

# 그룹 개념 기반 지능형 USN 미들웨어 플랫폼 연구

이창열<sup>1\*</sup>

## A study on the intelligent USN middleware platform based on the group concept

ChangYeol Lee<sup>1\*</sup>

**요약** USN 미들웨어는 여러 사이트에서 발생하는 센서 정보를 수집하여, 판단하고, 조치를 취하는 기능을 가지고 있다. 한 개 센서 데이터로부터 상황을 결정하는 것은 해당 데이터의 오류나 전체를 반영하지 않을 수 있기 때문에 부적절하다. 여기서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 '그룹'이라는 개념을 도입하였다. 그룹은 같은 장소에 같은 조건에 행동하는 센서의 집합이다. 예를 들어 특정 방에서 모든 화재 센서는 미리 정의된 동일한 특정 온도에 도달하면 버저를 울린다. 이때 이들 센서들은 동일한 한 개의 그룹에 속하는 것이다. 지능형 USN 미들웨어의 모든 판단은 이러한 그룹에 기반하여 이루어진다. 본 연구에서는 그룹에 기반한 미들웨어의 지능형 규칙에 대하여 연구를 하였다.

**Abstract** USN Middleware plays roles of broker between sensors and applications. It collects sensor data, decides the situation and sends the result to the applications. It is not good to decide the situation from one sensor data, because it may error data or reflect small part of all.

In this paper, we propose sensor 'group' concept. Group is the primary unit to decide the situation. It consists of several sensors which were installed in the same place and had the same pre-defined condition to act. For example, all fire sensors in the room simultaneously trigger the ring when the same pre-defined temperature is recorded. Then, the all fire sensors are included to the same one sensor group. All operations of the intelligent USN middleware are based on the 'group' unit. We studied the intelligent rules of USN middleware based on the group.

**Key Words** : USN, USN Middleware, intelligent module, Sensor

### 1. 서론

USN(Ubiquitous Sensor Network) 미들웨어는 여러 물리적 사이트, 동일 사이트의 여러 유형의 센서, 동일 유형의 여러 센서로부터 유무선 통신망을 통하여 데이터를 받아서 분석 판단하여 처리하는 기능을 제공하고 있다. 이러한 USN 미들웨어가 센서 네트워크에 연결된 수많은 센서로부터 발생하는 데이터에 대한 개별적인 정보 관리와 판단을 제공하는 것은 비 효율적이며 적절하지 않다.

왜냐하면 모든 센서가 개별적으로 임무를 부여 받아서 작동한다기 보다는 하나의 목적을 위하여 여러 센서가

부착되어서 임무를 수행하기 때문이며 그러므로 동일한 목적을 가진 여러 센서를 하나의 "그룹"으로 정의할 수 있고, USN 미들웨어는 그룹에 기반하여 임무와 판단을 지원하면 되는 것이다.

### 2. USN 미들웨어 모델

#### 2.1 분류

USN 미들웨어는 여러 가지 개념으로 분류 및 사용되고 있다. USN 동향 논문[5]에 의하면 USN 미들웨어는 협의의 센서 노드 미들웨어와 광의의 USN 미들웨어로

본 논문은 연구년 수행 과제로 연구되었음

<sup>1</sup>동의대학교 컴퓨터공학과

\*교신저자: 이창열(lcy@deu.ac.kr)

접수일 08년 11월 12일

수정일 (1차 08년 12월 01일, 2차 08년 12월 12일)

게재확정일 08년 12월 16일

구분되어진다. 센서 노드 미들웨어는 센서 노드와 싱크노드 사이를 범위로 하여 로컬 처리와 이벤트 처리를 하는 것이며, USN 미들웨어는 싱크노드와 USN 정보시스템 사이에 위치하여 센싱 데이터의 필터링, 모니터링 등의 기능을 제공하는 것으로 정의[8][13]하고 있지만, 일반적으로 이들을 명확히 구별하지 않는다고 하고 있다. 동일한 의미로 ETRI에서 기술한 논문[3]은 센서 네트워크 미들웨어라는 용어를 사용하여 In-network 미들웨어와 Host-side 미들웨어로 구분하고 있으며, In-network 미들웨어로 Agilla, Sensor Ware, MagnetOS, Mires 등을 제시하고 있고, Host-side 미들웨어로 Cougar, SINA, MiLAN 등을 제시하고 있다. 또한 ETRI USN 미들웨어 플랫폼은 In-network와 Host-side 미들웨어를 모두 포함하고 있다고 제시하고 있다.

또 다른 논문[1][2]에서는 미들웨어의 역할과 처리 방식을 기반으로 데이터 중심 구조와 이벤트 중심 구조 등으로 구별하고 있다.

본 논문에서 언급하는 USN 미들웨어는 광의의 USN 미들웨어 또는 Host-side 미들웨어로 정의할 수 있다.

### 2.2 기능 요구사항

USN 미들웨어는 네트워크 구성 요소, 센서 노드 배치와 유지 관리, 그리고 응용 서비스 지원을 위하여 다음과 같은 기능을 제공하여야한다[4][6][12] :

- 질의 처리 기능 : 데이터 요청, 특별한 조건 처리, 센서 노드 위치 추적을 위한 질의 등 지원
- 메타데이터 관리 기능 : USN 인프라 및 응용과 관련하여 다양한 센서 정보를 제공하여야 한다.
- 모니터링 기능 : 센서 네트워크의 상태를 지속적으로 관리할 수 있는 모니터링과 제어 기능이 제공되어야 한다.
- 인터페이스 기능 : 다양한 응용 지원을 위한 공통 API 기능이 제공되어야 한다.
- 지능화 기능 : USN 센서 정보에 대한 상황인지 및 지능화 기능이 제공되어야 한다.

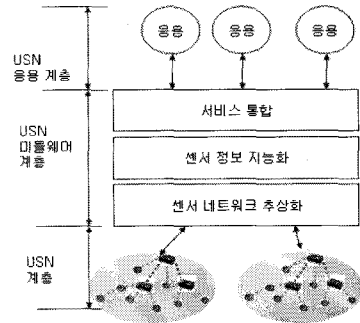
### 2.3 플랫폼 모델

TTA 표준[6]으로 제시된 “USN 미들웨어 플랫폼 표준 참조 모델”에 의하면 USN 미들웨어 플랫폼이 제공하는 기능으로는 센서 네트워크 추상화, 센서정보 지능화, USN 서비스 통합화의 다음과 같은 3가지 개념을 지원하는 구조로 구성되어야한다고 정의하고 있다.

- 추상화 기능 : 센서 네트워크에 대한 표준화된 인터페이스를 제공하는 기능으로 다양한 센서로부터 오는 자

료를 표준화하여 상위 계층에 제공한다.

- 지능화 기능 : 센서 데이터에 대한 수집, 필터링, 그리고 상황인지 등에 의한 판단 기능을 제공한다.
- 통합 기능 : 응용 인터페이스에 대한 표준화된 API 기능, 디렉토리 서비스 기능을 제공한다.



[그림 1] USN 미들웨어 플랫폼 구조

## 3. 그룹 기반 지능형 USN 미들웨어모델

### 3.1 연구 배경 및 방향

USN 미들웨어에 대한 많은 연구와 이론이 있었지만 대부분은 개념적 차원에서의 모델을 제시하고 있거나 아니면 특정 미들웨어에 대한 상세 정보를 제공하고 있지만[7][8][11][12][14]. 추상화의 구체적 방법, 지능화에 대한 모델링, 필터링의 방법, 메타데이터 관리 등에 관한 표준적 차원에서 접근을 제공하지 못하고 있다.

본 논문에서는 USN 미들웨어를 실제적으로 구현하면서 발생하는 다양한 이러한 이슈에 대하여 일반화(Generalization)와 표준화(Standardization)을 고려하여 미들웨어 모델을 제시하는 방향으로 연구를 진행하였다.

### 3.2 그룹 개념 도출

USN을 구축할 때 각 센서에서 발생하는 값에 대하여 “비상” 등의 조치를 취할 수 있다. 그렇지만 여러 USN 서비스를 통합 관리하는 미들웨어의 관점에서 볼 때 수많은 개별 센서에 대한 “비상” 등의 조치는 자원 낭비적으로 중복적인 상황이다. 예를 들어 한 건물에 화재 감시를 위하여 설치된 센서는 여러 개일 수 있다. 그렇지만 이들 화재 센서의 “비상” 설정에 대한 센서 온도 값은 전부 동일한 조건 상태(예를 들어 센서 온도가 80도가 넘으면 SMS를 보내고, 스프링클러를 작동 시킴)를 가지기 때문에, 개별 화재 센서에 “비상” 등의 조건을 설정하기 보다는 해당 건물에 설치된 모든 화재 센서(집합)에 동일

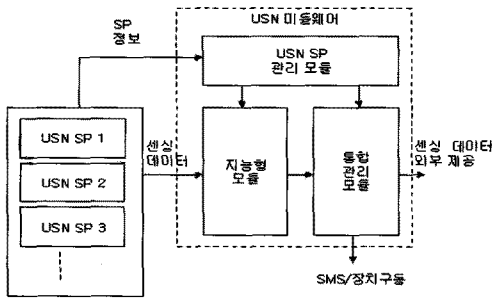
한 조건을 설정하는 것이 적절할 것이다.

“그룹”은 특정 장소에서 동일 유형의 센서이면서 동일 한 조건 상태를 가지는 센서 집합에 대하여 설정하는 것으로 “비상” 등 조건 정보를 설정하는 최소 단위가 된다.

### 3.3 서비스 제공자 정보 관리

USN 서비스 제공자(Service Provider; SP)란 특정 물리적 장소에 센서 네트워크를 구축하여 센서 정보를 제공하는 엔티티로 정의한다. 그러므로 USN 미들웨어는 여러 USN SP를 관리할 수 있어야 한다.

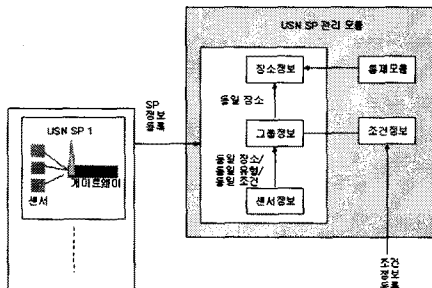
그림 2에서 처럼 USN 미들웨어는 지속적으로 SP를 추가할 수 있는 구조를 제공하고 있으며, SP로부터 발생하는 센싱 데이터에 대한 지능형 분석과 통합 관리 기능을 제공하고 있다.



[그림 2] USN SP와 USN 미들웨어 관계

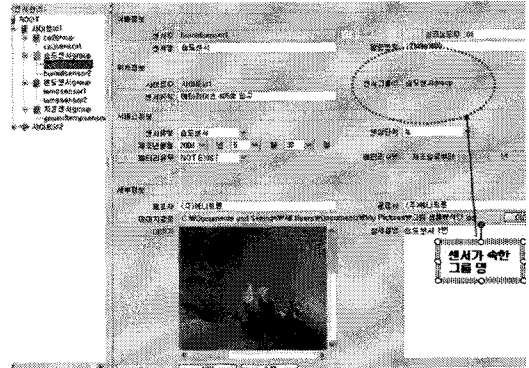
그림 2의 센서 환경 등록 모듈을 상세히 살펴보면 그림 3과 같은 구조를 가진다. 그림 3은 각 USN SP의 환경 설정으로 “센서 정보” 등록, “그룹 정보” 등록, 그리고 USN이 설치된 “장소 정보”를 등록하는 것으로 구성된다.

그림 4는 그림 3의 구조에 해당하는 구현 화면으로 “센서 정보”를 등록하는 화면을 보여주며, 상세히 보면 해당 센서가 속한 그룹 ID를 기술하는 모듈이 보여지고 있다.



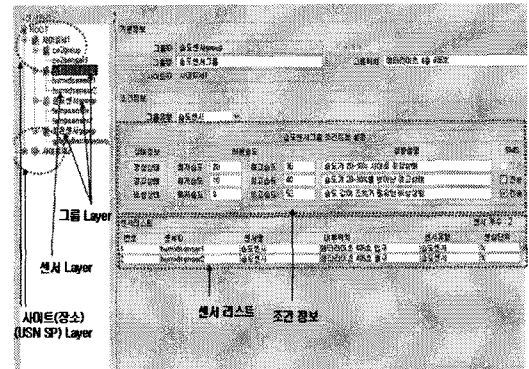
[그림 3] USP SP 정보 관리 모듈

그림 5는 “그룹 정보”를 등록하는 화면이다. 그룹에 대한 이름과 해당 그룹에 대한 조건 정보를 기술하고 있다. “그룹”의 정의가 동일 조건을 가지는 센서의 집합이기 때문에 해당 센서 리스트가 자동으로 보여지고 있으며, 조건 정보를 입력하는 화면을 보여주고 있다.



[그림 4] 센서 정보 등록 화면

3.2에서 언급한 바와 같이 그룹 정보는 해당 그룹에 대한 “비상” 조치 등이 발생할 수 있어야 하며 이러한 조건 정보를 표현하는 언어로 조건 정보 표현 언어 (CDML; Conditional Data Markup Language)를 본 논문에서 정의하고 이에 따라 조건 정보를 기술하고 있다.

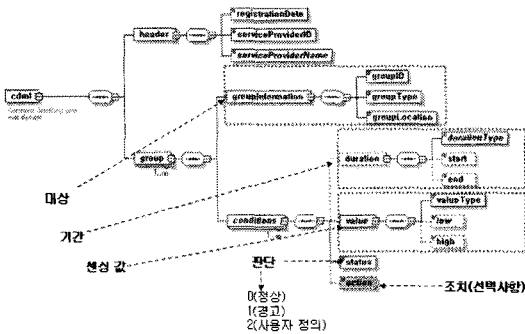


[그림 5] 그룹 정보 등록 화면

그림 6에 기술한 것처럼 CDML은 조건을 구성하는 3 가지 요소(대상, 기간, 값)와 해당 조건과 일치할 때 조치해야할 판단 사항을 단계 형태(0-정상, 1-주의, 2-사용자 정의)로 정형화하여 정의하였다.

CDML의 조건과 판단 사항을 살펴보면 다음과 같다 :

- 조건
- \* 대상 센서 그룹 설정.
- \* 기간 정보 등록.
- 기간 정보는 날짜 단위로 기술하는 범위형, 하한형(예를 들어, 4월 30일 이전), 상한형이 있고, 시간 단위로 기술하는 범위형(매일 10시부터 12시), 하한형, 상한형이 있다.
- \* (센싱) 값 정보 등록.
- 센싱 값 또한 범위형, 상한형, 하한형 등을 가진다.
- 판단 및 조치 : 표 1과 같은 판단과 조치가 있다.



[그림 6] 조건정보표현언어와 설명

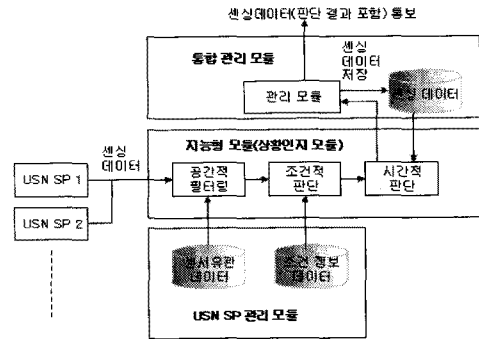
[표 1] SP가 정의한 판단 및 조치

| 판단 상태    | 정의 | 조치(예)     |
|----------|----|-----------|
| 0(정상)    | 필수 | 없음        |
| 1(경고)    | 필수 | SMS, 장치작동 |
| 2(사용자정의) | 선택 | 사용자 정의    |

그림 5에 좌측 부분은 “장소정보”, “그룹정보”, “센서 정보”를 기술할 수 있게 각 정보를 계층화하여 표현하고 있으며, “장소 정보”에 대한 화면은 본 논문에서 생략하기로 한다. 그렇지만 “장소 정보” 기술에 가장 큰 특징은 그림 6에서 언급한 “판단” 결과 통지(SMS)에 필요한 전화 번호 등을 기록하는 화면을 제공하는 것이다.

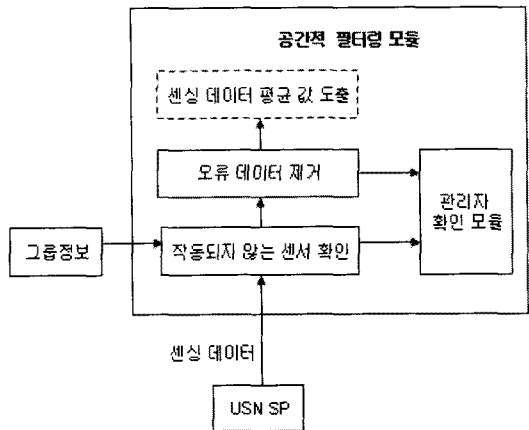
### 3.4 지능형 USN 모델

지능형 USN 미들웨어는 센서로부터 데이터를 받아서 상황인지(Context-Aware) 모듈을 통한 데이터 판단(Decision) 모듈을 가진 USN 미들웨어라고 정의할 수 있다. 그림 7에서처럼 “공간적 필터링”, “조건적 판단”, “시간적 판단”을 포함할 수 있다. 각각에 대하여 살펴보기로 한다.



[그림 7] USN 미들웨어의 지능형 모듈

공간적 필터링이란, (개념적으로) 동시에 전송되는 동일 그룹의 센서 데이터에 대하여 그룹 기반 정보 필터링을 의미한다. USN SP로부터 전송되는 데이터를 “그룹정보”를 기반으로 분석하면 “작동되지 않는 센서”를 확인(특정 그룹에 속하는 센서 전체를 등록 관리하기 때문에) 할 수 있으며, 또한 센서 값의 상호 차이로부터 비 정상적 센싱 정보(휴리스틱 방법)를 제거하며, 선택적으로 센싱 값의 평균 값을 제공할 수 있다. 센싱 값의 평균을 제공하는 것은 너무 많은 센서에 대하여 개별적 정보 관리가 부담스러운 시스템 등에서 시행될 수 있으며 이는 선택적 처리할 수 있다.



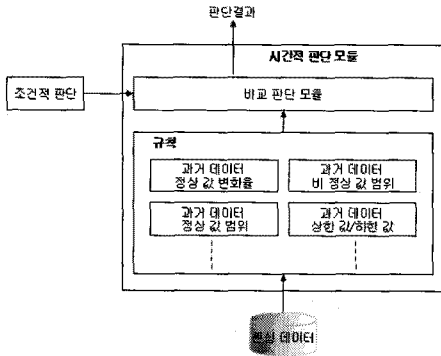
[그림 8] 그룹 기반 공간적 필터링

조건적 판단은 USN SP 정보관리 모듈에 등록된 조건에 따른 판단을 하는 것으로 그림 6의 구조에 따라 판단하는 것이다.

시간적 판단은 과거 데이터를 기반으로 현재 값에 대한 의미적 판단을 제공하는 것으로 그림 7 또는 9에 보면 시간적 판단 모듈이 과거의 로그(센싱 데이터)를 기반으

로 현재 입력 값을 판단 할 수 있는 구조로 정의되어 있다. 시간적 판단은 전체적 판단에서 상황 인지 기능으로 제시될 수 있는 것으로 비록 명확하게 “조건적 판단”에서 발생된 결과 값이라도 추가적인 지능적 판단을 제공할 수 있게 만들어진 것이다.

시간적 판단 결과로 표 1에서 정의된 판단(0, 1, 2)에 추가적인 판단 상태를 제공하는 것으로 표 2와 같이 제공할 수 있다.



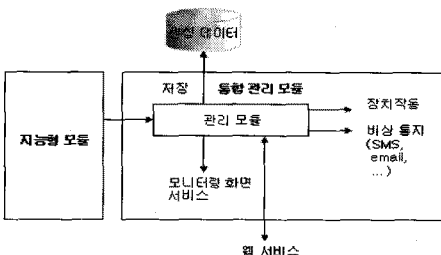
[그림 9] USN 미들웨어의 시간적 판단 모듈

[표 2] 지능형 판단 및 조치

| 판단    | 정의 | 조치         | 의미                                      |
|-------|----|------------|---|
| 3(감시) | 선택 | SMS        | 과거 데이터(정상 상태 범위, 값 변화율)를 기반으로 현재 값이 부적절 |
| 4(위험) | 선택 | SMS        | 경고 값에 가까움(예를 들어 10% 이내)                 |
| 5(비상) | 선택 | SMS, 장치 작동 | 소방서 등 관련자 전부에게 SMS                      |

표 1과 표 2에서 정의된 조치로 “SMS”는 단계별 처리를 가진다. 기본적으로 SMS는 USN SP에게 제공되어 확인 후, 비상이 확인시 소방서 등에 보내는 처리로 설계되었지만, 실제 적용은 상황에 따라 달리 할 수 있다.

### 3.5 통합 관리 모듈



[그림 10] 모니터링 모듈

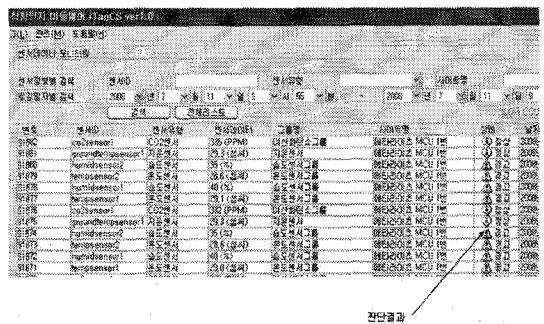
지능형 모듈의 결과에 대한 저장, 관리, 조치, 외부 질의 처리 부분이 통합 관리 모듈이다. 통합 관리 모듈에 대한 전체 프로세스가 그림 10에 기록되었다. 지능형 모듈 결과는 센싱 데이터와 판단 결과 정보를 가지고 있고, 이를 입력받아서 애프터서비스하는 모듈이 통합 관리 모듈이라고 할 수 있다. 통합 관리 모듈은 지능형 모듈의 결과를 XML로 표현하는 모듈, 비상시 SMS 등의 수단을 통한 통지 모듈, 스프링클러 작동과 같은 장치 작동 모듈, 그리고 외부 질의에 대한 처리 기능으로 구성되어 있다.

그림 11은 지능형 모듈을 통과한 데이터를 실시간으로 화면에 출력시켜주는 모듈을 보여주는 것으로 판단 결과에 대한 정보 등이 기술되어 있다.

센싱 데이터에 대한 외부의 질의 답변 등은 추후 SWE (Sensor Web Enablement)의 SOS (Sensor of Service), SAS (Sensor Alert Service) 등의 표준[10]에 따라 구현할 예정이지만 여기서는 자체적인 모듈로 구현하였다.

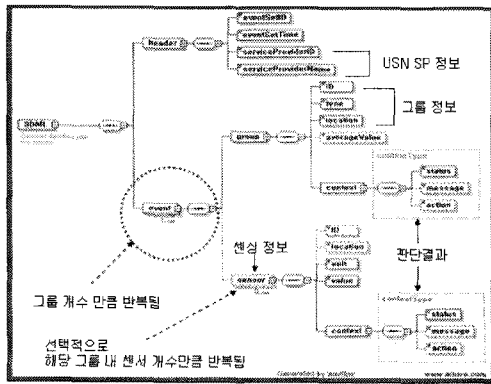
센서 데이터에 대한 외부 반응은 본 연구에서 정의한 SDML(Sensor Data Markup Language; 센서 데이터 표현 언어)로 기술하였으며 SDML의 구조는 그림 12와 같다.

SDML의 데이터는 1개의 USN SP에서 1회에 발생하는 전체 센싱 데이터(보통 1개의 Gateway에서 1회 발생하는 데이터를 표현할 수 있는 것으로 “header”는 이벤트에 대한 ID와 Timestamp, 그리고 SP에 대한 정보를 표현하며, “event”는 각 그룹에 대하여 반복 구조로 정의된다.



[그림 11] 모니터링 화면 서비스

각 “group”은 그룹에 대한 정보와 3.4의 공간적 필터링에서 센서 데이터의 평균 값을 전송할 때는 “group”에 기술하게 정의가 되었으며, 그렇지 않을 경우 개별 “sensor”에 센서 개수 만큼 반복적으로 정의하였다. 각 값에 대한 판단은 “context”라는 구조에서 기술하고 있다. 판단 결과는 “status”에, 그리고 선택적인 “message” (SMS 같은 것)와 “action”을 기술할 수 있게 구성되었다.

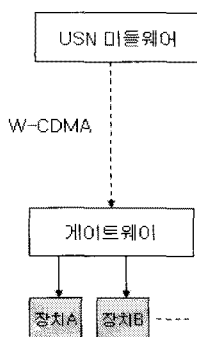


[그림 12] 센서데이터표현언어 구조

SDML은 본 USN 미들웨어의 센서 데이터를 외부로 반출하고, 내부적으로 저장하는 최종 구조로서 다양한 응용에 사용될 수 있게 설계되었다.

### 3.5. 게이트웨이와 메시지

USN 미들웨어에서 정의한 "action" 처리는 게이트웨이의 임베디드 미들웨어와 상호작용하면서 처리된다. 2008년 4곳의 USN 사업(정보사회진흥원의 U-Farm 사업 중에서 "중부발전", "원예연구소", "경남", "경기도" 사업)에 적용된 본 USN 미들웨어는 게이트웨이와 W-CDMA 통신을 하고, 정보는 미리 정의된 문자 메시지(SMS)를 통하여 "action"을 지시하여 관련된 장치를 작동시키게 구현하였다.



[그림 13] USN 미들웨어의 장치 작동 과정

"action"은 게이트웨이에 있는 임베디드 미들웨어에서 미리 정의된 규격(예를 들어 문자 메시지로 "1"이면 "장치 A" 작동, 등)에 따라 SMS를 보내서 처리하였다.

## 4. 결론

본 논문에서는 그룹이라는 개념을 통하여 센서 정보에 대한 데이터 처리 과정을 기술하였다. 그룹은 귀납적 논리로 볼 때 특정 "action"을 발생시키는 동일한 센서의 집합으로, 모든 판단의 기준이 되는 것이다. 그룹은 수 많은 센서를 추상화 시켜주며, 물리적 단위가 아닌 개념적 단위로써 USN 미들웨어를 다루게 하는 것이다. 그룹에 대한 판단은 본 논문에서 제시한 CDML을 통하여 기술하였으며, 외부 반출이나 "action"을 위하여 SDML을 제시하고 있다. SDML은 외부에서 센서 단위를 원하면 센서 단위로, 그룹단위로 원하면 그룹 단위로 데이터를 전송할 수 있게 설계되었다.

USN 미들웨어의 지능적 모듈은 "그룹"에 기반한 공간적 필터링, CDML에 기반한 조건적 판단, 그리고 과거 데이터를 기반으로 현 상태를 판단하는 시간적 판단 모듈로 구성되어 있다.

그러나 아직도 시간적 판단에 대한 상세한 방법에 있어서는 부족한 면이 많으며, SDML과 같은 구조는 장기적으로 센서에 대한 국제적 정보 표준인 SensorML[9]을 장기적으로 지원하는 방향으로 연구되어야 할 것이다. 본 연구에서는 매크로한 시각에서 USN 미들웨어의 기능을 살펴본 것 보다 세세한 사항에 대한 고려 사항과 USN 미들웨어의 구성을 살펴보았기 때문에 장기적으로 상호운용가능하며 국제적 호환성을 고려한 SWE의 웹 서비스 메소드 표준에 대한 연구가 추가적으로 필요한 상태이다.

## 참고문헌

- [1] 김기형, "USN 기술 동향 분석 연구", 한국정보사회진흥원 연구보고서 NCA V-RER 05022, pp 155-175, 2005. 10
- [2] 김대영, 성종우, 송형주, 김수형, "센서 네트워크 미들웨어 기술," 전자공학회지, 제32권 제7호, pp 32-46, 2007. 7.
- [3] 김민수, 김광수, "이용준, USN 미들웨어의 특징 및 기술 개발 동향", IITA 주간기술동향 1284호 pp 1 - 12, 2007.2.
- [4] 김영만, "센서 네트워크 미들웨어 구조 및 연구 현황," 한국정보과학회지, 제 22권 제 12호 통권 제 187호, 12. 2004
- [5] 안철현, "USN 동향과 USN 정보자원 관리체계 - 4회 USN 미들웨어와 USN 애플리케이션 구현", on the net, 2006년 8월 호, [http://www.ionthenet.co.kr/newspaper/view.php?i\\_dx=11530&fhead\\_x=0&fhead\\_y=0](http://www.ionthenet.co.kr/newspaper/view.php?i_dx=11530&fhead_x=0&fhead_y=0)

- [6] 한국정보통신기술협회, "USN 미들웨어 플랫폼 표준 참조 모델", TTAS.KO-06.0170, pp 12-14, 2007.12.26
- [7] C. Shen, C. Srisathapornphat, C. Jaikoo, "Sensor Information Networking Architecture and Applications," IEEE Personal Communications, Vol.8, No.4, pp. 52-59, Aug. 2001.
- [8] K. Romer, O. Kasten, and F. Mattern, "Middleware Challenges for Wireless Sensor Networks," ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, Vol. 6, No. 4, October 2002.
- [9] OGC, OpenGIS Sensor Model Language (SensorML) Implementation Specification, OGC 07-000 Version 1.0.0, 2007
- [10] OGC, OGC Sensor Web Enablement : Overview And High Level Architecture, OGC 07-165, December 2007.
- [11] S. Li, S. Son, and J. Stankovic, "Event Detection Services Using Data Service Middleware in Distributed Sensor Networks," Int'l Workshop on Information Processing in Sensor Networks(IPS'03), Palo Alto, CA, Apr. 2003.
- [12] T. Liu and M. Martonosi, "Impala: A Middleware System for Managing Autonomic, Parallel Sensor Systems," Proc. of ACM SIGPLAN symposium on Principles and practice of parallel programming, pp.107-118, 2003.
- [13] W.B. Heinzelman, A. L. Murphy, H. S. Carvalho, and M. A. Perillo, "Middleware to Support Sensor Network Applications," IEEE Network, Vol.18, No.1, pp.6-14, Jan. 2004.
- [14] Y. Yao and J.Gehrke. "The Cougar Approach to In-Network Query Processing in Sensor Networks," SIGMOD Record, Vol. 31, No. 3, Sept. 2002.

---

**이 창 열(ChangYeol Lee)**

[정회원]



- 1985년 2월 : 고려대학교 수학과 (이학사)
- 1991년 2월 : 고려대학교 전산과학과 (이학 석사)
- 1997년 6월 : 파리 7대학교 전산과 박사
- 2000년 3월 - 현재 동의대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야>

RFID/USN, SWE, URI, 메타데이터