



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

(11) PI 0705503-0 B1

(22) Data do Depósito: 04/12/2007

(45) Data de Concessão: 09/10/2018



(54) Título: MÉTODO DE TRANSMISSÃO DE DADOS EM UM AMBIENTE DE POÇO DE PETRÓLEO

(51) Int.Cl.: G01K 11/18

(30) Prioridade Unionista: 04/12/2006 US 11/633,264

(73) Titular(es): HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC.

(72) Inventor(es): KEVIN D.FINK

(85) Data do Início da Fase Nacional: 04/12/2007

"MÉTODO DE TRANSMISSÃO DE DADOS EM UM AMBIENTE DE POÇO DE PETRÓLEO".

Campo da Invenção

[001] A presente invenção se relaciona a um sistema para transmitir dados acústicos em um ambiente de poço de petróleo, mais particularmente ao uso de múltiplos sensores para reforçar o sinal transmitido e atenuar o ruído ambiente.

Histórico da Invenção

[002] Vem aumentando o interesse em transmitir sinais acústicos de/para locais em ambientes de poço de petróleo. A operação básica principal na transmissão de sinais acústicos em um meio tubular é transmitir ondas de pressão através de tubos ou colunas, ondas que viajam através do tubo ou coluna para um local remoto, onde transdutores detectam sinais, que então são interpretados por um equipamento receptor. Deste modo, dados e sinais são transmitidos em canais tubulares, tal como tubos, mecanicamente.

[003] No entanto, há problemas práticos para transmitir sinais acústicos. Quando uma tubulação, um tubo de perfuração, ou um revestimento são usados como canal de transmissão acústica, uma distorção de sinal significativa frequentemente ocorre devido às interfaces refletivas no canal, tal como conexões de ferramenta, anéis, ou rebordos. Adicionalmente, pode haver uma quantidade significativa de atenuação e interferência associada ao sistema de fluido contido no furo de poço e ecos dos próprios similares acústicos dentro de um furo de poço. O receptor é submetido a um ruído a partir da superfície e de outras fontes externas, assim como do fluxo de fluido, e de outros ruídos presentes no canal acústico. Estes fatores

significativamente reduzem as condições em que a transmissão acústica pode ser usada. A transmissão acústica pode ser limitada pela distância da transmissão, número e tipo de rebordos nas colunas.

[004] Esforços para transmitir dados acusticamente efetivamente frequentemente focalizam um controle cuidadoso da frequência e largura de banda da transmissão, temporização da transmissão e duração da transmissão. A patente U.S. Nº 3.252.225 depositada para Hixon e a patente U.S. Nº 4.314.365 depositada para Petersen, ensinam uma seleção do comprimento de banda de transmissão com base nas características da tubulação, tal como comprimento das seções de tubo e o comprimento global da coluna. A patente U.S. Nº 4.390.975 depositada para Shawhan propõe atrasar sucessivas transmissões acústicas de dados para permitir que as reflexões de transmissões anteriores se dissipem. Similarmente, a patente U.S. Nº 5.020.132 depositada para Duckworth descreve uma execução de transmissões acústicas e dados somente em breves intervalos de tempo pré-selecionados para evitar uma distorção de dados. A patente U.S. Nº 5.124.953 depositada para Grosso descreve a seleção de uma frequência de banda de passagem para transmissão de dados acústicos que melhor se correlacione à densidade espectral modelada e dimensionada da transmissão acústica. A patente U.S. Nº 5.148.408 depositada para Matthews similarmente propõe testar e encontrar uma frequência ótima para uma transmissão acústica de dados que proporcione uma recepção mais eficiente de dados acústicos nas condições do poço. A patente de Matthews propõe realizar testes periódicos na transmissão de dados pela coluna da furação durante a

perfuração, encontrar uma frequência ótima para transmissão com base nas condições de coluna no instante de teste, e mudar a frequência de transmissão acústica de dados conforme necessário. A patente U.S. Nº 4.562.559 depositada para Sharp *et al* propõe uma transmissão com fase variável tendo uma frequência mais larga para cobrir espaços nas frequências de banda de passagem. A patente U.S. Nº 5.128.901 depositada para Drumeller propõe uma transmissão acústica de dados que se contraponha à interferência provocada pela coluna de furação para melhorar a transmissão de dados.

[005] Em alguns sistemas é possível modelar um canal de comunicação antes de o sistema ser colocado em serviço e projetar um transmissor acústico para compensar as distorções de canal. No entanto, em um poço de petróleo, complexidades do ambiente de transmissão acústica mudam constantemente, desafiando qualquer tentativa de projetar um transmissor acústico estático praticável. Um receptor incorporando um único sensor deve realizar toda a redução de ruído na aparelhagem eletrônica.

[006] A partir do descrito, fica aparente a necessidade de um método melhor para transmissão acústica de dados em um ambiente de poço de petróleo. Ademais seria desejável prover que tais métodos reforcem o sinal de controle básico e atenuem interferências indesejáveis. Se o ruído for muito alto, ele pode abafar o sinal disponível. Por conseguinte, seria particularmente desejável dispor de um método para reduzir o ruído antes de digitalizar o sinal, de modo a aumentar a faixa e confiabilidade da transmissão acústica de dados.

Sumário da Invenção

[007] A presente invenção descreve métodos e aparelhos para efetivamente comunicar dados ao longo de uma trajetória de transmissão acústica de um poço subterrâneo. O método compreende atuar um transmissor acústico para enviar um sinal de dados ao longo de um canal acústico, onde o sinal resulta distorcido pelo ruído ambiente. O sinal distorcido é inserido em uma pluralidade de sensores, a saída do sensor então resulta combinada. Atrasos de tempo, aplicados aos sinais antes ou depois de serem sensorizados, condicionam os sinais, de modo a reforçar o componente de sinal básico e atenuar o componente de ruído ambiente combinado.

[008] Em uma configuração preferida, um transmissor acústico convencional é usado junto com um arranjo de fase utilizando uma pluralidade de sensores. Os sensores são colocados em locais espaçados ao longo da coluna. A distância conhecida, pré-selecionada entre locais de sensores, é dividida pela velocidade da propagação acústica da frequência de sinal escolhida (f) para prover uma variação de tempo, ou atraso, que deve ser aplicada aos sinais acústicos medidos pelos sensores. Um sinal enviado a partir do transmissor, como pulso acústico, viaja ao longo da trajetória de transmissão acústica, onde é acompanhado e distorcido pelo ruído ambiente, e é sensorizado em intervalos espaçados por cada sensor. Assim, a combinação dos sinais de saída de sensor atrasados em tempo por soma ou multiplicação provê um sinal reforçado no receptor. No entanto, o ruído ambiente "fora de frequência" não é reforçado de maneira similar e resulta relativamente reduzido no receptor.

[009] Em uma outra configuração preferida que utiliza filtros espaciais, o transmissor é codificado para prover um

sinal de saída que resulta da soma de um sinal básico e a réplica atrasada em tempo daquele sinal transmitido. O atraso de tempo entre o sinal básico e cada sinal subsequente atrasado em tempo é igual ao tempo que o sinal leva para passar entre os sensores nos receptores. Resulta que o sinal básico chega no sensor mais distante, no mesmo tempo que cada sinal atrasado em tempo chega nos sensores mais próximos da fonte. Uma filtragem espacial resulta em um sinal transmitido reforçado e amplificado, enquanto a magnitude do ruído ambiente não correlacionado diminui.

[010] Em outra configuração preferida, a invenção utiliza técnicas adaptativas e sensores múltiplos para reduzir o efeito do ruído ambiente sobre a transmissão acústica de dados em um ambiente de poço de petróleo. Um sensor é adicionado à entrada do receptor para medir um ruído de referência para ajudar a cancelar ou pelo menos reduzir os efeitos do ruído ambiente nos sensores de entrada de receptor. O sensor para medir o ruído de referência tipicamente pode ser retirado da trajetória de transmissão direta, em um local que emprega um sinal reduzido a partir do transmissor. Dá-se à referência de ruído um peso de frequência, que é subtraído do sinal medido de sensor. Os pesos de frequência produzem a resposta de frequência da trajetória de transmissão entre a referência de ruído e os sensores, e tipicamente aplicam um ganho e uma fase que mudam com a frequência. Técnicas adaptativas, tal como técnicas adaptativas de alimentação direta, podem ser utilizadas para prover uma adaptação a mudanças na trajetória de transmissão.

Descrição Resumida dos Desenhos

[011] Os desenhos anexos estão incorporados na

especificação para ajudar a explicar a invenção. Os desenhos ilustram exemplos preferidos e alternativos de como a invenção pode ser executada e usada, mas sem limitar a invenção aos exemplos ilustrados e descritos. As várias vantagens e aspectos da invenção se tornarão aparentes em conexão com os desenhos. Nos quais:

a figura 1 mostra o arranjo geral de componentes de telemetria acústica em poços de petróleo;

a figura 2 é uma vista esquemática de um circuito de atraso de tempo que pode ser usado na presente invenção;

a figura 3 é uma vista esquemática de uma primeira configuração preferida da presente invenção;

a figura 4 é uma vista esquemática de uma segunda configuração preferida da presente invenção; e

a figura 5 é uma vista esquemática de uma terceira configuração preferida da presente invenção.

Descrição Detalhada da Invenção

[012] A presente invenção mostra um método para reforçar um sinal acústico em um ambiente de poço de petróleo, enquanto provê a supressão de ruídos indesejáveis, e que é descrito a seguir com referência a desenhos que exemplificam como a invenção pode ser executada e usada. Nos desenhos, os caracteres de referência são usados nas diversas vistas para indicar componentes correspondentes. As configurações mostradas e descritas nesta têm caráter meramente exemplar. Alguns detalhes são bem conhecidos na técnica, e, assim, não serão mostrados, nem descritos.

[013] A figura 1 é uma vista representativa de um típico aparelho de perfuração subterrânea 10. O equipamento de furação 12 opera suportando uma coluna de furação 14.

A coluna de furação 14 e o furo de poço 28 compreendem um canal acústico ou trajetória de transmissão 15. A trajetória de transmissão acústica 15 pode incluir maiores ou menos elementos dependendo das operações de produção, teste, e furação em execução e pode incluir partes de poço ou ferramentas presentes em um dado momento. A coluna de furação 14 é constituída de seções de tubo 16 conectadas por juntas ferramentas 18. A coluna de furação 14 é usada em operações no furo de poço 28 e pode ser revestida ao longo de porções de seu comprimento. Dependendo das circunstâncias, a coluna de furação 14 pode incluir válvulas 30 e 32, vedações 34, sub-conjuntos, anéis, e outros elementos. O aparelho aqui descrito pode ser utilizado em qualquer operação de poço incluindo furação, teste, completação, e produção. A figura 1 mostra unidades de comunicação 20, 22, e 24 que podem ser colocadas sobre, dentro, ou próximas da coluna de furação 14, abaixo ou acima da superfície 26, como mostrado. As unidades de comunicação 20, 22, 24 podem ser utilizadas para transmitir e/ou receber sinais acústicos de ou para locais 28 dentro do furo de poço. Por exemplo, a unidade de comunicação 20 pode transmitir sinais acústicos utilizando os métodos descritos nesta para um receptor na unidade de comunicação 24.

[014] A figura 2 é uma vista esquemática do circuito de um módulo de atraso de tempo constante analógico 33 usando um circuito integrado linear 35, que pode ser usado nas configurações descritas mais adiante. O sinal de entrada A é igual ao sinal de saída A', mas atrasado de um certo período de tempo, determinado por valores selecionados de C e R. Este circuito pode ser adaptado para prover diferentes atrasos de

tempo, selecionando outros valores de R e C, onde o atraso de tempo é igual a $2RC$. O circuito, como ilustrado, tem R_g e R_f , cada um deles com valor de 249 Ohms, um valor C de 63 pF, e um valor R de 953 Ohms, aplica um atraso de tempo constante de cerca de 0,5 milisegundos em uma dada frequência.

[015] O circuito de atraso de tempo pode ser utilizado para prover um atraso de tempo constante na frequência pretendida. Em um circuito analógico, o atraso de tempo constante pode ser realizado provendo uma extração (roll-off) linear em fase, à medida que a frequência aumenta. O circuito de atraso de tempo pode utilizar uma aproximação Pade de primeira ordem da Transformação Laplace de um atraso de tempo ideal. Aproximações Pade de ordens mais elevadas de Transformação Laplace podem ser usadas em uma resposta de frequência mais larga, se necessário, ou se requerida uma maior precisão.

[016] A figura 3 mostra uma configuração preferida da invenção utilizando um arranjo de fase para reduzir os efeitos de ruído ambiente em sinais transmitidos em um ambiente de poço de petróleo. Uma unidade de comunicação convencional 40 pode ser usada como transmissor junto com uma pluralidade de sensores 42a, 42b, 42c, 42d. Os sensores são colocados espaçados ao longo da trajetória de transmissão acústica 15. A frequência de sinal pode ser escolhida fora da faixa geral de ruído procedente de equipamentos de superfície e de outras fontes quer externas ou internas. A distância entre locais de sensor receptor 42 é pré-definida, e a velocidade de propagação acústica (V_p) da frequência de sinal escolhida (f) é conhecida. O atraso de tempo aplicado sobre os sinais medidos pelos sensores receptores 42 pode ser

calculado dividindo a distância entre os sensores 42 pela velocidade da transmissão acústica. Os sensores 42 são preferivelmente dispostos equidistantes, no entanto qualquer arranjo com distâncias conhecidas entre os sensores pode ser adequado. Três ou mais sensores geralmente são usados, e uma vez conhecida a razão de propagação acústica V_p em um meio acústico, como aço, o atraso de tempo aplicado aos sinais de saídas de sensor pode ser calculado.

[017] Um sinal enviado a partir do transmissor 40 como pulso acústico 50, $s(t)$, viaja ao longo do canal de transmissão acústica 15 junto com e distorcido por ruído ambiente $N(t)$. O pulso acústico 50 é senseado, junto com o ruído ambiente de canal $N(t)$, por cada um dos sensores 42a, 42b, 42c, 42d. Uma vez que o sensor 4a está mais próximo do transmissor 40, seus sinais enviados para o receptor 40 são adiantados em relação aos sinais dos sensores 42b, 42c, 42d. Os sinais dos sensores 42 são ponderados com pesos de atraso de tempo 44. O atraso de tempo (dt) sendo determinado em função da distância entre os sensores 42. Preferivelmente, os sensores são espaçados equidistantes, simplificando a ponderação em múltiplos de (dt), tal como $2(dt)$, $3(dt)$, $4(dt)$, ..., $n(dt)$. No entanto, outros arranjos de sensores 42 podem ser usados. Os sensores atrasados em tempo são combinados 45, por multiplicação ou soma. O sinal combinado ou sinal recebido 48 é efetivamente filtrado contra ruído. Como o ruído ambiente $N(t)$ é não-correlacionado, o ruído ambiente não é reforçado de modo similar e, portanto resulta relativamente reduzido no sinal de receptor 48. Um número maior de sensores pode ser usado para conseguir um reforço, se o sinal for ainda mais forte, sendo que o número de

sensores será limitado apenas por considerações práticas.

[018] A figura 4 é uma vista esquemática de uma segunda configuração preferida da presente invenção que utiliza filtros espaciais para reduzir os efeitos de ruído ambiente sobre uma transmissão de dados em um ambiente de poço de petróleo. Um arranjo de sensores 42a, 42b, 42c, 42d é empregado em um receptor 48 em locais espaçados ao longo do canal de transmissão acústica 15. Diferentemente do arranjo de fase dado acima, usando um filtro espacial o transmissor codifica o sinal de saída 50 ou $s(t)$. O sinal de saída 50 ou $s(t)$ do transmissor 40 é uma série 53 do sinal transmitido 50a ou $s(t)$, variando as versões atrasadas em tempo da mesma 50b, 50c, 50d ou $s(t+dt)$, $s(t+2dt)$, $s(t+3dt)$ respectivamente. Na prática os sinais atrasados são transmitidos com pequeno, mas suficiente, atraso de tempo, de modo que os sinais 50a, 50b, 50c, e 50d se sobrepõem de uma certa extensão. Quando os sinais se sobrepõem, a transmissão acústica é representada como a soma de sinais. O atraso de tempo entre os sinais é selecionado de modo a corresponder à distância entre o sensor de receptor 42, de modo que quando o primeiro sinal transmitido 50a chega no sensor 42 mais distante, os demais sinais enviados 50b, 50c, 50d também chegam no sensor correspondente, 42c, 42b, 42a, respectivamente.

[019] No exemplo dado acima, os sensores 42a, 42b, 42c, 42d são dispostos equidistantes, de modo que os atrasos de tempo dos sinais variantes 50b, 50c, 50d sejam simplesmente múltiplos de um mesmo atraso de tempo (dt). Outros arranjos de sensores podem ser empregados com os atrasos de tempo entre os sinais 50 espaçados apropriadamente, de modo que os sinais transmitidos 50 cheguem nos correspondentes sensores

42 ao mesmo tempo.

[020] Durante a transmissão do sinal 50, o ruído ambiente $N(t)$ no canal 15 é somado ao o sinal transmitido e interfere com o mesmo. Os sensores 42a, 42b, 42c, 42d no receptor 48 sensoreiam os sinais que chegam 50a, 50b, 50c, 50d. Os sinais recebidos 50a, 50b, 50c, 50d são então combinados 45, tipicamente por soma, no receptor para obter um sinal recebido resultante $R(t)$. A filtragem espacial do sinal transmitido resulta no reforço e amplificação do sinal. A magnitude do sinal transmitido aumenta linearmente com o número de sensores 42 usado no receptor 48. Entrementes, um ruído não-correlacionado, tal como ruído ambiente $N(t)$, no canal acústico 15 é reduzido em amplitude por estar "fora de frequência" com o sinal transmitido 50. A magnitude do ruído não-correlacionado $N(t)$ é reduzida de um pela raiz quadrada do número de sensores 42 no receptor 48. Ruídos não-correlacionados, tal como de ruído de bomba, areia, fluxo, etc. serão reduzido com o filtro espacial.

[021] Um problema derivado do uso de filtros espaciais é o fato de o potencial dos sinais transmitidos refletidos que chegam nos sensores 42 simular o sinal transmitido 50. Tais sinais refletidos são ruídos correlacionados. Se for usado um filtro espacial uniformemente ponderado, então os sinais de transmissão refletidos serão sensoreados igualmente com o sinal de transmissão pretendido 50. O sinal refletido será detectado, com certeza, no padrão reverso do sinal transmitido 50, ou seja, para um arranjo igualmente espaçado, o sinal 50a será recebido no sensor mais próximo do transmissor 40, simultaneamente à recepção dos sinais subsequentes 50b, 50c, 50d nos sensores 42b, 42c, 42d,

respectivamente.

[022] O problema dos sinais refletidos pode ser resolvido ponderando desigualmente os sinais transmitidos 50a, 50b, 50c, 50d. Com a ponderação desigual dos sinais 50a, 50b, 50c, 50d e dos sensores 42a, 42b, 42c, 42d, o sinal refletido não corresponde com o padrão do sinal transmitido. Em consequência, o filtro espacial pode ser usado para cancelar o sinal refletido. Por exemplo, os sensores 42a, 42b, 42c, 42d podem ser utilizados e o sinal transmitido enviado como sinais atrasados em tempo 50a, 50b, 50c, 50d. Os sensores 42a, 42b, 42c, 42d são ponderados (W) antes de combinar como [1 1 1 1]. Os sinais atrasados em tempo 50a, 50b, 50c, 50d, são ponderados por amplitude, antes da transmissão de acordo com o padrão [-1 1 1 1]. O sinal primário, sinais 50a, 50b, 50c, 50d, chegam simultaneamente nos sensores 42d, 42c, 42b, 42a. O sinal de saída medido do receptor 48 sendo dado pelo produto dos pesos de sensor [-1 1 1 1] e a amplitude ponderada de transmissão [-1 1 1 1]. O sinal medido resultante tem uma amplitude de 4, calculada como $((-1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1))$.

[023] O sinal refletido tem ponderação reversa e é cancelado efetivamente pela soma dos sinais de sensor ponderados. Usando o mesmo exemplo, o sinal refletido chega, de modo que os sinais 50a, 50b, 50c, 50d cheguem simultaneamente, nos sensores 42a, 42b, 42c, 42d. Assim, quando os sinais refletidos chegam nos sensores, o sinal de saída medido no receptor 48 é dado pelo produto de [-1 1 1 1] e os pesos de sensor [1 1 1 -1], para uma amplitude de sinal medido zero, calculado como:

$$((-1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1) + (-1 \times 1)).$$

[024] Tal ponderação desigual do filtro espacial requer pelo menos três sensores e os correspondentes componentes de sinal para cancelar o sinal refletido por soma. Os pesos de sensor ou os pesos de transmissão podem ter diferentes magnitudes, que serão necessárias, se usado um receptor de 4 sensores. No entanto, não há nenhum limite superior teórico para o número de sensores utilizados no receptor. Aqueles habilitados na técnica deverão reconhecer que o mesmo resultado pode ser obtido com o uso de único sensor, recebendo uma série de sinais atrasados em tempo por soma de sinais atrasados em tempo no processador do receptor. Na verdade, pode ser aplicado um atraso de tempo em ambos, transmissor e receptor.

[025] A figura 5 mostra outra configuração preferida da invenção usando sensores múltiplos e um filtro adaptativo. A figura 5 mostra uma unidade de transmissão de comunicação 40, com o sinal acústico 50 enviado para o receptor distorcido por uma fonte de ruído indesejável $N(t)$ que lhe foi acrescentada ao longo da trajetória de transmissão 15. Um filtro adaptativo usa um sensor de detecção de ruído 44 para medir um sensor de referência de ruído $N_R(t)$ e reduzir os efeitos do ruído ambiente sobre o receptor 48.

[026] Um sensor de referência de ruído 44 é acrescentado, tipicamente em algum lugar fora da trajetória de transmissão direta do sinal transmitido 50 ou entre o receptor 48 e a fonte de ruído. Um arranjo típico do sensor de referência de ruído inclui: acima da capa; abaixo do Kelly; acima dos injetores; ou em outros lugares que produzam um sinal reduzido a partir da unidade de comunicação 40. O sensor 44 sensoreia um sinal de ruído de referência $N_R(t)$, ao qual é

dado um peso de frequência (W) no processador de receptor e subtraído do sinal recebido do sensor 42. O peso de frequência (W) contribui para a resposta de frequência da trajetória de transmissão entre a referência de ruído e os sensores, e tipicamente aplica ganho e fase que mudam com a frequência. A soma 45 do sinal recebido do sensor 42 e o sensor de referência de ruído 44 resulta em um sinal de receptor R(t), que reduz efetivamente os efeitos de ruído ambiente no sinal transmitido 50.

[027] Técnicas padrão para calcular os pesos de frequência incluem modelagem numérica, medição da função de transferência, controle de alimentação direta adaptativo, e redes neurais. Técnicas alimentação direta são especialmente atraentes, por que se adaptam a mudanças de ruído ambiente ao longo da trajetória de transmissão.

[028] As técnicas descritas nesta podem ser utilizadas individualmente ou combinadas para uma efetiva redução de ruído. Ademais, as técnicas descritas na invenção ensinam técnicas de filtragem, e de atraso e ponderação de tempo. Deve ser aparente àqueles habilitados na técnica que outros procedimentos de filtragem, por exemplo, filtros de modo deslizante não-linear, espaço de estado, FIR, IIR, podem ser utilizados para produzir um sistema de telemetria mais avançado capaz de suprimir ruído.

[029] As configurações mostradas e descritas acima oferecem um caráter meramente exemplar. Não se reivindica que todos os detalhes, partes, elementos, e etapas descritos e mostrados tenham sido inventados na presente invenção. Ainda que muitas características e vantagens da invenção constem dos desenhos e no texto correspondente, a descrição deve ser

tomada apenas como ilustrativa.

[030] Mudanças poderão ser introduzidas nos detalhes, especialmente com respeito ao arranjo de partes ou etapas, dentro do escopo e princípios da invenção. A descrição e os desenhos dos exemplos dados acima não especificam o que seria infringir a presente patente, mas provêem pelo menos uma explicação de como utilizar e executar a invenção. Os limites da invenção e fronteiras de proteção à patente são delimitados e definidos nas reivindicações que se seguem.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de transmissão de dados em um ambiente de poço de petróleo, caracterizado pelo fato de compreender as etapas:

- prover um transmissor acústico e um receptor acústico, o transmissor e o receptor espaçados ao longo de um canal de transmissão acústica;
- enviar um sinal acústico transmitido a partir do transmissor, em uma ou mais frequências escolhidas, ao longo do canal acústico, onde se soma ao ruído ambiente viajando ao longo do canal acústico;
- prover pelo menos um sensor no receptor, para sensorar o sinal transmitido e o ruído ambiente no canal, o sensor provendo o correspondente sinal elétrico de saída;
- prover um sensor de ruído de referência para sensorar o ruído ambiente no canal, o sensor de ruído de referência provendo um sinal elétrico de saída de referência de ruído;
- combinar os sinais de saída para prover um sinal receptor, reduzindo o efeito do ruído ambiente sobre o sinal transmitido;
- enviar uma pluralidade de sinais transmitidos a partir do transmissor, ao longo do canal acústico, onde os sinais transmitidos se somam ao ruído ambiente viajando ao longo do canal acústico;
- prover uma pluralidade de sensores espaçados no receptor, a pluralidade de sensores correspondendo à pluralidade de sinais transmitidos e espaçados ao longo do comprimento do canal acústico, de modo que os sinais transmitidos cheguem simultaneamente nos sensores correspondentes.
- sensorar os sinais transmitidos e o ruído ambiente na

pluralidade de sensores, os sensores proporcionando sinais elétricos correspondentes de saída;

- combinar os sinais de saída de sensor e o sinal de saída elétrico de referência para prover um sinal de receptor.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o sinal a partir do sensor de ruído de referência ser ponderado.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de o peso aplicado ao sensor de ruído de referência ser reconfigurável.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de adicionalmente compreender:

- prover uma pluralidade de sensores espaçados no receptor, os sensores providos ao longo do canal acústico em um primeiro e pelo menos um local subsequente;

- sensorear o sinal transmitido e o ruído ambiente na pluralidade de sensores, os sensores provendo o correspondente sinal elétrico de saída; e

- combinar os sinais de saída dos sensores e o sinal de saída elétrico de referência para prover um sinal de receptor.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a trajetória de transmissão acústica ser provida em uma tubulação metálica de campo de petróleo.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a pluralidade de sensores compreender pelo menos três sensores espaçados.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de o sinal acústico ser transmitido em uma ou mais frequências selecionadas e a pluralidade de sensores serem

espaçados a uma distância maior que um décimo do comprimento de onda do sinal transmitido.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o sinal acústico ser transmitido em uma ou mais frequências selecionadas como um sinal primário e uma pluralidade de réplicas atrasadas em tempo do mesmo.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a ação de combinar os sinais de saída de sensor incluir multiplicar os sinais.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o sinal acústico ser transmitido em uma frequência selecionada, e adicionalmente compreender as etapas:

- colocar um sensor de referência de ruído em um local próximo ao receptor;
- sensorear o ruído ambiente no canal acústico no sensor de referência de ruído, o sensor de referência de ruído provendo um correspondente sinal elétrico;
- ponderar o sinal elétrico de referência de ruído; e
- combinar o sinal elétrico de referência de ruído com o sinal de saída de sensor medido.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de os pesos serem reconfiguráveis e adaptáveis, de modo a maximizar os sinais acústicos e minimizar o ruído acústico.

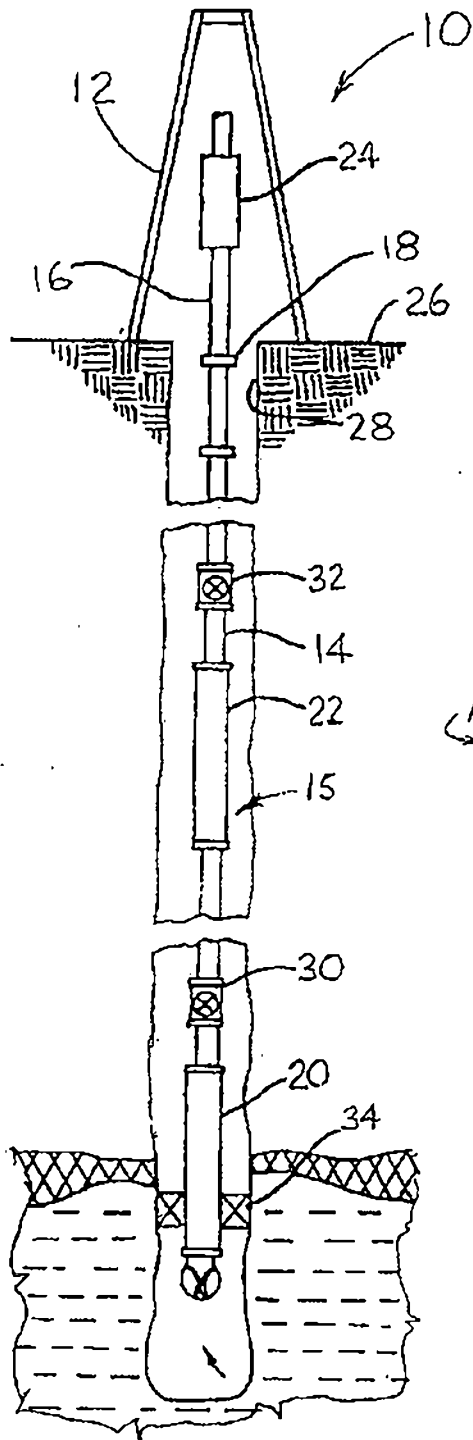


FIG.1

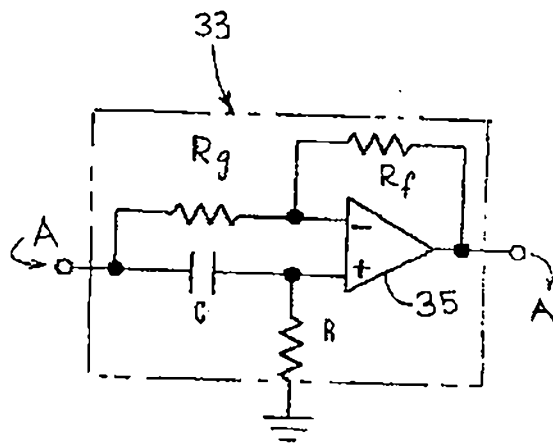


FIG.2

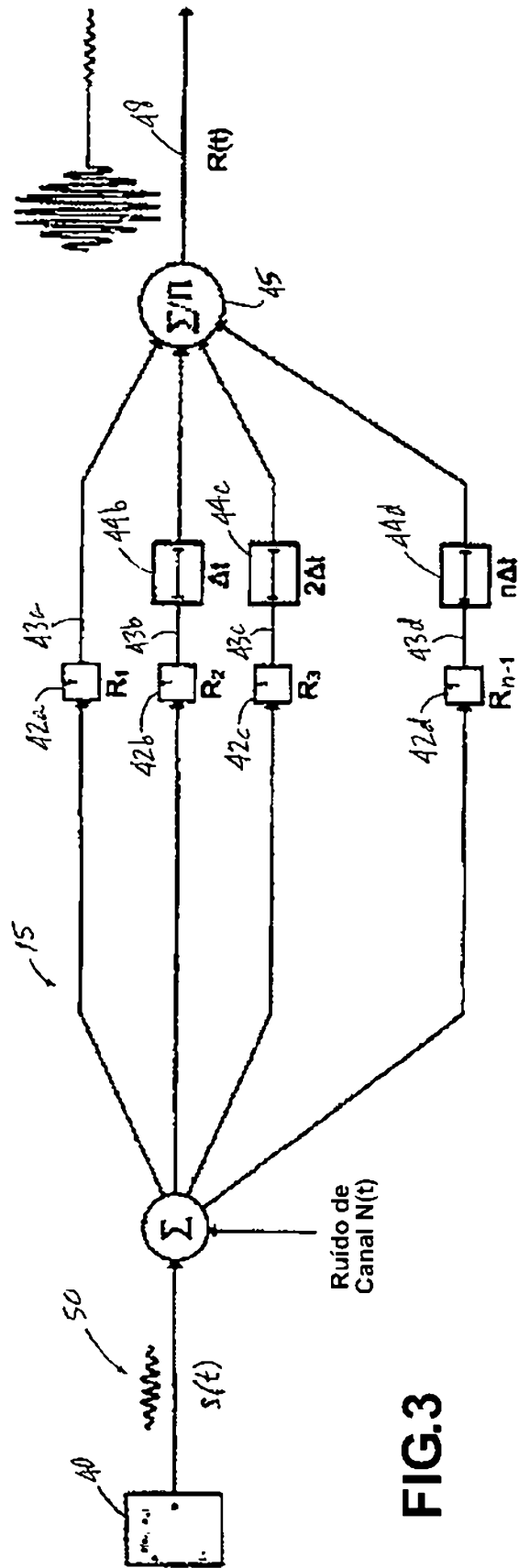


FIG.3

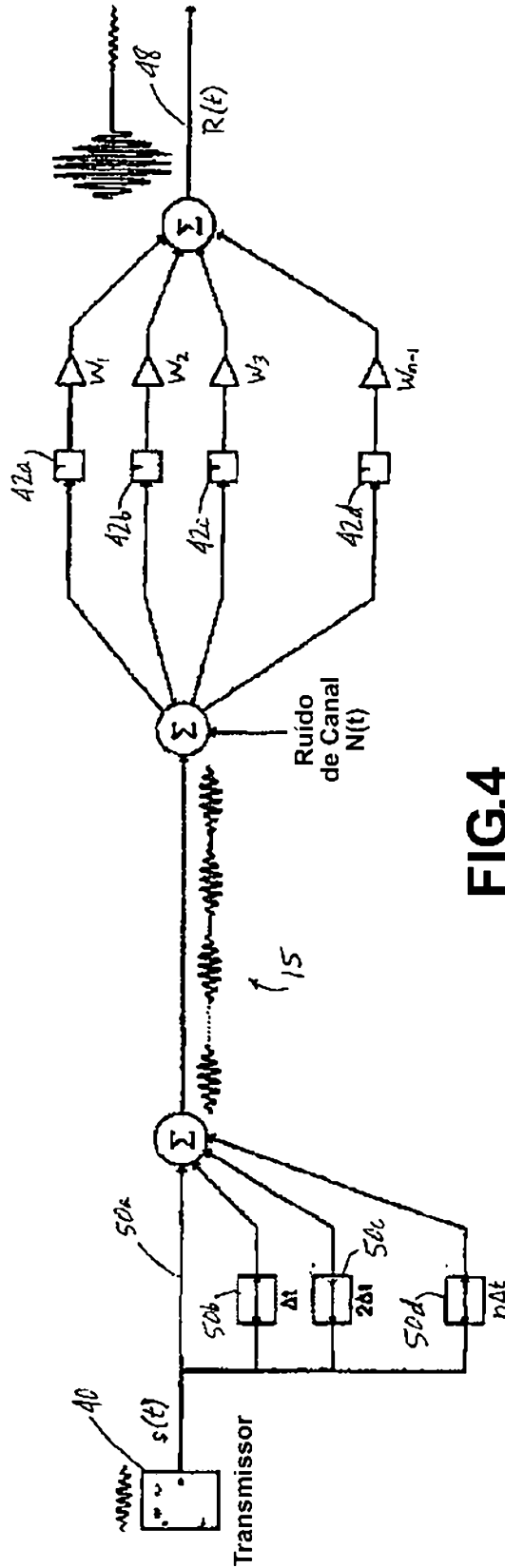


FIG.4

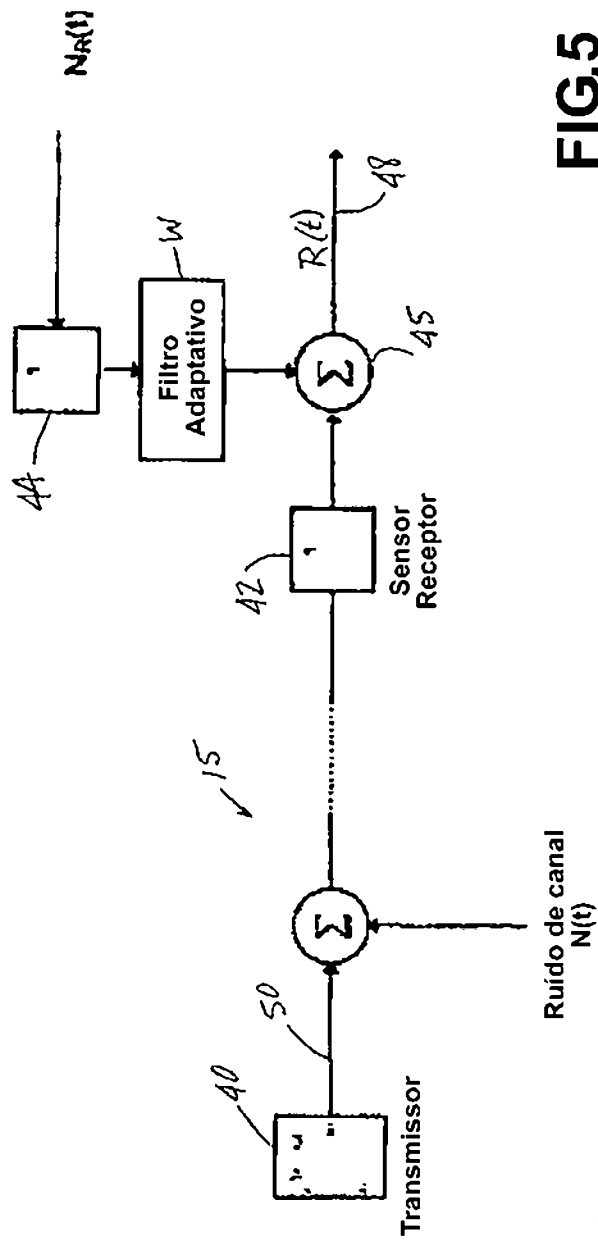


FIG.5