

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2014.14.6.183>

IIBC 2014-6-27

## USN에서 퍼지 로직 기반 중앙 통제시스템의 설계

### Design of Central Control System based on Fuzzy-Logic in USN

오선진\*

Sun-Jin Oh\*

**요약** 최근 모바일 컴퓨팅과 센서 기술의 급속한 발전과 더불어, 유비쿼터스 센서 네트워크(USN) 관련 응용 기술이 다양한 관련 기술과의 융합을 통해 활발하게 확산되고 있다. 이러한 응용들은 대부분 다양한 센서를 통한 주변의 상황 정보를 이용하여 적절하게 제어하고 시스템을 모니터링 하는데 그 목표를 두고 있다. 하지만 센서들로부터 발생하는 데이터들은 큰 용량과 다양성으로 인해 정확하고 유연한 통제나 모니터링을 하기가 쉽지 않은 상황이다. 본 논문에서는 센서 네트워크를 통해 생성된 데이터를 기반으로 상황정보를 적절하게 반영하여 유연하게 시스템을 제어하고 모니터링할 수 있도록 USN에서의 퍼지 로직 기반 중앙 통제시스템을 설계하고 구현하였다. 제안한 시스템은 실제 테스트 베드를 구축하여 운영 중인 USN기반 가로등 제어 시스템에 적용하여 그 성능을 모의실험을 통해 가로등의 소비 전력량에 대한 에너지 절감 영향을 비교 평가하였다.

**Abstract** With the rapid growth of the mobile computing and sensor technologies, various application techniques related to USN converged with other related technologies are actively disseminated recently. Most of these applications are aimed at the proper control and system monitoring using context information gathered through various sensors. But it is not easy to control and monitor the system precisely and flexibly since data generated by sensors are huge and variety. In this paper, we design and implement the fuzzy-logic based central control system in USN to provide the flexibility and preciseness with sensed data. The performance of the proposed system is evaluated by a simulation study in terms of consumed electric power on the test bed of USN based streetlight control system.

**Key Words :** Fuzzy Logic, Central Control System, USN

## 1. 서 론

스마트 폰이 상용화된 이후, 우리는 지금 유비쿼터스 시대에 살고 있다. Ubiquitous의 개념은 시간과 장소에 구애 없이 원할 때에는 언제 어디서나 통신이 가능하다는 이동성에 초점을 맞추고 있으며 통집 또는 융합이라는 단어로 대표되는 개념이라 할 수 있다.<sup>[1]</sup> 최근 새로운

정보통신 기술의 패러다임으로 유비쿼터스 컴퓨팅이 화두로 등장하고 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅은 물리적 공간을 지능화 하는 것으로 스마트 폰과 같이 컴퓨팅 기능을 내재화하고 컴퓨터에 이동성을 부여하는 특징을 가진다. 즉, 사람을 포함한 현실공간에 존재하는 모든 대상물들을 기능적·공간적으로 연결하여 사용자에게 필요한 정보나 서비스를 즉시 제공할 수 있는 기반 기술을 말한다

\*종신회원, 세명대학교 정보통신학부  
접수일자 : 2014년 9월 20일, 수정완료 : 2014년 11월 3일  
게재확정일자 : 2014년 12월 12일

Received: 20 October, 2014 / Revised: 3 November, 2014 /

Accepted: 12 December, 2014

\*Corresponding Author: sjoh@semyung.ac.kr

Dept. of Computer & Information Science, Semyung University, Korea



경 상황 데이터를 수집하여 USN 망을 통해 중앙 통제 장치로 전송하도록 되어있다. 또한 추가로 Zigbee 모듈이 각 가로등 주마다 장착되어 가로등들을 하나의 무선 기반의 근거리 통신망으로 연결하여 센서들이 수집한 데이터를 중앙 통제 시스템으로 전송하여 처리하게 한다. 실시간으로 센서로부터 수집되는 데이터들은 USN 망을 통해 중앙 제어시스템 화면에 그대로 나타나며, 이렇게 수집된 데이터들은 실시간으로 데이터베이스에 저장되어 분석된다. 이때 데이터가 설정된 임계값을 초과하게 되면 제어신호가 발생되어 원거리에서 선택적으로 가로등 점멸 등 제어가 이루어지게 된다. 온도, 습도, 조도에 대한 임계값 설정은 관리자에 의해 중앙 제어 시스템에서 임의로 수행될 수 있으며 이동 감지 센서에 의한 움직임 감지는 실시간으로 포착되고 독립적으로 점멸제어가 수행된다.<sup>[8,10]</sup>

### III. 퍼지논리기반 중앙 통제시스템 설계

본 연구에서 제안하는 퍼지 논리기반 중앙 통제시스템은 USN으로 구성되어 있는 온도, 습도, 조도 및 이동 감지 센서들로부터 실시간으로 센싱되는 주변 상황 데이터를 중심으로 현재의 주변 환경 상황에 대한 인식과 여기에 맞는 적절하고 유연한 제어와 모니터링을 할 수 있도록 통제하는 기능을 수행한다. 이때 센서들로부터 실시간으로 발생하는 어마어마한 데이터로부터 오류 정보나 노이즈 그리고 장치의 오동작이나 고장 등으로 발생하는 비정상 데이터들을 걸러내고 전반적인 현재의 상황 추세를 나타내는 상황 데이터로부터 환경 상황 변화에 대한 정확하고 유연한 제어와 통제를 할 수 있도록 퍼지 논리를 이용하여 처리할 수 있는 중앙 통제시스템을 제안한다.

현재 지역 환경 변화에 대한 상황에 영향을 주로 미치는 주요 요소로는 온도, 습도, 그리고 조도로 이들 데이터들의 변화에 의해 결정된다. 다음의 그림 2와 3과 4는 각각 센서 노드가 있는 지역의 상황정보를 대표하는 각 지역의 습도와 온도 및 조도의 변화량에 대한 기본 퍼지 집합을 보여주고 있으며, 습도와 온도 및 조도의 정도에 따라 각 소속함수에 의해 세 개의 퍼지집합: L(low), M(medium), H(high)로 각각 사상된다. 다음의 그림 5와 그림 6은 센서 노드가 있는 지역의 상황정보를 나타내는

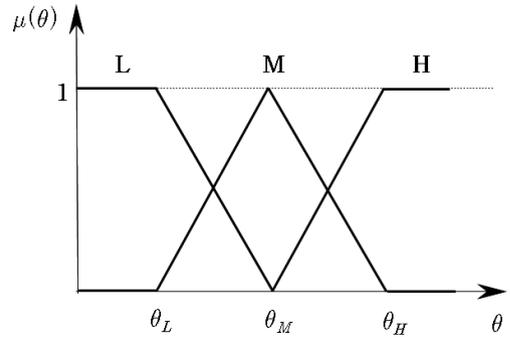


그림 2. 습도 변화량에 대한 기본 퍼지 집합  
 Fig. 2. Basic Fuzzy Set for Change Rate of Humidity.

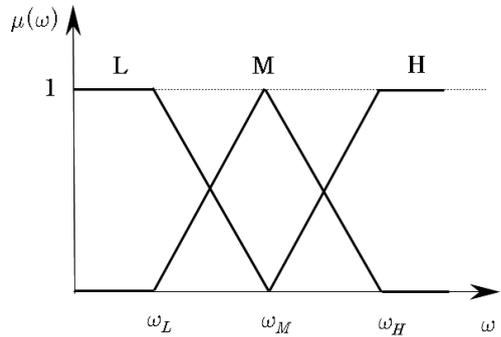


그림 3. 온도 변화량에 대한 기본 퍼지 집합  
 Fig. 3. Basic Fuzzy Set for Change Rate of Temperature.

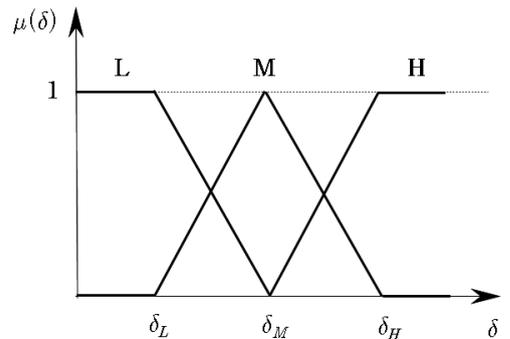


그림 4. 조도 변화량에 대한 기본 퍼지 집합  
 Fig. 4. Basic Fuzzy Set for Change Rate of Illumination.

Hum	L	M	H
Tem	L	M	H
L	S	M	D
M	S	S	M
H	S	M	D
(Input variables)			
Hum : Change rate of Humidity, H - High, M - Medium, L - Low			
Tem : Change rate of Temperature H - High, M - Medium, L - Low			
(Output variables)			
S - Safe, M - Medium danger, D - Danger			

그림 5. 퍼지 제어규칙 1  
Fig. 5. Fuzzy Control Rule 1.

III	H	M	L
H/T	H	M	L
S	L	SL	M
M	SL	M	SH
D	M	SH	H
(Input variables)			
III : Change rate of Illumination, H - High, M - Medium, L - Low			
H/T : Danger rate of Humidity/Temperature S - Safe, M - Medium danger, D - Danger			
(Output variables)			
L - Lower or off, M - Maintain, H - Higher SH - Slight higher, SL - Slight lower			

그림 6. 퍼지 제어규칙 2  
Fig. 6. Fuzzy Control Rule 2.

습도와 온도의 변화량에 대한 퍼지 제어규칙과 온도 및 습도의 변화량에 대한 상대적인 조도의 변화량과의 관계에 대한 퍼지 제어규칙을 각각 보여주고 있다. 그림에 보인바와 같이 지역의 습도와 온도의 상황정보에 대한 변화량에 대해 각각 상황 규칙을 적용하여 안전(safe)과 부분 위험(medium danger) 및 위험(danger)의 퍼지 제어규칙을 결정하고 이렇게 결정된 규칙에 조도의 변화량에 대한 상황 규칙을 각각 적용하여 전력 사용량을 낮춤(L), 부분 낮춤(SL), 유지(M), 부분 높임(SH), 그리고 높임(H)의 단계로 퍼지 제어규칙을 결정하였다.<sup>[11]</sup>

#### IV. 모의실험

이 장에서는 본 논문에서 제안한 USN에서의 퍼지 논

리 기반 중앙 통제시스템에 대한 성능을 분석하고자 현재 테스트 베드를 구축하여 운영 중인 USN기반 가로등 제어 시스템에 적용하여 그 성능을 평가하였다.

본 논문에서 제안한 중앙 통제시스템의 모의실험을 위해 선택적 원거리 점멸이 가능한 USN 기반 LED 통합 가로등들을 이용하여 에너지 효율을 극대화하고 주어진 지역의 상황을 센서를 통해 감지하여 이에 따른 에너지 절감을 효과적으로 수행하도록 하기 위해 환경 모델 특징에 따라 세 지역으로 나누어 에너지 효율에 대한 성능 평가를 수행하도록 다음의 그림 7과 같은 시나리오를 적용하였다.<sup>[8]</sup> 우선 첫 번째 구역은 밀집 상가 지역으로 야간에 주변에 간판 등 다른 조명이 많이 설치되어 있어 비교적 밝고 화려한 지역이고(Zone 1: 가로등 1, 2), 두 번째 구역은 비 밀집 상가 지역으로 주변에 광원은 있지만 그렇게 밝지 않아 추가로 가로등 조명을 필요로 하는 지역(Zone 2: 가로등 3, 4, 5)으로 차량이 다니는 도로와 인접하고 교통량과 사람의 왕래가 빈번한 위험 요소가 있는 지역이다. 마지막 세 번째 지역은 산간 지역으로 주변에 광원은 없고 사람의 왕래가 많지 않은 지역(Zone 3: 가로

#### Simulation Scenarios

##### <ZONE 1: 밀집 상가지역, 가로등 1, 2>

- 주변의 밝은 광원으로 인해 가로등의 추가 조명을 극히 제한적으로 요구하는 지역
- 조도 센서가 주변의 빛의 밝기를 측정, 중앙 통제장치에 보내고 여기서 추가 필요 광량을 계산하여 선택적으로 가로등을 점등시켜 에너지 절약 유도
- 이때 주변 날씨를 대변할 수 있는 온도와 습도의 변화량에 대해 도로의 안전성을 고려하여 광량 조절

##### <ZONE 2: 비밀집 상가지역, 가로등 3, 4, 5>

- 평소 주변 광원의 영향을 적게 받아 일정량의 조명을 가로등으로부터 공급
- 도로변 교통량과 사람 이동량 많아 항상 사고 위험
- 비, 눈 또는 결빙 등 악천후 날씨에 야간 사고 예방을 위해 추가로 조명 더 밝게 조정
- 온도, 습도 센서 측정값에 따라 날씨 곳은 정도를 판단, 중앙통제장치에서 선택적으로 가로등 광량 조절
- 주변 날씨가 중요한 광량 조절의 요인이 됨.

##### <ZONE 3: 산간지역, 가로등 6, 7>

- 평소 인적이 드문 산간 지역으로 야간에 조명 필요 없어 가로등 소등
- 이동감지센서가 사물 움직임 감지하면 중앙통제장치에서 가로등 점등
- 주변의 날씨 상황과는 거의 무관

그림 7. 환경 모델 특징에 따른 모의실험 시나리오  
Fig. 7. Simulation Scenario for Environment Model.

등 6, 7)으로 야간에 가로등 조명을 필요로 하지 않는 지역으로 평소 소동하는 지역이다. 에너지 절감 효과에 대한 성능평가를 위해 그림 7에서와 같이 이들 지역에 대해 각기 다른 시나리오를 설정하였다.<sup>[8]</sup>

## V. 결과 및 고찰

이 장에서는 본 논문에서 제안한 USN에서의 퍼지 논리 기반 중앙 통제시스템의 모의실험 시나리오에 따라 성능 평가를 한 결과를 서술한다. 제안한 시스템의 성능 평가를 위해 LED 가로등을 운영하여 주어진 시나리오에 맞춰 모의실험을 수행하였으며 각 지역에 대한 가로등의 전력 소모량을 측정하여 모의실험 과정에서 절감된 에너지 전력량으로 그 성능을 평가하였다.

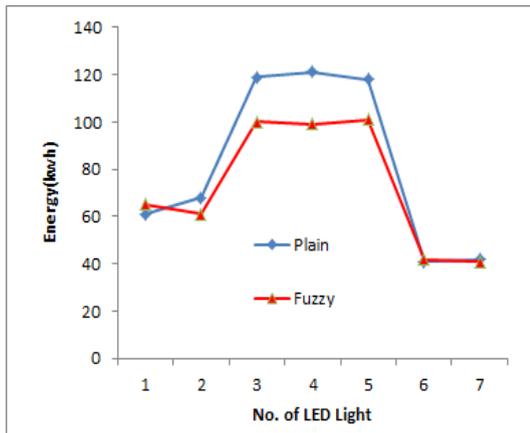


그림 8. 모의실험 결과  
 Fig. 8. Results of the Simulation Study.

그림 8은 본 논문에서 수행한 모의실험 결과를 보여준다. 그림에 보인바와 같이 밀집 상가지역에서는 주변 광원의 밝기에 비례하여 추가로 필요로 하는 광량을 계산하여 가로등의 조명을 선택적으로 점등하여 전력 에너지를 크게 절감할 수 있었으며, 기존의 방법과 비교하여 퍼지 논리 기반 통제 시스템의 경우 에너지 절감효과는 미미한 편이나 습도나 온도 상황정보를 적용하여 도로의 안정성을 고려한 경우 에너지가 약간은 변동될 수 있음을 알 수 있다. 이는 날씨가 좋아 위험 요소가 적은 날의 경우에는 약간의 에너지 절감 효과를 볼 수 있음을 알 수 있다. 반면, 비 밀집 상가지역에서의 전력 에너지 절감

효과는 상대적으로 크게 나타나 날씨가 좋아 도로의 위험도가 낮은 경우 습도나 온도 상황정보 영향이 적어 약 23%정도의 에너지 절감효과를 볼 수 있음을 알 수 있었다 하지만 악천후 등의 날씨 요인에 따라 도로의 사고 위험이 증가하는 경우 위험도를 줄이기 위해 가로등의 광량을 상향 조절함으로써 에너지 절감효과는 낮아지는 반면, 비나 눈이 오거나 결빙으로 인한 곳은 날씨의 야간에 더욱 가로등의 조명을 밝게 하여 도로의 위험도를 크게 줄일 수 있었다. 마지막으로 산간 지역에서는 야간 12시 이후 인적이 없을 때 가로등을 소동하고 있다가 사람들의 이동이 감지되면 선택적으로 가로등을 점등함으로써 다른 지역보다 월등하게 많은 전력 에너지 절감효과를 볼 수 있었지만 날씨로 인한 도로의 위험도와는 무관하므로 기존의 방법과 비교하여 에너지 절감효과는 거의 없음을 알 수 있었다.

## VI. 결론

최근 모바일 컴퓨팅과 센서 기술의 급속한 발전과 더불어, 다양한 유형의 유비쿼터스 센서 네트워크 관련 응용 기술들이 많은 다른 관련기술과 융합을 통하여 활발하게 발전하고 있다. 이러한 응용들의 대부분은 다양한 센서를 통해 주변의 상황정보를 수집하고 이 정보를 이용하여 적절하게 시스템을 제어하고 모니터링 하는데 적용하게 된다. 하지만 이러한 유비쿼터스 센서 네트워크로부터 센서들에 의해 실시간 발생하는 데이터들은 그 용량이 매우 크고 또한 다양한 데이터를 발생시키므로 이로 인해 정확하고 유연한 통제나 모니터링을 하기가 쉽지 않은 상황이다.

본 논문에서는 USN 망을 통해 센싱된 데이터를 기반으로 적절하게 상황정보를 수집하여 지역의 환경 상태나 특징으로 이 정보를 반영하여 보다 유연하고 정확하게 시스템을 제어하고 모니터링 할 수 있도록 USN에서의 퍼지 로직을 기반으로 하는 중앙 통제시스템을 설계하고 구현하였다. 제안한 시스템은 테스트 베드를 구축하여 운영 중인 USN 기반 가로등 제어 시스템에 적용하여 그 성능을 모의실험을 통해 가로등의 소비 전력량에 대한 에너지 절감 효과를 비교 평가하였다.

모의실험을 위한 시나리오는 지역을 크게 3개의 특징 지역으로 구분하여 Zone 1 밀집상가지역, Zone 2 비밀

집 상가지역 그리고 Zone 3 산간 지역으로 나누어 각 지역에 맞는 시나리오를 적용하여 에너지 절감효과와 도로의 위험성 측면으로 비교 평가하였다. 모의실험 결과, 본 논문에서 제안하는 퍼지 논리 기반 중앙 통제시스템이 기존의 방법에 비해 최대 약 23%정도 에너지 절감 효과를 거두는 것으로 판명되었다. 특히 비밀집 상가지역의 경우 날씨가 좋아서 비교적 도로의 위험도가 적은 경우 에너지 절감 효과가 크게 나타났으며, 악천후로 인한 날씨가 좋지 않은 경우 비록 에너지 절감 효과는 반감되지만 도로의 안전도를 크게 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다. 아울러, 대용량의 센싱된 데이터의 처리 측면에서도 기존의 방법에 비해 유연하고 정확한 제어나 모니터링이 이루어짐을 확인할 수 있었다. 향후 연구로는 이러한 USN에서 발생하는 대용량 데이터에 대한 효율적인 실시간 처리를 위한 빅 데이터 분석방법의 적용에 관한 것이다.

## References

- [1] Mark Weiser, "Hot Topics: Ubiquitous Computing", IEEE Computer, October 1993.
- [2] S. T. Kim, "Management System of USN-based Collaborative Lighting Energy", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication Vol .13 No. 4, pp. 47-53, 2013.
- [3] H. Naqvi, S. Berber, "Energy Efficiency of Collaborative Communication with Imperfect Frequency Synchronization in Wireless Sensor Networks", Int. Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, Vol. 5, No. 4, pp. 19 - 30, 2010.
- [4] T. Little, P. Dib, K. Shah, N. Barraford, B. Gallagher, "Using LED Lighting for Ubiquitous Indoor Wireless Networking", WIMOB'08 IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, pp. 373 - 378, 2008.
- [5] Y. Aoyama, T. Yachi, " An LED Mobile Array System Designed for Streetlight Use", Applied Power Electronics Conference and Exposition, pp. 620 - 625, 2009.
- [6] Y. S. Lee, J. Heo, Y. H. Choi, "A Study for Space-based Energy Management System to Minimizing Power Consumption in the Big Data Environments", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication Vol .13 No. 6, pp. 221-228, 2013.
- [7] J. H. Shin, "Trend of Green IT Technology", Journal of Korea Information Processing Society, Vol. 16, No. 6, pp. 31 - 45, 2009.
- [8] S. J. Oh, "Performance Evaluation of a LED-IT-Sensor Integrated Streetlight System in USN", Communications in Computer and Information Science, Vol 310, Proceedings, 6th International Conference on Convergence & Hybrid Information Technology 2012, pp. 680 - 690, 2012.
- [9] B. Lu, L. Zhao, Z. Liao, "Energy-balanced Parameter-adaptable Protocol Design in Cooperative Wireless Sensor Networks", Int. Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, Vol. 4, No. 1, pp. 39 - 58, 2009.
- [10] D. I. Park, D. H. Chang, "LED Intelligent Control Network using IT Fusing Technology", Journal of the KIIEE, KIIEE, Vol. 23, No. 4, pp. 12 - 17, 2009.
- [11] S. J. Oh, Y. D. Lee, "Fuzzy Logic based Mobility Management Scheme in MANETs", The International Journal of Advanced Culture Technology Vol .1 No. 2 pp. 7-13, 2013.

## 저자 소개

### 오 선 진(중신회원)



- 제 6권 제2호 참조
- 현재 : 세명대학교 정보통신학부 교수

<주관심분야 : 스마트 응용, 그린IT, VANETs, 모바일컴퓨팅, USN 등>