

1 Aufgabenstellung und Motivation

1.1 Motivation

Seit Beginn seiner Entwicklung im Jahr 2009 boomt der Minicomputer Raspberry Pi: Er erhielt z.B. den wichtigen Designpreis INDEX: award 2013 und wurde als Innovation des Jahres 2012 bei den T3 Gadget Awards ausgezeichnet. Das Modell B verkaufte sich inzwischen (November 2013) über zwei Millionen Mal. Was sind die Gründe für den Erfolg des Pi?

1. Energieeffizienz
2. Flexibilität
3. Kosten-Nutzen-Verhältnis
4. Niederschwelliger Zugang

Projekte von Privatpersonen sind z.B. Einsatz des Pi als Home-Server, mobiler Video-Player oder Überwachungskamera. Im wissenschaftlichen Umfeld werden immer häufiger mehrere Pis als Cluster verschaltet, um z.B. aufwändige Rechenoperationen auf mehrere Knoten zu verteilen. Hierfür müssen spezielle Schnittstellen entwickelt werden.

1.2 Fragestellung

In dieser Arbeit sollen die ersten beiden Punkte im Fokus stehen: Noch vor wenigen Jahren erschien es unmöglich, auf kostengünstigen Minicomputern ähnliche Leistungen wie auf Großrechnern zu erzielen. So kostete etwa der erste Supercomputer, der mit der Linpack-Benchmarksuite getestet wurde, 7 Mio. US-Dollar und hatte eine Energiezufuhr von 115 Kilowatt. Ein kompletter Raspberry Pi kostet nur ca. 70 US-Dollar, benötigt 5 Watt Stromzufuhr und ist viereinhalb Mal schneller als Cray 1 im Jahr 1978. Gerade der Faktor Energieverbrauch gewinnt an Bedeutung, wie das parallele Ranking der Green 500 neben den Top500 Supercomputern zeigt. Dabei zeigt sich, dass auf den vorderen Plätzen der Green 500 selten die schnellsten Supercomputer zu finden sind, sondern dass Anlagen mit heterogenen Prozessorkernen deutlich energieeffizienter arbeiten.

Sowohl Linpack als auch die Whetstone-Benchmarksuite sind seit rund 35 Jahren im Einsatz, um Einzel- und Großrechner zu testen und zu klassifizieren. In dieser Arbeit sollen daher zunächst einige dieser High Performance-Benchmarks sowie Linux-spezifische Benchmarks vorgestellt und auf einem einzelnen Pi getestet werden. Anschließend sollen die Benchmarks für einen Cluster mit 20 Pis angepasst werden. Im Zentrum der Analyse steht dabei das Skalierungsverhalten.

1.3 Grundlagen

Zahlreiche Benchmarks wurden bereits auf Pis getestet. Dabei steht meist die Performance verschiedener Betriebssysteme (z.B. Fedora vs. Debian) oder einzelner Hardware-Komponenten (GPU, CPU, RAM etc.) im Vordergrund.

Hauptsächlich werden Linux-spezifische Benchmarks verwendet wie Sysbench CPU Benchmark (CPU), PyBench (Python-Implementierung), Apache Benchmark (Webserver), OpenSSL (CPU), ioquake3 (GPU) oder die Linux Test Suite Benchmarks, die mehrere CPU-Benchmarks zusammenfasst.

Diese Benchmarks sind als Grundlage interessant, um zunächst das Verhalten des eigenen Geräts zu untersuchen: Gibt es abweichende Testergebnisse? Welche Parameter lassen sich anpassen, um eine bessere Performance zu erzielen, z.B. durch die Wahl des Betriebssystems? Für den eigentlichen Schwerpunkt der Arbeit können sie zunächst Vergleichswerte liefern.

Aus dem High-Performance-Bereich gibt es Benchmarks, die auch auf Einzelrechnern angewendet werden, wie Linpack und Whetstone. Implementierungen und Testergebnisse für einzelne Pis liegen bereits vor, sodass man auch hier auf Vergleichswerte für die Untersuchung zurückgreifen kann.

1.4 Auswahl der Benchmarks

1.4.1 Linpack

- **Fokus:** Klassifizierung der Top500 durch Fließpunkt-Arithmetik
- **Architektur:** Cluster + Stand-alone
- **Begründung:** Erster Schritt für HPC-Benchmark auf Pi, Option auf Erweiterung auf den Cluster
- **Details:**
 - Erfahrungswerte für Pi-Einzelrechner liegen vor, nicht aber für Pi-Cluster
 - Etabliert und gut dokumentiert
 - Vergleichswerte vorhanden

1.4.2 Whetstone

- **Fokus:** Performance von Computersystemen durch Fließkomma-Operationen (ähnlich Linpack)
- **Architektur:** Cluster + Stand-alone
- **Begründung:** Standard für die Performance von Mini-Computern
- **Details:**
 - Historisch erster Benchmark für industrielle Standards
 - Etabliert und gut dokumentiert
 - Angepasst für verschiedene Plattformen/Programmiersprachen
 - Wurde vom Entwickler Roy Longbottom selbst für den Pi adaptiert

1.4.3 Linux-spezifische Benchmarks

- **Fokus:** Vergleich Pi/PC, Analyse einzelner Hardware-Komponenten
- **Architektur:** Stand-alone
- **Begründung:** Evaluation der Performance, Absicherung der Ergebnisse
- **Details:**
 - Manche Benchmarks können Single oder Multiple CPU-Performance messen, z.B. UnixBench u. c-ray (Linux Test Suite Benchmarks)
 - Erweiterung für Pi-Cluster denkbar
- **Beispiele:**
 - **Sysbench CPU Benchmark** (CPU)
 - **PyBench** (Python-Implementierung)
 - **Apache Benchmark** (Webserver)
 - **OpenSSL** (CPU)
 - **ioquake3** (GPU)
 - **Linux Test Suite Benchmarks** (CPU)