



IRSST
Institut de recherche en
santé et en sécurité
du travail du Québec

Profil-recherche 101

Étude d'un système de télécommande et de guidage automatique pour les équipements de mines souterraines

Responsables : Richard Hurteau, Département de génie électrique, André Piché et Marcel Saint-Amant, Centre canadien d'automatisation et de robotique minière École Polytechnique de Montréal	Groupe de travailleurs concerné : Les opérateurs de pièces d'équipement dans les mines souterraines Problème de santé et de sécurité : Les accidents du travail et les maladies professionnelles reliés à la manipulation et à l'opération d'équipements miniers
---	--

L'origine et le contexte

Dans les mines souterraines, les opérateurs d'équipements travaillent souvent dans des conditions qui peuvent se révéler dangereuses pour leur santé et leur sécurité. En plus d'effectuer une tâche répétitive, qui comporte des risques d'accidents graves, ils font face à un environnement souvent hostile: bruit, poussières, vibrations, fumée d'échappement, chocs répétés, etc., lorsqu'ils sont assis sur leur machine.

Au cours des 20 dernières années, l'industrie minière a toutefois enregistré des progrès sur ce plan, grâce à l'évolution rapide de ses méthodes d'exploitation, notamment par le biais de la mécanisation des outils de production. Dans cette foulée, les compagnies minières s'intéressent aujourd'hui au potentiel qu'offrent les développements technologiques en matière d'automatisation et de commande à distance.

Depuis 1986, des chercheurs de l'École Polytechnique de Montréal, soutenus par le Centre de recherche minière et diverses compagnies minières, ont poursuivi différentes études et projets en ce sens. Les chercheurs se sont concentrés sur l'automatisation des chargeurs-transporteurs en faisant appel à deux technologies adaptées au cycle d'opération de ces équipements: la téléopération du véhicule dans la zone de chargement et son guidage automatique lors du transport et au point de déchargement.

Les objectifs

Étudier et évaluer expérimentalement les systèmes de télécommande et de guidage automatique des chargeurs-transporteurs, en vue d'une automatisation des opérations de chargement, de transport et de déchargement du minerai dans les mines souterraines.

Plus précisément:

- effectuer un relevé des systèmes de téléopération et de guidage connus,

- procéder à l'analyse des problèmes et des conditions propres au contexte minier, notamment en ce qui a trait à la sécurité d'opération et à la santé des mineurs,
- identifier les systèmes les plus prometteurs,
- évaluer ces systèmes en effectuant des essais en laboratoire et en souterrain à l'aide d'un prototype expérimental.

Cette étude s'inscrit dans une recherche globale dont l'objectif ultime est de concevoir un système d'automatisation partielle des chargeurs-transporteurs. En permettant à un opérateur situé dans une salle de contrôle éloignée des lieux de production de superviser le fonctionnement de plusieurs véhicules, un tel système contribuerait nettement à augmenter la productivité et à améliorer la sécurité et les conditions de travail.

La démarche

Dans un premier temps, les chercheurs ont effectué une recherche bibliographique sur la téléopération et les systèmes de guidage en usage dans l'industrie. Ils ont ensuite analysé les problèmes et les conditions d'opération dans les mines souterraines; ils ont alors identifié les modules fonctionnels pour la conduite d'un véhicule et analysé les problèmes reliés à la sécurité des systèmes de guidage automatique.

L'étape suivante a consisté à mettre au point un véhicule expérimental, à partir d'un premier prototype de véhicule autoguidé et autonome développé au Département de génie électrique de l'École Polytechnique de Montréal. Le prototype initial a alors été modifié pour tenir compte des spécifications propres aux véhicules miniers, en vue de développer un banc d'essai qui puisse être utilisé à la fois pour des études de téléopération et de guidage automatique.

Les chercheurs ont par la suite développé un système de téléopération, avec une unité d'assistance visuelle à une seule caméra fixée sur le véhicule; des essais ont été réalisés en laboratoire, en reproduisant dans la mesure du possible les conditions d'opération reliées à la conduite du

véhicule. Ce dispositif a aussi fait l'objet d'essais en souterrain, avant d'être transposé sur un chargeur-transporteur pour être expérimenté dans une mine souterraine.

Un système de guidage automatique utilisant un guide optique a également été développé et testé en laboratoire avec le véhicule expérimental. Les seuls dispositifs du genre actuellement disponibles sur le marché étant adaptés au contexte manufacturier, la mise au point d'un tel système exigeait de nombreuses adaptations pour tenir compte des conditions particulièrement contraignantes qui caractérisent l'opération de véhicules dans les mines.

Enfin, le rapport de recherche fait ressortir la nette amélioration que l'automatisation de l'opération des chargeurs-transporteurs apporterait en matière de santé et de sécurité du travail. Des véhicules automatisés pourraient en effet travailler dans des zones dangereuses de la mine, rendant ainsi le minerai plus accessible, sans risques supplémentaires. Pour leur part, les mineurs seraient installés dans des salles de contrôle ergonomiques, à l'abri des bruits, des chocs et de l'air pollué. Dans cette optique, les chercheurs recommandent toutefois que l'analyse de la détection d'humains et d'obstacles soit plus poussée et que les questions reliées à la santé et à la sécurité interviennent dès les premières étapes de la conception et de la réalisation du système d'opération des véhicules autoguidés.

Les résultats

L'analyse des caractéristiques des systèmes de téléopération et de guidage automatique, tant dans leurs applications industrielles connues qu'en recherche, a permis de constater que la téléopération, de même que ses extensions possibles, comme la téléprésence ou la télérobotique, offre un potentiel important et sous-estimé en matière de productivité et de sécurité. Elle a par ailleurs démontré que le guidage automatique utilisant une ligne optique peut être transposé dans une mine souterraine.

Les expériences réalisées en laboratoire et dans une mine souterraine ont par la suite permis de confirmer la faisabilité de l'automatisation des chargeurs-transporteurs.

Pour ce qui touche la téléopération de ces véhicules, les essais en laboratoire ont conduit au développement d'un prototype de système d'assistance visuelle. Des essais réalisés dans une mine souterraine à l'aide de ce prototype ont confirmé le potentiel de cette technologie pour plusieurs applications minières, notamment le chargement à distance et la récupération sécuritaire des véhicules dans les chantiers ouverts.

Du côté du guidage automatique, les essais en laboratoire sur le système utilisant une ligne optique ont démontré la validité des fonctions identifiées lors de l'analyse conceptuelle. Ils ont également prouvé que cet appareil possède le potentiel et la robustesse nécessaires pour effectuer le guidage des chargeurs-transporteurs dans les galeries de mines. Une étude plus poussée et des essais dans une mine souterraine devront toutefois confirmer la validité de ces résultats.

Les principales conclusions

Les chercheurs ont regroupé leurs conclusions et leurs recommandations en fonction de trois facettes distinctes de la problématique étudiée: d'une part, les aspects techniques de la téléopération, d'autre part, les aspects techniques du guidage automatique et, enfin, la santé et la sécurité du travail.

En ce qui a trait à la téléopération, ils soulignent l'importance critique que revêtent les communications entre le véhicule et l'opérateur, et ce, sur les plans tant quantitatif que qualitatif. Dans cette optique, ils recommandent la réalisation d'une étude complémentaire sur les systèmes de communication de données et d'images en souterrain et une exploration expérimentale de diverses techniques de téléprésence: vision utilisant plusieurs caméras, vision stéréoscopique, vision avec des capteurs tridimensionnels, etc.

Les chercheurs considèrent par ailleurs que leurs essais d'un système d'autoguidage par ligne optique sont concluants, et ils suggèrent qu'un prototype expérimental soit développé. Dans leurs recommandations, ils définissent ce que devrait être l'architecture modulaire du système d'opération d'un chargeur-transporteur autoguidé.

L'applicabilité des résultats et le prolongement de la recherche

Cette étude constitue la première phase d'une recherche globale. La deuxième phase sera consacrée à la conception et au développement des différents sous-systèmes pour réaliser l'ensemble des fonctions du véhicule autoguidé. Enfin, la troisième phase consistera à développer un prototype robuste, capable de résister aux conditions d'opération et ayant un niveau de sécurité et de fiabilité élevé.