http://www.jsebs.org
ISSN: 2288-3908

The Journal of Society for e-Business Studies
Vol.25, No.4, November 2020, pp.143-154
https://doi.org/10.7838/jsebs.2020.25.4.143

디지털 트윈을 활용한 Plug-n-Play 머신텐딩 자동화 시스템 개발

Development of Plug-n-Play Automation System for Machine Tending through Digital Twin

박용근(Yong-Keun Park)*, 김수종(Sujong Kim)**, 엄주명(Jumyung Um)***

초 록

가공 시스템의 지능화 및 자율화 추세가 확대되면서, CNC 공작기계의 자동화된 오퍼레이션을 위한 머신 텐딩 시스템 도입이 산업 현장에서 활발히 진행되고 있다. 머신 텐딩 시스템을 구축함에 있어 CNC 공작기계와 로봇 간 인터페이스 구성 및 구성한 인터페이스에 대한 작업 설계 변경은 가장 중요한 프로세스이다. 하지만 이러한 중요도에도 불구하고 머신 텐딩 시스템은 많은 설정 문제가 있다. 새로운 CNC 공작기계나 로봇을 도입할 때마다 인터페이스에 맞추어 컨트롤러를 다시 제작하거나 재구성해야 하는 어려움이 있고, 추가적으로 머신 텐딩 시스템의 복잡한 구조로 인해 현장 작업자가 해당 시스템을 변경하는 부분에도 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 이기종의 CNC 머신과 산업용 로봇 간 인터페이스를 하나의 통합 시스템으로 구성하였다. 또한 손쉽게 작업 설계 변경을 하기 위해 디지털 트윈을 구현하여 현장 작업자는 간단하게 변경을 가능하게 하였다. 이 시스템을 구현하기 위하여 이기종 CNC 공작기계에 대한 표준화된 인터페이스를 제공하는 지능형 HMI 플랫폼과 다양한 로봇을 제어할 수 있는 응용 소프트웨어 개발 플랫폼인 ROS 플랫폼의 통합 개발 환경을 구축하였다. 또한 손쉬운 작업환경을 위해 게임 엔진인 Unity3D를 사용하여 시스템 모델링 후 웹 브라우저 환경에서 머신 텐딩 원격 제어 및 실시간 모니터링 프로그램을 개발하였다.

ABSTRACT

With the increasing trend of making manufacturing system intelligent and autonomous, the introduction of robot-assist automation, like machine tending system for automated operation of CNC machine tools, is being actively carried out at many industrial sites. Most important part of this intelligent system to install machine tending system, is interface programming between the CNC machine tools and the industrial robot. Despite this importance, however, the machine tending system has many setup problems. it is necessary for difficult

This research was supported by the KIAT(Korea Institution for Advanced of Technology) grant funded by the Korea Government(MOTIE: Ministry of Trade Industry and Energy). (Advanced Training Program for Smart Factory, No. N0002429).

* First Author, Master Course, Department of Industrial & Management System Engineering, Kyung Hee University(yongpk@khu.ac.kr)

** Co-Author, Integrated PhD program, Department of Mechanical Engineering, Sung Kyun Kwan University (tnwhd5791@naver.com)

*** Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Industrial & Management System Engineering, Kyung Hee University(jayum@khu.ac.kr)

Received: 2020-10-20, Review completed: 2020-11-09, Accepted: 2020-11-26

re-program of both controllers whenever a new CNC machine tool or robot is introduced. And, the helps of external engineers is required even though trivial changes due to the complex structure of the machine tending system. Authors of this paper introduces the integrated system of the interface between heterogeneous CNC machine tools and industrial robots. In addition, the digital twin implemented inside the machine tool controller enable shop-floor operators to change the interface programming easily. To implement this system, an integrated development environment for 1) an intelligent HMI platform that provide standardized interfaces to heterogeneous CNC machine tools and 2) a robot platform developing application software of various robots, was established. For easy un-tact environment, this paper explain the development of 3) a game-engine based web program of controlling and monitoring machine tending system remotely.

키워드 : 머신텐딩, Unity3D, 로봇운영체제, 로봇, 디지털 트윈
Machine Tending, Unity3D, Ros, Robot, Digital Twin

1. 서 론

최근 제조 공정의 지능화 및 자율화를 위해 제조-ICT(Information and Communication Technology) 기술 융합이 확대됨에 따라 기존의 하드웨어 성능 경쟁에서 소프트웨어 지원 경쟁으로 경쟁 구도가 변하고 있는 추세이다[1]. 머신 텐딩은 이러한 경쟁 구도의 변화 중 주목받는 분야 중 하나이다. 머신 텐딩이란 가공물을 CNC 공작기계에 적재-하역 하는 반복적이며, 위험한 작업으로 현재 로봇을 이용한 자동화가 최근 추세로 자리 잡고 있다. 머신 텐딩 시스템은 CNC (Computer Numerical Controller) 공작기계와 로봇을 사용한 시스템 도입을 위해 현장에 바로 적용할 수 있는 표준을 요구하고 있다. 머신 텐딩 시스템을 구축하기 위해 기존에는 CNC 공작기계와 로봇의 API(Application Programming Interface) 파악 후 이에 맞는 PLC(Programmable Logic Controller)를 제작해야 하며, CNC 공작기계와 로봇의 움직임을 사람이 검증 한 후 머신 텐딩 시스템 구축이 이루어진다. 머신 텐딩 시스템의 인터페이스 구축은 가장 오랜 시간이 오래 걸리며, 많은 비용 투자가 요구된다. 머신 텐딩 시스템이 구축 된 후에도 다른 작업물이나 CNC 공작기계 및 로봇의 변경이 있다면 해당 시스템 구축을 초기 설정부터 다시 재구성해야 하는 단점이 존재한다. 머신 텐딩 시스템 구축은 산업 현장에서 상당히 요구되는 기술이지만 현장에 적용하기 힘든 이유는 여러 가지가 있다. 그중 하나는 CNC 공작기계와 로봇은 하나의 통합된 시스템으로 존재하지 않고 독립적으로 작동하기 때문이다. CNC 공작기계와 로봇의 설정은 서로 다른 SI(System integrator) 업체의 도움을 받아야 하며, 현장의 작업자가 간단하게 시스템을 변경할 수 없다는 점이 가장 큰 문제이다. 이러한 어려움은 일반적으로 로봇 프로그래밍에 대한 진입장벽[2] 및 CNC마다 다른 API[3] 때문이다. 이 문제를 해결하기 위해서 독일공작기계협회를 중심으로 머신 텐딩에 관한 국제 표준인 ISO 21919를 재정하기도 하였다. 현재 머신 텐딩 기본에 대해서 ISO 21919-Part 1으로 표준화되었으며, 안전이슈에 관한 Part 2가 DIS(Draft International Standard)단계로 진행 중이다.

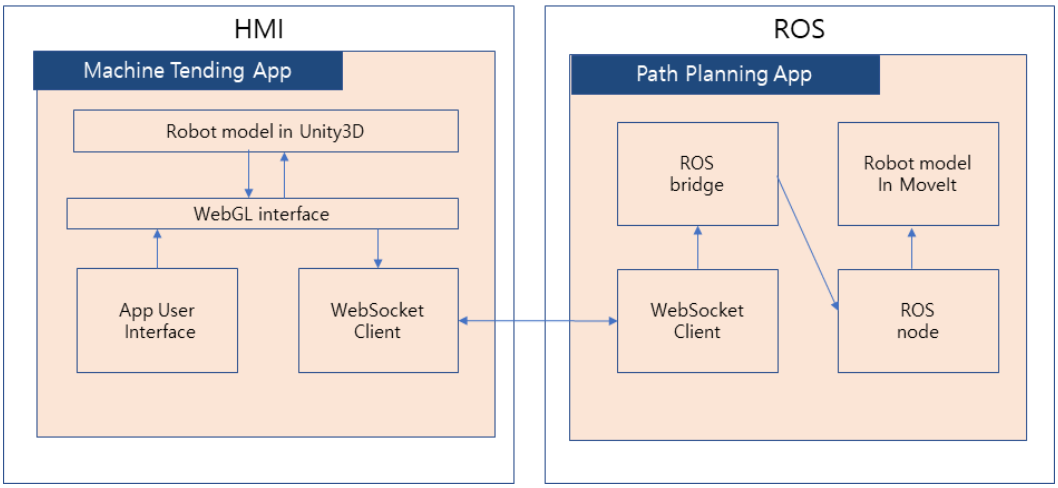
이에 본 연구에서는 이기종 CNC 공작기계 및 로봇에 대한 인터페이스를 하나의 통합된 시스템으로 구성하였고 또한, 이기종 CNC 공작기계 및 로봇에 대한 인터페이스를 하나로 통합하였다. DMG MORI에서 MAPPS를 구축한 것[4]과 같이 원격으로 환경에서 디지털 트윈을 통해 로봇과 CNC 공작기계 간 충돌 체크 및 시뮬레이션을 가능하게 하여 현장 작업자의 편의성을 제공하였으며, 추가적으로 시뮬레이션 되었던 로봇 경로를 따라서 실제 로봇에 대한 경로 생성이 가능해졌다. 머신 텐딩 시스템은 웹 브라우저 환경에서 제공되며, 원격 제어 및 모니터링이 가능하다는 장점이 존재한다.

본 논문은 2.1절에서 본 연구에서 제시하는 전체 아키텍처를 제시한다. 2.2절에서 HMI(Human Machine Interface) 플랫폼과 로봇 컨트롤러 플랫폼에 대한 역할을 간략하게 설명한다. 2.3절에서는 실제 구현 방법에 대해서 상세히 기술한다. Unity3D의 WebGL(Web Graphics Library) 기능을 이용해 가상 시뮬레이션 및 유지 보수를 구성 및 구현하였고 표준 Unified Interface를 지원하는 HMI 플랫폼에 대하여 상세히 설명한다. 제 3장에는 본 연구에서 제시하는 시스템에 대한 이점을 결론으로 서술하였다.

2. 머신 텐딩 앱 아키텍처

2.1 아키텍처 개요

본 연구는 SI 업체 입장에서 보다 쉽게 머신 텐딩 시스템을 설계하고 관리하였으며, 인터페이스 구성을 더욱 손쉽게 설계하였다. 최종적으로 CNC 머신 제어와 로봇의 경로설정을 모두 통합한 하나의 플랫폼을 제시한다. 이러한 플랫폼의 사용은 이기종 CNC 머신과 로봇을 하나의 시스템을 통하여 제어할 수 있는 장점이 존재한다. 그리고 Machine Tending App을 제시하며 이 앱을 통하여 사용자는 원격 모니터링과 원격 제어가 가능하다. 플랫폼의 전체적인 구조는 <Figure 1>와 같다.



〈Figure 1〉 Automated Machine Tending App Architecture

2.2 머신 텐딩 앱 구성요소

HMI는 CNC 공작기계에서 사용자와 상호작용 하는 S/W로서 CNC 시스템에서 기본 조작 화면 형태로 제공하는 하나의 프로그램 형태이다. 최근 공작기계 지능화 추세에 따라 공작기계의 제어 및 S/W 분야의 중요성이 증대되면서 기존의 제한적인 하드키 방식에서 스마트폰과 같은 터치 UI(User Interface)와 같은 방식을 채택하고 있으며, 사용 편의성 증대 및 공작기계 특성을 반영한 다양한 기능들을 담을 수 있도록 세련되고 유동적인 형태로 변화하고 있다[5].

로봇 컨트롤러는 로봇 시스템을 간단하고 효율적으로 조작할 수 있도록 하는 장치로서 로봇 컨트롤, PLC 컨트롤, 모션 컨트롤과 같은 컨트롤을 가능하게 하는 S/W가 탑재되어 있는 장치이다. 최근 공정 자동화 추세에 따라 로봇에 대한 수요가 증가하면서 컨트롤러를 손쉽게 사용할 수 있도록 하는 것이 중요해지고 있다.

2.2.1 Standard Communication Interface

표준 통신 인터페이스를 사용할 경우 이 인터페이스를 지원받는 CNC 공작기계는 및 로봇은 종류에 상관없이 단일화된 함수나 통신 체계의 사용으로 작업이 가능하다는 장점이 존재한다. 이러한 플랫폼을 지원받는 CNC 머신들과 로봇들의 상호운용성이 더욱 증진될 수 있다.

2.2.2 Machine Tending App

제시하는 구성에서 머신 텐딩 앱의 역할은 공작기계와 로봇의 협업 System의 인터페이스 구축을 쉽게 할 수 있도록 지원하는 앱이다. HMI로부터 공작기계의 데이터를 받을 수 있으며, 로봇으로부터 생성된 경로 정보를 받아, 각각의 프로세스를 조율할 수 있도록 하는 역할을 한다. 제시하는 아키텍처에서 머신 텐딩 앱은 원격 지원 및 다중 모니터링이 가능한 형태로 지원이 된다.

2.2.3 Path Planning App

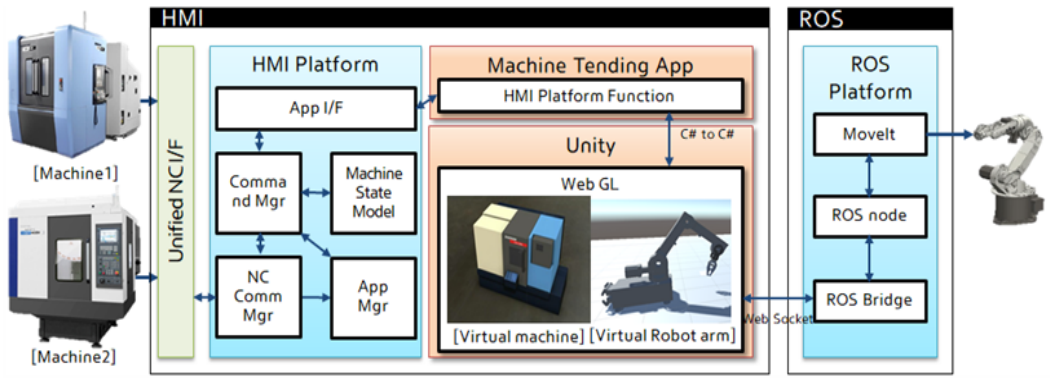
Path Planning App은 사용자가 원하는 로봇의 포지션에 맞게끔 N축 로봇의 각 축별 Joint Angle을 생성하는 Application으로써 Robot Kinematics 기반으로 정기구학(Forward Kinematic) 또는 역기구학(Inverse Kinematic)을 하는 역할을 한다.

2.3 시스템 구축

2.3.1 HMI Platform 통신

지능형 HMI 플랫폼은 Unified NC I/F(Inter Face)를 사용하며, 해당 I/F에서 지원하는 CNC 머신의 HMI를 구성할 수 있게 설계된 지능형 플랫폼이다. 지능형 HMI 플랫폼의 application 통신 기능인 App I/F를 활용하여 Machine Tending App의 Guide를 플랫폼에 등록하여 HMI 플랫폼과 이 논문에서 제시하는 Machine Tending App 사이의 통신을 구현하였다.

Machine Tending App은 공작기계와 로봇의 디지털 트윈역할을 하며, 구체적으로는 해당 시스템에서 필요한 데이터를 설정하거나 충돌 체크 및 시뮬레이션 결과를 볼 수 있는 역할을 한다. 구체적인 시스템의 구성도는 <Figure 2>와 같다.



〈Figure 2〉 HMI Platform Configuration

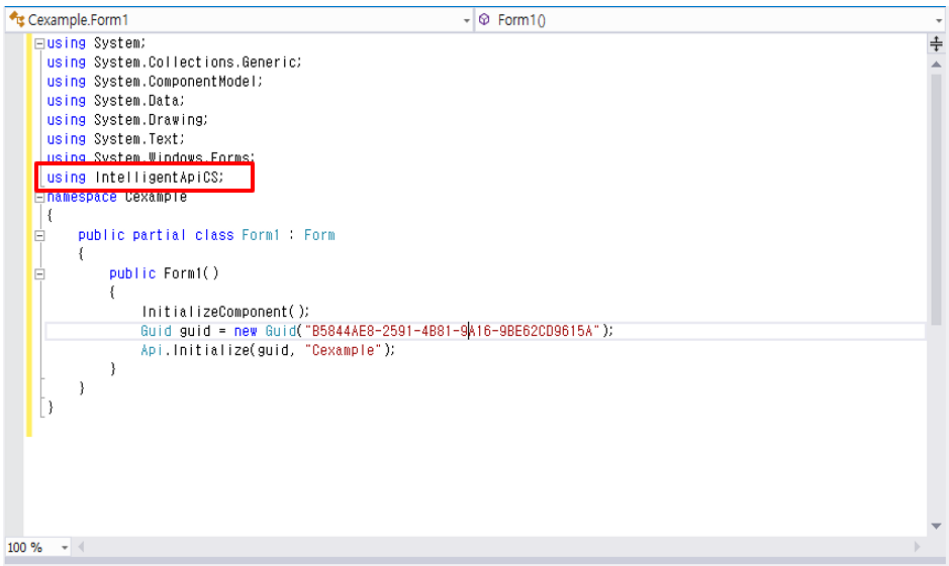
2.3.2 HMI 플랫폼 Machine Tending App 개발

이기종 CNC 공작기계와 호환이 가능하게 하기 위해 HMI Platform의 기능인 App I/F를 사용하여 통신할 수 있도록 C# 기반으로 개발되었다. 해당 App에서는 CNC 공작기계의 데이터를 수집 및 설정하기 위해 HMI Platform에서 제공하는 함수를 사용한다. 플랫폼 App 개발을 위해서는 환경 세팅이 먼저 되어야 한다. 이기종 CNC에서도 사용할 수 있도록 지능형 HMI 플랫폼 함수를 사용했으며, 이를 위해서 Machine Tending App은 URI 주소 체계를 따라 address 및 filter를 입력하여 데이터를 수집 및 설정할 수 있도록 구성했다. <Table 1>은 머신 텐딩에 관련된 HMI 주소체계를 나열하고 있다. 또한 Machine Tending App을 지능형 HMI 플랫폼과 연동하기 위해서는 <Figure 3>과 <Figure 4>와 같이 등록 절차를 거쳐야 한다. 이를 위해 사전 설정한 Machine Tending App의 정보를 지능형 HMI 플랫폼에 적용시키면 된다.

〈Table 1〉 URI based Address and Filter of Machine Tending App

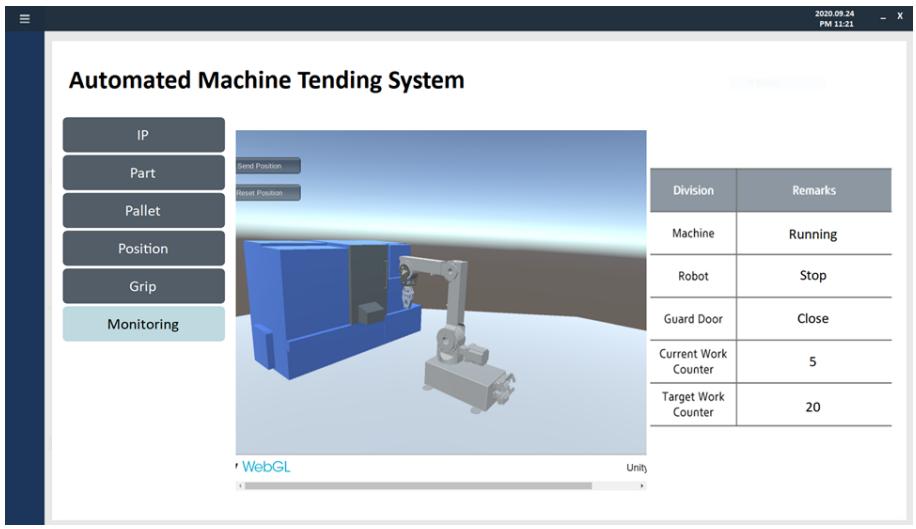
	address	filter
1	data://machine/channel/workstatus/workcounter/currentworkcounter	machine=1&channel=1&workstatus=1
2	data://machine/channel/workstatus/workcounter/targetworkcounter	machine=1&channel=1&workstatus=1
3	data://machine/channel/currentprogram/programmode	machine=1&channel=1
4	data://machine/cncvendor	machine=1
5	data://machine/plc/PLCSignal	machine=1&{각 Machine에 맞는 filter}

〈Figure 3〉 Development Procedure of Machine Tending App




```
{
        "App Name": "MachineTendingApp",
        "Version": "1.0.0",
        "App ID": "88D98883-00D6-433A-AB67-3456F3E71838",
        "App File": "$(PlatformDir)/MachineTendingApp.exe",
        "Layout" : "full",
        "Pos_X": 0,
        "Pos_Y": 0
}
```

〈Figure 4〉 HMI Platform app Development Environment and Machine Tending Registration



〈Figure 5〉 HMI Platform Machine Tending App

2.3.3 Machine Tending 3D Model 개발

윈도우즈 환경에서 IIS(Internet Information Server) 서버를 개방한 뒤, localhost IP를 사용하여 C#으로 구성된 Machine Tending App 환경에서 WebGL 형식의 html 파일을 사용할 수 있다. 이러한 환경을 사용하면 구성된 HMI 플랫폼 환경에서 스크립트를 통하여 WebGL과 브라우저와 통신할 수 있다 <Figure 5>는 구현된 HMI의 App의 화면이다.

2.3.4 Unity3D & WebGL 모델

Unity3D는 비디오 게임 및 3D 응용 프로그램 개발에 사용할 수 있는 간편한 3D 게임 엔진이다. 또한 다양한 3D 환경을 만드는 방법으로 연구 분야에서 널리 사용되고 있다.[6] 이러한 장점을 사용하여 간단하게 다양한 머신 텐딩 상황을 구현할 수 있다.

WebGL은 플러그인을 사용하지 않고 웹 브라우저에서 상호작용 가능한 3D와 2D 그래픽을 표현하기 위한 JavaScript API이다. 또한 Unity3D는 WebGL 빌드를 제공하며 Unity3D에서 제작한 시스템을 웹 브라우저 형식으로 실행이 가능하다[7].

실제 머신 텐딩에 필요한 머신과 로봇을 시뮬레이션하기 위해서 Unity3D 내부에서 모델링이 필요하다. 초기에 머신과 로봇에 대한 CAD 모델이나 도면이 주어진다면 간편하게 Unity 3D를 이용해서 CAD 모델을 불러올 수 있고, 내부 모델링을 통하여 머신 텐딩 시스템을 구축할 수 있다. 구축된 머신 텐딩 시스템은 실제 기계 동작에 필요한 부분을 Unity3D 내부에서 C# 스크립트를 통하여 이벤트 형식으로 다양한 움직임을 구현할 수 있다. 마지막으로 HMI 플랫폼과 ROS(Robot Operating System) 플랫폼간의 통신을 위해서 WebSocket 프로토콜을 내부 스크립트를 통하여 구현한다.

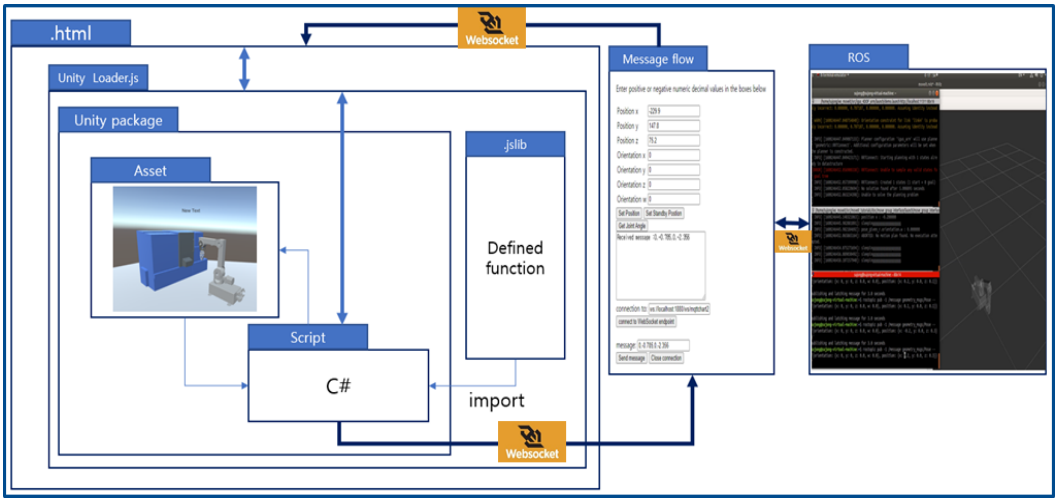
2.3.5 Unity3D와 WebGL간의 통신 개발

Unity3D 환경을 WebGL로 빌드 하게 되면 Unity3D 콘텐츠를 웹 브라우저 형식인 html파일 형태로 사용이 가능하다. Unity3D 내부의 이벤트를 호출하는 방식은 JavaScript 소스를 프로젝트에 추가한 다음 해당 함수를 스크립트에서 직접 호출한다. 또한 JavaScript 코드를 통해 jslib 확장자를 사용하여 Unity3D 내부 C# 스크립트를 통해 사용할 수 있다[8]. 이러한 방식을 통하여 Unity3D 내부에서 모델링 된 이벤트와 모델들을 손쉽게 웹 브라우저 환경에서 제어가 가능하다. 전체 네트워크 구조는 <Figure 6>과 같다.

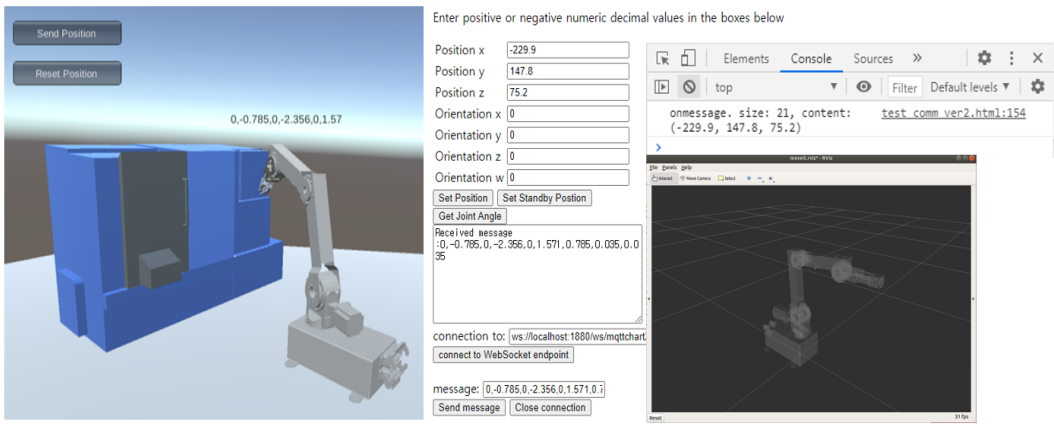
2.3.6 WebGL에서 ROS로의 통신

WebGL과 ROS의 통신은 WebSocket 프로토콜을 사용하여 통신하였다. 이 통신에서 중간에 메시지 플로우 역할을 하는 웹 페이지가 존재하며 이 메시지 플로우를 통하여 WebGL의 메시지가 ROS로 전달되고, ROS의 메시지가 WebGL로 전달된다. 전체 통신 구조는 <Figure 6>과 같다.

WebGL 내부에서 움직이고 싶은 경로를 따라 end point에 대한 좌표를 전송하게 되면 ROS는 end point를 따라서 경로를 생성하게 된다. 생성된 경로에서 각도 정보를 메시지 플로우로 전달하게 되고 메세지 플로우는 이러한 각도 정보를 WebGL 내부로 전달하여 WebGL 내부에 생성된 가상 로봇은 ROS에서 생성된 경로를 따라 움직이게 된다. <Figure 7>은 실제



〈Figure 6〉 Unity3D & WebGL & ROS Communication System

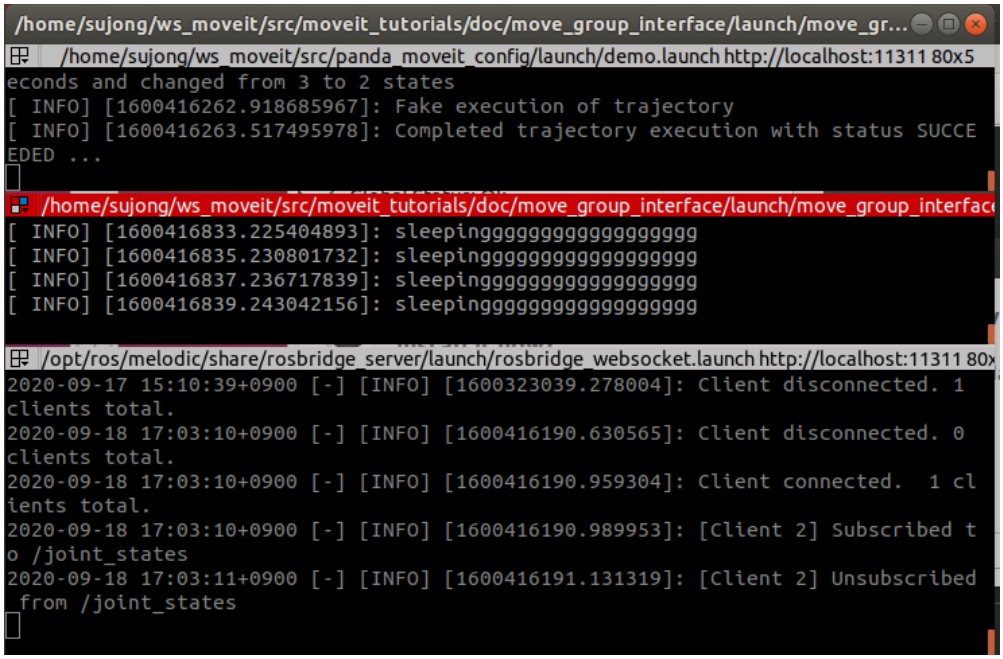


〈Figure 7〉 Machine Tending Working Process

WebGL 내부에서 로봇을 움직인 뒤, ROS에 end point 좌표가 입력된 모습(<Figure 7(B)>, <Figure 7(C)>)이다. <Figure 7(A)>는 ROS에서 생성된 경로 정보를 따라 로봇의 조인트 각도 정보가 WebGL 상에 표시된 화면이다.

2.3.7 ROS 플랫폼 Path Planning App 개발

본 연구는 로봇에 대해 심도 있는 이해가 없어도 로봇을 사용할 수 있도록 인터페이스 구성을 하고자 했다. 이를 위해 ROS 플랫폼에서 지원하는 기하학 라이브러리인 MoveIt[9]을 사용하여 로봇을 쉽고 범용적으로 사용할 수 있도록 구성했다. 본 연구의 범위인 IGUS 로봇의 Configuration 파일(SRDF)을 구성하고 해당 로봇을 기하학 라이브러리에 업로드 할 수 있는 상태로 환경 설정을 하였다.



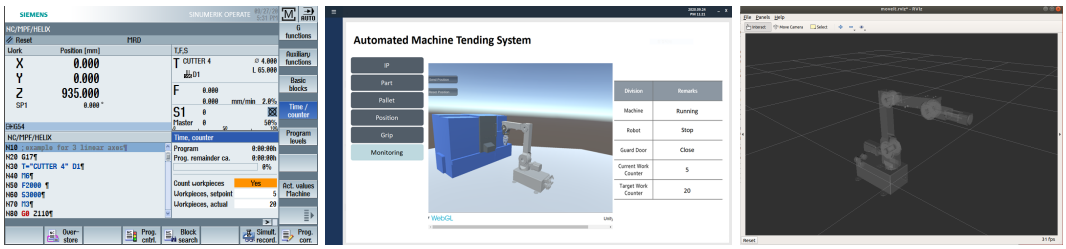
〈Figure 8〉 Path Planning Application of ROS

<Figure 8>에서와 같이, 환경 설정된 Configuration 파일(IGUS 로봇)을 불러오고 ROS의 로봇 기하학 라이브러리인 MoveIt의 Path Planning Interface를 실행 한다. 또한, 사용자가 요청한 위치에 따라 경로 생성을 할 수 있도록 실시간 데이터를 받아올 수 있도록 했다. 이를 위해 ROS의 기능인 Topic에 메시지를 담아 노드 간 데이터를 전달할 수 있도록 하였고, 특히 머신 텐딩에 활용할 수 있도록 위치를 담을 수 있는 Topic을 형성하고 해당 Topic을 구독하도록 코드를 구성했다. 또한, 사용자가 실시간으로 데이터를 ROS로 보낼 수 있도록 ROS의 통신 기능 ROS_bridge 방식 중 Websocket 프로토콜을 채택했으며, Unity3D 데이터를 WebSocket으로 받을 수 있도록, 위에 언급한 구독되어 있는 Topic에 메시지를 보내 실시간으로 좌표를 받을 수 있도록 구성했다.

2.3.8 가상로봇 및 시뮬레이터와 연동 확인

본 연구에서 제시하는 인터페이스를 구성한다면 실제 CNC 공작기계 및 로봇은 Machine Tending App을 통하여 가상화 할 수 있다. 이러한 디지털 트윈 기술은 실제 로봇을 제어하기 전 가상 시뮬레이션을 통하여 현장 작업자는 사전 충돌 체크가 가능하다. 또한 생성된 경로 정보를 통하여 실제 로봇을 구동시킬 수 있다는 장점이 존재한다. 이러한 디지털 트윈 기술은 실시간 현장 모니터링 및 다양한 상황에 대한 대처가 가능하다.

<Figure 9> 화면은 CNC 공작기계를 대신한 시뮬레이터와 Robot을 대신한 가상 로봇을 이용해서 작업한 머신 텐딩 인터페이스이다. 다음의 <Figure 9>(가상 로봇 및 시뮬레이터)를 이용해서 데이터를 수집 후 최종 머신텐딩 앱의 모니터링 화면에 반영하도록 하였다.



〈Figure 9〉 Virtual Robot and CNC Simulator Linkage

3. 결 론

3.1 토론

본 논문에서는 지능형 HMI 플랫폼의 지원을 받는 머신텐딩 앱을 제시하였고 이기종 CNC 공작기계와 ROS 플랫폼을 사용하는 로봇에 대해서 통합 시스템을 제안하였다. 본 논문에서 제시한 구성을 통하여 다음과 같은 Unified interface, Unity3D, WebGL, ROS의 4가지 사항 측면에서 다음과 같은 특징들을 확인할 수 있었다.

(1) Unified interface를 지원하는 HMI 플랫폼을 통하여 Machine Tending App을 제작하였다. 이러한 HMI 플랫폼을 사용하는 추가적인 이점은 사용자는 각자 환경에 필요한 app을 커스터마이징 할 수 있다는 점이다.

(2) Unity3D를 활용하여 개발한 가상환경은 공장설계에 사용된 CAD데이터를 바로 게임환경에 가져와 물리적엔진을 통해서 작동모델을 구축할 수 있다. 따라서 복잡한 프로그래밍 없이 가상환경 구현이 가능하면 WebGL로의 바로 변환 할 수 있어, 웹환경 구현에도 크게 기여를 할 수 있다.

(3) WebGL 형식의 웹 브라우저 Machine Tending App의 사용은 차후 클라우드 플랫폼으로의 확장성이 존재하며 현장의 작업자들은 추가적인 PC의 사용 없이 개인 모바일 기기 및 태블릿으로도 사용이 가능하다는 장점이 존재한다.

(4) ROS는 오픈 플랫폼 로봇 프로그래밍 프로그램이며, 많은 로봇 업체들이 ROS 플랫폼을 지원하는 추세이다. 간편한 경로 생성이 가능한 장점이 있으며, ROS를 지원하는 로봇들은 단일화된 플랫폼 사용으로 많은 장점이 존재한다. 본 논문에서는 ROS를 운영하는 리눅스와 HMI의 윈도우즈 환경을 복합적으로 사용해야 하는 운영체제간 통신 문제를 WebSocket를 통하여 해결하였고, 두 가지 시스템의 장점을 혼합한 하나의 머신 텐딩 시스템을 구축하여 운영체제간 통신 문제를 해결하였다.

3.2 결론

가공 시스템의 지능화 및 자율화 추세가 확대되며, 자동화된 머신 텐딩 시스템 도입이 산업 현장에서 활발히 진행되고 있다. 하지만 머신 텐딩 시스템은 새로운 CNC 공작기계나 로봇을 도입할 때마다 인터페이스에 맞추어 컨트롤러를 다시 제작하거나 재구성해야 하는 어려움이 있었다.

본 논문에서 제시한 Machine Tending App은 웹 브라우저 형식을 지원하기 때문에 SI 업체의 원격 지원이나 멀티 모니터링이 가능하다. 또한, 이 Machine Tending App을 통하여 복잡했던 로봇 경로 생성이 간단해졌으며, Machine Tending App과 ROS 플랫폼의 통신을 통하여 가상 시뮬레이션 로봇의 경로를 통하여 사전 충돌 체크 및 실시간 모니터링이 가능해진다. 사전 체크를 통한 뒤, 실제 로봇 및 CNC 공작기계를 구동시킬 수 있다. 통합 시스템의 사용은 CNC 공작기계나 로봇 공급업체의 직접적인 도움 없이 현장 작업자가 직접적으로 필요한 구성 변경을 바로 적용할 수 있다는 장점이 존재하며, 시간과 비용을 크게 절약할 수 있다.

추후 연구로는 본 논문에서 제안한 머신 텐딩 테스트 베드를 통해서 ISO 21919 통신 체계를 검증하고 프로그래밍을 수행할 수 있는 환경을 구축할 것이다.

References

[1] Brookes et al., “Studying human behavior with virtual reality: The Unity Experiment Framework,” Behavior Research Methods, Vol. 52, No. 2, pp. 455-463, 2019.

[2] Dou et al., “Human-Machine Interface Evaluation of CNC Machine Control Panel through Multidimensional Experimental Data Synchronous Testing Analysis Method,” International Journal of Performability Engineering, Vol. 13, No. 8, pp. 1195-1205, 2017.

[3] https://developer.mozilla.org/ko/docs/Web/API/WebGL_API.

[4] https://docs.unity3d.com/kr/2018.4/Manual/webgl-interactingwithbrowserscripting.html.

[5] https://ros-planning.github.io/moveit_tutorials/.

[6] Li, D. and Huang, Y., “A general robot application platform for machine tending,” 2008 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics, pp. 1-5, 2008.

[7] Mori, M. and Fujishima, M., “Remote monitoring and maintenance system for CNC machine tools,” Procedia Cirp, Vol. 12, pp. 7-12, 2013.

[8] Park, J.-K. and Chang, T.-W., “Review of domestic research on smart manufacturing technologies,” The Journal of Society for e-Business Studies, Vol. 23, No. 2, pp. 123-133, 2019.

[9] Yoon et al., “Development of Unified Interface for Multi-Vendors’ CNC Based on Machine State Model,” Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 35, No. 2, pp. 151-156, 2018.

저 자 소 개

박용근 (E-mail: yongkp@khu.ac.kr)
2019년 공주대학교 응용수학 / 물리학 (이학사)
2019년～현재 경희대학교 산업경영공학과 석사 과정
관심분야 딥러닝을 사용한 신호처리, Progonostic and Health Management, Machine Tending, 디지털 트윈, Virtual Environment

김수종 (E-mail: tnwhd5791@naver.com)
2020년 한국기술교육대학교 기계공학과 졸업
2020년～현재 성균관대학교 기계공학과 석사 과정/
한국생산기술 연구원 학생연구원
관심분야 스마트 매뉴팩처링, 디지털 트윈(digital twin)

엄주명 (E-mail: jayum@khu.ac.kr)
2012년 POSTECH 산업경영공학과 졸업 (박사)
2012년～2014년 스위스 로잔 연방공대 Post-doctor
2014년～2015년 영국 캠브리지 대학교 Research associate
2016년～2018년 독일 인공지능연구소 SmartFactoryKL Senior researcher
2018년～현재 경희대학교 산업경영공학과 조교수
관심분야 스마트팩토리, 증강현실, 디지털 트윈