



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0612276-0 A2**

(22) Data de Depósito: 22/06/2006
(43) Data da Publicação: 26/10/2010
(RPI 2077)



(51) *Int.Cl.:*
G05D 1/00

(54) Título: **MÉTODO DE NAVEGAÇÃO SUBMARINA, E, ASSISTÊNCIA À NAVEGAÇÃO SUBMARINA**

(30) Prioridade Unionista: 22/06/2005 US 11/158678

(73) Titular(es): ALBERT R. BASILICO

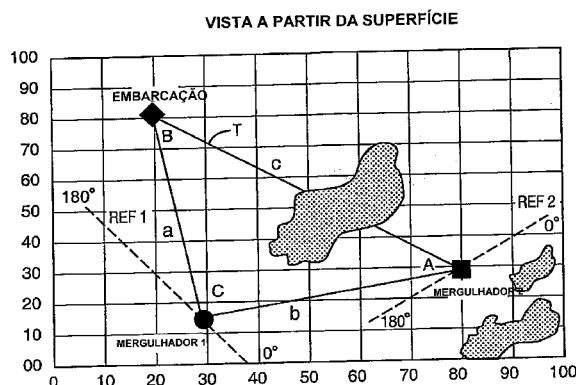
(72) Inventor(es): ALBERT R. BASILICO

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2006024234 de 22/06/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/002246 de 04/01/2007

(57) Resumo: METODO DE NAVEGAÇÃO SUBMARINA, E, ASSISTÊNCIA À NAVEGAÇÃO SUBMARINA. A unidade para mergulhador computa a direção e distância com relação a um alvo especificado. Quando o alvo é obstruído, a unidade para mergulhador recebe dado de assistência à navegação de uma outra unidade de mergulhador. O dado de assistência à navegação inclui informação de direção que é referenciada a uma linha de referência em comum que se estende entre as duas unidades para mergulhador.



“MÉTODO DE NAVEGAÇÃO SUBMARINA, E, ASSISTÊNCIA À NAVEGAÇÃO SUBMARINA”

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

5 A presente invenção refere-se geralmente a assistências à navegação submarina, mais particularmente, um método e aparelho para computar direção e distância a um alvo obstruído.

10 O mergulho recreativo é um esporte popular e está crescendo rapidamente. Um problema freqüentemente encontrado por mergulhadores recreativos é a navegação submarina. Os mergulhadores freqüentemente precisam encontrar seu trajeto para um local particular, tal como uma embarcação de mergulho ancorada ou uma atração submarina, por exemplo banco de coral ou navio afundado. Adicionalmente, é algumas vezes necessário que um mergulhador submarino localize um companheiro de mergulho. A navegação visual nem sempre pode ser prática. Por exemplo, o
15 mergulhador pode estar localizado em uma área com má visibilidade submarina, ou pode estar a uma distância demasiadamente grande da pessoa ou objeto de interesse. Ainda, pode existir uma obstrução entre o mergulhador e o alvo desejado. Nessas situações, o mergulhador pode ser obrigado a subir à superfície a fim de obter um suporte. A subida à superfície pode ser
20 inconveniente devido à necessidade de descompressão.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção provê uma assistência à navegação para mergulhadores para facilitar navegação submarina sem subir à superfície. A assistência à navegação, também referida aqui como uma Unidade de
25 Mergulhador, pode ser usada no pulso do mergulhador. A Unidade de Mergulhador pode se comunicar através de freqüências de sonar com uma unidade de embarcação, uma unidade de baliza, ou outras unidades de mergulhador. A unidade de embarcação, unidades de baliza, e unidades de mergulhador se comunicam usando a mesma freqüência e um esquema de

acesso de múltipla divisão de tempo. Várias técnicas m ser usadas para obter distância e direção a um alvo. O alvo pode ser a embarcação de mergulho, uma baliza posicionada em uma atração submarina, ou um mergulhador companheiro.

- 5 Em um aspecto da invenção, um protocolo é estabelecido para comunicar informação de direção entre duas unidades de mergulhador. A capacidade de comunicar informação de direção entre duas unidades de mergulhador permite que uma primeira unidade de mergulhador proveja assistência navegacional para uma segunda Unidade de Mergulhador.
- 10 Correntemente, não existe maneira conveniente para transmitir informação de direção de uma Unidade de Mergulhador para uma outra devido à falta de uma referência comum para medições angulares. De acordo com a presente invenção, uma primeira unidade de mergulhador com uma linha de visão desobstruída para um alvo pode computar uma distância e direção de uma
- 15 segunda Unidade de Mergulhador ao alvo e transmitir uma distância e informação de direção para a segunda Unidade de Mergulhador. A informação de direção transmitida da primeira Unidade de Mergulhador para a segunda Unidade de Mergulhador é correlacionada com uma linha de referência em comum que é conhecida ou pode ser determinada tanto pela
- 20 primeira quanto pela segunda unidades de mergulhador. Em uma forma de concretização, a informação de direção transmitida de uma unidade de mergulhador para uma outra é referida por uma linha que se estende através dos locais correntes da primeira e segunda unidades de mergulhador. Visto que ambas unidades de mergulhador são capazes de determinar a orientação
- 25 da linha de referência em comum com relação a suas próprias referências angulares internas, a Unidade de Mergulhador de recepção pode transladar a informação de direção recebida para sua própria referência interna.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A figura 1 ilustra um sistema de comunicação de acordo com a

presente invenção.

A figura 2 ilustra uma Unidade de Mergulhador de acordo com uma forma de concretização de exemplo da invenção.

5 A figura 3 é um diagrama de blocos funcional ilustrando os componentes principais da Unidade de Mergulhador.

A figura 4 ilustra um esquema de acesso múltiplo de divisão de tempo, de exemplo, para comunicação submarina.

A figura 5 ilustra um formato de mensagem, de exemplo, para comunicações submarinas.

10 A figura 6 ilustra um esquema de modulação, de exemplo, para comunicações submarinas.

A figura 7 ilustra um método de determinação de uma direção ao alvo.

15 A figura 8 é uma vista aérea ilustrando uma técnica para determinar distância e direção para um alvo por um mergulhador obstruído.

A figura 9 é um fluxograma de chamada ilustrando um procedimento de exemplo para determinar distância e direção a um alvo obstruído.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

20 Com referência agora aos desenhos, a figura 1 ilustra um sistema de comunicação 2 compreendendo uma unidade de embarcação 4, uma ou mais unidades de baliza 6, e uma pluralidade de unidades de mergulhador 10. A unidade de embarcação 4 normalmente funciona como uma "unidade mestre" e controla comunicações entre as várias entidades no

25 sistema de comunicação 2. As unidades de baliza 6 são usadas principalmente como marcadores e podem prover assistência à navegação para as unidades de mergulhador 10, como descrito a seguir. As unidades de baliza 6 podem ser posicionadas na superfície, ou podem ser sob a água. As unidades de baliza 6 podem funcionar como unidades mestre se nenhuma unidade de embarcação 4

estiver presente. Se estiver presente mais que uma unidade de baliza 6, a unidade de baliza 6 com o endereço mais alto (ou endereço mais baixo) pode ser selecionada para servir como unidade mestre. Unidades de mergulhador 10 são usadas ou portadas pelos mergulhadores e são usadas para comunicação e navegação submarina. As unidades de mergulhador 10 podem funcionar como unidade mestres se nenhuma unidade de embarcação 4 ou unidade de baliza 6 estiver presente. Se estiverem presentes mais que uma Unidade de Mergulhador 10, a Unidade de Mergulhador 10 com o endereço mais alto (ou endereço mais baixo) pode ser selecionada para servir como a unidade mestre.

A figura 2 ilustra uma Unidade de Mergulhador 10 de exemplo. A Unidade de Mergulhador 10 compreende uma carcaça a prova d'água 12 montada sobre uma correia de pulso 14. A Unidade de Mergulhador 10 inclui um mostrador eletrônico 16, tal como um mostrador de cristal líquido, e um ou mais dispositivos de entrada 18. A forma de concretização de exemplo mostrada na figura 2 inclui uma roda de rolamento de imagens 20 e Botão SEND/ENTER 22. Aqueles especializados na técnica reconhecerão que outros dispositivos de entrada, tais como um controlador de "joystick", teclado ou almofada de toque, poderiam ser usados para entrada pelo usuário. Adicionalmente, o mostrador 16 pode compreender um mostrador de tela de toque para receber entrada pelo usuário.

A borda 24 do mostrador 16 inclui uma série de marcas 26 que descrevem várias funções da Unidade de Mergulhador 10, por exemplo, "companheiro", "baliza", etc. Um indicador de função 28 aponta para a função correntemente selecionada. Na figura 2, o indicador de função 28 indica que a função bússola está selecionada. Adicionalmente, mostrador 16 pode mostrar outros indicadores de estado, tais como indicador de energia 30 e indicador de alarme 31, para prover o usuário com informação de estado. O indicador de função 28 pode ser movido para selecionar uma função pela

rotação da roda de rolamento de imagens 20 e compressão do botão ENTRAR/ENVIAR 22.

O efeito de rotação da roda de rolamento de imagens 20 pode ser sensível ao contexto. Por exemplo, a roda de rolamento de imagens 20 pode ser girada para mover o ponteiro 28 para uma função desejada. A função pode então ser selecionada por compressão do botão ENTRAR/ENVIAR 22. Quando uma vez uma função é selecionada, a rotação da roda de rolamento de imagens 20 pode ser usada para rolamento de imagens através de menus ou opções associados com a função selecionada. Por exemplo, se o usuário seleciona "companheiro", a roda de rolamento de imagens 20 pode ser usada para rolar imagens e selecionar um companheiro a partir de uma lista de companheiros.

Em adição a indicadores de estado, o mostrador 16 é usado para fornecer informação útil para o mergulhador visualizar. Na forma de concretização de exemplo, o mostrador 16 pode exibir um indicador direcional 32. Como será descrito em mais detalhe abaixo, o indicador direcional 32 é usado para indicar direção para um alvo para navegação submarina. O mostrador 16 pode também incluir uma área de mostrador numérica ou alfanumérica 34 para exibir dados numéricos e alfanuméricos para o mergulhador. Exemplos de dados numéricos que podem ser exibidos incluem a profundidade corrente, uma distância com relação a um alvo especificado, o tempo corrente, e a latitude e longitude correntes. Estes exemplos não são destinados a ser uma lista compreensiva de toda informação que pode ser exibida, mas meramente ilustrativos dos tipos de informação que podem ser mostrados.

A figura 3 é um diagrama de blocos funcional ilustrando os componentes principais da Unidade de Mergulhador 10. Os componentes principais compreendem circuitos de processamento 50 para processar dados e controlar a operação da Unidade de Mergulhador 10, memória 52 para

armazenar código e dados usados pelos circuitos de processamento 50, uma interface de usuário 54 que inclui o mostrador 16 e dispositivos de entrada de usuário 18, e uma interface de comunicação 56. O circuitos de processamento 50 podem compreender um ou mais processadores programáveis, os quais
 5 podem ser microprocessadores de finalidade geral, microcontroladores, processadores de sinal digital, ou uma combinação dos mesmos. A memória 52 representa a hierarquia completa de memória dentro da Unidade de Mergulhador 10 e pode compreender dispositivos de memória discreta, ou pode compreender memória interna em um ou mais microprocessadores. A
 10 interface de comunicação 56 compreende uma interface de rádio 58 para uso acima da água, e um transceptor de sonar 60 para comunicações submarinas. A interface de rádio pode compreender, por exemplo, uma interface convencional de BLUETOOTH, 802.11b, ou 802.11g.

A unidade de embarcação 4 e unidade de baliza 6 podem ter os
 15 mesmos componentes funcionais como mostrado na figura 3. A unidade de embarcação 4 pode, todavia, ter uma diferente interface de usuário 54. A interface de usuário 54 pode ser omitida da unidade de baliza 6.

Em algumas formas de concretização, a Unidade de Mergulhador 10 pode incluir contatos 36 para detectar quando o mergulhador
 20 submerge. Quando o mergulhador submerge, uma pequena quantidade de corrente fluirá entre contatos 36, o que indica que o mergulhador submergiu. Em resposta, o circuito de processamento 50 pode desativar o transceptor de rádio 58 e ativar o transceptor de sonar 60.

A Unidade de Mergulhador 10 provê funções de comunicação
 25 e navegação submarinas para um mergulhador. Comunicações submarinas ocorrem em frequências de sonar na faixa de aproximadamente 5 khz a 200 khz. O que segue é uma descrição de sistema de comunicação relativamente simples e robusto para comunicações submarinas que pode ser empregado. Aqueles especializados na técnica reconhecerão, todavia, que qualquer

conhecido sistema de comunicação pode estar no lugar do sistema descrito abaixo.

Em uma forma de concretização de exemplo, todos dispositivos submarinos se comunicam na mesma frequência usando um esquema de acesso de múltipla divisão de tempo, todavia, esquemas de acesso múltiplo por divisão de código podem também ser empregados. TDMA divide o espectro de comunicação em intervalos de tempo seqüenciais que são usados para transmitir e/ou receber dados. Um dispositivo transmite e/ou recebe somente em seu(s) intervalo(s) de tempo designados. O conjunto de intervalos de tempo de não repetição constitui um quadro. Em sistemas de TDMA convencionais, um quadro tem um comprimento fixo e a regulação de tempo de quadro é conhecida por todas unidades. Na presente invenção, o quadro é um quadro de comprimento variável que acomoda retardos de propagação entre unidades de mergulhador 10 e não existe nenhum predeterminada regulação de tempo de quadro.

A figura 4 ilustra a estrutura de quadro de um quadro de TDMA acomodando uma unidade de embarcação 4 que serve como a unidade mestre e n unidades de mergulhador 10. No exemplo do cenário de n mergulhadores, mostrado na figura 4, cada Unidade de Mergulhador 10 é alocada a dois intervalos de tempo. Assim, o quadro inclui $2n+m$ intervalos de 20 mseg. de duração, cada, onde n é o número de mergulhadores e m é o número de intervalos de mergulhadores alocados à unidade de embarcação 4. Na forma de concretização mostrada na figura 4, os primeiros 3 intervalos de tempo no quadro são alocados à unidade de embarcação 4, que funciona como a unidade mestre. Cada Unidade de Mergulhador 10 é alocada a dois consecutivos intervalos de tempo. Todavia, não é requerido que as unidades de mergulhador 10 sejam alocadas a intervalos de tempo consecutivos. A unidade de embarcação 4 ou outra unidade mestre pode ter até oito (8) endereços e designar intervalos de tempo a cada um de seus endereços.

Aqueles especializados na técnica apreciarão que mais que uma unidade de embarcação 4 podem estar presentes. Neste caso, uma das unidades de embarcação 4 é selecionada para funcionar como a unidade mestre. Também, as unidades de baliza 6, embora não mostradas na figura 4, podem estar presentes e intervalos de tempo designados da maneira como descrita abaixo.

5 Cada Unidade de Mergulhador 10 controla o uso de seus intervalos de tempo alocados. Uma Unidade de Mergulhador 10 pode transmitir no primeiro intervalo de tempo, enquanto que o segundo intervalo de tempo pode ser usado para transmitir ou receber. Por exemplo, uma primeira Unidade de Mergulhador 10 pode transmitir uma mensagem para uma segunda Unidade de Mergulhador 10 em seu primeiro intervalo de tempo, e a segunda unidade de mergulhador 10 pode transmitir uma resposta para a primeira Unidade de Mergulhador 10 no segundo intervalo de tempo da primeira Unidade de Mergulhador. Assim, o uso de consecutivos intervalos de tempo para transmitir e receber provê um método conveniente de trocar mensagens com uma outra unidade.

15 A figura 4 também ilustra o formato de intervalo. Dentro de cada intervalo de tempo, existe uma banda de guarda no início e fim do intervalo de tempo. O tempo remanescente dentro cada intervalo de tempo é usado para transmitir dado de mensagem. Em uma forma de concretização da invenção, cada intervalo de tempo é usado para transmitir ou receber uma mensagem. Todavia, aqueles especializados na técnica apreciarão que múltiplas mensagens poderiam ser transmitidas em um único intervalo de tempo se a duração de mensagens for curta em relação ao período de intervalo. Inversamente, se um comprimento de mensagem for maior que o período de intervalo, uma mensagem poderia ser segmentada e transmitida sobre múltiplos intervalos.

25 Um formato de mensagem de exemplo é mostrado na figura 5. Uma mensagem inclui um cabeçalho de mensagem e um corpo de mensagem.

Na forma de concretização de exemplo, o cabeçalho de mensagem inclui uma palavra sinc (8 bits), comando (8 bits), endereço de destino (32 bits), e endereço de fonte (32 bits). A palavra sinc é um conhecido padrão de bit usado para indicar o início de uma mensagem. O elemento de comando indica um tipo de mensagem para a unidade de recepção. Se uma mensagem alcançar múltiplos intervalos de tempo, o elemento de comando poderia ser usado para indicar se o dado de mensagem contido no intervalo corrente é uma continuação da mensagem transmitida no intervalo prévio. O elemento de endereço de destino indica o visado destinatário da mensagem. O elemento de endereço de fonte indica o remetente da mensagem. Cada unidade tem uma única unidade de ID que é usada como um endereço para uma mensagem de endereço. Por exemplo, uma mensagem da unidade A para a unidade B é endereçada pela colocação da unidade de ID para a Unidade de Mergulhador A no campo de endereço de fonte, e colocação da unidade de ID para a unidade B no campo de endereço de destino. Os termos unidade de ID e endereço são usados aqui como sinônimos.

A Tabela 1 no Apêndice A contém uma lista de mensagens de exemplo, as quais podem ser usadas nos sistemas de comunicação submarinos. Estas mensagens serão brevemente descritas aqui. Outros detalhes com respeito a uso e sintaxe de mensagem são dados no Apêndice.

As mensagens podem ser amplamente classificadas em cinco categorias. Aquelas cinco categorias incluem mensagens de sincronização de relógio, mensagens de distância e direção, mensagens de comunicação, mensagens de inicialização, e mensagens miscelâneas. Mensagens de sincronização de relógio são usadas para sincronizar os relógios entre diferentes unidades. As mensagens de direção e distância são usadas para determinar a distância e a direção entre duas unidades. Mensagens de comunicação são usadas para enviar mensagens. Mensagens de inicialização são usadas para estabelecer comunicações. As mensagens miscelâneas são

usadas para funções miscelâneas.

As mensagens de sincronização de relógio incluem uma mensagem de SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO, uma mensagem de SOLICITAÇÃO DE SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO, uma mensagem de SOLICITAÇÃO DE SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO, e mensagem de VERIFICAR SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO. A mensagem de SOLICITAÇÃO DE SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO é enviada de uma unidade solicitante para uma unidade que responde para solicitar sincronização dos relógios entre as duas unidades. A mensagem de SOLICITAÇÃO DE SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO pode opcionalmente incluir uma temperatura de água local e profundidade corrente, as quais, se disponíveis, eleva a precisão de cálculos de distância e tempo. A mensagem de SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO é enviada em resposta à mensagem de SOLICITAÇÃO DE SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO. A mensagem de SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO inclui a hora corrente da unidade de transmissão, cujo relógio está sendo usado como o relógio mestre para o procedimento de sincronização. A unidade de recepção pode usar a hora corrente de uma mensagem de SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO e uma distância a partir da unidade de transmissão para atualizar seu próprio relógio. Se a unidade de recepção não tiver conhecimento de uma distância até a unidade de transmissão, a unidade de transmissão pode enviar uma mensagem de RETORNO DE PING (descrita abaixo) imediatamente precedente à mensagem de SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO de forma que a unidade de recepção pode calcular uma distância até a unidade de transmissão. Uma mensagem SOLICITAÇÃO DE SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO é enviada em resposta à mensagem de SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO. A mensagem de SOLICITAÇÃO DE SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO inclui o valor predito do horário da unidade de recepção no instante que ela recebe a mensagem de SOLICITAÇÃO DE SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO. A

unidade de recepção compara o horário predito com o horário da unidade de recepção no instante de recepção da mensagem. Se os horários forem iguais dentro de uma determinada tolerância, os relógios ou horários estão sincronizados. Caso contrário, a unidade de recepção pode enviar uma outra
 5 mensagem de SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO. A mensagem de VERIFICAR SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO é enviada de uma unidade para uma outra para verificar que seus relógios estão em sincronia.

As mensagens de direção e distância incluem a mensagem de PING, mensagem de RETORNO DE PING, mensagem de SOLICITAÇÃO
 10 DE ASSISTÊNCIA DE LOCAL, mensagem de RESPOSTA À ASSISTÊNCIA DE LOCAL, mensagem de SOLICITAÇÃO DE CONFIRMAÇÃO, e mensagem de RESPOSTA À CONFIRMAÇÃO. As mensagens de PING e RETORNO DE PING são usadas para determinar distância e direção entre duas unidades. A mensagem de RETORNO DE PING pode também ser enviada em resposta
 15 a uma mensagem de SOLICITAÇÃO DE SINCRONIZAÇÃO DE RELÓGIO, como descrito acima. Uma primeira unidade envia uma mensagem de PING para uma segunda unidade. A mensagem de PING inclui um valor de relógio indicando a hora corrente da unidade de transmissão quando a mensagem de PING é enviada. A segunda unidade envia uma mensagem de RETORNO DE
 20 PING em resposta. A mensagem de RETORNO DE PING inclui um valor de relógio indicando o tempo decorrido entre a recepção da mensagem de PING e a transmissão da mensagem de RETORNO DE PING para levar em conta retardos de processamento. A primeira unidade pode então usar os métodos de tempo de chegada ou tempo de deslocamento, descritos abaixo, para computar
 25 uma distância entre as duas unidades.

A dita mensagem de SOLICITAÇÃO DE ASSISTÊNCIA DE LOCAL é usada para solicitar assistência à navegação. A dita mensagem de SOLICITAÇÃO DE ASSISTÊNCIA DE LOCAL é tipicamente enviada de uma Unidade de Mergulhador para uma unidade de baliza 6 ou a uma outra

Unidade de Mergulhador 10, mas pode também ser enviada para qualquer uma dentre a unidade de embarcação 4 ou outra unidade mestre. A mensagem de SOLICITAÇÃO DE ASSISTÊNCIA DE LOCAL especifica a unidade de ID para o alvo que a unidade solicitante deseja localizar no corpo de mensagem.

- 5 A mensagem de RESPOSTA À ASSISTÊNCIA DE LOCAL é enviada em resposta à mensagem de ASSISTÊNCIA DE LOCAL. A dita mensagem de RESPOSTA À ASSISTÊNCIA DE LOCAL inclui a distância e direção da unidade que envia a mensagem de SOLICITAÇÃO DE ASSISTÊNCIA DE LOCAL para o alvo especificado na mensagem de SOLICITAÇÃO DE ASSISTÊNCIA DE LOCAL. A mensagem de RESPOSTA À ASSISTÊNCIA DE LOCAL pode opcionalmente incluir a profundidade do alvo.

- 15 A mensagem de SOLICITAÇÃO DE CONFIRMAÇÃO assim como a mensagem de RESPOSTA À CONFIRMAÇÃO são empregadas para verificar medições de direção e distância. A mensagem de SOLICITAÇÃO DE CONFIRMAÇÃO contém a profundidade da unidade de transmissão, e sua direção e distância com relação a um alvo especificado. A unidade que responde pode então computar a direção e distância da primeira unidade com relação ao alvo especificado para comparação com os valores recebidos da primeira unidade. A mensagem de RESPOSTA À CONFIRMAÇÃO indica se as medições de direção e distância foram verificadas.

- 20 As mensagens de comunicação incluem uma mensagem de PONTO-A-PONTO, uma mensagem de PONTO-A-MÚLTIPLOS PONTOS, uma mensagem de COMM RELAY REQUEST, assim como uma mensagem de SOLICITAÇÃO DE RETRANSMISSÃO. A mensagem de PONTO-A-PONTO é usada para enviar uma mensagem de uma unidade para uma outra. O destinatário visado é especificado pelo endereço de destino da mensagem. A mensagem de PONTO-A-MÚLTIPLOS PONTOS é utilizada para difundir uma mensagem para um grupo de usuários. Uma mensagem de PONTO-A-MÚLTIPLOS PONTOS é indicada pela colocação de um identificador de grupo

no campo de endereço de destino da mensagem. Um identificador de grupo predeterminado pode ser usado para indicar um grupo mestre compreendendo todas as unidades. A mensagem de emergência é empregada para indicar uma situação de emergência. A mensagem COMM RELAY REQUEST é enviada de uma primeira unidade para uma segunda unidade para solicitar à segunda unidade retardar uma ou mais mensagens para a unidade-alvo especificada. Isto é útil quando o destinatário visado está obstruído. Esta mensagem é também enviada para parar a retransmissão de mensagem.

As mensagens de inicialização incluem a mensagem de quadro INIT, a mensagem de SEQÜÊNCIA DE UNIDADES, e a mensagem de CONFIRMAÇÃO DE SEQÜÊNCIA DE UNIDADES. A mensagem de quadro INIT é usada para iniciar o procedimento de inicialização. O procedimento de inicialização é um procedimento para estabelecer uma seqüência de transmissão. A mensagem de quadro INIT é enviada pela unidade de embarcação 4 ou outra unidade mestre para todas outras unidades. A mensagem de SEQÜÊNCIA DE UNIDADES é enviada pela unidade de embarcação 4 ou outra unidade mestre para uma Unidade de Mergulhador especificada 10 para indicar para a Unidade de Mergulhador especificada 10 sua posição na seqüência de transmissão. A posição na seqüência de transmissão é identificada por meio da inclusão da unidade de ID da Unidade de Mergulhador precedente 10 no corpo da mensagem de SEQÜÊNCIA DE UNIDADES. Por exemplo, a mensagem de SEQÜÊNCIA DE UNIDADES enviada para o mergulhador B pode incluir a unidade de ID para a Unidade de Mergulhador A no corpo de mensagem. Assim, Unidade de Mergulhador B sabe que transmitirá após a Unidade de Mergulhador A. A mensagem de CONFIRMAÇÃO DE SEQÜÊNCIA DE UNIDADES é enviada mediante uma Unidade de Mergulhador 10 para a unidade de embarcação 4 ou outra unidade mestre para confirmar a mensagem de SEQÜÊNCIA DE UNIDADES.

As mensagens miscelâneas incluem a mensagem de PONTO DE

REFERÊNCIA, mensagem de QUADRO, mensagem de INTERROGAÇÃO DE ASSISTÊNCIA, e mensagem de RESPOSTA À INTERROGAÇÃO. A mensagem de PONTO DE REFERÊNCIA é enviada por uma Unidade de Mergulhador 10 para uma unidade de baliza 6 para ativar ou desativar a unidade de baliza. A mensagem de MARCADOR DE PONTO DE REFERÊNCIA inclui um código de autenticação de 31-bits e um comando de 1-bit para ativar ou desativar a unidade de baliza 6. A mensagem de QUADRO é uma mensagem de difusão enviada pela unidade de embarcação 4 ou outra unidade mestre para a unidades de mergulhador 10 para indicar o início de um quadro. A mensagem de QUADRO inclui a hora corrente quando a mensagem de QUADRO é enviada. Se as unidades de mergulhador 10 tiverem relógios sincronizados com a unidade mestre, a mensagem de QUADRO pode ser usada para determinar a distância à unidade mestre e para sincronizar os relógios. A mensagem de INTERROGAÇÃO DE ASSISTÊNCIA é enviada mediante uma Unidade de Mergulhador 10 para solicitar assistência à navegação e à comunicação. A mensagem de INTERROGAÇÃO DE ASSISTÊNCIA inclui um parâmetro de tipo para indicar o tipo de assistência solicitada e pode opcionalmente incluir uma máscara de tipo de unidade para interrogar somente um tipo particular de unidade (por exemplo unidades de embarcação, unidades de baliza, unidades de mergulhador, etc.). A mensagem de RESPOSTA À INTERROGAÇÃO é enviada em resposta a uma mensagem de INTERROGAÇÃO DE ASSISTÊNCIA para indicar aceitação ou não aceitação da solicitação.

Com referência ao exemplo do n mergulhador mostrado na figura 4, a unidade de embarcação 4 funcionando como a unidade mestre e as n unidades de mergulhador transmitem em uma seqüência predeterminada. Antes de as comunicações começarem, a unidade mestre, por exemplo, unidade de embarcação 4, estabelece a ordem de transmissão e notifica todas as outras unidades (por exemplo, unidades de mergulhador 10, e outras unidades de embarcação 4 ou unidades de baliza 6, se presentes) de seu lugar na ordem de

transmissão. Durante um procedimento de inicialização, a unidade de embarcação 4 ou outra unidade mestre transmite uma mensagem de SEQUÊNCIA DE UNIDADES para cada Unidade de Mergulhador 10 ou outra unidade presente que identifica a Unidade de Mergulhador precedente 10 ou outra unidade na sequência de transmissão. No caso da Unidade de Mergulhador 10, a Unidade de Mergulhador precedente 10 é a unidade de embarcação 4. O procedimento de inicialização termina quando cada Unidade de Mergulhador 10 confirma a mensagem de SEQUÊNCIA DE UNIDADES. Durante operações normais, cada Unidade de Mergulhador 10 escuta uma transmissão que se originada da Unidade de Mergulhador precedente 10, a qual pode ser determinada pelo endereço de fonte no cabeçalho das mensagens transmitidas usando o "intervalo 1" para uma unidade particular e qualquer do endereço de fonte ou endereço de destino de mensagens transmitidas usando "intervalo 2". Após detectar a Unidade de Mergulhador precedente 10 ou outra unidade que acabou de transmitir, a próxima Unidade de Mergulhador 10 ou outra unidade aguarda um predeterminado tempo antes de transmitir. O predeterminado período de tempo é escolhido para prevenir colisões. Conseqüentemente, o comprimento do quadro dependerá do número de unidades de mergulhador 10 e dos retardos de propagação entre unidades de mergulhador 10.

Um problema pode aparecer quando uma obstrução está situada entre duas unidades de mergulhador 10 que transmitem consecutivamente. Nesta situação, a segunda Unidade de Mergulhador 10 pode não ser capaz de "escutar" comunicações da primeira Unidade de Mergulhador 10. Uma consequência é que comunicações irão falhar porque a segunda Unidade de Mergulhador 10 não transmitirá. Nesta situação, a unidade de embarcação 4 pode reiniciar uma sequência de transmissão se sinais não forem detectados dentro de um predeterminado período de tempo por meio da transmissão de uma nova mensagem de QUADRO. Se as comunicações continuarem a falhar, a unidade de embarcação 4 pode invocar o procedimento de inicialização para

alterar a ordem de transmissão. Se a alteração da ordem de transmissão não solucionar o problema, a Unidade de Mergulhador 10 que está apresentando falha nas comunicações pode desaparecer da sequência de transmissão.

Na forma de concretização de exemplo, a frequência portadora é 200 kilohertz e o período de bit é 0,06 ms (60 μ s), que se iguala a uma taxa de transmissão de dados de aproximadamente 16,67 kbps. Uma mensagem compreende a total de 112 bits. Assim, demora 6,72 ms para a transmissão da mensagem.

A figura 6 ilustra como dado é modulado em uma frequência portadora. A figura 6 ilustra um sinal de relógio, sinal de dado, e sinal de modulação. O sinal de relógio tem um período de 60 μ seg, o qual é igual ao período de bit. O sinal de dado representa dado binário que está sendo transmitido. O sinal de modulação compreende um trem de pulsos na mesma frequência que o sinal de relógio. A largura de pulso de um dado pulso no sinal de modulação é determinado pelo estado do sinal de dado. Quando o sinal de dado é baixo, um pulso relativamente curto é gerado para indicar um bit "0". Inversamente, quando o sinal de dado é alto, um pulso relativamente longo é gerado para indicar um bit "1". Na forma de concretização de exemplo, os pulsos curtos indicativos de um bit 0 são 15 microsegundos na duração e os pulsos longos indicativos e um bit 1 são 45 microsegundos. Chaveamento de Ligar/Desligar é usado para modular a portadora. A portadora é ligada quando o sinal de modulação é alto, e é desligada quando o sinal de modulação é baixo. O receptor faz amostragem o sinal de 37 microsegundos após detecção da borda de elevação de um pulso para detectar o sinal. Em uma forma de concretização alternativa, um tempo de amostragem variável após a detecção da borda de elevação pode ser usado para compensar variações no ritmo de relógio no transmissor. Mais particularmente, a unidade de recepção pode medir o tempo entre bordas de elevação dos pulsos no sinal recebido para determinar o período do relógio de

transmissor e ajustar o tempo de amostragem correspondentemente. A medição do período de relógio pode ser realizada quando a palavra sinc está sendo transmitida. Em uma forma de concretização de exemplo, o tempo amostragem T_s é determinado pela multiplicação do período de relógio de transmissão por 0,625.

Como observado anteriormente, a Unidade de Mergulhador 10 provê assistência à navegação. Em particular, a Unidade de Mergulhador 10 pode exibir uma distância e direção com relação a um alvo especificado através do indicador direcional 32. O alvo especificado pode compreender uma embarcação de mergulho, uma baliza (que pode ser uma baliza de superfície ou baliza abaixo da água), ou um outro mergulhador (referido como um companheiro). O alvo desejado é selecionado pela movimentação do indicador 28 usando a roda de rolagem de imagens 20 e botão 22 para selecionar um alvo. Por exemplo, o usuário pode mover o indicador de função 28 para "COMPANHEIRO" pela rotação do rolamento e pressionar o botão ENTRAR 22. Se um Companheiro é armazenado na memória, o nome do Companheiro então aparecerá no mostrador. Se múltiplos Companheiros forem armazenados na memória, o usuário pode rolar as imagens através de uma lista de companheiros por meio da rotação da roda de rolamento de imagens 20. Quando o desejado nome do companheiro aparecer no mostrador, o companheiro é selecionado pela compressão do botão ENTRAR 22. O mesmo método pode ser usado para selecionar uma embarcação ou baliza.

Sendo uma vez selecionado o alvo especificado, a Unidade de Mergulhador 10 computa uma distância e direção para o alvo. Uma distância e direção podem ser exibidas para o mergulhador no mostrador 16. Embora vários métodos de determinação de distância e direção sejam descritos abaixo, aqueles especializados na técnica apreciarão que a presente invenção não é limitada a esses métodos e que quaisquer métodos conhecidos podem ser usados.

Um método para determinar distância a um alvo é referido aqui como o método de tempo de chegada método. Este método requer sincronização de relógio entre a Unidade de Mergulhador 10 e o alvo. O alvo pode ser uma outra Unidade de Mergulhador 10, a unidade de embarcação 4, ou uma unidade de baliza 6. Neste método, a Unidade de Mergulhador 10 solicita ao alvo para transmitir uma mensagem de PING em um instante para a Unidade de Mergulhador 10. A mensagem de resposta pode especificar o horário de transmissão, ou o horário de transmissão pode ser especificado pelo protocolo. Por exemplo, o protocolo pode especificar que a unidade-alvo transmita uma mensagem de PING para determinar distância somente quando os últimos 20 significantes bits do relógio são todos 0. Visto que os relógios do alvo e da Unidade de Mergulhador 10 são sincronizados, a Unidade de Mergulhador 10 pode usar o tempo de chegada da mensagem de PING para computar uma distância ao alvo. Alternativamente, a Unidade de Mergulhador 10 poderia transmitir uma mensagem de PING para o alvo quando os 20 LSBs do relógio estão todos "0", e o alvo pode retornar ou para o tempo de chegada da mensagem de PING ou a distância computada em uma mensagem de resposta.

Uma outra técnica que pode ser usada para computar a distância a um alvo é referida aqui como o método de tempo de deslocamento. Este método é útil quando os relógios da Unidade de Mergulhador 10 e alvo não estão sincronizados. Neste método, a Unidade de Mergulhador 10 envia uma mensagem de PING para o alvo. No recebimento da mensagem de PING no alvo, o alvo gera e envia a mensagem de RETORNO DE PING para a Unidade de Mergulhador 10. A mensagem de RETORNO DE PING inclui um valor de retardo indicando o retardo entre o instante em que a mensagem de PING foi recebida e o instante em que a mensagem de RETORNO DE PING foi enviada. A Unidade de Mergulhador 10 pode usar o tempo de retorno e o retardo de ciclo para computar uma distância ao alvo.

Um terceiro método para determinar distância a um alvo é referido aqui como o método de duas tonalidades. Neste método, a Unidade de Mergulhador 10 solicita ao alvo para enviar um sinal de duas tonalidades para ajudar na determinação da distância ao alvo. Em resposta, o alvo

5 transmite um sinal de duas tonalidades compreendendo duas tonalidades distintas com igual intensidade ou com uma conhecida relação de intensidade. A intensidade em cada tonalidade se atenuará como uma conhecida função de distância percorrida. Com o conhecimento da taxa de atenuação para cada componente de tom, a Unidade de Mergulhador 10 pode computar a distância

10 ao alvo com base na diferença na intensidade recebida dos componentes de tonalidade.

Para determinar a direção para um alvo, o transceptor de sonar inclui um arranjo de transdutores de sonar 62. Considerando que a taxa de deslocamento de um sinal na água é conhecida, a Unidade de Mergulhador 10

15 pode computar a direção-ao-alvo com base na diferença de tempo de chegada de um sinal em dois ou mais transdutores 62, como mostrado na figura 7. A figura 7 mostra primeiro e segundo transdutores de sonar 62 denotados como S1 e S2, respectivamente. A linha que se estende através dos sensores S1 e S2, denotados como REF, serve como uma referência angular para as

20 direções. O sinal a partir do alvo atinge o sensor S1 no instante T1, e atinge o sensor S2 no instante T2. A distância d1 entre os sensores S1 e S2 ao longo da linha de referência REF é conhecida. A distância d2 ao longo do percurso de deslocamento do sinal pode ser computada com base nos instantes de chegada do sinal nos sensores S1 e S2 por meio da multiplicação da diferença no

25 instante de chegada pela velocidade v do sinal. O co-seno inverso da relação $d2/d1$ fornece o ângulo entre a linha de referência REF e o percurso de deslocamento (POT).

Para indicar de forma não ambígua a direção em duas dimensões, um terceiro sensor S3 é requerido para discriminar o percurso de

deslocamento atual (POT) e uma reflexão do percurso de deslocamento (R-POT) em torno da linha de referência (REF). Aqueles especializados na técnica apreciarão que um sinal deslocando-se ao longo uma linha que corresponde ao percurso de deslocamento refletido (R-POT) produzirá a mesma diferença de tempo de chegada nos sensores S1 e S2. Um terceiro sensor S3 permite que a assistência à navegação discrimine entre o percurso de deslocamento atual (POT) e sua reflexão (R-POT). O sensor S3 é deslocado a partir da linha de referência REF que se estende através dos sensores S1 e S2. Para determinar a direção nas três dimensões, pelo menos quatro transdutores de sonar são necessários, um dos quais tem que estar fora do plano que contém os outros três.

A figura 8 ilustra um método de determinação da direção e distância a um alvo que é obstruído da visão. A figura 8 é uma vista aérea mostrando o local de dois mergulhadores e uma embarcação de mergulho. A Unidade de Mergulhador 1 tem uma clara linha de visão para a embarcação de mergulho, enquanto que a visão da embarcação de mergulho para a Unidade de Mergulhador 2 é obstruída por um banco de corais ou banco de terra. A Unidade de Mergulhador 2 gostaria de obter a direção e distância com relação à embarcação de mergulho, mas é incapaz de se comunicar diretamente com a embarcação de mergulho. Nesta situação, a Unidade de Mergulhador 2 pode solicitar assistência à navegação da Unidade de Mergulhador 1 por enviar uma mensagem de SOLICITAÇÃO DE ASSISTÊNCIA DE LOCAL. A Unidade de Mergulhador 1 pode determinar sua distância e direção em relação a REF1 para com a embarcação de mergulho. Adicionalmente, a Unidade de Mergulhador 1 pode computar sua distância e direção em relação a REF1 para com a Unidade de Mergulhador 2. Assim, as distâncias a, b e o ângulo C do triângulo de referência T são conhecidos para a Unidade de Mergulhador 1. Usando a lei de co-senos, a Unidade de Mergulhador 1 pode computar uma distância c a partir da

Unidade de Mergulhador 2 até a embarcação de mergulho. Uma vez quando a distância c é conhecida, a Unidade de Mergulhador 1 pode usar a lei de senos para computar o ângulo incluso A entre uma primeira linha que se estende através dos locais correntes de Unidade de Mergulhador 1 e Unidade de Mergulhador 2 e uma segunda linha que se estende através dos locais correntes de Unidade de Mergulhador 2 e a embarcação de mergulho. A Unidade de Mergulhador 1 pode então transmitir a distância c para a embarcação de mergulho a partir do local corrente da Unidade de Mergulhador 2 e o ângulo incluso A para a Unidade de Mergulhador 2. O problema é que o ângulo incluso A não indica uma direção para a Unidade de Mergulhador 2 porque a Unidade de Mergulhador 2 não conhece a orientação das linhas b e c no triângulo de referência T em relação à sua própria linha de referência REF2.

Para determinar a direção com respeito à embarcação de mergulho, a Unidade de Mergulhador 2 precisa correlacionar a linha com sua própria referência angular REF2. Para correlacionar a direção para a embarcação de mergulho com REF2, a Unidade de Mergulhador 2 pode computar sua direção à Unidade de Mergulhador 1 em relação a REF2. Uma vez que o ângulo incluso A é referido para uma linha que se estende através do local corrente de Unidade de Mergulhador 1 e Unidade de Mergulhador 2, a Unidade de Mergulhador 2 pode computar a direção com relação à embarcação de mergulho pela adição do ângulo incluso A e sua direção à Unidade de Mergulhador 1 para determinar a direção à embarcação de mergulho em relação a REF2.

O seguinte é um exemplo realizado com base na figura 8. Por simplicidade, os cálculos refletem somente duas dimensões. Aqueles especializados na técnica podem facilmente estender o método para três dimensões.

No exemplo, a Unidade de Mergulhador 2 solicitou assistência à navegação do Mergulhador 1 pelo envio de uma SOLICITAÇÃO DE ASSISTÊNCIA DE LOCAL para o Mergulhador 1. A Unidade de Mergulhador 1 determina sua distância e direção com relação à embarcação de mergulho. A direção para a embarcação de mergulho é determinada com referência à própria referência angular REF1 da Unidade de Mergulhador 1. Neste exemplo, a direção é 216° em relação a REF1 e a distância é aproximadamente 65,75 metros. Em seguida, a Unidade de Mergulhador 1 computa uma distância (aproximadamente 52,20 metros) e direção (aproximadamente 298° com respeito a REF1) à Unidade de Mergulhador 2. A Unidade de Mergulhador 1 computa o ângulo incluso C do triângulo de referência T como sendo aproximadamente 82°. Unidade de Mergulhador 1 agora conhece as distâncias a e b e o ângulo incluso C do triângulo T sob referência. A Unidade de Mergulhador 1 pode então computar a distância c da Unidade de Mergulhador 2 para a embarcação de mergulho de acordo com a lei de co-senos.

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos C \quad \text{Eq. 1}$$

Uma distância c da Unidade de Mergulhador 2 para a embarcação de mergulho é computada como sendo aproximadamente 78 metros. O ângulo incluso A pode então ser computada de acordo com a lei de senos:

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} \quad \text{Eq. 2}$$

O ângulo incluso A é computado como sendo aproximadamente 56,6°. Unidade de Mergulhador 1 envia a distância c (78,1 metros) e o ângulo incluso A (56,6°) para a Unidade de Mergulhador 2. Adicionando o ângulo incluso A à sua direção à Unidade de Mergulhador 1, a Unidade de Mergulhador 2 computa a direção à embarcação de mergulho em relação à referência REF2 como sendo aproximadamente 255°. A Unidade de Mergulhador 2 poderia, em algumas formas de concretização, enviar para a

Unidade de Mergulhador 1 o ângulo da linha entre as duas unidades em relação a REF2. Neste caso, a Unidade de Mergulhador 1 poderia computar a direção de Unidade de Mergulhador 2 à embarcação de mergulho em relação uma própria referência interna da Unidade de Mergulhador 2.

5 No exemplo dado acima, a Unidade de Mergulhador 1 computa a distância c da Unidade de Mergulhador 2 para a embarcação de mergulho e o ângulo incluso A do triângulo de referência T e envia os resultados para a Unidade de Mergulhador 2. Alternativamente, a Unidade de Mergulhador 1 poderia enviar a distância da Unidade de Mergulhador 1 para a embarcação de mergulho e ângulo incluso C do triângulo de referência T para a Unidade de Mergulhador 2, e a Unidade de Mergulhador 2 poderia executar todas computações subseqüentes, como descrito acima. Neste caso, a Unidade de Mergulhador 2 poderia determinar sua distância à Unidade de Mergulhador 1 usando qualquer uma das técnicas de medição de distância descritas acima. Com o conhecimento das distâncias a , b e ângulo incluso C , a Unidade de Mergulhador 2 poderia então computar a distância c à embarcação de mergulho e o ângulo incluso A . As computações remanescentes para computar a direção à embarcação de mergulho em relação à referência REF2 são as mesmas que as descritas acima.

20 A figura 9 ilustra um procedimento de exemplo para obter a distância e direção a um alvo obstruído. O mergulhador 1 envia uma SOLICITAÇÃO DE ASSISTÊNCIA DE LOCAL para o mergulhador 2 para solicitar assistência no sentido de determinar uma distância e direção para o alvo (etapa a). Na recepção da solicitação de assistência de localização, o
25 mergulhador 2 envia uma mensagem de PING para o alvo, em resposta à qual o alvo envia uma mensagem de PING REPLY para o mergulhador 2 (etapas b e c). Em seguida, o mergulhador 2 envia uma mensagem PING para o mergulhador 1, em resposta à qual mergulhador 1 envia uma mensagem de PING REPLY para o mergulhador 2 (etapas d e e). As etapas (b), (c), (d) e (e)

podem ser omitidas se as distâncias já forem conhecidas. Neste ponto, o mergulhador 2 tem toda informação que ele precisa para computar a distância e direção do mergulhador 1 para o alvo. O mergulhador 2 computa a distância e direção do mergulhador 1 para o alvo e envia a informação para o mergulhador 1 em uma resposta à assistência de local (etapa f).

A presente invenção pode, evidentemente, ser realizada de outras maneiras específicas que não aquelas aqui expostas sem fugir do escopo e características essenciais da invenção. As presentes formas de concretização devem ser consideradas, por conseguinte, em todos aspectos, ilustrativas e não restritivas, e todas alterações que caem dentro da faixa de significado e equivalência das reivindicações anexas são destinadas a serem incluídas nas mesmas.

APÊNDICE A

TABELA I

MENSAGEM	USO	PARÂMETROS DO CORPO DA MENSAGEM	DESCRIÇÃO
Solicitação de Sincronização de RELÓGIO (CLK Sync Request)	Enviada mediante uma unidade escrava para iniciar a sincronização de relógio. Pode ser enviada para unidade de Embarcação Mestre, para Unidade de Baliza ou para uma outra Unidade de Mergulhador.	Temperatura	Parâmetro Opcional. Se disponível, este parâmetro aumenta a precisão do cálculo de distância.
		Profundidade	Parâmetro opcional. Se disponível, este parâmetro aumenta a precisão do cálculo de distância.
Sincronização de RELÓGIO (CLK Sync)	Enviada mediante a unidade “mestre” para uma unidade “escrava” para sincronizar relógios.	Relógio	Indica o valor de relógio quando CLK Sync é enviado (Se uma Unidade de Embarcação estiver presente, ela é a “mestre”; Se uma Unidade de Embarcação não estiver presente, mas uma Unidade de Baliza estiver presente, a Unidade de Baliza é a mestre. Se somente Unidades de Mergulhador estiverem presentes, a Unidade com o mais baixo endereço (mais alto) é a mestre).
Resposta de Sincronização de RELÓGIO. (CLK Sync Reply)	Enviada mediante uma unidade “escrava” para uma unidade “mestre” em resposta a CLK Sync	Relógio	Indica o valor previsto daquele RELÓGIO da “mestre” (ajustado para retardo de propagação de tempos de processamento) quando este comando é recebido pela Unidade “mestre”.
Verificação de Sincronização de RELÓGIO (CLK Sync Verify)	Enviada mediante uma Unidade para uma outra Unidade para verificar uma sincronização de relógio	Relógio	Indica o valor de relógio previsto quando a mensagem é recebida pela unidade de recepção.
Quadro de Inicialização (Init Frame)	Enviada para iniciar o procedimento de inicialização	Tipo de quadro	Indica tipo de quadro de Acesso Aleatório com todas as transmissões iniciadas pela unidade “mestre”.
Quadro	Enviado para indicar partida de um novo quadro	Tipo de quadro	Indica tipo de quadro de “Acesso Sequencial” com transmissões iniciadas quando “escuta” que a prévia unidade designada completa suas comunicações.
Seqüência de Unidades	Enviada pela unidade mestre para unidade(s) escrava(s) para estabelecer seqüência de transmissão	ID de Unidade (Unit ID)	Unidade de identificação de seqüência que transmite no(s) intervalo(s) precedente(s). A Unidade que recebe a mensagem transmitirá depois de “escutar” a transmissão de Unidade de Mergulhador precedente. NOTA: A Unidade precedente tem dois intervalos designados à mesma. Uma Unidade transmite após dois intervalos (ou seja, o intervalo de “transmissão” e os intervalos de “transmissão ou recepção” da unidade prévia).
CONFIRMAÇÃO de Seqüência de Unidades (Unit Sequence ACK)	Enviada mediante a unidade escrava para a unidade mestre para confirmar mensagem de seqüência de unidades	ID de Unidade (Unit ID)	Unidade de identificação de seqüência que transmite no(s) intervalo(s) precedente(s). A unidade que recebe a mensagem transmitirá após “escutar” a transmissão da unidade precedente.

Ping	Enviada mediante uma unidade para uma outra para determinar a distância e direção	Relógio	Indica quando a Mensagem Ping é enviada.
Retorno de Ping	Enviada em resposta a uma Mensagem de Ping ou a uma Solicitação de Sinc. De Relógio (CLK Sync Request)	Relógio	Indica tempo decorrido entre instante em que a mensagem PING é recebida e o instante em que a mensagem de RETORNO DE PING (PING RETURN) é transmitida.
PTP	Mensagem Ponto-a-Ponto enviada entre quaisquer duas unidades	Seqüência de mensagem	Indica o número de seqüência da mensagem
		ID de mensagem	Indica a ID de mensagem
		Efeitos de mensagem	Indica como a mensagem é anunciada (por exemplo, som, luzes, vibrações, etc.)
PTM	Mensagem de difusão enviada pela unidade mestre ou pela unidade para mergulhador para todas as unidades	Tipo de mensagem	Indica o tipo de mensagem
		ID de mensagem	Indica a ID de mensagem
		Referência de anúncio	Indica como a mensagem é anunciada (por exemplo, som, luzes, vibrações, etc.)
Interrogação de Assistência	Esta é usada para determinar outras unidades em distância desejando prover assistência à navegação ou à comunicação	Tipo	Indica tipo de assistência solicitada (por exemplo, assistência de localização, assistência de comunicação, etc.)
		Máscara do Tipo de Unidade	Indica tipo da unidade (por exemplo, embarcação, baliza, etc.)
Resposta de Interrogação	Resposta a Interrogação de Assistência	CONF/NÃO CONF. (ACK/NACK)	Indica aceitação ou não aceitação da solicitação.
Solicitação de Assistência de Local	Enviada por uma unidade à outra para solicitar assistência à navegação	ID de Unidade (Unit ID)	Identificação de unidade indicando o alvo desejado a ser localizado.
Resposta à Assistência de Local	Enviada em resposta à Solicitação de Assistência de Local para prover dados de assistência à unidade de solicitação	Profundidade	Indica profundidade do alvo
		Distância	Indica distância da unidade de solicitação para o alvo
		Direção	Indica direção da unidade de solicitação para o alvo
Solicitação de Confirmação	Enviada por uma unidade a uma outra para verificar cálculo de coordenada e distância	Profundidade	Indica profundidade da unidade de solicitação
		Distância	Indica distância da unidade de solicitação para o alvo
		Direção	Indica direção da unidade de solicitação para o alvo
Resposta à Confirmação	Enviada por uma unidade em resposta à Solicitação de Confirmação	Profundidade	Indica profundidade da unidade de resposta
		Distância	Indica distância da unidade de resposta para a unidade de solicitação
		Direção	Indica direção da unidade de resposta para a unidade de solicitação
Marcador de Ponto de Referência (WayPoint Marker)	Enviada para ativar/desativar o ponto de referência	Chave de Segurança	Usada para autenticação
		Ação	Usada para ativar/desativar ponto de referência (1 para ativar; 0 para desativar)
Solicitação de Retransmissão COMM (COMM RELAY REQUEST)	Enviada para solicitar assistência quanto à retransmissão a partir da unidade receptora	Tipo de Solicitação	Indica tipo de solicitação (0 = parar com a retransmissão; 7 = retransmitir a mensagem corrente; F = retransmitir todas as mensagens
		Alvo	Indica alvo para mensagens retransmitidas

Solicitação de Re-transmissão (Retransmit Req)	Enviada para solicitar retransmissão de mensagens	Número de Sequência	Indica número de sequência de mensagem a ser retransmitida
---	---	---------------------	--

REIVINDICAÇÕES

1. Método de navegação submarina, o referido método sendo caracterizado pelo fato de que compreende:

determinar, em um primeiro dispositivo submarino, uma direção ao alvo em relação a uma primeira referência angular conhecida para o primeiro dispositivo submarino;

estabelecer uma linha de referência entre o primeiro e um segundo dispositivo submarino, dita linha de referência formando a base de um triângulo de referência cujos vértices correspondem respectivamente ao primeiro dispositivo submarino, ao segundo dispositivo submarino e ao alvo;

computar, no primeiro dispositivo submarino, um primeiro ângulo incluso do dito triângulo de referência entre a linha de referência e uma linha que se estende a partir do primeiro dispositivo submarino para o alvo com base na direção ao alvo a partir do primeiro dispositivo submarino;

determinar, em tal primeiro dispositivo submarino, uma primeira distância entre o primeiro dispositivo submarino e o alvo;

determinar, em tal primeiro dispositivo submarino, uma segunda distância entre os primeiro e segundo dispositivos submarinos;

computar, em tal primeiro dispositivo submarino, uma terceira distância a partir do segundo dispositivo submarino para o alvo com base no primeiro ângulo incluso e nas primeira e segunda distâncias; e

transmitir a terceira distância ao segundo dispositivo submarino para auxiliar o segundo dispositivo submarino na localização do alvo.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

computar, no dito primeiro dispositivo submarino, a direção a partir do segundo dispositivo submarino para o alvo; e

enviar a partir do primeiro dispositivo submarino para o segundo dispositivo submarino a direção do segundo dispositivo submarino para o alvo.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a direção a partir do segundo dispositivo submarino para o alvo é computada em relação à linha de referência entre os ditos primeiro e segundo dispositivos submarinos.

5 4. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a direção a partir do segundo dispositivo submarino para o alvo é computada em relação a uma referência angular provida para o dito primeiro dispositivo submarino pelo dito segundo dispositivo submarino.

10 5. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

computar, no primeiro dispositivo submarino, um segundo ângulo incluso no triângulo de referência entre a linha de referência e uma linha que se estende a partir do segundo dispositivo submarino para o alvo, e

15 transmitir o segundo ângulo incluso para o segundo dispositivo submarino.

20 6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que compreende ainda computar, no segundo dispositivo submarino, a direção ao alvo em relação a uma segunda referência angular conhecida para o segundo dispositivo submarino com base no segundo ângulo incluso e a direção a partir do segundo dispositivo submarino para o primeiro dispositivo submarino.

25 7. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que compreende ainda enviar desde o dito segundo dispositivo submarino para o dito primeiro dispositivo submarino, o ângulo entre a linha de referência e uma referência angular usada pelo segundo dispositivo submarino, e em que o primeiro dispositivo submarino computa a direção em relação à dita referência angular usada pelo dito segundo dispositivo submarino.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui adicionalmente transmitir o primeiro ângulo incluso para o segundo dispositivo submarino.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que inclui ainda computar, no segundo dispositivo submarino, um segundo ângulo incluso entre a linha de referência e uma linha que se estende a partir do segundo dispositivo submarino para o alvo.

5 10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que compreende ainda computar, no segundo dispositivo submarino, a direção ao alvo em relação a uma referência angular conhecida para o segundo dispositivo submarino com base no segundo ângulo incluso e a direção a partir do segundo dispositivo submarino para o primeiro dispositivo submarino.

10 11. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que computar o primeiro ângulo incluso compreende computar uma direção a partir do primeiro dispositivo submarino para o segundo dispositivo submarino, e utilizar a direção ao alvo e a direção para o segundo dispositivo submarino para computar o primeiro ângulo incluso.

15 12. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que determinar distância compreende:

receber um sinal; e

computar a distância com base no tempo de chegada do sinal.

20 13. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que determinar distância compreende:

transmitir um sinal;

receber um sinal de resposta; e

computar a distância com base no tempo de chegada do sinal de resposta.

25 14. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que determinar a distância ao alvo compreende:

receber um sinal de duas tonalidades a partir do alvo; e

computar a distância com base em uma diferença em intensidade de sinal entre primeira e segunda tonalidades no sinal de duas tonalidades.

15. Método de navegação submarina, o referido método sendo caracterizado pelo fato de que compreende:

5 determinar, em um primeiro dispositivo submarino, uma direção ao alvo em relação a uma primeira referência angular conhecida para o primeiro dispositivo submarino;

estabelecer uma linha de referência entre o primeiro e um segundo dispositivo submarino, dita linha de referência formando a base de um triângulo de referência cujos vértices correspondem respectivamente ao primeiro dispositivo submarino, ao segundo dispositivo submarino e ao alvo;

10 computar, no primeiro dispositivo submarino, um primeiro ângulo incluso do dito triângulo de referência entre a linha de referência e uma linha que se estende a partir do primeiro dispositivo submarino para o alvo com base na direção ao alvo a partir do primeiro dispositivo submarino;

15 determinar, em tal primeiro dispositivo submarino, uma primeira distância entre o primeiro dispositivo submarino e o alvo; e

transmitir o primeiro ângulo incluso e a primeira distância para o segundo dispositivo submarino para auxiliar o segundo dispositivo submarino na localização do alvo.

20 16. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

determinar, em tal segundo dispositivo submarino, uma segunda distância entre os primeiro e segundo dispositivos submarinos;

25 computar, em tal segundo dispositivo submarino, uma terceira distância ao alvo com base no primeiro ângulo incluso e nas primeira e segunda distâncias.

17. Método, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que compreende ainda computar, no segundo dispositivo submarino, a direção a partir do segundo dispositivo submarino para o alvo com base no primeiro ângulo incluso, na primeira distância, e na terceira distância.

18. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que determinar distância compreende:

receber um sinal; e

computar a distância com base no tempo de chegada do sinal.

5 19. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que determinar distância compreende:

transmitir um sinal;

receber um sinal de resposta; e

10 computar a distância com base no tempo de chegada do sinal de resposta.

20. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que determinar a distância ao alvo compreende:

receber um sinal de duas tonalidades; e

15 computar a distância com base em uma diferença em intensidade de sinal entre primeira e segunda tonalidades no sinal de duas tonalidades.

21. Assistência à navegação submarina, caracterizada pelo fato de que compreende:

um transceptor submarino para transmitir e para receber sinais submarinos;

20 um circuito de processamento acoplado com o dito transceptor submarino e operativo para:

determinar uma direção ao alvo de um local corrente da assistência à navegação com base em sinais recebidos a partir do alvo;

25 estabelecer uma linha de referência que se estende através tanto do local corrente quanto de um segundo local remoto associado com um dispositivo submarino remoto, dita linha de referência formando a base de um triângulo de referência, cujos vértices correspondem, respectivamente, ao local corrente, ao local remoto e ao local do alvo;

computar um primeiro ângulo incluso do dito triângulo

de referência entre a linha de referência e uma linha que se estende através do local corrente e do local do alvo;

determinar uma primeira distância entre o local corrente e o local do alvo;

5 determinar uma segunda distância entre o local corrente e o local remoto;

computar uma terceira distância a partir do local remoto ao local do alvo com base no primeiro ângulo incluso e nas primeira e segunda distâncias; e

10 controlar o transceptor submarino para transmitir a terceira distância ao dispositivo submarino remoto para auxiliar o dispositivo submarino remoto na localização do alvo.

22. Assistência à navegação, de acordo com a reivindicação 21, caracterizada pelo fato de que o circuito de processamento computa a direção do dispositivo submarino remoto para o alvo, e controla o transceptor submarino para enviar a direção ao segundo dispositivo submarino.

23. Assistência à navegação, de acordo com a reivindicação 22, caracterizada pelo fato de que a direção a partir do dispositivo submarino remoto para o alvo é computada em relação à linha de referência.

20 24. Assistência à navegação, de acordo com a reivindicação 22, caracterizada pelo fato de que a direção a partir do dispositivo submarino remoto para o alvo é computada em relação a uma referência angular provida pelo dito dispositivo submarino remoto.

25 25. Assistência à navegação, de acordo com a reivindicação 21, caracterizada pelo fato de que o circuito de processamento é adicionalmente operativo para:

computar um segundo ângulo incluso no triângulo de referência entre a linha de referência e uma linha que se estende a partir da assistência à navegação para o alvo, e

controlar o transceptor submarino para transmitir o dito segundo ângulo incluso para o dispositivo submarino remoto.

26. Assistência à navegação, de acordo com a reivindicação 21, caracterizada pelo fato de que o dito circuito de processamento controla ainda o transceptor submarino para transmitir o primeiro ângulo incluso para o dispositivo submarino remoto.

27. Assistência à navegação, de acordo com a reivindicação 21, caracterizada pelo fato de que o circuito de processamento computa o primeiro ângulo incluso com base na direção para o alvo e na direção para o dispositivo submarino remoto.

28. Assistência à navegação, de acordo com a reivindicação 21, caracterizada pelo fato de que o circuito de processamento determina distância por:

receber um sinal; e
computar a distância com base no tempo de chegada do sinal.

29. Assistência à navegação, de acordo com a reivindicação 21, caracterizada pelo fato de que o circuito de processamento determina distância por:

transmitir um sinal;
receber um sinal de resposta; e
computar a distância com base no tempo de chegada do sinal de resposta.

30. Assistência à navegação, de acordo com a reivindicação 21, caracterizada pelo fato de que o circuito de processamento determina distância por:

receber um sinal de duas tonalidades; e
computar a distância com base em uma diferença em intensidade de sinal entre primeira e segunda tonalidades no sinal de duas tonalidades.

31. Assistência à navegação submarina, caracterizada pelo fato

de que compreende:

um transceptor submarino para transmitir e para receber sinais submarinos;

um circuito de processamento acoplado com o dito transceptor submarino e operativo para:

determinar uma direção a partir de um local corrente da assistência à navegação para um alvo em relação a uma primeira referência angular conhecida para a assistência à navegação;

estabelecer uma linha de referência que se estende através tanto do local corrente quanto de um segundo local remoto associado com um dispositivo submarino remoto, dita linha de referência formando a base de um triângulo de referência, cujos vértices correspondem, respectivamente, ao local corrente, ao local remoto e ao local do alvo;

computar um primeiro ângulo incluso do dito triângulo de referência entre a linha de referência e uma linha que se estende desde o local corrente para o local do alvo com base na direção ao alvo do local corrente;

determinar uma primeira distância desde o local corrente para o local do alvo; e

controlar o transceptor submarino para transmitir o dito primeiro ângulo incluso e a dita primeira distância para o dispositivo submarino remoto para auxiliar o dispositivo submarino remoto na localização do alvo.

32. Assistência à navegação, de acordo com a reivindicação 31, caracterizada pelo fato de que o referido circuito de processamento determina a distância ao alvo por:

receber um sinal a partir do alvo; e

computar a distância com base no tempo de chegada do sinal.

33. Assistência à navegação, de acordo com a reivindicação 31, caracterizada pelo fato de que o referido circuito de processamento determina a distância ao alvo por:

transmitir um sinal para o alvo;
 receber um sinal de resposta a partir do alvo; e
 computar a distância com base no tempo de chegada do sinal de
 resposta.

5 34. Assistência à navegação, de acordo com a reivindicação 31,
caracterizada pelo fato de que o referido circuito de processamento determina
 a distância ao alvo por:

receber um sinal de duas tonalidades o alvo; e
 computar a distância com base em uma diferença em intensidade
 10 de sinal entre primeira e segunda tonalidades no sinal de duas tonalidades.

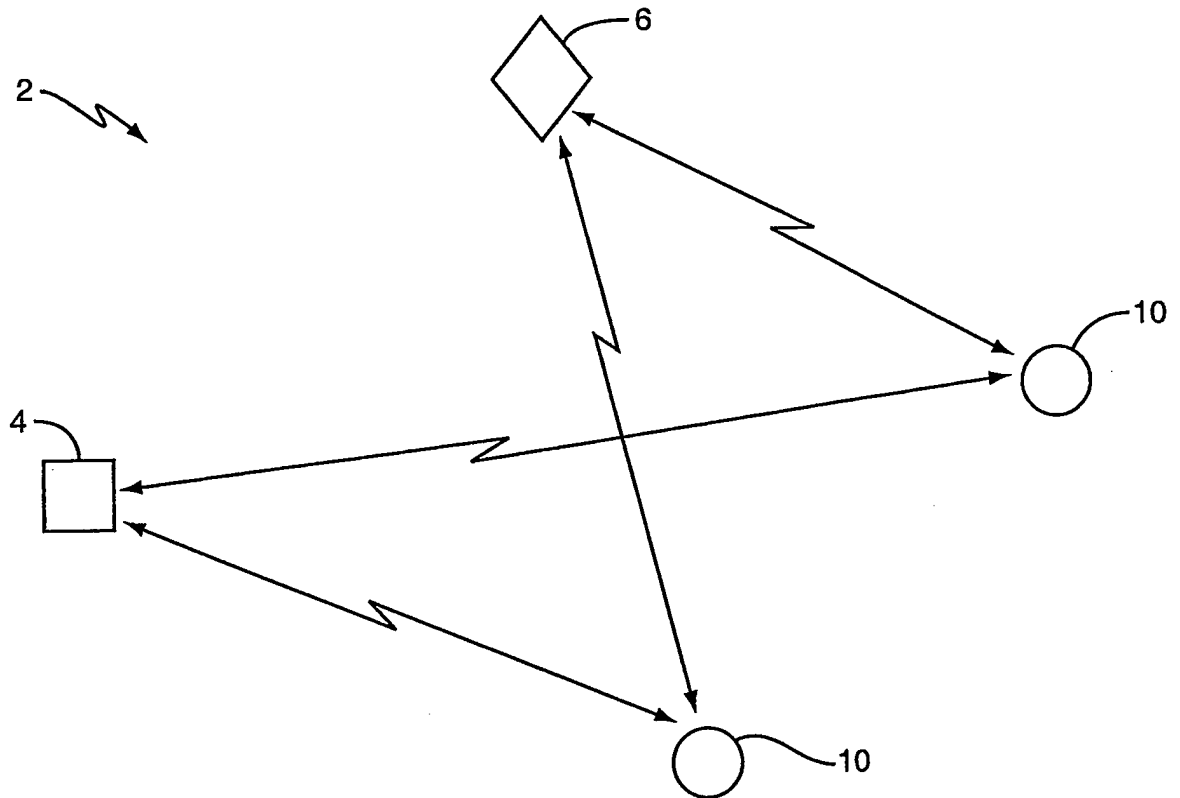
35. Assistência à navegação, caracterizada por compreender:
 um transceptor submarino para receber uma primeira distância e
 primeira direção a partir de um dispositivo submarino remoto para um alvo, dita
 direção sendo em relação a uma linha de referência que se estende a partir de
 15 um local remoto associado com o dispositivo submarino remoto para um local
 corrente;

um circuito de processamento acoplado com o dito transceptor
 submarino e operativo para:

determinar uma segunda distância do dito local corrente
 20 para o dito local remoto;

computar uma terceira distância do dito local corrente
 para o dito alvo com base na dita primeira distância, na dita segunda distância
 e na dita primeira direção; e

computar uma segunda direção do local corrente para
 25 o alvo com base na dita primeira direção, na dita primeira distância e na dita
 terceira distância.

**FIG. 1**

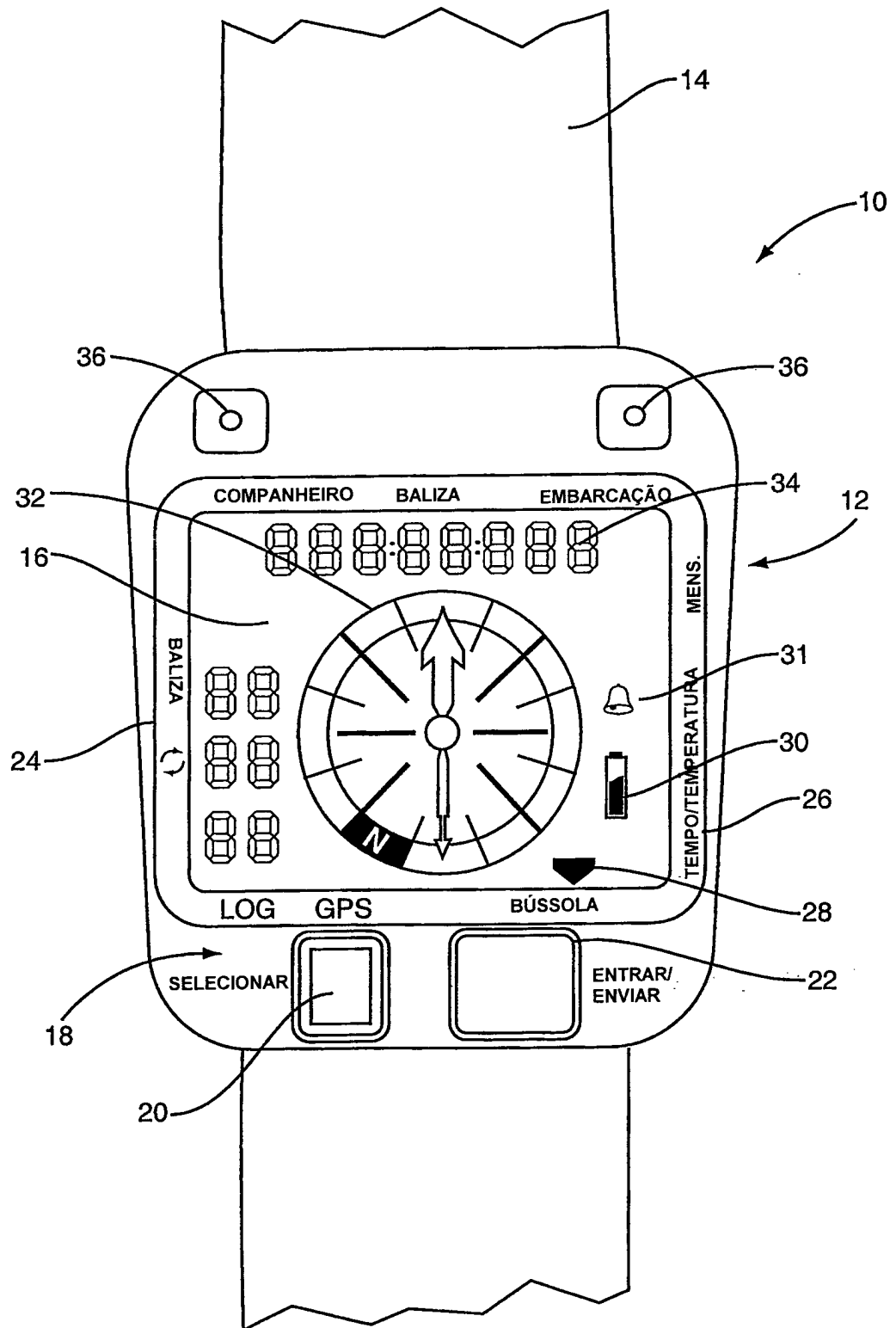
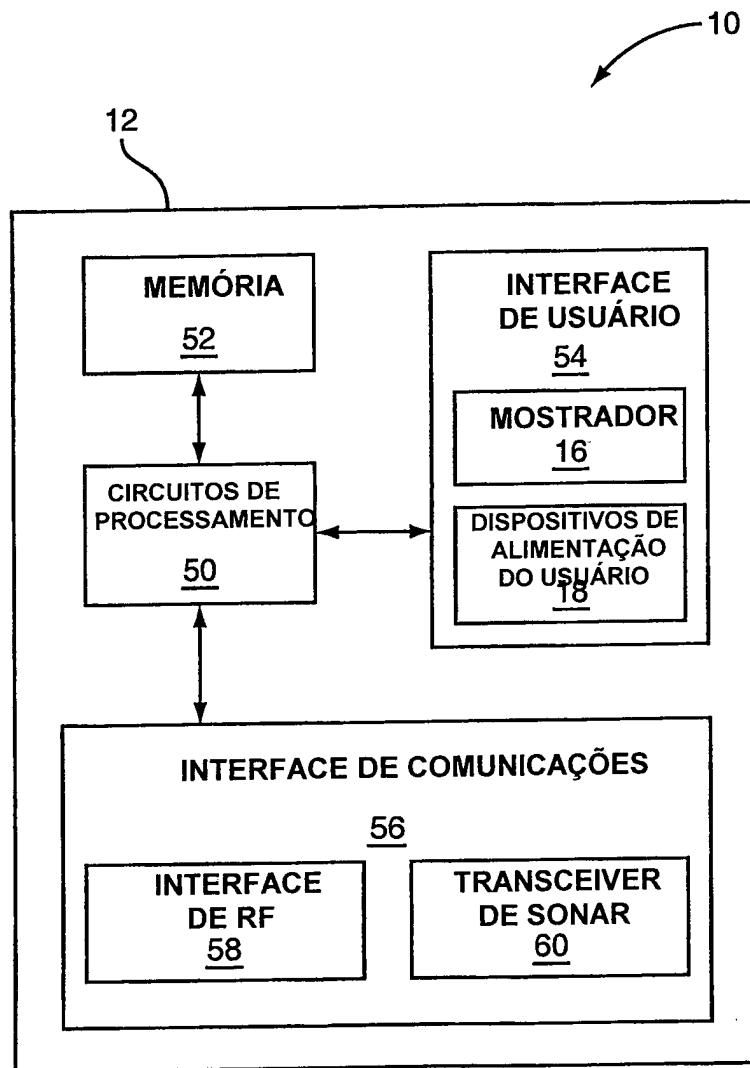


FIG. 2

**FIG. 3**

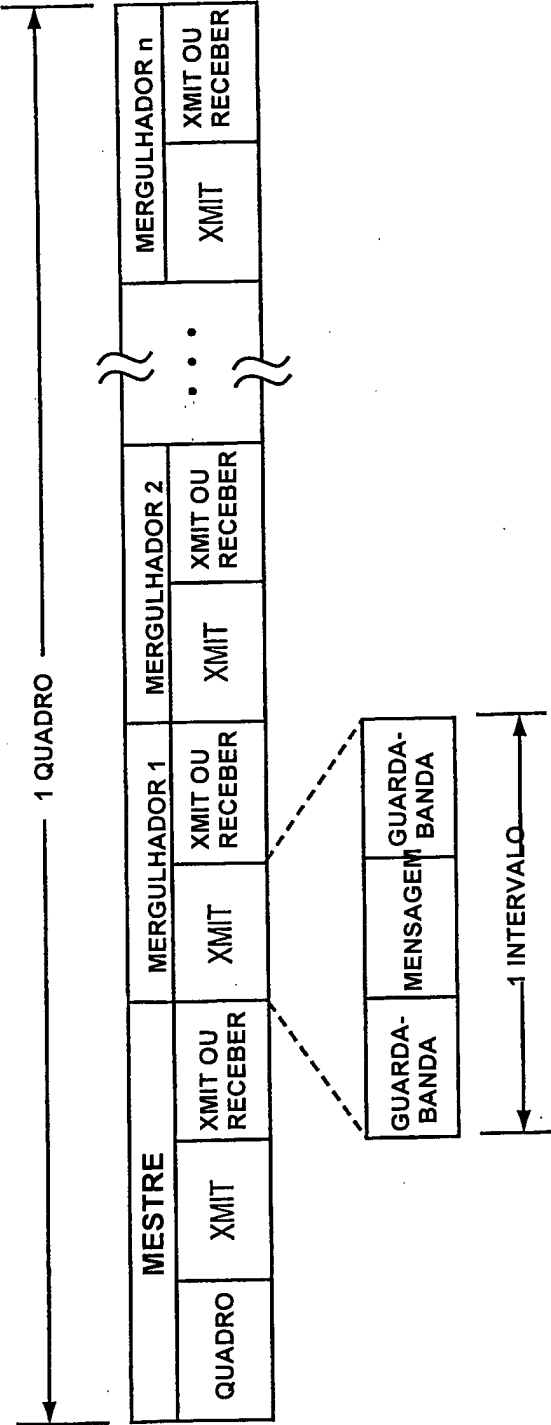


FIG. 4

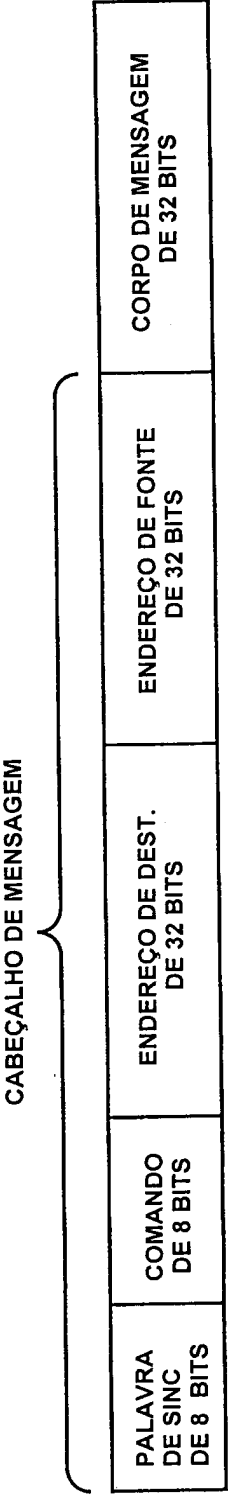
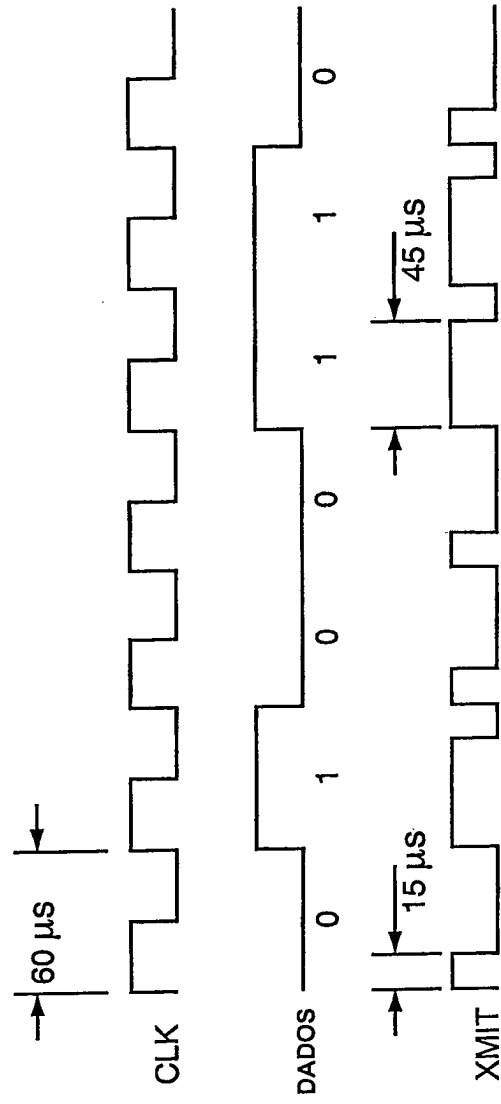


FIG. 5

**FIG. 6**

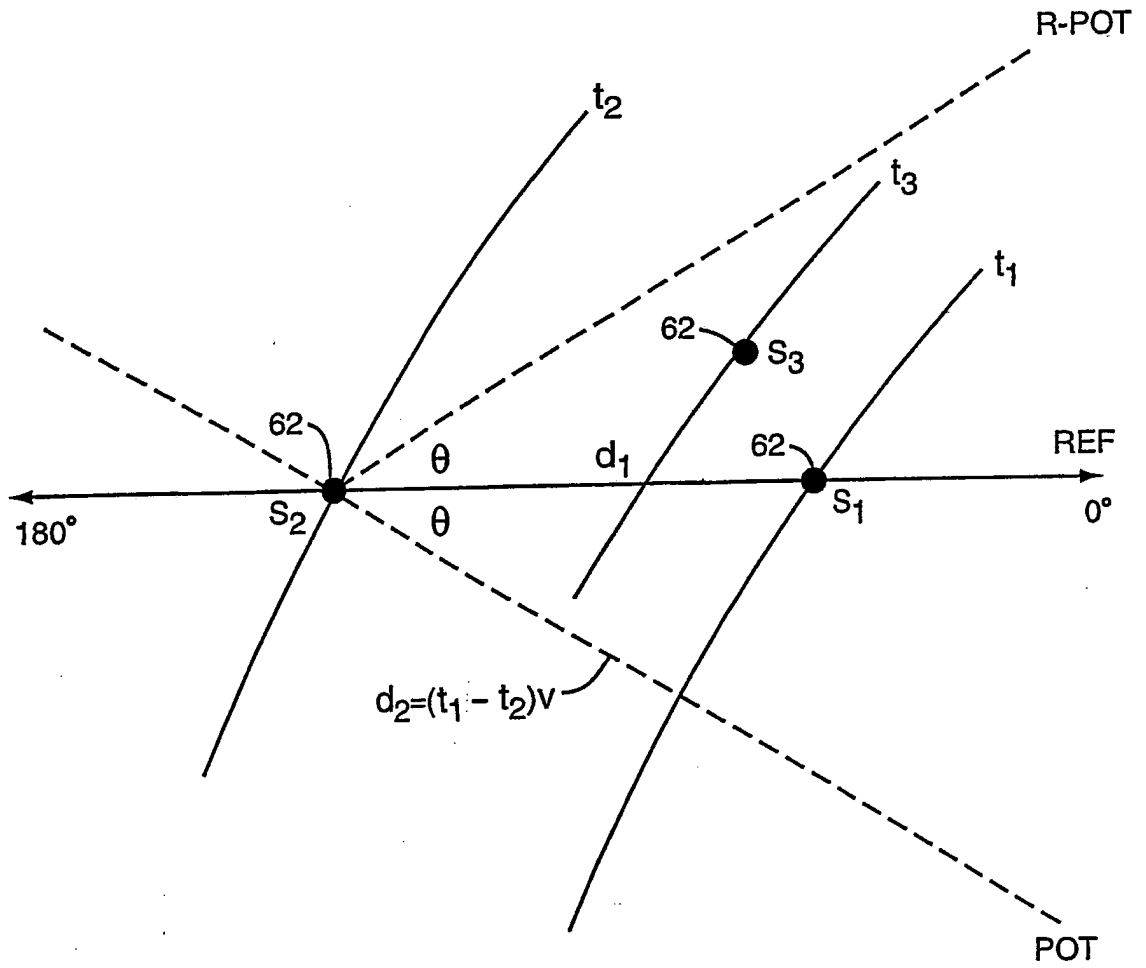


FIG. 7

VISTA A PARTIR DA SUPERFÍCIE

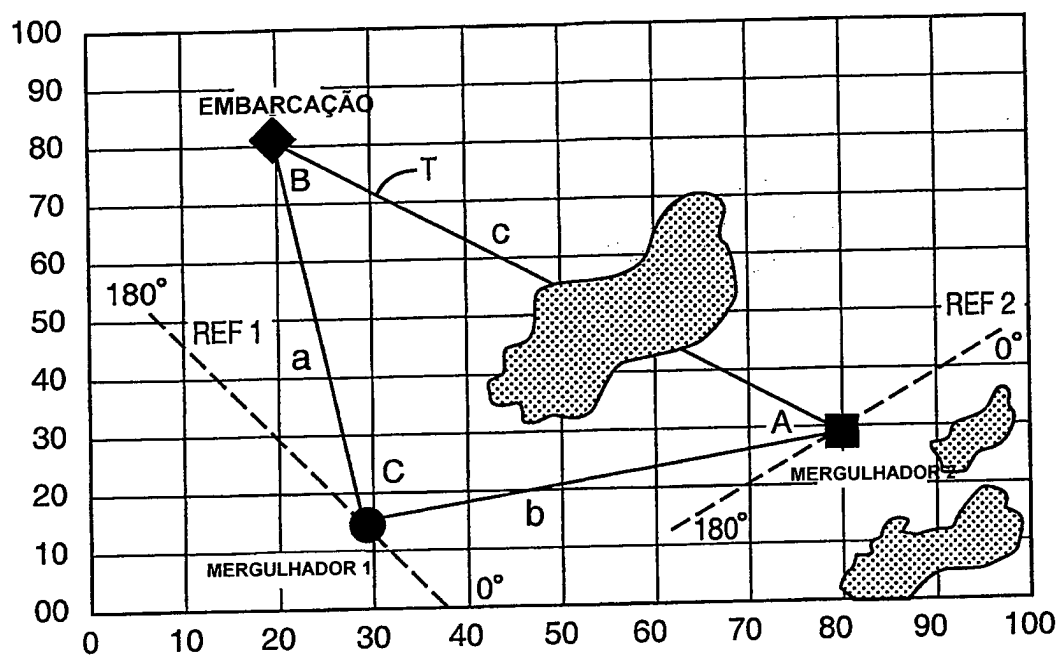


FIG. 8

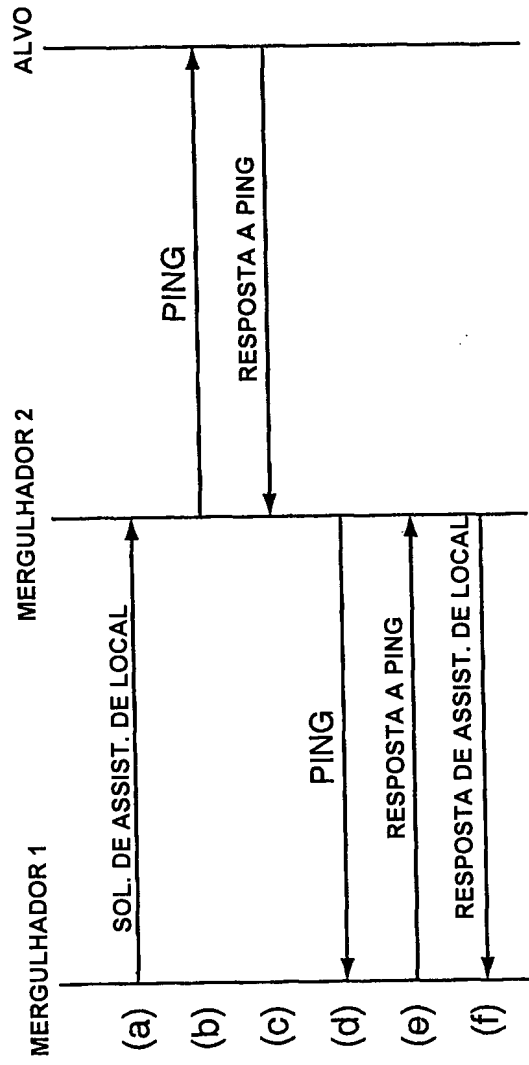


FIG. 9

RESUMO

“MÉTODO DE NAVEGAÇÃO SUBMARINA, E, ASSISTÊNCIA À NAVEGAÇÃO SUBMARINA”

5 A unidade para mergulhador computa a direção e distância com relação a um alvo especificado. Quando o alvo é obstruído, a unidade para mergulhador recebe dado de assistência à navegação de uma outra unidade de mergulhador. O dado de assistência à navegação inclui informação de direção que é referenciada a uma linha de referência em comum que se estende entre as duas unidades para mergulhador.