

Universitat de Girona  
**Escola Politècnica Superior**

Grau en Enginyeria Informàtica

PROJECTE FINAL DE GRAU

---

**Virtualització d'aplicacions  
amb accés via web**

---

*Autor:*  
Aniol Fernández Cano

*Tutor:*  
Lluís Fàbrega Soler

RESUM

Convocatòria:  
Juny 2023

Departament:  
Arquitectura i Tecnologia de Computadors

# Resum

## 1. Introducció

Hi ha diverses maneres de desplegar les aplicacions cap als usuaris. Una aplicació “nativa” s’ha d’instal·lar prèviament en el dispositiu de l’usuari, té accés complet al *hardware* i pot obtenir un bon rendiment, però és clar, depèn del sistema operatiu (S.O.) i *hardware* concret per al qual ha estat dissenyada. Una aplicació “web”, en canvi, no té aquesta dependència ja que s’executa sobre un navegador (present a gairebé qualsevol dispositiu) de manera que és fàcilment accessible des d’un dispositiu en xarxa, però està limitada pel que ofereix un navegador. Una aplicació “virtualitzada” (igual que un “escriptori virtualitzat” o “remot”) s’executa en un dispositiu remot el qual, a través d’una xarxa, intercanvia amb el dispositiu local les interaccions entre usuari i aplicació (teclat, ratolí, pantalla, etc.), i així té els avantatges d’una aplicació nativa i alhora allibera a l’usuari de qualsevol dependència amb S.O. i hardware. Un desavantatge, però, és que en el dispositiu de l’usuari s’ha d’instal·lar una aplicació client específica que permet la connexió, fet que limita la seva accessibilitat; per això el següent pas és desenvolupar aquest client en forma d’aplicació web.

## 2. Objectius

El projecte busca oferir una nova alternativa al desplegament d’aplicacions, tot aplicant els millors aspectes de cada una de les solucions existents i eliminant-ne els punts febles per tal d’oferir una nova solució apta per al mercat. L’objectiu del projecte és dissenyar i desenvolupar un servei i aplicació web que permeti accedir, a través d’un navegador, a aplicacions natives executant-se en màquines remotes. D’aquesta manera els usuaris finals podran fer servir aquestes aplicacions sense haver d’instal·lar-les en els seus dispositius, alliberant-los de requisits específics de *hardware*, S.O. o qualsevol altre *software* addicional més enllà d’un navegador. L’aplicació, a més, permetrà ser configurada per un usuari administrador, el qual podrà afegir noves aplicacions i limitar i controlar l’accés a aquestes. El sistema haurà d’oferir una bona experiència a l’usuari final, en termes de rendiment i interactivitat. Per tal d’aconseguir-ho, es farà ús de tecnologies web modernes i es dissenyarà una arquitectura modular i escalable horitzontalment (que pugui créixer en aplicacions i màquines d’execució), que faci ús de contenidors aïllats i que tingui present la seguretat en tot moment.

Per portar a terme aquest projecte es seguiran els següents passos:

1. Estudi de tecnologies i opcions d'implementació per al transport de les interaccions entre usuari i aplicació.
2. Estudi de tecnologies web i elecció de la més adient per al projecte.
3. Estudi de tecnologies de contenidors.
4. Estudi de requisits i latències per a obtenir una bona interactivitat en temps real.
5. Disseny i desenvolupament de l'arquitectura del sistema d'execució d'aplicacions.
6. Disseny i desenvolupament del servidor i API web.
7. Disseny i desenvolupament de la interfície per l'usuari.
8. Realització de proves de funcionament.
9. Documentació del servei per a usuaris administradors.

### 3. Disseny i implementació

Per tal de resoldre el problema plantejat, s'ha dissenyat i implementat un sistema distribuït que permet l'execució d'aplicacions virtualitzades a través d'un navegador web<sup>1</sup>. L'arquitectura del sistema consisteix en 3 parts (vegeu la Figura 1): l'entorn de virtualització, el servidor d'aplicacions i el servidor web i de control.

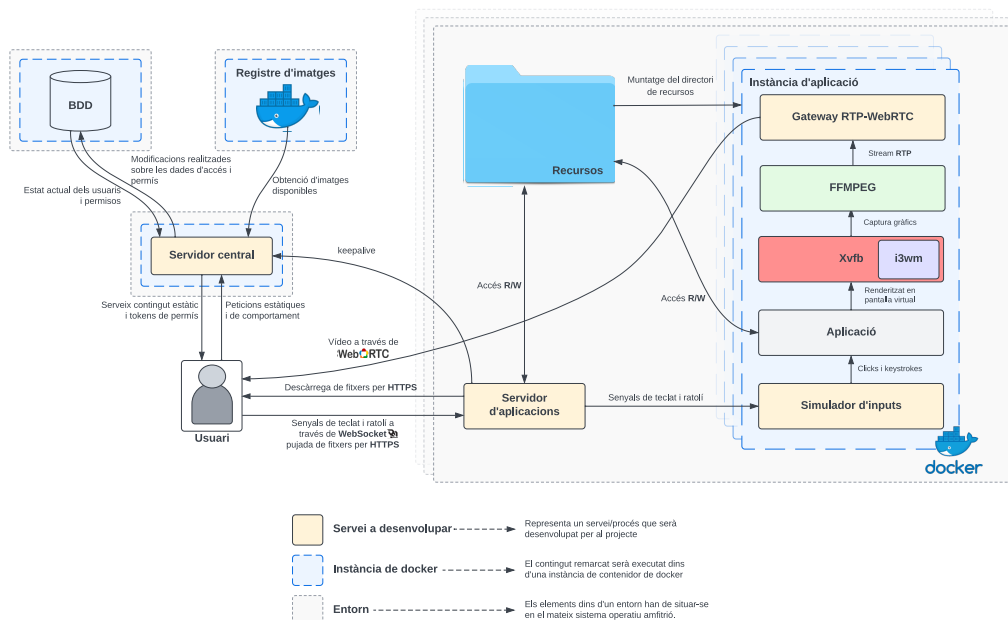


Figura 1: Arquitectura del sistema

<sup>1</sup>Vegeu el codi a <https://github.com/AniolFernandez/ApplicationVirtualization>

### 3.1. L'entorn de virtualització

L'entorn de virtualització s'encarrega d'executar l'aplicació de forma virtualitzada i controlada. Està dissenyat per a ser executat de forma simultània i independent amb altres instàncies. Es troba dins d'un contenidor de Docker i s'encarrega de les següents tasques:

- Permet l'execució d'una aplicació gràfica per a un usuari remot.
- Simula esdeveniments de teclat i ratolí per tal de controlar l'aplicació.
- Captura els gràfics i els envia cap a l'usuari.
- Permet a l'usuari administrador integrar noves aplicacions de forma senzilla.

Anomenem "instància d'aplicació" a un contenidor de Docker de l'entorn de virtualització amb una aplicació en execució.

Per a implementar l'entorn de virtualització, s'ha desenvolupat una imatge base d'un contenidor de Docker que conté els programes necessaris per a dur a terme les tasques mencionades. Concretament són: Xvfb com a pantalla virtual, i3wm com a entorn de finestres, ffmpeg per a la captura dels gràfics i generació de flux RTP i s'ha desenvolupat el *software* necessari per a realitzar el control de l'aplicació de forma remota, de manera que es captura el flux RTP generat i es retransmet utilitzant WebRTC, mentre que, simultàniament, es reben esdeveniments de teclat/ratolí i es simulen dins l'entorn.

### 3.2. El servidor d'aplicacions

El servidor d'aplicacions és l'encarregat d'orquestrar les múltiples instàncies d'aplicacions actives en el sistema. Permet als usuaris autoritzats iniciar una instància d'aplicació i accedir als seus recursos. Les tasques que realitza són les següents:

- Permet l'inici d'instàncies d'aplicacions als usuaris autoritzats.
- Dóna accés d'accés al sistema de fitxers a l'usuari i a la instància d'aplicació.
- Fa de *proxy* (intermediari) entre l'usuari i la instància d'una aplicació reenviant els esdeveniments de teclat i ratolí.
- Realitza la multiplexació de connexions entre usuaris i instàncies d'aplicacions.
- Orquestra l'arrancada i parada les diferents instàncies d'aplicacions actives.
- Manté actualitzades les imatges dels contenidors.

El servidor d'aplicacions s'ha dissenyat per a poder ser executat en múltiples màquines, i així aconseguir un servei distribuït i escalable horitzontalment (que pugui créixer en aplicacions i màquines d'execució quan augmenti la demanda). Anomenem "instància de servidor d'aplicacions" a cadascun d'aquests servidors.

Per a implementar el servidor d'aplicacions, s'ha usat el llenguatge GO i l'SDK de Docker per a realitzar l'orquestració dels contenidors. Per tal de permetre la connexió entre usuari i instància d'aplicació, s'utilitza una connexió WebSocket entre usuari i servidor d'aplicacions on aquest realitza de *proxy* i multiplexa la connexió cap a la instància d'aplicació de l'usuari a través d'una connexió TCP local.

### 3.3. El servidor central (web i de control)

El servidor central és l'encarregat d'actuar com a servidor web i servidor de control entre usuaris i les múltiples instàncies de servidor d'aplicacions. Permet als usuaris accedir a l'aplicació web desenvolupada i en porta el seu control. D'altra banda, també duu a terme la gestió i control de les diverses instàncies dels servidors d'aplicacions de manera que és l'encarregat de gestionar-ne l'accés per part dels usuaris. Les tasques que realitza són les següents:

- Serveix l'aplicació web a l'usuari.
- Autentica i autoritza els usuaris tant a l'aplicació web com als diversos servidors d'aplicacions.
- Gestiona la configuració del servei i aplicacions instal·lades.

Per a implementar el servidor web i de control, s'utilitza Angular com a *front-end*, NodeJS com a *back-end*, una base de dades MySQL i un registre d'imatges de Docker.

## 4. Resultats

El sistema desenvolupat permet a l'usuari visualitzar les aplicacions que té disponibles, així com executar-les simultàniament i controlar-les. A més permet ser configurat per un usuari administrador de manera que aquest pot limitar l'accés que disposen els usuaris a les aplicacions, així com canviar-ne la configuració i descripció.

La interfície d'usuari permet que, des del punt de vista de l'usuari, es puguin llistar, executar i controlar les aplicacions que té disponibles. Per tal de mostrar un exemple d'execució, s'ha fet disponible el següent vídeo: <https://youtu.be/1SMrREKlg-Q>

L'usuari administrador pot desplegar el sistema de diferents maneres. En estar dissenyat de forma distribuïda i pensant cada element com un servei separat, el desplegament pot ser monolític (centralitzat, tots els serveis en una mateixa màquina) o bé

distribuït (separant els serveis en diferents màquines). La Figura 2 mostra un exemple d'entorn on els servidors d'aplicacions es troben distribuïts. Notar que aquest és un dels possibles desplegaments i que, si l'administrador ho veies oportú, podria separar els serveis de base de dades i registre en altres màquines. En resum, l'administrador es lliure d'implantar cada element del sistema de forma monolítica o distribuïda de forma senzilla i segons les necessitats del sistema.

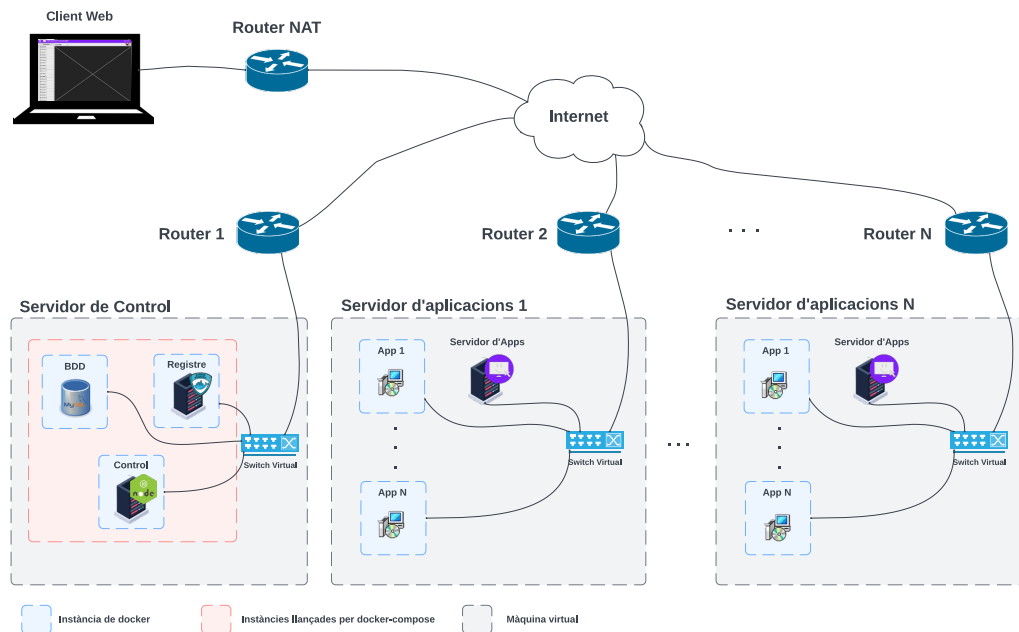


Figura 2: Entorn amb un servidor de control i N servidors d'aplicacions

## 5. Conclusions

En aquest projecte s'ha desenvolupat un sistema que ofereix la virtualització d'aplicacions a través d'un navegador web. Fa ús de tecnologies web modernes per a l'execució, retransmissió i control d'aplicacions en execució en màquines remotes i dins de contenidors virtualitzats, per tal de proporcionar aïllament entre execucions. El sistema, a més, té una arquitectura distribuïda que permet augmentar els recursos quan la demanda creix (escalat horitzontal) i així proporcionar una bona experiència (temps de resposta) a l'usuari.