

Messung der Strukturellen Komplexität von Feature-Modellen

Richard Pohl, Vanessa Stricker und Klaus Pohl

paluno - The Ruhr Institute for Software Technology
Universität Duisburg-Essen
Gerlingstr. 16
45127 Essen
richard.pohl@paluno.uni-due.de
vanessa.stricker@paluno.uni-due.de
klaus.pohl@paluno.uni-due.de

Abstract: Die automatisierte Analyse von Feature-Modellen (FM) basiert größtenteils auf der Lösung der als NP-vollständig bekannten Probleme SAT und CSP. Trotz aktueller Heuristiken, die eine effizient Analyse in den meisten Fällen möglich machen, treten bei der Analyse dennoch Einzelfälle mit hoher Laufzeit auf. Diese Einzelfälle sind bisher nicht auf die Struktur der formalen Modelle zurückführbar und damit unvorhersehbar. Dieser Beitrag schlägt die Anwendung von Graphweitenmaßen aus der Graphentheorie auf die Formalisierung der FM-Analyse vor, um die strukturelle Komplexität der FM-Analyse abzuschätzen. Die Nützlichkeit der Abschätzung wurde in einem Experiment demonstriert. Daher kann sie künftig als Basis für eine einheitliche Methode zur systematischen Verbesserung von FM-Analysewerkzeugen dienen.

1 Einleitung

Feature-Modelle (FM) sind eine gängige Art zur Dokumentation von Variabilität in der Software-Produktlinienentwicklung. Die automatisierte Analyse von FM kann zur Gewinnung von Informationen über FM, z.B. im Rahmen der Korrektheitsprüfung, beitragen. FM werden dazu in ein formales Modell transformiert – oftmals konjunktive Normalform (Conjunctive Normal Form, CNF) oder ein Bedingungerfüllungsproblem (Constraint Satisfaction Problem, CSP). Diese formalen Modelle werden durch Werkzeuge (z.B. SAT-Solver) analysiert. Die Laufzeit dieser Verfahren ist von der Größe und der strukturellen Komplexität der formalen Modelle abhängig und in Einzelfällen unvorhersehbar. Während der Zusammenhang zwischen Laufzeit und Modellgröße bekannt ist [PLP11], ist der Zusammenhang mit der strukturellen Komplexität bislang ungeklärt.

Im Gegensatz dazu hat sich die Abschätzung der strukturellen Komplexität von Graphen für einzelne Analyseoperationen in der Graphentheorie mit Hilfe von Graphweitenmaßen (graph width measures, GWM) etabliert. GWM wurden bereits erfolgreich auf CNF und CSP angewandt. Daher stellt sich die Frage nach ihrer Anwendbarkeit und Nützlichkeit zur Abschätzung formaler Modelle der FM-Analyse.

2 Beitrag

Der Beitrag [PSP13] untersucht die Frage nach der Anwendbarkeit und Nützlichkeit von GWM auf die FM-Analyse experimentell. Zur Experimentdurchführung wurde das Comparison Framework for Feature Model Analysis Performance (CoFFeMAP)¹ entwickelt. Dieses stellt eine Infrastruktur für die Experimente bereit. Dazu ist zunächst eine Transformation von FM in drei formale Modelle notwendig, die dann von gängigen Werkzeugen analysiert werden können. Zur Experimentdurchführung wurden sowohl drei Mengen mit je 180 Modellen des Generators BeTTY² als auch der SPLOT-Benchmark³ herangezogen.

Auf den drei Formalisierungen wurden mit einer existierenden Bibliothek⁴ jeweils vier Varianten der *tree-width*, einem etablierten GWM, berechnet, wodurch sich für jedes formale Modell drei (insgesamt zwölf) strukturelle Komplexitätsmetriken ergaben. Im Experiment wurden die formalen Modelle auf mindestens drei aktuellen Solvern der üblicherweise zur FM-Analyse genutzten Kategorien BDD, SAT und CSP, gelöst.

Für alle berechneten GWM und die gemessenen Lösungszeiten von allen Experimentläufen wurde die Korrelation untersucht. Die Ergebnisse aller Experimente zeigen durch starke und signifikante Korrelationen, dass sich Graphweitenmaße eignen, um die strukturelle Komplexität in Bezug auf die verwendete Formalisierung abzuschätzen. Weiterhin wurde eine Kombination aus Graphweitenmaß und Formalisierung (die untere Abschätzung der *tree-width* des *order encodings*) gefunden, die zur Laufzeit nahezu aller Solvern korreliert und sich somit zur Abschätzung der Komplexität auch ohne Wissen über die eigentlich genutzte Formalisierung eignet.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Sergio Segura und Ana B. Sánchez für die Modelle aus BeTTY. Dieser Beitrag entstand im Rahmen des DFG-Projekts KOPI (PO 607/4-1 KOPI).

Literatur

- [PLP11] Richard Pohl, Kim Lauenroth und Klaus Pohl. A performance comparison of contemporary algorithmic approaches for automated analysis operations on feature models. In *Proc. 26th IEEE/ACM Int. Conf. on Automated Software Engineering*, Seiten 313–322, Washington, DC, USA, 2011. IEEE Computer Society.
- [PSP13] Richard Pohl, Vanessa Stricker und Klaus Pohl. Measuring the Structural Complexity of Feature Models. In *Proc. 28th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering*, Seiten 454–464. IEEE, November 2013.

¹<http://www.sse.uni-due.de/de/278>

²<http://www.isa.us.es/betty/try-new-betty-line-fm-generator>

³<http://splot-research.org>

⁴<http://www.treewidth.com>