

Novática, revista fundada en 1975 y decana de la prensa informática española, es el órgano oficial de expresión y formación continua de **ATI** (Asociación de Técnicos de Informática), organización que edita también la revista **REICIS** (Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software). **Novática** edita asimismo **UPGRADE**, revista digital de **CEPIS** (Council of European Professional Informatics Societies), en lengua inglesa, y es miembro fundador de **UPENET** (**UPGRADE European Network**).

<<http://www.ati.es/novatica/>>
 <<http://www.ati.es/reicis/>>
 <<http://www.upgrade-cepis.org/>>

ATI es miembro fundador de **CEPIS** (Council of European Professional Informatics Societies) y es representante de España en **IFIP** (International Federation for Information Processing); tiene un acuerdo de colaboración con **ACM** (Association for Computing Machinery), así como acuerdos de vinculación o colaboración con **AdaSpain**, **AIZ**, **ASTIC**, **RITSI** e **Hispalinux**, junto a la que participa en **Prolinnova**.

Consejo Editorial

Antoni Carbonell Nogueras, Juan Manuel Cueva Lovelle, Juan Antonio Esteban Iriarte, Francisco López Crespo, Julián Marcelo Cocho, Celestino Martín Alonso, Josep Molas i Bertrán, Oliba Palau Gordina, Fernando Pierra Gómez (Presidente del Consejo), Ramón Puigjaner Trepal, Miquel Sàrries Grifó, Asunción Yturbe Herranz

Coordinación Editorial

Llorenç Pagés Casas <lpages@ati.es>

Composición y autoedición

Jorge Llácer Gil de Ramalés

Traducciones

Grupo de Lengua e Informática de ATI <<http://www.ati.es/gl/lengua-informatica/>> Dpto. de Sistemas Informáticos - Escuela Superior Politécnica - Universidad Europea de Madrid

Administración

Tomás Brunete, María José Fernández, Enric Camarero, Felicidad López

Secciones Técnicas - Coordinadores

Acceso y recuperación de la información

José María Gómez Hidalgo (Optinet), <jmgomez@yahoo.es>

Manuel J. María López (Universidad de Huelva), <manuel.maria@diesta.uhu.es>

Administración Pública electrónica

Francisco López Crespo (MAE), <flc@ati.es>

Arquitecturas

Enrique F. Torres Moreno (Universidad de Zaragoza), <enrique.torres@unizar.es>

Jordi Tubella Morgadas (DAC-UPC), <jordit@ac.upc.es>

Análisis

Marina Touriño Troilo, <marinatourino@marinatourino.com>

Manuel Palao García-Suelto (ASIA), <manuel@palao.com>

Bases de datos

Isabel Hernández Collazos (Fac. Derecho de Donostia, UPV), <ihernando@legalek.net>

Elena Davara Fernández de Marcos (Davara & Davara), <edavara@davara.com>

Economía Universitaria de la Informática

Joaquín Ezpeleta Mateo (CPS-UZAR), <ezpeleta@posta.unizar.es>

Ordoibai Pareja Flores (DSIP-UJM), <cpareja@si.ucom.es>

Entorno digital personal

Alonso Álvarez García (TID), <aag@tid.es>

Diego Gachet Páez (Universidad Europea de Madrid), <gachet@uem.es>

Estadística Web

Encarnación Duesada Ruiz (Oficina Española del W3C) <eduesada@w3.org>

José Carlos del Arco Prieto (TCP Sistemas e Ingeniería) <jcarco@gmail.com>

Geografía del Conocimiento

Jean-Baptiste Solé (Carriem Ernst & Young), <jean.baiget@ati.es>

Informática y Filosofía

José Angel Olivares Varela (Escuela Superior de Informática, UCLM) <josangel.olivares@uclm.es>

Karim Gherab Martin (Harvard University) <kgherab@gmail.com>

Informáticas Gráficas

Miquel Chover Sellés (Universitat Jaume I de Castellón), <chover@lsi.uji.es>

Roberto Vivó Hernández (Eurographics, sección española), <rvivo@dsic.upv.es>

Ingeniería del Software

Javier Dolado Cosín (ISI-UPV), <dolado@si.ehu.es>

Luis Fernández Sanz (PRIS-El-UEM), <lufern@dpriis.esi.um.es>

Inteligencia Artificial

Vicente Boti Navarro, Vicente Julián Inglada (DSIC-UPV)

<vbotti@vmpia2i@dsic.upv.es>

Información Persona-Computador

Julio Abascal González (FI-UPV), <julio@si.ehu.es>

Lenguaje e Informática

M. del Carmen Ugarte García (IBM), <cugarte@ati.es>

Lenguajes Informáticos

Andrés Marín López (Univ. Carlos III), <amarin@it.uc3m.es>

J. Anxo Velázquez Buriel (ESCIET-URJC), <a.velazquez@eset.urjc.es>

Lingüística computacional

Xavier Gómez Guinovart (Univ. de Vigo), <xgg@uvigo.es>

Manuel Palomar (Univ. de Alicante), <mpalomar@dsi.ua.es>

Mundo estudiantil y jóvenes profesionales

Federico G. Mon Trotti (RITSI) <gnu.fede@gmail.com>

Mikel Salazar Peña (Área de Jóvenes Profesionales, Junta de ATI Madrid), <mikelxbo_uni@yahoo.es>

Problemas Informáticos

Rafael Fernández Castro (ATI), <rftcalvo@ati.es>

Miquel Sàrries Grifó (Ayto. de Barcelona), <msarries@ati.es>

Redes y servicios telemáticos

José Luis Marzo Lázaro (Univ. de Girona), <jesseluis.marzo@udg.es>

Germán Santos Booda (UPC), <german@ac.upc.es>

Seguridad

Javier Areltío Bertolin (Univ. de Deusto), <jareltio@eside.deusto.es>

Javier López Muñoz (ETS Informática-UMA), <jlm@lcc.uma.es>

Sistemas de Tiempo Real

Alejandro Alonso Muñoz, Juan Antonio de la Puente Alfaro (DIT-UPM), <alalmonso.puentej@dit.upm.es>

Software Libre

Jesus M. González Barahona, Pedro de las Heras Quirós (GSYC-URJC), <jmgh.pheras@gsyc.es>

Tecnología de Bibliotecas

Jesus Garcia Molina (DS-UM), <jmolina@um.es>

Gustavo Rossi (LIFIA-UNLP, Argentina), <gustavo@sol.info.unlp.edu.ar>

Tecnologías para la Educación

Juan Manuel Dódero Berrido (UCM), <ddoder@inf.uc3m.es>

César Pablo Córcoles Briongo (UOC), <ccorcoles@uoc.edu>

Tecnologías y Empresa

Didac López Vilas (Universitat de Girona), <didac.lopez@ati.es>

Francisco Javier Gaitiás Sánchez (Indra Sistemas), <jfgaitias@gmail.com>

TIC y Turismo

Andrés Aguayo Maldonado, Antonio Guevara Plaza (Univ. de Málaga) <aguayo.guevara@lcc.uma.es>

Las opiniones expresadas por los autores son responsabilidad exclusiva de los mismos. **Novática** permite la reproducción, sin ánimo de lucro, de todos los artículos, a menos que lo impida la modalidad de © o copyright, elegida por el autor, debiéndose en todo caso citar su procedencia y enviar a **Novática** un ejemplar de la publicación.

Coordinación Editorial, Redacción Central y Redacción ATI Madrid
 Pabilla 66, 3º, dcha., 28006 Madrid
 Tlf: 914029391; fax: 913093685 <novatica@ati.es>
Composición, Edición y Redacción ATI Valencia
 Av. del Reino de Valencia 23, 46005 Valencia
 Tlf./fax: 963330392 <creceval@ati.es>
Administración y Redacción ATI Cataluña
 Via Laietana 45, ppal. T: 030003 Barcelona
 Tlf: 934125235; fax: 934127713 <secregen@ati.es>
Redacción ATI Andalucía
 Isaac Newton, s/n, Ed. Sadleir,
 Isla Cartuja, 41092 Sevilla. Tlf./fax: 954460779 <secreand@ati.es>
Redacción ATI Aragón
 Lagasca 9, 3-B, 50006 Zaragoza
 Tlf./fax: 976235181 <secreara@ati.es>
Redacción ATI Asturias-Cantabria <gp-astucant@ati.es>
Redacción ATI Castilla-La Mancha <gp-clmancha@ati.es>
 Suscripción y Ventas <<http://www.ati.es/novatica/interes.html>>, ATI Cataluña, ATI Madrid
Publicidad
 Pabilla 66, 3º, dcha., 28006 Madrid
 Tlf: 914029391; fax: 913093685 <novatica@ati.es>
Impresión: Dierra S.A., Juan de Austria 66, 08005 Barcelona
Depósito legal: B 15.154-1975 - ISSN: 0211-2124. CODEN NOVAEC
Partida: "Salida de la habitación 101" - Concha Arias Pérez / © ATI
Diseño: Fernando Agresta / © ATI 2003

editorial
Estudiantes y jóvenes profesionales, clave del futuro de ATI > 02
en resumen

El poder de laas comunidades > 02
Llorenç Pagés Casas

monografía
Sortware libre: investigación y desarrollo
(En colaboración con UPGRADE)
 Editores invitados: Manuel Palomo Duarte, José Rafael Rodríguez Galván, Israel Herraiz Tabernero y Andrea Capiluppi

Presentación. Software libre: investigación y desarrollo > 03
Andrea Capiluppi, José Rafael Rodríguez Galván, Manuel Palomo Duarte, Israel Herraiz Tabernero

La necesidad de investigar sobre software libre en Europa > 06
Israel Herraiz Tabernero, Rafael Rodríguez Galván, Manuel Palomo Duarte

De la catedral al bazar: un estudio empírico del ciclo de vida de los proyectos basados en comunidades de voluntarios > 09
Andrea Capiluppi, Martin Michlmayr

Los bienes comunes como nueva economía y lo que esto significa para la investigación > 17
Richard P. Gabriel

Software libre para la gestión de proyectos de investigación > 20
Israel Herraiz Tabernero, Juan José Amor Iglesias, Álvaro del Castillo San Félix

Innovación tecnológica en comunicaciones móviles desarrollada con Software Libre: Campus Ubicuo > 25
Javier Carmona Murillo, José Luis González Sánchez, Manuel Castro Ruiz

El modelo de la Oficina de Software Libre de la Universidad de Cádiz en la universidad española > 31
José Rafael Rodríguez Galván, Manuel Palomo Duarte, Juan Carlos González Cerezo, Gerardo Aburruga García, Antonio García Domínguez, Alejandro Álvarez Ayllón

Aprendiendo a introducir una innovación en un proyecto basado en Software Libre > 36
Christopher Oezbek, Lutz Prechelt

Optimización del proceso de render 3D distribuido con software libre > 41
Carlos González Morcillo, Gerhard Weiss, David Vallejo Fernández, Luis Jiménez Linares, Javier Albusac Jiménez

secciones técnicas
Mundo estudiantil y jóvenes profesionales
SWAML, Semantic Web Archive of Mailing Lists > 49
Sergio Fernández López, Diego Berrueta Muñoz, José Emilio Labra Gayo

TCOS: uso de terminales ligeros en las aulas > 52
Mario Izquierdo Rodríguez

Porting de GCC al microcontrolador Microchip PIC16F877 > 55
Pedro José Ramírez Gutiérrez

SubDownloader > 58
Iván García Cortijo

Software Libre en la Enseñanza: primeras jornadas organizadas por OuSLi en el ámbito de la educación > 61
José Ramón Méndez Reboredo, Enrique Estévez Fernández, Florentino Fernández Riverola, Daniel González Peña

Referencias autorizadas > 64

sociedad de la información
Nueva Economía
Las TIC y la Ciencia, Ingeniería y Gestión de los Servicios > 69
Gregorio Martín Quetglas, Vicente Cerverón Lleó, Francisco J. Gálvez Ramírez

Programar es crear
Todas las palabras son capicúas (CUPCAM 2006, problema F, solución) > 73
Oscar Martín Sánchez

Las luces de la escalera (CUPCAM 2006, problema G, enunciado) > 74
Julio Mariño Carballo

Permutaciones con un número dado de inversiones (CUPCAM 2006, problema H, enunciado) > 75
Manuel Abellanas Oar, Luis Hernández Yáñez

asuntos interiores
Coordinación Editorial / Programación de Novática > 76
Normas para autores / Socios Institucionales > 77

Monografía del próximo número: "Gobierno de las TIC"

Javier Carmona Murillo¹, José Luis González Sánchez¹, Manuel Castro Ruiz²

¹Departamento de Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos, Escuela Politécnica de Cáceres, Universidad de Extremadura; ²SADIEL, S. A. Mérida.

<jcarmon, jlg>@unex.es>, <mcr Ruiz@sadiel.es>

Innovación tecnológica en comunicaciones móviles desarrollada con Software Libre: Campus Ubicuo



Carmona, González y Castro, 2007. Este artículo se distribuye bajo la licencia "Reconocimiento-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Genérica" de Creative Commons, disponible en <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/deed.es_CO>.

1. Introducción

En los últimos años muchos investigadores han fijado su interés en el Software Libre como base para el desarrollo de sus propuestas y contribuciones. En el campo de la informática y las comunicaciones este interés es, particularmente, útil en proyectos de desarrollo e innovación tecnológica si tenemos en cuenta el modelo de desarrollo característico del Software Libre [1].

Por otra parte, la actual demanda de conectividad ubicua, independientemente del lugar, instante o medio de acceso utilizado, ha convertido a las comunicaciones móviles en una necesidad. La movilidad de los usuarios de las redes sin dependencias de hilos, la Calidad de Servicio (QoS, *Quality of Service*) obtenida en las comunicaciones y, por último, la seguridad de la información transmitida por dichas redes, son tres características que Campus Ubicuo¹ propone interrelacionar a través de un cuarto aspecto no menos importante, como es la aplicación de todas las ventajas que aporta el Software Libre.

El proyecto Campus Ubicuo es el resultado de la experiencia de varios años de investigación en comunicaciones, movilidad y Software Libre, y aparece con el objetivo de aprovechar las posibilidades de movilidad y portabilidad de dispositivos como los PDA (*Personal Digital Assistant*), teléfonos móviles y ordenadores portátiles, para ofrecer servicios a los usuarios del sistema a través de tecnologías de comunicaciones inalámbricas como GSM (*Global System for Mobile Communications*), GPRS (*General Packet Radio Service*), UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), Bluetooth o Wi-Fi (*Wireless Fidelity*).

Este artículo presenta el trabajo desarrollado en el proyecto así como las tareas de investigación llevadas a cabo, y está organizado de la siguiente forma: En la **sección 2** se describen los desarrollos en los que se ha dividido el proyecto, mientras que las tareas de investigación relacionadas con Campus Ubicuo aparecen en la **sección 3**. Finalmente, las conclusiones y el trabajo futuro se presentan en la **sección 4**.

Resumen: las redes móviles constituyen hoy en día uno de los sectores de mayor crecimiento en el campo de las comunicaciones. La creciente demanda de servicios y la necesidad de movilidad por parte de los usuarios ha modificado el modelo tradicional de conectividad a Internet, que ya no se basa únicamente en el acceso a través de redes fijas. Partiendo del auge de los nuevos dispositivos portátiles y de las actuales redes de acceso inalámbricas, proponemos un sistema enfocado a proporcionar movilidad y ubicuidad en el entorno de un campus universitario extensible a todo tipo de organizaciones. Este artículo presenta Campus Ubicuo, un proyecto de investigación, desarrollo e innovación tecnológica en el campo de las comunicaciones móviles. Los esfuerzos del proyecto se centran en ofrecer ubicuidad a los usuarios del sistema por medio de servicios telemáticos avanzados sobre tecnologías inalámbricas implementados con Software Libre. Además, el desarrollo de Campus Ubicuo ha permitido realizar tareas de investigación relacionadas con la movilidad en redes IP y con las interferencias experimentadas por las diferentes tecnologías inalámbricas.

Palabras clave: Mobile IP, movilidad, PDA, Software Libre, ubicuidad, 3G.

Autores

Javier Carmona Murillo es estudiante de doctorado en el departamento de Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos de la Universidad de Extremadura. Allí recibió el título de Ingeniero en Informática (2005). Sus principales temas de investigación son las comunicaciones en banda ancha, la provisión de QoS en redes móviles y el soporte de movilidad en IP. Simultáneamente a sus estudios de doctorado, está trabajando en el proyecto Campus Ubicuo y realiza tareas de apoyo a la investigación en el grupo de investigación de Ingeniería Telemática Aplicada y Comunicaciones Avanzadas (GITACA) <<http://gitaca.unex.es>>.

José Luis González Sánchez es Diplomado en Informática, Ingeniero en Informática y, desde 2001, Doctor Ingeniero en Informática por la Universidad Politécnica de Cataluña. Ha desarrollado su labor profesional en diversas empresas públicas y privadas y, desde 1995, pertenece al Personal Docente e Investigador de la Universidad de Extremadura, estando adscrito al área de Ingeniería Telemática del Departamento de Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos. Es el investigador responsable del grupo de investigación GITACA (Grupo de Ingeniería Telemática Aplicada y Comunicaciones Avanzadas) de la Universidad de Extremadura y ha sido autor de múltiples libros, artículos, trabajos y proyectos de investigación relacionados con la informática y las comunicaciones. En la actualidad es el Presidente del Colegio Profesional de Ingenieros en Informática de Extremadura (CPIIEx).

Manuel Castro Ruiz es Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas por la Universidad de Extremadura. Ha cursado el Máster en Dirección Estratégica y Gestión de la Innovación por la Universidad Autónoma de Barcelona y en la actualidad es estudiante de Ingeniería Informática por la UNED. En los últimos diez años viene desarrollando su carrera profesional en distintas consultoras TIC en Madrid, Andalucía y actualmente en Extremadura, dirigiendo proyectos de desarrollo de Sistemas de Información para grandes empresas y organismos públicos. Actualmente es el delegado de la consultora Sadiel para Extremadura.

2. Desarrollo de Campus Ubicuo

2.1. Arquitectura del sistema

La **figura 1** presenta la arquitectura global del sistema propuesto. Una plataforma sobre la que ofrecer servicios de ubicuidad a los usuarios, a través de las actuales tecnologías de comunicaciones móviles.

En la imagen aparecen los cuatro pilares fundamentales sobre los que se asienta esta arquitectura: movilidad, QoS, seguridad y Software Libre.

En los apartados siguientes se describe cada uno de los subproyectos en los que se ha dividido el desarrollo del proyecto.

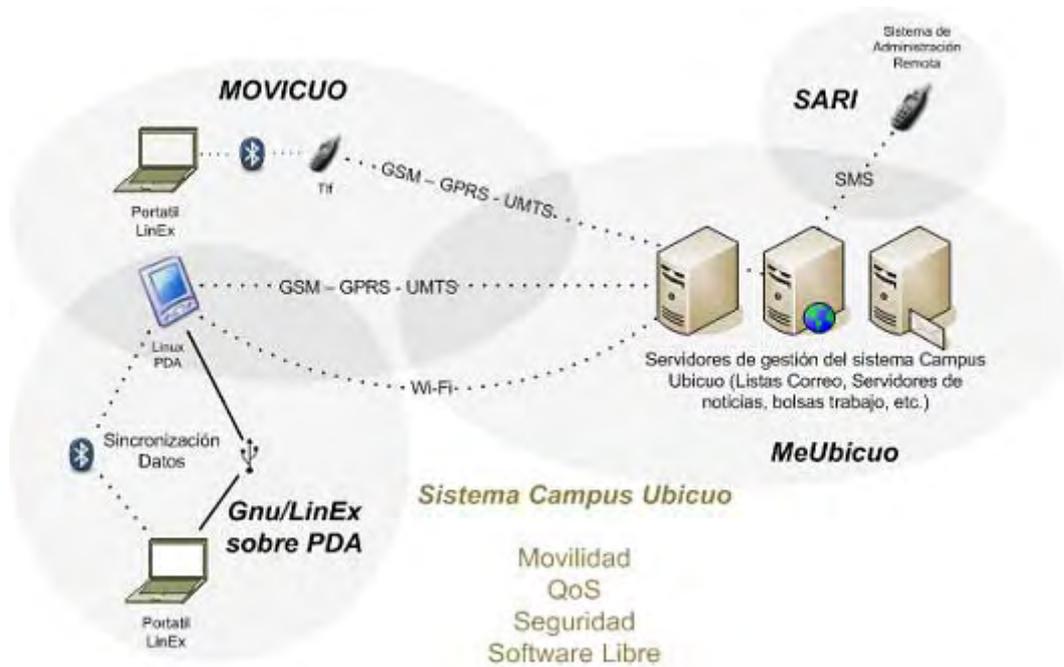


Figura 1. Arquitectura de Campus Ubicuo.

2.1.1. Movicuo

Campus Ubicuo dedica gran parte de sus esfuerzos al desarrollo de aplicaciones que aporten movilidad a los usuarios de sistemas operativos libres como GNU/Linux. Movicuo es el subproyecto dedicado a esta tarea.

Hoy en día, una de las tecnologías que tiene a la movilidad como una característica inherente es la de las redes de telefonía móvil. GPRS (2.5G) complementa el diseño de GSM (2G) con una red de conmutación de paquetes para el tráfico de datos y soporta la negociación de parámetros de QoS. Sin embargo, las tasas de velocidad alcanzadas

en GPRS (171,2 kbps en situaciones ideales) [2] no son adecuadas para determinados servicios como el tráfico multimedia. UMTS (3G) utiliza un nuevo método de acceso al medio que añade complejidad pero permite velocidades más altas [3].

Para establecer una conexión 2.5G o 3G desde un sistema GNU/Linux, en primer lugar, deben conectarse los dispositivos de la capa física. En el caso de utilizar un ordenador portátil y el teléfono móvil, esta conexión será USB, serie o Bluetooth. Si se utiliza un PDA este enlace físico se realiza sin intervención del usuario. El siguiente

paso consiste en establecer una conexión punto a punto (PPP, *Point to Point Protocol*) a nivel de enlace entre los dispositivos [4]. En la figura 2, aparece la pila de protocolos resultante tras la activación de PPP.

Una de las características más interesantes en este proceso de conexión es el acceso a las capas inferiores. Para proporcionar a los desarrolladores el acceso al hardware del terminal y a las propiedades de la red GPRS/UMTS directamente, el estándar define una serie de comandos AT+ que extiende el conjunto de comandos AT tradicionales de control de módem [5].

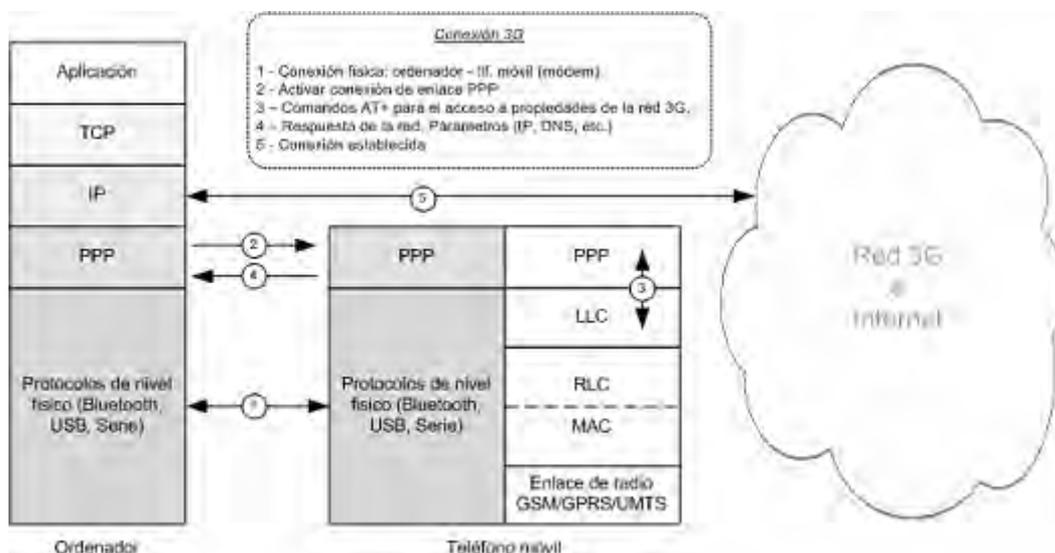


Figura 2. Protocolos para conexión 3G en el cliente.

La aplicación desarrollada en Movicio simplifica este proceso, ofreciendo a los usuarios de Campus Ubicuo un mecanismo de conexión utilizando dispositivos portables y tecnologías móviles desde GNU/Linux. La herramienta se ha implementado utilizando programación GNOME con librerías GTK+. Además, permite la negociación de conexiones con distintos parámetros de QoS y ofrece información en tiempo real del estado de la conexión (ver **figura 3**). Particularmente útil es la gráfica velocidad/tiempo, para la cual se ha utilizado la herramienta *rrdtool* <<http://oss.oetiker.ch/rrdtool>>.

Desde el punto de vista investigador, gracias a esta herramienta, hemos podido analizar conexiones 2.5G y 3G, estudiando parámetros como el *throughput*, el *delay* y el *jitter*, además del comportamiento de la red en función del tipo de tráfico enviado o el nivel de QoS negociado.

2.1.2. GNU/LinEx sobre PDA

Este apartado está dedicado a la instalación del sistema GNU/LinEx en dispositivos PDA, sobre los que realizar desarrollos de software y de comunicaciones avanzadas.

El desarrollo de un sistema Linux empotrado para un PDA es una tarea compleja y que



Figura 3. Ventana de información de la conexión 3G.

requiere conocimientos de sistemas operativos, del sistema Linux en particular y de la arquitectura propia del dispositivo. Estos

PDA utilizan una familia de microprocesadores RISC denominados ARM [6], lo que significa que todo el software que se ejecute sobre él debe estar compilado específicamente para esa arquitectura. El proceso de compilación cruzada (*cross-compiling*) consiste en compilar un código fuente sobre una arquitectura para generar binarios en otra distinta. Así, para compilar una aplicación para el PDA o para construir la distribución hay que realizar compilación cruzada. En la **figura 4** se observa la diferencia entre un fichero compilado para las arquitecturas x86 y ARM, usando GCC (*GNU Compiler Collection*) como *cross-compiler*.

Actualmente existen proyectos centrados en el desarrollo de sistemas Linux para dispositivos empotrados. Podemos destacar EmDebian <<http://www.emdebian.org>> o Familiar <<http://familiar.handhelds.org>>, así como herramientas que facilitan la compilación cruzada como Scratchbox <<http://www.scratchbox.org>> y OpenEmbedded <<http://www.openembedded.org>>. Scratchbox ofrece un conjunto de herramientas diseñadas para facilitar la compilación cruzada, mientras que la segunda es un entorno de desarrollo que simplifica la tarea de construir distribuciones Linux completas para dispositivos empotrados.

En Campus Ubicuo uno de los PDA utilizados es el *HPiPAQ h6340*, que dispone de un microprocesador *ARM TI OMAP 1510*. Construir un sistema GNU/LinEx para este PDA supone construir cada una de las partes que lo componen: núcleo, sistema de ficheros y gestor de arranque.

Las fuentes del *kernel* utilizadas para este microprocesador se denominan *omap-linux*, (son además necesarios una serie de parches para el dispositivo concreto). La compilación cruzada de las fuentes del núcleo se realiza con el compilador GCC para ARM (*arm-linux*) y, como resultado, obtendremos una imagen que es la que se cargará durante el proceso de arranque. Además del núcleo, el SO requiere aplicaciones que aporten interactividad con el usuario y establezcan el árbol de directorios jerárquico (lo llamaremos *rootfs*). Compilar de forma cruzada cada librería y cada aplicación de un sistema Linux no es una tarea aceptable en términos de tiempo y de esfuerzo, por lo que utilizamos OpenEmbedded para esta tarea. Con respecto al cargador de arranque, usamos Uboot, ya que está soportado para la arquitectura utilizada.

Una vez que disponemos de la imagen del núcleo, el *rootfs* y el *bootloader*, podemos arrancar el sistema GNU/LinEx construido. Esta plataforma sobre el PDA, que puede ser extendida a cualquier distribución Linux, es la base de desarrollos y actividades de otras partes del proyecto.

COMPILACIÓN CRUZADA DE UNA APLICACIÓN

`hola_mundo.c`

```
#include <stdio.h>
int main (void) {
    printf ("¡Hola Mundo!\n");
    return 0;
}
```

Compilación para la arquitectura x86

```
# gcc -Wall -o hola_x86 hola_mundo.c
# file hola_x86
hola_x86: ELF 32-bit LSB executable, Intel
80386, version 1 (SYSV), for GNU/Linux 2.2.0,
dynamically linked (uses shared libs), not
stripped
```

Compilación para la arquitectura ARM

```
# arm-linux-gcc -Wall -o hola_arm hola_mundo.c
# file hola_arm
hola_arm: ELF 32-bit LSB executable, ARM,
version 1 (ARM), for GNU/Linux 2.4.3,
dynamically linked (uses shared libs), not
stripped
```

Figura 4. Ficheros compilados para las arquitecturas x86 y ARM.

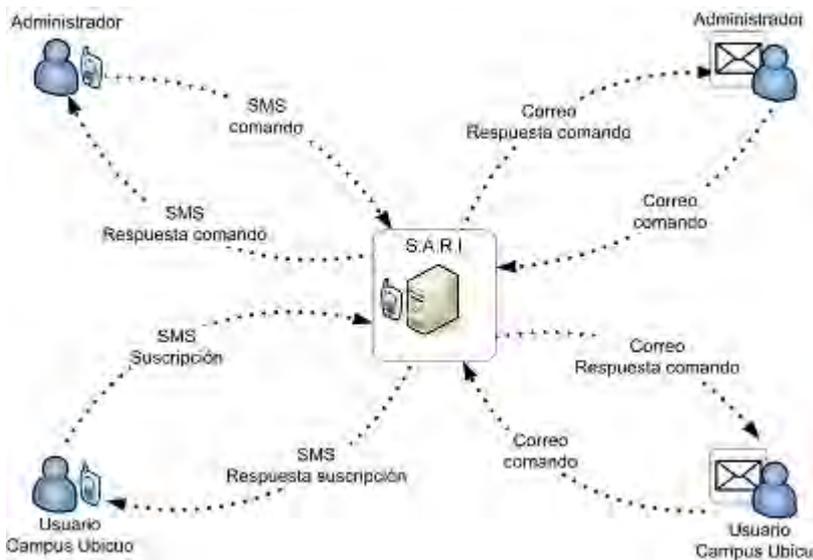


Figura 5. Interacción de los usuarios con SARI.

2.1.3. SARI (Sistema de Administración Remota Inalámbrico)

Volviendo a la arquitectura mostrada en la figura 1, Campus Ubicuo dispone de un sistema de administración remota al que hemos denominado SARI. Los sistemas informáticos a los que accedemos cada día requieren una administración particular, además de una disponibilidad de gestión absoluta. Por otra parte, la capacidad de la tecnología de mensajería instantánea (SMS, Short Message Service), la hace especialmente interesante en la manipulación de ciertos sistemas críticos que requieran un control desde cualquier localización y en cualquier instante.

Los trabajos y aplicaciones existentes para la administración vía SMS, tienen ciertas limitaciones, especialmente relativas a la seguridad. Por esto, se ha desarrollado un nuevo sistema robusto y extensible, capaz de soportar las necesidades de administración de un sistema informático. SARI permite la ejecución remota de comandos en sistemas Linux, además de la gestión de las suscripciones a los distintos servicios de difusión de información de Campus Ubicuo. Esto aporta al administrador del sistema la ubicuidad requerida para labores administrativas que deben ser realizadas en cualquier momento y lugar. El diagrama de la figura 5 representa la interacción de los distintos usuarios con SARI.

El programa principal, o sistema base, se ejecuta como un *daemon* al que se le pueden ir añadiendo *plugins* según el tipo de comunicación utilizada. Actualmente se han implementado dos *plugins*, uno encargado de la comunicación vía *bluetooth* [7] con un teléfono móvil para gestionar el envío y recepción de los mensajes SMS, y otro que gestiona la comunicación a través de mensajes de correo electrónico.

Así, el *daemon* ejecuta los procedimientos correspondientes a cada tipo de comunicación implementada en los *plugins* y cada *plugin* divide su ejecución en pasos, siendo posible mantener en una cola estos pasos de ejecución para cada uno de los *plugins*. Aunque la ejecución de cada paso no es paralela a la de los otros *plugins*, sí lo es en el proceso general, pudiendo funcionar al mismo tiempo distintos sistemas de comunicación.

Por otra parte, cada *plugin* se encarga de gestionar la comunicación para que sea no bloqueante, es decir, la implementación debe evitar que si en cualquier momento el dispositivo o servidor no contesta a una petición, el proceso quede parado a la espera de una respuesta que no llegará. Cada uno de los *plugins* desarrollados sigue un patrón en el que se distinguen las fases clásicas de una conexión: establecimiento, mantenimiento y cierre de la conexión.

El funcionamiento del *daemon* SARI es similar al resto de servicios de los sistemas Linux. El fichero de configuración se encuentra en `/etc/sari/sari.conf`, y la herramienta puede lanzarse desde `/etc/init.d/sari`. En ejecución SARI permite, tanto funciones administrativas, como funciones relacionadas con las suscripciones de los usuarios de Campus Ubicuo, basándose, para ello, en una sintaxis predefinida que puede ser configurada en uno de sus ficheros de configuración.

2.1.4. MeUbicuo

Campus Ubicuo es administrado por un conjunto de servidores centrales en los que se almacena la información que debe ser gestionada. Esta gestión ha sido separada del resto del sistema en un subproyecto independiente al que hemos denominado MeUbicuo, debido a que todos los servicios

que se ofrecen son controlados desde estos servidores y puede aislarse del resto para facilitar un cambio en los requerimientos o una adaptación a otro tipo de organizaciones.

En estos servidores es donde se ejecuta SARI, permitiendo que los usuarios puedan realizar el envío y recepción de determinadas tareas relacionadas con las suscripciones a los servicios ofrecidos por Campus Ubicuo, así como ciertas tareas administrativas. También se encuentran las bases de datos y todas las estructuras de datos necesarias para su correcta gestión y la de su sistema de difusión. Es decir, si un usuario está dado de alta en el servicio de información de noticias universitarias a través de SMS, cuando llegue una noticia nueva de este tipo al sistema, ésta será difundida a él y al resto de usuarios suscritos.

Para que los usuarios puedan acceder a su información, además de la gestión de la suscripción mediante SMS, existe un portal web desarrollado con PHP y MySQL, a través del cual los usuarios realizan su registro en el sistema y pueden modificar o configurar sus preferencias como los servicios suscritos o el medio de acceso a esta información.

3. Tareas de investigación

Campus Ubicuo no es sólo un proyecto de desarrollo e innovación. También ha permitido realizar tareas de investigación relacionadas principalmente con la movilidad en redes IP y con las interferencias entre distintas tecnologías inalámbricas. Estos resultados son presentados brevemente en esta sección.

3.1. Movilidad IP: análisis y optimización del handover

Uno de los campos de investigación más interesante actualmente en las comunicaciones es el relacionado con el soporte de movilidad en redes IP. Aunque existen distintas soluciones para abordar el problema, la mayoría de las contribuciones giran en torno a *Mobile IP* [8].

Este protocolo, propuesto por el IETF (*Internet Engineering Task Force*), tiene como objetivo principal el permitir a los nodos móviles cambiar su punto de conexión a la red sin pérdida de conectividad. Esto se consigue manteniendo una dirección IP fija en el nodo móvil (*Home Address*), y otra temporal (*CoA, Care-of Address*) a través de la cual es accesible cuando el nodo se mueve a otra red (*Foreign Network*).

Uno de los procesos más costosos de este protocolo es el *handover*, que se produce cuando un terminal realiza un movimiento y cambia su punto de conexión a la red. Exis-

ten soluciones que utilizan información de nivel 2 para minimizar el retardo que se produce al detectar el movimiento. Estas propuestas, aun siendo más rápidas que las de nivel 3, limitan la capacidad de movilidad de un nodo entre redes heterogéneas al ser dependientes de la tecnología de acceso. Podemos representar el tiempo de *handover* (T_H) de nivel de red de la siguiente forma:

$$T_H = T_{DM} + T_{REG}$$

donde T_{DM} es el tiempo que tarda el nivel de red en detectar que el nodo se ha movido y T_{REG} es el tiempo empleado en configurar la nueva dirección CoA y registrarla en su red origen.

El estudio del *handover* en *Mobile IPv6* nos ha permitido desarrollar un algoritmo denominado FDML3 (*Fast Detection Movement L3*) que, partiendo del trabajo realizado en [9], modifica el algoritmo de detección de movimiento a nivel de red propuesto por *Mobile IPv6*, basado en la pérdida de varios anuncios de *router* consecutivos como indicativo de que se ha producido un *handover*. Este método no depende de la capa de enlace, sino de la frecuencia con la que se envían los anuncios de *router* (RA, *Router Advertisement*) no solicitados. En FDML3, esta frecuencia tiene una influencia menor debido a que el aviso de *handover* se produce con la pérdida del primer RA.

Para analizar y validar los resultados del nuevo algoritmo, así como para compararlo con otros métodos de detección del movimiento, hemos utilizado el simulador OMNET++ <<http://www.omnetpp.org>>

donde se ha implementado la propuesta. En la **figura 6** se muestra la gráfica de los tiempos producidos por 8 movimientos.

Se han obtenido resultados que mejoran el tiempo de detección del movimiento hasta en un 25% con respecto al algoritmo propuesto por *Mobile IPv6*. Aún así, no en todos los casos consiguiendo una disminución del tiempo, ya que en configuraciones con valores muy pequeños para el intervalo de tiempo entre RAs no solicitados, los tiempos no mejoran.

3.2. Análisis de interferencias

Otra tarea de investigación que Campus Ubicuo nos ha permitido realizar es el estudio analítico y evaluación de las interferencias que experimentan las distintas tecnologías de comunicaciones inalámbricas.

En este trabajo se analizan las interferencias que unas tecnologías inalámbricas ejercen sobre otras en un entorno cercano, estudiando cómo afectan dichas interferencias en términos de rendimiento a cada una de las señales existentes. El estudio se lleva a cabo desde el punto de vista de un administrador de red, cuya función es la de mantener operativas distintas redes e intentar solucionar los problemas que se le presenten, algunos derivados de esta situación de interferencias.

Así, hemos podido comprobar a través de pruebas de laboratorio y de trabajo de campo, cómo pueden verse afectadas las redes inalámbricas por el funcionamiento de elementos tan comunes como microondas, teléfonos inalámbricos, mandos a distancia de

radiofrecuencia o, en general, aquellos que emiten en la frecuencia ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) de 2,4 GHz, reservada internacionalmente para uso no comercial y cuya banda está abierta para usos industriales, científicos y médicos sin necesidad de licencia. Es en este espacio donde se sitúan muchas tecnologías de comunicaciones inalámbricas como Bluetooth o Wi-Fi. De este modo, el administrador de red puede saber a qué se debe la caída de rendimiento de las redes inalámbricas a su cargo en un momento dado para actuar en consecuencia.

En este estudio se ha utilizado un analizador de espectros para conocer el número de dispositivos inalámbricos activos, el canal en el que emiten y otro tipo de información útil.

4. Conclusiones y trabajo futuro

En los últimos años estamos asistiendo a un cambio progresivo en las necesidades de los usuarios de las tecnologías de comunicaciones. La movilidad es un aspecto cada vez más demandado y las redes de datos de última generación son partícipes de este cambio. En esta situación el sistema desarrollado en Campus Ubicuo ofrece servicios telemáticos avanzados y de movilidad a sus usuarios.

Este proyecto tiene en el Software Libre uno de sus pilares principales. Un proyecto de este tipo, realizado en convenio entre universidad y empresa, permite, tanto al grupo GÍTACA como a SADIEL, S. A., la transferencia tecnológica hacia otros grupos y empresas que, gracias a las ventajas del Software Libre, podrán beneficiarse de la innovación generada al poner a disposición pública los resultados de nuestra investigación, difundida a través del portal web del proyecto <<http://gitaca.unex.es/cubicuo>>.

Si bien el proyecto está a punto de concluir, aún queda por acometer uno de las tareas más atractivas: la implantación de Campus Ubicuo en otras organizaciones distintas a las de una universidad. Campus Ubicuo ya está siendo analizado para su uso en tres entornos donde su aplicabilidad es directa; en hospitales y centros de educación secundaria donde las tecnologías utilizadas en este proyecto pueden agilizar y facilitar tanto los trámites administrativos como el control de los pacientes y estudiantes; y, en tercer lugar, como apoyo de los servicios turísticos en una administración local para ofrecer, como valor añadido, a los visitantes servicios telemáticos avanzados con tecnologías móviles sobre dispositivos como PDA o teléfonos móviles.

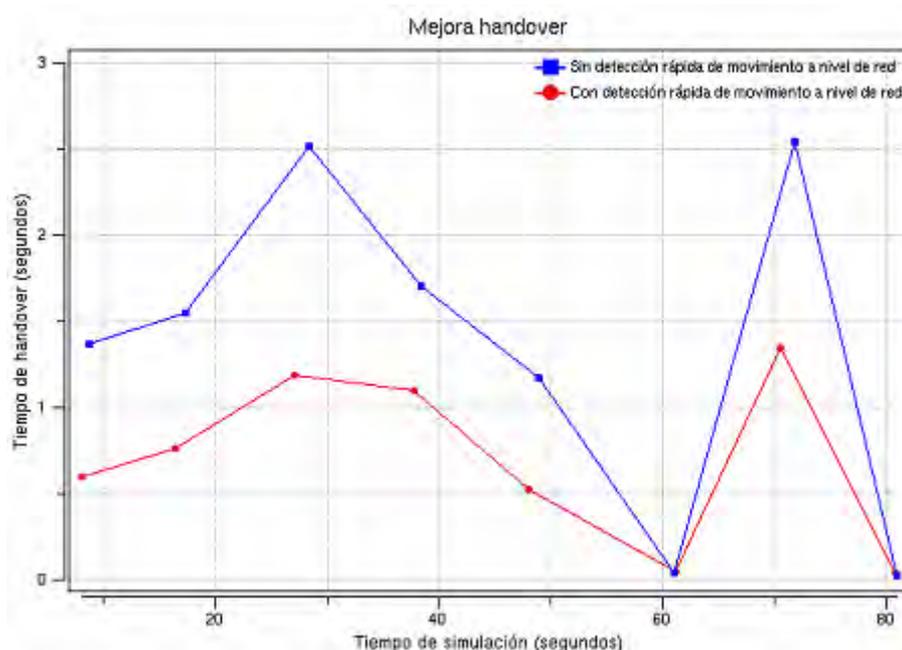


Figura 6. Comparativa del tiempo de *handover* con y sin FDML3.

Referencias

- [1] I. Herraiz, J. J. Amor, A. del Castillo. Libre software for research. *FLOSS International Conference*. Jerez de la Frontera, Spain. March 2007, pp. 97-105.
- [2] J. Carmona Murillo, J. L. González Sánchez, A. Gazo Cervero, L. Martínez Bravo. MOVICUO: Comunicaciones móviles y software libre para la ubicuidad. *III Jornadas de Software Libre de la Universidad de Cádiz*, Cádiz, Spain. April 2006, pp 45-58
- [3] J. Perez-Romero, O. Sallent, R. Agustí, M. A. Díaz-Guerra. *Radio Resource Management Strategies in UMTS*, Wiley, 2005. ISBN: 0470022779.
- [4] C. Andersson. *GPRS and 3G Wireless Applications*. Wiley, 2001. ISBN: 0471414050.
- [5] ETSI TS 07.07. *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); AT Command set for GSM Mobile Equipment (ME)*. 2003.
- [6] C. Hallinan. *Embedded Linux Primer*. Prentice Hall, 2006. ISBN: 0131679848.
- [7] A. Huang. The use of Bluetooth in Linux and location aware computing. *Master thesis, Massachusetts Institute of Technology*. Cambridge, MA. 2005.
- [8] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko. Mobility Support in IPv6. *IETF RFC 3775*, June 2004.
- [9] N. Blefari-Melazzi, M. Femminella, F. Pugini. A layer 3 Movement Detection Algorithm Driving Handovers in Mobile IP. *Wireless Networks* 11 (3), pp. 223 – 233. 2005. Springer Netherlands.

Nota

¹Campus Ubicuo <<http://gitaca.unex.es/cubicuo>> es un proyecto desarrollado en convenio por el Grupo de Investigación de Ingeniería Telemática Aplicada y Comunicaciones Avanzadas (GITACA) de la Universidad de Extremadura <<http://gitaca.unex.es>> y la empresa SADIEL, S. A. <<http://www.sadiel.es>>, con el apoyo de la Junta de Extremadura. (Expediente del proyecto: PDT05A041).

Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática
JENU2008
 Granada
 9 al 11 de Julio 2008
 Palacio de Exposiciones y Congresos

AENUI
 Asociación de Enseñantes Universitarios de la Informática

UGR
 Universidad de Granada

ATC
 Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores

<http://jenu2008.ugr.es>

El objetivo de estas Jornadas, promovidas por la Asociación de Enseñantes Universitarios de Informática (AENUI) con la colaboración de la Universidad de Granada y de ATI y su revista Novática, es promover el contacto y el intercambio de experiencias entre los profesores universitarios de la informática, debatir sobre el contenido de los programas y los métodos pedagógicos empleados, y presentar temas y enfoques innovadores que permitan mejorar la docencia de la informática en las universidades.

PRECIO DE LA INSCRIPCIÓN COMPLETA	
HASTA EL 12 DE MAYO DE 2008: 270 euros	DESPUÉS DEL 12 DE MAYO DE 2008: 340 euros