

무선 센서 망을 이용한 공장 내 장치 관리 시스템 설계

정회원 문성남*, 종신회원 김영한*

A Design of Device Management System for Factories using Wireless Sensor Network

Sung-nam Moon* *Regular Member*, Young-han Kim*^o *Lifelong Member*

요약

일반적인 네트워크를 통한 공장 내 관리와 달리 무선 센서 네트워크를 이용한 공장 내 관리를 위해서는 장치의 발견, 확인, 검증의 과정이 자동으로 수행되어야 한다. 이에 대한 방안으로 본 논문에서는 장치 등록 서버를 제안하고 이를 이용한 관리 시스템을 설계한다. 장치의 발견단계에서는 무선 센서 망에서 사용되는 라우팅 기술의 특성을 이용하고 식별 및 검증 단계에서는 장치를 식별할 수 있는 일반적인 정보를 장치 등록 서버에 저장하여 활용한다. 제안하는 관리 시스템은 구현의 복잡성을 낮추고 여러 종류의 장치들이 분산되어 있는 공장 내에서의 장치 관리를 용이하게 해준다.

Key Words : factory network, wireless sensor network, device registry server, device identification information, device attribute information

ABSTRACT

Unlike traditional factory environment, in an industrial factory network applied wireless sensor network technologies, all procedures of discovery, identification and verification of devices should be performed in an automatic fashion. To address these challenges, we design a management system using the device registry server that we propose in this paper. In the phase of device discovery, the proposed system utilizes properties of routing protocol running in factories. Also, in the phase of identification and verification, the system uses unique and general information of a device stored within the device registration server. Such a way allows management system to reduce implementation complexity and to easily manage devices in a factory applied with a wireless network consisting of heterogeneous devices.

I. 서론

일반적으로 공장 내에서 새로운 장비를 도입하여 설치하고 이를 네트워크를 통해 관리하기 위해서는 관리자에 의해 수동적으로 장비에 대한 식별번호 또

는 주소와 관리시스템과 장비간의 정보 전달 경로 등을 설정해야 한다¹⁾. 산업 공장 내에 무선 센서 네트워크 기술이 사용되면 전원 및 통신선을 제거하여 망 구축비용을 감소시킬 수 있고 장치의 이동이 수월하여 설치 시간을 단축시킬 수 있다. 또한 전원 케이블이나

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2012-C6150-1200-0004)

* 숭실대학교 IT대학 정보통신전자공학부(msn@dcn.ssu.ac.kr, younghak@ssu.ac.kr), (° : 교신저자)
논문번호 : KICS2011-09-424, 접수일자 : 2011년 9월 30일, 최종논문접수일자 : 2012년 2월 28일

통신 케이블의 구축이 어려운 장소나 케이블의 수명을 단축시키는 특정 장소에도 장치를 설치할 수 있기 때문에 광범위한 장소에 많은 수의 장치를 설치하여 정확한 정보를 수집할 수 있다²⁻⁵⁾. 하지만 네트워크를 통한 관리를 위해 기존의 수동적 설정 방식을 사용하면 설치 시간과 비용이 증가하고 설치 오류 발생비율도 높아질 것이다. 따라서 자동적으로 장치의 존재를 인지하고 이를 식별하여 검증할 수 있는 관리 시스템이 필요하다¹⁾.

무선 센서 망 기술이 적용된 공장 망에서의 자동 관리 시스템을 설계할 때에는 이중 장비간의 호환성, 개발의 용이성과 동작의 간략화가 고려되어야 한다.

무선 센서 기능을 가진 장치들은 저용량의 특성을 가지기 때문에 복잡하지 않고 간략한 동작만을 요구해야 한다. 이러한 고려 사항은 장치를 개발하는데 드는 부담도 줄일 수 있다. 공장 망에 설치되는 장치들은 서로 다른 업체에서 제공될 수 있고 사용되는 목적에 따라 종류도 다양하다. 따라서 이러한 차이점에 영향을 받지 않기 위해서는 일반적인 기술과 특징을 사용하여야 한다.

장치가 공장 망에 설치되기 위해서는 공장 망의 관리 시스템과의 연동이 고려되어야 한다. 따라서 공장마다 다른 과정을 가진 관리 시스템에 대한 요구를 맞추기 위해서는 장치 개발의 부담이 따른다. 이러한 부담을 해소하기 위해서는 고급적 특성화된 기능을 추가하지 않고 일반화된 기능을 사용하는 방향으로 설계되어야 한다. 공장 망에 적용하기 위해서는 장치의 부담을 줄이고 기능을 최소화 하여야 하며 장치를 검증할 수 있어야 한다.

센서 네트워크에서 장치를 자동으로 감지하고 설정하기 위해 범용 플러그 앤 플레이(UPnP, universal plug and play) 기술을 적용하는 방안이 연구되고 있다⁶⁾. 저용량의 센서 노드에 직접 UPnP 기술을 적용하기 어렵기 때문에 게이트웨이를 통한 변환 기술이 주로 연구되었다⁷⁾. 하지만 이러한 방법에서는 UPnP 서비스를 추가할 경우 게이트웨이도 같이 업그레이드를 해야 하는 단점이 있다. 만약, 공장 내의 무선 센서 망에 UPnP를 사용할 경우 멀티캐스트를 기반으로 한 장치 등록 과정은 망에 부하를 줄 수 있으며 장치 검증에 대한 별도의 기술이 필요하다. 그리고 UPnP를 지원하기 위한 프로토콜들을 수용해야 하는 기술적 부담이 따른다. 특히, 장치의 발견과 설정의 과정에서 무선 센서 장치에 많은 전력 소모가 발생할 수 있다.

공장 망에서의 장치의 발견, 식별 그리고 설정은 장치의 부담과 망의 자원 사용을 최소화해야 한다. 이러

한 점을 고려하여 본 논문에서는 무선 기술을 이용한 공장 내에서 네트워크를 통하여 장치를 인지하고 확인 검증 절차를 거쳐 설정하는 과정을 자동적으로 수행하기 위한 장치 관리 시스템을 제안하고 효율적인 장치 관리를 위한 장치 등록 서버를 제안한다. 장치 등록 서버는 장치들과의 직접적인 통신 없이 장치의 확인과 검증 과정에 필요한 정보를 제공하기 때문에 장치를 개발하는데 제약을 주지 않는다. 또한 등록되는 장치의 정보로서 일반적인 고유 정보와 동작에 관련된 속성 정보만을 이용하기 때문에 장치의 종류에 제약받지 않는다. 장치의 발견 과정은 센서 망에서 사용되는 라우팅 프로토콜의 특징을 이용하는 방식을 사용하였기 때문에 장치의 참여 없이 게이트웨이와 관리 서버간의 동작으로 이루어지도록 설계하였다. 이러한 설계는 장치 개발의 부담을 줄이고 이중 장치들을 효과적으로 관리 할 수 있도록 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 무선 센서 기술이 적용된 공장 망의 구조와 장치 등록 서버의 구조에 대해 설명하고 III장에서는 관리 시스템의 특징에 대해 평가하고 구현을 통해 실효성을 증명한다. 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 공장 망에서의 장치 관리 시스템 설계

2.1 공장 망 구조

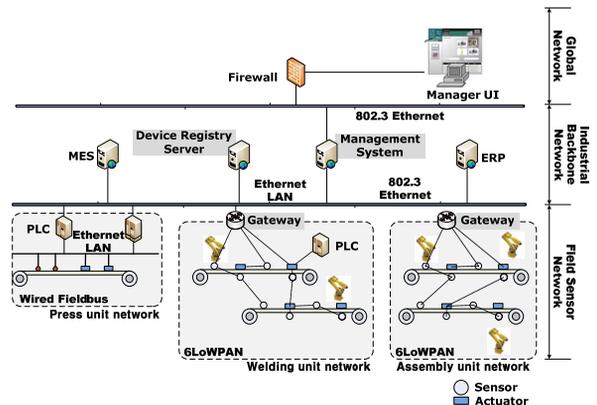


그림 1. 무선 센서 기술이 적용된 산업 공장 망 구조
Fig. 1. Architecture of a industrial factory network using wireless sensor network

본 논문에서는 무선 센서 기술이 적용된 단위 망이 포함된 현장 센서 망을 가진 계층적 구조의 산업 공장 망을 고려한다.

그림 1은 무선 센서 기술을 포함한 다양한 망 기술이 적용된 공장 단위 망들과 이더넷 기반의 랜 기술이 적용된 산업 백본 망과 외부 전원 망으로 구성된 일반

적인 산업 공장 망 구조를 나타낸 것이다^{2,8)}.

현장 센서 망은 각 단위 공정 특성에 적합한 망 기술이 적용된 여러 개의 단위 망들로 구성된다. 무선 센서 기술이 적용된 단위 망의 장치들은 용량이 작고 제한적인 망 자원을 가지기 때문에 작은 양의 데이터를 전송하고 장치 부담을 줄일 수 있어야 한다. 또한 많은 장치들이 분산되어 설치되어 있기 때문에 자가 설정 기능이 지원되어야 한다. 이에 적합한 기술로는 IPv6 over low power WPAN (6LoWPAN)과 IPv6 Routing protocol for low power and lossy network (RPL)이 있다. 6LoWPAN은 자가 설정 기능을 지원하고 헤더 압축 기술을 통해 데이터의 크기를 줄일 수 있다^{9,10)}. RPL은 공장 망의 트래픽 패턴을 수용할 수 있는 라우팅 프로토콜이다¹¹⁾. 공장 망의 트래픽은 주로 장치들로부터 관리 서버로 전송되는 측정데이터와 관리 서버로부터 장치들에게 전송되는 제어데이터로 구성된다. 즉, 공장 망의 트래픽은 일-대-다, 다-대-일로 전송되는 특성을 가진다. RPL은 일-대-다, 다-대-일 그리고 일-대-일의 트래픽 패턴을 지원한다. 네트워크를 구성하는 각 노드들은 루트가 전송하는 광고 메시지를 통해 루트로의 경로를 알게 되고 루트까지 방향성 비순환 그래프(directed acyclic graph, DAG)를 생성한다. 이후 노드들은 자신의 정보를 포함한 광고 메시지를 이 경로를 통해 루트까지 전달한다. 루트는 이 광고 메시지를 통해 자신을 루트로 하는 모든 노드의 주소를 알 수 있으며 각 노드로 트래픽을 전송할 수 있다. 그림 1에서 게이트웨이는 루트 역할을 하여 망을 구성하는 센서와 액츄에이터 등의 장치들에 대한 주소 정보를 파악할 수 있으며 장치들은 루트까지의 경로로 자신의 측정 데이터를 전송할 수 있다.

산업 백본 망은 유선으로 구성되며 이더넷 기반의 랜 기술이 도입된다. 현장 센서 망보다 상대적으로 통신선과 전력선에 대한 제한이 적다. 따라서 자원에 대한 제약보다는 안정성과 보안성이 중요시 된다. 장치 관리 서버와 장치 등록 서버는 그 특성상 많은 처리 자원과 망 자원을 필요로 한다. 또한 철저한 보안이 필요시 되므로 산업 백본 망에 위치하게 된다. 게이트웨이는 현장 망과 백본 망의 경계에 위치하여 두 망간의 트래픽을 전달하는 역할을 수행한다. 따라서 게이트웨이는 RPL에서의 루트 역할을 수행하며 현장 망의 모든 장치의 존재를 알 수 있다.

2.2 장치 등록 서버

2.2.1 장치 등록 서버의 역할

앞서 언급하였듯이 무선 센서 망 기술이 공장 망에 적용되면 설치의 용이성으로 인해 장치의 수가 많아지고 관리가 어려워진다.

이를 해결하기 위해 장치 등록 서버는 공장 망에 장치가 설치될 때 관리 서버에게 장치의 정보를 제공하여 장치를 자동적으로 검증하고 속성을 파악할 수 있도록 해준다.

장치가 구매되면 장치의 정보가 관리자에 의해 장치 등록 서버에 등록된다. 등록이 완료된 장치는 현장에 바로 설치될 수도 있고 이후 필요한 시점에 설치될 수도 있다. 이러한 과정에서 다수의 장치를 수동적으로 확인하고 설정하는 것은 매우 복잡하다. 장치 등록 서버는 장치가 설치될 때 그 정보를 제공하여 설치를 용이하게 해준다. 관리 서버는 장치 등록 서버에 저장된 정보와 장치의 정보가 일치하는지를 검사 하여 유효한 장치인지에 대한 여부를 판단할 수 있다.

등록된 장치의 정보는 장치가 폐기되기 전까지 장치 등록 서버에 유지되어 장치가 망에 설치될 때마다 그 정보를 제공해 줄 수 있다.

2.2.2 장치 등록 서버의 구조

장치 등록 서버는 그림 2와 같이 장치 정보를 입력할 수 있는 사용자 인터페이스, 장치 정보 요청 처리 모듈, 검색 모듈과 장치 정보 저장소로 이루어진다.

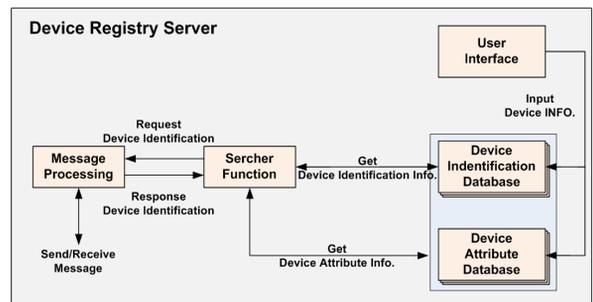


그림 2. 장치 등록 서버의 구조
Fig. 2. Architecture of device registry server

사용자 인터페이스는 관리자에게 구매한 장치의 정보를 입력할 수 있는 인터페이스를 제공한다. 입력된 정보는 장치 정보 저장소에 장치 식별 정보와 장치 속성 정보로 구분되어 저장된다.

장치 정보 요청 처리 모듈은 관리 서버로부터의 장치 정보 요청을 분석하여 검색 모듈로 전달하는 기능을 수행한다. 또한 검색 모듈 엔진으로부터 전달 받은 장치 정보를 응답 메시지를 관리 서버에게 전송하는 기능을 수행한다.

검색 엔진은 장치의 식별 정보와 속성 정보를 검색

하는 역할을 한다. 검색을 위한 인자로 장치의 그룹 정보와 고유한 식별 정보가 사용된다. 장치의 정보가 검색되면 그 결과로 장치의 또 다른 식별 정보를 반환한다.

2.2.3 장치 정보 저장 구조

장치 등록 서버는 장치 정보들을 장치 식별 정보 저장소(Device identification database)와 장치 속성 정보 저장소(Device attribute database)에 계층 구조로 저장한다.

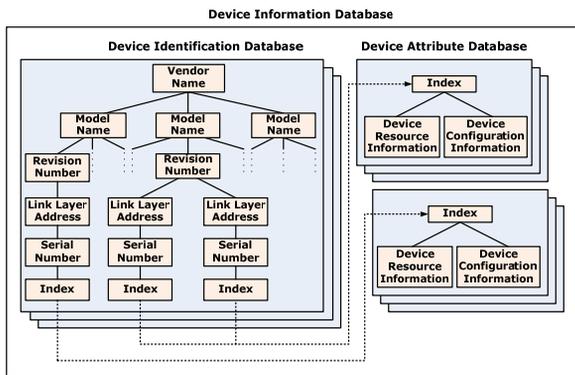


그림 3. 장치 정보 저장 구조
Fig. 3. Device information storage architecture

그림 3에서와 같이 장치 인식 저장소에는 장치를 식별할 수 있는 정보들이 계층구조로 저장되어 링크 주소 정보와 시리얼 정보 그리고 장치 속성 저장 위치 정보들을 검색할 수 있다. 장치 속성 정보는 장치의 자원 정보와 설정 정보로 구성되어 있으며 변경 가능한 값과 읽기 전용 값으로 구분된다.

표 1은 장치 인식 정보의 저장 내용을 나타낸다. 장치 인식 저장소에는 장치의 그룹 정보인 제조 업체명, 모델명, 개정 버전 정보와 장치의 고유 정보인 링크 계층 주소, 시리얼 번호 등의 정보가 저장된다. 또한 장치 속성 정보의 저장 위치를 나타내는 인덱스가 저장되어 있다. 그룹 정보에 따라 장치 속성은 동일할 수 있으므로 여러 개의 장치는 동일한 속성 정보 인덱스를 가질 수 있다.

표 2는 장치 속성 정보의 내용을 나타낸다. 정보의 위치를 나타내는 색인 번호, 센서와 액츄에이터를 나타내는 타입, 측정하는 대상을 나타내는 자원, 측정값을 표현하는 단위 그리고 측정 주기 등의 정보가 있다. 색인번호, 타입 그리고 자원 정보는 장치에 용도에 맞춰진 값으로 변경할 수 없으며 측정값의 단위와 측정 주기는 상황에 맞게 설정할 수 있다.

표 1. 장치 식별 정보 내용
Table 1. Device identification information description

저장소	이름	설명	R/W
장치 식별 정보 저장소	Vendor	장치의 제조 업체명	RO
	Model	모델명	RO
	Revision	개정번호	RO
	Linklayer address	링크 계층 주소	RO
	Serial number	장치의 고유 생산번호	RO
	Index	장치 속성 정보가 저장된 위치	RO

표 2. 장치 속성 정보 내용
Table 2. Device attribution information description

저장소	이름	설명	R/W
장치 속성 정보 저장소	Index	저장 위치	RO
	Type	센서, 액츄에이터	RO
	Resource	온도, 압력, 조도, 전압 등	RO
	Unit	측정값의 단위	RW
	Update freq.	측정 주기	RW

2.3 장치 관리 시스템의 동작

2.3.1 시스템의 구조 및 기능

그림 4는 장치 관리 시스템의 구조와 상호 동작을 보여준다. 무선 센서 현장 망들에는 센서나 액츄에이터와 같은 장치들이 설치된다. 장치에 전원이 인가되면 자가 설정 과정이 이루어지고 자신의 주소를 게이트웨이에 등록하게 된다. 게이트웨이는 무선 센서 현장 망과 산업 백본 망간의 통신을 지원하기 위해 두 망의 경계에 존재한다. 모든 장치들은 게이트웨이를 통해서만 외부 망과 통신할 수 있으며 게이트웨이는 망의 모든 장치에 대한 주소 정보를 알게 된다. 새로운 주소 정보가 라우팅 테이블에 생성되면 새로운 장치가 존재한다고 판단하고 장치의 주소를 관리 서버로 알려준다.

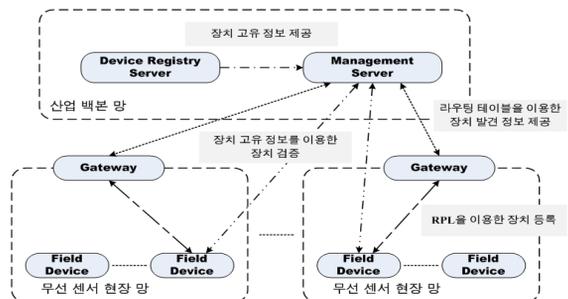


그림 4. 관리 시스템의 구조와 동작
Fig. 4. The Architecture and procedure of management system

산업 백본 망에는 장치 등록 서버와 관리 서버가 설치된다. 장치가 구매되면 관리자는 장치 등록 서버에 장치의 정보들을 입력한다. 장치 등록 서버는 장치의 정보들을 저장하고 제공하는 역할만을 수행하게 된다. 따라서 실제 설치된 장치의 정보 뿐 아니라 설치되지 않은 장치들을 포함한 정보를 저장한다. 이러한 정보들은 장치가 실제 공장에 설치될 때 유효한 장치인지를 검증할 때 제공된다. 관리서버는 장치 등록 서버로부터 장치의 식별 정보를 제공받고 이 정보를 이용하여 장치를 검증한다.

장치 관리 시스템은 장치 발견 단계, 장치 식별 단계, 장치 검증 단계로 이루어지며 각 단계들은 독립적으로 이루어진다. 발견단계에서 게이트웨이는 새로운 장치의 존재를 관리서버에게 알려주고 관리 시스템의 동작에 관여하지 않는다. 식별 단계에서 관리 서버는 장치로부터 제공받은 장치 정보를 장치등록서버에게 전달한 뒤 이에 대한 상태를 유지하지 않는다. 검증 단계에서는 관리 서버가 장치등록서버로부터의 응답이 수신되면 이를 이용하여 장치를 검증하는 과정을 수행한다.

표 3에서와 같이 각 동작에서 사용되는 정보들은 가급적 일반화된 정보를 사용하며 특성화된 기능을 최소화 하였다. 이러한 구조는 개발과 동작의 복잡성을 최소화하여 여러 종류의 장치를 수용하고 확장성을 높이는데 목적이 있다.

표 3. 관리 시스템의 기능과 동작
Table 3. Function and procedure of management system

기능	동작
장치 발견	게이트웨이의 라우팅 테이블 사용
장치 식별	장치 등록 서버에 등록된 장치 인식 정보 이용
장치 검증	시리얼 번호와 임의의 수를 이용

2.3.2 장치 발견 단계

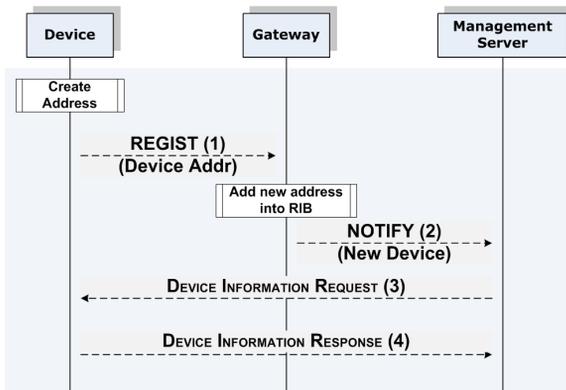


그림 5. 장치의 발견 과정
Figure 5. The procedure of discovery

장치에 전원이 인가되면 자신의 주소를 자가 생성하고 게이트웨이까지의 경로를 생성한다. 이 경로를 통해 게이트웨이에 자신의 주소를 등록한다(1). 만약 게이트웨이가 자신의 라우팅 테이블에서 새로운 주소를 발견하면 관리 서버에게 새로운 장치가 발견되었음을 통보한다(2). 관리 서버가 새로운 장치에 대한 통보를 받으면 장치로부터 식별하기 위한 정보를 얻기 위해 장치 정보 요청 메시지를 전송한다(3). 요청을 받은 장치는 제조사 명, 모델 명, 개정 번호 그리고 자신의 링크 주소 정보를 장치 정보 응답 메시지를 관리 서버로 전송한다(4).

2.3.3 장치 식별 및 검증 단계

관리 서버는 장치를 검증하기 위한 정보를 얻기 위해 장치로부터 전달 받은 정보를 포함한 요청 메시지 (1)를 장치 등록 서버에게 전송한다.

$$M \rightarrow R : \{ \text{vendor, model, revision, LLA, IP} \} \quad (1)$$

장치 등록 서버에는 이미 장치의 모든 정보가 저장되어 있으므로 관리 서버로부터 요청 메시지를 수신하면 장치 식별 정보 저장소를 검색하여 일치되는 정보가 있는지를 확인한다. 만약 일치되는 정보가 발견되면 서버는 장치의 시리얼 번호를 포함한 응답 메시지(2)를 관리 서버에게 전달한다.

$$R \rightarrow M : \{ IP, \text{Serial ID} \} \quad (2)$$

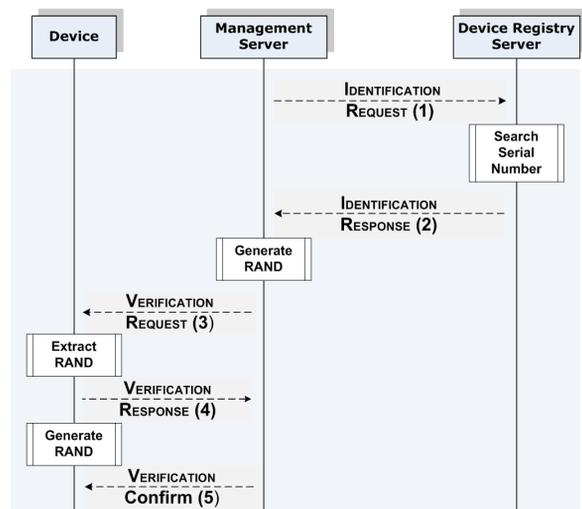


그림 6. 장치의 식별 및 검증 과정
Fig. 6. The procedure of identification and verification

관리 서버가 장치의 시리얼 번호를 수신하면 이 값으로 여러 개의 임의의 값에 배타적 논리합(exclusive or)을 적용하여 그 결과 값들을 검증 요청 메시지(3)

에 포함하여 장치에게 전송한다. X_{Rmn} 은 장치에서 n 번째로 생성한 임의의 값(Rmn)과 시리얼 값으로 배타적 논리합을 적용한 결과 값을 의미한다.

$$M \rightarrow D : \{X_{Rm1}, X_{Rm2}, \dots, X_{Rmn}\} \quad (3)$$

검증 요청 메시지를 수신한 장치는 메시지에 포함된 값과 자신의 시리얼 값을 배타적 논리합을 적용하여 관리 서버에서 생성한 임의의 값을 추출한다. 모든 임의의 값이 추출되면 이 값들을 모두 합한 값과 관리 서버와 동일한 방법으로 생성한 배타적 논리합 값들을 검증 응답 메시지(4)에 포함하여 관리 서버로 전달한다. X_{Rdn} 은 장치에서 n 번째로 생성한 임의의 값(Rdn)과 시리얼 값으로 배타적 논리합을 적용한 결과 값을 의미한다.

$$D \rightarrow M : \left\{ \sum_{i=1}^n Rmn, X_{Rd1}, X_{Rd2}, \dots, X_{Rdn} \right\} \quad (4)$$

검증 응답 메시지를 수신한 관리 서버는 메시지 안에 포함된 임의의 값의 합을 추출한 뒤 자신이 생성한 임의의 값의 합과 일치하는지 확인한다. 두 값이 일치한다면 장치가 검증된 장치라고 판단하고 관리 서버에 등록한다. 이후 장치가 보낸 임의의 값을 추출하여 이 값들의 합을 검증 확인 메시지(5)에 포함하여 장치로 전송한다.

$$M \rightarrow D : \left\{ \sum_{i=1}^n Rdn \right\} \quad (5)$$

검증 확인 메시지를 수신한 장치는 자신의 생성한 임의의 값의 합이 메시지 안에서 추출한 값과 일치하는지를 확인한다. 일치한다면 신뢰할 수 있는 관리 서버로 판단하고 자신의 측정값을 전송하거나 관리 서버로부터의 제어 명령을 수행한다.

III. 분석 및 실험 평가

3.1 분석

표 4. 제안하는 관리 시스템 평가
Table 4. Analysis of proposed management system

특징	설명
간략성	· 센서 망의 다른 기술과 접목하여 특성화된 기능을 최소화
확장성	· 장치 등록 서버를 통한 장치 정보 관리 · 관리 서버는 사용되는 장치의 정보만을 관리
일반성	· 일반적인 장치의 속성을 이용한 장치 검증
이동성	· 장치의 이동 시 장치 등록 서버를 통한 정보 제공으로 재검증, 재설정 가능

제안하는 관리 시스템은 특성화된 기능을 최소화하고 망을 운영하기 위한 기술의 특징을 이용하여 설계하였다. 또한 장치와 관리 서버간의 상호 확인과정 시 사용하는 기술도 특정한 기술과 요소에 제한되지 않도록 장치의 일반적이고 식별 가능한 정보를 사용하였다. 이러한 방식으로 장치 개발의 부담을 줄이고 관리 시스템은 유연성 있게 운영될 수 있다. 장치 등록 서버를 통해 장치의 정보를 제공받는 방식으로 확장성을 높일 수 있으며 다양한 종류의 장치를 설치할 때 복잡성을 낮출 수 있다. 또한 장치가 다른 망에 재 설치되는 경우와 같이 이동성에도 용이한 장점을 제공할 것이다.

3.2 실험

구현을 통해 제안하는 관리 시스템의 실효성을 검증하고 시뮬레이션을 통해 망에 미치는 영향을 파악하였다.

그림 7은 무선 센서 망에 제안하는 관리 시스템을 구현을 통해 적용한 것이다.

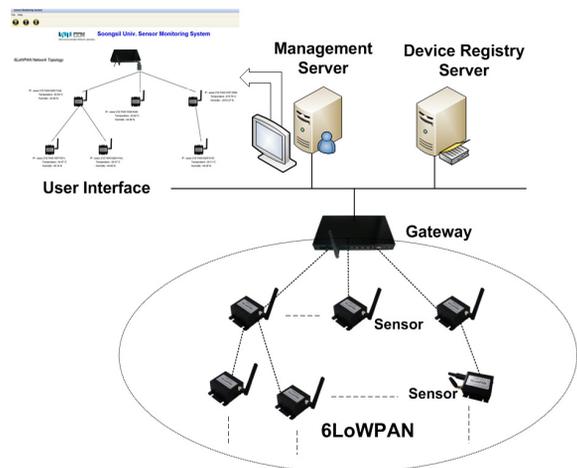


그림 7. 구현 및 실험
Fig. 7. The Implementation and evaluation

각 센서 노드들은 6LoWPAN과 RPL을 지원하며 관리 서버로부터 장치 식별 요청을 받으면 자신의 링크 계층 주소, 개발 업체 명, 모델 명을 시리얼 값으로 변조하여 전달하도록 하였다. 장치의 식별 및 검증 단계가 완료되면 주기적으로 측정값을 관리 서버로 전송하는 역할을 수행하도록 하였다. 사용되는 시리얼 값은 16 바이트이며 이 값에 배타적 논리합을 적용하기 위한 임의의 값도 16 바이트를 사용하였다. 검증 단계에서는 3개의 임의의 값을 사용하였다.

게이트웨이는 센서 인터페이스와 이더넷 케이블을 지원한다. 센서 인터페이스를 통해 각 센서 노드들의

루트 역할을 하며 이더넷 케이블은 스위치를 통해 관리 서버와 장치 등록 서버에 연결되어 있다.

실험은 동시에 설치되는 센서 노드의 수를 증가 시키면서 모든 노드가 검증 완료되는 시간을 측정하였다.

그림 8의 실험 결과에서 알 수 있듯이 노드의 개수가 늘어날수록 미비하게 검증시간이 증가됨을 알 수 있다.

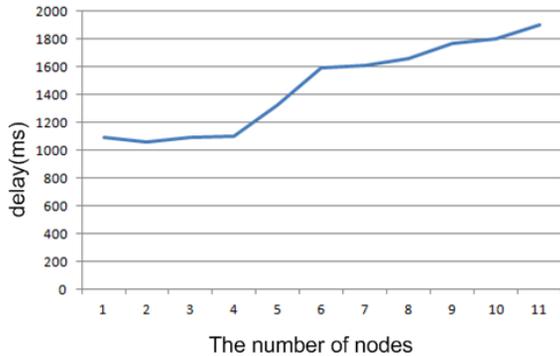


그림 8. 구현을 통한 실험 결과
Fig. 8. The result of evaluation

공장 환경과 같이 많은 수의 노드가 동시에 설치되는 상황에서의 실험을 위한 시뮬레이션 결과는 그림 9와 같다.

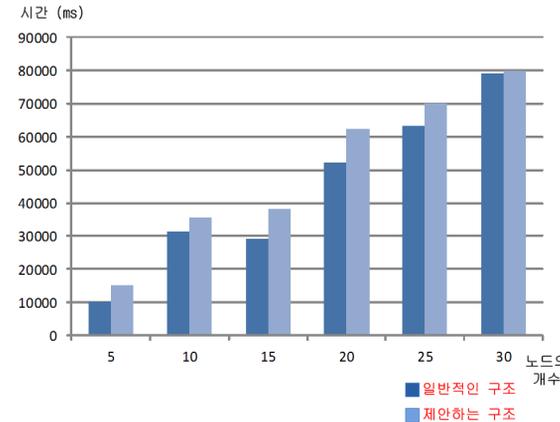


그림 9. 시뮬레이션 결과
Fig. 9. The result of simulation

실험은 제안하는 관리 방안이 적용된 망에 장치를 설치하는 시간과 관리 방안이 적용되지 않은 망을 비교하는 방법으로 진행하였다. 두 망간의 비교를 위해 관리 방안이 적용되지 않는 망에서는 루트 노드에 새로운 노드가 추가되면 그 노드로 센서 데이터를 요청하는 동작을 추가하였다. 구현 실험 결과와 유사하게 제안하는 구조를 적용한 경우의 설치 시간이 다소 오

래 걸리지만 크게 증가하지는 않았다.

두 실험 결과에서 나타나는 성능의 차이는 무선 센서 망의 특성으로 인한 패킷 전송 시간 지연으로 판단된다. 하나의 노드를 검증하기 위해서는 총 5개의 메시지가 전송된다. 이 메시지들이 순간적으로 6LoWPAN 망에 인입되면 이로 인한 지연이 발생할 수 있다. 하지만 이러한 지연은 미비하며 초기 설치 단계에서 발생하는 일시적인 현상으로 큰 영향을 주지 않는다.

IV. 결 론

본 논문에서는 무선 센서 망 기술이 적용된 공장 망에서 많은 수의 장치를 자동적으로 식별하고 설치하기 위하여 장치 등록 서버를 이용한 장치 관리 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 장치 개발 비용을 최소화 하고 호환성을 극대화하기 위해 장치의 발견 과정에 특성화된 기술을 사용하지 않고 센서 망 기술의 특성을 이용하였다. 또한 장치를 식별하기 위해 특별한 인식 값을 사용하지 않고 출고 시에 부여되는 고유한 정보를 이용하도록 설계하였다.

장치의 모든 정보를 관리하고 설치 시 관리 서버에 제공하기 위해 장치 등록 서버를 제안하여 시간과 비용을 최소화 시킬 수 있도록 하였다.

이와 같이 제안하는 시스템 구조를 구현을 통해 실험 효율성을 증명하였으며 시뮬레이션을 통해 제안하는 방안이 기존 망에 부하를 주지 않음을 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] M. Dunbar, "Plug-and-play sensors in wireless networks," *IEEE Instrum. Meas. Mag.*, vol. 4, no. 1, pp. 19-23, Mar. 2007.
- [2] T. Sauter, "The three generation of field-level networks-evolution and compatibility issue," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 57, no. 11, pp. 3585-3595, Aug. 2010.
- [3] T. Sauter, "The continuing evolution of integration in manufacturing automation," *IEEE Ind. Electro. Mag.*, vol. 1, no. 1, pp. 10-19, 2007.
- [4] G. Bucci and C. Landi, "A distributed measurement architecture for industrial applications," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 52, no. 1, pp. 165-174, Feb. 2003.
- [5] P. Neumann, "Communication in industrial

automation-What is going on?," *Elsevier Control Eng. Practice*, vol. 15, no. 11, pp. 1332-1347, Nov. 2007.

- [6] Y. Gsottberger *et al*, "Embedding low-cost wireless sensors into universal plug and play environments," *Proc. European Workshop Wireless Sensor Networks (EWSN)*, LNCS 2920, pp. 291-306, Jan. 2004.
- [7] M. Marin-Perianu *et al*, "Decentralized enterprise system: a multiplatform wireless sensor network approach," *IEEE Wireless Communications Journal*, vol. 14, no. 6, pp. 57-66, Dec. 2007.
- [8] D. Dzung, M. Naedele, T. P. von Hoff, and M. Crevatin, "Security for industrial communication systems," *Proc. IEEE*, vol. 93, no. 6, pp. 1152-1177, Jun. 2005.
- [9] J. Hui, P. Thubert, "Compression format for IPv6 datagram in low power and lossy networks(6LoWPAN)," draft-ietf-6lowpan-hc-15, Feb. 2011.
- [10] Z. Shelby, S. Chakrabarti and E. Nordmark, "Neighbor discovery optimization for low power and lossy networks(6LoWPAN)," draft-ietf-6lowpan-nd-17, Jun. 2001.
- [11] T. Winter *et al*, "RPL: IPv6 routing protocol for low power and lossy networks," draft-ietf-roll-rpl-19, Mar. 2011.

문 성 남 (Sung-nam Moon)

정회원



2001년 2월 숭실대학교 정보통신공학 석사
 2004년 2월 숭실대학교 정보통신공학 박사 수료
 <관심분야> 컴퓨터 네트워크, 인터넷 네트워킹, 이동 데이터 통신망

김 영 한 (Young-han Kim)

종신회원



1984년 2월 서울대학교 전자공학 학사
 1986년 2월 한국과학기술원 전기전자공학 석사
 1990년 2월 한국과학기술원 전기전자공학 박사
 1987년~1994년 디지콤정보통신연구소 데이터통신 연구부장
 1994년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 정교수
 <관심분야> 컴퓨터 네트워크, 인터넷 네트워킹, 이동 데이터 통신망