



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Máster Universitario
en Tecnologías, Sistemas y
Redes de Comunicaciones

Proyecto domótico basado en plataformas abiertas y medio inalámbrico

“DomOpenHW”

Autor: Juan Ernesto Vega Pérez

Director 1: Juan Carlos Guerri Cebollada

Director 2: Francisco Martínez Zaldívar

Fecha de comienzo: 1/03/2014

Lugar de trabajo: Grupo de Comunicaciones Multimedia del iTEAM

Resumen.

Las plataformas abiertas han ganado importancia en el campo tecnológico en los últimos años, debido a su flexibilidad de desarrollo, costos bajos y su gran cantidad de aplicaciones. La domótica es una combinación de técnicas y tecnologías que permiten automatizar las viviendas, este trabajo implementa software y hardware libre para la integración de tecnología en el hogar.

Abstract.

Open Platforms have gained importance in technology field in recent years due to its development flexibility, low costs and its many applications. Home automation is a combination of techniques and technologies that automate housing, this work implements open software and hardware for the Integration of Technology at home.

Autor: Juan Ernesto Vega Pérez, juanernesto40@hotmail.com, jvega@uabcs.mx

Director 1: Juan Carlos Guerri Cebollada, jcguerri@dcom.upv.es

Director 2: Francisco Martínez Zaldívar, fjmartin@dcom.upv.es

ÍNDICE

I. Introducción y objetivos	4
I.1.Introducción.....	4
I.2. Objetivos	4
II. Estado del arte	6
II.1. Sensores	6
II.2. Hardware libre	6
II.3. Software libre	6
II.4. Domótica.....	6
III.5. WI-FI	7
III.6. Protocolos Multimedia.....	8
II.7. H264	8
II.8. RTSP	8
II.9. Cerradura eléctrica	8
III. Introducción a DomOpenHW	9
III.1.Introducción.....	9
III.2. Funcionamiento	9
III.3. Bloques del sistema	9
III.4. Tipos de usuarios	10
IV. Medición y alarmas	11
IV.1.Arduino.....	11
IV.2. Medición.....	12
IV.3. Funcionamiento	12
V. Control de acceso	15
V.1. Dispositivos involucrados	15
V.2. Funcionamiento	15
VI. Envío de video y paquetes de control	17
VI.1. Envío de mensajes	17

VI.2.Captura de video.....	18
VI.3. Envío de video.....	19
VII. Aplicación en Android	20
VII.1.Android	20
VII.2. Funcionamiento de la aplicación	21
VIII. Desarrollo, pruebas y resultados	26
VIII.1.Equipos involucrados	26
VII.2. Desarrollo y pruebas realizadas	28
VII.3. Resultados finales.....	31
IX. Conclusiones	33
X. Referencias	34

Capítulo I

Introducción y objetivos

I.1 Introducción

Desde que el hombre adoptó el sedentarismo optó por buscar la protección y cobijo de cuatro paredes a las cuales nombró hogar, esto comenzó con cuevas hasta evolucionar en los edificios o casas que se habitan en la actualidad, siempre con el objetivo de proteger a sus habitantes de la intemperie y albergar a sus seres queridos, pertenencias y esperanzas.

Desde la creación de las redes de comunicación, las telecomunicaciones y las tecnologías de la información han evolucionado de manera constante y se han ido integrando a distintas áreas como la educación, salud, e industria, entre otras. El hogar no fue excluido de esta evolución tecnológica y poco a poco se comienza a tomar mayor peso la importancia de estas tecnologías, a esto se le conoce como domótica.

La presente tesina se centra en el desarrollo de un proyecto de domótica el cual fue desarrollado sobre plataformas abiertas tanto de software como de hardware, todo esto para presentar alternativas automatizadas para que los futuros usuarios de estas tecnologías se sientan más seguros dentro de sus hogares así como de integrar y facilitar por medio de este sistema comodidades que con las que ya se cuenta en la actualidad.

Durante el desarrollo de este trabajo se evaluó de manera práctica distintas funciones que se les pueden brindar a los habitantes del hogar, proponiendo la aplicación de plataformas abiertas para con esto lograr una mayor compatibilidad entre las presentes soluciones y las ya existentes, así como reduciendo costos respecto a tecnologías propietarias.

En concreto se desarrolló el proyecto sobre dos plataformas abiertas las cuales son la placa Arduino Uno y el sistema operativo Android, donde se programaron ambas para lograr el proyecto domótico que se describe a lo largo de este documento.

I.2 Objetivos

- Realizar un análisis de proyectos y aplicaciones existentes de domótica.
- Analizar distintas plataformas de desarrollo para proyectos de este tipo.
- Diseñar una plataforma que permita adquirir información de sensores y actuar para automatizar tareas de seguridad y apertura.

- Programar una aplicación para un dispositivo móvil el cual permita recibir información y controlar la plataforma de hardware para que el usuario este informado de la situación en su vivienda.
- Realizar las pruebas de funcionamiento pertinentes tanto de software como de hardware lo cual incluye simular situaciones extremas para comprobar el funcionamiento idóneo.

Capítulo II

Estado del arte

En el siguiente apartado se pretende analizar el estado del arte, donde se dan a conocer conceptos generales que serán mencionados a lo largo de la presente tesina intentando mostrar una visión general de los temas y tecnologías con las cuales se trabajó.

II.1. Sensores

Son dispositivos con capacidad de detectar magnitudes físicas o químicas para ser transformadas en variables eléctricas [1]. Este tipo de dispositivos pueden medir distintas magnitudes como temperatura, intensidad lumínica, inclinación, desplazamiento, aceleración, movimiento, presión, fuerza, humedad, pH, entre otros.

II.2. Software libre

Es un software que defiende y promueve la libertad para el usuario respecto a la ejecución, copias, estudio, modificación, mejoras y distribución de él. Este tipo de programas hacen referencia a la libertad de hacer con él lo que al usuario le plazca y no haciendo referencia al precio que en la mayoría de los casos es gratuito [2].

II.3. Hardware libre

A diferencia del software libre este tipo de hardware tiene costos de fabricación y ensamblaje, por lo que la definición anterior puede no coincidir tanto como se esperaría. Se considera que un hardware es libre cuando sus especificaciones y diagramas esquemáticos son liberados para su uso, todo esto con la posibilidad de ser gratuito o de tener algún costo. Tanto del software como del hardware el término libre se basa en la libertad de uso, estudio, modificación y distribución [3].

II.4. Domótica

La palabra domótica surge de la fusión de las palabras “domus” y “tica”, donde la primera proviene del latín significando casa y la segunda es en griego significando “que lo hace por si sola” haciendo referencia a la automática.

La domótica es el conjunto de técnicas y sistemas que permiten automatizar casas, departamentos, oficinas o cualquier edificio, esto con la finalidad de gestionar la energía, seguridad, comodidad,

comunicación entre otros factores, para así intentar brindar una mayor calidad de vida al usuario respecto a la vivienda que habita [4].

II.5. Wi-Fi

Es una tecnología de red que permite la conexión de dispositivos electrónicos de manera inalámbrica a través de ondas electromagnéticas la cual está disponible en el mercado desde 1997, existen distintos dispositivos que pueden soportar esta tecnología, como por ejemplo computadoras, consolas de videojuegos, teléfonos inteligentes, televisores , reproductores mp3, tablets, entre otros; de esta forma obtienen la capacidad de conectarse a una red de área local a través de un punto de acceso inalámbrico y así tener la opción de tener conexión a internet. Los protocolos de Wi-Fi son regulados por el estándar IEEE 802.11 y existen varias versiones de él [5].

Algunas de las ventajas de esta tecnología son las siguientes:

- Su implementación es fácil y rápida.
 - No existe la necesidad de cableado.
 - Conexión rápida de puntos aislados.
- Flexibilidad.
 - Los puestos de trabajo fijos pueden cambiar su posición sin problema.
 - La expansión resulta rápida y a con un menor costo que en redes cableadas.
- Movilidad.
 - Se puede trabajar en cualquier lugar sin interrupción del servicio, mientras esté dentro del alcance del punto de acceso.
- Beneficio económico.
 - En la actualidad el costo de los componentes se puede comparar con los de una red cableada.
 - Existe una mayor productividad de usuarios debido a la libertad de ubicación.

Algunos de los inconvenientes de las WLAN son los siguientes:

- El ancho de banda es menor que el de una red cableada.
 - Una red cableada puede ofrecer hasta 10 Gbps y Wi-Fi ofrece conexiones menores a 1.3 Gbps
- Las redes inalámbricas son vulnerables a interferencias:
 - Interferencias externas las cuales pueden ser intencionadas o no intencionadas.
 - Interferencias internas donde estas puede ser procedentes de otras redes Wi-Fi.

- Las redes inalámbricas son vulnerables a ataques.
 - Ya que la señal viaja por un medio accesible para cualquiera no son totalmente seguras.
 - Para evitar que sean "escuchadas" por cualquiera deben tomarse medidas de seguridad.

II.6. Protocolos Multimedia

Son protocolos encargados de la transmisión de datos multimedia a través de las redes informáticas, donde los principales ejemplos son:

- TCP: El Protocolo de Control de transmisión es un protocolo orientado a conexión, el cual mantiene un dialogo durante la transmisión de datos, donde se pone de acuerdo para comenzar a transmitir y a qué velocidad, además que a lo largo de la transferencia de datos se confirma que paquete llevo y cual se perdió.
- UDP: El Protocolo de Datagramas de Usuario es un protocolo no orientado a conexión, el cual intercambia información sin ponerse de acuerdo con el receptor ni confirmar la recepción de los paquetes.

II.7. H264

El H.264 es un protocolo de video de alta compresión de, desarrollado por el ITU-T y el ISO, el cual fue creado con la intención de crear transmisiones de alta calidad con tasas binarias notablemente inferiores a las de otros protocolos.

II.8. RTSP

El protocolo de flujo en tiempo real (del inglés Real Time Streaming Protocol) es un protocolo de control de red que tiene el fin de establecer y controlar uno o varios flujos de datos multimedia de manera sincronizada, el RTSP tiene la cualidad de poder controlar de mediante la red las sesiones de los servidores multimedia.

II.9. Cerradura eléctrica

Es un dispositivo que permite la apertura de una cerradura de manera remota por medio de un sistema electromecánico.

Capítulo III

Introducción a DomOpenHW

III.1.Introducción.

El Proyecto DomOpenHW es un proyecto domótico basado en plataforma abiertas el cual tiene como base principal Android y Arduino, la función principal del prototipo es la medición de distintas magnitudes, sirviendo así como sistema de seguridad y alarma en caso de que las valores salgan de lo normal, además permite la monitorización de un video portero y apertura de puerta, todo esto controlado desde un dispositivo Android.

III.2. Funcionamiento.

El prototipo DomOpenHW es un sistema domótico que se plantea instalar en un edificio con el objetivo:

- Proveer video vigilancia de la puerta de acceso, por medio de una cámara IP.
- Tener control del acceso por medio de una cerradura eléctrica y un teclado numérico para llamar a cada una de las viviendas del edificio.
- Medir variables y determinar si están dentro de los parámetros predeterminados que permitan la seguridad del usuario, en este caso los habitantes del edificio.
- Recibir esas variables a demanda o de manera automática por medio de un dispositivo Android el cual tiene control de los sensores, video IP y la cerradura eléctrica.
- Todo lo anterior funciona a través de un router inalámbrico.

III.3. Bloques del sistema.

El sistema se divide en 4 bloques los cuales se llamaron:

1) Medición y alarmas.

Este bloque se encarga de medir el entorno y las variables involucradas, para con estos valores determinar si los parámetros se encuentran dentro de los valores establecidos.

2) Control de acceso.

Esta parte del sistema es la encargada de recibir llamadas por medio de un teclado matricial y permitir o negar el acceso.

3) Envío de video y paquetes de control.

Esta sección se encarga del intercambio de paquetes de red entre los distintos bloques del sistema así como del envío del video.

4) Aplicación Android.

La aplicación es la encargada de recibir alarmas, llamadas y permitir o negar el acceso, así también tiene la capacidad de solicitar información al bloque de medición y alarmas.

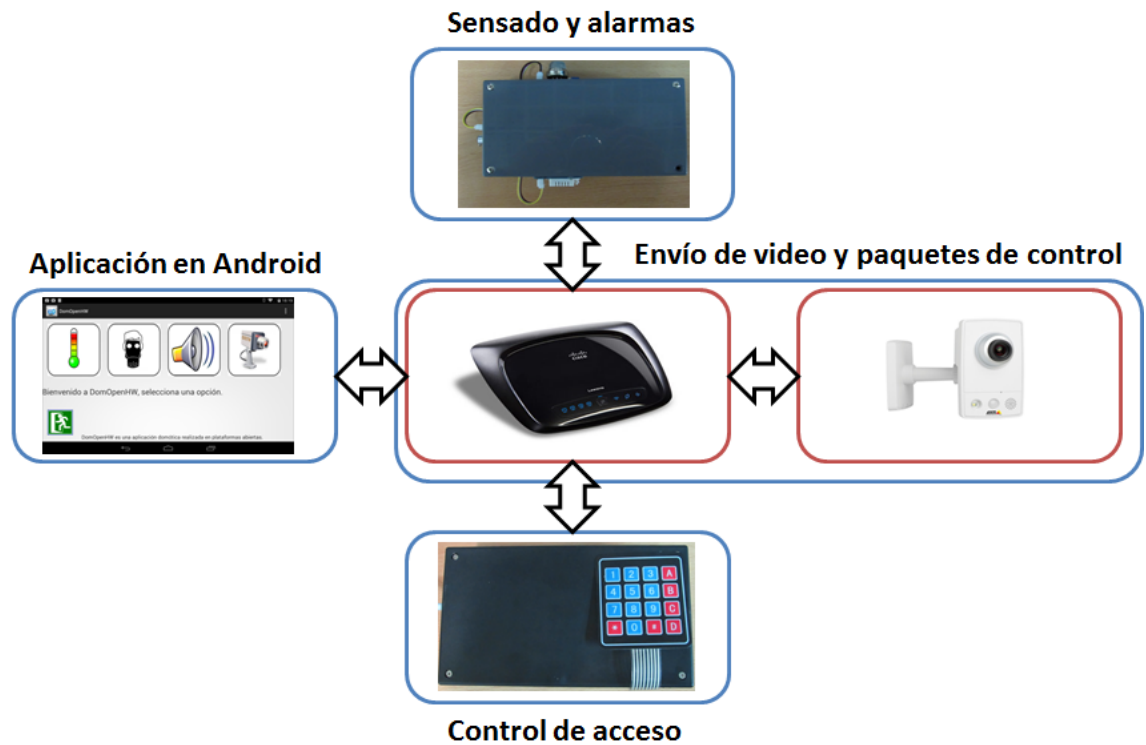


Figura 1. Diagrama de interacción entre los bloques del sistema.

III.4. Tipos de usuarios.

El sistema tiene dos tipos de usuario:

Usuarios internos: son los usuarios que habitan dentro del edificio o vivienda, éstos deben de poseer un dispositivo móvil que soporte la aplicación Android, por medio de ésta pueden recibir y enviar información de manera automática o por medio de petición de los otros bloques del sistema.

Usuarios externos: son los usuarios que solo pueden solicitar acceso por medio del bloque de acceso y en caso de que algún usuario interno lo permita, podrán acceder a la vivienda.

Capítulo IV

Medición y alarmas

IV.1.Arduino.

Una de las herramientas utilizadas para el desarrollo de este proyecto fue la plataforma de hardware libre llamado Arduino el cual en su portal web lo definen como una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar [6].

El modelo utilizado fue el Arduino Uno el cual se muestra en la figura 2, el cual cuenta con un microcontrolador ATmega328p y un voltaje de operación de 5V pero puede ser alimentado por una fuente de alimentación entre los 6-20V.



Figura 2. Placa Arduino UNO.

Además de la placa Arduino uno de utilizo una placa de Wi-Fi y una de expansión para poder hacer la conexión inalámbrica y conectar los sensores respectivamente, se describen a continuación:

- **Grove-Mega Shield:** Es una tarjeta de expansión para Arduino de la marca Grove diseñada originalmente para el Arduino Mega, pero puede funcionar sin ningún problema con el modelo que se utiliza en este proyecto, esta placa utiliza 4 pines estandarizados (VCC, GND, SGN1, SGN2) para que la conexión de componentes electrónicos sea más sencilla.
- **Arduino Wi-Fi Shield:** es una tarjeta de expansión que proporciona la conexión inalámbrica a través del protocolo 802.11 b el cual opera en la banda de 2.4GHz y permite el envío de paquetes IP.

La placa Arduino UNO fue programado en el lenguaje que proporciona el fabricante, está basado principalmente en el lenguaje de programación C++, se muestra una sección del código del proyecto en la figura 3.

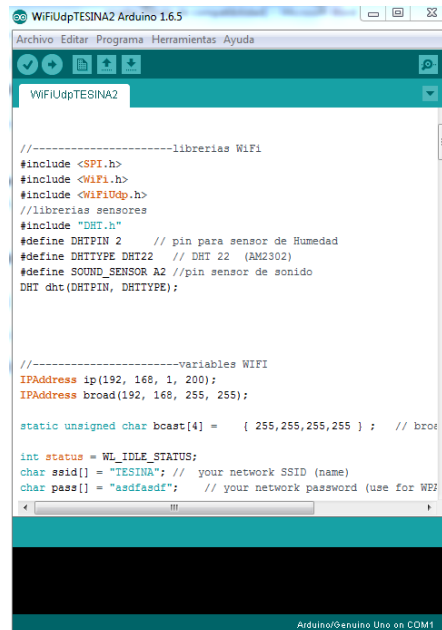


Figura 3. Interfaz de programación Arduino.

IV.2. Medición.

En este bloque se recaba información por medio de una medición de información a través de dispositivos electrónicos para determinar si ciertas variables se encuentran dentro de los parámetros determinados para la comodidad y seguridad de los usuarios. La placa de expansión Grove – Mega shield mencionada anteriormente sirve como plataforma para conectar tres sensores distintos:

- **Grove – Temperature and Humidity Sensor:** Este sensor tiene la capacidad de medir los niveles de temperatura y humedad relativa del ambiente.
- **Grove – Sound Sensor:** Es un sensor que permite tomar los niveles de sonido que existan en el ambiente, su funcionamiento es parecido al de un micrófono convencional.
- **Grove - Gas Sensor:** Este sensor permite medir niveles de gases como LPG, butano, metano, alcohol, hidrogeno, entre otros.

IV.3.Funcionamiento.

Este bloque del proyecto tiene la función de recolectar información a través de los tres sensores que posee y enviar esta información por medio de la tarjeta Wi-Fi, esto lo hace por medio de una solicitud del usuario interno o cuando alguno de los valores medidos salga de los parámetros establecidos.

A la placa Arduino UNO se le conectó el Arduino Wi-Fi Shield y el Grove-Mega Shield, donde a este último se le conectaron los sensores de sonido, gas y el de temperatura y humedad.

El sistema mide las tres variables a través de los sensores cada medio segundo, en caso de que la temperatura o el nivel de gas sobrepasen los valores predefinidos éste mandará un mensaje UDP a todos los usuarios del sistema para que suene una alarma en el dispositivo móvil para que tomen las medidas pertinentes.

Así mismo si el usuario interno desea conocer los valores que tienen los sensores lo puede hacer desde la aplicación Android.

En la figura 4 se muestra el montaje de la placa Arduino, las placas de expansión y Wi-Fi así como de los sensores dentro de una caja plástica, se puede observar en la parte superior el sensor de sonido, el de temperatura y humedad a la derecha así como el de gas a la izquierda de la caja, en la figura 5 se muestra en su presentación final. Por ultimo en la figura 6 se muestra un diagrama de interacción ente los dispositivos del bloque de medición y alarma.

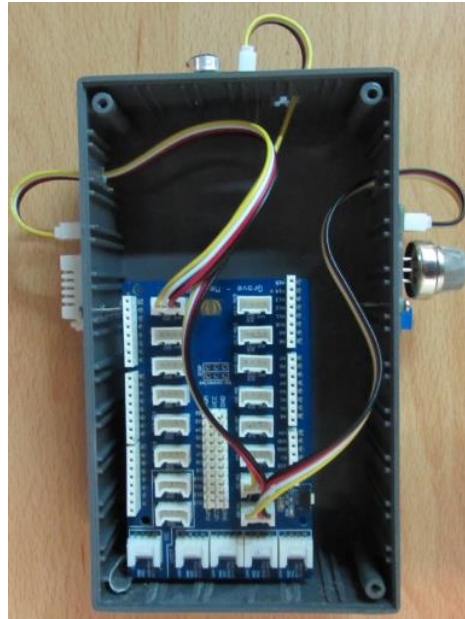


Figura 4. Conexión de dispositivos del bloque de medición y alarma.

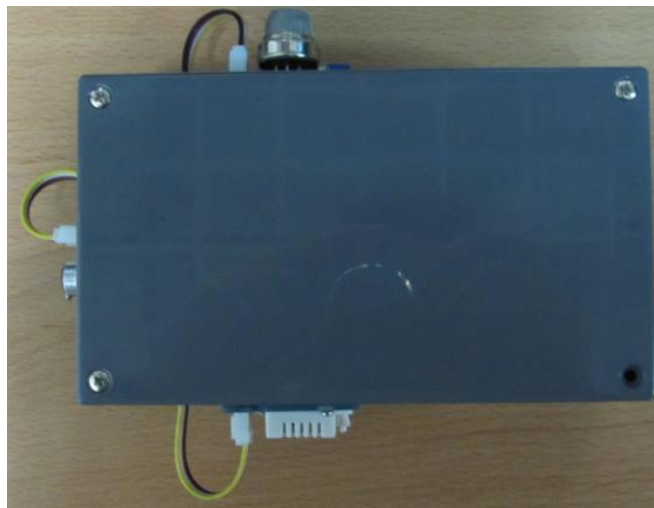


Figura 5. Presentación final del bloque de medición y alarmas.



Figura 6. Diagrama de interacción ente los dispositivos del bloque de medición y alarma.

Capítulo V

Control de acceso

V.1. Dispositivos involucrados.

Para que esta parte del prototipo pueda hacer llamadas a los dispositivos móviles, activar la cerradura eléctrica y sonar la alarma se requirió de los siguientes dispositivos:

- **Arduino UNO.**
- **Arduino Wi-Fi Shield.**
- **Teclado matricial:** Es una matriz de botones conectados en filas y columnas, con el objetivo de conectar varios botones con pocos pines de conexión.
- **Grove – Buzzer:** Es un pequeño parlante que puede funcionar tanto con señales analógicas como digitales y generar pulsos de sonido.
- **Cerradura eléctrica:** Este tipo de cerraduras funcionan de manera remota por medio de un pulso eléctrico el cual permite la apertura de ésta.

V.2. Funcionamiento.

El bloque de control de acceso cumple el objetivo de permitir que los usuarios internos reciban en un dispositivo móvil con sistema operativo Android las llamadas que se generen a la vivienda desde el modo de videoportero que pueden generar usuarios externos y así tomar la decisión de brindar el acceso o no por medio de la cerradura eléctrica, además en caso de que exista una alarma este hace sonar un parlante para avisar a los usuarios.

El módulo tiene un teclado matricial conectado a un Arduino UNO el cual cuenta con una módulo Wi-Fi para que personas externas a las viviendas realicen llamadas a los usuarios internos, si éstos deciden brindarles acceso, desde el dispositivo móvil dan la instrucción y el Arduino recibe la señal y activa una cerradura eléctrica para que puedan acceder; además si el módulo de acceso recibe un mensaje de alarma ya sea de temperatura o gas éste hace sonar un pequeño parlante para dar aviso, el cual no dejara de emitir ruido hasta que el módulo de medición y alarma se lo indique.

En la figura 7 se muestra el montaje de la placa Arduino, el módulo Wi-Fi, el Grove- Buzzer, el teclado matricial y la conexión hacia la cerradura eléctrica, en la figura 8 se muestra el módulo en su presentación final. Además en la figura 9 se muestra un diagrama de interacción ente los dispositivos del bloque de control de acceso.

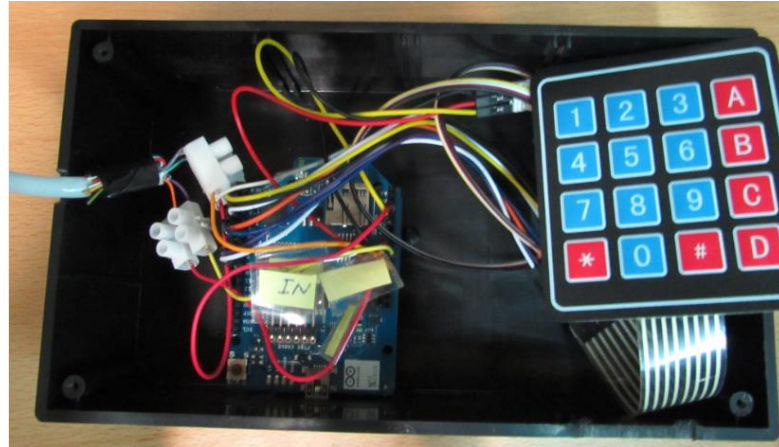


Figura 7. Conexión de dispositivos del módulo de control de acceso.

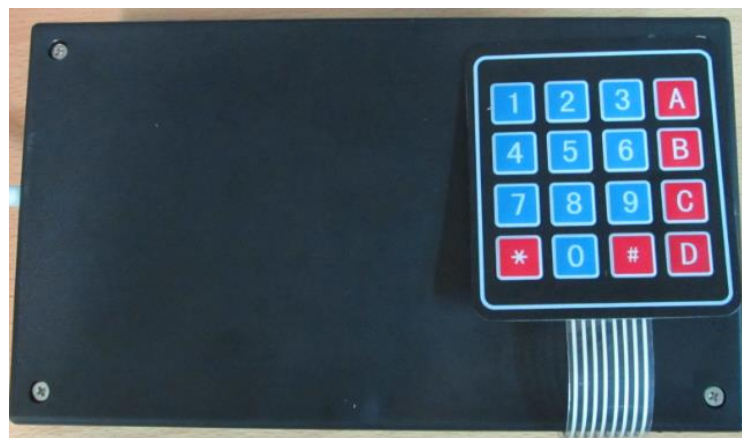


Figura 8. Presentación final del bloque de control de acceso.

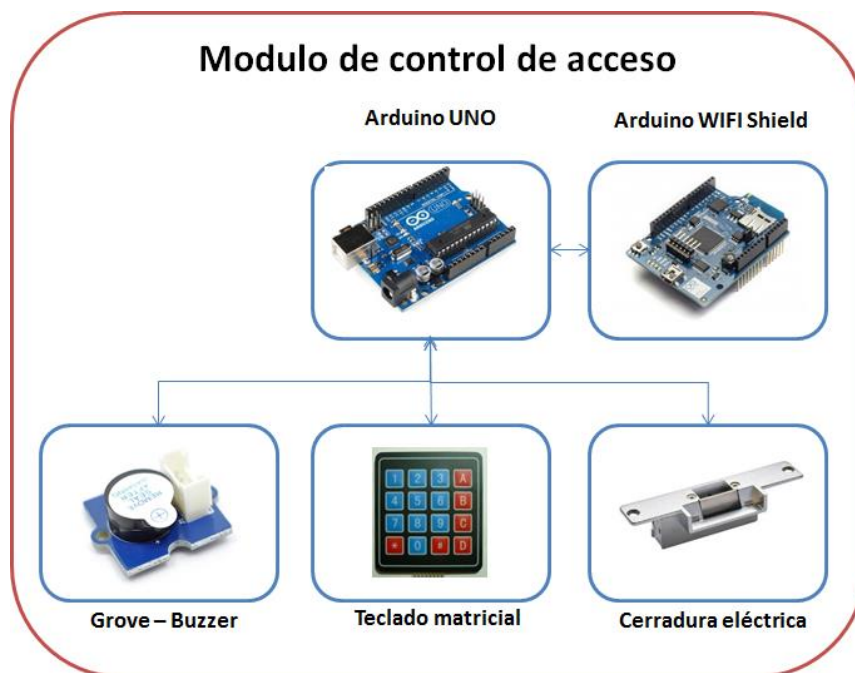


Figura 9. Diagrama de interacción ente los dispositivos del bloque de control de acceso.

Capítulo VI

Envío de videos y paquetes de control

VI.1. Envío de Mensajes.

El envío de paquetes a través del sistema es en su mayoría UDP, se optó por este protocolo debido a que por sus características genera una menor carga a la red. Debido a que el prototipo se desarrolló con el objetivo de brindar servicios a varios dispositivos de manera simultánea, TCP hubiera generado una sobrecarga en la conexión.

Los cuatro bloques del sistema tienen interacción por medio de la red, por lo que cada uno de los dispositivos tiene asignada una dirección IP estática para tener un mejor control, a continuación se da una breve explicación de cómo lo hace cada uno de ellos:

- **Medición y alarmas.**

- Cuando los sensores detectan que el gas o la temperatura se encuentran arriba de los parámetros predeterminados envía 3 mensajes UDP de alerta (esto por si algún paquete se pierde) a la dirección de Broadcast (255.255.255.255) para que tanto el bloque de la aplicación móvil como el de control de acceso hagan sonar una alarma para comunicarles a los usuarios la situación.
- Los usuarios tienen la opción de solicitarle información de los sensores por medio de la aplicación móvil, por esto esta parte del sistema está escuchando por un puerto de red esperando recibir estas solicitudes por medio de UDP.
- Cuando recibe las solicitudes del bloque de aplicación móvil el dispositivo envía 3 paquetes UDP con la información solicitada a la dirección IP de la cual recibió la solicitud.

- **Control de acceso.**

- Cuando existe una alarma este bloque recibe del módulo de medición y alarma un mensaje UDP con la instrucción de hacer sonar la alarma, y posteriormente recibe otro mensaje para apagarla, por lo tanto esta parte del sistema está escuchando por un puerto de red esperando recibir estas solicitudes por medio de UDP.
- Cuando algún usuario externo hace una llamada este tiene que presionar un número en el teclado matricial el cual está asignado a alguno de los usuarios del sistema y se envían tres paquetes UDP a la dirección IP 192.168.1.num (donde num es el número tecleado en el teclado).
- Si el usuario interno decide abrir la puerta después de recibir una llamada, este debe enviar desde el dispositivo móvil la autorización lo que generará que se envíen 3 paquetes UDP

que al recibirlos se activará la cerradura eléctrica, por lo que esta parte del sistema estará escuchando por un puerto de red esperando recibir estas solicitudes por medio de UDP.

- **Envío de video y paquetes de control.**

- Cuando un usuario externo hace una llamada el usuario interno desde la aplicación móvil puede encender la transmisión de video, si éste acepta, se activa la cámara IP la cual trabaja con el protocolo RTCP, donde para el control de conexión utiliza TCP, para el flujo de video, datos de conexión y reenvío de peticiones utiliza UDP.

- **Aplicación Android.**

- Cuando se recibe una alarma por medio del bloque de medición y alarma la aplicación hará sonar una alarma, lo cual es representado en forma de un paquete UDP por lo que esta parte del sistema estará escuchando por un puerto de red esperando un paquete de este tipo.
- Al recibir una llamada de un usuario externo la aplicación recibirá un paquete UDP de parte del bloque de control de acceso (se debe estar escuchando un puerto de red), donde el usuario interno tomará la decisión de iniciar el video por medio de RTCP, negar el acceso o permitirlo enviando 3 mensajes UDP para activar la cerradura eléctrica.
- Cuando se solicite el valor de alguno de los sensores la aplicación envía 3 mensajes UDP al bloque de medición y alarma, donde éste contestará con los valores solicitados por medio de otro mensaje UDP.

VI.2. Captura de video.

La captura de video iniciará cuando el usuario interno lo solicita después de recibir una llamada de algún usuario externo o cuando él lo solicite de manera voluntaria, para capturar el video se integró una cámara IP al sistema.

La cámara IP que se decidió utilizar para prototipo fue la AXIS M1034 (figura 10) la cual permite conexión a la red por medio inalámbrico (Wi-Fi 802.11b/g/n) o cableada para enviar HDTV, posee un micrófono y un sensor infrarrojo de movimiento. Además soporta una gran cantidad de protocolos de red (IPv4/v6, HTTP, HTTPS*, SSL/TLS*, QoS Layer 3 DiffServ, FTP, CIFS/SMB, SMTP, Bonjour, UPnP, SNMPv1/v2c/v3(MIB-II), DNS, DynDNS, NTP, RTSP, RTP, TCP, UDP, IGMP, RTCP, ICMP, DHCP, ARP, SOCKS).



Figura 10. Cámara AXIS M1034.

VI.3. Envío de video.

Para el envío del video se optó por el protocolo RTSP debido a que este permite los métodos de transmisión unicast y multicast, siendo este último el ideal para el proyecto en cuestión, debido a que es necesario dar servicio a varios clientes internos los cuales pueden solicitar ver lo que está captando la cámara de manera simultánea.

Capítulo VII

Aplicación en Android

VII.1. Android

EL sistema operativo Android está basado en el núcleo de Linux, fue diseñado para dispositivos móviles con pantallas táctiles, su desarrollo estuvo a cargo de la compañía Android Inc. pero en 2005 fue adquirido por Google. Este sistema operativo se rige por los estándares abiertos del software libre y es uno de los dos competidores más fuertes en el mercado de dispositivos móviles.

En su sitio web menciona que Android es el sistema operativo personalizable y fácil de utilizar que incluyen más de mil millones de dispositivos de todo el mundo, como teléfonos, tablets, relojes, televisores, coches y otros en los que se utilizará en el futuro. [7]

Por las características antes mencionadas se decidió a trabajar con este sistema operativo, para lo que se realizó una aplicación móvil la cual a través del software Android Studio, el cual es una herramienta de desarrollo de carácter libre. En la figura 11 se muestra su interfaz.

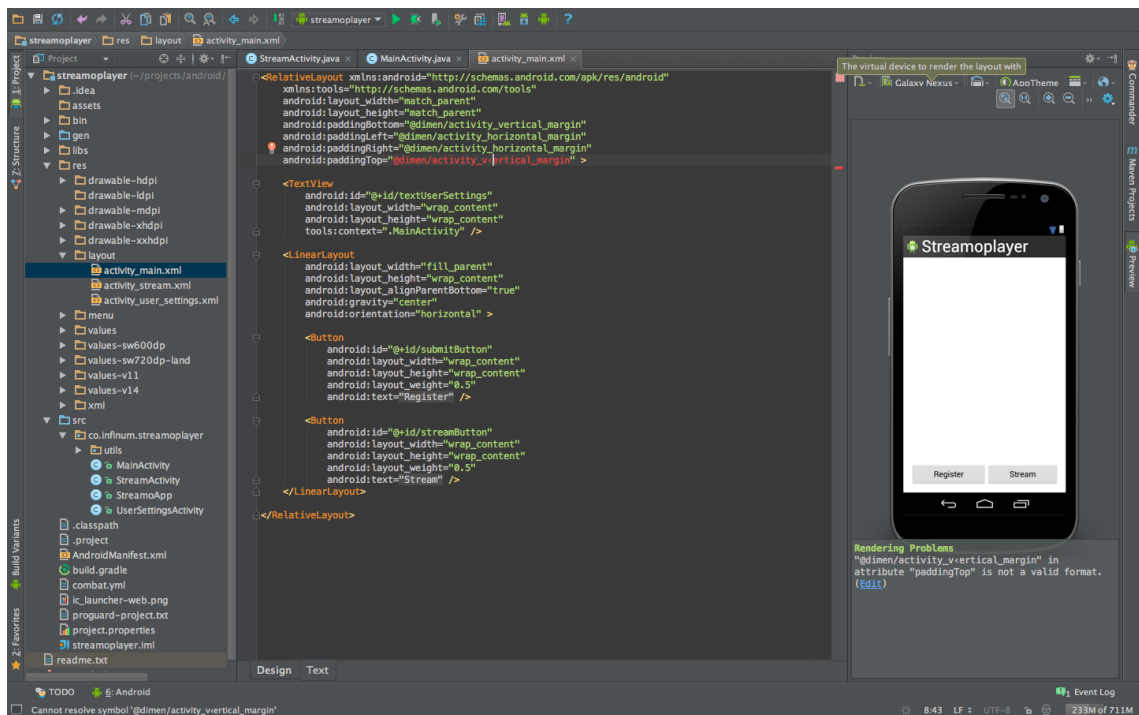


Figura 11. Interfaz de programación Android Studio.

VII.2. Funcionamiento de la aplicación.

El objetivo de esta parte del proyecto es concentrar las funcionalidades de los módulos de medición y alarma, control de acceso y el de envío de video y paquetes de control, todo esto en una aplicación Android que permita interactuar con ellos, ésta fue desarrollada en Android Studio y su interfaz principal se muestra en la figura 12.



Figura 12. Interfaz principal de la aplicación Android.

La aplicación tiene la capacidad de mostrar los valores que tengan los sensores cuando se haga la solicitud, solo es necesario presionar el icono con forma de termómetro para mostrar la temperatura (figura 13), presionando el icono de la máscara de gas se mostrará la concentración de gases en el ambiente (figura 14), por último si se desea conocer el nivel de ruido es necesario presionar el icono con el parlante (figura 15).



Figura 13. Aplicación Android mostrando el valor del sensor de temperatura.



Figura 14. Aplicación Android mostrando el valor del sensor de gas.



Figura 15. Aplicación Android mostrando el valor del sensor de sonido.

Si los parámetros de temperatura o gas superan los valores predeterminados para la seguridad de los usuarios el módulo de medición y alarma emite un mensaje que la aplicación recibe para posteriormente mostrar un aviso en la pantalla, este es diferente para cada tipo de alarma (figuras 16 y 17) además emite un sonido para avisar que algo está fuera de lo normal; para regresar al menú principal y silenciar la alarma es necesario presionar el icono azul; si los valores de los sensores siguen elevados la alarma volverá a sonar después de medio segundo y solo cesará hasta que el problema sea solucionado.



Figura 16. Aplicación Android mostrando una alarma por temperatura elevada.

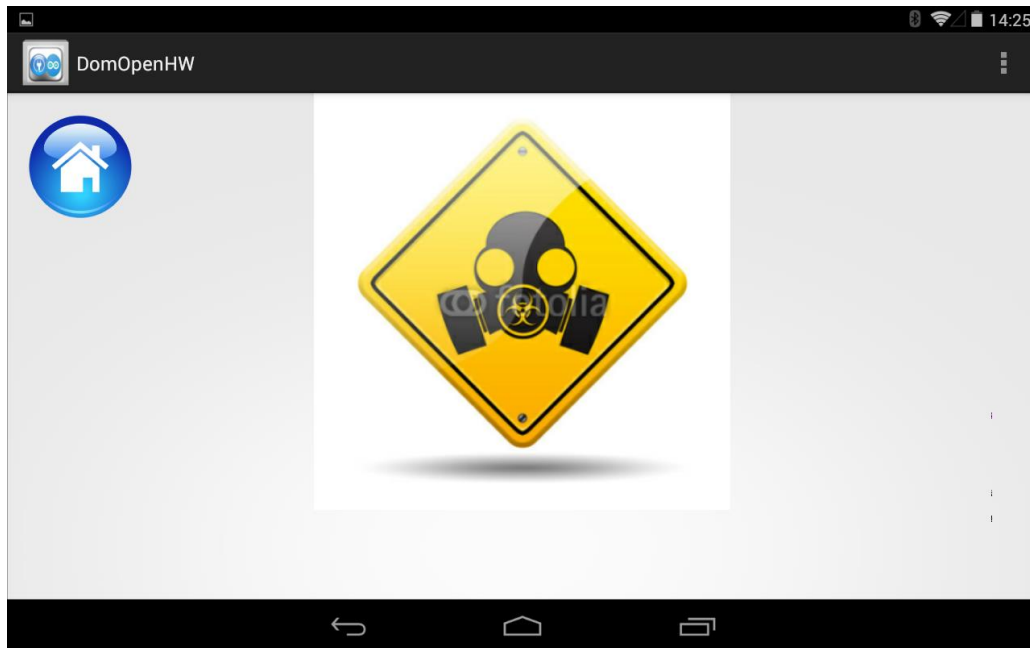


Figura 17. Aplicación Android mostrando una alarma por concentración de gas excesiva en el ambiente.

Si algún usuario externo realiza una llamada a través del bloque de control de acceso la aplicación emitirá un sonido y mostrara una pantalla en la cual se tiene la opción de recibir o rechazar la llamada, esto se muestra en la figura 18. Si el usuario interno decide recibir la llamada la aplicación mostrará una interfaz en la cual se conecta con la cámara IP y comienza a transmitir el video como se muestra en la figura 19.

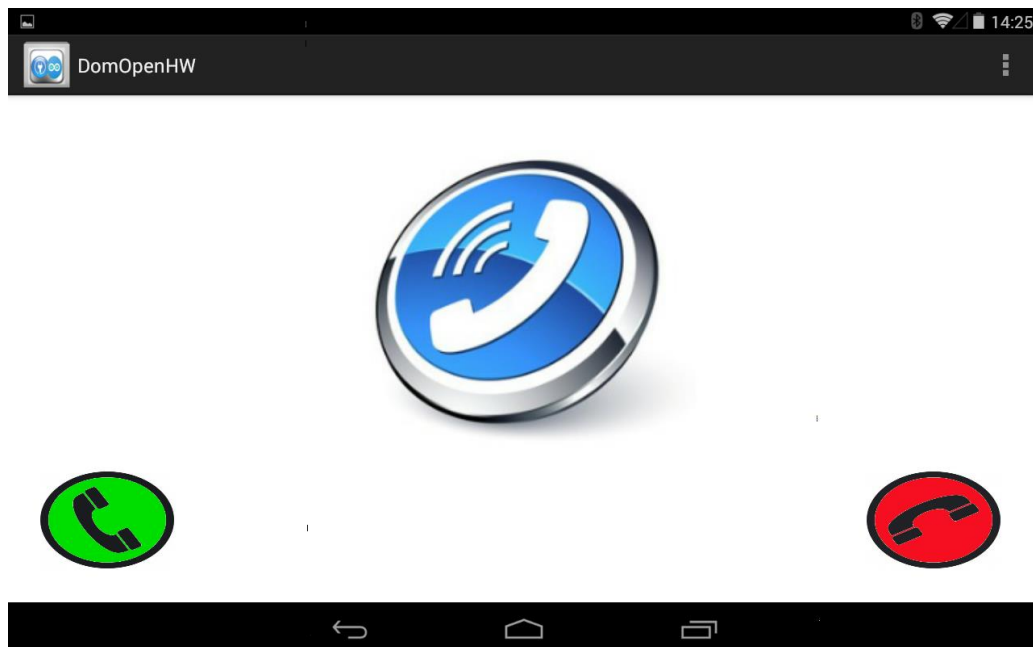


Figura 18. Aplicación Android mostrando una llamada entrante.

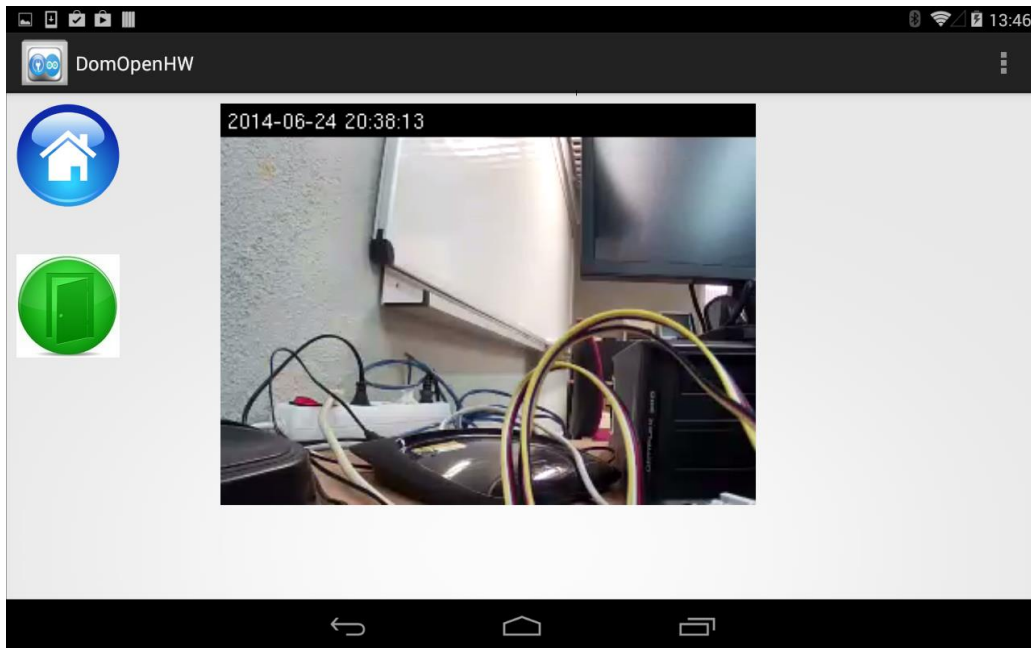


Figura 19. Aplicación Android mostrando el video recibido de la cámara IP.

En la interfaz de video (figura 19) es posible abrir la puerta a usuarios externos con el botón verde si esto es requerido y volver al menú principal con el botón azul. En la interfaz principal (figura 12) existe un icono con una cámara de circuito cerrado, la cual presionándola nos muestra la interfaz de video y sus funciones.

Capítulo VIII

Desarrollo, pruebas y resultados

VIII.1. Equipos involucrados.

Para poner en marcha el funcionamiento del proyecto se utilizaron los módulos del sistema que se fabricaron en la marcha de éste, además de otros dispositivos para el video, crear la red, ejecutar la aplicación, entre otras pruebas; estos dispositivos se mencionan a continuación:

- Módulo de medición y alarma.
- Módulo de control de acceso.
- Cámara AXIS M1034.
- Router CISCO *WRT120N* Wireless-N (figura 20).
- Tablet Google Nexus 7 (figura 21).
- 56 tablets genéricas dispuestas en un arreglo de 7x8 (figura 22).
- Cerradura eléctrica montada en una puerta de prueba (figura 23).



Figura 20. CISCO *WRT120N* Wireless-N utilizado en las pruebas.



Figura 21. Google Nexus 7.



Figura 22. Arreglo de 56 tablets genéricas.

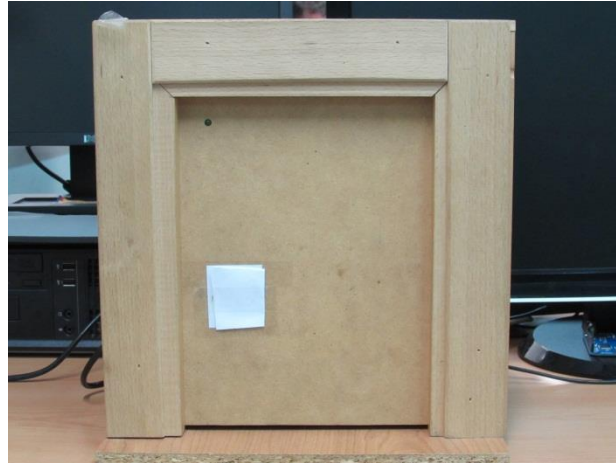


Figura 23. Cerradura eléctrica montada en una puerta de prueba.

VIII.2. Desarrollo y pruebas realizadas.

A lo largo del proyecto se realizaron varias pruebas y simulaciones tanto en la parte del hardware como en la del software, en la presente sección se detallará cada una de ellas.

Se realizaron pruebas con todos los sensores involucrados de manera independiente y se hizo una investigación teórica de los mismos y su comportamiento.

Para que la conexión de red de los dispositivos fuera posible se utilizó un Router inalámbrico CISCO modelo *WRT120N* el cual funciona bajo el protocolo 802.11n.

Para que existiera una comunicación de red entre el Arduino y los demás dispositivos se le instaló una placa Wi-Fi y se programó un servidor UDP en la placa, a éste se le hicieron pruebas de funcionamiento e intercambio de paquetes a lo largo de la mayor parte del desarrollo de este proyecto, para hacer pruebas de envío de paquetes y recepción de los mismos se hicieron pruebas con la terminal de comandos que poseen las distribuciones de Linux para determinar si el servidor funcionaba y enviaba lo que se le solicitaba.

Durante el desarrollo de la parte del hardware, la propuesta inicial fue que tanto el módulo de medición y alarma como el de control y acceso estuvieran integrados en un solo Arduino, pero debido a que el Shield Wi-Fi utiliza 7 pines digitales de los 14 disponibles, algunos de los sensores o los actuadores no tenían espacio para ser conectados, por lo que se decidió trabajar con dos placas y convertirlo en dos módulos distintos.

Las pruebas durante el desarrollo de la aplicación móvil se realizaron en una tablet Google Nexus 7, esta se utilizó para probar el funcionamiento de las distintas pantallas y el envío y recepción de paquetes entre los dispositivos, en la figura 24 se muestra una prueba de interfuncionamiento entre el hardware y la primera versión de la aplicación móvil.

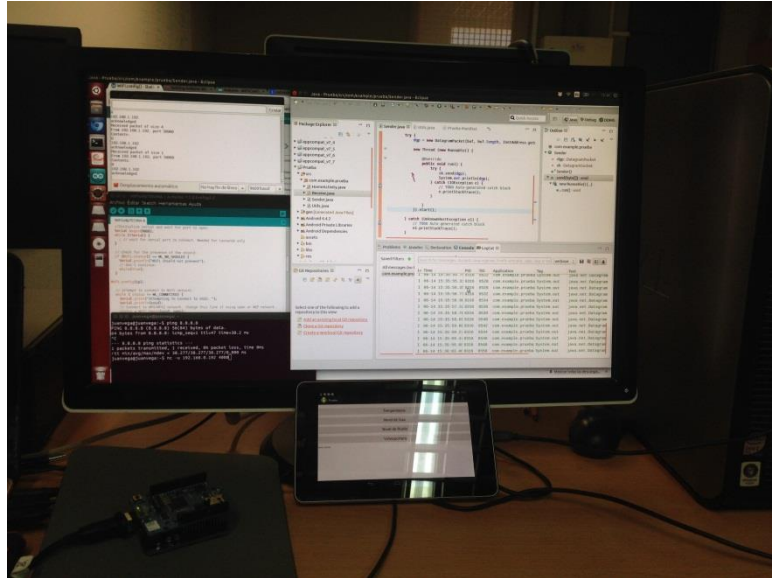


Figura 24. Prueba de interfuncionamiento entre dispositivos.

Las pruebas del video se realizaron en una cámara IP inalámbrica de la marca Axis, las pruebas inicialmente fueron realizadas en un PC para poder configurar el funcionamiento, el protocolo RTSP y la resolución, posteriormente se hicieron pruebas en la aplicación directamente.

Cuando los módulos de control de acceso y el de medición y alarma estaban configurados de manera definitiva se pasó a adecuar unas cajas plásticas para instalarlos dentro de ellas para darle una mejor presentación y para su protección.

Cuando todos los bloques del proyecto se encontraban armados y configurados se pasó a ensamblarlo de manera conjunta como se muestra en la figura 25.

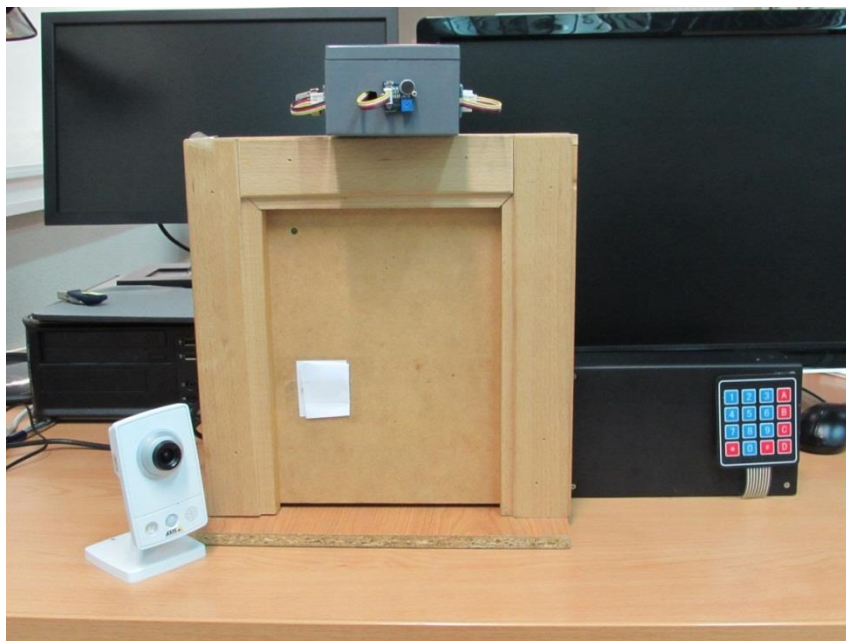


Figura 25. Presentación final del proyecto.

Ya ensamblado, se pasó a realizar pruebas y simulaciones de todos los módulos y su interfuncionamiento; algunos de estos se mencionan a continuación:

- Interconexión entre los dispositivos.
- Fluidez de la aplicación y sus interfaces.
- Solicitud y recepción de valores a los sensores.
- Llamadas externas.
- Apertura de puerta.
- Pruebas de recepción y calidad del video.
- Se simuló incremento de los valores de temperatura y de gas, por medio de saturación de gases en el ambiente y calentando con una secadora de cabello.

De las pruebas anteriores se obtuvieron algunos resultados positivos como otros negativos, estos últimos se mencionan a continuación:

- La aplicación no permitía regresar al menú principal desde algunas de las interfaces; la de video era una de ellas.
- Algunos de los valores generados por el Arduino se recibían en la aplicación Android como caracteres incorrectos debido a que se utilizaba el tipo de variable adecuado.

Con los resultados anteriores se prosiguió a solucionar las problemáticas encontradas, de la manera siguiente:

- Se hicieron distintas modificaciones y pruebas con la aplicación y sus interfaces hasta que su funcionamiento fue correcto.
- Las variables que generaron problemas se convirtieron a los valores indicados para un correcto funcionamiento.

Cuando el sistema funciono de manera correcta, se prosiguió a probarlo con más dispositivos Android para que las pruebas se parecieran más a un entorno real y forzar las pruebas de laboratorio. Se intentó conectar 56 tablets al sistema, donde como era de esperarse el router al contar con características básicas no pudo soportar la gran cantidad de equipos y se perdió la conexión, se realizaron experimentos mediante prueba y error y se descubrió que 28 tablets pudieron funcionar de manera óptima con los sensores y las alarmas.

Cuando se procedió a probar una alarma y el video se notó que solo era posible conectar 21 tablets a flujo de transmisión y brindarles un buen servicio sin retardos ni pérdidas como se muestra en la figura 26, otra vez debido a que las características del router no lo soportaban. Para agregar más flujos de video o más usuarios sería necesario interconectar múltiples puntos de acceso y ponerlos a funcionar en un mismo segmento de red.



Figura 26. Prueba de laboratorio con 21 tablets transmitiendo video y 7 en espera de que un equipo se desconecte.

VIII.3. Resultados finales

Como resultado final se obtuvo un sistema domótico funcional que opera a través de plataformas abiertas, con las siguientes características:

- El sistema es capaz de medir variables de su entorno y emitir alarmas en caso de que éstas no estén dentro de los parámetros de seguridad para los usuarios.
- Una aplicación Android funcional que nos permite interactuar con el sistema.
- La posibilidad de transmitir flujos de video y brindar o negar acceso a usuarios externos.
- El router CISCO *WRT120N* Wireless-N permitió la conexión del módulo de medición y alarma, módulo de control de acceso, una cámara IP y 28 tablets, arrojando un total de 31 dispositivos en red operando de manera óptima.

El funcionamiento mejoró después de las pruebas y mejoras realizadas a lo largo del proyecto, obteniendo un prototipo estable y funcional. La presentación final de los dispositivos en funcionamiento se muestra en la figura 27.



Figura 27. Presentación final del proyecto.

Capítulo IX

Conclusiones

A manera de conclusión creo que es posible adquirir bastante conocimiento y conclusiones cuando se pone en marcha un prototipo como el mencionado en ésta tesina, pero se intentará ser breve y mencionar las principales a continuación:

- Las plataformas abiertas son herramientas bastante completas y funcionales, son bastante prácticas y al contar con tanta gente trabajando en proyectos basados en ellos la cantidad de información es bastante, solo hay que aprender a determinar cuál es funcional o no.
- Android es un sistema operativo que brinda bastante libertad a la hora de desarrollar y trabajar con él; con conocimientos básicos de programación es posible generar proyectos bastantes interesantes.
- Arduino es una plataforma de hardware increíble, las prestaciones que te brinda con costos bajos te permiten automatizar muchas tareas, así como es posible generar una gran cantidad de proyectos electrónicos, es necesario solamente un poco de conocimiento en electrónica y programación.
- La domótica es una técnica que cada vez se va incorporando en los hogares, esto es bueno ya que por medio de esto se puede brindar una mayor seguridad para los usuarios, además de automatizar tareas cotidianas que suelen ser tediosas o molestas. Contar con una vivienda inteligente puede reducir costos en los servicios básicos, aumentar la seguridad y hacerlos más ecológicos implementando tecnología de este tipo.

De manera un poco más personal me llevo bastantes conclusiones pero sobre todo creo que desarrollar prototipos como el que se menciona en este trabajo te da un mayor panorama de lo que se puede hacer con la tecnología que se cuenta en la actualidad y con presupuestos relativamente bajos, de lo que puede surgir un dispositivo o sistema que después de pulirse se puede aportar al desarrollo tecnológico.

Capítulo X

Referencias

- [1] R. A. Española, «Real Academia Española,» Real Academia Española, 2014. [En línea]. Available: <http://www.rae.es/>. [Último acceso: 5 noviembre 2014].
- [2] GNU, «El sistema operativo GNU,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.gnu.org/>. [Último acceso: 5 noviembre 2014].
- [3] OSHWA, «Open Source Hardware Association,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.oshwa.org/>. [Último acceso: 5 noviembre 2014].
- [4] M. E. Pardo, «A Domotic System with Remote Access,» *Journal of Computer Science & Technology*, vol. 8, nº 2, pp. 91 - 96, 2008.
- [5] W.-F. Alliance, «Wi-Fi,» 2014. [En línea]. [Último acceso: <http://www.wi-fi.org/> noviembre 2014].
- [6] Arduino, «Arduino» 2010. [En línea]. [Último acceso: <https://www.arduino.cc/> septiembre 2015].
- [7] Android, «Android» 2015. [En línea]. [Último acceso: https://www.android.com/intl/es_es/ octubre 2015].