
TCP 포트번호를 이용한 센서 네트워크와 인터넷(IPv4/IPv6)의 주소 연동

김정희* · 권 훈* · 김도현** · 곽호영** · 도양희*** · 김대영**** · 변영철**

Address-Internetworking Scheme between Wireless Sensor Network and Internet Using TCP Port-Numbers

Jeong-Hee Kim* · Hoon Kwon* · Do-Hyeun Kim** · Ho-Young Kwak** · Yang-Hoi Do*** ·
Daeyoung Kim**** · Yung-Cheol Byun**

요 약

집적회로 기술, 무선 통신 기술, 그리고 마이크로 컴퓨팅 등의 기술 발전에 힘입어, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 실현하고 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 전망이며, 서로 다른 주소 체계를 사용하고 있는 이들의 상호 연동이 요구되어지고 있다. 따라서 본 논문은 센서 네트워크와 인터넷과의 상호 통신을 위해 TCP 포트번호 기반 주소 연동 방안을 제안한다. 제안된 연동 방안은 Zigbee 기반 센서 네트워크의 주소 체계와 인터넷의 주소체계인 IP 기반 인터넷 주소 체계가 서로 통신할 수 있도록 주소를 연동하는 방안이며, Berkeley TinyOS와 mica motes, 그리고 IP 프로토콜을 이용하여 제안된 주소 연동 방안을 구현하였다. 또한 실험을 통해 제안된 연동 방안을 검증하였다.

ABSTRACT

As a promising technology that enables ubiquitous computing and will lead the information technology industries of the next generation, the new field of sensor networks is one of the most active research topics 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. In this paper, we propose a address-Internetworking scheme for interactive networking between a sensor network and the Internet based on the TCP port-numbers. The proposed scheme enables internetworking between a sensor network address scheme based on Zigbee and the Internet address scheme based on the Internet Protocol version 6 (IPv6). We implement the proposed address-Internetworking scheme using Berkeley TinyOS, Mica Motes, and IP. In addition, we verify the proposed scheme by an interconnection experiment, which involves wireless sensor networks and the Internet, using IPv4/IPv6.

키워드

Zigbee, IPv6, Wireless Sensor Networks, Ubiquitous, TCP port-numbers, Address-Internetworking scheme

* 제주대학교 첨단기술연구소
** 제주대학교 통신컴퓨터공학부
*** 제주대학교 전기전자공학부
**** 한국정보통신대학교

I. 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 작동장치(Actuator)에게 특정 행위를 지시하는 무선 센서/장치 네트워크(WSAN: Wireless Sensor and Actuator Networks)의 형태도 가능하다[4]. 최근에는 해양 생태계 분석과 모니터링을 위한 해양 센서 네트워크에 대한 연구도 진행되고 있다[5,6].

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 환경으로 인해 센서 노드 간에 전송되는 데이터는 외부에 쉽게 노출되거나 변조될 수 있는 문제점도 갖고 있다. 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. 그리고 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 재난재해 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 1의 무선 센서 네트워크 구조(Passive)상에서 능동적(Active)으로 정보 전달을 제공하기 위해 무선 센서 네트워크와 인터넷과의 상호 연동 방안이 필요하다. 본 논문에서는 Zigbee 주소 기반을 사용하는 센서네트워크와 IPv4/IPv6 주소 기반을 사용하는 인터넷간의 상호 통신을 위한 주소 연동 방안을 제안하고 실험을 통해 제안된 주소 연동 방안을 검증한다.

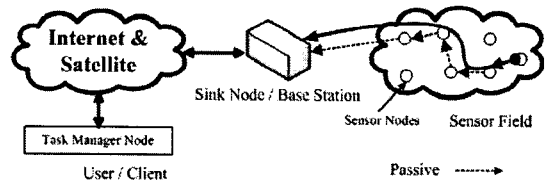


그림 1. 무선 센서 네트워크
Fig. 1. Wireless Sensor Network

본 논문의 2장에서는 관련연구를 살펴보면, 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

2.1. 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 2는 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 아래의 식 (1)과 같으며, d+1에서의 n번째 센서 디바이스의 주소는 식 (2)를 기반으로 부여된다[2].

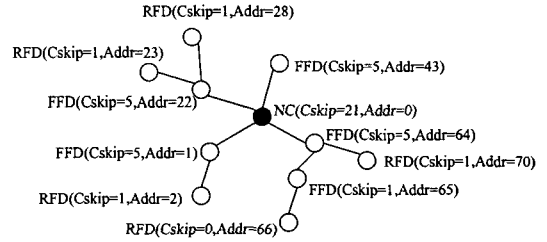


그림 2. 클러스터 트리 토폴로지
Fig. 2. Cluster Tree Topology

$$Cskip(d) = \begin{cases} 1+Cm(Lm-d-1), & \text{if } Rm=1 \\ \frac{1+Cm-Rm-CmRm^{Lm-d-1}}{1-Rm}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

- Cskip(d) : network size of sub-block
- Cm : node number of maximum child
- Lm : maximum depth of network
- Rm : maximum number of routing
- d : depth of network

$$A_n = A_{parent} + Cskip(d) + n \quad (2)$$

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 이제 그 표준화가 완료되어 도입기에 들어서고 있다.

IPv6는 128 비트 주소 체계를 제공하여 거의 무한한 주소공간을 제공할 수 있다. 또한 단순화된 헤더, 주소 자동설정, 효율적인 이동성 지원 등 다양한 장점들로 인하여 기존 인터넷의 기반이 되는 인터넷 프로토콜인

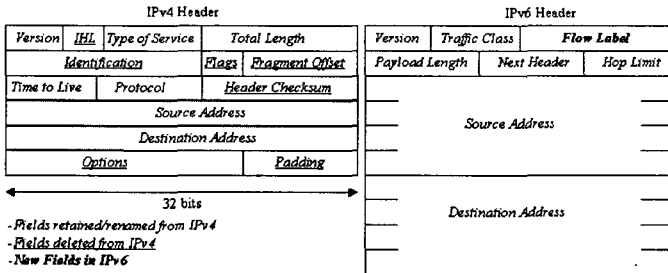


그림 3. IPv4와 IPv6의 헤더 형식
Fig. 3 IPv4 and IPv6 Header Format

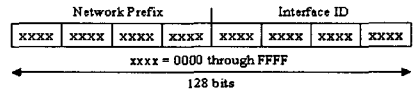


그림 4. IPv6 주소 형식
Fig. 4 IPv6 Address Format

IPv4를 대체할 차세대 인터넷 프로토콜이다. 그리고 IPv6는 인터넷의 영역을 사물들에까지 확대하는 차세대 통신 패러다임으로 대두되고 있는 유비쿼터스 네트워크를 실현 시킬 기반 기술로서도 그 중요성을 가지고 있다[8]. 그림 3은 IPv4와 IPv6의 헤더 형식이며, 그림 4는 IPv6의 주소 형식이다[9].

각각의 IP 주소 체계를 살펴보면, IPv4의 주소체계는 [네트워크 주소, 호스트 주소]의 조합으로 구성된다. 여기서 네트워크 주소는 네트워크 사이에 패킷의 경로를 설정하는데 사용되며 호스트 주소는 특정한 호스트로 패킷을 전송하는데 사용되며 클래스에 따라 네트워크 주소의 길이와 호스트 주소의 길이가 다르다. 그리고 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 주소 클래스는 주소의 첫 번째 몇 비트로 구별되는데 A 클래스는 ‘0’으로 시작되며, B 클래스는 ‘10’, C클래스는 ‘110’, 확장 클래스(extended address class)는 ‘111’로 시작된다[10].

반면 IPv6에서 할당할 수 있는 주소체계는 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(prefix)(그림 5)와 네트워크에 연결되어 있는 각 인터페이스들을 구별해 주는 interface ID로 그림 4와 같이 구성된다. 그리고 주소를 할당하는 기본 단위는 호스트나 라우터가 아닌 인터페이스 중심이다. 즉 같은 호스트에 동일 링크와 연결되는 여러 개의 인터페이스들이 있을 경우 각 인터페이스마다 다른 주소를 할당할 수 있게 된다. 그러나 보통 한 호스트에 하나의 인터페이스로 링크에 연결됨으로 interface ID로 호스트를 구분하게 된다. 또한 IPv4 주소 체계에서의 unicast 및 multicast 주소와 다른 새로운 anycast라는 주소 개념을 도입하였다. 그래서 특정한 라우터가 anycast 주소를 목적지 주소로 가진 패킷을 수신했을 경우, 라우팅 프로토콜에 따라 같은 anycast 주소를 가지는 여러 노드들 중 가장 가까운 노드로만 패킷을 보

Prefix	Address Type	Space
0000 0000	IPv4 Compatible	1/256
0000 0001	NSAP	1/128
010	Provider-based unicast	1/8
100	Geographic-based unicast	1/8
1111 1110 10	Link local	1/1024
1111 1110 11	Site local	1/1024
1111 1111	Multicast	1/256

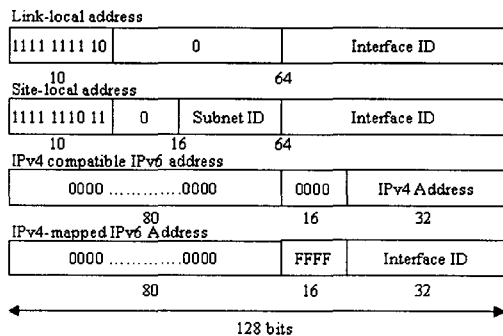


그림 5. IPv6 프리픽스 값과 주소 종류
Fig. 5. Example of IPv6 Prefix Value and Addresses

낼 수 있게 되었다. IPv6 주소는 일반적으로 4자리의 16진수 8개를 ‘:’로 구분해 나열하는 방법으로 표시한다 [11]. 그림 5는 IPv6의 프리픽스 값과 주소 종류들이다.

2.3. TCP(Transmission Control Protocol) 포트 번호

포트번호는 인터넷의 전송 제어 프로토콜(TCP)이나 사용자 데이터그램 프로토콜(UDP:User Datagram Protocol)에서 애플리케이션들이 상호 통신을 하기 위해 사용하는 번호이며, 그 범위는 0~65535이다. 이 중에서 ICANN (The Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)은 애플리케이션용의 지정 포트 번호(well-known port numbers), 회사용의 등록 포트 번호(registered port numbers), 그리고 개별용의 동적 포트 번호(dynamic port numbers)등으로 포트번호를 구분하고 있으며, 범위는 각각 0~1023, 1024~49151, 49152~65535이다. 예를 들면, 포트번호 5는 원격 작업 입력용, 80은 하이퍼텍스트 전송 규약용, 110은 POP 3용, 1047과 1048은 SUN의 NEO Object Request Broker용, 1626은 속웨이브용으로 정의되어 있다[12].

2.4. 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[13,14,15]

이러한 연구들은 크게 두 네트워크 사이에 위치한 게이트웨이에 의존하는 기법과 센서네트워크 또는 인터넷 상에 오버레이 네트워크를 구성하여 연동하는 기법으로 나눌 수 있다. 게이트웨이에 기반한 기법의 경우 응용 계층에서의 게이트웨이 기법과 DTN(Delay tolerant Networking) 게이트웨이를 이용하는 기법으로 다시 구분되며 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].

III. TCP 포트번호 기반 주소 연동 방안

센서네트워크와 인터넷과의 TCP 포트번호 기반 주소 연동 모델은 그림 6과 같다. 주소 연동 모델에서 센서네트워크와 주소 변환기(Translator : Gateway/Router)간의 통신은 Zigbee 기반이며, 주소 변환기와 인터넷간의 통신은 IP 기반이다. 또한 주소 변환기는 인터넷 인터페이스(Outside Interface)를 갖는다.

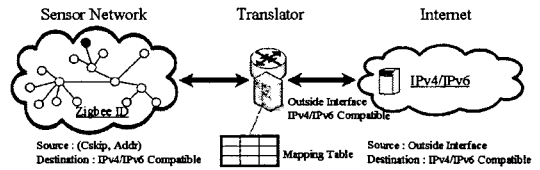


그림 6. 주소 연동 모델
Fig. 6. Address-Internetworking Scheme

주소 연동을 위해 제안된 주소 변환기는 Zigbee ID와 자신이 보유하고 있는 인터넷 IP 주소 사이에서 주소를 상호 연동하는 기능을 제공한다. 따라서 센서네트워크 내의 센서는 주소 변환기의 기능을 통해 인터넷과 통신을 할 수 있게 된다. 주소 변환기의 기본 기능은 센서네트워크내의 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)[17,18,19]처럼 가질 수 있다.

주소 변환기의 주소 할당 방식은 Zigbee ID를 하나의 인터넷 IP 주소로 할당하기 위해 센서네트워크로부터 전달되는 패킷 정보에서 Zigbee ID를 추출한 후 이를 근거로 사용할 포트번호를 구하고, 이미 센서네트워크에 할당된 인터넷 IP를 연결하여 하나의 인터넷 IP 주소로 센서네트워크와 인터넷을 연동시킨다. 따라서 매핑 테이블은 하나의 인터넷 IP와 센서네트워크의 각 Zigbee ID마다 부여된 포트번호들로 구성된다. 이 때 인터넷 IP 주소는 주소 변환기의 인터넷 인터페이스의 네트워크 주소의 일부가 된다. 그럼으로써 제안된 주소 연동 방식은 주소 변환기가 센서네트워크내의 센서디바이스 수 만큼 IP 주소를 확보하지 않아도 센서네트워크와 인터넷을 TCP 또는 UDP 포트를 사용하여 연동시킬 수 있게 된다. 또한 이 방식은 센서디바이스들에게 미리 포트번호를 할당시키는 정적 처리와 상황에 따라 할당시키는

동적 처리가 가능하다. 그림 7은 제안된 주소 할당 방식에서 상호간 주소 변환 과정을 순서적으로 보였으며, 표 1은 본 논문에서 사용할 포트번호 할당 알고리즘이다.

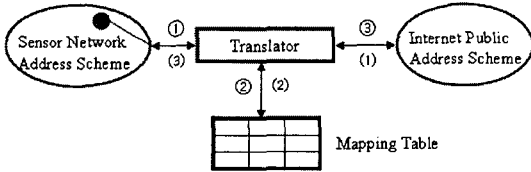


그림 7. 주소 연동 과정
Fig. 7 Step of Address-Internetworking

표 1. 포트번호 기반 주소 연동 알고리즘
Table 1. Algorithm based on Port-Numbers

```

if (request mapping) {
    1. catch the sensor ID from the data packet ;
    if (mapping table searching)
        1. re-allocating the TCP port-number;
        2. preserve the mapping result;
        3. re-construct the data packet;
    else if (TCP port-number table searching)
        1. allocating the new searched TCP port-number;
        2. register the mapping result;
        3. re-construct the data packet;
    else
        1. not allocate, .... }
    
```

3.1. 주소 변환기의 프로토콜 스택

센서네트워크와 인터넷과의 TCP 포트번호 기반 주소 연동을 수행하는 주소 변환기의 프로토콜 스택은 그림 8과 같다. 물리계층과 링크계층은 IEEE 802.15.4[20]의 기본 구조를 갖으며, 네트워크 계층은 센서네트워크의 Zigbee와 인터넷의 IP를 서로 연동시키기 위해 듀얼 스택을 갖게 된다.

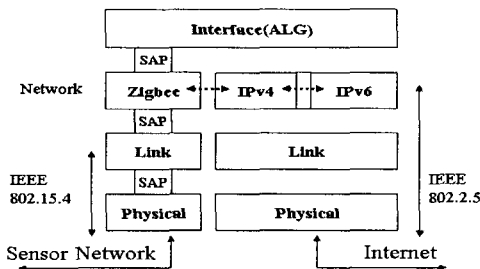


그림 8. 주소 변환기의 프로토콜 스택
Fig. 8 Protocol Stack in Translator

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

3.2. 주소 변환기의 매핑 테이블 구조

본 논문은 센서네트워크와 인터넷을 TCP 포트번호 기반으로 상호 연동할 수 있는 메커니즘을 제안하였다. 이를 위해 주소 변환기는 할당할 수 있는 하나의 IP 주소를 운영하면서 관리를 담당해야 하며, 센서 네트워크와 인터넷간의 상호 연동 정보를 매핑 테이블에 기록해야 하며, 또한 상호 연동을 위해 프로토콜 해석 및 필드 변경이 가능해야 한다.

주소 변환기가 사용하는 포트번호는 ICANN에서 분류된 포트번호[12] 중에서 개별용의 동적 포트번호(The Dynamic and/or Private Ports) 범위(49152-65535)를 사용한다. 즉 무선 센서네트워크와 인터넷간을 연동하기 위해 주소 변환기에는 사용가능한 인터넷 IP주소가 배정되어야 하며, 매핑 테이블 정보에는 센서디바이스의 Zigbee ID와 인터넷 IP주소, 그리고 할당된 TCP 포트번호가 저장된다.

표 3. 포트번호 기반 주소 매핑 스키마
Table 3. Address Mapping Scheme

SensorID	Translator	Internet
(Cskip, Addr)	Inside Global IP Address	
(groupID, MotelID)	Public Address (IPv4/IPv6)	

표 4. 포트번호 기반 주소 매핑 예
Table 4. Example of Address Mapping

SensorID	Translator	Internet
(21, 0)	209.157.1.2:49152	
(5, 22)	209.157.1.2:49174	
(5, 1)	209.157.1.2:49153	

표 3의 매핑 테이블 구조에서 (Cskip, Addr)은 센서네트워크의 Zigbee 기반 주소부여 방식(Distributed Address Assignment)이며, (groupID, MotelID)는 현재 시판되고 있는 센서 디바이스에서 사용할 수 있는 정보이다. 센서 디바이스에서는 (groupID, MotelID)를 이용하여 서로 구별하고 있다. 즉 Zigbee의 (Cskip, Addr)를 하드웨어에 스펙에 따라 센서 디바이스를 구별하는 정보인 (groupID, MotelID)로 변경하였다. 또한 표 4의 매핑 예에서는 센서

표 5. 실험 환경
Table 5. Environments

구분	내용
Public IP address	1 EA
Sensor utility	OscilloscopeRF
Base station utility	TOSBase
Operating System	TinyOS ver 1.1.11 on Window XP
Translator	SerialForwarder(Packet Reading : Java utility) Packetizer and Dump(Packet analysis and Address assignment)
Server	Service Application(processing the client request)
Client	Application(User Interface)
Database	Microsoft MS-SQL Server 2005 Standard
Hardware	Pentium Computer with a 2.80GHz, Mote 2 EA(MICAZ), MIB510 board

ID (21, 0)과 (5, 22) 그리고 (5, 1)가 각각 동일한 인터넷 주소와 새롭게 할당된 TCP 포트번호로 매핑이 되는 예를 모델링 하였다. 그럼으로써 제안된 방식의 주소 연동은 센서 네트워크의 센서 수(M)와 인터넷 IP 주소 수(N, N=1)가 M : N의 관계로 수행된다. 또한 할당될 포트 수보다 센서 수가 더 많을 때는 M : N(N>1)의 관계가 가능하다.

3.3. 주소 변환기의 구조

주소 연동을 수행하는 주소 변환기의 구조는 그림 10과 같다. 변환모듈(Translation Module)의 SerialForwarder는 TinyOS에서 제공되며, serial(UART)을 통해 센서 네트워크내의 센싱 정보를 패킷 형식으로 읽어오는 기능을 처리한다.

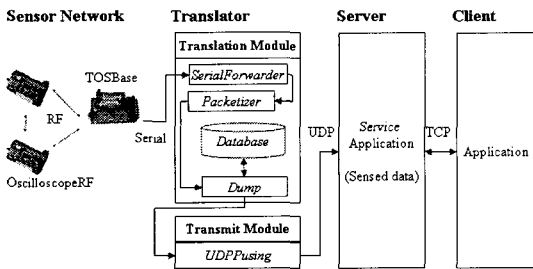


그림 10. 주소 변환기 구조
Fig. 10 Structure of Translator

그리고 SerialForwarder에서 전송되어 오는 패킷을 분석하고 매핑하기 위한 주소로 변환하기 위해 Packetizer와 Dump를 갖는다. 또한 TCP 포트번호 기반 주소 연동을 위해 할당할 수 있는 TCP 포트번호와 주소 및 매핑 정

보(Mapping Entry)들을 저장하는 데이터베이스를 갖는다. 전송모듈(Trnsmmit Module)의 UDPPusing은 변환모듈의 결과를 서버로 전송한다. 그리고 변환모듈의 결과는 UDP이기 때문에 서버는 서비스 프로그램을 사용하여 센싱 정보를 TCP로 클라이언트에게 제공하게 된다.

IV. 실험

본 논문에서 제안된 TCP 포트번호 기반 주소 연동 방안을 검증하기 위한 실험 환경은 먼저, 인터넷 공인 IP는 1개를 가지고 주소 데이터베이스를 구성했으며, 센서 네트워크내의 센서와 베이스 스테이션에는 각각 OscilloscopeRF와 TOSBase 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)과 클라이언트 요청을 처리하기 위해 서버의 서비스 애플리케이션을 작성하였다. 하드웨어로는 펜티엄 2.80Ghz 컴퓨터, 그리고 MIB510 센서 프로그래밍 보드 및 MICAZ Mote Kit을 사용하였다. 정리하면 표 5와 같다.

TCP 포트번호 기반 주소 연동을 위해 주소 변환기는 변환모듈을 사용하여 센서 네트워크의 센싱 정보(Packet)를 가져온다. 그리고 센싱 정보를 분석한 후, TOSmsg 구조체를 참고하여 목적지(Destination Address), 송신지(Source Address : Mote ID), Group ID 그

```

Dest Addr HandleID GroupID MsgID Source Addr Counter ChannelID Reading Data
$ java net/tinyos/sf/SerialForwarder -conn serialPCOM3:57600
Received Packet : [FF FF 0A FF 1A 01 00 42 72 01 00] [C7 03 C7 03 C6 03 C7 03]
C6 03 C8 03 C6 03 C7 03 C8 03
Total Packet Length : 47Byte
Re-Formatted Packet : [2001:220:c04:1:290:27ff:fe18:f8d9] C7 03 C7 03 C6 03 C8 03
C7 03 C6 03 C8 03 C6 03 C7 03 C8 03
Sending to -> 2001:220:c04:1:290:27ff:fe18:f8d9 <203.253.213.147>
Completed.....
    
```

- Destination Address(2Byte) : FFFF, - HandleID(1Byte) : 0A, - GroupID(1Byte) : FF
- MessageID(1Byte) : 1A, - Source Address(2Byte) : 0100(0001)
- Counter(2Byte) : 4272(7242), - Channel(2Byte) : 0100(0001)

그림 11. 패킷 분석
Fig. 11 Packet Analysis

```

$ java Sensor_TCP 30000
Starting Sensor Server .....
Target_Ip : 2001:220:c04:1:290:27ff:fe18:f8d9
Sensing Data : D3 03 D2 03 D2 03 D3 03 D2 03 D3 03 D3 03 D2 03 D3 03 D2 03
Completed .....
    
```

그림 12. 서버에 수신된 센싱 데이터 패킷
Fig. 12 Archived Data Packet received on Server

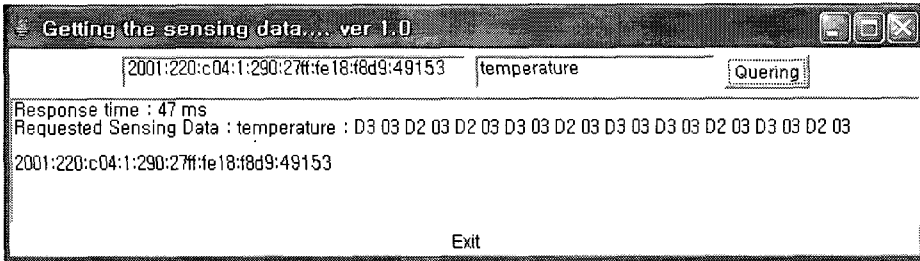


그림 13. 클라이언트 요청 처리 결과
Fig. 13 Processed Results about Client Request

리고 기타 추가 정보를 추출하게 된다. 센싱 정보를 분석한 정보는 그림 11과 같다.

주소 변환기는 센서 노드 ID를 구하기 위해 그림 11의 결과에서 Group ID와 Source Mote ID를 이용한다. TCP 포트번호 기반 주소 연동을 위한 매핑과정은 매핑이 요구되어질 때 먼저, 센서 노드 ID(Source Addr : 0001)를 참고하여 부여될 포트번호를 구한 후, 센서 ID와 인터넷 IP 주소, 그리고 포트번호로 구성되는 entry를 매핑 정보가 저장될 데이터베이스의 매핑 테이블에 기록함으로써

이루어지게 된다. 그리고 변환 모듈과 전송 모듈을 거친 센싱 정보는 최종적으로 인터넷상의 서버 애플리케이션을 통해 클라이언트에게 제공된다. 그림 12는 센싱된 정보가 주소 변환기에 의해 변환되고 서버로 전송된 결과이다. 그림 13은 원격지에서 먼저 센서 노드에 부여된 포트번호를 얻고, 이를 이용하여 센서 노드의 온도 정보를 요청한 결과이다.

V. 결론

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 Zigbee 기반의 ID 주소 체계를 사용하고 있는 센서 네트워크와 IP(IPv4/IPv6) 기반의 인터넷 주소가 상호 연동이 가능하도록 TCP 포트번호 기반의 주소 연동 방안을 제안하였으며, 실험을 통해 제안된 주소 연동 방안을 검증하였다. 검증 결과 주소 연동이 이루어졌으며, 사용자의 요구사항이 실시간으로 처리되었다. 향후 연구는 센서 네트워크내의 센서수가 확장되었을 때 포트번호 할당 문제와 자동화된 주소 변환기 구현, 그리고 이를 이용하여 실생활에 유용한 정보를 제공하는 유비쿼터스 응용 서비스를 개발하고자 한다.

참고문헌

- [1] Heinzelman, W.B, Murphy, "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, and Sankarasubramaniam and E.Cayirci, "Wireless Sensor Networks: A Survey," Elsevier Computer Networks, Vol. 38, No. 4, Mar. 2002, pp. 393-422
- [4] I.F.Akyildiz and I.H.Kasimoglu, "Wireless Sensor and Actor Networks: Research Challenges," Elsevier Ad Hoc Networks, Vol. 2, No. 4, Oct. 2004, pp. 351-367
- [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, May 2005, pp. 257-279
- [7] R. Hinden, S. Deering, "IP Version 6 Addressing Architecture," RFC2737, 1998.
- [8] R. Hinden, S. Deering, "Internet Protocol, Version 6(IPv6) Specification," RFC 2460, December 1998.
- [9] <http://www.cisco.com/go/abc>
- [10] <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc791.txt>
- [11] <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc3513.txt>
- [12] <http://www.iana.org/assignments/port-numbers>
- [13] A. Dunkels, J. Alonso, T. Voigt, H.Ritter, and J. Schiller, "Connecting Wireless Sensornets with TCP/IP Networks," in Proc. WWIC 2004, Feb. 2004.
- [14] A. Dunkels, J. Alonso, and T. Voigt, "Making TCP/IP viable for Wireless Sensor Networks," in Proc. EWSN 2004, Jan. 2004.
- [15] H. Dai and R. Han. "Unifying Micro Sensor Networks with the Internet via Overlay Networking," in Proc. IEEE Emnets-I, Nov. 2004.
- [16] Sangheon Pack, Min Zhang, Dukhyun Chang, Kideok Cho, Yanghee Choi, and Taekyoung 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, April 2005.
- [13] K. Egevang and P. Francis, The IP Network Address Translation (NAT), RFC 1631, May 1994.
- [14] P. Srisuresh and M. Holdrege, IP Network Address Translator (NAT) Terminology and Considerations, RFC 2663, August 1999.
- [15] Cisco Systems, Inc. "Network Address Translation (NAT)" by Clark Milner
- [16] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>

저자소개

김 정 희 (Jeong-Hee Kim)



1994년 제주대학교 정보공학과 졸업 (학사)
1997년 제주대학교 대학원 정보공학과 졸업(석사)

2005년 제주대학교 대학원 정보공학과 졸업(박사)
2000년~현재 제주대학교 시간강사
2005년~현재 제주대학교 첨단기술연구소 연구원
2006년~현재 탐라대학교 시간강사
※관심분야: XML, Internet Application, Sensor Networks, Semantic Web 등

권 훈 (Hoon Kwon)



2003년 제주대학교 해양생물공학 졸업(학사)
2005년 제주대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(석사)

2006년~ 현재 제주대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정
2004년~현재 제주한라대학 시간강사
2005년~현재 제주대학교 첨단기술연구소 연구원
※관심분야: XML, Sensor Networks, RFID 등

김 도 현 (Do-Hyeun Kim)



1988년 경북대학교 전자공학과 졸업 (학사)
1990년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)

2000년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사)
1990년~1995년 국방과학연구소 연구원
1999년~2004년 천안대학교 정보통신학부 조교수
2004년~현재 제주대학교 통신컴퓨터공학부 조교수
※관심분야: Sensor Networks, 이동성 관리, 유비쿼터스 서비스 등

곽 호 영 (Ho-Young Kwak)



1983년 홍익대학교 전자계산학과 졸업(학사)
1985년 홍익대학교 대학원 전자계산학과 졸업(석사)

1991년 홍익대학교 대학원 전자계산학과 졸업(박사)
1990년~현재 제주대학교 통신컴퓨터공학부 교수
※관심분야: 객체지향 프로그래밍, 프로그래밍 언어론, Internet Application 등

도 양 희 (Yang-Hoi Do)



1982년 경북대학교 전자공학과 졸업 (학사)
1984년 경북대학교 전자공학과 졸업 (석사)

1988년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사)
2001~2002 The University of Alabama, Visiting Scholar
2006~현재 제주대학교 공학교육혁신센터 소장
1989~현재 제주대학교 전기전자공학부 교수
※관심분야: 신호처리

김 대 영 (Daeyoung Kim)



1990년 부산대학교 전산통계학과(학사)
1992년 부산대학교 전산통계학과(석사)
2001년 University of Florida 컴퓨터공학(박사)

1992~1997 한국전자통신연구원 연구원
1999~1999 AlliedSignal Aerospace 연구소 방문연구원
2001~2002 Arizona State University 컴퓨터공학과 연구 조교수
2002~현재 한국정보통신대학교 조교수
※관심분야: Sensor Networks, Real-Time and Embedded Systems, Ad-Hoc Networks 등

변 영 철 (Yung-Cheol Byun)



1993년 제주대학교 정보공학과 졸업 (학사)
1995년 연세대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(석사)

2001년 연세대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(박사)
2001년 한국전자통신연구원 선임연구원
2002년~현재 제주대학교 통신컴퓨터공학부 조교수
※관심분야: 패턴인식, 시맨틱 웹, 상황인식, 지능형 컴퓨팅, 유비쿼터스 미들웨어