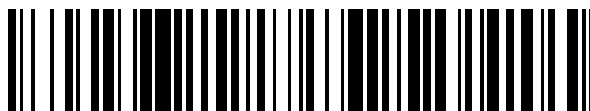


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 364**

51 Int. Cl.:

H04L 27/26 (2006.01)

H04J 13/00 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2008 E 15194770 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 3054640**

54 Título: **Generación de una señal de referencia en un sistema de comunicación inalámbrico**

30 Prioridad:

07.09.2007 US 970754 P
14.09.2007 US 972401 P
09.10.2007 US 978415 P
09.10.2007 US 978687 P
11.04.2008 KR 20080033799

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
24.04.2019

73 Titular/es:

OPTIS CELLULAR TECHNOLOGY, LLC (100.0%)
P.O. Box 250649
Plano, TX 75025, US

72 Inventor/es:

HAN, SEUNG HEE;
NOH, MINSEOK y
LEE, DAEWON

74 Agente/Representante:

MILTENYI , Peter

ES 2 710 364 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 una señal de referencia en un sistema de comunicación inalámbrico

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a comunicación inalámbrica, y más concretamente, a un método de generación de una señal de referencia en un sistema de comunicación inalámbrico.

Técnica anterior

En general, se usa una secuencia para diversos canales y señales en un sistema de comunicación inalámbrico. La secuencia en el sistema de comunicación inalámbrico necesita satisfacer las siguientes características:

- (1) Buenas características de correlación para proporcionar alto rendimiento de detección,
- 10 (2) Baja CM (Métrica Cúbica) para mejorar la eficiencia de un amplificador de potencia,
- (3) Generación de un gran número de secuencias para transmitir una gran cantidad de información o facilitar planificación de celdas.
- (4) Ser capaz de ser generada de una forma cerrada para reducir una capacidad de una memoria para la secuencia.

15 Se usa un canal de sincronización de enlace descendente para realizar sincronización de tiempo y frecuencia entre una estación base y un equipo de usuario y realizar búsqueda de celdas. Una señal de sincronización de enlace descendente, a saber, una secuencia, se transmite sobre el canal de sincronización de enlace descendente, y la sincronización se realiza a través de una operación de correlación con la señal de sincronización de enlace descendente recibida. Se puede identificar un ID de celda física a través del canal de sincronización de enlace descendente. Debido a que se debería identificar un ID de celda único, según se incrementa el número de secuencias disponibles, es ventajoso en términos de planificación de celdas.

20 Se usa un canal de sincronización de enlace ascendente para realizar sincronización de tiempo y frecuencia y realizar un acceso de un registro de red, una petición de programación, o similar. Una secuencia se transmite sobre el canal de sincronización de enlace ascendente, y cada secuencia correspondiente se reconoce como una oportunidad única. Tras detectar una secuencia, la estación base puede reconocer a través de qué oportunidad el equipo de usuario ha transmitido el canal de sincronización de enlace ascendente. Además, a través de la secuencia detectada, se puede estimar un seguimiento de temporización, un desplazamiento de frecuencia residual, o similar. Según se aumenta el número de oportunidades, se puede reducir la probabilidad de colisión entre equipos de usuario. De esta manera, un gran número de secuencias es ventajoso en términos de planificación de celdas. El canal de sincronización de enlace ascendente se denomina un canal de acceso aleatorio (Random Access Channel, RACH) o un canal oscilante (ranging channel) dependiendo de un sistema.

25 Se puede usar una secuencia como información de control transmitida sobre un canal de control. Esto significa que la información de control tal como una señal de ACK (Reconocimiento)/NACK (Reconocimiento Negativo), un CQI (Indicador de Calidad de Canal), etc. se puede correlacionar con la secuencia. El mayor número de secuencias disponibles es ventajoso para transmitir diversa información de control.

30 Se usa un código de aleatorización para proporcionar aleatorización o reducción de la relación de potencia pico a media (Peak-to-Average Power Ratio, PAPR). En términos de planificación de celdas, un mayor número de secuencias es ventajoso que sea usado para aleatorizar códigos.

35 Cuando varios usuarios se multiplexan en un único canal a través de multiplexación por división de código (CDM), se puede usar una secuencia para garantizar la ortogonalidad entre usuarios. Una capacidad de multiplexación está relacionada con el número de secuencias disponibles.

40 Se usa una señal de referencia por un receptor para estimar un canal de desvanecimiento y/o se usa para demodular datos. Además, la señal de referencia se usa para obtener sincronización cuando el equipo de usuario despierta de un seguimiento de tiempo/frecuencia o en modo reposo. De esta manera, se usa la señal de referencia de manera variable. La señal de referencia usa una secuencia, y el mayor número de secuencias es ventajoso en términos de planificación de celdas. La señal de referencia también se conoce como piloto.

45 Hay dos tipos de señales de referencia de enlace ascendente: una señal de referencia de demodulación y una señal de referencia de sondeo. La señal de referencia de demodulación se usa para estimación de canal para demodulación de datos, y la señal de referencia de sondeo se usa para programación de usuario. En particular, la señal de referencia de enlace ascendente se transmite por un equipo de usuario con una capacidad de batería limitada, de manera que las características de PAPR o CM de las secuencias usadas para la señal de referencia de enlace ascendente son críticas. Además, para disminuir el coste del equipo de usuario, es necesario reducir la cantidad de memoria requerida para generar secuencias.

El documento R1-073626 titulado "Reference signal generation method for E-UTRAN uplink", Panasonic et al. 3GPP, TSG RAN WG1 Meeting #50, analiza los criterios para seleccionar las señales de referencia de canales PUCCH y PUSCH en una red E-UTRAN.

5 El documento R1-070190 titulado "uplink reference signal structure and location for E-UTRAN", Panasonic et al., 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #47bis, describe la estructura de señales de referencia de enlace ascendente para demodulación, y la asignación de señales de referencia entre celdas adyacentes para mitigar la interferencia en la secuencia de señal de referencia en caso de transmisión de datos de banda estrecha.

10 El documento R1-070234 titulado "Several types of uplink reference signal sequence" LG Electronics, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #47bis, analiza las propiedades de las secuencias de señales de referencia de enlace ascendente para cada tipo de señal de referencia que usan secuencias ZC.

Cualquier ocurrencia del término "realización" en la descripción se tiene que considerar como un "aspecto de la invención", estando definida la invención solo en las reivindicaciones independientes adjuntas.

Sumario

Problema técnico:

15 Se busca un método para generar una secuencia adecuada para una señal de referencia de enlace ascendente.

Se busca un método para transmitir una señal de referencia de enlace ascendente.

Solución técnica:

Se busca un método para generar una secuencia adecuada para una señal de referencia de enlace ascendente como se expone en la reivindicación 1.

20 Más precisamente, la invención se refiere a un método de generación de una señal de referencia en un sistema de comunicación inalámbrico, el método que comprende adquirir una secuencia base $x_u(n)$ y adquirir una secuencia de señal de referencia $r(n)$ con una longitud N a partir de la secuencia base $x_u(n)$, en donde la secuencia base $x_u(n)$ se expresa por

$$x_u(n) = e^{jp(n)\pi/4}$$

25 y, si $N=12$, se usa al menos uno de los valores proporcionados en la tabla de más abajo como un valor del parámetro de fase $p(n)$:

$P(0), \dots, p(11)$
-1 3 -1 1 1 -3 -3 -1 -3 -3 3 -1
-1 3 1 3 1 -1 -1 3 -3 -1 -3 -1
-1 -3 1 1 1 1 3 1 -1 1 -3 -1
-1 3 -3 3 -1 3 3 -3 3 3 -1 -1

Además, si $N=24$, se puede usar al menos uno de los valores proporcionados en la tabla de más abajo como un valor del parámetro de fase $p(n)$:

$p(0), \dots, p(23)$
-1 -3 3 -1 -1 -1 -1 1 1 -3 3 1 3 3 1 -1 1 -3 1 -3 1 1 -3 -1
-1 -3 3 -3 -3 -3 -1 -1 -3 -1 -3 3 1 3 -3 -1 3 -1 1 -1 3 -3 1 -1
-1 -1 1 -3 1 3 -3 1 -1 -3 -1 3 1 3 1 -1 -3 -3 -1 -1 -3 -3 -3 -1
-1 -3 1 1 3 -3 1 1 -3 -1 -1 1 3 1 3 1 -1 3 1 1 -3 -1 -3 -1
-1 -3 -1 -1 1 -3 -1 -1 1 -1 -3 1 1 -3 1 -3 -3 3 1 1 -1 3 -1 -1

La secuencia de señal de referencia $r(n)$ se puede adquirir como

$$r(n) = e^{j\alpha n} x_u(n)$$

mediante un cambio cíclico α de la secuencia base $x_u(n)$.

- 5 Más precisamente, la invención se refiere a un método para transmitir una señal de referencia en un sistema de comunicación inalámbrico, el método que comprende adquirir una secuencia de señal de referencia $r(n)$ con una longitud N desde una secuencia base $x_u(n)$, correlacionar la secuencia de señal de referencia con el número N de subportadoras, y transmitir las secuencias de señal de referencia correlacionadas sobre un canal de enlace ascendente, en donde la secuencia base $x_u(n)$ se expresa por

$$x_u(n) = e^{jp(n)\pi/4}$$

- 10 y, si $N=12$, se usa al menos uno de los valores proporcionados en la tabla de más abajo como un valor del parámetro de fase $p(n)$:

$p(0), \dots, p(11)$
-1 3 -1 1 1 -3 -3 -1 -3 -3 3 -1
-1 3 1 3 1 -1 -1 3 -3 -1 -3 -1
-1 -3 1 1 1 1 3 1 -1 1 -3 -1
-1 3 -3 3 -1 3 3 -3 3 3 -1 -1

- 15 Aún en otro aspecto, un método para transmitir una señal de referencia en un sistema de comunicación inalámbrico incluye adquirir una secuencia de señal de referencia $r(n)$ que tiene una longitud N desde una secuencia base $x_u(n)$, correlacionar la secuencia de señal de referencia con el número N de subportadoras y transmitir las secuencias de señal de referencia correlacionadas sobre un canal de enlace ascendente.

Efectos ventajosos

- 20 Las secuencias generadas a partir de una ecuación de generación de forma cerrada se comparan con secuencias comparativas, de las cuales se usan aquellas con buena correlación y características CM como una señal de referencia de enlace ascendente. Aunque aquellas secuencias con buena correlación y características CM se usan junto con las secuencias comparativas como la señal de referencia de enlace ascendente, se pueden mantener las características de secuencia deseadas, para mejorar de esta manera un rendimiento de demodulación de datos y realizar una programación de enlace ascendente precisa.

Breve descripción de los dibujos

- 25 La FIG. 1 es un diagrama de bloques esquemático de un transmisor según una realización de la presente invención.
 La FIG. 2 es un diagrama de bloques esquemático de un generador de señal según un esquema SC-FDMA.
 La FIG. 3 muestra la estructura de una trama radio.
 La FIG. 4 es una vista ejemplar que muestra una cuadrícula de recursos para un intervalo de enlace ascendente.
 La FIG. 5 muestra la estructura de una subtrama de enlace ascendente.
 30 La FIG. 6 es una vista conceptual que muestra una extensión cíclica.
 La FIG. 7 muestra un método de truncamiento.
 La FIG. 8 es un diagrama de flujo que ilustra el proceso de un método de transmisión de señal de referencia según una realización de la presente invención.

Modo para la invención

- 35 En lo sucesivo, enlace descendente se refiere a comunicación desde una estación base (BS) a un equipo de usuario (UE), y enlace ascendente se refiere a comunicación desde el UE a la BS. En el enlace descendente, un transmisor puede ser una parte de la BS y un receptor puede ser una parte del UE. En el enlace ascendente, un transmisor puede ser una parte del UE, y un receptor puede ser una parte de la BS. El UE puede ser un fijo o móvil, y se puede

denominar según otra terminología, tal como una estación móvil (MS), un terminal de usuario (UT), una estación de abonado (SS), un dispositivo inalámbrico, etc. La BS es generalmente una estación fija que comunica con el UE y se puede denominar según otra terminología, tal como un nodo-B, un sistema transceptor base (BTS), un punto de acceso, etc. Puede haber una o más celdas dentro de la cobertura de la BS.

5 I. Sistema

La FIG. 1 es un diagrama de bloques esquemático que muestra un transmisor según una realización de la presente invención.

Con referencia a la FIG. 1, un transmisor 100 incluye un generador de señal de referencia 110, un procesador de datos 120, un correlacionador (mapper) de recursos físicos 130 y un generador de señal 140.

10 El generador de señal de referencia 110 genera una secuencia para una señal de referencia. Hay dos tipos de señales de referencia: una señal de referencia de demodulación y una señal de referencia de sondeo. La señal de referencia de demodulación se usa para estimación de canal para demodulación de datos, y la señal de referencia de sondeo se usa para programación del enlace ascendente. Se puede usar la misma secuencia de señal de referencia para la señal de referencia de demodulación y la señal de referencia de sondeo.

15 El procesador de datos 120 procesa los datos de usuario para generar símbolos de valores complejos. El correlacionador de recursos físicos 130 correlaciona los símbolos de valores complejos para la secuencia de señal de referencia y/o datos de usuario con recursos físicos. Los símbolos de valores complejos se pueden correlacionar con recursos físicos mutuamente exclusivos. Los recursos físicos se pueden denominar como elementos de recurso o subportadoras.

20 El generador de señal 140 genera una señal en el dominio del tiempo a ser transmitida a través de una antena de transmisión 190. El generador de señal 140 puede generar la señal en el dominio del tiempo según un esquema de acceso múltiple por división en frecuencia de portadora única (SC-FDMA) y, en este caso, la señal en el dominio del tiempo producida por el generador de señal 140 se denomina un símbolo SC-FDMA o un símbolo de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA).

25 En la siguiente descripción, se supone que el generador de señal 140 usa el esquema SC-FDMA, pero se toma meramente como un ejemplo y no hay límite del esquema de acceso múltiple al cual se aplica la presente invención. Por ejemplo, la presente invención se puede aplicar a otros diversos esquemas de acceso múltiple tales como un OFDMA, acceso múltiple por división de código (CDMA), acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) o acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA).

30 La FIG. 2 es un diagrama de bloques esquemático de un generador de señal según el esquema SC-FDMA.

Con referencia a la FIG. 2, el generador de señal 200 incluye una unidad de transformada de Fourier discreta (DFT) 210 para realizar la DFT, un correlacionador de subportadoras 230, y una unidad de transformada rápida de Fourier (IFFT) 240 para realizar la IFFT. La unidad de DFT 210 realiza la DFT sobre los datos introducidos y produce símbolos en el dominio de la frecuencia. El correlacionador de subportadoras 240 correlaciona los símbolos en el dominio de la frecuencia con cada subportadora, y la unidad de IFFT 230 realiza la IFFT sobre los símbolos introducidos para producir una señal en el dominio del tiempo.

35 Se puede generar una señal de referencia en el dominio del tiempo e introducirla en la unidad de DFT 230. Alternativamente, la señal de referencia se puede generar en el dominio de la frecuencia y correlacionarla directamente con las subportadoras.

40 La FIG. 3 muestra la estructura de una trama radio.

Con referencia a la FIG. 3, una trama radio incluye diez subtramas. Cada subtrama incluye dos intervalos. Un intervalo para transmitir una única subtrama se denomina un intervalo de tiempo de transmisión (TTI). Por ejemplo, el TTI puede ser 1 milisegundo (ms) y el intervalo de un único intervalo puede ser 0,5ms. Un intervalo puede incluir una pluralidad de símbolos SC-FDMA en el dominio del tiempo y una pluralidad de bloques de recursos en el dominio de la frecuencia.

45 La estructura de la trama radio es meramente un ejemplo, y el número de subtramas incluido en la trama radio, el número de intervalos incluidos en la subtrama, y el número de símbolos SC-FDMA incluidos en el intervalo puede variar.

La FIG. 4 muestra una cuadrícula de recursos para un intervalo de enlace ascendente.

50 Con referencia a la FIG. 4, un intervalo de enlace ascendente incluye una pluralidad de símbolos SC-FDMA en el dominio del tiempo y una pluralidad de bloques de recursos en el dominio de la frecuencia. Aquí, se muestra que el intervalo de enlace ascendente incluye siete símbolos SC-FDMA, y un bloque de recursos incluye doce subportadoras, pero esos son meramente ejemplos, y la presente invención no está limitada a los mismos.

Cada elemento de la cuadrícula de recursos se denomina un elemento de recurso. Un bloque de recursos único incluye 12x7 elementos de recurso. El número (N^U) de bloques de recursos incluido en el intervalo de enlace ascendente depende de un ancho de banda de transmisión del enlace ascendente.

La FIG. 5 muestra la estructura de una subtrama de enlace ascendente.

- 5 Con referencia a la FIG. 5, una subtrama de enlace ascendente se puede dividir en dos partes: una zona de control y una zona de datos. Una parte del medio de la subtrama se asigna a la zona de datos, y ambas partes laterales de la zona de datos se asignan a la zona de control. La zona de control es una zona para transmitir señales de control, que está asignada típicamente a un canal de control. La zona de datos es una zona para transmitir datos, que está asignada típicamente a un canal de datos. Un canal asignado a la zona de control se denomina un canal de control de enlace ascendente físico (PUCCH), y un canal asignado a la zona de datos se denomina un canal compartido de enlace ascendente físico (PUSCH). Un UE no puede transmitir simultáneamente el PUCCH y el PUSCH.

- 10 La señal de control incluye una señal de ACK (Reconocimiento)/NACK (Reconocimiento Negativo) que es una realimentación de la petición de respuesta automática híbrida (HARQ) para datos de enlace descendente, un indicador de calidad de canal (CQI) que indica una condición del canal de enlace descendente, una señal de petición de programación que se usa para solicitar un recurso radio de enlace ascendente, o similar.

- 15 El PUCCH usa un bloque de recursos único que ocupa frecuencias mutuamente diferentes en cada uno de los dos intervalos de una subtrama. Los dos bloques de recursos asignados al PUCCH se saltan en frecuencia en un límite del intervalo. Aquí, se ilustra que dos PUCCH, uno que tiene $m=0$ y otro que tiene $m=1$, están asignados a una subtrama, pero se puede asignar una pluralidad de PUCCH a una subtrama.

20 II. Secuencia de Zadoff-Chu (ZC)

- Una secuencia Zadoff-Chu (ZC) se usa comúnmente en una comunicación inalámbrica debido a que tiene buenas características de CM y características de correlación. La secuencia de ZC es una de las secuencias basadas en amplitud constante y autocorrelación cero (CAZAC). La secuencia de ZC tiene características ideales con una amplitud constante en los dominios tanto del tiempo como de la frecuencia a través de DFT (o IDFT) y una autocorrelación periódica en forma de impulso. De esta manera, la aplicación de la secuencia de ZC al SC-FDMA u OFDMA basada en DFT muestra muy buenas características de PAPR (o CM).

Una ecuación de generación de una secuencia de ZC con una longitud de N_{zc} es como sigue:

[Ecuación 1]

$$x_u(m) = \begin{cases} e^{-j \frac{\pi u m(m+1)}{N_{zc}}} & \text{para } N_{zc} \text{ impar} \\ e^{-j \frac{\pi u m^2}{N_{zc}}} & \text{para } N_{zc} \text{ par} \end{cases}$$

- 30 donde $0 \leq m \leq N_{zc}-1$, y 'u' indica un índice raíz que es un número natural no mayor que N_{zc} . El índice raíz u es un número relativamente primo con N_{zc} . Ello significa que cuando se determina N_{zc} , el número de índices raíz llega a ser el número de secuencias de ZC raíz disponibles. Por consiguiente, cuando el N_{zc} es un número primo, se puede obtener el mayor número de secuencias de ZC raíz. Por ejemplo, si N_{zc} es 12 que es un número compuesto, el número de secuencias de ZC raíz disponibles es 4 ($u=1, 5, 7, 11$). Si N_{zc} es 13 que es un número primo, el número de secuencias de ZC raíz disponibles es 12 ($u=1, 2, \dots, 10$).

- 35 En general, una secuencia de ZC que tiene la longitud de un número primo tiene mejores características de CM o correlación que aquéllas de una secuencia de ZC que tiene la longitud de un número compuesto. En base a este hecho, hay dos métodos para aumentar el número de secuencias de ZC cuando la longitud de las secuencias de ZC deseada a ser generada no es un número primo: Uno es un método basado en una extensión cíclica y el otro es un método basado en truncamiento.

- 40 La FIG. 6 es una vista conceptual que muestra el método de extensión cíclica. El método de extensión cíclica se refiere a un método en el que (1) cuando la longitud de las secuencias de ZC deseadas es 'N', (2) las secuencias de ZC se generan seleccionando un número primo menor que la longitud N deseada como N_{zc} , y (3) las secuencias de ZC generadas se extienden cíclicamente a la parte restante ($N-N_{zc}$) para generar secuencias de ZC con la longitud N. Por ejemplo, si N es 12, N_{zc} se selecciona para que sea 11 para obtener todas las 10 secuencias de ZC extendidas cíclicamente.

Usando la secuencia de ZC $x_u(m)$ de la Ecuación 1, las secuencias extendidas cíclicamente $r_{CE}(n)$ se pueden expresar como se muestra más abajo:

[Ecuación 2]

$$r_{CE}(n) = x_u(n \bmod N_{ZC})$$

5 donde $0 \leq n \leq N-1$, 'a mod b' indica una operación de módulo, que supone un residuo obtenido dividiendo 'a' por 'b', y N_{ZC} indica el mayor número primo entre números naturales no mayores que N.

La FIG. 7 es una vista conceptual que muestra un método de truncamiento. El método de truncamiento se refiere a un método en el que (1) cuando la longitud de las secuencias de ZC deseadas es N, (2) un número primo mayor que la longitud deseada N se selecciona como N_{ZC} para generar secuencias de ZC, y (3) la parte restante ($N_{ZC}-N$) se trunca para generar secuencias de ZC con la longitud N. Por ejemplo, si N es 12, N_{ZC} se selecciona para que sea 13 para obtener todas las doce secuencias de ZC truncadas.

Usando la secuencia de ZC $x_u(m)$ de la Ecuación 1, las secuencias truncadas y generadas $r_{TR}(n)$ se pueden expresar como se muestra más abajo:

[Ecuación 3]

$$r_{TR}(n) = x_u(n)$$

15 donde $0 \leq n \leq N-1$, y N_{ZC} indica el menor número primo entre los números naturales no menores que N.

Cuando se generan secuencias usando las secuencias de ZC descritas anteriormente, se maximiza el número de secuencias disponibles cuando N_{ZC} es un número primo. Por ejemplo, si la longitud N de las secuencias deseadas es 11, cuando se generan las secuencias de ZC de $N_{ZC}=11$, el número de secuencias disponibles es un máximo de 10. Si la cantidad de información necesaria o el número de secuencias usadas debería ser más de diez secuencias, la secuencia de ZC no se puede usar.

Si la longitud de las secuencias deseadas es $N=12$, se selecciona $N_{ZC}=11$ y se realiza la extensión cíclica o se selecciona $N_{ZC}=13$ y se realiza un truncamiento para generar así diez secuencias de ZC en caso de la extensión cíclica y doce secuencias de ZC en caso del truncamiento. En este caso, no obstante, si se requieren más secuencias (por ejemplo, 30 secuencias), las secuencias de ZC que tienen tales buenas características como que satisfacen las secuencias no se pueden generar.

En particular, si se requieren secuencias que tienen buenas características de CM, el número de secuencias disponibles se puede reducir severamente. Por ejemplo, preferiblemente, las secuencias usadas para una señal de referencia es menor que un valor de CM en transmisión de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK) cuando se considera un aumento de potencia. Cuando se usa un esquema de SC-FDMA, un valor de CM en transmisión QPSK es 1,2dB. Si se seleccionan secuencias que satisfacen los requerimientos de CM en QPSK de entre las secuencias de ZC disponibles, el número de secuencias disponibles a ser usado para la señal de referencia se reduciría. En detalle, la tabla de más abajo muestra los valores de CM de secuencias generadas después de ser extendidas cíclicamente seleccionando $N_{ZC}=1$ en el caso donde la longitud de las secuencias deseadas es $N=12$.

[Tabla 1]

Índice de secuencia	u	CM [dB]
0	1	0,17
1	2	1,32
2	3	1,50
3	4	0,85
4	5	0,43
5	6	0,43
6	7	0,85
7	8	1,50

Índice de secuencia	u	CM [dB]
8	9	1,32
9	10	0,17

Como se señala en la tabla anterior, si un valor umbral es 1,2dB, los requerimientos de CM en QPSK, el número de secuencias disponibles se reduce de diez a seis (u=0, 4, 5, 6, 7, 10).

- 5 Por lo tanto, se requiere un método de generación de una secuencia que pueda tener buenas características de CM y de correlación y pueda reducir la capacidad de memoria requerida para generar o almacenar secuencias disponibles.

III. Ecuación de generación de secuencia

Una ecuación de generación de forma cerrada para generar secuencias que tienen buenas características de CM y de correlación es una expresión polinómica con un tamaño uniforme y una componente de fase de orden k.

- 10 La ecuación de generación de forma cerrada con respecto a una secuencia r(n) es como sigue:

[Ecuación 4]

$$r(n) = x_u(n), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j(u_0 m^k + u_1 m^{k-1} + \dots + u_{k-1} m^1 + u_k)}$$

- 15 donde m=0, 1, ..., N-1, 'N' indica la longitud de la secuencia r(n), y u₀, u₁, ..., u_k indican números reales arbitrarios. x_u(m) es una secuencia base para generar la secuencia r(n). 'u' es un valor que representa un índice de secuencia y está en una relación de correlación uno a uno con la combinación de u₀, u₁, ..., u_k.

Aquí, u_k es una componente para cambiar la fase de las secuencias enteras y no da efecto en la generación de las secuencias. De esta manera, la Ecuación 4 se puede expresar mediante la siguiente forma:

[Ecuación 5]

$$r(n) = x_u(n), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j(u_0 m^k + u_1 m^{k-1} + \dots + u_{k-1} m^1)}$$

- 20 En un ejemplo de diferencia, una ecuación de generación de forma cerrada con respecto a una secuencia r(n) obtenida aproximando o cuantificando un valor de fase en la secuencia de la Ecuación 4 se puede expresar como sigue:

[Ecuación 6]

$$r(n) = x_u(n), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j * \text{cuan}(u_0 m^k + u_1 m^{k-1} + \dots + u_{k-1} m^1 + u_k)}$$

- 25 donde m=0, 1, ..., N-1, 'N' indica la longitud de la secuencia r(n), y u₀, u₁, ..., u_k indican números reales arbitrarios. cuan(.) indica una función de cuantificación que supone aproximar o cuantificar a un valor particular.

Un valor real y un valor imaginario de los resultados de la secuencia en la Ecuación 6 se pueden aproximar/cuantificar como se muestra más abajo:

[Ecuación 7]

$$r(n)=x_u(n) , \quad 0 \leq n \leq N-1 ,$$

$$x_u(m)=\frac{1}{\sqrt{p_n}} \text{ cuan} \left(e^{-j(u_0 m^k + u_1 m^{k-1} + \dots + u_{k-1} m^1 + u_k)} \right)$$

donde $m=0, 1, \dots, N-1$, y p_n indica un factor de normalización para regular la amplitud de una secuencia generada.

En la Ecuación 6, los valores en un círculo unidad complejo que puede tener una $e^{-j\theta}$ se cuantifican al número N_q . Los valores cuantificados se pueden aproximar a las coordenadas de QPSK $\{0,7071+j0,7071, 0,7071-j0,7071, -0,7071+j0,7071, -0,7071-j0,7071\}$, o aproximar a $\{\exp(-j*2*\pi*0/8), \exp(-j*2*\pi*1/8), \exp(-j*2*\pi*2/8), \exp(-j*2*\pi*3/8), \exp(-j*2*\pi*4/8), \exp(-j*2*\pi*5/8), \exp(-j*2*\pi*6/8), \exp(-j*2*\pi*7/8)\}$ en forma de 8 PSK.

En este caso, según los métodos de aproximación, los valores se pueden aproximar a los valores más cercanos, al mismo o a los valores pequeños más cercanos, o al mismo o a los valores grandes más cercanos.

En la Ecuación 7, un valor real y un valor imaginario generados a partir del valor de función exponencial se aproximan a la constelación particular más cercana. Es decir, por ejemplo, se aproximan a M-PSK o M-QAM. Además, el valor real y el valor imaginario se pueden aproximar a $\{+1, -1, 0\}$ a través de una función de signo que produce el signo del valor.

En las Ecuaciones 6 y 7, para aproximar al QPSK más cercano, el valor de u_k se puede fijar que sea $\pi*1/4$. Además, se puede usar una función de redondeo que redondea significativamente como una forma particular de la función de cuantificación. La función de cuantificación se puede usar en una parte de la fase de una función exponencial o en la función exponencial entera.

Se pueden fijar variables según un criterio particular para generar secuencias a partir de las ecuaciones de generación. El criterio puede considerar las características de CM o de correlación. Por ejemplo, se pueden fijar un valor de CM y un umbral de correlación cruzada para generar secuencias.

Ahora se describirán ecuaciones de generación detalladas para generar secuencias a partir de las ecuaciones de generación generales descritas anteriormente.

Primera realización: Forma de expresión polinómica simple (k=3)

Se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación:

[Ecuación 8]

$$r(n)=x_u(n) , \quad 0 \leq n \leq N-1 ,$$

$$x_u(m)=e^{-j(u_0 m^3 + u_1 m^2 + u_2 m^1)}$$

donde $m=0, 1, \dots, N-1$, 'N' indica la longitud de la secuencia $r(n)$, y u_0, u_1, u_2 indican números reales arbitrarios.

Segunda realización: Secuencia de ZC modificada

Se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación:

[Ecuación 9]

$$r(n)=x_u(n) , \quad 0 \leq n \leq N-1 ,$$

$$x_u(m)=e^{-j \frac{\pi(u_0 m^k + u_1 m^{k-1} + \dots + u_{k-1} m^1)}{N}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N-1$, 'N' indica la longitud de la secuencia $r(n)$, y $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ indican números reales arbitrarios.

Esta ecuación de generación tiene las siguientes ventajas. En primer lugar, las secuencias de ZC que tienen buenas características que se pueden crear con la longitud N se pueden incluir en un conjunto de secuencias disponibles. Por ejemplo, si $k=2$, $u_1=1$ y u_0 es un entero, es equivalente a las secuencias de ZC cuando N en la Ecuación 1 es un número par. Si $k=2$, u_1 y u_0 son enteros, y $u_1=u_0$, es equivalente a secuencias de ZC cuando N en la Ecuación 1 es un número impar. En segundo lugar, las secuencias que tienen buenas características tan cerca como la distancia

Eucladiana de las secuencias de ZC optimizadas originales.

Tercera realización: Secuencia de ZC corregida extendida cíclica

Se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación:

[Ecuación 10]

$$r(n) = x_u(n \bmod N_{zc}), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi(u_0 m^k + u_1 m^{k-1} + \dots + u_{k-1} m^1)}{N_{zc}}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N-1$, N indica la longitud de la secuencia $r(n)$, y $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ indican números reales arbitrarios. N_{zc} es el mayor número primo entre números naturales menores que N . Esta ecuación de generación es ventajosa porque una secuencia de ZC existente se puede incluir en un conjunto de secuencias disponibles. Por ejemplo, si $k=2$, u_1 y u_0 son enteros, y $u_1=u_0$, es equivalente a un valor obtenido extendiendo cíclicamente la secuencia de ZC.

Cuarta realización: Secuencia de ZC modificada truncada

Se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación:

[Ecuación 11]

$$r(n) = x_u(n), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi(u_0 m^k + u_1 m^{k-1} + \dots + u_{k-1} m^1)}{N_{zc}}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N-1$, N indica la longitud de la secuencia $r(n)$, y $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ indican números reales arbitrarios. N_{zc} es el mayor número primo entre números naturales mayores que N . Esta ecuación de generación es ventajosa porque una secuencia de ZC existente se puede incluir en un conjunto de secuencias disponibles. Por ejemplo, si $k=2$, u_1 y u_0 son enteros, es equivalente a un valor obtenido truncando la secuencia de ZC.

Quinta realización: Secuencia de ZC modificada que tiene una restricción

Se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación:

[Ecuación 12]

$$r(n) = x_u(n), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi a(u_0 m^k + u_1 m^{k-1} + \dots + u_{k-1} m^1)}{N}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N-1$, N indica la longitud de la secuencia $r(n)$, y $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ indican enteros arbitrarios, y 'a' indica un número real arbitrario. 'a' sirve para restringir la granularidad de las variables $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$. Debido a que la granularidad de las variables $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ se puede cambiar en la unidad de entero a través de tal restricción, se puede reducir una memoria requerida para almacenar información de secuencias.

Sexta realización: Secuencia de ZC modificada que tiene dos restricciones

Se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación:

[Ecuación 13]

$$r(n) = x_u(n), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi a(b_0 u_0 m^k + b_1 u_1 m^{k-1} + \dots + b_{k-1} u_{k-1} m^1)}{N}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N-1$, N indica la longitud de la secuencia $r(n)$, y $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ indican enteros arbitrarios, 'a' indica

un número real arbitrario, y $b_0, b_1, \dots, b_{k-1}$ indican números reales arbitrarios. 'a' sirve para restringir la granularidad de las variables $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$. Puede restringir de manera diferente las variables a través de $b_0, b_1, \dots, b_{k-1}$. Se puede reducir una memoria requerida para almacenar información de secuencias cambiando la granularidad de las variables $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ en la unidad de entero a través de dos restricciones, y se puede obtener una secuencia de características mejores ajustando la granularidad mediante las variables.

Séptima realización: Secuencia de ZC modificada (k=3) que tiene dos restricciones

Se puede seleccionar la siguiente fórmula de creación:

[Ecuación 14]

$$r(n) = x_u(n), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi a (b_0 u_0 m^3 + b_1 u_1 m^2 + b_2 u_2 m)}{N}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N-1$, N indica la longitud de la secuencia $r(n)$, u_0, u_1, u_2 indican números enteros arbitrarios, 'a' indica un número real arbitrario, y b_0, b_1, b_2 indican enteros arbitrarios. 'a' sirve para restringir la granularidad de las variables u_0, u_1, u_2 . Puede restringir de manera diferente las variables a través de b_0, b_1, b_2 .

Octava realización: Secuencia de ZC modificada que tiene una restricción y extensión cíclica

Se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación:

[Ecuación 15]

$$r(n) = x_u(n \bmod N_{ZC}), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi a (u_0 m^k + u_1 m^{k-1} + \dots + u_{k-1} m)}{N_{ZC}}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N_{ZC}-1$, N indica la longitud de la secuencia $r(n)$, y $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ indican enteros arbitrarios, 'a' indica un número real arbitrario, y N_{ZC} indica el mayor número primo entre números naturales menores que 'N'. 'a' sirve para restringir la granularidad de las variables $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$. Debido a que la granularidad de las variables $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ se puede cambiar en la unidad de entero a través de tal restricción, se puede reducir una memoria requerida para almacenar información de secuencias.

Novena realización: Secuencia de ZC modificada que tiene dos restricciones y extensión cíclica

Se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación:

[Ecuación 16]

$$r(n) = x_u(n \bmod N_{ZC}), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi a (b_0 u_0 m^k + b_1 u_1 m^{k-1} + \dots + b_{k-1} u_{k-1} m)}{N_{ZC}}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N_{ZC}-1$, N indica la longitud de la secuencia $r(n)$, $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ indican enteros arbitrarios, 'a' indica un número real arbitrario, $b_0, b_1, \dots, b_{k-1}$ indican enteros arbitrarios, y N_{ZC} indica el mayor número primo entre números naturales menores que 'N'. 'a' sirve para restringir la granularidad de las variables $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$. Puede restringir de manera diferente las variables a través de $b_0, b_1, \dots, b_{k-1}$. Se puede reducir una memoria requerida para almacenar información de secuencias cambiando la granularidad de las variables $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ en la unidad de entero a través de dos restricciones, y se puede obtener una secuencia de características mejores ajustando la granularidad mediante las variables.

10ª realización: Secuencia de ZC modificada que tiene dos restricciones (k=3) y extensión cíclica

Se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación:

[Ecuación 17]

$$r(n)=x_u(n \bmod N_{ZC}), 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m)=e^{-j \frac{\pi a(b_0 u_0 m^3 + b_1 u_1 m^2 + b_2 u_2 m)}{N_{ZC}}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N-1$, N indica la longitud de la secuencia $r(n)$, u_0, u_1, u_2 indican enteros arbitrarios, 'a' indica un número real arbitrario, b_0, b_1, b_2 indican enteros arbitrarios, y N_{ZC} indica el mayor número primo entre números naturales menores que N . 'a' sirve para restringir la granularidad de las variables u_0, u_1, u_2 . Puede restringir de manera diferente las variables a través de b_0, b_1, b_2 .

11ª realización: Secuencia de ZC modificada que tiene una restricción y truncamiento

Se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación:

[Ecuación 18]

$$r(n)=x_u(n), 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m)=e^{-j \frac{\pi a(u_0 m^k + u_1 m^{k-1} + \dots + u_{k-1} m)}{N_{ZC}}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N_{ZC}-1$, N es la longitud de la secuencia $r(n)$, $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ son enteros arbitrarios, 'a' es un número real arbitrario, y N_{ZC} es el mayor número primo entre números naturales mayores que N . 'a' sirve para restringir la granularidad de las variables $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$. Debido a que la granularidad de las variables $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ se puede cambiar en la unidad de entero a través de tal restricción, se puede reducir una memoria requerida para almacenar información de secuencias.

12ª realización: Secuencia de ZC modificada que tiene dos restricciones y truncamiento

Se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación:

[Ecuación 19]

$$r(n)=x_u(n), 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m)=e^{-j \frac{\pi a(b_0 u_0 m^k + b_1 u_1 m^{k-1} + \dots + b_{k-1} u_{k-1} m)}{N_{ZC}}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N_{ZC}-1$, N es la longitud de la secuencia $r(n)$, $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ son enteros arbitrarios, 'a' es un número real arbitrario, $b_0, b_1, \dots, b_{k-1}$ son enteros arbitrarios, y N_{ZC} es el menor número primo entre números naturales mayores que N . 'a' sirve para restringir la granularidad de las variables $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$. Puede restringir de manera diferente las variables a través de $b_0, b_1, \dots, b_{k-1}$. Se puede reducir una memoria requerida para almacenar información de secuencias cambiando la granularidad de las variables $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ en la unidad de entero a través de las dos restricciones, y se puede obtener una secuencia de características mejores ajustando la granularidad mediante las variables.

13ª realización: Secuencia de ZC modificada que tiene dos restricciones ($k=3$) y truncamiento

Se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación:

[Ecuación 20]

$$r(n)=x_u(n), 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m)=e^{-j \frac{\pi a(b_0 u_0 m^3 + b_1 u_1 m^2 + b_2 u_2 m)}{N_{ZC}}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N_{ZC}-1$, N es la longitud de la secuencia $r(n)$, u_0, u_1, u_2 son enteros arbitrarios, 'a' es un número real arbitrario, b_0, b_1, b_2 son enteros arbitrarios, y N_{ZC} es el menor número primo entre números naturales mayores que N . 'a' sirve para restringir la granularidad de las variables u_0, u_1, u_2 . Puede restringir de manera diferente las variables a través de b_0, b_1, b_2 .

14ª realización: Extensión cíclica en consideración de cambio cíclico en el dominio del tiempo

En un sistema OFDM o sistema SC-FDMA, el número de secuencias disponibles se puede incrementar usando cambios cíclicos para cada secuencia raíz. Además del cambio cíclico, se puede combinar un punto de inicio para generar una secuencia con un índice de frecuencia particular a fin de ser definido. Esta es una restricción de puntos de inicio que ajustan a la fuerza superpuestos por diferentes secuencias en el dominio de la frecuencia, que tienen una ventaja porque se pueden soportar como son las características de correlación de la secuencia de ZC modificada que tiene una o más restricciones.

Por ejemplo, se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación de secuencias:

[Ecuación 21]

$$r(n) = e^{ja n} x_u((n+\theta) \bmod N_{ZC}), 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi a (u_0 m^k + u_1 m^{k+1} + \dots + u_{k-1} m^1)}{N_{ZC}}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N_{ZC}-1$, N es la longitud de la secuencia $r(n)$, $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ son enteros arbitrarios, 'a' es un número real arbitrario, y N_{ZC} es el mayor número primo entre números naturales menores que N . $e^{ja n}$ es una expresión, en el dominio de la frecuencia, de realización del cambio cíclico por 'a' en el dominio del tiempo. θ es un valor de desplazamiento del cambio e indica la realización de la extensión cíclica después de cambiar por θ . Si la Ecuación 21 se expresa en el dominio de la frecuencia, θ indica un valor de cambio de un índice de frecuencia.

Para otro ejemplo, se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación de secuencia:

[Ecuación 22]

$$r(n) = e^{ja n} x_u((n+\theta) \bmod N_{ZC}), 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi a (b_0 u_0 m^k + b_1 u_1 m^{k+1} + \dots + b_{k-1} u_{k-1} m^1)}{N_{ZC}}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N_{ZC}-1$, N es la longitud de la secuencia $r(n)$, $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ son enteros arbitrarios, 'a' es un número real arbitrario, $b_0, b_1, \dots, b_{k-1}$ son enteros arbitrarios, y N_{ZC} es el mayor número primo entre números naturales menores que N . $e^{ja n}$ es una expresión, en el dominio de la frecuencia, de realización del cambio cíclico por 'a' en el dominio del tiempo. θ es un valor de desplazamiento del cambio e indica la realización de la extensión cíclica después de cambiar por θ .

Aún para otro ejemplo, se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación de secuencia:

[Ecuación 23]

$$r(n) = e^{ja n} x_u((n+\theta) \bmod N_{ZC}), 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi a (b_1 u_0 m^3 + b_1 u_1 m^2 + b_2 u_2 m^1)}{N_{ZC}}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N_{ZC}-1$, N es la longitud de la secuencia $r(n)$, u_0, u_1, u_2 son enteros arbitrarios, 'a' es un número real arbitrario, b_0, b_1, b_2 son enteros arbitrarios, y N_{ZC} es el mayor número primo entre números naturales menores que N . $e^{ja n}$ es una expresión, en el dominio de la frecuencia, de realización de cambio cíclico por 'a' en el dominio del tiempo. θ es un valor de desplazamiento de cambio.

15ª realización: Truncamiento en consideración de cambio cíclico en el dominio del tiempo

Por ejemplo, se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación de secuencia:

[Ecuación 24]

$$r(n) = e^{j\alpha n} x_u(n), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi \alpha (u_0 m^k + u_1 m^{k-1} + \dots + u_{k-1} m^1)}{N_{zc}}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N_{zc}-1$, N es la longitud de la secuencia $r(n)$, $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ son enteros arbitrarios, ' α ' es un número real arbitrario, y N_{zc} es el mayor número primo entre números naturales menores que N . $e^{j\alpha n}$ es una expresión, en el dominio de la frecuencia, de realización de cambio cíclico por ' α ' en el dominio del tiempo.

- 5 Para otro ejemplo, se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación de secuencia:

[Ecuación 25]

$$r(n) = e^{j\alpha n} x_u(n), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi \alpha (b_0 u_0 m^k + b_1 u_1 m^{k-1} + \dots + b_{k-1} u_{k-1} m^1)}{N_{zc}}}$$

Aún para otro ejemplo, se puede seleccionar la siguiente ecuación de generación de secuencias:

[Ecuación 26]

$$r(n) = e^{j\alpha n} x_u(n), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi \alpha (b_1 u_0 m^3 + b_1 u_1 m^2 + b_2 u_2 m^1)}{N_{zc}}}$$

10

En la Ecuación 26, si $k=3$, $a=0,125$, $b_0=2$, y $b_1=b_2=1$, entonces se puede obtener la siguiente ecuación.

[Ecuación 27]

$$r(n) = e^{j\alpha n} x_u(n), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi 0.125 (2u_0 m^3 + u_1 m^2 + u_2 m^1)}{N_{zc}}}$$

IV. Generación de secuencia

- 15 Para mostrar un ejemplo de generación de una secuencia, se considera la siguiente ecuación de generación de secuencia:

[Ecuación 28]

$$r(n) = x_u((n+\theta) \bmod N_{zc}), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi 0.125 (2u_0 m^3 + u_1 m^2 + u_2 m^1)}{N_{zc}}}$$

20

donde $m=0, 1, \dots, N_{zc}-1$, N es la longitud de la secuencia $r(n)$, u_0, u_1, u_2 son enteros arbitrarios, θ es un valor de desplazamiento del cambio, y N_{zc} es el mayor número primo entre números naturales menores que N . Esta Ecuación se obtiene definiendo $\alpha = 0$, $k=3$, $a=0,125$, $b_0=2$, $b_1=b_2=1$. La razón de seleccionar $a=0,125$ es reducir la cantidad de cálculo. A saber, debido a que $0,125$ es $1/8$, se puede implementar en tres veces de la operación de cambio de bit.

Las variables u_0, u_1, u_2 se determinan usando una CM y un valor umbral de correlación cruzada.

- 25 Primero, se describirá ahora la generación de una secuencia con una longitud de $N=12$.

ES 2 710 364 T3

Cuando una referencia de CM fue fijada como 1,2 dB y el umbral de correlación cruzada fue fijado como 0,6, los valores de las variables u_0 , u_1 , u_2 y las CM de las secuencias correspondientes obtenidas a partir de la ecuación de generación son como se muestran en la tabla de más abajo.

[Tabla 2]

Índice de Secuencia	u_0	u_1	u_2	CM [dB]
0	0	9	8	0,17
1	0	32	32	0,85
2	0	40	40	0,43
3	0	48	48	0,43
4	0	56	56	0,85
5	0	80	80	0,17
6	0	19	10	1,08
7	0	26	0	1,12
8	0	61	0	0,87
9	0	68	3	1,18
10	1	78	22	1,11
11	2	25	60	0,99
12	3	62	2	1,15
13	3	73	4	1,15
14	3	80	37	1,10
15	4	82	8	1,18
16	11	38	86	1,18
17	12	65	75	1,12
18	14	73	52	1,20
19	16	83	61	1,05
20	18	34	11	1,11
21	18	50	41	1,16
22	22	17	44	0,88
23	25	61	36	1,14
24	25	88	11	1,17
25	27	39	5	1,12
26	32	23	85	1,12
27	34	17	52	1,10
28	38	36	31	1,04
29	40	6	8	1,18

En la tabla anterior, las secuencias del índice 0 a 5 se refieren a un conjunto de secuencias que satisfacen la referencia de CM, entre las secuencias de ZC generadas aplicando extensión cíclica convencional.

La Tabla 3 muestra valores de números reales de secuencias generadas a partir de la Tabla 2, y la Tabla 4 muestra valores de números imaginarios de secuencias generados a partir de la Tabla 2.

5 [Tabla 3]

Índice de secuencia \ n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1	0.84125	-0.14231	-0.95949	0.84125	-0.65486	0.84125	-0.95949	-0.14231	0.84125	1	1
1	1	-0.65486	0.84125	0.41542	-0.65486	-0.95949	-0.65486	0.41542	0.84125	-0.65486	1	1
2	1	-0.95949	-0.65486	-0.14231	-0.95949	0.41542	-0.95949	-0.14231	-0.65486	-0.95949	1	1
3	1	-0.95949	-0.65486	-0.14231	-0.95949	0.41542	-0.95949	-0.14231	-0.65486	-0.95949	1	1
4	1	-0.65486	0.84125	0.41542	-0.65486	-0.95949	-0.65486	0.41542	0.84125	-0.65486	1	1
5	1	0.84125	-0.14231	-0.95949	0.84125	-0.65486	0.84125	-0.95949	-0.14231	0.84125	1	1
6	1	0.51027	-0.95949	0.62747	0.95949	0.99427	0.14231	-0.38268	-0.65486	-0.03569	-0.65486	1
7	1	0.59928	-0.84125	-0.47925	-0.65486	-0.34946	-0.41542	0.071339	-0.95949	0.97715	0.14231	1
8	1	-0.57032	-0.75575	0.73189	-0.95949	-0.51027	-0.98982	0.99427	0.41542	0.89423	-0.54064	1
9	1	-0.82142	-0.87768	-0.98411	0	-0.03569	0.99745	0.94883	0.65486	-0.94883	0.34946	1
10	1	-0.87768	0.75575	-0.47925	-0.41542	0.70711	0.54064	-0.99745	0.41542	-0.34946	0.90963	1
11	1	-0.99936	-0.90963	0.86001	0.84125	0.82142	0.90963	0.62747	-0.95949	0.62747	-0.54064	1
12	1	-0.80054	-0.28173	0.70711	0.65486	0.70711	0.75575	0.97715	0.84125	-0.99745	-0.90963	1
13	1	-0.98411	0.98982	-0.17755	0.84125	-0.03569	-0.90963	0.44762	0.41542	-0.57032	0.28173	1
14	1	-0.3158	-0.99745	-0.62747	-0.28173	-0.44762	0.99745	-0.92388	0.14231	-0.92388	-0.59928	1
15	1	-0.93695	-0.41542	-0.93695	-0.95949	-0.93695	0.65486	-0.07134	-0.95949	-0.21257	-1	1
16	1	0.47925	0.54064	0.21257	-0.84125	-0.97715	-0.28173	0.70711	-0.14231	0.99745	-0.98982	1
17	1	0.90963	-0.87768	-0.21257	-0.54064	-0.84125	-0.34946	0.59928	0.65486	0.54064	-0.93695	1
18	1	0.68142	-0.98982	0.86001	0	-0.1069	0.90963	0.96894	-0.65486	0.1069	-0.98982	1
19	1	1	0.97715	0.34946	-0.90963	0	-0.47925	0.80054	0.95949	0.65486	-0.93695	1
20	1	-0.96894	-0.97715	-0.94883	-0.90963	-0.24731	-0.99745	0.92388	-0.84125	-0.44762	-0.99745	1
21	1	-0.17755	0.071339	0.17755	-0.90963	0.51027	0.34946	-0.24731	0.14231	0.17755	-0.21257	1
22	1	-0.82142	0.75575	-0.68142	-0.95949	0.86001	0.98982	0.1069	0.41542	-0.44762	0.54064	1
23	1	0.51027	0.90963	-0.82142	-0.95949	0.3158	0.90963	0.62747	-0.14231	0.99427	0.28173	1
24	1	0.57032	-0.80054	-0.62747	-0.90963	-0.44762	-0.07134	-0.73189	0.95949	0.51027	-0.21257	1
25	1	-0.93695	-0.80054	-0.65486	-0.28173	0.97715	-0.87768	-0.28173	-1	0.70711	-0.07134	1
26	1	0.98982	-0.80054	-0.93695	-0.28173	0.65486	0.59928	-0.99745	-0.84125	0.98982	-0.97715	1
27	1	0.17755	0.90963	0.38268	-0.95949	0.38268	-0.28173	-0.44762	-0.65486	0.62747	0.98982	1
28	1	0.38268	-0.70711	0.98411	-0.75575	0.98411	-0.34946	-0.68142	-0.84125	0.94883	0.97715	1
29	1	-0.97715	0.65486	-0.21257	0.41542	0.80054	-0.41542	0.80054	-0.14231	-0.97715	-0.84125	1

[Tabla 4]

Índice de secuencia \ n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	-0.54064	-0.98982	0.28173	0.54064	-0.75575	0.54064	0.28173	-0.98982	-0.54064	0	0
1	0	-0.75575	-0.54064	-0.90963	0.75575	-0.28173	0.75575	-0.90963	-0.54064	-0.75575	0	0
2	0	-0.28173	-0.75575	0.98982	0.28173	0.90963	0.28173	0.98982	-0.75575	-0.28173	0	0
3	0	0.28173	0.75575	-0.98982	-0.28173	-0.90963	-0.28173	-0.98982	0.75575	0.28173	0	0
4	0	0.75575	0.54064	0.90963	-0.75575	0.28173	-0.75575	0.90963	0.54064	0.75575	0	0
5	0	0.54064	0.98982	-0.28173	-0.54064	0.75575	-0.54064	-0.28173	0.98982	0.54064	0	0
6	0	-0.86001	0.28173	-0.77864	0.28173	0.1069	-0.98982	0.92388	-0.75575	-0.99936	-0.75575	0
7	0	-0.80054	0.54064	-0.87768	-0.75575	0.93695	-0.90963	-0.99745	-0.28173	0.21257	0.98982	0
8	0	-0.82142	-0.65486	-0.68142	0.28173	0.86001	-0.14231	0.1069	-0.90963	-0.44762	0.84125	0
9	0	-0.57032	0.47925	0.17755	-1	0.99936	-0.07134	-0.3158	0.75575	-0.3158	0.93695	0
10	0	0.47925	-0.65486	0.87768	-0.90963	-0.70711	-0.84125	-0.07134	-0.90963	-0.93695	0.41542	0
11	0	0.035692	-0.41542	0.51027	-0.54064	-0.57032	-0.41542	-0.77864	-0.28173	-0.77864	-0.84125	0
12	0	-0.59928	0.95949	-0.70711	0.75575	-0.70711	-0.65486	-0.21257	-0.54064	-0.07134	-0.41542	0
13	0	-0.17755	0.14231	0.98411	0.54064	0.99936	-0.41542	-0.89423	-0.90963	0.82142	0.95949	0
14	0	0.94883	0.071339	0.77864	-0.95949	0.89423	0.071339	-0.38268	-0.98982	0.38268	0.80054	0
15	0	0.34946	-0.90963	0.34946	0.28173	0.34946	0.75575	0.99745	-0.28173	-0.97715	0	0
16	0	0.87768	0.84125	0.97715	-0.54064	-0.21257	0.95949	0.70711	0.98982	-0.07134	-0.14231	0
17	0	0.41542	-0.47925	-0.97715	-0.84125	-0.54064	-0.93695	0.80054	0.75575	-0.84125	0.34946	0
18	0	0.73189	0.14231	0.51027	0	0.99427	-0.41542	0.24731	-0.75575	-0.86001	0.14231	0
19	0	0	-0.21257	-0.93695	0.41542	-1	-0.87768	0.59928	-0.28173	0.75575	-0.34946	0
20	0	-0.24731	0.21257	-0.3158	-0.41542	0.96894	0.071339	-0.38268	0.54064	-0.89423	-0.07134	0
21	0	0.98411	-0.99745	0.98411	0.41542	0.86001	0.93695	0.96894	0.98982	0.98411	-0.97715	0
22	0	0.57032	0.65486	-0.73189	0.28173	0.51027	0.14231	-0.99427	-0.90963	-0.89423	-0.84125	0
23	0	0.86001	-0.41542	-0.57032	0.28173	-0.94883	-0.41542	0.77864	-0.98982	-0.1069	0.95949	0
24	0	0.82142	-0.59928	-0.77864	-0.41542	-0.89423	0.99745	-0.68142	0.28173	-0.86001	0.97715	0
25	0	0.34946	-0.59928	-0.75575	-0.95949	-0.21257	-0.47925	-0.95949	0	0.70711	-0.99745	0
26	0	0.14231	-0.59928	-0.34946	-0.95949	-0.75575	-0.80054	0.071339	-0.54064	-0.14231	0.21257	0
27	0	0.98411	-0.41542	-0.92388	-0.28173	-0.92388	0.95949	-0.89423	-0.75575	-0.77864	0.14231	0
28	0	0.92388	0.70711	-0.17755	0.65486	0.17755	0.93695	-0.73189	0.54064	0.3158	-0.21257	0
29	0	0.21257	0.75575	0.97715	0.90963	0.59928	0.90963	0.59928	-0.98982	0.21257	-0.54064	0

Si N=12 y cuando las secuencias generadas por la ecuación de generación propuesta y las secuencias de ZC

generadas aplicando la extensión cíclica convencional, se incluyen seis secuencias que satisfacen los criterios de CM en QPSK de 1,2dB.

La Tabla 5 muestra una comparación entre la secuencia de ZC generada aplicando la extensión cíclica convencional y las secuencias propuestas.

5 [Tabla 5]

	Secuencia de ZC convencional	Secuencia Propuesta
Número de Secuencias	10	30
Número de Secuencias < CM 1,2dB	6	30
Máx. CM [dB]	1,50	1,20
Máx. Corr. Cruzada	0,44	0,60
Corr. Cruzada Media	0,25	0,25
Corr. Cruzada Mediana	0,28	0,24

10 Se señala que, cuando las secuencias se generan por el método propuesto, se puede aumentar el número de secuencias disponibles mientras que las características de correlación cruzada son sustancialmente las mismas. Cuando se considera el salto de frecuencias en un entorno real, un rendimiento de la tasa de error de bloque (BLER) llega a ser mejor según es menor un valor de correlación media. Debido a que las correlaciones medias de ambas secuencias son las mismas, el rendimiento de la BLER es el mismo.

Ahora se describirá la generación de una secuencia con una longitud $N=24$.

15 La tabla de más abajo muestra las variables u_0 , u_1 , u_2 obtenidas a partir de la ecuación de generación y las CM correspondientes cuando la referencia de CM se fija que sea 1,2dB y el valor umbral de la correlación cruzada se fija que sea 0,39.

[Tabla 6]

Índice de Secuencia	u_0	u_1	u_2	CM [dB]
0	0	8	8	-0,09
1	0	32	32	0,83
2	0	48	48	0,68
3	0	64	64	0,38
4	0	72	72	0,49
5	0	88	88	0,18
6	0	96	96	0,18
7	0	112	112	0,49
8	0	120	120	0,38
9	0	136	136	0,68
10	0	152	152	0,83
11	0	176	176	-0,09
12	0	6	17	1,11
13	0	6	182	0,87

14	0	25	16	1,14
15	0	29	82	0,95
16	0	35	132	0,92
17	0	44	27	0,83
18	0	48	4	1,01
19	0	54	18	1,13
20	0	54	122	1,14
21	0	58	0	1,07
22	0	64	14	0,61
23	0	68	21	0,98
24	0	88	11	0,58
25	0	96	116	0,63
26	0	112	0	0,49
27	0	126	133	1,05
28	0	130	15	1,07
29	0	178	39	1,11

En la tabla anterior, las secuencias de los índices de secuencia 0 a 11 se refieren a un conjunto de secuencias que satisfacen los criterios de CM entre las secuencias de ZC generadas aplicando la extensión cíclica convencional.

5 La Tabla 7 muestra valores de números reales de las secuencias generadas a partir de la Tabla 6, y la Tabla 8 muestra valores imaginarios de las secuencias generadas.

[Tabla 7]

Índice de secuencia	n																									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
0	1	0.96292	0.88255	-0.06824	-0.91721	-0.57668	0.85442	0.20346	-0.91721	0.96292	-0.77571	0.88255	-0.77571	0.96292	-0.91721	0.20346	0.85442	-0.57668	-0.91721	-0.06824	0.88255	0.96292	1	1		
1	1	0.46007	-0.99069	0.96292	-0.06824	-0.77571	-0.57668	0.68255	-0.06824	0.46007	-0.91721	-0.99069	-0.91721	0.46007	-0.06824	0.88255	-0.57668	-0.77571	-0.06824	0.96292	-0.99069	0.46007	1	1		
2	1	-0.06824	0.20346	-0.91721	-0.77571	0.85442	-0.99069	-0.33488	-0.77571	-0.06824	-0.57668	0.20346	-0.57668	-0.06824	-0.77571	-0.33488	-0.99069	0.85442	-0.77571	-0.91721	0.20346	-0.06824	1	1		
3	1	-0.57668	0.96292	0.85442	-0.99069	0.20346	-0.33488	-0.06824	-0.99069	-0.57668	0.96292	0.88255	-0.57668	-0.06824	-0.99069	-0.06824	-0.33488	0.20346	-0.99069	0.85442	0.96292	-0.57668	1	1		
4	1	-0.77571	0.46007	-0.57668	0.85442	0.88255	0.20346	0.96292	0.85442	-0.77571	-0.99069	0.46007	-0.99069	-0.77571	0.85442	0.96292	0.20346	0.88255	0.85442	-0.57668	0.46007	-0.77571	1	1		
5	1	-0.99069	-0.91721	0.68255	0.20346	0.46007	0.96292	-0.77571	0.20346	-0.99069	-0.33488	-0.91721	-0.33488	-0.99069	0.20346	-0.77571	0.68292	0.46007	0.20346	0.68255	-0.91721	-0.99069	1	1		
6	1	-0.99069	-0.91721	0.68255	0.20346	0.46007	0.96292	-0.77571	0.20346	-0.99069	-0.33488	-0.91721	-0.33488	-0.99069	0.20346	-0.77571	0.68292	0.46007	0.20346	0.68255	-0.91721	-0.99069	1	1		
7	1	-0.77571	0.46007	-0.57668	0.85442	0.88255	0.20346	0.96292	0.85442	-0.77571	-0.99069	0.46007	-0.99069	-0.77571	0.85442	0.96292	0.20346	0.88255	0.85442	-0.57668	0.46007	-0.77571	1	1		
8	1	-0.57668	0.96292	0.85442	-0.99069	0.20346	-0.33488	-0.06824	-0.99069	-0.57668	0.96292	0.88255	-0.57668	-0.06824	-0.99069	-0.06824	-0.33488	0.20346	-0.99069	0.85442	0.96292	-0.57668	1	1		
9	1	-0.06824	0.20346	-0.91721	-0.77571	0.85442	-0.99069	-0.33488	-0.77571	-0.06824	-0.57668	0.20346	-0.57668	-0.06824	-0.77571	-0.33488	-0.99069	0.85442	-0.77571	-0.91721	0.20346	-0.06824	1	1		
10	1	0.46007	-0.99069	0.96292	-0.06824	-0.77571	-0.57668	0.68255	-0.06824	0.46007	-0.91721	-0.99069	-0.91721	0.46007	-0.06824	0.88255	-0.57668	-0.77571	-0.06824	0.96292	-0.99069	0.46007	1	1		
11	1	0.96292	0.68255	-0.06824	-0.91721	-0.57668	0.85442	0.20346	-0.91721	0.96292	-0.77571	0.88255	-0.77571	0.96292	-0.91721	0.20346	0.85442	-0.57668	-0.91721	-0.06824	0.88255	0.96292	1	1		
12	1	0.92388	0.54845	-0.22014	-0.94226	-0.64424	0.6572	0.77108	-0.85442	-0.06527	0.63618	-0.99267	0.81697	-0.61775	0.54845	-0.64424	0.85442	-0.99069	0.75371	0.065266	-0.94226	0.5341	0.83618	1		
13	1	-0.99767	0.94226	-0.68255	0.08824	0.73084	-0.94226	-0.06824	1	0.13617	-0.88789	-0.85442	-0.20346	0.3984	0.73084	0.85442	0.85442	0.73084	0.3984	-0.20346	-0.85442	-0.88789	0.13617	1		
14	1	0.74482	-0.63109	-0.0512	-0.06824	0.86317	-0.2968	-0.66968	-0.33488	0.76837	0.13617	-0.31614	-0.33488	0.65617	0.68789	0.92388	0.85442	-0.66463	0.2968	-0.59654	0.96292	0.69463	0.51958	1		
15	1	-0.31674	0.08824	-0.77108	0.57668	0.86317	0.46007	-0.8169	0.46007	-0.76482	0.7571	0.99636	0.99069	0.22014	-0.91721	0.89561	-0.06824	-0.92388	-0.92388	-0.414	0.99069	-0.91028	0.96292	1		
16	1	-0.95617	0.81697	0.91028	0.96292	0.47516	-0.88789	0.47516	0.96292	0.91028	0.61697	-0.95617	1	-0.08827	-0.51958	0.18671	0.85442	-0.86317	-0.13617	0.99069	0.20346	-0.98822	0.88789	1		
17	1	0.35092	-0.70711	-0.2862	0.2968	-0.61775	-0.03414	-0.89463	0.08824	-0.50265	-0.36885	-0.15306	0.81697	0.5341	-0.91757	0.99069	0.20346	0.31614	0.83028	-0.93641	-0.2968	-0.11923	-0.99476	1		
18	1	0.63109	-0.96292	0.2968	0.68255	-0.3984	0.08824	-0.97908	-0.91721	-0.51958	0.57668	0.81697	0.85442	0.3984	-0.20346	-0.99767	-0.91721	0.73084	-0.96292	-0.2968	-0.77571	5.4E-15	-0.68255	1		
19	1	0.33468	-0.3984	-0.97908	-0.96292	0.85442	-0.88789	-0.97908	0.20346	-0.46007	0.51958	-0.2868	-0.20346	-0.91721	-0.94226	-1.7E-14	-0.57668	0.08824	-0.88789	0.81697	-0.46007	-0.06824	0.81697	1		
20	1	-0.99069	-5.8E-16	-0.3984	-0.46007	-0.16007	-0.13617	-0.99767	0.96292	0.88255	0.99767	-0.81697	0.7571	0.7571	-0.81697	0.99767	0.68255	0.96292	-0.99767	-0.13617	-0.46007	-0.46007	-0.3984	1		
21	1	0.54845	-0.68255	-0.87166	-0.99069	0.93028	-0.46007	-0.16991	0.85442	0.10226	0.08824	0.93027	-0.33488	-0.6572	0.7571	-0.91757	-0.57668	-0.95314	0.91721	0.79681	0.96292	-0.99942	-0.20346	1		
22	1	0.23676	0.13617	-0.42948	0.91721	-0.97157	-0.99767	0.23676	-0.91721	-0.93027	0.13617	-0.97157	-1	0.75371	-0.73084	0.30251	0.68255	0.83618	0.97908	-0.99942	-0.46007	-0.99942	0.99767	1		
23	1	0.051199	0.60424	0.59482	0.3984	0.8267	0.99942	-0.95617	-0.20346	-0.99287	0.85314	-0.99069	-0.2968	0.88241	0.99476	-0.91028	0.20346	-0.66463	0.79681	0.25332	0.94226	-0.36268	-0.36685	1		
24	1	-0.11923	0.99476	0.051199	0.94226	0.69463	0.23676	0.89561	-0.96292	-0.94424	0.23676	-0.08827	0.2968	0.31614	-0.23676	-0.01707	-0.33488	-0.74238	0.99476	0.78637	8.57E-14	0.88317	-0.79681	1		
25	1	-0.88180	-0.46007	-0.2968	-0.91721	0.81697	-0.20346	0.99767	0.20346	0.97908	0.08824	0.97908	0.08824	0.3984	-0.96292	-0.88789	0.46007	2.11E-14	0.33468	0.51958	-0.57668	-0.51958	0.33468	1		
26	1	-0.33468	0.20346	-0.06824	0.68255	-0.77571	0.96292	0.85442	-0.99069	-0.57668	-0.91721	0.46007	0.46007	-0.91721	-0.57668	-0.99069	0.85442	0.96292	-0.77571	0.68255	-0.06824	0.20346	-0.33468	1		
27	1	-0.2862	0.83618	0.50482	0.88789	-0.68968	-0.99942	-0.35092	0.33468	0.99636	0.00424	-0.8267	-0.63109	-0.92088	0.46011	-0.98738	-0.91721	0.8267	-0.93028	-0.92441	0.3984	-0.86317	-0.49011	1		
28	1	-0.78637	-0.99942	-0.31674	0.3984	0.97547	0.97167	-0.8267	0.91721	0.99287	-0.10226	0.35092	-0.63109	0.11923	0.36685	0.8267	0.85442	0.22014	0.36685	-0.22014	0.36885	-0.31674	0.73084	-0.61775	1	
29	1	-0.84642	0.60424	-0.47516	0.51958	-0.71908	0.95314	-0.33468	0.33468	0.66968	-0.93027	-0.35092	0.68789	0.71908	-0.23676	-0.8799	-0.99069	-0.84642	-0.70711	-0.69463	-0.81697	-0.97547	-0.93028	1		

[Tabla 8]

n índice de secuencia	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
0	0	-0.2698	-0.73084	-0.99767	-0.3984	0.81697	0.51958	-0.97908	0.3984	0.2698	-0.63109	0.73084	-0.63109	0.2698	0.3984	-0.97908	0.51958	0.81697	-0.3984	-0.99767	-0.73084	-0.2698	-4.4E-15	0	
1	0	-0.88789	0.13617	-0.2698	0.99767	0.63109	0.81697	0.73084	-0.99767	0.88789	0.3984	-0.13617	0.3984	0.88789	-0.99767	0.73084	0.81697	0.63109	0.99767	-0.2698	0.13617	-0.88789	-1.8E-14	0	
2	0	-0.99767	0.97908	0.3984	0.63109	0.51958	-0.13617	-0.94226	-0.63109	0.99767	-0.81697	-0.97908	-0.81697	0.99767	-0.63109	-0.94226	-0.13617	0.51958	0.63109	0.3984	0.97908	-0.99767	1.95E-15	0	
3	0	-0.81697	-0.2698	-0.51958	-0.13617	-0.97908	-0.94226	0.99767	0.13617	0.81697	-0.73084	0.2698	-0.73084	0.81697	0.13617	0.99767	-0.94226	-0.97908	-0.13617	-0.51958	-0.2698	-0.81697	-3.5E-14	0	
4	0	-0.63109	-0.88789	-0.81697	0.51958	0.73084	-0.97908	0.2698	-0.51958	0.63109	0.13617	0.88789	0.13617	0.63109	-0.51958	0.2698	-0.97908	0.73084	0.51958	-0.81697	-0.88789	-0.63109	-2.5E-14	0	
5	0	-0.13617	-0.3984	0.73084	0.97908	-0.88789	-0.2698	-0.63109	-0.97908	0.13617	-0.94226	0.3984	-0.94226	0.13617	-0.97908	-0.63109	-0.2698	-0.88789	0.97908	0.73084	-0.3984	-0.13617	1.08E-13	0	
6	0	0.13617	0.3984	-0.73084	-0.97908	0.88789	0.2698	0.63109	0.97908	-0.13617	0.94226	-0.3984	0.94226	-0.13617	0.97908	0.63109	0.2698	0.88789	-0.97908	-0.73084	0.3984	0.13617	3.91E-15	0	
7	0	0.63109	0.88789	0.81697	-0.51958	-0.73084	0.97908	-0.2698	0.51958	-0.63109	-0.13617	-0.88789	-0.13617	-0.63109	-0.51958	-0.2698	0.97908	-0.73084	-0.51958	0.81697	0.88789	0.63109	2.35E-14	0	
8	0	0.81697	0.2698	0.51958	0.13617	0.97908	0.94226	-0.99767	-0.13617	-0.81697	0.73084	-0.2698	0.73084	-0.81697	-0.13617	-0.99767	0.94226	0.97908	0.13617	0.51958	0.2698	0.81697	1.47E-13	0	
9	0	0.99767	-0.97908	-0.3984	-0.63109	-0.51958	0.13617	0.94226	0.63109	-0.99767	0.81697	0.97908	0.81697	-0.99767	0.63109	0.94226	0.13617	-0.51958	-0.63109	-0.3984	-0.97908	0.99767	-6.1E-14	0	
10	0	0.88789	-0.13617	0.2698	-0.99767	-0.63109	-0.81697	-0.73084	0.99767	-0.88789	-0.3984	0.13617	-0.3984	-0.88789	0.99767	-0.73084	-0.81697	-0.63109	-0.99767	0.2698	-0.13617	0.88789	1.86E-13	0	
11	0	0.2698	0.73084	0.99767	0.3984	-0.81697	-0.51958	0.97908	-0.3984	0.2698	0.63109	-0.73084	0.63109	-0.2698	-0.3984	0.97908	-0.51958	-0.81697	0.3984	0.99767	0.73084	0.2698	2.16E-13	0	
12	0	-0.3984	-0.88789	-0.81697	-0.33488	0.76482	0.75371	-0.65453	-0.51958	0.99636	-0.54945	-0.11923	0.57668	-0.78637	0.83618	-0.76482	0.51958	-0.01707	-0.6572	0.99636	-0.33488	-0.88789	-0.81697	0.56845	0
13	0	0.68242	-0.33488	0.73084	-0.99767	0.68255	0.33488	-0.99767	-2.3E-15	0.99069	0.46007	-0.51958	-0.51958	-0.97908	-0.91721	-0.68255	-0.51958	-0.68255	-0.91721	-0.97908	-0.33488	-0.68242	-0.99767	0.99069	0
14	0	-0.64424	-0.77571	0.99869	-0.99767	0.50492	0.96292	0.74238	0.94226	0.61775	-0.99069	0.94784	-0.94226	-0.2698	0.46007	0.38268	-0.51958	-0.71908	0.96292	-0.80701	-0.2698	0.71908	0.85442	0	
15	0	-0.94784	0.99767	-0.69493	-0.81697	-0.50492	-0.88789	-0.47516	0.88789	-0.54424	-0.63109	0.065285	-0.13617	-0.97547	0.3984	-0.44484	0.99767	0.38268	0.2698	0.91028	0.13617	-0.414	-0.2698	0	
16	0	-0.2698	-0.57668	0.414	0.2698	-0.8199	0.46007	-0.8799	0.2698	0.414	-0.57668	-0.2698	1.86E-14	0.99636	0.85442	0.98241	-0.51958	0.50492	-0.99069	-0.80701	-0.97908	-0.15306	0.46007	0	
17	0	-0.93641	0.70711	-0.95817	-0.96292	-0.78637	0.99942	-0.71908	-0.99767	-0.8267	0.93028	-0.98822	-0.57668	-0.84542	-0.23676	-0.01707	0.97908	0.94784	-0.38685	0.35092	-0.96292	-0.96287	-0.10226	0	
18	0	-0.77571	0.2698	-0.96292	-0.73084	-0.91721	0.99767	-0.20346	-0.3984	0.85442	-0.81697	0.57668	0.51958	-0.91721	0.97908	0.68242	0.3984	0.86255	-0.2698	0.96292	-0.63109	1	-0.73084	0	
19	0	-0.94226	0.91721	-0.20346	0.2698	0.51958	0.46007	0.20346	0.97908	-0.88789	-0.85442	-0.96292	0.97908	-0.3984	-0.33488	1	-0.81697	-0.99767	-0.46007	0.57668	0.88789	0.99767	-0.57668	0	
20	0	-0.13617	-1	-0.91721	0.88789	-0.88789	-0.99069	0.68242	-0.2698	0.73084	0.06824	-0.57668	-0.63109	-0.63109	-0.3984	0.68242	0.73084	-0.2698	0.68242	-0.99069	-0.88789	0.88789	-0.91721	0	
21	0	-0.83618	0.73084	-0.49011	0.13617	0.36685	0.88789	0.96545	-0.51958	0.99476	0.99767	-0.42948	0.94226	0.75371	0.63109	-0.23676	-0.81697	0.30251	-0.3984	0.60424	-0.2698	0.03414	-0.97908	0	
22	0	-0.97157	0.99069	0.90307	0.3984	0.23676	-0.06824	0.97157	-0.3984	-0.42948	0.99069	-0.23676	-0.85442	0.6572	0.68255	0.95314	-0.73084	0.54945	-0.20346	0.03414	-0.88789	-0.03414	-0.06824	0	
23	0	-0.99669	0.79681	0.86317	-0.91721	0.58265	0.03414	-0.2962	-0.97908	-0.11923	-0.30251	0.065285	-0.96292	0.18671	-0.10226	-0.414	-0.97908	-0.71908	0.60424	0.96738	-0.33488	0.92088	0.93028	0	
24	0	-0.99287	-0.10226	-0.99869	0.33488	-0.71908	0.97157	0.44484	0.2698	0.76482	-0.97157	-0.99636	0.96292	0.94784	-0.97157	-0.99869	0.94226	0.68998	-0.10226	0.61775	-1	-0.50492	-0.60424	0	
25	0	0.46007	0.88789	-0.96292	-0.3984	-0.57668	-0.97908	0.068242	-0.97908	0.20346	-0.99767	-0.20346	-0.81697	-0.91721	0.2698	-0.46007	0.88789	1	-0.94226	-0.85442	0.81697	0.85442	-0.94226	0	
26	0	-0.94226	-0.97908	0.99767	0.73084	0.63109	0.2698	0.51958	-0.13617	0.81697	-0.3984	0.88789	0.88789	-0.3984	-0.81697	-0.13617	-0.51958	0.2698	0.63109	0.73084	0.99767	-0.97908	-0.94226	0	
27	0	0.96817	-0.54845	-0.86317	0.46007	-0.74238	-0.03414	-0.93641	0.94226	0.065285	0.79681	-0.58265	0.77571	-0.36268	-0.87166	-0.25332	-0.3984	-0.56255	-0.36685	-0.16671	-0.91721	0.50492	0.87166	0	
28	0	-0.61775	-0.03414	-0.94784	0.91721	-0.22014	0.23676	0.56265	0.3984	0.11923	0.99476	-0.93641	-0.77571	-0.99287	0.93028	-0.56265	-0.51958	0.97547	-0.90288	-0.94784	-0.96255	0.78637	0.70711	0	
29	0	0.5341	-0.79681	0.8799	-0.85442	0.69493	-0.30251	-0.35092	0.94226	-0.74238	-0.42948	0.93641	0.46007	-0.69493	-0.97157	-0.47516	0.13617	0.5341	0.70711	0.71908	0.57668	0.22014	-0.36685	0	

La tabla 9 de más abajo muestra la comparación entre las secuencias generadas por la ecuación de generación propuesta y las secuencias de ZC generadas aplicando la extensión cíclica convencional cuando $N=24$.

[Tabla 9]

	Secuencia de ZC convencional	Secuencia Propuesta
Número de Secuencias	22	30
Número de Secuencias < CM 1,2dB	12	30
Máx. CM [dB]	2,01	1,14
Máx. Corr. Cruzada	0,36	0,39
Corr. Cruzada Media	0,19	0,18
Corr. Cruzada Mediana	0,20	0,18
Corr. Cruzada Estándar	0,07	0,09

Se observa que cuando las secuencias se generan de acuerdo con el método propuesto, aumenta el número de secuencias disponibles y se obtienen mejores características de correlación cruzada. Cuando se cuenta el salto de frecuencia en un entorno real, el rendimiento BLER mejora a medida que el valor de correlación medio es menor. Por lo tanto, el rendimiento BLER de las secuencias propuestas es superior.

10 V. Orden de restricción de ecuación de fase

La relación entre el orden 'k' de una ecuación de fase con respecto a un componente de fase de una secuencia, el número de secuencias disponibles y las características de correlación es como es indica a continuación.

15 A medida que aumenta el orden 'k', aumenta el número de secuencias disponibles pero se degradan las características de correlación. A medida que el orden 'k' se hace pequeño, se reduce el número de secuencias disponibles pero se mejoran las características de correlación. Si $k = 2$, se pueden generar secuencias de ZC, por lo que si $k > 2$, se requiere una restricción para la generación de secuencias.

20 Ahora se describirá un método para restringir el orden de una ecuación de fase según la longitud de las secuencias deseadas de acuerdo con el número deseado de secuencias disponibles teniendo en cuenta el número de secuencias disponibles y las características de correlación, cuando se aplica una tercera expresión polinómica o superior a componentes de fase de las secuencias. Cuando el número deseado de secuencias mínimas disponibles es N_{seq} , si el número de secuencias (N_{pos}) que pueden generarse mediante el uso de la ecuación de fase de segundo orden con una longitud deseada N de secuencias es mayor que o igual a N_{seq} (es decir, $N_{pos} \geq N_{seq}$), se utiliza la ecuación de fase de segundo orden. Si $N_{pos} < N_{seq}$, se utiliza una ecuación de fase de tercer orden o superior.

25 Esto puede expresarse por medio de pasos de la siguiente manera:

Paso 1: Se determina el número deseado N_{seq} de secuencias mínimas disponibles.

Paso 2: Se determina el número N_{pos} de secuencias disponibles que pueden generarse mediante la ecuación de fase de segundo orden ($k = 2$) a partir de la longitud N de las secuencias deseadas.

30 Paso 3: Si N_{pos} es más grande o igual que N_{seq} , entonces las secuencias se generan usando la ecuación de fase de segundo orden, y si N_{pos} es más pequeño que N_{seq} , las secuencias se generan usando la ecuación de fase de tercer orden.

Primera realización

Se considera la siguiente ecuación de generación de secuencias que tiene la tercera ecuación de fase con $k = 3$:

[Ecuación 29]

$$r(n) = e^{j\omega n} x_u((n+\theta) \bmod N_{ZC}), 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi \alpha (b_0 u_0 m^3 + b_1 u_1 m^2 + u_2 m)}{N_{ZC}}}$$

en la que $m=0, 1, \dots, N_{ZC}-1$, N es la longitud de la secuencia $r(n)$, $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ son enteros arbitrarios, 'a' es un número real arbitrario, y N_{ZC} es el mayor número primo entre números naturales menores que N . $e^{j\omega n}$ es una expresión, en el dominio de la frecuencia, de realización de cambio cíclico por 'a' en el dominio del tiempo. θ es un valor de desplazamiento del cambio e indica la realización de la extensión cíclica después de cambiar por θ .

Se supone que la longitud N de las secuencias deseadas es posible en el siguiente caso:

$$N=[12 \ 24 \ 36 \ 48 \ 60 \ 72 \ 96 \ 108 \ 120 \ 144 \ 180 \ 192 \ 216 \ 240 \ 288 \ 300]$$

En el paso 1, el número N_{sec} de secuencias disponibles mínimas se fija a 30. En el paso 2, si la segunda ecuación de fase es $a=1$, $u_0=0$, $u_1=u_2=u$, $b_0=0$, y $b_1=b_2=1$ en la Ecuación 29, el número disponible N_{pos} de secuencias de ZC disponibles de cada N es como sigue:

$$N_{pos}=[10 \ 22 \ 30 \ 46 \ 58 \ 70 \ 88 \ 106 \ 112 \ 138 \ 178 \ 190 \ 210 \ 238 \ 282 \ 292]$$

En el paso 3, la longitud de secuencias que pueden usar la ecuación de fase de segundo orden es $N=[36 \ 48 \ 60 \ 72 \ 96 \ 108 \ 120 \ 144 \ 180 \ 192 \ 216 \ 240 \ 288 \ 300]$, y la longitud de las secuencias que puede usar la ecuación de fase de tercer orden es $N=[12 \ 24]$.

Segunda realización

Se considera la siguiente ecuación de generación de secuencia que tiene la tercera ecuación de fase con $k=3$:

[Ecuación 30]

$$r(n) = e^{j\omega n} x_u((n+\theta) \bmod N_{ZC}), 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi \alpha (2u_0 m^3 + u_1 m^2 + u_2 m)}{N_{ZC}}}$$

Se supone que la longitud N de las secuencias deseadas es posible en el siguiente caso:

$$N=[12 \ 24 \ 36 \ 48 \ 60 \ 72 \ 96 \ 108 \ 120 \ 144 \ 180 \ 192 \ 216 \ 240 \ 288 \ 300]$$

En el paso 1, el número N_{sec} de secuencias disponibles mínimas es 30. En el paso 2, si la ecuación de fase de segundo orden es $a=1$, $u_0=0$ y $u_1=u_2=u$ en la Ecuación 30, el número disponible N_{pos} de secuencias de ZC disponibles de cada N es como sigue:

$$N_{pos}=[10 \ 22 \ 30 \ 46 \ 58 \ 70 \ 88 \ 106 \ 112 \ 138 \ 178 \ 190 \ 210 \ 238 \ 282 \ 292]$$

En el paso 3, la longitud de secuencias que pueden usar la ecuación de fase de segundo orden es $N=[36 \ 48 \ 60 \ 72 \ 96 \ 108 \ 120 \ 144 \ 180 \ 192 \ 216 \ 240 \ 288 \ 300]$, y la longitud de las secuencias que pueden usar la ecuación de fase de tercer orden es $N=[12 \ 24]$.

La ecuación de generación de secuencia para la cual el orden de la ecuación de fase está restringido se puede expresar por dos tipos. En un primer método de expresión, se supone que una secuencia con una longitud N está correlacionada en el dominio de la frecuencia. Esto significa que cada elemento de la secuencia se correlaciona con el número N de subportadoras. Primero, se supone que la secuencia $r(n)$ se da como sigue:

[Ecuación 31]

$$r(n) = e^{j\omega n} x_u((n+\theta) \bmod N_{ZC}), 0 \leq n \leq N-1$$

Según el primer tipo de ecuación de generación de secuencia, cuando la longitud N de las secuencias es mayor que o la misma que 36, una secuencia base $x_u(m)$ se da como sigue:

[Ecuación 32]

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi u m(m+1)}{N_{zc}}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N_{zc}-1$.

Si la longitud N de las secuencias es menor que 36, la secuencia base $x_u(m)$ se da como sigue:

[Ecuación 33]

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi 0.125(2u_0 m^3 + u_1 m^2 + u_2 m)}{N_{zc}}}$$

Según un segundo tipo de ecuación de generación de secuencia, la secuencia base $x_u(m)$ se da como sigue:

[Ecuación 34]

$$x_u(m) = e^{-j \frac{\pi a(2u_0 m^3 + u_1 m^2 + u_2 m)}{N_{zc}}}$$

10 donde cuando la longitud N de las secuencias es mayor que o la misma que 36, $a=1$ y $u_1=u_2=u$, y si la longitud N de secuencias es menor que 36, si $a=0,125$ y $N=12$, u_1 y u_2 se definen por la Tabla 10 de más abajo:

[Tabla 10]

Índice de Secuencia	u_1	u_2	u_3	CM [dB]
1	0	8	8	0,17
2	0	32	32	0,85
3	0	40	40	0,43
4	0	48	48	0,43
5	0	56	56	0,85
6	0	80	80	0,17
7	0	19	10	1,08
8	0	26	0	1,12
9	0	61	0	0,87
10	0	68	3	1,18
11	1	78	22	1,11
12	2	25	60	0,99
13	3	62	2	1,15
14	3	73	4	1,15
15	3	80	37	1,10
16	4	82	8	1,18
17	11	38	86	1,18
18	12	65	75	1,12
19	14	73	52	1,20

20	16	83	61	1,05
21	18	34	11	1,11
22	18	50	41	1,16
23	22	17	44	0,88
24	25	61	36	1,14
25	25	88	11	1,17
26	27	39	5	1,12
27	32	23	85	1,12
28	34	17	52	1,10
29	38	36	31	1,04
30	40	6	8	1,18

Si $N=24$, u_1 y u_2 se definen por la Tabla 11 de más abajo:

[Tabla 11]

Índice de Secuencia	u_1	u_2	u_3
1	0	8	8
2	0	32	32
3	0	48	48
4	0	64	64
5	0	72	72
6	0	88	88
7	0	96	96
8	0	112	112
9	0	120	120
10	0	136	136
11	0	152	152
12	0	176	176
13	0	6	17
14	0	6	182
15	0	25	16
16	0	29	82
17	0	35	132
18	0	44	27
19	0	48	4

20	0	54	18
21	0	54	122
22	0	58	0
23	0	64	14
24	0	68	21
25	0	88	11
26	0	96	116
27	0	112	0
28	0	126	133
29	0	130	15
30	0	178	39

VI. Generación de secuencias para una señal de referencia

Se considera la siguiente ecuación de generación de secuencia.

[Ecuación 35]

$$r(n) = e^{j\omega n} x_u((n+\theta) \bmod N_{zc}), 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j\pi \left\{ \text{cuan} \left(\frac{a(u_0 m^3 + u_1 m^2 + u_2 m)}{N_{zc}} \right) + u_3 \right\}}$$

donde $m=0, 1, \dots, N_{zc}-1$, $a=0,0625$, $u_3=1/4$, N es la longitud de la secuencia $r(n)$, u_0, u_1 , y u_2 son enteros arbitrarios, θ es un valor de desplazamiento de cambio, y N_{zc} es el mayor número primo entre números naturales menores que N . La función de Cuantificación $\text{cuan}(\cdot)$ se aproxima al más cercano $\{0, 1/2, 1, 3/2, 2, \dots\}$. A saber, la función de cuantificación $\text{cuan}(x)$ se aproxima a un entero o entero+0,5 más cercano a 'x'. Se puede expresar por $\text{cuan}(x)=\text{redondeo}(2x)/2$, y $\text{redondeo}(x)$ es un entero inmediatamente menor que $x+0,5$.

Se puede ahorrar una capacidad de memoria a través de cuantificación. La gama de u_0, u_1 , y u_2 se puede extender para aumentar el grado de libertad para generar así un número mayor de secuencias con buen rendimiento. A este respecto, no obstante, el aumento en la gama de u_0, u_1 , y u_2 causa un aumento en el número de bits para representar u_0, u_1 , y u_2 . De esta manera, se restringe con modulación QPSK de manera que se requieran solamente dos bits por valor independientemente de la gama de u_0, u_1 , y u_2 . Además, debido a que la ecuación de generación básica está basada en la secuencia CAZAC, se pueden generar secuencias con buenas características de correlación. Por ejemplo, si se proporciona la gama de $0 \leq u_0 \leq 1024$, $0 \leq u_1 \leq 1024$, y $0 \leq u_2 \leq 1024$ para generar secuencias de una longitud de 12, se usa una memoria de 30 bits (=10 bits +10 bits + 10 bits) por secuencia, de modo que se requieren 900 bits de capacidad de memoria para 30 secuencias. No obstante, cuando se realiza cuantificación, es suficiente una memoria de 720 bits (=2 bits x 12 x 30) por secuencia independientemente de la gama de u_0, u_1 , y u_2 .

La ecuación de generación anterior puede ser equivalente a un valor obtenido aproximando elementos de secuencias a una fase de constelación QPSK. Esto es debido a que cada valor se puede aproximar con el número N_q de valores cuantificados entre 0 y 2π que pueden expresarse por fases a través de la función de cuantificación. A saber, los valores en un círculo unidad complejo que puede tener la $e^{-j\theta}$ se pueden cuantificar al número N_q de valores para aproximar así cada valor.

En este caso, según los métodos de aproximación, los valores se pueden aproximar a los valores más cercanos, al mismo o los valores pequeños más cercanos, o al mismo o los valores grandes más cercanos.

Se pueden aproximar elementos de secuencias a valores de $\{\pi/4, 3\pi/4, -\pi/4, -3\pi/4\}$ correspondientes a las fases de QPSK. Esto significa que los valores cuantificados se aproximan a las coordenadas de QPSK $\{0,7071+j0,7071, 0,7071-j0,7071, -0,7071+j0,7071, -0,7071-j0,7071\}$.

-pág 54 En lo sucesivo, se describirá la generación de secuencia extendida, pero también se puede usar una secuencia truncada como en la siguiente ecuación según la longitud N de las secuencias deseadas y la longitud N_{zc} de las secuencias de ZC.

[Ecuación 36]

$$r(n) = e^{j\omega n} x_u(n), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j\pi \left\{ \text{cuan} \left(\frac{a(u_0 m^3 + u_1 m^2 + u_2 m^1)}{N_{zc}} \right) + u_3 \right\}}$$

Alternativamente, si la longitud N de las secuencias deseadas y la longitud N_{zc} de las secuencias de ZC son la misma, también se pueden usar secuencias como en la siguiente ecuación.

[Ecuación 37]

$$r(n) = e^{j\omega n} x_u(n), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

$$x_u(m) = e^{-j\pi \left\{ \text{cuan} \left(\frac{a(u_0 m^3 + u_1 m^2 + u_2 m^1)}{N} \right) + u_3 \right\}}$$

Ahora se describirán ejemplos sustanciales para generar una generación de secuencia para una señal de referencia.

En la subtrama de enlace ascendente, se programa un PUCCH o un PUSCH por una unidad de bloques de recursos, y un bloque de recursos incluye doce subportadoras. De esta manera, se requiere una secuencia con una longitud N=12 para un bloque de recursos único, se requiere una secuencia con una longitud N=24 para dos bloques de recursos. La secuencia con la longitud N=12 se puede generar extendiendo cíclicamente una secuencia con N_{zc}=11, y la secuencia con la longitud N=24 se puede generar extendiendo cíclicamente una secuencia con N_{zc}=23.

(1) Secuencia de señal de referencia para N=12

La tabla de más abajo muestra u₀, u₁, y u₂, cuando N=12. Muestra 30 combinaciones de secuencias, que no tiene tal correlación cruzada alta con secuencias de ZC correspondientes a tres bloques de recursos, que se buscan a partir de las secuencias que no exceden una CM de 1,22dB, considerando preferencialmente un CP (Prefijo Cíclico) como la CM.

[Tabla 12]

Índice (u)	u ₀	u ₁	u ₂
0	29995	30337	2400
1	32762	2119	36039
2	35746	37587	26527
3	18603	33973	25011
4	18710	2129	19429
5	5033	28145	14997
6	6940	23410	7920
7	19235	26638	38189
8	2037	29	16723
9	8965	29795	25415
10	35666	2400	4229
11	7660	31762	17023
12	23501	14111	6290

13	32271	14654	3822
14	16265	29599	640
15	26931	38734	3401
16	11963	29706	22674
17	9560	24757	22880
18	22707	14318	7654
19	16440	14635	3587
20	22209	13004	10470
21	23277	2967	19770
22	25054	36961	9673
23	39007	36984	21639
24	5353	38653	26803
25	36686	19758	36923
26	3768	37064	30757
27	15927	15525	13083
28	33614	17418	37090
29	33995	7240	12053

La secuencia de señal de referencia $r(n)$ con la longitud 12 generada a partir de la tabla anterior se puede expresar por la siguiente ecuación:

[Ecuación 38]

$$r(n) = e^{jan} x_u(n), x_u(n) = e^{jp(n)\pi/4}, 0 \leq n < N$$

donde ' α ' es un valor de cambio cíclico, y los valores de los parámetros de fase $p(n)$ de las secuencias base $x_u(n)$ se dan como se muestra en la siguiente tabla:

[Tabla 13]

Índice de secuencia (u)	$p(0), \dots, p(11)$
0	-1 -3 -1 1 1 -3 3 1 3 1 1 -1
1	-1 3 3 -3 3 1 -1 -1 -3 -1 1 -1
2	-1 1 -3 -1 -3 -3 -3 1 -1 -3 1 -1
3	-1 3 -1 1 1 -3 -3 -1 -3 -3 3 -1
4	-1 3 1 -3 3 -3 -1 -3 -3 3 -3 -1
5	-1 1 3 3 1 -3 3 3 1 3 -1 -1
6	-1 1 1 3 -1 1 1 1 -1 -3 3 -1
7	-1 1 1 -1 -1 -1 3 1 3 -3 3 -1
8	-1 3 1 3 1 -1 -1 3 -3 -1 -3 -1

9	-1 -3 1 -1 -3 1 1 1 -1 1 -3 -1
10	-1 -3 -1 -3 -1 -1 3 -3 -3 3 1 -1
11	-1 -3 1 1 -1 1 -1 -1 3 -3 -3 -1
12	-1 1 -3 -1 1 -1 3 3 1 -1 1 -1
13	-1 -3 1 3 -1 -1 3 1 1 1 1 -1
14	-1 -1 1 1 -1 -3 -1 -3 -3 1 3 -1
15	-1 -3 3 -1 1 1 -3 -1 -3 -1 -1 -1
16	-1 1 -3 3 -1 -1 3 -3 -3 -3 -3 -1
17	-1 3 3 -3 3 -3 -3 1 1 -1 -3 -1
18	-1 -1 -3 -1 -3 -3 1 1 3 -3 3 -1
19	-1 3 -3 1 -1 3 -1 -3 -3 -1 -1 -1
20	-1 1 -1 -3 -1 -1 1 3 -3 3 3 -1
21	-1 1 -1 1 1 3 -1 -1 -3 3 3 -1
22	-1 1 3 -3 -3 3 -1 -1 -3 -1 -3 -1
23	-1 -3 1 -1 -3 -1 3 -3 3 -3 -1 -1
24	-1 -3 -3 -3 1 -1 1 1 -3 -1 1 -1
25	-1 -3 -1 1 1 3 -1 1 -1 -3 3 -1
26	-1 3 3 1 -3 -3 -1 1 1 -1 1 -1
27	-1 3 1 -1 -3 -3 -3 -1 3 -3 -3 -1
28	-1 -3 1 1 1 1 3 1 -1 1 -3 -1
29	-1 3 -3 3 -1 3 3 -3 3 3 -1 -1

(2) Secuencia de señal de referencia para N=24

5 La tabla de más abajo muestra u_0 , u_1 , y u_2 , cuando N=12. Muestra 30 combinaciones de secuencias, que no tiene tal correlación cruzada alta con secuencias de ZC extendidas correspondientes a tres bloques de recursos, que se buscan a partir de las secuencias que no exceden una CM de 1,22dB, considerando preferencialmente un CP (Prefijo Cíclico) como la CM.

[Tabla 14]

Índice (u)	u_0	u_1	u_2
0	35297	9057	9020
1	24379	861	26828
2	15896	4800	31943
3	6986	9180	7583
4	22605	15812	10886
5	852	3220	18552
6	16048	10573	27569

7	15076	9412	26787
8	15074	3760	38376
9	38981	11775	37785
10	29686	14549	13300
11	21429	7431	34668
12	28189	33097	5721
13	6551	34694	36165
14	25833	17562	20508
15	38286	20581	17410
16	17305	10299	10752
17	27571	8218	1477
18	16602	31085	15253
19	14199	11732	25429
20	1665	9415	24015
21	33837	26684	9587
22	20569	33119	21324
23	27246	33775	21065
24	18611	30085	28779
25	29485	39582	28791
26	21508	25272	21422
27	5956	25772	2113
28	17823	13894	23873
29	5862	3810	35855

La secuencia de señal de referencia $r(n)$ con la longitud 24 generada a partir de la tabla anterior se puede expresar por la siguiente ecuación:

[Ecuación 39]

$$r(n) = e^{j\alpha n} x_u(n), x_u(n) = e^{jp(n)\pi/4}, 0 \leq n < N$$

donde ' α ' es un valor de cambio cíclico, y los valores de los parámetros de fase $p(n)$ de las secuencias base $x_u(n)$ se dan como se muestra en la siguiente tabla:

[Tabla 15]

Índice de secuencia (u)	$p(0), \dots, p(23)$
0	-1 3 3 3 -3 1 3 -3 -1 -3 -1 1 -3 3 -1 3 1 1 -1 -3 3 -1 -1 -1
1	-1 1 3 -3 3 -1 3 -1 1 -1 -3 -1 3 -3 -1 -3 -3 -3 -1 -1 3 1 -1

2	-1 3 1 -1 -3 1 -3 3 1 1 -1 -3 -1 1 -3 -1 1 1 1 3 -3 -1 -1 -1
3	-1 -3 3 3 -3 1 -1 -1 3 3 -3 -3 1 3 3 -1 3 -3 -1 -1 -1 -1 -1
4	-1 -1 -3 -1 3 -3 -3 -1 3 -3 3 1 1 -3 -3 -3 -3 1 -1 -3 1 -1 -1 -1
5	-1 1 -3 -3 -1 -1 1 -1 -3 -3 -3 3 1 -3 1 3 1 -3 3 -3 -1 -3 -3 -1
6	-1 1 1 3 -3 -1 1 -1 -1 -1 3 1 -1 1 -3 1 3 -3 3 1 -3 1 1 -1
7	-1 1 1 -3 -3 -3 -3 -3 -3 -1 3 3 -1 -1 -3 1 -3 1 -3 1 1 -3 3 -1
8	-1 -1 3 3 -1 3 1 -3 -3 1 -3 -1 3 -1 -1 -1 -3 1 1 -1 -3 -3 -3 -1
9	-1 -3 3 -1 -1 -1 -1 1 1 -3 3 1 3 3 1 -1 1 -3 1 -3 1 1 -3 -1
10	-1 -3 -1 -3 -1 -3 -3 1 1 3 1 3 -1 -1 3 1 1 -3 -3 -1 3 3 -1 -1
11	-1 -3 3 -3 -3 -3 -1 -1 -3 -1 -3 3 1 3 -3 -1 3 -1 1 -1 3 -3 1 -1
12	-1 -1 1 -3 1 3 -3 1 -1 -3 -1 3 1 3 1 -1 -3 -3 -1 -1 -3 -3 -3 -1
13	-1 -3 -1 -1 3 1 3 1 -3 -3 -1 -3 -3 -3 -1 3 3 -1 -1 -3 1 3 -1 -1
14	-1 1 -1 -1 3 -3 3 -3 1 1 -1 1 1 1 -1 3 3 -1 -1 1 -3 3 -1 -1
15	-1 1 -3 -3 -3 1 1 -3 1 1 -1 -1 3 -1 -3 1 -1 -1 1 1 3 1 -3 -1
16	-1 -1 -3 3 -1 -1 -1 3 1 -3 1 1 3 -3 1 -3 -1 -1 -1 3 -3 3 -3 -1
17	-1 1 -3 -1 -3 1 3 -3 3 -3 -3 -3 1 -1 3 -1 -3 -1 -1 -3 -3 1 1 -1
18	-1 3 1 -3 -3 -3 -3 1 -1 1 1 1 -3 -1 1 1 3 -1 -1 3 -1 1 -3 -1
19	-1 1 -3 -1 -1 1 -3 -1 -3 -1 1 1 1 1 3 1 -1 -3 -3 3 -1 3 1 -1
20	-1 1 3 -1 -1 1 -1 -3 -1 -1 1 1 1 -3 3 1 -1 -1 -3 3 -3 -1 3 -1
21	-1 -3 1 1 3 -3 1 1 -3 -1 -1 1 3 1 3 1 -1 3 1 1 -3 -1 -3 -1
22	-1 -1 3 3 3 -3 -3 3 3 -1 3 -1 -1 -1 -1 3 -3 1 -1 3 -1 -1 3 -1
23	-1 3 -1 3 -1 1 1 3 1 3 -3 1 3 -3 -3 1 1 -3 3 3 3 1 -1 -1
24	-1 -3 -1 -1 1 -3 -1 -1 1 -1 -3 1 1 -3 1 -3 -3 3 1 1 -1 3 -1 -1
25	-1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 -3 1 -3 -1 3 1 -3 3 -1 1 3 -3 3 1 -1 -1
26	-1 1 -3 -3 -1 1 -1 1 3 1 3 3 1 1 -1 3 1 -1 3 -1 3 3 -1 -1
27	-1 -1 3 -3 1 -3 1 3 -3 3 1 3 3 -1 -1 3 3 3 1 -3 -1 -1 1 -1
28	-1 3 -1 -1 3 -3 -1 -3 -3 3 -3 3 -1 1 -1 -3 3 3 -3 -1 -1 -1 1 -1
29	-1 1 1 1 3 3 -1 -1 -1 -1 3 -3 -1 3 1 -3 -1 1 -1 -1 -3 1 -1 -1

VII. Selección de secuencia para señal de referencia

En la descripción anterior, las secuencias se generan a partir de la ecuación de generación de forma cerrada con respecto a $N=12$ y $N=24$. No obstante, en un sistema de comunicación inalámbrico real, pueden no ser aplicables las secuencias generadas a partir de una ecuación de generación única sino mezcladas con otras secuencias. De esta manera, las características de correlación o las características de CM entre las secuencias generadas de esa manera y otras secuencias necesitan ser consideradas.

Aquí, se describirá ahora un método, en el que se comparan 30 secuencias generadas a partir de la Ecuación 38 y

la Tabla 13 cuando $N=12$ con 26 secuencias comparativas y se seleccionan cuatro secuencias con buenas características de correlación como secuencias de señal de referencia. Además, se describirá ahora un método, en el que se comparan 30 secuencias generadas a partir de la Ecuación 39 y la Tabla 15 cuando $N=24$ con 25 secuencias comparativas y se seleccionan cinco secuencias con buenas características de correlación como secuencias de señal de referencia.

(1) En caso de $N=12$

Si $N=12$, una ecuación de generación de secuencia es un cambio cíclico de la secuencia base $x_u(n)$ como la Ecuación 38, y valores de los parámetros de fase $p(n)$ de las secuencias base $x_u(n)$ se dan como aquéllos mostrados en la Tabla 13. Aquí, se describirá ahora el método, en el que se comparan 30 secuencias generadas cuando $N=12$ con 26 secuencias comparativas y se seleccionan cuatro secuencias con buenas características de correlación. El número de casos de elección de cuatro secuencias base de entre 30 secuencias base es 27405 (${}_{30}C_4=30 \cdot 29 \cdot 28 \cdot 27 / 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 27405$). De esta manera, para reducir el número de casos, primero, se considera la CM de las secuencias base.

La tabla de más abajo muestra secuencias base dispuestas en el orden del tamaño de la CM. En la tabla, se determina el mayor valor entre los valores de CM de todos los cambios cíclicos posibles de las secuencias base como una CM representativa.

[Tabla 16]

Índice de Secuencia	CM
23	0,6486
26	0,6634
29	0,8258
21	0,8961
15	0,9052
12	0,9328
14	0,977
28	0,9773
19	0,987
25	0,9991
1	1,0015
5	1,0019
22	1,0273
11	1,035
20	1,0376
18	1,0406
10	1,0455
3	1,05
0	1,0608
17	1,066
8	1,073
24	1,0927

9	1,1054
2	1,1054
4	1,1248
27	1,1478
6	1,1478
16	1,1502
7	1,1616
13	1,1696

5 Cuando $N=12$, a saber, debido a que la longitud de las secuencias base correspondientes a un bloque de recursos único es corta, muchas secuencias tienen características de correlación cruzada similares, de modo que las secuencias con una CM de más de un cierto valor son excluidas. Aquí, se consideran las secuencias [23 26 29 21 15 12 14 28 19 25 1 5 22 11 20 18 10 3 0 17 8] que tienen una CM menor que 1,09.

Se supone que los parámetros de fase $p^c(n)$ de secuencias comparativas que se pueden usar junto con las secuencias base son aquéllos que se muestran en la tabla de más abajo. En este caso, las secuencias comparativas son diferentes en sus parámetros de fase pero las mismas en sus formas que las secuencias base.

[Tabla 17]

Índice de Comparativa	Secuencia	$p^c(0), \dots, p^c(11)$
0		-1 1 3 -3 3 3 1 1 3 1 -3 3
1		1 1 3 3 3 -1 1 -3 -3 1 -3 3
2		1 1 -3 -3 -3 -1 -3 -3 1 -3 1 -1
3		-1 1 1 1 1 -1 -3 -3 1 -3 3 -1
4		-1 3 1 -1 1 -1 -3 -1 1 -1 1 3
5		1 -3 3 -1 -1 1 1 -1 -1 3 -3 1
6		-1 3 -3 -3 -3 3 1 -1 3 3 -3 1
7		-3 -1 -1 -1 1 -3 3 -1 1 -3 3 1
8		1 -3 3 1 -1 -1 -1 1 1 3 -1 1
9		1 -3 -1 3 3 -1 -3 1 1 1 1 1
10		3 1 -1 -1 3 3 -3 1 3 1 3 3
11		1 -3 1 1 -3 1 1 1 -3 -3 -3 1
12		3 3 -3 3 -3 1 1 3 -1 -3 3 3
13		-3 1 -1 -3 -1 3 1 3 3 3 -1 1
14		3 -1 1 -3 -1 -1 1 1 3 1 -1 -3
15		1 3 1 -1 1 3 3 3 -1 -1 3 -1
16		-3 1 1 3 -3 3 -3 -3 3 1 3 -1
17		-3 3 1 1 -3 1 -3 -3 -1 -1 1 -3
18		-1 3 -1 1 -3 -3 -3 -3 -3 1 -1 -3

ES 2 710 364 T3

19	1 1 -3 -3 -3 -3 -1 3 -3 1 -3 3
20	1 1 -1 -3 -1 -3 1 -1 1 3 -1 1
21	1 1 3 1 3 3 -1 1 -1 -3 -3 1
22	1 -3 3 3 1 3 3 1 -3 -1 -1 3
23	1 3 -3 -3 3 -3 1 -1 -1 3 -1 -3
24	-3 -1 -3 -1 -3 3 1 -1 1 3 -3 -3
25	3 -3 -3 -1 -1 -3 -1 3 -3 3 1 -1

De las 30 secuencias base, las mejores 25 combinaciones entre las combinaciones de correlación cruzada máxima con las secuencias comparativas, son aquéllas que se muestran en la tabla de más abajo.

[Tabla 18]

Nº	Combinación de Índices de Secuencia	Correlación Media	Correlación Máxima
1	0 3 8 17	0,2568	0,644
2	3 8 17 25	0,2567	0,6546
3	0 8 17 25	0,2567	0,6546
4	0 3 17 25	0,2576	0,6546
5	0 3 8 25	0,2561	0,6546
6	8 17 25 28	0,2568	0,6546
7	3 17 25 28	0,2576	0,6546
8	0 17 25 28	0,2577	0,6546
9	3 8 25 28	0,2561	0,6546
10	0 8 25 28	0,2562	0,6546
11	0 3 25 28	0,2571	0,6546
12	3 8 17 28	0,2568	0,6546
13	0 8 17 28	0,2569	0,6546
14	0 3 17 28	0,2577	0,6546
15	0 3 8 28	0,2562	0,6546
16	17 25 28 29	0,2576	0,6755
17	8 25 28 29	0,2561	0,6755
18	3 25 28 29	0,257	0,6755
19	0 25 28 29	0,257	0,6755
20	8 17 28 29	0,2568	0,6755
21	3 17 28 29	0,2576	0,6755
22	0 17 28 29	0,2577	0,6755
23	3 8 28 29	0,2560	0,6755

24	0 8 28 29	0,2562	0,6755
25	0 3 28 29	0,2571	0,6755

5 A partir de la tabla anterior, si cuatro secuencias que tienen buenas características de correlación cruzada media y características de correlación cruzada máxima cuando se comparan con las secuencias comparativas y satisfacen las características de CM deseadas van a ser seleccionadas de entre las 30 secuencias que tienen la misma ecuación de generación de secuencia base que la Ecuación 36 y que tienen los valores de los parámetros de fase $p(n)$ como se proporcionan en la Tabla 13, las cuatro secuencias que tienen los índices de secuencia [3 8 28 29] serían secuencias base.

Finalmente, la secuencia de señal de referencia $r(n)$ con la longitud $N=12$ es como sigue:

[Ecuación 40]

$$10 \quad \begin{aligned} r(n) &= e^{j\alpha n} x_u(n), \quad 0 \leq n < N \\ x_u(n) &= e^{jp(n)n/4} \end{aligned}$$

donde ' α ' es un valor de cambio cíclico, y los valores de los parámetros de fase $p(n)$ de las secuencias base $x_u(n)$ se dan como aquéllos mostrados en la tabla de más abajo.

[Tabla 19]

$p(0), \dots, p(11)$
-1 3 -1 1 1 -3 -3 -1 -3 -3 3 -1
-1 3 1 3 1 -1 -1 3 -3 -1 -3 -1
-1 -3 1 1 1 1 3 1 -1 1 -3 -1
-1 3 -3 3 -1 3 3 -3 3 3 -1 -1

15 (2) En caso de $N=24$

20 Cuando $N=24$, una ecuación de generación de secuencia es un cambio cíclico de la secuencia base $x_u(n)$ como la Ecuación 37, y los valores de los parámetros de fase $p(n)$ de las secuencias base $x_u(n)$ se dan como aquéllos mostrados en la Tabla 15. Aquí, se describirá ahora el método, en el que se comparan las 30 secuencias generadas cuando $N=24$ con 25 secuencias comparativas y se seleccionan cinco secuencias con buenas características de correlación. El número de casos de elección de cinco secuencias base de entre 30 secuencias base es 142506 (${}_{30}C_4 = 30 \cdot 29 \cdot 28 \cdot 27 \cdot 26 / 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 142506$).

Se supone que los parámetros de fase $p^c(n)$ de las secuencias comparativas que se pueden usar junto con las secuencias base son aquéllos que se muestran en la tabla de más abajo. En este caso, las secuencias comparativas son diferentes solamente en sus parámetros de fase pero las mismas en sus formas como las secuencias base.

25 [Tabla 20]

Índice de Secuencia Comparativa	$p^c(0), \dots, p^c(23)$
0	-1 3 1 -3 3 -1 1 3 -3 3 1 3 -3 3 1 1 -1 1 3 -3 3 -3 -1 -3
1	-3 3 -3 -3 -3 1 -3 -3 3 -1 1 1 1 3 1 -1 3 -3 -3 1 3 1 1 -3
2	3 -1 3 3 1 1 -3 3 3 3 3 1 -1 3 -1 1 1 -1 -3 -1 -1 1 3 3
3	-1 -1 -1 -3 -3 -1 1 1 3 3 -1 3 -1 1 -1 -3 1 -1 -3 -3 1 -3 -1 -1
4	-3 1 1 3 -1 1 3 1 -3 1 -3 1 1 -1 -1 3 -1 -3 3 -3 -3 -3 1 1

ES 2 710 364 T3

5	1 1 -1 -1 3 -3 -3 3 -3 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 -3 -1 1 -1 3 -1 -3
6	-3 3 3 -1 -1 -3 -1 3 1 3 1 3 1 1 -1 3 1 -1 1 3 -3 -1 -1 1
7	-3 1 3 -3 1 -1 -3 3 -3 3 -1 -1 -1 -1 1 -3 -3 -3 1 -3 -3 -3 1 -3
8	1 1 -3 3 3 -1 -3 -1 3 -3 3 3 3 -1 1 1 -3 1 -1 1 1 -3 1 1
9	-1 1 -3 -3 3 -1 3 -1 -1 -3 -3 -3 -1 -3 -3 1 -1 1 3 3 -1 1 -1 3
10	1 3 3 -3 -3 1 3 1 -1 -3 -3 -3 3 3 -3 3 3 -1 -3 3 -1 1 -3 1
11	1 3 3 1 1 1 -1 -1 1 -3 3 -1 1 1 -3 3 3 -1 -3 3 -3 -1 -3 -1
12	3 -1 -1 -1 -1 -3 -1 3 3 1 -1 1 3 3 3 -1 1 1 -3 1 3 -1 -3 3
13	-3 -3 3 1 3 1 -3 3 1 3 1 1 3 3 -1 -1 -3 1 -3 -1 3 1 1 3
14	1 3 -1 3 3 -1 -3 1 -1 -3 3 3 3 -1 1 1 3 -1 -3 -1 3 -1 -1 -1
15	1 1 1 1 1 -1 3 -1 -3 1 1 3 -3 1 -3 -1 1 1 -3 -3 3 1 1 -3
16	1 3 3 1 -1 -3 3 -1 3 3 3 -3 1 -1 1 -1 -3 -1 1 3 -1 3 -3 -3
17	-3 -3 1 1 -1 1 -1 1 -1 3 1 -3 -1 1 -1 1 -1 -1 3 3 -3 -1 1 -3
18	-3 -1 -3 3 1 -1 -3 -1 -3 -3 3 -3 3 -3 -1 1 3 1 -3 1 3 3 -1 -3
19	-1 -1 -1 -1 3 3 3 1 3 3 -3 1 3 -1 3 -1 3 3 -3 3 1 -1 3 3
20	1 -1 3 3 -1 -3 3 -3 -1 -1 3 -1 3 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -3 -1 3
21	1 -1 1 -1 3 -1 3 1 1 -1 -1 -3 1 1 -3 1 3 -3 1 1 -3 -3 -1 -1
22	-3 -1 1 3 1 1 -3 -1 -1 -3 3 -3 3 1 -3 3 -3 1 -1 1 -3 1 1 1
23	-1 -3 3 3 1 1 3 -1 -3 -1 -1 -1 3 1 -3 -3 -1 3 -3 -1 -3 -1 -3 -1
24	1 1 -1 -1 -3 -1 3 -1 3 -1 1 3 1 -1 3 1 3 -3 -3 1 -1 -1 1 3

20 combinaciones con las mejores características de correlación cruzada entre todas las combinaciones posibles son aquellas que se muestran en la tabla de más abajo.

[Tabla 21]

Nº	Combinación de Índices de Secuencia	Correlación Media	Correlación Máxima
1	9 11 16 21 27	0,1811	0,4791
2	11 12 16 21 25	0,181	0,4844
3	9 12 16 21 25	0,181	0,4844
4	9 11 12 21 25	0,1812	0,4844
5	9 11 12 16 25	0,1812	0,4844
6	9 11 12 16 25	0,1811	0,4844
7	12 16 21 24 25	0,1806	0,4917
8	11 16 21 24 25	0,1808	0,4917
9	9 16 21 24 25	0,1807	0,4917

10	11 12 21 24 25	0,1808	0,4917
11	9 12 21 24 25	0,1807	0,4917
12	9 11 21 24 25	0,189	0,4917
13	11 12 16 24 25	0,1809	0,4917
14	9 12 16 24 25	0,1808	0,4917
15	9 11 16 24 25	0,181	0,4917
16	9 11 12 24 25	0,181	0,4917
17	11 12 16 21 24	0,1807	0,4917
18	9 12 16 21 24	0,1806	0,4917
19	9 11 16 21 24	0,1808	0,4917
20	9 11 12 21 24	0,1808	0,4917

Entre las combinaciones, las combinaciones {7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20} tienen un valor de correlación media mayor que 0,181.

- 5 La tabla de más abajo muestra secuencias base dispuestas en el orden del tamaño de la CM. En la tabla, el mayor valor entre los valores de CM de todos los cambios cíclicos posibles de las secuencias base se determina como una CM representativa.

[Tabla 22]

Índice de Secuencia	CM
6	0,6423
12	0,7252
23	0,7632
20	0,8265
8	0,883
9	0,8837
19	0,9374
10	0,966
25	0,9787
11	0,9851
13	0,9966
29	1,0025
14	1,0112
28	1,0113
27	1,0143
17	1,0176
7	1,0191

22	1,0316
24	1,0387
5	1,0407
18	1,059
15	1,0722
3	1,0754
0	1,0761
21	1,094
1	1,0952
16	1,1131
26	1,1193
4	1,1223
2	1,1251

Los índices de secuencia incluidos en las combinaciones seleccionadas son 9, 11, 12, 16, 21, 24, 25, de los cuales se excluye el índice de secuencia 16 debido a que tiene bajas características de CM de la secuencia base. De esta manera, las combinaciones seleccionables se reducen a los siguientes cuatro índices de secuencia.

5 [Tabla 23]

Combinación de Índices de Secuencia	Correlación Media	Correlación Máxima
11 12 21 24 25	0,1808	0,4917
9 12 21 24 25	0,1807	0,4917
9 11 12 21 24	0,1806	0,4917
9 11 21 24 25	0,1809	0,4917

Si cinco secuencias, que tienen buenas características de correlación cruzada y características de CM con las secuencias comparativas y tienen unos valores de correlación mínimos, van a ser seleccionadas a partir de las combinaciones anteriores, las secuencias [9 11 12 21 24] serán secuencias base.

10 Finalmente, la secuencia de señal de referencia $r(n)$ con la longitud $N=24$ es como sigue:

[Ecuación 41]

$$r(n) = e^{j\alpha n} x_u(n), \quad 0 \leq n < N$$

$$x_u(n) = e^{jp(n)n/4}$$

donde ' α ' es un valor de cambio cíclico, y los valores de los parámetros de fase $p(n)$ de las secuencias base $x_u(n)$ se dan como aquéllos mostrados en la tabla de más abajo.

15 [Tabla 24]

$p(0), \dots, p(23)$
-1 -3 3 -1 -1 -1 -1 1 1 -3 3 1 3 3 1 -1 1 -3 1 -3 1 1 -3 -1

-1	-3	3	-3	-3	-3	-1	-1	-3	-1	-3	3	1	3	-3	-1	3	-1	1	-1	3	-3	1	-1
-1	-1	1	-3	1	3	-3	1	-1	-3	-1	3	1	3	1	-1	-3	-3	-1	-1	-3	-3	-3	-1
-1	-3	1	1	3	-3	1	1	-3	-1	-1	1	3	1	3	1	-1	3	1	1	-3	-1	-3	-1
-1	-3	-1	-1	1	-3	-1	-1	1	-1	-3	1	1	-3	1	-3	-3	3	1	1	-1	3	-1	-1

Todas las 30 secuencias base se pueden obtener usando los valores de parámetros de fase de las 25 secuencias comparativas dadas como se muestra en la Tabla 20.

La FIG. 8 es un diagrama de flujo que ilustra el proceso de un método de transmisión de señal de referencia según una realización de la presente invención.

Con referencia a la FIG. 8, en el paso S210, se adquiere la siguiente secuencia base $x_u(n)$.

[Ecuación 42]

$$x_u(n) = e^{jp(n)\pi/4}$$

El parámetro de fase $p(n)$ se determina según la longitud de las secuencias base, a saber, el número de bloques de recursos asignados. En el caso de un bloque de recursos ($N=12$), se puede usar al menos uno de los 30 parámetros de fase $p(n)$ dados como se muestra en la Tabla 17 y la Tabla 19. En caso de dos bloques de recursos ($N=24$), se puede usar al menos uno de los 30 parámetros de fase $p(n)$ dados como se muestra en la Tabla 20 y la Tabla 24.

En el paso S220, se adquiere la secuencia de señal de referencia $r(n)$ definida por la siguiente ecuación mediante el cambio cíclico ' α ' de la secuencia base $x_u(n)$.

[Ecuación 43]

$$r(n) = e^{j\alpha n} x_u(n), 0 \leq n < N$$

En el paso S230, la secuencia de señal de referencia $r(n)$ se correlaciona con un recurso físico. En este caso, el recurso físico puede ser un elemento de recurso o una subportadora.

En el paso S240, la secuencia de señal de referencia correlacionada con el recurso físico se convierte en una señal SC-FDMA, que entonces se transmite en la dirección del enlace ascendente.

Las secuencias que tienen buenas características de correlación y características de CM comparadas con las secuencias comparativas se seleccionan de entre secuencias generadas por una ecuación de generación de forma cerrada, y se usan como una señal de referencia de enlace ascendente. Aunque las secuencias se usan como la señal de referencia del enlace ascendente junto con las secuencias comparativas, se pueden mantener las características de la secuencia deseada, de modo que el rendimiento de demodulación de datos se puede mejorar y la programación de enlace ascendente precisa puede ser posiblemente realizada.

Cada función que se describió anteriormente se puede realizar por un procesador tal como un microprocesador basado en software codificado para realizar tal función, un código de programa, etc., un controlador, un microcontrolador, un ASIC (Circuito Integrado de Aplicaciones Específicas), o similar. La planificación, desarrollo e implementación de tales códigos puede ser obvia para la persona experta en la técnica en base a la descripción de la presente invención.

Aunque las realizaciones de la presente invención se han descrito para propósitos ilustrativos, aquellos expertos en la técnica apreciarán que son posibles diversas modificaciones, adiciones y sustituciones, sin salirse del alcance de la invención. Por consiguiente, las realizaciones de la presente invención no están limitadas a las realizaciones descritas anteriormente sino que se definen por las reivindicaciones que siguen, junto con su alcance completo de equivalentes.

Realizaciones de la invención incluyen un método de generar una señal de referencia en un sistema de comunicación inalámbrica, comprendiendo el sistema adquirir (S210) una secuencia base $x_u(n)$, y adquirir (S220) una secuencia de señal de referencia $r(n)$ con una longitud N a partir de la secuencia base $x_u(n)$, en el que la secuencia base $x_u(n)$ se expresa por medio de

$$x_u(n) = e^{jp(n)\pi/4}$$

y si N=12, al menos uno de los valores proporcionados en la siguiente tabla es usado como un valor del parámetro de fase p(n):

p(0), ... p(11)											
-1	3	-1	1	1	-3	-3	-1	-3	-3	3	-1
-1	3	1	3	1	-1	-1	3	-3	-1	-3	-1
-1	-3	1	1	1	1	3	1	-1	1	-3	-1
-1	3	-3	3	-1	3	3	-3	3	3	-1	-1

- 5 Algunas realizaciones incluyen el método anterior de generar una señal de referencia en el que, si N=24, al menos uno de los valores proporcionados en la siguiente tabla es usado como un valor del parámetro de fase p(n):

p(0), ... p(23)																							
-1	-3	3	-1	-1	-1	-1	1	1	-3	3	1	3	3	1	-1	1	-3	1	-3	1	1	-3	
-1	-3	3	-3	-3	-3	-1	-1	-3	-1	-3	3	1	3	-3	-1	3	-1	1	-1	3			
-1	-1	1	-3	1	3	-3	1	-1	-3	-1	3	1	3	1	-1	-3	-3	-1	-1	-3	-		
-1	-3	1	1	3	-3	1	1	-3	-1	-1	1	3	1	3	1	-1	3	1	1	-3	-1	-3	
-1	-3	-1	-1	1	-3	-1	-1	1	-1	-3	1	1	-3	1	-3	-3	3	1	1	-1	3		

Algunas realizaciones incluyen el método anterior de generar una señal de referencia en el que la secuencia de señal de referencia r(n) es adquirida como

$$r(n) = e^{j\alpha n} x_u(n)$$

- 10 mediante un cambio cíclico α de la secuencia base $x_u(n)$.

Otras realizaciones incluyen un método para transmitir una señal de referencia en un sistema de comunicación inalámbrico, comprendiendo el método: adquirir (S220) una secuencia de señal de referencia r(n) con una longitud N a partir de una secuencia base $x_u(n)$; correlacionar (S230) la secuencia de señal de referencia con el número N de subportadoras; y transmitir (S240) las secuencias de señal de referencia correlacionadas sobre un canal de enlace ascendente, en el que la secuencia base $x_u(n)$ se expresa mediante

- 15

$$x_u(n) = e^{jp(n)\pi/4}$$

y si N=12, al menos uno de los valores proporcionados en la siguiente tabla es usado como un valor del parámetro de fase p(n):

p(0), ... p(11)											
-1	3	-1	1	1	-3	-3	-1	-3	-3	3	-1
-1	3	1	3	1	-1	-1	3	-3	-1	-3	-1
-1	-3	1	1	1	1	3	1	-1	1	-3	-1
-1	3	-3	3	-1	3	3	-3	3	3	-1	-1

- 20 Algunas realizaciones incluyen el método anterior para transmitir una señal de referencia en el que, si N=24, al menos uno de los valores proporcionados en la siguiente tabla es usado como un valor del parámetro de fase p(n):

p(0), ... p(23)
-1 -3 3 -1 -1 -1 -1 1 1 -3 3 1 3 3 1 -1 1 -3 1 -3 1 1 -3
-1 -3 3 -3 -3 -3 -1 -1 -3 -1 -3 3 1 3 -3 -1 3 -1 1 -1 3
-1 -1 1 -3 1 3 -3 1 -1 -3 -1 3 1 3 1 -1 -3 -3 -1 -1 -3 -
-1 -3 1 1 3 -3 1 1 -3 -1 -1 1 3 1 3 1 -1 3 1 1 -3 -1 -3
-1 -3 -1 -1 1 -3 -1 -1 1 -1 -3 1 1 -3 1 -3 -3 3 1 1 -1 3

Algunas realizaciones incluyen el método anterior para transmitir una señal de referencia en el que la secuencia de señal de referencia $r(n)$ es adquirida como

$$r(n) = e^{j\alpha n} x_u(n)$$

- 5 mediante un cambio cíclico α de la secuencia base $x_u(n)$.

Algunas realizaciones incluyen el método anterior para transmitir una señal de referencia en el que el canal de enlace ascendente es un canal de control de enlace ascendente físico (PUCCH).

Algunas realizaciones incluyen el método anterior para transmitir una señal de referencia en el que el canal de enlace ascendente es un canal compartido de enlace ascendente físico (PUSCH).

- 10 Algunas realizaciones incluyen el método anterior para transmitir una señal de referencia en el que la secuencia de señal de referencia $r(n)$ es una señal de referencia de demodulación usada para demodular datos de enlace ascendente.

Algunas realizaciones incluyen el método anterior para transmitir una señal de referencia en el que la secuencia de señal de referencia $r(n)$ es una señal de referencia de sondeo usada para programación de usuario.

15

REIVINDICACIONES

1. Un método para transmitir una señal de referencia en un sistema de comunicación inalámbrica, que comprende:

transmitir (S240) la señal de referencia en un canal de enlace ascendente, siendo generada la señal de referencia correlacionando una secuencia de señal de referencia de longitud 12 basada en una secuencia base $x_u(n)$ con un recurso físico, caracterizado porque

la secuencia base $x_u(n)$ se expresa mediante:

$$x_u(n) = e^{jp(n)\pi/4} \quad 0 \leq n < N$$

y al menos uno de los conjuntos de valores proporcionados en la siguiente tabla se utiliza como un conjunto de valores para el parámetro de fase $p(n)$:

Índice de secuencia (u)	p(0), ..., p(11)
0	-1 -3 -1 1 1 -3 3 1 3 1 1 -1
1	-1 3 3 -3 3 1 -1 -1 -3 -1 1 -1
2	-1 1 -3 -1 -3 -3 -3 1 -1 -3 1 -1
3	-1 3 -1 1 1 -3 -3 -1 -3 -3 3 -1
4	-1 3 1 -3 3 -3 -1 -3 -3 3 -3 -1
5	-1 1 3 3 1 -3 3 3 1 3 -1 -1
6	-1 1 1 3 -1 1 1 1 1 -1 -3 3 -1
7	-1 1 1 -1 -1 -1 3 1 3 -3 3 -1
8	-1 3 1 3 1 -1 -1 3 -3 -1 -3 -1
9	-1 -3 1 -1 -3 1 1 1 1 -1 -3 -1
10	-1 -3 -1 -3 -1 -1 3 -3 -3 3 1 -1
11	-1 -3 1 1 -1 1 -1 -1 3 -3 -3 -1
12	-1 1 -3 -1 1 -1 3 3 1 -1 1 -1
13	-1 -3 1 3 -1 -1 3 1 1 1 1 -1
14	-1 -1 1 1 -1 -3 -1 -3 -3 1 3 -1
15	-1 -3 3 -1 1 1 -3 -1 -3 -1 -1 -1
16	-1 1 -3 3 -1 -1 3 -3 -3 -3 -3 -1
17	-1 3 3 -3 3 -3 -3 1 1 -1 -3 -1
18	-1 -1 -3 -1 -3 -3 1 1 3 -3 3 -1
19	-1 3 -3 1 -1 3 -1 -3 -3 -1 -1 -1
20	-1 1 -1 -3 -1 -1 1 3 -3 3 3 -1
21	-1 1 -1 1 1 3 -1 -1 -3 3 3 -1
22	-1 1 3 -3 -3 3 -1 -1 -3 -1 -3 -1
23	-1 -3 1 -1 -3 -1 3 -3 3 -3 -1 -1
24	-1 -3 -3 -3 1 -1 1 1 -3 -1 1 -1

25	-1 -3 -1 1 1 3 -1 1 -1 -3 3 -1
26	-1 3 3 1 -3 -3 -1 1 1 -1 1 -1
27	-1 3 1 -1 -3 -3 -3 -1 3 -3 -3 -1
28	-1 -3 1 1 1 1 3 1 -1 1 -3 -1
29	-1 3 -3 3 -1 3 3 -3 3 3 -1 -1

2. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

generar la secuencia de señal de referencia $r(n)$ correspondiente a la secuencia base $x_u(n)$ a través de un desplazamiento cíclico α de dicha secuencia base $x_u(n)$, de la siguiente manera:

$$r(n) = e^{j\alpha n} x_u(n),$$

en el que α es un valor de desplazamiento cíclico.

3. El método de la reivindicación 2, en el que la secuencia de señal de referencia $r(n)$ es una señal de referencia de demodulación utilizada para demodular datos de enlace ascendente.

4. El método de la reivindicación 2, en el que la secuencia de señal de referencia $r(n)$ es una señal de referencia de sondeo utilizada para planificación.

5. El método de una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el canal de enlace ascendente es un canal de control de enlace ascendente físico (PUCCH).

6. El método de una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el canal de enlace ascendente es un canal compartido de enlace ascendente físico (PUSCH).

7. Un terminal de comunicaciones móviles (100) configurado para transmitir una señal de referencia en un sistema de comunicaciones inalámbricas, que comprende:

una antena (190);

un módulo de comunicaciones conectado operativamente a la antena; y

un procesador (130) conectado operativamente al módulo de comunicaciones, en el que el procesador está configurado para:

transmitir (S240) la señal de referencia en un canal de enlace ascendente, siendo generada la señal de referencia correlacionando una secuencia de señal de referencia de longitud 12 basada en una secuencia base $x_u(n)$ con un recurso físico, caracterizado porque

la secuencia base $x_u(n)$ se expresa mediante:

$$x_u(n) = e^{jp(n)\pi/4} \quad 0 \leq n < N$$

y al menos uno de los conjuntos de valores proporcionados en la siguiente tabla se utiliza como un conjunto de valores para el parámetro de fase $p(n)$:

Índice de secuencia (u)	$p(0), \dots, p(11)$
-------------------------	----------------------

0	-1 -3 -1 1 1 -3 3 1 3 1 1 -1
1	-1 3 3 -3 3 1 -1 -1 -3 -1 1 -1
2	-1 1 -3 -1 -3 -3 -3 1 -1 -3 1 -1
3	-1 3 -1 1 1 -3 -3 -1 -3 -3 3 -1
4	-1 3 1 -3 3 -3 -1 -3 -3 3 -3 -1
5	-1 1 3 3 1 -3 3 3 1 3 -1 -1
6	-1 1 1 3 -1 1 1 1 1 -1 -3 3 -1
7	-1 1 1 -1 -1 -1 3 1 3 -3 3 -1
8	-1 3 1 3 1 -1 -1 3 -3 -1 -3 -1
9	-1 -3 1 -1 -3 1 1 1 1 -1 1 -3 -1
10	-1 -3 -1 -3 -1 -1 3 -3 -3 3 1 -1
11	-1 -3 1 1 -1 1 -1 -1 3 -3 -3 -1
12	-1 1 -3 -1 1 -1 3 3 1 -1 1 -1
13	-1 -3 1 3 -1 -1 3 1 1 1 1 -1
14	-1 -1 1 1 -1 -3 -1 -3 -3 1 3 -1
15	-1 -3 3 -1 1 1 -3 -1 -3 -1 -1 -1
16	-1 1 -3 3 -1 -1 3 -3 -3 -3 -3 -1
17	-1 3 3 -3 3 -3 -3 1 1 -1 -3 -1
18	-1 -1 -3 -1 -3 -3 1 1 3 -3 3 -1
19	-1 3 -3 1 -1 3 -1 -3 -3 -1 -1 -1
20	-1 1 -1 -3 -1 -1 1 3 -3 3 3 -1
21	-1 1 -1 1 1 3 -1 -1 -3 3 3 -1
22	-1 1 3 -3 -3 3 -1 -1 -3 -1 -3 -1
23	-1 -3 1 -1 -3 -1 3 -3 3 -3 -1 -1
24	-1 -3 -3 -3 1 -1 1 1 -3 -1 1 -1
25	-1 -3 -1 1 1 3 -1 1 -1 -3 3 -1
26	-1 3 3 1 -3 -3 -1 1 1 -1 1 -1
27	-1 3 1 -1 -3 -3 -3 -1 3 -3 -3 -1
28	-1 -3 1 1 1 1 3 1 -1 1 -3 -1
29	-1 3 -3 3 -1 3 3 -3 3 3 -1 -1

8. El terminal de comunicaciones móviles de la reivindicación 7, en el que el procesador está configurado además para

- 5 generar la secuencia de señal de referencia $r(n)$ correspondiente a la secuencia base $x_u(n)$ a través de un desplazamiento cíclico α de dicha secuencia base $x_u(n)$, de la siguiente manera:

$$r(n) = e^{j\alpha n} x_u(n),$$

en el que α es un valor de desplazamiento cíclico.

5 9. El terminal de comunicaciones móviles de la reivindicación 8, en el que la secuencia de señal de referencia $r(n)$ es una señal de referencia de demodulación utilizada para demodular datos de enlace ascendente.

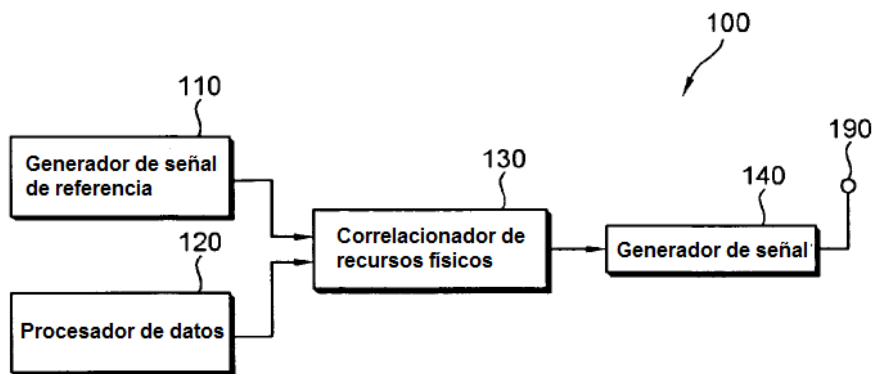
10. El terminal de comunicaciones móviles de la reivindicación 8, en el que la secuencia de señal de referencia $r(n)$ es una señal de referencia de sondeo utilizada para planificación.

10 11. El terminal de comunicaciones móviles de una de las reivindicaciones 7 a 10, en el que el canal de enlace ascendente es un canal de control de enlace ascendente físico (PUCCH).

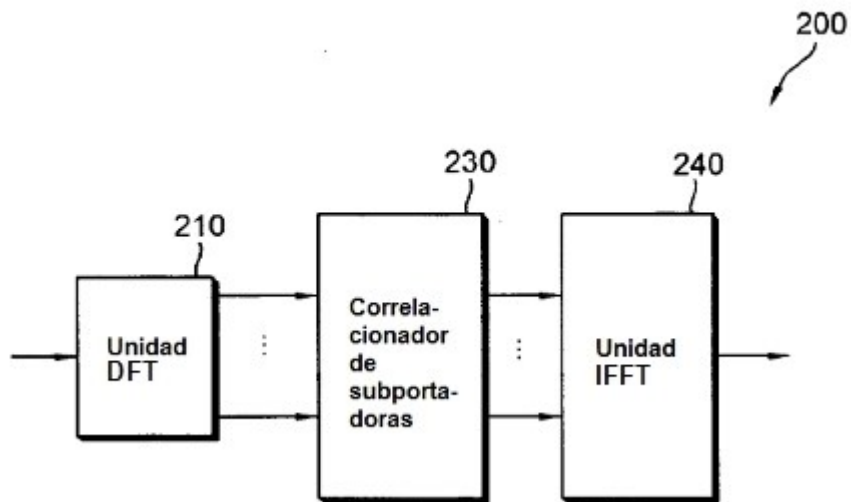
12. El terminal de comunicaciones móviles de una de las reivindicaciones 7 a 10, en el que el canal de enlace ascendente es un canal compartido de enlace ascendente físico (PUSCH).

15

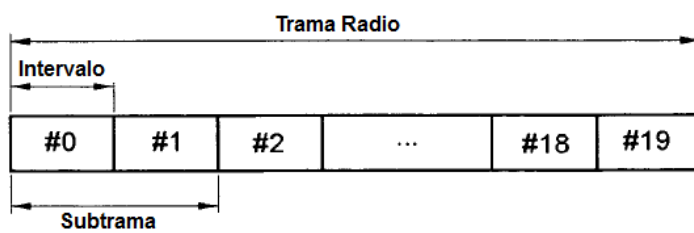
[Fig. 1]



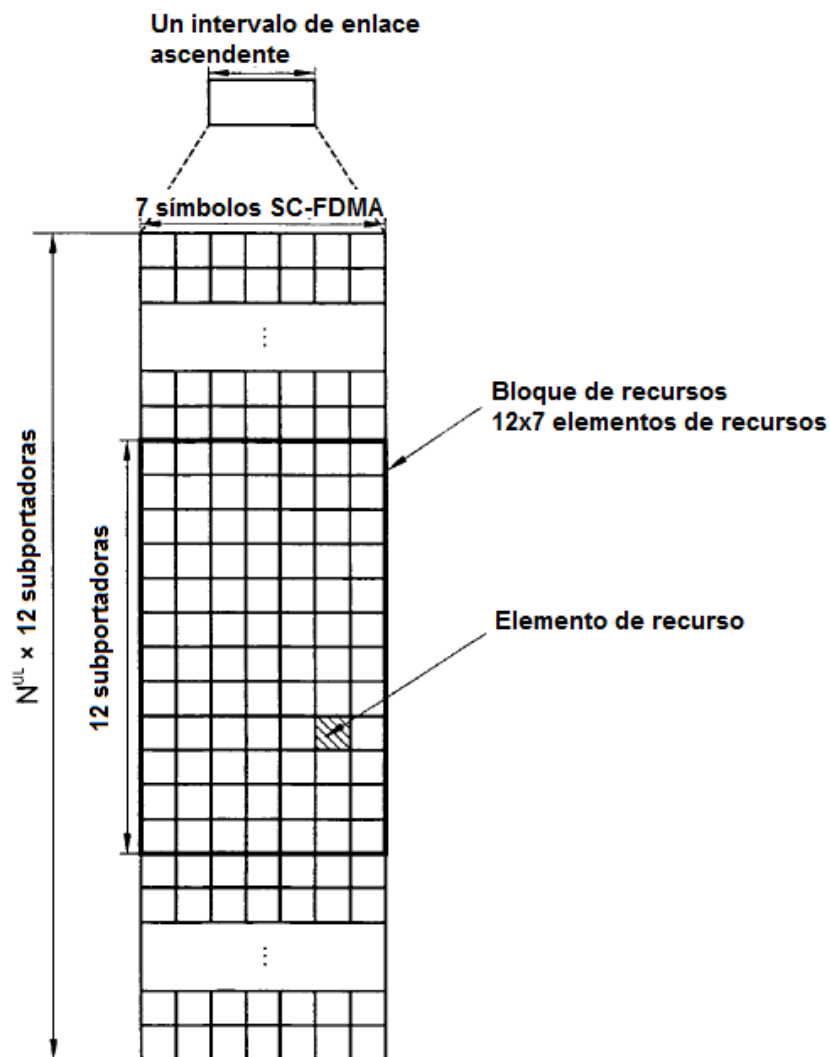
[Fig. 2]



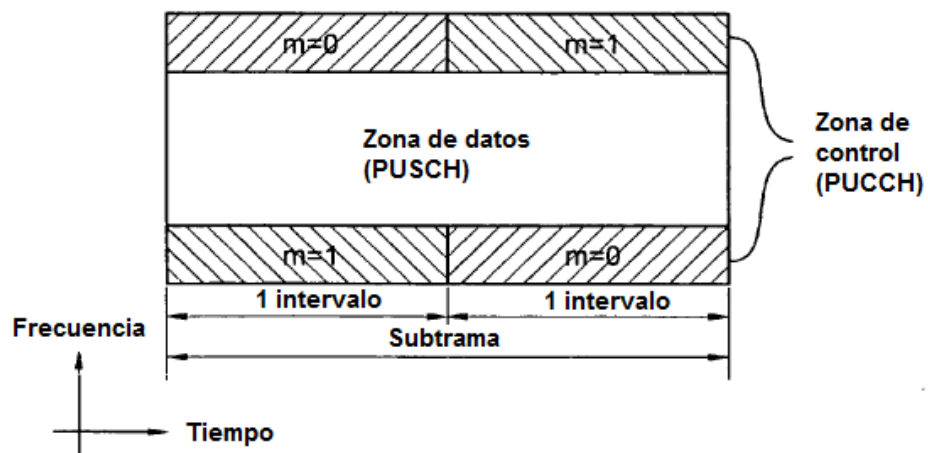
[Fig. 3]



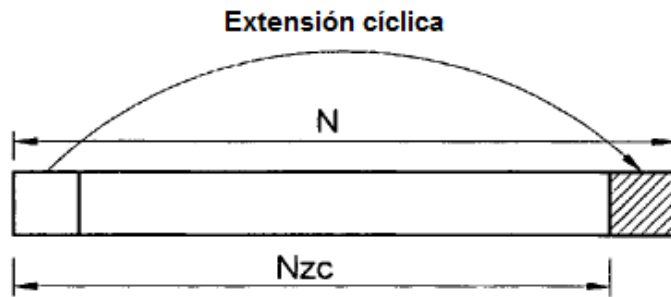
[Fig. 4]



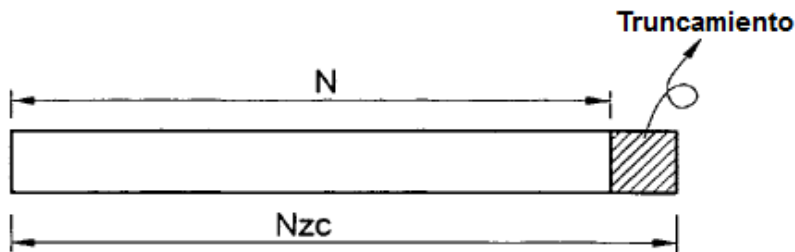
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]

