



ORDONNANCEURS TEMPS-RÉEL À CRITICITÉ MIXTE ALIMENTÉS PAR DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

MIXED-CRITICALITY REAL-TIME SCHEDULERS POWERED BY RENEWABLE ENERGY SOURCES

Etablissement **Télécom Paris**

École doctorale **Ecole Doctorale de l'Institut Polytechnique de Paris**

Spécialité **Informatique, données, IA**

Unité de recherche **Laboratoire de Traitement et Communication de l'Information**

Encadrement de la thèse **Samuel TARDIEU ([detailResp.pl?resp=67917](#))**

Co-Directeur **Laurent PAUTET ([detailResp.pl?resp=36551](#))**

Financement *origine* **Ecole doctorale de l'Institut Polytechnique Paris**

Début de la thèse le **1 octobre 2024**

Date limite de candidature (à 23h59) **19 juillet 2024**

Mots clés - Keywords

Systemes temps-réels, Systemes critiques, Frugalité énergétique

Real time systems, Critical systems, Energy frugality

Description de la problématique de recherche - Project description

L'objectif fondamental de cette recherche est de concevoir des algorithmes d'ordonnancement avancés pour des systèmes respectant des contraintes temps-réel strictes dans des environnements à alimentation énergétique renouvelable mais incertaine. Les systèmes ciblés se concentreront en particulier sur la gestion de la criticité dans le sens où un échec ou une latence dans l'exécution des tâches critiques compromettent la survie du système.

La thèse abordera les défis posés par les fluctuations de l'alimentation en énergie renouvelable sur la garantie de services temps-réel et sur la continuité fonctionnelle des tâches critiques. Le système d'ordonnancement énergétique prédictif s'attachera à caractériser et hiérarchiser les tâches par niveau de criticité. Il prévoira et planifiera l'allocation de ressources énergétiques et de traitement. Il garantira les propriétés de fonctionnement des tâches critiques en particulier, même lors de chutes d'approvisionnement énergétique.

Un exemple d'application concerne les relais de communication autonomes déployés dans des zones peu accessibles en dehors de la couverture du réseau électrique. Pour pouvoir relayer des messages relevant par exemple du domaine des services d'urgence ou d'opérations de surveillance environnementale tout en évitant les utilisations excessives de leur module de communication consommateur en énergie, les relais autonomes doivent respecter des échéances temps-réel précises afin de synchroniser leurs communications.

La méthodologie comprendra l'utilisation de modèles de prévision énergétique et d'analyse de criticité pour permettre une allocation dynamique et conditionnelle des ressources, favorisant ainsi les opérations critiques et ajustant ou reportant les opérations de moindre importance quand l'énergie est limitée. Pour notre cas d'étude, le résultat recherché sera de maximiser la disponibilité et la fiabilité des relais de communication critiques dans des environnements isolés, tout en optimisant la consommation d'une ressource énergétique inégale et précieuse.

The fundamental objective of this research is to design advanced scheduling algorithms for systems adhering to strict real-time constraints in environments with renewable but uncertain energy supplies. The targeted systems will specifically focus on managing criticality in the sense that a failure or latency in the execution of critical tasks compromises the system's survival.

The thesis will tackle the challenges posed by renewable energy supply fluctuations on the guarantee of real-time services and on the functional continuity of critical tasks. The predictive energy scheduling system will endeavor to characterize and prioritize tasks by their level of criticality. It will forecast and plan the allocation of energy and processing resources. It will ensure the operational properties of critical tasks, in particular, even in the event of energy supply drops.

An example application involves autonomous communication relays deployed in areas that are difficult to access, outside the cover of the electrical grid. In order to relay messages related to, for example, emergency services or environmental monitoring operations while avoiding excessive use of their energy-intensive communication module, the autonomous relays must adhere to precise real-time deadlines to synchronize their communications.

The methodology will include the use of energy forecasting models and criticality analysis to allow for a dynamic and conditional allocation of resources, thus prioritizing critical operations and adjusting or postponing less important operations when energy is limited. For our case study, the desired outcome will be to maximize the availability and reliability of critical communication relays in isolated environments, while optimizing the consumption of an uneven and precious energy resource.

Thématique / Contexte

Dans le cadre du centre interdisciplinaire E4C (Energy for Climate) de l'Institut Polytechnique de Paris, l'équipe ACES (Autonomous Critical Embedded Systems) de Télécom Paris développe des solutions innovantes pour les systèmes d'exploitation adaptés aux nouvelles contraintes énergétiques.

Références bibliographiques

Burns A, Davis R I (2022) Mixed Criticality Systems - A Review. University of York, UK

Delgado C, Famaey J (2022) Optimal Energy-Aware Task Scheduling for Batteryless IoT Devices. IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing 10:1374–1387. <https://doi.org/10.1109/TETC.2021.3086144>

Karimi S, Kwon S (2021) Comparative analysis of the impact of energy-aware scheduling, renewable energy generation, and battery energy storage on production scheduling. International Journal of Energy Research 45:18981–18998. <https://doi.org/10.1002/er.6999>

Zhang Y-W, Chen R-K (2022) A survey of energy-aware scheduling in mixed-criticality systems. Journal of Systems Architecture 127:102524. <https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2022.102524>

Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

50% Laurent Pautet, 50% Samuel Tardieu

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

Thèse réalisée dans le cadre du centre interdisciplinaire E4C (Energy for Climate) de l'Institut Polytechnique de Paris, effectuée dans l'équipe ACES (Autonomous Critical Embedded Systems) de Télécom Paris.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

Les travaux seront valorisés auprès des partenaires du centre interdisciplinaire E4C. Des articles seront publiés dans des conférences et revues scientifiques. Les logiciels développés seront a priori sous licence libre.

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Le candidat ou la candidate doit être intéressé.e par la conception de systèmes embarqués (architecture, service, algorithme, ...) et les aspects de frugalité énergétique et de gestion parcimonieuse de l'énergie. Une connaissance des algorithmes ou des méthodes pour les systèmes embarqués critiques est un plus. Une bonne autonomie et une rigueur dans l'approche sont indispensables.

The candidate must be interested in the design of embedded systems (architecture, service, algorithm, ...) and in aspects of energy frugality and the sparing management of energy. Knowledge of algorithms or methods for critical embedded systems is a plus. Good independence and rigor in the approach are essential.