

Diseño y construcción de un sistema UAV

Jordi Pérez Talamino

Jordi Rebull Mestres

April 12, 2014

Contents

1	Introducción	3
1.1	Motivación Personal	3
1.2	Objetivos del proyecto	3
2	Estado del arte	4
2.1	Vehículos Aéreos no tripulados (UAV's)	4
2.1.1	Tipos	4
2.2	Cuadricópteros	4
2.3	Modelos Comerciales	4
3	Funcionamiento de un cuadricóptero	5
3.1	Chasis	8
3.2	Sistema de propulsión	8
3.2.1	Motores	8
3.2.2	ESC (Variadores)	10
3.2.3	Hélices	11
3.3	Sistema de alimentación	11
3.4	Sistema de control	11

1 Introducción

1.1 Motivación Personal

1.2 Objetivos del proyecto

2 Estado del arte

2.1 Vehículos Aéreos no tripulados (UAV's)

Un vehículo aéreo no tripulado (UAV: Unmanned Aerial Vehicle) es aquel que es capaz de navegar sin llevar a bordo ningún piloto, controlándose a veces desde una estación base y con capacidad de navegar de forma autónoma mediante una programación preestablecida. Estos vehículos poseen muchas ventajas respecto a las aeronaves tripuladas para ciertas aplicaciones. Ya que con su uso no se ponen en riesgo vidas humanas, destacan en el campo de reconocimiento del terreno y en la posibilidad de acceder a zonas peligrosas o de difícil acceso. Por estos motivos, los UAV han sido utilizados sobretodo en aplicaciones militares, tales como el reconocimiento del terreno y el ataque a distancia.

2.1.1 Tipos

2.2 Cuadricópteros

2.3 Modelos Comerciales

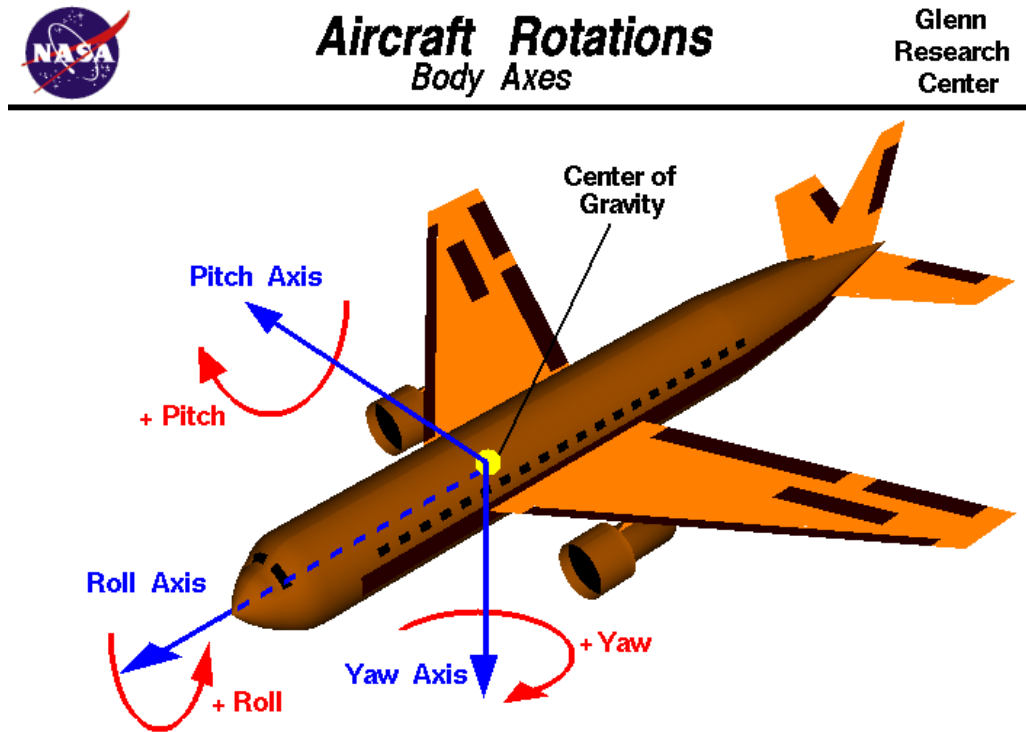


Figure 1: Rotaciones posibles

3 Funcionamiento de un cuadricóptero

Cualquier aeronave es capaz de realizar 3 posibles rotaciones alrededor de los 3 ejes de coordenadas con origen en el centro de gravedad de la aeronave. Estos 3 ejes son: el eje lateral, el longitudinal y el vertical, y las maniobras se llaman cabeceo (en inglés, pitch), alabeo (roll) y guiñada (yaw), como se observa en la figura 1.

Un cuadricóptero se propulsa mediante cuatro conjuntos motor-hélice denominados rotores, situados en los extremos de la aeronave. Cada rotor en funcionamiento produce sobre la aeronave un empuje y un par sobre su eje de rotación. Por este motivo, se utilizan 4 rotores idénticos y se colocan en forma de cruz (figura 2), donde dos de los rotores giran en un sentido, y los otros dos lo hacen en sentido opuesto.

Con esta configuración, si los 4 rotores giran con la misma velocidad angular, el par aerodinámico resultante sobre la aeronave es nulo, y entonces no hay aceleración angular en la dirección yaw. Así es como un quadricóptero se mantiene volando a una misma altitud y sin girar sobre si mismo, y acelerando o frenando por igual los

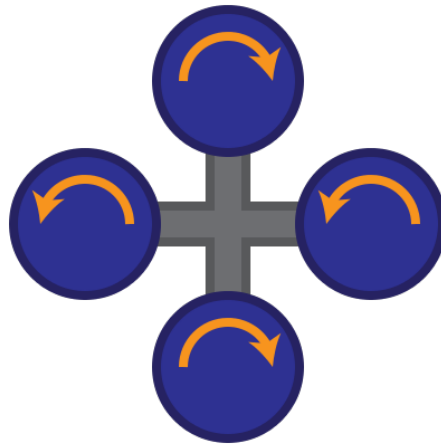


Figure 2: Distribución de los rotores en un cuadricóptero

4 rotores es como gana o pierde altitud, respectivamente.

Para controlar el roll y el pitch, el cuadricóptero aumenta el empuje de un rotor y disminuye el empuje del rotor diametralmente opuesto (figura 3).

Para controlar el yaw, el cuadricóptero aumenta la velocidad de los dos motores que giran en un mismo sentido, y disminuye la velocidad de los otros dos (para no ganar ni perder altitud). De esta manera el par total resultante sobre la aeronave no se anula y se produce una rotación en el eje yaw (Figura 4).

Resumiendo estos conceptos, los 4 grados de libertad de control del cuadricóptero son:

- Acelerador (Throttle): acelera o frena los 4 rotores por igual
- Cabeceo (Pitch): gira la aeronave sobre su eje de cabeceo
- Alabeo (Roll): gira la aeronave sobre su eje de alabeo
- Guiñada (Yaw): gira la aeronave sobre su eje de guiñada

Mediante estos 4 movimientos y sus múltiples combinaciones se controla el movimiento del vehículo.

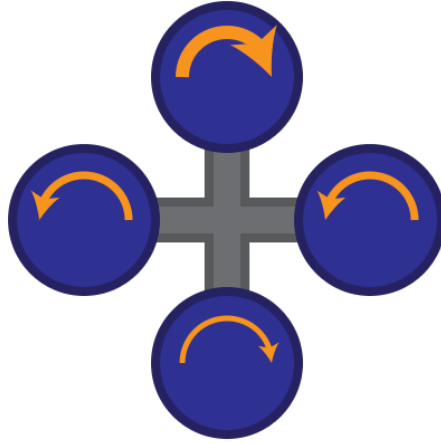


Figure 3: Control sobre el roll y el pitch

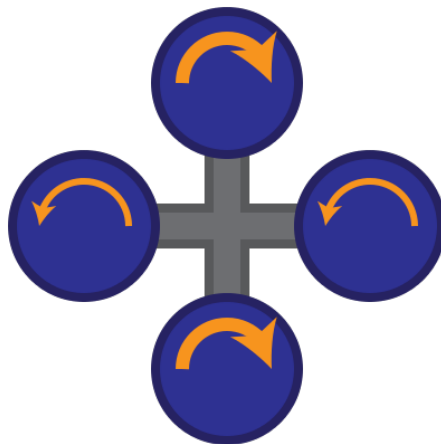


Figure 4: Control sobre la rotación en el eje yaw

3.1 Chasis

Como todo vehículo, el cuadricóptero necesita de un chasis o estructura. Sobre ella van colocados todos los componentes, y cumple tanto una función estructural como una función de protección de las partes más delicadas. Es un elemento vital, porque según su diseño, tanto a nivel de geometría, como de qué materiales y uniones lo componen, afecta al comportamiento del vehículo. Además, el chasis debe ser capaz de aguantar las diferentes solicitaciones mecánicas que necesita la aeronave en sus distintas fases de operación, con la suficiente seguridad:

- Posado en tierra
- Despegues y aterrizajes (son siempre las maniobras más difíciles y peligrosas de cualquier aeronave)
- En vuelo

Ejemplos de estas fases son las vibraciones producidas durante el vuelo, debe tener una cierta rigidez, los contactos con el suelo durante el aterrizaje, etc. Además, el chasis debe de tener los anclajes y soportes adecuados para los diferentes componentes que conforman el cuadricóptero, tanto los más vitales (por ejemplo los motores) como accesorios que deba llevar (equipos de video, fotografía...).

3.2 Sistema de propulsión

El sistema de propulsión está formado por 4 rotores idénticos. Cada rotor se compone de un motor que produce la energía mecánica necesaria para mover una hélice acoplada a él, la cual produce el empuje aerodinámico necesario para hacer volar la aeronave.

3.2.1 Motores

El cuadricóptero se alimenta de energía eléctrica proveniente de baterías, por lo cual se utilizan motores eléctricos para transformarla en la energía mecánica necesaria. En el campo en el cual se enmarca el cuadricóptero (aeromodelismo y robótica), y dadas las dimensiones y peso necesario, las máquinas eléctricas más adecuadas y utilizadas son las siguientes:

- Máquina de corriente continua

En este rango de tamaño y potencias reducidas, se compone de unos imanes permanentes en el estator (parte exterior fija) que crean un campo magnético constante y unas bobinas en el rotor (parte interior móvil) conectadas eléctricamente mediante escobillas.

El paso de corriente a través de las bobinas genera un campo magnético que reacciona con el campo magnético generado por los imanes, lo cual provoca un par de rotación y hace que el eje gire. Para mantener el giro indefinidamente, las bobinas están conectadas a una pieza llamada colector, de tal manera que van conmutando la polaridad al girar y se consigue crear un campo magnético pseudoestacionario.

El gran defecto de estos motores es precisamente la presencia del colector de escobillas, ya que este sistema está sujeto a desgaste y es la causa principal de averías.

Como punto a favor, es el motor eléctrico más sencillo de controlar, ya que simplemente se controla aplicando una tensión continua en sus bornes. Como el flujo magnético del estator lo producen imanes permanentes, es constante, y la velocidad de rotación del motor se controla directamente mediante la ecuación: donde Φ es el flujo magnético del stator, V la tensión aplicada y ω es la velocidad de rotación del motor.

Muchas veces no es posible regular analógicamente la tensión de los bornes de 0V hasta la tensión nominal, ya que mediante electrónica digital esto no suele ser habitual. En esta situación se puede controlar el motor mediante técnicas PWM. Este sistema se basa en aplicar al motor unos ciclos de trabajo (duty cycles) que consisten en conectar y desconectar el motor a la tensión nominal, y se consigue el mismo efecto que con el control analógico por tensión. Dada una tensión de operación, el consumo de corriente por el motor es proporcional a la cantidad de trabajo que está realizando. De esta manera, el consumo mínimo se produce cuando el motor gira en vacío (sin carga) y el máximo cuando el rotor se bloquea.

- Máquina brushless

Su nombre viene de “Máquina de corriente continua sin escobillas”, en inglés brushless, aunque en realidad son motores trifásicos síncronos. Se los denomina de esta manera debido a que suelen llevar una electrónica que pasa de corriente continua a la trifásica que necesitan para funcionar, y de esta manera se controlan igual que los motores de continua.



En su configuración más habitual o outrunner, se componen de un estator interno bobinado y un rotor externo con imanes permanentes, que es el que gira. También existen los inrunners, donde el rotor es interno.

Mediante una electrónica que genera la corriente trifásica adecuada, se crea en el estator un campo magnético giratorio que arrastra los imanes del rotor. De esta manera, el rotor gira en sincronismo con el campo magnético generado (de aquí el nombre de máquina síncrona).

Hoy en día, gracias al desarrollo de la electrónica, se muestran muy ventajosos, ya que son más baratos de fabricar, pesan menos para una misma potencia y requieren menos mantenimiento que los motores de continua con escobillas. Su único “problema” es que necesitan de una electrónica para funcionar, en el mundo del aeromodelismo conocida como ESC.

Las características más relevantes a tener en cuenta son las siguientes:

- El voltaje nominal
- La velocidad de rotación nominal
- La corriente y potencia nominal
- Aspectos geométricos y peso

3.2.2 ESC (Variadores)

Un ESC (Electronic Speed Controller) o variador, es un dispositivo electrónico que se encarga de controlar la velocidad de un motor eléctrico. En nuestro caso, los ESCs son variadores para motores brushless, es decir generan la corriente alterna trifásica de frecuencia variable que necesitan los motores para funcionar, a partir de la corriente continua de una batería.

El ESC interpreta una señal de control, normalmente de tipo PWM, y asocia una cierta señal a una velocidad del motor, por ejemplo:

Dependiendo de las características del motor hace falta un ESC adecuado. Para un tipo concreto de motor, el parámetro más relevante es el amperaje máximo del variador, el cual está relacionado con la potencia del motor que controla. También hay ESC's programables en mayor o menor medida, pudiendo programar hasta curvas de aceleración.

3.2.3 Hélices

3.3 Sistema de alimentación

3.4 Sistema de control