Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 23 No. 11, pp. 123-128, November 2018

www.ksci.re.kr
https://doi.org/10.9708/jksci.2018.23.11.123

An Interface Module for Dehumidify Dryer in a Injection Molding Smart Factory System

Un-Gu Kang*

Abstract

When the injection molding system molds some plastic products, defective product rate will be increased if plastic materials have some excessive moisture content. Therefore, it is very important to control the dehumidification and drying of plastic material. Since the moisture content of the plastic material may change from time to time depending on the material and the molding process, it is necessary to observe the change in real time and maintain a constant moisture content. To solve these problems, I proposed a smart factory system model for plastic molding in this paper. In addition, I designed the interface module to be installed in the dehumidifying dryer which is the core of this process. In addition to this, performance tests were conducted to check the effectiveness and the results were verified as valid.

▸Keyword: Injection molding, Smart factory, Dehumidify dryer, Realtime humidity monitoring system, IoT

I. Introduction

최근 공장자동화에 사물인터넷 기술이 도입되면서 스마트 팩토리에 대한 관심과 도입노력이 증가하고 있다[1-5]. 스마트 팩토리는 공장을 가지고 있는 대부분의 제조업에 적용될 수 있으며 산업전반에 우수한 성과를 기대할 수 있는 분야이다[6].

일반적으로 플라스틱을 사출/성형하는 공장에서는 크게 3단계의 공정이 있다. 원료가 입고되는 단계에서부터 원료를 제습건조시키는 단계를 지나 사출성형기에 투입하는 단계가 그것이다[3-4]. 수급된 원료의 함수율(원료내 함유된 수분율)이 커지면 원료에 포함된 습도가 높아져 미세한 이슬이 생기게 되어 불량품이 생산될 가능성이 높아진다. 따라서 원료의 제습과 건조를 관리하는 것이 매우 중요하다[5-7].

플라스틱 원료의 함수율은 원료와 사출공정에 따라서 수시로 변할 수 있기 때문에 실시간으로 변화를 관찰하고 일정한 함수율을 유지시켜야 한다[7-9]. 그러므로 제습건조기들을 동시에 실시간으로 측정하고 상태 변화에 즉각적으로 대응 할 수 있는 제습건조 자율제어 모니터링 기술이 필요하다[10].

이와 같은 맥락에서 본 논문에서는 실시간 사물인터넷 기술을 이용한 플라스틱 사출성형을 위한 스마트 팩토리 시스템 모델을 제시하며, 이 과정에서의 핵심인 제습건조기의 측정/제어 연동방법을 제안하고자 한다.

본 논문에서는 플라스틱 사출성형을 위한 스마트 팩토리 시스템을 모델링하기 위해서 크게 3가지 시스템으로 구성한다. 첫 번째는 제습건조기와 직접적으로 연결되어 실시간 측정과 제어를 담당하게 되는 제어연동모듈이 있고, 두 번째는 측정과 제어를 중재하고 시급하게 처리할 사항을 우선적으로 처리하는 서비스 게이트웨이이다.

세 번째는 여러 대의 서비스 게이트웨이로부터 수집된 함수율 관련정보를 실시간으로 저장하고 함수율을 분석하고 예측하는 실시간 모니터링 서버이다. 이 중에서 제어연동모듈은 각 제습건조기마다 개별적으로 탑재되어 동작해야 하는 중요한 모듈이다.

본 논문에서는 제습건조기로부터 측정된 데이터들과 서비스 게이트웨이로부터 전송되어온 제어명령을 전달하는 연동모듈을 설계하며 구현하고 이 효용성을 검증하기 위해 필요한 실험을 진행하고자 한다.

본 논문은 2장에서 제습건조기에서 측정하는 데이터 종류와 특성을 살펴보며, 이를 실시간으로 전송하게 되는 실시간 프로

• First Author: Un-Gu Kang, Corresponding Author: Un-Gu Kang
*Un-Gu Kang (ugkang@gachon.ac.kr), Dept. of Computer Engineering, Gachon University
• Received: 2018. 09. 13, Revised: 2018. 10. 15, Accepted: 2018. 10. 22.
• This work was supported by the Technology development Program(Grants No. S2598497) funded by the Ministry of SMEs and Startups(MSS, Korea) in 2018.

토콜을 살펴본다. 또한 이 과정에서 제습건조기와 연동모듈과의 데이터통신 그리고 연동모듈과 서비스게이트웨이간의 데이터전송방식에 대한 관련기술을 살펴본다. 3장에서는 사출성형을 위한 스마트 팩토리 시스템의 모델을 제시하며, 제습건조기에 탑재될 제어연동모듈을 설계한다. 4장에서는 설계한 제어연동모듈의 처리성능을 확인하기 위해 실험을 수행하며 그 결과를 통해서 분석하고 평가한 후에 5장에서 결론으로 끝을 맺는다.

II. Preliminaries

1. Related works

1.1 Plastic injection molding and Dehumidify Dryer

플라스틱을 사출/성형하는 공정은 원료입고단계, 원료공급단계, 제습건조단계, 사출성형단계의 순을 거친다. 그림1에서 보면 제습호퍼와 제습건조기간의 공기순환의 개념을 보여주고 있다. 제습호퍼를 통과한 원료는 사출기로 공급되어 플라스틱 제품이 생산된다[4]. 호퍼상단에 원료를 공급하는 투입구가 있어서 원료가 자동으로 공급되는 시스템이다. 플라스틱 원료의 수분함량 정도는 원래의 수송과정, 보관과정, 기후환경, 원료의 질에 따라 제 각각 다르다. 사출기 내부의 수분함량 정도는 플라스틱 제조공정의 동작시간, 공정과정과 절차에 따라 제 각각 달라진다. 원료의 함수율이 커지면 원료에 포함된 습도가 높아져 미세한 이슬이 생기게 되어 불량제품으로 생산될 가능성이 높다.

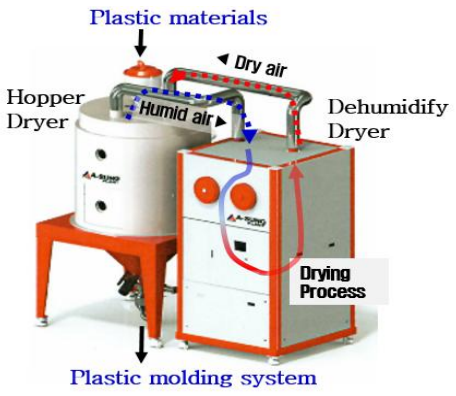

Fig. 1. Dehumidify Dryer in Plastic Molding System

원료와 사출공정에 따라서 원료의 함수율이 시시각각 변한다. 그러므로 실시간으로 변화를 관찰하고 일정한 함수율을 유지시켜야 하지만 대부분의 플라스틱 생산라인에서는 실시간으로 함수율을 관리하는 제습건조기가 부재하다[6]. 특히, 수십대의 제습건조기를 사용하는 공장에서는 제습건조기들을 동시에 실시간으로 측정하고 상태 변화에 자율적/즉각적으로 대응을 할 수 있는 기술이 없다. 제습호퍼를 통과하는 원료의 수분함량을 직접적으로 측정할 수 없기 때문에 제습호퍼 내의 공기를 제습유니트로 흐르게 하여 습도는 물론 다양한 형태의 데이터를 측정하여야 한다. 다음에서 이와 관련된 데이터의 종류와 특성을 살펴보자.

1.2 Data types and attributes.

플라스틱 생산라인의 제습건조기 내부에서 측정할 수 있는 데이터 종류는 다음과 같다.

- 노점온도

노점온도는 공기중에서 이슬이 맺히는 온도이다. 즉 그 온도에 따라서 원료에 수분이 어느정도 포함되는가를 간접적으로 측정할 수 있다. 노점온도의 측정범위는 -60°C ~ 50°C이다. 실제 제습건조기내에서 측정이 가능한 정상범위는 -60°C ~ -30°C 이다. 어떤 종류의 원료와 상관없이 고정된 값을 갖는다.

- 건조온도

건조온도는 제습기 내부에서 히터를 통해서 건조된 공기의 온도를 말한다. 측정할 수 있는 범위는 30°C ~ 200°C가 가능하며 플라스틱(합성수지)의 원료에 따라 정상범위 값이 서로 다르다. 따라서 적정 건조온도는 어떤 종류의 원료인가를 확인하여 기준으로 사용하여야 한다. 일반적으로 원료를 공급하기 전에 적정 건조온도 값을 설정하기도 한다.

- 재생온도

재생온도는 건조된 이후에 제습호퍼에서 사용된 공기의 온도이다. 측정할 수 있는 온도범위는 180°C ~ 250°C이다. 정상범위는 특별하게 정의하지 않는다.

- 함수율

원료에 함유된 수분정도이다. 함수율을 측정할 수 있는 범위는 0.000 ~ 3.000% 인데 정상범위 또한 원료에 따라 다르다.

- 모터과부하 상태

습도가 높은 공기를 히터를 동작시켜서 열을 가해 건조시키는데, 이때 측정된 건조온도와 설정된 한계치 값을 비교하여 측정된 건조온도가 한계치 값 보다 높으면 과열되었으므로 히터를 차단하여야 한다. 그렇지 않는다면 모터과부하가 발생된다. 따라서 모터과부하 상태를 측정하게 되고 이에 대한 상태관리가 필요하다.

- 동작밸브상태

두 개의 동작밸브가 있다. 탑체인 밸브와 재생 냉각밸브이며 각각 두가지 종류로 구분된다. 각 종류를 구분하기 위해 A탑, B탑이라고 정하여 사용하고 있다. A 탑밸브나 B탑 밸브의 상태를 관찰하여야 하는데 A탑이나 B탑의 상태가 비정상 일 때 탑체인 밸브를 닫아야 한다. 재생 냉각밸브도 마찬가지로 A탑밸브나 B탑밸브의 상태를 보고 재생 냉각밸브를 닫거나 열어야 한다.

이와 같이 플라스틱 사출/성형시 불량률을 줄이기 위해 플라스틱 생산라인의 호퍼나 제습건조기에서 여러 가지 데이터를 측정하여야 하며, 여러 상태를 제어하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 플라스틱 사출성형을 위한 제습건조 제어기술을 탑재

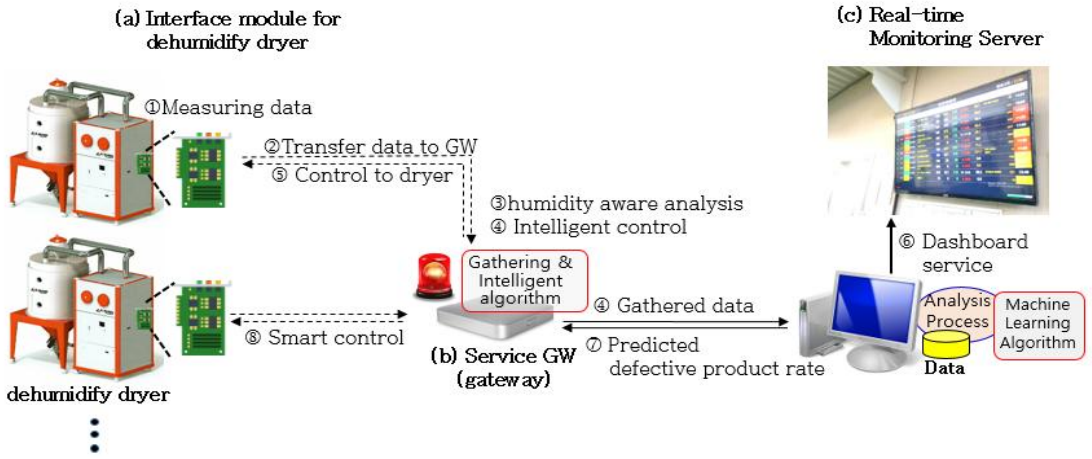

Fig. 2. Smart Factory System Model for Plastic Molding System

할 수 있는 스마트 팩토리 시스템 모델을 제시하고, 제습건조기로부터 측정된 데이터를 연동모듈이 수집하여 서비스게이트웨이로 전송하는 인터페이스 모듈(제어연동모듈)을 설계한다.

III. Smart Factory System Model for Plastic Molding

1. Smart Factory Model for Injection Molding

본 논문에서 제안하는 사출성형을 위한 제습건조 스마트 팩토리 서비스를 그림2과 같이 3개의 시스템으로 구성한다. 각 시스템이 아래와 같은 서비스 시나리오를 통해서 플라스틱 원료의 함수율을 실시간으로 측정관리하고 제어하도록 한다.

우선 기존의 제습건조기에 추가적으로 본 논문에서 제안하는 연동모듈을 설계하여 구현하여 제습건조기로부터 5개 데이터(노점, 온도, 풍량, 모터과부하, 밸브동작상태)를 계측하여 제어연동모듈로 전달한다(①). 제어연동모듈은 계측된 데이터를 실시간 IoT 프로토콜을 이용하여 서비스 게이트웨이로 실시간 전송한다(②).

서비스 게이트웨이는 수신한 계측데이터를 수분함량으로 환산하여 분석하고(③) 그 결과에 따라 실시간으로 제어해야 하는 경우라면 즉시 연동모듈로 제어명령을 전송한다(⑤). 또한, 서비스 게이트웨이는 여러 대의 제습건조기 연동모듈로부터 수신한 데이터를 라벨링하여 실시간 모니터링 서버로 전송한다(④).

모니터링 서버는 머신러닝기반으로 학습모델을 개발하여 5개의 데이터를 기반으로 제습건조기의 제조공정과 운용상태가 불량제품을 생산할 가능성을 분석하고 예측하여 대쉬보드 형태로 상태를 제공한다(⑥). 예측한 불량지표를 해당 서비스 게이트웨이로 그 결과를 전송한다(⑦). 이를 수신한 서비스게이트웨이는 제습건조기를 제어해야 할 필요가 있는 경우 제어연동모듈로 제어메시지를 전송하여 제습건조기를 제어한다(⑧).

이와 같은 서비스의 기대효과를 충족하려면 연동모듈에서 측정한 데이터가 실시간으로 정확히 서비스 게이트웨이로 전송되어져야 하며, 그 과정에서 데이터의 손실이나 분실이 없어야 한다. 특히 종단간 데이터 발생율과 처리특성이 서로 다르기 때문에 이를 변환처리 해주는 과정이 필요하다. 따라서 제어연동모듈의 기능과 성능이 중요하지 않을 수 없다. 그러므로 이를 고려한 제어연동모듈을 다음과 같이 설계한다.

2. Control linkage module.

2.1 requirements definition

국내외 대부분의 프라스틱 사출성형기에는 원료가 공급되는 파이프가 있다. 제습건조기를 통해서 나온 건조된 원료는 사출성형기로 공급된다.

Table 1. Requirement list for the interface module

category	requirements
Initialize module	data structure
	Hardware initailze
	Network initialize, IP configure
Configuration Manager module	Configuration file manager
	Continuous connection manager
	Reliable data transfer manager
Data processing module	Measured data processing
	Meta data processing
	Log data processing
	Control data processing
Data transfer module	Data transfer to Dryer
	Data transfer to Gateway
Actuator module	LED and Button control
Recovery module	System diagnosis and recovery

따라서 제어연동모듈은 기존의 제습건조기와의 물리적인 연결은 일반적으로 가장 보편화된 RS232C를 이용하되 연동모듈의 MCU(Micro Controller Unit)와는 USB로 접속되도록 한다.

특히 최근의 추세를 고려하여 오픈하드웨어 플랫폼으로 MCU를 사용한다. 소프트웨어 기능의 요구사항은 표 1에서처럼 주요모듈별로 구분하여 요구사항을 정의한다.

2.2 Design and Implementation of Embedded Applications

표1에서 정의한 요구사항을 반영하되 시스템의 확장성과 유연성을 제공하기 위해 모듈화 개념으로 설계한다. 그림3는 연동모듈의 시스템을 하드웨어, 미들웨어, 임베디드 애플리케이션 소프트웨어로 계층적인 표현으로 제시한다. 맨 하단에 보듯이 오픈 하드웨어 플랫폼을 이용하며 센서(버튼)와 액츄레이터(LED)를 사용하도록 하며, 임베디드 운영체제 Linux를 활용한다.

하드웨어 제어와 웹기반의 REST API방식의 연동을 위해 Node.js 미들웨어 플랫폼을 이용한다. Node.js 는 최근의 오픈 구글의 V8엔진을 탑재한 안정화된 대표적인 플랫폼이다.

임베디드 애플리케이션은 2.1에서 제시한 요구사항을 반영하여 Main controller module, Data Classify module, Data Storing module, Realtime Measure module과 Control module, 서비스게이트웨이와의 연동을 위한 IoT data transfer module로 구성한다.

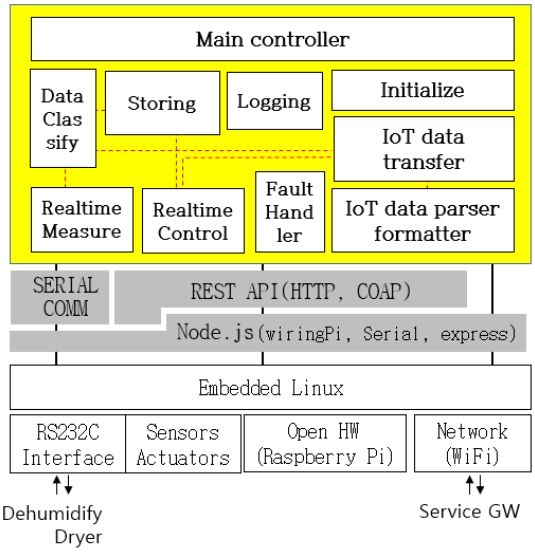

Fig. 3. Software Configuration of Interface Module for Dehumidify Dryer

제습건조기로부터 실시간으로 수신할 데이터는 계측데이터와 메타데이터가 있다. 계측데이터는 표2에서처럼 노점데이터, 건조온도, 재생온도, 함수율이다.

서비스 게이트웨이로부터 수신할 수 있는 제어는 제습건조기에서 허용할 수 있는 수분 임계치값 설정, 허용 건조온도값 설정, 히터차단 제어, 탑체인 밸브동작 제어, 재생냉각 밸브값 설정이다. 예를 들면 건조온도가 200°C보다 높은 값으로 측정되었다고 가정하자. 이것은 제습건조기 내부의 온도가 허용값으로 보기 때문에 재료의 함수정도가 낮다는 것을 의미하기 때문에 제습건조기의 히터를 OFF시키도록 제어가 필요하다. 이와 같은 맥락에서 제습건조기내의 허용수분 한계치가 필요하며 이를 설정하기 위한 제어가 필요하다. 그러나 플라스틱 원료에 따라서 수분한계치가 서로 다르기 때문에 원료에 따른 설정 자동화가 필요하므로 원격으로 제어할 필요가 있다.

Table 2. Data from dehumidify dryer

Measured data	threshold
Dew point	Capacity range : -60°C ~ 50°C
	Normal range : -60°C ~ -30°C
	Criterion: fixed range regardless of material
Dryer temperature	Capacity range: 30°C ~ 200°C
	Normal range : depending on material.
	Criterion: Local/Remote configuration
Recycle temperature	Capacity range: 180°C ~ 250°C
	Criterion: ocal/Remote configuration
Humidity rate	Capacity range: 0.000 ~ 3.000%
	Normal range : depending on material.

제습건조기에는 공기의 흐름을 차단하거나 유통시키기 위한 목적으로 2개의 밸브(탑체인밸브, 재생냉각밸브)가 있다.

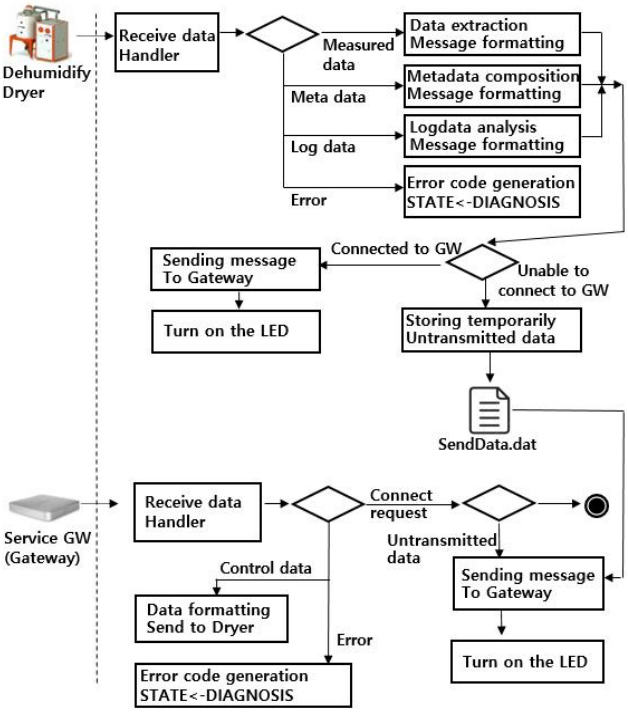

Fig. 4. Activity diagram for the interface module

두 개의 밸브제어를 통해서 제습 이전공기와 제습 이후의 공기가 섞이지 않도록 제어한다. 이와 같은 기능을 그림3에서처럼 설계한다.

임베디드 애플리케이션은 State 머신에 의해 동작되도록 설계하였다. 대기상태(STANDBY), 운영상태(RUNNING), 장애상태(DIAGNOSIS)로 구분하여 실행 과정을 제어한다. 그림4는 운영상태에서 실행과정을 설계한 Activity Diagram이다.

제습건조기, 서비스 게이트웨이로부터 데이터를 수신하였을 때 실행되는 이벤트 방식으로 동작한다. 제습건조기로부터 데이터를 전송받으면 데이터의 종류에 따라 각 가공 모듈로 전달되며, 게이트웨이로 전송할 데이터는 게이트웨이 연결을 확인한 후, 연결 되었을 때 전송하고 연결이 되지 않았을 때는 SendData.dat 파일에 저장한다.

게이트웨이로부터 데이터를 수신 했을 때는 데이터 종류에 따라 연결요청 응답일 경우에는 미전송 데이터가 있을 때 데이터 파일에 있는 미전송 데이터를 게이트웨이로 전송하고, 제어명령일 경우에는 제어명령을 가공하여 제습건조기로 전송한다. 각 과정에서 오류가 발생하였을 때는 진단코드를 생성하여 state를 DIAGNOSIS로 변경하여 오류처리를 하도록 한다.

2.3 Design and implementation of linkage interfaces

연동모듈은 RS232C 인터페이스를 이용하여 제습건조기와 데이터를 전송하며 구현된 전송데이터 포맷을 그림5에서 도시하였다. 데이터의 시작을 알리는 STX패턴은 0xff 0xff로 구성된 2바이트이며, 데이터의 마지막을 알리는 EOT 패턴은 0x0d 0x0a 로 구성된 2바이트이다. 명령(CMD)은 전송방향과 전송목적을 알려주는데 4가지 종류가 있다. CMD에 따라서 DATA의 내용이 달라진다.

예를 들면, 제습건조기에서 측정한 노점온도가 17°C 일 경우, 이 노점온도를 연동모듈에서 수신받은 경우라면 0xff 0xff 0x02 0x01 0x00 0x11 0x?? 0x0d 0x0a 이다. 체크섬 바이트(0x??)는 STX에서부터 EOT까지의 모든 바이트를 EX-Or 로 계산한 결과 값이다. 송신할 때 계산한 결과를 구성하여 전송하면 수신측에서 동일한 방법으로 체크섬 바이트를 계산한 값이 수신한 CHK 값과 같은지 검증을 하여 같으면 데이터의 오류나 훼손없이 수신하였다고 판단한다.

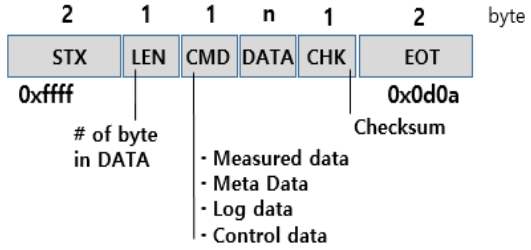

Fig. 5. Data format between dryer and interface module

2.4 Additional function

제어연동모듈이 그 기능을 수행하기 위해서 부가적으로 정의하고 설계해야 할 기능은 환경설정 관리기능, 데이터 로깅기능, 미 전송 데이터파일 관리기능, 장애코드 관리기능이 있다.

환경설정 관리기능은 관련기능을 수행하거나 초기화 하기 위한 환경설정 데이터를 관리하여 실행 중에 정확한 동작이 이루어지도록 한다. 설정될 내용은 연동모듈의 임베디드 애플리케이션 버전, 디바이스id, 디바이스 IP address, 실시간 계측모니터링 서버 IP주소, 서비스 게이트웨이 IP 주소, 로그레벨이다. 이러한 데이터를 dryer.cnf 파일에 저장하고 관리한다. 해당 파일은 JSON포맷으로 생성하고 관리한다.

데이터로깅 기능은 로그를 그 정보의 위험도에 따라 3단계레벨러 나누는데 ERR, INF, SYS으로 구분한다. 사용자는 각 레벨에 따라 로그파일 목록을 요청할 수 있으며, 그 결과로는 기록일자/시간, 기록 위치, 유형/코드 및 로그의 상세내용을 확인 할 수 있다. 각 로그의 구분을 위해 기록 시 첫 문자는 '$'로 시작한다. 예를 들면, [2018.08.11.-23:30:25]는 기록한 일자와 시간을 나타내고, 디바이스 id는 로그가 기록되는 Dryer ID를 나타낸다. ERR, INF, SYS는 각각 에러코드, 발생코드, 시스템 코드를 나타내며 마지막은 각 로그에 대한 상세설명을 나타낸다.

장애코드는 미전송 데이터파일은 표 3과 같이 구성한다. 미전송 데이터의 종류를 구분하기 위해 기록 시 미전송 로그데이터의 첫 문자는 '$'로 시작하고, 미전송 계측데이터의 첫 문자는 '@'로 시작한다. 미전송 메타데이터의 첫 문자는 '#'로 시작한다. 예를 들면, [2018.08.11.-23:30:25]는 기록한 일자와 시간을 나타내고, Dryer ID는 데이터가 기록되는 해당 디바이스id를 나타낸다.

Table 3. Data from dehumidify dryer

Tag	Type	Description
$	Untransmitted Logdata	Recorded date time, Dryer ID, types of data, Detailed log code
@	Untransmitted Measureddata	Recorded date time, Dryer ID, Measured data
#	Untransmitted Metadata	Dryer ID, Metadata

IV. Performance evaluation

요구사항대로 제어연동모듈이 제대로 설계되고 잘 동작하는지를 판단하기 위해서는 측정된 데이터가 제습건조기로부터 연동모듈로 수신되는 시점부터 시작해서 연동모듈에서 이것을 처리하고 게이트웨이로 전송하는데 까지 소요된 시간을 측정하였다.

이 실험은 연동모듈이 제습건조기로부터 발생한 데이터를 빠르게 서비스게이트웨이로 전송해주어야 하는데 처리시간이 오래 걸리면 오히려 전체서비스의 병목현상을 만들 수 있는 장애가 되므로 이 부분에 대한 실험과 평가가 필요하다.

먼저 하드웨어적 실험환경을 살펴보면 제습건조기에 들어갈 마이크로프로세서로는 ATmega328을 이용하여 시리얼제어와 데이터전송용으로 C프로그램을 개발하여 동작시켰으며, 연동모듈의 마이크로프로세서는 라즈베리파이3 B+ 모델과 RGB를 지원하는 LED와 Vcc, S, Gnd를 지원하는 버튼을 활용하였다.

연동모듈의 소프트웨어적 실험환경은 라즈비안 커널버전 4.14를 설치하여 Node.js 8.11.0 플랫폼을 사용하였다. 제습건조기와의 연동에서 시리얼통신용 파라메터로 전송속도를 115200baud 로 설정하고 8bit data, 1bit stop. no parity 로 설정하였다. 서비스

게이트웨이와의 연동을 위해 express 프레임워크를 추가로 설치하여 REST API방식으로 데이터 전송을 구현하였다. 이와 같은 실험환경을 이용하여 연동모듈에서 수행할 임베디드 애플리케이션을 실행시켜 제습건조기의 MCU와 데이터 전송실험을 동일한 방식으로 50회를 진행한 결과 다음과 같은 처리시간 결과를 얻었다.

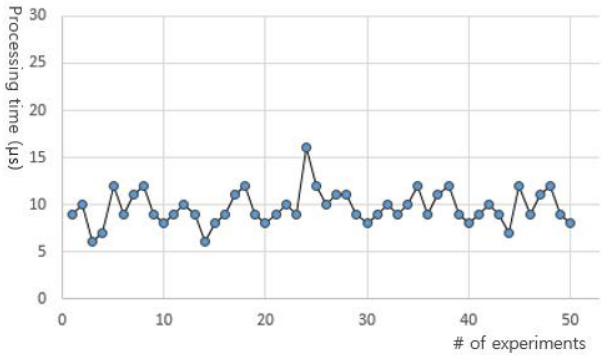

Fig. 6. Processing time in the interface module

그림 6에서 보듯이 대체적으로 처리시간이 10μs 내외의 결과를 얻었다. 이것은 전체 서비스를 수행하는데 있어서 병목현상을 일으킬 만한 처리시간에 미치지 못하기 때문에 연동모듈의 처리성능에 문제가 되지 않았음을 확인할 수 있었다.

V. Conclusions

플라스틱 원료의 함수율은 원료와 사출공정에 따라서 수시로 변하므로 실시간으로 변화를 모니터링하여 정상범위를 벗어나면 즉각적으로 대응 할 수 있는 제습건조제어 기술이 필요하다. 이와 같은 맥락에서 본 논문에서는 플라스틱 사출성형을 위한 제습건조 제어기술을 탑재할 수 있는 스마트 팩토리 시스템 모델을 제시하였다.

제습건조기로부터 측정된 데이터를 연동모듈이 수집하여 서비스게이트웨이로 전송하고 처리하는 과정을 제시하였으며 이것은 추후 실시간 모니터링과 자율공정제어의 중요한 핵심기술이 될 것으로 기대하고 있다.

본 제안시스템의 성능을 평가하기 위해서 제습건조기에서 발생한 데이터를 연동모듈이 수신처리하고 서비스게이트웨이러 전송하기 까지의 처리시간을 측정하는 실험을 50회 실시하였다. 그 결과 10μs 내외의 결과를 얻었으며 그 효용성을 확인하였다.

그러나 플라스틱 제조공장에서는 공간규모도 클 뿐만 아니라 생산시설이 복잡해서 제습건조기와 연동모듈간의 상호동작이 원활하게 진행되는지를 확인하려면 운영시험이 필요하다는 한계가 있다. 특히 서비스게이트웨이와 모니터링시스템까지 거치면서 데이터의 처리 응답속도도 중요한 요소이므로 향후 추가적인 연구와 보완이 필요하다.

REFERENCES

[1] J.W. Lim, D.H. Jo, H.J. Park, S.Y. Lee, and J.W. Park, "A Case Study for the Smart Factory Application in the Manufacturing Industry," Korean Journal of Business Administration, Vol. 30, No. 9, pp. 1609-1630, Sep. 2017.

[2] J.P. Park, "Analysis on Success Cases of Smart Factory in Korea : Leveraging from Large, Medium, and Small Size Enterprises," Journal of Digital Convergence, Vol. 15, No. 5, pp. 107-115, Nov. 2017.

[3] B.E. So, and S.S. Shin, "The Built of Smart Factory Using Sensors and Virtual Process Design," Journal of the KIECS, Vol. 12, No. 6, pp. 1071-1080, Dec. 2017.

[4] H.S. Lee, "Framework and Development of Fault Detection Classification using IoT Device and Cloud environment," Journal of Manufacturing Systems, Vol. 43, No. 2. pp. 257-270, Apr. 2017.

[5] Michael J. de C Henshaw, "Systems of Systems, Cyber Physical Systems, the Internet of Things, Whatever Next?," Insight, Vol. 19, No. 3, pp. 51-54, Nov. 2016.

[6] D.Y. Lim, H.R. Cha, and C.S. Kang, "Development of Valve Controller using Wireless Communication," Proceedings of KIIS 2009 Fall Conference, pp. 271-272, 2009.

[7] T.S. Kwak, H. Ohmori. H, and W.B. Bae, "A study on searching method of molding condition to control the thickness reduction of optical lens in plastic injection molding process," Journal of Korean Society of Precision Engineering, Vol. 21, No. 2, pp. 27-34. Jun. 2004.

[8] D.Y. Lim, H.R. Cha, and C.S. Kang, "Development of Valve Controller using Wireless Communication," In Proceedings of 2017 20th International Conference on Information Fusion, pp. 1-8, 2017.

[9] C.Y. Park, K.B. Laskey, S. Salim, and J.Y. Lee, "Predictive situation awareness model for smart manufacturing" 2017.

[10] Jeong Yoon Su, "Linking Algorithm between IoT devices for smart factory environment of SMEs," Journal of Convergence for Information Technology, Vol. 8, No. 2, pp. 233-238, Apr. 2018.

Authors

Un-Gu Kang received Ph.D. degree in Computation Engineering from Inha University in 2001. He is currently a Professor in Department of Computer Engineering at Gachon University. His primary research interests include Mobile Software, Healthcare Information, Mobile-healthcare, etc.