

**TÍNH TOÁN HIỆU NĂNG CAO: THÁCH THỨC VÀ GIẢI PHÁP
TẠI KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN
ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM**

**HIGH PERFORMANCE COMPUTING: CHALLENGES and
SOLUTIONS
AT FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
HO CHI MINH CITY UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

Thoại Nam, Nguyễn Thanh Sơn, Trần Văn Hoài,
Lê Ngọc Minh, Nguyễn Cao Đạt và Trần Nguyễn Hoàng Huy

Khoa Công Nghệ Thông Tin, Đại học Bách Khoa TP.HCM, Việt Nam
nam@dit.hcmut.edu.vn

BẢN TÓM TẮT

Nhu cầu tính toán trong lĩnh vực khoa học và công nghệ ngày càng cao và trở thành một thách thức vì phương pháp xử lý tuần tự với một bộ xử lý không thể đáp ứng được. Xử lý song song dựa trên nguyên tắc sử dụng nhiều bộ xử lý cùng giải quyết một vấn đề là chìa khóa để giải bài toán khó này. Vì vậy những nghiên cứu trong lĩnh vực tính toán hiệu năng cao (High Performance Computing) hình thành trở nên rất cần thiết. Kết quả là các hệ máy tính mạnh ra đời. Điển hình là các hệ máy tính mạnh giá thành hạ phát triển dựa trên việc liên kết các máy tính cá nhân/máy trạm qua đường mạng tốc độ cao phát triển mạnh trong thập kỷ qua. Hiện nay công nghệ lưới (Grid) cho phép tận dụng các tài nguyên đang có để xây dựng một lưới tính toán rất mạnh. Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM (Khoa CNTT) là một trong những cơ quan nghiên cứu hàng đầu của Việt Nam trong lĩnh vực này. Nhóm nghiên cứu về tính toán hiệu năng cao thuộc Khoa CNTT đã được hình thành và hoạt động hơn 10 năm. Bài báo này trình bày các thách thức về tính toán trong khoa học và công nghệ và giải pháp trong lĩnh vực này của nhóm. Các bước đi, các kết quả nghiên cứu cũng như hướng phát triển của trong lĩnh vực này của nhóm tính toán hiệu năng cao cũng được trình bày.

ABSTRACT

High demands on computational resources in areas of science and industry are a challenge because sequential processing on a single processor is impossible to fulfill the demands. Parallel processing using many processors to solve a problem is the key to solve this hard problem. They have further pushed researches in High Performance Computing (HPC) into the mainstream market. Many powerful computer systems are then born. Especially, many low-cost powerful computers, which are set up by connecting many personal computers/workstations in a high speed network, are developed rapidly in the last decade. Moreover, Grid technology allows us to collect a large number of computational resources to build a powerful computing environment. Faculty of Information Technology, Ho Chi Minh City University of Technology (FIT HCMUT) is among the organizations of Vietnam that are at the head of research in this area. The HPC research group at FIT HCMUT was set up more than ten years ago. This paper discusses challenges in scientific computing as well as the solutions of the HPC research group in this field. Moreover, success stories and future research directions of the HPC research group are also presented.

1. GIỚI THIỆU

Các bài toán phức tạp và đòi hỏi sự tính toán lớn luôn được tìm thấy trong các ngành khoa học như hóa học, vật lý hạt nhân, vũ trụ học, cơ lưu chất, sinh học, y học... Một số bài toán có độ phức tạp khá lớn nên được gọi là “các bài toán thách đố” (Grand Challenge Problems) [34-35]. Các bài toán thách đố này không thể giải được trong một khoảng thời gian chấp nhận nếu sử dụng các loại máy tính hiện có ngày nay. Vấn đề càng phức tạp khi bài toán đòi hỏi việc mô phỏng và hiển thị mô hình đồ họa [35]. Mặt khác yêu cầu về thời gian xử lý của bài toán cũng quan trọng không kém. Ví dụ một bài toán dự báo thời tiết được giải trong 2 ngày để có thể cho kết quả dự báo thời tiết trong 1 ngày là không có ý nghĩa. Chính yêu cầu về tính toán phức tạp này đã thúc đẩy các máy tính song song có khả năng tính toán mạnh ra đời.

Máy tính song song gồm nhiều bộ xử lý và cho phép phối hợp các bộ xử lý này để giải quyết một bài toán lớn cùng một lúc. Những máy tính như vậy được gọi là siêu máy tính (Supercomputer). Vì tầm quan trọng của việc phát triển các siêu máy tính để giải quyết các bài toán lớn, hàng năm các chuyên gia thống kê và xếp hạng lại 500 siêu máy tính hàng đầu thế giới và gọi là TOP500. Danh sách TOP500 được công bố hai lần trong năm tại hội nghị siêu máy tính Mannheim và hội nghị Supercomputer vào tháng 11 (từ năm 1993). Danh sách này có thể tham khảo tại trang <http://www.top500.org>.

Ngày nay, các siêu máy tính còn được gọi là các máy tính hiệu năng cao (High-Performance Computers). Tính toán hiệu năng cao (High Performance Computing) là phương cách giải quyết các bài toán lớn dùng các máy tính hiệu năng cao [37]. Đây là một hướng nghiên cứu cho cả các tổ chức nghiên cứu, các trường đại học và cả các công ty vì nó đòi hỏi không chỉ giải pháp ở phần cứng mà cả phần mềm để vận hành và khai thác hệ thống máy tính một cách hiệu quả.

Khoa Công Nghệ Thông Tin, Đại Học Bách Khoa TP. HCM (Khoa CNTT) rất quan tâm đến lĩnh vực tính toán hiệu năng cao. Vì vậy, nhóm nghiên cứu về tính toán hiệu năng cao thuộc Khoa CNTT đã được thành lập từ năm 1995. Trong thời gian này, các hệ thống máy tính với khả năng tính toán mạnh đã từng bước được xây dựng nhằm phục vụ nhu cầu tính toán trong và ngoài trường như Supernode I và Supernode II.

Hướng đi của Khoa CNTT là xây dựng hệ thống, môi trường, hàm thư viện và công cụ hỗ trợ xây dựng các ứng dụng trên các hệ thống máy tính hiệu năng cao. Bên cạnh đó Khoa CNTT cũng cộng tác với các đơn vị khác trong và ngoài nước để phát triển ứng dụng hay chuyển đổi từ chương trình tuần tự sang chương trình song song chạy trên hệ thống máy tính song song.

Một hướng mới trong lĩnh vực tính toán hiệu năng cao đang được Khoa CNTT đầu tư nghiên cứu là tính toán lưới (Grid Computing). Công nghệ lưới cho phép liên kết các hệ thống máy tính mạnh và các máy tính cá nhân lại với nhau để cùng giải quyết một vấn đề lớn. Trong lĩnh vực này, có nhiều vấn đề cần nghiên cứu và Khoa CNTT tham gia các hướng nghiên cứu này.

Bên cạnh việc nghiên cứu trong lĩnh vực tính toán hiệu năng cao, Khoa CNTT cùng các đơn vị trong và ngoài nước tổ chức chuỗi hội thảo quốc tế về tính toán hiệu năng cao liên tục từ năm 1998 đến nay [23-31] để các nhà khoa học, các nghiên cứu sinh và sinh viên có dịp gặp gỡ và trao đổi kinh nghiệm. Quy mô cũng như chất lượng của các hội thảo tăng dần hàng năm.

Các hoạt động trong lĩnh vực tính toán hiệu năng cao của Khoa CNTT được trình bày chi tiết trong các mục còn lại. Phần 2 bàn về các thách thức trong tính toán hiệu năng cao cũng như các giải pháp hiện nay. Các hoạt động của Khoa CNTT được đề cập trong Phần 3. Các kết quả nghiên cứu trong lĩnh vực này tại Khoa CNTT được trình bày trong Phần 4. Tiếp theo trong Phần 5 là các hướng nghiên cứu trong thời gian đến của Khoa CNTT trong lĩnh vực tính toán hiệu năng cao. Cuối cùng là phần tổng kết các hoạt động được trình bày trong Phần 6.

2. THÁCH THỨC TRONG TÍNH TOÁN HIỆU NĂNG CAO và GIẢI PHÁP

2.1. Tính toán trong khoa học và công nghệ

Sự đòi hỏi về sức mạnh tính toán của máy tính không ngừng tăng lên nhằm để giải quyết các bài toán trong lĩnh vực khoa học và công nghệ. Các vấn đề trong nhiều lĩnh vực đa số đều đưa về mô hình số và mô phỏng. Tùy theo độ lớn của bài toán cần giải quyết hay độ chính xác của kết quả bài toán mà khối lượng tính toán sẽ

lớn đến mức nào. Ví dụ trong bài toán dự báo thời tiết bằng phương pháp số, để có kết quả dự báo chính xác thì ta phải giải bài toán trên một không gian rộng hơn và như thế số lượng phép tính cũng nhiều hơn.

Yêu cầu về thời gian tính toán cũng là một yếu tố cần sức mạnh tính toán của máy tính. Điều này rất thường thấy trong các qui trình sản xuất trong công nghiệp. Trong một qui trình sản xuất sự phối hợp hoạt động của các bộ phận rất quan trọng. Vì vậy việc tính toán chậm tại một bộ phận sẽ làm ảnh hưởng các bộ phận khác. Bài toán dự báo thời tiết trong lĩnh vực khoa học cũng đòi hỏi về thời gian tính toán. Để có kết quả dự báo chính xác, ta không thể chạy chương trình trong hai ngày chỉ để dự báo thời tiết cho ngày hôm sau.

Trong thực tế còn nhiều bài toán có độ phức tạp rất lớn mà sức mạnh siêu máy tính hiện tại cũng chưa giải quyết được. Vì vậy người ta gọi đây là các thách thức. Chúng ta có thể tham khảo [34-35] để hiểu hơn về các thách thức này. Hiện nay có rất nhiều lĩnh vực khoa học cần khoa học tính toán như hóa học, vật lý hạt nhân, vũ trụ học, cơ lưu chất, sinh học, y học... Khoa học tính toán giúp giải quyết nhiều vấn đề trên mô hình toán để tiên đoán trước kết quả thử nghiệm và như vậy giúp rút ngắn quá trình thử nghiệm. Nhiều bài toán cần giải quyết trên môi trường tính toán lưới như trong [1] càng cho thấy sự cần thiết của sức mạnh tính toán trong các lĩnh vực khoa học và công nghệ.

2.2. Giải pháp

Nhằm đáp ứng yêu cầu tính toán trong khoa học và công nghệ, ba giải pháp được đề nghị: (1) Tăng tốc độ tính toán của bộ xử lý, (2) Tìm một giải thuật tốt hơn để giải quyết và (3) Sử dụng kỹ thuật xử lý song song. Giải pháp (1) và (2) đòi hỏi nhiều thời gian để có kết quả cũng như có nhiều giới hạn. Ví dụ, khả năng của máy tính có một bộ xử lý đã được chứng minh là không vượt quá ngưỡng 500.000 MIPS (triệu phép tính trên giây) theo công nghệ hiện nay [38]. Để giải quyết các bài toán có khối lượng tính toán lớn đòi hỏi một giải pháp mới; đó chính là giải pháp (3). Chính động lực này đã thúc đẩy việc ra đời các hệ thống máy tính có khả năng tính toán song song mạnh.

Máy tính song song có nhiều bộ xử lý và các bộ xử lý này sẽ cùng tham gia giải quyết những phần khác nhau của một bài toán cùng lúc. Như

vậy thời gian giải quyết cho vấn đề sẽ được giảm đi. Theo lý thuyết, nếu có n bộ xử lý thì thời gian giải quyết vấn đề sẽ giảm đi n lần so với dùng một bộ xử lý. Tuy nhiên, thời gian giải quyết trong thực tế sẽ lớn hơn thời gian tính trên lý thuyết do nhiều nguyên do. Thứ nhất là ngoài thời gian xử lý trong bài toán thì còn thời gian đồng bộ và giao tiếp giữa các công việc xử lý song song. Thứ hai là không phải bài toán nào cũng có thể chia thành n phần nhỏ bằng nhau để giao cho các bộ xử lý. Nguyên do thứ hai phải giải quyết bằng cách xây dựng các giải thuật hợp lý và có thể thực thi song song được. Để giải quyết nguyên do thứ nhất thì ngoài việc chú ý đến giải thuật giải quyết vấn đề, ta nên chú ý đến khả năng truyền dữ liệu trong hệ thống máy tính. Vậy hiệu quả của việc xây dựng một ứng dụng song song không chỉ phụ thuộc vào giải thuật giải quyết mà còn phụ thuộc nhiều vào hệ thống máy tính.

Các hệ thống máy tính song song lần lượt ra đời với nhiều kiến trúc và kỹ thuật xây dựng khác nhau. Hiện tại, các máy tính song song có thể tạm chia làm 3 loại [36]:

- (1) Máy tính song song có các bộ xử lý đối xứng và dùng chung bộ nhớ. Ví dụ như SGI Power Challenge.
- (2) Hệ thống máy tính song song lớn (Massively parallel systems) dùng bộ nhớ phân bố dựa trên hệ thống mạng tốc độ cao. Ví dụ như Intel Paragon, IBM R6000/SP, Cray T3E...
- (3) Các trạm làm việc liên kết qua đường mạng (NOW).

Một phần quan trọng trong tính toán hiệu năng cao liên quan đến vấn đề xây dựng các siêu máy tính. Ở vào thời điểm năm 1980, một siêu máy tính phải là máy tính có khả năng tính toán trên 100 Mflops nhưng ngày nay máy tính cá nhân có khả năng tính toán mạnh hơn thế. Vì thế một siêu máy tính ngày nay được xem là một máy tính có khả năng tính toán mạnh hơn một máy tính để bàn/máy tính cá nhân. Vấn đề trong tính toán hiệu năng cao liên quan đến các vấn đề xây dựng các siêu máy tính và các phần mềm chạy trên nó. Một vấn đề rất được quan tâm là làm sao xây dựng được các siêu máy tính có khả năng tính toán mạnh nhưng giá thành lại thấp. Phương án liên kết các máy tính cá nhân qua đường mạng theo dạng NOW là giải pháp được lựa chọn hiện nay vì có tỉ lệ *giá cả/độ hiệu quả* nhỏ hơn (tốt hơn) các máy tính đa xử lý.

Trong các ứng dụng song song thì thời gian truyền dữ liệu cũng có thể so sánh với thời gian tính toán. Vì vậy các hệ thống PC-based cluster được xây dựng dựa trên việc liên kết các máy tính cá nhân qua bộ chuyển mạch tốc độ cao để thỏa mãn tốc độ truyền dữ liệu cao giữa các nút tính toán và giá thành toàn hệ thống không cao. Hướng nghiên cứu xây dựng PC-based cluster được phát triển mạnh từ hơn thập kỷ qua. Một vấn đề quan trọng khi xây hệ thống này là phần mềm quản lý tài nguyên, phân bổ công việc, quản lý công việc, giám sát... Phần mềm hệ thống này giúp chúng ta sử dụng dễ dàng và hiệu quả tài nguyên trong hệ thống.

Nhu cầu giải quyết các bài toán thật lớn trong thực tế (như một số ứng dụng có thể tìm thấy trong [1]) dẫn đến nhu cầu liên kết các hệ thống máy tính mạnh lại với nhau để cùng giải quyết một vấn đề. Bên cạnh đó sự hợp tác trong công việc, cùng chia sẻ tài nguyên giữa các cơ quan cũng thúc đẩy ra đời một mô hình hệ thống máy tính mạnh mới. Đó chính là lưới tính toán (Grid Computing). Grid là một hệ thống song song và phân bố cho phép chia sẻ, lựa chọn và kết hợp các tài nguyên độc lập rải rác ở nhiều nơi khác nhau một cách tự động lúc thực thi chương trình tùy thuộc vào tính sẵn sàng, khả năng đáp ứng, độ hiệu quả, giá cả và các yêu cầu về dịch vụ của người sử dụng [32].

3. HOẠT ĐỘNG KHOA HỌC TRONG LĨNH VỰC TÍNH TOÁN HIỆU NĂNG CAO CỦA KHOA CNTT

Khoa CNTT nhận định lĩnh vực tính toán hiệu năng cao là một lĩnh vực quan trọng và đã thành lập nhóm nghiên cứu về tính toán hiệu năng cao thuộc bộ môn Phần mềm Hệ thống từ những năm 1995. Việc xây dựng đội ngũ chuyên gia trong lĩnh vực tính toán hiệu năng cao và tính toán mạng lưới là một việc quan trọng. Vì vậy, Khoa CNTT đã gởi một số giảng viên đi hợp tác nghiên cứu và học tập nâng cao trình độ về lĩnh vực tính toán hiệu năng cao và tính toán mạng lưới tại các nước phát triển khác. Một số giảng viên được tham gia vào các dự án nghiên cứu tầm cỡ của châu Âu về lĩnh vực này. Đội ngũ này là lực lượng nòng cốt giúp Khoa CNTT phát huy tốt vai trò một trong những đơn vị đi đầu trong cả nước trên lĩnh vực này.

Nhóm nghiên cứu về tính toán hiệu năng cao tại Khoa CNTT triển khai nhiều hướng nghiên cứu khác nhau như: công cụ hỗ trợ lập

trình, đánh giá hiệu suất và truy lỗi, tính chịu lỗi, phần mềm hệ thống cho các PC-based cluster, hệ điều hành mã nguồn mở, tính toán song song trong tối ưu tổ hợp, phát triển ứng dụng song song, tính toán lưới... Một số đề tài nghiên cứu trên các lĩnh vực này đã và đang triển khai [39-40]. Nhiều công trình nghiên cứu được công bố trên các tạp chí chuyên ngành và trên các kỷ yếu của các hội nghị quốc tế có uy tín (trích một số bài báo khoa học và các trình bày tại hội nghị khoa học của nhóm tính toán hiệu năng cao [2-22]). Số lượng các công trình nghiên cứu được công bố ngày càng tăng về số lượng cũng như chất lượng. Ngoài ra, nhóm nghiên cứu về tính toán hiệu năng cao cũng hướng dẫn nhiều sinh viên Cao học và Đại học tham gia các công trình nghiên cứu để đẩy mạnh phong trào nghiên cứu trong sinh viên về hướng này. Một số các sinh viên này đã trở thành các giảng viên của Khoa CNTT sau khi tốt nghiệp.

Khoa CNTT đã hợp tác nghiên cứu cùng với Viện Toán – Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam và Trung tâm các ngành học thuật trong tính toán khoa học – Heidelberg (Interdisciplinary Center of Scientific Computing) từ những năm 1996 cho đến nay trong lĩnh vực tính toán hiệu năng cao. Trong khoảng thời gian này các bên có trao đổi chuyên môn và cán bộ để nghiên cứu, nâng cao trình độ chuyên môn trong lĩnh vực này. Hàng năm cả ba bên cùng tham gia tổ chức hội nghị quốc tế chuyên ngành về tính toán hiệu năng cao từ năm 1998 cho đến nay [23-31]. Có nhiều chuyên gia trong và ngoài nước tham dự và trình bày báo cáo tại các hội nghị này. Một số báo cáo khoa học có chất lượng cao trong hội nghị quốc tế về tính toán hiệu năng cao trong năm 2003 tại Hà Nội được tuyển chọn và đăng trên một kỷ yếu tại nhà xuất bản Springer. Trong lĩnh vực chuyên môn, nhóm nghiên cứu về tính toán hiệu năng cao thường xuyên mời một số giáo sư nhiều kinh nghiệm sang trình bày các chuyên đề tại các hội nghị cũng như giảng tại lớp cho các sinh viên. Đây là một bước đi tốt trong việc hội nhập của Khoa CNTT vào lĩnh vực tính toán hiệu năng cao cùng các nơi khác trên thế giới.

4. CÁC KẾT QUẢ TIÊU BIỂU

Trong suốt thời gian 10 năm hoạt động, nhóm nghiên cứu về tính toán hiệu năng cao đạt được một số kết quả từ việc xây dựng đội ngũ, tổ chức hội thảo chuyên ngành cho đến các đề

tài nghiên cứu khoa học. Sau đây sẽ trình bày một số kết quả tiêu biểu đạt được.

4.1 Supernode I



Hình 4.1: Supernode I xây dựng vào 1998-2000.

Thấy được nhu cầu tính toán ngày càng cao trong các lĩnh vực khoa học và công nghệ nên Khoa CNTT đã đầu tư nghiên cứu xây dựng các hệ thống máy tính có khả năng tính toán mạnh và rẻ tiền để phù hợp với nhu cầu của Việt Nam. Chiếc máy tính đầu tiên theo dạng này là Supernode I (xem Hình 4.1) có 4 nút tính toán được xây dựng trong đề tài nghiên cứu khoa học cấp thành phố “Nghiên cứu và xây dựng môi trường phát triển lập trình xử lý song song trên hệ đa xử lý Supernode” [39] vào năm 1998-2000. Các nút tính toán dùng bộ xử lý Intel 233MHz, 64 MB RAM, đĩa cứng 2 GB và có 2 card giao tiếp nối vào Switch 3000. Hệ điều hành trên từng nút là Linux và thư viện giao tiếp là MPI (Message Passing Interface Standard) [33]. Hệ thống có thể thiết lập hình thái liên kết thông qua khả năng phân chia mạng ảo của Switch 3000. Người sử dụng có thể xây dựng chương trình thông qua một công cụ lập trình chuyên dụng DPPT (Distributed and Parallel Programming Tool) cho hệ thống Supernode I [14]. Công cụ này cũng trợ giúp chia các công việc cho các nút xử lý một cách hợp lý và hiệu quả. Mục tiêu là giúp những người sử dụng (không thuộc chuyên ngành) dễ dàng xây dựng các chương trình song song trên hệ thống Supernode I. Hệ thống Supernode I đã được giới thiệu và chạy thử nghiệm tại hội nghị quốc tế về tính toán khoa học hiệu năng cao HPSC2000 [25] tại Hà Nội vào tháng 3 năm 2000.

Dựa trên kết quả có được, máy tính Supernode I với 8 nút tính toán (1GHz, 256 MB RAM, đĩa cứng 20 GB và có 2 card giao tiếp 1Gbps và 100Mbps) được xây dựng vào năm 2001 (xem Hình 4.2). Hệ điều hành Linux triển khai trên từng nút và MPI là thư viện giao tiếp. Công cụ lập trình VEPAD cũng được xây dựng cho hệ thống này [5]. Hệ thống này được dùng để chạy các ứng dụng tính toán khoa học cũng như phục vụ cho việc nghiên cứu và phát triển dòng máy Supernode của tập thể giảng viên và sinh viên Khoa CNTT.



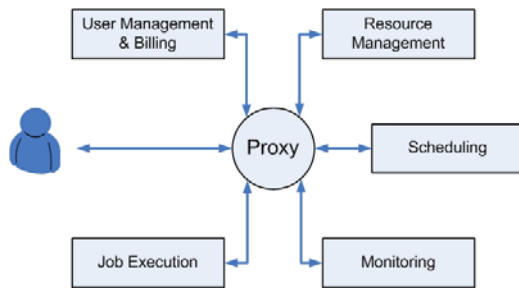
Hình 4.2: Supernode I xây dựng vào 2001.

4.2 Supernode II



Hình 4.3: Supernode II xây dựng vào năm 2005

Với nhu cầu tính toán ngày càng lớn và kết quả nghiên cứu xây dựng hệ thống Supernode I, một thể hệ mới của dòng Supernode là Supernode II đang được xây dựng. Supernode II đang được triển khai tại Trung tâm Điện toán thuộc trường Đại Học Bách Khoa TP.HCM. Supernode II có 64 nút tính toán (xem Hình 4.3). Thông số kỹ thuật tại mỗi nút tính toán như sau: 2 CPUs (Dual Xeon 2.4GHz, 512KB cache), 1 GB RAM, 2 đường giao tiếp Gigabit và 1 đường giao tiếp 100 Mbps. Bộ chuyên mạch trung tâm cho hệ thống có băng thông rộng 32 Gbps nên đảm bảo tốc độ truyền tối đa cho từng nút tính toán. Hệ thống Supernode II có khả năng tính toán rất mạnh và sẽ đáp ứng được phần lớn nhu cầu tính toán của một số các đơn vị trong trường và ngoài trường.



Hình 4.4: Các bộ phận chức năng trong phần mềm hệ thống trang bị trên Supernode II

Phần mềm hệ thống trang bị cho Supernode II được nghiên cứu xây dựng trong đề tài nghiên cứu khoa học trọng điểm của ĐHQG TP.HCM “Nghiên cứu và xây dựng phần mềm hệ thống trang bị cho hệ thống tính toán hiệu năng cao” 2004-2006 [40]. Các tính năng trong phần mềm này được mô tả trong Hình 4.4. Do số lượng nút tính toán trên Supernode II nhiều nên việc sử dụng các tài nguyên này hiệu quả là vấn đề được quan tâm. Các chức năng trong phần mềm hệ thống giải quyết được các việc sau:

- Quản lý tài nguyên và định thời: quản lý toàn bộ tài nguyên trên hệ thống và phân bổ tài nguyên hợp lý nhằm phục vụ công việc của người sử dụng.
- Quản lý công việc: chịu trách nhiệm phân bổ công việc lên các nút tính toán. Các công việc này có thể là công việc tuần tự hay công việc song song sử dụng MPI.
- Giám sát hệ thống: giám sát toàn bộ hoạt động của hệ thống. Ngoài ra, phần này còn cung

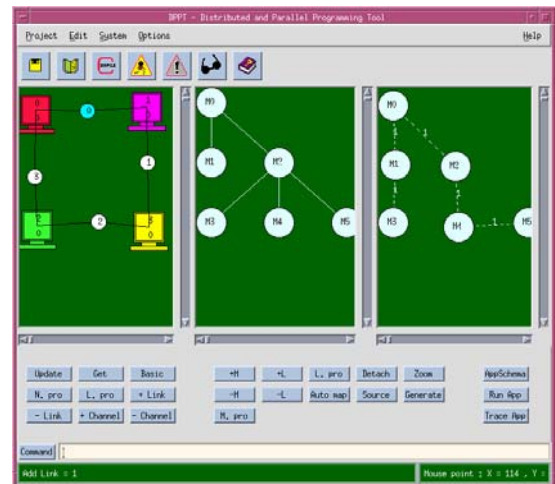
cấp cho người sử dụng hệ thống khả năng giám sát công việc của mình đang được thực thi trong hệ thống. Cung cấp những thông tin về trạng thái của các công việc và tài nguyên cho người quản trị.

- Quản lý người dùng và tính phí: Supernode II là một hệ thống có nhiều người dùng nên cần có cơ chế để quản lý người dùng, giám sát thông tin về sử dụng tài nguyên của người dùng.

- Môi trường để biên dịch, kiểm tra chương trình.

4.3 Công cụ lập trình

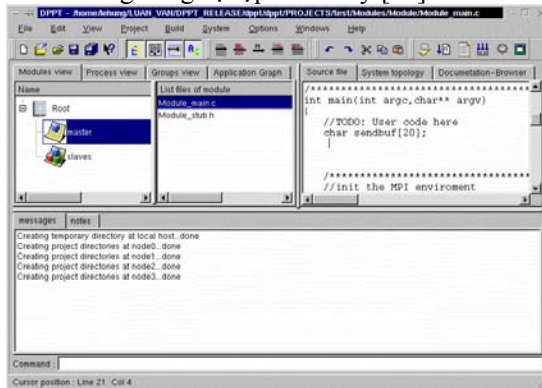
Môi trường xử lý song song như Supernode cho phép triển khai các ứng dụng song song lớn. Tuy nhiên việc phát triển ứng dụng song song không dễ dàng nhất là khi người lập trình không am hiểu nhiều về môi trường song song và phân tán. Một công cụ đồ họa trợ giúp phát triển ứng dụng song song trên Supernode rất hữu ích để giải quyết vấn đề này. Đây cũng là một hướng nghiên cứu được nhóm tính toán hiệu năng cao tập trung nghiên cứu từ lâu và đạt được nhiều kết quả.



Hình 4.5: Công cụ lập trình DPPT.

Từ năm 1995 đến 1998, nhóm đã xây dựng một công cụ đồ họa đơn giản giúp phát triển ứng dụng trên môi trường mạng sử dụng hệ điều hành HP Unix và Solaris. Tiếp theo một công cụ đồ họa DPPT (Distributed and Parallel Programming Tool) được xây dựng trong dự án xây dựng Supernode I [14] (xem Hình 4.5).

DPPT chạy trên hệ điều hành Solaris nhưng cho phép xây dựng ứng dụng song song dùng MPI chạy trên các nút tính toán cài hệ điều hành Linux trong Supernode I. Các tính năng cơ bản của một công cụ lập trình được cung cấp như soạn thảo, dịch và chạy chương trình. Giải thuật giúp ánh xạ các công việc trong bài toán lên các nút tính toán tối ưu cũng được nghiên cứu và triển khai trong công cụ lập trình này [15].



Hình 4.6: Công cụ lập trình VEPAD.

Khi hệ điều hành Linux trở nên khá phổ biến và có nhiều người sử dụng Linux trên các máy tính cá nhân thì động lực xây dựng công cụ hỗ trợ lập trình trên môi trường Linux ngày càng mạnh mẽ. Đó chính là động lực để công cụ lập trình VEPAD (Virtual Environment for Parallel And Distributed programs developing) [5] ra đời. Hình 4.6 là giao diện chính của VEPAD. Ngoài các chức năng như trong DPPT, công cụ VEPAD có các tính năng cải tiến/mới như: (1) tăng cường sinh mã khung, (2) phát triển khả năng quản lý chương trình của người dùng, (3) đưa vào chức năng tạo nhóm quá trình và (4) khả năng đưa các giải thuật ánh xạ khác vào công cụ.

Hiện tại việc nghiên cứu để tạo ra các công cụ lập trình thân thiện và hữu dụng đang được tiếp tục tiến hành. Trong giai đoạn trước mắt sẽ là công cụ giúp triển khai ứng dụng trên Supernode II.

5. HƯỚNG NGHIÊN CỨU và PHÁT TRIỂN

Một số hướng nghiên cứu của nhóm tính toán hiệu năng cao đã được thể hiện trong các kết quả nghiên cứu trình bày ở Phần 4. Hướng xây dựng môi trường tính toán song song và

phân tán như xây dựng dòng Supernode đã kéo theo nhiều hướng nghiên cứu khác như: quản lý tài nguyên, giải thuật định thời, giải thuật ánh xạ công việc vào bộ xử lý, đánh giá hiệu suất, tính kháng lỗi... Hướng nghiên cứu về công cụ lập trình cho các hệ thống Supernode là một hướng nghiên cứu không tách rời việc xây dựng Supernode.

Để hệ thống Supernode hoạt động hiệu quả, các phần mềm hệ thống sử dụng phải được tối ưu hóa. Hệ điều hành Linux trên các nút tính toán phải được hiệu chỉnh để chỉ giữ lại các tính năng cần thiết, bổ sung các chức năng mới... Từ động lực này, hướng nghiên cứu mã nguồn mở Linux được xúc tiến. Song song đó hướng nghiên cứu mã nguồn mở về các phần mềm giao tiếp như MPI (Message Passing Interface standard) [33] cũng được quan tâm. Việc này giúp triển khai các phần mềm giao tiếp hiệu quả trên Supernode. Ngoài ra, việc bổ sung các tính năng khác như tính kháng lỗi của ứng dụng cũng cần sự sửa đổi trong mã nguồn mở.

Việc xây dựng ứng dụng song song trên Supernode là một công việc không dễ dàng. Việc này càng khó đối với người lập trình không chuyên về lĩnh vực tính toán song song. Công cụ hỗ trợ lập trình chỉ giúp đơn giản hóa việc phát triển ứng dụng song song. Còn phát triển ứng dụng song song chạy hiệu quả tùy thuộc vào nhiều việc khác như phân tích bài toán, lựa chọn mô hình song song, tổ chức dữ liệu... Vì vậy việc xây dựng ứng dụng song song cũng là một hướng nghiên cứu và được triển khai trong thời gian tới của nhóm tính toán hiệu năng cao.

Hiện có hai vấn đề trái ngược đã và đang hình thành là (1) nhu cầu tính toán trong lĩnh vực khoa học và công nghệ ngày càng lớn và (2) tài nguyên (tính toán và lưu trữ) tại các đơn vị chưa được sử dụng hiệu quả. Câu hỏi lớn là làm sao tập hợp các tài nguyên không khai thác hết công suất này phục vụ cho nhu cầu tính toán lớn. Công nghệ lưới là lời giải hiện nay. Việc xây dựng lưới tính toán dựa trên việc liên kết các Supernode và các máy tính khác giúp chúng ta giải quyết các bài toán lớn cũng như có thể chia sẻ tài nguyên tính toán này cho nhiều người sử dụng. Đây là một hướng nghiên cứu được nhóm tính toán hiệu năng cao đã và đang triển khai. Nhóm sẽ tập trung nghiên cứu và xây dựng lưới tính toán *VN-Grid* dựa trên việc liên kết các hệ máy tính Supernode. Kết quả này giúp giảm chi phí đầu tư về máy móc và lại đáp ứng được

nhu cầu tính toán trong lĩnh vực khoa học và công nghệ tại Việt Nam.

6. KẾT LUẬN

Nhu cầu tính toán trong lĩnh vực khoa học và công nghệ đã thúc đẩy lĩnh vực tính toán hiệu năng cao phát triển mạnh. Nhóm nghiên cứu về tính toán hiệu năng cao tại Khoa CNTT đã được hình thành và đóng góp nhiều nghiên cứu trong lĩnh vực này. Việc nghiên cứu xây dựng các dòng máy Supernode đã kéo theo các hướng nghiên cứu khác liên quan đến lĩnh vực này như xây dựng công cụ lập trình, giải thuật định thời, giải thuật ánh xạ... Việc xây dựng một lưới tính toán kết nối nhiều Supernode và các máy tính khác cho phép chia sẻ tài nguyên và có thể giải nhiều bài toán lớn là một hướng nghiên cứu trong thời gian sắp đến. Song song đó hướng xây dựng ứng dụng song song trên Supernode và trên lưới cũng được nhóm phát triển mạnh.

Xin chân thành cảm ơn sự đóng góp của tất cả các thành viên khác trong nhóm tính toán hiệu năng cao và bộ môn Phần mềm Hệ thống: Lê Nam Hiến, Hoàng Đức Minh, Đặng Trần Khánh, Trương Hồng Lĩnh, Nguyễn Tuấn Anh, Hồ Quốc Thuận, Lê Trung Quân, Lê Lam Sơn, Hà Hoài Phương, Ngô Huy Hoàng, Vũ Lê Hùng, Phùng Hữu Phú, Nguyễn Quang Hùng, Đoàn Việt Hưng, Trần Ngọc Minh và tất cả các sinh viên Khoa CNTT đã tham gia nghiên cứu trong lĩnh vực này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. I. Foster and C. Kesselman, The Grid 2 – Blueprint for a new computing infrastructure, the 2nd edition, Morgan Kaufmann, 2004.
2. A.I. Wang, C.F. Sorensen, H. Ramampiaro, L. N. Hien, R. Conradi and M. Nygard, Using the MOWAHS Characterisation Framework for Development of Mobile Work Applications, Proc. of PROFRES 2005, Oulu, Finland, June 13-15, 2005, pp. 128-142.
3. T.V. Hoai, G. Reinelt and H.G. Bock, The BoxStep Methods for Crew Pairing Problems, Optimization and Engineering. [to appear]
4. T.V. Hoai, Modern Network Technologies in Cluster Computing, In the International Workshop on Some Problems in Scientific Computing, March 1998, Hanoi, Vietnam.
5. V.L. Hung and N.T. Son, A New Approach to Parallel Application Development Using VEPAD, Proc. of the International School on Scientific Computing and Applications, March 2002, Ho Chi Minh City, Vietnam.
6. H.D.Minh, H.G. Bock, H.X. Phu and J.P. Schlöder, Optimization of reactive flow problems described by large-scale partial differential equations. PARAOPE 2004, International Workshop on Parameter Estimation and Optimal Design of Experiments: Numerical Methods and Applications, 2004.
7. T.A. Nguyen and P. Kuonen, ParoC++: A Requirement-Driven Parallel Object-Oriented Programming Language, Computational Science - ICCS 2003, International Conference, Melbourne, Australia and St. Petersburg, Russia, June 2-4, 2003. Proceedings, Part I. Lecture Notes in Computer Science 2657 Springer 2003, ISBN 3-540-40194-6, pp. 165-174.
8. H.H. Phuong and P. Tsigas, Reactive multi-word synchronization for multiprocessors, Proceedings of the 12th IEEE/ACM International Conference on Parallel Architectures and Compilation Techniques, Sept. 27-Oct. 1, 2003, New Orleans, USA, pp. 184-193, IEEE press.
9. N.T. Son and N.Q. Hung, A practical service-oriented architecture for semantic search application, Proc. of the International School on Computational Science and Engineering: Theory and Applications, Ho Chi Minh City, March 2005, Vietnam, pp. 115-122.
10. L.T. Quan, Performance Evaluation of Proposed WPMM-ERICA+ Algorithm for Bandwidth Allocation of ABR Service under Different Load Conditions in ATM Networks, Journal of Post and Telecommunications, March-2004, Vietnam.
11. N.T. Son, T.N.H. Huy and N.A. Kiet, Balance Algorithm-a New Approach to Solving Mapping Problem On Heterogeneous Systems, In H.G. Bock et al. (eds): Modelling, Simulation and

- Optimization of Complex Processes, Springer-Verlag, 2004, pp. 461-470.
12. N.T. Son and L.L. Son, Solving Delaunay Problem on a PC-based Parallel Processing System, Proc. of the 2nd Japan-USA-Vietnam Workshop on Research and Education in Systems, Computation and Control Engineering, June 2000, Ho Chi Minh City, Vietnam, pp. 375-379.
 13. N.T. Son, H.D. Minh and N. Thoai, Static and Dynamic Reconfiguration for Supernode Systems, In the International Conference on High Performance Scientific Computing, March 2000, Hanoi, Vietnam.
 14. N.T. Son, D.T. Khanh and N. Thoai, DPPT-Distributed and Parallel Programming Tool, In the International Conference on High Performance Scientific Computing, March 2000, Hanoi, Vietnam.
 15. N.T. Son and H.H. Phuong, Applying Performance Prediction on Mapping Problem, Proc. of the International School on Parallel Computing, March 2001, Ho Chi Minh City, Vietnam, pp. 110-117.
 16. N.T. Son et al., BKMPI – A Thread-Compliant MPI Parallel Programming Environment, Proc. of the International School on Scientific Computing and Applications, March 2002, Ho Chi Minh City, Vietnam, pp. 98-107.
 17. N. Thoai, H.A. Le. and V.H. Doan, SCK – A User-Level Transparent, Non-Blocking Coordinated Checkpointing of MPI Programs, Proc. of the International School on Computational Science and Engineering: Theory and Applications, March 2005, Ho Chi Minh City, Vietnam, pp. 123-136.
 18. N. Thoai, D.T. Tran and V.N.T. Tran, Resource Management and Scheduling on Supernode II, Proc. of the International School on Computational Science and Engineering: Theory and Applications, March 2005, Ho Chi Minh City, Vietnam, pp. 137-147.
 19. N. Thoai, D. Kranzlmüller and J. Volkert, ROS: The Rollback-One-Step Method to Minimize the Waiting Time during Debugging Long-Running Parallel Programs, a revised version of “Rollback-One-Step Checkpointing and Reduced Message Logging for Debugging Message-Passing Programs”, High Performance Computing for Computational Science, selected Papers and Invited Talks of VECPAR 2002, LNCS Vol. 2565, Springer-Verlag, Chapter 8, pp. 664-678.
 20. N. Thoai and J. Volkert, Shortcut Replay: A Replay Technique for Debugging Long-Running Parallel Programs, Proc. of the Asian Computing Science Conference (ASIAN'02), December 2002, Hanoi, Vietnam, LNCS Vol. 2550, Springer-Verlag, pp. 34-46.
 21. H.Q. Thuan and N.T. Son, Building Graphs for Mapping and Debugging Parallel Applications, Proc. of the International School on Scientific Computing and Applications, March 2002, Ho Chi Minh city, Vietnam, pp. 89-97.
 22. H.L. Truong and T. Fahringer, SCALEA-G: A Unified Monitoring and Performance Analysis System for the Grid, Scientific Programming, 12(4):225-237, © IOS Press, 2004.
 23. Symposium on Problems in Scientific Computing, March 18-20, 1998, Hanoi, Vietnam.
 24. Spring School Practice of Scientific Computing, March 1-13, 1999, Hanoi, Vietnam.
 25. Conference on High Performance Scientific Computing, March 27-31, 2000, Hanoi, Vietnam.
 26. School on Parallel Computing, March 12-14, 2001, Ho Chi Minh City, Vietnam.
 27. School on Scientific Computing and Applications, March 4-6, 2002, Ho Chi Minh City, Vietnam.
 28. Conference on High Performance Scientific Computing, March 10-14, 2003, Hanoi, Vietnam.
 29. School on Computational Sciences and Engineering: Theory and Applications, March 3-5, 2004, Ho Chi Minh City, Vietnam.
 30. School on Computational Sciences and Engineering: Theory and Applications, March 2-4, 2005, Ho Chi Minh City, Vietnam.
 31. Conference on High Performance Scientific Computing, March 6-10, 2006, Hanoi, Vietnam.
 32. Grid Computing Forum, <http://www.gridcomputing.com/>.
 33. Message Passing Interface Forum, MPI: QA Message-Passing Interface Standard –

- Version 1.1, <http://www.mcs.anl.gov/mpi/> , June 1995.
34. Grand Challenges to Computational Science, Future Generation Computer Systems 5, Special Double Issue, No. 2&3 , 1989.
 35. San Diego Supercomputer Center (SDSC), Grand Challenge Equations, University of California, San Diego, <http://www.sdsc.edu/GCequations>, 1999.
 36. G.C. Mai and C.A.F. De Rose, Low Cost Cluster Architectures for Parallel and Distributed Processing, CLEI Electronic Journal 3 (1), 2000.
 37. Y. Poovarawan and P. Uthayopas, High Performance Computing: Needs and Application for Thailand, EECON 20th, November 1997, Bangkok, Thailand.
 38. A.S. Tanenbaum, Distributed Operating Systems, Prentice Hall, 1990.
 39. N.T. Sơn và các cộng sự, Nghiên cứu và xây dựng môi trường phát triển lập trình xử lý song song trên hệ đa xử lý Supernode, Đề tài nghiên cứu cấp thành phố, 1998-2000.
 40. N. Thoai và các cộng sự, Nghiên cứu và xây dựng phần mềm hệ thống trang bị cho hệ thống tính toán hiệu năng cao, Đề tài nghiên cứu cấp ĐHQG, 2004-2006.