 시놉시스 크기가 작다면 전송지연시간은 짧아 전송홉수가 많아진다.

$$T_d = \{\text{시놉시스 크기}\} \times \{\text{지연 단위 시간}\} \quad \text{식(1)}$$



(a) $IREI > IRL$ (b) $IREI < IRL$
 그림 6. 시놉시스 크기에 따른 지연 라우팅

예를 들어 R_L 과 R_E 에서 R_E 영역에 시놉시스가 더 크다고 가정한다면, [그림 6](a)와 같이 R_L 보다 R_E 에 더 가까운 위치에서 예비 조인 조정자가 선정된다. 반대로 R_L 영역의 시놉시스가 더 크다면, [그림 6](b)와 같이 R_E 보다 R_L 에 더 가까운 위치에서 예비 조인 조정자가 선정된다.

3. 예비 조인 결과 통보

[그림 7]은 각 영역의 시놉시스들에 대한 예비 조인과 비트 코드 생성 및 전달 과정을 보여준다. 먼저, R_L 의 대표센서 $root(R_L)$ 은 각 센서로부터 받은 시놉시스를 예비 조인 조정자로 전송한다. 같은 방법으로 R_E 의 $root(R_E)$ 도 시놉시스를 전송한다. 그리고 시놉시스를 받은 예비 조인 조정자는 질의에 참여하지 않는 각 영역의 튜플들에 대한 정보를 획득하기 위해서 예비 조인 연산을 수행한다.

예비 조인 연산은 각 영역에서 받은 시놉시스들에 대한 조인 연산으로, 조인 결과에 포함되는 각 영역의 튜플들은 '1'로 설정되고 포함되지 않는 튜플들은 '0'으로 설정된 비트열을 만들어서, 향후 비트 코드를 생성하는데 사용한다. 예를 들어, [그림 8] 과 같이 예비 조인 조정자는 각 영역 $R_L = \{(POL001,3), (TAXI001,2), (BUS001,1), (BUS002,1)\}$ 과 $R_E = \{(POL002, 1), (POL003, 1), (TAXI001, 2), (TAXI002, 1), (BUS001, 1), (BUS002, 1)\}$ 의 시놉시스들을 받는다. 그리고 예비 조인 연산을 통해, R_L 과 R_E 의 $\{(TAXI001, BUS001, BUS002)\}$ 가 조인 결과에 포함되고, $\{(POL001, POL002, POL003, TAXI002)\}$ 는 조인 결과에 포함되지 않는다는 것을 알 수 있다. 즉, 예비 조인 조정자는 R_L 의 시놉시스에 대해 '0x0111'의 비트열을 만들고, R_E 의 시놉시스에 대해 '0x001011'의 비트열을 만든다. 또한 그림 8과 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. 즉, 비트 코드에서 '1'로 설정된 튜플은 싱크 노드의 질의 처리에 참여하는 튜플을 나타내고, '0'으로 설정된 튜플은 질의 처리에 참여하지 않는다는 것을 나타낸다.

각 영역의 대표센서가 각 영역의 시놉시스를 만들어서, 예비 조인 조정자에게 전달 하기 때문에, 대표센서는 비트 코드 정보만을 가지고 어떤 데이터가 싱크 노드의 질의 처리에 참여하는지 또는 참여하지 않는지를 쉽게 판별할 수 있다. 그리고 대표센서는 이 정보를 자신과 같은 영역에 포함된 센서들에게 배포함으로써, 각 센서들은 싱크 노드의 질의 처리에 참여하는 데이터만을 싱크 노드로 전송한다. 즉, 질의에 참여하지 않는 데이터들을 싱크 노드로 전송하는 불필요한 데이터 전송 비용을 줄임으로써, 전체 센서 네트워크의 수명을 연장시킨다.

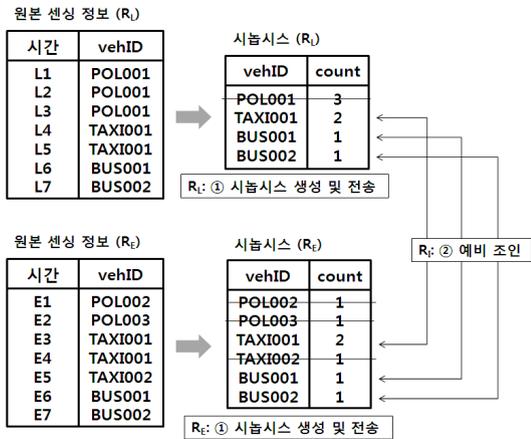


그림 7. 시놉시스 생성 및 예비 조인

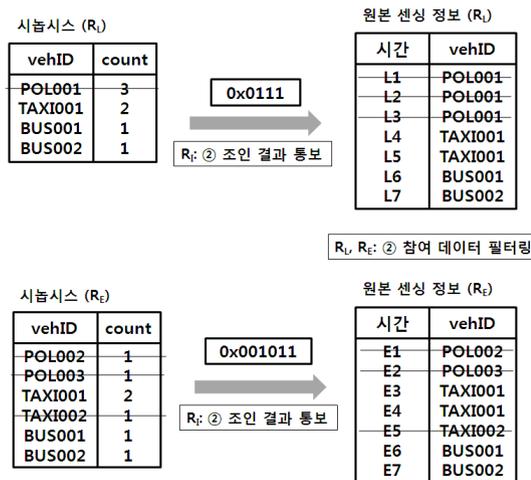


그림 8. 예비 조인 결과 통보 및 참여 데이터 필터링

4. 참조 테이블

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 9]에서 R_L 의 튜플 $\{(L4, TAXI001), (L5, TAXI001), (L6, BUS001), (L7, BUS002)\}$ 그리고 R_E 의 튜플 $\{(E3, TAXI001), (E4, TAXI001), (E6, BUS001), (E7, BUS002)\}$ 가 예비 조인 결과에 포함된다. 그래서 [그림 9]와 같이 예비 조인 결과에 포함되는 R_L 과 R_E 의 시놉시스 튜플들을 참조 테이블로 만든다. 싱크 노드는 참조 테이블을 바탕으로 질의 처리를 위해 각 영역으로부터 전달받을 데이터 형과 개수를 사전에 알 수 있고, 이를 바탕으로 최종 조인 (Final Join)을 수행한다. 즉, 각 영역의 센서들은 질의 처리를 위해 싱크 노드에게 데이터 값만 보내면 된다.

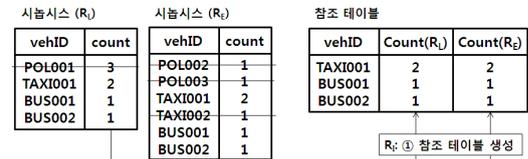


그림 9. 참조 테이블 생성

5. 최종 조인(Final Join)

R_L 과 R_E 의 대표노드는 [그림 10]과 같이 조인에 참여하는 압축된 센싱 정보를 기지국으로 전송하고, R_L 의 예비 조인 조정자는 참조 테이블을 기지국으로 전송한다. 기지국은 참조 테이블과 센싱 정보를 통해 원본 데이터를 복원하고, 최종 조인을 수행한다. 데이터 도출 과정은 [그림 11]과 같다. 예를 들어 R_L 로부터 전송받은 $\{(E3, E4, E6, E7)\}$ 정보와 참조 테이블 중에 R_L 에 대한 vehID와 Count(R_L) 정보를 이용하여 원본 튜플 정보 $\{(E3, TAXI001), (E3, TAXI001), (E6, BUS001), (E7, BUS002)\}$ 를 복원한다. 마찬가지로 R_E 의 정보로부터 원본 튜플 정보 $\{(L4, TAXI001), (L5, TAXI001), (L6, BUS001), (L7, BUS002)\}$ 를 복원한다. 데이터 복원 과정이 끝난 후 [그림 11]과 같이 최종 조인을 수행한다. 최종 조인은 참조 테이블을 통해 도출된 튜플을 일치시

켜 결과를 얻는다. 그리고 질의를 요청에 사용자에게 결과를 반환한다.

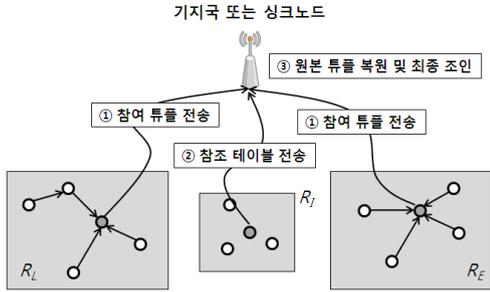


그림 10. 최종 조인

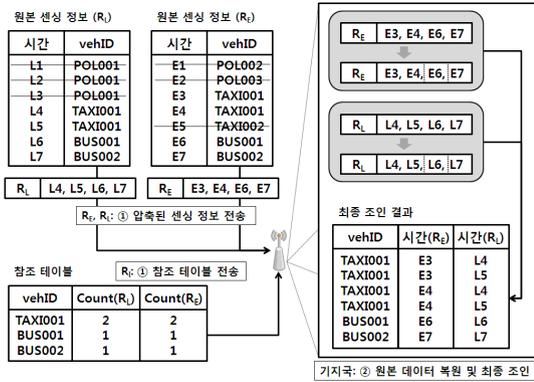


그림 11. 최종 조인의 예

IV. 성능평가 및 분석

1. 실험 환경

제안하는 기법에서 사용한 시뮬레이션 환경은 다음과 같다. 센서 네트워크는 500m x 500m의 사각형 형태를 가지고 있다. 이 영역 상에 400개의 센서 노드들이 균등하게 분포되어 있고 40m의 통신 반경을 가지고 있다. 그리고 시뮬시스 조인을 기초로 하여 성능을 평가하였다. 이 성능평가에서는 조인 선택도를 0.0001 - 0.001으로 다양하게 변화시키면서 실험 하였다. 그리고 R_L과 R_E의 동일한 조인 선택도와 비동일한 조인 선택도 환경에서 실험하였다.

2. 동일한 조인 선택도에 따른 실험결과

[그림 12]는 제안하는 기법과 시뮬시스 조인을 선택도에 따라 전송 데이터량을 비교하여 평가한 결과이다. X축은 조인 선택도를 나타내고 Y축은 송/수신된 메시지의 수를 나타낸다. 실험 결과로 기존의 시뮬시스 조인보다 우수한 성능을 보였다. 기존의 시뮬시스 조인은 예비 조인 조정자에서 예비 조인 후, 다시 질의를 받은 센서영역으로 예비 조인 결과를 전송한다. 반면에 제안하는 기법은 예비 조인 결과를 비트코드로 전달하고, 별도의 참조테이블을 통해서 싱크 노드에서 최종 조인을 한다. 따라서, 조인 선택도가 커짐에 따라 성능이 향상된다. [그림 13]은 R_L과 R_E의 조인선택도가 동일한 환경에서 제안하는 기법에 네트워크 메시지의 구체적인 비용 분석을 나타낸다. 시뮬시스는 튜플의 수에 따라 사이즈가 변하기 때문에 전송비용은 대체로 일정하다. 비트코드는 예비 조인 연산결과를 0, 1로 전달 하기 때문에, 전체 데이터에는 영향을 주지 않기 때문에 전송비용은 미세한 변화만 있다. 참조 테이블은 조인 선택도에 따라서 일정하게 변한다. 그리고 조인 선택도에 따른 튜플비용도 일정 하게 변한다.

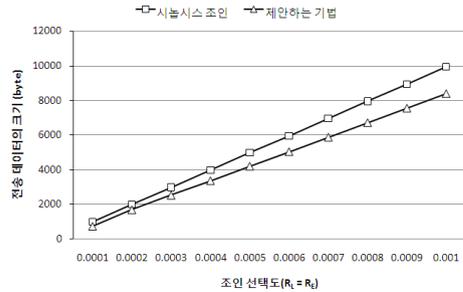


그림 12. 동일한 조인 선택도에 따른 전송비용

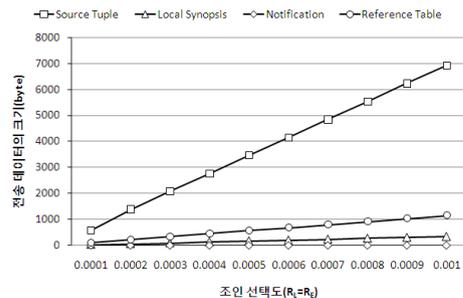


그림 13. 동일한 조인 선택도에 따른 비용분석

3. 비동일한 조인 선택도에 따른 실험결과

본 절에서는 R_L 과 R_E 의 비동일한 조인 선택도 환경에서 실험 하였다. [그림 14]는 R_L 을 0.001의 조인 선택도로 고정하고 R_E 를 0.0001 ~ 0.001로 변화시키면서 시놉시스 조인과 비교하였다. 제안하는 기법에서는 데이터 크기를 고려하여 예비 조인 조정자를 선정하기 때문에 균등한 에너지 소비가 이루어진다. 그래서 제안하는 기법이 보다 우수한 성능을 보이고, 기존의 기법보다 데이터 전송량이 평균 30% 감소하였다. [그림 15]는 R_L 과 R_E 의 조인선택도가 비동일한 환경에서 제안하는 기법의 네트워크 메시지 비용 분석한 결과를 나타낸다. 시놉시스, 비트코드, 참조테이블은 [그림 13]와 같은 동일한 성능을 갖는다. 하지만 조인 선택도에 따른 튜플 비용은 조금 더 높은 비용을 보이고 있다. 그 이유는 각 영역의 데이터 크기를 고려하여 예비 조인 조정자를 선정하기 때문이다.

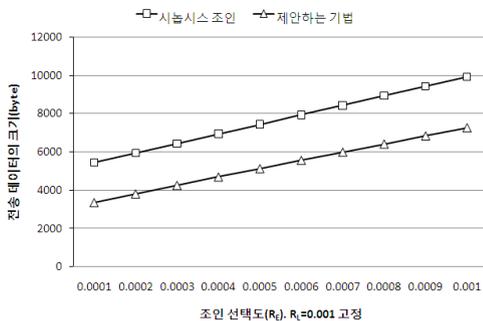


그림 14. 비동일한 조인 선택도에 따른 전송비용

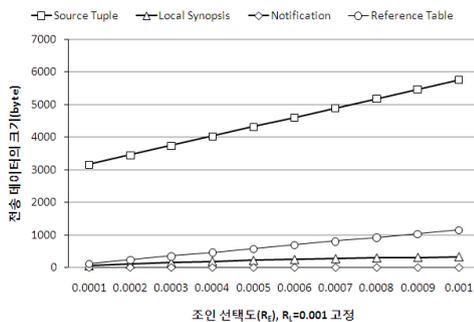


그림 15. 비동일한 조인 선택도에 따른 비용분석

V. 결론

본 논문에서는 기존에 제안된 시놉시스 조인의 문제점을 제시하고 에너지 효율적인 예비 조인 조정자 선정 기법과 최종 조인을 수행하기 위해 데이터를 기지국으로 전송하는 비용을 줄이기 위한 기법을 제안하였다. 시놉시스가 다중 홉으로 전달된다는 점에 착안하여 시놉시스의 크기에 따라 지연시간을 설정하고, 매 전송 홉마다 지연시간을 가지고 시놉시스를 다음 노드로 전달함으로써 시놉시스 라우팅의 에너지 소모를 균등하게 하였다. 또한, 예비 조인 후 조인에 참여하는 속성들을 포함하는 참조 테이블을 싱크 노드로 전송함으로써 각 영역의 최종 데이터 전달시 데이터 압축을 수행하였다. 성능 평가 결과, 동일한 조인 선택도 환경에서는 시놉시스 조인과 유사한 결과를 보이면서도, 점점 조인 선택도가 늘어나면서 전송 데이터 전송량이 줄어드는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 비동일한 조인 선택도 환경에서는 시놉시스 조인 보다 우수한 성능을 보이며, 데이터 전송량이 약 30% 감소하였다.

참고 문헌

- [1] C. Intanagonwivat, R. Govindan, and D. Estrin, "Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks", In proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking, pp.56-67, 2000(8).
- [2] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey", Computer Networks, Vol. 38, No. 4, pp.393-422, 2002(3).
- [3] Y. Yao and J. Gehrke, "The cougar approach to innetwork query processing in sensor networks", SIGMOD Record, Vol.31, No.3, pp.9-18, 2002(9).
- [4] S. Madden, M. J. Franklin, J. M. Hellerstein, and W. Hong, "TAG: A tiny aggregation service for ad-hoc sensor networks", In proceedings of the

5th symposium on Operating systems design and implementation, pp.131-145, 2002(12).

- [5] S. Madden, M. J. Franklin, J. M. Hellerstein, and W. Hong, "TinyDB: an acquisitional query processing system for sensor networks", ACM Transactions on Database Systems, Vol.30, No.1, pp.122-173, 2005(3).
- [6] H. Yu, E. P. Lim, and J. Zhang, "On in-network synopsis join processing for sensor networks", In proceedings of the 7th International Conference on Mobile Data Management, pp.32-40, 2006(5).
- [7] S. Nath, P. B. Gibbons, S. Seshan, and Z. R. Anderson, "Synopsis diffusion for robust aggregation in sensor networks", ACM Transactions on Sensor Networks, Vol.4, No.2, pp.1-40, 2008(3).
- [8] D. J. Abadi, S. R. Madden, and W. Lindner, "REED: Robust, Efficient Filtering and Event Detection in Sensor Networks," In proceedings of the 31st international conference on Very large data bases, pp.769-780, 2005(8).
- [9] B. Karp and H. T. Kung, "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks," In Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking, pp.243-254, 2000(8).

저 자 소 개

여 명 호(Myung-Ho Yeo)

정회원



- 2004년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2006년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2010년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)

• 2010년 2월 ~ 현재 : 국방과학연구소(선임연구원)
 <관심분야> : 데이터베이스시스템, 정보검색, 센서네트워크 및 RFID, 멀티미디어데이터베이스

장 용 진(Yong-Jin Jang)

정회원



- 2009년 2월 : 한밭대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 석사과정

<관심분야> : 무선 센서 네트워크, 데이터베이스 시스템, Flash Memory 저장 시스템

김 현 주(Hyun-Ju Kim)

준회원



- 2010년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 석사과정

<관심분야> : 무선 센서 네트워크, 데이터베이스 시스템, Cloude Computing

유 재 수(Jae-Soo Yoo)

종신회원



- 1989년 2월 : 전북대학교컴퓨터공학과(공학사)
- 1991년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
- 1995년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)

• 1995년 3월 ~ 1996년 8월 : 목포대학교 전산통계학과(전임강사)

• 1996년 8월 ~ 현재 : 충북대학교 전자정보대학 교수

<관심분야> : 데이터베이스시스템, 정보검색, 센서네트워크 및 RFID, 멀티미디어데이터베이스, 분산객체컴퓨팅