

센서 네트워크와 인터넷간의 게이트웨이를 위한 맵핑 알고리즘

김미정^o 공인엽 이정태
 부산대학교 컴퓨터공학과
 {kimjkr21^o, leafgirl, jtleee}@pusan.ac.kr

Mapping Algorithm for Gateway between Sensor Network and Internet

MiJung Kim^o InYeup Kong JungTae Lee
 Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

요 약

소형, 저가, 저전력의 센서노드와 무선 네트워크가 접목된 센서 네트워크 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나, 기존의 센서 네트워크는 인터넷에 접속되지 않으므로 센서 네트워크의 서비스를 원격으로 이용할 수 없다는 문제점이 있다. 이에 본 논문에서는 센서 네트워크와 인터넷 망을 연동하여 센서 네트워크 서비스를 제공하는 센서 네트워크 게이트웨이를 설계하고 구현하였다. 센서 네트워크 게이트웨이는 인터넷 망의 IP 주소 및 소켓 정보를 센서 노드들의 주소와 맵핑함으로써 외부의 인터넷 망에서도 센서 네트워크에 접근할 수 있게 한다.

1. 서 론

무선 통신의 효율성이 증대되면서 다양한 분야에서 저속, 저가, 저전력의 무선 통신 분야의 기술이 각광을 받고 있고, 현재 건강, 군사, 홈 네트워크, 환경 감시 등과 같은 응용 분야에 센서 네트워크 기술이 적용되고 있다. 센서 네트워크에 관련된 최근 연구 개발에서 IEEE는 Physical Layer ~ Data Link layer까지 저전력 소모와 복잡도가 높지 않는 Personal Operating Space 영역에서의 무선접속을 제공해주는 표준을 제정하였고, 이러한 활동 결과를 바탕으로 Zigbee에서는 Network Layer를 포함한 Application Layer에 대한 구체적인 표준화 활동이 진행되고 있다[1][2].

그러나 기존의 센서 네트워크는 인터넷 망을 통해서 센서 네트워크 내의 센서 노드들의 정보들을 이용할 수 없는 문제점이 있었다. 따라서 본 연구에서는 IA(Internet Adapter)[3]와 센서 보드를 이용하여 둘간의 프로토콜을 변환해줌으로써, 원격에서 센서노드의 정보를 이용할 수 있는 센서 네트워크 게이트웨이를 구현하였다. 이러한 센서 네트워크 게이트웨이는 본 연구실에 구축된 시험망을 통하여 그 기능을 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 센서 네트워크 기술과 인터넷 기술과의 차이점을 제시하고, 3장에서는 센서 네트워크 게이트웨이의 알고리즘에 대한 내용을 설명하고, 4장에서는 구현된 게이트웨이에 대한 동작 시험에 관한 내용을 보여주며, 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대해 제시하였다.

2. 센서 네트워크

센서 네트워크는 센서 노드들을 무선 네트워크로 연결한

네트워크이다. 이는 제한된 파워와 컴퓨팅 능력, 그리고 적은 메모리의 사양을 가진 수십 개~수백만 개까지의 센서 노드들로 구성된다. 그리고 이는 인터넷 망과는 달리 토폴로지의 변화가 빈번하며, 브로드캐스트 형태로 통신한다. 이러한 특징을 가지는 센서 네트워크는 그림 1과 같은 토폴로지를 구성된다.

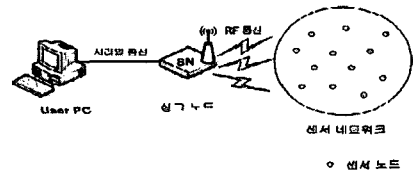


그림 1. 센서 네트워크의 기본 구성

센서 노드는 센서 장치로부터 획득한 측정치를 싱크 노드에게 알려준다. 싱크 노드는 센서 네트워크내의 센서 노드들을 관리하며, 외부의 네트워크로 센서 노드의 데이터를 전달해준다. User PC는 온도, 습도와 같이 센서 노드에서 수집한 데이터들을 싱크 노드를 통하여 확인한다[4].

이러한 센서 네트워크는 인터넷 프로토콜 스택과 비교하면 그림 2와 같다.

Application	SMP, TADAP, ...	HTTP, FTP, ...
Transport	UDP	TCP/UDP
Network	SAR, LEACH, ...	IP
OSAC	802.15.4 MAC	802.3 MAC
PHY	802.15.4 PHY	802.3 PHY

◀센서 네트워크▶ ▶인터넷▶

그림 2. 센서 네트워크와 인터넷 프로토콜 스택 비교

그림 2에서 보는 바와 같이 두 프로토콜 스택은 유사한 것처럼 보이지만 그 내용은 매우 상이하다. 센서 네트워크

프로토콜 스택에서 Physical Layer는 주파수 선택, 신호 감지 등의 기능을 수행하며, 868/915 MHz와 2.4GHz의 ISM 의 주파수 대역을 가진다. 802.15.4 MAC Layer는 Self-organization을 통하여 주변 노드들과 연결하며, power saving mode를 통하여 전력 소모를 줄인다. Network Layer도 SAR, LEACH, Directed Diffusion 과 같은 energy efficient routing 알고리즘을 사용하며, Transport Layer는 UDP방식을 사용한다. Application Layer는 location-based naming 방법과 인증 및 보안 기능을 통하여 센서의 데이터 값을 처리한다.

이와 같이 센서 네트워크는 인터넷과 상이하므로 이를 연동하기 위한 게이트웨이가 필요하며 둘 간의 통신을 펌핑해주는 알고리즘이 필요하다. 이 알고리즘에 대해 본 논문에서 제안한 방식을 3절에서 설명한다.

3. 센서 네트워크-인터넷 게이트웨이 알고리즘

3.1 전체 시스템 구성

센서 네트워크 게이트웨이를 포함한 전체 시스템 구성은 그림 3과 같다.

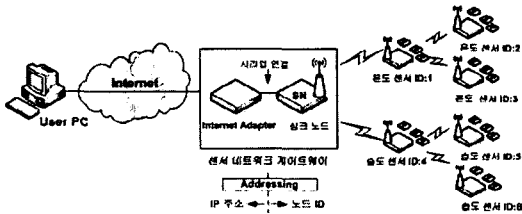


그림 3. 전체 시스템 구성

그림 3에서 센서 노드와 싱크노드, User PC의 기능은 2장에서 설명한 바와 동일하다. 센서 보드로는 온도 센서와 습도 센서가 사용되었다. 센서 네트워크 게이트웨이는 IA(Internet Adapter)와 싱크 노드로 구성되는데, 여기서 IA는 TCP/IP 프로토콜을 하드웨어로 구현한 것이다. 싱크노드는 시리얼 인터페이스로 연결된 IA를 통해 인터넷에 접속 가능하다.

3.2 게이트웨이 동작 알고리즘

3.2.1 센서 노드에 대한 정보 및 �핑 테이블 정의

User PC로부터의 통신에서 센서 네트워크 내에 존재하는 센서 노드들과의 데이터 송수신을 위하여 User PC가 센서 노드들에 대한 정보를 알 수 있도록 싱크 노드로부터 센서 노드들에 대한 정보를 IA를 통하여 수신 받고, 확인한다. 싱크 노드에서 유지하는 센서 노드들에 대한 정보는 표 1과 같다.

표 1. 센서 노드들에 대한 정보

필드 이름	비트수	설명
센서 노드의 ID	16	센서 노드들에 대한 ID
Alive	1	센서 노드들에 대한 동작 여부

인터넷의 IPv4 주소 및 포트 정보를 기반으로 한 소켓 ID와 센서 ID의 �핑 과정을 통하여 생성되는 주소 �핑 테이블의 형태는 표 2와 같으며 이는 IA에 구현된다.

표 2. �핑 테이블

필드 이름	비트수	설명
세션 ID	8	User PC와 센서 노드들간의 다양한 서비스를 구분
소켓 ID	8	User PC에 대한 고유 소켓 번호
센서 노드의 ID	16	센서 노드들의 고유 아이디
타이머	16	엔트리의 유효 시간

3.2.2 서비스 타입 정의

먼저 게이트웨이를 통한 센서 네트워크와 인터넷간의 명령/응답 코드를 다음 표3과 같이 정의하였다.

표 3. 게이트웨이의 서비스 종류

Type	명령/응답	데이터 흐름
0	센서 노드의 정보 업데이트	센서 노드 → 싱크 노드
1	데이터 요청	User PC → 센서 노드
2	데이터 응답	센서 노드 → User PC
3	센서 노드에 대한 정보 요청	User PC → 싱크 노드
4	센서 노드에 대한 정보 응답	싱크 노드 → User PC
5	센서 노드의 임계치를 초과한 경우의 알림 요청	User PC → 센서 노드
6	센서 노드의 임계치를 초과한 경우의 알림 요청 확인	센서 노드 → User PC
7	센서 노드의 임계치를 초과한 경우의 알림 해제 요청	User PC → 센서 노드
8	센서 노드의 임계치를 초과한 경우의 알림 해제 요청 확인	센서 노드 → User PC
9	싱크 노드의 에러	IA → User PC
10	센서 노드의 에러	싱크 노드 → User PC

서비스 종류는 싱크 노드와 센서 노드간에 센서 노드에 대한 정보의 업데이트(Type=0), User PC로부터의 통신에 있어서 센서 노드들에 대한 데이터 요청 및 그로부터의 응답(Type=1,2), 센서 노드에 대한 정보 요청(Type=3,4), 그리고 센서 노드의 데이터 값이 임계치를 초과한 경우에 발생하는 데이터 및 싱크 노드와 센서 노드의 예외적인 상황의 발생에 대한 처리(Type=5,6,7,8)로 구성된다.

이러한 서비스 Type 값을 바탕으로 통신에서 사용될 패킷 포맷은 그림 4와 같다. 이 패킷은 인터넷 측에서는 Ethernet 메시지의 데이터 필드, 센서 네트워크 측에서는 센서 노드 Tiny OS Message의 데이터 필드에 삽입되어 사용된다.

Type(1)	세션 ID(1)	센서 ID(2)	데이터(20)
---------	----------	----------	---------

그림 4. 게이트웨이 패킷 포맷

그림 4에서 Type은 표 3에 정의된 명령/응답 코드를 나타낸다. 세션 ID로 세션을 구분하며, 이를 기준으로 User PC와 센서 노드들간의 �핑 정보를 검색한다. 그리고 최대 20 바이트까지의 데이터를 송수신할 수 있다.

3.2.3 User PC로부터의 통신

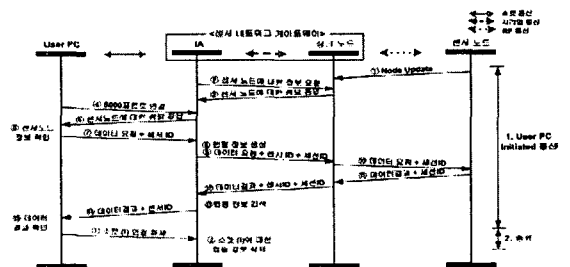


그림 5. User PC로부터의 통신

그림 5에서 싱크 노드와 센서 노드간의 주기적인

업데이트(①)를 통하여 싱크 노드는 센서 노드의 ID 및 동작 여부를 확인하고(Type=0), IA가 싱크 노드로부터 센서 노드에 대한 정보를 획득한다(②~③). 센서 노드에 대한 정보를 나타내는 테이블은 표 2를 참조한다. 그 다음 동작으로 User PC가 5000번 포트로 연결하여 센서 노드에 대한 정보를 IA에게 요청하고 확인하는 과정을 거친 후(④~⑥), User PC는 IA에게 센서 노드에 대해 요청할 데이터(Type=1)와 해당 센서 노드 ID를 포함하여 전송한다(⑦). IA는 User PC로부터 데이터와 센서 ID를 수신 받은 후, 해당 맵핑 정보가 없으면 새로운 맵핑 정보를 생성한다(⑧). 생성된 맵핑 테이블은 표 3을 참조한다. 싱크 노드는 센서 ID 및 세션 ID를 포함하여 요청한 데이터를 센서 노드로 전달하고, 결과 값을 센서 노드로부터 수신 받는다(⑩~⑪). 수신 받은 결과 값은 수신한 세션 ID를 기준으로 맵핑 테이블을 검색하여 해당 소켓으로 데이터 결과 값과 센서 ID를 User PC로 전달한다(⑫~⑭). User PC는 요청한 데이터에 대한 결과값을 응용 프로그램을 통하여 확인한다(⑮). User PC가 소켓과의 연결을 종료하고자 할 때는 동작 '2. 종료'에서와 같이 소켓 연결을 해제하고(⑯), IA가 소켓 연결이 해제됨을 확인한 후, 해당 소켓에 대한 맵핑 정보를 삭제한다(⑰).

3.2.4 센서 노드로부터의 통신

센서 노드로부터의 통신은 센서 노드의 측정된 센서 데이터 값에서 지정된 임계치 값을 초과한 경우에 센서 노드가 User PC에게 그 값을 알리도록 하기 위한 동작이며, 그림 5에서 제시한 User PC로부터의 통신 과정과 거의 동일하다. 단, 동작 1의 ⑦~⑮과정에서 전송되는 데이터 타입은 센서노드의 알람을 요청하는 것이며(Type=7), 맵핑 테이블에 새로운 맵핑 정보가 추가된다(⑧). User PC가 센서 노드로부터의 통신을 종료하고자 하는 경우 그림 6과 같이 센서 노드로부터의 알람 모드를 해제하기 위한 요청을 한다.

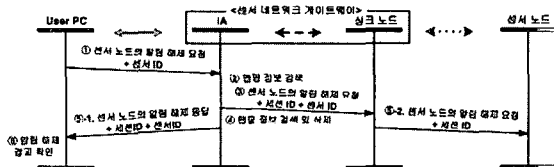


그림 6. 센서 노드로부터의 해제 요청

그림 6에서 User PC가 센서 노드의 알람을 해제하기 위한 요청(Type=7)을 하며(①), IA는 해당 맵핑 정보를 검색하여 삭제하고(②~③), 그 결과를 User PC와 센서 노드에게 알려준다(⑤-1 및 ⑤-2).

3.2.5 예외 사항 처리

게이트웨이의 동작에서 센서 노드 또는 싱크 노드가 응답하지 않는 경우가 발생하면, IA는 해당 맵핑 정보를 삭제하고, User PC에게 노드의 변화를 알려준다(Type=9 또는 10). 그리고 IA는 장기간 사용하지 않는 맵핑 정보가 있을 경우에 표 3의 Timer 필드를 사용한 타임아웃을 통하여 삭제한다.

4. 동작 시험

본 논문에서는 3장에서 제시한 알고리즘을 소프트웨어로

구현하고, 그림 7과 같은 시험망 환경에서 테스트하였다.

테스트 시나리오의 예는 다음과 같다.

먼저, User PC는 온도 센서 노드들에 대한 정보를 얻고(①~③), 온도 센서 노드 1번에게 데이터를 요청하면, IA는 맵핑 테이블을 생성한 뒤, 싱크 노드에게 세션 ID=1, 센서 ID=1의 정보와 함께 요청과 관련된 데이터를 전달한다(④~⑤). 온도 센서 노드 1번으로부터 획득한 현재 온도가 5도임을 나타내는 데이터는 싱크 노드와 IA를 통하여 전달되고, User PC에서 그 결과를 확인한다(⑥~⑦). 이러한 테스트의 실행 결과는 다음과 같다.

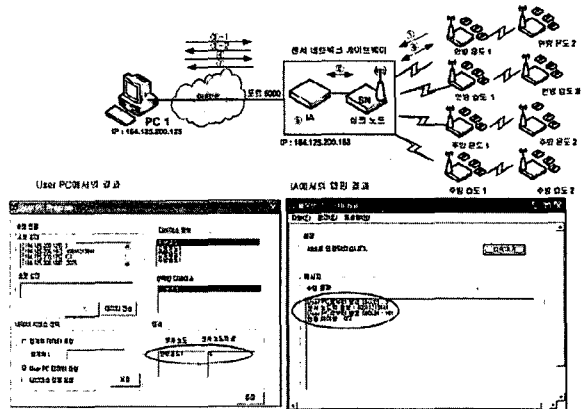


그림 7. 시험망 구성 및 테스트 결과

그림 7에서 보는 바와 같이 User PC에서의 요청이 게이트웨이를 통해 처리되고, 결과를 수신함을 확인함으로써 본 논문의 알고리즘이 제대로 동작함을 확인하였다.

5. 결론

기존의 센서 네트워크는 인터넷 망과 연동되지 않는 단점이 있다. 이에 본 논문에서는 센서 노드들로부터 획득되는 정보를 외부의 망에서 사용할 수 있게 하는 센서 네트워크 게이트웨이를 설계하고 이를 구현하였다.

향후 진행할 과제로는 프로그램 설치 없이 어디서나 접속 가능하도록 User PC 프로그램을 웹 기반으로 구현하고, 시험망 상에서의 충분한 테스트를 통해 알고리즘을 최적화하는 것이다[5].

참고 문헌

[1] Akyildiz, I.F 외 3명 "A Survey on Sensor Networks", Communications Magazine, IEEE, Vol.40, Issue 8, 2002.
 [2] 김진태 외 3명, "저속, 저가, 저전력 무선 PAN 표준 개발 동향", 전자통신동향분석, 제 18권, 제 2호, 2003.
 [3] 이선훈 외 5명, "인터넷 접속용 TCP/IP프로토콜의 하드웨어기술", ㈜위즈넷, 2002.
 [4] J.A. Gutierrez et al., "IEEE 802.15.4: A developing Standard for Low-Power Low-Cost Wireless Personal Area Networks," IEEE Network, Vol. 15, No.5, 2001.
 [5] JASON.H 외 3명, "The PLATFORMS ENABLING WIRELESS Sensor Networks", communications of The ACM, 2004.