



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 024 308 A1** 2009.12.03

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 024 308.6**

(22) Anmeldetag: **20.05.2008**

(43) Offenlegungstag: **03.12.2009**

(51) Int Cl.⁸: **B64D 45/00** (2006.01)

G01S 17/93 (2006.01)

G01S 13/93 (2006.01)

G08G 5/04 (2006.01)

(71) Anmelder:

EADS Deutschland GmbH, 85521 Ottobrunn, DE

(72) Erfinder:

Knoll, Alexander, Dr., 81247 München, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

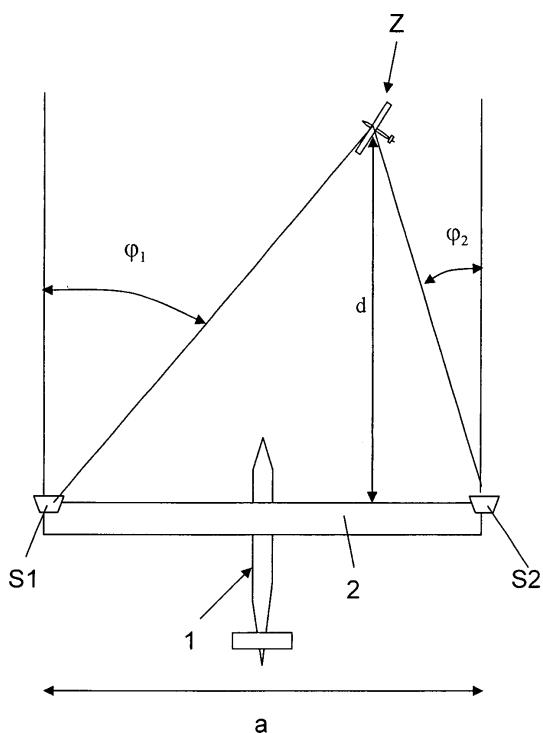
US	55 81 250	A
WO	2008/0 20 889	A2
US	68 04 607	B1
US	66 78 394	B1
US	70 61 401	B2
WO	2005/0 86 078	A1
US	72 39 339	B2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Detektion nichtkooperativen Luftverkehrs an Bord eines Luftfahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion nichtkooperativen Luftverkehrs an Bord eines Luftfahrzeugs, wobei mittels mindestens zweier passiver optischer Sensoren (S1, S2) an den Flügeln (2) des Luftfahrzeugs (1) der Abstand und/oder die Position des Ziels (Z) aus den Winkeln (φ_1 , φ_2), unter denen das Ziel (Z) den Sensoren (S1, S2) erscheint, berechnet wird.



Beschreibung

Sensoren eingesetzt werden (z. B. IR-Sensoren).

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion nichtkooperativen Luftverkehrs an Bord eines Luftfahrzeugs.

[0002] In bestimmten Lufträumen befindet sich sowohl kontrollierter (kooperativer) und unkontrollierter (nicht-kooperativer) Luftverkehr. Der unkontrollierte Luftverkehr ist teilweise nicht verpflichtet, Transponder oder ähnliche Ausrüstung mitzuführen. Bisher muss unkontrollierter Verkehr visuell durch den Piloten erkannt werden.

[0003] Die visuelle Erkennung gestattet derzeit keine ausreichend genaue Bestimmung der Entfernung. Der menschliche Pilot kann aufgrund seines Augenabstandes nur bis zu Entfernungen unter 10 m räumlich sehen. Der Pilot ist ansonsten auf seine Erfahrung angewiesen. Da aber im Voraus nicht bekannt ist, wie groß ein Flugobjekt ist, ist somit keine zuverlässige Entfernungsschätzung möglich.

[0004] Für den Betrieb von UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), z. B. Drohnen, ist es zur Zulassung erforderlich, nachzuweisen, dass derartige nichtkooperative Objekte zumindest mit der gleichen Genauigkeit detektiert werden können, wie dies auch der menschliche Pilot könnte.

[0005] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zu schaffen, dass Position (insbesondere die Relativposition bezogen auf das eigene Luftfahrzeugs) und Abstand nichtkooperativer Flugobjekte an Bord eines Luftfahrzeugs zuverlässig und mit geringem Aufwand detektiert.

[0006] Diese Aufgabe wird mit dem Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungen sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0007] Das vorgeschlagene Verfahren nutzt je einen Sensor an beiden Flügeln des Luftfahrzeugs. Damit kann durch Vergleich des Winkels, unter dem das Objekt auf den einzelnen Sensoren jeweils erkannt wird, der Abstand und/oder die Position des Ziels detektiert werden. Die Sensoren werden bevorzugt an den Außenspitzen der Flügel angebracht, um eine möglichst große Entfernungsauflösung zu erreichen. Bei ausreichender Spannweite können die Sensoren aber auch an anderen Orten am Flügel angeordnet sein.

[0008] In einer Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens können mehr als zwei derartige Sensoren genutzt werden, um einen größeren Winkelbereich (idealerweise 360°) erfassen zu können.

[0009] Als Sensoren können sowohl aktive Sensoren (z. B. Radare, Laserradare) als auch passive

[0010] Optische Sensoren haben den Vorteil, dass die sehr kostengünstig, weil kommerziell verfügbar, sind. So sind seit einiger Zeit auf dem Markt passive IR-Sensorsysteme für die nachträgliche Anbringung an Sportflugzeugen erhältlich. Diese kostengünstigen Sensoren können auch im Rahmen der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden.

[0011] Mit Hilfe eines derartigen Systems ist es möglich, die Zulassungsforderung für UAV, wonach zumindest die Fähigkeiten des menschlichen Piloten in Bezug auf die Hinderniserkennung erfüllt sein müssen, zu übertreffen.

[0012] Die beiden Flügel unterliegen in der Regel starken Relativbewegungen zueinander und führen mit dem Flugzeug zusätzliche Bewegungen aus (insbesondere Roll- und Gierschwingungen). Um diese Verschiebungen und Verdrehungen der Sensoren zu kompensieren, kann z. B. über Lagesensoren oder Lageänderungssensoren die Bewegung des Luftfahrzeugs erfasst werden. Die Relativbewegung der Sensoren an den beiden Flügeln kann dann darauf aufbauend durch eine Detektion der Durchbiegung der Flügel in der Berechnung berücksichtigt werden. Alternativ ist aber auch eine direkte Positionsbestimmung der beiden Flügelspitzen (z. B. durch Satellitennavigation) möglich.

[0013] Vorteilhaft kann bei bekannter eigener Position des Luftfahrzeugs durch Zugriff auf eine Geländedatenbank ein einmal detektiertes Ziel verifiziert werden. Das detektierte Ziel ist nur dann von Interesse im Hinblick auf das Ausweichen gegenüber Luftfahrzeugen, falls sein Abstand zum Luftfahrzeug geringer ist als der Abstand des Luftfahrzeugs zum Gelände, wie er sich aufgrund der Geländedaten der Datenbank ergibt. Damit können insbesondere als Ziel erfasste Geländeobjekte erkannt und verworfen werden.

[0014] Auch durch Prüfung, ob sich die Position des detektierten Ziels relativ zum Gelände über der Zeit ändert, kann ein Ziel schnell verifiziert werden. Hindernisse, die ihre Position relativ zum Boden beibehalten, sind überwiegend Geländeobjekte und werden verworfen. Vordringlich sind Ziele, die ihre Position zum Gelände verändern. Ausnahmen bilden z. B. schwebende Hubschrauber oder Luftschiffe. Diese sind ebenso für Ausweichmanöver relevant, meist kann diesen aber einfacher ausgewichen werden. Aus dem zeitlichen Verlauf der Abstandsänderung und der bekannten eigenen Position kann die Geschwindigkeit des Ziels ermittelt werden. Besonders vorteilhaft kann aus der Geschwindigkeit des Ziels das erforderliche Ausweichmanöver abgeleitet werden.

[0015] Bei bekannter Position des Luftfahrzeugs im Raum und Tageszeit kann die Position von Sonne und Mond errechnet werden. Deren Positionen können vorteilhaft mit der Position des detektierten Zieles abgeglichen werden, um zu vermeiden, dass Gestirne als fliegende Objekte erkannt werden.

[0016] Die Erfindung wird anhand von konkreten Ausführungsbeispielen unter Bezug auf Figuren näher erläutert. Es zeigen:

[0017] [Fig. 1](#) eine Skizze zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

[0018] [Fig. 2](#) eine Skizze zur möglichen Entfernungsabschätzung;

[0019] [Fig. 3](#) eine Skizze zur Ermittlung der Durchbiegung eines Flügels.

[0020] [Fig. 1](#) zeigt in schematischer Darstellung die Situation beim Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens. Das Luftfahrzeug **1** weist an den Enden seiner beiden Flügel **2** jeweils einen Sensor S1, S2 auf. Geeignet sind z. B. IR-Sensoren. Derartige Sensoren sind geeignet, warme Objekte (Flugzeuge) vor dem kalten Himmel zu erkennen. Dies gilt bei Tag und bei Nacht und mit Einschränkungen auch bei Nebel. Aus den beiden Winkeln φ_1 , φ_2 , unter denen das mögliche Kollisionsziel Z auf den beiden räumlich getrennten Sensoren S1, S2 erscheint, kann der Abstand zum Ziel eindeutig ermittelt werden. Dabei ist die Position der Sensoren S1 und S2 relativ zum Flugzeug **2** bekannt, ebenso wie der Abstand a der beiden Sensoren zueinander.

[0021] Bei einem UAV großer Spannweite kann der Abstand a zwischen den beiden Sensoren S1, S2 z. B. 26 m betragen.

[0022] Durch Einsatz weiterer passiver Sensoren bzw. Sensorpaare am Luftfahrzeug kann der Winkelbereich erweitert werden (z. B. auf volle Rundumsicht/360°).

[0023] In der [Fig. 2](#) ist das Messprinzip zur Entfernungsmessung erläutert. Die Entfernung von Objekten kann bestimmt werden, wenn der Sichtwinkel zum Objekt von beiden Sensoren S1, S2 aus bekannt ist.

[0024] Die Auflösung $\Delta\varphi$ legt fest, ab wann ein Objekt im Unendlichen gesehen wird, also eine Entfernungsabschätzung nicht mehr möglich ist. Ein beispielhafter IR-Sensor weist über einen Bildwinkel von 40° 320 horizontale Detektionselemente auf. Dies bedeutet eine Auflösung $\Delta\varphi = 40^\circ/320 = 0,125^\circ$.

[0025] Bei zwei Sensoren im Abstand a gilt für die maximale Entfernung, bei der eine Entfernungsbe-

stimmung möglich ist:

$$\sin \Delta\varphi = \frac{a/2}{d}$$

$$d = \frac{a/2}{\sin 0,125^\circ}$$

[0026] Bei einer Spannweite von a = 26 m (wenn die Sensoren S1 und S2 an den Flügelspitzen angeordnet sind) ergibt sich d = 6 km, d. h. bis zu einer Entfernung von 6 km kann mit dem erfindungsgemäßen Sensor der Abstand zum Ziel bestimmt werden. In dem in [Fig. 2](#) gezeigten Beispiel ist angenommen, dass sich das Ziel genau in der Mitte zwischen den beiden Sensoren befindet.

[0027] [Fig. 3](#) zeigt einen Sensor zur Messung der Durchbiegung eines Flügels, der hier als handelsüblicher Lasertracker ausgebildet ist. Er umfasst eine Sende/Detektoreinheit **30** an der Flügelwurzel sowie einen Spiegel **32** an der Flügelspitze, an welcher in dieser Ausführung auch der Sensor angeordnet ist (hier nicht eingezeichnet). Der Spiegel **32** wird an der Flügelspitze fest angebracht, so dass er unter einem festen Winkel zum Flügel **2**, hier z. B. 90°, orientiert ist. Das von der Sende/Detektoreinheit **30** ausgestrahlte Licht wird am Spiegel **32** reflektiert und am Detektor der Sende/Detektoreinheit **30** wieder empfangen. Wird der Flügel **2** durchgebogen, so verändert sich die Orientierung des Spiegels im Raum, wobei er aber immer unter 90° zur Flügelspitze bleibt. Damit wird ein Laserstrahl **34**, der von der Sende/Detektoreinheit ausgesandt wurde, nun unter einem anderen Winkel reflektiert. Der Punkt an der Sende/Detektoreinheit **30**, an dem der reflektierte Strahl auftrifft, wird sich entsprechend ändern. Der Abstand **36** zwischen ausgehendem Strahl und reflektiertem Strahl ist somit ein Maß für die Flügeldurchbiegung. Dieses Verfahren ist sehr genau. Da an beiden Flügeln ein IR-Sensor zur Entfernungsmessung vorhanden ist, wird der beschriebene Aufbau an beiden Flügeln **2** vorgenommen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion nichtkooperativen Luftverkehrs an Bord eines Luftfahrzeugs (**1**), **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels mindestens zweier Sensoren (S1, S2) an den beiden Flügeln (**2**) des Luftfahrzeugs (**1**) der Abstand und/oder die Position des Zieles (Z) aus den Winkeln (φ_1 , φ_2), unter denen die Sensoren (S1, S2) das Ziel (Z) detektieren, berechnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Sensoren (S1, S2) IR-Sensoren eingesetzt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Position der Sensoren (S1,

S2) erfasst und in der Berechnung von Abstand und/oder Position des Ziels (Z) berücksichtigt wird.

soren (S1, S2) an den äußeren Bereichen der Flügel (2), insbesondere an den Flügelspitzen angebracht werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass mittels eines Lagesensors oder eine Lageänderungssensors die Eigenbewegungen des Flugzeugs (1) erfasst und in der Berechnung von Abstand und/oder Position des Ziels (Z) berücksichtigt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchbiegung der Flügel (2) erfasst und in der Berechnung von Abstand und/oder Position des Ziels (Z) berücksichtigt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassung der Durchbiegung der Flügel (2) folgendermaßen durchgeführt wird:

- Aussenden eines optischen Signals im Bereich der Flügelwurzel,
- Reflektion des optischen Signals durch einen fest am Flügel im Bereich der Sensoren (S1, S2) angeordneten Reflektor (32),
- Detektion desjenigen Orts im Bereich der Flügelwurzel, an den das ausgesandte Signal vom Reflektor (32) reflektiert wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer Geländedatenbank ein Abgleich des berechneten Abstands des Ziels (Z) mit den Geländedaten vorgenommen wird, um ein Ziel zu verifizieren.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgleich durch Vergleich des berechneten Abstands zum Ziel mit dem auf der Basis der Geländedaten ermittelten Abstands zum Gelände durchgeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgleich durch Prüfung, ob sich die Position des Ziels (Z) relativ zum Gelände über der Zeit ändert, durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Geschwindigkeit des Zieles (Z) relativ zum Flugzeug (1) gemessen wird, wobei aufgrund der Geschwindigkeit des Ziels das notwendige Ausweichmanöver des Flugzeugs (1) abgeleitet wird.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die aktuelle Position von Sonne und Mond auf der Basis von Tageszeit und Position des Flugzeugs ermittelt wird, wobei durch Abgleich mit der Position des Ziels (Z) dieses verifiziert wird.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sen-

Fig. 1

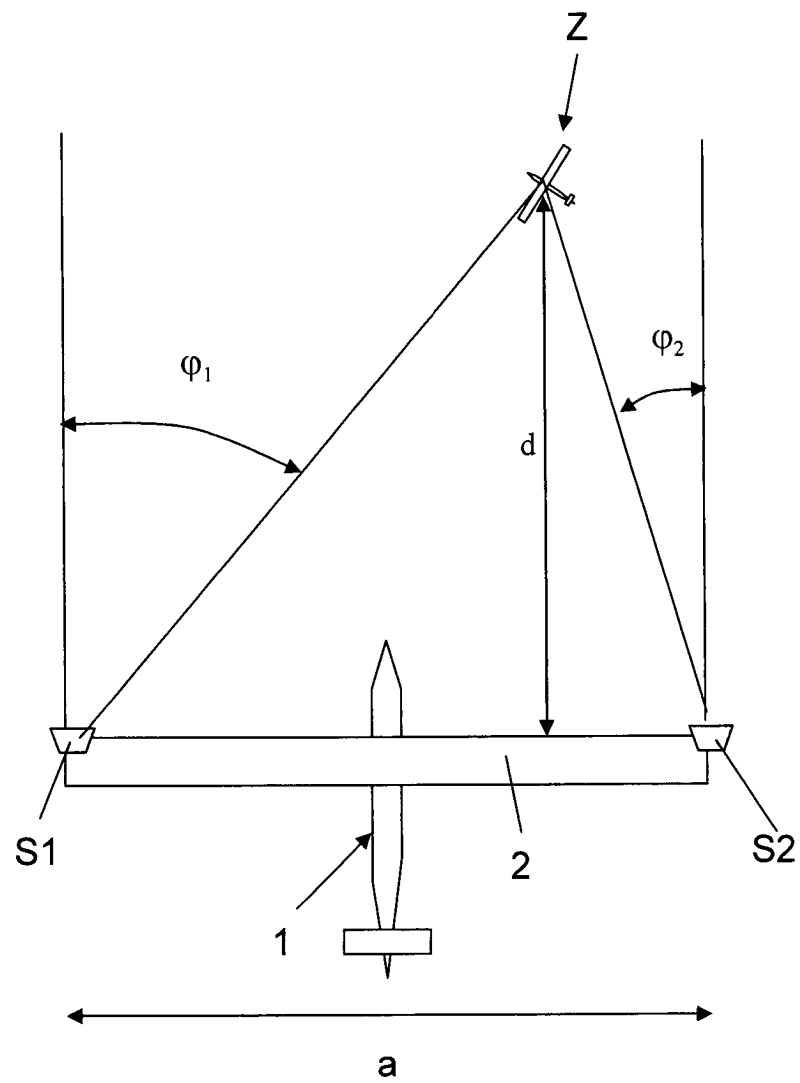


Fig. 2

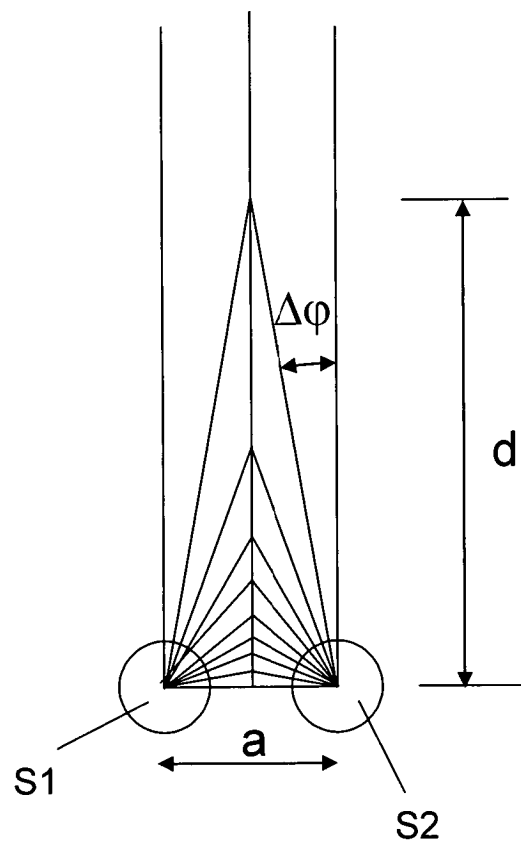


Fig. 3

