



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 56 827 B4 2007.06.06**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 56 827.4**
 (22) Anmeldetag: **20.11.2001**
 (43) Offenlegungstag: **07.11.2002**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **06.06.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G01S 5/30 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
00-355723 22.11.2000 JP

(72) Erfinder:
Nishimura, Kiyokazu, Tsukuba, Ibaraki, JP

(73) Patentinhaber:
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tokio/Tokyo, JP; Nishimura, Kiyokazu, Tsukuba, Ibaraki, JP

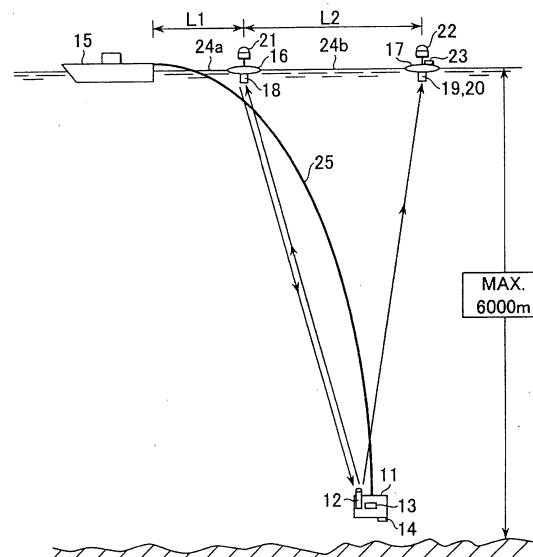
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
JP 07-2 70 519 A
JP 05-2 23 916 A
Thomas, H.G. "Techniques avancées de Navigation sous-marine utilisant des Relais de surface". IN: L'onde électrique, Vol. 74, No. 5, 1994, S. 29-35;

(74) Vertreter:
Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336 München

(54) Bezeichnung: **System zur Positionsbestimmung von Unterwasserobjekten**

(57) Hauptanspruch: System zur Positionsbestimmung von Unterwasserobjekten dadurch gekennzeichnet, dass es aufweist:

ein Arbeitsboot; einen am Arbeitsboot montierten akustischen Sender-Empfänger; erste und zweite Oberflächenschleppeneinheiten, die vom Arbeitsboot geschleppt werden; einen akustischen Wandler, der an der ersten Oberflächenschleppeneinheit montiert ist, der durch ein Kommunikationskabel mit dem akustischen Sender-Empfänger auf dem Arbeitsboot verbunden ist und dessen Position durch ein Funkpositionsbestimmungsmittel bestimmt wird; zwei akustische Empfänger, die auf der zweiten Oberflächenschleppeneinheit montiert sind, die durch ein Kommunikationskabel mit dem akustischen Sender-Empfänger auf dem Arbeitsboot verbunden sind und deren Positionen durch ein Funkpositionsbestimmungsmittel bestimmt werden; einen auf einem getauchten Positionsbestimmungsziel montierten akustischen Impulssender und einen auf dem Arbeitsboot montierten Berechnungsprozessor, der einen Standort des getauchten Ziels basierend auf Positionsbestimmungsdaten über Positionen des akustischen Wandlers und jedes akustischen Empfängers und Distanzdaten über eine Distanz von dem akustischen Wandler und den akustischen Empfängern zum akustischen Impulssender berechnet.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein System zur Positionsbestimmung unter Wasser, um die Position von getauchten, sich bewegenden Körpern wie z.B. Tiefseeschleppvorrichtungen und dergleichen oder Objekten wie z.B. Unterwasserkolben-Kernbohrer und gesunkenen Schiffen zu bestimmen. Sie bezieht sich insbesondere auf ein Globalpositionsbestimmungssystem oder ein differentielles Globalpositionsbestimmungssystem (die nachfolgend beide als Globalpositionsbestimmungssystem oder GPS bezeichnet werden) sowie Systeme zur Positionsbestimmung von Unterwasserobjekten, die eine Kombination von akustischen Positionsbestimmungssystemen und kurzreichweitigen Positionsbestimmungssystemen auf der Basis von Mikrowellen und Loran C sind.

[0002] Wie in [Fig. 11](#) gezeigt ist, verwendet ein herkömmliches System mit langer Grundlinie (LBL) zum Bestimmen der Position eines getauchten, sich bewegenden Objektes drei akustische Transponder **4**, die an vorbestimmten Stellen auf dem Meeresgrund platziert sind. Ein Wandler **3** ist am Boden eines Arbeitsboots **2** installiert. Die direkte Distanz vom Wandler **3** zu jedem der akustischen Transponder **4** wird durch Messen der Zeit gemessen, die eine Schallwelle benötigt, um sich vom Wandler **3** zum akustischen Transponder **4** und zurück zum Wandler **3** zu bewegen, was genutzt wird, um die Position des Wandlers **3** innerhalb des durch die akustischen Transponder **4** gebildeten Koordinatensystems zu bestimmen. Indem dann die direkte Distanz von dem getauchten, sich bewegenden Objekt **1** zu den akustischen Transpondern **4** und die Distanz von dem sich bewegenden Objekt **1** zum Wandler **3** des Arbeitsbootes **2** gemessen wird, wird die Position des sich bewegenden Objektes **1** in Ausdrücken des durch die akustischen Transponder **4** gebildeten Koordinatensystems bestimmt.

[0003] In dem herkömmlichen System mit besonders kurzer Grundlinie (SSBL) sendet ein an dem Boden oder der Seite eines Arbeitsbootes befestigter Wandler Schallsignale an einen akustischen Transponder auf dem getauchten, sich bewegenden Objekt, und die Zeit, die die gesendeten Signale benötigen, um empfangen zu werden, wird genutzt, um die direkte Distanz zum Objekt und die Richtung zu bestimmen, in der sich das Objekt bewegt.

[0004] [Fig. 12](#) zeigt eine verbesserte Version des herkömmlichen LBL-Systems. Dieses System umfasst einen akustischen Empfänger **6** auf einem Hauptarbeitsboot **2** und akustische Empfänger **7** auf zwei Hilfsarbeitsbooten **5**. Das getauchte, sich bewegende Objekt **1** ist hier ein tauchfähiges Forschungsfahrzeug, auf dem sich ein synchroner Sonarimpulsgeber **8** befindet. Der synchrone Sonarimpulsgeber **8**

sendet Impulse, die Tiefendaten enthalten, und die Impulse werden von den akustischen Empfängern **7** empfangen und genutzt, um die Position des tauchfähigen Forschungsfahrzeugs **1** zu bestimmen.

[0005] LBL-Positionsbestimmungssysteme weisen eine gute Genauigkeit der Positionsbestimmung auf, erfordern aber die Verwendung von mindestens drei akustischen Transpondern und haben eine Reichweite von etwa drei oder vier Quadratkilometer. Um solche Systeme für Anwendungen zur großräumigen Positionsbestimmung zu verwenden, müssen zahlreiche Transponder auf dem Meeresgrund angeordnet werden. Außerdem muss das System vorher kalibriert werden, indem die Tiefe der Transponder und ihre relativen Lagen bestimmt werden. Die Operation zur Positionsbestimmung ist somit nicht effizient.

[0006] In dem Artikel "Techniques avancées de navigation sous-marine utilisant des relais de surface" von H.G. Thomas, erschienen in L'Onde Electrique, Vol. 74, Nr. 5, 1994, Seite 29 bis 35, sind verschiedene Systeme zur Positionsbestimmung von Unterwasserobjekten beschrieben. Unter anderem sind LBL-Positionsbestimmungssysteme und SSBL-Systeme beschrieben. Des Weiteren sind Positionsbestimmungstechniken unter Verwendung von Oberflächenrelais und deren Anwendung bei der Suche nach Minen oder nach Schiffswracks beschrieben.

[0007] Obgleich SSBL-Systeme die Bereitstellung mehrerer Transponder oder Kalibrierung nicht erfordern und daher die Operation zur Positionsbestimmung effizient ist, weisen sie den Nachteil auf, dass die Kürze der Grundlinie eine Verringerung der Genauigkeit zur Folge hat, wenn das System verwendet wird, um Positionen über lange Distanzen zu bestimmen.

[0008] Das in [Fig. 12](#) gezeigte verbesserte LBL-System ist ein umfangreiches System, da es die Verwendung von zwei Hilfsarbeitsbooten und Leuten, um jedes Boot zu steuern, erfordert. Außerdem kann das von den Schrauben der Haupt- und Hilfsschiffe erzeugte Geräusch es unmöglich machen, die notwendigen Messablesungen bzw. -skalenwerte aufzuzeichnen. Das System erfordert auch eine Funkanlage, um von den Hilfsarbeitsbooten erhaltene Daten zum Hauptschiff zu senden, und in fremden Gewässern können es Vorschriften über die Nutzung einer Funkübertragung unmöglich machen, das System zu verwenden.

[0009] Die JP 5-223916 A offenbart ein Unterwasserpositionsbestimmungssystem mit einem Mutterschiff und zwei Hilfsschiffen. Von einem Unterwasserobjekt werden Ultraschallwellen ausgesendet, die von allen drei Booten empfangen werden, so dass die Distanz der Boote zu dem Unterwasserobjekt bestimmt werden kann. Zusätzlich wird mit Hilfe eines

Radars die Entfernung der Hilfsschiffe zu dem Mutterschiff bestimmt und aus diesen Daten die Position des Unterwasserobjekts berechnet.

[0010] Die JP 7-270519 A offenbart ein Verfahren zur Positionsbestimmung einer unter Wasser arbeitenden Maschine, welches eine Vielzahl von Hilfsschiffen und Haupthilfsschiffen verwendet, deren Positionen jeweils mit Hilfe eines GPS-Systems bestimmt werden. Die unter Wasser arbeitende Maschine sendet Ultraschallsignale, welche von den Hilfsschiffen empfangen werden und eine Berechnung der Position der Maschine erlauben.

[0011] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, den Nachteil der vorhergehenden herkömmlichen Systeme zur Positionsbestimmung von Unterwasserobjekten zu beseitigen und daher ein System zur Positionsbestimmung von Unterwasserobjekten zu schaffen, das eine gute Positionsmessgenauigkeit aufweist, aber nicht die Installation von zwei oder mehr Transpondern auf dem Meeresboden erfordert, nicht kalibriert werden muss und auch keine Hilfsschiffe erfordert, so dass es im Sinne der betreffenden Systemanlage nicht umfangreich ausgebildet werden muss.

[0012] Um die obige Aufgabe zu lösen, sieht die vorliegende Erfindung ein System zur Positionsbestimmung von Unterwasserobjekten vor, mit einem Arbeitsboot, einem auf dem Arbeitsboot montierten akustischen Sender-Empfänger, ersten und zweiten Oberflächenschleppereinheiten, die vom Arbeitsboot geschleppt werden, einem akustischen Wandler, der auf der ersten Oberflächenschleppereinheit montiert ist, der durch ein Kommunikationskabel mit dem akustischen Sender-Empfänger auf dem Arbeitsboot verbunden ist und dessen Position durch ein Funkpositionsbestimmungsmittel bestimmt wird, zwei akustischen Empfängern, die auf der zweiten Oberflächenschleppereinheit montiert sind, die durch ein Kommunikationskabel mit dem akustischen Sender-Empfänger auf dem Arbeitsboot verbunden sind und deren Positionen durch ein Funkpositionsbestimmungsmittel bestimmt werden, einem auf einem getauchten Positionsbestimmungsziel montierten akustischen Impulssender und einem auf dem Arbeitsboot montierten Berechnungsprozessor, der einen Standort des getauchten Ziels basierend auf Positionsdaten über Positionen des akustischen Wandlers und jedes akustischen Empfängers und Distanzdaten über eine Distanz von dem akustischen Wandler und den akustischen Empfängern zum akustischen Impulssender berechnet.

[0013] Das obige Funkpositionsbestimmungsmittel kann ein Globalpositionsbestimmungsmittel sein. Der akustische Impulssender kann ein akustischer Wandler, ein synchroner Sonarimpulsgeber oder ein synchroner Responder sein. Das getauchte Positionsbe-

stimmungsziel schließt solche Objekte wie Tiefseeschleppvorrichtungen, die von einem Arbeitsboot geschleppt werden, auf dem Meeresboden liegende gesunkene Schiffe, Kolbenkernbohrer, die verwendet werden, um Meeresbodenproben zu gewinnen, und Taucher ein.

[0014] Gemäß dem oben beschriebenen Positionsbestimmungssystem dieser Erfindung wird zunächst das Funkpositionsbestimmungsmittel verwendet, um die Standorte des akustischen Wandlers auf der ersten Oberflächenschleppereinheit und der akustische Empfänger auf der zweiten Oberflächenschleppereinheit zu bestimmen. Die direkte Distanz vom akustischen Wandler auf der ersten Oberflächenschleppereinheit und den akustischen Empfängern auf der zweiten Oberflächenschleppereinheit zu dem akustischen Impulssender auf dem Positionsbestimmungsziel wird dann aus der Zeit erhalten, die die Schallwelle benötigt, um die Distanz zu durchlaufen. Da der akustische Impulssender sich an dem Punkt befinden wird, an welchem sich die drei Distanzlinien auf einer als Radius genommenen sphärischen Oberfläche schneiden, kann die Position des getauchten Objekts bestimmt werden, indem der Schnittpunkt erhalten wird.

[0015] Um die Berechnung zu vereinfachen und die Positionsbestimmungsgenauigkeit zu erhöhen, wird die Tiefe des akustischen Impulssenders gemessen, und die drei direkten Distanzen und die Tiefe werden verwendet, um jede der horizontalen Distanzen von dem akustischen Wandler auf der ersten Oberflächenschleppereinheit und den akustischen Empfängern auf der zweiten Oberflächenschleppereinheit zum akustischen Impulssender zu erhalten.

[0016] In dem Positionsbestimmungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung muss nur ein akustischer Transponder auf dem betreffenden Objekt vorgesehen werden, was die Notwendigkeit im Falle eines herkömmlichen LBL-Systems beseitigt, mindestens drei Transponder auf dem Meeresboden vorzusehen und eine Systemkalibrierung auszuführen. Die Reichweite der Positionsbestimmung wird folglich vergrößert. Außerdem werden statt Hilfsarbeitsbooten Oberflächenschleppereinheiten verwendet, so dass der Umfang der Systemanlage reduziert werden kann und der Bedarf an Leuten, um die Boote zu steuern, ebenfalls eliminiert wird. Da die durch die akustischen Wandler und -empfänger ermittelten Daten über ein Kabel zum akustischen Impulssender auf dem Hauptarbeitsboot übertragen werden, unterliegt das System außerdem keinen Funkvorschriften.

[0017] Weitere Eigenschaften der Erfindung, und verschiedene Vorteile werden aus den beiliegenden Zeichnungen und der folgenden ausführlichen Beschreibung der Erfindung ersichtlicher.

[0018] [Fig. 1](#) ist eine Vorderansicht eines Systems zur Positionsbestimmung von Unterwasserobjekten gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

[0019] [Fig. 2](#) ist eine Draufsicht des in [Fig. 1](#) gezeigten Positionsbestimmungssystems.

[0020] [Fig. 3](#) ist eine Draufsicht eines Positionsbestimmungssystems gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

[0021] [Fig. 4](#) ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer Informationsverarbeitung durch das Positionsbestimmungssystem der Erfindung veranschaulicht.

[0022] [Fig. 5](#) ist ein Zeitablaufdiagramm, das sich auf die akustische Impulsübertragung und Empfangszustände der Einheiten des Positionsbestimmungssystems bezieht.

[0023] [Fig. 6](#) veranschaulicht das Bestimmen der Position einer Tiefseeschleppvorrichtung mittels des Positionsbestimmungssystems der Erfindung.

[0024] [Fig. 7](#) ist eine Draufsicht einer dritten Ausführungsform des Positionsbestimmungssystems der Erfindung.

[0025] [Fig. 8](#) veranschaulicht die Verwendung des Positionsbestimmungssystems der Erfindung, um die Position eines gesunkenen Schiffes zu bestimmen.

[0026] [Fig. 9](#) veranschaulicht die Verwendung des Positionsbestimmungssystems der Erfindung, um die Position eines Kolbenkernbohrers auf dem Meeresboden zu bestimmen.

[0027] [Fig. 10](#) veranschaulicht die Verwendung des Positionsbestimmungssystems der Erfindung, um die Position eines Tauchers zu bestimmen.

[0028] [Fig. 11](#) veranschaulicht ein LBL-System zur Positionsbestimmung unter Wasser nach dem Stand der Technik.

[0029] [Fig. 12](#) veranschaulicht ein System zur Positionsbestimmung unter Wasser nach dem Stand der Technik mit einem Hauptarbeitsboot und Hilfsarbeitsbooten.

[0030] [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) sind eine Vorder- bzw. Draufsicht einer ersten Ausführungsform eines Systems zum Bestimmen der Position einer getauchten Schleppeinheit **11**, die für Vermessungsarbeiten am Meeresboden und dergleichen verwendet wird. Ein akustischer Transponder **12**, ein Tiefenanzeiger **13** und ein Meeresboden-Höhenmesser **14** sind auf der getauchten Schleppeinheit **11** montiert, die von einem Arbeitsboot **15** über eine zweite Schleppleine **25**

geschleppt wird. Anstelle des Transponders **12** kann ein synchroner Sonarimpulsgeber verwendet werden, der Schallwellen in festgelegten Intervallen sendet, oder ein Responder, der Schallwellen gemäß vom Arbeitsboot über ein Kommunikationskabel gesendeten Befehlen sendet (im folgenden werden akustische Transponder, synchroner Sonarimpulsgeber und Responder zusammenfassend auch als akustische Impulssender bezeichnet). Im Falle eines synchronen Sonarimpulsgebers oder eines Respondergerätes kann ein akustischer Empfänger für einen akustischen Wandler **18** einer ersten Oberflächenschleppeinheit **16** verwendet werden.

[0031] Die getauchte Schleppeinheit **11** wird entsprechend der Tiefe des Meeresbodens bewegt, wofür es bis zu einer maximalen Tiefe von 6000 m getaucht werden kann. Ein Druckmessgerät kann für den Tiefenanzeiger **13** verwendet werden.

[0032] Auf der ersten Oberflächenschleppeinheit **16** sind der akustische Wandler **18** und ein Funkpositionsbestimmungssystem **21** montiert. Mittels einer ersten Schleppleine **24a** schleppt das Arbeitsboot **15** die erste Oberflächenschleppeinheit **16** in einer Distanz L1 (welche z.B. etwa 50 m beträgt). Auf einer zweiten Oberflächenschleppeinheit **17** sind akustische Wandler **19** und **20**, einer auf je einer Seite, und ein Funkpositionsbestimmungssystem **22** montiert. Mittels einer ersten Schleppleine **24b** wird die zweite Oberflächenschleppeinheit **17** vom Arbeitsboot **15** in einer Distanz L2 (welche z.B. etwa 100 m beträgt) hinter der ersten Oberflächenschleppeinheit **16** geschleppt. Für die Positionsbestimmungssysteme **21** und **22** kann ein Globalpositionsbestimmungssystem oder ein differentielles Globalpositionsbestimmungssystem (die beide zusammenfassend hierin auch als Globalpositionsbestimmungssystem oder GPS bezeichnet werden) sowie kurzreichweitige Funkpositionsbestimmungssysteme auf der Basis von Mikrowellen und Loran C verwendet werden (die im folgenden auch als Funkpositionsbestimmungssysteme bezeichnet werden).

[0033] Ein Kompass **23** kann weggelassen werden, falls ein GPS-Empfänger als das Funkpositionsbestimmungssystem **22** über den akustischen Empfängern **19** und **20** auf der zweiten Oberflächenschleppeinheit **17** verwendet wird. Die Distanz L1 wird geeigneterweise bei einer Distanz eingestellt, die sicherstellt, dass der Wandler **18** durch das Geräusch des Arbeitsbootes **15** nicht beeinflusst wird. Die Distanz L2 wird gemäß der gewünschten Positionsbestimmungsgenauigkeit in geeigneter Weise festgelegt. Eine Länge von 2 m und eine Breite von 1 m sind für die Oberflächenschleppeinheiten **16** und **17** ausreichend groß; zu diesem Zweck können Surfbretter verwendet werden.

[0034] [Fig. 3](#) zeigt eine zweite Ausführungsform

des Positionsbestimmungssystems der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#). Obgleich in der Ausführungsform der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) die eine zweite Oberflächenschleppereinheit **17** mit den beiden Wandlern **19** und **20** versehen ist, gibt es in der in [Fig. 3](#) gezeigten Ausführungsform zwei zweite Oberflächenschleppereinheiten **17a** und **17b**, die jeweils einen Wandler aufweisen. Die zweite Schleppereinheit **17a** wird vom Arbeitsboot **15** über die erste Oberflächenschleppereinheit **16** geschleppt, die zwischen den ersten Schlepplein **24a** und **24b** ist, ähnlich der Ausführungsform in [Fig. 1](#). Die zusätzliche zweite Schleppereinheit **17b** wird vom Arbeitsboot **15** direkt und in einer Distanz L_3 von diesem mittels einer ersten Schleppleine **24c** parallel zur ersten Oberflächenschleppereinheit **16** geschleppt. Folglich bilden die erste Oberflächenschleppereinheit **16** und die zweiten Oberflächenschleppereinheiten **17a** und **17b** eine dreieckige Grundlinie. Diese Grundlinie ist größer als diejenige in der ersten Ausführungsform, was die Genauigkeit des Positionsbestimmungssystems verbessert. Im Falle dieser Anordnung kann der Kompass weggelassen werden, falls das Funkpositionsbestimmungssystem **22** ebenfalls auf der zweiten Schleppereinheit **17b** vorgesehen ist.

[0035] [Fig. 4](#) zeigt das Gerät, das verwendet wird, um akustische Impulse und andere Informationen zu verarbeiten. Ein akustischer Sender-Empfänger **26** und ein Prozessor **27** sind auf dem Arbeitsboot **15** installiert. Der akustische Sender-Empfänger **26** ist mit dem Wandler **18** und den akustischen Empfängern **19** und **20** durch ein in der Schleppleine enthaltenes Kommunikationskabel verbunden, und der Prozessor **27** ist mit den Funkpositionsbestimmungssystemen **21** und **22** und dem Kompass **23** durch ein in der Schleppleine enthaltenes Kommunikationskabel verbunden.

[0036] Vom Transponder **12** auf der getauchten Schleppereinheit **11** werden von dem auf der ersten Schleppereinheit **16** vorgesehenen Wandler **18** gesendete akustische Impulse empfangen. Der Transponder **12** sendet akustische Impulse basierend auf den empfangenen Impulsen. Wie oben beschrieben wurde, kann anstelle eines akustischen Transponders ein synchroner Sonarimpulsgeber oder ein Responder verwendet werden. Ein Sonarimpulsgeber oder Responder sendet seine eigenen akustischen Impulse, was die Notwendigkeit, Impulse vom Wandler zu senden, eliminiert.

[0037] Tiefendaten von dem Tiefenanzeiger **13** werden einer Impulsintervallmodulation unterzogen und von dem Transponder **12** als zweite akustische Impulse gesendet. Vom Transponder **12** gesendete erste akustischen Impulse werden von dem Wandler **18** und den akustischen Empfängern **19** und **20** empfangen, und der akustische Sender-Empfänger **26** auf dem Arbeitsboot **15** wird genutzt, um die Zeit von der Übertragung vom Wandler **18** bis zum Empfang

durch den Wandler **18** und die akustischen Empfänger **19** und **20** zu messen.

[0038] Mit Verweis auf [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) wird nun eine Bestimmung der Position der getauchten Schleppereinheit **11** erläutert. Zuerst wird ein das Positionsbestimmungssystem bildender GPS-Empfänger **21** verwendet, um die Position (a_1, b_1) des Wandlers **18** auf der ersten Oberflächenschleppereinheit **16** zu bestimmen, und die Positionen (a_2, b_2) , (a_3, b_3) der akustischen Empfänger **19** und **20** auf der zweiten Oberflächenschleppereinheit **17** werden bestimmt, indem Lagedaten des Kompass **23** und Positionsbestimmungsdaten von einem GPS-Empfänger **22** (im Falle der Ausführungsform der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#)) kombiniert werden, oder mittels der Positionsbestimmungsdaten von dem GPS-Empfänger **22** (im Falle der in [Fig. 3](#) gezeigten Ausführungsform). Als nächstes werden von dem Transponder **12** auf der getauchten Schleppereinheit **11** gesendete erste Impulse von dem Wandler **18** und den Empfängern **19** und **20** empfangen, und der akustische Sender-Empfänger **26** mißt die Zeiten T_1 , T_2 , T_3 , die benötigt werden, damit die Übertragung von dem Wandler **18** und den Empfängern **19** und **20** empfangen wird.

[0039] Falls V die Schallgeschwindigkeit ist, können die direkten Distanzen in R_1 , R_2 , R_3 vom Transponder **12** zum Wandler **18**, Empfänger **19** und Empfänger **20** folgendermaßen erhalten werden: $R_1 = V \times T_1$, $R_2 = V \times T_2$, $R_3 = V \times T_3$. Da der akustische Transponder **12** sich an dem Punkt befinden wird, an welchem R_1 , R_2 , R_3 sich auf einer als Radius genommenen sphärischen Oberfläche schneiden, kann die Position des Transponders **12** aus den direkten Distanzen R_1 , R_2 , R_3 berechnet werden. Die Berechnungen können vereinfacht und die Positionsbestimmungsgenauigkeit verbessert werden, indem die Tiefe D des Transponders **12** gemessen wird. Die Tiefe D des Transponders **12** kann berechnet werden, da die zweiten Impulse vom Transponder **12** vom Wandler **18** empfangen werden. Somit können die horizontalen Distanzen S_1 , S_2 , S_3 vom Transponder **12** zu dem Wandler **18**, Empfänger **19** und Empfänger **20** wie folgt berechnet werden: $S_1^2 = R_1^2 - D^2$, $S_2^2 = R_2^2 - D^2$, $S_3^2 = R_3^2 - D^2$.

[0040] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist, ist der Punkt, an welchem S_1 , S_2 , S_3 einander schneiden, die Position (x, y) des Transponders **12** auf der getauchten Schleppereinheit **11** zur Zeit t_1 . Die Position (x, y) kann wie folgt erhalten werden:

$$(x - a_1)^2 + (y - b_1)^2 = S_1^2$$

$$(x - a_2)^2 + (y - b_2)^2 = S_2^2$$

$$(x - a_3)^2 + (y - b_3)^2 = S_3^2$$

[0041] In [Fig. 6](#) geben t_2 , t_3 jeweils eine Position an,

zu der sich der Wandler **18**, Empfänger **19**, Empfänger **20** und Transponder **12** nach dem Verlauf der jeweiligen Zeiten t_2 und t_3 bewegt haben.

[0042] Während in dem obigen Beispiel ein Transponder **12** auf der getauchten Schleppeinheit **11** montiert ist, kann anstelle des Transponders **12** ein synchroner Sonarimpulsgeber oder ein Responder verwendet werden. Ein akustischer Transponder sendet keine Antwort, falls er das von der Oberfläche gesendete Schallsignal nicht empfangen kann, ein synchroner Sonarimpulsgeber oder ein Responder kann aber eine Schallantwort senden, sogar ohne dass ein akustisches Signal empfangen wird. Ein Mangel der Synchronisierung zwischen dem Arbeitsboot und dem getauchten Sonarimpulsgeber kann einen Fehler in den Reichweitendaten erzeugen.

[0043] Bei einem indirekt arbeitenden Schleppsystem, bei dem die getauchte Schleppeinheit **11** durch die Schleppleine **25** geschleppt wird (ein System, bei dem Statusinformationen über den Meeresboden nicht direkt gekoppelt zum Arbeitsboot gesendet werden) ist es notwendig, sorgfältig sicherzustellen, daß die Schleppeinheit den Meeresboden nicht trifft. Dazu kann ein Echotonegeber oder ein anderer derartiger Sucher für die Meeresbodentiefe mit dem Transponder **12** verbunden werden, um die Höhe vom Meeresboden zu messen, und die Information einer Impulsintervallmodulation unterworfen und als dritte Impulse gesendet werden.

[0044] [Fig. 7](#) zeigt eine dritte Ausführungsform des Systems zur Positionsbestimmung von Unterwasserobjekten der vorliegenden Erfindung. In der zweiten Ausführungsform wird eine erste Oberflächenschleppeinheit **16** mit einem akustischen Empfänger **20** geschleppt, und eine zweite Schleppeinheit **17b** mit einem akustischen Empfänger **19** wird vom Arbeitsboot **15** direkt geschleppt. Im Falle dieser dritten Ausführungsform ist der Empfänger **19** auf einer zweiten Schleppeinheit **17a** vorgesehen, und der Empfänger **20** ist auf einer zweiten Schleppeinheit **17b** vorgesehen. Eine vorgeschriebene Distanz wird zwischen den Schleppeinheiten beibehalten, die mit einer ersten Oberflächenschleppeinheit **16** durch erste Oberflächenschlepplein **24b** und **24c** verbunden sind. Die zweiten Schleppeinheiten **17a** und **17b** haben jeweils ein verstellbares Ruder **28**, das eingestellt werden kann, um den vorgeschriebenen Abstand zwischen den Schleppeinheiten **17a** und **17b** aufrechtzuerhalten. In der vorhergehenden Erfindung bilden die erste Oberflächenschleppeinheit **16** und die zweiten Oberflächenschleppeinheiten **17a** und **17b** eine Y-Form, die es möglich macht, die Distanz zwischen dem Wandler **18** und den Empfängern **19** und **20** leicht einzustellen, was dabei hilft, die Positionsbestimmungsgenauigkeit zu verbessern.

[0045] Bis zu diesem Punkt wurde das System mit

Verweis auf die erste Oberflächenschleppeinheit **16** und die zweite Oberflächenschleppeinheit **17** beschrieben, die geschleppt werden, während sich das Arbeitsboot **15** vorausbewegt und Positionen bestimmt werden. Im folgenden bezieht sich die Erklärung auf die Bestimmung der Position eines getauchten Objekts während sich das Arbeitsboot nicht bewegt oder driftet.

[0046] [Fig. 8](#) veranschaulicht ein Beispiel der Bestimmung der Position eines gesunkenen Schiffes. Wenn ein gesunkenes Schiff gehoben werden soll, ist die Bestimmung der Position des Schiffes im Hinblick auf eine Verbesserung der Effizienz der Operation von entscheidender Bedeutung.

[0047] Zunächst wird ein akustischer Transponder **12** am gesunkenen Schiff **31** auf dem Meeresboden angebracht. In dem veranschaulichten Beispiel treiben das Arbeitsboot **15**, die erste Oberflächenschleppeinheit **16**, die mit einem Positionsbestimmungssystem **21** und einem akustischen Wandler **18** versehen ist, und eine zweite Oberflächenschleppeinheit **17**, die mit akustischen Empfängern **19** und **20**, einem Positionsbestimmungssystem **22** und Kompass **23** versehen ist. In der gleichen Weise wie im vorhergehenden beschrieben werden zunächst die Positionsbestimmungssysteme und der Kompass verwendet, um die Positionen des Wandlers **18** und der Empfänger **19** und **20** zu bestimmen. Der Wandler **18** sendet ein akustisches Signal in Richtung auf den Transponder **12** auf dem Schiff **31**, und erste Impulse von dem Transponder **12** werden von dem Wandler **18** und den Empfängern **19** und **20** empfangen. Der akustische Sender-Empfänger auf dem Arbeitsboot **15** mißt die jeweiligen Zeiten T_1 , T_2 , T_3 , die die Übertragung vom Wandler **18** bis zum Empfang durch den Wandler **18** und die Empfänger **19** und **20** in Anspruch nimmt, um die direkten Distanzen R_1 , R_2 , R_3 zwischen dem Transponder **12** und dem Wandler **18** und den Empfängern **19** und **20** zu erhalten, wodurch die Position des gesunkenen Schiffes **31** bestimmt wird.

[0048] [Fig. 9](#) wird verwendet, um zu zeigen, wie die Position eines Kolbenkernbohrers bestimmt wird. Kolbenkernbohrer werden verwendet, um Proben von Ablagerungen auf dem Meeresboden zu gewinnen. Der Kolbenkernbohrer **33** wird vom Arbeitsboot **15** am Ende eines Drahtes **32** abgesenkt, bis der Kernbohrer den Meeresboden berührt. Ein (nicht dargestelltes) Gewicht wird fallengelassen, um den Kernbohrer **33** in die Ablagerungen zu treiben und eine zylindrische Probe zu gewinnen. Am Ende des Drahtes **32** ist ein Transponder **12** angebracht. Vom Wandler **18** auf der ersten Oberflächenschleppeinheit **16** wird ein akustisches Signal an den Transponder **12** gesendet, und die vom Transponder **12** empfangenen und zurückgesendeten ersten Impulse werden von dem Wandler **18** auf der ersten Oberflä-

chenschleppereinheit **16** und den Empfängern **19** und **20** auf der zweiten Oberflächenschleppereinheit **17** empfangen. Die Stelle, an der der Kernbohrer **33** die Probe gewann, kann aus den so erhaltenen Daten bestimmt werden.

[0049] [Fig. 10](#) wird verwendet, um zu zeigen, wie die Position eines Tauchers bestimmt wird. Im Sinne einer Gewährleistung der Sicherheit von Tauchern, die an Arbeiten auf dem Meeresboden beteiligt sind, ist eine Bestimmung der Position der Taucher wichtig. Um die Position eines Tauchers **34** bestimmen zu können, wird zuerst ein Transponder **12** an dem Tauchanzug des Tauchers **34** angebracht. In der gleichen Weise wie oben beschrieben sendet der Wandler **18** auf der ersten Oberflächenschleppereinheit **16** ein akustisches Signal an den Transponder **12**. Die vom Transponder **12** zurückgesendeten ersten Signaleimpulse werden vom Wandler **18** und von den Empfängern **19** und **20** auf den zweiten Oberflächenschleppereinheiten **17a** und **17b** empfangen, und die so gewonnenen Daten werden verwendet, um den aktuellen Standort des Tauchers zu bestätigen.

[0050] Gemäß dem Positionsbestimmungssystem der im vorhergehenden beschriebenen Erfindung werden Funkpositionsbestimmungssysteme wie z.B. GPS-Einheiten, die auf ersten und zweiten Oberflächenschleppereinheiten montiert sind, verwendet, um die Positionen eines Wandlers auf der ersten Oberflächenschleppereinheit und von Empfängern auf den zweiten Oberflächenschleppereinheiten zu bestimmen. Die direkten Distanzen von dem Wandler auf der ersten Oberflächenschleppereinheit und den Empfängern auf den zweiten Oberflächenschleppereinheiten zum Transponder werden dann zusammen mit die Tiefe der getauchten Schleppereinheit angehenden Daten verwendet, um die horizontale Distanz von den ersten und zweiten Oberflächenschleppereinheiten zu der getauchten Schleppereinheit zu erhalten, wodurch ermöglicht wird, dass die Position der getauchten Schleppereinheit bestimmt wird.

[0051] Dies eliminiert die Notwendigkeit im Falle eines herkömmlichen LBL-Systems, mindestens drei Transponder auf dem Meeresboden vorzusehen und eine Systemkalibrierung auszuführen, und da es keine Beschränkung über die Installationsreichweite der Transponder gibt, wird die Reichweite des Positionsbestimmungssystems vergrößert. Außerdem weist das System eine längere Grundlinie als die eines herkömmlichen SSBL-Systems auf, was die Positionsbestimmungsgenauigkeit verbessert. Da Oberflächenschleppereinheiten anstelle der Haupt- und Hilfsarbeitsboote, die vom in [Fig. 12](#) gezeigten herkömmlichen System benötigt werden, verwendet werden, kann der Maßstab der Systemanlage reduziert werden, und der Bedarf an Leuten, um die Boote zu steuern, wird ebenfalls eliminiert. Da die Oberflächenschleppereinheiten zur Montage von Empfängern kei-

ne Schraube haben, die ein Geräusch erzeugt, wird die Positionsbestimmungsgenauigkeit nicht verschlechtert. Da die durch die akustischen Wandler und -empfänger ermittelten Daten über eine Kabelverbindung zum akustischen Impulssender auf dem Hauptarbeitsboot übertragen werden, unterliegt das System auch keinen Vorschriften, die sich auf die Verwendung von Funksystemen beziehen.

Patentansprüche

1. System zur Positionsbestimmung von Unterwasserobjekten **dadurch gekennzeichnet**, dass es aufweist:

ein Arbeitsboot; einen am Arbeitsboot montierten akustischen Sender-Empfänger; erste und zweite Oberflächenschleppereinheiten, die vom Arbeitsboot geschleppt werden; einen akustischen Wandler, der an der ersten Oberflächenschleppereinheit montiert ist, der durch ein Kommunikationskabel mit dem akustischen Sender-Empfänger auf dem Arbeitsboot verbunden ist und dessen Position durch ein Funkpositionsbestimmungsmittel bestimmt wird; zwei akustische Empfänger, die auf der zweiten Oberflächenschleppereinheit montiert sind, die durch ein Kommunikationskabel mit dem akustischen Sender-Empfänger auf dem Arbeitsboot verbunden sind und deren Positionen durch ein Funkpositionsbestimmungsmittel bestimmt werden; einen auf einem getauchten Positionsbestimmungsziel montierten akustischen Impulssender und einen auf dem Arbeitsboot montierten Berechnungsprozessor, der einen Standort des getauchten Ziels basierend auf Positionsbestimmungsdaten über Positionen des akustischen Wandlers und jedes akustischen Empfängers und Distanzdaten über eine Distanz von dem akustischen Wandler und den akustischen Empfängern zum akustischen Impulssender berechnet.

2. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 1, wobei das Funkpositionsbestimmungsmittel ein Globalpositionsbestimmungssystem ist.

3. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 1, wobei der akustische Impulssender ein akustischer Transponder ist.

4. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 1, wobei der akustische Impulssender ein synchroner Sonarimpulsgeber ist.

5. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 1, wobei der akustische Impulssender ein Synchron-Respondergerät ist.

6. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 1, wobei das getauchte Positionsbestimmungsziel eine vom Arbeitsboot geschleppte getauchte Schleppereinheit ist.

7. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 6, wobei die getauchte Schleppeinheit einen Tiefenanzeiger aufweist.

8. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 6, wobei die getauchte Schleppeinheit einen Meeressgrund-Höhenmesser aufweist.

9. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 1, wobei das getauchte Positionsbestimmungsziel ein gesunkenes Schiff ist.

10. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 1, wobei das getauchte Positionsbestimmungsziel ein Kolben-Kernbohrer ist.

11. Positionsbestimmungssystem nach Anspruch 1, wobei das getauchte Positionsbestimmungsziel ein Taucher ist.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

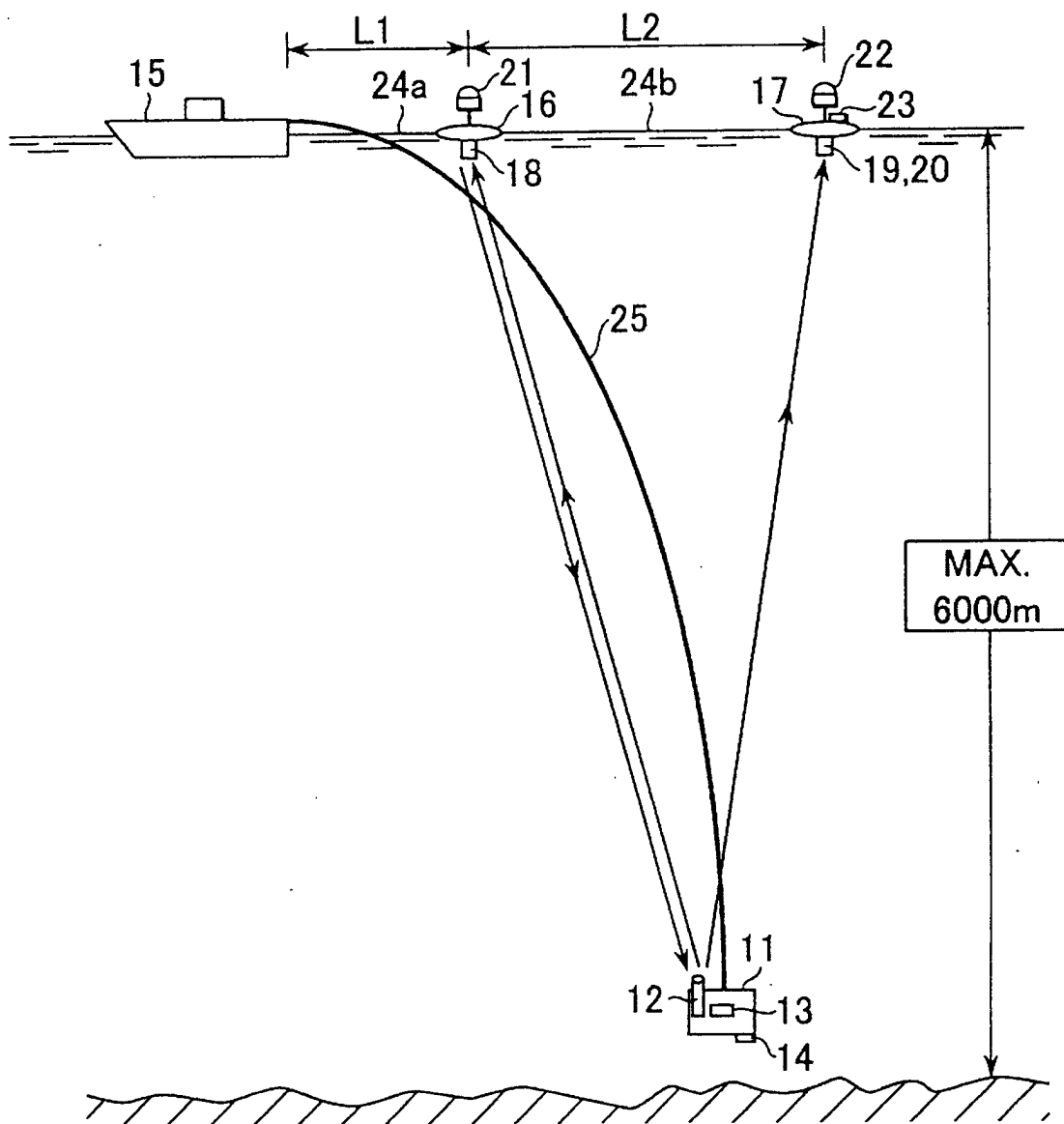


FIG.2

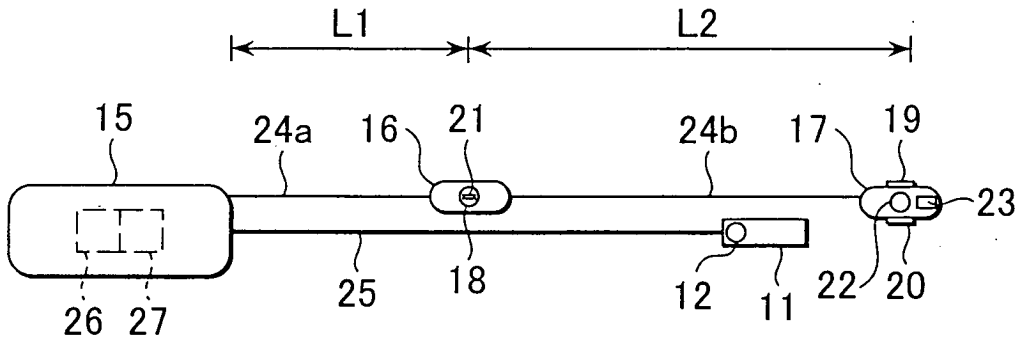


FIG.3

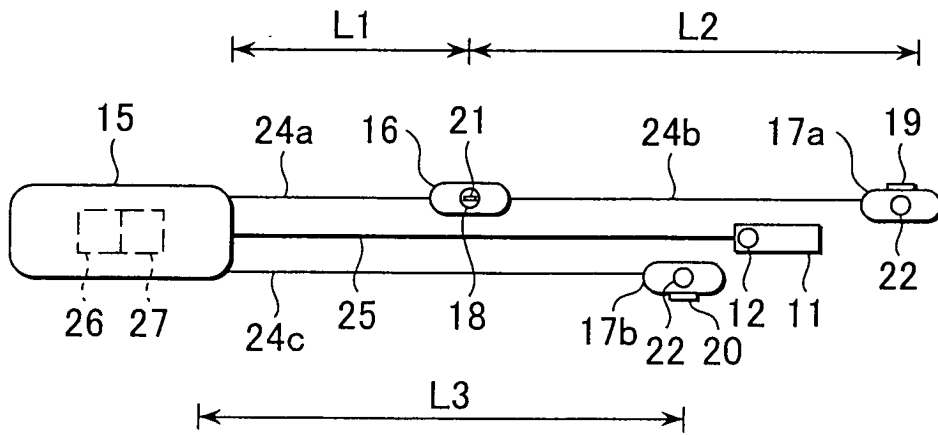


FIG.4

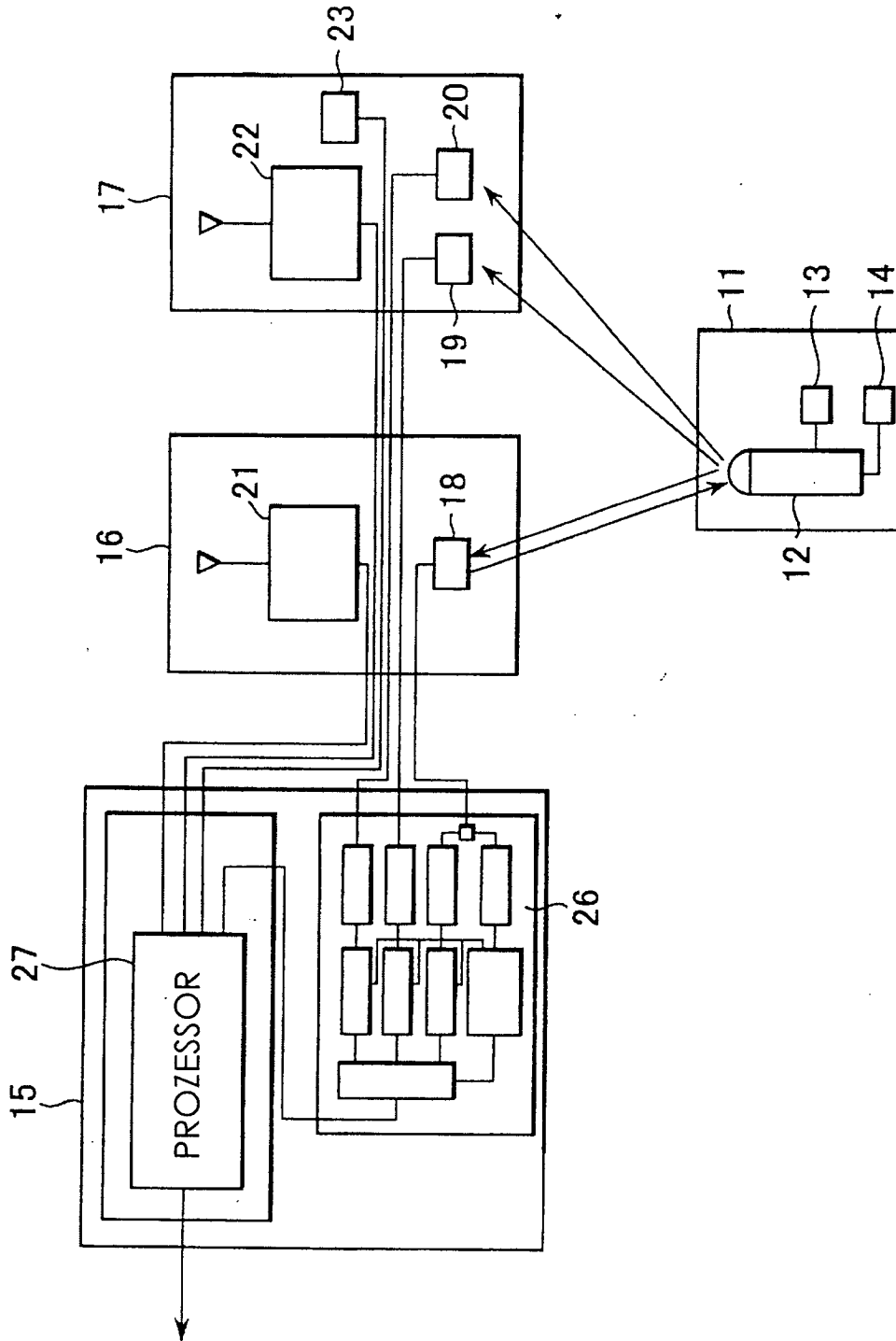


FIG.5

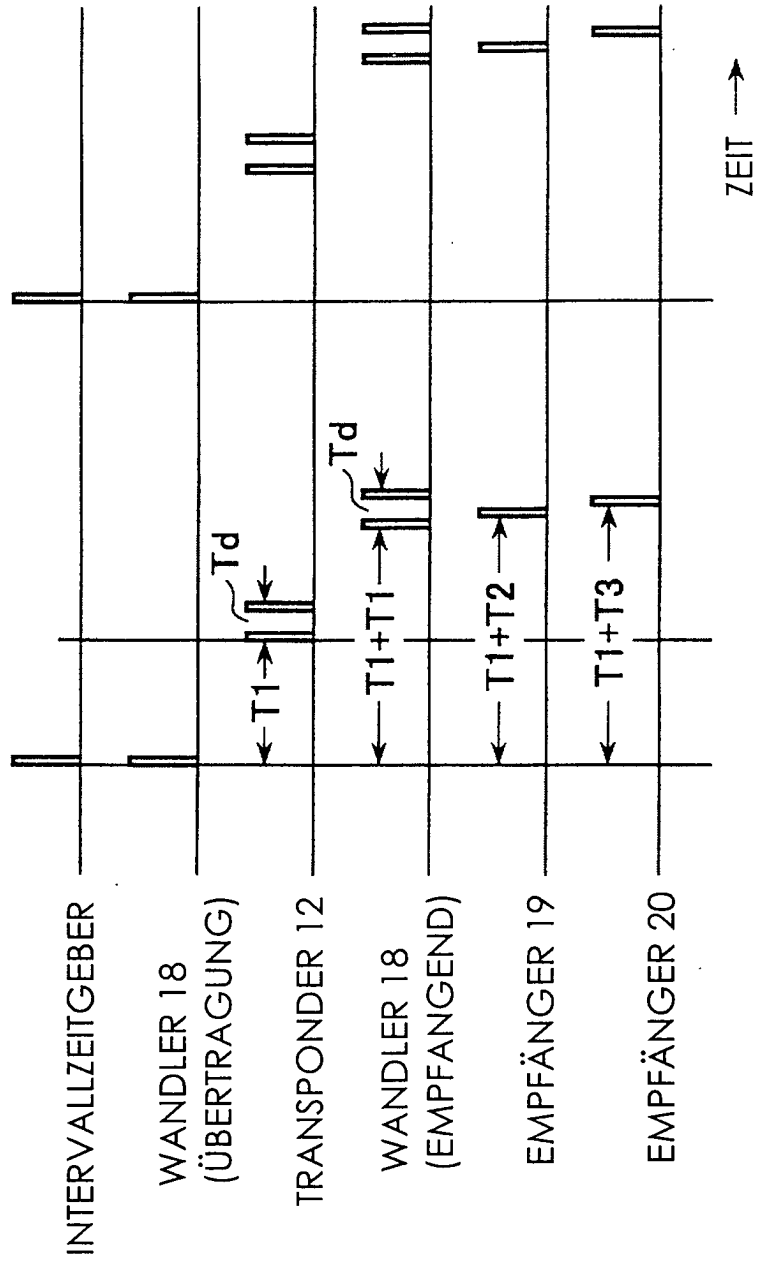


FIG.6

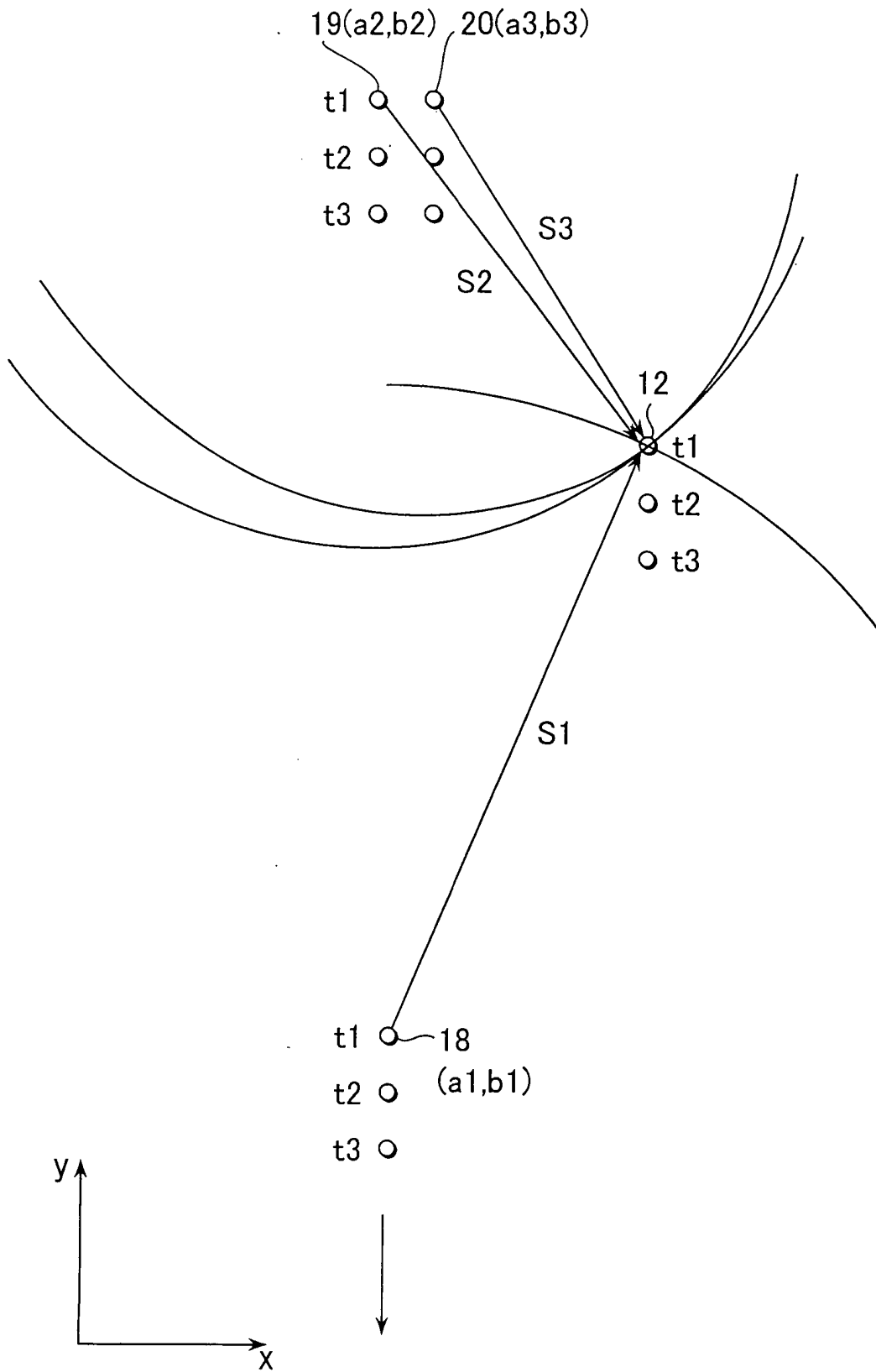


FIG.7

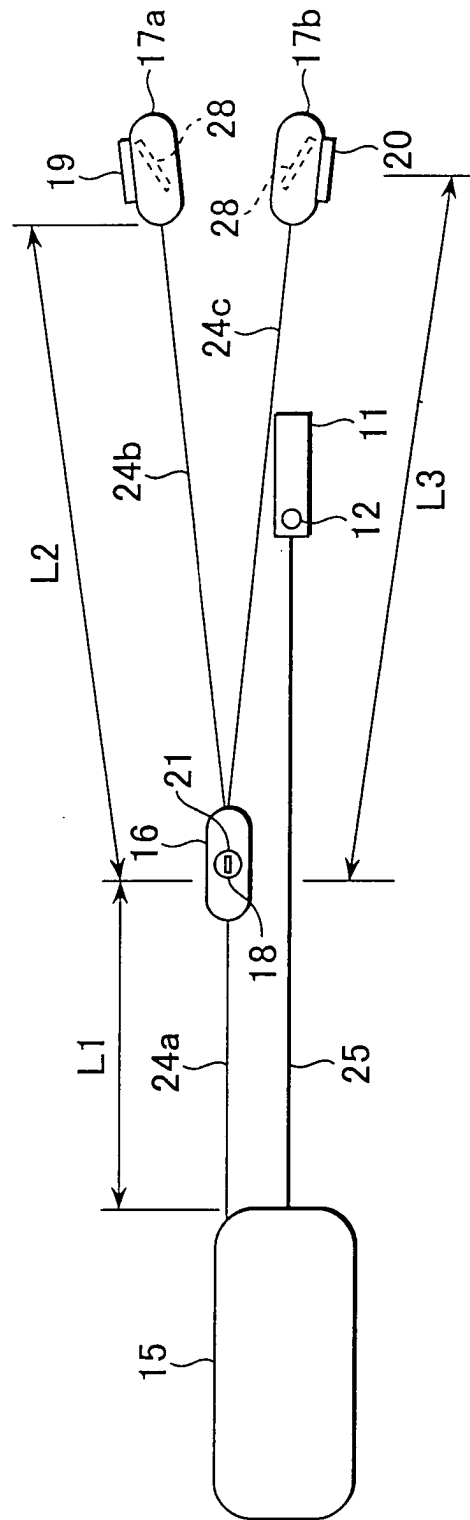


FIG.8

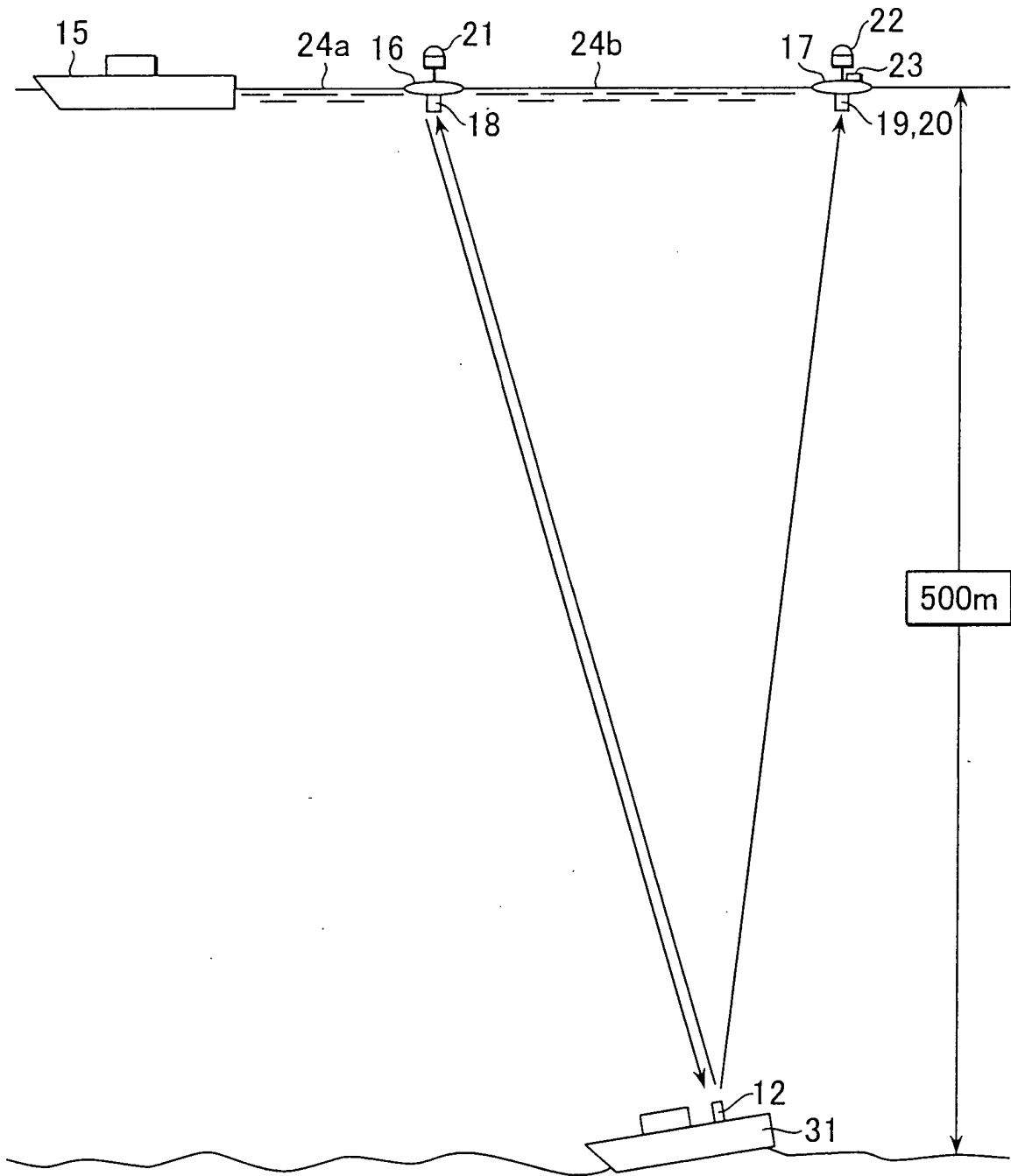


FIG.9

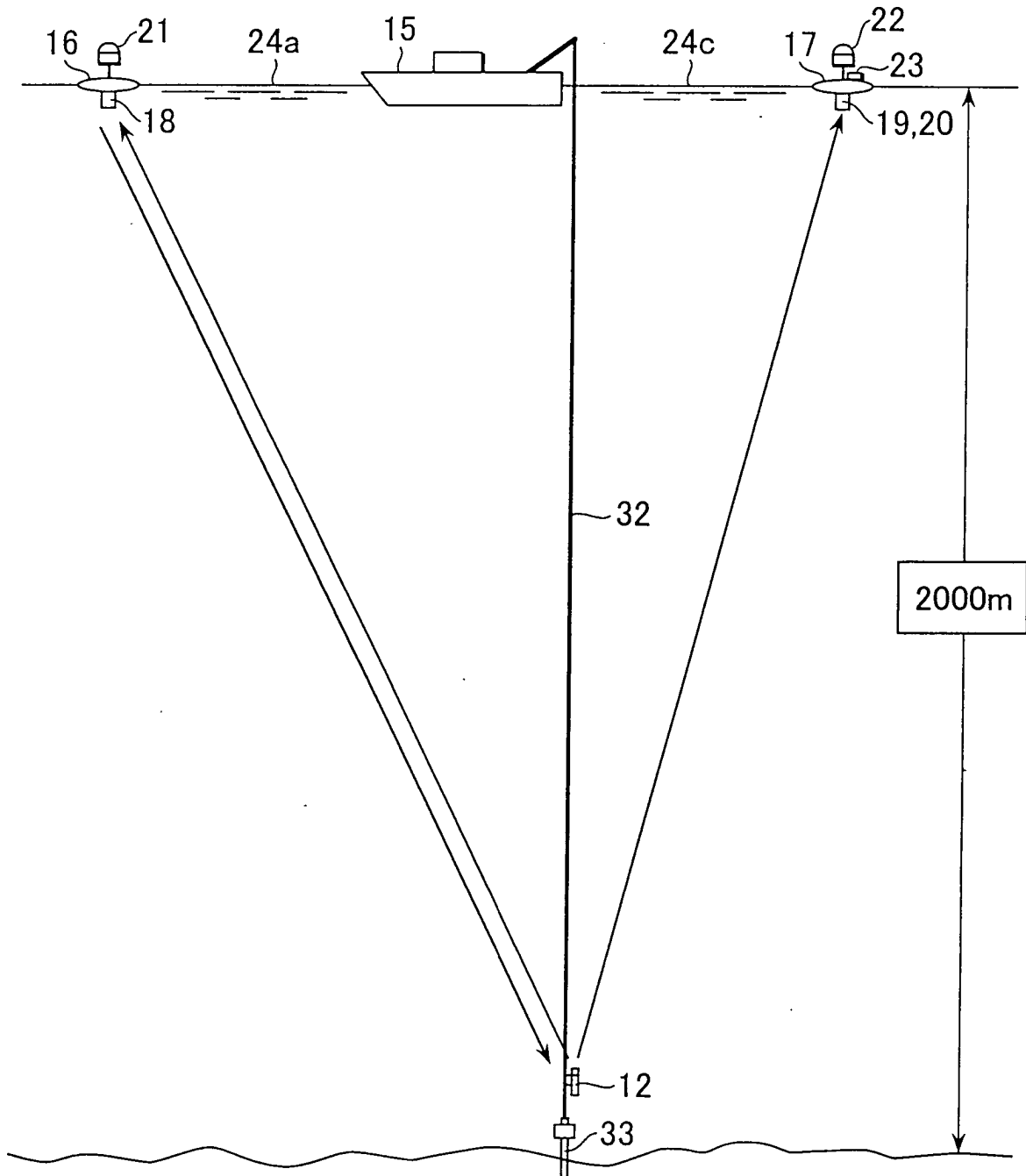


FIG.10

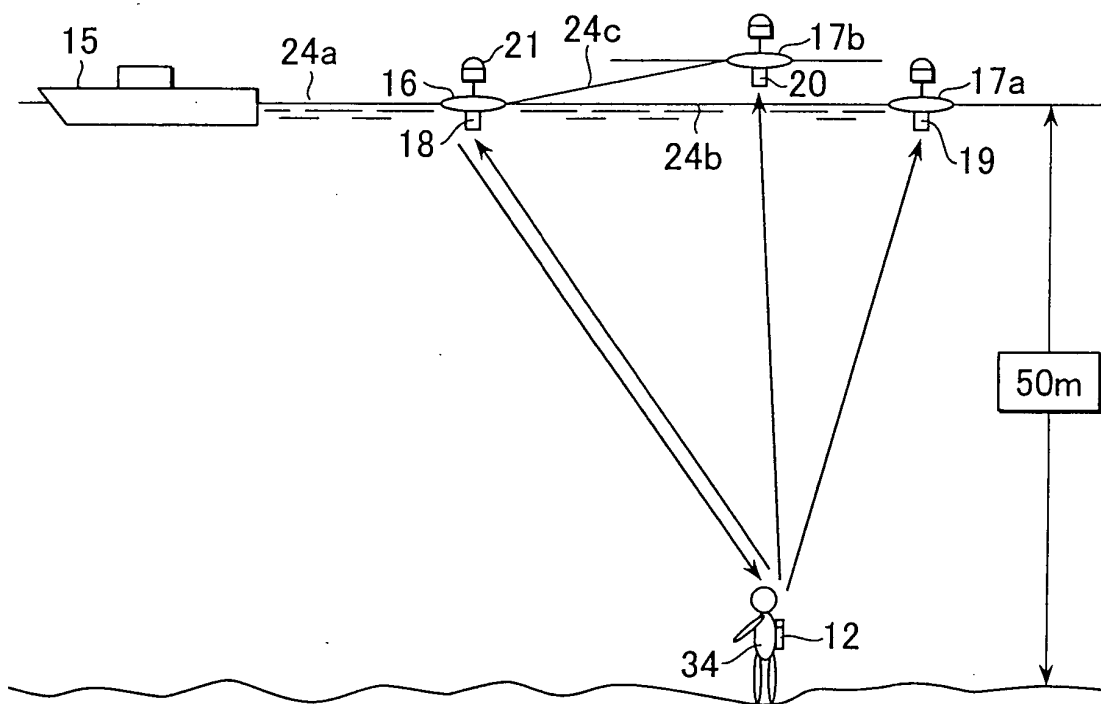


FIG.11 STAND DER TECHNIK

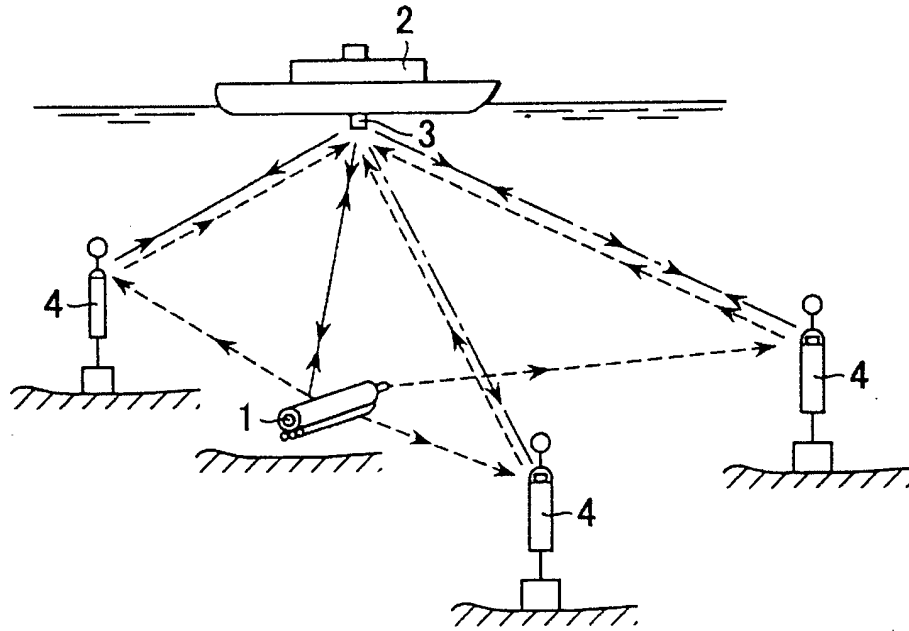


FIG.12 STAND DER TECHNIK

