# 센서 네트워크에서 다중 기지국을 고려한 에너지 효율적인 인-네트워크 병합 질의 처리*

이효준, 여명호, 김학신, 유재수
충북대학교 정보통신공학과
e-mail : {hjlee, mhyeo, hskim}@netdb.cbnu.ac.kr, yjs@cbnu.ac.kr

# Energy-Efficient In-Network Aggregation Query Processing in Sensor Networks with Multiple Sinks

Hyo-Joon Lee, Myung-Ho Yeo, Hak-Sin Kim, Jae-Soo Yoo
Dept. of Information and Communication Engineering, Chungbuk National University

**요 약**

본 논문은 인-네트워크 병합 질의를 처리하는 다중 기지국 센서 네트워크에서 데이터 변동률을 고려하지 않은 경우의 문제점을 분석한다 또한 데이터 변동률과 기지국과의 거리를 고려한 새로운 인-네트워크 병합 질의 처리 기법을 제안하였다. 성능 평가를 통해 제안하는 기법이 기존 기법 우수한 성능을 보인다. 실험 결과, 제안하는 기법이 불필요한 데이터 전송을 최대 32% 감소시켰다.

## 1. 서론

센서는 제한적인 에너지 보유량으로 인해 센서 네트워크 내에서 데이터 수집 및 전송을 하는데 있어서 효율적인 에너지 사용이 필수적이며 다양한 접근의 연구가 시도되고 있다[1].

데이터 제한 기법은 유사성이 높은 데이터가 많은 센서데이터의 특징을 이용하여 싱크 노드로 전송해야 할 데이터의 크기를 줄여 통신비용을 줄이는 방법이다. 크게 공간적인 제한 기법과 시간적인 기법 두 가지로 나눌 수 있다. 공간적인 기법은 이웃 노드들의 데이터와의 연관성으로 고려하여 데이터를 전송하는 기법으로 대표적인 기법은 [2]가 있다. 시간적인 제한 기법은 과거 데이터를 기준으로 현재 데이터가 변화가 있을 경우 데이터를 전송하는 기법으로 대표적인 기법은 [3]이 있다.

이러한 데이터 제한 기법은 인-네트워크 병합 질의를 처리할 때 이용된다. 인-네트워크 병합 질의 처리 기법은 센서 노드가 데이터를 수집해서 곧바로 기지국으로 보내는 것이 아니라 루트노드로 병합된 내용을 전송하여 루트노드가 기지국으로 전송하는 기법이다[3]. 이러한 기법은 루트노드와 기지국간의 거리가 멀어질 경우 루트노드와 기지국간의 통신비용이 증가하게 된다. 그래서 단일 기지국보다 다중 기지국을 이용하여 루트노드와 기지국간의 거리를 줄여 통신비용을 감소시킨다[4]. 또한 데이터 제한 기법으로 인해 변동이 발생하는 센서 노드만 데이터를 전송하기 때문에 변동이 발생한 노드가 루트노드가 되면 인-네트워크 병합 비용이 줄어든다.

## 2. 제안하는 기법

### 2.1 문제 정의

센서 데이터는 시공간적으로 유사하다는 특징이 있다. 그래서 병합질의나 오차를 허용하는 데이터를 전송할 경우 허용오차를 넘을 경우에만 데이터를 전송하게 되면 데이터 전송량을 줄여 통신비용을 감소할 수 있다[3]. 그러나 [3]의 경우 단일 기지국 환경만 고려했기 때문에 만약 다중 기지국 환경에서 데이터 변동률을 고려하지 않고 질의를 잘못 할당할 경우 질의 내부 통신비용이 증가하는 경우가 발생한다. 따라서, 다중 기지국환경에서 인-네트워크 질의 처리를 위해서는 데이터의 변동률을 고려해야 한다.

### 2.2 데이터 변동률의 수집과 갱신

변동률을 얻기 위해서는 데이터의 변화가 일어나는 횟수를 알기 위해 주기(T)마다 데이터를 측정하여 일정기간 동안 데이터를 유지한다고 가정한다. 데이터 변동률 수집과정은 질의에 포함된 노드와 그렇지 않은 노드로 구분할 수 있다.

#### 2.2.1 질의에 포함되지 않은 센서 노드

질의에 포함되지 않은 센서 노드는 일정주기(T)마다 데이터를 측정하고 식 (1)을 이용해 데이터의 변화를 확인한다. 여기서, $D_i$ 는 현재 측정한 데이터 값을 말하고, $D_{i-1}$ 은 이전 측정한 데이터 값이고 ε 은 오차 허용범위를 지정하는 임의의 값이다.

$$\frac{|D_i - D_{i-1}|}{D_{i-1}} > \varepsilon \qquad \text{식 (1)}$$

데이터의 변동이 발생하면 횟수를 측정하여 변동률(*VR*)을 기록한다.

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

$VR = \{$데이터의 변화가 일어난 횟수$\}$ 식 (2)

이 과정을 n 번 반복하여 nT 일 때 이전에 보고했던 $VR$ 값과 비교하여 일정한 값 이상이 될 경우 기지국으로 보고하며 기지국에서는 변동률을 표로 유지한다.

### 2.2.2 질의에 포함된 센서 노드

질의에 포함된 센서 노드는 질의의 수집주기 마다 데이터를 측정하여 변화를 확인하여 $VR$ 값을 증가 시킨다. 증가된 $VR$ 값은 질의영역 내의 루트 노드에서 관리한다.

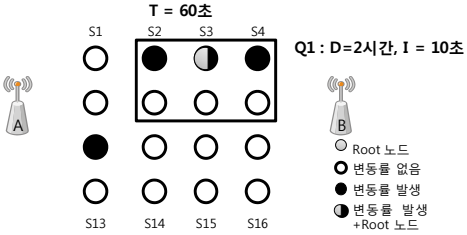
## 2.3 루트 노드 선정 및 질의 할당

질의 할당 및 데이터 수집에 소요되는 비용을 알기 위해 식 (3)을 이용한다. $R$ 은 루트 노드와 기지국간의 최소 거리를 의미하며 식(4)에서 $A$ 는 인-네트워크 병합질의 처리 비용으로 $h$ 는 루트노드까지의 거리를 의미한다.

$$C_{ij} = R_{ij} + A_j \quad \text{식 (3)}$$

$$A_j = \sum_{k=1}^{N-1} (VR_k \cdot h) \quad \text{식 (4)}$$

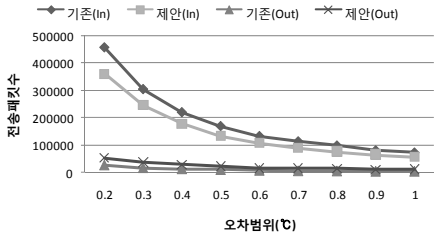
계산된 $C$ 값 중에서 최소값을 갖는 루트 노드와 기지국을 연결하여 질의를 할당하게 되며 질의 영역내의 병합질의처리는 [3]과 동일한 방법으로 처리한다.



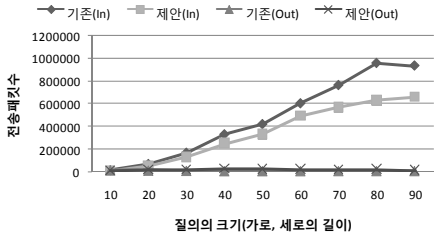

(그림 1) 질의 할당

## 3. 성능평가

제안하는 기법의 우수성을 보이기 위해 TiNA[3]와 시뮬레이션을 통해 성능을 비교 평가한다. 실험에 이용한 데이터는 인텔 연구실[5]에서 1 개월 동안 수집한 환경 데이터 중 3 월 1 일 하루 동안 수집된 온도 데이터 이다. 실험 환경은 100mX60m 의 공간에 54 개의 센서 노드를 균등하게 분포하여 3 개의 기지국을 위치시켜 실험을 하였다. 기존 기법은 루트 노드가 기지국과 가장 가까운 곳에 위치한다고 가정하고 실험하였다. 실험결과, 제안하는 기법은 기존 기법보다 최대 32%가량 불필요한 데이터 송신을 줄였다.




(그림 2) 오차 범위에 따른 전송 패킷 수




(그림 3) 질의의 크기에 따른 전송 패킷 수

## 4. 결론

본 논문에서는 다중기지국 환경에서 데이터 변동률과 기지국에 따른 새로운 인-네트워크 병합질의 기법을 제안하였다. 기존 기법은 단일 기지국 환경에서 인-네트워크 병합 질의 처리 기법을 다루었다. 그러나 다중 기지국 환경에 적용할 경우 루트노드와 기지국 사이의 거리와 데이터 변동률에 따라서 질의 할당의 효율성이 다르게 된다. 하지만 제안하는 기법은 데이터 변동률과 기지국과의 거리를 고려한 루트 노드 선정을 하고 인-네트워크 병합비용을 계산하여 질의 처리 효율을 높였다. 결론적으로 제안하는 기법이 기존 기법보다 데이터 전송은 최대 32% 감소시켰다.

## 참고문헌

[1] N. Bulusu, D. Estrin, L. Girod, and J. Heidemann, "Scalable Coordination for Wireless Sensor Networks: Self-Configuring Localization Systems", In Proceedings of the Sixth International Symposium on Communication Theory and Applications, 2001.

[2] X. Meng, L. Li, T. Nandagopal, and S. Lu, "Event contour: An efficient and robust mechanism for tasks in sensor networks", Technical Report, 2004.

[3] M. Sharaf, J. Beaver, A. Labrinidis, and P. Chryanthis, "TiNA: A scheme for temporal coherency-aware in-network aggregation", In Proceedings of the 2003 ACM Workshop on Data Engineering for Wireless and Mobile Access, 2003.

[4] S. Xiang, H. B. Lim, K. L. Tan and Y. Zhou, “Similarity-Aware Query Allocation in Sensor Networks with Multiple Base Stations”, Proceedings of the 4th Workshop on Data Management for Sensor Networks, 2007.

[5] Intel Lab Data, http://berkeley.intel-research.net/labdata/, Apr. 2004.