

UN FRAMEWORK MULTI-AGENTE ORIENTADO A LA AUTOMATIZACIÓN DEL FLUJO DE INVESTIGACIÓN EN PROTOCOLOS DE RED SOBRE NS-3

Diego R. Rodríguez Herlein
dherlein@uarg.unpa.edu.ar
https://orcid.org/0000-0003-0680-9751

Claudia N. González
cgonzalez@uarg.unpa.edu.ar

Instituto de Tecnología Aplicada - ITA
Unidad Académica Río Gallegos - UARG
Universidad Nacional de la Patagonia Austral - UNPA

CONTEXTO

El presente trabajo se enmarca en las actividades de investigación asociadas a la formación de posgrado de sus autores. Uno de ellos cursa estudios de **Maestría en la UNPA-UARG**, mientras que el otro desarrolla su **Doctorado en la UNLP**. El estudio se vincula con las líneas de investigación en redes y sistemas de comunicaciones desarrolladas en dichas instituciones.

RESUMEN

Este trabajo propone un sistema multi-agente orquestado por **LangGraph** para automatizar la *investigación en redes*. Utilizando LLMs y memoria episódica (RAG), el framework coordina agentes especializados para revisión bibliográfica, generación de código NS-3 y análisis.

LÍNEAS DE I+D

Problema y Motivación

- NS-3 es el estándar de facto para simulación de redes IoT, móviles y 6G, pero presenta una **curva de aprendizaje pronunciada**.
- Crisis de reproducibilidad** en la literatura científica: proporción alarmante de publicaciones carecen de artefactos necesarios.
- Proceso tradicional requiere: escritura de scripts, configuración de topologías, análisis de trazas, redacción de informes.

Propuesta del Framework

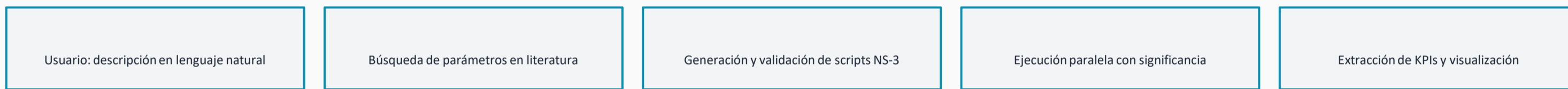
Framework de sistemas multi-agente basado en **LLMs y LangGraph** para automatizar el ciclo completo de investigación científica en simulación de redes.

Conceptos clave:

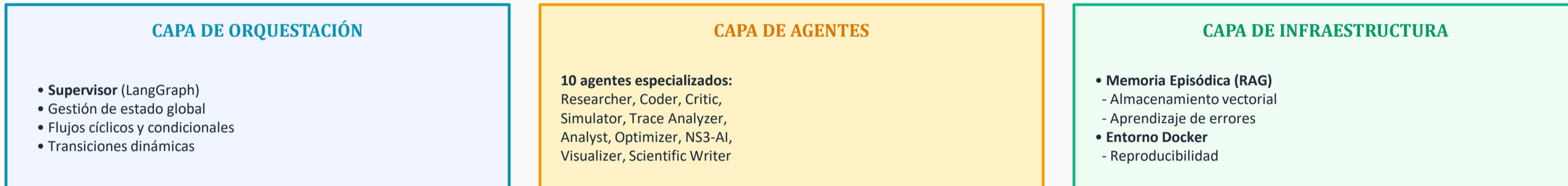
- Arquitectura de especialización profunda con 10 agentes autónomos
- Memoria episódica (RAG) para aprender de errores previos
- Integración DRL con ns3-ai para optimización adaptativa
- Enfoque sistemático en reproducibilidad

Flujo de Trabajo Automatizado

1. DEFINICIÓN → 2. ANÁLISIS → 3. VALIDACIÓN → 4. EJECUCIÓN → 5. RESULTADOS → 6. OPTIMIZACIÓN



Arquitectura del Sistema



RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Resultados Esperados

- Reducción significativa del tiempo** de desarrollo y documentación de experimentos.
- Garantía de reproducibilidad** mediante contenedores Docker y documentación automática.
- Rigor estadístico automático**: intervalos de confianza, pruebas t-student, ANOVA.
- Incremento progresivo de autonomía** mediante aprendizaje de errores (Memoria Episódica).

Innovaciones Clave

- Ciclos de retroalimentación robustos** (Coder ↔ Critic) para refinamiento iterativo.
- Integración nativa con ns3-ai** para optimización mediante DRL (PPO, SAC).
- Diferenciación vs. asistentes genéricos** (MetaGPT, SWE-agent): especialización profunda en simulación de redes.
- Primera aproximación** a integración completa LLM + MAS en flujo NS-3.

DISCUSIÓN Y PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN

Este estudio exploratorio valida la **viabilidad** técnica del enfoque, aunque se encuentra en una fase incipiente y no completada. La implementación actual es parcial; agentes como el Optimizer y la integración de RL (PPO/SAC) mediante ns3-ai son capacidades planificadas para etapas posteriores. Se identifican desafíos críticos como las alucinaciones de código, mitigadas parcialmente por el agente Critic y RAG. El trabajo futuro se centra en el refinamiento algorítmico y el fortalecimiento del sistema, buscando un equilibrio entre costo operacional, modelos locales (Ollama) y reproducibilidad experimental.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El presente trabajo contribuye a la formación académica y se enmarca en las actividades de investigación de sus autores, ambos vinculados a estudios de posgrado. En particular, se promueve la adquisición de **competencias avanzadas en simulación de redes, metodologías de investigación experimental y aplicación de técnicas de inteligencia artificial**, fortaleciendo la articulación entre formación teórica y práctica investigativa.

Referencias Principales

- Henderson et al. (2008). Network Simulations with the ns-3 Simulator.
- Xi et al. (2023). The Rise and Potential of Large Language Model Based Agents: A Survey. arXiv:2309.07864.
- Yang et al. (2024). SWE-agent: Agent-Computer Interfaces Enable Automated Software Engineering. arXiv:2405.15793.
- Yin et al. (2020). ns3-ai: Fostering Artificial Intelligence Algorithms for Networking Research.
- Hong et al. (2024). MetaGPT: Meta Programming for A Multi-Agent Collaborative Framework. arXiv:2308.00352.
- Pink et al. (2025). Position: Episodic Memory is the Missing Piece for Long-Term LLM Agents. arXiv:2502.06975.
- Lanham, M. (2025). AI Agents in Action. Manning Publications.

Keywords: Multi-Agente, NS-3, LangGraph, LLM, RAG.

Código Fuente y Documentación
<https://github.com/LW1DQ/Framework>