

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (UPC)

FACULTAT D'INFORMÀTICA DE BARCELONA (FIB)

GRAU EN ENGINYERIA INFORMÀTICA
ESPECIALITAT EN ENGINYERIA DE COMPUTADORS

Practical home multihoming with OpenWrt and Open Overlay Router

Autor:

Sergi Bartolomé Muñoz

Director:

Albert Cabellos Aparicio

(Departament d'Arquitectura de Computadors)

Codirector:

Alberto Rodríguez Natal

(Departament d'Arquitectura de Computadors)



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

23 de juny de 2016

Resum

Anomenem *multihoming* a la capacitat de connectar dues línies d'Internet a un mateix dispositiu. Aquesta característica és habitual en routers d'alta gamma, però la seva configuració en routers domèstics no és trivial.

Aquest projecte pretén fer del *multihoming* una funcionalitat accessible per a tothom qui vulgui gaudir-ne, automatitzant tota la configuració possible i requerint la mínima interacció per part de l'usuari.

Per a fer-ho, s'utilitzarà l'arquitectura de xarxa *LISP* mitjançant *OOR* i sobre el sistema operatiu *OpenWrt*

Resumen

Llamamos *multihoming* a la capacidad de conectar dos líneas de Internet a un mismo dispositivo. Esta característica es habitual en routers de alta gama, pero su configuración en routers domésticos no es trivial.

Este proyecto pretende hacer del *multihoming* una funcionalidad accesible para todos los que quieran disfrutarla, automatizando toda la configuración posible i requiriendo la mínima interacción por parte del usuario.

Para hacerlo, se usará la arquitectura de red *LISP* mediante *OOR* i sobre el sistema operativo *OpenWrt*

Abstract

Multihoming is the capability of connecting two Internet networks in just one device. It's usual to find this feature in high-end routers, but its configuration in home devices is not trivial.

This project aims to make *multihoming* a feature available to everyone who wants to enjoy it, by automating all the possible configuration and by requiring as less user interaction as possible.

To do it, we will be using the *LISP* network architecture through *OOR* and over the *OpenWrt* operating system

Índex

1	Definició de l'abast i contextualització	1
1.1	Context	1
1.1.1	Introducció	1
1.1.2	Actors implicats	2
1.2	Estat de l'art	2
1.2.1	Multihoming	2
1.2.2	LISP i OOR	3
1.2.3	OpenWrt	5
1.3	Abast del projecte	5
1.3.1	Objectius	5
1.3.2	Possibles obstacles i solucions	5
1.4	Metodologia	6
1.4.1	Mètode de treball	6
1.4.2	Eines de seguiment	6
1.4.3	Validació	6
2	Planificació temporal	6
2.1	Descripció de les tasques	6
2.1.1	Gestió del projecte	6
2.1.2	Cerca del model de router	7
2.1.3	Familiarització amb el sistema OpenWrt	7
2.1.4	Familiarització amb LISP i OOR	8
2.1.5	Configuració del multihoming	8
2.1.6	Automatització del multihoming	8
2.1.7	Adaptació de la interfície d'OpenWrt	8
2.1.8	Documentació i preparació de la defensa	8
2.2	Estimació del temps i seqüència de tasques	9
2.2.1	Temps estimat per tasca	9
2.2.2	Seqüència de les tasques i dependències	9
2.2.3	Diagrama de Gantt	9
2.3	Possibles complicacions i alternatives	10
2.3.1	Tardança en l'adquisició del router	10
2.3.2	Dificultats en comprendre el sistema OpenWrt	10
2.3.3	Dificultats en comprendre LISP i OOR	10
2.3.4	Problemes amb les dues línies WAN	10
2.4	Finalització del projecte	10
3	Gestió econòmica i sostenibilitat	11
3.1	Identificació dels costos	11
3.1.1	Pressupost	11
3.1.2	Control de gestió	13
3.2	Sostenibilitat	13

3.2.1	Dimensió econòmica	14
3.2.2	Dimensió social	14
3.2.3	Dimensió ambiental	14
3.2.4	Matriu de sostenibilitat	14
4	Elecció del router	15
4.1	Recerca	15
4.2	Candidats	15
4.2.1	Belkin F9K1115 v2	15
4.2.2	Netgear R6100	16
4.2.3	Linksys WRT1200AC	16
5	Entorn de treball i configuració	17
5.1	Màquina física	17
5.2	Màquina virtual: Map Server/Map Resolver	18
5.3	Màquina virtual: Mobile Node	19
5.4	Router	20
6	Automatització del multihoming	22
6.1	UCI	22
6.2	Script principal	22
6.3	Script d'inicialització	22
6.4	Network	23
6.5	OOR	25
6.6	Firewall	27
7	Creació de l'interfície de configuració	29
7.1	LuCI	29
7.1.1	Model CBI	29
7.1.2	Controlador	30
7.1.3	Interfície web	30
8	Generació de la imatge final	32
9	Manual d'usuari	33
10	Resultats	33
11	Feina futura	33
12	Conclusions	33

1 Definició de l'abast i contextualització

1.1 Context

1.1.1 Introducció

Aquest és un projecte de Treball de Fi de Grau (TFG) del Grau en Enginyeria Informàtica cursat a la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), i desenvolupat en el marc d'un projecte de col·laboració entre el Departament d'Arquitectura de Computadors (DAC) i Cisco Systems, anomenat Open Overlay Router (OOR).

El projecte OOR es basa en l'arquitectura de xarxa Locator/ID Separation Protocol (LISP [1]) implementada per Cisco Systems, la qual vol solucionar el problema d'escalabilitat d'Internet causat per la creixent quantitat de dispositius que s'hi connecten i la manca d'adreces per identificar-los. Per fer-ho, LISP separa semànticament els dos tipus de dispositius que s'hi connecten: Els dispositius finals, que s'identifiquen mitjançant Endpoint Identifiers (EIDs), i els dispositius que formen part de la capa d'enrutament, identificats per Routing Locators (RLOCs).

La intenció d'OOR és oferir una implementació de codi obert de LISP compatible amb Linux, Android i OpenWrt, per tal que tothom que vulgui pugui utilitzar aquest protocol.

OpenWrt, concretament, és una distribució de Linux per a dispositius incrustats (Majoritàriament routers i mòdems), que ofereix unes opcions de configuració molt més extenses i personalitzables que els firmwares preestablerts habituals [2]. Una d'aquestes opcions és, com a exemple rellevant per aquest projecte, el multihoming.

S'anomena multihoming a la capacitat d'un dispositiu de connectar-se a més d'una xarxa de computadors d'un o varis proveïdors d'Internet (ISP), sigui per augmentar la banda ampla disponible o la fiabilitat de la xarxa. Però per a poder-ho fer, el router en qüestió necessita un mínim de dos ports de Wide Area Network (WAN), i els routers domèstics habituals només en tenen un, limitant així la utilització d'aquesta funció a una gran part del mercat. Tot i això, mitjançant una personalització intensiva de la configuració d'OpenWRT, podem convertir un dels varis ports Local Area Network (LAN) d'un dispositiu domèstic en WAN mitjançant l'ús de Xarxes Locals Virtuals (VLANs). Malgrat això, aquesta configuració requereix amplis coneixements de xarxes de computadors i aconseguir-ho no està a l'abast de tothom.

L'objectiu d'aquest projecte és crear una distribució basada en OpenWrt per un model de router domèstic concret, que integri OOR i que permeti multihoming, configurant la mínima quantitat de paràmetres possible. D'aquesta manera, qualsevol usuari que vulgui gaudir de les millores d'aquesta arquitectura ho podrà fer de la manera més còmode i senzilla.

1.1.2 Actors implicats

Mitjançant la creació d'aquesta distribució es facilita enormement l'adopció d'aquest protocol a qualsevol àmbit, i això afecta al rol de diverses persones.

Desenvolupador principal Serà la única persona que desenvolupi el projecte, i s'en-carregarà d'assolir totes les fites programades, documentar el projecte i finalment presentar-lo.

Equip d'OOR Quan el projecte estigui finalitzat, els dubtes i problemes derivats de la instal·lació i la posada en marxa d'OOR pels usuaris serà molt menor, ja que només caldrà indicar quin model de router han de comprar i proporcionar el binari instal·lador per el model concret. I també se'n beneficiaran en quan a base d'usuaris, ja que la barrera de la dificultat en la seva preparació es veurà molt reduïda.

Cisco Systems Un altre beneficiat d'aquest projecte serà Cisco Systems, ja que permetrà que més routers utilitzin LISP, incrementant així el seu mercat i la seva competitivitat davant altres protocols similars.

Usuari final Degut a la fàcil instal·lació i la mínima configuració dels elements necessaris per utilitzar OOR, l'usuari final que vulgui fer-ne ús només haurà de seguir un petit manual en comptes d'haver d'invertir hores en preparar-ho, així que també se'n veuran beneficiats.

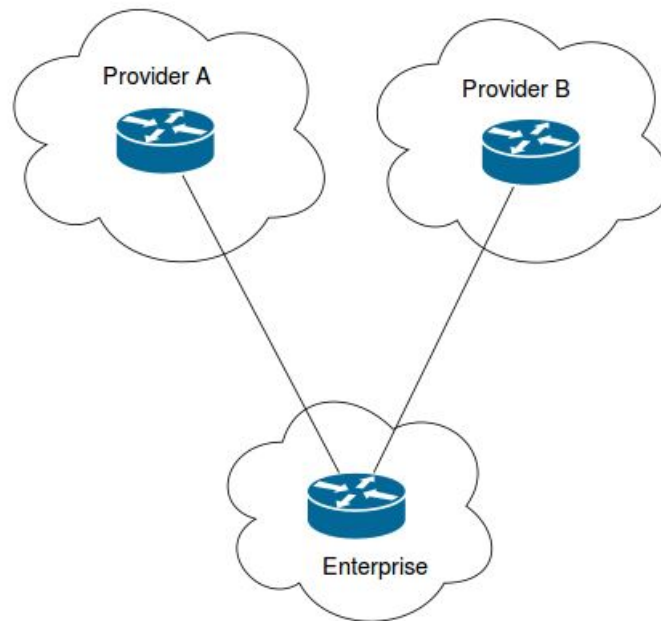
1.2 Estat de l'art

1.2.1 Multihoming

El multihoming, com ja s'ha explicat a l'apartat anterior, permet que un sol router pugui connectar-se a més d'una línia WAN, siguin o no del mateix proveïdor. Aquesta capacitat ens aporta certs avantatges respecte a la única connexió habitual:

- Més fiabilitat: Si una de les línies de l'ISP falla, tenim més opcions per tal de no perdre els paquets que enviem o rebem.
- Més rendiment: Depenent de la destinació, la ruta d'algun ISP pot ser més ràpida que la dels altres. D'aquesta manera tenim més opcions on escollir.

L'esquema típic d'una estructura de xarxa usant multihoming seria la següent, on un sol dispositiu té connectivitat a més d'un ISP.



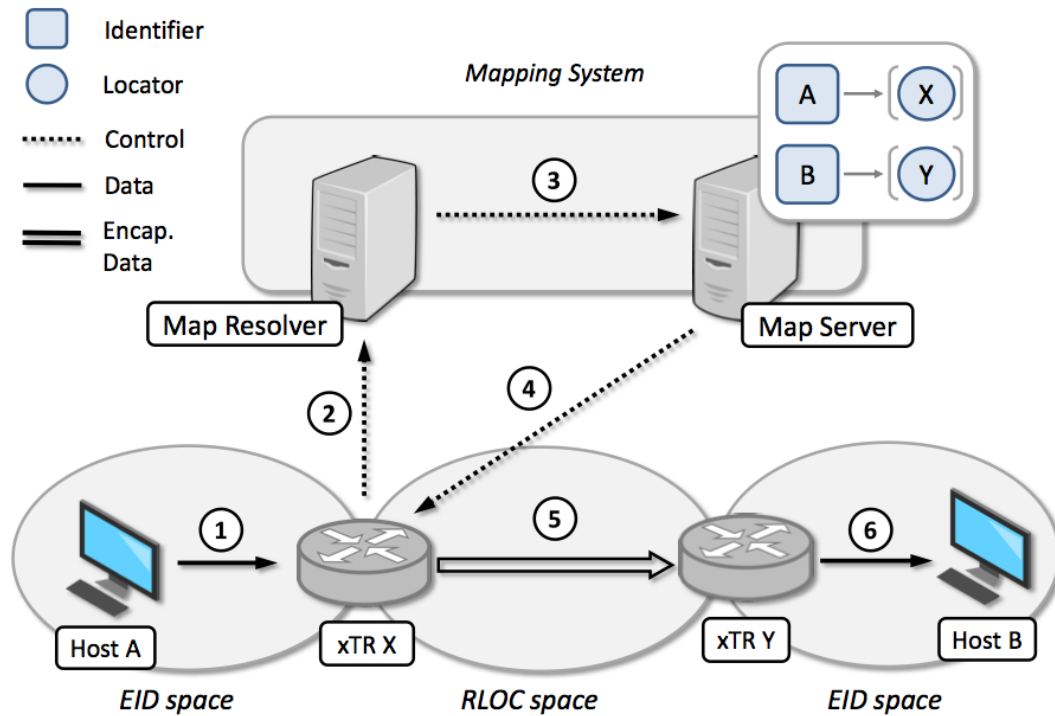
En vista d'aquests avantatges, cada vegada més empreses i fins i tot usuaris domèstics consideren l'ús del multihoming com una opció factible, i cada cop trobem més demanda d'aquest servei.

1.2.2 LISP i OOR

Per a permetre l'ús del multihoming s'ha escollit fer-ho mitjançant el projecte OOR, que a la vegada està basat en l'arquitectura de xarxa LISP. LISP és un model de xarxa impulsat per l'IETF (Internet Engineering Task Force), la comunitat internacional de desenvolupadors l'objectiu de la qual és millorar la qualitat d'Internet.

Les xarxes de computadors actuals utilitzen l'adreça IP per indicar la identitat del dispositiu així com també la manera com està connectat a la xarxa. Això causa que el nombre d'adreces IP disponibles sigui molt baix, degut al creixement dels dispositius que utilitzen Internet (En part causat pel multihoming i l'èxit de l'Internet de les Coses (IoT), i LISP pretén solucionar el problema separant en dos espais de noms el “qui” i el “com” d'aquestes adreces IP, utilitzant un sistema de “mapping” per relacionar les dues parts.

L'estructura habitual d'un entorn de xarxa LISP és el mostrat a continuació:



La xarxa on es troben els endhosts s'anomena EID Space, està vinculada a un xTR (Un router compatible amb LISP), i aquests només es poden comunicar amb altres endhosts. Si formen part de diferents EID Spaces l'xTR haurà d'atravesar la xarxa interna de LISP, consultant al Mapping System l'ubicació d'aquest EID Space (Anomenada RLOC). LISP es troba en un desenvolupament continu, optimitzant diferents paràmetres de l'arquitectura per a ser aplicats a resoldre varis problemes actuals [3], [4].

El seu objectiu és millorar tota l'estructura interna d'Internet, i per tant és una arquitectura molt ambiciosa i es troba molt avançada tecnològicament respecte a l'arquitectura que hi ha implementada actualment.

Cisco Systems és un dels grans impulsadors d'aquesta arquitectura, i l'ha implementat per a ser utilitzada en el sistema operatiu dels seus routers (IOS).

OOR és l'opció de software lliure que treballa per oferir LISP a dispositius que utilitzin altres sistemes operatius, com ara Linux, Android i OpenWrt. El projecte va ser anunciat al 2011 per Cisco Systems, i tot i que va començar sent una implementació de mobilitat per LISP [5], la seva aportació ha augmentat dràsticament; ha passat a implementar tots els elements que formen l'arquitectura i hi està integrant tecnologies actuals com ara Open DayLight (ODL) [5], oferint funcionalitat completa a totes les plataformes mencionades.

1.2.3 OpenWrt

Actualment, l'opció de software lliure més utilitzada, més extesa i amb la comunitat més activa en quant a sistemes operatius per a routers és OpenWrt.

Nascuda al 2004, aquesta alternativa ofereix un sistema de fitxers totalment modifiable, una interfície per a modificar-los i un gestor de paquets que permeten més accés i llibertat que el sistema tancat i poc personalitzable proporcionat pels fabricants d'aquest tipus de hardware.

Per a dur a terme el projecte s'utilitzarà l'última versió estable d'aquell moment, en aquest cas la 15.05 Chaos Calmer publicada el setembre de 2015.

1.3 Abast del projecte

1.3.1 Objectius

Com ja s'ha explicat, el projecte pretén facilitar el màxim possible la instal·lació i la posada en marxa de OOR. Per fer-ho, es seguiran els següents passos principals:

- Es buscarà un model de router relativament nou on centrar la distribució, que sigui compatible amb la última versió d'OpenWRT, que no tingui mòdem intern (Ja que no compliria cap funció), i que permeti crear i gestionar VLANs.
- Es cercarà la manera d'integrar tota la configuració de multihoming i d'OOR adequada dins d'un sol binari per facilitar al màxim la instal·lació a l'usuari final.
- Es modificarà la interfície gràfica que proporciona OpenWrt perquè reflexi també els paràmetres d'OOR personalitzables.

1.3.2 Possibles obstacles i solucions

Durant el projecte poden sortir certes complicacions i dificultats que afectin el seu desenvolupament i modifiquin la seva planificació temporal.

- La falta de disponibilitat del router escollit pot provocar un retard en el desenvolupament. Solució: Començar a fer proves amb un altre router compatible.
- Errors de hardware al router on s'hi treballarà. Solució: Aconseguir-ne més d'una unitat, si és possible, per si una falla.
- Errors amb l'ordinador on es treballarà i possible pèrdua d'informació. Solució: El codi també s'emmagatzemarà en un gestor de versions.

1.4 Metodologia

1.4.1 Mètode de treball

S'utilitzarà la metodologia àgil Scrum, que ens permetrà gestionar el projecte de manera més amena i motivadora que amb un mètode més tradicional, ja que és adaptable a canvis i imprevistos i millora substancialment la productivitat. Tindrem reunions setmanals amb la resta de l'equip d'OOR.

1.4.2 Eines de seguiment

Quan es comenci a generar codi, aquest es gestionarà a través de Github, per així obtenir un control de versions i poder gestionar les modificacions i els canvis de la millor manera. A més, també permet treballar en local i en remot de manera fàcil i ràpida simplement tenint sincronitzat el repositori en tot moment a cada dispositiu des d'on es treballi. També es seguirà un diagrama de Gantt per veure com avancen les tasques segons la planificació inicial.

1.4.3 Validació

Tota la feina es desenvoluparà en una sala amb gran part de l'equip d'OOR, per tant qualsevol dubte al respecte podrà ser resolt de manera més o menys immediata, i les reunions setmanals serviran per validar la feina feta durant la setmana i discutir quin és el següent pas a seguir.

2 Planificació temporal

2.1 Descripció de les tasques

2.1.1 Gestió del projecte

La facultat requereix que, quan s'elabora un Treball de Fi de Grau (TFG), també es dugui a terme una assignatura addicional, anomenada Gestió de Projectes (GEP). El seu objectiu és ajudar a encaminar el projecte i començar a documentar-lo des del principi, per tal que la memòria sigui completa i la seva defensa posterior es realitzi correctament. A continuació es detallen els set lliurables a entregar, juntament amb les hores estimades per realitzar cada tasca.

1. Definició de l'abast i contextualització (7.1 hores)
2. Planificació temporal (4.6 hores)
3. Gestió econòmica i sostenibilitat (6.1 hores)
4. Presentació preliminar (3.6 hores)
5. Plec de condicions (7.6 hores)

6. Document final (12.1 hores)

7. Presentació final (11.1 hores)

Sumant les hores indicades i les d'estudi de la matèria pertinents per cada lliurable, s'estima que la duració total serà de 75.2 hores. Per dur-ho a terme s'utilitzarà un ordinador portàtil, Google Drive (Per editar els lliurables des de qualsevol altre ordinador si fos necessari), un mòbil amb càmera (Per editar el vídeo de la presentació preliminar), Dropbox (Per compartir el vídeo de la presentació preliminar), Libre Office (Per editar les rúbriques a entregar amb cada lliurable), Foxit Reader (Per visualitzar els PDFs amb les rúbriques), Atenea (On entregar els lliurables), i el Racó de la FIB (On entregar el document final).

2.1.2 Cerca del model de router

El primer pas d'aquest projecte és escollir un router on centrar el seu desenvolupament, ja que el sistema OpenWrt depèn totalment del hardware d'aquest. Es durà a terme analitzant la llista de dispositius compatibles amb el sistema [5], i haurà de complir amb els requisits que es detallen a continuació. El temps estimat a dedicar a la seva cerca és de 60 hores, i es necessitarà un ordinador proporcionat pel DAC, accés a Internet i Google Drive per llistar els models candidats abans de l'elecció.

Compatible amb la última versió d'OpenWrt Ja que el projecte està orientat a perdurar el màxim possible, el router haurà de ser compatible amb la versió més nova del sistema, per així no haver d'actualitzar la versió al cap de poc.

Disponible internacionalment El model escollit ha d'estar a la venda actual i internacionalment, ja que tothom ha de poder comprar-lo des d'arreu del món. Per tant, s'evitaran marques de producció només nacional o routers que ja no estiguin actualment en fabricació i distribució.

Compatible amb VLANs El projecte necessita que el hardware amb el que es treballarà pugui crear i gestionar xarxes virtuals, i així poder configurar el multihoming definit al document anterior.

Especificacions adequades Si el router és dels últims del mercat i les seves característiques a nivell de hardware són prou altes, no caldrà renovar-lo a curt ni mig plaç, ja que el que ofereixin els nous models estaran igualats als seus.

2.1.3 Familiarització amb el sistema OpenWrt

Al ser una distribució que no s'utilitza durant la carrera, s'hauran de dedicar varies hores a familiaritzar-se amb el sistema i els seus dos mètodes d'interacció: UCI i LUCI. S'hi dedicaran aproximadament 60 hores en total, i serà necessari l'ordinador del DAC

mentonat anteriorment, un mínim de tres targetes de xarxa connectades a ell, un mínim de tres cables de xarxa d'un metre, el model de router escollit i accés a Internet.

2.1.4 Familiarització amb LISP i OOR

L'arquitectura LISP i el projecte OOR que l'utilitza són nous i tampoc es veuen a cap assignatura del grau, per tant caldrà també una familiarització amb ells i amb els seus fitxers de configuració (Tant a Linux com a OpenWrt). Es preveu dedicar-hi unes 60 hores. Per a fer-ho, caldrà l'ordinador del DAC amb les targetes de xarxa anteriors, cables de xarxa, el router escollit, vèries màquines virtuals i accés a Internet

2.1.5 Configuració del multihoming

El següent pas serà configurar un dels ports LAN del router, aïllat de la resta per una VLAN, com a port WAN. Això requerirà una estructura de xarxa OOR funcionant (Amb vèries màquines virtuals implicades i ben configurades) i una configuració del router OpenWrt correcta, així que necessitarà que totes les tasques anteriors hagin acabat. S'hi dedicaran 70 hores. En quant a requeriments físics, caldrà l'ordinador del DAC amb les seves targetes, cables de xarxa, dues línies WAN amb una adreça pública pròpia (S'usaran IPs de la UPC), el router i màquines virtuals.

2.1.6 Automatització del multihoming

La base del projecte és facilitar al màxim la configuració d'OOR i el multihoming a l'usuari final, per tant que aquest s'hagi de limitar a seguir el mínim de passos possible quan compri el router indicat. Per tant es buscarà la manera d'automatitzar tot el procés realitzat anteriorment, mitjançant scripts o amb la configuració prèvia d'arxius de OpenWrt OOR, i empaquetar-ho tot en una distribució independent. El temps estimat per a aquesta recerca i implementació serà de 70 hores, i es necessitarà també l'ordinador del DAC amb les seves targetes de xarxa, els cables de xarxa, les dues línies WAN amb adreça pública pròpia, el router i màquines virtuals.

2.1.7 Adaptació de la interfície d'OpenWrt

Al haver afegit multihoming i OOR integrats directament al sistema, s'haurà de modificar la interfície de configuració que usará l'usuari final. Aquesta haurà de comptar amb paràmetres per configurar els detalls mencionats anteriorment i facilitar la seva modificació. S'hi dedicaran 60 hores i es requerirà l'ordinador del DAC amb les seves targetes de xarxa, cables de xarxa, dues línies WAN amb adreça pública pròpia, el router i màquines virtuals.

2.1.8 Documentació i preparació de la defensa

Finalment el projecte s'ha de documentar i defensar davant d'un tribunal de professors i doctors de la facultat. La redacció del document i la preparació de la defensa durarà

unes 50 hores, i s'utilitzarà un ordinador portàtil o el proporcionat pel DAC, un editor de text compatible amb el llenguatge LaTeX, i un conversor de documents a PDF.

2.2 Estimació del temps i seqüència de tasques

2.2.1 Temps estimat per tasca

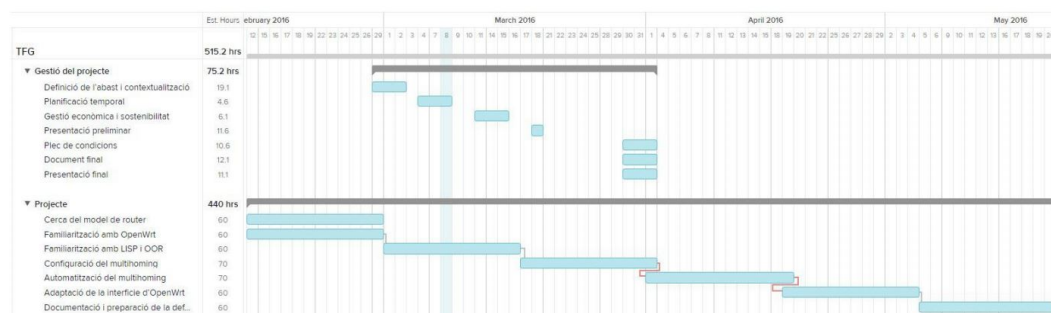
Tasca	Hores estimades
Gestió del projecte	75.2
Cerca del model de router	60
Familiarització amb OpenWrt	60
Familiarització amb LISP i OOR	60
Configuració del multihoming	70
Automatització del multihoming	70
Adaptació de la interfície d'OpenWrt	60
Documentació i preparació de la defensa	60
Total	515

2.2.2 Seqüència de les tasques i dependències

Tasca	Tasca predecessora
Gestió del projecte	-
Cerca del model de router	-
Familiarització amb OpenWrt	-
Familiarització amb LISP i OOR	Familiarització amb OpenWrt
Configuració del multihoming	Familiarització amb LISP i OOR
Automatització del multihoming	Configuració del multihoming
Adaptació de la interfície d'OpenWrt	Automatització del multihoming
Documentació i preparació de la defensa	Adaptació de la interfície d'OpenWrt

2.2.3 Diagrama de Gantt

La planificació temporal ha estat la següent:



2.3 Possibles complicacions i alternatives

2.3.1 Tardança en l'adquisició del router

És possible que, degut a problemes de temps o poca disponibilitat econòmica del grup de recerca, la compra del router s'enradereixi. Tot i això, l'equip disposa de varis routers compatibles amb la última versió d'OpenWrt i es podria començar a fer proves amb aquests dispositius.

2.3.2 Dificultats en comprendre el sistema OpenWrt

Al no haver utilitzat mai aquest sistema, pot ser que surgeixin dubtes i dificultats a l'hora de compilar-lo o treballar-hi. Això pot retrassar una mica la data de finalització, ja que repercutiria a altres tasques, però la comunitat del sistema és molt activa i el seu fòrum presenta molta activitat a l'hora de resoldre dubtes i incompatibilitats.

2.3.3 Dificultats en comprendre LISP i OOR

Aquestes dues tecnologies també són molt novedoses, i farà falta molta investigació al respecte abans d'utilitzar-les. La seva complexitat en quant a arquitectura de xarxes també pot retrassar el projecte, però es treballarà en una sala amb gran part de l'equip de desenvolupament, que sempre podran donar un cop de mà al desenvolupament i resoldre tots els dubtes que sorgeixin.

2.3.4 Problemes amb les dues línies WAN

Es pot donar el cas que alguna de les línies de Wide Area Network (WAN) que es necessiten per treballar amb multihoming fallin en algun moment concret, dificultant així la seva configuració i potser creant confusió quan el sistema falli. Tot i això, es pot treballar conceptualment i utilitzar màquines virtuals per fer una simulació vàlida, tot i que repercutiria en un cost de temps addicional.

2.4 Finalització del projecte

Donat el diagrama de Gantt anterior, i comptant que la presentació final del projecte es durà a terme a finals de Juny, podem veure que el plaç per acabar el projecte és més que suficient. Si algun dels casos presentats anteriorment presentés un problema d'organització, hi ha un marge temporal més que acceptable per solucionar-lo i presentar el projecte a la data prevista.

3 Gestió econòmica i sostenibilitat

3.1 Identificació dels costos

3.1.1 Pressupost

Aquí es detalla el cost de cada element necessari per a dur a terme cada tasca, tal i com s'indicaven en l'anterior document, indicant per a cada element el seu cost directe, indirecte, amortització, contingències i imprevistos. L'ordinador de sobretaula és cedit pel repartament, de manera que el seu cost s'ha calculat segons preu de mercat seguint les seves característiques hardware, així com també el preu de les interfícies de xarxa i els cables corresponents.

Tasca	U.	Preu/u.	Vida útil	Amortització	Preu
Costos directes					
Gestió del projecte					
Ordinador portàtil	1	750	4	$(750/7936) * 75h = 7.08$	7.08
Google Drive	1	-	-	0	0
Càmera (Mòbil)	1	300	4	$(300/7936) * 75h = 2.83$	2.83
Dropbox	1	-	-	0	0
Libre Office	1	-	-	0	0
Foxit Reader	1	-	-	0	0
Google Chrome	1	-	-	0	0
Cerca del model de router					
Ordinador de sobretaula	1	500	4	$(500/7936) * 60h = 3.78$	3.78
Google Chrome	1	-	-	0	0
Google Drive	1	-	-	0	0
Familiarització amb el sistema OpenWrt					
Ordinador de sobretaula	1	500	4	$(500/7936) * 60h = 3.78$	3.78
Targeta de xarxa	3	15	4	$(15/7936) * 60h = 0.113$	0.113
Cable de xarxa	3	2	4	$(2/7936) * 60h = 0.015$	0.015
Router	1	150	4	$(150/7936) * 60h = 1.13$	1.13
Familiarització amb LISP i OOR					
Ordinador de sobretaula	1	500	4	$(500/7936) * 60h = 3.78$	3.78
Targeta de xarxa	3	15	4	$(15/7936) * 60h = 0.113$	0.113
Cable de xarxa	3	2	4	$(2/7936) * 60h = 0.015$	0.015
Router	1	150	4	$(150/7936) * 60h = 1.13$	1.13
Configuració del multihoming					
Ordinador de sobretaula	1	500	4	$(500/7936) * 60h = 3.78$	3.78
Targeta de xarxa	3	15	4	$(15/7936) * 60h = 0.113$	0.113
Cable de xarxa	3	2	4	$(2/7936) * 60h = 0.015$	0.015
Router	1	150	4	$(150/7936) * 60h = 1.13$	1.13
Línies WAN	2	-	-	0	0
Automatització del multihoming					
Ordinador de sobretaula	1	500	4	$(500/7936) * 60h = 3.78$	3.78
Targeta de xarxa	3	15	4	$(15/7936) * 60h = 0.113$	0.113
Cable de xarxa	3	2	4	$(2/7936) * 60h = 0.015$	0.015
Router	1	150	4	$(150/7936) * 60h = 1.13$	1.13
Línies WAN	2	-	-	0	0
Adaptació de la interfície d'OpenWrt					
Ordinador de sobretaula	1	500	4	$(500/7936) * 60h = 3.78$	3.78
Targeta de xarxa	3	15	4	$(15/7936) * 60h = 0.113$	0.113
Cable de xarxa	3	2	4	$(2/7936) * 60h = 0.015$	0.015
Router	1	150	4	$(150/7936) * 60h = 1.13$	1.13
Línies WAN	2	-	-	0	0

Tasca	U.	Preu/u.	Vida útil	Amortització	Preu
Documentació i preparació de la defensa					
Ordinador de sobretaula	1	500	4	$(500/7936) * 60h = 3.78$	3.78
Editor Vim	1	-	-	0	0
PDFLaTeX	1	-	-	0	0
Costos indirectes					
Llum	1	8	-		
Quota d'Internet	1	60	-		
Total acumulat					38.46
Contingència (5%)					1.92
Total (Abans del 21% d'IVA)					40.38
Total (Amb el 21% d'IVA)					48.85

A la taula s'indiquen primer els costos directes (Hardware, software i mà d'obra) a continuació els indirectes (Llum, Internet), s'hi aplica la contingència (Que s'estima d'un 5% degut a que les complicacions, com ja es va indicar a l'anterior document, són molt fàcils de solventar) i per últim el 21% de l'Impost del Valor Afegit (IVA).

L'amortització s'ha calculat a partir dels dies hàbils de l'any 2016 (248), aplicats a 8h d'ús màxim diari i multiplicant cada element per les hores a usar-se a cada tasca.

També s'ha calculat el cost dels recursos humans implicats en el projecte, calculant les hores de duració del projecte. Les hores que realitzarà l'autor són el total destinat al projecte, mentre que tant el director com el codirector realitzaran les hores relatives a les hores que l'autor serà al departament, que s'han calculat descomptant les dedicades a GEP i gran part de les dedicades a documentació i familiarització amb les tecnologies.

Rol	Hores de feina	Salari/hora	Cost estimat
Autor del projecte	515	8	4.120
Director del projecte	280	20	5.600
Codirector del projecte	280	20	5.600
Cost total			15.320

3.1.2 Control de gestió

S'utilitzaran les reunions setmanals per calcular si el temps i recursos invertits segueixen sent els correctes o si cal modificar-los, tot havent apuntat les hores setmanals empleades amb cada un dels elements mencionats anteriorment.

3.2 Sostenibilitat

Es puntuarà la sostenibilitat econòmica, social i mediambiental del projecte segons una sèrie de preguntes plantejades per l'equip de GEP.

3.2.1 Dimensió econòmica

- Existeix una avaluació de costos, tant de recursos materials com humans? Sí, s'ha avaluat el cost de tots els tipus de recurs.
- El cost del projecte ho faria viable si hagués de ser competitiu? Sí, ja que l'inversió estalvia temps tant a gent de l'equip com als usuaris finals.
- Està prevista o hi ha col·laboració amb algun altre projecte (acadèmic, empresa, associació, etc.)? Sí, amb el Departament ja anomenat.

3.2.2 Dimensió social

- Hi ha una necessitat real del teu producte / servei? Sí
- Satisfer aquesta necessitat millora la qualitat de vida dels consumidors? Sí, ja que proporciona facilitat de posada en marxa i d'ús d'OOR.
- El resultat del projecte, en què / com canviarà la vida de l'usuari? La facilitarà i simplificarà àmpliament si vol utilitzar multihoming i OOR.

3.2.3 Dimensió ambiental

- Quin consum tindran aquests recursos durant el desenvolupament del projecte i posteriorment durant la seva posada en marxa i vida útil? Baix, el mateix que tenia el router abans de ser configurat per OOR.
- Quin consum i impacte ambiental tindria realitzar la mateixa activitat sense l'existència del teu TFG (estalvi de paper i altres materials i/o energia?) Estalvi d'energia quan es posa en marxa el dispositiu.
- Durant el desenvolupament del teu producte es generarà algun tipus de contaminació? No de manera directe.
- Amb la implantació del projecte s'augmenta o es disminueix la petjada ecològica? Es disminueix el consum energètic del grup d'OOR.

3.2.4 Matriu de sostenibilitat

A partir dels resultats anteriors, la matriu de sostenibilitat generada és la següent:

Econòmica	Social	Ambiental
8/10	8/10	8/10

4 Elecció del router

4.1 Recerca

A l'hora d'escollir el router descrit anteriorment, s'ha consultat la pàgina de dispositius compatibles de la pàgina oficial d'OpenWrt[ref]. Es necessitava un router que funcionés amb l'última versió de la distribució, que acceptés la creació de xarxes virtuals i que encara es pogués trobar al mercat. Com la llista permet filtrar el resultat segons diferents característiques o funcionalitats dels dispositius, s'hi han aplicat els següents paràmetres:

- Device Type: Router
- Availability: Available
- Supported Current Rel: 15.05
- VLAN: Yes
- Modem: No

D'aquesta manera es redueix el nombre de possibles candidats a 63, que suposa un canvi substancial respecte als 1225 de la llista anterior. Un cop filtrats, també s'han tingut en compte diversos factors que no podien ser aplicats a la llista:

- Que només hi hagués una versió del router al mercat, per evitar complicacions a l'hora de comprar-lo i per mantenir la compatibilitat.
- Que la instal·lació d'OpenWrt mitjançant el firmware original del dispositiu fos molt senzilla, sense requerir una connexió via ssh o ftp.
- Que el seu hardware fos de prestacions altes però no excessives per un router domèstic.
- Que estigués a la venda internacionalment i disponible a les botigues online més importants (Com Amazon).

Amb aquest últim filtre manual es van seleccionar alguns models i es van plantejar com a candidats vàlids a la reunió setmanal, juntament amb les seves característiques més destacables.

4.2 Candidats

4.2.1 Belkin F9K1115 v2

- Any: 2014
- Memòria Flash: 16MB
- Memòria RAM: 128MB

- Freqüència de CPU: 720MHz
- Ports: 1 WAN, 4 LAN
- Instal·lació d'OpenWrt: Via firmware original

4.2.2 Netgear R6100

- Any: 2013
- Memòria Flash: 128MB
- Memòria RAM: 128MB
- Freqüència de CPU: 560MHz
- Ports: 1 WAN, 4 LAN
- Instal·lació d'OpenWrt: Via firmware original

4.2.3 Linksys WRT1200AC

- Any: 2015
- Memòria Flash: 128MB
- Memòria RAM: 250MB
- Freqüència de CPU: 2x1300MHz
- Ports: 1 WAN, 4 LAN
- Instal·lació d'OpenWrt: Via firmware original

Finalment, per la seva data de llançament i característiques de hardware, el router escollit per a desenvolupar-hi el projecte i crear-ne la distribució d'OpenWrt va ser el model Linksys WRT1200AC.

Per a poder començar el desenvolupament del projecte el més aviat possible s'ha començat utilitzant com a base el model Netgear WNDR3800, ja que l'equip d'OOR comptava amb un exemplar d'aquest a l'oficina. La compra d'aquest router es va realitzar degut que era un model suficientment potent i molt utilitzat dins la comunitat d'OpenWrt, i ja que la seva base d'usuaris segueix sent molt activa i elevada, s'ha decidit proporcionar també una implementació del projecte per a aquest router, oferint així una opció més assequible econòmicament i més accessible per a qui ja disposi d'aquest model.

Les característiques del Netgear WNDR3800 són les següents:

- Any: 2011

- Memòria Flash: 16MB
- Memòria RAM: 128MB
- Ports: 1 WAN, 4 LAN
- Instal·lació d'OpenWrt: Via firmware original

5 Entorn de treball i configuració

Per tal de crear l'automatització de les configuracions, s'ha simulat una arquitectura de xarxa LISP amb OOR i multihoming on poder fer proves i verificar si les configuracions s'estan creant correctament. Per a fer-ho, s'ha utilitzat una màquina física, un router i tres màquines virtuals mitjançant Virtualbox.

Aquesta ha estat la fase més costosa del projecte, degut en part al desconeixement de l'arquitectura de xarxa LISP i dels fitxers d'OOR, i també als errors trobats a l'hora de fer la configuració. Els errors s'han trobat tant a la configuració de les màquines virtuals com a la configuració del router, i també a la configuració de xarxa de la màquina física, on el gestor de xarxa per defecte d'Ubuntu (NetworkManager) no guardava els canvis realitzats a les interfícies i no havia definit les rutes per defecte necessàries.

5.1 Màquina física

Actua com a equip principal del projecte, on s'hi ha cercat el model de router, creat i gestionat les màquines virtuals, configurat el router, creat els scripts d'automatització del sistema, creat la interfície de configuració, i escrit part de la memòria del projecte.

De cara a l'escenari OOR ha actuat com a endhost, amb adreça 192.168.1.128. La seva configuració de xarxa ha estat l'habitual, ja que els endhosts són independents de l'ús d'OOR. També ha fet de pont de connexió entre les màquines virtuals. S'han connectat 4 cables de xarxa entre aquesta màquina i el router, que han servit pels següents propòsits:

- Connexió SSH per configurar i monitoritzar el router.
- Connexió al router com a endhost de l'EID.
- Simulació de la connexió de la màquina virtual que actua com a Map Server/Map Resolver.
- Simulació de la connexió de la màquina virtual que actua com a Mobile Node.

5.2 Màquina virtual: Map Server/Map Resolver

S'hi ha fet una instal·lació minimalista de la versió 14.04 d'Ubuntu Server, ja que no es necessitava interfície gràfica, i s'ha fet un pont virtual a una de les interfícies de xarxa de la màquina física, com ja s'ha explicat anteriorment.

En aquesta màquina s'hi han unit dos dels elements que formen part de l'entorn de xarxa LISP, ja que és un cas usual i a més facilitava el desplegament virtual d'aquesta. Així doncs, la seva funció és la de gestionar la base de dades que relaciona RLOCs amb EIDs, i acceptar i respondre sol·licituds que facin referència a aquesta.

La configuració d'OOR que s'ha emprat és la descrita a continuació:

```
#####  
#  
# General configuration  
#  
  
debug                                = 0  
map-request-retries                 = 2  
log-file                            = /var/log/oor.log  
  
operating-mode                      = MS  
  
#####  
#  
# MS configuration  
#  
  
control-iface                       = eth2  
  
lisp-site {  
    eid-prefix                      = 192.168.1.0/24  
    key-type                        = 1  
    key                            = password  
    iid                            = 0  
    accept-more-specifcs           = true  
}  
  
lisp-site {  
    eid-prefix                      = 192.168.4.1/32  
    key-type                        = 1  
    key                            = password
```



```

iid                                = 0
accept-more-specifics             = true
}

```

5.3 Màquina virtual: Mobile Node

S'hi ha fet una instal·lació i configuració idèntica a l'anterior. La primera intenció amb aquesta màquina era utilitzar-la com a segon xTR que anunciés un altre EID, i connectar-hi virtualment una tercera màquina virtual que actués com a endhost dins d'aquest. Finalment, però, es va decidir que actués com a Mobile Node (MN), que ens permet utilitzar-lo tant com a RLOC com a endhost dins del seu propi EID, estalviant així la creació i gestió d'una tercera màquina virtual.

La configuració d'OOR que s'ha emprat és la descrita a continuació:

```

#####
#
# General configuration
#

debug                                = 0
map-request-retries                 = 2
log-file                           = /var/log/oor.log

operating-mode                      = MN

#####
#
# Tunnel Router general configuration
# Common for xTR, RTR & MN
#

encapsulation                      = LISP

rloc-probing {
    rloc-probe-interval              = 30
    rloc-probe-retries               = 2
    rloc-probe-retries-interval      = 5
}

map-resolver                       = {
    192.168.3.2

```

```

}

#####
#
# xTR & MN configuration
#

map-server {
    address      = 192.168.3.2
    key-type     = 1
    key          = password
    proxy-reply  = on
}

database-mapping {
    eid-prefix    = 192.168.4.1/32
    iid          = 0
    rloc-address {
        address    = 192.168.3.3
        priority   = 0
        weight     = 0
    }
}
}

```

5.4 Router

Actua com a enrutador de tot el trànsit de l'escenari, i com a xTR dins de l'entorn d'OOR. Té configurades tres VLANs:

- WAN: Assignada a un port físic del router, utilitzada com a port WAN per defecte.
- WAN2: Assignada a un port físic del router, utilitzada per simular la segona línia WAN.
- LAN: Reuneix la resta de ports del router, i són interfícies destinades a endhosts de la xarxa. Actualment un dels ports destinats a aquesta VLAN és utilitzat per gestionar-lo via SSH, i l'altre com a enllaç amb l'endhost.

La seva configuració d'OOR és la següent. La sintaxi és diferent als fitxers mostrats anteriorment ja que OpenWrt utilitza un llenguatge d'scripting concret, UCI, que s'explica més endavant.

```

config daemon
    option debug '2'

```

```
option log_file '/tmp/oor.log'
option map_request_retries '2'
option operating_mode 'xTR'

config rloc-probing
option rloc_probe_interval '0'
option rloc_probe_retries '2'
option rloc_probe_retries_interval '5'

config map-resolver
list address '192.168.3.2'

config map-server
option address '192.168.3.2'
option key_type '1'
option key 'password'
option proxy_reply 'on'

config database-mapping
option eid_prefix '192.168.1.0/24'
option iid '0'
option rloc_set 'external_ifs'

config rloc-set
option name 'external_ifs'
list rloc_name 'rloc_1'
list rloc_name 'rloc_2'

config rloc-address
option name 'rloc_1'
option address '192.168.2.1'
option priority '1'
option weight '100'

config rloc-address
option name 'rloc_2'
option address '192.168.3.1'
option priority '1'
option weight '100'
```

6 Automatització del multihoming

Per tal de complir amb l'objectiu del projecte, s'ha cercat la manera òptima d'automatitzar la configuració dels fitxers de xarxa, OOR i firewall, de tal manera que l'interacció de l'usuari sigui mínima. Per a fer-ho, s'ha creat un script per a cada fitxer a modificar, i finalment un que els agrupa i executa linealment.

6.1 UCI

Els scripts s'han creat utilitzant la UCI command line, el llenguatge d'scripting dedicat d'OpenWrt, que ens permet llegir i modificar la configuració del sistema sense utilitzar parsing. Aquest es basa en l'anomenada Unified Configuration Interface (UCI), que pretén centralitzar tota la configuració d'OpenWrt en un conjunt de fitxers que s'ubiquen al mateix arbre de directoris i que segueixen la mateixa sintaxi. És un llenguatge poc flexible, ja que es tracta de l'edició de fitxers amb una estructura molt concreta i amb unes opcions limitades, però és també una manera molt còmode de canviar configuracions.

6.2 Script principal

Es limita a executar tot el conjunt d'scripts de configuració la primera vegada que OpenWrt s'executa al dispositiu. El seu contingut és el següent:

```
# This file executes the configuration scripts to create a  
# simple multihoming environment  
  
# network.sh enables and configures multihoming on  
# the device  
sh ./network.sh  
  
# oor.sh configures OOR to work with a default configuration  
sh ./oor.sh  
  
# firewall.sh configures the firewall to allow multihoming  
# and OOR to work  
sh ./firewall.sh
```

6.3 Script d'inicialització

S'ha d'assegurar que l'script anterior s'executi a l'inciar el sistema, però que només ho faci el primer cop. Per fer-ho, s'ha generat un script ubicat al directori /etc/init.d per tal que s'executi a l'inici, i s'ha usat un fitxer buit per comprovar si aquest ja s'havia executat anteriorment: Si el fitxer "firstboot.log" es troba al directori /scripts/ del sistema, significa que no és el primer cop que el sistema arrenca i per tant no cal generar la

configuració. En el cas contrari, s'executaria l'automatització i es crearia el fitxer citat anteriorment.

Aquest és el codi de l'script:

```
#!/bin/sh
#sh /scripts/config.sh
FLAG="/scripts/firstboot.log"
if [ ! -f $FLAG ]; then
    sh /scripts/config.sh
    touch $FLAG
fi
```

6.4 Network

Edita el fitxer de configuració de la xarxa, ubicat a `/etc/config/network`. Crea les dues VPNs, les assigna als ports corresponents del router, i guarda i recarrega la configuració per tal que els canvis s'apliquin.

La configuració ha variat entre els dos models de router, tant per temes d'adreçament com per diferències entre el funcionament del switch dels dos dispositius.

El seu contingut és el següent:

```
# This script edits the default network configuration from
# OpenWrt and enables the use of multihoming in the device.
# To do so, it creates a VLAN that will be used as a WAN
# interface, and then links it to a switch port.

# This sets a new VLAN that will act as a second WAN interface
uci set network.lan2='interface '
uci set network.lan2.ifname='eth0.2'
uci set network.lan2.proto='dhcp'
uci set network.lan2.metric='200'

# This lets the LAN interface act as a VLAN
uci set network.lan.ifname='eth0.1'

# We set a diffreent metric for the WAN interface
uci set network.wan.metric='100'
```

```

# This enables VLANs in the internal switch
uci add network switch
uci set network.@switch[-1].name='switch0 '
uci set network.@switch[-1].reset='1'
uci set network.@switch[-1].enable_vlan='1'

# Here we assign the ports that will act as the LAN interfaces
uci set network.lans='switch_vlan '
uci set network.lans.device='switch0 '
uci set network.lans.vlan='1'
uci set network.lans.ports='0 1 2 5t'

# Then we assign the VLAN we created to a fisical port
uci set network.wan2='switch_vlan '
uci set network.wan2.device='switch0 '
uci set network.wan2.vlan='2'
uci set network.wan2.ports='3 5t'

uci commit network

# And finally we must reload the network configuration
/etc/init.d/network reload

```

```

# This script edits the default network configuration from
# OpenWrt and enables the use of multihoming in the device.
# To do so, it creates a VLAN that will be used as a WAN
# interface, and then links it to a switch port.

# This sets a new VLAN that will act as a second WAN interface
uci set network.lan2='interface '
uci set network.lan2.ifname='eth1.3'
uci set network.lan2.proto='dhcp'
uci set network.lan2.metric='200'

# This lets the LAN interface act as a VLAN
uci set network.lan.ifname='eth1.1'

# We set a diffreent metric for the WAN interface
uci set network.wan.metric='100'

# This enables VLANs in the internal switch
uci add network switch
uci set network.@switch[-1].name='switch0 '

```

```
uci set network.@switch[-1].reset='1'
uci set network.@switch[-1].enable_vlan='1'

# Here we assign the ports that will act as the LAN interfaces
uci set network.lans='switch_vlan '
uci set network.lans.device='switch0 '
uci set network.lans.vlan='1'
uci set network.lans.ports='0 1 2 6t '

# We add the default VLAN configuration for the WAN port
uci set network.wan='switch_vlan '
uci set network.wan2.device='switch0 '
uci set network.wan2.vlan='2'
uci set network.wan2.ports='4 5 '

# Then we assign the VLAN we created to a fisical port
uci set network.wan2='switch_vlan '
uci set network.wan2.device='switch0 '
uci set network.wan2.vlan='3'
uci set network.wan2.ports='3 6t '

uci commit network

# And finally we must reload the network configuration
/etc/init.d/network reload
```

6.5 OOR

Edita el fitxer de configuració d'OOR, ubicat a `/etc/config/oor`. Assigna al router la funció d'xTR, assigna les dues interfícies que s'anunciaran com a RLOC, i guarda i recarrega la configuració per tal que els canvis s'apliquin.

També varia segons el model de router, ja que els noms de les interfícies utilitzades no són compartits.

El seu contingut és el següent:

```
# This script edits the default configuration file for OOR
# to create a default multihoming environment

# TODO: Copy the example file to /etc/config/oor
```

```

# General configuration
uci set oor.@daemon[0].operating_mode='xTR'

# xTR configuration
uci set oor.@database-mapping[0].rloc_set='external_ifs'

#Miscellaneous configuration
uci set oor.@rloc-set[0].name='external_ifs'
uci set oor.@rloc-set[0].rloc_name='rloc_1'
uci add_list oor.@rloc-set[0].rloc_name='rloc_2'

# RLOC addresses
uci add oor rloc-iface
uci set oor.@rloc-iface[-1].name='rloc_1'
uci set oor.@rloc-iface[-1].interface='eth1'
uci set oor.@rloc-iface[-1].ip_version='4'
uci set oor.@rloc-iface[-1].priority='1'
uci set oor.@rloc-iface[-1].weight='100'

uci add oor rloc-iface
uci set oor.@rloc-iface[-1].name='rloc_2'
uci set oor.@rloc-iface[-1].interface='eth0.2'
uci set oor.@rloc-iface[-1].ip_version='4'
uci set oor.@rloc-iface[-1].priority='1'
uci set oor.@rloc-iface[-1].weight='100'

uci commit oor

/etc/init.d/oor reload

```

```

# This script edits the default configuration file for OOR
# to create a default multihoming environment

# TODO: Copy the example file to /etc/config/oor

# General configuration
uci set oor.@daemon[0].operating_mode='xTR'

# xTR configuration
uci set oor.@database-mapping[0].rloc_set='external_ifs'

#Miscellaneous configuration

```



```
uci set oor.@rloc-set[0].name='external_ifs'
uci set oor.@rloc-set[0].rloc_name='rloc_1'
uci add_list oor.@rloc-set[0].rloc_name='rloc_2'

# RLOC addresses
uci add oor rloc-iface
uci set oor.@rloc-iface[-1].name='rloc_1'
uci set oor.@rloc-iface[-1].interface='eth0'
uci set oor.@rloc-iface[-1].ip_version='4'
uci set oor.@rloc-iface[-1].priority='1'
uci set oor.@rloc-iface[-1].weight='100'

uci add oor rloc-iface
uci set oor.@rloc-iface[-1].name='rloc_2'
uci set oor.@rloc-iface[-1].interface='eth1.3'
uci set oor.@rloc-iface[-1].ip_version='4'
uci set oor.@rloc-iface[-1].priority='1'
uci set oor.@rloc-iface[-1].weight='100'

uci commit oor

/etc/init.d/oor reload
```

6.6 Firewall

Edita el fitxer de configuració del firewall, ubicat a `/etc/config/firewall`. Permet el forwarding entre les diferents interfícies (Tants els RLOCs com l'EID) i també permet el tràfic entrant i sortint dels ports 4341 i 4342, necessaris pel funcionament d'OOR.

En aquest cas, la configuració necessària per ambedós routers és la mateixa, de manera que només s'adjunta un dels codis.

El seu contingut és el següent:

```
# This script configures the firewall of OpenWrt to enable
# the use of OOR. We must allow traffic in ports 4341
# and 4342, as well as forwarding them.

# First we will create a backup for the firewall file
cp /etc/config/firewall /etc/config/firewall_backup

# Then we will configure the required ports and interfaces
# on the firewall configuration file
```

```

uci add firewall forwarding
uci set firewall.@forwarding[-1].src='wan'
uci set firewall.@forwarding[-1].dest='lan'

uci add firewall forwarding
uci set firewall.@forwarding[-1].src='lan'
uci set firewall.@forwarding[-1].dest='wan'

uci add firewall forwarding
uci set firewall.@forwarding[-1].src='wan'
uci set firewall.@forwarding[-1].dest='lan2'

uci add firewall forwarding
uci set firewall.@forwarding[-1].src='lan2'
uci set firewall.@forwarding[-1].dest='wan'

uci add firewall forwarding
uci set firewall.@forwarding[-1].src='lan'
uci set firewall.@forwarding[-1].dest='lan2'

uci add firewall forwarding
uci set firewall.@forwarding[-1].src='lan2'
uci set firewall.@forwarding[-1].dest='lan'

uci add firewall rule
uci set firewall.@rule[-1].name='Allow-4341-Input'
uci set firewall.@rule[-1].proto='udp'
uci set firewall.@rule[-1].src_port='4341:4342'
uci set firewall.@rule[-1].target='ACCEPT'

uci add firewall rule
uci set firewall.@rule[-1].name='Allow-4341-Output'
uci set firewall.@rule[-1].proto='udp'
uci set firewall.@rule[-1].dest_port='4341:4342'
uci set firewall.@rule[-1].target='ACCEPT'

uci add firewall rule
uci set firewall.@rule[-1].name='Allow-4341-Forwarding'
uci set firewall.@rule[-1].proto='udp'
uci set firewall.@rule[-1].src_port='4341:4342'
uci set firewall.@rule[-1].dest_port='4341:4342'
uci set firewall.@rule[-1].target='ACCEPT'

```

```
uci commit firewall

# Finally the firewall service must be restarted
/etc/init.d/firewall restart
```

7 Creació de l'interfície de configuració

Encara que s'hagi automatitzat la configuració bàsica, l'usuari haurà de configurar manualment certs paràmetres d'OOR. Per tal que no hagi de lidiar amb scripts executats per línia de comandes ni editar fitxers manualment, s'ha utilitzat l'eina de configuració web oficial d'OpenWrt, LuCI.

7.1 LuCI

LuCI va sorgir degut a la falta d'una interfície de configuració simple, senzilla i fàcil d'ampliar per a dispositius incrustats. Utilitza el llenguatge de programació Lua i separa l'interfície en diferents parts lògiques, com ara vistes i controladors, per tal de fer-la el més modular i pràctica possible. A continuació es detallen els fitxers necessaris que s'han creat per implementar aquest mòdul.

7.1.1 Model CBI

Per a crear la vista del mòdul s'ha utilitzat el model CBI que proporciona LuCI, el qual crea una vista estil formulari amb els camps estipulats i directament modifica el fitxer corresponent amb les dades introduïdes per l'usuari, sense necessitat de crear una vista apart.

Aquest és el codi que s'ha generat:

```
m = Map(" oor", "OOR_Configuration") — We want to edit the uci config file /e

s = m:section(TypedSection, "map-resolver", translate("Map_Resolver"))
s.addremove = false
s.anonymous = true
    s:option(Value, "address", "Address", "Encapsulated Map-Requests are sent

s = m:section(TypedSection, "map-server", "Map_Server")
    s.addremove = false
    s.anonymous = true
    s:option(Value, "address", "Address", "Register to this map-server (IPv4 o
    s:option(Value, "key", "Key", "Password to authenticate with the map-server")
```

```
s = m:section(TypedSection, "database-mapping", "Database_Mapping")
s.addremove = false
s.anonymous = true
s:option(Value, "eid_prefix", "EID_prefix", "IPv4_or_IPv6_network_address")
s:option(Value, "priority_v4", "IPv4_Priority", "Priority_of_IPv4_locator")
s:option(Value, "weight_v4", "IPv4_Weight", "Weight_of_IPv4_locator_of_the")
s:option(Value, "priority_v6", "IPv6_Priority", "Priority_of_IPv6_locator")
s:option(Value, "weight_v6", "IPv6_Weight", "Weight_of_IPv6_locator_of_the")

return m — Returns the map
```

7.1.2 Controlador

És qui s'encarrega d'indicar on es troba el model, dir de quin tipus és, i definir on i com apareix dins el menú principal de LuCI. El codi és el següent:

```
module("luci.controller.oor.oor", package.seeall)

function index()
    entry({"admin", "network", "interfaces"}, cbi("oor/oor"), "OOR_Configuration")
end
```

7.1.3 Interfície web

El resultat d'aquests fitxers és el mostrat a continuació. Accedint al menú principal de LuCI, a la pestanya de Network, apareix l'opció de configurar OOR. Això ens porta al model CBI descrit anteriorment, on ens deixa modificar les opcions necessàries per a que OOR es pugui posar en marxa.

OpenWrt Status System Network Logout

Network

Map Resolver

Delete

Address

Encapsulated Map-Requests are sent to this map resolver (IPv4 or IPv6 or FQDN name)

Add

Map Server

Delete

Address

Register to this map server (IPv4 or IPv6 or FQDN name)

Key

Password to authenticate with the map-server

Add

Com es pot observar, el mòdul ens demana les dades en un formulari, que a continuació modificarà automàticament el fitxer de configuració d'OOR.

8 Generació de la imatge final

Un cop preparada tota l'automatització del sistema, s'ha creat un fitxer binari d'instal·lació amb tota aquesta configuració inclosa. S'ha fet utilitzant l'OpenWrt Build System amb els següents paràmetres, apart dels activats per defecte:

- Target System: Marvell Armada 37x/38x/XP
- Target Profile: Linksys WRT1200AC (Caiman)
- Target Images: squashfs
- LuCI: luci / lucisl
- Network: SSH / oor

Per tal d'incloure els fitxers necessaris per l'automatització dins la imatge, s'ha creat el directori files/ a l'arrel d'OpenWrt i s'hi han inclòs els següents fitxers:

- files/scripts/config.sh
- files/scripts/network.sh
- files/scripts/oor.sh
- files/scripts/firewall.sh
- files/etc/init.d/config_mh
- files/usr/lib/lua/luci/controller/oor/oor.lua
- files/usr/lib/lua/luci/model/cbi/oor/oor.lua

A continuació s'ha seguit la següent cadena de comandes dins una terminal: per compilar el sistema:

- cd openwrt/
- ./scripts/feeds update -a
- ./scripts/feeds install -a
- make V=s

El resultat és una imatge de sistema compilada i llesta per ser carregada des del firmware oficial del router.

9 Manual d'usuari

Finalment, es presenta una guia dels passos a seguir per configurar el sistema, en forma de petit manual i amb ajuda de captures de pantalla per tal que qualsevol usuari pugui seguir-lo fàcilment.

Aquest manual inclou tot el procés de configuració, des d'enllaçar a l'usuari a la pàgina on descarregar la imatge generada anteriorment fins l'accés a l'interfície LuCI per introduir les dades d'OOR.

10 Resultats

A la data d'entrega de la memòria s'ha pogut configurar, automatitzar i executar correctament la funcionalitat de multihoming utilitzant OOR amb el model Netgear WNDR3800. S'ha capturat tràfic de xarxa sortint del router balancejat entre les dues interfícies WAN dirigit al Mobile Node, fet que verifica l'efectivitat de la configuració.

Pel que fa al model Linksys WRT1200AC també s'hi ha configurat i automatitzat el multihoming, però encara s'hi estan analitzant detalls concrets del router que, al moment d'entrega d'aquesta memòria, no permeten l'execució totalment satisfactòria de la funcionalitat de multihoming en aquest dispositiu.

11 Feina futura

La principal feina a fer és solucionar els detalls que no han permès la correcta execució del multihoming al model Linksys WRT1200AC.

Mentre aquest projecte s'estava duent a terme, una part de la comunitat d'OpenWrt va crear un *fork* del sistema operatiu degut a desavinences amb l'equip principal de desenvolupament. Al seu projecte l'han anomenat LEDE (Linux Embedded Development Environment), i sembla que també l'enfocaran a altres tipus de dispositius incrustats i no només a routers i modems.

Durant una reunió amb l'equip d'OOR es va proposar crear un binari d'instal·lació similar al ja generat, però utilitzant LEDE com a base. El binari s'ha compilat i preparat, però no s'ha pogut provar a cap dels dos routers utilitzats. La següent feina a dur a terme, per tant, seria comprovar que aquesta imatge també funciona i també configura la funció de multihoming correctament.

12 Conclusions

OpenWrt és una plataforma molt oberta i infinitament personalitzable, i això fa que per un usuari normal sigui un sistema complicat i costós de configurar, sobretot si es vol fer

mitjançant línia de comandes o si s'hi volen aplicar mòduls complexos com ara OOR. Aquesta automatització facilita molt la posada en marxa del multihoming i d'OOR, requerint una interacció mínima per part de l'usuari.