Pflichtenheft

Simon Bischof
Jan Haag
Adrian Herrmann
Lin Jin
Tobias Schlumberger
Matthias Schnetz

10. November 2011

Inhaltsverzeichnis

1 Produktübersicht

Das Produkt ist ein Werkzeug zur Analyse und Korrektheitsprüfung von Programmen. Der Benutzer hat die Möglichkeit, in eine grafische Oberfläche ein Programm mit der im Anhang spezifizierten While-Sprache zu laden und mit Annotationen zu versehen, die als Vor- und Nachbedingungen geprüft werden.

2 Zielbestimmung

2.1 Musskriterien

- schrittweise Ausführung eines Programms
- Inspektion des aktuellen Programmzustands durch den Benutzer
- Prüfung von Zusicherungen in Programmen zur Laufzeit; Rückmeldung im Fehlerfall über die grafische Benutzeroberfläche
- grafische Benutzeroberfläche in englischer Sprache zur Steuerung der einzelnen Komponenten des Systems
- Programmiersprache mit Zuweisungen, Bedingten Anweisungen und Schleifen
- Ausdrücke in Annotationen gleich wie in der Programmiersprache
- Zusicherungen erlauben Aussagen der Prädikatenlogik
- Annotationen assert und assume

2.2 Sollkriterien

- Auswertung von Formeln mit Quantoren über eingeschränkten Bereich
- syntactic sugar für Vor- und Nachbedingungen, (In)Varianten und globale Annahmen

2.3 Kannkriterien

- Auswertung von benutzerdefinierten Ausdrücken über Programmzustand
- Auswertung von Formeln mit Quantoren mit Hilfe eines Beweisers
- Programmiersprache unterstützt Methodenaufrufe

2.4 Abgrenzungskriterien

- nur Optionen in der grafischen Oberfläche, die einen echten Mehrwert bieten
- Programmiersprache unterstützt nur die Typen Ganzzahl, Boolean und Arrays
- Programmiersprache unterstützt keinen Heap
- Programmiersprache unterstützt keine Nebenläufigkeit

3 Produkteinsatz

Das Produkt ermöglicht dem Benutzer die Analyse eines Programmes, das in der im Anhang beschriebenen While-Sprache geschrieben ist. Dabei ist es sowohl möglich, die Anweisungen des Programms schrittweise oder komplett zu durchlaufen und dabei zur Laufzeit auf im Programmcode durch Annotationen eingebettete Zusicherungen zu überprüfen, als auch die formale Verifikation des Programms mithilfe des automatischen Theorembeweisers Z3 von Microsoft.

3.1 Anwendungsbereiche

- Formale Verifikation von Programmen
- Testen von Programmen der While-Sprache

3.2 Zielgruppen

- Informatiker

4 Produktumgebung

4.1 Software

- Java Runtime Environment SE 6 oder höher
- Windows NT 4.0 oder neuer oder Betriebssystem mit Wine

4.2 Hardware

- mindestens 128 MB Arbeitsspeicher

4.3 Schnittstellen

- Das Produkt erzeugt Dateien im SMT-LIB 2.0 Format als Schnittstelle zu Z3

5 Funktionale Anforderungen

5.1 Übersicht

/F10/	Anzeige von Quelltext
/F20/	Syntax Highlighting
/F30/	Veränderung des Quelltextes
/F40/	Speichern des Quelltextes in eine Datei
/F50/	Laden eines Programms aus einer Datei
/F60/	Erkennen und Anzeigen von Syntaxfehlern
/F70/	Erkennen und Anzeigen von Typfehlern
/F80/	Ausführen eines Programms
/F90/	Setzen und Entfernen von Breakpoints
/F100/	Programmabbruch bei Fehler mit Anzeige des Fehlers
/F110/	Anzeige des Programmzustands
/F120/	Auswertung von benutzerdefinierten Ausdrücken
/F130/	Auswertung der Annotationssprache
/F140/	Anzeige der Beweisereinstellungen
/F150/	Laden der Beweisereinstellungen aus einer Datei
/F160/	Speichern der Beweisereinstellungen in eine Datei
/F170/	Beweiser starten und Ergebnis anzeigen

/**F10**/ Anzeige von Quelltext
Der Benutzer sieht den Quelltext des aktuellen Programms in der grafischen Oberfläche.

/**F20**/ Syntax Highlighting
Teile des angezeigten Quelltextes werden abhängig von ihrer Bedeutung in unterschiedlichen Farben angezeigt.

/**F30**/ Veränderung des Quelltextes
Der Benutzer kann den angezeigten Quelltext verändern oder einen neuen Quelltext eingeben.

/**F40**/ Speichern des Quelltextes in eine Datei
Der Benutzer kann den eingegebenen Quelltext (→/F30/) in eine Datei speichern. Dabei gibt der Benutzer den gewünschten Speicherort und den Dateinamen über eine grafische Oberfläche an.

/**F50**/ Laden eines Programms aus einer Datei
Der Benutzer kann ein Quellcode eines Programms aus einer Datei laden. Hierbei gibt der Benutzer die zu ladende Datei über eine grafische Oberfläche an.

/**F60**/ Erkennen und Anzeigen von Syntaxfehlern
Falls der aktuell angezeigte Quelltext Syntaxfehler enthält, wird dies dem Benutzer angezeigt.

/**F70**/ Erkennen und Anzeigen von Typfehlern
Falls der aktuell angezeigte Quelltext Typfehler enthält, wird dies dem Benutzer angezeigt.

/**F80**/ Ausführen eines Programms
Die Anweisungen im aktuell angezeigten Quelltext können ausgeführt werden. Dabei sind folgende Ausführungsmodi möglich:

Single Step	Es wird auf eine Interaktion des Benutzers nur eine Anweisung ausgeführt.
Run until Breakpoint	Es werden sequentiell alle Anweisungen ausgeführt, bis das Programm beendet ist oder ein Breakpoint (→/F90/) erreicht wird.

/**F90**/ Setzen und Entfernen von Breakpoints
Der Benutzer kann Breakpoints zur Pausierung eines Programmdurchlaufs an Stellen des angezeigten Quellcodes setzen und wieder entfernen.

/**F100**/ Programmabbruch bei Fehler mit Anzeige des Fehlers
Tritt ein Fehler zur Laufzeit des Programms auf, wird die Ausführung abgebrochen und der Fehler dem Benutzer angezeigt.

/**F110**/ Anzeige des Programmzustands
Der Benutzer sieht während der Ausführung eines Programms den aktuellen Inhalt aller globalen und lokalen Variablen.

/**F120**/ Auswertung von benutzerdefinierten Ausdrücken
Der Benutzer kann Ausdrücke über den aktuellen Programmzustand auswerten lassen.

/**F130**/ Auswertung der Annotationssprache
Während der Programmausführung werden die Bedingungen der Annotationssprache ausgewertet. Schlägt eine Überprüfung fehl, so wird die Ausführung des Programms angehalten und dem Benutzer angezeigt, welche Bedingung falsch ist.

/**F140**/ Anzeige der Beweisereinstellungen
Der Benutzer kann die aktuellen Einstellungen (→/P10/) für die Ausführung des Beweisers (→/F170/) anzeigen lassen. Diese werden vor der Anzeige aus einer Datei geladen (→/F150/) und bei einer Veränderung wieder in eine Datei geschrieben (→/F160/).

/**F150**/ Laden der Beweisereinstellungen aus einer Datei
Die Einstellungen für die Ausführung des Beweisers (→/P10/) werden automatisch aus einer Datei gelesen.

/**F160**/ Speichern der Beweisereinstellungen in eine Datei
Die Einstellungen (→/P10/) werden in eine Datei gespeichert.

/**F170**/ Beweiser starten und Ergebnis anzeigen
Der Benutzer kann den Beweiser für das aktuelle Programm starten. Das Ergebnis des Beweisers wird dem Benutzer nach Beendigung des Beweisvorgangs angezeigt.

6 Produktdaten

Es sind folgende Daten des Benutzers zu Speichern:

/**D10**/ Benutzereinstellungen

- Timeout in Sekunden für den Beweiser
- Speicherbegrenzung in Megabyte für den Beweiser

7 Produktleistungen

- zu einem gegebenen Programm soll die Rückmeldung des Beweisers immer korrekt sein

8 Weitere nichtfunktionale Anforderungen

Die Lizenz von Z3 erlaubt ausschließlich eine nicht-kommerzielle Benutzung.

9 Qualitätsanforderungen

- Programmiersprache muss erweiterbar sein
- unter Normalbedingungen stürzt das Programm nicht ab
- jede Aktion gibt in jedem Fall eine Rückmeldung an den Benutzer

10 Globale Testfälle und Testszenarien

Folgende Funktionssequenzen sind zu Überprüfen:

/**T10**/ Eingabe des leeren Programms → keine Syntaxfehler

/**T20**/ Eingabe des leeren Programms, Annotation `_(ensure false)`, Programmausführung → Annotationsbedingung schlägt fehl

/**T30**/ Eingabe des leeren Programms, Annotation `_(ensure true)`, Programmausführung → Annotationsbedingung schlägt nicht fehl

/**T40**/ Eingabe eines beliebigen Programms, Annotation `_require false`, Programmausführung → Annotationsbedingung schlägt fehl, Programmausführung wird abgebrochen

/**T50**/ Eingabe eines Programms mit Zuweisung `x = 1`, Annotation `_(require x>0)`, Programmausführung → Annotationsbedingung schlägt nicht fehl

/**T60**/ Eingabe eines Programms mit Syntaxfehler → Anzeige des Syntaxfehlers

/**T70**/ Eingabe eines Programms mit while-Schleife oder if-Konstrukt, deren Bedingung kein boolean ist → Anzeige des Typfehlers

/**T80**/ Eingabe eines Programms mit einem Operator, der nur auf Ganzzahlen definiert ist und auf einen boolean angewendet wird → Anzeige des Typfehlers

/**T90**/ Eingabe eines Programms mit einem Operator, der nur auf booleans definiert ist und auf Ganzzahlen angewendet wird → Anzeige des Typfehlers

/**T100**/ Eingabe eines Programms mit einer Zuweisung eines boolean an eine Ganzzahl → Anzeige des Typfehlers

/**T110**/ Eingabe eines Programms mit einer Zuweisung einer Ganzzahl an einen boolean → Anzeige des Typfehlers

/**T120**/ Eingabe eines Programms mit einer Zuweisung einer Ganzzahl oder eines boolean an ein Array → Anzeige des Typfehlers

/**T130**/ Eingabe eines Programms mit einem Vergleichsoperator, der auf zwei unterschiedliche Typen ausgeführt wird → Anzeige des Typfehlers

/**T140**/ Eingabe eines Programms mit Zuweisung `y = 2x`, Annotation `_ensure(y==2x)`, Beweisvorgang starten → Verifizierung durch den Beweiser

/**T150**/ Eingabe eines Programms mit Zuweisung `y = 2x`, Annotation `_ensure(y%2==0)`, Beweisvorgang starten → Verifizierung durch den Beweiser

/**T160**/ Eingabe eines längeren Programms ohne Schleifen und ohne if-Konstrukt, Eingabe korrekter Annotationen, Beweisvorgang starten → Verifizierung durch den Beweiser

/**T170**/ Eingabe eines längeren Programms ohne Schleifen und mit if-Konstrukt, Eingabe korrekter Annotationen, Beweisvorgang starten → Verifizierung durch den Beweiser

/**T180**/ Eingabe eines längeren Programms mit Schleifen, Eingabe korrekter Annotationen, Beweisvorgang starten → Verifizierung durch den Beweiser

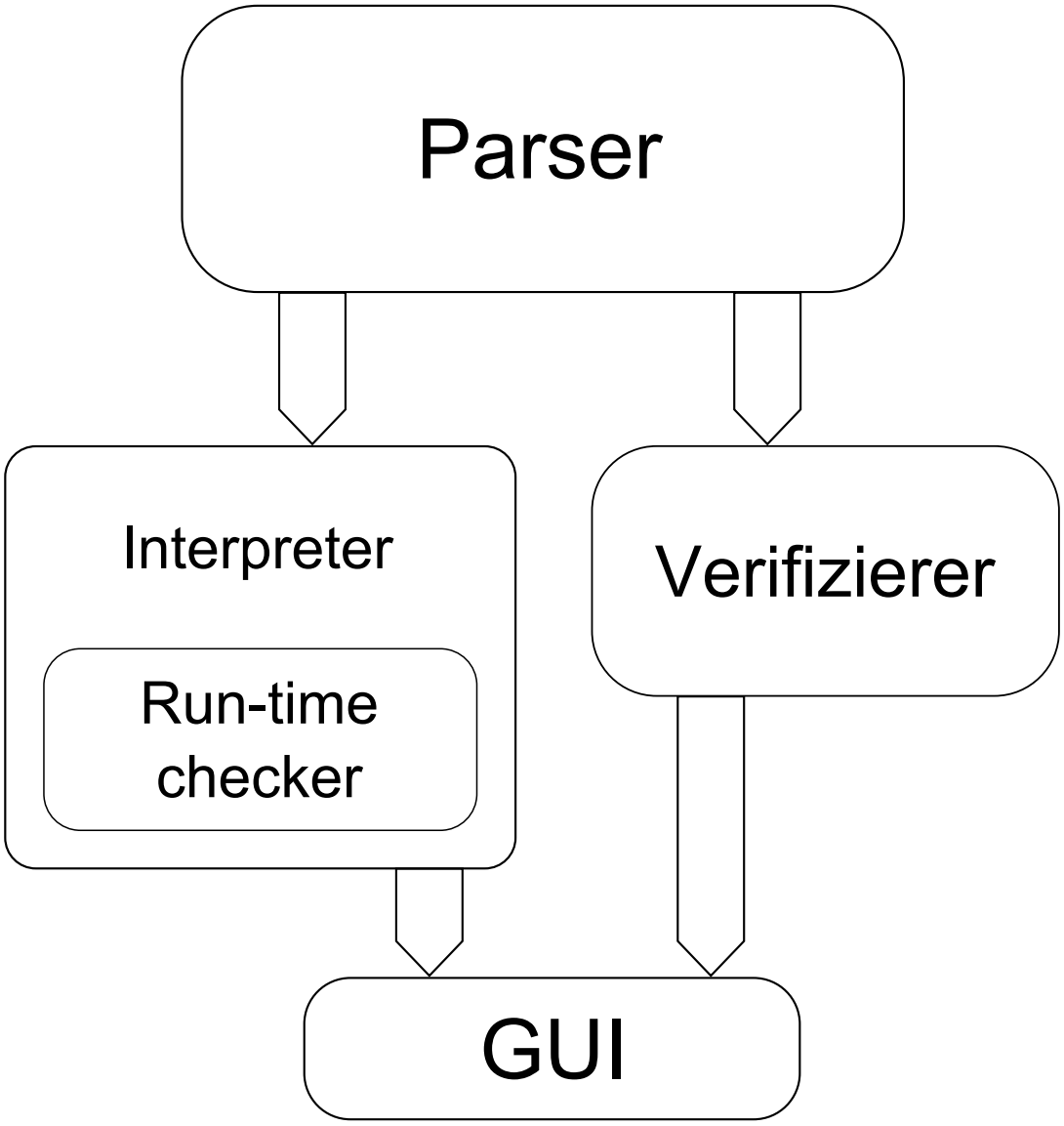
/**T190**/ Eingabe eines Programms mit Annotation `_(ensure x!=x)`, Beweisvorgang starten → Falsifikation durch den Beweiser

/**T200**/ Eingabe eines längeren Programms mit Schleife, Eingabe falscher Annotationen, Beweisvorgang starten → Falsifikation durch den Beweiser

/**T210**/ Eingabe eines Programms mit Annotation `_(require x%2==0)`, Zuweisung `y = 2*(x/2)` und Annotation `_ensure(x==y)`, Beweisvorgang starten → Verifikation durch den Beweiser

11 Systemmodelle

11.1 Übersicht



12 Benutzungsoberfläche

13 Spezielle Anforderungen an die Entwicklungsumgebung

Versionsverwaltung Versionsverwaltung Git

Kommunikation E-Mail, Wiki

14 Zeit- und Ressourcenplanung

14.1 Phasenverantwortliche

Phase	Verantwortliche(r)
Pflichtenheft	Tobias
Entwurf	Adrian
Implementierung	Simon, Jan
Validierung	Lin
Abschlusspräsentation	Matthias

15 Ergänzungen

15.1 While-Sprache

15.1.1 Variablentypen

Ganzzahl positive und negative ganze Zahl beliebiger Genauigkeit

Boolean Wahrheitswert, entweder wahr oder falsch

Array eine Zusammenfassung mehrerer Variablen eines Variablentyps. Die maximale Anzahl möglicher Variablen in einem Array ist nach erster Festlegung konstant.

15.1.2 Sprachkonstrukte

Konstrukt	Syntax	Bedeutung
if-else	`if(<Bedingung>) {<Anweisung1>} else {<Anweisung2>}`	`Anweisung1` wird ausgeführt, wenn `Bedingung` wahr ist, sonst wird `Anweisung2` ausgeführt
while	`while(<Bedingung>) {<Anweisung>}`	Solange `Bedingung` wahr ist, wird `Anweisung` ausgeführt

15.1.3 Operatoren

Operator	Syntax	Ergebnistyp	Funktion
==	`<T1> == <T2>`	Boolean	Prüft `T1` und `T2` auf Gleichheit, falls sie vom selben Variablentyp sind. Bei Arrays wird auf elementweise Gleichheit geprüft.
!=	`<T1> != <T2>`	Boolean	Prüft `T1` und `T2` auf Ungleichheit, falls sie vom selben Variablentyp sind. Bei Arrays wird auf elementweise Ungleichheit geprüft.
<	`<Ganzzahl1> < <Ganzzahl2>`	Boolean	Prüft, ob `Ganzzahl1` kleiner als `Ganzzahl2` ist.
>	`<Ganzzahl1> > <Ganzzahl2>`	Boolean	Prüft, ob `Ganzzahl1` größer als `Ganzzahl2` ist.
<=	`<Ganzzahl1> <= <Ganzzahl2>`	Boolean	Prüft, ob `Ganzzahl1` kleiner oder gleich `Ganzzahl2` ist.
>=	`<Ganzzahl1> >= <Ganzzahl2>`	Boolean	Prüft, ob `Ganzzahl1` größer oder gleich `Ganzzahl2` ist.
+	`+<Ganzzahl>`	Ganzzahl	Gibt `Ganzzahl` zurück.
-	`-<Ganzzahl>`	Ganzzahl	Gibt -`Ganzzahl` zurück.
+	`<Ganzzahl1> + <Ganzzahl2>`	Ganzzahl	Addiert `Ganzzahl1` und `Ganzzahl2`.
-	`<Ganzzahl1> - <Ganzzahl2>`	Ganzzahl	Subtrahiert `Ganzzahl2` von `Ganzzahl1`.
	`<Ganzzahl1> * <Ganzzahl2>`	Ganzzahl	Multipliziert `Ganzzahl1` mit `Ganzzahl2`.
/	`<Ganzzahl1> / <Ganzzahl2>`	Ganzzahl	Dividiert `Ganzzahl1` durch `Ganzzahl2`. Das Ergebnis wird zur Null hin gerundet.
%	`<Ganzzahl1> % <Ganzzahl2>`	Ganzzahl	Liefert den Rest der Ganzzahldivision von `Ganzzahl1` durch `Ganzzahl2`.
!	`!<Boolean1>`	Boolean	Negiert `Boolean1`.
&	`<Boolean1> & <Boolean2>`	Boolean	Liefert die Konjunktion von `Boolean1` und `Boolean2`.
|	`<Boolean1> | <Boolean2>`	Boolean	Liefert die Disjunktion von `Boolean1` und `Boolean2`.

16 Glossar