

# 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 autónomos, redes de sensores, IA aplicada, sistemas embebidos.

# Algunas áreas de trabajo actuales

- ▶ movilidad y gestión distribuida en redes oportunistas.
- ▶ evolución del routing en internet.
- ▶ cloud computing & internet de las cosas.
- ▶ navegación autónoma en entornos desconocidos.
- ▶ cooperación y coordinación en sistemas multi-robot.

# Bosquejos de proyecto de grado

- ▶ A continuación se presenta una lista de los bosquejos de proyectos de grado propuesto por docentes del grupo MINA.
- ▶ Los estudiantes deberán manifestar el interés de desarrollar el bosquejo directamente con los docentes que lo proponen.

# Robotito: Control de robot omnidireccional

## Robótica

Responsables: Jorge Visca (jvisca@fing.edu.uy), Guillermo Amorín (gamorin@fing.edu.uy)

Robotito es una plataforma robótica para experimentar y estudiar aspectos de pensamiento computacional en niños en edades tempranas. El robot es omnidireccional, y se desea mejorar las técnicas de control de los motores para obtener mejor seguimiento de trayectorias y capacidad de obtener información de odometría.

- ▶ Implementar técnicas del estado del arte en una plataforma real. Ejemplos: Li X., Zell A. Motion Control of an Omnidirectional Mobile Robot (2009); T.A. Baede, Motion control of an omnidirectional mobile robot (2006); Dourado M., Scolari A., Modeling of a Three Wheeled Omnidirectional Robot Including Friction Models (2012)
- ▶ Hacer pruebas para validar la implementación.

# Robocup@HOME

Robótica aplicada al servicio doméstico

Responsables: **Federico Andrade** ([fandrade@fing.edu.uy](mailto:fandrade@fing.edu.uy)), Gonzalo Tejera, Mercedes Marzoa,

## Reconocimiento de rostros y seguimiento de personas

- ▶ Aplicación de técnicas para reconocimiento de rostros y seguimiento de humanos.

## Brazo robot para manipulación de objetos domésticos

- ▶ Utilizar técnicas de planificación de trayectorias aplicadas a manipular artículos en el marco doméstico.

## Planificador de alto nivel para robot de servicio

- ▶ Relevar e implementar técnicas de planificación de tareas aplicadas a actividades en el marco de la Robocup@Home.

## Referencias

[1] Robocup, [www.robocup2016.org](http://www.robocup2016.org)

[2] Robocup@HOME, [www.robocupathome.org/rules](http://www.robocupathome.org/rules)

# Navegación acuática

## Robótica

Responsables: Gonzalo Tejera (gtejera@fing.edu.uy), Mercedes Marzoa (mmarzoa@fing.edu.uy)

La navegación es una de las actividades más importantes y desafiantes que deben tenerse en cuenta al trabajar con un robot móvil. Más desafiante cuando se debe realizar en exterior y sobre el agua. Se propone trabajar en los distintos problemas de navegación sobre una plataforma acuática para lagunas y lagos.

- ▶ Control de movimiento.
- ▶ Debe realizar una rápida asignación frente a cambios en el entorno.
- ▶ Seguimiento de caminos.
- ▶ Mapeo.

# ROSificando IKUS

## Robótica

Responsables: Gonzalo Tejera (gtejera@fing.edu.uy), Mercedes Marzoa (mmarzoa@fing.edu.uy)

ROS es un sistema operativo para robots ampliamente utilizado tanto a nivel académico como industrial. Por otro lado, IKUS [1] es un robot móvil desarrollado por el grupo MINA con gran potencial. Este proyecto propone integrar completamente el robot IKUS a ROS (ROSificar

- ▶ Control de movimiento, implementar el sistema motriz del robot según ros control.
- ▶ Navegación, integrar al stack de navegación.
- ▶ Simulación, modelado del robot en Gazebo).

## Referencias

[1] Video del robot IKUS, [https://twitter.com/mina\\_udelar/status/1209191005968388102?s=21](https://twitter.com/mina_udelar/status/1209191005968388102?s=21)

# Navegación basada en visión para apoyo en tareas agrícolas

Robótica

Responsables: Gonzalo Tejera (gtejera@fing.edu.uy), Mercedes Marzoa (mmarzoa@fing.edu.uy)

Un robot autónomo móvil es una máquina capaz de extraer información de su ambiente y usar ese conocimiento para moverse en forma segura cumpliendo un propósito. La navegación es una colección de algoritmos que permiten resolver las dificultades que aparecen al tratar de responder a las siguientes preguntas: a dónde debo ir, cuál es la mejor forma de llegar, dónde he estado (construcción de mapas) y dónde estoy (localización).

Se propone estudiar los sistemas de navegación visual existentes que posibiliten a un robot autónomo móvil para exteriores moverse de forma autónoma y precisa por el campo.

# Navegación bio-inspirada

Navegación, Mecanismos y neuronas, Modelado computacional

Responsable: Gonzalo Tejera

La evolución ha producido un abanico muy amplio de seres vivos móviles e inteligentes en la forma de organismos que van desde los insectos a los humanos, siendo éstos en general más flexibles y eficientes que los robots actuales. Esta diferencia ha llevado al estudio de los organismos vivos para desarrollar mejores robots, en algunos casos también se construyen robots para entender mejor a los organismos.

- ▶ Integración de la información para la navegación.
- ▶ Mecanismo de remapeo.
- ▶ Transformación de representación egocéntrica a global de la visión.

# Desarrollo de robots ágiles para exterior

Responsable: Gozálo Tejera

El grupo MINA a desarrollado prototipos para navegación en exterior asociado a recolección de frutos. Este proyecto propone desarrollar al menos un prototipo de robot móvil terrestre para exterior teniendo en cuenta principalmente su robustez y agilidad. Algunos proyectos similares:

- ▶ HoverBot, robot basado en plataformas hoverboard [1].
- ▶ Crawler, robot articulado impreso en 3D [2].

**Referencias** [1] HoverBot goes to the park,

<https://www.youtube.com/watch?v=QN0gWHhilm4>, visitado julio de 2019.

[2] Diseño 3D del robot Crawler RC,

<https://www.thingiverse.com/thing:2573416>, visitado julio de 2019.

# UAVs para tareas de exploración cooperativa

## Robots aéreos no tripulados, Exploración cooperativa, Redes Ad-hoc.

Responsables: Facundo Benavides (fbenavid@fing.edu.uy), Jorge Visca (jvisca@fing.edu.uy).

El problema de exploración cooperativa puede resumirse como el problema de explorar un entorno desconocido logrando, en cada momento, una distribución óptima de los robots de modo de minimizar el tiempo total de exploración.

Frente a los sistemas mono-robot los sistemas multi-robot presentan varias ventajas. Pueden explorar más rápidamente y ser más tolerantes a fallos. Sin embargo, para lograrlo es crucial disponer de buenos algoritmos de coordinación (evitando p.ej. que varios robots exploren las mismas zonas). Las soluciones coordinadas siempre requieren servicios de comunicación robustos que permitan un nivel mínimo de intercambio de información (p.ej. de localización). En este sentido se pueden pensar soluciones homogéneas (robots terrestres) donde cada individuo tome en cuenta las posibles restricciones de comunicación para evitar quedar aislado mientras explora o soluciones heterogéneas en las que participen robots aéreos que puedan tener un rol más específico de colaboración en el mantenimiento de una red ad-hoc que permita a los robots terrestres tener más libertad de movimientos.

Se propone:

- ▶ Estudiar el problema de exploración cooperativa bajo condiciones de comunicación no ideales.
- ▶ Desarrollar el control de un vehículo autónomo aéreo que brinde soporte de comunicación a una flota de robots terrestres.
- ▶ Validar la propuesta en entornos simulados.
- ▶ Realizar una prueba de concepto sobre plataformas reales conformadas por un cuadirotor y una flota de robots terrestres (y/o puntos de acceso fijos).

# Aliance sobre Torocó

## Arquitecturas cooperativas basadas en comportamientos

Responsables: Facundo Benavides (fbenavid@fing.edu.uy), Jorge Visca (jvisca@fing.edu.uy).

Los sistemas multi robots permiten mejorar el rendimiento y la tolerancia a fallas respecto a los sistemas compuestos de un único robot monolítico. La arquitectura de control se encarga de lograr estos dos objetivos principales. ALLIANCE es una arquitectura de software de control atractiva e interesante si se tiene en cuenta su origen, su objetivo y su modelo formal. La misma fue concebida para asignar tareas a robots heterogéneos de manera robusta respecto a cambios inesperados en el entorno y a modificaciones que puedan ocurrir al equipo de robots [1].

Este enfoque se construye sobre la arquitectura Subsumption agregándole la noción de conjuntos de comportamientos y motivaciones para realizar la selección de tareas en cada robot prescindiendo de comunicación explícita entre los mismos [2].

Como punto de partida se cuenta con la biblioteca Torocó para desarrollar sistemas de control de robots móviles que implementa la arquitectura Subsumption [3].

[1] G. Tejera, Contribución al diseño de sistemas multi robots utilizando ALLIANCE, M.Sc. Thesis, PEDECIBA Informática, 2004.

[2] I. Bettosini, A. Clavelli, Torocó: Sistema de Control de Robots Basado en Comportamientos, Tech Report, F. Ingeniería-Instituto de Computación, 2015.

[3] R. C. Arkin, Behavior-Based Robotics, MIT Press, 978-0-262-01165-5, 1998.

Se propone:

- ▶ Estudiar las arquitecturas Subsumption y Alliance.
- ▶ Desarrollar una implementación de la arquitectura Alliance basada en Torocó.
- ▶ Validar la propuesta en entornos simulados y plataformas reales.

# Path planning cooperativo

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

Dado que los sistemas robóticos móviles son utilizados en entornos cada vez más complejos, es benéfico que un equipo de robots sea capaz de trabajar en paralelo ejecutando tareas más complejas de las que puede realizar un único robot. En tal sentido es crucial que el equipo de robots pueda navegar el entorno de forma segura. El objetivo de la planificación de movimientos (path planning) es encontrar un trayecto continuo desde un estado inicial hacia uno final libre de colisiones con obstáculos, respetando las restricciones de movilidad del robot.

A partir de esta definición, el problema de path planning cooperativo puede definirse como: dado un set de 'm' robots en un espacio de dimensión 'k', cada robot tiene una configuración inicial (posición y orientación) y una configuración final objetivo; el camino debe ser planificado de forma de alcanzar el objetivo evitando colisiones tanto con obstáculos fijos como con otros robots presentes en el mismo espacio.

Se propone:

- ▶ Desarrollar un sistema planificador de trayectorias para múltiples robots móviles terrestres.
- ▶ Validar el resultado en un simulador.

# Lenguaje Funcional Reactivo para aplicaciones robóticas.

Programación funcional, Robótica

Responsables: Marcos Viera (mviera@fing.edu.uy), Jorge Visca (jvisca@fing.edu.uy).

Almus es un lenguaje embebido en Haskell, desarrollado en un proyecto de grado, que permite configurar y realizar tareas para robots o dispositivos embebidos de forma sencilla, componiendo comportamientos de manera transparente. Se basa en el paradigma de programación funcional reactivo (FRP) y es flexible ante nuevos dispositivos a ser acoplados al robot, brindando una interfaz genérica para la comunicación con los mismos.

En este proyecto se plantea continuar con el desarrollo anterior, implementando comportamientos robóticos en Almus, experimentando con distintos dispositivos y evolucionando el lenguaje de manera de satisfacer las necesidades presentadas durante la experimentación.

# Implementación y despliegue de un sistema de IoT para localización indoor

Internet de las Cosas, Redes, Programación de bajo nivel, Programación de aplicaciones

Responsables: Matías Richart (mrichart@fing.edu.uy), Eduardo Grampín (grampin@fing.edu.uy).

Dentro del concepto de IoT se ha establecido una arquitectura de facto, que consiste en dispositivos finales (y/o *gateways*) que generan información en su rol sensor y reciben comandos en su rol actuador. Esta información se transmite hacia/desde plataformas de IoT “en la nube” (públicas o privadas) a través de un componente específico de comunicación asincrónica (denominado *broker*), que hace disponibles los datos a módulos de almacenamiento y análisis, que eventualmente toman acciones. Específicamente el proyecto consiste en implementar y desplegar todas las partes de la arquitectura IoT (sensores, gateways, broker, etc) necesarias para resolver un problema concreto. En este caso el problema consiste en ubicar (mediante algún tipo de sensado) personas, dispositivos o robots que se encuentra en un espacio determinado. Para esto se utilizarán dispositivos de IoT de bajo costo y bajo consumo energético y se implementarán mecanismos de localización ya existentes.

El grupo MINA ha adquirido recientemente gateways y nodos con tecnología WiFi, Bluetooth y LoRa y cuenta con experiencia en el despliegue de plataformas de IoT. El proyecto deberá utilizar este equipamiento.

# Implementación y despliegue de una plataforma de SDN para redes WiFi

Responsables: Matías Richart (mrichart@fing.edu.uy), Eduardo Grampín (grampin@fing.edu.uy).

En los últimos años han surgido los paradigmas de Redes Definidas por Software (Software Defined Networks o SDN), y la Virtualización de Funciones de Red (Network Functions Virtualization o NFV), que proponen distribuir funcionalidades en distintos elementos de la red, y en particular, en elementos genéricos de procesamiento. En este sentido, en un proyecto de grado reciente se realizó un relevamiento del estado del arte en SDN en redes inalámbricas y se llegó a la conclusión que una de las plataformas mas adecuadas para las redes WiFi es 5G-EmPOWER [1].

En este proyecto nos interesa realizar un despliegue de esta plataforma en routers WiFi, implementar algunas funcionalidades específicas y evaluar la plataforma.

Objetivos:

- ▶ analizar y entender el diseño de la plataforma 5G-EmPOWER
- ▶ instalar y configurar la plataforma 5G-EmPOWER en routers WiFi
- ▶ desarrollar estrategias de implementación de funcionalidades bajo el paradigma SDN en redes inalámbricas utilizando la plataforma instalada
- ▶ realizar una evaluación de la plataforma detectando sus ventajas y limitaciones.

[1] <http://5g-empower.io>

# Monitorización y algoritmos de aprendizaje automático para Redes de Computadores

Responsables: Alberto Castro, Eduardo Grampín (acastro, grampin)@fing.edu.uy

Algunas de las limitaciones de las redes de hoy en día radican en su pobre adaptabilidad y programabilidad. Previendo por otro lado los fuertes requerimientos que imponen e impondrán los nuevos y futuros servicios como 5G, tales como baja latencia y alta disponibilidad. Para solucionar problemas de fallas, rendimiento o seguridad en las redes actuales, la mayoría de las configuraciones las realizan manualmente operadores experimentados que examinan las salidas de los sistemas de monitorización y deciden cómo reconfigurar adecuadamente la red, y no hay un circuito de retro-alimentación automático entre la supervisión de red y la configuración de red. Una causa fundamental de la ineficiencia en la configuración y optimización de la red es la falta de “inteligencia cognitiva”, es decir, la capacidad de inferir el estado de la red, analizar posibles implicaciones o tomar medidas pro-activas. La red de hoy es incapaz de aprender de sus errores y es propensa a cometer el mismo error otra vez. Solo después de las intervenciones y actualizaciones humanas, las funciones de red pueden actualizarse. Necesitamos buscar redes con los siguientes atributos:

- auto-configuración, auto-recuperación y auto-optimización. Proponemos:
- Diseñar e implementar una arquitectura de monitorización para redes de computadores.
- Diseñar e implementar un algoritmo de aprendizaje profundo que asista en la asignación de recursos de red.

# Sistema de medidas de calidad de servicio extremo a extremo para aplicaciones móviles

Responsables: Alberto Castro (acastro@fing.edu.uy), Matías Richart

Con la introducción inminente de las redes 5G, las aplicaciones móviles van a disfrutar no solo de velocidades efectivas de transmisión sin precedentes, sino de además una reducción del retardo de unos pocos milisegundos. Sin embargo, si las infraestructuras de red fija que conectan el segmento radio con los centros de datos, donde se ejecutan las aplicaciones, no mejoran significativamente, estas ventajas se verán muy disminuidas. Por este motivo, es necesario disponer de herramientas que sean capaces de medir tanto la velocidad efectiva como el retardo, ambos desde el dispositivo móvil de usuario hasta el centro de datos.

El objetivo de este proyecto es diseñar y desarrollar una herramienta que permita realizar estas medidas extremo a extremo. La aplicación está formada por los siguientes componentes:

1. Aplicación de medidas: Consta de dos partes:
  - a. Una aplicación móvil para dispositivos Android e iOS que genera trenes de paquetes que incluyen el tiempo actual, realiza las medidas con los paquetes recibidos y envía estas medidas a la aplicación de análisis.
  - b. Una aplicación que corre en los centros de datos y que reenvía los paquetes recibidos de nuevo a la aplicación móvil.
2. Aplicación de análisis. Incluye una base de datos de series temporales (por ejemplo, InfluxDB o Prometheus), algoritmos de análisis de datos y herramientas visualización (por ejemplo, Grafana).

# Benchmarking en Arquitecturas para Datacenter

Responsables: Alberto Castro, Federico Rivero

La simulación es una técnica muy utilizada en el área de Arquitectura de Computadoras con múltiples objetivos. Al presentar un nuevo diseño, es natural basar las primeras estimaciones de rendimiento en base a simulaciones, ya que permite ahorrar la construcción del prototipo. Adicionalmente, las simulaciones permiten realizar comparaciones en elementos aislados de dos computadoras manteniendo el resto del sistema idéntico, permitiendo obtener condiciones muy difíciles de replicar en la realidad. El objetivo de este proyecto de grado es realizar un estudio del estado del arte en simulación de arquitecturas de computadoras, determinar cuál o cuáles de los simuladores disponibles en la actualidad más se adecúan a las necesidades del grupo MINA en base a determinadas características de calidad (granularidad, escalabilidad, madurez, características de configuración), y construir una infraestructura de simulación (documentación, scripts, configuración, etc) reutilizable por el resto del equipo y desarrolle una prueba de concepto simulando un DataCenter.

## Referencias

- [1] SimpleScalar: An Infrastructure for Computer System Modeling
- [2] Multifacet's general execution-driven multiprocessor simulator (GEMS) toolset
- [3] Graphite: A Distributed Parallel Simulator for Multicores
- [4] Structural Simulation Toolkit (SST)

# Transfer Learning para la gestión de Elasticidad en contextos de *Cloud-Networks*

Responsables: Javier Baliosian, Guillermo Moncecchi

El negocio de las telecomunicaciones, aprovechando un concepto relativamente nuevo llamado *Cloud-network Slicing*, está evolucionando hacia la oferta de un conjunto cada vez más rico de servicios. Este paradigma debería permitir entornos de ejecución versátiles, capaces de ejecutar diferentes cargas de trabajo en diferentes momentos, y al mismo tiempo desperdiciar la menor cantidad de recursos posible. Esta adaptabilidad se conoce como elasticidad; se han propuesto muchos controladores basados en DNN y aprendizaje de refuerzo para entornos similares, por ejemplo el de la Virtualización de Funciones de Red (NFV).

Sin embargo, estas técnicas necesitan un período de aprendizaje que podría no ser asequible para los operadores que tienen como objetivo crear y eliminar *slices* tan rápido como sus clientes lo soliciten. En este proyecto, estudiaremos la aplicación de técnicas de **transfer learning** al dominio **Cloud-network Slices**. Exploraremos dos ideas relacionadas sobre cómo acelerar el proceso de aprendizaje:

1. realizándolo en un simulador y “transfiriendo” la política aprendida al sistema real, y
2. transfiriendo la política aprendida para una *slice* particular (por ejemplo, una *slice* para video streaming) a una nueva (por ejemplo, una *slice* de Cassandra DB).