



ENTREGABLE 22:

IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA MONITORIZACIÓN DE CULTIVOS Y OPTIMIZACIÓN DE LAS ACTUACIONES EN EL ENTORNO AGRÍCOLA

(Octubre 2022)

ACTIVIDAD 3: DESARROLLO DE CAPACIDADES FORMATIVAS Y ENTORNOS DE EXPERIMENTACIÓN PARA LA INNOVACIÓN DIGITAL EMPRESARIAL







Contenido

1. OBJETIVO TAREA	3
2. INTERCONEXIONADO DE COMPONENTES	3
3. PRUEBAS DE MEDIDA REALIZADAS	4
3.1 Prueba GPS	4
3.2 Prueba cámara estereoscópica	5
3 3 Prueha LiDAR	ç





1. OBJETIVO TAREA

En este informe se detalla la implementación de tecnologías para la monitorización de cultivos y optimización de las actuaciones en el entorno agrícola. Se especificará cómo se han interconectado electrónicamente los sensores necesarios (LiDAR, RTK, IMU, cámara de profundidad, etc.) y se expondrán los resultados de las pruebas realizadas con ellos.

2. INTERCONEXIONADO DE COMPONENTES

Los diferentes elementos fueron interconectados como se aprecia en la Figura 1. La CPU es el elemento encargado de recibir la información de todos los elementos del robot y ejecutar las acciones necesarias. Para ello emplea ROS bajo un sistema Linux. A la CPU se conectan los elementos de visión como el LiDAR y la cámara estereoscópica. Esta última va conectada en un paso intermedio con una GPU Jetson Nano encargada de gestionar la información y la ejecución de modelos Machine o Deep learning en caso de que sea necesario. El rúter, también conectado a la CPU mediante el switch, permite la conexión a Internet mediante una tarjeta SIM y la generación de una señal WiFi para conexión al robot. Por otro lado, el GPS RTK y la unidad inercial van conectados directamente a la placa base mediante USB. Desde la CPU van cableados hacia el exterior del robot diferentes puertos de entrada/salida como un HDMI y 2 USB, así como un puerto WAN desde el rúter y otro LAN desde el switch.

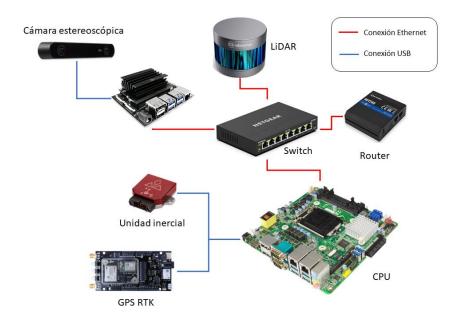


Figura 1. Interconexionado entre los diferentes elementos del robot





3. PRUEBAS DE MEDIDA REALIZADAS

3.1 Prueba GPS

Para la prueba de la georreferenciación incorporada en el robot, este se trasladó a un circuito exterior y se realizó la lectura del GPS empleando la GPRMC del protocolo NMEA. La obtención de las coordenadas en ROS se efectuó mediante la suscripción al topic /gps/fix mediante el comando rostopic echo /robot/gps/fix. Las coordenadas GPS fueron registradas mientras circulaba por el circuito a intervalos de aproximadamente 2 segundos y representadas mediante un software SIG (Sistema de Información Geográfica) ArcGIS (Figuras 2 y 3).



Figura 2. Circuito offroad empleado para las pruebas

Figura 3. Lectura de las coordenadas GPS mediante el terminal en ROS

Tal como se observa en la Figura 4, el GPS representa fielmente el trayecto seguido por el robot durante el tránsito por el camino establecido.









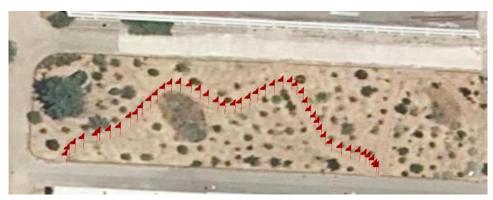


Figura 4. Ruta registrada por el robot durante el tránsito por el circuito.

3.2 Prueba cámara estereoscópica

La cámara estereoscópica cuenta a su vez con diferentes sensores integrados (unidad inercial, temperatura y presión). Entre ellos destaca la unidad inercial por ser la más interesante para su aplicación durante el movimiento del robot. Esta integra un acelerómetro, un giroscopio y un magnetómetro. Para realizar las pruebas se empleó el SDK 3.7 y se instalaron las dependencias necesarias, principalmente Cuda Toolkit. En primer lugar, fue necesario realizar la calibración de ésta describiendo círculo en varias direcciones (Figura 5).

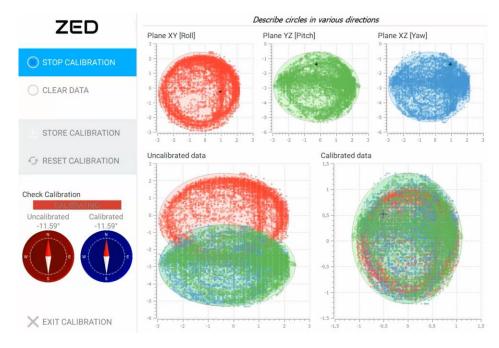


Figura 5. Calibración de la cámara estereoscópica

Posteriormente se comprobó el funcionamiento del acelerómetro en los 3 ejes de rotación moviendo la cámara manualmente. El muestreo para esta prueba y las sucesivas fue configurado a 400 Hz. En la Figura 6 se observa la gráfica del acelerómetro para los 3 ejes, estando al inicio del muestro en reposo. Los valores de aceleración instantáneos se pueden visualizar en la parte superior de la gráfica.









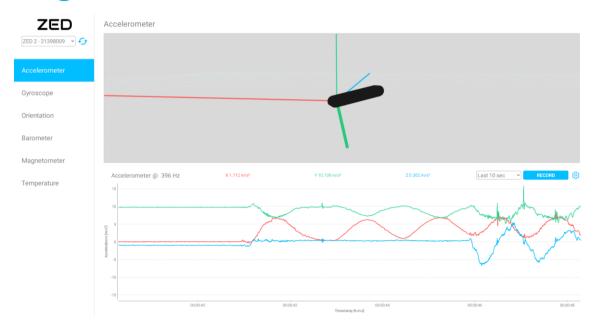


Figura 6. Prueba del acelerómetro

Seguidamente se comprobó el funcionamiento del giroscopio con la función de orientación, realizando también de forma manual el giro de la cámara. Se orientó de varias formas en ángulos conocidos comprobando la correcta medición. En la Figura 7 se puede observar la posición a 90° (eje Z).

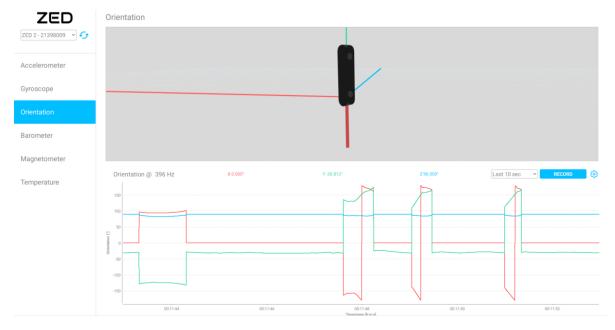


Figura 7. Prueba del giroscopio (orientación)

La cámara también permite obtener la velocidad en el giro en los 3 ejes. En la Figura 8 se observa la gráfica del giroscopio representando los grados por segundo que se están midiendo de forma instantánea.







COMPETITIVIDAD

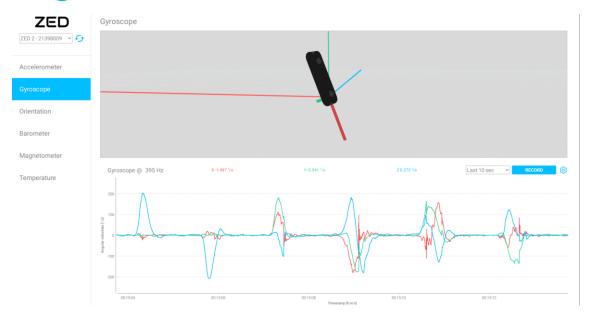


Figura 8. Prueba del giroscopio (velocidad de giro)

Realizada la comprobación de funcionamiento mediante el SDK, se procedió a realizar la integración en ROS y comprobar la comunicación. Para ello se realiza la suscripción al topic /vectornav/imu mediante el comando rostopic echo robot/vectornav/imu. Las medidas son obtenidas en tiempo real y de forma cíclica mientras dura la suscripción (Figura 9).

Figura 9. Lectura de la unidad inercial del robot a través del terminal en ROS

El siguiente paso fue realizar mediciones empleando la función de cámara de profundidad. Para ello, la cámara se colocó sobre un trípode y se dispuso a medir en un entorno exterior similar a lo que podría encontrarse en una aplicación real (Figura 10). La cámara se situó a una distancia aproximada de 1.65 m para poder captar el árbol al completo.







Figura 10. Prueba de la cámara estereoscópica.

Para comparar las mediciones realizadas por la cámara con otro elemento de precisión se empleó un medidor láser de alta precisión (DISTO s910, Leica, Alemania). Las medidas del láser fueron comparadas con el píxel central del campo de visión de la cámara. Los resultados obtenidos para la cámara con un registro de 15 medidas fueron de 1686±0.66 mm, mientras que para el láser se obtuvo 1655±0.121. Como se puede observar las diferencias entre ambos elementos de medida es relativamente pequeña (31 mm) y poco influyente en las diferentes aplicaciones que puede realizarse en campo. Además, es necesario tener en cuenta que dichas diferencias, al usar solamente un punto, pueden deberse a desviaciones debidas al movimiento de las hojas del árbol por el aire, la precisión en el ajuste de ambos sensores o la porosidad de la copa del árbol. En la Figura 11 se puede observar la imagen captada por la cámara.

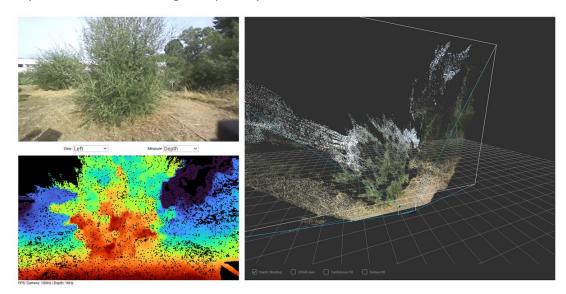


Figura 11. Prueba de la cámara estereoscópica.

3.3 Prueba LiDAR

De igual forma, el LiDAR también fue probado en el mismo entorno exterior y se comprobaron las mediciones realizadas y la visualización de la nube de puntos utilizando





la herramienta Rviz y el framework rqt. En la Figura 12 se observa en la parte superior la posición real del robot respecto del entorno y en la parte inferior la representación de la nube de puntos captada por el LiDAR. Como se puede observar el árbol situado delante del robot no es captado en su totalidad debido a la distancia a la que se encuentra y el campo de visión vertical del LiDAR (30°). Las 16 capas del sensor permiten representar con bastante precisión el entorno pudiendo diferenciar entre árboles, suelo y otros elementos como vallas.

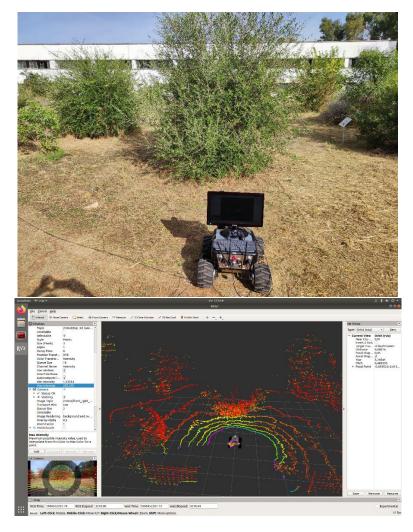


Figura 12. Prueba del robot en condiciones de campo (arriba) y nube de puntos del entorno generada (abajo)

Posteriormente se procedión a superponer en Rviz la nube de puntos y la cámara estereoscópica, que aunque se encuentran ligeramente desfasados en altura (10 cm), permiten comprobar a qué parte del árbol o cualquier otro elemento corresponde la medida del LiDAR (Figura 13).







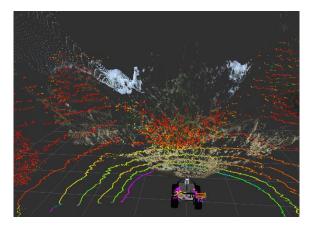


Figura 13. Superposición de la cámara y LiDAR

Como se puede ver al superponer ambos sensores, el LiDAR está captando la mitad inferior del árbol. Las medidas obtenidas de la nube de puntos fueron comprobadas a través del terminal mediante la suscripción al topic /robot/top_3d_laser/points (Figura 14).

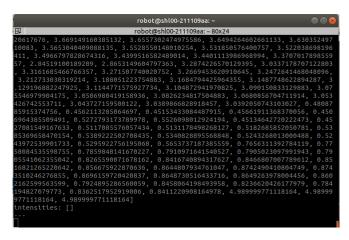


Figura 14. Lectura de las medidas de la nube de puntos del LiDAR en tiempo real

Por último, la correcta monitorización de la batería del robot también fue comprobada. La batería se encarga tanto de mover el robot como de aliemntar a los diferentes sesnores que incorpora. Para ello se realizó la suscripción al topic encargado de publicar el estado de esta. El comando usado para su lectura fue rostopic echo /robot/battery_estimator/data (Figura 15).





Fondo Europeo de Desarrollo Regiona



```
robot@shl00-211109aa: - ● ⑩ ●
robot@shl00-211109aa: - 80x24

---
voltage: 52.7999992371

current: 2.29999995232

level: 97.5999984741

tlme_remaining: 366

time_charging: 0
is_charging: False
cell_voltages: [3.308000087738037, 3.302999973297119, 3.303999900817871, 3.30599
9994277954, 3.303999900817871, 3.308000087738037, 3.302999973297119, 3.303999008
817871, 3.302999973297119, 3.29999952316284, 3.303999900817871, 3.303999008
817871, 3.702999973297119, 3.29999952316284, 3.303999900817871, 3.303999900817871]

---
voltage: 52.7999992371

current: 2.29999995232

level: 97.59999847741

time_remaining: 366

time_charging: 0
is_charging: False
cell_voltages: [3.308000087738037, 3.30299973297119, 3.303999900817871, 3.30599900817871, 3.30599900817871, 3.30599900817871, 3.305999900817871, 3.305999900817871, 3.305999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871, 3.303999900817871]
```

Figura 15. Lectura del estado de la batería a través del terminal





















































