Solutions technologiques pour surmonter les obstacles liés au marché des véhicules et systèmes aériens sans pilote

Abhishek Kapoor
Analog Devices, Inc.

Résumé

Au cours de la dernière décennie, les véhicules et systèmes aériens sans pilote (UAV/UAS) — également qualifiés de drones — sont devenus très populaires et ont suscité un vif intérêt auprès des marchés commerciaux, grand public et gouvernementaux. Tandis que les drones concernaient auparavant un usage essentiellement militaire, aujourd'hui, plus de 400 compagnies du monde entier sont engagées dans le développement de technologies liées aux drones. Ces dernières rendent possibles des cas d'utilisation spécifiques pour la nouvelle ère des drones commerciaux. La possibilité d'avoir un objet volant qui puisse accomplir une mission cruciale et des tâches commerciales critiques, avec une intervention humaine limitée, est une étape clé pour le secteur de l'automatisation et de la productivité intelligentes. Les règlementations de l'administration fédérale de l'aviation (FAA) et d'autres agences, malgré leurs intentions favorables, limitent les applications de ces drones. De plus, la concurrence croissante conduit déjà à la marchandisation avant même que le marché ait trouvé sa place. Cet article traite de la façon dont les innovations technologiques en RF et hyperfréquence peuvent fournir une justification technique pour surmonter les limitations règlementaires et aider les fabricants de drones à différencier leurs solutions afin de mieux réussir sur ce marché.

Introduction

Avec l'avènement des robots industriels, de la conduite autonome, de la nouvelle technologie de propulsion et des systèmes économes en énergie, la transition vers les UAV est une évolution normale. Un objet volant sans pilote, pouvant être programmé pour réaliser des tâches qui sont trop dangereuses, prennent trop de temps ou sont difficiles pour les hommes, représente un bond technologique considérable vers un monde plus automatisé et productif. Le concept UAV / UAS n'est pas si nouveau et a été utilisé sous une forme ou une autre depuis que les aéronefs avec pilote sont utilisés de façon massive.

Malheureusement, les limites de nos connaissances liées à la science des matériaux, à la propulsion, aux alimentations et batteries, aux capteurs et au logiciel ont limité l'utilisation des drones à des industries et applications très spécifiques. Habituellement, seules des forces militaires importantes pouvaient justifier le coût du développement et de l'utilisation des drones pour les missions de renseignement, de reconnaissance et de surveillance dans des environnements trop dangereux pour une intervention humaine. Même aujourd'hui, nous sommes nombreux à associer les drones aux missions militaires dont on entend généralement parler à la télévision.

Parallèlement, les drones à bas coût, minimalistes, jouissent d'une popularité parmi les passionnés et les amateurs pour les activités récréatives. Les drones ne sont pas beaucoup employés pour des applications commerciales, mais cela change puisque l'industrie avance à grands pas dans la technologie des composants et du logiciel de calcul.

Croissance du marché, segments et applications

Le marché des drones devrait atteindre environ 21 milliards de dollars en 2022. Aujourd'hui, la grande majorité du marché (environ 82%) est concentrée sur les applications militaires. Les drones commerciaux devraient représenter environ 2.5 milliards de dollars d'ici 2021, soit un taux de croissance annuel de 19%.

Il existe un large éventail de cas d'utilisations sur le marché des drones commerciaux et industriels. On étudie l'utilisation des drones pour diverses applications. Parmi elles, on peut citer l'agriculture de précision (pulvérisation aérienne), la surveillance des

terrains et de l'environnement, la surveillance des infrastructures (ponts et barrages), de la sécurité publique, du fret commercial, le contrôle aux frontières et la vérification des oléoducs et des gazoducs. Chaque mois, des douzaines de nouvelles compagnies lancent de nouveaux produits et services utilisant la technologie des drones pour résoudre des problèmes commerciaux. En résumé, les perspectives pour les applications commerciales d'UAV sont pratiquement illimitées.

Les défis de l'industrie de UAV/UAS

Bien que le marché des drones devienne de plus en plus populaire, avec plusieurs compagnies explorant différents cas d'utilisation (par exemple, Amazon et Google Alphabet), l'industrie fait face à des défis qui limitent sa croissance.

Très règlementé et limité

La FAA a des règles strictes qui limitent l'utilisation des drones dans l'espace aérien public. Selon une règlementation de 2015, les drones pesant moins de 25 kg sont autorisés à fonctionner pendant la journée et dans le champ de vision de l'opérateur. En d'autres termes, ces drones ne sont pas autorisés à fonctionner de façon autonome. Ces règlements de la FAA ont été mis en place pour des raisons de sécurité et de sûreté. Du point de vue du gouvernement, le risque posé par la plupart de ces drones, qui ne sont pas équipés de capteurs fiables et précis, est trop élevé pour permettre leur fonctionnement dans les espaces publics. Dans certains cas, des exceptions sont accordées (par exemple, sur de grandes surfaces agricoles dégagées), mais dans la majorité des cas, en raison de la technologie limitée des capteurs et de leur fiabilité non prouvée, la FAA adopte une position plus prudente.

Marchandisation et menaces concurrentielles

En plus des obstacles règlementaires, le marché des drones devient de plus en plus concurrentiel, ce qui crée une pression sur les prix. Attirés par le potentiel de croissance attractif et le côté « branché » des UAV, il existe déjà plus de 400 compagnies dans le monde impliquées dans du développement lié aux drones. D'ailleurs, l'objectif de la plupart de ces compagnies est de différencier leur matériel plutôt que de mettre l'accent sur les services à la valeur ajoutée que leurs drones peuvent permettre.

Expertise limitée en RF et micro-onde

Pour permettre leur utilisation généralisée, les drones commerciaux et grand public doivent être équipés de capteurs de navigation qui les aident à fonctionner de façon autonome de manière sûre et fiable. Comme observé dans les marchés de l'équipement industriel et de l'automobile, beaucoup de ces capteurs sans fil utilisent les technologies RF et hyperfréquence. Toutefois, la plupart des compagnies commerciales qui développent des drones aujourd'hui, sont des start-ups ayant une expertise limitée en conception RF et hyperfréquence. Même les fabricants d'équipements industriels disposant d'une certaine expérience en RF éprouvent des difficultés à évaluer, concevoir et fabriquer rapidement des solutions de capteur radar destinées au marché des UAV en pleine mutation.
Le manque d'expertise RF et en solution radar, facilement accessible, provoque un cercle vicieux pour l'industrie. L'incapacité du marché des UAV à fournir des capteurs fiables permettant un fonctionnement complètement autonome, empêche les agences gouvernementales d'assouplir les règlementations qui limitent actuellement le fonctionnement autonome du drone.

.

La solution radar et sa polyvalence

Chez Analog Devices, nous pensons que les fabricants d'UAV ont la possibilité d'influencer les politiques règlementaires régissant le fonctionnement des drones en adoptant les technologies RF, hyperfréquence et ondes millimétriques qui permettront la navigation sécurisée des drones à l'aide de capteurs éprouvés. Un exemple est le déploiement du radar 24 GHz qui est potentiellement l'une des solutions les plus basiques et polyvalentes pour démontrer des cas d'utilisation multiples pour une navigation sécurisée, étant donné qu'elle est déjà classée comme bande industrielle, scientifique et médicale (ISM) mondialement reconnue.

Un radar en bande ISM 24 GHz peut être utilisé partout dans le monde, sans règlementation, pour des fonctions telles que la prévention automatique des collisions et les radioaltimètres. La même bande radar peut également être utilisée pour détecter et suivre plusieurs objets différents ainsi que mesurer l'altitude du drone par rapport au sol, deux des fonctions les plus basiques de l'utilisation sécurisée d'un drone.

Il faut noter qu'il semble y avoir une idée fausse selon laquelle un radar 77 GHz peut être utilisé à la place du radar ISM 24GHz. Selon la règlementation actuelle, la bande 77 GHz est réservée aux véhicules automobiles et ne comprend pas les UAV / UAS.

Technologiquement, le radar 77 GHz présente une bande passante plus élevée pour une meilleure résolution. Mais selon la règlementation actuelle, il ne peut être utilisé dans les applications UAV.

En apportant la preuve que leurs solutions sont techniquement capables de fonctionner de manière autonome, les fabricants pourront influencer les règlementations existantes, plutôt que d'attendre que les législateurs déterminent la stratégie que devrait suivre l'industrie.

Pour arriver à ce stade, les fabricants d'UAV doivent prendre trois mesures :

- Développer une compréhension de base du radar et de ses différents modes
- Comprendre les composants de la chaîne de signal RF requis pour une solution radar complète
- Adopter des solutions radar qui fournissent une configuration matérielle complète et les algorithmes logiciels qui leur permettront de se lancer plus rapidement sur le marché

Les sections suivantes donnent un aperçu de ces étapes et présentent une solution qui pourrait aider les fabricants d'UAV à adopter le radar 24 GHz dans les applications d'évitement de collision et de radioaltimètre.

Comprendre les principes du radar et ses différents modes

Les capteurs radars sont couramment utilisés dans les marchés automobile et industriel pour détecter, mesurer et suivre des objets – par exemple, la détection des angles morts et les systèmes d'assistance à la conduite automobile (ADAS). À la différence des capteurs optiques ou à ultrasons, les capteurs radars ont la capacité de détecter et mesurer avec précision des objets, sur une plus longue portée, avec un champ de vision plus large ; le tout, dans des environnements difficiles incluant de la poussière, de la fumée, de la neige, du brouillard ou un faible éclairage.

De plus, un radar RF / hyperfréquence peut être utilisé dans différents modes, en fonction de ce qu'il faut détecter et suivre.

Mode radar FMCW

En mode FMCW (signal émis en continu et modulé en fréquence), le radar mesure la distance des cibles stationnaires. En modulant la fréquence de l'onde, également appelé rampe, le radar peut mesurer la réponse de l'onde réfléchie et ainsi en déduire la distance, la vitesse et la résolution angulaire d'un objet ciblé.

La figure 1 montre la génération de rampes FMCW au niveau de la transmission radar, ainsi qu'un ensemble d'équations utilisées lors de la conception d'un capteur radar

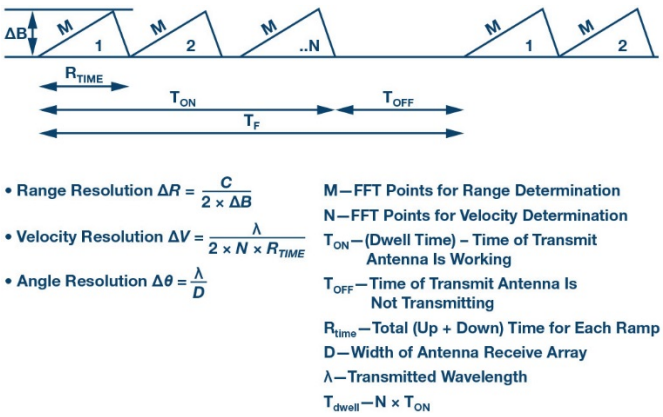


Figure 1. Concepts radar FMCW.

- **La résolution en distance** dépend de l'amplitude de la plage de fréquence balayée par la porteuse de l'émetteur ; plus grande est cette largeur de bande, meilleure est la résolution du radar
- **La résolution de la vitesse** dépend de la durée de la rampe (montée et descente) et de la fréquence de la porteuse ; plus ces deux paramètres sont élevés, plus la résolution de la vitesse est fine
- **La résolution angulaire** dépend de la fréquence de la porteuse ; plus la fréquence de la porteuse est élevée, plus la résolution angulaire est importante

À la différence d'une détection à base de laser, qui mesure un seul point, ou d'une détection par caméra, qui capture seulement une image 2D, les radars FMCW fournissent en continu, une moyenne de la mesure de l'onde réfléchie par la cible. Ceci donne un large champ de vision 3D en mesurant la vitesse de l'objet, son angle ainsi que la distance qui le sépare du capteur avec une dynamique allant de quelques centimètres à plusieurs centaines de mètres.

Mode Distance-Doppler

En mode Distance-Doppler, la distance et la vitesse de la cible peuvent être analysées. Ce mode est l'un des modes de fonctionnement les plus performants puisqu'il traite simultanément plusieurs rampes d'émission en évaluant une transformée de Fourier bidimensionnelle. Les données traitées sont affichées sur une carte qui permet de séparer les cibles selon leurs vitesses, même si elles sont situées à une même distance du capteur. Ceci est utile pour distinguer plusieurs cibles se déplaçant à grande vitesse et dans des directions différentes ; par exemple, pour résoudre des scénarios de circulation complexes avec des voitures roulant en sens opposés ou bien pendant des manœuvres de dépassement.

Mode Digital Beamforming (DBF)

En mode DBF, la distance et l'angle de la cible sont affichés. Les signaux reçus par les quatre voies de réception sont utilisés pour estimer l'angle de la cible. L'affichage montre la distribution spatiale des cibles dans le plan xy. En mode DBF, le système est configuré de la même façon qu'en mode FMCW, mais avec un traitement différent des signaux transposés en FI (fréquences intermédiaires). Après avoir calculé la distance, l'angle de la cible est calculé à l'aide des différences de phase entre les quatre canaux de réception. En mode DBF, la calibration de l'étage d'entrée d'un système radar est nécessaire pour éliminer les variations de phase déterministes indésirables entre les canaux de réception. Le système de démonstration radar (Demorad) d'Analog Devices est calibré en production et les données de calibration sont chargées quand le GUI (interface utilisateur graphique) fonctionne. Les signaux FI échantillonnés sont ainsi corrigés avant que la mesure du capteur ne soit interprétée.

Radar multicanaux 24GHz d'Analog Devices

Le radar 24 GHz est largement utilisé dans les applications commerciales et industrielles en raison de sa grande précision, de sa faible consommation en énergie et de son facteur de forme réduit. Ces caractéristiques font également du radar 24 GHz un bon choix pour la plupart des fabricants d'UAV commerciaux et grand public qui cherchent à réduire la charge utile et les besoins en énergie.

La figure 2 montre une chaîne complète de signaux radar multicanaux d'Analog Devices.

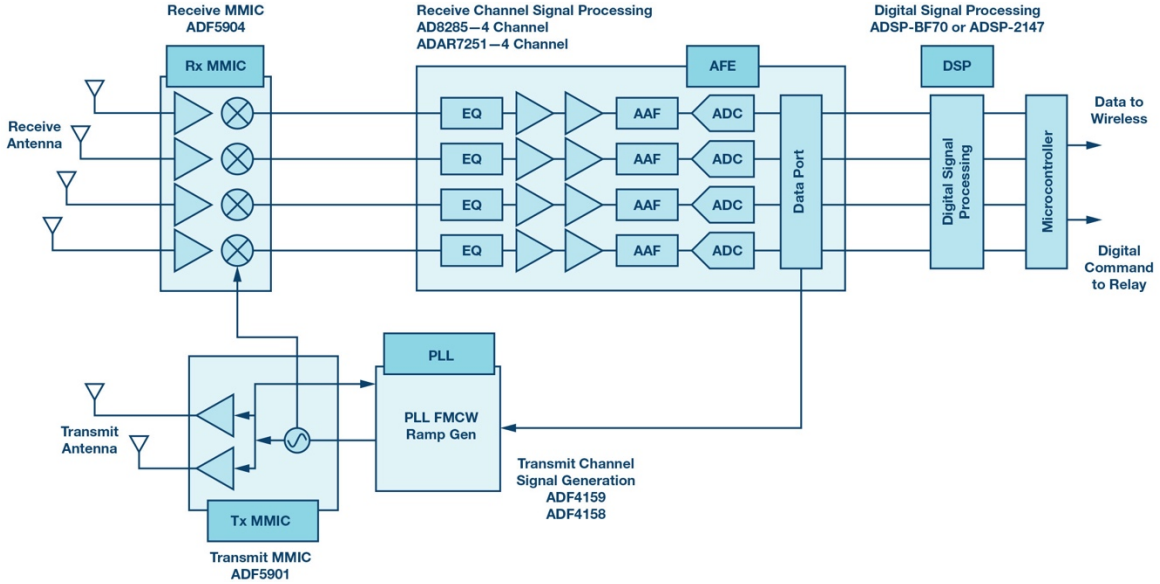


Figure 2. solution radar 24 GHz multicanaux d'Analog Devices.

Composant	Description	Fonction
ADF4159	PLL 13 GHz diviseur-N FMCW à rampes	Générateur de rampes
ADF5901	Transmetteur 2-canaux FMCW, bande ISM	Transmetteur MMIC
ADF5904	Récepteur 4-canaux, bande ISM	Récepteur MMIC
ADAR7251	ADC 16 bits 4-canaux acquisition de données en continu	AFE
ADSP-BF70x	Processeurs Blackfin® DSP embarqués, faible puissance, série ADSP-BF70x avec 512 kB L2 SRAM et interface DDR2/LPDDR	DSP

Analog Devices offre une solution radar complète pour permettre aux ingénieurs de démarrer rapidement le développement de leurs applications. En utilisant ce kit, les concepteurs n'ont pas à sélectionner individuellement les différents composants RF, hyperfréquence et de bande de base, ni d'écrire de code pour les algorithmes du logiciel. Au contraire, en utilisant ce kit « plug-n-play », même les concepteurs sans compétences en RF peuvent commencer à concevoir un radar en quelques minutes.

Avantages et performances du système radar multicanaux 24 GHz

Lors de la conception d'un capteur radar, chaque décibel gagné au niveau de la sensibilité du récepteur impacte la distance de détection. La plupart des solutions disponibles aujourd'hui sur le marché se concentrent essentiellement sur la réduction du coût. Elles font ainsi l'objet d'un compromis au niveau des performances liées au bruit de phase et limitent le nombre de canaux. Ceci dégrade le rapport signal à bruit (SNR) de l'ensemble du récepteur, ce qui limite la détection d'objets ou de cibles plus petits en présence d'objets plus gros. Dans les applications radar, il existe des scénarios de cibles surchargées et encombrées qui peuvent accroître, par effet cumulé, le bruit de phase du système et désensibiliser le récepteur du radar. Un niveau de bruit élevé du système masque ou cache les petites cibles et empêche la détection d'objet, ce qui peut potentiellement causer un problème de sécurité du capteur- par exemple, la détection d'une branche d'arbre fine peut être masquée par la façade d'un immeuble. La plupart des solutions bon marché, mono canal, sur une puce, sont incapables de fournir les performances requises pour réaliser cette distinction.

En utilisant la plate-forme multicanaux 24 GHz d'Analog Devices, les fabricants d'UAV peuvent :

- Utiliser le radar FMCW pour détecter la distance et la vitesse des objets jusqu'à 200 m, avec une résolution approximative de 60 cm (la résolution peut être améliorée jusqu'à 15 cm avec une conception d'antenne spécifique à l'application)

- Atteindre un champ de vision d'approximativement 120° en azimut et 15° en hauteur en fonction de la conception du réseau d'antennes ; en combinant plusieurs antennes comme dans les techniques à faisceaux numériques, le radar peut utiliser le mode DBF pour calculer l'angle sur un champ visuel plus large.
- Réaliser (par comparaison aux solutions radar traditionnelles, mono canal et bon marché)
  - **une amélioration de la sensibilité** d'au moins un facteur **2**
  - **une distance de détection** supérieure d'un facteur **1.5**
  - une consommation plus faible en **énergie**

Simplifier la conception d'un radar RF pour les ingénieurs sans compétence RF

Afin de simplifier la conception d'un radar 24GHz pour les concepteurs ne disposant d'aucune expertise en RF, Analog Devices propose un kit complet de développement d'application radar 24 GHz. Ce kit, également appelé Demorad, réunit tout le matériel (incluant la conception de l'antenne) et le logiciel nécessaire dans un design de référence complet.

Le système radar Demorad 24 GHz est une nouvelle plate-forme d'évaluation de radar hyperfréquence avec des exemples de logiciel qui permettent la mise en œuvre facile d'un capteur radar en quelques minutes. Le système Demorad permet de réaliser rapidement un prototype. Il est destiné à la R&D qui étudie les radars et développe des capteurs pour radar pouvant mesurer en temps réel des informations comme la présence d'un objet, son mouvement, sa position angulaire, sa vitesse et la distance le séparant du capteur.

La partie matérielle du système comprend des antennes RF et une chaîne complète du signal allant de la bande RF à la bande de base qui comprend un DSP et se connecte rapidement à un ordinateur portable grâce à un logiciel d'interface utilisateur graphique (GUI) facile d'utilisation, et un logiciel d'algorithmes pour radar.

En quelques minutes, un utilisateur peut se brancher à un ordinateur doté du logiciel et activer des FFT radar 2D/3D, CFAR et des algorithmes de classification afin de prototyper un radar complet et de mettre rapidement sur le marché un nouveau drone muni d'un radar fonctionnel.

La figure 3 montre plusieurs vues du kit Demorad 24 GHz, avec un émetteur intégré à 2 canaux et des antennes de réception 4 canaux, comme on peut le voir sur la vue du milieu

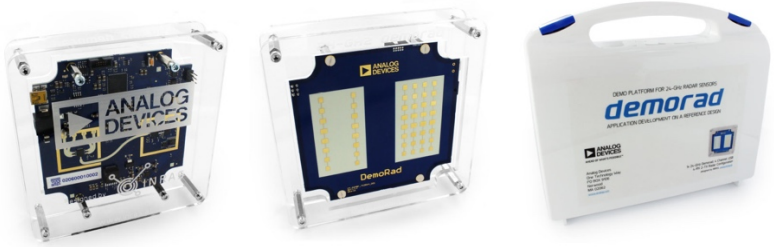


Figure 3. Plate-forme Demorad pour radar 24 GHz.

Demorad est fourni avec une bibliothèque complète de fonctions radar pour GUI et DSP.

La chaîne du signal du système radar comprend des algorithmes logiciels de base pour permettre aux concepteurs de démarrer sans avoir à coder. En utilisant ces algorithmes intégrés, les ingénieurs peuvent rapidement utiliser le radar pour détecter et classifier des cibles à partir d'un PC hôte.

Les développeurs peuvent modifier le code du logiciel existant pour détecter précisément et classifier des objets spécifiques à leurs applications. Demorad offre un nouveau niveau de souplesse de conception aux compagnies disposant ou non d'expérience en conception RF, pour développer rapidement des applications pour la navigation sécurisée des UAV.

Résumé

Le marché des UAV/UAS croît rapidement et présente un potentiel considérable pour de nombreuses nouvelles applications commerciales. Mais pour que cette perspective devienne réalité, les fabricants d'UAV doivent pousser l'industrie à adopter des capteurs RF, hyperfréquences et à ondes millimétriques, pour démontrer que les UAV peuvent fonctionner en toute autonomie et en toute sécurité. De plus, le paysage des technologies de capteurs évolue rapidement et les nouvelles technologies comme le LIDAR (Light Detection And Ranging), le ToF (Time of Flight) et les ultrasons avancent à grands pas. Les fabricants d'UAV doivent rester informés à propos de ces nouvelles solutions afin que leurs drones soient dotés des dernières technologies.

Lorsqu'ils évaluent ces technologies, les performances radar et la souplesse doivent faire partie de leurs critères clés avant même le coût du matériel.

À propos de l'auteur

Abhishek Kapoor est responsable du développement du marché dans le groupe RF et Microwave (RFMG) d'Analog Devices. Il est responsable du développement de la stratégie globale liée aux activités dans les nouveaux marchés émergents pour le RFMG. Au cours de sa carrière, il a occupé divers postes dans les domaines de l'ingénierie, de la gestion de produits, des ventes, du marketing et du développement des affaires dans les industries des RF et des semi-conducteurs. Il a reçu son B.S. en génie électrique à la Virginia Tech en 2007 et son M.B.A. de la Kenan-Flagler Business School à l'Université de Caroline du Nord, Chapel Hill en 2013. On peut le joindre à l'adresse : *abhishek.kapoor@analog.com*.