



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2017/2018

Proyecto nº 17

Diseño y despliegue de un clúster de placas Raspberry Pi3 para la ejecución de las prácticas de la asignatura PSD.

Responsable del proyecto: Alberto Núñez Covarrubias

Facultad de Informática

Departamento de Sistemas Informáticos y Computación

1.- Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

Las prácticas de modelado y análisis del rendimiento en sistemas distribuidos propuestas en la asignatura PSD requieren, fundamentalmente, la realización de dos procesos: modelado y simulación.

El primer proceso consiste en analizar los requisitos de un sistema para, posteriormente, realizar su modelado en el simulador correspondiente. Para este proceso se utilizará el simulador SIMCAN. Este simulador dispone de una interfaz gráfica (GUI, del inglés Graphical User Interface) que permite modelar, de forma sencilla y amigable, los sistemas indicados en las prácticas. En esencia, un modelo que representa un sistema distribuido está formado por la topología del sistema y diversos parámetros de configuración, tales como la velocidad de las CPUs o la velocidad de la red. Para poder ejecutar la GUI, basta con disponer de un ordenador personal con una versión actual de Java. Una vez modelado el sistema distribuido, la GUI genera dos ficheros que contienen la configuración del mismo. Estos ficheros serán posteriormente cargados por SIMCAN para realizar la simulación.

El segundo proceso consiste en ejecutar la simulación del sistema modelado en el proceso anterior. Para ello, basta con ejecutar el simulador y cargar los dos ficheros generados. Esta ejecución se puede realizar en casi cualquier ordenador, como por ejemplo un ordenador personal de sobremesa o un portátil. Una vez finaliza la ejecución del simulador, se genera un fichero que contiene los resultados de la simulación. La velocidad de ejecución de la simulación es directamente proporcional a la potencia de cómputo y cantidad de memoria RAM del equipo donde ésta se ejecute.

En el curso 16/17 se implantó el proyecto de innovación docente en la asignatura PSD. Esencialmente, se adaptó el simulador SIMCAN para desarrollar las prácticas, aliviando, en la medida de lo posible, las dificultades existentes para realizar las mismas en los ordenadores de los laboratorios.

El presente proyecto surge, en gran medida, de las sugerencias realizadas por los alumnos de PSD sobre posibles mejoras al proyecto de innovación implantado en el curso 16/17. Así, el objetivo de esta propuesta consiste en **mitigar los problemas existentes en el desarrollo de las prácticas de PSD, de forma que se mejore la calidad docente y el proceso de aprendizaje**. Seguidamente se exponen los objetivos específicos y las propuestas de valor asociados a los mismos:

O1: Ejecutar las simulaciones de las prácticas, realizadas por los alumnos, en un clúster de bajo coste formado, fundamentalmente, por placas Raspberry Pi3. Con ello se pretende optimizar el tiempo invertido por los alumnos para realizar las prácticas. Por un lado, en las clases de laboratorio los alumnos pueden enfocar sus esfuerzos en realizar el modelado de los sistemas, aprovechando el tiempo para resolver las dudas con el profesor. Por otro lado, el proceso de simulación se puede ejecutar en segundo plano, sin la necesidad de contar con un equipo dedicado a su ejecución.

O2: Portar la interfaz gráfica de SIMCAN para que ésta pueda ser ejecutada en dispositivos con pantalla táctil. De esta forma, se permite el desarrollo de las prácticas empleando dispositivos y tecnologías actuales, como las tabletas con pantalla táctil. Estos dispositivos encajan perfectamente para realizar tareas específicas, tales como el modelado de sistemas. Con ello se pretende alentar el trabajo autónomo de los alumnos, así como la efectividad de la enseñanza semi-presencial de sistemas distribuidos.

O3: Utilizar el clúster de placas Raspberry Pi3 para explicar en las clases de prácticas los aspectos más relevantes de sistemas distribuidos reales. Así, se pretende aumentar la motivación de los alumnos mediante la realización de experimentos en sistemas reales. Dadas las reducidas dimensiones del clúster (cada Raspberry Pi3 tiene unas dimensiones de 8.4x5.4 cm) es posible realizar demostraciones presenciales en las clases de prácticas.

2.- Objetivos alcanzados

Este proyecto tiene como objetivo principal **facilitar el desarrollo de las prácticas de la asignatura Programación de Sistemas Distribuidos (PSD)**, impartida en el grado en Ingeniería de Computadores de la FDI. Cabe destacar que esta propuesta surge como continuación del proyecto de innovación docente concedido en el curso 16/17, en el cual se utilizó la herramienta de simulación SIMCAN para estudiar y analizar distintos tipos de sistemas distribuidos en las prácticas de la asignatura PSD.

A pesar de que dicho proyecto se ha llevado a cabo de forma exitosa, durante su ejecución se localizaron dos aspectos con amplio margen de mejora. Estos puntos fueron sugeridos por los alumnos a través de las encuestas realizadas durante el curso. Primero, las simulaciones realizadas en las prácticas requieren un tiempo de ejecución considerable, el cual depende directamente de la potencia del ordenador donde se ejecute la simulación. Segundo, los alumnos demandan poder realizar las prácticas en dispositivos actuales, tales como tabletas con pantallas táctiles, de forma que su implementación pueda llevarse a cabo con mayor flexibilidad y autonomía.

El objetivo principal de este proyecto se ha alcanzado de forma satisfactoria. Los alumnos Miguel Romero Martínez y Daniel Quiñones, ambos integrantes del equipo de trabajo, realizaron un TFG durante el presente curso enfocado, principalmente, a diseñar y montar un clúster de bajo presupuesto para ejecutar las prácticas de la asignatura PSD. Este TFG abarca, en gran medida, el objetivo principal de este proyecto. Cabe destacar que el TFG desarrollado fue seleccionado para optar a la calificación de MH, obteniendo finalmente una MH para los integrantes del mismo.

Seguidamente, se detallan los objetivos específicos alcanzados en la realización de este proyecto.

O1: Ejecutar las simulaciones de las prácticas, realizadas por los alumnos, en un clúster de bajo coste formado, fundamentalmente, por placas Raspberry Pi3.

El clúster diseñado por los alumnos Miguel Romero Martínez y Daniel Quiñones ha cumplido satisfactoriamente este objetivo. Además, se ha desarrollado un software para que los alumnos de la asignatura PSD puedan enviar simulaciones al clúster.

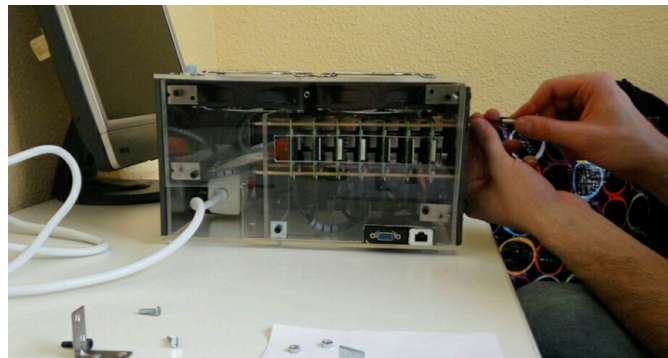
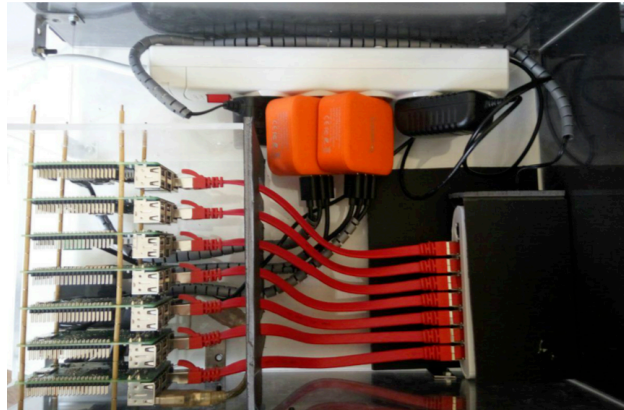
Con este clúster, los alumnos podrán ejecutar las prácticas de PSD sin utilizar sus ordenadores para tal fin, enfocando el esfuerzo invertido durante las clases de laboratorio en realizar el modelado de los sistemas. Así, las simulaciones se ejecutarán en el clúster, pudiendo continuar con el desarrollo de la práctica sin tener que esperar a que la simulación finalice.

O2: Portar la interfaz gráfica de SIMCAN para que ésta pueda ser ejecutada en dispositivos con pantalla táctil.

Para la realización de este proyecto se ha concedido el 50% del presupuesto solicitado. Por ello, no se ha podido adquirir el material necesario para llevar a cabo este objetivo. Sin embargo, éste se tendrá en cuenta para futuros proyectos enfocados en la asignatura PSD.

O3: Utilizar el clúster de placas Raspberry Pi3 para explicar en las clases de prácticas los aspectos más relevantes de sistemas distribuidos reales.

Puesto que actualmente ya se dispone del clúster debidamente configurado y desplegado, es posible poder utilizarlo para explicar, en las clases de teoría de la asignatura PSD, los aspectos más relevantes de los sistemas distribuidos. Especialmente, aquellos enfocados a sistemas HPC. Las siguientes figuras muestran imágenes del modelo final del clúster. Es importante destacar su reducido tamaño - menor que el de una caja de un ordenador personal - lo cual permite trasladar el clúster a las aulas de forma sencilla y cómoda.



3.- Metodología empleada en el proyecto

El desarrollo del proyecto se ha dividido en 6 tareas, las cuales se detallan a continuación:

1. Diseño arquitectural del clúster.
2. Montaje e instalación de la parte hardware del clúster.
3. Instalación y configuración de la parte software del clúster.
4. Implementación del servicio encargado de ejecutar simulaciones en el clúster.
5. Diseñar los procedimientos de evaluación para evaluar el impacto del proyecto.
6. Ejecución de las prácticas de PSD en el clúster.

El responsable del proyecto se ha encargado de sincronizar todas las tareas, así como de asignar las actividades correspondientes a cada miembro del equipo de trabajo. En la sección *5.-Desarrollo de las actividades*, se proporciona de forma detallada la duración de cada tarea, así como la implicación de cada miembro del equipo de trabajo.

Para lograr con éxito los objetivos propuestos, ha sido necesario un esfuerzo adicional para poder sincronizar el desarrollo del TFG realizado por los alumnos implicados en este proyecto con las tareas descritas anteriormente. Además, se han realizado reuniones periódicas durante el presente curso académico con los miembros implicados en cada una de las tareas.

Al finalizar la última tarea, el responsable del proyecto ha recopilado toda la información generada en cada una de las tareas para elaborar un informe final.

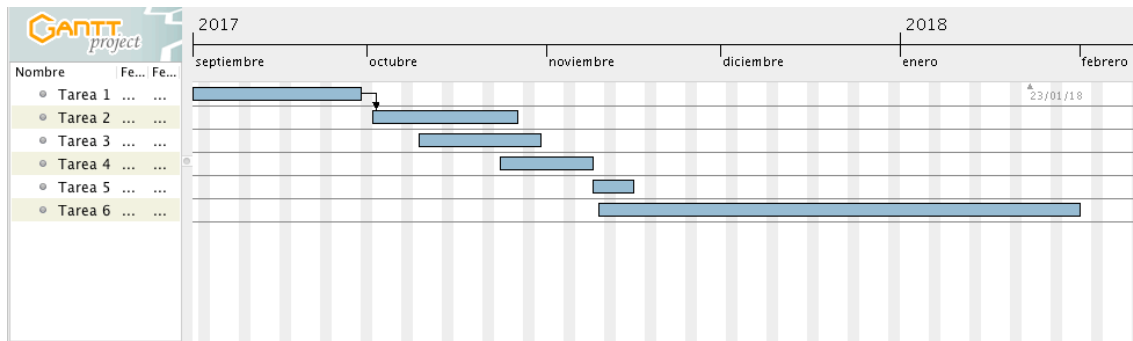
4.- Recursos humanos

El grupo de trabajo del proyecto está formado, mayoritariamente, por personal de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), aunque también existen miembros del mismo pertenecientes a la Universidad Castilla-La Mancha (UCLM) y a la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Además, Miguel Romero Martínez y Daniel Quiñones, alumnos que han cursado la asignatura PSD, forman parte del grupo de trabajo. Con ello se pretende aportar una visión adicional, desde el punto de vista de los estudiantes, para poder realizar con mayor precisión los métodos propuestos.

De los miembros PDI, 4 profesores han impartido asignaturas relacionadas con sistemas distribuidos. Concretamente, de la UCM, los profesores Simon Pickin y Alberto Núñez han impartido la asignatura PSD durante los últimos 5 años académicos, la cual fue puesta en marcha en el curso académico 2012/2013 por el profesor Alberto Núñez. Además, la profesora M. Emilia Cambroneró ha impartido, durante los últimos 7 años, la asignatura Sistemas Distribuidos del grado en Ingeniería Informática de la UCLM, mientras que el profesor Miguel Romero Hortelano ha impartido la asignatura Sistemas Distribuidos en la UNED durante 4 años. El resto de los profesores del grupo de trabajo cuenta con amplia experiencia en asignaturas de programación, lo cual entra dentro del ámbito de la asignatura PSD. Los otros profesores de la UNED, Carolina Mañoso y Ángel Pérez de Madrid tienen experiencia en técnicas de evaluación del impacto de las tecnologías en la educación. Por otro lado, el grupo de trabajo también cuenta con personal PAS de la UCM. Concretamente, Pablo Cerro y Ana Bartolomé podrán apoyar las tareas 2 y 3 al contar con amplia experiencia en este campo.

5.- Desarrollo de las actividades

La línea temporal de cada una de las tareas que forman este proyecto se muestra en el siguiente diagrama de Gantt.



Asimismo, los intervalos temporales de cada tarea se describen a continuación:

- Tarea 1: 01/09/1027 - 29/09/2017
- Tarea 2: 02/10/2017 – 26/10/2017
- Tarea 3: 10/10/2017 – 30/10/2017
- Tarea 4: 24/10/2017 – 08/11/2017
- Tarea 5: 09/11/2017 – 15/11/2018
- Tarea 6: 10/11/2017 – 31/01/2018

El siguiente cuadro muestra las tareas en las que ha participado cada miembro del equipo de trabajo. Se indica con la letra 'C' el coordinador de cada tarea y con la letra 'X' la participación de un miembro en una tarea.

Miembro\Tarea	1	2	3	4	5	6
Alberto Núñez	C	C	C	X	X	C
Simon Pickin	X	X		C		X
Víctor Lavín				X		
Luis Llana	X	X	X		X	
Ana Bartolomé	X	X				
Pablo Cerro	X		X	X		
Emilia Cambroner	X			X		X
Carolina Mañoso					C	
Ángel Pérez					X	
Miguel Romero H.					X	
Miguel Romero M.	X	X	X	X		X
Daniel Quiñones	X	X	X	X		X

La descripción detallada de cada tarea se presenta a continuación:

Tarea 1: En esta tarea se ha realizado un diseño a nivel arquitectural del clúster de placas Raspberry Pi3. Este diseño incluye tanto la topología del clúster como el

sistema de ventilación del mismo. Este último tiene especial relevancia debido a que cada Raspberry Pi3 se encarga de ejecutar simulaciones que hacen un uso intensivo de la CPU, incrementando de forma considerable la temperatura de ésta. Por ello, proporcionar un diseño adecuado para disipar la mayor cantidad de calor es indispensable para implementar con éxito esta tarea.

Tarea 2: En esta tarea se ha realizado el montaje y la instalación de cada uno de los elementos del clúster. Inicialmente se realiza el montaje y la conexión del cableado correspondiente a la alimentación de cada elemento, es decir, de las placas Raspberry Pi3 y del switch. Seguidamente, se realiza la conexión de cada Raspberry Pi3 mediante la red de comunicaciones, esto es, la conexión utilizando cables Ethernet de cada Raspberry Pi3 con el switch.

Tarea 3: En esta tarea se ha instalado el software correspondiente en cada Raspberry Pi3. Básicamente, para este proyecto se ha utilizado el sistema operativo Raspbian, el cual es, en esencia, una distribución del sistema operativo GNU/Linux. De hecho, se han realizado pruebas para comprobar que SIMCAN puede ejecutarse en este sistema operativo, demostrando la viabilidad de su uso para este proyecto.

Tarea 4: Esta tarea se centra en la implementación de un servicio encargado de recibir modelos de sistemas distribuidos realizados con la GUI de SIMCAN, de forma que, seguidamente, se ejecute la simulación correspondiente en el clúster.

Tarea 5: En esta tarea se han definido los indicadores para medir el impacto del proyecto. Es importante mencionar que la heterogeneidad de los miembros asignados a esta tarea enriquece y complementa, considerablemente, los conocimientos del grupo de trabajo necesarios para cumplir los objetivos deseados. De esta forma, no sólo se cuenta con experiencia en la materia de la asignatura de sistemas distribuidos, sino que además se suma tanto la experiencia en la evaluación del impacto de tecnologías en la educación, como el apoyo de dos alumnos que ya han aprobado la asignatura PSD, los cuales han aportado valiosas recomendaciones para llevar a cabo esta propuesta con mayor precisión.

Tarea 6: Finalmente, se han utilizado los recursos desarrollados en las tareas anteriores para ejecutar las prácticas de la asignatura PSD.