

Introducción

La calidad del aire en ambientes cerrados es un factor crítico para la salud y el bienestar, especialmente en espacios compartidos como oficinas, aulas o áreas de trabajo. En estos lugares, la acumulación de dióxido de carbono (CO₂), generada principalmente por la respiración humana, puede tener efectos negativos en la concentración y el rendimiento de las personas, e incluso causar problemas de salud cuando se alcanza una concentración elevada. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que los niveles de CO₂ se mantengan por debajo de las 1000 ppm para evitar efectos adversos.

En este contexto, hemos desarrollado un dispositivo IoT para el control de la concentración de CO₂ en ambientes cerrados. Este dispositivo está diseñado para monitorear en tiempo real la calidad del aire, capturando datos de CO₂, temperatura, y humedad mediante sensores especializados. A través de un microcontrolador ESP32, los datos se envían a un servidor donde se procesan y almacenan para su análisis, activando automáticamente un extractor de aire si el nivel de CO₂ supera un umbral seguro. Este sistema IoT no solo facilita el monitoreo continuo y remoto del ambiente, sino que también permite una respuesta automática ante condiciones adversas, manteniendo la calidad del aire en niveles saludables sin necesidad de intervención manual.

Durante esta exposición, abordaremos tres aspectos clave de este proyecto. En la primera parte, explicaremos el contexto del proyecto y sus objetivos, detallando la importancia de controlar el CO₂ en ambientes cerrados y los componentes principales que conforman el dispositivo. En la segunda parte, describiremos la arquitectura del sistema y el desarrollo de la API, destacando cómo la estructura IoT permite la captura, validación y almacenamiento de los datos. En la tercera parte, presentaremos los resultados obtenidos, las aplicaciones prácticas y las posibilidades de expansión de este sistema, que puede integrarse con tecnologías como machine learning para optimizar su rendimiento en el futuro.

Este proyecto representa un paso importante hacia la creación de ambientes seguros y saludables, aplicando tecnología IoT para ofrecer una solución accesible, autónoma y escalable. En esta presentación, vamos demostrar cómo el dispositivo IoT para el control de CO₂ puede ser implementado en múltiples contextos para mejorar la calidad del aire y, con ello, el bienestar de las personas en sus espacios de trabajo y convivencia.

EXPOSICION 1

Contexto y Objetivo del Proyecto

Importancia de la Calidad del Aire en Ambientes Cerrados:

En ambientes cerrados como oficinas, aulas y espacios de trabajo, la calidad del aire puede deteriorarse rápidamente debido a la acumulación de dióxido de carbono (CO₂), generado

principalmente por la respiración humana. Esta acumulación es especialmente común en espacios con poca ventilación y alta densidad de personas.

Impacto en la Salud y el Rendimiento: La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha señalado que cuando la concentración de CO₂ supera los 1000 ppm (partes por millón), pueden presentarse efectos negativos en la salud y el bienestar. Estos incluyen síntomas como fatiga, dolor de cabeza y dificultades para concentrarse, los cuales pueden reducir la productividad y afectar la salud a largo plazo. Concentraciones aún mayores, como 5000 ppm, son peligrosas y pueden provocar problemas respiratorios serios.

Objetivo General del Proyecto: En este contexto, nuestro proyecto busca desarrollar una solución que permita monitorear y controlar automáticamente los niveles de CO₂ en tiempo real, asegurando un ambiente seguro y saludable en espacios cerrados. La idea es que, al exceder un umbral seguro de 1000 ppm de CO₂, el dispositivo active un extractor de aire para renovar la calidad del aire y reducir la concentración de CO₂.

Componentes Principales del Sistema:

Para alcanzar los objetivos del proyecto, hemos diseñado un sistema IoT que combina diversos componentes de hardware y software para capturar y gestionar los datos de calidad del aire. A continuación, detallo cada uno de estos componentes y su función en el dispositivo.

Microcontrolador ESP32:

Este microcontrolador es el núcleo del sistema, pues recoge datos de los sensores y se encarga de la comunicación con el servidor a través de WiFi. Fue elegido por su conectividad y bajo consumo energético, lo cual es crucial para que el dispositivo pueda operar de forma autónoma y eficiente.

Conexión WiFi: Gracias a esta capacidad, el ESP32 puede enviar datos de CO₂, temperatura y humedad al servidor Flask cada 60 segundos, permitiendo el monitoreo remoto en tiempo real.

Entradas para Sensores: El ESP32 tiene entradas configuradas para los sensores de CO₂ (MQ135) y de temperatura y humedad (AHT25), así como para la medición del nivel de batería del dispositivo.

Sensores Utilizados:

Sensor MQ135:

El sensor MQ135 es el encargado de medir la concentración de CO₂ en el ambiente. Este sensor es especialmente útil en aplicaciones IoT porque permite medir diversos gases, aunque para este proyecto lo hemos calibrado específicamente para CO₂.

Calibración del MQ135: Dado que el MQ135 no está diseñado exclusivamente para medir CO₂, hemos realizado una calibración precisa que toma en cuenta las variaciones de temperatura y humedad. La calibración se hace usando una curva de ajuste y los datos de temperatura y humedad proporcionados por el sensor AHT25, lo cual ayuda a mejorar la precisión de las lecturas de CO₂.

Sensor AHT25:

El sensor AHT25 mide con precisión la temperatura y la humedad, datos que son esenciales para ajustar las lecturas del MQ135. Además, estos datos permiten obtener una visión general de las condiciones ambientales, lo cual es útil para el análisis y la mejora continua del sistema.

Extractor de Aire y Relé de Control:

Relé de Activación: Este componente permite que el ESP32 controle directamente el encendido y apagado del extractor de aire. Cuando el CO₂ excede los 1000 ppm, el ESP32 envía una señal al relé para activar el extractor, lo que permite reducir rápidamente la concentración de CO₂ en el ambiente.

Optimización Energética: El uso de un relé controlado por el ESP32 permite que el extractor solo se active cuando sea necesario, lo cual es fundamental para conservar energía, especialmente si el dispositivo funciona con una batería de respaldo.

Base de Datos y Tablas para el Almacenamiento de Datos:

Para almacenar los datos del sistema y su historial, se ha diseñado una base de datos MySQL que permite registrar las lecturas de los sensores, eventos del extractor y alertas de estado de batería. Esta estructura permite un análisis detallado de la calidad del aire y facilita la generación de reportes a partir de los datos históricos. A continuación se describen las tablas principales:

Tabla dispositivos:

Campos: id, nombre, ubicacion, tipo_sensor, estado, fecha_instalacion, ultima_revision, firmware_version.

Función: Almacena información sobre los dispositivos conectados al sistema, incluyendo la ubicación y el tipo de sensor que utilizan.

Tabla lecturas:

Campos: id, dispositivo_id, timestamp, co2_ppm, temperatura, humedad, nivel_bateria.

Función: Almacena cada lectura capturada por el dispositivo, permitiendo llevar un registro de la concentración de CO₂, temperatura, humedad y nivel de batería a lo largo del tiempo.

Tabla alertas:

Campos: id, dispositivo_id, timestamp, tipo_alerta, nivel_co2, descripcion.

Función: Registra alertas generadas por el sistema, como cuando el nivel de CO₂ supera los 1000 ppm (activando el extractor) o cuando el nivel de batería es bajo.

Tabla estado_de_bateria:

Campos: id, dispositivo_id, timestamp, nivel_bateria.

Función: Almacena el estado de la batería, permitiendo verificar la autonomía del dispositivo y prever cuándo será necesaria una recarga o cambio de batería.

Tabla eventos_extractor:

Campos: id, dispositivo_id, timestamp, accion, co2_ppm.

Función: Registra cada activación y desactivación del extractor, junto con el nivel de CO₂ en el momento del evento, permitiendo analizar el impacto del extractor en la calidad del aire.

Ventajas del Enfoque IoT en el Proyecto:

Monitoreo en Tiempo Real y Acceso Remoto: Este sistema IoT permite que los datos se envíen a un servidor, facilitando el monitoreo remoto desde cualquier lugar. Esto es ideal para espacios donde se requiere control continuo de la calidad del aire.

Automatización y Alertas Preventivas: El dispositivo no solo recopila datos, sino que también permite la automatización del extractor y genera alertas para el estado de la batería, garantizando que el sistema funcione de manera autónoma y sin interrupciones.

Escalabilidad y Extensibilidad: Este sistema puede ampliarse para integrar más dispositivos o sensores en una red IoT, permitiendo el monitoreo de múltiples ambientes y facilitando el análisis comparativo.

RESUMEN

En esta primera abordaMOS el contexto del proyecto, sus objetivos y los componentes técnicos clave. La combinación de un microcontrolador ESP32, sensores de CO₂, temperatura y humedad, un extractor controlado por relé y una base de datos MySQL proporciona una solución robusta para mantener la calidad del aire en ambientes cerrados,

ofreciendo una respuesta automatizada y accesible para espacios donde la salud y el bienestar son una prioridad.

EXPOSICION 2

Diseño del Sistema y Desarrollo de la API

Estructura del Sistema:

ESP32 y Servidor Flask: El ESP32 capta datos de los sensores de CO₂, temperatura, y humedad, así como del nivel de batería. Cada 60 segundos, envía estos datos al servidor Flask, que los procesa y los almacena en una base de datos MySQL. Esta arquitectura permite un monitoreo remoto y continuo de la calidad del aire.

Base de Datos MySQL: En la base de datos, se registran todas las lecturas y eventos generados por el sistema, como alertas de alta concentración de CO₂ y alertas de nivel bajo de batería. Estos datos se pueden consultar posteriormente para obtener un historial completo de la calidad del aire en el ambiente.

Desarrollo de la API y Validaciones:

API en Flask: La API fue desarrollada con el microframework Flask, que facilita la gestión de solicitudes HTTP. La API define varios puntos clave:

Endpoint de Lecturas: El endpoint principal /api/lecturas recibe las lecturas del ESP32 en formato JSON y ejecuta varias acciones basadas en el contenido.

Autenticación: Para asegurar que solo el dispositivo autorizado envíe datos, la API utiliza una clave de autenticación (API Key), que se verifica con cada solicitud.

Validación de Datos: Antes de almacenar los datos, la API confirma que todas las lecturas (CO₂, temperatura, humedad, y nivel de batería) están presentes y son válidas.

Alertas y Control Automático del Extractor:

Condiciones para Alertas: La API genera alertas automáticas en dos situaciones:

Cuando la concentración de CO₂ supera los 1000 ppm, activa el extractor de aire para mejorar la calidad del ambiente.

Si el nivel de batería baja de 3.5V, se genera una alerta de "batería baja" para indicar que el dispositivo necesita recarga o reemplazo de batería.

Gestión de Eventos del Extractor: Cuando el extractor se activa o se desactiva, se registra el evento en la base de datos, lo que permite rastrear su uso y evaluar el impacto del sistema en la calidad del aire.

Ventajas del Diseño de la API:

Escalabilidad: Al estar diseñada en Flask, la API se puede expandir fácilmente para manejar más tipos de datos o funciones en el futuro.

Manejo de Errores y Respuestas de la API: La API responde con códigos de estado específicos (como 200 para éxito, 400 para datos incompletos y 401 para clave API no válida), facilitando el diagnóstico de problemas en el sistema.

Base de Datos y Relación entre las Tablas:

La base de datos se estructura en varias tablas que almacenan y organizan los datos capturados por el dispositivo. A continuación, explico brevemente cada tabla y su relación con las demás:

Tabla dispositivos: Actúa como la tabla principal del sistema, almacenando la información de cada dispositivo IoT registrado. Cada entrada tiene un identificador (id), que se utiliza como clave primaria para relacionarla con las demás tablas.

Relaciones: La clave id en dispositivos se utiliza como clave foránea en las tablas lecturas, alertas, estado_de_bateria y eventos_extractor, permitiendo que cada tabla almacene datos específicos asociados a un dispositivo en particular.

Tabla lecturas: Almacena los datos de CO₂, temperatura, humedad y nivel de batería en distintos momentos. Cada registro incluye el dispositivo_id (clave foránea) que conecta cada lectura con un dispositivo específico en la tabla dispositivos.

Tabla alertas: Contiene las alertas generadas por el sistema, como cuando los niveles de CO₂ son altos o el nivel de batería es bajo. Cada alerta está vinculada a un dispositivo específico mediante el campo dispositivo_id, lo que permite saber qué dispositivo generó la alerta.

Tabla estado_de_bateria: Almacena los datos sobre el estado de la batería de cada dispositivo. Esta tabla permite hacer un seguimiento de la autonomía del dispositivo y anticipar recargas o cambios de batería. El campo dispositivo_id también actúa como clave foránea para asociar cada registro a un dispositivo.

Tabla eventos_extractor: Registra los eventos de activación y desactivación del extractor de aire, junto con los niveles de CO₂ en esos momentos. Cada evento está relacionado con un dispositivo a través del campo dispositivo_id, lo cual facilita el análisis de la efectividad del extractor en cada ambiente.

Relaciones entre Tablas: Estas relaciones aseguran que todas las tablas pueden integrarse y consultarse en conjunto, proporcionando una visión detallada de cada dispositivo y de su impacto en la calidad del aire. Gracias a estas relaciones, es posible analizar cómo responden los dispositivos a los cambios en la concentración de CO₂ y tener un historial completo del comportamiento del sistema.

RESUMEN

Este sistema IoT asegura no solo la recopilación y almacenamiento de datos sobre la calidad del aire, sino también la gestión automática y eficiente del ambiente. La estructura de la base de datos y las relaciones entre sus tablas permiten que cada componente del dispositivo IoT contribuya al monitoreo continuo y al control autónomo del ambiente. Esta integración hace de este sistema una solución accesible y efectiva para mantener ambientes saludables y seguros, con un almacenamiento de datos que enriquece la comprensión y permite el análisis detallado de la calidad del aire en espacios cerrados.

EXPOSICION 3

Resultados y Conclusiones

Resultados del Dispositivo IoT:

Captura y Envío de Datos: El dispositivo demostró ser efectivo en la captura de datos ambientales. Con el sensor MQ135, se lograron mediciones precisas de CO₂, mientras que el AHT25 proporcionó datos exactos de temperatura y humedad. La frecuencia de captura de datos fue configurada en 60 segundos, permitiendo que el ESP32 envíe datos de forma continua al servidor Flask.

Activación Automática del Extractor de Aire: El sistema activó con éxito el extractor de aire cada vez que la concentración de CO₂ excedía los 1000 ppm, manteniendo la calidad del aire en niveles seguros. Este control automático reduce la necesidad de intervención manual y permite una reacción rápida en caso de acumulación de CO₂.

Almacenamiento y Monitoreo Continuo: Los datos de cada sensor y los eventos de activación del extractor se registran en la base de datos MySQL. Esto proporciona un historial completo y detallado, permitiendo el acceso a datos históricos para análisis y generación de reportes. Además, se generaron alertas de "batería baja" cuando el nivel de batería caía por debajo de los 3.5V, asegurando así la operatividad continua del dispositivo al anticipar necesidades de mantenimiento o recarga.

Impacto y Aplicaciones del Proyecto:

Mejoras en la Calidad del Aire en Ambientes Cerrados: Este dispositivo es especialmente útil en espacios de trabajo, oficinas, y aulas, donde la acumulación de CO₂ puede ser un problema debido a la presencia continua de personas. Al controlar el nivel de CO₂, el sistema contribuye a un ambiente de trabajo más saludable y productivo.

Monitoreo Remoto y Accesibilidad: Gracias a la estructura IoT, el dispositivo puede ser monitoreado de forma remota, permitiendo que los usuarios accedan a las lecturas de CO₂, temperatura y humedad en tiempo real desde cualquier lugar. Esto es especialmente útil en instalaciones donde el personal no puede supervisar continuamente la calidad del aire en cada ambiente.

Seguridad y Autonomía: La inclusión de un sistema de alertas automáticas para el nivel de batería garantiza que el dispositivo pueda operar de manera autónoma sin interrupciones inesperadas. Además, el diseño asegura que el extractor solo se active cuando sea necesario, optimizando el consumo energético.

Posibilidades de Extensión y Mejora:

Implementación de Machine Learning: Una extensión futura del sistema podría incluir el uso de algoritmos de machine learning para predecir aumentos en la concentración de CO₂, optimizando aún más el control del extractor. Por ejemplo, el dispositivo podría aprender patrones de uso y anticipar picos de CO₂, activando el extractor de forma preventiva.

Integración con una Interfaz Web o Móvil: Una aplicación web o móvil permitiría una visualización más intuitiva de los datos y ofrecería opciones adicionales de configuración remota. Los usuarios podrían consultar estadísticas, programar alertas personalizadas y obtener reportes de tendencias de la calidad del aire.

Escalabilidad en Ambientes Multi-dispositivo: Este sistema puede ampliarse para manejar varios dispositivos en una misma red, permitiendo el monitoreo de múltiples ambientes a la vez. Esto sería especialmente útil para instalaciones grandes donde se requiera el monitoreo simultáneo de varios espacios.

RESUMEN

El dispositivo IoT desarrollado ha demostrado ser una solución efectiva y accesible para el control de la calidad del aire en ambientes cerrados. Su capacidad para monitorear, almacenar y responder a datos en tiempo real convierte a este sistema en una herramienta valiosa para mantener ambientes saludables.

Sustentabilidad y Eficiencia: La combinación de un control autónomo del extractor y el monitoreo continuo asegura un uso eficiente de los recursos, tanto energéticos como de mantenimiento. El sistema también permite estudiar patrones de calidad del aire a lo largo del tiempo, lo cual puede ser útil para hacer mejoras futuras en la gestión del ambiente.

Este proyecto abre la puerta a futuras aplicaciones en diferentes tipos de espacios, desde oficinas y aulas hasta entornos industriales, donde el control de la calidad del aire es fundamental para la seguridad y el bienestar de las personas.

Concluimos

Este proyecto de dispositivo IoT para el control de la concentración de CO₂ en ambientes cerrados ha demostrado ser una solución integral y efectiva para mejorar la calidad del aire en espacios interiores. A través de la implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real, el dispositivo capta, analiza y responde a niveles críticos de CO₂, activando automáticamente un extractor de aire cuando es necesario. Esto permite mantener los niveles de CO₂ en parámetros seguros, de acuerdo con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud.

La arquitectura del sistema, basada en el microcontrolador ESP32, sensores de CO₂, temperatura y humedad, y un servidor Flask con una base de datos MySQL, facilita la recopilación y el almacenamiento de datos ambientales de manera remota. La API desarrollada en Flask asegura que los datos del ESP32 se envíen de forma segura y válida, además de permitir la generación de alertas automáticas en caso de condiciones desfavorables. Esta estructura no solo permite monitorear de forma continua el ambiente, sino que también habilita un control autónomo del extractor de aire, reduciendo así la necesidad de supervisión manual.

Entre los resultados más destacados, el dispositivo ha logrado con éxito la captura de datos en tiempo real y el almacenamiento en una base de datos, proporcionando un historial completo para el análisis de tendencias de calidad de aire. Además, el sistema demostró su capacidad para optimizar el consumo energético mediante la activación controlada del extractor, lo cual es especialmente útil cuando se utiliza en ambientes alimentados por batería.

Este proyecto presenta múltiples oportunidades de expansión. En el futuro, la integración de algoritmos de machine learning podría predecir aumentos en la concentración de CO₂, optimizando la activación del extractor. También, la creación de una interfaz web o móvil permitiría a los usuarios visualizar datos y controlar el dispositivo desde cualquier lugar, mejorando la experiencia de monitoreo. La escalabilidad del sistema IoT permite su uso en instalaciones más grandes o en redes de dispositivos, aumentando su aplicabilidad en distintos contextos como oficinas, aulas, o entornos industriales.

En conclusión, este dispositivo IoT representa una herramienta valiosa para gestionar la calidad del aire en ambientes cerrados de manera accesible y eficiente, garantizando un entorno saludable y cómodo para las personas. Este enfoque automatizado de control ambiental podría aplicarse en diversos sectores, beneficiando tanto a individuos como a organizaciones interesadas en mejorar la salud y el bienestar en sus espacios interiores.

