

Aplicación del algoritmo de la colonia de hormigas a la planificación de tareas en Grids compuestos de tecnologías móviles

7 de noviembre de 2013

Plan de Trabajo Final
Carrera Ingeniería de Sistemas
Facultad de Ciencias Exactas
UNICEN

- Alumno: Luis Andrés Marconato
- Director: Dr. Cristian Mateos Díaz
- Co-director: Ing. Matias Hirsch

1. Introducción

La velocidad de procesamiento de las computadoras tradicionales se ha incrementado cerca de un millón de veces en los últimos 50 años. Sin embargo, en muchos casos, dicha capacidad de cómputo no es suficiente para afrontar la resolución de ciertos problemas, la mayoría de naturaleza científica. A mediados de los años 90, se propuso la creación de una infraestructura de computación distribuida, denominada Grid, enfocada en resolver problemas avanzados tanto para la ciencia como para la ingeniería. El propósito de una infraestructura Grid en el ámbito de la computación es el de proveer un soporte dinámico y transparente al usuario para el procesamiento o almacenamiento de datos [3]. Dicho soporte está basado en la idea de reunir las capacidades de recursos computacionales heterogéneos, de bajo costo y geográficamente dispersos a través de un medio que permita vincularlos como es el caso de la Internet. Cuando dicho soporte está orientado a administrar los ciclos de CPU de los recursos subyacentes para cumplir con las peticiones de procesamiento de los usuarios, se los denomina Grids computacionales. Por el contrario, cuando lo que se administra son unidades de almacenamiento se los conoce con el nombre de Grids de datos. De aquí en más, puesto que el foco del presente trabajo está puesto en los Grids de tipo computacional, se hará referencia a éstos cada vez que se mencione la palabra Grid.

La administración de recursos en un sistema Grid constituye una de las tareas centrales. Esto involucra la selección y asignación de recursos que se utilizan para resolver las tareas provenientes de las peticiones realizadas por usuarios externos [6]. Referido a la administración de recursos, una típica organización interna adoptada por sistemas Grid es la descrita por el patrón Master-Slave [17]. Este



Figura 1: Grid de computadoras y dispositivos móviles

patrón sugiere la organización de los recursos de un Grid planteada como un recurso computacional central (Master) cuyo rol es resolver las peticiones de usuarios en forma eficiente delegando y administrando tareas a un conjunto de recursos computacionales denominados Slaves.

Los recursos computacionales del Grid, también denominados nodos, se refieren a recursos de bajo costo como computadoras de escritorio o notebooks, aunque en los últimos años se ha estudiado la forma de incorporar dispositivos móviles como tablets y smartphones a este tipo de sistemas.

En la figura 1 se observa un ejemplo de Grid conformado por distintos tipos de recursos computacionales. El fin del mismo es lograr procesar peticiones externas (también llamadas trabajos) que deseen ser resueltas. Para ello, un trabajo llega a la computadora principal o Master (administrador de recursos) y ésta selecciona, bajo distintos criterios, un nodo o computadora Slave perteneciente al Grid. El trabajo entonces es transmitido por la red y procesado en el nodo seleccionado. Una vez hecho esto, su resultado es devuelto al computador principal. Es importante siempre, en este tipo de sistemas, el criterio utilizado para seleccionar ese nodo final o destino ya el mismo puede variar la velocidad, cantidad y eficiencia con que se procesan los trabajos. Vale diferenciar también los distintos tipos de dispositivos que pueden formar parte del Grid. En la imagen se incluyen dispositivos móviles que de igual forma serían capaces de procesar datos y tener una participación equivalente a los demás nodos.

En la última década, los dispositivos móviles han pasado de ser simples agendas a convertirse en computadoras de alta velocidad. En 2011 comenzaron a venderse más smartphones y tablets que computadoras de escritorio, notebooks y netbooks [4]. A pesar de esto y del avance en la capacidad de procesamiento otorgado, el manejo de energía en los mismos ha ido incrementando pero a un nivel mucho más reducido, en comparación con el hardware propio de los dispositivos. Además, dicha característica se ve aún más afectada por el incremento de funcionalidades de alta carga y pantallas de gran tamaño utilizadas por estos dispositivos [2]. De todas formas, aunque las características ofre-

cidas por un dispositivo móvil (velocidad, energía, memoria) son, en general, más limitadas que las ofrecidas por una computadora de escritorio, la cantidad de dispositivos móviles activos en conjunto suele compensar dicha limitación[16].

Resulta de interés la integración de dispositivos móviles en la resolución de problemas computacionales complejos. En este sentido, sacando ventaja de la capacidad de conectividad de estos dispositivos, a través de tecnologías 3G y WiFi, es posible conformar un Grid compuesto exclusivamente de este tipo de recurso computacional. No obstante, el hecho de que el funcionamiento de dichos recursos esté sostenido principalmente por una fuente de energía limitada como son las baterías, representa un problema que la planificación de trabajos debiera contemplar. En relación a esta problemática, buscando maximizar la cantidad de trabajo realizado, la tesis propuesta se enfoca en evaluar el algoritmo de la colonia de hormigas aplicado a la planificación de tareas en Grids compuestos de dispositivos móviles.

2. Motivación

En los últimos 5 años los dispositivos móviles han pasado de ser simples agendas o PDAs a pequeñas computadoras [16]. Existen hoy en el mundo 2 billones de usuarios con dispositivos móviles, donde en mercados establecidos cada persona incluso posee 2 o más dispositivos [12]. En términos computacionales, esto representa una capacidad de cómputo sin precedentes. Aunque estos dispositivos generalmente resultan más lentos que las computadoras de escritorio [13], se demostró que pueden llegar a lograr procesar una considerable cantidad de trabajo. Es entonces de interés para muchos investigadores [16, 12] el estudio y aprovechamiento del uso de estos dispositivos en la resolución de problemas computacionalmente complejos, tales como cálculos científicos e ingenieriles [13]. En relación a esto último, estudios sobre planificadores de tareas en ambientes compuestos plenamente de dispositivos móviles [15, 14] comprueban que realizando una administración de los recursos que tenga en cuenta aspectos energéticos, incrementa el porcentaje de trabajos finalizados respecto de técnicas que no la contemplan.

Por otra parte, [20, 8] presentan un relevamiento del uso de diversas técnicas aplicadas a la planificación de tareas en ambientes Grid tradicionales, dentro de las cuales se menciona el ACO (Ant Colony Optimization). Adicionalmente, se realizaon investigaciones de aplicación de dicho algoritmo en ambientes Cloud [10, 9], con el objetivo de reducir el makespan¹ y maximizar el balance de carga. Sin embargo, no se registran estudios concretos de aplicación del algoritmo ACO sobre Grids de dispositivos móviles. En particular, se intentará analizar la aplicación del algoritmo basado en ACO propuesto por [7], denominado Ant Z, en un ambiente distribuido de computadores móviles.

3. Objetivos

El algoritmo de optimización de la colonia de hormigas (ACO) es una estrategia que ha sido aplicada a la planificación de tareas en ambientes Grid generando resultados óptimos en Grids de computadoras convencionales [11]. ACO surge a partir de la observación y estudio del comportamiento de un conjunto de hormigas argentinas reales realizado por [5]. Dicho estudio describe cómo las hormigas realizan la búsqueda de comida partiendo desde su propio hormiguero. En resumen, la circulación de una cierta cantidad de hormigas y el descubrimiento de distintos caminos para llegar a la fuente de comida genera que, luego de reiteradas búsquedas por parte de distintas hormigas, todas

¹Makespan: Diferencia en tiempo entre el comienzo y finalización de un conjunto de trabajos o tareas.

opten por recorrer el camino más corto basándose en el nivel de hormona feromona depositado en los trayectos. El algoritmo ACO desarrollado en [1] se basa en el estudio de este comportamiento y se conocen adaptaciones para resolver distintos problemas como por ejemplo el problema del viajante [19], el ruteo en redes [18], entre otros. Particularmente, existen adaptaciones enfocadas a la administración de recursos en una red que intentan seguir la misma idea que el algoritmo ACO original, como lo es la propuesta de Ant Z.

Ant Z es una de las alternativas para atacar la problemática del balanceo de carga en sistemas de tipo Grid. Se basa en la idea de las hormigas como actores potenciales para dejar un rastro que sirva como guía a las futuras hormigas y lo aplica en la selección de nodos dentro de una red [7]. Es un algoritmo totalmente distribuido y cada hormiga toma la forma de un agente trabajando independientemente. En este caso, el administrador de recursos es el responsable de seleccionar un nodo destino cada vez que un nuevo trabajo -modelado como una nueva hormiga- llegue al Grid. A su vez, cada nodo que recibe una hormiga, tiene la libertad de redireccionarla a otro nodo que presente mayor probabilidad de finalizar el trabajo que representa. Se da entonces una búsqueda distribuida para realizar una mejor asignación de los trabajos a procesar dentro de la red.

El objetivo del trabajo planteado se centra en el criterio utilizado para seleccionar esos nodos o computadoras encargadas de procesar datos dentro del Grid. Basándose en las tablas de información de carga y otros diversos factores más propuestos por el algoritmo Ant Z en [7], el fin es brindar variantes del manejo de las distintas variables que lo conforman. Una vez desarrolladas e implementadas las variantes propuestas, se procederá al análisis de las mismas frente a diferentes escenarios de Grids. Las variantes planteadas estarán enfocadas en escenarios compuestos exclusivamente por dispositivos móviles totalmente dependientes de sus correspondientes baterías. El fin de este trabajo es observar como varían los resultados en un ambiente orientado a este tipo de dispositivos al utilizar distintos criterios de elección de centros de procesamiento de datos.

Luego del relevamiento y análisis previo, se propone el desarrollo e implementación del algoritmo Ant Z sobre un simulador de Grid orientado a tecnologías móviles. En tal caso se intenta poner énfasis en factores que difieren de los utilizados en Grids de computadoras convencionales, como lo es la batería de estos dispositivos. A pesar de la amplia posibilidad de parametrización que ofrece el algoritmo ACO, el trabajo se limitará al estudio de cinco variantes que conducen a distintos criterios de selección de nodos. Las variantes operan en base a información sobre el nivel de batería reportado por los dispositivos que conformen el Grid, su capacidad de procesamiento y la cantidad de trabajos ya asignados a cada nodo.

El desempeño de cada variante propuesta será evaluado a través de simulaciones, teniendo en cuenta variados escenarios configurados con diversos perfiles de dispositivos móviles. A su vez, el desempeño de las variantes será contrastado con otra técnica de planificación de tareas como es el Simple Energy Aware Scheduler (SEAS) [15] cuyo propósito es realizar una planificación basada en la estimación de batería de los dispositivos.

4. Cronograma de Actividades

A continuación se presenta el cronograma de actividades a seguir para el proyecto descripto, aunque ya se ha avanzado en la mayoría de ellas.

Nro. actividad	Nombre de actividad	Duración estimada (meses)
1	Relevamiento bibliográfico	2
2	Análisis y desarrollo de los algoritmos	1
3	Implementación de los algoritmos en simulador GridSim	2
4	Ejecución de casos de test y corrección de errores	1
5	Ejecución de simulaciones	1
6	Análisis de resultados y realización de comparaciones	2
7	Elaboración del informe final	2

Referencias

- [1] Marco Dorigo and Gianni Di Caro. Ant colony optimization: a new meta-heuristic. In *Evolutionary Computation, 1999. CEC 99. Proceedings of the 1999 Congress on*, volume 2. IEEE, 1999.
- [2] B. Flipsen, J. Geraedts, A. Reinders, C. Bakker, I. Dafnomilis, and A. Gudadhe. Environmental sizing of smartphone batteries. In *Electronics Goes Green 2012+ (EGG), 2012*, pages 1–9, 2012.
- [3] Ian Foster and Carl Kesselman. The grid in a nutshell. In *Grid resource management*, pages 3–13. Springer, 2004.
- [4] Laurence Goasduff and Christy Pettey. Gartner says worldwide smartphone sales soared in fourth quarter of 2011 with 47 percent growth. *Gartner, Inc*, 15, 2012.
- [5] Simon Goss, Serge Aron, Jean-Louis Deneubourg, and Jacques Marie Pasteels. Self-organized shortcuts in the argentine ant. *Naturwissenschaften*, 76(12):579–581, 1989.
- [6] Chaitanya Kandagatla. Survey and taxonomy of grid resource management systems. *University of Texas, Austin* <http://www.cs.utexas.edu/users/browne/cs395f2003/projects/KandagatlaReport.pdf>, 2003.
- [7] Simone A Ludwig and Azin Moallem. Swarm intelligence approaches for grid load balancing. *Journal of Grid Computing*, 9(3):279–301, 2011.
- [8] Tinghuai Ma, Qiao-qiao Yan, Wenjie Liu, Donghai Guan, Sungyoung Lee, et al. Grid task scheduling: algorithm review. *IETE Technical Review*, 28(2):158, 2011.
- [9] Cristian Mateos, Elina Pacini, and Carlos García Garino. An aco-inspired algorithm for minimizing weighted flowtime in cloud-based parameter sweep experiments. *Advances in Engineering Software*, 56:38–50, 2013.
- [10] Elina Pacini, Cristian Mateos, and C García Garino. Schedulers based on ant colony optimization for parameter sweep experiments in distributed environments. *Handbook of Research on Computational Intelligence for Engineering, Science, and Business*. IGI Global, pages 410–448, 2012.
- [11] Martín Pedemonte, Sergio Nesmachnow, and Héctor Cancela. A survey on parallel ant colony optimization. *Applied Soft Computing*, 11(8):5181–5197, 2011.
- [12] Andrew Rice and Simon Hay. Measuring mobile phone energy consumption for 802.11 wireless networking. *Pervasive and Mobile Computing*, 6(6):593–606, 2010.

- [13] Juan Manuel Rodríguez, Cristian Mateos, and Alejandro Zunino. Are smartphones really useful for scientific computing? In *Advances in New Technologies, Interactive Interfaces and Communicability*, pages 38–47. Springer, 2012.
- [14] Juan Manuel Rodríguez, Cristian Mateos, and Alejandro Zunino. Energy-efficient job stealing for cpu-intensive processing in mobile devices. *Computing*, pages 1–31, 2012.
- [15] Juan Manuel Rodríguez, Alejandro Zunino, and Marcelo Campo. Mobile grid seas: simple energy-aware scheduler. In *Proc. 3rd High-Performance Computing Symposium-39th JAIIO*, 2010.
- [16] Juan Manuel Rodríguez, Alejandro Zunino, and Marcelo Campo. Introducing mobile devices into grid systems: a survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 7(1):1–40, 2011.
- [17] Gary Shao, Francine Berman, and Richard Wolski. Master/slave computing on the grid. In *Heterogeneous Computing Workshop, 2000.(HCW 2000) Proceedings. 9th*, pages 3–16. IEEE, 2000.
- [18] Wikipedia. Routing — Wikipedia, the free encyclopedia, 2004. [Online; accessed 18-October-2013].
- [19] Wikipedia. Travelling salesman problem — Wikipedia, the free encyclopedia, 2004. [Online; accessed 18-October-2013].
- [20] Fatos Xhafa and Ajith Abraham. Computational models and heuristic methods for grid scheduling problems. *Future generation computer systems*, 26(4):608–621, 2010.