6LoWPAN을 이용한 기상관측 시스템 구현 및 결과 분석

정석[O], 신운섭, 유승화, 노병희, 김기형

아주대학교 정보통신전문대학원 정보통신공학전공
{ redplus99[O], gcloud, swyoo, bhroh, kkim86 } @ajou.ac.kr

Implementation and analysis of meteorological observation network system using 6LoWPAN

Seuk Jung[O], Woon-sub Shin, Seung-wha Yoo, Byeong-hee Roh, Ki-hyung Kim
Graduate School of Information & Communication

요 약

이 논문에서는 기존의 기상관측 시스템인 AWS 에 IP-USN 기술 중 하나인 6LoWPAN 을 적용하여 대체 개발한 시스템의 구조, 결과 그리고 문제점 분석 내용을 주로 다루고 있다. IP-USN 이 적용된 이 번 시스템에서는 기존의 IPv4 및 IPv6 인프라와 상호운용 가능하며, 저렴한 개발 비용과 손쉬운 설치 방법으로 기존의 AWS 시스템과 동일한 성능을 보여주었으며, 하나의 AWS 와는 달리 넓은 지역을 효과적으로 관측할 수 있어 수집된 데이터 평균값에 신뢰도를 높여주었다. 그러나, IP-USN 기술을 적용하면서 여러 문제점이 발생하였고, 이를 분석 및 향후 과제를 위한 방법을 제시하였다.

1. 서 론

기존의 센서네트워크 기술들은 IP 망과 호환성이 떨어지는 반면, IP-USN 기술 중 하나인 6LoWPAN (IPv6-based Low-power Wireless Personal Area Networks) 은 기존의 IPv4 및 IPv6 의 인프라와 상호운용이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 이 논문에서는 이러한 6LoWPAN 기술을 이용하여 기존의 기상관측 시스템인 AWS (Automatic Weather System) 에 6LoWPAN 기술을 적용한 기상 관측 시스템의 개발 내용과 문제점에 대해서 언급하고자 한다.

기존의 AWS 시스템은 고비용으로서 한 곳의 데이터를 집중적으로 관측하고 수집하지만, IP-USN 이 적용된 기상 관측 시스템에서는 저비용 및 노드의 설치가 간편하고, 여러 장소에 설치되어 있는 관측노드에서 수집한 데이터는 평균적인 신뢰도가 더 높아 기존의 AWS 시스템과 동일한 성능을 보여주고 있다. 또한 넓은 지역을 수용 할 수 있으며 쉬운 설치방법으로 여러 지역에 설치가 가능하다는 장점을 가지고 있다. 이러한 시스템의 적용 사례는 IP-USN 응용 사례로서 좋은 결과라고 할 수 있다.

먼저 본문에서는 6LoWPAN 및 기존의 기상 관측 시스템인 AWS 에 대해서 간략히 알아보며, IP-USN 기술이 적용된 기상 관측 시스템의 전체적 구조와 각 노드 사이에서 사용되는 프로토콜에 대해서 언급할 것이다. 마지막으로 논문의 후반부에서는 개발된 시스템의 문제점과 이를 해결하기 위한 몇 가지 방법을 언급하면서 논문을 마치고자 한다.

2. 본 문

2.1 기본 지식

2.1.1 6LoWPAN

6LoWPAN (IPv6-based Low-power Wireless Personal Area Networks)은 IPv6 프로토콜을 IEEE 802.15.4을 기반으로 저전력, 저비용으로 구현한 IP 센서 네트워크 기술로서, 한정된 전력과 데이터 처리량이 많지 않고 IP 기반의 무선 환경 어플리케이션에 적합한 기술이다. 또한 적은 비용과 노력으로 기존의 BcN, IPv6, WiBro, 무선랜 등의 인터넷 인프라와 바로 연계될 수 있다는 장점을 가지고 있어 외부망과 상호 운용이 가능하여 여러 서비스를 함께 제공할 수 있다는 장점이 있다.

6LoWPAN에서 사용되는 디바이스 노드는 IEEE 802.15.4 표준을 따르며 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

① IEEE 802.15.4는 작은 크기의 전송 패킷 제한을 가진다. 즉, 물리적 계층의 패킷 크기가 최고 127 바이트로 제한된다.
② 16비트의 short형과 IEEE의 64비트 확장 형식의 MAC 주소를 지원한다.
③ 각 물리 계층의 2.4GHz, 915MHz, 868MHz에 대해서 각각 250kbps, 40kbps, 20kbps의 대역폭을 제공한다. 즉 최고 250kbps 의 저속 통신을 지원한다.
④ 스타, 메시 토폴로지를 지원한다.
⑤ 저 전력의 배터리로 동작하는 것을 기본으로 한다.

⑥ 6LoWPAN 네트워크에 사용되는 장비는 비교적 저가형 센서 등 비교적 단순한 처리, 작은 저장 공간 등을 가진다.
⑦ 6LoWPAN에 사용 되는 센서 기기들의 위치는 일반적으로 고정되지 않는다.

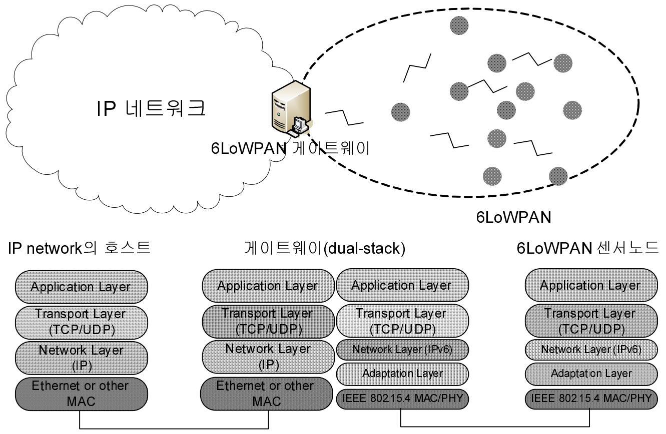

그림 1 6LoWPAN 스택구조 및 외부망 상호 운용

2.1.2 자동기상관측시스템 (Automatic Weather System)

현재 기상관측을 위한 시스템은 사람이 직접 측정하는 방식과 AWS 를 이용한 자동 관측 방식이 있다. 이 중 AWS 는 기상 관측 시스템에 필요한 모든 장비가 하나로 묶여있는 총괄적 시스템이다. AWS 의 구성으로는 데이터를 수집하는 데이터 로거와 고가의 관측 센서들로 이루어져 있다.

관측 센서들은 하나의 데이터 로거에 아날로그로 연결되어 있으며 각각 특화된 센서를 이용하여 기상 정보를 수집하고 아날로그 데이터를 생성한다. 이렇게 생성된 데이터는 데이터 로거에 일괄적으로 수집 되어 국지서버와 연결된 통신망을 통해 데이터가 전달 되게 된다.

이렇게 데이터나 수집 방법이나 결과는 IP-USN 적용 시스템과 다소은 비슷하지만, 지역을 수용할 수 있는 능력은 AWS 가 부족한 점이 있다. AWS 는 가격이 상당히 고가이며 관측 센서들이 한 곳에 모여 있는 단점 때문에 넓은 지역을 수용 할 수 없다. 그러므로 원하는 장소에 원하는 기상 데이터만을 측정하기가 힘들다.

예를 들어, 바닷가 근처의 풍량과 풍속만을 측정하고자 한다면 AWS 시스템은 고가의 비용을 이용해서 바닷가 근처에 AWS 시스템을 설치해야 한다. 그러나 IP-USN 의 경우, 바닷가에 풍량과 풍속을 측정하는 관측 노드는 두고 무선으로 연결되는 거리에 코디네이터 또는 데이터를 라우팅 할 수 있는 다른 관측 노드를 설치하면 되므로 지역면에서는 IP-USN 이 상당히 유리하다.

2.2 기상 관측 시스템에 6LoWPAN 적용

2.2.1 기상 관측 시스템 구조도

이 번 시스템에서 개발된 네트워크 노드의 종류는 크게 기상관측 노드, 데이터수집 노드, 국지서버 이렇게 세 가지로 구분될 수 있다. 다음은 각 네트워크 노드의 특징과 역할에 대해서 설명을 하겠다.

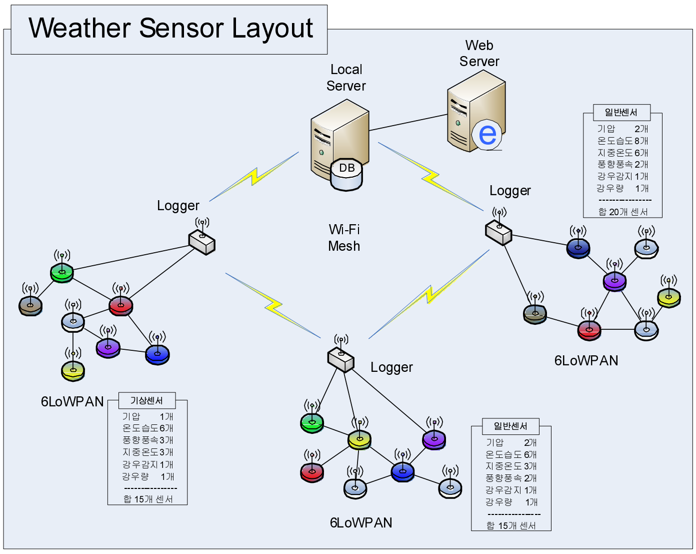

그림 2 IP-USN 기상관측 시스템의 전체적 개요도

위 그림에서 6LoWPAN 에 해당되는 노드들은 기상 관측 노드들을 의미하며, Logger 는 데이터 수집노드, Local Server 은 국지서버를 의미한다. 하나의 시스템에는 여러 개의 기상 관측 노드와 데이터 로거 그리고 하나의 국지서버로 구성된다.

2.2.2 기상관측 노드

기상관측 노드는 이 번 시스템의 말단 노드로서 노드가 위치한 곳의 기상 환경을 측정하여 디지털 데이터 값으로 변환하고, 데이터 수집 노드에게 전달하기 위한 노드이다.

기상관측 노드는 크게 세 가지 디바이스로 구분된다. 첫 번째로 여러 가지 기상 데이터 중 한 가지를 관측할 수 있는 단일 관측센서, 그리고 두 번째로 ADC를 이용하여 센서에서 전달된 아날로그 데이터를 처리하기 위한 ARM 디바이스, 마지막으로 ARM 디바이스에서 전달된 디지털 데이터를 포워딩하기 위한 6LoWPAN 센서네트워크 디바이스다. 아래의 그림은 앞서 설명한 구조대로 데이터가 생성되어 6LoWPAN 디바이스에게 전달되는 모습을 나타내고 있다.

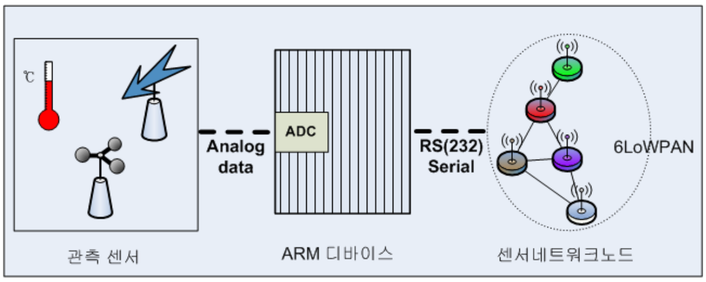

그림 3 기상 관측 노드의 구조

관측센서에서 생성된 아날로그 데이터를 6LoWPAN 디바이스에게 바로 전달할 수 있으나, 이는 저전력 및 제한적 용량을 가지는 6LoWPAN(Atmega 128L , CC2420) 디바이스에 많은 오버헤드를 가져다 줄 수 있으므로, 중간에 고사양의 처리능력을 가지는 ARM(ARM7 Core) 보드를 사용하여 데이터 처리 목적에 따라 특화된 디바이스를 사용하였다.

2.2.3 데이터 수집 노드

데이터 수집 노드의 목적은 세 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째로 여러 기상관측 노드에서 전달되는 데이터 수집 목적과, 두 번째로 수집된 데이터를 IPv4 또는 IPv6 외부망에 전달하는 목적, 마지막으로 국지서버로부터 데이터 수집 명령을 받아들여 센서네트워크로 데이터 명령을 전달하는 목적을 가지고 있다.

데이터 수집 노드는 외부망과 상호 운용이 가능하므로 네트워크의 라우터와 게이트웨이 역할을 동시에 담당하고 있는데, 그 이유는 6LoWPAN 노드의 스택과 외부망(IPv4, IPv6)과 상호 운용을 위한 스택을 동시에 가지고 있어 게이트웨이 역할을 할 수 있고, 또한 외부에서 6LoWPAN 노드에게 전달되는 패킷을 해당 노드에게 라우팅하는 역할을 해주기 때문이다.

또한 데이터 수집 노드는 센서네트워크의 코디네이터가 위치하는 곳으로서 한 관측 지역의 네트워크 중심이다. 그러므로 여러 6LoWPAN 노드로부터 전달되는 데이터를 모두 처리할 수 있도록 ARM 계열의 CPU 처리능력을 가지고 있어야 한다.

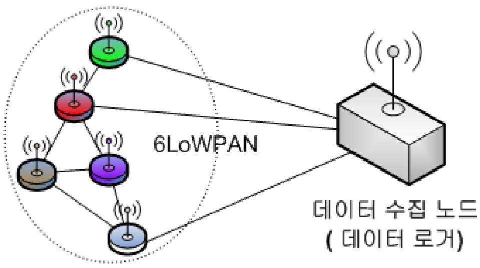

그림 4 기상관측노드와 데이터 수집노드

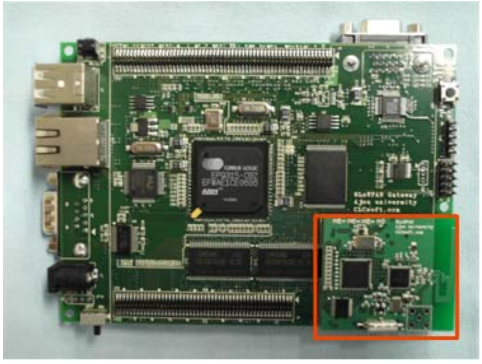

그림 5 데이터 수집 노드

위 그림은 실제 시스템에서 사용된 데이터 수집 노드의 사진이다. 2단층으로 구성되어 있으며, 아래층 디바이스는 ARM 계열의 디바이스이며 사각형으로 표시된 윗 층의 디바이스는 센서 네트워크의 코디네이터로서 듀얼 스택 구성을 위해 RS232 로 연결되어 있다.

2.2.4 국지서버

국지서버의 목적은 데이터 수집을 위해 시간을 동기화 하여, 매 시간마다 데이터 수집 명령을 IPv4 망 및 IPv6 망을 통해 데이터 수집노드로 전달하고, 최종적으로 수집된 데이터를 DB 에 저장하여 웹이나 기타 다른 어플리케이션에서 수집된 데이터를 사용할 수 있게 소스 제공 역할을 하게 된다.

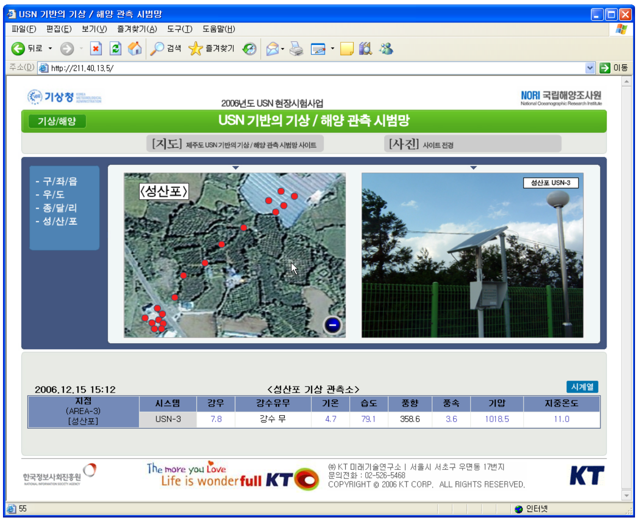

그림 6 수집된 데이터를 이용한 서비스 화면

위 그림은 DB 에 저장된 관측 데이터를 이용하여 웹페이지를 서비스하는 화면으로 원하는 시간 및 원하는 지역의 데이터를 실시간으로 확인 할 수 있다.

3. 문제점 분석

3.1 데이터 수집율

앞서 설명한 구조와 프로토콜을 이용하여 기상 관측 데이터를 수집했으나, 예상외로 수집율이 현저하게 떨어졌다. 그 원인은 크게 운영 시간에 따라 두 가지로 분석이 되었다.

첫 번째로 시스템을 가동 후 초반에는 RS232 를 이용하여 발생되는 데이터 병목현상이 주를 이루었고, 두 번째로 시스템 안정화 뒤에 배터리의 고갈로 전원이 차단되어 노드가 라우팅을 할 수 없는 경우 등의 문제점이 발견 되었다.

3.1.1 RS232 에서 발생되는 데이터 병목현상

이 번 시스템에서 비용의 절감을 위해 이기종간의 데이터 전달을 위해 RS232 가 사용됐으며, 이기종 디바이스마다 포트 타임아웃 및 수신 간격 타임아웃 등의 값이 서로 다르기 때문에 어플리케이션 부분에서 데이터 동기화가 반드시 필요 했다.

그러나 위와 같은 문제점 해결책으로는 데이터 병목현상을 근본적으로 해결할 수가 없어 재전송을 위한 보완책이 필요로 했다.

이를 위해 UDP 를 사용하고 있는 6LoWPAN 스택의 어플리케이션 부분에서 재전송 필드 및 CRC 필드를 두어 데이터 전송 실패시에 대한 대비책을 마련해야 했다.

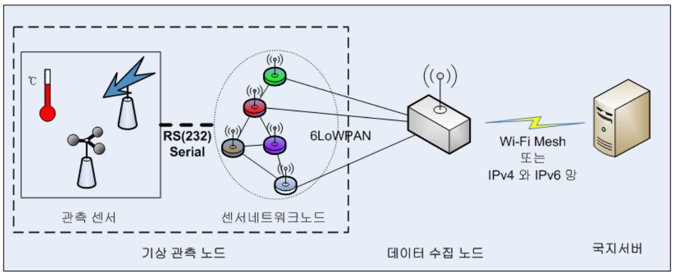

그림 7 단일 시스템에서 데이터 흐름도

예를 들어, 위의 그림 처럼 데이터의 흐름이 '국지서버 -> 기상 관측 노드' 로 될 경우에는 RS232 를 이용하는데 오버헤드가 없지만, 그 반대의 데이터 흐름일 경우 여러 노드에서 동시 다발적으로 수신되는 데이터 속도는 RS232 의 처리 속도를 넘어서기 때문에 데이터 병목현상이 발생하게 된다.

위 와 같은 문제를 해결하기 위해서는 TCP 스택 개발이 필요하겠지만, 저전력 및 제한적 용량을 가지는 디바이스위에 TCP 스택은 오버헤드가 많이 발생하기 때문에 lwIP (light-weight TCP/IP) 와 같은 기술을 사용하여 재전송으로 해결하는 방법이 필요하다.

또 다른 해결 방법으로는 'Chip-to-Chip' 사용하여 데이터 RS232에서 다음 디바이스로 전달되는 데이터의 처리속도를 대폭 향상 시켜 수신되는 데이터의 속도에 대비하는 방법이 필요하다고 생각된다.

3.1.2 동적 라우팅 및 라우팅의 로드 밸런싱 필요

이 번 개발된 시스템에는 동적 라우팅 기능을 포함하지 않는 6LoWPAN 스택이 사용 되었다. 이로 인해 발생되는 문제점은 데이터를 전달하는 도중 디바이스의 오류 및 배터리 문제로 전원이 차단되거나 이상 증세로 정상적으로 작동하지 않을 경우 라우팅 기능을 수행할 수가 없어서 심각한 문제를 발생 시킨다는 것이다.

또한 노드를 임의로 배치할 경우 데이터의 흐름이 중점적으로 발생하는 노드의 경우 빈번한 라우팅의 문제로 전원을 고갈되어 더 이상 라우팅을 할 수 없다는 문제가 발생하게 된다[1]. 이 역시 동적 라우팅 및 전원에 따른 로드 밸런싱으로 해결해야 될 문제이며, 더 나아가 네트워크의 분리화를 방지하기 위해 꼭 해결되어야 될 문제이기도 하다.

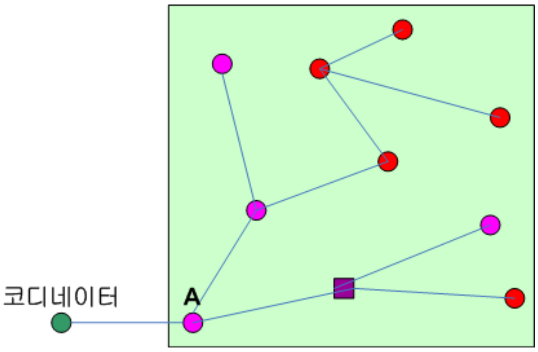

그림 8 메시형태 네트워크에서 네트워크 분리화

예를 들어 위의 그림 처럼 메시 형태로 구성되어 있는 6LoWPAN 센서네트워크 내에서 코디네이터가 있는 데이터 수집 노드로 가는 라우팅 경로 중에 하나의 노드(A) 만이 있다고 가정한다면, 이 중간에 다리역할을 하게 되는 노드가 전원 문제등으로 라우팅 기능을 수행 할 수가 없거나, 빈번한 라우팅으로 전원이 고갈될 경우에는 네트워크의 분리화를 초래하여 더 이상 데이터를 수집 할 수 없게 된다.

그러므로 이를 위해서는 동적인 라우팅이 반드시 필요하며 추가적으로 전원을 고려한 로드밸런싱을 이용하여 노드의 운영시간을 늘릴 필요가 있다.

4. 결론 및 향후 과제

이 번 IP-USN 기술을 적용한 기상 관측 시스템은 저렴한 비용으로 기존의 AWS 와 호환 가능한 관측 시스템을 만들었다는데 큰 의미를 둘 수 있으며, 보다 넓은 지역에 설치가 가능하며 외부 IPv4 및 IPv6 인프라와 연결이 가능하다는 것이 큰 장점이다.

그러나 시스템을 가동 후에 발생되는 몇몇 문제점은 수집율에 많은 영향을 초래했으며 시스템의 신뢰도를 위해서 꼭 보완되어야 될 과제이다. 다음은 향후 과제를 위해 문제점을 정리해보았다.

4.1 네트워크 Life-time을 위한 라우팅 프로토콜의 필요

현재의 라우팅 프로토콜은 네트워크의 전원을 전혀 고려하지 않고 가장 빨리 효과적으로 전달하는데에 목적이 있다. 그러나, 이러한 라우팅 프로토콜의 문제점은 데이터 전송과 수신이 빈번한 노드에게는 전원 소비가 다른 노드들과는 달리 상대적으로 빨리 고갈되어 네트워크의 분리화를 초래 할 수 있게 된다[1]. 또한 많은 양의 트래픽은 데이터 콜리전을 많이 발생 시키므로 데이터의 트래픽을 최소화하기 위한 방법도 고려되어야 한다[2].

4.2 네트워크 매니지 먼트를 위한 어플리케이션 개발

IP-USN 노드는 원격의 거리에서 설치가 되므로 각 노드의 전원 및 현재 상태를 실시간으로 알아 볼 수 있는 매니지먼트 어플리케이션이 필요하다.
예를 들면, 원격에서 노드의 이상증세로 전원의 리셋이 필요할 경우 직접 할 수 없으므로, 원격으로 컨트롤이 가능해야 한다.

4.3 듀얼 스택의 데이터수집노드 및 기상관측노드

현재 데이터 수집 노드와 기상 관측 노드는 실제 듀얼 스택이 아닌 RS232 를 이용하여 이기종간에 데이터를 송수신하고 있다. 그러나 이러한 통신방법은 신뢰성과 전송 속도가 처리 속도에 비해 상당히 떨어지기 때문에 하드웨어적인 개선방법이 필요하다.

5. 참고문헌

[1] Jae-Hwan Chang, Maximum Lifetime Routing in Wireless Sensor Networks, IEEE/ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING VOL 12, NO. 4, 2004

[2] Dragan Petrovic, Data Funneling: Routing with Aggregation and Compression for Wireless Sensor Networks. ,Sensor Network Protocols and Applications, 2003. Proceedings of the First IEEE. 2003 IEEE International Workshop, 156-162, 2003