움직임 감지 웹 서비스

실시간 움직임 감지, 웹으로 만나다

20192494 김범준

20202446 김재영

20215287 이우민

20222534 신서림

목차

발표 순서

01 프로젝트 개요

02 프로젝트 목표 및 기대 효과

03 사용 기술 및 주요 부품

04 시스템 아키텍처

05 개발 과정

06 문제 해결

07 결과 및 시연

08 향후 개선 방향

09 Q & A

HC-SR501 & ESP-32를 활용한 움직임 감지 웹 서비스

실시간 움직임 감지, 웹으로 만나다

💡 프로젝트 동기

일상 속 보안과 자동화에 대한 관심에서 출발하여 저비용 센서와 아두이노를 이용해 물리적 이벤트를 웹사이트와 연결하는 경험을 해보고 싶었다.

🚀 프로젝트 개요

ESP32에서 감지된 움직임 데이터를 서버로 전송하고, 웹 인터페이스를 통해 실시간으로 모니터링할 수 있는 시스템을 개발

프로젝트 목표 & 기대 효과

구체적인 목표

- **하드웨어 제어:** HC-SR501 센서 값 수신 및 ESP-32를 통한 Wi-Fi 통신 구현
- **안정적인 서버 구축:** Node.js와 Express.js 기반의 데이터 수신 및 처리를 위한 API 서버 개발
- **실시간 통신 구현:** HTTPP 통신신을 활용하여 서버와 클라이언트 간의 데이터 전송
- **직관적 웹 인터페이스:** 감지되면 웹 UI에 변화를 주어 움직임 확인

기대 효과

- **보안성 강화:** 특정 구역의 무단 침입을 실시간으로 감지하고 즉각적인 알림 제공
- **높은 확장성:** 온습도, 조도 등 다양한 센서를 추가하여 스마트 홈 시스템으로 발전시킬 수 있는 기반 구축
- **기술 역량 향상:** IoT 시스템 전반에 대한 통합적인 개발 능력 확보

사용 기술 및 주요 부품

Hardware

HC-SR501 (PIR 센서)
인체의 적외선을 감지하여 움직임을 포착하는 핵심 센서

ESP-32
Wi-Fi/Bluetooth가 내장된 고성능 마이크로컨트롤러

점퍼 케이블
센서, 보드 등 각 부품 간의 회로 연결

EVA 폼보드
프로토타입의 외관을 보호하고 고정하기 위한 케이스 제작

Software & Platform

Node.js & Express.js
ESP-32로부터 데이터를 수신하는 백엔드 API 서버 구축

MongoDB
감지된 움직임 데이터를 저장하는 NoSQL 데이터베이스

HTML & Tailwind CSS
실시간 감지 현황을 보여주는 프론트엔드 웹 페이지 개발

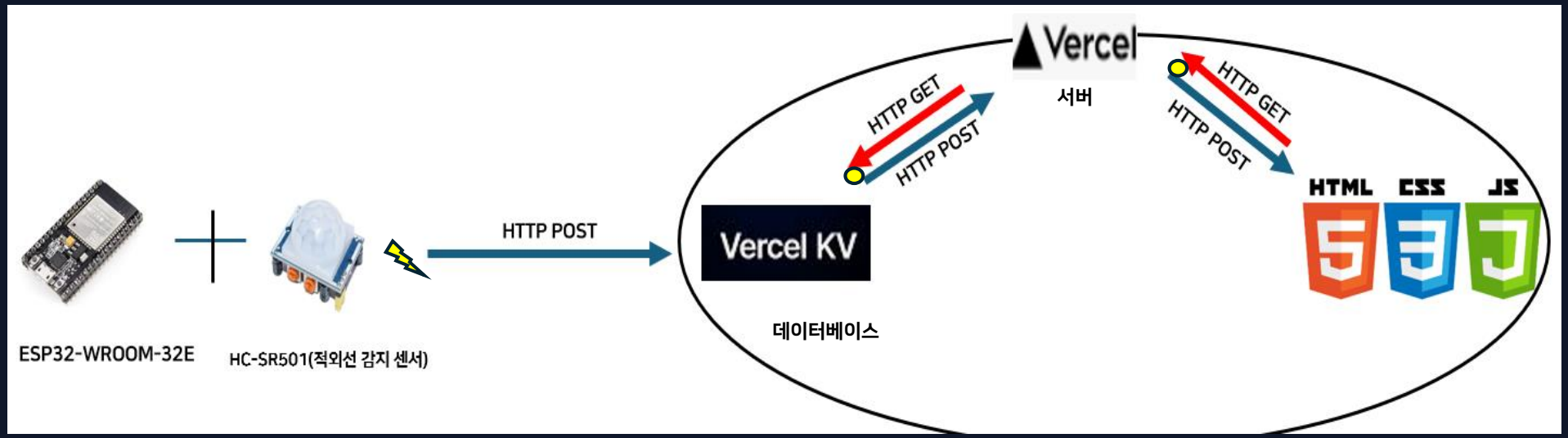
Vercel
개발된 웹 서비스를 배포하고 호스팅하는 클라우드 플랫폼

시스템 아키텍처 & 데이터 흐름

데이터 흐름 요약

1. **감지:** HC-SR501이 움직임을 감지하여 ESP-32에 신호 전달
2. **전송:** ESP-32가 Wi-Fi를 통해 Vercel 서버로 HTTP POST 요청 전송
3. **처리 및 저장:** Node.js 서버가 요청을 받아 MongoDB에 로그 저장
4. **실시간 전파:** 서버는 연결된 클라이언트에게 HTTP로 송수신

데이터 흐름 시각화

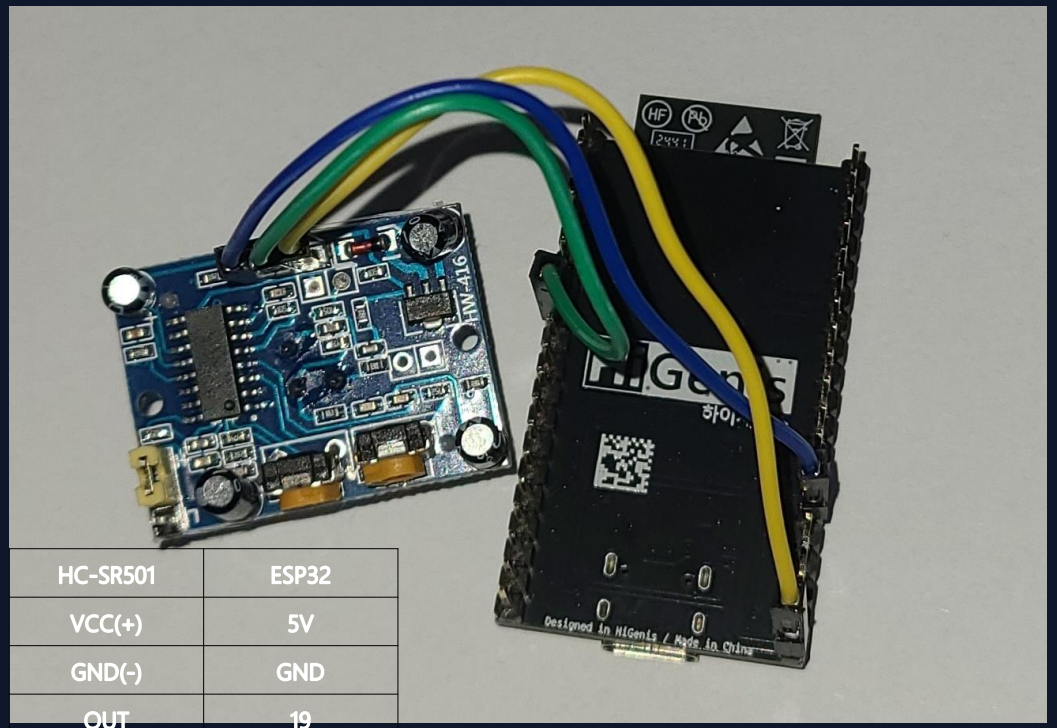

ESP32-WROOM-32E
HC-SR501(적외선 감지 센서)
HTTP POST
Vercel KV
데이터베이스
Vercel
서버
HTTP GET
HTTP POST
HTTP GET
HTTP POST
HTML
CSS
JS

개발 과정

하드웨어 구성 및 펌웨어 개발

하드웨어 연결

HC-SR501 센서와 ESP-32 보드를 점퍼 케이블로 연결하여 물리적 회로를 구성



HC-SR501	ESP32
VCC(+)	5V
GND(-)	GND
OUT	19

ESP-32 펌웨어

Arduino IDE를 사용하여 센서 값을 읽고, Wi-Fi에 연결한 뒤 움직임이 감지되면 서버로 HTTP POST 요청

```
HTTPClient http;
http.begin(vercelURL);
http.addHeader("Content-Type", "application/json");

// JSON 문자열 직접 생성
String jsonData = "{";
jsonData += "\"motion\":true,";
jsonData += "\"timestamp\":" + String(millis()) + ",";
jsonData += "\"device_id\":\"ESP32_PIR_01\"";
jsonData += "}";

Serial.print("전송 데이터: ");
Serial.println(jsonData);

// POST 요청
int httpResponseCode = http.POST(jsonData);

if (httpResponseCode > 0) {
  String response = http.getString();
  Serial.print("응답 코드: ");
  Serial.println(httpResponseCode);
  Serial.print("응답 내용: ");
  Serial.println(response);

  http.end();
  return (httpResponseCode == 200);
} else {
  Serial.print("HTTP 오류: ");
  Serial.println(httpResponseCode);
  http.end();
  return false;
}
```

```
const char* ssid = "wifi";          // WiFi 이름
const char* password = "wifi1234"; // WiFi 비밀번호

// Vercel 설정
const char* vercelURL = "https://ki11ki11.vercel.app/api/motion-detected"; // Vercel API URL

const int PIR_PIN = 19;
int lastPirState = LOW;
unsigned long lastMotionTime = 0;
const unsigned long DEBOUNCE_TIME = 2000; // 2초 디바운스

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(PIR_PIN, INPUT);

  // WiFi 연결
  WiFi.begin(ssid, password);
  Serial.print("WiFi 연결 중");

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }

  Serial.println();
  Serial.println("WiFi 연결 성공!");
  Serial.print("IP 주소: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());

  // 센서 안정화
  Serial.println("센서 안정화 중... (30초)");
  delay(30000);
  Serial.println("시스템 준비 완료!");
}

void loop() {
  int pirValue = digitalRead(PIR_PIN);
  unsigned long currentTime = millis();

  if (pirValue == HIGH && lastPirState == LOW &&
      (currentTime - lastMotionTime) > DEBOUNCE_TIME) {

    Serial.println("움직임 감지! Vercel로 데이터 전송 중...");

    if (sendMotionData()) {
      Serial.println("✓ 데이터 전송 성공");
    } else {
      Serial.println("✗ 데이터 전송 실패");
    }

    lastMotionTime = currentTime;
  }

  lastPirState = pirValue;
  delay(100);
}

bool sendMotionData() {
  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.println("WiFi 연결 끊김");
    return false;
  }
```

개발 과정

백엔드 개발

> ⚠ **데이터베이스, 서버 운영 방법 변경**
>
> 초기 MongoDB 사용 계획이었지만 24시간 서버 운영의 현실적 어려움으로 인해 Vercel의 서버리스 기능을 사용하며 데이터베이스도 변경

```js
// api/motion-detected.js
const { createClient } = require('@vercel/kv');

const kv = createClient({
  url: process.env.KV_REST_API_URL,
  token: process.env.KV_REST_API_TOKEN,
});


module.exports = async (req, res) => {
    console.log('ESP32로부터 움직임 감지 알림을 받았습니다!');

    try {
        await kv.set('motion_status', 'detected', { ex: 5 });
        console.log('Vercel KV에 상태 업데이트 완료: detected');

        res.status(200).json({ status: 'success', message: 'Status Updated to Detected in KV' });

    } catch (error) {
        console.error('Vercel KV 업데이트 오류:', error);

        res.status(500).json({ status: 'error', message: 'Error updating status in KV', error: error.message });
    }
};
```

움직임 감지 데이터 요청

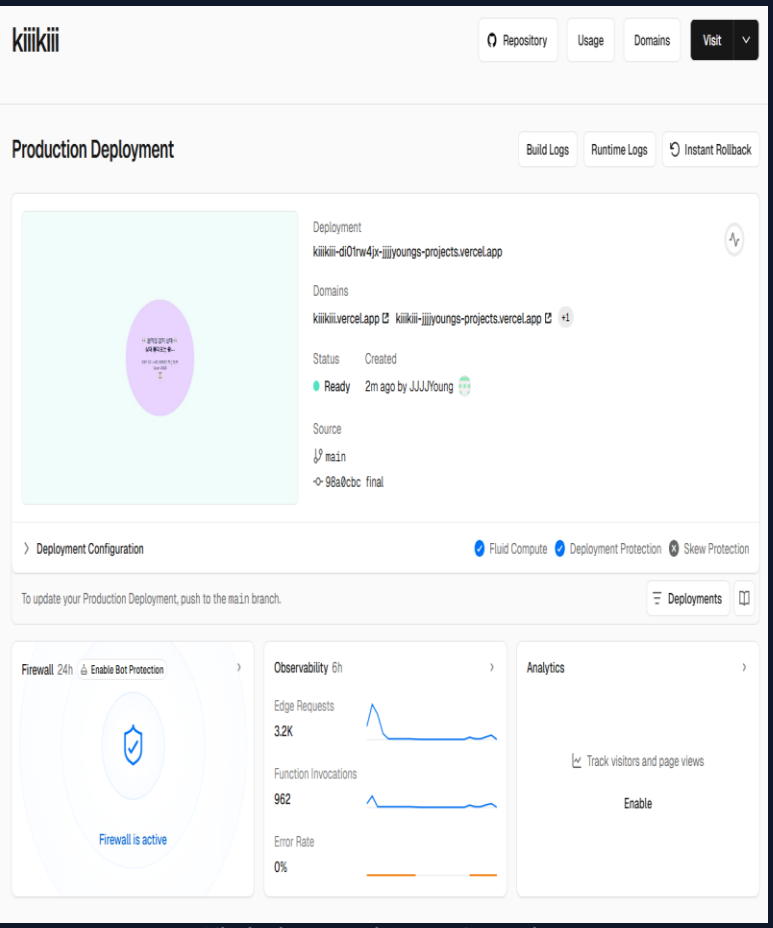
```js
// api/get-motion-status.js
const { createClient } = require('@vercel/kv');

const kv = createClient({
  url: process.env.KV_REST_API_URL,
  token: process.env.KV_REST_API_TOKEN,
});


module.exports = async (req, res) => {
  console.log('웹페이지로부터 상태 요청을 받았습니다.');

  try {
      const motionStatus = await kv.get('motion_status');
      const currentStatus = motionStatus || 'no_motion';
      console.log('Vercel KV에서 읽은 상태:', currentStatus);



      res.status(200).json({ status: currentStatus });

  } catch (error) {
      console.error('Vercel KV 읽기 오류:', error);

      res.status(500).json({ status: 'error', message: 'Error reading status from KV', error: error.message });
  }
};
```

데이터베이스 통신

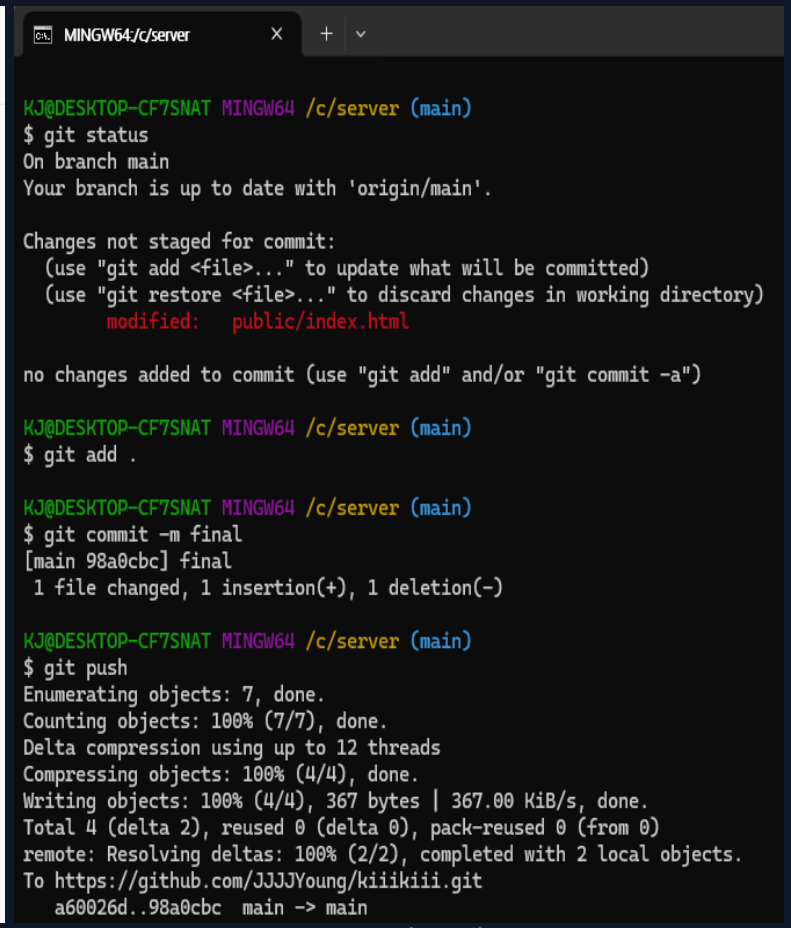
개발 과정

백엔드 개발

Vercel KV



웹사이트 클라우드 호스팅



Github 연동 배포

개발 과정

프론트엔드 개발

```
<body class="bg-teal-50 h-screen flex items-center justify-center p-4">
  <div class="relative w-80 h-80" id="pulseContainer">

    <span class="pulse-ring inactive" style="animation-delay: 0s;"></span>
    <span class="pulse-ring inactive" style="animation-delay: 0.5s;"></span>
    <span class="pulse-ring inactive" style="animation-delay: 1s;"></span>
    <span class="pulse-ring inactive" style="animation-delay: 1.5s;"></span>

    <div id="centralCircle" class="absolute w-full h-full rounded-full bg-purple-200 flex flex-col items-center justify-center status-transition shadow-l
      <div class="text-center space-y-4">
        <p class="text-xl text-gray-600 font-bold">))) 움직임 감지 상태 (((</p>

        <div id="motionStatus" class="text-3xl font-bold text-gray-800 status-transition">
          상태 불러오는 중...
        </div>

        <div class="text-xs text-gray-600 text-center mt-4 px-4">
          ESP-32 + HC-SR501 프로젝트<br>
          Team kiikiii
        </div>

        <!-- 상태 표시 아이콘 -->
        <div id="statusIcon" class="text-4xl status-transition">⌛</div>
      </div>
    </div>
  </div>

  <!-- 연결 상태 표시 -->
  <div id="connectionStatus" class="fixed top-4 right-4 px-3 py-1 rounded-full text-sm font-medium bg-gray-200 text-gray-600">
    연결 중...
  </div>

  <script>
    let isMotionDetected = false;
    let isConnected = false;

    async function loadData() {
      const statusDiv = document.getElementById('motionStatus');
      const statusIcon = document.getElementById('statusIcon');
      const centralCircle = document.getElementById('centralCircle');
      const connectionStatus = document.getElementById('connectionStatus');
      const pulseElements = document.querySelectorAll('.pulse-ring');

      try {
        // API 호출
        const response = await fetch('/api/get-motion-status');
        const data = await response.json();

        isConnected = true;
        connectionStatus.textContent = '';
        connectionStatus.className = 'fixed top-4 right-4 px-3 py-1 rounded-full text-sm font-medium bg-green-200 text-green-800';

        if (data.status === "detected") {
          // 움직임 감지 상태
          if (!isMotionDetected) {
            isMotionDetected = true;

            statusDiv.textContent = "🚨 움직임 감지!";
            statusDiv.className = 'text-3xl font-bold text-red-500 status-transition';
            statusIcon.textContent = '🔴';

            centralCircle.className = 'absolute w-full h-full rounded-full bg-red-200 flex flex-col items-center justify-center status-transition shadow-

            // 펄스 애니메이션 시작
            pulseElements.forEach(element => {
              element.classList.remove('inactive');
              element.classList.add('active');
            });
          }
        } else {
          // 안전 상태
          if (isMotionDetected) {
            isMotionDetected = false;

            statusDiv.textContent = "✅ 안전";
            statusDiv.className = 'text-3xl font-bold text-green-500 status-transition';
            statusIcon.textContent = '🟢';

            centralCircle.className = 'absolute w-full h-full rounded-full bg-purple-200 flex flex-col items-center justify-center status-transition shad

            // 펄스 애니메이션 정지
            pulseElements.forEach(element => {
              element.classList.remove('active');
              element.classList.add('inactive');
            });
          }
        }

      } catch (error) {
        // 에러 처리
        isConnected = false;
        connectionStatus.textContent = '연결 실패';
        connectionStatus.className = 'fixed top-4 right-4 px-3 py-1 rounded-full text-sm font-medium bg-red-200 text-red-800';

        statusDiv.textContent = "⚠️ 연결 오류";
        statusDiv.className = 'text-3xl font-bold text-gray-500 status-transition';
        statusIcon.textContent = '❌';

        centralCircle.className = 'absolute w-full h-full rounded-full bg-gray-200 flex flex-col items-center justify-center status-transition shadow-lg

        // 에러 시 펄스 애니메이션 정지
        pulseElements.forEach(element => {
          element.classList.remove('active');
          element.classList.add('inactive');
        });
```

별도의 CSS 파일 없이 빠르고 일관된 UI를 구축

개발 과정

프레임 제작

문제 해결

문제점 : 센서 오작동 (전압 부족)

HC-SR501 센서의 최소 동작 전압은 4.5V이지만, 초기 사용 보드의 출력 전압이 3.3V에 그쳐 센서가 불안정하게 동작하거나 값을 읽지 못하는 문제가 발생했습니다.

해결: 하드웨어 교체 (ESP-32)

안정적인 5V 출력이 가능한 ESP-32 보드로 교체하여 문제를 해결했습니다. 이를 통해 센서에 안정적인 전원을 공급하여 오작동을 근본적으로 방지할 수 있었습니다.

결과 & 시연

주요 구현 기능

실시간 움직임 감지 및 전송

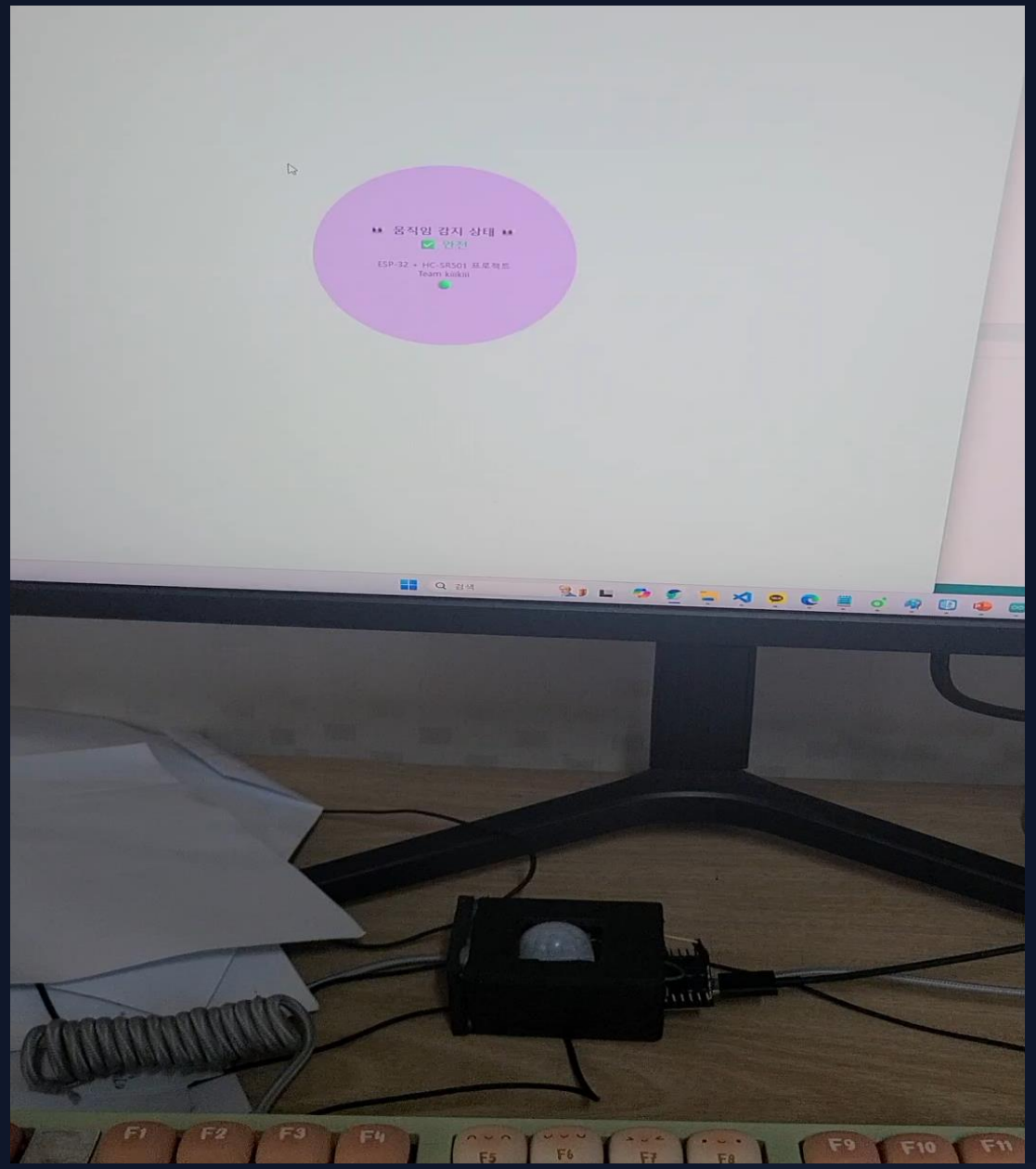
센서가 움직임을 감지하면 즉시 ESP-32가 서버로 데이터를 전송합니다.

반응형 웹디자인

새로운 움직임이 감지될 때마다 UI가 자동 업데이트됩니다.

클라우드 기반 서비스

Vercel을 통해 안정적으로 배포되어 어디서든 접속 및 확인이 가능합니다.



향후 개선 방향

향후 개선 방향

- **카메라 모듈 연동:** 움직임 감지 시 스냅샷을 촬영하여 웹 대시보드에 함께 전송하는 기능 추가
- **푸시 알림 서비스:** 모바일 기기나 데스크탑에 실시간 푸시 알림을 보내 즉각적인 대응이 가능하도록 개선
- **데이터 시각화:** 축적된 감지 로그를 바탕으로 시간대별/요일별 움직임 빈도 등 통계 데이터 시각화
- **다양한 센서 확장:** 온습도, 조도, 소리 센서 등을 추가하여 종합적인 스마트홈 모니터링 시스템으로 발전

Q & A

kiiikiii.vercel.app