

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 54577 A1**
- (51) Cl. internationale : **H04B 7/185; H04N 7/18; H04N 7/18**
- (43) Date de publication : **31.03.2023**
-
- (21) N° Dépôt : **54577**
- (22) Date de Dépôt : **29.09.2021**
- (71) Demandeur(s) : **Verbindungszentrum der Bildung und Forschung, Azli 340 Premeir étage Marrakech (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **Anas Skiti**
- (74) Mandataire : **SMANI MOHAMED**
-
- (54) Titre : **Nouvelle conception pour le contrôle de la carte informatique du drone à l'aide d'une SDR fonctionnant sur des puces FPGA**
- (57) Abrégé : La présente invention se résume au déploiement d'un système performant permettant la mise en œuvre d'une communication entre le drone et la station au sol. Une tâche difficile à réaliser par des individus, et qui coûte énormément par l'utilisation des technologies traditionnelles. D'une manière générale, cet objectif est atteint grâce aux composants de ce système : ? Bloc RF ? Bloc de traitement numérique basé sur l'OFDM ? Bloc de contrôle (convertisseur)

3 ABRÉGÉ RÉSUMANT LE CONTENU TECHNIQUE DE L'INVENTION

La présente invention se résume au déploiement d'un système performant permettant la mise en œuvre d'une communication entre le drone et la station au sol. Une tâche difficile à réaliser par des individus, et qui coûte énormément par l'utilisation des technologies traditionnelles.

D'une manière générale, cet objectif est atteint grâce aux composants de ce système :

- Bloc RF
- Bloc de traitement numérique basé sur l'OFDM
- Bloc de contrôle (convertisseur)

1 DESCRIPTION

Nous allons présenter en détail les caractéristiques de l'invention et nos revendications, en deux parties.

1.1 APERÇU DE L'INVENTION

Les drones sont des aéronefs sans pilote à bord. Ils sont constitués d'un pilote automatique qui leur permet d'exécuter les commandes envoyées depuis une station au sol. Ils ont plus ou moins d'autonomie en fonction de la supervision du pilote au sol. Généralement, ils transportent une charge utile pour capturer des informations dans leur environnement.

Leur adaptation dans le secteur des applications civiles est récente et prend la forme de missions de surveillance, de cartographie ou de prise de photos ou de vidéos.

Les drones modernes peuvent être de différentes tailles pour leur permettre d'effectuer différents types de missions. Dans ce document, nous ferons principalement référence aux mini-drones. Un mini-drone est équipé d'un ensemble de systèmes micro-électromécaniques comprenant des microprocesseurs, des adaptateurs radio sans fil et des charges utiles généralement limitées en poids et en taille.

Cette contrainte peut être un obstacle à la réalisation de missions de longue durée. Une solution alternative à ce problème est le déploiement d'un système performant permettant la mise en œuvre d'une communication entre le drone et la station sol. La mise en place d'une telle structure de communication nécessite la collaboration de plusieurs blocs fonctionnels, à savoir les blocs RF (émetteur et récepteur). Cette collaboration est rendue possible grâce à un algorithme de traitement fiable basé sur la technologie OFDM sous la carte de développement FPGA.

Cette structure de communication est adaptée à l'environnement d'exécution et nous permet de recevoir et de transmettre respectivement des données et des commandes en temps réel avec une très haute qualité.

1.2 Caractéristiques et fonctionnalités

Un drone est un aéronef sans pilote à bord, équipé d'un pilote automatique embarqué et pouvant être contrôlé à distance depuis une station au sol.

Les drones peuvent remplir diverses missions, historiquement dans le cadre d'applications militaires (surveillance de cibles, renseignement, etc.), mais aussi, depuis peu, dans le cadre d'applications civiles (audiovisuel, industrie, agriculture).

Dans ce brevet, nous nous concentrons exclusivement sur les drones dans le domaine civil ; plus précisément, dans le domaine de la Marine.

Un drone civil dispose de différents capteurs et embarque une charge utile. Ces éléments contribuent à son autonomie et lui permettent de réaliser diverses applications.

Les drones reçoivent des données de contrôle et de commande de la station au sol à une fréquence spécifique. Ils renvoient également à la station sol les informations de configuration concernant les conditions de vol (position, vitesse, etc.) et les données acquises par la charge utile. Ces données permettent à l'opérateur au sol de surveiller le vol et d'intervenir éventuellement sur le drone en envoyant des commandes. L'architecture de communication proposée est présentée dans le schéma 1.

II.1 Bloc RF

Système de transmission

En général, une chaîne d'émetteur se compose d'une source d'alimentation, d'un oscillateur, d'un modulateur, d'un filtre, d'un amplificateur et d'une antenne pour transmettre des signaux de radiofréquence (RF). Nous allons décrire la partie RF de l'émetteur, où le signal analogique est converti pour être transmis à la fréquence requise, tandis que le traitement du signal numérique est effectué dans la carte de développement FPGA en utilisant la modulation OFDM.

Du point de vue fonctionnel, le signal numérique en bande de base est transmis du FPGA au convertisseur N/A pour être converti en un signal analogique en utilisant une fréquence d'échantillonnage pour obtenir un signal de fréquence intermédiaire (FI). Dans la partie RF qui se compose d'un filtre passe-bande (BPF), d'un mélangeur et d'un oscillateur, le signal en temps continu est multiplié par l'oscillateur dans le mélangeur et nous récupérons le signal avec la fréquence désirée pour la transmission. Le signal indésirable est éliminé à l'aide du filtre passe-bande. Ce signal est amplifié avec l'amplificateur de puissance et ensuite il est transmis par l'antenne. Le processus complet de la chaîne de transmission est illustré dans le schéma 2.

Système de réception

La structure du récepteur est présentée dans le schéma 3. Le processus du récepteur consiste en un amplificateur à faible bruit (LNA), un filtre passe-bande, un oscillateur local et un mélangeur. Le signal RF analogique est reçu à l'antenne et transmis à travers le LNA, filtré par un filtre passe-bande, puis multiplié par la sortie de l'oscillateur local. Après cette étape, nous obtenons le signal FI et un signal de fréquence indésirable qui est éliminé par le filtre passe-bande en

utilisant la technique d'échantillonnage passe-bande et traduit en signal de bande de base qui est la condition du mélangeur numérique. Le signal FI est amplifié par l'amplificateur de puissance, puis il entre dans le convertisseur analogique-numérique où ce signal analogique est converti en signal numérique en utilisant la fréquence d'échantillonnage. Ainsi, après la conversion du signal analogique en signal numérique, il est transmis à la section de traitement du signal numérique (FPGA).

II.2 Bloc de traitement numérique basé sur l'OFDM

Ce bloc est très important, car il permet de contrôler le débit de données en utilisant des techniques de traitement du signal et de modulation. Tout le traitement du signal sera effectué à l'intérieur du FPGA.

L'OFDM a été considéré pour transférer les données en utilisant différentes techniques de modulation, par exemple (BPSK ; QPSK ; QAM etc.). Le schéma 4 montre la structure fonctionnelle de l'émetteur et du récepteur dans la section de traitement du signal.

En général, les systèmes OFDM sont basés sur la transformée de Fourier rapide (FFT) et la transformée de Fourier rapide inverse (IFFT). Lors de la transmission, le mélangeur en quadrature reçoit les signaux sous la forme d'une multiplication des signaux en bande de base I et Q avec le même oscillateur local (LO) et un déphasage de 90 degrés est également prévu sur un trajet du LO. Ainsi, les signaux séparés de 90 degrés sont dits orthogonaux entre eux dans le mélangeur en quadrature. Ainsi, nous recevons le faible signal FI composite qui est ensuite traité par le convertisseur numérique-analogique.

Dans le récepteur, le signal composite I/Q est mélangé avec l'oscillateur local à la fréquence porteuse dans deux chemins, l'un est à zéro degré et le second est à

90 degrés de déphasage. Ainsi, ce signal composite est décomposé en composantes de phase I et de quadrature Q qui sont orthogonales les unes aux autres. Le signal est également décimé à l'aide du filtre passe-bas, après la translation de fréquence, pour obtenir un seul échantillon par symbole de signal de sortie.

II.3 Bloc de contrôle (convertisseur)

Le but principal de l'utilisation de ce bloc est de convertir les commandes de la télécommande en commandes de souris pour contrôler la tablette désirée dans le drone.

Ce module est principalement basé sur l'ATMEGA32U4 qui est un microcontrôleur 8-bit AVR RISC d'Atmel de faible puissance avec 32KB de mémoire flash auto-programmable, 2.5KB SRAM, 1KB EEPROM, un convertisseur A/D 10-bit à 12 canaux, et une interface JTAG pour le débogage sur puce ; un port USB pour connecter ce dispositif avec la tablette ou le système que nous voulons contrôler ainsi que le SBUS pour connecter l'émetteur avec le convertisseur proposé.

2 REVENDICATIONS

Les œuvres de l'invention, pour lesquelles un droit exclusif de propriété ou un privilège est revendiqué, sont définies comme suit :

1. Système permettant la mise en œuvre d'une communication entre le drone et la station au sol.
2. Système de communication, selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend la propriété suivante :
 - L'exigence de la collaboration de plusieurs blocs fonctionnels, à savoir les blocs RF (émetteur et récepteur).
3. Système de communication, selon la revendication 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comprend en outre la propriété suivante :
 - La collaboration entre les blocs est rendue possible grâce à un algorithme de traitement fiable basé sur la technologie OFDM sous la carte de développement FPGA.
4. Système de communication, selon les revendications 1, 2 et 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre la propriété suivante :
 - S'appuyer sur un bloc RF, un bloc de traitement numérique basé sur OFDM et un bloc de contrôle (convertisseur).
5. Système de communication, selon les revendications 1 et 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les propriétés suivantes :
 - Un bloc RF consistant en un système émetteur avec un signal analogique converti pour une transmission à la fréquence requise, et un traitement

du signal numérique effectué dans la carte de développement FPGA tout en utilisant une modulation OFDM.

- Le signal numérique en bande de base est transmis du FPGA au convertisseur N/A pour être converti en un signal analogique en utilisant une fréquence d'échantillonnage pour obtenir un signal de fréquence intermédiaire (FI). Dans la partie RF qui se compose d'un filtre passe-bande (BPF), d'un mélangeur et d'un oscillateur, le signal en temps continu est multiplié par l'oscillateur dans le mélangeur et nous récupérons le signal avec la fréquence désirée pour la transmission. Le signal indésirable est éliminé à l'aide du filtre passe-bande. Ce signal est amplifié avec l'amplificateur de puissance et ensuite il est transmis par l'antenne.

6. Système de communication, selon la revendication 1, 4 et 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les propriétés suivantes :

- Un système de réception constitué d'un amplificateur à faible bruit (LNA), d'un filtre passe-bande, d'un oscillateur local et d'un mélangeur. Le signal RF analogique est reçu à l'antenne et transmis à travers le LNA, filtré par un filtre passe-bande, puis multiplié par la sortie de l'oscillateur local. Après cette étape, nous obtenons le signal FI et un signal de fréquence indésirable qui est éliminé par le filtre passe-bande en utilisant la technique d'échantillonnage passe-bande et traduit en signal de bande de base qui est la condition du mélangeur numérique. Le signal FI est amplifié par l'amplificateur de puissance, puis il entre dans le convertisseur analogique-numérique où ce signal analogique est converti en signal numérique en utilisant la fréquence d'échantillonnage. Ainsi, après la conversion du signal analogique en signal numérique, il est transmis à la section de traitement du signal numérique (FPGA).

7. Système de communication, selon la revendication 1 et 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les propriétés suivantes :
- Contient un bloc de traitement numérique basé sur l'OFDM qui permet de contrôler le débit de données en utilisant des techniques de traitement du signal et de modulation. Tout le traitement du signal sera effectué à l'intérieur du FPGA.
 - En général, les systèmes OFDM sont basés sur la transformée de Fourier rapide (FFT) et la transformée de Fourier rapide inverse (IFFT). Lors de la transmission, le mélangeur en quadrature reçoit les signaux sous la forme d'une multiplication des signaux en bande de base I et Q avec le même oscillateur local (LO) et un déphasage de 90 degrés est également prévu sur un trajet du LO. Ainsi, les signaux séparés de 90 degrés sont dits orthogonaux entre eux dans le mélangeur en quadrature. Ainsi, nous recevons le faible signal FI composite qui est ensuite traité par le convertisseur numérique-analogique.
 - Dans le récepteur, le signal composite I/Q est mélangé avec l'oscillateur local à la fréquence porteuse dans deux chemins, l'un est à zéro degré et le second est à 90 degrés de déphasage. Ainsi, ce signal composite est décomposé en composantes de phase I et de quadrature Q qui sont orthogonales les unes aux autres. Le signal est également décimé à l'aide du filtre passe-bas, après la translation de fréquence, pour obtenir un seul échantillon par symbole de signal de sortie.
8. Système de communication, selon la revendication 1 et 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les propriétés suivantes :
- Contenant un bloc de contrôle (convertisseur) pour convertir les commandes de la télécommande en commandes de souris pour contrôler la tablette désirée dans le drone.

- Ce module est principalement basé sur l'ATMEGA32U4 qui est le microcontrôleur 8-bit AVR RISC à faible consommation d'Atmel, avec une mémoire flash auto-programmable de 32KB, 2.5KB SRAM, 1KB EEPROM, un convertisseur A/D 10-bit à 12 canaux, et une interface JTAG pour le débogage sur puce ; un port USB pour connecter ce dispositif avec la tablette ou le système que nous voulons contrôler ainsi que le SBUS pour connecter le transmetteur avec le convertisseur proposé.

-

4 SCHÉMAS

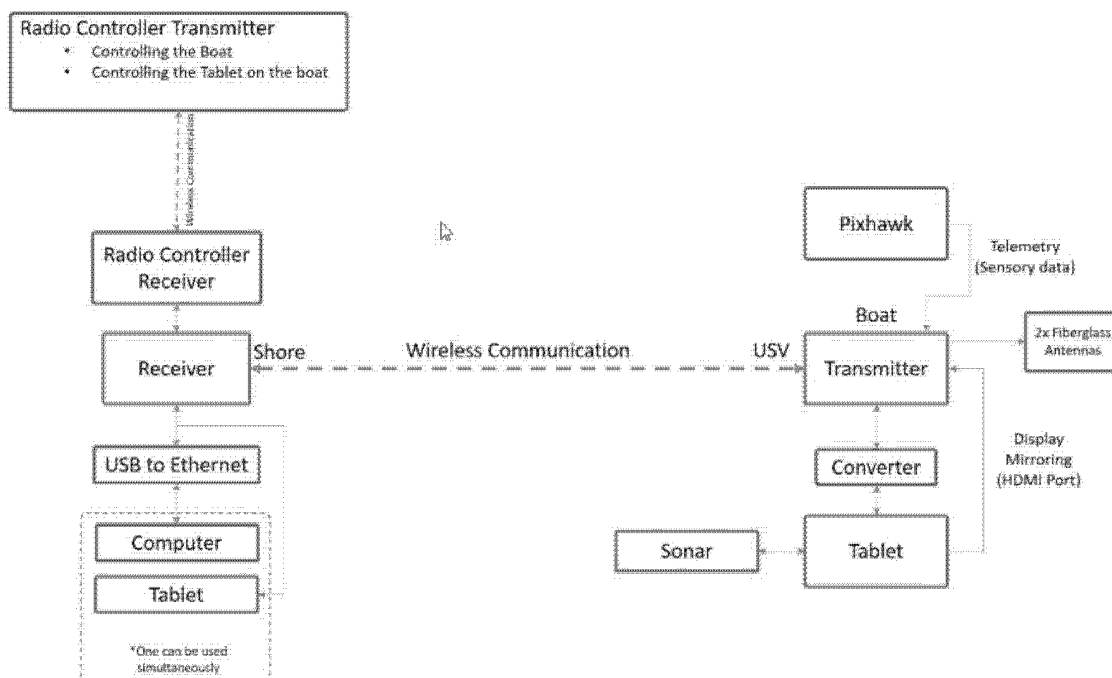


Schéma 1 Processus de communication proposé

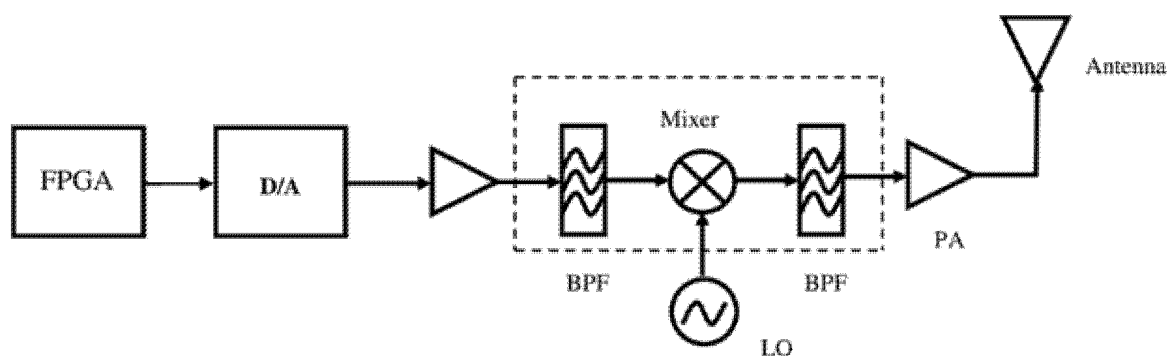


Schéma 2 Système de transmission

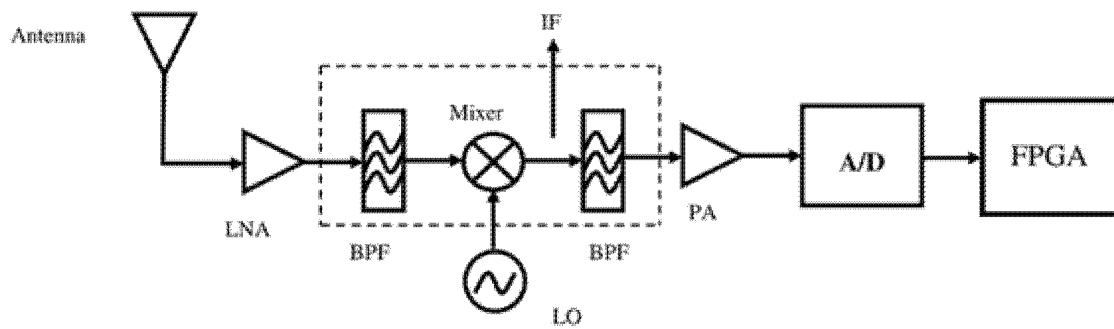


Schéma 3 Système de réception

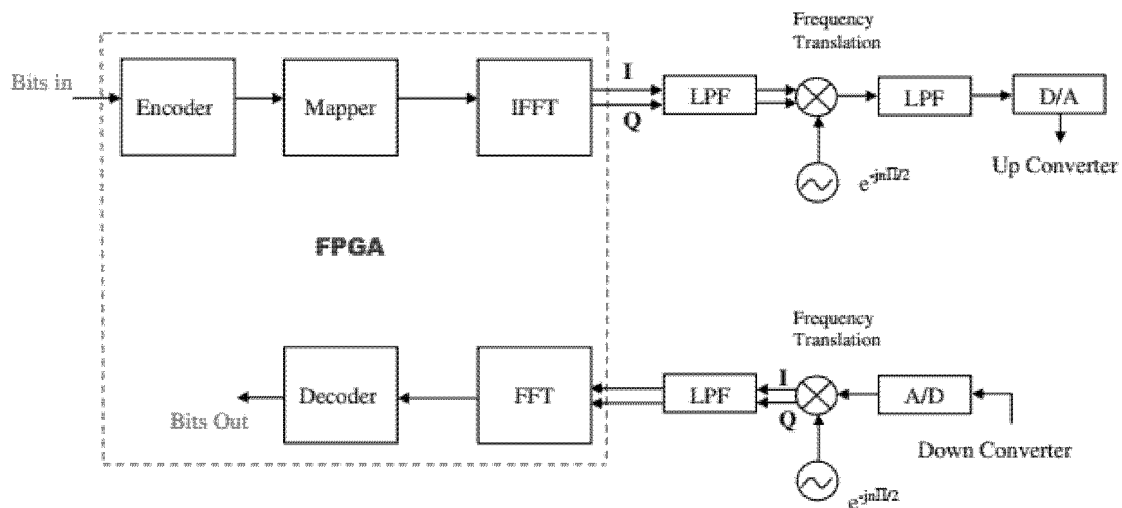


Schéma 4 Bloc de traitement

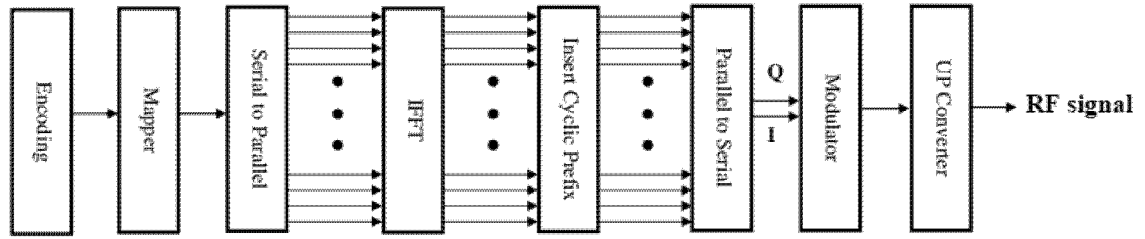


Schéma 5 Traitement de l'émetteur OFDM

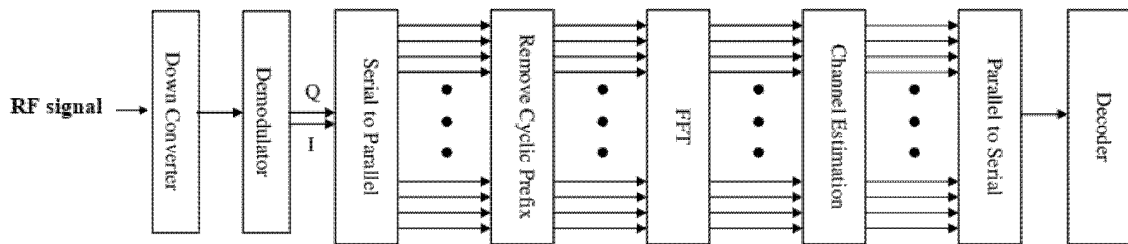


Schéma 6 Traitement du récepteur OFDM

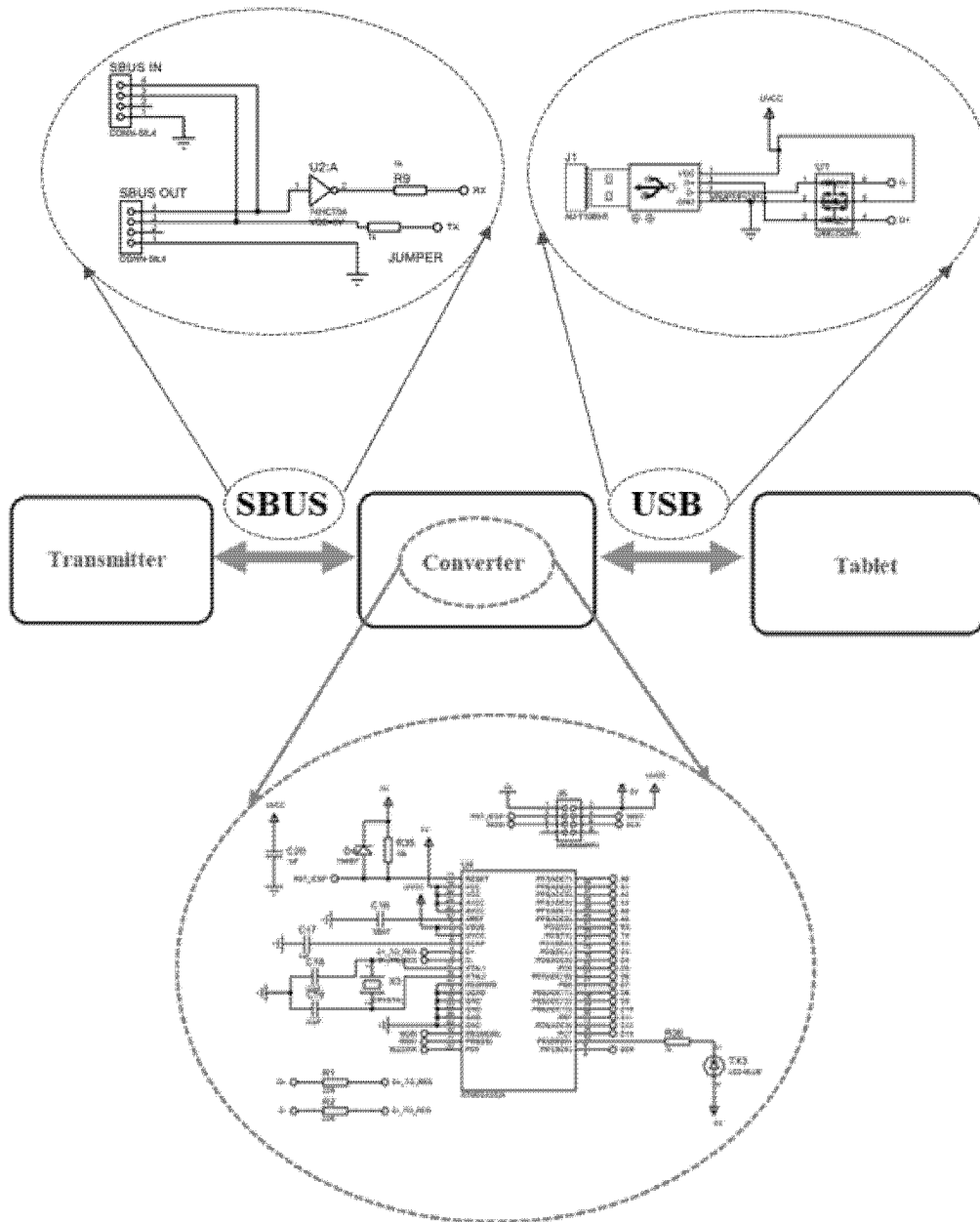
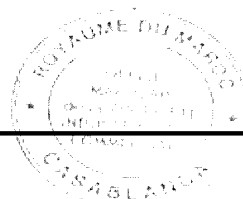


Fig.7 Proposed converter block

**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée
par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 54577	Date de dépôt : 29/09/2021
Déposant : Verbindungszentrum der Bildung und Forschung	
Intitulé de l'invention : Nouvelle conception pour le contrôle de la carte informatique du drone à l'aide d'une SDR fonctionnant sur des puces FPGA	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport	
<input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté	
<input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: Sara AGUENDICH	Date d'établissement du rapport : 01/06/2022
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	



Partie 1 : Considérations générales**Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
5 Pages
- Revendications
8
- Planches de dessin
4 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : H04B7/185 ; H04N7/18

CPC : H04B7/18506 ; H04N21/238 ; H04N7/18

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, IEEE, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X	CN207505051U ; XIAN HECHUANG DIGITAL TECH CO LTD; 15-06-2018 Abrégé; Description ; Figures 1-8	1-8
X	WO2021002895A2 ; APPLE INC [US]; 07-01-2021 Abrégé; Description ; Figures 1-8	1-8

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté***- Remarques de clarté*

Les revendications 1-8 manquent de clarté et de concision et ne satisfont pas aux exigences de l'art. 35 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, et ce pour les raisons suivantes :

- La revendication 1 ne contient aucune caractéristique technique en relation avec l'objet de l'invention, à savoir qu'une revendication indépendante doit contenir toutes les caractéristiques techniques essentielles à la définition de l'invention. En effet, la revendication 1 tente de définir l'objet par le résultat recherché, ce qui revient simplement à énoncer le problème sous-jacent, sans indiquer les caractéristiques techniques nécessaires pour parvenir à ce résultat. Il conviendrait par conséquent d'inclure les caractéristiques techniques dans la revendication indépendante 1, et ce à des fins de clarté.
- Les caractéristiques énoncées dans les revendications 5-7 portent sur les étapes d'une méthode, au lieu de définir les caractéristiques techniques du système tel que défini dans l'objet de la protection demandée. En effet, une revendication d'un système est considérée comme étant un dispositif et doit contenir les caractéristiques techniques d'un dispositif. Par contre, une revendication de procédé est considérée comme étant une méthode et doit contenir les étapes d'une méthode. En plus, le jeu de revendication peut contenir des revendications de dispositif et des revendications de procédé.
- Les revendications 5-7 citent les étapes d'une méthode, et ont été interprétées en tant que revendications de méthode. Il importe donc de modifier le préambule des revendications 5-7 pour indiquer la catégorie méthode.

Par ailleurs, les précisions susmentionnées sont prises en compte dans l'évaluation de la nouveauté et de l'activité inventive des revendications 1-8.

Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté	Revendications aucune	Oui
	Revendications 1-8	Non
Activité inventive	Revendications aucune	Oui
	Revendications 1-8	Non
Application Industrielle	Revendications 1-8 aucune	Oui
	Revendications aucune	Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : CN207505051U

D2 : WO2021002895A2

1. Nouveauté et activité inventive

Le document D1 divulgue un système permettant la mise en œuvre d'une communication entre le drone et la station sol.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 n'est pas nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

De plus, les revendications 2 à 8 sont connues du document D1 et D2 et ne sont pas nouvelles au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Comme la présente invention n'est pas nouvelle, l'objet des revendications 1 à 8 n'implique pas par conséquent une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.