

# 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: reconocimiento de imágenes basado en celular

## Robótica

Responsables: Jorge Visca (jvisca@fing.edu.uy), Mercedes Marzoa (mmarzoa@fing.edu.uy), Ewelina Bakala (ebakala@fing.edu.uy)

Robotito es una plataforma robótica para experimentar y estudiar aspectos de pensamiento computacional en niños en edades tempranas. El concepto original es el de un robot programado mediante el entorno, es decir, cuyo control se realiza manipulando el entorno donde el robot se desenvuelve. Se plantea desarrollar un a aplicación para un celular que iría montado encima del robot.

- ▶ La aplicación realizaría reconocimiento de imágenes / fiducials.
- ▶ Cada imagen reconocida tiene una acción asociada.
- ▶ Se desarrollan tareas, puzzles y retos para que los niños resuelvan con el robot.

# 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

## Reconocimiento - Manipulación de objetos - Planificación de alto nivel

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

La *visión por computadora* consiste en la adquisición, procesamiento y análisis de imágenes que permite obtener una representación visual del entorno con el objetivo de resolver una tarea específica.

Un *manipulador robótico* es un artefacto que tiene la capacidad de agarrar objetos, levantarlos, rotarlos o moverlos de un lugar a otro.

La *planificación de alto nivel* consiste en establecer un plan de acción para resolver tareas de alto nivel como ir a abrir la puerta, guardar las compras del supermercado o limpiar la mesa.

La *Robocup* [1] es una organización internacional que promueve el desarrollo de la robótica a través de distintos tipos de competencia. En particular la competencia *Robocup@Home* [2], en la cual un robot se debe mover dentro de una casa y realizar tareas de reconocimiento y manipulación de objetos.

Se propone:

- ▶ Integrar el paquete de reconocimiento objetos desarrollado desde inicios de 2017.
- ▶ Manipular objetos domésticos
- ▶ Releva e implementar un planificador de alto nivel para que Alfred-0 realice las tareas domésticas.

### Referencias

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

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

# Toma de decisiones basada en planificación

## Robótica

Responsables: Gonzalo Tejera (gtejera@fing.edu.uy)

Los paradigmas robóticos proporcionan formas estándar para resolver el control de un robot. El paradigma jerárquico / deliberativo propone armar un modelo del mundo y utilizarlo para armar un plan de acción a largo plazo. En este contexto se propone relevar planificadores existentes y compararlos al momento de resolver problemas clásicos de la IA (p.e mundo bloques [1]).

**Referencias** [1] Combining task and motion planning,  
<https://www.youtube.com/watch?v=2DgtzdbER8o>, visitado julio de 2019.

# 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.



# 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: Gonzalo 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).

# Alliance 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 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 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 más 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>

# Aceleración de tráfico de red

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

Las implementaciones tradicionales de la transferencia de datos en un servidor, siguiendo el stack TCP/IP y utilizando las bibliotecas de Sistema Operativo, no logran una utilización plena del medio físico. Existen iniciativas para acelerar las transferencias en hardware, como por ejemplo Net-FPGA-10G [1], y bibliotecas eficientes tales como DPDK [2]. Este proyecto se utiliza tanto sobre hardware real ("bare metal") como en ambientes virtualizados, por ejemplo con OpenVSwitch en ambientes de computación en la nube [3]. Interesa instalar el entorno DPDK, realizar pruebas de rendimiento en comparación con el networking tradicional, y desarrollar aplicaciones que permitan utilizar la infraestructura de transferencia eficiente de datos.

## Referencias

[1] NetFPGA-10G,

[https://github.com/NetFPGA/NetFPGA-public/wiki/Home\\_NetFPGA-10G](https://github.com/NetFPGA/NetFPGA-public/wiki/Home_NetFPGA-10G)

[2] Data Plane Development Kit, <http://dpdk.org/>

[3] Open vSwitch with DPDK,

<http://docs.openvswitch.org/en/latest/intro/install/dpdk/>



# Enrutamiento en el datacenter

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

Los datacenters de gran escala han adoptado topologías basadas en redes Clos (también denominadas Fat-Tree o Spine-leaf) [FatTree2009, Clos1953]. Estas topologías son no bloqueantes, es decir, permiten un aprovechamiento completo del ancho de banda disponible entre cualquier par de servidores; para efectivizar esta propiedad es necesario que el enrutamiento de tráfico sea capaz de utilizar todos los enlaces disponibles, y para ello se han desarrollado esquemas específicos, algunos en desarrollo actualmente [BGPdatacenter2017,RIFT, LSVR]. En este proyecto interesa implementar alguno(s) de los que están en desarrollo, y comparar diferentes implementaciones, en principio sobre entornos emulados [mininet,FRR].

## Referencias

[FatTree2009] M. Al-Fares et al., *A scalable, commodity data center network architecture*, In Proceedings of the ACM SIGCOMM 2008 conference on Data communication. Pages 63-74.

[Clos1953] Charles Clos. *A Study of Non-Blocking Switching Networks*, First published: March 1953. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1953.tb01433.x>

[BGPdatacenter2017] Dinesh G. Dutt, *BGP in the Data Center*. Publisher: O'Reilly Media, Inc. Release Date: August 2017. ISBN: 9781491983416.

[RIFT] RIFT: Routing in Fat Trees. April 23, 2019. Online:

<https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-rift-rift-05>

[LSVR] Usage and Applicability of Link State Vector Routing in Data Centers. May 1, 2019. Online: <https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-lsvr-applicability-02>

[mininet] Mininet - An Instant Virtual Network on your Laptop (or other PC). Online: <http://mininet.org/>

# Monitorización y algoritmos de aprendizaje automático para Redes de Telecomunicaciones

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 telecomunicaciones.
- 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)