

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Batna
Faculté des Sciences de l'Ingénieur
Département d'Electronique

THESE

Préparée au
Laboratoire d'Electronique Avancée (LEA) Batna

Présentée par

Ahmed Louchene

Ingénieur USTO Oran, Master in Microprocessor Engineering, Bradford University, UK

pour le titre de

Docteur d'Etat

En Electronique

SYSTEME DE NAVIGATION
POUR ROBOT MOBILE

Soutenue le :.....

Devant le jury composé de:

BOULEMDEN Mohamed	Professeur	Université de Batna	Président
BOUGUECHAL Nour-Eddine	Professeur	Université de Batna	Rapporteur
BENMAHAMMED Khier	Professeur	Université de Sétif	Examineur
DJEGHABA Messaoud	Professeur	Université d'Annaba	Examineur
BENATIA Djamel	Maître de Conférences	Université de Batna	Examineur

2004

Résumé

Cette thèse a pour objet la conception d'un système de navigation pour robot mobile basé essentiellement sur des moyens simples à réaliser et à coût réduit. L'étude présentée est composée de quatre parties essentielles:

- **Un simulateur de mouvement pour robot mobile à commande différentielle** pouvant être exploité comme un moyen de calibrage et de mise au point. Rotation sur place, déplacement rectiligne ou curviligne sont les trois types de mouvement qui sont intégrés au niveau de cet outil. Pour le choix du type de mouvement, des interactions avec l'utilisateur sont utilisées pour donner plus de souplesse.
- **Un planificateur de mouvement global** qui permet de sélectionner un chemin optimal à emprunter par le robot. L'environnement de travail du robot, dans le cas de notre étude, est considéré comme une carte 2D avec des obstacles de forme polygonale convexe. L'espace libre est à son tour divisé en cellules convexes polygonales dont la longueur des arrêtes est comparée avec les dimensions du robot pour la génération d'éventuels points de passage lors de la navigation.
- **Un Planificateur de mouvement local** qui constitue avec ses éléments de perception et de localisation le système pilote du robot. Un système de perception à ultrasons est réalisé, tel que en plus de ses deux capteurs latéraux, le système utilise 6 capteurs frontaux pour la détection et l'évitement d'obstacles. Les capteurs sont montés sur un chariot qui, par son déplacement de balayage latéral, donne un nombre apparent important de capteurs. Cette possibilité permet de réduire la distance séparant deux capteurs adjacents et par conséquent, le problème d'imprécision latérale constituant l'inconvénient majeur des capteurs à ultrasons est nettement amélioré.
- **Un Système de localisation** qui est la partie la plus importante du système de navigation. Un robot ne pourra jamais atteindre son objectif si sa position courante ne lui est pas connue. Dans cette partie, le système de localisation étudié est basé sur l'odométrie, principe choisi à cause de sa simplicité. Cependant, cette technique est sujette à la dérive. Donc, une technique permettant la réduction des erreurs sur l'orientation et la distance parcourue a été étudiée. Elle est basée sur

une roue suiveuse entraînée par le robot. Elle affiche un angle dont la valeur est fonction du rayon de courbure de la trajectoire. Nous avons montré que le contrôle cet angle permet de déduire une différence apparente entre les vitesses des deux roues motrices qui sera utilisée afin de maintenir le robot sur sa trajectoire. La non planéité du sol introduit aussi des erreurs sur la distance parcourue par le robot et son orientation. Nous avons conçu pour ce cas de figure un système de détection d'irrégularités du sol qui permet d'évaluer et de corriger l'erreur de déplacement.

Sommaire

Introduction générale

1- Introduction	1
2- Exemples de robots mobiles	5
3- L'autonomie des robots mobiles	7
4- Objectifs des travaux de cette thèse.....	7
5- Plan de la thèse	9

Chapitre 1 Architecture des robots mobiles

1-1- introduction	11
1-2- Quelques domaines d'application	12
1-2-1-Terrestre	12
1-2-2-Spatial.....	13
1-2-3-Sous-marin	14
1-3- Quelques architectures de robots mobiles.....	15
1-3-1 Robot à locomotion différentielle.....	16
1-3-2 Tricycle avec une roue motrice et de direction	17
1-3-3 Structure d'Ackerman	18
1-3-4 Robot avec traction synchrone	19
1-3-5 Robots marcheurs ou robots à pattes	20
1-3-6 Robots rampants	21
1-4- Structure du robot réalisé	21
1-5- Simulateur de trajectoires pour un robot mobile.....	23
1-5-1 Trajectoire rectiligne	25
1-5-2 Rotation sur place	27
1-5-3 Trajectoires curvilignes	28
1-6- Conclusion.....	29

Chapitre 2 Système de navigation

2-1- Introduction	30
2-2-Planificateur global	31
2-2-1 Décomposition cellulaire.....	32
2-2-1-1 Décomposition en cellules homogènes	32
2-2-1-2 Décomposition en cellules non homogènes	33
2-2-2 Méthodes de roadmap.....	34
2-2-2-1 Méthode du graphe de visibilité	34
2-2-2-2 Méthode des vecteurs de traversabilité	34
2-3- Planificateur local.....	36
2-3-1 Méthode des champs de potentiel.....	38
2-3-2 Méthode myopique	40
2-4 Planificateur globale réalisé	41
2-5- Conclusion.....	47

Chapitre 3 Systèmes de perception pour robot mobile

3-1- Introduction	48
3-2- Système de vision.....	49
3-2-1 La stéréovision.....	50
3-2-2 Analyse de la netteté d'image.....	51
3-3- Systèmes télémétriques	53
3-3-1 Télémètres à laser	53
3-3-1-1 Mode pulsé.....	54
3-3-1-2 Mode continu	55
3-3-2 Télémètre à infrarouge	56
3-3-3 Télémètres à ultrasons	57
3-3-2-1 Limitations des télémètres à ultrasons.....	58
3-4- Système réalisé.....	59
3-4-1. L'algorithme de travail du système réalisé	60
3-4-2. Principe de calcul d'angle d'inclinaison.....	62
3-4-3. Résultats expérimentaux.....	63

3-4-3-1 couloir entre deux obstacles	64
3-4-3-2 obstacle présentant une concavité ou un sommet.....	66
3-5-Conclusion.....	70

Chapitre 4 Moyens et méthodes de localisation pour les robots mobiles

4-1- Introduction	71
4-2- Localisation relative	72
4-2-1 Méthode odometrique.....	72
4-2-1-1 Erreurs systématiques.....	73
4-2-1-2 Erreurs non systématiques.....	73
4-2-2 Méthode inertielle.....	74
4-3- Localisation absolue	74
4-3-1 Localisation basée-balise.....	74
4-3-2 Localisation basée-amer	75
4-3-3 Localisation basée modèle.....	75
4-4- Notre approche pour la localisation	76
4-4-1 Evitement de glissement.....	77
4-4-2. Détection des irrégularités du sol	77
4-4-3. Suivi de trajectoire.....	81
4-4-3-1 Principe de détermination du cap du robot.....	81
4-4-3-2 Conception d'un contrôleur d'orientation	83
4-4-4. Résultats et discussion.....	92
4-4-4-1 Test de l'erreur de déplacement	92
4-4-4-2 Test de suivi de trajectoire.....	93
4-4-5. L'électronique d'acquisition de vitesses	94
4-5- Conclusion.....	97
Conclusion générale et perspectives	98
Bibliographie	101
ANNEXE: Quelques photos de la structure réalisée.....	111