

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 592**

51 Int. Cl.:
H04L 27/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09160346 .4**
96 Fecha de presentación: **22.02.1999**
97 Número de publicación de la solicitud: **2088727**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.08.2009**

54 Título: **Estructura de símbolos de sincronización que usa método de transmisión basada en OFDM**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.10.2012

73 Titular/es:
SONY DEUTSCHLAND GMBH (100.0%)
KEMPERPLATZ 1
10785 BERLIN, DE

72 Inventor/es:
BÖHNKE, RALF;
DÖLLE, THOMAS y
KONSCHAK, TINO

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, Isabel

ES 2 389 592 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

Estructura de símbolos de sincronización que usa método de transmisión basada en OFDM.

5 La presente invención se refiere a un método para generar ráfagas de sincronización para sistemas de transmisión OFDM, un método para sincronizar sistemas OFDM inalámbricos, un transmisor OFDM así como un dispositivo móvil de comunicaciones que comprende tal transmisor.

10 La presente invención se refiere generalmente al campo técnico de sincronizar sistemas OFDM (de multiplexación por división de frecuencias ortogonales) inalámbricos. Por ello, es conocido usar una ráfaga de sincronización construida usando símbolos OFDM especialmente diseñados y repeticiones en el dominio tiempo.

15 Particularmente a partir del documento IEEE P802.11a/d2.0 "Draft supplement to a standard for telecommunications and information exchange between systems - LAN/MAN specific requirements - part 1: wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: high-speed physical layer in the 5 GHz band" se propone un esquema de sincronización para sistemas OFDM. Dicho conocido esquema se explicará ahora con referencia a las figures 6 a 8 de los dibujos adjuntos.

20 La figura 6 muestra la estructura del campo de sincronización conocido. Como se muestra en la figura 6, el campo de sincronización consiste en los llamados símbolos cortos t1, t2, ..., t6 y dos símbolos largos T1, T2. En vista de la presente invención, son de interés particularmente los símbolos cortos t1, t2, ..., t6. De entre los símbolos cortos t1, t2, ..., t6 usados para el control (t1, t2, t3) de ganancia de amplificador y el control poco exacto de la temporización y la desviación de frecuencia solamente se generan realmente los símbolos t1, t2, t3 y t4, mientras que los símbolos t5, t6 son extensiones cíclicas (copias de los símbolos t1 y t2, respectivamente). Se ha de señalar que la figura 5 muestra solamente la estructura de preámbulo de sincronización ya que la estructura del siguiente campo de señal que indica el tipo de modulación de banda base y el ritmo de codificación así como la estructura de siguientes campos adicionales de datos no son de interés en vista de la presente invención. Para más detalles, se hace referencia a dicho documento de la técnica anterior.

30 Los símbolos t1, t2, t3, t4 se generan por medio de una modulación OFDM usando sub-portadoras seleccionadas de la totalidad de sub-portadoras disponibles. Los símbolos usados para la modulación OFDM así como el mapeo para las sub-portadoras seleccionadas se explicarán ahora con referencia a la figura 6.

35 Cada uno de los símbolos cortos OFDM t1, ..., t6 se genera usando doce sub-portadoras moduladas de fase modulada por los elementos del alfabeto de símbolos:

$$S = \sqrt{2}(\pm 1 \pm j)$$

40 La secuencia completa usada para la modulación OFDM se puede escribir como viene a continuación:

$$S_{-24,24} = \sqrt{2} \{1+j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, 1-j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, -1+j, 0, 0, 0, 1+j\}$$

La multiplicación por un factor de $\sqrt{2}$ tiene el fin de normalizar la potencia media del resultante símbolo OFDM.

45 La señal se puede escribir como:

$$r_{CORTO}(t) = w_{CORTO1}(t) \sum_{k=-N_2/2}^{N_2/2} S_k \exp(j2\pi k \Delta_f t)$$

50 El hecho de que solamente líneas espectrales de $S_{-24,24}$ con índices que son múltiplos de cuatro tienen amplitudes distintas de cero da como resultado una periodicidad de $T_{FFT}/4 = 0,8 \mu s$. El intervalo $T_{TCORTO1}$ es igual a nueve períodos de $0,8 \mu s$, es decir, $7,2 \mu s$.

55 Aplicando una IFFT de 64 puntos al vector S, en donde los quince valores restantes están fijados en cero, se pueden generar cuatro símbolos cortos de entrenamiento t1, t2, t3, t4 (en el dominio tiempo). La salida de la IFFT se extiende cíclicamente para dar como resultado seis símbolos cortos t1, t2, t3, ..., t6. El esquema de mapeo está representado en la figura 7. Las llamadas sub-portadoras virtuales se dejan sin modular.

La manera de implementar la transformada inversa de Fourier es mediante un algoritmo IFFT (transformada rápida inversa de Fourier). Si, por ejemplo, se usa una IFFT de 64 puntos, los coeficientes 1 a 24 se mapean a entradas IFFT numeradas igualmente, mientras que los coeficientes -24 a -1 se copian en entradas IFFT 40 a 63. El resto de

las entradas, 25 a 39 y la entrada 0 (DC), se fijan en cero. Este mapeo está ilustrado en la figura 7. Después de realizar una IFFT, la salida se extiende cíclicamente hasta la longitud deseada.

5 Con el mapeo propuesto de transformada rápida inversa de Fourier como se muestra en la figura 7, la resultante
 10 señal en el dominio tiempo consiste en cuatro símbolos cortos t1, t2, t3, t4 repetidos periódicamente, y extendidos
 cíclicamente mediante una copia de t1, t2, copia que está representada en la figura 5 como t5, t6. Apréciese que, en
 el presente caso, sólo líneas espectrales con índices que son múltiplos de 4 tienen una amplitud distinta de cero. Se
 pueden generar otras naturalezas periódicas fijando otros múltiplos de las líneas espectrales en amplitudes distintas
 de cero.

Aunque el esquema conocido de sincronización es muy efectivo, estipula una desventaja con relación a las
 propiedades de la señal en el dominio tiempo.

15 Para la OFDM (o en general señales de multiportadora), la fluctuación de la envolvente de la señal (llamada PAPR
 por las siglas del término en idioma inglés "Peak-to-Average-Power-Ratio" - Relación Potencia de Pico a Potencia
 Media) tiene un gran interés. Una PAPR alta da como resultado una transmisión pobre (debido a efectos no lineales
 de distorsión del amplificador de potencia) y otros componentes de limitación de señal en el sistema de transmisión
 (por ejemplo, un intervalo dinámico limitado del convertidor AD).

20 Para secuencias de sincronización, es incluso más deseable tener señales con una PAPR baja con el fin de acelerar
 que el receptor AGC (de control automático de ganancia) inmovilice y ajuste el valor de señal de referencia para el
 convertidor A/D (todo el intervalo dinámico de la señal entrante debería estar cubierto por la resolución del
 convertidor A/D sin ningún exceso o falta de flujo).

25 Las figuras 8a, 8b muestran el valor absoluto ($\sqrt{\ln^2 + \text{Quad}^2}$) de la resultante forma de onda de la señal en el
 dominio tiempo con las secuencias propuestas por Lucent Technologies. Se consideró el sobre-muestreo (8*) con el
 fin de garantizar que el pico se capturaba correctamente usando la IFFT de 64 puntos limitada.

30 Las figuras 8c, 8d muestran la parte real e imaginaria de la resultante forma de onda en el dominio tiempo
 transmitida. La resultante PAPR es 2,9991 dB (sin sobre-muestreo) y 3,0093 dB (con sobre-muestreo óctuple).

Por lo tanto, es el objeto de la presente invención estipular una técnica de sincronización que se basa en la técnica
 conocida de sincronización pero que presenta propiedades mejoradas de la señal en el dominio tiempo para reducir
 los requisitos para el equipo físico informático.

35 El objeto anterior se consigue por medio de las características de las reivindicaciones independientes. Las
 reivindicaciones dependientes desarrollan adicionalmente la idea central de la presente invención.

40 De acuerdo por lo tanto con la presente invención, se proporcionan un método para generar ráfagas de
 sincronización para sistemas de transmisión OFDM de acuerdo con la reivindicación 1 y un correspondiente
 transmisor de acuerdo con la reivindicación 3.

Con referencia a las figuras de los dibujos adjuntos, ahora se explicarán realizaciones citadas de la presente
 invención.

45 La figura 1 muestra esquemáticamente un transmisor de acuerdo con la presente invención,

la figura 2 muestra una realización alternativa para un transmisor de acuerdo con la presente invención,

50 la figura 3 muestra un esquema alternativo de mapeo de acuerdo con la presente invención,

las figuras 4a a 4d muestran las propiedades de señal en el dominio tiempo conseguidas con la estructura de
 símbolos de sincronización que usa transmisión basada en OFDM de acuerdo con la presente invención,

55 las figuras 5a a 5d muestran las propiedades de señal en el dominio tiempo de estructuras de símbolos de
 sincronización de acuerdo con realizaciones alternativas de la presente invención,

la figura 6 muestra una estructura de preámbulo de sincronización conocida a partir de la técnica anterior,

60 la figura 7 muestra un mapeo IFFT de acuerdo con la técnica anterior,

las figuras 8a a 8d muestran las propiedades en el dominio tiempo de la estructura de símbolos de sincronización de
 acuerdo con la técnica anterior,

65 las figuras 9a y 9b muestran las propiedades en el dominio tiempo, particularmente el intervalo dinámico, de la
 estructura de símbolos de sincronización de acuerdo con la técnica anterior, y

las figuras 10a y 10b muestran las propiedades en el dominio tiempo de la estructura de símbolos de sincronización de acuerdo con realizaciones alternativas adicionales de la presente invención.

- 5 De acuerdo con la presente invención, se mantiene la estructura de ráfaga de sincronización en el dominio tiempo como se muestra en la figura 6. El mapeo IFFT como se muestra en la figura 7 se puede mantener o, alternativamente, se puede usar el mapeo IFFT de acuerdo con la figura 3. Las secuencias de símbolos mapeadas para las sub-portadoras se optimizan para secuencias que dan como resultado un PAPR más bajo.
- 10 De acuerdo con la presente invención, un símbolo corto OFDM (t1, ..., t6) consta de doce sub-portadoras de fase modulada.

	C00	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	C10	C11
Sec0	A	A	A	-A	-A	-A	-A	A	-A	-A	A	-A
Sec1	A	-A	A	A	-A	A	A	A	A	-A	-A	-A
Sec2	A	B	-A	B	-A	-B	B	A	-B	A	-B	-A
Sec3	A	-B	-A	-B	-A	B	-B	A	B	A	B	-A

con $A = \exp(j*2+\pi*\varphi_A)$ y $B = A*\exp(j\frac{\pi}{2}) = \exp(j2\pi*\varphi_A + j\frac{\pi}{2})$ y $0,0 \leq \varphi_A < 1,0$.

- 15 Generalmente, la secuencia predefinida de símbolos se elige por lo tanto de tal manera que se minimiza la fluctuación de la envolvente de la señal en el dominio tiempo de la ráfaga de sincronización.

- 20 Por lo tanto, generalmente la secuencia predefinida de símbolos se establece de tal manera que se satisfacen las siguientes ecuaciones para todos los símbolos para la secuencia predefinida de símbolos:

$n = 2m,$

$C_{i-1} = \pm C_{n-i}$

en las que:

n es un número entero mayor que 1,

30 c es el valor del símbolo, e

i es un valor entero que va de 1 a m.

- 35 En lo que viene a continuación, las propiedades de la señal en el dominio tiempo de las nuevas secuencias de acuerdo con la presente invención se mostrarán con referencia a las figuras 4a a 4d y a las figuras 5a a 5d.

Por simplificar, se usa en la demostración el alfabeto clásico de símbolos cuatrfásicos:

$S = \sqrt{\frac{1}{2}}(\pm 1 \pm j)$

40 (esto corresponde a $\varphi_A = 0,125$).

Tabla 1: Mapeo de símbolos complejos

Símbolo		
A	$\exp(j\frac{\pi}{4})$	$S = \sqrt{\frac{1}{2}}(+1 + j)$
-A	$-\exp(j\frac{\pi}{4}) = \exp(j\frac{5\pi}{4})$	$S = \sqrt{\frac{1}{2}}(-1 - j)$

B	$\exp(j\frac{\pi}{4} + j\frac{\pi}{2}) = \exp(j\frac{3\pi}{4})$	$S = \sqrt{\frac{1}{2}}(-1 + j)$
-B	$-\exp(j\frac{3\pi}{4}) = \exp(j\frac{7\pi}{4})$	$S = \sqrt{\frac{1}{2}}(+1 - j)$

Las figuras 5a y 5b muestran por ello la señal en el dominio tiempo (magnitud) cuando se usa la secuencia optimizada de acuerdo con la presente invención en el caso de que no se efectúe ningún sobre-muestreo / se efectúe un sobre-muestreo óctuple.

5 La PAPR (en decibelios) está limitada a 2,059 (incluso cuando se usa un sobre-muestreo en el dominio tiempo para capturar el verdadero pico).

10 Las figuras 5c y 5d muestran respectivamente las componentes en fase y de fase en cuadratura de la resultante forma de onda. Es claramente visible que el símbolo completo consta de cuatro repeticiones de una secuencia corta.

Las figuras 5a a 5d muestran gráficos que corresponden a las figuras 4a a 4d para las otras secuencias propuestas S1, S2 y S3.

15 Simulaciones adicionales han mostrado que, no solo se puede optimizar la PAPR, sino que también se debería minimizar el intervalo dinámico de la señal. Por lo tanto, se proponen adicionalmente más adelante otras cuatro secuencias, que consiguen un PAPR bajo y, al mismo tiempo, un intervalo dinámico global pequeño.

20 Usando la secuencia como se propone en el estado de la técnica, la PAPR es de 3,01 dB y el intervalo dinámico (definido como la relación de la potencia de pico a la potencia mínima) es de 30,82 dB (véanse las figuras 9a y 9b).

25 Usando la secuencia de acuerdo con la presente invención y como se describe anteriormente, la PAPR se reduce hasta 2,06 dB; sin embargo, el intervalo dinámico se aumenta ya que la potencia de la señal es '0' en algunos puntos.

Por lo tanto, se proponen las siguientes cuatro secuencias:

La secuencia de símbolos es C0, C1, ..., C11 y el mapeo es:

30 $S = 2 * \{ \mathbf{C00}, 0, 0, 0, \mathbf{C01}, 0, 0, 0, \mathbf{C02}, 0, 0, 0, \mathbf{C03}, 0, 0, 0, \mathbf{C04}, 0, 0, 0, \mathbf{C05}, 0, 0, 0, \mathbf{0}, 0, 0, 0, \mathbf{C06}, 0, 0, 0, \mathbf{C07}, 0, 0, 0, \mathbf{C08}, 0, 0, 0, \mathbf{C09}, 0, 0, 0, \mathbf{C10}, 0, 0, 0, \mathbf{C11} \}$

	C00	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	C10	C11
Sec-Alt0	A	A	A	A	-A	-A	A	-A	-A	A	-A	A
Sec-Alt1	A	-A	A	-A	-A	A	-A	-A	A	A	A	A
Sec-Alt2	A	B	-A	-B	-A	-B	-B	-A	-B	-A	B	A
Sec-Alt3	A	-B	-A	B	-A	B	B	-A	B	-A	-B	A

35 con $A = \exp(j*2+\pi*\varphi_A)$ y $B = A*\exp(j\frac{\pi}{2}) = \exp(j2\pi*\varphi_A + j\frac{\pi}{2})$ y $0,0 \leq \varphi_A < 1,0$.

Usando estas secuencias, la PAPR se reduce a 2,24 dB y el intervalo dinámico está limitado a 7,01 dB como se muestra en las figuras 10a y 10b.

40 Las ventajas son las mismas que se describieron antes; sin embargo, el problema del pinzamiento se reduce adicionalmente debido al intervalo dinámico tan limitado de la señal.

Con referencia a las figuras 1 y 2, ahora se explicarán posibles implementaciones de un transmisor de acuerdo con la presente invención.

45 En el transmisor, los datos 1 de símbolos de sincronización se preparan y mapean en una unidad 2 de mapeo IFFT para los puntos IFFT apropiados. Las sub-portadoras del sistema OFDM son transformadas por una unidad IFFT 3 y después la señal en el dominio tiempo se extiende en una unidad 4 de extensión de tiempo copiando partes de las señales (por ejemplo, t1, t2 se copian en t5, t6). La señal extendida en el tiempo se envía pues al modulador I/Q 5.

Como se muestra en la figura 2, alternativamente la señal en el dominio tiempo se puede precalcular una vez en una unidad 7 de cálculo y después almacenar en una memoria 6 para la muestra precalculada para la señal de tiempo. Entonces, la señal en el dominio tiempo de la ráfaga de sincronización se puede enviar al modulador 5 directamente desde la memoria 6.

5 Con referencia a la figura 3, ahora se explicará un esquema modificado de mapeo IFFT. De acuerdo con este esquema, se abandona el principio de fijar solamente cada cuarta sub-portadoras del sistema OFDM en una amplitud distinta de cero (véase la figura 7). Por lo tanto, la señal en el dominio tiempo conseguida de acuerdo con el esquema de mapeo de la figura 3 no presentará una naturaleza periódica.

10 El tamaño de la IFFT ahora es solo de 16 (en lugar de 64 como es el caso en la figura 7). Solo se generará una de las ráfagas t1, t2, ..., t6. Las otras ráfagas se pueden generar copiando para retener la naturaleza periódica de la señal en el dominio tiempo de sincronización necesaria para la correlación y la sincronización en el lado de recepción. Por lo tanto, por ejemplo, la unidad 4 de extensión de tiempo puede realizar la copia de la ráfaga t1 de 16 muestras generada por la IFFT 16 de acuerdo con la figura 7 en la otra ráfaga t2, t3, ..., t6. Obviamente, el esquema de mapeo de acuerdo con la figura 3 reduce el esfuerzo de cálculo necesario para la IFFT. La naturaleza periódica de la señal en el dominio tiempo de las ráfagas de sincronización ya no se consigue por lo tanto mediante el paso de IFFT, sino copiando la ráfaga t1 generada con el esquema simplificado de mapeo IFFT.

20 El esquema de mapeo mostrado en la figura 3 también es ventajoso en combinación con la técnica de precálculo mostrado en la figura 2.

De acuerdo con la presente invención por lo tanto, se propone una estructura de ráfaga de sincronización que se ha de usar en sistemas inalámbricos de transmisión de alta velocidad. La ráfaga de sincronización se construye usando 25 símbolos OFDM especialmente diseñados y las repeticiones en el dominio tiempo. La resultante ráfaga de sincronización consigue una alta precisión de detección de temporización y de estimación de desviación de frecuencia. Además, la ráfaga se optimiza para conseguir una fluctuación muy baja de la envolvente (baja relación potencia de pico a potencia media) para reducir la complejidad en el receptor y para reducir el tiempo de adquisición de tiempo y frecuencia en el receptor.

30 Por lo tanto, se puede mejorar adicionalmente el rendimiento de sincronización. Como, con el esquema de acuerdo con la presente invención, la envolvente de la ráfaga de sincronización basada en OFDM en el dominio tiempo se reduce, se puede mejorar la velocidad de introducción de AGC en el receptor y se puede conseguir una sincronización precisa de tiempo y frecuencia. Además, la complejidad de la sincronización en el lado de receptor se puede reducir debido a los reducidos requisitos de resolución necesarios debido a la reducida fluctuación de la envolvente.

Las ventajas de la presente invención se pueden exponer como viene a continuación:

- 40 - Se propone un símbolo de sincronización basada en OFDM con una reducida relación potencia de pico a potencia media (PARP).
- Rendimiento de sincronización mejorado (en comparación con la propuesta del estado de la técnica).
- 45 - Reducido tiempo de introducción de AGC (control automático de ganancia) debido a reducido intervalo dinámico de la ráfaga de sincronización.
- Mejoramiento de asentamiento de AGC. (El AGC tiene que ajustarse a un nivel de señal entrante que ocurre, ahora más tarde, con exceso/falta de flujo en el AD. El reducido intervalo dinámico de la ráfaga de sincronización ayuda a encontrar este nivel de referencia de manera más precisa).
- 50 - Reducida complejidad de detección de sincronización en el receptor (reducida resolución necesaria debido a reducida fluctuación de la envolvente).

REIVINDICACIONES

1. Un método para generar ráfagas de sincronización para sistemas de transmisión OFDM, que comprende los pasos de:

5 mapear los símbolos de una secuencia predefinida de símbolos de acuerdo con un esquema predefinido de mapeo en sub-portadoras del sistema OFDM, y

10 generar una ráfaga de sincronización aplicando una transformada inversa de Fourier a las sub-portadoras del sistema OFDM mapeadas con los símbolos de dicha secuencia predefinida de símbolos;

en el que se proporcionan sesenta y cuatro sub-portadoras y las sub-portadoras $S_{-24,+24}$ de las sub-portadoras totales $S_{-31,+31}$ se modulan como viene a continuación:

$$S_{-24,+24} = \begin{matrix} A, 0, 0, 0, -A, 0, 0, 0, A, 0, 0, 0, -A, 0, 0, 0, -A, 0, 0, 0, A, 0, 0, 0, \\ 0, \\ 0, 0, 0, -A, 0, 0, 0, -A, 0, 0, 0, A, 0, 0, 0, A, 0, 0, 0, A, 0, 0, 0, A \end{matrix}$$

15 en donde A es un valor complejo, y las restantes sub-portadoras S_{-32}, \dots, S_{-25} y S_{+25}, \dots, S_{+31} se fijan en cero.

2. El método para generar ráfagas de sincronización para sistemas de transmisión OFDM de acuerdo con la reivindicación 1, en el que, en dicho paso de generar una ráfaga de sincronización aplicando una transformada inversa de Fourier, se usa una transformada rápida inversa de Fourier de 64 puntos.

3. Un transmisor OFDM, que comprende:

25 una unidad 2 para mapear los símbolos de una secuencia predefinida de símbolos de acuerdo con un esquema predefinido de mapeo en sesenta y cuatro sub-portadoras $S_{-32,+31}$ de un sistema OFDM, y

una unidad 3 para generar una ráfaga de sincronización aplicando una transformada inversa de Fourier a las sub-portadoras $S_{-32,+31}$ del sistema OFDM mapeadas con los símbolos de dicha secuencia predefinida de símbolos;

30 en el que la unidad 2 de mapeo modula las sub-portadoras $S_{-24,+24}$ de las sub-portadoras totales $S_{-31,+31}$ como viene a continuación:

$$S_{-24,+24} = \begin{matrix} A, 0, 0, 0, -A, 0, 0, 0, A, 0, 0, 0, -A, 0, 0, 0, -A, 0, 0, 0, A, 0, 0, 0, \\ 0, \\ 0, 0, 0, -A, 0, 0, 0, -A, 0, 0, 0, A, 0, 0, 0, A, 0, 0, 0, A, 0, 0, 0, A \end{matrix}$$

35 en donde A es un valor complejo, y las restantes sub-portadoras S_{-32}, \dots, S_{-25} y S_{+25}, \dots, S_{+31} se fijan en cero.

4. Un dispositivo móvil de comunicaciones, que comprende un transmisor de acuerdo con la reivindicación 3.

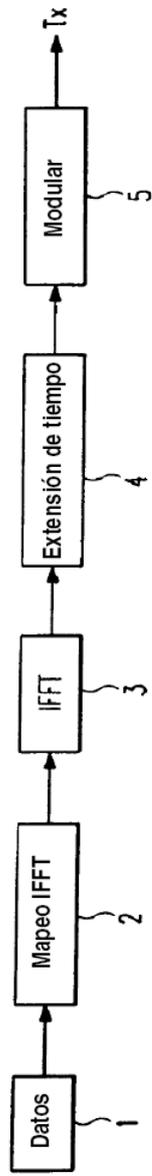


Fig. 1

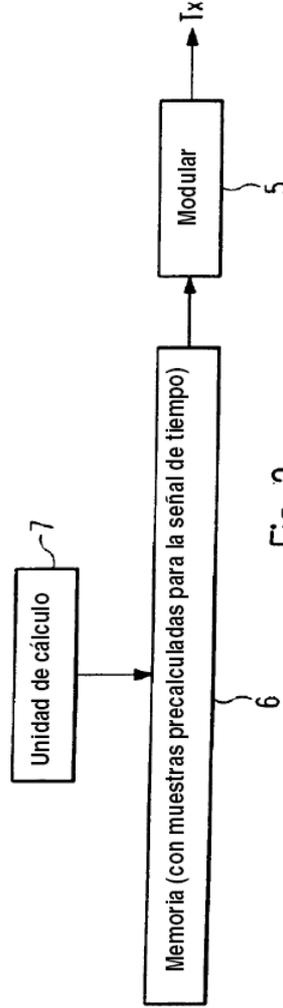


Fig. 2

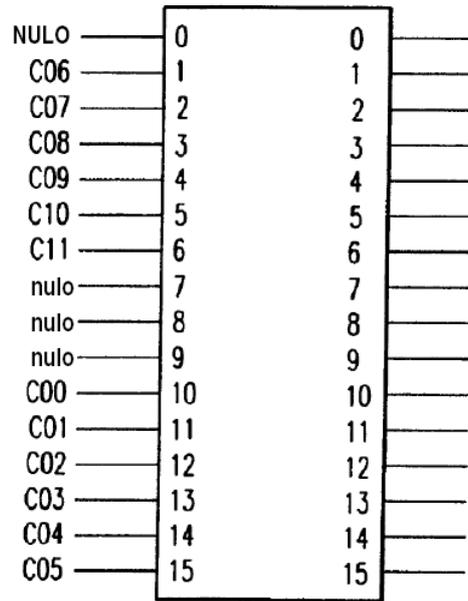


Fig. 3

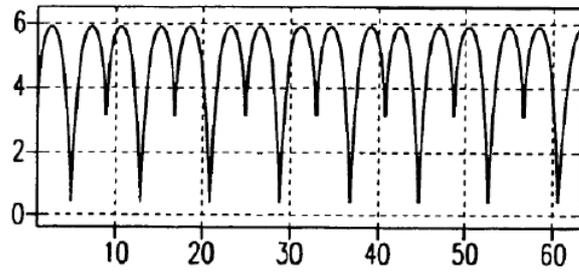


Fig. 4a

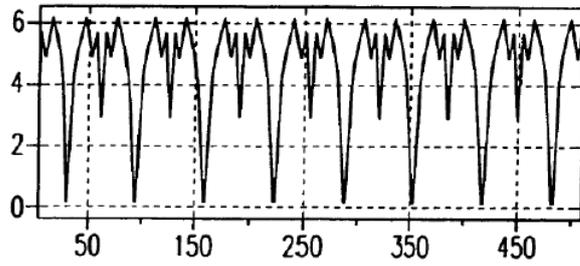


Fig. 4b

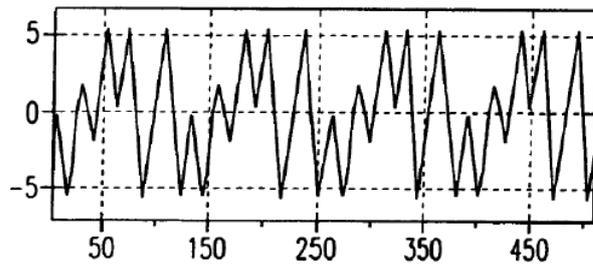


Fig. 4c

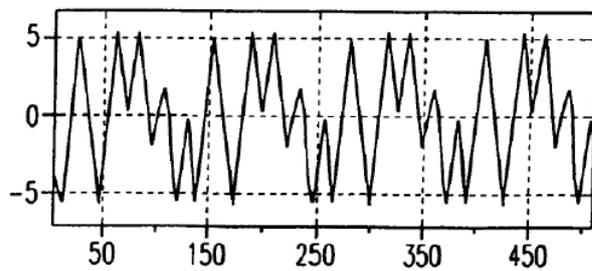


Fig. 4d

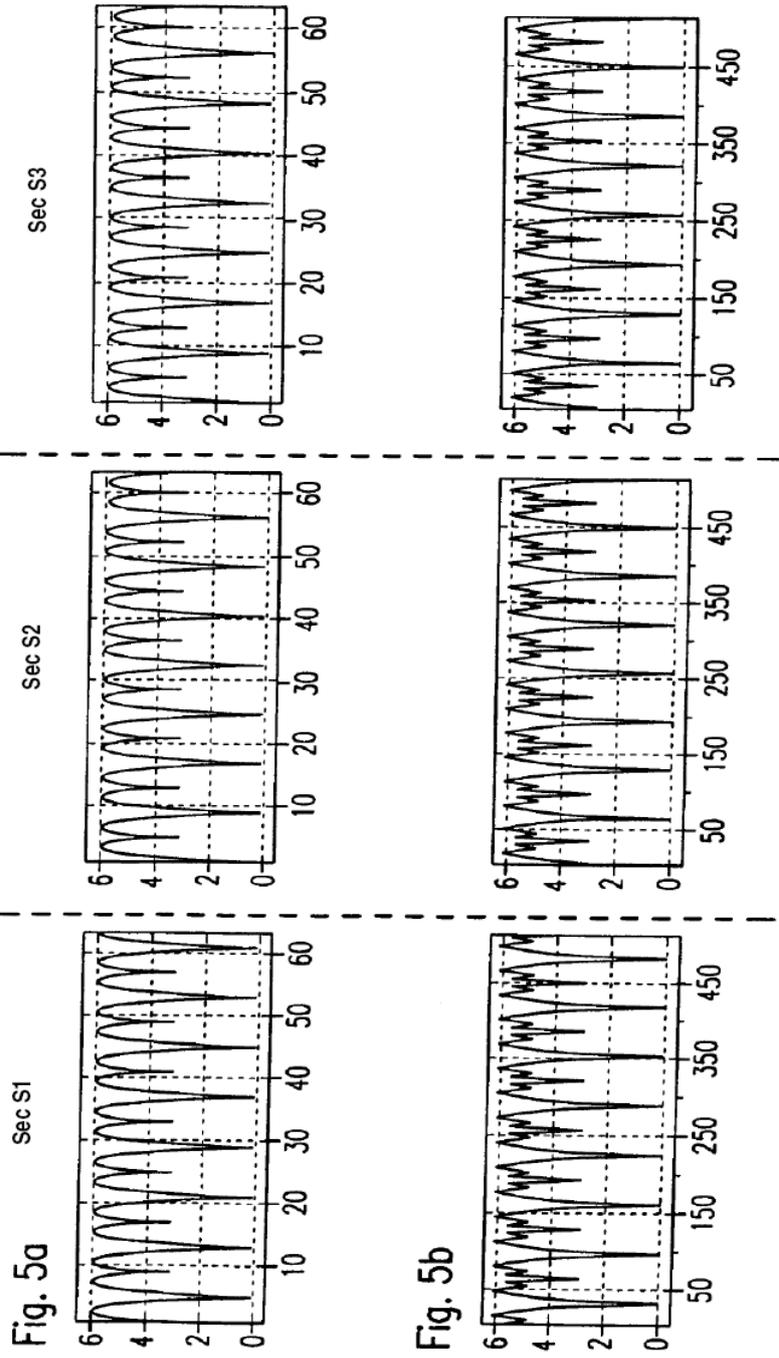


Fig. 5c

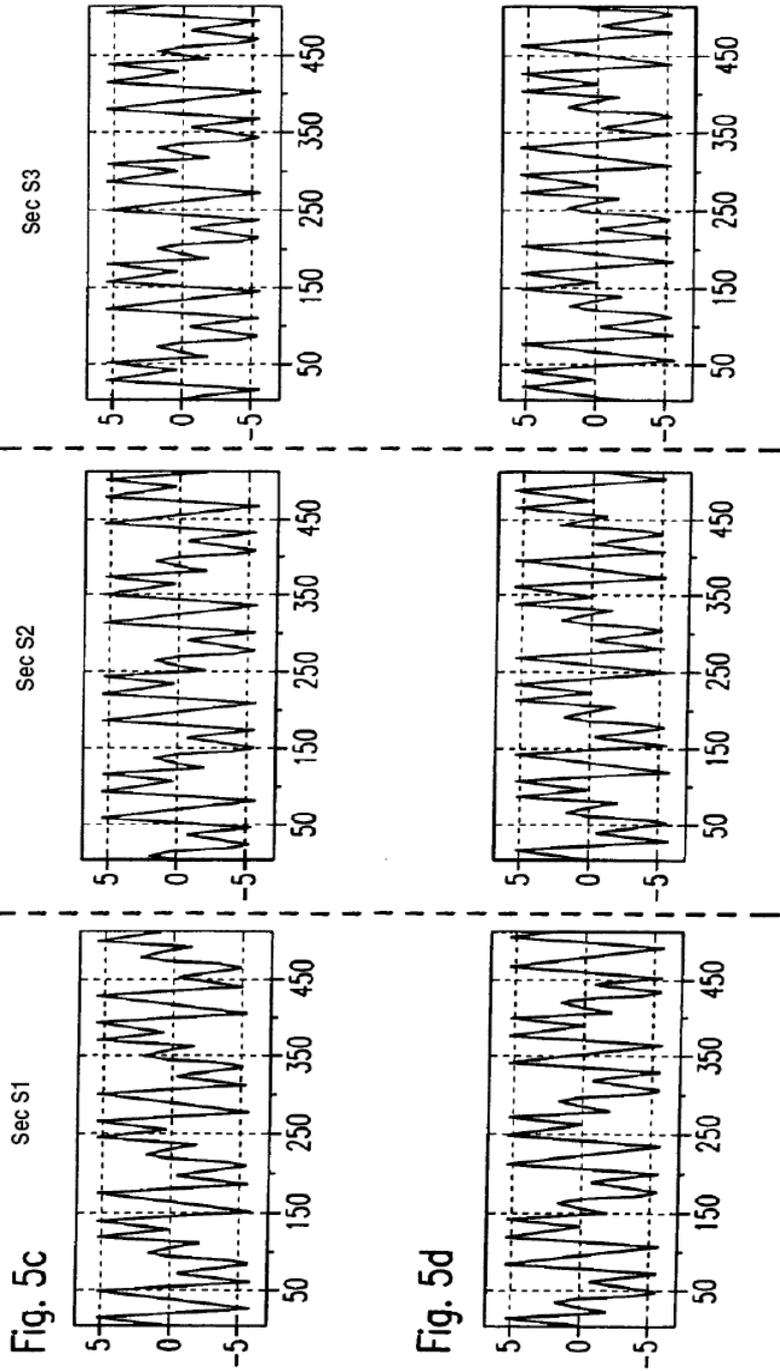
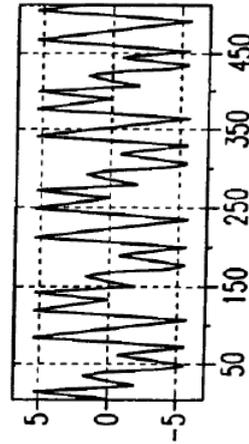


Fig. 5d



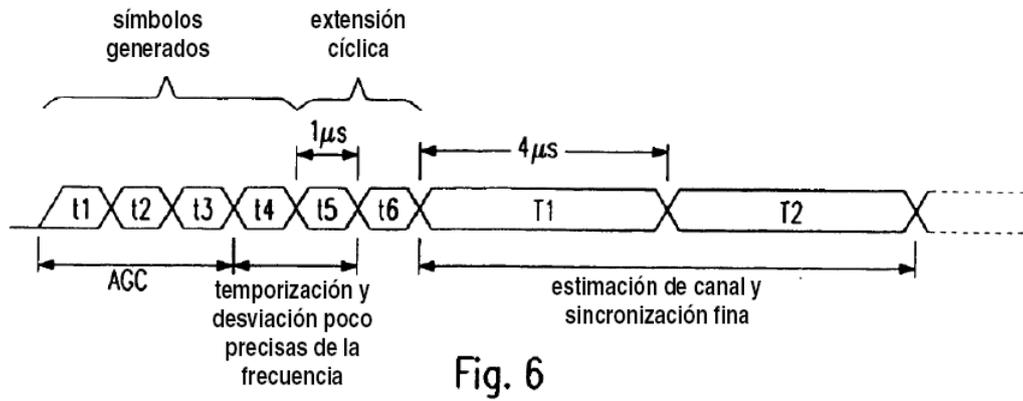


Fig. 6

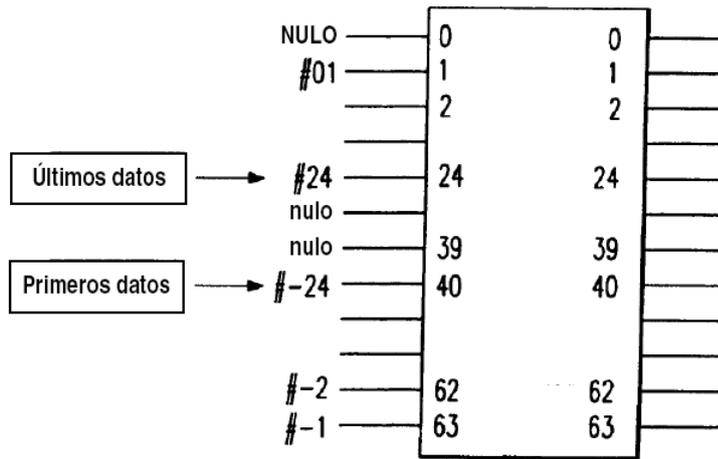


Fig. 7

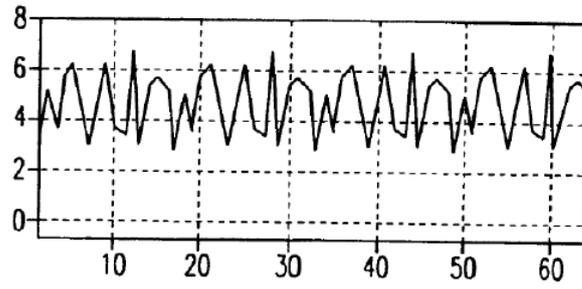


Fig. 8a

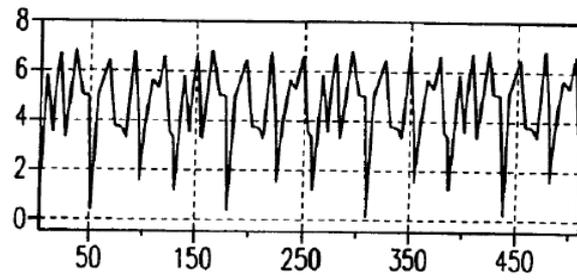


Fig. 8b

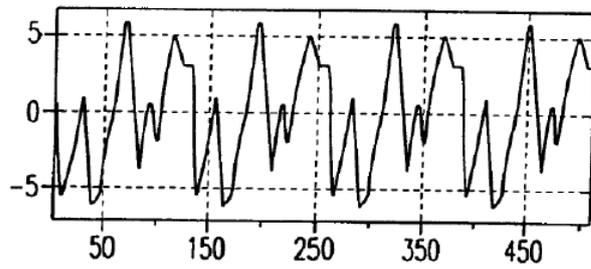


Fig. 8c

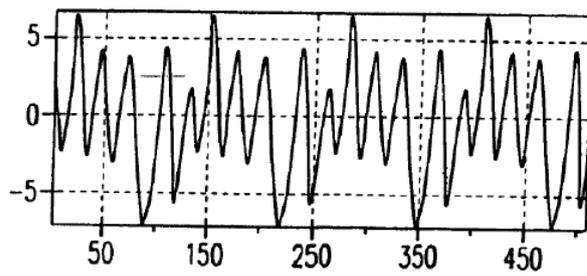
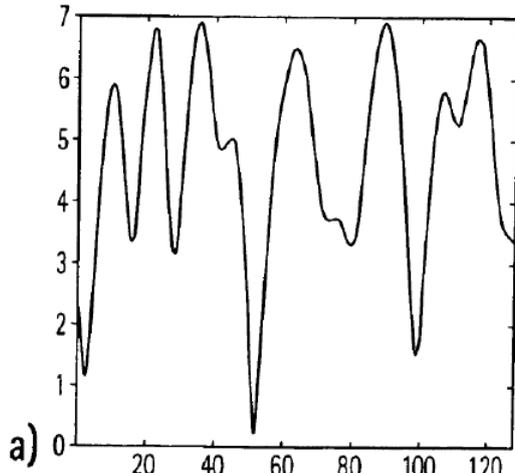
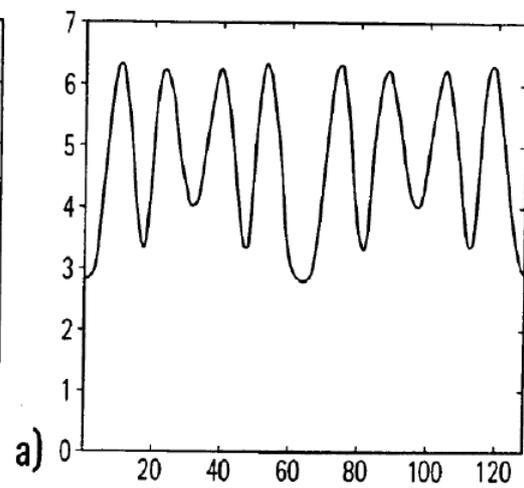


Fig. 8d

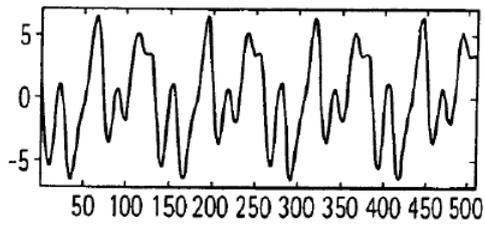
Señal en el dominio tiempo (magnitud) que usa la secuencia del estado de la técnica (sobre-muestreo óctuple)



Señal en el dominio tiempo (magnitud) que usa "Sec-Alt1" (sobre-muestreo óctuple)



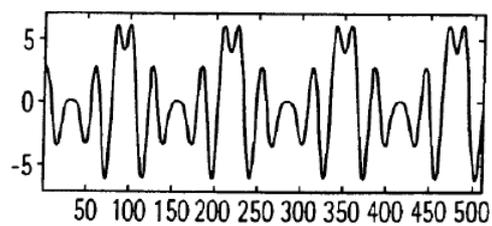
Señal (parte en fase y en cuadratura) que usa la secuencia del estado de la técnica (sobre-muestreo óctuple)



b)

PAPR: 3,01 dB
Intervalo dinámico: 30,82 dB

Señal (parte en fase y en cuadratura) que usa "Sec-Alt1" (sobre-muestreo óctuple)



b)

PAPR: 2,24 dB
Intervalo dinámico: 7,01 dB

Fig. 9

Fig. 10