



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN LA ERA DIGITAL

MONITOREO DE GANADO CON DRONES (MGD)

Pedro Felipe Rubiano Pérez, Alvin David Gregory Tatis, Esteban Nieves Olmos

**Universidad de los Andes
Bogotá, Colombia**

Resumen

Este proyecto propone una solución innovadora para evitar el robo de ganado en las noches, utilizando un monitoreo con sensores especializados (infrarrojo y de conteo) montados en un dron. El objetivo al finalizar el proyecto es lograr monitorear de manera efectiva la cantidad de ganado presente en una finca en diferentes horas de la noche usando drones, esto para evitar el hurto del ganado en fincas no más grandes de 200 hectáreas. Actualmente el proyecto se encuentra finalizado en la fase de construcción de un prototipo funcional del sistema. Este prototipo es capaz de contar y ubicar cuantas "vacas" hay en un espacio determinado. Se utilizaron vasos con agua caliente a 37 C° que simulaban vacas y se realizó el experimento en un montaje de 50 x 50 cm.

Palabras clave: abigeato; dron; automatización

Abstract

The main purpose of this project is to show an alternative solution to cattle robbery using specialized sensors (infrared and counting sensors) mounted on a drone. The final product we want to conceive once the project is finished is a drone capable of monitoring effectively and efficiently the amount of cattle present in a farm not bigger than 200 hectares during the night. Currently, the project has concluded its first phase which consisted in the construction of a functional prototype. This prototype is capable of counting and localizing a determined amount of "cattle" that is simulated using hot water in cups at 37 C° randomly situated in a delimited area of 50 x 50 cm.

Keywords: cattle; drone; automation

1. Introducción

El sector agropecuario es vulnerable y víctima de diferentes dificultades que se oponen a la actividad del campo, ya sea ganadera o agrícola. En particular, los criadores de ganado se enfrentan a amenazas biológicas (enfermedades y parásitos, por ejemplo), naturales (desastres naturales, verano, invierno, etc.) y una última que se podría clasificar como criminal (abigeato¹, sabotaje, etc.). Muchas de estas amenazas se pueden combatir efectivamente con soluciones parciales o definitivas. Por ejemplo, para el caso biológico existen vacunas, purgas y medicamentos que representan una solución parcial o definitiva para estas amenazas. Por otro lado, las amenazas naturales pueden tener soluciones parciales (riegos, reforestación, entre otras). Mientras tanto, el abigeato, siendo la segunda amenaza más común después de la biológica (en el contexto colombiano), no tiene una solución efectiva, parcial o definitiva. Este proyecto busca reducir el hurto de ganado en las fincas de no más de 200 hectáreas. Para esto se busca implementar drones que monitoreen el ganado presente en una finca cada cierto periodo de tiempo. El dron debe ser capaz de garantizar la seguridad del ganado y, en caso de robo, avisar efectivamente cualquier irregularidad de inmediato.

Estado del arte:

El abigeato no es una actividad criminal propia de Colombia. Se han registrado numerosos casos en diferentes países como España, Argentina, México y Uruguay. Cada uno de estos países ha tomado medidas diferentes. Por ejemplo, en Colombia se tomó una medida judicial para disminuir el robo de ganado. En el 2018, el presidente Iván Duque sancionó la ley que establece el abigeato o robo de ganado como delito autónomo en el código penal. La ley contempla penas entre 5 y 10 años de cárcel con y establece multas entre los 25 y 40 salarios mínimos vigentes. [1] Sin embargo, estas medidas de aumento de penas no son realmente efectivas cuando no se realiza un control preventivo del problema. Por esta razón, países como Uruguay, Argentina y Brasil han decidido tomar acciones preventivas por medio de la tecnología.

Una de las medidas más destacadas es el uso de collares o chips que manda señales de GPS en tiempo real. En el 2015, la ingeniera electrónica Victoria Alonso Pérez fue reconocida por desarrollar un collar auto recargable con energía solar que permite monitorizar ganado y alertar robos y extravíos en tiempo real. Esta tecnología de monitoreo de ganado con GPS consiste en ponerle un collar o chip a las vacas que determina la ubicación del ganado dentro de la finca. Al conocer la ubicación del ganado, se puede determinar un perímetro del cual el ganado no puede salir, al exceder este perímetro se envía una alarma al usuario. Igualmente, al momento de retirar el "Chipsafer" a cualquier ejemplar, se enviaría un aviso de alerta al correo o celular del encargado de seguridad. [2]

Por otra parte, países como España y Sudáfrica tienen empresas como SG drones Solutions y AirBorne Drones respectivamente para satisfacer las necesidades de sus países. Por ejemplo, SG drones Solutions tiene una rama de producción de drones para encontrar ganado que está perdido o abandonado con gran rapidez. Igualmente, esta empresa puede monitorear la temperatura del ganado para detectar posibles enfermedades. [3]

¹ Hurto de ganado. (RAE, 2017)

Por otra parte, en Sudáfrica la empresa Airborne Drones también tiene un dron con cámaras infrarrojas y visuales. Este dron tiene la capacidad para cambiar de tipo de imagen en pleno vuelo y darle una visión en vivo del terreno al usuario. [4]

2. Planteamiento del problema:

El proyecto se dividió en dos problemas principales:

- a. Seleccionar un dispositivo de escaneo que fuera capaz de monitorear la cantidad de ganado presente en una finca e implementarlo a un dron.

Este problema se resolvió con la integración de dos sensores independientes. Un sensor se encarga de captar imagen por medio de una visión infrarroja, capaz de ver en la oscuridad percibiendo el calor de los objetos. El otro sensor se encarga de analizar la imagen enviada por el sensor infrarrojo, determinando si el objeto observado es de interés y se debe contar o no, en este caso, si el objeto observado es o no una vaca. Al juntar estos dos sensores obtuvimos el dispositivo que se requería.

Sensor

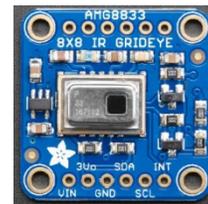
Sensor de conteo y análisis de imagen Pixy: (CMUcam5) Smart vision sensor-object tracking camera for Arduino, raspberry pi, BeagleBone Black

Sensor infrarrojo: Adafruit AMG8833 IR thermal camera breakout

Imagen



[5]



[6]

- b. Diseñar un programa externo que, con la información enviada por el dron, fuera capaz de mandar señales de aviso.

Este problema se resolvió utilizando un Arduino que recibe datos del sensor de conteo y los utiliza como entradas para el programa diseñado. Este programa, realizado en el software de Arduino, tiene dos funciones principales: indicar cuántos objetos hay con sus posiciones en el plano y avisar si el número de objetos detectados está completo o incompleto. Puede encontrar una descripción más detallada del desarrollo del problema en el subtítulo 4. (Procedimiento).

3. Marco teórico

La visión infrarroja, se encarga de detectar y convertir la radiación infrarroja de los objetos a una forma medible y entendible para nuestros sentidos o para un programa. Todos los objetos que tienen una temperatura sobre los 0 grados kelvin, emiten radiación de este tipo. El rango de frecuencia de onda en donde se ubica la radiación infrarroja va de 0.76 a 1000 μm . Este rango es tan grande que generalmente la radiación infrarroja se divide en 3 regiones (SWIR, MWIR y LWIR). Es normal encontrar detectores o sensores infrarrojos que solo funcionen en alguna de estas 3 regiones como se muestra a continuación.



Figura 1. Rango de radiación infrarroja y sus tres regiones. [7]

- SWIR 0.9-1.7 μm (radiación infrarroja de longitud de onda corta)

También conocida como radiación infrarroja refractiva, es la radiación proveniente de una fuente de luz que se refleja en el objeto analizado. Esto quiere decir que para detectar este tipo de radiación se necesita una fuente de luz (luz de la luna, de las estrellas, etc.) que incida sobre el objeto que se quiere detectar. Generalmente se utiliza en procesos industriales de identificación y diferenciación de materiales.

- MWIR 3-5 μm / LWIR 8-14 μm (radiación infrarroja de longitud de onda media y larga)

Estas regiones, también son conocidas como radiación infrarroja térmica debido a que el análisis de objetos se hace por medio de la radiación que estos emiten. El brillo o resplandor que el objeto presenta en la imagen infrarroja obtenida depende de dos factores principales que son: temperatura y emisividad del material. Tanto MWIR como LWIR funcionan para la visión nocturna sin necesidad de una fuente de luz.

Las cámaras que detectan MWIR tienen el objetivo principal de tener una alta resolución, sin embargo, este tipo de cámaras no son buenas en la medición de temperaturas y movilidad. Por otro lado, estos detectores, a diferencia de los LWIR, generan un alto contraste entre objetos a diferentes temperaturas gracias al comportamiento de la intensidad de la radiación a estas longitudes de onda, esto se explica con las curvas de Planck. Esta longitud de onda se utiliza principalmente en motores (carros y aviones) donde las temperaturas son más altas.

Por otro lado, LWIR es el rango de longitud de onda que se encuentra en la mayoría de las cámaras termográficas. Se utiliza más que todo para análisis terrestre, ya que los objetos que se encuentran en este campo, según la ley de Planck, emiten su radiación infrarroja en esta longitud de onda. [7]

El sensor infrarrojo utilizado detecta LWIR principalmente.

4. Procedimiento

Para el desarrollo del primer prototipo se utilizó una raspberry pi model 3, como tarjeta de adquisición de datos recopilados por el sensor infrarrojo termográfico. Dicho sensor proporciona una imagen de calor (Figura 3) la cual es analizada por una cámara con algoritmos de reconocimiento de imagen, para realizar el conteo final de las "vacas" utilizando el microprocesador ATmega328 para dicho fin.

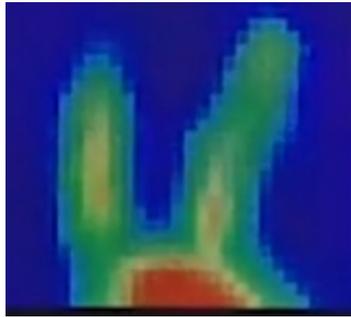


Figura 3. Imagen Sensor Termográfico

Dicho hardware se encuentra ensamblado en un montaje como lo muestra la Figura 4 permitiendo dos grados de libertad a la cámara para poder registrar completamente el conteo de ganado en un plano.

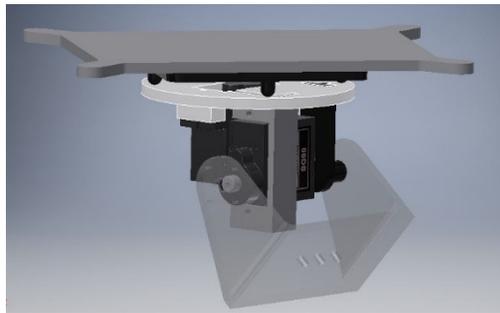


Figura 4. Montaje Hardware MGD

Con el primer prototipo la información obtenida es enviada alámbricamente a un pc, con el fin de ser analizada en tiempo real y poder obtener el conteo por cuadros del ganado.

5. Descripción del experimento

Para el experimento, se utilizó una tabla de 50x50 cm con vasos plásticos llenos de agua a 37°C aleatoriamente ubicados, esto simulaba el terreno y el ganado respectivamente. La elección de estos parámetros fue ajustada dadas las condiciones más reales que se puedan encontrar; para ejemplificar, varias vacas juntas, diferentes tamaños del ganado, también se colocaron objetos fríos como rocas, etc. La Figura 5 muestra una distribución con la cual se realizó un proceso de análisis y mejoramiento de algoritmo.

Dado que requeríamos en la experimentación una pantalla para hacer visible la imagen creada por el sensor térmico, se usó el software para acceso remoto VNC, conectando de esta manera nuestra Raspberry Pi y un celular. Paralelo a este procedimiento, la cámara Pixycam (sensor de conteo) enfocaba directamente la pantalla del celular, obteniendo de esta manera la imagen presentada en la Figura 5.

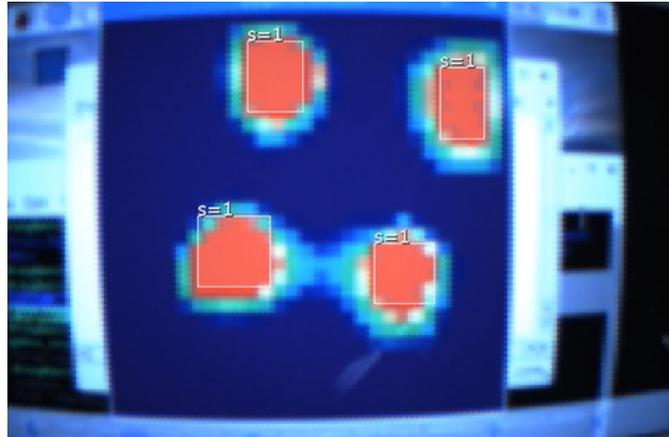


Figura 5. Imagen y Reconocimiento térmico

Obteniendo esta imagen se finaliza una etapa de experimentación, y siguiendo la metodología *Lean Startup*, se procede a cambiar los parámetros de la simulación con el fin de cubrir la mayor cantidad de vectores de prueba y así mejorar el algoritmo de reconocimiento de ganado.

En la siguiente referencia se puede encontrar un video con una explicación más detallada del experimento. [8]

6. Conclusiones

MGD es un Proyecto estudiantil que inició hace 2 años como iniciativa propia de dos estudiantes de Ingeniería mecánica. Con el apoyo del departamento de Ingeniería mecánica de la universidad de los Andes se pudo iniciar un proceso académico que tenía pensado ir ligado con la industria. En el camino del proyecto se presentaron varios obstáculos y fue evidente la necesidad del apoyo por parte de estudiantes de ingeniería electrónica. Desde este momento el proyecto tomó un mejor rumbo académico y se lograron objetivos como identificar objetos a determinadas temperaturas y poder contarlos en escala de laboratorio. Se pudo realizar experimentos del montaje e igualmente se diseñó un prototipo de montaje y acople a drones para el sistema de conteo.

Actualmente, el proyecto se encuentra en una etapa de transición entre la academia y la industria y requiere mayor financiación para poder realizar pruebas a grandes escalas y poder obtener un producto que pueda competir comercialmente. Por otra parte, los integrantes del proyecto creen firmemente que el proyecto se puede seguir desarrollando, optimizando y mejorando. Por esta razón, existe una gran cantidad de trabajos futuros que se planean implementar.

7. Trabajos futuros

El primer prototipo diseñado depende totalmente de la temperatura del cuerpo en estudio, en este caso vacas, lo cual puede generar un margen de error considerable debido a la confusión de los sensores con objetos de temperatura similar. Dado este inconveniente, se tienen en desarrollo dos versiones distintas que pueden llegar a tener mejores resultados.

El segundo modelo cambia radicalmente la manera en la que se realiza el conteo de ganado ya que se cambia la cámara termográfica por cintas luminiscentes sobre cada vacuno. Dichas cintas captan fotones durante exposición al sol, y en la noche iluminan de un color específico, el cual es identificado directamente por la cámara de reconocimiento de imagen. El principal defecto de esta versión es que a medida que pasa el tiempo la intensidad lumínica de las cintas se deteriora considerablemente.

Como tercer modelo, se avanza en las tecnologías de reconocimiento de imagen, al utilizar API's (Application Programming Interface) de Watson Services, específicamente *Visual Recognition*, capaz de aprender a través de una serie de imágenes pre-entrenadas. [9] Este modelo nos permitirá minimizar hardware, ya que solo es requerido el uso de una cámara infrarroja y la tarjeta de adquisición de datos anteriormente mencionada.

Dado que el proyecto depende totalmente de la eficiencia del dron en aire, MGD piensa en la autonomía completa del sistema. Dado esto, se encuentra en construcción el *MGD Box*, basado en una estación de recepción de datos y carga para el dron. El *MGD Box* permitirá que el sistema no necesite ser piloteado ni gestionado por ningún humano, minimizando los errores que se puedan generar en el conteo de ganado. Su carga se basa en paneles solares, lo cual minimiza aún más los gastos que puedan causar el conteo de ganado.

8. Referencias

- [1] R. Política, «El espectador,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.elespectador.com/noticias/politica/robo-de-ganado-ahora-es-delito-autonomo-en-colombia-y-se-pagara-con-carcel-articulo-831610>. [Último acceso: 13 6 2019].
- [2] C. Ganadero, 2015. [En línea]. Available: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/un-collar-permite-evitar-el-robo-de-ganado-en-tiempo-real>. [Último acceso: 12 6 2019].
- [3] S. D. Solutions, «SG Drones Solutions,» N.E. [En línea]. Available: <https://www.sgdrones.es/ganaderia-de-precision-con-drones/>. [Último acceso: 12 6 2019].
- [4] A. Drones, «Airborne Drones,» N.E. [En línea]. Available: <https://www.airbornedrones.co/vanguard/>. [Último acceso: 12 6 2019].
- [5] Pixycam, «pixycam,» charmedlabs, 2018. [En línea]. Available: <https://pixycam.com/products/>. [Último acceso: 13 06 2019].
- [6] Adafruit, «adafruit,» adafruit, 2018. [En línea]. Available: <https://www.adafruit.com/product/3538>. [Último acceso: 13 6 2019].

- [7] O. Engineering, «opto-e,» opto-e, 2015. [En línea]. Available: <https://www.opto-e.com/resources/infrared-theory>. [Último acceso: 14 6 2019].
- [8] MGD, «youtube,» MGD, 2018. [En línea]. Available: https://youtu.be/m_a1QKvHpow. [Último acceso: 14 6 2019].
- [9] IBM, «IBM,» N.E. [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/cloud/>. [Último acceso: 13 6 2019].

Sobre los autores

- **Pedro Felipe Rubiano Pérez:** Estudiante de ingeniería Mecánica y Arte de la Universidad de los Andes. Pf.rubiano@uniandes.edu.co
- **Alvin David Gregory Tatis:** Estudiante ingeniería Electrónica y Biomédica de la Universidad de los Andes. Presidente Rama IEEE Uniandes. ad.gregory@uniandes.edu.co
- **Esteban Nieves Olmos:** Estudiante ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes. E.nieves@uniandes.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)