

작은 공간에 적합한 폴링기반의 센서 네트워킹

정종성*, 권오영*

*한국기술교육대학교 컴퓨터공학
{biortri, oykwon}@kut.ac.kr

Polling Based Sensor Networking for Small-Space

Jong-Sung Jung*, Oh-Young Kwon*

*Dept. of Computer Engineering,
Korea University of Technology and Education

요 약

주위 환경에서 사물과 컴퓨터간이나 사물과 사물간의 통신은 고급화된 서비스를 지원하기 위하여 절대적으로 필요한 요소가 되었다. 본 논문에서는 작은 공간에서 다양한 서비스를 제공하기 위한 방법으로 센서노드들을 제작하고, 이들이 제공하는 정보를 수집하고 센서노드들을 제어하고 관리하는 제어용 단말기를 Strong-Arm을 이용하여 제작하였다. 이 단말기를 주축으로 작은 센서노드들을 연결하는 성형 네트워크를 구성하였다. 단말기와 센서노드들간의 통신은 RF무선을 사용하였으며, 폴링기반의 통신 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안된 통신 방법은 8초이내에 256개의 센서 노드들과 정보를 주고 받을 수 있으므로, 거실이나 오피스 규모의 작은 공간에서 다양한 서비스를 제공하는데 적합할 것이다.

1. 서론

유비쿼터스란 모든 사물에 컴퓨터가 존재하는 개념이다[1]. 모든 사물이 컴퓨팅과 통신이 가능하여 사용자에게 필요한 정보를 취합하여 알맞은 서비스를 제공하는 것이다. 이러한 시대에 발맞추어 네트워크의 활용은 우리의 일상생활에 꼭 필요한 일부분이 되어 널리 사용되고 있다.

현재 다양한 네트워크들이 존재하고 서비스되고 있으며 또한 새로운 유비쿼터스의 서비스를 위한 네트워크들이 등장하고 있다. 그 중에서 센서들을 연결한 "센서 네트워크"가 네트워크의 새로운 분야로 떠오르고 있다[2]. 센서 네트워크란 정보를 수집하는 센싱 기능과 수집된 정보를 처리하는 능력, 그리고 처리한 정보를 전송하는 통신능력을 가진 다수의 센서노드들로 구성된다. 이러한 센서노드들은 서비스 지역에 배치된 후 자동적으로 최단의 거리와 전력을 계산하여 가장 경제적인 경로로 Ad-hoc 네트워크를 형성한다. Ad-hoc 네트워크는 센서노드들이 하나의 커다란 트리를 구성하여 정보를 릴레이방식으로 전송한다. 이러한 센서 네트워크는 사람이 접근하기 힘든 장소나 특별한 목적의 큰 지역에서 서비스하기

위하여 수많은 센서노드들을 임의적으로 뿌려서 배치한다.

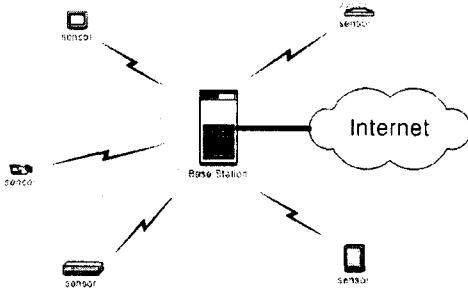
본 논문에서는 버클리의 센서 네트워크처럼 넓은 지역에서 사람이 할 수 없는 일들을 Ad-hoc 네트워크를 구성하여 서비스 하는 것과는 달리 가정의 홈 네트워크의 일환으로 전원 ON/OFF나 예약기능, 식당의 주문서비스, 사무실의 제어 등과 같이 작은 공간에서 다양한 서비스를 제공하기 위하여, 간단한 센서노드들을 제작하였다. 그리고, 이들이 제공하는 정보를 수집하고, 제어하고 관리할 수 있는 제어용 단말기를 Strong-Arm을 이용하여 제작하였다. 이 단말기는 인터넷과 연동되어 다양한 서비스들을 효과적으로 제공하는데 핵심적인 역할을 한다. 단말기와 센서노드들간의 통신은 RF무선을 사용하였다. 본 논문에서 제안된 통신 방법은 폴링 방법에 기반을 두고 있으며 8초이내에 256개의 센서 노드들과 정보를 주고 받을 수 있다. 그러므로, 반경 50m 이내의 작은 공간에서 효과적으로 이용될 수 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제작된 시스템의 하드웨어적인 구성요소인 센서와 단말기에 대하여 3장에서는 제안된 폴링 기반의 통신 방법에 대

하여 기술한다. 4장에서는 제안된 방법을 사무실의 환기 시스템을 예를 들어 설명하고, 5장에는 결론을 기술한다.

2. 시스템 구성요소

2.1 네트워크 구조

네트워크는 센서노드들을 모니터링 및 제어하는 단말기를 중심으로 통신이 가능한 범위의 공간에 다양한 센서노드들이 주위에 놓여져 있다. 센서노드들과 단말기간의 통신을 위한 네트워크 형태는 <그림 1>과 같다. 네트워크는 무선을 사용한다. 네트워크 구성은 물리적으로 성형의 구조를 나타내지만 같은 무선주파수의 채널을 공유하기 때문에 버스 형태의 구조와 동일하다. 본 논문에서 제작된 제어 단말기를 베이스 스테이션 (Base Station) 이란 이름으로 정하였다. 그리고 Base station은 자신의 정보나 서비스를 사용자에게 제공하기 위하여 인터넷을 이용하여 접속한다.



<그림 1> 네트워크 구조

본 논문에서 작은 공간은 단말기를 중심으로 반경 50m 이내의 공간으로 정의하였다. 이 정도의 크기는 가정, 사무실, 건물의 한층 정도를 관리할 수 있는 공간이 된다. 이와 같은 근거리에서 사용할 수 있는 무선 통신에 방법으로 IrDA, 블루투스, IEEE 802.11b, RF(Radio Frequency) 등이 있다. 이들 중에서 본 논문에서 고려한 작은 공간에 적합하고, 센서노드에서 사용될 통신모듈의 파워와 크기, 프로세서의 처리능력을 고려할 때 RF가 가장 적절한 통신 수단이다.

2.2 Base Station

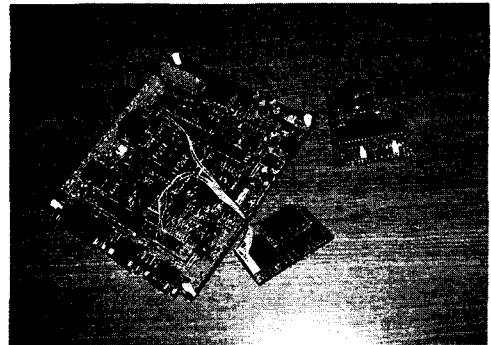
Base station은 성형당의 중앙에 위치한 단말기로, 센서노드들을 관리하고 제어하며, 최종 사용자에게 서비스를 제공한다. 센서노드들을 관리, 제어하기 위해 Base station은 센서노드의 엔트리를 가지고 종류와 특징들을 파악하고 유지한다. 엔트리는 센서의 SID, 종류, 센서의 값, 설명으로 4가지로 구성된다. (1) 센서의 SID 값은 센서노드를 구별하는 개별

적인 주소이다. (2) 센서의 종류는 입력센서{00}와 출력센서{11}를 구분하며, 온도센서, 광센서 등 센서의 역할을 알 수 있다. (3) 센서의 값은 센서의 현재 상태값을 나타낸다. (4) 설명은 사용자에게 센서의 대한 특징과 내용을 표시한다.

SID	센서의 종류	값	설명
01	input{00} - temp.	23	inner room temperature
02	input{00} - temp.	22	out door temperature
05	input{00} - light	17	inner room lux
1a	output{11} - on/off	1	lighter on/off

<표 1> 센서노드의 엔트리

또한 사용자에게 서비스를 제공하기 위하여 Base station은 인터넷을 통하여 정보를 제공한다.

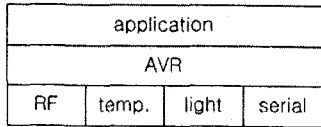


<그림 2> Base Station

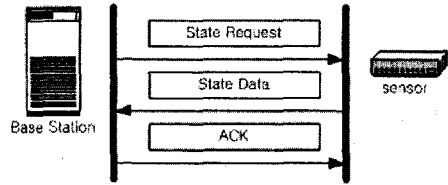
Base Station은 위와 같은 처리능력을 고려한 Strong-Arm를 사용하였으며, 통신을 운용하기 위하여 Linux를 기반으로 한 프로그램을 작성하였다. <그림 2>는 본 논문에서 제작한 Base station이다.

2.3 센서노드

센서노드들은 서비스에 필요한 주위의 데이터를 센싱한다. 센싱된 데이터는 프로세서에서 처리하여, 단말기에 정보를 전송한다. <그림 3>은 센서노드의 구성을 보여주고 있다. 센서노드에 사용되는 센서들의 종류로는 빛을 감지하는 광센서, 온도를 측정하는 온도센서, 위치를 구하는 마그네틱 센서 등이 있으며, 다양한 센서들을 부착할 수 있도록 통합된 센서 인터페이스를 가지고 있다. 센싱된 데이터의 처리와 RF 통신을 위하여 소형의 ATMEl사의 8bit AVR 프로세서를 사용하였다. 현재 센서노드의 응용은 C 프로그램으로 작성하여 응용이 직접 수행되는 방식을 취하고 있다. 향후 TinyOS와 같은 형태의 이벤트 핸들링 수준의 간단한 운영체제를 구성하여 센서노드의 운영체제로 사용할 계획이다.



<그림 3> 센서노드 블럭도

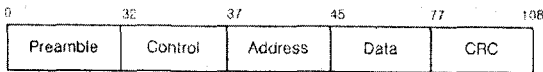


<그림 6> 기본적인 전송패킷

3. System 통신방법

3.1 패킷 크기

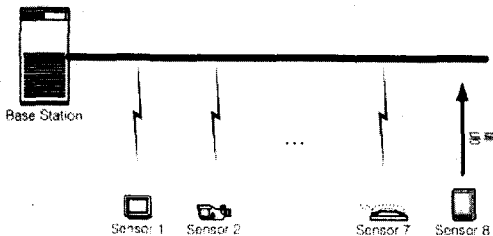
Base station과 sensor간의 통신에 전송에 오버헤드가 크게 발생하지 않도록 패킷의 크기를 작게 하였다. 패킷에 사용되는 구조를 보면 총 108-bit로 <그림 5>와 같이 5부분으로 (1) 패킷의 데이터 수신을 맞추기 위한 preamble 32-bit, (2) 패킷 제어 명령을 위한 5-bit로, 32개의 명령을 사용할 수 있으며, (3) 각 센서들을 구별하기 위한 8-bit 주소로 등록을 위한 디폴트 어드레스 1개를 제외한 255개의 센서들을 구별할 수 있으며, (4) 32-bit 데이터 부분, (5) 패킷을 검사하기 위한 32-bit CRC로 구성된다.



<그림 4> Packet의 크기

3.2 패킷 전송방식

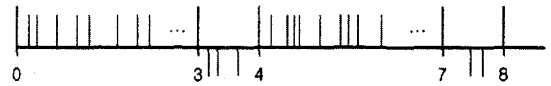
Base station과 센서노드 간 통신은 한 채널을 공유하여 사용하기 때문에 Base station에서 센서노드들을 주기적으로 폴링하여 센서노드들의 상태를 모니터링하며, 이때 필요한 정보를 서로 주고 받는다. Base station에서는 잠시 동안 센서노드들이 등록을 위한 모드를 가진다.



<그림 5> Data 전송 방식

본 논문에서 사용한 RF모듈의 성능의 대역폭이 40Kbit/s이며 패킷을 최대 속도로 보낼 경우 1ms 동안 $40,000 \frac{bit}{s} * \frac{1}{1000} \frac{s}{ms} = 40 \frac{bit}{ms}$ 를 전송할 수 있다. 패킷의 크기가 108-bit 이므로 약 2.7ms 의 시간이 필요하다. Base station에서 10ms 간격으로 패킷을 폴링하여 주고받을 때 기본적으로 3가지의 패킷이 (1) 요청 (2) 응답 (3) ACK 사용되므로 30ms가 필요하다.

총 255개의 센서들에게 상태 값을 요청하고 받을 경우 $30ms * 255 = 7,650ms$ 약 7-8초가 필요하다. 많은 센서들이 동작을 할 경우, 센서들의 등록을 위하여 3초(센서노드 100개)마다 1초 동안 센서노드의 등록을 위한 모드를 가진다.<그림 7>의 3-4, 7-8)



<그림 7> 패킷의 폴링과 등록모드의 시간

3.3 통신 프로토콜

네트워크에서 사용되는 패킷의 종류는 센서노드의 등록/제거, 상태요청/제어, ACK/NAK가 있다.

<등록/제거>

* 센서노드가 On 되었을 경우 센서노드들은 통신 상태를 확인하며 채널이 사용되지 않는 등록모드 일 때 base station과 링크되기 위하여 디폴트 주소(00)를 사용하여 주소요청을 보낸다. 이때 자신의 센서의 종류를 data에 실어서 전송한다.

* base station에서는 주소요청을 받았을 경우 엔트리의 비어있는 SID를 사용하여 센서노드에 주소를 할당하고 데이터의 센서종류를 등록한다.

* 센서노드가 동작을 멈추어야 할 경우 base station에서 상태요청을 할 때 응답으로 제거를 요청한다.

* base station은 센서노드의 제거요청이 들어왔을 때 엔트리에서 센서노드의 등록을 제거한다.

<상태요청/제어>

* base station에서는 등록된 센서노드의 상태값을 요청하여 엔트리에 값을 갱신한다.

* base station에서 센서노드의 상태를 요청하였으나 응답이 없을 경우 3번의 재요청 후에 엔트리에서 제외시킨다.

* 사용자가 센서노드의 제어명령을 내린 경우 base station에서 제어신호의 패킷을 보낸다.

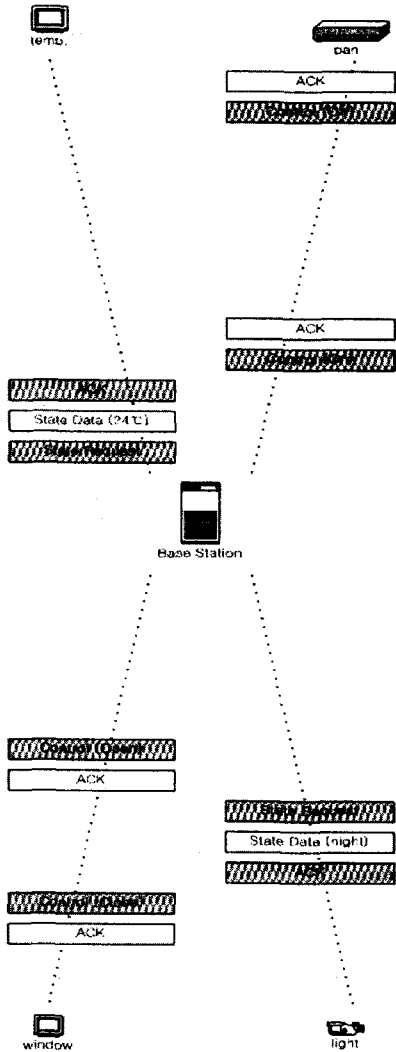
<ACK/NAK>

* ACK는 패킷이 전송이 바르게 이루어졌을 경우 응답으로 전송된다.

* NAK는 전송이 이루어졌으나 데이터의 CRC

check값에 에러가 발생하였을 경우에 응답으로 전송된다.

4. 응용 예



<그림 8> 센서노드의 동작 예

건물 내의 환기시스템의 사용 예를 설명하며 사용된 센서노드들은 다음과 같다.

- 온도를 체크하는 센서노드(sensor1 00)
- 공기를 순환시키는 환풍기 센서노드(sensor2 11)
- 창을 여는 센서노드(sensor3 11)
- 실내 빛의 양을 체크하는 센서노드(sensor4 00)

센서노드들은 주소를 요청한다. base station은 센서노드들의 SID를 할당하고 센서노드의 정보를 base station의 엔트리에 등록한다. base station은 센서노드의 상태값을 가져와 엔트리에 갱신한다.

<그림 8>의 동작은 온도가 23°C를 넘었을 경우

에는 base station은 창문을 열도록 제어하고, 환풍기를 제어하여 공기가 순환하도록 한다. 후에 불이 꺼져 아무도 없을 경우에는 창문을 닫고, 환풍기를 멈추는 통신을 순차적으로 보여준다.

5. 결론

현재의 정보화 시대의 새로운 물결로 유비쿼터스가 대두되고 있다. 이러한 유비쿼터스의 개념이 널리 퍼지고 이슈가 되고 있지만 실제적인 활용방안이나 기술들은 아직 태동하는 단계이다. 본 논문에서는 이러한 유비쿼터스의 개념을 작은 공간에서 제공할 수 있는 서비스에 국한하여 시스템을 구현하였다. 현재 많이 활용되고 있는 범용의 Strong-Arm 계열의 임베디드 보드를 확장한 센서노드들을 관리하기 위한 제어용 단말기를 구성하고, 다양한 센서들을 사용한 센서노드들과 RF를 사용하여 네트워크를 구성하였다. 그리고, 폴링기반의 센서노드와 단말기간의 통신 프로토콜을 제안하였다. 이 방법을 작은 공간에서 효과적으로 사용될 수 있다. 또한 앞으로의 연구는 더 다양한 공간에서 사용가능한 가장 적절한 통신 방법에 대한 연구와 센서노드들로 다양한 망을 구성해 볼 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] M. Weiser, "Ubiquitous Computing", <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiHome.html>
- [2] Jason Hill, Robert Szewczyk, Alec Woo, Seth Hollar, David Culler, Kristofer Pister, "System architecture directions for network sensors", ASPLOS 2000, Cambridge November 2000.
- [3] Jason Hill, Philip Bounadonna, David Culler, "Active Message Communication for Tiny Network Sensors", 2000
- [4] Jason Hill, Masters thesis, "A Software Architecture Supporting Networked Sensors", December 2000
- [5] Nigel Davies, Hans-Werner Gellerson, "Beyond Prototypes: Challenges in deploying ubiquitous systems", pervasive computing, 2002
- [6] Kenneth P. Fishkin, Kurt Partridge, "Wireless User Interface Components for Personal Area Networks", pervasive computing 2002
- [7] Tim Kindberg, Armando Fox, "System Software for Ubiquitous Computing", pervasive computing 2002
- [8] Jason Hill, Masters thesis, "A Software Architecture Supporting Networked Sensors", December 2000