



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

**(11) PI 1014643-1 B1**



**(22) Data do Depósito: 24/03/2010**

**(45) Data de Concessão: 17/08/2021**

---

**(54) Título:** SISTEMA DE ANTENAS DISTRIBUÍDAS E MÉTODO DE COMUNICAÇÃO SOBRE SISTEMA DE ANTENAS DISTRIBUÍDAS

**(51) Int.CI.:** H04W 16/14; H04B 10/2575; H04W 88/06; H04W 88/08.

**(52) CPC:** H04W 16/14; H04B 10/25753; H04W 88/06; H04W 88/085.

**(30) Prioridade Unionista:** 29/04/2009 US 12/431,872.

**(73) Titular(es):** COMMSCOPE TECHNOLOGIES LLC.

**(72) Inventor(es):** DENNIS M. CLEARY; VAN HANSON; STEFAN EISENWINTER; MATHIAS SCHMALISCH; THOMAS KUMMETZ; DONALD R. MCALLISTER; CARMINE PAGANO; HONGJU YAN.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2010028478 de 24/03/2010

**(87) Publicação PCT:** WO 2010/126667 de 04/11/2010

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 28/10/2011

**(57) Resumo:** SISTEMA DE ANTENAS DISTRIBUÍDAS E MÉTODO DE COMUNICAÇÃO SOBRE SISTEMA DE ANTENAS DISTRIBUÍDAS. A presente invenção se refere a um sistema de antenas distribuídas 50 para comunicação com uma pluralidade de estações base 24. O sistema de antenas distribuídas 50 inclui um controlador de sistema 52 e uma unidade Master 42 comunicante com pelo menos uma da pluralidade de estações base 24. Uma unidade remota 44 comunica-se por um meio com alta taxa de dados com a unidade Máster 42 e/ou uma unidade remota a jusante 44. Alternativamente, o sistema de antenas distribuídas 50 inclui um controlador 52 e um comutador digital de pontos cruzados de tempo/espaço 302 controlado pelo controlador 52. Um transceptor digitalizador 306 encontra-se em comunicação com digital de pontos cruzados de tempo/espaço 302. comutador de pontos cruzados 302 é configurado de forma a transmitir e receber dados digitais por meio do transceptor digitalizador 306.

**“SISTEMA DE ANTENAS DISTRIBUÍDAS E MÉTODO DE COMUNICAÇÃO  
SOBRE SISTEMA DE ANTENAS DISTRIBUÍDAS”.**

Campo da invenção

[0001] A presente invenção refere-se a sistemas transceptores sem fio para uso em sistemas de comunicação sem fio, e refere-se particularmente a um sistema de antenas distribuídas para o sistema transceptor sem fio.

Fundamentos da invenção

[0002] Sistemas contemporâneos de telefone celular e redes metropolitanas de banda larga sem fio 20, como mostrado na Fig. 1, são geralmente divididos em uma quantidade de células 22 distribuídas em um padrão para evitar interferências co-canais e proporcionar cobertura de unidades móveis e fixas de assinantes operando dentro da área de serviço do sistema. Cada célula 22 inclui uma estação base 24 que usa equipamento transceptor de rádio frequência (RF, *radio frequency*), antenas 26, e equipamento de comunicação de linha fixa 28. Unidades assinantes móveis/fixas 30 dentro da área geográfica do sítio da célula usam equipamento transceptor de RF para comunicar-se com transceptores de RF no âmbito da estação base 24. A estação base 24 retransmite tráfego de voz e dados para/ de unidades ou dispositivos de usuários móveis (p. ex., um telefone) 30 e para/ de um Centro de Comutação de Telefonia Celular 32 ou Gateway de Acesso de Serviço que, por sua vez, são conectados a uma rede central, como a rede pública de telefonia comutada (PSTN) 34 ou redes comutadas de pacotes como a Internet, por exemplo).

[0003] Para aperfeiçoar a capacidade de uma estação base 24 em lidar com usuários móveis 30, células 22 podem ser divididas em setores 38 ou são ainda mais subdivididas em células menores, sendo que a estação base 24 é substituída por micro ou pico células 36 de menor custo e capacidade reduzida. Em algumas configurações, é possível usar sistemas de antenas distribuídas (DAS, *distributed antenna systems*) para otimizar a distribuição de RF em células maiores de forma a incrementar a capacidade a um custo ainda

menor do que pico- e/ou micro-células 36. Estas estratégias permitem a reutilização de um número limitado de canais de RF dispendiosos sem incorrer nos custos de uma ou mais estações base 24 completas. Adicionalmente, estas técnicas também podem ser usadas para estender a cobertura para áreas dentro do sítio da célula em que a propagação de RF pode ser limitada por obstrução, como em edificações e túneis, ou para áreas em que a quantidade de tráfego (retorno financeiro) não justifica o investimento requerido para uma estação base 24 completa. Sistemas de antenas distribuídas permitem que a cobertura de RF seja adaptada ao ambiente específico de uma maneira homogênea para auxiliar na redução da quantidade de interferência introduzida. Adicionalmente, a quantidade de tráfego extra é mantida baixa porque somente células existentes são distribuídas e não se exige transferência *hand-off* entre células.

[0004] Para reduzir os custos associados ao desenvolvimento de seus sistemas de comunicação, provedores de serviços múltiplos frequentemente alocam suas estações base 24 no mesmo ponto geográfico. Os provedores podem então compartilhar itens como antenas, torres de antenas, *primary power drops*, custos de terreno, e custos regulatórios. Estes provedores de serviço podem usar múltiplas bandas de RF, múltiplos canais dentro da mesma banda de RF e múltiplos padrões de interface aérea (p. ex., CDMA, UMTS, TDMA, e WiMax). O custo para cada provedor de serviços estender a sua cobertura própria para aumentar a sua capacidade através de desenvolvimento de suas próprias micro/pico células e/ou antenas distribuídas pode ser bastante elevado. Além disso, em algumas áreas em que a propagação RF fraca, como estádios esportivos ou *shopping centers*, os proprietários de tais lugares podem não permitir a instalação de referido equipamento por vários provedores de serviços por razões estéticas ou devido a limitações de espaço.

[0005] Portanto, há no estado da técnica uma necessidade de um sistema que pode ser usado por múltiplos provedores de serviços para estender a cobertura e aumentar a capacidade.

### Sumário da invenção

[0006] Modalidades da presente invenção proporcionam um sistema de antenas distribuídas ("DAS") que pode ser usado por múltiplos provedores de serviço sem fio de forma a aumentar a capacidade e a área de cobertura de múltiplos sistemas de comunicação sem a necessidade de que cada provedor incorra em custos de instalar uma ou mais micro/pico células ou DAS. Para tal fim, modalidades desta invenção são capazes de distribuir simultaneamente sinais entre estações-base colocadas, operadas por múltiplos provedores de serviços, e unidades de assinantes remotas ou fixas. Os sinais podem compreender múltiplas bandas de RF, múltiplos canais de RF dentro daquelas bandas, e múltiplos padrões de interface aérea. Modalidades da invenção podem oferecer a provedores de serviço sem-fio uma solução que, quando comparada a micro células ou pico células, permite-lhes cobrir determinados ambientes a um custo menor com qualidade de sinal similar ou mesmo aperfeiçoada.

[0007] Algumas modalidades do sistema de antenas distribuídas incluem um Controlador de sistema e uma unidade *master* que se comunicam com pelo menos uma de uma pluralidade de estações base. Unidades Remotas comunicam-se através de um meio com alta taxa de dados com a unidade *Master* e/ou outra unidade remota a montante ou a jusante. Em algumas modalidades, a unidade remota comunica-se sobre um canal óptico modulado digitalmente com a unidade *master* e/ou outras unidades remotas.

[0008] Em outras modalidades, o sistema de antenas distribuídas inclui um controlador e um comutador digital de rede de pontos cruzados de tempo/espço controlado pelo controlador. Um transceptor digitalizador encontra-se em comunicação com o comutador digital de rede de pontos cruzados de tempo/espço. O comutador de pontos cruzados é configurado de forma a transmitir e receber dados digitais através do transceptor digitalizador.

### Breve descrição dos desenhos

[0009] Os desenhos anexos, que são incorporados nesta descrição, e constituem uma parte da mesma, ilustram modalidades da invenção e, juntamente com uma descrição geral da invenção dada acima, e a descrição detalhada dada abaixo, servem para explicar a invenção.

[0010] A FIG. 1 é um diagrama de blocos, de um sistema de telefonia celular contemporâneo e rede metropolitana de banda larga sem fio.

[0011] A FIG. 2A é um diagrama de blocos do sistema de telefonia celular e rede metropolitana de banda larga sem fio da FIG. 1 usando uma modalidade da invenção.

[0012] A FIG. 2B é uma vista detalhada de uma porção da FIG. 2A

[0013] A FIG. 3 é um diagrama de blocos detalhado de uma modalidade da invenção.

[0014] A FIG. 4 é um diagrama de blocos detalhado de uma Unidade *Master* usada em modalidades da invenção.

[0015] A FIG. 5 é um diagrama de blocos de um comutador TDD usado em algumas modalidades da invenção.

[0016] As FIGS. 6A e 6B são diagramas de blocos detalhados de uma parte de uma Unidade Remota usada em modalidades da invenção.

[0017] As FIGS. 7A e 7B são diagramas de blocos detalhados de uma parte de uma Unidade Remota alternativa usada em modalidades da invenção.

[0018] A FIG. 8 é um diagrama de blocos detalhado de uma modalidade da invenção incluindo uma Unidade de Extensão.

[0019] A FIG. 9 é um diagrama de blocos detalhado de uma parte da Unidade de Extensão da FIG. 8.

[0020] As FIGS. 10A e 10B são diagramas de blocos detalhados de uma parte de uma Unidade *Master* alternativa usada com modalidades da invenção.

[0021] A FIG. 11 é um diagrama de blocos detalhado de um sistema de telefonia celular e rede metropolitana de banda larga sem fio de acordo com uma das modalidades da invenção.

[0022] As FIGS. 12A e 12B são um diagrama de blocos detalhado de uma parte de outra Unidade *Master* similar àquela das FIGS. 10A e 10B usada com modalidades da invenção.

[0023] A FIG. 13 é uma modalidade alternativa exemplar de uma Unidade Remota, como nas FIGS. 6A-6B e 7A-7B usando um comutador digital de pontos cruzados.

[0024] A FIG. 14 é um diagrama de blocos de uma unidade *master* e unidades remotas/ de extensão usando comutado digital de pontos cruzados.

[0025] A FIG. 15A-C compreendem diagramas de diferentes tipos de transceptores digitais.

[0026] A FIG. 16 é um diagrama de blocos de um comutador digital de pontos cruzados com uma função combinatória/ somatória.

[0027] Há que se compreender que os desenhos anexos não são necessariamente em escala, apresentando uma representação um tanto simplificada de várias características ilustrativas dos princípios básicos da invenção. As características de projeto específicas da sequência de operações como revelado aqui, incluindo, por exemplo, dimensões específicas, orientações, localizações, e formas de vários componentes ilustrados, serão determinadas em parte pela aplicação particular desejada e ambiente de uso. Determinadas características das modalidades ilustradas podem ter sido ampliadas ou distorcidas relativamente a outras para facilitar a visualização e a clara compreensão. Em particular, características finas podem ser espessadas, por exemplo, visando à clareza ou à ilustração.

#### Descrição detalhada da invenção

[0028] Modalidades da presente invenção proporcionam um sistema de antenas distribuídas ("DAS") que pode ser usado por múltiplos provedores de serviços para incrementar a capacidade e a área de cobertura de múltiplos sistemas de comunicação sem a necessidade de que cada provedor incorra em custos de desenvolver uma ou mais micro/pico células ou DAS. Para tanto, modalidades da presente invenção são capazes de distribuir simultaneamente

sinais entre estações-base colocadas operadas por múltiplos provedores de serviços, usando múltiplas bandas de RF, múltiplos canais de RF dentro destas bandas, e múltiplos padrões de interface aérea e unidades de usuário móveis ou fixas.

[0029] A arquitetura do sistema da invenção é tal que o número de bandas/interfaces aéreas RF, o número de provedores de serviço que podem ser acomodados, e o número de antenas distribuídas podem ser ajustados para cada cenário de cobertura de forma a minimizar os custos. Uma possível implementação 40 do sistema pode ser observada na modalidade exemplar ilustrada nas FIGS. 2A e 2B. Esta implementação 40 inclui uma Unidade *Master* 42 colocada com pelo menos uma estação base 24. A Unidade *Master* 42 pode ser conectada ao Centro de comutação de telefonia móvel 32 via uma conexão de linha física 28. Um grupo de unidades de antenas distribuídas 44 é interconectado via *links* de transporte digital de alta velocidade 46. O transporte de sinais de RF em um formato digital pode auxiliar a prevenir qualquer degradação calculável devida ao *link* de transporte. Também é possível usar filtração espectral para permitir ou impedir a distribuição de sinais de rádio específicos. Adicionalmente, o atraso individual de grupos de componentes espectrais pode ser ajustado individualmente sem modificações de *hardware*. Assim, é possível evitar diferenças de atraso que degradam a qualidade entre células *simulcast* que se sobrepõem.

[0030] O mecanismo de transporte digital usado em modalidades da invenção permite o uso flexível da banda larga disponível sobre os *links* de transporte. O uso dominante destes *links* é geralmente para o espectro de RF. Um formato multiplexado de tempo dos *links* permite o transporte de múltiplos sinais, que podem até mesmo encontrar-se na mesma frequência de RF. Adicionalmente, dados dos *links* de comunicação de dados, como a Ethernet, também podem ser inseridos nos *links* de transporte digital para o monitoramento do sistema, configuração, controle, e também outras aplicações do usuário.

[0031] Em uma primeira modalidade do Sistema de Antenas Distribuídas 50, e como observado na FIG. 3, uma ou mais Unidades *Master* 42a, 42b e um Controlador de Sistema 52 são colocados com as estações base 24a-d de um ou mais operadores. Nesta modalidade, cada Unidade *Master* 42a, 42b é capaz de lidar com até seis bandas de RF com até quatro provedores de serviço por banda para interfaces aéreas Duplexadas de Frequência (FDD, *Frequency Division Duplexed*), e um operador por banda para interfaces aéreas Duplexadas de Tempo (TDD, *Time Division Duplexed*), embora alguém com prática na técnica possa considerar que outras Unidades *Master* possam ser capazes de lidar com mais ou menos bandas de RF, provedores de serviço ou operadores. As Unidades *Master* 42a, 42b são conectadas às estações base 24a-d via interfaces de acoplamento conduzido 54. As Unidades *Master* 42a, 42b também são conectadas a uma série de unidades de antenas distribuídas 44, referidas a seguir como Unidades Remotas, através de uma a quatro interfaces ópticas de banda larga moduladas digitalmente 56, embora alguém com prática usual na técnica irá gostar que outras Unidades *Master* possam apresentar mais do que quatro interfaces ópticas. Até quatro Unidades Remotas 44 podem ser encadeadas em forma de margarida ao longo de cada interface óptica 56. O uso de múltiplas interfaces ópticas 56 permite que as Unidades Remotas 44a-d sejam posicionadas de modo a otimizar a cobertura. Cada uma das Unidades Remotas 44a-d também pode ser configurada de forma a lidar com até seis bandas de RF. Múltiplas Unidades *Master* 42a, 42b podem ser usadas para proporcionar múltiplos setores e provedores de serviço adicionais. Alguém com prática usual na técnica será capaz de reconhecer que é possível usar mais do que quatro Unidades Remotas 44. De maneira análoga, alguém com prática na técnica perceberá que também é possível usar mais do que seis bandas de RF.

[0032] Para cada banda de RF 57a, 57b, a Unidade *Master* 42a, 42b combina o sinal de *downlink* 58 de até quatro estações base 24a-d à base por-banda e digitaliza o sinal combinado. Alguém com prática na técnica perceberá

que poderá haver mais ou menos estações base 24 comunicando-se com a Unidade *Master* 42a, 42b. Os sinais digitalizados e combinados de cada uma das bandas de RF 57a, 57b podem então ser multiplexados por divisão de tempo em quadros e convertidos a um fluxo serial simples. Os dados seriais em quadro são transmitidos às Unidades Remotas 44a-d via os canais ópticos modulados digitalmente (DMOC, *digitally modulated optical channels*) 60a-d. As Unidades Remotas 44a-d convertem o sinal óptico modulado digitalmente em um sinal elétrico, desenquadra os vários *slots* de tempo para separar os sinais de cada banda, desserializar os mesmos e retransmitir cada banda em uma frequência de RF, via uma antena local 62, para unidades assinantes 30.

[0033] As Unidades Remotas 44a-d também recebem dados de voz e/ou dados em RF, designados como o sinal de *uplink* 64, dos dispositivos/unidades de usuário ou assinante 30 via as antenas locais 62. Cada banda de *uplink* de RF é digitalizada separadamente. Cada banda de *uplink* de RF é digitalizada separadamente. As Unidades Remotas 44a-c também podem receber um sinal digital serial das Unidades Remotas 44b-d que a precedem na cadeia em forma de margarida. Este sinal digital contém os sinais de *uplink* recebidos pelas Unidades Remotas 44b-d precedentes. Este último sinal é convertido em um formato elétrico e o sinal de *uplink* para cada banda é separado e adicionado aos sinais de *uplink* recebidos localmente de cada banda de RF em uso. Os sinais de *uplink* somados para cada banda são combinados em um protocolo digital serial simples e transmitidos via o *link* óptico modulado digitalmente 60a-d à próxima Unidade Remota 44a-c ou à Unidade *Master* 42a. A Unidade *Master* 42a converte os sinais de *uplink* ópticos em um sinal elétrico, separa os sinais de cada banda, converte os mesmos em sinais analógicos, traduz cada um à radiofrequência apropriada e envia-os às estações base 24a-d apropriadas.

[0034] Em algumas modalidades, as Unidades Remotas 44a-d podem permitir a implementação de vários sinais de RF na mesma frequência conforme pode ser necessário para transmitir e receber diversidade. Isto é

geralmente implementado como hardware dedicado para o trajeto de diversidade e os sinais digitalizados podem ser multiplexados com os sinais principais no mesmo *link* serial de alta velocidade 60. A implementação não é limitada à diversidade. Por exemplo, também é possível usar configurações MIMO (*Multiple Input Multiple Output*), como configurações NxM, com transmissores N e receptores M. Adicionalmente, os sinais de múltiplos setores que podem ocupar a mesma banda de frequência podem ser enviados sobre o mesma Unidade Remota de localização. Hardware de Unidade Remota Dedicada pode ser requerido em algumas modalidades para esta ferramenta.

[0035] Cada DMOC 60a-d é um canal *full duplex* que pode ser implementado usando duas fibras 66a, 66b em algumas modalidades como dois canais semi-duplex, um para *uplink* de dados e um para *downlink* de dados, ou em outras modalidades pode-se usar uma fibra simples 67, como ilustrado na FIG. 3. Na implementação de fibras simples 67, os sinais de *uplink* 64 e sinais de *downlink* 58 são conduzidos em diferentes comprimentos de onda, e usa-se um multiplexador por divisão de comprimento de onda (WDM, *wavelength division multiplexer*) para combinar ou dividir os dois sinais ópticos. A implementação de fibra simples 67 também pode ser feita usando-se transceptores ópticos bidirecionais. Em algumas modalidades é possível usar transceptores de fibra óptica de alta margem de *link* para permitir o uso de cabo de fibra mais velho existente que pode ser de baixa qualidade ou apresentar múltiplas emendas para reduzir adicionalmente o custo de instalação. A fibra pode ser fibra óptica simples ou multimodo e também pode ser usada para o *link* de transporte. O DMOC 60 incluindo o transceptor óptico 108 também pode ser substituído por um transceptor diferente para meio com alta taxa de dados, como cabo coaxial, fios de cobre de par trançado, óptico ou RF de espaço livre, ou redes compartilhadas, como Ethernet 68, SONET, SDH, ATM, PDH, entre outros.

[0036] [0036] Adicionalmente ao sinal digitalizado de cada banda, os *links* ópticos modulados digitalmente de *uplink* e *downlink* 60 também contêm

dados de Operação e Manutenção de Ethernet (O&M) e um de quatro Ethernets de usuário 10 Mb/s, 100 Mb/s, 1 Gb/s, ou sinais de taxa de dados mais elevada. O primeiro sinal é usado para configurar e controlar o sistema, e monitorar o status do sistema. Os sinais de Ethernet de usuário podem ser usados pelos provedores de serviço conforme acharem apropriado. O Controlador 52 proporciona supervisão e controle global da Unidade *Master* 42 e das Unidades Remotas 44 e bem como encaminhamento de alarme.

[0037] Enfocando agora na Unidade *Master* 42, a FIG. 4 contém um diagrama de blocos detalhado da Unidade *Master* 42. Cada Unidade *Master* 42 pode conter de um a seis canais de rádio (referidos a seguir como uma "via") 70, de um a quatro canais ópticos modulados digitalmente 72, um controlador 74, um gerador de *clock* 76, e um comutador de Ethernet 78.

[0038] Em uma modalidade, cada via de rádio, como 70a, pode ser configurada para lidar com uma única banda de RF para e de estações base 24a-d, por exemplo. Para uma interface aérea FDD, os canais de rádio 70a usam um combinador e um duplexador 80 para lidar com o sinal de *uplink* (assinante 30 para estação base 24) e o sinal de *downlink* (estação base 24 para assinante 30). Um conversor de descida de RF [*RF downconverter*] 82 amplifica o sinal recebido do combinador/duplexador 80 (sinal de *downlink*) para assegurar que um conversor A/D 84 esteja plenamente carregado. O conversor de descida de RF 82 determina uma frequência de centro de uma banda dentro do filtro de banda do conversor A/D. A banda larga A/D 84 digitaliza toda a banda de *downlink* da interface aérea para assegurar que todos os canais de *downlink* sejam digitalizados. Um reamostrador 86 converte o sinal a um formato complexo, desconverte digitalmente a banda de frequências em alguns casos, dizima e filtra o sinal, e *reamostra* o mesmo. Isto reduz a quantidade de dados associados com o sinal de *downlink*, como 88a, que precisa ser transferido sobre as linhas ópticas e sincroniza a taxa dos dados digitalizados com a taxa de transmissão digital da rede óptica.

[0039] A seção de *uplink* do canal de rádio 70a soma 90 os sinais de *uplink*, como os sinais 89a-d, para sua banda cedida das Unidades Remotas 44 após eles terem sido convertidos a um sinal elétrico. O somatório 90 é *reamostrado*, interpolado para ser alterado a uma taxa de dados diferente em alguns casos, e convertidos [*upconverted*] pelo reamostrador 92 e então convertido a uma forma analógica pelo conversor D/A 94.

[0040] O *RF upconverter* 96 traduz a frequência de centro do sinal analógico para a frequência apropriada à interface aérea e amplifica a mesma. O sinal amplificado é aplicado no combinador/duplexador 80 e é encaminhado de volta às estações base 24a-d.

[0041] Em modalidades em que se usa interfaces aéreas TDD, o combinador e duplexador são substituídos por uma função de comutação 98 mostrada na FIG. 4, por exemplo, no canal de rádio 70b e detalhado na FIG. 5. Enquanto a Unidade *Master* 42 recebe o sinal de *downlink* da estação base 24, um amplificador de RF no *RF upconverter* é desabilitado e o comutador de desvio 100 desvia o amplificador de RF à terra para reduzir adicionalmente o vazamento. Durante intervalos quando a Unidade *Master* 42 está enviando o sinal de *uplink* para a estação base 24, o amplificador de RF é habilitado, o comutador de desvio 100 é aberto e um comutador em série 102 é aberto para proteger o desconversor de RF contra dano devido a maiores níveis de potência. O comutador de controle de tempo 104 é determinado pelo Controlador da Unidade *Master* 74 a partir do sinal de *downlink* 88b. Adicionalmente, o formatador 106 pode aplicar uma compressão de dados para reduzir a informação digital redundante incluída no fluxo de dados seriais antes que seja enviada ao transmissor no transceptor eletro-óptico 108. A compressão pode permitir economizar largura de banda ou usar um transceptor menos oneroso com menor taxa de transferência. Os dados seriais comprimidos podem ser convertidos em um fluxo de dados não-comprimidos após serem recebidos nas extremidades opostas no óptico recebido de 108 pelo formatador 106 do lado do receptor.

[0042] Cada canal óptico modulado digitalmente 72a,b é constituído de um formatador 106 e um transceptor eletro-óptico 108. No lado da saída, o formatador 106 bloqueia, em quadros multiplexados por divisão de tempo, o sinal de *downlink* digitalizado 88a-b de cada banda de RF juntamente com uma Ethernet de usuário em formato de *Reduced Media Independent Interface* (RMII) 110a-b, dados de O&M 112 a-c e informação de sincronização. Em outras modalidades, é possível usar outras interfaces, como MII, RMII, GMII, SGMII, XGMII, entre outras, em lugar da interface RMII. Os dados enquadrados podem ser randomizados por *or'ing exclusivo* (XOR) dos mesmos com a saída de um registro linear de desvio de feedback para remover longos *strings* de uns ou zeros lógicos. Também é possível usar outros formatos codificantes conhecidos, como codificação de 8 bits/10 bits ou 64 bits/66 bits, mas isso pode resultar em uma diminuição da eficiência no uso do link serial digital. Este dado digital é então convertido a um fluxo serial que é usado para modular um transmissor óptico no interior do transceptor eletro-óptico 108. Na implementação de fibra simples 67, usa-se um multiplexador por divisão de comprimento de onda (WDM, *wavelength division multiplexer*) 109, como em DMOC 72b, para combinar ou dividir os dois sinais ópticos.

[0043] Para sinais entrantes das Unidades Remotas 44, o transceptor eletro-óptico 108 converte o sinal óptico a um sinal elétrico. O formatador 106 trava a fase com o fluxo de bits entrante e gera um *clock* de bits que é travado em fase com a taxa de dados e alinhado com o fluxo de dados seriais. O formatador 106 converte então o fluxo serial a um fluxo paralelo de dados digitais, des-randomiza o mesmo e realiza sincronização de quadros. Ele divide então o sinal de uplink digitalizado para cada banda, armazena temporariamente (*buffers*) cada banda e direciona as bandas ao canal de rádio 70a, 70b apropriado. Finalmente, o formatador 106 separa os *buffers* e dados de O&M Ethernet 112a-c e os dados de Ethernet de usuário 110a-b e direciona-os ao controlador 74 e o comutador de Ethernet 78, respectivamente.

[0044] O Controlador da Unidade *Master* 74 usa informação armazenada localmente e informação da O&M Ethernet 68 para configurar e controlar os outros blocos na Unidade *Master* 42. Ele também passa esta informação para as Unidades Remotas 44 e reporta o status das Unidades Remotas 44 e da Unidade *Master* 42 ao Controlador Principal 52 via a O&M Ethernet 68. Quando um canal de rádio, como 70b, é atribuído a uma interface aérea TDD, o controlador 74 também usa o sinal de *downlink* 88b correspondente para derivar timing do controle de comutação TDD 104.

[0045] O Controlador de Sistema 52 apresenta geralmente um sistema de controle global. O Controlador da Unidade *Master* 74 funciona configurando módulos individuais e também supervisionando módulos individuais. Como parte das funções de configuração e supervisão, o Controlador da Unidade *Master* 74 é operável de forma a determinar o timing de comutação *uplink/downlink* em sistemas TDD via decodificação da sinalização de *downlink* ou aquisição do mesmo de uma fonte diferente, tal como a variante de tempo UL RSSI, ou algum sinal de *clock* de estação base fornecido por uma fonte externa. O *frame downlink clock* em sistemas TDMA pode ser determinado e distribuído via decodificação da sinalização de *downlink* de forma a permitir funções baseadas em janela de tempo [*time slot based functions*], como emudecimento de *uplink* ou *downlink*, medições de indicação da intensidade do sinal recebido de *uplink* ou *downlink* ("RSSI", *Received Signal Strength Indication*) dentro de espaços de tempo [*time slots*], análise de tráfego de *uplink* e *downlink*, etc. O Controlador da Unidade *Master* 74 pode detectar canais ativos no espectro de RF para auxiliar na configuração ou configurar automaticamente a configuração de filtro no reamostrador 86, 92. O nivelamento ideal dos sinais individuais no reamostrador também pode ser determinado por meio de medição do RSSI dos vários sinais na banda de RF de *downlink*. O Controlador de Unidade Remota 124 pode realizar tarefas similares no *uplink* da Unidade Remota 44.

[0046] Adicionalmente, o Controlador da Unidade *Master 74* pode medir a intensidade do sinal piloto do CDMA ou dos sinais de multiplexação ortogonal por divisão de frequência ("OFDM", *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*) de forma a ajustar adequadamente o nível dos sinais de *downlink*, já que o RSSI pode variar com diferentes capacidades de carga de uma célula de estação base. Os sinais-piloto geralmente permanecem constantes com uma relação configurada entre o nível-piloto e um composto máximo para carga plena, o *headroom* [n.t.: relação de atenuação por conversa cruzada] necessário para que os sinais possam ser mantidos. O Controlador da Unidade *Master 74* também pode medir e supervisionar a qualidade de sinal dos canais de *downlink* proporcionados. No caso de degradação do sinal da estação base é possível determinar um alarme, e o operador pode focalizar na estação base sem precisar verificar os problemas do sistema DAS.

[0047] Em algumas modalidades, o Controlador da Unidade *Master 74* determina a quantidade de canais para um padrão de banda estreita [narrowband] da estação base, como o sistema global para comunicações móveis ("GSM", Juntamente com a medição do canal de controle de rádio-difusão ("BCCH", *Broadcast Control Channel*), que tem potência constante, o *headroom* apropriado que é requerido para que uma sub-banda multi-canais pode ser determinada para que seja possível evitar condições de *overdrive* ou *underdrive*. Em outras modalidades, o Controlador da Unidade *Master 74* monitora o fator de crista de um espectro transmitido na presença de múltiplos canais de RF. O fator de crista pode proporcionar *input* para o nivelamento da potência de transmissão ou a redução de potência de estágios particulares de ganho do sistema. O *headroom* configurado é geralmente maior do que o fator de crista medido para evitar degradação do sinal devido a *clipping* ou distorção. Além disso, é possível usar um mecanismo de redução do fator de crista no reamostrador em algumas das modalidades para reduzir o fator de crista e tornar mais eficiente o uso do amplificador de potência de RF na Unidade

Remota 44 ou para auxiliar a reduzir o número de bits necessários por amostra que precisam ser transmitidos sobre o link.

[0048] O gerador de *clock* 76 pode usar um Cristal Controlado por Voltagem com Compensação de Temperatura (TCVXO, *Temperature Compensated Voltage Controlled Crystal*) estável para gerar *clocks* e sinais de referência estáveis 114 para todos os blocos com funcionalidade de Unidade *Master* 42. No entanto, alguém com prática usual na técnica perceberá que também é possível usar outros dispositivos ou cristais para gerar sinais de *clocking* desde que sejam capazes de produzir os *clocks* estáveis requeridos pelo sistema.

[0049] Enfocando agora na Unidade Remota 44, as FIG. 6A e FIG. 6B contêm um diagrama de blocos detalhado da Unidade Remota 44. Cada unidade 44 pode conter de um a seis canais de rádio 120, um ou dois DMOCs 122, um Controlador da Unidade Remota 124 e um comutador de Ethernet 126.

[0050] Os DMOCs 122 podem ser designados como os canais a jusante 128 e a montante 130. O canal a jusante 128 é conectado a uma Unidade Remota 44 que precede esta Unidade Remota na cadeia em forma de margarida. O canal a montante 130 é conectado a uma Unidade *Master* 42 ou outra Unidade Remota 44. Os blocos funcionais DMOC 122 são muito similares àqueles na Unidade *Master* 42. Ambos consistem de um formatador 132 e transceptor eletro-óptico 134. Dados que saem são armazenados temporariamente, formatados em quadros, randomizados, convertidos de paralelo para serial, e usados para modular um transmissor óptico no transceptor eletro-óptico 134. Dados que entram são convertidos de um formato óptico para elétrico, têm bits sincronizados, são des-randomizados, têm quadros sincronizados e convertidos a um formato paralelo. Os vários tipos de dados são então irrompidos, armazenados temporariamente (*buffered*) e distribuídos para outros blocos funcionais dentro da Unidade Remota 44. Em algumas modalidades, o formatador 132 pode implementar esquemas de

compressão e descompressão para reduzir a largura de banda sobre o link óptico digital.

[0051] Os canais de rádio na Unidade Remota 44 são funcionalmente similares àqueles na Unidade *Master* 42. Cada canal de rádio é configurado para lidar com uma única banda de RF. Diferentemente dos canais de rádio 70 da Unidade *Master* 42, os canais de rádio 120 da Unidade Remota 44 são conectados via um acoplador de banda cruzada 136 a uma antena 62. Para interfaces aéreas FDD, os canais de rádio, como canal de rádio 120a, usam um duplexador 138 para dividir o sinal de *uplink* (assinante 30 para estação base 24) e o sinal de *downlink* (estação base 24 para assinante 30). Duplexadores, combinadores de banda cruzada e acopladores podem ser opcionais para algumas modalidades da Unidade *Master* 42 ou de Unidades Remotas 44. Nestas modalidades, antenas adicionais podem substituir o duplexador 138 e acoplador cruzado 136 nas Unidades Remotas 44. Cabos extras poderiam ser necessários na Unidade *Master* 42. Um desconvedor de RF 140 amplifica o sinal de *uplink* recebido da antena 62 para assegurar que um conversor A/D esteja plenamente carregado e determine a frequência central da banda dentro da banda de passagem do conversor A/D. O A/D 142 de banda larga digitaliza toda a banda de *uplink* da interface aérea para assegurar que todos os canais de *uplink* sejam digitalizados. Um reamostrador 144 converte o sinal de *uplink* a um formato complexo, desconverte digitalmente o sinal em alguns casos, dizime e filtra o sinal, e *reamostra* o mesmo com um banco de filtros multitaxas. Isto reduz a quantidade de dados que precisa ser transferida sobre os links ópticos e sincroniza a taxa dos dados digitalizados com a taxa de bits da rede óptica. A saída do reamostrador 144 é adicionada aos sinais de *uplink* 146a das Unidades Remotas 44 a jusante no somador 147. O sinal de *uplink* somado 148a para cada banda é então enviado a um formatador 132 no canal a montante 130 no DMOC 122.

[0052] O sinal de *downlink* 150 para cada banda (150a, 150b) é interpolado e a frequência é deslocada no reamostrador 152. O atraso em

grupo de componentes espectrais individuais pode ser ajustado via filtros ou elementos de atraso no reamostrador 152. O sinal é então convertido a uma forma analógica por meio do conversor D/A 154. O *RF upconverter* 156 traduz a frequência de centro da banda de *downlink* analógica para a frequência apropriada para a interface aérea e a amplifica. O sinal amplificado é então aplicado à antena 62 e transmitido às unidades assinantes 30.

[0053] Para interfaces aéreas TDD, o duplexador 138 é substituído pela função de comutação 98 mostrada no canal de rádio 120b e FIG. 5. Enquanto a Unidade Remota 44 está recebendo o *uplink*, o amplificador de potência de RF no *RF upconverter* 156 é desabilitado e o comutador de desvio 100 desvia o amplificador de potência de RF para a terra de forma a reduzir ainda mais o vazamento. Quando a Unidade Remota 44 está transmitindo o sinal de *downlink*, o amplificador de potência de RF é habilitado, o comutador de desvio 100 é aberto para permitir que o sinal de *downlink* atinja a antena 62 e o comutador em série 102 é aberto para proteger o deconversor de RF [*RF downconverter*] 140 contra dano devido a altos níveis de potência. Como no caso da Unidade *Master* 42, o timing do controle de comutação 104 é determinado pelo Controlador 124 a partir do sinal de *downlink* 150a, 150b.

[0054] O gerador de *clock* 158 inclui um oscilador a cristal controlado por voltagem (VCXO, *Voltage-controlled Crystal Oscillator*) que é travado em fase com a taxa de bits do fluxo de dados seriais entrantes via um elo travado em fase de banda estreita (PLL, *narrowband phaselocked loop*). A saída do VCXO é dividida e é usada como a referência de frequência 160 para os osciladores locais em cada canal de rádio 120a, b, os *clocks* de amostragem para os conversores A/D 142 e D/A 154, e um *clock* para os outros blocos na Unidade Remota 44. Alguém com prática usual na técnica perceberá que a precisão de frequência a longo prazo deveria ser boa para assegurar que os osciladores locais estejam em frequência e que os níveis de flutuação rápida de fase também deveriam ser baixos para assegurar que a flutuação rápida de fase [*jitter*] não corrompa os processos de conversão A/D e D/A. Por meio do

travamento de elo em fase à taxa de dados do link óptico, que é derivado do TCVCXO estável na Unidade *Master* 42, a Unidade Remota 44 não requer um dispendioso oscilador forno-controlado ou um esquema disciplinador de GPS para manter a precisão da frequência a longo prazo, tornando com isso as Unidades Remotas 44 mais numerosas menos dispendiosas. O uso de um PLL de banda estreita e um oscilador controlado a cristal pode auxiliar a reduzir a flutuação rápida de fase para os *clocks* dos conversores A/D e D/A. O uso de *clocks* com *jitter* reduzido, recuperados, 162 para re-sincronizar os dados de transmissão nos links ópticos em cada Unidade Remota 44 reduz o acúmulo de *jitter*, o que pode auxiliar a aperfeiçoar os *clocks* dos conversores A/D e D/A nas Unidades Remotas 44 a jusante e pode auxiliar a reduzir a taxa de erros de bit (BER, *bit error rate*) dos canais de comunicação óptica 122.

[0055] O Controlador da Unidade Remota (RUC) 124 usa informação armazenada localmente e informação da O&M Ethernet 68 para configurar e controlar os outros blocos na Unidade Remota 44. RMII 112d a jusante e RMII 112e a montante também podem ser fornecidos ao formatador 132. Adicionalmente, os dados locais de O&M 166 podem ser configurados em um terminal local de O&M 164. A Unidade Remota 44 também passa esta informação para as Unidades Remotas 44 a montante e a jusante e/ou Unidade *Master* 42. O RUC 124 usa adicionalmente o sinal de sinal de *downlink* apropriado para obter timing do controle de comutação TDD 104 quando requerido.

[0056] Em uma modalidade alternativa do canal de rádio 120c usado em uma Unidade Remota 44, o canal de rádio 120c também pode usar pré-distorção digital para linearizar o amplificador de potência. Esta modalidade do canal de rádio 120c em uma Unidade Remota 44 é mostrada nos diagramas de blocos das FIGS. 7A e 7B. Nesta modalidade, é possível adicionar um terceiro trajeto do sinal a um ou mais canais de rádio 120c. O terceiro trajeto desacopla o sinal de *downlink* após a amplificação de potência e digitaliza a mesma. O sinal da antena 62 é recebido em um desconvedor de RF 168, que amplifica

o sinal recebido para assegurar que um conversor A/D 170 seja plenamente carregado e determine a frequência de centro da banda dentro da banda de passagem do conversor A/D. O A/D de banda larga 170 digitaliza toda a banda de *uplink* da interface aérea para assegurar que todos os canais de *uplink* sejam digitalizados. O sinal digitalizado é comparado a uma versão atrasada do sinal de *downlink* na unidade de pré-distorção digital 172 e a diferença é usada para ajustar adaptativamente o ganho e a fase do sinal antes da conversão D/A para corrigir a não-linearidade no amplificador de potência.

[0057] Em uma modalidade alternativa do Sistema de Antenas Distribuídas 180, as Unidades *Master* 42a, b não são colocadas com as estações base 24. Nesta modalidade, as Unidades *Masters* 42a, b são conectadas a uma antena 182 e as interfaces de linha física às estações base são substituídas por um *link* de RF multi-bandas, como ilustrado na FIG. 8, incluindo um combinador 184 e um acoplador de banda cruzada 186. O combinador 184 e acoplador de banda cruzada 186 atuam tanto para combinar e dividir sinais de cada uma das estações base 24 dos múltiplos provedores de serviços. Esta configuração ainda permite que múltiplos provedores de serviços usem o sistema, conservando com isso os benefícios de custo de apenas empregar um sistema enquanto se estende a cobertura mais longe do que pode ser feito com as modalidades que apresentam um sistema colocado. Adicionalmente, nesta modalidade, o combinador/duplexador 80 na Unidade *Master* 42 pode ser substituído por um duplexador. Como com outras modalidades, cada Unidade *Master* 42 pode suportar até seis bandas de RF, embora em outras modalidades o número de bandas de RF possa ser de mais do que seis.

[0058] Em outra modalidade do Sistema de Antenas Distribuídas, e como também ilustrado na FIG. 8, um dos *links* ópticos da Unidade *Master* 42 pode ser conectado a uma Unidade de Extensão 192. Nesta modalidade, a(s) Unidade(s) *Master(s)* 42 podem ser colocadas com a estação base ou as estações base 24 como mostrado na Fig. 3, ou a(s) Unidade(s) *Master(s)* 42

podem não ser colocadas com a estação base ou as estações base 24 como mostrado na Fig. 8. A Unidade de Extensão 192 fornece mais *links* ópticos modulados digitalmente para distribuição de tráfego de voz e dados, comando e controle, dados de usuário para até nove Unidades Remotas 44, aumentando com isso o número de Unidades Remotas 44 com que uma única Unidade *Master* 42 pode lidar. A Unidade de Extensão 192 pode comunicar-se com as Unidades Remotas 44 usando uma estratégia de duas fibras 66a, 66b usando o mesmo comprimento de onda em ambas as direções, ou a Unidade de Extensão 192 pode comunicar-se usando uma fibra simples 67 usando dois comprimentos de onda e uma WDM (204 na FIG. 9). A FIG. 9 é um diagrama de blocos detalhado de uma Unidade de Extensão 192. A Unidade de Extensão inclui DMOCs 194, um controlador 196, um gerador de *clock* 198, um Comutador de Ethernet 200 e somadores 202. Um dos DMOCs 194a conecta-se à Unidade *Master* 42 enquanto cada um dos DMOCs remanescentes 194b-c conecta-se a uma diferente Unidade Remota 44. O DMOC 194a conectado à Unidade *Master* 42 espalha dados da Unidade *Master* 42 para os outros DMOCs 194b-c. Dados de cada Unidade Remota 44 são convertidos em um formato elétrico pelos DMOCs 194b-c e são combinados em um sistema óptico de quadro único e enviados à Unidade *Master* 44. Como com as outras unidades, o DMOC pode usar duas fibras 66a, 66b ou uma única fibra 67 usando dois comprimentos de onda e um WDM 204. O gerador de *clock* 198 gera *clocks* para todas as funções da Unidade de Extensão 192 por meio de travamento de elo em fase de um VCXO à taxa do fluxo de bits serial da Unidade *Master* 42 usada da mesma maneira que na Unidade Remota 44 acima.

[0059] Os somadores 202a, 202b para cada banda combinam os dados de *uplink* digitalizados 206a-b ou 208a-b para aquela banda de cada Unidade Remota 44 para transmissão à Unidade *Master* 42. Isto, os dados de *uplink* combinados 210a, 210b auxilia a reduzir a taxa de bits no link óptico com a Unidade *Master* 42.

[0060] Dados de O&M 112 da Unidade *Master 42* são transmitidos ao Controlador da Unidade de Extensão 196 e a todas as Unidades Remotas 44. Dados de usuário (dados de RMI de usuário 212a, 212b) para cada uma das unidades remotas também são enviados para todas as Unidades Remotas 44 e Comutador de Ethernet da Unidade de Extensão 200. Dados de O&M (incluindo dados locais de O&M 214a, 214b das Unidades Remotas 44) e dados de usuário 212a, 212b das Unidades Remotas 44 e a Unidade de Extensão 192 são enquadrados e enviados à Unidade *Master 42*.

[0061] O Comutador de Ethernet 200 direciona os dados da Ethernet de usuário 110 (incluindo 110a, 110b da FIG. 4) da Unidade *Master 42* para/de as Unidades Remotas 42. O Controlador da Unidade de Extensão 196 usa informação armazenada localmente e informação da O&M Ethernet para configurar e controlar os outros blocos na Unidade de Extensão 196.

[0062] Em outra modalidade do Sistema de Antenas Distribuídas 220, uma ou mais das interfaces analógicas de RF com a estação base 24 podem ser substituídas por interfaces que portam os sinais de *uplink* e *downlink* em um formato digital de quadro multiplexado por divisão de tempo, como uma Interface de rádio pública comum (CPRI, *Common Public Radio Interface*) ou o link da Iniciativa de Arquitetura de Estação Base Aberta (OBSAI, *Open Base Station Architecture Initiative*). Para interfaces aéreas de FDD, a interface é duplex pleno [*full duplex*], de modo que a camada física de cada interface pode usar duas interfaces de acoplamento conduzidas ou dois canais de fibra óptica ou um único canal de fibra óptica que usa WDM. Para interfaces aéreas TDD, a interface é semiduplex [*half duplex*] de modo que a camada física pode usar uma interface de acoplamento conduzida ou uma única fibra usando TDM ou duas fibras. É possível usar fibras simples ou multimodais.

[0063] Nesta modalidade, o canal de rádio 70c da Unidade *Master 42* é modificado como mostrado nas FIGS. 10A e 10B para permitir operação com sinais de RF digitalizados ou analógicos. A FIG. 10A ilustra um canal de rádio 70a com quatro interfaces de estação base de RF analógicas 24a-d e um canal

de rádio 70c com três interfaces de RF analógicas 24e-g e uma interface de RF digital 24 h. Para padrões de interfaces aéreas FDD, cada banda de RF pode ser configurada de forma a acomodar qualquer combinação de interfaces de RF digitais e analógicas até um total da soma de quatro. Para interfaces de TDD, é possível acomodar apenas uma única interface, seja digital ou analógica. Para a interface de estação base de RF digital 24h, um transceptor 222 converte o sinal do formato da camada física da interface (p. ex., sinalização diferencial de baixa voltagem (*Low Voltage Differential Signaling*) Óptica, Ethernet) a níveis lógicos padrão. Um formatador 224 desenquadra e sincroniza os bits do sinal, decodifica o sinal, realiza uma conversão de paralela para serial, e equaliza a taxa [*rate buffers*] do sinal. Um reamostrador 226 converte o sinal a um formato complexo, se necessário, dizima e filtra o sinal e *re-amostra* o mesmo. Isto reduz a quantidade de dados que precisa ser transferida sobre os *links* ópticos 60 e sincroniza a taxa dos dados digitalizados com a taxa de bits da rede óptica. O sinal de RF digitalizado reamostrado é somado no somador 228 com o sinal de RF digitalizado composto de qualquer um dos canais de RF analógicos e a soma resultante 88a é transmitida para as Unidades Remotas 44.

[0064] O sinal de *uplink* para a banda dada de cada grupo de Unidades Remotas 44 é somado no somador 90 e *reamostrado* no reamostrador 230. A reamostragem converte o sinal somado à taxa de amostragem e largura de banda do *link* de RF digitalizado. O formatador 224 enquadra então os dados, codifica os dados, converte-os em um formato serial e divide-os em pacotes se necessário. O transceptor 222 converte-o à camada física apropriada para a interface.

[0065] Em outra modalidade do Sistema de Antenas Distribuídas 240, as Unidades *Master* 42 não colocadas com as estações base podem trocar sinais de RF digitalizados 242 com aquelas estações base adicionalmente aos sinais de RF analógicos de rádio-difusão, como mostrado na FIG. 11. Nesta variação da invenção, os canais de rádio da Unidade *Master* 70 são modificados como

mostrado nas FIGS. 12A e 12B, por meio da adição de um canal de RF digital ou canal (is) de RF digital (is). A operação do canal digital é idêntica a uma nas FIGS. 10A e 10B. É possível usar canais de rádio digitais múltiplos para cada banda.

[0066] Em uma configuração alternativa do Sistema de Antenas Distribuídas, transceptores digitais podem criar o fluxo de dados. Nesta configuração, os formatadores e *links* elétricos/ ópticos podem ser substituídos por comutadores digitais de pontos cruzados 250 como observado no diagrama de blocos exemplar na FIG. 13. Um sistema digital pode ser implementado de tal forma que a distribuição de fluxos de sinal pode ser configurada usando comutador de pontos cruzados de tempo/espço, como ilustrado, por exemplo na FIG. 13.

[0067] FIG. 14 é um diagrama de blocos de uma distribuição exemplar de RF digital e de arquitetura de comutação 300 para estações base e suas correspondentes unidades remotas. Usando um comutador de pontos cruzados 302, é possível combinar múltiplas estações base sobre um único link digital. Todos os sinais entre a unidade *head-end* e a remota podem ser direcionados através de um comutador 302 permitindo conectar qualquer *input* a qualquer *output*. Esta arquitetura também pode apresentar múltiplas matrizes de comutação que poderiam ser usadas para implementar esquemas de distribuição mais complexos. É possível usar uma funcionalidade do tipo ponte de conferência nos comutadores para combinar em um canal os sinais de *uplink* 64 que vieram de diferentes unidades móveis 30.

[0068] A arquitetura digital 300 pode estar sob o controle de um controlador de sistema 304 que controla, coordena e opera o comutador digital de rede de pontos cruzados de tempo/espço 302. O comutador 302 transmite e recebe dados digitais através dos transceptores digitalizadores 306 que podem substituir os canais de rádio 120 de modalidades discutidas acima. Alguns dos transceptores digitalizadores 306 convertem os sinais de *downlink* analógicos das estações base 24 em sinais digitais e transmitem aqueles sinais

digitais para o comutador 302. Outros transceptores digitalizadores 308 convertem os sinais de *downlink* digitais em analógicos e transmitem às unidades móveis 30. De maneira análoga, para sinais de *uplink*, os transceptores digitalizadores 308 convertem os sinais analógicos das unidades móveis a sinais digitais e transmitem aqueles sinais ao comutador. Transceptores digitalizadores 306 convertem os sinais de *uplink* digitais a analógicos e os enviam às estações base 24. Comutadores de pontos cruzados adicionais também podem ser usados para expandir a cobertura como com um comutador 310 que atua como uma unidade de extensão que conecta através de transceptores digitalizadores 308 a unidades móveis adicionais 30. Comutadores adicionais, como o comutador 312, também podem ser adicionados do comutador 302 para expandir a cobertura entre estações base adicionais 24 e unidades móveis 30.

[0069] O uso de emudecimento de *uplink* pode auxiliar a reduzir o ruído nos sinais de *uplink* que são acoplados na entrada da estação base quando não há unidades móveis ativas. Isto pode ser implementado em algumas modalidades usando detecção de base RSSI e bem como uma detecção sofisticada de sinais de *uplink* CDMA homogêneos. No caso de um sinal de *uplink* atingir e ser recebido por múltiplas Unidades Remotas, é possível usar um mecanismo de combinação de relação máxima. O mecanismo de combinação pode ser melhor adequado para sinais de banda estreita do que para sinais de banda larga devido à descorrelação incrementada dos sinais de amplitude larga de banda e sua imunidade incrementada ao desvanecimento.

[0070] As FIGS. 15A - 15C ilustram vários tipos de transceptores digitais 306, 308 que podem ser usados com modalidades da arquitetura digital 300 discutida acima. Por exemplo, na FIG. 15A, um transceptor digital 320 pode ser configurado para uma conversão analógica-digital direta sendo que o amplificador de potência 322 amplifica sinais de *downlink* entrantes. Os sinais de *downlink* *amplificados* são convertidos a sinais digitais com o conversor A/D 324 e são colocados em uma interface de *bus* 326 na preparação para enviá-

los via um *bus* digital 328 para um comutador de pontos cruzados, como o comutador 302. O *bus* digital pode ser fibra óptica, cabo coaxial, fios de cobre de par trançado, RF de espaço livre para [sistemas] ópticos, ou podem até mesmo compartilhar redes existentes, como Ethernet, em algumas modalidades. Sinais de *uplink* são recebidos na interface de bus 326, convertidos de digitais para analógicos com o conversor D/A 330 e amplificados com o amplificador de potência 332 antes de ser transmitidos. Um controlador 334 com um *bus* do controlador 336 opcional pode ser usado em algumas modalidades para controlar os sinais de entrada e de saída no *bus* 328.

[0071] A FIG. 15B ilustra um transceptor digital 340 com conversão analógica-digital duplexada após a conversão de frequência. O duplexador 342 no transceptor 340 pode implementar um canal totalmente duplex como dois canais semi-duplex, um para dados de *uplink* e um para dados de *downlink* em algumas modalidades, ou em outras modalidades pode usar um único canal. Na implementação de canal único, os sinais de *uplink* e *downlink* podem ser portados em diferentes comprimentos de onda e é possível usar um multiplexador por divisão de comprimento de onda (WDM, *wavelength division multiplexer*) (não mostrado) para combinar ou dividir os sinais. Nesta modalidade, um sinal é recebido no duplexador 342 e dividido como um sinal de *downlink* antes de ser amplificado pelo amplificador de potência 322. O sinal amplificado é convertido por frequência e filtrado no bloco 344 antes de ser convertido em digital com o conversor A/D 324. O sinal digital é então colocado na interface *bus* 326 e transmitido sobre o *bus* 328 similar à modalidade acima. Sinais de *uplink* são recebidos na interface *bus* 326 e convertidos de digitais em analógicos com o conversor D/A 330. Os sinais analógicos são então convertidos por frequência e filtrados no bloco 346 antes de serem amplificados pelo amplificador de potência 322. O sinal de *uplink* amplificado é então enviado através do duplexador 342 antes de ser transmitido de volta a uma estação base 24, por exemplo. A modalidade de um transceptor digital 360

na FIG. 15C é similar a esta modalidade, embora o transceptor digital 360 na FIG. 15C não contenha um duplexador. A filtragem digital pode ser usada para economizar largura de banda no link óptico se apenas partes selecionadas de uma banda de RF são transmitidas. A filtragem e dizimação também auxiliam a reduzir a taxa de amostragem para uma banda de RF.

[0072] A FIG. 16 ilustra um diagrama de blocos de um comutador digital de rede de pontos cruzados de tempo/espço 370 alternativo com uma função combinadora. Esta modalidade contém o comutador de pontos cruzados 372 sob o controle do controlador 374, similar ao controlador de sistema 304 na FIG. 14. O controlador 374 pode comunicar-se com outros controladores ou o controle de sistema 304 sobre um *bus* de controle dedicado opcional 378. O comutador 372 recebe sinais, como sinais 148 e 150 das modalidades ilustradas nas FIGS. 6A, 6B, 7A, e 7B. Adicionalmente, é possível usar um somador/combinador 376 para sinais de *uplink*, somando inteligentemente os sinais e não o ruído para a transmissão. É possível usar técnicas de emudecimento para reduzir o ruído *uplink* para canais em que não há transmissões de *uplink* de unidades móveis 30. O comutador pode ser configurado numa configuração ponto-multipontos em que um único sinal de *downlink* pode ser repetido e transmitido sobre múltiplas saídas [*outputs*] para outros comutadores, unidades remotas ou unidades móveis 30.

[0073] Embora a presente invenção tenha sido ilustrada por meio da descrição de uma ou mais modalidades da mesma, e embora estas modalidades tenham sido descritas com detalhe considerável, elas não se destinam a restringir ou de qualquer maneira a limitar o escopo das reivindicações anexas a tal detalhe. Vantagens e modificações adicionais se depreenderão facilmente àqueles com prática na técnica. Portanto, em seus aspectos mais amplos, a invenção não se limita aos detalhes específicos, método e dispositivo representativo, e exemplos ilustrativos mostrados e descritos. Assim, é possível inferir referidos detalhes sem afastar-se do escopo do conceito inventivo geral.

## REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de antenas distribuídas configurado para comunicar com uma pluralidade de estações base (24), **caracterizado pelo fato de** que o sistema de antenas distribuídas compreende:

um controlador de sistema (52);

uma unidade *Master* (42) configurada para comunicar com o controlador de sistema (52) e pelo menos uma estação base da pluralidade de estações base (24), a unidade *Master* (42) incluindo uma pluralidade de canais de rádio (70), pelo menos um canal de rádio (70) da pluralidade de canais de rádio (70) incluindo um comutador configurado para, responsivamente à transmissão de sinais de *uplink* associados com uma primeira banda de RF (57) a pelo menos uma estação base da pluralidade de estações base (24), abrir e proteger um conversor descendente de RF em pelo menos um canal de rádio (70); e

uma unidade remota (44) configurada para comunicar sobre um canal modulado digitalmente com a unidade *Master* (42), a unidade remota (44) configurada adicionalmente para comunicar com pelo menos uma de uma pluralidade de unidades móveis sobre uma pluralidade de interfaces aéreas e bandas de RF (57).

2. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que o canal modulado digitalmente compreende:

um primeiro *link* de comunicação para portar os sinais de *uplink*; e

um segundo *link* de comunicação para portar sinais de *downlink*,

sendo que o primeiro *link* de comunicação e o segundo *link* de comunicação são configurados como canais semiduplex.

3. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que o canal modulado digitalmente é um meio de alta taxa de dados selecionado de um grupo que consiste de um cabo coaxial, fibra

óptica, fios de cobre de par trançado, RF de espaço livre, redes compartilhadas, e combinações dos mesmos.

4. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que pelo menos um canal de rádio (70) é configurado para comunicar com a pelo menos uma estação base da pluralidade de estações base (24), em que a unidade *Master* compreende;

um segundo canal modulado digitalmente configurado para comunicar com o pelo menos um canal de rádio (120) e para comunicar adicionalmente com a unidade remota (44); e

um controlador (52) configurado para monitorar e controlar componentes da unidade *Master* (42).

5. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato de** que o pelo menos um canal de rádio (70) compreende:

um combinador/duplexador (80) configurado para estar em comunicação com pelo menos uma da pluralidade de estações base (24) e configurado para transmitir sinais do *uplink* a pelo menos uma da pluralidade de estações base (24) e receber sinais de *downlink* de pelo menos uma da pluralidade de estações base (24).

6. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato de** que o canal modulado digitalmente compreende:

um formatador (132); e

um transceptor eletro-óptico (134) configurado para estar em comunicação com o formatador, sendo que o transceptor eletro-óptico é configurado para transmitir e receber sinais de *downlink* e de *uplink* para e da unidade remota (44) no canal modulado digitalmente.

7. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato de** que a unidade *Master* (42) compreende adicionalmente:

uma interface Ethernet configurada para comunicar dados de operação e manutenção para e da unidade *Master* (42).

8. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que a unidade remota (44) compreende:

uma antena configurada para transmitir e receber sinais de uma unidade móvel sobre a pluralidade de interfaces aéreas e as bandas de RF (57);

um canal de rádio (120) configurado para comunicar com a antena;

um primeiro canal modulado digitalmente configurado para comunicar com o canal de rádio (70) e para comunicar adicionalmente com a unidade *Master* (42);  
e

um controlador (52) configurado para monitorar e controlar componentes da unidade remota (44).

9. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de** que a unidade remota (44) compreende adicionalmente:

um conversor digital para analógico; e

uma unidade de pré-distorção, sendo que a unidade de pré-distorção digital é configurada de forma a comparar um sinal de *downlink* digitalizado com um sinal de *downlink* atrasado,

sendo que a unidade remota (44) é configurada para, com base em uma diferença da comparação na unidade de pré-distorção digital, ajustar automaticamente um ganho e fase de um sinal antes da conversão no conversor digital para analógico.

10. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que a unidade remota (44) compreende:

uma antena configurada para transmitir e receber sinais de uma unidade móvel sobre a pluralidade de interfaces aéreas e as bandas de RF (57);

um canal de rádio (120) configurado para comunicar com a antena;

um comutador digital configurado para comunicar com o canal de rádio (120) e para comunicar adicionalmente com uma segunda unidade remota (44) e uma terceira unidade remota (44) ou a unidade *Master* (42); e

um controlador (52) de unidade remota (44) configurado para monitorar e controlar componentes da unidade remota (44) e o comutador digital.

11. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que a unidade remota (44) é uma primeira unidade remota (44), sendo que o sistema de antenas distribuídas (50) compreende adicionalmente:

uma unidade de extensão configurada para comunicar sobre um primeiro canal modulado digitalmente com a unidade *Master* (42) e para comunicar adicionalmente sobre um segundo canal modulado digitalmente com uma segunda unidade remota (44).

12. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que a unidade *Master* (42) é uma primeira unidade *Master* (42) e a unidade remota (44) é uma primeira unidade remota (44), sendo que o sistema de antenas distribuídas (50) compreende adicionalmente:

uma segunda unidade *Master* (42) configurada para comunicar com pelo menos uma da pluralidade de estações base (24);

uma segunda unidade remota (44) configurada para comunicar sobre um segundo canal modulado digitalmente com a segunda unidade *Master* (42);

um combinador; e

uma antena,

sendo que a primeira unidade *Master* e a segunda unidade *Master* são configuradas para comunicar com o combinador para transmissão usando um *link* de RF multibandas sobre a antena para comunicar com pelo menos uma da pluralidade de estações base (24).

13. Sistema de antenas distribuídas que se comunica com uma pluralidade de estações base (24), **caracterizado pelo fato de** que o sistema de antenas distribuídas (50) compreende:

um controlador (52);

um comutador digital de rede de pontos cruzados por divisão de tempo/espço configurado de forma a ser controlado pelo controlador (52);

um transceptor digitalizador configurado para estar em comunicação com o comutador digital de rede de pontos cruzados de tempo/espço, o comutador de pontos cruzados de tempo/espço digital (372) é configurado para transmitir e receber dados digitais através do transceptor digitalizador;

pelo menos um de um somador ou um combinador acoplado ao comutador digital de pontos cruzados de tempo/espço, em que pelo menos um do somador ou o combinador é configurado para fornecer um sinal de *uplink* combinado de sinais de *uplink* recebidos do comutador digital de pontos cruzados de tempo/espço; e

em que quando o controlador detecta um sinal de ruído correspondente a pelo menos uma unidade móvel de uma pluralidade de unidades móveis, o controlador é configurado para configurar o comutador digital de pontos cruzados de tempo/espço para, pelo menos, reduzir um nível do sinal de ruído fornecido ao pelo menos um do somador ou do combinador.

14. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo fato de que** o transceptor digitalizador é configurado para

converter um sinal de *downlink* analógico de uma estação base (24) da pluralidade de estações base (24) a um sinal digital e transmitir o sinal digital ao comutador de tempo/espaço digital.

15. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo fato de** que o transceptor digitalizador é configurado para converter um sinal digital do comutador de tempo/espaço digital de pontos cruzados a um sinal analógico e transmitir o sinal analógico a uma unidade móvel.

16. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo fato de** que o transceptor digitalizador é configurado para converter um sinal analógico de uma unidade móvel a um sinal digital e transmitir o sinal digital ao comutador de pontos cruzados de tempo/espaço digital.

17. Sistema de antenas distribuídas de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo fato de** que o transceptor digitalizador compreende:

um duplexador configurado para comunicar com pelo menos um amplificador de potência (322),

sendo que o duplexador é configurado para ser implementado apresentando dois canais compreendendo um para *uplink* e um para *downlink*.

18. Método de comunicação sobre sistema de antenas distribuídas (50), **caracterizado pelo fato de** que o método compreende:

transceptar sinais de *uplink* de uma pluralidade de unidades móveis como sinais de *uplink* transceptores usando pelo menos um transceptor digitalizador;

reduzir um nível de pelo menos um sinal de *uplink* transceptado dos sinais de *uplink* transceptados correspondentes a um sinal de ruído de pelo menos uma unidade móvel da pluralidade de unidades móveis em pelo menos um sinal de *uplink* reduzido usando um comutador digital de pontos cruzados de tempo/espaço;

combinar outros sinais de *uplink* transceptados distintos de pelo menos um sinal de *uplink* reduzido com o pelo menos um sinal de *uplink* reduzido em um sinal de *uplink* combinado usando pelo menos um de um somador ou um combinador; e

comunicar o sinal de *uplink* combinado com o comutador digital de pontos cruzados de tempo/espço.

19. Método de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda transceptar sinais com uma pluralidade de estações base (24) usando o pelo menos um transceptor digitalizador pela conversão de um sinal de *downlink* analógico de uma estação base (24) da pluralidade de estações base (24) a um sinal digital com o pelo menos um transceptor digitalizador; e

transmitir o sinal digital ao comutador digital de pontos cruzados de tempo/espço.

20. Método de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato de que** compreende adicionalmente:

converter um sinal digital do comutador digital de pontos cruzados de tempo/espço a um sinal analógico com o pelo menos um transceptor digitalizador; e

transmitir o sinal analógico a uma unidade móvel da pluralidade de unidades móveis.

21. Método de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato de que** compreende adicionalmente:

converter um sinal analógico de uma unidade móvel da pluralidade de unidades móveis a um sinal digital com o pelo menos um transceptor digitalizador; e

transmitir o sinal digital ao comutador digital de pontos cruzados de tempo/espço.

22. Método de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda:

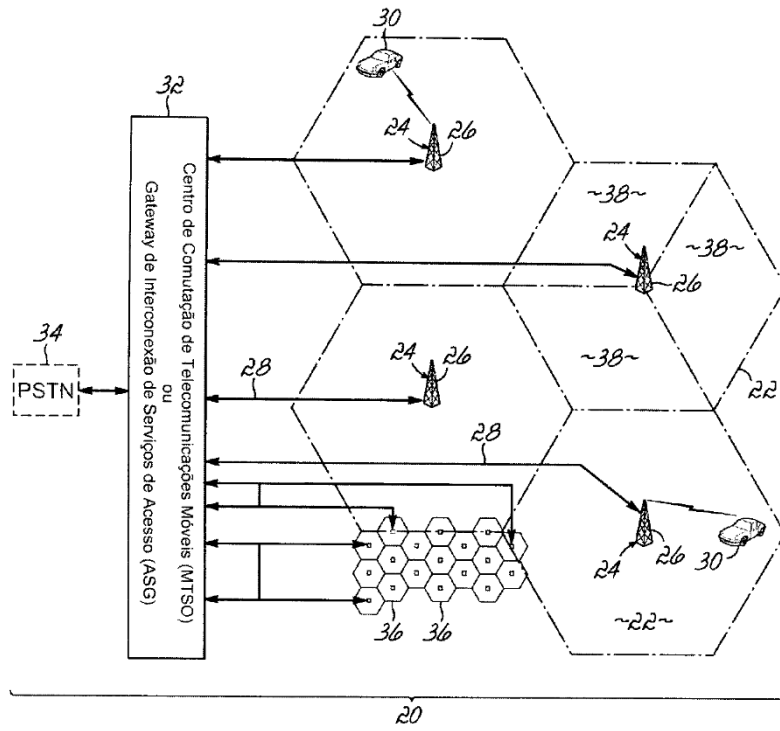
transceptar os sinais de *uplink* por um primeiro canal semi-duplex de um duplexador; e

transceptar sinais de *downlink* por um segundo canal semi-duplex do duplexador.

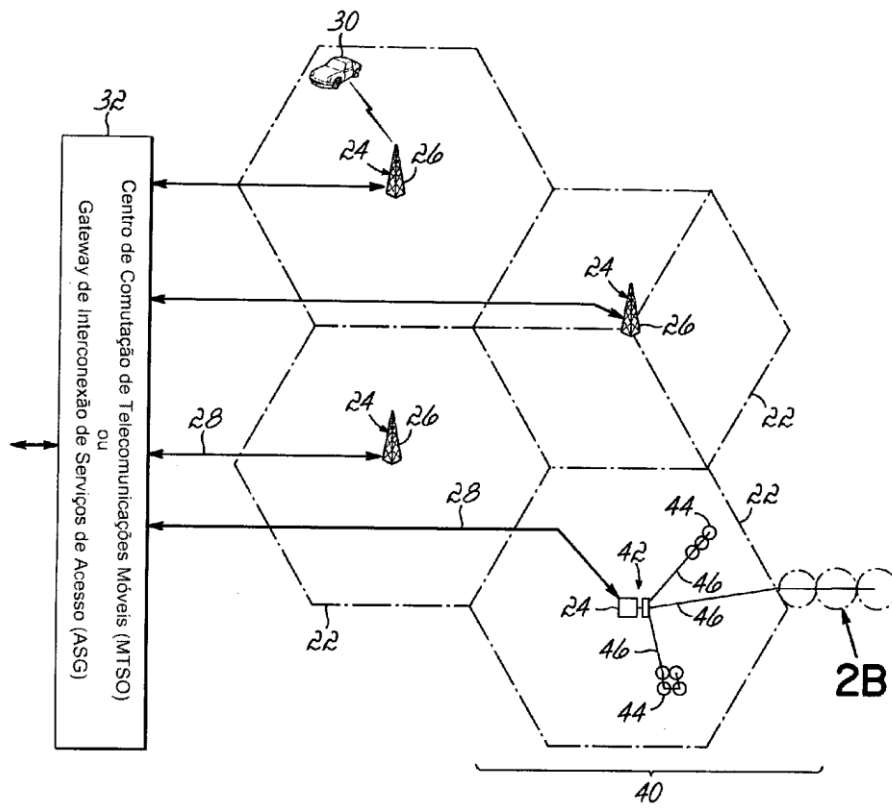
23. Método de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda:

transceptar os sinais de *uplink* e sinais de *downlink* sobre um canal simples em um duplexador; e

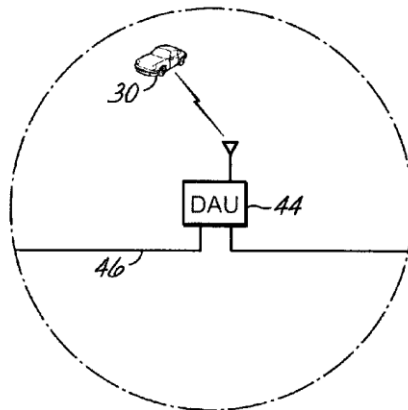
combinar ou dividir os sinais de *uplink* e os sinais de *downlink* com um multiplexador de divisão de comprimento de onda que se comunica com o duplexador.



**FIG. 1**



**FIG. 2A**



**FIG. 2B**

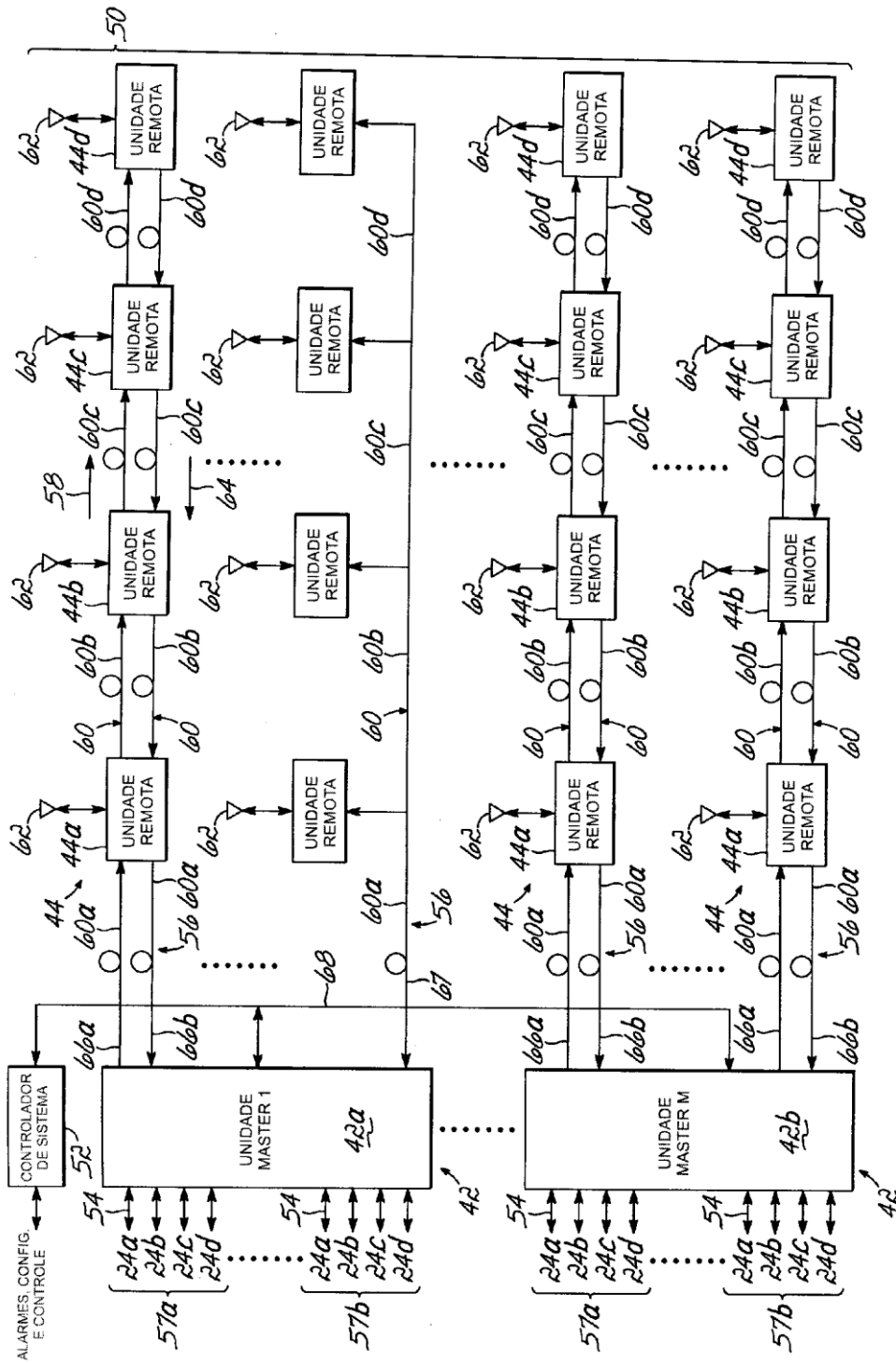


FIG. 3

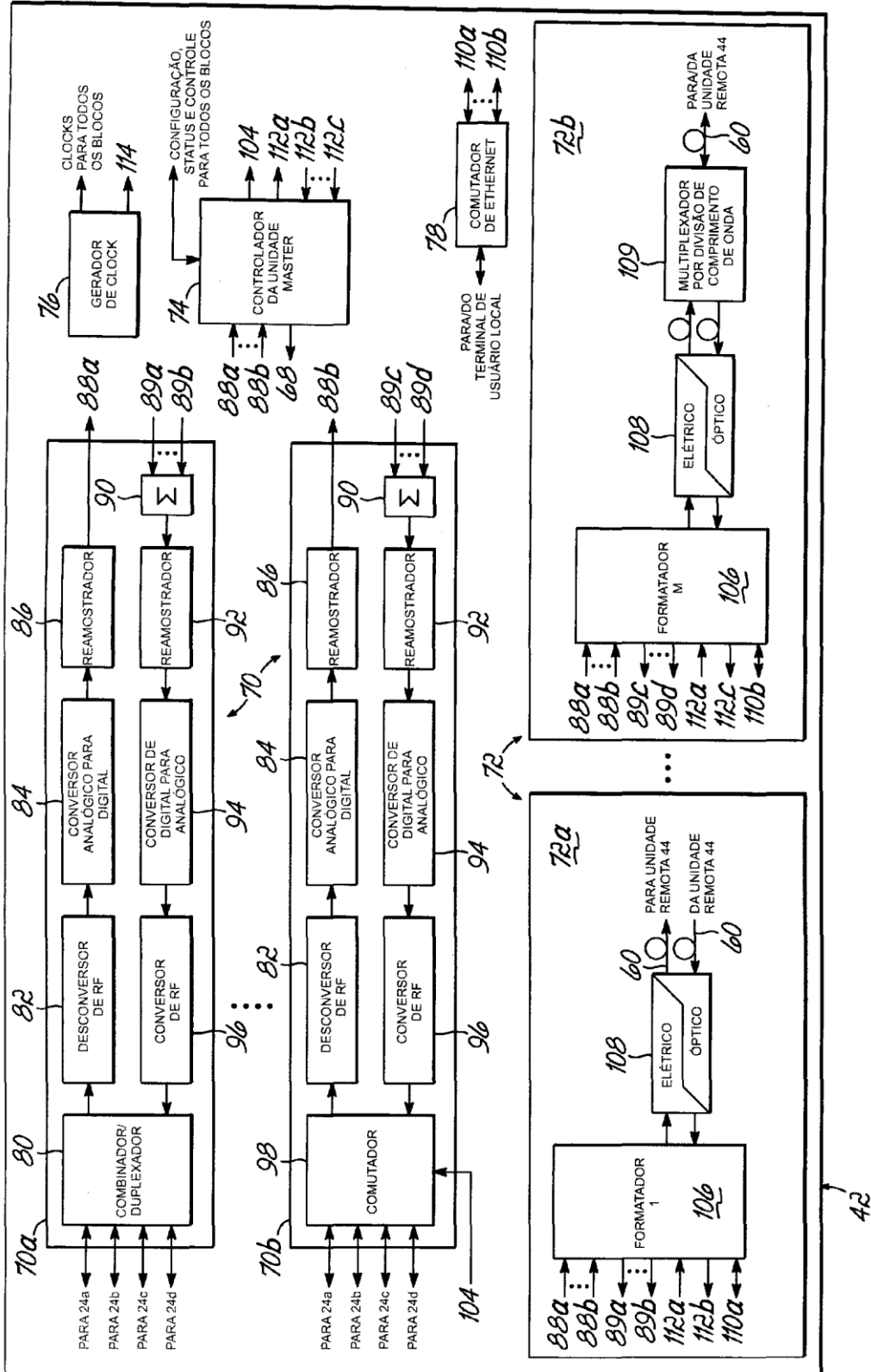
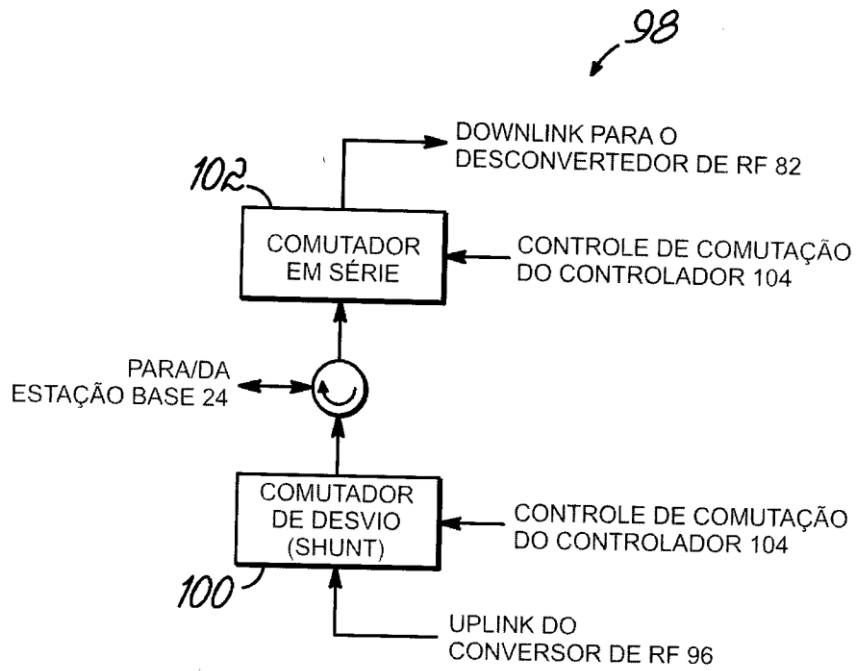
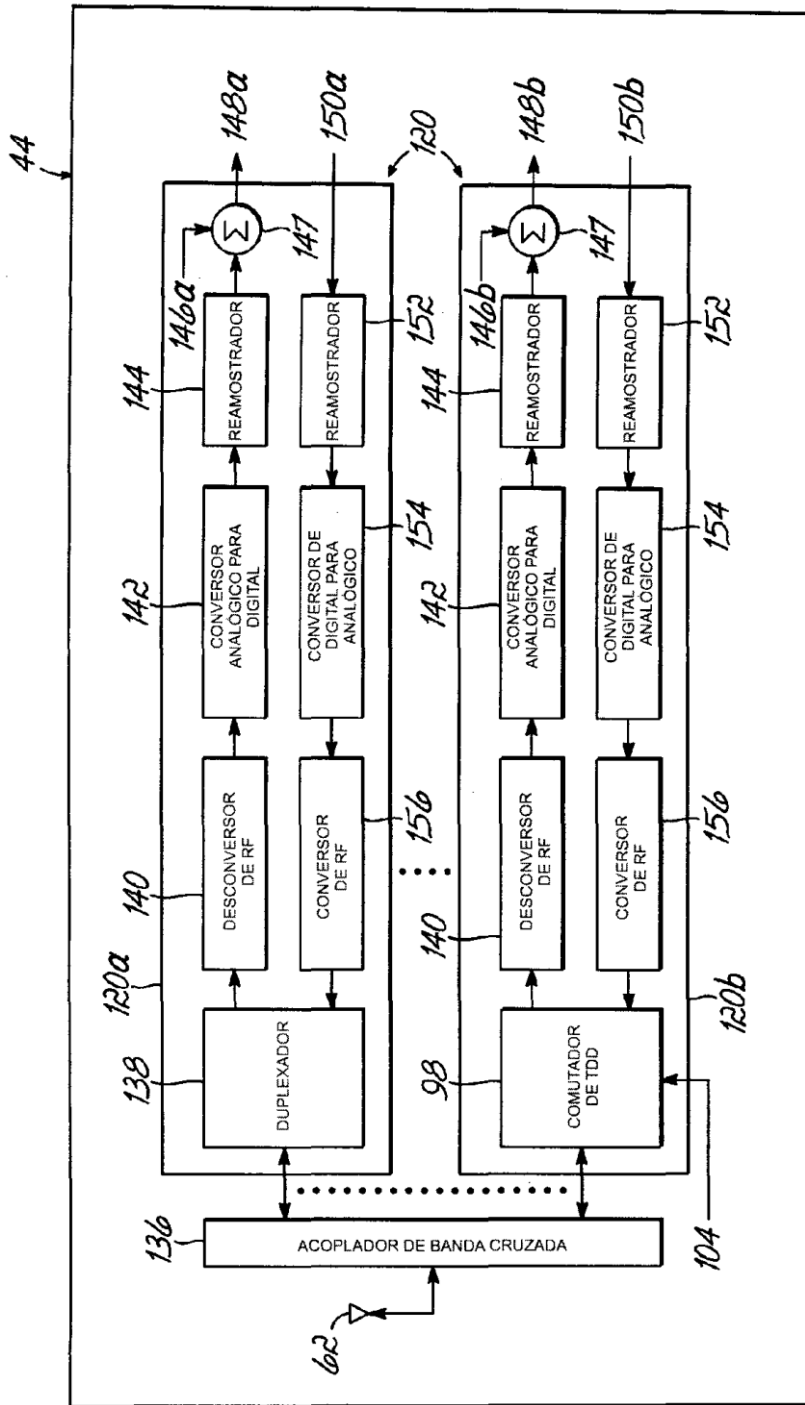
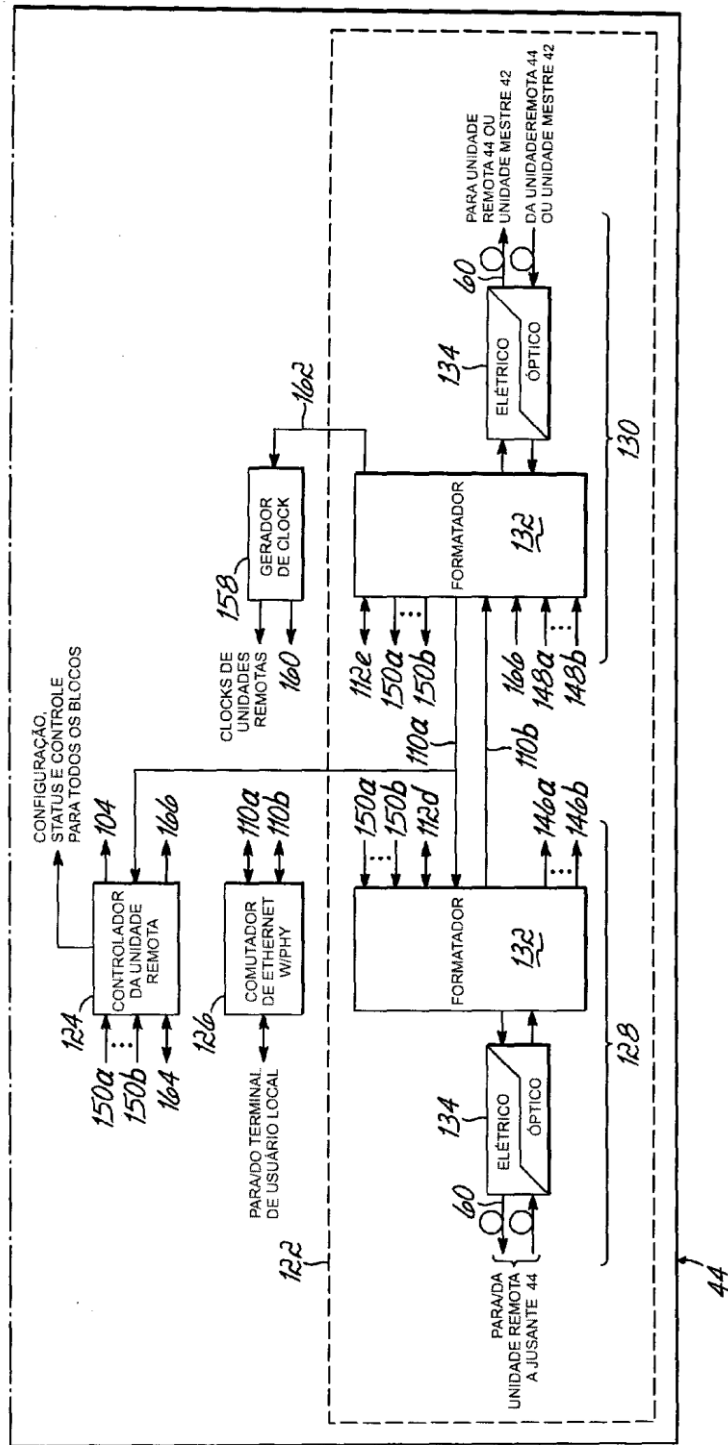


FIG. 4

**FIG. 5**



**FIG. 6A**



**FIG. 6B**

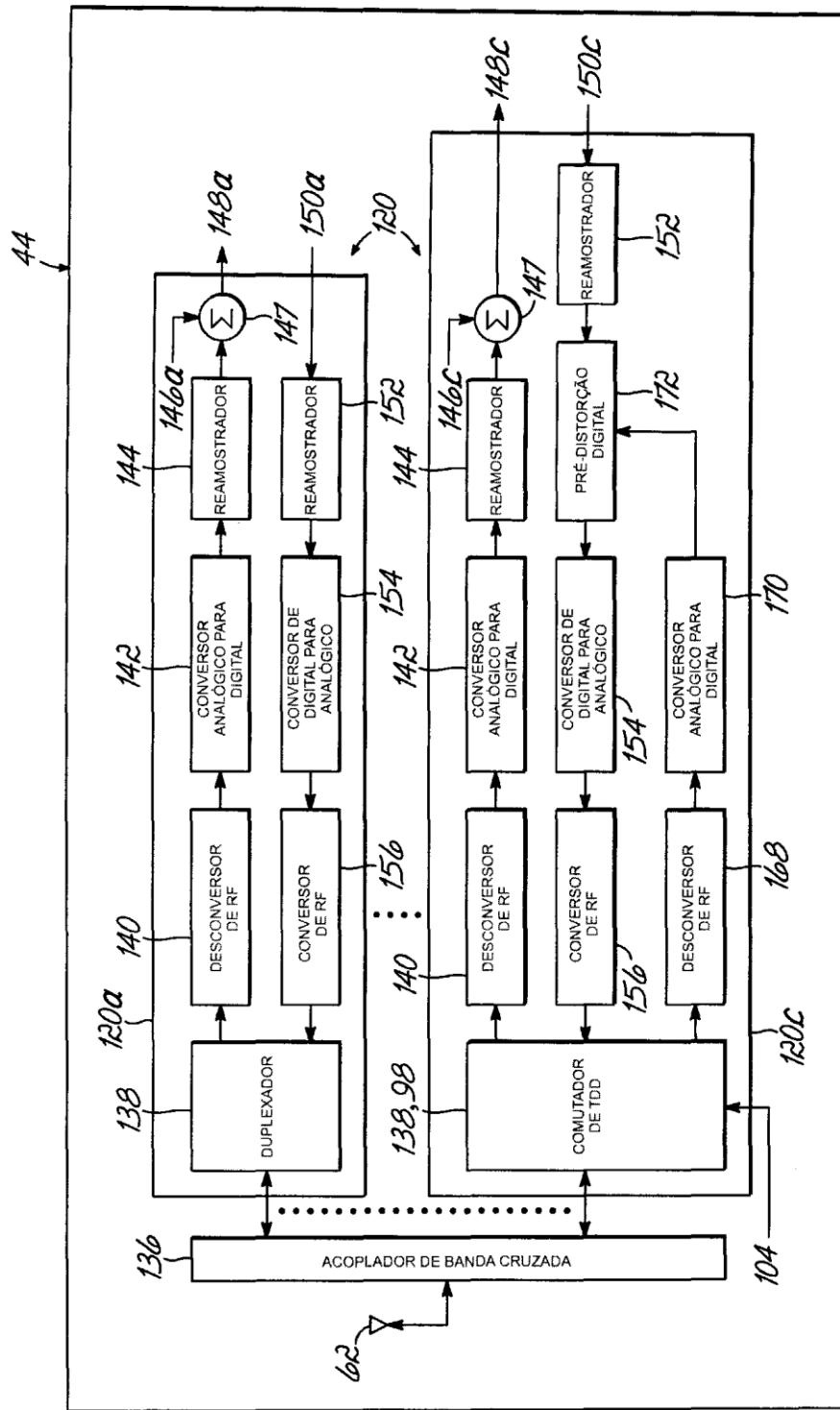


FIG. 7A

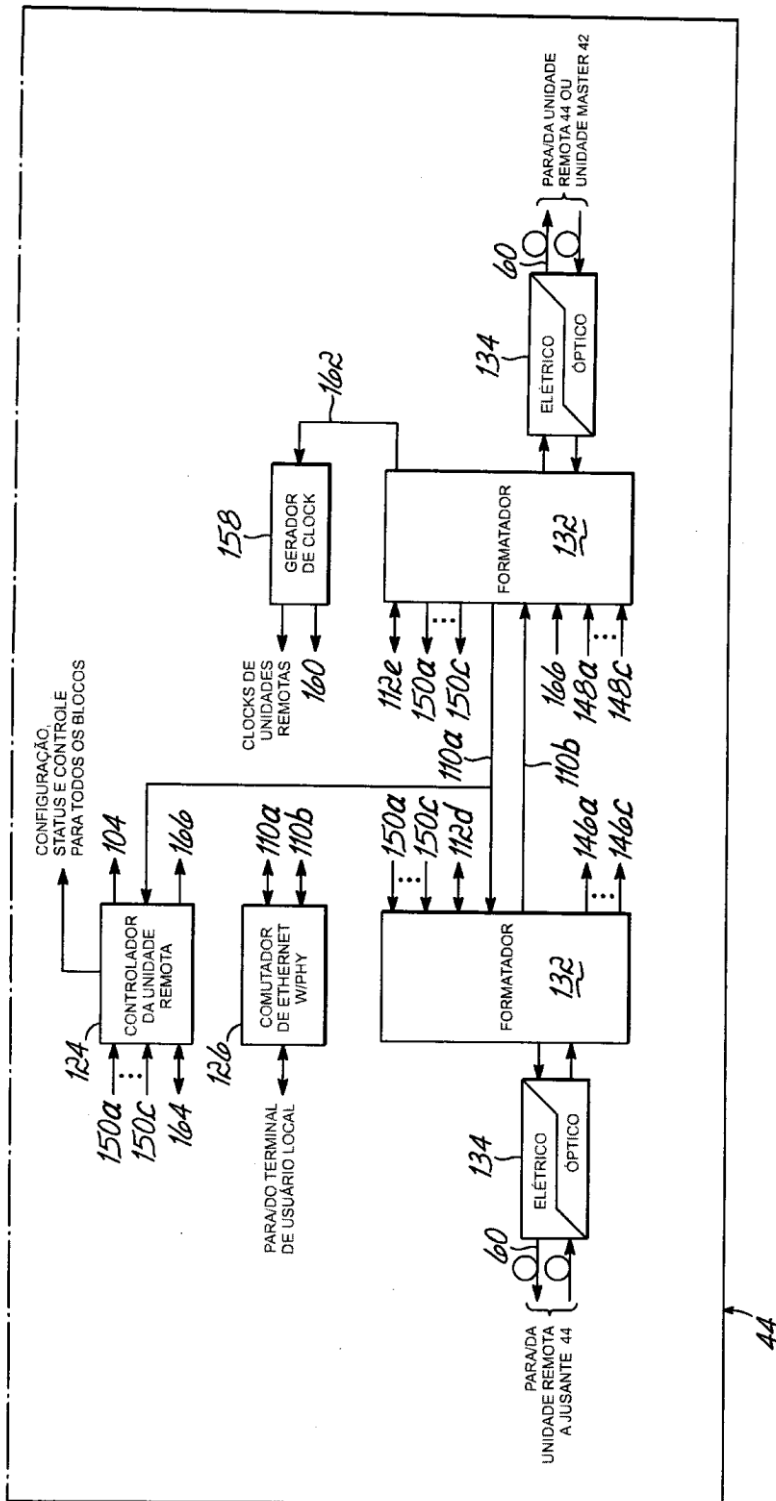
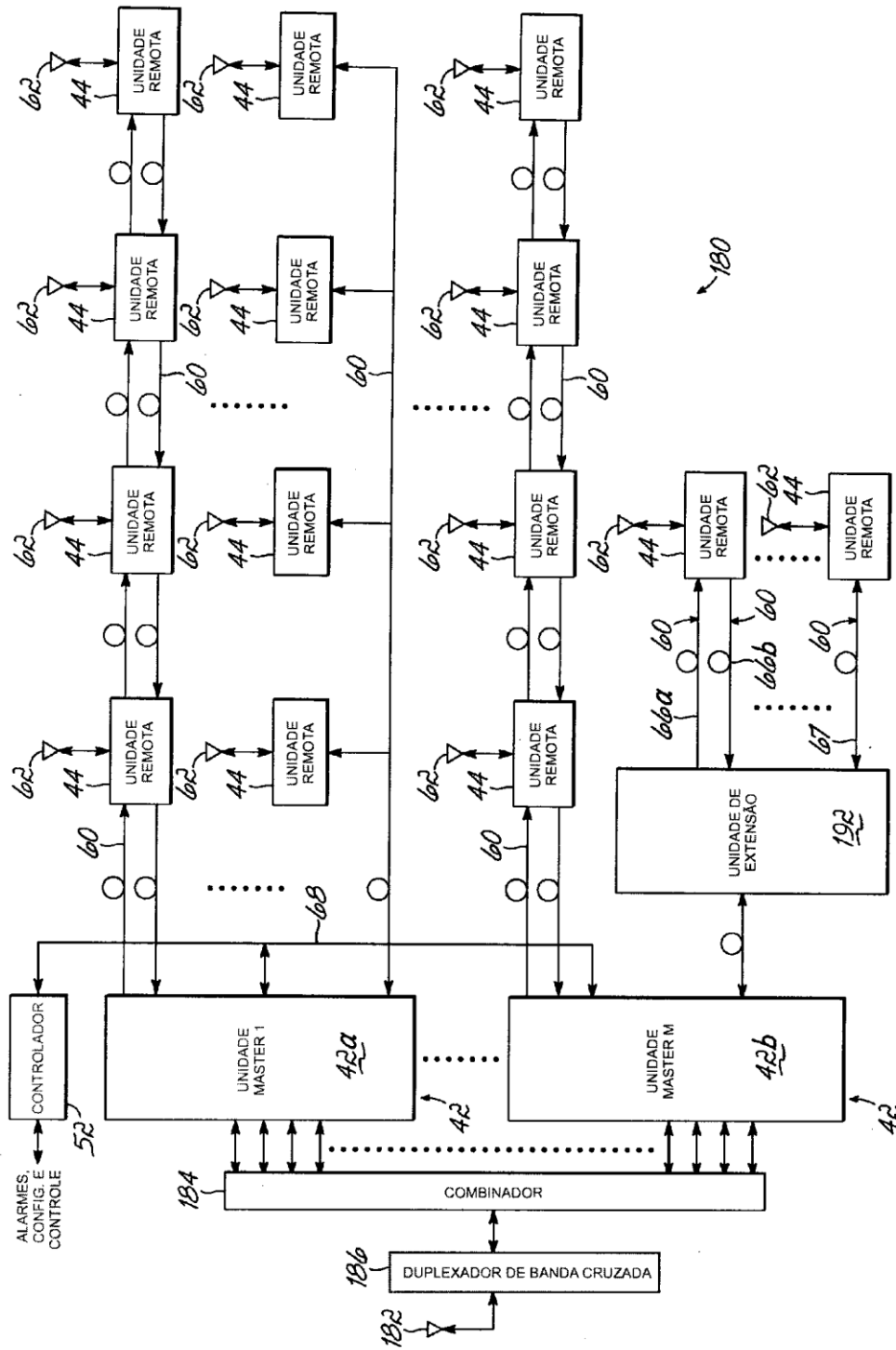
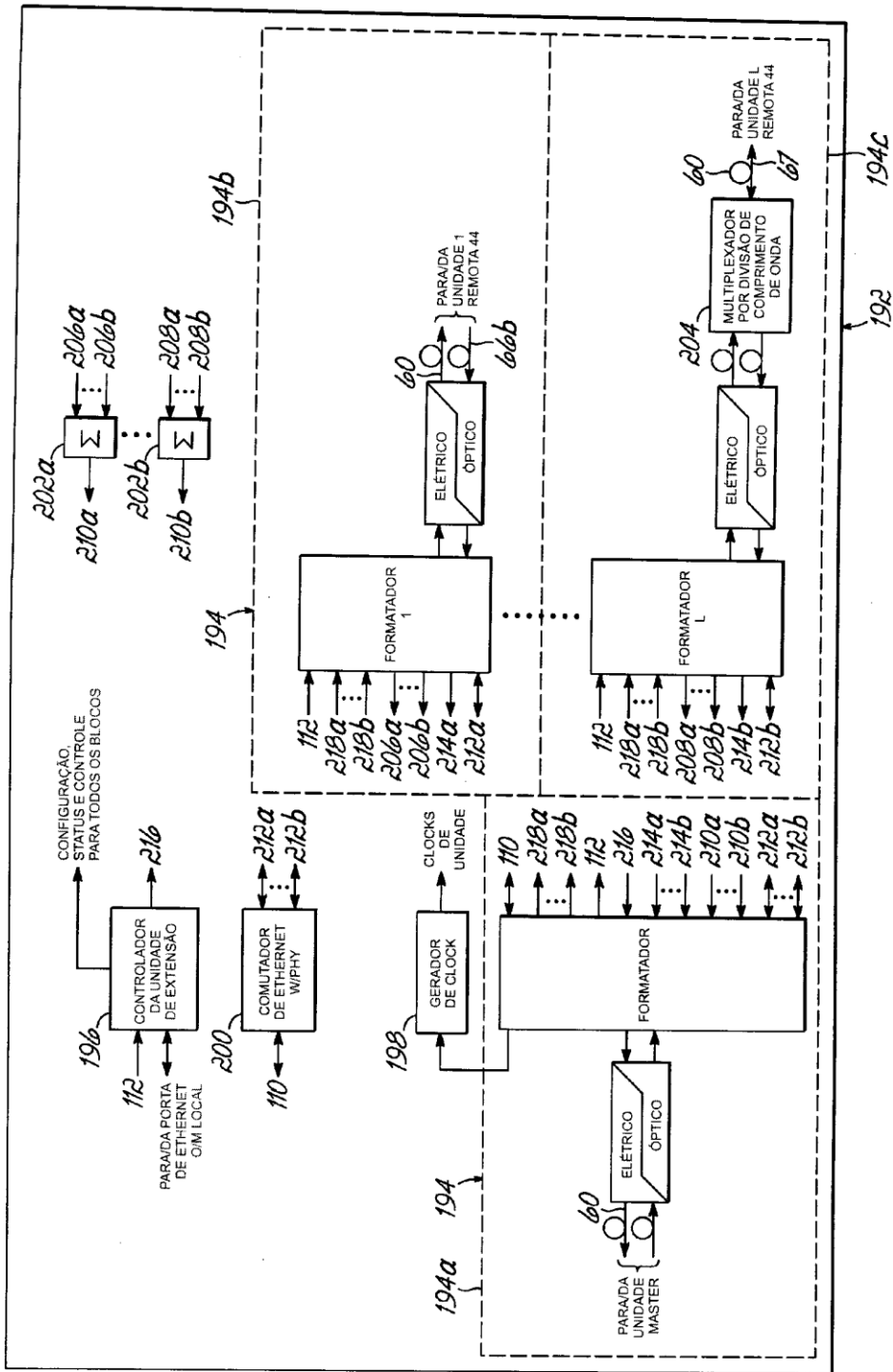


FIG. 7B



**FIG. 8**



**FIG. 9**

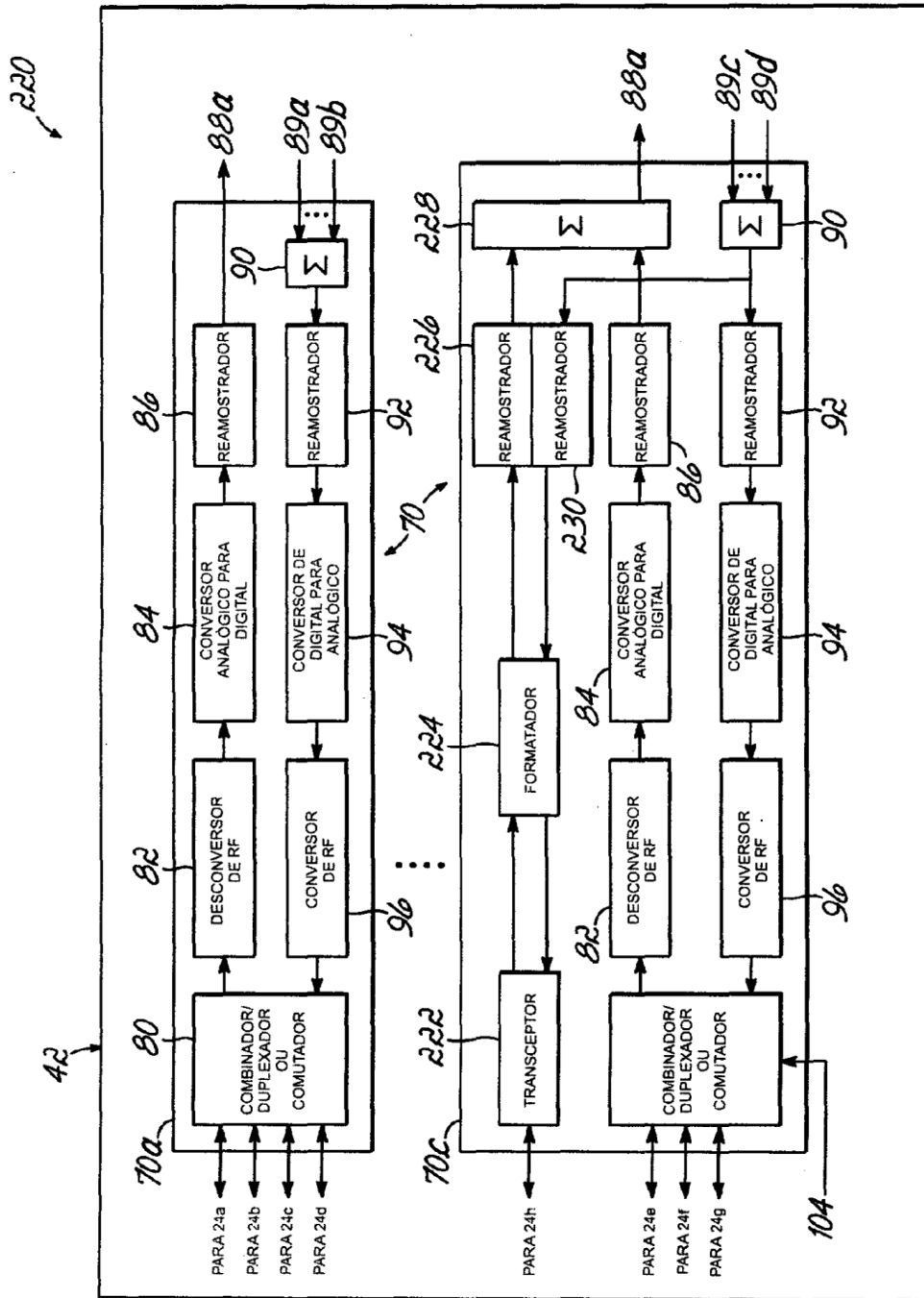


FIG. 10A

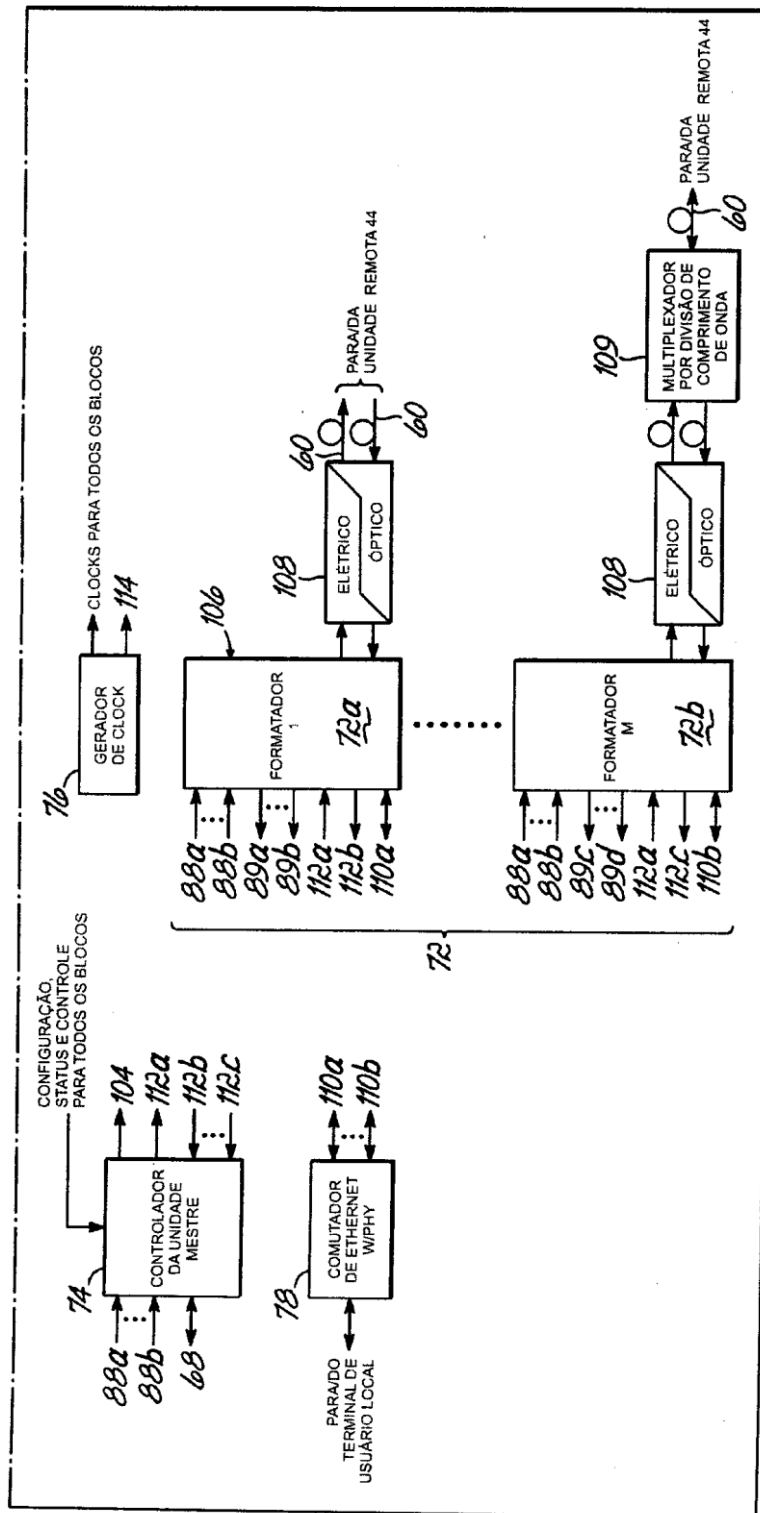
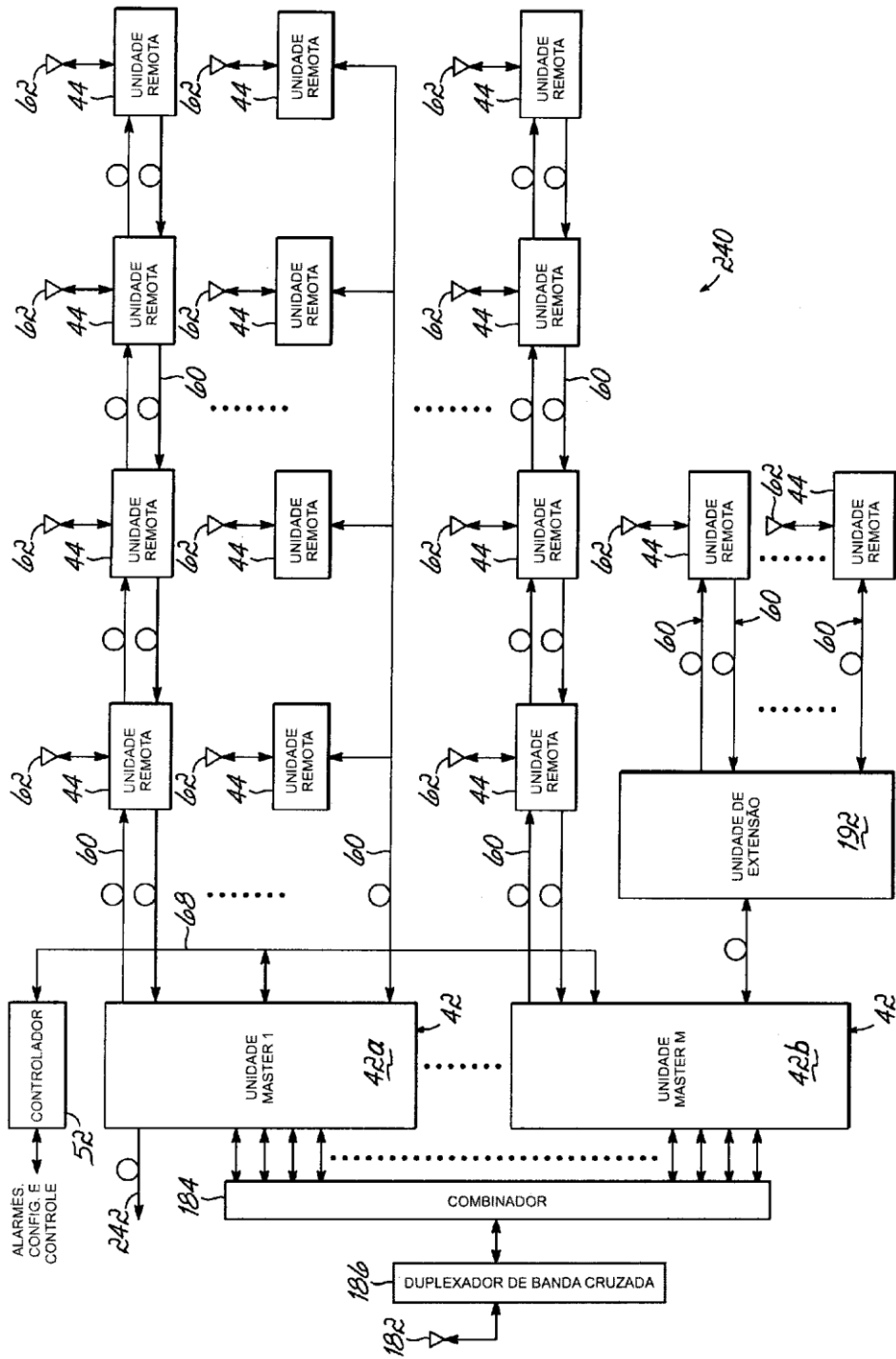
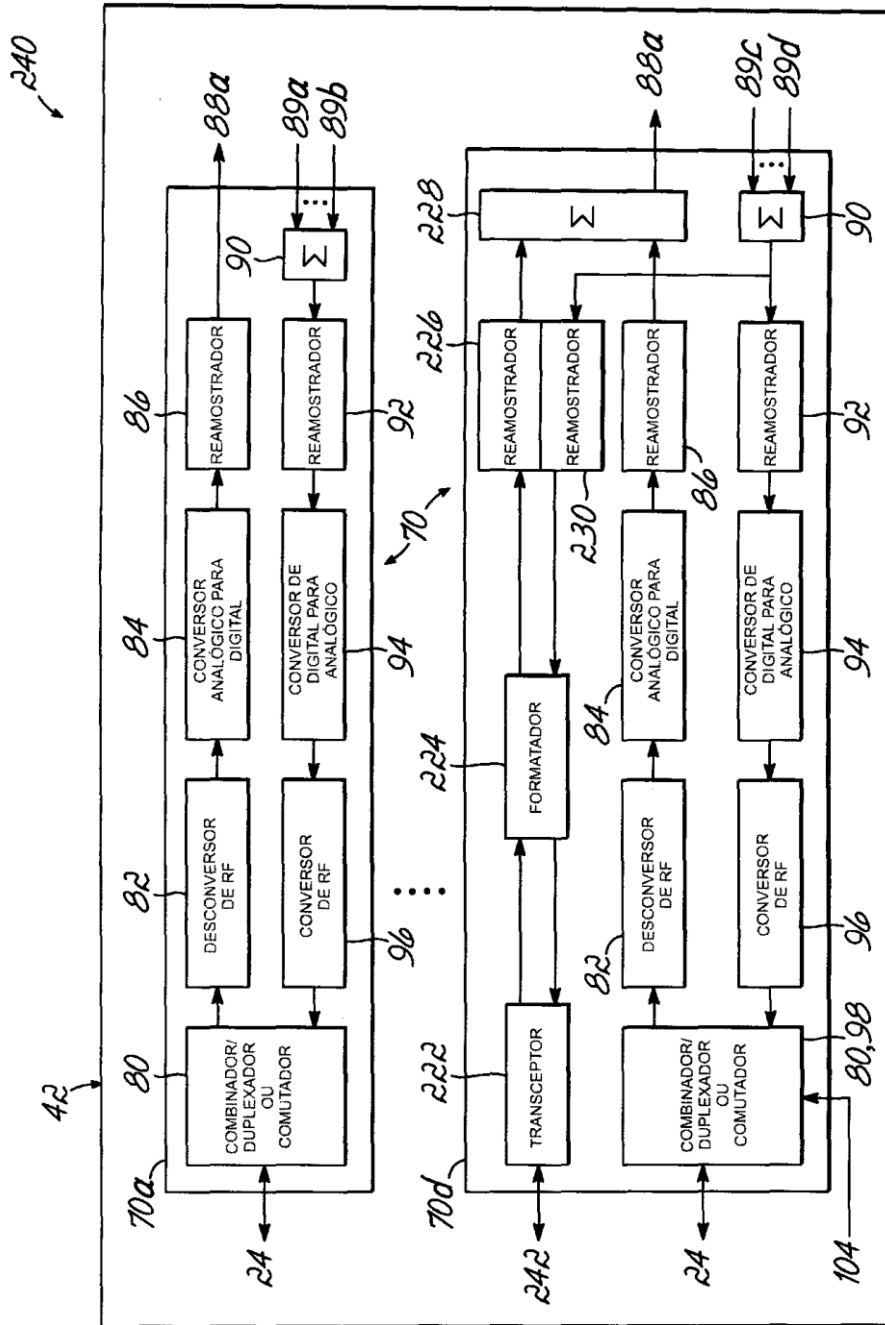


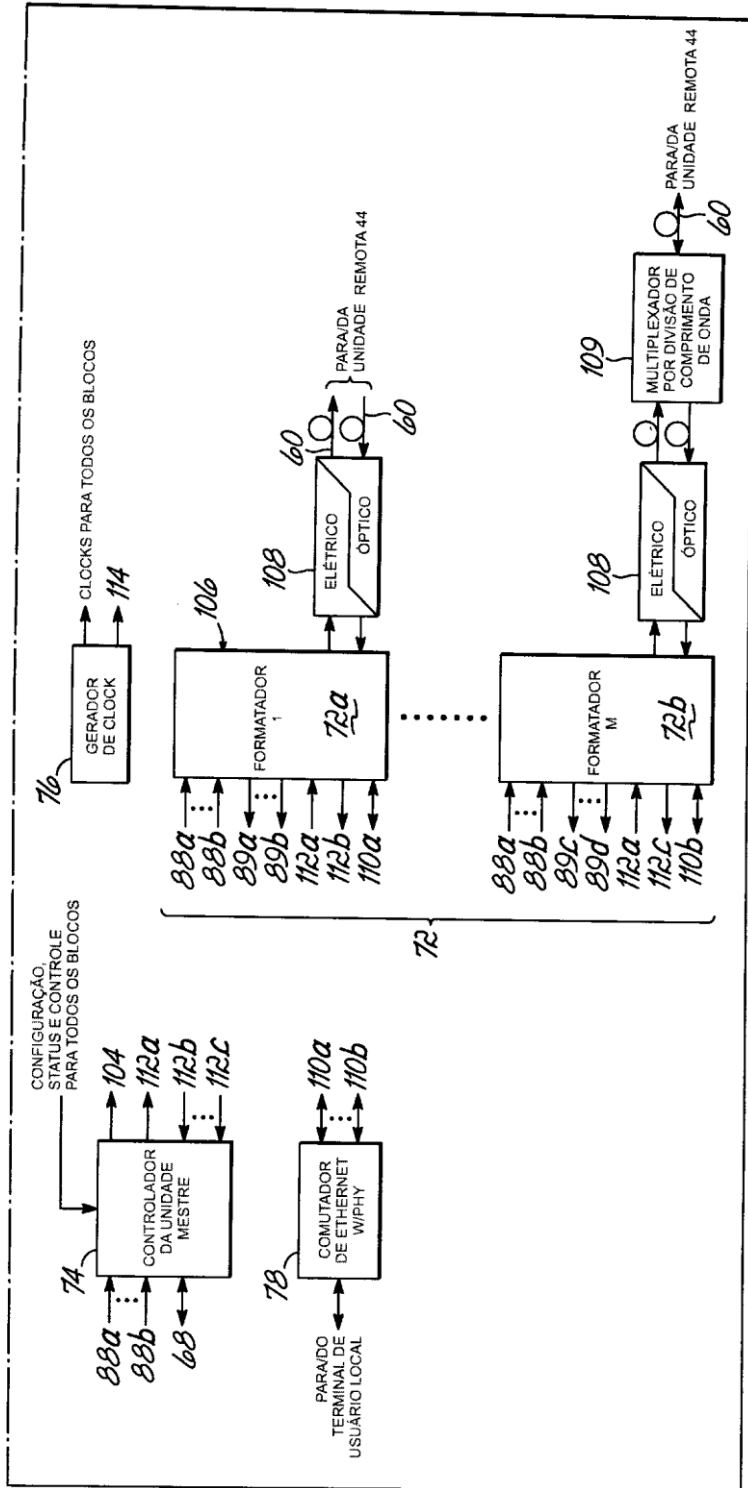
FIG. 10B



**FIG. 11**



**FIG. 12A**



**FIG. 12B**

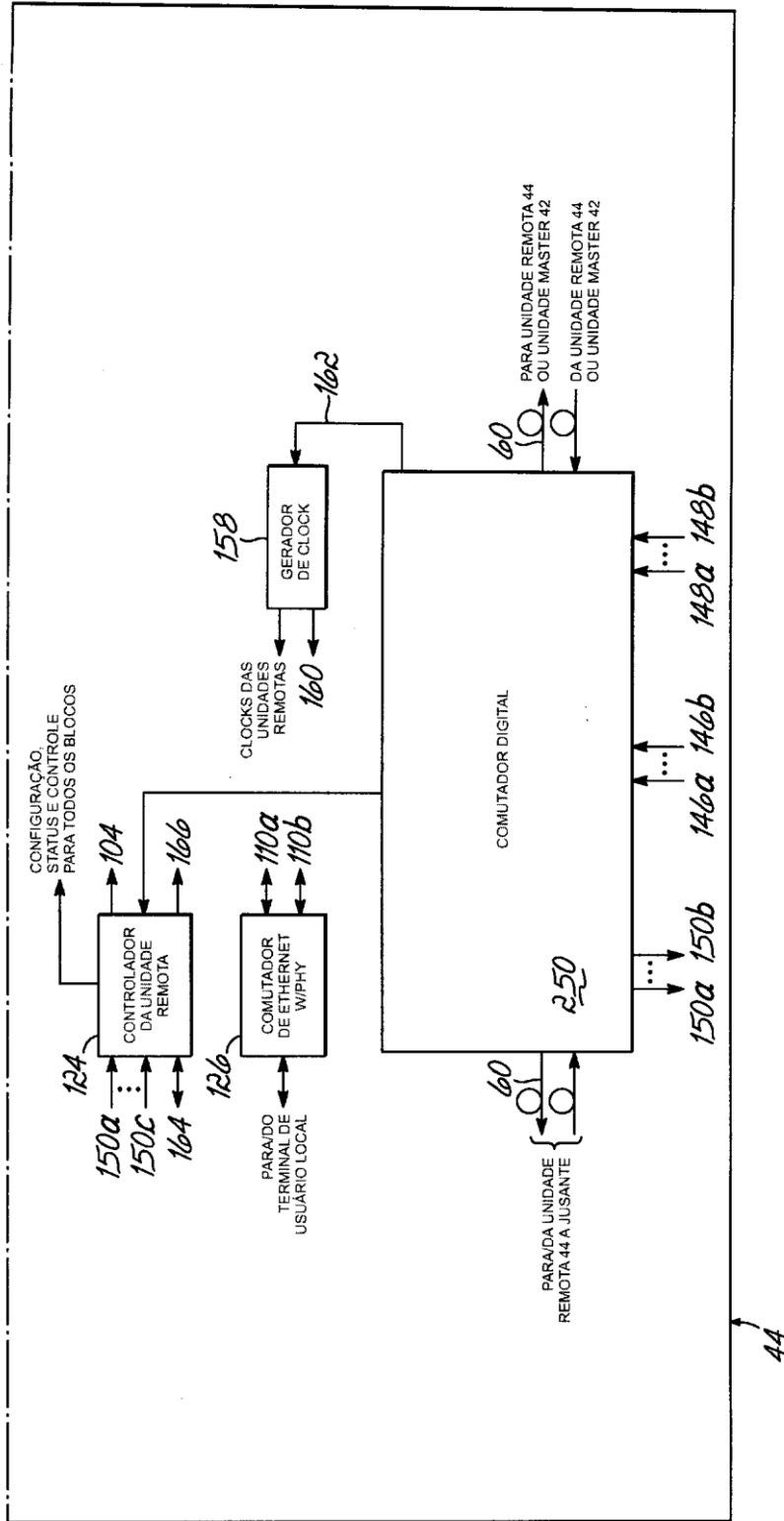
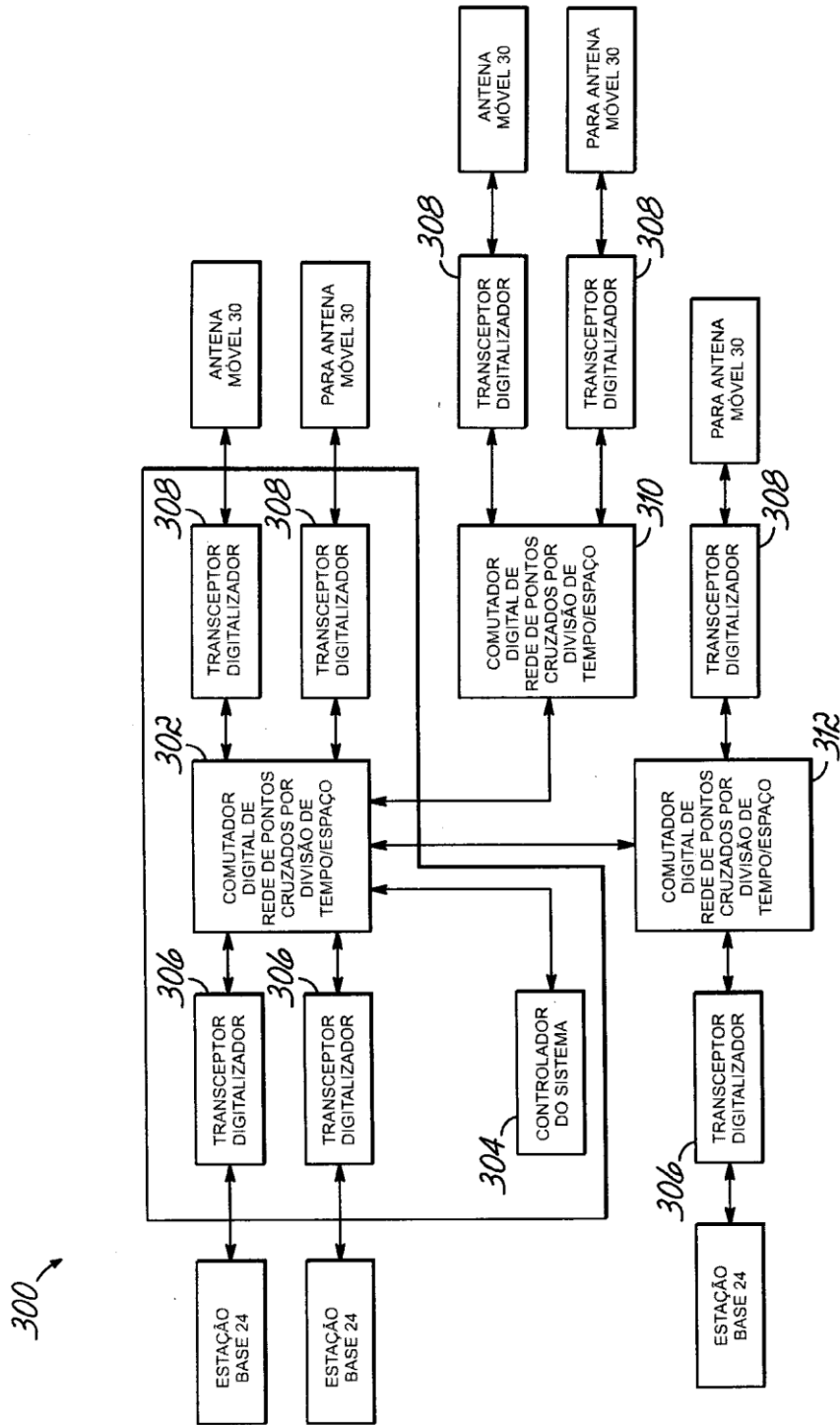
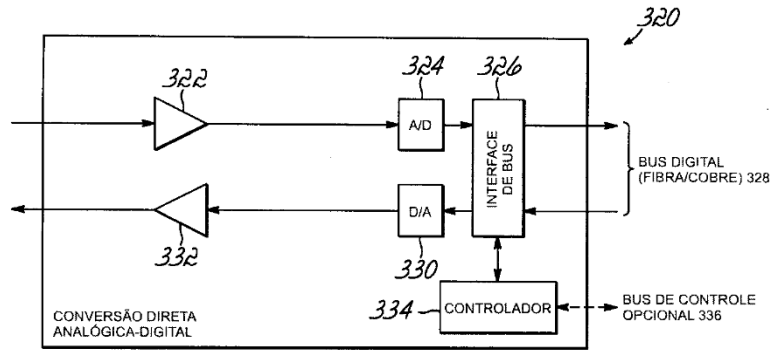


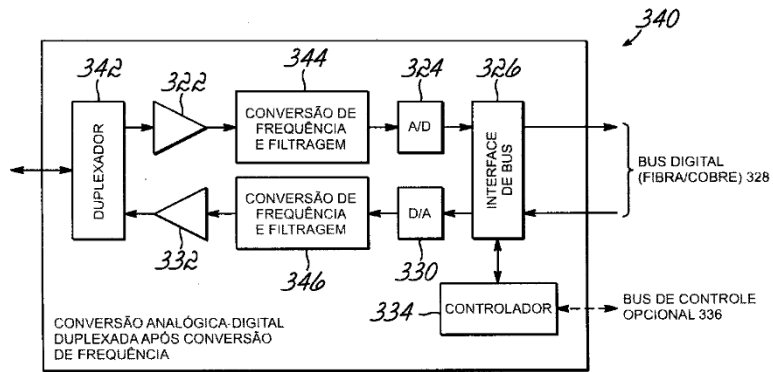
FIG. 13



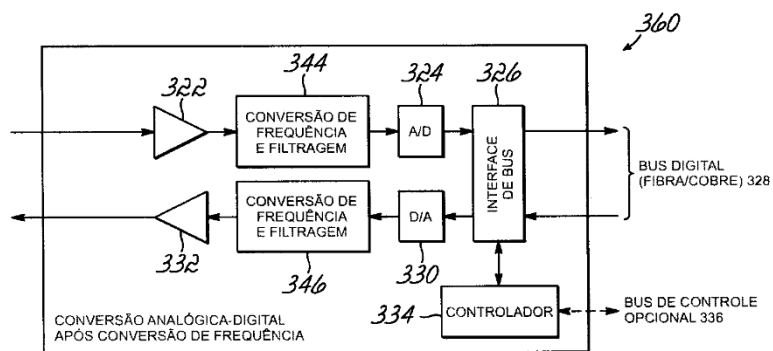
**FIG. 14**



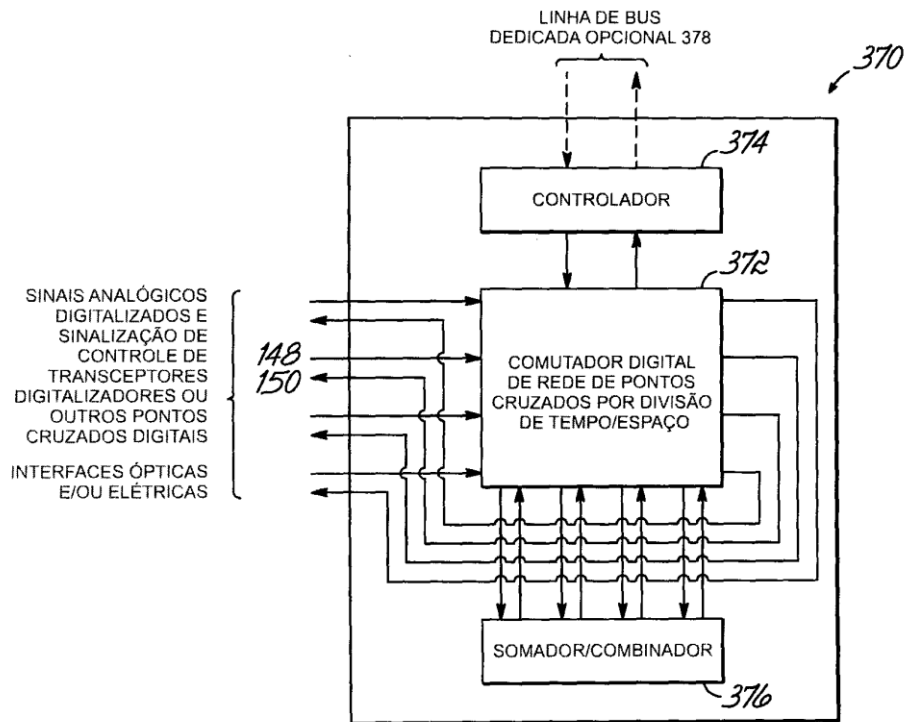
**FIG. 15A**



**FIG. 15B**



**FIG. 15C**



**FIG. 16**