

무선 네트워크 환경에서 퍼지 로직을 이용한 어플리케이션의 지능적 관리 방안 연구

The Smart Management of Applications Using Fuzzy Logic in Wireless Sensor Networks

임재훈, 이민우, 김민기, 박귀태

Jae-Hoon Lim, Min-Woo Lee, Min-Ki Kim and Gwi-Tae Park

Abstract - In this paper, we propose the smart management technique of applications using fuzzy logic in wireless sensor networks. We consider the intelligent action compared to the classical action that can only be controlled by on and off. The vagueness depends on the places of the sensor nodes, human's character and emotion. In order to control them with the smartness, the proposed technique considers the better performance of applications in wireless sensor networks. We performed the simulations and implementations on sensor nodes and checked out our ideas. The simulation results show that the proposed technique is more reasonable than the classical approach.

Key Words :WSNs, Fuzzy Logic System, Rule-Based Model, Multi-hop Routing, ZigBee Protocol

1장. Introduction

무선 센서 네트워크(WSN)는 하나의 또는 여러 개의 노드들을 통하여 정보를 얻고 이것을 Beacon node 또는 Base Station으로 정보를 보내어 관리할 수 있는 구조를 가지고 있다. IEEE802.15.4 기반의 지그비 프로토콜을 이용하고 있으며 주파수에 따라 20~250kbps를 지원할 수 있도록 되어 있다. WSN은 인터넷망, 무선 통신망 등을 포함하는 일반적인 네트워크와는 몇 가지 차이가 있다고 할 수 있다.

일반적인 네트워크의 경우에는 전송 속도, 지연(delay), 지터(Jitter) 등의 QoS가 중요한 반면, WSN에서는 이것보다도 대부분의 경우에는 배터리로 운용되는 특성 때문에 전원의 절약이 매우 중요한 요소가 된다. 전원을 절약하기 위해서는 회로의 전력소모를 줄이는 것도 중요하지만 전체 시간 중에서 활동 상태로 동작하는 시간을 줄이는 것이 더 큰 문제가 된다. 두 번째로 네트워크 구축의 관점에서 보면 일반 네트워크의 경우 인프라를 기반으로 라우터, 기지국 등을 중심으로 구축되는 반면, WSN은 다양한 목적(산불감시, 적의 이동 경로 탐지, 환경 감시)과 응용 환경(무인경비, 환경감시)에 따라 여러 형태로 구축될 수 있다[9]. 세 번째로 일반적인 네트워크의 경우 routing에 필요한 정보를 관리자가 설정할 수 있는 반면 WSN의 경우에는 센서 노드의 수가 매우 많고, 각각의 노드의 위치를 미리 알 수 없는 경우에는 관리가 불가능하므로 다른 방법이 요구된다. 이처럼 WSN에서는 기존의 네트워크와는 다른 요구사항들이 도출될 수 있기 때문에 다양한 환경과 변화에 맞추어 상황에 맞는 방법을 선택하는 것

이 바람직하다.

앞에서 언급한 것처럼 WSN은 다른 네트워크와 구별되는 여러 특성들을 가지고 있다. 또 생각해 볼 수 있는 특성 중에 하나가 WSN은 센서 노드를 이용하여 응용 프로그램에도 접목이 가능하다. 최근에 개발된 많은 여러 가지 응용프로그램들에서 WSN을 적용한 기술이 쓰이고 있다.

기존의 고전적인 WSNs에서는 미리 Base Station에서 정의되고 구현된 알고리즘에 따라 단순한 on and off 을 할 수 있는 기능만을 고려했었다. 이 때문에 좀더 Smart하고 Adaptive한 성능을 기대할 수는 없었다. 때문에 요구사항이 생길때마다 자주 프로그램을 업데이트를 해야 하는 번거로움과 불편함이 있었다. 이 논문에서는 WSN에서 이러한 점을 해결하기 위해 퍼지 로직 개념을 이용하여 이러한 문제를 해결해 보고자 하였다.

전체적인 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 퍼지 로직 시스템에 대한 간단한 설명과 이 논문에서 사용된 퍼지 로직에 대해서 언급하고 3장에서는 퍼지 로직을 이용한 무선 센서 네트워크 환경에서 센서 노드들을 지능화 하여 Adaptive한 output을 뽑아내는 방법을 제시하였다. 4장에서는 시뮬레이션과 성능 분석을 하였고 5장에서는 결론과 future work을 제시하였다.

2장. The Overall explanation of Fuzzy Logic System

퍼지는 모호함(인간의 정서, 불확실한 측정 시스템 등)을 수학적인 방법을 이용하여 표현한 것이다[2][3]. 퍼지 로직에서는 어떤 대상이 되는 시스템이나 현상을 명확한 0, 1의 단순 두 개의 개념 말고도 0~1까지의 어떤 임의의 수를 어떤 함수 값으로 대응시키는 새로운 개념을 이용하여 정의하게 되는데 이것을 퍼지 셋(fuzzy set)이라고 하고 각각의 원소에 어떤 값이 대응되는가를 나타내는 함수를 membership function이라 부른다. 여기서의 membership function은 어떤

저자 소개

林 載 薰 : 高麗大學 電子電氣學科 碩士課程
李 珉 友 : 高麗大學 電子電氣學科 碩士課程
金 珉 畿 : 高麗大學 電子電氣學科 碩士課程
朴 貴 泰 : 高麗大學 電子電氣學科 正教授 · 工博

퍼지 집합(fuzzy set) 예를 들면 키가 큰 사람들의 모임, 얼굴이 예쁜 사람들의 모임이 있다고 했을 때 거기에 어느 정도나 많이 소속되어 있는가를 규정하게 된다. 이것은 우리가 불확실함을 다룰 때 이용하고 있는 확률의 개념과는 다소 구분된다. 두 가지 경우가 모두 확실하게 알 수 없는 현상을 다룬다는 점은 같지만, 그 외에 부분에서는 다르다. 예를 들어 주사위를 던지기 전에는 각각의 눈금이 나올 확률은 알 수 없지만 시행되고 나면 우리는 명확한 확률 값을 얻을 수 있다. 반면에 “얼굴이 예쁜 사람들의 모임”이라고 했을 때 각각의 사람들에게 물어본 뒤의 결과는 각각의 사람들에 의존하므로 주관성이 반영된 예측할 수 없는 결과를 얻는다. 이런 것처럼 애매함을 수리적으로 취급하는 것이 가능한 이론을 퍼지 로직 이론이라 부르고 이것을 시스템으로 모델링 한 것을 퍼지 로직 시스템이라고 부른다. 퍼지 로직 시스템의 그림은 다음과 같다[3].

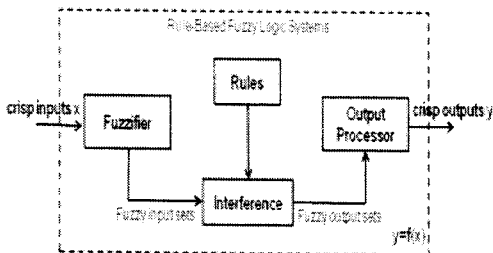


Fig 1. Rule based fuzzy logic system

여기서 rule은 if-then 형식의 statements로써 전문가들에 의해 제시되거나 수학적인 data로부터 얻을 수도 있다. 이처럼 어떤 입력에 주관적인 요소들을 반영하여 fuzzy화 시키고 우리가 정해놓은 rule을 적용시켜 적절히 반영함으로써 주어진 조건에서 가장 이상적인 값을 찾아낼 수 있는 것이 퍼지 로직 시스템이다.

2.1절. Max-Min Composition Method

여러 퍼지 셋들간의 관계를 보기 위한 몇가지 방법중에서 max min composition 방법이 있다. max min composition은 서로 다른 영역의 대상의 인풋들을 주어진 rule에 의해 대입을 하고 그 결과가 어떠한 아웃풋으로 나오기를 보기 원할 때 사용할 수 있다. max min composition의 식은 다음과 같이 정의된다[3].

$$P \circ Q(x,z) = \bigvee_{y \in Y} (P(x,y) \wedge Q(y,z))$$

$$= \left[(x,z), \max_{y \in Y} [\min(\mu_p(x,y), \mu_q(y,z))] \mid x \in X, y \in Y, z \in Z \right] \quad (1)$$

이 수식에서는 입력값이 2개가 고려되었다. P와 Q는 우리가 어떤 관계를 보고자 하는 인풋에 해당한다. x와 z는 각각의 인풋에서 가로축을 나타내고 y는 멤버십 함수 값인 세로축을 의미한다. 마찬가지로 방법으로 입력값을 2개 이상 확장하여도 똑같이 이 식을 적용할 수 있다. 여기에서 각각의 멤버십 함수의 값들을 0과 1사이의 값들이고 이 함수는 우리의 일반적으로 경험적인 방법이나 전문가를 통해 얻을 수 있다.

3장. Apply Fuzzy Logic to applications in WSNs

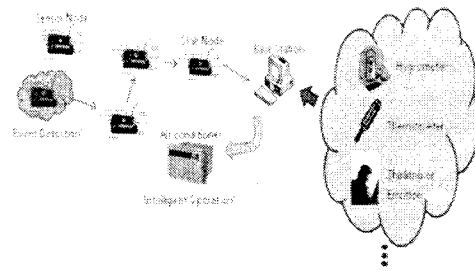


Fig 2. The Overall Concept

현재까지 우리는 센서 노드에서 정보를 센싱하여 비콘 노드로 보내고 비콘 노드는 액추에이터를 동작시켜 장치를 켜고 끄는 단순한 제어 기능을 다뤘었다. 때문에 온 오프의 기능을 변경하려면 사람이 수동적으로 다시 임계 값을 설정하여 온 오프의 기능을 변경하여야 하기 때문에 다소 불편함을 느낄 수 있다. 이런 현상을 개선해보고자 이런 시스템에 좀더 adaptive하게 반응할 수 있도록 해 보았다. 그래서 여러가지 환경 변수에 따라 단순한 온 오프 기능보다는 더 시스템을 지능화하여 주변의 환경이라던가 사람의 감정 등을 반영하여 각각의 요소에 맞게 시스템을 설계하고자 하였다. 여기에서는 2가지 요소(온도, 습도) 등을 반영하여 둘 사이의 관계에 따라 반응하는 결과도 각각에 맞게 나타낼 수 있도록 하였다. 또한 에어컨에 내장된 측정 센서 대신에 무선 센서 노드를 사용함으로써 에어컨 주변이 아닌, 센서가 설치된 장소에 정보를 무선으로 에어컨으로 송신함으로써 그 장소에 대한 적당한 조치를 취할 수 있게 된다. 예를 들어 에어컨을 켜더라도 바람이 가는쪽에 앉아 있는 사람들은 그렇지 못한 사람들보다 훨씬 더 추위를 느낄 수 있다. 하지만 에어컨의 내장된 센서로는 이런 요소들을 측정해 낼 수 없다. 때문에 각 센서로부터 받은 정보를 가지고 우선순위를 매겨 바람의 방향을 컨트롤 함으로써 보다 유저 중심의 인터페이스가 되도록 만들 수 있다. 이런 요소를 반영하기 위해 기존의 논문의 방법[5]으로 아래와 같이 온도와 습도에 대해 각각 센서 노드가 설치된 지역의 우선순위를 정하도록 구성되게 했다.

Inputs		Temperature		
		Cold	Cool	Hot
Humidity	Dry	Idle	A little Idle	Moderate
	Mid	A little Idle	Moderate	A little Urgent
	Wet	Moderate	A little Urgent	Urgent

Fig 3. Configuration table for two inputs

이 표에서와 같이 온도와 습도를 각각 3단계씩으로만 나누었고 그 각각의 조합에 대해 5개의 결과를 설정해 놓음으로써 구동되는 값에 차이를 두었다.

4장. Simulation and Analysis

위의 테이블에서 언급한 것을 토대로 멤버십 함수를 임의대로 아래와 같이 가정하였다[4]. 함수는 가우시안 함수를 사용하였다. 온도의 경우에는 10~30도 까지의 범위를 두어 3단계로 멤버십 함수를 나누었고 습도의 경우 50~100사이의 값으로 멤버십 함수를 나누었다. 그리고 결과에서는 0~10 사이의 값을 두어 5단계로 차등화 하였다.

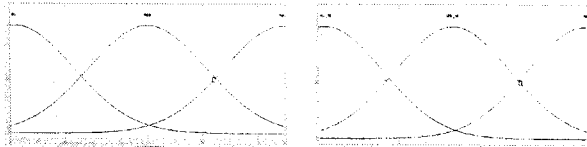


Fig 4. 3 Each membership fun. of Humid. and Temp.

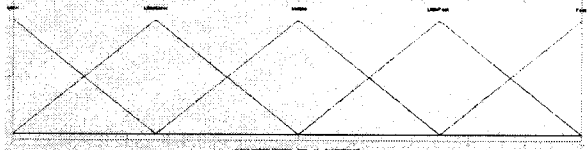


Fig 5. Each membership function of 5 results

아래의 그림은 실제로 노드를 이용하여 온도, 습도, 빛 등의 정보를 각각의 노드로부터 읽어 들여 Base station에서는 그 각각의 노드들이 설치된 곳의 값을 볼 수 있도록 구현해 놓은 프로그램이다.

ID	Temp	Humidity	Light	Gas	Battery
194	27.3	66.5%	138 LUX	0.7 ppm	2.8 V
195	27.3	70.0%	111 LUX	0.7 ppm	2.8 V
20	26.0	92.4%	16 LUX	0.6 ppm	2.00 V

Fig 6. A measurement of each node about factors

이러한 여러 가지 정보들을 바탕으로 퍼지의 온도와 습도에 따른 멤버십 함수의 조합으로 인해 얻은 결과 그래프를 이용하여 이를 수치화시켜 임의의 수로 대응하였다. 아래 코드는 이러한 퍼지 로직을 센서 노드의 Actuator 부분에 적용한 것이다. 이 논문의 가장 핵심적인 부분이라 할 수 있다. 실제로 많은 값들을 뽑아내어 이를 적용시키면 보다 더 Adaptive한 결과를 얻어낼 수 있지만 여기서는 방법만을 설명해 놓았다. 이 값들을 에어컨 내의 센서로 보내고 그 센서가 에어컨의 모터에 보내어 방향 제어하는 부분은 이 코드에서 생략하였다.

```

void fan_on_control(unsigned int on) //When fan is turned off
{
    int i;
    actuator_on(on);
    if((50<rx_hum<60) || (10<rx_tem<20))
    {
        uart_printf("fan Actuator_num On num\n");
        actuator_2_flag=1;
    }
    else if (...
    {
        uart_printf("fan Actuator_num On num\n");
        actuator_2_flag=1;
    }
}
if (src_id == 21)
{
    //Humidity_PAN
    rx_hum = rx_data[0];
    rx_hum = rx_hum << 8;
    rx_hum = rx_hum | rx_data[1];
    //Temperature
    rx_tem = rx_data[0];
    rx_tem = rx_tem << 8;
    rx_tem = rx_tem | rx_data[1];
    switch (actuator_2_flag)
    {
        case 0: fan_on_control(3);
            break;
        default: //When fan is turned on
            if (rx_hum < 55)
            {
                actuator_off(3);
                uart_printf("fan Actuator_2 Off\n");
                actuator_2_flag = 0;
            }
            break;
    }
}

```

Fig 7. A key point of this scheme

5장. Conclusion and Future Works

이 논문에서는 simulation과 implementation을 통해서 무선 센서 네트워크 환경 하에 퍼지 로직을 적용하여 Dynamic하고 Adaptive하게 어플리케이션을 제어하고 관리하는 방법을 확인하였다. 아직까지 일반 가전(냉장고, 세탁기 등)에서는 퍼지 로직을 적용한 케이스가 있지만 무선 센서 네트워크에서 퍼지 로직을 적용하여 센서 노드를 제어할 수 있는 경우 아직까지 없다. 따라서 이 논문을 통하여 무선 센서 네트워크 분야에도 퍼지 로직이 쓰일 수 있다는 점을 알아보았다. 이것을 실제로 에어컨에 연결하여 적용하고 퍼지를 이용한 것과 그러지 않은 것에 대한 소비자 만족도의 조사는 논외로 하였다. 몇가지 더 살펴봐야 할 부분도 있었다. 단순히 2개의 인풋요소밖에 반영하지 못했는데 앞으로는 사람의 성격이나 감정, 주위의 환경 등 기타 여러 요소들을 고려한 좀 더 지능화된 시스템을 구성하는 문제와, 이 논문에서는 멤버십 함수를 임의대로 정했지만 좀더 확인되고 검증된 자료를 바탕으로 구현하여 보다 더 정확한 시스템을 얻어 내는 것이다. 또한 온도센서 뿐만 아니라 가스, 가속도, 조도 등 많은 센서들에 적용한 연구도 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Korea Association of RFID/USN, "Official Approval of Ubiquitous Knowledge", YoungjinMedia, pp. 317~324, 2008.
- [2] Huangang Zhang, Derong Liu, Fuzzy Modeling and Fuzzy Control, Birkhauser, pp 1~4, 2006.
- [3] Jerry M. Mendel, Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems, Prentice Hall, pp 3~9, 2001.
- [4] S. N. Sivanandam, S. Sumathi, S. N. Deepa, Introduction to Fuzzy Logic Using Matlab, Springer, pp 409~417, 2007.
- [5] Qilian Liang, Qingchun Ren, "Energy and Mobility Aware Geographical Multipath Routing for Wireless Sensor Networks", IEEE Communication Society, pp 1867~1871, WCNC 2005.
- [6] K. B. Chang, T. H. Son, G. T. Park, "A Method of Controlling Packet Transmission Rate with Fuzzy Logic for Ad Hoc Networks", Springer Berlin Heidelberg LNCIS 2006, pp. 138~143, 2006.
- [7] Xinsheng Xia, Qilian Liang, "Cross-Layer Design for Mobile Ad Hoc Networks Using Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems", Global Telecommunications Conference, 2006. GLOBECOM '06.IEEE, Nov. 27 2006-Dec. 1 2006.
- [8] Haining Shu, Qilian Liang, "Wireless Sensor Network Lifetime Analysis Using Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems", The 2005 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, pp. 19~24, 2005.
- [9] Jennifer Yick, Biswanath Mukherjee, Dipak Ghosal, "Wireless Sensor Network Survey", 2008 Elsevier B.V., PP 2292~2330, 2008.