

# Gestión Inteligente de los Recursos Radio para Redes Ad-hoc de Alta Velocidad a Través del Desarrollo de Técnicas de: Lógica Fuzzy, Procesado de Señal y de Protocolos de Control de Acceso al Medio<sup>1</sup>

Ana I. Pérez Neira, Antonio Pascual Iserte, Montserrat Nájjar  
Universidad Politécnica de Cataluña - UPC  
c/ Jordi Girona 1-3, módulo D5-201, 08034- Barcelona.  
Teléfono: 932046436. Fax: 932046447  
E-mail: anuska@gps.tsc.upc.edu

***Abstract.** The general goal of Girafa is to increase throughput and quality of service (QoS) in ad-hoc networks by applying strategies of reconfigurability and PHY/MAC cross-layer design and by developing techniques involving fuzzy logic and advanced signal processing.*

## 1 Introducción

El propósito del proyecto es abordar diferentes problemáticas que pueden darse en redes ad-hoc y estudiar posibles alternativas para dotarlas de alta velocidad de transmisión y calidad de servicio. El proyecto parte de herramientas disponibles en la capa física para enfrentarse al medio radio y estudia cómo la capa de acceso puede interactuar con la capa física para conseguir mejoras en el acceso y en ofrecer una calidad de servicio integrada. El proyecto se divide en siete actividades/tareas principales de investigación: Tarea 1 (T1) o desarrollo de sistemas reconfigurables a nivel físico; Tarea 2 (T2) o desarrollo de sistemas reconfigurables a nivel de enlace/sistema; Tarea 3 (T3) o estrategias de optimización conjunta (PHY-MAC); Tarea 4 (T4) o fusión de las técnicas desarrolladas a nivel de MAC en T2 y T3; Tarea 5 (T5) o desarrollo de sistemas de lógica fuzzy y de procesado avanzado de la señal para gestión del nivel de red; Tarea 6 (T6) o desarrollo de una plataforma; y Tarea 7 (T7) o estudio de arquitecturas hardware disponibles en el mercado.

A continuación se pasa a describir el trabajo desarrollado en cada una de las tareas por parte de la UPC. En [www.cttc.es/projects/girafa](http://www.cttc.es/projects/girafa) está disponible una página web que divulga los resultados del proyecto coordinado. Entre otros se puede encontrar [1], que contiene las publicaciones que se han realizado en cada una de las tareas.

## 2 Actividad realizada y resultados

El trabajo a nivel de capa física que se ha realizado en la tarea T1 se ha centrado en los sistemas WLAN (*wireless local area network*), concretamente en los estándares IEEE802.11 a, b y g, o modificaciones de los mismos para redes de seguridad pública, que operan en la banda de 5 GHz (a) y 2.4 GHz (b y g).

Principalmente se ha considerado OFDM como medio de transporte; ya que se muestra como una buena alternativa para combatir los ecos del canal, incluso para los nuevos estándares móviles de banda ancha, 802.16 y 802.20. En esta tarea se han diseñado sistemas de transmisión punto a punto, siendo la transmisión multipunto objeto de otras tareas del proyecto. Para resolver el problema de interferencias y ganar en QoS se han desarrollado tanto técnicas de procesado de arrays como técnicas de lógica fuzzy. Por otra parte, el ofrecer arquitecturas reconfigurables según el canal o escalables y robustas según la información disponible del canal de transmisión ha sido un común denominador en T1.

Para mejorar la capacidad y comportamiento de los sistemas multiantena existentes, las técnicas de procesado de array desarrolladas se han centrado en cómo emplear de manera inteligente múltiples antenas en transmisión en sistemas MIMO (*multiple input multiple output*). Concretamente, se han tenido en cuenta las limitaciones por tener una CSI o *channel state information* imperfecta, más crítico en transmisión que en recepción. Los diseños van dirigidos a conseguir una mejora de diversidad y BER (*bit error rate*), o de capacidad y velocidad de transmisión y estudiar estrategias para dotar al transmisor de capacidad de reconfigurabilidad o adaptación al enlace. Una herramienta importante en los estudios realizados ha sido la optimización convexa, que ha permitido obtener soluciones de diseño generales para el procesado MIMO. Otras herramientas matemáticas útiles que se han aplicado y desarrollado para el diseño de sistemas multiantena en recepción prácticos o implementables ha sido el procesado fuzzy y el análisis matricial asintótico.

El procesado fuzzy también se ha empleado por la UPC para desarrollar receptores de espectro ensanchado por código escalables a diferentes tipos

---

<sup>1</sup> Contrato: TIC2002-04594-C02-01.

de interferencia pues son capaces de enfrentarse no sólo a interferencias de banda estrecha, sino también de banda ancha. El objetivo ha sido diseñar receptores que, sin necesidad de diversidad espacial, sean capaces de trabajar en la banda de 2.4 GHz, que, al ser libre de licencia, no ofrece un entorno radio libre de interferencias a los sistemas que trabajan en ella. Una vez más, las técnicas de lógica fuzzy han permitido obtener sistemas de sencilla implementación y fácil ajuste.

En cuanto al tipo de red WLAN, considerado en T2 y T3, hablamos tanto de redes de acceso centralizado, como descentralizado, si bien el primero ha sido el más considerado a la hora de garantizar QoS y elevada capacidad. La tarea T2 se ha dividido en dos objetivos: i) el diseño de sistemas de enlace reconfigurables, desarrollada principalmente por el CTTC; ii) el diseño de *schedulers* de capa física capaces de gestionar los diferentes recursos de nivel físico: potencia, frecuencias, espacio y arquitecturas de transmisión. Tal y como era previsto, en ambos objetivos, la Tarea 2 va convergiendo con la Tarea 3. Esta última está centrada en técnicas intercapa o *cross-layer* PHY-MAC para el diseño de protocolos y, por lo tanto, tiene una visión más global de la red y del sistema de comunicaciones. Prueba de ello es que, por ejemplo, resultados de los estudios *cross-layer* nos permiten concluir que las técnicas que manejan *goodput* como medida de calidad que tiene en cuenta tanto la BER como la velocidad de transmisión, serán más adecuadas a la hora de hacer adaptación al enlace. Otro ejemplo es la importancia del tamaño de las colas y no sólo los parámetros del canal si se quiere hacer una gestión de recursos físicos reconfigurable. Y, finalmente, diremos que, para ganar en *throughput* y QoS, hemos combinado sistemas reconfigurables tanto a nivel físico como de acceso (T2), con sistemas en los que el acceso es multiusuario (T3). La tarea T4 es la encargada de compendiar las diferentes técnicas y estrategias desarrolladas en T2 y T3 y estudiar lo conveniente de emplear lógica fuzzy a la hora de reconfigurar el sistema tanto a nivel PHY como MAC. Con dicho objetivo la UPC ha estudiado de manera exhaustiva algoritmos de clasificación fuzzy que permitan reconocer un escenario incorporando conocimiento experto en el caso de que sea disponible. En esta tarea se ha puesto especial cuidado en el grado de abstracción que de la capa física hace la capa MAC para poder reaccionar adecuadamente a los recursos del canal radio. También es importante el diseño de un modelo matemático para protocolos de múltiple acceso así como controlar cuán óptimos son los protocolos de gestión de recursos físicos que se diseñan.

El objetivo principal de la Tarea 5 es ofrecer una calidad de servicio integrada entre capas. Los trabajos realizados por la UPC van en tres direcciones. Por una parte, integrar lo realizado a nivel de MAC-PHY con los requerimientos de la capa de red. Por otra parte, estudiar el hand-off en redes heterogéneas

mediante sistemas de lógica fuzzy que sepa garantizar una mínima QoS. Finalmente, se han diseñado estrategias de encaminamiento en redes adhoc, donde las métricas usadas tienen en cuenta explícitamente parámetros relacionados con las baterías disponibles de los nodos y las potencias de transmisión. Se han mejorado métricas ya existentes en la literatura, dando como resultado soluciones que son capaces de incrementar de forma global la vida de la red adhoc. Tanto para el hand-off como para el encaminamiento, es importante conocer la posición de los distintos nodos. Técnicas de procesamiento avanzado de señal como algoritmos de estimación de alta resolución y algoritmos adaptativos se han aplicado en el desarrollo de técnicas de localización, proporcionando una gran precisión en la estimación de la posición.

En cuanto a la Tarea 6, la UPC ha desarrollado los modelos de canal físico y las interficies con el simulador de sistema Opnet tanto para SISO (*single input multiple output*), SIMO (*multiple input multiple output*) y MIMO (*multiple input multiple output*). Actualmente se están desarrollando las interficies para MIMO. Finalmente, en el caso de que sea necesario se estudiarán posibles modos de implementación *hardware* del controlador fuzzy.

### 3 Colaboración con diversos sectores

A raíz de este proyecto y de los resultados obtenidos se han elaborado varias propuestas en programas europeos. Las concedidas han sido: Marquis (procesado multiantena), Newcom (red de excelencia de procesamiento avanzado de señal), Widens (redes adhoc para seguridad pública), Planets (redes adhoc domésticas). En relación con los sistemas de clasificación fuzzy se ha llevado a cabo la Acción Integrada HF2001-55 y un convenio con la empresa Salvio Busquets S.A.

### 4 Conclusiones

El proyecto se está realizando según lo previsto. Su continuación consistirá en seguir con el cronograma indicado en la propuesta: i) convergencia de T2 y T3 para obtener diseños PHY-MAC lo más óptimos posibles para sistemas WLAN; ii) QoS integrada; iii) finalización del simulador PHY-MAC "software". Observamos también que las estrategias de reconfigurabilidad y *cross-layer* que se plantearon en este proyecto se están consolidando tanto en las redes de sensores como en los futuros sistemas radio denominados de 4G, que parecen hacer una fuerte apuesta por *cognitive radio*.

### Referencias

- [1] Informe de seguimiento primera y segunda anualidad UPC, [www.cttc.es/projects/girafa/research.htm](http://www.cttc.es/projects/girafa/research.htm)