

무선센서네트워크에서 에너지 잔량을 고려한 새 떼의 행동양식 기반 혼잡제어

정순교, 염상길, 김동수, 추현승
성균관대학교 정보통신대학

e-mail : {soongyo, sanggil12, dskim61, choo}@skku.edu

Energy-aware Congestion Control in WSNs based on Bird Flocking Behavior

Soon-gyo Jung, Sanggil Yeom, Dongsoo Kim and Hyunseung Choo
College of Information and Communication Engineering,
Sungkyunkwan University

요 약

무선센서네트워크에서 사용되는 혼잡제어 방식은 일반적인 네트워크 방식과는 다르게 고려해야 할 사항이 있다. 문제 해결에 사용할 수 있는 자원이 한정적이며, 중앙에서 혼잡 제어를 할 경우 지나친 통신 부하가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 집단지성(Swarm Intelligence)의 일종인 새 떼의 행동양식을 무선센서네트워크에 적용한 혼잡제어 기법을 살펴보고, 기존 기법에서 발생하는 에너지 소비 불균형을 해결하기 위한 기법에 대해 기술한다. 본 논문을 통해 무선센서네트워크에 새 떼의 간단한 행동양식을 적용함으로써 강인하고 확장 가능하며 자가 적응이 가능한 혼잡제어가 가능함을 확인하고, 집단지성이 우리가 직면하고 있는 다양한 연구 과제의 해결 도구가 될 수 있는 가능성을 보인다.

1. 서 론

무선센서네트워크에서 사용되는 혼잡제어 방식은 일반적인 네트워크에서의 방식과는 다르게 고려해야 할 사항이 있다. 첫째, 문제 해결을 위해 사용할 수 있는 자원이 한정적이다. 둘째, 중앙에서 혼잡제어를 하는 경우 지나친 통신 부하가 있어 에너지의 소비가 빠르다. 셋째, 트래픽의 조건에 따라 중앙에서의 반응이 느릴 수 있다. 마지막으로 중앙 집중형의 경우 대규모의 자율적인 네트워크에는 적용할 수 없다. 이와 같이 무선센서네트워크에서의 예측이 힘든 현상을 해결하기 위해서는 비중앙화, 강인함, 자가 적응력, 확장성을 가지고 있는 혼잡제어 방식이 필요하다[1].

자연을 살펴보면 많은 동적인 생물학적 시스템과 그 법칙들이 놀랍게도 매우 간단한 규칙으로 이루어져 있다는 것을 발견할 수 있다. 생물학적인 시스템과 그 처리방식에는 다양한 환경의 상황에 빠르게 적응하고, 내외부적인 요소에 의해 발생하는 실패에 대한 회복 능력, 분산 환경에서 자율구성이 가능한 특성이 있다. 생물학적 시스템을 적용한 생체모방은 다양한 접근과 알고리즘의 설계가 가능하도록 한다[2]. 대표적인 생체모방 연구 분야로는 인공 지능 기술의 일종이며 개미, 꿀벌, 새와 같은 동물의 생물학적 집단행동을 근거로 하는 집단지성이 있다.

본 논문에서는 새가 무리를 지어 행동하는 집단지성을 무선센서네트워크에 적용시켜 강인하고 자가 적응력이 있으며 확장성 및 비중앙화가 가능한 혼잡제어 기법 Flock-CC(Flock Congestion Control)[1]를 소개하고, 해당 기법에서 발생하는 에너지 소비의 불균형을 개선하기 위한 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구인 Flock-CC에 대해 기술하고, 3장에서 기존 기법의 문제점을 개선한 제안기법을 기술한다. 마지막으로 본 논문의 결론 및 향후 연구를 4장에 기술한다.

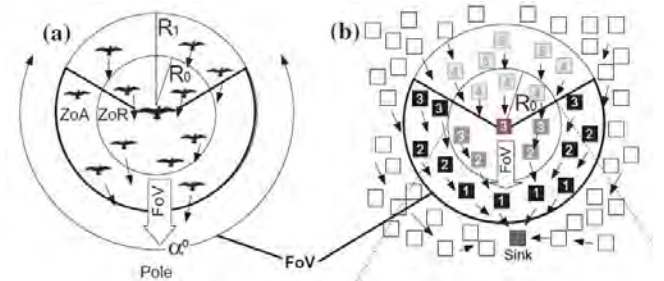
2. 관련 연구

2.1 Flock-CC (Flock Congestion Control)

동물들이 무리를 지어 먹이를 찾거나 여행을 할 때 무리 내에 있는 구성원들과의 상호작용을 통해 의사 결정을 한다[3]. 집단지성에 속하는 새 떼에도 무리 내에 있는 구성원과의 상호 작용을 위한 고유의 특성을 가지고 있다.

Flock-CC은 새 떼의 행동양식을 이용해 무선센서네트워크에서 혼잡지역(장애물)을 피하려고 시도하면서 패킷(새)들이 싱크노드를 향해 이동하고 떼를 형성할 수 있도록 유도하는 기법이다. Flock-CC에서 각 패킷의 위치가 동적이며 그 방향이 계속해서 변한다는 점이 새 떼의 행동양식과 유사하다.

Flock-CC는 서로의 위치를 조절하는 후퇴와 매력과 혐오 영역과 힘, 패킷들의 방향성을 결정해주는 인위적인 자기장, 패킷이 이동하기 위한 시야, 패킷이 이동하게 될 이웃 노드의 바람직성을 판단하기 위한 바람직성 함수, 같은 경로의 반복된 재사용을 피하기 위한 무작위성으로 구성된다.



(그림 1) 새와 패킷의 시야와 방향성

위 그림 1은 새와 패킷의 시야와 방향성을 표현한 그림이다. 그림 1의 (a)는 중간에 위치한 새의 시야를 나타낸 것이며, α° 는 새의 시야각을 의미한다. (b)는 패킷의 시야를 나타낸

것이며, 노드를 의미하는 네모 박스의 숫자는 싱크로부터의 홉 거리를 의미하고 홉 거리를 이용해 시야와 방향성이 결정되는 것을 확인할 수 있다.

Flock-CC의 각 패킷에는 아래의 네 가지 규칙이 적용된다.

- 규칙 1: 한 홉 내의 패킷들로부터 후퇴해야 한다.
- 규칙 2: 두 홉 내의 패킷들을 향해 전진해야 한다.
- 규칙 3: 인위의 자기장을 이용해 싱크로 이동한다.
- 규칙 4: 다양한 경험을 위해 임의의 경로를 이용한다.

패킷이 전송될 때마다 의사 결정 처리를 통해 새로운 노드를 선택한다. 의사 결정 처리는 3단계로 노드의 시야와 자기장을 이용하여 방향(forward, sideways, backwards)을 선택하는 단계, 선택된 방향에 있는 노드의 바람직성을 토대로 내림차순으로 정렬시키는 단계, 정렬된 노드들을 확률적 기법과 무작위성을 이용해 최종 노드를 선택하는 단계로 구성된다.

3. 제안 기법

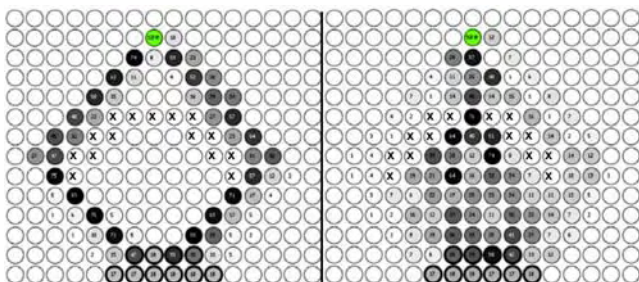
본 장에서는 기존 Flock-CC에서 에너지 사용의 불균형이 발생하고 있는 것을 확인하고, 간단한 몇 가지의 규칙과 요소를 적용함으로써 에너지 사용의 불균형을 개선할 수 있음을 제시한다.

센서 노드들은 정보를 수집하고, 계산하고, 통신하는데 자신의 제한된 배터리 에너지를 소모한다. 특히 통신에 많은 에너지를 소비하고, 배터리 에너지를 모두 소모하게 되면 기능을 수행하지 못하게 된다.

$$m \ k) = s_{nm}^{norm}(k) - q_{nm}^{norm}(k)$$

위 수식은 2절에서 소개한 Flock-CC에서 사용하는 바람직성 함수이다. 시간 k 일 때의 노드 n 에 저장된 정보를 이용해 특정 노드 m 의 바람직성을 계산하는데, s_{nm} 은 두 홉 내의 노드에게 전송한 패킷의 성공률을 q_{nm} 은 한 홉 내의 노드의 큐 사용률을 의미한다. 이때 후보 노드의 에너지 잔량이 고려되고 있지 않고 패킷 전송 성공률과 큐의 사용률만을 고려해 계속 동일한 노드만 선택되게 된다.

아래 그림 2는 하단에 진한 테두리를 가진 노드들이 상단에 위치한 싱크에게 패킷을 전송하고 있는 상태를 표현한 것이다. 노드에 채워진 색이 진하면 진할수록 많은 패킷을 전송한 것으로 의미하는데, 진한 색으로 채워진 노드를 많이 발견할 수 있다. 중앙에 위치한 노드들의 고장으로 두 무리로 나누어진 패킷들은 성공률이 높은 노드를 선택하다 보니 계속해서 성공률이 올라 동일한 노드가 선택되는 것이다. 이로 인해 진한 색의 노드들은 계속해서 에너지를 소비하게 되고 결국에는 에너지의 고갈로 이어질 것이다.



(그림 2) 노드의 고장으로 인한 에너지 소비 불균형

각 노드는 싱크로부터의 이웃 노드의 최신 정보를 저장하기 위해 컨트롤 패킷을 주기적으로 브로드캐스트한다. 그리고 각 노드는 자신이 관리하고 있는 테이블에 브로드캐스트되어 온 정보를 저장한다. 이 때 각 노드에 남아 있는 에너지 잔량을 컨트롤 패킷에 같이 담아 전송하고, 각 노드에는 새로운 에너지 테이블을 추가해 이웃 노드의 에너지 잔량을 주기적으로 관리한다.

$$D_{nm}(k) = s_{nm}^{norm}(k) - q_{nm}^{norm}(k) + e_{nm}(k)$$

위 수식은 기존 바람직성 함수에 에너지 테이블에 있는 노드 m 의 에너지 잔량을 반영한 것이다.

주기적으로 브로드캐스트되는 컨트롤 패킷에 노드의 에너지 잔량을 포함하고, 각 노드에서 에너지 테이블을 관리함으로써, 바람직성 계산 시 한 홉 내에 위치한 노드의 에너지 잔량을 고려하면 기존 Flock-CC에서 발생하던 에너지 소비의 불균형을 개선시킬 것이다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 집단지성에 속하는 새 떼의 행동양식 기반을 기반으로 무선센서네트워크에서 혼잡제어가 가능한 기법 Flock-CC을 소개했다. 그리고 Flock-CC에서 각 노드의 에너지 잔량을 고려하지 않아 특정 노드의 에너지 소비로 인한 전체 에너지 사용의 불균형이 나타나고 있음을 언급하고, 요소 몇 개의 추가로 에너지 잔량의 불균형을 개선할 수 있는 기법을 제안했다. 향후에는 제안 기법에 대해 성능평가를 진행하고, 많은 에너지 소비가 예상되는 컨트롤 패킷의 주기적 전송을 대신할 기법에 대한 연구를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 정보통신·방송 연구개발사업, 차세대정보컴퓨팅기술개발사업 및 교육부(한국연구재단)의 중점연구지원사업의 일부지원으로 수행되었음(IITP-14-911-05-006, 2010-0020727, NRF-2010-0020210).

참고 문헌

[1] P. Antoniou, A. Pitsillides, T. Blackwell, A. Engelbrecht, and L. Michael, "Congestion control in wireless sensor networks based on bird flocking behavior," Computer Networks, vol. 57, no. 5, pp. 1167-1191. Dec. 2013.

[2] F. Dressler, O. B. Akan, "A survey on bio-inspired networking," Computer Networks, vol. 54, no. 6, pp. 881 - 900, Apr. 2010.

[3] I. D. Couzin, J. Krause, N. R. Franks, and S. A. Levin, "Effective leadership and decision-making in animal groups on the move," Nature, vol. 433, no. 7025, pp. 513-516, Feb. 2005.

[4] S. Engels, N. L. Schneider, N. Lefeldt, C. M. Hein, M. Zapka, A. Michalik, and H. Mouritsen, "Anthropogenic electromagnetic noise disrupts magnetic compass orientation in a migratory bird," Nature. vol. 509, no. 7500, pp. 353-362, May. 2014.