



**Escola Politècnica Superior
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBALL DE FI DE CARRERA

TÍTOL DEL TFC: Xarxa ciutadana WIFI a Riudaura

**TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica de Telecomunicació, especialitat
Sistemes de Telecomunicació**

AUTOR: Eduard Muntanya Masana

DIRECTOR: Joan Plana i Turro EMPRESA: Ajuntament de Riudaura

SUPERVISOR: Eduard Garcia Villegas

DATA: 1 d'Octubre de 2006

Títol: Xarxa Ciutadana WIFI a Riudaura

Autor: Eduard Muntanya Masana

Director: Joan Plana i Turro

Empresa: Ajuntament de Riudaura

Supervisor: Eduard Garcia Villegas

Data: 1 d'Octubre de 2006

Resum

Els entorns rurals presenten gairebé sempre mancances en el desenvolupament tecnològic. Una d'aquestes mancances és l'accés a les noves tecnologies de la informació, ja que no es considera rendible el desplegament de mitjans necessaris per donar cobertura en llocs poc poblats.

Amb aquest projecte es pretén crear una base per a aquest desplegament. L'objectiu és donar accés a una xarxa informàtica lliure per a tots els veïns d'una petita vall, on no hi ha infraestructures d'aquest tipus.

Primer es fa un estudi de la situació actual, per tal de definir les possibilitats tècniques i legals d'aquesta infraestructura. S'analitza la tecnologia a utilitzar, els aspectes legals per tal d'oferir determinats serveis, així com un estudi de camp sobre l'ús de noves tecnologies al poble objecte de l'estudi. També es fa una ullada als projectes, públics i privats, que han incidit en aquest problema. Un cop definit l'entorn legal, tècnic i social, es passa al disseny de la xarxa, i finalment la seva implementació, entrant en aspectes més tècnics de muntatge i configuració de xarxes.

Title: WIFI citizen net in Riudaura

Author: Eduard Muntanya Masana

Director: Joan Plana I Turro

Date: October, 1st 2006

Overview

Rural areas usually show a lack in technological development. One of this lacking is on the access to the new information technologies, often because the necessary infrastructure is considered non-profitable in such few populated areas.

With this project is pretended to create a basement for this deployment. The goal is to give free access to a computer network to all the neighbors of a small valley, where there are no infrastructures of this kind.

First of all, the project does a study on actual situation, in order to define technological and legal possibilities for this infrastructure. There's an analysis on technologies to use, the legal requirements to offer determined services, as well as a field study about the village's lifestyle and use of new technologies. There's also an overlook to some public and private projects touching the same topic.

Once clear the technological, legal and social environment, next step is the design of the net in its more technical details. Finally there's the implementation of the net, the deployment of the hardware and the software configuration to get a WIFI citizen net working in a rural area.

ÍNDEX

INTRODUCCIÓ	1
CAPÍTOL 1. 802.11 CARACTERÍSTIQUES DE LES XARXES WIFI	3
1.1 Història.....	3
1.2 Característiques tècniques.....	3
1.2.1 Arquitectura d'una xarxa WIFI.....	4
1.2.2 Topologia.....	7
1.2.3 Subestàndards.....	8
CAPÍTOL 2. RIUDAURA: SITUACIÓ SOCIAL I GEOGRÀFICA	11
2.1 Situació geogràfica.....	11
2.2 Situació Social.....	12
2.3 Accés a Internet.....	12
CAPÍTOL 3. ELS ASPECTES LEGALS	14
3.1. Reglamentació de l'espai radioelèctric.....	14
3.1.1 Bandes d'ús comú.....	15
3.1.2 Aplicació a una xarxa ciutadana.....	16
3.2. Requeriments per donar accés a Internet.....	17
3.2.1 Notificació a la comissió del mercat de les telecomunicacions.....	17
3.2.2 La condició d'operadors de les administracions públiques.....	18
3.3. Alternativa.....	18
CAPÍTOL 4. SITUACIÓ ACTUAL	20
4.1 Els projectes de la generalitat.....	20
4.1.1 Flash10, el projecte fallit.....	22
4.1.2 Iberbanda, la solució WIMAX.....	25
4.1.3 La situació actual.....	26
4.2 Xarxes i iniciatives ciutadanes.....	27
4.2.1 Xarxes creades per l'administració.....	28
4.2.2 Olot Wireless.....	28
4.3 Iniciatives privades (FON).....	30
CAPÍTOL 5. REALITZACIÓ TÈCNICA DE LA XARXA	32
5.1 Radio Mobile.....	32
5.2 Plantejament de la xarxa.....	34
5.2.1 Estudi del terreny.....	35
5.1.3 Material a utilitzar.....	39
5.1.4 Pressupost.....	41
5.3 Muntatge de la xarxa.....	41
5.4 Estudi de la cobertura.....	42
CONCLUSIONS	45
BIBLIOGRAFIA	47

INTRODUCCIÓ

L'objectiu d'aquest treball era de bon principi donar un accés a internet de qualitat als veïns d'una petita població rural a través d'una xarxa WIFI. Després de la primera part del treball, el tema de donar accés a internet es veia complicat, i es va passar a muntar una xarxa que pot servir en un futur com a base d'un accés de banda ampla. De totes maneres, gaudir d'una xarxa local aporta també molts beneficis al poble, començant per la facilitat de l'ajuntament en tenir una nova via de comunicació.

El que em va motivar a fer aquest treball és bàsicament que jo visc en aquest poble, i per tant sóc víctima de la barrera tecnològica entre àmbit rural i urbà. Aprofitant que em tocava fer el TFC vaig pensar que seria bo aplicar els meus coneixements en benefici del meu poble, dissenyant i construint una infraestructura que pot ajudar a salvar una mica aquesta barrera tecnològica.

De bon principi no va resultar senzill, ja que no havia tocat res referent a la tecnologia WIFI durant la carrera. Però al cap i a la fi l'enginyeria tracta de solucionar problemes, de manera que vaig haver d'aplicar la base teòrica que havia après durant aquests anys per a un aspecte concret, el disseny d'una xarxa WIFI. Un cop clars els objectius, muntar una xarxa i donar-li accés a Internet, va ser el torn d'organitzar el treball en una estructura bastant clara: calia conèixer la tecnologia a utilitzar, calia conèixer l'entorn legal tant de l'ús d'aquesta tecnologia com de l'accés a Internet, calia fer un estudi de la població de Riudaura i era convenient conèixer casos semblants per tal d'aprendre de l'experiència d'altra gent. Un cop tot això clar, es podia passar a la part tècnica del disseny de la xarxa, des de l'estudi teòric fins al muntatge definitiu.

Hi ha varis camps que es pretenien tocar però finalment no han tingut lloc en el treball, com són la seguretat, donar serveis com ara veu sobre IP o correu, o l'anàlisi exhaustiu del tràfic. A més, queda per un futur l'ampliació de la xarxa i la connexió amb la xarxa OlotWireless per tal de crear una xarxa d'àmbit comarcal.

Així doncs, l'estructura del treball queda de la següent manera:

La primera part del treball és eminentment teòrica, i intenta assentar una base de coneixements per tal d'afrontar el muntatge pràctic amb totes les garanties.

El primer capítol aprofundeix en les tecnologies a utilitzar, en els seus aspectes més tècnics com correspon a un treball d'enginyeria de telecomunicacions. Serveix al desenvolupador del projecte per tenir una visió clara de les tecnologies existents i les seves característiques, per tal d'aplicar el que més convingui.

El segon capítol ens presenta la realitat social del poble on es desenvolupa el projecte, Riudaura. Es tracta d'un petit nucli amb uns 400 habitants i diverses cases aïllades. Es fa un estudi de l'ús de les noves tecnologies i de la predisposició de la gent a utilitzar una xarxa ciutadana.

El tercer capítol entra en els aspectes legals que ens trobem per a crear una xarxa ciutadana. Es tracta d'un anàlisi exhaustiu de la legislació catalana, espanyola i europea referent a xarxes de telecomunicacions i serveis de telecomunicacions. Aquí es donen a conèixer les condicions necessàries per a donar accés a internet, un dels objectius principals del treball.

El quart capítol fa una ullada a la situació de xarxes semblants, a projectes privats i sobretot als projectes públics encaminats a eliminar la barrera tecnològica existent a les zones rurals, incidint sobretot en el desplegament de l'empresa FLASH10 al poble de Riudaura i al seu fracàs per donar un accés de banda ampla de qualitat.

L'últim capítol tracta ja del muntatge de la xarxa, començant per el disseny teòric i la tria de components fins al desplegament definitiu per tota la vall. És la part pràctica del projecte, on s'apliquen les opcions apreses en els capítols anteriors

Finalment als annexos podem trobar el projecte de FLASH10 a Riudaura, l'enquesta que es va passar als veïns per informar-los de la creació de la xarxa i la configuració dels routers WRT54GL per a utilitzar-los en mode WDS.

CAPÍTOL 1. 802.11 CARACTERÍSTIQUES DE LES XARXES WIFI

1.1 Història

La idea de crear una xarxa sense fils sembla que va sortir de la central d'IBM a Zurich, Suïssa, a mitjan anys 80. Els enginyers buscaven una xarxa alternativa al cablejat tradicional, que permetés moure els terminals sense esforç ni costos, que fos escalable i que oferís una bona velocitat de transmissió. Es va optar per un sistema que seria el precursor de les actuals xarxes WIFI, amb transmissió per infraroigs, un sistema útil sempre que hi hagi visió directa però amb molts problemes d'implementació. Més endavant es va començar a fer servir l'espectre de ràdio, que donava molt més abast.

Després de molts prototips i sistemes wireless a freqüències i arquitectures diferents, diversos organismes es van adonar de la importància que podria tenir aquest mercat, i es van intentar crear uns protocols únics per tal de tenir compatibilitat a nivell mundial. Per una banda es va crear un estàndard europeu desenvolupat per l'institut d'estàndards de telecomunicacions europeu, conegut com a HiperLan. Per l'altre, als Estats Units, i patrocinada per la IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), es va crear l'any 1997 la norma 802.11, que s'ha acabat imposant al mercat.

Aquesta norma ha estat seguida cada pocs anys per subestàndards que introdueixen millores en la velocitat de transmissió, la seguretat, l'autenticació etc. Avui en dia hi ha encara molts subestàndards en procés de definició, ja que s'intenta equiparar del tot les prestacions de les xarxes WIFI a les de les xarxes tradicionals.

Una altra norma sortida del IEEE sembla que porta més enllà les xarxes sense fils en donar una solució al problema de la cobertura: es tracta de la 802.16, coneguda com a WIMAX, que permet crear xarxes en molts quilòmetres a la rodona des d'un sol punt d'accés. Ja no es tracta de xarxes a l'interior d'un edifici sinó a l'interior d'una comarca, com s'explica a l'apartat 4.1.2.

1.2 Característiques tècniques

“Les persones es mouen. Les xarxes no”¹

Aquesta frase resumeix el perquè de l'èxit de les xarxes sense fils en aquests últims anys. Tot just ens trobem al començament de l'expansió del wireless,

¹ 802.11 Wireless Networks – the definitive guide

però ja no és cap sorpresa trobar hotspots (zones amb cobertura) en aeroports, centres comercials i fins i tot barris sencers. La gran demanda d'aquests serveis i la seva facilitat d'implantació han convertit aquestes xarxes en candidates a ser el sistema més utilitzat per a la connexió a Internet, tant a casa en xarxes WIFI com en espais oberts gràcies als nous estàndards WIMAX.

Les xarxes WI-FI (acrònim de Wireless Fidelity – fiabilitat sense fils) han anat guanyant implantació fent front als sistemes tradicionals de banda ampla com ara l'ADSL, ja que permeten un desplegament i manteniment en molts casos més senzill i barat. S'utilitza l'acrònim WIFI per identificar els productes que incorporen qualsevol variant de la tecnologia sense fils dels estàndards IEEE 802.11, que permeten la creació de xarxes sense fils WLAN (wireless LAN) i que són totalment compatibles amb qualsevol fabricant que utilitzi aquests estàndards.

Les característiques generals d'una xarxa d'aquest tipus són les mateixes que les de qualsevol xarxa, amb la particularitat que s'utilitza l'aire com a medi transmissor, en lloc d'un circuit de cables.

Els avantatges de les xarxes sense fils respectes les "fixes" són:

- Mobilitat: No cal tenir el lloc de treball fix, sempre que hi hagi cobertura, fins i tot passant d'un AP a un altre.
- Facilitat i velocitat d'instal·lació: Òbviament és més barat muntar una antena que cablejar tot un edifici, amb els avantatges que això comporta en el cas que l'edifici sigui històric o estigui molt allunyat de la centralita.
- Flexibilitat: Es poden modificar els llocs de treball sense haver de recablejar, així com fer ampliacions, ja que la xarxa ja és allà. No cal estendre, bifurcar ni ampliar més cables, ja que no n'hi ha. La flexibilitat és el principal atractiu del mercat "hot spot" compost principalment per aeroports, cafès, hotels etc.
- Cost: En moltes situacions surt molt més econòmic muntar una xarxa WIFI que una de cablejada, ja sigui per llargues distàncies, per dificultats de muntatge, etc. A més, un enllaç WIFI entre dos edificis surt a la llarga més barat que llogar ample de banda de la les línies ja existents.

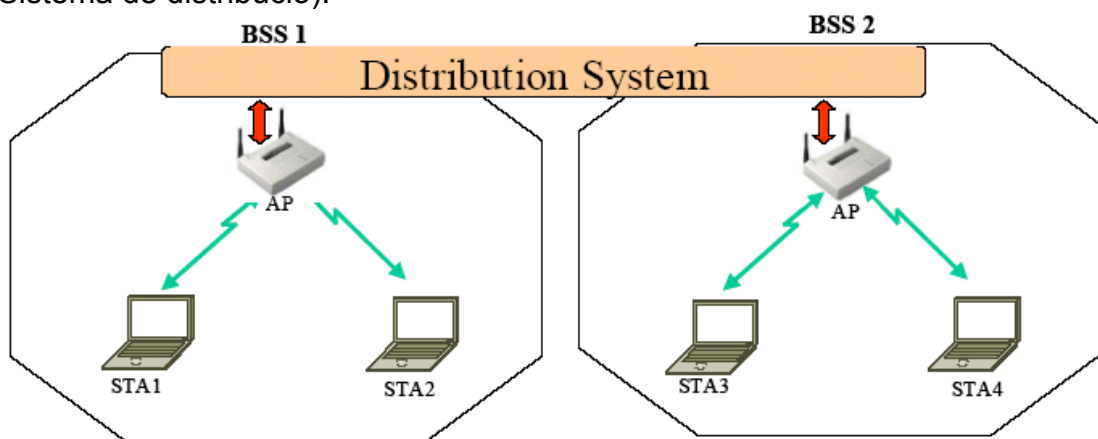
1.2.1 Arquitectura d'una xarxa WIFI

L'element bàsic d'una xarxa 802.11 és el BSS (Basic Set Service), que pot estar format per un nombre d'estacions igual o més gran de dos. Cada BSS té una zona de cobertura, i si un dels equips queda fora d'aquesta zona no es pot comunicar directament amb els altres membres del BSS.

Per altra part, quan el BSS inclou un AP la xarxa treballa en mode infraestructura, també explicat més endavant. En aquest mode de funcionament l'AP realitza la funció de repetidor (hub) local. D'aquesta manera, quan una estació s'ha de comunicar amb una altra la comunicació es realitza en primer lloc cap al AP i posteriorment al punt de destí, encara que origen i destí estiguin a l'abast l'un de l'altre.

En el cas que totes les estacions del BSS siguin estacions mòbils (sense cap entitat funcionant com a punt d'accés) i no existeixi una connexió a nivell d'enllaç amb una xarxa fixa, el BSS és anomenat independent BSS (IBSS), i la xarxa treballa amb una topologia Ad-hoc de la qual parlo més endavant.

La distància de comunicació directa entre dues estacions està limitada per les capacitats de les capes físiques definides en l'estàndard. Per poder estendre la distància de cobertura d'una xarxa sense fils les BSS es poden incloure dins d'una unitat més gran anomenada ESS (Extended Service Set). Un ESS és un conjunt de BSS en mode infraestructura, on els punts d'accés es comuniquen entre ells per donar un servei d'accés comú als usuaris mòbils, dirigir el tràfic entre les diferents BSS i facilitar el moviment entre BSS. És a dir, l'ESS estén la cobertura de forma que la mobilitat de les estacions sigui transparent a la capa LLC. Per aconseguir-ho, les múltiples BSSs es connecten mitjançant el DS (Sistema de distribució).



Il·lustració 1 esquema d'una ESS

En una xarxa WIFI estàndard tindrem els següents elements:

Punt d'Accés (AP)

És el dispositiu que gestiona la informació transmesa i la fa arribar al seu destí. També proporciona la unió entre la xarxa sense fils i la cablejada. És un dispositiu similar a un *switch* ethernet amb les funcionalitats pròpies necessàries per la gestió de dispositius de naturalesa mòbil. Es poden configurar en tres modes:

Root mode: és utilitzat quan el AP està connectat a una xarxa cablejada. En aquest cas l'AP captura els paquets provinents de la xarxa destinats al medi ràdio i els retransmet. La comunicació entre equips client es realitza mitjançant

el punt d'accés. Els clients poden comunicar-se amb altres clients que estan en l'àrea de cobertura d'un altre AP mitjançant el sistema de distribució.

Bridge mode: els AP s'utilitzen per a connectar dos o més segments de xarxa fixa. És un dispositiu half-dúplex, forçat per el mecanisme d'accés al medi, que proveeix connectivitat de capa 2. La connexió pot ser punt a punt o multipunt.

Repeater mode: el AP retransmet els paquets rebuts per la seva interfície ràdio. En mode repetidor el dispositiu proveeix interconnexió a nivell de capa física. Aquest mode s'utilitza per estendre el rang de cobertura, on el AP es comporta com un *hub* ethernet. Aquest mode també es coneix com WDS (Wireless Distribution System), del qual es parla més àmpliament a l'annex.

Equip de client

És un dispositiu que fa funcions d'interfície entre la xarxa i el dispositiu d'usuari, ordinador, PDA etc. Similar a una tarja ethernet però amb connexió sense fils, s'anomenen normalment tarja WIFI (si compleix la certificació) i es diferencien de les primeres pel xifratge de dades, l'identificador de xarxa WIFI (ESSID), el canal i l'ajustament de la velocitat.

Sistema de distribució

És el component lògic per a reenviar els paquets cap al seu destí, per connectar els AP a altres xarxes i els AP entre si. Les especificacions 802.11 no detallen cap tecnologia en particular.

Antenes

És el dispositiu que permet emetre i rebre ones de ràdio. Depenent de la potència que emeten en cada direcció se les classifica en tres tipus:

Direccionals, que emeten bàsicament en una direcció (amb més o menys directivitat)

Sectorials, que emeten en un sector determinat (un quadrant per exemple)

Omnidireccionals, que emeten la mateixa potència en totes direccions.

Les antenes són uns elements a escollir amb molta cura depenent del tipus de xarxa que volem implementar, per la potència que emeten i el guany que donen en cada direcció. A Espanya i Europa en general la reglamentació és molt estricta en termes de potència d'emissió, per tant ens podem trobar amb poca cobertura o bé amb un curt abast, ja que els límits estan marcats amb potència PIRE (Potència Isotròpica Radiada Equivalent). Això fa que no podem posar una antena molt directiva radiant a molta potència, i retalla molt l'abast sobretot en freqüències d'ús públic com 2,4 GHz.

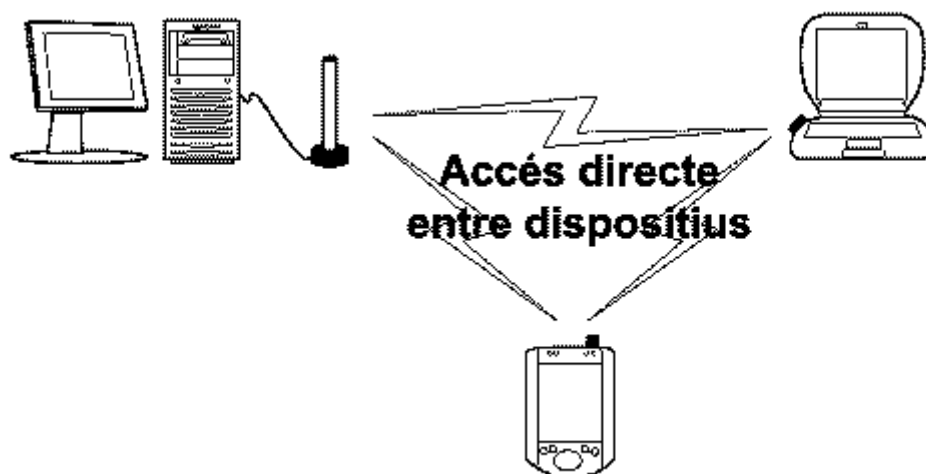
Cablejat i connectors

Són els elements d'unió entre els punts de treball i la seva antena, els AP i la xarxa cablejada etc. Cal tenir-los en compte ja que poden introduir distorsions en la senyal i pèrdues importants depenent de la longitud i la qualitat del material utilitzat. Cal remarcar el cablejat fins les antenes, que poden robar-nos potència d'emissió i per tant abast i qualitat de servei.

1.2.2 Topologia

Xarxa Ad-hoc

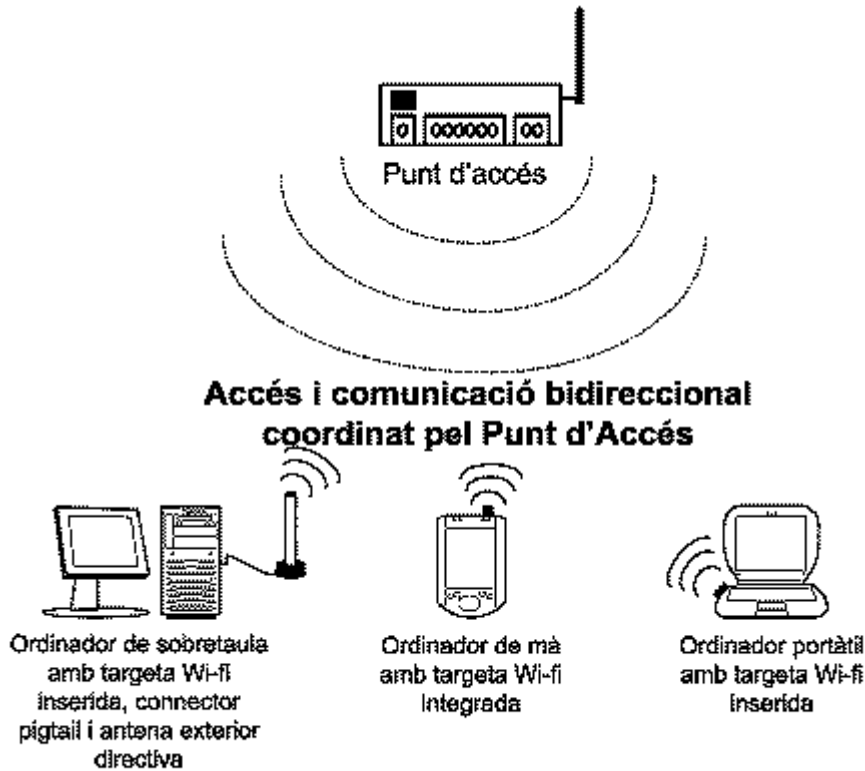
També anomenada Peer to Peer, és el tipus de xarxa més senzill, apte per a pocs usuaris i poc tràfic. No hi ha cap punt central ni AP, cada usuari es comunica amb els altres directament a través de senyals de ràdio. Els terminals d'aquesta xarxa WIFI que vulguin comunicar-se entre ells han d'utilitzar el mateix canal ràdio i configurar un identificador específic de WIFI anomenat ESSI en mode Ad-hoc. Les configuracions Ad-hoc són comunicacions de tipus punt a punt.



Il·lustració 2 xarxa Ad-hoc

Xarxa Infraestructura

Una xarxa en mode infraestructura treballa utilitzant punts d'accés (AP). Presenta una eficiència superior a la xarxa ad-hoc, ja que aquest mode gestiona i transporta cada paquet d'informació al seu destí, millorant la velocitat del conjunt. En aquest mode de funcionament la targeta de xarxa es configura automàticament per a utilitzar el mateix canal ràdio que utilitza el punt d'accés més proper de la xarxa. En una xarxa en mode infraestructura, els AP poden treballar en els modes que he explicat a 1.2.1, que són el root mode, bridge mode i repeater mode.



Il·lustració 3 xarxa Infraestructura

1.2.3 Subestàndards

Alguns subestàndards defineixen les freqüències i modulacions utilitzades, altres defineixen protocols de seguretat i altres mecanismes de compatibilitat, etc. La tecnologia de les xarxes sense fils tot just comença a desenvolupar-se, i surten subestàndards nous cada any per suplir mancances o millorar el que ja existeix. Aquests són els que actualment estan en ús o en desenvolupament:

802.11a

Aquest estàndard defineix la creació de xarxes sense fils treballant a freqüència de 5 GHz. La informació d'un usuari es transmet modulant digitalment un senyal de la banda de 5 GHz amb les dades de l'usuari. La modulació que s'utilitza en aquest subestandard és OFDM, que difereix de la del 802.11b, i és especialment útil en entorns on poden aparèixer grans interferències, per exemple en les transmissions mòbils a trens.

L'estàndard 802.11a permet assolir velocitats de transmissió màximes de fins a 54 Mbps, cosa que suposa una velocitat efectiva d'aproximadament 32 Mbps.

802.11b

Aquest estàndard defineix la creació de xarxes sense fils treballant a freqüència de 2,4 GHz, amb una tipologia de modulació que permet assolir velocitats de transmissió de fins a 11 Mbps, cosa que suposa una velocitat efectiva pels usuaris d'aproximadament 6,4 Mbps

802.11c

Defineix els procediments MAC per a operacions de pont (bridge).

802.11d

Defineix els requeriments de la capa física (canalització, salts de freqüència, etc.) per estendre l'ús a països amb particularitats en la regulació de l'espectre.

802.11e

Defineix les millores de capa MAC per a suportar aplicacions amb requeriments de QoS.

802.11f

Recomanació per implementar un protocol denominat Inter Acces Point Protocol (IAPP), utilitzat per comunicar-se els punts d'accés de diferents fabricants mitjançant el sistema de distribució i facilitar operacions de traspàs.

802.11g

Aquest estàndard millora el 802.11b, ja que treballa igualment a la freqüència de 2,4 GHz, però varia la modulació (en aquest cas és idèntica a la del 802.11a) fins a assolir igualment velocitats màximes de transmissió de 54 Mbps, cosa que també representa una velocitat efectiva de 32 Mbps.

802.11h

Millora de la capa MAC i de les especificacions de capa física 802.11a per afegir capacitats de selecció de canal en entorns interiors i exteriors, control i mesura de potència en la banda de 5 GHz necessària a Europa per evitar interferir amb sistemes d radar.

802.11i

Aquest és el subestàndard de la família que en principi ha d'igualar la seguretat i autenticació de WIFI a la de les xarxes tradicionals. Encara està en procés de definició.

802.11j

Millora de la capa MAC i de les especificacions de capa física 802.11a per operar a les bandes de 4,9 i 5 GHz disponibles al Japó.

802.11k

Defineix les millores per a mesures de recursos ràdio i proveir d'interfícies les capes superiors. En procés de definició.

802.11n

Grup d'estudi de millores de capa física per a assolir millores en la velocitat de transmissió fins a 100Mbps, fent servir antenes MIMO.

802.11r

Millora de la capa MAC per a afegir-hi nous mecanismes que minimitzin el temps de connexió de l'estació amb el centre de distribució i permetre accelerar el temps de handover.

802.11s

Aquest estàndard dotarà de capacitat d'encaminament als punts d'accés per a poder redirigir les dades entre punts d'accés propers tal com ho fan els nodes d'Internet en l'actualitat. En procés de definició.

L'estàndard 802.11 continua evolucionant. Les empreses col·laboren a aquesta evolució, moltes vegades anticipant-se a l'estàndard amb millores encara no contemplades. Actualment existeixen al mercat productes amb velocitat de capa física de fins a 108 i 125 Mbps. Aquestes millores seran recollides en futurs Subestàndards.

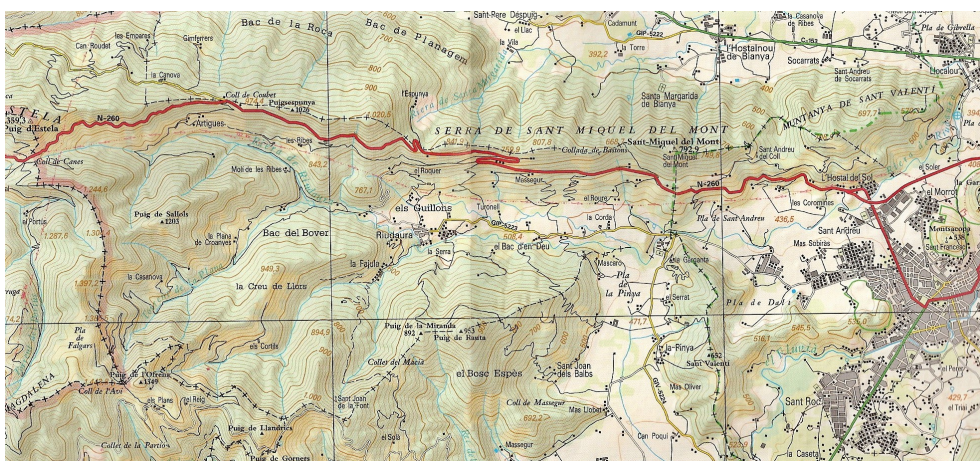
Com que aquests estàndards no defineixen cap prova de compatibilitat, el 1999 es va fundar la WIFI alliance, formada per les principals empreses del sector. L'objectiu és assegurar la compatibilitat entre equips que utilitzin el mateix estàndard, amb testos i controls molt estrictes abans de certificar un producte com a compatible. Actualment ja formen part d'aquest organisme més de 200 empreses.

CAPÍTOL 2. RIUDAURA, SITUACIÓ SOCIAL I GEOGRÀFICA

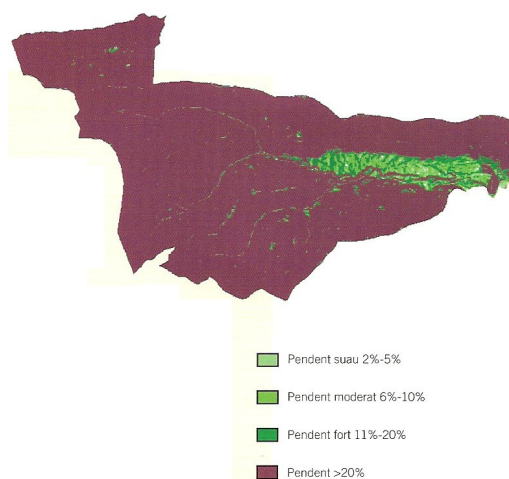
2.1 Situació geogràfica

Riudaura està situat a la comarca de la Garrotxa, a la demarcació de Girona. Limita a l'est amb Olot, al sud amb la Vall d'en Bas, a l'oest amb Vallfogona del Ripollès i al nord amb la Vall de Bianya. El terme municipal té una extensió de 24,19 km². un 47% d'aquest territori es troba protegit per l'espai d'interès natural de les serres de Milany-Santa Magdalena i Puigsacalm-Bellmunt.

El poble està enclavat en una vall oberta cap a Olot, per on corre el riu Riudaura, que ve format per dos afluents: la riera de la plana i la riera de can Fajula. el nucli està ubicat al centre de la vall, a l'encreuament de les dos rieres, i hi ha diversos veïnats distribuïts per tot el terme. A la vall de la riera de la plana hi ha diverses cases mentre que a la vall de la riera de can Fajula només hi ha dues famílies. L'alçada de la vall es d'uns 572 m. Mentre que el pic més alt del terme municipal, el puig d'Estela, arriba als 1.359 m.



II-lustració 4 Mapa de Riudaura



II-lustració 5 Mapa de pendents

2.2 Situació Social

La població de Riudaura és de 419 persones. El nucli de Riudaura aplega la majoria de la població i la resta, un 38%, es distribueix en disseminats. Segons el plantejament vigent (normes subsidiàries de 1981) es preveia un total de 342 habitatges que representaria una població potencial de 1.368 habitants. Del total d'habitatges del municipi 140 són primeres residències, 15 són segones residències i 37 serien cases buides segons el cens de l'any 2001.

Respecte a l'activitat econòmica, el sector terciari (serveis) és el més important del poble conjuntament amb el sector secundari (indústria), que ofereixen 45 i 43 llocs de treball respectivament. El comerç és de proximitat i l'oferta turística s'està desenvolupant ràpidament. El sector primari, que havia estat molt important, està en forta regressió (18 persones) tot i que gestiona el 14% del territori del municipi. Cada dia hi ha 69 persones que es desplacen fins a Riudaura, mentre que 169 persones del poble surten fora per treballar. Només 45 persones viuen i treballen a Riudaura.

La piràmide d'edat ens mostra una població bastant envellida, on el 19% de la població té més de 65 anys, mentre que només el 9% té menys de 15 anys. La immigració es molt poc significativa, només hi ha dues persones provinents de França i Noruega.

El nivell d'instrucció de la població major de 16 anys és majoritàriament de segon grau, un 70% de la població, seguit d'estudis de tercer grau, un 17%. La resta són un 10% que té estudis de primer grau i només un 3% que no té estudis, tots ells d'avançada edat.

2.3 Accés a Internet

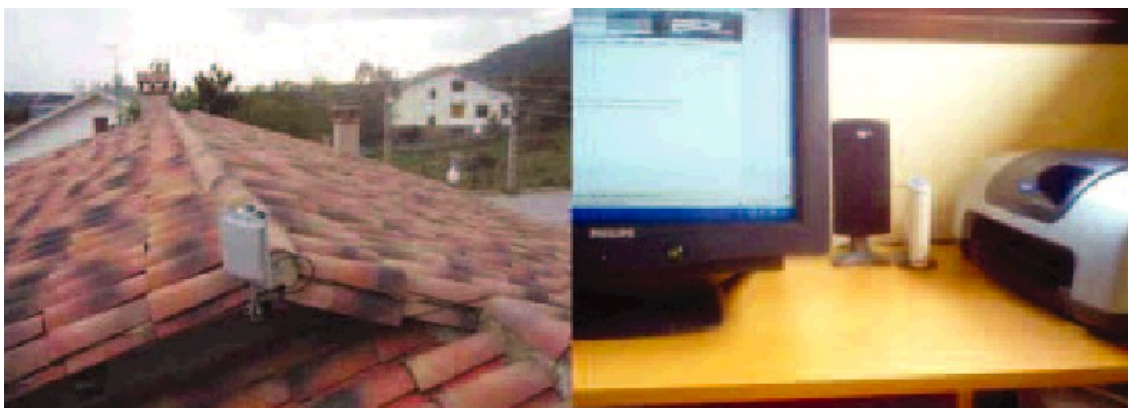
Cal destacar que tots els habitatges ocupats com a primera residència tenen telèfon. El fet, però, que no hi hagi cobertura ADSL ha retardat molt l'ús habitual d'Internet. El nombre de veïns que utilitzaven regularment Internet amb connexió Telefònica era de 27 cases (s'entén que a cada casa hi ha una sola connexió per a varies persones). Tanmateix, unes 18 persones més es connectaven esporàdicament.

Quan es va presentar el servei de Flash10 s'hi van preinscriure 29 persones, 15 del nucli urbà i 14 disseminats. Posteriorment hi van haver 6 inscripcions més, fent un total de 35 clients. La majoria d'aquests clients són particulars, però també hi ha dues empreses i tres cases de turisme rural. De totes maneres el projecte de Flash10 va deixar fora molta gent per falta de cobertura, ja que es va utilitzar un sol AP enfocant al nucli.

Tots els veïns que van contractar el servei Flash10 disposen d'antena i tarja WIFI de la seva propietat; es tracta d'una antena planar Estela Doradus i d'un adaptador Linksys compatibles amb 802.11b/g. Asseguren que utilitzaran una xarxa ciutadana sempre que sigui gratuïta. A més hi ha 8 persones al poble amb

ordinador portàtil preparat per WIFI, que també es mostren contents amb la idea. Tots ells consideren molt positiu tenir una infraestructura com aquesta al poble.

La part directament implicada, l'ajuntament, creu que un projecte així és un pas endavant per acostar les noves tecnologies als llocs on comercialment no interessa fer-les arribar, i que serà molt positiu per al poble.



Il·lustració 6 Material dels usuaris de Flash10: Antena planar i adaptador.

CAPÍTOL 3. ELS ASPECTES LEGALS

3.1. Reglamentació de l'espai radioelèctric

L'espai radioelèctric a Catalunya està regulat per lleis i recomanacions d'àmbit europeu, estatal, autonòmic i local. Això inclou els organismes de normalització, que vetllen per la compatibilitat tècnica entre equips de diversos fabricants, organismes de gestió de l'espectre, que regulen l'ús de l'espectre electromagnètic de forma eficient, i organismes legislatius i/o reguladors que creen normes per protegir els drets de les persones físiques i jurídiques (com el dret a la salut o a la lliure competència).

Cal tenir clara la diferència entre aquests organismes, ja que si uns fan tan sols intents d'estandardització els altres creen lleis, i el fet de saltar-se aquestes lleis pot comportar dures sancions.

Els organismes internacionals de normalització i gestió de l'espectre competents són, en aquest cas, la ITU (International Telecommunication Union), que depèn de la ONU, l'ETSI (European Telecommunication Standard Institute), el CEPT (Conferència Europea d'administracions Postals i Telecomunicacions) i el CENELEC (Comitè Europeu de Normalització Electrotècnica). A nivell estatal l'organisme de normalització competent és AENOR (asociación Española de Normalización).

El tema legislatiu, però, és de nivell estatal. A Espanya l'espectre radioelèctric té consideració de domini públic i és competència exclusiva de l'estat, concretament l'ordre de 9 de març de 2000 per la qual s'aprova el reglament de desenvolupament de la llei 11/1998, de 24 d'abril, general de telecomunicacions, pel que fa a l'ús del domini públic radioelèctric assenyala en l'article 3 que: "es considera domini públic radioelèctric l'espai pel qual poden propagar-se les ones radioelèctriques, la freqüència de les quals es fixa convencionalment per sota dels 3.000 GHz, que es propaguen per l'espai sense guia artificial".

L'organisme destinat a la regulació és la CMT (Comisión del Mercado de Telecomunicaciones). Segons la llei general de telecomunicacions, les funcions de la CMT són: establir i supervisar les obligacions dels operadors de telecomunicacions, fomentar la lliure competència i actuar com a àrbitre en la resolució de conflictes entre operadors. Les resolucions de la CMT tenen especial importància en la regulació dels serveis de telecomunicacions que es poden oferir sobre xarxes WIFI.

De totes maneres aquest organisme té poc a veure amb la regulació de l'espectre radioelèctric, que segons la nova Llei General de Telecomunicacions recau sobre un organisme anomenat "Agència Estatal de Radiocomunicaciones", encara pendent de creació. Aquest serà l'organisme encarregat d'atorgar els drets d'ús de l'espectre radioelèctric a nivell estatal. La

missió de la CMT és més aviat d'inspector i àrbitre de les activitats dels operadors de telecomunicacions pel que fa al compliment de les regles de mercat establertes per la legislació estatal i europea, tema del qual en parlarem en l'apartat 3.2.

3.1.1 Bandes d'ús comú

L'article 7 de l'esmentada ordre especifica que l'ús del domini públic radioelèctric pot ser: comú, especial o privatiu. L'ús comú implica la utilització, amb les característiques tècniques corresponents, d'aquelles bandes, subbandes, canals i freqüències que se senyalin al Quadre nacional d'atribució de freqüències (CNAF). El CNAF recull les assignacions existents de les diferents bandes de freqüència als serveis de radiocomunicacions a nivell estatal.

Aquestes assignacions segueixen, evidentment, els acords establerts a les conferències mundials de radiocomunicacions, les recomanacions de la CEPT adoptades a Espanya així com necessitats específiques dels serveis i operadors de telecomunicacions de tot l'estat.

El CNAF el publica la "Secretaría de Estado de Telecomunicaciones i para la Sociedad de la Información" (SETSI), organisme que depèn del ministeri d'indústria, i es modifica aproximadament cada dos anys mitjançant una ordre ministerial. L'actual CNAF es va aprovar per l'Ordre CTE/630/2002 de 14 de març de 2002 (BOE de 22 de març de 2002), i va ser modificat per l'Ordre CTE/2082/2003 de 16 de juliol de 2003 (BOE 23 de juliol de 2003).

El CNAF estableix que la implantació de xarxes sense fils basades en els estàndards 802.11, amb ús tant a l'interior de recintes com a l'exterior, es pot realitzar en les bandes de 2.400 a 2.483,5 MHz i de 5.470 a 5.725 MHz, amb el compliment de les condicions i estàndards esmentats pel CNAF. Ambdues bandes freqüencials tenen la consideració d'ús comú, cosa que implica que no s'ha de fer petició de llicència d'ocupació del domini públic radioelèctric per utilitzar-la, ja que pot ser utilitzada per tothom que compleixi les condicions esmentades.

La consideració de bandes freqüencials d'ús comú té l'avantatge que no és necessària la llicència per usar-les ni tampoc el pagament de taxes. Però té l'inconvenient que poden ser utilitzades al mateix temps i al mateix lloc per tothom que compleixi les condicions d'ús, sense cap exclusivitat per tal d'evitar interferències. Cal remarcar el fet que la banda de 2.400 a 2.483,5 MHz, segons el CNAF, també pot ser utilitzada per dispositius de baixa potència i de curt abast.

Finalment, cal incidir en una qüestió que afecta a la tecnologia WIFI com a tecnologia de radiocomunicació sotmesa al compliment del Decret 148/2001 d'ordenació ambiental de les instal·lacions de telefonia mòbil i altres instal·lacions de radiocomunicació: les potències a les quals emet estan, en

general, per sota dels 100 mW PIRE amb la qual cosa no li són d'aplicació les distàncies de protecció establertes en l'Annex II de l'esmentat decret.

3.1.2 Aplicació a una xarxa ciutadana

El cas particular que realment m'interessa serà el d'una xarxa ciutadana que utilitza tecnologia WIFI a 2,4 GHz, fent servir els subestàndards 802.11b/g. Què ens demana la legislació actual en aquest cas?

Suposem sempre que es tracta d'una xarxa ciutadana amb l'únic objectiu de compartir informació entre els usuaris, sense donar sortida a cap sistema de distribució que ens doni accés a Internet.

La CNAF especifica que la banda de freqüència per a xarxes sense fils és la de 2.400 a 2.483,5 MHz. Aquesta és una banda inclosa en la banda d'ús comú per a aplicacions industrials, científiques i mèdiques (ICM) en modalitat d'ús comú que va de 2400 a 2500 MHz (entre d'altres). En aquestes bandes tenen preferència les aplicacions ICM, i els serveis de radiocomunicacions que les utilitzin no poden causar interferències ni reclamar protecció enfront de les interferències resultants per aquest tipus d'aplicacions.

Dins de la banda per a xarxes sense fils trobem també situacions particulars:

- Les freqüències de 2.421 MHz, 2.449 MHz i 2.477 MHz estan assignades a enllaços de vídeo de curt abast, en modalitat d'ús comú, tant a l'interior d'edificis com a l'exterior però amb una potència màxima de 500 mW. A més, s'especifica que aquests enllaços hauran d'acceptar la interferència deguda a aplicacions ICM o altres serveis de radiocomunicacions que també treballin a aquestes freqüències.
- La banda d'ús comú de 2400-2483 MHz també està assignada a aplicacions no específiques de curt abast en la modalitat d'ús comú. Exemples d'aquestes aplicacions poden ser: dispositius d'àudio sense fils, implants mèdics, alarmes, modelisme, etc. Aquests dispositius han de complir les especificacions EN 300 440 de ETSI i la recomanació CEPT/ERC 70-03, annex 1.
- Els dispositius de radiofreqüència per a aplicacions d'identificació (RFID) estan assignats a la banda 2.446-2454 MHz en mode d'ús comú, amb una PIRE màxima de 500 mW i han de complir les especificacions EN 300 440 de ETSI i la recomanació CEPT/ERC 70-03, annex 1.

En referència a la utilització de la banda per a xarxes sense fils, la legislació estableix el següent:

La banda de 2.400-2.483,5 MHz pot ser utilitzada per xarxes sense fils entre ordinadors i/o entre ordinadors i els seus perifèrics en la modalitat d'ús comú. Es pot fer anar la banda per a radiocomunicacions tant a dintre d'edificis com a l'exterior. Les restriccions són dues: que els equips s'adeqüin a un estàndard homologat i que la potència radiada isotròpica equivalent (PIRE) transmesa no superi els 100 mW (20 dBm). La PIRE transmesa per un emissor (en dBm) és igual a la potència transmesa expressada en dBm més el guany de l'antena, menys les pèrdues per cable i connectors, expressat en dB. Això fa que la cobertura quedi completament limitada, ja que cal triar entre emetre molta potència isotròpicament o poca molt directivament.

3.2. Requeriments per donar accés a Internet

L'objectiu primer d'aquest treball era implementar una xarxa ciutadana i posteriorment donar accés a Internet i altres serveis com veu sobre IP, etc. Ja que al meu poble, com en tants d'altres, no hi ha accés als serveis de banda ampla més comuns (per exemple ADSL) i no cal mencionar altres tecnologies com la fibra òptica, impossible d'instal·lar comercialment en municipis petits. L'objectiu, per tant, era convertir l'ajuntament de Riudaura, on faig les pràctiques, en operador de telecomunicacions per tal de donar accés a la xarxa general.

Posteriorment, en reunions amb personal de la Generalitat de Catalunya, em vaig assabentar que ja hi ha un projecte en marxa per tal de donar accés a la banda ampla a través de xarxes WIMAX, que ja són una realitat en molts pobles de Lleida i Tarragona i que donen un servei satisfactori. Per tant, vaig descartar desenvolupar aquesta part del treball, però considero interessant incloure la informació que he recollit sobre el tema.

3.2.1 Notificació a la comissió del mercat de les telecomunicacions

L'article 6 de la LGT estableix que qualsevol empresa podrà actuar com a operador en el mercat, tan sols notificant-ho amb caràcter previ a la CMT, sense necessitat d'obtenir una llicència administrativa a aquest efecte, tal com es requeria en la norma anterior. La CMT inscriurà la persona interessada en el registre d'operadors de telecomunicacions creat a tal efecte.

Des del moment en què es notifiqui fefaentment a la CMT la intenció d'actuar com a operador, la persona interessada podrà començar a prestar els seus serveis o a establir la seva xarxa.

Cal, però, estar atent a l'aprovació de les normes de desenvolupament reglamentari de la llei que determinaran l'abast dels drets i les obligacions dels operadors de telecomunicacions. Mentre aquelles no s'aprovin, restarà vigent la normativa de desenvolupament de la llei 11/1998 en tot allò que no sigui contrari a la legislació vigent.

3.2.2 La condició d'operadors de les administracions públiques

Les directives europees de 2002 són un intent d'aprofundir en la liberalització del sector de les telecomunicacions, tant en la prestació dels serveis de telecomunicacions com en l'explotació de xarxes de telecomunicacions. L'actuació de les administracions com a operadors de telecomunicacions ha d'equiparar-se, també, a les condicions d'actuació dels operadors privats.

En aquest sentit, la llei 32/2003 assenyala que els ajuntaments han de respectar els principis de neutralitat, transparència, no discriminació i funcionar d'acord amb el principi de separació de comptes. Aquesta separació de comptes implica que els ajuntaments hauran de comportar-se com un operador de telecomunicacions més, sense fer prevaler la seva condició d'administració pública per a obtenir avantatges competitius. D'aquí que la CMT, a partir d'una consulta formulada per Localret², es manifesti contrària a la possibilitat de prestar el servei d'accés a la xarxa de forma gratuïta ja que suposa una subvenció amb diner públic a l'explotació del servei, que només ha de mantenir-se del benefici que dona.

És evident que el paper de l'administració ha de potenciar-se en aquelles zones del territori en les quals el mercat dels serveis i/o de les infraestructures sigui insuficient. Però per a explotar una xarxa sense fils, un ajuntament ha de tenir en compte en primer lloc els drets i deures derivats de la condició d'operador de telecomunicacions, i en segon lloc, les actuacions que duguin a terme les administracions de l'estat o de la Generalitat en el desplegament de la banda ampla en el territori. Un exemple són les derivades del concurs de la Generalitat relatiu a l'explotació d'una xarxa de telecomunicacions per dotar d'accés a Internet els municipis que no disposen de cobertura ADSL, tema del qual es parla àmpliament al capítol 4.

Cal assenyalar que la llei 32/2003 general de telecomunicacions recull a l'article 29.2 la possibilitat (per via d'un reial decret) d'integrar en el concepte d'altres obligacions de servei universal aquelles situacions derivades de la manca de resposta del mercat a les necessitats del territori o de la societat.

Finalment cal tenir present que les prestacions de serveis o les explotacions de la xarxa que faci l'ajuntament en règim d'autoprestació, es a dir, per a les necessitats dels serveis i òrgans municipals, no exigiran l'autorització administrativa per a l'obtenció de la condició d'operador de telecomunicacions.

3.3. Alternativa

Segons les previsions de la Generalitat (no sempre fiables) doncs, Riudaura disposarà al setembre d'una connexió de banda ampla que ha donat molt bon resultat en les zones on s'ha implementat. Per tant, el nostre treball l'hem orientat a crear una xarxa ciutadana operada per l'ajuntament per a ús propi.

² Resolució de la CMT sobre una pregunta de Localret de la sessió del 5 de juny de 2003.

Amb això aconseguim dues coses: un canal de comunicació entre l'ajuntament i els veïns, on es puguin realitzar tràmits on-line o tan sols aconseguir informació d'àmbit municipal, i crear una xarxa ciutadana entre tots els veïns per tal de compartir informació o tan sols estar comunicats.

El fet de ser una xarxa en règim d'autoprestació, com hem dit abans, fa que no es necessiti cap autorització de l'administració per a explotar-la. De totes maneres cal tenir en compte el precedent de la xarxa de l'ajuntament de Barcelona, que va ser clausurada per ordre judicial ja que alguns dels continguts que s'hi oferien també s'oferien per Internet, cosa que es va considerar una violació de les lleis de mercat.

En utilitzar la banda de freqüència de 2'4 GHz, l'operador també queda exclòs ja que es tracta d'una banda d'ús públic, amb l'avantatge que difícilment hi haurà interferències ja que gairebé no hi ha activitat industrial, científica o mèdica al poble.

CAPÍTOL 4. SITUACIÓ ACTUAL

4.1 Els projectes de la generalitat

Degut a la manca de serveis per accedir a la banda ampla en molts pobles petits de Catalunya, la Generalitat va engegar l'any 2003 un programa per tal de solucionar aquest greuge. Es va considerar molt perjudicial per al desenvolupament del "rerepaís" el fet de no tenir accés a Internet a alta velocitat. Es volia evitar la fractura digital, principalment produïda per la manca de disponibilitat de les xarxes en algunes zones, sobretot rurals, creant un important desequilibri territorial. Les dificultats d'accés a aquestes zones, per motius socials i econòmics, van fer plantejar l'aplicació de diferents tecnologies segons els casos.

Temps enrere, el 27 d'octubre de 2000, s'havia signat un conveni entre la generalitat, Localret i Telefónica per aconseguir el desplegament d'infraestructures de telecomunicacions d'alta velocitat a la major part de Catalunya. Els compromisos adquirits en aquell conveni es van assolir i superar, amb els resultats següents (a 31 d'octubre de 2002, data de venciment del conveni):

- - 689 municipis i el 97,3% de la població amb cobertura de fibra òptica (als nodes de Telefónica)
- - 360 municipis i 94,5% de la població amb cobertura ADSL, 200.664 línies ADSL en servei.

Això va fer de Catalunya la comunitat autònoma amb més cobertura i desplegament d'ADSL. De fet, una quarta part de les línies d'Espanya estan a Catalunya.

En finalitzar aquest conveni se'n va firmar un altre segons el qual Telefónica es comprometia a assegurar la disponibilitat de l'ADSL a un 96,15 de la població catalana a finals de l'any 2003, que representa 90 municipis més. A més, la disponibilitat de la gamma completa dels serveis ADSL per al 97,5% de les empreses ubicades en polígons industrials de Catalunya. Els serveis ADSL de gamma baixa havien d'estar disponibles per al 99,4% de les empreses.

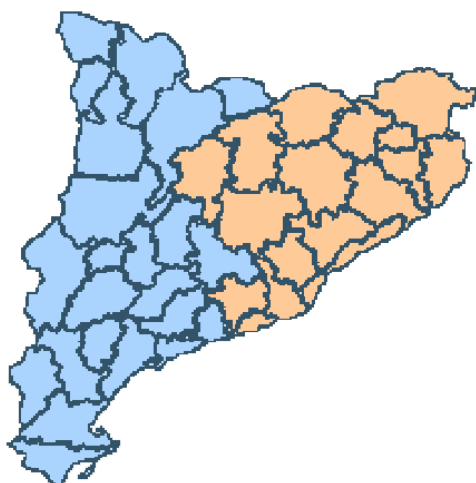
Els compromisos d'aquest conveni també es van assolir, però faltava encara una part de la població que no tenia accés a la banda ampla, la població que viu en pobles petits lluny dels nodes d'accés. També molts usuaris que en teoria tenien accés a l'ADSL segons els convenis anteriors es trobaven sense cobertura, ja que el seu node quedava massa lluny i Telefónica no volia posar repetidors de senyal, en considerar que no era rendible.

El 27 de maig de 2003 la comissió de govern per a assumptes econòmics va acordar instrumentar un concurs públic per construir una xarxa d'accés de banda ampla que pivotés en solucions via satèl·lit i que permetés estendre aquesta tecnologia a tots els pobles de Catalunya. En aquell moment es calculava que hi havia unes 270.000 persones sense accés que vivien en uns 2000 nuclis de població. Aquest acord responia a la voluntat del govern de donar accés de banda ampla als nuclis sense servei d'ADSL mitjançant un programa de desenvolupament rural. S'aportaven diferents opcions tecnològiques: la promoció de l'activació del servei d'ADSL en aquelles centrals de telèfons on fos factible i assumible (en poblacions de 1500 habitants o més), o la promoció d'una xarxa pública d'accés, combinant tecnologies via satèl·lit amb tecnologies via ràdio.

El procés de concurs es va llançar el 30 de juliol de 2003 amb els objectius següents:

- Cobrir la demanda de servei d'accés ràpid a Internet arreu de Catalunya.
- Construcció d'una xarxa de titularitat pública.
- Els usuaris gaudiran de condicions de servei similars a les que ofereix el servei ADSL.
- El desplegament de la nova xarxa ha de ser ràpid.

El conjunt del territori es va dividir en dos lots d'adjudicació: Est i Oest. En cada lot, la xarxa havia de donar cobertura als usuaris ubicats en nuclis de població de 100 o més habitants que no tinguessin cobertura ADSL, uns 645, amb la següent distribució:



Lot 1 (Oest): 328 nuclis de població amb un total de 109.433 habitants, adjudicat a Iberbanda (color blau).

Lot 2 (Est): 317 nuclis de població amb un total de 104.330 habitants, adjudicat a Flash10-ISOLUX (color vermell).

Il·lustració 7 Mapa d'assignació dels lots

També havia de cobrir la demanda de serveis d'usuaris situats en nuclis de menys de 100 habitants, uns 1.318, que inclouran a més:

- Cases rurals aïllades
- Empreses aïllades de més de 10 treballadors
- Els telecentres integrats al projecte Nodat

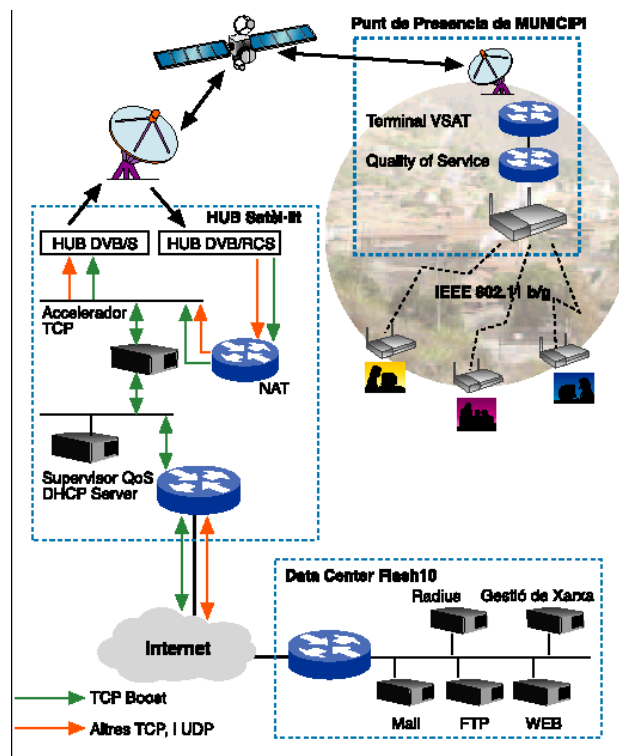
La inversió màxima que preveia la Generalitat per a aquest concurs era de 10 milions d'euros, per al conjunt de xarxa que es desplegués dins del termini del concurs (juny de 2005).

Amb aquesta infraestructura funcionant, Catalunya seria el primer país d'Europa en facilitar la banda ampla al 100% dels seus ciutadans, situant-se per sobre de Bèlgica, el país europeu que té actualment la major cobertura de banda ampla amb gairebé el 98%.

4.1.1 Flash10, el projecte fallit

El projecte del lot Est es va assignar a l'empresa FLASH10, S.A.U. i ISOLUX WAT, S.A. unió temporal de empreses, ley 18/1982.

L'arquitectura del projecte es basava exclusivament en connectivitat via satèl·lit (mitjançant estacions VSAT d'accés bidireccional a cadascuna de les poblacions objectiu del concurs) i xarxes sense fils WIFI (802.11b/g) per a cobrir les poblacions.



Il·lustració 8 Esquema funcionament xarxa Flashcat

A Riudaura es va instal·lar una sola estació en una masia que queda davant del nucli, en una posició molt elevada (804 m. d'altitud) respecte al poble (uns 560 m.) la cobertura WIFI, per tant, era bona al nucli però deixava fora moltes cases i veïnats que queden a uns quilòmetres de distància o darrera algunes muntanyes i turons.

Aquest projecte ha presentat nombrosos problemes. Primer de tot, la connexió via satèl·lit es talla sovint degut a inclemències del temps o talls en el servei. Segon, el fet d'utilitzar la banda de 2,4 GHz pot provocar interferències amb altres usuaris, que no han de respondre davant la llei en provocar-les, ja que es tracta d'una banda d'ús públic. Això és el que va passar a Riudaura amb la xarxa Olot Wireless, constituïda per veïns d'Olot i comarca i que transmetia pel mateix canal. En zones on el nivell de recepció era baix però suficient per realitzar la connexió hi havia conflictes de xarxa i no era possible connectar-se.

Igual com va passar a Riudaura, a la majoria de les poblacions es patien els mateixos problemes. La limitada distància de cobertura de la tecnologia WIFI deixava sense possibilitat de servei a nombrosos usuaris aïllats dels nuclis o cobria només parcialment les poblacions disseminades. Això comportava un augment en el nombre inicial d'instal·lacions previstes no pressupostades, amb els conseqüents costos addicionals i la dificultat de trobar emplaçaments adequats per a les antenes, fet que endarreriria el desplegament de la xarxa i impossibilitava el compliment dels terminis establerts.

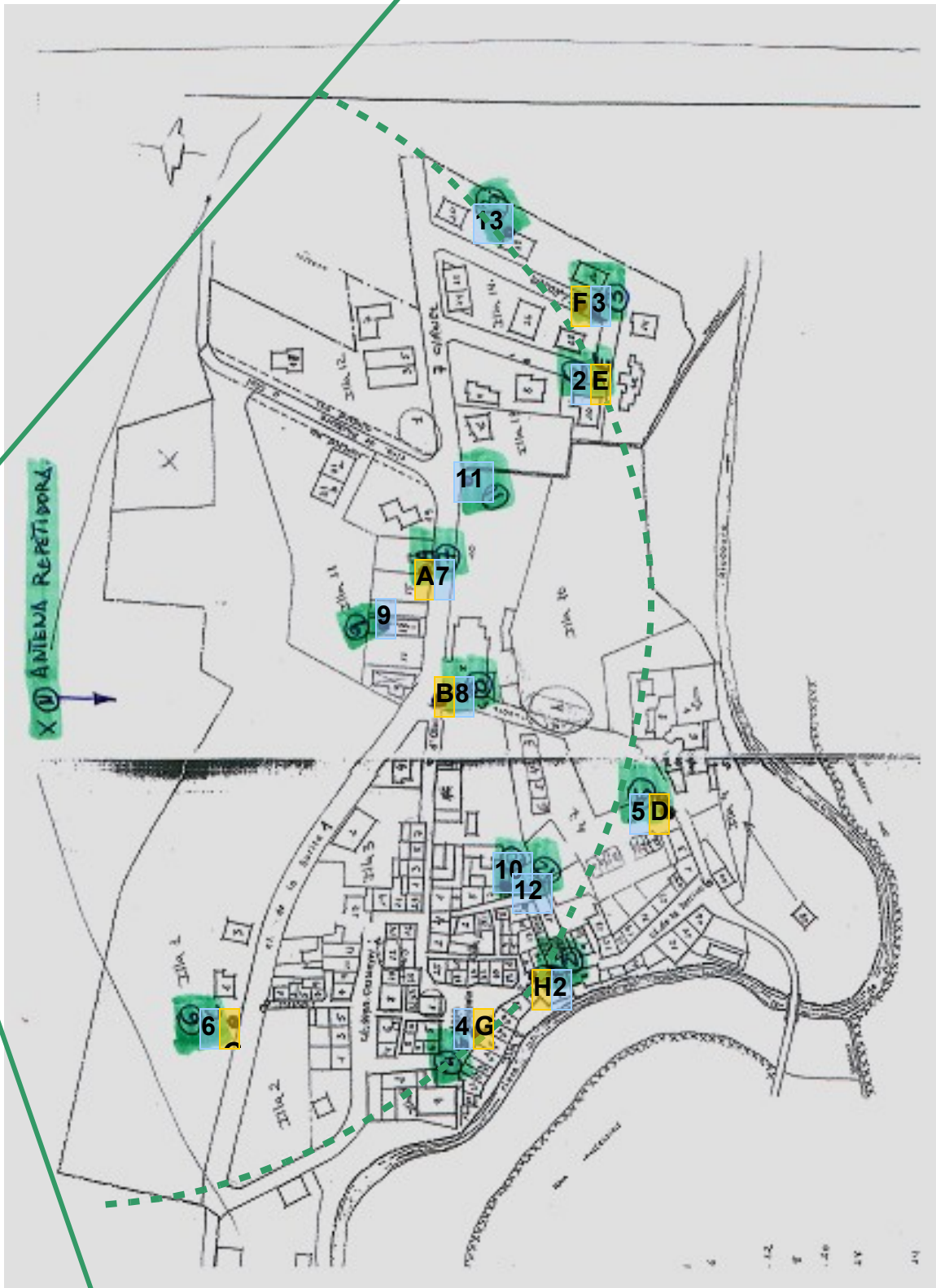
D'altra banda, les vulnerabilitats presents en el sistema Wi-Fi, principalment per la manca de seguretat enfront de possibles interferències, van resultar inacceptables per a una xarxa pública de telecomunicacions. A això cal afegir la latència de l'accés via satèl·lit, que alentia la navegació per Internet i que disminuïa la qualitat del servei prestat, juntament amb la poca escalabilitat del sistema, atesos els seus elevats costos implícits, que podien fer obsoleta la xarxa en poc temps.

En definitiva, la solució tecnològica basada en connectivitat via satèl·lit i xarxes sense fils del tipus Wi-Fi es va revelar poc adequada per al desplegament d'una xarxa de telecomunicacions d'un abast territorial tan ampli com el plantejat en el concurs.

Vistos aquests antecedents, el Centre de Telecomunicacions i Tecnologies de la Informació de la Generalitat de Catalunya va considerar necessari iniciar el 31 de gener de 2005 la tramitació administrativa per desistir del contracte de subministrament de la xarxa de telecomunicacions que el CTTI té signat amb la UTE Flash10-ISOLUX, per raons d'interès públic, sens perjudici de la continuïtat del contracte d'arrendament per a l'explotació de les instal·lacions ja subministrades per part de l'adjudicatari.

L'informe de la Comissió Jurídica Assessora va recolzar totalment les tesis del CTTI, i el 14 de juny de 2005, el Govern de la Generalitat va autoritzar al CTTI el desistiment del contracte de subministrament de la xarxa de telecomunicacions per a oferir servei d'accés ràpid a Internet en poblacions de

Catalunya sense cobertura ADSL (lot Est) amb la UTE Flash10-Isolux, que es va notificar formalment a l'adjudicatari el 20 de juny de 2005.



Il·lustració 9 Esquema de la xarxa de Riudaura desplegada per FLASH10

4.1.2 Iberbanda, la solució WIMAX

El projecte del lot Oest es va assignar a l'empresa Iberbanda S.A.

Durant els primers mesos, l'empresa Iberbanda va concentrar el desplegament de la xarxa en les Comarques de Lleida, el Camp de Tarragona i les Terres de l'Ebre, ja que en instal·lar les estacions base amb tecnologia LMDS als repetidors de TV i ràdio emplaçats a dalt de les muntanyes, l'accés a molts dels centres emissors de les comarques de l'Alt Pirineu i Aran no era possible per les condicions climatològiques.

Durant l'estiu de 2004, la Secretaria de Telecomunicacions i Societat de la Informació (STSI) del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació (DURSI) va presentar un nou pla d'actuacions que, en el marc del projecte Alt Pirineu Digital, va definir noves línies d'actuació en el que fa referència al desplegament d'infraestructures de telecomunicacions a les comarques de l'Alt Pirineu i Aran, tot aportant nous criteris i postulant una reformulació del projecte de Banda Ampla Rural ja iniciat.

La reformulació va pretendre assolir els objectius del Govern pel que fa a connectivitat en les comarques de muntanya amb la coordinació de les inversions previstes pels projectes de Banda Ampla Rural i Territoris Digitals.

Els objectius, pel que fa a la connectivitat, es van centrar en:

- Abastar el màxim territori possible de l'Alt Pirineu i Aran i, per tant, definir les cobertures de tots els nuclis de població habitats i del conjunt de cases aïllades que ho necessitessin.
- Definir una velocitat de connectivitat, a nivell de la concepció de "banda ampla", que permetés disposar de les amplades de banda adients per a donar serveis d'alta capacitat a les administracions, a la xarxa de centres tecnològics, als espais i àrees "especials" (turístiques, de desenvolupament econòmic ...) i als usuaris, empreses i professionals que ho necessitessin.
- Incorporar els serveis de veu (basats en veu sobre IP) als serveis bàsics oferts en el projecte, atès que els serveis de veu encara son bàsics en les problemàtiques del món rural.
- Facilitar serveis de telefonia, fax i datàfon, a més dels serveis més avançats com l'accés a Internet de banda ampla i als continguts i aplicacions multimèdia.

Aquests nous objectius es van concretar, d'una banda, en un nou model de desplegament que va comportar una ampliació de la xarxa planificada a l'Alt Pirineu i Aran fins a 46 estacions base, i d'una altra banda, en la migració de la tecnologia emprada (LMDS) al pre-estàndard WiMAX que va afectar tant a les

estacions ja desplegades en les Comarques de Lleida, el Camp de Tarragona i les Terres de l'Ebre, com a les que encara restaven per desplegar a tot el lot 1.

La tecnologia via ràdio de nova aparició anomenada pre-WiMAX incorporava millores substancials de serveis com la telefonia IP, la qual cosa permet solucionar el reemplaçament de les obsoletes línies de telefonia rural (TRAC), que no permeten un accés de qualitat a Internet, i alhora pot atendre la demanda de nous serveis de veu als ciutadans en llocs on l'operador dominant no pot fer-ho.

Entre la tardor 2004 i l'estiu de 2005, Iberbanda va estar efectuant en paral·lel les tasques de migració de les estacions fins llavors desplegades, així com dels clients ja connectats, a la nova tecnologia pre-WiMAX, i les tasques de desplegament de noves estacions ja directament amb tecnologia pre-WiMAX.

Durant els darrers mesos, també s'ha estat duent a terme una sèrie d'actuacions emmarcades dins un pla exhaustiu per introduir millores en la xarxa i estabilitzar el servei. Entre aquestes actuacions, cal esmentar la segmentació de la xarxa en xarxes privades virtuals per tal d'evitar caigudes massives, la introducció de sistemes de filtrat i securització, la resolució dels problemes inicials de software dels equips instal·lats mitjançant el desplaçament de personal I+D dels propis fabricants, l'establiment d'un contracte de manteniment de la xarxa amb l'operador d'infraestructures més important del territori (Abertis Telecom), l'extensió de la xarxa MPLS a les 3 subxarxes del lot 1 (Alt Pirineu i Aran, Lleida i Tarragona) per a millorar la gestió de la xarxa des del centre nodal, l'auditoria revisió de 12 estacions base, la realització d'un pla de proves sobre percepció de la qualitat del servei, el tancament d'un pla per al reemplaçament de hardware no adequat enllestit (convertors i switchos) i l'impuls d'un pla de millores en les infraestructures.

D'altra banda, com a conseqüència dels problemes detectats en el desplegament efectuat en el lot 2 inherents a la solució tecnològica utilitzada, el CTTI va acordar amb Iberbanda reemplaçar el desplegament previst amb satèl·lit i Wi-Fi (30% del total) per una ampliació de la tecnologia via ràdio. En aquest sentit, el 26 de juliol de 2005 el Consell de Govern va aprovar ampliar la inversió prevista inicialment en el 2003 per als treballs d'extensió de la banda ampla al món rural.

El desplegament assolit fins al 28 de febrer de 2006 és de 72 estacions base pre-WiMAX. Aquestes 72 estacions donen actualment una cobertura per a l'accés a la banda ampla a 976 poblacions i 907.866 habitants en total.

4.1.3 La situació actual

Actualment al lot Oest es considera ja desplegada la xarxa, donant un servei satisfactori d'acord amb el conveni amb la Generalitat. Al lot Est, en canvi, es va derogar el contracte amb la UTE Flash10-Isolux.

El 14 de març de 2006 el Departament d'universitats, Recerca i Societat de la Informació va resoldre, mitjançant el Centre de Telecomunicacions i Tecnologies de la informació de la Generalitat de Catalunya (CTTI), la licitació del concurs per donar servei de banda ampla al lot Est després del fracàs del WIFI de Flash10. L'aportació econòmica per part de la Secretaria de Telecomunicacions i Societat de la Informació (STSI) va ser de 10 Milions d'euros, la mateixa xifra que es va aportar en el projecte inicial de l'any 2003.

En aquest cas es desplegarà una xarxa de telecomunicacions mitjançant WIMAX, per primer cop ja amb equips certificats pel WIMAX Forum, que permetrà l'accés als serveis de banda ampla almenys a 447 entitats de població (cada municipi pot estar format de varies entitats de població), on s'inclouen totes les poblacions de més de 100 habitants on no arriba l'ADSL, així com totes aquelles de menys de 100 habitants que tinguin ajuntament i que es trobin en la mateixa situació.

De totes maneres, s'espera que la tecnologia WIMAX utilitzada permeti una cobertura molt superior a la demanada al concurs, i s'estima que arribarà a cobrir finalment més de 1500 entitats de població que corresponen a més de 400 municipis. Aquest fet permetrà que es beneficiïn també molts usuaris disseminats, que estan situats a gran distància de la central Telefónica. En aquest sentit, aquest projecte haurà superat àmpliament els objectius que es van establir inicialment en el concurs llançat l'any 2003 i que afectava només 317 nuclis de població.

El calendari previst per al desplegament d'aquesta xarxa contempla la realització d'una prova pilot durant els dos mesos posteriors a l'adjudicació, en els quals Iberbanda també completarà els estudis de viabilitat tècnica per al desplegament de fins a 130 estacions base WiMAX, segons el pla de desplegament aprovat pel CTTI. Un cop la prova pilot finalitzi i hagi estat validada pel CTTI, la Generalitat de Catalunya comunicarà el pla de desplegament definitiu i el calendari associat per a cadascuna de les comarques objectiu de la licitació, i Iberbanda iniciarà el desplegament definitiu de la xarxa.

4.2 Xarxes i iniciatives ciutadanes

Des de que van aparèixer els primers protocols per a xarxes sense fils a principis dels anys 90, van aparèixer també xarxes creades sense cap interès comercial, muntades i mantingudes per associacions o individuals amb finalitats molt diverses.

Des de comunitats d'usuaris Linux que hi han trobat una bona manera de desenvolupar software en comú més ràpidament, fins a grups de joves que l'utilitzen per a jocs en equip, com el famós Counter-strike, amb xarxes creades amb l'única finalitat de poder jugar a aquest joc amb els veïns del barri.

La majoria de xarxes s'implementen amb uns mitjans molt limitats, en molts casos fent servir antenes casolanes. La poca dificultat fa que no costi veure pots de conserves als balcons de les ciutats, orientats al punt d'accés més proper.

Moltes d'aquestes xarxes van néixer amb l'esperit de crear una gran xarxa mundial lliure d'ordinadors, sense haver de contractar els serveis de cap operador. Aquest esperit de xarxa lliure, però, es va veure aviat entorpit per varis factors: La compatibilitat entre xarxes que utilitzaven protocols diferents, problemes amb la llei per la potència d'emissió o les bandes utilitzades, saturació de les bandes d'ús públic, poca implicació de les institucions públiques, etc. A part del cost econòmic d'establir i mantenir una xarxa gaire gran.

A part de la dificultat de crear les xarxes, també hi ha la de controlar el compliment de la llei d'aquestes per part de les administracions, ja que no sempre es compleixen les restriccions de potència emesa, canals utilitzats, etc. En alguns casos això pot comportar problemes greus, com interferències en material mèdic, aeroports i altres llocs sensibles a les emissions radioelèctriques descontrolades.

A Catalunya les xarxes ciutadanes van néixer des de la iniciativa de ciutadans en diferents punts simultàniament: TINET, BCNet, RavalNet, NouBarrisNet, CornellàNet, Xarxa3 i d'altres van ser les primeres. Actualment hi ha un gran nombre de xarxes ciutadanes, tant a la zona metropolitana de Barcelona com a les comarques de l'interior de Catalunya.

4.2.1 Xarxes creades per l'administració

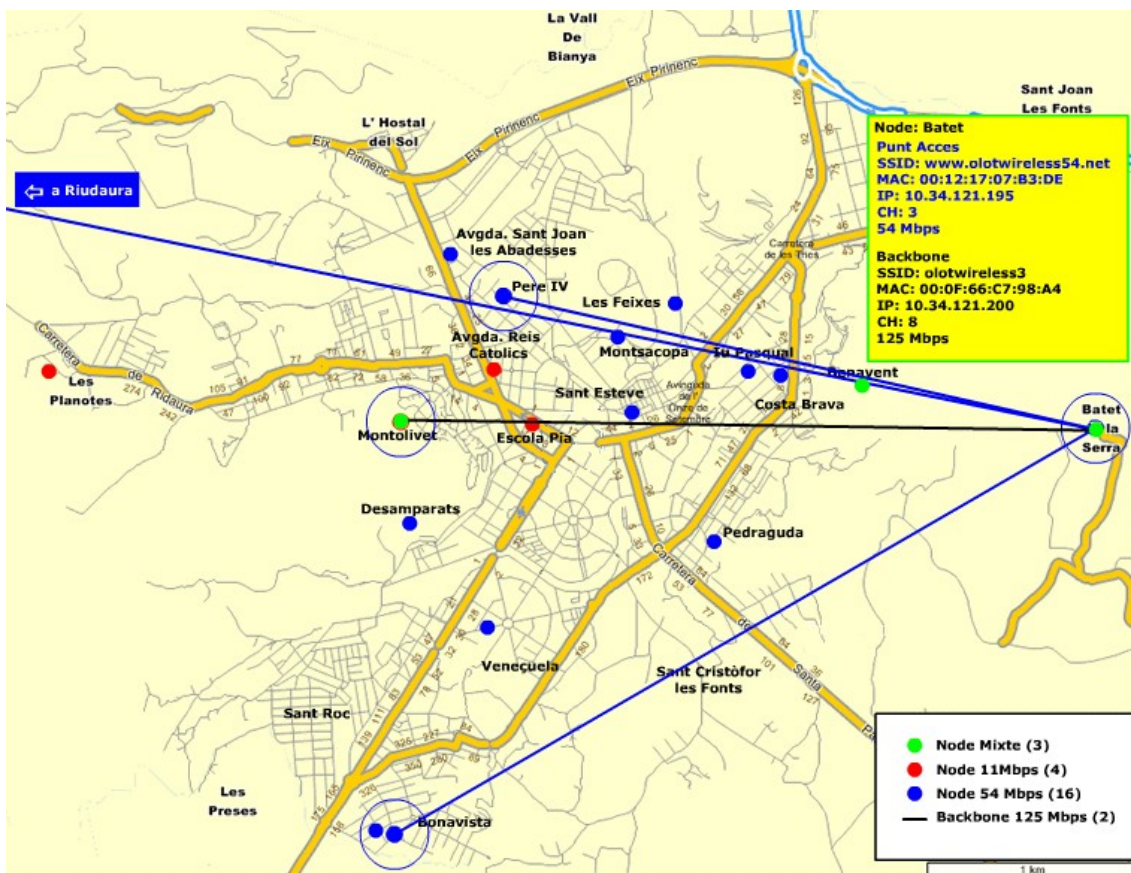
Les administracions públiques es van adonar de seguida del potencial de les xarxes ciutadanes, sobretot a nivell municipal, on es podia proporcionar als ciutadans un canal de comunicació tant entre ells com cap a l'ajuntament. Actualment molts ajuntaments utilitzen aquest sistema, tot i que no han faltat els problemes, com ara la xarxa de l'ajuntament de Barcelona, que va ser obligada a tancar perquè alguns dels continguts també estaven a la pàgina penjada a internet. Això, amb una lectura estricta de la llei, suposava una violació a la lliure competència en l'accés a internet, i els jutjats de Barcelona van fallar a favor del tancament de la xarxa.

4.2.2 Olot Wireless

Es tracta d'una xarxa ciutadana nascuda l'any 2002, amb un associació molt forta de radioaficionats al darrera (Radio Club Olotí). L'objectiu d'aquesta xarxa és aconseguir donar cobertura al 100% de la població d'Olot i rodalies, per tal de crear un canal de comunicació entre els veïns més que no pas donar accés lliure a internet. De totes maneres, varis membres de l'associació donen lliure

accés a la seva connexió ADSL, demanant només un registre per tal de controlar qui entra a la xarxa.

És un exemple de xarxa construïda i mantinguda de manera totalment desinteressada, oberta als ciutadans per a un ús realment públic. Tot i aquests avantatges evidents, també presenta problemes ja que en utilitzar la banda de 2'4 GHz pot fer interferències en altres xarxes o equips, com es el cas del desplegament d'Iberbanda a Riudaura; en que els usuaris no podien utilitzar un servei pel qual havien pagat degut a les interferències que provocava el node d'Olot Wireless emetent des de Batet en el mateix canal. Ara bé, es tracta d'una banda d'ús públic, per tant tampoc es pot parlar de mal ús per part de ningú!



Il·lustració 10 Xarxa de nodes d'Olot Wireless

El sumari següent deixa veure que no es tracta d'una xarxa marginal, sinó que compta amb una bona implantació a Olot, sobretot per la bona cobertura i pel fet de ser d'accés lliure.

Sumari					
Període reportat	Mes Mai 2006				
Primera visita	01 Mai 2006 - 00:00				
Última visita	14 Mai 2006 - 11:23				
	Visitants diferents	Nombre de visites	Pàgines	Sol·licituds	Ample de banda
Tràfic vist *	7117	8393 (1.17 Visites/Visitant)	67948 (8.09 pàgines/visita)	266448 (31.74 sol·licituds/visita)	4.48 GB (559.7 KB/visita)
Tràfic no vist *			38352	48396	395.60 MB

El tràfic no vist es tràfic generat per robots, cucs o respostes de codi especial d'estat HTTP.

Aquest tipus de xarxes són el model a seguir per a crear-ne una a Riudaura. D'accés lliure, material de fabricació pròpia i orientat al servei dels propis veïns.

4.3 Iniciatives privades (FON)

A finals del 2005 Martín Varsavsky, un empresari hispanoargentí, va fundar una empresa anomenada FON amb l'objectiu de crear una xarxa WIFI mundial (a part d'enriquir-se ell). Es basa en usuaris que comparteixen les seves connexions a través d'un programari propietari que l'empresa proporciona.

Hi ha tres tipus de clients:

- Clients Linus (de Linux): són aquells que tenen accés a les xarxes dels altres propietaris a canvi de compartir la seva connexió.
- Clients Bills (de Bill Gates): són clients que revenen una part de l'ample de banda de la seva connexió, però que no tenen accés a les xarxes dels altres usuaris.
- Clients Aliens: són clients que paguen per tal d'utilitzar les xarxes dels clients Linus i Bills.

Actualment només hi ha clients Linus, però es preveu aviat la possibilitat de ser Bills i Aliens.

En poc temps, el "moviment" FON ha aconseguit un gran ressò, oferint connexions i altes en col·laboració amb Jazztel (empresa propietat del mateix Varsavsky). A més se l'ha considerat l'intent més seriós de crear una xarxa "lliure" d'abast mundial, guanyant molts seguidors, però també molts detractors quan s'han començat a conèixer les polítiques de l'empresa.

Aquesta iniciativa empresarial es fa anomenar moviment, tot i que hi ha una clara voluntat lucrativa. Un clar exemple és la inversió de 22 milions que han fet en aquesta empresa les companyies Google, eBay i Skype. Queda per veure en quines condicions s'ha fet aquesta inversió.

Un altre exemple de la voluntat mercantilista d'aquest "moviment" és el dels usuaris Angels, una figura que volien crear un grup d'usuaris, sense intenció d'utilitzar un accés a Internet sinó per constituir una xarxa ciutadana de gran abast. Tot i haver tingut una gran acollida entre la comunitat FON, la seva notificació va ser esborrada argumentant "spam".

Criteria ètics a part, també hi ha el problema de la legalitat del sistema. A Espanya, com ja he explicat al capítol 3, cal inscriure's al registre d'operadors de Telecomunicacions de la CMT per tal d'utilitzar una xarxa amb finalitats lucratives. Això voldria dir que cada un dels usuaris Bills, a part de l'empresa FON, hauria d'inscriure's al registre. A més, no queda clar el límit de la legalitat en compartir ample de banda d'una companyia en benefici d'una altra...

De totes maneres cal esperar a veure cap a on evolucionarà aquesta iniciativa, que segurament en poc temps quedarà en mans dels gegants del mercat d'Internet. Aquesta és una opció que apuntava el mateix Varsavsky, en declarar que possiblement deixaria el timó en altres mans quan el projecte funcionés a ple rendiment.



Il·lustració 11 Logotip del "moviment" FON

CAPÍTOL 5. REALITZACIÓ TÈCNICA DE LA XARXA

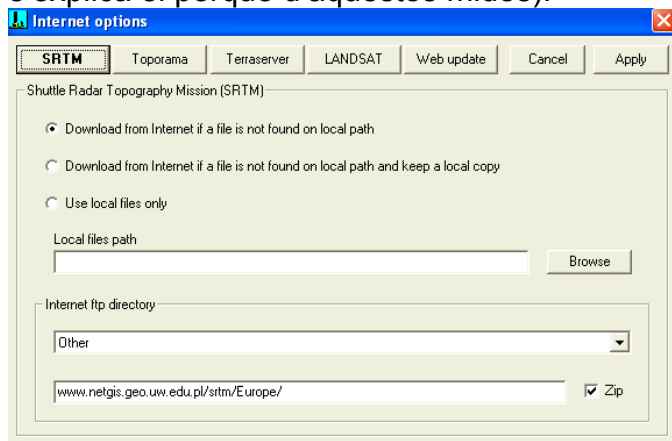
S'ha decidit doncs muntar una xarxa WiFi al poble de Riudaura. Primer caldrà fer un estudi de la geografia per tal de donar servei al màxim nombre d'usuaris amb el desplegament més senzill possible. Per tal de no trobar sorpreses un cop instal·lat el material, cal procedir primer a fer un estudi teòric que ens permeti saber, abans de muntar cap enllaç, si tindrem bona recepció, si la distància serà massa llarga, si hi haurà obstacles que no havíem previst...

Les millors eines ens les dóna la informàtica, amb programes de simulació que calculen totes les variables que poden influir en la qualitat d'un radioenllaç. L'eina utilitzada en aquest projecte és un programa de lliure distribució anomenat Radio Mobile^[7], el qual s'explica en el següent apartat.

5.1 Radio Mobile

Es tracta de la versió 7.1.5 d'aquest programa dissenyat per Roger Coudé^[7]. És un programa de lliure distribució, i no cal pagar llicències per a fer-lo servir, cosa que el fa molt adequat a projectes amb pocs recursos com aquest.

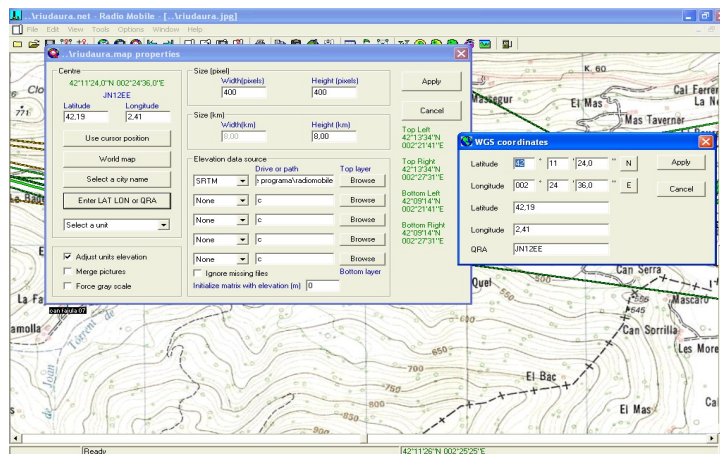
Aquest programa treballa en base a un mapa tridimensional on es poden ubicar tots els punts que volem: transmissors, receptors, AP's, clients, etc. Per tant el primer que cal fer és obtenir el mapa de la zona on volem treballar. Es necessita un mapa amb informació de l'alçada de cada punt, i això ho trobarem en els directoris ftp que el mateix programa ens proporciona. Hi ha diferents bases de dades de diferents agències cartogràfiques internacionals, en aquest cas s'ha fet servir els mapes de la NASA, els SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). El mateix programa ens demana les coordenades dels extrems (o la central i la distància als extrems) per tal d'adquirir el mapa a la mida desitjada. El mapa de Riudaura està centrat a les coordenades 42° 11' 17"N i 2° 25' 03"E, i agafa una superfície de 5,93 per 3,98 km (més tard s'explica el perquè d'aquestes mides).



Il·lustració 12 descarregant el mapa de relleu

En aquest punt tan sols tindríem un mapa de relleu, sense cap punt de referència a partir del qual dissenyar la xarxa. El que s'ha fet és escanejar un mapa cartogràfic, en aquest cas el mapa de Riudaura 256-IV de la col·lecció de l'Institut Geogràfic Nacional espanyol. Es tracta d'un mapa a escala 1:25.000, una de les escales més grans que es pot trobar a nivell comercial. El nivell de detall és bo, excepte uns pocs errors en els noms de les cases.

S'ha agafat aquest mapa amb el programa Radio Mobile i, amb l'opció *Merge Pictures*, add s'ajunta amb el mapa en relleu que havíem baixat d'Internet. Un cop fet això tindrem la imatge del mapa topogràfic amb informació de l'alçada en cada punt. Cal però marcar les coordenades per tal de centrar els dos mapes; això és senzill ja que en el topogràfic se'ns indica les coordenades cartesianes i el programa ens deixa definir el mapa per les coordenades dels extrems. Les coordenades que esmentàvem abans són les corresponents als tros de mapa topogràfic escanejat.



Il·lustració 13 Introduint les coordenades

Un cop es té el mapa ajustat es pot definir la xarxa. Es defineixen el nom de la xarxa, el marge de freqüències de treball, la refractivitat i permetivitat del terra, la polarització, el mode de variabilitat, les pèrdues addicionals (en % i segons ciutat o bosc) i el clima. Podem definir la topologia segons l'ús que es vulgui fer (xarxa de veu, topologia en estrella, etc.). Tot seguit es defineixen els membres que formaran part de la xarxa, opció que es deixa per més endavant, quan s'hagin situat sobre el mapa. En l'apartat *Systems*, se selecciona la potència de transmissió, el llindar de recepció, les pèrdues de la línia (cables, connectors), el guany de l'antena, l'alçada de l'antena i les pèrdues addicionals per cablejat. Es poden definir tants sistemes com unitats tinguem a la xarxa. Finalment podem triar com es representaran els radioenllaços (en vermell, verd o groc i escollint a quants dB canvia el color).

Per a aquesta xarxa definirem els següents paràmetres:

Sistema	Client WIFI	Punts d'accés
Potència de transmissió	3,2mW (5,1dBm)	70mW (18,5dBm)
Llindar de recepció	12,59µV (-85dBm)	12,59µV (-85dBm)
Pèrdues de línia	0,5dB	1,5dB
Guany de l'antena	15dBi	15dBi
Alçada de l'antena	6m	6m

Polarització: vertical

Pèrdues addicionals: 2% (bosc)

Freqüència mínima: 2400 MHz

Freqüència màxima: 2483,5 MHz

Refractivitat de la superfície: 301N

Conductivitat del terra: 0,005S/m

Permitivitat relativa del terra: 15

Les últimes tres dades corresponent a un clima continental temperat i a una terra argilosa, com és el cas de la vall de Riudaura.

Les línies seran verdes si la recepció és de més de 3dB i grogues si és més de -3dB. Menys potència de recepció no dibuixarem línia per simplificar el disseny.

Ja es té la xarxa definida, ara només falta assignar sobre el mapa els punts (nodes i terminals) que la formaran, però primer cal decidir la millor topologia.

5.2 Plantejament de la xarxa

Un cop se sap quins seran els usuaris de la xarxa i es tenen les eines per dissenyar-la cal definir quina topologia s'utilitzarà.

En un primer moment semblava que una xarxa ad-hoc, on tots els ordinadors estan tots connectats entre si, era una bona idea per una xarxa petita com la de Riudaura. De seguida però es troben els inconvenients d'aquesta topologia: el problema del node ocult, la poca eficiència i el fet que molts portàtils intel Centrino no suporten aquest tipus de xarxes. Això últim ens resulta un problema d'exclusió de possibles usuaris ja que molts dels veïns tenen aquests equips com a únic accés a una xarxa Wifi.

L'altra opció sembla, doncs, una xarxa en mode infraestructura. Aquest tipus de xarxes, però, presenten el problema de què no és possible la comunicació entre dos punts d'accés, i menys la comunicació entre dos clients de diferents AP's. Es pot salvar aquest buit fent servir dos interfícies ràdio en cada punt d'accés, una per a donar accés als clients i l'altra per a enllaçar amb el següent punt d'accés. Això, però, no representa cap solució degut als pocs mitjans de que es disposa per a muntar aquesta infraestructura.

Hi ha un altre sistema per aconseguir que un punt d'accés treballi alhora com a *bridge* cap a altres punts d'accés. Per aconseguir això farem servir una xarxa de tipus WDS (Wireless Distribution System), que ens permet tenir els punts d'accés en mode mestre distribuint el senyal a varis clients i a la vegada comunicar-se entre ells a un altre nivell. És un sistema que perd eficiència, ja que el router, que treballa de *bridge*, ha de treballar alhora com a punt d'accés i com a client amb una sola interfície ràdio, però que resol d'una manera molt senzilla i econòmica el desplegament d'una xarxa (veure annex 1).

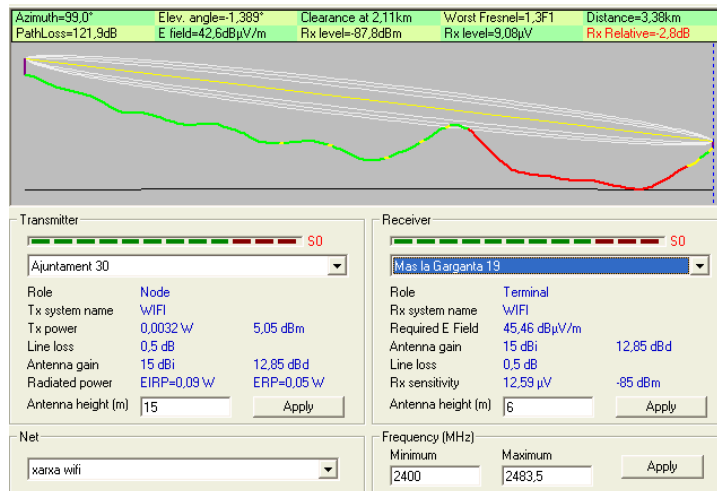
Això ho podem fer utilitzant com a punts d'accés els aparells de Linksys WRT54GL, que permeten ser programats amb un firmware que els dona una gran versatilitat. Això es deu a que el seu firmware està llicenciat sota la llicència pública general GNU o altres llicències de software de codi obert, que ha permès a molts programadors desenvolupar productes que van molt més enllà del que podríem imaginar per a un simple router d'ús domèstic.

5.2.1 Estudi del terreny

Estudiant el terreny sobre el qual haurem d'implementar la xarxa, veurem que la vall de Riudaura té una forma allargada i oberta, sense obstacles naturals importants excepte per a unes poques cases aïllades, que veurem després.

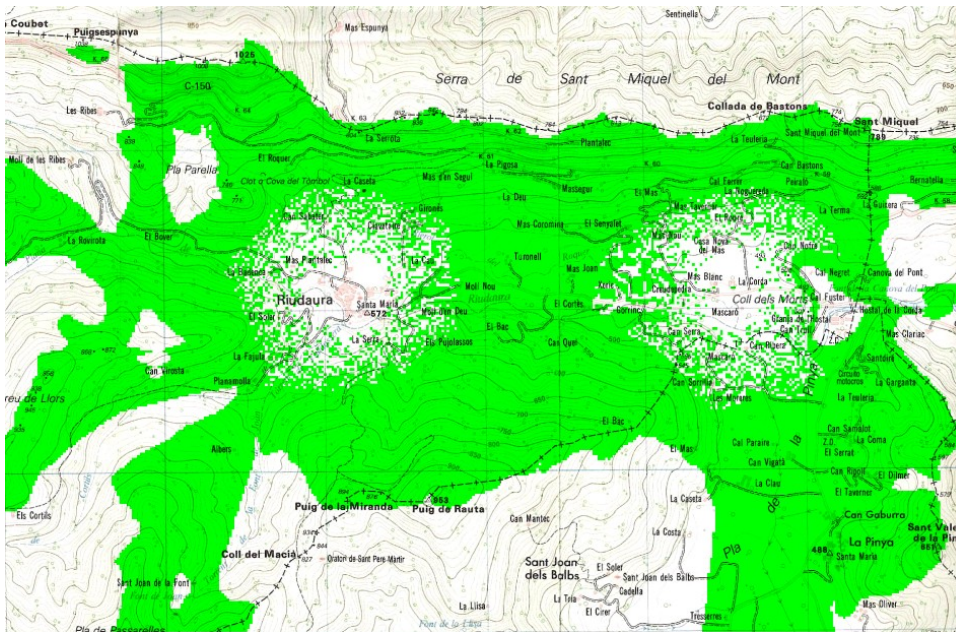
El primer pas és col·locar tots els clients al mapa de Riudaura del Radio Mobile. Definim un client estàndard que utilitza una potència de transmissió en el seu equip de 100mW PIRE (complint amb les reglamentacions europees) i assignem una alçada mitjana de l'antena de 6 metres (suposant el pis de dalt d'una casa).

Utilitzant el Radio Link, eina que mostra el radioenllaç entre dos punts, mirem entre diversos clients per tenir una idea de com arriben els senyals. El primer problema és la distància dels radioenllaços: de l'ajuntament de Riudaura al mas Garganta (situats cada un a un extrem de la vall) hi ha 3,38 Km. Això presenta problemes d'abast degut a les limitacions de potència dels equips WiFi, que són de 20 dBm (100 mW) de PIRE. Utilitzant una antena direccional de 15 dB de guany tenim que la recepció té un nivell de 9'08 μ V, una senyal molt dèbil tot i utilitzar, també en la recepció, antenes directives de 15 dB de guany.



Il·lustració 14 Radioenllaç entre l'ajuntament i Mas la Garganta, a l'altre extrem de la vall

Aquesta limitació a la potència ens empeny a utilitzar més d'un punt d'accés per tal de cobrir amb garanties tota la vall. Posant un punt d'accés a l'ajuntament (part superior de la vall) i al mas la Corda (part inferior de la vall) donem cobertura a gairebé totes les cases, tal com es veu en el mapa de cobertura següent:

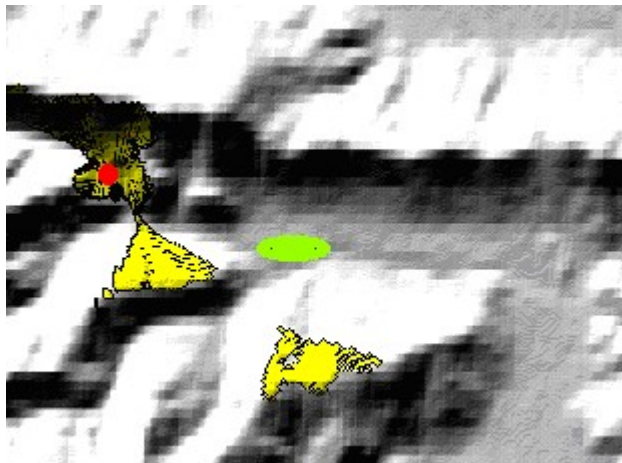


Il·lustració 15 Cobertura conjunta dels nodes a l'Ajuntament i al mas la Corda

La xarxa seria molt senzilla d'aquesta manera, però se'ns plantegen encara un parell de problemes.

Primer, hi ha moltes cases del poble que degut als desnivells entre carrers i els obstacles no reben bé el senyal provenint de l'ajuntament. A més, les antenes instal·lades per Flash10 als particulars són directives i apunten al mas la Sarrota.

Segon, hi ha una casa que no rep senyal d'enlloc, ja que esta enclotada en un lloc de difícil accés. Es tracta d'una persona que realment té interès en que li arribi la xarxa, per tant val la pena trobar una solució. Es tracta de les Esposes (tot i que en el mapa apareix com a Molí de les Ribes). Es pot veure el seu horitzó visual en el següent gràfic:

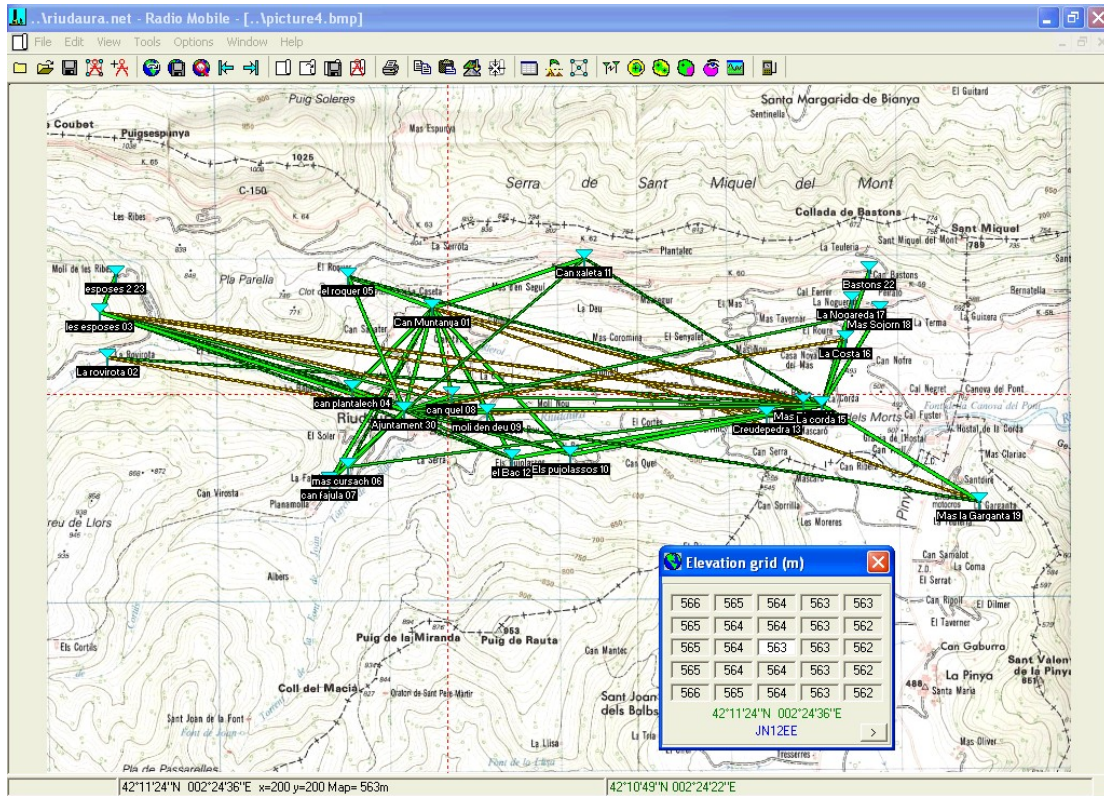


Il·lustració 16 Horitzó visual des de les Esposes: el punt vermell és la masia, el groc és el seu horitzó visual, el verd el poble de Riudaura (aprox).

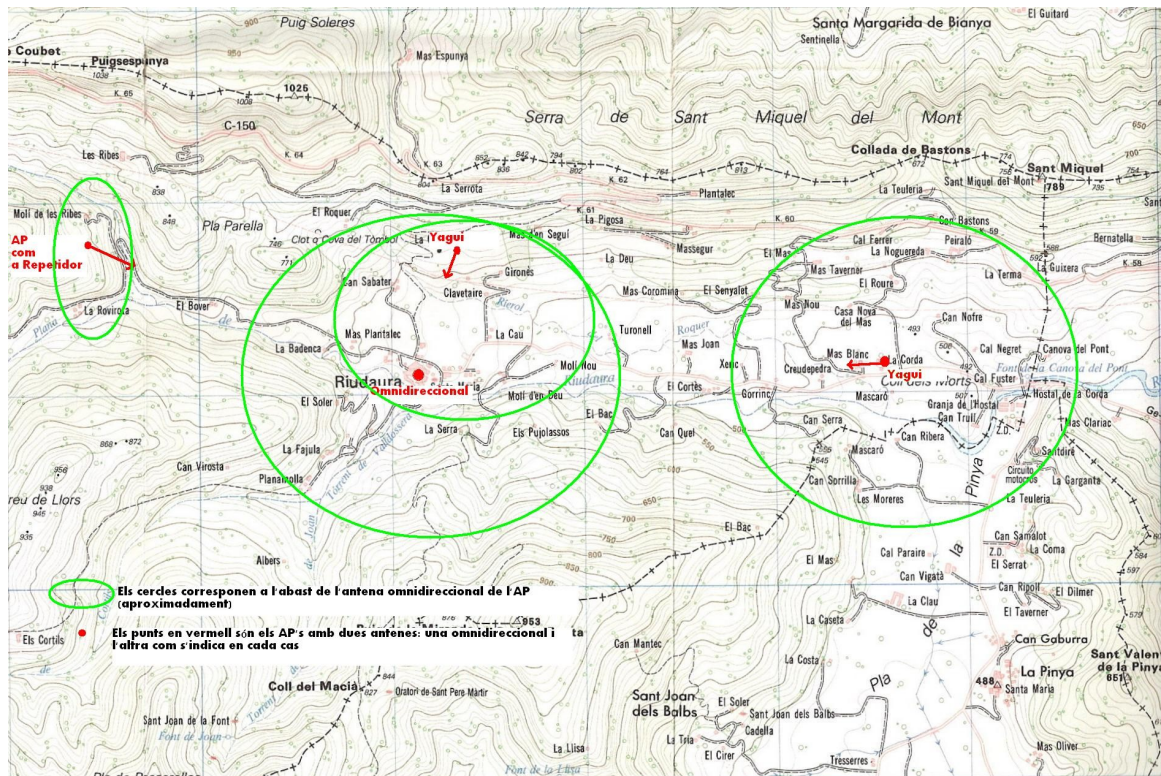
La solució al primer problema és senzilla: muntar un altre AP a can Muntanya, que queda just sota la Sarrota. Si no hi ha prou pressupost també es pot directament substituir pel punt d'accés de l'ajuntament. Donaria molt bona cobertura al poble i a les cases de la vessant nord, però altres cases aïllades quedarien sense cobertura en cas de suprimir el punt de l'ajuntament. A més, per a la solució del segon problema necessitem un AP al poble.

La solució al segon problema seria muntar un *bridge* a mig camí entre l'ajuntament i la casa de les Esposes, de manera que funcionés com a repetidor. Cal veure primer si el senyal arriba en condicions acceptables tot i no haver-hi línia de visió.

Així doncs, donem per definitiu aquest esquema de xarxa:



Il·lustració 17 Xarxa dissenyada amb Radio Mobile



Il·lustració 18 esquema de la xarxa amb els AP's i les seves antenes

Tenim, doncs, una xarxa bastant senzilla basada en un punt central, l'ajuntament, equipat amb una antena omnidireccional de 15 dBi de guany. Els altres punts d'accés es comuniquen amb aquest apuntant amb antenes yagui de 14dBi, creant un "backbone" o xarxa primària. Aquests punts d'accés estan en mode mestre, i es poden comunicar entre ells fent servir el sistema WDS, que s'explica a l'annex corresponent. Cada un d'ells té, a més de l'antena per connectar-se al backbone, una antena omnidireccional amb la qual dona connexió als clients de la xarxa. Així doncs, gràcies al WDS, dos clients que estiguin connectats a dos punts d'accés diferents es poden comunicar entre ells com si fossin part de la mateixa xarxa.

El fet d'utilitzar les dues antenes per a diferents usos ens fa perdre eficiència, ja que en principi el router selecciona el senyal que arriba millor entre les dues, i si només en tenim una de omnidireccional ens haurem de conformar amb la senyal (bona o dolenta) que rebem aquesta. De totes maneres, com que sempre les escolta totes dues, en tenir (per exemple) una antena molt directiva orientada a un punt A i l'altra omnidireccional, podrem rebre les senyals del punt A clarament gràcies al guany de l'antena, encara que la omnidireccional perdi eficiència. Igualment en emetre per totes dues, independentment de a on volem enviar la senyal, no suposa cap inconvenient ni pèrdua d'eficiència ja que només hi ha una interfície ràdio.

El problema de node ocult que ens trobem en connexions d'aquest tipus queda solucionat pel procediment RTS/CTS que ja porta el firmware de DD-WRT. Es tracta d'una modificació del mecanisme d'accés que permet a un node comunicar a altres nodes que esta rebent una transmissió, evitant possibles col·lisions entre aquests altres nodes que possiblement no es veuen entre ells.

Passem a veure ara què ens fa falta per muntar això.

5.1.3 Material a utilitzar

Per a l'estructura bàsica de la xarxa utilitzarem, doncs, tres punts d'accés. Farem servir el WRT54GL de Linksys, un router que ens permet una gran versatilitat en el seu ús. Amb un simple firmware que ens descarreguem d'Internet^[6] el podem configurar com a punt d'accés, com a *bridge* o com a router. Cal descarregar-se aquest firmware més potent ja que el que porta de fàbrica el router no ens permet gaires opcions, i no suporta treballar en WDS.

A part, potser necessitarem un altre WRT54GL per a fer de repetidor entre l'ajuntament i la casa de les Esposes.

Aquests equips porten incorporats dues antenes omnidireccionals de poc guany, ja que estan pensades per al seu ús en interiors. per a fer-les servir en enllaços a grans distàncies, com és el nostre cas, cal posar-hi les antenes adequades. Aquestes en principi seran:

- antenes direccionals per a enllaços llunyans punt a punt, amb el màxim guany possible. Una bona opció son les antenes yagui, de baix cost i molt directives.
- antenes sectorials o omnidireccionals per a cobrir zones amplies, també amb un bon guany ja que la directivitat en principi hauria de seguir el pla horitzontal, no ens cal rebre senyal a partir d'uns pocs graus d'azimut ($\pm 20^\circ$).



Il·lustració 19 Antenes yagui i omnidireccional



Il·lustració 20
Caixa estanca i
press stops

Com que els punts d'accés han d'anar instal·lats a l'exterior, també calen caixes estanques i el material per fer estanc els forats de les antenes, alimentació etc. (presstops, femelles...)

5.1.4 Pressupost

Article	Unitats	Preu unitat	Total
Router Linksys WRT54GL	4	87,70 €	350,80 €
Antena WIFI 14dBi omnidireccional exterior	1	61,72 €	61,72 €
Antena yagui 14dBi Interline Babuyaga	3	29,44 €	88,22 €
Cable 1m R a RP-TNC	4	8,96 €	35,84 €
Press stops M25	5	0,548 €	2,74 €
Femelles M25	5	0,112 €	0,56 €
Caixa Plexo 220x170x92	2	4,655 €	9,31 €
Total			549,19 €

En el pressupost no s'inclou material del que ja disposem com ara ordinadors portàtils per a fer els estudis de cobertura, un PC amb Linux a l'ajuntament per a gestionar i donar serveis a la xarxa, etc.

5.3 Muntatge de la xarxa

Tenim, doncs, el material necessari per a muntar la xarxa. El primer que caldrà serà configurar els routers per a treballar en WDS. Concretament farem servir el firmware modificat de DD-WRT^[6]. a l'annex corresponent s'explica amb detall el procés que cal seguir per a configurar aquests routers en WDS.

Un cop tenim els routers configurats cal fer un assaig a petita escala abans de muntar tot el sistema, ja que és més senzill canviar alguna cosa si tot és a la mateixa habitació que si cada punt d'accés està en un màstil de 10 metres.

Així doncs, fem una prova amb tots els routers configurats i funcionant ja com a una sola xarxa en mode WDS. Utilitzem també dos ordinadors portàtils, un funcionant amb 802.11b (degut a la seva antiguitat) i l'altre amb 802.11g. la prova més senzilla, fer un ping als altres equips, demostra que la xarxa funciona perfectament i cap temps de retard és superior a 2 ms. És clar que són situacions ideals, però tenim comunicació entre tots els equips, fins i tot fent servir protocols diferents.



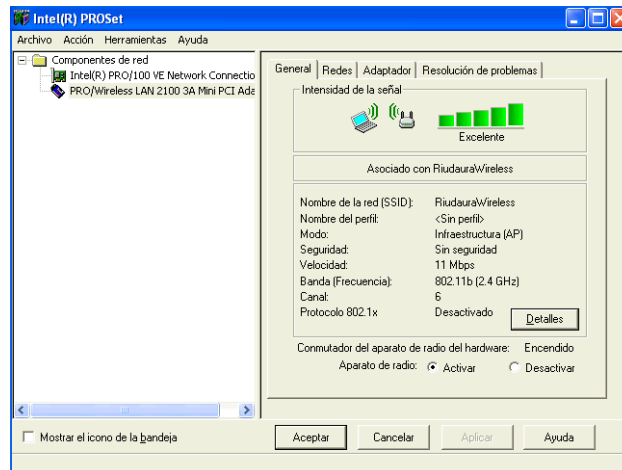
Il·lustració 21 Proves de la xarxa a petita escala

El pas següent és ja muntar la infraestructura definitiva. Primer cal preparar els routers que van a l'exterior, col·locant-los dins de les caixes estanques. Com que ja estan programats no cal donar una sortida pel cable RJ-45, només alimentació i les dues antenes.

Un cop tenim les caixes fetes es passa a instal·lar-les al millor lloc possible. A l'ajuntament, es posa a la teulada, on ja hi ha un màstil on podem fixar l'antena omnidireccional. A les esposes, fixem el punt d'accés i l'antena en un arbre proper a la casa, orientada a l'antena omnidireccional de l'ajuntament, fent servir un allargador per al cable d'alimentació. A Can Muntanya, deixem el router a l'interior i fixem l'antena a la façana sud, també orientada cap a l'antena omnidireccional del poble. Finalment al mas la Corda, fixem el punt d'accés i l'antena a la teulada, també apuntant a l'ajuntament.

5.4 Estudi de la cobertura

Per estudiar la cobertura es fa servir senzillament un portàtil Intel amb un equip WIFI 802.11g. El mateix portàtil ja porta de fàbrica un software útil per analitzar xarxes, on podem saber la potència del senyal, qualitat, canal utilitzat, seguretat utilitzada, mode de treball (infraestructura, ad-hoc...) de totes les xarxes disponibles.

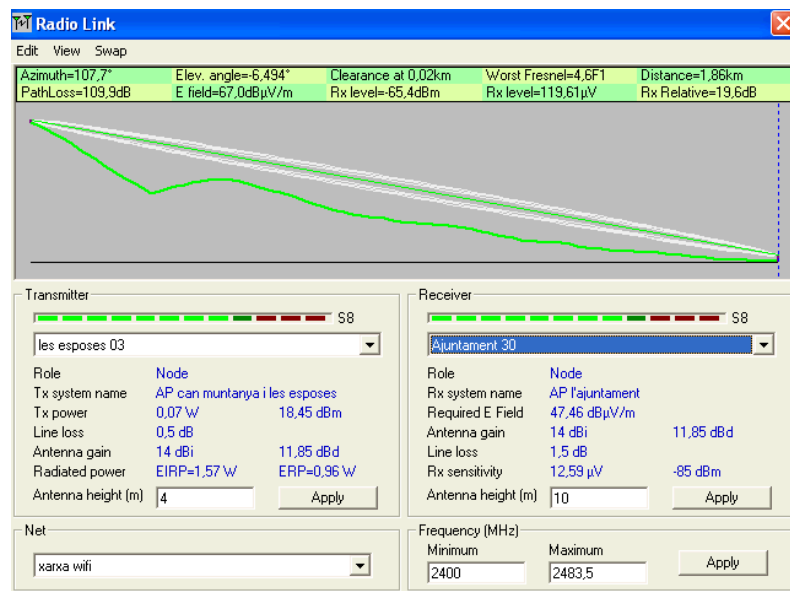


Il·lustració 22 Intel PROSet per estudiar la cobertura

Aquest software no ens diu amb exactitud quina és la potència del senyal rebut, per tant no podem comparar amb els resultats teòrics que ens donava el Radio Mobile. El que si podem comparar és relativament la qualitat del senyal.

Tenim coincidència amb la teoria excepte alguns casos:

- Enllaç les Esposes a l'Ajuntament, la qualitat de la senyal és baixa mentre que a l'estudi teòric garantia una bona recepció. Això segurament es deu a l'influència dels arbres en la zona de Fresnel, ja que el Radio Mobile es basa en altures de terra i la massa boscosa en aquesta zona és molt important.



Il·lustració 23 enllaç les Esposes - Ajuntament

- Enllaç can Muntanya – la Rovirota: en teoria no hi ha d'haver enllaç, però degut a rebots es rep una senyal dèbil.

- Enllaç la Corda – Ajuntament: la senyal no és tan bona com s'esperava, pot ser degut a la refracció del terra, en estar els dos nodes a molta distància però a prop del terra.

Una altra bona manera de conèixer la qualitat dels enllaços és fer *pings* cap als diferents equips i nodes. Alguns exemples:

De can Muntanya a 192.168.1.30 (les Esposes) mitja 110ms.

De can Muntanya a 192.168.1.10 (l'ajuntament) mitja 74ms.

De 192.168.1.70 (client lligat a l'AP la Corda) a 192.168.1.90 (client lligat a l'AP les Esposes) mitja 247ms.

Donant una volta per la vall de Riudaura es comprova que hi ha cobertura en totes les cases visitades, i que fins i tot es pot accedir a la xarxa des de la zona de les gorgues, situada riu amunt. Si algun dia s'aconsegueix donar accés a Internet a través d'aquesta xarxa, es podrà passar el dia al riu amb cobertura per poder navegar per Internet. Tot un luxe!!

CONCLUSIONS

Aquest treball ha permès el què moltes vegades no és una realitat en petits municipis: disposar d'una xarxa informàtica de lliure accés per als veïns. Es tractava d'un tema totalment desconegut per mi, per la qual cosa he hagut d'utilitzar tots els meus recursos com a enginyer, partint d'una base teòrica molt general per incidir en un tema molt concret, però que toca molts camps (legal, tècnic i social). Fer aquest treball m'ha obert els ulls a moltes tecnologies que desconeixia, així com m'ha fet utilitzar molta cosa apresada a la universitat.

L'objectiu primer era construir la xarxa i que funcionés correctament, amb una bona cobertura tant al nucli com a les cases disseminades. Aquest objectiu s'ha complert, tot i les dificultats que ha implicat arribar a tot arreu. El sistema utilitzat (nodes connectats en WDS) ha simplificat molt el muntatge, tot i que s'ha perdut eficiència.

L'altre objectiu era donar accés a Internet de qualitat i lliurement. No s'ha pogut aconseguir, degut als problemes legals i tècnics que existeixen en aquest camp, ni tan sols amb l'ajuda de l'ajuntament de Riudaura. Sembla que la Generalitat de Catalunya ha posat en marxa un projecte per tal de solucionar aquest dèficit. En el cas que aquesta iniciativa pública tingui èxit, la xarxa ja desplegada per aquest projecte podria servir per fer arribar aquest servei a tot el municipi encara que la cobertura original de la Generalitat només sigui del nucli (escenari molt possible). En tot cas el què ha mancat per tal d'assolir aquest objectiu ha estat sobretot poder trobar un accés a Internet que no requereixi una inversió molt costosa.

S'han quedat coses sobre el paper, com ara oferir serveis com veu sobre IP o un servidor de correu. Són opcions interessants i que poden fer molt més útil aquesta infraestructura, per tant són prioritats a implementar en un futur pròxim.

El que també cal deixar per un futur és fer mesures exhaustives sobre velocitat, retard etc. en tota la xarxa, per tal de trobar els nodes més problemàtics i si cal variar l'estructura per tal que funcioni amb més eficiència. Per a això cal deixar un temps d'assentament de la xarxa, que els usuaris s'acostumin a utilitzar-la i es pugui estudiar la càrrega de treball de la manera més realista.

Un apartat a part mereixeria la política de seguretat de la xarxa. En aquest cas els usuaris estan comptats (en ser un poble petit), a diferència d'una ciutat gran on milers de persones es podrien connectar a la nostra xarxa en cas de ser lliure. Per això no hi ha gaires motius per restringir l'accés a la xarxa, tot i que el firmware dd-wrt ens permet opcions molt interessants, des d'autenticació per contrasenya o per llistat d'adreces mac, fins a la limitació de l'ample de banda per a cada usuari, o restricció de ports usats per programes P2P. En tot cas són mesures que es poden prendre en qualsevol moment, si es troben problemes amb els usuaris de la xarxa. De moment, però no es farà servir cap sistema de seguretat ni de restricció d'accés.

Possibles millores de la xarxa serien implementar sistemes de seguretat com s'ha comentat, instal·lar un altre node al peu de la vall (prop d'Olot) per millorar la cobertura als veïnats més allunyats i ajuntar la xarxa de Riudaura amb la xarxa olotina OlotWireless. Això seria interessant de manera que es pogués crear una xarxa a nivell comarcal. De totes maneres falta el suport de les institucions, ja que a Olot l'ajuntament ha fet cas omís als suggeriments i demandes d'OlotWireless.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Gast, M., *802.11 Wireless Networks: the definitive guide*, O'Reilly, abril 2002.
- [2] Velazquez Vioque, J., RESOLUCIÓN POR LA QUE SE DA CONTESTACIÓN A LA CONSULTA FORMULADA POR EL CONSORCIO LOCAL "LOCALRET" (LOCALRET) SOBRE EL TÍTULO NECESARIO PARA EL ESTABLECIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES INALÁMBRICA BASADAS EN EL ESTÁNDAR 802.11B DEL IEEE PARA POSIBILITAR LA COBERTURA DE ACCESO A INTERNET DE ALTA VELOCIDAD, BOE 5 de juny de 2003.
- [3] Ohrtman, F. i Roeder, K., *WiFi Handbook: Building 802.11b Wireless Networks*, McGraw-Hill, 2003.
- [4] Institut Cartogràfic de Catalunya, Mapa comarcal de Catalunya nº31 Ripollès, desembre 2003.
- [5] Centre de Telecomunicacions i Tecnologies de la Informació, PREGUNTES PARLAMENTÀRIES 13478/13479/13480/13481/13482/13483, març 2006.
- [6] www.dd-wrt.com *firmwares per a routers desenvolupats per Brainslayer*.
- [7] <http://www.cplus.org/rmw/> *Pàgina oficial del software Radio Mobile*.
- [8] "Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)" [En línia]. Disponible a <<http://www.setsi.mcyt.es/espectro/cnaf.htm>>.
- [9] "Ordre de 9 de març de 2000 que aprova el reglament de desenvolupament de la Llei general de telecomunicacions pel que fa a l'ús del domini públic radioelèctric". [En línia]. Disponible a <<http://www.setsi.mcyt.es/legisla/teleco/o090300/sumario.htm>>
- [10] G. Plitsis, "Coverage Prediction of New Elements of Systems Beyond 3G: The IEEE 802.16 System as a Case Study".
- [11] The Wimax Forum. <http://www.wimaxforum.org>
- [12] The IEEE 802.16 Working Group (WirelessMAN). <http://wirelessman.org>
- [13] Wi-Fi Alliance. <http://www.wi-fi.org>
- [14] Institute of Electronic and Electrical Engineers IEEE. <http://www.ieee.org>
- [15] IEEE 802.11 Working Group. <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>
- [16] European Telecommunications Standards Institute (ETSI). <http://www.etsi.org>
- [17] ETSI HiperLAN Standard <http://portal.etsi.org/bran/cta/Hiperlan/hiperlan1.asp>
- [18] IEEE Working group 802. <http://www.ieee802.org>
- [19] IEEE 802.11a-1999 (8802-11:1999/Amd 1:2000(E)), IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements—Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications—Amendment 1: High-speed Physical Layer in the 5 GHz band.
- [20] IEEE 802.11b-1999 Supplement to 802.11-1999, Wireless LAN MAC and PHY specifications: Higher speed Physical Layer (PHY) extension in the 2.4 GHz band

- [21] IEEE 802.11g-2003 IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements—Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications—Amendment 4: Further Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band
- [22] Lime House Book Sprint, *Redes inalámbricas en los países en desarrollo*, 2006.
- [23] www.olotwireless.net xarxa wifi de la garrotxa.
- [24] www.guifi.net comunitat wifi a catalunya.
- [25] www.badalonawireless.net xarxa wifi de Badalona.
- [26] www.laflecha.net diari on-line de ciència i tecnologia.

ANNEX 1 – PROJECTE DE FLASH10 A RIUDAURA

Nodus Barberà, c/Mogoda, 1-5
08210 - Barberà del Vallès
Barcelona

Tel: 902 202 610

Fax: 932986607

e-mail: utebac@flash10.net

NIF: G-63351779

El present Certificat de Conformitat es fa d'acord amb allò previst a la clàusula 3, punts 1, 3 i 4 del CONTRACTE ADMINISTRATIU ESPECIAL PER AL SUBMINISTRAMENT D'UNA XARXA DE TELECOMUNICACIONS PER A OFERIR SERVEIS D'ACCÉS RÀPID A INTERNET EN POBLACIONS DE CATALUNYA SENSE COBERTURA ADSL (LOT NÚM. 2) i reflexa la obtenció de preinscripcions de clients a la població de

Nucli de població	Habitants	Municipi	Comarca	Província
Riudaura	420	Riudaura	Garrotxa	Girona

, així com els resultats del replanteig realitzat en data 12/06/04 detallats en informe adjunt.

Documentació adjuntada:

- Full preinscripció família serveis flashcat
- Gràfics de servei
- Localització d'equips i pressupost
- Adequació de la instal·lació
- Actuacions realitzades

EI CENTRE DE TELECOMUNICACIONS I TECNOLOGIES DE LA INFORMACIÓ DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA, després de revisar la documentació adjuntada decideix:

Concedir l'aprovació en data _____

No concedir l'aprovació en data _____

per la realització de la instal·lació i posta en marxa de la xarxa a la població esmentada segons indica el replanteig adjuntat.

En cas de no concedir l'aprovació s'indiquen a continuació els motius de rebuig, així com les mesures a prendre per la seva aprovació.

Motius de rebuig

Mesures a prendre.

Signa per FLASH10, S.A.U. e ISOLUX WAT, S.A. UNION TEMPORAL DE EMPRESAS, LEY 18/1982

Signa per Centre de Telecomunicacions i Tecnologies de la Informació de la Generalitat de Catalunya

Nom: Jordi Compte
Càrrec : Gerent UTE BAC

Nom: Jaume Clavera
Càrrec : Director d'Infraestructures

FULL PREINSCRIPCIÓ FAMILIA SERVEIS FLASHCAT.

CLIENTS DEL NUCLI:

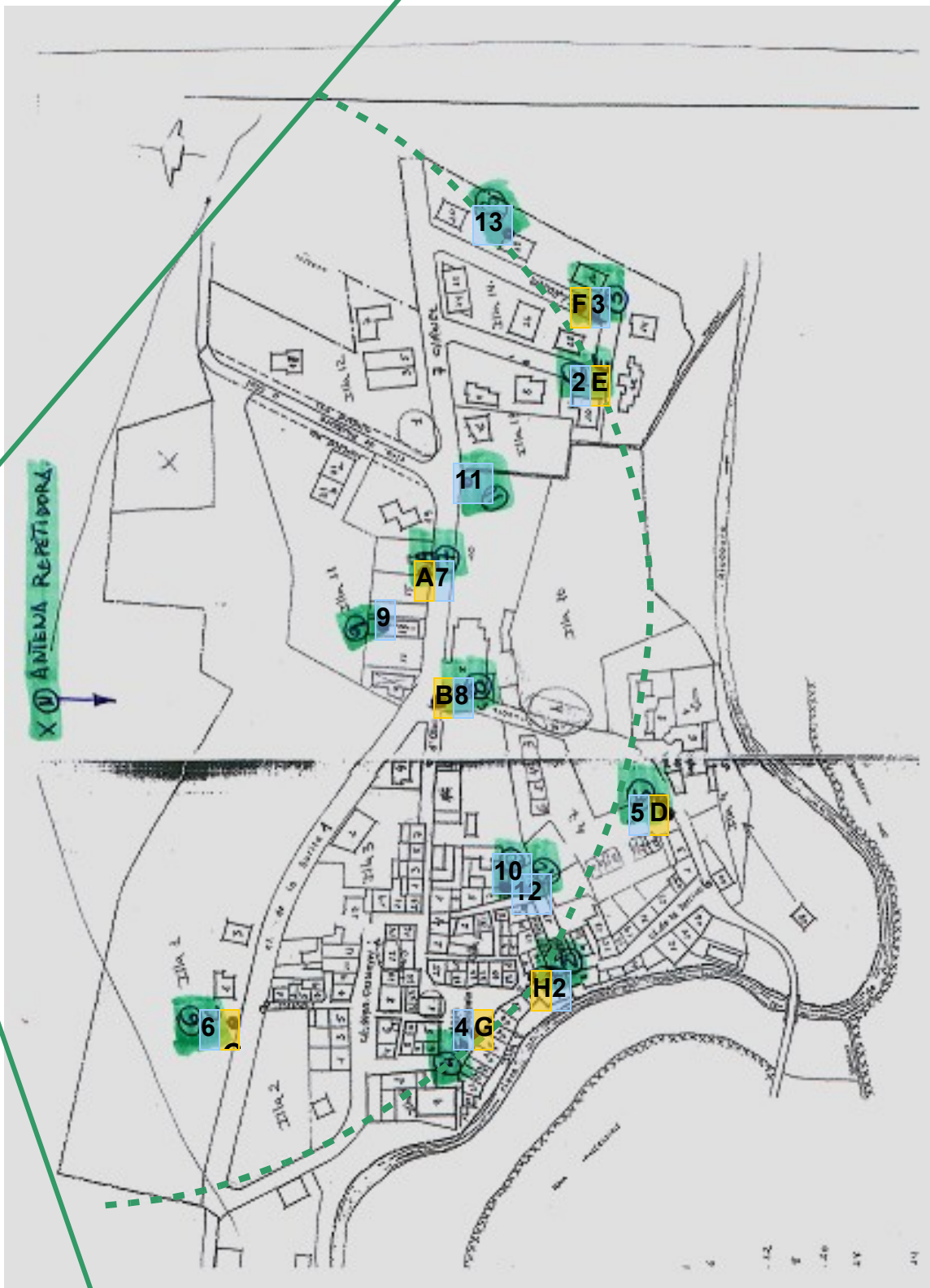
Imma Muñoz	C/ Terrica, 2	972262925	1 (H)
Silvia Dorca	C/ Roser, 12	972269649	2 (E)
Vicsports	C/ Olot, 9	972268299	8 (B)
Esteve Busquets	C/ Olot, 19	972264647	7 (A)
Joan Folch Restany	Plaça Tirarears		5 (D)
Josep Maria casal	C/ Roser, 28	972267969	3 (F)
Riudaura de	C/ Olot, 13	972271063	9
Josep Casalprim	C/ Sorita	972267670	6 (C)
Albert Carrillo	Plaça Gambeto, 5	972260254	4 (G)
Teresa Carmelo	C/ Nou, 9	636689788	10
Ester Estevan	C/ Olot, 20	972267168	11
Yordi Coma	C/ Nou, 9	689884420	12
Vicenç Espucia	C/ Roser, 18	972269460	13

CLIENTS DISSEMINATS:

Pere Costa	Mas Canova d'en deu	972267231	14
Eulalia Masana	Mas Muntanya	972270037	15
Rosa Codina	Mas Fajula	972263372	16
Sergimon Gallifra	Can Quel	686997615	17 (J)
Manel Canal	Mas Creu de Pedra	972268598	18
Josep Maria Bruner	Mas Nogereda	972269844	19
Enric Rodriguez	Can Xaleta	972271739	20
Esteve Espunya	Mas Moli d'en deu	972265876	21
Josep Pere Martinez	Can Bac	972266435	22 (I)
Josep Olives	Mas Sojorn	972268034	23
El Moli de la plana	El moli de la plana	972269746	24
Alba Coromina	La corda		25
Sergi Areto	Ca la Pastora		26
Manel Martinez	Mas Pujolassos	615095964	27

Aquest es un nucli de població de més de 100 habitants i els dos [o més] usuaris pre-inscrits que es troben sota la cobertura radio i que justifiquen aquest projecte es ressalten en negreta.

GRÀFICS DE SERVEI.





Localització cel·la:

Tipus	Ref.	Localització	Tipus	Domicili	GPS	Altitud
-------	------	--------------	-------	----------	-----	---------

	Plànol		d'antena			
Central	N	Repetidor Municipal TV	Sectorial 16 dBi	Casa Serrota	N42°11'51.7" E02°24'31.2"	804 mts

MESURES DE L'ESTUDI DE COBERTURA

Nº	Ubicació al planell	GPS	Adreça	Distància	SNR	Potència Senyal
1	A 7	N42°11'20.2"E02°24'34.1"	Carrer de Sorita	977 m	18 dBi	-74 dBi
2	B 8	N42°11'20.1"E02°24'34.0"	Carrer de Sorita	978 m	18 dBi	-73 dBi
3	C 6	N42°11'21.9"E02°24'36.0"	Carrer de Sorita	928 m	19 dBi	-73 dBi
4	D 5	N42°11'16.2"E02°24'29.7"	Plaza Tirarears	1100 m	16 dBi	-75 dBi
5	E 2	N42°11'17.6"E02°24'37.6"	Carrer Roser	1070 m	19 dBi	-74 dBi
6	F 3	N42°11'18.1"E02°24'39.6"	Carrer Roser	1060 m	17 dBi	-75 dBi
7	G 4	N42°11'18.5"E02°24'24.6"	Plaza Gambeto	1040 m	19 dBi	-74 dBi
8	H 1	N42°11'17.7"E02°24'24.9"	Carrer de la Terrica	1050 m	15 dBi	-80 dBi
9	I 22	N42°11'11.3"E02°24'51.9"	Casa el Bas	1330 m	12 dBi	-80 dBi
10	J 17	N42°11'12.4"E02°24'05.6"	Casa Can Quel	1450 m	4 dBi	-87 dBi

LOCALITZACIÓ D'EQUIPS I PRESSUPOST.

Material	Nº Sèrie	Ubicació/ Ref. Plànol	Quant.	Preu Unitari	Preu Total
Equipament Satèl·lit Bidireccional, inclou:		Repetidor Municipal TV / X	1	2.741 €	2.741 €
Antena + Equips transmissors (Amplificador 2W / Amplificador SPV-1SM)	2040429TD0000321/2030416AA00002608		1		
Equip Transmissor Receptor NERA	0060C02FA5E5		1		
Màstil en forma de L per subjecció en paret			1		
Cable (15 metres)			1		
Material d'instal·lació			1		
Instal·lació Satèl·lit Bidireccional		Repetidor Municipal TV / X	1	588 €	588 €
Equip WIFI municipi, inclou:		Repetidor Municipal TV / X	1	3.685 €	3.685 €
Antena Sectorial			1		
Gateway QoS	MS6243VA45S08322		1		
Access Point	A41T09600602		1		
Màstil d'1,5 mts			2		
Cable (15 metres)			1		
Derivador			1		
Pigtail			1		
Armari			1		
Presa elèctrica			1		
Material d'instal·lació			1		
Instal·lació i posta en servei Equip WIFI		Repetidor Municipal TV / X	1	471 €	471 €
Mesures i Proves			1	550 €	550 €
TOTAL PROJECTE					8.035 €

Preus complementaris

Material	Nº Sèrie	Ubicació/ Ref. Plànol	Quant.	Preu Unitari	Preu Total
Actualització AP del b al b/g		Repetidor Municipal TV / X	1	158 €	158 €
SAI 700 VA	880E26064	Repetidor Municipal TV / X	1	545 €	545 €

TOTAL PROJECTE**703 €**

ADEQUACIÓ DE L'INSTAL·LACIÓ.

La instal·lació de la banda ampla de Riudaura es realitzarà com un poble de tipus 1, és a dir, amb una única cel·la.



A continuació es descriu la instal·lació per a cadascun dels elements que formen part de la instal·lació.

Antena parabòlica

L'antena parabòlica de satèl·lit es va instal·lar sobre la paret de la caseta del repetidor de TV a l'alçada del terrat, per mitjà d'un suport de paret en forma de L (tub de 76mm diàmetre).



Antena Wifi

L' Antena omnidireccional es va instal·lar a la mateixa ubicació del terminal Vsat per mitjà d'un màstil de 3 mts subjectat a la paret.

Accessibilitat del terrat a l'interior

Els cables procedents de la teulada va accedir al interior de la caseta per mitjà d'un passamurs ja fet a la paret, que dona directe a la ubicació on s'instal·larà l'armari de comunicacions, aproximadament a 10 metres de distància.



Accés a l'interior de la caseta

Ubicació de armari y canalitzacions

L'armari de comunicacions (6U) es va instal·lar a la caseta. Els accessoris que es van instal·lar a l'interior del armari per al bon funcionament dels equips són una safata fixa i una regleta de endolls shuckos.



Armari de comunicacions

Subministrament elèctric

L'Ajuntament s'encarregarà de la instal·lació elèctrica. Ja se'ls va informar de com haurien de fer-ho.

ACTUACIONS REALITZADES.

- Replanteig del poble y de les possibles ubicacions dels equips.
- Primers punts de cobertura
- Instal·lació equipament
- Configuració equips
- Posada en Marxa i Proves

Data: 29 de setembre de 2004	Població: RIUDAURA
Usuari: Ajuntament	Municipi: RIUDAURA
Adreça: Casa La Serrota	Comarca: GARROTXA
Operador: UTEBAC	Coordenades UTM: 31T 451241 4672089

Aspectes a avaluar	Satisfactori	No satisfactori
<p><i>Cobertura de la població</i></p> <p>Observacions:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es fan 3 punts de mesura: - Davant del centre emissor (Punt 3) i amb un resultat satisfactori. - Nucli urbà (Punt 2) amb resultat satisfactori i entrada nucli urbà de Riudaura (Punt 1) amb resultat no satisfactori . 		X
<p><i>Qualitat de les instal·lacions i inventari</i></p> <p>Observacions:</p> <p>Bona, hi ha tots els aparells i la instal·lació es la que s'especifica en el certificat de conformitat.</p>	X	

Prova de navegació per Internet (especificar servei contractat)

X

Observacions:

Punt mesura 1: Entrada nucli urbà (UTM x451501- y4671262)
Nivell baix, hi ha conflicte amb la xarxa Olot Wireless, dificultats de connexió.

Punt mesura 2: Nucli urbà (UTM x451204- y4671160)
Servei contractat: 384 kbps

**Test de Velocitat de Telefonica Data: 362,16 – 246,75
– 260,48 kbps**

Velocitat de pujada (pujar arxiu a Hotmail):
Pic: 818 kbps Mitjana: 91,1 kbps
Velocitat de baixada (baixar arxiu a Hotmail):
Pic: 383,1 kbps Mitjana: 47,1 kbps
Ping www.google.com Temps de resposta: 563 ms
Ping www.upc.es Temps de resposta: 723 ms
Ping www.gencat.net Temps de resposta: esgotat
Telnet 130.206.42.220 (La Salle). Respon Si

Punt mesura 3: centre emissor (UTM x451241 - y4672089)
Servei contractat: 384 kbps

**Test de Velocitat de Telefonica Data: 191,58 – 185,07
– 111,90 – 127,84 kbps**

Ping www.google.com Temps de resposta: 681 ms
Ping www.upc.es Temps de resposta: 766 ms
Ping www.gencat.net Temps de resposta: esgotat
Telnet 130.206.42.220 (La Salle). Respon Si

Equips instal·lats	X	
Observacions: <p style="text-align: center;">Es visualitzen els equips interiors. (Foto 3) Es visualitza la instal·lació externa (veure fotografies 1 i 3).</p>		
Percepció de l'usuari		X
Observacions: <p style="text-align: center;">Usuaris connectats: només alguns particulars, encara falten alguns clients per connectar.</p>		

El CENTRE DE TELECOMUNICACIONS I TECNOLOGIES DE LA INFORMACIÓ DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA, després de revisar aquesta instal·lació, com a part del desplegament de la xarxa de telecomunicacions de banda ampla a l'àmbit rural, decideix qualificar-la com a:

Satisfactòria, en data 1 d'octubre de 2004

En cas de no concedir l'aprovació s'indiquen a continuació els motius de rebutjament, així com les mesures a prendre per la seva aprovació.

Motius de rebutjament

Mesures a prendre

Signa per l'empresa: UTEBAC

Signa pel Centre de Telecomunicacions i
Tecnologies de la Informació de la
Generalitat de Catalunya:

Nom: Jordi Compte i Batista
Càrrec : Gerent

Nom: Jaume Clavera i Ortiz
Càrrec : Director d'Infraestructures de Xarxa



Foto 1



Foto 2



Foto 3

ANNEX 2 – ENQUESTA PELS VEÏNS

Xarxa Ciutadana a Riudaura!

Què és això?

Es tracta d'una xarxa entre els ordinadors dels veïns de Riudaura, precisament se'n diu ciutadana perquè és DE i PER als ciutadans.

Per a què serveix això?

Doncs per al que es vulgui. Es tracta d'un canal de comunicació, per tant podem parlar amb els altres ordinadors connectats en aquell moment, podem passar-nos informació (arxius, fotos, programes...), podem jugar a jocs en xarxa, podem compartir amb tothom una pàgina web sobre coses de Riudaura... i fins i tot fer trucades gratuïtes a la gent del poble! en fi tot el que ens permet la informàtica, que cada dia és més.

I això... quant costa????

Doncs per a qui tingui l'antena que instal·lava flash10 o un portàtil amb connexió WiFi això no costa RES DE RES! Qui no en tingui i es vulgui connectar cal que compri una antena i una tarja WiFi pel seu ordinador, no és gens car.

No s'ha de pagar res al mes, res al principi, res al final.. es tracta d'una xarxa lliure!

Podré anar a Internet?

No, ja que es tracta d'una xarxa només dels ordinadors de Riudaura. Això és una limitació, però també una garantia de seguretat, ja que cap persona de fora pot ficar el nas a la nostra xarxa.

Connectarse a aquesta xarxa no vol dir que no puguis fer servir la teva connexió a internet. Es pot estar als dos llocs alhora!

Qui ho munta tot això?

Es tracta d'un projecte universitari de final de carrera d'un estudiant de Riudaura, amb el suport de l'Ajuntament.

Enquesta

(una de sola per casa o família) a retornar a la bústia de l'ajuntament, gràcies!!

Nom:

Adreça:

Teniu connexió amb Flash10?

] No []

Si []

Teniu portàtil o ordinador preparat per WiFi?

] No []

Si []

Utilitzaríeu una xarxa ciutadana gratuïta?

] No []

Si []

Informació sobre els punts d'accés:

Es tracta d'antenes que reben un senyal i el transmeten més enllà, per aconseguir més cobertura de la xarxa. Emeten a 2'4 GHz, que és una banda d'ús públic, amb una potència molt baixa (100 mW) res a veure amb les antenes de mòbils!!

Bàsicament un punt d'accés és com una caixa de sabates amb una antena del tamany d'un llapis, i gasta la mateixa electricitat en un any que una bombeta en una setmana.

Estaríeu disposats a deixar muntar un punt d'accés a casa vostra? Si [] No []

Agraïts per la col·laboració!!

Si teniu cap dubteu truqueu al 699 559 321 (Eduard Muntanya)

ANNEX 3 – COM CONFIGURAR ELS ROUTERS WRT54GL PER A TREBALLAR EN WDS

COM CONFIGURAR ELS ROUTERS WRT54GL PER A TREBALLAR EN WDS

1 El WRT54GL i el sistema WDS

Tal com explicàvem a la memòria, els WRT54GL surten de fàbrica amb un firmware que no permet una gran versatilitat. Només funciona com a punt d'accés i no deixa modificar gaires aspectes. Això té una fàcil solució fent servir firmwares desenvolupats per altra gent, amb els quals podem aconseguir modificar el router perquè s'adeqüi als nostres propòsits.

Això és possible gràcies a què Linksys utilitzava un sistema basat en components del Linux per al firmware dels seus routers. El juny del 2003, membres del *Linux Kernel Mailing List* van descobrir-ho i van obligar Linksys a publicar els codis font, ja que hi estava obligat per la llicència pública general GNU a la qual està sotmesa Linux. Com que la majoria de firmwares són de codi propietari, els distribuïdors no tenen aquesta obligació. Encara no se sap si Linksys estava al corrent de la base Linux del seu firmware en el moment de llançar el seu producte al mercat. Però finalment, sota pressions externes per complir la seva obligació legal sota la llicència pública general, Linksys va fer públic el codi font el juliol de 2003. Amb el codi a la mà, els entesos van aprendre exactament com parlar a la màquina i com codificar qualsevol utilitat que la màquina pogués suportar, cosa que ha portat a tenir una gran quantitat de firmwares que fan anar aquest aparell molt més enllà del que es podria haver imaginat en un router barat d'ús domèstic.

Una de les opcions que permeten aquests firmwares és la de treballar en WDS.

Els routers poden treballar en tres modes, com s'explica en la memòria: com a client, com a punt d'accés o com a pont. En tenir una xarxa en mode infraestructura on fan falta més d'un punt d'accés, la solució tradicional seria que cada AP tingués un router treballant com a punt d'accés per a la seva BSS i un altre router fent de bridge per comunicar-se amb altres punts d'accés. Això representa una despesa en material molt important.

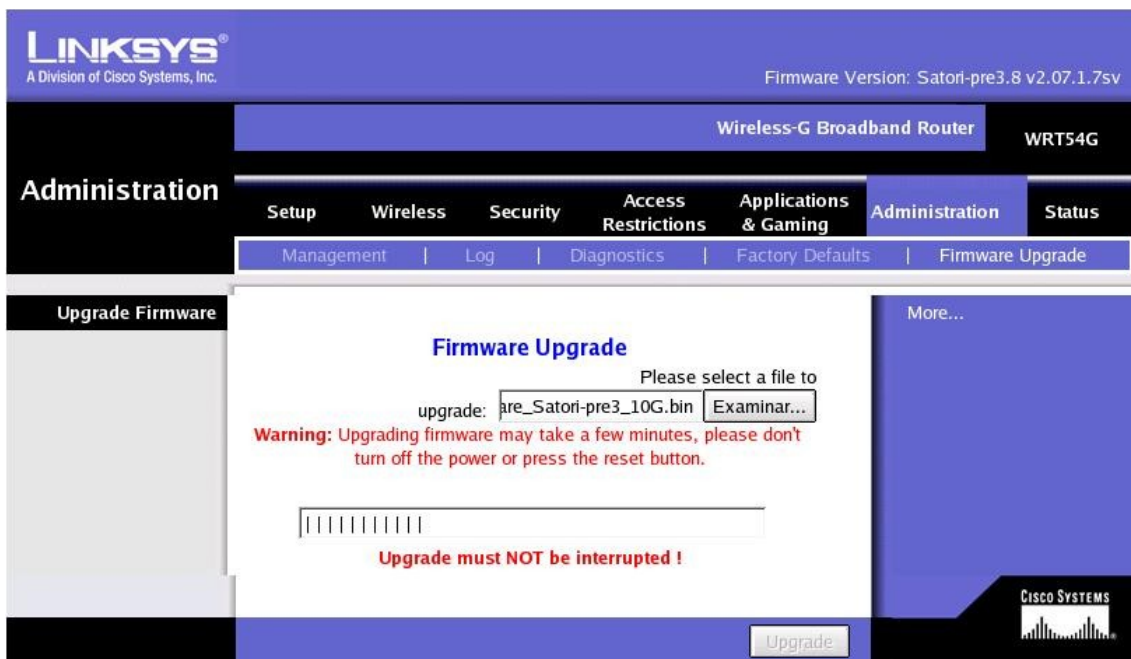
El sistema WDS (Wireless distribution system) el que fa és que un sol router treballi alhora com a punt d'accés i com a pont. Òbviament això repercuteix en la velocitat de transmissió; un client que hagi de comunicar-se a través d'un AP d'aquest tipus veurà, en el millor cas, com la velocitat de transmissió es redueix a la meitat. Els avantatges són la reducció de material i per tant, menys cost i més simplificat. Tot seguit s'explica com fer anar un router en aquest mode.

2 Programant el router.

Utilitzarem un firmware lliure desenvolupat per un tal BrainSlayer anomenat DD-WRT, molt reconegut a nivell de xarxes ciutadanes. Es tracta d'un programa molt potent que permet totes les opcions que podem necessitar en el projecte en curs.

Primer de tot descarreguem l'última versió de la pàgina web de DD-WRT (www.dd-wrt.com). Per al nostre router ens cal el firmware "genèric". Per tal d'instal·lar-lo primer cal ficar una versió "mini", i després a partir d'aquesta podem instal·lar la versió definitiva.

El primer que cal fer, doncs, és "flashear" el router, amb la qual cosa perdrem la garantia de l'aparell, ja que el software no està homologat per Linksys. Això és fàcil, s'obre el navegador i es va a la direcció web del Linksys: <http://192.168.1.1> o la que correspongui en cas d'haver-la modificat. Demanarà el nom d'usuari i contrasenya, que en principi és nom d'usuari "root" i contrasenya "admin". Un cop dins es va al menú *administration*, *firmware upgrade* i es selecciona el nostre arxiu ([dd-wrt.v23_mini_generic.bin](#)) el router trigarà una mica a reaccionar, s'està reiniciant.



Quan tinguem la versió "mini" instal·lada, cal fer el mateix però ara amb l'arxiu [dd-wrt.v23_generic.bin](#). en acabar el procés el router ja està a punt per ser configurat.

Això cal fer-ho a TOTS els WRT54GL que vulguem connectar.

Una cosa important és apuntar-se la MAC de la tarja wireless de cada un dels routers. Atenció perquè hi ha diverses direccions MAC i l'única que ens interessa és la del menú *wireless*, que no és la que està escrita sota el router. Un cop dins la web de configuració cal anar al menú *status* i llavors a *wireless*, allà hi ha l'adreça MAC que cal apuntar-se.

En fer servir WDS se'ns permetrà donar cobertura (punt d'accés) i al mateix temps estar connectats (com a clients) d'un altre punt d'accés. Això és perfecte per a fer que una xarxa WIFI creixi, si cada persona que es vol connectar configura el seu punt d'accés en mode WDS, aquest actua com a repetidor de la senyal, i amb molt pocs punts d'accés serem capaços de cobrir un municipi petit com Riudaura.

Està clar però que no és la panacea, el seu costat negatiu és que com que el punt d'accés només disposa d'una tarja WIFI, la qual ha d'estar en mode AP i client a la vegada, es perd velocitat. No és molt preocupant en una xarxa petita com la nostra, i menys en el cas d'utilitzar 802.11g, però és un factor a tenir en compte.

Tornant al router, farem uns ajustaments previs gràcies a les noves opcions d'aquest firmware abans de procedir a l'WDS. A la web de configuració, a *Setup, Basic Setup*:

- 1- Posem nom a cada router.
- 2- A router IP, posarem la IP i màscara de xarxa de la nostra xarxa local (cal una IP lliure dins de la nostra xarxa). En el nostre cas les IP seran:

AP l'ajuntament: 192.168.1.10

AP can Muntanya: 192.168.1.20

AP Les esposes: 192.168.1.30

AP la Corda: 192.168.1.40

La porta d'enllaç (*gateway*) no cal posar-la.

- 3- Desactivarem el servidor DHCP si és necessari. El servidor DHCP el què fa és assignar-nos una direcció IP automàticament i per tant, com que connectarem varis punts d'accés, amb un de sol que ho tingui activat ja en fem prou. Fins i tot si tenim un router ADSL que ho té activat ho podem desactivar en tots els punts d'accés. En resum, només hem de tenir un servidor DHCP.

- 4- *Time setting*, ho posarem a la zona horària de Catalunya (GMT+1)

Polsarem el botó de sota on posa *Save Settings*.

Firmware: DD-WRT v23 SP2 (09/15/06) std
Time: 00:03:53 up 3 min, load average: 0.02, 0.04, 0.01
WAN IP: 0.0.0.0

DD-WRT CONTROL PANEL

Setup | **Wireless** | Security | Access Restrictions | Applications & Gaming | Administration | Status

Basic Setup | DDNS | MAC Address Clone | Advanced Routing | **VLANs**

Internet Setup Help more...

Internet Connection Type

Connection Type: Automatic Configuration - DHCP

STP: Enable Disable (disable for COMCAST ISP)

Optional Settings (required by some ISPs)

Router Name: Riudeaura1

Host Name:

Domain Name:

MTU: Auto

Network Setup

Router IP

Local IP Address: 192, 168, 1, 10

Subnet Mask: 255, 255, 255, 0

Gateway: 0, 0, 0, 0

Local DNS: 0, 0, 0, 0

Network Address Server Settings (DHCP)

DHCP Type: DHCP Server

DHCP Server: Enable Disable

Start IP Address: 192.168.1.100

Maximum DHCP Users: 50

Help

Automatic Configuration - DHCP:
This setting is most commonly used by Cable operators.

Host Name:
Enter the host name provided by your ISP.

Domain Name:
Enter the domain name provided by your ISP.

Local IP Address:
This is the address of the router.

Subnet Mask:
This is the subnet mask of the router.

DHCP Server:
Allows the router to manage your IP addresses.

Start IP Address:
The address you would like to start with.

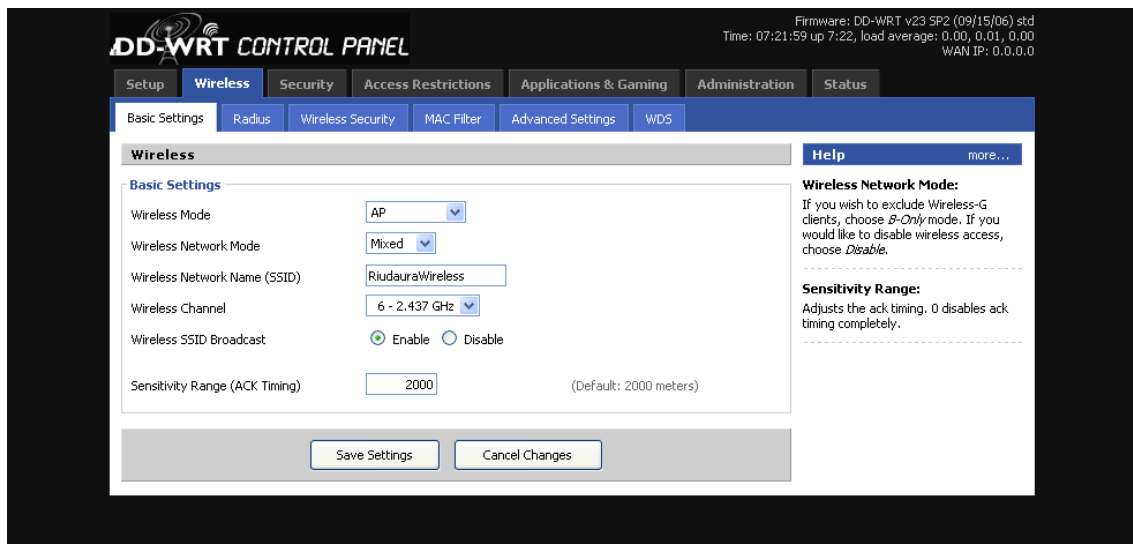
Maximum DHCP Users:
You may limit the number of addresses your router hands out.

Time Settings:
Choose the time zone you are in and Summer Time (DST) period. The router can use local time or UTC time.

Anem al menú *Wireless, Basic Settings*:

- 1- a *Wireless Mode* seleccionarem *AP*.
- 2- A *Wireless Network mode*, seleccionarem *Mixed*, ja que treballarem tant amb 802.11b com amb 802.11g
- 3- *Wireless Network name* (SSID): el nom que posem al nostre node wireless, que és el que veuran quan es connectin.
- 4- *Wireless Channel*: el numero de canal per a fer servir en la comunicació. En la nostra xarxa farem servir el canal 6.
- 5- *Wireless SSID broadcast*: si volem que els altres usuaris vegin el nom de la nostra xarxa.

Tornarem a pulsar *Save Settings*.



És molt important tenir en compte que s'ha de posar el mateix número de canal en tots els punts d'accés que vulguem connectar. El SSID pot ser diferent i s'aconsella, ja que així sempre sabrem exactament a quin punt d'accés estem connectats, si no ens hauríem de guiar per les adreces MAC, més complicat en el cas d'una xarxa amb un gran nombre de punts d'accés.

En el menú *Wireless*, *Advanced Settings*:

- 1- la última opció *Xmit Power* (potència de transmissió) per defecte ve a 28 mW i com a màxim es pot posar a 251 mW. Com que la legislació actual permet fins a 100mW ho podem posar per exemple a 75 mW per arribar més lluny. Cal tenir en compte que com més potència més s'escalfa el transmissor, per això 75 mW és un valor potent però prudent. A més, més potència no implica més qualitat de senyal.

Transmission Rate	Auto	(Default: Auto)
CTS Protection Mode	<input type="radio"/> Auto <input checked="" type="radio"/> Disable	(Default: Disable)
Frame Burst	<input type="radio"/> Enable <input checked="" type="radio"/> Disable	(Default: Disable)
Beacon Interval	100	(Default: 100ms, Range: 1 - 65535)
DTIM Interval	1	(Default: 1, Range: 1 - 255)
Fragmentation Threshold	2346	(Default: 2346, Range: 256 - 2346)
RTS Threshold	2347	(Default: 2347, Range: 0 - 2347)
Max Associated Clients	128	(Default: 128, Range: 1 - 256)
AP Isolation	<input type="radio"/> Enable <input checked="" type="radio"/> Disable	(Default: Disable)
TX Antenna	Auto	(Default: Auto)
RX Antenna	Auto	(Default: Auto)
Preamble	Long	(Default: Long)
Xmit Power	70	(Default: 28, Range: 0 - 251mW)
Noise Reference	-98	(Default: -98, Range: 0 - -100dB)
Afterburner	Disable	(Default: Disable)
Wireless GUI Access	<input checked="" type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable	(Default: Enable)

Radio Time Restrictions:
Click any hour to enable or disable the radio signal (*green* indicates allowed Wireless access, and *red* indicates blocked Wireless access)

Radio Time Restrictions		
Radio Scheduling	<input type="radio"/> Enable <input checked="" type="radio"/> Disable	(Default: Disable)

Wireless Multimedia Support Settings		
WMM Support	<input type="radio"/> Enable <input checked="" type="radio"/> Disable	(Default: Disable)

En el menú *Security, Firewall*:

- 1- *Firewall protection* marquem *Disable*.
- 2- Automàticament se'ns desactiva la casella *Block Anonymous Internet Requests*. Això és important per a què funcioni WDS.

DD-WRT CONTROL PANEL

Firmware: DD-WRT v23 SP2 (09/15/06) std
 Time: 07:30:14 up 7:30, load average: 0.07, 0.03, 0.00
 WAN IP: 0.0.0.0

Setup

Wireless

Security

Access Restrictions

Applications & Gaming

Administration

Status

Firewall

VPN

Security

Firewall Protection

SPI Firewall Enable Disable

Additional Filters

Filter Proxy

Filter Cookies

Filter Java Applets

Filter ActiveX

Block WAN Requests

Block Anonymous Internet Requests

Filter Multicast

Filter Internet NAT Redirection

Filter IDENT (Port 113)

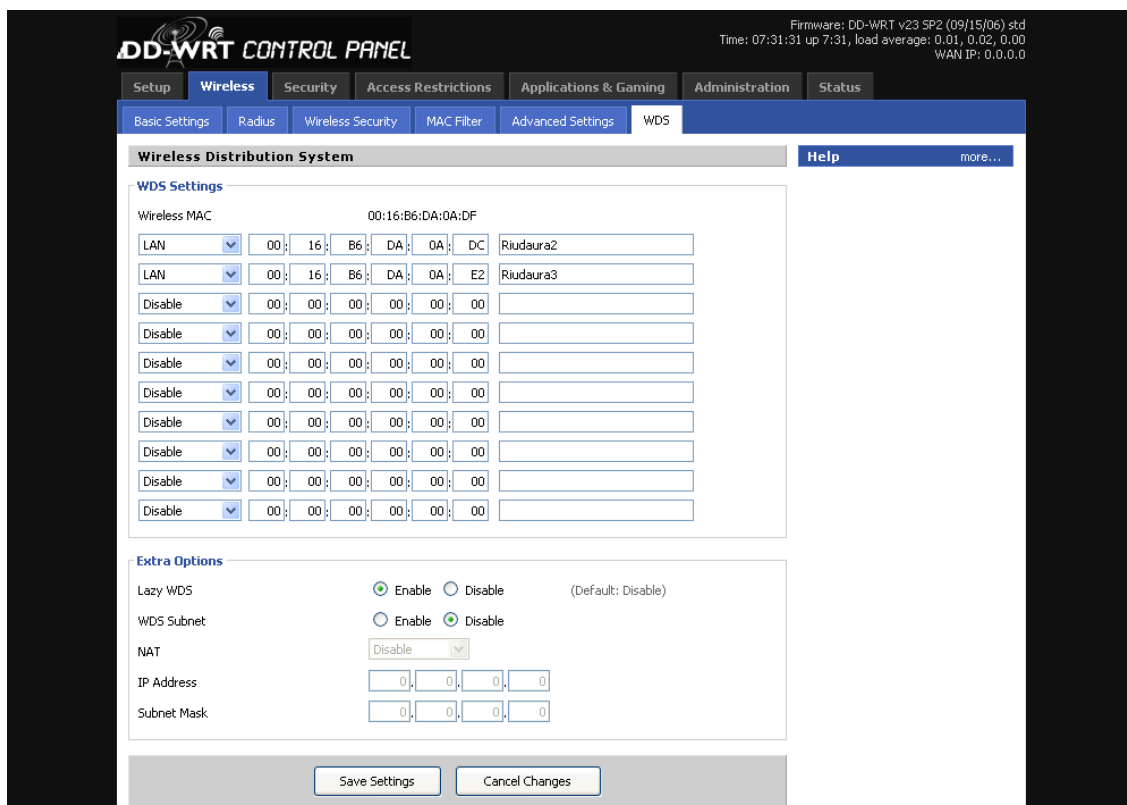
Help [more...](#)

Firewall Protection:
Enable or disable the SPI firewall.

Tornem ara a la configuració WDS.

Menu Wireless, WDS

- 1- A *Wireless*, *WDS*, activem les tres primeres de les 10 entrades seleccionant LAN i posem la direcció MAC dels routers als quals ens volem connectar (la direcció que hem apuntat abans) i el nom del router
- 2- *Lazy WDS* ho posarem primer a *Enable*, per facilitar que els routers es comuniquin entre si, i un cop hem comprovat que la xarxa funciona correctament el posem a *Disable*.
- 3- *WDS Subnet* també en *Disable*.



La idea és encadenar els punts d'accés de manera que es connectin entre si coneixent les adreces MAC dels altres creant una xarxa on tots estan connectats entre ells.

Un cop hem configurat tots els routers podem comprovar que la xarxa funciona a la pantalla Status, Wireless. Aquí podem veure com té connexió amb els altres nodes WDS i amb un client (el portàtil utilitzat per configurar-los). El firmware ens dona informació de la potència, qualitat i soroll de la senyal, estadístiques del tràfic que ha passat per la xarxa , a més de canal, l'encriptació, el mode de treball, etc.

MAC Address	UU:16:B6:DA:0A:DF
Radio	Radio is On
Mode	AP
Network	Mixed
SSID	RiudauraWireless
Channel	6
Xmit	70 mW
Rate	54 Mbps
Encryption	Disabled
PPTP Status	Disconnected

seen on your local, wireless network.

Network:
As selected from the Wireless tab, this will display the wireless mode (Mixed, G-Only, B-Only or Disabled) used by the network.

OUI Search:
By clicking on any MAC address, you will obtain the Organizationally Unique Identifier of the network interface (IEEE Standards OUI database search).

Wireless Packet Info

Received (RX)	3590 OK, no error	100%
Transmitted (TX)	48092 OK, 103 errors	100%

Wireless Nodes

Clients

MAC Address	Signal	Noise	SNR	Signal Quality
00:13:CE:91:D0:DA	-70	-98	28	29%

WDS Nodes

MAC Address	Description	Signal	Noise	SNR	Signal Quality
00:16:B6:DA:0A:E2	Riudaura3	-44	-98	54	61%
00:16:B6:DA:0A:DC	Riudaura2	0	-98	98	0%

[Site Survey](#)

Auto-Refresh is On

Els primers firmwares només permetien muntar ponts entre dos punts d'accés, de manera que la xarxa WDS era com vagons enganxats entre ells; per passar del primer a l'últim calia travessar-los tots, amb la pèrdua d'eficiència que això comporta. A més calia "aixecar" el pont amb comandes de Linux que el router havia d'executar cada cop que es reiniciava. Les versions més modernes ja suporten treballar com una autèntica xarxa, ocupant-se dels enllaços entre routers de la capa física i facilitant la programació dels routers.