

ESTUDIO DE HERRAMIENTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LABORATORIOS REMOTOS

Godoy, Pablo Daniel^{1,2,3}; Marianetti, Osvaldo¹; Mansilla Roberto Alejandro¹; García Garino, Carlos^{1,3}

¹Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería

²Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

³Universidad Nacional de Cuyo, ITIC

pablo.godoy@ingenieria.uncuyo.edu.ar

RESUMEN

Este artículo presenta líneas de trabajo actuales y futuras sobre laboratorios remotos destinados a tareas de docencia e investigación. Para ello, primero se resume el trabajo realizado durante 10 años, que consiste en el diseño y despliegue de laboratorios remotos de redes de sensores inalámbricos y de computación, destinados a investigación científica y docencia. Se presentan trabajos de investigación científica y experiencias de aplicación en tareas de enseñanza en distintas asignaturas de carreras de computación. Se describen diferentes tecnologías empleadas, entre estas, cloud computing, VPNs y escritorios remotos, con sus ventajas y desventajas. Se concluye con una enumeración de problemas encontrados y posibles soluciones, propuestas de mejoras y de integración de las tecnologías utilizadas. Estas posibles soluciones a problemas encontrados y propuestas de mejoras constituyen las líneas de investigación futuras. **Palabras clave:** laboratorios remotos, acceso remoto, laboratorios virtuales, experimentos remotos.

CONTEXTO

El trabajo que se presenta en este artículo ha sido financiado por dos proyectos denominados: “Implementación de laboratorios remotos basados en cloud computing” desarrollado entre 2016 y 2018 y “Laboratorio remoto y nómada de arquitectura de computadoras destinado a enseñanza e investigación” durante 2019 y 2021. Ambos proyectos financiados por la Universidad Nacional de Cuyo. El primer proyecto se centro en estudiar distintas alternativas para integrar laboratorios remotos

con plataformas de cloud computing, como también ventajas y desventajas de esta integración. El segundo proyecto se orientó a estudiar y aplicar de estos laboratorios remotos a tareas de enseñanza en distintas asignaturas de carreras de grado y posgrado relacionadas con computación de la Universidad Nacional de Cuyo y la Universidad de Mendoza.

Además se colaboró con otros proyectos denominados “Dispositivos de lógica programables como alternativa de solución en problemas de seguridad en Internet de las Cosas” desarrollado en el periodo 2019-2021 y “Análisis de topologías de comunicación en Internet de las Cosas” durante 2016-2018.

Los investigadores que forman parte de estos proyectos son profesores de asignaturas como Arquitectura de Computadoras, Redes de Computadoras, Arquitecturas Distribuidas y Sistemas Operativos en la Universidad Nacional de Cuyo y la Universidad de Mendoza, en carreras de pregrado, de grado y de posgrado.

1. INTRODUCCIÓN

Los laboratorios remotos son plataformas que permiten el acceso de manera remota a equipamientos o sistemas de distinto tipo, con fines de investigación científica o enseñanza. Constan fundamentalmente de 3 partes:

- El sistema bajo prueba, compuesto por el equipamiento o sistema sobre el cual se necesita realizar experimentos remotamente.
- Un sistema de gestión, que permite el acceso de manera ordenada al laboratorio remoto. Realiza tareas como autenticación de usuarios, gestión de permisos y turnos,

almacenamiento de información relacionada con el uso del laboratorio remoto, etc.

- La interfaz de usuario remoto, que es la parte del laboratorio remoto con la cual el usuario remoto está en contacto. Puede ser una interfaz web, línea de comandos, puede mostrar imágenes en directo del sistema bajo prueba, mostrar valores de variables medidas, permitir al usuario realizar acciones sobre el equipo bajo prueba, etc.

Cualquiera de estas tres partes pueden estar implementadas en un solo sitio o de forma distribuida en varias computadoras [1].

Se implementaron varias arquitecturas de laboratorios remotos, las cuales se resumen a continuación:

1.1 Laboratorio remoto integrado con el Cloud a través de RPC

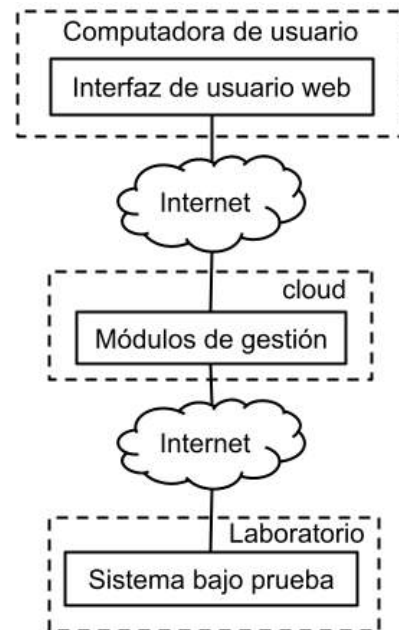
Esta arquitectura se utilizó para implementar un laboratorio remoto de redes de sensores inalámbricos destinado a educación e investigación científica [2]. Se empleó una red de sensores inalámbricos Zigbee, con 10 nodos como sistema bajo prueba. Se utilizó una interfaz web con el usuario, la cual muestra los valores de los parámetros medidos y de configuración de los dispositivos, y a través de la cual los usuarios pueden modificar los parámetros de configuración. La comunicación entre las diferentes partes del laboratorio remoto se realizan a través de RPC (llamadas a procedimientos remotos).

Se implementaron los siguientes módulos de gestión en el cloud:

- Control de acceso para autenticación de usuarios y gestión de permisos.
- Sistema de reserva de turnos.
- Registro de actividad de los usuarios.
- Base de datos.
- Material de ayuda.
- Interacción en tiempo real.

La figura 1 muestra un diagrama en bloques de esta arquitectura.

Figura 1: Laboratorio remoto integrado al cloud a través de RPC.



Esta arquitectura se utilizó para realizar experimentos científicos, consistentes en medir diferentes parámetros temporales y de performance de nodos sensores Zigbee, destinados a evaluar su aplicabilidad a sistemas de sensores de variables agrícolas y ambientales [3][4].

El proveedor de servicios de cloud computing fue Google Cloud Platform.

1.2 Laboratorio remoto y nómada

Este laboratorio remoto se implementó para ser utilizado en tareas de docencia en asignaturas relacionadas con arquitecturas y redes de computadoras. Sus dos objetivos principales son:

- Que pueda ser trasladado al aula para que los estudiantes puedan realizar sus trabajos prácticos sobre el equipo bajo prueba de manera presencial.
- Que los estudiantes puedan acceder de forma remota a través de Internet.

Para lograr el primer objetivo, se implementaron tres formas de acceso al equipo bajo prueba:

- Red Ethernet disponible en el aula.
- Red Wifi disponible en el aula.
- Red Wifi propia.

Para lograr el segundo objetivo, los estudiantes acceden a través de Internet empleando los servicios de plataformas de

control remoto de dispositivos de IoT, como Remote IoT (<https://remoteiot.com>).

El sistema bajo prueba consiste en computadoras Raspberries Pi 3 y Pi 4 y placas Arduino Uno conectadas a las computadoras Raspberries.

Este laboratorio remoto está destinado a estudiantes con conocimientos medios o avanzados sobre computación. Por tal motivo, es deseable que los estudiantes tengan control total sobre el sistema bajo prueba, pudiendo configurar cualquier parámetro, instalar o desinstalar aplicaciones, etc. Para lograr este propósito, la interfaz con el usuario se implementa mediante SSH o escritorios remotos, según prefiera el usuario.

El sistema de turnos se implementa solo para el acceso a través de Internet. El mismo se implementa en el cloud. El estudiante debe solicitar un turno a través de una página web brindando un nombre de usuario. Una de las computadoras Raspberry del sistema bajo prueba solicita periódicamente el archivo de turnos almacenado en el cloud. Con esa información, permite el acceso solo los usuarios autorizados a la hora de sus turnos. La figura 2 muestra un esquema de esta arquitectura [5].

1.3 Laboratorios remotos basados en VPN y escritorios remotos

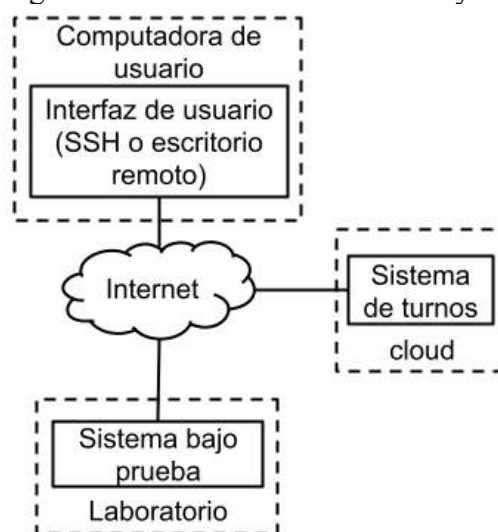
Durante el año 2020, debido a que el dictado de clases fue no presencial, se requirió un uso intensivo de los laboratorios remotos construidos.

Esta experiencia mostró que las plataformas para control remoto de dispositivos IoT no permiten una experiencia en tiempo real para laboratorios remotos de computación, y el número de usuarios es limitado.

Por lo tanto, se optó por dos métodos alternativos de accesos:

- Túneles VPN (redes privadas virtuales).
- Escritorios remotos.

Figura 2: Laboratorio remoto y nómada



Para la primera opción, se utilizaron los servicios del proveedor de servicios VPN Hamachi LogMe Inc (www.vpn.net), y para la segunda opción, se emplearon los servicios de RealVNC y Google Remote Desktop. Se lograron experiencias de uso satisfactorias tanto para acceso a través de túneles VPN y para escritorios remotos.

En cuanto a plataformas VPN, existen en la actualidad dos tipos de servicios ofrecidos:

- Túneles que permiten acceso a Internet a través de un punto de acceso diferente al real.
- Conectar computadoras ubicadas en puntos geográficos diferentes como si estuvieran conectadas a través de la misma red LAN.

Solo proveedores de servicios VPN que provean la segunda opción son útiles para los laboratorios remotos presentados en este trabajo [1].

El diagrama en bloques de la figura 2 es válido también para este laboratorio remoto. La diferencia está en que el acceso para los laboratorios remotos y nómades (sección 1.2) es a través de un proveedor de plataformas para control remoto de dispositivos IoT, mientras que para los laboratorios remotos basados en VPN y escritorios remotos, el acceso remoto es a través de proveedores de escritorios remotos a través de Internet o por túneles VPN.

2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

2.1 Laboratorios remotos

Los laboratorios remotos han sido utilizados desde hace aproximadamente 20 años para tareas de investigación y docencia. Constituyen una alternativa intermedia a los simuladores y los experimentos presenciales en laboratorios. Como ventaja frente a simuladores se destaca que los experimentos son realizados sobre equipamientos o sistemas reales, y no sobre simuladores, susceptibles a errores por simplificaciones en los modelos sobre los cuales se construyen. Con respecto a la experimentación en laboratorios presenciales, tienen la ventaja de que el usuario no necesita adquirir equipamiento, ni trasladarse físicamente al laboratorio, y puede acceder en cualquier momento.

Como desventajas se menciona la pérdida de contacto con el sistema bajo prueba, y que los experimentos están limitados a las acciones que permite el sistema de acceso.

2.2 Integración de laboratorios remotos al Cloud

Cloud computing posee ventajas que son de interés para la implementación de laboratorios remotos. Estas ventajas son:

- Alta disponibilidad.
- Confiabilidad.
- Seguridad.

La alta disponibilidad permite asegurar a los usuarios que los componentes desplegados en el cloud estarán siempre disponibles. Por lo tanto, ante una falla en la conectividad o en equipamientos del sistema bajo prueba, el usuario podrá acceder a sus datos y resultados de experimentos. Además, Pueden desplegarse componentes en el cloud que frecuentemente verifiquen el buen funcionamiento del sistema bajo prueba y ante una falla, ejecuten rutinas de recuperación ante fallas o notifiquen lo sucedido.

Otras de las características deseables de cloud computing es la confiabilidad. Los componentes de software desplegados en el cloud no están expuestos a fallas en el hardware.

En cuanto a seguridad, los proveedores de servicios de cloud computing implementan mecanismos de seguridad para evitar accesos no autorizados, robo de información, etc.

La integración con el cloud supone un elemento adicional entre el equipo bajo prueba y la interfaz con el usuario. Por lo tanto, la integración debe implementarse cuidadosamente para evitar aumentos de latencia o pérdida de ancho de banda.

2.3 Nuevas herramientas para la implementación de laboratorios remotos.

Las plataformas de escritorios remotos, VPNs y videoconferencias se han utilizado desde hace varios años. Sin embargo, debido a las condiciones de aislamiento motivadas por la pandemia de Covid-19, han sido muy utilizadas durante el año 2020, y varias empresas han implementado mejoras en sus servicios. Por otro lado, el trabajo realizado durante el último año ha mostrado que estas plataformas son adecuadas para el despliegue de laboratorios remotos.

Existen varios problemas que resolver, como la forma de integrar con servidores virtuales en el cloud o realizar experimentos de performance.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

3.1 Resultados obtenidos

Se han obtenidos resultados experimentales sobre los sistemas bajo prueba y los laboratorios remotos, como también experiencia de uso en docencia. Todos estos resultados han sido documentados en diferentes publicaciones.

Se realizaron experimentos para analizar el comportamiento del protocolo Zigbee en situaciones de carga elevada. Se midieron la ocupación real del canal de comunicaciones y latencias. El laboratorio remoto permitió que los experimentos pudieran realizarse de forma continua durante un periodo de tiempo de varias semanas, siendo monitoreado tanto de forma presencial como remota [3][6].

Se realizaron experimentos de performance sobre los laboratorios remotos implementados a través del cloud, midiendo parámetros de

performance, latencias y contribución a la misma de cada uno de los componentes [4].

En cuanto a experiencias en docencia, los laboratorios remotos descritos en este artículo han sido utilizados en 6 asignaturas de 3 carreras diferentes [1].

3.2 Resultados esperados

El trabajo futuro estará centrado en tres ejes:

- Realizar experimentos de performance sobre los laboratorios remotos basados en VPN y escritorios remotos.
- Integrar estos laboratorios remotos con plataformas de cloud computing.
- Investigar nuevas herramientas o plataformas que puedan mejorar las prestaciones de los laboratorios remotos.
- Realizar experimentos de prueba de concepto.

En cuanto al último eje, debido a que se espera que durante el año 2021 el cursado a nivel universitario sea mixto, combinando cursado presencial y remoto, y que los investigadores que forman parte de los proyectos presentados en la sección “Contexto” dictan varias asignaturas relacionadas con computación en varias universidades, se requerirá un uso intensivo de las plataformas de laboratorios remotos implementadas. Estas prácticas permitirán recolectar experiencias de usuario y detectar fallas o posibles mejoras.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Por un lado, se mencionan los estudiantes que fueron usuarios de los laboratorios remotos. Si bien estos estudiantes no fueron parte de los proyectos que financian el trabajo presentado en este artículo, se destaca que los laboratorios remotos presentados contribuyeron a su formación práctica, la cual, en situación de pandemia, hubiera sido muy difícil sin contar con estas herramientas.

Por otro lado, dos de los investigadores que forman parte del proyecto son estudiantes de carreras de maestría.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento recibido de la Universidad Nacional de Cuyo a través de los proyectos B071 “Laboratorio remoto y nómada de arquitectura de computadoras destinado a enseñanza e investigación”, y B076 “Dispositivos de lógica programables como alternativa de solución en problemas de seguridad en Internet de las Cosas”.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Godoy, Pablo; Marianetti, Osvaldo; García Garino, Carlos; "Experiences With Computer Architecture Remote Laboratories"; en *Handbook of Research on Software Quality Innovation in Interactive Systems*, Chapter 5; IGI Global, Hershey, Pennsylvania, USA, 2020.
- [2] Godoy, Pablo; Cayssials, Ricardo; García Garino, Carlos; A WSN testbed for teaching purposes. *IEEE Latin America Transactions*. 14(7), 3351–3357 (2016).
- [3] Godoy, Pablo; Cayssials, Ricardo; García Garino, Carlos; Communication channel occupation and congestion in wireless sensor networks. *Computers & Electrical Engineering*. 72, 846–858 (2018).
- [4] Godoy, Pablo; Cayssials, Ricardo; García Garino, Carlos; Laboratorio remoto para la formación de usuarios basado en el cloud. *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación* 18, 7–18 (2016)
- [5] Godoy, Pablo; García Garino, Carlos; Cayssials, Ricardo; A nomadic testbed for teaching computer architecture. In: XVII Workshop Tecnología Informática Aplicada en Educación (WTIAE), XXIV, CACIC, 2018.
- [6] Godoy, Pablo; Cayssials, Ricardo; García Garino, Carlos; Zigbee WSN Round Trip Latency in Function of Channel Occupation and Nodes Configuration, In *IEEE ArgenCon* 2016.