

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 556**

51 Int. Cl.:

**H04L 27/34** (2006.01)

**H04L 27/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.09.2007 PCT/IB2007/053846**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.04.2008 WO08038210**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2007 E 07826498 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016 EP 2070283**

54 Título: **Reducción de PAPR usando una rotación de constelación generalizada**

30 Prioridad:

**26.09.2006 US 826952 P**

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

**15.02.2017**

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)  
HIGH TECH CAMPUS 5  
5656 AE EINDHOVEN, NL**

72 Inventor/es:

**SEYEDI-ESFAHANI, SEYED-ALIREZA**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 601 556 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

Reducción de PAPR usando una rotación de constelación generalizada

- 5 El sistema, aparato y procedimiento de la presente invención proporcionan una técnica para reducir la relación de potencia de cresta/potencia media (PAPR) para las modulaciones de una sola portadora y de transmisión por bloques de una sola portadora (SCBT), especialmente, cuando se usen constelaciones no simétricas circularmente (por ejemplo, BPSK).
- 10 La relación de potencia de cresta/potencia media (PAPR) es una de las medidas importantes en la realización de una señal de comunicaciones. La PAPR es la relación de potencia de cresta de señal instantánea,  $P_{cresta}$ , con la potencia de señal media,  $P_{media}$ . La importancia de la PAPR surge del hecho de que los transmisores prácticos (particularmente, los amplificadores de potencia) tienen un rango dinámico lineal limitado, es decir, si se supera el valor de la señal, se causa cierto límite de distorsión no lineal. Además de añadir ruido (distorsión) a la señal
- 15 deseada, la distorsión no lineal creará armónicos de la señal; por lo tanto, aumenta las emisiones fuera de banda del transmisor.
- Para evitar esto, la señal debe mantenerse dentro del intervalo lineal del transmisor. Dado un valor específico para la PAPR, este límite en el valor de cresta de la señal implica un límite en la potencia transmitida media. Por lo tanto, es
- 20 beneficioso diseñar señales que tengan un pequeño valor de PAPR.
- La PAPR depende de la modulación de una sola portadora, de la transmisión por bloques de una sola portadora (SCBT) u OFDM, de la constelación (PSK, QAM) y de la forma del impulso.
- 25 Se conoce como  $\pi/4$ -QPSK uno de los procedimientos usados para reducir la PAPR de una señal modulada QPSK. En este procedimiento, cada otro símbolo modulado QPSK se hace rotar un ángulo de  $\pi/4$  radianes. Como resultado, los impulsos que corresponden a símbolos diferentes no se añaden con la misma fase. Además, la señal resultante, cuando va desde los puntos de la constelación de un símbolo hasta los siguientes, no necesita pasar por cero. Sin embargo, para el mejor conocimiento del inventor, no existen procedimientos similares para otras constelaciones.
- 30 Se proporciona un procedimiento para la fase generalizada rotada PSK en el artículo KUBO H ET AL: "NARROW-BAND PHASE-ROTATING PHASE-SHIFT KEYING", TRANSACCIONES IEICE SOBRE LAS COMUNICACIONES, SOCIEDAD DE COMUNICACIONES, vol. E82-B, nº. 4, 1 de Abril de 1999 (1999-04-01), páginas 627-635, Tokio, JP.
- 35 Por lo tanto, se necesita un medio para alcanzar un valor de PAPR pequeño.
- La presente invención proporciona un procedimiento y un sistema para reducir la PAPR de una sola portadora y las modulaciones SCBT.
- 40 En un modo de realización preferido, la constelación usada para la modulación de cada símbolo se hace rotar mediante una fase. Solamente se hace rotar la constelación, y el mapeo de los bits en cada constelación puede o no ser similar. Además, en modos de realización alternativos, los bits modulados están codificados o no codificados. En un modo de realización alternativo adicional, se usa la modulación codificada Trellis (TCM) o la modulación codificada multinivel (MLCM).
- 45 Como se conoce la rotación de fase *a priori*, o puede determinarse a partir de una información conocida *priori*, puede corregirse fácilmente en el receptor.
- Una vez que la modificación de acuerdo con la presente invención se realiza en la fase de constelaciones consecutivas, se produce una reducción significativa de la PAPR de la señal resultante. Por ejemplo, se consideran diez símbolos consecutivos BPSK con un impulso Sinc. (Fig. 2). Puede verse que, si ocurre que estos diez símbolos son iguales a  $\{1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1\}$  (Esta es la secuencia que crea la cresta más grande en  $t = 0,5$ ), la adición de los diez impulsos crea una cresta bastante grande. Sin embargo, cuando la constelación para cada símbolo se hace rotar  $\pi/2$ , la cantidad resultante no tiene una cresta grande. Se aplican resultados similares a muchas otras
- 50 constelaciones y formas de impulso.
- La presente invención, generalizando el concepto usado en  $\pi/4$ -QPSK, un procedimiento y un sistema correspondiente que reduce significativamente la PAPR para las modulaciones de una sola portadora y las SCBT, especialmente cuando se usan constelaciones no simétricas (por ejemplo, BPSK).
- 60 La fig. 1 ilustra constelaciones rotadas para una 8QAM rectangular: (a)  $n \bmod 3 = -1$ , (b)  $n \bmod 3 = 0$ , (c)  $n \bmod 3 = 1$ ;
- la fig. 2 ilustra la PAPR para diez símbolos consecutivos BPSK con un impulso Sinc., con y sin rotación de
- 65 constelación;

la fig. 3 ilustra constelaciones 8QAM: (A) 8QAM rectangular, (b) (NS) 8QAM no cuadrada , (c) 8QAM en estrella, (d) 8QAM cuadrada;

la fig. 4 ilustra la PAPR del sistema SCBT con constelaciones diferentes, con y sin modificaciones de fase;

5 la fig. 5 ilustra la PAPR de la 8QAM rectangular con rotaciones de fase diferentes;

la fig. 6 ilustra un transmisor modificado de acuerdo con la presente invención;

10 la fig. 7 ilustra un receptor modificado de acuerdo con la presente invención; y

la fig. 8 ilustra un sistema de comunicación modificado de acuerdo con la presente invención.

15 Ha de entenderse por personas de experiencia ordinaria en la técnica que se proporcionan las descripciones siguientes para propósitos de ilustración y no de limitación. La invención se define y se limita solamente por el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Pueden omitirse detalles innecesarios de funciones y estructura conocidas a partir de las descripciones actuales a fin de no oscurecer la presente invención.

20 La presente invención proporciona un procedimiento y un sistema correspondiente de acuerdo con las reivindicaciones independientes 1 y 5, respectivamente, que reducen significativamente la PAPR para las modulaciones de una sola portadora y las SCBT, especialmente cuando se usan constelaciones no simétricas (por ejemplo, BPSK).

25 En modos de realización preferidos, la constelación usada para la modulación de cada símbolo,  $s[n]$ , se hace rotar mediante una fase  $\phi[n]$ . Por ejemplo, una constelación BPSK y  $\phi[n]=0$  pueden emplearse para incluso  $n$  y  $\phi[n]=\pi/2$  para  $n$  impar. Esto significa que todos los símbolos numerados impares usan la constelación  $\{1, -1\}$  y todos los símbolos numerados pares usan la constelación  $\{j, -j\}$ . Otro ejemplo es usar una constelación 8QAM rectangular y  $\phi[n]=(n \bmod 3)\pi/3$ . En este caso, las constelaciones se representan en la fig. 1.

30 Cabría destacar que solamente se hace rotar la constelación, y el mapeo de los bits en cada constelación puede o no ser similar. Además, los bits modulados pueden o no estar codificados. Es posible también que se use una modulación codificada Trellis (TCM) o una modulación codificada multinivel (MLCM).

35 Como se ha señalado anteriormente, como la rotación de fase se conoce *a priori* o puede determinarse a partir de una información *a priori* conocida, puede corregirse fácilmente en el receptor.

40 Si la modificación en la fase de constelaciones consecutivas se realiza de acuerdo con un modo de realización de la presente invención, se puede reducir significativamente la PAPR de la señal resultante. Por ejemplo, se consideran diez símbolos consecutivos BPSK con un impulso Sinc. (Fig. 2). Puede verse que, si ocurre que estos diez símbolos son iguales a  $\{1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1\}$  (Esta es la secuencia que crea la cresta más grande en  $t = 0,5$ ), la adición de los diez impulsos crea una cresta bastante grande. Sin embargo, cuando la constelación para cada símbolo se hace rotar  $\pi/2$  (multiplicado por  $j$ ), la cantidad resultante no tiene una cresta grande. Pueden hacerse observaciones similares por muchas otras constelaciones y formas de impulso.

45 Modo de realización 1: Incrementar la modificación de fase

En un primer modo de realización de la presente invención, la rotación de fase para cada constelación,  $\phi[n]$ , se obtiene incrementando la fase anterior mediante un valor constante, es decir,

50 
$$\Phi[n] = \Phi[n-1] + \theta$$

y para una constelación dada, el valor óptimo de  $\theta$  puede hallarse usando simulaciones. El rendimiento de la PAPR de un sistema SCBT con BPSK, QPSK, varias constelaciones 8QAM (fig. 2) y 16QAM, con y sin esta rotación de fase se representa en la fig. 4. Obviamente, puede usarse una técnica similar para otras constelaciones como 32QAM, 64QAM, etc.

55 Se logran ganancias significativas en la PAPR. Particularmente, las ganancias obtenidas (en  $P(\text{PAPR} > \gamma) = 0,01$ ) se dan en la Tabla 1:

60

**Tabla 1**

Constelación	Ganancia en la PAPR (dB)
BPSK	3,0
QPSK	0,6

8QAM rectangular	1,1
8QAM no cuadrada	1,1
8QAM en estrella	0,6
8QAM cuadrada	0,6
16QAM	0,5

Se ve fácilmente que, en muchos casos, la presente invención puede implementarse con poca o ninguna complejidad adicional. También, se muestra fácilmente que se obtienen buenos resultados empleando un valor bueno pero no necesariamente óptimo de  $\theta$ . Por ejemplo, la fig. 5 compara el rendimiento de la PAPR de un sistema SCBT con modulación 8QAM rectangular con  $\theta=\pi/3$ ,  $\theta=\pi/2$  y  $\theta=\pi/4$ . Puede verse que, aunque  $\theta=\pi/3$  da como resultado el mejor rendimiento,  $\theta=\pi/2$  y  $\theta=\pi/4$  proporcionan también una reducción similar en la PAPR (aprox. 1 dB). Estas últimas rotaciones, sin embargo, son más fáciles de aplicar en la práctica. Por ejemplo, una rotación de  $\theta=\pi/2$  en una constelación 8QAM rectangular (fig. 3 (a)) puede implementarse simplemente conmutando los componentes en fase y en cuadratura.

Modo de realización 2: Modificación de fase pseudoaleatoria

En un segundo modo de realización de la presente invención, se obtiene la modificación de fase usando un generador de números pseudoaleatorios.

Modo de realización 3: Modificación de fase almacenada

En un tercer modo de realización de la presente invención, la modificación de fase se obtiene a partir de una tabla predeterminada y almacenada.

La fig. 6 ilustra un diagrama de bloques de un transmisor 600 modificado de acuerdo con la presente invención. El tren de bits de entrada 601 está codificado potencialmente y entrelazado 602. A continuación, los datos se modulan usando una constelación rotada de fase de acuerdo con la presente invención en 603. A continuación, en un sistema SCBT, se inserta un intervalo de guarda (prefijo cíclico o relleno cero) 604. Después de la formación de impulsos y de la conversión analógico-digital 605, la forma de onda resultante puede mostrar grandes crestas cuando la rotación de fase de constelación de la presente invención *no* se lleve a cabo en 603. En consecuencia, cuando existen grandes crestas, la PAPR es alta y una alta PAPR no es deseable, ya que requiere un rango dinámico grande del convertidor D/A 605 y en la cadena RF. Modificando un transmisor 600 de acuerdo con la presente invención para hacer rotar la constelación 603 usando cualquiera de los modos de realización 1-3 de la presente invención, y las alternativas de los mismos, las crestas se reducen considerablemente. Cabría destacar que otro procesamiento puede tener lugar en el transmisor 600 con respecto al tren de bits y no solamente en el lugar de las flechas discontinuas.

La fig. 7 ilustra un diagrama de bloques de un receptor 700 modificado para tener en cuenta la rotación de fase de constelación de la presente invención. La señal recibida 701 se convierte A/D en 702 y se elimina el intervalo de guarda 703. La señal se iguala a continuación en 704 para las deficiencias causadas por el canal. A continuación, la rotación de fase conocida se contabiliza en la demodulación de este tren en 705. Los bits decodificados se descodifican a continuación potencialmente y se desentrelazan. Otro procesamiento puede tener lugar en el receptor y no solamente en la ubicación de la línea discontinua ilustrada en la fig. 7.

La fig. 8 ilustra un sistema de comunicación modificado para reducir la PAPR que comprende al menos un transmisor 600.i modificado de acuerdo con la presente invención y al menos un receptor 700.j modificado de acuerdo con la presente invención.

Aunque se han ilustrado y descrito los modos de realización preferidos de la presente invención, se entenderá por los expertos en la técnica que la presente invención se define y limita solamente por el alcance de las reivindicaciones adjuntas 1-8.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para reducir la relación de potencia de cresta/potencia media, PAPR, de un flujo de comunicación de símbolos consecutivos  $s[n]$  de un flujo de comunicación, donde  $n > 1$ , que comprende las etapas de:

5 en un transmisor (600.i) de la corriente de símbolos consecutivos  $s[n]$ ,

especificar una constelación para modular el flujo de comunicación; y, para cada símbolo consecutivo  $s[n]$ , realizar las etapas de:

10 a. determinar una fase  $\phi[n]$  para modificar la constelación especificada para el símbolo consecutivo  $s[n]$ ;

b. hacer rotar la constelación especificada por la fase determinada  $\phi[n]$ ; y

15 c. modular el símbolo consecutivo  $s[n]$  con la constelación rotada y, en un receptor (700.j) de la corriente de comunicación modulada,

determinar la rotación de fase en base a la información predeterminada y corregir la rotación de fase en la que, cuando la constelación especificada es una constelación, BPSK, de modulación por desplazamiento de fase binaria,  $\phi[n] = 0$  cuando n es par y  $\phi[n] = \pi/2$  cuando n es impar.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la etapa de modulación comprende además la etapa de usar un código seleccionado a partir del grupo que consiste en la modulación codificada Trellis, TCM, en un código convolucional con entrelazado, un código convolucional sin entrelazado y una modulación codificada multinivel MLCM.

3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que, para una 8QAM rectangular,  $\phi[n] = (n \bmod 3) \pi/3$ .

4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que, para otras constelaciones especificadas diferentes de dicha constelación BPSK, la etapa de rotación comprende además la etapa de seleccionar la fase  $\phi[n]$  a partir de la siguiente tabla:

Constelación	$\phi[n]$
8QAM cuadrada	$(n \bmod 4) \pi/4$
8QAM rectangular	$(n \bmod 3) \pi/3$
8QAM rectangular	$(n \bmod 2) \pi/2$
8QAM no cuadrada	$(n \bmod 3) \pi/3$
8QAM no cuadrada	$(n \bmod 2) \pi/2$
8QAM en estrella	$(n \bmod 4) \pi/4$
16QAM	$(n \bmod 4) \pi/4$

5. Un sistema de comunicación (800) para reducir la relación de potencia de cresta, PAPR, de un flujo de comunicación de símbolos consecutivos  $s[n]$ , que comprende:

40 al menos un transmisor (600.i) que está adaptado, para cada símbolo consecutivo  $s[n]$ , para modificar una constelación especificada para modular el flujo de comunicación haciendo rotar la constelación especificada con una fase conocida  $\phi[n]$ , para modular el símbolo consecutivo  $s[n]$  con la constelación rotada y para transmitir el flujo de comunicación modulado, y

45 al menos un receptor (700.j) que está adaptado para recibir el flujo de comunicación modulado, para determinar la rotación de fase basada en la información predeterminada y para corregir la rotación de fase en la que, cuando la constelación especificada es una constelación BPSK de modulación por desplazamiento binario,  $\phi[n] = 0$  cuando n es par y  $\theta[n] = \pi/2$  cuando n es impar.

6. El sistema (800) de la reivindicación 5, en el que la constelación es un código seleccionado a partir del grupo que consiste en la modulación codificada Trellis, TCM, un código convolucional con entrelazado, un código convolucional sin entrelazado y una modulación modificada multinivel, MLCM.

7. El sistema de la reivindicación 6, en el que al menos un transmisor (600) comprende además:

una memoria (604.1) en la que se almacena al menos una fase predeterminada  $\phi[n]$  para modificar la constelación especificada para modular los símbolos consecutivos  $s[n]$  del flujo de comunicación, donde  $n > 1$ ; y

5 un modulador/rotador de fase (604) que está adaptado para hacer rotar la constelación especificada para cada símbolo consecutivo  $s[n]$  del flujo de comunicación por una función de una de al menos una fase predeterminada  $\phi[n]$  almacenada en la memoria.

10 8. El sistema (800) de la reivindicación 7, en el que, para otras constelaciones especificadas diferentes de dicha constelación BPSK, la fase almacenada  $\phi[n]$  se selecciona a partir de la siguiente tabla:

Constelación	$\phi[n]$
8QAM cuadrada	$(n \bmod 4) \pi/4$
8QAM rectangular	$(n \bmod 3) \pi/3$
8QAM rectangular	$(n \bmod 2) \pi/2$
8QAM no cuadrada	$(n \bmod 3) \pi/3$
8QAM no cuadrada	$(n \bmod 2) \pi/2$
8QAM en estrella	$(n \bmod 4) \pi/4$
16QAM	$(n \bmod 4) \pi/4$

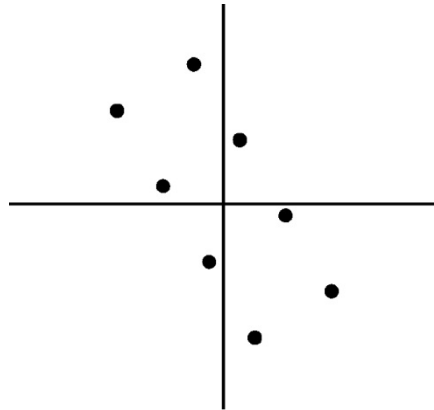


FIG. 1A

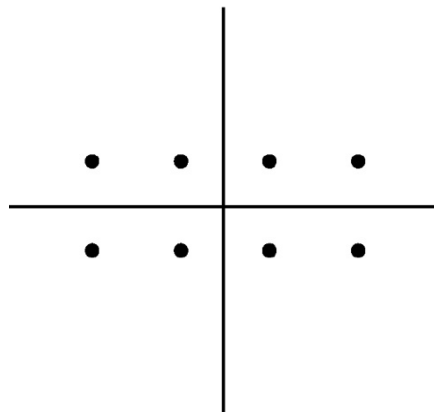


FIG. 1B

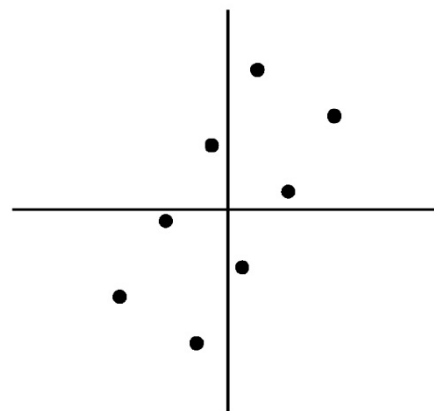


FIG. 1C

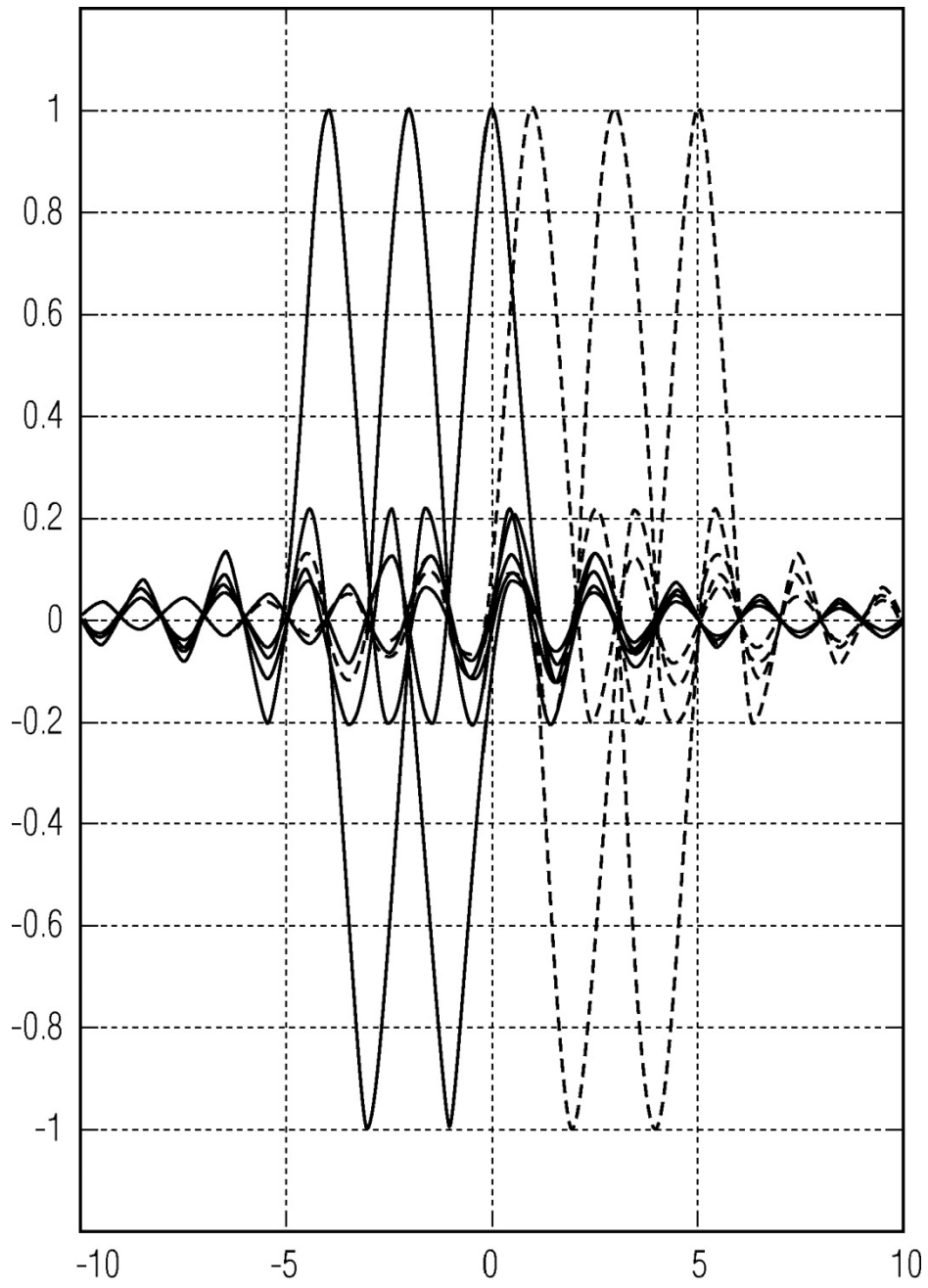


FIG. 2A



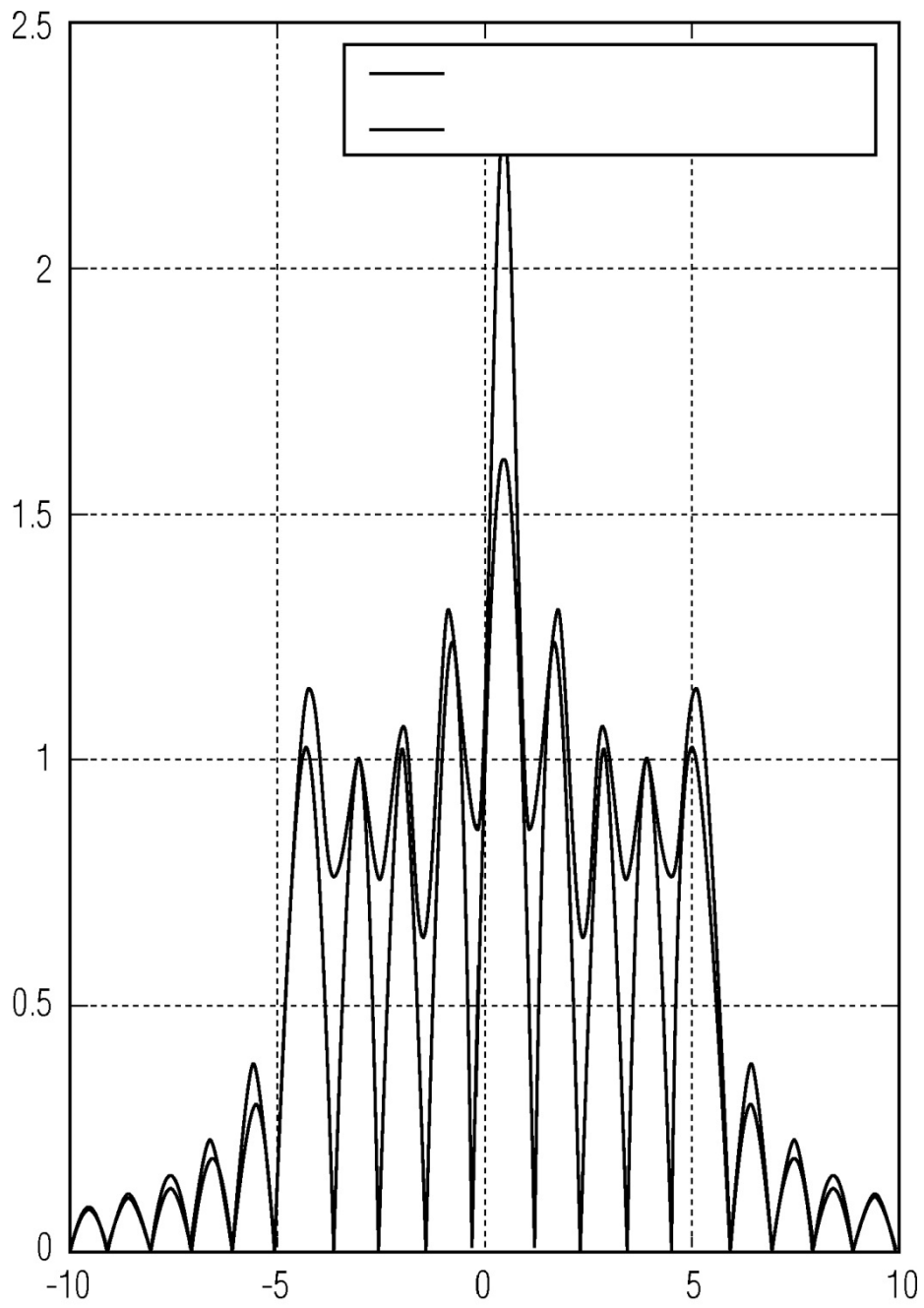


FIG. 2B

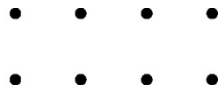


FIG. 3A

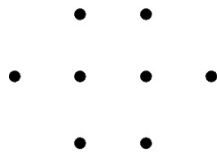


FIG. 3B

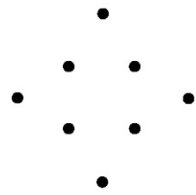


FIG. 3C

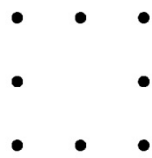


FIG. 3D

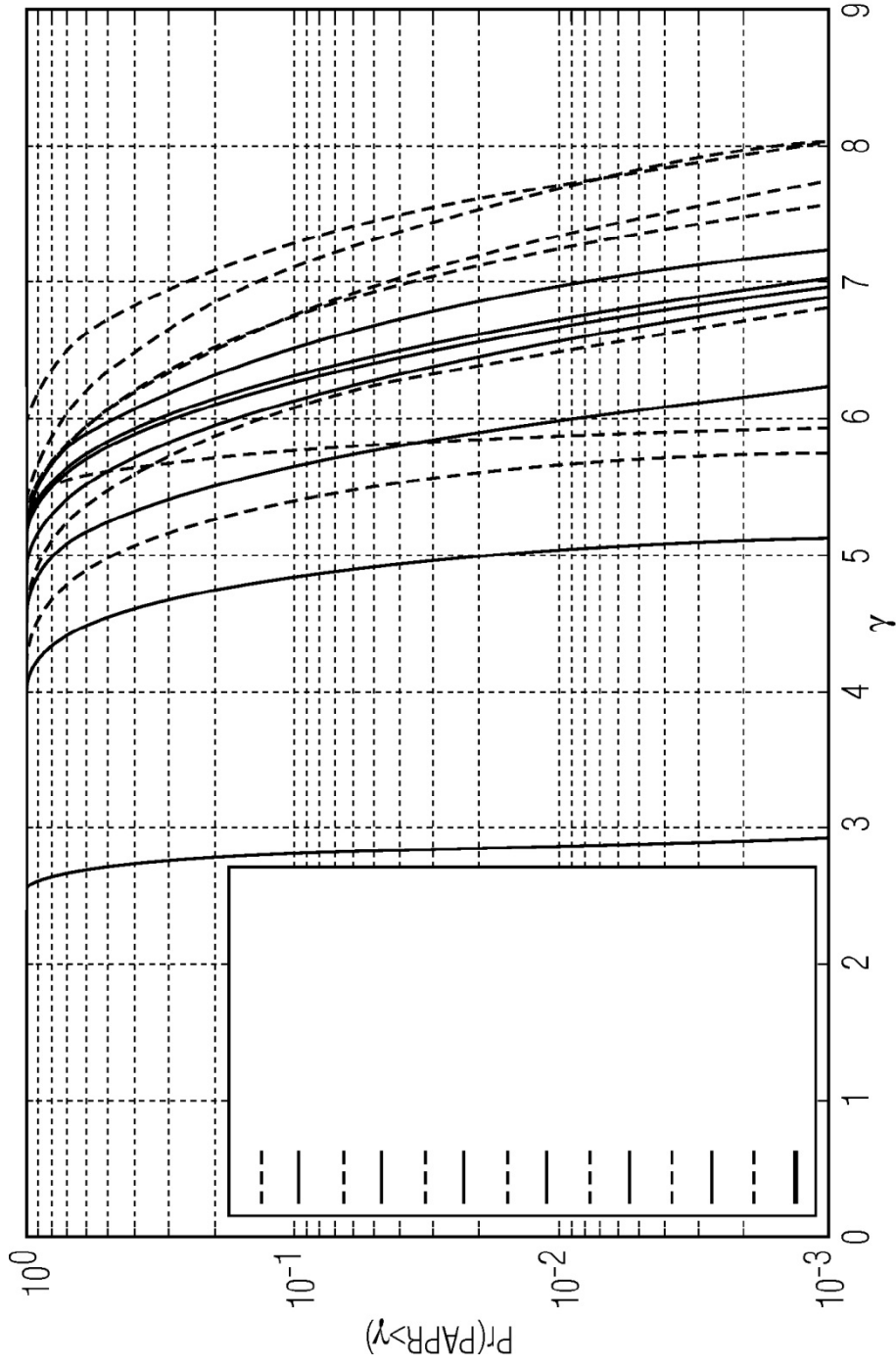


FIG. 4

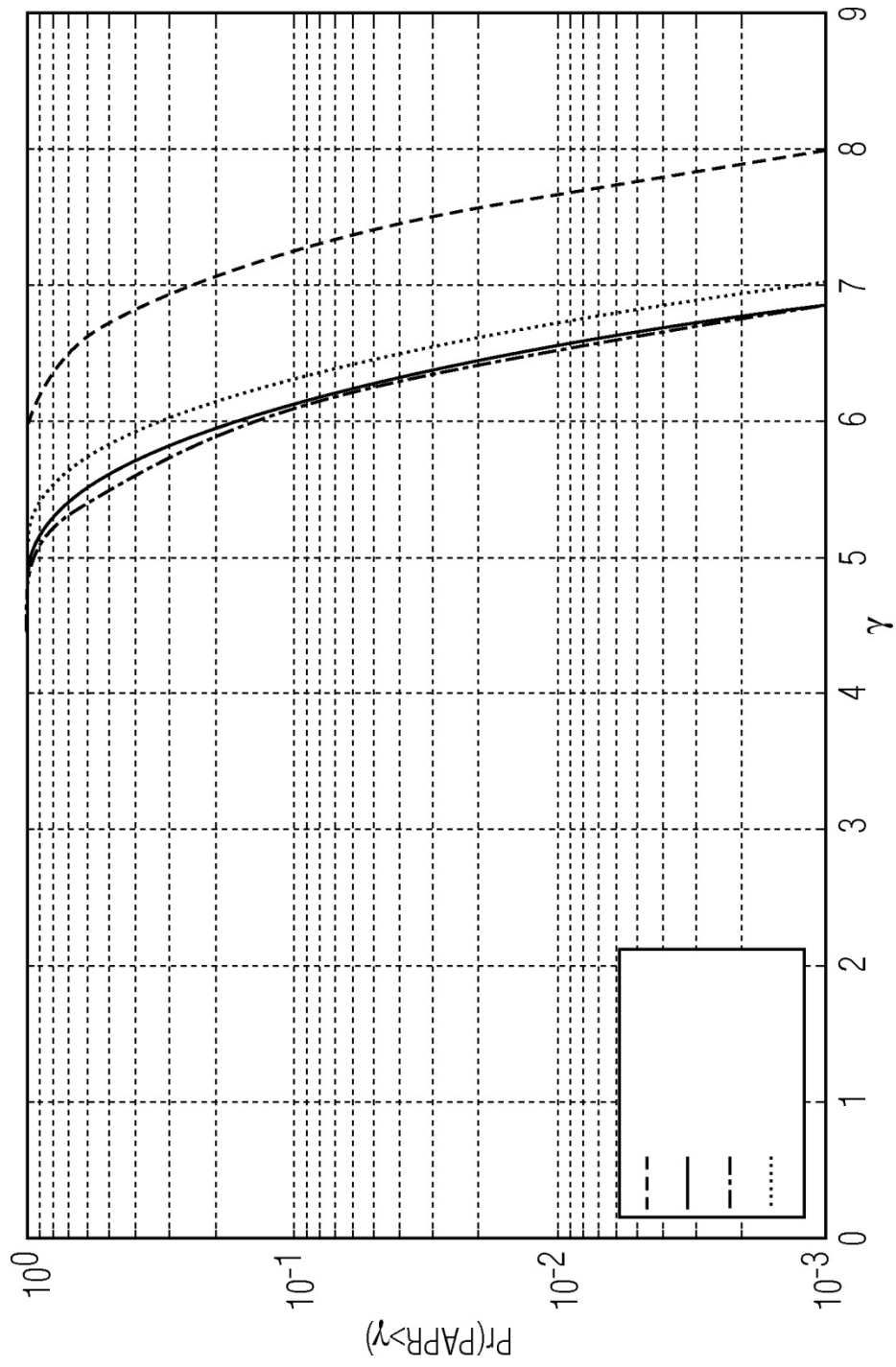


FIG. 5

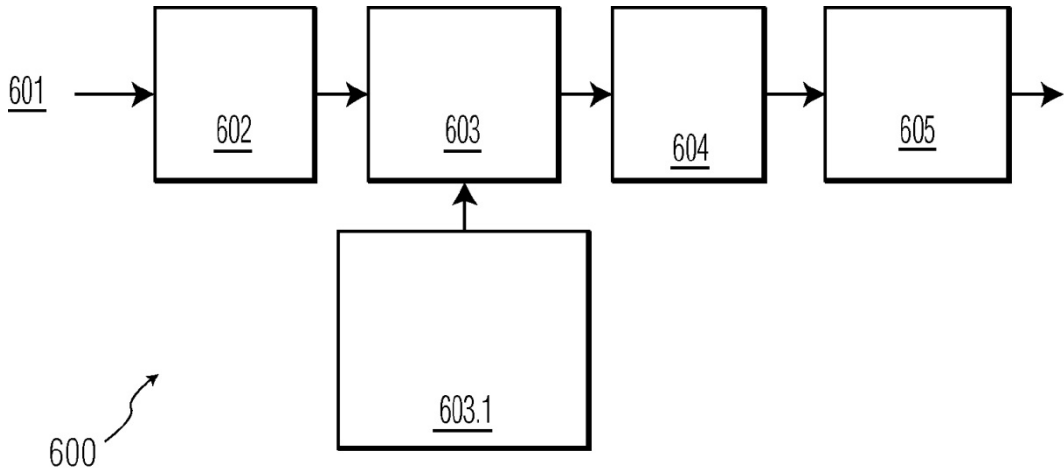


FIG. 6

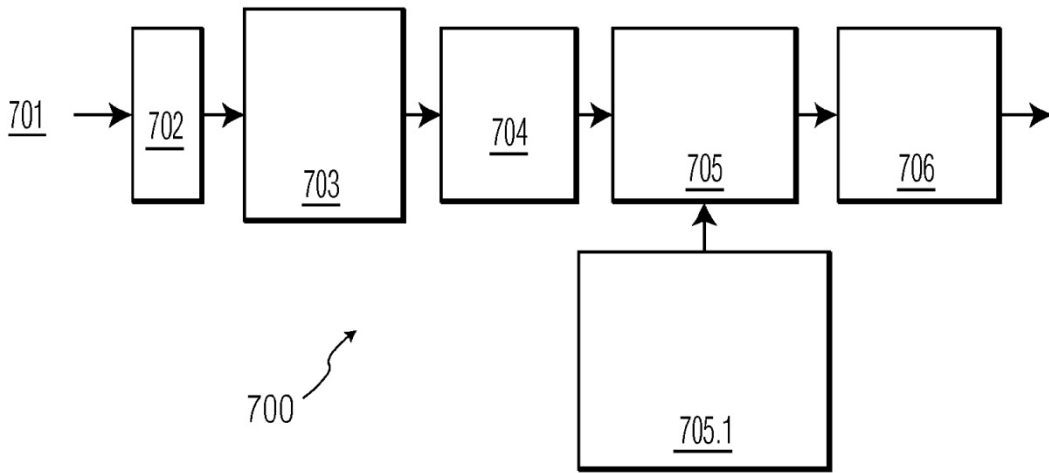


FIG. 7

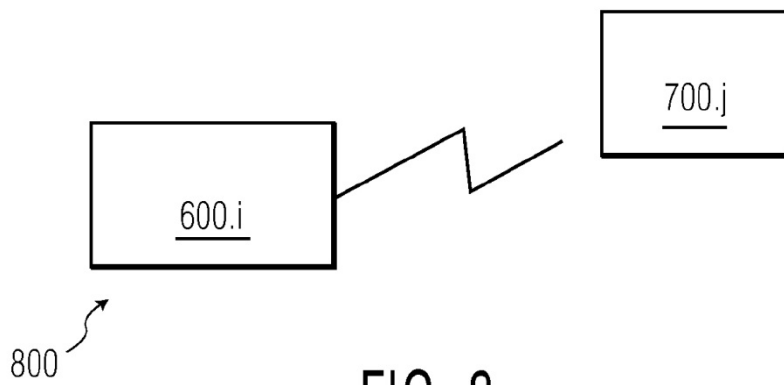


FIG. 8