

동적 애플리케이션 프레임워크 기반의 데이터 수집 및 모니터링 기법

서정희*, 박홍복**

Data Acquisition and Monitoring Technique based on Dynamic Application Framework

Jung-Hee Seo*, Hung-Bog Park**

요약

본 논문은 무선 센서 네트워크를 이용하여 동적 애플리케이션 프레임워크 기반의 데이터 수집 및 모니터링 기법을 제안한다. 무선 측정 노드의 펌웨어 프로그램을 위한 애플리케이션 개발의 최적화를 통해서 다양한 센서들과의 통합 및 제어를 수행한다. 사용자 애플리케이션의 수집 데이터는 노드의 온보드 프로세서에서 무선으로 다운로드 되고, 노드의 온도 초기값 설정을 사용자 애플리케이션으로부터 변경을 지시할 수 있으므로 측정 노드의 동적 샘플링이 가능하다. 따라서 노드의 동적 샘플링 제어를 통해서 기존의 유선 기반의 데이터 모니터링에 비해 센서의 소비 전력을 감소시킬 수 있다.

▶ Keywords : 무선 센서 네트워크, 동적 애플리케이션, 모니터링, 데이터 수집

Abstract

This paper suggested dynamic application framework based data collecting and monitoring technique using wireless sensor network. The development of application for wireless measurement node firmware program integrates with various sensors and performs control. Collecting data of the user application is downloaded from the node onboard process wirelessly. In addition, the user application can change the temperature initial value of the nodes, which enables dynamic sampling of the measurement nodes. Therefore, dynamic sampling control of the nodes can reduce the power consumptions of sensors compared to existing wired data monitoring.

▶ Keywords : Wireless Sensor Network, Dynamic Application, Monitoring, Data Acquisition

•제1저자 : 서정희 •교신저자 : 박홍복

•투고일 : 2014. 10. 21, 심사일 : 2014. 11. 11, 게재확정일 : 2015. 1. 13.

* 동명대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, Tongmyong University)

** 부경대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, Pukyong National University)

I. 서론

기존의 유선 센서 기반의 환경 모니터링 시스템은 성능이 우수한 데이터 수집 보드를 사용하여 원격의 실시간 데이터 처리와 많은 양의 데이터 수집을 가능하게 한다. 그러나 다양한 센서들의 독립적인 전원 공급은 배선을 통해서 네트워크에 배치되고, 이로 인해서 시스템의 유지 보수를 어렵게 한다.

유선 센서 및 모니터링 시스템은 긴 배치 시간, 높은 유지 보수 비용, 케이블의 원격 측정 시스템에 대한 의존도, 다양한 손상을 막아주지 못하는 케이블과 케이블 공급의 많은 수 요로 인해 여러 단점을 가지고 있다[1].

기존의 전통적인 방식에서 환경 모니터링의 데이터 수집 방법은 컴퓨터에 내장된 데이터 수집(DAQ) 시스템을 사용하여 비용이 비싸고, 개발자가 제한된 장소에서 사용할 수 있으므로 하드웨어 장치를 자유롭게 접근하는데 제한이 있어 연구 개발을 수행하는데 많은 어려움이 따른다. 또한, 이런 시스템은 일반 산업 현장에서 요구하는 내장된 DAQ 시스템의 표본과는 많은 차이가 있다.

그리고 컴퓨터에 내장된 데이터 수집 시스템은 주기적으로 새로운 하드웨어를 개발함으로써 발생하는 시스템 업그레이드 또는 시스템 교체로 인해 무선의 휴대용 시스템에 비해 비용이 비싸다. 또한 일반 산업 현장에서는 데이터 수집과 제어를 위해서 무선 휴대용 시스템을 사용하는 것을 선호하고 있다.

지난 10년 동안 무선 및 인터넷 기술의 급속한 발전이 있었다. 필드 버스의 경우 오랫동안 표준화의 노력에도 불구하고 하나의 표준을 생성하는데 실패하였다. 그러나 인터넷의 폭발과 함께 거대한 사무실 IT 시장에 의해 구동되고, 저렴한 이더넷 기반의 네트워크 하드웨어와 PC 기술의 가용성은 이더넷 제어 및 모니터링 시스템을 위한 매력적인 제안이 되었다. 이것은 산업용 이더넷과 항공 산업에 관련된 표준으로 병행되어 개발되었다. 또한 저렴한 비용으로 휴대 전화 기술, PC와 전기 제품을 위한 무선 상호 접속의 출현은 다른 지역에서 이 기술의 채용에 관심을 끌고 왔다. 이미 제품은 이 기술을 이용하고 많은 응용 프로그램이 존재하는 시장에서 나타나고 있다[2].

유선 센서 기반의 모니터링은 센서의 독립적인 전원 공급을 포함해서 전선을 통하여 네트워크에 배치되었다. 그리고 다양한 센서들의 서비스 지원을 위해서 많은 파라미터가 요구되고, 각 센서의 데이터 수집을 위한 컨트롤 보드의 하드웨어 설계가 요구된다. 따라서 유선 센서 기반의 모니터링은 케이블 연결과 같은 배치 시간의 증가, 비용 및 유지 보수의 비용

증가, 그리고 많은 케이블 연결로 인한 문제점을 가지고 있다.

또한 센서 네트워크를 위한 하드웨어와 소프트웨어의 개발로, 서로 다른 센서 시스템들이 많이 등장하고 있다. 각각의 센서 시스템이 자신의 이익을 가지고 있으며, 그 자체가 완벽 하더라도, 이중 센서 네트워크로 통합된 시스템을 만드는 문제점이 있다. 대부분의 응용 프로그램은 여전히 잘 정의된 통합 레이어에 구축하기 때문에 센서 프로토콜 및 센서 인터페이스의 많은 종류의 독점 메커니즘을 통해 센서의 자원을 통합하는 것을 지적했다[3].

본 논문은 무선 센서 네트워크를 이용하여 동적 애플리케이션 프레임워크 기반의 데이터 수집 및 모니터링 기법을 제안한다. 무선 측정 노드의 펌웨어 프로그램을 위한 애플리케이션 개발의 최적화를 통해서 다양한 센서들과의 통합 및 제어를 수행한다. 그리고 노드의 동적 샘플링 제어를 통해서 기존의 유선 기반의 데이터 모니터링에 비해 센서의 소비 전력을 감소시킬 수 있다.

따라서 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 무선 네트워크 및 모니터링과 관련된 연구에 대해 논하고, 3절은 본 논문에서 제안하는 동적 프레임워크 기반의 무선 애플리케이션 모니터링 기법에 대해서 기술한다. 4절은 구현 결과 및 분석, 5절은 결론, 참고 문헌 순으로 기술한다.

II. 관련 연구

환경 현상과 측정 기술에 대한 우리의 지식은 빠르게 증가하고 농업 분야 등 많은 분야에서 이용되고 있다. 개발한 새로운 센서는 재배 작물 생산의 여러 측면을 모니터링하고 제어할 수 있다[3].

또한 온실 환경의 모니터링은 데이터 수집 과정의 효율성을 향상시킴으로써 농업의 현대화에 기여할 수 있다.

특히, 온-보드 시스템, 원격 작동 모니터링, 테스트 및 제어를 위한 이더넷 및 무선 기술의 응용이 고려될 것이다.

효율적인 환경 배포의 경우는 모니터링 사이트(예를 들어, 노드 교체 또는 배터리 충전용)를 재방문하는 것도 바람직하지 않다. 따라서 배포된 무선 센서 네트워크는 미리 지정된 수명 기간 동안 작동하도록 보장되어야 한다. 더 정확하고 실용적 수명 보증, 특정 환경 수명 정위가 고려되어야 한다. 이 논문에서는 환경 응용 프로그램에서 언급한 도전과 원하는 무선 센서 네트워크의 기능을 해결하는데 릴레이 배치를 위한 효율적인 방법을 조사하였다[4].

논문 [2]의 무선 네트워크에 대한 하나의 흥미로운 응용 프로그램은 항공기의 상태 모니터링에서 스트레인 게이지를

사용하여 항공기의 구조 모니터링을 위한 무선 통신 네트워크를 제공하는 것이 가능함을 보여준다. 무선 기술은 네트워크, 무선 센서 네트워크의 분류에 사용된다. 지그비는 IEEE 802.15.4 협회 및 지그비(ZigBee) 얼라이언스에 의해 사용되는 무선 프로토콜이다. 이 연구에서, 네트워크는 지그비 무선 프로토콜을 통해 셀프조직화(selforganizing)할 수 있어야 한다. 차이와 집계 데이터의 동일한 유형은 그룹화 및 지능적인 해석을 위한 하나의 자료로 융합될 필요가 있다. 주요 제한은 제한된 저장과 전원을 포함한다. 컴퓨터와 네트워크 외부 연결의 특별한 노드는 게이트웨이 노드이다. 이 논문은 다중 센서 데이터 융합의 인식 및 분류에 BPN 기술의 어플리케이션을 설명하였다.

무선 통신의 불안정성 및 하드웨어 고장으로 불량 패킷을 호출하는 비정상 패킷이 가끔 있다. 잘못된 패킷은 원래의 정확한 바이트 또는 비트에 차이가 있을 수 있다. 패킷은 유용한 정보를 포함하고 있지만, 어떤 정보 셀이 놓친 바이트에 속하는가를 결정하기 어렵다. 그것을 해결하기 위하여 필터링 알고리즘이 포함된다[5].

지그비는 장거리 거버넌지와 낮은 전원을 요구하는 어플리케이션에서 작동한다. 또한 지그비는 메시 네트워크 토폴로지의 추가로 네트워크 유연성을 구현하며, 이를 통해 엔드 노드로부터 패킷이 가장 짧은 경로를 통해서 게이트웨이로 연결된다.

이러한 센서는 일반적으로 센서에 의해 캡처된 정보를 추출하기 위해 사용될 수 있는 무선 링크를 갖는다. 센서 노드는 소규모 마이크로 제어기와 일반적인 에너지로 배터리를 갖는다. 이들 센서는 에너지 면에서 작고 저비용이 되는 목적을 충족하기 위해, 메모리, 연산 속도와 대역폭은 매우 제한된다. 센서는 모니터링 개체에 데이터를 전송하기 위해 서로를 사용한다. 각각의 센서는 제한된 에너지 공급이 있기 때문에, 네트워크가 길게 지속하는 경우, 센서는 에너지를 보존해야 한다. 무선 통신 등의 다른 노드와 통신하기 위해 쿼리 및 네트워크 기술, 특히 멀티-홉[6] 라우팅 프로토콜로서 데이터베이스 기술은 매우 중요한 기술이다[7].

III. 무선 모니터링 애플리케이션

무선 센서 네트워크는 측정 노드, 중계 노드와 게이트웨이로 구성된다. 측정 노드는 원거리에서 감지되는 온도, 습도, 이산화탄소와 같은 환경 데이터들을 수집하고 공간적으로 분산되어 배치된다. 중계 노드는 측정 노드의 무선 데이터 수집을 위해 거리를 확장하는데 사용된다. 게이트웨이는 노드를 관리하고 측정 노드와 사용자 애플리케이션 사이의 통신을 담

당한다. 또한 게이트웨이는 각 노드로부터 측정 데이터를 수집하고 이더넷과 같은 유선 연결을 통해 사용자 애플리케이션으로 데이터를 전송한다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 노드의 동적 프레임워크 기반의 무선 애플리케이션 모니터링에 대한 전체 시스템 구조를 나타낸다. 무선 측정 노드와 노드에 연결할 디바이스 및 센서들, 게이트웨이, 클라이언트측의 사용자 애플리케이션으로 구성된다.

node₁, node₂ ..., node_n은 무선 측정 노드이다. 이들 노드들은 k-타입의 열전쌍인 TC-V CA의 배꼽 타입과 TC-N CA의 봉 타입의 온도 센서를 노드의 터미널에 직접 연결하고 2.4GHz 라디오의 무선 센서 네트워크 게이트웨이로 데이터를 송신한다.

게이트웨이는 노드의 인증, 메시지 버퍼링, 유선 이더넷 네트워크에 802.15.4 무선 네트워크로부터 브리징한다. 그리고 각 센서 노드로부터 측정된 수집 데이터를 이더넷을 통해서 클라이언트측의 사용자 애플리케이션으로 전송한다.

사용자 애플리케이션의 수집 데이터는 노드의 온보드 프로세서에서 무선으로 다운로드되고, 노드의 프로그램 개발시에 설정한 온도 초기값을 사용자 애플리케이션으로부터 변경을 지시할 수 있다. 따라서 무선 측정 노드의 동적 샘플링이 가능하다.

노드들과 게이트웨이는 메시 네트워크를 형성하고, 클라이언트측의 사용자 애플리케이션과 게이트웨이는 이더넷으로 연결된다.

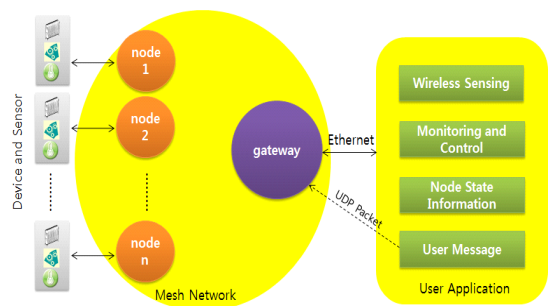


그림 1. 전체 시스템 구조
Fig. 1. Entire System Structure

3.1 노드 프로그래밍

노드의 펌웨어는 사용자에 의해서 프로그램 가능하며 응용 프로그램에 대한 노드 동작을 최적화하기 위해 그래픽 토폴로지를 사용하고, 개발된 프로그램은 노드측으로 무선 환경에서 배포된다. 이전에 측정된 온도 센서의 값에 변화가 있을

때만 사용자측으로 데이터가 전송되도록 프로그래밍한다. 노드가 온도 센서로부터 데이터를 수집하고 전송하는 방법을 사용자가 정의하여 높은 샘플링 속도를 달성할 수 있다.

노드에서 측정된 온도 데이터의 변화에 대해 라인 DIO(디지털 I/O) 터미널에 연결된 장치를 제어할 수 있다. 사용자 메시지는 UDP 패킷의 형태로 전송되며 최대 65 바이트의 크기로 제한된다.

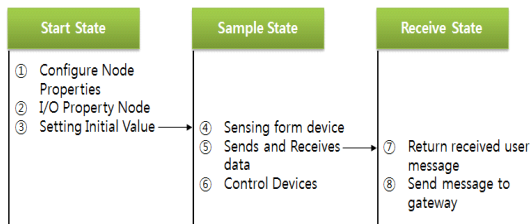


그림 2. 노드 프로그래밍
Fig. 2. Node Programming

노드 프로그램의 실행 모델은 이벤트 기반의 실행 프레임워크를 사용한다. 프레임워크는 이벤트를 처리해야 할 때까지 Sleep 모드를 노드에 설정한 것으로, 배터리 수명을 최적화하기 위해 설계되었다. 다른 상태의 실행 중에 발생하는 이벤트는 현재 상태의 완료 후 즉시 처리된다. 노드에 펌웨어할 프로그램은 그림 2와 같이 Start State, Sample State, Receive State에 대한 프로그램을 구현한다. 시작 상태(Start State)는 노드가 게이트웨이와 연결을 설정하고 네트워크에 가입 이전에 노드에 전원이 켜질 때 호출된다. 시작 상태에서는 노드에 대한 초기 샘플링 간격을 설정할 수 있다. 샘플 상태(Sample State)는 I/O 읽기 및 쓰기, 무선 채널을 이용하여 데이터를 보내고, 노드의 전원 절감을 위한 여러 알고리즘을 적용할 수 있다. 수신 상태(Receive State)는 측정 노드가 게이트웨이로부터 사용자 메시지를 받으면 호출된다.

시작 상태는 그림 2의 ①과 같이 측정 노드에서 샘플링 간격을 제어하도록 설정하고 샘플링이 발생하는 간격은 3초로 설정하였다. ②는 노드에 연결한 온도 센서의 타입 설정으로 여기서는 K-타입을 설정한다. 그리고 DIO 라인에 대한 드라이브 모드를 설정한다. ③은 온도의 초기값을 20으로 설정하였다.

샘플 상태는 노드의 TC0, TC1, TC2, TC3 터미널에 직접 연결된 온도 센서로부터 값을 읽어 들인다(④). TC0, TC1, TC2, TC3 터미널은 시작 상태에서 온도를 초기화한 값과 비교하여 샘플링한 값이 작으면 DIO 터미널에 연결된 장치를 ON하도록 제어한다(⑥). 그리고 WSN 네트워크의

클라이언트측 컴퓨터와 WSN 노드 사이에서 데이터를 전송하고 수신한다(⑤).

수신 상태는 클라이언트의 애플리케이션에서 온도의 초기값을 업데이트하기 위해 사용자 메시지를 노드로 전송하면 노드에 의해서 수신된 메시지를 반환하고 새로운 값으로 초기값을 저장한다(⑦). 그리고 새로 설정된 초기값을 사용자 애플리케이션에서 확인하기 위해 측정 노드로부터 게이트웨이로 새로 설정된 초기값을 전송하고(⑧), 클라이언트는 이 정보를 게이트웨이로부터 사용자 메시지를 읽는다.

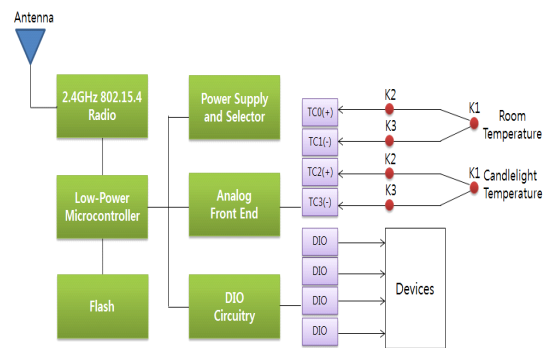


그림 3. 노드에 온도 센서의 연결
Fig. 3. Connection of Temperature Sensor on Node

그림 3은 무선 측정 노드에 두 개의 온도 센서를 연결한 구성도를 나타낸다. 두 개의 열전쌍 와이어는 무선 측정 모드의 터미널에 연결된다. 여기서 K-타입의 열전쌍은 상온과 촛불의 온도를 측정한다.

온도를 측정하기 위한 열전쌍 회로는 K1, K2, K3의 세가지 접점이 있고, 열전쌍 K1은 상온과 촛불 온도에 비례하여 제백 전압을 생성한다. K2와 K3는 각각 제백 계수가 있고 무선 측정 노드의 터미널에서 온도에 비례하여 열전기 전압을 생성한다.

3.2 클라이언트측의 사용자 애플리케이션

사용자 애플리케이션은 측정 노드로부터 센싱된 데이터와 노드 정보를 분석하여 노드의 동작을 동적으로 제어하도록 구현한다. 측정 노드의 온도 센서로부터 적정 온도 이하의 값이 사용자 애플리케이션으로 전송되면 측정 노드의 DIO에 연결된 장치를 ON하도록 측정 노드로 제어를 전송한다.

사용자 애플리케이션은 온도 모니터링과 노드 상태 정보로 나누어진다. 온도 모니터링은 다음과 같은 절차를 수행한다.

- (1) 노드로부터 측정된 온도 값은 차트에 디스플레이하고,

새로운 샘플이 도착되면 차트를 업데이트한다.

(2) 엔드 노드(End Node)의 구성에서 배터리 수명을 보존하기 위해, 측정 노드는 지정된 시간 간격에 전력을 On한다. 또한 사용자 애플리케이션은 측정 노드에서 메시지 전달의 승인을 반환할 때까지 새로운 메시지를 계속해서 검색한다. 즉, 측정 노드로부터 게이트웨이에 의해 수신된 모든 새로운 메시지를 반환한다.

(3) 사용자 애플리케이션에서 사용자 메시지(여기서는 온도의 초기값을 재설정한다)를 해당 노드측으로 전송하여 노드 프로그램으로부터 온도의 초기값의 설정치를 변경한다. 사용자의 메시지는 UDP 패킷을 사용하고 사용자 메시지는 65 바이트의 크기로 제한된다.

노드 상태 정보는 게이트웨이로부터 특정한 측정 노드에 대한 정보를 획득하여 노드의 상태 정보를 디스플레이한다. 여기서는 노드의 ID, 시리얼 번호, 배터리 상태, 링크 품질들의 정보를 확인할 수 있고, 직접 노드로부터 링크 품질의 값을 그래프로 표시한다. 사용자 애플리케이션은 그래픽 기반 개발 환경을 사용하여 수집된 데이터의 고급 처리 및 분석을 수행하며 각 요구에 맞는 방식으로 데이터를 표시한다.

또한 사용자 애플리케이션은 웹서비스에 연동하여 원격의 무선 노드의 제어 및 모니터링을 지원한다.

IV. 구현 결과 및 분석

본 논문의 실험 환경에서 게이트웨이는 NI-9792, 무선 측정

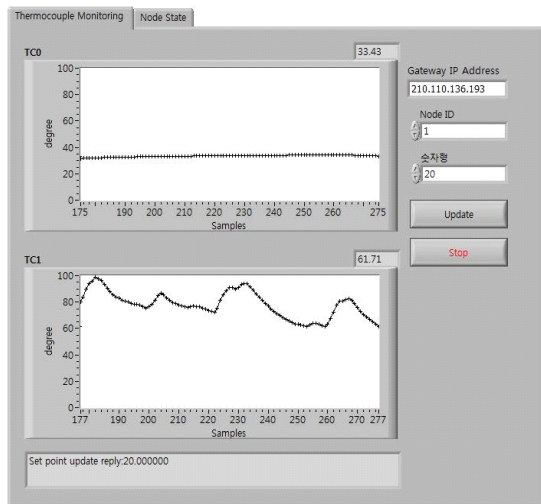


그림 4. 노드의 온도 센서로부터 데이터 수집
Fig. 4. Data Collection from Temperature Sensors of Node

노드는 NI WSN-3226와 NI WSN-3212를 사용하여 네트워크를 구성하였고, 무선 측정 노드에서 측정할 온도 센서는 K-타입의 열전쌍을 사용하였다. 그리고 노드의 동작을 그래픽컬 언어를 사용하여 펌웨어에 프로그래밍한다. 온도 센서의 모델은 TC-V CA의 배꼽 타입, TC-N CA의 봉 타입이다.

이 모델은 대기 중에 있어서 연속 사용할 수 있는 온도는 400℃, 특별히 필요할 경우 단시간 사용할 수 있는 온도의 한도는 600℃를 지원한다.

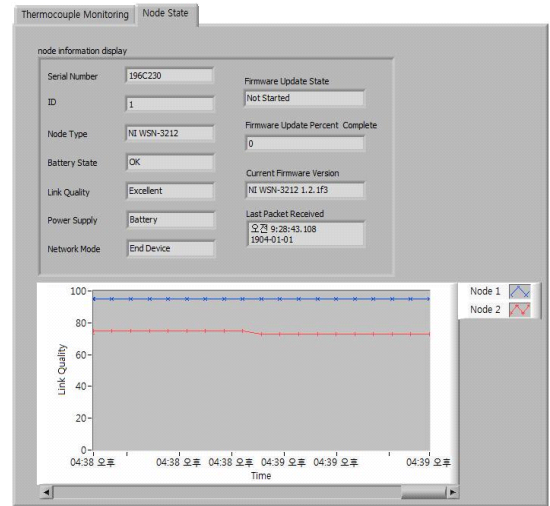


그림 5. 노드의 상태 정보와 링크 품질
Fig. 5. State Information and Link Quality of Node

무선 측정 노드인 NI WSN-3212의 TC0, TC1, TC2, TC3 터미널에 각각 TC-V CA, TC-N CA 모델을 연결하고 각각의 측정된 온도 센서를 그래프로 나타낸다.

그림 4는 측정 노드로부터 온도를 측정한 결과를 사용자 애플리케이션에서 디스플레이한 결과를 나타낸다. 그림 4의 위쪽 그래프는 상온에서의 측정된 결과값을 나타내고, 그림 4의 아래쪽 그래프는 봉 타입 센서(TC-N CA)를 촛불의 가까이 두고 측정한 값을 나타낸다.

그림 4의 숫자형 텍스트 박스에 온도의 초기값 설정을 변경하고 'Update' 버튼을 클릭하면 'Node ID'에서 선택된 노드측으로 초기값 설정을 변경하는 사용자 메시지를 전송한다. 그리고 측정 노드는 사용자 메시지를 전송받아 동적인 프로그래밍을 수행한다.

그림 5는 그림 4의 'Node ID'에서 선택한 노드의 정보를 게이트웨이로부터 전송받아 디스플레이한 결과를 나타낸다. 노드의 타입, 배터리 상태, 링크 품질 등의 정보를 확인할 수 있다. 또한 게이트웨이와 함께 무선 네트워크로 구성된 노드

표 1. 시스템 네트워크 사양의 특징들

Table 1. Characteristic of System Network Specifications

| Characteristic | Paper (2) | Paper (5) | Paper (8) | Proposed Paper |
|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Communication Protocol | IEEE 802.15.4 | ZigBee WSN | Digi-Mesh | Mesh Network |
| Data Transmission Protocol | ZigBee | ZigBee | GPRS | ZigBee/UDP |
| Routing Protocol | ZigBee | Multi-hop Back-Propagation Network | Ad-hoc On-Demand Vector Distance (AODV) | Multi-hop |
| Radio Frequency | ZigBee | IEEE 802.15.4 association and ZigBee alliance | 2.4GHz | IEEE 802.15.4 /2.4GHz |
| Sink Node | Network Coordinator | Gateway | Gateway | Ethernet Gateway |
| Sensor | Temperature, Humidity gas, Pressure | Temperature, Humidity, ultraviolet, illumination | CO ₂ , CO, CH ₄ , NO ₂ , O ₂ , Temperature, Humidity, Fuels | Temperature |
| Coverage Area | 10m ² | 7~23m | 620m ² | 10~300m |
| Mode | Continuous Monitoring, Real Time | Continuous Monitoring, Real Time | Enhancing Monitoring and Remote Connectivity | Continuous Monitoring, Real Time, Sensor Sampling Control |

들의 링크 품질을 실시간으로 확인할 수 있다.

표 1은 본 논문과 논문 [2, 5, 8]의 네트워크, 무선 주파수, 센서 노드 사이의 거리, 통신 프로토콜, 데이터 전송, 애플리케이션의 지원 형태들에 대한 특징들을 종합한 것을 나타낸다.

V. 결론

본 논문은 유선 기반의 모니터링 시스템의 문제를 해결하기 위해서 동적 애플리케이션 프레임워크 기반의 무선 노드의 펌웨어를 위한 애플리케이션을 구현하였다. 여기서는 독립적인 전원 공급이 가능한 센서를 무선으로 대체하고 와이어 연결을 최소화하여 무선 센서 네트워크의 애플리케이션에 적용하였다.

원거리에 위치한 노드들은 게이트웨이와 메시 네트워크를 구성하고 사용자 애플리케이션에서 노드의 상태 정보를 실시간으로 점검할 수 있었다. 또한 사용자 애플리케이션은 노드 측으로 사용자 메시지를 전송하여 노드의 동적인 프로그래밍 구현이 가능하여 노드의 샘플링의 효율성을 제공한다. 따라서 본 연구는 기존의 유선 기반의 데이터 모니터링에 비해 센서

의 소비 전력을 감소시킬 수 있고 모니터링의 효율성을 제공한다.

유선 기반의 환경 시스템의 센서들의 와이어는 전력 소비를 증가하고, 배선의 노화는 시스템의 많은 오류를 야기시킨다. 여기에 무선 통신과 무선 시스템에 대한 통합 작업은 시스템의 유지 보수 비용 절감을 기대할 수 있다.

REFERENCES

- [1] Jung-Hee Seo, Hung-Bog Park, "Integration of Wire-Wireless Sensors based on GreenHouse Environment," 2014 International Conference on Future Information & Communication Engineering(ICFICE 2014), Vol. 6, No. 1, pp. 46-50, June 2014.
- [2] Andrey Somov, Alexander Baranov, Alexey Savkin, Denis Spirjakin, Andrey Spirjakin, Roberto Passerone, "Development of wireless sensor network for combustible gas monitoring."

Sensors and Actuators A, Vol. 171, No. 2, pp.398-405, November 2011.

[3] Haydn A. Thompson, "Wireless and Internet communications technologies for monitoring and control," Control Engineering Practice, Vol. 12, No. 6, pp. 781-791, June 2004.

[4] Mohd Fauzi Othman, Khairunnisa Shazali, "Wireless Sensor Network Applications: A Study in Environment Monitoring System," Procedia Engineering, Vol. 41, pp. 1204-1210, August 2012.

[5] Wen-Tsai Sung, "Multi-sensors data fusion system for wireless sensors networks of factory monitoring via BPN technology," Expert Systems with Applications, Vol. 37, No. 3, pp. 2124-2131, March 2013.

[6] Kim Tae-Hoon, Tipper David, Krishnamurthy Prashant, "Localized Algorithm to Improve Connectivity and Topological Resilience of Multi-hop Wireless Networks," Journal of information and communication convergence engineering, Vol. 11, No. 2, pp. 69-81, June 2013.

[7] Fadi M. Al-Turjman, Hossam S. Hassanein, Mohamed A. Ibnkahla, "Efficient deployment of wireless sensor networks targeting environment monitoring applications," Computer Communications, Vol. 36, No. 2, pp. 135-148, January 2013.

[8] Amro Qandour, Daryoush Habibi and Iftekhhar Ahmad, "Application Framework for Wireless Sensor Networks", Networking, Sensing and Control(ICNSC), 2012 9th IEEE International Conference on., pp. 261-266, April 2012.

저 자 소 개



서 정 희
 1994: 신라대학교
 전자계산학과 이학사.
 1997: 경상대학교
 전산통계학과 이학석사.
 2006: 부경대학교
 전자상거래시스템전공 공학박사
 현 재: 동명대학교
 컴퓨터공학과 조교수
 관심분야: 멀티미디어 응용,
 정보 보호, 모바일,
 원격교육
 Email : jhseo@tu.ac.kr



박 흥 복
 1982: 경북대학교
 컴퓨터공학과 공학사.
 1984: 경북대학교
 컴퓨터공학과 공학석사.
 1995: 인하대학교
 전자계산학전공 이학박사
 현 재: 부경대학교
 컴퓨터공학과 교수
 관심분야: 모바일 시스템,
 멀티미디어 응용,
 컴파일러, 원격 교육
 Email : git@pknu.ac.kr