

# 센서 네트워크와 인터넷과의 정적 주소 연동 방안 구현

## Implementation of Static Address-Internetworking Scheme between Wireless Sensor Network and Internet

김정희\*, 권 훈\*, 김도현\*\*, 곽호영\*\*, 도양희\*\*\*, 변영철\*\*  
제주대학교 첨단기술연구소\*, 제주대학교 통신컴퓨터공학부\*\*, 제주대학교 전기전자공학부\*\*\*

Jeong-Hee Kim(carina@cheju.ac.kr)\*, Hoon Kwon(dreamerz@cheju.ac.kr)\*  
Do-Hyeun Kim(kimdh@cheju.ac.kr)\*\*, Ho-Young Kwak(kwak@cheju.ac.kr)\*\*  
Yang-Hoi Do(yhdoh@cheju.ac.kr)\*\*\*, Yung-Cheol Byun(ych@cheju.ac.kr)\*\*

### 요약

집적회로, 무선 통신 그리고 마이크로 컴퓨팅 등의 기술 발전에 힘입어, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 실현 하고 차세대 IT 산업을 이끌 새로운 기술로서 센서 네트워크 기술이 점차 주목 받고 있으며 많은 연구가 활발히 수행되고 있다. 향후 센서 네트워크는 이를 구성하는 각각의 센서 노드들, 그리고 더 나아가 센서 네트워크 자체도 지속적으로 생성되거나 소멸되면서 기존의 네트워크와 상호 통신하고 주위환경에 맞추어 변화하며 동적으로 진화해 나갈 전망이다. 따라서 서로 다른 주소 체계를 사용하고 있는 센서 네트워크와 기존 네트워크간의 상호 연동이 요구된다. 본 논문은 센서 네트워크와 인터넷과의 상호 통신을 위한 주소 연동 방안을 제안한다. 제안된 연동 방안은 응용 계층 게이트웨이 기법과 IP 오버레이 네트워크 기법을 갖추면서 Zigbee 기반 센서 네트워크의 주소 체계와 인터넷의 주소체계인 IP 기반 인터넷 주소 체계가 서로 통신할 수 있도록 주소를 매정시켜주는 방안이며, 실험을 통해 제안된 연동 방안을 검증한다.

■ 중심어 : Zigbee, IPv6, 무선 센서네트워크, 주소연동 체계, 통합

### Abstract

As a promising integrated circuit, wireless communication and micro-computing technology, the technology of sensor network that will lead the information technology industries of the next generation and realize the ubiquitous computing is one of the most active research topics and its research activities are also making today. From now on, each node, the network formation, and even the sensor network itself will interact with the generic network and evolve dynamically according to environmental changes in a process of continual creation and extinction. Therefore, address-internetworking between sensor network and generic network which are used different address mechanism is required. In this paper, we propose a static address-internetworking scheme for interactive networking between a sensor network and the Internet. The proposed scheme that possess a gateway approach to perform the protocol translation from one protocol to another, an overlay approach to constructs an overlay network on the WSNs and enables static internetworking between a sensor network address scheme based on Zigbee and the Internet address scheme based on the Internet Protocol. In addition, we verify the proposed scheme by an interconnection experiment.

■ keyword : Zigbee, IPv6, WSN, Address-Internetworking Scheme, Integration

1. 서론

최근 유비쿼터스 컴퓨팅과 더불어 첨단 기술로 연구되고 있는 센서네트워크는 유·무선 네트워크 기반의 다양한 센서 디바이스들에 의하여 감지된 환경 데이터를 응용 서비스들에게 제공하는 시스템과 연동하는 기술이다 [1]. 또한 센서 네트워크는 유비쿼터스 센서 네트워크의 핵심 기술이며 MEM(Micro-Electro Mechanical System), 나노 기술 등과 같은 초소형 마이크로 센서의 하드웨어 기술이 발전함에 따라 다양한 기능의 센서를 이용한 무선 센서 네트워크 구축이 가능하게 되었다. 이러한 무선 센서 네트워크는 현실 세계에서 발생하는 여러 이벤트를 감지하고 네트워크를 통해 수집, 처리하는 방식에 기반하며, 향후 적국에 대한 감시, 또는 강수량, 지질 상태 등을 모니터링 하거나 장기간에 걸친 환경 관찰을 통해 생태를 감시하는 시스템 등과 같은 미래의 유비쿼터스 환경에서 폭 넓게 사용될 것으로 전망되고 있다[3]. 뿐만 아니라 무선 센서 네트워크는 감지된 정보에 따라 작동 장치(Actuator)에게 특정 행위를 지시하는 무선 센서/장치 네트워크(WSAN: Wireless Sensor and Actor Networks)의 형태로 기능한다[4]. 최근에는 해양 생태계 분석과 모니터링을 위한 해양 센서 네트워크에 대한 연구도 진행되고 있다[5][6].

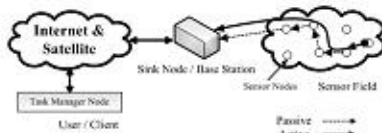


그림 1. 무선 센서 네트워크

무선 센서 네트워크는 기존의 무선 네트워크와 다른 특성을 가지고 있다. 즉 무선 센서 네트워크는 초소형의 센서 노드들로 구성이 되기 때문에 한정된 에너지 자원을 가진다. 또한 각 센서 노드들은 제한된 연산 처리 능력만을 가지고 있다. 뿐만 아니라 무선 센서 네트워크는 기존의 셀룰라 통신망과는 달리 특정 인프라 구조가 없어서 각 센서 노드들은 애드혹의 형태로 통신을 한다. 따라서 애드혹(Ad-hoc) 환경으로 인해 센서 노드 간에 전송되는 데이터는 외부에 쉽게 노출되거나 변조될 수 있

다. 현재 센서네트워크의 자율적인 센싱 기능을 실제 환경에 효율적으로 적용하기 위해서 센서디바이스들의 에너지 소모를 최소화하는 저전력 통신방안인 Zigbee 기술 [2]과 메모리 관리기법, 그리고 다양한 라우팅 기법들이 제안되고 있다. 또한 다양한 환경의 상황인지를 통한 데이터를 실생활에 정확하고 신뢰성 있게 적용시키기 위하여 개별 센서에서 수집되는 데이터를 가공하고 처리하는 방안에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

그러나 현재 센서네트워크의 센서디바이스에서 수집된 데이터들은 이를 가공하는 서버 시스템(싱크노드 또는 베이스 스테이션)으로 단순히 전달되는 상황이며, 클라이언트들에게 수집된 정보를 SQL 또는 이와 유사한 방법을 사용하여 웹에서 제공되고 있다. 따라서 개별 센서들을 원격에서 직접 제어하거나 센서가 취득하는 재난 재해 정보 중에서 임계값 이상 또는 이하의 정보가 취득되는 경우, 이를 인터넷 상의 특정 모니터링 서버로 직접 전달해야 할 때 요구되는 개별 센서의 유일한 식별자(주소)를 제공하지 못하고 있다. 따라서 [그림 1]의 무선 센서 네트워크 구조상에서 능동적(Active)으로 정보 전달을 제공하기 위해 무선 센서 네트워크와 인터넷과의 상호 연동 방안이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 Zigbee 주소 기반을 사용하는 센서네트워크와 IPv4/IPv6 주소 기반을 사용하는 인터넷간의 상호 통신을 위한 주소 연동 방안을 제안하고 실험을 통해 제안된 주소 연동방안을 검증한다.

본 논문의 2장에서는 관련연구를 살펴보고, 3장은 센서네트워크와 인터넷을 연동하기 위한 주소 연동 방안을 기술한다. 4장에서는 제안된 주소 연동 방안을 실험을 통해 검증하며, 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 기술한다.

II. 관련연구

1. Zigbee 기반의 센서네트워크 주소 체계

WPAN(Wireless Personal Area Network) 기술을 정의한 IEEE 802.15.4 표준을 기반으로 하는 Zigbee는 저속 근거리 무선통신 기술로 2.4GHz 대역과 868/915MHz

대역을 사용하는 2개의 주파수 할당대역에서 동작한다. 그리고 저전력의 Zigbee 송수신기를 빛이나 기온, 압력과 같은 다양한 기능의 센서들과 결합하여 보다 큰 규모의 센서네트워크를 구성할 수 있는 기술이다. Zigbee 기반의 센서네트워크 특징은 전력소모를 최소화시켜서 전력 효율성을 향상시킨 것으로 이를 지원하는 Zigbee 디바이스는 NC(Network Coordinator), FFD(Full Function Device)와 RFD(Reduced Function Device)로 구성된다. NC는 대용량 메모리와 컴퓨팅 파워를 가지며 네트워크 내부의 센서디바이스들을 제어 및 관리하고 초기화 기능을 수행한다. FFD는 센서의 일반적인 센싱 기능뿐만 아니라 센서네트워크에서 NC와의 통신을 담당하는 라우터 기능도 수행할 수 있다. RFD는 FFD보다 제한된 기능을 가지며 주로 네트워크의 종단센서를 구성하는데 사용된다. 다양한 센서디바이스로 구성되는 센서네트워크는 일정 지역을 중심으로 클러스터를 형성하고 클러스터내의 대표 센서가 NC와 통신을 할 수 있는 클러스터 트리 형태의 토폴로지를 형성한다.

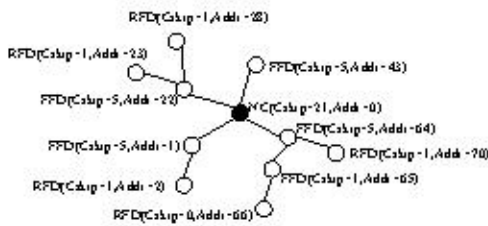


그림 2. 클러스터 트리 토폴로지

[그림 2]는 클러스터가 새로운 링크를 형성하면서 기존의 센서네트워크와 병합하여 클러스터 트리를 형성하는 과정을 나타낸다. 그리고 종단센서는 최소한의 센싱 기능만을 가진 RFD를 이용하고 다수의 종단센서로부터 센싱된 정보를 NC로 전달하는 라우터 기능은 메모리와 컴퓨팅 파워가 RFD보다 강한 FFD를 이용한다. 다양한 기능의 센서들로 구성된 센서네트워크의 경우 동일한 기능의 센서들은 동일한 주파수를 사용하여 통신을 하고, 클러스터를 형성하도록 함으로써 NC와 통신하는 각 라우터기능의 센서들은 서로 다른 주파수 대역을 사용할 수 있다.

클러스터 트리 토폴로지를 이용하여 구성된 센서네트워크의 주소체계는 NC에게 부여되는 ID(ClusterID), 라우터에게 부여되는 ID(RouterID), 라우터와 연결된 종단센서에게 부여되는 ID(EndpointID)로 구성된다. 계층적 주소체계로 구성되는 센서네트워크에서 이벤트가 발생할 경우 이를 감지한 종단센서가 센싱된 데이터와 자신의 EndpointID를 라우터에게 전달하고 라우터에서는 전달받은 데이터와 자신의 RouterID를 최종적으로 NC에게 전달한다. 따라서 이벤트가 발생한 지역의 계층적인 주소를 포함하는 모든 정보가 NC에서 관리하게 된다. 또한 Zigbee의 주소부여 체계는 [표 1]의 식 (1)과 같으며, d+1에서의 n번째 센서 디바이스의 주소는 [표 1]의 식 (2)를 기반으로 부여된다[2].

표 1. Zigbee의 주소부여 체계

$Cskip(d) = \begin{cases} 1+Cn(Ln-d-1), & \text{if } Rn=1 \\ \frac{1+Cn-Rn-CnRn^{Ln-d-1}}{1-Rn}, & \text{otherwise} \end{cases}$	(1)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cskip(d) : network size of sub-block</li> <li>- Cn : node number of maximum child</li> <li>- Ln : maximum depth of network</li> <li>- Rn : maximum number of routing</li> <li>- d : depth of network</li> </ul>	
$A_n = A_{parent} + Cskip(d) + n$	
(2)	

## 2. IP 기반의 인터넷 주소

현재 사용되고 있는 IPv4(Internet Protocol version 4) 주소는 32비트의 주소체계를 사용하기 때문에 이론적으로는 약 43억개의 인터넷 주소공간을 제공할 수 있지만 클래스 단위의 할당 등으로 인해 실제 사용가능한 주소의 개수는 약 5억에서 10억 개로 추정되고 있다. 그러나 매년 2배 이상의 기하급수적으로 늘어나는 인터넷 사용자 수요를 감안할 때, 현재 사용되고 있는 IPv4 인터넷 주소체계로는 계속해서 요구되는 인터넷 주소 수요를 충족시킬 수 없다는 예측이 인터넷에 대한 모든 기술 및 표준화를 다루는 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 보고되었다[7]. 즉 IPv4 주소 체계를 사용하는 현재의 인터넷은 사용자의 급속한 증가로 인해 주소 고갈 문제에 직면하고 있으며, 새롭게 등장하고 있는 휴대 인터넷 홈 네트워크 등의 신규 서비스들로 인해 인터넷 주소

고갈 문제는 더욱 앞 당겨 질 것으로 예상된다. 따라서 이러한 주소 부족 문제를 해결하기 위해서 IETF는 IPv6(Internet Protocol version 6)를 개발하였고 표준화가 완료되어 도입기에 들어서고 있다.

IPv6는 128 비트 주소 체계를 사용하여 거의 무한한 주소공간을 제공한다. 또한 단순화된 헤더, 주소 자동설정, 효율적인 이동성 지원 등 다양한 장점들로 인하여 기존 인터넷의 기반이 되는 인터넷 프로토콜인 IPv4를 대체할 차세대 인터넷 프로토콜이다. 그리고 IPv6는 인터넷의 영역을 사물들에게까지 확대하는 차세대 통신 패러다임으로 대두되고 있는 유비쿼터스 네트워크를 실현 시킬 기반 기술로서도 그 중요성을 가지고 있다[8]. [그림 3]은 IPv4와 IPv6의 헤더 형식이며, [그림 4]는 IPv6의 주소 형식이다[9].

IP 주소 체계를 살펴보면, IPv4의 주소체계는 [네트워크 주소, 호스트 주소]의 조합으로 구성된다. 여기서 네트워크 주소는 네트워크 사이의 패킷 경로를 설정하며 호스트 주소는 특정한 호스트로 패킷을 전송할 때 사용된다. 그리고 클래스에 따라 네트워크 주소와 호스트 주소의 길이가 다르며, 32비트의 주소 체계를 사용하기 때문에 "192.9.61.113"과 같이 각각 1바이트(8비트)씩 4개의 10진수로 각 숫자 사이를 '.'으로 분리하여 표현한다. 또한 IPv4의 기본적인 주소 할당은 클래스 단위이며, 주소 클래스는 주소의 첫 번째 몇 비트로 구별되어 A 클래스는 '0'으로 시작되며, B 클래스는 '10', C클래스는 '110', 확장 클래스는 '111'로 시작된다[10]. 그리고 부족한 주소 공간을 해결하고자 클래스 개념을 제거한 CIDR(Classless InterDomain Routing) 방식[11]을 도입하기도 했다.

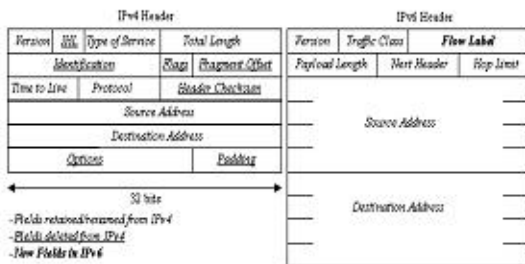


그림 3. IPv4와 IPv6의 헤더 형식



그림 4. IPv6 주소 형식

반면 IPv6는 할당할 수 있는 주소 공간이 넓어짐에 따라 다양한 주소 할당 방식을 사용할 수 있고 또한 여러 종류의 주소들을 포함할 수 있게 되었다. IPv6 주소에서는 주소의 종류 및 서브넷(subnet)을 판별할 때 사용하는 프리픽스[표 2]와 네트워크에 연결되어 있는 각 인터페이스들을 구별해 주는 인터페이스 ID로 [그림 4]와 같이 구성된다.

또한 IPv4 주소체계에서의 유니캐스트(unicast) 및 멀티캐스트(multicast) 주소와 다른 새로운 애니캐스트(anycast)라는 주소 개념을 도입하였다. 그래서 특정한 라우터가 애니캐스트 주소를 목적지 주소로 가진 패킷을 수신했을 경우, 라우팅 프로토콜에 따라 같은 애니캐스트 주소를 가지는 여러 노드들 중 가장 가까운 노드로만 패킷을 보낼 수 있게 되었다. IPv6 주소는 일반적으로 4 자리의 16진수 8개를 '.'로 구분해 나열하는 방법으로 표시한다[12]. [표 2]는 IPv6의 프리픽스 값, 그리고 [그림 5]는 IPv6의 주소 종류들이다.

표 2. IPv6 프리픽스 값

Prefix	Address Type	Space
0000 0000	IPv4 Compatible	1/256
0000 0001	RSAP	1/128
010	Provider-based unicast	1/8
100	Geographic-based unicast	1/8
1111 1110 01	Link local	1/1024
1111 1110 11	Site local	1/1024
1111 1111	Multicast	1/256

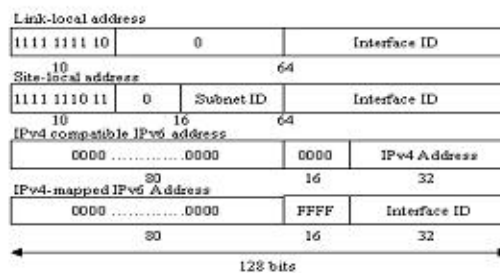


그림 5. IPv6 주소 종류

### 3. 센서네트워크와 인터넷 연동 아키텍처

기존 무선 센서네트워크와 관련된 연구는 주로 MAC 프로토콜, 라우팅 프로토콜, 센서 노드의 위치관리 등에 초점을 맞추어 진행되었다. 하지만 미래의 유비쿼터스 환경에서 센서네트워크는 광범위하게 사용될 전망이며, 그 중에서도 대표적인 응용은 센서네트워크에서 수집된 정보를 인터넷으로 전송하여 인터넷에서 처리, 이용하는 분야이다. 이러한 이유로 인해 최근에 센서네트워크와 인터넷의 연동과 관련된 연구가 몇몇 연구 그룹에서 진행되고 있다[13-15].

이러한 연구들은 크게 두 네트워크 사이에 위치한 게이트웨이에 의존하는 기법과 센서네트워크 또는 인터넷 상의 오버레이 네트워크를 구성하여 연동하는 기법으로 나눌 수 있다. 게이트웨이에 기반한 기법의 경우 응용 계층에서의 게이트웨이 기법과 DTN(Delay tolerant Networking) 게이트웨이를 이용하는 기법으로 다시 분류할 수 있고 오버레이 기법의 경우 센서네트워크 위에 가상의 인터넷 계층, 즉 오버레이 IP 네트워크를 구현하는 기법과 인터넷 위에 가상의 오버레이 센서 네트워크를 구현하는 방법으로 나눌 수 있다[16].

응용 계층 게이트웨이 기법은 센서 네트워크와 인터넷의 연동을 위해서 응용 계층에서 두 네트워크의 특성에 맞도록 프로토콜을 변화시켜주는 게이트웨이를 의미하며, DTN은 동질한 형태로 통신이 이루어지는 지역 네트워크들간을 응용 계층 게이트웨이 기법으로 연동한다. IP 오버레이 네트워크 기법은 센서네트워크 상의 센서 노드들에게 IP 프로토콜 스택을 구현하고 IP 주소를 부여하여 IP 패킷을 통해 데이터를 주고받는 오버레이 네트워크를 구성하는 방법[13][14]이며, 오버레이 센서네트워크 기법은 인터넷에 위치한 호스트에 센서네트워크와 연동할 수 있는 오버레이 센서네트워크를 구성하는 방법이다. 또한 센서네트워크와 인터넷의 연동 아키텍처들이 효과적이기 위해서는 무엇보다도 IP주소의 할당, 프로토콜 부하의 경감, 에너지 절감기법, 결합 허용성의 지원 그리고 이동 인터넷과의 연동들에 대한 이슈가 보다 더 깊이 연구되어야만 하며[15], 이러한 연동 아키텍처들은 현재 구조적으로 제안 및 소개되고 있는 실정이며, 설계 및 구현들은 미비한 실정이다.

### III. 정적 주소 연동 방안

센서네트워크와 인터넷과의 정적 주소 연동 모델은 [그림 6]과 같다. 제안된 모델은 관련연구에서 살펴본 연동 아키텍처 중에서 응용 계층 게이트웨이와 IP 오버레이 네트워크 연동 아키텍처, 그리고 향후 유비쿼터스 환경에서 모든 사물의 식별자로 인식될 IPv6를 포함할 수 있는 연동 아키텍처이다. 정적 주소 연동 모델에서 센서네트워크와 주소 변환기(Translator)간의 통신은 Zigbee 기반이며, 주소 변환기와 인터넷간의 통신은 IP 기반이다. 또한 주소 변환기는 센서 네트워크 인터페이스(Inside Interface)와 인터넷 인터페이스(Outside Interface)를 갖는다.

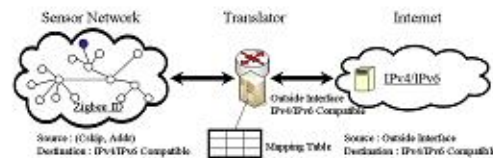


그림 6. 주소 연동 모델

주소 연동을 위해 제안된 주소 변환기는 Zigbee ID와 자신이 보유하고 있는 인터넷 IP 주소 사이에서 주소를 응용 계층상에서 상호 연동하는 기능을 제공한다. 따라서 센서네트워크내의 센서는 주소 변환기의 기능을 통해 인터넷과 통신을 할 수 있게 된다. 주소 변환기의 기본 기능은 센서 네트워크내의 센서가 센싱한 정보를 인터넷으로 전송해주는 역할이며, 추가적으로 TCP/IP 패킷을 해석하고 TCP/IP 프로토콜의 필드들을 변경할 수 있어야 하며 그 밖의 필요한 요구사항들을 NAT(Network Address Translation)[17-19]처럼 가질 수 있다.

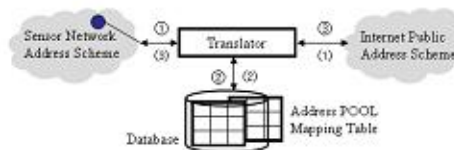


그림 7. 주소 연동 변환 과정

주소 변환기의 주소 연동 방안으로 Zigbee ID와 인터

넷 IP 주소가 매번 동일하도록 하는 정적 연동 방식과 연결 설정이 발생할 때마다 주소 풀(Pool)에서 유효한 IP 주소가 배정되는 동적 연동 방식을 고려할 수 있다. 즉 정적 연동 방식은 센서 네트워크와 인터넷간의 일대일 주소 매핑을 매번 동일한 주소로 수행한다. 따라서 본 논문에서는 매핑 테이블에는 센서 네트워크의 각 Zigbee ID마다 한 개씩의 인터넷 IP주소가 할당되며, 그럼으로써 센서 네트워크에 있는 센서들은 인터넷에 있는 다른 호스트와 통신을 할 수 있게 된다. 이 때 주소 변환기의 인터넷 IP는 인터넷 인터페이스의 네트워크 주소의 일부가 되면서 "unique addressing public scheme" 기반[20]에 따라 일대일의 주소 할당만이 가능하게 된다. 그림 7은 정적 주소 할당 방식의 주소 변환 과정을 설명하고 있으며, [표 3]은 정적 주소 할당 방식의 알고리즘이다.

표 3. 정적 주소 연동 알고리즘

```

if ( request a address-internetworking )
{
    obtain sensor ID through the data packet ;
    search pre-mapped IP address
    in the address pool for sensor ID ;
    register the mapping information
    to mapping table ;
    reconstruct the data packet ;
}
    
```

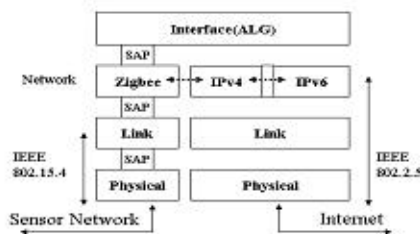


그림 8. 주소 변환기의 프로토콜 스택

1. 주소 변환기의 프로토콜 스택

센서네트워크와 인터넷과의 정적인 주소 연동을 수행하는 주소 변환기의 프로토콜 스택은 [그림 8]과 같다. 물리계층과 링크계층은 IEEE 802.15.4[21]의 기본 구조를 갖으며, 네트워크 계층은 센서네트워크의 Zigbee와 인터넷 IP 주소를 서로 연동시키기 위해 듀얼 스택을 갖게 된다. 그리고 센서네트워크와 인터넷과의 통신 프로

토콜은 주소 변환기의 인터페이스(ALG : Application Layer Gateway)에 의해 각 네트워크에 해당되는 프로토콜로 변환된 후, 내부의 인터페이스를 통해 전달된다.

2. 주소 변환기의 매핑 테이블 구조

본 논문은 센서네트워크와 인터넷을 정적으로 상호 연동할 수 있는 메커니즘을 제안하였다. 이를 위해 주소 변환기는 할당할 수 있는 주소 블록을 운영하면서 IP주소 할당 및 관리를 담당해야 하며, 센서 네트워크와 인터넷간의 상호 연동 정보를 매핑 테이블에 사전에 정의하고 있어야 한다. 또한 주소 변환기는 상호 연동을 위해 프로토콜 해석 및 필드 변경이 가능해야 한다. 그러므로 주소 변환기가 운영하는 주소들은 공인된 인터넷 IP주소 블록이며, 매핑 테이블 정보는 센서디바이스의 Zigbee ID와 인터넷 IP주소와의 매핑정보가 된다. 매핑정보가 저장되기 위한 구조는 [표 4]와 같고 [표 5]는 이 방법을 적용한 예가 된다.

표 4. 정적 주소 매핑 스키마

Sensor ID	Translator	Internet
(Cskip, Addr)	[inside Global] IP Address	
(group ID, MbitID)	[IPv4/IPv6 Address]	

표 5. 정적 주소 매핑 예

Sensor ID	Translator	Internet
(21, 0)	209.157.1.2 / 2001:220:004:1:290:27f1:f010:f0d7	
(5, 22)	209.157.1.3 / 2001:220:004:1:290:27f1:f010:f0d9	
(5, 1)	209.157.1.4 / 2001:220:004:1:290:27f1:f010:f0d9	

[표 4]에서 (Cskip, Addr)은 센서 네트워크의 Zigbee 기반 주소부여 방식(Distributed Address Assignment)이며, 이를 대신하여 (groupID, MbitID)는 현재 시판되고 있는 센서 디바이스에서 사용할 수 있는 정보이다. 즉 센서 디바이스에서는 (groupID, MbitID)가 센서를 식별하는 식별자 역할을 담당하고 있다. 즉 본 논문에서는 Zigbee의 (Cskip, Addr)을 하드웨어에 스펙에 따라 센서 디바이스를 구별하는 정보인 (groupID, MbitID)로 대체하였다. 또한 [표 5]에서 센서 ID (21,0)과 (5,22) 그리고

(5.1)은 각각 서로 다른 인터넷 주소로 매핑이 되는 예를 보였으며, 그럼으로써 정적인 주소 연동을 위해서는 센서 네트워크의 센서 노드 수만큼 인터넷 IP 주소가 필요하게 된다.

### 3. 주소 변환기의 구조

주소 연동을 수행하는 주소 변환기의 구조는 [그림 9]와 같다. 변환모듈(Translation Module)의 SerialForwarder는 TinyOS에서 제공되며, serial(UART)을 통해 센서 네트워크내의 센싱 정보를 패킷 형식으로 읽어오는 기능을 처리한다. 그리고 SerialForwarder에서 전송되어 오는 패킷을 분석하고 매핑하기 위한 주소로 변환하기 위해 Packetizer와 Dump를 갖는다. 또한 정적인 주소 연동을 위한 주소 및 매핑 정보(Mapping Entry)들을 저장하는 Database를 갖는다. 전송모듈(Transmit Module)의 UDPPusing은 변환모듈의 결과를 서버로 전송한다. 그리고 변환모듈의 결과는 UDP이기 때문에 서버는 서비스 프로그램을 사용하여 센싱된 정보를 TCP로 클라이언트에게 제공하게 된다.

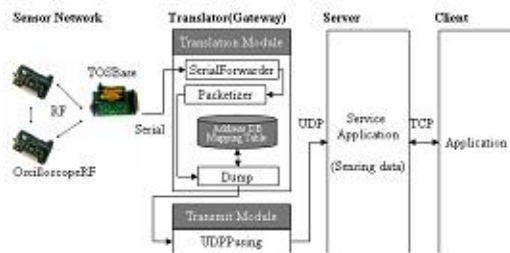


그림 9. 주소 변환기 구조

```

Dest Addr: HandleID: GroupID: MsgID: Source Addr: Counter: ChannelID: Reading Data
00000000-0000-0000-0000-000000000000
$ java net/tinyos/ii/SerialForwarder -conn serial:100000-57600
Received Packet: [FF FF 00 FF] [01 00 42 72 01 00] [C7 03 C7 03 06 03 08 03 C7 03
05 03 28 03 05 03 C7 03 05 03]
Total Packet Length: 478Byte
Mapping Address
Re-Formatted Packet: [20012201c041129027ffcc181f649] [C7 03 C7 03 06 03 08 03
C7 03 05 03 05 03 05 03 C7 03 03 03]
Sending to -> 2001:2201:c041:2902:7ffcc181f649 [2003.253.213.147]
Completed.....
- Dest Addr[Destination Address(2Byte)] : FFFF, - Handle
ID[Handle ID(1Byte)] : 0A, - GroupID[Group ID(1Byte)] : FF
- MsgID[Message ID(1Byte)] : 1A, - Source Addr[Source Ad
dress(2Byte)] : 0100(0001), - Counter(2Byte) : 4272(7242)
- ChannelID[Channel ID(2Byte)] : 0100(0001), - 0[0] Reading
Data(The raw Data) : C703....0903
    
```

그림 10. 패킷분석

### IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안된 정적 주소 연동 방안을 검증하기 위한 실험 환경은 먼저, 인터넷 공인 IP는 5개를 가지고 주소 데이터베이스를 구성했으며, 센서 네트워크내의 센서와 베이스 스테이션에는 각각 OscilloscopeRF와 TOCSBase 모듈을 적재하였다. 또한 주소 변환기의 운영체제로는 TinyOS(ver 1.11)를 윈도우 XP 운영체제 위에 가상으로 설치했으며, 패킷 읽기와 분석 그리고 주소 배정을 위해 SerialForwarder, Packetizer 그리고 Dump를 수정 변경하여 변환 모듈을 작성하였다. 그리고 변환 모듈의 결과를 서버로 전송하는 전송모듈(UDPPusing)을 작성하였다. 또한 클라이언트 요청을 처리하기 위해 서버의 서비스 애플리케이션을 작성하였다. 하드웨어로는 펜티엄 2.80Ghz 컴퓨터, 그리고 MB510 센서 프로그래밍 보드 및 MICA2 Mote Kit을 사용하였으며, 데이터베이스 시스템으로는 MS-SQL Server 2005 Standard를 이용하였다.

실험 결과 정적 주소 연동을 위한 주소 변환기는 변환 모듈을 사용하여 센서 네트워크의 센싱 정보(Packet)를 얻었으며, 그리고 센싱 정보를 분석한 후, TOCSmsg 구조체를 참고하여 목적지(Destination Address), 송신지(Source Address : Mote ID), Group ID 그리고 기타 추가 정보를 추출할 수 있었다. IPv6 기반으로 센싱된 정보를 분석한 내용은 [그림 10]과 같다.

```

00000000-0000-0000-0000-000000000000
$ java Sensor_TCP 30000
Starting Sensor Service .....
Format: [2001:2201:c041:2902:7ffcc181f649]
Sensing Data : 01 03 02 03 02 01 01 01 02 03 03 03 03 03 02 03
Completed .....
    
```

그림 11. 서버에 수신된 센싱 데이터 패킷



그림 12. 클라이언트 요청을 처리한 결과

주소 연동을 위해 주소 변환기는 센서 노드 ID를 그림 10의 결과에서 GroupID와 Source Addr를 이용한다. 정적 주소 연동을 위한 매핑과정은 매핑이 요구되어질 때

매핑 주소 정보가 저장된 데이터베이스에서 해당 엔트리를 검색한 후 매핑하며 이를 매핑 테이블에 엔트리로 기록함으로써 정적인 주소 연동이 이루어지게 된다. 그리고 변환 모듈과 전송 모듈을 거친 센싱된 정보는 최종적으로 인터넷상의 서버 애플리케이션을 통해 클라이언트에게 제공된다. [그림 11]은 센싱된 정보가 주소 변환기에 의해 변환되고 서버로 전송됨을 보였다. 즉 응용 계층 게이트웨이에서 두 네트워크의 특성에 맞추어 프로토콜 변환 작업과 이에 사용될 IP주소 배정이 이루어졌다. [그림 12]에서는 최종 사용자가 원격에서 자신의 관심 센서 노드 IPv4/IPv6 주소와 속성정보(온도)를 요청했을 때 해당되는 센서노드에서 수집된 속성정보가 제공되고 있음을 보였으며, [그림 13]은 이를 GUI화 한 것이다.

따라서 본 논문은 현재 구조적으로만 소개되고 있는 센서네트워크와 인터넷과의 상호 연동을 응용 계층 게이트웨이 기법과 IP 오버레이 네트워크 기법을 통하여 프로토콜 변환 기능은 응용 계층 게이트웨이가, 그리고 IP 오버레이 네트워크의 IP 주소 할당은 IPv6를 포함하여 정적으로 배정되도록 설계 및 구현하였다. 그럼으로써 센서네트워크를 인터넷처럼 동일한 시각으로 접근하여 그 정보를 활용할 수 있게 되었다.

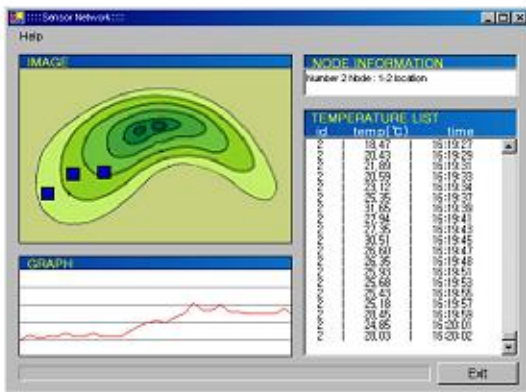


그림 13. 클라이언트 GUI

## V. 결 론

센서 네트워크 프로토콜 기술인 Zigbee는 인터넷 IP

기술의 주소 메커니즘을 사용할 수 없으며, 또한 인터넷 IP 주소를 사용하더라도 IPv4의 주소 고갈 문제로 인해 센서 네트워크 내의 모든 센서 노드들에게 인터넷 IP 주소 부여가 어려운 실정이다. 또한 IETF에서 IPv6를 향후 IPv4의 문제점 해결의 대안으로 제시되어 사용할 수 있는 인터넷 IP 주소가 무한대로 범위가 확장되었지만 여전히 센서 네트워크와 인터넷과의 연동 문제는 해결되지 못하고 있다. 따라서 센서네트워크와 인터넷과의 연동을 위해서는 주소 연동 메커니즘이 필요하다.

본 논문에서는 응용 계층 게이트웨이 기법과 IP 오버레이 네트워크 연동 기법을 갖추면서 Zigbee 기반의 ID 주소 체계를 사용하고 있는 센서 네트워크와 IPv4/IPv6 기반의 인터넷 주소가 상호 연동되는 정적 주소 연동 방안을 제안하였으며, 실험을 통해 제안된 정적 주소 연동 방안을 검증하였다. 검증 결과 주소 연동이 정적으로 이루어졌으며, 사용자의 요구사항이 실시간으로 처리되었다. 향후 연구는 제안된 정적 주소 연동 방안을 수행할 자동화된 주소 변환기를 설계 및 구현, 또 다른 주소 연동 방법론, 그리고 이를 이용하여 실생활에 유용한 정보를 제공하는 유비쿼터스 응용 서비스를 개발하고자 한다.

## 참고 문헌

- [1] 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/Feb, 2004.
- [2] <http://www.zigbee.org>
- [3] I. F. Akyildiz, W. Su, Sankarasubramanian, and E. Cayirci, "wireless sensor networks: a survey," Elsevier Computer Networks, Vol.38, No.4, pp.393-422, Mar, 2002.
- [4] I. F. Akyildiz and I. H. Kasimoglu, "wireless sensor and actor networks: research challenges," Elsevier Ad Hoc Networks, Vol.2, No.4, pp.351-367, Oct, 2004.



[5] I. F. Akyildiz, D. Pompili, and T. Melodia, "challenges for efficient communication in underwater acoustic sensor networks," *ACM Sigbed Review*, Vol.1, No.2, Jul. 2004

[6] I. F. Akyildiz, D. Pompili, and T. Melodia, "underwater acoustic sensor networks: research challenges," *Elsevier Ad Hoc Networks*, Vol.3, No.3, pp.257-279, May 2005.

[7] <http://www.ietf.org/rfc/rfc2373.txt>

[8] <http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt>

[9] <http://www.cisco.com/ipv6>

[10] <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc791.txt>

[11] <http://www.ietf.org/rfc/rfc1519.txt>

[12] <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc3513.txt>

[13] A. Dunkels, J. Alonso, T. Voigt, H. Ritter, and J. Schiller, "connecting wireless sensornets with tcp/ip networks," *Proc. WWMC 2004*, Feb. 2004.

[14] A. Dunkels, J. Alonso, and T. Voigt, "making tcp/ip viable for wireless sensor networks," *Proc. EWSN 2004*, Jan. 2004.

[15] H. Dai and R. Han, "unifying micro sensor networks with the internet via overlay networking," *Proc. IEEE Emnets-I*, Nov. 2004.

[16] S. H. Park, M. Zhang, D. H. Chang, K. D. Cho, Y. H. Choi, and T. K. Kwon, "a survey on integration schemes of wireless sensor networks and internet for ubiquitous sensor networks," *SK Telecommunications Review*, Vol.15, No.2, pp.337-350, Apr. 2005.

[17] <http://www.ietf.org/rfc/rfc1631.txt>

[18] <http://www.ietf.org/rfc/rfc2663.txt>

[19] C. Milner, "network address translation (nat)," Cisco Systems, Inc.

[20] <http://www.ietf.org/rfc/rfc1918.txt>

[21] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>

저자 소개

김정희(Jeong-Hee Kim)

정회원



- 1994년 2월 : 제주대학교 정보공학과 (공학사)
- 1997년 2월 : 제주대학교 대학원 정보공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 제주대학교 대학원 정보공학과 (공학박사)

- 2000년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 시간강사
  - 2005년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 첨단기술연구소 연구원
  - 2006년 3월 ~ 현재 : 탐라대학교 시간강사
- <관심분야> : XML, Internet Application, Sensor Network, Semantic Web

권훈(Hoon Kwon)

정회원



- 2003년 2월 : 제주대학교 해양생물공학 (공학사)
- 2005년 2월 : 제주대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정

- 2004년 3월 ~ 현재 : 제주한라대학 시간강사
  - 2005년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 첨단기술연구소 연구원
- <관심분야> : XML, Sensor Network, RFID

김도현(Do-Hyeun Kim)

정회원



- 1988년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1990년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

- 1990년 ~ 1995년 : 국방과학연구소 연구원
- 1999년 ~ 2004년 : 천안대학교 정보통신학부 조교수
- 2004년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 통신컴퓨터공학부 조교수

<관심분야> : Sensor Network, 이동성 관리, 유비쿼터스 서비스

도양희(Yang-Hoi Do)

정회원



- 1982년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1984년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1988년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

- 2001년 ~ 2002년 : The University of Alabama, Visiting Scholar
- 2006년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 공학교육혁신센터 소장

•1989년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 전기전자공학부 교수  
<관심분야> : 신호처리

곽호영(Ho-Young Kwak)

정회원



- 1983년 2월 : 홍익대학교 전자계산학과 (이학사)
- 1985년 2월 : 홍익대학교 대학원 전자계산학과 (이학석사)
- 1991년 2월 : 홍익대학교 대학원 전자계산학과 (이학박사)

- 1990년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 통신컴퓨터공학부 교수

<관심분야> : 객체지향 프로그래밍, 프로그래밍 언어론, Internet Application

변병철(Yung-Cheol Byun)

정회원



- 1993년 2월 : 제주대학교 정보공학과 (공학사)
- 1995년 2월 : 연세대학교 대학원 컴퓨터과학과 (공학석사)
- 2001년 2월 : 연세대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)

- 2001년 : 한국전자통신연구원 선임연구원

•2002년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 통신컴퓨터공학부 조교수

<관심분야> : 패턴인식, 시맨틱 웹, 상황인식, 지능형 컴퓨팅, 유비쿼터스 미들웨어