

JE.

234912

-9



234912

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

a favor de

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED, de nacionalidad
norteamericana, domiciliada en NEW YORK (E.U.) 195 Broadway,

por:

"Aparato de conversión de señales de telecomunicación"

===== :: =====

M e m o r i a d e s c r i p t i v a .

Este invento se refiere, en general, a la modificación o conversión de señales para facilitar su transmisión, y concretamente a la compresión de la banda de frecuencias ocupada por esas señales. Su principal objeto específico
5 es comprimir la banda de frecuencias ocupada por una señal telefónica. Un objeto más amplio es aplicar nuevos principios a la compresión de banda u otra modificación de se-

- 9 APR



234912

nales de comunicación. Para ilustrar el invento, que es de aplicación general, se describe aquí aplicado a la compresión de bandas de frecuencias.

5 Un modo bien conocido de abordar el problema de la compresión de bandas es dividir toda la banda de frecuencias ocupada por una onda compleja, por ejemplo, una onda verbal, en un número de subbandas componentes, determinar la energía de cada subbanda, y derivar para cada una de éstas una señal de control cuya magnitud representa la energía

10 de la subbanda. El análisis se realiza con una batería de filtros, a todos los cuales se aplica la onda verbal en paralelo, mientras que un rectificador conectado al terminal de salida de cada filtro suministra una señal representativa de la energía que pasa por el filtro. Las señales de

15 control de baja frecuencia resultantes, después de transmitidas a una estación receptora, regulan las operaciones de un sintetizador de voz artificial. Tal dispositivo tiene su ejemplo en el "vocoder" (generador idiomático y coder) de Dudley.

20 Hemos descubierto, mediante amplios ensayos, que cuando los sonidos verbales del lenguaje inglés corriente se aplican al vocoder de Dudley, las señales resultantes del canal de salida se caracterizan por una notable redundancia, ya que el contenido de energía de algunos canales

25 varía en estrecha correspondencia con el contenido de energía de otros canales; en otras palabras, las señales de estos canales guardan una estrecha relación entre sí. Cuando existe tal situación, de la teoría de información se desprende que se malgasta intervalo de frecuencia, es decir,

30 que podría llevarse más información, en principio, por los mismos canales, o mejor aún, puesto que la calidad del in-

234912



tervalo ordinario del vocoder es adecuada, la misma o casi la misma información se podría hacer pasar por un número menor de canales. Esto suscita la cuestión de si las señales reguladoras de canal podrían transformarse o reorganizarse de algún modo para conseguir estos ventajosos resultados.

5

El presente invento se basa en la observación de que, convirtiendo una primera tanda de señales, por ejemplo, las señales reguladoras de canal del vocoder de Dudley, ordenadas por la escala de frecuencias, en otra serie de señales derivada de la primera, y que por ello contiene la misma información, pero ordenada según una escala de importancia o significación, se hace posible prescindir en absoluta de los canales situados al final de la escala de importancia, sin degradar seriamente la frase reconstruída final.

10

15

Es sabido que con ayuda de una red cruzada de conductores, por ejemplo, una serie de conductores horizontales y otra de conductores verticales, que sirven respectivamente de conductores de entrada y de salida, con un elemento de transporte o multiplicador en cada cruce de la red, cada una de las señales de salida depende de todas las de entrada en proporciones diversas, de modo que las señales de salida, enteramente distintas en carácter de las señales de entrada, comprenden en conjunto la misma información total.

20

25

El invento se funda en otros tres descubrimientos: Primero, que eligiendo bien las magnitudes de los elementos transportadores en los cruces de la red, las señales de salida se pueden ordenar por importancia; más concretamente, que pueden disponerse en un orden tal que la degradación introducida por omisión de cualquier canal de orden inferior se reduce a un mínimo.

30

Segundo, que para tal ordenación óptima, los elementos de transporte se deben proporcionar con arreglo a una fór-

234912

59 AB



mula especial, y que, siguiendo esta fórmula, se reduce al mínimo el error medio cuadrático derivado de la omisión de un canal de orden inferior, comparado con el canal de orden superior.

5 Tercero, que para esta ordenación óptima, la fórmula consiste en que los diversos elementos de transporte de la red cruzada deben ser proporcionales, respectivamente, a los distintos componentes de los diversos vectores característicos normalizados o "vectores propios" de una matriz M , cuyos
10 elementos son los productos promediados de todas las señales de entrada, y estos vectores propios normalizados son los que corresponden, respectivamente, a los diferentes valores propios de la matriz M , numerados por orden decreciente de magnitud.

15 En este sentido, se entiende por "vector propio normalizado" que la suma de los cuadrados de los diversos componentes de cada uno de tales vectores propios es igual a la unidad. En adelante, cada vez que se cite un vector propio, ha de considerarse éste como vector propio normalizado.

20 Así, con una red cruzada de n conductores de entrada y n conductores de salida, hay n^2 puntos de cruce, y, por tanto, n^2 elementos de transferencia o transporte. Además, los productos promediados de todas las señales de entrada, tomados
25 dos a dos, son n^2 en número, y pueden tratarse como un cuadrado de matriz "no singular" de orden n . Tal matriz tiene n^2 elementos y n valores propios de n magnitudes diferentes, en general. A cada uno de estos valores propios corresponde un vector propio de n componentes. En consecuencia, todos los componentes de la totalidad de vectores propios suman
30 n^2 , y éstos, dispuestos en orden de magnitud decreciente de los valores propios a que corresponden, pueden considerarse

234912



5 como elementos de una segunda matriz N que se deriva de la primera matriz M de modo definido y directo. Sólo queda entonces elegir o ajustar los elementos de transporte de la red cruzada, de manera que sean respectivamente proporcionales a los elementos de la segunda matriz N .

10 Con esta disposición, resulta que algunas de las señales de salida son de máxima importancia, y otras, de mínima importancia, pues ésta disminuye acompasadamente de la primera a la última. Además, el último canal, y aún los últimos canales, son de tan poca importancia que pueden prescindirse de ellos sin pérdida apreciable de información, y por ello sin degradación excesiva de la frase reconstruída.

15 Las más importantes de las señales de salida se transmiten ahora a una estación receptora, donde se aplican a los conductores de entrada de otra red cruzada. En esta segunda red, cada uno de los elementos de transporte es proporcional también a un elemento correspondiente de una matriz N_m , que es la réplica de la matriz N . Esta segunda matriz reconvierte las señales transmitidas en las señales de entrada originales, ordenadas según la escala de frecuencias, sin cambio alguno, salvo el resultante de perderse la información contenida en las señales de transmisión menos importantes que se han eliminado. Las señales reguladoras a escala de frecuencias así obtenidas pueden aplicarse entonces a los correspondientes puntos de entrada de aparatos sintetizadores de la voz, tales como el de Dudley, y funcionan según éste para controlar la síntesis de la voz artificial.

25 El invento se comprenderá en su integridad por la siguiente descripción detallada de un ejemplo de realización del mismo, en el campo de la compresión de bandas de señales verbales, y con referencia a los planos adjuntos, en los cua-

234912



les indican:

La figura 1, un aparato transmisor conforme al invento.

5 La figura 2, un grupo de diagramas ondulados que ilustran la correlación substancial existente entre las señales reguladoras de canal de un sistema vocoder ordinario de transmisión.

La figura 3, un aparato receptor conforme al invento.

10 Las figuras 4A-4C, 5 y 7, diagramas que ayudan a comprender el funcionamiento del invento, y

La figura 6, un esquema de secciones que ilustra el invento de un modo más general.

El aparato.

15 En la figura 1, se aplica una señal, por ejemplo, verbal, originada en un micrófono -1-, a un determinador de altura de tono -2-, y, en paralelo, a una batería de filtros de banda 3-1 a 3-n, indicados por las letras F B. Cada uno de estos filtros está proporcionado para dar paso a una subbanda preasignada, $B_1, B_2 \dots B_n$, de las frecuencias componentes de la señal verbal. A los terminales de salida de estos diversos filtros hay conectados rectificadores -4-, cada uno de ellos seguido de un filtro de baja frecuencia indicados por las letras F B F -5-. Los terminales de salida de estos filtros llevan señales de control $e_1, e_2 \dots e_n$, de frecuencias muy bajas, cada una representativa de la energía en una de las subbandas de frecuencias. El determinador de altura de tono -2- va seguido igualmente de un filtro de audiofrecuencia -6-, y la salida de este filtro es otra señal de baja frecuencia S_p representativa de la altura de tono de la señal verbal. Todos estos elementos pueden ser corrientes, y se encuentran en el aparato de Dudley ya mencionado.

20

25

30



La figura 2 presenta un grupo de diagramas ondula-
dos con las amplitudes de las señales de control de las sub-
bandas de frecuencias derivadas mediante un vocoder de diez
canales construido de este modo, como funciones de tiempo
5 cuando la señal verbal aplicada al micrófono -1- es la pa-
labra "six" pronunciada a la manera americana corriente. Es
obvio, examinando la figura 2, que existe una relación subs-
tancial entre la energía de cada canal y la de sus vecinos.
Se ha determinado que existen correlaciones similares entre
10 los distintos canales para todos o casi todos los sonidos
de la lengua inglesa. La correlación entre las energías de
canales adyacentes es mayor aún, cuando los canales se ha-
llan aún más próximos en la escala de frecuencias, como ocu-
rre, por ejemplo, cuando toda la gama de frecuencias de las
15 señales de entrada se extiende por medio de dieciseis fil-
tros en vez de diez.

El presente invento se vale de la correlación repre-
sentada en la figura 2 para reducir apreciablemente el núme-
ro de canales necesarios. De conformidad con el invento,
20 las salidas de los diversos filtros de paso bajo -5-, en lu-
gar de transmitirse directamente a una estación receptora, co-
mo en el aparato de Dudley, se aplican a los puntos de entrada
de un número igual de amplificadores de división de fase -7-.
Cada uno de estos amplificadores, que pueden ser de cons-
25 trucción conocida, está provisto de dos puntos de salida, uno
de los cuales da una señal que es la réplica positiva de la
señal de entrada, mientras que el otro lleva una señal que
es su réplica negativa. A los dos puntos de salida de cada
amplificador están conectados un par de conductores verticales
30 8-1-a, 8-1-b ... 8-n-b-, y varias resistencias r_{11} , r_{12} , etc.
se hallan tendidas en puente a través de cada par de conduc-
tores. Estas resistencias están provistas de una derivación



ajustable-9, y todas las derivaciones de una sola hilera horizontal se hallan conectadas, por medio de sendas resistencias atenuadoras -10-, a un solo conductor de salida -11-, La misma construcción presentan las resistencias r , las derivaciones-9, las resistencias atenuadoras-10-y los conductores horizontales-11-de cada una de las otras hileras horizontales. Asi, los pares de conductores verticales-8-que salen de los amplificadores-7, y el conductor horizontal -11-al que están conectada las derivaciones-9, constituyen una retícula o red cruzada-12.

La situación de cualquier derivación -9-, por ejemplo, de la derivación-9₁₁- en la resistencia - r_{11} - más alta del par de conductores verticales de la izquierda, 8-1-a, 8-1-b, determina la fracción de la señal transmitida por este par de conductores verticales que se lleva a un conductor horizontal -11-, particular, en este ejemplo el más elevado, 11-1. La situación de la derivación en el extremo de la derecha de la resistencia proporciona todo el valor positivo de la señal. Cuando la derivación se encuentra en cualquier punto comprendido entre la derecha y el centro de la resistencia, se tiene una fracción correspondiente de dicha señal de entrada. Si está situada en el punto medio de la resistencia, la aportación de la señal de entrada izquierda al conductor más alto de salida es cero; y si está a la izquierda del punto medio, su aportación es negativa. Por consiguiente, cada uno de los conductores de salida -11- lleva una señal compuesta S_1, S_2 , etc., integrada por aportaciones de las diversas señales de entrada e_1, e_2 , etc., en distintas proporciones, positiva o negativa, según los ajustes de las derivaciones -9- en las diferentes resistencias r de la red cruzada.

234912



De conformidad con el presente invento, estas derivaciones se han de ajustar con arreglo a una fórmula que se expone y justifica en pormenor más adelante. Dejando de momento a un lado dicha fórmula, y suponiendo que se ha tenido en cuenta al trazar la red cruzada -12-, la suma total de las señales de salida S_1 , S_2 , etc. contienen la misma información que la suma total de las señales de entrada e_1 , e_2 , etc., pero reorganizada por completo de manera que las señales de salida están dispuestas por orden de su importancia o significación. Por consiguiente, las últimas señales de la escala de importancia pueden desdeñarse o suprimirse, para transmitir las restantes a la estación receptora, comenzando por la señal de salida S_1 , que encabeza la lista de importancia, junto con la señal S_p de regulación de altura de tono.

En la estación receptora, representada en la figura 3, las señales compuestas que llegan se aplican a los conductores de entrada de una red cruzada -15-, que pueden tener igual configuración que la red cruzada de la figura 1. Sin embargo, sus elementos de transporte r^1 no son como los de la red cruzada de la figura 1, aunque guardan relación con ellos de un modo particular que se describirá, con lo que la red cruzada de la figura 3 reconvierte las señales entrantes S_1 , S_2 , etc. en otro grupo de señales e_1' , e_2' , etc., que se ordenan de nuevo por la escala de frecuencias, y son idénticas a las señales reguladoras corrientes de vocoder de canales e_1 , e_2 , etc., exceptuada cierta degradación a causa de descartarse los canales menos importantes.

Estas señales de salida de la segunda red cruzada se aplican, a la manera de Dudley, a los terminales de prueba de un grupo de moduladores -21-, a cuyos terminales de entrada se aplican los diversos componentes de frecuencia de una

234912



onda engendrada localmente; la restricción a un componente particular o grupo de componentes se efectúa del modo habitual, mediante filtros de banda -22-, de acuerdo con técnicas corriente de vocoder. La onda así aplicada a través de los filtros -22- a los moduladores -21- se origina en un generador de zumbidos -23- o de silbidos -24-, según lo requiera el carácter de la señal reguladora de altura de tono S_p , que funciona por medio de un terminal de prueba para sintonizar el generador de zumbidos -23- a la frecuencia de altura de tono, y elegir, mediante un relevador -26-, entre el generador de zumbidos -23- y el de silbidos -24-, según el carácter vocal o no vocal de la frase. Los terminales de salida de los diversos moduladores -21- están conectados entre sí y con un reproductor de sonido -27-, que entonces emite voces sintéticas artificiales.

Trazado de la red cruzada, y justificación de la misma.

Volviendo ahora a la figura 2, se advierte que las ondas de los canales -5- y -6- comienzan a subir desde cero casi en el mismo momento; la -6- sube algo más aprisa que la -5-, y describe pequeñas oscilaciones secundarias. Más tarde, ambas suben rápidamente juntas, y la -6- llega algo más arriba que la -5-; se nivelan, y la -5- queda substancialmente horizontal, mientras que la -6- desciende un poco; luego caen las dos casi hasta cero. Al cabo de un breve intervalo de amplitud casi nula, suben de nuevo, la -5- hasta una ancha cresta ondulada, y la -6- hasta dos picos ligeramente más altos, separados por una somera depresión; por último, descienden juntas a cero.

En la figura 4A, el eje horizontal (X_1) representa



la energía en el canal -5-, y el eje vertical (X_2), la energía en el canal -6-. En esta figura se han contrapuesto pares sucesivos de valores, uno del canal -5- de la figura 2, y uno del canal -6-, correspondientes a momento sucesivos del avance de la onda. La curva ondulada resultante comienza casi en cero, vuelve a casi cero, y permanece en general cerca de una línea de 45 grados en el primer cuadrante. Si se prescinde del hecho de que la curva ondulada describe pequeños rizos y se cruza de vez en cuando, la envoltura de dicha curva presenta el contorno de una judía, o el de un cigarro largo, delgado, algo apelmazado, que se extiende desde el origen de coordenadas, substancialmente a 45 grados, como muestra la figura 4B.

Si las energías en los mismos dos canales hubieran de inscribirse de igual modo para cualquier otro sonido del lenguaje americano, el resultado volvería a ser en cada caso una línea ondulada que comienza casi en cero, se desvía unos 45 grados, y vuelve a acercarse a cero después de describir varios pequeños rizos y de cruzarse repetidamente. Un ejemplo se expone en la figura 4C. En la figura 5 se representa el conjunto de tales curvas para los canales -5- y -6-; es evidentemente de configuración casi elíptica, con un apogeo que pasa por el origen, y su eje mayor que se extiende desde el origen a unos 45 grados. Esta configuración es algo más gruesa por su punto más ancho que la de cigarro de las figuras 4, pero también es más larga.

Refiriéndonos analíticamente a cualquier punto de la forma de judía de la figura 4B, o de la más ensanchada de la figura 5, es evidente que la coordenada horizontal X_1 y la coordenada vertical X_2 son de importancia substancialmente igual. Pero suponiendo que se hacen girar las

4912⁹



5 coordenadas de la figura un ángulo θ tal que uno de los nuevos ejes, Y_1 , coincida con el eje mayor de la figura, y el otro nuevo eje, Y_2 , quede perpendicular al eje Y_1 , resulta evidente que, al describir la situación de cualquier punto de la figura, el eje Y_1 tendrá una importancia mucho mayor que el eje Y_2 .

10 Es bien sabido, y se establece regularmente en los tratados de geometría analítica, que la situación de cualquier punto en el plano de los ejes, por ejemplo, de cualquier coordenada de la figura, con relación a los nuevos ejes Y_1, Y_2 , viene dada en función de su situación referida a los ejes antiguos X_1, X_2 , por medio de las siguientes fórmulas:

15

$$\begin{aligned} Y_1 &= x_1 \cos \theta + x_2 \operatorname{sen} \theta \\ Y_2 &= -x_1 \operatorname{sen} \theta + x_2 \cos \theta \end{aligned} \quad (1)$$

20 Si hubieran de inscribirse las energías de los tres canales, por ejemplo, -5-, -6- y -7-, en un sistema rectangular de coordenadas, con e_5 horizontal, e_6 vertical y e_7 perpendicular al plano del papel, el resultado sería una superficie de tres dimensiones. Volviendo nuevamente a la figura 2, y considerando el alto grado de correlación que existe entre la energía en el canal -7- y las energías en los canales -5- y -6-, esta superficie tridimensional sería sin duda también una figura oblonga, aproximadamente de la forma

25 de un cigarro o una judía enteros, a partir del origen, con ángulos de 40-60 grados, desde cada una de las tres coordenadas. Entonces sería posible, evidentemente, hacer girar los ejes de coordenadas de manera que el nuevo eje X_1 coincida con el eje más largo de la superficie en forma de judía;

234912



el nuevo eje Y_3 , con su eje más corto, y el nuevo eje Y_2 , con el eje de longitud intermedia. También, sin duda alguna, al especificar cualquier punto de la superficie con relación a los nuevos ejes, el eje Y_1 es con mucho el más importante de los tres, menos importe el eje Y_2 , y aún menos el eje Y_3 .
 5 Analíticamente, la especificación de cualquier punto de la superficie en nuevos sistemas de coordenadas depende de sus tres coordenadas x_1, x_2, x_3 del antiguo marco de referencia, y de funciones trigonométricas de los ángulos entre los ejes nuevos y los antiguos.
 10

El transporte de las precedentes transformaciones a n dimensiones, de ejes antiguos $X_1, X_2 \dots X_n$ a ejes nuevos $Y_1, Y_2 \dots Y_n$, lleva a una serie de ecuaciones simultáneas, como sigue:

$$\begin{aligned}
 15 \quad Y_1 &= c_{11}x_1 + c_{12}x_2 + \dots + c_{1n}x_n \\
 Y_2 &= c_{21}x_1 + c_{22}x_2 + \dots + c_{2n}x_n \\
 & , \quad , \quad , \quad , \\
 & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 & , \quad , \quad , \quad , \\
 Y_n &= c_{n1}x_1 + c_{n2}x_2 + \dots + c_{nn}x_n
 \end{aligned} \tag{2}$$

20 En el caso más sencillo de dos dimensiones, las ecuaciones (2) se reducen a

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= c_{11}x_1 + c_{12}x_2 \\
 Y_2 &= c_{21}x_1 + c_{22}x_2
 \end{aligned} \tag{3}$$

Es evidente, si se comparan término a término las
 25 ecuaciones (3) con las ecuaciones (1), que existen las siguientes correspondencias:



234912

$$c_{11} = \cos \theta$$

$$c_{12} = \text{sen } \theta$$

$$c_{21} = \text{sen } \theta$$

$$c_{22} = \cos \theta$$

(4)

Volviendo a la figura 1, cada uno de los conductores de salida -11- lleva una señal $S_1, S_2,$ etc. que es una suma de aportaciones de cada una de las señales de entrada $e_1, e_2,$ etc., en cantidades determinadas por los ajustes de las derivaciones -9- en las diferentes resistencias r . Así, representando los ajustes de las derivaciones por factores $k_{11}, k_{12},$ etc., la relación entre las señales de entrada y de salida viene dada por

$$S_1 = k_{11}e_1 + k_{12}e_2 \dots\dots\dots + k_{1n}e_n$$

$$S_2 = k_{21}e_1 + k_{22}e_2 \dots\dots\dots + k_{2n}e_n$$

$$\begin{array}{ccccccc}
 , & , & , & & , & & (5) \\
 , & , & , & & , & & \\
 , & , & , & & , & &
 \end{array}$$

$$S_n = k_{n1}e_1 + k_{n2}e_2 \dots\dots\dots + k_{nn}e_n$$

que se reducen, para el caso de dos señales de entrada y dos de salida, a

$$S_1 = k_{11}e_1 + k_{12}e_2$$

(6)

$$S_2 = k_{21}e_1 + k_{22}e_2$$

La comparación de (6) con (3) y de (5) con (2) muestra que son formalmente iguales. Por consiguiente, la red cruzada -12- de la figura 1 sirve para convertir las señales de entrada $e_1, e_2,$ etc. en señales de salida $S_1, S_2,$ etc., lo cual es la contrapartida eléctrica de la transformación



234912

de coordenadas que representan las ecuaciones (1), (2) ó (3).

5 En particular, considerando el caso de dos dimensiones, la red cruzada -12- de la figura 1 efectúa una conversión de señales de entrada e_1, e_2 en señales de salida S_1, S_2 , que es la réplica exacta de la rotación de coordenadas en la figura 5. También, por consiguiente, si el ángulo θ de rotación de coordenadas en la figura 5 es tal que pone uno de los nuevos ejes, por ejemplo, el eje Y_1 , en coincidencia con el eje mayor de la forma de judía, y el otro eje, Y_2 , en
10 coincidencia con su eje menor, la primera señal de salida S_1 de la red cruzada será la de mayor importancia, y la segunda señal de salida S_2 , la de menor importancia.

15 Queda por determinar el ángulo de rotación θ que produce el resultado mejor en el caso de dos dimensiones, y generalizar la determinación para n dimensiones.

20 En el caso de una simple figura simétrica, tal como una elipse, puede verse al punto que la magnitud del ángulo de rotación θ que produce este resultado es tal, que uno de los nuevos ejes de coordenadas coincide con el eje mayor de la elipse, y el otro con su eje menor. Los vectores que siguen la dirección de estos ejes de la elipse son conocidos, en la terminología del álgebra de matrices, por "vectores propios" de la elipse. Otras formas, por ejemplo, la de judía o riñón de la figura 5, tienen también vectores propios,
25 si bien ya no puede identificarse exactamente con ningún eje mayor o menor.

30 Se expone seguidamente que cuando se hacen girar los ejes de coordenadas sobre ángulo θ tales que el error medio cuadrático resultante de desdeñar el menor se reduce al mínimo, los nuevos ejes de coordenadas coinciden con los vectores propios de la figura.



234912

Considérense de nuevo las ecuaciones (1):

$$y_1 = x_1 \cos \theta + x_2 \sin \theta \tag{1}$$

$$y_2 = x_1 \sin \theta + x_2 \cos \theta$$

Las ecuaciones inversas son:

$$5 \quad x_1 = y_1 \cos \theta - y_2 \sin \theta \tag{7}$$

$$x_2 = y_1 \sin \theta + y_2 \cos \theta$$

Si un punto de la figura en forma de judía (fig. 5) hubiera de definirse solo con relación a su coordenada Y_1 , prescindiendo de su coordenada Y_2 , tendríamos

$$10 \quad x_1' = y_1 \cos \theta \tag{8}$$

$$x_2' = y_1 \sin \theta$$

los errores resultantes en la localización del punto serían, para una coordenada, $x_1 - x_1'$, y para la otra, $x_2 - x_2'$; El cuadrado del error total, puesto que los errores son independientes entre sí, sería

$$15 \quad E = e_T^2 = (x_1 - x_1')^2 + (x_2 - x_2')^2 \tag{9}$$

$$= y_2^2 (\sin^2 \theta + \cos^2 \theta) = y_2^2 \tag{10}$$

Insertando la ecuación (1) en (10), se tiene:

$$E = x_1^2 \sin^2 \theta - 2x_1 x_2 \sin \theta \cos \theta + x_2^2 \cos^2 \theta \tag{11}$$

20 Si el error de interés fuese un promedio de cualquier género, por ejemplo, un promedio en el sensor de tiempo, pesado o no, resultante de variaciones medias correspondientes de las coordenadas x_1 y x_2 con el tiempo, la ecuación (11) puede rectificarse para tales promedios como sigue:

$$25 \quad E = \overline{x_1^2} \sin^2 \theta - \overline{2x_1 x_2} \sin \theta \cos \theta + \overline{x_2^2} \cos^2 \theta \tag{12}$$

134912



Con la introducción de las definiciones

$$\begin{aligned}
 h_1 &= - \operatorname{sen} \theta \\
 h_2 &= \operatorname{cos} \theta
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

la ecuación (12) se convierte en

$$E = h_1^2 \overline{x_1^2} + 2h_1h_2 \overline{x_1x_2} + h_2^2 \overline{x_2^2}
 \tag{14}$$

Seguidamente, conforme al método de multiplicadores indeterminados de Lagrange, se introduce la función

$$F = E - L(h_1^2 + h_2^2).
 \tag{15}$$

De (13) resulta

$$h_1^2 + h_2^2 = 1
 \tag{16}$$

por lo que

$$L(h_1^2 + h_2^2) = L,
 \tag{17}$$

es decir, que si L es una constante, F difiere de E solo en una constante. Para determinar valores extremos de F, y por ello de E, se toman las derivadas parciales de (15) respecto a h_1 y h_2 , y se igualan a cero:

$$\frac{\delta F}{\delta h_1} = 2h_1 \overline{x_1^2} + 2h_2 \overline{x_1x_2} - 2Lh_1 = 0
 \tag{18}$$

$$\frac{\delta F}{\delta h_2} = 2h_1 \overline{x_1x_2} + 2h_2 \overline{x_2^2} - 2Lh_2 = 0$$

o bien

$$\begin{aligned}
 (\overline{x_1^2} - L)h_1 + \overline{x_1x_2}h_2 &= 0 \\
 \overline{x_1x_2}h_1 + (\overline{x_2^2} - L)h_2 &= 0
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

Se hallan valores de h_1 y h_2 que satisfagan las ecuaciones (19), en forma conocida, haciendo la determinan-



234912

te de los coeficientes en las ecuaciones (19) igual a
cero, y despejando L:

Así

$$5 \quad \begin{vmatrix} (\bar{x}_1^2 - L) & \bar{x}_1 \bar{x}_2 \\ \bar{x}_1 \bar{x}_2 & (\bar{x}_2^2 - L) \end{vmatrix} = 0 \quad (20)$$

La ecuación (2) es cuadrática en L, y, por tanto,
tiene dos soluciones, a saber:

$$\begin{aligned} L &= L_1 \\ L &= L_2 \end{aligned} \quad (21)$$

10 De ellas, L_1 puede designarse por valor mayor, y L_2 , por
valor menor. Los valores de h_1 y h_2 se pueden determinar
en correspondencia con cada uno de estos valores de L.

15 Las ecuaciones (18) y (19) son las condiciones
para que el error \bar{E} de la ecuación (14) llegue a un valor
extremo. Cualquiera de esos valores extremos se puede ha-
llar introduciendo en la ecuación (14) estos valores de
L, h_1 y h_2 que satisfagan las ecuaciones (18) y (19).
Esta substitución se efectúa con suma facilidad multipli-
cando la primera de tales ecuaciones por h_1 y la segun-
20 da por h_2 , y añadiendo las ecuaciones resultantes para
obtener

$$(\bar{x}_1^2 - L)h_1^2 + 2\bar{x}_1\bar{x}_2 h_1h_2 + (\bar{x}_2^2 - L)h_2^2 = 0 \quad (22)$$

o bien

$$L(h_1^2 + h_2^2) = \bar{x}_1^2 h_1^2 + 2\bar{x}_1\bar{x}_2 h_1h_2 + \bar{x}_2^2 h_2^2 \quad (23)$$

25 Como el lado derecho de la ecuación (23) es idéntico
al lado derecho de la ecuación (14), tienen que ser
también iguales los términos de la izquierda de ambas.



234912

es decir:

$$\bar{E} = L (h_1^2 + h_2^2) \tag{24}$$

o, conforme a la ecuación (16)

$$\bar{E} = L \tag{25}$$

5 Por tanto, refiriéndonos de nuevo a la ecuación (21), existen dos de esos valores extremos de \bar{E} , a saber:

$$\begin{aligned} \bar{E}_1 &= L_1, \\ \bar{E}_2 &= L_2 \end{aligned} \tag{26}$$

10 Si se emplean, por consiguiente, el valor mayor de L y los correspondientes valores de h_1 y h_2 , el valor extremo resultante de \bar{E} será un máximo; por el contrario, si se emplean el valor menor L_2 y los correspondientes valores de h_1 y h_2 , el valor resultante de \bar{E} será un mínimo.

15 En términos de vectores propios, esto significa que los coeficientes de transformación c_{21} y c_{22} de las ecuaciones (3), que relacionan la menos importante de las dos nuevas coordenadas con las coordenadas antiguas, son los componentes con menos valor propio del vector propio. Así, las nuevas coordenadas y_1, y_2 se han dispuesto en orden decreciente de importancia. De manera análoga, en el caso de n
20 dimensiones, las nuevas coordenadas $y_1, y_2 \dots y_n$ se disponen en orden decreciente de importancia, si los vectores propios cuyos coeficientes determinan estas nuevas coordenadas se disponen en orden descendente de magnitudes de sus
25 valores propios.

A continuación, consideremos los productos medios de las n señales de entrada $e_1, e_2, etc.$, tomadas de dos en dos, incluyendo el producto de cada una por sí misma, o sea su cuadrado. Estos productos se pueden obtener fácilmente

234912

29 ABR



con ayuda de multiplicadores electrónicos, a los que se aplican las señales de entrada $e_1, e_2, \text{etc.}$, como se representa para el sonido verbal "SIX" en la figura 2. Estos productos, dispuestos en n hileras y n columnas, son:

5

$$M = \begin{bmatrix} \overline{e_1 e_1} & , & \overline{e_1 e_2} & \dots & \overline{e_1 e_n} \\ \overline{e_2 e_1} & , & \overline{e_2 e_2} & \dots & \overline{e_2 e_n} \\ , & , & , & & , \\ , & , & , & & , \\ \overline{e_n e_1} & & \overline{e_n e_2} & & \overline{e_n e_n} \end{bmatrix} \quad (27)$$

10 Para facilitar la manipulación, se asigna un símbolo a_{ij} a cada uno de esos productos, lo que da una matriz de orden n con n^2 elementos, a saber:

15

$$M = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \dots \dots \dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \dots \dots \dots a_{2n} \\ , & , & , \\ , & , & , \\ , & , & , \\ a_{n1} & a_{n2} \dots \dots \dots a_{nn} \end{bmatrix} \quad (28)$$

20 Queda bien establecido en tratados de álgebra de matrices, por ejemplo, en "Methods of Applied Mathematics", por F.B. Hildebrand (Prentice Hall, 1952), que

$$pH = MH \quad (29)$$

donde H es cualquier vector propio de la matriz M , y p , el correspondiente valor propio; y que existen soluciones de esta ecuación (29).

25 En el caso sencillo en que la matriz M es del se-



gundo órden, tiene dos hileras, dos columnas y dos vectores propios diferentes, cada uno de ellos con dos componentes h. En este caso, la ecuación (29) se puede escribir ampliada como sigue:

$$p \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{12} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \end{bmatrix} \quad (30)$$

o, en forma más ampliada aún, así:

$$(a_{11} - p)h_1 + a_{12}h_2 = 0$$

$$a_{12}h_2 + (a_{22} - p)h = 0 \quad (31)$$

donde h_1, h_2 son los componentes de un vector propio H , de la matriz

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{12} & a_{22} \end{bmatrix} \quad (32)$$

para un valor dado, p_1 o p_2 , de su valor propio p .

Compárense las ecuaciones (31) con las ecuaciones (19): tienen la misma forma según están, y el mismo contenido, siempre que

$$\begin{aligned} a_{11} &= \overline{x_1^2} \\ a_{12} &= \overline{x_1 x_2} \\ a_{22} &= \overline{x_2^2} \\ p &= L \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} a_{11} &= \overline{x_1^2} \\ a_{12} &= \overline{x_1 x_2} \\ a_{22} &= \overline{x_2^2} \\ p &= L \end{aligned}} \right\}$$

La única restricción en estas igualdades es la que resulta de combinar (33) con (27) y (28), lo cual requiere que



234912

$$\overline{x_1^2} = \overline{e_1^2}$$

$$\overline{x_1 x_2} = \overline{e_1 e_2} \quad (34)$$

$$\overline{x_2^2} = \overline{e_2^2} \quad ;$$

5 corresponden a las señales de entrada de la figura 1. Con esta sola condición, la correspondencia es completa; y de tal correspondencia se desprende que el ángulo de rotación θ de la figura 5 para un error mínimo por abandono de la coordenada x_2 debe elegirse de modo que su seno y su coseno sean

10 las componentes de los vectores propios de la matriz que define la figura que ha de describirse. Cuando los elementos multiplicadores de la red cruzada -12- de la figura 1 se han proporcionado de este modo, la red cruzada efectúa una conversión de señales apropiada para reducir al mínimo el error

15 cuadrático derivado de no tomar en consideración la menos importante de las dos señales de salida.

Puede probarse rigurosamente que la relación precedente de vectores propios es asimismo aplicable para cualquier número de dimensiones. Por tanto, el invento reduce

20 al mínimo el error medio cuadrático resultante de la omisión de cualquier número de señales de salida, comenzando por el pié de la escala de importancia.

La fórmula aquí desarrollada sirve para reducir al mínimo la suma de los errores medios cuadráticos

25
$$E = \overline{(e_1 - e_1')^2} + \overline{(e_2 - e_2')^2} + \dots + \overline{(e_n - e_n')^2} \quad (35)$$

introducidos por la omisión de $n - m$ de las señales de salida S_1, S_2, \dots , comenzando por la menos importante. Puede



desarrollarse una fórmula más general, que sirve para reducir al mínimo la expectación de cualquier función cuadrática positiva definida Q de los errores introducidos de este modo. Con este fin, la función general de errores cuadráticos puede definirse como sigue:

5

$$Q = b_{11}(e_1 - e_1')^2 + b_{12}(e_1 - e_1')(e_2 - e_2') + \dots + b_{1n}(e_1 - e_1')(e_n - e_n') + b_{12}(e_2 - e_2')(e_1 - e_1') + b_{22}(e_2 - e_2')^2 + \dots + b_{1n}(e_n - e_n')(e_1 - e_1') + \dots + b_{nn}(e_n - e_n')^2 \quad (36)$$

donde cada b_{ij} es un factor ponderal constante arbitrario.

10

La ecuación (36) es más general que la ecuación (35), y se reduce a la ecuación (35) cuando cada coeficiente b de la ecuación (36) con iguales subíndices es igual a la unidad, y cada b con subíndices distintos es igual a 0; en otras palabras, cuando

15

$$b_{11} = b_{22} = \dots = b_{nn} = 1$$

$$b_{12} = b_{21} = \dots = b_{ij} = 0 \quad (i \neq j) \quad (37)$$

La fórmula que sirve para reducir al mínimo la función general de error cuadrático Q de la ecuación (36) es como sigue:

20

(A) Fórmese la matriz

$$B = \begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{1n} \\ b_{12} & & \\ \dots & & \\ b_{1n} & & b_{nn} \end{vmatrix} \quad (38)$$

25

(B) Empleando métodos bien conocidos en álgebra de

234912

9 ABR



matrices, como se expone, por ejemplo, en "Methods of Applied Mathematics", por F.B. Hildebrand (Prentice-Hall, 1952), y asimismo en "Mathematics of Circuit Analysis", por E. A. Guillemin (Wiley, 1949), se expresará la matriz B en la forma

$$B = P_t P \tag{39}$$

donde P es una matriz no singular de orden n, y P_t su réplica.

(C) Constrúyase una red cruzada auxiliar -40- de conductores cuyos elementos multiplicadores sean proporcionales a los distintos elementos numéricos de la matriz P, y conéctese delante y en serie con la red cruzada -12- de la figura 1. De manera similar (D), constrúyase otra red cruzada auxiliar -41- cuyos elementos multiplicadores sean proporcionales a los diversos elementos numéricos de la matriz P^{-1} , o sea la inversa de la matriz P, y conéctese detrás y en serie con la red cruzada -15- de la figura 3, todo como se expone en la figura 6.

Con esta disposición, las señales $e_1, e_2 \dots$ procedentes del analizador, que en la figura 1 se aplican a los puntos de entrada de la red cruzada -12-, se aplican ahora, en su lugar, a los puntos de entrada de la red cruzada auxiliar -30-; y sus señales de salida $g_1, g_2 \dots$, que son combinaciones diversamente ponderadas de las señales $e_1, e_2 \dots$, se aplican a los puntos de entrada de la red cruzada principal -12- de la figura 1. Esta última deriva una serie de señales de salida S_1', S_2', \dots , dispuestas por orden de importancia, como antes, pero que difieren de las señales $S_1, S_2 \dots$ por la acción de la red cruzada -40f. Estas señales se transmiten por un medio de transmisión, como antes,

- 9 ABR

234912



a la estación receptora, donde la red cruzada principal
 -15- las reconvierte primero, exactamente como en el caso
 de la figura 2, en una serie intermedia de señales de sali-
 da g_1', g_2' , que difieren de las señales $g_1, g_2 \dots$ sólo
 5 por la degradación que introduce la omisión de los canales
 S' menos importantes. Las señales de esta serie intermedia
 son convertidas a su vez, por la red cruzada auxiliar -41-,
 en una serie de señales e_1', e_2' , para ser aplicadas al sin-
 tetizador. Puede demostrarse, mediante métodos acreditados
 10 de álgebra de matrices, que el error generalizado Q , dado
 por la ecuación (36) en función de las señales de entrada
 $e_1, e_2 \dots$ se puede transformar en función de las señales
 intermedias g_1, g_2 como

$$15 \quad Q = \overline{(g_1 - g_1')^2} + \overline{(g_2 - g_2')^2} + \dots + \overline{(g_n - g_n')^2} \quad (40)$$

De aquí se desprende que, si la fórmula desarrollada antes
 para reducir al mínimo el error medio cuadrático de las se-
 ñales $e_1, e_2 \dots$ se aplica en su lugar a las señales $g_1,$
 20 $g_2 \dots$, la función de error cuadrático generalizado Q se
 habrá reducido al mínimo.

En la gráfica de la figura 2, cada una de las seña-
 les de control de canal es siempre de la misma polaridad.
 En otras palabras, la gráfica tiene un valor medio distinto
 de cero, y en correspondencia, la señal representada por la
 25 gráfica tiene un componente fijo. Pueden conseguirse más
 economías en la transmisión quitando de cada señal de entra-
 da de la red cruzada -12- su propio componente fijo, y repo-
 niendo un componente fijo correspondiente en el receptor.
 30 Para ello se representan unas baterías 30, 31 conectadas en

234912⁻⁹ AB



5 serie con cada uno de los conductores del par vertical de la red cruzada -12-, y unas baterías -35-, conectadas en serie con los conductores de salida de la red cruzada -15- del aparato receptor de la figura 3. La magnitud de las primeras baterías debe elegirse de modo que compense el componente fijo de la señal respectiva, y la magnitud de las segundas baterías, de modo que lo repongan.

10 Este refinamiento se ilustra en la figura 5 como una desviación del origen de coordenadas a lo largo del eje Y_1 , desde un extremo de la judía a su centro O' , cuyas coordenadas son x_{10} , x_{20} . Después de esta desviación, el segundo eje no es ya Y_2 , sino Y_2' .

15 En el ejemplo representado en la figura 5, esta desviación del origen no produce efecto sobre el ángulo θ de rotación de coordenadas, pero puede producirlo en determinadas circunstancias, como las expuestas en la figura 7. Aquí se ve una elipse situada enteramente en el primer cuadrante de los X_1 , X_2 , una simple rotación de los ejes de coordenadas, en la forma antes descrita, o sea sobre un ángulo θ_1 , producirá nuevos ejes Y_1 e Y_2 que no estarán en las direcciones de los vectores propios de la elipse. Sin embargo, si el origen se desvia primero al punto O' , cuyas coordenadas en los ejes X_1 , X_2 son x_{10} , x_{20} , pueden encontrarse fácilmente nuevos ejes Y_1' e Y_2' que coinciden con los ejes mayor y menor de la elipse, o sea con sus vectores propios. Estos nuevos ejes, además de la traslación del origen, han girado un ángulo θ_2 que difiere en general del ángulo θ_1 . Por tanto, para obtener resultados óptimos, los elementos de transporte de la red cruzada -12- de la

25

30 figura 1 deben hacerse proporcionales a los productos, no

234912

29 ABR



de las señales mismas de entrada, sino de estas señales modificadas por substracción de su propio valor medio.

5 Descritos ya la naturaleza y el efecto de la conversión de señales efectuada por la red cruzada de la figura 1, y justificados matemáticamente, se comprende claramente que esta conversión de un primer grupo de señales aplicada a los conductores de entrada de la red cruzada en un segundo grupo de señales derivadas de sus conductores de salida, es independiente por completo de la naturaleza de las

10 señales de entrada. En el ejemplo descrito con detalle, las señales de entrada $e_1, e_2 \dots e_n$ están ordenadas por la escala de frecuencias. Más concretamente aún, se han derivado por análisis espectral de una señal de voz original. Pero estas características son meramente ilustrativas. El

15 invento puede aplicarse asimismo para convertir cualquier grupo de señales de entrada, ordenadas según cualquier escala, o sin orden, y derivadas o no de cualquier origen. Para una serie de señales de entrada de este género, la red

20 cruzada del invento determina una serie de señales de salida ordenadas por escala de importancia; y, en particular, se ordenan de tal modo a esa escala que el error medio cuadrático resultante de la omisión de las señales de salida de orden inferior se reduce al mínimo. Si lo que interesa es reducir al mínimo, por ejemplo, cualquier otra función

25 de error cuadrático de las señales $e_1, e_2 \dots e_n$, basta sentar la función de error requerida, y derivar por una regla cualquiera, una serie intermedia de señales $g_1, g_2 \dots g_n$. Esto se puede hacer o bien dando de antemano importancia desigual a las señales primitivas, o pasándolas primero a través

30 de una red cruzada auxiliar, como se expone en la figura

234912



6. Al aplicar estas señales intermedias a la retícula o red cruzada del invento, las señales de salida $S_1, S_2 \dots S_n$ resultantes se ordenan por importancia de manera que se reduzca al mínimo el error medio cuadrático de las señales g resultante de omitir las señales S de orden inferior. Esto equivale a reducir al mínimo la función de error cuadrático requerida de las señales e .

Cualquier transformación que puedan efectuar dos retículas conectadas en serie y que funcionen en sucesión, puede ser asimismo obra de una sola red cruzada en la que las magnitudes de los diversos elementos de transporte sean proporcionales a los distintos elementos de una matriz igual al producto de las matrices de que se deriven los elementos correspondientes de las dos redes cruzadas originales. Por consiguiente, en el aspecto práctico, las retículas-12-y -40- de la figura 6 se fusionarán de este modo. Lo mismo puede decirse de las redes cruzadas -15- y -41-.

N O T A
 = = = = =

Se reivindica como objeto de esta patente:

1) Aparato de conversión de señales de telecomunicación que comprende un grupo de generadores de señales correlativas $e_1, e_2 \dots e_n$, independientes entre sí; caracterizado por una retícula o red cruzada de conductores de entrada y de salida; un elemento de transporte situado en cada cruce de la red, y que coordina el conductor de entrada con el de salida que lo corta en dicho cruce; siendo los diversos elementos de transporte proporcionales a los componentes de los vectores propios de una matriz M , cuyos elementos son a su vez proporcionales a los productos medios de las señales modificadas o no modificadas de tales

- 9 ABR



234912

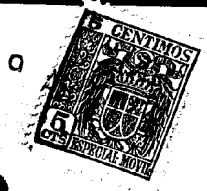
5 generadores; medios para aplicarlas señales modificadas o no de tales generadores a los conductores de entrada de la red cruzada, una a cada uno, y medios para derivar señales de salida $S_1, S_2 \dots S_n$ de los conductores de salida de la red, con lo que las señales de salida son de desigual importancia.

10 2) Aparato según la reivindicación 1, caracterizado por medios para transmitir a una estación receptora las más importantes de las señales derivadas, desechando las menos importantes, y, en la estación receptora, una segunda red cruzada de conductores de entrada y de salida; un elemento de transporte situado en cada cruce de la segunda red, y que coordina el respectivo conductor de entrada con el de salida que lo corta en dicho cruce; siendo los diversos elementos de transporte mencionados proporcionales a los distintos elementos de una matriz M_1 que es la réplica de la matriz M citada en primer término; medios para aplicar las señales transmitidas a los conductores de entrada de la segunda red, una a cada uno; medios para retirar segundas señales de salida $e_1', e_2' \dots e_n'$ de los conductores de salida de esta segunda red, y medios para utilizar estas últimas señales.

15 3) Aparato según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque los elementos de los distintos vectores propios de la matriz M corresponden respectivamente a los diferentes valores propios de dicha matriz M , tomados por orden decreciente de magnitud.

25 4) Aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las señales correlativas independientes entre sí comprenden varias señales componentes derivadas de un generador de señales primitivas.

30



234912

5) Aparato según la reivindicación 4, caracterizado porque las segundas señales de salida procedentes de los conductores de salida de la segunda red cruzada, controlan medios destinados a sintetizar señales artificiales similares a las originales que proceden del generador primitivo.

6) Aparato según las reivindicaciones 4 ó 5, caracterizado porque las diversas señales componentes son respectivamente representativas de la fracción de la energía del generador primitivo de señales comprendida dentro de una de varias subbandas que constituyen juntas la banda entera de frecuencias de dicha señal engendrada, y las señales componentes están ordenadas según una escala de frecuencias.

7) Aparato según la reivindicación 6, caracterizado por medios para reducir cada una de dichas señales componentes por su valor medio, a fin de formar varias señales de un segundo grupo, y medios para aplicar las señales del segundo grupo a los conductores de entrada de la red cruzada.

8) Aparato según la reivindicación 2, caracterizado por medios para incrementar cada una de las señales e_1' , e_2' , ... e_n' por el valor medio utilizado para reducir su señal opuesta e_1 , e_2 ..., y por utilizarse estas señales así incrementadas.

9) Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque los diferentes elementos de transporte citados son además proporcionales a los elementos de una tercera matriz que es el producto de una primera matriz por una segunda matriz, siendo los elementos de la segunda matriz proporcionales a los componentes de los vectores propios de la matriz M, mientras que los elementos de la primera matriz se eligen para modificar las señales e_1 , e_2 ... e_n , con arreglo a una norma prefijada, con lo que las señales de salida mencionadas se



234912

ordenan por importancia de manera que se reduzca al mínimo una función prescrita de error cuadrático de las señales $e_1, e_2 \dots e_n$, resultante de omitir cualquier orden inferior de tales señales de salida.

5

10) Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque dichas señales correlativas independientes entre si, comprenden un primer grupo de señales, que se modifican derivando de ellas un segundo grupo de señales $g_1, g_2 \dots g_n$, diferentes de las del primer grupo, pero relacionadas con ellas conforme a una regla prefijada; siendo todos los elementos de la matriz M proporcionales a los productos medios de las señales del segundo grupo, las cuales se aplican a los conductores de entrada de la red cruzada, con lo que las señales de salida se ordenan según su importancia, de modo que se reduzca a un mínimo una función prescrita de error cuadrático de las señales $e_1, e_2 \dots e_n$, resultante de la omisión de cualquier orden inferior de las señales de salida.

10

15

20

11) Aparato de conversión de señales de telecomunicación.

Esta memoria consta de treinta y una páginas escritas por una sola cara.

BARCELONA 9 ABR 1957

P. A.

JOSÉ M. BOLIBAR
H. P.



234912

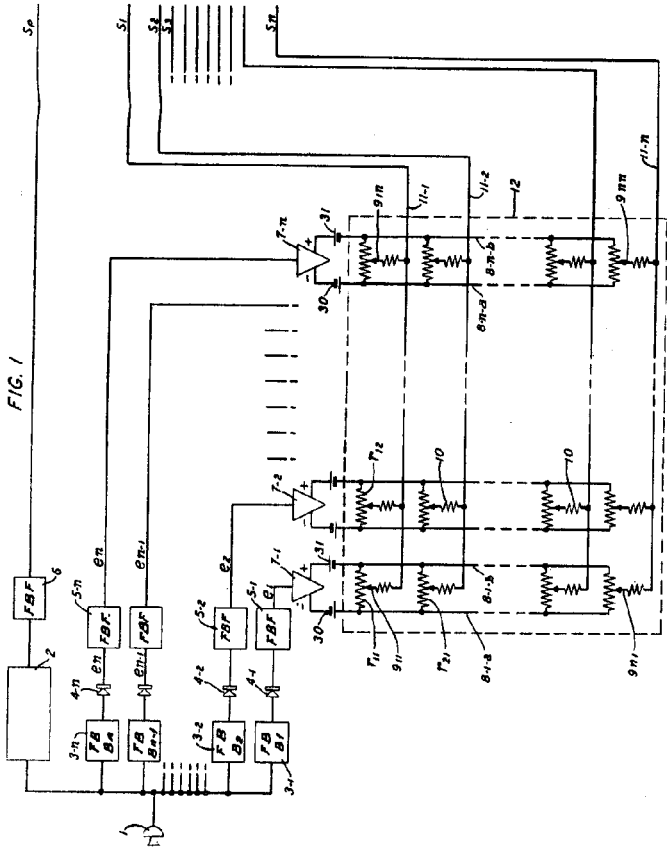


FIG. 4A

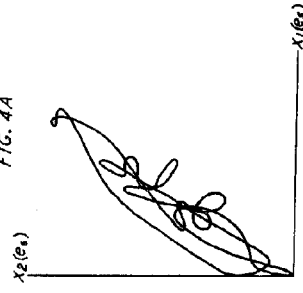


FIG. 4C

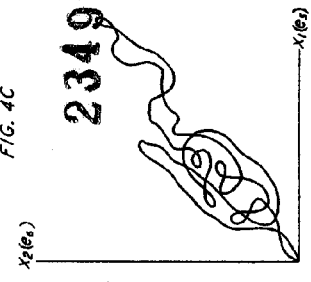


FIG. 4B

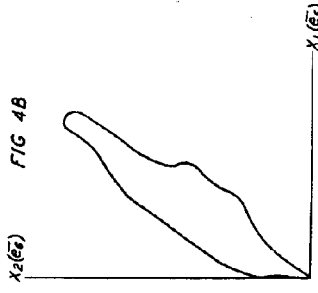


FIG. 5

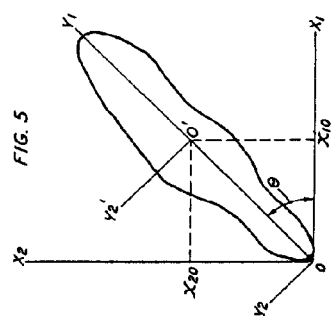


FIG. 7

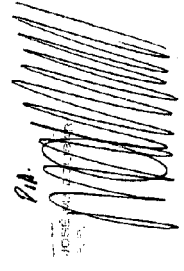
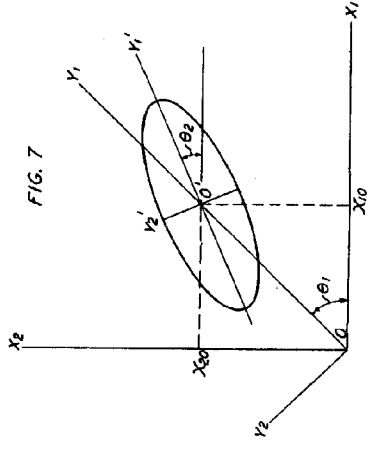
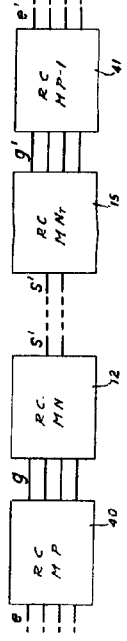


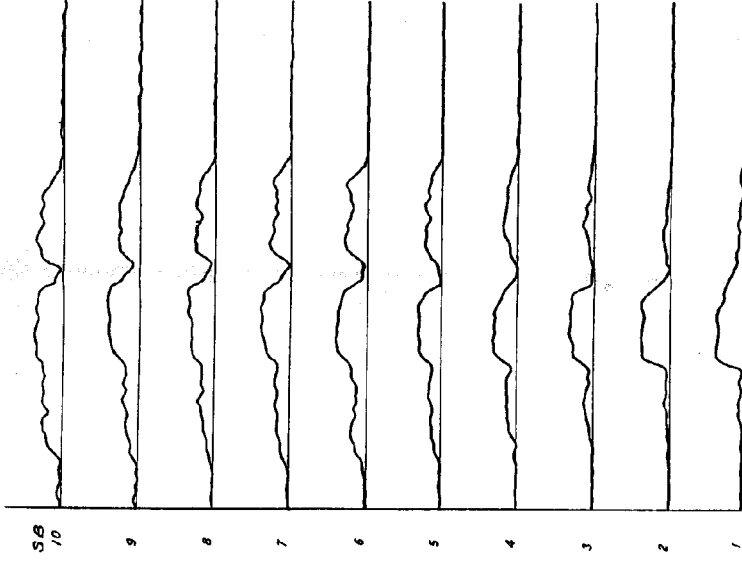
FIG. 6





234912

FIG. 2



[Handwritten scribbles]

