

Projektarbeit:  
“Simulation der Einbettung von Anwendungen mit Bindungs- und  
Routinganforderungen in Mehrprozessorsystemen”

Bearbeitung: Daniel Jäger  
Betreuung: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich, Dr.-Ing. Stefan Wildermann

**Grundlagen:** Zukünftige Mehrprozessorsysteme bestehen aus einer Vielzahl heterogener Ressourcen [1], in denen die Kommunikation zwischen Ressourcen durch *Network-on-Chips (NoCs)* ermöglicht wird (siehe z. B. [2]). Diese Technologie unterstützt Anwendungsszenarien, in denen eine sehr große Zahl an Programmen dynamisch starten und terminieren. Allerdings führt der Einsatz von immer mehr gemeinsam genutzten, heterogenen Hardwareressourcen dazu, dass die Vorhersagbarkeit nichtfunktionaler Eigenschaften der Ausführung eines Programms erschwert wird. Dies betrifft z. B. den erwarteten Durchsatz, die Echtzeitfähigkeit, Zuverlässigkeits- oder Sicherheitseigenschaften.

Neue Ansätze wie [3, 4] schlagen daher hybride Verfahren zur Einbettung von Anwendungen (engl. *hybrid application mapping*) vor. Im Fokus stehen Programme zur Bild- und Signalverarbeitung, die nach dem Starten Daten periodisch verarbeiten. Zur Entwurfszeit wird im Rahmen einer *Entwurfsraum-exploration* analysiert, welchen Einfluss verschiedene Allokationen heterogener Ressourcen für die Programmausführung auf deren nichtfunktionale Eigenschaften haben. Die Exploration evaluiert und optimiert dabei eine Vielzahl solcher Implementierungsalternativen, wobei nur Alternativen beibehalten werden, die bezüglich ihrer Zielgrößen nicht durch andere dominiert werden (sog. *Betriebsspunkte* [5]). Die Grundidee dieses Vorgehens ist, dass die ermittelten nichtfunktionalen Eigenschaften einer Programmausführung garantiert werden können, wenn die geforderten Ressourcen zur Laufzeit bereitgestellt werden. Hierbei müssen nach [4] bestimmte Nebenbedingungen (*Constraints*) eingehalten werden: Einerseits sind dies *Bindungsanforderungen* bezüglich der Ressourcentypen, auf die die Anwendungstasks gebunden werden können. Andererseits bestehen *Routinganforderungen* für die Realisierung der Datenabhängigkeiten zwischen Anwendungstasks, z. B. bezüglich der maximalen Anzahl an Sprüngen (engl. *hops*) durch das NoC oder der benötigten Bandbreite.

**Beschreibung:** Ziel dieser Arbeit ist es, einen Laufzeitmechanismus für hybride Einbettungsverfahren in heterogenen, NoC-basierten Mehrprozessorsystemen umzusetzen. Dazu müssen einerseits die grundlegenden Datenstrukturen und Algorithmen bereitgestellt werden, siehe [6]. Diese sollen dann in der PGAS-Programmiersprache *X10* [7] umgesetzt werden. Letztendlich soll das umgesetzte Verfahren durch Einsatz des *InvadeSIM*-Simulators [8] simuliert werden, und ausgewertet werden, wie es sich in einem realen Vielkernsystem verhalten würden. Hierbei soll vor allem der mit dem Constraint-Solving verbundene Rechenaufwand quantifiziert werden.

Im Rahmen der Arbeit sind folgende Arbeitsschritte zu tätigen:

- Einarbeitung in die Thematik und die grundlegenden Literatur.

- Festlegung der Datenstrukturen und Algorithmen. Für die Arbeit ausreichend ist die Umsetzung der *Min-Conflict-Heuristik* (siehe [6]).
- Deren Umsetzung in der Programmiersprache X10.
- Simulation und experimentelle Auswertung des Laufzeitverhaltens mit Hilfe von InvadeSIM [8].
- Erstellung einer schriftlichen Projektarbeit und der Dokumentation aller Programme. Archivierung der relevanten Daten auf einer CD/DVD.

## Literatur

- [1] Shekhar Borkar. Thousand core chips: a technology perspective. In *Proceedings of DAC*, pages 746–749. ACM, 2007.
- [2] Andreas Weichslgartner, Stefan Wildermann, and Jürgen Teich. Dynamic decentralized mapping of tree-structured applications on noc architectures. In *Proceedings of NOCS*, pages 201–208, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [3] G. Marianik et al. Using multi-objective design space exploration to enable run-time resource management for reconfigurable architectures. In *Proc. of DATE*, pages 1379–1384, 2012.
- [4] Andreas Weichslgartner, Deepak Gangadharan, Stefan Wildermann, Michael Glaß, and Jürgen Teich. DAARM: Design-time application analysis and run-time mapping for predictable execution in many-core systems. In *In Proceedings of the International Conference on Hardware/Software Codesign and System Synthesis (CODES+ISSS 2014)*, page 10, 2014.
- [5] C. Silvano, W. Fornaciari, S.C. Raghizzi, G. Agosta, G. Palermo, V. Zaccaria, P. Bellasi, F. Castro, S. Corbetta, E. Speziale, D. Melpignano, J. M. Zins, D. Siorpaes, H. Hubert, B. Stabernack, J. Brandenburg, M. Palkovic, P. Raghavan, C. Ykman-Couvreur, A. Bartzas, D. Soudris, T. Kempf, G. Ascheid, H. Meyr, J. Ansari, P. Mahonen, and B. Vanthournout. Parallel paradigms and run-time management techniques for many-core architectures: The 2PARMA approach. In *Industrial Informatics (INDIN), 2011 9th IEEE International Conference on*, pages 835–840, 2011.
- [6] Daniel Jäger. Selbsteinbettung von Anwendungen mit Bindungs- und Routinganforderungen in Mehrprozessorsystemen. Bachelorarbeit, Department of Computer Science 12, University of Erlangen-Nuremberg, February 2014.
- [7] X10 Programmiersprache, 2014. <http://x10-lang.org/>.
- [8] S. Roloff, F. Hannig, and J. Teich. Approximate time functional simulation of resource-aware programming concepts for heterogeneous MPSoCs. In *Design Automation Conference (ASP-DAC), 2012 17th Asia and South Pacific*, pages 187–192, Jan 2012.