

Navigation autonome d'un robot forestier équipé d'un laser à balayage

BEN ABDALLAH Fida¹, BOUALI Anis¹, MEAUSOONE Pierre-Jean¹

¹Université Lorraine, Laboratoire LERMAB, 27 rue Philippe Seguin, 88026 Epinal, France
fida.ben-abdallah@univ-lorraine.fr

Résumé

Cet article s'inscrit dans le cadre de travaux de recherche menés dans un projet « Plantation Innovante en Forêt » en cours de réalisation. Ce travail concerne l'automatisation et la robotisation des tâches d'entretien pour les plantations de peuplier. La destruction de la végétation concurrente au pieds des peupliers est une méthode permettant d'améliorer les rendements et la qualité de ces sylvicultures. Les solutions classiques basées sur des traitements chimiques et l'utilisation de produits phytosanitaires ne sont pas viables à long terme. Le traitement mécanique manuel est quant à lui un travail pénible et onéreux. L'objectif de ce projet est de démontrer qu'il est possible de faire appel à la robotique mobile pour la réalisation de telles tâches. A cette étape, nous nous concentrons sur l'une des fonctionnalités principales : la navigation autonome, qui consiste à détecter et à se déplacer en toute sécurité dans un environnement forestier assez complexe.

Mots clefs : robot mobile ; navigation autonome ; milieu forestier ; évitement des obstacles

1. Introduction

Face au changement climatique, la sylviculture est un secteur prometteur qui réduit l'empreinte carbone de la plupart des pays industrialisés et développés. Le développement technologique est fortement nécessaire dans ce secteur pour aider à réduire les coûts de plantation, réduire la pénibilité du travail des agents forestiers et augmenter la qualité du bois pour un reboisement massif. Ces dernières années, la robotique mobile a provoqué une révolution dans les pratiques agricoles [1] : gain de productivité, amélioration de la qualité des produits récoltés et réduction de la pénibilité. En revanche, la sylviculture, encore exigeantes en main- d'œuvre, souffre d'un manque de technologie et d'innovation. Dans notre étude, nous portons un intérêt particulier sur les contraintes environnementales et on propose des solutions techniques adaptées au milieu forestier.

Notre robot forestier devra se déplacer entre les rangées, détecter les arbres à entretenir et désherber au pied des plants, voire même effectuer d'autres tâches telles que la détection des parasites, le travail local du sol ou l'inspection. Pour y parvenir, une solution envisageable passer par la construction d'une carte de l'environnement. Cette carte sera utile pour localiser le robot, et planifier le mouvement et de suivre le chemin, tout en accomplissant des tâches spécifiques [2]. Cette démarche permettra de tester et évaluer la performance des algorithmes de contrôle, de localisation et de cartographie du robot mobile, déjà utilisés dans des environnements structurés, puis les adapter au milieu forestier, Notre objectif est de préciser les stratégies de contrôle et les méthodes de calcul adéquates au milieu forestier.

Dans ce contexte, plusieurs travaux de recherches s'intéressent à la navigation autonome d'un robot mobile dans un environnement agricole structuré. Cependant, le milieu forestier présente un défi majeur pour la navigation autonome. Premièrement, la fusion des données de l'odomètre et la centrale inertielle n'est pas une solution fiable pour la localisation du robot [3]. En effet l'étendue boisée de la forêt entraîne des erreurs accumulées ayant un effet sensible dans le positionnement et la localisation du robot mobile. De plus, le terrain irrégulier peut causer un dérapage du véhicule. Deuxièmement, Il est important de rappeler que l'utilisation d'un GPS RTK, souvent utilisé dans les cultures de plein champs, ne permet pas de localiser le robot [4]. Dans la forêt, le GPS présente plusieurs inconvénients : (i) le GPS

dépend de la couverture satellite, qui se dégrade au niveau du sol à cause de la canopée des arbres. (ii) l'utilisation du GPS seul ne permet pas d'estimer l'orientation du robot et nécessite un capteur supplémentaire telle qu'une centrale inertielle.

Dans cette étude, nous avons équipé le robot par un Lidar, utilisé pour corriger la position du robot donnée par l'odomètre. Les scans lasers fournis par le Lidar permettent la perception de l'environnement. Ensuite, la technique du SLAM est utilisée pour la localisation ainsi que pour la cartographie [5] pour permettre au robot mobile de se déplacer en parfaite autonomie tout en évitant les obstacles. En foresterie, le Lidar est souvent utilisé pour déterminer les propriétés de base et les paramètres structurels des forêts tels que la densité du nombre de tiges, la reconstruction 3D de la forêt [6] et l'inventaire forestier en particulier l'estimation de la répartition de la biomasse [7]. Moins de travaux de recherche ont été développés en planification du chemin et en contrôle de mouvement du robot mobile.

La perception d'une part et la commande d'autre part sont les deux thèmes majeurs de recherche pour obtenir un robot mobile parfaitement autonome. Dans ce document, on s'intéresse tout d'abord à la navigation autonome et les étapes de sa résolution. Ensuite, on présente le robot mobile et le middleware utilisés pour valider la solution proposée.

2. Navigation Autonome

La navigation autonome est un problème fondamental dans la robotique mobile. Dans ce contexte, on cherche à doter le robot d'algorithmes et de méthodes lui permettant d'évoluer dans un environnement complexe et dynamique, en toute sécurité et en parfaite autonomie. La navigation repose sur quatre éléments constitutifs : cartographie, localisation, planification de chemin et le contrôle du mouvement.

2.1. Construire la carte

Le problème de cartographie consiste à déterminer la carte d'un environnement à partir de la position exacte du robot et des données capteurs. Dans la plupart des cas, ces données sont insuffisantes, puisque l'environnement change au cours du temps et sa dynamique peut évoluer rapidement.

2.2. Se Localiser

Le robot détermine sa position et son orientation par rapport à sa carte de navigation déjà connue. Les systèmes de localisation actuels combinent (i) des capteurs de localisation à l'estime (comme des centrales inertielles et des systèmes odométriques à roues ou basés vision), (ii) des capteurs de localisation absolue comme des récepteurs GNSS avec des antennes de qualité et (iii) des caméras et des Lidars capables de mesurer des angles et des distances sur des amers géo référencés.

2.3. Planifier le chemin

Pour atteindre la destination finale désirée, le robot traduit la connaissance de son environnement en un ensemble de contraintes et détermine le chemin optimal en évitant les obstacles. Pour permettre une exploration plus stratégique, le problème est donc traité en deux étapes: discrétiser l'espace sous forme d'un graphe puis explorer ce graphe pour trouver le chemin optimal.

2.4. Suivre le chemin

La commande du robot s'effectue généralement en deux parties séparée :

- Le contrôle latéral calcul l'angle de braquage des roues directrices et ainsi l'angle au volant pour suivre le chemin.
- Le contrôle longitudinal a pour objectif de suivre le profil de vitesse le long du chemin de consigne. Il détermine les couples de freinage et de traction des roues motrices.

3. Matériel et Middleware

3.1. Robot Mobile

Le robot mobile Husky A200 a été développé par Clearpath pour être performant même dans des conditions difficiles [8]. Notre choix d'utiliser le robot Husky est justifié par : i) sa capacité à s'interfacer avec de nombreux manipulateurs de type industriel, ii) la pris en charge dans ROS (Robot Operating System) et l'utilisation d'un protocole série open source.

3.2. Middleware de Robotique

Le rôle principale d'un middleware robotique est de faire fonctionner en parallèle un grand nombre d'exécutables qui doivent pouvoir échanger de l'information de manière synchrone ou asynchrone. ROS (Robot Operating System) est le middleware utilisé dans cet article [9]. Un système ROS est un graphe composé d'un ensemble de noeuds (une instance d'un exécutable) qui communiquent entre eux à travers des messages par le Master. Ces messages sont échangés avec le mécanisme Publish/Subscribe de manière asynchrone à travers un bus de communication appelé topic ou synchrone via les services. Dans notre étude, slam-gmapping et le move-base sont les deux noeuds principalement utilisés pour se naviguer. ROS fournit un ensemble de bibliothèques et d'outils qui permettent de déployer des applications à travers les notions de package et de stack.

3.3. Simulation et Résultats

Pour la navigation autonome du robot husky dans la forêt, nous avons utilisé un planificateur global pour obtenir le chemin global à partir de la position actuelle du robot, la cible et une cartographie. Les données du télémètre laser et l'odométrie sont utilisées pour créer une carte des coûts locaux. Pour construire la cartographie de la forêt, nous avons utilisé le processus SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) [10]. Cet algorithme basé sur différents capteurs permet au robot de cartographier son environnement tout en se localisant dans la carte établie. Le problème du SLAM est double: un robot a besoin de connaître sa position pour pouvoir cartographier un environnement. D'un autre côté, il doit absolument disposer d'une carte préétablie de son environnement pour pouvoir s'y localiser.

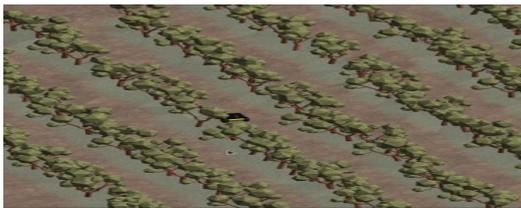


Fig. 2 : Visualisation d'une plantation des peupliers sur Gazebo

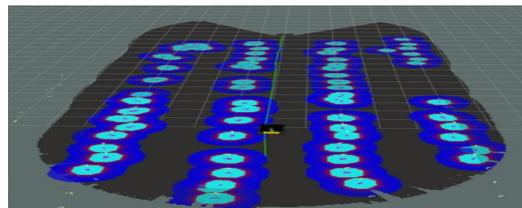


Fig. 3 : Visualisation de la détection télémètre laser 2D des troncs d'arbre d'une plantation des peupliers sur Rviz

L'utilisation d'un filtre de KALMAN étendu au cœur du processus SLAM [11](voir figures n°2 et 3) abouti à des cartographies tel que les figures ci-dessus

4. Conclusion

Le milieu forestier, assez complexe, présente un défis majeur pour la navigation autonome. En effet, sans informations suffisantes sur la position du robot (localisation) et sur la nature de son environnement (cartographie), le robot Husky ne peut pas se déplacer en toute sécurité et en parfaite autonomie. Dans ce contexte, la technique du SLAM est utilisée pour la localisation ainsi que pour la cartographie. Afin de valider l'approche proposée, une simulation sur ROS est présentée en utilisant le robot Husky dans une plantation de peupliers.

Références

- [1] Milioto, Andres, Philipp Lottes, and Cyrill Stachniss. "Real-time semantic segmentation of crop and weed for precision agriculture robots leveraging background knowledge in CNNs." *2018 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA)*. IEEE, 2018.
- [2] Wigness, Maggie, et al. "A rugd dataset for autonomous navigation and visual perception in unstructured outdoor environments." *2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. IEEE, 2019.
- [3] R. Siegwart and I. R. Nourbakhsh, "Mobile robot kinematics," in *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. Cambridge, Massachusetts, US:MIT Press, 2011, pp. 47–82.
- [4] J. P. Underwood, G. Jagbrant, J. Nieto, and S. Sukkarieh, "Tree centric localisation in almond orchards," in *Proc. XXIX Int. Horticultural Congr. Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods Landscapes*, 2014, pp. 619–624.
- [5] Brenneke, Christian, Oliver Wulf, and Bernardo Wagner. "Using 3d laser range data for slam in outdoor environments." *Proceedings 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2003)(Cat. No. 03CH37453)*. Vol. 1. IEEE, 2003.
- [6] Ali, Wajid, Fredrik Georgsson, and Thomas Hellstrom. "Visual tree detection for autonomous navigation in forest environment." *2008 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*. IEEE, 2008.
- [7] Tang J, Chen Y, Kukko A, Kaartinen H, Jaakkola A, Khoramshahi E, Hakala T, Hyyppä J, Holopainen M, Hyyppä H. SLAM-Aided Stem Mapping for Forest Inventory with Small-Footprint Mobile LiDAR. *Forests*. 2015; 6(12):4588-4606.
- [8] <http://www.clearpathrobotics.com/assets/guides/melodic/husky/>.
- [9] Koubâa, Anis, ed. *Robot Operating System (ROS)*. Vol. 1. Cham: Springer, 2017.
- [10] B. Alsadik and S. Karam, "The Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)-An Overview", *SGEJ*, vol. 2, no. 01, pp. 01 - 12, May 2021.
- [11] Haykin, Simon. *Kalman filtering and neural networks*. Vol. 47. John Wiley & Sons, 2004