

Algorithmus sagt Fehler in Computerprogrammen voraus

Für die Softwareentwicklung sind gute Fehlerprognosen sehr wichtig, um die begrenzten Ressourcen an Zeit und Mitarbeitern bei der Fehlersuche und -behebung effizient einzusetzen. Ein von Wissenschaftlern der Saarland-Universität mit ausgetüftelter Algorithmus kann vorhersagen, an welchen Stellen in einem Computerprogramm die meisten Fehler auftreten werden. Die Prognosen des neuen Verfahrens erreichen eine bisher unbekannte Präzision – was den Saarbrücker Forschern Thomas Zimmermann und Andreas Zeller, Lehrstuhlinhaber für Softwaretechnik, kürzlich eine Auszeichnung auf der Internationalen Software-Engineering-Konferenz ICSE in Minneapolis eingebracht hat. Den Sigsoft Distinguished Paper Award teilen sich Zimmermann und Zeller mit zwei Amerikanern, die am MIT und der University of California (Santa Cruz) forschen und ebenfalls zu dem Paper beigetragen haben.

Als Grundidee stecken in dem Verfahren Beobachtungen, auf welche Art und Weise Fehler in Computerprogrammen aufre-

ten: Erstens kommen sie nicht isoliert und auch nicht in gleichförmigen zeitlichen Abständen daher, sondern treten typischerweise in „Kaskaden“ auf, und zwar in ein und derselben Funktionseinheit („entity“). Dies sind die folgenschweren Auswirkungen einer Quellcodeänderung, bei der – was oft genug vorkommt – der Programmierer nicht versteht, was er tut. Fehler breiten sich außerdem in der Nachbarschaft aus, also in Funktionseinheiten, die über eine logische Beziehung verbunden sind. Schließlich ist es sinnvoll, alle kürzlich geänderten oder neu hinzugefügten Funktionseinheiten als womöglich fehlerbehaftet im Auge zu behalten.

Eine zentrale Rolle kommt in dem darauf aufbauenden Algo-

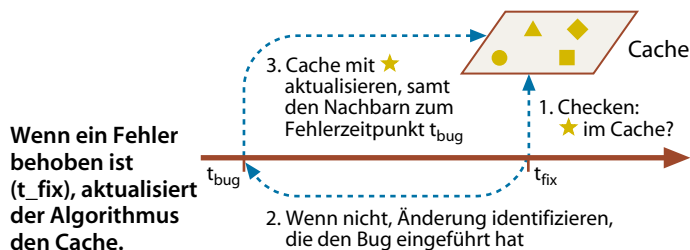
rithmus einer Cache genannten Liste zu, die vom Konzept her eine gewisse Größe nicht überschreiten soll. Auf der Liste stehen die Funktionseinheiten, die gerade als die fehleranfälligsten anzusehen sind. Um sie ständig aktuell zu halten, wertet der Algorithmus laufend die Versionsgeschichte des untersuchten Programms aus.

Wird bei einer Programmrevision ein Fehler in einer Funktionseinheit behoben, sieht der Algorithmus im Cache nach, ob diese Einheit schon als fehlerträchtig verzeichnet ist. Wenn ja, wird ein korrekt vorhergesehener Fehler in der Statistik verzeichnet, damit sie anhand der Trefferquote die Güte der Fehlervorhersage abschätzen kann. Bei einer Niete fahndet der Algorith-

mus in der Versionsgeschichte nach der Änderung, die den Bug eingeführt hat, und setzt die betreffende Funktionseinheit samt den ebenfalls fehleranfalligen Nachbarinnen in den Cache, ebenso wie die seit der letzten Revision neuen und veränderten Funktionseinheiten. Zuletzt wirft der Algorithmus noch die Funktionseinheiten hinaus, die am längsten nicht mehr in Aktion getreten sind, damit die Cache-Größe gleich bleibt. Bei jeder Revision geht diese Prozedur über die Bühne – und der Cache wird so von Mal zu Mal optimiert.

Erprobt hat die Gruppe den Algorithmus an sieben Open-Source-Projekten, in denen insgesamt mehr als 200 000 Revisionen auftraten. Wurden die Fehler lediglich Quellcodedateien zugeordnet, war die Fehlerprognose in 73 bis 95 Prozent richtig. Bei der genaueren Lokalisation in den Funktionseinheiten kam das Verfahren immerhin auf 46 bis 72 Prozent. Nach Ansicht der Forscher ist das ein signifikanter Fortschritt – was die Preisverleiher offensichtlich genauso sehen.

(Dr. Veronika Winkler/anm)



Quantenpunkt als Einzelelektronenserver

Ein französisches Team hat eine winzige Elektronenquelle geschaffen, die einzelne Elektronen auf Abruf zur Verfügung stellt. Von dem Bauelement berichteten die Forscher um Christian Glattli vom CEA Saclay (Commissariat à l'Énergie Atomique) in Gif-sur-Yvette kürzlich im Fachmagazin Science (Bd. 316, S. 1169). Ein Quantenpunkt liefert ein solches Elektron innerhalb von Nanosekundenbruchteilen, und es kann ebenso rasch wieder absorbiert werden. Quantenpunkte werden manchmal auch künstliche Atome genannt und sind winzige halbleitende Inselchen, die nur wenige Elektronen tragen können. Die Elektronen, die das Bauelement freisetzt, befinden sich außerdem in einem wohldefinierten Zustand – was von einigem Interesse ist für alle Forscher, die versuchen, die Grundlagen für Quantencomputer in Halbleitern zu schaffen.

Schon ein Stück weiter gediehen ist das Quantencomputing in Festkörpern auf Basis von Photonen. Hier haben die

Forscher immer bessere Einzelphotonenquellen und – ebenso wichtig – Einzelphotonendetektoren zur Verfügung (c't 6/05, S. 74). Die entsprechenden Komponenten fehlten bislang in dem benachbarten Forschungsgebiet, bei dem statt Lichtteilchen Elektronen arbeiten sollen. Immerhin eine der beiden Lücken schließt nun der Einzelelektronenserver, den die Gruppe um Glattli gebaut hat.

Gelungen ist der Fortschritt zum einen, weil die Forscher ballistische Elektronen ausnutzen. Ballistische Elektronen kommen in ultrareinen niedrigdimensionalen Leitern vor – also feinen Schichten oder auch Nanoröhren – und haben die Besonderheit, sich sehr schnell zu bewegen, da sie kaum Energie durch Streuung an Atomen verlieren. Als ihr Lebensraum haben sich Schichten aus Gallium-Arsenid bewährt, die auch die Forscher für ihr Bauelement strukturierten: Der Quantenpunkt wird als kleine Insel von einem Reservoir für ballistische Elektronen durch eine isolieren-

de Tunnelbarriere abgesetzt, und sowohl Quantenpunkt als auch Reservoir werden mit Kontakten versehen.

Für den Erfolg gesorgt hat außerdem die mitgelieferte theoretische Beschreibung, dank der die Forscher ihr Produkt viel besser verstehen können. Ausgehend von quantenmechanischen Gleichungen modellieren sie das Bauelement als Quanten-RC-

Kreis, mit der Tunnelbarriere als Widerstand (R) und dem Quantenpunkt als Kondensator (C). Der Überprüfung im Experiment hält das Modell stand, da es bei den vorgegebenen Kontrollparametern – der angelegten Wechselspannung sowie der Höhe des Tunnelbarrieren-Potenzials – den beobachteten Wechselstrom richtig vorher sagt. (Dr. Veronika Winkler/anm)



Schematischer Aufbau der Einzelelektronenquelle: Bei einer an der Goldelektrode rechts angelegten Wechselspannung gibt der Quantenpunkt (türkises Gebiet rechts) einzelne Elektronen (rot) und Löcher (blau) periodisch an das Reservoir ab.