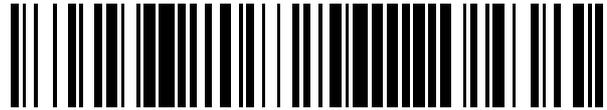


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 207**

51 Int. Cl.:

**H04B 10/116** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.05.2011 E 11725358 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015 EP 2534773**

54 Título: **Procedimiento y configuración para estabilizar un procedimiento de codificación cromática en una transmisión óptica de datos**

30 Prioridad:

**17.05.2010 EP 10005131**  
**17.05.2010 EP 10005134**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**06.05.2015**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**WALEWSKI, JOACHIM**

74 Agente/Representante:

**PÉREZ BARQUÍN, Eliana**

**ES 2 535 207 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).

**PROCEDIMIENTO Y CONFIGURACIÓN PARA ESTABILIZAR UN PROCEDIMIENTO DE  
CODIFICACIÓN CROMÁTICA EN UNA TRANSMISIÓN ÓPTICA DE DATOS**

**DESCRIPCIÓN**

- 5 La invención se refiere a un procedimiento y a una configuración para estabilizar un procedimiento de codificación cromática en una transmisión óptica de datos.
- 10 Por el estado de la técnica se conoce una transmisión de datos mediante luz visible ("Visible-Light Communications", VLC), que puede utilizarse por ejemplo complementando la técnica de radio tradicional. Los datos pueden transmitirse allí por ejemplo en forma de modulaciones no perceptibles por las personas.
- 15 Además se conoce un procedimiento de codificación más nuevo para luz visible, basado en una codificación cromática con colores elementales. A un tal procedimiento se hace referencia en el mundo especializado también bajo el concepto CSK ("Color Shift Keying", codificación por variación de color). Otras denominaciones más antiguas para este procedimiento de codificación son CCM ("Color Code Modulation", modulación por codificación de color) o CMC ("Color Multiplex Coding", codificación múltiple en color).
- 20 El principio de funcionamiento de la VLC utilizando este procedimiento de codificación cromática consiste, a grandes rasgos, el utilizar una iluminación mixta compuesta por varios colores elementales para la transmisión adicional de datos, modulándose inmediatamente los correspondientes colores elementales tal que el ojo humano percibe en suma un color secundario continuo. Usualmente se utilizan para ello los tres colores elementales rojo, verde y azul, que pueden emitirse con una técnica ya probada mediante los correspondientes diodos luminosos.
- 25 Una prolija descripción de la CSK se encuentra en la propuesta de modificación del estándar IEEE P802.15.7, Yokoi y colab.: "Modified Text clause 6.9.2.2" (cláusula de texto modificado 6.9.2.2), 17 enero 2010, identificación de documento "15-10-0036-00-0007". Una de las aplicaciones propuestas para la CSK es VLC, es decir, una comunicación de espacio libre con luz.
- 30 En la citada propuesta de modificación se describe una compensación en el lado receptor de variaciones de la potencia óptica de los diodos luminosos para colores elementales previstos por el lado emisor. No se prevé una compensación de la radiación emitida por el lado emisor según esta propuesta de modificación en base a la compensación solamente en el lado receptor.
- 35 Por el documento EP 2136484 A1 se conoce un procedimiento para estabilizar una codificación cromática en base a una pluralidad de colores elementales, en la que un emisor forma un mensaje de calibración, mediante el cual se ajusta al menos una fuente de radiación óptica asociada al correspondiente color elemental con un valor correspondiente a una potencia óptica a emitir. Este mensaje de calibración se recibe en el receptor y se determina el correspondiente valor de una potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica.
- 40 La entidad solicitante ha propuesto un procedimiento para la compensación en el lado emisor en una solicitud de patente internacional entregada el 05.11.2010 con la marca de registro PCT/EP2010/066907 y el título "Procedimiento y configuración para estabilizar un procedimiento de codificación cromática en una transmisión óptica de datos". En el citado procedimiento se prevé que el emisor envíe un mensaje de calibración al receptor. En el receptor se determina una información de compensación, comparando una característica de canal deducida del mensaje de calibración recibido con una característica de canal previamente memorizada en el receptor. Esta información de compensación se envía al emisor, en el que en base a la información de compensación determinada se realiza una adaptación de al menos un aparato de emisión.
- 45 El procedimiento propuesto ciertamente posibilita la compensación de la potencia óptica en el lado emisor, pero ello tiene el inconveniente de que para su implementación son necesarias amplias modificaciones en el protocolo de mensajes de control intercambiados. Por ejemplo es necesario un mensaje de control adicional para transmitir la información de compensación, que hasta ahora no estaba previsto en el protocolo. Otro inconveniente del procedimiento propuesto consiste en que se realiza en el receptor una memorización de características del canal y un cálculo de la información de compensación en base a unas características de canal memorizadas en el receptor, que formulan exigencias adicionales a los recursos del receptor.
- 50
- 55
- 60
- 65 Es tarea de la invención prever medios para la compensación en el lado emisor del espectro de la radiación óptica emitida que formulen menores exigencias en cuanto a las modificaciones necesarias para implementar los medios de compensación.
- Se logra una solución a la tarea mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1, así como mediante un procedimiento óptico de transmisión con las características de la reivindicación 9.

La invención prevé un procedimiento para estabilizar una codificación cromática en una transmisión óptica de datos entre un emisor y un receptor, en el que para codificar y transmitir los datos está previsto un procedimiento de codificación cromática en base a una pluralidad de colores elementales, en el que se envía el correspondiente color elemental mediante al menos una correspondiente fuente de radiación óptica en el lado emisor y en el lado receptor se recibe mediante el correspondiente receptor de radiación óptica.

Un mensaje de calibración formado en el emisor incluye al menos una secuencia en el tiempo dentro de la cual se ajusta al menos una fuente de radiación óptica asociada a un color elemental con un valor de una potencia óptica a enviar. En otras palabras, mediante este mensaje de calibración se controlan por lo tanto de una forma definida las fuentes de radiación previstas para el correspondiente color elemental, tal que es posible una subsiguiente determinación de una relación entre la potencia óptica emitida por las correspondientes fuentes de radiación y la potencia óptica recibida en los correspondientes receptores de radiación. El mensaje de calibración se recibe en el receptor; a continuación se averigua el correspondiente valor de una potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación. Los correspondientes valores de la potencia óptica recibida en los correspondientes receptores de radiación óptica se transmiten a continuación al emisor.

En el marco de la invención se establece en el emisor el valor correspondiente a la relación entre la potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica y el correspondiente valor de la potencia óptica emitida en la correspondiente fuente de radiación óptica. En base a la relación se determina una información de compensación, realizándose en base a la información de compensación una adaptación en el lado emisor de al menos un parámetro de emisión.

Los conceptos "emisor" y "receptor" han de entenderse en el sentido de que el "emisor", además de su propiedad de enviar datos y recibir datos en un servicio dúplex, funciona a la vez como fuente de luz, mientras que el "receptor" ciertamente podría enviar y recibir datos en un servicio duplex, pero no funciona necesariamente como fuente de luz. Un funcionamiento del emisor como fuente de luz incluye una forma de ejecución a modo de ejemplo como iluminación de sala o también como cuadro señalizador.

El concepto "correspondiente receptor de radiación óptica" incluye ocasionalmente uno o varios receptores de radiación, previstos para recibir uno o varios colores elementales. Lo correspondiente vale para la respectiva fuente de radiación óptica.

La invención posibilita ventajosamente una compensación en el lado emisor del color secundario de la radiación óptica emitida, que ha variado por ejemplo debido a una deriva (drift) de intensidad de un único color elemental.

Una ventaja esencial de la invención ha de considerarse que es que utilizando el medio correspondiente a la invención sólo han de realizarse pequeñas modificaciones en el protocolo. En el procesamiento del protocolo en el lado receptor se prevén solamente una determinación de la potencia óptica prevista para el correspondiente color elemental, así como una transmisión del correspondiente valor de la potencia óptica a través de un canal de retorno al emisor. La primera determinación citada no exige modificación alguna en las secuencias previstas de todos modos para recibir y para determinar valores de la potencia óptica. La segunda transmisión de retorno citada del correspondiente valor de la potencia óptica se limita ventajosamente a un procedimiento de "relaying" (retransmisión), en el que el simple retorno de valores recibidos implica poco gasto en cuanto a protocolo. Es particularmente ventajoso que el receptor se desligue de medidas conocidas por el estado de técnica, que implican una conservación de datos y un cálculo de una información de compensación a partir de los datos conservados y medidos en ese momento. El coste en implementación y cálculo se traslada ahora al emisor, lo cual es ventajoso en el sentido de que al emisor se le asigna de todos modos un papel más central en la compensación.

Ventajosas mejoras y perfeccionamientos de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

Una configuración ventajosa se refiere a la asociación entre el emisor y el receptor. La invención, así como las configuraciones mejoradas de la invención, generan una mejor eficiencia de la anchura de banda respecto al procedimiento conocido hasta ahora de un mensaje de calibración enviado por el emisor al receptor. Esta mejor eficiencia de la anchura de banda ha de atribuirse a que sólo han de intercambiarse una vez mensajes de configuración durante una asociación y que las determinaciones resultantes relativas a la potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica sólo se realizan cuando se emiten el llamado mensaje de calibración o bien "Visibility Frames" (tramas de visibilidad) desde el emisor. Las Visibility Frames se envían por ejemplo cuando en un determinado momento no ha de transmitirse ninguna otra. La estabilización cromática correspondiente a la invención no concurre por lo tanto básicamente con el tráfico de datos, tal como era el caso en los procedimientos precedentes citados.

Un ejemplo de ejecución con otras ventajas y configuraciones mejoradas de la invención se describe más en detalle a continuación en base al dibujo.

Al respecto muestran:

- 5 figura 1: un esquema estructural para la representación esquemática de un sistema de transmisión óptico;
- figura 2: un esquema estructural para la representación esquemática de un bucle de regulación correspondiente a la invención;
- figura 3: un cuadro de colores normalizados CIE bidimensional con una asociación de colores definida por cuatro puntos en una primera representación;
- 10 figura 4: un cuadro de colores normalizados CIE bidimensional con una asociación de colores definida por cuatro puntos en una segunda representación;
- figura 5: un cuadro de colores normalizados CIE bidimensional con una asociación de colores definida por ocho puntos;
- figura 6: un cuadro de colores normalizados CIE bidimensional con una asociación de colores definida por 16 puntos;
- 15 figura 7: un comportamiento de corriente alterna de una potencia de radiación óptica de una fuente de radiación en función de una corriente de activación aportada;
- figura 8: un comportamiento de corriente continua de una potencia de radiación óptica de una fuente de radiación en función de una corriente de activación aportada;
- 20 figura 9: un esquema estructural para la representación esquemática de un sistema de transmisión óptico según una variante de ejecución de la invención;
- figura 10: un esquema estructural para representar una secuencia en el tiempo de símbolos dentro de un mensaje de calibración a modo de ejemplo; y
- 25 figura 11: un esquema estructural para representar una secuencia en el tiempo de mensajes intercambiados en una asociación de un nodo de red a un coordinador en base a una transmisión óptica de datos.

La figura 1 muestra un sistema de transmisión de datos óptico basado en una CSK ("Color Shift Keying") para luz visible, por ejemplo un sistema VLC ("Visible Light Communication").

30 El sistema de transmisión de datos está compuesto esencialmente por un emisor TX, una sección de transmisión TRM así como un receptor RX. El sistema de transmisión funciona en un servicio dúplex, en el que el emisor TX puede tanto enviar como recibir datos. Esto rige correspondientemente para el receptor RX.

35 El procedimiento CSK se basa en una codificación cromática con una pluralidad de colores elementales, por ejemplo rojo, verde y azul. En la propuesta de modificación al estándar IEEE P802.15.7, Yokoi y colab., "Modified Text clause 6.9.2.2", 17 enero 2010, Identificación de documentación "15-10-0036-00-0007" se encuentra una extensa descripción de la CSK.

40 En la figura 1 se representan por razones de simplicidad por parte del emisor TX solamente las unidades funcionales necesarias para la emisión, así como por parte del receptor RX las unidades funcionales necesarias para la recepción.

45 En base a la figura 1 se considera una función de transmisión de un sistema CSK. En la forma de escritura general, designa **A** a continuación una matriz y **a** un vector de columna.

50 Por el lado emisor TX se llevan datos digitales DAT primeramente a un codificador cromático CC. Los datos DAT se transforman en el codificador cromático según una regla de mapeo en valores XY. Estos valores XY corresponden a valores en un sistema de coordenadas de color XY según la figura 3, que posteriormente se describirá.

55 A la salida del codificador cromático CC se conducen estos datos bidimensionales - simbolizados en el dibujo mediante dos fechas - a un transformador TR, a cuya salida se proporcionan tres valores digitales de intensidad de señal para respectivas señales de uno de los tres colores elementales. Los tres valores digitales de intensidad de señal para los correspondientes índices de colores elementales i, j, k se describen en un vector de intensidad de señal

$$\mathbf{s}_{Tx}^{(b)} := \begin{pmatrix} S_{Tx,i}^{(b)} \\ S_{Tx,j}^{(b)} \\ S_{Tx,k}^{(b)} \end{pmatrix}$$

60 Aquí y a continuación significa el índice común Tx una magnitud del lado emisor. El parámetro colocado arriba (b) es un valor binario del correspondiente valor de intensidad de señal.

Un valor digital de intensidad de señal correspondiente se lleva al convertidor DA, en el que los valores digitales de intensidad de señal se convierten en magnitudes analógicas de señal. Las tres magnitudes

análogas de señal se describen como correspondientes magnitudes de intensidad eléctrica para los correspondientes índices de colores elementales i, j, k en un vector de valor de la intensidad:

$$\mathbf{i}_{TX} := \begin{pmatrix} i_{TX,i} \\ i_{TX,j} \\ i_{TX,k} \end{pmatrix}$$

5

Estas magnitudes análogas de señal se llevan en cada caso a la correspondiente fuente de radiación óptica Ti, Tj, Tk, es decir, a una primera fuente de radiación óptica Ti, a una segunda fuente de radiación óptica Tj y a una tercera fuente de radiación óptica Tk.

10

Según un ejemplo de ejecución preferente de la invención, corresponde la primera fuente de radiación óptica Ti a un diodo luminoso rojo, la segunda fuente de radiación óptica Tj a un diodo luminoso verde, así como la tercera fuente de radiación óptica Tk a un diodo luminoso azul.

15

La radiación óptica enviada por la correspondiente fuente de radiación Ti, Tj, Tk se conduce a través de una sección de transmisión TRM en dirección hacia el receptor RX.

Los componentes de potencia ópticos radiados por la correspondiente fuente de radiación Ti, Tj, Tk se describen en un vector de la potencia óptica enviada:

$$\mathbf{P}_{TX} := \begin{pmatrix} P_{TX,i} \\ P_{TX,j} \\ P_{TX,k} \end{pmatrix}$$

20

Por el lado del receptor RX incide la radiación óptica enviada sobre un receptor de radiación Ri, Rj, Rk ajustado a un respectivo color elemental, es decir, un primer receptor de radiación óptica Ri, un segundo receptor de radiación óptica Rj, así como un tercer receptor de radiación óptica Rk.

25

Los componentes de potencia ópticos que inciden sobre el correspondiente receptor de radiación Ri, Rj, Rk se describen en un vector de la potencia óptica recibida:

$$\mathbf{P}_{RX} := \begin{pmatrix} P_{RX,i} \\ P_{RX,j} \\ P_{RX,k} \end{pmatrix}$$

30

Aquí y a continuación significa el índice común Rx una magnitud del lado receptor.

35

De manera análoga y al contrario que en el emisor TX, se transforma en el receptor RX la correspondiente señal óptica mediante los receptores de radiación óptica Ri, Rj, Rk en señales análogas. Las tres magnitudes de señal análogas se describen como las correspondientes magnitudes de intensidad eléctrica para los correspondientes índices de colores elementales i, j, k en un vector de intensidad de corriente:

$$\mathbf{i}_{RX} := \begin{pmatrix} i_{RX,i} \\ i_{RX,j} \\ i_{RX,k} \end{pmatrix}$$

40

La señal eléctrica análoga se lleva al correspondiente convertidor DA, en el que se realiza la correspondiente transformación de las correspondientes señales análogas en el correspondiente valor digital de intensidad de señal. Los tres valores de intensidad de señal para los correspondientes índices de color elemental i, j, k se describen en un vector de intensidad de señal:

45

$$\mathbf{s}_{RX}^{(b)} := \begin{pmatrix} S_{RX,i}^{(b)} \\ S_{RX,j}^{(b)} \\ S_{RX,k}^{(b)} \end{pmatrix}$$

Los tres valores digitales de intensidad de señal tomados en los tres convertidores correspondientes DA se llevan a un transformador TR, que de forma contraria a en el emisor TX realiza una conversión de la tripleta de valores a un duplo de valores que a su vez se conduce a un codificador cromático CD, a cuya salida finalmente se toman datos DAT que en una clase de funcionamiento correcta son idénticos a los datos DAT aportados al emisor TX.

A continuación se representa una relación matemática entre las distintas magnitudes.

Según

$$\mathbf{P}_{Rx} = \mathbf{T} \mathbf{P}_{Tx}$$

se describe la relación entre la potencia óptica recibida y la emitida multiplicando la potencia óptica emitida por una matriz de transmitancia  $\mathbf{T}$ . La matriz de transmitancia  $\mathbf{T}$  describe la transmitancia óptica de las respectivas fuentes de radiación de los colores elementales  $T_i, T_j, T_k$  a un receptor de radiación  $R_i, R_j, R_k$  previsto para en cada caso otro color elemental. Los coeficientes de la matriz de transmitancia  $\mathbf{T}$  se representan como sigue:

$$\mathbf{T} := \begin{pmatrix} t_{ii} & t_{ij} & t_{ik} \\ t_{ji} & t_{jj} & t_{jk} \\ t_{ki} & t_{kj} & t_{kk} \end{pmatrix}$$

En otras palabras, describe la matriz de transmitancia  $\mathbf{T}$  la característica de propagación de la luz, por ejemplo qué proporción de una luz roja emitida por una primera fuente de radiación óptica  $T_i$  incide sobre el tercer receptor de radiación  $R_k$  previsto para luz azul. Esta relación se determina mediante el coeficiente  $t_{ki}$ .

Otra relación puede describirse entre la intensidad de la corriente emitida por los receptores de radiación  $R_i, R_j, R_k$  y la potencia óptica recibida:

$$\mathbf{i}_{Rx} = \mathbf{E} \mathbf{p}_{Rx}$$

La ecuación describe la relación entre la intensidad de la corriente emitida por los receptores de radiación  $R_i, R_j, R_k$  y la potencia óptica recibida multiplicando la potencia óptica recibida por una matriz de sensibilidad  $\mathbf{E}$ . La matriz de sensibilidad  $\mathbf{E}$  describe la sensibilidad de uno de los receptores de radiación  $R_i, R_j, R_k$  selectivos en cuanto a color (fotorreceptores) al recibir uno de los colores elementales.

Típicamente, pero no forzosamente, se utilizan exactamente tantos receptores de radiación  $R_i, R_j, R_k$  como diodos luminosos de colores elementales, es decir, fuentes de radiación óptica  $T_i, T_j, T_k$ . Asociando el índice  $i$  a "rojo",  $j$  a "verde" y  $k$  a "azul", el elemento  $e_{ij}$  de la matriz  $\mathbf{E}$  es por ejemplo la sensibilidad del fotorreceptor rojo al recibir la luz emitida por el LED rojo. La matriz de sensibilidad  $\mathbf{E}$  tiene en cuenta por lo tanto la eficiencia espectral del correspondiente receptor de radiación  $R_i, R_j, R_k$  que reacciona a un color elemental y adicionalmente de un filtro cromático eventualmente previsto así como, mediante la correspondiente combinación lineal de los coeficientes de la matriz de sensibilidad  $\mathbf{E}$ , una "diafonía" entre los receptores de radiación  $R_i, R_j, R_k$  que reacciona al respectivo color elemental. Los coeficientes de la matriz de sensibilidad  $\mathbf{E}$  se representan como sigue:

$$\mathbf{E} := \begin{pmatrix} e_{ii} & e_{ij} & e_{ik} \\ e_{ji} & e_{jj} & e_{jk} \\ e_{ki} & e_{kj} & e_{kk} \end{pmatrix}$$

Otra relación adicional puede describirse entre el correspondiente valor de intensidad digital de la señal, compendiado en un vector de intensidad de la señal, y la intensidad de la señal emitida en cada caso por los receptores de radiación  $R_i, R_j, R_k$ :

$$\mathbf{s}_{Rx}^{(b)} = \{ \mathbf{B} \mathbf{i}_{Rx} \}_{A/D}$$

Aquí y a continuación indica el operando  $\{ \}_{A/D}$  un valor convertido mediante un convertidor analógico-digital del argumento que se encuentra entre llaves.

Una matriz de conversión del lado receptor  $\mathbf{B}$  es una matriz diagonal y describe el factor de conversión entre las señales analógica y digital del receptor.

Finalmente puede establecerse análogamente a la relación anterior, también por el lado del emisor TX, una relación entre la intensidad de corriente llevada en cada caso a las correspondientes fuentes de radiación Ti, Tj, Tk y el correspondiente valor de intensidad de la señal digital, compendiado en un vector de intensidad de la señal:

5

$$\mathbf{i}_{TX} = \mathbf{A} \left\{ \mathbf{s}_{(TX)}^{(b)} \right\}_{D/A}$$

Aquí y a continuación indica el operando  $\{\cdot\}_{D/A}$  un valor convertido mediante un convertidor digital-analógico del argumento que se encuentra entre llaves.

10

Una matriz de conversión del lado emisor  $\mathbf{A}$  es igualmente una matriz diagonal y describe la relación entre el correspondiente valor digital de la intensidad de la señal y la corriente alterna de activación aportada en cada caso a las correspondientes fuentes de radiación Ti, Tj, Tk. Los coeficientes de la matriz de conversión del lado emisor  $\mathbf{A}$  se representan como sigue:

15

$$\mathbf{A} := \begin{pmatrix} \alpha_i & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_j & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_k \end{pmatrix}$$

La siguiente ecuación establece una relación entre los vectores de intensidad de señal del lado receptor y del lado emisor:

20

$$\mathbf{s}_{RX}^{(b)} = \left\{ \mathbf{BETf} \left( \mathbf{A} \left\{ \mathbf{s}_{TX}^{(b)} \right\}_{D/A} \right) \right\}_{A/D}$$

Si varía a lo largo del tiempo la eficiencia cuántica de una de las fuentes de radiación óptica Ti, Tj, Tk, o en otras palabras la relación de la correspondiente intensidad de activación aportada en potencia óptica, esto implica una modificación de la función  $f$  pasando a una función modificada  $f'$ . Con ello se modifican a igualdad de señales del emisor las señales recibidas y con ello, según la ecuación anterior, también el vector de intensidad de señal del lado receptor  $\mathbf{s}_{RX}^{(b)}$ . Si estos valores están disponibles en el lado del emisor TX, puede deducirse una relación según

25

$$\mathbf{f}'(\mathbf{A}\mathbf{s}_{TX}) = \mathbf{f}(\mathbf{A}\mathbf{s}_{TX}) \mathbf{f}(\mathbf{A}\mathbf{s}_{TX})^T \left\{ \mathbf{s}_{RX} \mathbf{f}(\mathbf{A}\mathbf{s}_{TX})^T \right\}^{-1} \mathbf{s}'_{RX}$$

30

El vector de intensidad de señal  $\mathbf{s}'_{RX}$  corresponde a un vector de intensidad de señal del lado receptor modificado, resultando del vector de intensidad de señal del lado receptor modificado  $\mathbf{s}_{RX}$  respecto al vector de intensidad de señal  $\mathbf{s}_{RX}$ , debido a la modificación antes citada, una eficiencia cuántica.

35

En la anterior relación se supuso, debido a una longitud de bit supuestamente de un valor suficientemente grande en la representación binaria de las magnitudes colocadas en la ecuación, una identidad de los tamaños con los correspondientes valores binarios, con lo que el parámetro de arriba (b) que es un valor binario en tal relación, ya no existe.

40

Además, al suponerse una profundidad de cuantificación suficientemente elevada en los convertidores analógico-digital del lado receptor, así como en los convertidores digital-analógico, se eliminan también los operandos  $\{\cdot\}_{A/D}$  y  $\{\cdot\}_{D/A}$ . En otras palabras, se supone la identidad del valor convertido con el valor a convertir.

45

Resultan variaciones en la eficiencia cuántica por ejemplo debido a variaciones de temperatura o debido a un proceso de envejecimiento en las fuentes de radiación emisoras. Una variación de la eficiencia cuántica significa para la correspondiente fuente de radiación óptica Ti, Tj, Tk que para la misma intensidad se irradia más o menos potencia óptica.

50

Con los medios de la invención debe lograrse, para estabilizar el procedimiento de codificación cromática, una compensación en el lado emisor de variaciones en la potencia óptica de las distintas fuentes de radiación de colores elementales. Para ello se transforma primeramente el vector de intensidad de señal enviado con una función de compensación  $\mathbf{c}$ , con lo que resulta la siguiente relación:

55

$$\mathbf{s}_{RX}^{(b)} = \left\{ \mathbf{BETf}' \left( \mathbf{A} \left\{ \mathbf{c}(\mathbf{s}_{TX}^{(b)}) \right\}_{D/A} \right) \right\}$$

puediendo llevarse la anterior ecuación a una forma acortada:

$$\mathbf{f}(\mathbf{A}\mathbf{s}_{Tx}) = \mathbf{f}'(\mathbf{A}\mathbf{c}[\mathbf{s}_{Tx}])$$

La relación anterior plantea un complejo problema inverso, para el que hay al menos dos casos prácticos para los que la relación puede resolverse de forma cerrada.

5

En ambos casos rige

$$\mathbf{c}(\mathbf{s}_{Tx}) = \mathbf{C}\mathbf{s}_{Tx}$$

10

siendo  $\mathbf{C}$  una matriz diagonal que a continuación se denominará también matriz de compensación  $\mathbf{C}$ .

Para el primer caso en el que solamente están sometidas a una variación las dimensiones de la curva característica según la función representada en la figura 7 de la potencia de radiación óptica de una fuente de radiación en función de la corriente alterna de activación aportada, pero no su forma de curva (shape), puede formularse la función de vector característica como:

15

$$\mathbf{f}(\mathbf{i}_{Tx}) = \tilde{\mathbf{Q}}\mathbf{g}(\mathbf{i}_{Tx})$$

20

siendo  $\tilde{\mathbf{Q}}$  una matriz diagonal, que ha de entenderse como matriz general de eficiencia cuántica, que reproduce variaciones en la eficiencia cuántica de la correspondiente fuente de radiación  $T_i, T_j, T_k$ . Contrariamente a ello, una función vectorial  $\mathbf{g}$  así definida es independiente de la eficiencia cuántica de la correspondiente fuente de radiación  $T_i, T_j, T_k$ . Pueden determinarse factores de compensación para este caso según la siguiente relación:

25

$$\mathbf{C} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{g}^{-1}\left(\mathbf{g}(\mathbf{A}\mathbf{s}_{Tx})\mathbf{g}(\mathbf{A}\mathbf{s}_{Tx})^T\left\{\mathbf{s}'_{Rx}\mathbf{g}(\mathbf{A}\mathbf{s}_{Tx})^T\right\}^{-1}\mathbf{s}_{Rx}\right)\left\{\mathbf{s}_{Tx}\mathbf{s}_{Tx}^T\right\}^{-1}$$

30

Es de tener en cuenta que la averiguación de factores de compensación dentro de la matriz de compensación  $\mathbf{C}$  en base a la anterior relación, se basa en un cierto número de factores que pueden determinarse en el lado emisor, así como en una única magnitud del lado receptor, que es el vector de intensidad de señal  $\mathbf{s}_{Rx}$  del lado receptor. Otros factores del lado emisor incluyen la matriz de conversión del lado emisor  $\mathbf{A}$ , así como la función de vector  $\mathbf{g}$  independiente de la eficiencia cuántica de la correspondiente fuente de radiación  $T_i, T_j, T_k$ .

35

En otras palabras, conociendo el vector de intensidad de señal del lado receptor  $\mathbf{s}_{Rx}$  enviado por el receptor al emisor, se logra una compensación de la fuente de radiación del lado emisor y con ello una estabilización de la codificación cromática.

Para un segundo caso simplemente lineal, para el que  $\mathbf{g}(\mathbf{i})$  depende linealmente de  $\mathbf{i}$ , por lo tanto

40

$$\mathbf{g}(\mathbf{i}) \sim \mathbf{i}$$

se simplifica la determinación de la matriz de compensación  $\mathbf{C}$

45

$$\mathbf{C} = \mathbf{s}_{Tx}\mathbf{s}_{Tx}^T\left\{\mathbf{s}'_{Rx}\mathbf{s}_{Tx}^T\right\}^{-1}\mathbf{s}_{Rx}\mathbf{s}_{Tx}^T\left\{\mathbf{s}_{Tx}\mathbf{s}_{Tx}^T\right\}^{-1}$$

Es de señalar que la determinación de factores de compensación dentro de la matriz de compensación  $\mathbf{C}$  en base a la anterior relación se basa en el factor  $\mathbf{s}_{Tx}$  que puede determinarse en el lado emisor, así como en una única magnitud del lado receptor, que es el vector de intensidad de señal del lado receptor  $\mathbf{s}_{Rx}$ .

50

También en este segundo caso se logra, conociendo el vector de intensidad de señal del lado receptor  $\mathbf{s}_{Rx}$  enviado por el receptor al emisor, una compensación de la fuente de radiación del lado emisor y con ello una estabilización de la codificación cromática.

55

Para corregir los parámetros de emisión se propone el siguiente procedimiento según las figuras 2 y 9.

La figura 2 muestra primeramente un esquema de principio para la representación esquemática del bucle de regulación correspondiente a la invención. Allí se representan de nuevo las unidades funcionales emisor TX y receptor RX conocidas por la figura 1.

60

El emisor TX forma y transmite al menos un mensaje de calibración CAL al receptor RX. El mensaje de calibración CAL incluye al menos una secuencia en el tiempo, dentro de la cual se ajusta al menos una fuente de radiación óptica asociada a un color elemental con un valor de una potencia óptica a emitir.

El mensaje de calibración CAL se recibe en el receptor RX. El correspondiente valor de una potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica lo envía el receptor RX en el marco del correspondiente mensaje a través de una interfaz de emisión T1 del lado receptor al emisor TX a través de un canal de retorno RC. Allí se recibe el mensaje a través de una interfaz de recepción del lado emisor RI.

5

En el emisor TX se relaciona el correspondiente valor de la potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptico/a con el correspondiente valor de la potencia óptica emitida en la correspondiente fuente de radiación óptica. En base a las relaciones antes descritas, se determina a continuación una información de compensación, realizándose en base a la información de compensación una adaptación de al menos un parámetro de emisión.

10

La figura 9 muestra entre otros los componentes funcionales conocidos por la figura 1 de un sistema óptico de transmisión de datos, realizándose el bucle de regulación mostrado en la figura 2 mediante el canal de retorno BC.

15

En el lado del emisor TX está previsto un generador de mensajes de calibración TSG, mediante el cual se introducen mensajes de calibración digitales en la entrada del correspondiente convertidor DA de la correspondiente fuente de radiación óptica Ti, Tj, Tk. Los mensajes de calibración convertidos en base a ello y enviados a través de las fuentes de radiación óptica Ti, Tj, Tk se decodifican correspondientemente en el lado receptor RX. En una unidad de evaluación CU se determina el correspondiente valor de una potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica Ri, Rj, Rk. A continuación se envían los respectivos valores en un correspondiente mensaje a través del canal de retorno BC a un módulo de estabilización cromática CSM del emisor TX.

20

En el módulo de estabilización cromática CSM se relaciona ahora el correspondiente valor de la potencia óptica recibida en los correspondientes receptores de radiación óptica Ri, Rj, Rk con el correspondiente valor de la potencia óptica enviada a la respectiva fuente de radiación óptica Ti, Tj, Tk. Como resultado de esta relación se determina una información de compensación, realizándose en base a la información de compensación una adaptación de al menos un parámetro de emisión. Para ello se multiplican secuencialmente las señales digitales a enviar intercalando el correspondiente elemento de corrección Ci, Cj, Ck por la correspondiente información de compensación, con lo que el color secundario de la luz emitida coincide de nuevo con el inicial. Por ejemplo se determina para el correspondiente color elemental el respectivo factor de compensación.

25

30

En la figura 3 se representa un cuadro de colores normalizados bidimensional según la definición de la Comisión Internacional de Alumbrado CIE. Allí se reproducen los tres colores elementales, por ejemplo rojo, verde, azul sobre dos coordenadas x, y. Un tercer color elemental se averigua para cada punto del cuadro de colores por cálculo a partir de los otros dos mediante la ecuación  $x + y + z = 1$ . Con ello muestra la figura 3 una conversión (mapeo) realizada mediante el transformador TR mostrado en la figura 1 de un valor xy bidimensional en un dato de señal tridimensional.

35

40

Dentro del cuadro de colores normalizados de la figura 3 se representa una asociación de colores o bien mapeo de colores para un procedimiento CSK de 4 puntos, denominado también 4 CSK. El correspondiente sistema de transmisión 4 CSK es capaz de transmitir por cada símbolo transmitido dos datos de bits. Entonces se definen cuatro puntos de color 00, 01, 10, 11, formando un punto de color 01 representado con una cruz un centro de gravedad de los otros puntos de color 00, 10, 11 dispuestos en los vértices de la constelación mostrada. Este centro de gravedad 01 se denomina menudo también "Centre of Gravity". Los demás puntos de color 00, 10, 11 definen otros tres símbolos, que en esta secuencia corresponden esencialmente a los colores elementales verde, azul y rojo.

45

Una flecha representada en el centro de gravedad 01 simboliza la deriva del centro de gravedad 01, que puede ser provocada como consecuencia de una variación de una eficiencia cuántica no lineal y/o referida a corriente continua de las fuentes de radiación Ti, Tj, Tk debido a un comportamiento de corriente continua de los diodos luminosos utilizados en las fuentes de alimentación Ti, Tj, Tk.

50

Respectivas flechas representadas en los puntos de color 00, 10, 11 simbolizan una deriva de los puntos de color excéntricos 00, 10, 11, que puede ser provocada como consecuencia de una variación de una eficiencia cuántica lineal y/o referida a corriente alterna de las fuentes de radiación Ti, Tj, Tk, debido a un comportamiento de corriente alterna de los diodos luminosos utilizados en las fuentes de radiación Ti, Tj, Tk.

55

60

Puesto que la correspondiente posición y disposición de los puntos de color en la asociación de colores se incluye de la manera descrita para la codificación y decodificación de los símbolos, se denomina el diagrama mostrado en la figura 3 también diagrama de constelación.

65

En la figura 4 se denomina también 4 CSK al diagrama de constelación conocido por la figura 3 para un procedimiento CSK de 4 puntos. El diagrama de constelación se representa sin signos de referencia, para permitir una comparación con un diagrama de constelación con una cantidad de símbolos de orden superior según las siguientes figuras 5 y 6.

Los símbolos o vértices más exteriores representados con puntos en esta figura y en las siguientes figuras 5 y 6 se conservan en las asociaciones de color superiores. Estos vértices del diagrama de constelación corresponden esencialmente a los colores elementales verde, azul y rojo.

- 5 En la figura 5 se representa un diagrama de constelación para un procedimiento CSK de 8 puntos, denominado también 8 CSK, que permite una profundidad de codificación de 3 bits por cada símbolo. En esta constelación no se incluye el centro de gravedad o bien "Centre of Gravity" en la codificación de colores.
- 10 En la figura 6 se representa un diagrama de constelación para un procedimiento CSK de 16 puntos, denominado también 16 CSK, que permite una profundidad de codificación de 4 bits por cada símbolo. En esta profundidad de codificación de 4 bits por símbolo se incluye el centro de gravedad como en la profundidad de codificación de 2 bits por símbolo antes descrita en la codificación de colores.
- 15 Una premisa a fomentar relativa a una utilización en paralelo de una transmisión de datos óptica con un alumbrado de interiores para la compensación de la codificación cromática es que los mensajes de calibración enviados a través de las fuentes de radiación óptica no provocan ninguna modificación en la sensibilidad del color de luz ni en la intensidad de la luz para una persona observadora.
- 20 Esto significa en cuanto a la asociación de colores mostrada en las anteriores figuras 4 a 6 que el centro de gravedad de cada secuencia de símbolos enviados en uno o en varios mensajes de calibración tiene que coincidir con el centro de gravedad del correspondiente diagrama de constelación. Esta coincidencia se logra enviando simplemente un símbolo cuyo punto de color coincida con el centro de gravedad del diagrama de constelación.
- 25 Alternativamente se prevé una secuencia de símbolos cambiantes, cuyo centro de gravedad geométrico promediado coincide con el centro de gravedad del diagrama de constelación. La segunda alternativa última citada tiene la ventaja de que es también adecuada para una asociación de colores 8 CSK según la figura 5, en la que el centro de gravedad de la constelación no está incluido en la codificación de colores.
- 30 En un ejemplo de ejecución de la invención se prevé por lo tanto una secuencia de símbolos cambiantes en uno o varios mensajes de calibración que recorren cíclicamente los vértices del correspondiente diagrama de constelación. Cuando se utilizan tres colores elementales, azul, verde, rojo, esto significa que los citados colores se recorren en secuencia cíclica codificados en los correspondientes símbolos.
- 35 En el caso de que deba lograrse una estabilización de una codificación de color solamente en relación con la característica de corriente alterna de las fuentes de radiación mediante la correspondiente nueva calibración, es suficiente enviar uno o varios mensajes de calibración, mediante los cuales se transmite una secuencia de símbolos consecutivos, en la que cada símbolo correspondiente al respectivo color elemental se envía solamente una vez o también se repite sólo pocas veces.
- 40 Si por el contrario debe determinarse una dinámica térmica de baja frecuencia de las correspondientes fuentes de radiación, en otras palabras, el comportamiento de corriente continua, entonces la transmisión de solamente uno o pocos símbolos es demasiado corta para lograr un equilibrio térmico necesario para ello.
- 45 La citada dinámica térmica de baja frecuencia de la fuente de radiación influye por un lado sobre la estabilización de la corriente de reposo y con ello sobre la posición del centro de gravedad en el diagrama de constelación y por otro lado también sobre el color medio perceptible en la potencia óptica emitida por las fuentes de radiación.
- 50 Los tiempos de reacción térmica típicos de diodos luminosos utilizados a modo de ejemplo en las fuentes de radiación se encuentran en la gama de los microsegundos, que sobrepasa con mucho la duración de un símbolo que se encuentra en una gama de menos de 100 nanosegundos.
- 55 Se propone por lo tanto, según una forma de ejecución de la invención adelantándonos a la descripción de la figura 10, repetir cada símbolo tan a menudo como sea necesario hasta que se alcance un equilibrio térmico en las correspondientes fuentes de radiación, para cambiar a continuación al símbolo siguiente.
- 60 La señal recibida en el lado receptor del vector de intensidad  $s_{Rx}$  sólo es relevante entonces para los últimos símbolos enviados repetidos dentro de esta secuencia, ya que sólo se han enviado los símbolos que se encuentran al final mediante la correspondiente fuente de radiación que se encuentra en equilibrio térmico. Alternativamente se forma un valor medio de una cantidad adecuada de símbolos al final de la secuencia.
- 65 Para diodos luminosos típicos, así como para la velocidad de transmisión típica de procedimientos de transmisión de datos actualmente conocidos mediante luz visible, es adecuada una repetición de unas 100 veces de cada símbolo, antes de cambiar de forma cíclica a un símbolo correspondiente al siguiente vértice en el diagrama de constelación.

El receptor RX envía entonces de retorno al emisor el valor correspondiente de la potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica en forma de un vector de intensidad  $s_{RX}$  recibido. Alternativamente se envía de retorno un vector de intensidad con el correspondiente valor medio determinado para los tres vértices del diagrama de constelación.

5

En este punto es de señalar que la utilización aquí propuesta de la modulación CSK para la estabilización del color sólo es uno de los muchos ejemplos posibles de implementación. Otro ejemplo es la utilización de la llamada On-Off-Keying-Modulation (modulación con codificación todo-nada). Aquí se controlan por ejemplo durante la fase "On" las tres fuentes de luz tal que el color secundario de la luz emitida corresponda al del centro de gravedad de los colores de los símbolos CSK enviados durante el tráfico de datos. Por ejemplo, durante la fase "Off" no se envía entonces nada. En una forma ventajosa de la invención pueden emitirse sólo símbolos "On", es decir, la fuente de luz permanece conectada durante la emisión de símbolos.

10

15

Al elegir la frecuencia de repetición de símbolos ha de tenerse en cuenta también que el tiempo total necesario para un ciclo que recorra todos los vértices del diagrama de constelación debe ser más corto que el tiempo en el que el ojo humano percibe el parpadeo. Cuando por ejemplo se prevé un periodo máximo admisible de 5 milisegundos como límite para una percepción sin parpadeo, debe ser la frecuencia de símbolos para cada uno de los tres vértices como máximo de 1,66 milisegundos.

20

Puesto que resultan variaciones en la eficiencia cuántica de las fuentes de radiación a escalas de tiempo mayores, de segundos, minutos o incluso horas, no es imprescindible un retorno al emisor después de cada secuencia de símbolos del correspondiente vector de intensidad de una potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica. En lugar de ello, puede activarse un reloj en el receptor, el cual determina la frecuencia con la que han de enviarse los vectores de intensidad citados.

25

La figura 7 muestra una función de la potencia de radiación óptica  $P$  de un diodo luminoso asociado a la correspondiente fuente de radiación  $T_i, T_j, T_k$  en función de una corriente alterna de activación IAC aportada. Esta función se denomina también eficiencia cuántica del diodo luminoso dependiente de la corriente alterna. El comportamiento en corriente alterna de la eficiencia cuántica es según la figura 7 lineal o casi lineal.

30

La línea continua mostrada en la figura 7 corresponde aquí a una eficiencia cuántica inicial  $QE_1$ , que varía en el curso de cada funcionamiento de la fuente de radiación, aquí por ejemplo se reduce, lo que se representa mediante la línea de puntos y rayas situada debajo según una eficiencia cuántica modificada  $QE_2$ .

35

Esta eficiencia cuántica modificada  $QE_2$  trae como consecuencia que para una corriente alterna de activación  $i$  dada, la potencia óptica inicial  $p_0$  descienda hasta un valor inferior  $p_0'$ . Para obtener de nuevo, en el marco de una compensación y con ello estabilización de la codificación cromática, el valor inicial de la potencia óptica emitida  $p_0$ , debe modificarse la corriente alterna de activación a un valor superior  $i'$ .

40

En la figura 8 se representa una función de una eficiencia cuántica del diodo luminoso en función de una corriente de activación aportada IDC. La eficiencia cuántica se representa aquí en base a un comportamiento de corriente continua en relación con la corriente de activación IDC. El comportamiento en corriente continua de la eficiencia cuántica es según la figura 8 no lineal. Las razones de esta no linealidad son de naturaleza diversa y vienen provocadas por ejemplo por una inercia térmica y/o eventuales efectos de saturación en el diodo luminoso.

45

La estabilización correspondiente a la invención de la codificación cromática mediante una compensación de parámetros de emisión se utiliza según una forma de ejecución preferente de la invención para una compensación de la eficiencia cuántica no lineal. De la misma manera puede realizarse también una compensación en cuanto a la eficiencia cuántica no lineal con los medios de la invención, sin prever para ello medidas especiales modificadas.

50

55

La figura 10 muestra un mensaje de calibración a modo de ejemplo o bien una serie de mensajes de calibración con una secuencia en el tiempo de símbolos repetitivos  $i, j, k$ . Con estos mensajes de calibración se envía según una forma de ejecución de la invención al menos una secuencia, dentro de la cual se ajusta al menos una fuente de radiación óptica asociada a un color elemental con un valor de una potencia óptica a enviar.

60

Los distintos símbolos  $i, j, k$  de la correspondiente secuencia corresponden entonces por ejemplo a los vértices superiores en el diagrama de constelación. Mediante un alineamiento ininterrumpido de una pluralidad de símbolos  $i, j, k$  repetitivos, por ejemplo entre cien y mil, que tienen cada uno una duración de menos de  $1 \mu s$  dentro de una secuencia, se alcanza entonces un alumbrado pleno más largo de las fuentes de radiación óptica, mediante las que se logra generar un equilibrio térmico y con ello la estabilización del centro de gravedad en el diagrama de constelación. En el dibujo se representan al respecto sólo los correspondientes símbolos primero y último  $i, j, k$  de la frecuencia respectiva, simbolizándose los símbolos que se han dejado fuera mediante respectivos puntos. Tras una secuencia

65

de entre cien y mil símbolos  $i$  de un primer color elemental correspondiente a un primer vértice en el diagrama de constelación, sigue una secuencia de entre cien y mil símbolos  $j$  de un segundo color elemental correspondiente a un segundo vértice en el diagrama de constelación. A continuación sigue una secuencia de entre cien y mil símbolos  $k$  de un tercer color elemental correspondientes a un tercer vértice en el diagrama de constelación, para a continuación proseguir con una secuencia de entre cien y mil símbolos  $i$  de un primer color elemental.

Para tales mensajes de calibración se utilizan según una primera forma de ejecución de la invención en particular las llamadas "Visibility Frames" (tramas de visibilidad). Según el estándar 802.15.7, que aún se encuentra en sus inicios, puede emitirse luz mediante fuentes de radiación óptica, la cual no se utiliza necesariamente para una transmisión de datos. Esto persigue el fin de implementar funciones que no sirven primariamente para una transmisión de datos. Tales soluciones incluyen por ejemplo señalización de alarmas ópticamente perceptible.

Para estas funciones se prevén paquetes y/o tramas ("frames") que ciertamente contienen un registro de cabecera de datos o bien "header", pero ningún dato propiamente dicho previsto para una transmisión en una parte de datos útiles ("payload") de la trama. La parte de datos útiles contiene en lugar de ello datos que generan informaciones flexibles, como por ejemplo variaciones de color o señales destellantes, que por ejemplo señalizan un estado de la comunicación o un aviso de faltas. Las citadas tramas se denominan también "Color Visibility Dimming Frames" (tramas de oscurecimiento de visibilidad del color) o tramas CVD. Las tramas CVD pueden enviarse también en un modo de inactividad (standby) para mantener una iluminación oscurecible de la sala.

Considerando de nuevo la figura 9, se describirá ahora una determinación de las informaciones de compensación.

Para determinar el emisor TX las informaciones de compensación, se necesitan los vectores de intensidad del lado receptor  $s_{RX}$  como señal de referencia. Para ello se transmite al emisor TX a través del canal de retorno óptico BC el valor correspondiente de la potencia óptica recibida en el respectivo receptor de radiación óptica en forma de uno o una pluralidad de vectores de intensidad recibidos en el lado receptor  $s_{RX}$ .

El vector de intensidad del lado receptor se memoriza en el lado receptor como vector de intensidad de referencia  $s_{RX,0}$ . Las mediciones sucesivas de la intensidad de señal recibida para un mensaje de calibración que no ha variado provocan vectores de intensidad que dependen del tiempo  $s_{RX,s}$  para el tiempo  $t_s$  anotado en cada caso. En el caso de que un componente del vector de intensidad  $s_{RX,s}$  presente diferencias significativas respecto al correspondiente componente del vector de intensidad de referencia  $s_{RX,0}$ , se corrigen las señales a enviar para una transmisión de datos ópticos en los correspondientes elementos de corrección  $C_i, C_j, C_k$  con los elementos diagonales de la matriz de compensación  $C$ , en particular se multiplican.

Puede decidirse cuándo es necesaria una tal corrección en base a un valor de los elementos diagonales de la propia matriz de compensación  $C$ . Si se desvían estos elementos diagonales significativamente de un valor de 1, entonces es necesaria una corrección de los factores de compensación actuales. Puede dictaminarse si una desviación ha de ser calificada de significativa bien en base a una gama de valores predeterminada como por ejemplo una desviación del 5% o bien puede activarse la decisión en base a los propios datos. Un ejemplo de ello es la inclusión de un histograma de los elementos diagonales de la matriz de compensación  $C$ . Una diferencia significativa puede entonces dictaminarse como desbordamiento de un intervalo de confianza previamente definido, por ejemplo un intervalo de confianza del 95%.

Para evitar daños o la saturación de los diodos luminosos o bien una saturación de los convertidores analógico-digital y/o digital-analógico a nivel de bits, puede introducirse un nivel máximo a priori para los tres valores del vector de intensidad  $s_{TX}^{(b)}$ , así como su valor corregido  $s_{TX}$ .

Las variaciones que afectan a todos los colores elementales de la misma manera, como por ejemplo variaciones de la longitud de la sección de transmisión óptica TRM, pueden identificarse mediante una comparación de todos los elementos diagonales de la matriz de compensación  $C$ . Cuando todos los componentes de esta matriz  $C$  experimentan la misma variación relativa, no es necesaria una compensación.

En el caso de que los elementos diagonales de la matriz  $C$  se desvíen significativamente del valor cero, puede deducirse de ello que se ve afectado negativamente el tramo de transmisión por otras razones distintas de las explicadas hasta ahora. Un ejemplo de tal perjuicio es el bloqueo solamente de una fuente de radiación óptica frente a una diafonía. Esto significa a modo de ejemplo que el receptor de radiación óptica  $R_i$  ciertamente recibe de la fuente de radiación  $T_i$  la radiación óptica enviada, pero ninguna radiación óptica enviada por las demás fuentes de radiación  $T_j, T_k$ . En un tal caso no se compensa la corriente de activación de las fuentes de radiación óptica afectadas  $T_j, T_k$ . En lugar de ello puede

utilizarse esta información por ejemplo para un aviso de peligro generado por el emisor TX. Otra opción es la utilización de un vector de intensidad de referencia reelaborado  $s_{RX,0}$  y otra utilización de este vector de intensidad de referencia reelaborado  $s_{RX,0}$  para la compensación a continuación.

- 5 A continuación se describirá en base a la figura 11 una asignación o asociación de un nodo de red general a un coordinador. En un tal intercambio de mensajes se describirá una estructura de mensajes reelaborada en base a un ejemplo de ejecución de la invención.
- 10 Un cambio en la terminología de los componentes funcionales designados en las explicaciones anteriores como emisor TX y ampliamente descritos a continuación como coordinador, merece una descripción general, en la que el coordinador incluye al menos un emisor TX. Esto vale de manera análoga para el nodo de red que incluye al menos un receptor RX.
- 15 La figura 11 muestra una secuencia de mensajes para la asociación citada de un nodo de red, que también se denomina Device o bien Network Device con un coordinador. Los componentes funcionales del coordinador están dispuestos aquí en la mitad derecha de la figura. Estos componentes funcionales incluyen un componente CM del lado de la capa MAC del coordinador, conocido también en el mundo especializado como "Coordinator MLME", y una capa superior del coordinador CH representada en el borde derecho más exterior. La capa superior del coordinador CH se denomina en el mundo especializado también "Coordinator Next Higher Layer" (capa superior siguiente del coordinador).
- 20 En el lado izquierdo de la figura 11 se representan correspondientemente dos capas del nodo de red, en detalle una capa MAC del nodo de red DM, denominada en el mundo especializado también "Device MLME", así como una capa superior del nodo de red DH en el borde izquierdo más exterior. La capa superior del nodo de red DH se denomina también en el mundo especializado "Device Next Higher Layer" (capa superior siguiente del aparato).
- 25 Tan pronto como un nodo de red entra en una red administrada por un coordinador, transmite este nodo de red sus capacidades técnicas o bien "Capabilities" para la estabilización cromática en enlaces CSK. A continuación se supondrá que está configurado al menos un enlace como enlace CSK. En el caso contrario no es necesaria en general ninguna función de estabilización cromática en la red.
- 30 Sin pérdida de generalidad, se supondrá a continuación que sólo se solicita a un nodo de red enviar datos actuales relativos a una estabilización cromática. El nodo de red así como el coordinador ejecutan a continuación el intercambio de mensajes representado en la figura 11.
- 35 El intercambio de mensajes de la figura 11 se representa con la participación de la capa MAC del nodo de red DM, así como de la capa MAC del coordinador CM. Hay que señalar al respecto que el intercambio de mensajes correspondiente a los mensajes representados a continuación con participación de capas MAC DM, CM, tiene lugar en sentido estricto sobre una capa física "PHY". Para lograr una representación más sencilla de las capas, se renuncia a representar la capa física "PHY".
- 40 Al comienzo de esta secuencia envía la capa superior del nodo de red DH una solicitud de asociación 10 a la capa MAC del nodo de red DM. La solicitud de asociación 10 se denomina según las convenciones del estándar 802.15.7, aún en su fase inicial, también "MLME-ASSOCIATE.request".
- 45 Mediante el envío de la solicitud de asociación 10 solicita el nodo de red una asociación y envía con la solicitud de asociación 10 sus capacidades técnicas o bien "Capabilities" para la ejecución en el lado receptor de una estabilización cromática CSK.
- 50 Al recibir la solicitud de asociación 10, envía la capa MAC del nodo de red DM una solicitud de asociación 12 a la capa MAC del coordinador CM. La solicitud de asociación 12 se denomina por acuerdo también "Association request".
- 55 La capa MAC del coordinador CM confirma la solicitud de asociación 12 con una confirmación 14. La confirmación 14 se denomina por acuerdo también "Acknowledgment". A continuación se supondrá en parte sin mencionarlo que a un mensaje de solicitud básicamente se acusará recibo mediante un mensaje de confirmación del lado contrapuesto.
- 60 Tras recibir las solicitudes de asociación 10, 12, envía la capa MAC del coordinador CM una consulta de asociación 20, que por acuerdo se denomina también "MLME-ASSOCIATE.indication" a la capa superior del coordinador CH. Allí se toma la decisión de si se demanda una estabilización cromática y dónde. En el caso de que el enlace a establecer sea un enlace dúplex CSK, es libre el coordinador de apoyar una estabilización cromática del nodo de red. Tal como ya se ha mencionado, se explicará esta descripción solamente el caso general, en el que el coordinador realiza la estabilización cromática. Todos los otros casos posibles pueden deducirse con el conocimiento del correspondiente especialista en base a la descripción especial de este caso de aplicación.
- 65

Una vez que se ha tomado la decisión de si debe demandarse una estabilización cromática y dónde, envía la capa superior del coordinador CH a la capa MAC del coordinador CM una respuesta de asociación 30, en la que se ocupa el correspondiente campo de "Capability-Negotiation-Response" de una manera que luego se describirá. La respuesta de asociación 30 se denomina por acuerdo también "MLME-ASSOCIATE.response".

La información que se encuentra en este campo "Capability-Negotiation-Response" se transforma a continuación mediante las capas MAC del coordinador CM, así como del nodo de red DM, en los correspondientes mensajes MAC, 36, 38, que se describirán a continuación. Los mensajes 32, 34 representados igualmente en el dibujo son marcadores de posición para otros mensajes que se ejecutan mientras tanto y que para la asociación mostrada no son importantes, por lo que no se describirán aquí más en detalle.

La capa MAC del coordinador CM envía a la capa MAC del nodo de red DM una respuesta de asociación 36, que confirma la capa MAC del nodo de red DM con una confirmación 38. La respuesta de asociación 36 se denomina por acuerdo también "Association Response" y la confirmación 38 también "Acknowledgment".

La capa MAC del nodo de red DM espera una asociación expresada por la respuesta de asociación 36 a la solicitud de asociación 12 confirmada mediante la confirmación 14 dentro de un periodo de tiempo que puede ajustarse, que se vigila mediante un reloj. Este periodo de tiempo se denomina también "mac-ResponseWaitTime" y se representa en el dibujo mediante dos triángulos contiguos por sus puntas.

Después de una transmisión completa de los citados mensajes 36 y 38, envía la capa superior del nodo de red DM una confirmación de asociación 40 a la capa superior del nodo de red DH, para una realización adicional del procedimiento de estabilización cromática. La confirmación de asociación 40 se denomina por acuerdo también "MLME-ASSOCIATE.confirm".

De la misma manera se señala la asociación con ayuda de un indicador de estado 50 de la capa MAC del coordinador CM a la capa superior del coordinador CH. El indicador de estado 50 se denomina por acuerdo también "MLME-COMM-STATUS.indication".

Tras finalizar esta asociación, envía el coordinador ahora mensajes de calibración en forma de "Visibility Frames" a los nodos de red y recibe del nodo de red el correspondiente valor de una potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica en forma de un vector de intensidad de señal  $S_{RX}$ .

Para implementar el procedimiento correspondiente a la invención en cuanto al protocolo de mensajes de control intercambiados en una asociación de unidades para tratar posibilidades técnicas de compensación cromática, se propone una reelaboración de la estructura de mensajes según el protocolo del estándar 802.15.7 que aún se encuentra en sus inicios. Aquí insistimos en que la solución correspondiente a la invención de una transmisión exclusiva de valores de una potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica y la renuncia a otra preparación de los valores en el lado receptor, sólo exige ligeras modificaciones en el protocolo.

La semántica de la solicitud de asociación 10 se representa a continuación:

```
MLME-ASSOCIATE.request (
    LogicalChannel, CoordAddrMode,
    CoordWPANId, CoordAddress,
    CapabilityInformation, SecurityLevel,
    KeyIdMode, Key Source, KeyIndex
)
```

Según una forma de ejecución de la invención, se ha realizado en la solicitud de asociación 10 una reelaboración del parámetro "CapabilityInformation" que se describirá más abajo. El parámetro "CapabilityInformation" especifica las capacidades técnicas o bien "Capabilities" del elemento de red a asociar y posee el tipo de datos "Bitmap", que puede alojar un dato con longitud y contenido variables.

La semántica de la indicación de asociación 20 se representa a continuación:

```
MLME-ASSOCIATE.indication (
    DeviceAddress, CapabilityInformation,
    SecurityLevel, KeyIdMode, Key Source,
    KeyIndex
)
```

Según una forma de ejecución de la invención, se ha realizado también en la indicación de asociación 20 una reelaboración del parámetro "CapabilityInformation" que se describirá más abajo.

La semántica de la respuesta de asociación 30 se representa a continuación:

5 MLME-ASSOCIATE.response ( DeviceAddress, AssocShortAddress, status, CapabilityNegotiationResponse, SecurityLevel, KeyIdMode, Key Source, KeyIndex )

10 Según una forma de ejecución de la invención, se ha realizado en la respuesta de asociación 30 una definición del nuevo parámetro “CapabilityNegotiationResponse” (respuesta de negociación de capacidad), que se describirá posteriormente. El parámetro “CapabilityNegotiationResponse” especifica una respuesta del coordinador a la solicitud de asociación del elemento de red.

15 La semántica de la confirmación de asociación 40 se representa a continuación:

20 MLME-ASSOCIATE.confirm ( AssocShortAddress, status, CapabilityNegotiationResponse, SecurityLevel, KeyIdMode, Key Source, KeyIndex )

25 Según una forma de ejecución de la invención, se ha realizado también en la confirmación de asociación 40 una definición del nuevo parámetro “CapabilityNegotiationResponse”, que se describirá posteriormente.

A continuación se describirá una reelaboración del parámetro “CapabilityInformation”. El correspondiente “Capability Information Element” presenta la siguiente estructura:

30 

Campo de información de capacidades	...
-------------------------------------	-----

En la relación anterior y a continuación significa la abreviatura “...” que el correspondiente registro no tiene significado alguno para la implementación del correspondiente ejemplo de ejecución.

35 El Capability Information Element está compuesto por varios campos, de los cuales a continuación sólo se considerará el Capability Information Field. El Capability Information Field especifica entonces capacidades técnicas generales del nodo de red, que se representan a modo de ejemplo en la siguiente tabla:

40

capa	Bit	función
...	...	...
capacidades capa PHY	26	soporte PHY (CSK) alternativo
...	...	...

45 Una reelaboración de los parámetros del Capability Information Element se realiza en relación con el parámetro Color-Stabilization capability (CSK, capacidad de estabilización cromática), estando asociada a los bits 27-28 del Capability Information Field según una forma de ejecución de la invención la siguiente semántica:

Bits 27-28	Esquema de estabilización cromática
00	no hay estabilización cromática
01	información de estabilización cromática a enviar desde el aparato al coordinador a la recepción de tramas de visibilidad
10	información de estabilización cromática a enviar desde el coordinador al aparato a la recepción de tramas de visibilidad
11	información de estabilización cromática a enviar desde el aparato al coordinador y desde el coordinador al aparato cuando cualquiera recibe tramas de visibilidad

50 En detalle significa un valor de los bits 27-28 de “00” que no es posible ninguna estabilización cromática, un valor de “01” que ha de enviarse una información de estabilización cromática desde el nodo de red al coordinador tras recibir “Visibility Frames”, un valor de “10” que ha de enviarse una información de estabilización cromática desde el coordinador al nodo de red tras recibir “Visibility Frames” y el valor de

“11” que ha de enviarse una información de estabilización cromática tanto desde el nodo de red al coordinador como también a la inversa tras recibir “Visibility Frames”, recibidos por el nodo de red y/o por el coordinador. No obstante es importante señalar que la asociación exacta de los bits es libre. Por ejemplo podría corresponder también una codificación de “11” al significado de “No color stabilization” (no hay estabilización cromática).

A continuación se describirá una definición a modo de ejemplo del nuevo parámetro “CapabilityNegotiationResponse”. El correspondiente campo “Capability-Negotiation-Response Field” presenta la siguiente estructura:

	Bit	función
...	...	...
capacidades capa PHY solicitadas	1-2	esquema de estabilización cromática
...	...	...

El campo “Color-stabilization scheme” reelaborado según una forma de ejecución de la invención presenta la siguiente semántica:

Bits	Esquema de estabilización cromática
00	no hay estabilización cromática
01	información de estabilización cromática a enviar desde el aparato al coordinador a la recepción de tramas de visibilidad
10	información de estabilización cromática a enviar desde el coordinador al aparato a la recepción de tramas de visibilidad
11	información de estabilización cromática a enviar desde el aparato al coordinador y desde el coordinador al aparato cuando cualquiera recibe tramas de visibilidad

Cuando la “Capability-Negotiation Response” sólo contiene una función, que es la de la estabilización cromática, entonces son idénticas ambas tablas anteriores. Respecto a los mensajes intercambiados sobre la capa MAC, en particular a la respuesta de asociación 36, así como otros mensajes intercambiados en la capa MAC, se han realizado otras reelaboraciones según una forma de ejecución de la invención. Una relación de estas “MAC Command Frames” se muestra a continuación a modo de ejemplo:

identificador de trama de orden	nombre de la orden	aparato	
		Tx	Rx
...	...	...	...
0x14	comunicación de reloj de estabilización cromática	X	X
0x15	información de estabilización cromática	X	X
...	...	...	...

Con ayuda de un mensaje MAC reelaborado “Color-stabilization information” se apoya ahora la transmisión del correspondiente valor de una potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica en forma del vector de intensidad de señal  $s_{Rx}$ . Este mensaje presenta un formato reelaborado que se representa a continuación:

Octetos			
Campos MHR	identificador de trama de orden	dirección corta	información de estabilización cromática

Para explicar los campos, remitimos al estándar 802.15.7 que aún se encuentra en sus inicios. Es importante señalar que el tamaño de la estabilización cromática permite también transmitir un vector de señalización completo con una resolución más que suficiente (16 bits).

La transmisión del correspondiente valor de una potencia óptica recibida en el respectivo receptor de radiación óptica en forma de un vector de intensidad de señal  $s_{Rx}$  se realiza en el campo “color-stabilization information”.

Con ayuda de un mensaje MAC reelaborado "Color-stabilization-timer notification" se apoya ahora una definición de un intervalo de tiempo, una vez transcurrido el cual se activa una nueva estabilización cromática. Este mensaje presenta un formato reelaborado representado a continuación:

5

Octetos			
Campos MHR	identificador de trama de orden	dirección corta	reloj de estabilización cromática

Para explicar los campos, remitimos al estándar 802.15.7 que se encuentra aún en sus inicios.

10 Complementariamente a la forma del intervalo de tiempo mencionada en el estándar, son posibles también otros intervalos de tiempo. Por ejemplo puede calcularse el tiempo en entre dos mensajes de estabilización como  $\langle \text{binary1} \rangle \times 10^{\langle \text{binary2} \rangle}$ , siendo  $\{\text{color-stabilization timer}\} = \{\text{binary1 binary2}\}$ .

15 Una base alternativa diferente de 10 es igualmente posible. Se recomienda elegir el valor estándar del reloj en la gama de segundos o minutos. Un valor acreditado en la práctica se encuentra en una gama de alrededor de 10 segundos.

20 Según una forma de ejecución de la invención, está prevista también una reelaboración de atributos PIB PIB (Physical-Layer Personal-Area-Network Information Base, base de información de la red de área personal de la capa física) según la siguiente representación a modo de ejemplo:

atributo	identificador	tipo	rango	descripción
Estabilización cromática mac	0x5f	número entero binario	00-11	la acción de la estabilización cromática implica la recepción de tramas de visibilidad
Reloj de estabilización cromática mac	0x60	número entero	0- 65 535	tiempo entre dos mediciones de estabilización, por ejemplo $s_{Rx}$ que se envían de retorno al correspondiente CSK $T_x$ )

25 Además son posibles también gamas alternativas de magnitud para el reloj (ver al respecto las explicaciones bastante más arriba).

30 Otra ventaja según una configuración mejorada de la invención ha de considerarse que es que con el mismo ajuste en la fase de asociación resulta posible tanto una compensación de la eficiencia cuántica referida a corriente continua como también de la eficiencia cuántica referida a corriente alterna. Puesto que el receptor solamente envía de retorno señales recibidas, no necesita el mismo distinguir si las mismas se miden al final de Visibility Frames más largas, como para la compensación referida corriente continua, o más cortas, como para la compensación referida a corriente alterna.

35 Así tiene el emisor, midiendo la longitud de las tramas CSK, la flexibilidad de fijar uno u otro modo mediante la longitud de las Visibility Frames emitidas. Otra señalización MAC adicional, tal como la que era necesaria en procedimientos ya conocidos, es ventajosamente prescindible según una configuración mejorada de la invención.

40

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para estabilizar una codificación cromática en una transmisión óptica de datos,
- en el que para transmitir los datos entre un emisor y (TX) y un receptor (RX) está previsto un procedimiento de codificación cromática en base a una pluralidad de colores elementales,
  - en el que se envía el correspondiente color elemental mediante al menos una correspondiente fuente de radiación óptica en el lado emisor ( $T_i$ ,  $T_j$ ,  $T_k$ ) y en el lado receptor se recibe mediante al menos el correspondiente receptor de radiación óptica ( $R_i$ ,  $R_j$ ,  $R_k$ ),
  - 10 – en el que el emisor (TX) forma al menos un mensaje de calibración (CAL), incluyendo el mensaje de calibración (CAL), de los que al menos hay uno, al menos una secuencia en el tiempo, dentro de la cual se ajusta al menos una fuente de radiación óptica ( $T_i$ ,  $T_j$ ,  $T_k$ ) asociada a un color elemental con un valor de una potencia óptica a enviar,
  - en el que el emisor (TX) envía el mensaje de calibración, de los que al menos hay uno,
  - 15 – en el que en el receptor (RX) se recibe el mensaje de calibración (CAL), de los que al menos hay uno, y se determina el correspondiente valor de una potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica ( $R_i$ ,  $R_j$ ,  $R_k$ ) y se envía al emisor (TX),
  - en el que en el emisor (TX) se relaciona el correspondiente valor de la potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica ( $R_i$ ,  $R_j$ ,  $R_k$ ) con el correspondiente valor de la potencia óptica emitida en la correspondiente fuente de radiación óptica ( $T_i$ ,  $T_j$ ,  $T_k$ ),
  - 20 – en el que en base a la relación se determina una información de compensación, realizándose en base a la información de compensación una adaptación de al menos un parámetro de emisión.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1,  
**caracterizado porque** el mensaje de calibración (CAL) esta configurado como trama CVD.
- 30 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,  
**caracterizado porque** una pluralidad de mensajes de calibración (CAL) consecutivos contiene en cada caso una codificación idéntica, que corresponde a un vértice en un diagrama de constelación.
- 35 4. Procedimiento según la reivindicación 3,  
**caracterizado porque** se determina la potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica ( $R_i$ ,  $R_j$ ,  $R_k$ ), que se recibe después de uno o de una pluralidad de mensajes de calibración (CAL) consecutivos, configurados preferiblemente como los llamados Visibility Frames, con idéntica codificación en cada caso.
- 40 5. Procedimiento según la reivindicación 4,  
**caracterizado porque** se determina un valor medio de los valores de la potencia óptica recibida en los correspondientes receptores de radiación óptica ( $R_i$ ,  $R_j$ ,  $R_k$ ).
- 45 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,  
**caracterizado por** un procedimiento de asociación para asociar un nodo de red mediante un coordinador, en el que el coordinador determina la magnitud y el tipo de la estabilización de la codificación cromática.
- 50 7. Procedimiento según la reivindicación 6,  
**caracterizado porque** está prevista una respuesta de asociación (30), con la cual el nodo de red transmite capacidades técnicas para realizar la estabilización de la codificación cromática al coordinador.
- 55 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 7,  
**caracterizado porque** está previsto un mensaje con el que se transmite una definición de un intervalo de tiempo, una vez transcurrido el cual se origina una nueva estabilización de una codificación cromática.
- 60 9. Sistema de transmisión óptica para la transmisión óptica de datos entre un emisor (TX) y un receptor (RX), equipado para codificar y transmitir los datos utilizando un procedimiento de codificación cromática en base a una pluralidad de colores elementales, con la correspondiente fuente de radiación óptica ( $T_i$ ,  $T_j$ ,  $T_k$ ) en el lado emisor para enviar el correspondiente color elemental y el respectivo receptor de radiación óptica ( $R_i$ ,  $R_j$ ,  $R_k$ ) para recibir el correspondiente color elemental,  
**caracterizado por** una unidad de evaluación (CU) prevista en el receptor  $R_x$  para determinar el correspondiente valor de una potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica ( $R_i$ ,  $R_j$ ,  $R_k$ ),  
un canal de retorno (BC) para transmitir el correspondiente valor determinado por la unidad de evaluación (CU),
- 65 un módulo de estabilización cromática (CSM) previsto en el emisor para determinar al menos un factor de compensación en base a una relación entre el correspondiente valor de la potencia óptica recibida en el correspondiente receptor de radiación óptica ( $R_i$ ,  $R_j$ ,  $R_k$ ) y el correspondiente valor de una potencia óptica emitida por la correspondiente fuente de radiación óptica ( $T_i$ ,  $T_j$ ,  $T_k$ ),

un elemento de corrección ( $C_i$ ,  $C_j$ ,  $C_k$ ) previsto en el emisor para determinar al menos una información de compensación en base a la relación y adaptación de al menos un parámetro de emisión en base a la información de compensación.

- 5 10. Sistema de transmisión óptico para realizar un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes 1 a 8.

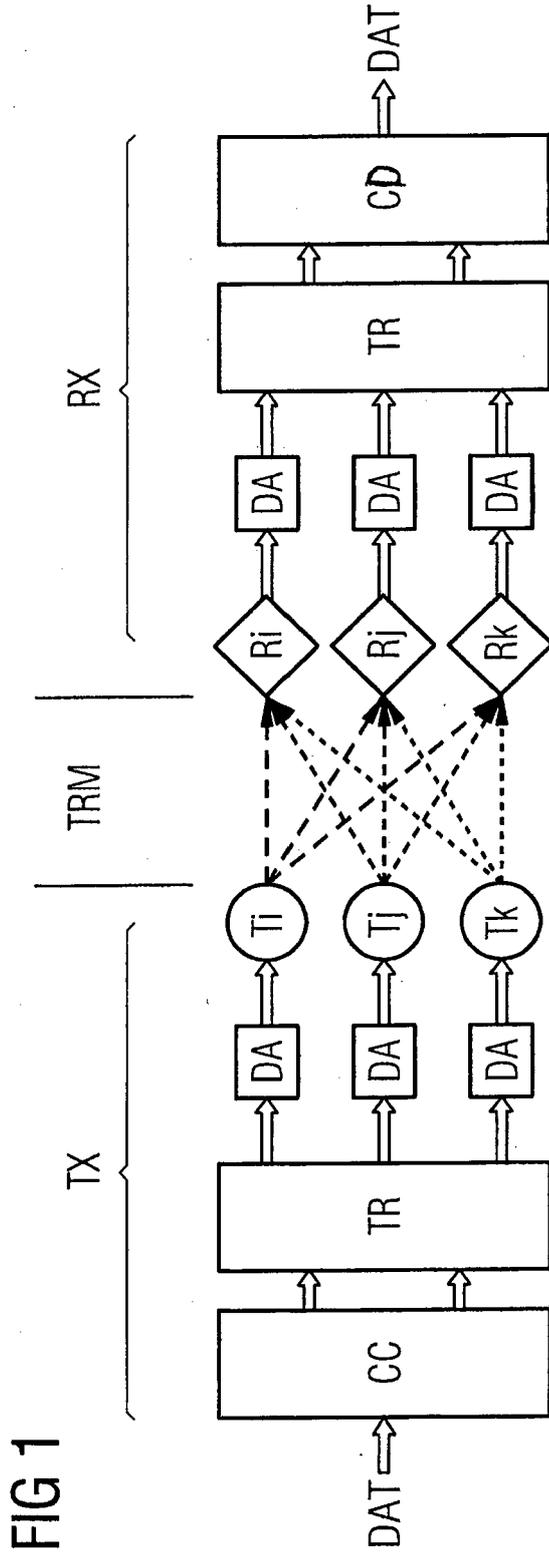


FIG 1

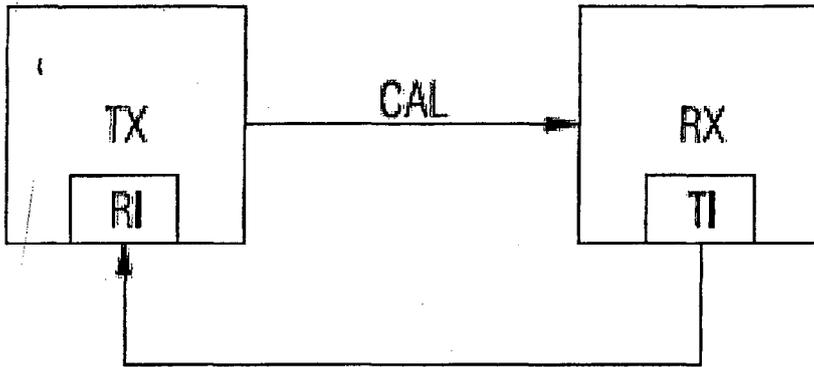


FIG 2

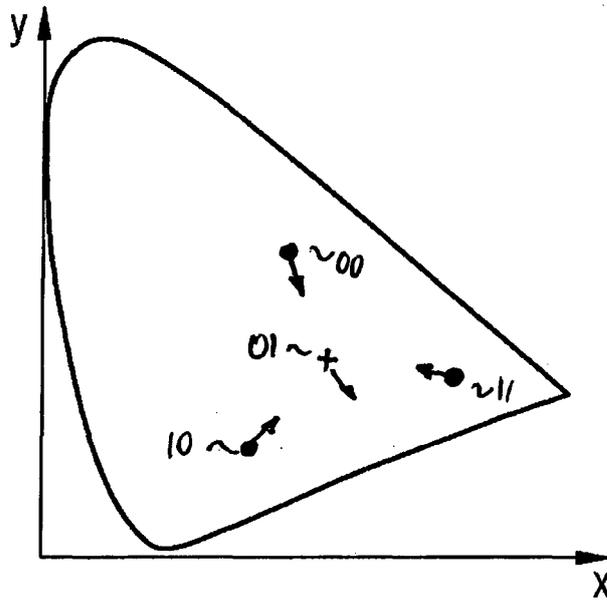


Fig 3

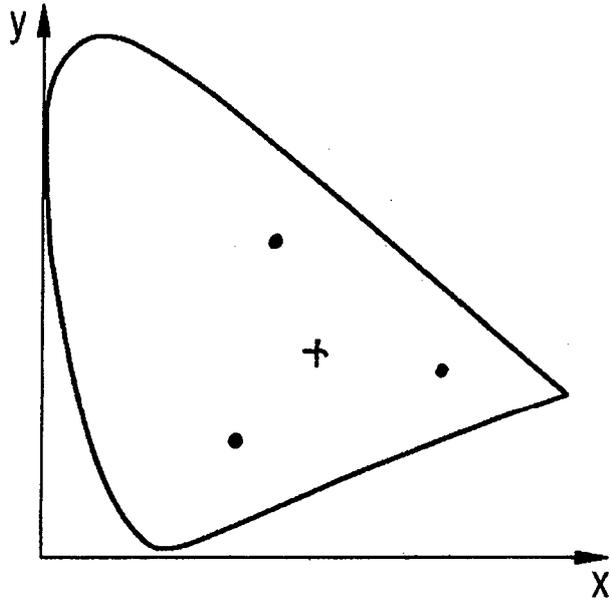


FIG 4

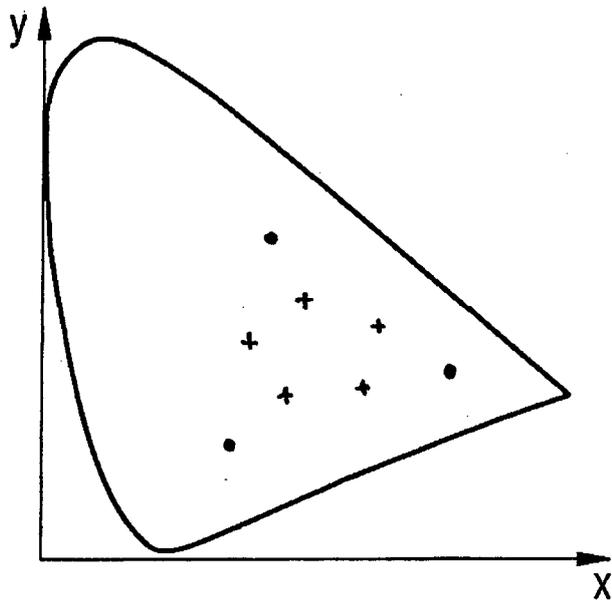


FIG 5

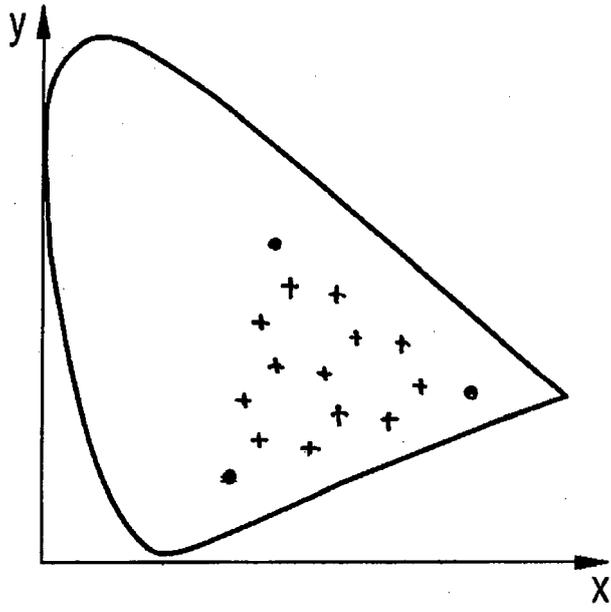


FIG 6

FIG 7

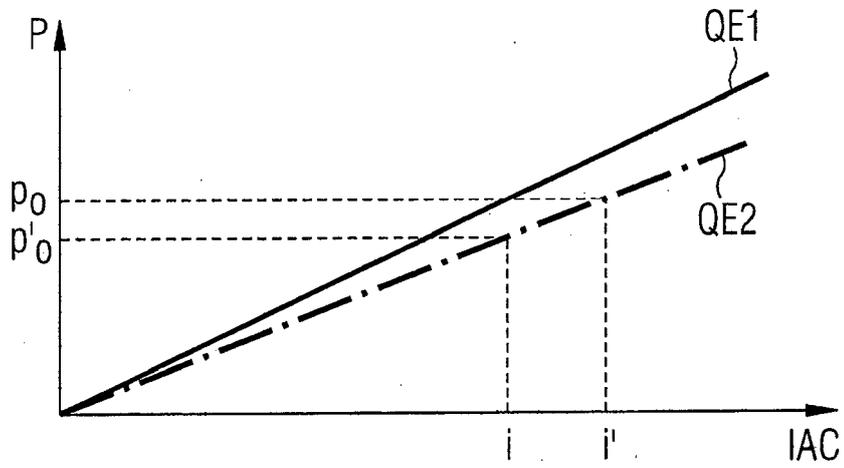
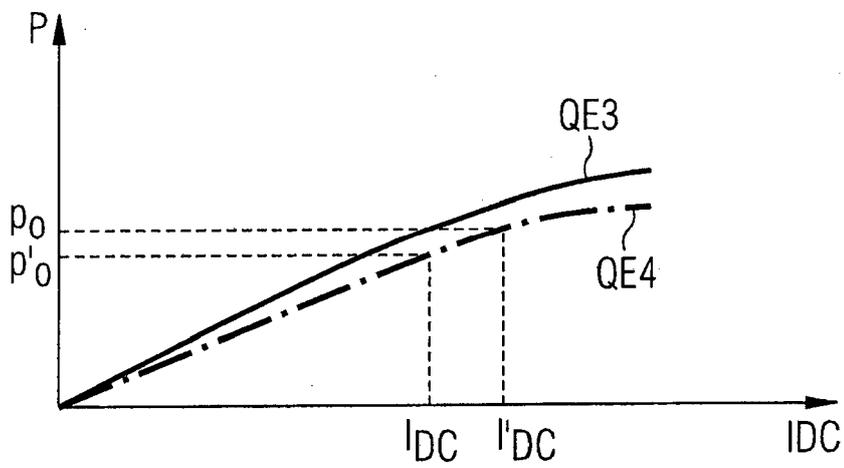
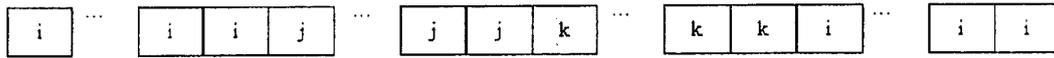


FIG 8







**FIG 10**

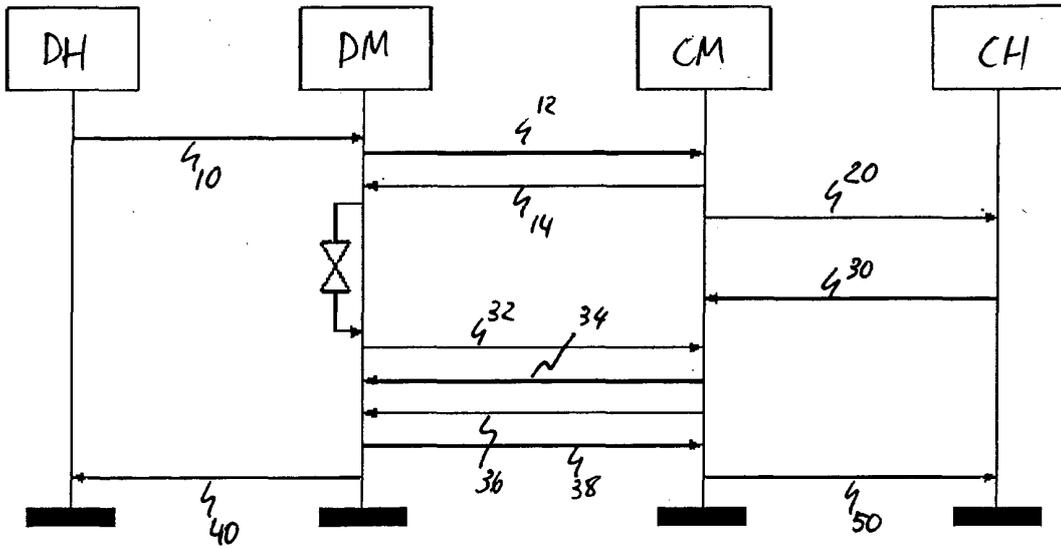


FIG 11