

Desarrollo de un dispositivo para monitorización de movimiento de animales mediante IMU

Introducción

Las relaciones entre las personas y los animales son cada vez más estrechas, bien por motivos deseados, o bien por motivos profesionales. Por ello, la importancia de garantizar la salud y el bienestar animal, a la par que mantener las mejores relaciones ecológicas y medioambientales cobra cada día mayor interés.

Muchas de las patologías que pueden sufrir, se manifiestan en sus hábitos. Diversos estudios establecen una correlación entre la cinemática del animal y su estado de salud.

La monitorización de la actividad motriz de un animal se puede llevar a cabo con múltiples dispositivos electrónicos, mediante un registro continuo de la misma.

La finalidad de este trabajo de fin de título ha sido construir un **dispositivo** a medida y de bajo coste, capaz de registrar de manera cuantitativa la cinemática de un animal, **usando sensores inerciales**.

Objetivos

Objetivo principal:

Diseñar y desarrollar un dispositivo electrónico que, haciendo uso de sensores inerciales, pueda registrar los movimientos de un animal (aceleraciones y velocidad angular) mediante el uso de acelerómetros y giroscopios.

Subobjetivos:

1. Comparar varios modelos de microcontroladores y placas de desarrollo existentes en el mercado, analizando sus componentes y capacidades.
2. Definir los datos a guardar, su cadencia, y el soporte de almacenamiento.
3. Comprobar el funcionamiento del dispositivo, comparando los datos registrados con los de un 'smartphone' en igualdad de condiciones.
4. Construir una carcasa mediante impresión 3D, que permita albergar los componentes electrónicos del dispositivo, con el fin de protegerlos y de facilitar su fijación en un animal.

Metodología

Para llevar a cabo este trabajo, se realizó un estudio preliminar de los componentes del dispositivo, analizando las características y funcionamiento de cada uno de ellos.

Elementos de entrada

- **IMU:** es el sensor que se encargará de generar una señal de salida acorde a unos estímulos de entrada que serán las aceleraciones y giros a los que se someta.
- **Pulsador:** servirá para indicarle al microprocesador que inicie o detenga la captura de los datos.

Elementos de salida

- **Tarjeta microSD:** será el medio de almacenamiento donde se guardarán todos los datos procedentes de la IMU.
- **Buzzer:** Indicará al usuario el estado del dispositivo.

Elementos del sistema de alimentación

- **Batería:** suministrará energía al dispositivo y resto de elementos.
- **Sistema de gestión de batería (BMS, por sus siglas en inglés):** se encargará de gestionar la carga de la batería, así como de impedir que se descargue por debajo de los valores mínimos, evitando así su deterioro y peligros derivados.

Solución adoptada

Para comprobar la fiabilidad de los datos del dispositivo, se ha realizado un estudio comparativo con la IMU de un smartphone Xiaomi modelo Redmi Note 10 con sistema operativo Android 12.

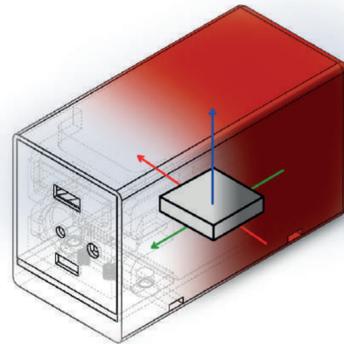
Para visualizar los datos se ha empleado el software para Windows Matlab versión R2022a.

Para cuantificar la desviación existente entre los valores registrados, se ha calculado el error cuadrático medio.

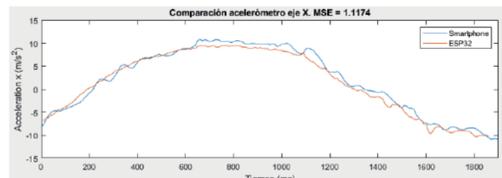
Para fabricar la carcasa, se optó por la realización de un diseño a medida utilizando el software de diseño 3D Autodesk Inventor 2021, para posteriormente materializarlo mediante impresión 3D con una impresora Creality Ender-3.

La carcasa se ha realizado en dos partes: una interna, fabricada en Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), y otra externa, utilizando poliuretano termoplástico (TPU).

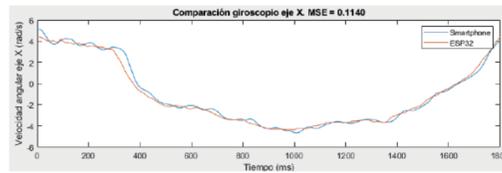
El dispositivo se sujetó al lomo del animal mediante un arnés que lo mantenía de forma firme y solidaria, sin que le provocara molestias.



Comparación del acelerómetro con un smartphone



Comparación del giroscopio con un smartphone



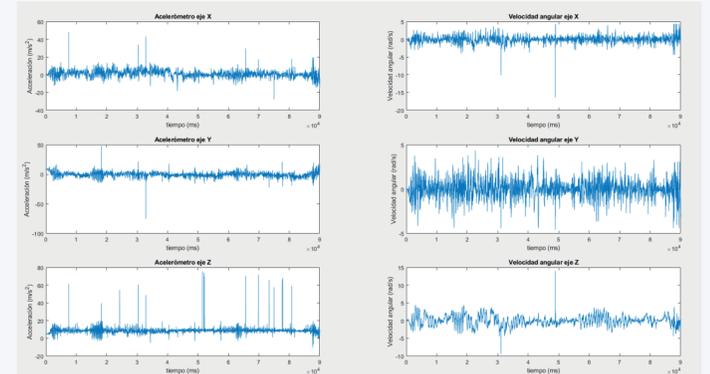
Pruebas de campo

Las pruebas de campo se han realizado con un perro de raza Weimaraner de 12 años, bajo consentimiento de su propietario.

Se han realizado tres actividades con el perro mientras se monitorizaban sus movimientos, los cuales se describen a continuación:

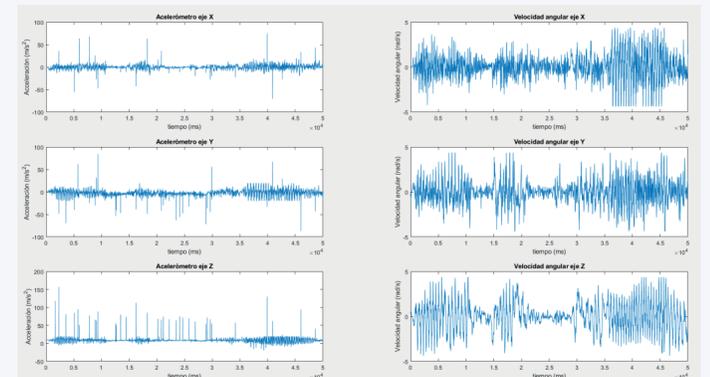
1. Deambulación.

El animal se desplazó libremente en un espacio abierto.



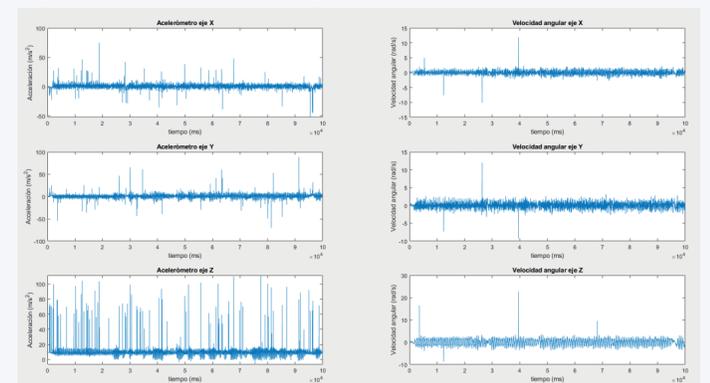
2. Carrera.

Se incitó al perro a correr a ritmo de sprint. Durante esta actividad, el animal sigue un ritmo constante, sin cambios bruscos de dirección.



3. Paseo.

Se registró el movimiento del perro paseando con correa junto a su dueño, procurando mantener un ritmo y dirección constantes.



Conclusiones

1. Se consiguió crear un dispositivo compacto, ligero y de bajo coste, que permitió registrar el movimiento de un animal durante un tiempo prolongado.
2. El microcontrolador SP32 y su doble núcleo permitió disponer de un hilo de procesamiento dedicado para la toma de datos exclusivamente, mejorando en gran medida la constancia de la frecuencia de muestreo.
3. Se estableció que la frecuencia de muestreo óptima para el fin de este dispositivo debía de estar comprendida entre los 100 Hz y los 200 Hz. Se logró alcanzar este rango de frecuencias e incluso superarlo, obteniendo valores máximos de muestreo de casi 320 Hz.
4. La comparativa de los datos registrados por el dispositivo con los de un smartphone demostró que tanto la lectura de las aceleraciones como la de las velocidades angulares tenían una correspondencia más que aceptable para la mayoría de las aplicaciones. No obstante, este dispositivo puede no ser válido para otro tipo de estudios en los que se requiera de una mayor precisión.
5. Será necesario un estudio conjunto por parte de expertos de diversas disciplinas para estimar la validez de este aparato según los fines a los que pudiera destinarse.
6. El almacenamiento de los datos recopilados en tarjetas microSD funcionó de manera correcta, permitiendo la escritura a las tasas de muestreo requeridas. Además, permite la opción de poder sustituir la tarjeta por otra in situ, en caso de que se complete la memoria. Gracias al uso de este tipo de tarjetas, se puede contar con grandes capacidades de almacenamiento a un bajo coste.
7. La elección de la placa de desarrollo ESP32 Thing con su BMS integrado, se ha traducido en un circuito electrónico más

simple, al no tener que añadirlo de manera externa, además de un menor peso, al funcionar únicamente con una batería de una sola celda.

8. Se consiguió una autonomía de más de 6 horas en el caso más desfavorable, lo cual duplica el tiempo que se estableció como requisito al comienzo de este TFT.
9. El diseño de la carcasa permite una fijación correcta al cuerpo del animal, sin que le suponga ninguna molestia. También ha permanecido colocado correctamente durante tiempos prolongados sin que se desplace de su sitio.
10. Gracias al conector USB externo de la carcasa, se puede recargar la batería del dispositivo de manera rápida y cómoda, sin tener que desmontarlo.
11. Los mandos externos de la carcasa, permiten al usuario poder interactuar con el dispositivo de manera rápida y cómoda en las pruebas de campo, conociendo en todo momento la operación que está realizando el dispositivo gracias a las señales acústicas emitidas por el buzzer.
12. En las pruebas de campo, llama la atención la gráfica obtenida con los datos del giroscopio en el eje Z, ya que reflejan fielmente cada paso del animal. Esto se debe a que en cada paso, la IMU oscila siempre de la misma manera con respecto a dicho eje, lo cual queda especialmente reflejado en la gráfica del paseo a un ritmo constante.
13. En los datos obtenidos se observan algunos picos espúreos, fuera de rango, posiblemente debidos a la alta sensibilidad de la IMU haciendo que cualquier anomalía produzca este tipo de alteraciones en la señal. Para solucionarlo, se deberá realizar un preprocesado de la señal como por ejemplo la aplicación de un filtro paso bajo.