

HMD 기반 컨트롤러를 이용한 LED 제어 웹서버 구축에 관한 연구

A Study on Building an LED Control Web Server using an HMD-based Controller

김동조¹

Dong-Jo Kim¹

요 약

최근 LED 기술의 발전으로 다양한 설치공간에서 구성된 LED 제어 인터페이스 연구가 활발히 진행되어감에 따라 원격으로 LED를 제어하고 그 LED 설치물을 통해 확장현실 콘텐츠를 구현하는 전시의 관심이 증가하고 있다. LED의 공간 구성에 따라 가상공간과 현실공간이 매칭되는 인터페이스의 연구가 필요하며 HMD 사용자의 움직임과 컨트롤러 제어를 통해 구현되는 현실공간의 변화가 가능한 콘텐츠를 제공하기 위해서는 사용자의 제스처에 따른 공간 표현이 매우 중요하다. 이전에 제안되었던 확장현실 콘텐츠는 가상공간과 현실공간을 동시에 시각적으로 보여주거나 가상공간만의 구성을 가지고 있어 확장현실 콘텐츠의 한계를 보여왔다. 본 논문에서는 HMD기반 컨트롤러를 이용하여 사용자의 이동 및 시선과 함께 컨트롤러에 주어진 데이터를 추적하고 그 정보를 바탕으로 현실공간의 LED를 제어하여 사용자가 원하는 정보를 HMD를 통해 LED 설치물에 송신할 수 있는 시스템을 제안한다.

핵심어 : LED, HMD, 컨트롤러, 상호작용, 웹서버

Abstract

With the recent development of LED technology, a study on LED control interfaces composed in various installation spaces is actively progressing, and an interest in exhibitions that remotely control LEDs and realize extended reality contents through the LED installations is increasing. It is necessary to study the interface in which the virtual space and the real space are matched according to the spatial configuration of the LED, and spatial expression according to the user's gesture is very important to provide content that can change the real space realized through the movement of the HMD user and controller control. The previously proposed extended reality content visually shows the virtual space and the real space at the same time, or has a composition only in the virtual space, which has shown the limitations of extended reality content. This paper proposes a system that uses an HMD-based controller to track data given to the

¹ Department Image design, Sunchon National University, Sunchon, Korea [Professor]
e-mail: djkim@scnu.ac.kr

* This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea(NRF-2021S1A5A8064713)

Received(February 19, 2023), Review Result(1st: March 2, 2023), Accepted(March 17, 2023), Published(March 31, 2023)



© 2023 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

controller along with the user's movement and gaze, and control the LED in the real space based on the information, and transmit the desired information to the LED installation through the HMD.

Keyword : LED, HMD, Controller, interaction, Web-server

1. 서론

최근 LED를 사용한 산업의 발전에 따라 LED제어 기술을 효율적으로 사용하기 위한 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 원격으로 LED를 제어하거나 확장현실 콘텐츠 제작을 위한 하드웨어로서 기능을 하고 있다. 특히 전시 설치물을 제작할 때 빛에 대한 제어요소로 LED 사용의 빈도가 늘고 있는 추세이다. 확장현실 콘텐츠는 현실 공간에 대한 경험을 배경으로 구축된 것으로 현실공간과 가상공간과의 연계성을 주거나 적절한 인터랙션 요소가 적용될 시에 확장된 현실을 구현하는 콘텐츠인 것이다.

가상현실을 구현하는 하드웨어는 현재 Meta Quest Pro, HTC Vive XR Elite, Sony Playstation VR2 등의 제품들이 출시되고 있다. 이러한 제품들은 양손에 질 수 있는 컨트롤러를 포함하고 있는 제품이다. HMD기반의 컨트롤러는 무선으로 데이터를 전송하고 가상공간에 구축된 인터페이스 디자인으로부터 데이터를 송수신하는 역할을 한다. 가상공간의 정보를 획득하고 공간에 내포되어 있는 인터랙션 요소들을 제어하는 기능을 한다 [1].

가상현실 콘텐츠와 연동된 현실공간의 LED설치물 제어를 위해서는 별도의 서버 구축이 요구되며 하드웨어를 포함한 시스템 구축은 연구개발 비용이 책정된다. LED 자체 제어 시스템을 활용하는 것은 시각적인 연동을 구현하기 위해 직관적이며 실시간 데이터 송수신을 처리할 수 있는 장비 사용으로 인터페이스 개발도 필요하다 [2]. 본 논문에서는 메타 퀘스트 HMD 기반 컨트롤러를 사용하여 사용자의 이동 및 시선과 함께 컨트롤러에 주어진 데이터를 추적하고 그 정보를 바탕으로 현실 공간의 네오피셀 LED를 제어하여 사용자가 원하는 정보를 HMD를 통해 LED설치물에 송수신할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다.

2. HMD기반 컨트롤러의 특징

가상현실 콘텐츠를 제작하기 위해서는 이미 상용화된 하드웨어들이 다양하게 제작되어 있다. 실감콘텐츠 분야의 기술은 디지털 3D그래픽 이미지를 투사하여 현실 공간에서 주는 몰입감을 경험하게 해준다 [3]. 가상현실 콘텐츠는 사용자의 머리에 착용하여 시각적 환경을 부여해주는 HMD와 그 공간을 제어할 수 있는 컨트롤러로 구성되며 특정 하드웨어에 따라 공간 센싱을 할 수 있는 것이 포함되는 경우가 있다. 가상현실 콘텐츠는 HMD를 사용하여 사용자의 시선에 각 다른 화면을 투사하며 시야를 왜곡시켜 넓은 시야각으로 공간을 형성하게 된다. HMD가 향하는 방향의 위치와

회전값을 추적하여 가상공간에서도 같은 방향으로 시야를 구성한다. 회전은 자이로 센서와 가속도 센서를 인식하며 x , y , z 축의 변화를 감지하게 된다 [4]. 스마트폰 장착형 HMD 또한 이러한 기능들을 기본적으로 사용하고 있다. 이러한 상황 연출에서 흔히 가상현실 콘텐츠의 문제점으로 도출되는 어지러움증을 유발하는 경우가 많다.

그래서 본 논문에서 연구되는 시스템에는 인터페이스 디자인이 고정된 내용으로 향후 추가 개발될 예정이다. 사용자의 시야는 머리가 움직이는 방향에 따라 가상현실 콘텐츠의 공간이 움직이기 때문에 높은 현존감과 몰입감을 경험하게 해준다. HMD의 컨트롤러는 위치값을 측정하기 위한 외부 센서를 사용하는 것으로 적외선을 통해 3차원 공간 좌표를 형성하고 위치를 센싱하여 가상공간에 컨트롤러의 위치를 지정해준다 [5]. 또한 메타 퀘스트는 HMD 전면에 장착된 카메라로 현실 공간의 좌표 형성을 구축하며 위치 정보를 전송한다. 이러한 시스템은 사용자에게 현실공간과 매칭된 경험을 부여해주는 핵심 기술로 작용한다. HMD기반 컨트롤러는 정확한 좌표측정과 함께 가상공간 내에서 손의 위치를 구현해주며 가상현실 콘텐츠의 몰입을 극대화해주는 역할을 하고 있다. 특히 스팀VR 플랫폼에서 많은 콘텐츠 제공이 가상현실 산업의 활성화를 확장시켜주고 있다.

HMD기반 컨트롤러는 현실공간에서 사용자의 손으로 대치되는 요소이며 오브젝트의 인터랙션을 통해 제어하는 기능이 있는 인터페이스이다. 사용자의 손을 대치하는 상황에서부터 출발한 것으로 글로브 형태의 컨트롤러도 개발 및 연구되고 있는 실정이다 [6]. 최근에는 가상의 오브젝트를 제어할 때 중량을 느끼게 하는 연구도 진행 중이며 정확한 위치인식을 위한 연구도 하드웨어 개발과 함께 이루어지고 있다. 사용자의 손을 직관적으로 인식하여 가상현실 콘텐츠 내에서 손을 묘사하는 방식도 사용 중이며 이는 증강현실 콘텐츠 제작 시에 주로 사용되고 있다.

HMD기반 컨트롤러는 위치의 변형을 주는 조이스틱과 버튼들이 구성되어 있다[7]. 다양한 연령층의 사용자에게 적절한 스틱형으로 구성되는 경우가 주로 상용화된 하드웨어에 추가적으로 구성된다. 상용화된 대부분의 컨트롤러는 그립감과 진동을 통해 사용자의 몰입감을 높여주고 있다[8]. 이는 유사한 형태의 컨트롤러가 많은 것과 연관성이 있다. 현재의 컨트롤러로는 오브젝트의 중량감을 전해주기에는 어려움이 있기 때문이다. 그립감을 전해주는 위치에 터치센서를 적용하여 손가락의 움직임까지 콘텐츠 제어에 영향을 주는 컨트롤러도 현재 연구가 진행 중이다.

3. HMD 컨트롤러 기반 LED 제어시스템 연구

3.1 HMD 컨트롤러 구성

가상현실 콘텐츠와 HMD의 사용은 현실공간의 LED를 원거리에서도 제어가 가능하다. 원거리에서 가상현실 공간의 인터페이스 디자인을 경험하게 되고 이를 제어하는 것으로 현실공간의 제어를 이루는 것이다. 이러한 시스템은 원거리에서 이루어지는 현장감을 높여주어 가상현실 공간 설정에

적합한 콘텐츠로 작용한다. 본 연구에서 사용된 유니티 프로그램은 현실공간에 대한 예측을 통해 사용자의 공간설계를 가능하게 하고 가상공간의 이해를 높일 수 있다[9]. 사용자의 손 이외의 동작이 위치 데이터 검출에 영향을 주지는 않지만 향후 다양한 센싱으로 확장하여 현실 공간을 거닐거나 관람하는 사용자를 복수로 두고 진행하는 가상현실 전시까지 연계가 가능하다.

3.2 LED 제어 시스템 개발

사용자의 가상현실 입력 인터페이스의 위치 데이터를 통해 생성되는 기본 위치 선정이 시작되며 가상현실 입력 인터페이스의 제스처 정보를 사용하여 사용자 시점의 화면이 전환된다. 다수의 LED가 설치된 오브젝트의 시점이 확보되고 정확한 LED 위치를 선택하여 가상환경속에서 시각화된다. 이에 대한 데이터값을 마이크로 컨트롤러로 전송하여 기존에 추출된 데이터값과 비교하고 적합한 LED의 색온도를 출력하게 된다. 가상환경의 사용자가 자유롭게 움직이고 오브젝트를 관찰하는 경우에 사용자의 시점에 따라 LED 공간 좌표에 의해 정상적으로 시각화 되지 않는 경우가 있기 때문에 사용자의 실시간 시점 변화에 대응할 수 있는 다시점 화면의 설계가 필요하다. 이는 실시간 시각화가 가능하도록 데이터를 추출할 수 있는 LED 제어 알고리즘 개발이 진행된다. [그림 1]은 LED 제어를 위해 유니티 프로그램에 적용된 알고리즘 소스이다.

```
void showPixel() {
    Serial.print("tag : ");
    Serial.println(command);

    if(command == HOME_TAG){
        currentType = command;
    }else{
        if(command == COLOR_TAG){
            currentType = command;
            colorR = 255;
            colorG = 0;
            colorB = 0;
            for(int i=0; i< NUM_OF_COLUMN; i++){
                for(int j=0; j<NUM_OF_ROW; j++){
                    int idx = i * NUM_OF_ROW + j;
                    values[i][j] = 1;
                }
            }
        }else if(command == RESET_TAG){
            currentType = command;
            for(int i=0; i< NUM_OF_COLUMN; i++){
                for(int j=0; j<NUM_OF_ROW; j++){
                    values[i][j] = 0;
                }
            }
        }
    }
}
```

```
delay(100);

for(int i=0; i<10; i++){
    buffer[i] = 0;
}
bufferIndex = 0;

for(int i=0; i< NUM_OF_COLUMN; i++){
    for(int j=0; j<NUM_OF_ROW; j++){
        int idx = i * NUM_OF_ROW + j;
        if(values[i][j] == 0){
            strip.setPixelColor(idx, 0, 0, 0);
        }else{
            strip.setPixelColor(idx, colorR, colorG, colorB);
        }
    }
}
delay(50);
strip.show();
}

if(currentType == HOME_TAG){
    for(int i=0; i< NUM_OF_COLUMN; i++){
        for(int j=0; j<NUM_OF_ROW; j++){
            int idx = i * NUM_OF_ROW + j;
            strip.setPixelColor(idx, random(0,255), random(0,255), random(0,255));
        }
    }

    delay(50);
    strip.show();
}
```

[그림 1] LED 제어 알고리즘 프로그램 소스

[Fig. 1] LED control algorithm program source

LED 제어를 위한 HMD기반 컨트롤러 응용으로 위치 선택을 위해 직관적인 입력 인터페이스는 사용자의 손으로 적용되기 때문에 HMD 컨트롤러 인터페이스를 사용자의 손으로 제어하도록 입력 인터페이스가 제작된다. 컨트롤러는 다수의 버튼을 가지고 있어 LED 제어 메뉴 선택을 자유롭게 진행 할 수 있고 상용화된 컨트롤러를 응용하여 입력 인터페이스로 활용하고 있다. 가상현실 공간에서 LED 제어는 스위치를 누르는 것과 같은 피드백이 존재하지 않기 때문에 사용감에 있어서는 사용자의 편의성을 제공하는데에는 어려움이 발생한다. 따라서 사용자가 가상환경 공간에서 선택 영역을 지정할 때 진동을 제공하여 멀티 감각 부열 실재감을 높이는 역할을 하게 된다.

지속적인 데이터 전송을 진행하기 위해 웹서버를 생성하여 실시간 제어가 가능하다. 알고리즘 최적화와 다중 사용자를 위한 서버구성이 추가될 필요가 있고 연속적인 데이터 전송으로 가상현실 콘텐츠 영상과 동기화의 결과물을 얻을 수 있게 된다. 그리고 다수의 LED를 사용한 설치물에 대한

실시간 데이터값이 누락되는 현상을 만들지 않기 위해 가상현실 공간에서 좌표값을 LED 제어 기반의 알고리즘으로 확장하여 최적화 진행이 필요하다. [그림 2]는 웹서버 구축과 LED 동기화를 위한 알고리즘 프로그램 소스이다.

```
const char HTTP_HEAD[] PROGMEM = "<!DOCTYPE html><html lang='en'><head>"
                                "<meta"
                                "name='viewport' content='width=device-width,initial-scale=1,user-scalable=no' />"
                                "<link rel='icon' href='data:;' />";
const char HTTP_STYLE[] PROGMEM = "<style>"
                                "body{text-align:center;font-family:verdana;}"
                                "button{border:0;border-radius:0.3rem;background-color:#1fa3ec;color:#fff;line-height:2.4rem;font-size:1.2rem;wid"
                                "h:100%} "
                                "</style>";
const char HTTP_HEAD_END[] PROGMEM = "</head><body><div"
                                "style='text-align:center;display:inline-block;min-width:260px;'>"
                                "<h3>ESP01 NeoPixel Control</h3>";
const char BUTTON_TYPE[] PROGMEM = "<p><button"
                                "style='width:40%;background-color:#12cb3d;'>ON</button>"
                                "<button"
                                "style='margin-left:10%;width:40%;background-color:#1fa3ec;'>OFF</button></a></p>";
const char HTTP_END[] PROGMEM = "</div></body></html>";

void loop() {
  WiFiEspClient client = server.available();
  if (client) {
    while (client.connected()) {
      if (client.available()) {
        String income_AP = client.readStringUntil('\n');
        if (income_AP.indexOf("H/1") != -1) {
          command = HOME_TAG;
          showPixel();
        } else if (income_AP.indexOf("R/1") != -1) {
          command = RESET_TAG;
          showPixel();
        } else if (income_AP.indexOf("C/1") != -1) {
          command = COLOR_TAG;
          showPixel();
        }
      }
      client.flush();
      client.println(F("HTTP/1.1 200 OK"));
      client.println(F("Content-type:text/html"));
      client.println(F("Connection: close"));
      client.println();
      String page;
      page = (const __FlashStringHelper *)HTTP_HEAD;
      page += (const __FlashStringHelper *)HTTP_STYLE;
      page += (const __FlashStringHelper *)HTTP_HEAD_END;
    }
  }
}
```

```

IPAddress ipAddress = WiFi.localIP();
page += (const __FlashStringHelper *)"<h3>IP Address: ";
page += String(ipAddress[0]) + String(".") + String(ipAddress[1]) + String(".") +String(ipAddress[2])
+ String(".") +
String(ipAddress[3]);
page += (const __FlashStringHelper *)"</h3>";
page += (const __FlashStringHelper *)HTTP_END;
client.print(page);

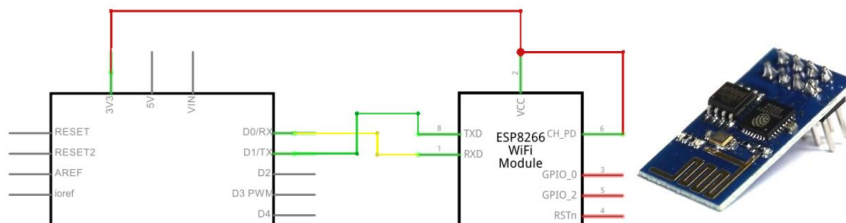
client.println();
delay(1);
break;
}}
client.stop();
Serial.println(F("Client disconnected"));
}

```

[그림 2] LED 동기화 알고리즘 프로그램 소스

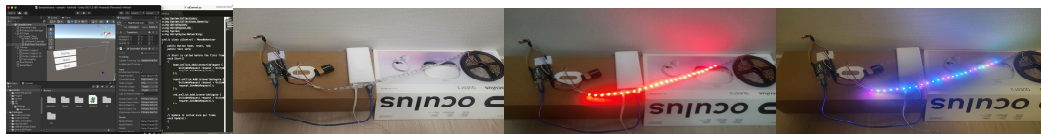
[Fig. 2] LED Synchronization Algorithm Program Source

LED를 통합 및 개별 제어하고 다양한 형태의 설치물을 구성하기 위해 네오픽셀을 사용하며 esp8266-wifi 펌웨어를 설치하고 해당코드를 활용해서 개발은 진행한다. [그림 3]은 웹서버 구축을 위한 wifi기판 실물 이미지와 회로 구성도이다. HMD 컨트롤러가 블루투스를 사용하여 제어 기능을 활용하고 있어 확장성과 사용 편의성을 위해 웹서버 연결을 wifi로 진행하고 있다.



[그림 3] esp8266-wifi 회로 구성도

[Fig. 3] esp8266-wifi circuit diagram



[그림 4] 웹서버 구축을 통한 LED 제어 결과물

[Fig. 4] LED Control Results through Web Server Construction

[그림 4]는 HMD 컨트롤러를 사용하여 LED를 제어하기 위해 웹서버를 구축하여 실행된 결과물이다. 컨트롤러는 일반적으로 블루투스 모듈이 적용되어 HMD와의 데이터 송수신을 진행하기에 컨트롤러의 기능 확장과 사용자의 연계 편의성을 위해 웹서버를 구축하고 서버통신으로 LED를 제어할 수 있도록 구성한다. LED제어는 컨트롤러를 활용한 가상현실 공간에서 색온도를 설정하는 것과 위치 지정을 통한 특정 LED 선택을 할 수 있다. 향후 다수의 사용자가 전시결과물을 관람하거나 2인 이상의 사용자가 동시에 제어를 하는 것까지 확장성을 염두에 두고 있다.

4. 결론

본 논문에서 제안한 시스템은 HMD기반 컨트롤러를 이용하여 사용자의 이동 및 시선과 함께 컨트롤러에 주어진 데이터를 추적하고 그 정보를 바탕으로 현실공간의 LED를 제어하여 사용자가 원하는 정보를 HMD를 통해 LED 설치물에 송신할 수 있다. 이를 위해서 HMD와 블루투스로 연동된 컨트롤러를 별도의 웹서버 구축으로 외부 환경인 LED 제어하는 것이 필요하다. 웹서버 구축을 통한 컨트롤러 사용은 HMD와 LED제어를 동시에 실시간으로 데이터 송수신 하는데 역할을 하고 있으며 2인 이상이 동시에 가상과 현실공간을 제어하는데 지속적인 데이터 전송을 보다 안정적으로 진행하는 것에 도움을 준다. 하나의 컨트롤러 하드웨어를 사용하여 기존 매체에 추가적인 기능을 부여하는 것에 가이드가 되며 이를 확장한 다양한 실험을 도모할 수 있다.

컨트롤러는 범용적인 사용자의 편의성에 중점을 두고 있으며 현실공간과 연계하였을 시에 일관성 있는 몰입감을 주는 것에 어려움이 있다. 현실공간의 경험이 가상공간의 인터페이스 디자인이 연계되지 않으면 몰입감이 낮게 책정되며 유사한 피드백을 전해주는 컨트롤러는 손을 사용하여 인터랙션이 진행되는 콘텐츠의 경우 현존감이 더욱 낮아질 수 있다. 가상현실 콘텐츠는 현실공간에서 주어지는 현존감을 높일 수 있는 방안으로 컨트롤러의 사용범위를 확장하고 현실공간과의 연계성을 높일 필요가 있다. 데이터 인식률에 대한 정확성이 높고 사용자의 체감을 높일 수 있는 다양한 센싱이 적용된 컨트롤러의 발전이 도모되어야 높은 몰입감을 주게 한다. 이러한 방편으로 본 논문에서 제안한 웹서버 구축 시스템은 확장성을 가지고 연구되는 내용이기에 가상현실 콘텐츠의 현실공간 연계성을 높여주는 것으로 볼 수 있다. 향후 가상현실 콘텐츠의 확장성을 위해서라도 컨트롤러의 다양한 연계와 확장은 사용자에게 높은 몰입감을 전달하는데 가치가 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] J. W. Park, S. K. No, "A Study on the Structural Features of VR HMD Interface Design-Focused Oculus Home-", *Journal of the Korean Society of Design Culture*, vol. 24, no. 3, September 2018, pp. 281-296, doi: 10.18208/ksdc.2018.24.3.281.
- [2] A. H. Yang, J. K. Lee, "A Study on Experience Characteristics Utilizing HMD in Virtual Exhibition Space", *Journal of the Korea Institute of Spatial Design*, vol. 12, no. 5, October 2017, pp. 275-287, doi: 10.35216/kisd.2017.12.5.275.
- [3] B. H. Yoon, J. M. Sa, K. S. Choi, "Humanoid Robot Teleoperation System using Head Mounted Display", *Journal of the institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 56, no. 9, September 2019, pp. 77-84, doi: 10.5573/ieie.2019.56.9.77.
- [4] S. H. Jang, J. W. Yoon, S. B. Cho, "User Interfaces for Visual Telepresence in Human-Robot Interaction Using Wii Controller", *Journal of the HCI Society of Korea*, vol. 3, no. 1, pp. 27-32, doi: 10.17210/jhsk.2008.05.3.1.27.
- [5] S. K. Kim, J. S. Cha, "LED color control using Arduino and Human motion sensors", *The Journal of Korea Society of Communication and Space Technology*, vol. 9, no. 2, June 2014 pp. 69-73, doi: 10.22251/jlcci.2020.20.11.1.
- [6] S. H. Shin, S. Y. Kim, "Wireless LED lighting control using the SmartPhones", *Journal of The Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 16, no. 5, May 2015, pp. 3385-3390, doi: 10.5762/KAIS.2015.16.5.3385.
- [7] J. Y. Han, "A Study on the Type of VR Content Design Founded on Mobile Detachable HMD", *Journal of Korea Institute of Spatial Design*, vol. 11, no. 1, February 2016, pp. 79-87, doi:10.35216/kisd.2016.11.1.79.
- [8] M. S. Park, J. M. Kim, W. H. Lee, "Study on Motion Control Device in VR Environment Using Gyro Sensor", *Korean Society For Computer Game*, vol. 32, no.1, March 2019, pp. 93-102, doi: 10.21493/kscg.2016.29.2.1.
- [9] Y. S. Cho, J. M. Kim, "A Study on the Comparison of the Virtual Reality Development Environment in Unity and Unreal Engine 4", *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, vol. 28, no. 5, November 2022, pp. 1-11, doi: 10.15701/kcgs.2022.28.5.1.