

스마트 더스트 환경을 위한 위치 기반 데이터 축소 시스템 설계

박준수*, 박기현*
*계명대학교 컴퓨터공학과
parkjoonsuu@gmail.com, khp@kmu.ac.kr (교신저자)

A Design of a Location-based Data Reduction System for a Smart Dust Environment

Joonsuu Park*, KeeHyun Park*
*Dept. of Computer Engineering, Keimyung University

요 약

매우 작은 크기의 센서들이 산악 등의 험지에 흩뿌려지는 스마트 더스트 환경은 장치들의 컴퓨팅 성능과 리소스가 매우 제한되기 때문에 각 센서들의 위치를 식별하기 매우 힘들다. 또한 초대량의 센서들이 뿌려지는 특성으로 인해 수집, 전송되는 데이터의 크기가 상상하기 힘들 정도로 커질 수 있다. 본 논문에서는 중간 매개 역할을 수행하는 디바이스의 위치와 삼변측량을 이용해 센서들의 위치를 계산하고 계산된 위치를 기반으로 동종의 센서에서 수집된 데이터를 축소, 통합하는 위치 기반 데이터 축소 시스템을 제안한다.

1. 서론

스마트 더스트(Smart Dust) 기술이란 먼지 크기의 매우 작은 센서들을 건물, 도로, 의복, 인체 등 물리적 공간에 먼지처럼 뿌려 주위의 온도, 습도, 가속도, 압력 등의 정보를 무선 네트워크로 감지, 관리할 수 있는 기술을 말한다 [1]. 즉, 스마트 더스트는 넓은 의미에서 사물 인터넷(Internet of Things) 범주에 속하며, 무선 네트워크를 통해 주변 정보를 측정하고 관리할 수 있는 기술이다 [2-4]. 스마트 더스트는 장치 주변의 정보를 쉽게 수집할 수 있지만 사람이 접근이 어렵거나 힘든 지역에 살포되는 특징으로 인해 관리 및 수리가 어려울 수 있다. 뿐만 아니라, 항공기 등을 이용해 넓은 지역에 광범위하게 살포되기 때문에 장치 하나 하나는 최소한의 컴퓨팅 성능과 리소스를 포함하는 경우가 대부분이다. 즉, 스마트 더스트는 다음과 같은 특징으로 요약될 수 있다.

- 1) 광범위한 지역에 살포
- 2) 많은 수
- 3) 낮은 컴퓨팅 파워 및 리소스

주변의 정보를 수집하는 스마트 더스트 시스템은 많은 경우 물리적 위치에 따라 유사한 데이터를 수집한다는 특성을 갖는다. 예를 들어, 근거리에서 위치한 온도, 습도 등의 환경 수집 센서들은 비슷한 온도, 습도를 수집할 것이며, 근거리에서 위치한 동작 감지 센

서들도 비슷한 시간에 비슷한 동작을 수집할 확률이 높다. 따라서 근거리에서 위치한 센서들 간의 데이터를 대표할 수 있는 데이터를 선정하거나 계산함으로써 데이터의 크기를 줄일 수 있다. 하지만 대부분의 센서들은 비용, 관리 및 수리의 문제 등의 이유로 GPS와 같은 위치를 식별할 수 있는 장치들을 포함하기 어렵기 때문에 위치 기반 데이터 축소 방법을 사용하기 어렵다.

우리는 본 연구를 통해 GPS 등의 위치 센서를 포함하지 않는 센서들의 스마트 더스트 환경에 다소 높은 컴퓨팅 성능을 갖는 릴레이 더스트 디바이스를 소규모(상대적)로 포함시키고 이를 통해 센서들의 위치를 식별함으로써 위치 기반 데이터 축소 방법을 수행할 수 있는 시스템을 제안한다.

본 논문은 2장에서 릴레이 디바이스를 제안하는 논문과 릴레이 디바이스에 관한 개요를 소개한다. 3장에서는 릴레이 디바이스를 이용하여 더스트 디바이스의 위치를 계산할 수 있는 방법에 대해 소개하고 4장에서 3장에서 소개한 계산을 통해 위치가 계산된 디바이스의 데이터 축소 방법을 소개한다. 끝으로 5장에서 결론과 향후 연구에 대해 이야기한다.

2. 릴레이 디바이스(Relay Devices)를 포함하는 시스템

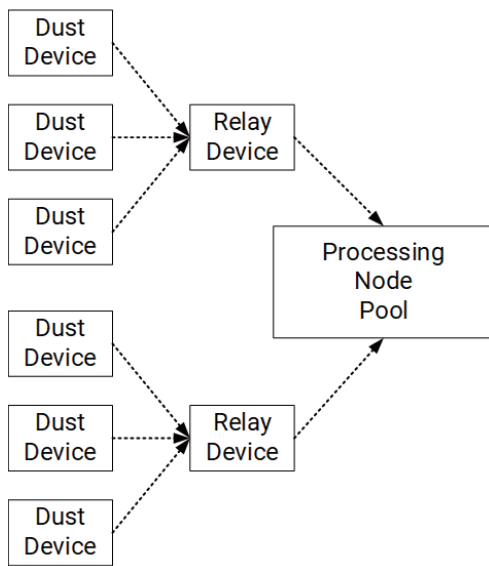
릴레이 더스트 디바이스의 개념은 사물 인터넷 환경의 스마트 더스트 환경을 위한 고속 패킷 처리 시스템을 다루는 우리의 이전 연구들[5-7]에서 패킷 고속 처리를 위한 데이터 축소를 위한 개념으로 소개되

었다.

이전 시스템들에서 릴레이 디바이스는 더스트 디바이스들의 데이터를 수집하여 처리 장치들로 연결하는 역할을 수행함과 동시에 처리 시 데이터를 합치거나 센서 종류에 따라 합칠 수 있는 데이터를 합치는 등의 일부 변환 역할을 수행했다.

이전 연구들은 위치를 기반으로 수집 데이터가 유사할 수 있다는 개념이나 이를 기반으로 합치려는 시도가 아닌 비슷한 시간에 도착한 데이터를 합치는 다소 단순한 형태의 데이터 병합이었다.

아래 그림 1 은 본 시스템에서 릴레이 디바이스의 개념적 위치와 시스템의 구성 요소들을 간략히 보인다.



(그림 1) 릴레이 더스트 디바이스의 위치 및 스마트 더스트 시스템의 개요

3. 릴레이 디바이스 주도의 위치 계산

우리는 더스트 디바이스보다 상대적으로 컴퓨팅 파워 및 리소스가 많은 릴레이 디바이스가 더스트 디바이스와 직접적으로 연결된다는 점에 착안하여 주변의 릴레이 디바이스의 위치로부터 더스트 디바이스의 위치를 계산한다.

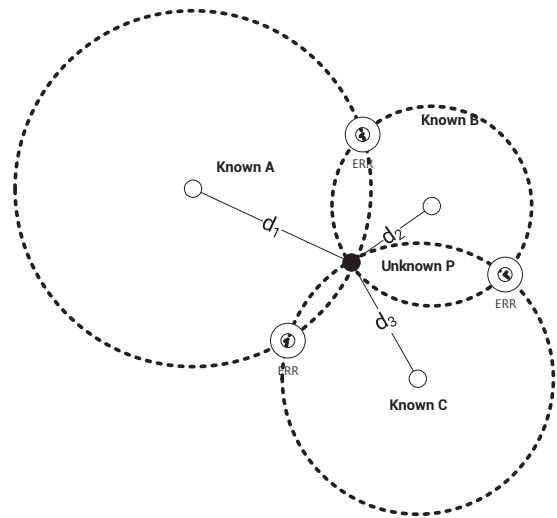
디바이스의 위치를 알아내기 위해 무선 센서 네트워크 환경에서 사용할 수 있는 첫번째 방법은 각도를 통해 위치를 측정하는 기법이다. 이런 거리 측정 기법은 TOA [8], TDOA [9], AOA [10] 기법이 있으며 이를 통해 거리나 각도를 얻을 수 있다. 이 세가지 방법은 모두 신호의 각, 신호의 도착 시간 측정 등을 사용하지만 이를 위해 센서에 구성요소들이 부착되거나 수신을 위한 별도의 장치들을 구성해야한다는 문제를 가지고 있다 [11].

거리 정보를 기반으로 위치를 인식하는 계산 방법으로 삼변측량이 있다. 삼변측량은 위치를 알고 있는 3 개의 무선 센서 노드(릴레이 디바이스)와 알고자 하

는 위치(더스트 디바이스)의 거리 정보를 토대로 위치를 계산한다. 삼변측량은 다소 오차가 발생할 여지가 있지만, 릴레이 디바이스와 더스트 디바이스 간의 비콘 (beacon)만으로 위치를 계산할 수 있다는 장점이 있으며 간단한 수식만으로 위치를 계산할 수 있다는 장점을 지닌다.

우리는 정확하고 섬세한 위치보다는 디바이스 간의 거리가 데이터를 합칠 정도로 가까운가 하는 정보를 필요로 하기 때문에 삼변측량에 의한 위치 계산을 수행한다.

아래 그림 2 는 위치를 알고 있는 3 개의 포인트와 위치를 알지 못하는 1 포인트에 대한 예를 보인다.

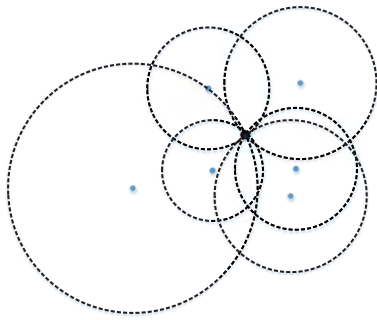


(그림 2) 알려진 노드 3 개(Known A, B, C)와 위치를 알아내고자 하는 노드 1 개(Unknown P)의 예시

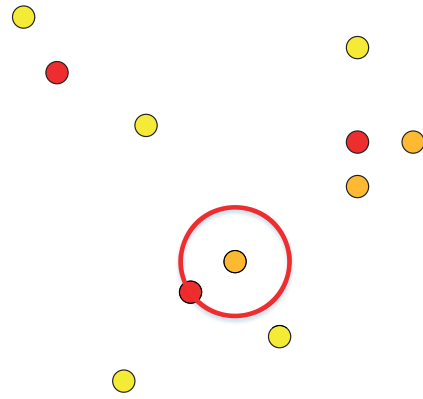
그림 2 에서 위치를 알고 있는 Known A, B, C 는 본 시스템의 릴레이 더스트 디바이스에 매핑될 수 있으며 위치를 알지 못하는 Unknown P 는 더스트 디바이스에 매핑될 수 있다. d_1, d_2, d_3 는 각각 P 의 신호 세기와 매핑되어 A, B, C 에서 측정될 수 있다. 결국 상술한 변수들을 이용하면 세 원의 교점을 찾을 수 있으며 각 교점들의 중심 위치가 P 의 위치가 된다.

다소의 오차를 포함하는 삼변측량은 일반적으로 보정 수식을 이용하여 보다 정확한 위치를 계산한다. 하지만 아주 정확한 계산이 필요하지 않으며, 여러 릴레이 디바이스를 보유한 상황을 가정하는 본 시스템은 보정 수식을 이용하기 보다는 이미 존재하는 릴레이 더스트의 개수를 이용하여 교점을 보다 정확히 보정한다.

아래 그림 3 에서 알 수 있듯 신호를 감지한 릴레이 디바이스의 수가 늘어날수록 실제 위치가 보다 정확한 위치로 보정됨을 알 수 있다.



(그림 3) 여러 릴레이 디바이스에 신호를 전달하는 더스트 디바이스 예시

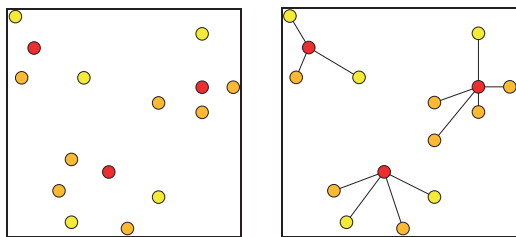


(그림 5) 축소율을 고려한 더스트 디바이스의 연결

4. 위치 기반 데이터 축소 시스템

릴레이 디바이스 주도의 위치 기반 데이터 축소 방법이 적용된 시스템은 첫번째 단계에서 각 더스트 디바이스의 위치를 상술한 바와 같이 계산한다. 위치가 결정된 디바이스들은 동종의 디바이스가 가장 많이 연결될 수 있는 릴레이 디바이스로 데이터를 송신한다. 두번째 단계에서는 그룹화를 진행한다.

아래 그림 4 는 그룹화 전의 릴레이/더스트 디바이스들과 그룹화 후의 릴레이/더스트 디바이스들을 보인다.



(그림 4) 그룹화 전(좌)의 디바이스들과 그룹화 후(우)의 디바이스들

그림 4 의 붉은색 표시는 릴레이 디바이스를 의미하며, 주황색, 노란색은 서로 다른 종류의 더스트 디바이스를 의미한다. 각각은 가장 가까운 릴레이 디바이스로 연결된다. 이 때, 경우에 따라 연결되는 릴레이 디바이스를 변경할 수 있다. 예를 들어, 아래 그림 5 에 표시된 주황색 더스트 디바이스는 거리상 하단의 릴레이 디바이스에 연결되어야 하지만, 혼자 연결될 경우 데이터의 축소 효과를 누리기 힘들기 때문에 우측의 릴레이 디바이스로 연결된다. 이 비율은 상대적일 수 있다. 따라서 본 시스템은 같은 종류의 더스트 디바이스의 비율이 높은 릴레이 디바이스를 우선 고려하도록 설계된다.

그림 4 의 우측의 그림과 같이 릴레이 디바이스에 연결된 더스트 디바이스들은 각 위치에서 정보들을 수집하여 릴레이 디바이스로 전송한다. 이를 수신한 릴레이 디바이스는 세번째 단계인 데이터 축소 단계를 수행한다. 데이터 축소 단계에서는 같은 종류의 더스트 디바이스가 같은 릴레이 디바이스로 송신한 데이터들의 평균을 계산하여 1 개의 평균 데이터 값을 서버로 전송한다. 즉, 그림 4 의 우측 그림에서 각 릴레이 디바이스 일반적인 시스템일 경우 12 개의 데이터를 전송하지만, 각각 최대 2 개의 데이터를 송신하여 6 개의 데이터만을 송신하고 평균 50% (디바이스 종류의 수가 많아 질수록 줄어듦) 데이터를 축소할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

우리는 본 논문에서 스마트 더스트 환경에서 위치에 대해 알 수 없는 더스트 디바이스의 위치를 계산하고 이를 이용하여 전송 데이터의 크기를 줄일 수 있는 위치 기반 데이터 축소 시스템을 제안했다.

우리는 위치를 찾기 위해 삼변측량을 사용하여 위치를 결정했으며 데이터 통합을 위해 평균값을 취하는 방법을 사용했다. 본 시스템은 삼변측량의 오차를 보정하기 위해 많은 수의 릴레이 디바이스가 협동하지만 적은 수의 릴레이 디바이스가 있는 환경에 대해 유연하게 대처할 수 있는 시스템에 대한 연구, 개발이 필요하다. 또한, 수치 데이터에만 적용 가능한 평균값 보다 투표 방식과 같은 비수치적 데이터에 적용 가능한 대표 값 취득 방식에 관한 연구, 개발이 필요하다.

이 논문은 2020 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. NRF-2018R1D1A1B07043982).

참고문헌

- [1] 박천교. (2004). 스마트 더스트(Smart Dust). [IITA] 정보통신연구진흥원 학술정보, (), 0-0.
- [2] Kahn, M.J.; Katz, R.H.; Pister, K.S.J. Next Century

- Challenges: Mobile Networking for Smart Dust. In Proceedings of the 5th annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, Seattle, WA, USA, 17–19 August 1999. [Google Scholar]
- [3] Brett, W.; Last, M.; Liebowitz, B.; Pister, K.S.J. Smart Dust: Communicating with a Cubic-Millimeter Computer. *Computer* 2001, 34, 44–51. [Google Scholar]
- [4] Kahn, M.J.; Katz, R.H.; Pister, K.S.J. Emerging Challenges: Mobile Networking for” Smart Dust. *J. Commun. Netw.* 2000, 2, 188–196. [Google Scholar] [CrossRef]
- [5] Park, Joonsuu, and KeeHyun Park. "A Dynamic Plane Prediction Method Using the Extended Frame in Smart Dust IoT Environments." *Sensors* 20.5 (2020): 1364.
- [Park, J.; Park, K. A Study on System Architecture Design for Plane Dynamic Scaling in Smart Dust Environments. In Proceedings of the 2019 Korea Information Processing Society Conference in Spring, Seoul, Korea, 10–11 May 2019.
- [6] Park, K.; Kim, I.; Park, J. A High Speed Data Transmission method for DPDK-based IoT Systems (in Korean). In Proceedings of the International Conference on Future Information & Communication Engineering, Singapore, 23 April 2018; pp. 325–327.
- [7] Park, J.; Park, K. A Study on System Architecture Design for Plane Dynamic Scaling in Smart Dust Environments. In Proceedings of the 2019 Korea Information Processing Society Conference in Spring, Seoul, Korea, 10–11 May 2019.
- [8] J. Caffery Jr. and G. L. Stuer, “Subscriber location in CDMA cellular networks,”*IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol.47, pp. 406-416, May 1998.
- [9] N. B. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan, “The cricket location-support system,”in Proc. ACM Int. Conf. Mobile Computing Networking (MOBICOM), Boston, MA, Aug. 2000, pp.32-43. [3]R.J. Shupe, “Effect of Occlusal Guidance on Jaw Muscle Activity,” *J Prosthet Dent*, Vol. 51, pp. 811-818, 1984.
- [10] D. Niculescu and B. Nath, “Ad Hoc Positioning System (APS) using AoA” in Proc. IEEE Joint Conf. IEEE Computer Communications Societies (INFOCOM), San Francisco, CA, USA, Mar. 2003, pp.1734-1743.
- [11] 김선관, 김태훈, and 탁성우. "다중 무선센서 네트워크 환경에서 삼변측량 기법을 이용한 위치 인식 방법들에 대한 비교평가." *한국멀티미디어학회 학술발표논문집* (2010): 203-206.