



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

**(11) PI 9906840-0 B1**

**(22) Data do Depósito:** 12/01/1999

**(45) Data de Concessão:** 30/05/2017



---

**(54) Título:** UNIDADE DE ESTIMAÇÃO DE RETARDO, RECEPTOR, E, PROCESSO PARA ESTIMAR RETARDOS

**(51) Int.Cl.:** H04B 1/707

**(30) Prioridade Unionista:** 12/01/1998 US 09/005580

**(73) Titular(es):** ERICSSON INC

**(72) Inventor(es):** ESSAN SOUROUR; GREG BOTTOMLEY; RAJARAM RAMESH; SANDEEP CHENNAKESHU

“UNIDADE DE ESTIMAÇÃO DE RETARDO, RECEPTOR, E, PROCESSO PARA ESTIMAR RETARDOS”.

### **CAMPO DA INVENÇÃO**

5 A presente invenção relaciona-se a um processo e aparelho para estimar retardos de transmissão de sinal de rádio de multi-trajeto, e mais particularmente a um processo e aparelho para estimar retardos de sinal de multi-trajeto em sistemas de telecomunicação que usam técnicas de espectro espalhado de seqüência direta.

### **FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO**

10 O campo de comunicação sem fio está se expandindo em uma taxa fenomenal, como mais espectro de rádio se torna disponível para uso comercial e como telefones celulares se tornam lugar comum. Em adição, há correntemente uma evolução de comunicação análoga para comunicação digital. Em comunicação digital, fala é representada por uma série de bits que  
15 são modulados e transmitidos de uma estação base para um telefone. O telefone demodula a forma de onda recebida para recuperar os bits, que são então convertidos de volta em fala. Há também uma demanda crescente para serviços de dados, tal como correio eletrônico e acesso de Internet, que requerem comunicação digital.

20 Há muitos tipos de sistemas de comunicação digital. Tradicionalmente, acesso múltiplo por divisão de freqüência (FDMA) é usado para dividir o espectro até uma pluralidade de canais de rádio correspondendo a diferentes freqüências portadoras. Estas portadoras podem ser ademais divididas em intervalos de tempo, uma técnica referida como acesso múltiplo  
25 por divisão de tempo (TDMA), como é feito nos sistemas celulares digitais D-AMPS, PDC e GSM.

Se o canal de rádio é amplo suficiente, múltiplos usuários podem usar o mesmo canal usando técnicas de espectro espalhado (SS) e acesso múltiplo por divisão de código (CDMA). IS-95 e JSTD-008 são

exemplos de padrões de CDMA. Com espectro espalhado de seqüência direta (DS-SS), símbolos de informação são representados por seqüências de símbolos referidos como chips. Isto espalha os símbolos de informação na banda de freqüência. No receptor, correlações às seqüências de chip são usadas para recuperar os símbolos de informação. Espalhamento permite o sistema operar em uma relação sinal para ruído de baixo chip (SNR). Se ruído térmico não é grande demais, então ruído de outros usuários é tolerável e múltiplos sinais de usuário podem ocupar a mesma largura de banda ao mesmo tempo.

10 O sinal de rádio é refletido e disperso de vários objetos, dando surgimento a propagação de multi-trajeto. Como resultado, múltiplas imagens do sinal chegam à antena de recepção. Quando estas imagens tem aproximadamente o mesmo retardo, relativo ao período de chip, então elas dão surgimento a desvanecimento. Desvanecimento ocorre porque as imagens se somam algumas vezes construtivamente, e algumas vezes destrutivamente. Quando estas imagens chegam com diferentes retardos relativos ao período de chip, elas podem ser vistas como ecos do sinal e são freqüentemente referidas como "multi-trajetos conversíveis", "irradiações" ou simplesmente "multi-trajetos".

20 Para comunicar eficientemente e confiavelmente, o receptor deveria explorar o canal de desvanecimento de multi-trajeto coletando energia de sinal dos diferentes multi-trajetos. Isto é obtido empregando um receptor RAKE, que individualmente detecta cada sinal de eco usando um processo de correlação, corrige diferentes retardos de tempo, e combina os sinais de eco detectado coerentemente. O receptor RAKE inclui um número de elementos ou "dedos" de processamento. O receptor deve estimar os retardos dos multi-trajetos e designar um dedo para cada retardo. O dedo então desespalha aquela imagem de sinal. As saídas de dedos são combinadas por RAKE ponderando-as e adicionado-as juntas.

Para comunicações móveis, o telefone ou o ambiente se move, de forma que retardos de multi-trajeto mudam através do tempo. Para manter desempenho, o procedimento de estimativa de retardo deve ser capaz de rastrear os retardos de multi-trajeto. Abordagens tradicionais para rastreamento de retardo são as abordagens de oscilação T e porta adiantada/retardada. Com estas abordagens, a energia de sinal é medida levemente antes e levemente depois do retardo estimado. Quando o retardo estimado está correto, então as medições adiantada e retardada deveriam ser aproximadamente iguais, quando a forma de onda de pulso de chip recai simetricamente sobre seu pico. Quando o não balanceamento é detectado, a estimativa de retardo é ajustada para restaurar balanceamento.

Especificamente, uma porta adianta/retardada (ELG) para cada dedo de receptor RAKE opera como segue. Cada ELG é fornecida com uma estimativa inicial do retardo,  $\tau_{est}$ , de um dos trajetos de canal. As estimativas de retardo inicial para cada trajeto estão tipicamente dentro da metade de um chip de código de pseudo-ruído (PN) do exato retardo,  $\tau_{exato}$ , daquele trajeto, isto é,  $|\tau_{exato} - \tau_{est}| \leq 0,5 T_c$ . A ELG faz duas correlações entre o código de PN local e o sinal de DS-SS recebido. Uma correlação usa um retardo  $\tau_{est} + \delta$ , isto é, correlação adiantada enquanto a outro usa um retardo,  $\tau_{est} - \delta$ , isto é correlação retardada. O valor de  $\delta$  é tipicamente  $0,5 T_c$ , ou levemente menos. Figura 1 mostra um exemplo da função de correlação do sinal de SS recebido versus  $\tau$ . As correlações adiantada e retardada são dadas por  $C(\tau_{est} + \delta)$  e  $C(\tau_{est} - \delta)$ , respectivamente.

Os resultados das correlações adiantada e retardada,  $C(\tau_{est} + \delta)$  e  $C(\tau_{est} - \delta)$ , são comparados e a estimativa inicial  $\tau_{est}$  é atualizada. Por exemplo, na Figura 1 o resultado de correlação adiantada  $C(\tau_{est} + \delta)$  é maior do que o resultado de correlação retardada  $C(\tau_{est} - \delta)$ . Portanto, o retardo designado inicial  $\tau_{est}$  é aumentado por um pequeno valor  $\epsilon < \delta$ , e a nova estimativa se torna  $\tau_{est /nova} = \tau_{est /antiga} + \epsilon$ . O processo é continuamente

repetido. Eventualmente, o retardo estimado  $\tau_{\text{est}}$  converge para o exato retardo de trajeto de canal  $\tau_{\text{exato}}$  depois de um número de iterações. Neste caso, isto é, quando  $\tau_{\text{est}} = \tau_{\text{exato}}$  os resultados das correlações adiantada e retardada se tornam iguais e  $\tau_{\text{est}}$  não é mudado mais. A ELG se baseia no fato de que a

5 função de correlação resultando da correlação do código de SS transmitido e do código local é simétrica. Portanto, quando  $\tau_{\text{est}} = \tau_{\text{exato}}$  os resultados de correlação adiantado e retardado em  $\tau_{\text{est}} + \delta$  e  $\tau_{\text{est}} - \delta$  são iguais. Isto é o caso quando o canal, mostrado por bloco 304 na Figura 3, é um trajeto simples. Figura 1 mostra um exemplo da função de correlação neste caso. Entretanto,

10 quando o canal mostrado no bloco 304 da Figura 3 é um canal de desvanecimento por multi-trajeto, a função de correlação não é mais simétrica.

Por exemplo, Figura 2 mostra a função de correlação em um canal de desvanecimento de dois trajetos. A função de correlação total devido

15 à combinação de dois trajetos é dada pela linha tracejada. Se o canal tem dois trajetos com retardos  $\tau_{1,\text{exato}}$  e  $\tau_{2,\text{exato}}$ , onde  $\tau_{1,\text{exato}} < \tau_{2,\text{exato}}$ , então a ELG designada para rastrear o segundo trajeto terá diferentes valores de correlação na correlação adiantada em  $\tau_{2,\text{est}} + \delta$  e a correlação retardada em  $\tau_{2,\text{est}} - \delta$  mesmo se  $\tau_{2,\text{est}} = \tau_{2,\text{exato}}$ . A correlação retardada é mais influenciada por

20 interferência do outro trajeto do que a correlação adiantada. Portanto, como mostrado na Figura 2, mesmo se  $\tau_{2,\text{est}} = \tau_{2,\text{exato}}$  as correlações adiantada e retardada não são iguais e  $\tau_{2,\text{est}}$  será aumentado ou diminuído por  $\epsilon$  até que as correlações adiantada e retardada sejam iguais. Quando as correlações adiantada e retardada são iguais, se  $\tau_{2,\text{est}} \neq \tau_{2,\text{exato}}$ . Portanto, em um canal de

25 desvanecimento de multi-trajeto, a ELG convencional não é capaz de rastrear os retardos de multi-trajeto precisamente. Esta deficiência está relatada em "Frequency Selective Propagation Effects on Spread Spectrum Receiver Tracking" por Robert L. Bogusch, Fred W. Guigliano, Dennis L. Knepp, and Allen H. Michelet, Proceedings of the IEEE, Vol. 69, No. 7, julho de 1981,

mas nenhuma solução é fornecida.

Uma alternativa à abordagem de ELG é dada em Baier e outros, "Design study for a CDMA-based third-generation mobile radio system", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 12, pp. 733-743, maio de 1994. Neste documento, o sinal de banda base é amostrado duas vezes por período de chip. Retardos são estimados em uma base de grupo por grupo. Dados são desespalhados usando seqüências de desespalhamento dependentes de dados e um filtro casado (correlator de deslizamento). Isto fornece uma seqüência de valores de correlação correspondendo a retardos espaçados  $T_c/2$  à parte, onde  $T_c$  é o período de chip. A magnitude elevada ao quadrado desta seqüência é tomada e então tirada a média com outras medições, fornecendo um espectro de potência de retardo estimado. Este espectro de retardo é então pesquisado para as raias mais fortes.

Uma relação com esta abordagem é que, quando a forma de pulso de chip é claramente ampla, a abordagem encontrará vários picos próximos um ao outro, que realmente correspondem a somente uma raia. Este problema se tornaria mais pronunciado se mais amostras por chip fossem tomadas.

Uma outra relação, que foi também uma outra relação para a abordagem de ELG, é a interferência inter-trajeto. Isto pode causar picos serem selecionados que não correspondem aos atuais retardos.

### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção resolve o problema de estimativa de retardo de multi-trajeto quando um sinal de espectro espalhado de seqüência direta (DS-SS) é transmitido em um canal de desvanecimento por multi-trajeto. Em uma concretização, o envelope do sinal sobre a estimativa de retardo é medido e usado para determinar uma nova estimativa de retardo. Em uma outra concretização, estimativas de retardo são obtidas em ordem de intensidade de raia, subtraindo a influencia das raias mais fortes nas mais

fracas. A abordagem de subtração pode ser realizada iterativamente, permitindo adicional refinamento das estimativas de retardo. Estimativas de retardo podem também ser determinadas minimizando ou maximizando uma métrica. A abordagem baseada em métrica pode também ser realizada iterativamente. Em particular, duas métricas são consideradas; mínimo erro quadrado médio (MMSE) e máxima probabilidade (ML).

### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

Outros objetivos e vantagens da invenção se tornarão aparentes para aqueles qualificados na técnica da seguinte descrição detalhada de concretizações preferidas, quando lida em conjunto com os desenhos de acompanhamento. Mesmos elementos nos desenhos foram designados por mesmos numerais de referência.

Figura 1 ilustra uma função de correlação correspondendo a um canal de trajeto simples;

Figura 2 ilustra funções de correlação correspondendo a um canal de desvanecimento por trajeto dual;

Figura 3 é um diagrama de bloco de um sistema de comunicação de espectro espalhado de seqüência direta consistente com a invenção;

Figura 4 é um diagrama de bloco mostrando o processador de banda base da Figura 3 em maior detalhe;

Figura 5 ilustra resultados de correlação para dois correlatores em uma concretização da invenção;

Figura 6 é um diagrama de bloco de um sistema que realiza estimativa baseada em envelope consistente com a invenção;

Figura 7 é um diagrama de bloco de um sistema que realiza estimativa baseada em envelope com subtração, consistente com a invenção;

Figura 8 é um diagrama de bloco de um sistema que realiza estimativa baseada em envelope com subtração e iteração, consistente com a

invenção;

Figura 9 é um diagrama de bloco de um sistema que realiza estimativa de retardo baseada em métrica, consistente com a invenção;

Figura 10 ilustra um processo para realizar estimativa de retardo baseada em métrica, consistente com a invenção;

Figura 11 é um diagrama de bloco de um sistema que realiza estimativa de retardo baseada em métrica iterativa, consistente com a invenção;

Figura 12 ilustra um processo para realizar estimativa de retardo baseada em métrica iterativa, consistente com a invenção; e

Figura 13 é um diagrama de bloco de modelo de sinal de um sistema de estimativa de máxima probabilidade, consistente com a invenção.

### **DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

A presente invenção será agora descrita em conjunto com um sistema baseado

em canal piloto, tal como a ligação inferior de IS-95. O canal piloto para um tal sistema é não modulado. Entretanto, a presente invenção é também aplicável a outros sistemas, tais como sistemas que empregam um canal piloto modulado, símbolos piloto, ou nenhuma informação piloto de qualquer modo. Também, a presente invenção é descrita no contexto de rastreamento de retardo. Entretanto, a presente invenção pode também se aplicar a estimativa de retardo inicial, na qual há nenhum retardo estimado previamente para atualizar.

Um sistema de comunicação DS-SS empregando a presente invenção está ilustrado na Figura 3. Um transmissor de DS-SS 303 transmite um sinal de DS-SS através do canal de rádio 304. Ele é recebido por um receptor, que consiste de uma seção de R.F 301 e um processador de banda base 402. A seção de R.F amplifica, filtra e mistura o sinal à baixo a uma frequência de banda base, tipicamente 0 Hz. O sinal é também tipicamente

amostrado e quantizado, produzindo amostras de dados. Para propósitos de ilustração, a requerente assume que há  $N$  amostras por período de chip  $T_c$ .

O processador de banda base 402 está mostrado em detalhe na Figura 4. O sinal de banda base é fornecido a um pesquisador de retardo 421, estimador de retardo 422 e um receptor RAKE 423. O pesquisador de retardo 421 faz estimativas grosseiras iniciais dos retardos de multi-trajecto e fornece o estimador de retardo 422 com estas estimativas iniciais. O receptor RAKE 423 inclui um número de dedos de demodulação. Cada dedo de receptor RAKE precisa ser continuamente sincronizado com um dos trajetos de canal. Isto significa que o desalinhamento entre o código de desespalhamento local usado em seu dedo e o código de desespalhamento recebido de um dos trajetos de canal deve estar próximo a zero. Assim, o receptor RAKE deve ser provido com os retardos dos multi-trajetos no canal.

O estimador de retardo 422 refina as estimativas de retardo de multi-trajecto fornecidas pelo pesquisador de retardo, e continua a rastrear estes retardos e fornecer precisas estimativas de retardo para os dedos do receptor RAKE. O estimador de retardo 422 é o tema desta invenção.

Para propósitos de apresentação a requerente assume, em geral, um canal de desvanecimento por multi-trajecto com  $M$  trajetos com exatos retardos  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_M$ . Na maioria das soluções, a requerente assumimos que o receptor RAKE tem um número de  $L \leq M$  correlatores para estimar os mais fortes  $L$  trajetos. Número de correlator  $l$  é designado como um retardo estimado inicial  $\tau_{l, est}$ , correspondendo a número de trajeto de canal  $l$ , onde  $l = 1, 2, \dots$  ou  $L$ . Esta designação inicial é realizada pelo bloco pesquisador de retardo 421 da Figura 4.

Número de correlator  $l$  realiza um número de correlações em retardos ao redor de  $\tau_{l, est}$ . Por exemplo, ele pode realizar  $N + 1$  correlações em retardos  $\lambda_l(n) = \tau_{l, est} + n\epsilon$ , onde  $l = 1, 2, \dots L$ , e onde  $\epsilon$  é um período de amostra como mostrado na Figura 5. Nesta apresentação, a requerente assume

que  $N$  é par e  $n$  está na faixa de  $[-N/2, N/2]$ . Isto significa que as  $N+1$  correlações estão centralizadas pela correlação no retardo estimado,  $\tau_{l, est}$ . Figura 5 mostra um exemplo das correlações para o caso de  $L = M = 2$  e  $N = 8$  (isto é, 9 correlações). Portanto, o resultado de correlação  $C_l(n)$  está no retardo  $\lambda_l(n)$  e é realizado pelo número de correlator  $l$ . Portanto, a requerente tem  $(N+1)L$  resultados de correlação, como mostrado por setas verticais na Figura 5. Estes resultados de correlação,  $C_l(n)$ , são armazenados e processados. Neste documento a requerente descreve concretizações da invenção para processar os resultados de correlação e deduzir precisas estimativas dos retardos de canal  $\tau_l$ , para os mais fortes  $L$  trajetos, onde  $1 \leq l \leq L$ . Alternativamente, a requerente pode usar os resultados de correlação para encontrar precisas estimativas para todos os retardos de canal  $\tau_l$ , onde  $1 \leq l \leq M$ , e usar somente os  $L$  retardos que correspondem aos mais fortes  $L$  trajetos para propósitos de demodulação. A apresentação neste documento assume o primeiro caso, isto é,  $1 \leq l \leq L$ .

Em uma primeira concretização preferida, estimativa baseada em envelope é usada. Para estimativa baseada em envelope, os maiores  $L$  valores de  $|C_l(n)|^2$  são sucessivamente selecionados, dando que os retardos correspondentes  $\lambda_l(n)$  estão separados por uma mínima separação de retardo, que é tipicamente na ordem de duração de um chip,  $T_c$ . Os correspondentes retardos  $\lambda_l(n)$  são designados para os  $L$  correlatores como as novas estimativas para  $\tau_{l, est}$ .

Figura 6 mostra um diagrama de bloco de um sistema que realiza estas operações. Cada bloco dos  $L$  blocos 661 realiza  $N + 1$  correlações em retardos  $\lambda_l(n)$  para produzir os resultados  $C_l(n)$ . Estes resultados de correlação são armazenados nos blocos 662. Uma vez que todas as correlações estejam completadas, bloco 663 seleciona o maior de todos  $|C_l(n)|^2$ , onde  $1 \leq l \leq L$  e  $-N/2 \leq n \leq N/2$ , e atualiza a primeira (mais forte) estimativa de retardo  $\tau_{l, est}$  para ser igual ao correspondente  $\lambda_l(n)$ . Também,

bloco 663 suprime (isto é, ajusta a zero)  $D$  correlações centralizadas pelo valor selecionado de  $\lambda_1(n)$ . Isto garante que o próximo retardo selecionado está pelo menos  $D\epsilon/2$  afastado do primeiro, assim prevenindo as estimativas de retardo de aglomerar-se. Por exemplo, o valor de  $D\epsilon/2$  pode ser escolhido para ser igual a um período de chip, metade de um período de chip ou um

5 outro apropriado valor. Bloco 664 repete o mesmo processo realizado no bloco 663 para encontrar a próxima estimativa de retardo  $\tau_{2,est}$ . O processo é repetido  $L$  vezes até que o  $L$ -ésimo bloco 665 encontre a estimativa  $\tau_{L,est}$ .

As novas estimativas são realimentadas ao bloco 666 que as designa para os dedos RAKE e para os blocos correlatores 661. O processo é

10 continuamente repetido com novas correlações, usando as novas estimativas, para fornecer estimativas de retardo e rastrear os sinais de multi-trajetos. Para evitar súbitas mudanças em retardo, que adversamente influenciam rastreamento de canal, retardos existentes podem ser ajustados para se mover

15 em direção a novos retardos em uma ou mais etapas de tamanho  $\epsilon$  por período de atualização de retardo.

Na Figura 6, o bloco de  $L$  correlatores 661 fornece as  $L(N+1)$  correlações necessárias. Cada correlator pode ser um correlator de integração e limitação simples, de forma que somente uma das  $N+1$  correlações é

20 realizada por vez. O correlator pode também ser um correlator de deslizamento, que produz as  $N+1$  correlações muito mais rápido. Finalmente, o bloco de  $L$  correlatores 661 pode ser substituído por um correlator de deslizamento simples, que produz correlações em uma janela alcançando  $N/2$  amostras antes da raia de chegada mais adiantada a  $N/2$  amostras depois da

25 raia de chegada mais retardada. Neste caso, os dispositivos de seleção 663, 664 e 665 tem um conjunto contíguo de correlações para trabalhar, em vez de um conjunto de  $L$ , possivelmente não contíguos subconjuntos  $N+1$  correlações. Uso de um correlator de deslizamento simples se aplica a todas as concretizações subsequentes igualmente.

Zerar  $D$  correlações efetivamente mantém os valores de retardo  $D$  associados de serem considerados. Uma abordagem alternativa seria não zerar os valores de correlação, mas realizar uma pesquisa para valores de correlação maiores através de um subconjunto dos valores de correlação. O subconjunto excluiria aqueles valores de retardo centrados ao redor de valores previamente selecionados.

Uma segunda concretização preferida usa estimativa baseada em envelope com subtração. Para estimativa baseada em envelope com subtração, características conhecidas da função de correlação entre o sinal transmitido e o código de PN local são usadas. A função de correlação é preferivelmente a função de auto-correlação de forma de pulso de chip ou a resposta dos filtros de transmissão e recepção coletivamente. Ela pode também incluir os efeitos do código de espalhamento. A função de correlação é uma forma de informação lateral. Informação lateral é informação que ajuda o processo de estimativa de retardo. Em um canal de desvanecimento por multi-trajeto, cada trajeto no canal gera uma das funções de correlação. As funções de correlação de todos os trajetos interferem uma com a outra. Como descrito acima, Figura 2 mostra um exemplo de funções de correlação em um canal de desvanecimento de dois trajetos. Cada trajeto individual gera uma função de correlação que é similar em forma à uma mostrada na Figura 1 para um canal de trajeto simples. Entretanto, em realidade os dois trajetos interferem um com o outro e a função de correlação líquida é mostrada por uma linha tracejada na Figura 2. Embora a forma da função de correlação para um trajeto seja conhecida antecipadamente, a função de correlação líquida não é conhecida antecipadamente, visto que ela depende dos retardos e ganho de trajetos, que não são conhecidos antecipadamente.

Um objetivo desta concretização é explorar o conhecimento da forma da função de correlação para cada trajeto de canal individual, para remover a interferência inter-trajeto. Interferência inter-trajeto é interferência

que número de correlator  $l$  recebe devido a outros trajetos, isto é, trajetos diferentes de  $l$ . Deixe a função de correlação entre o sinal de DS-SS recebido e o código de PN local, se o canal tem somente um trajeto com ganho unitário, ser denotado como  $p(\tau)$ . Este  $p(\tau)$  está mostrado na Figura 1 e é conhecido antecipadamente, ou é estimado quando somente um trajeto está presente.

O procedimento neste processo é como segue:

1. Referindo a Figura 7, blocos 771 e 772 realizam a mesma função de blocos 661 e 662 na Figura 6 para encontrar  $C_l(n)$  para cada retardo  $\lambda_l(n)$ . Entretanto, a supressão de  $D$  correlações não é feita.

2. Também como na primeira concretização, bloco 773 encontra o maior de  $|C_l(n)|^2$  e o correspondente retardo  $\lambda_l(n)$ . Este retardo é usado como a primeira estimativa e é denotado como  $\tau_{l,est}$ . O correspondente valor de correlação é denotado como  $C_{l,est}$ . Por exemplo, e referindo a Figura 5,  $|C_1(3)|^2$  é o maior. Em conseqüência,  $\tau_{1,est} = \lambda_1(3)$  e  $C_{1,est} = C_1(3)$ .

3. A requerente assume que a primeira estimativa é exata, e a usamos para subtrair o efeito de função de correlação de trajeto de todos os outros resultados de correlação. Portanto, a requerente realiza a subtração:

$$C_l(n)|_{nova} = C_l(n)|_{antiga} - C_{1,est}p[\lambda_l(n) - \tau_{1,est}]$$

para todos os valores de correlação calculada  $C_l(n)$  para todos os valores de  $l$  e  $n$ . Por exemplo, visto que a primeira estimativa foi o par  $C_{1,est} = C_1(3)$  e  $\tau_{1,est} = \lambda_1(3)$ , a requerente subtrai a função  $C_1(3)p[\lambda_l(n) - \lambda_1(3)]$  de todos os valores de correlação calculada  $C_l(n)$  para todos os valores de  $l$  e  $n$ . Deste modo, e referindo de volta a Figura 2, a requerente está tentando subtrair a função de correlação devido a trajeto 1, que é o trajeto mais forte, da função de correlação líquida, mostrada pela linha tracejada. Se a primeira estimativa é exata, subtração é realizada na exata localização com o exato peso e o restante será a função de correlação de trajeto 2. Visto que a primeira estimativa é feita usando o trajeto mais forte, a primeira estimativa tem uma

alta probabilidade de estar correta.

4. Depois da primeira subtração do bloco 774, no bloco 775 a maior  $|C_1(n)|^2$  é selecionada de novo, e o correspondente retardo  $\lambda_1(n)$  é encontrado. Digamos por exemplo, que  $|C_1(1)|^2$  é a maior. Então, a segunda  
5 estimativa é declarada ser  $\tau_{2,est} = \lambda_2(1)$  e os correspondentes resultados de correlação  $C_{2,est} = C_2(1)$ .

5. Então, no bloco 776 a seguinte subtração é realizada:

$$C_1(n)|_{nova} = C_1(n)|_{antiga} - C_{2,est}p[\lambda_1(n) - \tau_{2,est}]$$

Esta subtração é realizada para todos os resultados  $C_1(n)|_{antiga}$  (que já sofreram uma primeira subtração) para todos os valores de:

$$10 \quad 1 \leq l \leq L \text{ e } -N/2 \leq n \leq N/2$$

6. O processo é repetido usando os blocos seguindo bloco 776, até que no bloco 779 os L retardos selecionados  $\lambda_l(n)$  sejam designados para os correlatores como os novos valores estimados  $\tau_{l,est}$ . Depois de estimado todos os L trajetos, o processo é continuamente repetido com novas  
15 correlações para fornecer estimativas de retardo e rastrear os sinais de multi-trajeto.

Uma terceira concretização preferida usa estimativa baseada em envelope com subtração e iteração. Neste processo, um dos prévios processos ou qualquer outro processo de estimativa, é aplicado primeiro para  
20 fazer uma estimativa inicial de todos os L retardos. Entretanto, estes retardos não são designados por blocos 666 ou 779 para os dedos RAKE ou para os correlatores ainda. Em vez disso, os resultados de correlação não subtraídos originais  $C_1(n)$  são iterativamente usados para mais iterações de subtrações para melhorar as estimativas de retardo antes de designá-las aos dedos RAKE  
25 e aos correlatores.

Referindo a Figura 8, o processo de iteração é como segue:

1. Todos os resultados de correlação não subtraídos originais  $C_1(n)$  são armazenados. Estes serão denotados aqui como  $C_1(n)|_{orig}$ . Isto é

feito no bloco 881. Bloco 881 pode representar qualquer abordagem de estimativa de retardo. Uma cópia dos resultados de correlação,  $C_l(n)|_{orig}$  é enviada e armazenada em cada um dos blocos 882, 883,... a 884, de forma que cada bloco tem sua própria cópia. Também, estimativas de retardo inicial  $\tau_{l,est}$  e os correspondentes resultados de correlação  $C_{l,est}$  para  $1 \leq l \leq L$  são gerados usando um dos prévios processos (ou os processos da técnica prévia).

2. Chave 885 é primeiro ajustada para a conexão superior e as estimativas de retardo inicial são enviadas para blocos 882, 883,... a 884 como valores de partida para iterações. Posteriormente chave 885 é ajustada para posição inferior.

3. Cada um dos  $L$  blocos 882, 883,... a 884 é usado para estimar de novo o retardo para um trajeto. Para cada bloco usado para estimar de novo um correspondente número de trajeto  $f$  (no bloco 882,  $f = 1$  enquanto no bloco 883,  $f = 2$ , e assim por diante), a seguinte subtração é realizada para estimar de novo o retardo  $\tau_{f,est}$  de número de trajeto  $f$ . A subtração é realizada usando todos os resultados de correlação original  $C_l(n)|_{orig}$  armazenados no bloco, para todos os valores de  $1 \leq l \leq L$  e  $-N/2 \leq n \leq N/2$ :

$$C_l(n)|_{nova} = C_l(n)|_{orig} - \sum_{k=1, k \neq f}^L C_{k,est} p[\lambda_l(n) - \tau_{k,est}]$$

Isto é feito em todos os blocos simultaneamente. Em efeito, este processo de subtração cancela ou remove interferência com trajeto  $f$  causada pelos outros trajetos, isto é, todos os trajetos diferentes de  $f$ . Uma cópia dos valores não subtraídos originais de  $C_l(n)|_{orig}$  é também retida.

4. Depois de subtração, o maior valor da  $|C_l(n)|_{nova}|^2$  atualizada é encontrado, e seu correspondente retardo  $\lambda_l(n)$  é selecionado como uma nova estimativa para  $\tau_{f,est}$ . Este processo é feito nos blocos 882 a 884 para todos os valores de  $1 \leq f \leq L$ .

5. As novas estimativas são realimentadas através da chave 885 e o mesmo procedimento é repetido de novo muitas vezes para melhorar

a estimativa. A subtração é sempre realizada nos valores originais de  $C_l(n)|_{orig}$  mantidos na memória.

Por exemplo, deixe  $L = 3$  e deixe os retardos estimados do prévio processo serem  $\tau_{1,est}$ ,  $\tau_{2,est}$  e  $\tau_{3,est}$ . Para melhorar a estimativa de  $\tau_{1,est}$ , isto é,  $f = 1$ , a requerente realiza a seguinte subtração em  $C_l(n)$ :

$$C_l(n)|_{nova} = C_l(n)|_{orig} - C_{2,est}p[\lambda_l(n) - \tau_{2,est}] - C_{3,est}p[\lambda_l(n) - \tau_{3,est}]$$

de todos os valores de correlação original  $C_l(n)|_{orig}$  para todos os valores de  $l$  e  $n$ . Este processo subtrai a interferência causada por trajeto de canal 2 e 3. Então, o maior valor de  $|C_l(n)|_{nova}|^2$  é encontrado, e seu correspondente retardo  $\lambda_l(n)$  é selecionado como uma nova estimativa para  $\tau_{1,est}$ . Subtração similar é realizada simultaneamente para o segundo e terceiro retardos. As novas estimativas de retardo podem ser usadas para mais iterações de subtração para adicionalmente melhorar as estimativas.

Em uma quarta concretização preferida da invenção, a requerente encontra retardos que minimizam uma métrica, tal como um erro médio quadrático entre os valores de correlação e uma soma retardada e ponderada da função de correlação  $p(\tau)$ . Em geral, uma métrica é uma função de custo que fornece medidas de desempenho para diferentes soluções para um particular problema. Assim, uma métrica pode ser avaliada para determinar uma solução que satisfaça um específico nível de desempenho ou característica.

Referindo a Figura 9, blocos 991 e 992 realizam as mesmas funções como blocos 661 e 662 da Figura 6 e blocos 771 e 772 da Figura 7. Para cada um dos  $L$  correladores, há  $N + 1$  retardos candidatos onde resultados de correlação são gerados. Portanto, há um total de  $(N + 1)^L$  possíveis combinações de retardo candidato. Para cada combinação, bloco 993 calcula uma métrica que representa um erro quadrático entre os valores de correlação e soma retardada e ponderada das funções de correlação. Bloco 994 armazena a melhor métrica, que é a métrica menor neste caso. Depois de calcular a

métrica para todas as possíveis combinações, bloco 994 reterá somente a menor métrica e a correspondente combinação de retardos. Estes retardos são enviados para bloco 995. Bloco 995 designa os retardos para o receptor RAKE e para os blocos correlatores 991 para gerar novas  $(N + 1)$  L correlações. Por exemplo, assumo  $L = 3$ . Um objetivo é encontrar a

5 combinação de  $j, k$  e  $m$  que minimiza a métrica  $J$ :

$$J(j, k, m) = \sum_{l=1}^L \sum_{n=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} |C_l(n) - \{C_1(j)p[\lambda_l(n) - \lambda_1(j)] + C_2(k)p[\lambda_l(n) - \lambda_2(k)] + C_3(m)p[\lambda_l(n) - \lambda_3(m)]\}|^2$$

onde  $-N/2 \leq j \leq N/2$ ,  $-N/2 \leq k \leq N/2$  e  $-N/32 \leq m \leq N/2$ . Esta

métrica é calculada para todas as combinações de  $j, k$  e  $m$  no bloco 993.

Bloco 994 retém somente a combinação de  $j, k$  e  $m$  que minimiza a métrica.

10 Deixe a combinação selecionada ser denotada como  $\hat{j}, \hat{k}$  e  $\hat{m}$  então as estimativas de retardo geradas por bloco 994 são  $\tau_{1,est} = \lambda_1(\hat{j}), \tau_{2,est} = \lambda_2(\hat{k})$  e  $\tau_{3,est} = \lambda_3(\hat{m})$ .

Para um valor geral de  $L$ , a métrica descrita acima pode ser estendida apropriadamente. Note, visto que cada um de  $j, k$  e  $m$  toma valores

15 de  $-N/2$  a  $N/2$ , a mesma métrica é computada  $(N+1)^L$  vezes.

Como com previas abordagens, os cálculos não precisam operar nos  $L$  subconjuntos possivelmente não contíguos de valores de correlação. Alternativamente, a abordagem pode ser aplicada a uma janela de valores de correlação contígua ou mesmo janelas múltiplas. Para a janela

20 simples de  $K$  amostras, haveria  $K! / (L!(K-L)!)$  possíveis combinações de  $L$  retardos, onde "!" denota fatorial (por exemplo,  $4! = 4 \times 3 \times 2 \times 1$ ). Para reduzir complexidade pode ser desejável usar uma outra técnica de estimativa de retardo para obter estimativas de retardo inicial, então considerar somente retardos que recaiam próximos ao conjunto inicial. Figura 10 mostra um

25 fluxograma do processo descrito acima, que pode ocorrer por exemplo, dentro

do processador de banda base 402 da Figura 3, e mais particularmente no estimador de retardo 422 da Figura 4. Na Figura 10, o processo começa na etapa 1000 e prossegue para a etapa 1002. Na etapa 1002, valores de correlação são gerados e armazenados. Da etapa 1002, o processo prossegue para a etapa 1004, onde uma nova combinação de retardo é selecionada. Da etapa 1004, o processo prossegue para a etapa 1006, onde uma métrica é calculada para a combinação de retardo selecionada. Da etapa 1006, o processo prossegue para a etapa 1008, onde é determinado se a métrica calculada é melhor do que uma métrica calculada e armazenada previamente. Se a métrica recentemente calculada é melhor do que a métrica armazenada, então o processo prossegue da etapa 1008 para a etapa 1010, onde a métrica recentemente calculada e a correspondente combinação de retardo são armazenadas. Da etapa 1010, o processo prossegue para a etapa 1012. Se a métrica recentemente calculada não é melhor do que a métrica armazenada, então o processo prossegue da etapa 1008 para a etapa 1012. Na etapa 1012, é determinado se a métrica mais recentemente calculada era para a última possível combinação de retardo candidato. Se não, então o processo retorna à etapa 1004. Se sim, então o processo prossegue da etapa 1012 para a etapa 1014. Na etapa 1014, a combinação de retardo armazenada correspondendo à melhor métrica é designada para o receptor RAKE e o para os blocos correlatores 991. Da etapa 1014, o processo prossegue para a etapa 1002, e o ciclo se repete.

Em uma quinta concretização preferida, a quantidade de computação requerida para computar a métrica é reduzida realizando a computação iterativamente usando, por exemplo, estimativa de MMSE. Neste processo, e referindo a Figura 11, a requerente tem L diferentes métricas para minimizar. Cada métrica é usada para estimar o retardo de um trajeto. Blocos 1111 e 1112 correspondem a blocos 991 e 992 da Figura 9, e realizam funções similares. Bloco 1113 aplica a primeira métrica L (N+1) vezes,

correspondendo aos  $N+1$  retardos nos  $L$  correlatores (blocos 1111). Bloco 1114 armazena a melhor métrica e o correspondente retardo. Este retardo é a primeira estimativa. O processo é repetido  $L$  vezes nos blocos 1115 até 1118 com uma diferente métrica para cada estágio.

- 5 Por exemplo, considere  $L = 3$ . Bloco 1113 avalia a primeira métrica para  $(N + 1) L$  combinações correspondendo a valores de  $f$  e  $j$ , onde  $1 \leq f \leq L$  e  $-N/2 \leq j \leq N/2$ . Estes valores de  $f$  e  $j$  são usados para varrer todos os possíveis retardos  $\lambda_f(j)$  e minimizar a métrica:

$$J_1(f, j) = \sum_{l=1}^L \sum_{n=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} |C_l(n) - C_f(j)p[\lambda_l(n) - \lambda_f(j)]|^2$$

- 10 Bloco 1114 seleciona a combinação de  $f$  e  $j$  que minimiza esta métrica. Deixe a combinação selecionada ser  $\hat{f}$  e  $\hat{j}$ , que corresponde à primeira estimativa de retardo. Então, a métrica é estendida e bloco 1115 avalia para os valores de  $h$  e  $k$ , onde  $1 \leq h \leq L$  e  $-N/2 \leq k \leq N/2$ , exceto para a combinação selecionada correspondendo à primeira estimativa de retardo. Estes valores de  $h$  e  $k$  são usados para varrer todos os possíveis retardos  $\lambda_h(k)$
- 15 e minimizar a métrica:

$$J_2(h, k) = \sum_{l=1}^L \sum_{n=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} |C_l(n) - \{C_{\hat{f}}(\hat{j})p[\lambda_l(n) - \lambda_{\hat{f}}(\hat{j})] + C_h(k)p[\lambda_l(n) - \lambda_h(k)]\}|^2$$

- Bloco 1116 seleciona a combinação de  $h$  e  $k$  que minimiza esta métrica. Deixe a combinação selecionada ser  $\hat{h}$  e  $\hat{k}$ , que corresponde à segunda estimativa de retardo. Então, a métrica é estendida e bloco 1117 avalia para os valores de  $s$  e  $m$ , onde  $1 \leq s \leq L$  e  $-N/2 \leq m \leq N/2$ , exceto para a combinações selecionadas correspondendo às prévias estimativas de retardo.
- 20 Estes valores de  $s$  e  $m$  são usados para varrer todos os possíveis retardos  $\lambda_s(m)$  e minimizar a métrica:

$$J_3(s, m) = \sum_{l=1}^L \sum_{n=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} |C_l(n) - \{C_f(\hat{j})p[\lambda_l(n) - \lambda_f(\hat{j})] + C_h(\hat{k})p[\lambda_l(n) - \lambda_h(\hat{k})] + C_s(m)p[\lambda_l(n) - \lambda_s(m)]\}|^2$$

Bloco 1118 seleciona a combinação de  $s$  e  $m$  que minimiza esta métrica. Deixe a combinação selecionada ser  $\hat{s}$  e  $\hat{m}$ . Portanto, as estimativas de retardo final são  $\tau_{1,est} = \lambda_f(\hat{j})$ ,  $\tau_{2,est} = \lambda_h(\hat{k})$  e  $\tau_{3,est} = \lambda_s(\hat{m})$ . Estas estimativas de retardo são designadas por bloco 1119 para o receptor 5 RAKE e para os correladores do bloco 1111 para gerar novas correlações.

A redução de complexidade computacional depende de como os retardos são restringidos. Na descrição prévia, retardos não são permitidos ser idênticos. Com esta restrição, o número de métricas computadas é:

$$\begin{aligned} L(N+1) + [L(N+1) - 1] + \dots + [L(N+1) - L + 1] \\ = L^2(N+1) - L(L-1)/2 \end{aligned}$$

Entretanto, as primeiras  $L(N+1)$  métricas são mais simples do 10 que as próximas  $L(N+1) - 1$  métricas, e assim por diante. Adicional restrição é possível, requerendo que em cada um dos  $L$  intervalos de comprimento  $N+1$  haja somente uma estimativa de retardo. Para este caso, o número de métricas computadas é:

$$L(N+1) + (L-1)(N+1) + \dots + (N+1) = L(L+1)(N+1)/2$$

De novo, as métricas tem diferente complexidade. Note que, 15 termos comuns entre métricas podem ser armazenados em memória e reutilizados. Também, para um valor geral de  $L$ , as métricas descritas acima são estendidas apropriadamente.

Figura 12 mostra um fluxograma do processo descrito acima, que pode ocorrer por exemplo, dentro do processador de banda base 402 da 20 Figura 3, e mais particularmente no estimador de retardo 422 da Figura 4.

Na Figura 12, o processo começa na etapa 1200 e prossegue para a etapa 1202, onde  $l$  é ajustado a zero. O valor de  $l$  denota uma particular das  $L$  métricas. Da etapa 1202, o processo prossegue para a etapa 1204, onde

valores de correlação são gerados e armazenados. Da etapa 1204, o processo prossegue para a etapa 1206, onde  $l$  é incrementado para indicar uma próxima das  $L$  métricas. Neste caso,  $l$  se iguala a um para indicar a primeira das  $L$  métricas. Da etapa 1206, o processo prossegue para a etapa 1208, onde uma nova estimativa de retardo é selecionada para a métrica, que depende de novas e prévias estimativas de retardo. Da etapa 1208, o processo prossegue para a etapa 1210, onde a métrica é calculada. Da etapa 1210, o processo prossegue para a etapa 1212, onde é determinado se a métrica recentemente calculada é melhor do que a métrica previamente calculada. Se não, então o processo prossegue para a etapa 1216. Se sim, então o processo prossegue para a etapa 1214, onde a melhor métrica e o correspondente retardo são armazenados. Da etapa 1214, o processo prossegue para a etapa 1216, onde é determinado se o retardo é o ultimo possível retardo para a métrica. Se não, então o processo prossegue para a etapa 1208, onde um novo retardo é selecionado para a métrica. Se sim, então o processo prossegue para a etapa 1218, onde é determinado se a métrica é a ultima das  $L$  métricas. Se não, então o processo prossegue para a etapa 1206, onde  $l$  é incrementado para selecionar a próxima métrica. Se sim, então o processo prossegue para a etapa 1220, onde as  $L$  estimativas de retardo armazenadas, isto é, os melhores retardos para cada uma das  $L$  métricas, são designados para o receptor RAKE e para os correlatores. Da etapa 1220, o processo prossegue para etapa 1202, e se repete.

Descrevendo Figuras 9-12, uma métrica MMSE é usada. Alternativamente, estimativa de máxima probabilidade pode ser usado para encontrar os valores de retardo mais prováveis dadas as amostras recebidas e uma suposição que o ruído (interferência mais ruído térmico) é Gaussiano. Em essência, uma função de probabilidade dos dados recebidos é maximizada. Subprodutos desta aproximação incluem estimativas de coeficiente de canal de máxima probabilidade (ML), que podem ser usadas

para inicializar um estimador de coeficiente de canal.

O modelo de sinal esta ilustrado na Figura 13. O caso geral é ilustrado, no qual o sinal sendo usado para estimar o canal tem modulação de dados  $a(k)$ . Note que,  $a(k)$  é conhecido para canais piloto ou símbolos piloto, enquanto  $a(k)$  precisaria ser detectado para um canal de dados. Técnicas de processamento por sobrevivente podem ser usadas, de forma que para um canal de dados,  $a(k)$  é suposto. A seqüência de espalhamento é denotada  $p_k(n)$ , a forma de pulso de chip é denotada  $f(t)$  e a forma de onda transmitida equivalente de banda base é denotada  $u(t)$ . O meio é modelado como um conjunto finito de raias ou multi-trajetos resolúveis, com retardos  $d_j$  e coeficientes  $c_j$ . Ruído é denotado  $w(t)$  e o sinal recebido é denotado  $y(t)$ .

Como mostrado no modelo de sinal da Figura 13, uma fonte de informação tendo modulação de dados  $a(k)$  é fornecida no bloco 1302, e é espalhada no bloco 1304 com a seqüência de espalhamento  $p_k(n)$  e então fornecida para bloco 1306. No bloco 1306, o sinal espalhado é processado usando a forma de pulso  $f(t)$  para gerar a forma de onda transmitida equivalente de banda base  $u(t)$ , que é então transmitida através de um meio de transmissão 1308. O meio de transmissão é modelado como descrito acima com retardos  $d_j$  e coeficientes  $c_j$ . Ruído  $w(t)$  é introduzido no sinal no bloco 1310, e finalmente o sinal é recebido por um receptor no bloco 1312.

A requerente assumiu que dados correspondendo a  $K$  valores de símbolo são usados para estimar ou atualizar os retardos ( $k=1$ , tipicamente). Maximizar a probabilidade é equivalente a maximizar a seguinte função de probabilidade:

$$J(\{\hat{c}_j, \hat{d}_j\}) = \int -|y(t) - \hat{y}(t)|^2 dt$$

25

$$\hat{y}(t) = \sum_{k=1}^K a(k) \sum_n p_k(n) \sum_j \hat{c}_j f(t - nT_c - \hat{d}_j - kN_c T_c)$$

onde  $N_c$  é o número de chips por símbolo. Esta função de

custo ou métrica pode ser expressa em termos de quantidades disponíveis para o processador de banda base assumindo:

1. filtragem da RF e possíveis seções de banda base, e rigorosamente se aproxima da filtragem que está casada à forma de pulso  $f(t)$ ;
- 5 e
2. desespalhamento está casado à seqüência de espalhamento  $p_k(n)$ .

A estimativa de retardo se baseia em valores desespalhados  $x_k(t)$ , onde  $t$  é amostrado, por exemplo, 8 vezes por período de chip. Estes valores desespalhados são obtidos correlacionando as amostras de banda base  $r(n)$  com o conjugado do código de espalhamento,  $p_k^*(n)$ , isto é:

$$x_k(\hat{d}_j) = \sum_n p_k^*(n) r(nT_c + kN_cT_c + \hat{d}_j)$$

Sob as suposições acima pode ser mostrado que a métrica dada acima é equivalente à métrica:

$$J(\{\hat{c}_j, \hat{d}_j\}) = 2 \sum_j \left\{ \hat{c}_j^* \sum_{k=1}^K a(k) x_k(\hat{d}_j) \right\} - KN_c \sum_j \sum_{j'} \hat{c}_j^* \hat{c}_{j'} r_{ff}(\hat{d}_j - \hat{d}_{j'})$$

onde estimativas de coeficiente de canal são uma função das estimativas de retardo e da função de auto-correlação de forma de pulso  $r_{ff}(\tau)$ . Especificamente,

$$R \hat{c} = x$$

onde

$$R = \begin{bmatrix} r_{ff}(0) & r_{ff}(\hat{d}_1 - \hat{d}_2) & r_{ff}(\hat{d}_1 - \hat{d}_3) & \dots \\ r_{ff}(\hat{d}_2 - \hat{d}_1) & r_{ff}(0) & r_{ff}(\hat{d}_2 - \hat{d}_3) & \dots \\ r_{ff}(\hat{d}_3 - \hat{d}_1) & r_{ff}(\hat{d}_3 - \hat{d}_2) & r_{ff}(0) & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

$$\hat{c} = [\hat{c}_0 \dots \hat{c}_{j-1}]^T$$

20

$$x = \left[ \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K a^*(k) x_k(\hat{d}_0) \dots \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K a^*(k) x_k(\hat{d}_{j-1}) \right]^T$$

Assim, estimativas de retardo candidato seriam consideradas. Para cada conjunto candidato, estimativas de coeficiente de canal seriam determinadas e a métrica seria avaliada. As estimativas candidatas que maximizam a métrica se tornariam os retardos estimados. Isto está mostrado nas Figuras 9 e 10, exceto que a métrica é a métrica ML.

Formas alternativas da métrica são possíveis. Por exemplo, a expressão de estimativa de coeficiente de canal podia ser substituída na expressão de métrica para obter uma métrica que depende somente dos valores de correlação e da função de auto-correlação de forma de pulso. Também, a função de auto-correlação de forma de pulso pode ser pré-computada e armazenada em memória.

Na prática, estimativas de retardo grosseiras ou iniciais podem ser obtidas por outras abordagens. Então, estimativas de retardo candidato podem ser formadas pesquisando sobre as estimativas iniciais, de forma que não há candidatas de mais para considerar.

Uma variação iterativa sub-ótima é para assumir que  $\hat{y}(t)$  inclui um trajeto somente. A requerente estima o retardo daquele trajeto minimizando a métrica, uma tarefa que em essência se torna encontrar a correlação de pico. Então, a requerente fixa o primeiro retardo estimado e assumimos que  $\hat{y}(t)$  inclui dois trajetos, o primeiro trajeto já estimado mais um segundo retardo desconhecido. A requerente considera conjuntos candidatos que tem o primeiro conjunto de retardo para o retardo estimado do primeiro trajeto, mas variamos o retardo do segundo trajeto. O retardo do segundo trajeto que minimiza a métrica dá o retardo estimado do segundo trajeto. O processo é repetido para mais estimativas de retardo. Uma vez que esta abordagem sub-ótima esteja concluída, a abordagem ótima pode ser realizada considerando conjuntos de retardo candidato que estão próximos do primeiro conjunto de estimativas. Isto está mostrado nas Figuras 11 e 12, exceto que a métrica ML é usada em vez disso.

A presente invenção é também aplicável à recepção de multi-antena, usando antenas de diversidade, arranjos faseados e possivelmente formação de feixe. Estimativa de retardo é realizada em cada um de  $M$  canais de entrada. Tanto cada canal tem  $L$  dedos ou  $LM$  dedos estão livremente alocados entre os canais. Métricas ML ou MMSE de junção podem ser usadas, assim como seleção de intensidade de sinal.

Os princípios, concretizações preferidas e modos de operação da presente invenção foram descritos na precedente especificação. Entretanto, a invenção que é destinada a ser protegida não é para ser interpretada como limitada às concretizações particulares expostas. Ademais, as concretizações descritas aqui são para serem observadas como ilustrativas mais do que restritivas. Variações e mudanças podem ser feitas por outras, e equivalentes empregadas, sem se afastar do espírito da presente invenção por exemplo, métricas outras que ML ou MMSE podem ser usadas para estimar retardos de multi-trajeto. Em conseqüência, é expressamente intencionado que todas tais variações, mudanças e equivalências que recaem dentro do espírito e campo da presente invenção como definida nas reivindicações sejam abrangidas por esse meio.

## REIVINDICAÇÕES

1. Sistema para rastrear um canal de multi-trajeto, caracterizado pelo fato de compreender:

meio para gerar valores de correlação (661, 662; 771, 772; 991, 992; 1111, 1112), cada valor de correlação correspondendo respectivamente a uma pluralidade de valores de retardo;

meio para gerar estimativas de retardo para trajetos do canal de multi-trajeto com base nos valores de correlação gerados (663, 664, 665; 773, 774, 775, 776, 777, 778; 993, 1113, 1114, 1115, 1116, 1117, 1118) de modo a prover estimativas de retardo diferentes, as estimativas de retardo sendo geradas por estimação com base em envelope de valores de retardo ou por avaliação métrica, e

meio para prover as estimativas de retardo diferentes para meio de processamento adicional; e

meio adaptado para rastrear os diferentes trajetos (423) usando as ditas estimativas de retardo diferentes.

2. Sistema de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o meio para gerar estimativas de retardo utilizando estimação com base em envelope de valores de retardo compreende:

meio para produzir um conjunto de estimativas de retardo;

meio para processar os valores de correlação modificando os valores de correlação de acordo com o conjunto de estimativas de retardo para produzir valores de correlação processados; e

meio para refinar as estimativas de retardo usando os valores de correlação processados.

3. Sistema de acordo com reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o meio para processar e o meio para refinar compreendem:

meio para computar um primeiro maior valor de correlação;

meio para produzir uma primeira estimativa de retardo usando

um valor de retardo associado com o maior valor de correlação;

meio para processar os valores de correlação modificando pelo menos um valor de correlação para produzir valor de correlação processados;

meio para computar um maior valor de correlação processado;

5 e

meio para produzir uma segunda estimativa de retardo usando um retardo associado com o maior valor de correlação processado.

10 4. Sistema de acordo com reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o meio de geração produz valores de correlação para somente aqueles valores de retardo que estão dentro de intervalos que incluem estimativas de retardo.

5. Sistema de acordo com reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o meio de geração produz valores de correlação para valores de retardo dentro de um conjunto contíguo.

15 6. Sistema de acordo com reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o meio de processamento modifica pelo menos um valor de correlação ajustando-o para zero.

20 7. Sistema de acordo com reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o meio de processamento modifica pelo menos um valor de correlação subtraindo um componente associado com o valor de retardo associado com o maior valor de correlação.

8. Sistema de acordo com reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que subtração é realizada usando um valor de correlação e informação lateral.

25 9. Sistema de acordo com reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a informação lateral está relacionada à forma de pulso de chip.

10. Sistema de acordo com reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a informação lateral está relacionada à seqüência de espalhamento.

11. Sistema de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o sistema compreende um receptor, o sistema adicionalmente compreendendo meio de detecção de dados para usar as primeira e segunda estimativas de retardo para detectar símbolos de informação.

5                   12. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o meio para gerar estimativas de retardo utilizando avaliação métrica compreende:

                    meio para produzir uma pluralidade de conjuntos de estimativa de retardo candidato;

10                   meio para calcular métricas associadas com cada conjunto de estimativa de retardo candidato;

                    meio para selecionar um conjunto de estimativa de retardo entre a pluralidade de conjuntos de estimativa de retardo candidato usando as métricas calculadas; e

15                   meio para produzir uma pluralidade de estimativa de retardo usando o conjunto de estimativa de retardo selecionado.

                    13. Sistema de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o meio para produzir uma pluralidade de estimativas de retardo candidato, o meio para calcular métricas, o meio para selecionar um conjunto de estimativa de retardo e o meio para produzir uma pluralidade de estimativa de retardo compreendem:

                    meio para produzir primeiras estimativas de retardo candidato;

                    meio para calcular um primeiro conjunto de métricas associadas com as primeiras estimativas de retardo candidato;

25                   meio para selecionar uma melhor métrica dentre o primeiro conjunto de métricas para produzir uma primeira estimativa de retardo;

                    meio para produzir segundas estimativas de retardo candidato;

                    meio para calcular um segundo conjunto de métricas associadas com as segundas estimativas de retardo candidato; e

meio para selecionar uma melhor métrica dentre o segundo conjunto de métricas para produzir uma segunda estimativa de retardo.

14. Sistema de acordo com reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que valores de correlação são somente gerados para retardos próximos a pelo menos uma estimativa de retardo inicial.

15. Sistema de acordo com reivindicação 12 ou 13, caracterizado pelo fato de que:

10 cada métrica representa um erro quadrático entre os valores de correlação e uma soma ponderada de funções de correlação que são retardadas usando algumas da pluralidade de estimativas de retardo candidato.

16. Sistema de acordo com reivindicação 12 ou 13, caracterizada pelo fato de que cada métrica é uma métrica de estimação de probabilidade máxima.

15 17. Sistema de acordo com reivindicação 12 ou 13, caracterizada pelo fato de que cada métrica usa valores de correlação associados com estimativas de retardo candidato em um dos conjuntos de estimativa de retardo candidato.

20 18. Sistema de acordo com reivindicação 12 ou 13, caracterizada pelo fato de que cada métrica usa estimativas de coeficiente de canal.

19. Sistema de acordo com reivindicação 12 ou 13, caracterizada pelo fato de que cada métrica usa informação de forma de pulso.

20. Processo para rastrear um canal de multi-trajeto, caracterizado pelo fato de compreender:

25 gerar valores de correlação, cada um correspondendo respectivamente a uma pluralidade de valores de retardo;

gerar estimativas de retardo para trajetos do canal de multi-trajeto com base nos valores de correlação gerados de modo a prover estimativas de retardo diferentes, as estimativas de retardo sendo geradas por

estimação com base em envelope de valores de retardo ou por avaliação métrica, e

prover as estimativas de retardo diferentes para meio de processamento adicional; e

5 usar as ditas estimativas de retardo diferentes para rastrear os diferentes trajetos.

21. Processo de acordo com reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que a etapa de gerar estimativas de retardo compreende as etapas de:

10 produzir um conjunto de estimativas de retardo;

processar os valores de correlação modificando os valores de correlação de acordo com o conjunto de estimativas de retardo para produzir valores de correlação processados; e

15 refinar as estimativas de retardo usando os valores de correlação processados.

22. Processo de acordo com reivindicação 21, caracterizado adicionalmente pelo fato de compreender repetir as etapas de processar e refinar.

20 23. Processo de acordo com reivindicação 21, caracterizado adicionalmente pelo fato de compreender repetir as etapas de processar e refinar até que cada uma da pluralidade de estimativas de retardo tenha sido refinada

25 24. Processo de acordo com reivindicação 21, caracterizado pelo que a etapa de processar inclui modificar pelo menos um valor de correlação subtraindo pelo menos um componente associado com um retardo no conjunto de estimativas de retardo.

25. Processo de acordo com reivindicação 21, caracterizado adicionalmente pelo que as etapas de processar os valores de correlação e refinar as estimativas de retardo compreendem as etapas de:

selecionar um maior valor de correlação dos valores de correlação gerados;

produzir uma primeira estimativa usando um retardo correspondendo ao maior valor de correlação;

5 processar os valores de correlação modificando pelo menos um valor de correlação para produzir valor de correlação processados;

selecionar um maior valor de correlação processado; e

produzir uma segunda estimativa de retardo usando um retardo associado com o maior valor de correlação processado.

10 26. Processo de acordo com reivindicação 21, caracterizado pelo que a etapa de processar inclui modificar pelo menos um valor de correlação ajustando-o para zero.

15 27. Processo de acordo com reivindicação 26, caracterizado pelo que a etapa de processar incluir modificar pelo menos um valor de correlação subtraindo um componente associado com o retardo associado com o maior valor de correlação.

28. Processo de acordo com reivindicação 27, caracterizado pelo que subtração usa uma função de correlação conhecida.

20 29. Processo de acordo com reivindicação 26, caracterizado pelo que as etapas de selecionar, atualizar e processar são repetidas até que um número predeterminado de estimativas de retardo tenha sido atualizado.

30. Processo de acordo com reivindicação 29, caracterizado pelo que as etapas repetidas são realizadas em ordem de intensidade de raia.

25 31. Processo de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de a etapa de gerar estimativas de retardo compreende as etapas de:

gerar valores de correlação em uma pluralidade de retardos;

produzir uma pluralidade de conjuntos de estimativa de retardo candidato;

calcular métricas associadas com cada conjunto de estimativa

de retardo candidato para produzir resultados de cálculo;

selecionar um dos resultados de cálculo; e

produzir uma pluralidade de estimativas de retardo usando o conjunto de estimativa de retardo candidato que corresponde aos resultados de cálculo selecionado.

5

32. Processo de acordo com reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que as etapas de produzir uma pluralidade de conjuntos de estimativa de retardo candidato, calcular métricas, selecionar alguns dos resultados de cálculo e produzir uma pluralidade de estimativas de retardo compreendem as etapas de:

10

produzir uma pluralidade de primeiras estimativas de retardo candidato;

calcular um primeiro conjunto de métricas associadas com as primeiras estimativas de retardo candidato para produzir um primeiro resultado de cálculo;

15

produzir uma primeira estimativa de retardo com base no primeiro resultado de cálculo;

produzir uma pluralidade de segundas estimativas de retardo candidato;

20

calcular um conjunto de segundas métricas associadas com as segundas estimativas de retardo candidato para produzir um segundo resultado de cálculo; e

produzir uma segunda estimativa de retardo com base no segundo resultado de cálculo.

25

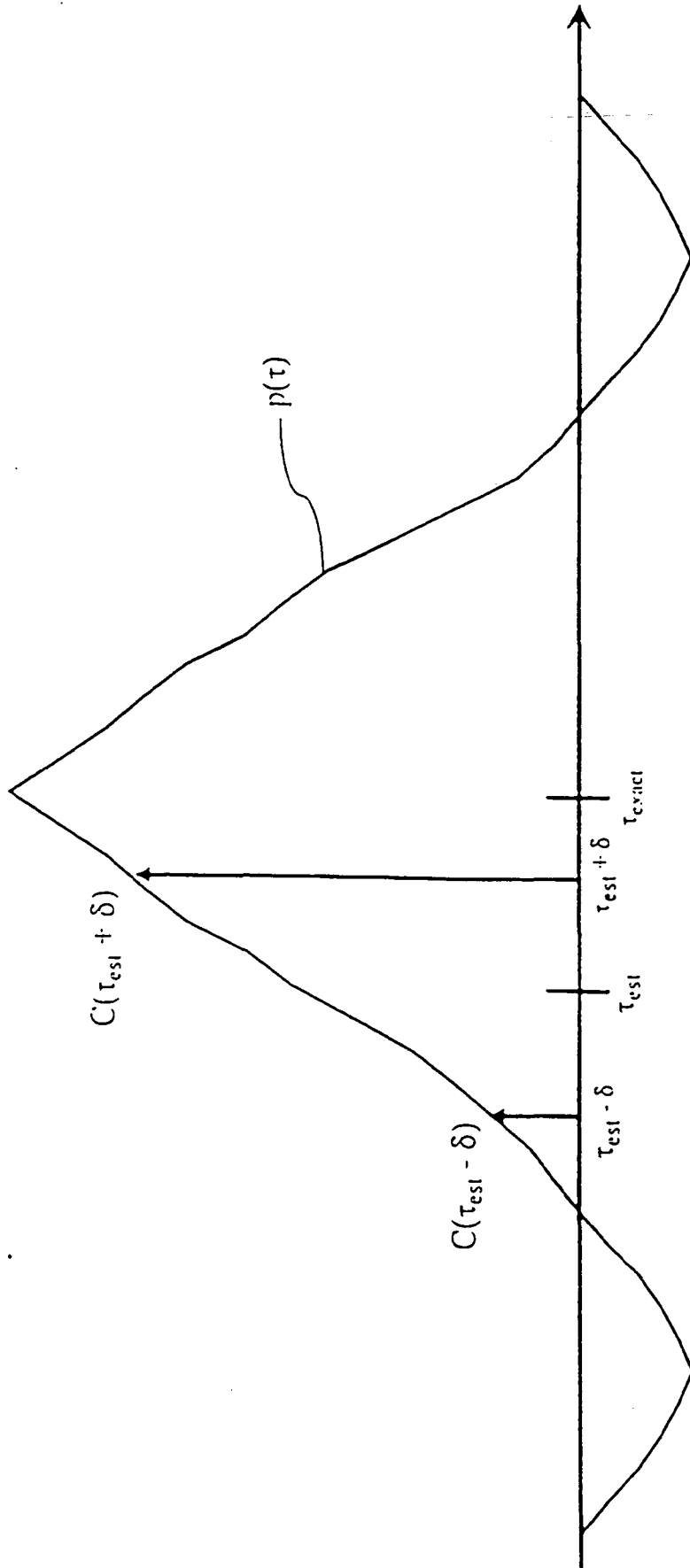
33. Processo de acordo com reivindicação 31 ou 32, caracterizado pelo fato de que:

as métricas representam erros quadráticos entre os valores de correlação e somas ponderadas de funções de correlação que são retardadas usando algumas da pluralidade de estimativas de retardo candidato.

34. Processo de acordo com reivindicação 31 ou 32, caracterizado pelo fato de que cada métrica é calculada usando valores de correlação associados com estimativas de retardo candidato em um dos conjuntos de estimativa de retardo candidato.

5                    35. Processo de acordo com reivindicação 31 ou 32, caracterizado pelo fato de que cada métrica é calculada usando estimativas de coeficiente de canal.

10                   36. Processo de acordo com reivindicação 31 ou 32, caracterizado pelo fato de que cada métrica é calculada usando informação de forma de pulso.



**FIG.1**

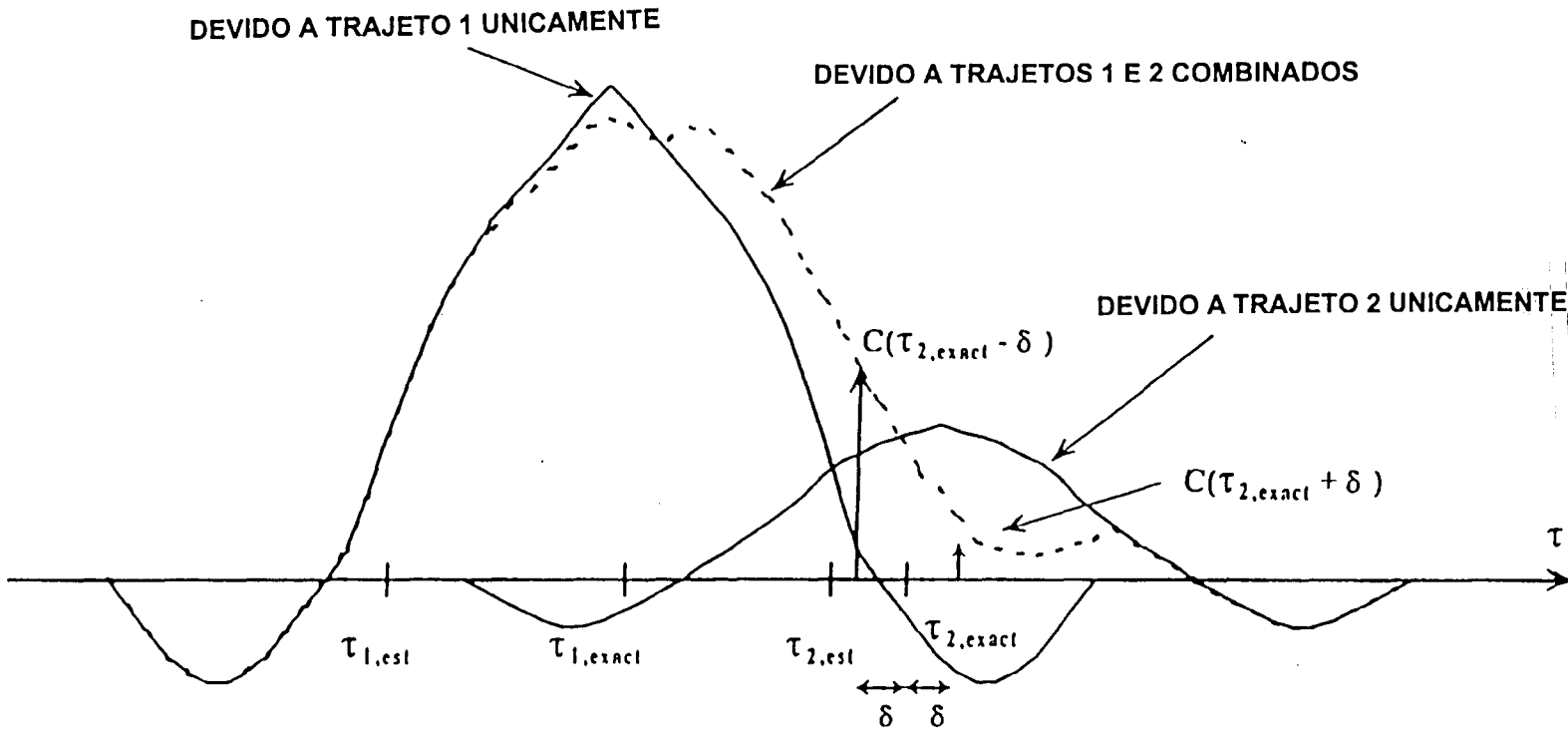
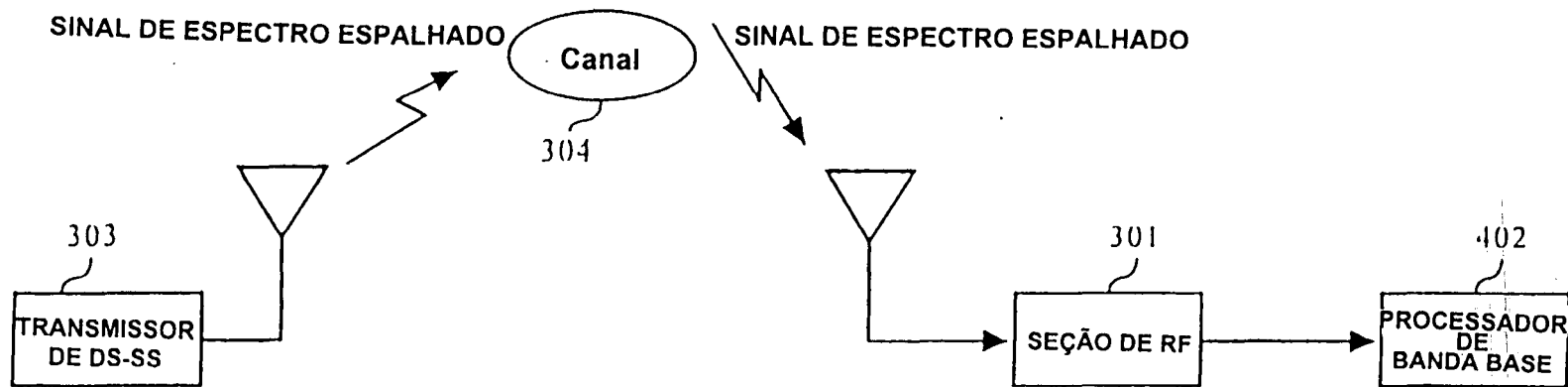


FIG.2



**FIG.3**

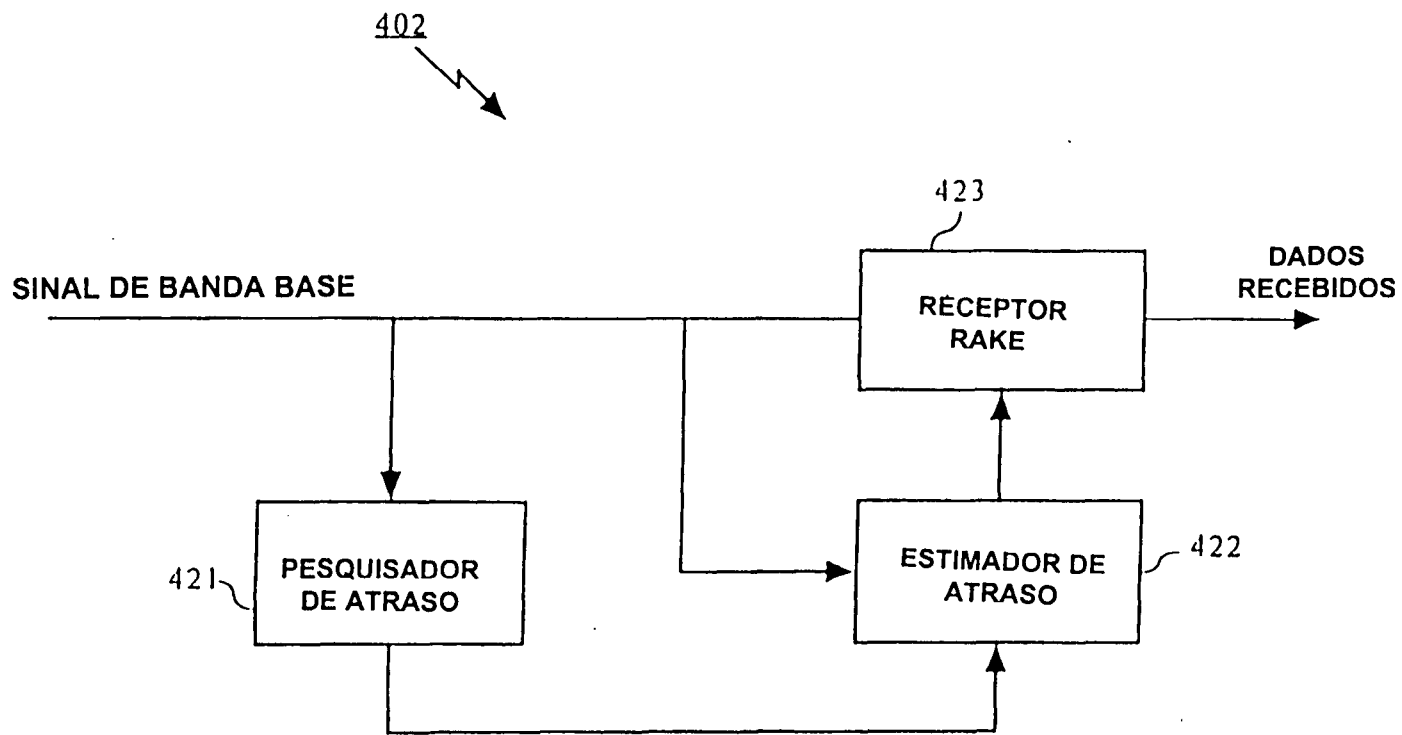


FIG.4

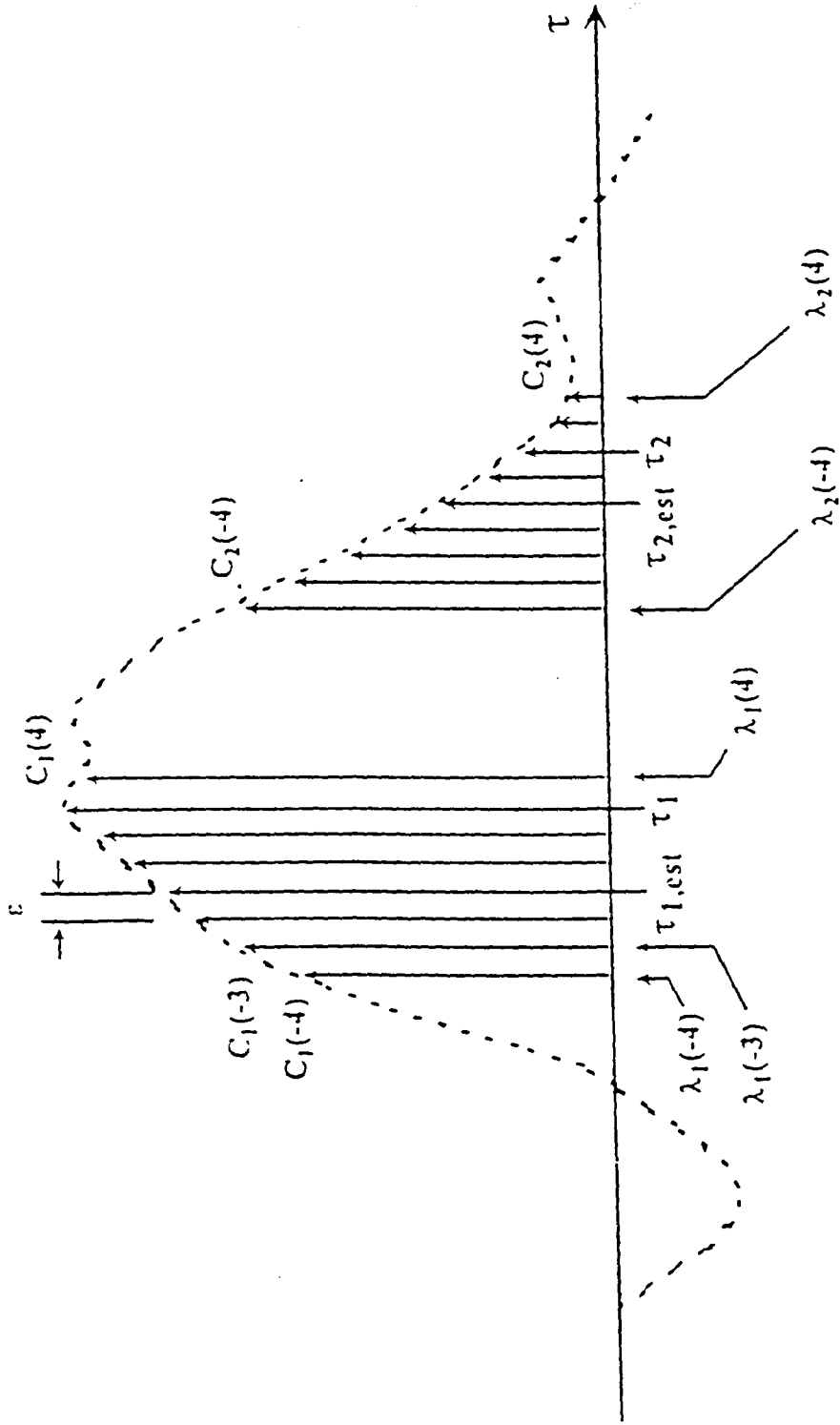


FIG.5

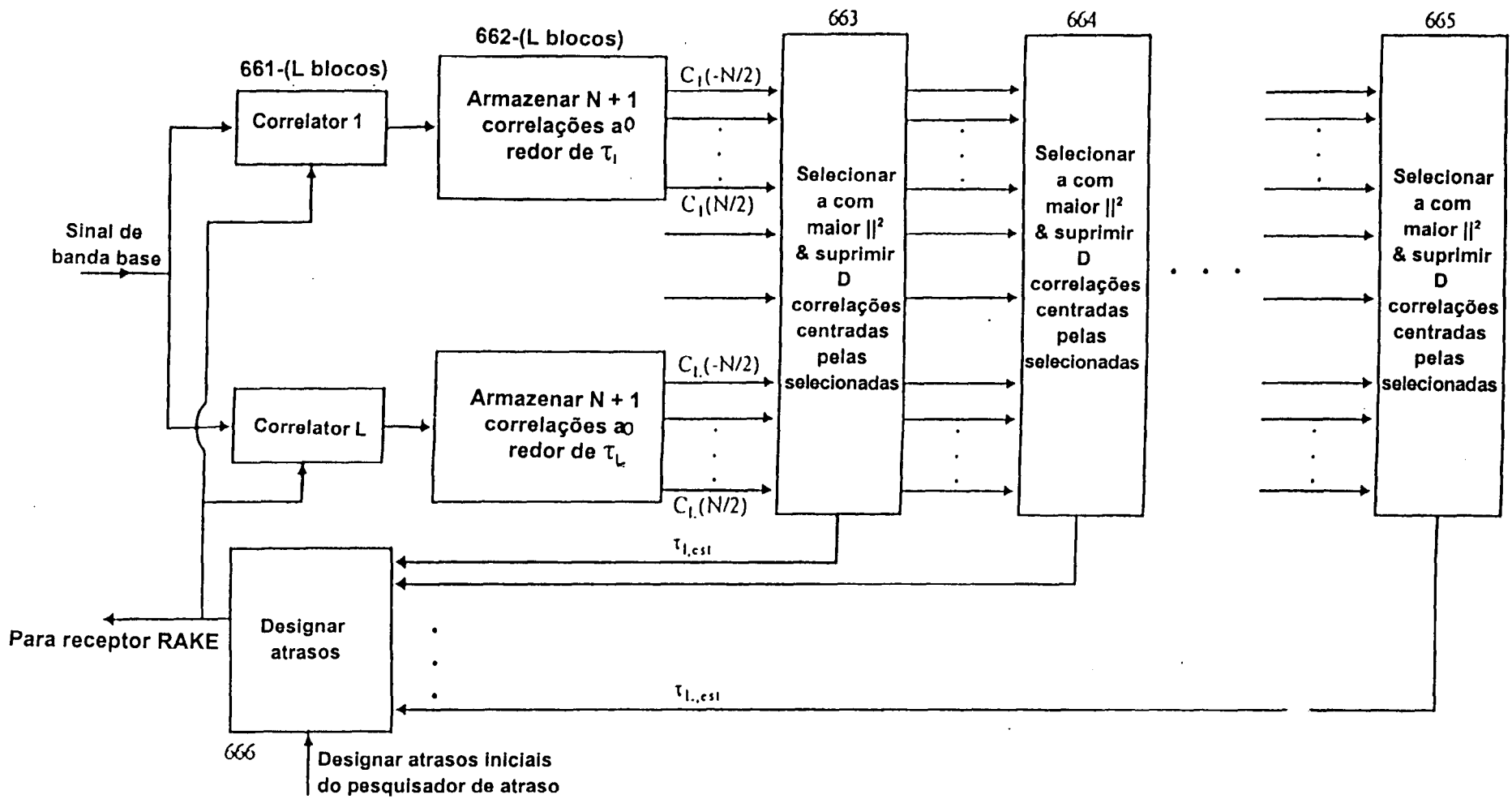


FIG.6

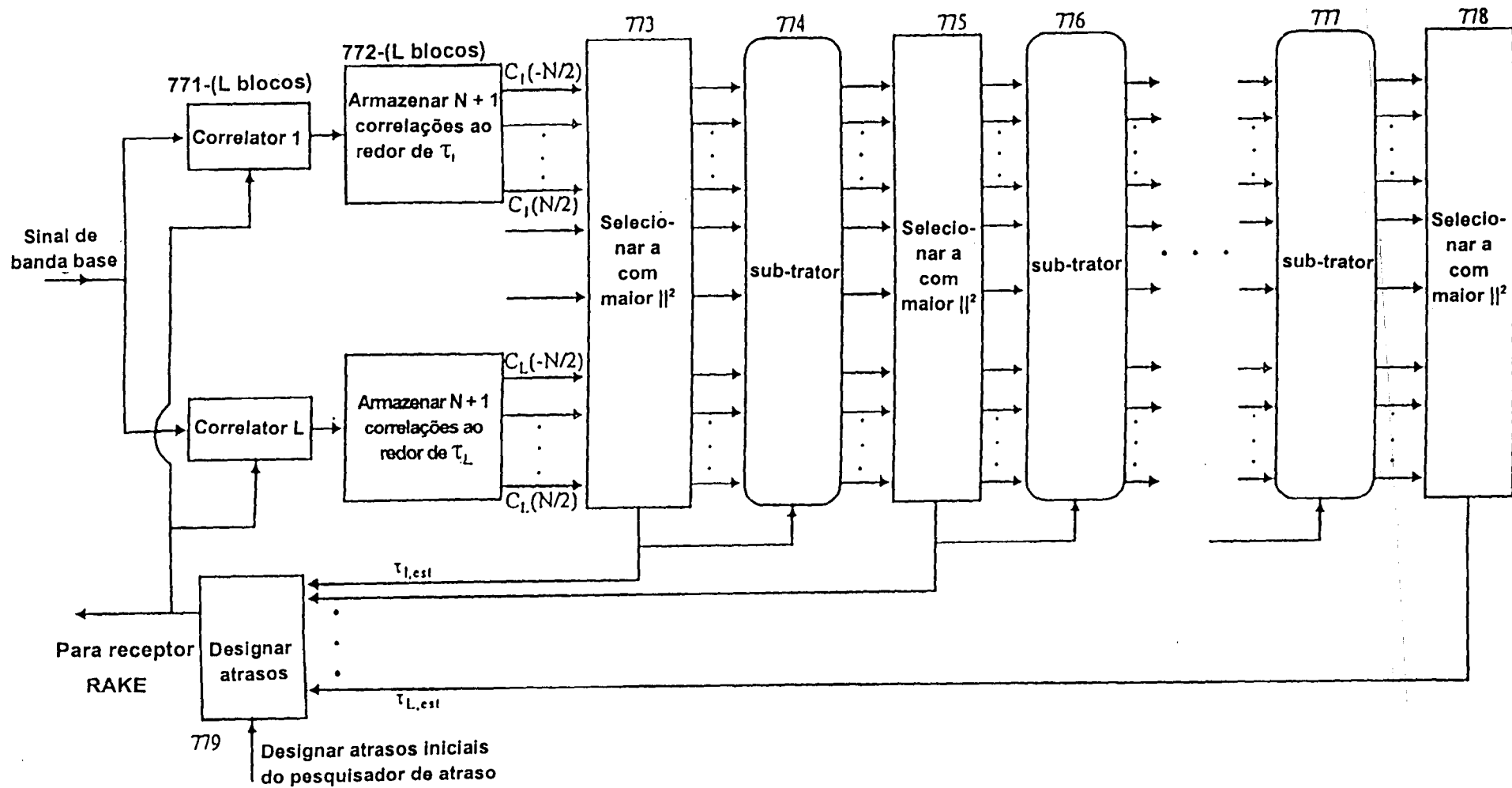


FIG.7

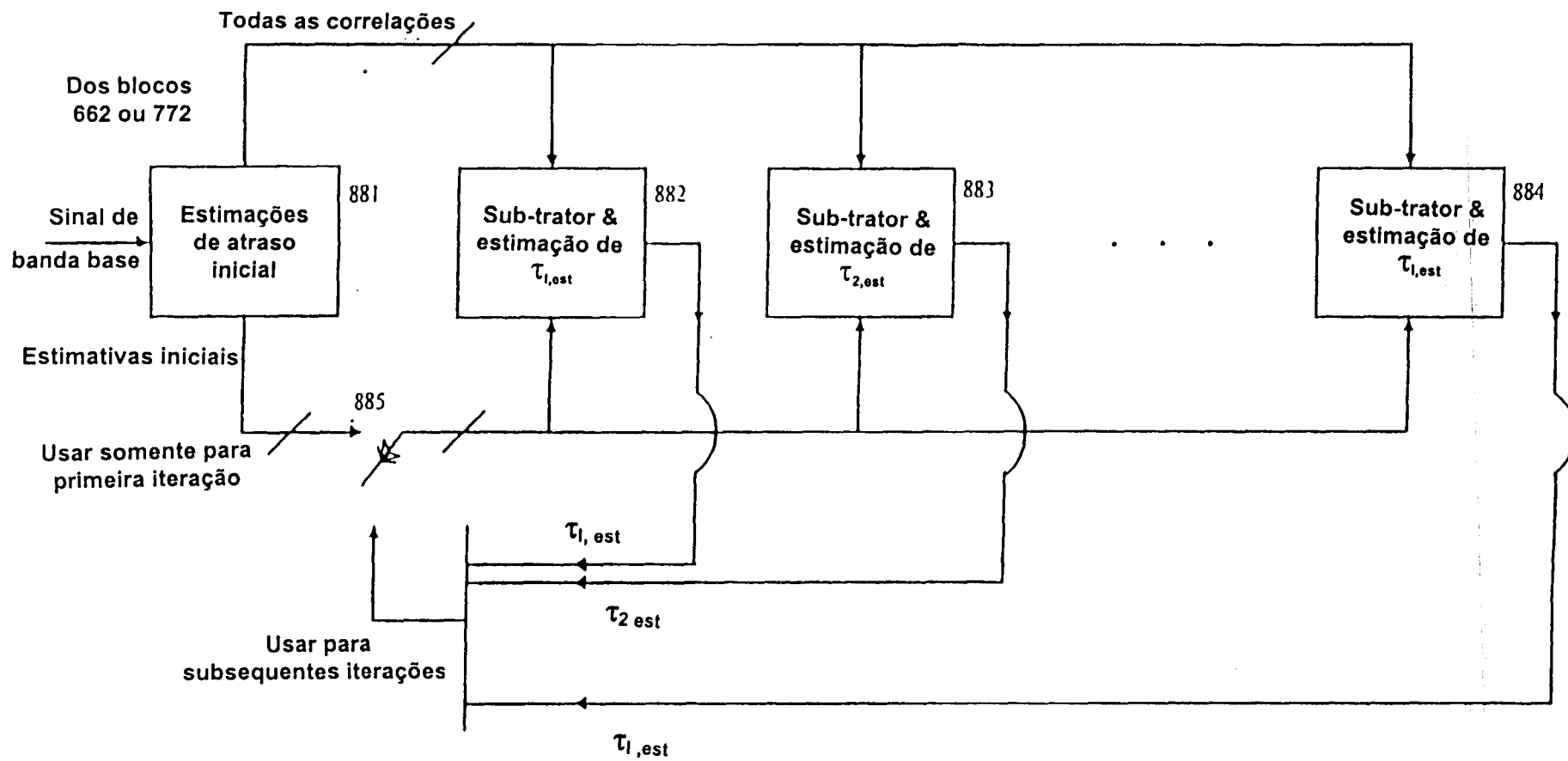


FIG.8

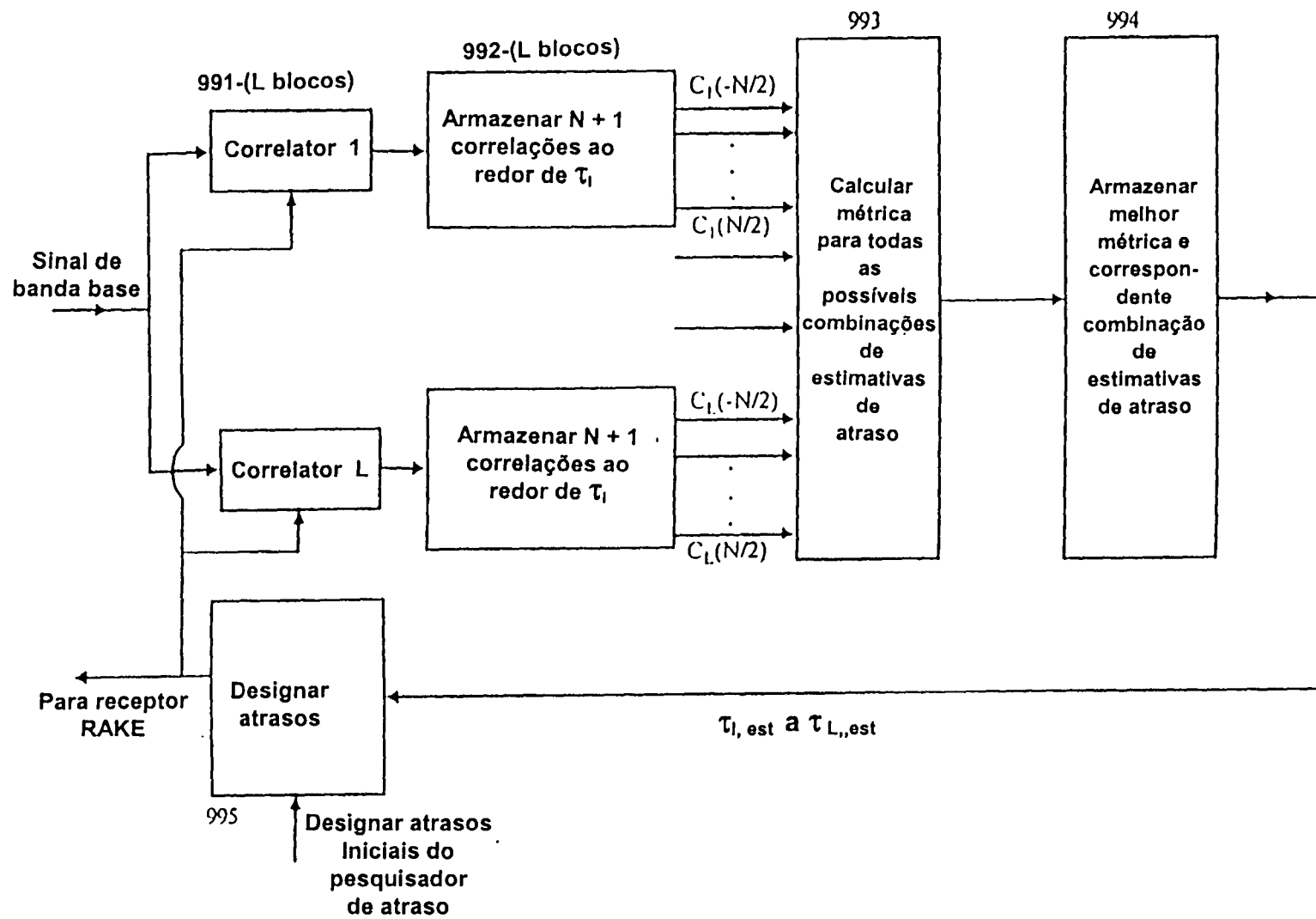


FIG.9

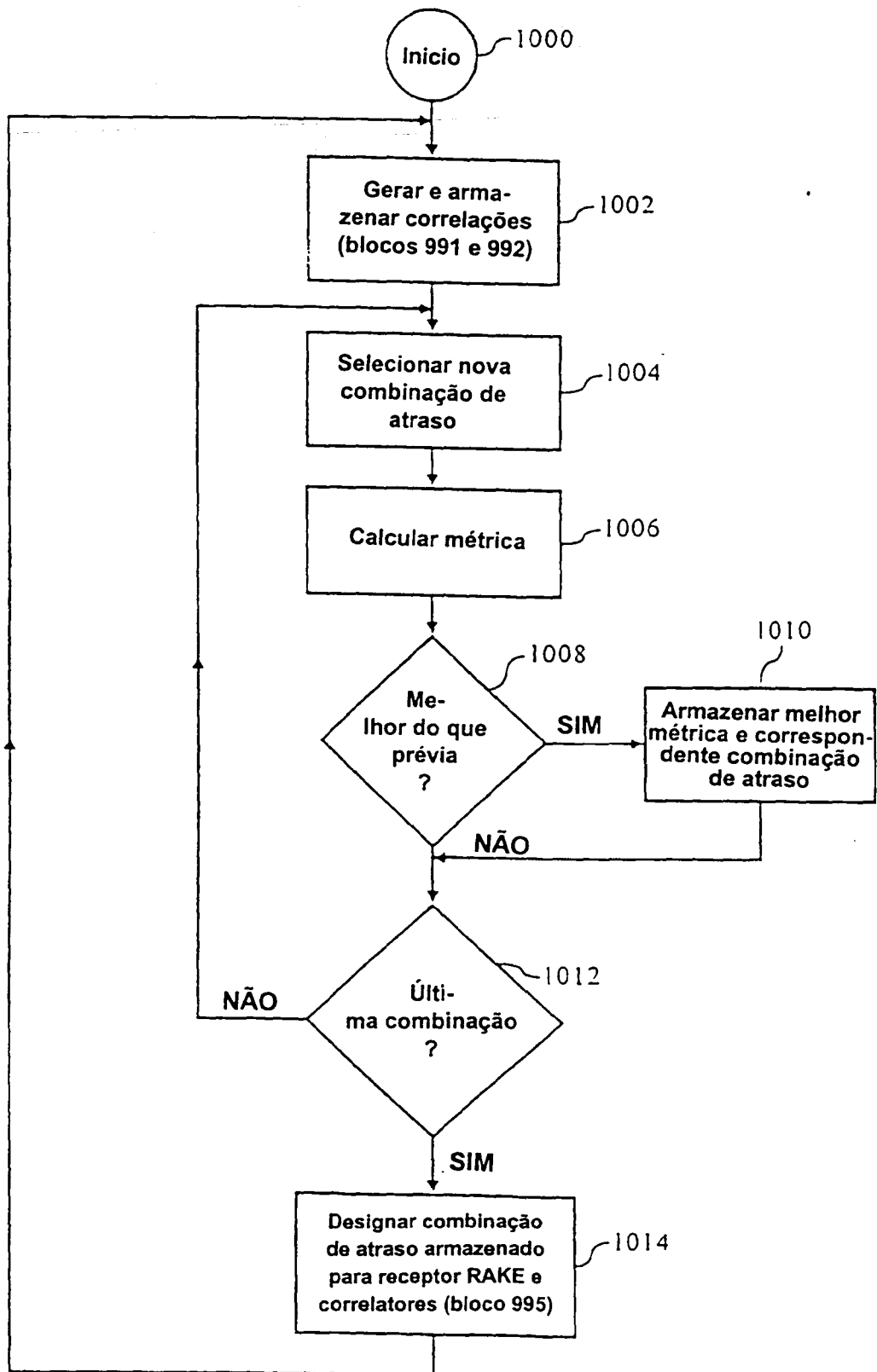


FIG.10

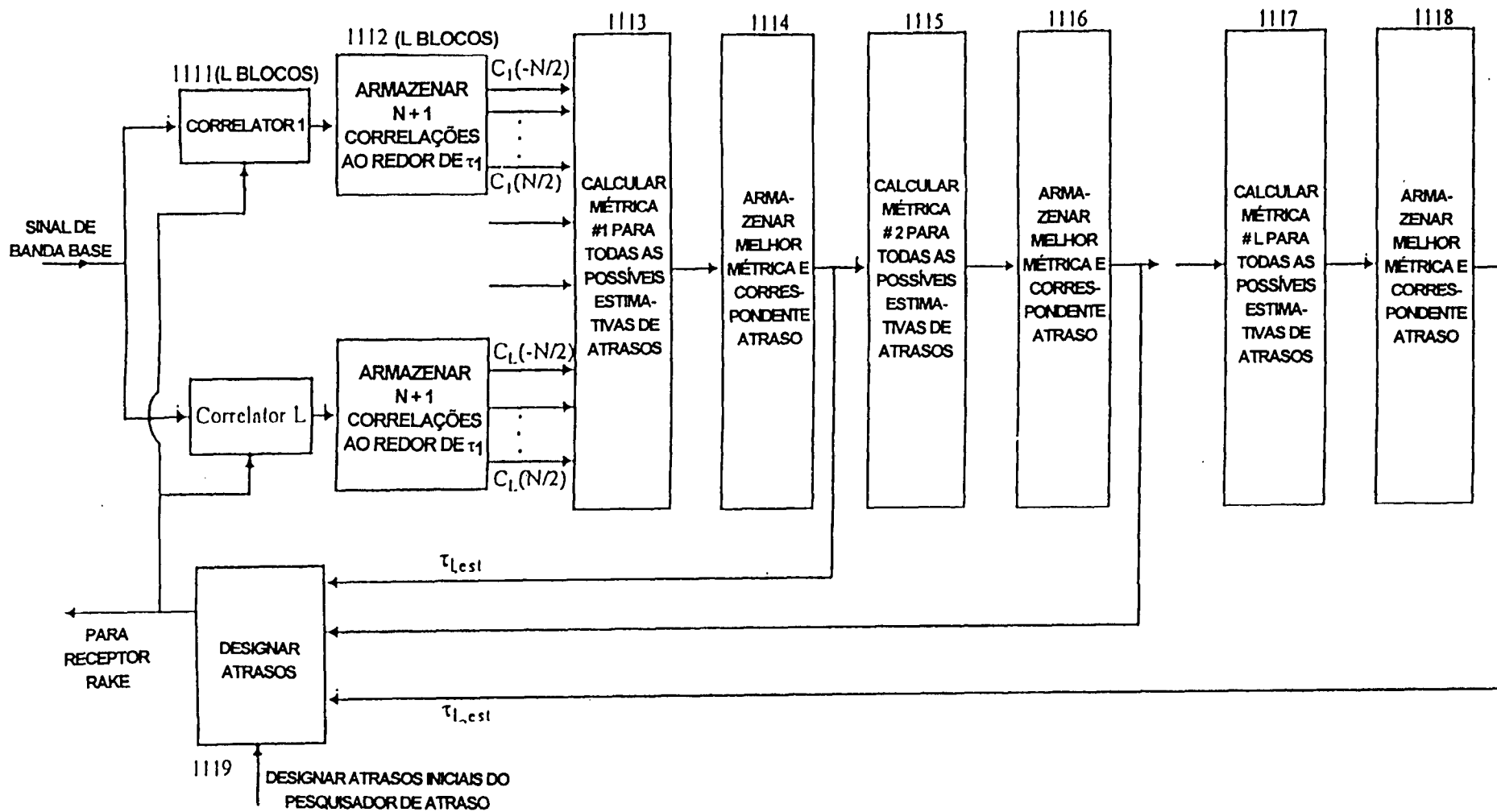


FIG.11

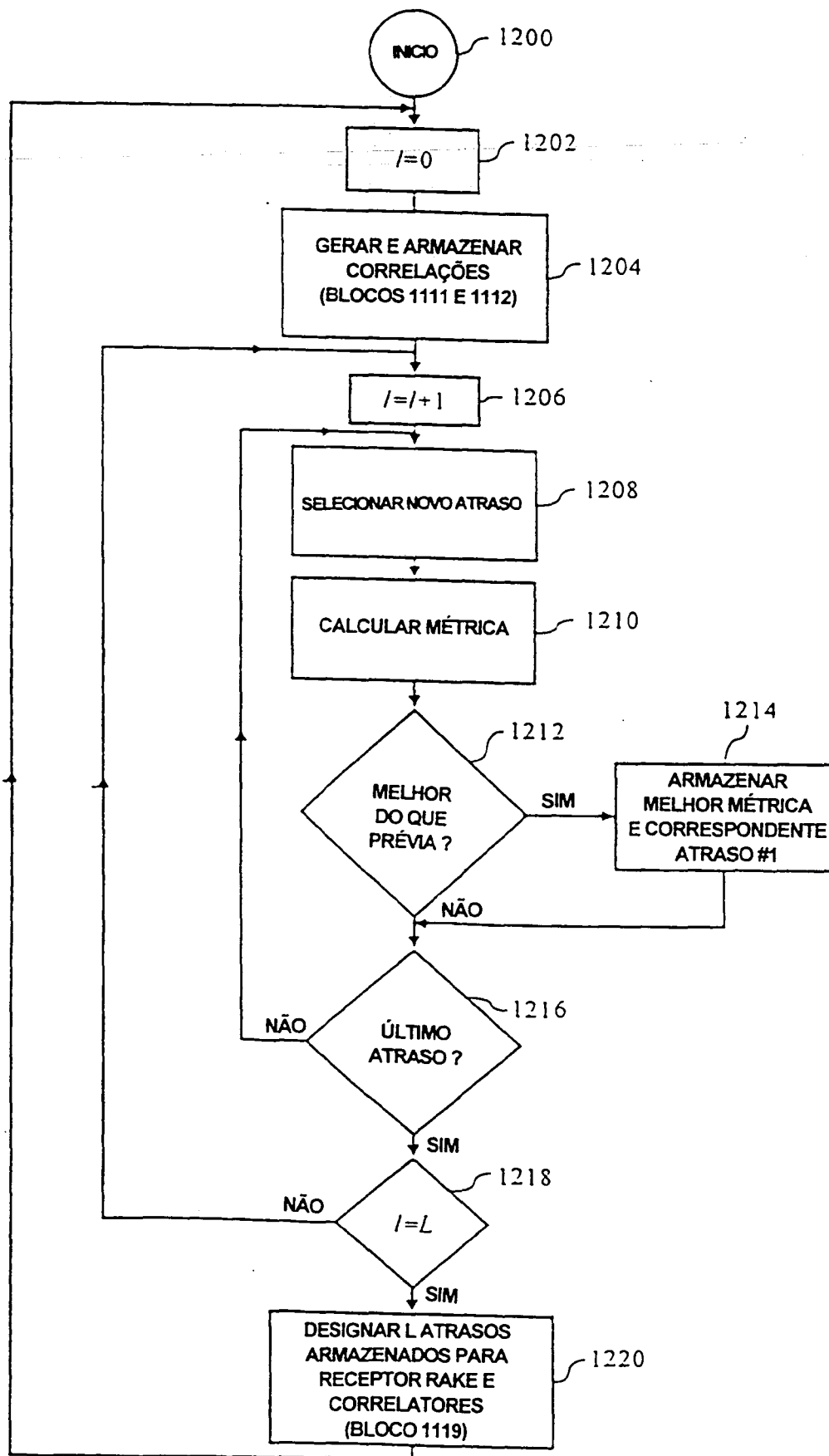


FIG.12

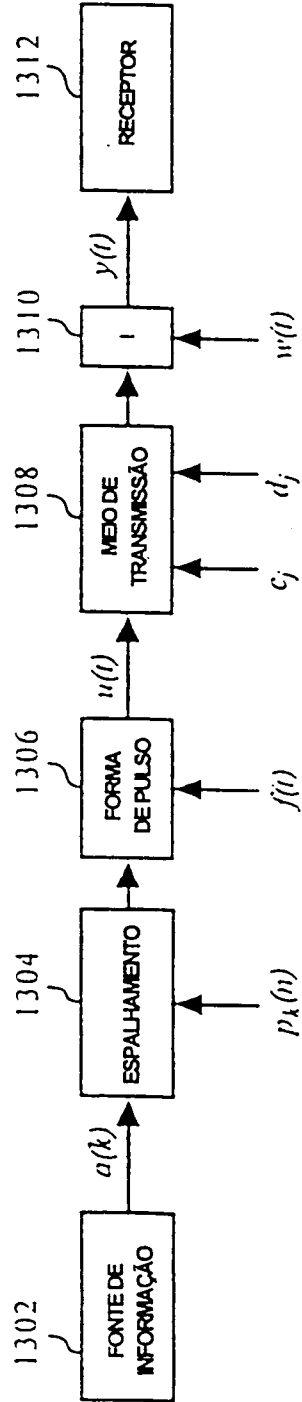


FIG.13