

comment construire un robot agricole intelligent

Considérations et défis techniques essentiels

Mark Patrick (Mouser Electronics)

Dans cet article, nous verrons quels sont les principaux défis liés à la conception de robots agricoles et quels éléments doivent impérativement être pris en compte afin d'en garantir la mise en œuvre efficace dans un environnement aussi difficile que celui de l'agriculture. Ces robots doivent tout d'abord allier durabilité et précision, mais aussi être capables de gérer efficacement des ressources énergétiques limitées et intégrer des composants robustes afin de résister aux assauts de la poussière, de l'humidité et de conditions météorologiques extrêmes. Le traitement de données en temps réel et une forme d'intelligence embarquée sont essentiels afin de limiter autant que possible la dépendance de ces robots à l'égard de réseaux de communication peu fiables.

Une combinaison de facteurs tels que la croissance démographique, la réduction des surfaces agricoles et la rareté des ressources, pour ne citer que les principaux, remettent en question la pérennité des méthodes agricoles conventionnelles. Il s'avère donc nécessaire de prendre ces problèmes à bras-le-corps si l'on souhaite assurer une production alimentaire durable et continue. Pour ce faire, les pratiques agricoles doivent commencer à intégrer des solutions intelligentes tirant parti de technologies de pointe telles que la robotique agricole.

Cependant, tout comme le secteur qu'elle s'efforce de soutenir, la robotique agricole doit faire face à de nombreux défis. La poussière, l'humidité et la pluie sont autant de facteurs qui font des exploitations agricoles des environnements difficiles pour les équipements électroniques sensibles. De plus, la faible disponibilité de ressources en énergie, mais aussi de moyens financiers, fait souvent obstacle au déploiement de robots agricoles. Ce sont justement ces obstacles que



Gros plan d'un robot de récolte automatisée
(Source : Sunday Cat Studio – stock.adobe.com.)

nous allons examiner dans le présent article en mettant en évidence les principales considérations techniques et les principaux défis dont les concepteurs doivent tenir compte afin de concrétiser leur projet.

Principales considérations en matière de conception

Par rapport aux robots utilisés dans le secteur du BTP, dont le maître-mot est la durabilité, et aux robots médicaux, qui se distinguent par leur précision d'exécution, les robots agricoles doivent trouver le juste équilibre entre ces deux qualités, notamment pour manipuler des produits sans causer de dommages. Ces robots doivent en outre être intelligents et sûrs, de façon à pouvoir exécuter des tâches complexes à proximité des humains et des animaux, et être optimisés sur le plan de la consommation d'énergie.

Efficacité énergétique

L'efficacité énergétique est un aspect essentiel des robots agricoles. Ils doivent en effet être capables de fonctionner longtemps de manière autonome avec des batteries ou des réserves de carburant limitées. Étant donné les contraintes financières qui pèsent sur de nombreuses exploitations agricoles, pour que des équipements tels que les robots cueilleurs (voir **figure 1**) puissent se généraliser, il est impératif que la robotique agricole réponde à ce critère d'efficacité énergétique, mais aussi à celui de la viabilité économique.

Les économies d'énergie représentent un aspect fondamental de la conception de robots agricoles. Des fonctionnalités telles que la sortie de veille intelligente de l'appareil lorsqu'il est mis en mouvement ou un mode éco limitant les fonctionnalités afin de réduire la consommation d'énergie sont de bonnes pistes pour augmenter la durée de vie de la batterie ou réduire la consommation de carburant. Pour créer des robots efficaces sur le plan énergétique, les ingénieurs doivent donc privilégier le développement de ces stratégies ou l'ajout de composants intégrant ces stratégies.

Durabilité

Pour concevoir des robots capables de résister à un environnement aussi difficile que celui d'une exploitation agricole, il est indispen-

sable de disposer de composants et de matériaux robustes. Les connecteurs, par exemple, doivent être résistants aux intempéries et dotés de joints pour empêcher la pénétration de l'humidité. Les carrosseries doivent être fabriquées dans des matériaux durables et résistants aux UV afin de protéger l'équipement des chocs et des intempéries. Les antennes doivent être hautement fiables et performantes, y compris et surtout dans des conditions météorologiques difficiles.

Pour s'assurer de la fiabilité de leur robot, les concepteurs peuvent au choix utiliser des composants intrinsèquement robustes, avec des indices de protection (IP) élevés, ou opter pour des composants standard enfermés dans des boîtiers de façon à renforcer leur durabilité. Il est par exemple possible de recouvrir les PCB d'un revêtement enrobant afin de les protéger de l'humidité et de la poussière. On peut aussi ajouter des dissipateurs thermiques en vue de dissiper l'excès de chaleur généré par les composants électroniques ou causé par les conditions climatiques (un trop fort ensoleillement, par exemple). Quant aux boîtiers, ils peuvent constituer une protection à la fois contre la chaleur et les infiltrations d'eau. Une conception robuste permet ainsi d'obtenir des robots agricoles suffisamment fiables et durables pour être affectés à des applications en extérieur.

Traitement en temps réel des données et intelligence embarquée

Dans le domaine de la robotique agricole, s'appuyer sur l'intelligence ou le traitement de données dans le cloud peut s'avérer problématique à cause des éventuelles pannes de communication. Dans des zones agricoles étendues, la couverture cellulaire est bien souvent limitée et problématique. Par ailleurs, tenter de pallier ce problème en déployant des réseaux Wi-Fi locaux et des services cloud est une entreprise extrêmement coûteuse. De plus, les systèmes de communication reposant sur le cloud nuisent considérablement à la durée de vie des batteries des robots basse consommation comme les robots cueilleurs (voir **figure 2**) ou les robots désherbeurs.

Une solution consiste alors à analyser les données directement sur l'appareil plutôt que dans le cloud, et ce, grâce au traitement en périphérie (edge computing) des données à l'aide de l'IA ou d'algorithmes de ML. L'intelligence embarquée permet aux robots agricoles de réaliser des analyses en temps réel et de prendre des décisions immédiates sans dépendre d'un réseau externe. Cette approche réduit à la fois la consommation d'énergie et la dépendance aux

réseaux de communication. Parce qu'il garantit un délai de traitement minimal par rapport aux solutions basées sur le cloud, le traitement en périphérie (edge processing) améliore grandement l'efficacité et la sécurité de tâches aussi variées que la détection d'obstacles, la plantation de précision ou le suivi en temps réel de la santé des cultures.

Identifier les capteurs appropriés

La robotique agricole ne pourrait exister sans capteurs. Si les capteurs LIDAR, les caméras ou encore les détecteurs d'humidité améliorent indéniablement l'efficacité et les performances des robots, ces dispositifs ont aussi un coût. Les ingénieurs doivent choisir les technologies à mettre en œuvre tout en cherchant à équilibrer au mieux les contraintes en matière de coût, d'énergie et de conditionnement afin de produire des conceptions qui répondent aux attentes du marché.

Créer un robot agricole fiable et performant

La réussite de la conception d'un robot agricole dépend en grande partie des performances des composants sous-jacents.

Technologies basse consommation

Les modes veille ou les modes éco dans les composants comme les capteurs, l'électronique de contrôle et les modules de communication contribuent à optimiser la durée de vie de la batterie ou la consommation de carburant d'un robot. Par ailleurs, les capteurs d'images sont des éléments essentiels à toute bonne conception. L'AR0830 Hyperlux LP d'onsemi [1] est un exemple de ce type de capteurs. Il a été conçu dans le but d'offrir d'excellentes performances tout en consommant un minimum d'énergie. Avec une fréquence d'images de 60 ips, il se destine idéalement aux applications de vision industrielle en milieu agricole, par exemple l'identification de fruits mûrs ou la détection de parasites et d'adventices. Outre sa faible consommation d'énergie, ce capteur présente d'autres fonctionnalités qui en améliorent l'efficacité, notamment la sortie de veille lors de la mise en mouvement et des modes de sous-échantillonnage pour réduire davantage la bande passante requise pour la transmission des données. Ces modes optimisent les performances dans diverses applications agricoles en équilibrant la résolution, la sensibilité, la fréquence d'images et la consommation d'énergie.

L'électronique de contrôle est un élément primordial de la conception de l'alimentation dans le domaine de la robotique agricole. Son rôle est de superviser les opérations essentielles et de piloter les fonction-



Figure 1. Un robot cueilleur automatisé avec chariot collecteur
(Source : kinwun – stock.adobe.com)



Figure 2. Les robots utilisés pour la cueillette des tomates s'appuient généralement sur une technologie de vision industrielle basée sur l'apprentissage automatique (ML) afin de déterminer si les tomates sont mûres (Source : kritsana – stock.adobe.com)

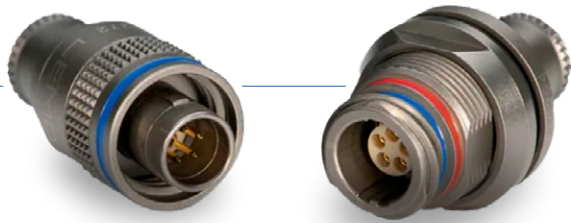


Figure 3. Les connecteurs de raccordement à cliquet de la série M de Lemo sont conçus pour résister à des conditions environnementales difficiles (Source : Mouser Electronics)

nalités et l'efficacité énergétique des robots. La série STM32U5 de STMicroelectronics [2] est une famille de microcontrôleurs (MCU) à très faible consommation d'énergie basés sur la plateforme Arm Cortex-M33. Ces MCU conviennent parfaitement pour intégrer des sous-systèmes de robots agricoles comme l'interface homme-machine (IHM) ou le contrôle des capteurs.

Les MCU de la série STM32U5 résistent à des températures pouvant atteindre 125 °C et intègrent notamment des fonctions de sécurité matérielle, des périphériques de communication et une mémoire flash. Le mode autonome basse consommation en arrière-plan (LPBAM) permet aux périphériques de rester actifs lorsque l'appareil est à l'arrêt et ainsi de réaliser de belles économies d'énergie. Ce niveau élevé de fonctionnalités intégrées et de modes d'alimentation intelligents participe à une efficacité accrue du système par rapport aux solutions traditionnelles.

Des composants robustes

Des composants robustes sont une condition sine qua non pour concevoir des robots agricoles capables de résister au mieux aux aléas de l'environnement difficile dans lequel ils évoluent. Parmi ces composants, les antennes extérieures de la série IPW de TE Connectivity/Linx Technologies [3] fonctionnent sur une plage de fréquences de 617 MHz à 7,1 GHz aussi bien adaptée aux communications cellulaires qu'au Wi-Fi et au LPWA/ISM. Elles affichent en outre un gain pouvant atteindre les 8,7 dBi. L'indice de protection IP67 garantit une connexion solide dans de vastes zones rurales et une protection durable contre la pénétration de poussière et d'eau.

Dans des applications de robotique agricole, ces antennes peuvent être associées à des modules de communication LoRaWAN comme les solutions LoRa de Microchip Technology [4]. Par rapport à d'autres protocoles sans fil, ces solutions LoRaWAN proposent une connectivité basse consommation sur des bandes de fréquences radio longue portée inférieures au gigahertz, ce qui permet d'établir des communications sur des distances supérieures à 15 kilomètres en zone rurale ou périurbaine.

La fiabilité des connecteurs représente un aspect essentiel de la robotique agricole, car les connecteurs sont des points d'entrée potentiels pour des éléments extérieurs comme l'eau et la poussière. Il est donc important de choisir des connecteurs adaptés pour le câblage interne, les communications externes et les ports de charge si l'on souhaite éviter que les appareils tombent en panne sur le terrain.

Les connecteurs de la série M de Lemo [5] sont réputés pour leur durabilité dans les secteurs de la robotique industrielle et de l'automobile et sont par conséquent parfaitement adaptés aux applications agricoles.

Ces connecteurs disposent de 2 à 114 contacts et d'une excellente résistance aux vibrations. Conformés à la norme IP68, ils peuvent résister à 15 heures d'immersion à 2 mètres de profondeur.

Exploiter l'apprentissage automatique en périphérie

La précision, ainsi qu'une capacité de traitement rapide et fiable des données, sont des caractéristiques primordiales de la robotique agricole. L'intégration de solutions avancées d'IA ou de ML est désormais essentielle pour améliorer les fonctionnalités et optimiser les performances tout en garantissant l'adaptabilité à différentes tâches et à différents environnements.

Edge Impulse [6] est une plateforme polyvalente conçue pour développer et déployer des solutions d'IA de périphérie (edge) adaptées à la robotique agricole. Grâce à cette plateforme, les appareils ne sont plus totalement dépendants d'une communication constante avec le cloud. En plus de préserver la durée de vie des batteries, Edge Impulse permet une prise de décision en temps réel dans des environnements difficiles sur le plan de la connectivité et de la sécurité.

Comme elle est indépendante du matériel, la plateforme Edge Impulse permet d'utiliser une gamme presque infinie de matériel. Elle prend également en charge la boîte à outils Train Adapt Optimize (TAO) développée par NVIDIA. NVIDIA TAO simplifie la création de modèles d'IA personnalisés grâce à l'apprentissage par transfert, un mode d'apprentissage qui permet aux développeurs d'affiner des modèles pré-entraînés pour des tâches spécifiques avec un minimum de données d'entrée. Ce mode s'avère idéal dans le cadre d'applications agricoles, où les modèles d'IA doivent pouvoir être adaptés à des tâches aussi diverses que la cueillette des fruits, la surveillance des sols ou la détection des parasites. Ils peuvent ainsi contribuer à créer des solutions plus puissantes et plus efficaces.

Résumé

Bien que les robots agricoles partagent de nombreuses caractéristiques et exigences avec leurs homologues industriels, la sélection des composants est une étape décisive pour garantir qu'ils répondent aux rigueurs des environnements agricoles. L'intégration de technologies robustes, efficaces et innovantes participe à créer des produits capables d'augmenter l'efficacité de la production, d'assurer la durabilité et d'atténuer les problèmes propres à l'agriculture de façon à pérenniser la production alimentaire dans un monde où les ressources sont limitées. ◀

240380-04

LIENS

[1] AR0830 Hyperlux LP d'onsemi : <https://eu.mouser.com/new/onsemi/onsemi-ar0830-image-sensors>

[2] Série STM32U5 de STMicroelectronics : <https://eu.mouser.com/new/stmicroelectronics/stmicro-stm32u5>

[3] antennes extérieures de la série IPW de TE Connectivity/Linx Technologies : <https://eu.mouser.com/new/te-connectivity/linx-outdoor-antennas>

[4] Solutions LoRa de Microchip Technology : <https://eu.mouser.com/new/microchip/microchip-lora-solutions>

[5] Série M de Lemo : <https://eu.mouser.com/new/lemo/lemo-robotics-industrial-control>

[6] Edge Impulse : <https://mouser.co.uk/manufacture/edge-impulse>