

## **RURALMAYA: INTERNET DE BAJO COSTE PARA ZONAS EN DESARROLLO.**

Universidad Politécnica de Valencia (España)  
jorgehortelano@gmail.com

### **Introducción.**

Es ampliamente aceptado que las tecnologías de la información y las telecomunicaciones son necesarias para aliviar un amplio rango de obstáculos para el desarrollo económico y social en las zonas rurales. Esto es particularmente cierto para el acceso a Internet, desde que se convirtió en una plataforma global para recoger y compartir información. Durante los pasados años, se ha hecho un progreso notable en los países en desarrollo en términos de infraestructura de las telecomunicaciones. Sin embargo, fuera de las áreas más desarrolladas del planeta, existen todavía desventajas geográficas que hacen que adquirir una conexión a Internet sea una tarea compleja y costosa. En pequeñas zonas rurales o de baja densidad demográfica, los Proveedores de Acceso a Internet no asumen el elevado coste de las tecnologías desarrolladas para mercados urbanos. La baja densidad de clientes hace que la inversión en estas zonas sean poco atractivas. Precisamente estas áreas son especialmente beneficiadas de algunos servicios que ofrece Internet. Así pueden solventar sus problemas relativos al aislamiento con herramientas como la telemedicina o la teleeducación. Con esto se presenta la paradoja de que las zonas con una mayor necesidad de esta tecnología son a su vez aquellas con menor capacidad para adquirir la misma.

RuralMaya comenzó en el 2005 como un proyecto de investigación de la Universidad Politécnica de Valencia. Este proyecto intentó desarrollar una nueva tecnología de información y comunicación para ofrecer acceso a Internet de ancho de banda reducido a zonas rurales aisladas. Con este propósito desarrollamos RuralMaya, una plataforma inalámbrica experimental que combina las nuevas redes Mesh y dispositivos comunes y baratos para ofrecer un amplio rango de servicios y aplicaciones basados en Internet. RuralMaya tiene como objetivo las áreas rurales de la Comunidad Valenciana, en España, para proveer de acceso a las crecientes demandas que aparecen en este país. Hasta la fecha, hemos desplegado el sistema presentado en un pequeño proyecto de escala reducida en el sur de la Comunidad Valenciana, que incluye 50 suscriptores incluida empresas y ciudadanos.

En este escenario nosotros observamos que la tecnología de redes inalámbricas de área local (WLAN) ha emergido como una nueva tecnología que permite extender la conexión a la red fuera de las redes privadas. Estas tecnologías inalámbricas ofrecen una solución efectiva y de bajo coste para acercar Internet al público. Esta sinergia ha sido llevada a cabo por los estándares ratificados por el IEEE, llamado IEEE 802.11 [IEEE80211] estándar para redes de área local inalámbricas, también conocido como WiFi; y el IEEE 802.16 [IEEE80216] estándar para conexiones de larga distancia punto a punto o punto multipunto, conocido comúnmente como WiMax. Hemos desarrollado un sistema inalámbrico experimental llamado RURALMAYA, que extiende las capacidades de los llamados "hotspots" para proveer conexión a áreas distantes y con un bajo coste. El sistema combina el paradigma de las redes inalámbricas Mesh (WMNs) [MeshNet] con la tecnología de los *Captive Portals* o Portales Cautivos como algunos los traducen. Esto unido al uso de dispositivos comunes y de bajo coste hacen de RuralMaya la herramienta ideal para este fin. RuralMaya permite mayor alcance que un hotspot y mucho menor coste que las clásicas redes inalámbricas.

Cada cliente dentro del área de RuralMaya puede acceder a los servicios ofertados, lo que no significa acceso libre o incontrolado. Nuestro sistema desarrollado bajo la solución llamada *Captive Portal* basada en el uso de puntos de acceso inalámbricos para proveer tanto conexión a la red vertebral como autenticación de usuarios. RuralMaya ejecuta una versión modificada del proyecto OpenWRT [OpenWRT] que nos permite implementar control

de acceso a los puntos de acceso incrementando el alcance de los hotspots gracias a una red inalámbrica multisalto. La herramienta OpenWRT nos ofrece la funcionalidad usual de las herramientas GNU/Linux para monitorizar, controlar y dividir el ancho de banda, ejecutar un *firewall* y mucho más. Los usuarios solamente necesitan un navegador de Internet para acceder a RuralMaya. Cuando ellos acceden al sistema son automáticamente redirigidos a través del *Captive Portal* a la página principal de la web donde son autenticados por motivos de seguridad. No es necesario ningún conocimiento sobre redes inalámbricas por parte del usuario, así como tampoco el uso de software especial.

### Objetivo del proyecto.

El objetivo general de RuralMaya es fortalecer el soporte de Internet en entornos rurales gracias al uso de tecnologías inalámbricas en la Comunidad Valencia, España. El sistema puede también proveer de acceso a Internet a usuarios que estén en movimiento.

Más que crear una nueva tecnología inalámbrica, el mayor reto ha sido demostrar la utilidad del diseño y construir un sistema que, combinando los paradigmas de redes inalámbricas existentes, sea capaz de alcanzar áreas distantes con bajo coste, mientras que ofrecen un amplio rango de servicios y aplicaciones de las telecomunicaciones.

### RuralMaya: arquitectura y diseño.

El sistema ha sido diseñado para ser escalable, y fácilmente actualizable para cubrir grandes áreas con bajo coste. Con este propósito nosotros hemos escogido una aproximación donde todos los suscriptores están conectados a Internet a través de un servidor central que actúa a su vez como puerta de enlace o *gateway* hacia Internet. RuralMaya combina tres diferentes niveles: (a) una red Mesh distribuida, (b) la red vertebral que puede ser alámbrica o inalámbrica, y (c) un nivel superior de gestión. Esta aproximación nos permite crear una red escalable con todos los clientes en rango de los puntos de acceso desplegados. Nosotros basamos nuestra solución en routers inalámbricos Linksys WRT54G [Wrt54G], que operan usando la tecnología 802.11 en el espectro de los 2.4 GHz. La Figura 1 muestra el sistema completo.

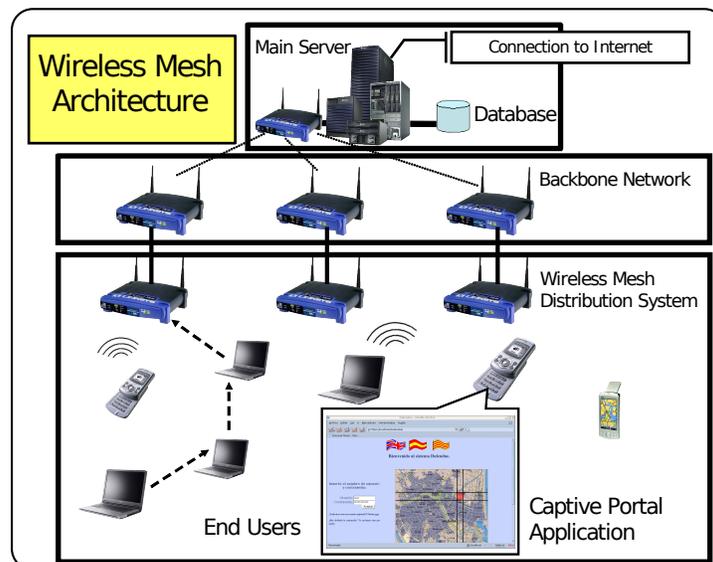
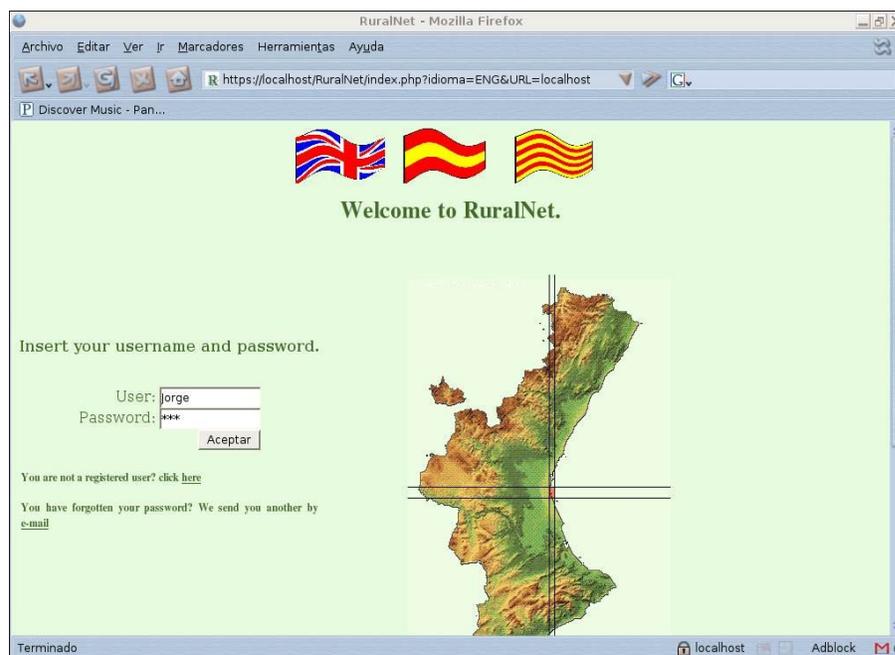


Figura 1. La arquitectura de RuralMaya.

A continuación se explican los distintos niveles del sistema:

- Nivel de gestión superior. El nivel superior está compuesto por un servidor que controla la autenticación de usuario, y donde se almacena todo el software requerido. El software principal es un servidor web que interactúa con los suscriptores, una base de datos que almacena la información del sistema y una unidad de control que convierte las decisiones de gestión en reglas de tráfico. Detrás del servidor hay una conexión de alta velocidad hacia Internet, así como una conexión alámbrica o inalámbrica hacia la red vertebral.
- La red vertebral. Este segundo nivel está compuesto por un grupo de nodos distribuidos en el área de operaciones creando una red Mesh. Estos nodos pueden estar conectados al servidor central o a otros nodos tanto por tecnología 802.11 como Ethernet. Las conexiones inalámbricas son preferidas ya que se puede beneficiar de las antenas para alcanzar grandes distancias con bajo coste. El objetivo principal de este nivel es actuar como un puente, conectando a los suscriptores con el servidor principal.
- Red de distribución. La red de distribución está compuesta por varios routers inalámbricos representando una pequeña área rural, que está jerárquicamente agrupada para formar una red Mesh. Para implementar una red Mesh, cada router WRT54G actúa utilizando el protocolo de encaminamiento Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) [AODV]. AODV es un simple y eficiente protocolo de encaminamiento diseñado específicamente para ser usado en redes inalámbricas multisalto. Usando este protocolo, el área de alcance puede ser fácilmente extendida ya que la red está completamente autoorganizada y autoconfigurada. Además, como cada nodo utilizado para alcanzar el destino puede cambiar en el tiempo, la topología de red cambiará frecuentemente.

RuralMaya interactúa con los clientes a través de la tecnología *Captive Portal*. Por ello, cuando un cliente se conecta por primera vez en el sistema y abre un navegador, es automáticamente redirigido a la página principal del portal; este proceso es completamente transparente al usuario. El servidor de gestión controla el acceso de los clientes dependiendo de si es un usuario registrado o no. Dependiendo del nivel de acceso del cliente, diferentes servicios serán accesibles. La primera vez que un cliente accede al sistema, será necesario que se registre en dicho *Captive Portal*. Después del proceso de *login* podrá usar cualquier servicio gratuito, como acceso a Internet. Respecto a la conexión de Internet ofertada al cliente, el sistema permite múltiples velocidades de conexión. La Figura 2 muestra la pantalla de bienvenida a un usuario de RuralMaya.



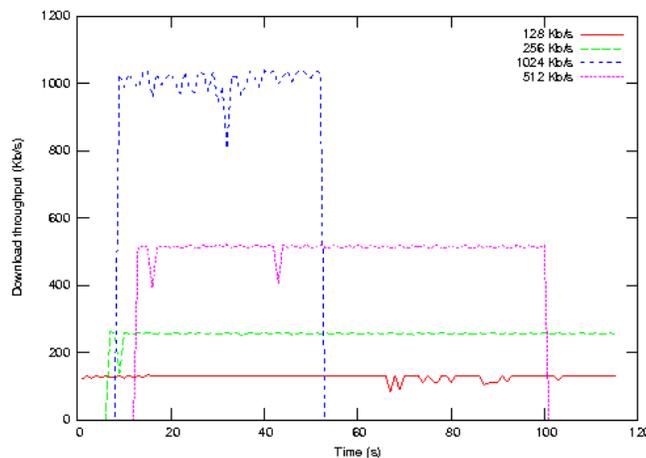
**Figura 2.** Pantalla de acceso de RuralMaya.

RuralMaya también oferta algunos servicios extra, como el concepto de Cityticket. Este concepto se utiliza para asignar diversas velocidad de conexión para distintos usuarios, permitiendo al sistema disgregar unos usuarios de otros para dar mayor o menor servicio. No es nuestro interés disgregar colectivos, sino ofrecer mayor servicio a grandes comunidades, como por ejemplo las universidades, permitiendo asignar mayor acceso a estos centros que incluyen por detrás a un gran número de usuarios.

Por último, hay que señalar que RuralMaya incluye una herramienta de configuración de la red Mesh. Dichas redes se caracterizan por no tener una infraestructura fija, lo que dificulta en gran medida su configuración y mantenimiento. Por ello RuralMaya incluye una herramienta que permite configurar las características más comunes en todos y cada uno de los puntos de acceso sin acceder físicamente a ellos.

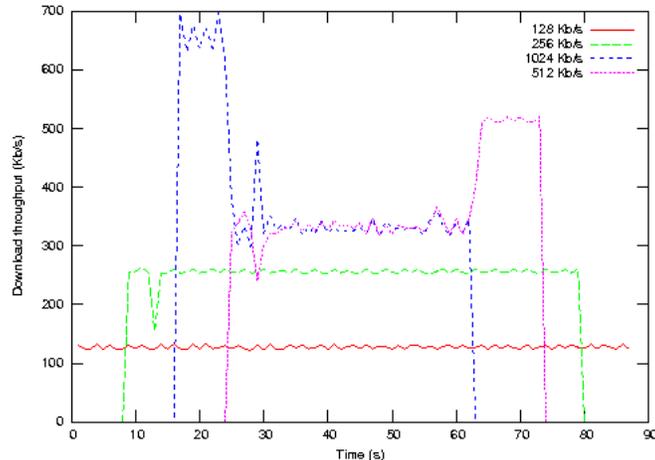
### Evaluación.

El sistema está implementado usando varios lenguajes de programación, herramientas y aplicaciones; por tanto es importante demostrar la viabilidad de la arquitectura RuralMaya con uso extensivo. Hemos estudiado el rendimiento del programa y obtenido datos experimentales que nos permiten evaluar las capacidades de los routers Linksys y la funcionalidad del *Captive Portal*. La Figura 3 muestra una gráfica en el que distintos usuarios con diversos privilegios acceden al sistema. Como se puede observar no existen interferencias ni pérdida de ancho de banda entre usuarios si el total es suficiente para los usuarios.



**Figura 3.** Acceso de distintos usuarios a RuralMaya.

También ha sido importante evaluar el comportamiento del sistema cuando los recursos no son suficientes para todos los usuarios. La Figura 4 muestra como los recursos se dividen entre los usuarios si el ancho de banda resultante no es suficiente para los cuatro usuarios. En este ejemplo se ha limitado el ancho de banda total a 1024Kb/s. El reparto de ancho de banda puede ser configurado en el sistema realizando diversas políticas, por ejemplo, en detrimento del usuario con mayor capacidad como se muestra en la figura o cualquier otra más equitativa como una reducción proporcional para todos los usuarios.



**Figura 4.** Reparto de recursos entre usuarios de RuralMaya.

La experiencia adquirida durante este proyecto ha hecho evidente que, combinando las tecnologías alámbricas e inalámbricas, somos capaces de ofrecer una solución barata y eficiente para proveer servicio de Internet a áreas rurales en donde los usuarios están diseminados en la geografía. A pesar de ello, todavía es necesario trabajo futuro para hacer un estudio en profundidad para desplegar y gestionar las redes Mesh para encontrar una estrategia para escalar RuralMaya de forma transparente.

### Proyectos y trabajo futuro.

Estamos desarrollando un pequeño *test bed* en nuestro laboratorio para realizar una evaluación preliminar de la fiabilidad y rendimiento de nuestra arquitectura, incluyendo testear la capacidad de los dispositivos utilizados y documentando todos los paquetes software necesarios. Este *test bed* tiene como nombre Castadiva. Además hemos impulsado un prototipo funcional, desplegando RuralMaya a pequeña escala sobre un área rural en la Comunidad Valenciana. Comprobando la validación del sistema con un grupo de suscriptores con conexión a Internet. Una evaluación centrada en el ancho de banda alcanzado y en la carga impuesta al sistema en cada uno de los nodos Linksys utilizados. Hemos encontrado que el servicio ofertado a los clientes era el esperado mientras que escalábamos el sistema mientras el número de suscriptores se incrementaba.

### Países involucrados, organización y gente.

RuralMaya es parte de un proyecto del Grupo de Redes de Computadores (GRC) de la Universidad Politécnica de Valencia de España (<http://www.grc.upv.es>). RuralMaya ha sido apoyado por la *Generalitat Valenciana*, bajo la concesión GV05/245 y por el IMPIVA bajo la concesión IMIDTD/2006/551. Los miembros del GRC involucrados en RuralMaya son Jorge Hortelano, Pietro Manzoni, Juan Carlos Cano y Carlos T. Calafate.

### Personas de contacto y enlaces.

La persona de contacto es Jorge Hortelano. Puedes contactar con el en el departamento de Ingeniería de Computadores en la Universidad Politécnica de Valencia, 46022, España. Email: [jorgehortelano@gmail.com](mailto:jorgehortelano@gmail.com).

Todo el software desarrollado dentro del proyecto RuralMaya es gratuito y puede ser descargado en: <http://www.grc.upv.es/software/index.html>.

- [IEEE80211]** IEEE/IEC Std 802.11, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications}, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., August, 1999.
- [IEEE80216]** IEEE Std 802.16, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks — Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2002.
- [MeshNet]** I.F. Akyildiz and X. Wang and W. Wang, Wireless mesh networks: a survey, Computer Networks and ISDN Systems, 2005, 47.
- [OpenWrt]** OpenWRT Project, Openwrt, Available at <http://openwrt.org/>.
- [Wrt54G]** Cisco~Systems., Wrt54g Linksys Router, Available at <http://www.linksys.com>.
- [AODV]** C.E. Perkins, E. M. Belding-Royer, S.R. Das, Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing, Request for Comments: 3561, July, 2003.