

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL CÓRDOBA

PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

---

## Comunicación inalámbrica para un dron de pequeñas dimensiones

---

*Alumno:*

MIRANDA Joaquín Maximiliano

Leg 62513

*Docente:*

OLIVERO Luis Francisco (Adjunto)

*Director:*

PAZ Claudio

22 de agosto de 2018

# Índice

<b>1. Marco teórico</b>	<b>2</b>
1.1. Drones aéreos . . . . .	2
1.2. Sistemas y sensores incorporados . . . . .	3
1.3. Telemetría . . . . .	3
<b>2. Objetivo</b>	<b>4</b>
<b>3. Desarrollo</b>	<b>4</b>
3.1. Dron (uQA3) . . . . .	4
3.2. Base terrestre . . . . .	4
3.3. Comunicación . . . . .	5
3.3.1. UDP . . . . .	5
3.3.2. Esquema de envío . . . . .	5
<b>4. Conclusiones</b>	<b>6</b>

# 1. Marco teórico

## 1.1. Drones aéreos

En primer lugar, cabe indicar la definición de lo que es un dron aéreo, también denominado aeronave no tripulada (UAV, por sus siglas en inglés). Estos son capaces de volar y desplazarse sin llevar a bordo ningún piloto humano, pudiendo ser controlados desde una estación base o llevar una programación preestablecida para la ruta que deben seguir.

Para a pilotarlos es fundamental no perder la línea de visión con ellos en la mayoría de los modos de vuelo, siendo regulada su utilización por múltiples normativas, y pudiendo emplearse únicamente en lugares que no puedan ocasionarse accidentes o interferencias con otras aeronaves como aviones comerciales, vehículos terrestres o personas, o con un plan de vuelo establecido y aprobado por los regulador es competentes. Los drones están fabricados de materiales ligeros y resistentes, cuentan con diferentes motores, rotores y hélices, así como con antenas para establecer la comunicación por radio con el encargado de su control, y receptor de los datos que toman del medio con los múltiples sensores que pueden incorporar para ello, siendo esta su principal aplicación hoy en día.

El radio receptor suele ser un mando o estación terrena, y es el responsable de recibir la señal de radio enviada por el control remoto, así como de transmitir cualquier tipo de orden, permitiendo al usuario realizar el movimiento que desee con el joystick y transformándolo en una onda que es recibida por el receptor del dron que se encarga de transformarlo en datos, que se envían al controlador de vuelo, para que ejecute la instrucción. Por ejemplo, una instrucción de movimiento realiza cambios coordinados en la velocidad de los rotores/motores/hélice, también permite la recepción de los datos que esté recogiendo el dron, en función de la programación y calidad del mando o si se trata de un ordenador.

El control puede realizarse de 4 maneras diferentes, dependiendo de la autonomía y control del piloto remoto, así como la calidad y precio de la aeronave, considerando que el grado de automatización va en aumento conforme disminuye la dependencia de la aeronave con el piloto.

- Modo manual: El piloto es el único responsable del movimiento del dron, éste actúa sobre la emisora radiocontrol, variando la potencia de los motores, controlando los diferentes sensores y dispositivos o dirigiendo hacia el lado que desee la aeronave, siempre dentro de la distancia que le permita la radiofrecuencia y la visión directa obligada, o por lo menos que la cámara transmita suficiente información en tiempo real, empleando para ello un mando de radiocontrol, o un sistema similar. Los drones que operan con este modo suelen ser de baja gama y su coste es inferior al que suelen tener los que implementan el resto de modos.
- Modo aislado: El funcionamiento es similar al modo manual, sin embargo, el piloto remoto no actúa sobre la potencia de los motores ni dirige la dirección, sino que este indica a un puesto de radiocontrol las ordenes que desee dar, para que actúe un autopiloto, que las transforma en actuaciones sobre las superficies de control de dirección y de potencia, es decir, indicará a dónde quiere llegar y como, pero no decidirá exactamente el movimiento del dron sino que lo hará automáticamente el autopiloto.
- Modo automático: El plan de vuelo es establecido previamente por el piloto remoto, realizando el recorrido previo al vuelo, por los que debe pasar la aeronave. El dron cuenta con un autopiloto que ejecuta paso a paso el plan previsto, realizando de forma automática las acciones requeridas en cada momento. Este modo permite al piloto cambiar en cualquier instante a cualquier modo de los indicados anteriormente, ya sea para una maniobra concreta o para cualquier modificación.
- Modo autónomo: Es similar al modo anterior, a la hora de establecer un modelo predefinido de vuelo, el único cambio es que una vez iniciado el vuelo la aeronave realiza de forma autónoma todo el plan de vuelo, sin poder intervenir el piloto remoto en ningún caso, ni siquiera en una situación de emergencia. Este modo es el más complejo de todos, permitiendo incluso a la aeronave realizar un viaje completo sin la ayuda de un piloto ,

empleando reconocimiento óptico o con la utilización de ultrasonidos pudiendo así evitar los posibles obstáculos que se pudiera encontrar.

## 1.2. Sistemas y sensores incorporados

Los sensores disponibles para los drones y la transmisión de datos por medio de telemetría no plantean una sustitución total del control del dron, sino únicamente la recepción de los datos obtenidos por los sensores o la información que requiera transmitir de él mismo. Cabe indicar que pueden incorporarse innumerables sensores a los drones aéreos, pudiendo medir casi cualquier magnitud física y transmitirla posteriormente, por tanto, se nombraran los principales, así como las partes electrónicas más destacadas de los mismos. Los elementos más importantes que componen el sistema de un dron son: la CPU, el sistema de control de vuelo/navegación, el sistema de comunicaciones y los sensores. La CPU es la encargada de procesar la información de los diferentes y ejecuta los algoritmos necesarios para la ejecución de las maniobras que permiten a la aeronave mantener el plan de vuelo definido de manera estable. Puede localizarse a bordo o en tierra, aunque normalmente suele localizarse dentro, ya que así se pueden procesar los algoritmos a una velocidad más alta, evitando problemas derivados de los enlaces de comunicación. El sistema de control de vuelo/navegación es uno de los principales requerimientos para poder utilizar un dron, también denominado piloto automático. Este permite no tener que emplear el control remoto en todo momento, pudiendo el dron moverse solo en las ocasiones que lo requiera, sobre todo, debido al aumento de las velocidades y distancias alcanzables. Este sistema debe ser extremadamente fiable puesto que se compromete la integridad del dron en caso de fallo, para ello utilizan sistemas de sensores de comportamiento, posicionamiento y altitud, además de ejecutar el código necesario para controlar, tanto la estabilidad, como la posición del dron acorde a lo captado por los sensores, denominados MEMS, normalmente de tamaño milimétrico. En cuanto al sistema de comunicación es, los drones estándar emplean o las antenas radio incorporadas en el caso aéreo, para realizar los intercambios de información entre ellos y la estación base, para ello suelen crearse enlaces de telemetría por los que se transfieren los datos recogidos por los sensores, así como el control del mismo, y enlaces de datos a través de los cuales se transfieren las imágenes o videos que tomen con las cámaras, pudiendo ser en directo con la posibilidad que ofrecen de video en primera persona (FPV). Los enlaces de datos requieren unas velocidades mucho mayores, aunque la calidad no es necesario que sea tan buena como para los de telemetría, ya que en un video en primera persona si falla algún byte apenas se percibirá, pero al transmitir parámetros importantes es necesario que no haya opción a la corrupción de los mismos. La telemetría se va a desarrollar de una manera algo más amplia en el siguiente subapartado.

## 1.3. Telemetría

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema. Esto permitirá recibir cualquier tipo de información obtenida por los sensores que se incorporen a los drones, típicamente esta se envía a la placa controladora donde es transmitida a la unidad receptora mediante comunicación inalámbrica por radio, sustituyéndose en este caso por comunicación óptica en el espectro visible. Aunque la información también puede ser almacenada y posteriormente transmitida o recogida en persona cuando el UAV vuelve a su origen, es muy interesante poder acceder a ellas en el momento que se tengan, debido al requerimiento de múltiples aplicaciones. Los sistemas de telemetría reciben las instrucciones y los datos necesarios para operar desde el centro de control, siendo una tecnología muy empleada para controlar y dirigir drones, permitiendo principalmente acumular y procesar la gran cantidad de datos recibidos, estos no ocupan mucho tamaño en bits al ser texto plano o números la gran mayoría de veces, pero puede darse un número muy alto de sensores con una gran cantidad de información. La telemetría se emplea en los sistemas con drones, debido a que facilita la monitorización automática y el registro de las mediciones, así como el envío de información de las mismas, de alertas o alarmas al centro de control, con el fin de que el funcionamiento del dron sea seguro y eficiente.

Es posible automatizar multitud de sus funciones, realizando transmisiones inmediatas con el enlace óptico propuesto para que en caso crítico se pueda intervenir al momento mediante el tether, o puedan ir recibiendo a la vez la transmisión de video por el mismo y las características del medio observado, al no tener que indicar momento a momento la información requerida, sino que el solo se encargará de enviar lo necesario. El sistema de telemetría funciona por medio de un transductor como dispositivo de entrada, para obtener la magnitud física, un medio de transmisor en forma de cable u ondas de radio, un receptor que capte la información transmitida, un controlador que se encargue de procesarla, y un dispositivo de grabación o visualización de datos, como puede ser un ordenador. El transductor tiene como principal función convertir la magnitud física o química de cualquier tipo, como, por ejemplo, la temperatura, presión, vibraciones, salinidad, velocidad de corrientes..., en una señal eléctrica, que será transmitida a distancia para su posterior registro y/o medición. También es posible enviar otras informaciones como la situación del dron en cada momento o cualquier tipo de informe del funcionamiento del mismo. Si se empleara en sentido contrario, del usuario al dron, sería posible sacar un partido mayor al mismo, pudiendo configurar desde la estación base múltiples funciones como establecer rutas automatizadas y variables, planear acciones o establecer regiones de estudio o vigilancia, obteniendo un control superior del dron, de un modo sencillo.

## 2. Objetivo

El objetivo del trabajo se basa en implementar una estructura de comunicación entre una base terrestre y un dron, utilizando el estándar IEEE 802.11 como nexo entre las dos partes.

## 3. Desarrollo

### 3.1. Dron (uQA3)

El dron utilizado para el trabajo es de pequeñas dimensiones (5cm x 5cm), con motores brushed de 7mm de diámetro, lo cual prenesta un payload (peso que puede levantar) bastante bajo, por lo que no es factible utilizar tecnologías que requieran gran hardware y resulten muy pesadas.

Teniendo en cuenta lo anterior, la tecnología inalámbrica escogida para la comunicación es WiFi, el cual presenta características muy adecuadas para este tipo de casos:

- Alcance aproximado -utilizando el propio smartphone como AP- entre 50 y 100 metros
- Tecnología de amplio uso, lo que hace que la mayoría de los celulares la posean. Además, hay una buena cantidad de módulos que también la presentan

Con la tecnología a utilizar y las condiciones de dimensiones y peso soportados por el dron, se escoge el módulo ESP32 como hardware para el dron. Este módulo posee un microprocesador propio para realizar todo el procesamiento del dron y también un microcontrolador con antena WiFi para el uso de ésta tecnología.

### 3.2. Base terrestre

El dron tiene la necesidad de recibir mensajes inalámbricamente a través de WiFi, lo cuál se puede lograr enviando paquetes desde cualquier dispositivo que presente ésta característica. Por tanto, uno de los objetivos es elegir desde qué clase de equipo queremos hacer llegar la información.

Al ser el dron de pequeñas dimensiones, se busca que el aparato que se comunique con él también lo sea, es decir, no se pretende montar una estructura demasiado grande y se orienta más a ser algo de conexión rápida. Por tanto, un dispositivo smartphone cumple con los requerimientos: tiene la capacidad de enviar y recibir mensajes por WiFi; y está al alcance de todos.

Con la elección del equipo hecha, se elije entonces el sistema operativo en el cuál va a funcionar. Se opta por Android, sistema operativo muy difundido y el que tiene la mayoría de los celulares hoy en día.

El siguiente paso es la aplicación. La idea es emular un entorno similar al que presenta un joystick de dron convencional, es decir, que sea simple pero con la presencia de los controles básicos. En la Fig. 1 se observa la implementación de la aplicación corriendo en el smartphone. Esta presenta las siguientes características:

- Controles de Throttle, Yaw, Pitch y Roll.
- Pusador de conexión y desconexión, ésto solo lo puede hacer si se lleva el throttle a cero por seguridad.
- Elección de IP y puerto multicast, los cuáles deben estar acordes a los del drón.

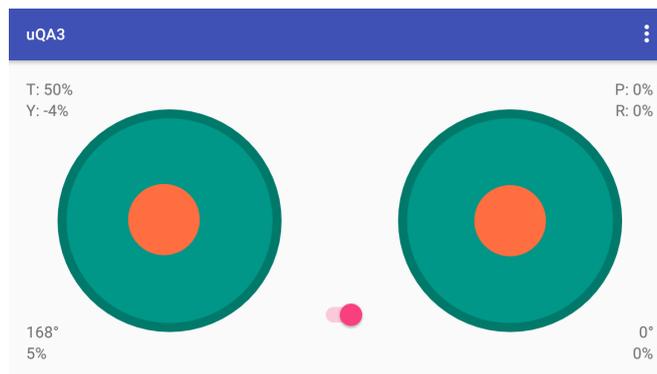


Figura 1: Pantalla principal de la aplicación para smartphones

### 3.3. Comunicación

Con el hardware del drón y la base terrestre definidas, resta elegir el protocolo y el procedimiento de comunicación entre las dos partes.

#### 3.3.1. UDP

El *protocolo de datagramas de usuario* permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Tampoco tiene confirmación ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros; y tampoco se sabe si ha llegado correctamente, ya que no hay confirmación de entrega o recepción.

Estas características hacen que el UDP sea un protocolo muy rápido, lo cual es una ventaja muy importante en cuanto al dron, ya que es crítico que los mensajes, es decir, los comandos de movimiento lleguen lo más rápido posible al drón.

#### 3.3.2. Esquema de envío

Como se dijo anteriormente, el envío de datos debe ser lo más veloz posible, por lo que también lo será su payload. Se usa entonces un formato de envío simple que contenga los datos necesarios para los comandos de control.

Para esto se hace uso de JSON, el cual es un formato de texto ligero para el intercambio de datos. El payload de envío es:

$$\{ "T": int, "P": int, "R": int, "Y": int \}$$

## 4. Conclusiones

Un punto interesante conseguido es el de la seguridad de “*armado*” del drón, ya que hasta que no colocamos el *throttle* en cero, no se podrá conectar o desconectar la aplicación, evitando aceleraciones y/o desconexiones accidentales.

La comunicación obtenida entre las dos partes resulta exitosa. Se logra que el celular le envíe datos a una velocidad de repetición de 10ms, con un delay imperceptible entre que se envía el mensaje y se recibe en el drón. Con esto, podemos fiarnos de no colisionar con algún objeto si hacemos un cambio brusco con el mando.

Con vistas al futuro, se puede pensar en la implementación de la telemetría del drón hacia la base terrestre, para la cuál solo hace falta que el UAV presente funciones de envío y la recepción en el celular, ya que el esquema de comunicación está pensado para la bidireccionalidad de la comunicación.