Conception et optimisation d'algorithmes de coordination multi-robot

Exploration autonome de réseaux de galerie

Fabien MATHÉ

Seatech - MOCA 3A

Soutenance - Projet de fin d'études

27 février 2025

Introduction

- Fascination pour l'inconnu
- Meilleure compréhension de notre planète
- Défis inhérents de l'exploration souterraine
  - Accessibilité
  - Communication
  - Navigation
- Intérêt scientifique
  - Découverte de nouvelles formes de vie
  - Structures géologiques préservées

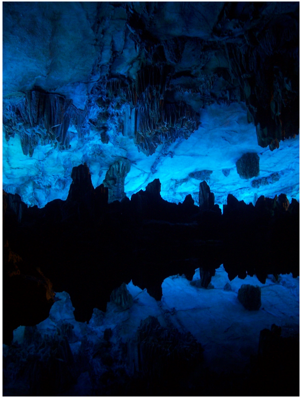

Figure – Grotte de la flûte de pan (Guilin, Chine). Paul Munhoven ©

Introduction

Figure – Lac de la Grotte de Lombrives - Ariège

Figure – Elizabeth, le robot serpent. Nico Zevalios and Chaohui Gong

Objectif :

- Développer des algorithmes de navigation pour des robots autonomes en milieu souterrain.
- Assurer une communication autonome entre des robots sans contrôle externe.

Sommaire

Tentative de d'optimisation théorique

- Objectif : Trouver le plus court chemin liant deux points
- Contraintes :
  - Découverte dynamique de la carte
  - Évitement des obstacles
- Simplification :
  - Aucune contrainte liée au robot
  - Espace 2D

Définition de l'espace étoilé et de la fonctionnelle à optimiser

$$FV(t) = \{\,(1-l)\,\mathbf{X}(t) + l\,\mathbf{M}(t,\alpha)\,|\,l \in [0,1], \alpha \in [0, 2\pi[\,\}$$

$$\mathbf{M}(t,\alpha) = \mathbf{X}(t) + R(t,\alpha)\begin{pmatrix}\cos\alpha & 0\\ 0 & \sin\alpha\end{pmatrix}\mathbf{X}(t)$$

Avec $R(t,\alpha)$ la distance minimale entre le robot et le plus proche point d'intersection à un mur, borné par $R_{\max}$.

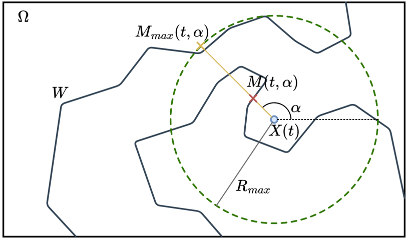

Figure – Schéma des notations

Fonctionnelle :

$$J(\mathbf{X}(0), T) = \int_0^T \|\dot{\mathbf{X}}(t)\| dt$$

avec $\mathbf{X}(0) = \mathbf{X}_{Robot}$ et $\mathbf{X}(T) = \mathbf{X}_{WP}$

Problèmes rencontrés

Question ouverte : Comment garantir $\mathbf{X}(T) = \mathbf{X}_{WP}$ en contraignant $\dot{X}(t)$? Comment choisir le temps T ?
Tdoit être suffisamment grand pour atteindre la cible. Si le robot s'arrête à t_1, alors : $\int_{t_1}^{t} \mathbf{X}(t)^2 dt = 0$.
Comment prendre en compte l'exploration de la carte ?
Reduction du problème à une première approche simple supposant que la carte est connue.

Proposition d'une nouvelle méthode

Slide 5

Méthode de vérification

Slide 5

Méthode de vérification

Slide 5

Résultats et performance

Slide 5

Résultats et performance

Slide 5

Résultats

Slide 5

Résultats

Slide 6

Résultats

Slide 7

Résultats

Slide 8

Résultats

Slide 9

Discussions

Slide 10

Discussions

Slide 11

Conclusion

Slide 12 Un simulateur construit : Environ 3500 lignes de code Une dixaine de fonction utiles pour la suite

Perspectives

Slide 12

Perspectives

Slide 13

Références

Slide 13