

Kapitel 2

Hardware

Die Hardware, die zusammen mit Linux zum Einsatz kommt – bzw. kommen kann – reicht von Grossrechnern, bis zu teilweise winzigen Geräten, dem Thema dieses Buches. Je kleiner die Systeme und je günstiger die Produktionskosten sind, desto grösser ist auch die Anzahl an Varianten, die von Linux unterstützt werden. Von Seiten der Hardware sind dem Einsatz von Linux fast keine Grenzen gesetzt.

Daher ist es wichtig, mit der breiten Palette der Hardware-Bestandteile vertraut zu sein, um deren Auswahl, Einsatz und Eigenschaften beurteilen zu können.

2.1 Prozessor

Im Umfeld des Pervasive Computing kommen häufig Prozessoren auf Grundlage der so genannten *Reduced Instruction Set Computer (RISC)* Architektur zum Einsatz. RISC Prozessoren haben im Gegensatz zu Prozessoren auf Basis eines komplexen Befehlsumfangs (engl.: *Complex Instruction Set Computer (CISC)*) einen stark reduzierten Befehlssatz, der wiederum sehr effizient implementiert ist. Dadurch wird die Prozessorstruktur einfach gehalten. Ein RISC Prozessor benötigt in der Regel deutlich weniger Energie als ein CISC Prozessor, was besonders bei mobilen Einheiten wie PDAs und Mobiltelefonen wichtig ist, da diese nicht über eine ständige Stromversorgung verfügen und in den meisten Fällen auf Batterie- oder Akkustrom angewiesen sind, mit dem es möglichst effizient umzugehen gilt.

Allerdings drängen inzwischen auch Prozessoren mit mehreren Rechenkernen in den Bereich des Pervasive Computing vor. Damit wird es möglich, Programme echt parallel auszuführen, was den Entwickler insbesondere dann vor neue Herausforderungen stellt, wenn diese Parallelität Einfluss auf das Programmverhalten zum Ausführungszeitpunkt hat.

Für RISC Prozessoren übersetzte Programme sind in Binärform bis auf die einfachsten Fälle immer größer als der für CISC Prozessoren entsprechend übersetzte Code, da die fehlenden Prozessorbefehle durch Software abgebildet werden müssen. Dies geht natürlich zu Lasten der ebenfalls eingeschränkten und daher kostbaren Ressource Speicherplatz. Der durch die RISC Architektur eingesparte Energie- und teilweise auch physikalische Platzverbrauch des Prozessors wiegt den etwas erhöhten Speicherbedarf der RISC Programme in der Regel auf.

Die für Pervasive Computing momentan am häufigsten eingesetzten Prozessoren basieren auf den RISC Architekturen PowerPC, Advanced RISC Machines (ARM) und MIPS, sowie der CISC-Architektur M68000.

2.2 Speicher

Pervasive Computing stellt auch an die einsetzbaren Speicheralternativen besondere Anforderungen.

2.2.1 Arbeitsspeicher

Arbeitsspeicher ist die Systemkomponente, aus der der Prozessor Daten und Befehle zu deren Verarbeitung erhält und in den die Ergebnisse nach Ausführung der Befehle abgelegt werden.

Der Hauptspeicher besteht in den meisten Fällen aus *Dynamic Random Access Memory (DRAM)* Speicherbausteinen. Die Speicherverwaltungseinheit des Prozessors kann auf den DRAM Speicherbereich beliebig lesend und schreibend zugreifen.

DRAM ist sehr schnell und eignet sich daher für den Einsatz als Hauptspeicherkomponente, die für eine effiziente Kommunikation mit der Prozessoreinheit über schnelle Antwortzeiten verfügen muss. DRAM Speicherbausteine benötigen eine regelmäßige Stromzufuhr in kurzen Intervallen, um den gespeicherten Datenbestand aufrechtzuerhalten. Sobald die Energiezufuhr unterbrochen wird, gehen die gespeicherten Daten verloren.

2.2.2 Permanenter Speicher

Um Daten über einen längeren Zeitraum und mögliche Unterbrechungen der Energiezufuhr hinweg zu speichern, werden permanente, so genannte nicht flüchtige Speicherformen benötigt. Für den Einsatz in mobilen Geräten haben sich diverse Varianten sogenannten Flash-Speichers etabliert. Aber auch besonders kleine, stromsparende und robuste Festplatten kommen zum Einsatz.

Um den Zugriff auf Speicher, insbesondere Flash-Speicher zu vereinheitlichen entwickelt das Projekt *Memory Technology Device (MTD) Subsystem for Linux* eine Abstraktionsschicht, so dass Gerätetreiber sich auf die Basiszugriffsfunktionen beschränken können. Im Internet ist das Projekt zu finden unter <http://www.linux-mtd.infradead.org>.

2.2.2.1 Flash

Flash Speicher ist die am häufigsten anzutreffende Speicherart für die dauerhafte Ablage von Daten in mobilen Geräten. Bei Flash handelt es sich um

Speicherbausteine, die ihren Inhalt auch ohne permanente Stromversorgung behalten. Sie beinhalten keine mechanischen Komponenten und verfügen über eine Zugriffsgeschwindigkeit, die mit gängigen Festplatten vergleichbar ist.

Die Speicherbereiche von Flash Speicher können nur begrenzt oft beschrieben werden, in der Regel einige tausend Mal. Das macht sie zu einer besonders wertvollen Komponente, die mit Bedacht eingesetzt werden muss. Insbesondere ist darauf zu achten, dass die Speichereinheiten, in die der verfügbare Gesamtspeicher eingeteilt ist, möglichst gleichmäßig beschrieben werden, um die Lebensdauer zu maximieren.

Aus diesem Grund ist es wichtig, dass die für Flash Speicher verwendeten Dateisysteme über sogenanntes *Wear Leveling* verfügen, das eine Verschleiss-Gleichverteilung der Schreibzugriffe über den vorhandenen Speicherbereich sicherstellt. Speziell für diesen Einsatzzweck wurden geeignete Dateisysteme entwickelt, die in in Abschn. 3.4 vorgestellt werden.

Flash Speicher wird in so genannte Löschblöcke (engl.: *Erase Blocks*) aufgeteilt, die üblicherweise deutlich grösser sind als die von Festplatten bekannte Blockgrösse. Eine Besonderheit von Flash Speicher ist es, dass der zu beschreibende Bereich zuerst gelöscht werden muss, bevor eine Schreiboperation möglich ist. Das Löschen eines Blocks erfolgt, indem allen Bits des Blocks der Wert Eins zugewiesen wird. Der technische Hintergrund dafür ist, dass die einzig mögliche Schreiboperation bei Flash-Speicher ist, den Wert einzelner Bits von eins auf null zu setzen. Das bedeutet, dass ein Block, damit er neu beschrieben werden kann, zuerst gelöscht werden muss, sobald mindestens ein Bit des Blocks, das nach der Schreiboperation den Wert eins annehmen soll, vor der Schreiboperation eine Null enthält.

Zur Zeit gibt es zwei Typen von Flash Speichern, die unterschiedliche technische und ökonomische Eigenschaften aufweisen, so genannte *NOR*- und *NAND* Speicherbausteine.

NAND Speicher ist sequenziell organisiert, d.h. ein Speicherblock wird nach dem anderen gelesen, ohne direkt auf einen bestimmten Speicherblock zugreifen zu können. Die Schreiboperationen für NAND Speicher sind sehr schnell. Im Gegensatz dazu kann auf NOR Speicher wahlfrei (engl.: random access) zugegriffen werden, allerdings sind Schreiboperationen im Vergleich zu NAND Speicher relativ langsam. NOR Speicherchips sind physikalisch grösser als entsprechender NAND Speicher und können nicht so oft wiederbeschrieben werden.

CompactFlash

Bei Speicher vom Typ *CompactFlash* (CF) handelt es sich um Flash-Speicher, der bereits mit einer Steuereinheit versehen ist und als Einheit mit dieser geliefert wird. Diese Steuereinheit sorgt unter anderem für das bereits angesprochene *Wear Leveling*, also die möglichst gleichmäßige Verteilung der Speicherzugriffe auf den bereitgestellten Gesamtspeicher der Einheit. Die entsprechenden Spezifikationen werden von der *CompactFlash Association* (CFA) entwickelt und auf der Seite <http://www.compactflash.org> zur Verfügung gestellt.

CF-Speicher wird häufig in Form von Speicherkarten angeboten, die etwa die Größe einer halben Kreditkarte haben und z. B. auch zur Ablage von Bilddaten in digitalen Fotoapparaten zum Einsatz kommen. Ursprünglich wurde für CF-Karten NOR Flash-Speicher verwendet, inzwischen kommt aber NAND Flash zum Einsatz.

Üblicherweise emulieren CF-Karten eine Festplatte, so dass sie vom Betriebssystem als Festplatte erkannt und verwaltet werden.

Im Gegensatz zu dem bereits beschriebenen Flash Speicher sollte für CF-Speicher kein Dateisystem eingesetzt werden, das für herkömmlichen Flash-Speicher entwickelt wurde, da die gleichmäßige Verteilung der Schreibzugriffe bereits durch die vorhandene Steuereinheit sichergestellt wird. Derartige Dateisysteme verschlechtern normalerweise die Zugriffszeiten auf die Speichereinheit, bieten aber keinen zusätzlichen Nutzen.

MultiMediaCard

Speicherkarten vom Typ *MultiMediaCard* (MMC) basierten von Anfang an auf NAND Flash-Speicher und sind daher deutlich kleiner als CF-Speicherkarten. Durch die geringe physikalische Grösse und die schnellen Zugriffszeiten kommen MMC-Karten häufig in Geräten des Pervasive Computing zum Einsatz.

Secure Digital

Der MMC-Standard wurde weiterentwickelt und mit Sicherheitsfunktionen versehen, die es z. B. Medienunternehmen erlauben, rechtlich geschützte Inhalte wie Musikstücke mit einem Zugriffsschutz zu versehen und auf Flash-Speicherkarten auszuliefern. Daraus entstand der *Secure Digital* (SD)-Standard für Speicherkarten.

Mit dem Standard *microSD* wurde ein Standard auf Basis von SD-Karten mit sehr kleinen physikalischen Abmessungen geschaffen. microSD-Karten haben die gleichen Eigenschaften wie herkömmliche SD-Karten, sind aber nur knapp eineinhalb Quadratzentimeter gross und daher hervorragend für den Einsatz in besonders kleinen Geräten geeignet.

2.2.2.2 Festplatte

Die aus der Welt der Personal Computer allgegenwärtigen und bewährten Festplatten werden in zunehmendem Maße auch in Geräten des Pervasive Computing eingesetzt. Inzwischen gibt es Festplatten mit geringem Energieverbrauch und mehreren Gigabyte Speicherkapazität in der Größe einer halben Kreditkarte. Ein Beispiel ist das von der Firma Hitachi hergestellte Microdrive.

Festplatten haben im Vergleich zu den bereits beschriebenen Flash Speicherarten den Vorteil einer wesentlich höheren Anzahl möglicher Schreibzugriffe und damit eine in der Regel höhere Lebensdauer bei vergleichbaren Zugriffszeiten. Allerdings werden Festplatten immer mehr durch die diversen Alternativlösungen mit Flash-Speicher abgelöst.

2.3 Eingabe und Ausgabe

Eingabemöglichkeiten im Pervasive Computing reichen von externen Tastaturen über eingeblendete Tastaturabbilder auf berührungsempfindlichen Bildschirmen bis zur Handschrifterkennung in dafür vorgesehenen Eingabebereichen. Weitere Quellen sind Kameras, Mikrofone, Barcode-Scanner, Bewegungssensoren und Module zur Bestimmung der aktuellen Position, um nur einige Beispiele zu nennen.

Für die Ausgabe gibt es Bildschirme unterschiedlichster Grössen und Auflösungen. Lautsprecher gehören in modernen mobilen Geräten oft zur Ausstattung.

Über eine beachtliche Anzahl möglicher Netzwerkverbindungen wird mit dem Umfeld kommuniziert.

Diesen Variantenreichtum gilt es ähnlich wie bei herkömmlichen PC-Anwendungen zu berücksichtigen.

2.4 Energieversorgung

Das Thema Energieversorgung spielt beim Pervasive Computing eine besondere Rolle. Viele Geräte in diesem Umfeld sind mobil und daher auf eine stromnetz-unabhängige Energieversorgung angewiesen. Aus diesem Grund werden in den meisten Fällen für diesen Einsatzzweck optimierte Prozessoren eingesetzt. Moderne Prozessoren können in verschiedenen Betriebsarten abhängig vom momentanen Einsatzzweck eingesetzt werden. Für multimediale Anwendungen wird z. B. mehr Rechenleistung benötigt und daher in einen verbrauchsintensiveren Zustand gewechselt. Diese Tatsache wirkt sich auch auf die für diese Geräte entwickelte Software aus. Beispielsweise muss damit gerechnet werden, dass die Stromversorgung, und damit auch der Betrieb des Gerätes, plötzlich abbricht. Damit in diesem Fall der Datenverlust minimiert wird, müssen entsprechende Vorkehrungen getroffen werden (Abschn. 1.3.2).

Ausserdem trägt eine ressourcenoptimierte Herangehensweise zur Softwareentwicklung dazu bei, dass die vorhandenen Energiereserven geschont werden und damit die Laufzeit von Systemen, die nicht über eine permanente Energieversorgung versorgt werden, verlängert wird.

Aus diesem Grund bieten Systeme nicht nur aus dem Bereich des Pervasive Computing zahlreiche Möglichkeiten, den Energieverbrauch zu optimieren.

Pervasive Linux

Basistechnologien, Softwareentwicklung, Werkzeuge

Czernohous, C.

2012, XIII, 206 S. 27 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-540-20940-9