
Sistema de intercambio de archivos P2P
P2P File Sharing System



Trabajo de Fin de Máster
Curso 2023–2024

Autor

Sergio García Sánchez

Director

Adrián Riesco Rodríguez

Máster en Ingeniería Informática
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid

Sistema de intercambio de archivos P2P

P2P File Sharing System

Trabajo de Fin de Máster en Ingeniería Informática
Departamento de **XXXXXXXXXXXXXXXX**

Autor
Sergio García Sánchez

Director
Adrián Riesco Rodríguez

Convocatoria: *Febrero/Junio/Septiembre 2024*
Calificación: *Nota*

Máster en Ingeniería Informática
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid

DIA de MES de AÑO

Dedicatoria

*A Pedro Pablo y Marco Antonio, por crear TeXiS
e iluminar nuestro camino*

Agradecimientos

A Guillermo, por el tiempo empleado en hacer estas plantillas. A Adrián, Enrique y Nacho, por sus comentarios para mejorar lo que hicimos. Y a Narciso, a quien no le ha hecho falta el Anillo Único para coordinarnos a todos.

Resumen

Sistema de intercambio de archivos P2P

Un resumen en castellano de media página, incluyendo el título en castellano. A continuación, se escribirá una lista de no más de 10 palabras clave.

Palabras clave

Máximo 10 palabras clave separadas por comas

Abstract

P2P File Sharing System

An abstract in English, half a page long, including the title in English. Below, a list with no more than 10 keywords.

Keywords

10 keywords max., separated by commas.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Contexto	1
1.2. Motivación	2
1.3. Objetivos	2
1.4. Plan de trabajo	3
1.5. Organización de la memoria	4
2. Fundamentos teóricos	5
2.1. Introducción a las redes P2P	5
2.1.1. Definición y evolución	5
2.1.2. Arquitecturas de redes P2P	6
2.2. Protocolos de comunicación en redes P2P	7
2.2.1. Protocolo TCP en redes P2P	7
2.2.2. Configuración automática mediante UPnP	7
2.3. Mecanismos de descubrimiento de nodos	7
2.3.1. Modelos centralizados y distribuidos	7
2.3.2. Casos de uso y ejemplos prácticos	7
3. Diseño y desarrollo de la aplicación	9
4. Conclusiones y Trabajo Futuro	11
5. Introduction	13
6. Conclusions and Future Work	15
Bibliografía	17
A. Título del Apéndice A	19

Índice de figuras

1.1. Comparación entre arquitectura cliente-servidor y arquitectura P2P	1
---	---

Índice de tablas

Introducción

1.1. Contexto

Las redes Peer-to-Peer (P2P) representan un modelo de comunicación descentralizado en el que todos los nodos participan de forma equitativa, actuando tanto como clientes como servidores. Este paradigma, alternativo al modelo cliente-servidor tradicional, ha transformado la forma en que compartimos información y utilizamos los recursos en línea. Su impacto ha sido especialmente notable en el ámbito del intercambio de archivos, donde su capacidad para distribuir grandes volúmenes de datos sin depender de servidores centralizados ha supuesto una revolución tecnológica Schollmeier (2001).

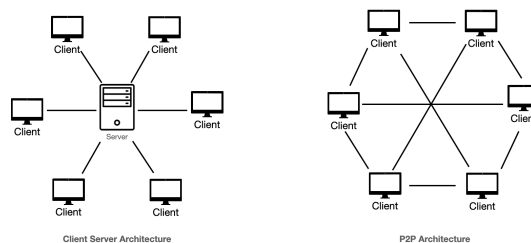


Figura 1.1: Comparación entre arquitectura cliente-servidor y arquitectura P2P

Las redes P2P no solo destacan por su arquitectura innovadora, sino también por su impacto en la democratización del acceso a los recursos digitales. Al eliminar la necesidad de intermediarios centralizados, estas redes permiten a los usuarios compartir directamente recursos como archivos, ancho de banda o poder computacional. Esto ha impulsado aplicaciones clave en dominios que van desde el intercambio de contenido multimedia hasta la computación distribuida.

Sin embargo, este modelo también plantea retos significativos. La ausencia de un punto central de control introduce la necesidad de desarrollar mecanismos eficientes para la localización de recursos, la gestión del tráfico de red y la seguridad de las comunicaciones. Estos desafíos han impulsado avances tecnológicos en áreas como el diseño de algoritmos distribuidos y la optimización de protocolos de comunicación.

En la actualidad, las redes P2P son fundamentales en aplicaciones que requieren escalabilidad y descentralización. Desde servicios de streaming y distribución de videojuegos

hasta sistemas basados en blockchain como Bitcoin, estas tecnologías representan un cambio hacia infraestructuras digitales más resilientes. Más allá de su uso técnico, las redes P2P simbolizan un paradigma donde el control se distribuye, empoderando a los usuarios finales.

1.2. Motivación

Las redes Peer-to-Peer (P2P) han transformado la manera en que compartimos información y utilizamos recursos en línea, posicionándose como una alternativa eficiente y escalable al modelo cliente-servidor. A pesar de su relevancia y aplicaciones actuales en campos como el intercambio de archivos, el streaming de vídeo y las plataformas blockchain, el diseño e implementación de estas redes desde un nivel práctico sigue siendo un reto para muchos desarrolladores.

Este trabajo no busca competir con las grandes plataformas que emplean arquitecturas P2P ni desarrollar una red masiva con millones de usuarios. En cambio, se enfoca en la creación de una red P2P funcional desde cero, con énfasis en los conceptos fundamentales y su implementación práctica.

Con ello, se espera facilitar el entendimiento de este modelo descentralizado y motivar el desarrollo de nuevas aplicaciones basadas en redes P2P, adaptadas a los desafíos tecnológicos contemporáneos.

1.3. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es diseñar e implementar una red Peer-to-Peer (P2P) funcional para el intercambio de archivos de manera distribuida, integrando tecnologías actuales como UPnP para la gestión automática de puertos y un sistema centralizado para la localización y conexión de nodos. Este desarrollo se centrará en la creación de un cliente con interfaz gráfica que sirva como base para todas las funcionalidades de la red.

Para alcanzar este objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- **Desarrollar un cliente con interfaz gráfica:** Diseñar e implementar una aplicación gráfica que permita a los usuarios compartir y descargar archivos de manera sencilla e intuitiva. Este cliente será el núcleo sobre el cual se integrarán las funcionalidades de la red P2P.
- **Desarrollar un sistema de registro y gestión de nodos:** Implementar un mecanismo centralizado que permita identificar y coordinar los peers conectados a la red, facilitando su interacción y comunicación.
- **Diseñar e implementar la comunicación directa entre nodos:** Crear un protocolo basado en TCP que permita a los peers establecer conexiones fiables y seguras para el intercambio de archivos, asegurando una comunicación robusta y compatible con redes distribuidas.
- **Integrar soporte para UPnP:** Automatizar la configuración de puertos en los routers mediante el uso de UPnP, garantizando una conectividad sencilla y accesible para los usuarios.

- **Implementar un sistema de intercambio de archivos distribuido:** Diseñar un modelo que permita a los peers compartir y descargar archivos fragmentados desde múltiples fuentes, optimizando el uso de los recursos de la red.
- **Documentar el diseño, implementación y evaluación del sistema:** Elaborar una descripción técnica detallada del desarrollo de la red P2P, incluyendo los algoritmos y tecnologías utilizadas, así como las

1.4. Plan de trabajo

Durante el desarrollo del proyecto se ha seguido un plan de trabajo detallado con el objetivo de estructurar las tareas y garantizar el cumplimiento de los objetivos planteados. La planificación ha permitido organizar de forma eficiente las distintas fases del desarrollo, estableciendo prioridades y tiempos. El plan de trabajo se ha dividido en los siguientes puntos:

1. **Estudio de las tecnologías a utilizar:** Se llevó a cabo un análisis detallado de las tecnologías necesarias para el desarrollo del proyecto, incluyendo protocolos de comunicación como TCP, sistemas de apertura de puertos con UPnP y arquitecturas P2P para el intercambio de archivos. Este estudio incluyó la búsqueda de documentación técnica, recursos en línea y herramientas que facilitaran el desarrollo.
2. **Desarrollo del cliente con interfaz gráfica:** Se inició el diseño e implementación en java del cliente gráfico como base del proyecto. Este cliente incluye funcionalidades esenciales para compartir y descargar archivos, sirviendo como núcleo sobre el cual se desarrollaron las demás características de la red. Durante esta fase, se probaron aspectos básicos de la interacción con el sistema de archivos local.
3. **Implementación del sistema de registro de nodos:** Se diseñó e implementó un sistema centralizado para gestionar los nodos conectados a la red. Este sistema permite registrar los peers activos y facilitar su descubrimiento entre ellos. Además, se integró con el cliente para garantizar que los usuarios pudieran conectarse a otros peers de manera eficiente.
4. **Diseño e implementación de la comunicación entre nodos:** Se desarrolló un protocolo basado en TCP para la conexión directa entre peers. Esta etapa incluyó pruebas para garantizar la fiabilidad y estabilidad de las conexiones, así como su integración con el cliente gráfico.
5. **Integración del soporte para UPnP:** Se implementó soporte para la configuración automática de puertos mediante UPnP, lo que permitió facilitar la conexión entre nodos en redes con configuraciones complejas, eliminando la necesidad de ajustes manuales por parte del usuario.
6. **Evaluación y pruebas del sistema:** Se llevaron a cabo pruebas funcionales para verificar el correcto funcionamiento de cada componente de la red P2P, así como su integración global. Estas pruebas incluyeron casos con múltiples nodos conectados para garantizar la robustez del sistema.
7. **Escritura y revisión de la memoria:** Durante las fases de implementación y pruebas, se elaboró la memoria del proyecto, documentando las decisiones tomadas, los resultados obtenidos y los aprendizajes adquiridos.

8. **Cierre del proyecto:** Una vez terminadas todas las fases, se realizó una revisión final del cliente y de la memoria, realizando las correcciones necesarias para su entrega final. Se verificó que todos los objetivos se hubieran cumplido satisfactoriamente antes del cierre del proyecto.

En definitiva, un plan de trabajo bien estructurado ha permitido avanzar de manera eficiente y cumplir con los hitos establecidos dentro del tiempo límite.

1.5. Organización de la memoria

Fundamentos teóricos

Este capítulo aborda los fundamentos teóricos necesarios para comprender las redes Peer-to-Peer (P2P), comenzando con su definición y evolución histórica. A continuación, se analizan las arquitecturas más comunes y los protocolos clave que permiten su funcionamiento, como TCP y UPnP. Por último, se estudian los sistemas de descubrimiento de nodos, destacando los modelos centralizados y distribuidos, así como ejemplos prácticos que ilustran su aplicación en la actualidad.

2.1. Introducción a las redes P2P

2.1.1. Definición y evolución

Las redes Peer-to-Peer (P2P) son sistemas de comunicación que se caracterizan por su arquitectura descentralizada, donde todos los nodos de la red desempeñan roles equivalentes. Esto significa que los nodos actúan tanto como clientes, solicitando recursos, como servidores, compartiendo datos con otros nodos. Según Schollmeier (2001), una red P2P se define por su capacidad para que los nodos compartan recursos directamente entre ellos, sin depender de una entidad central que coordine o gestione las interacciones. Este enfoque fomenta la resiliencia y la escalabilidad, ya que la red no depende de un único punto de fallo.

En contraste, el modelo cliente-servidor tradicional se basa en un servidor central que almacena los datos y responde a las solicitudes de los clientes. Este modelo introduce limitaciones importantes, como posibles cuellos de botella y la vulnerabilidad a fallos del servidor centralizado Coulouris et al. (2011). Por el contrario, las redes P2P distribuyen la carga de trabajo entre todos los nodos, aprovechando la capacidad colectiva de la red para manejar grandes volúmenes de datos de manera eficiente.

Primera generación de redes P2P El desarrollo moderno de las redes P2P comenzó en 1999 con la aparición de Napster, una plataforma diseñada para compartir música digital. Aunque Napster no era completamente descentralizada, ya que dependía de un servidor central para indexar los archivos compartidos, marcó un hito al permitir que los usuarios se conectaran directamente para intercambiar archivos entre ellos. Según Oram (2001), Napster popularizó el concepto de intercambio de archivos entre pares y demostró

el potencial de las redes P2P para transformar la distribución de contenido digital.

Sin embargo, la dependencia de Napster de un servidor centralizado lo convirtió en un objetivo legal vulnerable. Su cierre en 2001 motivó el desarrollo de redes P2P más descentralizadas, que buscaban eliminar la dependencia de un único punto de control.

Segunda generación de redes P2P La segunda generación de redes P2P, representada por plataformas como Gnutella y eDonkey, eliminó los servidores centrales y adoptó modelos completamente distribuidos. En Gnutella, por ejemplo, cada nodo se conectaba directamente con otros nodos vecinos, formando una red en malla. Aunque esta descentralización mejoró la resiliencia de la red, también introdujo retos técnicos significativos. Entre los principales desafíos se encontraban la búsqueda eficiente de recursos en una red distribuida y la gestión del tráfico generado por múltiples nodos Risson y Moors (2006).

Por su parte, eDonkey introdujo mejoras en la forma de localizar archivos, empleando servidores auxiliares para agilizar las búsquedas, pero manteniendo la transferencia directa entre nodos. Estas plataformas demostraron que las redes P2P podían escalar y manejar grandes cantidades de datos, pero también evidenciaron la necesidad de optimizar su funcionamiento.

BitTorrent y la fragmentación de archivos En 2001, BitTorrent marcó un punto de inflexión en la evolución de las redes P2P al introducir un nuevo enfoque para el intercambio de archivos. En lugar de que un nodo descargara un archivo completo de otro, BitTorrent dividía los archivos en fragmentos más pequeños. Esto permitía que un usuario descargara diferentes fragmentos de un archivo desde múltiples nodos simultáneamente, maximizando la eficiencia del ancho de banda disponible Cohen (2003). Además, los nodos comenzaban a compartir los fragmentos descargados con otros usuarios incluso antes de completar la descarga, fomentando la colaboración activa entre los peers.

Esta innovación consolidó a BitTorrent como una tecnología líder en el intercambio de archivos y popularizó el uso de las redes P2P en aplicaciones masivas, demostrando su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos de manera eficiente.

Relevancia actual de las redes P2P En la actualidad, las redes P2P han trascendido el ámbito del intercambio de archivos y se han adaptado a una amplia gama de aplicaciones. Por ejemplo, en el streaming de contenido, tecnologías como WebRTC aprovechan la conectividad directa entre nodos para mejorar la latencia y reducir la carga en servidores centrales. Además, plataformas basadas en blockchain, como Bitcoin, utilizan redes P2P para garantizar la descentralización no solo en la transferencia de datos, sino también en la gestión financiera. Según Nakamoto (2008), la arquitectura P2P es fundamental para el funcionamiento de Bitcoin, ya que elimina la necesidad de intermediarios y permite un sistema financiero más transparente y seguro.

2.1.2. Arquitecturas de redes P2P

Se analizarán las principales arquitecturas utilizadas en las redes P2P, incluyendo las arquitecturas centralizadas, descentralizadas e híbridas, y se discutirán sus ventajas y desventajas.

2.2. Protocolos de comunicación en redes P2P

2.2.1. Protocolo TCP en redes P2P

Este apartado se centrará en cómo las redes P2P utilizan el protocolo TCP para establecer conexiones fiables y garantizar la transferencia de datos entre nodos.

2.2.2. Configuración automática mediante UPnP

Se describirá cómo el protocolo Universal Plug and Play (UPnP) permite la configuración automática de puertos en redes P2P, facilitando la conectividad entre nodos sin intervención manual del usuario.

2.3. Mecanismos de descubrimiento de nodos

2.3.1. Modelos centralizados y distribuidos

Se presentarán los diferentes modelos de descubrimiento de nodos, desde los sistemas centralizados hasta los distribuidos, destacando sus características y aplicaciones.

2.3.2. Casos de uso y ejemplos prácticos

Este apartado ofrecerá ejemplos relevantes de implementación de sistemas de descubrimiento de nodos y discutirá cómo se aplican en redes P2P para optimizar la conectividad y el rendimiento.

Capítulo 3

Diseno y desarrollo de la aplicación

3.1. Diseño del sistema 3.1.1. Arquitectura general 3.1.2. Módulos principales del sistema 3.2. Desarrollo del cliente con interfaz gráfica 3.2.1. Funcionalidades implementadas 3.2.2. Desafíos técnicos y soluciones aplicadas 3.3. Sistema de registro y gestión de nodos 3.3.1. Diseño e implementación 3.3.2. Pruebas funcionales 3.4. Comunicación entre nodos 3.4.1. Protocolo basado en TCP 3.4.2. Integración con el cliente 3.5. Integración del soporte para UPnP 3.5.1. Automatización de configuración de puertos 3.5.2. Validación en diferentes entornos de red 3.6. Evaluación del sistema 3.6.1. Pruebas realizadas y resultados 3.6.2. Análisis de los resultados

Capítulo 4

Conclusiones y Trabajo Futuro

Conclusiones del trabajo y líneas de trabajo futuro.

Antes de la entrega de actas de cada convocatoria, en el plazo que se indica en el calendario de los trabajos de fin de máster, el estudiante entregará en el Campus Virtual la versión final de la memoria en PDF. En la portada de la misma deberán figurar, como se ha señalado anteriormente, la convocatoria y la calificación obtenida. Asimismo, el estudiante también entregará todo el material que tenga concedido en préstamo a lo largo del curso.

Chapter 5

Introduction

Introduction to the subject area. This chapter contains the translation of Chapter 1.

Chapter 6

Conclusions and Future Work

Conclusions and future lines of work. This chapter contains the translation of Chapter 4.

Bibliografía

- COHEN, B. Incentives build robustness in bittorrent. 2003. Workshop on Economics of Peer-to-Peer Systems.
- COULOURIS, G., DOLLIMORE, J. y KINDBERG, T. *Distributed Systems: Concepts and Design*. Addison-Wesley, 2011.
- NAKAMOTO, S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. 2008.
- ORAM, A. *Peer-to-Peer: Harnessing the Power of Disruptive Technologies*. O'Reilly Media, 2001.
- RISSEN, J. y MOORS, T. Survey of research towards robust peer-to-peer networks. *Computer Networks*, 2006.
- SCHOLLMEIER, R. A definition of peer-to-peer networking for the classification of peer-to-peer architectures and applications. En *Proceedings First International Conference on Peer-to-Peer Computing*, páginas 101–102. 2001.

Apéndice **A**

Título del Apéndice A

Contenido del apéndice

Apéndice	B
----------	----------

Título del Apéndice B

