

Das SUPRENUM-System:

Architektur, Software und Anwendungen

Hans P. Zima*
Universität Bonn
Institut für Informatik III
Römerstraße 164
D-5300 Bonn 1
West Germany

Inhaltsangabe

In dieser Arbeit wird die Zielsetzung und Realisierung des deutschen Superrechnerprojekts SUPRENUM behandelt. Das SUPRENUM-System ist ein hierarchisch strukturiertes, lose gekoppeltes Multiprozessorsystem mit massiver Parallelität, das primär im Hinblick auf die Erfordernisse rechenintensiver Aufgaben der numerischen Simulation konzipiert wurde. Die Komponenten des Systems - Hardware, System-Software, Programmiersystem und Anwendungen - werden parallel entwickelt, so daß zu dem für 1989 avisierten Zeitpunkt der Beendigung der ersten Projektphase ein integriertes Gesamtsystem vorliegen wird.

Abstract

This paper discusses the primary design objectives of the German supercomputer project SUPRENUM and their realization. The SUPRENUM system is a loosely-coupled, massively parallel multiprocessing system with a hierarchical structure. Its design is oriented towards large-scale problems in numerical simulation and scientific supercomputing. The major components of the system - hardware, system software, programming system, and applications - are being developed in parallel so that an integrated system will be available in 1989, at the time at which the first phase of the project is scheduled to be completed.

Keywords: Multiprocessors, scientific supercomputing, multigrid method, specification languages, automatic parallelization

1 Einleitung

Die Zielsetzung des SUPRENUM-Projekts (SUPERRechner für NUMerik) besteht in der Entwicklung eines Höchstleistungsrechners für numerische Anwendungen, die einen sehr hohen Rechenaufwand erfordern. Die wichtigsten Entwurfskriterien lassen sich wie folgt konkretisieren:

1. Die Kernklasse der Anwendungen ist die Lösung großer Probleme der Numerischen Simulation
2. Die Entwicklung von Lösungsmethoden basiert auf neuen algorithmischen Prinzipien der Numerischen Analysis (Mehrgittermethode)

* Die diesem Bericht zugrundeliegenden Arbeiten wurden mit Mitteln des Bundesministers für Forschung und Technologie (Förderkennzeichen ITR 8502D0) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt jedoch allein beim Autor.

In Kapitel 2 wird die Architektur und das Betriebssystem von SUPRENUM diskutiert. Kapitel 3 beschreibt die Kernklasse der Anwendungen und effiziente Methoden für ihre Lösung. In Kapitel 4 werden die für den Anwender verfügbaren Sprachen und Teile des Programmiersystems behandelt. Abschließende Bemerkungen finden sich in Kapitel 5.

Abgesehen von dem Spezifikationssystem SUSPENSE und dem Parallelisierungssystem SUPERB, die beide in Kapitel 4 erörtert werden, gehören alle hier diskutierten Komponenten des SUPRENUM-Systems zu SUPRENUM-1.

2 Architektur und Betriebssystem

2.1 Übersicht

Die SUPRENUM-Maschine besteht aus einem **Hochleistungskern (HLK)**, der die eigentliche SUPRENUM-spezifische Rechenleistung erbringt und einem **Steuerrechnersystem**, das globale Koordinationsaufgaben wahrnimmt und den Zugang des Benutzers zum HLK regelt.

Der HLK ist ein hierarchisch strukturiertes, lose gekoppeltes Multiprozessorsystem mit den Komponenten **Knotenrechner**, **Cluster** und **Hypercluster**. Jeder Knotenrechner (im folgenden auch kurz **Knoten** genannt) besitzt einen lokalen Speicher und enthält zusätzlich zum Skalarprozessor eine Vektoreinheit. Bis zu 16 Knoten können über einen schnellen parallelen Bus (**Clusterbus**) zu einem Cluster verbunden werden; bis zu 4 Clusters werden über einen seriellen Ringbus (**Suprenumbus**) zu einem Hypercluster zusammengefaßt. Eine maximale Konfiguration besteht aus einer 4x4-Matrix von Clusters, die jeweils durch Zeilen- und Spaltenbusse verbunden sind.

Die Motive für die Wahl dieser Architektur lassen sich wie folgt skizzieren [BGM 86]: Der Speicherengpaß in eng gekoppelten Multiprozessorsystemen führt zu einer relativ scharfen Beschränkung bei der Zahl der Prozessoren. Eine flexible Erweiterbarkeit des Systems ist daher nur durch Einführung lokaler Speicher in jedem Knoten und den Verzicht auf globale Speicher zu erreichen. Diese Entwurfsentscheidung und die prinzipielle Gleichrangigkeit der Knoten macht es erforderlich, die Kommunikation zwischen beliebigen Knoten effizient zu realisieren. Da eine direkte Verbindung zwischen beliebigen Paaren von Knoten durch ein Crossbar-Netzwerk technisch für ein System der betrachteten Größenordnung nicht machbar ist und andere Typen von Netzwerken die für Superrechner erforderlichen Effizienzbedingungen nicht erfüllen können, wurde die Entscheidung für eine hierarchische Systemstruktur mit einem zweistufigen Verbindungssystem getroffen.

Aus der Sicht des Benutzers weist das SUPRENUM-System zwei Ebenen von Parallelität mit unterschiedlicher Granularität auf: Die Multiprozessorstruktur erlaubt die Formulierung paralleler Algorithmen mit unabhängigen, asynchron ablaufenden Prozessen; die Vektoreinheit in den einzelnen Knoten dagegen unterstützt die parallele Ausführung einer großen Zahl gleichartiger Rechenvorgänge wie sie bei der Verarbeitung von Vektoren und Matrizen auftreten.

Die hierarchische Architektur von SUPRENUM spiegelt sich in der Struktur des Betriebssystems wider, das aus dem **Steuerrechnerbetriebssystem** und dem **Betriebssystem des HLK** besteht. Letzteres realisiert eine Anwenderschnittstelle, die als **abstrakte SUPRENUM-Maschine** bezeichnet wird.

Inn den folgenden Abschnitten wird die Hardware, von kleineren zu größeren Einheiten übergehend, diskutiert (2.2 Knoten, 2.3 Cluster und 2.4 Gesamtsystem). Die abstrakte Maschine und das Betriebssystem des HLK wird in Abschnitt 2.5, das Steuerrechnerbetriebssystem in 2.6 behandelt.