(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 920 072 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.06.1999 Patentblatt 1999/22

(51) Int. Cl.[6]: **H01Q 3/04**, H01Q 3/26

(21) Anmeldenummer: **98122051.0**

(22) Anmeldetag: **20.11.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **25.11.1997 DE 19752160**

(71) Anmelder:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
53175 Bonn (DE)

(72) Erfinder: **Bischl, Hermann Dr.**
94501 Aldersbach (DE)

(74) Vertreter:
von Kirschbaum, Albrecht, Dipl.-Ing.
Patentanwalt, Bahnhofplatz 2
82102 Germering (DE)

(54) Elektronisch phasengesteuerte Antenne in einem Satellitenfunk-Terminal

(57) Die Erfindung betrifft eine in einem Terminal für Systeme mit nichtgeostationären Satelliten zu verwendende Phased Array Antenne (2), mit der eine schnelle Schwenkung der Hauptkeule von einem Satelliten zu einem anderen Satelliten vorgenommen werden kann, in einer Ausführung als eindimensionale Antenne, die baulich auf einer mechanischen Schwenkvorrichtung (1) angeordnet ist. Die mit ihrer Hauptkeule nur in einer Schwenkebene abtastende Phased Array Antenne wird mittels der mechanischen Schwenkvorrichtung dabei stets so positioniert, daß die Schwenkebene (3) sowohl die beiden genannten Satelliten als auch das Terminal enthält. Während des Satellitenwechsels wird die Hauptkeule somit nur elektronisch geschwenkt.

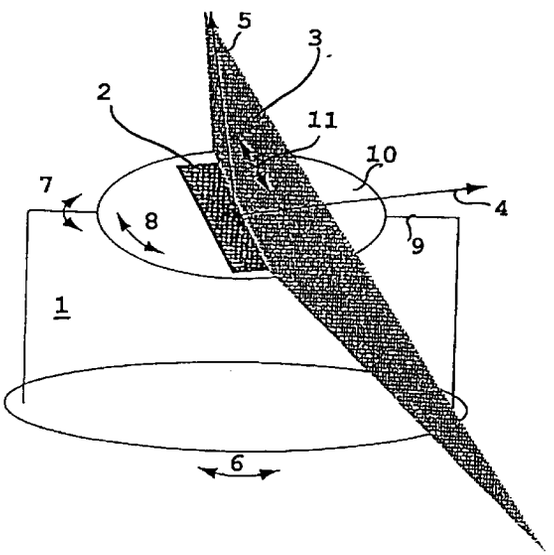

Fig.1

EP 0 920 072 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine in einem Satellitenfunk-Terminal für Systeme mit nichtgeostationären Satelliten vorgesehene, elektronisch phasengesteuerte Antenne (Phased Array Antenne) mit der Fähigkeit einer schnellen Hauptkeulenrichtungsschwenkung von einem Satelliten zu einem anderen Satelliten bei einem Satellitenwechsel.

[0002] Breitbandige Satellitensysteme mit niedrigfliegenden Satelliten benötigen am Boden häufig Satellitenfunk-Terminals mit intelligenten Antennen, deren Hauptkeule dem Satelliten ständig nachgeführt wird und darüber hinaus in Abständen von einigen Minuten sehr schnell von einem Satelliten zum nachfolgenden Satelliten wechseln muß. Eine typische Konfiguration, die sich unter anderem auch aus Kostengründen so darstellt, besteht in einem Satellitenfunk-Terminal mit einer Sendehauptkeule und zwei Empfangshauptkeulen. Dabei müssen die Sendehauptkeule und eine der beiden Empfangshauptkeulen stets auf den aktuellen Satelliten ausgerichtet sein, während die zweite Empfangshauptkeule zum Suchen des dem aktuellen Satelliten jeweils nachfolgenden Satelliten benötigt wird.

[0003] Damit der Nutzer den Umschaltvorgang der Sendeantenne vom aktuellen auf den nachfolgenden Satelliten nicht bemerkt, muß dieser Vorgang sehr schnell, also innerhalb weniger Millisekunden, ablaufen. Aus diesem Grund müssen in den Satellitenfunk-Terminals als Antennen sogenannte elektronisch schwenkbare Antennen (Phased Array Antennen) verwendet werden.

[0004] Da, von der Erde aus betrachtet, die Satellitenbahnen stark unterschiedlich verlaufen können, ist es erforderlich, daß die Antennenhauptkeulen in alle Richtungen geschwenkt werden können. Im Falle einer elektronisch phasengesteuerten Antenne führt diese totale Schwenkvoraussetzung zu einer ziemlich aufwendigen Lösung, die in einem ebenen (zweidimensionalen) Array besteht. Eine solch aufwendige Antennenausführung schlägt sich stark auf die Kosten des Terminals nieder.

[0005] Verschärft wird dieser Sachverhalt noch durch die Tatsache, daß neuere Satellitenfunksysteme höhere Trägerfrequenzen (z.B. 20/30 GHz) benutzen, die für die elektronisch phasengesteuerten Antennen die kostspielige Galliumarsenid-Technologie erfordern. Bekanntlich sind die Kosten einer elektronisch phasengesteuerten Gruppenantenne zur Anzahl der benötigten aktiven Antennenelemente im wesentlichen proportional.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine vorteilhafte Maßnahme anzugeben, welche dafür sorgt, daß der durch die elektronisch phasengesteuerte Antenne (Phased Array Antenne) in einem Satellitenfunk-Terminal für Systeme mit nichtgeostationären Satelliten verursachte, große technische und damit auch kostenmäßige Aufwand erheblich reduziert wird.

[0007] Gemäß der Erfindung, die sich auf eine elektronisch phasengesteuerte Antenne der eingangs genannten Art bezieht, ist diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die elektronisch phasengesteuerte Antenne eine linear (eindimensional) ausgebildete Antenne ist, deren Hauptkeule also nur in einer Ebene elektronisch schwenkbar ist, daß die elektronisch phasengesteuerte Antenne baulich auf einer mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung angeordnet ist, die eine Schwenkung der Schwenkebene der phasengesteuerten Antenne in beliebige räumliche Lagen erlaubt, und daß die elektronisch phasengesteuerte Antenne mittels der mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung so positioniert wird, daß die Schwenkebene der elektronisch steuerbaren Hauptkeule der elektronisch phasengesteuerten Antenne sowohl die beiden genannten Satelliten als auch das Terminal enthält.

[0008] Nach der Erfindung kommt also in einer die Anzahl der benötigten aktiven Antennenelemente minimierenden Weise eine elektronisch phasengesteuerte Antenne zum Einsatz, die nicht in allen Richtungen, sondern lediglich in einer Ebene geschwenkt werden kann. Eine solche Antenne wird als lineare oder eindimensionale elektronisch phasengesteuerte Antenne bezeichnet. Die Verwendung einer solchen linearen Antenne führt zu einer drastischen Verringerung der Anzahl der benötigten aktiven Antennenelemente und somit der Terminalkosten.

[0009] Um ein Schwenken in jede Richtung und somit das Umschalten auf den nachfolgenden Satelliten trotzdem zu ermöglichen, wird nach der Erfindung die eindimensionale elektronisch phasengesteuerte Antenne durch die mechanisch angetriebene Schwenkvorrichtung immer so positioniert, daß der aktuelle Satellit und der diesem nachfolgende Satellit in der elektronischen Schwenkebene der elektronisch phasengesteuerten Antenne liegen.

[0010] Diese hybride Lösung nach der Erfindung, d.h. die Kombination aus einer eindimensionalen elektronisch phasengesteuerten Gruppenantenne mit einer mechanischen Schwenkvorrichtung, erlaubt sowohl das geforderte schnelle Umschalten zum nachfolgenden Satelliten als auch das Schwenken in jede beliebige Richtung und ist darüber hinaus kostengünstiger als die Lösung mit einer zweidimensionalen elektronisch phasengesteuerten Gruppenantenne.

[0011] Hierbei besteht der Kostenvorteil darin, daß eine lineare elektronisch phasengesteuerte Antenne nur n aktive Antennenelemente benötigt, wogegen eine quadratische zweidimensionale elektronisch phasengesteuerte Gruppenantenne n x n aktive Antennenelemente erfordern würde. Wie bereits erwähnt worden ist, hängen die Kosten einer Phased Array Antenne wesentlich von der Anzahl der eingesetzten aktiven Antennenelemente ab. Es ergibt sich also ein erheblicher Kostenunterschied zwischen der eindimensionalen und der quadratischen, rechteckförmigen oder auch runden zweidimensionalen elektronisch phasengesteu-

erten Gruppenantenne.

[0012] Aufgrund des bei der erfindungsgemäßen Antenne sehr hohen Antennengewinns und der daraus resultierenden sehr schmalen Hauptkeulenbreite ist die geforderte Ausrichtgenauigkeit sehr hoch; sie liegt üblicherweise bei 0,5° oder weniger. Da die Position des Satelliten und des Terminals nicht mit hinreichender Genauigkeit bekannt ist, ist ein Akquirieren des zweiten Satelliten nur durch ein Absuchen in dem vermuteten Gebiet möglich. Damit während des Absuchens die Kommunikationsverbindung nicht unterbrochen wird, muß dieses Absuchen mit einer zweiten Hauptkeule erfolgen, wobei die erste Hauptkeule auf den ersten Satelliten ausgerichtet bleibt.

[0013] Ein weiterer Grund für ein gleichzeitiges Ausrichten der zwei Hauptkeulen auf zwei Satelliten liegt in der Forderung nach einem unbemerkten Weiterreichen der Kommunikationsverbindung, dem sogenannten „Seamless Handover". Gemäß der Erfindung werden bei einem Wechsel zu einem anderen Satelliten eine gewisse Zeitlang zwei Kommunikationsverbindungen, nämlich zum alten und zum neuen Satelliten, aufgebaut, und erst nach erfolgreichem Aufbau der Kommunikationsverbindung zum neuen Satelliten wird die Koomunikationsverbindung zum alten Satelliten aufgelöst. Dadurch wird es möglich, ohne für den Nutzer erkennbare Unterbrechungen in der Kommunikationsverbindung zu einem anderen Satelliten zu wechseln.

[0014] Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die räumlich beliebige Schwenkung der phasengesteuerten Antenne auch durch andere entsprechend wirkende mechanische Lösungen, wie z.B. hydraulische Kippvorrichtungen in Verbindung mit einem Drehteller, erreicht werden kann.

[0015] Aus dem Aufsatz von P.W. Hannan: "2-D Coverage with I-D Phased Arrays" in der Zeitschrift "Microwave Journal" , Juni 1976, Seiten 16 bis 22, ist bereits bekannt, für manche Anwendungen eine zweidimensionale Phased Array Antenne durch den Einsatz einer eindimensionalen Phased Array Antenne zu ersetzen. Dabei ist es bekannt, gemäß einer Hybridabtastung eine zweidimensionale Überdeckung durch eine mechanische Schwenkabtastung in einer Dimension, z.B. im Azimut, und eine elektronische Abtastung in der anderen Dimension, z.B. in der Elevation, zu erreichen.

[0016] In dem Aufsatz ist allerdings eigens darauf hingewiesen, daß eine solche hybride Abtastung nur beschränkt einsatzfähig ist, weil die mechanische Abtastung im Gegensatz zur elektronischen Abtastung langsam und nicht agil abläuft. Bisher bekannte Kombinationen aus mechanischer und elektronischer Schwenkung erlauben zudem keine räumlich beliebige mechanische Schwenkung der Schwenkebene der elektronisch schwenkbaren Antenne, was aber für das Umschalten zwischen zwei beliebigen Satelliten notwendig ist.

[0017] Eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Prinzips zeichnet sich dadurch aus, daß die elektronisch phasengesteuerte Antenne zweigeteilt ist und aus einer linear ausgebildeten Sendeanntenne mit einer elektronisch schwenkbaren Hauptkeule und aus einer linear ausgebildeten Empfangsantenne mit zwei voneinander unabhängig elektronisch schwenkbaren Hauptkeulen besteht. Hierbei sind sowohl die Sendeantenne als auch die Empfangsantenne auf der gleichen mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung angeordnet, und zwar derart, daß die Ebenen zur elektronischen Schwenkung der Hauptkeule der Sendeantenne und der beiden Hauptkeulen der Empfangsantenne zueinander im wesentlichen parallel liegen und jeweils die beiden genannten Satelliten enthalten.

[0018] Die Verwendung von genau zwei elektronisch steuerbaren Hauptkeulen ist insbesondere deswegen besonders vorteilhaft, da bei der erfindungsgemäßen Verknüpfung einer elektronischen und einer mechanischen Schwenkung eine Kommunikationsverbindung über Zeiträume unterbrechungsfrei aufrechterhalten wird, welche länger als die Sichtbarkeitsdauer von niedrig fliegenden Satelliten ist. Gemäß der vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Prinzips folgt abwechselnd eine Hauptkeule dem ersten, aktuellen Satelliten, wobei sich die andere Hauptkeule bereits auf dem nächsten Satelliten ausrichtet. Nach einem Umschalten auf diesen nächsten Satelliten wird sofort mit dem Ausrichten der freigewordenen Hauptkeule auf den dann nachfolgenden Satelliten begonnen. Diese Umschaltvorgänge werden nachstehend anhand der Darstellungen in Fig.3 nochmals im einzelnen erläutert.

[0019] Die linear ausgebildete Sendeantenne und die linear ausgebildete Empfangsantenne lassen sich dabei in zweckmäßiger Weise auf einer Plattform der mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung parallel nebeneinander anordnen. Mit der entsprechend dieser Weiterbildung ausgeführten hybrid schwenkbaren Antenne reduzieren sich die Terminalkosten deutlich. Anstatt einer elektronisch phasengesteuerten Antenne mit beispielsweise ca. 10 x 10 aktiven Antennenelementen wird nur noch eine eindimensionale Phased Array Antenne mit beispielsweise ca. 10 aktiven Antennenelementen benötigt. Aufgrund der Anordnung der Sende- und der Empfangsantenne auf der gleichen mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung wird entsprechend dieser Ausführungsform der Erfindung eine zusätzliche Kostenersparnis erreicht.

[0020] Eine zweckmäßige Weiterbildung der zuletzt angegebenen Ausführungsform mit zwei linearen elektronisch phasengesteuerten Antennen besteht in der Verwendung einer Ansteuersoftware zur mechanischen und elektronischen Schwenkung der Hauptkeulen der Sendeantenne und der Empfangsantenne in der Weise, daß während des Ausgerichtetseins der einen Empfangshauptkeule und der Sendehauptkeule auf den aktuellen Satelliten ein beliebiges Schwenken der anderen Empfangshauptkeule möglich ist.

[0021] Die andere Empfangshauptkeule wird vorteilhaft nach einem Suchvorgang in Richtung auf einen dem aktuellen Satelliten nachfolgenden Satelliten ausgerichtet. Bei einem Satellitenwechsel wird die Sendehauptkeule also durch rein elektronische Schwenkung in kürzester Zeit auf den nachfolgenden Satelliten ausgerichtet, dessen Richtung in bezug zum Terminal aufgrund der Suche und der korrekten Ausrichtung der anderen Empfangshauptkeule bereits vorher ermittelt wurde.

[0022] Diese Schwenkung der Sendehauptkeule von der ursprünglichen Position in die Position der anderen Empfangshauptkeule erfolgt also rein elektronisch in der vorher bereits durch die mechanische Schwenkvorrichtung eingestellten Ebene der elektronischen Schwenkung der Antennenhauptkeule, was eine äußerst schnell und zügig ablaufende Richtungsumschaltung der Sendehauptkeule von einem Satelliten zum nachfolgenden Satelliten hin bedeutet.

[0023] Aus Kostengründen, d.h. um die Kosten noch weiter zu reduzieren, können die phasengesteuerte Sendeantenne und die phasengesteuerte Empfangsantenne auch durch eine einzige phasengesteuerte Sende/Empfangsantenne ersetzt werden. Zudem sind verschiedene Ausführungen bei den linearen elektronisch phasengesteuerten Antennen denkbar.

[0024] Die elektronisch phasengesteuerte Antenne nach der Erfindung ist in vorteilhafter Weise sowohl für feste als auch für mobile Satellitenfunk-Terminals einsetzbar. Bei den mobilen Terminals ist dabei kein zusätzlicher Hardware-Aufwand bei der Antennennachführung zum Zwecke der Kompensation der Terminalbewegung erforderlich, falls Tracking-Verfahren zur Antennennachführung eingesetzt werden.

[0025] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von zwei Ausführungsbeispielen im einzelnen näher erläutert. Es zeigen:

Fig.1 eine Schrägansicht einer prinzipiellen Kombination einer mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung mit einer linearen, elektronisch phasengesteuerten Antenne nach der Erfindung einschließlich der Ausrichtung der Antennenschwenkebene;

Fig.2 ebenfalls in Schrägansicht eine für ein Satellitensystem besonders vorteilhafte Kombination einer mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung mit einer zweiteiligen, linearen, elektronisch phasengesteuerten Antenne nach der Erfindung, und

Fig.3a bis 3h eine schematische Darstellung von Schritten zum unterbrechungsfreien Aufrechterhalten einer Kommunikationsverbindung beim Umschalten von einem auf einen nächsten Satelliten.

[0026] In Fig.1 ist in einer Schrägansicht das der Erfindung zugrunde liegende Prinzip einer Kombination einer mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung 1 mit einer linearen elektronisch phasengesteuerten Antenne 2 dargestellt, deren Hauptkeule nur in einer Schwenkebene 3 elektronisch schwenkbar ist. Diese Kombination soll in einem Satellitenfunk-Terminal für Systeme mit nichtgeostationären Satelliten eingesetzt werden können. Die Ausrichtung der Schwenkebene 3 im Raum erfolgt durch die mechanisch angetriebene Schwenkvorrichtung 1.

[0027] Die lineare, elektronisch phasengesteuerte Antenne 2 wird mittels der mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung 1 immer so positioniert, daß der aktuelle Satellit und der nachfolgende Satellit in der Schwenkebene 3 der Hauptkeule der elektronisch phasengesteuerten Antenne 2 liegen, wodurch das schnelle elektronische Umschalten vom aktuellen zum nachfolgenden Satelliten und das Schwenken in jede beliebige Richtung ermöglicht wird. Die Richtung zum aktuellen Satelliten hin ist mit dem Bezugszeichen 4 und die Richtung zum nachfolgenden Satelliten mit dem Bezugszeichen 5 bezeichnet.

[0028] Die mechanisch angetriebene Schwenkvorrichtung 1 erlaubt eine totale Schwenkung der Schwenkebene der phasengesteuerten Antenne 2 in beliebige räumliche Lagen. Die mechanisch durch Gelenke und Drehvorrichtunqen realisierbaren Schwenkbewegungen der Schwenkvorrichtung 1 sind durch Doppelpfeile 6, 7 und 8 angedeutet, wobei der Doppelpfeil 6 eine Drehung im Azimut, der Doppelpfeil 7 eine Schwenkung um eine Horizontalachse 9 und der Doppelpfeil 8 eine Drehung einer die lineare elektronisch phasengesteuerte Antenne 2 enthaltenden Plattformebene 10 um eine durch deren Schwenkung um die Horizontalachse definierte Achse bedeuten.

[0029] Der im Unterschied dazu gestrichelt dargestellte Doppelpfeil 11 symbolisiert die rein elektronische Schwenkung der Hauptkeule der phasengesteuerten Antenne 2 innerhalb deren Schwenkebene 3. Während des Vorgangs des Satellitenwechsels bewegt sich die Hauptkeule der Antenne nur innerhalb dieser Schwenkebene 3 und zwar rein elektronisch gesteuert, was sehr rasch erfolgen kann.

[0030] In Fig.2 ist gleichfalls in einer Schrägansicht eine besonders vorteilhafte, zum Einsatz in einem Satellitenfunk-Terminal für Systeme mit nichtgeostationären Satelliten vorgesehene Ausführungskombination einer mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung 12 mit einer zwei lineare elektronisch phasengesteuerte Antennen 13 und 14 gemeinsam enthaltenden Antennenplattform 15 dargestellt. Hinsichtlich des Aufbaus und der Funktion gleicht die mechanisch angetriebene Schwenkvorrichtung 12 der Schwenkvorrichtung 1 nach Fig.1, so daß diesbezüglich auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet ist.

[0031] Die eindimensionale phasengesteuerte Antenne 13 dient als Sendeantenne und die ebenfalls eindimensionale phasengesteuerte Antenne 14 als Empfangsantenne. Sowohl die Sendeantenne 13 als auch die Empfangsantenne 14 sind somit oben auf der gleichen, mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung 12 angebracht.

[0032] Die durch eine eindimensionale phasengesteuerte Antenne realisierte Empfangsantenne 11 ist genauso wie die durch ebenfalls eine eindimensionale phasengesteuerte Antenne realisierte Sendeantenne 13 nur in einer Ebene elektronisch schwenkbar ausgebildet. Die Empfangsantenne 14 hat aber im Gegensatz zur Sendeantenne 13, die nur eine elektronisch schwenkbare Hauptkeule bildet, zwei elektronisch schwenkbare Antennenhauptkeulen, die voneinander unabhängig schwenkbar sind.

[0033] In dem in Fig.2 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die linear ausgebildete Sendeantenne 13 und die linear ausgebildete Empfangsantenne 14 auf der Antennenplattform 15 auf der mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung 12 parallel nebeneinander angeordnet. Die Ebenen zur elektronischen Schwenkung der Antennenhauptkeule der Sendeantenne 13 und der beiden Antennenhauptkeulen der Empfangsantenne 14 liegen zueinander im wesentlichen parallel und enthalten jeweils den aktuellen und den nachfolgenden Satelliten.

[0034] Die Richtung zum aktuellen Satelliten ist für die Antennenhauptkeule der Sendeantenne 13 mit dem Bezugszeichen 16 und für die erste Empfangskeule der Empfangsantenne 14 mit dem Bezugszeichen 17 bezeichnet, wogegen die Richtung der zweiten Empfangskeule der Empfangsantenne 14 zum nachfolgenden Satelliten mit dem Bezugszeichen 18 gekennzeichnet ist.

[0035] Durch eine entsprechende Ansteuersoftware zum mechanischen bzw. elektronischen Schwenken wird es bei der in Fig.2 gezeigten Ausführungsform ermöglicht, daß die mit der Richtung 18 eingezeichnete zweite Empfangskeule zum Suchen und anschließenden Tracking des nachfolgenden Satelliten verwendet wird, während die mit der Richtung 17 eingezeichnete erste Empfangskeule und die mit der Richtung 16 eingezeichnete Sendekeule auf den aktuellen Satelliten ausgerichtet bleiben.

[0036] Anhand der schematischen Darstellung in Fig.3a bis 3h wird eine Folge von Schritten beschrieben, durch welche ein unterbrechungsfreies Aufrechterhalten einer Kommunikationsverbindung gewährleistet ist, die länger als die Sichtbarkeitsdauer eines Satelliten ist. Hierbei werden diese Schritte mit Hilfe der erfindungsgemäßen Anordnung aus den zwei anhand von Fig.2 im einzelnen beschriebenen und in einer Ebene elektronisch schwenkbaren Empfangskeulen 17, 18 und einer beliebigen mechanischen Schwenkung der Schwenkebene der zwei elektronisch schwenkbaren Empfangskeulen 17, 18 erreicht.

[0037] In den Fig.3a bis 3h sind schematisch dargestellt jeweils ein durch ein kleines Quadrat angedeutetes Terminal 19 sowie durch kleine Kreise gekennzeichnete Satelliten 20 bis 22. Hierbei ist der Satellit 20 in der nachstehenden Beschreibung der erste aktuelle Satellit, der Satellit 21 der zweite dem Satelliten 20 nachfolgende Satellit und der Satellit 23 ein dritter auf den zweiten Satelliten 21 folgender Satellit.

[0038] Entsprechend den in Fig.2 verwendeten Bezugszeichen ist mit dem Bezugszeichen 17 die erste durch einen stark ausgezogenen Strich wiedergegebene Empfangskeule der in Fig.3a bis 3h nicht näher dargestellten, linearen elektronisch phasengesteuerten Empfangsantenne bezeichnet, während mit dem Bezugszeichen 18 die zweite gestrichelt dargestellte Empfangskeule der Empfangsantenne 14 bezeichnet ist. Ferner ist durch grau gepunktete Flächen die Schwenkebene 3' der elektronisch schwenkbaren Empfangskeulen 17 und 18 gekennzeichnet. Schließlich sind mit den Pfeilen die Satellitenbahnen der jeweiligen Satelliten 20 bis 22 angedeutet. Die Kreisfläche stellt jeweils den Horizont 23 des Terminals 19 dar.

[0039] In Fig.3a und 3b ist das Verfolgen der beiden Satelliten 20 und 21 wiedergegeben, wobei die aktuelle Verbindung zwischen dem Terminal 19 und dem Satelliten 20 über die erste Hauptkeule 17 geführt ist. In Fig.3c und 3d ist das unbemerkte Weiterreichen der Kommunikationsverbindung, das sogenannte „Seamless Handover" wiedergegeben; dies bedeutet, in Fig.3c besteht noch Verbindung zwischen dem Terminal 19 und dem Satelliten 20 über die zweite Empfangskeule 18; die aktuelle Verbindung ist nunmehr über die erste Empfangskeule 17 mit dem zweiten Satelliten 21 geführt, welcher dem ersten Satelliten 20 gefolgt ist.

[0040] In den Fig.3e bis 3h ist das Ausrichten der Schwenkebene 3' mit den elektronisch schwenkbaren Empfangskeulen 17 und 18 auf den dritten, dem zweiten Satelliten 21 nachfolgenden Satelliten 22 dargestellt. Dadurch ist immer gewährleistet, daß sich immer mindestens ein Satellit in der Schwenkebene 3' befindet. Dies ist in Fig.3e bis 3g der zweite Satellit 21, über welchen die aktuelle Verbindung mit dem Terminal 19 geführt ist.

[0041] Erst in Fig.3h hat ein Handover von dem zweiten Satelliten 21 zu dem ihm nachfolgenden dritten Satelliten 22 stattgefunden, so daß nunmehr über die erste Empfangskeule 17 die aktuelle Verbindung zwischen dem Terminal 19 und dem dritten Satelliten 22 durchgeführt wird. Somit entspricht das in den Fig.3g und 3h schematisiert wiedergegebene Handover zwischen dem zweiten und dritten Satelliten dem in Fig.3c und 3d schematisch wiedergegebene Handover zwischen dem ersten Satelliten 20 und dem zweiten Satelliten 21.

Bezugszeichenliste

[0042]

1	mechanisch angetriebene Schwenkvorrichtung
2	elektronisch gesteuerte Antenne
3	Schwenkebene
4	Richtung zum aktuellen Satelliten
5	Richtung zum nachfolgenden Satelliten
6,7,8	Doppelpfeil
9	Horizontalachse
10	Plattformebene
11	Empfangsantenne
12	Schwenkvorrichtung
13	lineare elektronisch phasengesteuerte Antenne (Sendeantenne)
14	lineare elektronisch phasengesteuerte Antelle (Empfangsantenne)
15	Antennenplattform
16	Antennenhauptkeule von 13
17	erste Empfangskeule von 14
18	zweite Empfangskeule von 14
19	Terminal
20	erster Satellit
21	zweiter nachfolgender Satellit
22	dritter auf 21 folgender Satellit
23	Horizont von 19

Patentansprüche

1. In einem Satellitenfunk-Terminal für Systeme mit nichtgeostationären Satelliten vorgesehene elektronisch phasengesteuerte Antenne (Phased Array Antenne) mit der Fähigkeit einer schnellen Hauptkeulenrichtungsschwenkung von einem Satelliten zu einem anderen Satelliten bei einem Satellitenwechsel, **dadurch gekennzeichnet**, daß die elektronisch phasengesteuerte Antenne (2) eine linear (eindimensional) ausgebildete Antenne ist, deren Hauptkeule also nur in einer Ebene (2) elektronisch schwenkbar ist, daß die elektronisch phasengesteuerte Antenne baulich auf einer mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung (1) angeordnet ist, die eine Schwenkung der Schwenkebene der phasengesteuerten Antenne in beliebige räumliche Lagen erlaubt, und daß die elektronisch phasengesteuerte Antenne durch die mechanisch angetriebene Schwenkvorrichtung so positioniert wird, daß die Schwenkebene (3) der elektronisch steuerbaren Hauptkeule der elektronisch phasengesteuerten Antenne sowohl die beiden genannten Satelliten als auch das Terminal enthält.

2. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die elektronisch phasengesteuerte Antenne zweigeteilt ist und aus einer linear ausgebildeten Sendeantenne (13) mit einer elektronisch schwenkbaren Hauptkeule und aus einer linear ausgebildeten Empfangsantenne (14) mit zwei voneinander unabhängig elektronisch schwenkbaren Hauptkeulen besteht, und daß sowohl die Sendeantenne als auch die Empfangsantenne auf der gleichen mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung (12) angeordnet sind und zwar derart, daß die Ebene der elektronischen Schwenkung der Hauptkeule der Sendeantenne und die Ebene der Schwenkung der beiden Hauptkeulen der Empfangsantenne zueinander im wesentlichen parallel liegen und jeweils die beiden genannten Satelliten enthalten.

3. Antenne nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die linear ausgebildete Sendeantenne (13) und die linear ausgebildete Empfangsantenne (14) auf der mechanisch angetriebenen Schwenkvorrichtung (12) parallel nebeneinander auf einer Antennenplattform (15) angeordnet sind.

4. Antenne nach Anspruch 3 oder 4, **gekennzeichnet** durch die Verwendung einer Ansteuersoftware zur mechanischen und elektronischen Schwenkung der Hauptkeulen der Sendeantenne (13) und der Empfangsantenne (14) in der Weise, daß während des Ausgerichtetseins der einen Empfangshauptkeule und der Sendehauptkeule auf den aktuellen Satelliten ein beliebiges Schwenken der anderen Empfangshauptkeule möglich ist.

5. Antenne nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die andere Empfangshauptkeule in Richtung auf einen dem aktuellen Satelliten nachfolgenden Satelliten ausgerichtet wird.

6. Antenne nach den Ansprüchen 4 und 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einem Satellitenwechsel die Sendehauptkeule durch rein elektronische Schwenkung auf den nachfolgenden Satelliten ausgerichtet wird, dessen Richtung in bezug zum Terminal aufgrund der Ausrichtung der anderen Empfangshauptkeule ermittelt ist.

7. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet** durch die Anwendung bei mobilen Satellitenfunk-Terminals.

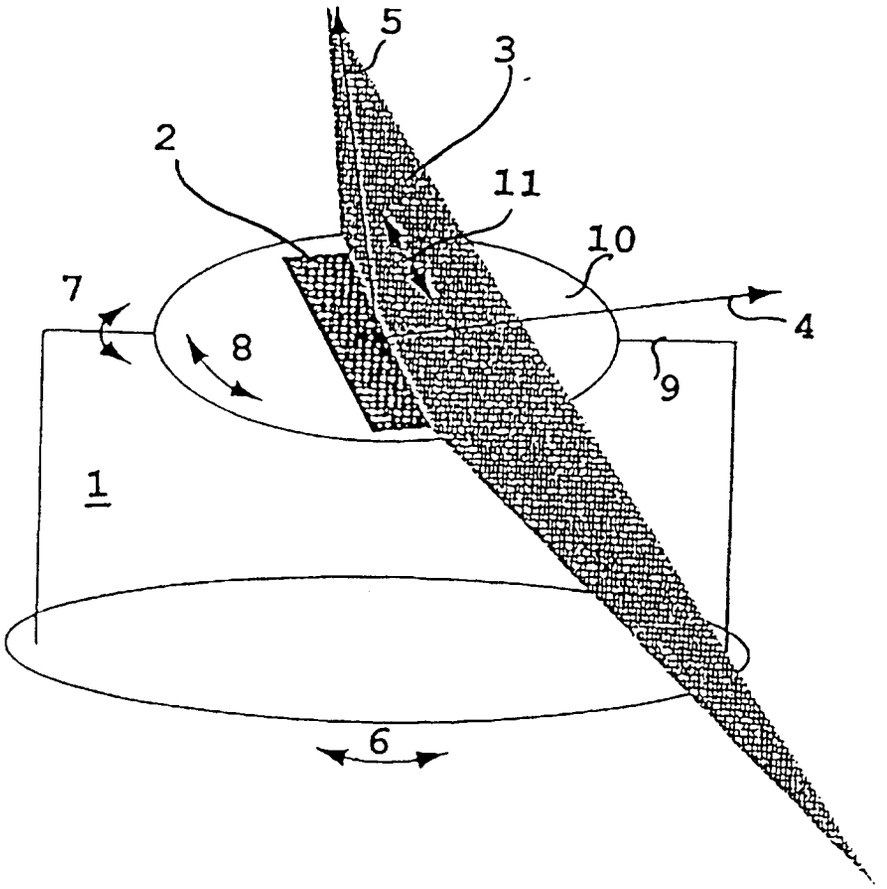

Fig.1

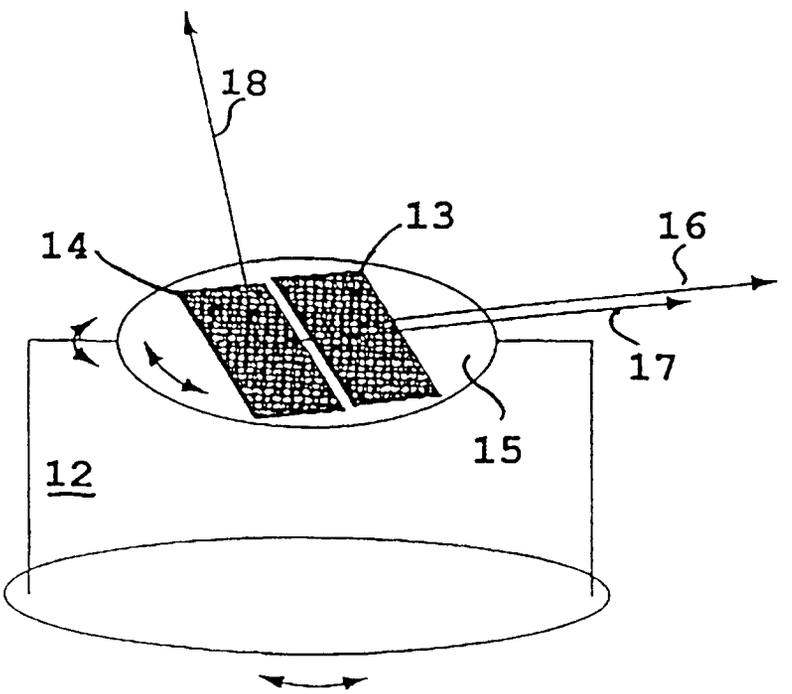

Fig.2

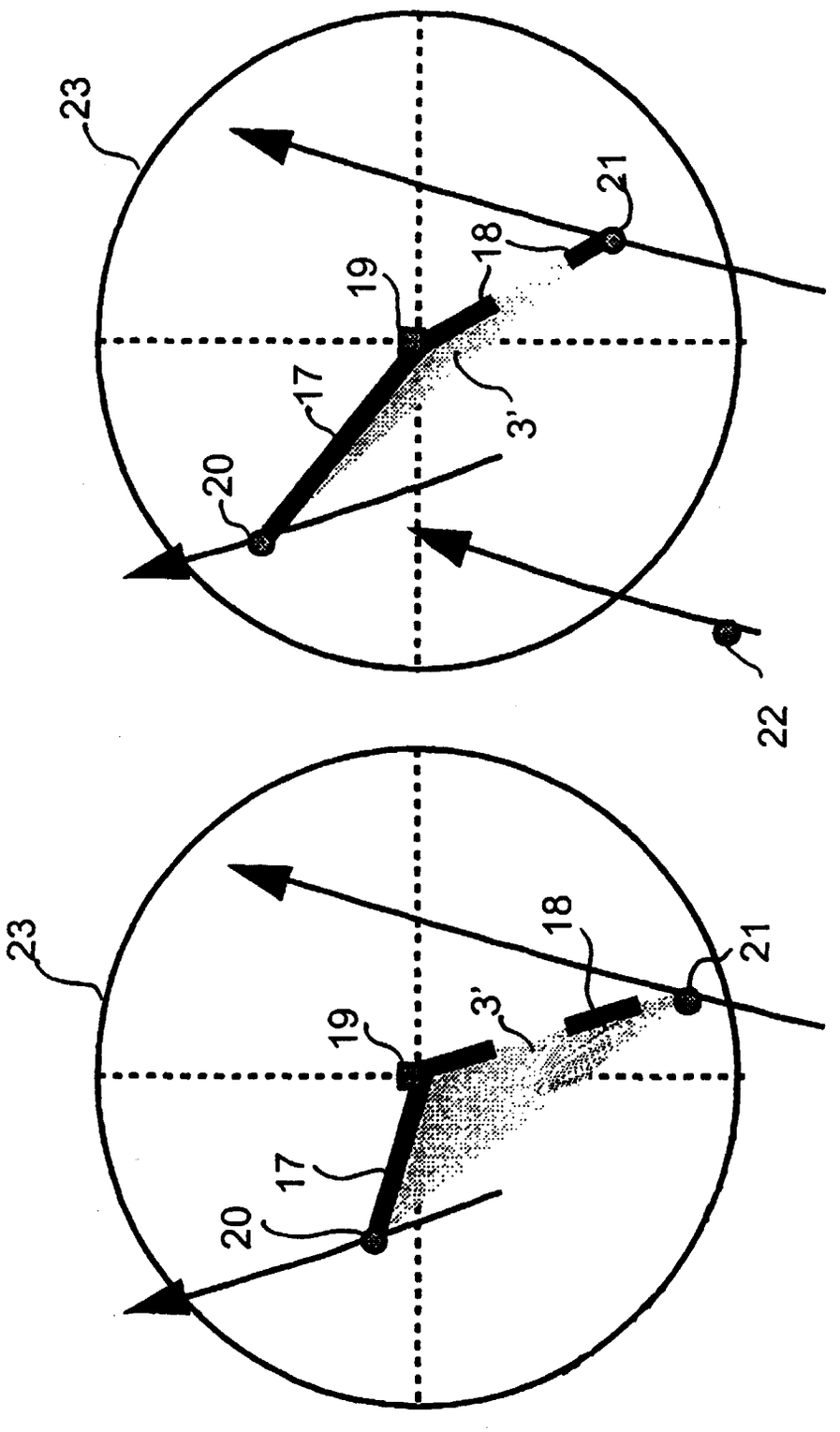

Fig.3b

Fig.3a

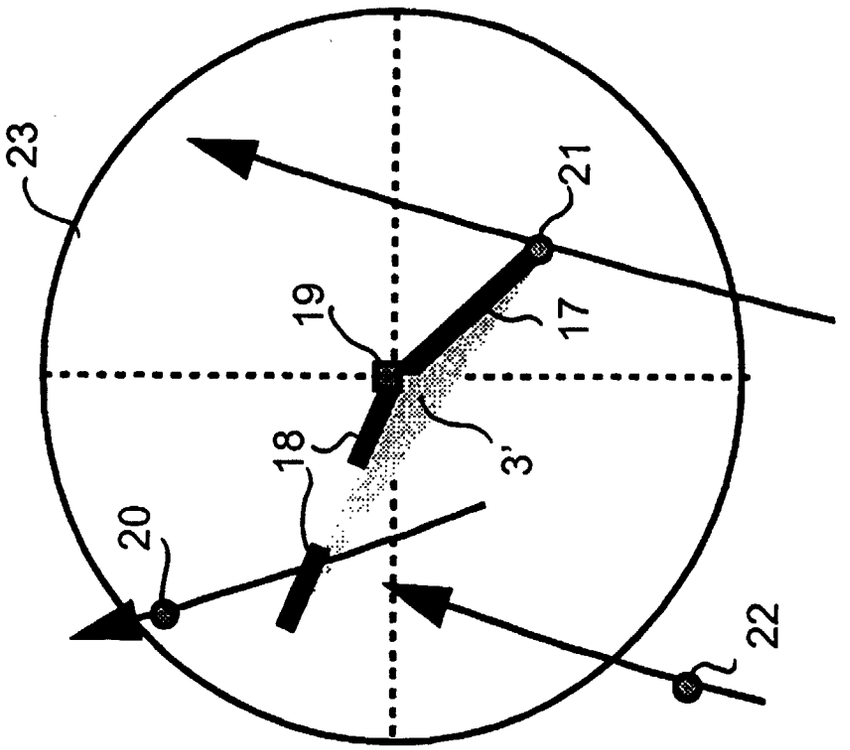

Fig.3d

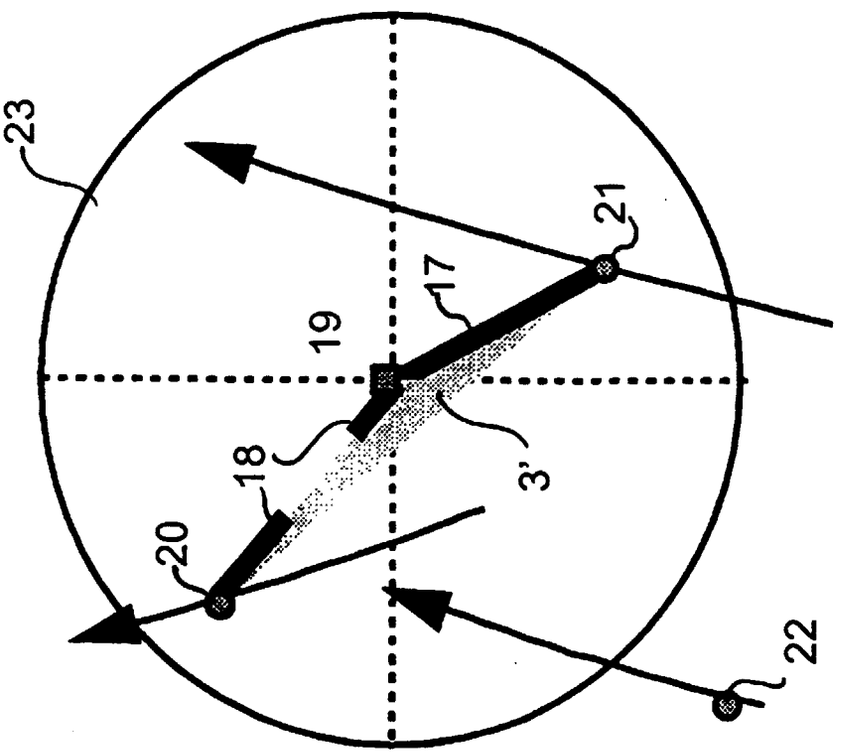

Fig.3c

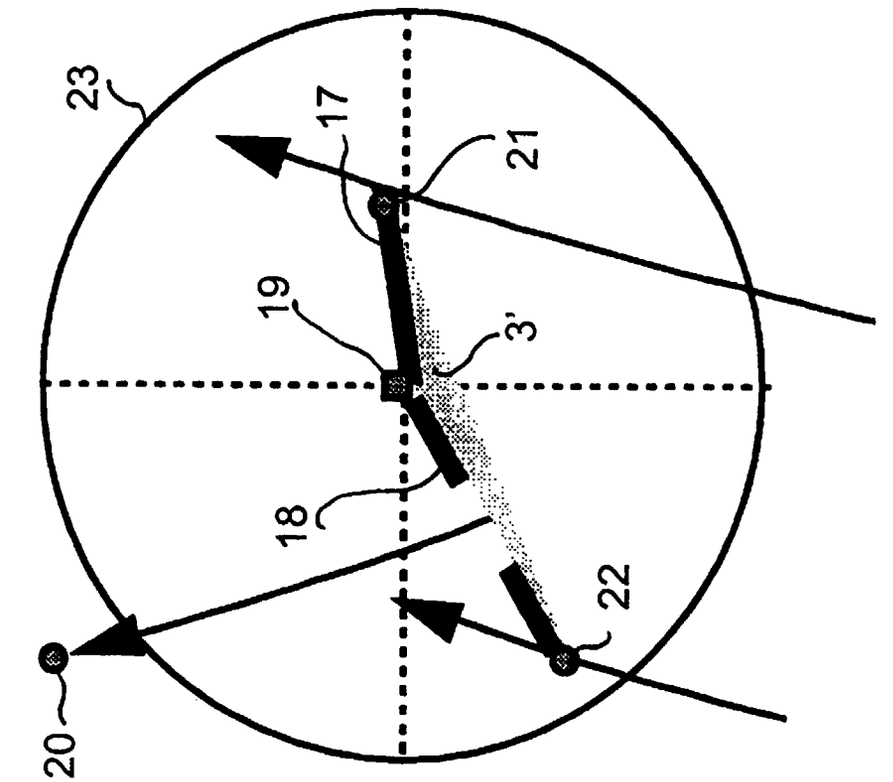

Fig.3f

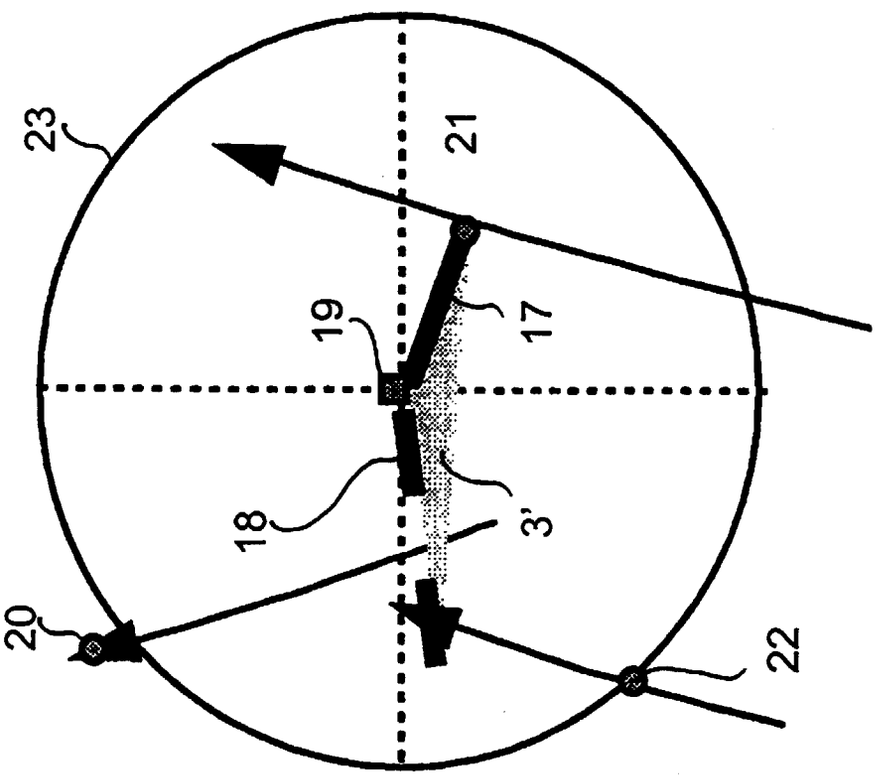

Fig.3e

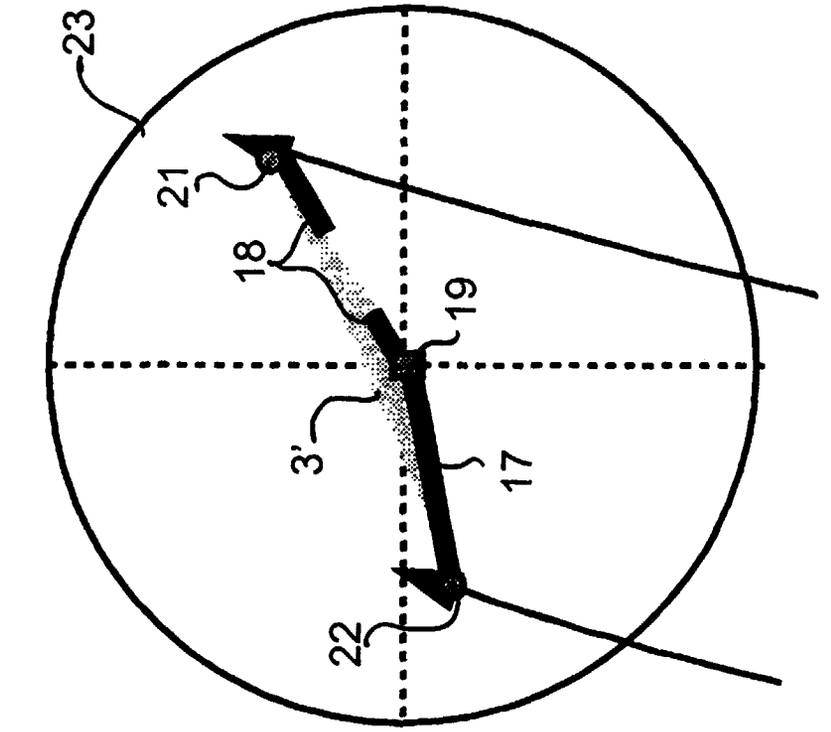

Fig.3h

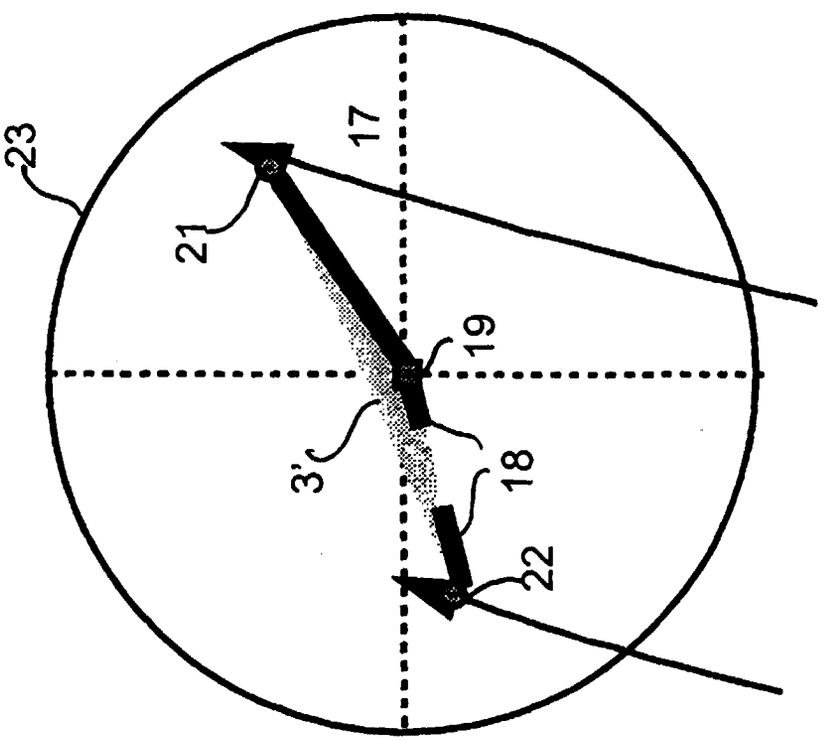

Fig.3g