الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
المدرسة العليا للإعلام الآلي 8 ماي 5491 - سيدي بلعباس
Higher School of Computer Science
8 Mai 1945 - Sidi Bel Abbes

Graduation Thesis

To obtain the diploma of **Master's Degree**

Field of Study: **Computer Science**

Specialization: **Computer Systems Engineering (ISI)**

Theme

Bridging software semantics and hardware interference to reduce potential pessimism in timing analysis for critical multi-core applications

---

Presented by
MEKDOUR Mohammed

Defended on: **September, 2025**
In front of the jury composed of

Dr. ALLAL Lamia	President of the Jury
Dr. MAIZA Claire	Supervisor
Dr. RAYMOND Pascal	Co-Supervisor
Pr. BENSLIMANE Sidi Mohammed	Co-Supervisor
Dr. BABA-AHMED Manel	Examiner

Academic Year: 2024/2025

Abstract

This thesis addresses the problem of pessimism in timing analysis of hard real-time systems deployed on multi-core architectures with shared memory. Traditional static timing analysis methods ensure safety by considering all possible interference scenarios between tasks. However, this often leads to overly conservative Worst-Case Response Time (WCRT) bounds that underestimate the true schedulability of systems.

To overcome this limitation, this work proposes a shift from a purely hardware-focused perspective to an approach that incorporates software semantics. The concepts of execution modes and functional constraints are introduced to capture the logical relationships between tasks and their realistic behaviors. By modeling tasks in terms of distinct operational modes rather than monolithic abstractions, the analysis can systematically eliminate functionally impossible interference scenarios.

Keywords: Real-time systems; Multi-core architectures; Timing analysis; Worst-Case Response Time (WCRT); Interference; Shared resources; Static analysis; Software semantics; Execution modes; Functional constraints; Scheduling.

Résumé

Ce mémoire traite du problème du pessimisme dans l'analyse temporelle des systèmes temps réel stricts déployés sur des architectures multi-cœurs avec mémoire partagée. Les méthodes traditionnelles d'analyse temporelle statique garantissent la sûreté en considérant tous les scénarios possibles d'interférences entre tâches. Cependant, cette approche conduit souvent à des bornes de Temps de Réponse au Pire Cas (WCRT) excessivement conservatrices qui sous-estiment la véritable ordonnançabilité des systèmes.

Pour surmonter cette limitation, ce travail propose un changement de perspective, passant d'une approche centrée uniquement sur le matériel à une analyse intégrant la sémantique logicielle. Les concepts de modes d'exécution et de contraintes fonctionnelles sont introduits afin de capturer les relations logiques entre les tâches et leurs comportements réalistes. En modélisant les tâches à travers des modes opérationnels distincts plutôt qu'à travers une abstraction monolithique, l'analyse permet d'éliminer systématiquement les scénarios d'interférence impossibles fonctionnellement.

Mots clés : Systèmes temps réel ; Architectures multi-cœurs ; Analyse temporelle ; Pire temps de réponse (WCRT) ; Interférences ; Ressources partagées ; Analyse statique ; Sémantique logicielle ; Modes d'exécution ; Contraintes fonctionnelles ; Ordonnancement.

ملخص

يتناول هذا البحث مشكلة التشاؤم في تحليل الزمن الحقيقي للأنظمة الحرجة المعتمدة على المعالجات متعددة الأنوية ذات الذاكرة المشتركة. تعتمد الطرق التقليدية للتحليل الزمني الساكن على افتراض جميع سيناريوهات التداخل الممكنة بين المهام لضمان السلامة، مما يؤدي غالبًا إلى حدود زمن استجابة قصوى (WCRT) محافظة للغاية تقلل من قابلية جدولة الأنظمة بشكل فعلي.

لتجاوز هذا القيد، يقترح هذا العمل الانتقال من منظور يركز فقط على العتاد إلى نهج يأخذ بعين الاعتبار دلالات البرمجيات. حيث تم تقديم مفهومي أنماط التنفيذ و القيود الوظيفية لوصف العلاقات المنطقية بين المهام وسلوكياتها الواقعية. ومن خلال نمذجة المهام وفق أنماط تشغيل مميزة بدلًا من مجرد تمثيل أحادي متشائم، يمكن للتحليل استبعاد سيناريوهات التداخل غير الممكنة وظيفيًا.

الكلمات المفتاحية: أنظمة الزمن الحقيقي؛ الهياكل متعددة النوى؛ تحليل التوقيت؛ أسوأ زمن استجابة (WCRT)؛ التداخل؛ الموارد المشتركة؛ التحليل الثابت؛ دلالات البرمجيات؛ أوضاع التنفيذ؛ القيود الوظيفية؛ الجدولة.