República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112012004527-0 B1

(22) Data do Depósito: 10/09/2010

(45) Data de Concessão: 26/02/2019

(54) Título: APARELHO E MÉTODO PARA SINCRONIZAR A REPRODUÇÃO DE ÁUDIO

(51) Int.Cl.: H04R 5/033.

(30) Prioridade Unionista: 10/09/2009 US 61/276,266.

(73) Titular(es): KOSS CORPORATION.

(72) Inventor(es): MIHAIL C. DINESCU; JOSEPH MAZZA; ADAM KUJANSKI; BRIAN GAZA; MICHAEL SAGAN.

(86) Pedido PCT: PCT US2010048337 de 10/09/2010

(87) Publicação PCT: WO 2011/031910 de 17/03/2011

(85) Data do Início da Fase Nacional: 29/02/2012

(57) Resumo: "APARELHO E MÉTODO PARA SINCRONIZAR A REPRODUÇÃO DE ÁUDIO" Dispositivos de alto-falante eletroacústicos que tocam de modo síncrono, áudio recebido a partir de uma fonte. Em uma modalidade, um alto-falante atua como o mestre e o outro alto-falante atua como o escravo. O alto-falante mestre recebe dados de áudio digital a partir de uma fonte e, além de tocar o áudio digital recebido da fonte, o alto-falante mestre retransmite o áudio digital para o alto-falante escravo. O alto-falante mestre envia adicionalmente dados de sincronização para o alto-falante escravo, como dados que indicam o estado de buffer ou posição de reprodução do alto-falante mestre. O alto-falante escravo utiliza os dados de sincronização a partir do alto-falante mestre para ajustar, por exemplo, seu estado de buffer ou posição de reprodução, de modo que os dois alto-falantes toquem o áudio sincronamente (por exemplo, em trinta milissegundos). Em uma modalidade, o alto-falante mestre utiliza um protocolo orientado para conexão, como TCP/IP, para transmitir dados de áudio armazenados para o alto-falante escravo e utiliza um protocolo sem conexão, como UDP ou ICMP, para os dados de sincronização. Além disso, os (...).

"APARELHO E MÉTODO PARA SINCRONIZAR A REPRODUÇÃO DE ÁUDIO"

ANTECEDENTES

Fones de ouvido sem fio ou fones de cabeça são conhecidos. Por exemplo, o pedido PCT PCT/US09/39754, que é incorporado aqui a título de referência na íntegra, revela um fone de ouvido sem fio que recebe e toca áudio digital de fluxo contínuo. Quando um usuário usa fones de ouvido sem fio em seus dois ouvidos, a reprodução do fluxo de áudio digital é preferivelmente sincronizada para reduzir ou eliminar o efeito Haas. O efeito Haas é um efeito psicoacústico relacionado a um grupo de fenômenos auditivos conhecidos como o Efeito de Precedência ou lei da primeira frente de onda. Esses efeitos, em combinação com reação(ões) sensória(s) a outras diferenças físicas (como diferentes de fase) entre sons percebidos, são responsáveis pela capacidade dos ouvintes com dois ouvidos localizar precisamente sons vindos em volta deles. Quando dois sons idênticos (isto é, ondas de som idêntico da mesma intensidade percebida) originam de duas fontes em distâncias diferentes do ouvinte, o som criado no local mais próximo é ouvido (chega) primeiramente. Para o ouvinte, isso cria a impressão de que o som vem daquele local sozinho devido a um fenômeno que poderia ser descrito como "inibição sensória involuntária" em que a percepção de uma pessoa de chegadas posteriores é suprimida. O efeito Haas ocorre quando tempos de chegada dos sons diferem em mais de 30 a 40 milissegundos. Como o tempo de chegada (em relação ao ouvinte) das duas fontes de áudio difere dada vez mais além de quarenta (40) milissegundos, os sons começarão a ser ouvidos como distintos. Esse não é um efeito desejado ao ouvir áudio em um par de fones de ouvido.

SUMÁRIO

Em um aspecto geral, a presente invenção é dirigida a dispositivos de alto-falante eletroacústicos, como fones de ouvido ou outros tipos de alto-falantes, que tocam de forma síncrona áudio recebido de uma fonte. Em uma modalidade, um alto-falante (por exemplo, fone de ouvido) atua como o mestre e o outro alto-falante (por exemplo, fone de ouvido) atua como o escravo. O alto-falante mestre recebe dados de áudio digital a partir de uma fonte e, além de reproduzir o áudio digital recebido da fonte, o alto-falante mestre retransmite o áudio digital para o alto-falante escravo. O alto-falante mestre envia adicionalmente dados de sincronização para o alto-falante escravo, como dados que indicam o estado de armazenagem ou posição de reprodução do alto-falante mestre. O alto-falante escravo utiliza os dados de sincronização a partir do alto-falante mestre para ajustar, por exemplo, seu estado de armazenagem ou posição de reprodução, de modo que os dois alto-falantes toquem o áudio de forma síncrona (por exemplo, em trinta milissegundos). Em uma modalidade, o alto-falante mestre utiliza um protocolo orientado para conexão, como TCP/IP, para transmitir dados de áudio armazenados para o alto-falante escravo e utiliza um protocolo sem conexão, como UDP, ICMP, ou qualquer outro protocolo de overhead baixo, rápido, para os

dados de sincronização. Além disso, os alto-falantes podem fazer transição de papéis como mestre e escravo.

FIGURAS

Várias modalidades da presente invenção são descritas aqui como exemplo com relação às seguintes figuras, em que:

A figura 1 ilustra um par de fones de ouvido sem fio de acordo com várias modalidades da presente invenção;

As figuras 2A-2D ilustram várias modalidades de um fone de ouvido sem fio de acordo com várias modalidades da presente invenção; e

A figura 3 é um diagrama de blocos de um fone de ouvido sem fio de acordo com várias modalidades da presente invenção.

DESCRIÇÃO

Várias modalidades da presente invenção são dirigidas a dispositivos de alto-falante eletroacústico que trocam dados de sincronização de modo que os dispositivos de alto-falante toquem de forma síncrona áudio recebido de uma fonte. Várias modalidades da presente invenção são descritas aqui com referência a fontes de ouvido sem fio como os dispositivos de alto-falante, embora deva ser reconhecido que a invenção não é desse modo limitada e que tipos diferentes de alto-falantes além de fones de ouvido poderiam ser utilizados em outras modalidades. Além disso, os fones de ouvido (ou outros tipos de alto-falantes) não necessitam ser sem fio.

A figura 1 é um diagrama de um usuário usando dois fones de ouvido sem fio 10a, 10b – um em cada ouvido. Como descrito aqui, os fones de ouvido 10a, 10b podem receber e tocar de forma síncrona dados de áudio digital, como áudio digital de fluxo contínuo ou de não fluxo contínuo. Em várias modalidades da presente invenção, a qualquer momento dado durante operação funcional, um dos fones de ouvido pode atuar como um mestre e outro pode atuar como um escravo. Em tais modalidades, o fone de ouvido mestre, digamos o fone de ouvido 10a nessa descrição, recebe dados de áudio digital de uma fonte de áudio digital 12 através de um link de comunicação 14. O link de comunicação 14 pode ser um link de comunicação sem fio ou cabeado. O fone de ouvido mestre 10a então transmite de modo sem fio o áudio de fluxo contínuo recebido para o fone de ouvido escravo 10b através de um link de comunicação sem fio 15. Os dois fones de ouvido 10a, 10b tocam o áudio quase sincronamente para o usuário, isto é, preferivelmente com quarenta (40) milissegundos ou menos de diferença nos tempos de chegada, e mais preferivelmente com trinta (30) milissegundos ou menos.

Em várias modalidades, como descrito no pedido PCT PCT/US09/39754, que é incorporado aqui a título de referência na íntegra, a fonte 12 pode ser um tocador de áudio digital (DAP), como um tocador mp3 ou um iPod, ou qualquer outra fonte apropriada de áu-

dio digital, como um computador laptop ou pessoal, que armazena e/ou toca arquivos de áudio digital, e que comunica com o fone de ouvido mestre 10a através do link de comunicação de dados 14. Para modalidades onde o link de comunicação de dados 14 é sem fio, qualquer protocolo de comunicação sem fio apropriado pode ser utilizado. Preferivelmente, o link sem fio é um link de comunicação Wi-Fi (por exemplo, IEEE 802.11a/b/g/n), embora em outras modalidades protocolos de comunicação sem fio diferentes possam ser utilizados, como WiMAX (IEEE 802.16), Bluetooth, Zigbee e UWB. Para modalidades onde o link de comunicação de dados 14 é um link cabeado, qualquer protocolo de comunicação apropriada pode ser utilizado, como Ethernet. Além disso, a fonte 12 pode ser um servidor remoto, como um servidor de conteúdo de áudio digital (de fluxo contínuo ou de não fluxo contínuo) conectado à Internet, que conecta ao fone de ouvido mestre 10a, como através de um ponto de acesso de uma rede sem fio ou através de uma conexão cabeada. Para modalidades onde o link de comunicação de dados 14 é sem fio, o link de comunicação sem fio 15 entre o fone de ouvido mestre 10a e o fone de ouvido escravo 10b pode utilizar o mesmo protocolo de rede para retransmitir o áudio a partir do fone de ouvido de música 10a para o fone de ouvido escravo 10b como o link de comunicação sem fio 14.

Em uma modalidade, durante o curso de operação, os fones de ouvido podem trocar papeis como mestre e escravo. Isto é, por exemplo, os fones de ouvido 10a, 10b podem ser programados de modo que se a qualquer momento dado o fone de ouvido 10a estiver atuando como o mestre e o fone de ouvido 10b estiver atuando como o escravo, em um momento subseqüente o fone de ouvido 10a pode troca para ser o escravo e o fone de ouvido 10b pode assumir o papel de mestre. Como o fone de ouvido de transmissão (por exemplo, mestre) tipicamente consome mais energia do que o fone de ouvido escravo, a troca de papeis pode ter o efeito de uniformizar o consumo da fonte de energia (por exemplo, bateria) dos dois fones de ouvido 10a, 10b.

Antes de descrever em mais detalhe como a sincronização da reprodução de áudio pode ser obtida, alguns detalhes referentes a fones de ouvido exemplares 10a, 10b de acordo com várias modalidades da presente invenção são primeiramente descritos. As figuras 2A e 2B mostram duas modalidades diferentes dos fones de ouvido 10. Os exemplos mostrados nas figuras 2A e 2B não são limitadores e outras configurações estão compreendidas no escopo da presente invenção. Como mostrado nas figuras 2A e 2B, o fone de ouvido 10 pode compreender um corpo 20. O corpo 20 pode compreender uma porção de canal de ouvido 22 que é inserida no canal auditivo do usuário do fone de ouvido. Em várias modalidades, o corpo 20 também pode compreender uma porção exterior 24 que não é inserida no canal auditivo do usuário. A porção exterior 24 pode compreende um botão 26 ou algum outro controle do usuário (como um dial, um comutador ativado por pressão, alavanca, etc.) para ajustar o formato da porção de canal auditivo 22. Isto é, em várias modalidades, a ati-

vação (por exemplo, rotação) do botão 26 pode fazer com que a porção de canal auditivo 22 mude o formato de modo, por exemplo, a expandir radialmente para se adaptar ajustadamente contra todos os lados do canal auditivo do usuário. Detalhes adicionais em relação a tal fone de ouvido de alterar formato são descritos no pedido PCT/US08/88656, depositado em 31 de dezembro de 2008, intitulado "Adjustable shape earphone", que é incorporado aqui a título de referência na íntegra. O fone de ouvido 10 também pode compreender um circuito transceptor alojado no corpo 20. O circuito transceptor descrito adicionalmente abaixo, pode transmitir e receber sinais sem fio. O circuito transceptor pode ser alojado na porção exterior 24 do fone de ouvido 10 e/ou na porção de canal auditivo 22.

Embora os fones de ouvido de exemplo 10 mostrados nas figuras 2A e 2B incluam um botão 26 para ajustar o formato da porção de canal auditivo 22, a presente invenção não é tão limitada, e em outras modalidades, meios diferentes além de um botão 26 podem ser utilizados para ajustar a porção de canal auditivo 22. Além disso, em outras modalidades, o fone de ouvido 10 pode não compreender uma porção de canal auditivo que altera o formato 22.

Em outras modalidades, como mostrado na modalidade ilustrada das figuras 2C e 2D, o fone de ouvido 10 pode compreender uma barra de suspensão 17 que permite que o fone de ouvido 10 prenda a, ou fique suspenso na orelha do usuário. A figura 2C é uma vista em perspectiva do fone de ouvido e a figura 2D é uma vista lateral de acordo com uma modalidade. Como mostrado na modalidade ilustrada, o fone de ouvido 10 pode compreender elementos de alto-falante duais 30, 32. Um dos elementos de alto-falante (o menor) 30 é dimensionado para encaixar no cavo da concha da orelha do ouvinte e o outro elemento (o maior) 32 não é. O ouvinte pode utilizar a barra de suspensão para posicionar o fone de ouvido na orelha do ouvinte. A esse respeito, a barra de suspensão pode compreender uma seção horizontal que se apóia na curvatura externa superior da orelha do ouvinte atrás da porção superior da aurícula (ou pina). O fone de ouvido pode compreender um botão frisado que permite ao usuário ajustar precisamente a distância entre a seção horizontal da barra de suspensão e os elementos de alto-falante, desse modo fornecendo, em tais modalidades, outra medida de capacidade de ajuste para o usuário. Mais detalhes em relação a tal fone de ouvido ajustável, de elemento dual, podem ser encontrados no pedido de patente PCT PCT/US09/44340, que é incorporado aqui a título de referência na íntegra.

A figura 3 é um diagrama de blocos de um dos fones de ouvido 10a, 10b de acordo com várias modalidades da presente invenção. Como, em várias modalidades, os fones de ouvido 10a, 10b são programados para ter a capacidade de trocar papeis como mestre e escravo, os componentes dos fones de ouvido 10a, 10b podem ser iguais. Na modalidade ilustrada, o fone de ouvido 10 compreende um circuito transceptor 100 e componentes periféricos relacionados. Os componentes periféricos do fone de ouvido 10 podem compreender

uma fonte de energia 102, um ou mais transdutores acústicos 106 (por exemplo, alto-falantes), e uma ou mais antenas 108. O circuito transceptor 100 e alguns dos componentes periféricos (como a fonte de energia 102 e os transdutores acústicos 106) podem ser alojados no corpo 12 do fone de ouvido 10 (vide as figuras 2A-2D). Em outras modalidades, o fone de ouvido pode compreender componentes periféricos adicionais, como um microfone, por exemplo.

Em várias modalidades, o circuito transceptor 100 pode ser implementado como um circuito integrado único (IC), como um system-on-chip (SoC), que é útil para fazer em miniatura os componentes do fone de ouvido 10, que é vantajoso se o fone de ouvido 10 for para ser de tamanho relativamente pequeno, como um fone de ouvido dentro da orelha (vide as figuras 2A-2B, por exemplo). Em modalidades alternativas, entretanto, os componentes do circuito transceptor 100 poderiam ser realizados com dois ou mais ICs discretos, como ICs separados para os processadores, memória e módulo Wi-Fi, por exemplo.

A fonte de energia 102 pode compreender, por exemplo, uma bateria (ou baterias) recarregável ou não recarregável. Em outras modalidades, a fonte de energia 102 pode compreender um ou mais ultra capacitores (às vezes mencionados como supercapacitores), que são carregados por uma fonte de energia primária. Em modalidades onde a fonte de energia 102 compreende uma célula de bateria recarregável ou um ultra capacitor, a célula de bateria ou ultra capacitor, conforme o caso pode ser carregado para uso, por exemplo, quando o fone de ouvido 10 é conectado a uma estação de ancoragem, em uma conexão cabeada ou sem fio. A estação de ancoragem pode ser conectada a ou parte de um dispositivo de computador, como um computador laptop ou PC. Além de carregar a fonte de energia recarregável 102, a estação de ancoragem pode facilitar a transferência de dados para e/ou do fone de ouvido 10. Em outras modalidades, a fonte de energia 102 pode compreender capacitores passivamente carregados com radiação RF, como descrito na patente US número 7.027.311. a fonte de energia 102 pode ser acoplada a um módulo de controle de fonte de energia 103 do circuito transceptor 100 que controla e monitora a fonte de energia 102.

O(s) transdutor(es) acústico(s) 106 pode(m) ser o(s) elemento(s) de alto-falante para transportar o som para o usuário do fone de ouvido 10. De acordo com várias modalidades, o fone de ouvido 10 pode compreende um ou mais transdutores acústico 106. Para modalidades tendo mais de um transdutor, um transdutor pode ser maior do que o outro transdutor, e um circuito de cruzamento (não mostrado) pode transmitir as freqüências mais elevadas para o transdutor menor e podem transmitir as freqüências inferiores para o transdutor maior. Mais detalhes em relação a fones de ouvido de elemento dual são fornecidos na patente US 5.333.206, cedida a Koss Corporation, que é incorporada aqui a título de referência na íntegra.

No caso do fone de ouvido mestre, a antena 108 pode receber os sinais sem fio a partir da fonte 12 através do link de comunicação sem fio 14. A antena 108 pode também irradiar os sinais para o fone de ouvido escravo 106 através do link de comunicação sem fio 15. Em outras modalidades, antenas separadas podem ser utilizadas.

Para modalidades onde os links de comunicação 14, 15 são links Wi-Fi, um módulo Wi-Fi 110 do circuito transceptor 100 em comunicação com a antena 108 pode, entre outras coisas, modular e demodular os sinais transmitidos de e recebidos pela antena 108. O módulo Wi-Fi 110 comunica com um processador de banda base 112, que executa outras funções necessárias para o fone de ouvido 10 para comunicar utilizando protocolo de Wi-Fi (ou outra comunicação).

O processador de banda base 112 pode estar em comunicação com uma unidade de processador 114, que pode compreender um microprocessador 116 e um processador de sinais digitais (DSP) 118. O microprocessador 116 pode controlar os vários componentes do circuito transceptor 100. O DSP 114 pode, por exemplo, executar vários aperfeiçoamentos de qualidade de som ao sinal de áudio digital recebido pelo processador de banda base 112, incluindo cancelamento de ruído e equalização de som. A unidade de processador 114 pode estar em comunicação com uma unidade de memória volátil 120 e uma unidade de memória não volátil 122. Uma unidade de gerenciamento de memória 124 pode controlar o acesso da unidade de processador às unidades de memória 120, 122. A memória volátil 120 pode compreender, por exemplo, um circuito de memória de acesso aleatório (RAM). A unidade de memória não volátil 122 pode compreender uma memória somente de leitura (ROM) e/ou circuitos de memória flash. As unidades de memória 120, 122 podem armazenar firmware que é executado pela unidade de processador 114. A execução do firmware pela unidade de processador 114 pode fornecer várias funcionalidades para o fone de ouvido 10, incluindo aquelas descritas aqui, incluindo sincronizar a reprodução do áudio entre o par de fones de ouvido.

Um conversor de digital em analógico (DAC) 125 pode converter os sinais de áudio digital a partir da unidade de processador 114 em forma analógica para acoplar ao(s) transdutor(es) acústico(s) 106. Uma interface I^2S 126 ou outra interface de barramento paralelo ou serial apropriada pode fornecer a interface entre a unidade de processador 114 e o DAC 125.

O circuito transceptor 100 também pode compreender um USB ou outra interface apropriada 130 que permite que o fone de ouvido 10 seja conectado a um dispositivo externo através de um cabo de USB ou outro link apropriado.

O fone de ouvido 10a atuando como o mestre pode armazenar os dados de áudio digital que entram em um buffer 140 antes de enviar os mesmos para o(s) transdutor(es) 106 para reprodução. O buffer 140 pode ser parte da unidade de memória volátil 120 como

mostrado na figura 3, ou o buffer 140 poderia ser separado. Em várias modalidades, dados, em bytes, para vários segundos de valor de áudio, como três segundos de valor ou algum outro valor, podem ser armazenados no buffer 140, que pode ser um buffer circular. O fone de ouvido mestre 10a também envia o áudio digital que entra para o fone de ouvido escravo 10b através do link de comunicação 15. Os dados a serem enviados para o fone de ouvido escravo 10b podem ser transmitidos a partir de um buffer de transmissão, que pode ser igual ou diferente do buffer 140.

Além disso, o fone de ouvido mestre 10a pode enviar para o fone de ouvido escravo 10b dados de sincronização, como a posição de byte atual do buffer 140 do fone de ouvido mestre 10a, que permite que o fone de ouvido escravo 10b sincronize sua reprodução do áudio digital com a reprodução do áudio digital do fone de ouvido mestre. Os dados de sincronização podem compreender dados indicativos do estado de buffer ou posição de reprodução do buffer 140 do fone de ouvido mestre 10a. Os dados do estado de buffer podem incluir, por exemplo, dados indicativos de índices para as contagens de leitura e/ou gravação do buffer.

Em uma modalidade, o fone de ouvido mestre 10a transmite os dados de áudio armazenados utilizando um protocolo orientado para conexão e utiliza um protocolo sem conexão para os dados de sincronização. Por exemplo, o fone de ouvido mestre 10a pode transmitir pacotes de dados para os dados de áudio armazenados para o fone de ouvido escravo 10b utilizando o protocolo TCP/IP. O fone de ouvido mestre 10a pode transmitir pacotes de dados para os dados de sincronização para o fone de ouvido escravo 10b utilizando o protocolo UDP. O fone de ouvido mestre 10a pode enviar os pacotes de dados UDP periodicamente, como a cada 0,5, 1, 3, 5 ou 10 segundos ou algum outro período. A unidade de processador 114 do fone de ouvido mestre 10a pode ser programada para enviar os pacotes TCP/IP de áudio e pacotes de dados de sincronização de UDP para o fone de ouvido escravo 10b com código ou firmware armazenado em uma unidade de memória do fone de ouvido mestre 10a, como a unidade de memória não volátil 122.

Ao atuar como o escravo, o fone de ouvido 10 pode ser programado, com base em código ou firmware armazenado na unidade de memória não volátil 122 do fone de ouvido escravo 10b, para armazenar os pacotes TCP/IP de áudio recebidos a partir do fone de ouvido mestre 10a no buffer 140 do fone de ouvido escravo 10b. Quando o fone de ouvido escravo 10b recebe dados de sincronização de UDP a partir do fone de ouvido mestre 10a, o fone de ouvido escravo 10b pode atualizar ou ajustar seu estado de buffer, ou posição de reprodução no buffer 140, para casar o estado de buffer do fone de ouvido mestre. Após ajustar sua posição de buffer, o fone de ouvido escravo 10b toca o áudio armazenado no buffer 140 utilizando a posição de buffer ajustado.

Como os tempos de transmissão dos pacotes de estado de buffer de UDP a partir

do fone de ouvido mestre 10a para o fone de ouvido escravo 10b não são sempre uniformes, em várias modalidades, o fone de ouvido escravo 10b pode, por executar código ou firmware armazenado na unidade de memória não volátil 122, rastrear os intervalos de tempo entre recebimento dos pacotes de estado de buffer UDP a partir do fone de ouvido mestre 10a. o histórico (ou registro) de intervalos de tempo pode ser armazenado na unidade de memória volátil 120 do fone de ouvido escravo 10b, e a unidade de processador 114 pode computar e salvar estatísticas contínuas sobre os intervalos de tempo, como os intervalos de tempo médio de Rotação e absoluto, intervalos de tempo médio de rotação e absoluto, desvios padrão de rotação e absoluto, etc.

O fone de ouvido escravo 10b pode utilizar as estatísticas de intervalo de tempo para determinar quanto ajustar seu estado de buffer. Por exemplo, se um pacote de estado de buffer UDP específico a partir do fone de ouvido mestre 10a demorou significativamente mais tempo para receber do que o intervalo de tempo médio entre pacotes de estado de buffer UDP, o fone de ouvido escravo 10b pode ajustar seu estado de buffer menos do que teria se o pacote de estado de buffer UDP tivesse sido recebido próximo ao intervalo de tempo médio. Alternativamente, o fone de ouvido escravo 10b pode deletar os dados de sincronização a partir do mestre 10a se for significativamente diferente do intervalo programado, ou esperado.

Em outra modalidade, além de rastrear as estatísticas de intervalo de tempo, o fone de ouvido escravo 10b pode rastrear e registrar o ajuste que fez em seu buffer cada vez. O fone de ouvido escravo 10b pode então estimar a quantidade de ajuste que será necessário fazer com base no pacote de estado de buffer UDP próximo a ser recebido a parti do fone de ouvido mestre 10a, e fazer ajustes em sua posição de buffer durante o período de tempo antes do recebido do próximo pacote de estado de buffer UDP para reduzir a quantidade de ajuste necessário quando o próximo pacote de estado de buffer UDP é recebido a partir do fone de ouvido mestre 10a. Por exemplo, se durante um período de tempo de operação o fone de ouvido escravo 10b necessitar ajustar continuamente sua posição em seu buffer 140 por aproximadamente N unidades (por exemplo, bytes de dados) cada vez que o fone de ouvido escravo 10b recebe um pacote de estado de buffer UDP a partir do fone de ouvido mestre 10a, o fone de ouvido escravo 10b pode calcular que na média x segundos entre pacotes de estado de buffer UDP, poderia ajustar sua posição de buffer por N/x posições por segundo de modo que quando o próximo pacote de estado de buffer UDP a partir do fone de ouvido mestre 10a for recebido, a quantidade de ajuste necessária ser feia pelo fone de ouvido escravo 10b para sua posição de buffer é reduzida.

Além de UDP, qualquer protocolo de overhead baixo apropriado pode ser utilizado para transmitir os dados de sincronização a partir do mestre para o escravo. Por exemplo, em outra modalidade, em vez de transmitir pacotes de estado de buffer UDP para o fone de

ouvido escravo 10b, os fones de ouvido 10 pode trocar mensagens de ruído, como mensagens de protocolo de Mensagem de controle de Internet (ICMP). As mensagens ICMP podem ser, por exemplo, mensagens de "solicitação de Eco" e "reposta de Eco". Por exemplo, o fone de ouvido mestre 10a pode transmitir uma mensagem ICMP de "solicitação de eco" e o fone de ouvido escravo 10b pode em retorno transmitir uma mensagem ICMP de "resposta de eco" para o fone de ouvido mestre 10a. O fone de ouvido escravo 10b pode ajustar sua posição de buffer com base nas mensagens ICMP para sincronizar com o mestre. Em outra modalidade, os fones de ouvido podem computar ajustes para seus relógios internos com base em, para o mestre, diferença de tempo entre quando transmitiu sua mensagem e quando recebeu a resposta do escravo. O escravo pode ajustar seu relógio interno com base no período de tempo entre quando transmitiu sua resposta e a próxima solicitação recebida do mestre.

Como mencionado acima, os fones de ouvido mestre e escravo podem fazer transição de papeis como mestre e escravo durante operação. Em uma modalidade, um dos fones de ouvido é programado para iniciar como o mestre quando ligado, e o outro fone de ouvido, atuando como o escravo, procura o endereço, como o endereço IP, do fone de ouvido mestre 10a quando ligado. Em uma modalidade, os fones de ouvido podem fazer transição de papeis entre mestre e escravo após certo período de tempo predeterminado, de operação. Em tal modalidade, após o período de tempo predeterminado, o fone de ouvido escravo pode assumir o papel de mestre e o fone de ouvido mestre pode assumir o papel de escravo. Em outra modalidade, uma ação pelo usuário dos fones de ouvido pode desencadear a transição. Por exemplo, se o usuário opera um controle de um dos fones de ouvido para alterar a fonte, o acionamento do controle pelo usuário pode fazer com que os fones de ouvido façam transição de papeis. Em outra modalidade, os fones de ouvido podem compreender conjunto de circuitos que monitora em tempo real a vida de bateria ou voltagem de bateria da fonte de energia de fone de ouvido (por exemplo, unidade de bateria). Os fones de ouvido 10a, b podem fazer transição de papeis com base na vida de bateria em tempo real, restante, dos fones de ouvido. O código ou firmware que permite que os fones de ouvido façam transição de papeis pode ser armazenado nas unidades de memória não volátil 122 dos fones de ouvido e executado pelas unidades de processador 114.

Em outra modalidade, para sincronizar os fones de ouvido, em vez de transmitir pacotes de estado de buffer a partir do mestre para os escravos, os fones de ouvido obteriam reprodução sincronizada de áudio digital por sincronizar seus relógios internos e utilizar os relógios sincronizados para começar a reprodução em um tempo programado comum. Se a reprodução for iniciada ao mesmo tempo os fones de ouvido permanecerão em sincronização porque seus relógios internos são mantidos sincronizados pela duração da reprodução. Para fins de sincronizar reprodução de áudio digital, os relógios devem ser considerados

sincronizados se a diferença de tempo entre os mesmos for menor do que 30 ms, porém preferivelmente menor do que 500 microssegundos.

A sincronização de relógio pode ser obtida pelo uso de um sinal ou pulso de rádio de "batimento cardíaco" digital ou analógico, que deve ser broadcast em uma freqüência mais elevada do que a diferença de tempo desejado entre os dois relógios (preferivelmente por uma ordem de magnitude) – por uma fonte externa ou por um dos fones de ouvido. Em uma modalidade o sinal de batimento cardíaco pode ser transmitido pelo mesmo módulo de rádio utilizado para transmitir dados de áudio entre os fones de ouvido, porém em outras modalidades cada fone de ouvido pode compreender um segundo módulo de rádio – um para o sinal de batimento cardíaco e um para o áudio digital. O módulo de rádio para o sinal de batimento cardíaco é preferivelmente um módulo de rádio de largura de banda baixa, baixo consumo de energia, e preferivelmente é de curto alcance. Na modalidade Wi-Fi apresentada anteriormente, o fone de ouvido mestre 10a pode enviar um sinal de batimento cardíaco para o fone de ouvido escravo 10b no segundo canal de rádio fornecido pelo segundo módulo de rádio, que é diferente do canal de rádio Wi-Fi.

De acordo com várias modalidades, portanto, a presente invenção é dirigida a um aparelho que compreende primeiro e segundo dispositivos de alto-falante acústicos (por exemplo, fones de ouvido). O primeiro dispositivo de alto-falante acústico compreende um primeiro transdutor acústico e um primeiro transceptor, em que o primeiro transceptor recebe e transmite sinais sem fio. O segundo dispositivo de alto-falante acústico compreende um segundo transdutor acústico e um segundo transceptor, em que o segundo transceptor recebe e transmite sinais sem fio. Os primeiro e segundo dispositivos de alto-falante comunicam de modo sem fio. O primeiro dispositivo de alto-falante acústico transmite de modo sem fio para o segundo dispositivo de alto-falante acústico, dados que compreendem (1) dados de áudio digital e (2) dados de sincronização. Os dados de áudio digital são transmitidos através de um protocolo de comunicação orientada para conexão e os dados de sincronização são transmitidos através de um protocolo de comunicação sem conexão.

De acordo com várias implementações, os dados de áudio digital enviados através do protocolo de comunicação orientada para conexão compreendem pacotes de dados de protocolo TCP/IP. Os dados de sincronização enviados através do protocolo de comunicação sem conexão podem compreender pacotes de dados de protocolo UDP ou mensagens ICMP. Os dados de áudio digital transmitidos pelo primeiro dispositivo de alto-falante acústico para o segundo dispositivo de alto-falante acústico podem compreender dados de áudio digital recebidos que foram armazenados em um primeiro buffer do primeiro dispositivo de áudio acústico e recebidos a partir de uma fonte de áudio digital sem fio através de um primeiro link de comunicação sem fio. O primeiro dispositivo de alto-falante acústico pode transmitir de modo sem fio para o segundo dispositivo de alto-falante acústico através de um

segundo link de comunicação sem fio. O primeiro link de comunicação sem fio pode compreender um link de comunicação Wi-Fi e o segundo link de comunicação sem fio pode compreender um link de comunicação Wi-Fi. Os dados de sincronização podem compreender dados de reprodução de áudio do primeiro dispositivo de alto-falante acústico ou dados de sincronização de relógio (como um sinal de batimento cardíaco). Os dados de sincronização podem compreender dados de estado de buffer do primeiro buffer do primeiro dispositivo de alto-falante acústico. O segundo dispositivo de alto-falante acústico pode compreender um segundo buffer para armazenar os dados de áudio digital recebidos a partir do primeiro dispositivo de alto-falante acústico. O primeiro dispositivo de alto-falante acústico pode transmitir os dados de sincronização para o segundo dispositivo de alto-falante acústico periodicamente. O segundo dispositivo de alto-falante acústico pode ser configurado para rastrear intervalos de tempo entre recebimento dos dados de sincronização a partir do primeiro dispositivo de alto-falante acústico. O segundo dispositivo de alto-falante acústico pode ser configurado para computar um ajuste de estado para o segundo buffer do segundo dispositivo de alto-falante acústico com base nos intervalos de tempo rastreados entre recebimento dos dados de sincronização a partir do primeiro dispositivo de alto-falante acústico. Os primeiro e segundo dispositivos de alto-falante acústico podem ser configurados de tal modo que após um período de operação, o segundo dispositivo de alto-falante acústico transmita de modo sem fio para o primeiro dispositivo de alto-falante acústico (1) dados de áudio digital através do protocolo de comunicação orientada para conexão e (2) dados de sincronização através do protocolo de comunicação sem conexão.

Em várias outras modalidades, a presente invenção é dirigida a um método para sincronizar reprodução de áudio por primeiro e segundo dispositivos de alto-falantes acústicos (como fones de ouvido), em que os primeiro e segundo dispositivos de alto-falante acústico se comunicam de modo sem fio. O método pode compreender transmitir de modo sem fio pelo primeiro dispositivo de alto-falante acústico para o segundo dispositivo de alto-falante acústico, dados que compreendem (1) dados de áudio digital e (2) dados de sincronização. Os dados de áudio digital são transmitidos através de um protocolo de comunicação orientada para conexão e os dados de sincronização são transmitidos através de um protocolo de comunicação sem conexão.

De acordo com várias implementações, o método pode compreender ainda as etapas de: receber de modo sem fio pelo primeiro dispositivo de alto-falante acústico, dados de áudio digital a partir de uma fonte de áudio digital sem fio através de um primeiro link de comunicação sem fio; e armazenar pelo primeiro dispositivo de alto-falante acústico os dados de áudio digital a partir da fonte de áudio digital sem fio em um primeiro buffer do primeiro dispositivo de alto-falante acústico. Os dados de áudio digital transmitidos pelo primeiro dispositivo de alto-falante acústico para o segundo dispositivo de alto-falante acústico podem

compreender dados de áudio digital armazenados no primeiro buffer do primeiro dispositivo de alto-falante acústico. O método também pode compreender rastrear pelo segundo dispositivo de alto-falante acústico intervalos de tempo entre recebimento dos dados de sincronização a partir do primeiro dispositivo de alto-falante acústico. O método também pode compreender comutar pelo segundo dispositivo de alto-falante acústico um ajuste de estado para o segundo buffer do segundo dispositivo de alto-falante acústico com base nos intervalos de tempo rastreados entre recebimento dos dados de sincronização a partir do primeiro dispositivo de alto-falante acústico. O método também pode compreender, após um período de operação, transmitir de modo sem fio pelo segundo dispositivo de alto-falante acústico para o primeiro dispositivo de alto-falante acústico (1) dados de áudio digital através do protocolo de comunicação orientada para conexão e (2) dados de sincronização através do protocolo de comunicação sem conexão.

Os exemplos apresentados aqui pretendem ilustrar implementações específicas e em potencial das modalidades. Pode ser reconhecido que os exemplos são destinados principalmente para fins de ilustração para aqueles versados na técnica. Nenhum aspecto ou aspectos específicos dos exemplos pretende(m) limitar o escopo das modalidades descritas. As figuras e descrições das modalidades foram simplificadas para ilustrar elementos que são relevantes para uma compreensão clara das modalidades, enquanto elimina, para fins de clareza, outros elementos.

Em várias modalidades reveladas aqui, um único componente pode ser substituído por múltiplos componentes e múltiplos componentes podem ser substituídos por um único componente para realizar uma dada função ou funções. Exceto onde tal substituição não seria operativa, tal substituição está compreendida no escopo pretendido das modalidades.

Embora várias modalidades tenham sido descritas aqui, deve ser evidente que várias modificações, alterações, e adaptações nessas modalidades podem ocorrer para pessoas versadas na técnica com obtenção de pelo menos algumas das vantagens. As modalidades reveladas pretendem, portanto, incluir todas essas modificações, alterações e adaptações sem se afastar do escopo das modalidades como exposto aqui.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho **CARACTERIZADO** por compreender:

um primeiro dispositivo de alto-falante acústico compreendendo um primeiro transdutor acústico e um primeiro transceptor, em que o primeiro transceptor recebe e transmite sinais sem fio; e

um segundo dispositivo de alto-falante acústico compreendendo um segundo transdutor acústico e um segundo transceptor, em que o segundo transceptor recebe e transmite sinais sem fio, em que os primeiro e segundo dispositivos de alto-falante se comunicam de modo sem fio, e em que:

os primeiro e segundo dispositivos de alto-falante acústicos são para reproduzir áudio simultaneamente; e

os primeiro e segundo dispositivos de alto-falante acústicos mantém sincronicidade por meio de:

uma forma contínua durante um período de tempo em que o primeiro e o segundo dispositivo de alto-falante acústicos emitem o áudio simultaneamente, o primeiro dispositivo de alto-falante acústico transmite dados de modo sem fio para o segundo dispositivo de alto-falante acústico que compreende (1) dados de áudio digital e (2) dados de sincronização;

o primeiro dispositivo de alto-falante acústico transmite de modo sem fio os dados de áudio digital para o segundo alto-falante acústico através de um protocolo de comunicação orientada para conexão;

o primeiro dispositivo de alto-falante acústico transmite de modo sem fio os dados de sincronização para o segundo alto-falante acústico através de um protocolo de comunicação sem conexão; e

o segundo dispositivo de alto-falante acústico utiliza os dados de sincronização para manter sincronicidade com o primeiro dispositivo de alto-falante acústico.

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dados de áudio digital enviados através do protocolo de comunicação orientada para conexão compreendem pacotes de dados de protocolo TCP/IP.

3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dados de sincronização enviados através do protocolo de comunicação sem conexão compreendem pacotes de dados de protocolo UDP.

4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dados de sincronização enviados através do protocolo de comunicação sem conexão compreendem mensagens ICMP.

5. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

os dados de áudio digital enviados através do protocolo de comunicação orientada para conexão compreendem pacotes de dados de protocolo TCP/IP; e

os dados de sincronização enviados através do protocolo de comunicação sem conexão compreendem pacotes de dados de protocolo UDP.

6. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro dispositivo de alto-falante acústico compreende um primeiro fone de ouvido e o segundo dispositivo de alto-falante acústico compreende um segundo fone de ouvido.

7. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

os dados de áudio digital transmitidos pelo primeiro dispositivo de alto-falante acústico para o segundo dispositivo de alto-falante acústico compreendem dados de áudio digital recebidos que foram armazenados em um primeiro buffer do primeiro dispositivo de áudio acústico e recebidos a partir de uma fonte de áudio digital sem fio através de um primeiro link de comunicação sem fio; e

o primeiro dispositivo de alto-falante acústico sem fio transmite para o segundo dispositivo de alto-falante acústico através de um segundo link de comunicação sem fio.

8. Aparelho, de acordo com a qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dados de sincronização compreendem dados de reprodução de áudio do primeiro dispositivo de alto-falante acústico.

9. Aparelho, de acordo com a qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dados de sincronização compreendem dados de sincronização de relógio.

10. Aparelho, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

os dados de sincronização compreendem dados de estado de buffer do primeiro buffer do primeiro dispositivo de alto-falante acústico; e

o segundo dispositivo de alto-falante acústico compreende um segundo buffer para armazenar os dados de áudio digital recebidos a partir do primeiro dispositivo de alto-falante acústico.

11. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo dispositivo de alto-falante acústico é configurado para rastrear intervalos de tempo entre recebimento dos dados de sincronização a partir do primeiro dispositivo de alto-falante acústico.

12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo dispositivo de alto-falante acústico é configurado para computar um ajuste de estado para o segundo buffer do segundo dispositivo de alto-falante acústico com base nos

intervalos de tempo rastreados entre recebimento dos dados de sincronização a partir do primeiro dispositivo de alto-falante acústico.

13. Aparelho, de acordo com a qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os primeiro e segundo dispositivos de alto-falante acústico são configurados de tal modo que após um período de operação, o segundo dispositivo de alto-falante acústico transmita do modo sem fio para o primeiro dispositivo de alto-falante acústico (1) dados de áudio digital através do protocolo de comunicação orientada para conexão e (2) dados de sincronização através do protocolo de comunicação sem conexão.

14. Método para manter sincronização de reprodução de áudio através de primeiro e segundo dispositivos de alto-falantes acústicos, em que os primeiro e segundo dispositivos de alto-falante acústicos se comunicam de modo sem fio, o método sendo **CARACTERIZADO** por compreender:

durante um período de tempo em que os primeiro e segundo dispositivos de alto-falantes acústicos estão emitindo o áudio simultaneamente, transmitir de modo sem fio através do primeiro dispositivo de alto-falante acústico para o segundo dispositivo de alto-falante acústico, dados que compreendem (1) dados de áudio digital e (2) dados de sincronização, em que:

o primeiro dispositivo de alto-falante acústico transmite de modo sem fio os dados de áudio digital para o segundo alto-falante acústico através de um protocolo de comunicação orientada para conexão;

o primeiro dispositivo de alto-falante acústico transmite de modo sem fio os dados de sincronização para o segundo alto-falante acústico através de um protocolo de comunicação sem conexão; e

o segundo dispositivo de alto-falante acústico utiliza os dados de sincronização para manter sincronicidade com o primeiro dispositivo de alto-falante acústico.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** por compreender ainda:

receber de modo sem fio pelo primeiro dispositivo de alto-falante acústico, dados de áudio digital a partir de uma fonte de áudio digital sem fio através de um primeiro link de comunicação sem fio; e

armazenar pelo primeiro dispositivo de alto-falante acústico os dados de áudio digital a partir da fonte de áudio digital sem fio em um primeiro buffer do primeiro dispositivo de alto-falante acústico, em que

os dados de áudio digital transmitidos pelo primeiro dispositivo de alto-falante acústico para o segundo dispositivo de alto-falante acústico compreendem dados de áudio digital armazenados no primeiro buffer do primeiro dispositivo de alto-falante acústico.

16. Método, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** por compreender ainda rastrear pelo segundo dispositivo de alto-falante acústico intervalos de tempo entre recebimento dos dados de sincronização a partir do primeiro dispositivo de alto-falante acústico.

17. Método, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** por compreender ainda computar pelo segundo dispositivo de alto-falante acústico um ajuste de estado para o segundo buffer do segundo dispositivo de alto-falante acústico com base nos intervalos de tempo rastreados entre recebimento dos dados de sincronização a partir do primeiro dispositivo de alto-falante acústico.

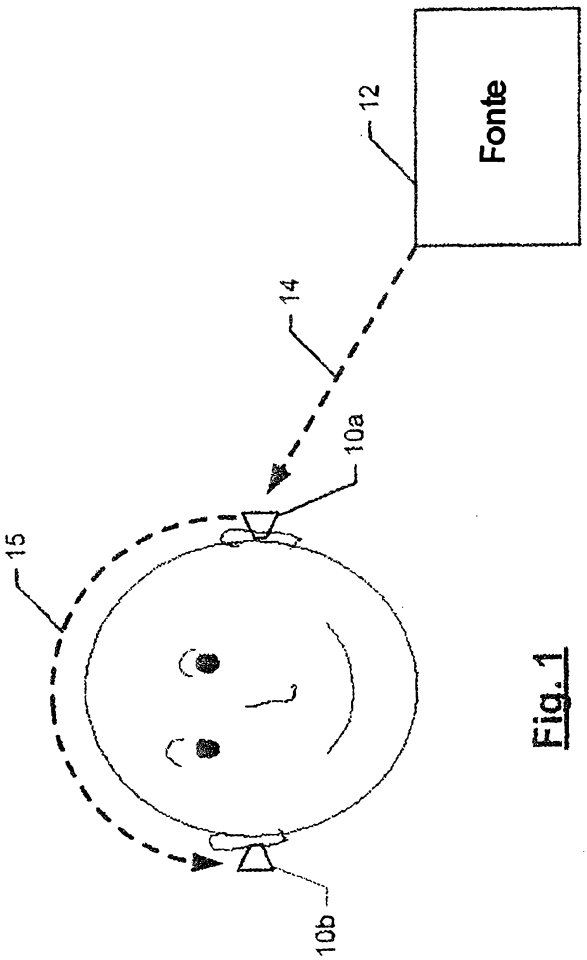


Fig. 1

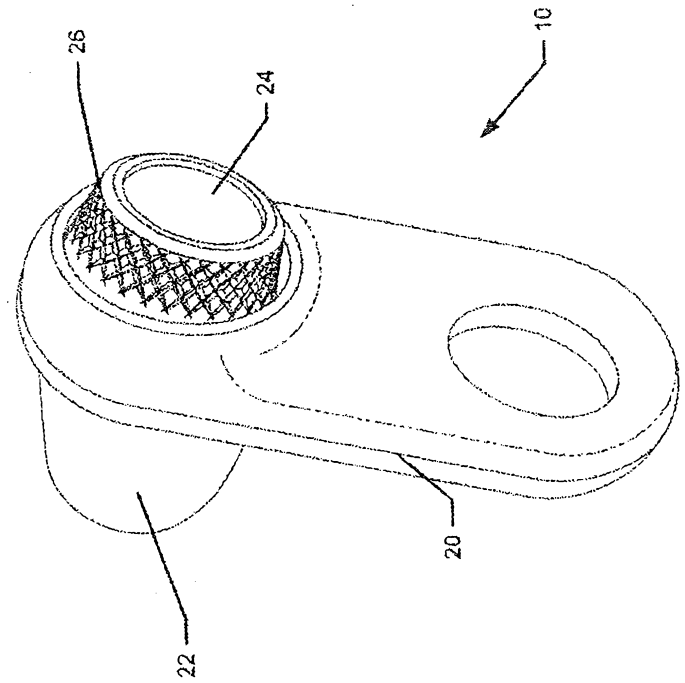


Fig. 2B

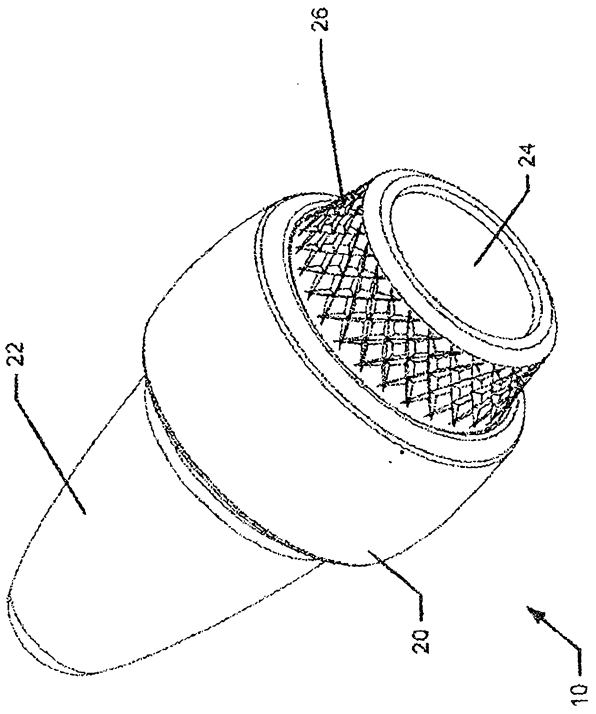


Fig. 2A

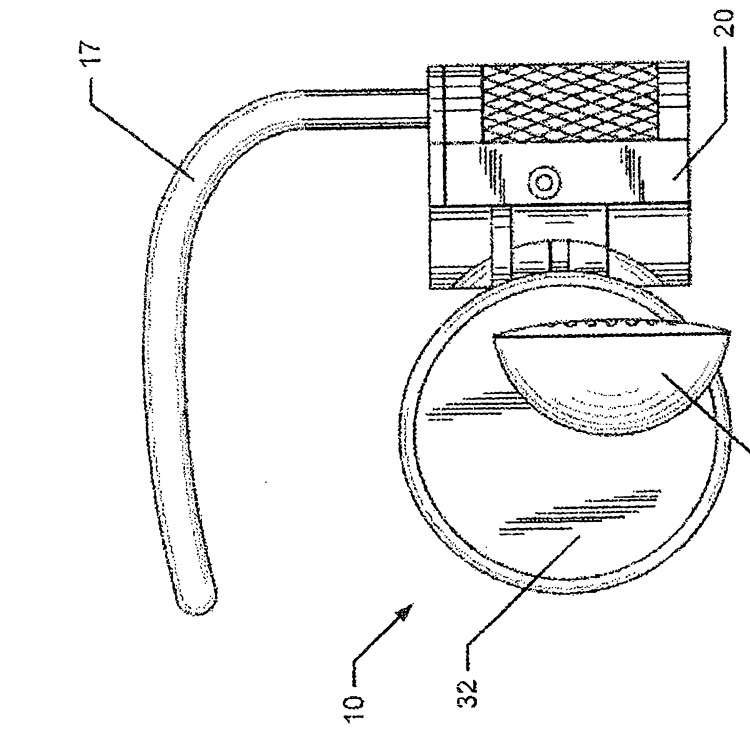


Fig. 2D

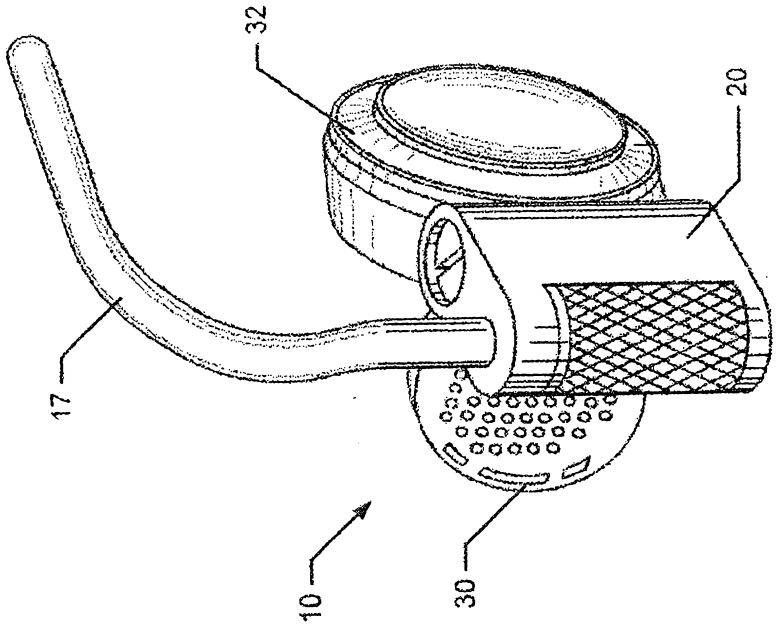


Fig. 2C

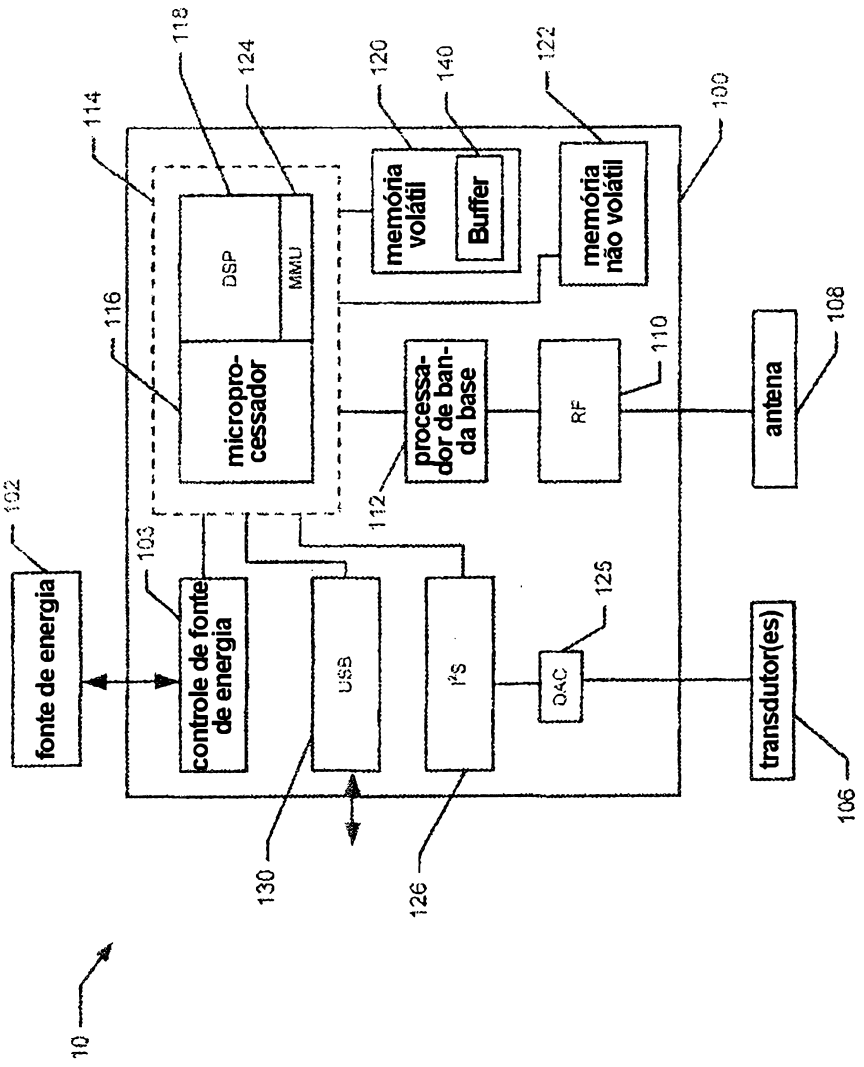

10
fonte de energia
102
controle de fonte de energia
103
microprocessador
116
DSP
MMU
114
118
124
memória volátil
120
Buffer
140
memória não volátil
122
100
processador de banda base
112
RF
110
antena
108
USB
I²S
DAC
125
transdutor(es)
106
130
126

Fig. 3