

Elektronik

Fachmedium für industrielle Anwender und Entwickler

Betriebssysteme:

Mainline-Linux wird echtzeitfähig – oder nicht?

Was nur wenige wissen: Rund 90 Prozent der Echtzeit-Eigenschaften sind schon in den Linux Mainline Kernel eingearbeitet. Die restlichen zehn Prozent sind aber für industrielle Anwender besonders bedeutsam. Deshalb ist die Unterstützung der Nutzer jetzt wichtig.

Seit Ende der 90er Jahre bestanden Pläne, Linux echtzeitfähig zu machen. Einer der Gründe dafür lag in der rasant schneller werdenden Innovationsgeschwindigkeit in der Informationstechnologie: Denn damals mussten die verfügbaren dedizierten RTOS Kernels jedesmal individuell nachgerüstet werden, wenn eine neue Technologie den Markt eroberte. Der Aufwand dafür war immens, und die verzögerte Verfügbarkeit der neuen Technologien für industrielle Systeme wurde von den Anwendern zunehmend kritisiert. Daraus entstand die Erkenntnis, dass es langfristig sinnvoller ist, ein General-Purpose-Betriebssystem echtzeitfähig zu machen, als alle RTOS Kernels nachträglich immer wieder mit den Technologien der General-Purpose-Betriebssysteme auszurüsten. Aber dies war kein leichtes Unterfangen. Viele anerkannte Betriebssystem-Experten hielten es damals sogar für vollkommen ausgeschlossen, Echtzeitfähigkeit nachträglich in ein Betriebssystem einzubauen. Die offene Struktur und die Flexibilität einer gut koordinierten Open-Source-Entwicklung wie jene des Linux Kernel machten dies aber möglich, obwohl es eine beachtliche Herausforderung war. Zu denen, die sich dieser Herausforderung stellten, gehörten neben vielen anderen

- Doug Niehaus, Professor an der Kansas University in den USA,
- Ingo Molnár im Auftrag von Red Hat,
- Thomas Gleixner in seiner Firma Linutronix für unterschiedliche Auftraggeber,

- Paul McKenney im Auftrag von IBM und
- Steven Rostedt im Auftrag von Red Hat

Nach der Entwicklung der wesentlichen Komponenten in der Zeit von 2000 bis 2006 begann die schrittweise Integration in den Mainline Linux Kernel, die inzwischen zu etwa 90 % erfolgt ist. Die restlichen zehn Prozent stehen als sogenannter PREEMPT_RT-Patch zur Verfügung. Zur Zeit wird dessen Pflege und Anpassung an den jeweils aktuellen Linux Kernel von Thomas Gleixner und seinem Mitarbeiter Sebastian Siewior in der Firma Linutronix vorgenommen. Zusätzlich kümmert sich Steven Rostedt um die Pflege der Echtzeiteigenschaften der Langzeit-Versionen 3.2, 3.4, 3.10 und 3.12. Der PREEMPT_RT-Patch unterstützt mehr Architekturen und mehr Subsysteme und ist enger an die Mainline-Entwicklung angebunden als jedes andere Verfahren für Linux-Echtzeit.

Was leistet Mainline-Echtzeit heute?

Wird Mainline Linux echtzeitfähig gemacht und in geeigneter Weise konfiguriert, entsteht ein Echtzeit-Betriebssystem, das es in vielerlei Hinsicht mit etablierten RTOS Kernels aufnehmen



Bild: Jules - Fotolia.com

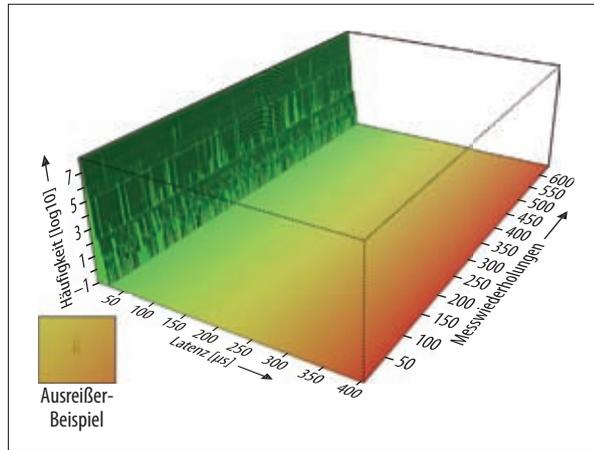
kann. Die beiden wesentlichen Eigenschaften des echtzeitfähigen Mainline Linux sind

- garantierte Echtzeiteigenschaften für die überwiegende Mehrheit industrieller Systeme und
- API ausschließlich basierend auf dem POSIX-Standard.

Dass das Antwortverhalten eines solchen Echtzeit-Linux-Kernel tatsächlich sehr weitgehend vorhersagbar und praktisch garantiert werden kann, belegen unter anderem die im Testzentrum des Open Source Automation Development Lab (OSADL) durchgeführten Langzeit-Messungen, bei denen täglich zweimal 100 Millionen Triggerimpulse pro Testsystem unter verschiedenen Stress- und Last-Szenarien ausgewertet werden. Die Darstellung erfolgt in sogenannten Latenz-Plots, die voreinander gestellt werden. Die logarithmische Skalierung der Häufigkeitswerte in y-Richtung erlaubt es, sogar einen einzigen Ausreißerwert sichtbar zu machen. Wie in einer Beispiel-Messung im Bild zu erkennen ist, kommt es hier selbst in über 60 Milliarden Zyklen zu keinem einzigen Ausreißer, und die höchste jemals gemessene Latenz dieses mit 2700 MHz getakteten Intel-Prozessors liegt mit etwas über 20 µs in der gleichen Größenordnung, die auch von dedizierten RTOS Kernels erreicht wird.

Funktionierendes Ökosystem notwendig

Der beeindruckende Erfolg des Echtzeit-Linux-Kernel darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass diese Software-Entwicklung – genau wie bei anderen Komponenten des Linux Kernel und übrigens auch wie bei Open-Source-Software im Allgemeinen – ein funktionsfähiges Ökosystem benötigt. Für den Einsatz des Linux Kernel in Servern, in Smartphones und speziell auch in der Telekommunikation funktioniert das Ökosystem hervorragend: Firmen, die in den betreffenden Branchen auf bestimmte Linux-Komponenten angewiesen sind, stellen entweder eigenes Personal zur Mitarbeit in den jeweiligen Open Source Communities frei oder werden Mitglied in dafür geschaffenen Interessengemeinschaften wie z.B. in der in den USA ansässigen Linux Foundation.



Voreinander gestellte Latenz-Plots von je 100 Millionen Testzyklen. In diesem Beispiel eines mit 2700 MHz getakteten Intel-Prozessors wurde fast ein ganzes Jahr lang zweimal täglich jeweils über fünfeinhalb Stunden die Gesamt-Latenz von Mainline Linux gemessen, aber in insgesamt über 60 Milliarden Testzyklen wurde niemals ein Ausreißer festgestellt. Links unten im Bild ist gezeigt, wie einzelne Ausreißer sichtbar wären. Die höchste jemals gemessene Latenz liegt mit etwas über 20 µs in der gleichen Größenordnung, die auch von dedizierten Echtzeit-Kernels erreicht wird.

(Bild: OSADL)

Auf diese Weise beteiligen sich die Nutzer der Software an deren Entwicklung – es entsteht also die klassische Balance von Geben und Nehmen in einer Community. Und so funktionierte zunächst auch die Implementierung der Echtzeiteigenschaften des Linux Kernel; denn es waren am Anfang Firmen wie IBM und Red Hat, die in einer konzertierten Aktion einen großen Teil der Kosten geschultert haben, weil Echtzeit-Linux für Kundenprojekte zwingend benötigt wurde. Inzwischen sind deren Anforderungen weitgehend erfüllt, und die fehlende Mainline-Konsolidierung der restlichen Komponenten ist hier nicht von Nachteil, denn die Systeme können von einem kleinen Spezialisten-Team individuell und im Rahmen eines abgesetzten Geschäftsmodells betreut werden. Das entsprechende Produkt der Firma Red Hat heißt MRG (Messaging/Realtime/Grid); es enthält den Echtzeit-Linux-Kernel, ist aber nur für x86-Systeme (32 und 64 bit) verfügbar und nur für eine relativ geringe Anzahl von Systemen zertifiziert.

Linux in der Industrie

Ganz anders sieht es bei der Verwendung von Linux in der Industrie aus: Hier werden Echtzeiteigenschaften und andere branchenspezifische Erweiterungen in mehreren Architekturen und in vielen hundert unterschiedlichen Systemen benötigt, so dass eine zuverlässige und nachhaltige Entwicklung nur gewährleistet werden kann, wenn die fehlenden Komponenten in den

Hauptentwicklungszweig des Linux Kernel aufgenommen werden. Linus Torvalds hat dies wiederholt bestätigt; allerdings macht er die Aufnahme weiterer Komponenten davon abhängig, dass ihm die Mitarbeit eines Teams entsprechend qualifizierter Kernel-Entwickler zugesagt wird. Das Ende 2005 für diesen Zweck gegründete Open Source Automation Development Lab (OSADL) ist kontinuierlich gewachsen und vereint heute eine beträchtliche Anzahl an Industrie-Unternehmen. Die verfügbaren Mittel des OSADL werden seit einiger

Zeit für die Qualitätssicherung des Echtzeit-Linux-Kernel eingesetzt. Wenn bis Ende des Jahres 2014 die in Aussicht gestellten weiteren Mitgliedschaften zustande kommen, kann OSADL ab 2015 erstmals auch Mittel für den teilweisen Aufbau des geforderten Teams bereitstellen. Um das komplette Team zu finanzieren, ist allerdings die Mithilfe einer noch größeren Community erforderlich.

Kürzlich hat sich Thomas Gleixner skeptisch zu Echtzeit-Linux geäußert und eine Verlangsamung der Entwicklung befürchtet, falls eine nachhaltige Finanzierung nicht gewährleistet werden kann. OSADL tritt dieser Befürchtung mit dem weiteren Aufbau seiner Community entgegen. Aus den Anfängen der Echtzeitfähigkeit für Mainline Linux können wir lernen, dass eine Gruppe interessierter Parteien in der Lage ist, die für eine bestimmte Branche erforderlichen Linux-Technologien zu entwickeln, die dann tatsächlich in den Mainline Kernel einfließen, wodurch diese langfristig und nachhaltig bereitgestellt werden. Wenn man dieses Modell für die aktuelle Situation übersetzt, bedeutet dies, dass die große Anzahl an industriellen Linux-Nutzern sich ebenfalls verstärkt am Aufbau eines entsprechenden Ökosystems beteiligen sollte, damit die noch fehlenden Echtzeit-Komponenten komplett integriert werden und die nachhaltige Pflege der Echtzeiteigenschaften im Hauptentwicklungszweig des Linux Kernel gesichert ist.

Dr. Carsten Emde (OSADL) / jk



Gemeinsam. Fair. Entwickeln.

- Unnötige Fehler verhindern und Kosten sparen.
- Basistechnologien gemeinsam entwickeln.
- Das Wesentliche im Auge behalten.

Eine starke Gemeinschaft von Unternehmen bietet kompetente und unverzichtbare Unterstützung beim Einsatz von Open Source Software in Industrieprodukten:

SOFTWAREENTWICKLUNG
TECHNOLOGIESUPPORT
QUALITÄTSSICHERUNG
ZERTIFIZIERUNG
RECHTSSICHERHEIT
MARKETING

Open Source – erfolgreich und sicher mit OSADL.



Open Source Automation Development Lab (OSADL) eG
 Im Neuenheimer Feld 583, 69120 Heidelberg
 Telefon: +49 (0) 6221 98504-0
 www.osadl.org, info@osadl.org