

UNIVERSITY NAME (IN BLOCK CAPITALS)

Diseño e implementación de un sistema de
computación distribuida con Raspberry Pi,
y estudio comparativo del mismo frente a
otras soluciones

by

Diego Martín Arroyo

A thesis submitted in partial fulfillment for the
degree of Doctor of Philosophy

in the

Faculty Name

Department or School Name

17 de abril de 2015

Declaration of Authorship

I, AUTHOR NAME, declare that this thesis titled, 'THESIS TITLE' and the work presented in it are my own. I confirm that:

- This work was done wholly or mainly while in candidature for a research degree at this University.
- Where any part of this thesis has previously been submitted for a degree or any other qualification at this University or any other institution, this has been clearly stated.
- Where I have consulted the published work of others, this is always clearly attributed.
- Where I have quoted from the work of others, the source is always given. With the exception of such quotations, this thesis is entirely my own work.
- I have acknowledged all main sources of help.
- Where the thesis is based on work done by myself jointly with others, I have made clear exactly what was done by others and what I have contributed myself.

Signed:

Date:

“Write a funny quote here.”

If the quote is taken from someone, their name goes here

UNIVERSITY NAME (IN BLOCK CAPITALS)

Abstract

Faculty Name

Department or School Name

Doctor of Philosophy

by [Diego Martín Arroyo](#)

The Thesis Abstract is written here (and usually kept to just this page). The page is kept centered vertically so can expand into the blank space above the title too. . .

Acknowledgements

The acknowledgements and the people to thank go here, don't forget to include your project advisor...

Índice general

Declaration of Authorship	I
Abstract	III
Acknowledgements	IV
List of Figures	VII
List of Tables	VIII
Abbreviations	IX
Physical Constants	X
Symbols	XI
1. Introducción	1
1.1. Contenidos de la memoria	1
2. Dominio del problema	3
2.1. Arquitectura del sistema	4
2.1.1. Introducción	4
2.1.2. Objetivos del proyecto	4
2.2. Definiciones ¹	4
2.2.1. Definición del dominio del problema	4
2.2.2. Modelado del sistema actual	5
Problemas conocidos	5
2.2.3. Identificación de usuarios participantes	5
2.3. Identificación de las necesidades de cada parte	6
2.3.1. Necesidades de los alumnos	6
2.3.2. Docentes	6
2.3.3. Administrador	6
2.4. Propuestas para la búsqueda de necesidades	6

¹Esta parte abarca únicamente el componente didáctico del sistema debido a que no se cuenta con ningún tipo de trasfondo para el resto de partes del dominio del problema.

2.5. Identificación de requisitos	6
2.5.1. Requisitos de almacenamiento de la información	6
2.5.2. Identificación de requisitos funcionales	7
2.5.3. Identificación de actores	7
2.5.4. Identificación de requisitos no funcionales	7
A. An Appendix	8
Bibliografía	10

Índice de figuras

Índice de cuadros

Abbreviations

LAH List Abbreviations **Here**

Physical Constants

$$\text{Speed of Light } c = 2,997\,924\,58 \times 10^8 \text{ ms}^{-\text{s}} \text{ (exact)}$$

Symbols

a	distance	m
P	power	W (Js^{-1})
ω	angular frequency	rads^{-1}

For/Dedicated to/To my...

Capítulo 1

Introducción

La presente memoria recoge el proceso de instalación de un sistema distribuido formado por dispositivos Raspberry Pi y la creación de un conjunto de protocolos, herramientas y programas para la utilización del mismo como herramienta de investigación en el campo de la computación distribuida y como herramienta didáctica para disciplinas relacionadas con dicho área.

El sistema se compone de un conjunto de dispositivos físicos compuesto por los nodos de computación y una serie de módulos accesorios, así como los diferentes mecanismos de alimentación y refrigeración, un conjunto de herramientas software que permiten la coordinación y comunicación entre los diferentes procesos y una serie de herramientas que facilitan el trabajo con el sistema.

1.1. Contenidos de la memoria

- Definición del dominio del problema y motivación
- Evaluación de alternativas y propuesta de solución
- Plataforma física
- Herramientas creadas

MarcoPolo

MarcoTools

MarcoStatusMonitor

Deployer

Material didáctico

Ricard Agrawala

- Aplicaciones distribuidas

MPI

Python

Tomcat

- Evaluación
- Consulta a los estudiantes
- Evaluación de las prácticas en MPI
- Evaluación de las prácticas en Sistemas Distribuidos

Capítulo 2

Dominio del problema

La utilización de algoritmos distribuidos implica mejoras sustanciales en una gran cantidad de aplicaciones, incrementando la capacidad de computación de un sistema global mediante la unión de varios dispositivos de cómputo que trabajan de como una única unidad indivisible a la vez que mantienen un grado de independencia alto y una tolerancia a fallos aceptable. Sin embargo, el desarrollo de aplicaciones distribuidas implica el uso de un conjunto de nodos cuyo coste y mantenimiento es costoso.

Si bien la mayoría de las aplicaciones en las que el paradigma de computación distribuida introduce mejoras suelen exigir una gran capacidad de cálculo, su desarrollo únicamente requiere un conjunto de instancias independientes de un software (sistema operativo, contenedor de servicios...) con las que trabajar. Dicha característica implica consecuentemente que la utilización de nodos de módico precio para el diseño, análisis y evaluación de este tipo de algoritmos constituye una alternativa válida frente a sistemas de precio superior.

Sumada a dicha motivación existe el potencial aprovechamiento de este sistema como herramienta didáctica para facilitar el aprendizaje de conceptos como el reparto de procesos, balance de carga, compartición de recursos, etc... en asignaturas en las que se estudian este tipo de conceptos dentro de los planes de estudio de Ingeniería Informática.

A la hora de crear el sistema se realiza un análisis de las diferentes alternativas, a fin de escoger la alternativa que mejor satisfaga los objetivos definidos.

Figura: Tabla de alternativas

2.1. Arquitectura del sistema

2.1.1. Introducción

El presente documento recoge los diferentes aspectos a valorar en el modelado del sistema a construir teniendo en cuenta diferentes criterios que se detallarán más adelante.

Este documento no tiene como objetivo establecer de forma definitiva la arquitectura y aspectos a considerar del sistema, si no que su principal uso es la elicitación de diferentes decisiones de diseño y el uso del mismo para exponer las ideas reflejadas a terceros como tutores o colaboradores.

La técnica utilizada en la versión actual se basa remotamente en [1], si bien la influencia de dicha publicación será mayor en posteriores versiones.

2.1.2. Objetivos del proyecto

Este proyecto cuenta con varios objetivos muy diferentes entre sí, que se agrupan en tres categorías:

- Arquitectura subyacente
Definición de los componentes hardware a utilizar en el sistema, interconexión de los mismos, soluciones de alimentación eléctrica, almacenamiento. . . .
- Servicios a proveer
- Componente didáctico

2.2. Definiciones¹

2.2.1. Definición del dominio del problema

El sistema se ubica en una Facultad universitaria con aproximadamente 600 alumnos (**cita requerida**) con varias asignaturas en las que se imparten áreas de conocimiento relacionados con la Computación Distribuida, en particular las asignaturas **Arquitectura de Computadores y Sistemas Distribuidos** [2].

¹Esta parte abarca únicamente el componente didáctico del sistema debido a que no se cuenta con ningún tipo de trasfondo para el resto de partes del dominio del problema.

2.2.2. Modelado del sistema actual

La Facultad cuenta con varias aulas y laboratorios informáticos donde los alumnos disponen de la infraestructura necesaria para realizar los ejercicios y prácticas asignadas. Dichos espacios permiten utilizar cualquier equipo como nodos, pues pertenecen a la misma red, siendo incluso factible la comunicación directa entre equipos situados en diferentes aulas o edificios. La conexión es relativamente rápida, contando con un cableado capaz de soportar teóricamente transferencias de hasta 100Mb/s *full-duplex*. La gestión de usuarios se realiza mediante un protocolo LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*) [3], contando con un sistema de ficheros centralizado que permite acceder a la información de un usuario desde cualquier equipo, facilitando las tareas de replicación menos sofisticadas.

La mayoría de las prácticas son programadas en el lenguaje **Java**, que es ya conocido por la totalidad de los estudiantes gracias a asignaturas previamente cursadas (**Cita requerida**) y que facilita el despliegue y la compatibilidad entre diferentes equipos de trabajo sustancialmente.

Problemas conocidos Estos son varios de los problemas identificados en los diferentes usuarios de la infraestructura:

- Cada pareja de alumnos necesita tres estaciones de trabajo para poder realizar algunos de los ejercicios propuestos.
- El servidor LDAP constituye un “cuello de botella”, pues todos los alumnos acceden a él de forma intensiva, provocando caídas en el mismo.
- Las técnicas de programación utilizadas hasta la fecha tienen un rendimiento bajo y son en ocasiones relativamente complejas.

2.2.3. Identificación de usuarios participantes

- Estudiantes de tercero y cuarto curso del Grado en Ingeniería Informática
- Doctentes de las asignaturas Arquitectura de Computadores y Sistemas Distribuidos
- Administradores del sistema

2.3. Identificación de las necesidades de cada parte

2.3.1. Necesidades de los alumnos

- Entorno de trabajo útil y sencillo.
- Posibilidad de observar los resultados de las ejecuciones de forma sencilla.

2.3.2. Docentes

- Entorno versátil sobre el cual puedan llevarse a cabo **todas** las prácticas y ejercicios propuestos, aportando si es posible algún tipo de ventaja sobre el sistema en uso.

2.3.3. Administrador

- Sistema integrable en la infraestructura actual cuyo mantenimiento sea sencillo.

2.4. Propuestas para la búsqueda de necesidades

- Encuestas o entrevistas a todas las partes.
- Evaluación de la experiencia de uso en las diferentes etapas de desarrollo del sistema.

2.5. Identificación de requisitos

2.5.1. Requisitos de almacenamiento de la información

- Gestión de usuarios (credenciales de autenticación)
- Gestión de los datos de cada usuario
- *Logs* del sistema

2.5.2. Identificación de requisitos funcionales

2.5.3. Identificación de actores

2.5.4. Identificación de requisitos no funcionales

- El *software* debe ser mantenible y robusto².
- Reducción de los costes de desarrollo.
- Definición de los protocolos de comunicación.
- Definición de los protocolos de seguridad y confidencialidad.
- Definición de la interacción con el usuario.
- Integridad del sistema y fiabilidad (*uptime*, recuperación frente a fallos).
- Productos a crear.
- Compatibilidad con las prácticas y ejercicios.

²Siendo dicha robustez garantizada mediante el uso de *software* utilizado por una base de usuarios significativa, una arquitectura conocida, pruebas realizadas sobre él o un equipo de desarrollo en activo, entre otras

Apéndice A

An Appendix

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vivamus at pulvinar nisi. Phasellus hendrerit, diam placerat interdum iaculis, mauris justo cursus risus, in viverra purus eros at ligula. Ut metus justo, consequat a tristique posuere, laoreet nec nibh. Etiam et scelerisque mauris. Phasellus vel massa magna. Ut non neque id tortor pharetra bibendum vitae sit amet nisi. Duis nec quam quam, sed euismod justo. Pellentesque eu tellus vitae ante tempus malesuada. Nunc accumsan, quam in congue consequat, lectus lectus dapibus erat, id aliquet urna neque at massa. Nulla facilisi. Morbi ullamcorper eleifend posuere. Donec libero leo, faucibus nec bibendum at, mattis et urna. Proin consectetur, nunc ut imperdiet lobortis, magna neque tincidunt lectus, id iaculis nisi justo id nibh. Pellentesque vel sem in erat vulputate faucibus molestie ut lorem.

Quisque tristique urna in lorem laoreet at laoreet quam congue. Donec dolor turpis, blandit non imperdiet aliquet, blandit et felis. In lorem nisi, pretium sit amet vestibulum sed, tempus et sem. Proin non ante turpis. Nulla imperdiet fringilla convallis. Vivamus vel bibendum nisl. Pellentesque justo lectus, molestie vel luctus sed, lobortis in libero. Nulla facilisi. Aliquam erat volutpat. Suspendisse vitae nunc nunc. Sed aliquet est suscipit sapien rhoncus non adipiscing nibh consequat. Aliquam metus urna, faucibus eu vulputate non, luctus eu justo.

Donec urna leo, vulputate vitae porta eu, vehicula blandit libero. Phasellus eget massa et leo condimentum mollis. Nullam molestie, justo at pellentesque vulputate, sapien velit ornare diam, nec gravida lacus augue non diam. Integer mattis lacus id libero ultrices sit amet mollis neque molestie. Integer ut leo eget mi volutpat congue. Vivamus sodales, turpis id venenatis placerat, tellus purus adipiscing magna, eu aliquam nibh dolor id nibh. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Sed cursus convallis quam nec vehicula. Sed vulputate neque eget odio fringilla ac sodales urna feugiat.

Phasellus nisi quam, volutpat non ullamcorper eget, congue fringilla leo. Cras et erat et nibh placerat commodo id ornare est. Nulla facilisi. Aenean pulvinar scelerisque eros eget interdum. Nunc pulvinar magna ut felis varius in hendrerit dolor accumsan. Nunc pellentesque magna quis magna bibendum non laoreet erat tincidunt. Nulla facilisi.

Duis eget massa sem, gravida interdum ipsum. Nulla nunc nisl, hendrerit sit amet commodo vel, varius id tellus. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nunc ac dolor est. Suspendisse ultrices tincidunt metus eget accumsan. Nullam facilisis, justo vitae convallis sollicitudin, eros augue malesuada metus, nec sagittis diam nibh ut sapien. Duis blandit lectus vitae lorem aliquam nec euismod nisi volutpat. Vestibulum ornare dictum tortor, at faucibus justo tempor non. Nulla facilisi. Cras non massa nunc, eget euismod purus. Nunc metus ipsum, euismod a consectetur vel, hendrerit nec nunc.

Bibliografía

- [1] A. D. Toro, B. B. Jimenez, A. R. Cortes, and M. T. Bonilla, “A requirements elicitation approach based in templates and patterns,” 1999.
- [2] U. de Salamanca, “Titulación y programa formativo - grado en ingeniería informática.” http://http://www.usal.es/webusal/files/Grado_en_Ingenieria_Informatica_2014_1%C2%AA%20parte-actualizado%202-10-14.pdf, 10 2014.
- [3] N. W. Group, “Comment on rfc 4516 - lightweight directory access protocol (ldap),” *RFC*, June 2006.