

Paralel Hesaplama da Beowulf Küme Bilgisayar Mimarisi Kullanımı

M Akçay¹

¹Bilgisayar Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi
Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya
makcay@dpu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Beowulf küme bilgisayar mimarisi kullanılarak paralel hesaplamanın nasıl yapılacağı açıklanacaktır. Küme bilgisayar, sıradan kişisel bilgisayarlar (PC)'ler kullanılarak yapılan MIMD çoklu bilgisayarlardır. Bu yapı paralel programlama için ekonomik hesaplama gücü sunmaktadır. Beowulf küme bilgisayar mimarisinde PC'ler network aracılığı ile birbirine bağlanmakta ve açık kaynak kodlu yazılım kurulmaktadır. Bu çalışmada yeni başlayanlar için Linux ve Beowulf küme bilgisayar kaynakları verilmiştir.

1. Giriş

Beowulf, Linux bilgisayarları bir araya getirerek sanal süper bilgisayar oluşturma teknolojisidir [8-22]. Beowulf küme bilgisayar mimarisi [1] kişisel bilgisayar (PC)'lar kullanılarak yapılan ve paralel hesaplamalar için kullanılan çok işlemcili bilgisayar mimarisidir. Beowulf sisteminde bir sunucu düğüm ile bir veya daha fazla hesaplama düğümünün ağ anahtarıyla bağlantısıyla oluşturulmaktadır. Sistem oluşturulurken standart ağ bağlantı bileşenleri kullanılmaktadır. Beowulf özel donanım bileşenlerine ihtiyaç duymamaktadır. Beowulf Linux işletim sistemi, Paralel Sanal Makine (Paralel Virtual Machine, PVM [2]) ve İleti Aktarım Birimi'ni (Message Passing Interface, MPI [3-7]) destekler. Beowulf küme bilgisayar mimarisinde dış dünya ve diğer hesaplama düğümleri arasındaki bağlantıyı sunucu düğüm sağlar. Hesaplama düğümleri sunucu tarafından yapılandırılır ve kendilerine verilen işleri yaparlar.

Bir sonraki bölümde Beowulf Küme bilgisayar mimarisi açıklanacaktır. Daha sonra paralel uygulamaların geliştirilmesi anlatılacaktır. Son bölümde sonuç ve öneriler açıklanacaktır.

2. Beowulf Küme Bilgisayar Mimarisi

Beowulf küme bilgisayar için gerekenler:

Ağ bağlantı birimi olan standart PC'ler

- Sunucu düğüm için klavye, fare ve monitör
- Beowulf küme bilgisayar kurulumundan sonra Hesaplama düğümleri için klavye, fare ve monitör gerekmemektedir

Bilgisayarları ağ aracılığı ile bağlamak için hızlı ağ anahtarı ve kablo
Linux işletim sistemi
İleti aktarım birimi (MPI)

Beowulf küme bilgisayar kurulum yazılımları:

- Open Cluster Groups [23]
- Open Source Cluster Application Resource (OSCAR) [24]
- MOSIX [25]
- ROCKS [26]
- Scyld [27]

Beowulf küme bilgisayar yönetim araçları:

- Kurulum için SIS (System Installation Suite)
- İş kuyruk sistemi için PBS (Portable Batch System)
- İş çizelgeleme için Maui
- Küme yönetimi için C3 (Cluster Command Control)
- Küme takibi için Ganglia
- Kullanıcı yönetimi için OPIUM (OSCAR Password Installer and User Management)

kullanılabilir.

Beowulf küme bilgisayar kurulumu:

Sunucu düğümüne Beowulf küme bilgisayar kurulumu yazılımının (örneğin OSCAR) desteklediği Linux işletim sistemi (örneğin Redhat) yüklenir. Seçilen Beowulf küme bilgisayar kurulum yazılımı (OSCAR) yüklenir ve çalıştırılır. Şekil 1 deki ilgili kurulum adımları başarı ile tamamlandıktan sonra Beowulf küme bilgisayar kurulumu tamamlanır ve test edilir. Küme bilgisayar mimarisi ve daha ayrıntılı bilgi kaynak [24] de verilmiştir.

Beowulf küme bilgisayar mimarisinin avantajları:

1. Donanımını temin etmek kolay ve ucuzdur.
2. Tek bir donanım üreticisine bağlı kalma zorunluluğu yoktur.
3. Linux sürücüleri donanımları desteklemektedirler.
4. Birden çok bilgisayarın kaynakları kullanıldığından yüksek seviyede başarımlı ve işlem gücü elde edilmektedir.

3. Paralel Uygulama Geliştirme



Şekil 1. Beowulf bilgisayar kurulum adımları (OSCAR [29]).

5. Küme bilgisayar mimarisi hatalara (fault, çökmelere) karşı etkin bir koruma sunmaktadır. Bir bilgisayarın çökmesi durumunda o bilgisayara verilmiş olan iş hemen başka bir bilgisayara yönlendirilerek yürütülmekte olan işin sistemdeki diğer hesaplama düğümleri tarafından tamamlanması sağlanmaktadır.

6. Küme bilgisayar sistemine bir hesaplama düğüm bilgisayarı ilave edilmek istendiği zaman bu bilgisayarın işletim sistemi sistemdeki diğer bilgisayarlardan kopyalanarak kurulabilmekte ve ayar değişiklikleriyle bu bilgisayar sisteme kolayca eklenmektedir.

Beowulf küme bilgisayar mimarisinin dezavantajları:

1. Küme hesaplama yapılacak işler doğaları gereği paralel işleme uygun olmalı. Bu tür uygulamaların sayısı son zamanlarda artmaktadır.

2. Küme hesaplama en büyük sorunlar ağ iletişiminden (bir bilgisayardan diğer bilgisayara veri aktarma hızı) kaynaklanmaktadır.

Neden paralel hesaplama için Beowulf küme bilgisayar mimarisi tercih edilir?

Beowulf küme bilgisayar mimarisinin avantajları daha önemli olduğundan tercih edilmektedir.

Beowulf küme bilgisayar mimarisi paralel uygulama geliştirmek için kullanılmaktadır. Kullanıcılar uzaktan Beowulf küme bilgisayardaki sunucu düğüme SSH (Secure Shell) ile bağlanarak programları geliştirilmektedir. Kullanıcılar problemlerini çözmek için gereken programları paralel hesaplama için yazmaları ve test etmeleri gerekmektedir. Paralel programlar küme bilgisayarda çalıştırılırken kaç tane hesaplama düğüm bilgisayarı seçileceği çalıştırma anında parametre olarak verilebilmektedir. Farklı sayıda düğüm bilgisayarı seçilerek programın performans analizi yapılabilmektedir. Paralel programlama derslerinin uygulamalarının gerçekleştirilmesinde ve problemlerin paralel hesaplama ile çözümlenmesinde Beowulf küme bilgisayar mimarisi kullanılmaktadır.

Beowulf küme bilgisayar mimarisi esnek, kullanımı ve kolay kurulumu, paralelliği geliştirmek ve görmek için uygun uygulama geliştirme araçları sağlamaktadır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada Beowulf küme bilgisayar mimarisi ve paralel hesaplama kullanımı açıklandı. Diğer paralel bilgisayarlar özel donanım ve yazılım gerektirdiği için standart PC'lerin bir araya gelmesiyle kurulan Beowulf küme bilgisayarlar paralel hesaplama için tercih edilmektedir. Beowulf küme bilgisayar mimarisi paralel programlama derslerinin uygulamalarının gerçekleştirilmesinde ve problemlerin paralel hesaplama teknikleri ile çözümlenmesinde kullanımı artmaktadır.

Beowulf küme bilgisayarlar için program geliştirme araçları, deneylerin hazırlanması ve test edilmesi artmaktadır.

Gözetleme (Monitör) ve hata ayıklama (debugging) araçlarının geliştirilmesi, otomatik paralelleştirme ve paralel uygulama kütüphanelerinin geliştirilmesi paralel hesaplama kullanımının artmasını ve Beowulf küme bilgisayar mimarisinin tercih edilmesini destekleyecektir.

5. Kaynaklar

Sterling, T., *Beowulf Cluster Computing With Linux*, MIT Press, 2001.

PVM – Parallel Virtual Machine
http://www.epm.ornl.gov/pvm/pvm_home.html

The Message Passing Interface (MPI) Standard,
<http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpl/>

Message Passing Interface Forum, <http://www.mpi-forum.org/>

- MPICH – A Portable Implementation of MPI, <http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpi/mpich/1/>
- Open MPI: Open Source High Performance Computing, <http://www.open-mpi.org/>
- LAM/MPI (Local Area Multicomputer / Message Passing Interface) Computing, <http://www.lam-mpi.org/>
- [http://tr.wikipedia.org/wiki/Beowulf_\(yaz%C4%B1l%C4%B1m\)](http://tr.wikipedia.org/wiki/Beowulf_(yaz%C4%B1l%C4%B1m))
- <http://www.belgeler.org/howto/beowulf-howto-defs.html>
- Beowulf www.beowulf.org
- Becker, D. J., Sterling, T., Savarese, D., Dorband, J. E., Ranawak, U. A. ve Packer, C. V., “BEOWULF: A PARALLEL WORKSTATION FOR SCIENTIFIC COMPUTATION”, *Proceedings, International Conference on Parallel Processing*, 1995. <http://beowulf.es.embnet.org/papers/ICPP95/icpp95.html>
- Becker, D. J., Sterling, T., Savarese, D., Fryxell, B. ve Olson, K., “Communication Overhead for Space Science Applications on the Beowulf Parallel Workstation”, *Proceedings, High Performance and Distributed Computing*, 1995. <http://beowulf.es.embnet.org/papers/HPDC95/hpdc95.ps>
- Reschke, C., Sterling, T., Ridge, D., Savarese, D., Becker, D. ve Merkey, P., “A Design Study of Alternative Network Topologies for the Beowulf Parallel Workstation”, *Proceedings Fifth IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing*, 1996. <http://www.phy.duke.edu/~rgb/brahma/Resources/beowulf/papers/HPDC96/hpdc96.ps>
- Sterling, T., Becker, D. J., Savarese, D., Berry, M. R., ve Res, C., “Achieving a Balanced Low-Cost Architecture for Mass Storage Management through Multiple Fast Ethernet Channels on the Beowulf Parallel Workstation”, *Proceedings, International Parallel Processing Symposium*, 1996.
- Ridge, D., Becker, D., Merkey, P. ve Sterling, T., “Beowulf: Harnessing the Power of Parallelism in a Pile-of-PCs”, *Proceedings, IEEE Aerospace*, 1997. <https://eprints.kfupm.edu.sa/28199/1/28199.pdf>
- bWatch – Linux Cluster (Beowulf) Monitoring Software, <http://bwatch.sourceforge.net/>
- Building a Beowulf System, <http://www.cacr.caltech.edu/beowulf/tutorial/building.html>
- Petty, C., Butler, R., Rudnick, B. ve Naughton, T., “Simple maintenance of Beowulf clusters in an academic environment”, *The Journal of Computing in Small Colleges*, Volume 18 Issue 2, December 2002.
- Meredith, M., Carrigan, T., Brockman, J., Cloninger, T., Privoznik, J. ve Williams, J., “Exploring Beowulf clusters”, *The Journal of Computing in Small Colleges*, Volume 18 Issue 4, April 2003.
- Adams, J. ve Vos, D., “Small-college supercomputing: building a Beowulf cluster at a comprehensive college”, *ACM SIGCSE Bulletin, Proceedings of the 33rd SIGCSE technical symposium on Computer science education*, Volume 34 Issue 1, February 2002.
- Underwood, K. D., Sass, R. R. ve Ligon, W. B., “Cost effectiveness of an adaptable computing cluster”, *Proceedings of the 2001 ACM/IEEE conference on Supercomputing (CDROM)*, November 2001.
- Montante, R., “Beowulf and Linux: an integrated project course”, *The Journal of Computing in Small Colleges*, Volume 17 Issue 6, May 2002.
- Open Cluster Group, <http://www.openclustergroup.org/>
- OSCAR <http://oscar.sourceforge.net>
- MOSIX – Cluster Management Systems, <http://www.mosix.org/>
- ROCKS, <http://rocks.npaci.edu/Rocks/>
- Scyld Beowulf Linux Clustering Software, <http://www.scyld.com/>
- Akçay, M. ve Adar, N., “BEOWULF CLUSTER LAB IN AN ACADEMIC ENVIRONMENT”, *2nd International Conference on Electronics and Computer in Kyrgyzstan (IKECCO2005)*, 2005, 166-170.