
무선 홈네트웍을 위한 WSN에 관한 연구

전동근*

A study on the Implementation of Wireless Sensor Network for Wireless Home Networking

Dong-Keun Jeon*

요 약

최근 몇 년간, 홈 네트워킹에 관한 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 홈 네트워킹을 위한 대부분의 기술들은 유선을 기반으로 하지만, 무선 연결을 위한 기술도 필요하다. 본 논문은 홈 네트워크 분야 중에서 무선 네트워크에 초점을 맞추고 있다. 무선 LAN, 블루투스, HomeRF와 같은 많은 무선 통신 기술중에서, 본 논문은 특히 무선 센서 네트워크라는 새로운 기술을 무선 홈네트워크에 적용하는 것을 제안한다. 본 논문은 무선 센서 노드와 무선 센서 네트워크를 위한 하드웨어 및 프로토콜 스택 설계시 필요한 고려 사항을 제시하고, 홈 네트워킹에 무선 센서 네트워크를 적용하기 위한 방법과 다양한 센서 노드로 무선 홈 네트워킹을 구성하는 방법을 제시한다. 마지막으로, 본 논문은 자체적으로 설계된 무선 센서 노드 시스템을 소개하고 이 글을 맺는다.

ABSTRACT

In recent years, many researches in Home Networking are being progressed actively. Most of techniques for Home Networking are based on wired but the technique for wireless connection is also needed. This paper focuses on wireless connection in Home Networking. Of many of wireless technologies, such as Wireless LAN, Bluetooth, or HomeRF, we especially propose to apply the new technique called Wireless Sensor Network. We present hardware and protocol stack design consideration for wireless sensor node and wireless sensor network, and then we present how to apply wireless sensor network to Home Networking and how to constitute Wireless Home-Networking with a variety of sensor nodes. Finally, we introduce the wireless sensor node system designed by us and conclude this paper.

키워드

wireless sensor network, node, Home network, Home RF, sensor system
무선센서네트워크, 노드, 홈네트워크, 홈RF, 센서시스템

1. 서 론

홈 네트워크는 소규모 영역 내에 존재하는 다양한 정보 기기들과 가진 제품들을 연결한다. 홈 네트워크는 유사한 유형의 장치들이 서로의 자원을 공유할 수

있도록 한다. 전화 회선, 전원 선, 이더넷, 광섬유, USB, IEEE1394 등과 같은 정보 기기들과 홈 게이트웨이를 연결하기 위한 다양한 기술들이 존재한다[1]. 이러한 유선기반의 기술들은 주로 홈 네트워크에 고속 및 QoS(Quality of Service)를 제공하기 위해 많은

* 인천대학교 공과대학 메카트로닉스공학(dkjeon@incheon.ac.kr)

접수일자 : 2012. 07. 11

심사(수정)일자 : 2012. 11. 21

게재확정일자 : 2012. 12. 10

연구가 진행중에 있다. 현재 새로운 건물들과 주택들에 이러한 유선 기반의 기술들이 배선 인프라로 적용되고 있다.

또한, 다양한 센서들이 현재 개발되고 있으며, 이러한 센서들이 가까운 미래에 가정에 설치되게 될 것이다[2]. 따라서, 센서들간 또는 센서와 홈 게이트웨이 간의 통신하기 위한 기술이 필요하며, 그들 사이에 통신을 하기 위한 센서 네트워크가 출현하였다. 특히, Lonwork, Local Bus, Field Bus와 같은 다양한 유선 기술들을 기반으로 하는 센서 네트워크가 이미 산업 분야에서 설치되어 활용되고 있다.

그러나, 무선 기술의 성장과 비용감소는 산업 네트워크와 홈 네트워크 분야에서 센서 노드들의 이동성과 유연성을 지원하기 위한 무선 기술의 요구들을 가속화 시키고 있다. 센서 네트워크에서 유선 기술의 무선으로의 대체는 몇 가지 장점이 존재한다[3]. 첫 번째는 설치 비용이 크게 감소한다는 점이다. 유선 온라인 시스템은 케이블의 설치비용이 크다는 단점이 있으며, 모든 센서 노드에 케이블을 설치하기 때문에 유선 센서네트워크는 높은 설치비용이 필요하다는 단점이 있다. 두 번째는 설치에 필요한 케이블의 양이 감소한다는 점이다. 케이블은 유지 보수 비용이 소모되며, 손상에 취약하며, 장비의 이동이나 교체시 케이블을 제거하거나 교체해야한다는 단점이 있다. 따라서, 센서간 또는 센서와 홈 게이트웨이 간의 네트워크를 위해, 본 논문은 홈 네트워크분야에 무선 센서 네트워크를 적용할 것을 제안한다. 이를 위해, 본 논문은 무선 센서 네트워크의 개념 뿐만 아니라, 무선 센서 네트워크를 위해 제안된 프로토콜과 하드웨어를 설계하기 위한 규칙과 고려사항을 기술하였다. 그런 다음, 다양한 센서 노드들이 설치된 홈 네트워크에 무선 센서 네트워크를 적용하기 위한 방법을 소개하였다. 마지막으로, 다른 시스템에도 유연하게 적용이 가능하며, 저렴한 비용과 낮은 전력 소모를 특징으로 하는 자체 제작한 센서 노드를 소개하였다.

II. 무선 센서 네트워크의 개요

현대 사회에서 센서는 전자 세계와 실제 (물리적)

세계를 연결하는 주요 매체이다. 전기 기기 산업이 발전하면서, 세계의 모든 지역에서 수많은 센서들의 설치가 가까운 미래에 가능하게 될 것이다. 또한, 센서 간의 통신이나 중앙 장치에 센서를 연결하기 위한 네트워크가 필요하다.

그러나, 센서 네트워크와 기존 데이터 네트워크 사이에는 명백한 차이가 존재한다. 첫 번째 차이는 센서 네트워크에서 사용되는 노드는 심각한 에너지, 계산능력, 저장능력 및 대역폭의 제약이 있다[4]. 센서 네트워크는 정적 무인 네트워크이며, 센서 노드들은 충전이 불가능하기 때문에, 센서 네트워크에서 가장 중요한 문제는 에너지이다. 두 번째 차이점은 센서 노드가 데이터 중심적이며 어플리케이션에 의존적이라는 점이다[5]. 센서 네트워크에서의 데이터는 속성에 의해 정의되며, 특정 속성 값과 일치하는 어플리케이션 요청 데이터이다. 또한, 중간 노드는 특정 데이터의 결합 및 임시 저장을 수행하며, 데이터 요청 메시지를 전달한다. 이는 전통적인 네트워크에서 노드간 패킷 스위칭을 수행하는 라우터들과 대비되는 점이다. 마지막 차이점은 네트워크에서의 동작이 특정 사용자의 입력 뿐만 아니라, 물리적인 현상에 의해서도 실행된다는 점이다[4]. 각각의 노드의 동작은 다른 노드들과 물리적 현상 뿐만 아니라 사용자의 직접적인 입력에 의한 영향을 받는다. 또한, 사용자는 하나 또는 두 개의 특정 노드의 데이터에는 관심이 없다. 오히려 사용자는 물리적 현상이 동적으로 변화하는 과정에서 발생하는 변수들에 관심을 갖는다.

이러한 이유 때문에, 센서 네트워크를 위한 새로운 디자인 규칙이 필요하다. 또한, 무선 센서 네트워크를 만들기 위해 무선 네트워킹 알고리즘이 필요하다. 모바일 애드혹 네트워크 (MANET), 셀룰러 네트워크 및 근거리 무선 로컬 영역 네트워크들과 같은 관련 무선 네트워크 모델들이 존재한다[5].

MANET은 노드간 멀티미디어 트래픽 전송이 가능한 멀티 홈 네트워크를 형성하고 유지하기 위한 피어 투 피어 네트워크이다[6]. MANET에서 네트워크 형성, 라우팅 및 이동성 관리와 같은 세 가지 태스크는 QoS 기능을 최적화하기 위한 것이다. 에너지 소비는 MANET에서 부차적인 문제이다.

셀룰러 네트워크는 기지국과 모바일 노드로 구성된 거대한 네트워크이다[7]. 각 모바일 노드는 모든 베이

스 스테이션으로부터 1홉 거리에 있으며, 가장 기본적인 목표는 높은 대역폭의 효율성을 유지하는 것이다.

블루투스는 전기 장치들 사이의 케이블을 교체하기 위한 근거리 무선 네트워킹이다[8]. 또 다른 근거리 무선 시스템은 단일 홉 애드혹 네트워크를 처리하기 위해 IEEE802.11을 기반으로하는 HomeRF이다.

위의 네트워크들과는 대조적으로, 센서 네트워크는 수백개에서 수천개의 노드들로 구성된다. 그리고 센서 네트워크에서의 트래픽은 기존의 무선 네트워크의 멀티미디어 스트림 데이터와는 달리 통계적인 특성을 갖는다. 기존 무선 네트워크의 주요 목표는 높은 QoS와 높은 대역폭을 제공하는 데 있다. 그러나, 센서 네트워크는 정적 무인 네트워크이며, 센서 노드의 충전이 불가능하기 때문에, 센서 네트워크의 주요 관심은 에너지를 보존하는 데 있다. 사용자는 모든 노드들을 개별 인식 할 수 없기 때문에, 항상 배터리를 소모할 때마다 배터리를 변경할 수 없다.

III. 무선 센서 네트워크를위한 하드웨어 아키텍처

무선 센서 무선 센서 노드의 하드웨어는 처리 장치, 센서 또는 액추에이터 유닛, 통신 장치 및 전원 관리 장치와 같은 구성 요소를 포함하며 그림 1은 무선 센서 노드의 구조를 보여주고 있다[9].

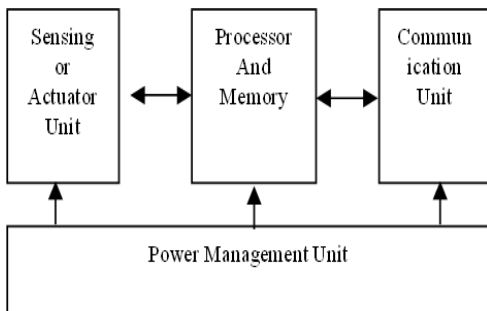


그림 1. 무선 센서 노드의 구조
Fig. 1 Wireless sensor node architecture

센서 유닛은 물리적 환경을 모니터링한다. 예를 들어, 온도계는 주변 환경의 온도를 감지한다. 각각의 센서들은 어플리케이션에 의존적인 속성을 갖는다.

처리장치는 센서 유닛으로부터 받은 데이터를 ADC (디지털 변환기에 아날로그)를 통해 디지털 값으로 변환하며, 메모리에 데이터를 저장하거나, 통신 장치를 통해 데이터를 송수신한다.

통신 장치는 무선 송수신기이며, 처리 장치로부터 받은 데이터를 공기를 통해 전파한다.

전원 관리 장치는 효율적으로 전력을 관리하기 위한 구성 요소이다. 해당 장치는 센서 유닛, 처리장치 및 통신 장치를 제어한다.

또한, 센서 유닛 대신 액추에이터 유닛을 포함할 수 있다. 액추에이터 유닛은 네트워크 상의 다른 센서 노드들로부터 수신한 데이터에 의해 동작한다.

특히, 하드웨어의 생산 비용은 무선 센서 노드를 설계하기 위한 매우 중요한 요소이다.

IV. 무선 센서 네트워크를 위한 프로토콜 스택

앞에서 언급한 것처럼, 기존의 네트워크 아키텍처는 무선 센서 네트워크에서 사용할 수 없다. 따라서, 무선 센서 네트워크를 위한 새로운 프로토콜 스택을 사용해야 한다. 무선 센서 네트워크에 적용하기 위한 여러 아이디어들이 있지만[10,11], 본 논문에서는, 각각의 네트워크 계층에 대한 간략한 설계 규칙만을 기술하였다.

표 1. 무선 센서 네트워크를 위한 프로토콜 스택
Table 1. Protocol specification of wireless sensor network

| Layer | Description |
|-------------|---|
| Physical | Robust modulation and transceiver |
| Data Link | Power awareness MAC |
| Network | Energy-efficiency Routing to support Ad hoc |
| Transport | Connection to internet (TCP,UDP) |
| Application | App-centric to Unified Protocol |

물리 계층은 강력한 변조, 전송 및 수신 기술이 있어야 한다. 매체 접근 제어 (MAC) 프로토콜은 노드 자신의 전력을 인지할 수 있는 능력과 충돌을 최소화

하기 위한 기술을 제공해야 한다. 네트워크 계층은 전력 효율성 라우팅, 데이터 중심, 속성 기반의 주소 인식 또는 위치 인식기능을 제공해야 한다. 센서 네트워크가 인터넷에 연결되기 위해서는, 전송 계층이 특히 필요하다. 어플리케이션 프로토콜은 어플리케이션에 의존적이다. 따라서, 어플리케이션 계층을 위한 통합 어플리케이션 프로토콜의 개발이 필요하다.

V. 홈 네트워크에 무선 센서 네트워크의 적용

그림2는 다양한 센서 노드들이 배치된 홈 네트워크 아키텍처를 보여주고 있다. 센서 노드는 가스 누출 감지기, 침입자 감지기, 온도계, 또는 액추에이터등을 내장할 수 있다.

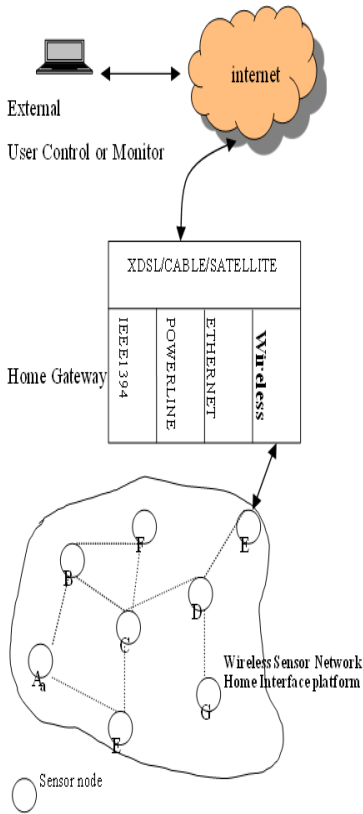


그림 2. 무선 센서 노드가 설치된 홈 네트워크의 구조
Fig. 2 Architecture of network for wireless sensor network

각 무선 센서 노드의 통신은 저렴한 비용과 낮은 전력 소비를 갖는 근거리 무선 트랜시버를 사용한다. 또한, 충돌을 최소화하고, 자신의 남은 전력을 인식할 수 있는 CSMA 알고리즘을 수정한 데이터 링크 계층을 사용한다. 네트워크 계층은 에너지 효율적이며 네트워크를 자동형성하기 위한 애드혹 라우팅 알고리즘을 사용한다.

노드 A와 F는 화재 감지 센서이며, 노드 B와 E는 자동 소화기이며, C는 가스 누출 감지기이며, D와 E는 온도계이고, G는 침입자 감지기 센서라고 가정한다. 모든 노드들은 집 곳곳에 퍼져 있으며, 모든 노드들은 무선 링크로 연결되어 있다.

가스가 집에서 누출되기 시작하면, 센서를 통해 노드 C는 사실을 인지하고 가스가 누출된다는 데이터를 이웃 노드들에게 브로드캐스팅한다. 그런 다음, 이웃 노드는 데이터를 수신하며, 노드가 데이터에 관심이 있는 경우, 프로세서 유닛에게 데이터를 보내고, 프로세서 유닛은 약속된 행동을 하도록 명령을 내린다. 여기서, 노드 B는 노드 C로부터 받은 데이터에 관심이 있으며, 따라서 B는 소화기를 켜다. 노드가 수신한 데이터에 관심이 없는 경우 데이터에 관심이 있는 노드가 나타날 때까지, 다른 노드들에게 데이터를 재전송한다. 이처럼, 홈 게이트웨이나 사용자의 중재없이, 집 안에서 발생하는 현상들은 센서 노드들만으로 처리할 수 있다.

여기서 센서 네트워크가 기존의 네트워크나 애드혹 네트워크와 다른 결정적인 차이점은 소스에서 전송되는 데이터가 특정 목적지를 향하지 않는다는 점이다. 소스 노드가 데이터를 브로드캐스팅한 후, 다른 노드가 데이터를 수신하면, 노드들은 각각의 노드가 속성 기반 라우팅을 통해 해당 데이터에 관심이 있는지 여부를 확인한다. 노드가 데이터에 관심이 있는 경우, 노드는 해당 데이터를 채택하고 액추에이터에 적절한 조치를 보낸다. 또한 모든 데이터는 홈 게이트웨이에 전달되고, 로그를 남기거나 사용자에게 그 사실을 통지한다. 사용자가 현재 상태를 알고 싶어 할 때, 모든 노드는 사용자 또는 홈 게이트웨이로 데이터를 전송한다.

VI. 무선 센서 노드를 위한 개발 시스템

무선 센서 네트워크는 감시 정찰과 같은 군사용 어플리케이션 뿐무선 센서 노드 설계하기 위해 중요한 점은 저렴한 비용, 유연성, 그리고 낮은 소비 전력이다. 본 논문에서는 저렴한 비용, 낮은 전력 소비를 갖는 유연한 노드를 개발했다. 노드는 8KB FLASH, 32KB RAM이 내장된 ATMEL 8bit의 CPU와 2.4 Ghz ISM 대역을 사용하는 저전력 근거리 RF 트랜시버 (RFWAVES)로 구성되며, 8Bit 디지털 입력 및 센서 또는 액츄에이터를 부착하였다.

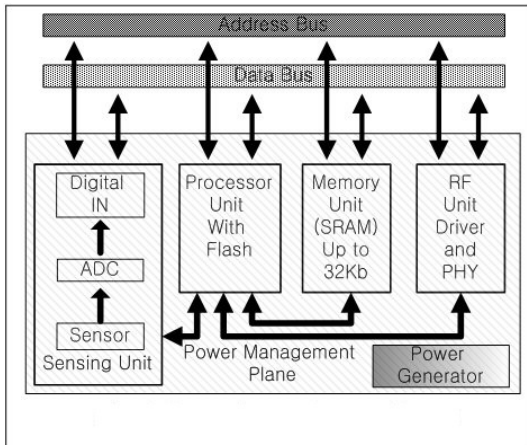


그림 3. 개발 센서 노드 시스템 구조
Fig. 3 Structure of sensor network

개발된 시스템은 \$10 이하의 비용으로 제작이 가능하다. 또한, 모든 센서가 메모리 매핑 I/O 제어 방식을 사용하여 쉽게 설치 될 수 있기 때문에 시스템의 유연성이 보장된다. 또한, CPU와 RF 모듈 사이에 발생하는 데이터는 인터럽트로 처리되어 있기 때문에, CPU는 항상 실행되지 않아도 된다. POWER DOWN MODE 및 IDLE MODE의 사용은 효율적으로 전력 소비를 제어하는 데 도움이 된다.

VII. 결론

본 논문은 홈 네트워크에 무선 센서 네트워크를 적용하는 방법과 운영 할 수 있는 방법을 제안하였다. 기존의 네트워크가 무선 센서 네트워크에 사용될 수 없는 이유를 설명하였으며, 하드웨어 및 프로토콜의

측면에서 무선 센서 네트워크를 위해 바람직한 아키텍처를 제안하였다. 또한, 무선 센서 노드용으로 개발된 시스템을 소개하였다. 이 시스템은 저렴한 비용, 낮은 전력과 유연성을 만족하였다.

감사의 글

이 논문은 인천대학교 2011년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] Amit Dhir, "The Home Networking Revolution," XILINX, pp. 6-10. 2005.
- [2] Jennifer L. Wong, Miodrag Potkonjak, "Search in Sensor Networks: Challenges, Techniques, and Applications," IEEE, pp. IV-3752, 2008.
- [3] Turston Brooks, "Wireless Technology for Industrial Sensor and Control Networks," SIcon'01 Sensors for Industry Conference, pp. 73, 2001.
- [4] 이상학, "주기신호검출을 통한 거짓 정보제거 기능을 갖춘 비디오 화염감지 기법", 한국전자통신학회논문지, 6권, 4호, pp. 479-485, 2011.
- [5] Deboarah Estrin, Ramesh Govindan, John Heidemann, "Scalable Coordination in Sensor Networks," USC Technical Report, pp. 3, 1999.
- [6] Charles E. Perkins, "Ad hoc Networking," ADDISON WISLEY, pp. 35-39, 2010.
- [7] 김경욱, 반경진, 허수연, 김웅곤, "RFID/USN 기반의 센싱데이터 수집을 위한 시스템 설계 및 구현", 한국전자통신학회논문지, 5권, 2호, pp. 221-226, 2010.
- [8] Jennifer Bray, Charles F. Sturman, "BLUE-TOOTH Connect without Cables," Prentice Hall, pp. 101-104, 2001.
- [9] 김범준, "와이브로 네트워크를 통한 음성 서비스의 측정 기반 품질 기준 수립", 한국전자통신학회논문지, 6권, 6호, pp. 823-829, 2011.
- [10] E. Shih, Seong-Hwan Cho, Nathan Ickes, Rex Min. "Physical Layer Driven Protocol and Algorithm Design for Energy-Efficient Wireless Sensor Networks," Commun. ACM, pp. 272-286, 2011.
- [11] K. Sohrabi, J.Geo, Y. Ailawadhi, G.Pottie, "Pro-

ocols for Self-Organization of a Wireless Sensor Network," Proc. ACM Mobicom99, pp. 174-175, 2010.

저자 소개



전동근(Dong-Keun Jeon)

1986년 고려대학교 전자공학과 졸업
(공학사)

1988년 고려대학교 대학원 전자공학
졸업(공학석사)

1992년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2012년 인천대학교 기계시스템공학부 메카트로닉스공학
교수

※ 관심분야 : 이동통신시스템, 센서네트워크통신