

Cluster de microprocesadores RISC para problemas de agricultura de precisión

Horacio Martinez del Pezzo, Fernando Emmanuel Frati, Emmanuel Robador,
Cristian Rios

Departamento de Ciencias Básicas y Tecnológicas, Universidad Nacional de Chilecito
9 de Julio 22, Chilecito, La Rioja, Argentina
{hmartinezdelpezzo, fefrati, erobador}@undec.edu.ar,
riosbourne555@gmail.com

Resumen

En la agricultura de precisión se utilizan técnicas de cálculo estadístico y modelos de predicción climática que requieren de gran capacidad de cálculo.

Sin embargo, el costo asociado a la adquisición de un cluster de altas prestaciones resulta en muchos casos demasiado elevado. Una alternativa consiste en utilizar para tareas de cómputo intensivo una GPGPU, pero se limita a problemas de paralelismo de datos.

Este trabajo presenta una línea de I+D centrada en el desarrollo de un cluster de bajo costo destinado específicamente a resolver problemas de paralelismo de tareas.

Los temas abordados son transversales a varias áreas, como programación, electrónica digital, arquitectura de computadoras y sistemas paralelos.

Palabras clave: *cluster, ARM, RISC, sistemas paralelos*

Contexto

La línea de investigación presentada es parte del proyecto “Implementación de un

cluster de procesadores RISC” aprobado en el año 2013 por la Secretaría de Ciencia y Tecnología, convocatoria para estímulo y desarrollo de la investigación científica y tecnológica (FICyT - UNdeC). Además, cabe destacar que uno de los integrantes fue beneficiado con una beca EVC (Estímulo a las Vocaciones Científicas - Área Tecnológica, convocatoria 2015) otorgada por el CIN (Consejo Interuniversitario Nacional) para realizar tareas de formación en el marco del mencionado proyecto.

Introducción

Una característica de las regiones semi-áridas como la provincia de La Rioja es que la única agricultura sustentable es la de precisión. Para llevar adelante este tipo de agricultura es necesario aplicar técnicas de cálculo estadístico y modelos de predicción climática que requieren de gran capacidad de cálculo, dando origen a problemas de cómputo con Requerimientos de Altas Prestaciones (HPC). Normalmente, los programas para resolver estos problemas son ejecutados en clusters de altas prestaciones.

Debido a que el costo asociado a la adquisición de un cluster dedicado y su man-

tenimiento resulta muy elevado, una alternativa aceptable que ha dado muy buenos resultados consiste en configurar el cluster con un conjunto de computadoras tradicionales de bajo costo. Sin embargo, estos clusters basados en procesadores tradicionales (arquitectura CISC 80x86) enfrentan nuevos desafíos relacionados a la reducción del consumo energético y excesiva generación de calor que producen [1, 2]. Una tendencia actual para aumentar la potencia de cómputo de los clusters sin incrementar proporcionalmente el consumo consiste en equiparlos con GPGPUs y delegar cómputo en estas nuevas arquitecturas. Las GPGPUs son placas gráficas con una gran cantidad de procesadores simples pero muy efectivos en la resolución de problemas de paralelismo de datos [3, 4, 5]. Lamentablemente, la utilidad de esta tecnología es limitada en problemas donde predomina el paralelismo de tareas.

Por otro lado, el foco de la industria tecnológica se encuentra en la reducción de las dimensiones de los dispositivos, la disminución de su consumo y la aceleración de las respuestas generadas a los usuarios. Esto es posible gracias a la evolución de los microprocesadores basados en una arquitectura estándar RISC de 32 bits, y en particular la arquitectura ARM (Advanced Risc Machines) [6]. ARM se ha constituido como la arquitectura más ampliamente utilizada en unidades producidas, con presencia en más del 90 % de los dispositivos móviles desde 2009 [7].

Esta arquitectura de procesadores ha alcanzado una gran potencia de cómputo (algunos modelos superan los 1500 MHz), e incluso comienzan a aparecer versiones con varias unidades de cómputo[8]. Actualmente muchas empresas comercializan dispositivos equipados con estos procesadores que incluyen una unidad de almacenamiento, cantidades de memoria RAM y puertos

de entrada / salida similares a una computadora tradicional, pero con un costo y relación de consumo muy inferior a esta [9].

En este sentido, interesa analizar las prestaciones de un computador de propósito dedicado para la resolución de problemas de paralelismo de tareas implementado a través de un cluster de procesadores de tecnología RISC de bajo costo[10]. Este computador permitirá experimentar con problemas de cálculo estadístico aplicados a agricultura de precisión.

Esta línea de trabajo se encuentra relacionada con el proyecto Mont-Blanc del Centro de Supercomputación de Barcelona [11, 12, 13, 14], cuyo principal objetivo es encontrar solución a la limitación del consumo de energía en el futuro de los sistemas Exascale[15] con la incorporación de procesadores de bajo consumo para dispositivos móviles.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

- Arquitecturas RISC.
- Programación de algoritmos paralelos.
- Consumo energético.
- Modelos de programación y predicción de rendimiento en estas nuevas arquitecturas.

Resultados y Objetivos

Objetivos

- Formar recursos humanos en esta tecnología emergente de carácter estratégico
- Obtener un cluster de bajo costo que sirva de entorno de experimentación

- Analizar los aspectos de estas arquitecturas que podrían ser aprovechados para resolver problemas de agricultura de precisión

Resultados parciales

Durante 2014 se adquirieron cinco equipos *cubieboard 1* y un equipo *cubieboard 2* [9]. Cada equipo *cubieboard 1* posee un procesador AllWinner A10 (ARM Cortex A8), mientras que el *cubieboard 2* posee un procesador *dualcore* AllWinner A20 (ARM Cortex A7). Todos operan a una frecuencia de 1GHz, poseen 1GB DDR3 de memoria RAM y una conexión ethernet 10/100. Se eligieron estos procesadores como entorno experimental debido a que son ampliamente utilizados en el mercado de dispositivos móviles.

Los equipos *cubieboard 1* se conectaron en red con un switch dedicado y se instaló en cada uno una distribución de Linux compatible directamente en su memoria NAND. Con respecto a la *cubieboard 2*, el desempeño general de linux instalado en su SD resultó ser demasiado lento, por lo que se está trabajando en instalar una versión compatible directamente en su NAND.

Los siguientes trabajos de investigación de alumnos han sido derivados del proyecto:

- Impacto de la red de interconexión en clusters de alto rendimiento [16].
- Análisis de desempeño de arquitecturas ARM utilizadas para problemas con requerimientos de HPC [17].
- Diseño de algoritmos paralelos para clusters de procesadores RISC de bajo costo [18].

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está formado por tres docentes y un alumno de la carrera Ingeniería en Sistemas de la UNdeC (acreditadas por CONEAU).

Los docentes forman parte de los equipos de las asignaturas *Programación I* (2do año), *Arquitecturas de computadoras I* (2do año) y *Arquitecturas paralelas* (3er año). Dos de ellos se encuentran categorizados en el programa de incentivos, uno de los cuales es doctor en Ciencias Informáticas. El alumno posee una beca EVC desde agosto de 2015 para realizar trabajos de investigación en temas derivados del proyecto.

Las asignaturas mencionadas contemplan la aprobación mediante la participación en proyectos de investigación, por lo que pueden surgir nuevos trabajos en esta línea.

Referencias

- [1] C.-h. Hsu and W.-c. Feng, "A power-aware run-time system for high-performance computing," in *Proceedings of the 2005 ACM/IEEE Conference on Supercomputing*, ser. SC '05. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2005, p. 1-. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/SC.2005.3>
- [2] Q. Tang, S. K. S. Gupta, and G. Varsamopoulos, "Energy-efficient thermal-aware task scheduling for homogeneous high-performance computing data centers: A cyber-physical approach," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 19, no. 11, pp. 1458–1472, Nov. 2008.

- [3] M. F. Piccoli, *Computación de alto desempeño en GPU*. La Plata: EDULP, 2011, XV Escuela Internacional de Informática, realizada durante el XVII Congreso Argentino de Ciencia de la Computación (CACIC 2011). [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10915/18404>
- [4] E. Montes de Oca, L. C. De Giusti, A. E. De Giusti, and M. Naiouf, "Comparación del uso de GPU y cluster de multicore en problemas con alta demanda computacional," in *XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)*, Oct. 2012. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10915/23623>
- [5] A. G. H. Wolfmann, "Optimización de cómputo paralelo científico en un entorno híbrido multicore - MultiGPU," in *XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC)*, 2012, eje: Procesamiento distribuido y paralelo. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10915/19393>
- [6] ARM, *ARM Architecture Reference manual*, ARM, 2013. [Online]. Available: <http://infocenter.arm.com>
- [7] J. Fitzpatrick, "An interview with Steve Furber," *Commun. ACM*, vol. 54, no. 5, p. 34–39, May 2011. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1941487.1941501>
- [8] G. Yeap, "Smart mobile SoCs driving the semiconductor industry: Technology trend, challenges and opportunities," in *Electron Devices Meeting (IEDM), 2013 IEEE International*, Dec. 2013, pp. 1.3.1–1.3.8.
- [9] Cubieboard, "Main boards," Commercial web site., December 2013. [Online]. Available: <http://docs.cubieboard.org/products/start>
- [10] H. Martinez del Pezzo, E. R. D. Robador, and F. E. Frati, "Cluster de microprocesadores RISC para problemas de agricultura de precisión," in *Proceedings del XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, vol. XVI. Ushuaia, Tierra del Fuego: Red UNCI, May 2014, pp. 703–705, eje: Procesamiento Distribuido y Paralelo. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10915/42764>
- [11] N. Rajovic, P. Carpenter, I. Gelado, N. Puzovic, A. Ramirez, and M. Valero, "Supercomputing with Commodity CPUs: Are Mobile SoCs Ready for HPC?" 2013.
- [12] A. Auweter, "High Performance Computing on ARM Hardware. The Mont-Blanc Project," 2014.
- [13] P. Carpenter, "Building supercomputers from commodity embedded chips," 2014.
- [14] F. Mantovani, "High Performance Computing based on mobile embedded processors," 2015.
- [15] P. Thibodeau, "Scientists, IT Community Await Exascale Computers," Dec. 2009. [Online]. Available: <http://www.computerworld.com/article/2550451/computer-hardware/scientists--it-community-await-exascale-computers.html>
- [16] C. E. Rios, F. E. Frati, and P. Olmedo, "Impacto de la red de interconexión en clusters de alto rendimiento (HPC)," in *III Jornadas Científicas de Estudiantes Investigadores*

(*III-JCEI*), Universidad Nacional de Chilecito, Argentina, Oct. 2014.

- [17] M. G. Pozo, F. E. Frati, and H. Martínez del Pezzo, “Análisis de desempeño de arquitecturas ARM utilizadas para problemas con requerimientos de HPC,” in *III Jornadas Científicas de Estudiantes Investigadores (III-JCEI)*, Universidad Nacional de Chilecito, Argentina, Oct. 2014.
- [18] C. E. Rios and F. E. Frati, “Diseño de algoritmos paralelos para clusters de procesadores risc de bajo costo,” in *IV Jornadas Científicas de Estudiantes Investigadores (IV-JCEI)*, Universidad Nacional de Chilecito, Argentina, Oct. 2015.