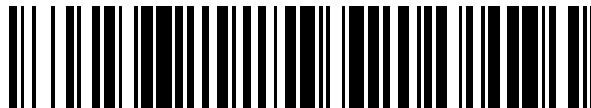


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 420 972**

51 Int. Cl.:

**H04J 13/10** (2011.01)

**H04J 13/00** (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2008** **E 08787430 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2013** **EP 2332275**

54 Título: **Generación de secuencia de Zadoff-Chu eficiente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.08.2013**

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)**  
**(100.0%)**  
**164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**MAURITZ, OSKAR**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 420 972 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Generación de secuencia de Zadoff-Chu eficiente.

**Campo Técnico**

5 La presente invención se refiere en general a una generación de secuencia de Zadoff-Chu eficiente, y sobre todo a la generación de secuencias de preámbulos y de señal de referencia en sistemas de comunicación para móviles.

**Antecedentes**

10 En un sistema de comunicaciones para móviles, se requiere una sincronización del enlace ascendente antes de que los datos puedan ser transmitidos en el enlace ascendente. En E-UTRA, la sincronización del enlace ascendente de un móvil se lleva a cabo inicialmente en el procedimiento de acceso aleatorio. El móvil inicia el procedimiento de acceso aleatorio seleccionando un preámbulo de acceso aleatorio de un conjunto de preámbulos asignados en la celda en la que está situado el móvil, y transmitiendo el preámbulo de acceso aleatorio seleccionado. En la estación de base, un receptor correlaciona la señal recibida con un conjunto de todos los preámbulos de acceso aleatorio asignados en la celda para determinar el preámbulo transmitido.

15 Las secuencias de preámbulo de acceso aleatorio en E-UTRA están diseñadas de manera que la auto correlación es ideal y de manera que la correlación cruzada entre dos preámbulos diferentes es pequeña. Estas propiedades permiten las estimaciones de tiempo precisas necesarias para la sincronización del enlace ascendente y buenas propiedades de detección de los preámbulos. Estas secuencias de preámbulo de acceso aleatorio en E-UTRA son obtenidas a partir de secuencias de Zadoff-Chu de longitud impar. Las secuencias de Zadoff-Chu  $p_{u,q}(n)$  de longitud N, donde N es impar, se definen como (véase [1]):

20 
$$p_{u,q}(n) = W^{un(n+1)/2+qn}, n = 0, 1, \dots, N - 1; \quad W = e^{\frac{-j2\pi}{N}} \quad (1)$$

donde los enteros u y N son primos entre sí, es decir, el máximo común divisor de u y de N es 1. Además, q es un entero arbitrario y j es la unidad imaginaria. Los preámbulos de acceso aleatorio en E-UTRA están definidos en el dominio del tiempo como desfases cíclicos de secuencias de raíz de Zadoff-Chu de longitud impar con q = 0 (véase [2]):

25 
$$p_u(n) = p_{u,0}(n) = W^{un(n+1)/2}, n = 0, 1, \dots, N - 1 \quad (2)$$

El preámbulo de acceso aleatorio en E-UTRA contiene un prefijo cíclico, que hace ventajoso el llevar a cabo la correlación de la señal recibida con los preámbulos de acceso aleatorio en el dominio de la frecuencia. La estructura de un receptor de preámbulo de acceso aleatorio en una estación de base se muestra en la Fig. 1.

30 En la Fig. 1 una señal recibida es transmitida a un bloque 10 para eliminar el prefijo cíclico (CP – Cyclic Prefix, en inglés). La señal restante es sometida a una Transformada de Fourier Discreta (DFT – Discrete Fourier Transform, en inglés) en el bloque 12. La transformada de Fourier discreta obtenida es transmitida a un conjunto de correlacionadores 14, donde es multiplicada elemento a elemento por un conjunto de DFTs de secuencias de preámbulo indexadas como  $u_{\min} \dots u_{\max}$  y generadas por los bloques 16. Los productos son sometidos a una Transformada de Fourier Discreta Inversa (IDFT – Inverse Discrete Fourier Transform, en inglés) en los bloques 18. Las señales de salida del correlacionador son a continuación transmitidas a un conjunto de detectores 20 correspondientes, que determinan el preámbulo generado que se adapta mejor a la señal recibida.

Los preámbulos utilizados para la sincronización del enlace ascendente están también generados en las estaciones de telefonía móvil. Otra aplicación de las secuencias de Zadoff-Chu es la generación de secuencias de señal de referencia de estación de telefonía móvil transmitidas en el enlace ascendente. En contraste con los preámbulos de acceso aleatorio, que están definidos en el dominio del tiempo, las señales de referencia en E-UTRA son definidas en el dominio de la frecuencia mediante (2) junto con el truncado de la secuencia de Zadoff-Chu, es decir, algunas muestras al final de la secuencia no están incluidas en la señal de referencia.

45 El exponente  $un(n+1)/2+qn$  en la definición de la secuencia de Zadoff-Chu es siempre un entero porque n o n+1 es par, y por ello uno de ellos debe ser divisible por 2. Además, puesto que u, q y n son todos enteros, el exponente debe ser también un entero. Puesto que la función  $W^m$  es periódica en m con periodo N y todas las entidades del exponente son enteros, toda la aritmética puede ser llevada a cabo módulo N en el exponente  $un(n+1)/2+qn$ .

La división módulo N difiere de la división ordinaria e implica al inverso módulo N. El inverso de b módulo N está definido como el entero  $b^{-1}$  de manera que  $0 < b^{-1} < N$  y  $bb^{-1} = 1 \text{ mod } N$ . El inverso módulo N de b existe si y sólo si b

y N son primos entre sí. Si N es primo  $b^{-1}$  existe para todo  $b \neq 0 \pmod N$ . La división de un por b módulo N se consigue multiplicando a por el inverso módulo N de b:  $ab^{-1}$ .

Realizar la aritmética módulo N en el exponente proporciona una alternativa y una expresión útil de la secuencia de Zadoff-Chu:

$$p_{u,q}(n) = W^{un(n+1)2^{-1}+qn}, \quad n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3)$$

Debe observarse que con la notación utilizada para la aritmética módulo N,  $2^{-1}$  no es lo mismo que  $1/2$ . Por el contrario denota el inverso módulo N de 2 (que depende de N).

Se ha mostrado (véase [3]) que la DFT de  $p_u(n)$  viene dada por:

$$P_u(k) = W^{-k(k+u)2^{-1}u^{-1}} \sum_{n=0}^{N-1} p_u((n+u^{-1}k) \pmod N) \quad (4)$$

Puesto que la suma en (4) es siempre sobre todos los elementos de  $p_u(n)$ , la suma es independiente de k, así:

$$P_u(k) = A_u W^{-k(k+u)2^{-1}u^{-1}} \quad (5)$$

donde  $A_u$  es independiente de k. Del teorema de Parseval se puede mostrar (véase [4]) que  $|A_u| = \sqrt{N}$  para cualquier valor de u y así  $A_u = \sqrt{N} e^{j\phi_u}$ , donde  $e^{j\phi_u}$  es un factor de fase complejo constante.

Comparando (3) y (5) resulta claro que la DFT de la secuencia de Zadoff-Chu es a su vez la secuencia de Zadoff-Chu multiplicada por una constante:

$$P_u(k) = A_u W^{-k(k+u)2^{-1}u^{-1}} = A_u p_{-u^{-1},\bar{q}}(k), \quad \bar{q} = (u^{-1} - 1) \cdot 2^{-1} \quad (6)$$

En cada correlacionador 14 de la Fig. 1, la señal recibida es multiplicada elemento a elemento con la DFT de un preámbulo de la celda.

En un generador sencillo de la DFT del preámbulo, el exponente  $a(k) = -k(k+u) \cdot 2^{-1} u^{-1}$  en (6) se calcula para cada valor de k y los valores de  $W^{a(k)}$  son calculados o leídos de una tabla. Los detectores 20 sólo necesitan los valores absolutos de las respectivas salidas del correlacionador, así que sólo es relevante el valor absoluto de  $A_u$ . Puesto que el valor absoluto,  $|A_u| = \sqrt{N}$  para cualquier valor de u,  $A_u$  puede ser completamente descartado en los correlacionadores. Así, para el propósito de correlación el preámbulo puede ser representado mediante una secuencia de Zadoff-Chu tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia, lo que implica que una representación de la DFT del preámbulo puede ser generada directamente en el dominio de la frecuencia como una secuencia de Zadoff-Chu.

La generación de secuencia en la tecnología existente requiere dos multiplicaciones para calcular el exponente  $a(k) = -k(k+u) \cdot 2^{-1} u^{-1}$  en (6) para cada muestra de la secuencia. La complejidad de cálculo total de estas multiplicaciones puede ser significativa para secuencias largas. Por ejemplo, la longitud del preámbulo de acceso aleatorio en E-UTRA es  $N = 839$  para la mayoría de los formatos de preámbulo, y en un peor caso el receptor necesita correlacionar la señal recibida con hasta 64 secuencias de Zadoff-Chu diferentes (esto corresponde a 64 bloques 16 en la Fig. 1).

El documento [6] describe la modulación de una secuencia de Zadoff-Chu con al menos dos secuencias de modulación para obtener unas secuencias de tipo Chirp Generalizado (GCL – Generalized Chirp Like, en inglés) utilizadas para la correlación con una señal de entrada.

El documento [7] explica la asignación de la secuencia de Zadoff-Chu que permite una implementación de filtro coincidente eficiente para la detección de preámbulo de RACH en el dominio de la frecuencia y en el dominio del tiempo.

### Compendio

Un objeto de la presente invención es generar los exponentes de elementos de secuencias de Zadoff-Chu para sistemas de comunicación de radio con menor complejidad que la técnica anterior.

Este objeto se consigue de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

Brevemente, la presente invención genera los exponentes de los elementos de una secuencia de Zadoff-Chu de longitud N, donde N es impar, en un procedimiento iterativo basado en la aritmética de módulo N para evitar multiplicaciones.

**Breve Descripción de los Dibujos**

5 La invención, junto con otros objetos y ventajas de la misma, puede ser mejor comprendida haciendo referencia a la siguiente descripción tomada junto con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

la Fig. 1 es un diagrama de bloques que ilustra la estructura de un receptor de preámbulo de acceso aleatorio en una estación de base;

10 la Fig. 2 es un diagrama de flujo que ilustra una realización del método de acuerdo con la presente invención para generar exponentes de los elementos de una secuencia de Zadoff-Chu que representa, en el dominio de la frecuencia, un preámbulo para la sincronización del enlace ascendente de estaciones de telefonía móvil;

la Fig. 3 es un diagrama de bloques de una realización de un aparato de acuerdo con la presente invención para generar exponentes de los elementos de una secuencia de Zadoff-Chu que representa, en el dominio de la frecuencia, un preámbulo para la sincronización del enlace ascendente de estaciones de telefonía móvil;

15 la Fig. 4 es un diagrama de flujo que ilustra una realización del método de acuerdo con la presente invención para generar exponentes de los elementos de una secuencia de Zadoff-Chu que representa, en el dominio del tiempo, un preámbulo para la sincronización del enlace ascendente de estaciones de telefonía móvil; y

20 la Fig. 5 es un diagrama de bloques de una realización de un aparato de acuerdo con la presente invención para generar exponentes de los elementos de una secuencia de Zadoff-Chu que representa, en el dominio del tiempo, un preámbulo para la sincronización del enlace ascendente de estaciones de telefonía móvil.

**Descripción Detallada**

De acuerdo con la presente invención el exponente a(k) se calcula iterativamente a partir de a(k-1) y a partir de las diferencias primera y segunda entre valores subsiguientes de a(k):

$$d^{(1)}(k) = a(k) - a(k-1) = -(2k + u - 1) \cdot 2^{-1}u^{-1} \tag{7}$$

25 y

$$d^{(2)}(k) = d^{(1)}(k) - d^{(1)}(k-1) = -2 \cdot 2^{-1}u^{-1} = -u^{-1} \tag{8}$$

Tal cálculo iterativo del exponente es posible puesto que a(k) es un polinomio cuadrático en k. Esto es similar al cálculo de un polinomio de permutación cuadrático para intercaladores dado en [5]. Los valores iniciales a(0) y d<sup>(1)</sup>(0) vienen dados por:

30 
$$a(0) = 0 \text{ y } d^{(1)}(0) = (1 - u) \cdot 2^{-1}u^{-1} = (u^{-1} - 1) \cdot 2^{-1} \tag{9}$$

Resulta sencillo mostrar que con una aritmética ordinaria:

$$d^{(1)}(0) = \begin{cases} \frac{u^{-1} - 1}{2}, & u^{-1} \text{ impar} \\ \frac{u^{-1}}{2} + \frac{N - 1}{2}, & u^{-1} \text{ par} \end{cases} \tag{10}$$

35 De (7), (8), (9) y (10), los exponentes a(k) se calculan iterativamente para todos los valores de k mediante el procedimiento siguiente:

$$\begin{aligned}
 & a(0) = 0 \\
 & d^{(1)}(0) = \begin{cases} \frac{u^{-1}-1}{2}, & u^{-1} \text{ impar} \\ \frac{u^{-1}+N-1}{2}, & u^{-1} \text{ par} \end{cases} \\
 & \text{para } k = 1 \dots N-1 \\
 & \quad d^{(1)}(k) = (d^{(1)}(k-1) - u^{-1}) \bmod N \\
 & \quad a(k) = (a(k-1) + d^{(1)}(k)) \bmod N \\
 & \text{fin}
 \end{aligned} \tag{11}$$

Debe observarse que la expresión  $d^{(2)}(k)$  no está explícitamente implicada en este procedimiento, puesto que es una constante que puede ser utilizada directamente. En una realización alternativa, los cálculos módulo N en (11) pueden ser simplificados para proporcionar el siguiente procedimiento:

$$\begin{aligned}
 & a(0) = 0 \\
 & d^{(1)}(0) = \begin{cases} \frac{u^{-1}-1}{2}, & u^{-1} \text{ impar} \\ \frac{u^{-1}+N-1}{2}, & u^{-1} \text{ par} \end{cases} \\
 & \text{para } k = 1 \dots N-1 \\
 & \quad d^{(1)}(k) = d^{(1)}(k-1) - u^{-1} \\
 & \quad \text{si } d^{(1)}(k) < 0 \text{ entonces } d^{(1)}(k) = d^{(1)}(k) + N \\
 & \quad a(k) = a(k-1) + d^{(1)}(k) \\
 & \quad \text{si } a(k) > N-1 \text{ entonces } a(k) = a(k) - N \\
 & \text{fin}
 \end{aligned} \tag{12}$$

5

La Fig. 2 es un diagrama de flujo que ilustra una realización del método de acuerdo con la presente invención para generar exponentes de los elementos de una secuencia de Zadoff-Chu que representa, en el dominio de la frecuencia, un preámbulo para la sincronización del enlace ascendente de estaciones de telefonía móvil. La etapa S1 obtiene el índice  $u$  del preámbulo de la secuencia para ser generada. La etapa S2 invierte  $u$  módulo N. La etapa S3 establece el valor inicial  $a(0) = 0$  y la etapa S4 determina  $d^{(1)}(0)$  de acuerdo con los primeros miembros de (11) y (12). La etapa S5 establece  $k = 1$ . La etapa S6 prueba si  $k < N$ . Si es así, la etapa S7 actualiza  $d^{(1)}(k)$  y la etapa S8 actualiza  $a(k)$ . A continuación la etapa S9 incrementa  $k$  y el procedimiento vuelve a la etapa S6. El procedimiento finaliza en la etapa S10 cuando  $k = N$ . Las etapas S5-S10 pueden, por ejemplo, ser implementadas mediante un bucle for como en (11) o (12).

10

La Fig. 3 es un diagrama de bloques de una realización de un aparato de acuerdo con la presente invención para generar exponentes de los elementos de una secuencia de Zadoff-Chu que representa, en el dominio de la frecuencia, un preámbulo para la sincronización del enlace ascendente de estaciones de telefonía móvil. El índice  $u$  de la secuencia para ser generada es transmitido a un inversor de módulo N 30. El valor invertido módulo N  $u^{-1}$  es transmitido a un proveedor 32 de valor inicial, que calcula  $d^{(1)}(0)$  y un (0). El valor invertido módulo N  $u^{-1}$  es transmitido también a un inversor de signo 34, el cual almacena el valor de signo invertido  $-u^{-1}$ . El valor de signo invertido  $-u^{-1}$  y el valor inicial  $d^{(1)}(0)$  son transmitidos a un sumador módulo N 36, que iterativamente calcula sucesivos valores  $d^{(1)}(k)$  de acuerdo con:

20

$$d^{(1)}(k) = (d^{(1)}(k-1) - u^{-1}) \bmod N \tag{13}$$

o bien

$$\begin{aligned}
 & d^{(1)}(k) = d^{(1)}(k-1) - u^{-1} \\
 & \text{si } d^{(1)}(k) < 0 \text{ entonces } d^{(1)}(k) = d^{(1)}(k) + N
 \end{aligned} \tag{14}$$

25

Esto se representa mediante el bucle de información de retorno indicado para el sumador módulo N 36, que incluye un elemento de retardo D (Delay, en inglés) que introduce un retardo correspondiente a 1 iteración.

De manera similar el valor inicial a(0) se utiliza para iniciar cálculos iterativos de valores sucesivos a(k) en un sumador módulo N 38 utilizando los valores calculados d<sup>(1)</sup>(k) de acuerdo con:

$$5 \quad a(k) = (a(k-1) + d^{(1)}(k)) \bmod N \quad (15)$$

o bien

$$a(k) = a(k-1) + d^{(1)}(k) \\ \text{si } a(k) > N-1 \text{ entonces } a(k) = a(k) - N \quad (16)$$

Esto se representa mediante el bucle de información de retorno indicado al sumador módulo N 38, que incluye un elemento de retardo D (Delay, en inglés) que introduce un retardo correspondiente a 1 iteración.

10 Los exponentes a(k) resultantes son transmitidos a una unidad de exponenciación 40 que forma los elementos W<sup>a(k)</sup> de la secuencia utilizando el valor  $W = e^{-j2\pi N}$  almacenado en una celda de memoria 42.

Debido a la estructura de (13)–(16) las iteraciones (en la unidad de iteración IU (Iteration Unit, en inglés) que incluye los bloques 34, 36, 38, D) pueden ser llevadas a cabo calculando primero todos los valores d<sup>(1)</sup>(k) y utilizando a continuación estos valores para calcular los valores a(k). Tal procedimiento, no obstante, requiere el almacenamiento de los valores d<sup>(1)</sup>(k) hasta que son necesarios para calcular los valores a(k). Como alternativa, lo que se ilustra mediante (11) y (12), ambas iteraciones pueden ser llevadas a cabo en paralelo, lo que requiere almacenar sólo los valores de d<sup>(1)</sup>(k) y a(k) utilizados en la siguiente iteración.

Aunque la descripción ha estado restringida hasta ahora a la generación de secuencias de Zadoff-Chu que representan preámbulos en receptores de estación de base para la sincronización del enlace ascendente en estaciones de telefonía móvil, otras aplicaciones en las que puedan utilizarse los mismos principios también son factibles. Una aplicación tal es la generación de los preámbulos en la estación de telefonía móvil. Otra aplicación es la generación de secuencias de señal de referencia, que también están representadas mediante secuencias de Zadoff-Chu, en estaciones de telefonía móvil y estaciones de base.

También es posible generar secuencias de Zadoff-Chu que representan preámbulos en el dominio del tiempo en lugar de en el dominio de la frecuencia. Por ejemplo, la estación de telefonía móvil puede generar el preámbulo bien en el dominio del tiempo o en el dominio de la frecuencia. En el dominio del tiempo los exponentes

$a(k) = -k(k+u) \cdot 2^{-1} u^{-1}$  en (6) son reemplazados por los exponentes  $a(n) = un(n+1) \cdot 2^{-1}$  en (3). Así (7) y (8) serán reemplazadas por

$$d^{(1)}(n) = a(n) - a(n-1) = nu \quad (17)$$

30 y

$$d^{(2)}(n) = d^{(1)}(n) - d^{(1)}(n-1) = u, \quad (18)$$

respectivamente. Esto implica que (11) será reemplazado por:

$$a(0) = 0 \\ d^{(1)}(0) = 0$$

$$\text{para } n = 1 \dots N-1 \quad (19)$$

$$d^{(1)}(n) = (d^{(1)}(n-1) + u) \bmod N$$

$$a(n) = (a(n-1) + d^{(1)}(n)) \bmod N$$

fin

y (12) será reemplazado por:

$$a(0) = 0$$

$$d^{(1)}(0) = 0$$

para  $n = 1 \dots N - 1$

$$d^{(1)}(n) = d^{(1)}(n-1) + u \quad (20)$$

si  $d^{(1)}(n) < 0$  entonces  $d^{(1)}(n) = d^{(1)}(n) + N$

$$a(n) = a(n-1) + d^{(1)}(n)$$

si  $a(n) > N - 1$  entonces  $a(n) = a(n) - N$

fin

La Fig. 4 es un diagrama de flujo que ilustra una realización del método de acuerdo con la presente invención para generar exponentes de los elementos de una secuencia de Zadoff-Chu que representa, en el dominio del tiempo, un preámbulo para la sincronización del enlace ascendente de estaciones de telefonía móvil. La etapa S11 obtiene el índice  $u$  del preámbulo de la secuencia para ser generada. Las etapas S12 y S3 hacen los valores iniciales  $a(0)$  y  $d^{(1)}(0)$ , respectivamente iguales a 0 de acuerdo con los primeros miembros de (19) y (20). La etapa S4 hace  $n = 1$ . La etapa S15 prueba si  $n < N$ . Si es así, la etapa S16 actualiza  $d^{(1)}(n)$  y la etapa S17 actualiza  $a(n)$ . A continuación la etapa S18 incrementa  $n$  y el procedimiento vuelve a la etapa S15. El procedimiento finaliza en la etapa S19 cuando  $n = N$ . Las etapas S14-S19 pueden, por ejemplo, ser implementadas mediante un bucle for como en (19) o (20).

La Fig. 5 es un diagrama de bloques de una realización de un aparato de acuerdo con la presente invención para generar exponentes de elementos de una secuencia de Zadoff-Chu que representa, en el dominio del tiempo, un preámbulo para la sincronización del enlace ascendente de estaciones de telefonía móvil. El índice  $u$  de la secuencia para ser generada es transmitido desde una celda de memoria 44 a un sumador módulo  $N$  36. El sumador módulo  $N$  36 también recibe el valor inicial  $d^{(1)}(0)$  de un proveedor de valor inicial 32. El sumador módulo  $N$  36 calcula iterativamente sucesivos valores  $d^{(1)}(n)$  de acuerdo con:

$$d^{(1)}(n) = (d^{(1)}(n-1) + u) \bmod N \quad (21)$$

o bien

$$d^{(1)}(n) = d^{(1)}(n-1) + u$$

si  $d^{(1)}(n) < 0$  entonces  $d^{(1)}(n) = d^{(1)}(n) + N$  (22)

Esto se representa mediante el bucle de información de retorno indicado para el sumador módulo  $N$  36, el cual incluye un elemento de retardo  $D$  (Delay, en inglés) que introduce un retardo correspondiente a 1 iteración.

De manera similar el valor inicial  $a(0)$  se utiliza para iniciar cálculos iterativos de sucesivos valores  $a(n)$  en un sumador módulo  $N$  38 utilizando los valores calculados  $d^{(1)}(n)$  de acuerdo con:

$$a(n) = (a(n-1) + d^{(1)}(n)) \bmod N \quad (23)$$

o bien

$$a(n) = a(n-1) + d^{(1)}(n)$$

si  $a(n) > N - 1$  entonces  $a(n) = a(n) - N$  (24)

Esto se representa mediante el bucle de información de retorno indicado para el sumador módulo  $N$  38, el cual incluye un elemento de retardo  $D$  (Delay, en inglés) que introduce un retardo correspondiente a 1 iteración.

Los exponentes  $a(n)$  resultantes son transmitidos a una unidad de exponenciación 40 que forma los elementos  $W^{a(n)}$  de la secuencia utilizando el valor  $W = e^{-j2\pi/N}$  almacenado en una celda de memoria 42.

Debido a la estructura de (21)-(24) las iteraciones (en la unidad de iteración IU (Iteration Unit, en inglés) que incluye los bloques 44, 36, 38,  $D$ ) pueden ser llevadas a cabo calculando primero todos los valores  $d^{(1)}(n)$  y utilizando a continuación estos valores para calcular los valores  $a(n)$ . Tal procedimiento, no obstante, requiere almacenar los valores  $d^{(1)}(n)$  hasta que se necesitan para calcular los valores  $a(n)$ . Como alternativa, lo que se ilustra mediante (19) y (20), ambas iteraciones pueden ser llevadas a cabo en paralelo, lo que requiere almacenar sólo los valores de  $d^{(1)}(n)$  y  $a(n)$  utilizados en la siguiente iteración.

Los principios descritos anteriormente para generar las secuencias de Zadoff-Chu que representan los preámbulos en el dominio del tiempo pueden ser también utilizados para generar señales de referencia en el dominio de la frecuencia, tanto en estaciones de telefonía móvil como en estaciones de base, si esto resulta deseable.

5 Típicamente los diferentes bloques en las realizaciones descritas son implementados mediante uno o varios microprocesadores o combinaciones de procesadores de micro/señal y correspondiente software.

Resulta evidente que la presente invención comprende una manera simple de generar secuencias de Zadoff-Chu evitando multiplicaciones. Una ventaja es una reducción de complejidad en la implementación de la generación de una secuencia de Zadoff-Chu en comparación con la técnica anterior.

10 Los expertos en la materia comprenderán que pueden realizarse varias modificaciones y cambios a la presente invención sin separarse del alcance de la misma, que está definido mediante las reivindicaciones adjuntas.

**Abreviaturas**

3GPP	Proyecto de Colaboración de 3ª Generación	(3rd Generation Partnership Project, en inglés)
DFT	Transformada de Fourier Discreta	(Discrete Fourier Transform, en inglés)
E-UTRA	Acceso de Radio Terrestre de UMTS Evolucionado	(Evolved UMTS Terrestrial Radio Access, en inglés)
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos	(Institute of Electrical and Electronic Engineers, en inglés)
RACH	Canal de Acceso Aleatorio	(Random Access CHannel, en inglés)
TS	Especificación Técnica	(Technical Specification, en inglés)
UMTS	Sistema de Telefonía Móvil Universal	(Universal Mobile Telephony System, en inglés)

**Referencias**

[1] B. Popovic, "Generalized chirp-like polyphase sequences with optimum correlation properties", IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 38, nº 4, pp. 1406-1409, 1992.

15 [2] 3GPP, TS 35.211. "Physical Channels and Modulation" v 8.2.0, sección 5.7.2, Marzo, 2008.

[3] 3GPP R1-071409, Huawei, "Efficient matched filters for paired root Zadoff-Chu sequences", Marzo, 2007.

[4] D. V. Sarwate, "Bounds on crosscorrelation and autocorrelation of sequences", IEEE Trans. Inform. Theory, vol IT-25, pp 720-724, 1979.

20 [5] M. K. Cheng et al, "An interleaver implementation for the serially concatenated pulse-position modulation decoder", en Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 2006.

[6] WO 2008/080258 A (HUAWEI TECH CO LTD [CN]; Mauritz Oskar (SE), Popovic Branislav (SE)), 10 de Julio, 2008.

[7] Panasonic et al: "RACH sequence allocation for efficient matched filter implementation" 3GPP Draft; R1-073623, vol. RAN WG1, nº Athens, Grecia; 20070820, 15 de Agosto, 2007, XP0501077221.

25



**REIVINDICACIONES**

1. Un método de generar exponentes de los elementos de un preámbulo, representado mediante una secuencia de Zadoff-Chu de longitud N, donde N es impar, para la sincronización del enlace ascendente de estaciones de telefonía móvil, incluyendo el citado método las etapas de:

- 5 obtener (S1; S11) un índice que define la secuencia de Zadoff-Chu;
- determinar (S3; S12) un exponente inicial del primer elemento en la secuencia de Zadoff-Chu;
- determinar (S2, S4; S13) una primera diferencia inicial entre los exponentes de elementos consecutivos de la secuencia de Zadoff-Chu;
- 10 determinar (S5-S9; S14-S19) exponentes de los restantes elementos de la secuencia de Zadoff-Chu a partir de la primera diferencia inicial y del exponente inicial en un procedimiento iterativo que evita operaciones de multiplicación, donde
- el exponente inicial  $a(0)$  y la primera diferencia inicial  $d^{(1)}(0)$  se determinan como:

$$a(0) = 0$$

$$d^{(1)}(0) = \begin{cases} \frac{u^{-1} - 1}{2}, & u^{-1} \text{ impar} \\ \frac{u^{-1}}{2} + \frac{N - 1}{2}, & u^{-1} \text{ par} \end{cases}$$

donde  $u^{-1}$  es el inverso módulo N del índice u obtenido; y donde

- 15 el procedimiento iterativo para determinar los exponentes  $a(k)$ ,  $k = 1 \dots N-1$  de los restantes elementos en la secuencia de Zadoff-Chu se define como:
  - para  $k = 1 \dots N-1$
  - $d^{(1)}(k) = d^{(1)}(k-1) - u^{-1} \text{ mod } N$
  - $a(k) = (a(k-1) + d^{(1)}(k)) \text{ mod } N$
- 20 fin.

2. Un método de generar exponentes de los elementos de un preámbulo, representado mediante una secuencia de Zadoff-Chu de longitud N, donde N es impar, para la sincronización del enlace ascendente de estaciones de telefonía móvil, incluyendo el citado método las etapas de:

- obtener (S1; S11) un índice que define la secuencia de Zadoff-Chu;
- 25 determinar (S3; S12) un exponente inicial del primer elemento en la secuencia de Zadoff-Chu;
- determinar (S2, S4; S13) una primera diferencia inicial entre los exponentes de elementos consecutivos de la secuencia de Zadoff-Chu;
- determinar (S5-S9; S14-S19) los exponentes de los restantes elementos de la secuencia de Zadoff-Chu desde la primera diferencia inicial y el exponente inicial en un procedimiento iterativo que evita las operaciones de multiplicación, donde
- 30 el exponente inicial  $a(0)$  y la primera diferencia inicial  $d^{(1)}(0)$  se determinan como:

$$a(0) = 0$$

$$d^{(1)}(0) = \begin{cases} \frac{u^{-1} - 1}{2}, & u^{-1} \text{ impar} \\ \frac{u^{-1}}{2} + \frac{N-1}{2}, & u^{-1} \text{ par} \end{cases}$$

donde  $u^{-1}$  es el inverso módulo N del índice u obtenido; y donde

el procedimiento iterativo para determinar los exponentes  $a(k)$ ,  $k = 1 \dots N-1$  de los elementos restantes en la secuencia de Zadoff-Chu se define como:

- 5 para  $k = 1 \dots N-1$   
 $d^{(1)}(k) = d^{(1)}(k-1) - u^{-1}$   
 si  $d^{(1)}(k) < 0$  entonces  $d^{(1)}(k) = d^{(1)}(k) + N$   
 $a(k) = a(k+1) + d^{(1)}(k)$   
 si  $a(k) > N-1$  entonces  $a(k) = a(k) - N$   
 10 fin.

3. Un aparato para generar exponentes de los elementos de un preámbulo, representado mediante una secuencia de Zadoff-Chu de longitud N, donde N es impar, para la sincronización del enlace ascendente de estaciones de telefonía móvil, incluyendo el citado aparato:

- 15 un proveedor de valor inicial (32) configurado para determinar un exponente inicial del primer elemento de la secuencia de Zadoff-Chu, y una primera diferencia inicial entre los exponentes de elementos consecutivos de la misma secuencia de Zadoff-Chu;  
 una unidad de iteración (34, 36, 38, D; 44, 36, 38, D) configurada para determinar los exponentes de los elementos restantes en la secuencia de Zadoff-Chu a partir de la primera diferencia inicial y del exponente inicial en un procedimiento iterativo que evita las operaciones de multiplicación, donde  
 20 el proveedor de valor inicial (32) está configurado para determinar el exponente inicial  $a(0)$  y la primera diferencia inicial  $d^{(1)}(0)$  como:

$$a(0) = 0$$

$$d^{(1)}(0) = \begin{cases} \frac{u^{-1} - 1}{2}, & u^{-1} \text{ impar} \\ \frac{u^{-1}}{2} + \frac{N-1}{2}, & u^{-1} \text{ par} \end{cases}$$

donde  $u^{-1}$  es el inverso módulo de N de un índice u que define la secuencia de Zadoff-Chu; y donde la unidad de iteración (34, 36, 38, D) está configurada para determinar los exponentes  $a(k)$ ,  $k = 1 \dots N-1$ , de los elementos restantes de la secuencia de Zadoff-Chu de acuerdo con el procedimiento iterativo:

- 25 para  $k = 1 \dots N-1$   
 $d^{(1)}(k) = d^{(1)}(k-1) - u^{-1} \text{ mod } N$   
 $a(k) = (a(k-1) + d^{(1)}(k)) \text{ mod } N$   
 fin.

4. Un aparato para generar exponentes de los elementos del preámbulo, representado por una secuencia de Zadoff-Chu de longitud N, donde N es impar, para la sincronización del enlace ascendente de estaciones de telefonía móvil, incluyendo el citado aparato:

5 un proveedor de valor inicial (32) configurado para determinar un exponente inicial del primer elemento de la secuencia de Zadoff-Chu, y una primera diferencia inicial entre los exponentes de elementos consecutivos de la misma secuencia de Zadoff-Chu;

una unidad de iteración (34, 36, 38, D; 44, 36, 38, D) configurada para determinar los exponentes de los elementos restantes de la secuencia de Zadoff-Chu a partir de la primera diferencia inicial y del exponente inicial en un procedimiento iterativo que evita operaciones de multiplicación, donde

10 el proveedor de valor inicial (32) está configurado para determinar el exponente inicial  $a(0)$  y la primera diferencia inicial  $d^{(1)}(0)$  como:

$$a(0) = 0$$

$$d^{(1)}(0) = \begin{cases} \frac{u^{-1}-1}{2}, & u^{-1} \text{ impar} \\ \frac{u^{-1}}{2} + \frac{N-1}{2}, & u^{-1} \text{ par} \end{cases}$$

donde  $u^{-1}$  es el inverso módulo de N de un índice u que define la secuencia de Zadoff-Chu; y donde

15 la unidad de iteración (34, 36, 38, D) está configurada para determinar los exponentes  $a(k)$ ,  $k = 1 \dots N-1$  de los restantes elementos de la secuencia de Zadoff-Chu de acuerdo con el procedimiento iterativo:

para  $k = 1 \dots N-1$

$$d^{(1)}(k) = d^{(1)}(k-1) - u^{-1}$$

si  $d^{(1)}(k) < 0$ , entonces  $d^{(1)}(k) = d^{(1)}(k) + N$

$$a(k) = a(k-1) + d^{(1)}(k)$$

20 si  $a(k) > N-1$  entonces  $a(k) = a(k)-N$

fin.

5. Un generador de secuencia de Zadoff-Chu que incluye un aparato de acuerdo con la reivindicación 3 ó 4.

6. Un receptor de preámbulo de acceso aleatorio que incluye un conjunto de generadores de secuencia de Zadoff-Chu de acuerdo con la reivindicación 5.

25 7. Una estación de base que incluye un receptor de preámbulo de acceso aleatorio de acuerdo con la reivindicación 6.

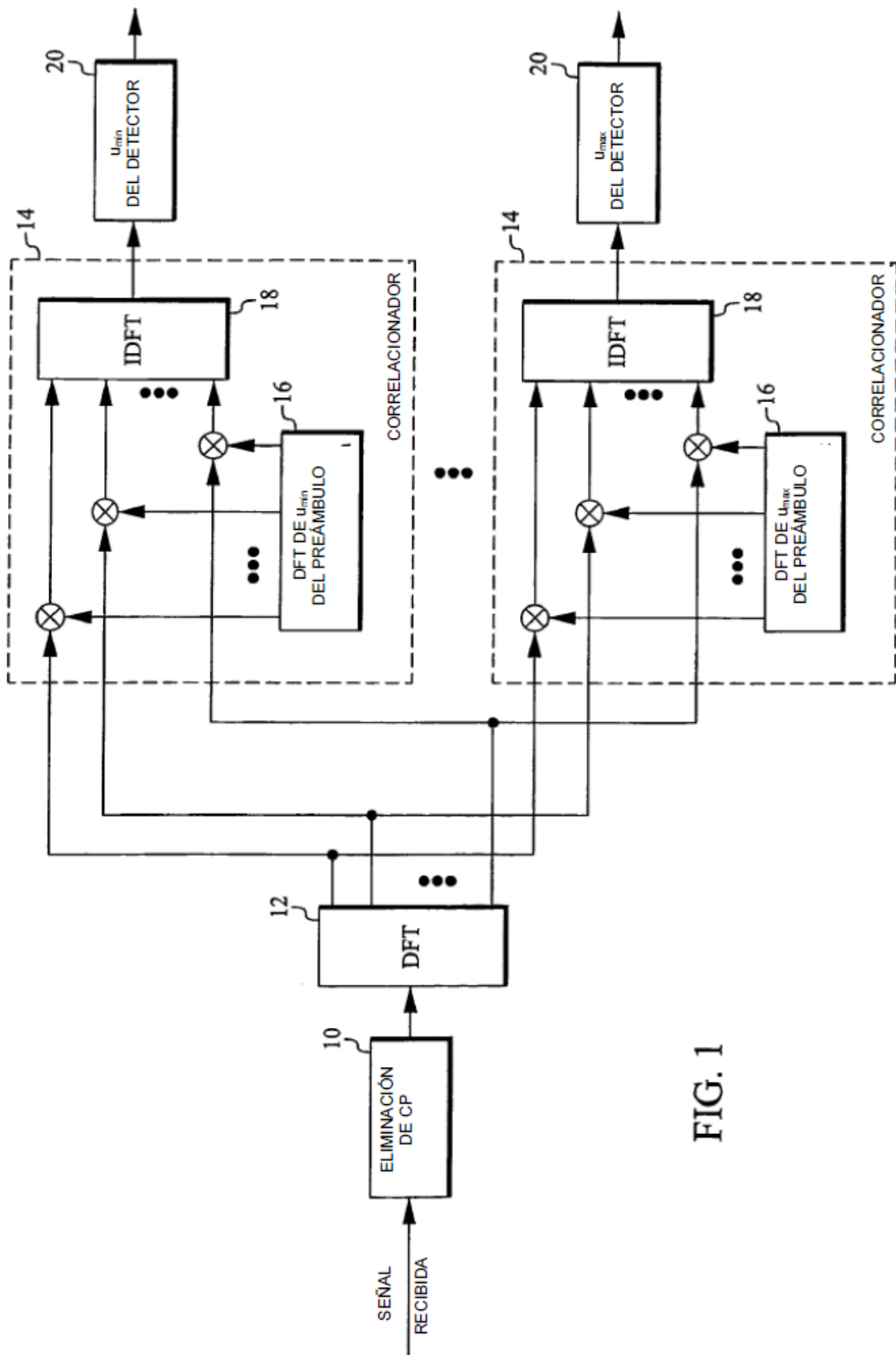


FIG. 1

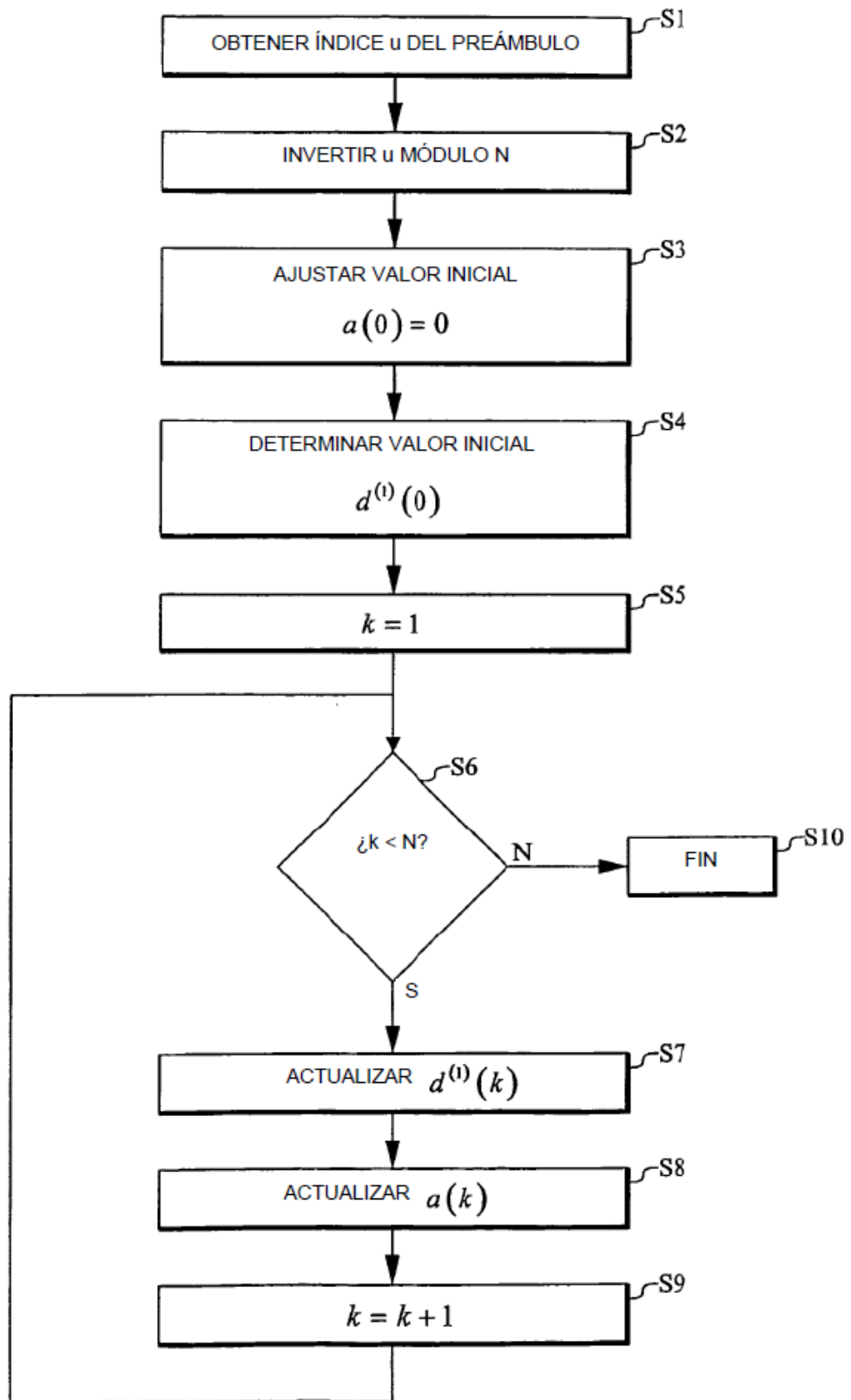


FIG. 2

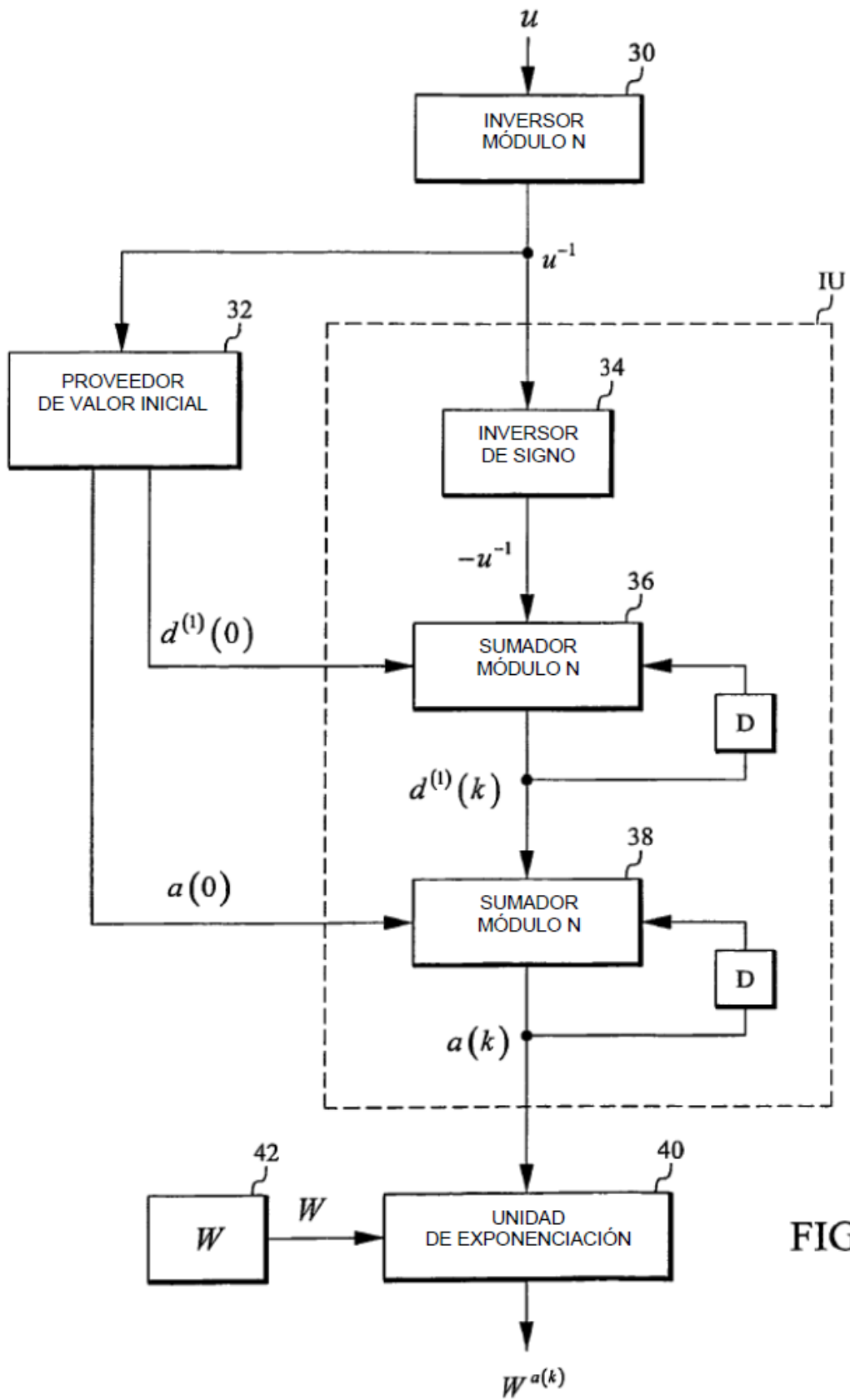


FIG. 3

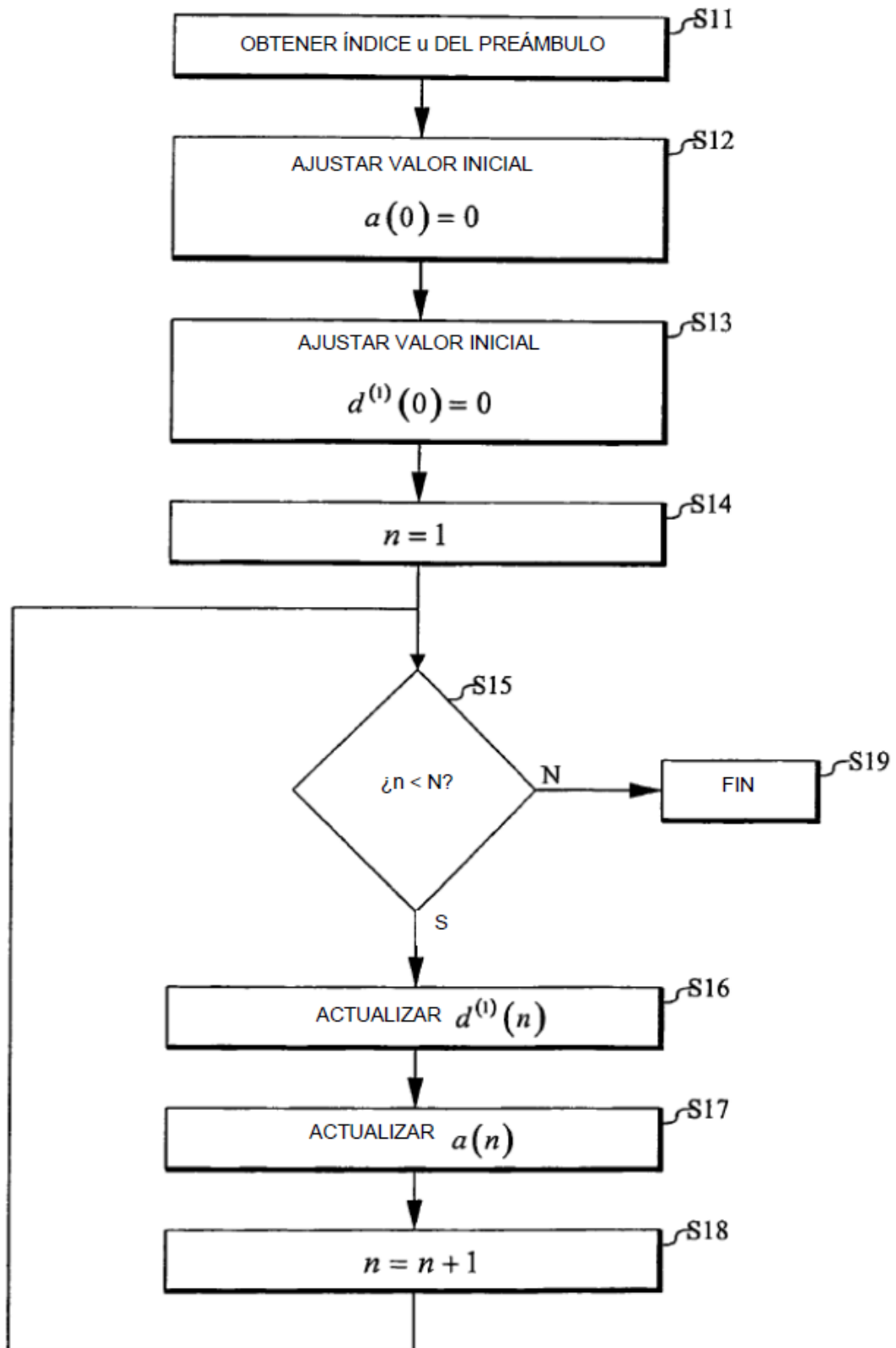


FIG. 4

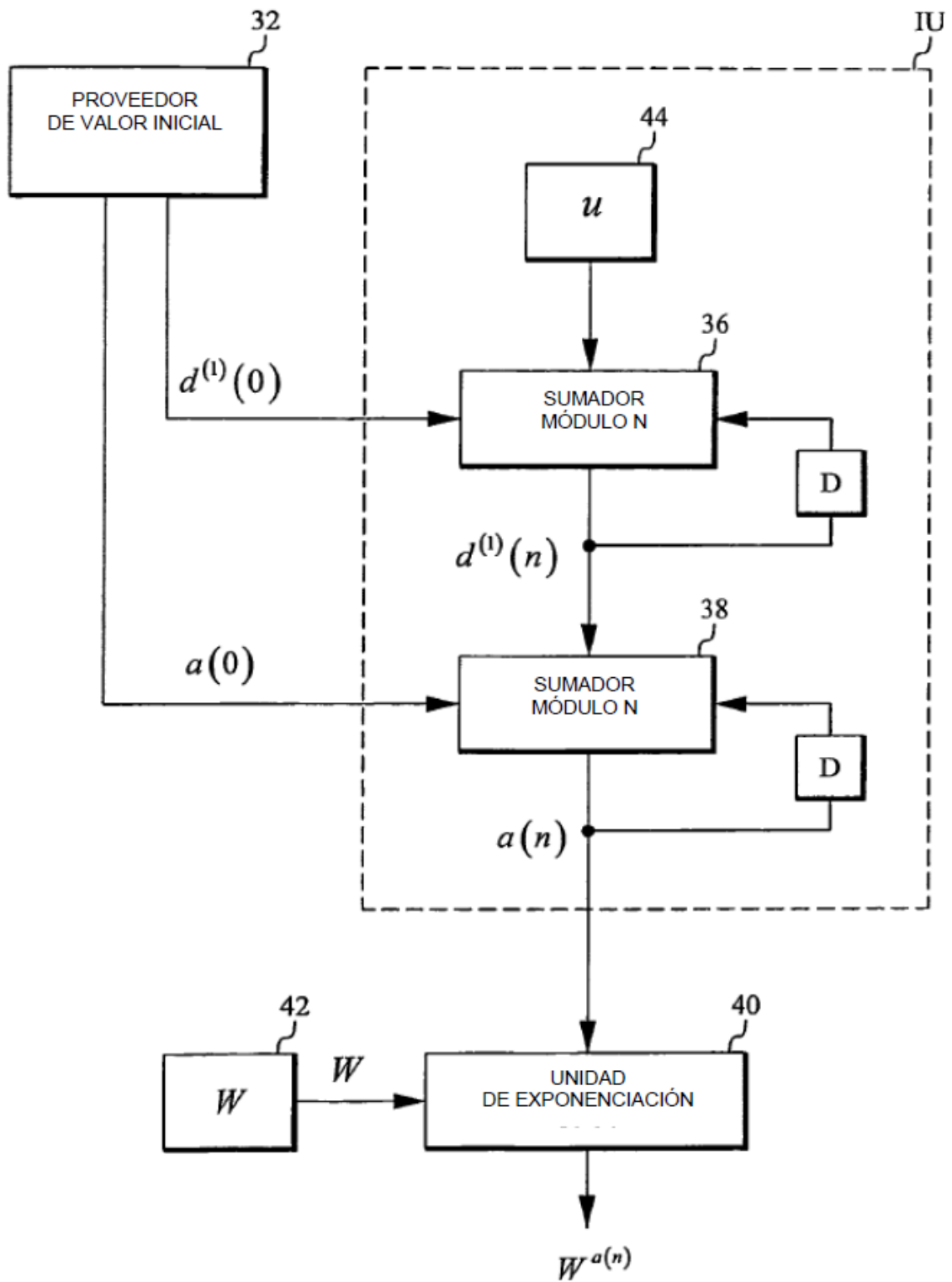


FIG. 5