

## 지능형 컨테이너 시스템의 구현과 퍼지 논리를 이용한 정보처리

# Implementation of Intelligent Container System and Information Processing Using Fuzzy Logic

손상혁\* · 강근택\*\* · 이원창\*\*\*

Sang Hyuk Son\*, Geuntaek Kang\*\* and Won Chang Lee\*\*\*

\* (주)삼성전자

\*\* 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

### 요 약

최근 물류산업에 가장 중요한 부분인 컨테이너의 내부를 모니터링하여 보다 나은 물류시스템을 구현하고자 하는 노력이 많이 전개되고 있다. 본 논문에서는 지능형 컨테이너 시스템과 퍼지 논리를 이용하여 컨테이너 내부 상황을 인식하고 위험 상황을 판단할 수 있는 정보처리 시스템을 구현하였다. 지능형 컨테이너 시스템의 경우 모뎀 컨테이너에 ZigBee 노드를 부착하여 컨테이너 내부의 상태를 무선 환경에서 모니터링 할 수 있게 하였다. 또한 컨테이너 내부 상태에 대한 데이터를 분석하여 내부 상황을 인식하고 위험 상황을 예측할 수 있는 정보처리 시스템을 퍼지 논리와 SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) 시스템인 InTouch를 이용하여 구현하였다.

### Abstract

The recent trend of logistics demands for improved monitoring system of the inside of containers including current temperature and other environmental conditions. This paper presents an information processing technique with fuzzy logic that recognizes the current situations inside the target container and can be implemented on intelligent container systems. The ZigBee modules are used to collect information such as temperature, humidity, and shock inside the container in ubiquitous environment. The information processing system using fuzzy logic and the InTouch, one of SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) systems, is implemented to monitor the inside of the container and predict the emergency state.

Key Words : Logistics, Intelligent Container, ZigBee, InTouch System

## 1. 서 론

전 세계 상품의 수송은 세계 경제에 가장 중요한 상업적 활동이다. 대부분의 컨테이너는 크고 표준화된 사이즈로 정형화되어 있고 도로, 레일, 운하와 바다로 보내기 위해 다른 플랫폼으로 꾸준히 화물을 싣거나 내리게 되는데 이는 범죄자나 테러리스트의 표적이 되고 있다[1]. 특히, 9.11 테러 이후 전 세계 항만보안이 갈수록 강화되는 추세이며, 항만 안전이 항만브랜드 가치 결정의 중요한 요인으로 부각되고 있다. 이러한 규제 강화에 따라 새로운 진입장벽이 만들어지고 있으며, 여기에 누가 빨리 적용하여 시장을 선점하는가가 굉장한 중요한 문제로 인식되고 있다.

본 논문은 지능형 컨테이너 시스템을 구축해서 내부 상태에 대한 데이터를 전송하고 분석하여 실시간으로 표시하는 시스템을 구축하는데 목적을 두었다. 지능형 컨테이너 시스템은 기존의 단순한 포장용기인 컨테이너에 IT기술을 접목함으로써 컨테이너 내부의 화물 상태를 실시간으로 모

니터링하고 위험이 감지되면 즉시 알려주는 최첨단의 컨테이너를 말한다. 이 기술은 항만물류 보안 분야에 적용될 수 있으며 화물 수송 시 보안강화에 따른 비용을 절감하게 되고 안전이 보장될 수 있지만 급격한 온도, 습도 변화나 충격 등의 컨테이너 내부 상황이 문제가 될 수 있다. 이를 해결하기 위해선 컨테이너의 상황 즉 위치 정보와 내부 상황을 실시간으로 화주에게 전송할 필요가 있다. 본 시스템은 데이터 처리속도가 빠르고 디스플레이에 용이한 InTouch를 이용하여 서버로부터 직접 정보를 받아 표시하였다[2].

또한 컨테이너 내부 상태 데이터는 실시간으로 변하므로 많은 양의 정보가 서버에 전송되기 때문에 매번 일일이 확인할 수 없으며 데이터가 정해진 일정한 값을 초과한다면 알람을 발생시키는 기존의 시스템만 가지고는 위험 상황에서 유연성 있는 대처가 힘들어진다. 특히 부패 빠른 화물일 경우 온도, 습도 등 복합적인 원인에 의해 영향을 받기 때문에 화물의 속성이 무엇인지에 따라 다르게 대처해야할 필요가 있다. 이를 해결하기 위해서 서버로 송신되는 여러 가지 데이터를 이용해 컨테이너 내부의 상태 정보를 취합하고 화물 속성별 상황 인식 및 상황 판정을 내릴 수 있는 알고리즘이 필요하다. 본 논문에서는 축적된 데이터를 이용해 필요에 따라 화물내의 환경 변화를 신속하게 판단하고 많은 정보량 때문에 정보인식이 늦어질 수 있는 상황을 보완하기 위해서 기존 컨테이너 시스템에 퍼지 알고리즘에 적용시켰다[3-5].

접수일자 : 2009년 2월 4일

완료일자 : 2009년 5월 22일

+ 교신저자

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(B0009720) 지원으로 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

ZigBee 모듈 센서에 있는 온도, 습도를 제외한 부분은 MS-SQL에 임의로 만든 데이터를 저장해 놓고 테스트하였다.

## 2. 시스템 구성

### 2.1 시스템 구성도

ZigBee 모듈을 컨테이너에 부착하고 ZigBee 모듈의 식별 번호로 컨테이너를 식별한다. 이를 기반으로 한 지능형 컨테이너 관리를 수행하는 시스템의 구성도는 그림 1과 같다. 이 시스템은 온도, 습도, 조도 센서가 부착된 ZigBee 모듈, 컨테이너 관리 서버를 무선으로 연결 시켜주는 무선 라우터, 수집된 정보를 저장하는 상태 관리 및 컨테이너 내부정보에 관한 웹 서비스를 제공하는 컨테이너 관리 서버로 구성되어 있고 InTouch로 사용자가 로그인하면 그 아이디와 제품번호를 이용해서 서버로부터 정보를 수신하여 센싱 정보, 제품 정보, 위치 정보를 받아서 퍼지로그직을 이용한 내부 상태 판별 알고리즘을 통해 컨테이너의 내부 상태를 판별해서 유사시에 알람 시스템을 동작시킬 수 있도록 구성되어 있다.

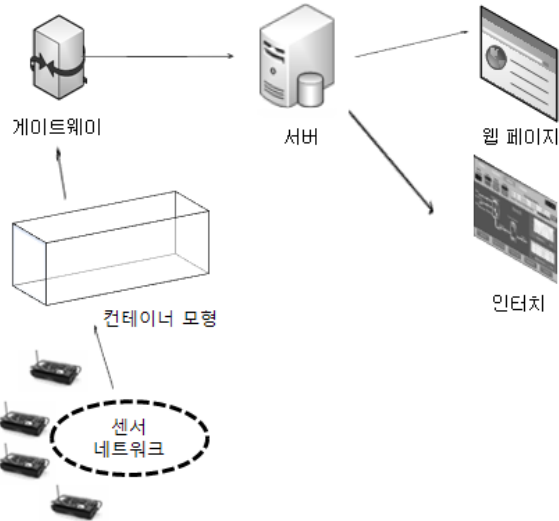


그림 1. 지능형 컨테이너 시스템 구성도  
Fig. 1. Structure of intelligent container system

### 2.2 하드웨어 구성

#### 2.2.1 ZigBee 모듈

본 논문에서 사용한 ZigBee 장비는 한백전자의 ZigbeX를 이용하였다. ZigbeX는 Atmel사의 ATmega 128L과 Chipcon사의 2.4G RF-IC CC2420을 적용한 센서 네트워크 모듈이다[6].

#### 2.2 WiPortG

본 논문에서 사용한 WiPort 장비는 Lantronix社의 WiPortG를 이용하였다. WiPortG는 IEEE 802.11b/g 기반의 네트워크를 가능하게 해주는 무선 임베디드 장치이다. UDP, TCP, Telnet, HTTP 등이 지원가능하며 최대 921,600 Baud까지 송수신할 수 있다[7]. 본 시스템은 두 개의 WiPort를 이용해 데이터를 송수신하였다.

표 1. Zigbex 모듈 사양

Table 1. Specifications of ZigBee module

MCU	Device	Type	Memory (Kb)	SRAM (Kb)
	128L	7.3728Mhz	128	4
RF Transceiver	Device	RF Freq MHz	DataRate kbits/sec	Antenna
	CC2420	2400	250	PCB Antenna
Sensor	Temp/Humi	SHT11		
	Light	CdS		

WiPorG의 구성은 그림 2와 같다. 정보를 무선으로 전송하기 위해 두 개의 WiPortG는 TCP방식을 이용하였고 각각 Static IP Address를 할당하였다.

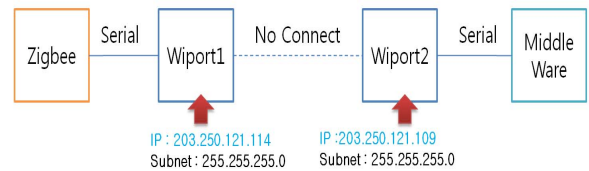


그림 2. WiPort 구성도  
Fig. 2. Schematic of WiPort system

그림 3은 WiPort 설정화면으로 WiPortG가 Bridging Mode를 통해 WLAN을 구성하였고 토폴로지는 Ad-Hoc으로 구성하였으며 데이터 전송 속도는 11Mbps로 설정하였음을 보여준다.

```

*** basic parameters
Hardware: Ethernet TPI, WLAN 802.11bg
Network mode: Bridging(One Host)
IP addr - 0.0.0.0/DHCP/BOOTP/AutoIP, no gateway set,netmask 255.255.255.0
DHCP device name : not set

*** WLAN
WLAN: enabled
Topology: Ad-Hoc
Network name: LTRX_IBSS
Country: US
Channel: 11
Security suite: none
TX Data rate: 11 Mbps auto fallback
Power management: not supported in adhoc mode
    
```

그림 3. WiPort 설정화면  
Fig. 3. Setup of WiPort system

### 2.3 데이터 흐름도

#### 2.3.1 센싱 데이터

Zigbex는 TinyOS로 구현되어 있고 패킷 구성은 표 2의 Packet Type을 따른다. 노드 센서에서 수신하는 정보는 온도, 습도, 조도 값이지만 조도 값은 지능형 컨테이너 시스템에서는 사용되지 않는다.

표 2. 패킷 형식

Table 2. Packet structure

Node Information					
Node ID	Temperature	Light	Humidity		
Packet Type					
Address	Message Type	Group ID	Data Length	Data	CRC

2.3.2 데이터 흐름도

전체 데이터 흐름은 그림 4와 같다. Zigbex에서 받은 데이터는 시리얼 통신으로 WiPort에 전송된다. 송신 측 WiPort는 TCP로 데이터를 실시간으로 수신 측 WiPort로 보내지고 이는 다시 Serial이나 Ethernet을 통해 미들웨어로 전송되어진다.

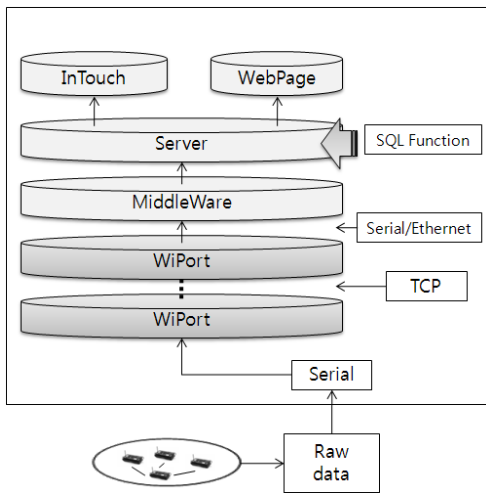


그림 4. 컨테이너 내부 데이터 흐름도  
Fig. 4. Flowchart of data inside container

그림 5의 미들웨어는 Visual Basic으로 구현하였다.

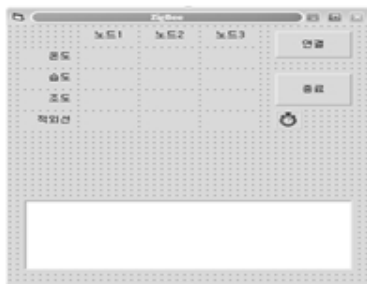


그림 5. 미들웨어  
Fig. 5. Middleware

미들웨어에서는 패킷 메시지에서 실제 필요한 온도, 습도 값만 분류해 서버로 전송해줘야 하기 때문에 일단 시리얼로 데이터를 받아 원하는 정보를 SQL 관련함수를 이용해 관리 서버로 전송시킨다. 컨테이너 관리서버는 MS-SQL2005를 통해 구현하였다.

2.4 유저 인터페이스

2.4.1 인터페이스 구성도

InTouch 인터페이스 구성은 그림 6과 같다. MS-SQL 2005로 구축한 서버로부터 받은 센서 정보를 모아 숫자로 표시하는 부분과 실시간 이력 트렌드를 이용하여 그래프로 센서 값의 변화를 확인할 수 있도록 하고 Script Function을 이용하여 명령을 수행 하도록 하거나, 특별한 기준에 근거한 논리적인 작업들을 할 수 있도록 한다. 그리고 알람과 이벤트를 이용해서 기준으로 정해놓은 값에 벗어나는 일이 생길 경우 경고를 표시할 수 있도록 한다. 여기서 모든 알람 기록은 SQL Server 2005의 데이터베이스에 저장해서 문제 발생 시각과 원인을 알 수 있도록 한다. 그림 6과 같이 센서 수신 값은 숫자로 차레대로 표시되게 되며 그래프 변환 표시도 각 센서 값을 나타내는 센서들이 한 그래프 안에 표현되게 하고 알람&이벤트 창을 나타내 이벤트 발생 날짜, 이벤트 발생시간, 유형별 타입, 이벤트 우선순위 즉 긴급도의 여부, 이벤트 이름 등을 나타내어 그 정보를 데이터베이스에 저장해 차후에도 확인 가능 할 수 있도록 하였다.

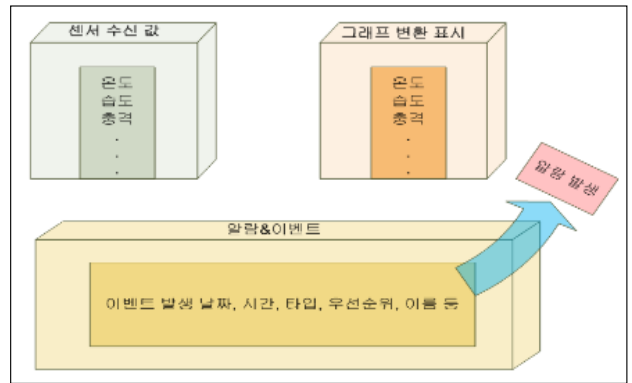
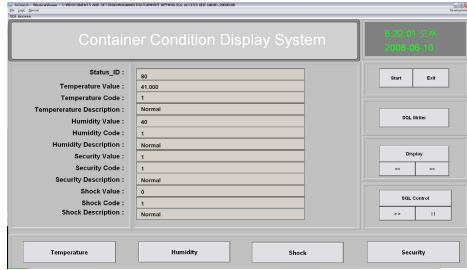


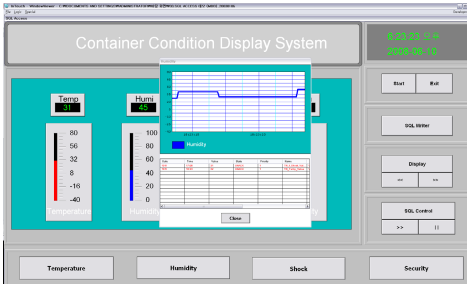
그림 6. InTouch 인터페이스 구성도  
Fig. 6. Schematic of InTouch interface

2.4.2 InTouch

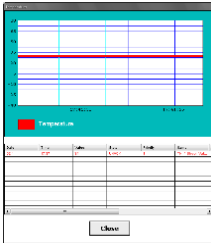
InTouch는 HMI(Human Machine Interface)로서 일반적으로 공정 감시 모니터링 톨로 사용되는 빠른 처리속도와 다양한 시각적 효과를 낼 수 있는 인터페이스 프로그램이다 [8]. InTouch를 이용해서 서버와 연결해 컨테이너 ID와 온도, 습도 값을 실시간으로 나타내주며 총 다섯 가지 Very Security, Security, Normal, Danger, Very Danger 상태를 표현한다. InTouch 프로그램은 그림 7과 같이 Text 구성화면과 Graph 구성화면으로 두 가지 모드로 구성하였다. 그림 7(a)의 Text 구성화면은 온도, 습도, 충격의 실시간 수치뿐만 아니라 Code 값과 Description이 표시되어 유저가 보다 상세하게 컨테이너 내부 상황을 알 수 있게끔 하였으며 그림 7(b)의 Graph 구성화면은 Graph로 온도, 습도, 충격값을 표시하여 빠른 시간에 간단한 정보를 파악할 수 있도록 구성하였다. 그림 7(c)-(f) 그림은 온도, 습도, 개폐, 충격값을 나타낸 그림이다. 그림 7(e)의 개폐 Graph는 컨테이너의 Lock Door가 잠겨 있는지 열려 있는지를 나타내는 화면이고 그림 7(f)의 충격 Graph는 총 10단계의 충격값이 나타나도록 구성되었다.



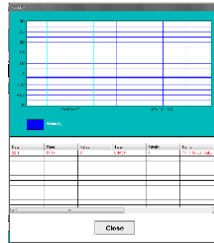
(a) Text 구성화면



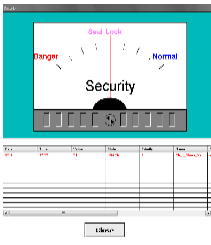
(b) Graph 구성화면



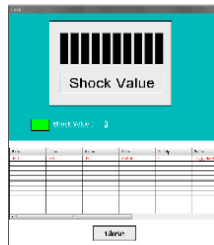
(c) 온도 Graph 화면



(d) 습도 Graph 화면



(e) 개폐 Graph 화면



(f) 충격 Graph 화면

그림 7. InTouch 구성화면

Fig. 7. Screen shots of InTouch GUI

그림 7(c)-(f)의 Graph 밑에는 그림 8과 같이 주어진 임계치를 초과하는 값은 시간과 수치가 자동적으로 기록되어 일정시간 보관하게 된다.

### 2.4.3 웹페이지

원격지의 유저에게 실시간으로 컨테이너 내부 상황을 볼 수 있도록 하기 위해 C#과 ASP.NET을 이용해서 웹페이지를 제작하였다.

Date	Time	Value	State	Priority	Name
02/1	17:37	31	UNACK	1	TN_Shock_Val...

그림 8. 알람 정보 저장화면  
Fig. 8. Alarm information

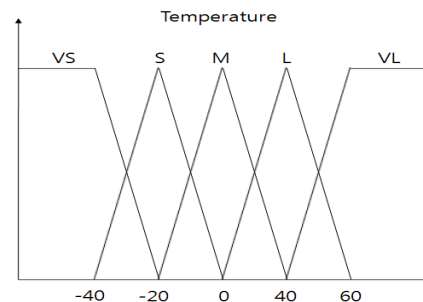
### 3. 퍼지 논리 시스템

InTouch로 전송되는 정보는 실시간으로 빠르게 처리되어야 하기 때문에 연산 량이 작아 처리시간이 빠른 퍼지 논리를 이용하였다. 퍼지화기에 사용된 입력 소속 함수로는 계산이 간단한 삼각파를 사용하였다. 출력 소속 함수는 Singleton을 사용하여 연산 량을 최소화하였다. 추론 방법으로는 Mamdani의 Min-Max 연산을 사용하였으며 비퍼지화기에는 무게중심법을 사용하였다. 입출력 변수 정의는 표 3과 같다.

표 3. 입출력 변수 정의  
Table 3. Input/output variables

Input	Variable	Output	Variable
VS	Very Small	VS	Very Safety
S	Small	S	Safety
M	Medium	N	Normal
L	Large	D	Danger
VL	Very Large	VD	Very Danger

컨테이너의 내부 온도는 선박 향해 시 60°C까지 상승할 수 있으며, 온도와 습도의 기준은 수송하고자 하는 화물에 따라 차이가 있다. 그리고 일반적으로 온도유지를 필요로 하는 리퍼 컨테이너의 경우 온도 범위는 약 -30°C에서 +30°C이다. 이러한 점을 고려하여 퍼지 로직을 적용한 시스템을 구현하기 위해 그림 9와 같은 온도와 습도의 분포를 갖는 소속 함수를 정의하였다.



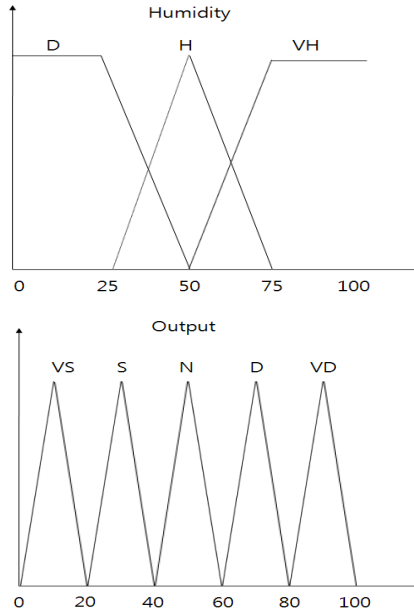


그림 9. 소속 함수  
Fig. 9. Membership functions

총 15개의 입력 변수에 대한 소속 함수의 조합에 대하여 표 4과 같은 출력 규칙들을 정의한다.

표 4. 출력 규칙  
Table 4. Fuzzy rules for output

Temperature	Humidity			
	D	H	VH	
VS	VS	S	VD	
S	VS	S	D	
M	S	N	D	
L	N	D	VD	
VL	VD	VD	VD	

#### 4. 실험 및 실험 결과

##### 4.1 실험 환경

본 논문에서는 그림 10과 같은 시스템을 구축하고 InTouch나 웹 서비스로 데이터의 흐름을 확인하였다. 하지만 실제 실시간으로 전송되는 데이터는 ZigbeX를 통해 센서로 측정되는 데이터인 온도, 습도, 조도뿐이고 나머지는 MS-SQL2005로 구축된 서버에 화물정보, 위치정보, 수송모드 등의 상태정보를 제외한 데이터들은 임의의 값을 넣어서 측정하였다. 퍼지 논리 알고리즘을 시스템에 테스트해보기 위해서는 ZigbeX의 실시간 데이터만 필요하므로 빠른 테스트를 위해 본 실험에서 알고리즘 테스트에 사용된 환경을 그림 10과 같이 최소화 시켜 테스트하였다. 테스트용 시뮬레이션은 브레멘 대학의 지능형 컨테이너 시스템(www.intelligentcontainer.com)의 구성을 참고하였다 [9-11].

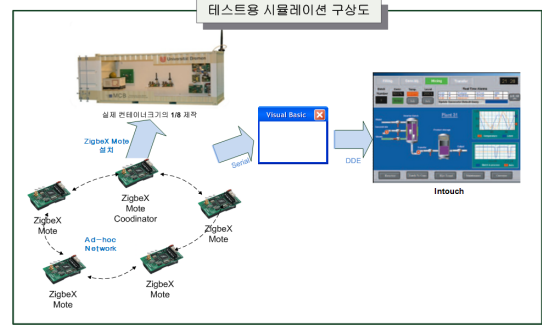


그림 10. 테스트용 시뮬레이션 구성도  
Fig. 10. Structure of test simulation

실제 크기의 컨테이너의 1/8의 크기로 모형 컨테이너를 가상하고 한백전자의 ZigbeX를 이용해 Ad-hoc Network를 구성하고 Coordinator에서 RS-232C 직렬통신을 통해 Visual Basic으로 데이터를 수신하여 이를 DDE 통신으로 InTouch에 보내 그 정보 값을 화면에 출력하였다.

##### 4.2 실험 결과

그림 11은 출력 규칙을 이용해 온도, 습도의 조합을 MatLab으로 시뮬레이션한 결과이다.

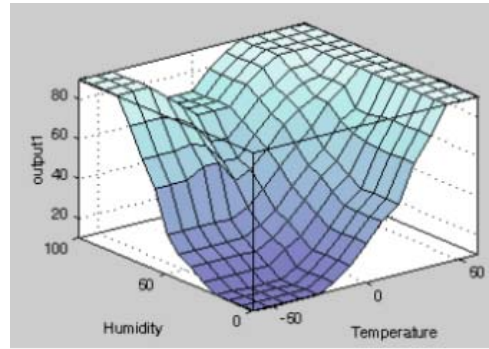
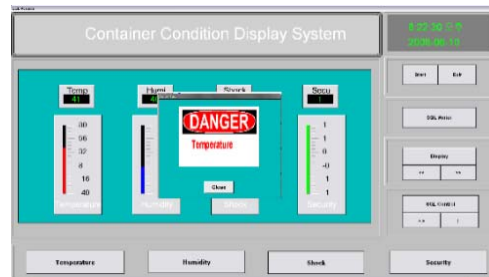
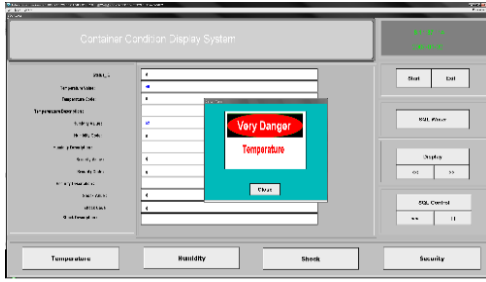


그림 11. MatLab 시뮬레이션 결과  
Fig. 11. Matlab simulation result

그림 12는 실제 데이터를 가지고 InTouch로 실행한 결과로 그림 12(a)의 경우 온도가 41도, 습도가 40%인 경우로 일정 임계치에 도달하였으므로 출력 규칙에 의해 Danger로 표시되었고 그림 12(b)의 경우 온도가 50도, 습도가 52%인 경우로 Very Danger로 알람이 표시되어 원하는 결과가 도출되었다.



(a) Danger



(b) Very Danger

그림 12. InTouch 실행 결과  
Fig. 12. Results after InTouch execution

### 5. 결 론

본 논문에서 구현한 지능 컨테이너 시스템 구현과 퍼지 논리를 이용한 정보처리는 컨테이너 내부 상황을 효과적으로 판단해서 정보를 나타내도록 하기 위해 제작된 시스템으로 컨테이너 내부의 상태를 무선 환경에서 실시간으로 모니터링 하는 시스템을 개발한데 의의가 있다. 또한 퍼지논리를 이용해 많은 데이터를 분석하여 단순한 위험 알람 표시에서 벗어나 Very Safety, Safety, Normal, Danger, Very Danger 등 다섯 단계로 퍼지 논리를 사용하기 전보다 세부적인 알람 상태 표시가 가능하였으며, 화물 내부 상태가 단계별로 표시되어 화주가 위험 상황을 일찍 인지할 수 있는 장점이 있어 향후 화물 관리 시스템에 주요소로 크게 활용될 수 있을 것이다. 본 논문에서 구현된 시스템은 온도, 습도만을 이용해 퍼지 논리로 시뮬레이션 하였으며, 화물에 대한 기본정보, 위치 정보 등의 데이터는 MS-SQL 서버에 사전에 저장시켜 표시하였다. 이 결과는 지능형 컨테이너 시스템 구현에 필요한 효율적인 정보처리 시스템에 대한 가능성을 보여주고 있으며, 이를 기반으로 향후 유용한 추가적인 정보를 퍼지 논리로 통합시키면 좀 더 유연한 예측이 가능한 정보처리 시스템이 구현될 수 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] R. J. Craddock and E. V. Stansfield, "Sensor fusion for smart containers", *IEE Seminar on Signal Processing Solution for Homeland Security*, 2005, pp.12-16, 2005

[2] R. Fukui, M. Shodai, T. Mori, and T. Sato, "Development of an intelligent container prototype for a logistical support robot system in living space", *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 3397-3402, 2007

[3] C. F. Hsu, T. T. Lee, and P. Z. Lin, "Intelligent tracking controller design using dynamic fuzzy neural networks", *IEEE International Joint Conference on Neural Network*, pp.148-153, 2007

[4] M. Sugeno and G. Kang, "Structure Identification of Fuzzy Model", *Fuzzy Sets and System*, vol. 28, pp. 15-33, 1988.

[5] A. Menozzi and M. Y. Chow, "A design methodology for an intelligent controller using fuzzy logic and artificial neural networks", *IEEE International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation*, vol. 1, pp. 408-413, 1993

[6] (주)한백전자 기술연구소, *유비쿼터스 센서 네트워크 시스템*

[7] <http://www.lantronix.com>, 2009

[8] Wonderwae Corporation, *InTouch 9.5 manual*

[9] R. Jerdermann and Walter Lang, "The benefits of embedded intelligence - Tasks and applications for ubiquitous computing in logistics", *LNCS 4952*, pp. 105-122, 2008

[10] R. Jerdermann, C. Behrens, R. Laur, and W. Lang, "Intelligent containers and sensor networks approaches to apply autonomous cooperation on systems with limited resources", *Understanding Autonomous Cooperation & Control in Logistics - The Impact on Management, Information and Communication and Material Flow*, pp. 365-392, 2007

[11] J. D. Gehrke, C. Behrens, R. Jerdermann, and E. M. Kluge, "The intelligent container - toward autonomous logistic processes", *The 29th Annual German Conference on Artificial Intelligence*, pp. 14-19, 2006.

### 저 자 소 개



**손상혁(Sang Hyuk Son)**  
2007년: 부경대학교 전자컴퓨터정보통신 공학부 졸업.  
2009년: 동 대학원 전자공학과(공학석사)  
2009년~현재: (주)삼성전자

관심분야 : 로봇공학, 퍼지시스템

#### 강근택(Geuntaek Kang)

제18권 2호 (2008년 4월호) 참조  
E-mail : gtkang@pknu.ac.kr

#### 이원창(Won Chang Lee)

제18권 2호 (2008년 4월호) 참조  
E-mail : wlee@pknu.ac.kr