

무선 센서 네트워크에서의 제한된 쿼리 전달 기법

손재민, 진정우, 한기준
경북대학교 컴퓨터공학과

Limited Query Delivery Scheme for Wireless Sensor Networks

Jaemin Son, Jungwoo Jin, Kijun Han

Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

ABSTRACT

쿼리에 응답하는 데이터 전달방식에서는 일반적으로 쿼리가 네트워크 전체에 뿌려진다. 하지만 쿼리가 특정지역의 정보만을 요구하는 경우 그 쿼리는 네트워크 전체에 뿌려질 필요가 없다. 본 논문에서 우리는 제한된 쿼리 전달 기법을 제안한다. 제안된 기법은 네트워크를 섹터와 레벨단위의 논리적 영역을 만들고 쿼리가 필요로 하는 정보가 속한 최소한의 영역으로만 쿼리를 전달함으로써 불필요한 쿼리 전달을 줄이고자 하는 것이다. 성능평가에서는 제안된 기법을 사용함으로써 센서 노드들의 평균 소비되는 에너지를 줄이고 네트워크의 생존시간을 늘리는 결과를 보였다.

1. 서론

최근 센서, MEMS(Micro Electro Mechanical Systems), 프로세서, 메모리, 무선통신 기술의 발전으로 인한 규모가 크며 저가의 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network: WSN) 환경의 전개를 가능하게 하고 있다. 수천 개의 센서 노드들 간의 공동 작업을 기반으로 한 무선 센서 네트워크는 서식지 모니터링, 침입탐지, 실시간 위치 측정, 홈 네트워크, 과학적 탐사 등 수많은 응용에 대한 기반을 제공하고 있다. 이렇게 많은 응용에도 불구하고 무선 센서 노드들은 전력 면에서는 자유롭지 못하다. 이러한 이유로 센서 네트워크에서는 에너지를 적게 소비하며 통신하는 기술 또한 많이 연구되고 있다. 센서 라우팅 프로토콜의 설계 시에도 이 같이 제한된 에너지를 효율적으로 사용할 수 있도록 설계되어야 한다^[1, 2].

센서 네트워크에서는 데이터 전송방식을 다음과 같이 몇 가지로 분류할 수 있다^[3]. 즉, 시간 기반(LEACH^[4]), 이벤트 기반(TEEN^[5]), 쿼리 기반

(Directed Diffusion^[6]), 그리고 이러한 방식들을 통합한 하이브리드(APTEEN^[7]) 방식이 있다. 이들 중 쿼리 기반 방식은 싱크(sink, 또는 Base Station)나 다른 센서 노드가 쿼리(query)를 보내면 그 쿼리에 해당하는 센서 노드들이 데이터를 싱크 쪽으로 보고하는 방식이다. 대부분의 쿼리 기반의 라우팅 프로토콜에서는 쿼리의 전송보다는 데이터 보고에 소비되는 에너지를 최소화하는데 초점이 맞추어져 있다. 하지만 센서노드의 에너지 효율적인 데이터 보고도 중요하지만 쿼리의 전달도 쿼리기반 네트워크에서는 매우 중요한 부분이다. 또한 일반적으로 쿼리는 플러딩(flooding)되지만 쿼리의 종류가 특정지역의 정보를 필요로 하는 응용에서는, 쿼리가 플러딩 될 필요가 없다 (예: "외부온도는 몇도 인가?" 또는, "1층 로비의 습도는 얼마인가?"). 이러한 쿼리의 플러딩은 불필요한 전송으로 인해 각 센서 노드들의 에너지가 빨리 고갈되는 원인이 된다. 만약 쿼리가 그 특정지역으로만 보내질 수 있다면 데이터를 수집하는 센서네트워크의 생존시간은 더욱 늘어날 것이다.

본 논문에서, 우리는 이러한 플러딩에 소비되는 에너지를 줄이기 위한 방법으로 특정지역으로만 쿼리를 전송할 수 있도록 하는 방법을 제안한다. 제안한 방법을 사용하면 쿼리를 플러딩 하는 방법보다 네트워크의 생존시간을 약 3배정도 늘릴 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 효율적으로 쿼리를 전송하기 위한 쿼리 전달 방법을 설명하고 3장에서는 실험을 통해서 제안된 방법을 확인하고, 4장에 결론을 맺도록 하겠다.

2. 쿼리 전달 방법

쿼리 기반의 센서네트워크에서는 쿼리를 보낼 쿼리가 특정지역의 정보를 요구할 경우에는 네트워크 전체에 플러딩 할 필요가 없다. 본 절에서는 이 같은 종류의 쿼리를 전달할 경우 전달되는 범위를 제

한함으로써 네트워크의 생존시간을 늘리는 방법을 제안하고자 한다.

2.1 섹터와 레벨 설정

섹터와 레벨 설정은 네트워크가 구성되는 초기에 한번 수행하며, 싱크가 네트워크를 같은 각(θ)의 섹터와 같은 거리(r)의 레벨로 나누는 단계이다. 본 논문에서는 단위 섹터로 분할하는 각을 90도, 60도 그리고 45도를 사용하였고, 섹터를 분할하는 각도는 제안 기법의 성능을 최적화할 수 있는 각도를 이용하고자 하며, 모의실험 부분에서 위 세 가지 각도를 사용하여 각각 성능을 도출하였다. 거리는 센서노드의 전파반경으로 한다.

싱크는 그림 1에서와 같이 네트워크의 중앙에 위치하며 논리적인 영역을 나누기 위해 알맞은 섹터를 위한 각도와 레벨을 위한 거리를 결정한다. 싱크는 영역 설정에 필요한 정보들을 알리기 위하여 각각의 센서노드에게 SSP(Sector Setup Packet) 메시지를 플러딩한다. 이렇게 플러딩 되는 SSP에는 싱크의 위치, 섹터의 각도 그리고 레벨의 거리정보가 포함되어 있다. 이 SSP를 수신한 각 센서노드는 다음과 같은 연산을 통해서 자신의 섹터위치와 레벨을 스스로 결정한다.

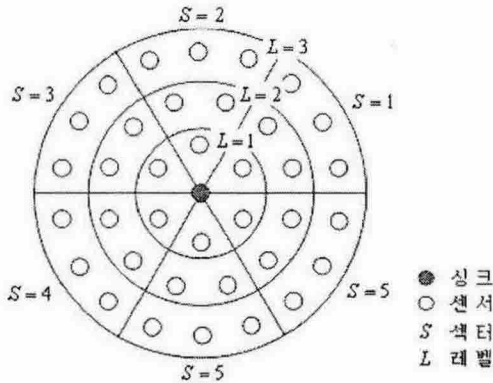


그림 1 섹터와 레벨 설정
Fig. 1 Sector, Level setup

싱크의 좌표를 (S_x, S_y)라하고 센서의 좌표를 (N_x, N_y)라 하면 식 1에서와 같이 싱크의 좌표를 (0, 0)으로 하여 센서의 상대적인 좌표 (d_x, d_y)를 구할 수 있다. 이렇게 구해진 싱크와의 거리(d)로 간단히 r 과 비교해서 자신의 레벨(L)을 결정할 수 있다. 식 1을 이용하여 그림 2에서와 같이 기준선에서 싱크와 센서노드의 사이각(θ_{node})을 구하기 위해서 식 2에서와 같이 $\cos\theta_{node}$ 의 값을 구한다. 식 2에서 구해진 결과 값으로 식 3에 대입하여 사이각을 구할 수 있다. 그 사이각을 이용하여 식 4에서 만족하는 섹터번호(S)를 찾으면 센서 노드 자신이 어느 섹터에 속하는지 알 수 있게 된다.

$$d_x = N_x - S_x, d_y = N_y - S_y \quad (1)$$

$$\cos \theta_{node} = \frac{d_x}{\sqrt{d_x^2 + d_y^2}} \quad (2)$$

$$\theta_{node} = \cos^{-1}\left(\frac{d_x}{\sqrt{d_x^2 + d_y^2}}\right) \quad (3)$$

$$(S-1)\theta < \theta_{node} < S\theta \quad (4)$$

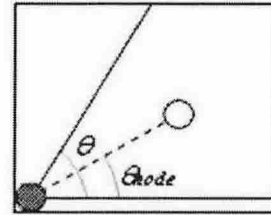


그림 2 섹터 각(θ)과 노드 각(θ_{node})
Fig. 2 Sector angle(θ), Node angle(θ_{node})

이렇게 싱크가 플러딩 하는 SSP 메시지를 각 노드가 수신함으로써 자신의 섹터번호와 레벨을 죽을 때까지 기억하게 되며, 그림 1에서와 같이 네트워크가 논리적인 영역으로 분할된다.

2.2 쿼리 전송

쿼리 전송단계는 앞의 2.1절에서 나눈 섹터와 레벨 단위로 플러딩을 하는 단계이다. 다시 말해서 쿼리와 상관없는 지역의 섹터 쪽으로는 쿼리가 플러딩 되는 것을 제한하는 것이다. 그리고 정해진 레벨이상이므로도 쿼리의 전달을 제한한다. 싱크가 궁금해 하는 특정 지역(specific area)이 포함된 섹터로만 쿼리가 전달될 수 있게 한다. 쿼리를 받은 센서노드는 쿼리에 포함된 섹터와 레벨번호를 보고 그 쿼리를 전달(forwarding)해야 할지 말아야 할지를 결정한다. 각 센서노드는 자신의 섹터와 레벨을 비교하여 일치하면 전달하고 그렇지 않으면 폐기(discard) 함으로써 네트워크 전체에 플러딩 되는 것을 막을 수 있다. 이 불필요한 전송을 막음으로써 각 센서 노드의 에너지를 절약할 수 있으며 전체 네트워크의 생존시간도 늘릴 수 있다.

데이터 보고 단계에서는 쿼리가 플러딩 될 때 그 경로를 따라서 역경로(reverse path)를 설정하고 이 역경로를 통해서 데이터가 전송되는데, 본 논문에서는 센서노드에서 싱크까지의 데이터 전송보다 싱크에서 센서노드까지의 쿼리 전송에 초점을 맞추었기 때문에 데이터 모음과 같은 에너지 효율적인 데이터 전송없이 간단한 데이터 전송모델을 이용한다. 쿼리의 플러딩을 통해서 설정된 역경로 중 싱크까지의 홉을 기준으로 최단경로를 따라 데이터를 싱크까지 전송한다.

3. 성능 평가

이 절에서는 실험을 통해서 쿼리를 플러딩 하는 방식과 우리가 제안한 쿼리 전달 방법을 비교 분석하였다. 우선 모든 쿼리가 특정 지역의 정보를 요구하고 있다고 가정하고 실험을 하였다. 에너지 전송모델로 LEACH의 첫 번째 모델을 이용하였다^[4].

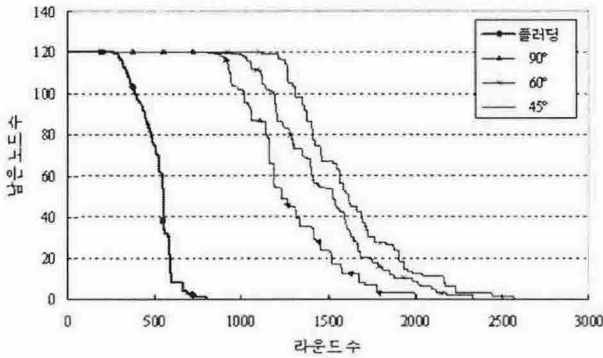


그림 3 라운드당 남은 노드 수
Fig. 3 Number of remaining nodes

그림 3은 각 라운드당 남아 있는 노드 수를 나타내고 있다. 여기서 라운드는 싱크가 모든 노드들에게 한번씩 쿼리를 보내고, 전송 가능한 노드들이 감지한 데이터를 싱크까지 보내낼 때 까지라 정의하였다. 플러딩방법은 제안된 방법에서 각도를 90도로 한 것보다 약 3배나 빨리 노드들이 죽는 것을 알 수 있다. 또한 90도보다는 60도 그보다는 45도가 더 효율적임을 알 수 있다. 우리는 그림에는 나타나지 않지만 각도가 너무 작을 경우에는 연결성 문제가 심각하게 발생할 수 있고, 최적의 각도 선택은 네트워크 환경에 민감하게 작용함을 알 수 있었다.

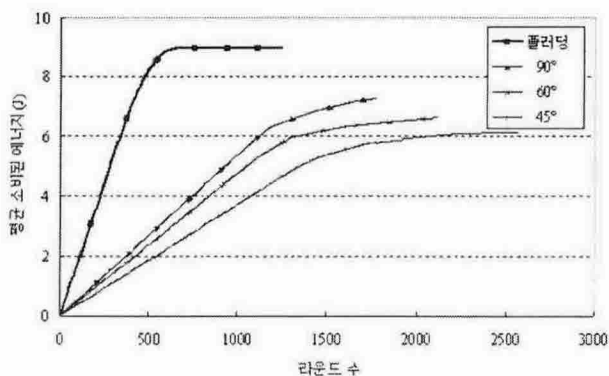


그림 4 라운드당 평균 소비된 에너지
Fig. 4 Average dissipated energy

그림 4는 각 라운드당 평균 소비된 에너지를 보여주고 있다. 쿼리를 플러딩해서 전달할 때는 에너지 소비측면에서 제안한 방법들 보다 매우 빨리 소비되는

것을 알 수 있다. 평균 소비된 에너지를 500라운드에서 비교해볼 때 플러딩방법이 제안한 방법보다 약 4.5 배정도 빨리 소비되는 것을 알 수 있다. 또한 제안한 방법이 전체 소비되는 에너지는 적지만 라운드는 오래가는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

우리는 제한된 쿼리 전달 기법을 제안했다. 그 제안된 기법은 네트워크를 논리적으로 섹터 단위와 레벨 단위로 영역을 나누어서 쿼리를 특정 영역으로만 보내는 방법이다.

실험결과는 제안한 기법(특히 45도)이 전통적인 플러딩 방법보다 에너지를 더 적게 소비하여 네트워크의 전체 생존시간이 더 늘어남을 보여주었다. 앞으로 우리는 시스템 성능에 미치는 요소와 쿼리 전달 뿐만 아니라 데이터 보고 방법에 대해서도 더 연구할 것이다.

이 논문은 경북대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] Akyildiz I.F., Weilian Su, S. Y. and Cayirci E., "A survey on sensor networks," Communications Magazine, IEEE, Aug. 2002, pp.102-114.
- [2] J.M. Kahn, R.H. Katz and K.S.J. Pister, "Mobile Networking for Smart Dust," Proc. ACM/IEEE Intl. Conf. Mobile Computing and Networking, Aug. 1999.
- [3] I-Karaki J.N., Kamal A.E., "Routing techniques in wireless sensor networks: a survey," Wireless Communications, IEEE, Dec. 2004, pp.6-28.
- [4] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," Proc. 33rd Hawaii Int'l. Conf. Sys. Sci., Jan. 2000.
- [5] A. Manjeshwar and D.P. Agrawal, "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks," Proc. First Int'l Workshop Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, Apr. 2001.
- [6] C. Intanagonwiwat, R. Govindan and D. Estrin, "Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks," Proc. Sixth Ann. ACM/IEEE Int'l Conf. Mobile Computing and Networking, Aug. 2000, pp.56-67
- [7] Manjeshwar A., Agrawal D.P., "APTEEN: a hybrid protocol for efficient routing and comprehensive information retrieval in wireless sensor networks," Parallel and Distributed Processing Symposium., Proceedings International, Apr. 2002, pp.195-202.