

Resumen de pasantías de investigación

Pasantías :: Instituto de Computación

Marzo 2025

Simulación de splits funcionales en redes 5G/6G

(3 meses :: pasantía de investigación)

Referente: Alberto Castro acastro@fing.edu.uy, Network Management / Artificial Intelligence

Las redes móviles son fundamentales para las comunicaciones humanas, facilitando la interacción social, el acceso a la educación, la economía global y los servicios críticos. Estas redes están en constante evolución: mientras las redes 5G son una realidad en muchos países, ya se están sentando las bases para la transición hacia las redes 6G. En este contexto, surge OpenRAN, una arquitectura que promueve la interoperabilidad entre diferentes fabricantes mediante componentes desagregados y virtualizados, conectados a través de interfaces abiertas y estándares definidos. Tanto la 3GPP (3rd Generation Partnership Project) como OpenRAN prevén configuraciones variadas que permitan elegir distintos puntos de split funcionales en las redes de acceso. Los puntos de split funcionales dividen las tareas de procesamiento en diferentes nodos de la red, como la unidad de radio (RU) y las unidades centralizadas o distribuidas (CU/DU). La 3GPP define 8 puntos de splits diferentes, pero cada uno implica compromisos: un split alto reduce la carga de datos en los enlaces, pero requiere mayor capacidad de procesamiento local; mientras que un split bajo centraliza el procesamiento, aumentando la latencia y la demanda de ancho de banda en la red de interconexión; está en general es una red óptica.

El objetivo de esta pasantía en investigación es extender el simulador de redes móviles Simu5G (extensión para 5G del simulador OMNet++) para poder simular un split 7.2 (uno de los splits base de OpenRAN). Para ello es necesario diseñar e implementar la capa PHY (que posibilite la implementación de un split 7.2).

Modelos de comunicación inalámbrica para flotas de robots

(3 meses :: pasantía de investigación)

Referente: Facundo Benavides fbenavid@fing.edu.uy, Network Management / Artificial Intelligence

Un mapa de comunicaciones codifica información sobre las posibilidades de comunicación entre dos ubicaciones. La construcción de dichos mapas puede ser muy importante para decidir dónde ubicar una red de routers en un ambiente interior, pero también cuando se intenta realizar exploración robótica de forma eficiente ya que se ha probado experimentalmente, que las restricciones en las comunicaciones suelen degradar el desempeño de los sistemas multirobot que funcionan de forma cooperativa.

Por estos motivos, muchos trabajos asumen que los robots disponen de un mapa de comunicación (aunque esto no ocurre en la práctica), o utilizan un modelo de comunicación conservador (línea de vista con alcance limitado) que limita las capacidades de los robots. Disponer de un mapa de comunicación fiable permite a los robots evitar verse obstaculizados por las restricciones de comunicación a la hora de elegir a dónde ir, y tener una coordinación multirobot más eficiente.

La realización de mapas de comunicación tiene un desafío fundamental: evitar tener que medir la fuerza de la señal para todo par de posibles ubicaciones. En general, las soluciones a este desafío se tratan mediante la utilización de un modelo de comunicación que permite estimar puntos candidatos a ser evaluados. Luego, sobreviene otro problema asociado a la coordinación de los agentes para realizar dichas evaluaciones entre pares.

El presente proyecto se propone implementar modelos de comunicación y paquetes de software que permitan a un sistema multirobot construir mapas de comunicación de entornos interiores.

Se trabajará sobre entornos simulados en Gazebo, desarrollando paquetes de software compatibles con ROS2.

Redes neuronales profundas para determinación de campos de temperatura

(3 meses :: pasantía de investigación)

Referente: Sergio Nesmachnow sergion@fing.edu.uy, Computación de alto desempeño

La pasantía plantea el estudio, implementación y validación de un método basado en redes neuronales profundas para el problema de aprendizaje y determinación de campos de temperatura en terrenos abiertos. Se trabajará con datos reales para la detección de zonas de riesgo de daños por heladas agrometeorológicas en cultivos y evaluación de estrategias para su mitigación.

Análisis curricular de trayectorias estudiantiles con enfoque dirigido por modelos (MDE) y minería de procesos

(3 meses :: pasantía de investigación)

Referente: Andrea Delgado adelgado@fing.edu.uy, Grupo COAL

Los procesos de negocio son un conjunto de actividades realizadas en coordinación para alcanzar un objetivo de negocio [1][2]. La Minería de Procesos (PM) [3] es un área innovadora dentro de las disciplinas de Ciencia de Datos y Ciencia de Procesos que se ha desarrollado en las últimas dos décadas para proporcionar técnicas, algoritmos y herramientas para descubrir información a partir de datos de ejecución de procesos, como lo hace la minería de datos. La minería de procesos proporciona tres enfoques principales: i) descubrimiento,, generar modelos de procesos desde los datos de ejecución; ii) conformidad de modelos, chequear la ejecución real en los logs contra modelos existentes; y iii) extensión, con información extra como desempeño, cuellos de botella, roles y recursos involucrados, entre otros.

El análisis curricular [4] permite identificar trayectorias estudiantiles sobre la currícula definida, incluyendo desfase o cursos/exámenes cuello de botella para el avance esperado. Se plantea extender un desarrollo previo realizado con enfoque basado en modelos (MDE) [5] que incluye un metamodelo de definición de una currícula (cursos, dependencias, títulos, etc.) y satisfacción de requisitos de un estudiante (ej.: aprobación de cursos/exámenes) especificado con Eclipse Modeling Framework (EMF) [6] e interface web y transformaciones para generar por ej. visualización gráfica de la currícula. La extensión será tanto en el metamodelo como en la implementación existente, agregando un componente para minería de procesos con base en el registro de las consultas de currícula realizadas por los estudiantes. y logs de ejecución asociados

El alcance concreto del trabajo incluye:

- 1 – Extensión del metamodelo y la implementación asociada incluyendo agregado de conceptos y gestión asociada en tiempo real
- 2 – definición e implementación de un componente de minería de procesos incluyendo
 - a- registro de eventos de la consulta de currícula y atributos específicos del cursado/aprobación de asignaturas
 - b- perspectivas de descubrimiento, conformidad y extensión para realizar análisis curricular asociado
- 3 –casos de prueba sobre la extensión realizada con ejecución en diversos escenarios

[1] M. Weske. BPM Concepts, Languages, Architectures, Springer, 3rd ed. 2019

[2] M. Dumas, M. La Rosa, J. Mendling, H. Reijers,Fundamentals of BPM, 2nd Ed., Springer, 2018

[3] W. van der Aalst, Process Mining: Data Science in Action 2nd ed., 2016

- [4] Calegari, D., Delgado, A., A Systematic Review on Process Mining for Curricular Analysis, WIREs Data Mining and Knowledge Discovery, Wiley, accepted, 2025.
- [5] Schmidt, D.C., Model-Driven Engineering, IEEE Computer, 2006
- [6] Eclipse Modeling Framework (EMF) <https://www.eclipse.org/modeling/emf/>

Aplicación de un enfoque neuro simbólico basado en grafos para enriquecer ontologías.

(3 meses :: pasantía de investigación)

Referente: Edelweis Rohrer erohrer@fing.edu.uy, Grupo de Sistemas de Información Semántica

Las ontologías son los enfoques formales de modelado por excelencia, por su capacidad para conceptualizar diferentes dominios, asegurar la consistencia del modelo e inferir nuevo conocimiento, a través de la aplicación de razonamiento deductivo. Las redes de ontologías, que integran ontologías de diferentes dominios, son fundamentales porque favorecen el intercambio de datos entre diferentes sistemas, facilitando la interoperabilidad semántica. Los enfoques neuro-simbólicos, integran modelos de aprendizaje automático con ontologías, aplicando mecanismos de razonamiento híbridos inductivo-deductivo. En el área de ingeniería de ontologías, estos enfoques están resultando de gran utilidad, ya que enriquecen las ontologías al predecir nuevas relaciones y clasificar instancias. Al mismo tiempo, los modelos de aprendizaje automático se benefician de las ontologías, que les proveen de conocimiento para comprender mejor el contexto y las conexiones entre términos, mejorando su capacidad de generar conocimiento relevante.

Algunos enfoques neuro simbólicos “basados en grafos”, aplican una estrategia en dos pasos: ontología- grafo, que transforma una ontología a una estructura de grafo, y grafo-espacio vectorial, que embebe el grafo resultante en el espacio vectorial del modelo de aprendizaje automático. El conocimiento así generado es incorporado a la ontología recorriendo el camino inverso: espacio vectorial-grafo y grafo-ontología.

En el marco de un estudio del uso de diferentes enfoques neuro simbólicos en el área de ingeniería de ontologías, el objetivo de esta pasantía es la aplicación de un enfoque neuro simbólico basado en grafos a seleccionar, al desarrollo de una red de ontologías, para comparar los resultados obtenidos con los resultados del trabajo realizado en 2024 (en el marco de una pasantía INCO) con un enfoque neuro simbólico diferente, y también comparar los resultados con la aplicación del enfoque tradicional de desarrollo manual de ontologías.

Los resultados esperados son:

- Aplicación del enfoque neuro simbólico basado en grafos a una versión inicial de una red de ontologías, para enriquecer las ontologías y predecir nuevas relaciones entre ellas, asegurando que la red obtenida preserva la consistencia lógica y semántica (evaluada por un experto del dominio).
- Registro de los resultados obtenidos, y de las actividades desarrolladas.

Implementación procesos de negocio colaborativos en plataformas BPMS con automatización robótica de procesos (RPA)

(3 meses :: pasantía de investigación)

Referente: Andrea Delgado adelgado@fing.edu.uy, Grupo COAL

Los procesos de negocio son un conjunto de actividades realizadas en coordinación para alcanzar un objetivo de negocio [1][2]. Los procesos de negocio colaborativos involucran dos o más organizaciones que actúan coordinadamente para llevar adelante distintas partes del proceso, mediante el intercambio de mensajes. Existen diversas plataformas de sistemas basados en procesos BPMS, que proveen soporte a la implementación y ejecución de procesos (Camunda, Activiti, Bonita) con base en un motor de procesos que realiza la ejecución del modelo definido.

La automatización robótica de procesos (RPA) [3] se ha desarrollado en los últimos años como aporte a la mejora de procesos, con foco en el uso de robots de software (bots) para realizar tareas que usualmente son realizadas por humanos. Las tareas que se automatizan son tareas repetitivas, por ej. de ingreso de datos o validaciones. Los bots reemplazan a los usuarios en dichas tareas interactuando directamente con las interfaces de usuario normalmente operadas por humanos [5]. La creciente adopción en la comunidad científica e industrial [6] dan cuenta de su importancia para la mejora de procesos, y las dificultades en su adopción.

El trabajo se realizará en el marco del proyecto de Investigación “Minería de procesos con automatización robótica e IA generativa para el diseño y sostenibilidad de procesos colaborativos hiperconectados” recientemente aprobado en el llamado I+D de CSIC, Udelar.

El alcance concreto del trabajo incluye:

- 1 – relevamiento y evaluación de herramientas RPA (e.g. uipath <https://www.uipath.com/>)
- 2 - modelado e implementación de procesos colaborativos en plataformas BPMS ya evaluadas (Camunda, Activiti, Bonita) y herramientas RPA evaluadas en 1
 - a- utilizando distintos tipos de tareas BPMN (usuario, servicio, etc.) e intercambio de mensajes
 - b- implementar tareas seleccionadas con automatización RPA y herramientas seleccionadas
- 3 –casos de prueba sobre la integración realizada su la ejecución en diversos escenarios

[1] M. Weske. BPM Concepts, Languages, Architectures, Springer, 3rd ed. 2019

[2] M. Dumas, M. La Rosa, J. Mendling, H. Reijers, Fundamentals of BPM, 2nd Ed., Springer, 2018

[3] W. M. P. van der Aalst, M. Bichler, A. Heinzl, Robotic process automation, Business & Information Systems Engineering 60, 2018

- [5] Jimenez-Ramirez, A., Reijers, H.A., Barba, I., Del Valle, C.: A method to improve the early stages of the RPA lifecycle. In: CAiSE 2019. LNCS, Springer, 2019
- [6] J. G. Enríquez, A. Jiménez-Ramírez, F. J. Domínguez-Mayo, J. A. García-García, RPA: A scientific and industrial systematic mapping study, IEEE Access 8, 2020