



Doctoral Thesis

The network machine

Author(s):

Strumpfen, Volker

Publication Date:

1995

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001507809> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 11227

The Network Machine

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY (ETH)
ZURICH

for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by
VOLKER STRUMPEN
Dipl. Ing., RWTH Aachen
born September 29, 1963
citizen of Germany

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. W. Gander, examiner
Prof. Dr. G. H. Gonnet, co-examiner
Dr. P. Arbenz, co-examiner

1995

Abstract

This thesis introduces the concept and design of the Network Machine. A network machine is a multicomputer that incorporates computers connected via a world-wide network, the Internet, into a virtual parallel machine. The goal of this approach is to access the immense compute resources of the Internet and to make them available for distributed and parallel processing.

Recent trends in computer architecture and especially high-performance networking are leveling off the differences between parallel computers and networks of computers. However, comparatively high communication latencies of wide area networks restrict the applicability of networks to parallel programs with very low communication requirements. Also in the future, the communication mechanisms in computer networks will stay considerably more complex than their counterparts in parallel computers. Furthermore, permanently changing workloads of computers and networks complicate the efficient utilization of the underlying system. The Network Machine removes or ameliorates some of these problems.

The design of the Network Machine is based on a quantitative analysis of the properties of currently available systems, in particular networks and operating systems. Therefore, I review those technological trends in this thesis that are driving the development of network machines. Also, expected future developments of the fundamental hardware components have been incorporated into the design process.

As a result, I propose a Network Machine that comprises a virtual machine and a communication module. The virtual machine is an operating system for the Internet. In order to handle and manage the distributed resources, the virtual machine provides a programming environment for consistent and uniform resource access.

The communication module implements a protocol for communication latency hiding. Communication latency hiding is an integral part of scalable parallel computing. The idea is to utilize a processor for useful computation while communicating across a network. A model of communication latency hiding is introduced that relates the number of processors, speedup, efficiency and granularity with gain due to communication latency hiding. This gain turns out to be a direct measure for scalability of parallel computing. The communication module shows that communication latency hiding can be implemented efficiently on commodity workstations.

Zusammenfassung

In dieser Dissertation führe ich das Konzept und Design der Netzwerk Maschine ein. Eine Netzwerk Maschine ist ein Multicomputer, in dem Rechner, die über weltweite Netzwerke wie das Internet verbunden sind, zu einer virtuellen parallelen Maschine verknüpft werden. Das Ziel dieses Ansatzes ist es, die enormen Betriebsmittel des Internet für verteiltes und paralleles Rechnen verfügbar zu machen.

Neuere Trends in der Rechner-Architektur und insbesondere bei Hochgeschwindigkeits-Netzwerken lassen die Unterschiede zwischen Parallelrechnern und Netzwerken von Rechnern kleiner werden. Trotzdem beschränken die relativ hohen Kommunikationszeiten in weltumspannenden Netzwerken ihre Verwendbarkeit auf parallele Programme mit geringen Kommunikationsanforderungen. Auch in Zukunft werden die Kommunikationsmechanismen in Rechnernetzen deutlich komplizierter bleiben als in Parallelrechnern. Zudem erschweren die ständig ändernden Belastungen von Rechnern und Netzwerken, die von anderen Benutzern hervorgerufen werden, eine effiziente Ausnutzung des zugrunde liegenden Systems. Die Netzwerk Maschine beseitigt oder vermindert einige dieser Probleme.

Der Entwurf der Netzwerk Maschine basiert auf einer quantitativen Analyse von Eigenschaften heute verfügbarer Systeme, insbesondere von Netzwerken und Betriebssystemen. Daher fasse ich in dieser Arbeit die technologischen Trends, die die Entwicklung von Netzwerk Maschinen vorantreiben, überblicksartig zusammen. Außerdem werden zukünftig zu erwartende Entwicklungen der grundlegenden Hardware-Komponenten in den Design-Prozess einbezogen.

Als Ergebnis dieser Analyse schlage ich eine Netzwerk Maschine vor, die im wesentlichen aus zwei Komponenten besteht, einer virtuellen Maschine und einem Kommunikationsmodul. Die virtuelle Maschine ist ein Betriebssystem für das Internet. Um die verteilten Betriebsmittel überhaupt handhaben und verwalten zu können, stellt die virtuelle Maschine eine Programmierumgebung zur Verfügung, die einen konsistenten und einheitlichen Zugriff ermöglicht.

Das Kommunikationsmodul implementiert ein Protokoll mit dem ein Prozessor während der Kommunikation mit sinnvollen Berechnungen ausgenutzt werden kann. Diese Technik der "versteckten Kommunikation" (communication latency hiding) ist grundlegend für skalierbares paralleles Rechnen. In einem Modell der versteckten Kommunikation werden die Anzahl Prozessoren, Speedup, Effizienz und Granularität mit dem Gewinn durch Verstecken der Kommunikation verknüpft. Es zeigt sich, daß dieser Gewinn ein Maß für die Skalierbarkeit

im parallelen Rechnen darstellt. Mit dem Kommunikationsmodul wird gezeigt, daß versteckte Kommunikation effizient auf kommerziellen Arbeitsplatzrechnern implementiert werden kann.