



Fraunhofer Institut
Techno- und
Wirtschaftsmathematik

Projektplanung VerSiS

Arbeitspaket IV – Methoden zur Verifikation von Analog- und Sensorkomponenten

Beiträge der Abteilung Adaptive Systeme zu VerSiS

Dr. Jochen Broz
Dr. Alexander Dreyer

26. April 2006

Fraunhofer ITWM
Fraunhofer-Platz 1
D-67663 Kaiserslautern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Methodik zur Verifikation analoger Anteile	3
3	Modellierung heterogener hybrider Systeme	4
4	Arbeitsschritte	5
5	Literatur	6

1 Einleitung

Dieses Dokument beschreibt die geplanten Arbeiten der Abteilung Adaptive Systeme im Arbeitspaket IV des Projekts VerSiS des Landesexzellenzclusters der Universität Kaiserslautern.

VerSiS beschäftigt sich mit Methoden zur Verifikation von eingebetteten hybriden Systemen. Solche Systeme zeichnen sich u.a. durch ihre heterogene Struktur bestehend aus analogen und digitalen Komponenten sowie Software-Anteilen aus.

Als Schnittstelle zur Umwelt sind hierbei die Sensorkomponenten von zentraler Bedeutung. Sie nehmen (in der Regel analoge) Informationen aus ihrer Umwelt auf, die über Analogelektronik und AD-Wandler in digitale Signale umgewandelt und schließlich von der Software verarbeitet werden.

Im Zusammenhang mit Verifikationsmethoden stellt dabei insbesondere die Kombination von analogen und digitalen Anteilen eine besondere Herausforderung dar, die unter anderem darin begründet ist, dass die entsprechenden Ideen zur Verifikation der analogen Anteile sich erst in einem frühen Entwicklungszustand befinden. Diese Ideen beruhen meist auf einer approximativen Abbildung des analogen Systems auf einen endlichen Zustandsautomaten, der dann mit Model-Checking-Algorithmen behandelt wird. Aufgrund des approximativen Charakters der Methoden werden darauf aufbauende Property-Checking-Techniken in der Regel als semiformale Verifikationsmethoden bezeichnet.

Für die Ableitung eines geeigneten endlichen Zustandsautomaten werden Verhaltensmodelle benötigt, mit deren Hilfe die Zustandsübergänge bestimmt werden können. Auch hier stellt die Heterogenität ein Problem dar und die Entwicklung von Methoden und Werkzeugen zur Ableitung von Systemmodellen heterogener Systeme ist derzeit Gegenstand intensiver Forschungen.

Diese Problemstellungen sind Hauptinhalte der Arbeiten am ITWM innerhalb von VerSiS. Die Arbeiten zur Methodik (semi)formaler Verifikation analoger Systeme beschäftigen sich dabei insbesondere mit der Anwendung von intervallarithmetischen Methoden bei der Zustandsraumdiskretisierung.

Darüber hinaus werden Arbeiten zur durchgängigen Modellierung heterogener Systeme am Beispiel eines Signalpfades eines Beschleunigungssensors bis zum AD-Wandler durchgeführt.

2 Methodik zur Verifikation analoger Anteile

Während formale Methoden in der Verifikation digitaler Schaltungen weit verbreitet sind, stehen entsprechende Ansätze für analoge Systeme noch in ihren Anfängen [1].

Um Methoden der formalen Verifikation anwenden zu können, werden häufig die analogen, unendlichen und kontinuierlichen Zustandsräume mit geeigneten Methoden diskretisiert. Unter Verwendung von Verhaltensmodellen werden die (dann diskreten) Zustandsübergänge berechnet. Auf diese Weise lässt sich das analoge System auf einen endlichen Zustandsautomaten abbilden, der mit bekannten Property-Checking-Methoden behandelt werden kann. Zur Behandlung transienten Verhaltens kann die Methode um Zeitbedingungen erweitert werden.

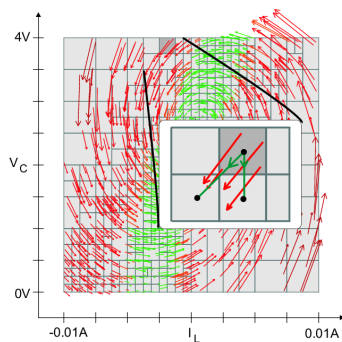


Abbildung 1

Diskretisierung des Zustandsraums eines RLC-Schwingkreises

Ehrenfried et. al. beschreiben die Anwendung von Analog Insydes als Modellierungswerkzeug zur Berechnung der Zustandsübergänge im diskretisierten Zustandsraum [2]. Der damit erzeugte Zustandsautomat wird dann mit Bounded-Model-Checking-Werkzeugen für die Verifikation verwendet. Ein neuer Ansatz hierbei ist die Verwendung von affiner Arithmetik (siehe hierzu auch [3]).

Affine Arithmetik ist verwandt mit Intervallmethoden, deren effiziente Anwendbarkeit für analoge Schaltungen durch Arbeiten am ITWM demonstriert wurde [4]. Im Projekt VerSiS soll die Eignung dieser Intervallmethoden für die Ableitung eines approximativen Zustandsautomaten der analogen Anteile untersucht werden. Ein wichtiger Gesichtspunkt stellt dabei die Erweiterung der bereits vorhandenen Methoden für transiente Analysen dar.

3 Modellierung heterogener hybrider Systeme

Als Beispielanwendung betrachten wir den Inertialsystemsensor der AG-Robotersysteme (siehe Abbildung 2). Hierbei handelt es sich um eine Sensorkomponente, die insbesondere für den Einsatz autonomer Fahrzeuge entwickelt wurde [5].

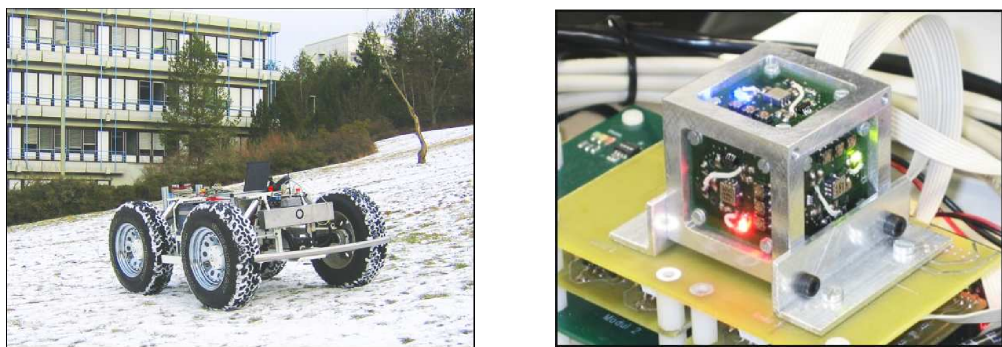


Abbildung 2 Autonomes Fahrzeug der AG-Robotersysteme und Inertialsystemsensor

Der gesamte Sensor besteht aus jeweils drei Drehmoment- und Beschleunigungssensoren, die paarweise senkrecht zueinander ausgerichtet sind. Diese erlauben die Erfassung von translativer und rotatorischer Beschleunigung entlang der Figurachsen des Sensors. Die so gewonnenen Informationen werden von der Auswertelektronik aufintegriert und bilden dann einen wichtigen Beitrag zur Überwachung der Fahrzeugposition und -orientierung.

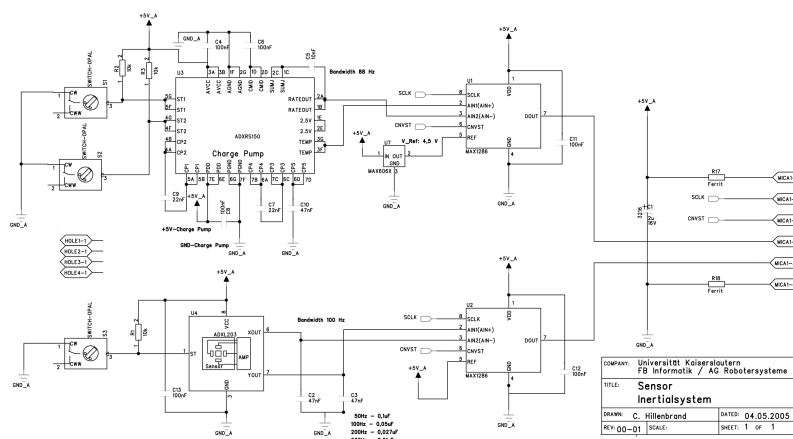


Abbildung 3 Schaltplan der Sensorplatine

Abbildung 3 zeigt den Schaltplan einer der Sensorplatten welche einen Drehmomentsensor ADXR5150 sowie einen 2D-Beschleunigungssensor ADXL203 bein-

halten [6]. Die Analogsignale der Sensoren werden jeweils über einen AD-Wandler MAX1286 [7] in Digitalsignale umgewandelt.

Dazu wird ein Systemmodell für den 2D-Beschleunigungssensor-Pfad inklusive dem Analog-Digital-Konverter erstellt. Das Modell wird also sowohl aus analogen und digitalen Variablen bestehen und mechanische, analoge und digitale Komponenten beinhalten.

Die Systemkomplexität stellt ein wesentliches Hindernis bei der semiformalen Verifikation analoger Systeme dar. Insbesondere erhöht eine hohe Zustandsraumdimensionalität den Aufwand für die Verfahren. In diesem Zusammenhang wird die Anwendung von symbolischen Modellreduktionsverfahren interessant, die eine approximative Reduktion des Verhaltensmodells auf seine dominanten Anteile ermöglicht. Da dies in der Regel zu einer Reduktion der Dimensionalität des Zustandsraumes führt, könnten sich symbolische Modellreduktionsverfahren als hilfreiches Werkzeug erweisen, die eine Anwendung von semiformalen Verifikationsverfahren deutlich erleichtern oder sogar erst ermöglichen. Aus diesem Grund wird das Modell mit Analog Insydes erstellt. Damit kann auch die Anwendbarkeit symbolischer Modellreduktionsverfahren für semiformale Verifikationsverfahren untersucht werden.

4 Arbeitsschritte

- Arbeitspaket 4.1
 - Erweiterung und Anpassung der intervallnumerischen Methoden für analoge Schaltungen zur verifizierten Analyse der Gesamtsystemgleichungen
 - Vorschlag von Vorlagen für die geeignete Formulierung von Komponentenmodellen in Hinblick auf die Verwendung mit intervallarithmetischen Verfahren
 - Worst-Case-Analyse mittels geeigneter Intervallanalyseverfahren, um äußere Grenzen des Zustandsraumes unter definierten Voraussetzungen zu bestimmen
 - Generierung einer Überdeckung des unendlichen Zustandsraumes in (möglichst wenige) endlich viele rechteckige Gebiete, die jeweils ähnliche Zustände unter Berücksichtigung der Übergänge zusammenfassen
- Arbeitspaket 4.2
 - Erstellung eines einfachen symbolischen Komponentenmodells für den 2D-Beschleunigungssensor ADXL203
 - Anpassung der Modellparameter an die Informationen des Datenblattes

- Erstellung eines einfachen symbolischen Komponentenmodells für den AD-Wandler MAX1286
- Integration der Komponentenmodelle gemäß Schaltplan zu einem Systemmodell des Signalpfades des Beschleunigungssensors
- Ableitung der vollen Systemmodellgleichungen als Testbeispiel für die Arbeiten zur Intervallarithmetik
- Anwendung von symbolischen Methoden zur Ableitung eines reduzierten Verhaltensmodells und Prüfung der Eignung für semiformale Verifikation

5 Literatur

- 1 D. Platte et. al., Verifikation von Zeitbedingungen analoger Schaltungen durch Model-Checking-Verfahren, Analog '05, 159-164, Hannover, 2005
- 2 A. Ehrenfried et. al., Anwendungsmöglichkeiten von Bounded Model Checking und affiner Arithmetik für die Verifikation von Analogschaltungen, 9. ITG/GI/GMM Workshop, Dresden, 114-121, 2006
- 3 W. Heupke et. al., Semi-symbolische Simulation und Analyse analog/digitaler Systeme, Analog '05, 165-170, Hannover, 2005
- 4 A. Dreyer, Interval Analysis of Analog Circuits with Component Tolerances, Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern, Shaker Verlag, Aachen 2005
- 5 J. Koch et. al., Inertial Navigation for Wheeled Robots in Outdoor Terrain, AG-Robotersysteme, TU Kaiserslautern, private communication
- 6 Datenblätter ADXL203, ADXRS150
<http://www.analog.com/en/prod/0,2877,ADXL203,00.html>
<http://www.analog.com/en/prod/0,2877,ADXRS150,00.html>
- 7 Datenblatt MAX1286
http://www.maxim-ic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/3181