

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

PROPUESTA DOCTORAL

Estimación de posicionamiento de fuentes de transmisión en vehículos aéreos no tripulados

Autor:

Wilson Ricardo López Sánchez
CC: 1026268779

Director:

PhD. Elvis Eduardo Gaona

Grupo de Investigación

GITUD

Énfasis: Ingeniería eléctrica y electrónica

Departamento en el cual se enmarca: Bogotá

Facultad de Ingeniería
Doctorado en Ingeniería

15 de junio de 2020

Datos Básicos

- **Proponente:** Wilson Ricardo López Sánchez
- **Documento de Identidad:** CC 1.026.268.779
- **Director de Tesis Propuesto:** PhD. Elvis Eduardo Gaona García
- **Título de la Propuesta:** Estimación de posicionamiento de fuentes de transmisión en vehículos aéreos no tripulados
- **Grupo de Investigación:** GITUD

Firma Proponente:

VoBo Director Propuesto:

Capítulo 1

Propuesta de investigación

1.1. Problemática

Los Vehículos aéreos no tripulados (UAV), iniciaron su desarrollo en la práctica militar, para luego desempeñar funciones en ambientes civiles y su pronta incorporación a realizar medidas en exploración de minerales. Para el año 2004, el 2 % de los UAVs que se encontraban en Estados Unidos correspondían a operación civil (?), pero debido al desarrollo e impacto de estas tecnologías en diferentes campos de la ciencia, ha expandido a tal punto que según el informe de la Asociación internacional para vehículos aéreos no tripulados (AUVSI), en el año 2013 sobre el impacto económico de la integración de vehículos aéreos no tripulados en Estados Unidos muestra que el beneficio será de 82 billones de dolares y de mas de 100.000 puestos de trabajo creados (?). En 2017 las ventas de drones de uso civil crecieron 34,3 % respecto de 2016, llegando a US\$6.000 millones. Según proyecta Global Markets Inside, este puede llegar a alcanzar US\$24.000 millones en 2024.(?) En el corto plazo, como lo menciona Wilson Ospina, director de CODE Colombia Dron Expo, esta industria alcanzará US \$127.000 millones, citando un estudio de PwC.(?)

Debido al crecimiento exponencial del mercado de los (AUVSI) se han comenzado a generar a nivel internacional y nacional diferentes normativas para la regulación de estos dispositivos en el caso de Colombia el ente regulador es la Aeronáutica Civil. Teniendo en cuenta el crecimiento del mercado de UAVs también aumenta los riesgos que pueden presentar estos equipos. Un ejemplo de este es el caso del Reino Unido, donde delincuentes fueron condenados por llevar contrabando en drones (?). Los UAVs pueden ser potencialmente peligrosos en cercanía al espacio aéreo de los aeropuertos; entre los meses de julio a septiembre de 2017, pilotos informaron a la Autoridad de Aviación Federal de los EE.UU. Más de 500 incidentes de “actividad de UAVs peligrosa” (?). En el Reino Unido, la Junta de Airprox determinó que en 2016, hubo 65 incidentes de riesgo

entre UAVs y aeronaves tripuladas (?). El más reconocido es el del aeropuerto de Gatwick donde se suspendieron todos los vuelos debido al avistamiento de drones en el espacio aéreo del aeropuerto (?). El aeropuerto de Dubai, el tercer aeropuerto más ocupado del mundo, tuvo que cerrar tres veces en 2016 para evitar actividades no autorizadas de aviones no tripulados.(?) Un quadcopter se estrelló en el césped de la Casa Blanca (?), lo que generó preocupación sobre la seguridad de los edificios y los líderes políticos. La presencia de aviones teledirigidos interfería y aterrizaba aviones que combatían incendios forestales (?).

Otro mal uso de los drones es con fines bélicos casos como el de ISIS que ha usado aviones no tripulados para lanzar explosivos en objetivos civiles y militares en Siria (?). Muchas agencias oficiales como es el caso del Primer Ministro británico han emitido advertencias sobre el potencial uso de drones en actividades terroristas Muchas fuentes han emitido advertencias oficiales sobre el potencial para el uso de drones en actividades terroristas(?).

Teniendo en cuenta las problemáticas presentada anteriormente y tomando en cuenta el plan y acuerdo estratégico Distrital en ciencia, tecnología e innovación tomando la apuesta país 1: enfocada en Producción científica ambiciosa con enfoque, gerencia y disciplina donde el primer objetivo es *Fortalecer la generación de conocimiento y el desarrollo experimental para solucionar problemáticas de la ciudad.*, se busca enfocar el foco 5 del distrito en CTel, que corresponde a Agropecuario, Industria y servicios: Teniendo en cuenta que este foco del CTel no presenta la priorización de ningún proyecto en particular, esta investigación pretende presenta a la Ciudad un **servicio** para la estimación de posicionamiento de fuentes de transmisión en vehículos aéreos no tripulados, dicha investigación ayudara a mejorar la seguridad en lugares neurálgicos de la ciudad como es el caso del aeropuerto, instituciones penitenciarias,Edificios y eventos gubernamentales y poder llegar a mitigar el mal uso de UAVs.

1.2. Planteamiento de la pregunta de investigación

En base al planteamiento del problema planteado anteriormente la pregunta de investigación que se busca resolver es: ¿Cómo estimar el posicionamiento de fuentes de transmisión en vehículos aéreos no tripulados?

1.3. Justificación

El mercado y la popularidad de los UAVs han aumentado rápidamente debido a las diferentes clases de aplicaciones como entrega comercial, fotografía, monitoreo del ambiente y extinción de incendios, este fenómeno se debe a la llegada de UAVs al comercio con un bajo costo. Este fenómeno ha generado que los drones realicen vuelos cada vez más en el espacio aéreo sensible o no autorizados, donde su presencia puede causar daños, como eventos concurrencias, áreas de aeropuertos, incendios forestales e incluso cárceles. Es por esta razón que se hace necesario investigar sobre el desarrollo de tecnologías que permitan estimar la posición de la fuente de transmisión en vehículos aéreos no tripulados

1.4. Marco conceptual

1.4.1. sensores

Existen diferentes tipos de sensores que pueden llegar a ser útiles para la detección de UAVs entre las tecnologías más utilizadas se encuentran Radio Frecuencia (RF) [(?), (?)], Electro-Optica (EO) (?), acústica (?) y radar (?), el uso de machine learning para mejorar la interpretación de los datos por los diferentes sensores se ha aplicado en diferentes investigaciones para la detección de drones entre las más destacadas se encuentran el uso en electro-ópticos [(?), 22], acústicos [(?), (?), (?)] y radar [(?), (?), (?)], en el caso de RF para la detección de drones la investigación más destacada es la «Detecting drones using machine learning» realizada por Waylon D. Scheller.(?)

Skiperion es una solución multisensor contra drones que proporciona una comprensión oportuna, precisa y accionable de la actividad de UAV. La gama de sensores y sus avanzadas técnicas de detección garantizan una alta probabilidad de intercepción en una amplia gama de objetivos. Ya sean UAV u otros dispositivos aéreos amenazantes. SKYPERION utiliza un mínimo de 2 sensores para detectar y geolocalizar el UAV y su controlador.(?)

En el caso específico de la radio frecuencia los dispositivos más adecuados para medir estas señales en el ambiente se denominan analizador de espectro, hoy en día se encuentra en el mercado analizadores que son portátiles un caso específico es el analizador de espectro RSA306B

USB de la marca tektronix, el cual tiene un rango de trabajo de 9 kHz a 6.2 GHz.(?)

1.4.2. Señales RF

Radiofrecuencia (abreviado RF), también denominado espectro de radiofrecuencia, es un término que se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre los 3 hercios (Hz) y 300 gigahercios (GHz). El hercio es la unidad de medida de la frecuencia de las ondas, y corresponde a un ciclo por segundo. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro, se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.(?)

Los UAVs utilizan señales de radio para la transmisión de las instrucciones de control del operador, así como para enviar datos de video y telemetría desde el dron al controlador. Los UAS pequeños más ampliamente disponibles operan en las bandas exentas de licencia de 2.4000 - 2.4835 GHz y 5.470 - 5.725 GHz (?)

[Frequency-Hopping-Spread-Spectrum (FHSS) (?) empleada por el controlador, por lo que la frecuencia utilizada cambia constantemente dentro de la banda.

1.4.3. Estado del Arte

Se han realizado diferentes aplicaciones para solucionar la problemática de esta investigación. Entre los más destacados se encuentran disparar redes a los drones para manipular sus hélices para derribarlos (?), usar láseres para derribar a los drones (?), falsificar el GPS para confundir el sistema de localización de un dron (?), secuestrar el software de los drones hackeando ellos (?), usando otros drones para cazar drones no autorizados (?), e incluso entrenar águilas / halcones para atacar y deshabilitar drones(?)

En el 2018 Phuc Nguyen y otros realizaron el diseño de un sistema de detección de drones pasivo y basado en RF, llamado Matthan(?), Waylon D. Scheller en su tesis titulada Detecting drones using machine learning examina formas de detectar la presencia de un avión no tripulado utilizando machine learning registrando el espectro de RF durante el vuelo de un avión no tripulado (?). Lian Du en el artículo "Small UAV Detection in Videos from a Single Moving Camera" propone

un método de detección de UAV basado en una sola cámara en movimiento para manejar el problema de los UAV con velocidad de movimiento rápido(?). otra forma para la detecciones de UAV es el sonido un ejemplo de ello es el estudio realizado en el artículo “Real-time UAV Sound Detection and Analysis System” donde se diseñó un sistema de monitoreo y detección de drones en tiempo real, que los usuarios pueden utilizar fácilmente en la vida diaria para detectar drones utilizando datos de sonido.(?) otra aplicación del uso del sonido se estudia en la investigación titulada “Drone detection by acoustic signature identification”(?), otro caso es “Empirical Study of Drone Sound Detection in Real-Life Environment with Deep Neural Networks”(?). otro método es el uso de Deep learning con radio cognitiva para la detección y clasificación de micro UAV (?). En el artículo “A Study on Detecting Drones Using Deep Convolutional Neural Networks”, realiza una evaluación de las técnicas de detección de objetos basadas en el aprendizaje profundo para detectar drones.(?)

Uno de las investigaciones desarrolladas en este tema que ha tenido grandes alcances es el estudio titulado “Localisation of Drone Controllers from RF Signals using a Deep Learning Approach” donde presentan un trabajo hacia la localización autónoma de los controladores de drones a partir de las señales de radiofrecuencia (RF) que emiten. Se utiliza una matriz de sensores RF para capturar el espectro de la señal. Una red neuronal convolucional (CNN) está entrenada para poder predecir el rumbo del controlador del avión no tripulado.(?) En la figura 1.1 se observa el diagrama esquemático del sistema propuesto por Shorten y otros. Compuesto por dos sensores de RF que reciben las señales del controlador UAS.

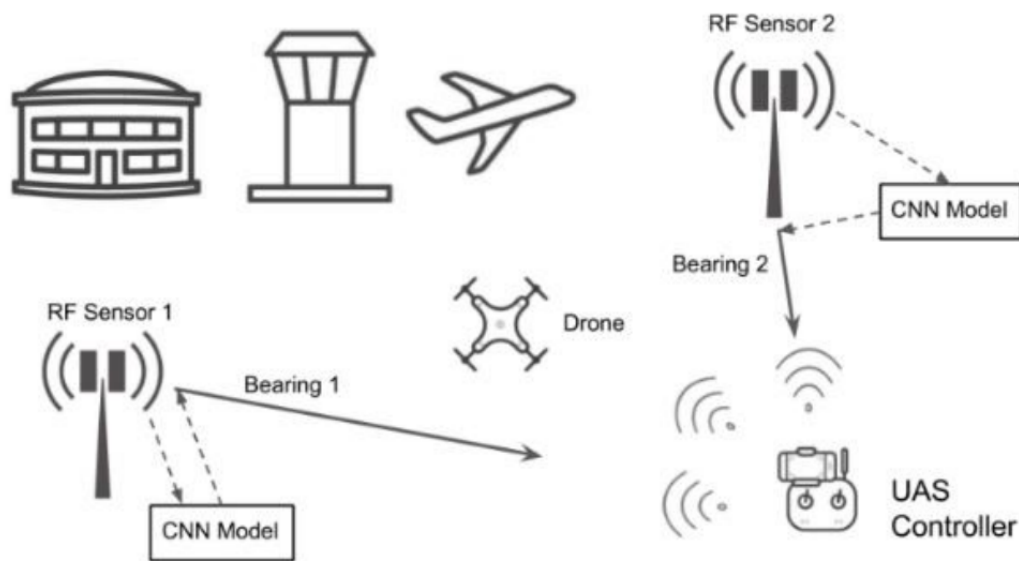


FIGURA 1.1: Diagrama esquemático del sistema propuesto por Shorten y otros(tomado de (?))

1.5. Objetivos de la Investigación

Estimar el posicionamiento de fuentes de transmisión y control de vuelo en vehículos aéreos no tripulados

1.5.1. Objetivos Específicos

- Determinar e identificar las señales mas importantes que generan los vehículos aéreos no tripulados que puedan ser útiles para su ubicación.
- Diseñar un sistema para la adquisición y aislamiento de las señales emitidas por las fuentes de transmisión en vehículos aéreos no tripulados.
- Diseñar un modelo de estimación de la posición de la fuente de transmisión de un UAV
- Realizar la implementación de los diseños anteriores en un Drone
- Validar el modelo de estimación de posicionamiento de fuentes de transmisión en vehículos aéreos no tripulados

1.6. Metodología de investigación

Con el propósito de dar alcance a los objetivos de la investigación y, por consiguiente, dar respuesta a la pregunta de investigación, se plantean las siguientes fases con sus respectivas actividades asociadas:

En este orden de ideas las fases metodológicas que se utilizarán para desarrollar y alcanzar cada uno de los objetivos específicos de este proyecto son las siguientes:

1.6.1. Definición del problema de investigación:

En esta fase se pretende estudiar la literatura relevante y apropiar los conceptos teóricos fundamentales para determinar las señales apropiadas para la detección de las fuentes de transmisión de un UAV. . Así mismo a través de la revisión del estado de arte se pretende definir en esta fase las ventanas de utilizar los diferentes métodos existentes para determinar la ubicación de un UAV, como es el caso de el RF, las ondas acústicas y las cámaras.

El resultado esperado de esta fase es la consolidación del estado del arte compuesta por información bibliográfica relacionada con el tema de interés, y definir a partir de estas los atributos y la ventana de utilizar el RF, o la combinación de diferentes métodos para la estimar la ubicación de un transmisor de un UAV.

1.6.2. Adquisición de Datos:

Con base en una investigación documental, en esta etapa se pretende determinar el alcance y la naturaleza de los datos, por lo tanto, los datos obtenidas mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados, del analizadores de espectro, de cámaras y micrófonos deberán establecer una clara descripción de los datos mas fiables para la ubicación del transmisor. El enfoque metodológico propuesto para esta fase se puede dividir en (i) Selección de los sensores; y (ii) Depuración de los datos:

Selección de los sensores:

Durante el desarrollo del proyecto de investigación se espera realizar un estudio de diferentes sensores que permitan adquirir la información necesaria para determinar la Ubicación del transmisor.

Depuración de los datos:

El objetivo de ésta etapa es realizar una depuración de los datos adquiridos, dado que para los diferentes sensores que pueden llegar a ser útiles para la investigación, al momento de realizar la adquisición de datos no se realiza en un ambiente controlado, por lo tanto, existirán diferentes señales no deseadas que corresponden al entorno natural, el propósito de este punto es poder eliminar el ruido la señal emitida por el transmisor

Los resultados que se esperan alcanzar en esta fase, es un sistema que permita la a adquisición y aislamiento de las señales emitidas por las fuentes de transmisión en vehículos aéreos no tripulados.

1.6.3. Estimación de la posición del transmisor:

En esta etapa se realiza el diseño de un sistema que permita estimar la posición de la fuente de transmisión de un UAV dos etapas (i) Interpretación de las señales; y (ii) representación de las señales:

Interpretación de las señales:

El objetivo de esta etapa es interpretar las señales o datos obtenidos previamente para que estos me permitan estimar el punto donde se encuentra el transmisor del UAV al cual se le esta realizando el análisis

Representación de las señales:

Una vez obtenida la interpretación de los es necesario buscar una forma de representar las señales obtenidas, es decir, buscar la forma mas adecuada se representar la ubicación del transmisor del UAV

Los resultados esperados en esta fase se pueden describir como la elaboración de un sistema que permita estimar la posición de la fuente de transmisión de un UAV

1.6.4. Implementación:

En esta fase se pretende realizar la implementación de los sistemas diseñados en un drone, dado que el objetivo de esta investigación es llegar a estimar la posición de la fuente de transmisión de un UAV por medio de otro UAV.

1.6.5. Validación:

Finalmente en esta fase se pretende realizar la validación de los de los sistemas diseñados con diferentes tipos de UAVs, y comprobar a efectividad de los resultados obtenidos.

1.7. Plan de Trabajo

Con el propósito de dar alcance a los objetivos de la investigación a través de la metodología propuesta, el plan de trabajo contempla las cuatro fases establecidas como se muestra en la siguiente cuadro:

ACTIVIDADES	Año											
	1 Año				2 Año				3 Año			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Fase 1: Definición del problema de investigación												
Proceso de Institucionalización del proyecto de investigación												
Fase 2: Adquisición de los datos												
Fase 2.1: Depuración de los datos												
Fase 2.2: Selección de los sensores												
Proceso de Pasantía												
Fase 3: Estimación de la posición del transmisor.												
Fase 3.1: Interpretación de las señales												
Fase 3.2: Representación de las señales												
Proceso de Suficiencia investigadora												
Fase 4: Implementación												
Fase 5: Validación												
Generación de la documentación												
Proceso de defensa doctoral												

CUADRO 1.1: Plan de trabajo

1.8. Productos de CTel esperados

Los productos de CTel esperados de la investigación tienen los siguientes enfoques: (i) Impacto esperado; (ii) Generación de nuevo conocimiento; (iii) Fortalecimiento de la capacidad científica; (iv) Apropiación social del conocimiento.

1.8.1. Impacto esperado

El impacto esperado por el desarrollo de esta investigación es brindar un servicio de seguridad a la ciudad de Bogotá enfocada a la detección de posibles amenazas realizadas por UAVs por medio de la estimación de posicionamiento de fuentes de transmisión en vehículos aéreos no tripulados

1.8.2. Generación de nuevo conocimiento

Resultado / Producto esperado	Indicaor	Objetivo relacionado
Estimación de posicionamiento de fuentes de transmisión en vehículos aéreos no tripulados	Articulo publica- do Cuartil 1(Q1)	Objetivo Especifico 4
sistema para la adquisición y aislamiento de las señales emitidas por las fuentes de transmisión en vehículos aéreos no tripulados	Articulo publica- do Cuartil 1(Q1)	Objetivo Especifico 1

CUADRO 1.2: Resultados esperados: Generación de nuevo conocimiento

1.8.3. Apropiación social del conocimiento

Resultado / Producto esperado	Indicaor	Objetivo relacionado
Determinar y identificar las señales mas importantes que generan los vehículos aéreos no tripulados que puedan ser útiles para su ubicación	Ponencia Inter- nacional	Objetivo Especifico 1
Diseñar un sistema para la adquisición y aislamiento de las señales emitidas por las fuentes de transmisión en vehículos aéreos no tripulados.	Ponencia Inter- nacional	Objetivo Especifico 2
Diseñar un sistema que permita estimar la posición de la fuente de trasmisión de un UAV	Ponencia Inter- nacional	Objetivo Especifico 3
Implementación y validación estimar la posición de la fuente de trasmisión de un UAV	Ponencia Inter- nacional	Objetivo Especifico 4 y 5

CUADRO 1.3: Resultados esperados: Apropiación social del conocimiento