

논문 2009-5-9

스마트 홈을 위한 영역기반 무선센서네트워크 관리 프로토콜

Zone based on Wireless Sensor Network Management Protocol for Smart Home

김강석*, 허지완*, 송왕철**

Gang-Seok Kim, Jee-Wan Huh, Wang-Cheol Song

요 약 유비쿼터스 센서 네트워크 기술은 새로운 컴퓨팅 패러다임인 유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심 분야로서, 무선 센서 네트워크를 이용한 상황정보 모니터링 시스템에 적합한 기술이다. 이 기술을 모니터링 시스템에 적용하면 열악한 환경에 간편하고 저렴한 비용으로 실시간으로 발생된 상황데이터를 수집 및 분석하여 즉각적인 상황대처와 사용자가 원하는 환경의 조건을 효율적으로 수행할 수 있다. 한편, 센서 네트워크 미들웨어는 에너지 사용에 제약을 가지는 센서 네트워크의 요구사항과 다양한 서비스 제공을 위한 서비스 확장성을 고려하여 센서 네트워크와 응용 서비스가 상호 분리되어 각각의 기능을 수행하고 제어 및 모니터링이 쉽도록 설계되어야 한다. 본 논문에서는 스마트 홈에서 프로파일과 표준화된 관리 프로토콜을 사용하여 무선 센서 네트워크를 영역기반으로 관리하는 프로토콜을 제안한다. 제안된 시스템은 수집될 데이터의 양이 적고 지속적인 모니터링이 불필요하고 일정한 간격으로 특정 지역에서 발생하는 상황을 감지하는 작업에서 기존 유선 통신을 이용한 상황감시보다는 효율적이다.

Abstract As a core area of the new computing paradigm, the Ubiquitous Sensor Network Technology utilizes a wireless sensor networking which can be applied to the Context Information Monitoring System. When the technology is used in a poor user-environment for monitoring purposes, it can cost-effectively gather the context data on real-time basis, analyze the information gathered, effectively response to the user situation, and execute orders to create environmental factors desired by the user. This study structures a system able to monitor information in regards to a user-environment based on wireless-node sensor technology coupled with the Ubiquitous Sensor Network Technology. In this paper, the protocol in which it manages the wireless sensor network as the zone based by using the management protocol standardized at the smart home with a profile is proposed. The proposed system requires a minimal collection of data without continuous monitoring. Monitoring periodically, it can sense the user-environment more efficiently than the existing monitoring technologies based on the wire-communication technology.

Key Words : Wireless Sensor Network, Profile, Smart Home, Management Protocol

I. 서 론

최근 활발히 논의되고 있는 유비쿼터스(ubiquitous)

센서 네트워크는 우리 주변의 물리적 현상을 감지하는 센서 장치에 네트워크 개념을 추가해 사물의 존재여부 및 위치 등의 정보를 네트워크와 연동하여 실시간으로 관리, 제어하는 개념이다[1]. 또한 다양한 홈 네트워크의 등장으로 유무선이 혼재된 복잡한 네트워크가 구성되면

*정회원, 제주대학교 컴퓨터공학과

**정회원, 제주대학교 컴퓨터공학과 (교신저자)

접수일자 2009.9.15, 수정일자 2009.10.10

서 네트워크간 상호 호환성의 부재로 “Any device, Any network, Any Service”의 지원이 어려워지고 있다. 무선 센서 네트워크에 대표적으로 사용되는 지그비(Zigbee)[2]는 저 전력, 저 비용을 지원하는 무선 통신 기술로서 현재 이를 이용한 많은 응용들이 개발되고 있다. 이러한 응용에는 가정, 사무실, 빌딩에서 지능형 환경을 구축할 수 있도록 전등 제어나 온도 제어, 도어락 제어, 온도, 조도, 습도 등의 센서 네트워크 응용 등 다양한 형태가 있다. 이러한 응용들에 사용될 디바이스들이 여러 벤더들에 의해 개발되면서 각각 독자적인 제어 방법들을 내놓고 있어서 상호 호환성을 저해하고 있다. Zigbee Alliance에서는 벤더들에 의해 제안되고 있는 다양한 지그비 디바이스(device)들의 상호 호환성을 높이기 위해서 디바이스 프로파일들을 정의하고 있다[3]. 한편, 무선 센서 네트워크는 유비쿼터스의 핵심기술로 여러 개의 센서 노드가 무선 네트워크의 게이트웨이를 통해 외부 네트워크에 연결되는 구조를 갖는다. 그러나 무선 센서 네트워크에서 사용되는 프로토콜과 외부 네트워크에서 사용되는 프로토콜이 서로 다르기 때문에 변환 게이트웨이를 사용하여 메시지를 상호 매핑 할 필요가 있다[4,5]. 본 논문에서는 프로토콜 구조가 전혀 다른 무선 센서 네트워크와 외부 네트워크와의 메시지 상호변환과 이질적인 지그비 디바이스들의 상호 호환성을 높이고 메시지 변환 게이트웨이와 외부네트워크 사이의 관리, 제어, 데이터 입출력의 일관성을 위해 Zigbee Alliance의 지그비 디바이스 프로파일 기반 관리 프로토콜을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 지그비 기반 무선센서네트워크와 프로파일에 대하여 살펴보고 3장에서는 제안한 관리 프로토콜의 구조와 영역기반 관리모델, 4장에서는 제안한 방법의 실험 및 결과에 대해 고찰하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1 무선 센서네트워크

IEEE 802.15.4로부터 발생한 표준 활동 그룹인 ZigBee Alliance는 저전력, 저비용의 무선 네트워크 기술의 구체적인 활용과 응용을 목적으로 모토로라, Freescale, 필립스, Honeywell, BM, Siemens, TI, 미쓰비시, Ember, 삼성전자의 10개의 프로모터 및 200여 개의 참여회원으로

결성된 비영리 단체로써, 무선을 이용한 차세대 홈 네트워크의 효율적인 구축과 적용 기기간의 상호운용성을 증진할 수 있는 산업 표준인 ZigBee Specification 1.0[4]를 발표하였다. 지원하는 장치의 종류는 FFD(Full Function Device), RFD(Reduced Function Device)가 있으며 FFD는 FFD나 RFD 모두와 통신가능하며 코디네이터, 라우터, 단말장치의 역할을 할 수 있는 반면, RFD는 FFD와만 통신할 수 있으며 따라서 단말장치의 역할만 수행할 수 있기 때문에 RFD는 FFD에 비해 메모리 크기 등 장치를 운용하는데 더 작은 메모리 자원만 필요로 한다. 지그비 네트워크 계층은 스타 및 트리 토폴로지뿐만 아니라 점-대-점 방식의 메쉬 토폴로지를 지원한다. 또한 네트워크를 스스로 형성할 수 있으며, 디바이스의 합류(join) 및 이탈(leave) 등 네트워크의 동적인 변화에 적응할 수 있는 네트워크 디스커버리 특성을 갖는다. 네트워크의 주소 할당 방식은 저비용, 낮은 복잡성을 지향하는 지그비 솔루션에 적합하도록 라우팅 테이블을 사용하지 않고 라우팅을 지원할 수 있는 Cskip 값 기반의 블록 주소를 사용한다. 이렇게 할당된 주소는 계층적인 네트워크 토폴로지 정보를 담게 되고 라우팅 테이블을 지원할 수 없는 RFD들도 무선 환경에서 멀티 홉으로 데이터를 전송할 수 있게 된다.

2.2 지그비 프로파일

무선 센서 네트워크는 저전력, 저비용으로 데이터 수집 및 측정용 하는 응용들에 의해 폭넓게 이용될 수 있다. 무선 센서 네트워크는 무선 센서, 무선 콘센트, 무선 액추에이터 등 기능이 이미 정의된 노드들을 이용하여 구축할 수도 있다. 이들 센서(또는 액추에이터) 노드와 코디네이터(싱크) 노드 또는 코디네이터 노드와 응용 프로그램들 사이에 사용되고 있는 메시지 형식은 각 벤더 또는 개발자들에 의해 다양한 구조로 사용되고 있어서 패키지화된 센서노드를 새로이 추가할 경우 별도의 응용 이미지 프로그램을 다운로드할 필요가 없도록 상호 호환성을 제공해야 한다. 또한 유비쿼터스 환경에서는 사용자가 인식하지 못할 정도로 다양한 장비들이 도처에 산재되어 있고 이들 간의 상호작용들에 의해 다양한 서비스들을 이용하게 된다. 따라서 사용자와 장비 그리고 서비스 간의 정확한 정보 교환을 위한 메커니즘이 필요하다. 이 메커니즘의 한 부분은 정보교환을 하는 주체들 사이에 서로의 신원, 특성, 능력을 파악하는 것인데 이것은 프로파

일(profile)을 통해 가능하다[6,7,8]. 홈 제어 조명을 예로 들자면, 이 프로파일의 초기 버전에서는 제어 메시지 교환을 통해 6개 디바이스 타입으로 무선 홈오토메이션 애플리케이션을 구성할 수 있다. 이 디바이스들은 서로 인식할 수 있는 메시지를 교환함으로써 램프 켜기·끄기, 조명 컨트롤러에 조명 센서 측정값 보내기 또는 재실 센서(occupancy sensor)가 움직임을 감지한 경우의 경고 메시지 발송하기 등의 제어를 수행한다. 또 다른 예로 지그비 디바이스의 공통적인 작동을 정의한 디바이스 프로파일도 있다. 예를 들어 다른 네트워크 디바이스 및 이러한 디바이스가 제공하는 서비스들을 검색하고, 네트워크에 결합한 자율적인 디바이스의 기능에 의존적인 무선 네트워크가 있다. 이 디바이스 프로파일은 디바이스 및 서비스 검색을 지원한다. 그림 1은 지그비 디바이스 규격 내의 단조 조명 센서 관련 장치 기술 프로파일 내에 정의된 방향성 메시지 구조를 보여준다.

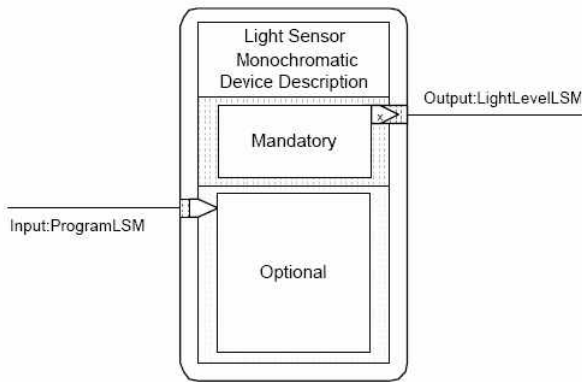


그림 1. 단조 조명 센서 클러스터 모델
Fig. 1. Light sensor monochromatic cluster model

2.3 지그비 기반 디바이스의 계층적 주소체계

IEEE 802.15.4 에서는 Extended address와 Short address라는 2개의 주소 지정 방식을 사용한다. Extended address는 디바이스가 본래 가지고 있는 64bit address이고 Short address는 디바이스가 PAN(Personal Area Network) 코디네이터(Coordinator)에게 Association과정을 통하여 할당 받게 되는 16bit 주소이다. 통신할 때 Short address를 사용하면 전체적인 프레임의 길이가 짧아지기 때문에 전송하는데 시간을 단축시킬 수 있어 파워 소모를 줄일 수 있다. 그러나 PAN 코디네이터에 의해 자동으로 설정되는 Short address는 한 디바이스에 대해 항상 같은 주소를 할당하지 않는다는

특성이 있다. 따라서 응용 수준에서 영역기반 디바이스를 관리하기 위해 유일한 주소를 부여해야 할 필요가 있다. 본 논문에서는 영역기반 트리 토폴로지를 이용하여 구성된 디바이스의 영역 구분을 위한 주소 체계는 다음과 같다.

- 가) Zone ID : 미들웨어에 의해 부여되는 PAN 코디네이터의 ID
- 나) Router ID : PAN 코디네이터에 의해 부여되는 ID
- 다) Device ID : 라우터와 연결된 디바이스에게 부여되는 ID

III. 제안한 관리 프로토콜

3.1 관리 프로토콜 프레임

일반적인 지그비 관리응용들은 응용 프로그램이 탑재된 시스템에 지그비 PAN 코디네이터(싱크)를 두어 지그비 네트워크에서 수집된 정보를 싱크 노드를 통하여 받고, 지그비 패킷내의 페이로드(payload) 내용을 적절히 분리하여 사용자에게 출력한다. 이 때 페이로드의 구조적 형식은 관리 응용에 의해 결정되므로 지그비 디바이스의 메시지 형식은 관리응용에 종속될 것이다. 다른 벤더의 센서노드를 별도의 작업 없이 바로 사용하기 위해서는 지그비 네트워크와 관리응용사이의 결합도를 낮추면서 상호 호환성을 유지해야 한다. 이를 위해 지그비의 응용 프로파일내의 장치기술과 인터넷의 서비스 메시지 형태 사이에 변환이 수반되어야 한다. 제안하는 프로토콜은 관리 응용 클라이언트와 관리응용 서버 사이의 프로토콜이며 Connection Protocol과 Management Protocol을 사용한다. 제안하는 프로토콜의 최대 크기는 지그비 프로토콜의 페이로드 크기와 같으며 프레임은 그림 2와 같다.

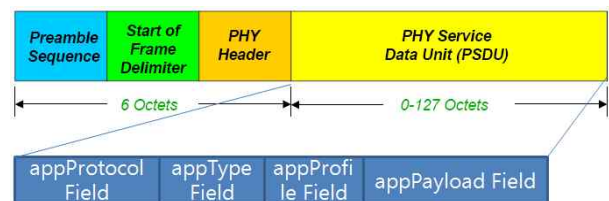


그림 2. 프로토콜 프레임 구조
Fig. 2. Protocol frame architecture

3.2 관리 프로토콜 필드

Connection Protocol은 통신을 하는 두 피어사이에 연결을 시작, 중지, 일시 중지, 재개, 활성화, 비활성화 등의 동작을 정의한다. Management Protocol은 실제 무선노드의 제어를 정의한다. 본 논문에서 제안한 프로토콜 프레임의 각 필드들의 종류와 특성은 다음과 같다. appProtocol Field의 값은 표 1과 같다.

표 1. appProtocol 필드
Table 1. appProtocol Field

Protocol Type	value	comment
Connection	0x10	Connection Protocol
Management	0x11	Management Protocol

appType Field는 appPacket Type과 appCommand Type을 더한 값으로 구분하며 표 2, 표 3과 같다.

표 2. appPacket 타입
Table 2. appPacket Type

Constant name	value	comment
P_TYPE_REQ	0x00	Request
P_TYPE_RSP	0x40	Response
P_TYPE_EXP	0x80	Exception
P_TYPE_RESERVED	0xC0	Reserved

표 3. appCommand 타입
Table 3. appCommand Type

constant name	value	comment
P_CMD_START	0x01	connect start
P_CMD_STOP	0x02	connect stop
P_CMD_PAUSE	0x03	connect pause
P_CMD_RESUME	0x04	connect resume
P_CMD_RESET	0x05	connect reset
P_CMD_ENABLE	0x06	connect enable
P_CMD_DISABLE	0x07	connect disable

표 4의 appPayload 필드는 appType 필드의 appPacket 타입과 appCommand 타입 그리고 appProfile 필드에 따라서 appPayload 정보가 달라진다.

표 4. appProfile 필드
Table 4. appProfile Field

type	value	comment
Mandatory	0x01	supported by all device
Optional	0x02	may optionally
Cluster ID	0x03	clusterID by profile
Device ID	0x04	deviceID by profile
LocationType	0x05	device location type

표 5는 표 4의 Device ID의 한 예이다.

표 5. Device ID의 예
Table 5. Examples for device ID

Cluster	Device	Device ID
Lighting	on/off Light	0x0100
	Light Sensor	0x0106

표 6은 표4의 LocationType의 한 예이다.

표 6. LocationType의 예
Table 6. Examples for LocationType

Description	Value
Atrium(중앙홀)	0x01
bathroom(욕실)	0x04
bedroom(침실)	0x05

관리응용 클라이언트가 관리응용 서버에게 디바이스 동작 상태 제어를 요청하는 패킷의 예는 표 7과 같다.

3.3 영역기반 분산 자원 저장소 모델

다중 에이전트 환경을 제공하기 위해 원격에서 제어하는 에이전트와 제어되는 가전기기 사이의 약한 연결 관계는 중요한 이슈가 되고 있다[2,3]. 또한 모든 에이전트가 중앙 집중식 자원 저장소에서 가전기기 정보를 가지고 온다면 트래픽은 집중될 것이며 네트워크는 신뢰성을 보장할 수 없게 된다. 결과적으로 위의 상황을 해결하고 더욱 신뢰성 있는 동작을 보장하기 위해 본 논문에서는 그림 3과 같은 영역기반 분산 및 중첩 자원 저장소 모델을 제시한다. 그림 3과 같이 각 영역 단위의 서브 네트워크(u-PAN Agent)는 로컬 자원 저장소를 가지고 있어 로컬 가전기기의 상태 정보를 저장하고 관리한다. 가전

기기의 상태 정보 변경은 로컬 자원 저장소에 저장되며 원격의 자원 저장소(상황정보관리 미들웨어)에 전달되어 모든 자원 저장소의 가전기기 상태 정보를 가지게 된다.

표 7. 디바이스 제어 요청 패킷
Table 7. Device control request packet

Index	Arguments	size	Value(hex)
0	P_PROTO_MGNT	1Byte	0x12
1	P_TYPE_REQ+P_CMD_DEVI CE_CONTROL	1Byte	0x12
2	Mandatory	1Byte	0x01
3	ClusterID	2Byte	
4	DeviceID	2Byte	
5	LocationType	1Byte	
6	Device Application ID	2Byte	
7	Device Control Command	1Byte	
8	Device Control Value	NByte	
Device Control Command List			
Control_Period	동작주기제어	2Byte	0x01
Control_Relay	On/Off	1Byte	0x02
Command 가 Control_Relay일 경우			
Relay_On	Relay On	1Byte	0xAA
Relay_Off	Relay Off	1Byte	0x55

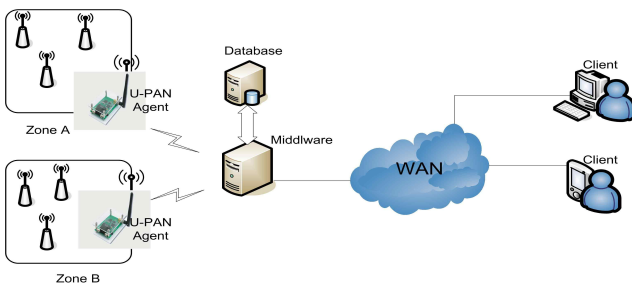


그림 3. 영역기반 분산 자원 저장소 모델
Fig. 3. Zone based on distributed resource repository model

IV. 시스템 구현

4.1 구현 환경

본 논문에서 제안한 관리 프로토콜과 이의 응용인 상황정보관리 미들웨어 및 관리 프로그램의 구현은 다음과 같은 환경에서 구현 및 실험되었다. 센서노드는

ATmega128을 적용한 그림 4와 같은 nano24-EF 교육용 키트를 사용하였다. u-PAN Agent에는 교육용 키트에 포함된 마이크로게이트웨이와 ITX 임베디드 시스템을 사용하였다. u-PAN Agent에는 nanoQ+기반의 TCP/IP API가 탑재되어 센서 노드와 지그비로 통신하고 ITX 임베디드 시스템과는 TCP/IP로 통신한다. 미들웨어를 위한 하드웨어는 Windows XP Home EditCp를 탑재한 데스크탑 PC를 사용하였다. 관리 응용 프로그램과 미들웨어는 자바로 구현하여 데스크탑 PC에 탑재하였으며, 미들웨어의 데이터베이스는 MySql을 사용하였다. nano24-EF 교육용 키트의 센서노드에 탑재되는 센서 임베디드 운영체제는 ETRI의 nanoQ+를 사용하여 Cygwin 환경에서 크로스 컴파일하고 탑재하였다.



그림 4. 무선 센서 모듈(마이크로게이트웨이, 메인모듈, 센서 모듈)

Fig. 4. Wireless sensor module(microgateway, main module, sensor module)

4.2 실험 및 결과

그림 5는 본 논문에서 제안한 관리 프로토콜을 사용하는 u-PAN Agent와 연동하는 ITX 임베디드 시스템의 실행화면이다. 미들웨어에 TCP/IP를 사용하여 클라이언트/서버 방식으로 접속한다. 그림 6은 미들웨어에 TCP/IP로 접속하여 정보를 수집하고 그 결과를 보여준다. 왼쪽 상단에는 센서로부터의 프로파일을 받아 센서의 종류와 특성을 보여주고 있고 왼쪽 하단의 센싱값은 왼쪽 상단의 노드 트리에 등록된 센서로부터의 센싱값을 실시간으로 보여준다. 오른쪽의 센서 연결도는 센서와 라우팅 노드, 싱크 노드들 간의 연결 관계를 나타내는 것으로 사용자 응용인 관리 응용에 이벤트를 등록하여 해당 센서 노드의 센싱값과 비교하여 알람을 발생시킨다.

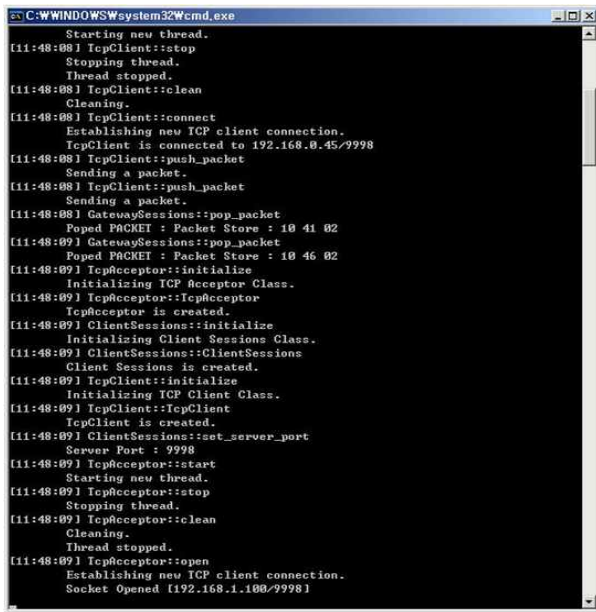


그림 5. 영역기반 미들웨어 실행 결과
Fig. 5. The result of zone based on middleware

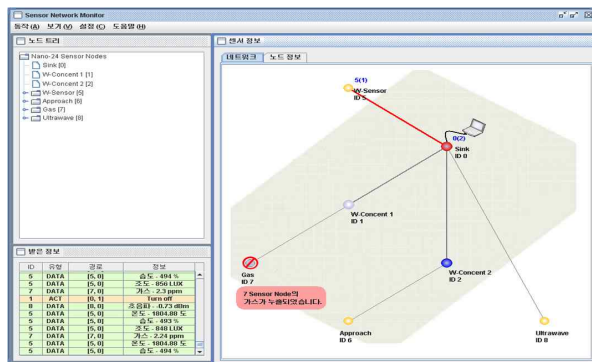


그림 6. 관리 응용 실행 결과
Fig. 6. The result of management application

V. 결론

본 논문에서는 다양한 벤더들에 의해 생산되는 지그비 디바이스들을 추가 설치할 경우의 상호 호환성 문제와 관리응용 서버와 관리응용 클라이언트간의 종속성 문제를 제기하고 이러한 문제점을 해결하기 위한 지그비 디바이스 프로파일기반 관리 프로토콜을 제안하였다. 제안된 관리 프로토콜을 바탕으로 지그비 기반의 WSN 환경에서 이벤트 발생지역의 계층적 논리주소체계를 관

리하고 연속적으로 다른 기능을 가진 센서들의 정보를 유도하는 지능형 상황정보관리 미들웨어를 설계 구현하였다. 제안한 프로토콜은 지그비 프로토콜의 페이로드의 내용을 appProfile Field와 appPayload Field에 변환 저장하여 관리응용 서버와 클라이언트 사이에서 사용되며, 지그비 디바이스의 프로파일을 활용하여 지그비 디바이스의 추가 설치 때에도 즉시 사용이 가능하며 영역기반 상황정보관리 미들웨어는 최적의 인터페이스로 구성되고 효율적인 상호연동을 통하여 센서 필드의 이벤트에 따라 지역적인 데이터 처리가 가능하도록 설계되었다.

참 고 문 헌

- [1] E. Petriu, N. Georganas, D. Petriu, D. Makrakis, and V. Groza. "Sensor-based Information Appliances" IEEE Instrumentation and Measurement Mag., 3:31--35, 2000.
- [2] Zigbee Alliance, "Zigbee specification: Zigbee document 053474r06 Version 1.0" 14 Dec. 2004. web site: www.zigbee.org
- [3] 한국zigbee포럼 "KZF06-001_지그비_홈_자동화_프로파일 Draft Version 1.0" 13 Dec. 2006. web site: www.zigbeeforum.or.kr
- [4] <http://www.zigbee.org/en/documents/SensorsExpo/7-Sensors-Expo-kinney.pdf>
- [5] <http://www.cirronet.com/zg2400e.htm>
- [6] Y. Kidawara, K. Zettsu, M. Katsumoto, "A Distribution Mechanism for an Active User Profile in a Ubiquitous Network Environment," IEEE, 2003
- [7] A. Markopoulos, G. Arvanitis, P. Psilakis, S. Kyriazakos, Prof. G. Stassinopoulos, "Security Mechanisms Maintaining User profile in a Personal Area Network," IEEE, 2003
- [8] D. Zhang, S. Shijagurumayum, "Personalized Content Delivery to Mobile Devices," IEEE, 2003

※ "본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2009-C1090-0902-0040)

저자 소개

김 강 석(정회원)



- 1989년 제주대학교 정보공학과 (학사)
 - 1999년 제주대학교 정보공학과 (석사)
 - 2003년 제주대학교 정보공학과 (박사 수료)
- <주관심분야 : RFID/USN 기술, Context-Awareness Computing>

송 왕 철(정회원)



- 1989년 연세대학교 전자공학과 (학사)
- 1991년 연세대학교 전자공학과 (공학 석사)
- 1995년 연세대학교 전자공학과 (공학 박사)
- 2009년 현재 제주대학교 컴퓨터공학과 교수

<주관심분야 : MANET, VANET, 구조화된 P2P, 정책기반 망 관리>

허 지 완(정회원)



- 2005년 제주대학교 컴퓨터공학과 (석사)
 - 2007년 제주대학교 컴퓨터공학과 (박사 수료)
- <주관심분야 : Network QoS, Cloud Computing Network, MANET>