

El grupo de investigación MINA

Investigamos en Sistemas Cíber Físicos (SCF):

- ▶ integran computación, redes y procesos físicos.
- ▶ bucles de realimentación donde procesos físicos impactan sobre procesos de cómputo y viceversa.

más en concreto, nos dedicamos a:

- ▶ robótica, sistemas de comunicaciones, sistemas multi-agente, sistemas autonómicos, redes de sensores, IA aplicada, sistemas embebidos, entre otros.

Algunas áreas de trabajo actuales

- ▶ Movilidad y gestión distribuida en redes oportunistas.
- ▶ Evolución del routing en internet y en el datacenter.
- ▶ Cloud computing & internet de las cosas.
- ▶ Navegación autónoma en entornos desconocidos.
- ▶ Cooperación y coordinación en sistemas multi-robot.
- ▶ Robótica educativa.
- ▶ Redes programables.

Proyectos del taller

- ▶ A continuación se presenta una lista de proyectos propuestos por docentes del grupo MINA.
- ▶ Los estudiantes interesados deben contactar directamente a los docentes proponentes.

Modelos de comunicación inalámbrica para exploración multi-robots

Responsables: Facundo Benavides, Eduardo Grampín
(fbenavid,grampin)@fing.edu.uy

El modelo básico de comunicación utilizado es considerar que existe un “disco” de señal centrado en el robot. Existen modelos mejorados que consideran atenuación de la señal en el disco, y también la atenuación de las paredes del entorno. Se propone considerar además otros factores como por ejemplo el multipath fading producido por reflexión y refracción.

Posibles entornos de trabajo:

- ▶ Simulador ns-3
- ▶ Matlab

Wavefront propagation sobre Quadrees en ROS2

Responsable: Facundo Benavides (fbenavid@fing.edu.uy)

El término Quadtree, o árbol cuaternario, se utiliza para describir clases de estructuras de datos jerárquicas cuya propiedad común es que están basados en el principio de descomposición recursiva del espacio. En robótica, los Quadtree se utilizan para descomponer el espacio de configuración del robot obteniendo una representación que utiliza menos memoria que p.e. las grillas de ocupación.

Interesa comprender el modelado de entornos 2D basado en QuadTrees y el algoritmo de planificación de caminos basado en propagación de olas para desarrollar una solución combinada que sea más eficiente que propagar olas sobre grillas regulares.

Detección automática de aves plaga

Responsable: Facundo Benavides (fbenavid@fing.edu.uy)

El daño causado por pájaros en los diferentes cultivos es un problema relevante en la agricultura a nivel mundial. En Uruguay los mismos afectan desde cultivos de secano como la soja y el girasol hasta frutales como el durazno, manzanos, perales y uva. La principal especie plaga en frutales es la cotorra (*Myiopsitta monachus*). Actualmente se está estudiando el uso de diversas tecnologías que se complementan entre ellas, como el uso de detección automática de especies invasoras mediante cámaras, uso de drones y sonidos para disuasión de los pájaros.

Interesa probar modelos de CNN (p.e. YOLO) para realizar la detección automática de la presencia del ave en cultivos. Plataforma: Jetson Orin Nano + WebCam Logitech C270HD

Agente robótico Q-Learning

Responsables: Facundo Benavides, Martín Llofriu
{fbenavid,mlllofri}@fing.edu.uy

Un agente robótico Q-Learning es una máquina capaz de aprender a realizar una tarea guiado exclusivamente por su propia experimentación práctica (sin supervisión o retroalimentación por parte del programador humano).

Se desea implementar un robot capaz de alcanzar un objeto estático (p.e. pelota) de forma eficiente utilizando la plataforma Lego Ev3 con una cámara usb, programando su comportamiento según la arquitectura Subsumption sobre ROS2.

Sistema de posicionamiento en interiores

Responsables: Martín Llofriu, Facundo Benavides
{mlllofriu,fbenavid}@fing.edu.uy

Se busca implementar un sistema de localización en interiores basándose en la plataforma Marvelmind (<https://marvelmind.com/>). Este sistema es muy versátil, pero también muy complejo. Se espera que el estudiante se familiarice con el sistema, sus modos de operación y parámetros más importantes. Luego, se espera que implante un sistema de localización de interiores en el edificio del InCo. Opcionalmente, se puede trabajar con el robot Jackal o un drone DJI Mini 3 Pro y el stack de navegación de ROS2 para navegar entre waypoints utilizando la posición brindada por el sistema.

Sumo.uy :: Fútbol de robots

Responsable: Facundo Benavides (fbenavid@fing.edu.uy)

La RoboCup Soccer Simulation 2D League es una de las competiciones más antiguas de RoboCup Soccer. Se basa en el Simulador de Fútbol RoboCup, que permite a dos equipos de 11 robots autónomos simulados más un agente entrenador autónomo jugar un partido de fútbol con reglas y comportamientos muy realistas. Gracias a su estabilidad, el simulador de fútbol RoboCup es una excelente herramienta educativa y de investigación para sistemas multiagente, inteligencia artificial y aprendizaje automático.

Se busca configurar el entorno de juego, instanciar un equipo de fútbol y opcionalmente realizar mejoras a las estrategias revisadas.

Responsable: Facundo Benavides (fbenavid@fing.edu.uy)

Con el objetivo de fomentar el interés y animar a los estudiantes a explorar las tecnologías UAV (del inglés Vehículo Aéreo no tripulado), existen cada vez más concursos o competencias que, desde una perspectiva lúdica, pretenden contribuir a mejorar la trayectoria educativa y sus futuras carreras profesionales.

Se busca aprovechar los recursos de hardware disponibles (Parrot AR-Drone) y las capacidades de programación disponibles en el software TurtleBots (Paleta AR-Drone) para promover una Liga de Drones en el marco del evento Sumo.uy.

Detección y control de malezas

Responsables: Mercedes Marzoa Tanco (mmarzoa@fing.edu.uy)

Desde hace varios años, el grupo MINA desarrolla proyectos de investigación y desarrollo con el objetivo de acercar la robótica autónoma a los desafíos del sector agropecuario. Actualmente, nos encontramos realizando un proyecto financiado por el INIA cuyo objetivo es la detección y control autónomo de malezas en cultivos de frutales y olivos.

Para abordar este problema, se plantea el uso de un robot autónomo equipado con sensores de imagen y profundidad, capaz de monitorear el terreno, identificar malezas y enviar la señal correspondiente para su control.

El robot deberá navegar por el campo manteniendo un mapa preciso de la ubicación de las malezas, una tarea especialmente compleja debido a las condiciones de estos entornos. Para la detección, se emplearán técnicas de visión por computadora y aprendizaje profundo. Se realizarán pruebas de campo tanto para la navegación como para la identificación de las malezas, buscando generar las bases de datos, entrenar los algoritmos y evaluar su desempeño.

En cuanto a la navegación, se desarrollarán estrategias que permitan al robot desplazarse de manera segura por el cultivo, dirigirse a puntos específicos y construir un mapa en tiempo real mientras se posiciona dentro de él.

Time-Sensitive Networking (TSN)

Responsable: Eduardo Grampín (grampin@fing.edu.uy)

Conjunto de estándares en desarrollo por grupo TSN IEEE 802.1, que definen mecanismos para la transmisión de datos sensibles al tiempo a través de redes Ethernet deterministas. Abordan la transmisión de datos con muy baja latencia y alta disponibilidad. Las aplicaciones incluyen redes convergentes con flujo de audio/video en tiempo real y flujos de control en tiempo real que se utilizan en instalaciones de control automatizado o industrial. Los tres componentes básicos de TSN son:

- ▶ Sincronización de tiempo: todos los dispositivos que participan en la comunicación en tiempo real deben tener una comprensión común del tiempo.
- ▶ Programación y configuración del tráfico: todos los dispositivos que participan en la comunicación en tiempo real se adhieren a las mismas reglas en el procesamiento y reenvío de paquetes de comunicación.
- ▶ Selección de rutas de comunicación, reservas de ruta y tolerancia a fallas.

En proyectos anteriores se avanzó en el estudio de los estándares y los entornos de simulación:

- ▶ Simulador OMNeT++: <https://omnetpp.org/download-items/NeSTiNg.html>
- ▶ Engine: <https://github.com/rezabfil-sec/engine-framework>

Se propone seguir explorando casos de uso en estos u otros entornos de trabajo, por ejemplo utilizando programabilidad de red con P4.

Programando switches (SmartNICs)

Responsables: Belén Brandino (bbrandino@fing.edu.uy), Leonardo Alberro (lalberro@fing.edu.uy)

Cambiar el comportamiento del hardware es posible. En este proyecto se propone crear un conjunto de programas que modifiquen el comportamiento de las SmartNICs Netronome. Estas tarjetas de red inteligentes tienen la posibilidad de ser programadas con P4 o microC, así como cargar una gran cantidad de programas ya provistos. Por ejemplo, se puede programar la placa para que sea un switch, un router, un firewall, una calculadora, un “man in the middle”, entre otras cosas.

El grupo cuenta con el hardware necesario así como trabajo previo que ya ha logrado avances en la programabilidad de este hardware. El siguiente paso (y objetivo del taller) es explorar la combinación de P4 + microC. Esta posibilidad que brindan las placas permite extender las funcionalidades y limitantes de P4.

Predicción de calidad de agua en ambiente urbano

Responsable: Alberto Castro (acastro@fing.edu.uy)

En áreas urbanas, el first flush representa la escorrentía superficial inicial de una tormenta. Durante esta fase, la contaminación del agua que ingresa a los desagües pluviales suele estar más concentrada en comparación con el resto de la tormenta. En consecuencia, estas altas concentraciones de escorrentía urbana dan como resultado altos niveles de contaminantes que se descargan de las alcantarillas pluviales a las aguas superficiales. Por lo tanto, tener una herramienta sólida de modelado matemático capaz de predecir con precisión la concentración de contaminantes en caso de que ocurra first flush es esencial. Las técnicas de aprendizaje automático se han utilizado ampliamente en el campo de la calidad del agua; sin embargo, su uso para predecir la aparición de first flush y la concentración de contaminantes es limitado. En este proyecto se propone lo siguiente: 1) realizar un análisis exploratorio en una base de datos mundial de calidad del agua de aguas pluviales urbanas; 2) implementación, entrenamiento y validación de un algoritmo de aprendizaje automático para la predicción de las concentraciones de los contaminantes más críticos en ambiente urbano; 3) análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Convertir al robot educactivo Robotito en un robot de investigación integrando ROS2

Responsable: Jorge Visca (jvisca@fing.edu.uy)

Robotito[1] es un robot educativo desarrollado por el Grupo MINA. Entre otras características de interes, es un robot omnidireccional equipado con 6 sensores de distancia TOF, y controlado por un microcontrolador ESP32 con Wifi y Bluetooth. Se propone integrar las siguientes funcionalidades:

- ▶ Equipar al robot con micro_rosso[2], un sistema modular basado en Platformio para desplegar micro-ROS en microcontroladores.
- ▶ Intergar a Robotito con el ecosistema ROS2 implementando las descripciones URDF correspondientes.
- ▶ Implementar el soporte de Bluetooth y Wifi en micro_rosso para permitir la operación inalámbrica de Robotito

[1] <http://www.robotito.cicea.ei.udelar.edu.uy/node/10>

[2] https://github.com/xopxe/micro_rosso_platformio

Integrar robot de exterior Oruga para robótica agropecuaria

Responsable: Jorge Visca (jvisca@fing.edu.uy)

Oruga[1] es un robot de exterior equipado con orugas y un sistema de control desarrollado en Facultad de Ingeniería. Se desea utilizarlo en los proyecto de investigación de Robótica Agropecuaria del grupo MINA. Esto implica integrar distintas funcionalidades de ROS2 así como nuevos sensores y actuadores.

[1] https://github.com/xopxe/oruga_ws

Crear interfaz de usuario para un Simulador de Epidemias para Uruguay

Responsable: Jorge Visca (jvisca@fing.edu.uy)

Epibus[1][2] es un simulador de eventos discretos basado en datos poblacionales del Censo de Uruguay y de movilidad extraídos de los Sistemas de Transporte Público y de telefonía celular[3]. Permite simular brotes de enfermedades contagiosas, en especial Covid2019.

A diferencia de otros simuladores poblacionales, Epibus simula la propagación de una epidemia a nivel de individuos, teniendo en cuenta sus contactos en el hogar, lugares de trabajo, y desplazamientos.

Se desea desarrollar interfaces web para el público general que permitan definir características iniciales del brote y visualizar su desarrollo. Asimismo se desea simplificar el despliegue para poner la simulación disponible en la web de forma escalable.

[1] <https://gitlab.fing.edu.uy/jvisca/epibus>

[2] https://gitlab.fing.edu.uy/jvisca/epibus_tarantool

[3] <https://eventos.ei.udelar.edu.uy/event/13/contributions/833/>

Evaluación dos modos de interacción de Robotito en el aula

Responsable: Ewelina Bakala (ebakala@fing.edu.uy)

Robotito[1][2] es un robot educativo desarrollado en la Facultad de Ingeniería. Cuenta con un sensor de color y ruedas omnidireccionales. Actualmente, su recorrido puede programarse mediante tarjetas de colores, ya que cada color está asociado a una dirección de desplazamiento. El robot cambia de dirección sin necesidad de girar. Se busca evaluar si este tipo de movimiento resulta más intuitivo que un movimiento con giro para niños preescolares. Para ello, se desarrollará una versión del robot que incluya giros de 90 grados y se llevarán ambas versiones al aula para comparar su desempeño.

[1] <http://robotito.pages.fing.edu.uy/firmware/>

[2] <https://www.youtube.com/watch?v=Jo6SKr23Z8M>

Detección de tarjetas de programación usando sensor óptico del ratón

Responsable: Jorge Visca (jvisca@fing.edu.uy) y Ewelina Bakala (ebakala@fing.edu.uy)

El sensor óptico de un ratón funciona capturando numerosas imágenes de baja resolución por segundo, lo que le permite detectar patrones en la superficie sobre la que se mueve. La idea es integrar este sensor en un prototipo de robot para analizar las tarjetas de programación ubicadas debajo de él.

Mediante el procesamiento de las imágenes capturadas, el robot podrá identificar qué tarjeta de programación está detectando y en qué posición se encuentra sobre ella.

Cada tarjeta tendrá un patrón específico asociado a un cambio de dirección, permitiendo así controlar el movimiento del robot.

Este proyecto se inspira en el funcionamiento del robot Qobo[1].

[1] <https://www.robobloq.com/product/Qobo>

Programación de un robot Turtlebot para mapear ambientes de facultad en 2D y 3D

Responsable: Federico Andrade (fandrade@fing.edu.uy)

El robot Turtlebot [1] es un robot móvil muy versátil para su uso en ambientes académicos. El uso de técnicas como mapeo y localización simultánea (SLAM por sus siglas en inglés) es el standard para la recreación de mapas de ambientes tanto en 2D como en 3D. El mapeo de ambientes desconocidos es una tarea fundamental para un robot móvil como aspiradoras domésticas, robots de servicio en el hogar, robots que hacen vigilancia, autos autónomos, entre otros.

En este proyecto el estudiante deberá: i) familiarizarse con el robot Turtlebot a través de la realización de tutoriales con ROS, ii) deberá integrar un sensor láser y un sensor de profundidad al Turtlebot, y iii) ejecutar un algoritmo de SLAM que realice el mapeo de distintos espacios de facultad. Video de ejemplo del trabajo a realizar en [2].

[1] <https://www.turtlebot.com/>

[2] https://youtu.be/5D_pnLONa_A?si=7k8gPagyCMnXv7rL

Responsable: Eduardo Grampín (grampin@fing.edu.uy)

La Internet de las Cosas (IoT) es una idea que refiere a lograr la interconexión de objetos físicos, tanto estáticos como móviles, con el fin de que capturen y transmitan datos y/o respondan a órdenes (o comandos). Para lograr este fin, estos objetos integran sensores, actuadores, elementos de cómputo y software, además de la infraestructura de comunicación para lograr la interconexión.

Desde 2022 se cuenta con un despliegue funcional de un prototipo de Campus Inteligente en FING, que se basa en el desarrollo de sensores de temperatura y calidad de aire, contador de personas, humedad y otras variables meteorológicas, lugares libres en el estacionamiento, entre otras posibilidades. Se propone participar en la consolidación de este prototipo, con posibles aplicaciones a otros servicios de la Udelar, trabajando tanto en desarrollo y mejora de los sensores, como en la plataforma de IoT que da soporte al campus (actualmente ThingsBoard), por ejemplo haciendo analítica de datos y/o desarrollando aplicaciones utilizando la API provista.

Actualmente se utilizan diversas tecnologías de comunicación (WiFi, LoRa, Bluetooth, entre otras), y diversos sistemas embebidos programables (Sparkfun ESP 32, Raspberry Pi, entre otros). Se estudiará la posibilidad de incorporar sensores comerciales al prototipo.