

DomoHome: Un Sistema Domótico Inteligente

Delfina Fenocchio¹, Marco Popovich¹, Melisa Kuzman², and Raúl Rivera²

¹Universidad CAECE, Departamento de Sistemas, Mar del Plata

²Universidad Nacional de Mar del Plata, Departamento de Electrónica y
Computación, Mar del Plata

{delfifenocchio,m.popovich20}@gmail.com

{melisakuzman,rrivera}@fi.mdp.edu.ar

Resumen En este trabajo de proyecto final de carrera se muestra el desarrollo de un sistema IoT para aplicaciones en domótica para configurar y monitorear los procesos en forma remota desde una aplicación móvil. El objetivo es aportar una dinámica versátil y escalable al automatizar y controlar diferentes tareas del hogar, permitiendo implementar servicios como el control de iluminación, detección de presencia, nivel del tanque de suministro de agua e información sobre temperatura y humedad en las habitaciones, así como también el registro de estos parámetros en una base de datos para su posterior visualización y análisis. Se describen brevemente las herramientas para crear aplicaciones interactivas y los componentes utilizados para su desarrollo y experimentación, compuestos por un microcontrolador con conectividad WiFi, un servidor Broker MQTT en la nube y una base de datos de tiempo real.

Keywords: IoT, domótica, Internet, microcontrolador, servidor, MQTT

1. Introducción

La cantidad de dispositivos inteligentes que nos rodean crece rápidamente y, con ello, la necesidad de interconectarlos para compartir datos. Cada día surgen nuevos escenarios y nuevas aplicaciones que hacen la vida más sencilla en muchos contextos diferentes. Esta necesidad de conectar los dispositivos crea interés por establecer comunicaciones e interacción entre ellos. Así es como aparece el término “Internet of Things (IoT)”, Internet de las Cosas. Esta filosofía busca interconectar digitalmente el mundo de las cosas por medio de dispositivos, programas y plataformas de diversos tipos, conformando redes de intercambio de datos entre objetos para realizar operaciones de manera automatizada. Se trata de mejorar, sofisticar y hacer más eficiente el funcionamiento de dispositivos que originalmente funcionaban sin conectarse con otros aparatos u objetos y centros de control digitales[1].

A partir del auge de estas nuevas tecnologías, se propone diseñar y desarrollar un sistema de módulos IoT para el monitoreo, control y registro de procesos ambientales y de seguridad, mediante el uso de actuadores y sensores, para el

intercambio de información en red que cumplan con los requerimientos de automatización, acceso y seguridad en aplicaciones de domótica de acceso remoto[2]. Permite la implementación de servicios tales como control de iluminación, detección de presencia, nivel del suministro de agua e información de temperatura y humedad en las habitaciones.

2. Arquitectura del sistema

El sistema implementado se encuentra conformado por diferentes componentes que brindan funcionalidades o capacidades al sistema. En la Figura 1 se observa un esquema que representa la arquitectura simplificada de DomoHome. Como punto central de este desarrollo se encuentra el microcontrolador (μC) ESP8266[3], el cual provee la adquisición de información de los sensores y el control de los actuadores, también presentes en el esquema. Una de las características más relevantes de este μC , es la disponibilidad de conectividad WIFI integrada en el chip que facilita su conexión a Internet. Por su parte, los usuarios se encuentran representados por un dispositivo móvil bajo la leyenda *cliente*, quienes a través del uso la aplicación desarrollada pueden monitorear el estado del hogar y controlar los actuadores disponibles. La comunicación que se establece entre estos dispositivos móviles y la plataforma IoT es a través del protocolo MQTT[4], cuyo desarrollo es presentado en 2.3.

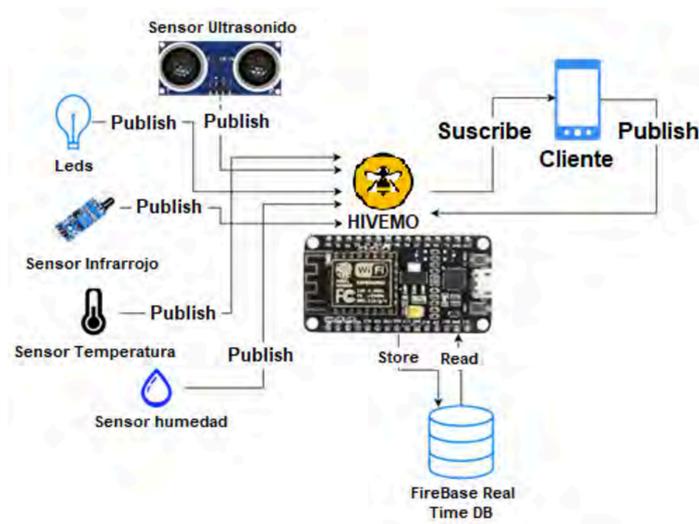


Figura 1. Esquema del sistema implementado

Para este proyecto se utiliza HiveMQ[5], una plataforma que provee un servidor Broker MQTT en la nube para el intercambio de mensajería gratuita hasta

100 clientes. Este protocolo tiene la capacidad para trabajar con un gran número de clientes y establecer comunicaciones cifradas que aportan a la red una capa extra de seguridad. Para la estructura de la base de datos se utiliza FireBase[6], una base de datos en tiempo real NoSQL que almacena los datos de configuración básicos de la aplicación y el registro de los usuarios.

2.1. Plataforma IoT

Para adquirir, procesar y comunicar los diferentes estados del sistema domótico, se elige el μ C ESP8266 que posee las interfaces y periféricos necesarios para este proyecto. Su memoria Flash se utiliza para contener el código del programa, pero también para mantener los datos de la configuración del sistema cada vez que se cambian. Como este dispositivo no cuenta con una memoria EEPROM integrada como en la mayoría de los μ Cs, se utiliza una zona dedicada en Flash para guardar los últimos datos de configuración recibidos, con el fin de que el sistema se encuentre actualizado ante el posible caso de una desconexión.

El *firmware* se desarrolla en lenguaje C y C++, determinando allí el comportamiento del sistema ante ciertos eventos, pero también contiene el código para configurar las interfaces del chip. Cabe remarcar que el usuario tiene la posibilidad de agregar o quitar sensores a través de la aplicación, pero siempre considerando las limitaciones de la plataforma. En este sentido, la funcionalidad de los puertos de entrada y salida se encuentran definidas y fueron diseñadas tomando como referencia una casa de tres ambientes. Con cada plataforma se pueden agregar hasta:

- Tres sensores de temperatura y humedad (DTH11 o DTH22 con comunicación one wire).
- Cuatro sensores de presencia (o sensores de aberturas).
- Cuatro controles de luminaria con salidas de relay optoacopladas.
- Un sensor para el nivel del tanque de agua.
- Una salida con una interfaz de relay optoacoplada para el control de la bomba.

De necesitar un número mayor de entradas y/o salidas, o que los ambientes sean muy lejanos entre sí, se pueden agregar módulos adicionales con las mismas prestaciones. En cuanto al puerto serie, se reserva para depuración y reprogramación.

En la Figura 2 se presenta la configuración que fue utilizada para el desarrollo del prototipo de la plataforma IoT: una placa de pruebas (también conocida como protoboard), el μ C, los sensores y los actuadores. Si bien esta imagen no reproduce la instalación de DomoHome dentro de una casa, permite discernir con mayor facilidad los distintos componentes que conforman al sistema. De izquierda a derecha se pueden observar: un sensor de presencia por infrarrojo, un led que representa el control de un relay para activar la iluminación, un sensor de humedad y temperatura DTH11[7] y un sensor de ultrasonido para detectar el nivel de agua presente en el tanque. En la parte superior, y sobre la derecha de la imagen se encuentra el microcontrolador.

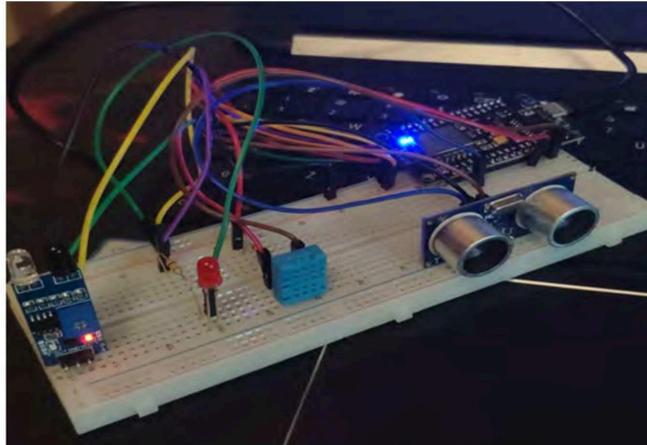


Figura 2. Sistema montado en una protoboard

2.2. Aplicación

Para el diseño de la aplicación se utilizó “Marvel App”, siendo esta una herramienta para crear aplicaciones interactivas de plataformas digitales. Este prototipo es la versión “alpha” de la App, y sus vistas interactivas se encuentran disponibles en línea para su visualización[8]. En la Figura 3 se observa que la aplicación diseñada posee una etapa de inicio de sesión para que cada usuario pueda acceder a sus datos de forma segura. A través de las diferentes vistas que posee la aplicación, cada usuario puede personalizar el nombre del hogar, como así también los sensores y actuadores que quiere utilizar (considerando que están instalados físicamente), o simplemente eliminarlos.

En la Figura 4 se presentan las pantallas más relevantes para el usuario, una vez realizado el ingreso. En primer lugar se encuentran todos los datos disponibles con los sensores instalados en la “Habitación 1”. Si se presiona el botón + que se encuentra en la parte inferior, la App permite agregar otro sensor según la necesidad del usuario. En la última pantalla se presenta la información que corresponde al tanque de agua instalado.

La información requerida para el monitoreo y control de un tanque de agua es la capacidad en litros, altura y diámetro del mismo (el cálculo es solamente válido para tanques tradicionales, cilíndricos verticales). Aquí el usuario puede definir los valores máximos y mínimos para apagar o encender la bomba, respectivamente, como también una alarma de seguridad en el caso que se supere alguno de esos límites.

2.3. Protocolo de comunicación con el usuario

Para comunicar a la plataforma IoT con los diferentes dispositivos del usuario se utiliza el protocolo MQTT, muy difundido en estas aplicaciones[9]. Es una



Figura 3. Inicio de sesión



Figura 4. Pantallas más relevantes

comunicación de mensajería de publicación/suscripción, extremadamente simple y liviana, diseñada para dispositivos restringidos y redes de bajo ancho de banda.

En este protocolo existen dos componentes, un servidor llamado *broker* quien es el responsable de recibir y distribuir la información y los clientes que publican y/o se suscriben a diversas etiquetas que se los denominan *topics*. Estas etiquetas deben ser conocidas por los clientes que quieran recibir la información, la cual se envía a los suscriptores conjuntamente con el tema dentro del campo denominado *payload*. La autenticación utilizada es parte de los niveles de seguridad a nivel transporte (TLS) y de aplicación. Por un lado se encuentra el certificado de la validación del cliente al servidor, mientras que a nivel aplicación se requiere de un usuario y su contraseña. Para ello, cada cliente envía un mensaje del tipo CONNECT, y es el broker quién evalúa la credencial y responde con otro mensaje del tipo CONNACK: conexión aceptada, conexión rechazada por usuario y contraseña errónea o conexión rechazada por falta de autorización.

Para el broker MQTT en la nube se utiliza HiveMQ debido a su sencillez de implementación. Su plan gratuito permite configurar la instancia broker que se ejecuta en sus servidores, y gracias a eso se puede tener una red en línea rápidamente. Además posee una UI (Interfaz de Usuario) para monitorear los procesos, *topics* de publicación y suscripción.

2.4. Base de datos

FireBase es una plataforma digital que se utiliza para facilitar el desarrollo de aplicaciones web o móviles de una forma efectiva, rápida y sencilla. Su principal objetivo, es mejorar el rendimiento de las apps mediante la implementación de diversas funcionalidades que van a hacer de la aplicación en cuestión, mucho más manejable, segura y de fácil acceso para los usuarios. Una base de datos en tiempo real es un sistema de base de datos que utiliza el procesamiento en tiempo real para manejar cargas de trabajo cuyo estado cambia constantemente, como en este proyecto. Esto difiere de las bases de datos tradicionales que contienen datos persistentes, en su mayoría no afectados por el tiempo.

La estructura de la base de datos diseñado se presenta en la Figura 5. Aquí los clientes se conectan a la base de datos y mantienen una conexión bidireccional abierta a través de websockets. Luego, si algún cliente envía datos a la base de datos, se activa y en este caso, informa a todos los clientes conectados los datos recién guardados. Esta forma de trabajo es similar al broker MQTT y cómo reacciona cuando recibe un mensaje de un editor y lo envía a todos los suscriptores. La diferencia esta vez es la adición de la parte persistente de datos, que es la base de datos. Por lo tanto no es necesario enrutar los mensajes utilizando otros protocolos: Firebase Realtime Database se encarga de eso además de realizar su función de base de datos normal.

De esta manera se puede conectar el dispositivo a la Base de datos en tiempo real de Firebase y enviar datos periódicamente a la base de datos. En la otra parte del sistema, existe una aplicación web que se conecta al mismo servicio que el dispositivo y recibe nuevos datos cada vez que haya un cambio en la base de datos.

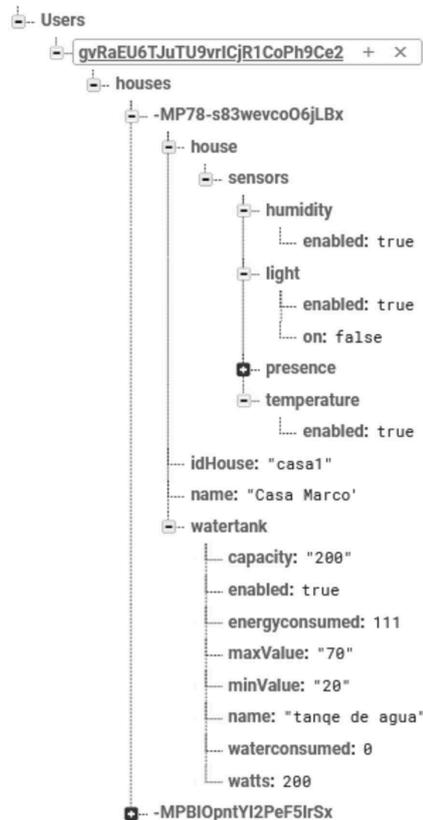


Figura 5. Estructura de la Base de datos implementada

3. Conclusiones

El Sistema Domótico con Módulos Inteligentes IoT desarrollado en este proyecto ofrece una aplicación accesible para usuarios que dispongan con dispositivos basados en Android y que tengan interés en un sistema de acceso remoto IoT. Esta tecnología posee librerías de conexión en distintos S.O. por lo cual es fácilmente adaptable para dispositivos móviles Apple, o a través de un servidor web accesible desde cualquier navegador. El trabajo consistió en la elección y desarrollo del hardware, software, protocolo de comunicación y la estructura de la base de datos de tiempo real, esta última seleccionada en base a la carga de trabajo variable en el tiempo que característica a este aplicación. Con este sistema se automatiza un hogar de una manera accesible e intuitiva, recopilando datos de temperatura, humedad, presencia, accionamiento de luces y monitoreo remoto del suministro de agua.

A partir de este desarrollo surgieron nuevos proyectos con el objetivo de incorporar nuevas funcionalidades dentro de un hogar o edificio, adaptando al

sistema a los requerimientos del usuario tales como, control de apertura de persianas, acceso al hogar o aquellas orientadas a la seguridad como detección de monóxido para distintos ambientes y monitoreo del consumo eléctrico para el uso eficiente de la energía.

DomoHome permitió además contar con una plataforma para experimentar con la interacción entre objetos y arquitectura escalable que caracterizan a IoT.

Referencias

1. V. Miori and D. Russo, "Domotic Evolution towards the IoT," 2014 28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, 2014, pp. 809-814, doi: 10.1109/WAINA.2014.128.
2. V. Miori, D. Russo and L. Ferrucci, "Interoperability of home automation systems as a critical challenge for IoT," 2019 4th International Conference on Computing, Communications and Security (ICCCS), 2019, pp. 1-7, doi: 10.1109/CCCS.2019.8888125.
3. ESPRESSIF SYSTEMS, "Hoja de datos ESP8266", <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp8266>.
4. MQTT.org, "Protocolo MQTT", <https://mqtt.org/>
5. HiveMQ GmbH, "HiveMQ broker nativo en la nube", <https://www.hivemq.com/>
6. "Base de datos Firebase", <https://firebase.google.com/?hl=es>
7. Hoja de datos Sensor DHT11, <http://www.datasheet.es/PDF/792210/DHT11-pdf.html>
8. "Aplicación prototipo", <https://marvelapp.com/ef0gh30/screen/70598433>
9. B. Mishra and A. Kertesz, "The Use of MQTT in M2M and IoT Systems: A Survey," in IEEE Access, vol. 8, pp. 201071-201086, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3035849.