

# Potenciando el aprendizaje proactivo con ILIAS&WebQuest: aprendiendo a paralelizar algoritmos con GPUs

J. Santamaría\*, M. Espinilla\*, A. J. Rivera\*\*, S. Romero\*\*

Departamento de Informática

Universidad de Jaén

\*EPS Linares, C/ Alfonso X El Sabio, 28. 23700, Linares, Jaén

\*\*EPS Jaén, Campus Las Lagunillas. 23071, Jaén

{jslopez, mstevez, arivera, sromero}@ujaen.es

## Resumen

Arquitectura de Computadores es una asignatura troncal de segundo ciclo de la titulación de Ingeniería de Telecomunicación (P.E. 2004) de la Universidad de Jaén, que desde el curso académico 2009/10 cuenta con una metodología de aprendizaje proactivo para motivar al alumno en la realización de las prácticas. En concreto, se ha abordado la enseñanza de la materia de paralelización de algoritmos haciendo uso de GPUs de tarjetas gráficas convencionales. Además, se ha dado soporte telemático al profesorado y alumnado de la asignatura mediante el uso de plataformas web de e-learning como ILIAS y otras como WebQuest. Por último, en este trabajo se presentan algunos de los resultados alcanzados con esta experiencia.

## 1. Introducción

El proceso de aprendizaje proactivo realizado con una motivación, unos contenidos, unas técnicas y una evaluación que adquiere el alumno de forma autónoma durante tal proceso, tiene como principal ventaja la mejora significativa de la motivación de éste en el aprendizaje [3]. Tal enfoque es de especial interés en asignaturas con escaso calado entre el alumnado. Son numerosos los trabajos presentados en JENUi en los últimos años en los que se proponen estrategias de aprendizaje para reforzar principalmente la motivación del alumno en asignaturas de Arquitectura de Computadores (AC). No obstante, en ningún caso se ha abordado la implantación de tales estrategias en titulaciones distintas a la rama de la informática.

En este trabajo se presenta una experiencia llevada a cabo durante el curso 2009/2010 en una asignatura de AC de la titulación de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad de Jaén. Por otro

lado, con el propósito de acercar al alumno a las nuevas tecnologías hardware en materia de AC, hemos abordado la paralelización de algoritmos desde un enfoque distinto a los empleados hasta ahora en AC, como es el uso de una tecnología reciente basada en la unidad de procesamiento gráfico (GPU) [7] de una tarjeta gráfica convencional. Con tal fin, se ha adoptado una metodología de aprendizaje que potencie la investigación del alumno en un ambiente colaborativo. Asimismo, se ha hecho uso de una herramienta web basada en *WebQuest*<sup>1</sup> que, unida a la plataforma de e-learning *ILIAS*<sup>2</sup>, tiene como principal objetivo asistir al docente y alumno en la consecución de los objetivos académicos diseñados.

La Sección 2 presenta una breve revisión de las contribuciones a JENUi relacionadas con la temática de este trabajo. En la Sección 3 se describe la propuesta metodológica de aprendizaje y se muestran algunos de los resultados alcanzados. Por último, la Sección 4 resume este trabajo.

## 2. Revisión de contribuciones

Durante el segundo cuatrimestre del curso 2008/2009, el equipo de profesores del área realizó una revisión minuciosa de aquellas contribuciones a JENUi relacionadas con la temática de este trabajo que le sirviera de ayuda en el diseño de una metodología orientada a potenciar la motivación del alumno en prácticas. Del estudio realizado, podemos clasificar estas contribuciones en las siguientes categorías:

- *Propuestas de adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)*. Almeida y otros [1] realizan una exposición de los motivos por los cuales el papel de la programación

<sup>1</sup>Herramienta docente que implementa el enfoque de aprendizaje basado en retos propuesto por *Seymour Papert* en los ochenta.

<sup>2</sup>Web de ILIAS <http://www.ilias.de/docu/>

paralela es de especial relevancia en el currículo de los nuevos ingenieros en informática, así como de la necesidad de implantar esta materia práctica en los nuevos planes de estudio. Previamente, Vega y otros [12] presentan una propuesta de adaptación de la asignatura Arquitectura e Ingeniería de Computadores (AIC) al EEES. En ella se detallan aspectos tales como las competencias a fomentar, la interrelación de AIC con otras asignaturas de la titulación y los contenidos propuestos. No obstante, ninguno de estos trabajos extrapolan sus iniciativas de adaptación a otras titulaciones con cierto grado de afinidad, como puede ser la que nos ocupa en este trabajo, Ingeniería de Telecomunicación. Tampoco se aborda la formación del alumno en el uso de nuevas tecnologías de paralelización tales como las ofrecidas por las GPUs.

- *Metodología de aprendizaje basada en el uso de software de simulación.* Ros y García proponen el uso de una herramienta didáctica basada en una plataforma de simulación de servidores de aplicaciones que ellos llaman *Simics* [9]. A destacar en este trabajo se encuentra el alto grado de satisfacción alcanzado por los alumnos y su aplicabilidad al mundo empresarial. Por otro lado, en el trabajo presentado por Ubal y otros [11] se propone abordar la enseñanza de la aritmética digital en coma flotante haciendo uso de una herramienta llamada *RAC<sub>FP</sub>* para introducir conceptos tales como: representación, algoritmos y circuitos hardware reales. Con el uso de *RAC<sub>FP</sub>*, los autores persiguen reducir la dificultad del proceso de aprendizaje y animar/motivar a los estudiantes al estudio de esta materia. Otros trabajos se han propuesto en la misma línea de actuación [2, 5, 6, 8]. Como ventaja principal de este enfoque supervisado, es su gran capacidad potenciadora del aprendizaje al basarse en el estilo *visual-auditivo-kinestésico* (VAK) [3], mediante el cual se potencian los tres grandes sistemas para representar mentalmente la información: visual, auditivo y kinestésico (sensaciones). Sin embargo, en base a nuestra experiencia pasada, la desventaja es que se requieren varias sesiones para explorar un modelo a fondo antes de comenzar con la resolución de la práctica.

- *Metodología de aprendizaje proactivo basada en la investigación del alumno.* En lugar de proporcionar el material (tutoriales, manuales, software, etc.) necesario al alumno previo a la realización de la práctica, en este enfoque el docente aplica estrategias orientadas a que el alumno tome la iniciativa en la resolución de problemas, incluso antes de que estas se hubieran planteado<sup>3</sup>. Por tanto, esto supone que el alumno debe ser responsable e intentar serlo de manera eficaz y eficiente. En esta línea, se han propuesto varios trabajos con el objeto de fomentar el aprendizaje autónomo del alumno [4, 13].

### 3. Metodología propuesta

Cada tipo de aprendizaje tiene sus ventajas e inconvenientes [10]. El aprendizaje proactivo o autónomo está más cercano a las necesidades y objetivos del estudiante, mientras que el aprendizaje supervisado es, por lo general, “más objetivo”. Sin embargo, la capacidad motivadora de este último es significativamente más reducida si la comparamos con el primero, aún más si se trata de asignaturas del área de AC. Es por ello que nuestra propuesta se basa en el primer enfoque.

En el diseño de las prácticas se optó por la formación del alumno en la paralelización de algoritmos usando GPUs. Los motivos fundamentales fueron:

- El reducido coste económico del hardware empleado, así como por su facilidad en cuanto a la instalación y configuración del mismo.
- A nivel curricular del alumno, por el creciente interés desde múltiples disciplinas en el uso de esta novedosa tecnología.

No obstante, la metodología propuesta es independiente de la tecnología considerada, pudiéndose aplicar igualmente en otras alternativas de paralelización tales como MPI, OpenMP, etc. En concreto, para su implantación, el laboratorio de prácticas está equipado de PCs provistos de tarjetas gráficas NVIDIA GeForce 8800 GT, así como del toolkit CUDA 2.3 [7] para un sistema operativo GNU/Linux Ubuntu 9.04. Para fomentar la colaboración entre los

<sup>3</sup>Cita: “Así, el alma sabia, sin tratar nunca las cosas grandes, consigue que se hagan las cosas grandes”. (Lao Tse).

alumnos en el proceso de investigación y resolución de dudas, se hizo uso de la plataforma de e-learning ILIAS (servicio ofrecido por la Universidad de Jaén para dar soporte a la docencia), a través de la cual se crearon foros, chats y grupos de debate. Además, se creó un WebQuest<sup>4</sup> con el propósito de mejorar la eficiencia en cuanto a tiempo invertido por el alumno en la realización de las prácticas, así como para apoyarles en las actividades que comprenden el análisis, síntesis, transformación de información y evaluación en base a la recuperación de información en Internet.

Decidimos diferenciar dos bloques prácticos a desarrollar por el alumno. Una primera etapa que consistió en la elaboración de un informe técnico acerca de esta nueva tecnología y de un breve tutorial para el usuario no iniciado en la programación paralela con GPUs usando CUDA. En segundo lugar, como segunda práctica se planteó la aplicación de los conocimientos adquiridos en la etapa anterior para la resolución de un problema de paralelización. En la primera sesión de prácticas (2hrs/semana grupo) se informó a los alumnos acerca de la planificación, temporización, trabajo a realizar y la sistemática a seguir, todo ello especificado en la plataforma WebQuest. Asimismo, se crearon dos grupos de alumnos que se encargaron de elaborar por separado los contenidos que a su juicio (moderado por el docente) debían reflejarse en la primera práctica. La segunda sesión se destinó a la defensa de propuestas de cada grupo mediante el debate de las mismas con el propósito de configurar una estructura común para todos los alumnos. Las siguientes cinco sesiones de prácticas se destinaron al trabajo individual y colaborativo del alumno en la realización de la primera práctica. Cada práctica fue evaluada por el docente y por un alumno (seleccionado por el docente) que hubiera entregado la práctica. De esta forma, se implicó al alumno en el proceso de evaluación.

Para la segunda práctica, igualmente se crearon dos grupos de alumnos para que, por separado, decidieran qué problema de paralelización con GPUs se abordaría dentro de ésta. De los propuestos por el docente, los alumnos se decantaron (tras el debate en el laboratorio) por un problema de optimización combinatoria dentro del campo del procesamiento de imágenes 2D<sup>5</sup>, propuesto recientemente por Ro-

ger Alsing en su weblog<sup>6</sup> (ver Figura 1). Del mismo modo, los alumnos (moderados y guiados por el docente) propusieron una estructura de trabajo para esta última práctica, a la cual se le asignaron el resto de sesiones (siete en total). Sólo el docente evaluó en este caso el trabajo del alumno.



Figura 1: Compresión de imágenes con EvoLisa. A la izquierda se presenta la imagen original y a su derecha la evolución del algoritmo hasta conseguir la mejor aproximación de la original.

Algunos de los resultados obtenidos tras esta experiencia son el aumento en un 40 % de la asistencia a prácticas comparado con años anteriores (fomentándose así la colaboración interalumno) y la búsqueda proactiva e investigación del alumno en la resolución de problemas (ver Figura 2). Asimismo, en un 70 % de los casos, el alumno consiguió una evaluación positiva de ambas prácticas, obteniendo una puntuación media (calculado para los alumnos que superaron las prácticas) de 2.1 sobre 3. Por último, de la encuesta de opinión realizada a los alumnos, destacamos la valoración satisfactoria que estos hacen (puntuación media de 3.9 en una valoración de 1 a 5) acerca del interés despertado con las prácticas de AC comparado con las realizadas en cursos anteriores o con las de asignaturas similares.

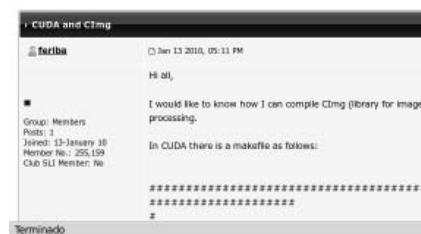


Figura 2: Consulta de un alumno en foro especializado en la tecnología CUDA.

<sup>4</sup>Ir a *WebQuest-Creator* (<http://www.orospeda.es/majwq/inicio>).

<sup>5</sup>Biblioteca C++ de proyecto CImg (<http://cimg>).

[sourceforge.net/](http://sourceforge.net/)).

<sup>6</sup>Proyecto *EvoLisa* (<http://rogeralsing.com/2008/12/16/evolisa-optimizations-and-improved-quality/>).

#### 4. Conclusión y trabajo futuro

El propósito de este trabajo ha sido complementar y ampliar la enseñanza presencial en las prácticas de la asignatura de Arquitectura de Computadores, facilitando un entorno telemático basado en ILIAS&WebQuest contruido como un espacio vivo y que fomentase en los estudiantes, no sólo el uso profesional de las nuevas tecnologías de paralelización de algoritmos con GPUs, sino también su participación proactiva en el proceso de aprendizaje.

De esta forma, se ha ofrecido a los estudiantes una suerte de alternativas a la participación individual y de grupo que se ha materializado en su colaboración a través de la búsqueda de información, elaboración de documentos, participación en foros de debate, tutorías electrónicas y presenciales, etc.

Por último, en base a los prometedores resultados alcanzados en la experiencia realizada, nos proponemos estudiar la posibilidad de aplicar la metodología propuesta en otras asignaturas del área, así como de la mejora de algunos de los aspectos de la misma para los próximos cursos.

#### Agradecimientos

Este trabajo está soportado con fondos del grupo de investigación SCI2S (G08-TIC-186).

#### Referencias

- [1] Almeida, F.; Giménez, D.; Mantas, J.M.; Vidal, A.M. *Sobre el papel de la programación paralela en los nuevos planes de estudios de Informática*, JENU I 2009, pp. 99-106
- [2] Almisas, R.; Paz, R.; Linares, A.; Amaya, C.; Sevillano, J.L. *Un simulador de memorias caché multinivel*, JENU I 2001, pp. 429-432
- [3] Alonso, C.; Gallego, D. *Aprendizaje y Ordenador*, Editorial Dikisnon, 2000
- [4] Anguita, M.; Fernández, J. *Fomento del aprendizaje autónomo en una asignatura de computadores paralelos*, JENU I 2008, pp. 299-306
- [5] Castilla, I.; Moreno, L.; Sigut, J.; González, C.; González, E.J. *SIMDE: Un Simulador para el Apoyo Docente en la Enseñanza de las Arquitecturas ILP con Planificación Dinámica y Estática*, JENU I 2004, pp. 505-508
- [6] Martínez, J.C.; López, P. *Simulador de un computador segmentado con especulación hardware*, JENU I 2000, pp. 53-59
- [7] NVIDIA Corp. *NVIDIA CUDA Programming Guide*, 2009
- [8] Prieto, M.; de Vicente, A.J.; Vargas, J.A. *Simulador de dispositivos de entrada/salida programables*, JENU I 2002, pp. 595-598
- [9] Ros, A.; García, J.M. *La plataforma Simics como herramienta de aprendizaje*, JENU I 2008, pp. 291-298
- [10] Samira, T. *Enciclopedia de la motivación*, Ediciones Gama, 2002
- [11] Ubal, R.; Petit, S.; Cano, J.C.; Sahuquillo, J. *RACFP: una herramienta didáctica para el estudio de la representación, algoritmos y circuitos de coma flotante*, JENU I 2006, pp. 135-142
- [12] Vega, M.A.; Sánchez, J.M.; Gómez, J.A. *La asignatura AIC y su adaptación al EEES*, JENU I 2006, pp. 109-116
- [13] Vega, M.A.; Sánchez, J.M.; Gómez, J.A. *Mejorando la docencia en las prácticas de la asignatura Arquitectura e Ingeniería de Computadores*, JENU I 2006, pp. 127-134