

Optimisation des trajets des AIV dans un port automatisé

Ghassen CHERIF

LAAS-CNRS, Université de Toulouse, CNRS, UPS, Toulouse, France
ghassen.cherif@laas.fr

Mots-clés: *Modélisation, ordonnancement, optimisation, réseau de Petri, recherche en faisceau.*

1 Introduction

Le commerce à distance a connu un énorme développement au cours de la dernière décennie. Afin de réduire les coûts de transport, l'utilisation de grands navires est apparue pour transférer des matériaux lourds sur de longues distances. Cela a conduit à une augmentation considérable des volumes transportés. Elle pose le problème des capacités d'accueil du port en termes de chargement et/ou de déchargement. Pour répondre à cette problématique, l'idée est de proposer des solutions automatisées de chargement/déchargement portées par le développement important des Véhicules Automatisés Intelligents (AIV). Cela nécessite un acheminement des AIV cohérent avec les ordres de transfert de conteneurs donnés par le TOS (Terminal Operating System). Ce travail est donc une contribution à la conception d'un nouveau FMS (Fleet Management System) dans les futurs ports. Ces ports seront structurés de manière à permettre aux AIV de se déplacer librement dans le port en fonction de leur position GPS. L'objectif d'un FMS est d'attribuer un AIV à chaque mission demandée par le TOS. Ces missions doivent optimiser le flux des AIV et éviter les situations bloquantes. Cela peut être considéré comme un problème d'ordonnancement.

Cette étude concerne les ports du futur qui seront structurés avec des voiries parallèles aux quais et zones de stockage et perpendiculaires pour relier les zones de stockages aux grues de chargement/déchargement des navires. Pour expliquer notre approche, nous utiliserons une topologie réduite d'un port composé d'une zone de stockage et d'une zone de grue de chargement/déchargement de bateaux (Fig.1). Notre approche de la conception des futurs ports nous conduit à structurer les parcours en blocs et carrefours. Un bloc est une portion de route qui peut être occupée par au plus un AIV afin d'éviter les collisions. Les AIV se déplacent de bloc en bloc via des carrefours.

2 Contributions

La résolution d'un problème d'ordonnancement nécessite une description du système. En effet, la modélisation d'un problème d'ordonnancement conduit à respecter les contraintes, les caractéristiques de l'AIV et notamment l'organisation du réseau portuaire. La clé est de trouver un modèle qui décrit bien le problème et qui soit suffisamment simple à manipuler. Dans ce contexte, les réseaux de Petri temporisés (TPN) présentent un intérêt particulier car ils permettent une modélisation compacte et facile à comprendre des systèmes basés sur une représentation graphique [3]. La théorie TPN comprend également plusieurs outils d'analyse qui peuvent être comportementaux (graphe de marquages), structurels, ainsi qu'une analyse par algèbre linéaire. Le premier objectif est de proposer un modèle TPN pour le réseau de port automatisé présenté à la Fig.1 [6].

L'objectif du problème d'ordonnancement consiste à programmer l'exécution d'une réalisation en fixant leurs dates d'exécution [2]. L'utilisation de TPN consiste à trouver une séquence de tirs de transition de durée minimale, d'un état initial à un état de référence. Ainsi, le graphe d'accessibilité du

modèle TPN est requis. Cependant, cette construction, nécessaire pour résoudre le problème d'ordonnancement, n'est pas toujours possible à cause du problème d'explosion combinatoire d'état dû à la complexité du système [1]. En effet, le temps de calcul pour obtenir un ordonnancement optimal augmente de manière exponentielle par rapport à la taille du problème. Les méthodes exactes [4] qui explorent tout l'espace d'état garantissent la solution optimale pour les petits problèmes d'ordonnancement. Cependant, ce n'est pas le cas pour les grands problèmes puisque l'obtention de l'ordonnancement optimal dans un temps raisonnable nécessite des méthodes approchées qui explorent sélectivement l'espace d'état TPN. L'une de ces méthodes approximatives, appelée recherche en faisceau [5], est utilisée afin de résoudre le problème d'ordonnancement pour le réseau portuaire automatisé. Cette étude utilise une variante de l'algorithme de recherche en faisceaux, appelée Generation Filtered Beam Search (GFBS) [5] [6]. L'idée est de générer sélectivement l'espace d'états dans le but de trouver un chemin entre un état initial et un état de référence tout en optimisant une fonction de coût spécifique. La sélection des marquages candidats à développer est basée sur une fonction de coût heuristique.

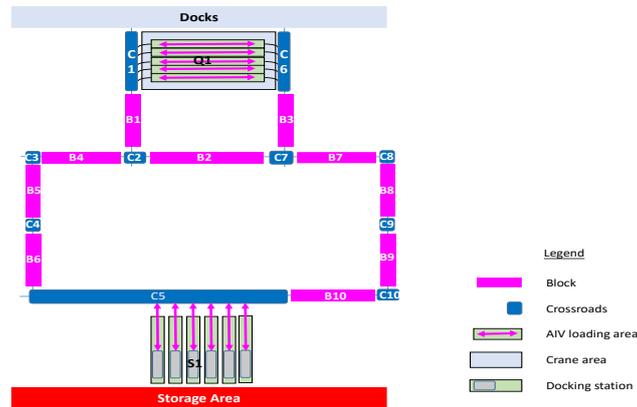


FIG. 1 – Topologie d'un port automatisé

Cette étude porte sur le problème d'ordonnancement et de routage des AIV dans les ports automatisés. Lorsqu'une commande provient du TOS, un itinéraire doit être trouvé pour transporter le conteneur de son emplacement actuel à sa destination. Il s'agit d'un problème de routage coordonné complexe qui doit être résolu sous des contraintes de temps. Une approche de modélisation TPN pour le réseau portuaire automatisé a été proposée. Ensuite, la résolution a été traitée avec GFBS afin de retourner le chemin le plus court du bloc de départ au bloc de destination. Des travaux futurs visent à comparer nos résultats avec ceux obtenus avec AMPL ou CPLEX.

Références

- [1] Carlier, J., & Chrétienne, P. Problèmes d'ordonnancement, Modélisation, Complexité, Algorithmes, Edition Masson, Paris, 1988.
- [2] Cassandras, C. Discrete Event Systems: Modeling and Performances Analysis, Homewood, IL, USA: Aksen Assoc. Inc. Pub, 1993.
- [3] Berthomieu, B., & Vernadat, F. State class constructions for branching analysis of time Petri nets, In Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems, Springer, pp. 442-457, 2003.
- [4] Lefebvre, D., & Daoui, C. Control Design for Bounded Partially Controlled TPNs Using Timed Extended Reachability Graphs and MDP, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol.50, no.6, pp.2273-2283, 2018.
- [5] Cherif, G., Leclercq, E., & Lefebvre, D. Scheduling problems for a class of hybrid FMS using T-TPN and Beam Search, *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, pp. 1-22, 2021.
- [6] Cherif, G., Trouillet, B., & A. K. A. Toguyeni, A. K. A. Modeling and routing problems of automated port using T-TPN and Beam search, 8th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT), pp. 1201-1206, 2022.