

KOMPUTER RÓWNOLEGLY ASGARD PRZEZNACZONY DO OBLICZEŃ W GEOFIZYCE

Parallel computer ASGARD designed for computing in geophysics

Janusz MIREK

*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Katedra Geofizyki;
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;
e-mail: jmirek@agh.edu.pl*

Abstract: The new parallel computer ASGARD has been designed and built in Department of Geophysics of Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection AGH University, which contains twenty dual-core processors. The computer is designed for numerical calculation and mathematical modeling. It works under Linux operating system with OpenSSI clustering system. User can find there installed software like compilers, Matlab, Octave, DORIS and other programs written for special purposes.

Key words: computer cluster, parallel computing, modeling in geophysics

Słowa kluczowe: klastr komputerowy, obliczenia równoległe, modelowania w geofizyce

WPROWADZENIE

Geofizyka to dziedzina, w której przetwarzane są ogromne ilości danych i analizowane są skomplikowane modele matematyczne. Moc obliczeniowa pojedynczego komputera klasy PC jest niejednokrotnie zbyt mała, aby osiągnąć pożądaną cel w określonym czasie. Z pomocą przychodzą w takiej sytuacji klastry komputerowe, które zwiększają moc obliczeniową pojedynczych komputerów poprzez połączenie ich zasobów w jedną całość. Połączone ze sobą komputery tworzą dla użytkownika zintegrowane środowisko pracy. Komputery budujące klastr nazywane są węzłami i mogą być połączone ze sobą np. wspólną magistralą lub siecią komputerową o wysokiej wydajności.

Klastry ogólnie dzieli się na wydajnościowe i niezawodnościowe. Klastry wydajnościowe mają na celu zwiększenie mocy obliczeniowej i funkcjonują jako komputery równoległe. W takim klastrze zadania dzielone są na poszczególne wątki, które z kolei wykonują się na poszczególnych węzłach. W klastrach niezawodnościowych węzły dublują swoje funkcje. W przypadku awarii funkcje te są przejmowane od uszkodzonego węzła przez pozostałe węzły. Z uwagi na charakter obliczeniowy problemów geofizycznych w zakresie zainteresowań są klastry wydajnościowe.

KONSTRUKCJA KLASTRA KOMPUTEROWEGO

Z uwagi na zadania jakie miały być wykonywane na pracującym klastrze - obliczenia matematyczne – nacisk został położony na cechy wydajnościowe systemu. Z uwagi na koszty założono również, że klastrowy powinien być oparty o oprogramowanie darmowe pracujące w systemie Linux i ogólnodostępne części komputerowe. Opierając się na takich założeniach przeanalizowano szereg dostępnych rozwiązań klastrowych takich jak OpenMOSIX, PVM, MPI (np. OpenMPI, LAM), Kerrighed i OpenSSI (Lottiaux *et al.* 2005).

Ostatecznie zdecydowano się na rozwiązanie stworzone w ramach projektu OpenSSI. Projekt ten został zapoczątkowany w 2001 roku. OpenSSI wyewoluował z projektu UnixWare NonStop Cluster bazującego na systemie Locos. Zastosowana wersja OpenSSI ma możliwość pracy z kilkoma systemami plików i zarządzania dyskami takimi jak GFS, OpenGFS, Lustre, OCFS czy DRSD. System posiada także rozproszony mechanizm blokowania (OpenDLM) i mechanizm migracji procesów pochodzący z systemu MOSIX. Klastrowy OpenSSI z założenia jest systemem typu Single System Image (SSI, jednolity obraz systemu), w którym użytkownik widzi wszystkie węzły klastra jako jeden komputer pracujący pod systemem operacyjnym Linux. Przykładem trywialnej dla użytkownika właściwości systemu SSI jest wspólna lista procesów wszystkich węzłów uzyskiwanych komendą *ps* oraz globalny dostęp do urządzeń. Szczegółowy opis systemu OpenSSI i jego właściwości znajduje się na stronie internetowej projektu www.openssi.org.

Klastrowy komputerowy ASGARD został skonstruowany w 2007 roku na bazie części komputerów klasy PC. W skład klastra wchodzi dwadzieścia płyt głównych BLKDG965S-SCK firmy Intel. Każda płyta główna wyposażona jest w 64-bitowy procesor dwurdzeniowy E6400 (Dual Core) o częstotliwości taktowania 2.13 GHz oraz 1 GB pamięci RAM z możliwością rozszerzenia. Każda płyta zasilana jest osobnym zasilaczem impulsowym ATX z zabezpieczeniem termicznym, przeciwzwarciowym, przeciwprzepięciowym, przeciwprzeciążeniowym oraz nisko-szumowym wentylatorem z automatyczną regulacją obrotów (Tab. 1). Jedna płyta główna stanowi węzeł główny i została wyposażona w dysk twardy, na którym zainstalowano system operacyjny, programy użytkowe oraz wydzielono miejsce na dane i konta użytkowników. Pozostałe płyty główne tworzą bezdyskowe węzły klastra, które uruchamiają się zdalnie z węzła głównego i współdzielą z nim zasoby dyskowe. Węzły połączone są ze sobą siecią Ethernet o prędkości 1 GB/s. Całość została zmontowana w wolnostojącej szafie serwerowej 42U 19" wyposażonej w wentylatory chłodzące z czujnikami termicznymi. Do kontroli pracy systemu służy konsola operatorska z ciekłokrystalicznym monitorem, klawiaturą i myszą komputerową, podłączona do głównego węzła klastra. Widok komputera przedstawia figura 1.

ASGARD oferuje użytkownikowi czterdzieści bardzo szybkich procesorów, a dzięki architekturze SSI ma łatwość programowania obliczeń wykonywanych równoległe. W najprostszym przypadku wystarczy rozbić zadanie na poszczególne części i uruchomić dla każdej części osobny proces obliczeniowy. Mechanizm migracji procesów zapewni równomierne obciążenie węzłów klastra przerzucając procesy z węzłów bardziej obciążonych na węzły mniej obciążone. W tej sytuacji można wykorzystać do obliczeń oprogramowanie nieprzeznaczone do pracy wielowątkowej i równoległych obliczeń. Całość problemu rozwiązuje się na poziomie podziału obliczeń na poszczególne niezależne procesy, które mogą być dodatko-

wo kontrolowane przez proces nadrzędny, zestawiający również wyniki uzyskane z poszczególnych procesów.

Tabela (Table) 1

Wykaz elementów składowych klastra ASGARD

Componenets of cluster ASGARD

Płyta główna BLKDG965SSCK – 20 sztuk <i>Main board BLKDG965SSCK – 20 pcs</i>
Procesor E6400 2.13 GHz – 20 sztuk <i>Processor E6400 2.13 GHz – 20 pcs</i>
Pamięć RAM KVR667D2N5/1024 – 20 GB <i>RAM memory KVR667D2N5/1024 – 20 GB</i>
Zasilacz ATX – 20 sztuk <i>Power supply ATX – 20 pcs</i>
Przełącznik Ethernet 1GB P 3C16479-ME Baseline 2824 <i>Switch Ethernet 1GB P 3C16479-ME Baseline 2824</i>
Dysk HDD Maxtor 6V250F0 DiamondMax 10 7200 16MB NCQ (RoHS) <i>Hard disk HDD Maxtor 6V250F0 DiamondMax 10 7200 16MB NCQ (RoHS)</i>
Konsola operatorska: Monitor LCD Samsung SyncMaster 710N, klawiatura, mysz <i>Console: Monitor LCD Samsung SyncMaster 710N, keyboard, mouse</i>
Obudowa serwera: szafa serwerowa stojąca 42U 19", wentylatory z włącznikiem termicznym <i>Server housing: 42U 19" rack cabinet, fans with thermoregulation</i>



Fig. 1. Komputer równoległy ASGARD w Katedrze Geofizyki WGGiOŚ AGH

Fig. 1. Parallel computer ASGARD in Department of Geophysics, Faculty of Geology Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Science and Technology

OPROGRAMOWANIE

Użytkownik komputera równoległego ASGARD ma do dyspozycji środowisko systemu Linux z zainstalowanymi kompilatorami c/c++, fortran, Pascal, perl, itp., wraz z bibliotekami przeznaczonymi do tworzenia aplikacji równoległych. Zainstalowano także komercyjny pakiet Matlab oraz jego odpowiednik na licencji GNU, pakiet Octave.

Oprócz oprogramowania o zastosowaniu ogólnym zainstalowano na komputerze autorskie oprogramowanie do estymacji wielowymiarowej funkcji gęstości prawdopodobieństwa metodami nieparametrycznymi przy użyciu funkcji jądrowych (Silverman 1986, Mirek & Mirek 2007) i pakiet programów do jądrowej aproksymacji nieparametrycznej (Gasser & Müller 1984, Mirek & Mirek 2008d). Stworzony został też moduł do generowania nowych, wielowymiarowych zbiorów danych poprzez powtórne losowanie oparte o nieparametryczną funkcję gęstości prawdopodobieństwa (Mirek & Mirek 2008a). Wykorzystywany jest on przy przygotowywaniu danych do uczenia sieci neuronowych i wspomaga równomierne uczenie sieci w całej przestrzeni zdarzeń (Mirek & Mirek 2008b).

Dla celów sejsmologicznych zainstalowany został autorski system SPS do interaktywnego i potokowego przetwarzania danych sejsmometrycznych wraz z narzędziami do przetwarzania formatów danych i wizualizacji (Mirek 2005).

Zainstalowano także oprogramowanie do przetwarzania danych radarowej interferometrii satelitarnej. Podstawowym narzędziem jest pakiet DORIS z interfejsem użytkownika BORIS. Oprogramowanie jest przeznaczone do przetwarzania pojedynczych zdjęć satelitarnych pod kątem uzyskania interferogramów i w efekcie zmian pionowych elewacji terenu (Hanssen 2004, Kampes 2006, Mirek & Mirek 2008c).

PODSUMOWANIE

W Katedrze Geofizyki na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie zaprojektowano i zbudowano komputer równoległy ASGARD przeznaczony do obliczeń numerycznych i modelowań matematycznych. Komputer pracuje pod kontrolą systemu Linux z modułem OpenSSI. Na komputerze zainstalowano kompilatory, oprogramowanie naukowe takie jak Matlab i Octave, system SPS do przetwarzania danych sejsmometrycznych, DORIS+BORIS do przetwarzania danych interferometrii satelitarnej, oraz pakiety oprogramowania do nieparametrycznej estymacji funkcji gęstości prawdopodobieństwa.

Praca została wykonana w ramach badań statutowych Katedry Geofizyki Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej, nr 11.11.140.455 w latach 2006-2008.

Praca była prezentowana na VII Konferencji Naukowo-Technicznej pt. „Geofizyka w geologii, górnictwie i ochronie środowiska” organizowanej z okazji jubileuszu 90-lecia AGH na WGGiOŚ.

LITERATURA

Gasser T. & Müller H.G., 1979. Kernel Estimation of Regression Functions. W: Gasser T. & Rosenblatt M. (red.), *Smoothing Techniques for Curve Estimation*, Berlin, Springer-Verlag, 23–68.

- Hanssen R.F., 2004. Satellite Radar Interferometry for Deformation Monitoring: a Priori Assessment of Feasibility and Accuracy, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6, 253–260.
- Kampes B.M., 2006. Radar Interferometry: Persistent Scatterer Technique. Springer, 1–211.
- Lottiaux R., Gallard P., Vallee G., Morin C. & Boissinot B., 2005. OpenMosix, OpenSSI and Kerrighed: a comparative study; Cluster Computing and the Grid, 2005. CCGrid 2005. *IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid*, 2, 9–12 May 2005, 1016–1023.
- Mirek J., 2005. SPS – Seismic Signal Processing System. Mining and Environmental Geophysics. *Publications of the Institute of Geophysics Polish Academy of Sciences., Series: Miscellanea*, M-29, (395), 131–136.
- Mirek J. & Mirek K., 2007. Nieparametryczna estymacja funkcji gęstości prawdopodobieństwa położenia źródła sejsmicznego. *Warsztaty Górnicze 2007 Zagrożenia naturalne w górnictwie*, Ślesin, 331–337.
- Mirek J. & Mirek K., 2008a. Zastosowanie sieci neuronowych do analizy poziomu drgań gruntu na terenie LGOM. *Komputerowe Wspomaganie Badań Naukowych, Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego*, 15, B, 214.
- Mirek J. & Mirek K., 2008b. Peak Ground Acceleration Attenuation Relationship Based on RBF Neural Network. *The 9th Czech-Polish Workshop on Recent Geodynamics of the Sudeten and Adjacent Areas*. Nachod.
- Mirek K. & Mirek J., 2008c. Wstępna analiza danych interferometrii satelitarnej z rejonu Krakowa. *Komputerowe Wspomaganie Badań Naukowych. Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego*, 15, B, 214.
- Mirek K. & Mirek J., 2008d. Zastosowanie jądrowej aproksymacji w procesie interpretacji danych PSInSAR z północnej części GZW. *Komputerowe Wspomaganie Badań Naukowych, Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego*, 15, B, 214.
- Silverman B.W. 1986. *Density Estimation for Statistic and Data Analysis*. Chapman and Hall, London, 1–176.