



CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN INTERNET DE LAS COSAS

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

Monitoreo y gestión remota de red de sensores en invernaderos

Autor:

Ing. Facundo Andrioli Villa

Director:

Dr. Pablo Ventura (UNC-KeyLab)

Jurados:

Nombre del jurado 1 (pertenencia)

Nombre del jurado 2 (pertenencia)

Nombre del jurado 3 (pertenencia)

*Este trabajo fue realizado en la ciudad de Monte Cristo,
entre agosto de 2023 y diciembre de 2024.*

Resumen

En la presente memoria se describe la implementación de una red de sensores basada en ESP-NOW en invernaderos para la recopilación de información en tiempo real destinada a la empresa Wentux. El trabajo tiene como objetivo mejorar el control y la eficiencia de los invernaderos, lo que permite a los usuarios acceder a los datos y gestionar alarmas desde cualquier lugar.

Se aplicaron conocimientos referidos a protocolos de comunicación, procesamiento de mensajes, desarrollo de aplicaciones web y gestión de datos en la nube.

Agradecimientos

Esta sección es para agradecimientos personales y es totalmente **OPCIONAL**.

Índice general

Resumen	I
1. Introducción general	1
1.1. Sistema de monitoreo y gestión en invernaderos	1
1.1.1. Problemática actual	1
1.1.2. Oportunidades de mejora	1
1.2. Motivación	2
1.3. Estado del arte	2
1.4. Alcance y objetivos	2
2. Introducción específica	5
2.1. Esquema general del sistema	5
2.2. Protocolos de comunicación	5
2.3. Tecnologías de hardware	5
2.4. Servidor de internet de las cosas	5
2.5. Tecnologías de Firmware	5
2.6. Aplicacion web progresiva	5
3. Diseño e implementación	7
3.1. Arquitectura del sistema	7
3.2. Desarrollo del firmware	7
3.3. Desarrollo de la aplicacion web progresiva	7
3.4. Implementación del servidor IoT	7
3.5. Despliegue del sistema	7
4. Ensayos y resultados	9
4.1. Banco de pruebas	9
4.2. Prueba de componentes	9
4.3. Pruebas sobre el firmware	9
4.4. Pruebas sobre la aplicación web progresiva	9
4.5. Pruebas sobre el servidor OpenRemote	9
5. Conclusiones	11
5.1. Conclusiones generales	11
5.2. Próximos pasos	11

Índice de figuras

Índice de tablas

1.1. Comparación de soluciones comerciales	3
--	---

Dedicado a... [OPCIONAL]

Capítulo 1

Introducción general

En este capítulo se presenta una visión general de los sistemas de monitoreo y gestión de invernaderos, abordando los desafíos actuales y las oportunidades de mejora. Además, se describen las motivaciones del trabajo, sus objetivos y el alcance de la solución propuesta.

1.1. Sistema de monitoreo y gestión en invernaderos

La gestión eficiente de los invernaderos es crucial para maximizar la productividad agrícola, especialmente en un contexto global donde la demanda de alimentos sigue en aumento. Los invernaderos, al ofrecer un entorno controlado para el cultivo, permiten optimizar las condiciones de crecimiento de las plantas. Sin embargo, la evolución de las tecnologías de monitoreo y gestión ha revelado tanto desafíos persistentes como nuevas oportunidades para mejorar estos sistemas.

1.1.1. Problemática actual

La producción agrícola en invernaderos ha evolucionado considerablemente en respuesta a la creciente demanda de cultivos y al aumento de la población mundial. En este contexto, enfrentan desafíos claves que afectan la eficiencia y productividad:

- Descentralización geográfica: la supervisión de invernaderos dispersos resulta difícil, que complica la obtención y el análisis de datos en tiempo real, lo que puede derivar en respuestas tardías a cambios críticos en el entorno de cultivo.
- Falta de unificación en la gestión: los sistemas actuales suelen ser fragmentados, lo que dificulta la implementación de un control eficiente y coordinado en todos los aspectos del cultivo.
- Limitaciones tecnológicas: la infraestructura existente no siempre soporta la recopilación continua y precisa de datos ambientales, lo que afecta la toma de decisiones informada.

1.1.2. Oportunidades de mejora

A la luz de estos desafíos, surgen varias oportunidades para mejorar la eficiencia y efectividad de los sistemas de monitoreo y gestión en invernaderos, orientadas a satisfacer las necesidades tanto de los productores como de la industria en general:

- Implementación de tecnologías avanzadas: la integración de sensores y sistemas de monitoreo más sofisticados puede permitir una recopilación de datos más precisa y en tiempo real, que provoca una mejora en la capacidad de respuesta ante cambios en el entorno.
- Centralización y unificación del control: la adopción de soluciones que permitan un control unificado y centralizado de múltiples invernaderos puede facilitar la gestión y optimizaría los recursos, asegurando condiciones óptimas de cultivo en todas las instalaciones.
- Mejora en la accesibilidad de la información: desarrollar interfaces más accesibles para los usuarios puede mejorar la capacidad para monitorear y ajustar condiciones de cultivo de manera eficiente desde cualquier ubicación.

1.2. Motivación

La motivación para este trabajo surge de los desafíos que enfrentan los agricultores al gestionar invernaderos dispersos geográficamente. La falta de soluciones integrales para el monitoreo y control remoto limita la eficiencia y productividad. Este trabajo busca desarrollar una solución basada en internet de las cosas (IoT) que permita un control centralizado y optimizado, alineado con las necesidades de Wentux Tecnoagro y con el interés de aplicar tecnologías IoT para mejorar la gestión agrícola.

1.3. Estado del arte

En el mercado actual existen diversas empresas que ofrecen soluciones comerciales diseñadas para optimizar la gestión de invernaderos. Estas herramientas proporcionan una amplia gama de funcionalidades que permiten el control automatizado de parámetros como temperatura, humedad, riego, y ventilación. En la tabla 1.1 se muestra una comparativa de algunas de las principales soluciones comerciales disponibles, destacando sus características.

TABLA 1.1. Comparación de soluciones comerciales.

Empresa	Características
Growcast	Sistema de monitoreo y automatización ambiental con sensores para temperatura, humedad, CO ₂ , y capacidades de control de riego, iluminación y ventilación. Incluye una aplicación móvil para el monitoreo y control en tiempo real.
Pulse Grow	Sistema especializado en la medición precisa de temperatura, humedad, punto de rocío y déficit de presión de vapor (VPD). Ofrece alertas y ajustes remotos a través de una aplicación móvil.
TrolMaster	Sistema modular que permite el control ambiental, de riego y fertilización. Ofrece un sistema altamente flexible y escalable, permitiendo la integración de múltiples dispositivos para una gestión avanzada de invernaderos.

Estas empresas destacan por su capacidad para integrar tecnología avanzada en el control y monitoreo de invernaderos, que facilita una gestión eficiente y adaptada a las necesidades específicas de cada operación agrícola.

1.4. Alcance y objetivos

El objetivo principal de este trabajo fue implementar un sistema que permitiera el monitoreo y la gestión remota de invernaderos, que mejora la eficiencia y la capacidad de respuesta en la gestión de cultivos. Esta propuesta incluyó la implementación de una red de sensores en los invernaderos que recopilan información en tiempo real. Además, se desarrolló una aplicación web progresiva (PWA) para el monitoreo local y un servidor IoT para la gestión remota de datos. Este sistema permitió a los usuarios acceder a la información y controlar los invernaderos desde cualquier lugar, facilitando una gestión eficiente de datos y alarmas.

Dentro del alcance de este trabajo se incluyó:

- El diseño y desarrollo de un protocolo de comunicación basado en ESP-NOW entre los nodos sensores y el sistema embebido central.
- La creación de una PWA para el monitoreo local de los equipos en los invernaderos.
- La implementación de un servidor en la nube para el almacenamiento y gestión de datos recopilados por los sensores.
- El establecimiento de la comunicación cliente-servidor a través del protocolo MQTT para la transmisión de datos desde el sistema embebido central al servidor en la nube.
- La posibilidad de control remoto de los invernaderos y sus dispositivos desde la aplicación web.
- La gestión de alarmas y administración de los datos recibidos por los dispositivos conectados.

El presente trabajo no incluyó:

- El desarrollo del hardware del sistema embebido central, que ya estaba funcionando.
- Mantenimiento y actualizaciones a largo plazo del sistema.

Capítulo 2

Introducción específica

Todos los capítulos deben comenzar con un breve párrafo introductorio que indique cuál es el contenido que se encontrará al leerlo. La redacción sobre el contenido de la memoria debe hacerse en presente y todo lo referido al proyecto en pasado, siempre de modo impersonal.

- 2.1. Esquema general del sistema**
- 2.2. Protocolos de comunicación**
- 2.3. Tecnologías de hardware**
- 2.4. Servidor de internet de las cosas**
- 2.5. Tecnologías de Firmware**
- 2.6. Aplicacion web progresiva**

Capítulo 3

Diseño e implementación

- 3.1. Arquitectura del sistema
- 3.2. Desarrollo del firmware
- 3.3. Desarrollo de la aplicación web progresiva
- 3.4. Implementación del servidor IoT
- 3.5. Despliegue del sistema

Capítulo 4

Ensayos y resultados

La idea de esta sección es explicar cómo se hicieron los ensayos, qué resultados se obtuvieron y analizarlos.

4.1. Banco de pruebas

4.2. Prueba de componentes

4.3. Pruebas sobre el firmware

4.4. Pruebas sobre la aplicación web progresiva

4.5. Pruebas sobre el servidor OpenRemote

Capítulo 5

Conclusiones

5.1. Conclusiones generales

La idea de esta sección es resaltar cuáles son los principales aportes del trabajo realizado y cómo se podría continuar. Debe ser especialmente breve y concisa. Es buena idea usar un listado para enumerar los logros obtenidos.

Algunas preguntas que pueden servir para completar este capítulo:

- ¿Cuál es el grado de cumplimiento de los requerimientos?
- ¿Cuán fielmente se pudo seguir la planificación original (cronograma incluido)?
- ¿Se manifestó algunos de los riesgos identificados en la planificación? ¿Fue efectivo el plan de mitigación? ¿Se debió aplicar alguna otra acción no contemplada previamente?
- Si se debieron hacer modificaciones a lo planificado ¿Cuáles fueron las causas y los efectos?
- ¿Qué técnicas resultaron útiles para el desarrollo del proyecto y cuáles no tanto?

5.2. Próximos pasos

Acá se indica cómo se podría continuar el trabajo más adelante.