

Soutenance de thèse

Hugo DAIGMORTE soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA MOIS et intitulée « *Analyse des interactions entre flux synchrones et flux asynchrones dans les réseaux temps réel* »

Le 21 janvier 2019 à 10h00, Amphithéâtre 2 - ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

M. Marc Boyer	Ingénieur de recherche ONERA	Directeur de thèse
M. Jean-Yves LE BOUDEC	Professeur Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	Rapporteur
M. Ye-Qiong SONG	Professeur Université de Lorraine Nancy	Rapporteur
M. Jean-Luc SCHARBARG	Professeur INPT/ENSEEIH	
Mme Anne BOUILLARD	Ingénieure de Recherche Nokia Bell Labs	
Mme Sophie QUINTON	Chargé de recherche INRIA	

Résumé

Les systèmes embarqués complexes (avions, satellites, drones...) contiennent de plus en plus de calculateurs. Désormais ce sont des dizaines voire des centaines de calculateurs qui communiquent à travers un réseau partagé. Une fonction est réalisée par la collaboration d'un ensemble de calculateurs qui s'échangent un nombre croissant d'informations. Dans un contexte de temps réel embarqué, il faut non seulement garantir que ces informations échangées sont correctes mais il faut aussi garantir qu'elles vérifient leurs contraintes temporelles. Du point de vue du réseau cela signifie qu'une information doit être échangée en respectant les délais qui lui sont imposés. Ceci implique de pouvoir borner le temps de traversée du réseau de chaque message afin de vérifier qu'il arrive dans les temps. Or les systèmes embarqués étant de plus en plus complexes et le nombre d'informations échangées étant en constante augmentation, cette borne est de plus en plus difficile à calculer. De plus il est important que cette borne soit le moins pessimiste possible afin d'éviter que le système soit surdimensionné. L'objectif de ce travail est de mettre en place un modèle capable de calculer ces bornes. Afin d'y parvenir nous nous sommes basés sur la méthode d'analyse du Calcul Réseau. Ce travail s'est en particulier attardé sur la modélisation des interactions qui existent entre les messages synchrones et les messages asynchrones. Les modèles présentés dans ce manuscrit prennent en compte les dates d'émission sur le réseau des messages synchrones lors du calcul des bornes supérieures de temps de traversée des messages asynchrones. Les principales contributions apportées par ce manuscrit sont : 1. la présentation d'une nouvelle façon d'envisager l'utilisation des dates d'émission sur le bus CAN : la synchronisation faible. Ainsi que la modélisation complète d'un tel système et enfin l'évaluation du gain apporté par cette solution. 2. une modélisation complète du réseau TTEthernet permettant d'évaluer finement l'impact des flux synchrones sur le temps de traversée des flux asynchrones. 3. une présentation de l'utilisation de la synchronisation dans le réseau TSN ainsi qu'un modèle complet permettant d'analyser cette nouvelle technologie.

Mots-clés : Temps Réel, Réseau embarqué, Calcul réseau, CAN, TTEthernet, TSN

Summary:

The objective of this thesis is to contribute to improve the modeling of the interactions between the computers and the network. Specifically, the computer hosts a set of tasks ("programs") that must share the processor.

The computer scheduler is responsible for assigning the processor to the tasks, according to different strategies. The scheduling analysis techniques make it possible to verify that a computer has enough resources for each task to respect its constraints. The analysis methods of the network consider the bit flows generated by the computers and deduce crossing times. A rough comparison is that analyzes on computers are "discrete and stateful" whereas network analyzes are "fluid and stateless". Work carried out by ONERA in the framework of the ADCN + project has made it possible to demonstrate that making an analysis that takes into account the way in which the messages are sent on the network makes it possible to make very significant gains on the delay bounds (90% theoretically, and 25% on realistic configurations). In the context of the PEGASE project, it has been shown that network calculus can model packets as well as other methods. There are of course many methods for analyzing networks: methods by trajectory, event stream or more recently "forward analysis". Overall, the method of network calculus was the first, and the other methods try to be as good. At present, we are convinced that the mathematical model of network calculus can capitalize on the advances, and will allow us to absorb the questions of offset, frame sizes, more easily than other methods.

Keywords: Real-time, Embedded network, Network calculus, CAN, TTEthernet, TSN