

# 이기종 센서 네트워크를 위한 Overlay Sensor Network 시스템 설계

김도성\*, 정영지\*

\*원광대학교 컴퓨터공학과

e-mail:{gnoesod, yjchung}@wonkwang.ac.kr

## A Design of Overlay Sensor Network System for Heterogeneous Sensor Network

Do-Seong Kim\*, Yeong-Jee Chung\*

\*Dept. of Computer Engineering, Wonkwang University

### 요 약

최근 유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심 기술인 센서 네트워크 기술이 활발하게 연구되고 있는 실정이다. 이에 다양한 센서 노드 기술이 개발되면서 각기 다른 종류의 센서 노드로 구성된 이기종의 센서 네트워크의 연동에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존에 제안된 이기종 센서 네트워크의 통합, 관리를 위한 기술은 구현이 복잡하고, 각각의 노드에 많은 연산 부하가 발생하며, 기존의 시스템을 사용하지 못해 비효율적이다. 본 연구에서 제안하는 Overlay Sensor Network는 전체 센서 네트워크의 상위에서 정의되어지는 네트워크로, Overlay Sensor Network를 구성하는 Base Station 노드가 각기 다른 센서 네트워크의 데이터를 연동함으로써 노드의 연산 부하를 줄이고, 기존에 구현된 센서 네트워크와 시스템을 사용함으로써 구현의 복잡성을 줄이며 효율성은 높이는 것이 가능하다. 본 연구에서는 이기종 센서 네트워크의 통합과 관리를 위한 Overlay Sensor Network를 제안하고, 그에 따른 시스템을 설계하고 구현하고자 한다.

### 1. 서 론

최근 유비쿼터스 컴퓨팅 기술이 정보 기술의 주요한 인프라 기술로 받아 들여지면서 이에 관한 기술이 활발하게 연구되고 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅 구현에 있어 사용자 혹은 환경 정보를 모니터링 하고 전달하는 센서 네트워크 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심이 되는 기술이라고 할 수 있다. 이에 센서 네트워크를 구성하는 핵심적인 개체로서, 각종 환경 정보를 감지할 수 있는 센서와 이를 무선으로 전달하기 위한 라디오 모듈을 결합한 초소형의 센서 노드(Mote)에 관한 기술이 다양하게 연구되고 있다.

그러나 센서 네트워크 관련 표준이 정립되지 않은 현재 연구되고 있는 센서 노드 기술들은 하드웨어 구성, 메시지 구조, 센서 데이터의 종류 등 많은 부분에서 호

환성을 갖지 못하고 있다. 현재 연구 되고 있는 대부분의 센서 네트워크는 한 종류의 센서 노드로만 구성되며 타기종의 센서 네트워크와 연동이 불가능한 실정이다. 이에 따라 이기종의 센서 노드를 통합하고 관리, 모니터링 할 수 있는 기술이 요구되고 있다.

이기종 센서를 통합, 관리 하는 기술은 이미 여러 가지가 제안되어 있지만, 구현이 복잡하고 비용이 많이 소요되거나, 혹은 완전히 다른 하드웨어 설계를 요구하기도 한다. 기존에 존재하는 센서 네트워크와 시스템을 이용하는 효율적인 시스템의 개발이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 이기종의 센서 노드로 이루어진 이기종 센서 네트워크를 통합, 관리, 모니터링 하기 위한 기술로서, 기존에 존재하는 센서 네트워크와 내장 시스템을 사용할 수 있는 Overlay Sensor Network를 제안하고 이에 따른 시스템을 설계, 구현 하였다.

## 2. 이기종 센서 네트워크

단일 기종(Homogeneous)의 센서 네트워크가 오로지 하나의 통일된 센서 노드로만 구성되는데 반해, 이기종의 센서 네트워크는 두 개 혹은 그 이상의 종류를 갖는 센서 노드로 구성된다. 이기종 센서 네트워크를 이루는 센서 노드는 하드웨어 구성부터 라디오 전파를 통해 전달되는 메시지의 구조, 각종 센서에서 감지된 데이터를 담고 있는 데이터 Payload의 구조, 센서에서 감지되는 데이터의 종류 등 많은 부분에서 호환성을 갖지 못하고 있다. 이로 인해 타기종의 센서 네트워크 사이의 데이터 연동은 거의 불가능하다. 이를 통합하여 관리 또는 모니터링 하기 위해서는 복잡한 구현과 많은 비용이 소요된다.

### 2.1 기존 연구

최근 센서 노드에 관한 연구가 활발해 지면서, 각기 다른 종류의 센서 네트워크를 연동해야 할 필요성이 증가하고 있다. 이에 따라 이기종 센서 네트워크의 통합, 관리하는 기술에 대한 연구도 이루어 지고 있다. 기존에 제안된 이기종 센서 네트워크 통합에 관한 방법 중 대표적인 것은 다음과 같다.

첫째로 Embedded Processing 방법이 있다. 센서 노드 자체 내에서, 감지된 센서 데이터를 통합된 메시지 구조로 변환하여 전송하고, Base Station (혹은 게이트 웨이) 노드는 통합된 메시지 구조만을 해석할 수 있는 방식이다. 현재 가장 많이 사용되고 있으며, 통합된 메시지 구조를 지원하는 센서 노드 상의 미들웨어 인터페이스가 다수 개발되어 있다. 대표적인 기술로 TinyDB[1]를 들 수 있다.

둘째로 Enhanced Node 방법이 있다. 네트워크 상의 모든 이기종 센서 노드가 각기 다른 방식의 메시지 구조를 해석할 수 있게 하는 방법이다. 각각의 노드에 많은 연산 부하가 요구되기 때문에, 센서 노드 자체의 성능을 크게 향상 시킨 새로운 Mote 기술을 개발하여, Embedded Processing에서 사용된 노드와 Base Station의 역할을 동시에 하도록 한다. 이를 위해 개발되고 있는 대표적인 기술이 Intel의 iMote[2]이다.

### 2.2 Overlay Sensor Network

위의 대표적인 두 방식은 모두 구현이 복잡하고, 각각의 노드에 많은 연산 부하가 요구된다는 단점이 있다. 또한, 기존 구현된 센서 네트워크를 이용할 수 없어 새로 구현해야 하므로 효율성이 떨어진다. 이와 같

은 단점을 해결하고, 기존에 구현된 센서 네트워크와 시스템을 사용할 수 있는 Overlay Sensor Network를 제안한다.

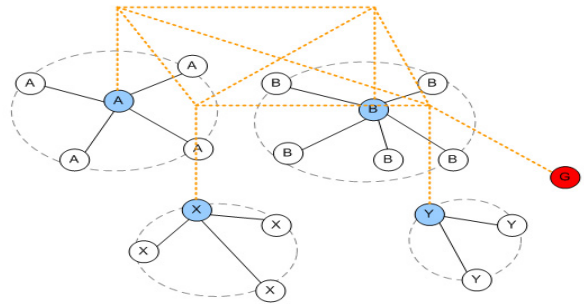


그림 1. Overlay Sensor Network

Overlay Sensor Network의 개념은 [그림 1]에서 표현한 것과 같이 기존의 여러 종류의 이기종 센서 네트워크의 상위에 또 하나의 High-end 네트워크를 구성하는 것이다. Overlay Sensor Network를 이루는 각각의 노드는 센서 노드보다 더욱 높은 성능과 메모리를 가지며, 더욱 높은 대역폭을 갖는 네트워크에 연결되게 된다.

각 종류의 센서 노드로 구성된 하나 혹은 그 이상의 서브 네트워크가 하나의 Overlay Sensor Network의 노드에 연결되게 된다. Overlay Sensor Network를 이루는 노드는 Cluster Head 노드 역할 혹은 Base Station 노드의 역할을 하게 된다. 전체 네트워크는 계층적 구조를 이루게 되며, 각각의 서브 네트워크는 Overlay Sensor Network를 통해 연동되게 된다.

2.1에서의 두 가지 대표적인 이기종 센서 네트워크 통합 방법에 비해 Overlay Sensor Network은 다량의 연산 부하가 센서 노드보다 고성능인 Overlay Sensor Network 노드에 집중되어, 센서 노드의 연산 부하를 줄일 수 있다. 또한, 기존에 구현된 이기종의 센서 네트워크와 Overlay Sensor Network의 노드 역할인 고성능 시스템(ex. 임베디드 시스템)을 수정 없이 사용할 수 있어, 구현의 복잡성이 적고 보다 효율적으로 시스템을 구축할 수 있게 된다.

## 3. 시스템 설계

전체 적인 시스템 구조는 [그림 2]에서 보는 것과 같다. 각기 다른 종류의 센서 네트워크 X, Y, 는 Base Station 노드에 연결되고, Base Station 노드들은 높은 대역폭을 갖는 Overlay Sensor Network를 통해

서로 연결된다. 하나의 Base Station 노드에는 노드의 하드웨어에 연결 가능한 만큼의 서브 네트워크를 연결할 수 있다. 각각의 메시지 형식과 데이터 Payload의 형식을 해석하여 통합된 센서 데이터는 데이터 베이스에 일괄적으로 저장되게 된다.

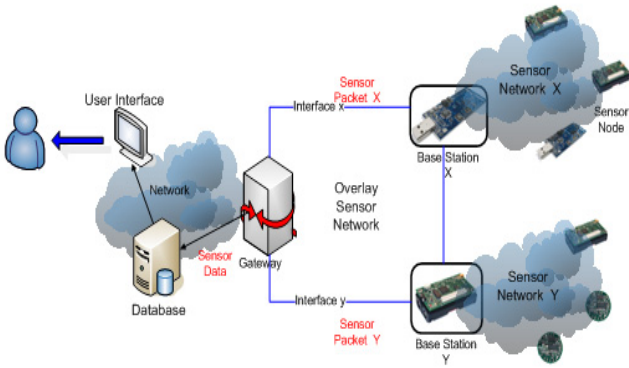


그림 2. 시스템 구조

### 3.1 Base Station 노드 설계

Base Station 노드는 이기종 센서 네트워크의 통합과 Overlay Sensor Network를 이루는 가장 핵심적인 부분이다. Base Station 노드의 구조는 [그림 3]과 같다.

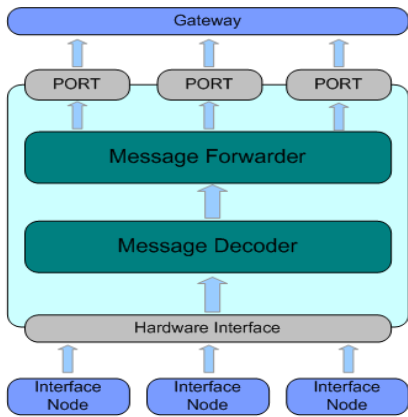


그림 3. Base Station 구조

\* Message Decoder: Base Station 노드 하드웨어에 각각 연결된 서브 네트워크로부터 전달된 라디오 메시지를 해석하여 각각의 데이터 Payload를 추출한다. 각기 다른 라디오 메시지 형식은 미리 지정된 메시지 형식이 정의된 헤더파일을 읽어 들여 해석한다.

\* Message Forwarder: 추출된 데이터 Payload를 Base Station 노드의 내부 통신 포트를 통해 포워딩한

다. 데이터 Payload에 담긴 센서 데이터를 동시에 여러 개의 응용에 사용하기 위해서 미리 지정된 특정 통신 포트에 전달한다. 이것으로 Base Station 노드의 부하를 줄일 수 있다.

\* Interface Node: Base Station 노드의 하드웨어에 직접 연결되어 있는 센서 노드로서, 같은 종류의 서브 네트워크에서 전달되는 데이터를 수신하는 인터페이스 역할을 한다. Interface Node의 내부 구조는 각각의 서브 네트워크에 따라 다르지만, 수신된 데이터를 아무 처리 없이 Base Station의 하드웨어 인터페이스에 전달하는 동작 방법은 모두 같다.

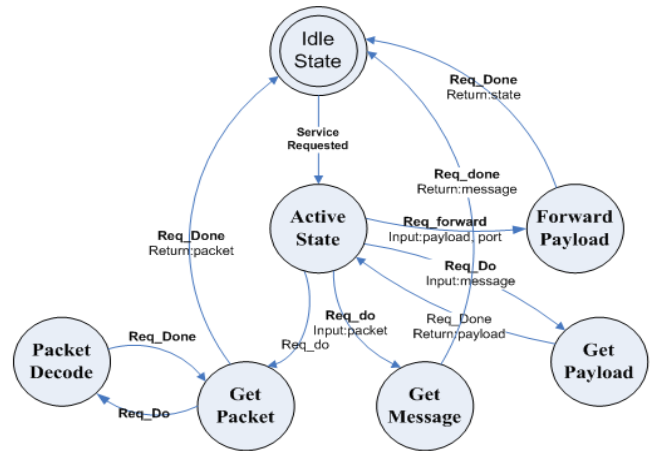


그림 4. Base Station 상태 천이도

[그림 4]는 Base Station 노드의 처리 과정에서 모듈 간의 인터페이스 설계를 위한, 상태 천이에 대한 입출력 파라미터를 나타낸 것이다.

### 3.2 센서 노드 설계

각각의 서브 네트워크(이기종의 센서 네트워크 들)를 구성하고 환경 정보를 감지할 센서 노드의 설계는, 각각의 노드의 하드웨어 구성과 노드의 역할과 동작에 따라 달라진다. 센서 노드의 역할과 동작은 어떤 것이 되어도 관계 없지만, 센서 노드가 전달하는 라디오 메시지에 포함된 데이터 Payload의 구성은 통일이 되어야 한다. 데이터 Payload의 필드 구성은 [표 1]과 같다.

<표 1> 데이터 Payload 구조

Byte					
2	4	6	10	11	12 ... 32
Source Mote ID	Sample Number	Channel	Data Type	Data Length	Data Payload

### 3.3 Gateway 노드 설계

Gateway 노드는 미리 지정된 각각의 통신 포트를 통해 전달된 데이터 Payload 메시지를 해석하여 포함된 센서 데이터 종류와 각각의 센서 데이터를 추출한다. 추출된 데이터는 관리와 모니터링 등을 위해 데이터 베이스에 저장된다. 데이터 베이스의 필드 구조는 [표 2]와 같다.

<표 2> 데이터 베이스 필드 구조

Field	Type	Null	Key	Default
Subnet_id	Int_16			notnull
Mote_id	Int_16		Primary	notnull
Sample	Int_16			notnull
Channel	Int_16			notnull
Type	Int_32	yes		
Length	Int_8	yes		
Payload	Int_8[]	yes		

### 4. 시스템 구현 결과

[그림 5]는 실제 구현에 사용된 하드웨어이다. 실제 구현에는 Crossbow의 Mote 제품군을 센서 노드로 구성하고, Intel XScale 임베디드 보드를 사용하여 Base Station 노드를 구성하였다. 구현에 사용된 XScale 임베디드 보드는 센서 노드에 비해 높은 성능과 메모리를 갖고 높은 대역폭의 네트워크에 접속할 수 있으며, 다양한 하드웨어 인터페이스를 통해 각기 다른 종류의 센서 네트워크에 동시에 연결할 수 있다. 편의상 Base Station 노드, Gateway 노드 및 데이터 베이스를 모두 하나의 보드에 구현하였다. [그림 6]은 실제 구현된 Overlay Sensor Network 시스템의 DB 모니터링 화면이다.



그림 5. 구현에 사용된 하드웨어

2	0	632	632	111	23	-2.34 g	11:58:23
3	23	963	963	104	23	-2.35 g	11:58:25
0	25	830	830	101	25	-2.37 g	11:59:37
0	26	830	830	105	26	-2.36 g	11:59:35
4	33	654	654	24	23	0.17 g	11:58:51
4	37	704	704	41	23	0.15 g	11:58:56
6	43	856	856	111	25	-2.34 g	11:58:42
6	45	25	25	111	26	-2.21 g	11:57:17

그림 6. 시스템 모니터링 결과

### 5. 결론

본 연구에서는 이기종 센서 네트워크의 통합, 관리 및 모니터링을 위한 Overlay Sensor Network 시스템을 제안하고 설계하였다. 각기 다른 종류의 센서 네트워크들의 상위에 또 다른 High-end 네트워크를 정의하고, 센서 노드보다 높은 성능과 메모리, 대역폭을 갖는 노드로서 Overlay Sensor Network를 구성한다. 각각의 Overlay Sensor Network 노드는 각기 다른 종류의 센서 네트워크를 서브 네트워크로 갖는 Base Station의 역할을 하게 되어 전체 네트워크는 계층적 구조를 갖게 된다.

현재까지 연구된 이기종 센서 네트워크의 통합 방법들이 높은 연산 부하와 복잡한 구현, 낮은 효율성을 갖는 시점에서 본 연구에서 구현한 Overlay Sensor Network 시스템이 갖는 의미는 다음과 같다.

첫째, 네트워크의 상위에 높은 대역폭을 갖는 새로운 네트워크를 구성하기 때문에, 기존에 구현된 센서 네트워크와 시스템을 거의 수정 없이 사용 가능하므로 보다 효율적으로 이기종 센서 네트워크간의 연동을 가능하게 할 수 있다.

둘째, Overlay Sensor Network를 이루는 노드는 높은 성능과 메모리, 대역폭을 가지므로, 센서 노드의 연산 부하를 줄이고 전체 네트워크 비용을 낮출 수 있다.

향후에는 기존에 구현된 센서 네트워크 미들웨어와 연동하여 보다 통일성 있고 쉽게 응용이 가능하도록 하고, 센서 네트워크에서의 멀티 홉 라우팅 알고리즘과 연동하여 보다 효율적이고 저비용의 네트워크를 구성하도록 하는 연구가 필요하다.

#### 참고문헌

- [1] TinyDB  
<http://telegraph.cs.berkeley.edu/tinydb/>
- [2] iMote  
<http://www.intel.com/research/exploratory/motes.htm>