
Préface

On qualifie de temps réel tout système qui doit réagir dans des intervalles de temps bornés à des sollicitations émises par un environnement extérieur. La ponctualité constitue donc la qualité primordiale d'un système informatique temps réel, ce qui le différencie d'ailleurs d'un système informatique conventionnel. On parle de système embarqué lorsqu'il se trouve physiquement intégré au dispositif physique dont il assure le contrôle ou/et la commande, ce qui va impacter en particulier son dimensionnement et le choix de ses constituants.

L'évolution fulgurante, ces dernières années, des technologies de la microélectronique et des infrastructures de communication a conduit à l'émergence de systèmes embarqués interconnectés souvent miniaturisés (nœuds sans fil traitant des données issues de capteurs), d'où la naissance du concept de l'Internet des objets. Le qualificatif de temps réel reste ainsi d'actualité pour tous ces objets autonomes et intelligents tout comme il le fût dans les années 1970 avec l'avènement de la micro-informatique, qualificatif qui se restreignait alors aux systèmes de contrôle/commande de processus industriels.

La grande diversité des dispositifs dans lesquels les systèmes temps réel sont désormais intégrés impose de prendre en compte pour leur conception, des contraintes de plus en plus sévères en termes de taille physique, puissance de calcul, capacité mémoire, capacité de stockage d'énergie, etc. C'est donc dans ce sens que les efforts de recherche se tournent depuis plusieurs années.

Tout logiciel d'application temps réel se décompose en tâches, programmes dont l'exécution nécessite un accès concurrent à des ressources partagées en nombre limité (processeur, mémoire, support de communication, etc.). Se pose alors le problème

central de l'ordonnancement dont la résolution aboutit à une planification des tâches qui respecte les contraintes temporelles.

Depuis le début des années 1970, en particulier après la publication de l'article déterminant de Liu et Layland, l'activité de recherche dans le domaine de l'ordonnancement, à la fois par ses résultats d'ordre théorique et par leur intégration dans les systèmes d'exploitation, a permis de faire tomber de nombreux verrous technologiques.

Le présent ouvrage constitue un support d'apprentissage en matière d'ordonnancement temps réel destiné aux étudiants de Master et aux élèves-ingénieurs. Il se donne aussi comme objectif de décrire aux scientifiques et ingénieurs de recherche et développement les dernières avancées majeures. L'ouvrage, construit sur treize chapitres, regroupe une quarantaine d'années d'expertise par des universitaires français ou belges spécialistes de l'ordonnancement temps réel.

L'ouvrage s'organise autour du plan suivant.

Le chapitre 1 constitue une introduction conceptuelle à l'ordonnancement temps réel. Les chapitres 2 et 3 traitent successivement de l'ordonnancement temps réel monoprocesseur et multiprocesseur. Le chapitre 4 se focalise sur l'ordonnancement en présence de contraintes de synchronisation. Dans le chapitre 5, les co-auteurs s'appuient sur une modélisation probabiliste de la durée d'exécution pire cas WCET (Worst Case Execution Time) pour aborder la problématique de l'ordonnancement. Le chapitre 6 porte sur l'ordonnancement de messages dans les réseaux. Dans le chapitre 7, les auteurs s'intéressent à l'optimisation de la qualité de service dans les réseaux routés. Le chapitre 8 a trait spécifiquement aux techniques de résolution utilisées dans les réseaux avioniques dont l'AFDX. Les chapitres 9 et 10 mettent en relief les nouvelles questions d'ordonnancement soulevées par les systèmes temps réel dits contraints par l'énergie et ceux dits autonomes en énergie. Dans le chapitre 11, les auteurs montrent comment l'automatique peut servir l'ordonnancement temps réel. Le chapitre 12 porte sur l'ordonnancement selon l'approche synchrone. Enfin, le chapitre 13 présente les techniques de calcul du WCET.