

# Development of Remote Control System based on CNC Cutting Machine for Gradual Construction of Smart Factory Environment

Jinhwa Jung<sup>†</sup> · Donghyeok An<sup>††</sup>

## ABSTRACT

The technological advances such as communication, sensor, and artificial intelligence lead smart factory construction. Smart factory aims at efficient process control by utilizing data from the existing automation process and intelligence technology such as machine learning. As a result of constructing smart factory, productivity increases, but costs increase. Therefore, small companies try to make a step-by-step transition from existing process to smart factory. In this paper, we have proposed a remote control system that support data collection, monitoring, and control for manufacturing equipment to support the construction of CNC cutting machine based small-scale smart factory. We have proposed the structure and design of the proposed system and efficient sensing data transmission scheme. To check the feasibility, the system was implemented for CNC cutting machine and functionality verification was performed. For performance evaluation, the web page access time was measured. The results means that the implemented system is available level.

Keywords : Manuscript, Smart Factory, CNC Cutting Machine, Remote Control, Monitoring, Automation Process

## 점진적 스마트 팩토리 환경 구축을 위한 CNC 절단 장비 기반 원격 제어 시스템 개발

정 진 화<sup>†</sup> · 안 동 혁<sup>††</sup>

## 요 약

통신, 센서, 인공지능 등의 기술 발전으로 인해 스마트 팩토리 구축이 진행되고 있다. 스마트 팩토리는 기존의 자동화 공정에서 생산되는 데이터를 대상으로 기계 학습과 같은 지능화 기술을 활용해 효율적인 공정 제어를 목표로 한다. 스마트 팩토리로의 구축으로 인해 생산성이 높아지지만 비용도 높아진다. 따라서 소규모 업체들은 스마트 팩토리 단계별 전환이 효율적이다. CNC 절단기 기반의 소규모 스마트 팩토리 구축을 위해서 본 논문에서는 기존 제조 장비의 데이터를 수집, 모니터링 및 제어할 수 있는 원격 제어 시스템을 제안한다. 원격 제어 시스템의 구조 및 설계와 효율적인 센싱 데이터 전송 방법 등을 제시하였다. 실현 가능성을 검증하기 위해 CNC 절단 장비를 대상으로 시스템을 구현하였고 기능을 검증하였다. 성능 평가를 위해 모니터링 웹 페이지 접속시간을 측정하였고, 구현된 시스템이 사용 가능한 수준이라는 것을 확인하였다.

키워드 : 원고, 스마트 팩토리, CNC 절단 장비, 원격 제어, 모니터링, 자동화 공정

## 1. 서 론

최근 들어 4차 산업혁명 보급 확산으로 사물인터넷의 영향력이 일상생활을 넘어 산업전반으로 확대되고 있다. 유무선 네트워크 및 센서 등의 기술과 빅데이터 기반의 기계 학습으로 대표되는 지능화 기술이 발전함에 따라 기계설비, 사람,

데이터를 서로 연결시켜 설비운영의 효율화, 비용절감, 새로운 제품과 서비스 제공이 가능하게 됨으로써 스마트 팩토리 전환이 진행 중이다[1]. 스마트 팩토리는 기존의 자동화를 기반으로 공장 내 제조 장비를 포함하는 구성 요소들을 수직적/수평적으로 통합하고 효율적인 운영을 위해서 협업하는 새로운 형태의 공장시스템이다[2]. 따라서 스마트 팩토리에서는 빅데이터 및 기계 학습 기반의 지능화를 통해 공정을 효율적으로 운영하기 위해서 자동적인 공정 제어를 목표로 한다.

제조업 경쟁력을 높이기 위해서 미국, 독일, 일본, 중국 등 제조업 강국들은 스마트 팩토리 기반의 제조업 강화 정책을 추진하고 있다[3]. 또한 국내에서도 스마트공장 보급 사업을 통해 스마트 팩토리 구축을 유도하고 있다[4, 5]. 이러한 호

\* 이 논문은 2019~2020년도 창원대학교 자율연구과제 연구비 지원으로 수행된 연구결과임.

<sup>†</sup> 비 회 원 : DSME 정보시스템 연구원

<sup>††</sup> 종신회원 : 창원대학교 컴퓨터공학과 조교수

Manuscript Received : August 2, 2019

First Revision : August 29, 2019

Accepted : October 1, 2019

\* Corresponding Author : Donghyeok An(donghyeokan@changwon.ac.kr)

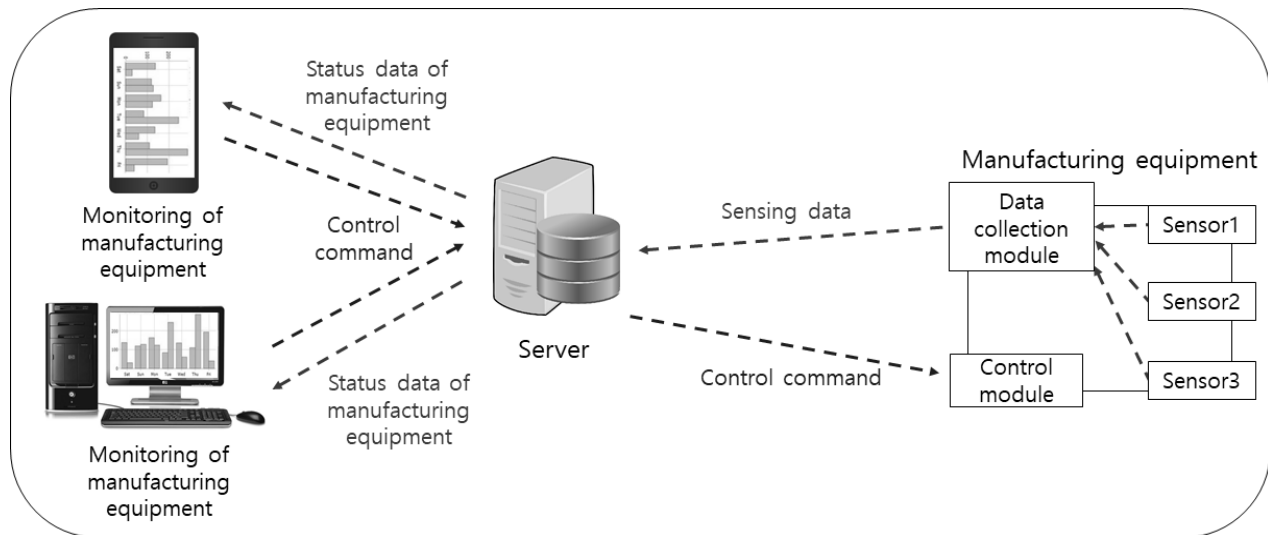


Fig. 1. The Overview of Remote Control System

름에 맞추어 국내외 여러 회사에서는 생산성 향상을 위해서 스마트 팩토리 환경 구축을 진행하고 있다[1]. 미국의 GE는 산업설비 내에 센서들을 장착하여 설비 가동 상태의 실시간 모니터링 및 설비 관리 서비스를 고객들에게 제공하고 있으며, 지멘스는 암백 공장에 산업자동화 소프트웨어와 생산 로봇을 적용한 스마트 팩토리를 구현함으로써 공정을 자동화하였다. 스페이스 윈은 태양광 인버터로부터 수집한 데이터와 MS의 애저를 기반으로 실시간 모니터링 서비스를 제공한다. 국내에서는 LG CNS에서는 Smart Factory 2.0을 개발하였고, 삼성전자는 OIC(Open InterConnect)를 인텔, 델, 시스코 등과 함께 구성해 오픈소스 미들웨어 플랫폼인 IoTivity를 개발하였다.

스마트 팩토리를 구축하기 위해서는 기존의 공정 설비 및 제조 장비 내에 다양한 센서들의 설치가 필요하며, 설치된 센서들로부터 수집된 데이터들을 서버로 전송해야 한다. 서버에서는 수집된 데이터들의 분석을 통해 적절한 제어 명령을 도출하고, 해당 제조 장비는 명령에 맞추어 제어되어야 한다. 따라서 스마트 팩토리 환경을 구축하기 위해서, 지능화 외에도 기존의 공정 설비 또는 제조 장비들을 커스터마이징하거나 새로운 설비 및 장비의 개발이 선행되어야 한다.

스마트 팩토리 구축 시, 회사 규모에 따라 적용하는 정책을 차별화하는 것이 효과적이다[6]. 규모가 크고 재정적 여유가 있는 대기업의 경우 일부 생산 공정 또는 일부 공장에 스마트 팩토리 구축을 시도하고, 결과에 따라 보완 또는 확장을 결정한다. 이를 통해 스마트 팩토리 구축의 리스크를 최소화할 수 있다. 하지만 중소기업은 공정 규모가 작고 재정적 여유가 적기 때문에 시범 공정 또는 시범 공장을 구축하는 것이 매우 어렵다. 따라서 작은 단위부터 점차 높은 단계의 제조 장비로 업그레이드 하는 방안이 적절하다.

기존의 여러 연구에서 소규모 스마트 팩토리 구축을 위한 연구들이 진행되었다[2, 3, 7-10]. 가상현실과 시뮬레이션을

활용해 공정을 설계하고 검증하였다[2, 7]. 현실에서 생산 공정의 문제점을 개선하기 위해서 기존의 생산 공정에 다양한 종류의 센서들을 설치하고 수집된 데이터를 분석하였다[3]. 또한 많은 데이터가 제조 장비로부터 서버로 전송 되는 스마트 팩토리 환경에서 서버로의 데이터 전송 또는 장비 간 데이터 전송의 효율성을 높이기 위한 알고리즘들이 개발되었다[8, 9]. 하지만, 기존 연구들에서 제시하는 해결 방안들은 특정 공정 대상으로 진행되었거나 구현에 대한 내용은 다루지 않아 실제적인 검증이 추가적으로 요구된다.

본 논문에서는 중소기업에서 단계별 기능 추가를 통한 스마트 팩토리 환경 구축 시 활용이 가능한 원격 제어 시스템을 제안한다. 제조 공정에서 사용하는 다양한 종류의 모든 제조 장비들에 적합한 원격 제어 시스템의 개발은 현실적으로 매우 어렵다. 따라서 CNC (Computerized Numerical Control) 절단 장비를 대상으로 원격 제어 시스템을 제안하며, 기존 CNC 절단 장비와의 호환성을 위해 절단 장비 내 PLC의 수정보다는 연동에 초점을 맞춘다. 제안하는 원격 제어 시스템은 크게 수집된 센싱 데이터의 서버 전송, 서버 내 저장된 데이터 기반의 모니터링과 장비의 제어 명령 전송 기능을 담당한다. Fig. 1에서 원격 제어 시스템의 개요를 나타내고 있다. CNC 절단 장비 내 Data collection module은 절단 장비 내 센서들 및 PLC(Programmable Logic Controller)들로부터 수집한 데이터를 서버로 전송한다. 서버는 수신한 데이터를 데이터베이스에 저장함으로써 후처리 데이터 분석에 대비한다. 웹과 안드로이드 어플리케이션으로 구성된 모니터링 프로그램은 서버와의 통신을 통해 CNC 절단 장비의 현재 상태를 주기적으로 갱신하며, 절단 장비의 이상 감지 시 알람을 제공한다. 장비 제어 명령은 모니터링 프로그램에서 서버를 거쳐 CNC 절단 장비 내 Control module에게 전송되고, 해당 명령이 PLC에 전달됨으로써 CNC 절단 장비가 제어된다. 제안하는 원격 제어 시스템의 실현 가능성과 실질적인 기능

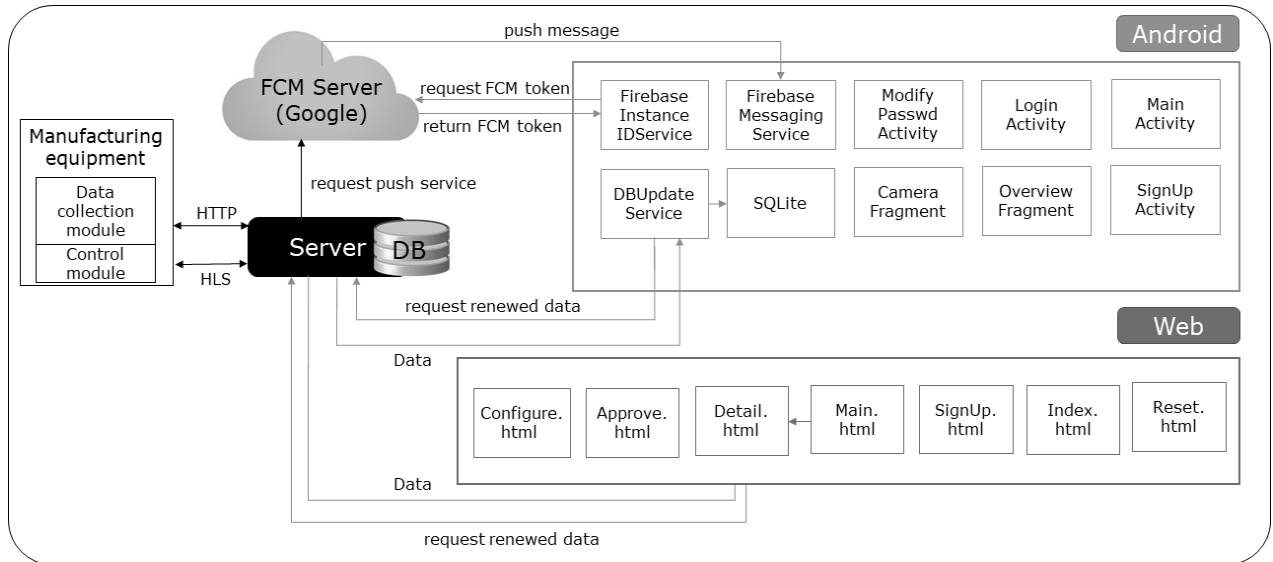


Fig. 2. The Structure of Remote Control System

검증을 위해서 구현하였고 기능을 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 스마트 팩토리 구축에 대한 관련 연구를 설명한다. 3장에서는 제안하는 원격 제어 시스템의 구조 및 설계에 대해서 논의하고, 4장에서는 CNC 절단 장비를 기반으로 구현하고 시스템의 기능을 평가한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구에 대해서 논의한다.

## 2. 관련 연구

생산 및 제조 공정의 효율성을 높이기 위해 스마트 팩토리 환경 구축에 대해 여러 연구가 진행되었다. 임정우 등[2]은 기존의 제조 공정을 효율적으로 개선하기 위해서 기존 공정의 문제점을 분석한 후 개선안을 제안하고 시뮬레이션을 사용해 검증하였다. 소병엽 등[3]은 가상 공정설계를 기반으로 생산성 저하 요소 후보들을 선택하고, 각 저하 요소들에 센서를 부착하였다. 수집된 센서 값들을 기반으로 문제 원인을 발견하여 추가 장비를 활용하여 생산성을 향상시켰다. 임황용 등[7]은 가상현실을 사용해 효율적인 공정 설계를 제시하고 있다.

이현수[10]는 공정 내 IoT 디바이스 간 통신을 위한 프레임워크의 구조를 설계하였다. 임베디드 장비들이 WiFi 통신망을 사용하도록 PLC를 중심으로 구현하였고 기능을 검증하였다.

스마트 팩토리의 구축이 완료되었을 때는 다양한 제조 장비들과 센서들로부터 많은 양의 데이터가 생성되고 각 데이터들이 서버로 전송되거나 제조 장비들 간 데이터가 전송된다. 이주연 등[8]은 대규모의 데이터가 네트워크를 통해 전송될 때 성능의 하향평준화를 막기 위해서 최적화 운용 알고리즘을 제시하였고, 수치해석을 사용해 제안하는 알고리즘을 검증하였다. 정운수 [9]는 제조 장비들 간의 연계를 위해 4단

계로 구분된 알고리즘을 제시하였다.

하지만, 임정우 등[2]과 임화용 등[7]에서는 가상의 환경에서의 검증을 하였으나 구현을 다루지 않아 실제 환경에서의 평가가 추가적으로 요구되며, 소병엽 등[3]은 시스템 구축이 아닌 개별 문제에 대한 해결 방안을 제시하고 있다. 이주연 등[8]과 정운수[9]는 효율적인 데이터 전송 기법을 제시하고 있으나, 데이터 생성을 위한 기존 장비의 개선이나 수집 시스템 구조 및 구현에 대해서는 다루지 않는다. 이현수[10]에서는 제시한 프레임워크 구조를 구현하였으나, PLC에 초점을 두고 있으며 데이터 수집 및 원격 제어 기능은 고려하지 않는다. 본 논문에서는 스마트 팩토리 환경 내 CNC 절단 장비를 위한 원격 제어 시스템을 제안한다는 점에서 기존 연구들과 차별된다. 시스템은 장비로부터 센서값을 서버로 효율적으로 전송하고, 서버에서는 모니터링 및 장비의 제어를 위한 구조를 제안한다. 또한 CNC 절단 장비를 대상으로 구현하여 제안하는 시스템의 구현 가능성과 실제 기능을 검증한다.

## 3. 원격 제어 시스템

### 3.1 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 원격 제어 시스템은 CNC 절단 장비의 현재 상태를 모니터링하고 원격으로 제어하는 것을 목표로 한다. Fig. 2는 제안하는 시스템의 구조를 나타낸 그림이다. 제안하는 시스템은 크게 CNC 절단 장비, 서버, 모니터링 프로그램 세 부분으로 구성된다. 기존에 사용하는 CNC 절단 장비도 스마트 팩토리 전환 대상이고 CNC 절단 장비의 PLC가 장비의 기능 제어 및 센서로부터 상태 정보 수집 등을 담당하기 때문에 제안하는 원격 제어 시스템에서는 PLC와의 연동에 중점을 두고 설계한다.

제조 장비는 Data collection module과 Control module

로 구성된다. Data collection module은 센서 및 PLC로부터 데이터를 주기적으로 수신 후, 새롭게 갱신된 센싱 데이터들을 서버에게 전송한다. Control module은 모니터링 프로그램으로부터 제어 명령을 수신하고 PLC를 경유해 제조 장비를 제어한다. 이를 위해 서버에 수신 받을 제어 명령들이 있는지 요청하고 제어 명령이 서버에 존재한다면 해당 명령을 수신하여 CNC 절단 장비를 제어한다.

두 번째 구성요소인 서버는 Data collection module과의 통신을 통해 센싱 데이터를 수신 받아 데이터베이스에 저장하고 모니터링 프로그램에 CNC 절단 장비의 상태 정보를 제공한다. 수신한 센싱 데이터가 정상 범위가 아닐 경우 CNC 절단 장비에 문제가 발생했다고 판단하고 알람을 전송한다. 이와 함께, 모니터링 프로그램으로부터 제어 명령을 수신해 장비에게 전달하는 기능을 담당한다.

마지막으로 웹과 안드로이드 어플리케이션을 통해 사용자에게 제조 장비의 현재 상태 모니터링 기능과 장비의 제어 명령 인터페이스를 제공한다. 웹의 SignUp.html과 Approve.html 회원 가입 기능을 제공한다. SignUp.html는 사용자에게 회원 가입 요청 기능을 제공하고 Approve.html은 관리자의 회원 가입 승인 또는 거절 기능을 담당한다. 회원 가입 승인 이후, Index.html은 회원에게 로그인 기능을 Reset.html은 비밀번호 변경 기능을 각각 제공한다. Configure.html은 CNC 절단 장비와 원격 제어 시스템을 연결할 때 수집할 센싱 데이터의 수 및 종류와 제어 명령의 수 및 종류의 설정 기능을 제공한다. Main.html과 Detail.html은 CNC 절단 장비의 모니터링 기능을 제공한다. Main.html은 제안하는 시스템에 연결되어 있는 여러 장비들의 상태에 대한 요약 정보를 제공하고, 만약 이상이 발생한다면 알람을 제공한다. Detail.html은 하나의 CNC 절단 장비의 상세한 상태 정보와 영상 데이터를 제공하고 제어 명령 인터페이스를 사용자에게 제공한다.

안드로이드 어플리케이션의 Firebase Instance IDService와 Firebase Messaging Service는 Google에서 제공하는 FCM 서비스를 활용해 알람을 전달한다[11]. SignUp Activity는 회원 가입 기능을 담당한다. Login Activity과 Modify Passwd Activity는 각각 로그인 기능과 비밀번호 변경 기능을 제공한다. Main Activity는 어플리케이션과 서버의 연결을 담당한다. 서버와의 연결 이후 DBUpdate Service는 서버를 통해 주기적으로 센싱 데이터를 갱신하고 어플리케이션의 내부 데이터베이스인 SQLite에 해당 데이터를 저장한다. Overview Fragment는 SQLite에 저장된 데이터를 기반으로 상태 정보 및 제어 명령 인터페이스를 제공한다. Camera Fragment는 비디오 스트리밍 기능을 담당한다.

### 3.2 시스템 설계

Data collection module은 센서들과 유선 또는 무선 통신을 통해 데이터를 주기적으로 수집한다. CNC 절단 장비에 기설치되어 직접 통신이 불가능한 센서들의 데이터는 PLC를 통해 수신한다. 데이터 수집 후 서버에게 수집한 센싱 데이터

들을 전달한다. 이 때 이주연 등[8]에서 언급한대로 많은 양의 데이터 전송으로 인한 비효율성을 방지하기 위해서, 새롭게 갱신된 데이터들만을 HTTP 통신을 사용해 전송한다. Table 1은 수신 데이터 전달 알고리즘을 나타낸다. S\_Data는 Data collection module이 이전에 수신한 각 센서들의 값을 의미하며, New\_S\_Data는 최신 센서값이다. 이전 값과 현재 값을 비교해 센서값이 갱신되었을 경우 서버로 전송할 T\_Data에 갱신된 센서값을 저장하고 이전 값들을 현재 센서값으로 대체한다. 마지막으로 현재의 타임 스탬프를 T\_Data에 추가해 서버에 전송한다. T\_Data는 JSON 형식으로 표현되어 HTTP 통신을 통해 전달된다. 만약 갱신된 데이터가 존재하지 않는다면 현재의 시간 정보만을 갱신하여 서버에 전송한다. 이를 통해 전송되는 데이터의 양이 감소된다. Data collection module이 카메라 센서의 영상 데이터를 전송할 때는 HTTP 기반의 스트리밍 프로토콜인 HLS(HTTP Live Streaming)을 사용한다.

Table 1. Data Transmission Algorithm from Manufacturing Equipment to Server

---

```

S_Data <- previous sensed data array
New_S_Data <- new sensed data array
T_Data <- transmission data array
TS <- current timestamp

FOR each data i in S_Data
    IF S_Data[i] ≠ New_S_Data[i]
        add New_S_Data[i] to T_Data[i]
        S_Data[i] = New_S_Data[i]
    ENDIF
ENDFOR

add TS to T_Data[i+1]
Send T_Data to Server

```

---

제조 장비는 사설 IP로 구성될 수도 있기 때문에 Control module은 서버로부터 제어 명령 데이터를 직접 수신할 수 없다. 이를 위해 Control module은 센싱 데이터를 전송할 때마다 주기적으로 서버에 제어 명령의 존재 확인을 요청한다. 만약 수신 받을 명령이 서버에 저장되어 있다면, 서버는 HTTP 응답을 통해 제어 명령을 송신한다. 이러한 구조로 인해 제어 명령의 전달 시 추가적인 지연이 발생할 수 있으나, 제어 명령 확인 주기를 짧게 유지할 경우 해결이 가능하다.

Table 2는 서버에서 데이터 수신 알고리즘을 나타낸다. 서버는 센싱 데이터들을 수신 후 비어 있는 항목들을 DB에 저장된 최신 데이터로 채우고 데이터베이스에 저장한다. 만약 센싱 데이터를 통해 CNC 절단 장비의 이상을 탐지한다면 서버는 FCM을 사용해 안드로이드 어플리케이션에게 알람을 전송한다. 영상 데이터를 저장할 때, 영상의 제목 리스트와 영상의 경로는 데이터베이스에 저장하고 영상 파일은 별도의 경로에 저장한다.

Table 2. Sensing Data Handling Algorithm in Server

```

T_Data <- transmission data array
Alarm_S_Data <- sensed data for alarm array

FOR each data i in T_Data
  IF T_Data[i] is empty
    T_Data[i] <- stored recent T_Data[i] in DB
  ENDIF
ENDFOR

FOR each data i in T_Data
  IF T_Data[i] is not normal
    add T_Data[i] to Alarm_S_data
  ENDIF
  IF T_Data[i] is not video
    Save T_Data[i] to DB
  ELSE
    Save video to Storage
  ENDIF
ENDFOR

Send Alarm_S_Data to Web
Send Alarm_S_Data to Android through FCM
    
```

CNC 절단기 장비에 따라 원격 제어 시스템에서 사용하는 센서와 제어 기능의 개수와 종류가 다양하기 때문에 제안하는 원격 제어 시스템에서는 센싱 데이터 및 제어 명령의 사전 정의가 매우 어렵다. 따라서 관리자가 시스템과 제조 장비 연결 시 Configure.html을 통해 사용할 센싱 데이터와 제어 명령을 설정한다.

웹과 안드로이드 어플리케이션은 서버와의 통신을 통해 사용자에게 모니터링 기능을 제공하며, 동작 원리가 비슷하므로 웹을 기반으로 논의한다. Fig. 3에서 나타내고 있는 것처럼, 웹의 Main.html과 Detail.html이 주기적으로 GetRenewedData()을 통해 현재의 센싱 데이터를 요청한다. 서버로부터 최신 데이터를 수신 받은 후 Main.html은 요약 정보를 Detail.html은 상세 데이터를 출력한다. 안드로이드 어플리케이션과는 다르게 웹은 수신한 데이터를 기반으로 값의 이상 여부를 검사한다. 만약 값이 정상 범위가 아니라면 알람을 제공한다.

Detail.html에서 영상 데이터의 스트리밍을 지원하며, Fig. 4는 스트리밍 시 시퀀스 다이어그램을 표현하고 있다. Detail.html에서 GetCameraList 호출을 통해 서버로부터 영상 데이터의 목록을 수신한다. 사용자가 특정 영상의 스트리밍을 원할 경우, GetStreaming 호출을 통해 스트리밍 서비스를 제공한다.

웹에서 제공하는 제어 명령 인터페이스를 통해 제어 명령을 CNC 절단 장비에 전달한다. Fig. 5는 사용자가 장비의 종료 제어 명령을 선택했을 때의 시퀀스 다이어그램이다. Detail.html에서 PutRequestOnOff를 호출함으로써 서버에게 제어 명령을 전달한다. 이후, 서버가 Data collection module로부터 센싱 데이터를 수신할 때, 해당 CNC 절단 장비의 Control module에게 전송 대기 중인 제어 명령을 전송한다.

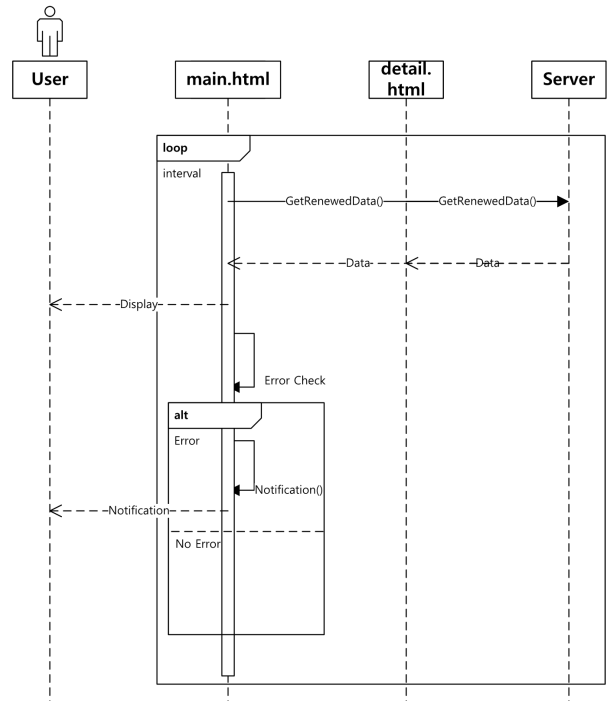


Fig. 3. The Sequence Diagram for New Data Acquisition

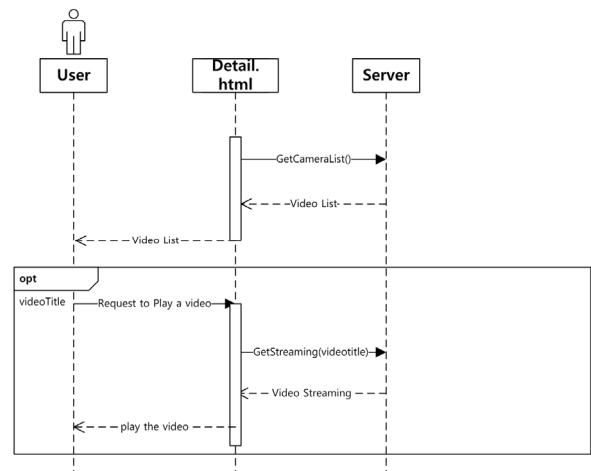


Fig. 4. The Sequence Diagram for Video Streaming

#### 4. 구현 및 기능 평가

본 논문에서 제안하는 원격 제어 시스템의 구조 및 설계를 검증하기 위해서 CNC 절단 장비를 대상으로 구현하였다. CNC 절단 장비의 Data collection module과 Control module은 자바를 사용해 구현하였다. Data collection module은 장비ID, 윤활유, 톱날 윤활유, 메인 공기압, 윤활유 압력, 절단 서보 모터, 이송 서보 모터, 스핀들 모터, 안전 도어, 소재 여유량, 작업량, 배출통, 톱당 생산 수량, 갱신시간 데이터를 수집하여 서버에 전송한다. Control module은 CNC 절단 장비에서 사용 가능한 제어 명령들을 전달하도록 구현하였다. 하지만 무인 상태로 CNC 절단 장비의 사용 시 안전사고가 발생할

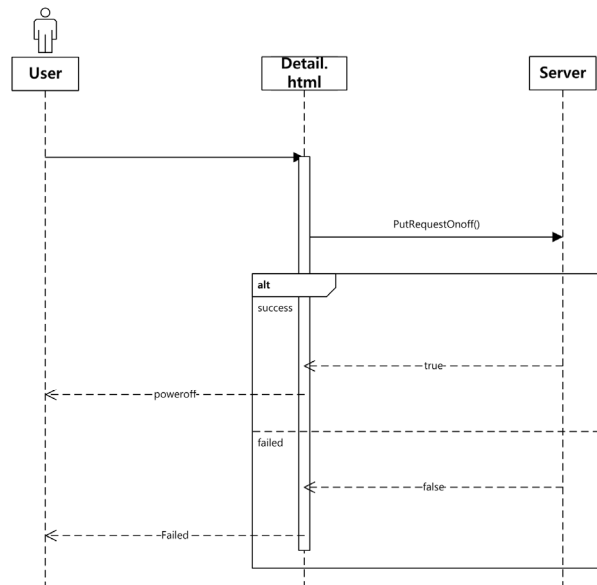


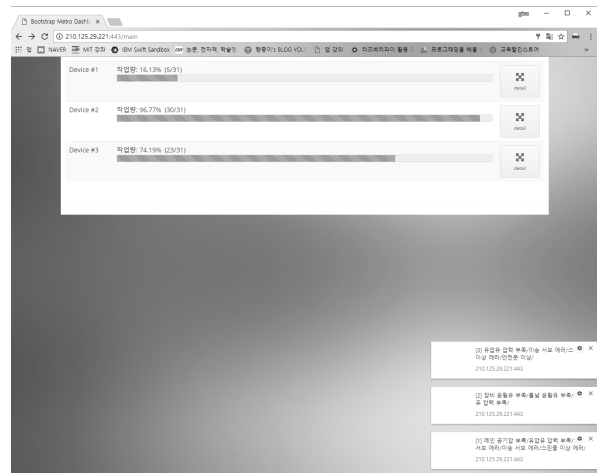
Fig. 5. The Sequence Diagram for Control Command Transmission

수 있기 때문에 전원을 켜고 끌 수 있는 제어 명령만을 다루도록 하고 그 외의 제어 명령들은 비활성 상태로 구현하였다.

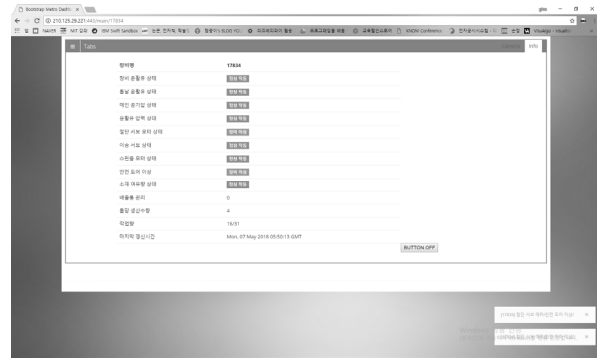
서버와 데이터베이스는 Node.js와 MySQL을 활용해 구축하였다[12, 13]. 데이터베이스는 4개의 테이블로 구성되어 있으며, 4개 중 data와 recent\_data 테이블이 센싱 데이터 저장 및 모니터링 데이터를 위해서 사용된다. data 테이블은 모든 제조 장비의 모든 센싱 데이터를 저장하고 있다. 모니터링을 위한 각 장비 별 최신 데이터는 효율성을 높이기 위해 recent\_data에 별도로 저장되며 매번 갱신된다. 나머지 테이블들은 회원 정보와 FCM 알람을 위한 정보를 저장한다.

Fig. 6은 웹페이지에서 CNC 절단 장비의 현재 상태 모니터링 페이지를 나타낸다. Fig. 6(a)는 메인 페이지를 나타낸다. 총 3대의 장비가 연결되어 있으며 각 장비의 요약 정보를 표시한다. 그림의 우측 하단의 3개의 알람은 3대의 장비에 이상이 감지되었음을 의미한다. 3대의 장비 중 한 장비의 상세 페이지는 Fig. 6(b)에서 나타나고 있으며, 해당 장비는 절단 서브 모터와 안전 도어 2곳의 센서 이상이 확인되고 있기 때문에 해당 내용에 해당하는 알람이 나타나고 있다. 알람은 일정 시간 유지되기 때문에 이전 알람이 사라지기 전에 동일한 내용의 알람이 중복되어 표시된다. 또한 상세 페이지에서 제어 장비의 인터페이스가 제공되는데 구현된 원격 제어 시스템에서는 CNC 절단 장비의 전원을 켜고 끌 수 있도록 제어 버튼만이 활성화되어 제공되고 있다.

웹의 모니터링 페이지와 동일한 기능을 제공하도록 안드로이드 어플리케이션을 Fig. 7과 같이 개발하였다. Fig. 7의 왼쪽은 웹의 메인 페이지와 같이 3대의 장비의 상태를 표시하고 있으며, 오른쪽은 상세 페이지를 나타내고 있다. 제한하는 원격 제어 시스템은 영상을 통한 모니터링이 가능 하도록, 영상 데이터 재생을 웹과 안드로이드 어플리케이션에서 지원한다. Fig. 8은 안드로이드 어플리케이션에서 제공하는 영상 스



(a) The Main Page



(b) The details page

Fig. 6. The Monitoring Page for CNC Cutting Machine

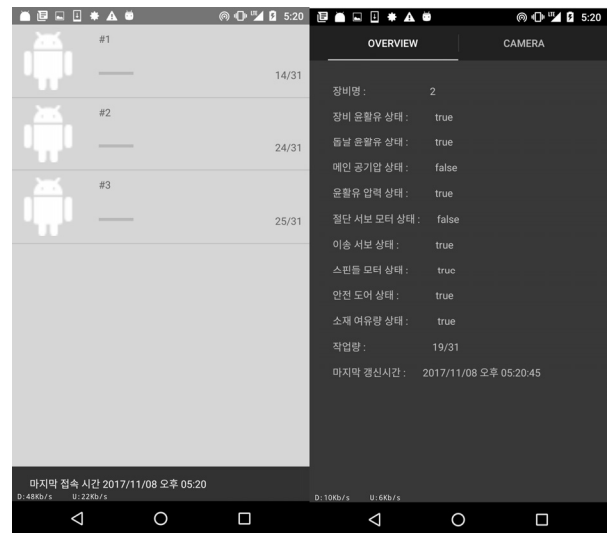


Fig. 7. The Monitoring Application for CNC Cutting Machine

트리밍 화면이다. 최신 영상을 목록 상단에 표시하고 선택한 영상 목록을 스트리밍을 통해 재생한다.

웹 기반의 모니터링 페이지의 사용 가능성을 평가하기 위해서 페이지 접속시간을 측정하였다. 네트워크 상황에 따른

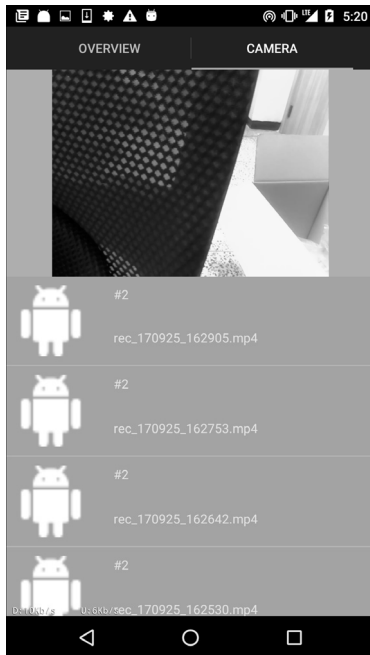


Fig. 8. The Video Streaming

접속 시간의 영향을 최소화하기 위해서 최소 10일 이상 떨어진 서로 다른 날에 10번의 접속 시간을 측정하였다. 평균 접속 시간 결과는 Fig. 9에서 나타내고 있다. x축의 A, B, C는 서로 다른 측정일이며, y축은 접속시간을 의미한다. 측정은 NIA에서 제공하는 인터넷 속도 측정 시스템을 사용하였다 [14]. 측정 결과에서 웹 접속시간이 0.7초에서 1.7초 이내로 측정되었고, 접속 시 평균 전송량은 약 284KB로 측정되었다. Butkiewicz 등[15]의 연구에서 3~5초 이내의 페이지 로딩은 사용자가 감내할 수 있다는 점에서 본 연구에서 구현한 모니터링 기능이 사용될 수 있다고 판단할 수 있다. 다만, 측정 결과는 구현 및 운영 환경에 따라 성능이 변경될 수 있기 때문에 원격 제어 시스템의 환경 구성 시 참고 기준으로 활용될 것으로 기대된다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 CNC 절단기를 사용하는 소규모 제조업체를 대상으로 스마트 팩토리 구성을 위한 원격 제어 시스템의 구조 및 설계를 제안하였다. 제안한 시스템은 CNC 절단 장비로부터 데이터를 수집하고 장비의 모니터링 제공 및 제어 기능을 제공한다. 구현 가능성 및 제안한 기능 검증을 위해서 CNC 절단 장비를 대상으로 구현하였고 웹 접속 시간을 측정하였다. 기능 검증을 통해 제안한 원격 제어 시스템의 사용 가능성을 보였다. 제안하는 원격 제어 시스템은 CNC 절단기 외 다른 제조 장비의 원격 제어 시스템을 개발 시 참고 자료로 활용될 것으로도 기대된다. 향후 연구로는 스마트 팩토리의 완전한 구축을 위해서 수집된 데이터를 대상으로 머신러닝 기반의 자동화된 제어 시스템으로 확장하고자 한다.

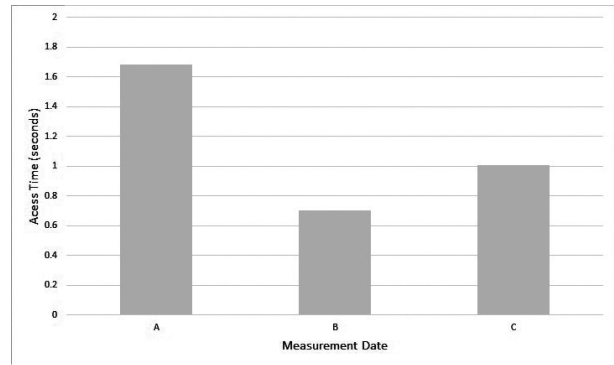


Fig. 9. The Average Web Access Time

## References

- [1] Y. J. Cho, "The strategy for Smart Factory of Korea in the era of the Industry 4.0," *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Vol.35, No.6, pp.40-48, 2017.
- [2] J. W. Lim, D. H. Jo, S. Y. Lee, H. J. Park, 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, 2017.
- [3] B. E. So and S. S. Shin, "The Built of Smart Factory using Sensors and Virtual Process Design," *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol. 12, No.6, pp.1071-1080, 2017.
- [4] A. S. Oh, "Smart Factory Logistics Management System Using House Interior Position Tracking Technology Based on Bluetooth Beacon," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.19, No. 11, pp.2677-2682, 2015.
- [5] Y. S. Jeong, Y. H. Yon, and J. H. Ku, "Hash-chain-based IoT Authentication Scheme Suitable for Small and Medium Enterprises," *Journal of Convergence for Information Technology*, Vol.7, No.4, pp.105-111, 2017.
- [6] 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, 2017.
- [7] H. Y. Lim, S. C. Kim, and K. H. Ro, "A Study on Manufacturing Process Improvement System for Smart Factory Construction," *Summer Annual Conference of IEIE*, 2017.
- [8] J. Y. Lee, I. Y. Kim, and T. Y. Jeong, "Novel Optimal Controlling Algorithm for Real-time Integrated-control Smart Manufacturing System," *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, Vol.21, No.2, pp.1-10, 2016.
- [9] Y. S. Jeong, "Linking Algorithm Between IoT Devices for

Smart Factory Environment of SMEs,” *Journal of Convergence for Information Technology*, Vol.8, No.2, pp.233-238, 2018.

- [10] H. S. Lee, “Embedded System Framework and Its Implementation for Device-to-Device Intelligent Communication of Manufacturing IoT Device considering Smart Factory,” *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol.27, No.5, pp.459-465, 2017.
- [11] Google, Firebase Cloud Messaging [Internet], <https://firebase.google.com/docs/cloud-messaging/?hl=ko>
- [12] Node.js [Internet], <https://nodejs.org/ko>
- [13] MySQL [Internet], <https://www.mysql.com>
- [14] NIA [Internet], <http://speed.nia.or.kr/qmspeed/webtest.asp>
- [15] Michael Butkiewicz, Daimeng Wang, Zhe Wu, Harsha V. Madhyatha, and Vyas Sekar, “KLOTSKI: Reprioritizing Web Content to Improve User Experience on Mobile Devices,” in *Proceedings of the 12<sup>th</sup> USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI 15)*, Oakland, CA, USA, pp.439-452, 2015.



## 정 진 화

<https://orcid.org/0000-0002-4863-872X>  
 e-mail : jinhwajung93@gmail.com  
 2016년 계명대학교 컴퓨터공학과(학사)  
 2018년 창원대학교 컴퓨터공학과(석사)  
 2018년 ~ 현 재 DSME 정보시스템 연구원  
 관심분야: 유무선 네트워크, IoT



## 안 동 혁

<https://orcid.org/0000-0001-6703-9311>  
 e-mail : donghyeokan@changwon.ac.kr  
 2006년 한동대학교 전산전자공학부(학사)  
 2013년 KAIST 전산학과  
 (Ph.D., 석·박사통합)  
 2013년 성균관대학교 박사후연구원

2014년 삼성전자 책임연구원  
 2015년 계명대학교 컴퓨터공학과 조교수  
 2017년 ~ 현 재 창원대학교 컴퓨터공학과 조교수  
 관심분야: 유무선 네트워크, IoT, 스마트 팩토리