

Condition d'ordonnançabilité pour systèmes temps réel non-préemptif à contraintes de précédences, de périodicités et de latences

L. Cucu¹ et Y. Sorel²

¹ INRIA Rocquencourt, BP 105 - 78153 Le Chesnay Cedex, France
liliana.cucu@inria.fr

² INRIA Rocquencourt, BP 105 - 78153 Le Chesnay Cedex, France
yves.sorel@inria.fr

1 Introduction

Les systèmes temps réel sont de plus en plus utilisés dans le monde contemporain. Longtemps réservés aux équipements industriels lourds (centrale nucléaire, chaîne de fabrication, avionique, systèmes d'armes), leurs domaines d'utilisation sont aujourd'hui très variés, on peut les trouver dans des produits grand public (automobile, téléphone, domotique). Les systèmes temps réel reposent le plus souvent sur des algorithmes de contrôle-commande, de traitement du signal et des images dont les opérations peuvent avoir des « contraintes de précédences » l'une par rapport à l'autre. De plus, ils sont réactifs dans le sens où ils doivent réagir de manière permanente avec l'environnement physique. Des stimuli sont consommées par le système à travers des capteurs et le système produit des réactions à l'extérieur à travers les actionneurs. Ces stimuli et réactions correspondent à une répétition infinie des opérations constituant l'algorithme et ce comportement peut être décrit en imposant des « contraintes de périodicités ». D'autre part, un délai peut être imposé entre la consommation d'un stimulus par le système et la production de la réaction correspondant à ce stimulus, les deux étant liées par des contraintes de précédences à travers d'opérations intermédiaires. Pour cela on a proposé [1] une nouvelle contrainte appelée « contrainte de latence » mieux adaptée que d'autres contraintes pour décrire ce délai. On a aussi proposé un modèle fondé sur les graphes capable de prendre en compte ensemble ces trois contraintes. De plus, nos applications temps réel reposant sur des algorithmes de contrôle-commande, de traitement du signal et des images, leurs opérations sont disponibles à partir d'un instant fixe donné par la fréquence d'échantillonnage des capteurs, on utilise des contraintes de périodicité stricte.

2 Notre problème d'ordonnancement

Le problème traité dans cet article est l'ordonnançabilité des systèmes temps réel avec contraintes de précédences, de périodicités et de latences. On définit les contraintes de précédences à l'aide d'un graphe orienté acyclique $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$ où \mathcal{V} est l'ensemble des opérations et $\mathcal{E} \subseteq \mathcal{V} \times \mathcal{V}$ l'ensemble des arcs qui représentent des précédences entre les opérations. Les contraintes de précédences induisent un ordre partiel et un des ordres totaux obtenus à partir de cet ordre partiel s'appelle ordonnancement. La définition suivante est la définition formelle de cette dernière notion et elle est suivie par la définition de la contrainte de périodicité et par la définition de la contrainte de latence.

Pour un système d'opérations, un ordonnancement S est un ordre total sur l'ensemble des opérations qui associe à chaque opération une date de début qui exprime l'instant auquel l'opération sera exécutée. Cela signifie qu'un ordonnancement S est égal à l'ensemble $\{s_A \in N, A \in \mathcal{V}\}$.

Une opération A a une contrainte de périodicité de période $T_A \in N$ si $s_{A_{i+1}} - s_{A_i} = T_A, \forall i \geq 1$, où A_i, A_{i+1} sont les répétitions consécutives i et $i + 1$ de l'opération A et $(A_i, A_{i+1}) \in \mathcal{E}_\infty$. On note par A_1 la première répétition de A .

Deux opérations différentes A et B , telles qu'il y a un chemin de A à B , ont une contrainte de latence $L_{AB} \in N^+$ si elles sont ordonnancées telles que $s_B + C_B - s_A \leq L_{AB}$.

L'étude d'ordonnançabilité [2] nous a permis d'identifier les relations qu'il y a entre les contraintes de périodicités et de précédences. On prouve l'existence d'un héritage des périodes des prédécesseurs et des successeurs d'une opération non-périodique. Cela nous permet de prouver l'existence d'une hyper-période et de proposer un test d'ordonnançabilité.

L'étude d'ordonnabilité [3] nous a permis d'identifier les opérations qui interviennent dans une contrainte de latence et l'influence réciproque de ces opérations dans le cas où l'on a plusieurs contraintes de latences. On a formalisé cela à l'aide de trois relations \parallel , Z et X entre des paires d'opérations sur lesquelles une contrainte de latence a été imposée.

Un premier résultat important prouve que la contrainte de périodicité est un cas particulier de latence. Cela signifie qu'on peut généraliser les résultats qu'on a obtenu séparément dans le cas avec contraintes de périodicités et dans le cas avec contraintes de latences. On prouve ainsi l'existence d'une hyper-période dans l'ordonnement et le fait que toutes les opérations appartenant à une contrainte de latence doivent avoir la même période. Cela nous permet ensuite de donner une condition nécessaire d'ordonnabilité et un test d'ordonnabilité pour les systèmes avec contraintes de précédences, de périodicités et de latences.

Références

1. Cucu, L. et Kocik, R. et Sorel, Y. : Real-time scheduling for systems with precedence, periodicity and latency constraints. Real-time and Embedded Systems(2002)
2. Cucu, L. et Sorel, Y. : Schedulability condition for systems with precedence and periodicity constraints without preemption. Real-time and Embedded Systems(2003)
3. Cucu, L. et Sorel, Y. : Schedulability condition for real-time non-preemptive systems with precedence and latency constraints. RR INRIA à apparaître