



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 778**

51 Int. Cl.:  
**H04L 25/03** (2006.01)  
**H03M 13/41** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08785688 .6**  
96 Fecha de presentación : **22.08.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2208326**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.07.2010**

54 Título: **Corrector Viterbi con determinación de los puntos de constelación más cercanos para la reducción de estado.**

30 Prioridad: **07.11.2007 DE 10 2007 053 091**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.05.2011**

73 Titular/es: **ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG.**  
**Mühldorfstrasse 15**  
**81671 München, DE**

72 Inventor/es: **Krakowski, Claudiu**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 358 778 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

Corrector Viterbi con determinación de los puntos de constelación más cercanos para la reducción de estado

La invención se refiere a un método y a un dispositivo para descodificar señales codificadas mediante convolución, en especial, señales recibidas en telefonía móvil y radiodifusión.

5 Para la descodificación de señales codificadas mediante convolución, tradicionalmente se emplea un descodificador basado en el algoritmo de Viterbi. En el caso de señales codificadas mediante convolución, los datos que se transmiten corresponden a los estados de un "modelo oculto" de Markov. Los datos reales transmitidos corresponden a las transiciones de estado en el modelo. A partir de las transiciones de estado visibles y mediante el algoritmo de Viterbi se deducen los estados de un punto temporal cualquiera. Para ello se determina una métrica en la cual, dado un símbolo recibido, se indica la probabilidad de una transición de estado cualquiera, desde cualquier estado actual posible a cualquier estado siguiente posible. Para ello se determina la distancia euclidiana del símbolo recibido actual respecto de los símbolos de las transiciones de estado. Cada una de las transiciones de estado se denomina rama o brazo. Encadenando todas las ramas se forma un camino. La métrica del camino se obtiene sumando cada una de las métricas de las ramas.

10 El camino óptimo y con él, la secuencia más probable de símbolos transmitidos, la dará el camino cuya métrica sea menor. Cada uno de los símbolos recibidos, en el caso de señales codificadas mediante convolución, contiene partes de una pluralidad de símbolos dispuestos sucesivamente. Esto se denomina memoria del código. La influencia de un símbolo recibido anterior sobre el estado actual queda de este modo limitada. Tras un número determinado de símbolos recibidos, ya no se aprecia la influencia del símbolo recibido anterior sobre el estado actual. De esta manera, tras el transcurso de este número determinado de símbolos recibidos, el número de caminos que entran en el cálculo siguiente se reduce al más probable. Este paso se denomina eliminación de caminos improbables. Con este procedimiento se proporciona un receptor óptimo para la señal codificada mediante convolución.

15 Así, por ejemplo en US 3.872.432 B1, se muestra un dispositivo para la sincronización en un descodificador Viterbi y también su función.

Sin embargo, una desventaja del algoritmo Viterbi es su fuerte dependencia de la carga de procesamiento para los parámetros de la señal codificada mediante convolución. Así, el esfuerzo se incrementa mucho cuando existe un gran número de niveles de modulación y también en el caso de una memoria de código amplia.

20 Como alternativa, las señales codificadas mediante convolución se descodifican empleando descodificadores de "minimum mean-square-error decision-feedback equalizer" (MMSE-DFE). Estos descodificadores determinan el estado actual ya definitivo a partir de los símbolos anteriormente recibidos, directamente al recibir el símbolo, sin considerar futuros símbolos recibidos.

En la patente DE 199 48 373 A1 se muestra un descodificador MMSE-DFE.

25 Tales descodificadores resuelven en efecto el problema de la gran carga de procesamiento que tienen los codificadores Viterbi, pero en cambio disponen de una fiabilidad en la detección considerablemente menor. De esta manera, especialmente en el caso de canales de transmisión fuertemente distorsionados, se alcanza una alta tasa de error de bit en la señal recibida.

30 El documento US 2003/0063681 A1 divulga un método de transmisión en el cual se transmiten marcos de emisión modulados a través de un canal ISI. Los símbolos recibidos se descodifican mediante un algoritmo de Viterbi modificado. Las secuencias de estados se proporcionan después a un detector de fiabilidad. La descodificación se restringe a un número menor de estados basándose en la fiabilidad que se ha calculado.

Por todo ello, la invención tiene como objetivo crear un método y un dispositivo para la descodificación de señales codificadas mediante convolución, que necesite poca carga de procesamiento con una alta fiabilidad en la detección.

35 Este objetivo se cumple, conforme a la invención, con las características del método descritas en la reivindicación independiente 1 y las características del dispositivo descritas en la reivindicación independiente 9. Los perfeccionamientos ventajosos son el objeto de las reivindicaciones dependientes de aquellas.

40 Para la descodificación de los símbolos recibidos y codificados mediante convolución se emplea un descodificador Viterbi. Los datos de transmisión se modulan con un esquema de modulación hacia símbolos, que se codifican como símbolos de transmisión codificados mediante convolución utilizando un filtro de transmisión. Un símbolo de transmisión codificado mediante convolución contiene parte de varios símbolos dispuestos sucesivamente. Estos símbolos de transmisión se transmiten a través de un canal de transmisión y se reciben como símbolos recibidos. El codificador Viterbi descodifica los símbolos recibidos mediante un algoritmo de Viterbi modificado. Previamente a su paso por el descodificador Viterbi, los símbolos recibidos se procesan con un dispositivo de reducción de símbolos,

- que calcula información adicional y posibles secuencias de estados que conciernen a la descodificación, independientemente de la codificación que realiza el descodificador Viterbi y para cualquier estado de la descodificación. El dispositivo para la reducción de símbolos aprovecha la información adicional y posibles secuencias de estados que conciernen a la descodificación para limitar a determinados estados secuenciales la descodificación que realiza el descodificador Viterbi. El dispositivo de reducción de símbolos obtiene conocimiento adicional concerniente a las posibles secuencias de estados calculando un símbolo recibido actual libre de interferencias entre símbolos. Este obtiene el símbolo recibido actual libre de interferencias entre símbolos mediante la sustracción ponderada de los símbolos recibidos anteriormente que están libres de interferencias entre símbolos respecto al símbolo recibido actual. El dispositivo de reducción de símbolos determina los estados secuenciales calculando los estados con la menor distancia euclidiana respecto al símbolo recibido actual libre de interferencias entre símbolos. La carga de procesamiento disminuye notablemente gracias a la reducción de los posibles estados secuenciales. Al mismo tiempo se alcanza una gran precisión en la detección, puesto que se seleccionan los estados secuenciales más probables como posibles estados secuenciales. Además, de esta manera se puede calcular una sucesión de posibles estados secuenciales con alta fiabilidad.
- 5 El esquema de modulación preferido es uno de modulación de fase (PSK) y el dispositivo de reducción de símbolos limita la siguiente descodificación preferiblemente a dos estados secuenciales determinados. La limitación a dos estados secuenciales reduce la carga de procesamiento de manera especialmente notable.
- 10 El esquema de modulación es con preferencia uno de modulación de fase en 8 niveles (8-PSK) o uno de modulación de fase en 16 niveles (16-PSK). Se puede reducir la carga de procesamiento para la descodificación de señales que se modulan con una pluralidad de esquemas de modulación.
- 15 El esquema de modulación preferido es uno de modulación de amplitud en cuadratura (QAM) y el dispositivo de reducción de símbolos limita la siguiente descodificación preferiblemente a cuatro estados secuenciales determinados. Al tiempo que se da una alta tasa de transmisión se obtiene una notable reducción de la carga en procesamiento.
- 20 El esquema de modulación es preferiblemente uno de modulación de amplitud en cuadratura de 16 niveles o de 64 niveles. Se puede reducir la carga de procesamiento para la descodificación de señales que se modulan con una pluralidad de esquemas de modulación.
- 25 En cada estado de la descodificación con el algoritmo Viterbi, el descodificador Viterbi calcula preferiblemente al menos un camino con poca probabilidad de dar como resultado la secuencia correcta de símbolos transmitidos y elimina preferiblemente al menos este camino de la siguiente descodificación. Así se sigue reduciendo la carga de procesamiento para la codificación. La fiabilidad de la detección prácticamente no disminuye por ello.
- 30 Preferiblemente, un filtro filtra los símbolos recibidos previamente a la descodificación. La filtración que lleva a cabo el filtro reduce preferiblemente la influencia de los símbolos anteriores en el símbolo recibido codificado mediante convolución y eleva preferiblemente la influencia del símbolo actual en el símbolo recibido codificado mediante convolución. Con ello aumenta la fiabilidad de los estados secuenciales calculados. Al mismo tiempo, la carga de procesamiento adicional es menor.
- 35 Los coeficientes del filtro y los factores de ponderación para calcular el símbolo actual libre de interferencias entre símbolos se determinan preferiblemente mediante optimización. De ese modo se calculan los coeficientes de filtro y los factores de ponderación de forma óptima.
- 40 A continuación se describe la invención en base a una ilustración, en la cual se representa un ejemplo de ejecución preferido de la invención, a modo de ejemplo. En la ilustración se muestran:
- Fig. 1: un diagrama de bloques de un camino de transmisión y recepción de una señal codificada mediante convolución;
- Fig. 2: un diagrama de estados que ejemplifica un descodificador Viterbi;
- 45 Fig. 3: un diagrama de estados que ejemplifica un descodificador Viterbi modificado;
- Fig. 4: un diagrama de bloques de un descodificador MMSE-DFE;
- Fig. 5: un primer diagrama de bloques de un ejemplo de ejecución de un dispositivo conforme a la invención;
- Fig. 6: un segundo diagrama de bloques de un ejemplo de ejecución de un dispositivo conforme a la invención;
- 50 Fig. 7: la respuesta a impulso de un filtro de transmisión a modo de ejemplo para señales codificadas mediante convolución;

- Fig. 8: la respuesta a impulso de un filtro de transmisión a modo de ejemplo para señales codificadas mediante convolución, cuya parte de recepción ha sido transformada por un filtro;
- Fig. 9: un primer esquema de modulación a modo de ejemplo;
- Fig. 10: un segundo esquema de modulación a modo de ejemplo;
- 5 Fig. 11: un diagrama de estados que ejemplifica un primer ejemplo de ejecución del descodificador conforme a la invención;
- Fig. 12: un diagrama de estados que ejemplifica un segundo ejemplo de ejecución del descodificador conforme a la invención, y
- 10 Fig. 13: un diagrama de las probabilidades de error de bit resultantes de dos métodos de descodificación diferentes.

A continuación, por medio de las fig. 1 – 2, se muestra la estructura y el modo de funcionamiento del descodificador Viterbi hasta ahora más común. En las fig. 3 – 12 se ilustra la estructura y modo de funcionamiento del dispositivo conforme a la invención y del método conforme a la invención. En la fig. 3 se muestra el resultado de descodificación del dispositivo conforme a la invención en contraposición con el estado de la técnica. Los elementos idénticos no se han repetido ni representado parcialmente en las similares ilustraciones.

15

En la fig. 1 se representa un diagrama de bloques de un camino de transmisión y recepción de una señal codificada mediante convolución. La secuencia de símbolos transmitidos  $s$  ( $1T_s$ ) 10 en la banda base se modula en la frecuencia de transmisión utilizando el dispositivo de modulación 11. El filtro de transmisión 12 imprime en la señal su respuesta a impulso. La señal 13 se transmite a través del canal. Este se modela mediante ruido blanco aditivo 14, que se añade en un sumador 15. La parte de recepción de la señal recibida se filtra mediante un filtro de recepción 16. La señal recibida y filtrada 17 se demodula a una señal de banda base 19 a través del dispositivo demodulador 18. Un filtro descodificador 20 prepara la señal 19 antes de que el descodificador 21 descodifique la señal hacia la secuencia de símbolos recibidos 22.

20

La fig. 2 muestra un diagrama de estados que ejemplifica un descodificador Viterbi. Se representan los estados 30 – 37 y sus posibles conexiones 38 – 40, a través de los puntos temporales 41 – 44. Cada estado 30 – 37 está conectado en un determinado punto temporal 41 – 44 con cada estado 30 – 37 respectivo del punto temporal subsiguiente 41 – 44. Para cada conexión de estados se calcula la métrica de la rama. Para ello, se calcula la distancia euclidiana del símbolo recibido respectivo en relación con cada uno de los símbolos recibidos asignados a las ramas. Es decir, para una transición de estados se calculan 64 métricas de rama y para el total del diagrama de estados representado se calculan 192 métricas de rama. También se calculan las métricas de los caminos a partir de las métricas de rama. Como se considera el total de los caminos del diagrama de estados completo, se calculan 4096 métricas de camino. Esto ya supone una significativa carga de procesamiento. Cuando se parte entonces de un esquema de modulación con más de 8 estados, p. ej., 64 estados, y una memoria de código de más de tres estados anteriores, la carga en descodificación aumenta a dimensiones que ya no son manejables fácilmente.

25

30

La fig. 3 muestra un diagrama de estados que ejemplifica un descodificador Viterbi modificado. Para reducir aquí la carga de procesamiento, tras calcular las métricas de las ramas y de los caminos para un punto temporal, se siguen únicamente los dos caminos con mayor probabilidad, es decir, con la métrica más baja. El resto de los caminos se elimina. De este modo, para el punto temporal 41 solo se siguen los caminos que parten de los estados 30 a 34. En el punto temporal 42 solo se siguen los caminos que parten de los estados 33 a 35. En el punto temporal 43 solo se siguen los caminos que parten de los estados 31 a 37. De esa manera, la carga de procesamiento se reduce en órdenes de magnitud. La fiabilidad de la detección sin embargo también se ve reducida, puesto que se descarta de antemano información potencialmente útil. Hay casos en los que el símbolo recibido correcto se encuentra en un camino improbable y por tanto se elimina, y no se descodifican correctamente, aunque la señal recibida contuviese suficiente información para ello.

35

40

En la fig. 4 se representa un diagrama de bloques para un descodificador "minimum mean-square-error decision-feedback equalizer" (MMSE-DFE). En lugar de considerar todo el camino de las posibles transiciones de estados, en este modalidad del codificador se contempla cada estado en sí mismo y solo se tiene en cuenta la influencia de estados anteriores. Para ello y en primer lugar, un filtro 51 establece una fase mínima para la señal recibida 50. Es decir, se aumenta la influencia del símbolo actual sobre el símbolo recibido, mientras se reduce la influencia de los símbolos anteriores sobre el símbolo recibido. En base a esta señal filtrada y las informaciones de los símbolos ya descodificados, en el decisor 52 se decide el valor del símbolo actual 53. Este valor se retroalimenta mediante un filtro de realimentación 54 y se sustrae de la señal de salida del filtro 51. Así se logra una señal libre de interferencias entre símbolos en el decisor 52. Este descodificador se puede ejecutar con muy poca carga de procesamiento. Sin embargo, la probabilidad de error de bit está a su vez también aquí por debajo de la óptima, pues no se utiliza el total de la información que está disponible en la señal transmitida en lo que concierne a la descodificación.

45

50

55

En la fig. 5 se representa un primer diagrama de bloques de un ejemplo de ejecución de un dispositivo conforme a la invención. La secuencia de símbolos recibidos 50 se filtra mediante un filtro 70. En primer lugar, el filtro establece una fase mínima para la señal recibida 50. Este proceso se muestra con más detalle en las figuras 7 y 8. A continuación, un descodificador Viterbi modificado 71, que genera la secuencia de símbolos de transmisión descodificados 53, descodifica la señal. La estructura y modo de funcionamiento del descodificador Viterbi modificado se explica en detalle con la fig. 6.

La fig. 6 muestra un segundo diagrama de bloques de un ejemplo de ejecución de un dispositivo conforme a la invención. Como se representa en la fig. 5, la secuencia de símbolos recibidos 50 se filtra con un filtro 70 para establecer una fase mínima. Este proceso se muestra con más detalle en las figuras 7 y 8. A continuación, la señal pasa por un dispositivo de reducción de estados 80, que lleva a cabo una reducción de los símbolos actuales permitidos con ayuda de los símbolos 85 ya descodificados. Para ello, los símbolos descodificados ponderados se sustraen del símbolo recibido afectado por la interferencia entre símbolos. El símbolo resultante es un símbolo libre de interferencias entre símbolos.

Desde la posición de este símbolo en el esquema de modulación aplicado para la señal codificada mediante convolución, se determina un número determinado de símbolos vecinos, p. ej., dos símbolos vecinos en la modulación de fase, como únicos símbolos permitidos. La información concerniente a los estados permitidos, junto con la secuencia filtrada de símbolos recibidos 50, se reenvía a un dispositivo de determinación de métrica de ramas 82, que solo determina la métrica para las ramas que conducen a uno de los símbolos permitidos. Las métricas de las ramas permitidas se reenvían al dispositivo de determinación de métrica de caminos 83. Este calcula por adición las métricas de los caminos permitidos a partir de las métricas de las ramas permitidas. Las métricas de los caminos se transfieren al dispositivo de eliminación de caminos 84, que selecciona el camino más probable y elimina el resto de los caminos. El camino superviviente da como resultado los símbolos descodificados 53. El bloque 81 corresponde así a un descodificador Viterbi tradicional.

La fig. 7 muestra la respuesta a impulso de un filtro de transmisión a modo de ejemplo para señales codificadas mediante convolución. La respuesta a impulso 106 del filtro de transmisión del ejemplo se compone de tres componentes 100, 101, 102. La componente 102 que corresponde al símbolo actual no es aquí la componente más fuerte de la respuesta al impulso.

En la fig. 8 se representa la respuesta a impulso de un filtro de transmisión ejemplar para señales codificadas mediante convolución cuya parte de recepción ha sido transformada por un filtro. La respuesta a impulso filtrada 107 del filtro de transmisión del ejemplo se compone de tres componentes 103, 104, 105. La componente 105, que corresponde al símbolo actual, es aquí la componente más fuerte de la respuesta al impulso.

La fig. 9 muestra un primer esquema de modulación a modo de ejemplo. El esquema de modulación 115 aquí representado es uno de modulación de fase de 8 niveles. Los niveles de modulación  $S_0 - S_7$  corresponden a los estados de la codificación de las figs. 2, 3. Los niveles de modulación  $S_0 - S_7$  están formados por puntos en un círculo único en el espacio complejo, extendido con la componente en fase 111 y la componente cuaternaria 110. Cada nivel de modulación  $S_0 - S_7$  se caracteriza por un ángulo de fase discreto. Así por ejemplo, el nivel de modulación  $S_1$  se establece por el ángulo de fase 117. Cada punto del círculo único tiene entonces dos niveles de modulación como vecinos directos. Cada uno de los otros niveles de modulación está notablemente alejado de sus dos vecinos directos. Si el dispositivo de reducción de símbolos 80 de la fig. 6 calcula el símbolo libre de interferencias entre símbolos 113 con el ángulo de fase 116, los dos símbolos permitidos con este esquema de modulación 115 son los niveles de modulación  $S_0$  114 y  $S_1$  112.

En la fig. 10 se representa un segundo esquema de modulación a modo de ejemplo. El esquema de modulación 120 aquí representado es uno de modulación de fase de 16 niveles con modulación de amplitud cuaternaria. Los niveles de modulación  $S_0 - S_{15}$  están situados en el espacio complejo, extendido con la componente en fase 111 y la componente cuaternaria 110. Cada nivel de modulación  $S_0 - S_{15}$  se caracteriza por un valor discreto para la componente en fase 111 y la componente cuaternaria 110. Debido a la disposición de los niveles de modulación  $S_0 - S_{15}$ , para cada punto del esquema de modulación 121 en el espacio complejo 4 se generan niveles de modulación como vecinos directos. Cada uno de los otros niveles de modulación está notablemente alejado de sus cuatro vecinos directos. Si el dispositivo de reducción de símbolos 80 de la fig. 6 calcula el símbolo libre de interferencias entre símbolos 129, los cuatro símbolos permitidos con este esquema de modulación 121 son los niveles de modulación  $S_0$  127,  $S_1$  128,  $S_2$  125 y  $S_3$  126.

La fig. 11 muestra un diagrama de estados que ejemplifica un primer ejemplo de ejecución del descodificador conforme a la invención. Este diagrama de estados está muy simplificado respecto de los diagramas de estados de las figuras 2 y 3. En él se representa una reducción de los estados secuenciales permitidos a 3. Al mismo tiempo, se representan los caminos a seguir reducidos a los dos más probables. Con ello se consigue una drástica disminución de la carga en procesamiento. La carga en procesamiento se ve especialmente disminuida al combinarse la reducción de símbolos secuenciales y del número de caminos. La probabilidad de error de bit se ve elevada, en comparación con un análisis completo de todos los estados y caminos. Sin embargo, la relación de la tasa de error

respecto a la carga de procesamiento es mucho más conveniente.

5 En la fig. 12 se representa un diagrama de estados que ejemplifica un segundo ejemplo de ejecución del descodificador conforme a la invención. También aquí está simplificado el diagrama de estados 142. Al limitarse a dos los estados permitidos, estados 140 y 141, y también a dos el número de caminos, se reduce mucho el número de caminos que tienen que calcularse.

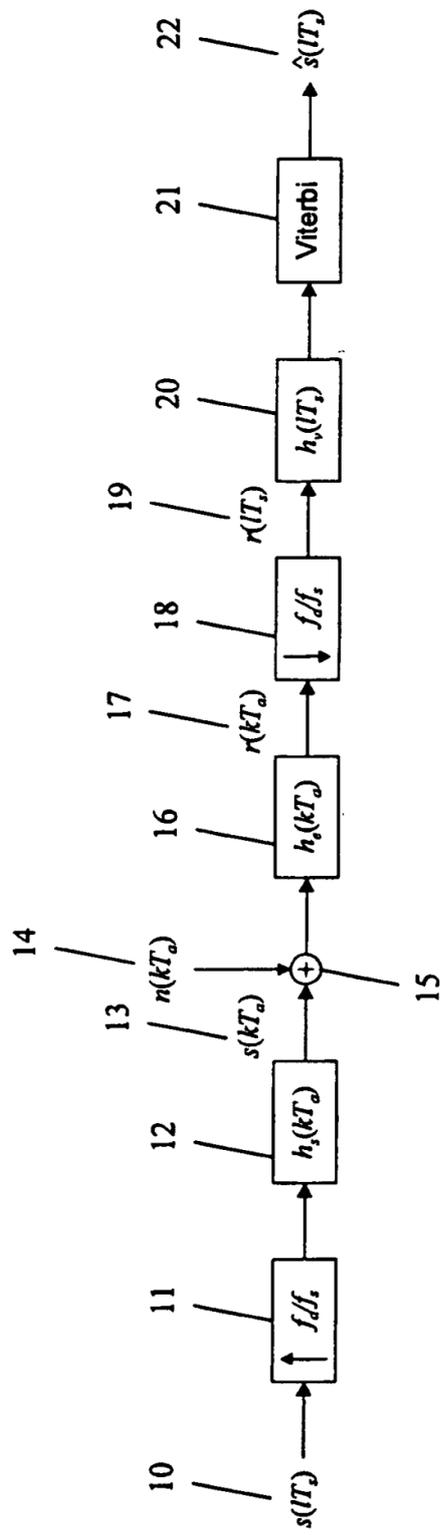
10 La fig. 13 muestra un diagrama de las probabilidades de error de bit resultantes de dos métodos de descodificación diferentes. Se representa la tasa de error de bit resultante en la codificación con distintos descodificadores, mediante la relación señal-ruido. El descodificador tradicional 160, cuya interferencia entre símbolos no está compensada, obtiene una tasa de error de bit muy alta. El descodificador MMSE-DFE representado en la fig. 4 produce un resultado mejor. Un descodificador Viterbi 162, que evalúa el diagrama de estado al completo, arroja un resultado óptimo. El descodificador Viterbi modificado 163 conforme a la invención arroja un resultado solo ligeramente peor, y sin embargo necesita una carga en procesamiento notablemente menor que el descodificador Viterbi completo.

15 La invención no se limita a los ejemplos de ejecución representados. Como ya se ha mencionado, se pueden descodificar distintos tipos de señales basadas en convolución. De ese modo es factible su aplicación en telefonía móvil, así como en la recuperación de datos grabados, p. ej. en discos duros. Todas las características descritas en este documento o las características mostradas en las figuras se pueden combinar entre sí libremente en el marco de la invención.

## REIVINDICACIONES

1. Método para descodificar símbolos recibidos codificados mediante convolución (50),  
 en el cual, los datos de transmisión se modulan con un esquema de modulación hacia símbolos (10), y los símbolos (10) se codifican como símbolos de transmisión codificados mediante convolución (13) utilizando un filtro de transmisión,  
 5 en el cual, un símbolo de transmisión codificado mediante convolución (13) contiene parte de varios símbolos dispuestos sucesivamente (10),  
 y en el cual, los símbolos de transmisión (13) se transmiten a través de un canal de transmisión; los símbolos de transmisión transmitidos (13) se reciben como símbolos recibidos (50); los símbolos recibidos (50) se descodifican mediante un algoritmo de Viterbi modificado, e independientemente de la descodificación con el algoritmo de Viterbi,  
 10 en cada estado (30-37) de la descodificación se calcula información adicional que concierne a los posibles estados secuenciales (30-37) de la descodificación, y la información adicional se utiliza para limitar la siguiente descodificación a determinados estados secuenciales (30-37),  
**caracterizado porque**  
 15 la información adicional concerniente a los posibles estados secuenciales (30-37) se obtiene calculando un símbolo recibido actual libre de interferencias entre símbolos y **porque** el símbolo recibido actual libre de interferencias entre símbolos se obtiene mediante factores de ponderación, con la sustracción ponderada de los símbolos recibidos anteriores libres de interferencias entre símbolos (85) respecto del símbolo recibido actual (50), y  
**porque** los estados secuenciales determinados (30-37) se determinan a través de los estados con la menor distancia euclidiana respecto al símbolo recibido actual libre de interferencias entre símbolos.  
 20
2. Método conforme a la reivindicación 1, **caracterizado porque**  
 el esquema de modulación (115, 121) es uno de modulación de fase (PSK), y **porque** la siguiente descodificación se limita a dos estados secuenciales (112, 114) determinados.
3. Método conforme a las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado porque**  
 25 el esquema de modulación (115, 121) es uno de modulación de fase en 8 niveles (8-PSK) o uno de modulación de fase en 16 niveles (16-PSK).
4. Método conforme a la reivindicación 1, **caracterizado porque**  
 el esquema de modulación (115, 121) es uno de modulación de amplitud en cuadratura (QAM), y **porque** la siguiente descodificación se limita a cuatro estados secuenciales (125, 126, 127, 128) determinados.
- 30 5. Método conforme a las reivindicaciones 1 ó 4, **caracterizado porque**  
 el esquema de modulación (115, 121) es uno de modulación de amplitud en cuadratura de 16 niveles (16-QAM) o uno de modulación de amplitud en cuadratura de 32 niveles (32-QAM), o uno de modulación de amplitud en cuadratura de 64 niveles (64-QAM).
6. Método conforme a una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque**  
 35 en cada estado (30-37) de la descodificación con el algoritmo Viterbi, se calcula al menos un camino con poca probabilidad de dar como resultado la secuencia correcta de símbolos transmitidos (10) y **porque** se elimina al menos este camino de la siguiente descodificación.
7. Método conforme a una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque**  
 40 los símbolos recibidos (50) se filtran antes de la descodificación,  
 la filtración reduce la influencia de los símbolos anteriores (10) en el símbolo recibido codificado mediante convolución (50) y la filtración eleva la influencia del símbolo actual en el símbolo recibido codificado mediante convolución (50).
8. Método conforme a la reivindicación 7, **caracterizado porque**  
 45 los coeficientes de la filtración y los factores de ponderación para calcular el símbolo actual libre de interferencias entre símbolos (85) se determinan mediante optimización.
9. Dispositivo para descodificar símbolos recibidos codificados mediante convolución (50) con un descodificador Viterbi (81),  
 en el cual, los datos de transmisión se modulan hacia símbolos (10) con un esquema de modulación, y los símbolos (10) se codifican hacia símbolos de transmisión codificados mediante convolución (13) con un filtro de transmisión (13); un símbolo de transmisión codificado mediante convolución (13) contiene parte de varios símbolos dispuestos sucesivamente (10); los símbolos de transmisión (10) se transmiten a través de un canal de transmisión; los símbolos de transmisión transmitidos (10) se reciben como símbolos recibidos (50); el descodificador Viterbi (81) descodifica los símbolos recibidos (50) mediante un algoritmo Viterbi modificado y los símbolos recibidos (50), antes de su paso por el descodificador Viterbi (81), se procesan con un dispositivo de reducción de estados (80),  
 50 en el cual, el dispositivo de reducción de estados (80), independientemente de la descodificación con el algoritmo de Viterbi (81), en cada estado (30-37) de la descodificación calcula información adicional que concierne a los posibles

- estados secuenciales (30-37) de la decodificación, y en el cual, el dispositivo de reducción de estados (80), utiliza la información adicional para limitar la siguiente decodificación con el decodificador Viterbi (81) a determinados estados secuenciales (30-37), **caracterizado porque**
- 5 el dispositivo de reducción de estados (80) obtiene la información adicional que concierne a los posibles estados secuenciales (30-37) calculando un símbolo recibido actual libre de interferencias entre símbolos, y **porque** el dispositivo de reducción de estados (80) obtiene el símbolo recibido actual libre de interferencias entre símbolos mediante la sustracción ponderada de los símbolos recibidos anteriores libres de interferencias entre símbolos (85) respecto del símbolo recibido actual (50), y
- 10 **porque** el dispositivo de reducción de estados (80) determina los estados secuenciales (30-37) calculando los estados con la menor distancia euclidiana respecto al símbolo recibido actual libre de interferencias entre símbolos.
10. Dispositivo conforme a la reivindicación 9, **caracterizado porque** el esquema de modulación (115, 121) es uno de modulación de fase (PSK), y **porque** el dispositivo de reducción de estados (80) limita la siguiente decodificación a dos estados secuenciales (112, 114) determinados.
- 15 11. Dispositivo conforme a la reivindicación 9 o la 10 **caracterizado porque** el esquema de modulación (115, 121) es uno de modulación de fase en 8 niveles (8-PSK) o uno de modulación de fase en 16 niveles (16-PSK).
- 20 12. Dispositivo conforme a la reivindicación 9, **caracterizado porque** el esquema de modulación (115, 121) es uno de modulación de de amplitud en cuadratura (QAM), y **porque** el dispositivo de reducción de estados (80) limita la siguiente decodificación a cuatro estados secuenciales (125, 126, 127, 128) determinados.
- 25 13. Dispositivo conforme a la reivindicación 9 o la 12 **caracterizado porque** el esquema de modulación (115, 121) es uno de modulación de amplitud en cuadratura de 16 niveles (16-QAM) o uno de modulación de amplitud en cuadratura de 32 niveles (32-QAM), o uno de modulación de amplitud en cuadratura de 64 niveles (64-QAM).
- 30 14. Dispositivo conforme a una de las reivindicaciones 9 a 13, **caracterizado porque** el decodificador Viterbi (81) en cada estado (30-37) de la decodificación con el algoritmo Viterbi, calcula al menos un camino con poca probabilidad de dar como resultado la secuencia correcta de símbolos transmitidos (10) y **porque** el decodificador Viterbi (81) elimina al menos este camino de la siguiente decodificación.
- 35 15. Dispositivo conforme a una de las reivindicaciones 9 a 14, **caracterizado porque** un filtro (70) filtra los símbolos recibidos (50) antes de la decodificación, y **porque** la filtración mediante el filtro (70) reduce la influencia de los símbolos anteriores (10) en el símbolo recibido codificado mediante convolución (50) y **porque** la filtración mediante el filtro (70) eleva la influencia del símbolo actual (10) en el símbolo recibido codificado mediante convolución.
- 40 16. Dispositivo conforme a la reivindicación 15, **caracterizado porque** los coeficientes del filtro (70) y los factores de ponderación para calcular el símbolo actual libre de interferencias entre símbolos se determinan mediante optimización.



**Fig. 1**

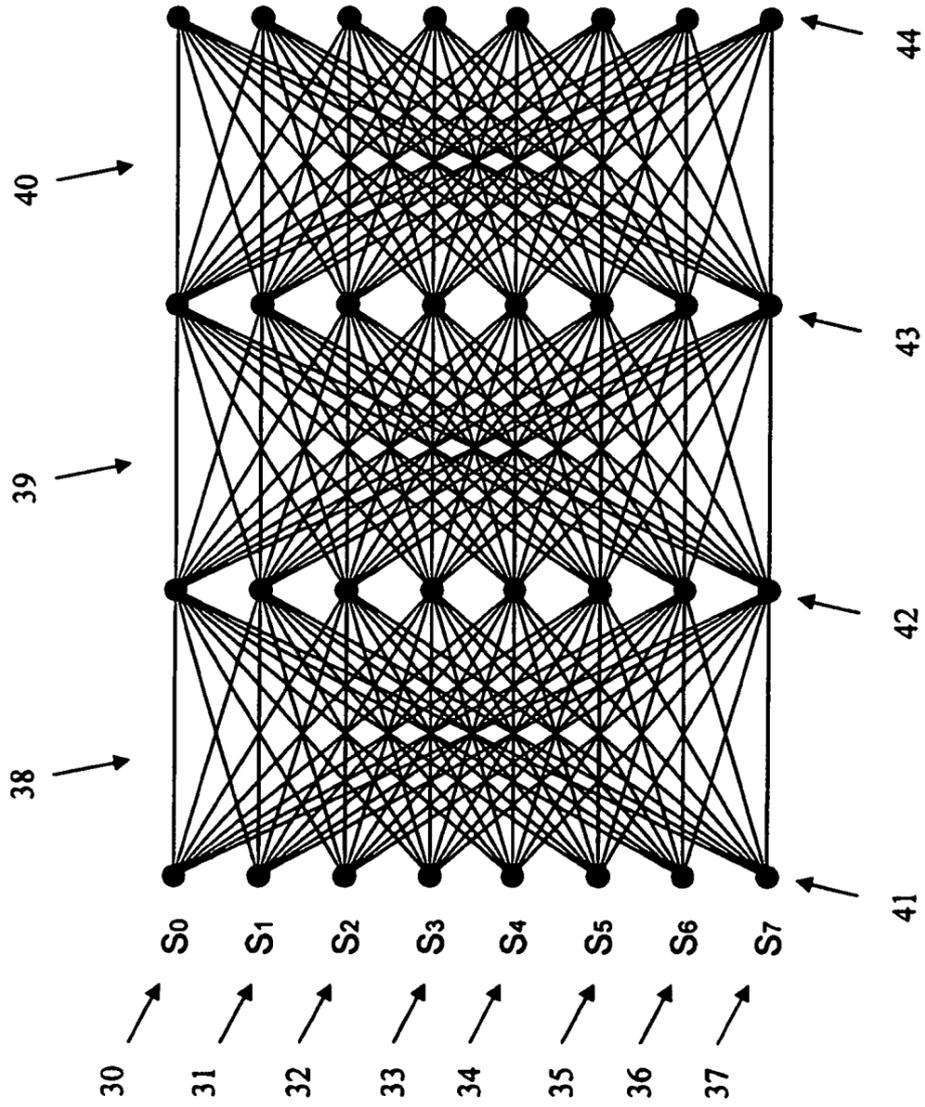
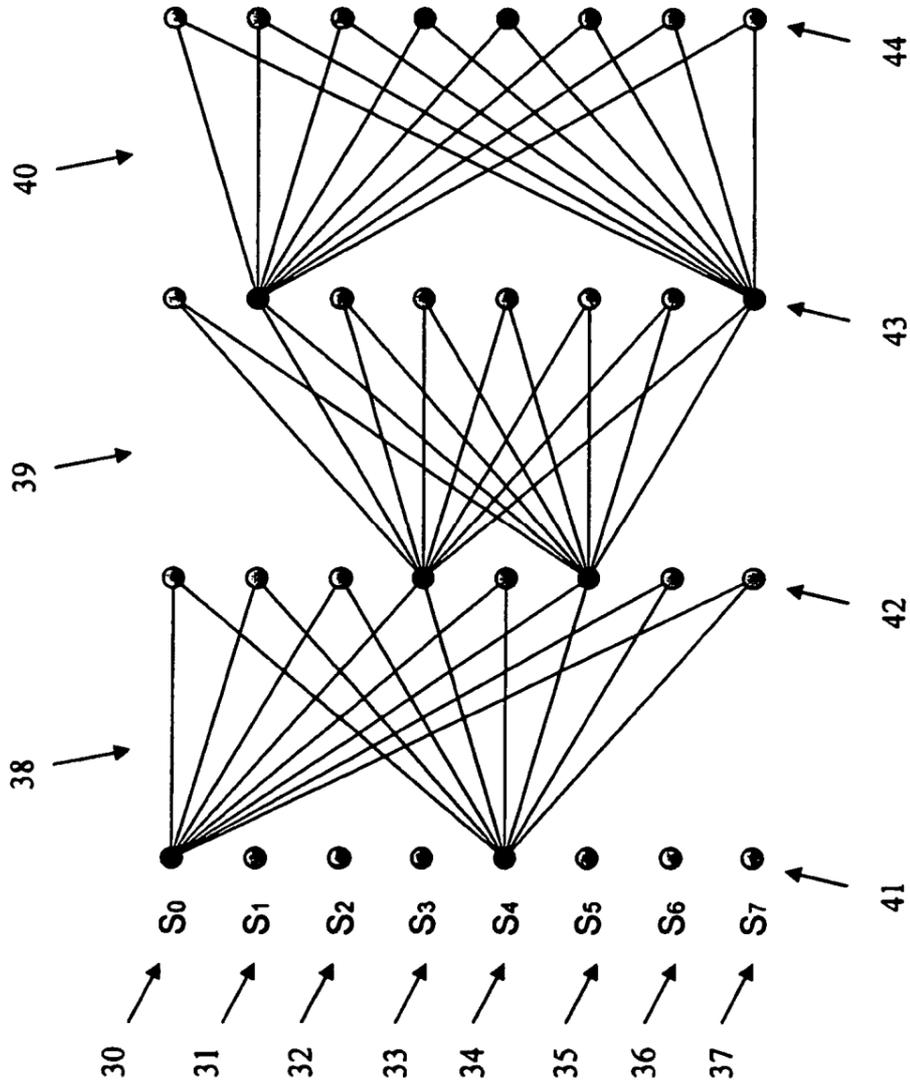
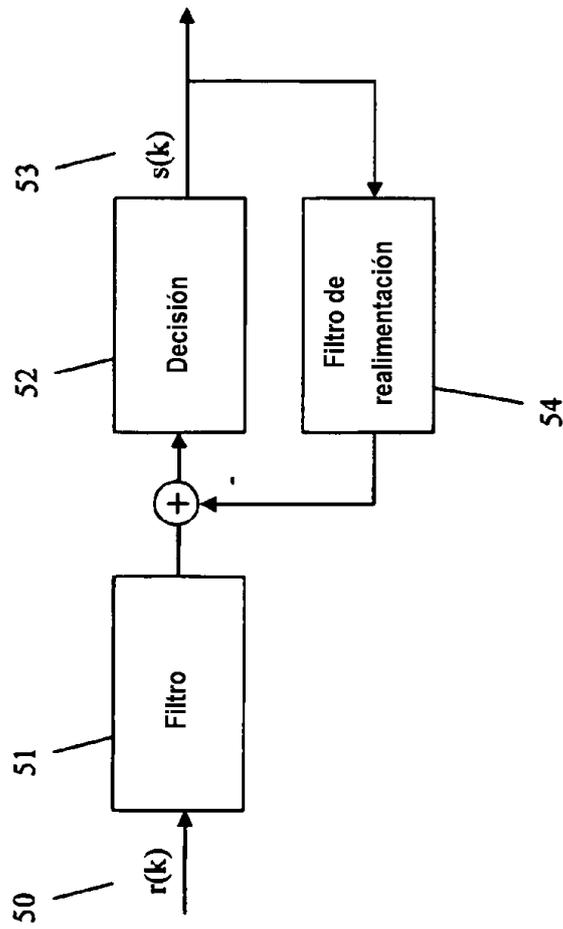


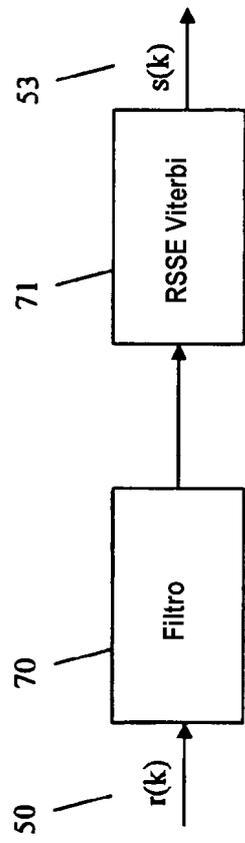
Fig. 2



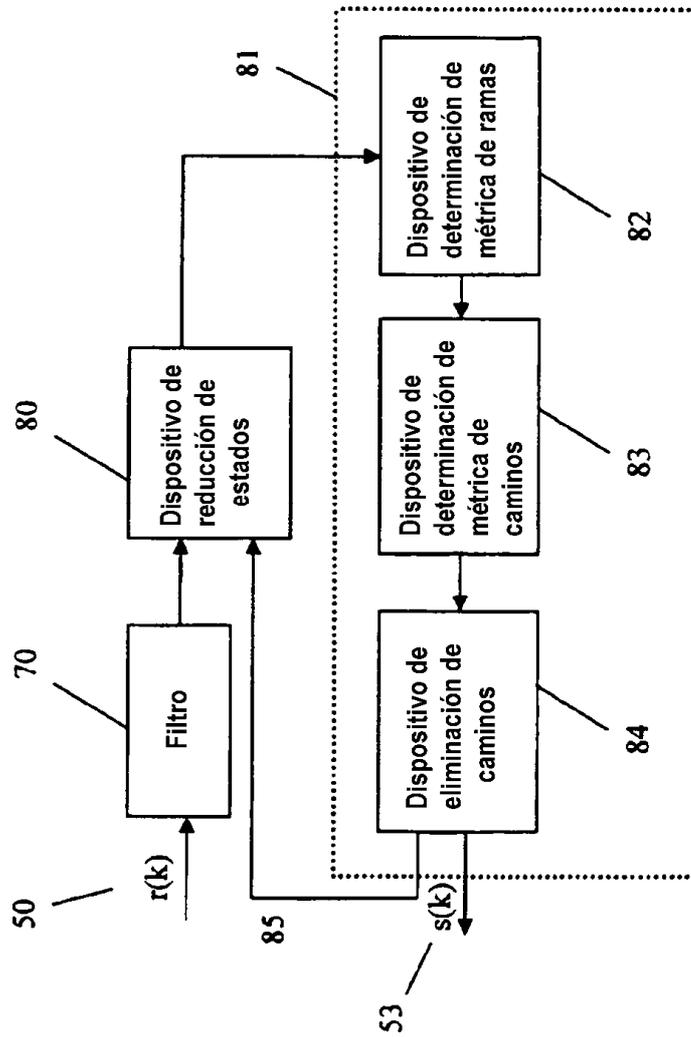
**Fig. 3**



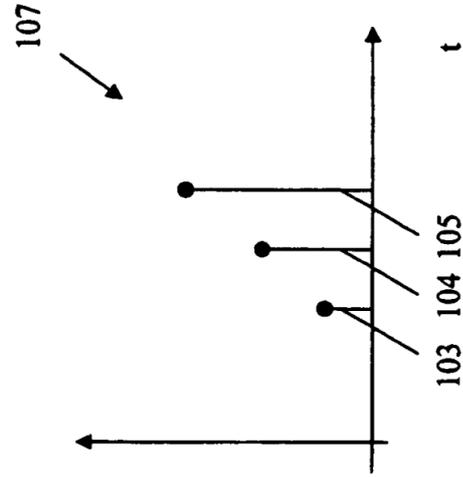
**Fig. 4**



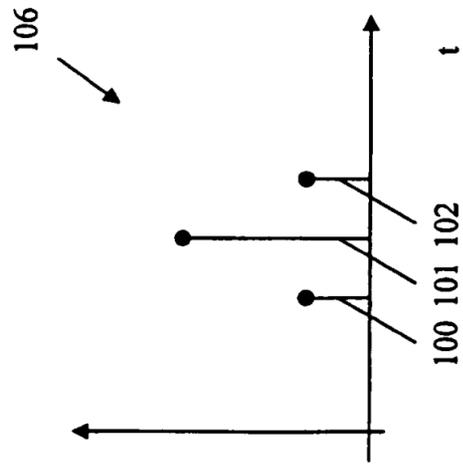
**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 8**



**Fig. 7**

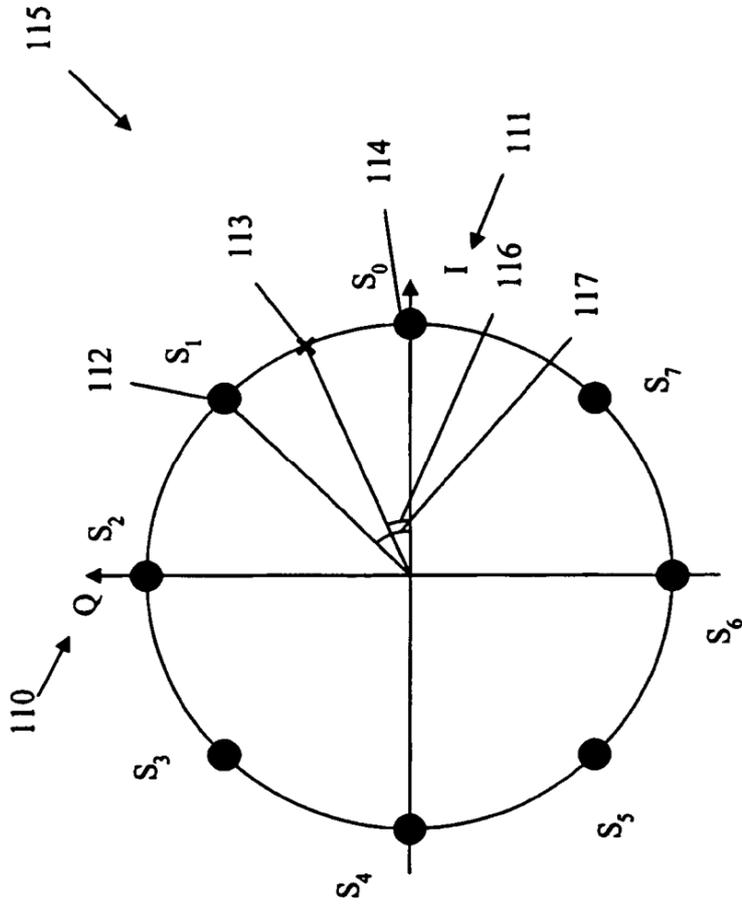


Fig. 9

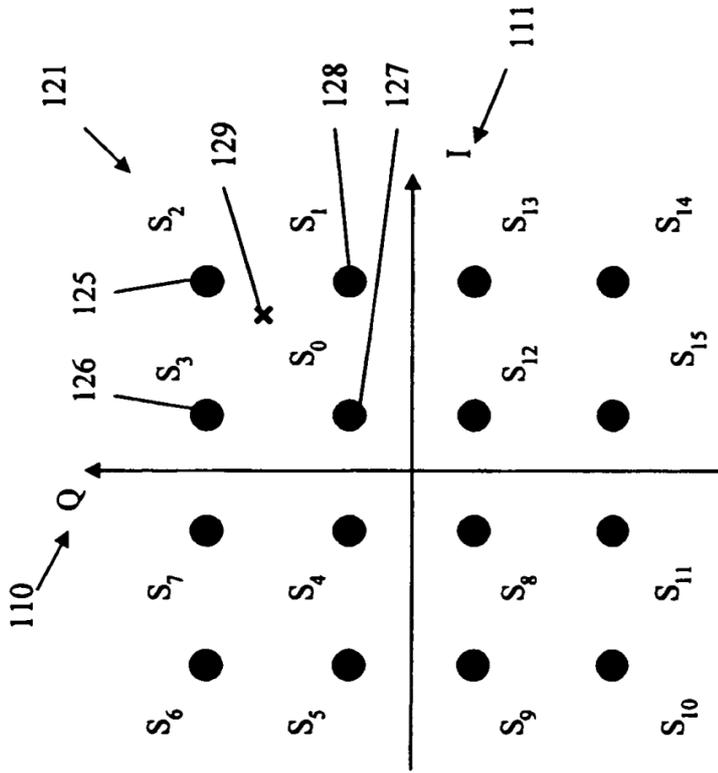
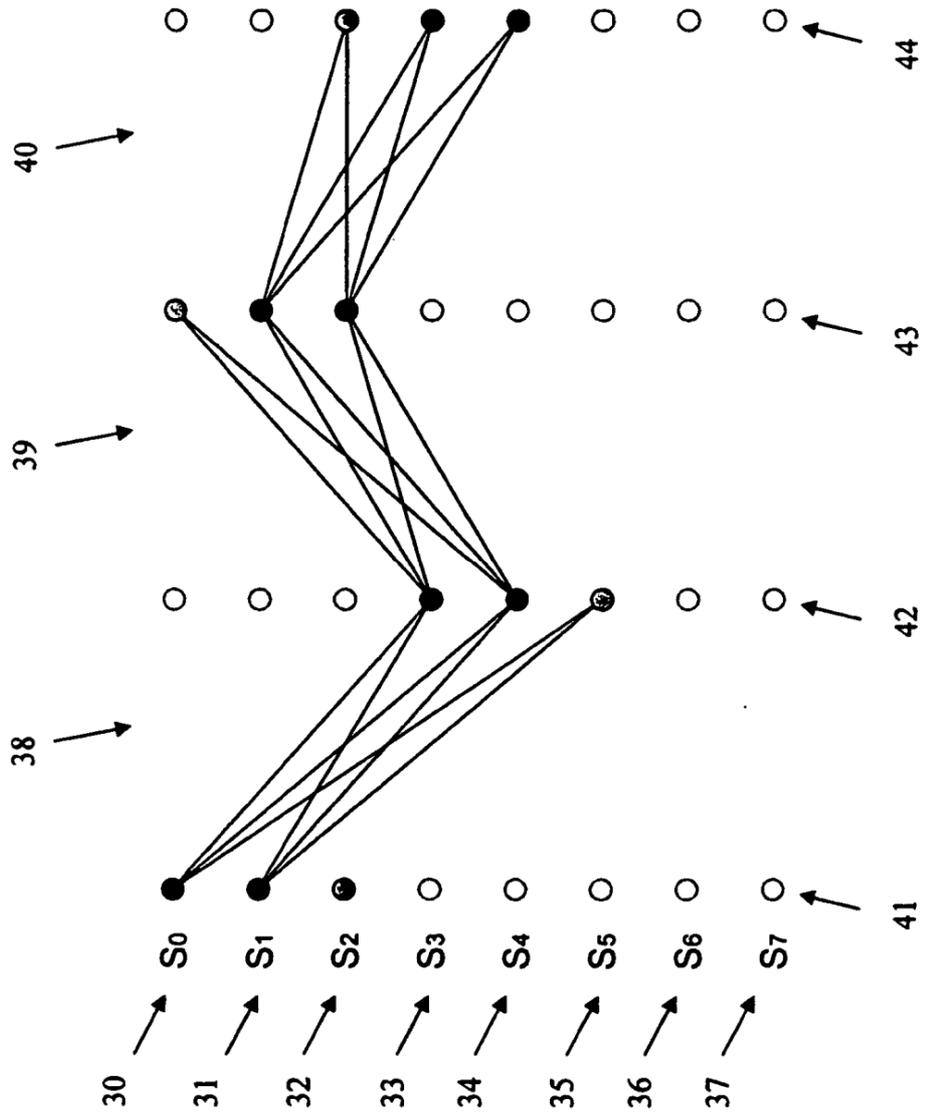
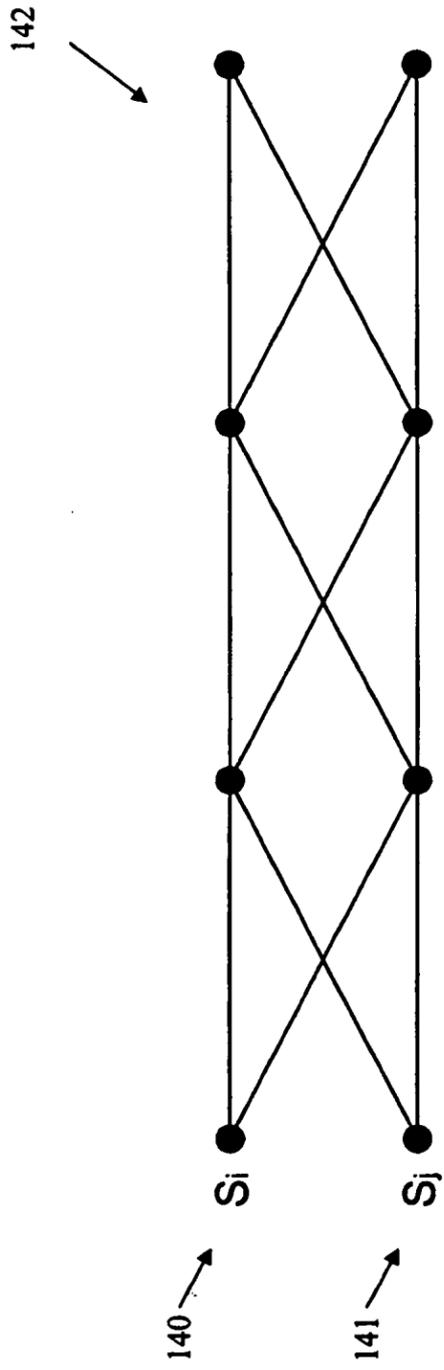


Fig. 10



**Fig. 11**



**Fig. 12**

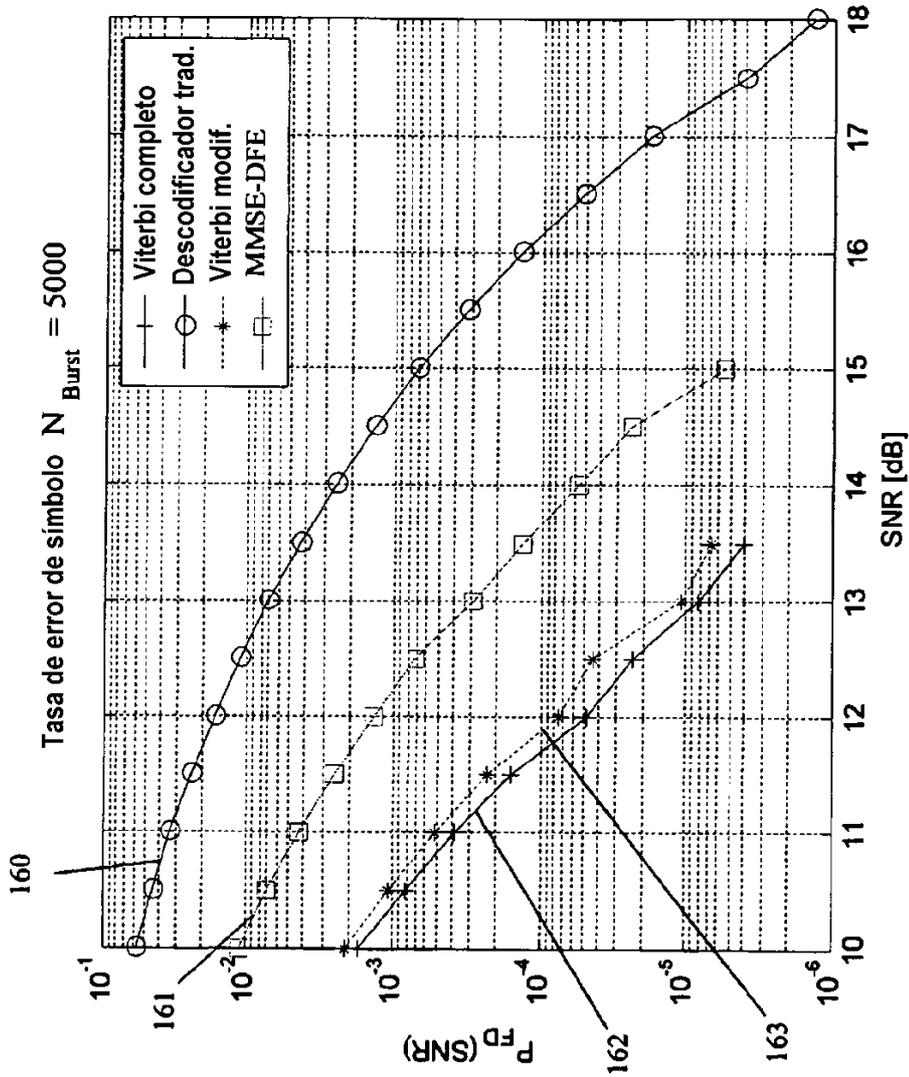


Fig. 13