

# 분산 제어를 위한 이동에이전트의 자율성 적용

임준욱\* · 정은지 · 이연식 · 장민석

군산대학교

## Applying the autonomy of mobile agents for distributed control

Jun-Wook Lim\* · Eun-Ji Jeong · Min-Seok Jang · Yon-Sik Lee

Kunsan National University

E-mail : wnsdnr@naver.com / serahan@kunsan.ac.kr / yslee{msjang}@kunsan.ac.kr

### 요 약

센서네트워크 환경에서 접근이 용이하지 않은 시공간 데이터 획득 및 송신을 위해서는 무선통신 기능을 갖는 센서들이 필수적으로 요구된다. 그러나 이들 센서들은 대용량의 센싱 데이터 처리나 동적 환경에의 적응성이 미흡하여 전력의 과소비와 네트워크 부담을 유발한다. 본 논문은 임계값을 적용한 능동규칙을 통하여 필요한 데이터만을 획득, 전송 및 처리할 수 있는 이동에이전트 모델과 이동에이전트의 자율적 이주 및 통신 수행방법을 제안하여 다양한 센서네트워크 환경에서의 효율적 분산 제어방법을 제시한다.

### ABSTRACT

Sensors with wireless communication functions are essential for acquiring and transmitting spatio-temporal data that is not easily accessible in sensor network environments. However, these sensors lack adaptability to large amounts of sensing data processing or dynamic environments, resulting in over-consumption of power and network overhead.

This paper proposes a mobile agent that can acquire, transmit, and process only the necessary data by applying thresholds, and presents methods for autonomous migration and communication processing of mobile agents.

### 키워드

센서네트워크, 이동에이전트, 이동에이전트 이주, 분산 제어

## I. 서 론

센서네트워크의 주요 구성요소는 무선통신 기능을 갖는 단말 센서노드, 게이트웨이 및 싱크노드이다. 센서네트워크 내에 분산 배치된 단말 센서노드들은 데이터를 획득하여 싱크노드로 전송할 경우, 한정된 자원 환경에서의 통신으로 인하여 전체적 센서 응용시스템의 성능을 감소시킬 수 있다. 이를 해결하기 위하여 필요한 데이터만을 획득 전송하고, 강제적 또는 자율적으로 센싱 및 전송 주기를 조정할 수 있는 방법이 요구된다.

이를 해결하기 위하여 본 논문에서는, 단말 센서노드들 사이를 주어진 순서 또는 임계값에 의한 자율적 이주를 수행하면서 필요한 데이터만을 획득 전송하는 이동에이전트를 제안한다. 이동에이전

트는 분산 제어를 통하여 효율적으로 통신 부하 및 시간을 줄일 수 있는 소프트웨어 모듈이다.

본 논문에서는 센서네트워크 환경에서의 이동에이전트 설계 및 이주 수행 구조를 기반으로 이주 및 통신 수행 알고리즘을 제시한다.

## II. 이동에이전트 설계 및 이주 구조

단말 센서노드는 센싱 데이터 획득 및 통신을 위한 운영체제로는 컴포넌트 기반 및 이벤트 구동 방식의 TinyOS를 사용한다. 이동에이전트는 센서 데이터 서버와 연동하여 동작하며, 네이밍 서비스를 통하여 이주를 수행한다. 또한 서버에서 제공하는 이주 리스트를 사용하여 이주 경로를 결정하고, 임계값 적용을 통하여 자율적으로 경로를 조정할

\* speaker

수 있다. 다음은 키워드를 통한 데이터 획득을 위한 이동에이전트의 이주리스트 생성 알고리즘이다.

이동에이전트 이주는 이주리스트를 이용하여 이주하며, 이주리스트는 네이밍 서비스를 통해 네임스페이스에 등록되어 있는 센서노드와 SDS(Sensor Data Server)를 대상으로 MetaTable을 주어진 키워드로 검색하여 생성한다.

이동에이전트는 단말 센서노드들 사이를 이주하며 선택적으로 필요한 데이터를 획득하며, 획득 데이터를 주어진 임계값과 비교하여 획득 및 전송 여부를 결정한다. 또한 동적인 환경 정보를 사용하여 획득 방법 및 주기 변경을 통하여 다양한 응용에 확장 적용이 가능하며, 선택적 데이터 획득 및 전송으로 통신부하 감소가 가능하다.

이동에이전트의 이주 알고리즘은 1) 이주리스트에 있는 대상 노드를 차례로 방문하면서 수행 작업을 마친 후 이주리스트의 다음 노드로 이주하는 방식과 2) 센서노드로 부터 획득 데이터를 전달받은 싱크노드에서 데이터 값에 따라 새로운 이주리스트를 생성 후 그에 따라 이주하는 방식 등 두 가지로 구분한다. 이와 같은 이주 방식은 IEEE 802.15.4 모델을 사용하는 라디오 통신과 Tiny OS의 액티브 메시지(message\_t 구조체)의 사용자 영역을 확장하여 이동에이전트(mobileAgent\_t)를 액티브 메시지(message\_t)에 탑재하여 이주한다.

이동에이전트는 자율성 및 능동성을 위하여 능동규칙(Event-Condition-Action Rule)의 탑재가 가능하며, 이를 통하여 이전 및 현재노드에서의 획득 데이터, 절대 임계값, 상대적 임계값 및 시공간 사건(Event) 설정과 필요한 조건(Condition) 및 조치(Action)를 적용한 능동적 기능 수행이 가능하다.

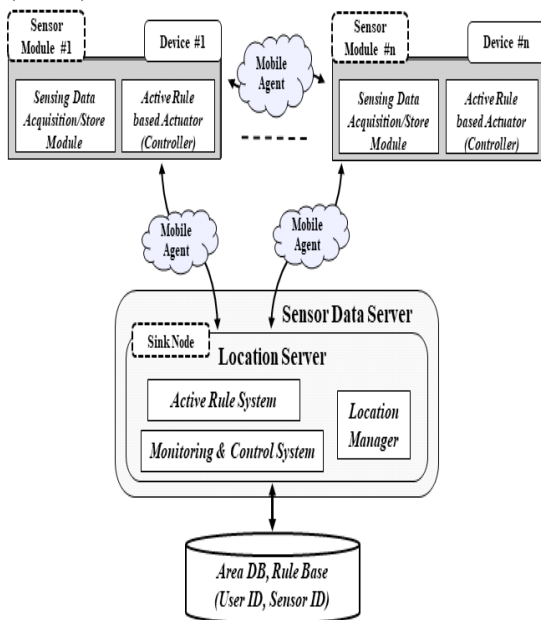


그림 1. 이동에이전트에 의한 모듈 간 연동

센서네트워크 환경에서 이러한 능동규칙 기반의 이동에이전트 시스템을 운영하기 위해서는 운영체제와 유기적으로 연동하는 미들웨어시스템이 필요하다. 그림 1은 이동에이전트 미들웨어시스템 환경에서 능동규칙 탑재 이동에이전트에 의한 단말 센서노드와 센서데이터 서버와의 연동을 나타낸다.

### III. 이동에이전트의 통신 수행

이동에이전트 통신 수행 과정은 센서네트워크 환경에서 CPA(Client Push Agent), SPA(Server Push Agent), NA(Naming Agent), SDS 등과 연동되어 이루어지며, SDS와 단말 센서노드들에 대한 정보를 가지고 있는 MetaTable과 관련 싱크노드의 정보를 가지고 있는 SinkMetaTable의 데이터 항목들을 참조하여 수행된다. 클라이언트 브라우저를 통해 조건을 포함하는 키워드가 입력되면, CPA는 이를 NA에 전달하여 MetaTable에 등록된 서버(또는 단말 센서노드)들의 SinkMetaTable 내의 SinkInfo 항목을 검색하여, 해당 키워드를 포함하는 MigrationList를 CPA에 반환한다. CPA는 MigrationList ReferenceObject, Name, URL 등의 정보와 함께 이동에이전트에게 전달한다. 이동에이전트는 경로 탐색 및 조정을 거쳐 해당 서버나 센서노드로 이주하여, 서버에서의 검색 정보나 센서노드에서의 획득 데이터를 각각 CPA나 싱크노드로 전달하고, 다음 서버나 센서노드로 이주한다. 싱크노드는 이동에이전트에게 조건에 맞는 데이터 반환을 요구하며, 이동에이전트는 이러한 조건 메시지(능동규칙)를 탑재하고 이주를 수행한다. 이주 시 임계값을 사용하여 불필요한 데이터 전송을 방지함으로써 통신 부하를 감소시킬 수 있다. 이동에이전트의 이주가 완료되면, 싱크노드는 수신 데이터를 SDS에 전송하고 CPA에 결과를 송신하고 통신을 완료한다.

### IV. 결 론

본 논문은 센서네트워크 환경에서 이동에이전트를 이용한 효과적 데이터 획득 및 전송 방법을 제안하고, 임계값을 사용하는 능동규칙 적용을 통한 동적 응용 환경에 적합한 제어시스템 모델을 제시하였다. 제안시스템은 기존의 정적시스템 대비 전원관리의 수월성 및 네트워크 부하 감소를 유도할 수 있다. 또한, 다양한 능동규칙의 설계 및 적용과 이동에이전트의 경량화 및 이주 최적경로 탐색 알고리즘 적용을 통한 다양한 환경 및 범위에서의 효율적 분산 제어시스템 구축에 효과적으로 사용이 가능하다.

## Acknowledgement

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2018R1D1A1B07051045).

## References

- [1] P. Ardakani, "A Mobile Agent Routing Protocol for Data Aggregation in Wireless Sensor Networks," *International Journal of Wireless Information Networks*, 24(1), pp. 27-41, 2017
- [2] H. Lee, "Reducing response time with dynamic load balancing and agent pool in multi-agent system," Thesis(M.A) Sungkyunkwan University, 2012
- [3] H. Ito, Y. Miyagi, "A Study on Distance-Based Control of Mobile Agents for Formation Avoiding Entire and Partial Reflection," *Proceedings of ICCAS 2019*, pp. 753-758, 2019
- [4] G. Damianos, et al., "Mobile agent itinerary planning for WSN data fusion: considering multiple sinks and heterogeneous networks," *International Journal of Communication Systems*, 30(8), 2017
- [5] Y. Yang, et al., "Detecting and resolving deadlocks in mobile agent systems," *Journal of Computer Languages*, 42, pp. 23-30, 2017
- [6] S. Feng, "WSN Deployment and Localization Using a Mobile Agent," *Wireless Personal Communications*, 97(4), pp. 4921-4931, 2017
- [7] K. Lingaraj, et al., "OMMIP: An optimized multiple mobile agents itinerary planning for wireless sensor networks," *Journal of Information and Optimization Sciences*, 38(6), pp. 1067-1076, 2017
- [8] H. Park, "Design of the Agent Migration Information System for Shortest Migration Order," *The KIPS Transactions : Part A*, 9(4), pp. 555-562, 2002
- [9] Y. Lee, M. Jang, "Application of Active Rule based Mobile Agent in Arduino Environment," *Advanced Science Letters*, Vol. 22, No. 11, pp. 3441-3445, 2016
- [10] Y. Lee, M. Jang, "Location Trigger System for the Application of Context-Awareness based Location services," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol.24, No.10, pp.149-157, 2019