

Reto semanal 1. Manchester Robotics

Oscar Ortiz Torres A01769292

Yonathan Romero Amador A01737244

Ana Itzel Hernández García A01737526

Fundamentación de robótica

Grupo 101

Jueves 20 de febrero de 2025

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo implementar y configurar un sistema basado en ROS2 para la generación, procesamiento y visualización de señales, utilizando nodos personalizados, tópicos de comunicación y herramientas gráficas. Se diseñaron dos nodos principales: `signal_generator_ROSario`, encargado de generar y publicar una señal senoidal en los tópicos correspondientes, y `process_ROSario`, responsable de recibir, modificar y publicar la señal procesada, aplicando transformaciones como la reducción de amplitud, desplazamiento vertical y cambio de fase.

Para facilitar la ejecución conjunta de ambos nodos, se creó un archivo `launch`, permitiendo iniciar el sistema de forma simultánea y optimizando su prueba y evaluación. Además, se emplearon herramientas gráficas como `rqt_plot` y `rqt_graph` para visualizar en tiempo real la comunicación entre nodos y la correcta transmisión de datos.

Este proyecto facilitó la comprensión del funcionamiento de ROS2 y sus componentes clave, sentando las bases para el desarrollo de sistemas más complejos en entornos distribuidos.

Objetivos

El objetivo general del reto es implementar y configurar un sistema basado en ROS2 para la generación, procesamiento y visualización de señales, utilizando nodos personalizados, tópicos de comunicación y herramientas gráficas, con el fin de comprender el flujo de datos y la interacción entre nodos en un entorno distribuido.

Los objetivos particulares son:

- Diseñar y desarrollar un nodo productor de señal senoidal: crear un nodo que publique datos en los tópicos `/time_ROSario` y `/signal_ROSario`, generando una señal que represente la función matemática senoidal.
- Desarrollar un nodo procesador de señales: implementar un nodo que suscriba la señal generada, modifique su amplitud y fase, y la publique en el tópico `proc_signal_ROSario`.
- Crear un archivo tipo *launch*: diseñar un archivo *launch* que permite iniciar ambos nodos de forma simultánea para facilitar la ejecución y evaluación del sistema.
- Visualizar las señales generadas y procesadas: configurar las herramientas `rqt_plot` y `rqt_graph` para graficar en tiempo real las señales publicadas por ambos nodos y verificar la comunicación del sistema.

Introducción

La robótica ha avanzado a pasos agigantados durante los últimos años, ha sido uno de los sectores con mayor crecimiento donde cada vez existen más instalaciones de robots en fábricas alrededor del mundo donde millones de tareas son autolimitadas. Siendo cada vez más inteligentes y autónomos. Con capacidades de poder trabajar en colaboración con seres humanos. Junto con esto viene de la mano el despegue de la inteligencia artificial.(Samaniego, s. f.)

En la robótica se necesita de la comunicación de varios elementos para su correcto funcionamiento, los elementos deben ser intercomunicados para así poder tener aplicaciones más complejas.

ROS provee servicios que se esperan de un sistema operativo abstrayendo el hardware, controlando dispositivos de bajo nivel, implementar funcionalidades, pasar mensajes entre procesos y manejar paqueterías. Esto hace que ROS sea un meta sistema operativo.

(Es/ROS/Introduccion - ROS Wiki, s. f.)

La comunicación está basada en un modelo de publicador-subscriptor, donde los diferentes componentes del sistema son nodos los cuales pueden intercambiar información, esto al subscribirse a datos de otros. *(Nodes — ROS 2 Documentation: Humble Documentation, s. f.-b)*

Esto a través de los tópicos los cuales son usados para la transmisión continua de datos. Como pueden ser estados de un sistema o datos de sensores. *(Topics — ROS 2 Documentation: Humble Documentation, s. f.-b)*

Existen diversas formas de lanzar un nodo, pero en el caso de este trabajo se emplea un archivo *launch*, el cual es una forma de automatizar la ejecución de múltiples nodos a través de un solo comando, ayudando a organizar y configurar la forma en la que un sistema trabaja, decidiendo en dónde, cómo, cuándo y con qué argumentos ejecutar un nodo. Por lo tanto, este archivo es responsable de ejecutar, monitorear y reaccionar a los cambios en los estados de los procesos. *(Launch — ROS 2 Documentation: Humble Documentation, s. f.)*

Solución del problema

Para lograr los objetivos del reto, se implementaron dos nodos en ROS:

`signal_generator_ROSario` y `process_ROSario`, cada uno con funciones específicas para la generación, procesamiento y publicación de señales. A continuación, se describe la metodología utilizada, así como los elementos y funciones clave del código implementado.

1. Nodo `signal_generator_ROSario`

Este nodo fue desarrollado en el archivo `signal_generator_ROSario.py`, que contiene la clase `SignalGenerator`. Su función principal es generar y publicar una señal senoidal junto con su correspondiente valor de tiempo.

- **Publicadores**

- `publisher0`: publica en el tópico `/time_ROSario`, enviando valores de tiempo.
- `publisher1`: publica en el tópico `/signal_ROSario`, enviando los valores de la señal generada.

Ambos publicadores utilizan el tipo de dato `Float32` y cuentan con una cola de búfer de 10 mensajes.

- **Frecuencia de publicación**

Se establece un temporizador `timer` con un periodo de 0.1 s (frecuencia de 10 Hz), lo que garantiza que la señal publicada a una tasa constante.

- **Generación de la señal**

- La función `timer_cb` es invocada en cada iteración del temporizador. En esta función:
 - Se crea el mensaje `msg0`, que almacena el valor de la variable t (el instante de tiempo en el que se evalúa la señal).
 - Se genera la señal senoidal y su valor se almacena en `msg1`.
 - Ambos mensajes son publicados en sus respectivos tópicos y se imprime información en la terminal para monitorear su envío.

2. Nodo `process_ROSario`

Este nodo fue desarrollado en el archivo *process_ROSario.py* y contiene la clase `SignalProcessor`, encargada de recibir, procesar y publicar la señal modificada.

- Suscripciones
 - Se inicializa `subscription0`, qué se suscribe al tópico `/signal_ROSario` y recibe los valores de la señal generada por el nodo `signal_generator_ROSario`. Los valores recibidos se almacenan en `msg2` y son procesados en la función `listener_callback`.
 - Se inicializa `subscription1`, qué lee los datos del tópico `/time_ROSario`, sin embargo, no se procesan y solo se asocia a una función vacía.
- Procesamiento de la señal

Dentro de `listener_callback`, se aplican las siguientes transformaciones a la señal recibida:

- Reducción de la amplitud

Para reducir la amplitud de la señal a la mitad, se aplica un escalado lineal multiplicando cada muestra por un factor de 0.5.
- Desplazamiento (offset) de la señal

Para garantizar qué todos los valores de la señal sean positivos en todo momento, se suma un offset de 0.5 a toda la señal.

Esto se debe a qué, tras la reducción de amplitud, los valores de la señal oscilan entre -0.5 y 0.5, por lo qué el desplazamiento evita valores negativos.
- Cambio de fase de 180°

Se invierte la señal aplicando un desplazamiento de 180° (π radianes), obteniendo lo siguiente utilizando la identidad trigonométrica:

$$\sin(x + \pi) = \sin(x)\cos(\pi) + \cos(x)\sin(\pi)$$

$$\sin(x + \pi) = \sin(x)(1) + \cos(x)(0)$$

$$\sin(x + \pi) = -\sin(x)$$

Por lo tanto, la transformación final aplicada a la señal generada es:

$$g(x) = -0.5y + 0.5$$

Donde y es la señal original generada por el nodo `signal_generator_ROSario`.

Con estas transformaciones, la señal procesada se publica en el tópico

`proc_signal_ROSario` en la función `talker_callback`, usando la variable `msg3`.

- Frecuencia de muestreo

Se buscó hacer trabajar a este nodo a una frecuencia más baja para reducir el consumo de recursos computacionales, así que el timer asociado al publicador `publisher2` cuenta con una tasa de publicación de 5 Hz (0.2 s)

Para lograr la ejecución simultánea de los nodos desarrollados anteriormente, se diseñó el archivo `challenge1_ROSario_launch.py`, el cual contiene la función

`generate_launch_description`, encargada de definir ambos nodos dentro de una estructura `LaunchDescription`.

Resultados

Siguiendo la metodología descrita anteriormente, se lograron los siguientes resultados, evaluandolos en función de los objetivos planteados para determinar si se consideran satisfactorios y completos.

1. El nodo `signal_generator_ROSario` fue diseñado correctamente, cumpliendo con la publicación exitosa de los valores de tiempo en el tópic `/time_ROSario` y de los valores de la señal senoidal en el tópic `/signal_ROSario`, así como al configuración de la frecuencia de publicación constante de 10 Hz, comprobada durante la ejecución.

```

oscar_g009@VICTUS: ~/ros2_ws
oscar_g009@VICTUS: [~/ros2_ws]$ ros2 run signal_processing_ROSario signal_generator_ROSario
[INFO] [1739999944.286398629]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "0.000000"
[INFO] [1739999944.286886586]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.000000"
[INFO] [1739999944.304773153]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "0.100000"
[INFO] [1739999944.305561672]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.099933"
[INFO] [1739999944.405130885]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "0.200000"
[INFO] [1739999944.406046975]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.198699"
[INFO] [1739999944.505065552]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "0.300000"
[INFO] [1739999944.505913111]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.295320"
[INFO] [1739999944.605933587]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "0.400000"
[INFO] [1739999944.605877998]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.389418"
[INFO] [1739999944.705139983]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "0.500000"
[INFO] [1739999944.706090550]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.479426"
[INFO] [1739999944.804988042]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "0.600000"
[INFO] [1739999944.805865427]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.564642"
[INFO] [1739999944.905829514]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "0.700000"
[INFO] [1739999944.905933153]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.664218"
[INFO] [1739999945.005172481]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "0.800000"
[INFO] [1739999945.006161046]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.747356"
[INFO] [1739999945.105145249]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "0.900000"
[INFO] [1739999945.106035094]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.783327"
[INFO] [1739999945.205122112]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "1.000000"
[INFO] [1739999945.206104844]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.841471"
[INFO] [1739999945.305231834]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "1.100000"
[INFO] [1739999945.306299839]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.891207"
[INFO] [1739999945.405133316]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "1.200000"
[INFO] [1739999945.406132082]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.932039"
[INFO] [1739999945.505237431]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "1.300000"
[INFO] [1739999945.506198494]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.943358"
[INFO] [1739999945.605123342]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "1.400000"
[INFO] [1739999945.606093791]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.954550"
[INFO] [1739999945.705210681]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "1.500000"
[INFO] [1739999945.706185832]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.957495"
[INFO] [1739999945.805122210]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "1.600000"
[INFO] [1739999945.806029638]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.959574"
[INFO] [1739999945.905120131]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "1.700000"
[INFO] [1739999945.906074067]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.959165"
[INFO] [1739999946.005132619]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "1.800000"
[INFO] [1739999946.006044115]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.973848"
[INFO] [1739999946.105120346]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "1.900000"
[INFO] [1739999946.106022580]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.946300"
[INFO] [1739999946.205040888]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "2.000000"
[INFO] [1739999946.205980637]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.909297"
[INFO] [1739999946.305216057]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "2.100000"
[INFO] [1739999946.306133544]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.863399"
[INFO] [1739999946.405132041]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "2.200000"
[INFO] [1739999946.406078350]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.808496"
[INFO] [1739999946.505129655]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "2.300000"
[INFO] [1739999946.506069875]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.745705"
[INFO] [1739999946.605029790]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "2.400000"
[INFO] [1739999946.605981377]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.675463"
[INFO] [1739999946.705129231]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "2.500000"
[INFO] [1739999946.706083790]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.598472"
[INFO] [1739999946.805196037]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "2.600000"
[INFO] [1739999946.806167380]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /signal_ROSario: "0.515581"
[INFO] [1739999946.905117730]: signal_generator_ROSario: Publishing tn /time_ROSario: "2.700000"

```

Imagen 1. Envío periódico de los mensajes generados por el nodo `signal_generator`

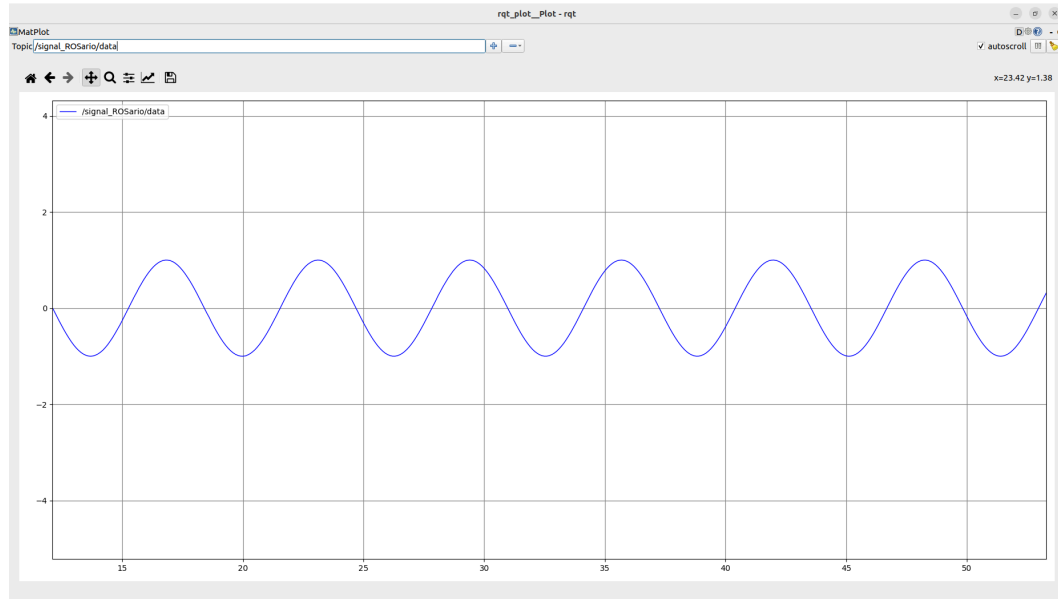


Imagen 2. Gráfica generada en `rqt_plot` de la señal senoidal publicada

2. El nodo `process_ROSario` fue diseñado para recibir y procesar los datos de la señal generada, logrando la suscripción exitosa al tópico `/signal_ROSario`, procesando correctamente la señal con los ajustes especificados así como su publicación en el tópico correspondiente.

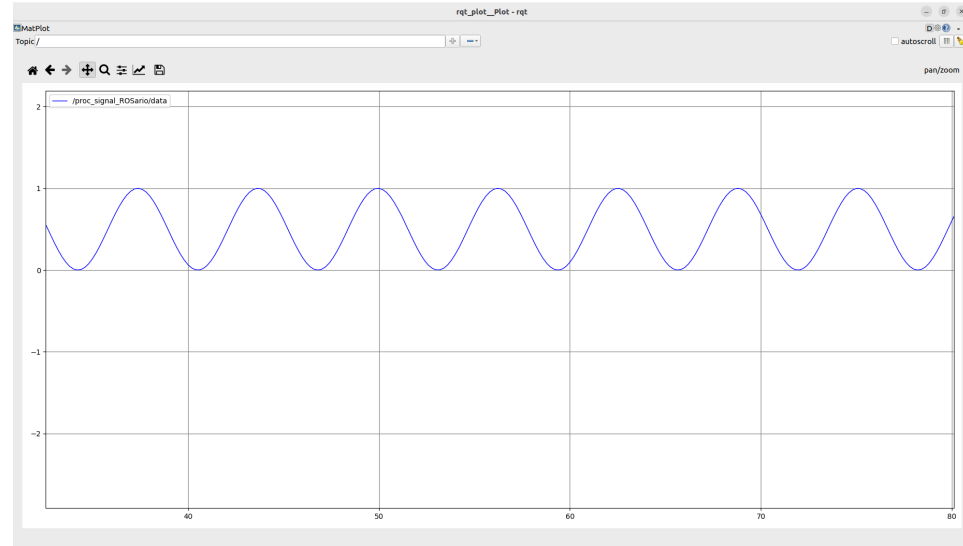


Imagen 3. Publicación de los valores de la señal procesada

3. Se desarrolló un archivo de tipo *launch*, logrando la correcta inicialización de los nodos en una única ejecución.

```
[~] oscar_ojeda@VICTUS: ~/ros2_ws
[INFO] [launch]: All log files can be found below /home/oscar_ojeda/.ros/log/2025-02-10-14-49-12-542873-VICTUS-13363
[INFO] [launch]: default logging verbosity is set to INFO
[INFO] [signal_generator_ROSario-1]: process started with pid [13364]
[INFO] [process_ROSario-2]: process started with pid [13366]
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998152.97280836] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "0.000000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998152.97280836] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.000000"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998152.98688019] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.0"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.051506251] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "0.100000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.052585326] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.099833"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.053171032] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.09983335555495"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.096853453] [process_ROSario]: Publishing in /proc_signal_ROSario: "0.450083"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.121092413] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "0.200000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.122060626] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.198669"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.123402289] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.19866932928562164"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.215937213] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "0.300000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.252879814] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.295520"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.253423022] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.29552032637774"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.347038583] [process_ROSario]: Publishing in /proc_signal_ROSario: "0.332248"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.351812234] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "0.400000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.352815993] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.389418"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.353348822] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.389418337688446"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.451848153] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "0.500000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.452808159] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.479426"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.453220888] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.479426259587441"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.511937371] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "0.600000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.552872919] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.584642"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.553368054] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.584642489554514"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.596925338] [process_ROSario]: Publishing in /proc_signal_ROSario: "0.227079"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.651943932] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "0.700000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.652908133] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.644218"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.653151563] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.64421805963836"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.751785082] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "0.800000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.752525983] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.717356"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.753092452] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.71735607722827"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.846980888] [process_ROSario]: Publishing in /proc_signal_ROSario: "0.141322"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.851740963] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "0.900000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.852693231] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.783327"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.85312914] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.783327238471985"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.951808089] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "1.000000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998153.952745915] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.717356"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998153.953335564] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.71735607722827"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998154.051937483] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "1.100000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998154.052818044] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.691207"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998154.053448993] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.69120737279456"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998154.096885391] [process_ROSario]: Publishing in /proc_signal_ROSario: "0.654396"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998154.151296193] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "1.200000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998154.152430240] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.932039"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998154.152929774] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.9320392052025"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998154.251937690] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "1.300000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998154.252914085] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.903558"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998154.253460317] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.903558197821644"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998154.346881079] [process_ROSario]: Publishing in /proc_signal_ROSario: "0.018221"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998154.351633909] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /time_ROSario: "1.400000"
[signal_generator_ROSario-1] [INFO] [1739998154.352607482] [signal_generator_ROSario]: Publishing in /signal_ROSario: "0.985450"
[process_ROSario-2] [INFO] [1739998154.353287874] [process_ROSario]: I heard from /signal_ROSario: "0.985450711429451"
```

Imagen 4. Inicialización automática de ambos nodos y la correcta comunicación entre ellos

4. Para verificar la interacción entre nodos y tópicos, se utilizaron las herramientas gráficas de ROS2:

- `rqt_graph` mostró la conexión correcta entre los tópicos `/time_ROSario`, `/signal_ROSario` y las suscripciones de ambos nodos.
- `rqt_plot` permitió visualizar la señal original y la procesada en tiempo real

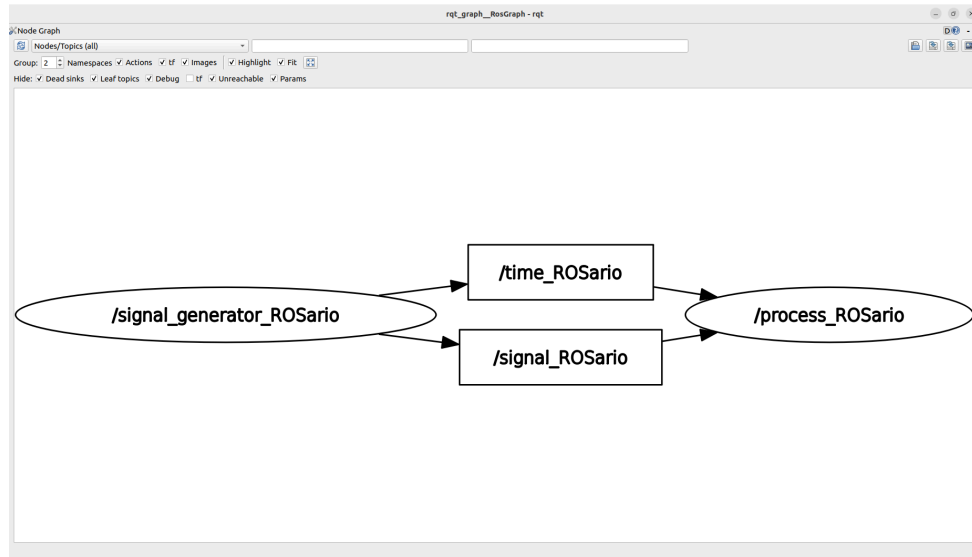


Imagen 5. Conexión entre el nodo `signal_generator`, el nodo `process` y sus respectivos tópicos de publicación y suscripción.

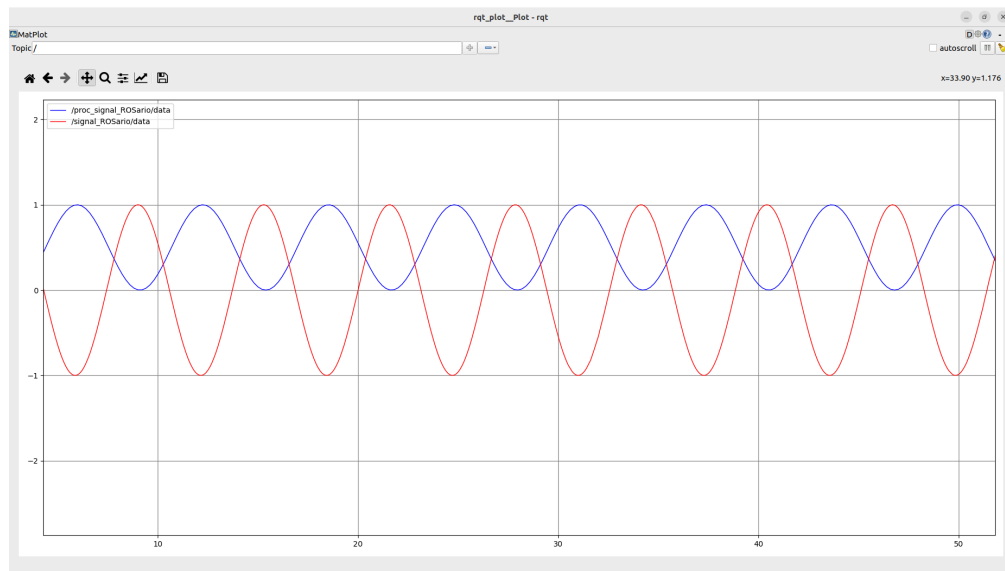


Imagen 6. Transformación de la señal a través del nodo `process`, confirmando la correcta interacción.

Conclusiones

El desarrollo del sistema basado en ROS2 para la generación, procesamiento y visualización de señales permitió alcanzar los objetivos planteados de manera exitosa. Se implementó un entorno distribuido donde los nodos interactúan correctamente por medio de los tópicos de comunicación, facilitando la interpretación del flujo de datos dentro del sistema.

El nodo `signal_generator_ROSario` cumple con la generación y publicación de la señal senoidal, manteniendo una frecuencia constante de 10 Hz. Así mismo, el nodo `process_ROSario` realiza correctamente las transformaciones especificadas como la reducción de amplitud, el desplazamiento vertical y el cambio de fase, publicando los resultados en el tópico adecuado.

El archivo *launch* facilitó la ejecución conjunta de ambos nodos, optimizando el proceso de prueba del sistema. Además, el uso de herramientas como `rqt_plot` y `rqt_graph` nos permitió visualizar la interacción entre ambos nodos y verificar el correcto funcionamiento de las comunicaciones y modificaciones de la señal.

Aunque el sistema funciona correctamente, existen áreas de mejora en las cuales trabajar como incorporar parámetros dinámicos para ajustar en tiempo real la amplitud, fase o frecuencia de la señal generada, así como optimizar la gestión de recursos para entornos con mayores exigencias computacionales.

En conclusión, el reto permite la comprensión de los fundamentos de ROS2, la interacción de los nodos y tópicos, fortaleciendo las bases para el desarrollo de sistemas más complejos en entornos distribuidos.

Bibliografia

Samaniego, J. F. (s. f.). El futuro de la robótica. *UOC*.

<https://www.uoc.edu/es/news/2023/150-theker-robotica>

Basic Concepts — ROS 2 Documentation: Humble documentation. (s. f.).

<http://docs.ros.org/en/humble/Concepts/Basic.html>

es/ROS/Introduccion - ROS Wiki. (s. f.). <http://wiki.ros.org/es/ROS/Introduccion>

Launch — ROS 2 Documentation: Humble documentation. (s. f.).

<http://docs.ros.org/en/humble/Concepts/Basic/About-Launch.html>

Nodes — ROS 2 Documentation: Humble documentation. (s. f.-b).

<http://docs.ros.org/en/humble/Concepts/Basic/About-Nodes.html>

Topics — ROS 2 Documentation: Humble documentation. (s. f.-b).

<http://docs.ros.org/en/humble/Concepts/Basic/About-Topics.html>

Anexos

Repositorio: https://github.com/oscarOT09/signal_processing_ROSario