SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA

# Dispositivo detector

## Microcontrolador

Como dispositivo microcontrolador se ha seleccionado el conocido ESP32. No se han barajado otras opciones en cuanto a microcontroladores ya que desde el momento en que nació el proyecto se decidió usar este dispositivo en proposición del tutor de este trabajo.

Este dispositivo nos aporta una gran capacidad de conectividad, bajo costo, módulos de bajo consumo, y trabajar con una tecnología muy actual y con aparentemente buen futuro.

Tomando más a fondo las propiedades hardware del ESP32 podemos destacar de cara a nuestro proyecto:

* Microprocesador de 32 bits en punto flotante Xtensa LX6 a 240MHz. Co-procesador de ultra bajo consumo
* 448KB ROM, 520KB SRAM
* 34 GPIOs programables
* ADC 12 bits
* 2 puertos I2C
* 3 puertos UART
* Conectividad wifi y bluetooth
* Salida PWM

El ESP32 se puede programar de distintas maneras:

* De manera nativa, se puede trabajar con el mediante comandos AT
* Python, se le puede cargar el firmware que nos permite usar el ESP con un intérprete de microPython y usarlo mediante scripts y comandos de Python o creando nuestro propio firmware microPython personalizado
* C++, se puede programar con Arduino IDE, con lo que podemos apoyarnos en la multitud de librerías que se dispone para Arduino.
* Espressif IoT Development Framework, es el IDE de programación oficial, en C y C++, aunque al ser de pago no está tan estandarizado
* JavaScript, existen versiones firmware para programarlo usando Espruino, el IDE para microcontroladores con javascript
* Existen otra multitud de formas de programar el ESP32, ya que es un micro bastante popular, algunas dan soporte por ejemplo a NodeMCU, .NET, LUA…

El lenguaje de programación seleccionado ha sido microPython, ya que en la actualidad Python es el lenguaje de programación más utilizado a nivel mundial, y aunque en el mundo de los microcontroladores todavía no ha tenido un largo recorrido, facilita mucho el trabajo y aporta una tecnología novedosa y de buen futuro. La comunidad de microPython es extensa y activa, la web oficial es <https://micropython.org/>, y a raíz de ella nacen distintas ramas en función de los microcontroladores a usar y otras para las distintas funcionalidades y periféricos que se pueden conectar con el firmware microPython.

El intérprete microPython es una distribución opensource disponible en GitHub (<https://github.com/micropython/micropython>) que apareció en 2013 como con la cual podemos usar el ESP de manera similar a cualquier intérprete Python para computadora, teniendo en cuenta que esta distribución no contiene todos los paquetes de Python3, y que hay algunos otros específicos, tal y como veremos más adelante, para las funcionalidades específicas de un microcontrolador tales como protocolos de comunicación, GPIOs…

## Detector

El detector es en cierta medida la esencia del proyecto, es el elemento que nos va a permitir detectar a los infractores. En este aspecto hemos barajado varias opciones tecnológicas que paso a comentar.

Reconocimiento de imagen, existen módulos que añaden visión y almacenamiento de esta al ESP32. El proceso de detección sería tomar fotografías aproximadamente cada segundo y tratar esas imágenes. Apoyándonos en que una bicicleta tiene siempre unas cotas que son constantes en todas ellas (principalmente el diámetro de rueda) podríamos procesar esta imagen y realizar un cálculo de la distancia a la misma. O en caso de incluir más de una cámara incluso podríamos realizar un procesado de la distancia en base a la triangulación. El reconocimiento de distancia mediante imagen sería factible, y el costo y tamaño de la solución encajan en las especificaciones, pero la capacidad de cómputo en dispositivo de estas dimensiones no sería viable, por lo que se decide desestimar esta metodología.

Otra de las opciones barajadas es la de el uso de un sistema tipo radar Doppler, esta opción quedó descartada al poco de comenzar a estudiarla debida a que el coste y tamaño de estos dispositivos no se ajusta a las necesidades de nuestro proyecto.

Señal GPS, con una geolocalización GPS bien afinada podríamos llegar a conseguir una precisión aceptable del orden del metro. El gran inconveniente de esta tecnología es que no es autónoma, tendríamos que poder comparar la geolocalización e instante de tiempo de todos los deportistas, lo que nos deja en la situación de la necesidad de enviar de manera constante durante el transcurso de la prueba la señal GPS a un servidor que compare las localizaciones, lo que nos obligaría a usar comunicación GSM/GPRS, ya que es la única comunicación disponible a lo largo de todo un trazado de ciclismo (y en ciertas zonas tampoco); o a procesar la información a posteriori. Todo esto unido a la falta de precisión de un GPS nos hace descartar esta tecnología.

Sensor de distancia ultrasonido, estos sensores nos permiten detectar objetos y son muy conocidos en el mundo de la robótica y proyectos caseros debido a su bajo costo y buen resultado. Por regla general estos sensores tienen la capacidad de detectar objetos hasta una distancia de 6m con un haz de unas pocas decenas de grados. Esta distancia queda escasa para nuestro proyecto, pero existen algunas versiones más sofisticadas de estos sensores que prometen dar hasta 10m de distancia de detección. Se ha realiza pruebas con uno de estos sensores, concretamente con un MB1360 XL Max Sonar, que según su hoja de especificaciones es específico para la detección de humanos hasta 10m de distancia. Lamentablemente las pruebas realizadas con este sensor han sido negativas consiguiendo unos resultados que para nada coinciden con la realidad. Aunque no se incluyen librerías específicas para usar este sensor con microPython, al tener una comunicación UART ha sido sencillo decodificar la información del sensor siguiendo las especificaciones del datasheet, como veremos más adelante. (Incluir pruebas?).

Sensor óptico de distancia, esta ha sido la opción final usada para el proyecto, en concreto se ha decidido usar el TF Mini Lidar de Seed Studio. Este sensor según especificaciones detecta hasta objetos hasta ha 12m de distancia en condiciones interiores y hasta 7m en condiciones exteriores. Las pruebas realizadas comprueban que supera la barrera de los 10m fácilmente en condiciones estándar externas. Trabaja a una tensión de alimentación de 5V con un consumo de 0.6W. Da lecturas de distancia a 100Hz con una resolución de 1cm, una precisión del 1% por debajo de 6m y del 2% a más de 6m, y un ángulo de apertura de 2.3 grados. Sus dimensiones son de 42x15x16mm, pesa 5 gramos y puede trabajar de -20 a 60 grados centígrados. La comunicación es bajo el protocolo UART. A excepción del ángulo de apertura, el cual sería deseable que fuese mayor, todas estas especificaciones se adecuan bastante bien a las necesidades de nuestro proyecto.

El funcionamiento del sensor óptico se basa en un emisor laser y un receptor, en función del tiempo que haya tomado la señal en volver al receptor se puede realizar un cálculo de la distancia a la que estamos. (Incluir fotos, datasheets, protocolo etc…)

## Periféricos

Son varios los periféricos que se conectan al ESP32 para complementar la funcionalidad del dispositivo detector. Se pasan a comentar cuales han sido los elementos usados, algunas de sus propiedades, y que función realizan en el dispositivo.

Sensor GPS, se va a usará para poder conocer la ubicación del deportista y de esa manera descartar los falsos positivos en las zonas en las que no haya que detectar la distancia, lo que de ahora en adelante se conocerá como *SafeZone*. Para ello se ha usado el dispositivo GPS GY-NEO-6MV2, este pequeño y económico sensor GPS nos da una señal de entorno a 2.5 metros de precisión. Está formado por una antena cerámica de 27x27x6.5 mm y el sensor en si de 36x26x4 mm. Cabe destacar que el dispositivo tiene un gran condensador que mantienen hasta dos semanas alimentada la memoria, esto es para poder realizar el arranque en caliente, ya que en frío, al no tener información alguna de la localización puede tardar hasta varios minutos en encontrar una primera localización. Una vez consequida la localización nos refresca datos de localización a una frecuencia máxima de 5Hz. La información que obtenemos por UART son tramas GPS estándar, las cuales, pese a no disponer de una librería específica para este sensor en microPython (mientras si que las hay para Arduino o Rasbperry Pi) son fácilmente interpretables ya que es un código ASCII muy conocido.

Buzzer

Leds

# Aplicación organización

Para desarrollar la aplicación que de soporte a la organización se pretende continuar con el uso del lenguaje de programación Python, ya que nos aporta una plataforma cómoda de trabajar, estandarizada en las diferentes arquitecturas de computadoras lo que la hace portable sin muchas complicaciones entre los distintos sistemas operativos de los que tenemos en la actualidad.

El framework elegido para el desarrollo de la interfaz gráfica ha sido Tkinter para Python3. Este framework es gratuito, bastante sencillo de usar y se puede usar el IDE Spyder de Anaconda para su desarrollo, lo que nos facilita bastante el desarrollo.

Además de esta librería, para algunas tareas específicas que iremos viendo a lo largo de desarrollo técnico se han utlilzado librerías de tratamiento de datos como Pandas y NumPy, así como la interfaz para comunicaciones con el dispositivo paho-mqtt.

# Comunicaciones

En cuanto a la comunicación del dispositivo detector con la organización disponemos de dos opciones ya integradas en el ESP32, bluetooth y wifi. Por sencillez y capacidad de alcance a la hora de distribuir una red de comunicaciones se ha elegido usar Wifi.

Ahora bien, bajo el amparo del wifi, se va a implementar el uso de del protocolo MQTT. Este protocolo nos permite comunicar múltiples dispositivos con la arquitectura bróker-cliente sobre TCP/IP . Dentro de una red local wifi, en una de las IPs que tenemos en esta red habrá lo que se conoce como un bróker mqtt activo. Este bróker lo que hace no es más que hacer lo que sería la función, si hacemos la analogía, de un tablón de anuncios. Los clientes tendrán topics sobre los que pueden publicar y/o subscribirse, los topics serían los distintos apartados del tablón, cuando algún cliente publica algo sobre en un topic, el bróker se encarga de distribuírselo a todos los clientes subscritos a ese topic.

La única restricción para que un cliente pueda contactar con el bróker es que, una vez iniciado el bróker, se conozca la IP del mismo, y cualquier otro dispositivo que esté en su misma red local tendrá alcance a ese bróker, lo que hace que la red inalámbrica sea ampliable a, por ejemplo, todo un área de transición en una competición muy multitudinaria. En ningún momento necesitamos conocer ninguna IP o MAC específica de ningún dispositivo que no sea el bróker, lo que nos facilita dos aspectos de la solución: la capacidad de tener un bróker en una computadora o servidor distinto al que se use para detectar la aplicación de la organización, y la posibilidad de dejar todas la IP’s del resto de dispositivos a asignación dinámica, lo que simplifica significativamente la comunicación y configuración.

El protocolo es muy liviano en cuanto a la capacidad de cómputo para hacerlo funcionar, y permite crear una red muy distribuida de clientes, además, existe un script que facilita el trabajo con este protocolo en microPython, para la parte organizativa también existe una completa librería para python3, y el bróker puede correr en un cualquier computadora, en nuestro caso un ordenador portátil con Windows 10, aunque como ya explicaremos más adelante el bróker en concreto corre sobre una arquitectura Linux para Windows. Todas las soluciones utilizadas son de código abierto tal y como iremos viendo según avancemos en el desarrollo técnico.

Esquema general de funcionamiento

# Funcionalidad general en prueba

Para analizar el modelo de funcionamiento de la solución se va a pasar a explicar los distintos estados por los que pasan los elementos que tenemos involucrados a lo largo de una competición. La descripción del dispositivo detector será individual para un solo dispositivo, siendo esta extensible a todo un conjunto de participantes que usen el dispositivo en una misma prueba al mismo tiempo. Mientras que para la aplicación de la organización se ha diseñado para que solo sea ejecutada desde un PC a la vez, y no más, por lo que la organización sólo necesitará de un juez para verificar los resultados generados por el dispositivo.

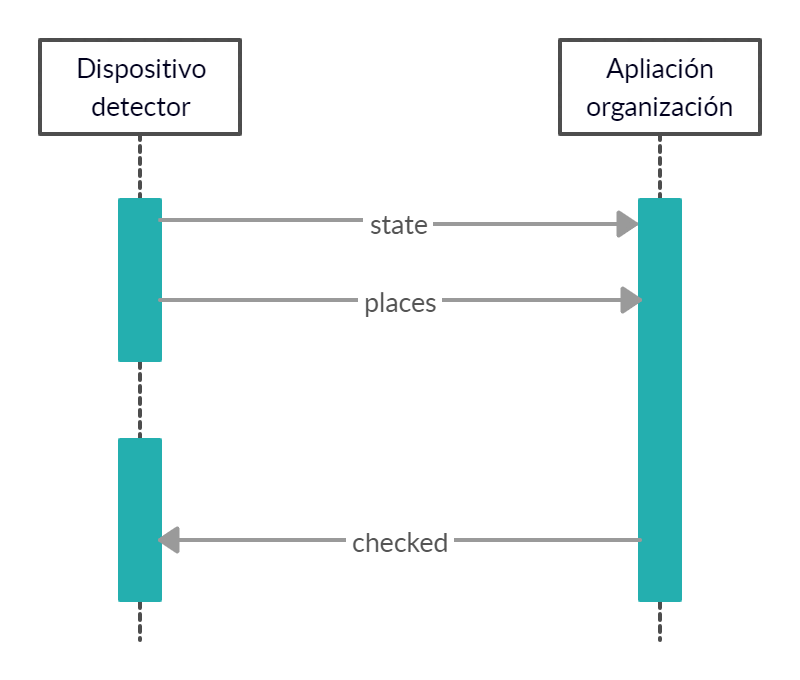
Poniéndonos en situación, fin de semana de competición de triatlón sin drafting, y se está usando nuestra solución detectora de la distancia de drafting. En el momento de la entrada en transición, cuando se realizan las diferentes verificaciones técnicas, al igual que se suele hacer con el chip, se entregará y colocará sobre la bicicleta del participante el dispositivo detector encendido. Este dispositivo habrá sido configurado mediante la carga de los distintos ficheros *.conf* con los datos de conexión específicos para esta prueba y participante.

Comienza la prueba, y se realiza el sector de natación, al finalizar este el participante se dirige a su bicicleta y sale del área de transición donde se monta en ella. En este punto nuestro dispositivo detector comenzará a comprobar la distancia de seguridad, y lo hará así durante todo el transcurso del recorrido ciclista, a excepción de las áreas en las que esté permitido el drafting, en estas zonas del transcurso ciclista en las que no tenemos que detectar la distancia, el dispositivo estará en un estado de espera.

Concluye la prueba, y el deportista regresa al área de transición, en la cual el abandona su bicicleta y se va a realizar el recorrido a pie. Es en este punto en el que nuestro dispositivo conectará con la red local que habrá montada en el área de transición, y mandará la información que ha recabado a lo largo de la prueba. Una vez la información ha llegado a la aplicación del organizador de manera satisfactoria, habiendo obtenido una confirmación de esta recepción, el dispositivo se apaga.

Ya tenemos la información en la computadora del organizador, ahora el técnico juez responsable, en caso de que el deportista haya realizado alguna infracción verá en que zona y la continuidad de esta infracción sobre el mapa base de la prueba. Aquí tendrá la oportunidad de descartar en caso de que considere que no es un positivo relevante, o aceptar la infracción. A mediad que vayan llegando participantes infractores irá recibiendo esta información en su aplicación. La información será exportable a un fichero Excel junto con la información del participante, creando así un registro de lo acontecido en la prueba de fácil interpretación.

# Esquema de comunicación

Tal y como se ha comentado, el dispositivo detector y la aplicación del organizador sólo se comunican una vez concluido el sector ciclista. Ahora se pasa a comentar el esquema de comunicación que hay entre estos dos dispositivos. Tal y como se puede ver en la imagen x, son sólo tres los mensajes que fluyen de un lado a otro del dispositivo, aunque al ser una arquitectura bróker-cliente, todos pasarán por el bróker común.

Cabe mencionar, de manera general a todos los mensajes que se van a utilizar en la comunicación del proyecto comenzarán por el id del deportista, que por regla general será su número de dorsal. A continuación irá un espacio y después ya lo que a partir de ahora trataremo como contenido del mensaje. Esto se ha realizado de esta manera para simplificar la cantidad de topics a los que subscribirse, ya que en caso de crear un topic por deportista, muchos de ellos al no ser infractores caerían en desuso.

Una vez establecida la comunicación wifi y conectado al bróker MQTT, el dispositivo detector publicará un mensaje bajo el topic “*state*”, el contenido podrá ser ***SI*** o ***NO***. En caso de recibir un positivo pasamos a esperar en la aplicación la recepción del mensaje “*places*”, en caso negativo pasamos a enviar el “*checked*”.

El mensaje “*places”* contendrá la información relacionada a los lugares en los que el deportista ha infringido la distancia espaciando cada bloque de información por un espacio. La información de cada lugar de infracción será ***#longitud#latitud,*** de manera que ambos valores serán valores numéricos que representan la posición exacta en coordenadas cardinales de los lugares en los cuales se ha detectado una infracción de la distancia de drafting. Una vez recibido este mensaje, pasamos a enviar el mensaje de “*checked”.*

El mensaje “*checked*” es el único que espera el dispositivo detector, cuando lo recibe se da por concluido el trabajo del dispositivo y se apaga. Este mensaje no tiene contenido más allá del número del identificador del deportista, que es lo que reconocerá el dispositivo detector para verificar la recepción de toda la información.

# Estructuras de datos

## Hoja Excel

La información relativa a los participantes se obtendrá y almacenará una vez se haya procesado los datos recibidos del dispositivo detector. Esta hoja de Excel tendrá una serie de columnas necesarias, y además se permite que tenga información extra, no relevante para el funcionamiento del proyecto, pero si para la competición.

Es imprescindible la columna con encabezado “*Dorsal*”, en la cual irá el número de dorsal de los deportistas, que como ya se ha comentado, será además el identificador de su dispositivo detector. En la hoja de datos de configuración, la cual recibe el nombre de “*infoTriathletes.xlsx*”, no hay ninguna más información relativa a los deportistas, aunque se ha trabajado con un caso más realista y se ha añadido la columna “*Nombre*”, “*Categoría*”, “*Teléfono*” y “*email*”, para darle así una estructura más cercana a la realidad de una hoja de datos en una prueba.

Este archivo se abre por la aplicación de la organización al arrancar la misma, y cargamos todos los datos que contiene, pero no se sobrescribe, la salida de la aplicación irá al archivo “*TriTruthOutput.xlsx*”, el cual será el mismo archivo que el de origen al cual se le han añadido cuatro columnas más:

* “*Infractor*”: En esta columna se almacenará un SI o NO, e indica si el deportista de esa fila ha incurrido en una infracción de la distancia de drafting a lo largo de la prueba
* “*Places*”: Almacena la información de los lugares en los que el deportista ha infringido la distancia de drafting, no se espera que sea un dato legible a simple vista, si no una información para almacenar por seguridad. Esta columna sólo estará rellena en caso de infracción
* “*DropTime*”: En esta columna se almacena el instante temporal en el que la información completa ha sido recepcionada por la aplicación y se ha enviado el mensaje de ”*checked*” al dispositivo detector, ya sea un caso positivo o no, esta casilla siempre se rellenará.
* “*CheckTime*”: Aquí tendremos la marca temporal correspondiente al instante en el que el Juez verificador ha comprobado la información correspondiente a un deportista infractor, por lo que esta columna sólo tendrá contenido en caso de positivo en infracción.

En la aplicación disponemos de un botón con el que hacer una exportación al Excel de salida en cualquier momento. Además, si salimos de la aplicación también se guardará por defecto la información, para así evitar una posible pérdida de datos.

## Ficheros de configuración

En general, tanto en el dispositivo detector como en la aplicación hay una serie de información que debe ser configurada en cada prueba. Esta configuración se realiza mediante ficheros de texto plano, con la extensión .conf, los cuales tienen una estructura determinada que se pasa a comentar a continuación.

De manera general, se ha decidido que en los ficheros puede haber comentarios que expliquen la estructura que debe seguir el archivo. Estas líneas tendrán como primer carácter el símbolo ‘#’ siguiendo así una estructura similar a la de un script de Python. Toda línea que con comience por el símbolo ‘#’ será tomada como una línea de datos.

Más en detalle, cada uno de los archivos tiene la siguiente estructura en particular:

* *safeZone.conf*: Este archivo contendrá una serie de coordenadas que identifican las áreas en las que el dispositivo no detectará la distancia de drafting. Cada línea contendrá 2 coordenadas, correspondientes a las dos esquinas opuestas, la noroeste en primer lugar y la sureste en segundo, de un rectángulo que identificará un área de seguridad. Podrá haber tantos rectángulos como sea necesario.

La estructura de este archivo es **latitud1#longitud1#latitud2#longitud2**, los valores cardinales serán puramente numéricos.

* *connZone.conf*: Aquí se configura la emisión de datos a la aplicación servidora, la información contendrá un área rectangular similar a la del archivo safeZone, pero además tendrá una marca temporal, que indica el instante a partir del cual si se entra en esa área se procederá a realizar la conexión. Esta marca temporal es necesaria, porque en el caso más general, el área de transición será la misma para al salir de la natación tanto como al salir a correr, pero la conexión sólo se debe realizar en el segundo caso, por lo que se estimará un instante de tiempo en el cual los participantes estén fuera de transición, y que, por lo tanto, cuando vuelvan a entrar, hayan superado ese instante temporal y el dispositivo procederá a enviar la información.

La estructura de este archivo será **tiempo#latitud1#longitud1#latitud2#longitud2**, siendo la variable tiempo un conjunto de números enteros, que tendrá la estructura hhmmss, en formato horario de 24h. Por ejemplo, las 09h 58’ 38’’ corresponde al conjunto de números 095838, importante destacar la importancia del cero al principio del conjunto en caso de que el valor de horas sea menor de 10.

* *wireless.conf*: En este archivo, tendremos la información relativa a la conexión a la red wifi y al broker MQTT. Este archivo tendrá tres líneas de contenido, y todas tendrán un contenido de tipo texto. La primera línea corresponderá al nombre del SSID, es decir, el nombre de la wifi en la que se configurará el bróker; la segunda línea contendrá el password de esa conexión wifi; y por último, tendremos la IP, en la que correrá el broker MQTT, que tal y como se verá más adelante, debido al diseño de la aplicación, será la misma IP que la del pc del Juez verificador, pero de cara al dispositivo detector esto podría no ser así y seguiría funcionando de manera apropiada.

DESARROLLO APLICACIÓN

DESARROLLO DETECTOR