



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

(11) PI 9910228-5 B1



(22) Data do Depósito: 13/04/1999

(45) Data de Concessão: 18/10/2016

(54) Título: MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA PROVER PROCESSAMENTO DE SINAL DE UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO POR SATÉLITE

(51) Int.Cl.: G01S 1/00; G01C 21/00; G01S 19/25; G01S 5/00

(52) CPC: G01S 19/243, G01S 19/246, G01S 2205/008, G01S 5/0018

(30) Prioridade Unionista: 06/05/1998 US 09/074,021

(73) Titular(es): QUALCOMM INCORPORATED

(72) Inventor(es): NORMAN F. KRASNER

Relatório Descritivo da Patente de Invenção:
MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA PROVER PROCESSAMENTO DE SINAL DE
UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO POR SATÉLITE.

HISTÓRICO DA INVENÇÃO

5 Campo da Invenção

A presente invenção está relacionada a sistemas que utilizam sinais recebidos a partir de sistemas de posicionamento por satélite (SPS) para determinar informações de navegação (por exemplo, posição, hora, 10 distância, velocidade, etc.).

Histórico da Invenção

Os receptores SPS, tais como os receptores do sistema GPS (Satélite de Posicionamento Global) normalmente determinam sua posição pela computação de momentos 15 relativos de chegada de sinais transmitidos simultaneamente a partir de uma multiplicidade de satélites tais como satélites GPS (ou NAVSTAR). Tais satélites transmitem, como parte de sua mensagem de dados de satélite, tanto dados de posicionamento por satélite como dados de temporização de 20 relógio ou clock timing, os chamados dados de "efemérides". Além disso, eles transmitem informações sobre a hora da semana (TOW - time of week) que permitem que o receptor determine de forma não ambígua a hora local. Cada sinal GPS 25 recebido (no modo C/A) é montado a partir de um padrão repetitivo pseudo aleatório (PN) de alta taxa (1,023 MHz), de 1023 símbolos, comumente designados como "chips". São também impostos sobre tal padrão de "seqüência de espalhamento", dados de baixa taxa a uma taxa de 50 Hz (ou baud). Tais dados constituem a fonte das informações TOW 30 acima mencionadas.

Tipicamente, um receptor SPS computa uma ou mais medições de "pseudo distâncias", cada uma das quais representa a distância entre o receptor e um veículo satélite (SV). O termo "pseudo distância" é usado de um

modo geral para apontar que a medição de distância pode incluir erros devidos a um ou mais fatores, incluindo, por exemplo, o erro entre a hora indicada pelo relógio do receptor SPS e uma hora de referência, tal como a hora de referência associada com o relógio atômico mais acurado dos satélites. Dessa forma, o receptor SPS usa tipicamente as pseudo distâncias, juntamente com dados de timing e efemérides providos no sinal de satélite para determinar um conjunto mais acurado de dados de navegação, tais como posição, hora e/ou distância.

Para completar a computação das informações de navegação, tais como a posição do receptor SPS, os receptores SPS devem, de um modo geral, processar os dados a 50 baud. Para processar os dados a 50 baud, o nível de sinal de satélite recebido pelo receptor SPS deve ser suficientemente forte. Dessa forma, os receptores SPS convencionais podem não ser capazes de determinar completamente as informações de navegação, tais como sua posição e/ou hora, caso o nível do sinal recebido e/ou a razão de sinal para ruído (SNR) sejam muito baixos. Infelizmente, em algumas situações, tal como quando ocorre bloqueio dos sinais dos satélites, o nível do sinal recebido a partir dos satélites GPS pode ser muito baixo para demodular e ler os sinais de dados de satélite sem erros. Tais situações podem ocorrer em acompanhamento pessoal e/ou outras aplicações móveis.

A presente invenção propicia um método e equipamento para processamento de sinal para melhorar a sensibilidade de uma entidade, tal como um receptor móvel de um sistema de posicionamento por satélite (SPS), para melhor capacitar o processamento da mensagem de satélite e a determinação de informações de navegação, tais como hora, posição, etc., em ambientes de mobilidade e/ou outros em que ruídos e/ou outros fatores podem reduzir a força do sinal, a SNR, etc.

RESUMO DA INVENÇÃO

São providos um método e um equipamento para o processamento de sinais de um sistema de posicionamento por satélite (SPS). Em uma modalidade, um receptor SPS recebe 5 pelo menos duas amostras de sinal representando, pelo menos em parte, informações em comum, em que as duas amostras de sinal estão associadas com uma ou mais mensagens de satélites. Pela combinação das duas amostras de sinal, informações de navegação contidas nas amostras (por 10 exemplo, hora, posição, velocidade, etc.) podem ser determinadas com base na combinação das duas amostras de sinal. De acordo com outra modalidade, as duas amostras de sinal são diferencialmente demoduladas e somadas para formar a combinação.

15

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 é um fluxograma ilustrando um método para o processamento de informações de posicionamento por satélite de acordo com uma modalidade da invenção;

A Figura 2A apresenta a estrutura de uma mensagem 20 de satélite do sistema GPS (serviço de posicionamento padrão);

A Figura 2B ilustra as equações de codificação GPS geralmente utilizadas para codificar dados fonte (por exemplo, efemérides) para transmissão por satélites;

A Figura 3 é um fluxograma de dados ilustrando a operação XOR associada com a demodulação diferencial de uma mensagem de satélite (ou porção(ões) da mesma) de acordo 25 com uma modalidade da invenção;

A Figura 4 é um fluxograma ilustrando um método 30 para o processamento de porções de pelo menos uma mensagem de satélite de acordo com uma modalidade da invenção;

A Figura 5 é um fluxograma que ilustra um método para o processamento de sinais de posicionamento por satélite com base em informações em comum através de dois

ou mais sinais SV, de acordo com uma modalidade da invenção;

A Figura 6 é um diagrama de blocos de um receptor SPS para prover o processamento de sinais de posicionamento
5 por satélite de acordo com uma ou mais modalidades da invenção;

A Figura 7 é um diagrama de blocos de um receptor/comunicador SPS integrado que pode ser utilizado para processar sinais SPS, de acordo com uma modalidade da
10 invenção; e

A Figura 8 ilustra um sistema de acordo com uma modalidade da invenção, que inclui um receptor SPS, uma central de telefone celular, uma estação base, a Internet e um sistema de computador de cliente.

15

DESCRÍÇÃO DETALHADA

Serão descritos a seguir vários métodos e equipamentos para o processamento de mensagens de satélites para uso com sistemas de posicionamento por satélite. Parte da descrição da invenção está voltada para o sistema de
20 Satélite de Posicionamento Global (GPS) dos EUA. No entanto, deve ficar claro que tais métodos podem ser igualmente aplicados a sistemas de posicionamento por satélite similares, tais como o sistema Glonass russo. Além disso, deve ser notado que os ensinamentos da presente
25 invenção são igualmente aplicáveis a sistemas de posicionamento que utilizem pseudolitos ou uma combinação de satélites e pseudolitos. Ademais, as diferentes estruturas para estações base e receptores SPS móveis aqui descritas são providas com propósitos de ilustração e não
30 devem ser consideradas como limitações da presente invenção. Dessa forma, deve ficar claro que a presente invenção poderia encontrar utilidade em vários sistemas de posicionamento por satélite e pode ser implementada em vários dispositivos e/ou estruturas algorítmicas

diferentes.

VISÃO GERAL DA INVENÇÃO

De acordo com um aspecto da invenção, são providos um método e um equipamento para melhorar a sensibilidade de um receptor de um sistema de posicionamento por satélite (SPS). De acordo com uma modalidade, a presente invenção proporciona tal sensibilidade aperfeiçoada pela combinação de informações em comum no interior de um sinal de veículo satélite (SV) (a seguir designado como processamento de sinal "intra-SV"). De acordo com outra modalidade da invenção, dados em comum entre dois ou mais sinal(is) SV são combinados (a seguir designado como processamento de sinal "inter-SV"). Em mais outra modalidade, é efetuada uma combinação de processamento de sinais intra-SV e inter-SV. Tais informações em comum podem ser dados que são transmitidos como parte da mensagem de um ou mais veículos satélites (SVs) e/ou uma ou mais características do(s) sinal(is) associado(s) com a(s) mensagem(ns) de satélites. Deve ficar claro que informações "em comum" são tipicamente informações que são idênticas em ambas as partes da mensagem proveniente de um ou mais SVs.

Deve ser notado que vários tipos de receptores SPS podem ser usados com a presente invenção. Como exemplo, em uma modalidade o receptor SPS pode ser uma unidade móvel. Em outra modalidade, o receptor SPS pode estar integrado com outros circuitos, tais como um subsistema de comunicações, para comunicação com outras entidades, tais como uma estação base. Em tal modalidade, a estação base pode incluir seu próprio receptor SPS e efetuar alguns dos métodos de processamento de sinais aqui descritos exclusivamente e/ou em conjunto com outro receptor SPS, o qual pode ser móvel. O subsistema de comunicações, em uma modalidade, pode ser configurado para prover comunicações

celulares analógicas e/ou digitais entre o receptor SPS e outra entidade. Apesar da invenção poder ser utilizada em vários ambientes, o ganho de sensibilidade que pode ser provido pela invenção pode ser especialmente útil em 5 ambientes móveis e/ou outros em que a SNR pode ser muito baixa para que um receptor SPS convencional propicie processamento adequado de sinais de satélites.

VISÃO GERAL DE UMA MODALIDADE DA INVENÇÃO

A Figura 1 é um fluxograma que ilustra um método 10 para efetuar processamento de sinais intra-SV e/ou inter-SV, de acordo com uma modalidade da invenção. O método da Figura 1 pode prover melhor sensibilidade para um receptor de posicionamento por satélite, por exemplo, quando a razão de sinal para ruído (SNR) for relativamente baixa. No 15 método 100, apresentado na Figura 1, o fluxo se inicia em 102 e termina em 112. Em 104, uma entidade, que em uma modalidade compreende um receptor SPS móvel, recebe um conjunto de um ou mais sinais associados a um sistema de posicionamento por satélite, em que cada um dentre o 20 conjunto de um ou mais sinais representa pelo menos uma porção da mensagem transmitida de um veículo satélite, tal como a mensagem GPS 212 apresentada na Figura 2A.

Em 106, o conjunto de um ou mais sinais de satélite é pré-processado. Em uma modalidade em que sinais 25 GPS são processados pela entidade, o pré-processamento envolve a remoção do ruído pseudo aleatório (PN) do(s) sinal(is) recebido(s) (isto é, "desespalhando" - "despread" - o conjunto recebido de um ou mais sinais) para a obtenção de um sinal de dados de banda relativamente 30 estreita. Tal sinal de dados de banda estreita é a seguir demodulado para cada um dos conjuntos de um ou mais sinais recebidos. Em uma modalidade, os dados de banda estreita para cada um dos conjuntos de sinais é diferencialmente demodulado como parte do pré-processamento. A demodulação

diferencial, tal como descrito em maiores detalhes a seguir, envolve multiplicar uma amostra de dados (por exemplo, um bit) de uma corrente de dados de mensagem de satélite com uma amostra de dados anterior ou retardada (ou 5 o conjugado complexo da amostra de dados retardada, dependendo do formato do sinal de satélite recebido). Assim sendo, a demodulação diferencial pode remover a fase portadora constante ou de variação relativamente lenta do sinal de satélite recebido. Pela remoção de tal fase, a 10 demodulação diferencial pode reduzir a necessidade de rastrear a fase portadora do sinal de satélite para um grau relativamente elevado de precisão, o que é especialmente vantajoso em ambientes operacionais móveis ou outros em que pode ocorrer ruido de fase apreciável presente na portadora 15 do receptor. A demodulação diferencial é explanada a seguir em maiores detalhes com referência à Figura 3.

Em 108, são combinadas informações comuns a pelo menos duas porções de um sinal SV (ou porção do mesmo) e/ou pelo menos duas porções entre dois ou mais sinais SV. Como 20 exemplo, em uma modalidade, em que é considerado somente um sinal associado com um SV, isto é, quando é efetuado o processamento de sinal intra-SV, porções desencontradas do sinal demodulado podem ser combinadas (por exemplo através de soma) uma com a outra, tal como descrito em maiores 25 detalhes a seguir. Como exemplo, tais porções em comum podem ser quadros (ou porções de tais) incluídas em uma mensagem de satélite, tal como a mensagem 212 apresentada na Figura 2A. Caso tais porções representem dados em comum (por exemplo devido à periodicidade de sinais), a 30 combinação dos dados em comum pode prover, de acordo com um aspecto da invenção, uma melhoria na razão de sinal para ruído (SNR). Em uma modalidade, os dados em comum podem incluir dados de efemérides de satélites, os quais são tipicamente repetidos a cada trinta segundos em um sistema 35 GPS. Em modalidades alternativas, outras porções em comum

de um sinal de satélite podem ser determinadas e combinadas.

Adicionalmente, de acordo com outra modalidade da invenção, dois ou mais porções em comum de dois ou mais 5 sinais SV podem ser combinadas (isto é, processamento de sinais inter-SV). As duas ou mais porções em comum podem incluir dados associados com um determinado momento no tempo, por exemplo. Assim sendo, tais dados podem ser comuns a qualquer número de mensagens de veículos 10 satélites. Em uma modalidade, os dados em comum podem representar informações de hora da semana (TOW), de almanaque e/ou outras informações em comum entre um conjunto de mensagens de satélites. Novamente, pela combinação de tais dados em comum, em diversos sinais de 15 satélites, a presente invenção, em uma modalidade, pode melhorar adicionalmente a razão de sinal para ruído associada a tais dados em comum. Como exemplo, a soma dos dados transmitidos por sete satélites poderia prover um ganho de sensibilidade de até 8,45 dB.

20 Em uma modalidade, os dados em comum compreendem informações de hora da semana (TOW) tal como providas em mensagens de satélites GPS. Assim sendo, uma vez que a TOW é provida aproximadamente em cada subquadro (isto é, a cada 6 segundos, tal como mostrado na Figura 2A), em uma 25 modalidade da invenção, o valor TOW é repetidamente estimado pela soma dos dados TOW providos por cada um dentre vários veículos de satélites tal como foi acima descrito; a seguir dados TOW "adjacentes" (por exemplo, em momentos n e $n+1$) são conferidos quanto à consistência. Tal 30 será descrito em maiores detalhes a seguir com referência à Figura 5 e a uma modalidade da invenção.

Em 110, com base no(s) efeito(s) da combinação de porções em comum de um sinal SV e/ou porções em comum entre dois ou mais sinais SV, a entidade determina informações de 35 navegação. As informações de navegação podem incluir uma ou

uma combinação de informações de hora, posição da entidade, velocidade, distância até um satélite, distância até uma estação base e/ou outras informações.

Deve ser enfatizado que o processamento intra-SV e inter-SV, tal como foi acima descrito, pode ser efetuado separadamente ou em combinação. Assim sendo, em uma modalidade, somente é efetuado o processamento de sinal intra-SV pela combinação de porções em comum contidas em um sinal SV associado com pelo menos uma porção de uma mensagem de dados SV. Em uma modalidade alternativa, é efetuado somente o processamento inter-SV pela combinação de porções em comum entre dois ou mais sinais SV, cada um associado com pelo menos uma porção de uma mensagem de dados SV. Em mais uma modalidade, é efetuada uma combinação de processamento intra-SV e inter-SV. Em ainda outra modalidade, é feita uma seleção com base em alguma condição (por exemplo, o número de satélites à vista, SNR, etc.) quanto ao uso de processamento de sinais intra-SV ou inter-SV e/ou de derivar um resultado obtido a partir de processamento de sinais intra-SV e inter-SV.

VISÃO GERAL DE UM TÍPICO FORMATO DE SINAL DE SATÉLITE GPS

Para auxiliar a compreensão da presente invenção, será provida a seguir uma descrição do formato de uma típica mensagem de satélite do sistema GPS. A Figura 2A apresenta a estrutura de uma mensagem de satélite do sistema GPS (serviço de posicionamento padrão). É mostrada na Figura 2A uma mensagem de satélite 212 que ocupa 12,5 minutos e compreende 25 quadros. Cada um dos 25 quadros, tal como o quadro 214, ocupa 1/25 de 12,5 minutos ou 30 segundos e é constituído por cinco subquadros. Por sua vez, cada um dos cinco subquadros, tal como o subquadro 216, ocupa 1/5 de 30 segundos ou seis segundos e é constituído por dez palavras. Finalmente cada uma das dez palavras, tal como a palavra 218, ocupa 1/10 de 6 segundos ou 0,6 segundo

e 30 bits.

A maior parte das informações nos primeiros três subquadros do quadro de 30 segundos está associada com informações de posição do satélite transmissor individual 5 (isto é, o veículo satélite que está transmitindo a mensagem). Os últimos dois subquadros do quadro de 30 segundos incluem, entre outras informações, os chamados dados de almanaque que propiciam informações grosseiras de posicionamento de satélites para a constelação completa de 10 satélites GPS. Os dados nos primeiros três subquadros tipicamente se repetem através de quadros consecutivos (isto é, a cada 30 segundos). Por outro lado, uma vez que tipicamente são necessários 12,5 minutos para a transmissão de todo o almanaque, os dados nos últimos dois subquadros 15 se modificam entre quadros. Uma exceção é a palavra de TOW, que é incrementada por uma contagem a cada subquadro (isto é, a cada seis segundos).

De um modo geral, um sinal GPS pode ser considerado como um sinal de dados a 50 baud com dados 20 transmitidos por chaveamento por deslocamento de fase binário (BPSK - Binary Phase Shift Keying), em que cada baud de dados é multiplicado por 20 quadros repetitivos de uma segunda seqüência de "espalhamento" binária de alta velocidade. Cada quadro da seqüência de espalhamento possui 25 um comprimento de 1023 símbolos binários (por exemplo, +1 ou -1) com uma taxa de símbolos (ou "chips") de 1,023 milhões de símbolos por segundo (Ms/s).

De um modo geral, um receptor GPS se sincroniza à seqüência de espalhamento de alta velocidade e a remove do 30 sinal de satélite recebido. A remoção da seqüência de espalhamento estreita o sinal de satélite para uma seqüência de dados relativamente mais estreita de 50 baud, a qual por sua vez deve ser demodulada. Na descrição que se segue, pode ser presumido que a seqüência de espalhamento 35 foi removida.

Deve ser notado que pelo menos parte da seqüência de dados transmitidos de uma mensagem de satélite não é comum às informações de fonte (por exemplo, efemérides, hora do dia, etc.) representadas pela mensagem. Ao contrário, a seqüência dos dados transmitidos representa uma versão codificada dos dados / informações fonte (no que se segue, os "dados / bits transmitidos" se referem à versão codificada dos "dados / bits fonte"). Tipicamente, é utilizado um código do tipo Hamming que permite a detecção de erros (por exemplo, por conferência de paridade). Com tal finalidade, cada uma das palavras de 30 bits transmitidas da mensagem de satélite GPS compreende 24 bits de dados e 6 bits de paridade. Isto permite a detecção de erros de três bits ou menos. No entanto, o método de codificação afeta na realidade todos os bits transmitidos, uma vez que o último bit transmitido (isto é, o bit de paridade 30) de uma palavra anterior $(N-1)$ -ésima é selecionada de forma OU-exclusivo com os 24 bits de informação de uma N -ésima palavra corrente.

Deve também ser notado que os bits de dados 293 e 294 do subquadro são escolhidos de tal modo que os últimos dois bits de paridade do subquadro (bits 299 e 300) sejam ambos iguais a zero. Assim sendo, tais bits não têm qualquer efeito sobre a palavra subsequente, tal como teriam caso eles fossem algumas vezes diferentes de zero. Assim sendo, a primeira palavra de um subquadro é desacoplada da última palavra do subquadro anterior.

A Figura 2B ilustra as equações de codificação GPS em geral usadas para codificar dados fonte (por exemplo, efemérides). Na Figura 2B, os bits de dados d_1, d_2, \dots, d_{24} , representam os dados fonte, enquanto que D_1, D_2, \dots, D_{30} , representam os bits transmitidos (ou codificados) de uma palavra corrente (ou N -ésima) tal como transmitidos por um SV. Os bits D_{25}, \dots, D_{30} , representam bits de paridade computados. O símbolo "*" é usado para

identificar bits de uma palavra precedente (ou $(N-1)$ ésima) transmitidos pelo SV. O símbolo \oplus representa a soma módulo 2 ou operação OU-exclusivo.

Em sua maioria, as quantidades se repetem (isto é, permanecem não modificadas) de um quadro para outro. No entanto, como apresentado na Figura 2B, uma vez que as quantidades D são formadas a partir do OU-exclusivo entre as correspondentes quantidades d com o último bit de paridade da palavra anterior, as quantidades D podem não se repetir entre quadros. Na realidade, o último bit de paridade (D_{30}) varia de um modo geral de palavra para palavra e de quadro a quadro, uma vez que um dado D_{30} depende de todos os dados do subquadro devido à sua dependência de D_{29}^* . Dessa forma, a seqüência de dados transmitida, D_1, D_2, \dots, D_{24} , de uma dada palavra, de um modo geral não se repete de um quadro ao próximo, porém podem ser algo invertidas de forma aleatória de acordo com o último bit de paridade (D_{30}^*) da palavra anterior. No entanto, ocorrem casos em que tais dados se repetem, tal como a primeira palavra de um subquadro que contém dados fixos de sincronização em que D_{30}^* é zero.

VISÃO GERAL DE UM ASPECTO DA INVENÇÃO:

DEMODULAÇÃO DIFERENCIAL

Como foi acima mencionado, a seqüência de dados transmitida, D_1, D_2, \dots, D_{24} , de uma dada palavra, de um modo geral não se repete de um quadro ao próximo. No entanto, de acordo com um aspecto da invenção, a sensibilidade de uma entidade, tal como um receptor GPS móvel ou não móvel, é melhorada ao se encontrar repetições dentro da (ou pelo menos de uma porção da) mensagem de satélite GPS. Em uma modalidade da invenção, dados amostrados provenientes de um sinal de satélite associado com uma mensagem de satélite (ou porção da mesma) são somados de um quadro ao próximo, após a demodulação

diferencial. De acordo com um aspecto da demodulação diferencial, uma dada amostra de dados é multiplicada por uma amostra de dados anterior para remover os efeitos da fase de sinal de variação lenta. Como resultado, os bits de 5 informação básicos são logicamente combinados de acordo com a operação OU-exclusivo (XOR).

Deve ser notado que a demodulação diferencial e soma de dados em comum podem ser efetuadas sobre dados amostrados que são quantificados de acordo com vários bits 10 de acuracidade. A retenção de tal acuracidade pode ser desejável em alguns casos para preservar a fidelidade do sinal, uma vez que o sinal de um modo geral inclui ruídos e outras distorções além das informações de interesse.

No que se segue, os dados processados de 15 múltiplos níveis quantificados serão designados como "decisões soft". Quando é efetuada uma determinação subsequente (que pode ser final) quanto ao valor (por exemplo, um "1" ou "0" lógicos) de um bit de informação dos dados de decisão soft, tal como uma determinação 20 subsequente, ela será a seguir designada como dados de "decisão hard".

A Figura 3 é um fluxograma de dados que ilustra as operações lógicas que resultam da demodulação diferencial de um sinal associado com uma mensagem de 25 satélite (ou porção(ões) da mesma) de acordo com uma modalidade da invenção. Como apresentado na Figura 3, um bit de dados transmitido de uma palavra anterior ou (N-1)ésima 320 é combinado com dados transmitidos de uma palavra corrente ou N-ésima 322. Em particular, de acordo 30 com o método apresentado na Figura 3, o último bit de paridade da (N-1)ésima palavra 320 é combinado por uma operação XOR com o primeiro bit transmitido da N-ésima palavra 322, para produzir $D_{30} * \oplus D_1$; de acordo com as equações de codificação da Figura 2B, $D_{30} * \oplus D_1$ é o mesmo que

$D_{30}^* \oplus d_1 \oplus D_{30}^*$. Como resultado da operação XOR, os D_{30}^* se anulam; isto é, $D_{30}^* \oplus d_1 \oplus D_{30}^* = d_1$. De forma similar, os primeiro e segundo bits transmitidos (D_1 e D_2 , respectivamente) da N -ésima palavra 322 são combinados

5 (XOR) para gerar um segundo resultado - qual seja: $d_1 \oplus d_2$.

O processo acima descrito continua, gerando a seqüência $d_1, d_1 \oplus d_2, d_2 \oplus d_3, \dots, d_{23} \oplus d_{24}$. Deve ser notado que a seqüência de dados - qual seja $d_1, d_1 \oplus d_2, d_2 \oplus d_3, \dots, d_{23} \oplus d_{24}$ - se repete de quadro a quadro, uma vez que ela não

10 contém o bit de paridade D_{30}^* . Para reconstruir a seqüência de dados fonte d_1, d_2, \dots, d_{24} , que está representada na Figura 3 por uma seqüência de dados fonte reconstruída 324, as amostras adjacentes da seqüência acima descrita, $d_1, d_1 \oplus d_2, d_2 \oplus d_3, \dots, d_{23} \oplus d_{24}$, são combinadas por uma operação

15 XOR de modo casado, também como mostrado na Figura 3. Como exemplo, as duas primeiras amostras adjacentes - d_1 e $d_1 \oplus d_2$ - podem ser combinadas para a obtenção de $d_1 \oplus d_1 \oplus d_2$ que é igual a d_2 . O resultado d_2 , por sua vez, pode ser combinado com a próxima amostra adjacente da seqüência $d_1, d_1 \oplus d_2, d_2 \oplus d_3, \dots, d_{23} \oplus d_{24}$ - qual seja $d_2 \oplus d_3$ - para obter $d_2 \oplus d_2 \oplus d_3 = d_3$.

20 Dessa forma, a seqüência de dados fonte d_1, d_2, \dots, d_{24} pode ser obtida.

É também apresentada a seguir uma descrição matemática de demodulação diferencial, tal como utilizada

25 em uma modalidade da invenção. Amostras do sinal de satélite transmitido (ou uma porção dele) podem ser representadas por:

$$s(n) = D(n) \times \exp(j\theta n), \text{ para } n = 0, 1, 2, \dots$$

em que θ é uma incógnita, porém é um ângulo de fase de

30 variação relativamente lenta (e a taxa de amostragem pode ser igual à taxa de dados) e $D(n)$ são os símbolos da

mensagem de dados de satélite com amplitudes de $+A$ ou $-A$ (em que A é uma constante dependendo da força do sinal) e em que a polaridade indica um 0 ou 1 lógicos, respectivamente. (De acordo com uma modalidade, são 5 presumidos sincronização de dados e rastreamento de freqüência da portadora relativamente precisos, juntamente com rastreamento de fase relativamente pobre). À quantidade $s(n)$ são tipicamente adicionados ruído aleatório e interferência, porém a descrição disto não é necessária 10 para a compreensão da invenção.

Como foi acima mencionado, a demodulação diferencial pode ser considerada como a combinação (por exemplo, por multiplicação) de amostra(s) de dados corrente(s) com amostra(s) de dados anterior(es) (ou 15 retardados) (ou um conjugado complexo de tais), tal que:

$$\begin{aligned}
 r(n) &= s(n)s(n-1)^* = D(n)D(n-1) \times \exp(j(\theta_n - \theta_{n-1})) \\
 &= D(n)D(n-1) \times \cos(j(\theta_n - \theta_{n-1})) + jD(n)d(n-1) \times \cos(j(\theta_n - \theta_{n-1})) \\
 &\cong D(n)D(n-1)
 \end{aligned}$$

em que somente o termo coseno (ou "em fase") seja retido e 20 a aproximação é de um modo geral verdadeira para $\theta_n \approx \theta_{n-1}$. Tipicamente, caso a freqüência portadora seja conhecida ou rastreada (por exemplo com uma acuracidade maior que a taxa de dados), a aproximação acima para a demodulação diferencial será verdadeira.

25 Deve ser notado que a completa acuracidade numérica da parte real de $r(n)$ na(s) equação(ões) acima é de um modo geral retida quando da adição do valor de $r(n)$ correspondente a uma dado quadro, àquele de quadros sucessivos. Tais dados de "acuracidade completa" são 30 algumas vezes designados como dados de "decisão soft" uma vez que ainda não foram mapeados para valores lógicos de 0 e 1. Quando de tal soma de um número de quadros, o sinal do termo em fase é retido. O sinal do termo em fase é algumas

vezes designado como os valores de "decisão hard". Como foi acima mencionado, a combinação de dados, que, neste caso, corresponde à soma de quadros, pode melhorar a SNR dos dados demodulados $r(n)$ quando tais dados são comuns (por exemplo, identicamente repetidos, pelo menos em parte) de quadro a quadro.

Em uma modalidade alternativa, decisões hard são efetuadas sobre o valor $r(n)$ antes da soma (isto é, arredondar $r(n)$ para +1 ou -1). No entanto, como resultado, pode ocorrer uma perda de sensibilidade do receptor SPS de aproximadamente 2 dB.

Em uma modalidade, caso a SNR da mensagem de dados do satélite não for constante, porém apresentar flutuação em um grau acima de um limite predeterminado (ou de adaptação), uma soma ponderada dos dados de decisão soft é utilizada, em que o fator de ponderação é proporcional à raiz quadrada das SNRs. Dessa forma, por exemplo, caso o nível de ruído seja constante e caso quadros de dados sejam recebidos pela entidade de tal forma que um primeiro quadro seja mais forte que um segundo em 6 dB, as amostras do primeiro quadro poderiam ser somadas com duas vezes as amostras do segundo quadro. O sinal da soma ponderada se torna os dados de decisão hard. Tal estratégia pode reduzir, e mesmo minimizar, a probabilidade de erro associada com o processamento do(s) sinal(is) de satélite.

Deve ser notado que existem várias técnicas para a determinação do nível de ruído. Como exemplo, em uma modalidade, o nível de ruído é estimado pela observação das oscilações ou "jitter" na amplitude do sinal (recebido). Em modalidades alternativas, podem ser utilizadas outras técnicas conhecidas para detecção / medição de ruído.

Deve ser notado que a demodulação diferencial, tal como foi acima descrito, pode ser especialmente útil para aumentar a sensibilidade de um receptor de posicionamento por satélite quando a SNR for relativamente

baixa, de tal forma que um rastreamento relativamente acurado da fase do sinal pode não ser possível ou prática. No entanto, quando a SNR for relativamente elevada, outras técnicas, tais como a soma coerente, podem prover 5 resultados relativamente melhores. Como exemplo, caso o valor do bit de paridade D_{30}^* pode ser estimado, o valor pode ser usado para inverter a polaridade dos dados no subquadro seguinte. Como resultado, a soma coerente pode ser efetuada entre os dados resultantes com dados 10 correspondentes nos quadros subsequentes.

Dessa forma, em uma modalidade, um receptor de posicionamento por satélite utiliza demodulação diferencial que seria de um modo geral melhor adequada para situações de SNR baixa, bem como outra técnica (por exemplo, 15 modulação coerente) que é de um modo geral bem adequada para situações de SNR relativamente elevada. Em uma modalidade, dependendo da SNR, tal como computada pelo receptor, a técnica de processamento de sinal apropriada é selecionada para processar o(s) sinal(is) do satélite. 20 Alternativamente, em uma modalidade, a demodulação diferencial e pelo menos uma outra técnica são ambas efetuadas e com base em critérios predeterminados ou conjunto de critérios (por exemplo, SNR, erro relativo, etc.), o resultado de uma das técnicas é selecionado.

25 **VISÃO GERAL DE UM ASPECTO DA INVENÇÃO:**

DETECÇÃO DE ERROS COM BASE EM DEMODULAÇÃO DIFERENCIAL

Como foi acima descrito, os bits de dados fonte $d_1, d_2, d_3, \dots d_{24}$, podem ser determinados por demodulação diferencial e soma de quadros. Uma vez determinados os bits 30 de dados fonte, pode ser desejável efetuar a conferência de paridade para detectar erros. Como exemplo, tal conferência de paridade pode ser efetuada pela formação de combinações lineares dos bits de dados fonte e determinação sobre se tais combinações são comumente iguais a zero. No entanto,

as combinações dos bits de dados fonte não podem ser diretamente substituídas nas equações da Figura 2B, uma vez que a combinação XOR das equações adjacentes foram obtidas, tal como foi acima descrito, dessa forma "destruindo" as últimas seis equações de paridade (isto é, D_{25} a D_{30}) da Figura 2B.

Além disso, o exame das equações da Figura 2B mostra que os bits de paridade D_{29}^* e D_{30}^* presentes nestas últimas seis equações (isto é, D_{25} a D_{30}) de um modo geral variam de palavra a palavra. Dessa forma, a demodulação diferencial, quando são combinadas amostras adjacentes / sucessivas, de um modo geral não irá prover um ganho através da subsequente soma de quadros das equações de paridade. Como exemplo, a combinação XOR de D_{25} e D_{26} , produz um termo que inclui os fatores D_{29}^* e D_{30}^* que, como foi acima mencionado, de um modo geral varia aleatoriamente de um quadro para o outro. Dessa forma, a soma de quadro a quadro das quantidades D_{25} e D_{26} poderia produzir resultados ambíguos.

De acordo com uma modalidade da invenção, a detecção de erros é efetuada usando-se a demodulação diferencial de amostras de dados que são não adjacentes / não sucessivas (isto é, possuindo pelo menos um espaço de um período de bit entre elas). Como exemplo, com referência às equações da Figura 2B, a combinação XOR de D_{24} e D_{26} irá produzir a seqüência $d_2 \oplus d_3 \oplus d_4 \oplus d_6 \oplus d_7 \oplus d_{11} \oplus d_{12} \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{18} \oplus d_{19} \oplus d_{21}$, uma vez que tanto D_{24} como D_{26} contêm o bit de paridade D_{30}^* , que se cancela. Dessa forma, dados de amostra contendo $D_{24} \oplus D_{26}$ podem ser mediadas para quadros sucessivos para gerar resultados não ambíguos. Assim sendo, um único erro em quaisquer dos termos de dados fonte (isto é, termos d) de $D_{24} \oplus D_{26}$ pode ser detectado.

De forma similar, a demodulação diferencial produzindo combinações (XOR) de modo casado não sucessivas

de vários conjuntos dos últimos termos D restantes (por exemplo D_{25} e D_{30}) pode ser usada para produzir equações de controle de erro que não dependem de valores que variam de forma algo aleatória, tais como D_{29}^* ou D_{30}^* . De acordo com 5 uma modalidade da invenção, para detectar um único erro, em geral, é efetuada a demodulação diferencial usando espaçamento de amostras apropriado para gerar termos contendo todos os 24 bits de dados fonte (isto é, d_1 , d_2 , d_3 , ... d_{24}). Em uma modalidade, isto é conseguido 10 efetuando-se a demodulação diferencial para produzir as combinações não sucessivas, produzindo $(D_{24} \oplus D_{26})$, $(D_{25} \oplus D_{27})$, $(D_{26} \oplus D_{28})$ e $(D_{27} \oplus D_{30})$. Em modalidades alternativas, outras combinações e/ou termos, ou combinações agrupadas, podem ser utilizados para gerar todos os 24 bits de dados 15 fonte (isto é, d_1 , d_2 , d_3 , ... d_{24}) para detectar erros. Como foi acima descrito, a demodulação diferencial é seguida, em uma modalidade, por soma de quadros de amostras de sinal em comum.

Em uma modalidade alternativa, é efetuado outro 20 método para detecção de erros. Em particular, em tal modalidade alternativa, dados amostrados contendo um dos bits de paridade D_{29}^* e D_{30}^* é multiplicado por dados de amostra contendo um bit apropriado do conjunto de bits D_{25} e D_{30} . Como exemplo, uma amostra contendo D_{29}^* é 25 multiplicada por uma amostra contendo D_{25} , que contém D_{29}^* , enquanto que uma amostra que contém D_{30}^* é combinada com uma contendo D_{26} , que contém D_{30}^* . Nestes dois casos, a multiplicação das amostras resulta na XOR dos termos correspondentes, desse modo removendo D_{29}^* e D_{30}^* das 30 respectivas equações. Para efetuar tal detecção de erros, a localização do início e/ou final de cada palavra na mensagem de satélite (ou porção da mesma) deve ser determinada. Em uma modalidade, a palavra de telemetria de cada subquadro, que contém um padrão fixo de dados, pode

ser utilizada para efetuar tal sincronização de fronteiras de dados.

Em mais outra modalidade, é provido um método para detectar erros nas porções de dados que se repetem, 5 por exemplo, de quadro a quadro. De acordo com tal método, o resultado da demodulação diferencial e soma para dois conjuntos separados de quadros de dados são comparados para determinar se eles são comuns.

Em ainda outra modalidade, a presença de uma taxa 10 de erros relativamente elevada é determinada por estimativa, de acordo com um ou uma combinação dos métodos aqui descritos, dos oito bits de preâmbulo de sincronização que ocorrem no início de cada subquadro para determinar se o valor desses bits se iguala ao padrão de oito bits 15 anterior conhecido.

VISÃO GERAL DE UMA MODALIDADE DA INVENÇÃO:

**COMBINAÇÃO DE INFORMAÇÕES EM COMUM ASSOCIADAS COM UM
SINAL DE VEÍCULO SATÉLITE**

A Figura 4 é um fluxograma que ilustra um método 20 para o processamento de porções de pelo menos uma mensagem de satélite, de acordo com uma modalidade da invenção. Para propiciar uma compreensão do método 400 apresentado na Figura 4, será presumido que o rastreamento PN, o rastreamento de dados e o rastreamento de freqüência são 25 efetuados pelo menos durante uma porção do intervalo de processamento do sinal de satélite para pelo menos um sinal SV, que presume-se seja de M quadros. Em uma modalidade, o método 400 descrito com referência à Figura 4 é efetuado para cada sinal de satélite que possa ser rastreado.

30 Na Figura 4, o fluxo se inicia em 402 e termina em 420. Em 404, pelo menos uma porção de um sinal de satélite é captada por uma entidade. A entidade pode ser um receptor móvel ou estacionário de posicionamento por satélite. Em uma modalidade, a entidade é um receptor GPS

móvel. Em uma modalidade, a entidade pode também prover outras características, tais como características de comunicação celular ou de outros tipos ou características de processamento de dados.

5 Em 406, o(s) sinal(is) captado(s) é(são) desespalhado(s) (despread), pela remoção do PN e os dados e freqüência do sinal recebido são rastreados. Podem ser empregadas uma ou mais técnicas bem conhecidas para rastreamento de dados e freqüência.

10 Em 408 o sinal é diferencialmente demodulado e decisões soft associadas com a demodulação diferencial são armazenadas. Como foi acima descrito, a demodulação diferencial (com retardo igual a um período de amostra) da mensagem do satélite (ou porção da mesma) envolve a 15 multiplicação de uma N -ésima amostra com uma amostra anterior ou $(N-1)$ -ésima. Decisões soft significam que as voltagens, em lugar da polaridade do sinal (isto é, decisões hard), são armazenadas neste ponto no método de processamento do sinal de satélite. Em uma modalidade, em 20 que é utilizada representação complexa de sinal, as decisões soft retêm apenas os componentes em fase dos dados.

25 Em 410, quadros de dados de decisão soft (que em uma modalidade correspondem a voltagens) são combinados (por exemplo, somados em uma modalidade). No caso em que a mensagem de satélite está no formato GPS descrito com referência à Figura 2A, a soma envolve a adição de voltagens que correspondem a palavras que estão espaçadas por 1500 períodos de bits (isto é, 30 segundos por quadro 30 multiplicados por 50 baud). Dessa forma, caso se presuma para finalidades de ilustração que o intervalo de processamento de sinal para o método da Figura 5 é de M quadros, então M de tais voltagens espaçadas são somadas para cada um dos períodos de 1500 bits correspondentes a um 35 quadro.

Em 412, decisões hard para os componentes em fase são determinadas com base na polaridade das voltagens dos quadros combinados de dados de decisão soft.

Em 414, a sincronização é efetuada. Em uma 5 modalidade, a sincronização é efetuada no nível de subquadro (ver Figura 2A), com base em um padrão de sincronização de oito bits indicado por uma palavra de telemetria, que ocorre tipicamente na primeira palavra de cada subquadro. O padrão de sincronização, em geral, ocorre 10 a cada seis segundos e, portanto, para o exemplo acima mencionado, irá ocorrer cinco vezes durante o período de quadro de 1500 bits. Tais informações de sincronização podem ser usadas para definir a "localização" de cada subquadro e, em particular, as fronteiras dos dados (por 15 exemplo, do quadro).

Ao determinar as fronteiras, a mensagem de dados de satélite pode ser "lida" em 416. No entanto, os dados de satélite que seguem a operação de soma acima descrita (por exemplo em 410) podem ainda estar acopladas, por exemplo, 20 no formato $d_1, d_1 \oplus d_2, d_2 \oplus d_3, \dots d_{23} \oplus d_{24}$. Como foi acima mencionado com referência à Figura 3, sucessivas combinações de módulo - 2 ou XOR de modo casado podem ser efetuadas para desacoplar os dados para obter a seqüência de dados fonte $d_1, d_2, d_3, \dots d_{24}$.

25 Em outra modalidade, a soma TOW entre múltiplas mensagens SV, tal como descrito a seguir, pode utilizar o padrão de sincronização para estimar a hora (por exemplo, a hora do dia) e/ou outras informações.

Finalmente, em 418, é efetuada a detecção de 30 erros, conforme acima descrito.

Em uma modalidade alternativa, caso seja detectada uma SNR relativamente elevada, pode ser empregado um método alternativo de processamento do sinal de satélite - que pode ser empregado em lugar da, ou em conjunto com a, 35 demodulação diferencial e/ou soma de dados de tempo através

de um conjunto de SVs. Como exemplo, em uma modalidade, o fato de que os primeiros 24 bits de uma N-ésima palavra de uma mensagem de satélite GPS (isto é, os bits D_1 a D_{24} da Figura 3) são invertidos em fase de acordo com o último bit 5 de paridade da $(N-1)$ -ésima palavra precedente (isto é, o bit D_{30}^* da Figura 3) permite a demodulação "direcionada por decisão". Em tal modalidade da invenção, a fase do bit de paridade é estimada e a estimativa é utilizada para remover a inversão de fase. Assim sendo, a fase do sinal que chega 10 é seguida coerentemente (por exemplo com um loop Costas) e dessa forma o sinal do bit de paridade pode ser usado para estimar sua fase. Presumindo que s_{30}^* , s_1 , s_2 , ... s_{24} sejam amostras de sinais que contêm os dados D_{30}^* , d_1 , d_2 , ... d_{24} , então, pela determinação ou estimativa de tal fase, uma 15 estatística tal como sinal $(s_{30}^*)x[s_1 \dots s_{24}]$ ou $s_{30}^*x[s_1 \dots s_{24}]$, pode ser usada para remover a inversão de sinal e permitir a soma de quadros sucessivos de dados uns com os outros.

VISÃO GERAL DE UMA MODALIDADE DA INVENÇÃO:

20 COMBINAÇÃO DE INFORMAÇÕES EM COMUM ATRAVÉS DE MÚLTIPLOS SINAIS SV

Como foi acima mencionado, outra técnica - qual seja, a soma de sinais (ou porções dos mesmos) provenientes de múltiplos SVs e possuindo informações em comum associadas com os mesmos (por exemplo, informações 25 associadas com o mesmo momento no tempo - por exemplo, especificando o mesmo momento no tempo) - pode ser empregada separadamente ou em conjunto com as técnicas de soma de quadros acima descritas para melhorar a sensibilidade de uma entidade, tal como um receptor de 30 posicionamento por satélite, ao processar sinais de posicionamento por satélite.

A Figura 5 é um fluxograma ilustrando um método para o processamento de sinais de posicionamento por satélite com base em informações em comum entre dois ou

mais sinais SV, de acordo com uma modalidade da invenção. O método 500 da Figura 5, bem como aqueles acima descritos pode ser efetuado por vários tipos de dispositivos de posicionamento por satélite, tais como receptores SPS isolados, receptores SPS integrados, que podem prover comunicações e/ou outras funcionalidades de processamento de dados, etc. No método 500 mostrado na Figura 5, o fluxo se inicia em 502 e termina em 522. De um modo geral, 504, 506 e 508 da Figura 5 são análogos a 404, 406 e 408, respectivamente, da Figura 4. No entanto, no método 500, pelo menos dois sinais de satélite são captados em 504, enquanto que em 404 do método 400 descrito com referência à Figura 4, um (ou mais) sinais SV podem ser captados.

Em 510, é efetuada / obtida a sincronização de subquadros. Como foi acima descrito, os dados de sincronização de subquadros podem ser obtidos usando-se a seqüência de sincronização da palavra de telemetria e/ou outras técnicas.

Em 512, para cada subquadro, dados em comum são selecionados a partir de cada um dentre um conjunto de mensagens de satélite (ou porções das mesmas) recebidas a partir de dois ou mais satélites (SVs). Em uma modalidade, amostras de sinal contendo os 17 bits constituindo as informações TOW são selecionadas a partir de cada subquadro sucessivo.

Em 514, os dados de decisão soft em comum para dois ou mais sinais de satélite recebidos para cada subquadro são somados. Como exemplo, caso sejam processados sinais provenientes de cinco satélites, pode ser obtido um ganho em SNR de até 5 (ou aproximadamente 7 dB). Deve ser notado que qualquer número de sinais SV "à vista" pode ser usado em tal soma.

Em 516, os dados em comum para cada subquadro são estimados por limitação "dura" (hard limiting) (isto é, retendo a polaridade) dos bits somados. Como exemplo, em

uma modalidade em que os dados em comum incluem dados de hora consistindo de informações TOW, que possuem 17 bits tal como foi acima mencionado, o resultado da estimativa de limitação dura seria de 17 bits.

5 Em 518, os dados somados provenientes de um subquadro (e/ou outra porção de uma mensagem de satélite) são comparados àqueles correspondendo a outros subquadros para determinar um valor consistente. Como exemplo, caso dados TOW estejam sendo usados, tal como descrito com 10 referência a uma modalidade da invenção, e caso os valores TOW estimados estejam livres de erros, então TOWs sucessivas devem diferir por apenas uma contagem de um. Dessa forma, em uma modalidade, um número de TOWs estimadas determinadas durante um intervalo de tempo são processadas 15 para determinar um valor final para a TOW com base na consistência entre os vários valores de TOW. Diferentes limites poderiam ser determinados para número ou percentual de valores de dados consistentes (por exemplo, TOW). Como exemplo, caso 60 % é o limite em uma modalidade, então se 20 cinco TOWs de SVs estiverem sendo processadas, pelo menos três devem ser consistentes umas com as outras (isto é, indicar a mesma hora para palavras TOW correspondentes). Por outro lado, para se conseguir uma taxa de erros relativamente menor, o limite pode ser ajustado para 100 %, 25 de tal forma que todos os sinais SV processados devam ser consistentes uns com os outros com relação aos dados processados, tais como a TOW.

Em 520, o valor (consistente) determinado em 520 é emitido ou armazenado. O valor pode estar associado com a 30 hora, tal como descrito com referência a uma modalidade em que as informações TOW são determinadas e, assim sendo, podem ser usadas, por exemplo, para determinar outras informações, tais como a posição da entidade (por exemplo, o receptor GPS móvel ou estacionário) que está processando 35 os sinais de posicionamento por satélite.

VISÃO GERAL DO HARDWARE

A invenção, em suas várias modalidades, pode encontrar utilidade em vários dispositivos usados para processar sistemas de posicionamento por satélite, 5 especialmente receptores móveis que podem experimentar SNRs relativamente baixas ao processar sinais de posicionamento por satélite.

A Figura 6 é um diagrama de blocos de um receptor SPS para prover processamento de sinais de posicionamento 10 por satélite de acordo com uma ou mais modalidades da invenção. O receptor 600 mostrado na Figura 6 inclui uma antena 602 para a recepção de sinais SPS. Os sinais SPS são providos a partir da antena 602 para um amplificador 604, o qual amplifica os sinais SPS. O amplificador 604 provê os 15 sinais amplificados a um misturador 606, o qual é alimentado por um oscilador local 608. O misturador 606 produz sinais SPS convertidos para recepção, os quais são processados por um estágio de RF de freqüência intermediária 610 e providos a um sistema correlacionador 20 612. O sistema correlacionador 612 está acoplado a um computador de navegação SPS 614, que tipicamente controla a operação do sistema correlacionador 612 e, possivelmente, o oscilador local 608, de tal forma que os sinais SPS são captados e seguidos e informações, tais como dados de 25 efemérides de satélite, sejam lidos a partir dos sinais SPS. Tais informações podem incluir e/ou ser usadas para determinar várias informações de navegação, incluindo a posição do receptor 600, uma hora de referência (por exemplo, a hora GPS), etc. O receptor 600 pode ser usado de 30 acordo com a presente invenção para combinar informações em comum entre duas ou mais porções de uma ou mais mensagens de satélite para determinar informações de navegação nas porções, tais como hora, posição, etc. Assim sendo, o computador de navegação 614 pode incluir várias unidades 35 funcionais para efetuar uma ou mais das técnicas de

processamento acima descritas. Como exemplo, em uma modalidade, o computador de navegação 614 pode incluir uma unidade de demodulação para demodular (por exemplo, diferencialmente, coerentemente, etc.) amostras de sinais de satélites, bem como uma unidade de soma para somar tais amostras. O computador de navegação 614 e as unidades funcionais nele incluídas, podem ser exclusivamente constituídas por circuitos físicos ("hard wired") ou utilizar uma combinação de circuitos físicos e instruções implementadas por máquina (por exemplo, micro códigos, linguagem de máquina, etc.). Em uma modalidade, um ou mais de tais unidades funcionais de processamento de sinais / dados podem ser implementadas por um processador (por exemplo, um circuito integrado de processamento de sinal digital de uso geral). Tal processador, por sua vez, pode estar conectado a uma memória, que pode armazenar dados e/ou rotinas para efetuar o processamento de sinais de satélite de acordo com a invenção.

A Figura 7 é um diagrama de blocos de um receptor SPS / comunicador integrados que pode ser utilizado para processar sinais SPS, de acordo com uma modalidade da invenção. O sistema móvel integrado de receptor SPS e comunicação 700 apresentado na Figura 7 pode efetuar uma forma específica de processamento de sinal digital sobre sinais GPS armazenados de tal forma que o receptor possua sensibilidade muito elevada, tal como descrito na Patente U.S. Nº 5.663.734, emitida em 2 de setembro de 1997, intitulada "GPS RECEIVER AND METHOD FOR PROCESSING GPS SIGNALS", que é aqui incorporada por referência. Tal operação de processamento descrita na Patente U.S. Nº 5.663.734, tipicamente computa uma pluralidade de convoluções intermediárias, tipicamente utilizando transformadas de Fourier rápidas (FFTs) e armazena tais convoluções intermediárias na memória digital e a seguir utiliza tais convoluções intermediárias para prover

informações de navegação (por exemplo, pelo menos uma pseudo distância). Além disso, o sistema 700 pode efetuar uma ou uma combinação das técnicas acima descritas para a combinação de porções em comum de um ou mais sinais de 5 satélites para determinar informações de navegação. Além disso, o sistema 700 inclui circuitos para prover comunicações entre o sistema 700 e outra entidade.

Como mostrado na Figura 7, o sistema 700 inclui duas antenas: uma antena SPS 702 e uma antena de 10 comunicação 714. A antena SPS 702 provê um ou mais sinais SPS para um filtro 704, o qual por sua vez filtra os sinais SPS recebidos e os provê a um conversor de RF para banda base 705, cuja freqüência transforma o sinal para uma freqüência portadora muito baixa (ou FI zero). O conversor 15 de RF para banda base 705 provê o sinal para um conversor analógico para digital (A/D) 706. O conversor A/D 706 provê representações digitais dos sinais SPS recebidos para um processador 708. O processador 708 pode ser implementado na forma de um circuito integrado (IC) programável para 20 processamento de sinal digital (DSP) de uso geral, um processador ou microcontrolador de uso geral, ou circuitos exclusivos para processamento de dados. Tipicamente, o processador 708 opera em conjunto com uma memória 710 para processar sinais SPS de acordo com uma ou mais das técnicas 25 acima descritas. Como exemplo, porções de um ou mais sinais podem ser diferencialmente demoduladas e a seguir combinadas pelo processador 708 para determinar informações de navegação. Tais informações de navegação poderiam ser armazenadas na memória 710, providas para uma unidade de 30 entrada / saída (I/O) 712 e/ou serem transmitidas para outra entidade através de um subsistema de comunicação 716 e da antena de comunicação 714, que podem prover comunicação digital e/ou analógica (por exemplo, através de uma rede de comunicação celular e/ou por satélite). Em uma 35 modalidade, o sistema 700 é uma unidade móvel que processa

sinais GPS de acordo com uma ou uma combinação dos métodos acima descritos.

A Figura 8 ilustra um sistema de acordo com uma modalidade da invenção, que inclui um receptor SPS, uma central de telefone celular, uma estação base, a Internet e um sistema de computador de cliente. O sistema 800 apresentado na Figura 8 pode operar, em uma modalidade, da seguinte maneira: um sistema de computador de cliente 812 irá transmitir uma mensagem através de uma rede, tal como a Internet 810, para uma estação base 808. Como exemplo, a mensagem pode ser uma requisição de assistência. Deve ser notado que podem existir roteadores ou sistemas de computadores intervenientes na rede ou Internet 810, os quais repassam a requisição sobre a posição de um receptor SPS móvel específico. A estação base 808 irá a seguir transmitir uma mensagem através de um link, o qual consiste tipicamente, porém não necessariamente, de um link de telefonia por fio 806, para uma central de telefone celular 804. Tal central de telefone celular 804 a seguir transmite um comando, utilizando sua antena ou antenas 802, para o sistema combinado de comunicação e receptor SPS móvel 816. Em resposta o sistema 816 pode transmitir informações em retorno, tais como pseudo distâncias, horas associadas com pseudo distâncias, latitude e longitude e/ou outras informações. Tais informações podem ser recebidas pela central de telefone celular 804 e comunicadas em retorno à estação base através do link 806.

A estação base pode a seguir determinar e/ou refinar informações de navegação, tais como hora e/ou posição do receptor SPS e comunicar as informações de navegação de volta ao receptor SPS e/ou através de uma rede, tal como a Internet 810, para o sistema de computador de cliente 812, o qual pode, ele próprio, possuir software de mapeamento no sistema de computador de cliente, permitindo ao usuário de tal sistema observar em um mapa a

posição exata do sistema SPS móvel 816.

MODALIDADES ALTERNATIVAS

As técnicas acima descritas para combinar porções de mensagem(ens) de satélite podem também ser usadas com 5 outros tipos de estruturas de receptores SPS. Como exemplo, tais técnicas podem ser usadas com receptores SPS possuindo estruturas tais como aquelas descritas no Pedido Co-pendente de Patente U.S. Nº de Série 60/037.904, depositado em 11 de fevereiro de 1997, e no Pedido Co-pendente de 10 Patente U.S. Nº de Série 60/050.647, depositado em 24 de junho de 1997 e no Pedido Co-pendente de Patente U.S. Nº de Série 09/021.854, depositado em 11 de fevereiro de 1998.

Apesar da presente invenção ter sido descrita em termos de várias formas de apresentação, os técnicos na 15 área notarão que a invenção não fica limitada às modalidades descritas. Portanto, deve ficar claro que o método e o equipamento da invenção podem ser praticados com modificações e alterações dentro do espírito e escopo das reivindicação anexas. A descrição deve portanto ser 20 considerada como ilustrativa e não restritiva da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para prover processamento de sinal de um sistema de posicionamento por satélite (SPS), o método compreendendo:

5 receber (104) em um receptor SPS (600, 700, 816) uma primeira porção e uma segunda porção de sinais SPS que estão associados com uma ou mais mensagens de satélites (212), em que as primeira e segunda porções incluem informações em comum;

10 remover (106, 406, 506) uma sequência de espalhamento da primeira porção e da segunda porção;

 demodular (106, 408, 510) a primeira porção e a segunda porção; e

15 combinar (108, 408, 410, 508-514) a informação em comum das primeira e segunda porções para determinar (110) bits de dados representativos de informações de navegação embutidas em ambas as primeira e segunda porções;

20 o método é **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos uma dentre a primeira e a segunda porções é ponderada por um fator de ponderação que é uma função de relação sinal-ruído (SNR) e, em que combinar (108) inclui somar as primeira e segunda porções.

25 2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que somar as primeira e segunda porções compreende uma demodulação diferencial das primeira e segundas porções.

30 3. Método, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a demodulação diferencial combina pares de amostras de sinal contidos com as porções, as quais são separadas no tempo uma das outras por um múltiplo do período de bits dos dados contidos dentro destas porções.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a informação de navegação

compreende informação de efemérides do satélite e a informação em comum compreende informação idêntica nas primeira e segunda porções.

5. Método, de acordo com as reivindicações 1-2,
5 **CARACTERIZADO** pelo fato de que as primeira e segunda porções são separadas no tempo por uma duração igual a um múltiplo de um período de quadro de uma mensagem SPS (212).

6. Método, de acordo com as reivindicações 1-2,
10 **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira porção é associada com uma primeira mensagem de veículo de satélite (212), e a segunda porção é associada com uma segunda mensagem de veículo de satélite (212).

7. Método, de acordo com as reivindicações 1-2,
15 **CARACTERIZADO** pelo fato de que as primeira e segunda porções são associadas com exatamente uma mensagem de veículo de satélite (212).

8. Método, de acordo com a reivindicação 1,
15 **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

20 a primeira porção é um primeiro conjunto de amostras de sinal e representa uma primeira porção de uma mensagem de satélite (212) associada com um veículo de satélite; e

25 a segunda porção é um segundo conjunto de amostras de sinal e representa uma segunda porção da mensagem de satélite (212), em que o primeiro e segundo conjuntos de amostras de sinal representam pelo menos parcialmente informação em comum.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8,
30 **CARACTERIZADO** pelo fato de que a informação de navegação compreende informação de efemérides do satélite.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 8,
15 **CARACTERIZADO** pelo fato de que a informação de navegação compreende informação de correção de erro.

11. Método, de acordo com a reivindicação 8,

CARACTERIZADO pelo fato de que os primeiro e segundo conjuntos de amostras de sinal são separados no tempo por um múltiplo da duração dos quadros da mensagem de satélite (212).

5 12. Método, de acordo com a reivindicação 1,

CARACTERIZADO pelo fato de que:

a primeira porção é um primeiro conjunto de amostras de sinal e representa uma primeira porção de uma primeira mensagem de satélite (212) associada com um

10 primeiro veículo de satélite; e

a segunda porção é um segundo conjunto de amostras de sinal e representa uma primeira porção de uma segunda mensagem de satélite (212) associada com um segundo veículo de satélite, em que os primeiro e segundo conjuntos de amostras de sinal representam pelo menos parcialmente informação em comum.

13. Método, de acordo com a reivindicação 8 ou 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que combinar (108, 408, 410, 508-514) os primeiro e segundo conjuntos de amostras de sinal para determinar a informação de navegação inclui demodular diferencialmente os primeiro e segundo conjuntos de amostras de sinal.

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de que combinar (108, 408, 410, 508-514) os primeiro e segundo conjuntos de amostras de sinal para determinar a informação de navegação inclui somar os primeiro e segundo conjuntos de amostras de sinal seguinte à demodulação diferencial.

15. Método, de acordo com a reivindicação 8 ou 30 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a demodulação diferencial combina pares das amostras de sinal separadas no tempo uma das outras por um múltiplo do período de bits dos dados contidos dentro das porções.

16. Método, de acordo com a reivindicação 12,

CARACTERIZADO pelo fato de que a informação de navegação compreende informação de hora-da-semana do satélite.

17. Método, de acordo com a reivindicação 12,
5 **CARACTERIZADO** pelo fato de que a informação de navegação compreende informação de Almanaque do satélite.

18. Método, de acordo com as reivindicações 1, 8 ou 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a informação de navegação compreende uma posição do receptor SPS (600, 700, 816).

10 19. Método, de acordo com a reivindicação 1, 8 ou 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a informação de navegação compreende uma posição de uma entidade.

20. Método, de acordo com a reivindicação 1, 8 ou 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o receptor SPS (600, 15 700, 816) compreende um Satélite com Posicionamento Global móvel, também referenciado como, receptor GPS (700).

21. Método, de acordo com a reivindicação 20,
CARACTERIZADO pelo fato de que o receptor GPS móvel (700) compreende circuitos de comunicação (710-716).

20 22. Método, de acordo com a reivindicação 12,
CARACTERIZADO pelo fato de que também compreende:

receber no receptor SPS (600, 700, 816) um terceiro conjunto de amostras de sinal representando uma segunda porção da primeira mensagem de satélite (212);

25 receber no receptor SPS (600, 700, 816) um quarto conjunto de amostras de sinal representando uma segunda porção da segunda mensagem de satélite (212);

em que os terceiro e quarto conjuntos de amostras de sinal representam pelo menos parcialmente informação em comum;

combinar os terceiro e quarto conjuntos de amostras de sinal; e

comparar um primeiro resultado gerado a partir da combinação (108, 408, 410, 508 - 514) das primeira e

segunda amostras de sinal com um segundo resultado gerado a partir das terceira e quarta amostras de sinal para determinar a informação de navegação.

23. Método, de acordo com a reivindicação 22,
5 **CARACTERIZADO** pelo fato de que os primeiro e segundo resultados compreendem a informação de hora-da-semana (TOW).

24. Método, de acordo com a reivindicação 23,
10 **CARACTERIZADO** pelo fato de que comparar os primeiro e segundo resultados compreende determinar uma diferença entre TOW como indicado pelos primeiro e segundo resultados, e comparar a diferença com um valor representando uma diferença de tempo entre os primeiro e segundo resultados.

15 25. Método, de acordo com as reivindicações 1-24,
CARACTERIZADO pelo fato de que compreende:

remover ruído pseudo-aleatório das primeira e segunda porções para prover as primeira e segunda porções, como porções de um sinal de banda estreita.

20 26. Equipamento para prover processamento de sinal de um sistema de posicionamento por satélite (SPS), o equipamento compreendendo:

25 mecanismos (602, 702) para receber em um receptor SPS (600, 700, 816) uma primeira porção e uma segunda porção de sinais SPS que estão associados com uma ou mais mensagens de satélites (212), em que as primeira e segunda porções incluem informações em comum;

mecanismos para remover uma sequência de espalhamento da primeira porção e da segunda porção;

30 mecanismos para demodular a primeira porção e a segunda porção; e

mecanismos (612, 614, 708) para combinar a informação em comum das primeira e segunda porções para determinar bits de dados representativos de informações de

navegação embutidas em ambas as primeira e segunda porções; o equipamento é **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos uma dentre a primeira e a segunda porções é ponderada por um fator de ponderação que é uma função de 5 relação sinal-ruído (SNR) e, em que os mecanismos para combinar (612, 614, 708) incluem mecanismos para somar as primeira e segunda porções.

27. Equipamento, de acordo com a reivindicação 26, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende uma antena 10 (602, 702) para receber as primeira e segunda porções.

28. Equipamento, de acordo com a reivindicação 27, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende uma unidade de demodulação diferencial para demodular diferencialmente as primeira e segunda porções, em que os mecanismos para 15 somar são acoplados à unidade de demodulação diferencial e adaptados para somar as primeira e segunda porções demoduladas diferencialmente.

29. Equipamento, de acordo com a reivindicação 28, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de demodulação 20 diferencial e os mecanismos para somar estão incluídos em um processador (708).

30. Equipamento, de acordo com a reivindicação 26 ou 27, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os mecanismos para somar são adaptados para adicionar a primeira porção com a 25 segunda porção para determinar a informação de navegação seguinte à demodulação diferencial das primeira e segunda porções.

31. Equipamento, de acordo com a reivindicação 26 ou 27, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a informação de 30 navegação compreende informação de efemérides do satélite.

32. Equipamento, de acordo com a reivindicação 26 ou 27, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a informação de navegação compreende informação de correção de erro.

33. Equipamento, de acordo com a reivindicação 26

ou 27, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a informação de navegação compreende uma posição de um receptor SPS (600, 700, 816).

34. Equipamento, de acordo com a reivindicação 26
5 ou 27, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a informação de navegação compreende informação de hora-da-semana.

35. Equipamento, de acordo com a reivindicação 26
ou 27, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o equipamento compreende um Satélite com Posicionamento Global móvel,
10 também referenciado como, receptor GPS (700).

36. Equipamento, de acordo com a reivindicação 35, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o receptor GPS móvel (700) compreende circuitos de comunicação (710-716).

37. Equipamento, de acordo com a reivindicação 26
15 ou 27, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as primeira e segunda porções são separadas no tempo por uma duração igual a um múltiplo de um período de quadro da mensagem de satélite (212).

38. Equipamento, de acordo com a reivindicação 26
20 ou 27, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira porção é associada com uma primeira mensagem de veículo de satélite (212), e a segunda porção é associada com uma segunda mensagem de veículo de satélite (212).

39. Equipamento, de acordo com a reivindicação 26
25 ou 27, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as primeira e segunda porções são associadas com exatamente uma mensagem de veículo de satélite (212).

40. Equipamento, de acordo com a reivindicação 36, **CARACTERIZADO** pelo fato de que uma entidade remota é
30 acessível pelo receptor SPS móvel (700) através dos circuitos de comunicação (710-716).

41. Equipamento, de acordo com a reivindicação 40, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a entidade remota compreende uma estação base (808).

42. Equipamento, de acordo com a reivindicação 41, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a estação base (808) comprehende um link de comunicação a uma rede de processamento de dados.

5 43. Equipamento, de acordo com as reivindicações 26-42, **CARACTERIZADO** pelo fato de que comprehende:

mechanismos para remover ruído pseudo-aleatório das primeira e segunda porções para prover as primeira e segunda porções como porções de um sinal de banda estreita.

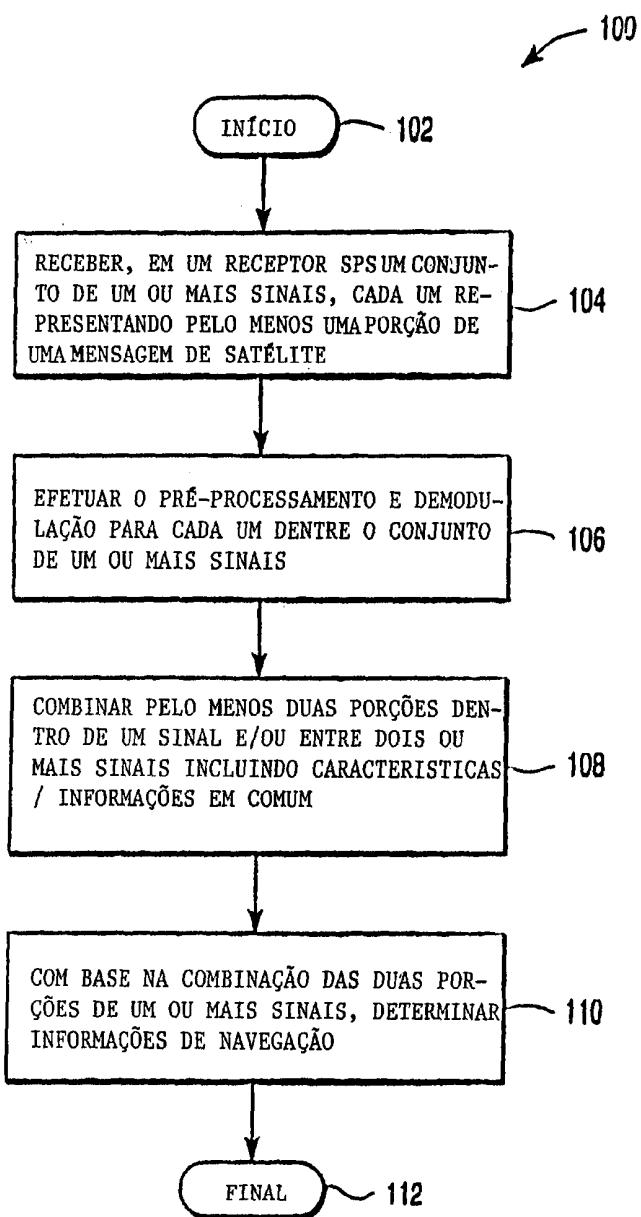


FIG. 1

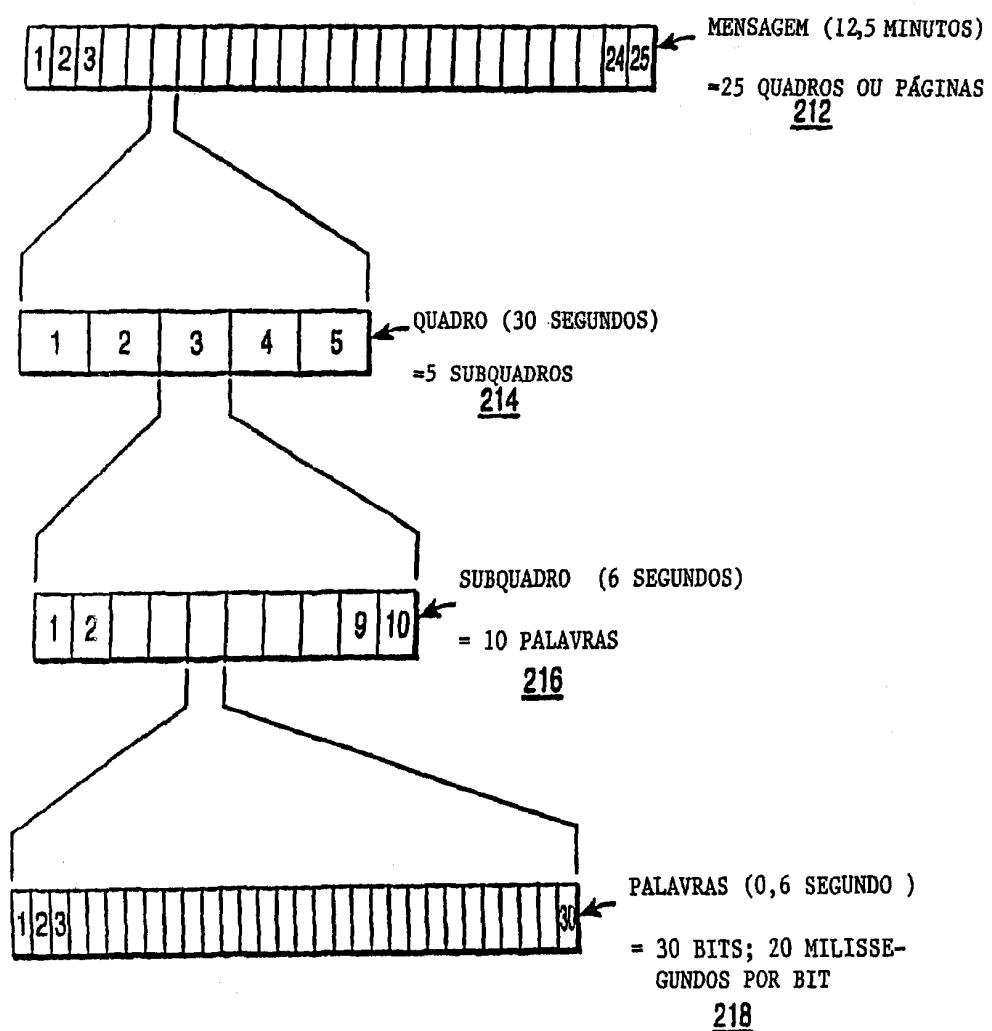


FIG. 2A

$$D_1 = d_1 \oplus D_{30}^*$$

$$D_2 = d_2 \oplus D_{30}^*$$

$$D_3 = d_3 \oplus D_{30}^*$$

•

•

•

$$D_{24} = d_{24} \oplus D_{30}^*$$

$$D_{25} = D_{28}^* \oplus d_1 \oplus d_2 \oplus d_3 \oplus d_5 \oplus d_8 \oplus d_{10} \oplus d_{11} \oplus d_{12} \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{17} \oplus d_{18} \oplus d_{20} \oplus d_{23}$$

$$D_{26} = D_{30}^* \oplus d_2 \oplus d_3 \oplus d_4 \oplus d_6 \oplus d_7 \oplus d_{11} \oplus d_{12} \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{18} \oplus d_{19} \oplus d_{21} \oplus d_{24}$$

$$D_{27} = D_{29}^* \oplus d_1 \oplus d_3 \oplus d_4 \oplus d_6 \oplus d_7 \oplus d_8 \oplus d_{12} \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{16} \oplus d_{19} \oplus d_{20} \oplus d_{22}$$

$$D_{28} = D_{30}^* \oplus d_2 \oplus d_4 \oplus d_5 \oplus d_6 \oplus d_8 \oplus d_9 \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{16} \oplus d_{17} \oplus d_{20} \oplus d_{21} \oplus d_{23}$$

$$D_{29} = D_{30}^* \oplus d_1 \oplus d_3 \oplus d_5 \oplus d_6 \oplus d_7 \oplus d_9 \oplus d_{10} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{16} \oplus d_{17} \oplus d_{18} \oplus d_{21} \oplus d_{22} \oplus d_{24}$$

$$D_{30} = D_{29}^* \oplus d_3 \oplus d_5 \oplus d_6 \oplus d_8 \oplus d_9 \oplus d_{10} \oplus d_{11} \oplus d_{13} \oplus d_{15} \oplus d_{19} \oplus d_{22} \oplus d_{23} \oplus d_{24}$$

ONDE,

d_1, d_2, \dots SÃO OS BITS DE DADOS DA FONTE

O SÍMBOLO $*$ É USADO PARA IDENTIFICAR OS

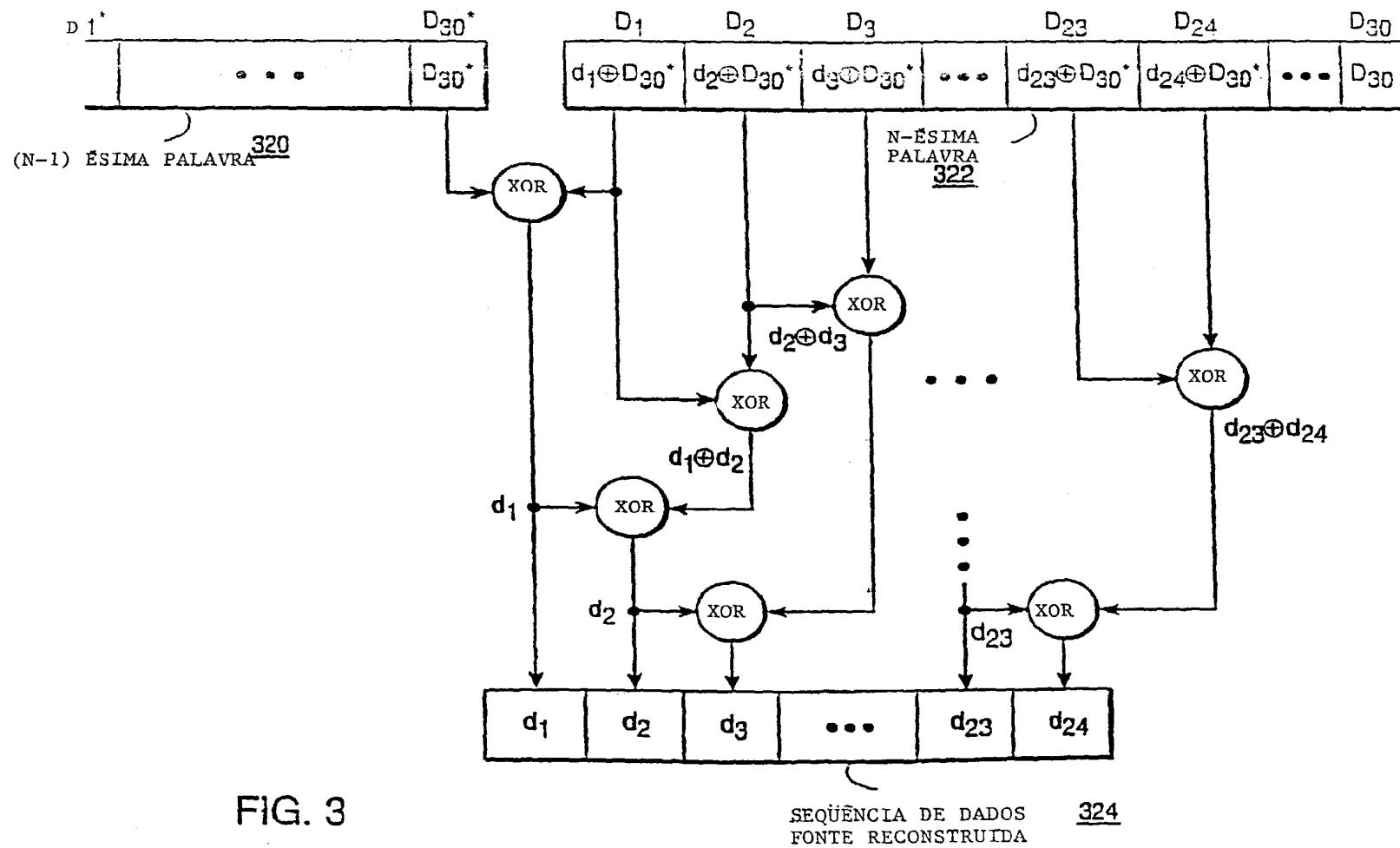
ÚLTIMOS DOIS BITS DA PALAVRA ANTERIOR DO SUBQUADRO

D_{25}, \dots, D_{30} SÃO OS BITS DE PARIDADE COMPUTADOS

D_1, D_2, \dots, D_{30} SÃO OS BITS TRANSMITIDOS PELO SATELITE

\oplus É A OPERAÇÃO MÓDULO 2 ou OU-EXCLUSIVO

FIG. 2B



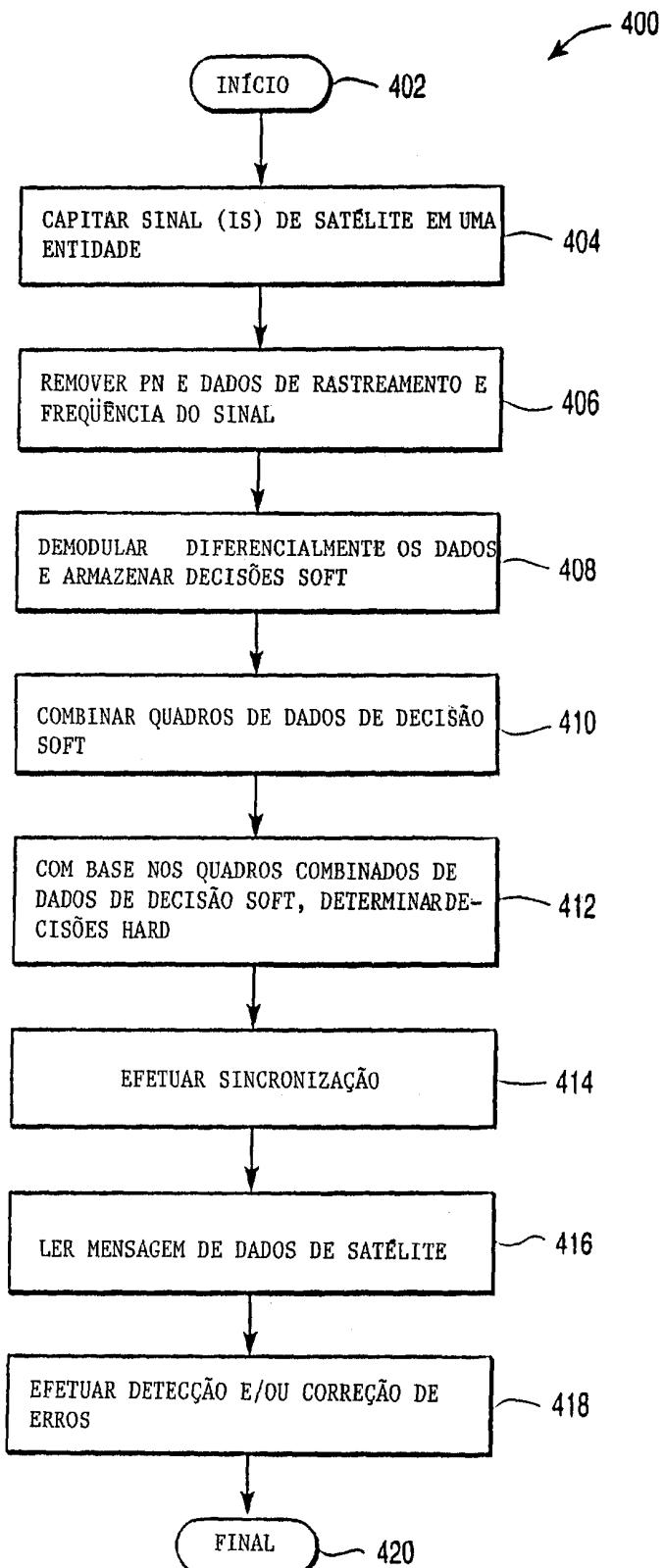


FIG. 4

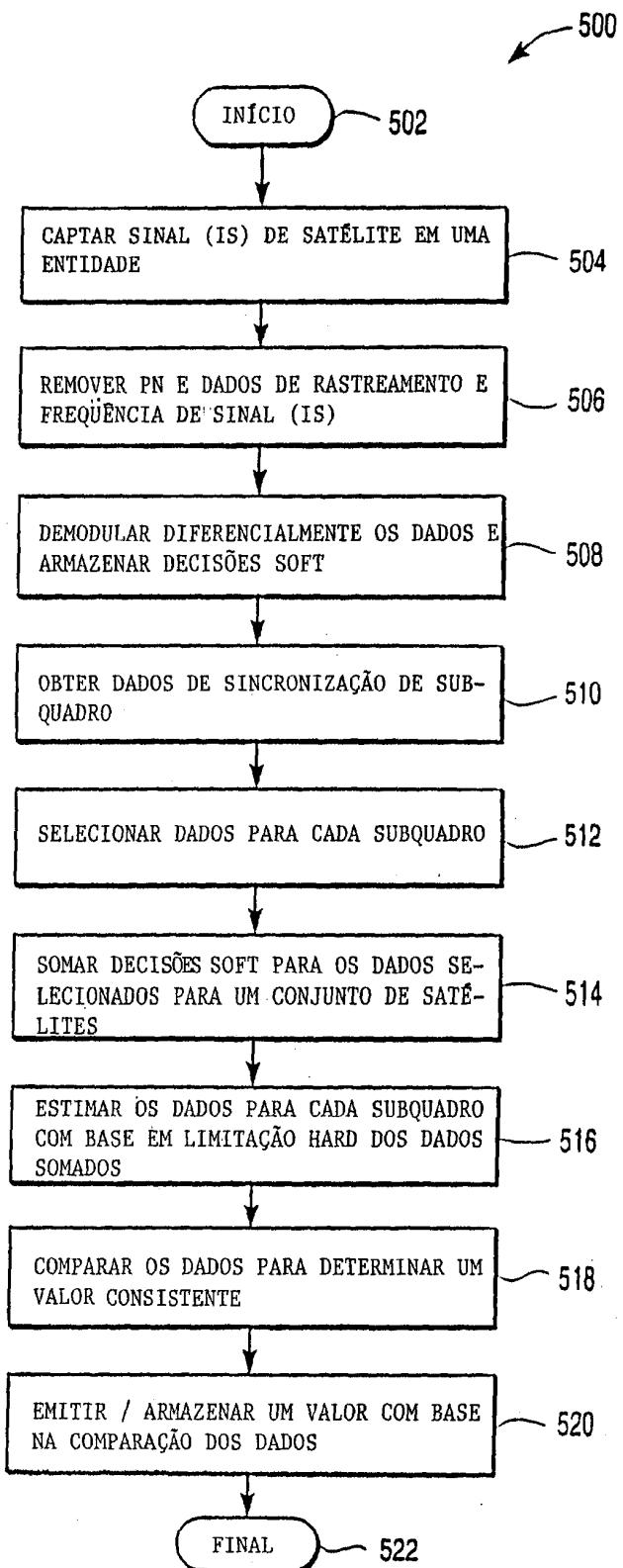


FIG. 5

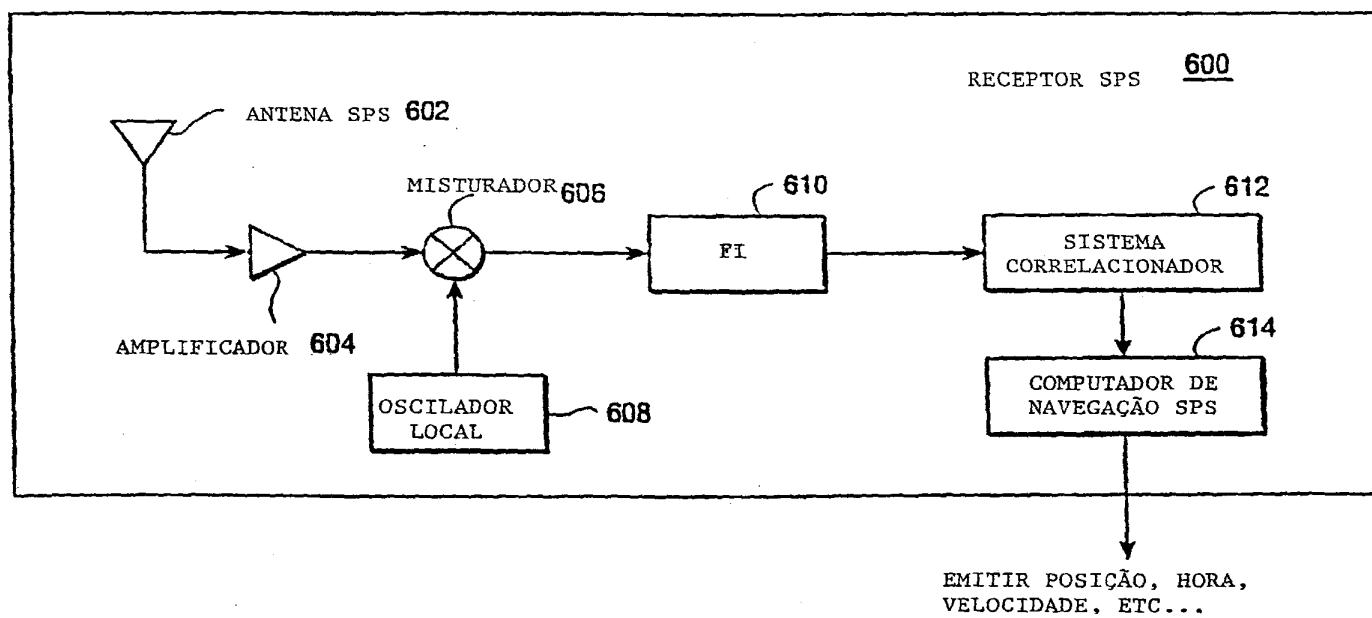


FIG. 6

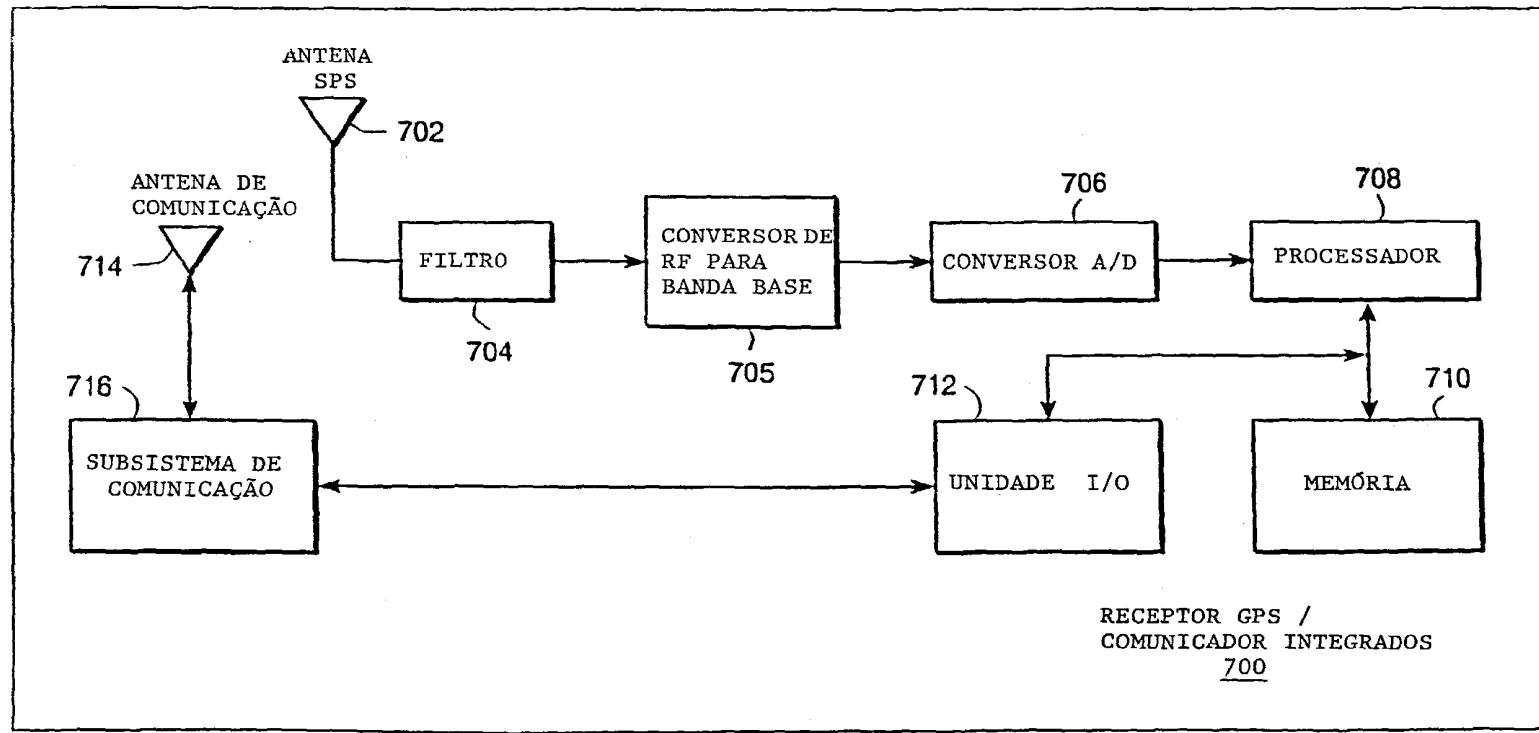


FIG. 7

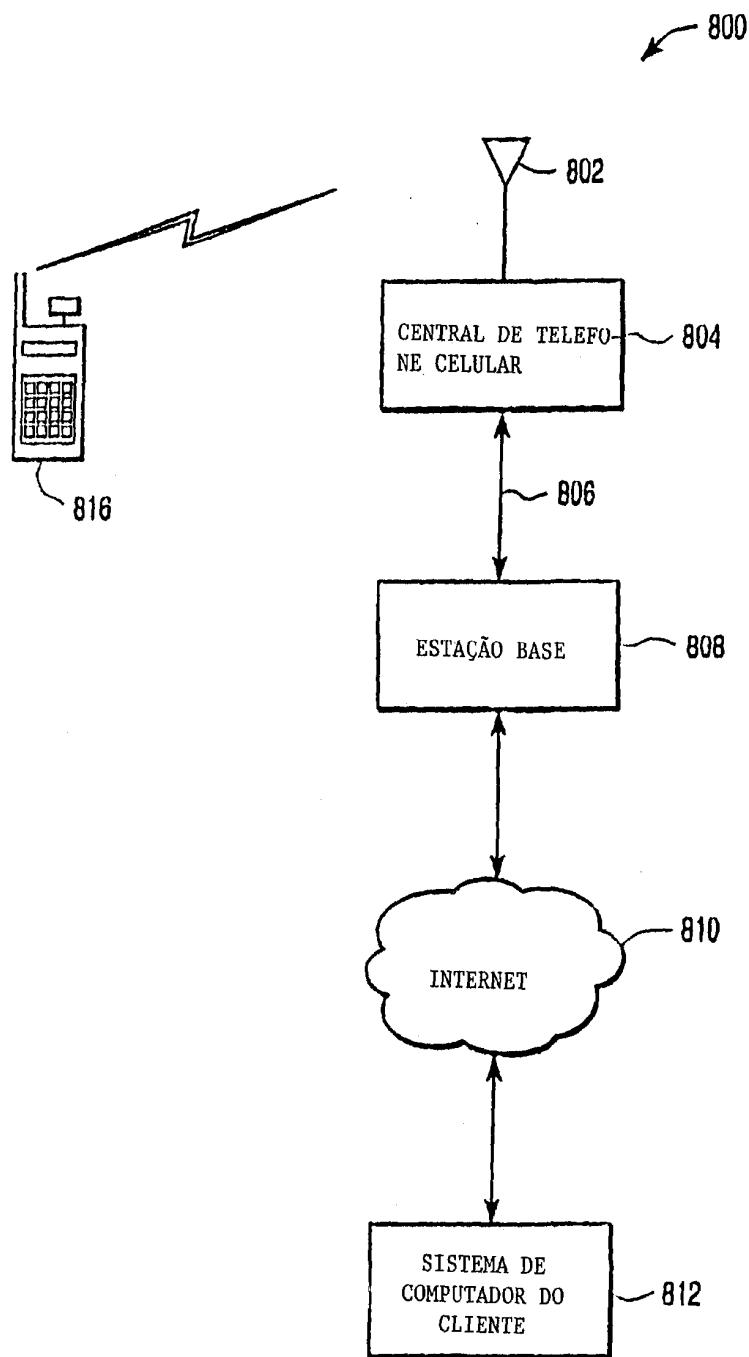


FIG. 8