

Diseño de un lector óptico para la comunicación con un TAG por medio de identificación por frecuencias ópticas

Design of an optical lector to the communication of a tag through optical frequency identification

Luna Gabriela Lugo Leal¹

Resumen

La protección de animales ha tomado relevancia en los últimos años, de manera que hoy varias organizaciones trabajan para proteger su bienestar. En algunos países se ha aprobado la producción de huevos libres de jaulas y la crianza de animales sin ser enjaulados, generando dificultades en los monitoreos de la salud, alimentación y comportamiento. El enfoque general es cubrir estos problemas con la comunicación entre un lector óptico y un tag portado por cada animal, siendo el objetivo del proyecto de investigación el de diseñar el lector, un dispositivo que podrá detectar y obtener los datos del tag óptico. La comunicación utiliza una nueva tecnología llamada Identificación por Frecuencias Ópticas (OFID) de forma pasiva y fue creada por el PhD. Walter Daniel León-Salas y su equipo en el Laboratorio TinyLab de la Universidad de Purdue. El procedimiento realizado en el proyecto se divide en tres partes: primera, la detección de una celda solar por medio de TensorFlow para la cual se realizaron dos entrenamientos obteniendo un mejor performance en el segundo modelo; la segunda parte corresponde al incremento de los fotogramas por segundo (FPS) usando el acelerador USB Coral de Google y finalmente, el diseño de una interfaz. De esta última se han obtenido fotogramas habilitando la cámara rápida en la Raspberry Pi 4B, mientras que la lectura de éstos, calculando el RGB promedio, se encuentra en desarrollo. A futuro se realizará la replicación de las tres partes cambiando la celda solar por el tag óptico.

Palabras Clave: Bienestar de los animales, lector óptico, Raspberry Pi 4B, celda solar, detección de objetos, TensorFlow.

Abstract

The protection of animals has gained relevance in recent years, so that today several organizations work to protect their well-being. In some countries, cage-free egg production and cage-free animal husbandry have been approved, resulting in difficulties in monitoring health, feeding and behavior. The general approach is to cover these problems with communication between an optical reader and a tag carried by each animal, being the objective of the research project to design the reader, a device that can detect and obtain data from the optical tag. The communication uses new technology called Optical Frequency Identification (OFID) in a passive way and was created by PhD. Walter Daniel Leon-Salas and his team at the TinyLab at Purdue University. The procedure performed in the project is divided into three parts: first, the detection of a solar cell by means of TensorFlow for which two trainings were performed obtaining a better performance in the second model; the second part corresponds to the increase of the frames per second (FPS) using Google's Coral USB accelerator and finally, the design of an interface. From the latter, frames have been obtained by enabling the fast camera on the Raspberry Pi 4B, while the reading of these by calculating the average RGB, is under development. In the future, the replication of the three parts will be done by changing the solar cell for the optical tag.

Keywords: Animal Welfare, optical reader, Raspberry Pi 4B, solar cell, object detection, TensorFlow.

Introducción

En los últimos años, la protección y el beneficio de los animales ha ganado fuerza por medio de la creación de movimientos que buscan erradicar actividades como la caza furtiva, pruebas de productos en animales, crianza de animales en jaulas, entre otras. Algunas de las organizaciones formadas nacional e internacionalmente son: World Wildlife Fund (WWF), Asociación Defensa Derechos An-

imal (ADDA), Fundación Altarriba, Asociación Animalista Libera, Fundación Oso Pardo, Asociación Defensora de Animales y del Ambiente (ADA), Federación de Entidades Defensoras de Animales y del Ambiente de Colombia (FEDAMCO).

La cría de animales en jaulas ha sido una problemática y, aunque ha llevado bastante tiempo para ser eliminada, se han podido observar cambios en algunos países, por ejemplo, en Estados Unidos el 26.2% de huevos producidos son

¹ Estudiante de Pregrado del Programa Ingeniería Electrónica de la Universidad Surcolombiana. Investigadora pasante de la Escuela de Ingeniería Tecnológica del Instituto Politécnico de la Universidad de Purdue. Contacto lunagabrielalugo@gmail.com

libres de jaulas, logrando así la crianza de 86.5 millones de gallinas ponedoras sin ser enjauladas (Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 2020). De igual manera, el Parlamento Europeo publicó una resolución, del 11 de abril de 2021, sobre la aprobación con 558 votos a favor de la iniciativa ciudadana “Acabemos con las jaulas” “End the Cage Age” que obtuvo 1.397.113 firmas válidas y la participación de 170 organizaciones animalistas (Parlamento Europeo, 2021); igualmente, la organización Global Human Society International (HSI) expuso que cerca de 30 empresas colombianas se han comprometido a actuar contra el abuso animal y se sumaron al movimiento “libre de jaula”.

Este tipo de acciones mejora la calidad de vida de los animales aumentando sus ventajas; no obstante, al estar todos en libertad en un mismo espacio, se dificulta la acción de identificarlos, lo que obstaculiza algunas actividades como el monitoreo de su estado físico, comportamiento y salud. Consecuentemente, al no realizarse debidamente se complica la prevención de futuras enfermedades o virus y, en el peor de los casos, el contagio de otros animales.

Por estas razones se decidió hacer uso de una nueva tecnología creada por el PhD. Walter Daniel León-Salas y su equipo en el laboratorio TinyLab de la Universidad de Purdue llamada Identificación por Frecuencias Ópticas “Optical Frequency Identification” (OFID), con la cual se lleva a cabo una comunicación entre dos dispositivos ópticos: un lector que se encontrará ubicado en el techo y un tag portado por cada animal que contiene su respectiva información.

Esta nueva tecnología hace parte de un campo de telecomunicaciones llamado Comunicaciones Ópticas Inalámbricas “Optical Wireless Communication” (OWC), de forma más específica, hace parte de la tecnología Comunicación por Luz Visible “Visible Light Communication” (VLC) que, en pocas palabras, usa la luz para enviar información y “[...] toma ventaja de los diodos emisores de luz “Visible Light-emitting Diodes” (LEDs) para el doble propósito de iluminación y comunicación de datos a altas velocidades. VLC es una tecnología verde y sostenible con el potencial de revolucionar los enfoques de como usaremos la luz en un futuro cercano” (Ghassemlooy, Nero Alves, Zvánovec, Khalighi, 2017).

En el caso de OFID, se modulan las emisiones fotoluminiscentes y electroluminiscentes por medio de una celda solar de Arseniuro de Galio (GaAs) que se encargará de la recolección de energía y la transmisión de información a través de variaciones de la intensidad lumínica. Adicionalmente, en esta tecnología la fuente de luz corresponde a un diodo láser (Leon-Salas Fan, 2018).

El enfoque principal de este trabajo de investigación, elaborado en el marco de una pasantía, es el diseño del lector

óptico conformado por una Raspberry Pi 4B y una cámara de bajo costo. Dicho lector se encarga de localizar, reconocer y obtener los datos del tag óptico. El proceso realizado se divide en tres etapas principales: detección, incremento de los Fotogramas por Segundo “Frames per Second” (FPS) y diseño de la interfaz.

Para empezar la detección, se tomaron varias fotografías de una celda solar en diferentes situaciones, ángulos, tipos de iluminación y fondo. Posteriormente, se ubicó la celda solar en cada imagen y se hizo un cuadro alrededor de la celda para poder etiquetarla con el nombre “Solar Cell”. Teniendo las fotos y etiquetas se diseña un dataset, con el cual se entrena el modelo para la detección de objetos usando TensorFlow, que es una librería Open Source para el desarrollo y entrenamiento de modelos de Machine Learning. Como se mencionó, para el desarrollo del proyecto se usa una Raspberry Pi 4B, el cuál no soporta los modelos de TensorFlow debido a una limitante computacional, de modo que, se hace una conversión de TensorFlow a TensorFlow Lite, para esta primera sección se hicieron dos pruebas. Por más que en la primera se detectaba la celda solar con un porcentaje de acierto mayor del 80%, la cámara del lector detectaba otros objetos ajenos a la celda como si se trataran de una. Por el contrario, en los segundos resultados, no solo se tenía un porcentaje de acierto mayor del 80% sino que, eran muy pocas las detecciones erróneas de otros objetos, siendo éste el mejor performance de la detección de objetos.

En la segunda etapa, se utilizó el acelerador USB Coral de Google para incrementar la cantidad de FPS, es decir, la velocidad del programa que detecta, ya que éste trabajaba con alrededor de 3.5. Dicho lo anterior, se inició con una segunda conversión de modelo, pasando de TensorFlow Lite a uno soportado por Edge TPU, un circuito integrado de aplicación para poder correr Inteligencia Artificial “Artificial Intelligence” (AI); luego, se configuró la Raspberry Pi y, finalmente, se hicieron las pruebas que dieron como resultado un FPS alrededor de 20.7. Finalmente, se diseñó una interfaz gráfica que tiene como fin obtener un video de 90 FPS resultante de la habilitación de la cámara rápida en el dispositivo, que después, se convierte a fotogramas usando un programa de Python el cual se combinará con el programa de Detección de Objetos; de tal forma que, primero, se activará el programa de detección y, una vez se tenga conocimiento de la ubicación de la celda solar, se iniciará la grabación.

Se debe agregar que el propósito de este escrito es presentar una reflexión que irá escalonando, desde lo general del proyecto hasta lo específico de la investigación, iniciando sobre la decisión tomada al usar una nueva tecnología como lo es OFID y no la Identificación de Radiofrecuencias “Radio Frequency Identification” (RFID), seguido del impacto

de la experiencia donde se reflexionará sobre los resultados obtenidos, continuando con el aprendizaje o lecciones aprendidas y finalizando con una breve conclusión.

Identificación por Frecuencias Ópticas (OFID) vs Identificación por Radiofrecuencias (RFID)

La tecnología RFID ha encabezado la industria por mucho tiempo debido al amplio uso que tiene, por ejemplo, se puede usar para el control de calidad, producción, localización y seguimiento de objetos, identificación de materiales, almacenaje de datos y muchos otros. Todo esto es gracias al manejo de un receptor (Lector RFID) y un transmisor (Etiqueta RFID pasiva o activa), entonces, ¿por qué se decidió crear y utilizar la nueva tecnología OFID?

Desde la última década del siglo XX, se ha podido apreciar la expansión de los sistemas de comunicaciones inalámbricos, así como de los sistemas de radiocomunicaciones se ha podido apreciar; por ejemplo, el Registro Internacional de Frecuencias (MIFR) contiene 3.14 millones de registros de estaciones terrenales y más de 2200 redes satelitales (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2020). A nivel nacional, se han asignado 485 MHz de la banda de espectro para la implementación de tecnologías 2G, 3G y 4G, lo que corresponde a un 89.81% para las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) (Agencia Nacional del Espectro, 2020). Conforme hay una mayor demanda se genera una mayor oferta, lo que resulta en interferencias o transmisiones más lentas debido a las congestiones generadas por el espectro recargado. Por el contrario, OFID usa una banda de frecuencias totalmente distintas ya que la banda visible se encuentra entre 390 y 700 nm. Además, esta banda es poco usada ya que las tecnologías como VLC y OFID son prácticamente nuevas, por lo tanto, no se presentarán los problemas mencionados.

En segunda instancia, está la desventaja de trabajar con objetos metálicos en el caso de RFID, ya que los dispositivos semi-pasivos y pasivos deben ser energizados por medio de un campo inductivo. Por otro lado, los dispositivos de OFID trabajan con luz visible más no con radiofrecuencia, lo que se considera una ventaja de poder trabajar con metales.

Tercero, la seguridad y economía son liderados por la tecnología OFID, pues para poder acceder a la información, se debe estar en la misma habitación, ya que la luz no se propaga a través de las paredes, como las ondas de radiofrecuencias; y, además, su construcción es realizada con materiales de bajo costo a diferencia de las etiquetas activas y semi-pasivas de RFID.

Impacto de la experiencia

En la etapa de detección se entrenaron dos modelos dado que el primero poseía tres errores: detectaba erróneamente otros objetos como si fueran una celda solar, el porcentaje de acierto de las detecciones erróneas era bastante alto, alrededor de 70-80% y a largas distancias la cámara dejaba de detectar. La importancia de un modelo o programa que detecte solo el objeto con el que se entrenó es alta, ya que se necesita obtener la información; por lo anterior, si no se detecta adecuadamente el objeto, no se podrán obtener los datos transmitidos.

Para ilustrar mejor el cómo se obtuvo un buen resultado en el segundo modelo, se debe comprender cómo funciona el entrenamiento y una analogía perfecta es enseñarle a un niño a diferenciar los objetos, por ejemplo, frutas. Si tomamos una foto de una manzana y le decimos al niño “la manzana es una fruta de color rojo”, luego, le mostramos una imagen de una pera que posee una forma parecida a la manzana y se le enseña que “la pera es una fruta verde”, él comprenderá la diferencia clave, el color. Ahora bien, si mostramos una imagen de una manzana verde al niño, hay una alta probabilidad que la confunda con una pera, ¿por qué? Porque las características que él aprendió para diferenciar una fruta de la otra solo están basadas en el color y dos imágenes en las cuáles ambas frutas tienen una forma parecida.

Lo mismo sucede con el modelo, se le enseña qué es lo que va a detectar, si solo hacemos uso de imágenes que poseen las mismas características, que son muy parecidas o en una pequeña cantidad, entonces no habrá suficiente material para enseñarle qué es una celda solar ni cuál es la diferencia entre ella y cualquier otro objeto. Por lo tanto, en el segundo intento, el mayor impacto en los buenos resultados fue por el aumento de imágenes usadas; además es necesario recalcar que no se eliminó ninguna de las fotos usadas en el primer intento, debido a que se busca aumentar la cantidad de información más no tener la misma, además, todas deben ser distintas una de la otra.

Del incremento de FPS no hay mucho que mencionar, pero si se debe aclarar que la detección no se ve afectada por el uso de un agente externo para la mejora del desempeño del programa de detección. Otro rasgo por relucir es que el acelerador USB Coral de Google no es la única opción al momento de mejorar el rendimiento, pues existen otras opciones como el aumento de FPS por medio del lenguaje de programación Python usando la librería de visión por computadora OpenCv o emplear la Unidad de Procesamiento de Visión “Vision Processing Unit” (VPU) Movidius Myriad Neural Compute Stick 2 (NCS2) de Intel, la cual también está diseñada para poder trabajar con dispositivos como la

Raspberry Pi 4B.

Finalmente, en el diseño de la interfaz gráfica se obtuvo un video de 90 FPS debido a que si se realizara una lectura de fotogramas con 20.70 FPS no se podrían obtener los datos ya que el LED en el Tag óptico cambiará en cuestiones de microsegundos, razón por la cual no se podría leer la información con una velocidad menor.

Aprendizaje o lecciones aprendidas

En el transcurso de la pasantía lo que se ha aprendido ha ido en aumento, pero hay dos hechos en particular a resaltar; el primero, es el ¿cómo un proyecto puede mezclar dos campos que se podrían considerar totalmente ajenos el uno del otro?, es decir, la ingeniería electrónica y la cría intensiva de animales. Es claro que la búsqueda de automatizar tareas y mejorar la calidad de vida ha ido en aumento, por lo cual, no es raro encontrarse con esta serie de combinaciones de campos de estudio en un solo proyecto o varios en los que resulta importante reconocer las ventajas y cubrir las problemáticas posteriores a dichos proyectos.

Como se ha dicho, en la cotidianidad se busca la automatización de tareas, lo que nos lleva al segundo hecho, donde se trata de resaltar, la importancia del Machine Learning en esta investigación y en la creación del conocimiento en general.

“Machine Learning es un conjunto de métodos que los computadores usan para hacer y mejorar predicciones o comportamientos basados en datos. Por ejemplo, para predecir el valor de una casa, el computador aprenderá patrones de ventas pasadas de la casa [...] En el ejemplo del valor de la casa, la máquina minimiza la diferencia entre el precio estimado y el predicho para nuevas instancias” (Molnar, 2020).

En este proyecto la importancia del Machine Learning está en la reducción de personal necesario para el cuidado de los animales como gallinas, cerdos, vacas ya que no sería necesaria una presencia el 100% del tiempo para poder diferenciar una gallina específica, por ejemplo, de un grupo grande de gallinas ponedoras, ya que por medio de la detección de objetos que realiza el lector óptico se podrán diferenciar al detectar y leer los Tag que tendrá cada uno.

Conclusión

Se concluye que aún hay resultados por obtener, según los siguientes pasos: la detección del Tag óptico, la obtención de fotogramas para la lectura de los píxeles, en los que se encuentra ubicado el objeto detectado, el cálculo del RGB promedio y, finalmente, la mejora del proceso a un formato streaming.

Referencias Bibliográficas

Agencia Nacional del Espectro. (19 de Agosto de 2020). ANE. Obtenido de Consulta pública sobre las bandas disponibles para el futuro desarrollo de las IMT en Colombia: <https://bit.ly/3kbzdQg>

Departamento de Agricultura de Estados Unidos. (27 de Marzo de 2020). Eggs Markets Overview. Obtenido de The Humane Society of the United States: <https://bit.ly/2XOXeFw>

Ghassemlooy, Z., Nero Alves, L., Zvánovec, S., Khalighi, M.-A. (2017). State of the Art. En Z. Ghassemlooy, L. Nero Alves, S. Zvánovec, M.-A. Khalighi, T. Baykas, H. Celebi, . . . C. Gabriel, Visible Light Communications Theory and Applications (págs. 1-7). New York: CRC Press.

Leon-Salas, W. D., Fan, X. (2018). Exploiting Luminescence Emissions of Solar Cells for Optical Frequency Identification (OFID). IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), 1-5. doi:10.1109/ISCAS.2018.8351139

Molnar, C. (2020). Interpretable Machine Learning a Guide for Making Black Box Models Interpretable. Leanpub.

Parlamento Europeo. (10 de Junio de 2021). Resolución del Parlamento Europeo, de 10 de junio de 2021, sobre la Iniciativa Ciudadana Europea End the Cage Age (Acabemos con las jaulas). Obtenido de Parlamento Europeo: <https://bit.ly/2WIWEhX>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2020). International Telecommunication Union (ITU). Unión Internacional de Telecomunicaciones, Oficina de Radiocomunicaciones . ITU PUBLICACIONES . Obtenido de Comisiones de estudio de radiocomunicaciones del UIT-R: <https://bit.ly/3gonRHy>