

Planification de Chemin d'un Robot Mobile de Type Véhicule Télécommandé

A.Moussaoui, C.Kara Terki, B.Cherki

Laboratoire d'automatique, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen,
B.P. 119, 13000 Tlemcen, Algérie.
Fax (213) 43 272 435
E-Mail :

Résumé : Dans cet article nous nous sommes intéressés à développer un planificateur pour robot de type véhicule, travaillant hors-ligne, c'est-à-dire que le chemin sera planifié avant le début de l'action.

L'environnement dans lequel évoluera le véhicule, peut contenir un nombre indéterminé d'obstacles, et sera parfaitement connu.

Cet algorithme sera testé, en temps réel, dans une salle. Une caméra placée au plafond fournira une vue de la salle en deux dimensions (2D). Cette image sera capturée par une carte d'acquisition vidéo placée dans un micro ordinateur.

Le mobile sera une petite voiture commandée à distance par l'ordinateur, Le planificateur que nous aurons développé, permettra de faire déplacer le véhicule d'un point de départ, vers un point destination désigné par l'utilisateur sur l'écran. Le programme déterminera le chemin qui mènera le mobile à sa destination, tout en évitant d'éventuels obstacles, et actionnera à distance les commandes permettant d'exécuter cette tâche.

1. Introduction:

Parmi les principales causes limitant le développement des systèmes robotisés, et en particulier dans le cas de la robotique mobile, on trouve la complexité algorithmique. Cette complexité provient du nombre élevé de cas potentiels auxquels peut être confronté le mobile.[1]

Le problème est d'autant plus ardu que les déplacements sont importants et que les obstacles sont nombreux.

La planification des mouvements d'un mobile autonome, c'est-à-dire l'établissement de la liste des opérations à effectuer pour aller d'un lieu donné à un autre lieu défini comme but, doit se faire sans intervention humaine.

La notion de planification de trajectoire sans collision peut être formulée de la manière suivante :

Soient un système mobile M et un environnement E ; il faut déterminer une trajectoire T permettant à M de se déplacer de la position initiale P_i vers la position finale P_f , en évitant toute collision avec E . [1]

La trajectoire correspond à une suite continue de situations géométriques successivement occupées par le robot durant son déplacement.

Pour cela, il est nécessaire de fournir au système de commande un descriptif aussi précis que possible de l'environnement dans lequel il évolue.

L'univers d'un robot comprend le terrain sur lequel il évolue, les objets ou obstacles qui l'entourent et bien entendu le robot lui-même. Pour tout mobile évoluant à l'intérieur d'une salle, le sol est généralement modélisé par un plan horizontal, auquel est attaché un repère de référence. Un obstacle est représenté par une projection sur le sol de tout son volume qui pourrait interférer avec le mobile.

Nous avons vu que la planification doit générer les évitements d'obstacles. Pour cela, il faut commencer par définir un itinéraire. L'itinéraire est une suite discontinue de positions que doit occuper le robot au cours de son déplacement. Le calcul de la trajectoire sera alors une procédure qui s'appliquera entre deux points de passage sur l'itinéraire.

La navigation ou détermination de l'itinéraire et de la trajectoire, constitue un des grands problèmes de la robotique mobile, et sa résolution a été étudiée suivant deux méthodes :

- la première est une méthode globale supposant connu l'ensemble de l'univers d'évolution du mobile,

- la seconde est une méthode locale qui génère un déplacement à partir des informations recueillies par le mobile sur son environnement proche.

Dans les deux cas, il sera nécessaire de modéliser l'environnement du robot.

Pour les méthodes globales nous trouvons la sûreté et l'optimisation dans la navigation, alors que les méthodes locales apportent rapidité et gestion de l'univers dynamique visible.

Les principales limitations des méthodes globales sont de deux types ; la nécessité d'une modélisation préalable de l'environnement et la limitation sur le nombre de degrés de liberté du système considéré. En contrepartie ces méthodes dites globales garantissent l'obtention d'une classe de solutions parmi lesquelles le choix d'une trajectoire particulière peut s'effectuer en fonction de contraintes sur la forme de la trajectoire ou d'un critère d'optimisation.

2. Cinématique de la plate-forme mobile :

Le robot mobile que nous considérons correspond au système de contrôle suivant :

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta \\ \sin\theta \\ 0 \end{bmatrix} U_1 + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} U_2 - X U_1 + Y U_2$$

Ou U_1 et U_2 sont respectivement les vitesses linéaires et angulaires du robot.

Comme la commande du mobile admet deux états : «immobile» ou «marche avant», U_1 prend seulement les deux valeurs, 0 (m/s) ou V_{max} (vitesse du mobile).

Et comme l'angle de braquage admet deux positions : soit maximum, soit nul, U_2 prend seulement les deux valeurs, 0 (rd/s) : W_{max} (vitesse angulaire du mobile).

Lorsque $U_2 = 0$ et $U_1 = V_{max}$ le robot se déplace le long d'un segment de droite dans sa direction initiale.

Lorsque $U_1 = V_{max}$, et $U_2 = W_{max}$, le robot tourne en traçant un cercle de rayon R .

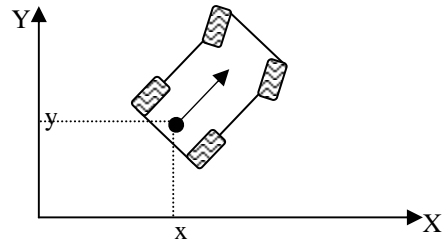


Figure.1 -Un robot de type véhicule.

3. Méthode de planification de chemin dans un environnement avec obstacles (Solution proposée) :

La méthode proposée pour planifier une trajectoire reliant deux positions différentes dans un environnement encombré par des obstacles, est une méthode globale basée sur la notion de visibilité.

L'algorithme développé permet de résoudre des problèmes de planification de mouvement pour une large classe de robots dans des environnements statiques.

Cette méthode se déroule en deux phases :

- Une phase d'apprentissage.
- Une deuxième de recherche.

Avant d'expliquer ces deux étapes, nous définissons quelques notions.

3.1. Maillage :

Pour éviter de manipuler tous les pixels de l'image qui représente l'environnement, nous pouvons modéliser cette image avec une grille homogène, l'environnement sera représenté par une matrice de nœuds.

3.2. Visibilité d'un point :

On dit qu'un point est visible par rapport à un autre si le segment qui les joint ne fait aucune intersection avec la zone interdite, celle des obstacles.

La zone de visibilité d'un point dans un environnement donné est l'ensemble de tous les points visibles par ce point.

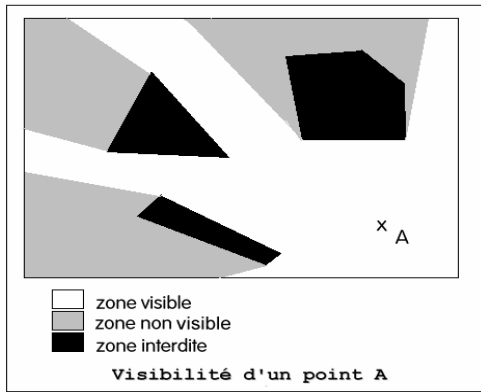


Figure.2-Calcul de la zone visible par Un point.

3.3. Visibilité d'une zone de point :

L'ensemble de tous les points visibles par au moins un seul point d'une zone (1), est un ensemble de points (zone (2)) dite la zone visible par la zone(1).

Autrement dit la zone (2) est l'union des zones de visibilité de tous les points de la zone (1).

3.4. Phase d'apprentissage :

Le principe pour relier deux configurations initiale et finale d'un mobile avec un chemin faisable dans un environnement qui contient des obstacles, est de trouver un ensemble de point $P_0, P_1 \dots P_n$, (P_0 est le point de départ D, et P_n le point final d'arrivée A), qui appartient à cet environnement et qui vérifie la condition suivante :

Tous les points sont connectés successivement, c'est à dire que chaque point P_i soit visible par son prédécesseur.

Pour cela nous devons dans un premier temps construire les zones de visibilité, La première zone contient seulement le point de départ D. et la dernière zone sera la zone qui contient le point destination.

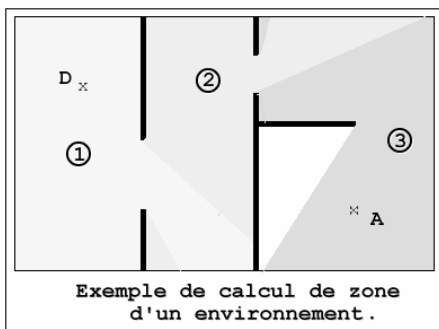


Figure.3-Construction des zones de visibilité entre Deux points.

3.5. Phase de recherche :

Dans cette deuxième phase nous faisons le choix des points décision, et la vraie construction du chemin, c'est à dire déterminer les points P_i qui forme le chemin.

Généralement le nombre de chemins possibles entre deux configurations est grand, pour cela une procédure d'optimisation nous aide à trouver un bon chemin.

La figure.4 représente un exemple de deux chemins, le premier est mauvais, l'autre est bon.

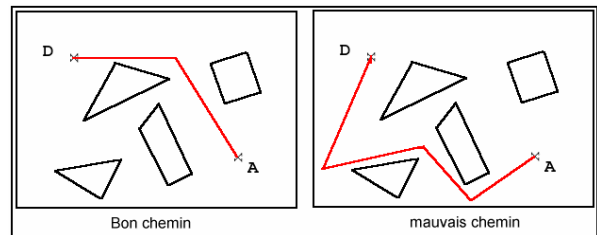


Figure.4- Comparaison entre deux chemins différents d'un même environnement.

4. Mise en pratique et module de commande :

Une fois notre approche de planification validée par simulation, il nous a semblé intéressant de la tester en temps réel, sur un véhicule réel, qui doit naviguer dans une salle contenant des obstacles. Pour cela nous avons mis en œuvre la chaîne de contrôle représentée par le synoptique suivant :

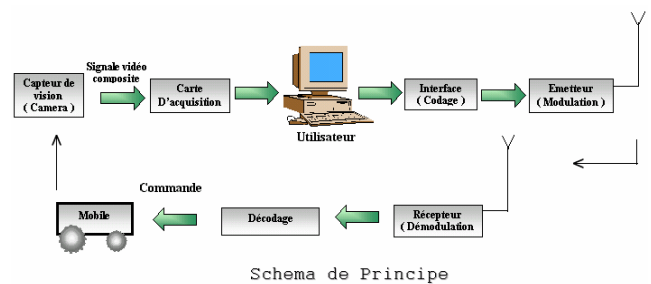


Figure.5 -Schéma de principe.

Celle-ci est constituée des étages suivants :

- Un micro ordinateur pentium II 300 Mhz, qui doit s'occuper essentiellement par la planification de trajectoire et la commande du mobile.

- Une chaîne d'acquisition vidéo qui doit fournir à l'ordinateur une séquence d'image sur l'environnement. Elle est constituée d'une camera CCD N/B faible résolution, une carte d'acquisition vidéo MIRO DC 1 et le câblage nécessaire.

-Le mobile et son kit de commande (émetteur, récepteur).L'émetteur sera commandé par l'ordinateur à l'aide d'un circuit d'interface entre le port parallèle de l'ordinateur et l'émetteur.

Exemple de missions :

Pour montrer la capacité de l'approche proposée, nous présenterons dans ce paragraphe plusieurs exemples sur la planification, exécution d'un chemin, par le programme de commande.

Exemple01:(environnement sans obstacles)



Figure.6-Exemple01.

Dans ce premier exemple, le mobile exécute un arc (virage à gauche), et un segment de droite.

Exemple02 : (quatre obstacles)

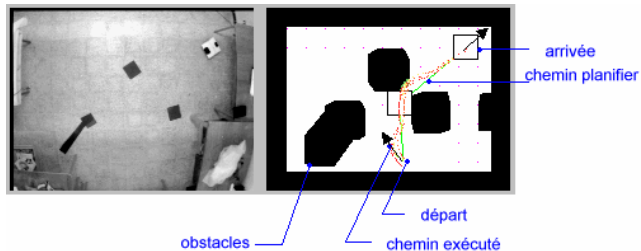


Figure.7-Exemple 2

Dans cet exemple, le mobile évite quatre obstacles de tailles différentes, avec un seul changement de direction.

Conclusion :

L'objectif de ce travail a été de développer un planificateur de trajectoire pour un robot mobile de type véhicule, et de tester les capacités de cette approche sur un plan pratique.

Les simulations grâce au programme, que nous avons écrit, ont permis de valider cette approche. Les résultats obtenus sont très satisfaisants : si un chemin solution existe entre deux points, dans un

environnement donné, le simulateur le trouve.

Par la suite ce planificateur a été testé avec un système de commande à distance d'un mobile, constitué d'un micro ordinateur, une chaîne d'acquisition vidéo, et le mobile avec son kit de télécommande.

Dans cette phase nous avons rencontré plusieurs problèmes techniques, surtout avec le matériel de mesure (caméra faible résolution, carte d'acquisition peu rapide) et l'espace de l'environnement de test (Salle 250x290 cm²). Malgré cela, les résultats obtenus sont intéressants. Le mobile a pu mener sa mission dans des situations assez complexes et même pu éviter jusqu'à quatre obstacles pendant son déplacement dans la salle de test.

Le prolongement de ce travail peut prendre de nombreuses directions et rejoindre d'autres thèmes scientifiques autour de la robotique mobile.

Références :

[1] A.Frank, M Overmars, M de Berg, J Vleuges. "Motion Planning Environments With Low Obstacle Density". Department of Computer Science, Utrecht University, 1997.
 [2] F. Soyez :, "La planification évoluée pour la robotique mobile intelligente", Université de Picardie Jules Verne - Amiens, février 1994 .
 [3] R.S. Oropesa : "Contrôle de tâches référencées vision pour la navigation d'un robot mobile en milieu structuré", LASS-CRNS, 1999.