

Diss. ETH No. 12035

Intelligent Communication: A new Paradigm for Data-Parallel Programming

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
Doctor of Technical Science

presented by
RENÉ HÜSLER

born May 29, 1964
citizen of Steinhausen, ZG



accepted on the recommendation of
Prof. Dr. A. Gunzinger, examiner
Prof. Dr. T. L. Casavant, co-examiner

1997

Abstract

The rapidly increasing demand for even more computing power leads to the conclusion, that in the near future only massively parallel system will be able to deliver state-of-the-art performance, users are asking for. The so called "grand-challenge" problems defined by the *U.S. High Performance Computing and Communication (HPCC) program* can only be mastered with systems that deliver computing power greater than obtainable with today's conventional computers. The encountered problems are not so much due to the design of such massively parallel hardware architectures but concerned with the development of parallel software for these machines.

Data-parallel programming is the most widely used method to solve problems in the scientific field. Today the coding of this applications is restricted to a small number of programmers that are able and willing to invest great effort to get short execution times.

The presented communication concept, Intelligent Communication, simplifies the data-parallel programming on distributed memory computers. Compared with traditional message-passing systems the administration overhead is reduced and higher speedup ratios can be attained. Two hardware implementations are presented, the MUSIC system, a single-user, single-task machine with up to 63 signal processors and the Alpha7 workstation, a stand-alone general-purpose UNIX box with exactly seven processors.

Several software implementations for the communication controller, based on different message-passing libraries, are used to compare the efficiency with the hardware realizations and implicit message-passing solutions.

Commonly used parallel programming languages, libraries and environments are summarized and compared with Intelligent Communication.

Zusammenfassung

Die stark zunehmende Nachfrage nach immer höheren Rechenleistungen lassen den Schluss zu, dass die geforderte Rechenleistung in Zukunft wohl nur noch von massiv parallelen Systemen erbracht werden können. Die sogenannten "Grand Challenge" Probleme des *U.S. High Performance Computing and Communication (HPCC) Programms* werden nur mit Systemen gelöst werden können, deren Rechenleistung diejenige von konventionellen Computern übertrifft. Die Probleme, die sich hierbei stellen, liegen weniger im Bau derartiger Architekturen, als vielmehr bei der Programmierung solcher Parallelrechner.

Datenparalleles Programmieren ist die am meisten verbreitete Methode um wissenschaftliche Probleme zu lösen. Heute ist die Kodierung solche Applikationen auf eine kleine Zahl von Programmierern beschränkt, die fähig und gewillt sind viel Kraft ins Erreichen einer kurzen Ausführungszeit zu stecken.

Das hier vorgestellte Kommunikationskonzept, die Intelligente Kommunikation, vereinfacht das datenparallele Programmieren auf Parallelrechnern mit verteiltem Speicher. Verglichen mit traditionellen Message-Passing Systemen wird der Administrationsaufwand reduziert und höhere Speedupwerte können erreicht werden. Zwei Hardwareimplementationen werden vorgestellt, das MUSIC System, ein Single-User, Single-Task Rechner mit bis zu 63 Signalprozessoren und dem Alpha7 Arbeitsplatzrechner, einem universell einsetzbaren UNIX Rechner mit genau sieben Prozessoren.

Basierend auf verschiedenen Message-Passing Bibliotheken werden unterschiedliche Softwareimplementationen des Kommunikationskontrollers realisiert und mit der Leistungsfähigkeit der Hardwarevarianten verglichen. Ebenso werden diese mit der direkten Kodierung unter Verwendung von Message-Passing Bibliotheken verglichen.

Weit verbreitete Parallelprogrammiersprachen, Bibliotheken und Umge-

bungen werden beschrieben und Intelligenter Kommunikation gegenübergestellt.